الفصل الثالث

استعمال بدائل المبيدات فى مكافحة الأمراض

على الرغم من أن مصطلح "بدائل المبيدات" يمكن أن يتسع ليتضمن كافة وسائل المكافحة بغير المبيدات (بما فى ذلك مختلف الأساليب الزراعية والمكافحة البيولوجية ووسائل حث المقاومة الجهازية سواء أكانت تلك الوسائل بيولوجية، أم كيميائية) .. فإننا نقصر مناقشتنا هنا على بدائل المبيدات التى تعامل بها النباتات رشًّا أو عن طريق التربة — مثل المبيدات — ولكنها لا تعد من المبيدات، ولا تحتوى على كائنات دقيقة، وليس لاستعمالها تأثيرات سلبية على البيئة والإنسان والحيوانات الزراعية والحياة البرية، مثلما تؤثر المبيدات.

المستخلصات النباتية

إن المستخلصات النباتية المستعملة فى مكافحة المسببات المرضية كثيرة جدًّا ومتنوعة، وهى تحتوى — غالبًا — على زيوت قد تكون أساسية essential oils، أو نباتية vegetable oils، وقد يرجع تأثيرها إلى ما تحتويه من زيوت، أو إلى ما قد يتواجد فيها من مركبات طبيعية مضادة للمسببات المرضية أو حاثة لتنشيط الجهاز الدفاعى النباتى. ودونما تمييز بين محتوى المستخلصات من زيوت أو مركبات مضادة أو حاثة، فإننا نناقش تأثيرها هنا على المجموعات الرئيسية من المسببات المرضية: وهى الفطريات، والبكتيريا، والفيروسات.

استعمال المستخلصات النباتية فى مكافحة الفطريات

من بين الدراسات الهامة فى هذا المجال ما يلى:

● وُجِدَ أن مستخلص أوراق نبات *Reynoutria sachalinensis* شديد الفاعلية فى مكافحة فطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى فى القرعيات، وكذلك مكافحة البياض الدقيقى فى كل من الطماطم والتفاح والبيجونيا، وتم إنتاج مستخلصات مركزة تجارية (Mīlsana flüsig) منها لهذا الغرض.

وقد أدى رش الخيار – أسبوعيًا – بهذا المستخلص بتركيز ٢٪ إلى مكافحة مرض البياض الدقيقى (*S. fuliginea*) بنفس كفاءة مبيد البينوميل. وجعلت المعاملة أوراق الخيار أكثر اخضرارًا ولمعانًا.

ومن التأثيرات الجانبية الأخرى للمعاملة بهذا المستخلص أنه يزيد من تركيز الكلوروفيل، كما يزيد من نشاط بعض الإنزيمات؛ مثل: peroxidase، و β-1,3-glucanase وأيضًا يؤدى إلى زيادة إنتاج الإثيلين.

ويبدو أن المستخلص التجارى Milsana flüsing يؤدى بصورة غير مباشرة إلى زيادة مقاومة النباتات لفطريات البياض الدقيقى (Daayf وآخرون ١٩٩٥)، وذلك من خلال إحداثه لمقاومة موضعية. وبدا أن تكوين مركبات فينولية كان له علاقة بالمقاومة التى أحدثتها المعاملة (Wurms وآخرون ١٩٩٩).

فقد أدت معاملة نباتات الخيار بمستخلص أوراق نبات الملسانا milsana (أو الـ knot weed الذى يتبع عائلة Polygonaceae ويعرف بالاسم العلمى *Reynoutria sachalinensis*) .. أدت المعاملة به إلى إنتاج نباتات الخيار لكل من المواد الفينولية التالية:

caffeic acid	para-coumaric acid
para-coumaric acid methylester	ferulic acid

كان إنتاج تلك الفينولات فى كل من الأصناف القابلة للإصابة والأصناف المقاومة للبياض الدقيقى. وقد أظهرت تلك المركبات نشاطًا مضادًا لفطريات *Botrytis cinerea*، و *Pythium ultimum*، و *P. aphanidermatum*. لذا .. يعتقد بأن المعاملة بمستخلص أوراق المِلسانا أدت إلى حث الخيار لتكوين مركبات مضادة للفطريات عملت على تثبيط الإصابة بالبياض الدقيقى دون أن يكون لذلك علاقة بالمقاومة الوراثية للمرض (Daayf وآخرون ٢٠٠٠).

● أوضحت دراسات Haberle & Schlösser (١٩٩٣) على الخيار أن رش النباتات بالتلميون Telmion (وهو منتج يحتوى على ٨٥٪ من زيت بذور لفت الزيت) أدى إلى مكافحة الفطر *Sphaerotheca fuliginea* بنسبة تزيد على ٩٠٪.

● وكذلك حققت الزيوت البستانية مع المواد الناشرة مكافحة جيدة لكل من فطر البياض الدقيقى *Leveillula taurica*، وفطر *Altermaria alternata* فى الفلفل (Ziv وآخرون ١٩٩٤).

● أمكن خفض شدة الإصابة بالبياض الدقيقى فى البسلة بأى من التحضيرين أجوين ajoene وهو مستخلص من الثوم، ونيمازال neemazal وهو مستخلص من النيم *Azadirachta indica*. وقد تراوحت التركيزات المستعملة بين ١٠٠–٧٥٠، و ٥٠–٢٥٠ جزء فى المليون للمركبين على التوالى (Prithiviraj وآخرون ١٩٩٨).

● وجد كذلك أن مستخلصات بعض النباتات الطحلبية liverworts (من الـ Bryophytes)، مثل: *Bazzani trilobata*، و *Diplophyllum albicans* تؤدى عند رشها على نباتات الطماطم إلى حمايتها — بعد المعاملة بخمسة أيام — من الإصابة بالفطر *Phytophthora infestans* مسبب مرض الندوة المتأخرة؛ بما يعنى أنها تستحث المقاومة فى النباتات (Mekuria وآخرون ١٩٩٩).

