الباب السادس

إستخدام الطفيليات والمفترسات الحشرية

فى مجال المكافحة البيولوجية

أولاً: إستيراد الأعداء الطبيعية

أ – أساسيات إستيراد الأعداء الطبيعية الجديدة

ب– طرق إستيراد الأعداء الطبيعية

ثانياً: إكثار الطفيليات والمفترسات والحشرات العاشبة النافعة

ثالثاً: الحفاظ على الأعداء الطبيعية

obeikandl.com

obeikandl.com

إستخدام الطفيليات والمفترسات الحشرية فى مجال المكافحة البيولوجية

METHODS FOR BIOLOGICAL CONTROL IMPLEMENTATION

هناك ثلاث إتجاهات approaches رئيسية لإستخدام الطفيليات والمفترسات كعناصر للمكافحة البيولوجية للحشرات. **أولها** هو الإستيراد أو الإدخال introduction or importation وهى الطريقة الكلاسيكية للمكافحة البيولوجية، بسبب أن العديد من الآفات تكون أنواعاً دخيلة invaded pests إلى مواطن جديدة دون مصاحبة أعدائها الطبيعية، ولذا فإن هدف هذه السياسة هو البحث عن الأعداء الحيوية المرتبطة بالآفة فى موطنها الأصلى ثم محاولة إستيرادها وإطلاقها فى الموطن الجديد لأقلمتها، وعند نجاحها فإن هذه الأعداء الحيوية تصبح دائمة الإستقرار وتعمل على خفض تعداد الآفة المستهدفة دون المستوى الذى يسبب ضرراً إقتصادياً. **وثانى** هذه الإتجاهات هو الحفاظ conservation على الأعداء الطبيعية المتوطنة وجعلها أكثر فاعلية عن طريق الطرق الزراعية، وتحميل المحاصيل intercropping وضبط مواعيد رش المبيدات للحفاظ عليها. **وثالث** هذه الإتجاهات هو إكثار augmentation هذه الأعداء الطبيعية، حيث تربى فى المعمل أو تجمع من الحقل ثم تطلق فى المواقع التى يتوقع فيها زيادة فى تعداد الآفة فوق مستوى الحد الحرج الإقتصادى. وقد إتسع نطاق هذه الإتجاهات فى السنوات الأخيرة إتساعاً كبيراً وأصبح هناك شركات عديدة لبيع مثل هذه الأعداء الطبيعية فى كثير من الدول.

أولاً: إستيراد الأعداء الطبيعية Natural Enemy Introduction

أ- أساسيات إستيراد الأعداء الطبيعية الجديدة

Principles of introduction of new natural enemies

ما زال الإستيراد المتعمد للأنواع من الأعداء الطبيعية الجديدة لخفض تعدادات الآفات الدخيلةinvading pests إتجاه هام فى مجال المكافحة البيولوجية، وقد إمتدت هذه العملية أيضاً لتشمل الأنواع المتوطنة التى أصبحت آفات. تهدف هذه العملية إلى إستيراد أعداء طبيعية آمنة وفاعلة لخفض تعداد الآفة. وقد تم تطبيقها فى مواقع زراعية وطبيعية وحضرية مختلفة، وقد تضمن هذا الإستيراد أنواعاً فقارية ولا فقارية وممرضات أمكن إستخدامها ضد آفات نباتية مثل الحشائش ومفصليات الأرجل والفقاريات.

هناك خطوات عديدة يجب إتباعها عند إعداد برامج إستيراد الأعداء الطبيعية. تتضمن هذه الخطوات تعريف الآفة المستهدفة تعريفاً دقيقاً، وتحديد أفضل المواقع لإختيار العدو الطبيعى، وتعريف العدو الطبيعى تعريفاً دقيقاً، وإجراء الإتصالات اللازمة لإرتياد هذه المواقع فى الموطن الأصلى للعدو الطبيعى، وجمع العدو الطبيعى، وشحنه، وإجراءات الحجر الزراعى للمادة المشحونة مصحوبة بإجراءات الأمان، وتوطين النوع النافع فى الحقل، ثم دراسات عن مدى أقلمته وتقييم فاعليته. تعتبر هذه العملية من إكتشاف وإستيراد وتقييم سلسلة من الخطوات كل منها مبنى على أساسيات بيئية متباينة توجه هذه العملية.

هناك مئات من الأنواع التى تضمنت مفصليات الأرجل، ونباتات مائية، ونباتات أرضية، وفقاريات أتبع معها وبنجاح أسلوب إستيراد الأنواع النافعة، منها على سبيل المثال لا الحصر، وكنماذج متنوعة لهذه العملية، الحشيشة المائية *Salvinia molesta*، والذبابة البيضاء *Siphoninus phillyreae*، وشجيرة الزينة *Agratina riparia*. وبالرغم من الإستيراد المتعمد للأعداء الطبيعية إلى مواقع جديدة معروف منذ عدة قرون، إلا أن السجلات الموثوق بها لمثل تلك الأنشطة بدأ، كما هو معروف جيداً، منذ إستيراد نوعين من الأعداء الطبيعية لمكافحة البق الدقيقى الأسترالى فى كاليفورنيا خلال عام ١٨٨٨-١٨٨٩، ومنذ ذلك الوقت تضاعف هذا الإستيراد لمكافحة العديد من الآفات فى عديد من دول العالم.

تبنى القاعدة البيئية للمكافحة البيولوجية، من خلال إستيراد أنواع جديدة من الأعداء الطبيعية، على قاعدة أن عديد من عشائر الآفات تكون تحت السيطرة فى موطنها الأصلي بسبب الدور الذى تلعبه كائنات ذات مستوى غذائي أعلى upper trophic level، أو فى بعض الحالات ممرضات النبات عن طريق المنافسة داخل نفس المستوى الغذائي. ويعتبر الكائن أو المستوى الغذائي الأعلى هو ذلك الكائن الذى يتغذى مباشرة على كائن آخر يشغل مرتبة أقل فى السلسلة الغذائية، لذلك ففي حالة الحشائش (المستوى الغذائى الأول) التى تشكل آفة يكون الكائن الأعلى فى المستوى الغذائي حشرة عاشبة herbivore (المستوى الغذائى الثانى) أو ممرض نباتي، بينما في حالة الآفات الحشرية أو النيماتودية يكون الكائن أو المستوى الغذائي الأعلى طفيلاً أو مفترساً أو ممرضاً حشرياً. تعرف هذه الكائنات ذات المستوى الغذائي الأعلى بالكائنات النافعة (المستوى الغذائى الثالث) بسبب دورها فى خفض تعدادات الآفات، ويمكن أن تتعرض مثل هذه الكائنات النافعة لمهاجمة كائنات أعلى فى مستواها الغذائي كما هو الحال فى الطفيليات الثانوية (المستوى الغذائى الرابع) التى تهاجم الطفيليات الأولية.

يصبح العديد من الأنواع الحشرية آفات فى مواقعها عندما ينخفض مستوى الدور الذى تلعبه أعدائها الطبيعية فى إماتة أفرادها، وغالباً ما يحدث هذا عندما تتحرك الآفة صدفة أو عمداً إلى موقع جديد دون مصاحبة أعدائها الحيوية وحيث تكون الأنواع المحلية غير ذات تأثير فى خفض تعداداتها. ويمكن أن تصبح الأنواع المحلية التى لم تكن تعرف كآفات تصبح آفات ذات تأثير مدمر، ومن الأمثلة النموذجية فى هذا المجال البق الدقيقى الأسترالى فى عديد من المواقع، وذبابة الموالح البيضاء *Aleurodicus spiniferus* فى آسيا، وسوسة البرسيم *Hyperica postica* فى الولايات المتحدة، وحشيشة الحسك *Carduus* sp. فى شمال الولايات المتحدة، وحشيشة ورد النيل فى أفريقيا، وشجرة الهاكيا *Hakea sericea* فى جنوب أفريقيا.

هنا يمكن أن تستعمل المكافحة البيولوجية فى خفض تعداد هذه الآفات الدخيلة من خلال إستيراد أعدائها الطبيعية من مواطنها الأصلية وتوطينها فى المواقع الجديدة. وبينما يتبع أسلوب إستيراد الأعداء الطبيعية أساساً مع الآفات الدخيلة، إلا أنه يمكن إتباعه أيضاً مع الآفات المحلية التى أصبحت تشكل خطورة ملموسة. وفى مثل هذه الحالات، تستورد الأعداء الطبيعية الجديدة على أمل أن يصبح لواحد منها أو أكثر دوراً فعالاً فى خفض تعدادات الآفة أكثر من الأنواع المتوطنة، ولو أن الحالات المسجلة الناجحة لمثل هذا الإجراء أقل بكثير من تلك المتعلقة بالآفات الدخيلة.

برامج إستيراد الأعداء الطبيعية

تقع عملية إستيراد الأنواع النافعة ضد آفة معينة فى سلسلة من الخطوات المحددة، كل خطوة منها تعتمد على الخطوة السابقة وتشمل هذه الخطوات:-

الخطوة الأولى: تعريف الآفة المستهدفة

قبل البدء فى إعداد برنامج لإستيراد العدو الحيوى ضد آفة معينة، يجب تعريف الآفة المستهدفة تعريفاً دقيقاً. كما يجب تقدير مناسبتها كآفة مستهدفة لبرنامج المكافحة البيولوجية. مثل هذا التقدير سوف يأخذ فى إعتباره عدداً من الأبعاد أو الوجوة البيولوجية والإقتصادية والإدارية والإجتماعية والشخصية. وقد إقترح بعض الباحثين سلسلة من الأسئلة تحدد هذه الأبعاد مع وضع درجات لإجاباتها تكون فى مجموعها مقياساً لتحديد مدى مناسبة الآفة المستهدفة للخضوع لهذا النوع من المكافحة، وكلما زادت الدرجات كلما زادت فرص النجاح.

obeikandi.com

- الأبعاد البيولوجية ذات الأهمية

تتضمن معلومات عن الآفة وأعدائها الطبيعية، إذ لابد من التأكد أولاً من منشأ الآفة، فلو وجد أنها ذات منشأ أو أصل أجنبي، فإنه لابد من إستيراد أنواع من الأعداء الطبيعية لمجابهتها. أما إذا كانت آفة محلية أو متوطنة، فلابد من الوقوف على أسباب وضعها كآفة قبل التفكير فى أى برنامج للإستيراد، وإذا وجد أن النشاط الإنساني قد ساهم فى جعلها آفة، فلابد من التفكير فى التغلب على هذه الأسباب وتحسينها.

وبمجرد تحديد منشأ الآفة، لابد من جمع المعلومات عن وضعها كآفة فى موطنها. فالأنواع الحشرية التي ليست بآفة فى مواطنها الأصلية تكون أفضل عند مكافحتها بيولوجياً من خلال إستيراد الأعداء الطبيعية لها عن تلك التى تكون آفات فى مواطنها الأصلية. وبالنسبة للنباتات، فإن تلك التى تتكاثر لاجنسياً يصلح معها أسلوب المكافحة البيولوجية عن تلك التى تتكاثر جنسياً.

- الأبعاد الإقتصادية

هذه تتضمن فيما لو كانت الآفة ذات قيمة إقتصادية كبيرة تستحق هذا البرنامج من المكافحة، وهل سيتفوق برنامج المكافحة البيولوجية عن غيره من أساليب المكافحة الأخرى فى خفض تعداد الآفة إنخفاضاً ملحوظاً مؤدياً إلى الحصول على نتائج ذات قيمة إقتصادية. غالباً ما ينظر إلى الآفات التى تهاجم الأجزاء غير المحصولية non-harvested parts من النبات (الآفات غير المباشرة non-direct pests) على أنها أهداف مناسبة للمكافحة البيولوجية عن تلك التى تهاجم الثمار المحصولية harvestable fruits (الآفات المباشرة direct pests). يرجع ذلك إلى أن الكثافة التى عندها تحدث الآفات غير المباشرة أضراراً إقتصادية غالباً ما تكون أعلى عن تلك فى حالة الآفات المباشرة. وحتى مع الآفات المباشرة يمكن أن تُخفض المكافحة البيولوجية أعداد الآفة بدرجة تكفي لعدم حدوث ضرراً إقتصادياً. وفى بعض الحالات الأخرى، فإن معدل الإنخفاض بسبب المكافحة البيولوجية وحدها قد يكون غير كاف، ولكن يمكن أن تلعب المكافحة البيولوجية دوراً هاماً فى برنامج إدارة الآفة pest management.

- الأبعاد الإجتماعية

تنشأ هذه الأبعاد الإجتماعية مثلاً عندما يحدث إختلاف فى الآراء حول ما إذا كان نبات ما أو أى نوع آخر ضار من وجهة نظر البعض وذا قيمة إقتصادية من وجهة نظر البعض الأخر.

obeikandi.com

قد تؤدى هذه الإختلافات إلى تساؤلات حول ما إذا كان نوع ما من الآفات هدف للمكافحة. وكمثال لهذه الإختلافات هو النظرة المتفاوتة فى استراليا حول النبات المزهر المتوطن السام *Echium plantagineum*، إذ يرى مربى النحل أنه نبات مرغوب فيه، بينما يرى مربى الماشية أنه حشيشة سامة. ويجب أن تحل مثل هذه الإختلافات قبل البدء فى برنامج إستيراد الأعداء الطبيعية بغرض المكافحة. يمكن أن يطفو أيضاً على السطح بعد آخر عند التقييم الأولى لإطلاق عدو طبيعى ضد آفة معينة. فلو أن هذا العدو كانت له القدرة على مهاجمة أنواع أخرى غير الآفة المستهدفة وكانت هذه الأنواع ذات قيمة إقتصادية، فإن تأثير هذا العدو الحيوى على هذه الأنواع غير المستهدفة يحتاج إلى تقدير وتقييم (وهذا بعد بيولوجى)، كما أن هذا التأثير لابد أن ينظر إلية كبعد أو منظور إجتماعى حول الفائدة المرجوة من هذا الإطلاق.

- الأبعاد الشخصية

أخيراً هناك أبعاد أخرى شخصية مثل كفاءة الشخص وإمكانياته وإتصالاته على المستوى الداخلى أو الخارجى، لإتمام برنامج الإستيراد.

الخطوة الثانية: أعمال الحصر والتقسيم الأولى

بمجرد إختيار الآفة كهدف لبرنامج إستيراد الأعداء الطبيعية، فإن الخطوة الثانية تشمل جمع المعلومات من الأدبيات العلمية literature مع عمليات حصر حقلية أولية أو مبدأية لهذا النوع. ويُعتمد على التعريف التقسيمى للآفة فى جمع المعلومات المتعلقه بالتوزيع الجغرافى للآفة، وبيولوجية الآفة، والمدى العوائلى لها، والأعداء الطبيعية لها وللأنواع القريبة منها تقسيمياً. وقد يكون جمع معلومات عامة عن الأنواع القريبة للنوع المستهدف جوهرياً أثناء الإرتياد بسبب أنه فى الموطن الأصلى للآفة المستهدفة يمكن أن يتواجد عدد من الأنواع القريبة تقسيمياً، قد يرتبط بكل منها نوع معين من الأعداء الطبيعية. وإذا فرض وكان نوع الآفة جديد على العلم ولم يسبق تعريفه، فإن الأنواع الشديدة القرابة لها تقسيمياً لابد أن تحدد. وإذا ما صعب تمييز أنواع الآفات القريبة لها، فإن الأخطاء فى التعريف ستقود إلى جمع و إكثار نوع حيوى مرتبط بآفة غير تلك الآفة المستهدفة وبالتالى سوف تكون أقل فعالية أو قد لا يكون لها تأثير بالمرة على خفض تعداد الآفة المستهدفة. ولذا فإن التعريف التقسيمى للآفة موضع الدراسة يشكل القاعدة الأساسية للتخطيط الإستراتيجى فى تحديد الأماكن المناسبة للبحث عن الأعداء الطبيعية وأيضاً فى تعريف العدو الطبيعى المناسب.

بالإضافة إلى مراجعة الأدبيات لجمع المعلومات المتعلقة بالأعداء الطبيعية للآفة المستهدفة، فلابد من إجراء حصر حقلى فى المناطق المزمع إستيراد الأعداء الطبيعية منها لتحديد أى من أنواع الأعداء الطبيعية المتواجدة، إن وجد، يمكن أن تهاجم الآفة فى موطنها الجديد، وتفيد مثل هذه المعلومة فى تحديد ماهية الأعداء الطبيعية التى تقبل الآفة كعائل أو فريسة لها.

الخطوة الثالثة: إختيار مناطق الإرتياد

تهدف هذه الخطوة إلى تحديد المناطق الجغرافية التى يتواجد بها الأعداء الطبيعية الفاعلة والمؤثرة. هناك أربع إتجاهات عامة يمكن إستعمالها فى البحث عن الأعداء الطبيعية وهى البحث عن الأعداء الطبيعية للآفة المستهدفة، أو تلك القريبة تقسيمياً للنوع المستهدف، أو تلك التى تجمع من مناطق مناظرة جغرافياً للنوع المستهدف، أو أعداء طبيعية لأنواع لاترتبط تقسيمياً أو بيئياً بالآفة المستهدفة. ويعتبر البحث عن الأعداء الحيوية للآفة المستهدفة هو أفضل هذه السبل، وأكثرها فاعلية. ولتحقيق هذا يجب تحديد المناطق التى يكون البحث فيها مثمراً، وقد يرتبط هذا فى بعض الحالات بالرجوع إلى الأدبيات والمراجع العلمية الخاصة بالأعداء الطبيعية لنوع الآفة المستهدفة.

وغالباً ما يستدل على هذه المواقع المناسبة من تناظر الظواهر البيوجغرافية والبيئية والحيوانية. وتتضمن وسائل البحث تعريف الأعداء الطبيعية للآفة المستهدفة، أو تلك ذات الفعالية للأنواع القريبة لها تقسيمياً. وبمجرد تحديد تلك المواقع، يعتمد إختيار أماكن البحث داخل هذه المواقع أساساً على البؤر التي تتشابه عواملها المناخية مع تلك التى سيطلق فيها هذه الأعداء الطبيعية.

يمكن أن يعتمد على عدة مصادر معلوماتية لتحديد الموقع الجغرافى الأصلى للآفة origin، منها تاريخ التوزيع الجغرافى للآفة، ومركز تواجدها، والمنطقة التى يتواجد فيها العائل النباتى المفضل للآفة، والمنطقة التى يتواجد فيها الآفة بكثافة عددية منخفضة بسبب تواجد أعدائها الطبيعية، والمنطقة التى يكون فيها عدد الأعداء الطبيعية أو عدد تلك التى ترتبط بالعائل الحشرى عالياً. وأخيراً المنطقة التى يتواجد فيها عديد من الأنواع الحشرية القريبة تقسيمياً للآفة المستهدفة. من أجل كل هذا لابد من أن يستدل على معلومات ذات أهمية من الأدبيات المنشورة ومن سجلات المتاحف والمجاميع الحشرية.

ومن أبرز الأمثلة على المكافحة الناجحة للآفات الدخيلة عن طريق إستيراد الأعداء الطبيعية المرتبطة بها فى موطنها الأصلى هو مكافحة البق الدقيقى الأسترالى بواسطة الطفيل *Chryptocheatum iceryae* والمفترس أبو العيد الفيداليا *Rhodalia cardinalis*. إذ عندما غزت هذه الحشرة كاليفورنيا تم البحث عن أعدائها الطبيعية فى موطنها الأصلى فى جنوب أستراليا. هذا وقد تحقق العديد من النجاحات المتكررة فى مكافحة عديد من الآفات وإنخفاض تعداداتها إلى دون الحد الحرج الإقتصادى بفضل إستيراد نوع أو أكثر من أعدائها الحيوية المرتبطة بها من مواطنها الأصلية. ومن تفسيرات هذا النجاح إرتباط الآفة بعدوها الحيوى لمدة طويلة فى موطنها الأصلى وأن هذا الإرتباط يُميز بقدرة هذا العدو الحيوى على خفض تعداد الآفة. ومن الأمثلة الأخرى على تلك النجاحات فى مناطق مختلفة من العالم ومع مجاميع حشرية متباينة مكافحة حشيشة الكلاماث *Hypericum performatum* فى الولايات المتحدة، ونباتات التين الشوكى *Opuntia* spp. فى الهند واستراليا، وحشرة الزيتون القشرية *Paralatoria oleae*، ومَنْ جوز الهند *Chromaphis juglandicola*، والبق الدقيقى *Pseudococcus comstocki*، والذبابة البيضاء *Siphoninus phillyreae* وغيرها.

فى بعض الحالات، قد تتسبب الأعداء الطبيعية فى خفض معنوى لتعداد آفات دخيلة لم ترتبط بها من قبل، وتسببت فى تدمير أنواع نباتية متوطنة مرغوب فيها كما هو الحال بالنسبة للفطر *Cryphonectria parasitica* (من أصل آسيوى) الذى أهلك تقريباً حشرة أبو فروة الأمريكية *Castanea dentata*، وحشرة البق الدقيقى الأسترالى *Icerya purchasi* والتى أهلكت تقريباً مزارع الموالح فى كاليفورنياً. هناك أيضاً حالات من النجاح للمكافحة البيولوجية لآفات دخيلة عن طريق إستيراد أعداء طبيعية من مناطق أخرى غير الموطن الأصلى للآفة، ومن تلك الأمثلة مكافحة حشرة *Oxydia trychiata* فى كولومبيا بطفيل البيض *Telenomus alsophilae* من الشمال الشرقى الأمريكى.

وهناك أمثلة أخرى معروفة أدت إلى الإقتراح بأن الأعداء الطبيعية المناسبة للمكافحة البيولوجية يمكن أن تتواجد بين أنواع لم تتقابل مع الآفة المستهدفة من قبل. وبالرغم من أن بعض الأمثلة لوحظ فيها إنخفاض تعداد الآفة بأعداء طبيعية إفتقرت إلى الإتصال المباشر المسبق بنوع هذا العائل، فإن النجاح كان أكثر تحالفاً مع تلك الأعداء الطبيعية التى سبق لها الإرتباط بالآفه المستهدفة، بمعنى أعداء طبيعية من الموطن الأصلى للعائل. ولذا فإن المواطن الأصلية للآفة تشكل أنسب الأماكن التى يمكن إرتيادها للبحث عن أعداء حيوية مناسبة لها، وأن البحث

عن أعداء حيوية لم يسبق لها الإرتباط بالآفة تعتبر استراتيجية غير كافية للحصول على أنواع فعالة منها. وعلى كل، فإن الأنواع القريبة تقسيمياً أو غير القريبة التى لها دورات حياة وظروف بيئية مشابهة للآفة المستهدفة والتى تتواجد على العائل النباتى المستهدف فى الموطن الأصلى يمكن أن تكون مصادر نافعة للأعداء الطبيعية تستحق الدراسة حينما لا تتواجد الآفة المستهدفة أو تُظهر أعدائها الحيوية المرتبطة بها عدم فاعليتها. ومن الأمثلة الناجحة التى أتبع فيها هذا الأسلوب مكافحة الأرانب الأوربية *Oryctolagus cuniculus* فى أستراليا بفيروس من نوع من الأرانب من جنوب أمريكا، وأيضاً مكافحة حفار قصب السكر *Diatraea saccharalis* فى باربادوس Barbados بالنوع *Cotesia flavipes* الذى تم جمعه من الهند حيث يهاجم مجاميع أخرى من حفارات البقوليات.

الخطوة الرابعة: إختيار الأعداء الطبيعية المعدة للجمع

أ- صفوف الكائنات

فى كثير من الحالات تُحدد مشكلة أى نوع من الأعداء الطبيعية سوف يبحث عنه، فى ماهية الآفة المستهدفة. يكون لعديد من الآفات مجموعة محدودة جداً من الأعداء الطبيعية ومن الطبيعى أن تختار الأنواع من بين هذه المجموعة. لكن إذا إتسعت مجموعة الأعداء الطبيعية المرتبطة بالآفة، فإن بعض الإختيارات تكون ضرورية عند التخطيط لبرنامج المكافحة البيولوجية. أستغلت مجاميع متباينة تقسيمياً من الأعداء الطبيعية فى برامج المكافحة البيولوجية لمجاميع متباينة من الآفات. تضمنت هذه المجاميع فقاريات أرضية ومائية، ورخويات، ومفصليات أرجل (متضمنة الحشرات والعناكب المفترسة والطفيليات الحشرية والحشرات العاشبة)، وممرضات لمفصليات الأرجل، والفقاريات والحشائش. هذا وقد تصاعدت فى السنوات الأخيرة بعض التوجهات حول الإستفادة من هذه المجاميع المتباينة تقسيمياً وأمانها وتركزت معظم هذه التوجهات على درجة التخصص العائلى، وبالتالى سلامة وأمان (أقل المخاطر من السلبيات غير المتوقعة للإستيراد) العدو الحيوى.

١- الفقاريات

تم إستيراد الفقاريات الأرضية (الثدييات، والطيور، والزواحف، والبرمائيات) لعديد من المواقع المختلفة على مستوى العالم، وغالباً ما كانت النتائج غير مرغوب فيها، إذ يكتنف إستعمال مثل هذه الكائنات فى مجال المكافحة البيولوجية للآفات الأرضية درجة عالية من المخاطر بسبب مداها الغذائي الواسع، إضافة إلى سلوكيات أخرى خاصة بها.

أما الفقاريات المائية مثل الأسماك فقد أستعملت بدرجة واسعة لمكافحة الحشائش المائية، أو كمفترسات ليرقات البعوض والهاموش. أستعملت أسماك الجامبوزيا *Gambusia* sp. و*Poecilia* sp. على مستوى واسع لمكافحة يرقات البعوض، إلا أن تأثير إستيراد هذه الكائنات على تعدادات الأسماك المتوطنة أدى إلى إهتمام واسع إلى الدرجة التى نصح فيها بإستعمال الأسماك المتوطنة كبديل للأنواع المستوردة.

٢- الرخويات

تم إستيراد الرخويات كمفترسات لأنواع القواقع العاشبة وكمنافسات لأنواع القواقع التى تعمل كناقلات للبلهارسيا. قد تكون القواقع المفترسة عامة التغذية وهنا لابد أن يؤخذ فى الإعتبار، عند إستيرادها، إمكانية تأثيرها على القواقع المتوطنة غير المستهدفة. يمكن أن يتم الإستيراد فقط عندما يكون للقوقع من العادات الغذائية ما يحدد تأثيره فقط، إما بيئياً أو تقسيمياً على النوع المستهدف أو غيره من الأنواع التى ليس لها أهمية.

٣- الكانسات الأرضية من مفصليات الأرجل

تم إستيراد الخنافس الأرضية scarabid beetles لبعض المناطق فى أستراليا لكى يتم التخلص من روث قطعان الماشية فى المراعى الخضراء، لضرورتها من الناحية الصحية ولتقليل أعداد الذباب المرتبط بهذا الروث مثل أنواع الذباب *Haematobia irritans* وأنواع *Musca* spp.. وبالرغم من حدوث نجاح باهر فى إزالة هذا الروث فقد تزامن هذا النجاح مع إنخفاض أقل فى تعدادات الذباب.

٤- مفصليات الأرجل العاشبة

هى مجموعة من الأعداء الطبيعية التى تتضمن أنواع عامة التغذية وأنواع متخصصة، وبالتالى لابد أن يقيم المدى العوائلى لهذه الأنواع المستوردة بعناية فائقة حفاظاً على الأنواع النباتية المرغوبة فى مناطق الإستيراد. ولقد كانت تجارب الغربلة screening ناجحة فى عديد من عمليات الإستيراد لتلك الأعداء الطبيعية فى عديد من دول العالم، ولم تحدث أى نتائج ضارة من هذه الكائنات المستوردة فى تلك المناطق.

٥- مفصليات الأرجل الطفيلية والمفترسة

تكون فرصة حدوث مخاطر داخل مجموعة الأعداء الطبيعية التى تتضمن الأنواع المتخصصة إلى درجة ما من الطفيليات والمفترسات أقل ما يمكن. وغالباً ما يكون تأثير

obeikandl.com

مثل هذه الأنواع عند إطلاقها محصوراً على الكائنات المستهدفة. وبصفة عامة، فإن المفترسات العامة من مفصليات الأرجل مثل الدبابير الإجتماعية من عائلة Vespidae والنمل من عائلة Formicidae لا يتم إستيرادها حتى لو كانت ذات تأثير فعال على أنواع معينة من الآفات بسبب تأثيرها على نشاط الإنسان والكائنات الأخرى غير المستهدفة. وبنفس الشيء فإن الأنواع الواسعة المدى الغذائي من المفترسات غير الإجتماعية أو الطفيليات لا تفضل غالباً كعناصر مكافحة صالحة للإستيراد.

