الفصل الحادى عشر

البطاطس

أعفان الجذور والذبول وأمراض التربة

تتعدد – كثيرًا – أمراض الجذور والذبول والأمراض الأخرى التى تعيش مسبباتها فى التربة وتصيب البطاطس، والتى تكون إصابتها – بصفة أساسية – عن طريق التربة. كذلك تتعدد وسائل مكافحة تلك الأمراض، ومنها ما يعتمد على التحكم فى العوامل البيئية. ويمكن الإطلاع على وسائل مكافحة أمراض التربة فى البطاطس بالوسائل التى تعتمد على العوامل البيئية فى Lazarovits (٢٠١٠).

المكافحة بتشميس التربة

يفيد التعقيم بالأشعة الشمسية solarization فى خفض معدل الإصابة بمرض النقطة السوداء Black dot الذى يسببه الفطر *Colletotrichum coccodes*، على أن تستمر التغطية بالبلاستيك الشفاف لمدة ٨ أسابيع، مع ضرورة وصول الحرارة فى الخمسة سنتيمترات العلوية من التربة إلى ٥٦°م (Denner وآخرون ٢٠٠٠).

المكافحة الحيوية بالبكتيريا والفطريات والكمبوست ومستخلصاته والدورة

أدت المعاملة بكائنات المكافحة الحيوية: العزلة GB03 من *Bacillus subtilis*، والعزلة: Rhs1A1 (الـ hypovirulent) من *Rhizoctonia solani*، وإضافات الكمبوست (من مصادر عضوية مختلفة) إلى تحسين مكافحة أمراض البطاطس التى تصيبها عن طريق التربة، وإلى تحسين إنتاجها (Larkin & Tavantzis ٢٠١٣).

كذلك أحدثت المعاملة بالطراز البيولوجى F (العزلة DF37) من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* خفضًا جوهريًّا فى إصابة البطاطس بذبول فيرتسيليم (نسبة

حدوث المرض، وشدته، وتلون الحزم الوعائية) الذى يسببه الفطر *Verticillium dahliae* فى كل من صنفى البطاطس Russet Burbank المتوسط القابلية للإصابة، و Kennebec شديد القابلية للإصابة. وبالمقارنة.. فقد قللت المعاملة بالعزلة M1 من البكتيريا *Bacillus pumulis* من الإصابة فى الصنف Kennebec فقط (Uppal وآخرون ٢٠٠٨).

هذا.. وتنتج السلالة LBUM223 من البكتيريا *Pseudomonas* sp. مركبًا يعرف بالاسم الكيميائى phenazine-1-carboxylic acid (اختصارًا: PCA أو phenazine) قادر على تثبيط نمو *Streptomyces scabies* مسبب مرض الجرب العادى فى البطاطس، وذلك فى ظروف البيئة الصناعية. كذلك أدت المعاملة بالبكتيريا إلى تقليل أعراض الإصابة بالمرض جوهريًّا. وقد تبين أن البكتيريا تثبط التعبير عن الجين txtA فى *S. scabies*، وهو الجين المسئول عن إنتاج الـ thaxtomin A الضرورى لحدوث الإصابة؛ أى إنها تقلل من ضراوة المسبب المرضى؛ هذا على الرغم من أن المعاملة بسلالة *Pseudomonas* sp. أدت إلى زيادة تواجد *S. scabies* فى المحيط الجذرى؛ أى إنها لم توفر تضادية حيوية (Arseneault وآخرون ٢٠١٣).

وقد أدت إضافة مستخلص الكمبوست المهوّى aerobic compost tea ، والمعاملة بالمستخلص مع كائنات دقيقة مفيدة لحقول البطاطس إلى تقليل الإصابة بكل من: تقرح الساق، والقشف الأسود، والجرب العادى على الدرنات المنتجة بنحو ١٨٪–٣٣٪؛ وزيادة المحصول بنحو ٢٠٪–٢٣٪ عندما كانت زراعة البطاطس بعد دورة الشعير والزُوان ryegrass. هذا.. بينما لم تكن أى من المعاملات فعَّالة عندما استمرت زراعة البطاطس بدون دورة؛ كما أن بعض الدورات كانت أكثر فاعلية عن غيرها، إضافة إلى أن المخلفات العضوية لبعض الدورات كانت أكثر كفاءة فى التأثير الإيجابى على عشائر الكائنات الدقيقة فى التربة عن المعاملة بمستخلص الكمبوست والكائنات الدقيقة المفيدة (Larkin ٢٠٠٨).

