

الفصل العاشر

المكافحة الحيوية للحشرات والاكاروسات والقواقع

يكون الغرض من المكافحة الحيوية (أو البيولوجية) Biological Control هو التخلص من الآفة في كل من بيئة الزراعة والنبات المصاب معاً. ومن أهم مميزاتها ما يلي:

- ١- لا تؤدي إلى قتل الأعداء الطبيعية للآفات كما يحدث عند استعمال المبيدات.
- ٢- لا تترك أثراً ضاراً بالإنسان على الأجزاء النباتية المستعملة في الغذاء.
- ٣- لا تؤدي إلى تلوث البيئة كما يحدث عند استعمال المبيدات في المكافحة.

لكن يعيب المكافحة الحيوية أنها لا يمكن أن تؤدي إلى التخلص نهائياً من الآفة المراد مكافحتها؛ نظراً لأنه يوجد دائماً توازن بين الآفة والطفيل الذى يتطفل عليها، والذى يستخدم فى مكافحتها.

أنواع الكائنات الحية المستخدمة فى المكافحة الحيوية

يستخدم فى المكافحة الحيوية للحشرات والأكاروسات والنيماطودا نوعيات مختلفة من الكائنات تصنف كما يلي:

- ١- المفترسات predators: مثل حشرة أبو العيد والعناكب، وهى تفترس الحشرات التى تتغذى عليها بالكامل، وتكون قليلة التخصص غالباً.
- ٢- المتطفلات parasitoids: مثل الزنابير والذباب، وهى تضع بيضها على الحشرات التى تتطفل عليها، أو فيها، وعندما يفقس البيض فإن اليرقات تتغذى على الضحية حتى تقتلها، وتكون المتطفلات أكثر تخصصاً.
- ٣- المسببات المرضية entomopathogens: وهى كائنات دقيقة تهاجم الحشرات ومنها بكتيريا، وفطريات، وفيروسات، ونيماطودا.

تعرف عملية الإكثار التجارى للمفترسات والمتطفلات والـ entomopathogens باسم

augmentation، ولقد أصبح من المؤلف طلب تلك الأعداء الطبيعية بالبريد في عديد من الدول.

مزايا وعيوب مكافحة الحيوية باستعمال المسببات المرضية للأفات

مزايا الكائنات الدقيقة المستعملة فى مكافحة الحيوية للحشرات

تتميز مكافحة الحيوية للحشرات باستعمال الكائنات الدقيقة بما يلى:

- ١- لا تكون تلك الكائنات سامة للحياة البرية، والإنسان، والكائنات الأخرى التى ليست قريبة الصلة بالحشرات المستهدفة، كما لا تتطفل عليها، ويعد الأمان الذى يوفره استعمال تلك الكائنات الدقيقة فى مكافحة أهم سماتها ومميزاتها.
- ٢- تكون تلك الكائنات - غالباً - سامة فقط لمجموعة واحدة وأنواع متقاربة من الحشرات؛ وبذا .. فإنها لا تؤثر بصورة مباشرة على الحشرات المفيدة (بما فيها المفترسات والمتطفلات الحشرية) التى تتواجد فى المنطقة المعاملة.
- ٣- يمكن استعمالها مع الحصاد فى نفس اليوم.
- ٤- يمكن لبعض تلك الكائنات أن تتوطن فى العشائر الحشرية المتواجدة فى منطقة المعاملة لتوفير مكافحة مستمرة للحشرات فى أجيالها التالية أو فى المواسم التالية.

عيوب استعمال الكائنات الدقيقة فى مكافحة الحيوية للحشرات

يُعبأ على مكافحة الحيوية للحشرات باستعمال الكائنات الدقيقة ما يلى:

- ١- تعد الكائنات الدقيقة متخصصة على مجموعة متقاربة من الأنواع الحشرية ولا تؤثر على غيرها. وعلى الرغم من أن المبيدات الحشرية لا تؤثر - كذلك - على الحشرات، إلا أن تخصصها ليس بشدة تخصص الكائنات الميكروبية.
- ٢- تتأثر مختلف الأنواع الميكروبية بالحرارة. والفقد الرطوبى منها، والتعرض للأشعة فوق البنفسجية، مما يقلل كفاءتها ما لم يتم تخير الوقت المناسب للمعاملة.
- ٣- تحتاج الكائنات الدقيقة المستعملة فى مكافحة الحشرية إلى ظروف تخزينية محددة لكى لا تفقد حيوتها.

الفصل العاشر: مكافحة الحيوية للحشرات والإكاروسات والقواقع

٤- نظراً لتخصص تلك الكائنات الميكروبية على مجموعات حشرية محدودة، فإن توزيعها - كذلك - يكون محدوداً؛ الأمر الذى قد لا يغطى تكاليف تطويرها وتسجيلها وإنتاجها على نطاق تجارى (Weinzierl وآخرون ٢٠٠٦).

متطلبات نجاح المكافحة الحيوية

إن من أهم الأمور التى يتعين أخذها فى الحسبان عند تطبيق مبدأ المكافحة البيولوجية ما يلى:

أولاً: بالنسبة لاستعمال المفترسات والمتطفلات الحشرية والحيوانية

١- يستلزم اتباع هذه الطريقة - غالباً - وقتاً أطول عما تستلزمه المكافحة الكيميائية.