● وجد أن المستخلص المائى لنبات Linn1 *Robinia pseudoacacia* يحتوى على مركبين نشطين بيولوجيًّا يلعبان دورًا فى مكافحة الفطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى فى الخيار عند رش نباتات الخيار بهما (Zhang وآخرون ٢٠٠٨).

● أدت معاملة نباتات الفلفل — عن طريق التربة — بمستخلص حشيشتى البحر: *Stokeyia indica*، و *Solieria robusta* وحدهما، أو مع البكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* — وهى من بكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو — إلى تثبيط إصابة جذور الفلفل بفطريات الجذور *Macrophomina phaseolina*، و *Rhizoctonia solani*، و *Fusarium solani*، ونيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne javanica*. كذلك أحدثت المعاملة بحشائش البحر والبكتيريا منفردتين ومجتمعتين زيادة فى قوة نمو نباتات الفلفل (Sultana وآخرون ٢٠٠٨).

● تُعد الشجرة *Ginkgo biloba* — التى تنمو فى الصين — هى النبات المتبقى الوحيد من العائلة Ginkgoaceae. استُخلِص من ثمار هذه الشجرة مركب أُطلق عليه اسم

جنكول ginkol تميز بقدرته العالية على قتل النموات الفطرية. وقد أمكن تمثيل هذا المركب (وهو 2-allylphenol) صناعيًا وُحضر منه المبيد الفطرى Yinguo 10% EC الذى يحتوى على ١٠٪ مستخلص مركز من الجنكول المحضر صناعيًا. أظهر هذا المبيد قدرة على مكافحة الفطرين *Botrytis cinerea*، و *Alternaria solani* عن المبيد الفطرى iprodione. وقد أظهرت الدراسات على الطماطم أن فترة نصف الحياة للمركب 2-allylphenol هى ستة أيام، وتكون متبقياته فى ثمار الطماطم عند الحصاد ٠,٢٦ جزءًا فى المليون (Meng وآخرون ٢٠٠٧).

● أمكن استخلاص زيت من النبات الأسترالى الموطن *Melaleuca alternifolia* يحتوى على أكثر من ١٠٠ مركب معظمها من الـ monoterpenes والـ sesquiterpenes والكحولات. وقد حُضر من هذا المنتج عند رشه على النباتات بتركيز ٠,٥٪ إلى ١٪ مكافحة جيدة لعدد كبير من الأمراض الفطرية، منها كلاً من البياض الزغبى والبياض الدقيقى؛ هذا فى الوقت الذى لم يكن فيه للتيموركس أى تأثير سلبى على عشائر الأعداء الطبيعية (Reuveni وآخرون — Biomar Israel Ltd — الإنترنت — ٢٠٠٧).

● أُختُبِرَ معمليًا تأثير مستخلصات ٣٤٥ نوعًا نباتيًا، و ٤٩ زيتًا أساسيًا على الفطر *Botrytis cinerea*. ولقد أظهر ١٣ مستخلصًا نباتيًا منها — معظمها من جنسى *Allium*، و *Capsicum* — أقوى تأثير. ومن بين الزيوت الأساسية التى اختبر تأثيرها .. كان أقواها ضد الفطر زيوت الـ palmarosa (وهو: *Cymbopogon martini*)، والزعتر الأحمر (*Thymus zygis*) والقرفة (*Cinnamomum zelyanicum*)، والـ clove (وهو *Eugenia carophyllata*). ولقد كانت أكثر مكونات الزيوت تواجدًا وأقواها تأثيرًا ضد الفطر D-limonene، و cincole، و β-myrcene، و α-pinene، و β-pinene، و camphor (Wilson وآخرون ١٩٩٧).

● أظهر الزيت الأساسى لنبات *Hyptis suaveolens* (وهو حشيشة عشبية حولية تنمو بريًا فى الهند) نشاطًا معنويًا مضادًا لفطريات التربة *Rhizoctonia solani*، و *Corticium rolfsii*، و *Sclerotinia sclerotiorum*. ولقد أدت المعاملة بالزيت إلى الحد بشدة من إنبات الجراثيم الأسكية للفطر *S. sclerotiorum* وصل إلى ١٠٠٪ تقريبًا

عند تركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون للزيت. كذلك أدت المعاملة بالزيت مع فطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum* إلى مكافحة الذبول وأعفان الجذور لنبات *Brassica oleracea* var. *gongylodes* التى يسببها الفطر *S. sclerotiorum*. وقد أثّرت المعاملة بالزيت على نمو الميسيليوم دون أن تؤثر على حيوية الأجسام الحجرية لأى من الفطريات الثلاثة (Singh & Handique ١٩٩٧).

● تعتمد استراتيجية مكافحة العفن الأبيض فى البصل والثوم الذى يسببه الفطر *Sclerotium cepivorum* على خفض أعداد الأجسام الحجرية للفطر فى التربة. ونجد تحت الظروف الطبيعية أن الأجسام الحجرية للفطر تنبت وتُحدِث الإصابة استجابة لمنبهات كيميائية خاصة تفرزها جذور العائل. وتعد الـ alkenyl L-cystein sufoxides التى تتواجد بإفرازات جذور الثوميات هى المواد الأولية للمركبات المتطايرة allyl sulfides، و propyl sulfides التى تحفز إنبات الأجسام الحجرية.