المكافحة بالمستخلصات النباتية

أدت المعاملة بمستخلص نبات Canada milkvetch إلى خفض الإصابة بذبول فيرتسيليم بنسبة ٥٥٪-٨٤٪، مقارنة بالذبول فى نباتات الكنترول، سواء أجريت المعاملة بإضافة المستخلص النباتى إلى التربة، أم عوملت به درنات التقاوى (Uppal وآخرون ٢٠٠٨).

المكافحة بالفوسفيت

تُفيد معاملة تقاوى البطاطس ونمواتها الخضرية بفوسفيت البوتاسيوم potassium phosphite (وهو ملح البوتاسيوم لحامض الفوسفورس phosphorous acid) فى حث تكوين استجابات دفاعية فى نسيجى بيريدرم الدرنات المتكونة وقشرتها، تكون مصاحبة بتغيرات تركيبية وبيوكيميائية (Olivieri وآخرون ٢٠١٢).

إن الفوسفيتات phosphates هى أملاح معدنية لحامض الفوسفورس phosphorous acid. ولقد وفرت معاملة درنات التقاوى بالفوسفيت حماية كبيرة من الإصابة بالفطر *Phytophthora infestans* (مسبب مرض الندوة المتأخرة)، ومتوسطة ضد الفطر *Fusarium solani*، وضعيفة ضد الفطر *Rhizoctonia solani*. كذلك أدت معاملة درنات التقاوى بفوسفيت الكالسيوم أو البوتاسيوم بنسبة ١٪ من الدرنات المعاملة إلى إنباتها مبكرًا عن إنبات الدرنات التى لم تُعامل. وعندما أجريت المعاملة بالفوسفيت رشًّا على النموات الخضرية ٢-٤ مرات كانت الحماية عالية ضد الإصابة بالندوة المتأخرة. ولم تكن لتلك المعاملة أى تأثيرات سلبية على النمو النباتى. وفى المقابل .. فإن المعاملة بفوسفيت الكالسيوم جعلت الأوراق أكثر اخضرارًا وأخَّرت وصول المحصول لمرحلة الشيخوخة (Lobato وآخرون ٢٠٠٨).

إن معاملة درنات تقاوى البطاطس ونموات البطاطس الخضرية بفوسفيت البوتاسيوم potassium phosphite (وهو ملح البوتاسيوم لحامض الفوسفوريس phosphorous acid) تؤدى إلى حث تكوين استجابات دفاعية فى بيريدرم الدرنات المتكونة وقشرتها،

تكون مصاحبة بتغيرات بنائية وبيوكيميائية فى تلك الأنسجة؛ فقد ازداد فيها محتوى البكتين،خاصة بعد التجريح والإصابة بالفطر *Fusarium solani*، كما ازداد محتوى ونشاط مثبطات الإنزيمين: بولى جالاكتيرونيز polygalacturonase، وبروتينيز proteinase، وظهر بالأنسجة طراز جديد من إنزيم الشيتينيز chitinase (Olivieri وآخرون ٢٠١٢).

الندوة المتأخرة

اعتمدت مكافحة الندوة المتأخرة بصورة أساسية على استخدام المبيدات الفطرية، وهى التى ازداد معدل استعمالها كثيرًا مؤخرًا؛ بسبب ظهور سلالات جديدة من الفطر المسبب للمرض أكثر ضراوة عن تلك التى كانت منتشرة فيما سبق.

وبالنسبة للإنتاج العضوى من البطاطس والطماطم، فقد اعتمدت مكافحة الندوة المتأخرة فيه – ومنذ أمد بعيد – على المبيدات الفطرية النحاسية، مثل مخلوط بوردو، وأيدروكسيد النحاس، وأوكسيد النحاس، وأوكسى كلوريد النحاس. وعلى الرغم من استمرار استعمالها فى الإنتاج العضوى.. فإن الاتجاه – حاليًّا – هو نحو تقليل الاعتماد عليها بسبب المخاطر البيئية التى ترتبت على تراكم متبقيات النحاس فى التربة. ولا يسمح الاتحاد الأوروبى حاليًّا باستعمال أكثر من ٦ كجم من عنصر النحاس/هكتار (٢,٥ كجم/فدان) سنويًّا. ولذا.. فإن الاعتماد على بدائل المبيدات فى مكافحة الندوة المتأخرة أصبح هو الاتجاه الملحّ الآن (Mizubti وآخرون ٢٠٠٧).

