الفصل الثامن

المكافحة الحيوية بالأعداء الطبيعية

obeikandl.com

obeikandl.com

المكافحة الحيوية بالأعداء الطبيعية

١- دور الأعداء الطبيعية فى السيطرة على الآفات

تهـــاجم الآفـــات بكائنات حية طبيعية أخرى مفترسة أو متطفلة أو مسببات الأمراض، وتعرف المكافحة الحيوية بأنها استخدام الإنسان لكائنات حـــية مخـــتارة من هذه الأعداء الطبيعية لمكافحة آفة معنية، ويتوقف نجاح المكافحـــة الحيوية وتحقيق أقصى استفادة بها على الإلمام الجيد بالمعلومات البيولوجية والإيكولوجية لكل من الآفة والكائنات المصاحبة لها ضمن النظام البيئي الزراعي، وتعمل هذه الكائنات على خفض أعداد الآفة لمستويات أقل ممـــا تصل إليه فى حالة غيابها، وبمعنى آخر خفض تعدادها إلى مستويات أقل من الحدود الاقتصادية الحرجة، وحيث أنه يتم تطبيقها من منظور بيئي فإنهـــا يجـــب أن توظف كعنصر رئيسى مع الطرق الأخرى من المكافحة بطـــريقة متكاملة، وتجدر الإشارة إلى أن إجراءات المكافحة الحيوية الجيدة فى إطار الإدارة المتكاملة للآفات تعتمد على وجهتين أساسيتين هما:

١- توافـــق العملـــيات الإنتاجية مع إجراءات مكافحة الآفات بالأساليب التى لا تؤدي إلى أى تأثير على المكافحة الطبيعية التى تعتمد على المفترسات والمتطفلات الموجودة فعلا فى الحقل.

٢- بـــذل الجهـــود الـــرامية لتعزيز المكافحة الحيوية من خلال التقديم المباشر لأعداء طبيعية جديدة أو تحسين كفاءة وفعالية تلك الموجودة فعلا.

وبصـــفة عامـــة فإن المكافحة تتميز بأنها غالبا ما تكون مخصصة لآفة معينة دون تأثير يذكر تجاه الأنواع النافعة، كما أنها آمنة تجاه الإنسان والحيوان، ولا تسبب أى أضرار بيئية ، أو أن أثرها أقل خطورة على البيئة وجـــودة ونوعـــية المـــياه، وهى اقتصادية غير مكلفة وخاصة على المدى الطـــويل، بالإضـــافة إلى أنها تتميز بالاستمرارية والبقاء حيث أن نتائجها تكون طويلة الأمد أو شبه دائمة، وبالرغم من ذلك فإن هناك بعض النواحي السلبية التى تعترض استخدام المكافحة الحيوية على النطاق التطبيقى الواسع ومنها:

١- تتطلب جهود إدارية وتخطيط مكثف ، كما أنها تأخذ وقت أطول.

٢- تستلزم الاحتفاظ بسجلات أكثر، والتعليم والتدريب.

٣- تتطلب فهم عال للنواحي البيولوجية للآفة وأعدائها الطبيعية.

٤- قد تكون أكثر كلفة فى بعض الحالات.

٥- نتائجها ليست سريعة بالمقارنة بالمبيدات المعتادة.

٦- معظـــم الأعداء الطبيعية تهاجم فقط حشرات معنية، ولا تؤثر على مدى واسع من الأنواع الحشرية الضارة مثل المبيدات (ميزة وعيب فى نفس الوقت).

٢- الأعداء الطبيعية لمفصليات الأرجل (الحشرات والحلم)

تشـــتمل الأعـــداء الطبيعـــية لمفصـــليات الأرجل على المتطفلات والمفترســـات ومسببات الأمراض، وبالرغم من أن هناك الكثير من أنواع

الحشرات المتطفلة أو المتفرسة لأنواع أخرى إلا أنه ليس بالضرورة أن كل هذه الأنواع يمكن استخدامها فى المكافحة الحيوية، وغالبا فإن نسبة الأنواع التـــى ينتشـــر تطبـــيقها حاليا كمواد ناجحة للمكافحة الحيوية ليست مطلقة، وعلى سبيل المثال فإن هناك أكثر من ٦٠٠ نوع من الحشرات النافعة التى عرفت بالولايات المتحدة خلال فترة التسعينات من القرن الماضى، وأنه من بـــين هـــذه الأنـــواع لـــم يحقق فقط سوى ٢٠% منها النجاح الكلي كمواد للمكافحة الحيوية، وأن ٣٥% حققت نجاحا جزئيا، وأن ٤٥% لم تحقق أى نجـــاح ولم يكن لها تأثيرا معنويا على عشائر الآفات وفيما بين هذا النجاح والفشـــل فإنـــه يمكـــن تحديد مواصفات أو خصائص الأنواع الفعالة كمواد للمكافحة فيما يلى:

١- محدودية المدى العوائلى - قد تكون المفترسات أعداء طبيعية جيدة بصفة عامة، لكنها لا تقتل الآفات بدرجة كافية عندما يتاح لها أيضا ضحايا أخرى.

٢- مقـــدرة التأقلم مع العوامل الجوية- يلزم أن تكون الأعداء الطبيعية قـــادرة على البقاء فى درجات الحرارة والرطوبة المتطرفة التى قد تواجهها فى مساكنها الجديدة.

٣- التـــزامن أو الـــتوافق مع دورة حياة العائل أو الضحية - يجب أن يظهـــر أو يـــتواجد المفترس أو الطفيل عند بداية خروج أو ظهور الآفة.

٤- الكفاءة التناسلية العالية – مواد المكافحة الحيوية الجيدة هى القادرة علـــى إنتاج أعداد كبيرة من نسلها، والطفيل المثالي هو الذى يكمل أكثر من جيل خلال كل جيل من أجيال الآفة.

٥- مقـــدرة بحث كافية - لكى يكون للأعداء الطبيعية الفعالية والقدرة علـــى الـــبقاء فإنه يلزم أن تكون قادرة على الوصول لعوائلها أو ضـــحاياها حتى إذا ما كانت أعدادها قليلة أو نادرة، وبمعنى آخر يكـــون لهـــا مقدرة بحث جيدة فى حالات انخفاض الكثافة العددية لعشائر الآفة.

٦- قصـــر فتـــرة الـــتداول - الأعداء الطبيعية التى تستطيع استهلاك الضـــحية بســـرعة أو تضـــع بيضـــها بسرعة يتوفر لديها الوقت للوصـــول إلـــى فـــرد آخر من عشيرة الآفة ومهاجمته، وقد تكن العشـــائر الصـــغيرة الفعالة من الأعداء الطبيعية أكثر كفاءة كمواد للمكافحة الحيوية عنها من العشائر الأقل فعالية.

٧- مقـــدرة الـــبقاء مع انخفاض كثافة العائل أو الضحية – إذا ما كان العـــدو الطبيعـــي ذو كفاءة عالية جدا فإنه قد يستأصل أو يستهلك الإمـــداد الغذائي الخاص به مما يؤدى لتجويعه حتى الموت، وعلى ذلـــك فـــإن مواد المكافحة الحيوية الأكثر فعالية هى التى تقلل من عشـــيرة الآفة دون العتبة الاقتصادية (الحد الاقتصادي الحرج) ثم المحافظة عليها عند هذا المنخفض من التوازن.

٢- المفترسات

٢-١- المفترسات الشائعة

هناك العديد من أنواع المفترسات الشائعة فى كثير من المناطق (شكل ٨-١) ومن أهمها:

١- خنافس أبى العيد، ومنها أبو العيد ذو الإحدى عشر نقطة، السمنى، الأسود، السكمنس، الرودواليا ، وتفترس يرقات وبالغات المن والذباب الأبيض والحشرات القشرية والبق الدقيقى، وبيض والفقس الحديث للعديد من حشرات حرشفية الأجنحة.

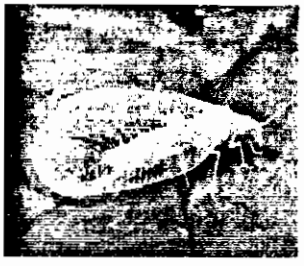
٢- الخنافس الأرضية مثل خنفساء الكالوسوما ليلية النشاط وهى تهاجم يرقات حرشفية الأجنحة والعذارى الموجودة منها فى التربة مثل يرقات وعذارى دودة ورق القطن وغيرها.

٣- الحشرة الرواغة وهى تفترس المن والحشرات الصغيرة والبيض والفقس الحديث للعديد من حشرات رتبة حرشفية الأجنحة.

٤- يرقات الذباب المفترس ومنه ذبابة السيرفس وهى تفترس المن وبعض الحشرات القشرية والبق الدقيق.

يرقة أسد المن

اليرقة تتغذى على الحشرات



بالغات أسد المن

فرس النبي

يرقة أسد النمل

خنفساء السكمنس

بقة الأزهار (الأوريس)

خنفساء أبو العيد

شكل (٨-١): أمثلة لبعض المفترسات الشائعة

٥- يـرقات أسـد المـن وهى تفترس المن والتربس والذباب الأبيض والحشـرات القشـرية والفقـس الحديث للعديد من حشرات رتبة حرشفية الأجنحة.

٦- يرقات أسد النمل وهى تفترس النمل بصفة أساسية.

٧- حشـرات فـرس النبى ومنها فرس النبى الكبير والصغير، وهى تفترس الخنافس والنمل والذباب.

