الفصل الخامس

تحديات الإنتاج المرضية والحشرية ووسائل التغلب عليها

أولاً: الأمراض الفطرية والبكتيرية

تُصاب الطماطم بأكثر من مائتين من مسببات الأمراض، بالإضافة إلى العشرات من الآفات. وتتضمن مسببات الأمراض عديد من الفطريات، والأنواع البكتيرية، والفيروسات، وبعض أنواع الميكوبلازما، كما تُصاب الطماطم ببعض أنواع النباتات الزهرية المتطفلة، وبالكثير من الأنواع النيماتودية. كما تشتمل آفات الطماطم على عديد من الحشرات، وبعض الأنواع الأكاروسية. ونظرًا لصعوبة تناول هذا الموضوع بشكل كامل فى هذا الكتاب، فإنى أُحيل القارئ إلى مصادر أخرى شاملة، هى حسن (١٩٩٨، و٢٠١٠، و ٢٠١٧، و ٢٠١٨)، ولجنة مبيدات الآفات الزراعية (٢٠١٧).

ونستعرض فى بداية هذا الفصل بعض الوسائل العامة التى تجب مراعاتها لأجل مكافحة أمراض وآفات الطماطم، ثم نتطرق إلى بعض الأمراض الفطرية والبكتيرية التى تُعد من تحديات الإنتاج، مع التركيز على طرق مكافحتها.

بعض الوسائل العامة المستخدمة فى المكافحة

تتعدد الوسائل المستخدمة فى مكافحة أمراض وآفات الطماطم؛ الأمر الذى نتناوله بالشرح تحت كل مرض أو آفة حسبما يتناسب مع مكافحتها. ونكتفى فى هذا المقام بالإشارة إلى أهم الوسائل العامة المستخدمة.

ومن أبرز هذه الوسائل، ما يلى:

١- استخدام الأصناف المقاومة فى الزراعة، وهى تتوفر لعديد من الأمراض، ومنها:

- الذبول الفيوزارى (الذى يسببه الفطر *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici*).
- ذبول فيرتسيليم (الذى يسببه الفطر *Verticillum dahlia*).
- عفن التاج والجذر الفيوزارى (الذى يسببه الفطر *F. o.* f. sp. *radicis-lycopersici*).
- الجذر الفلينى (الذى يسببه الفطر *Pyrenochaeta lycopersici*).
- تلطخ الأوراق leaf mold (الذى يسببه الفطر *Fulva fulvum*).
- تبقع الأوراق الرمادى gray leaf mold (الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea*).
- الأنثراكنوز (الذى يسببه عدة أنواع من الجنس *Colletotrichum*).
- التبقع البكتيرى أو اللفحة البكتيرية (التى تسببها عدة أنواع من الجنس *Xanthomonas*).
- الذبول البكتيرى (الذى تسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum*).
- التقرح البكتيرى (الذى تسببه البكتيريا *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*).
- النقط البكتيرية (الذى تسببه بكتيريا من الجنس *Pseudomonas*).
- فيرس موزايك الطماطم.
- فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم.
- فيرس ذبول الطماطم المتبقع.
- نيماتودا تعقد الجذور (من الجنس *Meloidogyne*).

٢- بسترة التربة بالتشميس soil solarization:

ثبتت فاعلية هذه الطريقة فى مكافحة عديد من الأمراض، من بينها ما يلى:

- الذبول الفيوزارى.
- ذبول فيرتسيليم (Ghini وآخرون ١٩٩٣).
- الجذر الفلينى.
- العفن الاسكليروشى أو اللفحة الجنوبية (التى يسببها الفطر *Sclerotium rolfsii*).
- التقرح البكتيرى (Antoniou وآخرون ١٩٩٥ أ، و ١٩٩٥ب).
- نيماتودا تعقد الجذور.

هذا.. ونلقى – تحت بعض الأمراض – مزيدًا من الضوء حول أهمية بسترة التربة بالتشميس فى مقاومتها.

٣- التطعيم على أصول مقاومة:

نتناول الموضوع بالشرح تحت كل مرض على حدة، إلاّ أن معظم الأصول ذات مقاومة متعددة للأمراض؛ الأمر الذى نتناوله بالشرح فى هذا المقام.

إن من بين أصول الطماطم ذات المقاومة المتعددة للأمراض، ما يلى:

أ- الهجينان النوعيان: Beaufort، و He-Man، وكلاهما مقاوم أو متحمل لكل من: *Pyrenochaeta* spp.، ونيماتودا تعقد الجذور، والذبول الفيوزارى، وذبول فيرتسيليم.

ب- هجين الطماطم Energy المقاوم لكل من: فيرس موزايك التبغ، والفطريات *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، و *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*، و*Didymella lycopersici*، والمتحمل لنيماتودا تعقد الجذور، والفطرين *Pyrenochaeta lycopersici*، و*V. Dahliae* (Serges وآخرون ٢٠٠٠).

ويبين جدول (٥-١) أهم الأصول المستخدمة فى تطعيم الطماطم فى اليابان والأمراض التى يقاومها كل أصل منها.

جدول (٥–١): أهم الأصول المستخدمة فى تطعيم الطماطم فى اليابان، والأمراض التى يقاومها كل أصل منها (عن Lee ١٩٩٤).

الأصل	أهم أمراض الطماطم(أ)					
	الذبول البكتيرى	الذبول الفيوزارى	*Verticillium dahliae*	*Pyrenochaeta lycopersici*	نيماتودا تعقد الجذور	فيرس موزايك التبغ
BF	R	R	S	S	S	S
LS89	R	R	S	S	S	S
PFN	R	R	S	S	R	S
PFNT	R	R	S	S	R	R
KNVF	S	R	R	R	R	S
KNVFTM	S	R	R	R	R	R
Signal	S	R	R	R	R	R
KCFT-N	S	R	R	S	R	R

(أ): R = مقاوم Resistant، S = قابل للإصابة Susceptible.

وجميع هذه الأصول عبارة عن هجن ناتجة من تلقيح الطماطم مع النوع البرى *Solanum habrochaites*، وتُشير الحروف المستخدمة فى تكوين أسماء الأصول خاصية مقاومتها للأمراض المختلفة كما يلى:

الرمز	المرض المعنىّ	
F	الذبول الفيوزارى	Fusarium Wilt
V	ذبول فيرتسيليم	Verticllium Wilt
K	عفن الجذور البنى والفلينى	Brown & Corky Root Rot
N	نيماتودا تعقد الجذور	Root Knot Nematode
T أو Tm	فيرس موزايك التبغ	Tobacco Mosaic Virus
F_2	الذبول الفيوزارى (سلالة رقم ٢، بالإضافة إلى السلالة العادية رقم صفر)	
B	الذبول البكتيرى	Bacterial Wilt

ويعنى ذلك توفر أصول من الطماطم يمكن استخدامها فى مكافحة أى من الأمراض السبعة المبينة عالية.

وتستخدم شركة تاكى – اليابانية – للبذور أصولاً مقاومة للأمراض – جميعها من الهجن – فى تطعيم الطماطم، كما يلى:

الأصل	الأمراض التى يقاومها
Helper-M	B,V,F1,F2,N
Achilles-M	B,V,F1,N
Ti-up No.1	K,N,V,F1,Tm-2^a
Ti-up No.2	K,N,V,F1,F2,Tm-2^a
Anchor-T	B,V,F1,F2,N,Tm-2^a
New No.1	K,N,V,F1
Healthy	B,V,F1,N
Kage	B,N,V,F2,Tm-2^a

ومن الرموز الجديدة التى جاءت فى قائمة الأمراض التى تقاومها تلك الأصول: F1 ويعنى المقاومة للسلالة الأولى (رقم صفر) من الفطر المسبب للذبول الفيوزارى، و Tm-2^a ويعنى احتواء الأصل على الجين Tm-2^a الذى يعد من أقوى جينات المقاومة لفيرس موزايك التبغ. وجميع الأصول الهجين المبينة أعلاه والتى لا تحمل الجين Tm-2^a تحمل الجين الآخرTm-1 لمقاومة فيرس موزايك التبغ. وتوصى الشركة بأن تُطعَّم أصناف الطماطم التى تحمل الجين Tm-2^a على أصول تحمل المقاومة نفسها، وكذلك تُطعّم الأصناف التى تحمل الجين Tm-1 على أصول بها الجين نفسه.

كما يبين جدول (٥–٢) الأصول الشائعة الاستخدام للطماطم ومواصفاتها.

٤– الممارسات الزراعية:

هذه الممارسات كثيرة ومتنوعة ونتناولها بالشرح تحت مختلف الأمراض والآفات.

٥– مكافحة الحشرات الناقلة للمسببات المرضية:

إن من أفضل الوسائل لمكافحة بعض الأمراض هى بمكافحة الحشرات الناقلة لمسبباتها، كما فى الحالات التالية:

كما يبين جدول (٥–٢) الأصول الشائعة الاستخدام للطماطم ومواصفاتها.

جدول (٥-٢): أصول المحاصيل الباذنجانية الشائعة الاستخدام ومواصفاتها (عن Lee).

الأصل الجذرى	الخصائص
S. lycopersicum L.	قوة النمو والمقاومة للفيرس
S. lycopersicum L.	تحمل الحرارة العالية
S. habrochaites S. Knapp & D. Sponer	مقاومة الجذر الفلينى
Solanum spp.	المقاومة للذبول البكتيرى والنيماتودا
S. laciniatum Ait.	المقاومة لغدق التربة
S. intergifolium Poir.	زيادة محتوى السكر
S. sisymbrifolium Lam.	المقاومة للأمراض دون التأثير على السكر
S. torvum Sw.	المقاومة للأمراض دون التأثير على السكر
S. toxicarium Lam.	المقاومة للأمراض دون التأثير على السكر
S. melongena L.	المقاومة المتعددة للأمراض
S. nigrum L.	التحكم فى حجم وجودة الثمار
S. lycopersicum L. × *S. habrochaites* S. Knapp & D. M. Spooner	قلة الإصابة بالفيوزاريم
S. lycopersicum L. × *S. habrochaites* S. Knapp & D. M. Spooner	المقاومة المتعددة للأمراض
S. lycopersicum L.	المقاومة للجذر الفلينى وذبول فيرتسيلليم والذبول الفيوزارى والنيماتودا وزيادة المحصول
S. melongena L.	تحمل الحرارة المنخفضة والمرتفعة
S. lycopersicum L.	المقاومة لعفن الجذر البنى

أ- فيرس موزايك الخيار بمكافحة المن الناقل له.

ب- فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم بمكافحة الذبابة البيضاء الناقلة له.

ج- فيرس التفاف أوراق البطاطس بمكافحة المن الناقل له.

د- فيرس ذبول الطماطم المتبقع بمكافحة حشرة التربس الناقلة له.