٦- الممرضات النباتية والحشرية

هى مجاميع من الأعداء الطبيعية التى تظهر فيما بينها درجات متباينة من المدى العوائلي، ولو أنه يمكن، بصفة عامة، تحديد المدى العوائلي بدرجة معقولة من الأمان من خلال التجارب المعملية مع الممرضات. تركز التطبيقات الحالية على الممرضات النباتية متخصصة العوائل (مثل مرض الصدأ والعفن) عند الإستيراد لمكافحة الحشائش بيولوجياً لكى نبتعد عن مخاطر إستيراد ممرض يكون له تأثير ضار على نباتات مرغوب فيها. ينطبق الحال أيضاً على الممرضات الحشرية إذ يتم تركيز الإستيراد على الممرضات المتخصصة جداً. هناك حالات نجاح قليلة مع الممرضات الحشرية، أما ممرضات الحشائش فقد لاقت نجاحاً أكبر.

من المفضل أن تجرى دراسات على الأعداء الطبيعية وعوائلها فى الموطن الأصلى قبل إستيرادها، إذ ستقدم تلك الدراسات رؤية عن طبيعة العلاقات بين الأنواع، متضمناً الإختلافات بين الأنواع المرتبطة بالطقس والأنواع الموسمية وغيرها من العوامل، ويكون من الممكن تقدير أى من عناصر المكافحة البيولوجية أفضل لإستيرادها وإستعمالها فى منطقة معينة بالإعتماد على المتطلبات البيئية، وسوف تساعد مثل هذه المعلومات أيضاً على إنماء برنامج جيد للمكافحة. من أمثلة البرامج الناجحة التى أعتمد فيها على هذا المنظور المكافحة البيولوجية للدبور *Dryocosmos kuriphilys* فى اليابان إذ تم الإعتماد على البيانات التى جمعت عن الأعداء الطبيعية له فى موطنه الأصلى (الصين)، وكذلك برنامج المكافحة البيولوجية للبق الدقيقى *Pseudococcus comstocki* فى كاليفورنيا مسترشداً بالأبحاث التى أجريت على أعدائه الطبيعية فى اليابان، وكذلك نجاح طفيل البيض *Telenomus alsophilae* من شمال أفريقيا لمكافحة الدودة القياسة *Oxydia trychiata* فى جنوب أمريكا معتمداً فى ذلك على نتائج الدراسات على هذا الطفيل فى شمال أفريقيا موطنه الأصلى.

Obeikandl.com

ب- السلالات والطرز البيولوجية

تتفاوت، بدرجة كبيرة، أنواع الأعداء الطبيعية فى خصائصها التى تؤثر فى قدرتها على مكافحة آفة مستهدفة معينة حتى بين العشائر المختلفة population لنفس النوع الحشرى. كما قد تتباين العشائر المختلفة للنوع الواحد، والتى يصعب تمييزها مورفولوجياً، أو وراثياً، فى بعض الخصائص البيولوجية بدرجة من المعنوية. وحيثما تستقر هذه العشائر، فإنه يطلق عليها تحت أنواع subspecies، أو سلالات races، أو طرز بيولوجية biotypes.

يمكن أن تتفاوت مثل هذه العشائر فى إختيارها للموقع البيئى، أو فى تفضيلها للعوائل، أو فى مداها العوائلى، أو فى فسيولوجياتها، أو معايير دورة حياتها وسلوكياتها. وحيث أن أى من هذه الخصائص يمكن أن يؤثر فى فاعلية وصلاحية عنصر حيوى ما ضد نوع آفة معينة أو فى بيئة معينة، فإنه من المناسب أن نستورد عشائر مختلفة خصوصاً تلك التى تتواجد فى مناطق تتفاوت فى ظروفها المناخية أو مكوناتها العوائلية.

فى عدد من الحالات، قد برهن إستيراد طرز بيولوجية biotypes محددة من الأعداء الطبيعية من مناطق مختلفة أنه كان قاطعاً سواء بالنسبة لأقلمته أو قدرته على خفض تعداد الآفة المستهدفة. ومن أحد هذه الأمثلة إستيراد سلالتين من الطفيل *Trioxys pallidus* لمكافحة مَنْ جوز الهند *Chromaphis juglandicola* إلى منطقة ذات مناخ متميز distinct فى الولايات المتحدة الامريكية. ومن الأمثلة الأخرى أيضاً الإستيراد المتكرر غير الناجح للطفيل *Cotesia rubecula* إلى الشمال الشرقى للولايات المتحدة الأمريكية من أوربا لمكافحة آفة أبى دقيق الكرنب *Pieris rapae* والتى دخلت أمريكا من أوربا عام ١٨٠٠. وبالرغم من عدم نجاح أقلمة أى من الإستيرادات المبكرة لهذا العدو الحيوى من أوربا، فإن الإستيرادات التالية لنفس الطفيل لكن من شمال الصين (التى تقع على نفس خط العرض تقريباً ومشابهة مناخياً لمنطقة تواجد الآفة المستهدفة) قد أدى إلى إستقراره وتأقلمه وقدرته على المكافحة. وقد تكون الطرز البيولوجية biotypes أيضاً ذات أهمية فى مجال الممرضات النباتية. فعلى سبيل المثال، يوجد لحشيشة *Chondrilla juncea* ثلاث طرز معروفة، وأن مرض الصدأ الذى أستعمل بنجاح باهر وعلى نطاق واسع فى أستراليا يهاجم سلالة واحدة منها فقط، ولو أنه من المعروف أن هناك سلالات أخرى من هذا المرض يمكن أن تصيب السلالات الأخرى للحشيشة ولكن بدرجات أقل كثيراً.

obeikandl.com

الخطوة الخامسة: الإرتياد، والجمع، والشحن

بمجرد تحديد المناطق التى سوف يتم إرتيادها وأيضاً تحديد الأنواع التي ستؤخذ فى الإعتبار، تبدأ رحلة الإرتياد والتي تشتمل على عدد من الخطوات التي تتضمن الحصول على تصريح جمع وشحن الأعداء الطبيعية، والسفر، وإرتياد أماكن الجمع للحصول على الأعداء الطبيعية، وشحن هذه العينات إلى الحجر الزراعى فى مناطق الإستقبال وغيرها من الإجراءات التى سوف تناقش بالتفصيل فيما بعد.

من الأهمية بمكان أن يتم البحث برؤية بيئية وتقسيمية للنوع النافع المستهدف، فقد يتضمن البحث أعداء طبيعية قريبة جداً للنوع المطلوب، أو فى بعض الحالات قد تختلف عنه تقسيمياً ولكن يشغل العدو الحيوى نفس البؤرة البيئية niche. ويجب أن يشمل البحث أيضاً مواسم وظروف مناخية متنوعة بسبب أن المجموعات الحشرية للأعداء الحيوية فى كل منها ربما تتفاوت بدرجات معنوية. ويجب أن يتم جمع عشائر نفس النوع من مناطق مختلفة تشتمل على السلالات المختلفة المحتمل تواجدها لنفس النوع. وقد يتطلب الأمر أكثر من رحلة للإرتياد فى مواسم زراعية مختلفة ليتم إختيار العنصر الملائم من عناصر المكافحه البيولوجية.

هناك غرض هام لعملية الجمع وهى تجميع أكبر قدر ممكن من المعلومات حول الأعداء الطبيعية لآفة معينة. وفى هذا السياق يجمع أى عدو طبيعى فاعل عند إكتشافه ويشحن إلى المعمل فى أماكن الإستقبال لتعريفه وتقييمه بشكل أوسع. ويسمح البحث فى نطاق جغرافى واسع بجمع عدد من الأعداء الطبيعية ذات مدى تقسيمى أوسع من ذلك فى أماكن قليلة محددة ومختارة والذى يسمح بجمع أعداء طبيعية مرتبطة فقط بآفة معينة. وغالباً ما تشتمل جمعات الموسم المبكر على أعداد أقل من طفيليات الآفة والطفيليات المفرطة عن تلك التى يتم جمعها فى نهاية الموسم.

الخطوة السادسة: الحجر والإستبعاد

تهدف إجراءات الحجر إلى إستبعاد الكائنات غير المرغوب فيها. ولذا يجب أن تشحن الأعداء الطبيعية التى تم جمعها من مناطق الإرتياد إلى منطقة الحجر فى مناطق الإستقبال للتأكد من خلوها من كائنات أخرى ضارة مصاحبة للشحنة أثناء عمليات الجمع والشحن. وهناك من القوانين التى تنظم عمليات شحن البضائع المستوردة وبصفة خاصة النباتات والأغذية والحيوانات. هذا ويجب ان يتواجد مبنى خاص بمواصفات معينة (معامل الحجر) فى منطقة الوصول تختبر فيه المواد المستوردة بأمان كامل.

Open Kanal.com

تخدم معامل الحجر الخاصة بالأعداء الطبيعية غرضين أساسيين، الغرض الأول أنها تهيء مكاناً تحفظ فيه الشحنات المستوردة تحت إجراءات حجر أولية إلى أن يتم التخلص من الكائنات المصاحبة غير المرغوب فيها. وثانيها أنها تهيء مكاناً للإختبار الآمن للكائنات النافعة الفاعلة. وبالرغم من أن المهمة الأولى لتلك المعامل هو التخلص من الكائنات غير المرغوب فيها، إلا أنها أيضاً مكاناً تربى فيه الكائنات النافعة المرغوبة لعمل مزرعة مبدأية منها. وبالتالى يجب أن تهيء هذه المعامل ظروفاً بيئية مناسبة لتربية ناجحة للأنواع النافعة (وبالتبعية عوائلها) وفى نفس الوقت تمنع هروبها إلى الخارج.

تفتح العينات الواردة إلى معامل الحجر داخل خزانة chamber خاصة تسمح بالفحص وفصل مكونات الطرد وإستبعاد أى مواد غير مرغوب فيها. وعندئذ تفصل الكائنات الفاعلة وتحفظ فى الحجر لإكثارها كما سيأتى بالتفصيل فيما بعد.

ولكى تكون الأعداء الطبيعية المختارة ذات فائدة وفاعلة يجب أن يكون لها القدرة على أن تكمل دورة حياتها على العائل الأولى المتاح فقط. وتعتبر الإختبارات التى تؤكد هذا دليلاً، بصفة عامة، على أن هذا النوع طفيل أولى، أو مفترس، أو ممرض وليس طفيلاً مفرطاً أو مترمماً فى سلوكياته. هذا ويلزم إجراء إختبارات التخصص العائلى حيثما ترتبط الآفة المستهدفة (مثل الحشيشة) بكائنات أخرى (نباتات أخرى) ذات أهمية فى وسط الإنتشار. وبالنسبة للحشرات العاشبة أو الممرضات النباتية التى تستورد كعناصر للمكافحة البيولوجية، لابد أن يجرى عليها المزيد من الإختبارات الإضافية التى تهدف إلى تحديد المدى العوائلى للنوع النافع لكى نتجنب إطلاق نوع فى وسط إنتشار به نباتات مرغوب فيها يمكن أن تتاثر بهذا العدو الحيوى. تعرف هذه الإختبارات بإختبارات الأمان كما سيأتى ذكره بعد. ويعتبر تأسيس مزارع خالية من التلوث من الأهداف الجوهرية لإجراءات الحجر، فقد تتعرض تعدادات الأعداء الطبيعية لمخاطر جوهرية فيما لو تم غزو مزارعها بكائن آخر. فقد تُفقد أو تتناقص الطفيليات أو المفترسات أو الأنواع العاشبة المرغوب فيها من مزارعها بظهور عدو آخر يتنافس معها على نفس العائل.

قد تتعرض الأعداء الطبيعية العاشبة phytophagous natural enemies للإبادة عندما تلوث مزارع عوائلها بنوع عاشب آخر. كما قد تتعرض الأعداء الطبيعية العاشبة لهجوم من طفيليات أو ممرضات، وفى كل الحالات فإن حماية مزرعة صغيرة نقية فى الحجر هو هدف أساسي عند التعامل مع مواد مستوردة. هذا ويتشابه التداول الآمن للممرضات الحشرية مع نظيره للمجاميع الأخرى من الكائنات من حيث ضمان عدم إطلاق أنواع ضارة، وأيضاً عدم تلوث المواد المستوردة.

الخطوة السابعة: الإختبار الآمن وعزل الأعداء الطبيعية لدراسة مستقبلية

قد يتطلب الأمر إختبارات خاصة بالمدى العوائلي بالنسبة لبعض مجاميع الأعداء الطبيعية، وبصفة خاصة الحشرات العاشبة أو الممرضات النباتية المستوردة ضد الحشائش، لتحديد صلاحيتها فى وسط الإنتشار الجديد قبل إطلاقها. عادة ما يكون الهدف من هذه الإختبارات تحديد القدرة على التغذية أو العدوى، والقدرة البقائية survival والإنتاجية productivity على مجموعة من الأنواع النباتية عادة ما تكون قريبة تقسيمياً من الحشيشة المستهدفة، أو غيرها من نباتات ذات قيمة خاصة لتحديد صلاحيتها لتغذية النوع المستورد. تتضمن هذه النباتات الأخرى نباتات محصولية لا علاقة لها بالحشيشة لكنها تنمو معها فى المنطقة التى سيتم فيها الإطلاق فيما لو أن هذه النباتات لا تتواجد فى المنطقة التى جمعت منها هذه الحشرات العاشبة. تجرى هذه الإختبارات داخل الحجر وما تزال الأعداء الطبيعية محجوزة به. تعكس مثل هذه التجارب التي تجرى على أداء العدو الحيوى صورة محدودة عن السلوك الطبيعى المتوقع له فى الحقل، لكنها تمدنا بمعلومات حول المدى العوائلي للعدو الطبيعي.

يسمح بالإطلاق من الحجر فقط للأعداء الطبيعية التى سبق الوقوف على مداها العوائلى فى البيئة الجديدة. لا يكون درجة إتساع هذا المدى العوائلى المقبول ثابتاً، بل يمكن أن يتغير من برنامج إلى آخر ومن منطقة إلى أخرى، حتى ولو لنفس الحشرة المستهدفة أو نوع العدو الحيوى، إذ يعتمد ذلك على ظروف منطقة الإطلاق. وبصفة عامة، تكون الأعداء الطبيعية مهيأة للإطلاق فيما لو أن الإطلاق سوف لا يعرض أنواع النباتات المرغوبة أو ذات القيمة (أو الحيوان) لمخاطر فى مناطق الإطلاق أو فى المناطق المجاورة لها. وعادة فإن التغذية على كميات قليلة من النباتات غير المستهدفة لا تؤخذ فى الإعتبار ولا تشكل عائقاً للإطلاق، وأن الأعداء الطبيعية ذات المدى العوائلى الضيق غالباً ما تكون مقبولة ومفضلة للإطلاق.

عادة لا تتعرض الطفيليات والمفترسات لإختبارات المدى العوائلى بنفس الدقة لعدة أسباب منها:-

١- يستورد العديد من تلك الأعداء الطبيعية لمجابهة آفات دخيلة ليس لها أو لها عدد قليل جداً من الأنواع القريبة لها تقسيمياً فى هذا الموطن الجديد، وفى مثل هذه الحالات تكون الأعداء الطبيعية المستوردة متخصصة بما فيه الكفاية فى الموطن الجديد لدرجة يستبعد معها أى تأثير ضار على غيره من الأنواع غير المستهدفة.

٢- أن المدى العوائلى لعديد من الطفيليات، وبدرجة أقل لبعض المفترسات من مفصليات الأرجل، يكون محصوراً فى عدد قليل من الأنواع أو الأجناس داخل العائلة. وأن مثل هذه الأنواع من العوائل ليست عرضة لمخاطر الإنقراض إذ أن إضافة أعداء طبيعية جديدة للوسط نادراً ما تسبب نسبة موت جوهرية للعوائل غير المستهدفة. يمكن أن تحدث بعض الإستثناءات وبصفة خاصة عندما يتزامن إضافة الأعداء الطبيعية مع حدوث عوامل أخرى مثل تدمير الموطن habitat destruction وبصفة خاصة فى الجزر، لكن يندر وجود أمثلة وبيانات قاطعة على حدوث ذلك. وبصفة عامة، فإن التقويم المعملى للمدى العوائلى للحشرات الطفيلية أو المفترسة يكون من الصعب تفسيره، ويخضع لنفس القيود التى تطبق على الحشرات العاشبة، وبالتالى فإن السلوك داخل المعمل لا يكون قاطعاً تماماً لسلوك الحشرة أو قدرتها على قمع الآفة تحت الظروف الحقلية.

وبصفة عامة، فبينما تفضل عناصر المكافحة البيولوجية العالية التخصص بسبب عظم فاعليتها وأمانها للكائنات غير المستهدفة، إلا أنه فى بعض الحالات، كما هو الحال فى أكاروسات عائلة Phytoseiidae المفترسة، يكون إستعمال الأنواع ذات عادات التغذية الأوسع generalists لكنها مرتبطة بدرجة كبيرة بالنبات الموجود عليه الآفة، محققاً لإستراتيجية فاعلة عند إستيرادها.

يشمل إستيراد الفقاريات، رغم قلتها، تقويمات إضافية لعاداتها الغذائية وغيرها من الصفات السلوكية. فى حالة السمك، فإن إجراء التجارب فى برك للتجارب أو ترع صناعية يسمح بالدراسة فى ظروف منعزلة. إن إحتمالات ظهور بعض الخصائص غير المرغوب فيها، مثل التغذية على بيض أنواع أخرى مرغوب فيها من الأسماك، مازال وارداً بعد أن يسمح لعشائر هذا الكائن الفقارى بالتوطين على نطاق واسع. ولذا لابد من بذل مجهودات مكثفة للوقوف على مثل هذه المشكلات الحيوية إذا ما تم التفكير فى إطلاق الأنواع الفقارية.

الخطوة الثامنة: التوطين الحقلى وتقويم الفعالية

يعتبر توطين colonization النوع الجديد فى الحقل خطوة فاصلة فى إستيراد الأعداء الطبيعية تلى توطيد establishment مزارع نقية منه والسماح بإطلاقه. تبين السجلات التاريخية والمراجع العلمية أن ٣٤% من محاولات توطين الأعداء الطبيعية قد أظهرت نجاحاً، ويمثل هذا الحد الأدنى لنسب النجاح. وترتبط قدرة العدو الحيوى على توطيد ذاته establishment فى الحقل على عديد من العوامل البيئية، والفنية، والمالية، والإنسان ذاته.

يرجع العديد من حالات فشل توطيد الأعداء الطبيعية إلى إختيار عناصر حيوية غير مناسبة للغرض المقصود، إما بسبب عدم قدرتها على المعيشة تحت الظروف المناخية فى الوسط الجديد، أو بسبب عدم صلاحيتها فى مهاجمة الآفة المستهدفة، وهنا يتحتم على الباحثين ضرورة البحث عن نوع آخر أو سلالة أخرى من الأعداء الطبيعية أكثر مناسبة. هناك البعض من الأعداء الطبيعية التى يمكنها مهاجمة الآفة المستهدفة، لكن يتم ذلك بطريقة عرضية أو صدفة accidental أو لسبب ما، وفى مثل هذه الحالات لا يقوم العدو الحيوي بالبحث جيداً عن عائله المستهدف ولا يمكنه التكاثر جيداً عليه إذا ما كان إرتباطه الأول مع بعض العوائل الأخرى. فى حالة الأعداء الطبيعية للآفات العاشبة يمكن أن يكون العائل النباتى الذى يتواجد عليه العدو الحيوى وعائله عاملاً هاماً، فالخصائص النباتية مثل المكونات الكيميائية وملمس الورق، والشعيرات والتركيب النباتى كلها عوامل هامة يمكن أن تؤثر على قدرة الأعداء الطبيعية في أن لا تهاجم إلا العوائل المناسبة. فلو أن العدو الحيوى تم الحصول عليه من الآفة المستهدفة على المحصول الرئيسى الذى يتأثر بتلك الآفة، فإن هذا دليل مؤكد على أن هذا العائل النباتى مناسب لهذا العدو الحيوى. أما إذا تواجدت الآفة المستهدفة على عدد من أنواع النباتات أو على نوع آخر ذو أصناف كثيرة أو على عشائر محلية تختلف فى صفاتها الفسيولوجية والكيماوية، فيمكن أن يكون للأعداء الطبيعية تأثيرات متباينة على عشائر نفس العائل المتواجدة على مختلف العوائل النباتية.

هناك إعتبار إضافى فى توطيد الأعداء الطبيعية وهو التماثل المناخى بين الموطن الأصلى وموطن الإطلاق. ففى بعض الحالات النادرة، إنتقلت عناصر بيولوجية بنجاح بين ظروف بيئية ومناخية غير متشابهة. وعلى العكس من ذلك تكون الأعداء الطبيعية أكثر نجاحاً عندما تختار من مناطق ذات ظروف مناخية مشابهة إلى درجة كبيرة مع مثيلاتها فى منطقة الآفة المستدفة. تشمل العوامل المناخية ذات الأهمية فى التأثير كل من درجات الحرارة الصغرى والعظمى، والرطوبة، وتأثير الأمطار الموسمية على العائل وعلى العائل النباتى، وكذا فترة الإضاءة. يمكن إستغلال الخرائط المناخية أو البيانات الجوية الكمبيوترية لإظهار مدى التناظر بين مناطق الإستيراد ومناطق الإطلاق لكى تساعد الباحثين فى جمع الأنواع المستوردة مباشرة من مناطق مشابهة لمناطق الإطلاق.

يمكن زيادة فرص توطيد establishment عدو حيوى معين بتعظيم عدة عوامل أثناء برنامج الإطلاق. تتضمن هذه العوامل عوامل وراثية، وصحة أفراد المستعمرة، وعدد وطور الأفراد التى سوف يتم إطلاقها، وإستخدام أفضل وسائل الإطلاق، وحماية مناطق الإطلاق. وبصفة عامة، فإن الإطلاقات التى تحتوى على أعداد كبيرة من أفراد سليمة فى أقوى أطوارها وتطلق تحت أنسب الظروف مع تعدادات مناسبة من العائل، يكون لها فرص أكبر للنجاح وتوطيد نفسها.

من المرغوب فيه أن يتم الإطلاق داخل عدد من المناطق التى تختلف فى ظروفها الزراعية والجغرافية والمناخية حتى يمكن بهذه الوسيلة إستبعاد النتائج السيئة للتقلبات الجوية التي قد تؤثر على منطقة إطلاق معينة فى البلد الجديد.

بعد إطلاق العدو الحيوى، لابد من متابعة monitoring عشائره لتحديد فيما لو تم توطيده من عدمه، وعادة ما يحدد التوطيد بإكتشاف وجود العدو الحيوى بعد مرور ١٢ شهراً أو أكثر من آخر إطلاقه، وذلك بأخذ عينات من تعداد الآفة للتأكد من وجود النوع الجديد الذي تم إطلاقه. وحيثما تتواجد عشائر قريبة تقسيمياً من الأعداء الطبيعية، فإن أخذ مثل تلك العينات تتطلب تعريفاً جينياً للتمييز بين الطرز البيولوجية. يجب أن تتم عملية المتابعة فى كل موقع من مواقع الإطلاق بسبب إختلاف تلك المواقع فى عناصر أجوائها الدقيقة microelements ومناسبتها لتكاثر الأعداء الطبيعية. كذلك لابد أيضاً من تسجيل البيانات عن الأحوال الجوية فى كل موقع لتحديد فيما لو أن الظروف المناخية أو غيرها من الظروف الأرضية قد تغيرت أثناء إجراء برنامج التوطين. كذلك يجب تسجيل بيانات عن التوطيد مع نشرها بغرض الإعلان عن وجود نوع جديد من الأعداء الطبيعية فى المنطقة التى تم فيها الإستيراد.

قد يتطلب توطين عنصر حيوى تكرار المحاولات قبل أن يتحقق النجاح. وعادة ما يكون برنامج التوطين طويل المدى. ويعتبر عدم المثابرة وتكرار المحاولات، وضعف المجهود المبذول من أكثر الأخطاء شيوعاً فى الخطوات التى تؤدى إلى فشل توطين الأعداء الطبيعية. وعلى كل، فإذا ما إتضح من المحاولات المتكررة أن عنصر حيوى ما ليست له القدرة على أن يوطد ذاته تحت الظروف البيئية الجديدة فإن أى محاولات أخرى لاحقة لتوطيده سوف لا تكون ناجحة أو مناسبة.

الخطوة التاسعة: كفاءة العدو الحيوى وتقويم البرنامج

بمجرد التأكد من أن العدو الحيوى الجديد أستقر وتوطد وتأقلم فى البيئة الجديدة، يمكن عندئذ تقويم تأثيره على عشائر الآفة. تعتبر هذه الخطوة قاطعة وباتة لإتمام عملية الإستيراد حيث أنها تُقَوم كمياً التأثير الذي أحدثه العدو الحيوى بالنسبة للآفة المستهدفة فى الوسط الجديد. تسهم هذه المعلومات مباشرة فى تخطيط البرنامج، فلو أن العدو الحيوى كان له تأثير فعال فى خفض معدلات معيشة وتكاثر الآفة المستهدفة، فإن توزيعه فيما بعد فى أماكن الإصابة بهذه الآفة سوف يكون مضموناً، أما إذا لم يكن لديه هذه القدرة، توجه المجهودات لإختيار أعداء طبيعية أخرى.

إضافة إلى تقويم فعالية العدو الحيوى، فإنه من المطلوب أيضاً برنامجاً أطول مدى عن تقويم المكافحة البيولوجية ككل وتأثيرها على الآفة المستهدفة. قد تتطلب العشائر أجيالاً عديدة لتوطيد نظام العلاقة الجديدة بين العدو الحيوى والآفة حتى تصل إلى حالة التوازن من جديد. وبمجرد الوصول إلى هذا التوقيت الزمنى (أو قد يكون مبكراً عن ذلك إذا تم التقويم الكمى للأعداء الطبيعية) يمكن تقدير درجة الإنخفاض فى تعداد عشائر الآفة المستهدفة الذى تحقق بسبب إطلاق العدو الحيوى. فلو كان هذا الإنخفاض كاف، يمكن تطبيق البرنامج على نطاق واسع، أما إذا كان غير كاف فيجب إعادة النظر فى هذا البرنامج فى ضوء ما تم إكتشافه من سلبيات. يمكن أن يؤخذ في الإعتبار الحاجة إلى أعداء طبيعية مختلفة وبصفة خاصة إذا كان قد تم إكتشاف أعداء حيوية أثناء مرحلة الإرتياد فى برنامج الإستيراد. فلو ظهر أن أنواعاً أو سلالات إضافية من الأعداء الطبيعية يمكن أن تستورد بنجاح، فيمكن تصميم برامجها لتقويمها فور توطيدها. أما إذا لم يتعرف على أعداء طبيعية أخرى، فالحاجة تكون ماسة لعمليات إرتياد إضافية.

مزايا إجتماعية

تعتبر المكافحة الحيوية فى مفهومها الأشمل واحدة من طرق عديدة فيها يدير ويغير الإنسان من ظروف البيئة. تغزو عديد من النباتات والحيوانات مناطق عديدة فى العالم. ويكون لهذه الحركات أو الغزو فى بعض الأحيان، تبعات سلبية غير متوقعة، إذ تصبح هذه الكائنات آفات. وتعتبر المكافحة البيولوجية إستجابة لمثل هذه الأحداث التى تشمل تحريك أنواع نافعة إضافية لتصحيح الضرر الذى تسببه الأنواع الدخيلة التى أصبحت آفات.

ترتبط المكافحة البيولوجية عن طريق إستيراد الأنواع النافعة بمزايا عظيمة جداً. تتضمن هذه المزايا إنخفاض فى تعداد الآفات والحد من خطورتها وتأثيراتها الضارة المختلفة، وتقليل إستعمال المبيدات وتلوث البيئة، وزيادة إنتاجية المساحات المنزرعة، والحفاظ على المحميات الطبيعية. بالإضافة إلى ذلك، فى حالة برامج مكافحة الحشائش بيولوجياً، هناك زيادة فى أعداد وتنوع الأنواع المرغوبة من النباتات عقب البرامج الناجحة لمكافحة الحشائش. لذا فهناك مزايا كثيرة إجتماعية وإقتصادية وبيئية لخفض تعداد الآفات من خلال المكافحة البيولوجية.

الأمان

تكمن مخاطر المكافحة البيولوجية، من خلال إستيراد أنواع جديدة من عناصر المكافحة البيولوجية، فى تأثيراتها المحتملة على الكائنات غير المستهدفة، مثل ما حدث فى برنامج إستيراد القوقع المفترس *Euglandia rusea* لمكافحة القوقع الأرضى *Achatina fulica* والذى أدى إلى

إنقراض القوقع الأرضى *Partula* فى جزر الباسفيك وهى قواقع غير مستهدفه فى البرنامج إذ لم يكن مكافحتها هدف من أهداف البرنامج.

كانت معظم حالات الضرر من المكافحة البيولوجية مبكرة الإجراء كإستيراد الفقاريات والتى لم تستمر لمدة طويلة، وكانت إستراتيجية إستبعاد المخاطر ناجحة بالفعل. فعلى سبيل المثال، ليس هناك ما يدل على أن الكائن نباتى التغذية الذى يختبر قبل إطلاقه ويستعمل عندئذ فى برامج المكافحة البيولوجية للحشائش يسبب أى ضرر دائم للمحاصيل المرغوبة. وفى الحقيقة، فإن المكافحة البيولوجية من خلال إستيراد أنواع جديدة من الأعداء الطبيعية هى صورة من الصور المباشرة للإدارة البيئية. يوضح جدول (١:٦) الدرجة النسبية للمخاطر المختلفة عند إستعمال الأعداء الطبيعية.

