الفصل الثامن

المكافحة الحيوية للحشرات والاكاروسات والقواقع

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

١- لا تؤدى إلى قتل الأعداء الطبيعة للآفات كما يحدث عند استعمال المبيدات.

٢- لا تترك أثرًا ضارًا بالإنسان على الأجزاء النباتية المستعملة فى الغذاء.

٣- لا تؤدى إلى تلوث البيئة كما يحدث عند استعمال المبيدات فى المكافحة.

لكن يعيب المكافحة الحيوية أنها لا يمكن أن تؤدى إلى التخلص نهائيًا من الآفة المراد مكافحتها؛ نظرًا لأنه يوجد دائمًا توازن بين الآفة والطفيل الذى يتطفل عليها، والذى يستخدم فى مكافحتها.

أنواع الكائنات الحية المستخدمة فى المكافحة الحيوية

يستخدم فى المكافحة الحيوية للحشرات والأكاروسات والنيماتودا نوعيات مختلفة من الكائنات تصنف كما يلى:

١- المفترسات predators: مثل حشرة أبو العيد والعناكب،وهى تفترس الحشرات التى تتغذى عليها بالكامل، وتكون قليلة التخصص غالبًا.

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 تخصصًا.

٣- المسببات المرضية entomopathogens: وهى كائنات دقيقة تهاجم الحشرات، ومنها بكتيريا، وفطريات، وفيروسات، ونيماتودا.

تعرف عملية الإكثار التجارى للمفترسات والمتطفلات والـ entomopathogens باسم augmentation، ولقد أصبح من المألوف طلب تلك الأعداء الطبيعية بالبريد فى عديد من الدول.

مزايا وعيوب المكافحة الحيوية باستعمال المسببات المرضية للآفات

مزايا الكائنات الدقيقة المستعملة فى المكافحة الحيوية للحشرات

تتميز المكافحة 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 المكافحة أهم سماتها ومميزاتها.

٢- تكون تلك الكائنات — غالبًا — سامة فقط لمجموعة واحدة أو أنواع متقاربة من الحشرات؛ وبذا .. فإنها لا تؤثر بصورة مباشرة على الحشرات المفيدة (بما فيها المفترسات والمتطفلات الحشرية) التى تتواجد فى المنطقة المعاملة.

٣- يمكن فى كثير من الأحيان استعمال الكائنات الدقيقة مع المبيدات الحشرية فى برنامج واحد للمكافحة لأنها — غالبًا — لا تتأثر بمتبقيات المبيدات العادية.

٤- يمكن استعمالها مع الحصاد فى نفس اليوم.

٥- 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 المكافحة الحيوية للحشرات

يُعاب على المكافحة 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 المكافحة الحشرية إلى ظروف تخزينية محددة لكى لا تفقد حيويتها.

٤- نظرًا لتخصص تلك الكائنات الميكروبية على مجموعات حشرية محدودة، فإن

توزيعها – كذلك – يكون محدودًا؛ 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:

أولا: بالنسبة لاستعمال المفترسات والمتطفلات الحشرية والحيوانية

١- يستلزم اتباع هذه الطريقة – غالبًا – وقتًا أطول عما تستلزمه المكافحة الكيميائية.

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

٣- غالبًا ما تكون الكائنات المستعملة فى المكافحة الحيوية حساسة للمبيدات، لذا .. يجب عند اختيار المبيدات استعمال أقصرها بقاء دون تحلل وأكثرها تخصصًا على الآفة المستهدفة.

٤- نظرًا لأن كثيرًا من الكائنات المستعملة فى المكافحة الحيوية تعمل ببطء؛ لذا .. يتعين استعمالها عندما تكون أعداد الآفة منخفضة.

٥- تعمل معظم المفترسات والمتطفلات فى حرارة ١٨-٢٩°م ورطوبة نسبة ٦٠٪-٩٠٪.

٦- تموت كائنات المكافحة الحيوية إذا تعرضت نباتات الصوبة لفترات يتوقف فيها النمو؛ سواء أكان ذلك بسبب سيادة حرارة شديدة الارتفاع، أم شديدة الانخفاض.

٧- إذا كان مستوى الآفة عال جدًا عند بدء استعمال كائنات المكافحة الحيوية، فإنها غالبًا لن تعطى مكافحة جيدة.

٨- تتباين كفاءة الكائن الواحد المستعمل فى المكافحة من محصول لآخر؛ فمثلاً .. تقل كفاءتها على المحاصيل ذات الأوراق الوبرية مثل الطماطم.

٩- تموت الكائنات المستعملة فى المكافحة الحيوية جوعًا إذا ما تم التخلص تمامًا من الآفة.