٨- إبرة العجوز وهى تفترس يرقات وعذارى كثير من حشرات رتبة حرشفية الأجنحة الموجودة بالتربة وأيضا بعض الديدان والخنافس الأرضية.

٩- الرعاشـات ومـنها الرعاش الكبير والصغير، وتفترس حورياتها الديدان والحشرات المائية، كما تفترس الحشرات الكاملة العديد من الحشرات أثناء الطيران.

١٠- البق المفترس ومنه بقة الأزهار (الأوريس) وهى تفترس التربس والمـن والعنكبوت الأحمر والذباب الأبيض، والفقس الحديث للعديد مـن حرشفيات الأجنحة، وأيضا البقة المائية الكبيرة، وهى تفترس الحشرات المائية.

١١- الدبابير المفترسة ومها الزنابير الزرقاء ، وتفترس النحل وبعض أنواع الزنابير الأخرى، وأيضا زنبور البلح وذئب النحل والزنبور الأصـفر، وهـى تفترس نحل العسل، كما أن زنابير الطين البانية تفترس يرقات حرشفية الأجنحة.

obeikandl.com

١٢- الحلم المفترس، ويوجد منه أنواع عديدة ينتمى معظمها لرتبتى الأكاروسات ذات الثغر الأمامي وذات الثغر المتوسط، وتفترس بعض أنواع التربس والذباب الأبيض والأكاروسات النباتية والحشرات القشرية على أشجار الفاكهة والنخيل ومحاصيل الحقل والخضروات ، ومن أنواع الحلم المفترس *Phytosieulus persimilis* الذى يفترس العنكبوت الاحمر، و *Ambiyseins newsamia* المفترس لحلم الحمضيات الأحمر، وحلم *Stethorus picipes* المفترس لحلم المواح الأرجوانية.

١٣- العناكب الحقيقة وتفترس العديد من الحشرات الطائرة أو الزاحفة.

١٤- الحيوانات الفقارية مثل الأسماك التى تهاجم الحشرات المائية وخاصة البعوض، والطيور ومنها طائر أبو قردان، وأيضا بعض أنواع الزواحف.

٢-١-٢- أمثلة تطبيقية لاستخدام المفترسات فى المكافحة الحيوية بمصر

أ- استخدام أسد المن فى مكافحة الذبابة البيضاء والمن - يتم الإكثار الكمى للمفترس فى حجرات خاصة لتوفير الظروف المناسبة من حرارة وإضاءة ورطوبة، بالتربية على الفرائس المناسبة للإكثار وأهمها من البقوليات (فريسة طبيعية) ، وبيض فراشة دقيق البحر المتوسط كفريسة بديلة، وهى من المصادر الغنية لتغذية أسد المن، وفى العادة فإن متوسط الإنتاج اليومي من بيض تلك الفريسة يصل لأكثر من ٧٠٠جم بيض، بما

يعادل ٢٦مليون بيضة يوميا تفى لتغذية وإنتاجية أكثر من ٨ مليون بيضة مفترس أسبوعيا يقوم بها عدد من المتخصصين.

ويتم تجهيز أطوار المفترس اللازمة للإطلاق ليتم نقلها ونشرها بالزراعات المختلفة، ويتم النشر فى طور البيضة وذلك عندما تكون مستويات الإصابة بالآفة الحشرية منخفضة، ويتم توزيع البيض فى حلقات من ورق مقوى تحتوى كل حلقة على ٥٠ بيضة يتم تعليقها على الأفرع أو الأوراق النباتية لتفقس بعد فترة الحضانة للطور اليرقي المتغذى على الآفة، وفى حالات الإصابة المرتفعة يفضل نشر الطور اليرقي مباشرة كمادة حيوية لخفض التعداد، وقد يساعد فى ذلك استخدام مفترسات أخرى مثل أبو العيد الهيرمونيا، ويستخدم المفترس للمكافحة فى بعض المحافظات على القطن بالفيوم والجيزة، والتفاح والموالح بالخطاطبة والصف، والورد البلدى القليوبية، والخيار والفلفل بالزراعات المحمية بالشرقية والخطاطبة (الأرناؤوطى ، ١٩٩٩). وبصفة عامة تتركز استخدامات المفترس ضد آفة المن خاصة على الخضراوات سواء فى الصوب الزراعية أو فى الحقول المفتوحة، وتتراوح نسبة الانخفاض فى الإصابة بين ٧٢-٩٨% بعد أيام قليلة من الإطلاق حيث تفترس اليرقة الواحدة من مفترس أسد المن خلال فترة الطور اليرقي (١٠-١٥) يوما حوالي ٣٥٠ فردا من المن أو ٣٠٠ بيضة أو يرقة حديثة الفقس من حرشفية الأجنحة (الهنيدى وفياض،٢٠٠٠).

ب- استخدام الأكاروس المفترس *Phytoseiulus macropilis* - لمكافحة الأكاروسات النباتية يتم إكثار الأكاروسات كميا بنجاح لاستخدامها ضد الأكاروسات النباتية على الخضراوات والزهور داخل الصوب، وعلى

الفـــراولة فى الحقول المفتوحة أو تحت الأنفاق البلاستيكية، ويؤدى التطبيق لســـيطرة كاملـــة على العنكبوت الأحمر العادى أثناء فترة التظهير وتكوين الـــثمار، وعند الإطلاق المبكر للمفترس فى شهر يناير يؤدى لخفض تعداد الآفة لنسبة تصل لأكثر من ٩٠%.

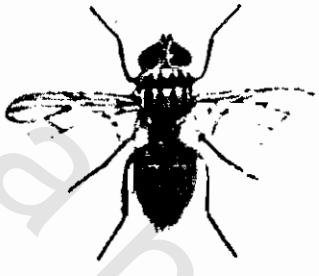
٢-٢- الطفيليات

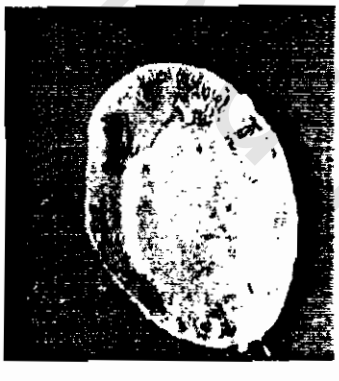
٢-٢-١- الطفيليات الشائعة

قد يهاجم الطفيل الآفة فقط أو العائل ويعرف التطفل فى هذه الحالة بالتطفل الأولى، وقد يهاجم طفيليات أخرى ويعرف بالتطفل المفرط وهو قد يكون ثنائي أو ثلاثي أو رباعي مثل طفليات المن، وقد ينجح فرد واحد من الطفـــيل فى التغذية والنمو على أو فى داخل فرد واحد من العائل ويعرف ذلـــك بالتطفل الفردى، والحالة التى يتغذى وينمو فيها أكثر من فرد على أو داخـــل فرد واحد من العائل تعرف بالتطفل الجماعي، وتستطيع الطفيليات مهاجمـــة الأطـــوار المخـــتلفة للآفة فمنها ما يتطفل على البيض مثل طفيل الكيلونس الذى يتطفل على بيض دودة ورق القطن، واليرقات خارجيا مثل طفـــيل البـــراكون على يرقات دودة اللوز القرنفلية وثاقبات الذرة أو داخليا مثل طفيل الميكروبليتس وذبابة التاكينا اللذان يتطفلا على يرقات دودة ورق القطن وأيضا طفيليات الذباب الأبيض ، والعذارى ومنها طفيل البراكيماريا على عذارى أو أبو دقيق الكرنب، والبالغات ومنها طفيليات المن. ويوضح شكل (٨-٢) بعض هذه الطفيليات

أحد أنواع الزنابير المتطفلة

طفيل التريكوجراما





ذبابة التاكينا

(الحشرة الكاملة، أسفل التطفل الداخلي على حوريات الذباب الأبيض)

شكل(٨-٢): أمثلة لبعض الطفيليات الحشرية الشائعة

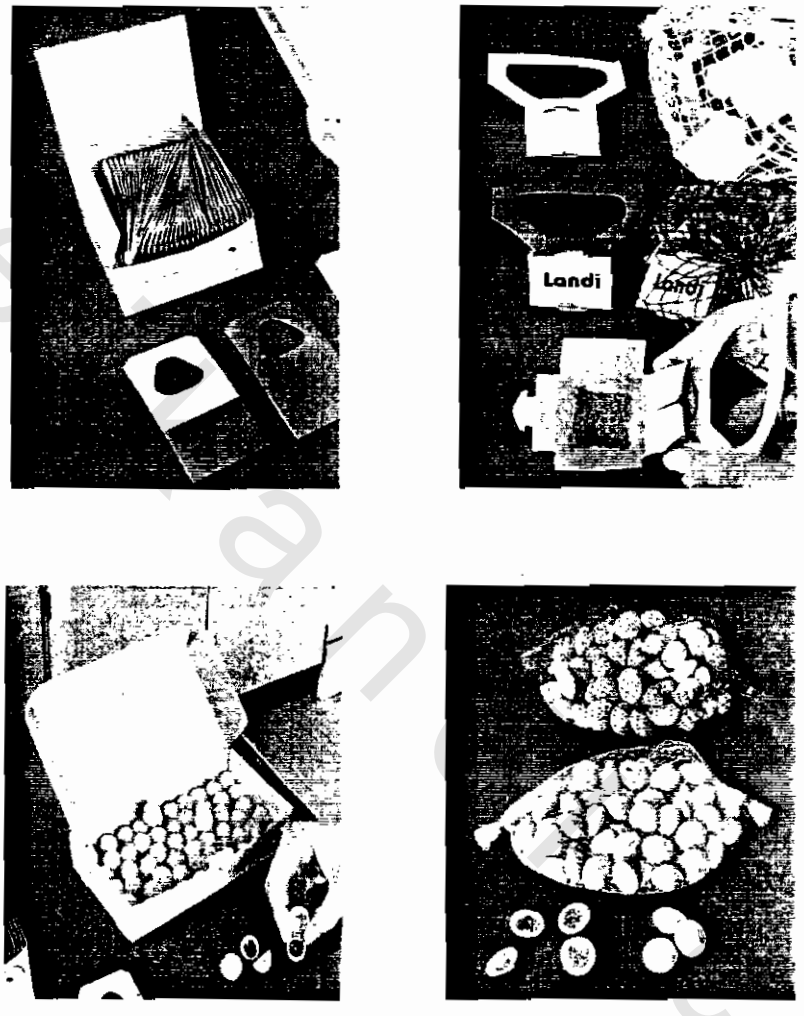
ومن أنواع الطفيليات الأخرى التى أثبتت نجاحا تطبيقيا فى المكافحة الحيوية بكثير من البلدان:

١- طفيل *Aphidius simithi*، *Aphelinnus mali* على أنواع المن ومنها المن الأخضر بالزراعات المحمية.