تنشأ عناصر الأمان من مفهوم منع أو تقليل التأثيرات السلبية المحتملة من إستيراد الأعداء الطبيعية من خلال ثلاث عمليات تتم أثناء الإستيراد وهى:-

١- تلوث فى المواد المستوردة

٢- إطلاق غير متعمد من المواد المستوردة فى الحجر

٣- تأثير سلبى غير مرئى للعناصر الحيوية المختارة للإطلاق.

يمكن التغلب على العنصرين الأولين من خلال تقليل الضرر المحتمل للملوثات فى المواد المشحونة، والإطلاق تحت مراقبة شديدة داخل الحجر، وإتلاف الكائنات غير المرغوب فيها، والتعامل بحرص وبدقة مع المواد المستوردة داخل الحجر إلى أن يتم إطلاقها. وبذا يمكن أن تصل المخاطر إلى الصفر بالنسبة لكل من هذين العنصرين.

أما فيما يتعلق بالعنصر الثالث، فإن عديداً من التأثيرات السالبة غير المتوقعة للأعداء الطبيعية المستوردة يمكن أن تدرس وتختبر لتعظيم درجة الأمان فيما يتعلق بهذا العنصر، ويمكن أن يتم ذلك من خلال ثلاث محاور:-

أ- يجب أن لا يؤثر الإطلاق المقصود سلباً على برنامج المكافحة البيولوجية نفسه. فعلى سبيل المثال، فلو أن أفراد العدو الحيوى الذى سيطلق يحتوى على ممرض أو طفيل مفرط للعدو الحيوى فسوف يؤثر ذلك على فاعلية العدو الحيوى المقصود. ولذا فإن الدراسات البيولوجية الدقيقة للأنواع المستوردة يمكن أن تحد من مخاطر تلك العوامل التى تؤثر بالسلب على برنامج المكافحة.

obeikandl.com

ب- قد يحدث ضرر للمحاصيل أوغيرها من النباتات أو الكائنات المرغوبة عقب إطلاق العدو الحيوى. ولذا فإن إختبارات المدى العوائلى الدقيقة التى تجرى قبل الإطلاق سوف تقلل من حدوث مثل هذه الأضرار غير المحببة.

جـ- قد يكون هناك تأثيرات غير متوقعة على الكائنات غير المستهدفة فى البيئة. يمكن تقليل إحتمالات حدوث هذه التأثيرات عن طريق تطبيق معايير صارمة فى إختيار العناصر الحيوية للإطلاق، متضمنة إستبعاد الفقاريات (بإستثناء نظم مائية معينة certain aquatic system)، واللافقاريات الإجتماعية، واللافقاريات العاشبة أو الطفيليات أو المفترسات ذات المدى الغذائى الواسع. إضافة إلى هذا، يجب أن يؤخذ فى الإعتبار التكوين الإيكولوجى الذى سوف يطلق فيه العدو الحيوى. فعندما يتضمن هذا التكوين أنواع أومجموعات ذات قيمة خاصة، فيمكن أن يتضمن تقويم أهداف البرنامج والدراسات البيولوجية للأعداء الحيوية إعتبارات خاصة لتأثيراتها المحتملة على مثل تلك الأنواع ويبحث عن الأعداء الطبيعية التى لاتهاجم مثل هذه الأنواع عالية القيمة. ويظهر أن التأثيرات السالبة غير المتوقعة على الكائنات غير المستهدفة من خلال إطلاق الأعداء الطبيعية نادرة الحدوث، وعادة ما تكون غير ذات وزن مقارنة بالإيجابيات البيئية التى تحدث عند خفض كثافة الآفة المستهدفة.

جدول (١:٦) الدرجة النسبية للمخاطر المختلفة عند إستيراد الأعداء الطبيعية

نوع العدو الحيوى	درجة المخاطرة	تعليق
الفقاريات Invertebrate (الطيور، الثدييات، الأسماك ...الخ)	١٠	غير آمنة على الإطلاق، يجب عدم إستيرادها خارج نطاقها التاريخى للتوزيع الطبيعى لها.
المفصليات الأرضية الكانسة Terrestrial arthropod scavengers (خنافس الروث)	٥	يعتمد تأثيرها على المجتمع والبيئة التى سوف تستورد لها. يعتمد التأثير على المنافسة وليس العلاقات الغذائية.
المفترسات الإجتماعية غير الفقارية Social predatory invertebrates (النمل، الدنابير مثل عائلة Vespidae)	١٠	غير مناسبة خارج نطاق التوزيع التاريخى لها، تقوم بالسع كما أنها تقوم بإعاقة اللافقاريات المحلية (النمل يحل محل النمل المستوطن فى البيئة)
ذباب عائلة تاكينيدى Tachinid flies	١ - ١٠	المخاطرة متغيرة ومختلفة، بعض الأنواع مثل *Compsilura concinnata* هى طفيليات واسعة المدى

نوع العدو الحيوى	درجة المخاطرة	تعليق
		العوائلى (تهاجم حوالى ٢٠٠ نوع حشرى) والتى تؤثر على العديد من الأنواع المحلية. البعض الآخر مثل *Myiopharus* والتى تهاجم خنفساء الكلورادو هى متخصصة جداً.
طفيليات غشائية الأجنحة Parasitic Hymenoptera (فوق عائلتى Chalcidoidea & Ichneumonoidea)	١ – ٣	مختلفة المدى العوائلى، ليس هناك تأثيرات عكسية واضحة مسجلة حتى الآن.نحتاج لدراسة التأثيرات على الكائنات غير المستهدفة كما أنه يجب دراسة المدى العوائلى بعناية قبل الإطلاق.
الحشرات المفترسة Predatory insects	٣	المدى العوائلى لها أوسع مقارنة بالطفيليات الحشرية، كما أن تأثيرها على الفرائس يكون خفي لإتساع المدى العوائلى. التأثيرات الجانبية على المفترسات المحلية ذات نفس المدى العوائلى ذات أهمية خاصة بالنسبة لأبى العيدات.
المفترسات الأكاروسية Predatory mites (Phytoseidae)	١–٢	مختلفة المدى العوائلى ومعظمها غير عالى التخصص. تتغذى بعضها على حبوب اللقاح. يجب دراسة التأثير الجانبى على الكائنات غير المستهدفة.

(١ قليل الخطر & ١٠ عالى الخطر) (فان دريتش وهودل Hoddle و Van Driesche، ٢٠٠٠).

ب– طرق إستيراد الأعداء الطبيعية Methods of natural enemy introduction

تتضمن برامج المكافحة البيولوجية، القائمة على إستيراد أنواع جديدة من الأعداء الحيويـــة، عدة خطوات، كل منها يسهم بنصيب للحصول إلى التفعيل الكامل لمثل هذه البرامج، ويمكن تقسيم هذه الخطوات إلى:

١– الإرتياد والجمع.

٢– شحن الأعداء الطبيعية.

٣– عمليات الحجر للمواد المستوردة .

٤– التأكد من أمان safety الأعداء الحيوية المستوردة.

٥– التوطين الحقلى للأعداء الطبيعية وتقويم البرنامج النهائي.

أولاً: رحلة الجمع:

١- التخطيط والإعداد

ا- الموافقات والتنظيم وإمكانيات الحجر:

يعتبر الحصول على الموافقة على الجمع وتصدير وإستيراد المادة التى تم جمعها والتنسيق مع إمكانيات الحجر للتعامل مع تلك المواد المشحونة هي الخطوات الأولى فى تخطيط وتنظيم رحلة الارتياد.

تكون هذه الموافقات مطلوبة ليس فقط لإستيراد المواد التى جمعت إلى الموطن الجديد، بل أيضاً للموطن الأصلى الذى ستجمع منه العينات حيث القواعد التى تحكم عملية جمع وتصدير المواد الحية أو العينات الميتة (كما فى حالة المتاحف). قد لايكون هناك قوانين دولية تحكم بصفة خاصة شحن الأعداء الطبيعية، لكن يمكن شحنها وفقاً لقوانين عامة أخرى تحكم إستيراد أو إستقبال الكائنات غير المتوطنة non-native. وبنفس الشئ فإن الحكومة لديها من القوانين التى تحكم عملية تحريك movement وإطلاق release الكائنات غير المتوطنة وهذه يمكن أن تطبق على إستيراد الأعداء الطبيعية.

قد يتطلب الأمر موافقات منفصلة للإستيراد إلى الحجر والإطلاق منه، ويجب أن يتضمن التعاون مع إمكانيات الحجر صور من هذه الموافقات، وعن التواريخ المتوقعة لوصول الشحنات، وعن الرسوم الجمركية للمادة المشحونة، وترتيبات خاصة بالتعامل مع هذه المواد وحفظها ونقلها إلى الباحثين. كذلك لابد من عمل ترتيبات مع معمل الحجر المستقبل للعينات.

ب - التمويل

عادة ما تتطلب برامج إستيراد الأعداء الحيوية مصدراً طويل الأمد للتمويل الثابت، إذ قد يتطلب البحث عن الأعداء الطبيعية من ١٢-١٨ شهراً فى التجهيزات، وعدة شهور فى البحث، وأشهر أو سنين للأعمال التالية الخاصة بتقويم كفاءة الأعداء الطبيعية المستوردة. ويجب أن يتضمن هذا التمويل دعم مالي للقائمين بالعمل فى المعهد الأم (منطقة الإستقبال) حيث التعامل مع المواد المستوردة فى الوقت الذى يكون فيه المرتاد خارج البلاد، ودعم مالى لإنماء مستعمرات للعائل الحشرى، والحفاظ عليه لمدة قد تصل إلى عدة أشهر قبل وبعد الإرتياد، وكذا دعم مالى للحفاظ على المزارع المعملية للأعداء الحيوية المستوردة.

يتضمن أيضاً التمويل المالي لرحلة الإرتياد تكاليف السفر والإقامة، والنقل للمواد المشحونة، وشراء الأدوات اللازمة للإرتياد. وفى بعض الجهات، قد يتطلب الإنتقال الداخلى من وإلى مواقع الجمع إلى الإستعانة بسائقين مهنيين.

٢- الجامع أو المرتاد

يجب على المرتاد أن يكون ملماً إلماماً كافياً بالآفة المستهدفة وأعدائها الطبيعية، متضمناً التوزيع الجغرافى والمدى العوائلى والعوائل النباتية، والبيولوجيا، والوضع التقسيمى. كذلك يجب أن يكون المرتاد مستعد للسفر تحت ظروف مختلفة يحتاج فيها إلى معرفة لغة وعادات المناطق التى سوف يرتادها. ومن المهم تكوين علاقات مع الزملاء والباحثين حتى تكون الإستفادة كاملة فى الوقت المسموح به للبحث.

أ- تخطيط الرحلة

قبل المغادرة لبدء الرحلة، لابد أن يكون هناك خط سير مفصل للتعاون مع إمكانيات الحجر وغيرها من الهيئات المشتركة فى البرنامج. ولابد من الحصول على جواز السفر والموافقات بالسفر. ومن المفضل أن تكون معدة من قبل. يمكن أن يمد الإتصال بالزملاء فى الخارج المرتاد بمعلومات جيدة وذات قيمة عن أنسب المواسم والمواقع التى يمكن أن يتضمنها الإرتياد. إذا كان هناك حاجة إلى مرشدين، فيمكن أن ينصح الزملاء فى الخارج عن إمكانية ذلك وتكاليف هذه الخدمة. كما يجب أن يتضمن خط سير الرحلة التاريخ المتوقع لإستقبال الشحنة فى معامل الحجر. هذا ويفضل فى حالة حدوث أى تغيير فى هذه التواريخ المتوقعة للشحن أو أى تغيير فى خطة الرحلة أن يتم ذلك تليفونياً أو تلغرافياً أو عن طريق الفاكس، لإعلام إمكانيات الحجر والمعهد القائم بالعمل.

ب- الأدوات

يجب أن تتم الترتيبات الخاصة بالأدوات اللازمة قبل الرحيل. وعادة ما يحمل المرتاد هذه الأدوات معه، لكن فى حالة ما إذا كان العمل سيتم بالتضامن مع المعمل فى القطر الأجنبى، فيمكن التغاضى عن بعض هذه الأجهزة مثل الميكروسكوبات.

ويمكن تقسيم هذه الأدوات إلى ثلاث مجاميع. أدوات الجمع (مثل الخرائط، جوانتيات، كاميرا، أكياس الجمع، صندوق ثلج ice chest، مناشير، معول soades، جاروف hovel، مسطرين rowels، مقص تقليم)، وأدوات التعريف والتداول handling (مثل ميكروسكوبات، عدسات مكبرة،

عبوات صغيرة لعزل العينات، بطاقات labels، أستك rubber bunds، عسل، دبابيس تحميل، أطباق بترى مزودة ببيئات زراعة الممرضات، ملاقط، كحول)، وأدوات التعبئة packing والشحن (مثل صناديق الشحن، بطاقات عناوين address labels، بطاقات حجر quarantine labels، شريط لصق، صور من تصريح الشحن، دوبارة string). وتتفاوت الإحتياجات الخاصة من مثل هذه المجاميع وفقاً للكائنات المستهدفة. وقد تتضمن أيضاً مراجع خاصة بتعريف العوائل النباتية والحشرية والأعداء الطبيعية.

٣- إتمام الإرتياد

أ- المستندات

من الخطوات الأساسية فى إقامة أى رحلة إرتياد فى الخارج إتمام عمليات البحث فى الأدبيات literature والدراسة التقسيمية، ودراسة مقتنيات المتاحف museum materials، ومذكرات المرتادين السابقين الذين تعاملوا مع نفس الآفة أو منطقة البحث، وتبادل المعلومات والمراسلات مع الزملاء بالخارج لتحديد أنسب الفصول والمواقع للإرتياد. ويجب أن يكون لدى المرتاد جواز سفر صالح valid والفيزات الضرورية وإتمام عمليات التحصينات وكل ما يتعلق بالأمور الطبية ولا مانع من وجود كروت لأصحاب الأعمال.

ب- السفر

يجب على المرتاد أن يكون مزوداً بكل إحتياجاته الخاصة. من المتطلبات الرئيسية من ماء الشرب، أقراص لتنقية المياه، أطعمة عالية الطاقة، الضرورى من الأدوية. وقد يزود نفسه بعبوات لشحن المواد إذ قد يصعب الحصول عليها فى بعض المناطق. ويجب أن يكون خط سير الرحلة مخططاً تخطيطاً جيداً مع الحصول على كل التذاكر قبل مغادرة بلده إذ قد يصعب الحصول على تذاكر فى بعض المناطق وقد يكون من المناسب فى بعض المناطق مراجعة قنصليته للإبلاغ عن وجوده مع تسجيل عنوانه فى البلد الأجنبي ليسهل الإتصال به عند الضرورة. هناك إحتياجات أخرى مناسبة مثل أخذ مياه للشرب فى الحقل، وقبعة للحماية من الشمس فى الأجواء الحارة وأى وسائل أخرى للحماية يمكن إتباعها.

ج- الجمع

على المرتاد أن يجمع بقدر ما يستطيع من المادة material المطلوبة ويمكن أن يساعد الزملاء المحليين فى تحديد أنسب الأماكن والنباتات الزراعية المناسبة للجمع، وغالباً ما يكون

obeikandl.com

طلاب الدراسات العليا المحليين ذوى مهارة فائقة فى هذا العمل. عادة ما يكون البحث عن العشائر المحلية native للأعداء الطبيعية وعوائلها والتى عادة ما تكون فى كثافات عددية منخفضة جداً عن المناطق التى يكون فيها النوع المستهدف هو الآفة. لابد أيضاً أن يحتفظ الجامع بمذكرات حقلية تتضمن تواريخ الجمعات، وأسماء القرى والمزارع، والذين تم التعامل معهم، وملاحظات عن المواطن المختلفة، والمجتمع النباتى وأنواع العوائل النباتية والحشرية المتواجدة والمصادر المحتملة للأعداء الطبيعية. كذلك يجب الإحتفاظ بمذكرات عن الآفات الأخرى المتواجدة والمصادر المحتملة للأعداء الطبيعية للمحاصيل الأخرى. تكون الخرائط (من الوطن الأم أو الخارج) والصور الفوتوغرافية ذات قيمة، إضافة إلى أى معلومات تفيد فى تحديد أماكن البحث بدقة وتكون مثل هذه السجلات ذات أهمية، وبصفة خاصة، عند التخطيط لرحلات مستقبلية. يجب أن تؤخذ الحيطة فى حفظ المادة المجموعة تحت ظروف مثلى أثناء التواجد فى الحقل، ويمكن إستعمال صندوق تبريد عازل أو أى وسيلة أخرى للحد من التغيرات فى درجات الحرارة، إضافة إلى إستخدام أوعية جمع مناسبة.

د- التجهيز

لابد أن يكون هناك وقت كاف كل يوم لعزل وتجهيز المادة المجموعة للتخزين والشحن. وإعتماداً على كمية المادة المجموعة من الحقل فقد يزيد الوقت اللازم لتجهيز ما جمع عن الوقت الذى بذل أثناء الجمع. بالإضافة إلى إمكانيات المعمل المحلى التى تمد الجامع بمكان للعمل وبالإضاءة والميكروسكوبات وغيرها من الإمكانيات، يجب أن يحمل المرتاد معه، بصفة عامة، كل هذه المواد والأجهزة الضرورية لتجهيز المجموعات.

هـ- الشحن

يجب أن تشحن المواد التى تم جمعها إلى إمكانيات الحجر تحت أنسب الظروف، وسوف تغطى هذه الجزئية بالتفصيل فيما بعد، لكن هناك بعض الأمور يجب ذكرها هنا ربما تؤثر على تخطيط عملية الإرتياد. يجب أن يتم الشحن بالطيران air freight أو إذا أمكن، بالبريد الجوى air mail. وقد يحتفظ الجامع بالمادة التى جمعت لعدة أيام قبل الوصول إلى المدينة حيث يتواجد المطار. وقد تشكل اللغة عائقاً بالنسبة للجامع عند إتمام إجراءات الشحن فى المطار وهنا تكون الإستفادة بالزملاء المحليين واجبة. أما إذا تم الشحن بالبريد الجوى فيجب لصق طوابع البريد جيداً والتأكد من عدم سهولة إزالتها باليد.

يجب أن يخطر المسئولين فى إمكانيات الحجر بميعاد الشحن تليفونياً أو تلغرافياً أو عن طريق الفاكس للإعلام عن إسم الشركة الحاملة للعينة ورقم الرحلة وميعاد مغادرتها ووصولها، هذا ويجب أن يكتب على العبوة من الخارج الموافقات الضرورية والعنوان ليسهل التعرف عليها بواسطة رجال الجمرك والتفتيش.

ثانياً: عمليات الشحن

يمثل شحن الأعداء الطبيعية الحية الخطوة الحرجة فى عملية الإستيراد. تتضمن عملية الشحن ثلاث خطوات رئيسية:

١- الإلمام بكل التنظيمات الضرورية التى تحكم عملية جمع وشحن وإستيراد الأعداء الطبيعية كما سبق ذكره.

٢- عزل أطوار الأعداء الطبيعية وتعبئتها وشحنها.

٣- إستقبال الأعداء الطبيعية وإنهاء الإجراءات من خلال القنوات الرسمية حتى يتم توصيلها إلى أماكن الحجر.

١- تعبئة وشحن الأعداء الطبيعية:

يجب الحصول على الموافقات والتصاريح الضرورية الخاصة بالتصدير من البلد الأجنبي والإستيراد إلى وطن الآفة المستهدفة قبل عمليات الشحن، وإن أمكن قبل عملية الإرتياد. أثناء عملية التعبئة والشحن، لابد أن تتخذ الخطوات اللازمة لضمان إستبعاد أى مواد أخرى غير مرغوب فيها مع الشحن مثل أنواع معروفة من الآفات لكنها لا تدخل مباشرة ضمن الأنواع المقصودة فى رحلة الإرتياد، أو مواد نباتية غير ضرورية (لتقليل مخاطر الشحن غير المقصود للممرضات النباتية)، أو تربة أو روث manure (لتقليل مخاطر الشحن غير المقصود لبذور نباتية أو أمراض). تتباين الأطوار المختلفة من الأعداء الطبيعية المعدة للشحن فى متطلباتها الفسيولوجية والبيولوجية لتهيئة المعيشة المثلى لها أثناء الشحن، وحيثما يكون ممكناً، فإن الأطوار التى تختار للشحن يجب أن تكون غير متغذية أو تلك التى تتطلب أقل ما يمكن من الإحتياجات الغذائية. غالباً ما تتحمل الأطوار الأقل نشاطاً متاعب الشحن أكثر من الأطوار النشطة. تشمل هذه الأطوار، بالنسبة لمفصليات الأرجل، بيض وعذارى الأعداء الطبيعية، والعوائل المتطفل عليها. فى حالة بيض ويرقات وعذارى الطفيليات التى تميت عوائلها idiobionts تشحن العوائل المتطفل عليها. ويمكن فى بعض المجموعات شحن الأطوار الكاملة بنجاح. يمكن أن تشحن

obeikandi.com

الممرضات الحشرية فى عوائل حية أو ميتة أو على بيئات صناعية، أما الممرضات النباتية فيمكن أن تشحن مع جزء من النبات المصاب أو على بيئة صناعية كما فى حالة بعض الفطريات.

أ- **شحن البيض:**

عندما يشحن البيض، يجب حفظه بارداً لإبطاء النمو والتقليل من عملية الفقس بالقدر الذى لا يشكل خطورة على حيويته. عندما يكون البيض ملتصقاً بأجزاء نباتية يجب التخلص من الزائد من تلك المواد النباتية ولابد أن يثبت النبات تماماً وبطريقة آمنة فى أوعية صغيرة أو يرص فى طبقات بينها نسيج لين لكى يستبعد أى حركة يترتب عليها سقوط البيض. يفضل أن تعبأ مواد الشحن فى عدة أوعية صغيرة (أنابيب – أطباق بترى) أفضل من تعبئتها فى وعاء واحد كبير للتقليل من الخسائر فيما لو تلفت إحدى هذه العبوات لأى سبب من الأسباب كأن تتهشم أو تزداد نسبة الرطوبة بداخلها مثلاً. كذلك يجب أن تقفل تلك العبوات (الأنابيب أو الزجاجات) جيداً بقطن غير ماص، أو إذا كانت ستشمع تزود ببعض المواد الماصة لكى تمنع تكثيف الرطوبة وما يتبع ذلك من تغيرات فى درجة الحرارة أثناء الشحن.

ب- **شحن الأطوار المتغذية:**

تجابه الأطوار غير الكاملة للأعداء الطبيعية التى تحتاج إلى التغذية (اليرقات أو الحوريات)، والأطوار المتغذية من العوائل غير الكاملة والحاملة للأعداء الطبيعية، ببعض الصعاب الخاصة بشحنها، ولذا يجب أن تستبعد إن أمكن. إذا كان النوع المراد جمعه فى طور اليرقة، فمن الممكن عمل الترتيبات لإبقائه حيثما يوجد أو العودة فى وقت آخر يكون فيه قد قارب على التعذير أو يمكن جمعه بواسطة المرتاد وتغذيته حتى إتمام النمو. غالباً ما تشحن العذارى والحشرات الكاملة بنجاح أكبر من اليرقات أو الحوريات، حيث لاتتطلب العذارى غذاءً أثناء شحنها كما تكون الحشرات الكاملة غالباً أكثر تحملاً لضغوط الشحن. عند شحن الأطوار غير الكاملة من مفصليات الأرجل، يجب عزلها إنفرادياً فى أوعية لكى نتجنب عملية الإفتراس الذاتى التى يمكن أن تحدث فى عديد من الحشرات، وبصفة خاصة مع ندرة الغذاء.

أما اليرقات أو العذارى المتواجدة داخل عوائلها الحشرية فى سوق النباتات أو جذورها أو أى جزء آخر فى النبات فتترك فى مواقعها وتشحن داخل عوائلها.

يصبح من الضرورة إمداد الأطوار المتغذية النشطة بكمية صغيرة من مادة نباتية تتغذى عليها أثناء النقل وفى مثل هذه الحالات تعزل الأفراد إنفرادياً مزودة بكمية صغيرة من المادة

obeikandl.com

الغذائية فى أوعية صغيرة منفصلة أو أطباق بترى مع التأكد، أثناء الشحن، من سلامة الأجزاء النباتية. بعد إزالة التربة الزائدة، تعبأ الجذور التى تحمل الأعداء الطبيعية بين طبقات نظيفة من الطحالب الحية التى قد تكون مورداً للرطوبة التى لاينتج عنها نمو للفطريات، ثم تحزم فى كيس من القماش وتوضع فى وعاء من الخشب أو الكرتون. يجب أن لا توضع المادة المشحونة فى أوعية بلاستيكية حتى لا يؤدى ذلك إلى تكثيف الرطوبة. ولابد أن تترك مسافات كافية للتهوية لمنع زيادة درجة الحرارة وتحلل المواد. ومن المفيد تشميع أماكن قطع سوق النباتات بشمع البارافين المنصهر. يمكن أن تشحن بعض حشرات من رتبة نصفية الأجنحة فى طورها الكامل أو غير الكامل، أما الأطوار المفترسة فلابد من تغذيتها، إن أمكن، قبل عملية الشحن.

ج- شحن العذارى:

عند الشحن، يجب أن تقسم العذارى إلى مجموعات صغيرة فى أوعية منفصلة. يمكن أن تعبأ عذارى حرشفية الأجنحة المجموعة من التربة بين طيات من الطحالب، أما عذارى رتبة ذات الجناحين المجموعة من التربة فيمكن أن تعبأ فى تربة رطبة معقمة فى مجموعات من الأوعية الصغيرة. العذارى المتواجدة على الأفرع أو الأجزاء الخضرية أو تلك الموجودة داخل شرانق على أى أسطح أخرى من المفضل تركها ملتصقة بهذه الأسطح وتعبأ بين طبقات من الطحالب لمنع حركتها أثناء الشحن. يمكن شحن الزهور الجافة الحاوية ليرقات أو عذارى ساكنة diapaused فى مجموعات داخل أكياس من القماش تعبأ فى صناديق من الخشب أو الكرتون. أما الأعداء الطبيعية للذباب الأبيض والمن والبق الدقيقى وغيرها من الأنواع القريبة فعادة ما يفضل شحنها كعذارى داخل عوائلها. فى هذه المجاميع، يجب عزل أفراد العوائل لمنع فقد العذارى بسبب التطفل المفرط من الإناث التى تخرج مبكراً إذ أن العديد من أنواع الطفيليات فى هذه المجاميع تنتج ذرية من الذكور تعمل كطفيليات مفرطة على عذارى إناث نفس النوع. توضع قطع صغيرة من الأوراق أو السوق الحاملة لهذه العذارى فى أوعية صغيرة جداً توضع فى مجاميع داخل عبوات كرتونية.

د- شحن الحشرات البالغة:

تكون كوامل بعض الأعداء الطبيعية من القوة بمكان بحيث تتحمل الشحن وخصوصاً إذا كانت مدة السفر قصيرة (٤٨ ساعة أو أقل). يجب أن تزود الحشرات الكاملة بالرطوبة مع مراعاة عدم زيادتها، إذ يمكن إضافة أى مواد ماصة للرطوبة أثناء الشحن. يمكن تزويد العبوة بقطع

صغيرة من الخشب (يستبعد تلك المعاملة كيميائياً أو ذات رائحة كخشب السيدر مثلاً) أو أى مواد أخرى لإستقرار الحشرات الكاملة عليها.

فى بعض المجاميع، قد تكون التغذية ضرورية، وغالباً ما تؤدى قطرات صغيرة من العسل على جدران الأوعية الغرض المطلوب لتغذية معظم طفيليات غشائية الأجنحة. هذا ويمكن تزويد الأنابيب المحتوية على عذارى بالعسل حتى تجد أى كوامل تخرج أثناء رحلة السفر غذاءاً مناسباً. يمكن أن تفى قطعة من الإسفنج مبللة بالمحلول السكرى أو العسل أو قطرات من العسل على جدران الأوعية الزجاجية لتغذية كوامل الحشرات من رتبتى ذات الجناحين وحرشفية الأجنحة. هذا ويمكن أيضاً إستعمال الزبيب المبلل كمصدر غذائى للحشرات الكاملة. كذلك يمكن تزويد كوامل الأكاروسات المفترسة بحبوب اللقاح، ويمكن أن تعيش الحشرات الكاملة من رتبة غمدية الأجنحة عدة أيام دون غذاء، خاصة إذا أطعمت جيداً قبل الشحن.

هـ- شحن الممرضات الحشرية

يتطلب شحن الممرضات عناية خاصة للحد من نمو الكائنات المترممة على الحشرات أو النباتات المصابة. فى بعض الحالات يمكن عزل الممرضات على بيئات صناعية قبل الشحن. وعند شحن ممرضات على عوائل، لابد من توزيعها على عدد من الأوعية الصغيرة للحد من تأثير أى إصابة غير مرغوب فيها نمت فى إحدى العينات.