١٠- تفرز بعض النباتات مواد سامة لكائنات المكافحة الحيوية (Integrated Pest Management for Greenhouse Crops — أترا Attra — الإنترنت — ٢٠٠٧).

ثانياً: بالنسبة لاستعمال مسببات الأمراض

من الأمور التى تجب مراعاتها عند استعمال الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المكافحة الحيوية مراعاة مايلى:

١- إدخال تلك الكائنات فى الوقت المناسب، وكلما بكرنا فى إدخالها كلما انخفضت الأعداد التى نحتاجها، وكلما زادت كفاءتها، ويمكن حتى إدخال بعض من الكائنات المستخدمة فى المكافحة 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 فى المكافحة.

٥- توفير الظروف التى تحفز وصول الأعداء الطبيعية للحقل وتكاثرها بتوفير النباتات الجاذبة لها.

٦- التأكد من أن عمليات الخدمة الزراعية مثل الحصاد والتقليم وإزالة الأوراق القديمة لا تؤدى إلى خفض أعداد الكائنات المستعملة فى المكافحة الحيوية.

٧- التأكد من عدم تعارض استعمال بدائل المبيدات مع الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية (Koppert Biological Systems — الإنترنت — ٢٠٠٧).

المكافحة الحيوية بالاعتماد على الحشرات والأكاروسات

إن من الأمثلة الناجحة لحالات مكافحة الحشرات بالحشرات تلك التى أمكن بواسطتها السيطرة على البق الدقيقى الاسترالى Cottny-cushion scale فى كاليفورنيا. فقد وصلت هذه الحشرة إلى كاليفورنيا، دون أن تصل معها الأعداء الطبيعية للحشرة، وسرعان ما انتشرت بدرجة كبيرة، ولكن أمكن التخلص منها بصورة عملية خلال سنة واحدة من إدخال اثنين من الأعداء الطبيعية لهذه الحشرة؛ هما: خنفساء فيداليا Vedalia beetle وذبابة متطفلة. وقد كانت خنفساء فيداليا هى الأكثر فاعلية فى مكافحة الآفة.

كذلك فإن دودة الطماطم القرنية tomatn horn warm تتغذى على أوراق الطماطم بشراهة، لكن يمكن تقليل خطرها بواسطة أنثى دبور طفيلى تضع بيضها بكميات كبيرة فى جسم يرقات الدودة، ثم يفقس البيض إلى يرقات كثيرة تستهلك عضلات الدودة وأعضاءها بسرعة؛ مما يؤدى إلى موتها أو قلة نشاطها.

ومن أنواع المفترسات – التى تتوفر فى مصر، وتلعب دورًا هامًا فى الحد من أعداد الحشرات التى تقع فريسة لها – ما يلى (عن حماد وعبدالسلام ١٩٨٥):

الحشرة	أنواعها الهامة	الحشرات التى تفترسها
إبرة العجوز	إبرة العجوز الكبيرة *Labidura riparia* إبرة العجوز الصغيرة *Labidura minor*	كثير من يرقات وعذارى حشرات من رتبة حرشفية الأجنحة، وكذلك بعض أنواع المنّ
الرعاشات	الرعاش الكبير *Henrianax ephippiger* *الرعاش الصغير Lschnura senegalesis*	تفترس حورياتهما المائية الحشرات والديدان المائية، وتفترس الحشرات الكاملة عديدًا من الحشرات الطائرة، كالبعوض، والذباب، والهاموش.
أسود المنّ	*Chrysopa vulgaris*	تفترس يرقاته أنواع المنّ، واليرقات الصغيرة من دودة ورق القطن، والحشرات القشرية، والتربس.
أسود النمل	*Cueta varieegata* *Palpares cephalotes*	تفترس يرقاتهما أنواع النمل المختلفة.
الخنافس المفترسة	خنفساء الكالوسوما *Chalosoma chlorostictum* الحشرة الرواغة *Paederus alfierii* خنفساء أبو العيد ذات الإحدى عشرة نقطة *Cocinella undecimpunctata* خنفساء أبو العيد ذات النقط السبع *Coccinella septempunctata* خنفساء أبو العيد الأسود *Cydonia vicina isis*	تفترسان يرقات دودة ورق القطن وبيضها، ودودتى اللوز الشوكية والقرنفلية، والدودة القارضة، وأنواع المنّ تتغذى يرقات هذه الحشرة وأطوارها الكاملة على المنّ، والحشرات القشرية، والبق الدقيقى، والحلم.