٢- لا توجد مكافحة بيولوجية تعطى ١٠٠٪ كفاءة فى مكافحة أى آفة.

٣- نظراً لأن كثيراً من الكائنات المستعملة فى المكافحة الحيوية تعمل ببطء؛ لذا ..

يتعين استعمالها عندما تكون أعداد الآفة منخفضة.

٤- تعمل معظم المفترسات والمتطفلات فى حرارة ١٨-٢٩ م ورطوبة نسبية ٦٠٪-

٩٠٪.

٥- تموت كائنات المكافحة الحيوية إذا تعرضت نباتات الصوبة لفترات يتوقف فيها

النمو؛ سواء أكان ذلك بسبب سيادة حرارة شديدة الارتفاع، أم شديدة الانخفاض.

٦- إذا كان مستوى الآفة عال جداً عند بدء استعمال كائنات المكافحة الحيوية فإنها

غالباً لن تعطى مكافحة جيدة.

٧- تتباين كفاءة الكائن الواحد المستعمل فى المكافحة من محصول لآخر؛ فمثلاً ..

تقل كفاءتها على المحاصيل ذات الأوراق الوربية مثل الطماطم.

٨- تموت الكائنات المستعملة فى المكافحة الحيوية جوعاً إذا ما تم التخلص تماماً

من الآفة.

٩- تفرز بعض النباتات مواد سامة لكائنات المكافحة الحيوية (Integrated Pest

Management for Greenhouse Crops - أترا - Attra - الإنترنت - ٢٠٠٧).

ثانياً: بالنسبة لاستعمال الكائنات الدقيقة الممرضة

من الأمور التي يجب مراعاتها عند استعمال الكائنات الدقيقة المستخدمة في مكافحة الحيوية مراعاة ما يلي:

- ١- إدخال تلك الكائنات في الوقت المناسب، وكلما بكرنا في إدخالها كلما انخفضت الأعداد التي نحتاجها، وكلما زادت كفاءتها، ويمكن حتى إدخال بعض من الكائنات المستخدمة في مكافحة الحيوية كإجراء مانع للإصابة.
- ٢- يُعطى اهتمام خاص لجودة المنتج المستخدم وأن يكون من مصادر موثوق بها.
- ٣- يُهتم كذلك بحرارة تخزين المنتج وآخر تاريخ للاستعمال.
- ٤- التعرف على بيولوجى الكائن المستعمل في مكافحة.
- ٥- توفير الظروف التي تحفز وصول الأعداء الطبيعية للحقل وتكاثرها بتوفير النباتات الجاذبة لها..

- ٦- التأكد من أن عمليات الخدمة الزراعية مثل الحصاد والتقليم وإزالة الأوراق القديمة لا تؤدي إلى خفض أعداد الكائنات المستعملة في مكافحة الحيوية.
- ٧- التأكد من عدم تعارض استعمال بدائل المبيدات مع الكائنات المستخدمة في مكافحة الحيوية (Koppert Biological Systems - الإنترنت - ٢٠٠٧).

المكافحة الحيوية بالاعتماد على الحشرات والأكاروسات

يبين جدول (١٠-١) أهم أنواع المفترسات والمتطفلات المتوفرة تجارياً، والتي تستخدم في مكافحة الحشرات والأكاروسات.

جدول (١٠-١): بعض المفترسات والمتطفلات المتوفرة تجارياً لمكافحة الحشرات والأكاروسات (Ohio State University Extension ٢٠٠٥)

الاسم العادى	الاسم العلمى	الآفات التي يهاجمها
متطفل على الذبابة البيضاء	<i>Encarsia formosa</i>	الذبابة البيضاء
متطفل على الذبابة البيضاء	<i>Eretmocerus eremicus</i>	الذبابة البيضاء
	<i>Eretmocerus mundus</i>	

الفصل العاشر: مكافحة الحيوية للحشرات والأكاروسات والقواقع

تابع جدول (١٠-١).

الاسم المادى	الاسم العلمى	الآفات التى يهاجمها
متطفل على صانعات الأنفاق	<i>Diglyphus spp., Dacnusa spp.</i>	صانعات الأنفاق
قاتل للخنفساء المغيرة	<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	بق الحمضيات الدقيقى
متطفل على الخنفساء المغيرة	<i>Leptomastix dactylopii</i>	بق الحمضيات الدقيقى
ذبابه متطفلة على المن	<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	المن
متطفل على المن	<i>Aphidius colemani</i>	من الخوخ الأخضر ومن القطن
متطفل على المن	<i>Aphidius ervi, Aphelinus abdominalis</i>	من البطاطس
مفترس حشرى أرضى	<i>Athea coriaria</i>	يرقات بعوضة الفطر وعذارى تريس الأزهار الغربى
نيماتودا متطفلة على بعوضة الفطر	<i>Steinernema feltiae, plus others</i>	يرقات بعوضة الفطر
أكاروس متطفل على التريس وبعوضة الفطر	<i>Hypoaspis miles</i>	يرقات بعوضة الفطر وعذارى التريس
مفترس العنكبوت الأحمر	<i>Phytoseiulus persimilis, other phytoseiids</i>	العنكبوت الأحمر
	<i>Amblyseius californicus</i>	
أسد المن	<i>Chrysoperla sp.</i>	المن والذبابه البيضاء والأكاروس وديدان حرشفية الأجنحة
قرصان الخنافس الدقيق	<i>Orius insidiosus</i>	التريس وغيره من الحشرات
مفترس التريس	<i>Neoseiulus cucumeris</i>	التريس
	<i>Amblyseius degenerans</i>	
	<i>Amblyseius cucumeris</i>	
متطفل الفراشات	<i>Trichogramma brassicae</i>	بيض الفراشات