هذا إلاّ أنه يمكن تحفيز إنبات الأجسام الحجرية للفطر — كذلك — بكل من زيتى البصل والثوم اللذان يحتويان على مركبات مشابهة لتلك التى توجد فى إفرازات الجذور. وإلى جانب تلك المنتجات الطبيعية فقد أمكن الحصول على مركبات منبهة لإنبات الأجسام الحجرية من البترول؛ منها المركب diallyl disulfide (اختصارًا: DADS)، الذى يُعدُّ الناتج الرئيسى لتحلل الأليسين Alicin الذى يوجد ضمن إفرازات جذور البصل والثوم ويحفز إنبات الأجسام الحجرية (عن Hovius & McDonald ٢٠٠٢).

● نظرًا لأن الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium cepivorum* — مسبب مرض العفن الأبيض فى البصل والثوم — تنبت استجابة لإفرازات من مركبات كبريتية متطايرة وثيولات thiols من جذور الثوميات alliums، فإن معاملة التربة بمثل هذه المركبات فى غياب المحاصيل العائلة للفطر يؤدى إلى إنبات الأجسام الحجرية ثم موتها بعد استنفاذ مخزونها الغذائى.

● وقد أدت معاملة التربة بمسحوق الثوم أو بزيت ثوم مخلق يتكون من diallyl

disulfide (اختصارًا: DADS) إلى موت أكثر من ٩٠٪ من الأجسام الحجرية للفطر فى خلال ثلاثة شهور من المعاملة، وكانت هذه النتيجة مماثلة لتلك التى حققتها معاملة التربة ببروميد الميثايل. ولقد كان مستوى إهلاك الأجسام الحجرية الذى حققته المعاملة بمسحوق الثوم بمعدل ١١٢ كجم للهكتار (٤٧ كجم للفدان) مماثلاً لذلك الذى حققته المعاملة بالـ diallyl disulfide بمعدل ٠,٥ مل/م^{٢} (٢,١ لتر/فدان) أو المعاملة ببروميد الميثايل بمعدل ٤٤٨ كجم للهكتار (١٨٨ كجم للفدان).

وعلى الرغم من الخفض الشديد الذى حققته تلك المعاملات فى أعداد الأجسام الحجرية للفطر، فإن الفطر المرض سبب أضرارًا جسيمة فى النمو النباتى ومحصول الثوم الذى زرع فى نفس الحقل بعد عام واحد من إجراء المعاملات (Davis وآخرون ٢٠٠٧).

● كذلك كان لمستخلص الثوم تأثير قاتل على عديد من فطريات التربة (فطريات من أجناس *Pythium*، و *Phytophthora*، و *Rhizoctonia*، و *Fusarium*، و *Thielaviopsis*)، ولكن التركيز المؤثر كان — بصورة عامة — عاليًا وتراوح بالنسبة لمختلف الفطريات بين ١٠٪، و ٣٥٪ من المستخلص (Sealy وآخرون ٢٠٠٧).

ومن بين المستخلصات النباتية التجارية المستعملة فى مكافحة الأمراض الفطرية، ما يلى:

المنتج التجارى	الأمراض وطريقة الاستعمال	الشركة المنتجة أو الموزع
تيمور Timor	البياض الدقيقى فى كل من القرعيات والطماطم والفلفل والجزر بتركيز ٠,٥–١,٠٪	Biomar
تيموركس Timorex	البياض الدقيقى فى القرعيات والطماطم والفلفل والجزر والأعشاب والبياض الزغبى فى القرعيات بتركيز ٠,٥–١,٠٪، والندوة المبكرة فى البطاطس بتركيز ١٪.	Biomar
بيمونكس Pimonex	الندوتان المبكرة والمتأخرة فى البطاطس	Biomar
ملسانا Milsan	البياض الدقيقى فى القرعيات بتركيز ٢٪	
تلميون Telmion	البياض الدقيقى فى القرعيات	

استعمال المستخلصات النباتية فى مكافحة البكتيريا

اختبر تأثير الزيوت الأساسية ومكوناتها الرئيسية لعدد من النباتات على ٢٥ جنسًا مختلفًا من البكتيريا شملت مسببات مرضية نباتية وحيوانية ومحدثات سموم ومتلفات للأغذية. وقد شملت قائمة الزيوت كلاً من: الفلفل الأسود *Piper nigrum*، والقرنفل *Syzygium aromaticum*، والجيرانيم *Pelargonium graveolens*، وجوز الطيب *Myristica fragrans*، والأوريجانو oregano وهو *Origanum vulgare* spp. *hirtum*، والزعتر *Thymus vulgaris*. ولقد أظهرت جميع الزيوت الأساسية تأثيرات مثبطة قوية ضد جميع الأنواع البكتيرية، وتباينت مكوناتها الرئيسية فى هذا الشأن (Dorman & Deans ٢٠٠٠).

وأدى تحميل نبات إبرة الراعى (الجيرانيم) *Geranium pratense* مع البطاطس، أو معاملة التربة بمسحوق جذور الجيرانيم الجافة أو بمستخلصها الميثانولى إلى خفض إصابة البطاطس بالجرب العادى الذى تسببه البكتيريا *Streptomyces scabies*. ولقد وجد أن الجذور الجافة للجيرانيم تحتوى على ١٥٪ جيرانين geraniin، وأن نشاطه المضاد للميكروبات يعادل ١,٢٥٪ من نشاط الاستربتومايسين streptomycin (Ushiki وآخرون ١٩٩٨).

استعمال المستخلصات النباتية فى مكافحة الفيروسات

وجد أن معاملة الأوراق السفلى للنباتات — رشًا أو بالحك — بمستخلص أوراق النبات *Clerodendrum aculeatum* يستحث فى النباتات تطوير مستوى عالٍ من المقاومة الجهازية ضد الإصابات الفيروسية من خلال إنتاجها — بعد المعاملة بمستخلص النبات — لعامل مثبط للفيروسات virus inhibitory agent.