يتعين إجراء الفحص الدورى للحقول المزروعة لتحديد إصابتها بالحشرات الناقلة للفيروسات من عدمه، وهو الإجراء الذى يُعرف باسم field scounting. يعد ذلك أمرًا ضروريًّا لتجنب الاستخدام غير الضرورى للمبيدات، وكذلك عدم تأخير الرش إلى درجة يصبح فيها بغير ذى فائدة. وبالنسبة لحقول الطماطم. يوصى بفحص ما لا يقل عن ٤٠ نباتًا أسبوعيًّا فى الحقول التى لا تزيد مساحتها عن ٢٠ فدان، يضاف إليها نباتين آخرين لكل فدان زيادة عن العشرين. يجب أن يكون اختيار النباتات التى يتم فحصها عشوائيًّا أثناء السير فى الحقل بشكل "زجزاج"، ويفضل أن يُحدد – مسبقًا – قبل السير – النباتات التى تُختار للفحص على اعتبار أنها تلك التى ينتهى عندها عدد محدد – سلفًا – من الخطوات. وبالنسبة لعينات فحص الإصابة بالمن تُختار الوريقات عشوائيًّا من الثلثين العلويين للنمو الخضرى لنبات الطماطم.

هذا.. ويُعطى Hilje وآخرون (٢٠٠١) تفاصيل مكافحة الذبابة البيضاء – وما يصاحبها من إصابات فيروسية – بمختلف وسائل الممارسات الزراعية.

٦- المكافحة البيولوجية:

تتعدد الطرق المتبعة فى المكافحة البيولوجية لمختلف الأمراض والآفات؛ الأمر الذى نتناوله بالشرح تحت تلك الأمراض والآفات.

٧- المكافحة بمستحثات المقاومة من المنتجات الطبيعية والمركبات الكيميائية.

٨- المعاملة بمستخلصات الطحالب البحرية:

لم يأخذ هذا الموضوع حقه من الدراسة فيما يتعلق بدور المستخلصات فى مكافحة الأمراض. وفى دراسة حديثة نسبيًّا وُجد أن رش النموات الخضرية للطماطم بمستخلص الطحلب *Ascophyllum nodosum* (وهو من الطحالب البنية brown seaweed) بتركيز ٠,٥٪ أحدث خفضًا جوهريًّا فى الإصابة بمسببات أمراض النموات الخضرية *Alternai solani*، و *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* وصل إلى ٦٣٪،

و ٤٤٪، على التوالى، وزيادة المحصول بنسبة ٤٢٪، وزيادة نشاط الإنزيمات: PPO، و PAL، وPO، وchitnase، و glucanase، وزيادة تراكم الفينولات (Ali وآخرون ٢٠١٦).

٩- المكافحة ببدائل المبيدات:

من أكثر بدائل المبيدات استخدامًا فى المكافحة الصابون النباتى والزيوت المعدنية الخفيفة والكبريت الميكرونى، كما فى الحالات التالية:

أ- الرش بالصابون النباتى إم – بيد لمكافحة كل من المن والذبابة البيضاء والعنكبوت الأحمر بمعدل ١,٥ لتر/فدان كل ٣-٥ أيام فى كل من المشتل والأرض المستديمة.

ب- الرش بزيت معدنى صيفى بمعدل لتر/١٠٠ لتر ماء، أو بالزيت الطبيعى ناتيرلو بمعدل ٦٢٥ مل/١٠٠لتر لمكافحة كل من المن والذبابة البيضاء والعنكبوت الأحمر، وذلك كل ٣-٥ أيام فى كل من المشتل والأرض المستديمة.

ج- الرش بالكبريت الميكرونى بمعدل ٢٥٠ مل/١٠٠ لتر ماء، أو التعفير بالكبريت بمعدل ١٠-١٥ كجم للفدان لمكافحة العنكبوت الأحمر. يُفضل إجراء الرش صباحًا، مع إيقاف الرش عند بلوغ نسبة عقد الأزهار حوالى ٥٠٪.

١٠- المكافحة بالمبيدات:

يُوضح جدول (٥-٣) أهم المبيدات الموصى بها لمكافحة أمراض وآفات الطماطم، ومعدلات استخدامها، والأمراض والآفات التى يجدى معها استخدام تلك المبيدات. كما يبين جدول (٥-٤) المبيدات المستخدمة فى مكافحة آفات الطماطم (عن مركز البحوث الزراعية ٢٠١٣).

جدول (٥–٣): أهم المبيدات المستخدمة فى مكافحة أمراض الطماطم.

المبيد (ومعدل استخدامه)	المرض
بوليرام دى إف (٢٥٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	الندوة المبكرة
	العفن الأسود (الألترنارى)
كوبكس (٣٠٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	الندوة المبكرة
	الندوة المتأخرة
	الأنثراكنوز
بيليز (٧٥ جم/ ١٠٠ لتر ماء، و٥٠ جم للأعفان)	الندوة المبكرة – العفن الرمادى (البوتريتس)
	الندوة المتأخرة – عفن التربة (الرايزكتونيا)
	العفن الأسود (الألترنارى)
أميستار (٢٠٠–٣٠٠ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	الندوة المبكرة
	الندوة المتأخرة
	العفن الأسود (الألترنارى)
سكور (٥٠ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	الندوة المبكرة
ريدوميل جولد (٢٥٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	الندوة المتأخرة
أكروبات نحاس (٢٠٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	الندوة المتأخرة
ريتريب (٢٠ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	البياض الدقيقى
أنتراكول أوكوبرانتراكول (٣٠٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	الأنثراكنوز
بانش (٦ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	البياض الدقيقى
توباس (٢٥ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	البياض الدقيقى
كابتان (٢٥٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	العفن الأسود (الألترنارى)

جدول (٥-٤): المبيدات المستخدمة فى مكافحة آفات الطماطم.

المبيد (ومعدل استخدامه)	المرض
لانيت ٩٠٪ (٣٠٠ جم/ فدان)	دودة ورق القطن
	دودة ثمار الطماطم
أورنر ٢٤٪ (١٥٠ مل/فدان)	دودة ورق القطن
ماتش (١٦٠ مل/فدان)	دودة ورق القطن (فى المراحل الأولى فقط لنمو اليرقة)
	دودة درنات البطاطس
كويك (٤٠٠ جم/فدان)	دودة ورق القطن
تريسر ٢٤٪ (٢٠٠ جم/فدان)	دودة ورق القطن
	دودة درنات البطاطس (٣٠ مل/١٠٠ لتر ماء)
	صانعة أنفاق الطماطم (٥٠ مل/١٠٠ لتر ماء)
بروكليم ٥٪ (١ لتر/فدان)	دودة ورق القطن – صانعة أنفاق الطماطم (٢٠ جم/١٠٠ لتر ماء)
	دودة ثمار الطماطم (٨٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)
	دودة درنات البطاطس (٢٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)
موسبيلان ٢٠٪ (٥٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
أسيتامور ٢٠٪ (٢٥٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
أكتيلك ٥٠٪ (٣٧٥ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
ريلدان ٥٠٪ (٢٥٠ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
	دودة ثمار الطماطم (١,٥ لتر/ فدان)
أدماير (١٢٥ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
كالسيو ٤٨٪ (١٢٠ مل/١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
موسبيلان (٥٠جم/١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
كوماندو ٣٥٪ (٧٥ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
أكترا (٨٠ جم/ فدان)	الذبابة البيضاء
فولى ٢٠٪ (٢٥جم/١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
تشيس (٤٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	المن
كونفيديت ٣٥ (٧٥ مل/١٠٠ لتر ماء)	المن
أفوكس (٥٠جم/١٠٠ لتر ماء)	المن
نيودرين ٩٠٪ (٣٠٠ جم/فدان)	دودة ثمار الطماطم

يتبع

تابع : جدول (٥–٤).

المبيد (ومعدل استخدامه)	المرض
أفانت (١٠٥ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	دودة ثمار الطماطم
	دودة درنات البطاطس (٢٥ مل/ ١٠٠ لتر ماء)
	صانعة أنفاق الطماطم (٥٠ مل/١٠٠ لتر ماء)
أمبريور ٠,٥٪ (٨٠ مل/١٠٠ لتر ماء)	دودة ثمار الطماطم
أجروثيون ٥٧٪ (٢ لتر/فدان)	دودة درنات البطاطس
فيرتيميك ١,٨٪ (٤٠ مل/١٠٠ لتر ماء)	العنكبوت الأحمر
	الحلم الدودى
رنر ٢٤٪ (١٥٠ مل/فدان)	دودة درنات البطاطس
هوبانج ٩٠٪ (٣٠٠جم/ فدان)	دودة درنات البطاطس
فوليام فليكس ٤٠٪ (٢٠جم/١٠٠ لتر ماء)	صانعة أنفاق الطماطم (التوتا)
شالنجر ٣٦٪ (٥٠مل/ ١٠٠ لتر ماء)	صانعة أنفاق الطماطم
	العنكبوت الأحمر
	الحلم الدودى
بيليو (٣٥ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	صانعة أنفاق الطماطم
أجروميك ١,٨٪ (٥٠ مل/١٠٠ لتر ماء)	العنكبوت الأحمر– الحلم الدودى
ماكوميت ١٠٪ (٢٠جم/ ١٠٠ لتر ماء)	العنكبوت الأحمر — الحلم الدودى
سوميثيون ٥٠٪ (٤٥٠ مل/١٠٠ لتر ماء)	صانعة أنفاق الطماطم
أورتس (٥٠ مل/١٠٠ لتر ماء)	العنكبوت الأحمر — الحلم الدودى
فيرون (١٠٠ مل/١٠٠ لتر ماء)	العنكبوت الأحمر — الحلم الدودى
دليت ٧,٥٪ (١٢٥ مل/١٠٠ لتر ماء)	العنكبوت الأحمر

الذبول الطرى أو تساقط البادرات

يمكن التمييز بين مسببات الذبول الطرى من أعراض الإصابة، كما يلى:

١– البثيم *Pythium* spp.:

تؤدى إصابة البادرات بالبثيم إلى انهيار ساق البادرة عند سطح التربة أو تحتها،

وقد يحدث عفن قبل بزوغ البادرة. وفى البادرات الأكبر عمرًا يظهر عفن أسود بالجذور. وتشتد الإصابة – عادة – فى التربة الدافئة الرطبة.

٢- الرايزكتونيا سولانى *Rhizoctonia solani*:

تظهر بقع بنية ضاربة إلى الحمرة على ساق البادرة عند سطح التربة قد تُحلِّقه. وتشتد الإصابة فى التربة الدافئة إلى الباردة.

٣- الثيلافيوبسس *Thielaviopsis basicola*:

يظهر عفن أسود على جذور البادرة، وقد تستمر النباتات فى نموها رغم مرضها، إلا أنها تكون متقزمة. تشتد الإصابة – عادة – فى التربة الباردة (Olsen & Young ١٩٩٨).

ولمكافحة مرض تساقط البادرات يراعى ما يلى:

١- معاملة البذور بالمطهرات الفطرية:

تفضل معاملة البذور قبل زراعتها بأحد المطهرات الفطرية حتى ولو كانت معاملة، ويستخدم لذلك الريزولكس أو الكابتان أو المون كت بمعدل ٣ جم، أو التوبسن بمعدل ٢ جم لكل كيلو جرام بذرة. وإذا كانت الإصابة بالمرض مردها لفطر الرايزكتونيا تفيد معاملة البذور بالمون كت بمعدل ٣ جم لكل كيلو جرام بذرة أو حقن المبيد مع ماء الرى بمعدل ٥٠٠ جم للفدان.

٢- اتباع الممارسات الزراعية المناسبة، مثل:

أ- العناية بتجهيز المشاتل الحقلية وتسويتها جيدًا حتى لا تتراكم الرطوبة فى أى جزء منها.

ب- تجنب الزراعة الكثيفة، والاعتدال فى الرى، وتحسين التهوية للمساعدة على جفاف سطح التربة بسرعة، وتوفير التهوية فى الجو البارد لأجل زيادة قوة نمو البادرات.