٢- طفيل *Aplytis aelimus* على الحشرة القشرية الحمراء، *A.plepidosaphes* على حشرة الموالح الأرجوانية، *Formosa Encorsia* على البق الدقيق.

٣- طفيل *Apanteles glomeratus* على أبى دقيق الكرنب ، *A. sesamiae* على الثاقبات.

٤- أنواع التريكوجراما وتستخدم لمكافحة آفات الخضر وأشجار الفاكهة والنجيليات وغيرها، وساعدت صفاتها البيولوجية فى تربيتها بأعداد كبيرة جدا، ومن المعروف أن هناك معامل (مصانع) حيوية تقوم بإنتاج الملايين منها يوميا وذلك بإكثارها بسهولة علي عوائل بديلة (حشرات المخازن) مثل بيض فراشة دقيق البحر الأبيض المتوسط، وفراشة الحبوب ويتم لصق البيض علي كروت صغيرة من الورق المقوي، أو احتوائه في كبسولات صناعية كروية الشكل قابلة للتحلل في البيئة بعد توزيعها في الحقول (شكل ٨-٣) مما يسهل من تطبيقها بأماكن الإطلاق، وقد أمكن إكثار معظم الأنواع السابقة وغيرها معمليا، وتقوم حاليا كثير من الشركات بتربيتها بأعداد كبيرة تسوق تجاريا وتستخدم فى أغراض المكافحة الحيوية بكثير من الدول.



شكل (٨-٣): بعض أشكال الكروت والحاويات الكروية التجارية لطفيل التريكوجراما

٢-٢-٢- أمثلة تطبيقية لاستخدام الطفيليات فى المكافحة الحيوية بمصر

أ- استخدام طفيل التريكوجراما Trichogramma – يتم إكثار الطفيل معمليا (على مستوى تجاري) على بيض فراشة دقيق البحر الأبيض المتوسط أو على بيض فراشة الحبوب، وغيرها من العوائل المعملية التى يسهل إكثارها معمليا بتكاليف زهيدة، وحاليا فإنه يتم الإنتاج الكمى للطفيل بأكثر من مكان فى مصر بواسطة بعض الجهات التابعة لوزارة الزراعة وأيضا الشركات الخاصة. والطفيل معروف بمقدرته التطفلية على بيض العديد من الآفات الحشرية من رتبة حرشفية الأجنحة خاصة ثاقبات الذرة والقصب وديدان اللوز على القطن وغيرها من آفات الخضراوات والفاكهة، وإطلاق الطفيل فى حقول قصب السكر يحقق نتائج جيدة لمقدرته على خفض نسب الإصابة بدودة القصب الصغيرة تتراوح بين ٤٥-٨٠ % ، وقد شجع ذلك لأن أصبحت مادة مكافحة منفردة مثلى لزراعات القصب وقد بلغت المساحة المعاملة بالطفيل حتى عام ٢٠٠٢ حوالي ١٣٠ ألف فدان قصب (حوالي ٥٥% من زراعات القصب فى مصر). كما تم استخدامه أيضا لمكافحة آفات نخيل التمر التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة بواحة سيوة اعتبارا من ١٩٩٨ ، وذلك ضمن برنامج للمكافحة المتكاملة، وقد تم تدعيم هذا البرنامج بإنشاء معمل للتربية الموسعة للطفيل بالواحة، وقد أعطت نتائج إطلاق الطفيل فى مساحة حوالي ٢٠٠٠ فدان (تمثل ٨٠%

من مساحة النخيل فى الواحة) عام ٢٠٠١ نسبة خفض فى الإصابة تصل إلى ٩٣% بالمساحات المعاملة، وبالإضافة لذلك فإن أنواع من طفيل التريكوجراما المحلية والمستوردة فى حقول القطن لمكافحة ديدان اللوز القرنفيلية والشوكية، وأيضا مكافحة دودة براعم الزيتون، دودة ثمار العنب، أبو دقيق الرمان فى الحدائق، ودودة اللوز الأمريكية فى محاصيل الخضر .

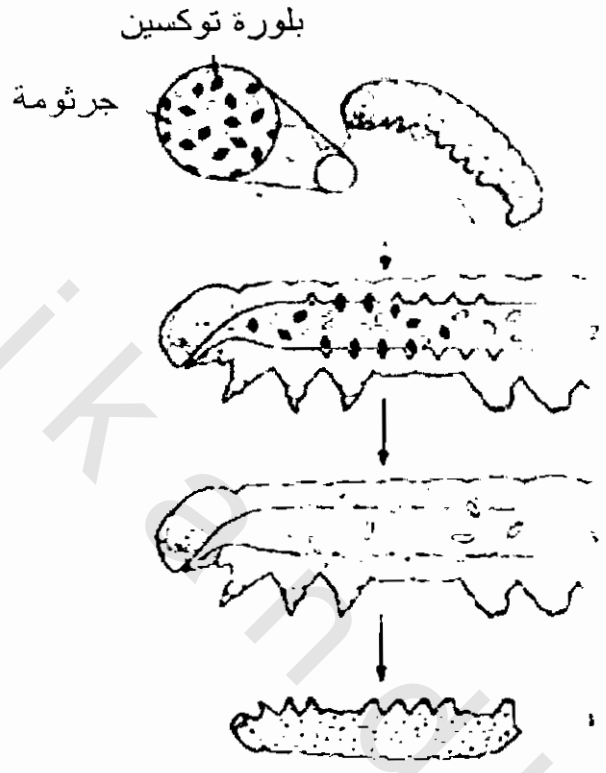
ب- استخدام طفيل *Cirrospilus quadristriatus* لمكافحة صانعة الأنفاق فى أوراق الموالح *Phyllocnistis citrella* – وتم إكثار الطفيل المحلي فى الفترة من عام ١٩٧٧- ١٩٩٩ وإطلاقه فى مساحات بلغت٢٧ ألف فدانا من حدائق الموالح فى ٧٧ مركزا بمحافظات الدلتا ومصر الوسطى، وأدى ذلك لخفض نسب الإصابة بلغ ١٤-٤٨ % فى الحدائق المعاملة.

٢-٣- مسببات الأمراض

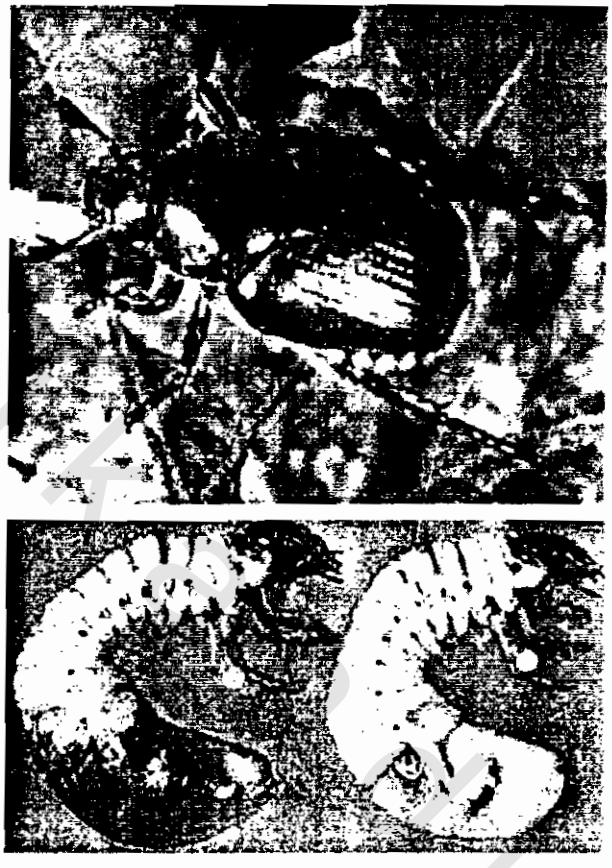
٢-٣-١- البكتيريا

بالرغم من أن هناك أنواعا عديدة من البكتيريا الممرضة للحشرات إلا أن البكتيريا التابعة لجنس *Bacillus* (*B.lentimorbus, B.popilliae, B.thuringiensis*) تعتبر أهمها على الإطلاق حيث استخدمت بعض أنواعها منذ أكثر من ٥٠ عاماً فى مكافحة بعض الحشرات، وأثبتت نجاحاً وفعالية عالية خاصة تجاه يرقات حرشفية الأجنحة، وقد شجع ذلك على إنتاجها بطرق مختلفة فى صورة مستحضرات