فقد أدى رش نباتات فاصوليا المنج *Vigna radiata* بمستخلص نبات *C. aculeatum* إلى تقليل إصابتها بفيرس موزايك فاصوليا المنج الأصفر، حيث كانت النباتات المعاملة إما عديمة الأعراض أو ظهرت عليها أعراض طفيفة للإصابة بالفيرس مقارنة بأعراض شديدة ظهرت على نباتات الكنترول. كذلك أعطت معاملة التربة بمسحوق جاف لأوراق *C. aculeatum* نتيجة مماثلة لتلك المتحصل عليها بالرش بمستخلص النبات(Verma & Singh ١٩٩٤).

ولقد أمكن تنقية وعزل المركب الموجود فى أوراق نبات *C. aculeatum*، وتبين أنه بروتين ذات كتلة جزيئية مقدرها ٣٤ كيلو دالتون. ولقد أدت معاملة النباتات بهذا البروتين إلى حثها إلى تطوير مقاومة عالية جدًا ضد الإصابات الفيروسية. وأمكن ملاحظة تلك الحالة بعد ساعات قليلة من عدوى النباتات بالفيرس، حيث كانت البقع المرضية إما أقل عددًا، وإما غائبة تمامًا. وتبعًا للنوع النباتى، فإن الحد الأدنى للوقت الذى لزم مروره لظهور المقاومة الجهازية فى الأوراق غير المعاملة بالنباتات القابلة للإصابة تراوح بين ٥ دقائق وثلاثون دقيقة (Verma وآخرون ١٩٩٦).

كما أدى رش نباتات الطماطم بأى من الزيوت الأساسية geraniol (وهو monoterpene يمثل مكون رئيسى لعدد من الزيوت الأساسية)، وزيت الـ lemongrass (وهو *Cymbopogon flexuosus*)، و زيت الـ tee tree (وهو *Melaleuca alternifolii*)، مع الكاولين kaolin — الذى يكون غشاء على سطح الورقة – إلى حماية النباتات من الإصابة بفيرس ذبول وتبقع أوراق الطماطم (Reitz وآخرون ٢٠٠٨).

وإلى جانب التأثير المباشر لمركبات الـ limonoids — مثل الـ azadirachtin — التى توجد فى زيت النيم — فى مكافحة الحشرات، فإن زيت النيم — مثل أى زيت آخر يستعمل فى المجال الزراعى — يفيد — كذلك — فى إعاقة اكتساب المنّ للفيروسات التى تنقلها، وقد ظهر ذلك التأثير فى تثبيط زيت النيم لانتقال فيرس واى البطاطس فى الفلفل بواسطة المنّ *Myzus persicae* (Lowery وآخرون ١٩٩٧).

الزيوت المعدنية

إن الزيوت المعدنية تتوفر — عالميًا — تحت عديد من الأسماء التجارية ونتناولها بالتفصيل تحت بدائل المبيدات المستخدمة فى مكافحة الحشرات، إلاّ أنها تفيد — كذلك — كثيرًا فى الحد من انتشار الفيروسات غير المتبقية التى تنقلها الحشرات.

ويلاحظ – بشأن استخدام الزيوت لهذا الغرض – ما يلى:

١– جرت محاولات لاستعمال عدة أنواع من الزيوت فى منع انتقال الفيروسات؛ منها زيوت الطعام، والزيوت المعدنية.

٢- كانت الزيوت المعدنية أكثرها كفاءة، ومن أمثلة الزيوت المعدنية التى نجح استعمالها فى محاصيل الخضر كل من:

Sunspray 6E Sunspray 7E

JM5 Stylet-Oil

تستعمل هذه الزيوت - عادة - بتركيز ٠,٧٥٪، ويجب رشها تحت ضغط عال (٤٠٠ رطل/بوصة مربعة أو نحو ٢٨ كجم/سم٢)، مع استعمال بشابير (بزابيز) خاصة (أكثرها شيوعًا البشابير TX-4، و TXVS-5). وللحصول على أفضل النتائج يجب أن يكون قطر قطرات الزيت الخارجة من الرشاشة حوالى ٠,٢مم.

٣- يجب تحديد التخفيف المناسب من كل زيت لكل محصول، تجنبًا لما قد يكون للزيوت من تأثيرات سامة على النباتات.

٤ - لا تعرف - على وجه الدقة - كيفية تأثير الزيوت على منع الانتقال الحشرى للفيروسات. ولكن من المعروف - فى حالة الفيروسات غير المتبقية التى ينقلها المنّ - أن الزيوت تعوق كلا من: عمليتى اكتساب الفيرس، ونقله إلى النباتات.

وقد وجد أن الزيوت تتجمع فى الشقوق الدقيقة بين خلايا البشرة، وهى نفس المنطقة التى تتغذى فيها حشرة المنّ. وعندما تتغذى الحشرة تتلوث أجزاء الفم الثاقبة الماصة بالزيت، ومن هذه اللحظة تتوقف قدرتها على التقاط الفيرس، أو نقله، أو إحداث إصابة جديدة.

٥- ثبت فاعلية الزيوت فى تقليل انتقال الفيروسات غير المتبقية، ونصف المتبقية. والمتبقية التى ينقلها المنّ، والفيروسات التى تنقلها الذبابة البيضاء.

٦- استخدمت الزيوت بنجاح على نطاق تجارى فى إنتاج كل من: الفلفل. والكوسة، والطماطم فى الولايات المتحدة وبعض الدول الأخرى.

٧- عند استخدام الزيوت فى مكافحة المنّ يجب الاستمرار فى رش النباتات بصفة دورية حتى الحصاد، كما يجب أن يغطى الرش جميع أجزاء النبات؛ لأن الزيت يعطى وقاية فقط ولا يقتل الحشرة، كما يجب أن يكون الرش كل خمسة أيام فى الأوقات التى تكثر فيها الأطوار المجنحة، وكل سبعة أيام فى النباتات السريعة النمو كالقرعيات والطماطم.