و- إرشادات إضافية

يمكن تجميع الإجراءات الأخرى التى تساعد فى ضمان سلامة الأعداء الطبيعية المشحونة فى النقاط التالية:-

* تقليل تأثير كل من درجات الحرارة المنخفضة أو المرتفعة، مع تقصير الفترة التى تستغرقها المواد المشحونة داخل العبوات بقدر الإمكان، إذ أن هذه العوامل من الأسباب الرئيسية للفقد أثناء الشحن. تبريد العبوات قبل الشحن وإستخدام صناديق التبريد للحد من درجات الحرارة العالية، وإستخدام صناديق التدفئة heat pack فى الفترات الباردة يمكن أن يقلل من تأثير درجات الحرارة.
* الحد من كميات المواد النباتية الطازجة، إذ أن هذه المواد يسهل كسرها بسرعة إذا عرضت الشحنة للدفء أو ضوء الشمس مما يؤدى إلى فقد مستعمرات الممرضات أو موت غيرها من الأعداء الطبيعية.

obeikandl.com

* ضبط الرطوبة داخل العبوات، إذ أن الرطوبة العالية قد تتسبب فى إرتفاع درجة حرارة الشحنة أو تكون مناسبة لنمو الفطريات مما يؤدى إلى حدوث نسبة كبيرة من الموت. وعلى العكس من ذلك قد يحدث الموت أثناء النقل من نقص الرطوبة. ولذا وجب إجراء بعض الوسائل لإمداد العينات بالرطوبة المناسبة، وقد يلجأ إلى إستخدام الطبقات النظيفة من الطحالب الحية التى قد تكون مورداً للرطوبة التى لا ينتج عنها نمو للفطريات.
* تعبئة الأعداء الطبيعية إنفرادياً إن أمكن لمنع ظاهرة الإفتراس الذاتى للأعداء الطبيعية من مفصليات الأرجل.
* تجنب إستعمال الكبسولات الجيلاتينية، حيث أنها تمتص الرطوبة من الجو المحيط، وبذا تسهم فى إحداث جفاف للعينات المشحونة.
* الشحن عن طريق أسرع الوسائل المباشرة الآمنة، والتى عادة ما تكون بالطيران أو بغيرها من الخدمات السريعة.
* تأخير عملية تشميع الشحنة قبل الشحن كلما أمكن ذلك.
* الإتصال بوسائل الحجر الأولية بمجرد معرفة تفاصيل الرحلة، وإذا لزم الأمر يمكن تأخير الشحن فى البلد الأجنبي حتى يتم ترتيب ميعاد مناسب للوصول فى ميناء دخول البلد المستورد لكى يسهل عملية التعامل مع الشحنة المستوردة.
* توضع كل مجموعة من الأوعية (تجمع سوياً حسب نوع العدو الحيوى أو الطور أو منطقة الجمع) أو غيرها من العبوات فى أوعية مقفلة من الفوم أو أكياس من القماش، ثم توضع هذه الأوعية الأخيرة فى حاويات منعزلة، ثم فى حاويات قوية معدة للشحن، إما من الكرتون أو الخشب أو أى مادة أخرى قوية. تتحمل مثل هذه الحاويات الأخيرة الشحن وتسمح بتثبيت البطاقات labels، والبيانات الخاصة بالرحلة، والتعليمات الخاصة بكيفية تداولها عند الوصول.

٢- إستقبال الشحنات من الخارج:

سوف لا تواجه عملية إستقبال وتداول الشحنات من الخارج مشاكل خطيرة لو تم عمل الترتيبات المناسبة من قبل. تكون المهمة الأساسية هى سرعة الإفراج عن المادة المشحونة من خلال المكاتب المنوطة بهذا العمل فى ميناء الدخول، إما عن طريق وسيط جمركى أو بمعرفة شخص من إمكانيات الحجر. بعد الإنتهاء من الإجراءات الجمركية، ينقل الطرد الذى يحتوى على الأعداء الطبيعية، تحت أنسب الظروف، إلى أماكن الحجر دون تأخير بقدر الإمكان.

obeikandi.com

ثالثاً: التعامل مع الشحنة فى الحجر

أ- الإمكانيات والأجهزة

تتطلب إمكانيات الحجر، على الأقل، حجرة آمنة لفتح وإختبار والتعامل مع الشحنة القادمة للكائنات النافعة قبل الدراسات المستقبلية. يمكن أن تكون إمكانيات الحجر مجرد حجرتين فى مبنى أكبر أو قد يكون مبنى مستقل بعدد مناسب من الحجرات للتعامل مع أكثر من شحنة فى وقت واحد.

ب- تصميم إمكانيات الحجر

يتحدد تصميم إمكانيات الحجر وفقاً لكل من الغرض منه وأكواد التصميمات المحلية local construction code. وعملياً يمكن النظر إلى إمكانيات الحجر كسلسلة من الصناديق مثبتة بداخل بعضها. يتطلب التعامل مع الحشرات النافعة حجرات مكيفة (حرارة – رطوبة – ضوء)، ويجب أن يهئ هذا التكييف نظام تجديد الهواء، كما يجب ألايسمح بهروب الكائنات. يُمنع الهروب عادة بتغطية فتحات التهوية بحاجز سلكى دقيق مع عدم وجود النوافذ المفتوحة (يمكن أن تتواجد النوافذ لكن يجب أن تكون محكمة القفل ولايسمح بفتحها)، ووجود الأبواب المحكمة التى تفتح للداخل فقط، وحوائط من مادة عازلة ومحكمة. غالباً ما تكون الحجرات التى تستعمل لفتح العبوات المحتوية على مفصليات الأرجل بنوافذ شمالية الإتجاه لتجذب أى كائنات هاربة وحتى يسهل الإمساك بها. عندما يتواجد عديد من الحجرات، يجب أن تكون كل حجرة مستقلة بذاتها من ناحية التكييف حتى تتوافر حجرات ذات درجات تكييف مختلفة. يجب على القائمين بالعمل إرتداء بلاطى المعامل أثناء تواجدهم فى المعمل مع الإبقاء عليها داخل المعمل عند خروجهم.

تتطلب الحجرات المصممة للممرضات الحشرية أو الحشائش إلى إحتياطات إضافية بسبب حجم الكائنات التى سيتم التعامل معها. يجب أن يكون مبنى الممرضات الحشرية (أو جزء منه) محكماً تماماً وأن يتضمن نظام تجديد الهواء طبقة مزدوجة من المرشحات filters تصمم لمنع الجزئيات الأكبر من نصف ملميكرون (٠,٥ ميللميكرون)، وقادر على منع الهواء المحمل بجراثيم بكتيرية أو فطرية. ويجب أن يمر العادم من الهواء خلال فلتر (مرشح) قبل مروره إلى الخارج، ويجب أن يكون ضغط الهواء داخل إمكانيات الحجر سالباً بالنسبة للجو الخارجى لمنع تغيير الهواء غير المعقم من الداخل إلى الخارج.

obeikandl.com

ج – الأدوات

تتفاوت الأدوات المطلوبة بإمكانيات الحجر وفقاً لطبيعة الكائنات التى سيتم التعامل معها. غالباً ما يكون مسطح الحجر محدوداً، لذا لزم الإبتعاد عن تكديس الأدوات. عندما تتواجد بعض الأدوات فى الحجر دون إستعمال لفترة طويلة يجب تعقيمها تماماً قبل إزالتها. يمكن أن يتم تعقيم الأدوات التى تستعمل مع الطفيليات والمفترسات والحشرات العاشبة بمسحها بالكحول الإيثيلى. وعندما لايكون ذلك ممكناً من الناحية العملية أو فى حالة تداول الأدوات المستعملة فى الممرضات يصبح التبخير هنا ضرورة.

يتطلب تعريف الكائنات المستوردة ميكروسكوباً وبينوكلر للتشريح (قوة تكبيرها ١٠ – ٢٠×)، ويجب أن يتواجد فى الحجر ملف يحتوى على الأدبيات الهامة إذ أن التعريف الصحيح للنوع المستورد يجب أن يكون قاطعاً عند التربية فى الحجر. تتضمن هذه الأدبيات مفاتيح تقسيمية على مستوى عائلات وأجناس الكائنات المستوردة (لكل من الأطوار غير الكاملة والكاملة)، ومراجع عن تاريخ الحياة، والإرتباط العائلى وطرائق التربية.

ومن الأدوات التى نحتاجها أيضاً مايلى:

* أقفاص للتربية وحاويات containers للحفاظ على أنواع الأعداء الحيوية التى يتم فصلها.
* أوعية زجاجية بسدادات زجاجية أومن القطن لعزل الأفراد.
* الإمكانيات اللازمة لتجهيز البيئات لزراعة الكائنات الدقيقة.
* أوتوكلاف لتعقيم الأدوات عند التعامل مع الممرضات أو عندما يراد التخلص من المواد غير المرغوب فيها الواردة مع الشحنه من البلد الأجنبى.
* فرن تجفيف للتعقيم sterilization فى حالة عدم إستعمال الأوتوكلاف.
* لمبات فلورسنت مناسبة للحفاظ على نمو النباتات.
* ثلاجات أو حجرات تبريد للحفاظ على الكائنات التى فى حالة سكون ويمكن إستعمال الثلاجات فى تبريد الشحنات الواردة قبل التعامل الأولى معها.
* مصدر لثانى أكسيد الكربون الذى يستخدم لتخدير مفصليات الأرجل لفترة قصيرة، وفى بعض الحالات لتنبيه عملية التزاوج فى غشائيات الأجنحة.
* أدوات يدوية أخرى (مثل مطرقة، شاكوش، بنسة، منشار) لإصلاح الصناديق الخشبية.

د- إجراءات شخصية وعامة

لابد أن يعين لكل محجر مدير مسئول عن تشغيله، إذ تزيد هذه المسئولية المحددة من عوامل الأمان، وتؤكد أنه سوف يتم التعامل بكل دقة مع أى من الكائنات الموجودة بالحجر وإختبارها إختباراً دقيقاً، وأن يتم حفظ السجلات الكافية لكل الكائنات التى تستقبل أو تشحن. عليه أيضاً أن يراقب ويتابع كل الأعمال التى تجرى بالحجر، ملماً بكل ما يتعلق بالنواحى التقسيمية والبيولوجية للآفات المستهدفة وأعدائها الطبيعية.

يمكن أيضاً أن يعين مساعداً للمدير يحل محله فى حالة غيابه ويتحمل كل مسئولياته. يجب على مدير الحجر أن يكون ملماً إلماماً كاملاً بكل النظم والقوانين التى تتعلق بأعمال الحجر قادراً على حل كل ما يعترض العمل من معوقات. وعلى العاملين بالحجر أيضا أن يكون لديهم من الخبرة والمعلومات لكل ما يدور فى الحجر من أعمال، وبالتعامل مع الأدوات والأجهزة المتواجدة بالحجر وبكل العمليات الفيزيقية وأدواتها وخصوصاً ما يتعلق بالتهوية وعمل الأوتوكلاف وأجهزة التعقيم الأخرى.

هـ- الأمان

يمكن تجميع العناصر الأساسية التى ترتبط بأمان برامج إستيراد الأعداء الطبيعية فى ثلاث مجاميع:

* حماية البيئة من كائنات غير مرغوب فيها بالتعرف على وإتلاف أى كائنات غير مرغوبة فى إمكانيات الحجر والتى يمكن أن تكون قد جمعت عرضياً مع الكائنات النافعة عند الشحن.
* التوطيد المعملى لمزارع cultures الكائنات النافعة وحمايتها من أى تلوث، ومن الطفيليات المفرطة والممرضات.
* تقدير ملائمة وأمان الكائنات النافعة المعدة للإطلاق فى البيئة المستهدفة. فلو أن النتائج الأولية كانت مبشرة فيمكن إجراء دراسات أبعد فى المعمل أو إكثارها وإطلاقها فى الحقل لمجابهة الآفة المستهدفة.

و- برتوكول إمكانيات الحجر والغربلة المبدئية

يجب فتح الشحنات التى تم إستقبالها من الخارج والمحتوية على كائنات حية، داخل قفص ملاحظة observation cage ذا سطح علوى من الزجاج وجوانب مقفلة تماماً مثبت بها واحد

obeikandl.com

أو أثنين من الأكمام القماش والتى من خلالها يسهل على الفاحص أن يتعامل مع المادة. يسمح هذا التصميم بالضبط والعزل الأولى لأى كائنات غير مرغوب فيها. تجمع الكائنات الحية فى أوعية زجاجية، أما المواد الداخلة فى تعبئة العينة فتوضع فى أفران مجففة أو أوتوكلاف ويتم التخلص منها. تغربل screened عندئذ، الكائنات الحية تقسيمياً حيث يقتل ويحفظ فى المجموعة المرجعية voucher collection الأنواع غير المرغوب فيها (الطفيليات المفرطة أو الحشرات العاشبة)، أما الأنواع النافعة الفاعلة فيتم تصنيفها وفقاً للأنواع أو أماكن الجمع، وتراقب للتزاوج وتحبس فى أقفاص منعزلة مع عائلها المناسب بغرض إكثارها.

ز- توطيد المزرعة الأولية

يعتبر توطيد مزارع معملية خالية من أى تلوث من الأهداف الأساسية لأعمال الحجر. بعض مزارع الحجر quarantine cultures وخصوصاً تلك التى تقوم maintained على نباتات يمكن أن تكون عرضة للإصابة بكائنات أخرى نباتية التغذية (المن والذباب الأبيض والأكاروسات تكون من ضمن المجموعات التى غالباً ما تتواجد على النباتات المستعملة فى التربية). ولابد أن تؤخذ مكافحة هذه الكائنات بعناية فائقة، ويعتبر الإبتعاد عن إستعمال المبيدات كلما أمكن ذلك من الأهداف الهامة.

يمكن أيضاً أن تتعرض مزارع الحجر للإصابة بالطفيليات (الأعداء الطبيعية للحشرات العاشبة) أو الطفيليات المفرطة، أو العدوى بالممرضات. وهنا تظهر يقظة القائمين بالعمل فى الحجر فى سرعة تعريف هذه الإصابات مبكراً وعزل المزارع المصابة. وربما يكون العزل هو الميكانيكية الوحيدة لإستبعاد الطفيليات المفرطة من مزارع المعمل. هناك وسائل إضافية للحد من الممرضات الحشرية تتضمن إستعمال أوعية معقمة للتربية مع التغيير المتكرر لهذه الأوعية. يمكن أن يكون التعقيم السطحى للبيض بغمره فى محلول ١٠% هيبوكلوريد الصوديوم إجراءاً ناجحاً.

ح- المدى العوائلى وإختبارات الأمان

بالنسبة للحشرات العاشبة أو الممرضات النباتية المستوردة لمكافحة الحشائش، فإن إختبارات المدى العوائلى لهذه الأعداء من الأهمية بمكان. بالرغم من وجوب إتمام هذه الإختبارات قبل إطلاق العدو الطبيعى من الحجر، ففى بعض الحالات، قد تجرى مثل هذه الإختبارات فى بلد منشأ العدو الحيوى فيما لو كانت النباتات المختبرة نامية فى ذلك البلد. فى الحالات التى سبق وتضمنت هذا العدو الحيوى فى برامج سابقة، فيمكن إعتماد هذه النتائج وبذا يكون المدى

العوائلى له أمر معروف. فى حالة غياب مثل هذه المعلومات يجب أن تجرى هذه الإختبارات فى الحجر. بالنسبة لمفصليات الأرجل العاشبة تجرى الإختبارات إما إجبارياً (إختبار الإختيار الأوحد no-choice) أو إختيارياً (إختبار الإختيار المتعدد choice test). تتم الإختبارات الإجبارية بعزل العنصر الحيوى فى قفص مع نوع النبات غير المستهدف لتحديد إمكانية حدوث أى تغذية أو تكاثر عليه. فى الإختبارات الإختيارية، يعطى للعنصر الحيوى الفرصة، فى قفص واحد، لإثنين أو أكثر من أنواع النباتات عادة ما يتضمنها النبات المستهدف، ويسجل إمكانية التغذية والتكاثر على كل منها. يمكن أن تجرى الإختبارات الإختيارية فى أقفاص فى الحجر، أو فى بلد المنشأ فى الحقول المفتوحة حيثما تزرع أنواع النباتات المختبرة. فى حالة الممرضات النباتية تجرى فقط الإختبارات الإجبارية.

تُنتقى الأنواع النباتية التى تؤخذ للإختبارات من مجموعة نباتات قريبة تقسيمياً للنبات المستهدف على أن تكون النباتات التى تتبع نفس جنس النبات المستهدف هى أول ما تنتقى للإختبارات، ثم تجرى إختبارات إضافية على غيرها من النباتات التى تبتعد عنه تقسيمياً (فى نفس العائلة أو الرتبة). فى بعض الحالات تجرى الإختبارات على بعض المحاصيل الهامة أو النباتات البرية wild حتى بالرغم من كونها بعيدة تقسيمياً عن النبات المستهدف. تخضع فقط الأنواع النافعة التى تظهر إختباراتها المبدئية درجة مقبولة favorable من تخصصها العائلى للإختبارات التالية والإكثار. ليس بالضرورة أن تكون الأنواع الحشرية المقبولة متخصصة كلية، لكن يجب أن تكون محدودة بدرجة كافية فى مداها العوائلى للدرجة التى لاتتغذى فيها على النباتات غير المستهدفة المرغوبة فى المنطقة التى ستطلق فيها أو فى غيرها من المناطق التى يمكن أن يصل إليها العدو الحيوى أثناء تحركه مع الوقت. يتوارد إلى الذهن دائماً تساؤلات عن مدى مطابقة النتائج المتحصل عليها تحت الظروف المعملية أو الإصطناعية لسلوك العدو الحيوى تحت الظروف الحقلية، وعن مدى صلاحية هذه الإجراءات فى تحديد قبول العدو الحيوى بالتغذية على النبات المستهدف. عادة ما تشكل هذه الإختبارات القاعدة العلمية لأخذ القرار الخاص بإمكانية إطلاق العدو الحيوى من عدمه، وربما تكون ذات قيمة أيضاً كإجراء تحفظى لإختيار عناصر المكافحة البيولوجية للحشائش. تسهم هذه الإختبارات أيضاً فى أمان وغياب التبعات السالبة غير المتوقعة والمميزة لبرامج المكافحة البيولوجية للحشائش. تطبق تجارب تقييم المدى العوائلى للأعداء الطبيعية لآفات مفصليات الأرجل بدرجة أقل تكرارية وتخضع لنفس القواعد كما فى حالة آفات الحشائش، وغالباً لا

تعكس سلوكيات الحشرات فى المعمل الوضع فى الطبيعة، إذ يمكن أن تكون الأنواع أكثر إنتقائية وأكثر محدودية في عوائلها في البيئة الخارجية عن الظروف المعملية.

رابعاً : إجراءات التوطين الحقلى

أ - الإنتقاء المبدئى للعناصر الحيوية

هناك عوامل كثيرة، كما سبق ذكره، يمكن أن تمنع العدو الحيوى من أن يوطد ذاته. من هذه العوامل ضعف العلاقة النامية مع العائل الحشرى أو العائل النباتى، وعدم التشابه فى الظروف الجوية بين المناطق الأصلية ومناطق الآفة المستهدفة، وغياب تلك الإحتياجات الإيكولوجية المتعلقة بالبيات أو العوائل البديلة. عندما تكون كل هذه القيود معروفة تماماً أو متوقع حدوثها بالنسبة لعدو حيوى معين، فإنها تكون مؤشراً على محدودية إكثار وإطلاق هذا النوع، وهنا يجب أن تبذل الجهود فى الحصول على أعداء طبيعية أخرى أكثر مناسبة. قد تكون بعض من هذه القيود غير واضحة حتى بعد حدوث الإطلاق. فى بعض الحالات قد تساعد الدراسات داخل المعمل أو فى الصوب توقع حدوث مثل هذه المشاكل، لكن نتائج المعمل يجب النظر إليها بعناية لأنها نادراً ما تتوافق مع الأداء الحقلى المباشر.

ب- إنتقاء وحماية أماكن الإطلاق

يجب أن تكون مناطق الإطلاق واسعة بما فيه الكفاية لتدعيم تعدادات الآفة المستهدفة وأعدائها الطبيعية دون قيود وحتى لايكون هناك تأثير كبير بحركة الآفة وأعدائها الطبيعة إلى داخل المنطقة أو خارجها. ويجب أن تحتوى مناطق الإطلاق عوائل كافية تسمح بتكاثر العدو الحيوى. وإذا كان هناك حاجة لزيادة تعداد أفراد العائل فيمكن إتمام ذلك من مزارع التربية المعملية. بالنسبة لعناصر المكافحة البيولوجية للحشائش فيتم ذلك عن طريق تسميد النباتات المستهدفة أو الإكثار من زراعة بذورها. يجب أن تحمى مناطق الإطلاق من أى إضطرابات فسيولوجية أو كيميائية، وهذا يعنى أن النبات لا يجب رشه بالمبيدات ويجب أن يترك دون حصاد. فى حالة آفات الحشائش، يجب أن نترك الحشائش دون إجراء أى عمليات زراعية عادية وتزداد درجة الأمان إذا كان مكان الإطلاق من ممتلكات الجهة التى تقوم بالبحث. فى المواقع الأخرى ينصح بإبرام إتفاق كتابى مع صاحب أو مدير المكان عن كيفية إدارته تحت ظروف التجربة. يكون لبعض المواطن كمناطق الغابات وأشجار الفاكهة دورة محصولية أطول من تلك التى يتبع فيها نظام الزراعة الموسمية. يمكن تعظيم هذه الدورات القصيرة فى

openkanoi.com

الزراعات الموسمية بزراعات متعددة تتداخل فى مواعيدها، أو بتأخير الحصاد أو عن طريق الحش المتتابع وتجديد النمو.

ج- نوعية العناصر الحيوية الواجب إطلاقها

١- عدد الأفراد الواجب إطلاقها

فى عديد من البرامج، يمكن أن يكون عدد الأفراد المتاحة للإطلاق محدوداً ويمكن أن يواجه الباحثون بالإختيار ما بين مواقع عديدة يطلق فى كل منها أعداد قليلة، أو مواقع أقل مع إطلاق أعداد أكبر فى كل موقع. وعادة ما يتبع الإختيار الأخير بالرغم من أن التمييز discrimination بين أفراد قليلة "few" وأفراد كثيرة "many" يتفاوت من نوع إلى آخر. يظهر أن بعض الأنواع تتوطد بسهولة أكثر من غيرها، فقد أستعمل مثلاً ١٠٠٠ فرد بالإضافة إلى عدد من الذكور، وفق النسبة الجنسية، كوحدة توطينية colony أطلقت فى الحقل من بين طفيليات دودة الذرة الأوربية. وعلى العكس فقد تأقلم الطفيل التاكينى *Archytas cirphis* فى هاواى بإطلاق مستعمرة تتكون من تسعة أفراد فقط، أحسن مرشد لذلك هو الخبرة السابقة بالأنواع التى تُتداول.

٢- نوعية العنصر الحيوى

هناك عوامل كثيرة يمكن أن تسهم فى نوعية الأعداء الطبيعية عند إطلاقها. تتضمن هذه العوامل جوانب وراثية، وصحية، وسلوكية. وبصفة عامة، يبحث دائماً عن تعظيم هذه العوامل للعناصر المطلوب إطلاقها.

عادة، هناك معلومات قليلة عن وراثيات genetics عشائر معينة من الأعداء الطبيعية المحجوزة بمعمل الحجر. توضح معظم الأساسيات الوراثية أن الإطلاق المبكر من الحجر إلى مزارع الإكثار ثم فى الحقل سوف لا تؤثر سلباً وراثيات العشيرة، بينما إطالة الحجز فى حالة حجم تعداد محدود من العشيرة أو تحت ظروف صناعية فى الحجر من المحتمل أن يؤدى إلى حدوث إنحراف أو إنعزال في الصفات الوراثية، لذلك فمن الأفضل إخراج عشائر الأعداء الطبيعية من قيود الحجر وإطلاقها بسرعة فى الحقول.

يجب أن تكون الأفراد التى ستطلق فى حالة صحية جيدة بقدر الإمكان، لذا يجب أن تربى الأعداء الطبيعية مع أعداد مثلى من عوائلها، وعلى أفضل أطوار تلك العوائل. كما يجب الإهتمام بتلك الأفراد بالوسائل التى تضمن إطالة حياتها وزيادة خصوبتها وتفضيلها للعائل

obeikandi.com

الطبيعى فى الحقل. يجب تغذية الكوامل من الحشرات والسماح لها بالتزاوج قبل الإطلاق، إذ يكون لبعض الطفيليات، خاصة الطفيليات ذات الجناحين، فترة ما قبل تزاوج طويلة وقد تنتشر بعيداً جداً فى الحقل قبل أن تستعد للتزاوج. وقد تنتشر إناث مثل هذه الطفيليات إنتشاراً كبيراً قبل وضعها للبيض إلا أن لذلك الإنتشار فائدة أكثر مما لو حدث العكس. كما يجب أن يقدم للأفراد ماءً ومصدراً كربوهيدراتياً مثل العسل. فى حالة بعض الأعداء الطبيعية، قد يكون من الضرورى توفير أقفاصاً كبيرة وإضاءة طبيعية كى يحدث التلقيح كما أن البعض الأخر قد يستفيد من تعريضه للآفة المستهدفة قبل الإطلاق، وفى عديد من الكائنات قد يحدث هذا طبيعياً فى المزرعة. فى حالة الأنواع التى تربى على عوائل بديلة، فإن التعريض للعائل المستهدف يمكن أن يجرى فى المعمل قبل الإطلاق. بالنسبة للممرضات التى تربى على بيئات صناعية والتى فقدت قدرتها المرضية بعيداً عن العائل المستهدف، يجب أن تزرع cultured لمدة جيل على الأقل فى العائل المستهدف مباشرة قبل الإطلاق.

يجب أن تحمى الأعداء الطبيعية فى كل أطوارها من الظروف المعاكسة أثناء النقل إلى منطقة الإطلاق، كما أن إستخدام عبوات (حاويات) containers عازلة من الأمور الضرورية لمنع تأثير درجات الحرارة المتطرفة، كما يجب أن تزود الأفراد بالغذاء والرطوبة لو تطلب النقل أو الشحن أكثر من ساعات قليلة. يفضل أن يتم الإطلاق، إن أمكن، فى الصباح الباكر أو المساء. ويجب أن تطلق الأعداء الطبيعية أو تُسكّن placed فوق النباتات فى مواقع positions مظللّة. كما يجب ألا يتم الإطلاق بعد أو أثناء سقوط الأمطار مباشرة (حيث يكون النبات مبللاً).

٣- أطوار الحياة الواجب إطلاقها

يمكن أن يتم إطلاق الأعداء الطبيعية من مفصليات الأرجل بعديد من أطوار الحياة المختلفة. يفضل دائماً كوامل الحشرات للإطلاق، حيث تتطلب حماية فى البيئة أقل من بقية الأطوار الأخرى، فهى متحركة وتستطيع أن تبدأ التكاثر مباشرة بعد الإطلاق. فى بعض الحالات تكون العذارى أسهل فى النقل، ويمكن أن ينقل البيض والأطوار الأخرى مباشرة على النباتات إذا أقتضى الأمر. تفضل الأطوار غير الكاملة للأعداء الطبيعية فى توطيد المستعمرة حقلياً فيما لو أن كوامل الحشرات تميل إلى الهجرة بعد إطلاقها من الحبس.

يمكن إستخدام العوائل المتطفل عليها لإطلاق الطفيليات. فى كثير من الحالات، تستحضر هذه العوائل من برامج التربية فى المعهد المسئول عن البرنامج. وبالرغم من أن عديد من أنواع

الطفيليات يمكن إطلاقها كأطوار غير كاملة فى عوائلها، فإن هذا الإجراء يكون ذا قيمة بصفة خاصة بالنسبة لتلك المجاميع التى تكون كواملها حشرات رهيفه delicate مثل طفيليات البيض. فى حالات أخرى، قد يمكن جمع العوائل المتطفل عليها بأعداد تكفى لإعادة إطلاقها فى مواقع جديدة كما هو الحال فى يرقات خنفساء أوراق الحبوب *Oulema melanopus* المتطفل عليها بالطفيل *Tetrastichus julis*.

يمكن أيضاً إستعمال النباتات الحاملة للعوائل المتطفل عليها فى توطين الأعداء الطبيعية. ولهذا الإتجاه ميزته إذ أن الأعداء الطبيعية سوف تخرج خلال فترة من الوقت فى موجات متتابعة مزودة البيئة بمدد مستمر من كوامل الطفيل.

يجب أن تطلق الممرضات فى أطوار الحياة المناسبة لإصابة العائل. بالنسبة للممرضات النباتية، فإن هذا يوجب الجمع والتوزيع المباشر للأطوار المعدية نفسها. بالنسبة للممرضات الحشرية، يمكن أن توزع الأطوار المعدية بنفس الطريقة، أو تطلق العوائل المصابة فى البيئة كما هو الحال فى حالة خنفساء جوز الهند. فى الحالات التى لا يظهر فيها بوضوح أى من الأطوار سيؤدى إلى إستقرار وتوطيد أفضل، يمكن إطلاق عديد من الأطوار مما يعطى فرصة أكبر لإستقرار النوع.