ومن أنواع المفترسات - التي تتوفر في مصر، وتلعب دوراً هاماً في الحد من أضرار الحشرات التي تقع فريسة لها - ما يلي (بمن حماد ومحمد السلام ١٩٨٥)،

الحشرة	أنواعها الهامة	الحشرات التي تفرسها-
إبرة العجوز	إبرة العجوز الكبيرة <i>Labidura riparia</i> إبرة العجوز الصغيرة <i>Labidura minor</i>	كثير من يرقات وعذارى حشرات من رتبة حرشفية الأجنحة، وكذلك بعض أنواع المن
الرعاشات	الرعاش الكبير <i>Henriana ephippiger</i> الرعاش الصغير <i>Leschnura senegalesis</i>	تفرس حورياتها المائية الحشرات والديدان المائية، وتفرس الحشرات الكاملة عديداً من الحشرات الطائرة، كالبعوض، والذباب، والهاموش
أسود المن	<i>Chrysopa vulgaris</i>	تفرس يرقاته أنواع المن، واليرقات الصغيرة من دودة ورق القطن، والحشرات القشرية، والتريس
أسود النمل	<i>Cueta variegata</i> <i>Palpares cephalotes</i>	تفرس يرقاتهما أنواع النمل المختلفة
الخنفاص المتترسة	خنفاص الكالوسوما <i>Chalosoma chlorostictum</i>	تفرسان يرقات دودة ورق القطن وبيضها، وودتس اللوز الشوكية والقرنفلية، والدودة القارضة، وأنواع المن
الخنفاص أبو العيد ذات الإحدى عشرة نقطة	<i>Pacderus alfieri</i>	تتغذى يرقات هذه الحشرة وأطوارها الكاملة على المن.
الخنفاص أبو العيد ذات النقط السبع	<i>Cacinnella undecimpunctata</i>	والحشرات القشرية، والبق الدقيقي، والحلم
الخنفاص أبو العيد الأسود	<i>Coccinella septempunctata</i>	
	<i>Cydonia vicina isis</i>	
	الخنفاص أبو العيد السمى	
	<i>Cydonia vicina nilotica</i>	

الفصل العاشر: المكافحة الحيوية للحشرات والآكروسات والقواقع

الحشرة	أنواعها الهامة	الحشرات التي تفرسها
	حنافس الكريتوليمس	استوردت من فرنسا لقاومة بق
	<i>Chryptolaemus montrauzieri</i>	القصب الدقيق وبق الهمسكس الدقيقى.
الزنابير المقترسة	الزنابير الزرقاء؛ مثل	تفرس الزنابير كثيراً من الحشرات بعد أن تخرها
	<i>Strilbum splendidum</i>	
	زنابير الطين ذات الخمر النحيل؛ مثل	
	زنبور الأموفلا الكبير	
	<i>Ammophilo tydei</i>	
	زنابير الطين البانية؛ مثل	
	<i>Eumenes maxillosa</i>	
	الزنبور الأصفر	
	<i>Polistes gallica</i>	

ويُستفاد في مصر من المفترس الأكاروسى *Phytoseiulus macropilis* فى مكافحة العنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae*، حيث يُطلق فى حقول الفراولة، كما أعطى المفترس نتائج جيدة فى حقول كل من الفاصوليا والخيار والكنتالوب (هيكل - المؤتمر الدول الثانى للزراعة العضوية - القاهرة - ملخصات البحوث - ٢٠٠٤).

المكافحة الحيوية بالاعتماد على الفطريات

على خلاف البكتيريا والفيروسات المستعملة فى المكافحة الحيوية للحشرات، فإن الفطريات المستعملة لهذا الغرض يمكن لجراثيمها الكونيدية الإنبات المباشر على السطح الخارجى لجسم الحشرة، وهى يمكن أن تصيب أى طور من الأطوار الحشرية، وقد تتخصص على طور أو أطوار معينة منها.

ويلزم عند المعاملة بالفطريات توفر رطوبة حرة ورطوبة نسبية عالية لكى يمكن أن نبت الجراثيم الكونيدية، وهى التى تعد حساسة للأشعة فوق البنفسجية التى تفقدها فاعليتها.

إن من أهم طبيبات ومعالج استعمال الفطريات في المحافظة الحيوية للحشرات، ما يلي،

- ١- بطء فاعليتها، حيث تتطلب - عادة - أكثر من ٧ أيام.
- ٢- ضعف تأثيرها على الطور البالغ (من الذبابة البيضاء)؛ حيث يحتاج الأمر إلى عدة رشات لمكافحة الأجيال المتداخلة (من الذبابة البيضاء).
- ٣- تعتمد فاعليتها على تواجد ظروف بيئية مناسبة.
- ٤- تفضيل الذبابة البيضاء للسطح السفلى للأوراق؛ مما يشكل صعوبة في توصيل الفطر إليها.
- ٥- التكلفة العالية.
- ٦- قصر فترة احتفاظها بحيويتها، وخاصة في حرارة الغرفة.