تجاريـــة تطـــورت تقنياتها بدرجة ملحوظة بمرور الوقت مما جعلها تحتل الصـــدارة حالـــيا كواحدة من أكثر الممرضات الحشرية انتشارا فى مجال المكافحة الميكروبية، وترجع المقدرة المرضية لبكتيريا الـــ *Bt* التى تدخل جسم العائل الحشرى غالباً مع الغذاء إلى تهتك وهضم الأنسجة الداخلية أو أحداث شلل بأجراء الفم والقناة الهضمية، وذلك فيما يعرف بالتسمم الدموى (سيبتســـيما Septicema) أو التوكسيميا Toxemia يوضح شكل (٨-٤) خطـــوات تأثير البكتيريا على اليرقات المستهلكة لها. وذلك بفعل توكسينات تقوم بإفرازها، وقد عرف منها على سبيل المثال خمس توكسينات لبكتيريا *B.thuringiensis* أهمهـــا ألفـــا، وبيـــتا، وجامـــا، وسيجما إندوتوكسين، وبالإضـــافة للأعـــراض المرضـــية المعـــروفة التى يمكن ملاحظتها على الحشرات أثر إصابتها بالبكتيريا فإنه غالبا ما يتغير لونها إلى ألوان أخرى أهمهـــا البنـــى القـــاتم ويتوقف ذلك على نوع البكتبريا، وأيضا فإن النوع *B.popillae* يـــؤدى لتلون مؤخرة جسم الحشرة العائل (الخنفساء اليابانية) بلـــون أبـــيض لبني، لذا تعرف الإصابة بالمرض اللبنى Milky disease شكل (٨-٥) وتحتوى المستحضرات البكتيرية التجارية المجهزة من المواد الفعالـــة المســـجلة تبعا للقواعد المتبعة من قبل هيئة حماية البيئة الأمريكية EPA علـــى الجراثيم الحية والأجسام البلورية، ويتم تطبيقها بطرق الرش العاديـــة الفصـــل التاســـع (٣-٥) ويعتبـــر الأجـــرين والديـــبل (مـــن بكتيـــريا *B. thuringiensis*) من أكثر المستحضرات استخداما فى مصر لمكافحة العديد من يرقات رتبة حرشفية الأجنحة.



شكل(٨-٤): خطوات تأثير بكتيريا *Bt* علي اليرقات المستهلكة لها، ١- استهلاك اليرقات القارضة للأوراق المعاملة ببكتيريا *Bt* (الجراثيم وبلورات التوكسين). ٢ – ارتباط التوكسين بمستقبلات معينة في جدار المعي خلال دقائق وتوقف اليرقة عن التغذية. ٣ – هدم الجدار الخلوي للمعي وتهتكه خلال ساعات مما يسمح للجراثيم وبكتيريا المعي العادية بدخول تجويف الجسم وتحلل التوكسين. ٤ – موت اليرقة الناتج عن التسمم الدموي (سيبتسيما) خلال١-٢ يوم



شكل(٨-٥): حشرة الخنفساء اليابانية ويرقتها الطبيعية (أسفل علي اليسار) واليرقة المصابة بالمرض اللبني (أسفل على اليمين)

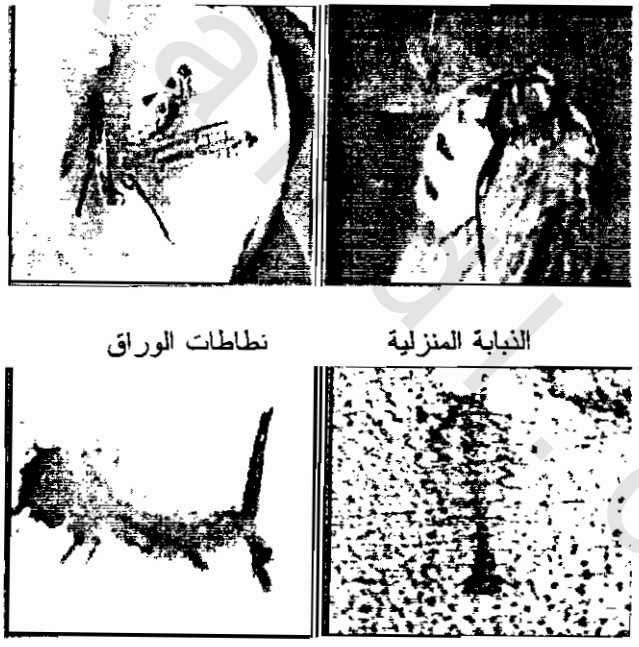
٢-٣-٢- الفطريات

تعتبر الفطريات من أكثر الكائنات الممرضة انتشارا، وتنشأ الأمراض الفطرية الحشرية من أنواع عديدة أهمها *Metarhizium anisopliae*، *Beauveria bassina*، *Verticllium lecani*، *Nomuraea rileyi*، وبصفة عامة فإن عدوى الحشرات تتم عن طريق

جـــراثيم الفطريات التى تلتصق بجدار الجسم، وتبدأ دورة الحياة بإنبات هذه الجراثيم واختراقها للجدار خاصة بالأغشية بين الحلقات، وقد يساعد فى ذلك بعـــض الإنزيمات، وبعبور الحاجز الجليدى ينتشر نمو الميسليوم بالتجويف الدموى إما بالنمو المتواصل للميسليوم، أو بانشطاره إلى أجسام هيفية دقيقة تنتشر داخلياً مع دورة الدم، ويؤدى ذلك إلى موت الحشرة نتيجة لتكون كتل حبيبـــية، أونتـــيجة لإفـــراز التوكسينات مثل البوفريسين Beauvericin ، والدستروكســـينات Destruxins ، وتســـتمر دورة حـــياة الفطر على جثة الحشـــرة المـــتحولة لومياء وذلك فيما يعرف بالمرحلة الرمية وفيها يمتد الميســـليوم ثانـــية خـــارج الجثة مرسلاً أعضاء تكاثر لا جنسية أو جراثيم كونـــيدية ، وفـــى بعـــض الأنواع (*Entomophthorals*) تقذف الجراثيم الكونـــيدية حول الجثة، وقد تحمل هذه الجراثيم بواسطة، الرياح، المياه أو تـــتلامس مـــع حشرة أخرى تقوم بنشرها، بينما تبقى الجراثيم الجنسية أو الزيجية بداخلها، وهى تمتاز بمقدرتها على مقاومة الظروف غير المناسبة، وتســـتخدم بعـــض جـــراثيم الفطريات فى مكافحة آفات حشرية عديدة منها نطاطات الأعشاب، الذبابة المنزلية، البعوض، فراشة الغجر (شكل ٨-٦). وقـــد تطـــورت تقنيات تنمية وإكثار الفطريات من على البيئات الصلبة أو الجيلاتينية البسيطة إلى التنمية فى أحواض للتخمر يمكن منها الحصول على الجـــراثيم الكونـــيدية والـــزيجية بكميات كبيرة، وقد أثبتت المستحضرات الـــتجارية لهـــذه الفطريات نجاحا فى المكافحة الحيوية، وهناك العديد من المنـــتجات المســـجلة للاستخدام من قبل هيئة EPA (الفصل التاسع ٤-٢) ومـــن أكثـــر المنـــتجات الشائعة فى مصر مستحضر البيوفلاى (من فطر

Beauveria bassiana) لمكافحة الذبابة البيضاء ، العنكبوت الأحمر، المن، الحلم الايورفيدى فى الزراعات المحمية وبالحقول المكشوفة.

والاستخدام الناجح لمستحضرات الـ *BT* يتطلب تطبيقها تجاه الآفات المستهدفة أو الأنواع الصحيحة المستخدمة من أجلها، وهى فى مرحلة حساسة من تطورها وذلك بالتركيز الصحيح، وعلى درجة الحرارة المناسبة للتأكد من تغذية الحشرة عليها قبل أن تدخل أو تبدأ فى مهاجمة النباتات أو الثمار المراد حمايتها ، وكغيرها من المبيدات الميكروبية فإن مفتاح النجاح.



الذبابة المنزلية نطاطات الوراق

فراشة الغجر البعوض

شكل (٨-٦): بعض الحشرات التي يتم مكافحتها باستخدام جراثيم الفطريات كمواد حيوية

والحصول على أفضل النتائج يتوف على التطبيق فى الوقت الذى تكون فيه حساسية الآفة أعلي ما يمكن، وبصفة عامة فإن أهم النواحي الإيجابية لها تتمثل فى:

١- لا تنتشر عادة على حشرات أخرى أو أنها تسبب انفجار وبائي مرضى خاص بها.

٢- مخلوط أنواع أو سلالات الـ *Bt* يكون فعالا تجاه مدى واسع من الحشرات.

٣- استخدامها يقلل من الحاجة لاستخدام المبيدات الكيميائية.

بينما تتمثل النواحي السالبة فى:

١- يلزم أن تكون الحشرة المستهدفة فى مرحلة أو الطور الحساس عند التطبيق.

٢- تظهر بعض أنواع الآفات مقاومة لبعض أنواع الـ *Bt* المستخدمة ضدها.