المكافحة بالممارسات الزراعية

تُعد أساليب النظافة العامة ضد المرض خط الدفاع الأول للمكافحة. فيتعين عدم ترك الدرنات غير المرغوب فيها مُكوَّمة فى الحقل، ولكن يجب دفنها فى التربة بالحراثة أو التخلص منها خارج الحقل، وهو الإجراء المفضل. كذلك يجب سرعة التخلص من أى نموات تظهر جراء إنبات الدرنات المتروكة فى الحقل من الزراعة السابقة.

ولابد من استعمال تقاوٍ للزراعة من مصادر موثوق فيها؛ فلا تكون مصابة، مع تجنب انتقال الإصابة بين التقاوى أثناء تقطيعها قبل الزراعة.

كما يجب أن يكون عمق الزراعة وعملية الترديم أثناء النمو النباتى بالقدر الذى لا يسمح بأن تكون الدرنات شديدة التعرض لجراثيم الفطر التى تُغسل من على الأوراق بفعل المطر أو ماء الرى بالرش.

ويفيد سرعة التخلص من النباتات المصابة إذا ظهرت فى مساحات صغيرة من الحقل، مع قتلها لمنع استمرار نمو الفطر عليها.

ويجب توقيت مواعيد الرى بالرش والحد منه، خاصة فى نهاية موسم النمو عندما تتزاحم النموات الخضرية ويكون جفافها بعد الرى بطيئًا. هذا مع العلم بأن هطول الأمطار أو الرى بالرش بما يزيد عن ٣ سم خلال فترة ١٠ أيام يهيئ ظروفًا موائمة للإصابة بالندوة. ولأجل سرعة جفاف النموات الخضرية بعد ابتلالها يجب أن تكون خطوط الزراعة فى نفس اتجاه الرياح السائدة.

ويؤدى ترك الدرنات فى التربة – لمدة أسبوعين بعد التخلص من النموات الخضرية – إلى تحلل الدرنات المصابة؛ بما يسمح بسهولة تركها فى التربة. وبعد الحصاد يكون من المناسب حراثة كل البقايا النباتية فى التربة.

وعند الحصاد يجب تقليل الأضرار الميكانيكية للدرنات قدر المستطاع مع تجنب ابتلالها؛ ذلك لأن الدرنات التى تصاب حينئذٍ سوف تتدهور أثناء التخزين، وخاصة إذا كان التخزين فى ظروف غير مناسبة كأن لا تكون التهوية كافية أو أن تكون الحرارة عالية (Kuepper & Sullivan ٢٠٠٤).

المكافحة الحيوية

على الرغم من نجاح المكافحة الحيوية فى مكافحة عديد من الأمراض فإنها لم تلق نجاحًا كبيرًا فى مكافحة الندوة المتأخرة، وذلك بسبب السرعة التى تحدث بها الإصابة والتى يتطور بها المرض بصورة وبائية.

ومن بين الكائنات الدقيقة التى استخدمت فى المكافحة الحيوية للندوة المتأخرة وأعطت نتائج جيدة الفطران *Penicillium aurantiogriseum*، و *Stachybotrys atra* (وهو: *S. chartarum*) اللذان استخدما على صورة معلق للجراثيم الكونيدية بتركيز ١٠ ٤ — ١٠ ٥ جرثومة/ مل قبل عدوى الأوراق بالفطر *P. infestans*، وهى المعاملة التى خفضت شدة الإصابة باللفحة بمقدار ٩٣٪، و٨٤٪ للفطرين، على التوالى. وقد أُرجعت فاعلية الفطرين فى مكافحة المرض إلى التضادية الحيوية والتنافس على المكان والغذاء.