ومن أهم ما تجب مراعاته للتغلب على طبيبات ومعالج الفطريات المستعملة في المحافظة الحيوية للحشرات، ما يلي،

- ١- يفضل دائماً استعمالها ضد طور الحوريات الأول، بهدف منع تكاثرها إلى مستويات يصعب التحكم فيها. هذا مع العلم بأن هذه الفطريات لا يمكن الاعتماد عليها في مكافحة الأعداد الكبيرة جداً من طور الحوريات الأول أو الحشرات البالغة. ومن ناحية أخرى فإن *B. bassiana*، و *P. fumosoroseus* متوافقان مع مدى واسع من المبيدات الحشرية التي تستخدم في التخلص من الحشرات المهاجرة التي تكون سريعة التكاثر وتنقل إلى النباتات الإصابات الفيروسية.
- ٢- ضرورة الاستفادة من الظروف البيئية المناسبة متى توفرت.
- ٣- استعمال رشاشات قادرة على توصيل محلول الرش إلى السطح السفلى للأوراق.
- ٤- إبطاء سرعة الرش، مع زيادة الضغط وحجم سائل الرش لتحقيق أكبر تغطية ممكنة لكل الأسطح النباتية.
- ٥- تركيز الرش على خطوط النباتات إن لم تكن تغطيتها للمصاطب كاملة.
- ٦- تخزين التحضيرات التجارية تحت تبريد أو في حجرات مكيفة كلما أمكن ذلك (Faria & Wraight ٢٠٠١).

الفصل العاشر: مكافحة الحيوية للحشرات والأكاروسات والقواقع

ويعتبر الفطر *Beauveria bassiana* أكثر الفطريات استخدامًا في مكافحة الحيوية. يتواجد هذا الفطر في التربة في شتى أنحاء العالم، وتتفاوت الحشرات في قابليتها للإصابة بمختلف سلالاته. وقد عزلت عديد من السلالات من حشرات مصابة. وينتشر استعمال سلالتين على نطاق واسع، هما: GHA، و ATCC74040. هذا وتفصل الجراثيم الكونيدية من مزارع الفطر لأجل استعمالها رثًا في التحضيرات التجارية.

يقتل الفطر *B. bassiana* الآفة بعد ملامسة جراثيم الفطر لها حيث تنبت وتخترق جسم الحشرة وينمو الفطر بداخلها، ويستغرق الأمر - عادة - نحو 3-5 أيام لحين موت الحشرة. وتشكل الأجسام الحشرية الميتة مصدرًا للانتشار الثانوى للفطر.

ويناسب إنبات جراثيم الفطر الرطوبة النسبية العالية وتواجد الرطوبة الحرة والحرارة المعتدلة أو المائلة للبرودة (21-27°م)، ولكنها تتأثر سلبياً بالأشعة الشمسية.

ونظراً لقصر فترة بقاء الجراثيم الكونيدية حية؛ لذا .. يجب الحرص على ملامسة محلول الرش للحشرات المستهدفة؛ مع توصيل محلول الرش إلى كل الأسطح الورقية بما في ذلك السطح السفلى للأوراق. وتتأثر فاعلية المقاومة بالفطر إيجابياً باستعمال تركيزات عالية من جراثيم الفطر مع الرش خلال المراحل المبكرة للنمو الحشرى قبل ظهور أضرار كبيرة من جراء الإصابة الحشرية.

يفيد الفطر *B. bassiana* في مكافحة التريس والذبابة البيضاء والمنّ وديدان حرشفية الأجنحة والسوس ونطاطات الأعشاب والخناسى المغيرة وخنفساء كلورادو.

ومما تجدر مراعاته بشأن استخدام الفطر في المكافحة ما يلي:

- 1- لا تُجرى المعاملة إلا في وجود الحشرات المستهدفة، فلا يجرى رش وقائى.
- 2- قد لا تكفى رشة واحدة نظراً لسرعة فقد الفطر لحيويته بفعل الأشعة الشمسية وسهولة غسيله من على الأسطح النباتية بالمطر وماء الري بالرش.
- 3- تزداد فاعلية الفطر على المراحل العمرية المبكرة للحشرات.

- ٤- عدم خلط الفطر مع مبيدات فطرية وعدم الرش بتلك المبيدات قبل مرور أربعة أيام على المعاملة بالفطر.
- ٥- محاولة زيادة الرطوبة النسبية قدر الإمكان لزيادة فاعلية الفطر.

ومن بين التخصيرات التجارية للفطر ما يلي،

- ١- Mycotrol O وهو يحتوى على سلالة الفطر GHA.
- ٢- Naturalis H & G وهو يحتوى على سلالة الفطر ATCC74040.
- ٣- Naturalis L وهو يحتوى على سلالة الفطر ATCC74040.
- (عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Management - الإنترنت - ٢٠٠٦).

كذلك يوفر الفطران *Paecilomyces fumosoroseus* و *Beauveria bassiana* مكافحة جيدة للذبابة البيضاء من خلال تأثيرهما على حوريات الحشرة وليس على الحشرة الكاملة، وذلك عند الرش بأى منهما كل ٤-٥ أيام فى الكنتالوب وكل ٧ أيام فى الكوسة (Wraight وآخرون ٢٠٠٠).