د- تعظيم طرائق الإطلاق

يمكن أن تطلق العناصر الحيوية إما فى أقفاص أو تطلق بحرية فى البيئة. يجب أن تكون الأقفاص كبيرة بما فيه الكفاية لتسع عدد مناسب من العوائل، كما يجب أن تكون قوية لتقاوم الأمطار والرياح أو أى ظروف أخرى يحتمل وجودها فى منطقة الإطلاق. تزال الأقفاص عادة بعد أيام قليلة من إنطلاق الأفراد. يجب أن يتم إطلاق العناصر الحيوية بحيث تظهر الأطوار النشطة (حشرات كاملة أو يرقات)، أو الأطوار الممرضة infective فى البيئة متزامنة مع الأطوار الحساسة من العائل الحشرى أو النباتى. فى بعض الأعداء الطبيعية، كما فى حالة المفترسات، قد لا يكون الإطلاق داخل عشائر الفريسة التى تحتوى على عديد من الأطوار الحساسة، أو أن يكون توقيت الإطلاق متزامن مع الفريسة المفضلة ذات أهمية كبيرة. بالنسبة للأنواع التى تهاجم فقط أطوار قصيرة العمر من عوائلها كما فى حالة الطفيليات المتخصصة فى عمر معين، يكون توقيت الإطلاق أكثر إحراجاً وخطورة. وبصفة عامة يمكن التحقق من تزامن الإطلاق عن طريق أخذ عينات مباشرة من عشيرة الآفة للوقوف على أنسب الأطوار.

obeikandl.com

يمكن أن يتم الإطلاق لتوطيد المستعمرة المبدئية initial colony بوضع الأعداء الحيوية باليد فردياً أو فى مجاميع فى أكثر المواقع مناسبةً فى البيئة. تستعمل أيضاً نظم الإطلاق الميكانيكية للتوطيد الواسع للمستعمرات المبدئية، وبصفة خاصة فى المواقع التى يصعب الوصول إليها بوسائل النقل. على سبيل المثال تم إطلاق الطفيل *Epidinocarsis lopezi* بنجاح ضد بق الكاسافا الدقيقى فى إفريقيا الاستوائية من الطائرات بإسقاط أوعية vials محتوية على الحشرات الكاملة لها القدرة على الهروب بمجرد تلامس تلك الأوعية للأرض.

هـ- تأكيد التوطيد

يعتبر الكشف عن توطيد establishment الأعداء الطبيعية التى تم إطلاقها الخطوة النهائية فى إستقرار المستعمرة الأولية. قد يكون من الضرورى تكرار التقدير assessment فى العشائر فى المنطقة التى تم فيها الإطلاق لتحديد ما إذا كان النوع النافع قد أمكنه التكاثر فى البيئة الجديدة. قد يأخذ الكشف أو التتبع monitoring صور عديدة. فى حالة عدم وجود عدو حيوى مشابه فى البيئة، فإن الفحص بالعين المجردة فى الحقل (أو فحص عينات ربيت فى المعمل من عينات جمعت من منطقة الإطلاق) قد يكون مناسباً لتحديد فيما لو أن العدو الجديد قد توطد وأقلم نفسه، هذا ويجب أخذ عينات مرجعية من كوامل الطفيل لتأكيد تعريفها.

فى حالة النظم التى يتواجد فيها أعداء حيوية مشابهة ومستقرة فى البيئة، فقد يكون من الضرورى أخذ عينات أكبر تسمح بتربية أعداد كبيرة من الأعداء الطبيعية التى يجب تعريفها للتأكد من وجود النوع الجديد المستورد. وحيثما يتواجد عشائر مختلفة لنفس النوع للأعداء الطبيعية تتعايش معاً، فقد يتطلب التعريف التحليل بالأليلات الإنزيمية allozymes أو الدلالات الوراثية genetic markers. يجب أخذ العينات خلال فترة لا تقل عن عام لكى نجزم أن العدو الحيوى قد إستقر وتوطد وتأقلم establish فى البيئة الجديدة. فى بعض الحالات قد يحدث توطيداً للنوع النافع لكن قد يصعب إكتشافه لسنين عديدة.

بالنسبة للممرضات الحشرية، يمكن جمع العوائل وترتيبها لتتبع نمو المرض. قد تتطلب بعض الكائنات المرضية تربية على بيئات مميزة للحصول على تعريف دقيق، بينما البعض الأخر يمكن تعريفه بالتحميل المباشر للممرض. فى بعض الحالات قد يستخدم تكنيكات أخرى لتتبع عدوى ممرض معين فى عوائله فى مراحل مبكرة من المرض. تتضمن هذه التكنيكات الفصل الكهربائى electrophoresis، وطرق الـ Antigen-Antibody (مثل إختبارات Elisa وغيرها من التحليلات المشابهة)، وطرق تتبع الـ DNA. تهئ هذه التكنيكات ميزة السرعة والقياس المباشر لمعدلات الإصابة بالممرضات.

قد يتطلب توطين عنصر حيوى جديد تكرار المجهودات قبل التأكد من إستقراره، وفى حالة فشل كل هذه المجهودات المتفق عليها للإستقرار فى كل البيئات المتاحة، يكون الجزم بأن هذا النوع ليس لديه القدرة على أقلمة نفسه فى البيئة الجديدة.

ز- تقويم كفاءة العنصر الحيوى وبرنامج النجاح

من المهم أن يُتبع توطيد وإستقرار الأعداء الطبيعية، بتقويم كمى quantitative لتقدير كفاءتها ضد الآفة المستهدفة فى البيئة الجديدة. فلو أن الأعداء الحيوية التى تم إستيرادها لم تكن واعدة ومؤثرة وجب البحث عن إستيراد أنواع إضافية. يمكن أن يتم التقويم الكمى لأداء العدو الطبيعى فى الحقل بوسائل عدة وفقاً لنوع العدو الحيوى تحت الدراسة. فبالنسبة لطفيليات مفصليات الأرجل، فإن أكثر الطرق إستعمالاً هو جمع الأطوار المختلفة للآفة المستهدفة ليتم تربيتها فى المعمل لحين خروج الحشرات الكاملة للطفيليات التى يتم تعريفها إلى مستوى النوع. فى بعض الحالات، يمكن أن يرتبط هذا الإجراء بأخذ عينات أخرى فى نفس التواريخ ومن نفس الموقع لتشريحها بغرض الحصول على معلومات أكثر عن مستويات مهاجمة الطفيل للعائل، ويعتبر هذا إجراء قيم عندما تكون صعوبات التربية مانعاً لتحديد نسبة العوائل المتطفل عليها. يمكن إستخدام المصائد بأنواعها المختلفة، فقد أستخدمت المصائد اللاصقة sticky لتتبع توزيع ووفرة الطفيليات المستوردة *Amitus hesperidum* و *Encarsia opulenta* التى تتطفل على ذبابة الموالح السوداء *Aleurocanthus woglumi*. كذلك أستخدمت مصائد الرائحة المطعومة بفيرومون العائل، أو مصائد الرؤية (ذات اللون الأصفر) فى تتبع طفيليات *Aphytis* spp. التى تتطفل على الحشرة القشرية الحمراء *Aonidiella aurantii*. كذلك فإن الطفيل *Pholetesor ornigis* وهو طفيل على ناخرة الأوراق *Phyllonorycter blancardella* يمكن تتبعه فى بساتين التفاح بإستخدام مصائد لاصقة ذات لون أصفر. وبصفة عامة، تستخدم كثير من كيمائيات الإتصال semiochemicals كجاذبات لصيد الأعداء الطبيعية، وكذلك يمكن إستخدام الفيرومونات الجنسية وفيرومونات التجمع للأعداء الطبيعية ذاتها مثل إستعمال فيرومون التجمع لطفيليات المن *Lysiphlebus* والفيرمون الجنسى للبقة *Podisus maculiventris*.

بالنسبة لمفترسات مفصليات الأرجل، تعتبر الملاحظات المباشرة direct observations فى الحقل من أهم الطرق لإكتشاف أى من المفترسات يهاجم الآفة المستهدفة أو عن طريق الجمع بالشبكة أو المصائد. بالإضافة إلى هذا، يمكن أن توضع المفترسات الحية، التى تجمع من الحقل من على النباتات العائلة للآفة المستهدفة فى أقفاص التربية بالمعمل ويمكن أن تعتبر

obeikandl.com

المفترسات التى تتغذى على الآفة المستهدفة تحت هذه الظروف أنواعاً فاعلة ضد الآفة، مع تأكيدها بمعلومات لاحقة عن طريق الملاحظات المباشرة التى تتم بالحقل. على سبيل المثال، فقد أستعمل هذا التكنيك فى حصر الأكاروسات المفترسة من عائلة Phytoseiidae المرتبطة بالعنكبوت الأخضر *Mononychellus tanajoa* على نبات الكاسافا. يمكن أيضاً إستعمال طرق Antigen- antibody لتعريف أي من المفترسات تلتهم نوع الفريسة المستهدف.

تتشابه طرق حصر العناصر الحيوية من مفصليات الأرجل لمكافحة الحشائش مع تلك الخاصة بالمفترسات، إذ تعتمد بدرجة كبيرة على الملاحظة المباشرة فى البحث عن النبات المستهدف فى مواقع مختلفة من الحقل. يمكن إجراء تجارب التغذية فى المعمل (أو يمكن إجرائها أثناء رحلة الإرتياد) للتأكد من أن النوع المختار يعمل كحشرة عاشبة قادرة على التغذية على النبات المستهدف.

أما بالنسبة للعناصر الميكروبية (ممرضات الحشرات، والنبات) فيمكن عزلها إما بزراعة العوائل المصابة أو نسيج النبات المصاب، أو بجمع عينات من التربة وتحضينها على بيئة مناسبة. أما بالنسبة للنيماتودا، فيمكن إستكشافها إما من أجسام العوائل المصابة التى تجمع من الحقل، أو بجمع عينات من التربة وتحضينها مع عائل مناسب مثل يرقات دودة الشمع الكبيرة *Galleria mellonella*.

سوف توضح مثل تلك العينات فيما لو أن العدو الحيوى الجديد متواجد فى البيئة الجديدة، وما معدل تواجده، نادراً كان أو عادياً، إما على عائله أو بالنسبة لغيره من الأنواع الحيوية التى تهاجم نفس الآفة. وتوضح النتائج الإيجابية حدوث أقلمة وتوطيد لهذا العدو الحيوى، أما النتائج السالبة فهى لا تعنى أن التوطين قد فشل بالنسبة لهذا النوع، فربما يكون التعداد المبدئى له منخفضاً لدرجة يصعب تتبعه ويتطلب الأمر سنين عديدة قبل الحكم على قدرته فى التوطن فى البيئة الجديدة.

وطبيعياً، فهناك حاجة لأخذ العينات فى السنة الأولى للمشروع من مناطق الإطلاق لتحديد قدرة معيشة وتناسل النوع الجديد فى نفس الموسم. فى السنوات التالية، يتطلب الأمر التوسع فى أخذ العينات لتحديد فيما لو أن العنصر الحيوى قد عاش لمدة عام أو أثنين أو أكثر. فى الأجواء ذات المواسم القاسية (مثل الشتاء أو فترة جفاف طويلة فى المناطق الاستوائية) يمكن إعتبار أن العدو الحيوى قد نجح فى توطيد نفسه إذا إستمر حياً لمدة عامين.

وبعد التوطيد، يلزم تقدير درجة إنتشار العناصر الجديدة. يتم هذا التقدير بأخذ عينات من العائل أو بأى تكنيك أخر يمكن به تتبع العنصر الحيوى مباشرة فى الموقع. فى حالة الأعداء الطبيعية لآفات المحاصيل الحقلية، فمن أوضح الطرق أخذ عينات من بؤر المحصول على مسافات بعيدة من نقطة الإطلاق. بالإضافة إلى هذا، فمن المهم لعديد من الأعداء الطبيعية تحديد فيما لو أن الآفة المستهدفة تهاجم أيضاً بالعنصر الجديد على النباتات البرية خارج حقول المحصول. فعلى سبيل المثال، يتواجد طفيل أبى دقيق الكرنب *Pieris rapae* خارج حقول المحصول مهاجماً يرقات العائل على الأنواع البرية من الصليبيات فى المروج meadows. ومن المهم أن نتذكر، كما هو الحال فى الآفة المستهدفة، أن مستويات المهاجمة بالعنصر الحيوى على الأنواع غير المستهدفة فى عمليات الحصر لا يعتبر تقديراً كمياً عن تأثير هذا العنصر على تلك الأنواع.

يكتنف دراسة تقدم الأنواع النافعة كثير من الصعاب منها :-

* يحدث أحياناً خلال السنوات القليلة الأولى التى تعقب إستيراد نوع نافع، أن يكون من المستحيل العثور عليه، خصوصاً عند إستيراده بأعداد محدودة. وتحتاج المحاولات التى بها توضح تواجده إلى عمل مضنى.
* تتزايد الحشرة النافعة فى وسط الإنتشار المحبب لها وقد يظل هذا الوسط مناسباً لمدة فصل واحد أو بضعة فصول أو سنوات ثم قد يختفى الأمل فى نجاح النوع النافع عندما ينقلب الوضع فى هذا الوسط إلى تجاه الحد العكسى الذى لا يكون ملائما لحياة النوع. وقد يتأقلم طفيل مستورد فى منطقة ما ويفشل فى منطقة أخرى من الموطن الجديد، وربما يرجع ذلك إلى غياب العوائل المتعاقبة المناسبة. كذلك قد يعوق وسط غير مناسب بصفة مؤقتة تأقلم نوع نافع لفترة من الوقت لكنه قد يتمكن من مكافحة الآفة فيما لو تأقلم مرة واحدة.
* تستطيع بعض الحشرات النافعة فى قمع عائل وافر العدد، ولكنها فى نفس الوقت قد لا تكون فاعلة ضد جماهير العائل المتناثرة، فعلى سبيل المثال كان الطفيل *Pteromalus puparium* ناجحاً فى نيوزيلندا إلى درجة كبيرة أثناء الموسم الأول ثم تناقص فى كفاءته بوضوح فى الموسمين التاليين.

ثانياً: إكثار الطفيليات والمفترسات والحشرات العاشبة النافعة

Augmentation of Parasitoids, Predators and Beneficial Herbivores

عندما تكون الأعداء الطبيعية، والتى تستخدم لمكافحة آفة معينة، غير موجودة، أو تظهر متأخرة جداً، أو تكون أعدادها قليلة بالدرجة التى لا يحدث معها مكافحة فاعلة للآفة المستهدفة، فان الأمر يتطلب إجراء إطلاقات للأعداء الطبيعية بعد إكثارها. يطلق على هذه العملية الإكثار الكمى augmentation والتى تجرى إما عن طريق عمل تجارى خاص أو خدمة من الخدمات الحكومية. تعتبر عملية الإكثار الكمى للأعداء الطبيعية عملية أساسية ودائمة لحماية المستعمرة المناسبة من الأعداء الطبيعية الموجودة فعلاً، أو فى الظروف التى يصعب فيها التوطين الدائم للأعداء الطبيعية المتأقلمة المناسبة كما هو الحال فى الزراعات المحمية، أو عندما تكون الأعداء الطبيعية المتواجدة غير فاعلة بدرجة كافية. وفى الحالة الأخيرة ، قد يكون من المناسب الحصول على نوع جديد أو سلالة جديدة من الأعداء الطبيعية من مواطنها الأصلية ومحاولة توطينها فى البيئة الجديدة بشكل دائم. على أية حال، فحينما تكون مثل هذه المجهردات غير مجدية فى حل مشكلة الآفة، فإن الإكثار الكمى والإطلاقات للأعداء الطبيعية يمكن أن يؤخذ فى الإعتبار لتدعيم فعل الأعداء الطبيعية. قد يكون الإكثار إكثاراً طعمياً inoculative augmentation أو إكثاراً فيضياً (غزيراً) inundative augmentation. فى الحالة الأولى يتم إطلاق عدد من مستعمرات العدو الطبيعى على أن يقع عبء المكافحة على الذرية الناتجة من مثل تلك الإطلاقات الطعمية. أما فى الحالة الثانية فيتم إطلاق العدو الحيوى بأعداد كبيرة، مماثلة فى ذلك فعل المبيدات الحيوية biopesticides ، ويكون الإعتماد فيها قليلاً أو قد لا يكون على الذرية الناتجة. تستخدم مثل هذه الطريقة فى حالة الآفات ذات عدد الأجيال المحدودة أو التى يكون لها جيل واحد شديد الخطورة. يمكن إكثار الكائنات الكبيرة من طفيليات غشائية الأجنحة وذات الجناحين، والمفترسات من مفصليات الأرجل، والحشرات العاشبة من مفصليات الأرجل، وكذا الكائنات الصغيرة (مسببات الأمراض لمفصليات الأرجل التى لا تسبب ضرراً للنبات) مثل النيماتودا التى تهاجم مفصليات الأرجل والتى يمكن إدماجها فى إكثار الأعداء الطبيعية. هناك العديد من العناصر الهامة التى تؤثر فى عملية إكثار الطفيليات والمفترسات والحشرات العاشبة بهدف مكافحة الآفة. تتضمن هذه العناصر إنتقاء العنصر الحيوى، والنوعية، والعائل المناسب، والتكاليف، والشحن والتخزين، وطرق التطبيق، وتقييم المنتج، وتنمية التسويق وإستمراريته، والأمان.

(١) إنتقاء العنصر الحيوى: Agent selection

يعتبر الحصول على نوع من الأعداء الطبيعية قادر على قمع الآفة المستهدفة هو المطلب الأول فى مجال المكافحة البيولوجية من خلال عملية الإكثار. يجب أن تكون الأعداء الطبيعية قادرة على التعرف على الآفة المستهدفة والوصول إليها ومهاجمتها بنجاح. يمكن إزادة فعالية عناصر المكافحة البيولوجية ذات التأثير المتوسط بوسائل عدة منها زيادة أعداد الأفراد التى يتم إطلاقها، أو بواسطة إنتقاء الأصناف النباتية المقاومة للآفة، أو إختيار النباتات التى يحسن معها الكفاءة البحثية للعدو الطبيعى. وحيثما تكون هذه السبل غير كافية، فإنه يتم إيجاد عنصر حيوى أفضل أو إستخدام خليط من العوامل البيولوجية المكملة لبعضها مثل إطلاق المفترسات والطفيليات معاً. يوجد عديد من مئات الأنواع من الآفات التى تهاجم المحاصيل المختلفة على مستوى العالم، ونظراً لمحدودية المعرفة بالأعداء الطبيعية ذات التأثير الفاعل فى مكافحة تلك الآفات، فإن الأمر يتطلب المزيد من المعلومات عن الأعداء الطبيعية لتلك الآفات حتى يتسع إستعمال وسيلة الإكثار فى مجال المكافحة البيولوجية.

تتفاوت الأعداء الطبيعية فيما بينها فى العديد من الخصائص الهامة التى تؤثر بقوة على إستخدامها بنجاح كعناصر للمكافحة البيولوجية. فقد يكون لبعض الأنواع تأثير فاعل وقوى فى قمع آفة معينة، بينما يكون للبعض الآخر القريب لها تقسيماً غير فاعل بالمرة أو ذا تأثير جزئى. ربما يرجع هذا التفاوت إلى الإختلافات فى تفضيلات العائل، أو إلى معدل التزايد، أو إلى تحمل الظروف البيئية غير المناسبة، أو إلى أى أسباب أخرى. قد تظهر السلالات أو العشائر داخل النوع الواحد إختلافات مهمة فى الخصائص مثل الفترة الضوئية الحرجة للسكون، ومستوى التطفل، ودرجة مقاومتها لمبيدات معينة. وللمساعدة فى إنتقاء العناصر الحيوية النافعة يمكن إجراء إختبارات معملية لقياس معدل الهجوم على العائل المستهدف أو القدرة على الإرتباط بالعائل النباتى مصدر غذاء العائل المستهدف.

تكون عناصر المكافحة البيولوجية عالية التخصص specialists أفضل أداء من العناصر العامة generalists. إذ تكون مفضلة لكل من منتج العدو الطبيعى والمستخدم له حتى لو وجب إنتاج أو إستعمال أنواع عديدة من الأعداء الطبيعية لآفات عدة على المحصول. فعلى سبيل المثال، فإن المكافحة الفاعلة لعديد من آفات رتبة حرشفية الأجنحة يمكن أن تتم بصورة أفضل عندما يتم إنتاج وتسويق أنواع معينة (أو ربما سلالات معينة) من جنس طفيليات ترايكوجراما *Trichogramma* لمكافحة آفة معينة. فالطفيل *T. nubilale* نوع مناسب جداً لمكافحة دودة الذرة

الأوربية *Ostrinia nubilalis*، بينما بعض الأنواع الأخرى من جنس الترايكوجراما *Trichogramma* يكون غير فاعل ضد هذه الآفة رغم فعاليته ضد آفات أخرى. كما أنه فى بعض الحالات قد يفضل عدو حيوى معين لمكافحة آفة معينة على محصول معين ولا يستخدم ذلك العدو الحيوى لمكافحة نفس الآفة على محصول أخر.

هناك الكثير من الجهود التى بذلت لتعريف الخصائص التى يجب قياسها فى المعمل والتى تنبىء بأى مجموعة من الأعداء الطبيعية تكون أكثر مناسبة لإستخدامها فى الإكثار ضد آفة معينة. تم وضع خطة scheme لغربلة الأعداء الطبيعية فى برامج الإكثار الطعمى inoculative augmentation الموسمية (والتى يطلق فيها أعداد قليلة من العنصر الحيوى مع توقع أن النسل الناتج لهذا العدو الحيوى سيجابه الآفة المستهدفة على طول الموسم). تتكون هذه الخطة من مجموعة من الخطوات، ويؤدى الفشل فى أى منها إلى إستبعاد النوع النافع من أى إعتبارات مستقبلية. الخطوة الأولى تقييم فيما لو أن النوع النافع له أى من الجوانب السلبية التى سوف تقلل من فاعليته. أما الخطوة الثانية فتوضح فيما لو أن النوع النافع له القدرة على النمو إلى طوره الكامل على الآفة المستهدفة. توضح الخطوة الثالثة أن العنصر الحيوى قادر على مهاجمة الآفة على المحصول المستهدف والنمو الناجح تحت الظروف المناخية للموقع. وتفترض الخطوة الرابعة أن معدلات تزايد العدو الحيوى المختار تكون أعلى من معدلات نمو الآفة المستهدفة عندما تتكاثر فى وجود العدو الحيوى. هذا ويفترض أيضاً أن العدو الحيوى المختار لا يهاجم كائنات أخرى مفيدة موجودة بنفس البيئة (مثل ما يحدث من بعض المفترسات)، كما يجب أن يمتلك العدو الطبيعى قدرة عالية على تحديد موقع الآفة المستهدفة، مع ملاحظة أنه من الصعب قياس قدرة العدو الحيوى على تحديد موقع العائل تحت الظروف المعملية. عندما تستخدم الأعداء الطبيعية فى إكثار فيضى inundative (مثل استخدام النيماتودا فى مكافحة أطوار الآفة اليرقية فى التربة) وحيث لا يعتمد أو يعتمد بصورة طفيفة على النسل الناتج لتحقيق الإنخفاض فى تعداد الآفة، يصبح بعض من هذه المعايير أقل ارتباطاً. لا يتطلب الإكثار الفيضى تزامناً جيداً مع عوائلها حيث يتم إختيار وقت الإطلاق من خلال إكتشاف العائل، وبنفس الشىء يتم ضبط أعداد عناصر المكافحة وفقاً لكثافة العائل المستهدف. وعلى النقيض من ذلك، فإنه تحت ظروف الإكثار الطعمى (إستخدام التلقيح الموسمى للعدو الحيوى كما فى حالة الطفيل *Encarsia formosa* لمكافحة ذبابة الصوب البيضاء *Trialeurodes vaporariorum* على محاصيل الخضر فى البيوت الزجاجية خاصة تحت الكثافات المنخفضة من العائل) تصبح قدرة العدو الحيوى فى الوصول بكفاءة للعائل والتكاثر عليه من الأهمية بمكان. أخيراً فإن كفاءة أى عنصر حيوى تتفاوت

بإختلاف المواسم والمحاصيل، ونظم الزراعة، وجغرافية المناطق، ولذا يجب أن يختبر العدو الطبيعى محلياً على المحصول المستهدف.

(٢) النوعية Quality

يجب أن تكون الأعداء الطبيعية المزمع إكثارها كمياً ذات نوعية وكفاءة مقبولة لكى تعمل بكفاءة فى قمع أعداد الآفة المستهدفة على المحصول المستهدف. هناك من العوامل الكثيرة التى يمكن أن تؤثر على هذه النوعية يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجاميع، أولها إختيار عناصر ذات نوعية مقبولة لبدء تربيتها على نطاق تجارى، وثانيها إستخدام طرق الإنتقاء الوراثى genetic selection لتحسين نوعية الأعداء الطبيعية، وثالثها طرق التربية التى تبقى على نوعية وجودة العنصر الحيوى تحت ظروف الإنتاج الكمى.

أ- ضبط نوعية العنصر الحيوى لبدء التربية:

يجب أن تكون الأعداء الطبيعية المستخدمة فى برامج الإكثار الكمى فاعلة أى ذات نوعية وكفاءة مقبولة للدرجة التى تجابه جيداً الآفة المستهدفة على المحصول المستهدف تحت الظروف المناخية والزراعية المثلى. تختلف فاعلية بعض أنواع الأعداء الطبيعية فى التجارب ذات النطاق الضيق عن تلك فى الحقول الواسعة أو البيوت الزجاجية، ولذلك يجب أن يكون الإستعمال المزمع معلوماً عند تحديد نوعية العنصر الحيوى لإعطاء فرصة مناسبة للعدو الحيوى المختار لتحقيق الغرض من إستخدامه. هذا ويجب البدء بتعداد كبير وصحى منه، خال من الأمراض، ولا يهاجم بطفيليات مفرطة، وذا خصوبة عالية.

ب- الاحتفاظ بالنوعية تحت شروط الإنتاج:

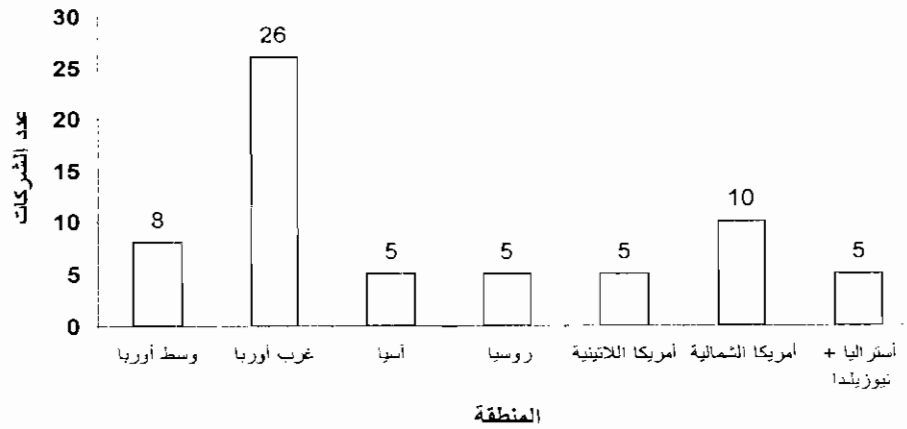
من أهم شروط الإكثار الكمى للأعداء الطبيعية هى إحتفاظها بدرجة كبيرة بصفات سلوكياتها الطبيعية عند التربية المعملية. ويرجع ذلك إلى أنه بمرور الوقت وبتربية العدو الطبيعى فى المعمل يمكن أن يصبح مختلفاً عن السلالة الأصلية. ولضمان إنتاج تلك الكائنات بالنوعية المقبولة للأفراد المنتجة تجارياً لابد أن يؤخذ فى الإعتبار عدة عوامل منها الحالة الوراثية، التغذية، ومنع التلوث، وفرص التعرض للكيماويات الوسيطة semiochemicals المناسبة للعائل أو الفريسة. ولذا فقد نشأ فى السنوات الأخيرة ما يعرف بمراقبة الجودة quality control للأعداء الطبيعية التى يتم تناولها تجارياً.

مراقبة الجودة Quality control

١- لماذا مراقبة الجودة ؟

تميزت الثلاث عقود السابقة من الإنتاج الكمى التجارى للأعداء الطبيعية، خاصة تلك المستخدمة فى داخل الصوب، بظهور وإختفاء كثير من المنتجين للأعداء الطبيعية، وما زال هناك القليل من المنتجين فى السوق منذ فترة السبعينات. ويوضح شكل (١:٦) عدد الشركات المنتجة للأعداء الطبيعية المستخدمة فى برامج المكافحة البيولوجية فى العالم. فى أوربا، على سبيل المثال، يوجد ثلاث شركات كبرى لإنتاج الأعداء الطبيعية (يتراوح متوسط العاملين فى كل منها أكثر من ٥٠ فرداً)، بالإضافة إلى أكثر من عشرين شركة صغيرة أخرى. يتراوح متوسط إنتاج هذه الشركات الكبرى من ٥-١٠ مليون فرد من العدو الحيوى كل أسبوع. تمد هذه الشركات الكبرى المزارعين بالأعداء الطبيعية اللازمة لأى برنامج للمكافحة المتكاملة فى أوربا وأماكن أخرى كثيرة من العالم. وفى مصر أخذ الإنتاج الكمى للأعداء الطبيعية طريقة وهناك من المعامل والشركات ما إنخرطت فى هذا الإتجاه مثل إنتاج طفيل الترايكوجراما *Trichogramma evanescens*، وأسد المن *Chrysoperla carnea*، وأبو العيد ١١ نقطة *Coccinella undecimpunctata*، وبقة الأزهار *Orius albidepennis*.