الحشرة	أنواعها الهامة	الحشرات التى تفترسها
	خنفساء أبو العيد السمنى *Cydonia vicina nilotica*	
	خنفساء الكريبتموليمس *Chryptolaemus montrauzieri*	استوردت من فرنسا لمقاومة بق القصب الدقيق وبق الهيبسكس الدقيقى.
الزنابير المفترسة	الزنابير الزرقاء؛ مثل *Strilbum splendidum*	تفترس الزنابير كثيرًا من الحشرات بعد أن تخدرها
	زنابير الطين ذات الخصر النحيل؛ مثل زنبور الأموفيلا الكبير *Ammophila tydei*	
	زنابير الطين البانية؛ مثل *Eumenes maxillosa*	
	الزنبور الأصفر *Polistes glallica*	

ومن أهم الأعداء الطبيعية للتربس، ما يلى (عن Wijeratne ١٩٩٦):

العدو الطبيعى	الرتبة والعائلة
Coccinella transversalis Fab.	(Coleoptera: Coccinellidae)
Harmonia octomaculata Fab.	(Coleoptera: Coccinellidae)
Micraspis discolor Fab.	(Coleoptera: Coccinellidae)
Cheilomenes sexmaculata Fab.	(Coleoptera: Coccinellidae)
Scymnus latemaculatus Motschulsky	(Coleoptera: Coccinellidae)
Brumoides suturalis Fab.	(Coleoptera: Coccinellidae)
Propylea dissecta (Mulsant)	(Coleoptera: Coccinellidae)
Araneus sp.	(Araneae: Araneidae)
Larinia sp.	(Araneae: Araneidae)
Cheiracanthium sp.	(Araneae: Clubionidae)
Oxyopes sp.	(Araneae: Oxyopidae)
Bianor sp.	(Araneae: Salticidae)
Runcinia sp.	(Araneae: Thomisidae)
Microplits similes Lyle.	(Hymenoptera: Branconidae)
Aphelinus sp.	(Hymenoptera: Aphelinidae)
Pachyneuron sp.	(Hymenoptera: Pteromalidae)
Orius sp.	(Hymenoptera: Anthocoridae)

ومن الأعداء الطبيعية الفعّالة ضد نوع التربس *Frankliniella occidentalis*، والأنواع الأخرى: الأكاروس المفترس *Amblyseius degenerans*، ولكن يُعاب عليه أن انتقاله من نبات لآخر لا يكون إلا بين النباتات التى تتلامس نمواتها الخضرية فقط، حيث لا يعتد بانتقاله عن طريق التربة. وقد كان *A. degenerans* أكثر فاعلية فى مكافحة التربس عن *Neoseiulus cucumeris* (Houten وآخرون ١٩٩٥، و Ramakers & Voet ١٩٩٦).

كذلك أفاد فى مكافحة التربس *F. occidentalis* المفترس *Orius laevigatus* (Tavella وآخرون ١٩٩٧).

ومن بين الأعداء الطبيعية التى أثبتت جدواها فى مكافحة مختلف الحشرات، ما يلى (Sterk & Meesters ١٩٩٧):

الآفة الحشرية	الأعداء الطبيعية
التربس	*Neoseiulus cucumeris*
	Orius insidiosus
العنكبوت الأحمر	*Amblyseius californicus*
	Feltiella acarisuga
المنّ	*Aphelinus abdominalis*
	A. matricariae
	A. ervi
	Hippodamia convergens

يجب الحذر التام عند استخدام المبيدات لأجل المحافظة على الأعداء الطبيعية؛ فقد وجد أن معاملة الفلفل بالمبيدات تؤدى — فى واقع الأمر — إلى زيادة أعداد التربس *Frankliniella* spp. فى الأزهار وليس إلى نقصها. وبالدراسة تبين أن التربس المتواجد فى الأزهار هو من الأنواع *F. occidentalis*، و *F. tritici*، و *F. bispinosa*، وأن المفترس *Orius insidiosus* يفترسها جميعًا، وتبين أن الرش بالمبيدات قضى على المفترس؛ مما أدى إلى زيادة أعداد التربس. وبالمقارنة .. وجد أن المحافظة على نسبة ١ : ٤٠ بين المفترس والتربس أدى إلى شبه التخلص التام من أفراد التربس البالغة ويرقاته فى خلال أيام قليلة (Funderburk وآخرون ٢٠٠٠).

ومن بين الأمثلة الأخرى التى نجحت فيها المكافحة الحيوية باستخدام الحشرات والأكاروسات ما يلى:

● يكافح نوعًا الأكاروس *Tetranychus urticae*، و *T. cinnabarinus* بواسطة الأكاروس المفترس *Phytoseiulus persimilis* بكفاءة عالية (Kropezynska & Tomczyk ١٩٩٦).