وللتخلص من مشكلة الذبول الطرى فى مشاتل الشتَّالات، التى تزرع فيها بذور الهجن مرتفعة الثمن، تجب مراعاة ما يلى:

أ- غسل الشتَّالات (أحواض أو صوانى الزراعة) والبلاستيك المستعمل تحت الشتالات – كحاجز بينها وبين التربة – بمحلول مخفف من هيبوكلوريت الصوديوم (الكلوراكس التجارى مع الماء بنسبة ١ : ٩).

ب- توضع صوانى الزراعة فى مكان جاف نظيف بعد تعقيمها.

ج- يوضع مخلوط الزراعة النظيف – وتتم تعبئة الصوانى – على بلاستيك نظيف.

د- يمنع السير على مخلوط الزراعة.

هـ- التأكد من نظافة الأيدى والأدوات المستخدمة فى تداول مخلوط الزراعة.

و- يضاف الكابتان إلى المخلوط (الذى يتكون من البيتموس والرمل النظيف المغسول بنسبة ٤ : ١)؛ بمعدل ٢ جم من المبيد لكل متر مكعب من المخلوط.

ز- توضع الصوانى – بعد الزراعة – فوق بعضها إلى حين ظهور أول البادرات، حيث تفرد فورًا على صناديق بلاستيكية مقلوبة، أو على قوالب من الطوب بحيث تكون بعيدة عن سطح التربة.

ح- يرش سطح الصوانى – بمجرد تفريدها – بالكابتان أو البنليت.

ط- إذا ظهر الذبول الطرى يُعاد الرش – مرة أخرى – بالكابتان، أو البنليت، أو الرادوميل.

ك- تجنب بقاء سطح مخلوط الزراعة مبتلاً طوال الوقت، مع الرى فى الصباح.

ل- توفير تهوية جيدة.

ولقد أمكن مكافحة تساقط البادرات الذى يسببه الفطر *Rhizoctonia solani* بتزويد بيئة الزراعة بالنموات الخضرية لنبات المونواردا Monarda (وهو نعناع أمريكى)

يحتوى على زيوت أساسية يدخل ضمن تركيبها مركبات مضادة للبكتيريا (Gwinn وآخرون ٢٠١٠).

٣- المكافحة البيولوجية:

فى محاولة لمكافحة مرض سقوط البادرات (الذبول الطرى).. أدت معاملة بذور الطماطم أو تربة المشاتل بأى من الأنواع البكتيرية: *Azospirillium* spp.، أو *Azotobacter chroococcum*، أو *Pseudomona fluorescens* (وجميعها من البكتيريا التى تعيش فى محيط النموات الجذرية للنباتات).. أدَّت إلى زيادة سرعة إنبات البذور وزيادة الوزن الجاف للبادرات، وتقليل إصابتها بالذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Rhizoctonia solani*؛ حيث تطفلت البكتيريا على الأجسام الحجرية للفطر. ولكن لم تكن المعاملة بهذه البكتيريا فعالة فى حرارة تزيد على ٣٠°م (Sanhita Gupta وآخرون ١٩٩٥).

كذلك أدت معاملة بذور الطماطم بالبكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* إلى تقليل إصابتها – معنويًا – بالذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Pythium spelendens*– فى مزارع تقنية الغشاء المغذى، وازدادت الحماية من المرض بحقن (عدوى) المحلول المغذى ذاته بالبكتيريا التى انتشرت فى المزرعة مع المحلول المغذى (Buysens وآخرون ١٩٩٥).

وأظهرت العزلة Pf1 من *P. fluorescens* أقصى تثبيط لنمو الغزل الفطرى للمسبب المرضى *Pythium aphanidermatum*، وزيادة فى نمو نباتات الطماطم والفلفل. وكانت تلك العزلة فعالة – كذلك – فى تقليل الإصابة بالذبول الطرى فى كل من الطماطم والفلفل تحت ظروف الصوبة والحقل، كما ازداد فى النباتات المعاملة بالعزلة والفطر نشاط كلاً من: الـ phenylalanine ammonia lyase، والـ peroxidase، والـ polyphenol oxidase، وازداد فيها تراكم الفينولات (Ramamoorthy وآخرون ٢٠٠٢).

كما أظهرت البكتيريا *Calothrix elenkenii* قدرة على مكافحة الفطر *P. aphanidermatum* – مسبب مرض سقوط البادرات – فى الطماطم (Manjunath وآخرون ٢٠١٠).

الذبول الفيوزارى

إن من أهم وسائل مكافحة الذبول الفيوزارى، ما يلى:

١- زراعة الأصناف المقاومة:

تُعرف ثلاث سلالات من الفطر هى: سلالة صفر (وهى التى تعرف برقم 0)، وتتوفر المقاومة لها فى كل الهجن والغالبية العظمى من الأصناف التجارية الصادقة التربية، وسلالة ثانية وهى التى تعرف برقم 2، وتتوفر المقاومة لها فى عدد كبير من الهجن وأصناف الطماطم الحديثة، مثل: والتر Walter، وبيتو ٩٥ Peto 95، وفلورادید Floradade، وغيرها، وسلالة ثالثة (وهى التى تعرف برقم 3)، وهى قليلة الانتشار نسبيًّا، وكانت قد ذُكرت لأول مرة فى فلوريدا وأستراليا، وتتوفر المقاومة لها فى أصناف تجارية قليلة.

هذا.. وتتحكم ثلاثة جينات I، و I-2، و I-3 (يرمز I للمناعة immunity) فى المقاومة للسلالات 0،و1، و 2 – على التوالى – من الفطر *Fusarium oxysporium* f.sp. *lycopersici* المسبب للذبول الفيوزارى فى الطماطم.

٢- التطعيم على أصول مقاومة:

أسلفنا الإشارة إلى عديد من أصول الطماطم التى تحمل مقاومة لعدة أمراض، ومنها الذبول الفيوزارى بسلالتيه 1، و 2 (أى 0 ، و1).

لقد أفاد التطعيم على أصول مقاومة للمرض فى مقاومته، وهى طريقة شائعة الاستعمال فى الزراعات المحمية للطماطم فى هولندا، وفى كل من الزراعات المكشوفة والزراعات المحمية فى اليابان وكوريا الجنوبية. ومن بين هذه الأصول ما يلى: (Matsuzoe وآخرون ١٩٩٣):

Solanum sisymbrifolium *S. torvum*

S. toxicarium

وقد وجد Nagaoka وآخرون (١٩٩٥) أن جذور أصلا الطماطم Taibyo Shinko No.1، و *S. lycopersicum* × *S. habrochaites* تفرز عديدًا من المركبات السامة للفطريات. هذا.. وتتوفر عدة أصول تجارية من الهجين النوعى الأخير، منها ما يلى:

Beaufort	Big Power
Brigeor	He-Man
Maxifort	Popeye

وتُعد جميع هذه الهجن (الأصول) مقاومة لكل من: السلالتين 0، و 1 من فطر الذبول الفيوزارى *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (لكن أى منها لا يقاوم السلالة 2 من الفطر)، والفطر *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، والسلالة 1 من فطر ذبول فيرتسيليم *Verticillum dahliae*، والفطر *Pyrenochaeta lycopersici*، وأنواع نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne arenaria* و *M. javanica* و *M. incognita* (باستثناء الهجين Popeye الذى لا تُعرف مقاومته للنيماتودا)، وفيرس موزايك الطماطم، كما تتوفر المقاومة العالية للفطر *Sclerotium rolfsii* فى كل من الهجن: Beaufort، و Big Power، و He-Man، و Maxifort، بينما تصاب جميع الهجن النوعية المستخدمة كأصول لبكتيريا الذبول *Ralstonia solanacearurm* (Louws وآخرون ٢٠١٠).

٣- بسترة التربة بالتشميس:

أفادت عملية تشميس التربة – فى مصر – فى مكافحة المرض بصورة أفضل من تبخير التربة ببروميد الميثايل (El-Shami وآخرون ١٩٩٠ أ و١٩٩٠ب). وفى ولاية فلوريدا الأمريكية أدت معاملة التشميس إلى التخلص من فطر الذبول الفيوزارى حتى عمق ٥ سم فقط، بينما أدى تبخير التربة ببروميد الميثايل إلى التخلص من الفطر حتى عمق ٣٥ سم (Shellemi وآخرون ١٩٩٤).

٤- المكافحة البيولوجية:

تتنوع الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية للذبول الفيوزارى فى الطماطم، كما يلى:

أ- المكافحة بسلالات فسيولوجية أخرى من الفطر وبالتربة المثبطة للفيوزاريم:

تفيد الزراعة فى تربة تعرف بتلوثها بسلالات فسيولوجية أخرى من الفطر *Fusarium oxysporum*؛ حيث وجد Homma & Ohata (١٩٧٧) أن حقن الطماطم (عدواها) بأى من ٧ سلالات فسيولوجية أخرى غير *lycopersici* (وخاصة بالسلالات الفسيولوجية: *melongenae*، و *cucumerinum*، و *batatas*، وهى المتخصصة على الباذنجان، والخيار، والبطاطا على التوالى) أدى إلى تقليل شدة إصابتها بالذبول عند حقنها – بعد ذلك – بالسلالة الفسيولوجية *lycopersici* المتخصصة على الطماطم.

كذلك وجد Tamietti وآخرون (١٩٩٣) أن الزراعة فيما يعرف بـ "التربة المثبطة للفيوزاريم" *Fusarium*-suppressive soil أدت إلى حماية النباتات من الإصابة الشديدة بالذبول الفيوزارى، وصاحبت ذلك زيادة فى نشاط عدد من الإنزيمات الهامة فى النباتات، هى:

Laminarinase	Chitinase
N-acetyl-glucosaminidase	β-1-4-glucosidase
Peroxidase	Polyphenol oxidase

وقد اقترح الباحثون أن السلالات غير المرضة من الفيوزاريم – فى التربة المثبطة للفيوزاريم – هى المسئولة عن حماية النباتات من الإصابة بالذبول الفيوزارى، وأنها – أى السلالات غير المرضة – توفر تلك الحماية بحثِّ النباتات على زيادة مقاومته الطبيعية للإصابة.

ب- المكافحة بالفطريات:

تفيد المعاملة بالفطريات المنتجة للإنزيمات المحللة lytic enzymes فى مكافحة المرض، ومن أهم الفطريات المنتجة لها ما يلى (Cal وآخرين ١٩٩٤):

Penicillium oxalicum *Aspergillus nidulans*

F. subglutinans *Fusarium moniliforme*

ولقد أدت معاملة شتلات الطماطم – وهى فى المشتل – بالفطر *Penicillium oxalicum* إلى تقليل إصابتها بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* فى حجرات النمو بنسبة ٤٥٪ – ٤٩٪، وفى الصوبة الزجاجية بنسبة ٢٢٪–٦٩٪، واستمر تأثير المعاملة لمدة ٦٠–١٠٠ يوم بعد العدوى بالفطر المرض فى الصوبة. هذا.. ولم تكن معاملة البذور بالفطر *P. oxalicum* مؤثرة فى خفض الإصابة بالذبول الفيوزارى، كما لم تؤثر المعاملة بفطر المكافحة الحيوية – بأية طريقة – على تواجد الفطر المرض فى المحيط الجذرى لنباتات الطماطم (de Cal وآخرون ١٩٩٩).