وقد أدت المعاملة بالفطر *P. fumosoroseus* (السلالة 97 Apopka) إلى مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء *Trialeurodes vaporariorum* بصورة جيدة (Van de Veire & Degheele ١٩٩٦، و Sterk وآخرون ١٩٩٦).

وأظهرت يرقات فراشة درنات البطاطس *Phthoriumaea operculella* قابلية شديدة للإصابة بكل من الفطر *Metarhizium anisopliae* والفيروس *granulosis virus*، علمًا بأنهما يعطيان تأثيرًا أشد فى مكافحة اليرقات إذا ما استعملتا معًا بتركيز عال من الفطر وبتركيز منخفض من الفيروس (Sewify وآخرون ٢٠٠٠).

كما أظهرت الدراسات أن كلا من الفطرين *Beauveria bassiana* و *Metarhizium anisopliae* يتطفلان على سوسة البطاطا *Cylas puncticollis*، ويؤديان إلى الحد من تغذيتها وخصوبتها، وضعف حيوية بيضها (Ondiaka وآخرون ٢٠٠٨).

المكافحة الحيوية بالاعتماد على البكتيريا

إن التقدم الهائل الذى حدث فى دراسات حث تطوير المقاومة الجهازية فى النباتات ضد الأمراض عن طريق المعاملة بالكائنات الدقيقة - وخاصة ببكتيريا المحيط الجنرى - لا يزال فى أولى خطواته بالنسبة لدراسات حث المقاومة الجهازية ضد الحشرات والأكاروسات بالاستعانة بالبكتيريا، إلا أن هذه النوعية من الدراسات قد تفتح آفاقاً واسعة جديدة فى مجال مكافحة الحشرات.

فمثلاً .. أدت معاملة بيئة الزراعة فى مشاتل الفلفل بمخلوط من نوعى البكتيريا *Bacillus subtilis*، و *Bacillus amyloliquefaciens* إلى جعل النباتات - بعد شتلها - أكثر قدرة على تحمل الإصابة بمنّ الخوخ الأخضر (*Myzus persicae* Herman) وآخرون (٢٠٠٨).

هذا .. إلا أن الاهتمام الأكبر فى مجال مكافحة الحشرات بالبكتيريا ينصب فى الوقت الحاضر - ومن قبل منتصف القرن العشرين - على الاستعانة بالبكتيريا *Bacillus thuringensis*.

اكتشفت قدرة البكتيريا *Bacillus thuringensis* (اختصاراً: Bt) على قتل الحشرات فى عام ١٩١١، ولكنها لم تتوفر تجارياً لهذا الغرض إلا فى عام ١٩٥٠.

يتعين لى تكون البكتيريا مؤثرة أن تتناولها الحشرة فى غذائها، وعندما تصل إلى الخلايا المبطنة للأمعاء فإنها تتلفها؛ مما يفقد الحشرة الرغبة فى التغذية، حيث تموت من الجوع فى خلال يوم واحد إلى أيام قليلة، ولكنها - وحتى تموت - لا تُحدث أضراراً بالأنسجة النباتية.

ولأن الحشرة يجب أن تحصل على البكتيريا فى غذائها، فإن الرش يجب أن يشمل كل الأسطح النباتية. وعلى الرغم من ذلك فإن بعض الديدان كالناخرات تصل إليها البكتيريا ضمن غذائها.

ليست لهذه البكتيريا تأثيرات سلبية على الأعداء الحشرية الطبيعية من المفترسات والمتطفلات، كما أنها لا تؤثر على الحشرات الملقحة مثل النحل.

إن أكثر سلالات البكتيريا شيوعاً في الاستعمال هي *kurstai*، وهي المتخصصة على يرقات حرشفية الأجنحة. كذلك تشمل سلالات *Israelensis* في مكافحة البعوض، وسلالات *San diego/tenebriionis* في مكافحة بعض أنواع الخنافس (Colorado State University – الإنترنت – ٢٠٠٦).

يتحد سُم البكتيريا Bt – في خلال دقائق من تناول الحشرة له في غذائها – مع مستقبلات خاصة في جدار معى الحشرة، وتتوقف بعدها الدودة عن التغذية، وفي خلال ساعات ينهار جدار معى الحشرة بما يسمح لجراثيم الـ Bt والبكتيريا التي تتواجد طبيعياً بالدخول في تجويف جسم الحشرة حيث يذوب سُم الـ Bt. وفي خلال يوم إلى يومين تموت اليرقة مع انتشار جراثيم الـ Bt وبكتيريا المعى في دمها.

تُنتج تلك البكتيريا تجارياً في تانكات تخمر ضخمة، ومع توفر الظروف المناسبة – فإن كل خلية بكتيرية تُنتج جرثومة وبروتين بللورى سام يُعرف باسم *endotoxin*.

عند تناول الحشرة لهذا السُم فإن السُم ينشط في الوسط القاعدي بالمعى وبالنشاط الإنزيمى فيها. ويحدد وجود مستقبلات معينة للسّم الحشرى ما إذا كانت البكتيريا ستكون مؤثرة أم غير مؤثرة، أى أن التخصص البكتيرى يتحدد بتلك المستقبلات التي يجب أن تكون متوافقة معه.