٨- يجب تجنب الرش عندما تنخفض الحرارة عن ١٥°م (JMS Flower Farms ١٩٦٩، و Green ١٩٩١).

ومن بين الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن ما يلى:

● درس Webb & Linda (١٩٩٣) تأثير الرش بالزيت المعدنى JMS Stylet Oil على انتشار عدد من فيروسات القرعيات التى تنتقل بواسطة المنّ (هى: فيرس موزايك البطيخ رقم ٢، وفيرس موزايك الزوكينى الأصفر، وفيرس تيقع الباباظ الحلقى طراز W) فى البطيخ. وقد توصل الباحثان من دراستهما إلى أن المعاملة بالزيت قد تفيد فى تأخير الإصابات عندما تكون مصادر الإصابة بالفيرس محدودة.

● كما درس Marco (١٩٩٣) تأثير المعاملة بالزيت على انتشار الإصابة بفيرس Y البطاطس، وفيرس موزايك الخيار فى الفلفل، ووجد أن الرش بالزيت المعدنى Virol — منفردًا — بتركيز ١٪ أحدث نقصًا قدره حوالى ٤٠٪ فى الإصابة الفيروسية مقارنة بمعاملة الشاهد.

● أدى رش الكنتالوب بالزيت المعدنى JMS Stylet Oil إلى تقليل انتشار الفيروسات التى ينقلها المنّ (فيرس موزايك البطيخ رقم ٢، وفيرس موزايك الخيار) عندما كان تواجد الفيرس منخفضًا ابتداءً، على الرغم من عدم تأثر المنّ ذاته بالزيت المعدنى (Umesh وآخرون ١٩٩٥).

كان الرش الدورى كل أربعة أيام بالزيت المعدنى JMS Stylet Oil فعالاً فى حماية الكوسة من الإصابة بالبياض الدقيقى (McGrath & Shishkoff ٢٠٠٠).

استخدام المستخلصات البترولية فى تحفيز الإنبات الانتحارى للأجسام الحجرية

بمجرد أن تنبت الأجسام الحجرية للفطر *S. cepivorum*، فإن الميسيليوم الناتج يصبح عرضة للإصابة بالكائنات الدقيقة والتحلل، وفى غياب العائل يموت الميسيليوم دون أن يتكاثر، وهذا ما يحققه تحفيز إنبات الأجسام الحجرية للفطر بواسطة المنتجات الطبيعية أو المشتقة من البترول قبل زراعة المحصول القابل للإصابة، وهو ما يعرف بالإنبات الانتحارى.

لقد وجد أن المعاملة بإفرازات جذور البصل أو بمستخلصات الثوميات أدت إلى إنبات حتى ٦٠٪ من الأجسام الحجرية للفطر فى خلال ٤٥ يومًا من المعاملة.

كذلك أدت المعاملة بالمركب البترولى DADS خلال سنتين متتاليتين إلى عدم إمكان عزل أى أجسام حجرية حية للفطر فى التربة مع خفض الإصابة بالمرض فى الثوم بنسبة ٨٤٪ –١٠٠٪، وحدوث خفض جوهرى آخر فى إصابة البصل بالمرض.

ويجب أن تتم المعاملة بتلك المركبات الطبيعية والبترولية عندما تكون الظروف البيئية مثالية لإنبات الأجسام الحجرية، وهى حرارة ما بين ١٠، و ٢٠°م، مع رطوبة أرضية مثلى (حوالى ٥٠٪–٧٥٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية) لمدة لا تقل عن ثلاثة شهور (Hovius & McDonald ٢٠٠٢).

وقد استخدم كلا من diallyl disulfide (اختصارًا: DADS، وهو يحتوى على ٨٥,٥٪ DADS، و ٤,٥٪ مركبات قريبة منه)، و di-N-propyl disulfide (اختصارًا: DPDS، وهو يحتوى على ٨٨٪ DPDS، و ٢٪ مركبات قريبة منه) .. استخدما فى معاملة التربة حقنًا بمعدل ١٠ لتر/هكتار فى ٥٠٠ لتر ماء (٤,٢ لتر فى ٢٠٠ لتر ماء للفدان)، وأدى تعرض الأجسام الحجرية للفطر *S. cepivorum* لأى من المركبين لمدة ١–٣ شهور إلى إحداث خفض معنوى فى أعدادها، وكان الـ DADS أكثر كفاءة بكثير عن الـ DPDS فى هذا الشأن. ووجد تحت ظروف الحقل أنه بعد معاملتين اثنتين بالـ DADS انخفضت الإصابة بالمرض إلى أقل من ١٪ (Hovius & McDonald ٢٠٠٢).

الكبريت

يمكن استعمال الكبريت تعفيرًا، وكمسحوق قابل للبلل، وكمسحوق، وكسائل. وهو فعال خاصة ضد أمراض البياض الدقيقى وبعض الأصداء ولفحات الأوراق وأعفان الثمار. كما أنه يفيد مع العنكبوت الأحمر والتربس.

ومن أهم عيوب استعمال الكبريت احتمال إحداثه لأضرار بالنباتات فى الجو الذى ترتفع حرارته عن ٣٢°م، كما أنه لا يجوز خلطه مع المبيدات الأخرى، ولا يجوز استعماله فى المكافحة قبل مرور ٢٠ إلى ٣٠ يومًا على آخر رشة بالزيوت؛ نظرًا لأن تفاعلهما معًا يمكن أن يحدث أضرارًا أشد بالنباتات.

لا يعد الكبريت سامًا للثدييات، ولكنه قد يُلهب الجلد والعيون، علمًا بأن الـ LSD_{50} = ٥٠٠٠ مجم لكل كيلوجرام (Colorado State University — الإنترنت — ٢٠٠٦).