ج- المكافحة بالبكتيريا:

تُعد السلالة HOA73 من البكتيريا *Paenibacillus elgii* مضادة لعديد من المسببات المرضية النباتية، ومنها الفطر المسبب للذبول الفيوزارى فى الطماطم، وقد عزل من تلك البكتيريا المركب المسئول عن فعلها المضاد، وعُرِّفَ بأنه المركب butyl 2,3-dihydroxybenzoate (Nguyen وآخرون ٢٠١٥).

وأدت معاملة الطماطم بالسلالة Pf1 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* إلى الحد من إصابة الجذور بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى. وقد صاحب ذلك زيادة فى نشاط الإنزيمات: الـ phenylalanine ammonia lyase، والبيروكسيديز، والبولى فينول أوكسيديز، والكاتاليز، والـ β-1,3-glucanase وكانت المعاملة قد أجريت بغمس جذور الشتلات مع سقى التربة ورش النموات الخضرية.

وكانت بداية الزيادة فى نشاط تلك الإنزيمات من اليوم الثالث، وبلغت أعلى معدلاتها فى اليوم الثامن إلى التاسع، ثم تناقصت تدريجيًّا بعد ذلك (Manikandan & Raguchander ٢٠١٤).

كما حققت المعاملة بالـ DL-3-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA) والبكتيريا *Pseudomonas* (العزلة CW2)– معًا – مكافحة جيدة للذبول الفيوزارى فى الطماطم (Hassan & Buchenauer ٢٠٠٩).

كذلك أعطت معاملة الطماطم ببكتيريا المحيط الجذرى *Brevibacillus brevis* مكافحة جيدة للفطر *Fusarium oxysporium* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى (Chandel وآخرون ٢٠٠٩).

ولقد أمكن عزل سبع عزلات بكتيرية من الأنسجة الداخلية للنبات *Solanum elaeaginfolium*، ووجد أنها يمكن أن تستعمر الأنسجة الداخلية لنباتات صنف الطماطم Rio Grande. وقد قُيمت تلك السلالات – بعد استعمارها لأنسجة الطماطم – للتعرف على نشاطها المضاد للفطر *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى وتأثيرها المنشط للنمو النباتى. ومن بين تلك السلالات السبع أنقصت السلالتان SV101، و SV104 شدة الإصابة بفطر الذبول جوهريًّا بنسبة ٧٧٪ – ٨٣٪، وقللت انتشار التلون البنى للحزم الوعائية بنسبة ٧٦٪ فى النباتات المعدية بالفطر، مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول المعدية بالفطر وغير المعدية بالسلالتين. وقد حفزت السلالتان دلائل النمو فى كل من النباتات المعدية وغير المعدية بفطر الذبول. وأمكن تعريف هاتان السلالتان بأنهما ينتميان لكل من *Bacillus* sp. (السلالة SV101 أو KU043040)، و *B. tequilensis* (السلالة SV104 أو KU96970). وفى البيئات الصناعية ثبَّطت السلالتان نمو فطر الذبول بنسبة ٦٤٪، كما ثبَّطت إفرازات البكتيريا غير الخلوية نمو الفطر بنسبة ٢٠٪، و٥٥٪ على التوالى، مقارنة بما حدث فى مزارع

الكنترول. وتبين أن SV104 تُنتج protease، و chitinase، و pectinase، و IAA، و siderophores، بينما أظهرت SV101 نشاطًا فى الـ pectinase وفى إنتاج الـ IAA، وإنتاج عامل مُذيب للفوسفات (Ben Abdallah وآخرين ٢٠١٦).

د- المكافحة بالترايكودرما:

استخدمت فطريات الترايكودرما *Trichoderma harzianum*، و *T. viride*، و *T. hamatum* فى مكافحة الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى فى الطماطم، ووجد أنها جميعًا كانت قادرة على إنتاج الأنزيمين المحللين: β-1,3glucanase، و chitinase بكفاءة – خاصة فى وجود مادة الجدر الخلوية للمسبب المرضى – وكان أكفأها *T. harzianum*. كما حدث تحلل لغزل الفطر المسبب للمرض لدى معاملته براشح أيض فطريات الترايكودرما. وتحت ظروف الحقل قللت المعاملة بالفطريات الثلاثة الإصابة المرضية بالذبول الفيوزارى، وكان *T. harzianum* أفضلها (Ojha & Chatterjee ٢٠١١).

ذبول فيرتسيليم

يُعد الفطر *Verticillium dalhiae* هو المسبب الرئيسى للمرض، وبدرجة أقل كثيرًا الفطر *V. albo-atrum*، وهما يختلفان فى عدد من الأمور، فالأول (*V. dalhiae*) ينتج أجسامًا حجرية صغيرة microsclerotia يمكنها البقاء فى التربة وفى بقايا النباتات لمدة ١٤ سنة وتبقى نشطة فى حرارة تزيد عن ٣٠°م، بينما الثانى (*V. albo-atrum*) يُنتج غزل فطرى قاتم السواد يمكنه البقاء فى التربة والبقايا النباتية لمدة ٢-٥ سنوات، ولا يُنتج أجسامًا حجرية، ولا يكون نشطًا فى حرارة تزيد عن ٣٠°م. يُشكِّل الفطر الأول مشكلة كبيرة فى عدد كبير من المحاصيل الزراعية، ويمكن لمعظم سلالاته إصابة مدى واسعًا من الحشائش، مما يجعله قادرًا على البقاء فى التربة لمدة طويلة، ويحد من كفاءة الدورة الزراعية فى مكافحته.

ومن أهم وسائل مكافحة المرض، ما يلى:

١- زراعة الأصناف المقاومة:

تعد زراعة الأصناف المقاومة أفضل وسيلة لمكافحة المرض، ويتوفر الكثير من أصناف الطماطم المقاومة للسلالة رقم (١) من الفطر التى تنتشر فى معظم أرجاء العالم. أما سلالة رقم (٢) فهى محدودة الانتشار نسبيًّا.

يتحكم فى المقاومة لذبول فيرتسيليم فى الطماطم الجين Ve. يسمح هذا الجين بمقاومة السلالة رقم ١ من الفطر، بينما تتغلب جميع السلالات الأخرى للفطر (تسمى السلالة ٢) على تلك المقاومة، ولم يمكن التعرف فى الطماطم على مقاومة للسلالة ٢.

٢- الممارسات الزراعية:

أدت إضافة الكبريت للتربة إلى تعزيز مقاومة الطماطم للفطر *V. dahliae* – مسبب مرض ذبول فيرتسيليم – بفعل تكون مركبات كبريتية دفاعية (Bollig وآخرون ٢٠١٣).

عفن الجذر والتاج الفيوزارى

إن من أهم وسائل مكافحة مرض الجذر والتاج الفيوزارى، ما يلى:

١- التطعيم على أصول مقاومة، وقد أسلفنا الإشارة إلى بعضها.

٢- المعاملة بالشيتوسان:

أحدثت معاملة وسط زراعة الطماطم بالشيتوسان chitosan بمعدل ١٢,٥ أو ٣٧,٥ مجم/لتر خفضًا جوهريًّا فى موت النباتات الذى تسببه الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، وفى أعراض عفن الجذور والفقد المحصولى. وفى غياب الفطر الممرض لم يكن للمعاملة بالشيتوسان تأثيرًا ضارًا على النمو النباتى أو المحصول. وقد أدت المعاملة إلى زيادة مقاومة النباتات لاستعمار الفطر الممرض

لها، وانحصر تواجده فى نسيج البشرة والقشرة، وظهرت على الهيفات الفطرية اضطرابات خلوية وتكونت فيها فجوات كبيرة، مع حدوث فقد شبه تام للبروتوبلازم (Lafontaine & Benhamou ١٩٩٦).

٣- المعاملة بالسيليكون:

أحدثت إضافة السيليكون بتركيز ١٠٠ مجم/لتر لمحلول هوجلند المغذى الذى استُعمل فى تغذية نباتات الطماطم بعد شتلها انخفاضًا فى شدة إصابة النباتات بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، مسبب مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى؛ الأمر الذى ربما حدث بسبب تأخير السيليكون لبدء إصابة الجذور بالفطر وانتقاله من الجذور إلى السيقان. وقد كان تركيز السيليكون فى جذور وسيقان النباتات المعاملة أعلى جوهريًّا عما كان فى النباتات غير المعاملة، كما ارتبطت الزيادة فى تركيز السيليكون فى الجذور جوهريًّا مع الانخفاض فى شدة المرض فى الجذور والتاج والساق، بما يفيد وجود دور للسيليكون فى المقاومة (Huang وآخرون ٢٠١١).

٤- المكافحة البيولوجية:

أفاد فى مكافحة مرض عفن الجذر والتاج الفيوزارى بصورة جيدة معاملة التربة بفطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum* بالإضافة إلى بسترة التربة بالإشعاع الشمسى (Sivan & Chet ١٩٩٣).

كذلك حصل Tu & Zheng (١٩٩٤) على مكافحة جيدة للمرض باستعمال أى من الكائنات الدقيقة:

Gliocladium roseum	*Bacillus subtilis*
G. virens	*Pseudomonas fluorescens*

وقد حصل الباحثان على أفضل مكافحة للمرض باستعمال *G. roseum*. وعمومًا.. كانت الفطريات (*Gliocladium* spp.) أفضل فى مكافحة المرض من نوعى البكتيريا المستخدمين.

كما أفاد فى مكافحة مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى نقع قش الأرز فى معلق لمزارع البكتيريا *Bacillus subtilis* (السلالة NB22)، ثم خلطة بالتربة (Phae وآخرون ١٩٩٢).

وقد أدى حقن (تلقيح) جذور الطماطم بالعزلة Fs-K من *Fusarium solani* (التى تم عزلها – ابتداءً – من جذور طماطم كانت نامية فى كمبوست مُثَبِّط لمسببات أمراض كل من الجذور والنموات الخضرية).. أدى حقنها بتلك العزلة إلى حمايتها من الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، وإلى تطوير مقاومة جهازية فيها ضد الإصابة بالفطر *Septoria lycopersici* (Kavroulakis وآخرون ٢٠٠٧).

وأدى سقى التربة بمنتج المكافحة الحيوية RootShield إلى خفض موت الطماطم فى البيوت المحمية نتيجة لحمايتها من الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* – مسبب مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى – إلى ٥,٥٪، وكانت النباتات المعاملة أكثر إنتاجًا للثمار (Hibar وآخرون ٢٠٠٦).

كما أحدثت معاملة مخاليط زراعة الطماطم بأى من البكتيريا *Chryseomonas luteola*، أو *Serratia liquifaciens*، أو *Aeromonas hydrophila* – المتحصل عليها من كمبوست السبلة الحيوانية – خفضًا جوهريًّا فى شدة الإصابة بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* مسبب مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى (Kerkeni وآخرون ٢٠٠٨).

أعفان الجذور الأخرى الفطرية

من بين أهم الفطريات الأخرى التى تسبب أعفانًا بجذور الطماطم كلاً من: *Rhizoctonia solani* (مسبب مرض عفن الجذور الرايزكتونى)، و *Sclerotinia scleriorum* (مسبب مرض العفن القطنى)، و *Sclerotium rolfsii* (مسبب مرض اللفحة الجنوبية)، و *Pyrenochaeta lycopersici* (مسبب مرض عفن الجذور الفلينى)، وهى التى تناقش وسائل مكافحتها معًا.