ونظراً لسرعة نمو سوق المكافحة البيولوجية عالمياً، وزيادة المنافسة بين الشركات المنتجة للأعداء الطبيعية، فإن زيادة جودة المنتج product quality وكذلك الأسعار prices تكون دائماً تحت الضغط. وهذا بدوره يكون بلا شك فى المدى القريب فى صالح المزارعين، ولكن على المدى البعيد ربما يؤدى ذلك إلى فشل المكافحة البيولوجية للآفات. خلال العشرون سنة الأخيرة، كان يتم تقييم الأعداء الطبيعية بطريقة جيدة قبل طرحها فى السوق، أما الآن فهناك بعض الأنواع من الأعداء الطبيعية يتم بيعها دون الإختبار تحت الظروف الطبيعية والحقلية لملاحظة ما إذا كانت هذه الأعداء الطبيعية ذات كفاءة ضد الآفة المستهدفه أم لا. وعلى ذلك يمكن القول أن زيادة أو نقصان العديد من المنتجين قد أثر بالسلب على مفهوم المكافحة البيولوجية التطبيقية بسبب فشل المكافحة البيولوجية للآفة والذى يرجع أساساً إلى إنخفاض جودة الأعداء الطبيعية المتاحة تجارياً وعدم وجود إرشادات جيدة لكيفية إستخدامها.



شكل (١:٦) يوضح عدد الشركات المنتجة للأعداء الطبيعية المستخدمة فى برامج المكافحة البيولوجية فى العالم. (عن فان لينترن Van Lenteren وأخرون، ١٩٩٥)

فى السنوات الأخيرة، زادت أنواع الأعداء الطبيعية المتاحة تجارياً، وكذا الكمية المنتجة من كل منها بدرجة مذهلة، فهناك الآن ما يقرب من ٩٠ نوع من الأعداء الطبيعية فى السوق لمكافحة الآفات الزراعية فى الصوب والحقول المفتوحة، منها ما يقرب من ٣٠ نوع يتم إنتاجها على نطاق تجارى موسع جداً وبكميات كبيرة جداً (جدول ٢:٦). وعلى ذلك فإن الشركات الكبيرة وبعض الشركات الصغيرة أصبحت الآن أكثر حرفية من حيث توفر إمكانات إجراء البحوث وتطبيق مراقبة الجودة، وشبكة الإتصالات العالمية، علاوة على الخدمات الإرشادية، كما أنهم أصبحوا أكثر حباً للعمل وبالتالى أصبح السوق أكثر إتساعاً نظراً لتزايد الطلب على المنتجات الزراعية الخالية من المبيدات وغير المعاملة بالكيميائيات والإهتمام بالبيئة النظيفة ومشاكل مقاومة الآفات لفعل المبيدات.

لابد من توفر مراقبة الجودة على الأعداء الطبيعية المنتجة تجارياً لتؤكد أن الأعداء الطبيعية المراد إطلاقها فى الصوب أو الحقول المفتوحة ذات أداء جيد. وببساطة شديدة، فإن توفر برامج جيدة لمراقبة الجودة تمثل ثمرة ونتاج التعاون الجيد بين الباحثين وممارسى المكافحة البيولوجية مما يؤدى إلى التحسن السريع فى صناعة المكافحة البيولوجية فى العالم. تشمل حالياً التوجهات والإرشادات الخاصة بمراقبة الجودة بعض الصفات والخصائص التى يمكن من السهل متابعتها معملياً (مثل النسبة الجنسية، وطول فترة الحياة، والقدرة التناسلية، ومعدل التطفل، والإفتراس، وحجم الحشرة). وفى المستقبل القريب، سيكون كل الجهد موجهاً لوضع أسس علمية لإختبار قدرة الطيران وعلاقة الإختبارات المعملية وشبه الحقلية بكفاءة الأعداء الطبيعية تحت الظروف الحقلية.

obeikandl.com

٢- ما هى مراقبة الجودة؟

يتم تطبيق مراقبة الجودة على الأعداء الطبيعية التى يتم إكثارها معملياً وذلك من أجل الحفاظ على أدائها العالى بعد إطلاقها تحت الظروف الحقلية والصوب، وعندئذ تهدف مراقبة الجودة إلى إختبار الجودة الكلية أو الشاملة overall quality وهى مسألة صعبة، ولذلك يعتمد على بعض الصفات الكمية التى يمكن قياسها وتقديرها وهى متعلقة بأداء الأعداء الطبيعية فى الحقل. ولما كان الهدف من إطلاق الأعداء الطبيعية التى يتم إكثارها هو مكافحة آفة معينة، فإن دور مراقبة الجودة هو التأكد من أن تلك الأعداء الطبيعية لا تزال فى حالة جيدة لمكافحة تلك الآفة ولذلك فإنه يتم التعامل مع ما يعرف بالجودة المقبولة acceptable quality وليست بالضرورة الجودة المطلقة أو المثاليةoptimal quality. لذا فمن الإعتبارات الهامة أن نعى أن مراقبة الجودة لا تطبق من أجل خاطر العلماء ولكن كضرورة وأن نفرق بين الحاجة إلى المعرفة الكاملة والحاجة إلى معرفة الأنسب، ولذا فإن الصفات التى يجب قياسها لابد أن تكون ذات عدد محدود، ومباشرة، وسهلة، ومرتبطة بشدة بالأداء داخل المواقع المراد مكافحة الآفات فيها كالصوب والحقول المفتوحة.

٣- إعتبارات أساسية لمراقبة الجودة

يمكن تناول موضوع مراقبة جودة الأعداء الطبيعية من عدة إتجاهات. من الناحية النظرية، فإن أفضل تناول لمراقبة الجودة هو تدوين ما هو متوقع من التغيرات عند بداية الإكثار الكمى، وبقياس ذلك، يمكن تحسين ظروف التربية إذا كانت هذه التغيرات غير مرغوبة. يعاب على هذا الأسلوب من الناحية العملية أنه لابد من عمل الكثير من القياسات التى تحتاج إلى الوقت والمجهود والخبرة، كما أنه يفترض أن تلك المشاكل المحتملة يمكن التنبؤ بها وأن تصحيح سلبياتها يمكن أن يتم فى حينه. لكن الأمر يختلف، فعلى سبيل المثال فقد أقترحت مقاييس علاجية للتدهور الوراثى المحتمل حدوثه، لكن وجد أنه ليس من السهل تحديد العامل المسئول عن هذا التدهور إذ يتطلب الأمر دراسات تفصيلية. وقد رأى كثير من الباحثين أن مثل هذه المشكلات الوراثية تبدأ عندما يتم تربية الأعداء الطبيعية فى بيئات ليست ببيئاتها الأصلية (كالمحشر)، حيث أن الحشرات المرباة فى المحشر تنتخب فيما بينها لتواكب، بطرز مناسبة، البقاء تحت الظروف الجديدة وهو ما يسمى بالغربلة winnowing. وفى الجدول التالى (جدول ٣:٦) يتضح التغيرات التى يمكن أن تحدث للعشائر الحقلية عند إكثارها معملياً.

Open Kanal.com

جدول (٢:٦) بيان بأنواع الأعداء الطبيعية المتاحة حالياً فى الأسواق العالمية.

النوع	الحالة	الطور الذى يشحن عليه
Amblyseius californicus	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفه
Amblyseius cucumeris	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفه
Amblyseius degenerans	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفه
Aphelinus abdominalis	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Aphidius colemani	طفيل على حشرات المن	مومياء
Aphidius ervi	طفيل على حشرات المن	مومياء
Aphidioletes aphidiomyza	مفترس حشرى	عذراء
Chrysoperla carnea	مفترس حشرى	بيض
Cryptoleamus montrouzieri	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Delphastus pusillus	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Diglyphus isaea	طفيل على نافقات الأوراق	حشرة كاملة
Encarsia formosa	طفيل على الذباب الأبيض	عذراء
Eretmocerus californicus	طفيل على الذباب الأبيض	عذراء
Harmonia axyridis	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Hippodamia convergens	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Heterorhabditis megidis	نيماتودا متطفلة على الحشرات	يرقة Juvenile
Orius insidiosus	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Orius laevigatus	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Orius majusculus	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Phytoseiulus persimilis	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفة
Trichogramma brassicae	طفيل بيضة	عذراء
Trichogramma evanescens	طفيل بيضة	عذراء
Trichogrammatoidea bactrae	طفيل بيضة	عذراء
Trichogramma pretiosum	طفيل بيضة	عذراء
Trichogramma minutum	طفيل بيضة	عذراء
Macrolophus calliginosus	مفترس حشرى	حشرة كاملة
Leptomastix epona	طفيل على حشرات البق الدقيقى	حشرة كاملة
Leptomastix dactylopii	طفيل على حشرات البق الدقيقى	حشرة كاملة
Hypoaspis aculeifer	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفة
Hypoaspis miles	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفة

النوع	الحالة	الطور الذى يشحن عليه
Tenodera aridifolia sinensis	مفترس حشرى	أكياس بيض
Steinernema carpocapse	نيماتودا متطفله على الحشرات	يرقة Juvenile
Steinernema feltiae	نيماتودا متطفلة على الحشرات	يرقة Juvenile
Heterohabditis bacteriophora	نيماتودا متطفلة على الحشرات	يرقة Juvenile
Nasonia vitripennes.	طفيل عذارى	عذراء
Muscidifurax zaraptor	طفيل عذارى	عذراء
Spalangia nigroaenea	طفيل عذارى	عذراء
Nosema iocustae	بروتوزوا ممرضة	عبوة
Bacillus thuringiensis israelensis	بكتريا ممرضه للحشرات	عبوات
Hippodamia convergens	مفترس حشرى	الحشرة الكاملة
Aphytis melinus	طفيل على الحشرات القشرية	عذراء
Tyhlodromus occidentalis	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفه
Neoseiulus cucumeris	مفترس أكاروسى	أطوار مختلفه

(فان لينترن Van Lantern وآخرون، ١٩٩٧، فان لينترن Van Lantern، ١٩٩٩)

جدول (٣:٦) العوامل المؤثرة على التغيرات التى تحدث فى عشائر الأعداء الطبيعية عند إكثارها معملياً

١- العشائر المعملية يتم حفظها فى بيئات ثابتة constant environment، مع ظروف غير حيوية ثابتة (مثل درجات الحرارة، والرطوبة، والضوء)، وكذلك ظروف حيوية ثابتة (مثل عدم وجود الإفتراس، أوالتطفل، وتوفر الغذاء) وبالتالى لا يكون هناك إنتخاب للتغلب على الضغوطات غير المتوقعة unexpected stresses. على ذلك تكون النتيجة تغير فى المعايير التى تحدد اللياقة fitness، وتغير فى النظام الوراثى ككل whole genetic system.
٢- لا يوجد فى المعمل منافسة مع عشائر من أنواع أخرى interspecific competition وتكون النتيجة إحتمال حدوث تغير فى الصفات الوراثية.
٣- يتم حبس كل الأفراد فى بيئة معملية واحدة وليس هناك أى إختيار للأفراد، والنتيجة هو إحتمال تدهور فى الصفات الوراثية.
٤- ربما يحدث تغير فى الكفاءة البحثية searching efficiency، اذ تعتمد هذه السلوكيات على الكثافة density-dependent.
٥- ربما يحدث تغير فى كفاءة المنافسة للتزاوج mate competition تحت ظروف الأسر (المعمل).
٦- ربما يحدث ضرر لصفات الإنتشار dispersal characteristics خاصة سلوك الطيران والإنتشار البرقى نتيجة التربية المعملية.

ويبقى السؤال الرئيسى فى مشكلة التربية الداخلية وهو ما هو حجم التعداد المؤثر الذى يحفظ التفاوت الجينى كبيراً بما فيه الكفاية؟. هناك معلومات قليلة عن حجم التعداد المؤثر والذى يحفظ التنوع الجينى فى مزرعة العدو الحيوى. ذُكر أن الحد الأدنى لهذا العدد هو ٥٠٠ فرد، لكن غالبية منتجى الأعداء الطبيعية يحتفظ بمستعمرات أكبر عدداً من ذلك طوال العام. من الطبيعى أن تظهر نتائج الإنتقاء بمعدل أسرع فى الأعداء الطبيعية التى لها أجيال عديدة فى السنة عن تلك التى لها أجيال قليلة فقط.

عادة ما يتواجد تفاوت فى خصائص الأداء بين أفراد العشائر الطبيعية، وقد يبقى هذا التفاوت كبير جداً حتى بين أفراد عشائر التربية الداخلية inbred populations. لكن الاختلافات بين ظروف الحقل والمعمل سوف تؤدى إلى إختلافات فى هذا الأداء. عندما يتم إحضار جزء من أفراد العشيرة الحقلية open population إلى المعمل فإنها تصبح عشيرة مقفلة closed population وسوف يحدث كل التغيرات الوراثية من التفاوت الجينى المحدود فى العشيرة الأصلية المؤسسة. يؤثر حجم العشيرة المؤسسة تأثيراً مباشراً على مدى التفاوت الذى يمكن أن يحدث وبالرغم من أنه ليس هناك إتفاق على حجم العشيرة المؤسسة اللازمة لبداية الإنتاج الكمى، إلا أنه قد ذكر أن أقل تعداد هو ٥٠٠ فرد، وقد يقل هذا العدد كثيراً فى بعض أنواع الأعداء الطبيعية إذ قد يصل فى بعض الأحيان إلى ٢٠ فرداً. تختلف خصائص اللياقة بين العشائر الطبيعية أو عشائر الصوب عن تلك الخاصة بعشائر المعمل (على سبيل المثال إختلاف فى القدرة على السكون، أو القدرة على ملاقاة العائل أو الفريسة أو التزاوج)، ولذا فإن قوى الإنتقاء المعملى يمكن أن تؤدى إلى تغير وثورة وراثية مؤدية إلى إنتقاء نظام جينى متوازن جديد.

يعتبر الإدخال المنتظم لأفراد برية wild من الحقل أو الصوب الزجاجية من أحد الحلول المقترحة غالباً للتغلب على أو تصحيح هذه التغيرات الوراثية، والتى يلجأ إليها العديد من المنتجين كمياً للأعداء الطبيعية. لكن لو بقيت ظروف التربية كما هى فى المعمل، فسوف تتعرض تلك الأفراد أيضاً لنفس عملية التغيير، أو الثورة الوراثية. لو أراد المنتج أن يدخل جينات برية، فإنه يلزم أن تتم هذه العملية بإنتظام، وعلى أسس تكنيكية جيدة، ومع بداية التربية المعملية. غير أن إدخال هذه الحشرات المتوطنة إلى المستعمرة المعملية قد يكتنفها كثير من المخاطر من إحتمال إدخال الطفيليات والمفترسات أو الممرضات إلى التربية الكمية المعملية.

هناك مشكلة أخرى وهى مشكلة التربية الداخلية inbreeding، وهى تزاوج الأقارب وإنتاج نسل أكثر تجانساً homozygous عن ذلك الذى ينتج من تزاوج عشوائى فى تعدادات كبيرة من

الأفراد. وغالباً ما تمتلك أفراد النسل المتجانس صفات ضارة غير مرغوب فيها. يرتبط معامل التربية الداخلية inbreedung coeffecient إرتباطاً مباشراً بحجم العشيرة المؤسسة وبسبب أن الإنتقاء الصناعى فى المعمل الذى يقلل من حجم العشيرة، فإن معدل تأثير التربية الداخلية سوف يزداد وتكون النتيجة غالباً تأثيراً سريعاً ومحدداً على التكوين الوراثى للعشيرة المعملية. يمكن منع تاثير التربية الداخلية بوسائل عدة للإبقاء على التفاوت الجينى. تشمل هذه الوسائل طريقتين هما: ١- وسائل قبل البدء فى إنشاء المستعمرة precolonization methods، و٢- وسائل بعد إنشائها post colonization methods. تتضمن وسائل المرحلة الأولى إنتقاء وتجميع أكبر عدد ممكن من أفراد حشرات النوع المؤسسة founder insects من مختلف مناطق إنتشار النوع لضمان تمثيل أشمل للأليلات الجينية فى مختلف عشائر النوع، والذى يؤدى بدوره إلى رفع لياقة أفراد المستعمرة التى سيتم البدء بتربيتها فى المعمل. أما وسائل المرحلة الثانية فتشمل تغيير الظروف المحيطة بالتربية المعملية. وبالرغم من أن هذا التصور يبدو بسيطاً لكنه صعب من الناحية العملية إذا ما أخذنا فى الإعتبار مثلاً العمل تحت ظروف حرارية مختلفة ورطوبات مختلفة وكثافات ضوئية مختلفة وإحتمال إختيار عوائل وتغيير فى إتساع المكان وغيره من العوامل.

٤- كيف يمكن تطبيق مراقبة الجودة؟

يمكن تتبع عناصر إختبارات مراقبة الجودة فى جدول (٤:٦).

جدول (٤:٦) المعايير العامة لمراقبة الجودة.

المعايير Criteria	الشرح
الكمية Quantity	**المفترسات:** عدد الأفراد الحية من المفترس فى العبوة. **الطفيليات:** فى حالة الشحن على هيئة حشرات كاملة، يلزم معرفة عدد الأفراد الحية، أما إذا تم الشحن فى الأطوار غيرالكاملة، فيلزم تحديد نسبة خروج الحشرات الكاملة خلال فترة محددة.
النسبة الجنسية Sex ratio	قلة عدد الإناث (نسبة جنسية فى صالح للذكور) تدلل على إنخفاض ورداءة ظروف التربية بالمحشر والعكس صحيح.
القدرة التناسلية Fecundity	عدد النسل الناتج خلال فترة محددة. تعتبر القدرة التناسلية fecundity أيضاً مؤشراً على معدل قتل العائل host killing أو التغذية عليه host feeding بالنسبة للطفيليات.
طول فترة الحياة Longevity	الحد الأدنى لطول الحياة باليوم.

المعايير Criteria	الشرح
الإفتراس Predation	عدد الأفراد المفترسة خلال فترة محددة.
التطفل Parasitoidism	عدد الأفراد المتطفل عليها خلال فترة محددة.
حجم الأنثى Female size	قياس طول الساق الخلفيه hind tibia، وحجم العذراء كمدلول على حجم الأنثى المتوقع.
القدرة على الطيران Flightability	ويمكن تقسيمه إلى: ١- **الطيران لفترة قصيرة:** وتدلل على أن الحشرة لا زالت لها القدرة على الطيران. ٢- **الطيران لمسافة طويلة مع حدوث تطفل أو إفتراس:** يدلل ذلك على أن الحشرة لها القدرة على الأداء الجيد تحت ظروف الحقل.
الأداء الحقلى Field performance	القدرة على ملاقاة العائل أو الفريسة وكذلك التطفل والإفتراس تحت الظروف الحقلية.
يجب أن يكتب على العبوة من الخارج بشكل واضح نوع العدو الحيوى، وعدد الأفراد، ونسبة الخروج المتوقعة، وحجم العينة.	

هذا وقد أمكن تقدير معايير الجودة لبعض الأعداء الطبيعية التى يتم إنتاجها تجارياً، ويوضح جدول (٥:٦) تلك المعايير.

جدول (٥:٦) معاييرمراقبة الجودة التى تم وضعها لبعض الأعداء الطبيعية التى يتم إنتاجها تجارياً.

النوع	درجة الحرارة	النسبة الجنسية للاناث	القدرة التناسلية (عدد البيض/الأنثى)	نسبة الموت	نسبة الخروج من العذراء
Neoseiulus cucumeris	٢٢±٢°م	≤ ٥٠%	≤ ٧ بيضات فى ٧ أيام	–	-
Aphelinus abdominalis	٢٢±٢°م	≤ ٤٥%	≤ ٦٠ بيضة فى ٨ أيام	≤ ١٠%	٨٠% فى ١٥ يوم
Aphidius spp.	٢٥±٢°م	≤ ٤٥%	≤ ٦٠ بيضة	–	≤ ٤٥%
Aphidoletes aphidimyza	٢٢±٢°م	≤ ٤٥%	≤ ٤٠ بيضة فى ٤ أيام	–	≤ ٧٠ % فى ٧ أيام
Chrysoperla carnea	٢٥±٢°م	–	–	–	–
Dacnusa sibirica	٢٢±٢°م	≤ ٤٥%	≤ ٦٠ بيضة فى ٣ أيام	≤ ٥%	–

obeikandi.com

النوع	درجة الحرارة	النسبة الجنسية للاناث	القدرة التناسلية (عدد البيض/الأنثى)	نسبة الموت	نسبة الخروج من العذراء
Diglyphus isaea	٢٥±٢°م	≤ ٤٥%	≤ ٧٠ بيضة	≤ ٨%	
Encarsia formosa	٢٢±٢°م	≤ ٩٨%	≤ ٧ بيضات/ اليوم	–	–
Eretmocerus mundus	٢٥±٢°م	≤ ٤٥%	≤ ١٠ بيضات/اليوم	–	–
Orius spp.	٢٥±٢°م	≤ ٤٥ %	≤ ٧ فى ٣ أيام	–	–
Phytoseiulus persimilis	٢٢-٢٥°م	≤ ٧٠%	≤ ١٠ بيضات ٥٠ أيام	–	–
Trichogramma brassicae	٢٣±٢°م	≤ ٥٠ %	≤ ٤٠ بيضة فى سبعة أيام	≤٢٠% بعد ٧ أيام	> ٨٠%
Macrolophus caliginosus	٢٢±٢°م	≤ ٤٥%	≤ ٧ فى ٣ يوم	≤ ٥%	–
Leptomastix dactylopii	٢٢±٢°م	≤ ٤٥ %	≤ ٤٠ فى ١٤ يوم	≤ ١٠%	–

(فان لينترن Van Lenteren وآخرون ، ١٩٩٩).

يجب أن تتم مثل هذه الإختبارات بواسطة المنتج لتلك الأعداء الطبيعية قبل الشحن مباشرة. وهناك بعض الإختبارات الأخرى التى يجب أن تجرى بعد الشحن من قبل المزارع مثل نسبة الخروج أو عدد الأفراد الحية من الحشرات الكاملة فى العبوة. وهناك بعض من هذه الإختبارات التى يجب إجرائها بصفه دورية بواسطة المنتجين للأعداء الطبيعية، ومنها ما يكون يومى، أو أسبوعى، أو مع كل دورة إنتاج والبعض الأخر من الإختبارات يمكن تنفيذه من وقت لأخر مثلاً كل عام، أو موسمياً، أو عند تغيير وتطوير ظروف الإنتاج والتربية. وفى المستقبل القريب سوف يتم إضافة إختبار قدرة الطيران لمجموعة الإختبارات الحالية.

ج- الوراثة Genetics

لاحظ كثير من الباحثين أن التغيرات الوراثية التى تنتج من التربية المعملية طويلة الأمد للأعداء الطبيعية يمكن أن تؤثر بالسلب على لياقتها وصفاتها السلوكية مثل الوصول إلى العائل، وقبول العائل، والتفضيل العوائلى. من المعروف أن المكون الوراثى genetic constitution لأى عدو حيوى يستخدم فى المكافحة البيولوجية، وبالتالى التغيرات الوراثية التى يمكن أن تطرأ عليه، هي غاية فى الأهمية، خاصة عند إطلاق تلك الطفيليات أو المفترسات فى أماكن جديدة.

يمكن أن يحدث ثلاث عمليات وراثية فى عشائر الأعداء الطبيعية والتى يمكن أن تقلل من نوعيتها وهى إنحدار التربية الداخلية inbreeding depression، والإنحراف الجينى genetic drift، والإنتخاب selection. تحدث الظاهرتين الأوليتين فقط فى التعدادات القليلة جداً، أما الظاهرة الثالثة فيمكن أن تحدث فى كل من التعدادات الصغيرة والكبيرة وتعتبر العامل الأكثر أهمية فى الإنتاج الكمى للأعداء الطبيعية.

يحدث إنحدار التربية الداخلية عند تزاوج الأقارب، مما يؤدى إلى زيادة تماثل الأليلات المتنحية homozygosity فى النسل الناتج، وتكون النتيجة ظهور صفات متنحية ضارة. عادة ما تحدث فقط مثل هذه الظاهرة، تحت ظروف التزاوج العشوائى فى التعدادات القليلة (أقل من ١٠٠ فرد).

يحدث الإنحراف الجينى أيضاً فى التعدادات القليلة، ويتضمن تغيير فى تكرار الأليل allele frequency بين الأجيال من خلال فقد بعض الأليلات والتى، بالصدفة، لا تنتقل إلى الجيل التالى بسبب أن الأفراد القليلة التى تحمل تلك الأليلات تفشل فى أن تتربى بدرجة تكفى لتمريرها إلى هذا الجيل. وبسبب كبر معظم المستعمرات التجارية commercial colonies للأعداء الطبيعية وإزديادها بسرعة من أى عدد صغير من الأفراد المؤسسة founder individuals، فإن ظاهرتى الإنحدار أو الإنحراف ليسا من العوامل العظمى المؤثرة فى التربية الكمية للأعداء الطبيعية. على عكس ظاهرتى الإنحدار والإنحراف، فإن الإنتخاب selection، للتوافق مع الظروف المعملية والمتزامن مع إنخفاض اللياقة للعشيرة البرية (الحقلية)، من الممكن حدوثه أثناء تربية الأعداء الطبيعية. تتفاوت أنماط التكيفات adaptations التى يمكن أن تحدث فى المستعمرات التجارية، إذ تعتمد على كل من بيولوجية الكائن الذى يتم تربيته وعلى الظروف الطبيعية والكيميائية المستخدمة. تشمل عمليات التربية الكمية التجارية الموسعة زيادة مستمرة فى كثافات العدو الطبيعى المراد إكثاره، وإستعمال أغذية غير طبيعية، وفرائس أو عوائل غالباً ما تتواجد بكثافات عالية، وظروف غير طبيعية من الإضاءة، مع غياب مدى واسع من المشعرات cues الطبيعية والكيميائية التى عادة ما تشكل جزءاً من بيئة الكائن الحى. فعلى سبيل المثال، بسبب السهولة الفائقة فى الحصول على عوائل للتربية الكمية، فإن الطفيليات غالباً ما تنتخب للطيران الأقل، وسرعة المشى الأقل، وقبول عوائل تفتقر إلى وسائل الإتصال الوسيطة semiochemicals والتى عادة ما تكون ضرورية لتحقيق وضع البيض. وبنفس الشئ، تنتخب المسببات المرضية المربـاه على بيئات متخمرة لصفات تؤدى إلى إنخفاض القدرة على مهاجمة العوائل الحية.

ليس كل تدهور فى النوعية مرجعه التغيرات الوراثية، إذ أن هناك عوامل يمكن أن تسهم فى هذا التدهور مثل الممرضات أو الغذاء غير الكافى. ولكى يمكن تحديد فيما لو أن الإنتخاب الوراثى مسئول عن أى تدهور ملحوظ فى النوعية، يتم إجراء تهجين outcrossing مع أفراد برية (من الحقل)، فلو كانت المشكلة وراثية فى الأصل، فإن النسل الناتج يجب أن يظهر تحسناً فى صفاته.

لإصلاح تأثيرات الإنتخاب، يمكن اللجوء إلى الإحلال الدورى للمستعمرات بأفراد برية، أو إدخال تعداد كبير نسبياً من تلك الأفراد فى مستعمرات التربية الكمية. يمكن أن تجمع هذه الأفراد البرية من الطبيعية أو تؤخذ من أفراد تم تخزينها على إفتراض أن بعض أطوارها مثل البيض أو العذارى يمكن أن تخزن بنجاح. غالباً ما يصلح مثل هذا الإجراء الإصلاحى، من الناحية العملية، مع المستعمرات التى تربى بهدف البحوث، لكن يصعب إتباعه عملياً مع زيادة حجم مستعمرات التربية بسبب القلة النسبية للأفراد البرية المتاحة التى يمكن جمعها. وبالتالى يتطلب الأمر وقتاً معقولاً لزيادة مستعمرات جديدة إلى المستويات المطلوبة للإنتاج التجارى مما يتسبب عنه وجود فترات طويلة دون إنتاج. بالإضافة إلى هذا، تواجه الأفراد البرية بمخاطر إحتمال دخول أفراد من أنواع أخرى بطريق الخطأ إليها (كما حدث فى تربية طفيليات البيض من جنس *Trichogramma*)، أو إدخال مرض ما إلى المستعمرة، ولو أنه من المتوقع أن يكون تأثيرها طفيفاً تحت الظروف المعملية بسبب عدم قدرتها على التكيف. ولو كان الأمر كذلك، فإن المستعمرة التجارية يمكن تجديدها دورياً بصورة أو بأخرى. يمكن أن تتناقص مع الوقت حيوية الأفراد التى تخزن ولذا لابد من معرفة طول الفترة المناسبة للتخزين لكل نوع من الأعداء الطبيعية كل على حده.