كذلك أعطت المعاملة بمستخلص الكمبوست المزود بسبعة من الكائنات الدقيقة مكافحة تساوت مع تلك التى حُصل عليها باستعمال خليط من المبيدين ميتالاكسيل metalaxyl ومانكوزب mancozeb.

وقد حُصل على أفضل النتائج فى مكافحة الندوة المتأخرة باستعمال البكتيريا السالبة لصبغة جرام *Xenorhabdus* spp.، مثل *X. bovieni* ونواتجها الأيضية.

ومن أكثر التحضيرات التجارية فاعلية فى مكافحة الندوة التحضير Serenade الذى يحتوى على السلالة QST-713 من البكتيريا *Bacillus subtilis*، وهى تعمل كمبيد فطرى مانع للإصابة بالتضادية الحيوية. وعند الرش بالـ Serenade فإنه يمنع اتصال فطر الندوة بالعائل، ويوقف نموه، ويحث تكوين مقاومة مكتسبة فى النبات (Kuepper & Sullivan ٢٠٠٤، و Mizubuti وآخرون ٢٠٠٧).

وعندما حُصل على مجموعة كبيرة من العزلات البكتيرية كان لبعضها نشاطًا بيولوجيًّا ضد الفطر *P. infestans* (السلالة US-8) مسبب مرض الندوة المتأخرة فى البطاطس، وكانت تلك العزلات تنتمى إلى الأجناس *Bacillus*، و *Pseudomonas*، و *Rahnella*، و *Serratia*، وكان تأثيرها المثبط إما مباشرًا من خلال التضادية الحيوية، أو غير مباشر من خلال حثها لنظم دفاع نباتية (Daayf وآخرون ٢٠٠٣).

المكافحة بالمستخلصات النباتية

أعطت المستخلصات النباتية — فى كثير من الدراسات التى أجريت فى ظروف متحكم فيها — نتائج مماثلة لتلك التى حُصِلَ عليها باستعمال المبيدات المصنَّعة. وقد وجد — على سبيل المثال — أن مستخلص فصوص الثوم بتركيز ١٪ أو ٢٪ ثبَّط تمامًا

تكوين الجراثيم السابحة للفطر ونموه. وعندما عُومِلت نباتات الطماطم بمستخلص الهكسان لنوع الفلفل الطويل *Piper longum*.. انخفض موت النباتات بنسبة ٦٠٪. وأعطت معاملة الطماطم (النبيتات plantlets) بمستخلص كورمات الكركم *Cucuma longa* بتركيز ٥٠٠ أو ١٠٠٠ مجم/ لتر مستوى مكافحة للفطر *P. infestans* مماثل لذلك الذى حُصِلَ عليه من استعمال المبيد كلوروثالونيل chlorathalonil. كذلك أدت المعاملة بمستخلص النبات *Inula viscosa* بتركيز ١٪ (وزن/حجم) إلى خفض الإصابة بالندوة المتأخرة فى نباتات الطماطم والبطاطس بنسبة ٩٠٪.

وانخفضت شدة الإصابة باللفحة فى الأوراق المفصولة التى عُومِلت بمستخلصات أى من النباتات:

Rheum rhabarbarum
Solidago canadensis
Artemisia vulgaris
Impatiens parviflora
Urtic dioica

ويُفيد مستخلص الكمبوست — بما فيه من كائنات دقيقة فى مكافحة الندوة المتأخرة.

وتوجد المادة الفعالة: آزاديركتين azadirachtin بتركيز عالٍ فى كلٍ من مستخلصات وزيت بذور النيم *Azadirachta indica*. ولقد أفادت معاملة الطماطم بزيت ومستخلص النيم فى مكافحة كل من الذبابة البيضاء، والنيماتودا، والفطريات، ومنها فطر الندوة المتأخرة (الذى يُسبب نفس المرض فى البطاطس)، والذى تحسنت مكافحته بزيادة تركيز المعاملة وبإضافة مركبات أخرى وكائنات دقيقة إليها (Mizubti وآخرون ٢٠٠٧).