تتنوع وسائل مكافحة أمراض الجذور الأخرى حسب المرض، كما يلى:

١- التطعيم على أصول مقاومة:

يتوفر عديد من الأصول المقاومة لكل من الفطرين *Phytophthora nicotianae*، و *P. capsici* كما هو مبين فى جدول (٥-٥).

جدول (٥-٥): مقاومة بعض أصول الطماطم لكل من *Phytophthora nicotianae*، و *P. capsici* (Gilardi وآخرون ٢٠١٣).

الأصل	الشركة المنتجة	السلالة PHT7 من *P. nicotianae*		السلالة PHT22 من *P. capsici*	
		١٤[أ]	٢١	١٤	٢١
He-Man	Sengenta	HS[ب]	HS	PR	PR
Maxifort	De Ruiter	HS	PR	S	PR
Beaufort	De Ruiter	HS	S	HS	R
Unifort	De Ruiter	HS	S	HS	R
Arnold	Sengenta	PR	R	R	R
Armstrong	Sengenta	S	PR	S	R
Natalya	Esasem	HS	S	HS	PR
Spirit	Nunhems	HS	S	HS	PR
الكنترول [ج]	Furi sementi	HS	PR	S	PR

(أ) عمر النباتات باليوم من الزراعة عند عدواها بالفطر.

(ب) R = مقاوم، و PR = مقاوم جزئيًا، و S= قابل للإصابة، و HS= شديد القابلية للإصابة.

(ج) كان صنف الكنترول القابل للإصابة: Cuore de bue

وقد أدى تطعيم الطماطم على أى من الأصول Big Power، و Beaufort، و Maxifort – وجميعها من الهجن النوعية – إلى خفض شدة الإصابة باللفحة الجنوبية التى يسببها الفطر *Sclerotium rolfsii* إلى نحو صفر – ٥٪، مقارنة بنسبة إصابة بلغت ٢٧٪، و٧٩٪ (فى موقعين للدراسة) فى نباتات الكنترول. كذلك أفاد التطعيم على أى من الهجن النوعية إلى خفض الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور وخفض

كثافة تواجد النيماتودا فى التربة عند الحصاد، وخاصة عندما استخدم الهجين النوعى Big Power كأصل. وفى كل الحالات أدى التطعيم على الهجن النوعية إلى زيادة محصول الثمار وحافظ على إنتاج محصول جيد فى تربة ملوثة بكل من *S. rolfsii* ونيماتودا تعقد الجذور (Rivard وآخرون ٢٠١٠).

ويُسبب الفطر *Pyrenochaeta lycopersici* مرض عفن الجذر الفلينى فى كل من الطماطم والباذنجان، وخاصة فى الجو البارد (عندما تكون حرارة التربة حوالى ١٨ °م). وتُفيد الهجن النوعية كأصول لمقاومة المرض، ومنها: Brigeor للباذنجان، و Beaufort للطماطم (Louws وآخرون ٢٠١٠).

٢- بسترة التربة بالتشميس:

أفاد فى مكافحة العفن الاسكليروشى أو اللفحة الجنوبية التى يسببها الفطر *Sclerotium rolfsii* معاملة التربة بالتشميس مع استعمال البلاستيك الشفاف لمدة ٦ أسابيع، ثم حقن التربة بالفطر *Gliocladium virens*؛ حيث قضت المعاملة على الأجسام الحجرية للفطر بنسبة ١٠٠٪، و٩٦٪، و٥٦٪ حتى عمق ٣٠ سم فى سنوات مختلفة للدراسة (Ristaino وآخرون ١٩٩١).

٣- الإضافات العضوية للتربة والشيتين والشيتوسان:

قللت إضافات المادة العضوية للتربة (نباتات كرنبيات، وكمبوست المخلفات المنزلية، وكمبوست سبلة الماشية) من شدة الإصابة بفطريات التربة التى تُصيب الطماطم (*Pyrenchaeta lycopersici*، و *Verticillium albo-atrum*) وأدت إلى زيادة محصول الثمار. كذلك ازداد النشاط البيولوجى فى التربة بزيادة الإضافات العضوية، ووجدت ارتباطات جوهرية موجبة بين النشاط البيولوجى فى التربة، والوزن الطازج للجذور، ومحصول الثمار. ويعنى ذلك أن أحد آليات مكافحة الأمراض فى التربة بالإضافات العضوية ربما يكون مرده إلى زيادة منافسة كائنات التربة الدقيقة لها.

كذلك فإن إضافات الشيتين والشيتوسان قللت جوهريًّا من أمراض التربة والإصابة المرضية، وأدت إلى زيادة محصول الثمار وعددها وأحجامها، لكن لم يكن لها أى تأثير على النشاط البيولوجى فى التربة.

وفى المقابل لم يكن لكل من المعاملة بـ *Bacillus subtilis*، و *Pythium oligandrum*، ومستخلص الحشائش البحرية التجارى Marinure، ومستحلب السمك المغذى Nugro أى تأثير إيجابى على مكافحة أمراض التربة أو محصول الثمار.

وبذا.. فإن الإضافات العضوية منفردة أو مع الشيتين والشيتوسان تفيد فى مكافحة أمراض التربة (Giotis وآخرون ٢٠٠٩).

٤- المكافحة الحيوية:

أظهرت عزلات من الجنسين البكتيريين *Bacillus* spp.، و *Pseudomonas* spp. كفاءة عالية – نسبيًّا فى مكافحة الفطرين *Rhizoctonia solani*، و *Sclerotinia sclerotiorum* فى الطماطم (Soylu وآخرون ٢٠٠٥).

وأمكن مكافحة كل من الفطرين *Rhizoctonia solani*، و *Sclerotium rolfsii* فى الطماطم بنسبة تراوحت بين ٥٨٪، و٧٣٪ بحقن بعض الأنواع البكتيرية المضادة لها من خلال شبكة الرى بالتنقيط، وهى: السلالة T1A-2B من *Burkholderia cepacia*، والسلالة T4B-2A من *Pseudomonas* sp.، اللتان كان تأثيرهما مماثلاً لتأثير المعاملة بالترايكودرما *Trichoderma asperellum* وبعض المبيدات (DeCurtis وآخرون ٢٠١٠).

الندوة المتأخرة

يُسبب الفطر *Phytophthora infestans* مرض الندوة المتأخرة فى كل من الطماطم والبطاطس، إلاّ أن عزلات الفطر قد تختلف فيما تحمله من جينات الضراوة (وهى التى تكون سائدة غالبًا) على أى من المحصولين؛ ولذا.. قد توجد عزلات تصيب أحد المحصولين دون الآخر، وعزلات تُصيب كليهما، وقد تتباين الإصابة – بالعزلة الواحدة – فى شدتها بين المحصولين (Lee وآخرون ٢٠٠٢).

وتكثر فى الظروف الاستوائية وتحت الاستوائية الجراثيم الفطرية المحمولة بالهواء؛ الأمر الذى يُعد أكثر أهمية فى أوبئة الندوة المتأخرة عن الجراثيم التى تأتى من بقايا النباتات المصابة أو من العوائل الأخرى (Lima وآخرون ٢٠٠٨).

ومن أهم وسائل مكافحة الندوة المتأخرة، ما يلى:

١- المكافحة بالزيوت الأساسية:

عُوملت الطماطم بالزيوت الأساسية المستخلصة من الأجزاء الهوائية لكل من: الـ oregano (وهو: *Origanum syriacum* var. *bevanii*)، والزعتر thyme (وهو: *Thymbra spicata* subsp. *spicata*)، والخُزامى lavender (وهو: *Lavandula stoechas* subsp. *stoechas*)، وحصى البان rosemary (وهو: *Rosmarinus officinalis*)، والفينوكيا fennel (وهى: *Foeniculum vulgare*)، والغار laurel (وهو: *Laurus nobilis*).

كانت أكثر المركبات المتطايرة تواجدًا بهذه النباتات، كما يلى:

النبات	المركب الرئيسى	نسبته (٪)
الزعتر	carvacrol	٣٧,٩
الـ oregano	carvacrol	٧٩,٨
حصى البان	borneol	٢٠,٤
الخُزامى	camphor	٢٠,٢
الفينوكيا	anethole	٨٢,٨
الغار	1,8-cineole	٣٥,٥

ولقد وجد أن المركبات المتطايرة للـ oregano والزعتر بتركيز ٠,٣ ميكروجرام/مل ثبطت بصورة تامة نمو الفطر *Phytophthora infestans*، أما التثبيط الكامل لنمو الفطر باستعمال المركبات المتطايرة لباقى النباتات فإنه تطلب المعاملة بتركيز ٠,٤- ٢,٠ ميكروجرام/مل فى الهواء.

كذلك وجد أن المعاملة بالملامسة (وليس بالمركبات المتطايرة) بالزيوت الأساسية للـ oregano والزعتر والفينوكيا بتركيز ٦,٤ ميكروجرام/مل ثبطت نمو *P. infestans*

بصورة تامة، بينما احتاج التثبيط التام للفطر لتركيزات أعلى من كل من حصى البان، والخُزامى، والغار بلغت ١٢,٨، و٢٥,٦، و٥١,٢ ميكروجرام/مل، على التوالى.

وتجدر الإشارة إلى أن المركبات المتطايرة للزيوت الأساسية كانت دائمًا أكثر فاعلية من معاملة التلامس مع الزيت ذاته.

وقد ثبطت الزيوت وأبخرتها من تجرثم الفطر، وأحدثت بهيفاته تحورات موروفولوجية، مثل تجلط السيتوبلازم، وتكون الفجوات فيها، وتورمها، بالإضافة إلى التسرب الأيونى منها (Soylu وآخرون ٢٠٠٦).

٢- المكافحة البيولوجية:

استحثت معاملة بذور الطماطم ببكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو *Bacillus cereus* مقاومة جهازية ضد مسببات أمراض النموات الخضرية: *Alternaria solani* (الندوة المبكرة)، و *Phytophthora infestans* (الندوة المتأخرة)، و *Septoria lycopersici* (تبقع الأوراق السبتورى)، وخفضت من شدة الإصابة بتلك الأمراض، مقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول، بما يسمح بخفض جرعات المبيدات الفطرية التى تلزم لتحقيق المكافحة الجيدة (Silva وآخرون ٢٠٠٤).

كما أدت معاملة الطماطم بأربع عزلات من بكتيريا المحيط الجذرى تنتمى لأربعة أنواع بكتيرية (هى: *Burkholderia gladioli*، و *Miamiensis avidus*، و *Acinetobacter quenomosp*، و *Bacillus cereus*) إلى حث دفاع فعال ضد الفطر *Phytopthora infestans* مسبب مرض الندوة المتأخرة، كما حفَّزت نمو بادرات الطماطم. ورغم عدم ملاحظة أى اختلافات فى معدل إنبات الجراثيم الفطرية وتكوين الأجسام الماصة appressoria بين النباتات غير المعاملة وتلك المعاملة ببكتيريا المحيط الجذرى، فإن الكالّوز تكون بكثافة أكبر عند مواقع اختراق الفطر لأوراق النباتات المعاملة عما حدث بأوراق النباتات غير المعاملة، بما يعنى حث تلك العزلات لاستجابات دفاعية ضد *P. infestans* (An وآخرون ٢٠١٠).