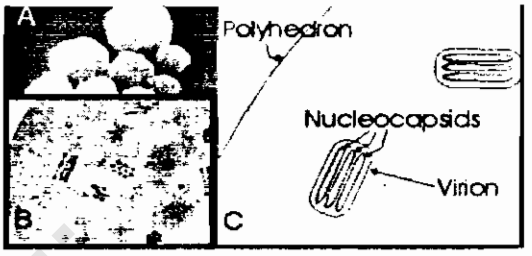
٣- قد تتأثر بعض مستحضرات الـ *Bt* وتفقد فعاليتها فى ضوء الشمس أو أنها قد تكون فعالة فقط لأيام قليلة من التطبيق.

٤- تؤدى الأمطار أو المياه المتساقطة على المحاصيل إلى غسيلها بعيدا عن المجموع الخضرى.

٢-٣- الفيروسات

يوجد أكثر من ٧٠٠ نوعاً من الحشرات التى تصاب بالأمراض الفيروسية، وقد عزل حوالي ٥٠٠ فيروس من ٢٥٠ نوعاً حشرياً، وأغلبها يصيب حرشفيات الأجنحة ويرقات غشائية الأجنحة، ونادراً ذات الجناحين والغمدية ومستقيمة الأجنحة، وتتبع هذه الفيروسات مجموعتين رئيسيتين هما الفيروسات الحبيسة أو المحتواة، والفيروسات الحرة أو السائبة غير الحبيسة، وتتسم الفيروسات المحتواة بتكوين أجسام ضمنية أو احتوائية بروتينية فى خلايا العائل، وهى تحتوى عند تمام تشكل المرض على الفيروسات، وتلك الأجسام التى تأخذ أشكالا مختلفة (منها المسطحة، الكروية، المحببة) وهى تتواجد فى السيتوبلازم (فيروسات سيتوبلازمية) أو فى النواة (فيروسات نووية) وتشمل هذه المجموعة الفيروسات العصوية Baculoviruses (شكل ٨-٧) ويتم حمايتها من أشعة الشمس بواسطة غلاف بروتينى يعرف بالبولي هيدرون. ومنها فيروسات البولي هيدروسس النووية NPV، والمحببة GV، والفيروسات البولي هيدرية السيتوبلازمية CPV، والنقاطية الحشرية EPV، أما الفيروسات الحرة فتوجد طليقة بكل من السيتوبلازم أو النواة، وتضم الفيروسات القزحية IV ، والمكثفة DNV ، والبيكورنا فيروس PCV، وتعتبر مجموعة الفيروسات العصوية من أكثر الفيروسات التى استخدمت تطبيقياً ، ويتم إنتاجها على المستوى التجارى فى صورة مساحيق تحتوى على الأجسام الضمنية يجرى مزجها مع الماء وتستخدم رشا بآلات التطبيق العادية، وتعتبر الفيروسات طفيليات إجبارية ولذا فإنه يلزم وجودها فى العائل لكى تتكاثر، كما أنه يلزم أن تنتقل إلى

obeikandl.com



شكل (٨-٧): الفيروسات العصوية أوالبولي هيدرا، A- جزيئات البولي هيدرا. B- قطاع عرضي للبولي هيدرا. C- رسم تخطيطي للقطاع العرضي

الحشـرات العائلة عن طريق الفم مع الطعام لإحداث الإصابة القاتلة، وفى بعض الحالات تنتقل خلال الفتحات التنفسية (قد تلعب بعض الطفيليات دوراً فـى نقـل الفيروسات من حشرة مصابة لأخرى سليمة بواسطة آلة وضع البـيض) ، وبصفة عامة فإن الأطوار اليرقية الحديثة تكون أكثر حساسية للإصـابة مـن اليـرقات المتقدمة فى السن، وبعد دخول الفيروسات جسم الحشرة من خلال المعى فأنها تتكاثر بها وتؤثر على المكونات الفسيولوجية، والتغذية، ووضع البيض والحركة، وبعد موت الحشرة وتحللها فإن جزئيات الفيروسـات تتـرك علـى المجموع الخضرى لتستهلكها حشرات أخرى، وبصفة عامة فإن الفيروسات تكون متخصصة جدا تجاه عوائل معينة (يكون ذلك ميزة وعيبا فى نفس الوقت)، ومن المزايا أو النواحي الإيجابية الأخرى أنـه لـيس تأثيرا سالبا تجاه النبات، الثدييات، الطيور الأسماك، الحشرات النافعة الهامة المستخدمة فى برامج المكافحة المتكاملة للآفات، وبالرغم من

تأثير الفيروسات على عدد كبير من أنواع الآفات، إلا أنها تكون متخصصة بدرجة عالية تجاه الآفة المستخدمة فى مكافحتها جدول (٨-١) ومن النواحي السلبية أيضا أن الفيروسات المستخدمة فى التطبيق قد تفقد نشاطها فى ضوء الشمس، أو أنها قد تكون فعالة فقط لفترة محدودة أو أيام قليلة بعد التطبيق، كما أنها مكلفة للإنتاج التجاري الواسع للعوائل المستهدفة.

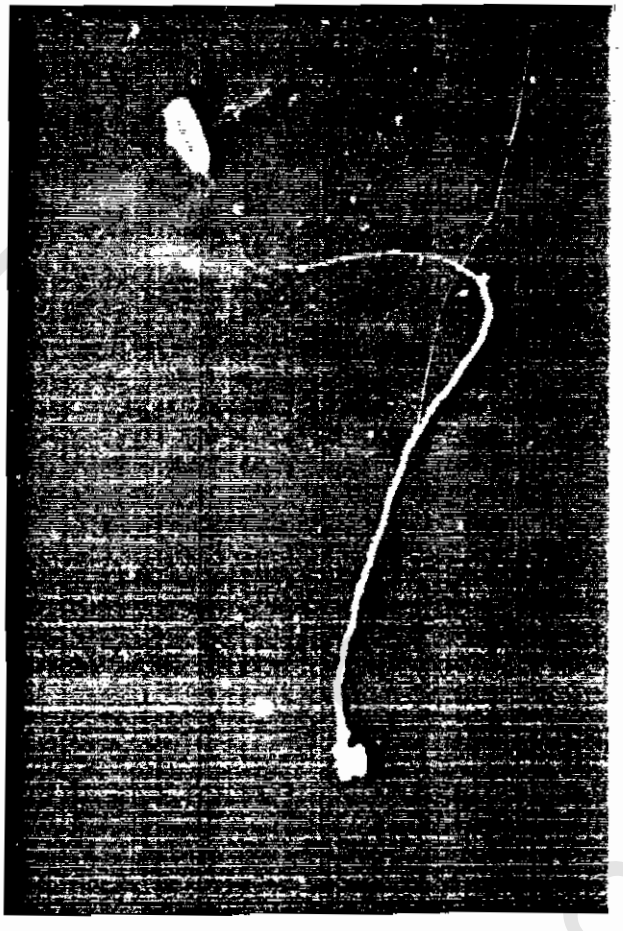
جدول (٨-١): الفيروسات المستخدمة فى مكافحة الآفات الحشرية

المحصول	الآفة الحشرية	الفيروس المستخدم
التفاح، الكمثرى، الجوز، الخوخ	دودة ثمار التفاح (فراشة الكودلنج)	فيروس فراشة الكودلنخ المحبب.
الكرنب ، الطماطم، القطن	دودة الكرنب، دودة اللوز الأمريكية، دودة الفراشة ذات الظهر الماسى، دودة درنات البطاطس، دودة فراشة ثمار العنب.	فيروس البولي هيدروسس النووى لدودة القطن الصغرى.
القطن، الذرة، الطماطم	دودة ورق القطن	فيروس البولي هيدروسس النووى لدودة ورق القطن
القطن، الخضراوات	دودة براعم الدخان (التبغ)، دودة لوز القطن	فيروس البولي هيدروسس لدودة براعم الدخان
محاصيل الخضراوات، الزهور بالبيوت المحمية	دودة ورق القطن الصغرى.	فيروس البولي هيدروسس النووى لدودة ورق القطن الصغرى
الخضراوات	نطاط النجيليات	فيروس البولي هيدروسس النووى لنطاط النجيليات

البرسيم الحجازى، ومحاصيل أخرى	نطاط البرسيم	فيروس البولي هيدروسس النووى لنطاط البرسيم
الغابات، الأخشاب المقطوعة	فراشة أدغال تنوب دوغلاس	فيروس البولي هيدروسس النووى لفراشة أدغال تنوب دوغلاس
الغابات، الأخشاب المقطوعة	فراشة الغجر	فيروس البولي هيدروس النووى لفراشة الغجر

٢-٣-٤- البروتوزوا

تقع معظم البروتوزوا الممرضة للحشرات فى صف الميكروسبورا Microspra شكل (٨-٨) الذى يتتبعه جنس Nosema ويضم عدد من الممرضات المعروفة أهمها *Nosema bombycis* الذى يصيب بشدة دودة الحرير التوتية، ويرقات حشرة *Hyphantria cunea*، والنوع *N.apis* الذى يصيب جميع أطوار نحل العسل، والنوع *N.destructor* الذى يصيب فراشة درنات البطاطس وينتشر استخدامه لمكافحتها داخل البيوت المحمية وأيضا فإن جنس Perezia الذى يتبع هذا الصف يضم أنواع *Pereazia pyrausta* الذى يصيب حفار ساق الذرة الأوروبي، وكل من *P. legeri*، *P.mesnili*، *P.pieris* التى تصيب دودة الكرنب، وتنتقل أنواع الميكروسبورا من حشرة لأخرى عن طريق الفم على شكل جراثيم، كما أن هناك احتمال لنقل العدوى بالبيض من حشرة إلى ذريتها عن طريق المبايض، وتتشابه أعراض الإصابة بالبروتوزوا مع غيرها من الممرضات الحشرية حيث تتضمن هذه الأعراض الخمول، وفقدان الشهية، وتوقف