● تعتمد المكافحة المتكاملة للفراشة ذات الظهر الماسى فى الكرنبيات على استعمال البكتيريا *Bacillus thuringiensis*، وأربعة متطفلات، هى: الزنابير *Diadegma semiclausum*، و *Cotesia plutellae*، و *Diadromus collaris*، و *Oomyzus sokoskii*، علمًا بأنه لا يلزم إطلاق هذه المتطفلات سوى مرة واحدة فقط، حيث يمكنها البقاء والتكاثر بصورة طبيعية بعد ذلك، ولكن استعمال المبيدات يقضى عليها (Talekar ١٩٩٦).

● أمكن تحت ظروف البيوت المحمية مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء *Trialeurodes vaporariorum* على كل من الخيار والطماطم، وخفض أعداد الحشرة بنسبة ٨٠٪-٩٠٪ باستعمال أى من الفطرين المتطفلين على الحشرة *Verticillium lecanii* (المنتج التجارى Mycotal)، أو *Aschersonia aleyrodies*، علمًا بأن الفطر الأول كان هو الأسرع فى التخلص من الحشرة (Pas وآخرون ١٩٩٦).

● أفاد إطلاق المتطفل *Diglyphus isaea* فى البيوت المحمية للطماطم فى مكافحة صانعة الأنفاق *Liriomyza trifolii* (Ozawa وآخرون ١٩٩٩).

● يُفيد استخدام الحشرة المتطفلة على المن *Aphidius colemani* فى مكافحة من القطن جيدًا فى زراعات الخيار المحمية، لكن يتعين توفر الطفيل بأعداد كبيرة للحصول على مكافحة كافية وسريعة (Van Steenis & El-Khawass ١٩٩٦).

● أعطى استعمال العنكبوتين المفترسين *Neoseiulus californicus*، و *N. cucumeris* مكافحة جيدة لكل من العنكبوتين *Phytonemus pallidus*، و *Tetranychus urticae* فى الفراولة (Easterbrook وآخرون ٢٠٠١).

● استخدم العنكبوت المفترس *Neoseiulus cucumeris* (سابقًا *Amblyseius*

cucumeris) فـي مكافحـة العنكبـوت *Frankliniella occidentalis* علـى الخيـار (Jacobson وآخرون ٢٠٠١أ). وجدير بالذكر أن *N. cucumeris* لم يتأثر باستخدام الفطر *Beauveria bassani* فـي مكافحـة التربـس علـى نفـس المحصـول (Jacobson وآخـرون ٢٠٠١ب).

المكافحة الحيوية بالاعتماد على الفطريات

على خلاف البكتيريا والفيروسات المستعملة فى المكافحـة الحيويـة للحشـرات، فـإن الفطريات المستعملة لهذا الغرض يمكن لجراثيمها الكونيدية الإنبات المباشر على السـطح الخارجى لجسم الحسرة، وهى يمكن أن تصـيب أى طـور مـن الأطـوار الحشـرية، وقـد تتخصص على طور أو أطوار معينة منها.

ويلزم عند المعاملة بالفطريات توفر رطوبة حرة ورطوبـة نسـبية عاليـة لكـى يمكـن أن تنبت الجراثيم الكونييدية، وهى التى تعد حساسة للأشعة فوق البنفسجية التـى تفقـدها فاعليتها.

إن من أهم سلبيات ومشاكل استعمال الفطريـات فـى المكافحـة الحيويـة للحشرات، ما يلى:

١- بطء فاعليتها، حيث تتطلب – عادة – أكثر من ٧ أيام.

٢- ضعف تأثيرها على الطور البالغ (من الذبابة البيضـاء)؛ حيـث يحتـاج الأمـر إلى عدة رشات لمكافحة الأجيال المتداخلة (من الذبابة البيضاء).

٣- تعتمد فاعليتها على تواجد ظروف بيئية مناسبة.

٤- احتمال وجود تفاعلات سـلبية بينهـا وبـين المبيـدات الكيميائيـة الفطريـة التـى تستعمل فى مكافحة الأمراض.

٥- تفضيل الذبابة البيضاء للسطح السفلى للأوراق؛ مما يشـكل صـعوبة فـى توصـيل الفطر إليها.

٦- التكلفة العالية.

٧- قصر فترة احتفاظها بحيويتها، وخاصة فى حرارة الغرفة.

ومن أهم ما تجب مراعاته للتغلب على سلبيات ومشاكل الفطريات المستعملة في المكافحة الحيوية للحشرات، ما يلي:

١- يفضل دائمًا استعمالها ضد طور الحوريات الأول، بهدف منع تكاثرها إلى مستويات يصعب التحكم فيها. هذا مع العلم بأن هذه الفطريات لا يمكن الاعتماد عليها فى مكافحة الأعداد الكبيرة جدًا من طور الحوريات الأول أو الحشرات البالغة. ومن ناحية أخرى فإن *B. bassina* و *P. fumosoroseus* متوافقتان مع مدى واسع من المبيدات الحشرية التى تستخدم فى التخلص من الحشرات المهاجرة التى تكون سريعة التكاثر وتنقل إلى النباتات الإصابات الفيروسية.