٣- المعاملة بمستحثات المقاومة الكيميائية:

فى محاولة لمكافحة مرض الندوة المتأخرة وجد Cohen (١٩٩٤) أن رش نباتات الطماطم فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية السادسة إلى السابعة بالحامض الأمينى غير البروتينى DL-3-amino-n-butanoic acid أدى إلى حمايتها من الإصابة بالفطر *Phytophthora infestons*. وقد أعطت رشة واحدة من هذا الحامض الأمينى بتركيز ٢٠٠٠ جزء فى المليون (١٩,٤ مللى مولارًا) – قبل الحقن بالفطر أو بعد الحقن به مباشرة – مكافحة بلغت ٩٥٪، مقارنة بمعاملة الشاهد. كما وفرت المعاملة حماية – كذلك – ضد ٧ سلالات من الفطر فى ٧ أصناف من الطماطم. ويستدل من دراسات Cohen & Gisi (١٩٩٤) أن المركب يوفر الحماية الجهازية ضد الفطر – بعد انتقاله داخل النبات – وذلك بإحداث تغييرات فى تركيب الجدر الخلوية أو فى الأيض النباتى بطريقة تجعل النبات أكثر مقاومة للإنزيمات التى يفرزها الفطر.

٤- المعاملة بالفضة النانو:

وجد أن المعاملة فى بيئات المزارع بالفضة النانو silver nanoparticles (اختصارًا: AgNPs) التى تم تمثيلها بمستخلص مائى للـ *Artemisia absinthium* أدت إلى تثبيط النمو الهيفى لعدد من فطريات الفيتوفثورا (شملت: *Phytopthora infestans*، و*P. parasitica* ، و *P. palmivora*، و *P. cinnamomi*، و *P. tropicalis*، و *P. capsici*، و *P. katsurae*)، كما ثبَّطت إنبات الجراثيم، وإنتاج الجراثيم السابحة فى النباتات.. كما منعت المعاملة الإصابة بالفيتوفثورا وحسنت النمو النباتى، ولم يكن لها أى تأثير سلبى على النمو النباتى (Ali وآخرون ٢٠١٥).

الندوة المبكرة

تفيد المكافحة البيولوجية فى مكافحة الندوة المتأخرة، كما يتبين مما يلى:

أعطت معاملة الطماطم بخليط من السلالتين البكتيريتين: Pf1، و Py15 من *Pseudomonas fluorescens*، والسلالة Bs16 من *Bacillus subtilis*، ومستخلص

نبات الـ Zimmu (وهو هجين نوعى: *Allium cepa × Allium sativum*) فى قاعدة من بودرة التلك .. أعطت هذه المعاملة مكافحة جيدة للفطر *Alternaria solani* مسبب مرض الندوة المبكرة، كانت أفضل من أى من المعاملات الأخرى بأى من مكونات هذا الخليط. كذلك أحدثت تلك المعاملة زيادة فى نشاط إنزيمات الدفاع النباتى: البيروكسيديز، والبولى فينول أوكسيديز، والفينيل آلانين أمونيا لاييز، والشيتينيز، وبيتا -١، ٣ - جلوكانيز، وذلك مقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول؛ بما يعنى أن المعاملة استحثت مقاومة جهازية ضد الفطر المرض (Latha وآخرون ٢٠٠٩).

واستخدمت ٢٨ عزلة عن الترايكودرما .*Trichoderma* spp فى مكافحة البكتيريا *Xanthomonas euvesicatoria* مسببة مرض البقع البكتيرية، والفطر *Alternaria solani* مسبب مرض الندوة المبكرة فى الطماطم، ووجدت عزلتان (هما: IB 28/07 و IB 30/07) كانتا قادرتين على خفض شدة الإصابة بالمسببين المرضيين، بالإضافة إلى سلالة ثالثة (هى: IB 37/01) كانت قادرة على خفض شدة الإصابة بالبقع البكتيرية، وأخرى رابعة (هى: IB 42/03) كانت قادرة على خفض شدة بالإصابة بالندوة المبكرة (Fontenelle وآخرون ٢٠١١).

البياض الدقيقى

من بين الوسائل التى تفيد فى مكافحة البياض الدقيقى، ما يلى:

١- المعاملة بالزيوت النباتية:

أحدثت معاملة الطماطم بتركيز ٠,١٪ من مستحلبات عدد من الزيوت النباتية شملت: زيت الكانولا، وزيت الذرة، وزيت بذرة العنب، وزيت الفول السودانى، وزيت بذرة الكتان، وزيت فول الصويا، وزيت عباد الشمس.. أحدثت خفضًا كبيرًا فى شدة الإصابة بالبياض الدقيقى الذى يسببه الفطر *Oidium neolycopersici*، وكان أكثرها فاعلية زيت عباد الشمس الذى أدت المعاملة به بتركيز ٠,٥٪ إلى خفض الإصابة إلى مستوى لا يُذكر، وكان مرد ذلك إلى تثبيط زيت عباد الشمس لإنبات الجراثيم الكونيدية للفطر ونمو الغزل الفطرى (Ko وآخرون ٢٠٠٣).

٢-١ المعاملة بالكبريت القابل للبلل وبمستحثات المقاومة:

أعطت المعاملة بأى من الكبريت القابل للبلل أو بأى من مستحثات المقاومة المتوفرة تجاريًّا: Chitoplant أو Milsana درجة متساوية من المقاومة للفطر *Leveillula taurica* مسبب مرض البياض الدقيقى فى الطماطم (Ribas-Agusti وآخرون ٢٠١٣).

٣- المعاملة بالسيليكون:

أدى رش نباتات الطماطم بسيليكات البوتاسيوم K_2SiO_3 بتركيز ١ جم/لتر ماء كل ١٢ يومًا إلى حمايتها بدرجة عالية من الإصابة بالفطر *Leveillula taurica* مسبب مرض البياض الدقيقى؛ حيث انخفض دليل شدة الإصابة من حوالى ٧٥٪ فى نباتات الكنترول إلى حوالى ٥٪ فى النباتات المعاملة. ولم يكن التركيز المستخدم من سيليكات البوتاسيوم سامًا لنباتات الطماطم (Yanar وآخرون ٢٠١١).

عفن الثمار الألترنارى

من بين وسائل مكافحة مرض عفن الثمار الألترنارى، ما يلى:

١- المعاملة بالشيتوسان والمثيل جاسمونيت:

كانت معاملة نباتات الطماطم بخليط من ٠,١٪ شيتوسان chitosan، و٥٠٠ ميكروليتر/لتر من المثيل جاسمونيت methyl jasmonate أفضل فى مكافحة الفطر *Alternaria alternata* بالثمار بعد الحصاد عن المعاملة المنفردة بأى منهما؛ حيث أحدثت كذلك تلك المعاملة المزدوجة نشاطًا أعلى فى كل من الإنزيمات الدفاعية: الـ polyphenol oxidase، والبيروكسيديز peroxidase، والـ phenylalanine ammonia lyase، وذلك مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول (Chen وآخرون ٢٠١٤).

٢- المكافحة البيولوجية:

تستحث المعاملة بالفطر غير المرض *Penicillium oxalicum* مقاومة فى الطماطم ضد الإصابة بالفطر *Alternaria alternata*، وذلك من خلال تأثيرها على مسار تمثيل

الـ phytochelatin ومسار حامض السلسيلك. وكان مسار حامض الجاسمونك معاكس لمسار حامض السلسيلك والـ phytochelatin (Ahmad وآخرون ٢٠١٤).

كانت المعاملة المشتركة بكل من الخميرة *Rhodotorula glutinis* والمواد الناشرة rhamnolipids (التى تنتجها البكتيريا *Pseudomonas aeruginosa*) بتركيز ٥٠٠ ميكروجرام/لتر أكثر كفاءة فى تثبيط الإصابة بالفطر *Alternaria alternata* فى ثمار الطماطم الشيرى عن المعاملة بأى من الخميرة أو المواد الناشرة منفردين. كما حفَّزت المعاملة المشتركة – تلك – جوهريًّا نشاط الإنزيمات: peroxidase، والـ polyphenoloxidase، والـ phenylalanine ammonia lyase عما حدث فى أى من المعاملتين المنفردتين. إن هذه المعاملة المشتركة استحثت المقاومة وأسرعت استعمار الخميرة لسطح الثمار وحفزت من نموها عليها (Yan وآخرون ٢٠١٤).

٣- المكافحة بالمستخلصات النباتية

وجد أن معاملة ثمار الطماطم الكريزية – المعدية بالفطر *Alternaria alternata* – بمستخلص أوراق سلالة برية من الفلفل *Capsicum annuum* غنية فى محتواها الفينولى وبنشاطها المضاد للأكسدة خفضت جوهريًّا من شدة إصابتها بالفطر (Pane وآخرون ٢٠١٦).

العفن الرمادى

إن من أهم وسائل مكافحة مرض العفن الرمادى (أو التلطخ الرمادى أو عفن بوتريتس)، ما يلى:

١- الممارسات الزراعية

أ- تجنب الرى الغزير، والرى المتأخر، والرى بالرش، والمحافظة على سطح مصاطب الزراعة جافًّا فى حالة الرى بالغمر، وكذلك تجنب رقاد النموات الخضرية فى قنوات المصاطب.

ب- التربية الرأسية للنباتات، لكى لا تلامس التربة الرطبة الملوثة بالفطر.

ج- زيادة التهوية، خاصة عند قاعدة النباتات بإزالة الأوراق المسنة حتى العنقود الأول الناضج فى الزراعات المحمية. تؤدى التهوية إلى خفض الرطوبة النسبية التى تعد من أهم العوامل المسئولة عن الإصابة، فقد وجد Tezuka وآخرون (١٩٨٣) أن انتشار المرض يكون أسرع ما يمكن فى رطوبة نسبية ١٠٠٪، ويقل انتشاره كثيرًا فى رطوبة نسبية٨٠٪، ويمكن وقف انتشاره بدرجة مؤثرة بخفض الرطوبة النسبية فى البيوت المحمية إلى أقل من ٩٥٪، وتفيد التدفئة شتاء فى خفض نسبة الرطوبة.

ولقد أمكن التوصل إلى طريقة سهلة وسريعة للتعرف على كثافة تواجد جراثيم الفطر *Botrytis cinerea* فى محيط النمو النباتى؛ بما يجعل من الممكن التنبؤ بشدة الإصابة التى يمكن أن تحدث سواء أكانت قبل الحصاد، أم بعده أثناء التخزين (Wakeham وآخرون ٢٠١٦).

٢- المعاملة بالسيليكون:

على الرغم من أن السيليكون ليس من العناصر الضرورية للنباتات، فإنه يشكل ما بين ٠,١٪، و١٠٪ من المادة الجافة فى مختلف النباتات، ويلعب دورًا فى الحماية من حالات الشد البيئى والبيولوجى. وقد أدت إضافة السيليكون إلى المحاليل المغذية للطماطم إلى حمايتها من الإصابة بالفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى سمك طبقة الكيوتكل والبشرة بأكثر من ١٠٪ (Pozo وآخرون ٢٠١٥).