شكل (٨-٨): الميكروسبوريديا أحد مجاميع البروتوزوا الممرضة للحشرات

الانسـلاخ، وصـغر حجم الحشرة، وأيضا بعض التشوهات المورفولوجية الخارجـية، وتلوث البراز بلون أبيض، وكل أنواع الميكروسبورا طفيليات

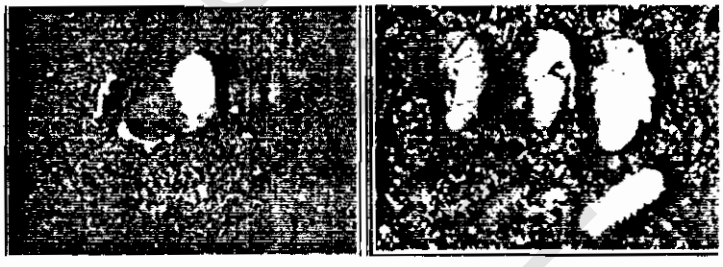
إجبارية على عوائلها وهى تصيب أنسجة مختلفة بها، وتمتد الإصابة أحيانا لتشمل جميع أنسجة العائل الحشرى، وبإمتلاء الأنسجة المصابة بجراثيم البروتوزوا يصبح لونها مميزاً، كما أن إصابة الجسم الدهنى يؤدى لتضخمه بوضوح نتيجة لتجمع البروتوزوا بداخله فى شكل كتل بيضاء، وقد تكون الإصابة بالبروتوزوا مميتة ومؤثرة فى تعداد الحشرات، أو قد يكون تأثيرها طفيفا فلا توقف نمو أو تكاثر العائل وفى هذه الحالة فإن الإصابة تنتقل غالباً إلى الذرية، وبصفة عامة فإن تأثير البروتوزوا تجاه الحشرات يكون متأخراً، وقد تظهر أعراض الإصابة بها بعد فترات طويلة على الحشرات البالغة، وعليه فإنها لا تفيد فى الحالات التى يرجى فيها التأثير السريع، ويوصى باستخدامها فى برامج المكافحة طويلة الأمد لإضعاف الآفة والإقلال من استخدام المبيدات الكيماوية، أو استخدامها بالمشاركة مع الوسائل الأخرى، وهناك أنواع محددة من المستحضرات التجارية لها تستخدم فى أغراض معينة.

٢-٣-٥- النيماتودا

تعتمد التطبيقات الحديثة لاستخدام النيماتودا فى المكافحة الحيوية للحشرات على الأنواع التابعة لعائلة Steinernematidae جنس Steinernema، وعائلة Heterorhabaitidae جنس Heterorhabitis وهذه الأنواع مسببات مرضية إجبارية فى الطبيعة يصاحبها أنواع بكتيرية من جنس *Phatorhabdus xnorhabdus* وإدخال النيماتودا للبكتيريا الممرضة المصاحبة لها فى جسم العائل الحشرى يؤدى لقتله سريعا وبمجرد

ارتـــباط النـــيماتودا به حيث أنه من المعروف أن العديد من مواد المكافحة البيولوجية تتطلب أياما أو حتى أسابيع لقتل عوائلها، فى حين أن النيماتودا والبكتيريا المصاحبة لها غالبا ما تكون قادرة على قتل الآفة المستهدفة خلال (٢٤-٤٨) ساعة. وتتميز هذه الأنواع من النيماتودا بأن لها مدى واسع من العوائل الحشرية، وأنها تنتشر فى كثير من المناطق، ويتم تربيتها بسهولة، لها قدرة تكرار دورة حياتها والتكاثر فى البيئات الجديدة، تقوم بالبحث عن عوائلها ولا تؤثر على الكائنات الأخرى، وعلى العكس من ذلك فإنها تتأثر بشـــدة بالظروف الجوية من حرارة ورطوبة، كما أنها حساسة للأشعة فوق البنفســـجية، علاوة على أن استمراريتها، فى الحقل تعتبر ضعيفة، وتتراوح دورة حـــياة الأنواع التابعة لعائلة Steinernemeatidae من بداية إصابة العائـــل حتى خروج الأطوار المعدية من ٧-١٠ أيام والحشرات التى تقتل بهـــا يكـــون لونها بنى أو أصفر أو أسود، بينما تتراوح فى حالة الأنواع الـــتابعة لعائلـــة Heterorhabditiae بين ١٢-١٥ يوما، والحشرات التى تقـــتل بهـــا تكون حمراء أو بنفسجية أو ذات لون برتقالي وأحيانا أصفر، وغالبا فإن الحشرات الميتة تكون رخوة ليس لها رائحة كريهة شكل (٨-٩) والمقدرة التى تتميز بها هذه الأنواع من النيماتودا على البقاء تحت درجات الحـــرارة المنخفضة تساعد فى تخزين مستحضراتها على البيئة الصلبة أو الســـائلة لفتـــرات طـــويلة على درجة حرارة الثلاجة لحين استخدامها فى التطبـــيق، وبصـــفة عامة فإنه يكمن إكثار معقد النيماتودا البكتيريا لإنتاج كمـــيات كبيـــرة تجاريـــة على بيئات معينة بها عدد من البروتينات النباتية والحيوانية وبعض المغذيات الأخرى، وحاليا فإن هناك بعض الجهات التى تقـــوم بتجهيـــزها فى صورة مستحضرات تجارية من أهمها التى يتم فيها

تجهيز عجينه من طبقات النيماتودا على رقائق إسفنجية أو خشبية ، أو التى تحمل فيها النيماتودا بمستحضرات جيلاتينية أو هلامية على حواجز شبكية، أو التى تجهز بالتربة الطينية المخلوطة (الألجينات Alginate clay)، ومن بين التجهيزات النيماتودية المعروفة البيوسيف (Biosafe) والجارديان ، ويجرى تحضير معلقات هذه التجهيزات بمزجها مع الماء، ويتم تطبيقها بالرش باستخدام آلات الرش العادية النظيفة بحيث لا تتعدى درجة حرارة الخزان عن ٣٢°م، ويفضل الرش فى الصباح الباكر أو الساعات الأولى من المساء، أو الأيام التى بها غيوم لتجنب أشعة الشمس والحرارة العالية، ويمكن الرش أيضا مع أنظمة الرى بالرش أو التنقيط، كما أنه يمكن تطبيقها بالحقن داخل أنفاق.



شكل (٨-٩): مظاهر إصابة بعض الأطوار الحشرية بالنيماتودا المتطفلة علي الحشرات

وبالإضافة لأنواع النيماتودا السابقة فإن هناك بعض الأنواع التابعة لعائلتى Mermithidae وخاصة جنس Reesimenmis وعائلة Neatytenchidae جنس Delandenus، وغيرها، والتى أثبتت نجاحا تجاه حشرات مختلفة، وفيما يبدو أن طبيعة المسكن للآفات الحشرية يلعب دورا فى تأثرها بالأنواع الممرضة للنيماتودا، وقد أشار شمس الدين، ١٩٩٩ إلى أن البيئة العضوية لها دور فى مكافحة الحشرات بالنيماتودا

حيث أنها تفضل بصفة عامة المساكن التى تتسم بالبرودة والرطوبة والظلام ، وعلى ذلك فإن استخدام النيماتودا لحشرات المجموع الخضرى يعتبر غير مناسبا، ويرجع ذلك للظروف البيئية غير المناسبة التى تتضمن الأشعة فوق البنفسجية والجفاف والحرارة العالية، وأنه يمكن التغلب على ذلك بإضافة الزيوت وبعض مضادات الجفاف لتجهيزاتها، ومن ناحية أخرى فإن استعمال هذه التجهيزات على النباتات المنزرعة بالبيوت المحمية أو أسفل الأغطية البلاستيكية يحقق نتائج أفضل، ومنها النيماتودا المستخدمة لمكافحة نافقات (ناخرات) الأوراق على الخضراوات ونباتات الزينة فى البيوت المحمية، وغالبا فإن استعمال النيماتودا يحقق أفضل النتائج للأنواع الحشرية الساكنة بالتربة أو داخل أنفاق بالسيقان أو الأفرع النباتية حيث أنها توفر الحماية ضد الظروف البيئية المعاكسة، ومن أوضح الأمثلة التى يمكن ذكرها لاستخدام أنواع النيماتودا السابقة فى هذا المجال:

١- الاستفادة بنيماتودا *S.glaseri* فى مكافحة الخنفساء اليابانية.

٢- استخدام الأنواع التابعة لجنس Delanddenus فى مكافحة ناخرات الأخشاب.

٣- تستخدم مستحضرات تجارية لأنواع *Neoaplectana carpocpse*، *N.glaseri* فى مكافحة مجموعة من الحشرات تشمل النمل الأبيض وخنافس الجذور وبعض أنواع الديدان.

٤- تعتبر نيماتودا *Romanomermis culicvorax* من أكثر الأنواع كفاءة والتى أمكن نشرها لمكافحة البعوض فى مناطق عديدة من العالم.