٢- ضرورة الاستفادة من الظروف البيئية المناسبة متى توفرت.

٣- تبادل المعاملة بفطريات المكافحة الحيوية مع المبيدات الفطرية؛ فلا تكون المعاملة بكليهما فى وقت واحد.

٤- استعمال رشاشات قادرة على توصيل محلول الرش إلى السطح السفلى للأوراق.

٥- إبطاء سرعة الرش، مع زيادة الضغط وحجم سائل الرش لتحقيق أكبر تغطية ممكنة لكل الأسطح النباتية.

٦- تركيز الرش على خطوط النباتات إن لم تكن تغطيتها للمصاطب كاملة.

٧- تخزين التحضيرات التجارية تحت تبريد أو فى حجرات مكيفة كلما أمكن ذلك (Faria & Wraight ٢٠٠١).

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

يقتل الفطر *B. bassiana* الآفة بعد ملامسة جراثيم الفطر لها حيث تنبت وتخترق جسم الحشرة وينمو الفطر بداخلها، ويستغرق الأمر — عادة — نحو ٣-٥ 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 (٢١-٢٧°م)، ولكنها تتأثر سلبيًا بالأشعة الشمسية.

ونظرًا لقصر فترة بقاء الجراثيم الكونيدية حية؛ لذا .. يجب الحرص على ملامسة محلول الرش للحشرات المستهدفة،مع توصيل محلول الرش إلى كل الأسطح الورقية بما فى ذلك السطح السفلى للأوراق. وتتأثر فاعلية المقاومة بالفطر إيجابيًا 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* فى مكافحة التربس والذبابة البيضاء والمنّ وديدان حرشفية الأجنحة والسوس ونطاطات الأعشاب والخنافس المغبِّرة وخنفساء كلورادو.

ومما تجب مراعاته بشأن استخدام الفطر فى المكافحة ما يلى:

١- لا تُجرى المعاملة إلا فى وجود الحشرات المستهدفة، فلا يجرى رش وقائى.

٢- قد لا تكفى رشة واحدة نظرًا لسرعة فقد الفطر لحيويته بفعل الأشعة الشمسية وسهولة غسيله من على الأسطح النباتية بالمطر وماء الرى بالرش.

٣- 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 التحضيرات التجارية للفطر ما يلى:

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).

كـذلك يـوفر الفطـرين *Paecilomyces fumosoroseus*، و *Beauveria bassiana* مكافحة جيدة للذبابة البيضاء من خـلال تأثيرهمـا علـى حوريـات الحشـرة ولـيس علـى الحشرة الكاملة، وذلك عند الرش بأى منهما كل ٤–٥ أيام فى الكنتـالوب وكـل ٧ أيـام فى الكوسة (Wraight وآخرون ٢٠٠٠).

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

وأظهرت يرقات فراشة درنات البطـاطس *Phthorimaea operculella* قابليـة شـديدة للإصابة بكـل مـن الفطـر *Metarhizium anisopliae* والفـيرس granulosis virus، علمًـا بأنهما يعطيان تأثيرًا أشد فى مكافحة اليرقات إذا ما استعملا معًا بتركيز عالٍ من الفطـر وبتركيز منخفض من الفيرس (Sewify وآخرون ٢٠٠٠).

كما أظهرت الدراسات أن كلا من الفطرين *Beauveria bassiana*، و *Metarhizium anisopliae* يتطفلان على سوسـة البطاطـا *Cylas puncticollis*، ويؤدِيـان إلى الحـد مـن 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 ببكتيريـا المحـيط الجـذرى — لا يزال فى أولى خطواته بالنسبة لدراسـات حـث المقاومـة الجهازيـة ضـد الحشـرات والأكاروسات بالاستعانة بالبكتيريا، إلا أن هذه النوعيـة مـن الدراسـات قـد تفـتح آفاقًـا واسعة جديدة فى مجال مكافحة الحشرات.

فمثلاً .. أدت معاملة بيئة الزراعة فى مشـاتل الفلفـل بمخلـوط مـن نـوعى البكتيريـا *Bacillus subtilis*، و *Bacillus amyloliquefaciens* إلى جعل النباتات — بعد شتلها — أكثـر قـدرة علـى تحمـل الإصـابة بمـنّ الخـوخ الأخضـر *Mayzus 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* (اختصارًا: Bt) على قتل الحشرات فى عام ١٩١١، ولكنها لم تتوفر تجاريًّا لهذا الغرض إلاّ فى عام ١٩٥٠.