ومن بين المنتجات الحيوية المستخلصة من النباتات والتى يمكن استخدامها مع البطاطس، ما يلى:

المنتَج التجارى	الاستعمالات
بيمونكس Pimonex	مكافحة الندوتين المبكرة والمتأخرة بتركيز ١٪ كل ٧–١٠ أيام
تيموركس Timorex	مكافحة الندوة المبكرة بتركيز ١٪

المكافحة بالزيوت الأساسية

أعطت الزيوت الأساسية لكل من الزعتر والنعناع والشبت والكراوية والزوفا hyssop (الاسم العلمى: *Hyssopus officinalis*) مكافحة جيدة للندوة المتأخرة فى البطاطس، وكان أكثرها فاعلية زيت الزوفا.

وقد ضَعُفَ النمو الفطرى بالمعاملة بالزيوت الأساسية لأى من النباتات:

Origanum syriacum var. *bevanii*

Thymbra spicata subsp. *spicata*

Lavandula stoechas subsp. *stoechas*

Rosmarinus officinalis

Foeniculum vulgare

Laurus nobilis

وكانت أكثر المركبات فاعلية فى هذه الزيوت:

Carvacrol

Camphor

Borneol

1,8-cineole

Anethole

وتتوفر حاليًا مستحضرات تجارية مشتقة من الخزامى lavender، والأوريجانو oregano، والزعتر، والمردقوش marjoram تُستخدم فى مكافحة الحشرات والأمراض النباتية.. وقد أدت جميعها إلى تثبيط نمو الفطر *P. infestans* عند ما عُومِل بها فى بيئات الزراعة. وفى ظروف حجرات النمو قللت المعاملة بزيت الأوريجانو شدة الإصابة بالندوة بنسبة ٢٨٪–٣٠٪ (Mizubuti وآخرون ٢٠٠٧).

المكافحة بالفوسفونات

جُرِّب استخدام ثمانى أنواع من الفوسفونات phosphonates فى مكافحة الندوة المتأخرة فى البطاطس، ووجد أن استعمالها بتركيز ٢,٥ جم مادة فعَّالة/ لتر حقق كفاءة فى مكافحة المرض تساوت مع تلك التى تحققت باستخدام المبيدات الفطرية غير الجهازية: مانكوزيب mancozeb، وكلوروثالونيل chlorothalonil بنفس المعدل. وعندما استخدمت الفوسفونات بتركيز يزيد عن ٢,٥ جم مادة فعالة/ لتر فإنها حققت كفاءة فى المكافحةُ أعلى من تلك التى حققتها المبيدات غير الجهازية (Kromann وآخرون ٢٠١٢).

المكافحة بالفطريات المنتجة للبنسلين

أعطى رش نباتات الطماطم والبطاطس بمستخلص الغزل المجفف للفطر *Penicillium chrysogenum* المنتج للبنسلين مكافحة بلغت ٧١٪ فى الطماطم، لكن المعاملة لم تكن مؤثرة فى حالة البطاطس (Mizubuti وآخرون ٢٠٠٧).

المكافحة بالشيتوسان

أمكن تأخير تطور الإصابة الوبائية بالندوة المتأخرة فى البطاطس برش النباتات ثمانى مرات بالشيتوسان بتركيز ٠,١٪ (وزن/ حجم)، مقارنة بالوضع فى الكنترول، وتساوت فاعلية هذه المعاملة مع فاعلية الرش بالميتالاكسيل فى مكافحة المرض (Mizubuti وآخرون ٢٠٠٧).

المكافحة بثانى أكسيد الأيدروجين

يُستعمل التحضير التجارى Storox – الذى يحتوى على ثانى أكسيد الأيدروجين – فى كل من الوقاية من الإصابة والعلاج منها. ويمكن دخول الحقول المرشوشة – بأمان – بمجرد جفاف سائل الرش (Kuepper & Sullivan ٢٠٠٤).

المكافحة بمستحث المقاومة: الـ BABA

يمكن بالمعاملة بالـ β-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA) خفض جرعة المبيد الفطرى المستعمل إلى النصف مع الحصول على مكافحة للندوة المتأخرة تعادل المكافحة عند المعاملة بالجرعة الكاملة من المبيد (Liljeroth وآخرون ٢٠١٠).