٥- يستفاد بنيماتودا *Tetradonema plicans* وبنجاح كبير فى الولايات المتحدة الأمريكية لمكافحة ذبابة *Sciara coprophila*.

٦- يستخدم بالولايات المتحدة الأمريكية نيماتودا *Steinernema carpocapsae* لمكافحة حفار السوق الذى يصيب أشجار التين.

٧- تجرب حاليا النيماتودا التابعة لجنس Steinernema، Heterohabditisفى مكافحة سوسة النخيل الحمراء.

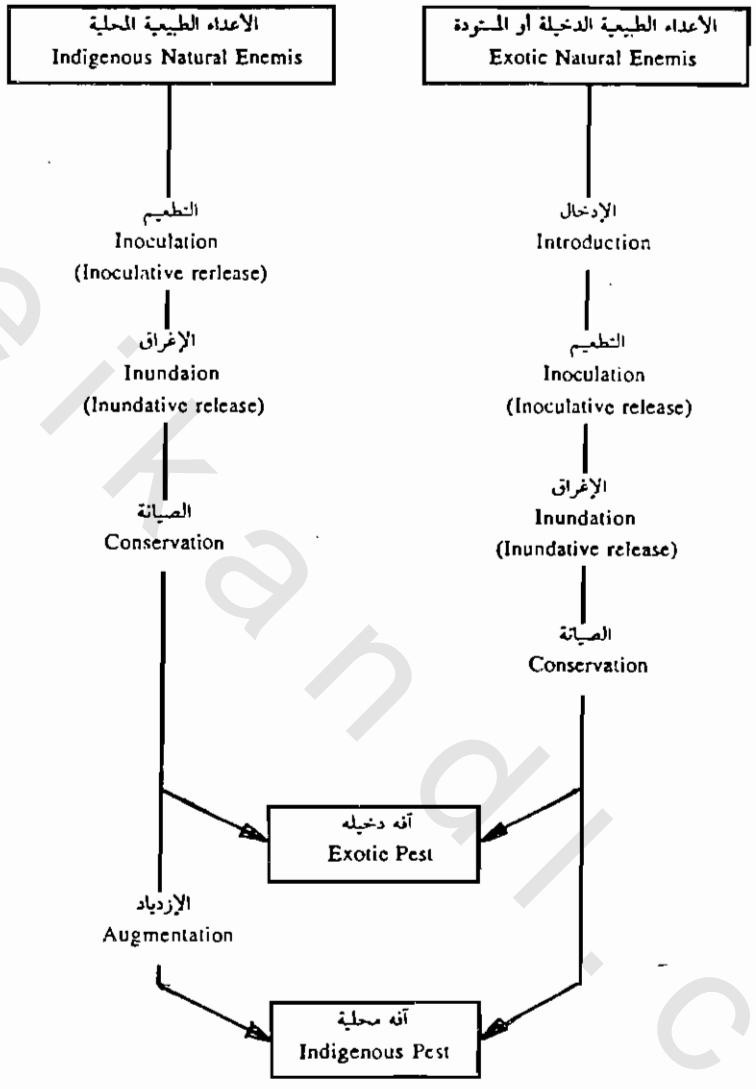
٣- الإجراءات التطبيقية لاستخدام الأعداء الطبيعية فى المكافحة الحيوية

يعتمد استخدام المتطفلات والمفترسات فى المكافحة حيوية على اتجاهين أساسيين، الأول هو الاتجاه التقليدي أو الكلاسيكي ويتم فيه جمع المتطفلات أو المفترسات من أماكن معينة (غالبا ما تكون الموطن الأصلى للآفة) ، أو استيرادها Importation وتربيتها ثم إطلاقها فى المناطق المراد مكافحة الآفة بها، وذلك فيما يعرف بطريقة الإدخال Introduction ، أما الاتجاه الثاني فيعتمد على إظهار دور الأعداء الطبيعية المحلية من متطفلات ومفترسات وكائنات ممرضة للتحكم فى أعداد الآفة إذا ما حدث تطور مفاجئ لقدرتها ووصولها إلى مستويات الضرر (أى الوصول لحالة الفوران Out-break). وذلك من خلال إتباع طريقة أو أسلوب الازدياد Agumentation، ويتطلب تحسين فعالية الأعداء الطبيعية سواءا كانت موجودة أصلا بالمنطقة أو تم إدخالها الإلمام الجيد بالنواحي البيولوجية والإيكولوجية لها، بغرض الوصول لأفضل الأساليب التى تعمل على

زيادتهـــا وتحقيق أقصى مقدرة ممكنة، ويتم ذلك من خلال التوطين الدورى Periodic colonization للأعداء الحيوية بإتباع التطعيم Inoculation أو الإغـــراق Inundation، وتطوير سلالات لها درجة أفضل من الأقلمة عـــن طـــريق الانـــتخاب الصـــناعي، وأيضـــا اتخـــاذ إجراءات الصيانة Conservation للمحافظة عليها، ويوضح شكل (٨-١٠) تلخيصا للطرق والأســـاليب التطبيقـــية لاستخدام الأعداء الطبيعية المستوردة أو المحلية فى المكافحة الحيوية للآفات الزراعية الدخيلة أو المستوردة.

٣-١- الإدخال

يـــتم فـــى هذه الطريقة استيراد وإدخال الأعداء الحيوية فى مناطق جديدة يمكن أن تتأقلم بها وتستقر فيها وتنتشر وتتزايد، وبنجاح ذلك فإنه يتم اســـتعادة الـــتواجد المتوازن بين الآفة والعدو الحيوى وتتناقص أعداء الآفة وتهبط إلى مستويات أقل مما كانت عليه إلى أن تصل لمستوى أقل من الحد الاقتصادى الحرج وتنشئ حالة اتزان عام جديدة، وإذا ما استمرت فإنه لن يكون هناك حاجة لإجراء طرق أخرى من المكافحة، وتستخدم هذه الطريقة تجـــاه الآفـــات الدخـــيلة ببعض المناطق التى لم تتواجد فيها من قبل (من المعروف أن مثل هذه الآفات تنتشر بدرجة خطيرة فى المناطق الجديدة التى دخلـــتها نتيجة لعدم وجود الأعداء الطبيعية لها، أو انتقالها معها من بيئتها الأصلية)، وأيضا فإن هذه الطريقة تستخدم تجاه الآفات المحلية المستوطنة التى تتزايد أعدادها نتيجة لانتشارها فى مدى أوسع من النطاق الذى ينتشر فـــيه أعـــداؤها، أو نتيجة لظروف معينة تدفع بتزايد أعداد الآفة عن تعداد أعدائها ومـــنها اختلال المكافحة الطبيعية البيـــولوجية بـــعمليات الـــتكثيف



شكل (٨-١٠): طرق المكافحة الحيوية للآفات الزراعية الدخيلة والمحلية (عن الزميتي، ١٩٩٧)

الزراعـــي، وحتـــى تحقق هذه الطريقة أقصى درجة من النجاح فإن هناك إجـــراءات معينة يلزم إتباعها، كما أنه لابد أن يتصف العدو الحيوى الذى يـــتم اختياره بالقدرة على التفوق العددى على عائلة، والتخصص، والقابلية للصمود أمام المنافسة، والاستجابة لوسط الانتشار، والمقدرة على الانتشار، وقد شرح توفيق ١٩٩٣، بالتفصيل إجراءات جمع المتطفلات والمفترسات ونقلها واستقبالها وإطلاقها وتوطينها، والعوامل الواجب مراعتها أثناء ذلك، وتجـــدر الإشـــارة إلى أن هناك إجراءات مراقبة هامة يلزم العمل بها فى مرحلة ما بعد الإطلاق للتقويم الحقلي للأعداء الطبيعية المدخلة.

obeikandl.com

٣-٢- الازدياد

تستخدم هذه الطريقة فى الحالات التى يكون فيها الأعداء المحلية قليلة أو يكون انتشارها أقل من الآفة نتيجة لبطء حركتها أو لانخفاض معدل تكاثرها عن معدل تكاثر العائل، أو نتيجة لظروف معينة من أهمها الدور المؤثر لبعض العمليات الزراعية المتبعة، وفى هذه الحالة فإنه يتم تدعيم الأعداء الطبيعية المحلية وإظهارها بإطلاق أفراد جديدة منها مرباة فى المعمل، ويتطلب العمل بهذه الطريقة تربية الطفيل أو المفترس بكميات كبيرة بشكل مستمر أو متقطع.

٣-٣- التطعيم أو الإطلاق المحدود

تعمل هذه الطريقة على التوطين الدورى للعدو الطبيعي فى مناطق معينة بالإطلاق المحدود العدد فى بداية الموسم أو خلال موسم النمو للمحصول الجديد، وذلك إذا لم يكن هناك عدو طبيعي محلي، أو فى حالة وجود عدو طبيعي دخيل غير قادر على التكاثر بشكل دائم، وقد يطلق على هذه الطريقة بالإطلاق التدريجي المتزايد Accretive release حيث يستفاد بذرية العدو الحيوى لفترة تطول عن مدة جيل من بداية التوطين، وغالبا ما تفيد مع المحاصيل التى تظهر الإصابة فيها بالآفات الحشرية على مسافات كبيرة مثل قصب السكر.