هذا .. وليس للبكتيريا التي تتكاثر في جسم الدودة دوراً تالياً في مكافحة أجيال أخرى من الحشرة (Brust وآخرون ٢٠٠٣، و Weinzierl وآخرون ٢٠٠٦).

ونظراً لضرورة تناول الحشرة للسُم في غذائها لكي يكون فعالاً، فإنه يتعين إجراء المعاملة في الجزء النباتى الذى تتغذى عليه الحشرة وفي الوقت الذى تحدث فيه التغذية.

وكما هو الحال مع معظم المبيدات الحشرية، فإن اليرقات الصغيرة تكون أكثر تأثراً بالسُم البكتيرى عن اليرقات المتقدمة في العمر؛ لذا يلزم توقيت المعاملة تبعاً لذلك – مما يعنى أهمية الاكتشاف المبكر للإصابة الحشرية.

الفصل العاشر: مكافحة الحيوية للحشرات والميكاروسات والقواقع

وتجدر الإشارة إلى أن المادة الفعالة قد لا تبقى فعالة لأكثر من أيام قليلة بعد الرش بسبب تحللها بفعل الأشعة الشمسية. لذا .. فإنه يلزم - غالباً - تكرار المعاملة. كذلك يلزم احتواء محلول الرش على مواد لاصقة (لكى يلتصق السم الحشرى بالأسطح النباتية)، وأخرى مثبطة للأشعة فوق البنفسجية (لأجل حماية السم الحشرى من التحلل بفعل الضوء).

وكما هو الحال مع عديد من المبيدات الحشرية، فإن الحشرات يمكن أن تطور مقاومة ضد السم البكتيري؛ الأمر الذى حدث بالفعل مع كل من خنفساء كلورادو والفرشة ذات الظهر الماسى. ولتجنب تكرار ذلك مع حشرات أخرى يجب عدم اللجوء إلى استعمال سموم الـ Bt إلا عند الضرورة ومع وسائل المكافحة المتكاملة الأخرى. كذلك يفضل استخدام السم فى جيل واحد من الحشرة واللجوء إلى وسائل أخرى لمكافحة الجيل التالى له.

وتجدر الإشارة إلى أن الأنواع البكتيرية للجنس *Pseudomonas* المحولة وراثياً بجين البروتين البلورى لا يُسمح باستخدامها فى الزراعات العضوية.

إن أول ما أنتج من منتجات الـ Bts التجارية - والتى مازال الكثير منها مستعملاً إلى اليوم - حُصل عليها من بعض الطرز لأنواع برية من البكتيريا، ومن أمثلة تلك المنتجات: DiPel، و Javalin، و XenTari. وقد أمكن التوصل إلى سلالات جديدة من البكتيريا عن طريق عملية الدمج البكتيرى conjugation (أو transconjugation)، وهى عملية تحدث فى الطبيعة وتماثل عملية التهجين فى النباتات الراقية. وبعفتضاها فإن تحت نوعين اثنين أو أكثر تخلط معاً بطريقة تيسر انتخاب سلالات جديدة من خلايا بكتيرية ذات صفات مرغوب فيها تتجمع فيها صفات من الأبوين. وتلك الطريقة يُسمح بها لإنتاج منتجات للزراعة العضوية. ومن أمثلة المنتجات التى حُصل عليها بهذه الطريقة Condor، و Cutlass.

ويتطلب التوصل إلى بعض المنتجات المتحصل عليها من الطرز البرية اللجوء إلى

أساليب الهندسة الوراثية، وهي منتجات لا يُسمح بها في الزراعة العضوية، ومن أمثلتها Match، وفيها يحول الطراز البكتيري البري ليصبح قادراً على تكوين سُم الـ Bt داخل كبسولة طبيعية تحميه من التحلل بفعل العوامل البيئية. وبمقتضى هذه الطريقة يتم تحويل أحد أنواع الجنس *Pseudomonas* لإنتاج سُم الـ Bt بأساليب الهندسة الوراثية. وبعد عملية التحول الوراثي يتم قتل البكتيريا الـ *Pseudomonas* المحتوية على سُم الـ Bt - داخل كبسولة - باستعمال الأشعة فوق البنفسجية.

تحضر مزارع البكتيريا *B. thuringensis* تجارياً، وتُسوق في صورة مساحيق قابلة للبلل تحت أسماء عديدة؛ منها: الـ Dipel، والـ Bitroil، والـ Thuricide. وهي شديدة الفاعلية ضد بعض الديدان، مثل: الديدان القياسية، وديدان الكرنب cabbage worms، والدودة القارضة؛ ولا يبقى منها أى أثر ضار للإنسان، وتعتبر رخيصة نسبياً. بالمقارنة بالبييدات الحشرية. ويرخّص باستعمالها فى مكافحة يرقات رتبة حرشفية الأجنحة (Lepidopterous larvae) فى أكثر من ٢٠ محصولاً من الخضرا. وقد أنتجت منها سلالات عالية الضراوة.

من بين الديدان التى نادراً ما تُكافح أو تنجح مكافحتها ببكتيريا الـ Bt حفار أشجار الخوخ (فى الفواكه ذات النواة الحجرية)، ودودة كيزان الذرة، وحقار ساق الكوسة، والديدان القاطعة cutworms، إلا أن بكتيريا الـ Bt تستعمل فى مكافحة حفار ساق الذرة الأوروبى، ولكن يتعين أن تجرى المعاملة بطريقة تسمح بتسرب المبيد من قمة النباتات.