د- التغذية Nutrition

تستخدم الأغذية أوالفرائس أوالعوائل فى تربية عناصر المكافحة البيولوجية فى المزارع التجارية والتى يمكن أن تؤثر على قوة العنصرالحيوى المنتج وخصوبته وقدرته على التعرف على العائل، وبالتالى على كفاءته فى تحقيق الغرض المرجو منه. يفترض، بصفة عامة، أن الغذاء الطبيعى لعنصر حيوى ما هو أفضل غذاء لإنتاج عنصر حيوى قوى ذو سلوكيات طبيعية. وعلى كل، فقد لا تكون الحشرة المستهدفة أفضل أو أكمل غذاء لبعض المفترسات مثل المفترسات الأكاروسية من عائلة Phytoseiidae التى يمكن أن تستفيد من الأغذية الإضافية مثل حبوب اللقاح والفطريات، أوفرائس بديلة من أنواع من العناكب. إضافة إلى ذلك، فقد يكون إستخدام الغذاء الطبيعى أو الفريسة أو العائل مرتفع التكاليف بدرجة لا يمكن إستعمالها أو قد

يصعب إستعمالها تحت الظروف التجارية. لحل هذه المشكلة يمكن أن يربى العدو الطبيعى على أكثر أنواع العوائل البديلة سهولة فى التربية أو على البيئات الصناعية. يجب مقارنة عناصر المكافحة البيولوجية الناتجة بإستخدام الأغذية أو العوائل البديلة بالأفراد المرباه على الغذاء الطبيعى لمراقبة حدوث أى تغيرات ملحوظة. قد تتطلب مثل هذه التغيرات عدداً من دورات التربية لتصبح واضحة، لذا يجب أن تتم المقارنة بشكل دورى بين خطوط التربية على الغذاء البديل، والغذاء الطبيعى أو العوائل. على سبيل المثال فى حالة تربية الطفيل *Lixophaga diatraeae* بطريقة مستمرة على العائل البديل دودة الشمع الكبيرة *Galleria mellonella* حدث إنخفاض فى خصوبة الإناث، وكفاءة التزاوج فى الذكور وفشلت التربية بعد الجيل السادس. أيضاً عند تربية المفترس الأكاروسى *Amblyseius potentillae* على غذاء من بيئة الخضروات (حبوب لقاح الفول *Vicia faba*) إنخفضت كفاءته الإفتراسية بشكل واضح على فريسته من عنكبوت التفاح الصدئى *Aculus schlechtendali* بالمقارنة عند تربية نفس المفترس على العنكبوت الأحمر ذوالبقعتين *Tetranychus urticae*. وعلى العكس من ذلك، فلم يظهر المفترس *Geocoris punctipes* المربى لمدة ستة أعوام على غذاء صناعى أى تغير فى تفضيل فرائسه، مقارنة بالأفراد البرية. كذلك لم تظهر أنواع المفترس *Podisus* sp. المرباه لمدة ١٥ جيل على غذاء صناعى قوامه اللحم أى إختلافات عن تلك الأنواع المرباه على فرائس حية. أيضاً فى حالة الطفيل *Trichogamma brassicae* عندما ربى على عائلين بديلين مختلفين هما فراشة الحبوب *Sitotroga cerealella* ودودة الدقيق *Anagasta kuehniella* تساوى كلا العائلين فى مناسبتهما للطفيل. عموماً، فإنه من المتوقع أن الأغذية قد تؤثر تدريجياً فى عدد من الخصائص الهامة للأعداء الطبيعية فى المستعمرات التى تربى لعدة أجيال. يمكن أن تتّبع الخسارة فى النوعية من خلال المقارنة الدورية لأداء النوع النافع مع الأفراد البرية التى تجمع من البيئة أو، لو أمكن، مع تلك المخزنة.

يمكن مع إختبارات مناسبة قبل الإستقرار على إختيار عائل بديل للتربية أو غذاء صناعى، ومع المتابعة المستمرة لنوعية السلالة المنتجة مع الوقت فى المستعمرات التجارية، يمكن إستبعاد التأثيرات الضارة من الأغذية غير المناسبة أو تعديلها.

هـ- منع التلوث Preventing contamination

تتعرض جماهير الكائنات الحية المرباة معملياً للتلوث بالعديد من أنواع المسببات المرضية المعدية التى تغزو مزارع التربية. تعمل الكثافات العددية العالية لجماهير الأعداء الطبيعية المرباة بالمعمل على زيادة التلامس المباشر بين الأفراد وبعضها، وبين الأفراد والمواد الإخراجية

وغيرها من المنتجات التى قد تأوى الميكروبات الممرضة. أيضاً فإن إدخال الأفراد البرية إلى مستعمرة تجارية يمكن أن يسمح بإدخال المسببات المرضية إلى المزرعة المعملية. على سبيل المثال، فإن الفيروس الحبيبى Granulosis virus الذى يصيب يرقات أبى دقيق الكرنب *Pieris rapae* يمكن أن يدخل فى المزرعة بسهولة إما عند إضافة يرقات برية من أبى دقيق، أو حشرات كاملة برية لطفيلها *Cotesia rubecula*. يمكن أن يحدث التلوث فى هذا النظام بين يرقات العائل من خلال تلوث الغذاء بالبراز فى حالة عدم تربية اليرقات إنفردياً، أو بين الحشرات الكاملة للطفيليات ويرقات العائل من خلال التلوث الميكانيكى عن طريق آلة وضع البيض للطفيليات. أما بالنسبة للميكروسبوريديا، فإنها يمكن أن تنتقل أفقياً horizontally (عملية عشوائية تتم بواسطة عوامل غير حيوية) ورأسياً vertically (أى بين الأجيال من الأم إلى النسل)، كما أنها تؤدى إلى خفض الخصوبة وقصر عمر الكائنات المصابة ولا تؤدى إلى موتها فورياً. هناك أيضاً حاجة لجهود خاصة لتخليص المستعمرة من الميكروسبوريديا بإستخدام خطوط تربية عوائلية منفصلة عن بعضها والتخلص من المصاب منها. يمكن أن يكون التطفل المتزايد من العوامل المنشطة على إنتقال المرض فى مستعمرات التربية، حيث أن كل غرزة جديدة من غرزات أنثى الطفيل تحمل معها إمكانية إصابة كل مجموعة الأطوار غير الكاملة داخل العائل بعناصر المرض المعدية. يتم بذل الجهود لتخليص المستعمرة من الميكروبات فقط عندما يكون هناك من الدلائل على أن تلك الميكروبات تقلل من معدل المعيشة والقدرة التناسلية لأى من العدو الحيوى أو العائل. يمكن أن تغزو عديد من أنواع الطفيليات المفرطة مستعمرات تلك الأنواع النافعة كما فى حالة طفيليات المن، ومفترسات عائلة Cecidomyiidae، وللتغلب على هذا الغزو يمكن ضبط طرائق التربية وتصميمات أقفاص التربية.

هناك كثير من الصعاب التى تواجه عمليات التربية المعملية لاسيما عندما تبدأ مزرعة الطفيل أو المفترس بعينات مأخوذة من الحقل مباشرة. أوُصى، على سبيل المثال، بأن يتم بداية تكوين مزرعة الطفيل *Cotesia melanoscelus* (طفيل أولى على يرقات فراشة الغجر) من أول جيل للآفة فى الحقل وذلك لتقليل مشاكل فرط التطفل فى التربية المعملية وعلى أن يتم عزل شرانق الطفيل المجموعة من الحقل فردياً حتى لا يهاجم أى طفيل مفرط أكثر من شرنقة واحدة من شرانق الطفيل الأولى. تستخدم نفس التوصية مع طفيليات المن التى تعانى من هجوم شديد من الطفيليات الثانوية. تتأثر الحشرات الطفيلية أو المفترسة أيضاً بالكائنات الدقيقة، حيث ثبت أن الطفيليات التى تنمو فى أو على عوائل حشرية مصابة بالكائنات الدقيقة ربما تصاب بالمرض ذاته. وجد أن البكتريا *Serratia marcescens* تسبب موت فى مزارع الطفيل التاكينيدى

OUEIKANDI.COM

Lixophaga diatraeae المتطفل على ثاقبات القصب. يتم مكافحة المرض بنقع اليرقات فى محلول ٠,٧% فورمالين لمدة خمسة دقائق قبل التطفل، وكذلك بتطهير العذارى (من الخارج) بمحلول ١% محلول هيبوكلوريد صوديوم لمدة ثلاث دقائق. أيضاً تم تسجيل بعض أنواع الريكتسيا والأشكال القريبة منها كممرضات لبعض الحشرات الطفيلية أو المفترسة حيث قد تتسبب فى تقزم الأنسجة العصبية لمفترس أبو العيد ذو السبع نقط *Coccinella septumpunctata*، وكذلك للطفيل *Bathyplectes* sp. المتطفل على سوسة البرسيم. أيضاً وجد أن المسبب المرضى *Enterella stethorae* يسبب مرض مزمن فى المفترسات الحشرية من جنس *Stethorus* sp. وذلك بتدمير الخلايا الطلائية للمعدة الوسطى. أيضاً فإن العديد من البروتوزوا تم إكتشافها فى الطفيليات الحشرية من رتبة غشائية الأجنحة. فعلى سبيل المثال وجد أن الطفيل *Pediobius foveolatus* وكذلك أحد طفيليات بيض خنفساء الفول المكسيكية تكون حساسة جداً لنوعين من البروتوزوا. وطالما أن النوع *P. foveolatus* قد تم تربيته معملياً وذلك بغرض الإطلاق الحقلى الطُعمى inoculative release السنوى له، فإن مثل هذه البروتوزوا تكون عاملاً خطراً ومحدداً فى إكثار وإنتاج هذا الطفيل معملياً.

ليست كل العناصر الميكروبية المرتبطة بالأعداء الطبيعية تسبب ضرراً للمستعمرة. هناك بعض الكائنات الدقيقة التى غالباً ماتكون هامة جداً للأعداء الطبيعية. غالباً ما تحتوى الطفيليات الحشرية على معاشرات دقيقة داخلية تساعدها وتمكنها من مهاجمة العائل الحشرى بنجاح. فعلى سبيل المثال، وجد أن الفيروس الموجود فى قنوات المبيض للطفيليات التابعة لعائلتى براكونيدى Braconidae وإكنيومنيدى Ichneumonidae توقف الدفاع الدموى وعملية التكبسل داخل العائل الذى يتم التطفل عليه. قد تتدخل الكائنات الدقيقة أيضاً فى عملية التكاثر للطفيليات الحشرية خاصة فى عائلتى Pteromalidae وTrichogrammatidae. أظهرت نتائج الدراسات الحديثة حتمية إشتراك مثل تلك الكائنات فى ظاهرة التكاثر البكرى المنتج للإناث thelytoky فى طفيل *Trichogramma*، إذ وجد أن تغذية إناث هذه الأنواع على عسل مضاف إليه بعض من المضادات الحيوية، أو تربية الحشرات الكاملة على درجات حرارة عالية كانت كافية لعلاج ظاهرة التكاثر البكرى المنتج للاناث فى هذا الطفيل وإنتاج ذكور فى الجيل التالى مباشرة.

و- التعرض للكيميائيات الوسيطة وفرص التعلم

تعتبر الكيميائيات المرتبطة بالعوائل أو الفرائس من أهم مصادر المعلومات المتعلقة بالأعداء الطبيعية. عند تربية هذه الأعداء الطبيعية على البيئات الصناعية أو العوائل البديلة، فإن

ظروف التربية المعملية قد لا توفر فرصة التلامس مع المنبهات الكيميائية الهامة للعائل الطبيعى. يكون طفيل البيض *Trichogramma brassicae* المربى على العائل البديل *Anagasta kuehniella* أقل كفاءة فى التطفل على عائله المستهدف دودة الذرة الأوربية *Ostrinia nubilalis* عن تلك المرباه على العائل الطبيعى *O. nubilalis*.

تتسبب التربية على مثل تلك العوائل البديلة فى ضعف أداء الطفيليات ضد العائل المستهدف تحت الظروف الحقلية. وعلى ذلك فإنه يمكن إجراء إحداث تكيف عملى قبل إطلاق الأعداء الطبيعية مع المكونات الرئيسية للعائل الحشرى أو العائل النباتى. يعتبر السماح للأعداء الطبيعية بملامسة النبات المستهدف أو الحشرة المستهدفة على عائلها النباتى من أكثر الصور المباشرة للتكيف وأبسطها بما فى ذلك فرص التكاثر قبل الإطلاق. بالنسبة للطفيليات، يعتقد أن هذه الخبرة تحقق قدرة الطفيل فى البحث المكثف عن عائله وتحسن من قدرته فى التعرف عليه ومهاجمته، وتقلل من فرص تشتته.

ز- مراقبة جودة المستعمرات Monitoring cultures for quality

إن التقييم المنتظم لنوعية الكائنات الحية المنتجة أثناء التربية المكثفة هى عملية ضرورية عند إنتاج الأعداء الطبيعية، ولذا لابد أن تخضع المستعمرة لإختبار دورى لخصائصها الأصلية وذلك بالرجوع إلى البيانات الخاصة بأداء الكائن الحى فى التحليلات البيولوجية الخاصة به. يمكن أيضاً عمل مقارنات بين الكائنات الحية المرباه وبين النماذج الحية سواء المخزن منها أو تلك التى تجمع حديثاً من الحقل من حيث أدائها العام فى إختبارات الصوب الزجاجية، أو سلوكياتها الخاصة مثل قياس سرعة التنقل أو معدل التطفل. على سبيل المثال، يمكن إختبار جودة الأنواع المختلفة من جنس طفيليات البيض *Trichogramma* المرباه من أجل الإستخدام ضد دودة الذرة الأوربية *Ostrinia nubilalis* بإطلاق الزنابير المرباة فى مستعمرة الإنتاج فى بيوت زجاجية وضع فيها كتل بيض العائل على النباتات. يمكن أن تُقيم نوعية الأفراد عندئذ بواسطة قياس قدرة الزنابير على الطيران للوصول إلى نباتات الذرة، وإكتشاف بيض العائل، ووضع البيض والنمو بنجاح داخله. يمكن أن تقارن المقاييس المختلفة الأخرى للنجاح فى أداء هذه المهام مثل (أعداد الزنابير التى تصل النبات فى مدة محددة، وأعداد كتل البيض المكتشفة، والنسبة المئوية للبيض المهاجم، ونسبة خروج الزنابير من البيض المتطفل عليه) بأداء الزنابير التى بدىء بها المزرعة أو تلك المجموعة حديثاً من البيئة الطبيعية.

ح- تحسين الأعداء الطبيعية من خلال الإنتقاء الوراثى

Improving bioagents by genetic selection

قد تتم طرق الإنتقاء الوراثى فى مزارع الأعداء الطبيعية لتحسين أو تعديل خصائص معينة مرغوبة دون إضعاف السمات الضرورية الأخرى فى بيولوجيا العدو الحيوى. تضمنت السمات التى تم الإنتقاء من أجلها تحسين الحركة والقدرة على ملاقاة العائل فى النيماتودا، وتغيير صفات السكون، وإزادة سرعة معدل النمو فى الطفيليات. بالإضافة إلى هذا تم الإنتقاء من أجل مقاومة واحد أو أكثر من المبيدات الحشرية.

وبالرغم من أن إطلاق الأعداء الطبيعية المحسنة وراثياً يمكن أن يعقبه إحلال لها بواسطة أعداء طبيعية أخرى منافسة لها فى البيئة الطبيعية، أو قد يحدث لها تهجين مع أفراد من نفس النوع والموجودة فى البيئة الطبيعية، لكن إطلاق تلك العشائر المحسنة بطريقة مكثفة augmentatively يمكن أن تكون أقل تأثراً بتلك المشاكل إلى الحد الذى تتم فيه مكافحة الآفة بواسطة هذه الأفراد التى تم إطلاقها أو بواسطة نسلها التالى. وفى مثل هذه الحالات تقل أهمية اللياقة الطويلة الأمد تحت ظروف المعمل.

يمكن، على سبيل المثال، الإنتقاء الوراثى لأنواع من المفترسات الأكاروسية التابعة لعائلة Phytoseiidae مقاومة للمبيدات الحشرية وإستخدامها لمكافحة العنكبوت الأحمر فى البيوت الزجاجية متزامنة مع المبيدات الحشرية لمكافحة آفات أخرى. إن إنتقاء سلالات من عناصر المكافحة البيولوجية لا تدخل فى مرحلة سكون مثل مفترس المن *Aphidoletes aphidimyza* ومفترس التربس *Amblyseius cucumeris* والأكاروس المفترس *Metaseiulus occidntalis* لإستخدامها فى فصل الشتاء فى البيوت الزجاجية فى المناطق المعتدلة الحرارة يمكن أن تكون طريقة لتحسين أحد عناصر المكافحة البيولوجية لأداء مهمة معينة. إستخدام أعداء طبيعية مقاومة للمبيدات بغرض إستعمالها مع معاملات إستخدام المبيدات فى إنتاج المحاصيل قد لا يشجع إستخدام الأعداء الطبيعية لمكافحة الآفات الأخرى. وهنا سيظل التساؤل، هل ستبقى أو لا تبقى السلالات أو الكائنات المحسنة وراثياً بكامل لياقتها العامة محافظة على نفسها ومنتجة لذرياتها تحت الظروف الحقلية؟ فهذا أمر معقد يكتنفه أمور متعلقة باللياقة والمنافسة.

يمكن تحسين عدد من خواص النيماتودا والميكروبات الممرضة مثل القدرة على إحداث المرض بالنسبة لعائل معين، والمدى العوائلى، والمقاومة للمبيدات. أمكن تحسين كثير من خصائص سلالات البكتريا *Bacillus thuringiensis* من خلال عدد من التكنيكات. يكون التحسين

ممكناً أيضاً فيما يتعلق بالخصائص التى تؤثر على الإنتاج مثل حصيلة الجراثيم الناتجة، ومعدل النمو تحت ظروف الإنتاج. بالنسبة للنيماتودا (لكن ليس بصفة عامة للميكروبات) يمكن أن يخضع سلوك ملاقاة العائل للتحسين أيضاً. من خلال التربية المتكررة على عوائل جديدة، أمكن توسيع المدى العوائلى للفيروس النووى لدودة الحرير ليشمل حفار الأرز أيضاً. وبإستخدام الهندسة الوراثية، أمكن توسيع المدى العوائلى لسلالة البكتريا *Bacillus thuringiensis* عن طريق دمج الجينات المسئولة عن التوكسينات فى سلالة واحدة من البكتريا وبذلك أمكنها إصابة حشرات من رتبتي ذات الجناحين وغمدية الأجنحة. كذلك أمكن تحسين القدرة على العثور على العائل بزيادة ٢٠-٢٧ مرة للنيماتودا *Steinernema carpocapsae* وذلك من خلال إنتخابات معملية laboratory selection. وعن طريق ٣٠ دورة من الإنتخاب، أمكن زيادة مسافة العثور على العائل بواسطة النيماتودا *S. carpocapsae* من ٣,٥سم إلى ٢٠سم/ساعة، إلا أن السلالة الناتجة لم تظهر زيادة فى كفاءتها تحت الظروف الحقلية. بالرغم من أن أعمال قليلة قد تمت فى تحسين صفات النيماتودا لكن الموضوع مبشر وينتظر المزيد فى المستقبل.

ط- السكون Diapause

غالباً ما يتداخل السكون فى دورة حياة العدو الطبيعى فى إنتاجه الكمى. فعلى سبيل المثال تتسبب توليفة من درجة حرارة معينة وفترة إضاءة معينة فى إحداث السكون للطفيل *Hexacola* sp. nr. *websteri*. عندما تتعرض يرقات الطفيل داخل يرقات عوائلها إلى فترة إضاءة طويلة تصل إلى ١٦ ساعة مع درجة حرارة عالية تصل إلى ٣٢°م، يدخل طور ما قبل العذراء للطفيل فى حالة من السكون يمكن إنهائه بتعريض محافظ عذارى العائل puparia إلى الرطوبة لساعات قليلة، إلا أن هذا النمط من سهولة إنهاء السكون يعقب فقط جيل الآباء الذى ربى على درجة حرارة ٢٧°م مع ١٤ ساعة إضاءة. لو تعرض جيل آباء الطفيل الذى ربى على درجة حرارة ٣٢°م مع ١٦ ساعة إضاءة وحفظ النسل تحت درجة حرارة ٢٧°م مع ١٤ ساعة إضاءة فإن أكثر من ٩٠% من نسل الطفيل يدخل سكوناً فى طور ما قبل العذراء ولا يمكن إنهاء سكونه بتعريضه للرطوبة. وعندما تربى مجموعة أخرى من نفس نسل جيل الآباء على درجة حرارة ٣٢°م مع ١٦ ساعة إضاءة، فإن ٣٥% فقط من النسل يدخل السكون.

توضح هذه الصورة التعقيدات الكبيرة التى تسهم فى تحديد أى من توليفات الأنماط البيئية environmental regimes داخل حجرات التربية تمنع أو تتسبب أو تنهى السكون. تشمل أمثلة

أخرى طفيل سوسة البرسيم والذى فيه يدخل كل من العائل والطفيل فى تعقيدات فى سكونهما. كما تنهى أنواع طفيليات دودة اللوز القرنفلية من جنس *Chelonus* سكونها على فترات مختلفة.

لا يتأثر سكون الطفيليات فقط بالظروف البيئية، بل بأحوال العائل الحشرى والعائل النباتى. يحدث السكون فى الطفيل *Praon palitans* بواسطة عائله مَنْ البرسيم المبقع *Therioaphis trifolii* والذى بدوره يُنظَم بواسطة الحالة الفسيولوجية لعائله النباتى.

غالباً ما يمكن تناول موضوع السكون بتوليفات مناسبة من الظروف البيئية، وبصفة خاصة ما يتعلق بالحرارة والإضاءة. هناك عامل واحد يجب أن يؤخذ فى الإعتبار وهو أنه يجب أن تختلف درجات الحرارة المثلى للتربية لكل من الأعداء الطبيعية الحشرية وعوائلها.

تتفاوت ظروف تربية الأعداء الطبيعية بإختلاف الأنواع، فعلى سبيل المثال، تربى يرقات الطفيل التاكينيدى *Lixophaga diatraeae* داخل يرقات عائلها (ثاقبات القصب) فى ظلام تام تحت درجات حرارة ٢٦– ٢٨°م ورطوبة ٨٠%، بينما أنواع الطفيليات من جنس *Trichogromma* عادة ما تربى تحت ضوء ثابت. كذلك تختلف الظروف المثلى حتى داخل الجنس الواحد. يمكن تربية أسد المن الأخضر العادى *Chrysoperla carnea* تحت ظروف ضوء ثابتة، بينما النوع *C. rufilabris* يتطلب ١٤ساعة إضاءة لازمة للوصول لأعلى قدرة تناسلية high feeundity. أيضاً لوحظ أن نوعية الضوء وفترات الإضاءة من العوامل الهامة فى تزاوج الحشرات ووضعها للبيض.

ي– تغيرات النسبة الجنسية Sex -ratio changes

مع التربية الممتدة الأمد للطفيليات، قد تشكل التغيرات فى النسبة الجنسية إحدى مشاكل التربية. لكن، يمكن فى بعض الحالات، تعديل ظروف التربية لتحسين هذه المشكلة. على سبيل المثال، فإن مزرعة من الطفيل *Muscidifurax uniraptor* (Pteromalidae) المنتج للإناث thelytokous والتى أُبقى عليها لمدة ١٦ عاماً فى المعمل إبتدأت تدريجياً فى إنتاج نسل من الذكور بصفة دائمة، بالرغم من عدم حدوث تغيير فى طرائق التربية أو تغيير العائل الحشرى. يمكن تحسين إنتاج الإناث من خلال السماح للأمهات الصغيرة السن فقط فى وضع البيض عندما تكون درجة الحرارة متوسطة وعندما تزود بالعوائل فى أيام متبادلة، وبذا يمكن أن يتضاعف عدد الإناث فى مدة قصيرة لدرجة أنه يكون من المدهش أن إنتاج مزرعتين حديثتين من هذا الطفيل يماثل تلك طويلة الأمد التى حدث معها هذا التغيير.

من العوامل التى ترتبط بظروف التربية والتى يمكن أن تؤثر بفاعلية فى النسبة الجنسية للزنابير الطفيلية هى معدل التزاوج (يتضمن ذلك فرط التزاوج over-mating)، وحجم العائل، والتزاحم، ودرجات الحرارة العالية. يكون لإناث الزنابير الطفيلية القدرة على تنظيم وضع بيض منتج للذكور أو منتج للإناث معتمداً فى ذلك على الظروف الخارجية. يُحكم هذا التنظيم بعوامل كثيرة منها حجم العائل، والتزاحم، وميل الإناث إلى وضع بيض منتج للذكور أكثر على العوائل الصغيرة. تميل اليرقات الذكور أن تكون منافسة متسيدة ولذلك تزداد نسبة معيشتها فى العوائل متزايدة التطفل superparasitized hosts. يمكن بدرجة جزئية تخفيف إنتاج الذكور المتحيز فى التربية المعملية عن طريق الإمداد بوفرة من الغذاء وإتساع حيز التربية.

وجد أن تعريض الطفيل *Aphytis melinus* لفترة طويلة لدرجات الحرارة الشتوية يتسبب فى إنتاج نسل متحيز للذكور فى النسبة الجنسية للجيل الأول.

ك- كثافة التربية Rearing density

يكون الإمداد بالغذاء الكافى وإتساع حيز التربية من الأمور الهامة فى تعظيم إنتاج النسل. وجد أن أنسب كثافة من الحشرة القشرية الحمراء لتربية الطفيل *Aphytis lingnanensis* هو ٣٠ - ٥٠ حشرة / سم^{٢} على سطح ثمرة القرع العسلى. عند تربية البعوضة المفترسة *Toxorhynchites amboinensis* تكون نسبة اليرقات المفترسة إلى يرقات الفريسة حرجة للغاية، إذ يمكن أن تؤدى قلة الفرائس إلى وجود ظاهرة الإفتراس الذاتى بين اليرقات المفترسة، أما زيادتها فتؤدى إلى خروج حشرات كاملة من الفريسة *Toxorhynchites pans*. هذا وقد إتضح أهمية التوازن بين نسب العائل والطفيل لمنع حدوث ظاهرة التطفل المتزايد فى الإنتاج الكمى للطفيل *Spalangia endius* المتطفل على الذباب المنزلى. لوحظ أن زيادة نسبة الطفيل إلى العائل يمكن أن يؤدى إلى غرزات متعددة وبالتالى زيادة نسبة موت اليرقات. أستعملت نسبة ٤٠ يرقة فراشة الغجر لكل ٨ إناث ملقحة من الطفيل *Cotesia melanoscelus* لمدة ٣ ساعات للسماح بوضع البيض وقد أمكن مع هذا التكنيك تحقيق نسبة تطفل وصلت إلى ٧٠-٨٠ %. أمكن الحصول على أعلى كفاءة إنتاجية لأنواع الطفيليات من جنس *Trichogramma* عند نسبة ١٠٠ بيضة من العائل لكل أنثى طفيل ملقحة. أستعملت وحدات من الكرتون لوضع البيض بالنسبة لأسد المن الأخضر العادى وقد أمكن الحصول على حوالى ٧٩٠٠٠ بيضة من ٥٠٠ حشرة كاملة خلال ٢١ يوماً وقد تم التأكيد على أن كل حشرة تحتاج إلى ٢,٥سم^{٢} كمساحة للإستراحة حتى لا تقصر عمر الحشرة وتنخفض الكفاءة الإنتاجية كنتيجة للتزاحم.

عادة ما يمنع إتساع المكان ووفرة العوائل فى مزارع الطفيليات الحشرية والمفترسات من ظاهرة الإفتراس الذاتى وزيادة نسبة الموت. إلا أنه قد تم تسجيل حالة شاذة عن ذلك إذ وجد أن صلاحية ذبابة الدروسوفيلا *Drosophila melanogaster* للطفيل الداخلى *Leptopilina boulardi* زادت، تحت ظروف معملية مثالية للذبابة، من ٥٠% إلى ٩٠% عندما ربيت تحت ظروف التزاحم. وجد أنه فى الكثافات العالية ليرقات العائل *Spodoptera frugiperda* تزداد نسبة التطفل بواسطة الطفيل *Campoletis sonorensis* تحت درجة حرارة ٢٥°م أكثر منه عند ٣٠°م.

ل- السلوك Behaviour

قد يكون سلوك الأعداء الطبيعية مكون هام فى مزارع تربيتها. فعلى سبيل المثال يقدم السلوك الموجب للضوء positive phototaxis والسالب للجاذبية الأرضية negative geotaxis لطفيليات جنس *Trichogramma* سهولة كبيرة فى التعامل معها. وفى الحقيقة، فإن معظم الطفيليات الحشرية تكون موجبة للضوء مما يسهل جمعها.