ولقد أدت معاملة النموات الخضرية للبطاطس بأى من الـ BABA، أو الـ fosetyl-aluminium إلى مقاومتها للفطر *P. infestans* قبل الحصاد، وفى الدرنات بعد الحصاد. وكلما كانت المعاملة أبكر كلما كان تأثيرها أقوى. وازداد فى درنات البطاطس بعد الحصاد مستويات كل من الـ β-1,3-glucanase، والـ aspartic protease، والفينولات والفيتوألاكسين. ويستفاد مما تقدم أن التأثير الإيجابى للمعاملة استمر طوال فترة حياة المحصول (Andreu وآخرون ٢٠٠٦).

وأحدثت معاملة نباتات البطاطس بالـ BABA خفضًا جوهريًّا لنشاط الفطر *P. infestans* (مسبب مرض الندوة المتأخرة) بالأوراق، كما أحدثت تنشيطًا سريعًا لعدد من الاستجابات الدفاعية، وكان ذلك التنشيط أسرع وأقوى فى الصنف المقاوم Ovatio عما فى الصنف Bintje. وأظهر الفحص المجهرى تسبب المعاملة بالـ BABA فى حث تكوين بقع صغيرة شبيهة بتلك التى تتكون نتيجة تفاعل فرط الحساسية، وكانت محاطة بالكالوز callose، مع إنتاج فوق أكسيد الأيدروجين. كما أظهر التحليل الجزيئى والكيميائى زيادة فى تمثيل الفينولات الذائبة — مثل الـ arbutin وحامض الكلوروجنك — وتنشيط الـ PR-1. ويستفاد مما تقدم إسهام المعاملة بالـ BABA فى تنشيط مباشر للاستجابات الدفاعية، مع اختلاف ذلك التأثير باختلاف الأصناف (Bengtsson وآخرون ٢٠١٤)

المكافحة بالمركبات النحاسية

يمكن استعمال المركبات النحاسية (التى يُسمح بها فى الزراعات العضوية) فى منع حدوث الإصابة بالندوة؛ لأجل تجنب انتشار المرض. ويتطلب الأمر — عادة — ما بين

٩ إلى ١٥ رشة. وإذا ما استخدم مخلوط بوردو فإن الرش بهذا العدد من المرات يعنى إضافة ١–٣,٥ كجم من النحاس المعدنى لكل فدان فى الموسم الواحد؛ بما يعنى إضافة ١–٣,٣٥ جزءًا فى المليون من النحاس فى الخمسة عشر سنتيمترًا العلوية من التربة. ويكون ذلك مقبولاً إذا ما كانت زراعة البطاطس فى دورة خماسية، وهى التى يوصى بها لمكافحة أمراض البطاطس، إلاّ أن مخاطر زيادة تركيز النحاس فى التربة تتوقف — كذلك — على كل من: مدى تواجده أصلاً فى التربة، ومحتوى الأسمدة الكيميائية والعضوية المستعملة من العنصر، و pH التربة وقدرتها التنظيمية، ومدى الفقد الذى يحدث فى العنصر بفعل الأمطار وماء الرى، وتركيز النحاس فى المواد المستعملة فى الرش. ومن أكثر مساوئ تراكم النحاس فى التربة تأثيره السام على عديد من الكائنات الدقيقة المفيدة، وخاصة الديدان الأرضية والطحالب الخضراء المزرقة، وهى التى تقوم بتثبيت آزوت الهواء الجوى فى التربة (Kuepper & Sullivan ٢٠٠٤).

الذبول البكتيرى

المكافحة بالتحميل

أدى تحميل البطاطس مع الذرة إلى تقليل إصابة البطاطس بالسلالة ٣ من بكتيريا الذبول *Ralstonia solanacearum*، وربما حدث ذلك جراء زيادة تباعد نباتات البطاطس عن بعضها، فلم تحدث إصابات ثانوية عن طريق الجذور، ولوجود جذور لنبات آخر غير البطاطس مختلطة بجذور البطاطس، كما يعتقد بأن انخفاض كثافة زراعة البطاطس مع التحميل أدى إلى بطء زيادة أعداد البكتيريا المرضة فى التربة (Autrique & Potts ٢٠٠٨).

العفن الطرى البكتيرى

المكافحة ببكتيريا المحيط الجذرى

أدت معاملة البطاطس بأى من *P. fluorescens* أو *P. putida* أو بخليط منهما إلى خفض إصابة الدرنات المنتجة بالعفن الطرى البكتيرى، وكانت المعاملة بمخلوط من