يتخصص تحت النوع *Israelensis* على يرقات بعض حشرات رتبة *Diptera*، وخاصة يرقات البعوض، والذباب الأسود black flies والـ fungal gnats فى مزارع عيش الغراب، ولكنها لا تكافح يرقات الذبابة المنزلية، أو ذبابة الاصطبلات، أو الذبابة السروء التى تضع بيضها على اللحم.

يفيد إجراء المعاملة ببكتيريا الـ Bt متأخراً بعد الظهر أو فى المساء فى زيادة فاعلية مكافحة لأن البكتيريا تبقى على النموات الخضرية طوال الليل قبل أن تضعف فاعليتها

الفصل العاشر: مكافحة الحيوية للحشرات والأكاروسات والقواقع

بالتعرض للأشعة الشمسية القوية أثناء النهار التالي. كذلك تُعطى المعاملة فى الأيام التى تسودها الغيوم - بدون أمطار - نتائج مماثلة.

ومما يفيد فى حماية جراثيم البكتيريا من الأشعة فوق البنفسجية اتباع طرق معينة فى إنتاجها يتم بواسطتها كبسلة جراثيم الـ Bt أو سمومها فى غلاف جينى مثل النشا، أو يجعلها داخل خلايا ميتة لبكتيريا أخرى (Weinzierl وآخرون ٢٠٠٦).

تحتوى المنتجات المصرح باستعمالها فى الزراعات العضوية على مشتقات من المزارع البكتيرية تحتوى على البروتين الفعال (الـ endotoxin) وجراثيم بكتيرية ومواد لاصقة.

ومن بين المنتجات المعتمدة على الـ Bt والمصموم بها ضد الزرمانح العضوية، ما يلى:

المنتجات التجارية	البكتيريا
Able, Agree, XenTari	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i>
Deliver, Biobit, Britz Bt Dust, Dipel 2x, DiPel DF, Javelin	<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>
Gnatrol WDG, VectoBac WDG	<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i>

(عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Management - الإنترنت - ٢٠٠٧).

هذا .. ولا تؤثر منتجات الـ Bt على الأعداء الطبيعية للحشرات إلا بصورة غير مباشرة من خلال تقليلها لغذائها (الذى يتكون من الحشرة المستهدفة بالمكافحة) فى البيئة الطبيعية.

المكافحة الحيوية بالاعتماد على الفيروسات

إن الفيروسات المستخدمة فى مكافحة الحيوية للحشرات تعد شديدة التخصص، وعادة يكون تخصصها على جنس حشرى واحد، وأحياناً على نوع حشرى واحد.

ومعظم تلك الفيروسات هي إما nuclear polyhydrosis viruses، وفيها يتجمع عديد من جزيئات الفيروس داخل غلاف بللوري بنواة خلايا الحشرة، وإما granulosis viruses، وفيها يُحاط جزئى فيروسى واحد أو جزئيين بشبه كبسولة حبيبية بروتينية بنواة خلايا الحشرة.

لا بد أن تتناول الحشرات المستهدفة بالمكافحة الفيروس فى غذائها، حيث ينتهى به المطاف إما فى معنى الحشرة، وإما فى أنسجة حشرية أخرى كما فى يرقات حرشفية الأجنحة. ينتهى الأمر بالحشرات المصابة إلى سيولة أعضائها الداخلية وموتها، وتصبح هى ذاتها مصدراً لاستمرار تواجد الفيروس بالحقل (Weinzierl وآخرون ٢٠٠٦).

المكافحة الحيوية بالاعتماد على النيما تودا

تستخدم النيما تودا الممرضة للحشرات فى مكافحة عديد من الحشرات التى تعيش فى التربة، وكذلك تلك التى تصيب النموات الخضرية. وتنتج تلك النيما تودا تجارياً فى تانكات تخمير سعة ٣٠-٨٠ ألف لتر وبكثافة تصل إلى ١٥٠ ألف يرقة من الطور المتطفل/مل، مما جعل استخدام تلك النيما تودا فى المكافحة فى وضع تنافسى مع استخدام المبيدات.

تُعد النيما تودا فى العائلتين Steinernematidae، و Heterorhabditae متطفلات إجبارية على الحشرات، ولها علاقة معيشة تعاونية مع البكتيريا *Xenorhabdus* spp التى تلعب دوراً حاسماً فى حياة النيما تودا. والطور القادر على إصابة الحشرات هو الطور اليرقى الثالث الذى يعيش حرّاً ويتحرك ولا يتغذى، وهو الطور الوحيد من النيما تودا الذى يمكنه البقاء خارج عائله. وعندما يجد هذا الطور اليرقى عائلاً مناسباً فإنه يدخله من خلال أى من الفتحات الطبيعية مثل الفم والشرج والفتحات التنفسية.