يتعين لكى 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 أضرارًا 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 شيوعًا فى الاستعمال هى *kurstai*، وهى المتخصصة على يرقات حرشفية الأجنحة. كذلك تستعمل سلالات *Israelensis* فى مكافحة البعوض. وسلالات San diego/*tenebrionis* فى مكافحة بعض أنواع الخنافس (Colorado State University — الإنترنت — ٢٠٠٦).

يتحد سم البكتيريا Bt — فى خلال دقائق من تناول الحشرة له فى غذائها — مع مستقبلات خاصة فى جدار معى الحشرة، وتتوقف بعدها الدودة عن التغذية. وفى خلال ساعات ينهار جدار معى الحشرة بما يسمح لجراثيم الـ Bt والبكتيريا التى تتواجد طبيعيًّا بالدخول فى تجويف جسم الحشرة حيث يذوب سُمّ الـ Bt. وفى خلال يوم إلى يومين تموت اليرقة مع انتشار جراثيم الـ Bt وبكتيريا المعى فى دمها.

تُنتج تلك البكتيريا تجاريًا فى تانكات تخمر ضخمة، ومع توفر الظروف المناسبة .. فإن كل خلية بكيترية تُنتج جرثومة وبروتين بللورى سام يُعرف باسم endotoxin.

عند تناول الحشرة لهذا السم فإن السم ينشط فى الوسط القاعدى بالمعى وبالنشاط الإنزيمى فيها. ويحدد وجود مستقبلات معينة للسم الحشرى ما إذا كانت البكتيريا ستكون مؤثرة أم غير مؤثرة، أى أن التخصص البكتيرى يتحدد بتلك المستقبلات التى يجب أن تكون متوافقة معه.

هذا .. وليس للبكتيريا التى تتكاثر فى جسم الدودة دورًا تاليًا فى مكافحة أجيال أخرى من الحشرة (Weinzierl وآخرون ٢٠٠٦).

ونظرًا لضرورة تناول الحشرة للسمِّ فى غذائها لكى يكون فعالاً، فإنه يتعين إجراء المعاملة فى الجزء النباتى الذى تتغذى عليه الحشرة وفى الوقت الذى تحدث فيه التغذية.

وكما هو الحال مع معظم المبيدات الحشرية، فإن اليرقات الصغيرة تكون أكثر تأثرًا بالسم البكتيرى عن اليرقات المتقدمة فى العمر؛ لذا يلزم توقيت المعامَلة تبعًا لذلك؛ مما يعنى أهمية الاكتشاف المبكر للإصابة الحشرية.

وتجدر الإشارة إلى أن المادة الفعالة قد لا تبقى فعالة لأكثر من أيام قليلة بعد الرش بسبب تحللها بفعل الأشعة الشمسية. لذا .. فإنه يلزم — غالبًا — 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 البكتيرى؛ الأمر الذى حدث بالفعل مع كل من خنفساء كلورادو والفراشة ذات الظهر الماسى. ولتجنب تكرار ذك 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 وراثيًا بجين البروتين البللورى لا يُسمح باستخدامها فى الزراعات العضوية.

إن أول ما أُنتج 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. وبمقتضاها فإن تحت نوعين اثنين أو أكثر تخلط معًا 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 علها من الطرز البرية اللجوء إلى أساليب الهندسة الوراثية، وهى منتجات لا يُسمح بها فى الزراعة العضوية. ومن أمثلتها Mattch، وفيها يحول الطراز البكتيرى البرى ليصبح قادرًا على تكوين سُمّ 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 الوراثى يتم قتل البكتيريا الـ *Pseudomonas* المحتوية على سُمّ الـ Bt — داخل كبسولة — باستعمال الأشعة فوق البنفسجية.

تحضر مزارع البكتيريا *B. thuringensis* تجاريًا، وتُسوق فى صورة مساحيق قابلة للبلل تحت أسماء عديدة؛ منها: الـ Dipel، والـ Bitriol، والـ Thuricide. وهى شديدة الفاعلية ضد بعض الديدان؛ مثل: الـ loopers، وديدان الكرنب cabbage warms، والدودة القارضة، ولا يبقى منها أى أثر ضار بالإنسان، وتعتبر رخيصة نسبيًا، بالمقارنة بالمبيدات الحشرية. ويرخّص باستعمالها فى مكافحة يرقات رتبة حرشفية الأجنحة (Lepidopterous larvae) فى أكثر من ٢٠ محصولاً من الخضر. وقد أنتجت منها سلالات عالية الضراوة.

من بين الديدان التى نادرًا ما تُكافح أو تنجح مكافحتها ببكتيريا الـ Bt حفار أشجار الخوخ (فى الفواكه ذات النواة الحجرية)، ودودة كيزان الذرة، وحفار ساق الكوسة، والديدان القاطعة cutwors، 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 السّروء التى تضع بيضها على اللحم.