٣- المكافحة البيولوجية وبمستحثات المقاومة:

من بين ١٥ عزلة من الخمائر والفطريات الخيطية والبكتيريا.. خفضت ١١ عزلة منها – جوهريًّا – إصابة الطماطم بفطر البوتريتس *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى، و ٧ عزلات خفضت الإصابة جوهريًّا فى الخيار. وعندما أكثرت ٦ عزلات

للمعاملة بها وجد أنها خفضت الإصابة بالفطر بنسبة ٥٠٪ – ١٠٠٪ (Dik وآخرون ١٩٩٩).

ولقد أمكن استخدام الخميرة *Candida guilliermondii* (السلالتان: ١٠١، و US7) والخميرة *C. olephila* (السلالة 1-82:1) — وهى الخمائر التى تستخدم فى مكافحة أمراض ما بعد الحصاد — أمكن استخدامها فى مكافحة الفطر *B. cinerae* على نباتات الطماطم (Saligkarias وآخرون ٢٠٠٢).

واستحث سقى التربة بمحلول benzothiadiazole بتركيز ٠,٠١٪ تمثيل حامض السلسيلك والإثيلين فى نباتات الطماطم، بينما أدت المعاملة بمعلق السلالة T39 من فطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum* بتركيز ٠,٤٪ إلى حث تمثيل حامض الجاسمونيك. وأدت معالمة الميكوريزا إلى تحفيز مقاومة الأوراق للفطر *B. cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى تناسبت مع تركيز المعلق المستخدم، حيث تراوح الانخفاض فى شدة الإصابة بالفطر بين ٦٢٪ عندما كان تركيز المعلق ٠,٠٤٪، و ٨٤٪ عندما كان التركيز ٠,٤٪. وقد أظهر فحص أوراق النباتات المعاملة بالميكوريزا أنها أدت إلى تمثيل حامض السلسيلك والإثيلين ونشاط الإنزيمات المسئولة عن ذلك، وكذلك حث المقاومة ضد الفطر *B. cinerea* بدرجة تناسبت مع تركيز المعلق المستخدم. أما المعاملة بالـ benzothiadiazole فقد استحثت مقاومة ضد العفن الرمادى بصورة مستقلة عن حامض السلسيلك، وإن كانت قد استحثت نشاطًا قويًّا فى جينين يُعرفان بدورهما فى المقاومة ضد *B. cinerea*، هما Pti5، و P12 (Harel وآخرون ٢٠١٤).

وأدى استنبات البذور لمدة أسبوع فى محلول من الـ β-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA) أو حامض الجاسمونك jasmonic acid إلى تحسين كفاءة الإنبات، دون التأثير على النمو النباتى، واستُحِثت مقاومة للفطر *Botrytis cinerea* فى النباتات التى بعمر ٤ أسابيع. كذلك استُحِثت المقاومة فى النباتات التى بعمر ٤ أسابيع عندما

عوملت الجذور بأى من المركبين. أما معاملة تغليف البذور بأى من المركبين فى carboxymethyl cellulose فلم تكن فعالة فى حث المقاومة ضد الفطر فى النباتات التى بعمر ٤ أسابيع إلاّ فى حالة المعاملة بالـ BABA فقط. هذا.. إلاّ أن معاملة الجذور ثبَّطت النمو النباتى، خاصة فى التركيزات العالية من أى من المركبين. ولم تؤثر أى من المعاملات المذكورة أعلاه فى استعمار فطريات الميكوريزا للجذور (Luna وآخرون ٢٠١٦).

عفن التربة وأعفان الثمار الأخرى

إن من أفضل الوسائل لمكافحة مرض عفن التربة – الذى يسببه الفطر *Rhizoctonia solani* – ما يلى:

١- الممارسات الزراعية المناسبة، والتى منها ما يلى:

أ- منع الثمار من ملامسة التربة بالتربية الرأسية، أو باستعمال الأغطية البلاستيكية للتربة.

ب- الترديم الجيد على النباتات أثناء العزيق حتى تُصبح النباتات بعيدة عن مجرى قناة المصطبة.

ويُعد الرش بالمبيدات من أهم وسائل مكافحة أعفان الثمار الفطرية الأخرى؛ فيعطى الرش بالكلوراثالونيل chlorathalonil مكافحة جيدة للفطر *Alternaria alternata* مسبب مرض العفن الأسود black mould فى ثمار الطماطم (Davis وآخرون ١٩٩٧).

وقد وجد أن المعاملة بالخميرة *Cryptococcus laurentii* بعد الحصاد تستحث مقاومة فى ثمار الطماطم الشيرى ضد الإصابة بالفطر *Alternaria alternata* مُسبب مرض العفن الأسود، وترافق ذلك مع زيادة فى نشاط الجين LePR5 الذى يلعب دورًا فى الدفاع ضد إصابات بعد الحصاد بإنتاجه لبروتين يُسهم فى عملية الدفاع تلك (Guo وآخرون ٢٠١٦).

وكانت معاملة نباتات طماطم الاستهلاك الطازج النامية فى البيوت المحمية بالتحضير التجارى Rhapsody – الذى يحتوى على السلالة QST713 من *Bacillus subtilis* – بتركيز ١,٤٥٪ كل أربعة أسابيع مناسبة للمحافظة على تركيز عالٍ بقدر كافٍ من البكتيريا على سطح الثمار لمنع انتشار أكثر فطرين إحداثًا لأعفان الثمار، وهما: *Penicillium* sp.، و *Rhizopus stolonifer*؛ مما تسبب فى إحداث مقاومة جوهرية لأمراض ما بعد الحصاد فى طماطم الاستهلاك الطازج. وعندما كان تخزين تلك الثمار على ١٣°م لمدة لا تزيد عن ١٢ يومًا فإن الإصابة المرضية فيها كانت شبه معدومة (Punja وآخرون ٢٠١٦).

الذبول البكتيرى

إن من أهم وسائل مكافحة الذبول البكتيرى، ما يلى:

١- اتباع الممارسات الزراعية المناسبة:

وجد أن زراعة الفجل (صنف Melody)، أو النوع البقولى *Crotalaria spectabilis* قبل الطماطم مباشرة أدى إلى خفض إصابة الطماطم بالذبول البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum* بنسبة ٨٦٪، و ٦٠٪، على التوالى، على الرغم من أن تلك الزراعات السابقة للطماطم لم تُخفِّض من تواجد البكتيريا فى التربة بأكثر مما حدث عندما تركت الأرض بدون أى زراعة قبل الطماطم، وكان ذلك الانخفاض فى الحالتين محدودًا (Deberdt وآخرون ٢٠١٥).

٢- التطعيم على أصول مقاومة:

من أصول الطماطم المقاومة للبكتيريا المسببة للذبول البكتيرى كلاً من: BHN 998، و BHN 1054، و RST-04-106-T (عن Kunwar وآخرين ٢٠١٥).

لقد عُرفت عدة أصول للطماطم مقاومة للبكتيريا، من أمثلتها: سلالتى الطماطم Hawaii 7998، و Hawawii 7996، والسلالة CRA 66 من *Solanum lycopersicum* var.

cerasiforme، وجميعها أعطت نتائج جيدة فى مكافحة المرض. وعلى الرغم من شدة ثبات مقاومة تلك الأصول، فقد ظهرت بعض السلالات strains التى أمكنها إصابتها. كذلك تستخدم سلالة الباذنجان المقاومة H7996 كأصل للطماطم.

ومن سلالات *Solanum* الأخرى المقاومة التى نجح استعمالها كأصول للطماطم والباذنجان سلالات من كل من: *Solanum toxicarium*، و *Solanum sisymbriffolium*، و *Solanum torvum* (Louws وآخرون ٢٠١٠).

ولقد أعطى تطعيم الطماطم القابلة للإصابة بالذبول البكتيرى على أصول مقاومة (عشرة أصول مختلفة) مقاومة جيدة ومنتظمة للمرض، مع تحسين فى محصول الثمار (McAvory وآخرون ٢٠١٢، و Rivard وآخرون ٢٠١٢).

٣- المكافحة بالزيوت النباتية وبالمستخلصات النباتية:

ثبطت زيوت الكراوية والزعتر والنعناع والمردقوش (البردقوش) marjoram نمو البكتيريا *R. solanacearum* – مسببة مرض الذبول البكتيرى فى الطماطم – بدرجات متباينة، وكان أقواها تأثيرًا زيت الزعتر، وتلاه زيت النعناع، وكان أقلها زيت الكراوية والبردقوش. وتحت ظروف الصوبة والحقل أعطت معاملة زيت الزعتر أقوى تأثير فى تقليل الإصابة بالمرض، حيث بلغ الانخفاض فى المرض (٩٥٪-٩٧٪ فى عامى الدراسة (Abo-Elyousr وآخرون ٢٠١٤).

وأدت المعاملة بمستخلصات الداتورة والثوم إلى خفض إصابة الطماطم بالذبول البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *R. solanacearum* (Abo-Elyousr & Asran ٢٠٠٩).

٤- المعاملة بالثيمول ومستحثات المقاومة:

أمكن مكافحة الذبول البكتيرى فى الطماطم فى أحد أصناف الطماطم المتحملة أو متوسطة المقاومة بالمعاملة المشتركة بكل من تبخير التربة بالثيمول thymol (وهو فينول من الـ monoterpenes مستخلص من الزعتر) بمعدل ٩,٤٣ كجم/ هكتار (٣ كجم/فدان)

بعد ٢٤ ساعة من حقن التربة بالبكتيريا المرضة وقبل أسبوع من شتل الطماطم، والرش الورقى بالـ Actigard 50 WG (وهو: acibenzolar-S-methyl.. اختصارًا: ASM، الذى يعد حاثًّا للمقاومة الجهازية المكتسبة SAR) (Hong وآخرون ٢٠١١).

٥- المعاملة بالكالسيوم:

أدت معاملة المحلول المغذى للطماطم بالكالسيوم إلى زيادة تركيز الكالسيوم بسيقان النباتات، وذلك مع زيادة تركيز الكالسيوم من ٠,٤ إلى ٤,٤ ثم إلى ٢٠,٤ مللى مول، وكان ذلك مصاحبًا بخفض لتواجد البكتيريا *R. solanacearum* (مسببة مرض الذبول البكتيرى) فى السيقان، وهو الأمر الذى حدث – كذلك – بزيادة مستوى المقاومة فى النباتات، إلاّ أن المعاملة بالكالسيوم لم تُخفض شدة الإصابة بالمرض إلاّ فى الصنف المتوسط المقاومة Zuiei (Yamazaki & Hoshina ١٩٩٥).

وقد أدت إضافة الكالسيوم إلى المحلول المغذى للطماطم بتركيز ٠,٥، و ٥,٠، و٢٥,٠ مللى مول إلى تناقص فى شدة إصابة النباتات بالذبول البكتيرى الذى تُسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum* من ١٠٠٪ إلى ٧٧,١٪ وإلى ٥٦,٨٪، على التوالى وكان نمو النباتات فى التركيز العالى من الكالسيوم أفضل جوهريًّا عما فى التركيز المنخفض، وذلك فيما يتعلق بالنمو الطولى وقطر الساق والكتلة البيولوجية. وازداد امتصاص النباتات للكالسيوم فى الجذور والسيقان جوهريًّا بزيادة تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى. كذلك ارتفع تركيز الـ H_2O_2 سريعًا فى نباتات معاملة الكالسيوم العالية، ووصل إلى ١٠,٨٦ ميكرومول/جم وزن طازج (أعلى بمقدار ٣١,٣٢٪ عما فى معاملة الكالسيوم المتوسطة). وأيضًا ارتفع نشاط الإنزيمين: بيروكسيديز peroxidase، وبولى فينول أوكسيديز polyphenol oxidase فى معاملة الكالسيوم العالية. وقد وُجد ارتباط سلبى بين شدة الإصابة بالمرض وكل من تركيز الكالسيوم، ومستوى الـ H_2O_2، ونشاط البيروكسيديز والبولى فينول أوكسيديز، مما يدل على قيامها بدور هام فى المقاومة (Jiang وآخرون ٢٠١٣).