٣-٤- الإغراق أو الإطلاق الكثيف

يتم فى هذه الطريقة إكثار العدو الطبيعي المحلي أو الدخيل بكميات ضخمة، والإطلاق المكثف لها فى أوقات معينة وبأعداد تفوق العدد الذى

يمكـــن بـــه تحقيق الفعالية المستهدفة، حيث أنه لا يعتمد هنا على ذرية هذه الأعداء وإنما على الأفراد نفسها التى يتم إطلاقها، وذلك فيها يشبه استخدام المبـــيدات عـــند تزايد الكثافة العددية للآفة عن الحدود الاقتصادية الحرجة (ولـــذا فإنه قد تعرف هذه الطريقة بالمبيدات البيولوجية) وهى تتطلب تربية مكـــثفة وبشـــكل مستمر أو متقطع ويحتاج ذلك لتكاليف عالية قد تبدو غير عملية من الوجهة الاقتصادية، ولذا فإنه يعتقد أن هذا الأسلوب يتناسب فقط مـــع المحاصـــيل مـــرتفعة القـــيمة أو غالية الثمن التى تتميز بأن الحدود الاقتصـــادية للآفات الحشرية التى تصيبها طفيفة جداً، وأنها وحيدة الجيل، ومع ذلك فإن طريقة الإغراق تتناسب بدرجة أكبر مع الكائنات الممرضة.

٥-٣-٥- الصيانة

يعنى بها الإجراءات والوسائل التى يمكن استخدامها للمحافظة على الأعـــداء الطبيعية الموجودة سلفا فى بيئة المحصول سواءاً المحلية أو التى يتم إدخالها، وبصفة عامة فإن المحافظة على الأعداء الحيوية النافعة يتطلب توفيـــر الغـــذاء لهـــا، وأماكن الاختباء أو الإعاشة، وحمايتها من تأثيرات المبـــيدات وغيـــرها من المواد التى تستخدم فى أغراض المكافحة، ويمكن استيفاء كثير من هذه المتطلبات فى معظم الأنظمة البيئية الزراعية بالاختيار الواعي لأساليب الاستزراع، الدورة الزراعية، والعمليات الزراعية (الرى، الحـــرث، الحصـــاد)، والحذر فى استخدام المبيدات باستعمالها عندما تصل الآفـــة إلـــى المســـتويات الاقتصـــادية، والتطبيق عن طريق معاملة البقع، والاعـــتماد علـــى الحد الأدنى من الجرعات الكافية لقتل الآفة المستهدفة، وأيضـــا اختـــيار المبيدات المتخصصة التى لها تأثير سام أشد على الآفات

عـــنها من الأعداء الطبيعية، ولا شك فى أن تحسين فعالية الأعداء الطبيعية وصـــيانتها يـــتوقف بدرجة كبيرة على درجة الاستمرار والثبات والعوامل البيئية المناسبة.

٤- الأسس التى تبنى عليها قرارات المكافحة الحيوية

تتميـــز الإجراءات والمتطلبات اللازمة لتطبيق المكافحة البيولوجية بأنهـــا ليســـت ســـهلة أو هينة، وعليه فإنه ينبغى أن تبنى قرارات استخدام المكافحـــة البيولوجية فى الحد من انتشار الآفات الزراعية والسيطرة عليها بـــناءاً على أسس معينة يلعب كل منها دورا مؤثرا فى درجة النجاح الذى تحققه هذه الطريقة، ومنها:

١- التعـــريف الصـــحيح لأنواع الآفات وأعدائها الطبيعية، والإلمام الجيد بالنواحى البيولوجية والإيكولوجية وبصفة خاصة المتعلقة بوبائيتها ووفرتها وتـــوزعاتها الموســـمية وتأثـــرها بكـــل من الأعداء الطبيعية (مفترسات، طفيليات، كائنات ممرضة، تضاديات) والطقس ونمو وتطور النبات العائل أو العوائل البديلة، وغيرها من العوامل التى يمكن أن تتأثر بها، وفى بعض الأحيان فإنه قد لا يقتصر الأمر على التعرف فقط على نوع الآفة وإنما يلزم التعرف على السلالة أو النمط البيولوجي لها والمميزات الخاصة بكل منها.

٢- الاهـــتمام بالآفـــات الرئيسية وتقييم العلاقة بين مستويات الإصابة بها ومقدار الفقد فى المحصول وتكاليف المكافحة، وتقدر مستويات الآفة المسببة للضرر بأخذ العينات المنتظمة من المحصول وإيجاد العلاقة بين كثافة الآفة

ومقدار الفقد وتكلفة المكافحة، وذلك مع الأخذ فى الإعتبار أن مقدار الضرر للآفة الواحدة يختلف من سنة لأخرى ومن مكان إلى آخر.

٣- تحديد ومعرفة الحد الاقتصادى الحرج للآفة، وأخذ قرارات التدخل بمقارنة هذا الحد بمستوى الكثافة العديدة للآفة الذى يتم تقديره فعلا، ومن المعروف أن هناك عوامل عديدة يتوقف عليها مستوى الحد الاقتصادى الحرج، و علي سبيل المثال فإن اتخاذ القرارات الخاصة بتقدير المكافحة البيولوجية للحلم العنكبوتي باستخدام أحد المفترسات يكون بناءاً على التعداد أو مستوى الإصابة بالحلم.

٤- اختيار العدو الحيوى المناسب للاستخدام فى مكافحة الآفات سواءاً بالزراعات المفتوحة أو المحمية، وتوصى بعض الدراسات بالاعتماد على الأعداء الطبيعية المحلية فى مكافحة آفات الصوب، والتحقق من مدى فعالية الأعداء الطبيعية المستوردة حيث أن درجة الحرارة السائدة قد تثبط فعاليتها، وعلى سبيل المثال فإن فعالية المفترس *Phtoseiulus* تنخفض بارتفاع درجات الحرارة عن ٢٠°م، كما أن المفترس *Encarsia formosa* يفشل فى مكافحة الذبابة البيضاء بالصوب عند درجات حرارة أقل من ٢٤°م.

١- الاختيار السليم لتوقيت وطريقة الإطلاق، من المعروف أن نجاح الطريقة المتبعة فى المكافحة البيولوجية لآفة ما يعنى خفض تعدادها من حالة التوازن التى تنشأها فوق مستوى الحد الاقتصادى للضرر إلى حالة توازن جديدة تحت هذا المستوى، وتشير بعض الدراسات على أن طريقة الإدخال تعتبر أفضل من الطرق الأخرى التى تحتاج لعمليات تربية مكثفة واطلاقات مستمرة، ومع أن التنبؤ بنجاح طريقة الإدخال يعتبر صعبا إلا

أنها تفيد مع الآفات ذات معدلات التكاثر المنخفضة أو المتوسطة، حيث أن الآفات التي تتصف بمعدلات تكاثر عالية تميل إلى رفع مستوى التوازن الذى تم تحقيقه مرة أخرى إلى فوق مستوى الحد الاقتصادى الحرج، وفى هذه الحالة فإنه يلزم إتباع طرق الازدياد أو التطعيم أو الإغراق، كما أن طريقة الإدخال تعتبر أقل نجاحا ضد الآفات المهاجرة مثل الجراد وبعض أنواع حرشفية الأجنحة، حيث أن هذه الآفات تتحرك على مدى واسع تاركة الأعداء الطبيعية غير القادرة على مثل هذه الحركة مما يؤدى لموتها، وعليه فإن استخدام طريقة الإغراق فى أوقات فوران الآفة يتوقع نجاحها مع مثل هذه الحالات ومن ناحية أخرى فإنه تعتمد إستراتيجية المكافحة البيولوجية لآفات الصوب على الإطلاق المبكر للعدو الطبيعي عند بداية النشاط الطبيعي للآفة، ويشجع ذلك العدو الطبيعي فى اكتساب قدرة البحث عن الآفة، وتفيد هذه الطريقة على سبيل المثال فى مكافحة المن الذى يتميز بانتشار غير متجانس مما يصعب معه تقدير تعداده وبالتالي تقدير التعداد من العدو الحيوى.

٢- دور النظام المحصولي فى نجاح المكافحة البيولوجية للأعشاب، ومن المتوقع أن يكون إدخال العدو الحيوى فى المحاصيل المعمرة ذات النظم الثابتة كالأشجار والنباتات العشبية المعمرة والمنخفضة فى معدلات تكاثرها بالمراعي أكثر نجاحا منه فى حالة المحاصيل غير الثابتة والحولية القصيرة العمر والسريعة الانتشار حيث يقلل معدل إنتاجها العالي للبذور ونموها السريع وانتشارها الواسع فرص نجاح المكافحة البيولوجية، كما أن مقدار التنافس بالمراعي بين النبات العشبى والنباتات الأخرى على الضوء والماء

يجعل النبات العشبي ضعيفا لا يتحمل مهاجمة الحشرة المستخدمة فى المكافحة البيولوجية فترتفع كفاءتها، وعليه فإن العشب النامي فى زراعة محصولية خالية من التنافس يصعب مكافحته بالطرق البيولوجية.

٣- تؤثر الظروف المناخية بدرجة كبيرة فى نجاح أو فشل المكافحة البيولوجية، حيث أنه يتوقع أن تكون فرص النجاح كبيرة جدا بالمناطق التى يسود بها مناخ زراعي منتظم تقتصر فيه فترات الجفاف والتغيرات الحرارية.

٤- يرتبط نجاح المكافحة الحيوية تحت ظروف الزراعة المفتوحة بصفة عامة بتطبيقها فى مساحات كبيرة متصلة، وعليه فإن فرص النجاح فى الزراعات الواسعة، والمشاريع الزراعية الكبيرة تكون أكثر عنها من الزراعات المتناثرة والفردية.