وما أن تصبح النيما تودا داخل جسم الحشرة حتى تُهاجر إلى الـ hemocoel حيث يوجد دم الحشرة، وحيث تبدأ فى التطور. فى البداية تطلق النيما تودا البكتيريا التى سريعاً ما تتكاثر وتؤدى إلى موت الحشرة فى خلال ٢٤-٤٨ ساعة، ويوفر تكاثر

الفصل العاشر: مكافحة الحيوية للحشرات والأكاروسات والقواقع

البكتيريا بيئة مثالية لنمو وتكاثر النيماتودا. تتغذى النيماتودا النامية على الخلايا البكتيرية وأنسجة الحشرة. وتمر النيماتودا بعدة أجيال داخل الحشرة الميتة إلى أن تنطلق يرقات الطور الثالث مرة أخرى في البيئة. وتكمل النيماتودا حياتها - عادة - في خلال ١٠-٢٠ يوماً على حرارة ١٨-٢٨ م (Martin ١٩٩٧).

تدخل النيماتودا المتطفلة على الحشرات في داخل تلك الحشرات عن طريق فتحات التنفس، أو الفم، أو فتحة الشرج كما أسلفنا، ولكن بعض أنواعها يمكنها اختراق الأجزاء الرقيقة من كيووتكل الحشرة. ويلى دخولها جسم الحشرة إطلاق النيماتودا لبكتيريا معينة هي: *Xenorhabdus luminescens*. هذه البكتيريا لا تتواجد إلا مع الأنواع النيماتودية المستخدمة في مكافحة الحيوية. وينشاط تلك البكتيريا فإنها تفرز سماً يقضى على الحشرة في خلال أيام قليلة. وكما أسلفنا.. فإن البكتيريا تتكاثر داخل جسم الحشرة، وتتغذى النيماتودا على البكتيريا، وتكمل النيماتودا نموها وتتناسل وتتكاثر داخل الحشرات الميتة. وفي نهاية الأمر يصبح جسم الحشرة مملوئاً بالنيماتودا، التي تخرج منها باحثة عن أفراد حشرية أخرى لتعيش عليها. ولم يثبت وجود أى ضرر لهذه البكتيريا على النباتات ولا يمكنها إصابتها.

يتضح مما تقدم أن غذاء النيماتودا التي تستعمل فى مكافحة الحشرية هو البكتيريا، وأن تلك البكتيريا هي المتطفل الحقيقي للحشرة. وعلى الرغم من توفر أنواع نيماتودية تتخذ من بعض الحشرات - كالمصاير - غذاء طبيعياً لها، إلا أنها أقل شيوعاً لأن إكثارها يتطلب استعمال حشرات حية (University of Florida - الإنترنت - ٢٠٠٦).

هذا .. وتسمح وكالة حماية البيئة الأمريكية Environmental Protection Agency (اختصاراً: EPA) باستخدام النيماتودا المتطفلة على الحشرات - والتي تعيش تعاونياً مع البكتيريا - فى مكافحة دونما حاجة إلى إجراءات التسجيل؛ الأمر الذى يحدث كذلك فى عديد من الدول الأخرى.

يمكن المعاملة بالنيماتودا بجميع أنواع الرشاشات المستخدمة فى مكافحة بالمبيدات.

أصول الزراعة العضوية: ما لها وما عليها

كما يمكن أن تكون إضافتها من خلال شبكات الري بالتنقيط وبالرش، ولم يكن لضغط حتى ٢٠٦٨ كيلوباسكال تأثيرات ضارة على الـنيماتودا، ولكنها أضررت تحت ضغط ١٣٧٩٠ كيلوباسكال. هذا .. ويتراوح قطر الـنيماتودا بين ٢٠، و ٢٥ ميكرومتر، بما يسمح لها بالمرور بسهولة من فتحات الرشاشات التريالية التي يصل قطرها إلى ٥٠ ميكرومتر.

ويتعين رى الحقل قبل المعاملة بالـنيماتودا وبعدها لتحقيق أكبر كفاءة ممكنة؛ فالـماء الحر ضرورى لحركة الـنيماتودا، ولنقلها إلى العمق الذى قد تتواجد فيه الحشرات. ويكفى - عادة - ٦ مم من ماء الري قبل المعاملة بالـنيماتودا، و ٦-١٢,٥ مم بعدها مع استمرار ترطيب التربة لعدة أسابيع بعد المعاملة.

وتتأثر الـنيماتودا سلبيًا بالتعرض - ولو لدقائق معدودة - للأشعة فوق البنفسجية وحرارة تزيد عن ٣٣°م؛ الأمر الذى تجب الاحتياط له عند المعاملة (Martin ١٩٩٧).

ولقد أُنكِن مكافحة القواقع *Arion ater*، و *Deroceras reticulatum* فى زراعات الخس المحمية - جوهريًا - بمعاملة التربة - قبل الزراعة - بالـنيماتودا المتطفلة *Phasmarhabditis hermaphrodita* (Wilson وآخرون ١٩٩٥).

كما أمكن أيضًا مكافحة اليرقانة (البزاقة العريانة) slug (الاسم العلمى *D. reticulatum*) فى الكرنب الصينى حيويًا بمعاملة التربة بنفس الـنيماتودا *P. hermaphrodita* (Wilson وآخرون ١٩٩٦). ويكفى مجرد رش التربة بمعلق الـنيماتودا حول النباتات (Hass وآخرون ١٩٩٩).

ولقد أعطت المعاملة بالـنيماتودا *X. nematophilus* نتائج مماثلة لمعاملة الرش باللانيت Lannate فيما يتعلق بمكافحة الخنفساء *Tropinota squalida* على القنبيط فى مصر (Abdel-Razek ٢٠١٠).