الكبريت الجيرى

يحضر الكبريت الجيرى lime sulfur بغلى أيدروكسيد الكالسيوم والكبريت معًا، ويستخدم المخلوط فى أشجار الفاكهة أثناء سكونها لمعالجة أمراض مثل اللفحة والأنثراكنوز والبياض الدقيقى، بالإضافة إلى الحشرات القشرية والعنكبوت الأحمر والإريوفى eriophyid mites.

من عيوب الكبريت الجيرى رائحته الكريهة التى تشبه البيض الفاسد، كما أنه يسبب حروقًا والتهابات بالجلد والعيون، وأضرارًا بالنباتات إذا كانت حرارة الجو وقت المعاملة تزيد عن ٢٧°م، علمًا بأن الـ LSD_{50} = ٤٠٠–٥٠٠ مجم/كجم (Colorado State University — الإنترنت — ٢٠٠٦).

المركبات النحاسية

مخلوط بوردو

يُنتَج مخلوط بوردو Bordeaux mixture بتفاعل كبريتات النحاس مع أيدروكسيد الكالسيوم، وهو لا يصرح باستعماله فى الزراعات العضوية.

يحضر مخلوط بوردو بمعادلات مختلفة مثل 50-4-4، وهذه الأرقام — من اليسار إلى اليمين — تعنى نسب كبريتات النحاس والجير المطفى hydrate lime بالرطل فى ٥٠ جالون من الماء (الرطل = ٤٥٤ جم، والجالون الأمريكى = ٣,٨ لتر).

تحضر الكميات المطلوبة من مخلوط بوردو أولاً بأول، حيث تُذاب الكميات المحسوبة للمخلوط من كل من كبريتات النحاس والجير المطفى — كل على انفراد — فى كمية قليلة من الماء، ثم يُصفى كل منهما أيضًا، ويلى ذلك خلطهما معًا وإكمال الحجم بالكمية المحسوبة من الماء، وذلك قبل الاستعمال مباشرة.

وتخفض كمية كبريتات النحاس فى المخلوط إلى نصف كيلوجرام فقط عند استعماله مع النباتات الحساسة للنحاس. وفى جميع الأحوال .. يجب ألا توجد كبريتات نحاس حرة بالمخلوط، ويعرف ذلك بغمس مسمار حديدى لامع بالمحلول لفترة قصيرة؛ فإذا تراكم النحاس عليه وجبت إضافة كمية من الجير لمعادلة كبريتات النحاس الزائدة.

يستعمل هذا المخلوط أساسًا فى مكافحة تبقعات الأوراق، واللفحات، والأنثراكنوز. والبياض الزغبى، والتقرحات، كما أنه طارد لعديد من الحشرات.

يمكن أن يسبب مخلوط بوردو احتراقًا للأوراق واسمرارًا باحمرار red russeting للثمار إذا استعمل فى الجو البارد الرطب، علمًا بأن الـ LSD_{50} = ٤٧٢ مجم/كجم (Colorado State University — الإنترنت — ٢٠٠٦).

عجينة بوردو

تتكون عجينة بوردو Bordeaux Paste من ١ كجم كبريتات نحاس، و ٢ كجم جيرًا حيًّا، و ١٠–١٥ لترًا من الماء، وتحضر بنفس طريقة تحضير محلول بوردو. ولكنها تكون فى صورة عجينة زرقاء اللون، وهى تستعمل فى طلاء الجروح ووقاية الأنسجة المعرضة للأمراض، وخاصة جذوع الأشجار.

مركبات نحاسية أخرى

إن من أهم المركبات النحاسية المستخدمة فى مكافحة الأمراض كلاً من: أيدروكسيد النحاس (مثل الكوسيد)، وأوكسيد النحاس، وأوكسى كلورور النحاس (مثل الكوبرافيت)، وكبريتات النحاس.

يفضل عند الرش بالمركبات النحاسية أن يكون pH محول الرش أعلى من ٦,٠، وإلاَ فإنه يمكن أن يسبب سمية للنباتات.

بعد وصول أيون النحاس إلى الفطر أو البكتيريا فإنه يتحد بعديد من المجموعات الكيميائية مثل الـ imidazoles، والـ phosphates، والـ sulfhydryls، والـ hydroxyls

التى تتواجد فى عديد من البروتينات ويعطل عملها، مما يؤدى إلى وقف عمل البروتين ذاته.

هذا .. ويُمتص أيون النحاس بواسطة الجراثيم الفطرية أثناء إنباتها؛ ولذا .. يتعين تكرار الرش بالنحاس أثناء النمو النباتى للمحافظة على استمرار تواجده فى السطح الورقى، علمًا بأن النحاس يمكن أن يبقى على الأوراق مدة ٧–١٤ يومًا ما لم يغسل بفعل الأمطار أو مياه الرى بالرش.

وقد طورت بعض المسببات المرضية البكتيرية سلالات مقاومة للمركبات النحاسية.

وبينما تنخفض سمية المركبات النحاسية بالنسبة للإنسان، فإنها تعد عالية السمية للأسماك، والنحل، والحيوانات الزراعية، ومختلف الكائنات الدقيقة بما فى ذلك تلك التى قد تستخدم فى المكافحة الحيوية (Resource Guide for Organic Insect and Disease Management — كورنل — الإنترنت — ٢٠٠٦).

أملاح البيكربونات

تستعمل كلا من بيكربونات الصوديوم وبيكربونات البوتاسيوم فى مكافحة بعض الأمراض، ويسمح باستعمال بيكربونات الصوديوم فى الزراعات العضوية، بينما لا يسمح ببيكربونات البوتاسيوم لهذا الغرض. وكلاهما يفيد فى مكافحة البياض الدقيقى على مختلف المحاصيل.