يفيد إجراء المعاملة ببكتيريا الـ Bt متأخرا بعد الظهر أو فى المساء فى زيادة فاعلية المكافحة لأن البكتيريا تبقى على النموات الخضرية طوال الليل قبل أن تضعف فاعليتها بالتعرض للأشعة الشمسية القوية أثناء النهار التالى. 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 بجعلها داخل خلايا ميتة لبكتيريا أخرى (Weinzierl وآخرون ٢٠٠٦).

ومن بين المنتجات المحتوية على سمّ الـ Bt والمسموح بها فى الزراعات العضوية، ما يلى:

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

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

هذا .. ولا تؤثر منتجات الـ Bt على الأعداء الطبيعية للحشرات إلاّ بصورة غير مباشرة من خلال تقليلها لغذائها (الذى يتكون من الحشرة المستهدفة بالمكافحة) فى البيئة الطبيعية. ومن أمثلة ذلك .. ما وُجِدَ (Loganathan وآخرون ٢٠٠١) من إمكان استعمال المنتج التجارى Spicturin (المتحصل عليه من *B. thuringiensis* var. *galleriae*) فى مكافحة الفراشة ذات الظهر الماسى (*Pluttela xylostella*) دون أن يكون لذلك تأثير مباشر على العدو الطبيعى *Cotesia plutellae* الذى يتطفل على الفراشة.

ومع تكرار الاعتماد على *B. thuringensis* فى مكافحة الحشرات دون أن يكون ذلك ضمن برنامجًا للمكافحة المتكاملة، فإن الاحتمال يكون واردًا لظهور سلالات جديدة من الحشرات مقاومة لسم الـ Bt.

وقد تبين من دراسة أجريت على الفراشة ذات الظهر الماسى *Plutella xylostella* — وهى أول حشرة ظهرت فيها مقاومة لسمّ البكتيريا *B. thuringensis* — أن جينًا واحدًا متنحيًا بالحشرة أكسبها مقاومة عالية جدًّا ضد أربعة من سموم الـ Bt، هى: Cryl1Aa، و Cryl1Ab، و Cryl1Ac، و Cryl1F. ولقد أظهرت تلك الدراسة أن ٢١٪ من أفراد سلالة قابلة للإصابة بالسم البكتيرى كانت خليطة فى ذلك الموقع الجينى المسئول عن المقاومة المتعددة؛ مما يدل على أن احتمالات تطوير الحشرات لبعض مجموعات من تلك السموم البكتيرية هى احتمالات كبيرة وقائمة (Tabashnik وآخرون ١٩٩٧).

المكافحة الحيوية بالاعتماد على الفيروسات

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

ومعظم تلك الفيروسات هى إما nuclear polyhydrosis viruses، وفيها يتجمع عديد من جزيئات الفيرس داخل غلاف بللورى بنواة خلايا الحشرة، وإما granulosis viruses، وفيها يُحاط جزئ فيروسى واحد أو جزيئين بشبه كبسولة حبيبية بروتينية بنواة خلايا الحشرة.

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

وقد أعطت المقاومة الثلاثية بخليط من *Bacillus thuringiensis* subsp. *galleriae*، مع الفيرس nucleopolyhedrovirus *Mamestra brassicae* (اختصارًا: MbNPV)، والإنزيم chitinase أقوى مكافحة لحشرات الكرنب: فراشة الكرنب *M. brassicae*، والفراشة ذات الظهر الماسى *Plutella xylostella*، والفراشة البيضاء الكبيرة *Pieris brassicae* (Shternshis وآخرون ٢٠٠٢).

المكافحة الحيوية بالاعتماد على النيماتودا

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

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

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

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 فى البيئة. وتكمل النيماتودا دورة حياتها – عادة – فى خلال ١٠–٢٠ يومًا على حرارة ١٨–٢٨°م (Martin ١٩٩٧).

تدخل النيماتودا المتطفلة على الحشرات فى داخل تلك الحشرات عن طريق فتحات التنفس، أو الفم، أو فتحة الشرج كما أسلفنا، ولكن بعض أنواعها يمكنها اختراق الأجزاء الرقيقة من كيوتكل الحشرة. ويلى دخولها جسم الحشرة إطلاق النيماتودا لبكتيريا معينة هى: *Xenorhabdus luminescens*. هذه البكتيريا لا تتواجد إلا مع الأنواع النيماتودية المستخدمة فى المكافحة الحيوية. وبنشاط تلك البكتيريا فإنها تفرز سمًا يقضى على الحشرة فى خلال أيام قليلة. وكما أسلفنا .. فإن البكتيريا تتكاثر داخل جسم الحشرة، وتتغذى النيماتودا على البكتيريا، وتكمل النيماتودا نموها وتتناسل وتتكاثر داخل الحشرة. وفى نهاية الأمر يصبح جسم الحشرة مملوءًا بالنيماتودا، التى 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 التى تستعمل فى المكافحة الحشرية هو البكتيريا، وأن تلك البكتيريا هى المتطفل الحقيقى للحشرة. وعلى الرغم من توفر أنواع نيماتودية تتخذ من بعض الحشرات – كالصراصير – غذاء طبيعيًا لها، إلا أنها أقل شيوعًا لأن إكثارها يتطلب استعمال حشرات حية (University of Florida – الإنترنت – ٢٠٠٦).