٦- المعاملة بالسيليكون:

أحدثت معاملة نباتات الطماطم بأى من السيليكون أو بكتيريا المحيط الجذرى *Bacillus pumilis* خفضًا جوهريًّا فى إصابتها بالبكتيريا *R. solanacearum* بنسبة ٥٠,٧٪، و ٢٦,٧٪ – على التوالى – فى الصنف King Kong 2 متوسط المقاومة، وبنسبة ٣١,١٪، و٢٢,٢٪ – على التوالى – فى السلالة L 390 القابلة للإصابة. ووجد أن معاملة السيليكون أحدثت خفضًا جوهريًّا فى نشاط الإنزيم lipoxygenase، وهى المعاملة التى كانت أقوى فى خفض شدة الإصابة عن المعاملة بالبكتيريا *B. pumilis* (Kurabachew & Wydra ٢٠١٤).

٧- المكافحة البيولوجية:

أمكن عزل ٧٩ سلالة من الفطريات المحفزة للنمو النباتى plant growth-promoting fungi (اختصارًا: PGPFs) من تربة المحيط الجذرى، أظهرت تسع منها قدرة على المعيشة الرمية، واستعمار المحيط الجذرى، وإذابة الفوسفات، وإنتاج إندول حامض الخليك، وتحفيز النمو النباتى. وقد أدت معاملة بذور الطماطم بأربع من تلك العزلات إلى التبكير فى بزوغ البادرات، وتحفيز نمو النباتات فى صنف قابل للإصابة بالذبول البكتيرى، مقارنة بالنمو فى نباتات الكنترول التى لم تتلق تلك المعاملة. ولقد أدت المعاملة بالعزلتين TriH-JSB27، و PenC-JSB41 إلى تحسين دلائل النمو الخضرى والتكاثرى، وحدث أعلى امتصاص للفوسفور فى النباتات التى عُوملت بالعزلة TriH-JSB27. كما حدث خفض جوهرى بمقدار ٥٧,٣٪ فى الإصابة بالبكتيريا *R. solanacearum* فى النباتات التى عُوملت بتلك السلالة TriH-JSB27، كذلك أدت المعاملة بأى من الـ PGPFs إلى زيادة نشاط الإنزيمات والجينات ذات العلاقة بالدفاع النباتى، وكان أعلى نشاط لإنزيمات: الـ phenylalanine ammonia lyase، والـ peroxidase، والـ β-1,3-glucanase عندما كانت المعاملة بالسلالة TriH-JSB27 (Jogaiah وآخرون ٢٠١٣).

النقط البكتيرية والبقع البكتيرية

كانت أكثر الطرق شيوعًا لمكافحة الأمراض التى تسببها البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (النقط البكتيرية)، و *Xanthomonas compestris* *vesicatoria* (البقع البكتيرية) – ولمدة أكثر من ستة عقود – هى الرش بالمبيدات البكتيرية، والتى تتضمن بعض المركبات النحاسية أو العناصر الثقيلة، والتى قد يخلط معها بعض المبيدات الفطرية. كذلك استخدمت المضادات الحيوية بدرجة أقل. هذا إلاّ أن جميع هذه الطرق لم تكن مرضية، وكثيرًا ما صاحبتها ظهور أوبئة شديدة، خاصة وقد ظهرت مؤخرًا كثيرًا من السلالات المقاومة للمركبات النحاسية.

ومن البدائل التى حلت مؤخرًا محل المركبات النحاسية، ما يلى:

١- المعاملة بالنيم:

وجد أن معاملة الطماطم بمستخلص النيم يوفر حماية لها من الإصابة بالبكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* مسببة مرض النقط البكتيرية، وارتبط ذلك بتواجد وتراكم عدد من أيزوإنزيمات الـ polyphenol oxidase، والـ peroxidase ارتبطت بالجدر الخلوية للنباتات المعاملة، وهى التى ربما وفرت حماية للنباتات ضد الإصابة بالبكتيريا (Bhuvaneshwari وآخرون ٢٠١٥).

٢- المعاملة بالشيتوسان:

حقق رش نباتات الطماطم بشيتوسان ذى وزن جزيئى منخفض بتركيز ٣ جم/لتر مكافحة للبكتيريا *Xanthomonas gardneri* – مسببة مرض البقع البكتيرية – بنسبة بلغت ٥٦٪ عندما كانت المعاملة قبل العدوى بالبكتيريا بثلاثة أيام. ويُعتقد أن مرد هذا التأثير إلى حث الشيتوسان تكوين آليات دفاعية فى النبات (Coqueiro وآخرون ٢٠١١).

٣- المعاملة بحامض الفوسفورس والـ ASM:

تُفيد معاملة الطماطم أسبوعيًّا بأملاح حامض الفوسفورس phosphorous acid مخلوطًا بمبيد نحاسى، أو بالتبادل معه، والمعاملة الأسبوعية بأملاح حامض الفوسفورس مع المعاملة كل أسبوعين بالـ acibenzolar-S-methyl.. تفيد فى مكافحة التبقع البكتيرى بدرجة مماثلة لتلك التى تتحقق باستخدام برنامج مكافحة قياسى يعتمد على المبيدات البكتيرية النحاسية (Wen وآخرون ٢٠٠٩).

وتُفيد المعاملة بالـ acibenzolar-S-methyl (اختصارًا: ASM) فى تنشيط الدفاع النباتى وإكساب النباتات مقاومة جهازية ضد البكتيريا المسببة للبقع البكتيرية. وقد ازداد مستوى مكافحة المرض بزيادة عدد مرات الرش بالمركب حتى ١٠ مرات، مع تقليص الفترة بين المعاملات إلى ٨-١٠ أيام؛ هذا.. إلاّ أن هذا العدد من المعاملات أثر سلبيًّا على كمية المحصول. وقد وجد أن الانخفاض فى شدة الإصابة المرضية استمر لمدة ٦ أيام بعد كل معاملة بالـ ASM. كما وجد أن الرش بالمركب ٧ مرات على فترات أسبوعية يليها ٦ رشّات بأيدروكسيد النحاس صاحبة درجة أقل من الإصابة المرضية عما حدث فى برنامج الرش القياسى بأيدروكسيد النحاس، دون تغير فى محصول الثمار أو محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة بين برنامجى المكافحة (de Carvalho Pontes وآخرون ٢٠١٦).

٤- المكافحة البيولوجية:

أدت المعاملة بالسلالة QST 713 من البكتيريا *Bacillus subtilis* إلى خفض شدة إصابة الطماطم بالبكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* مسببة مرض النقط البكتيرية، وخفض أعداد البكتيريا بالنبات، وزيادة التعبير عن الجين Pin2 (بما يعنى أنه يلعب دورًا إيجابيًّا فى النشاط المؤدى للحماية من البكتيريا)، وذلك مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول التى تم تُعامل (Fousia وآخرون ٢٠١٦).

ولقد أدت معاملة بذور الطماطم بخليط من البكتيريا المنشطة للنمو *Azospirillum brasilense* والبكتيريا المسببة لمرض النقط البكتيرية *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* إلى انخفاض تواجد البكتيريا المرضة فى المحيط الجذرى، وزيادة فى تواجد البكتيريا المنشطة للنمو، ومنع تطور مرض النقط البكتيرية، وتحسين النمو النباتى. كذلك أحدثت معاملة الأوراق بخليط من النوعين البكتيريين خفضًا جوهريًّا فى تواجد البكتيريا المرضة وخفضًا آخر جوهرى فى شدة المرض. وبينما استمر تواجد النوعين البكتيريين فى المحيط الجذرى لمدة ٤٥ يومًا عندما عوملت البذور بكل منهما منفردة، فإن النوع المرض لم يستمر فى البقاء فى المحيط الجذرى فى وجود *A. brasilense*. هذا.. ولم تكن معاملة النموات الخضرية بالبكتيريا *A. brasilense* مجدية فى مكافحة المرض عندما أجريت بعد الإصابة الفعلية بالبكتيريا المرضة (Bashan & de-Bashan ٢٠٠٢).

كما كانت معاملة رش النموات الخضرية للطماطم بالسلالة Cit 7 من بكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو النباتى *Pseudomonas syringae* عالية الكفاءة فى مكافحة كلاً من: البكتيريا: *P. syringae* pv. *tomato* مسببة مرض النقط البكتيرية، والبكتيريا: *Xanthomonas campestris vesicatoria*، و *X. vesicatoria* مسببتا مرض البقع البكتيرية. وعندما أُجريت المعاملة للبذور أو عن طريق إضافة المعلق البكتيرى للتربة أحدثت السلالة B-61 89 من البكتيريا المنشطة للنمو النباتى *Pseudomonas fluorescens* خفضًا جوهريًّا فى شدة إصابة النموات الخضرية للطماطم بالنقط البكتيرية. كذلك أحدثت سلالة البكتيريا المنشطة للنمو النباتى B- 89 61 والسلالة SE34 من *Bacillus pumilus* خفضًا للإصابة بالبقع البكتيرية. أما الجمع فى معاملة رش النموات الخضرية بالسلالة Cit7، والسلالة المنشطة للنمو التباتى B-61 89 فقد أحدثت مكافحة جوهرية للمرضين فى جميع التجارب الحقلية التى أجريت (Ji وآخرون ٢٠٠٦).

٥- المعاملة بمستحثات المقاومة:

يمكن الاعتماد على Actigard 50WG (وهو: Acibenzolar-S-methyl) – المستحث للمقاومة الجهازية – كبديل فعال للمبيدات البكتيرية النحاسية فى مكافحة مرضى البقع البكتيرية (*X. vesicatoria*)، والنقط البكتيرية (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*) فى الطماطم (Louws وآخرون ٢٠٠١).

وأحدثت معاملة نباتات الطماطم بأى من الـ acibenzolar-S-methyl، أو *B. subtilis* مع أيدروكسيد النحاس خفضًا جوهريًّا فى الإصابة بالبكتيريا *Xanthomonas euvesicatoria*. مسببة مرض البقع البكتيرية – بدرجة لم تختلف جوهريًّا عن المكافحة القياسية باستعمال النحاس مع المانكوزب (Roberts وآخرون ٢٠٠٨).

كما أدت معاملة الطماطم بمعدلات منخفضة من الـ Acibenzolar-S-methyl (اختصارًا: ASM) مقدارها ٧٥ ميكرومول (أى ١,٥٨ جم مادة فعالة/ هكتار فى ١٠٠ لتر ماء، أى نحو ٠,٦٦ جم مادة فعالة/ فدان فى ٤٢ لتر ماء) إلى مكافحة التبقع البكتيرى فى الطماطم بصورة جوهرية، مقارنة بالإصابة فى نباتات الكنترول التى لم تُعامل، علمًا بأن هذا المرض تسببه أربعة أنواع مختلفة من جنس *Xanthomonas* (Huang وآخرون ٢٠١٢).