تستخدم بيكربونات البوتاسيوم potassium bicarbonate فى مكافحة البياض الدقيقى فى القرعيات والورد والعنب والندوة المبكرة فى الطماطم، وهى تتوفر تحت الأسماء التجارية Kaligreen، و Amicarb، و First Step.

أما بيكربونات الصوديوم sodium bicarbonate (صودا الخبز baking soda أو "البيكربوناتو") فإنها — كذلك — فعالة ومتوفرة ورخيصة، ويتعين استعمالها أسبوعيًا لمكافحة البياض الدقيقى على أن يستخدم معها مادة ناشرة. كما يفيد خلط زيت بستانى معها فى زيادة فاعليتها فى المكافحة (Colorado State University — الإنترنت — ٢٠٠٦).

توفر بيكربونات الصوديوم مكافحة جيدة ضد عديد من الفطريات إذا استخدمت بتركيز ٠,٥٪ فى الماء مع ٠,٥٪ زيت خفيف أو زيت نباتى. وقد أنتج مركب تجارى يعرف باسم ريميدى Remedy يحتوى على بيكربونات الصوديوم ويستخدم فى مكافحة كلاً من البياض الدقيقى، وتبقعات الأوراق، والأنثراكنوز، والفيتوفثورا، والفوما phoma، والجرب، والبوتريتس botrytis. ويلزم لنجاح المكافحة تكرار الرش أسبوعيًا إلى حين انتهاء المشكلة (Integrated Pest Management for Greenhouse Crops – أترا Attra – الإنترنت – ٢٠٠٧).

ولقد انخفضت شدة الإصابة بعديد من الأمراض بالمعاملة ببيكربونات الصوديوم أو البوتاسيوم، والبيكربونات المخلوطة بالزيوت، وذلك فى عديد من المحاصيل، وبخاصة القرعيات، والفاصوليا، والطماطم؛ لأجل مكافحة البياض الدقيقى، والفيروسيات التى تنقلها الحشرات، ولأجل مكافحة اللفحة المبكرة وتبقع الأوراق السركسبورى فى الطماطم، والصدأ فى الفاصوليا والقمح، ولفحة الساق فى الأسبرجس، ومكافحة كلا من تبقع الأوراق الألترناري والأنثراكنوز، والبياض الزغبى ولفحة الساق الصمغية فى القرعيات (عن McGrath & Shishkoff ٢٠٠٠).

ومن بين الدراسات التى أجريت على استخدام أملاح البيكربونات فى مكافحة الأمراض قبل الحصاد ما يلى:

● توصل Ziv وآخرون (١٩٩٤) إلى أن معاملة الفلفل بأى من بيكربونات الصوديوم أو بيكربونات البوتاسيوم كافحت بشكل جيد فطر *Leveillula taurica* (أو *Oidiopsis taurica*) – مسبب مرض البياض الدقيقى – على النباتات، وفطر *Alternaria alternata* على الثمار بعد الحصاد. وكان أى من المركبين – بتركيز ٠,٥٪ – أفضل من المبيد الفطرى فى مكافحة أمراض الفلفل السابقة للحصاد والتالية له.

● أدى رش نباتات الطماطم ببيكربونات الصوديوم بتركيز ٢٠ جم/لتر إى حمايتها من الإصابة بالفطر *Erysiphe polygoni* مسبب مرض البياض الدقيقى (Bourbos وآخرون ١٩٩٩).

● تطلب الأمر خمس رشات ببيكربونات الصوديوم لتحقيق مكافحة تامة للبياض

الدقيقى فى الطماطم الذى يسببه الفطر *Leveillula taurica* (Demir وآخرون ١٩٩٩).

هذا .. وتُحدث أملاح البيكربونات حالة من عدم التوازن فى أيونى الصوديوم والبوتاسيوم بخلايا فطريات البياض الدقيقى؛ مما يؤدى إلى انهيار الجدر الخلوية.

يجب ألا يقل pH محلول الرش عن ٧,٠، وألا يزيد معدل المعاملة عن ٢,٥ كجم للفدان. وتفيد إضافة الزيوت إلى محلول الرش فى زيادة كفاءته، ويكون ذلك — عادة — بمعدل ٠,٥٪–١,٠٪ (Resource Guide for Insect and Disease Management — كورنل — الإنترنت — ٢٠٠٦).

المعاملة بالسيليكون

أدت إضافة السيليكون إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية — فى صورة سيليكات البوتاسيوم بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون — إلى جعل نباتات الخيار أكثر مقاومة للبياض الدقيقى. وفى نفس الوقت أكسبت المعاملة ثمار الخيار مظهرًا باهتًا، بسبب تجمع السيليكا فى الشعيرات السطحية للثمار (Samuels وآخرون ١٩٩٣).

وتمكن Menzies وآخرون (١٩٩٢) من خفض معدل الإصابة بالبياض الدقيقى (الذى يسببه الفطر *Sphaerotheca fuliginea* فى الخيار والقاوون، والفطر *Erysiphe cichoracearum* فى الكوسة) بالمعاملة بسيليكات البوتاسيوم، إما بإضافتها إلى المحاليل المغذية — فى المزارع المائية — بتركيز ١,٧ مللى مولار سيليكون، وإما برش أوراق النباتات بها بتركيز ١٧ أو ٣٤ مللى مولار سيليكون. وكانت المعاملة الأخيرة فعالة فى تقليل الإصابة بالمرض حتى عندما عُرِّضت النباتات للفطر بعد أسبوع من رشها بسيليكات البوتاسيوم. وقد تبين من معاملة — رشت فيها النباتات بسماد بوتاسى عادى — أن السيليكا كانت هى العنصر الفعال فى سيليكات البوتاسيوم.