هذا .. وتسمح وكالة حماية البيئة الأمريكية Environmental Protection Agency (اختصارًا: EPA) باستخدام النيماتودا المتطفلة على الحشرات – والتى تعيش تعاونيًا مع البكتيريا – فى المكافحة دونما حاجة إلى إجراءات التسجيل؛ الأمر الذى يحدث كذلك فى عديد من الدول الأخرى.

يمكن المعاملة بالنيماتودا بجميع أنواع الرشاشات المستخدمة فى المكافحة بالمبيدات، كما يمكن أن تكون إضافتها من خلال شبكات الرى بالتنقيط وبالرش، ولم يكن لضغط حتى ٢٠٦٨ كيلوباسكال تأثيرات ضارة على النيماتودا، ولكنها أضيرت تحت ضغط

١٣٧٩٠ كيلوباسكال. هذا .. ويتراوح قطر النيماتودا بين ٢٠، و ٢٥ ميكروميتر، بما يسمح لها بالمرور بسهولة من فتحات الرشاشات الغربالية التى يصل قطرها إلى ٥٠ ميكروميتر.

ويتعين رى الحقل قبل المعاملة بالنيماتودا وبعدها لتحقيق أكبر كفاءة ممكنة؛ فالماء الحر ضرورى لحركة النيماتودا، ولنقلها إلى العمق الذى قد تتواجد فيه الحشرات. ويكفى — عادة — ٦ مم من ماء الرى قبل المعاملة بالنيماتودا، و ٦–١٢,٥ مم بعدها مع استمرار ترطيب التربة لعدة أسابيع بعد المعاملة.

وتتأثر النيماتودا سلبًا بالتعرض — ولو لدقائق معدودة — للأشعة فوق البنفسجية ولحرارة تزيد عن ٣٣°م؛ الأمر الذى تجب الاحتياط له عند المعاملة (Martin ١٩٩٧).

ولقد أمكن مكافحة القواقع *Arion ater*، و *Deroceras reticulatum* فى زراعات الخس المحمية — جوهريًا — بمعاملة التربة — قبل الزراعة — بالنيماتودا المتطلفة *Phasmarhabditis hermaphrodita* (Wilson وآخرون ١٩٩٥).

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

المقاومة الجهازية المستحثة

تستجيب النباتات لتغذية الحشرات عليها بتكوين مثبطات لإنزيمات البروتينيز proteinase inhibitors وتراكمه فيها فى كل من الأوراق التى تعرضت للأضرار الحشرية وكذلك الأوراق البعيدة عنها. تمنع تلك المثبطات نشاط إنزيمات البروتينيز الهاضمة التى تتواجد فى معى الحشرات؛ مما يؤدى إلى سوء تغذيتها، ونقص نموها، وإلى موتها أحيانًا.

ولقد دُرِس تكوين تلك المثبطات فى كل من البطاطس والطماطم، كما أنها وجدت فى نباتات أخرى، منها البرسيم الحجازى، والكنتالوب، والذرة.

وبعزل المركب المسئول عن الإشارة الجهازية من الطماطم، وجد أنه عبارة عن بيبتيدة تتكون من ثمانية عشر حامضًا أمينيًا أطلق عليها اسم سيستيمين systemin.

ولقد وجد أن المعاملة بالسيستيمين بتركيزات منخفضة تصل إلى الفمتومول تستحث إنتاج مثبطات البروتينيز فى نباتات الطماطم الصغيرة. كما وجد أن ببتيدة محضرة صناعيًا من السيستيمين أظهرت نفس النشاط البيولوجى.

وقد ذُكرت ثلاث آليات أخرى تمكن النباتات من توصيل إشارات جهازية تفيد حدوث إصابات حشرية على بعض أجزائه، هى: حامض الأبسيسيك، والإشارات الكهربائية electrical signal، والإشارات الهيدروليكية hydroraulic signals التى يمكن أن تنتقل فى أوعية القمح بسرعة لا تقل عن ١٠ سم/ثانية، إلاّ أن أيًا من تلك الآليات لا يمكنها — بذاتها — حث تمثيل مثبطات البروتينيز (عن Sticher وآخرين ٢٠٠١).