وقد أظهرت دراسات لاحقة (Chërif وآخرون ١٩٩٤) حول تأثير معاملة السيليكون ما يلى:

١– أحدثت المعاملة زيادة ملحوظة فى نشاط إنزيم الشيتينيز Chitinase، وتحفيزًا

أكبر فى نشاط إنزيمات البيروكسيديز Peroxidases، والبنولى فينول أوكسيديز Polyphenoloxidases عقب حقن (عدوى) النباتات بالفطر *Pythium* spp.

٢- كان للفينولات المرتبطة بالجليكوسيدات المستخلصة من النباتات المعاملة بالسيليكون - والتى عُرضَت لتحلل البيتاجلوكوسيدز β-glucosidase hydrolysis تأثير مثبط قوى على الفطريات: *P. ultimum*، و *P. aphanidermatum*، و *Cladosporium cucumerinum*.

وقد استخلص من ذلك أن السيليكون يرتبط بتفاعلات محددة تلعب دورًا فى حماية النباتات من الإصابات الفطرية.

أظهرت الدراسات أن البسلة التى تنمو فى بيئة مزودة بالسيليكون الميسر للامتصاص يزداد فيها نشاط إنزيما الشيتينيز chitinase والـ β-1,3-glucanase، وتكون أقل قابلية للإصابة بالفطر *Mycosphaerella pinoides* مسبب مرض تبقع الأوراق، ويتراكم السيليكون فى أوراقها (Dann & Muir ٢٠٠٢).

وقد تبين - فيما بعد - أن المعاملة بالسيليكون تستحث المقاومة الجهازية فى النباتات، كما سيأتى بيانه فى فصل لاحق.

المعاملة بماء الكلس، والطين، ومضادات النتح

وجد Marco & Cohen (١٩٩٤) أن رش نباتات الكوسة أسبوعيًا بأى من ماء الكلس whitewash (Loven أو Yalbin)، أو الطين أدى إلى مكافحة الفطر *Sphaerotheca fuliginea* المسبب لمرض البياض الدقيقى بنسبة ٥٠٪-٦٠٪. وقد ازدادت كفاءة الرش عند إضافة مادة تجارية لاصقة إليه.

كما أعطت معاملة الرش أسبوعيًا بمضاد النتح Vapor Gard نتائج مماثلة للرش بماء الكلس مع المادة اللاصقة.

وأدى رش الخيار بالطين (ميكا mica) بتركيز ٠,٥٪ إلى الحد من إصابته بالفطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى (Ehret وآخرون ٢٠٠١).

المكافحة بالمضادات الحيوية

المضادات الحيوية Antibiotics هى المركبات التى تفرزها بعض الكائنات، وتعمل على حماية النبات من الإصابة بكائنات أخرى. وهى توجه نحو تخليص النبات المصاب من الآفة، كما أنها توفر له أيضًا الحماية من احتمالات الإصابة مستقبلاً.

وتعتبر المضادات الحيوية أهم الكيماويات المستعملة فى مكافحة البكتيريا تحت ظروف الحقل، وهى لا تقتل البكتيريا، لكنها تثبط نموها فقط؛ أى إنها bacteristatic. ولضمان مفعولها يلزم تكرار الرش كل ١٠ أيام؛ لأن تركيزها يقل تدريجيًّا فى النبات بعد الرش.

تنفذ المضادات الحيوية — بسهولة — داخل الأنسجة النباتية، بعكس المبيدات الأخرى التى لا يمكنها الوصول إلى البكتيريا. والبعض منها يصبح جهازيًّا داخل النبات، ويظهر تأثيرها على البكتيريا التى قد توجد بداخله.

ونظرًا لأن استعمال المضادات الحيوية قد يكون مكلفًا تحت ظروف الحقل؛ لذلك فإنه ينصح باستعمالها فى تطهير الأجزاء الخضرية المستعملة فى التكاثر؛ كالدرنات، وكذلك فى تطهير البذور ورش المشاتل. وتوجد مشاكل تتعلق بظهور طفرات مقاومة للمضادات الحيوية (Kiraly وآخرون ١٩٧٤).

ومن أمثلة المضادات الحيوية التى استخدمت بنجاح كل من:

Streptomycin — Streptomycin-Terramycin

Actidione

يعتبر الاستربتومايسين مضادًّا للبكتيريا فقط، وينتج من الفطر *Streptomyces griseus*، ويستخدم فى مكافحة أمراض النبات البكتيرية فى صورة Streptomycin sulphate، و Streptomycin nirate.

ومن التحضيرات التجارية للمضادات الحيوية Agri-mycin 100، وهو مبيد بكتيرى يذوب فى الماء بسهولة، ولا يتبقى منه أى أثر ضار بالإنسان عند الحصاد، ويحتوى على كل من الـ streptomycin، والـ terramycin.

كما يدخل الاستربتومايسين كذلك فى التحضيرات التجارية التالية :

Hopk-Mycin	Gerox
Chemoform	Agri-Strep
Agrimycin 17	Rimocidin
Phytomycin	

ويستخدم الاستربتومايسين فى مكافحة الأمراض التالية:

١- اللفحة البكتيرية فى الكرفس المتسببة عن البكتيريا *Pseudomonas apii* بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون فى مراقد البذور فقط. وتبدأ المكافحة والبادرات فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الثانية، ويستمر الرش كل ٤-٥ أيام حتى الشتل.

٢- العفن الطرى فى البطاطس.

٣- التبقع البكتيرى فى الطماطم والفلفل بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون فى مراقد البذور فقط حتى الشتل؛ كما فى الكرفس.

هذا .. بالإضافة إلى استخدامه فى مكافحة عديد من الأمراض البكتيرية التى تصيب نباتات الفاكهة، والزينة، ومحاصيل الحقل.