ينصح دائماً بتربية الأعداء الطبيعية الحشرية على عوائلها الحشرية الطبيعية والمصادر الغذائية الطبيعية لكى يُهيأ لها كل المنبهات السلوكية الضرورية. وبينما يكون هذا مرغوباً، فقد لا يكون ممكناً فى التربية الكمية. لوحظ أن الطفيل التاكينيدى *Lixophagus diatraeae* الذى يتطفل على حفار ساق القصب ينجذب بمواد طيارة من تغذية اليرقات وأنه يضع يرقاته عند ملامسته لبراز يرقات العائل. ومع ذلك يعتمد برنامج تربيته الكمية على فراشة الشمع الكبيرة وهى عائل بديل لا يؤدى إستعماله إلى تنبيه تحت الظروف الحقلية، لكن يُسهل كثيراً الإنتاج الكمى له.

يعتبر سلوك تغذية الطفيليات من العوامل المهمة أيضاً. فبالرغم من أن دورة حياة قصيرة من ١٥ يوماً تؤثر إيجابياً على إنتاج عدد كبير من طفيل الحشرة القشرية الحمراء *Aphytis lingnanesis*، إلا أن التغذية على العائل لها تأثير سالب، إذ تهلك كل أنثى طفيل ٤٦ فرداً من العائل فى المتوسط أثناء وضعها لعدد من البيض يصل إلى ٥٧ بيضة. كذلك تتطلب طفيليات عائلة Pteromalidae التى تتكاثر تكاثراً بكرياً منتجاً للذكور Arrhenotoky التغذية على عوائلها فى المراحل المبكرة من دورة حياتها لتعظيم كفاءتها الإنتاجية، بينما الكفاءة الإنتاجية للأنواع التى تتكاثر تكاثراً بكرياً منتجاً للإناث تنخفض بالتغذية المبكرة على العائل.

يتطلب إكثار الطفيليات الحشرية التى تتغذى على عوائلها إهتماماً خاصاً. على سبيل المثال، لتعظيم إنتاج الطفيل *Pteromalus puparium* وهو طفيل جماعى داخلى على عذارى أبى دقيق

الكرنب *Pieris rapae* يلزم تعريض كل زوج من الطفيليات إلى ١٠ عذارى حديثة التكوين من العائل لمدة ٦ أيام وذلك لتوفير عوائل كافية لتغذية الطفيل ووقت كاف لتكوين البيض ووضعه قبل أن تصبح العذارى مسنة بدرجة كبيرة. قد سجل أن النسبة المتوازنة بين العائل والطفيل من العوامل الهامة فى الإنتاج الكمى للطفيليات الجماعية للإستفادة المثلى من العائل.

يظهر أن التغذية على العائل ذات أهمية أيضاً بالنسبة لكوامل الطفيليات من عائلة Tachinidae، فقد وجد أن الكفاءة الإنتاجية للطفيل *Eucelatoria bryani* تزداد بطريقة معنوية بتعريض الإناث لعائلها (دودة كيزان الذرة) أو إلى دم العائل. وجد أيضاً أن تغذية العائل ذات أهمية، إذ قد لوحظ أن يرقات فراشة الغجر إن لم تتغذ جيداً تفترس ذاتياً غيرها من اليرقات وتأكل عذارى طفيلها *Cotesia melanoscelus*.

م- التزاوج Mating

هناك مشاكل خاصة بالتزاوج عند الإكثار الكمى للأعداء الطبيعية معملياً. وجد أن ظروف التزاوج حرجة للغاية عند الإنتاج المعملى للطفيل *Cotesia melanoscelus*. يجب عزل شرانق الطفيل فى كبسولات جيلاتينية قبل خروج كوامل الطفيليات لكى يتم التأكد من عذرية الإناث ثم يحبس الجنسين فى قفص التزاوج تحت ظروف الضوء الطبيعى. ومن الأفضل تغذية الذكور قبل وضعها فى قفص التزاوج، بينما الإناث فتغذى فى القفص نفسه لتقلل من نشاطها عند تزاوج الذكور معها. تتزاوج مثل هذه الإناث مرة واحدة ويجب عدم حفظ الكوامل فى الثلاجات refrigeration إلا بعد ٢٤- ٤٨ ساعة من التزاوج.

أمكن بنجاح الإبقاء على مستعمرة من الطفيل *Glypta fumiferanae* (Ichneumonidae) المتطفل على دودة براعم الصنوبر لمدة عام كامل، وقد عزى جزء من هذا النجاح إلى إجراءات التزاوج والتى كانت تتم بتقديم إناث حديثة الخروج مع ذكور عمر ٢-٤ يوم فى علب من الكرتون سعتها ٠,٢٥ لتر تغطى نهايتيها بشاش رقيق.

وجد أيضاً أن الطفيل التاكينيدى *Lydella thompsomi* يحتاج إلى متطلبات صعبة ليتم التزاوج المعملى. تشمل هذه المتطلبات رطوبة عالية وكثافة ضوئية عالية (على الأقل ٨,٠٠٠ - ١٠,٠٠٠ لوكس lux)، وتغذية على كازين متحلل casein hydrolysate وعسل.

كذلك وجد أن الطفيل التاكينيدى *Argyrophylax basifulva* الذى يتطفل على فراشة جوز الهند الكبيرة *Tirathaba complexa* له متطلبات غاية فى الدقة، إذ يجب وضع الذباب فى قفص

سعته ١ × ٠,٧٥ × ٠,٧٥ متراً فى العراء outdoor تحت أشعة الشمس الساطعة فى الصباح على درجة حرارة ٢٨°م ورطوبة ٩٠% مع وجود نسمة قوية من مروحة كهربائية حتى يمكن الحصول على ٥٠% نجاح فى التزاوج. ومن التعقيدات الأخرى وجود ٣ أيام كفترة ما قبل التزاوج، ٨ أيام كفترة ما قبل وضع البيض. على العكس من ذلك، قد يحدث التزاوج بمنتهى السهولة دون أى متطلبات خاصة كما فى حالة الطفيل التاكينيدى *Lixophaga diatraeae*. وبالرغم من أن بعض الإضاءة قد تكون مطلوبة إلا أن نوعها أو كثافتها تكون ذات تأثير حرج. يحدث التزاوج بمجرد وضع حوالى ٢٠٠ فرد من كوامل الطفيليات فى قفص صغير تحت درجة حرارة ٢٦°م ورطوبة نسبية ٨٠% وفترة إضاءة ١٤ ساعة.

من المفضل أن تكون نسبة الذكور التى توضع مع الإناث منخفضة لتجنب مشاكل فرط التزاوج overmating. على سبيل المثال، وجد أن إضافة ٢٥ ذكراً مع ٢٠٠ أنثى من الطفيل *Brachymeria intermedia* فى برطمان سعته ٤ لتر يحقق تزاوجاً كاملاً. تتزاوج الإناث مرة واحدة وتنتج الإناث غير الملقحة ذكوراً. يحدث التزاوج بعد ١-٢ يوم من خروج الطفيليات فى ضوء صناعى ساطع تحت درجة حرارة ٢٤ - ٢٧°م مؤدياً ذلك إلى نسبة إناث فى النسل الناتج قد تصل إلى ٦٠- ٨٠ %.

ن- تكنيكات خاصة Special techniques

هناك مجموعة من التكنيكات الخاصة لإنتاج الطفيليات والمفترسات فى حالة البيض، يتفاوت التعامل معه. فلو كان البيض موضوعاً على سطح طبيعى، فإنه يمكن تقطيع أماكن وضع البيض وتجميعها لتعريضها للطفيليات المهاجمة للبيض. أستخدمت فتاحة الفلين cork borer لتكسير كتل بيض خنفساء أوراق الدردار من على أوراق الدردار حتى يمكن تجميعها مع بعضها فى طبق بترى صغير وتعريضها بدرجة كافية لمهاجمة طفيل البيض *Tetrastichus gallerucae* (Eulophidae).

لكى يمكن تجنب الإفتراس الذاتى بين يرقات أسد المن الأخضر، تحجز اليرقات sealed فى حجرات منفصلة وتغذى، عن طريق قماش أورجنزا organdy، ببيض حشرات حرشفية الأجنحة سبق تجميده.

فى الصين، يشمل الإنتاج الكمى لأنواع طفيليات البيض من جنس *Trichogramma* تفتيت (تمزيق) إناث فراشات دودة الحرير حديثة الخروج لإستخراج البيض غير المخصب، ثم ينظف، ويجفف، ويحفظ تحت درجات حرارة منخفضة لعدة أسابيع قبل إستعماله.

يمكن أن تتركز الكيروموناتوالفيروموناتفى أقفاص التربية بدرجة يقل معها حركة الهواء ولدرجة أن الإستجابة الطبيعية للحشرة لا تنبه بدرجة تركيز الرائحة. إتضح أن الطفيل *Chelonus* sp. nr. *curvimaculatus* يستجيب للكيروموناتالمنبعثة من حراشيف الجسم ليس فقط بالنسبة لعائله الطبيعى (دودة اللوز القرنفلية) بل أيضاً من عوائل غير طبيعية مثل دودة البنجر. وقد لوحظ حقلياً أن التعدادات العالية من ديدان البنجر فى حقول القطن تقلل من معدل التطفل على دودة اللوز القرنفلية بسبب التشتت الكيرومونى.

أستخدمت رائحة العائل فى دفع إناث الطفيل التاكينيدى *Bonnetia comta* فى وضع يرقاتها الطفيلية على ورق الترشيح. يبلل ورق الترشيح بالماء وينقع فيها براز الدودة القارضة السوداء. وجد أن كرات براز العمر اليرقى الأخير لهذه الدودة تهيئ أعظم كثافة لوضع اليرقات الطفيلية لهذا الطفيل التاكينيدى.

لوحظ أن رد الفعل الدفاعى من جانب العائل مهماً فى تربية بعض أنواع الطفيليات الحشرية. لذلك قد يبدو، بصفة عامة، عدم النصح بإنتاج طفيليات على عوائل تظهر ردود فعل دفاعية مثل كبسلة بيض أو يرقات الطفيل بواسطة خلايا دم العائل، كذلك ينصح بعدم إطلاقها حقلياً لمكافحة تلك العوائل. يفتقر البيض إلى مثل تلك الميكانيكيات الدفاعية ويمكن أن يكون عوائل بديلة نافعة. ينبه هرمون التعرف الصادر من العائل الطبيعى عملية وضع البيض بواسطة طفيل البيض *Telenomus heliothidis* فى بيض ليس من عوائله. لذلك فإن مثل هرمونات التعرف هذه يمكن إستعمالها لإنتاج طفيليات بيض متخصصة فى عوائل مقبولة غذائياً ليست بعوائلها الطبيعية.

من المرغوب فيه دائماً حفظ الأعداء الطبيعية الحشرية لمدة طويلة. هناك من التكنيكات المختلفة التى تستعمل فيها درجات الحرارة المنخفضة غالباً لتقليل معدلات النمو. يمكن تخزين الأعداء الطبيعية الحشرية تحت درجات الحرارة المنخفضة لفترات متباينة وفقاً للنوع. يمكن تخزين الطفيل *Brachymeria intermedia* لمدة ٥ شهور على الأقل تحت درجة حرارة ١٠°م، ٥٠% رطوبة نسبية بنسبة موت تتراوح بين ٣٠ – ٥٠% وفقاً للنسبة الجنسية (لا تستطيع الذكور أن تعيش لفترة طويلة تحت ظروف التخزين). لكن من المفضل أن لا تخزن الطفيليات المعدة للإطلاق الحقلى لمدة تزيد عن ٤٨ ساعة تحت درجة حرارة ١٦°م. للحصول على أعلى نسبة معيشة يجب أن تطلق الطفيليات فى الحقل خلال ٧٢ ساعة من الجمع. وجد أن بيض أسد المن الأخضر العادى يمكن تخزينه تحت درجة حرارة ١٣– ١٤°م ورطوبة ٧٠–٨٠% لمدة

عشرة أيام فقط دون حدوث إنخفاض ملحوظ فى حيويته. لوحظ أيضاً أن طفيل الحشرة القشرية الحمراء *Aphytis lingnanensis* يمكن أن يخزن فقط لمدة لا تزيد عن ٣ أيام تحت درجة حرارة ١٦°م .

هناك عوامل كثيرة يجب أن تؤخذ فى الإعتبار وتختبر قبل التخزين البارد للأعداء الطبيعية الحشرية. على سبيل المثال، سجل أن تخزين الطفيل *Aphidius smithi* (طفيل على مَنْ البسلة) لفترة طويلة يثبط الحيوانات المنوية فى الذكور أو فى الإناث الملَقحة. كذلك وجد أن تخزين كوامل الطفيل *Cotesia melanoscelus* تحت درجات حرارة منخفضة يجب أن لا يحدث إلا بعد التزاوج.

عادة ما تتباين دورات حياة الأعداء الطبيعية الحشرية فى المعمل فيما بين ٨- ٤٢ يوماً وفقاً لدرجة الحرارة مع إستبعاد تأثير السكون، إلا أنه من الشائع أن تنمو معظم الأنواع فى مدة تتراوح بين ١٤- ٣٠ يوماً. على سبيل المثال، ينمو الطفيل *Trichogramma pretiosum* فى ٩,٥ يوماً فى المتوسط تحت درجة حرارة ٢٦,٧°م وضوء مستمر، أما الطفيل *T. minutum* فينمو فى ٨ أيام. ينمو الطفيل *Brachymeria intermedia* فى ١٥- ٣٠ يوماً على درجة حرارة ٢٤°م، ويتطلب أسد المن الأخضر العادى حوالى ٣٠ يوماً على درجة حرارة ٢٦,٧°م وحوالى ٧٥% رطوبة نسبية بإضاءة دائمة فى حجرة التربية.

طالما أن حراشيف فراشات دودة الشمع الكبيرة تتداخل بعد خروجها مع طفيليات *Brachymeria intermedia* الواضعة للبيض فى العذارى، فإن وحدات التربية يجب أن تنظف من الفراشات والحراشيف. لو ظهرت الطفيليات غير نشطة فى برطمانات وضع البيض فمعنى ذلك زيادة الحرارة أو كثافة الضوء أو كليهما، أما لو كانت الطفيليات نشطة لكن يوجد هناك إنخفاض فى معدل التطفل، فيجب إختبار العوامل الآتية:

١- يمكن أن تكون عذارى دودة الشمع متقدمة فى العمر (مسنة) عندما عرضت للتطفل.

٢- يمكن أن تكون نسبة الطفيليات إلى العائل منخفضة جداً (النسبة المثلى هى ٢٥ أنثى طفيل لكل ٣٠٠ شرنقة).

٣- يمكن أن تكون فترة الإضاءة قصيرة جداً (الفترة المثلى ١٠ ساعات).

يمكن أن يكون سبب موت النسبة العالية من الطفيليات الواضعة للبيض إرتفاع درجات حرارة برطمانات وضع البيض (الدرجة المثلى ٢٤-٢٦°م).

obeikandl.com

(٣) التكلفة Cost

لكى يكون تسويق الأعداء الطبيعية المرباة معملياً ناجحاً، يجب تحديد السعر ليكون منافساً لخيارات المكافحة الأخرى. هناك عدة عوامل تؤثر على سعر المنافسة منها تكلفة تربية الكائنات الحية المستخدمة فى المكافحة البيولوجية، بالإضافة إلى تكلفة العائل المعملى اللازم لتربية عناصر المكافحة البيولوجية، وتكلفة عوامل المنافسة مثل المكافحة الكيميائية، وقيمة المحصول، وقدرة الأعداء الطبيعية على تحسين نوعية وجودة المحصول للمشترين.

أ- تكلفة تربية عناصر المكافحة البيولوجية Cost of rearing the bioagents

سوف تكون تربية عناصر المكافحة البيولوجية بشكل تجارى منافساً للمكافحة الكيميائية فقط عندما يكون إنتاجية نظم التربية، معبراً عنه بقيمة بيع تلك الكائنات الحية، أعلى من تكاليف العمالة والمواد الأولية الضرورية لإنتاج تلك الأنواع النافعة. عادة ما تنخفض تكلفة الإنتاج بإنخفاض تكلفة المواد الأولية، وكذلك بإيجاد البدائل الأرخص فى أثمانها، وأيضاً بواسطة ميكنة نظم التربية. فى أغلب الأحيان يرتبط زيادة حجم الإنتاج بكفاءة الإستعمال حتى يتحقق الإستثمار فى الماكينات والمواد.

ب- أنظمة التربية الطبيعية Natural rearing systems

تعرّف أنظمة التربية الطبيعية على أنها تلك النظم التى يربى فيها العدو الحيوى على عائل أو فريسة طبيعية يتم تربيتها على إحدى عوائلها النباتية (غذائها الطبيعى) تحت الظروف المعملية. على سبيل المثال يعتبر الإكثار الكمى للمفترس الأكاروسى *Phytoseiullus persimilis* على العنكبوت الأحمر ذو البقعتين *Tetranychus urticae* الذى يتم تربيته على نباتات الفاصوليا، من أنظمة التربية الطبيعية الناجحة إقتصادياً. تستخدم هذة الطريقة أيضاً فى الإكثار الكمى لبعض أنواع المفترسات الأكاروسية التابعة لعائلة Phytoseiidae، وكذلك عند تربية الطفيل *Encarsia formosa* على ذبابة الصوب البيضاء *Trialeurodes vapororiorum* والتى يتم تربيتها على عائلها النباتى الطبيعى داخل صوب صغيرة معدة خصيصاً من أجل التربية المكثفة للطفيل. هناك كثير من النظم الأخرى التى تستخدم العوائل الطبيعية بصورة ناجحة وعملية وإقتصادية لإنتاج كثير من الطفيليات والمفترسات الخاصة ببعض صانعات الأنفاق والتربس والحشرات القشرية والمن والبق الدقيقى.

على أية حال تعتبر تكلفة عديد من الأنظمة الطبيعية، خاصة التى تتطلب عمالة كثيرة لتربية النباتات كعوائل للحشرات العاشبة، ذات قيمة مرتفعة جداً بالنسبة لمنتج المحصول المطلوب حمايته بواسطة إطلاق عناصر المكافحة البيولوجية وخصوصاً فى النظم التى تكون فيها النباتات المستخدمة فى التربية بطيئة النمو أو مكلفة، أو أن تكون الحشرات العاشبة ذاتية الإفتراس أو حساسة للمرض عند التزاحم، أو يكون العدو الحيوى ذاته ذاتى الإفتراس. فى مثل هذه النظم، تكون تكاليف تربية الأعداء الطبيعية عالية جداً وليست ذات قيمة تنافسية إقتصادياً مع طرق المكافحة الأخرى، ولذلك يمكن إستخدامها للمحاصيل ذات القيمة الإقتصادية العالية أو فى الحالات التى تحتاج أعداد قليلة من الكائنات الحية النافعة لكل وحدة مساحة من المحصول.

هناك بعض عناصر المكافحة البيولوجية التى لا تعتبر سهلة على الإطلاق فى إكثارها تحت ظروف النظم الطبيعية وذلك لإرتفاع تكاليف إنتاجها، ومنها طفيليات عائلة Tachinidae المتطفلة على خنفساء الكلورادو، والمفترسات التابعة لعائلة Staphylinidae التى تفترس ذبابة البصل *Delia antique*، علاوة على طفيليات عائلة Eulophidae المتطفلة على خنفساء الفاصوليا المكسيكية *Epilachna varivestis*. فى بعض الحالات، يكون إستخدام العوائل الطبيعية لإنتاج الأعداء الطبيعية إقتصادياً فيما لو أن العائل المستخدم يربى كمياً لأغراض أخرى. على سبيل المثال، يتم مكافحة بعض أنواع ذباب الفاكهة عن طريق برامج تعقيم الذكور ونظراً لتوفر التربية اللازمة لذلك فيمكن إستخدام بعض منها كعوائل طبيعية للتربية الموسعة للطفيليات الخاصة بذباب الفاكهة.

جـ- نظم التربية البديلة Alternative rearing systems

قد تنخفض التكلفة بإيجاد البدائل الأرخص، إما فى النبات أو آكل العشب كمستوى غذائى فى نظام التربية. على سبيل المثال، قد تستعمل الأنواع المختلفة من القرع العسلى بدلاً من نباتات الزينة الخضراء لتربية بعض أنواع الحشرات القشرية التابعة لعائلة Diaspididae والأعداء الطبيعية المرتبطة بها. هناك العديد من أنواع العوائل البديلة الشائعة الإستخدام لتربية الطفيليات. فعلى سبيل المثال، يتم تربية أنواع الطفيل *Trichogramma* spp. على نحو موسع فى برامج الإكثار الكمى بإستخدام بيض بعض حشرات الحبوب المخزونة مثل فراشة الحبوب *Sitotroga cerealella* ودودة الدقيق *Anagasta kuehniella* وذلك لسهولة الحصول على بيض تلك الحشرات بأرخص التكاليف. يمكن تربية مثل تلك الحشرات فى حاويات كبيرة على حبوب رخيصة، كما أن طرق تربيتها يتطلب جهداً أقل مقارنة بالأنظمة التى تستخدم فيها النباتات فى الأصص والتى يجب تربيتها وحمايتها بطرق العلاج المختلفة.

عند تربية الطفيليات على عوائلها الحشرية الأصلية وإطلاق عوائل تلك الطفيليات فإنها قد تحتوى على أفراد من العائل غير متطفل عليها وهذا يؤدى إلى خروج أفراد من الآفة تضاف كأفراد جديدة إلى تعداد الآفة فى الحقل. يمكن التغلب على تلك المشكلة بتربية الطفيليات فى عوائل تم قتلها بواسطة الأشعة فوق البنفسجية أو الإشعاع أو الحرارة أو التبريد أو من خلال عمليات ميكانيكية (التعويم أو بإستخدام الفرش أو النخل) لفصل العوائل المتطفل عليها عن العوائل السليمة. فعلى سبيل المثال، عند التربية الكمية للطفيل متعدد الأجنة *Copidosoma desantisi* على فراشة درنات البطاطس، يكون هناك خليط من الأفراد المتطفل عليها (المومياوات) وغير المتطفل عليها (عذارى فراشة درنات البطاطس). ولفصل كلا النوعين، يتم جمع العذارى ووضعها فى إناء نظيف يحتوى على محلول ٢% من هيبوكلوريد الصوديوم الذى يزيل الطبقة الرملية وكذلك طبقة الحرير التى تحيط بكل من العذارى المتطفل عليها وغيرالمتطفل عليها، عندئذ تطفو مومياوات الطفيل على سطح المحلول ويمكن فصلها بسهولة عن عذارى فراشة درنات البطاطس غيرالمتطفل عليها.

مما لا شك فيه أن الغذاء والعوائل المستخدمة لتربية الأعداء الطبيعية فى المعمل تختلف بدرجات متفاوتة عن تلك المستخدمة بواسطة الأعداء الطبيعية فى الحقل. على سبيل المثال، قد يربى الطفيل على عائل ناتج من بيئة صناعية ومثل تلك العوائل قد تفشل فى إنتاج وإطلاق الكيرومونات kairomones الهامة والمواد النباتية الجاذبة synomones التى تجذب الطفيليات وتمكنها من التعرف على أو الوصول إلى العائل. فى مثل هذه الحالات يمكن إعادة النشاط الكيرومونى إلى براز العائل عن طريق إضافة مسحوق العائل النباتى الجاف للبيئة غير الحية (الميتة). على سبيل المثال، تضاف بادرات الذرة الصفراء المجففة للبيئات الصناعية المستخدمة لتربية حشرة *Ostrinia furnacalis* لإعادة النشاط الكيرومونى لبراز يرقات العائل عند تربية الطفيل *Macrocentrus linearis*.

قد تربى بعض أنواع الطفيليات من عائلة Tachinidae بطريقة صناعية بواسطة إستخلاص اليرقات صناعياً من الإناث الحوامل gravid عن طريق هرسها بطريقة ميكانيكية فى خلاط الغذاء ووضع تلك اليرقات فى أكواب مليئة بالآجار الذى يحتوى على يرقات العائل.

قد تكون تربية المفترسات أكثر كفاءة بإحلال الأغذية غير الحية محل الفرائس الحية. تم تربية البق المفترس *Geocoris punctipes* بنجاح على بيئة من الكبد ومسحوق من لحم البقر بسعر منخفض بتكلفة ٠,٦٣ دولار لكل ١٠٠٠ حشرة من المفترس. أيضاً فإن الأكاروسات المفترسة التابعة لعائلة Phytoseiidae مثل المفترس *Amblyseisus take* تم تربيته على بيئة تحتوى على

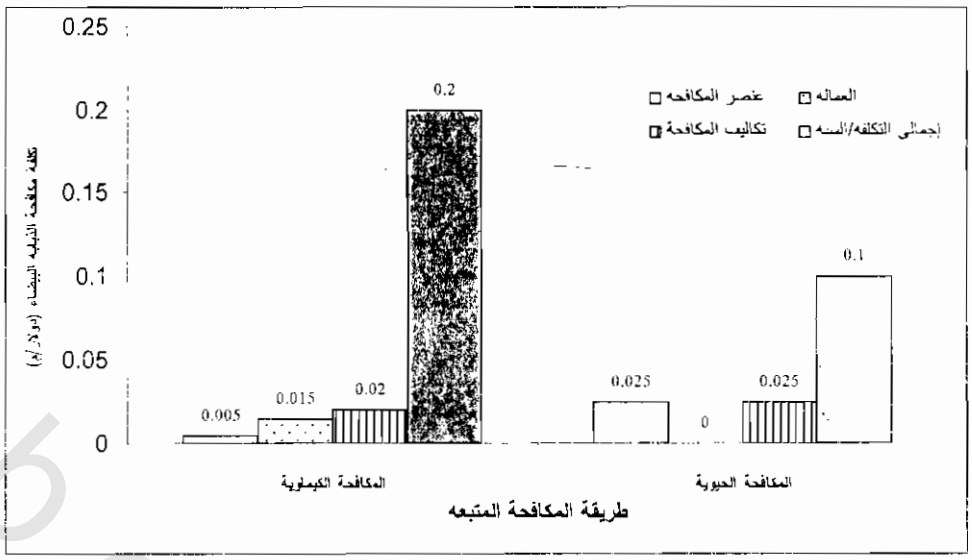
العسل ومح البيض وملح وسونز Wessons' salt وماء. وجد فى نوعين من عائلة Phytoseiidae ربيا على بيئات صناعية نقص فيما تضعهما من بيض بمعدل ٢٥ إلى ٥٠ % يومياً، ولكن النسل الناتج قد نمى عادياً على البيئة وحقق حجماً عاديا للطور الكامل للأكاروس. عموماً فإن إستخدام حبوب اللقاح (بدائل الفرائس الحية) تعتبر طريقة ناجحة ومؤثرة فى تربية عشرة أنواع من المفترسات التابعة لعائلة Phytoseiidae. ومثال على ذلك تربية المفترس *Amblyseius fallacis* بتكلفة أقل من تربيته على الفرائس الحية.

هناك كثير من الجهود التى بذلت لتربية طفيليات مفصليات الأرجل على البيئات غير الحية والتى نفذت لعديد من أنواع الطفيليات، منها الطفيل *Trichogramma pretiosum*، وبعض أنواع عائلة Chalcididae مثل الطفيل *Brachymeria lasus*، وعائلة Tachinidae مثل الطفيل *Eucelatoria* sp.. أمكن تربية الطفيل *Bracon mellitor* والطفيل *Catolaccus grands* خارجياً in vitro على البيئات التى تحتوى فقط على مبيدات بيولوجية محددة ومعادن ومح بيض الدواجن.

تحتاج مثل هذه النظم من التربية الصناعية إلى إضافة مواد كيرومونية من العائل الحشرى وبعض المحفزات الأخرى التى يحتاجها الطفيل للتعرف على العائل حتى يسلك سلوك المهاجمة الطبيعى. تعتبر الاستفادة من كل أنظمة التربية الصناعية هى جزء من التطبيقات البحثية التى تستند على خفض تكلفة الإنتاج الدائم بواسطة تعظيم الميكنة فى حالة عدم إستخدام العوائل غير الحية.

د- المنافسة بين طرق المكافحة المختلفة

يجب أن تقدر تكلفة تربية الأعداء الطبيعية بناء على قيمة إنتاجية المحصول الذى يتم حمايته بواسطة عناصر المكافحة البيولوجية وكذلك بمقارنتها بتكلفة خيارات مكافحة الآفات الاخرى المتاحة مثل المكافحة الكيميائية. على سبيل المثال، فإن إستخدام طفيل البيض *Trichogrammatoidea cryptophlebiae* ضد آفات الموالح فى جنوب إفريقيا كان إقتصادياً، إذ قدمت درجة من المكافحة (٤٥ - ٦٠%) مناظرة للمكافحة الكيميائية وبتكلفة قدرها ثلث التكلفة بإستخدام الكيميائيات. وفى طماطم البيوت الزجاجية فى أوربا الغربية كانت المكافحة البيولوجية أقل تكلفة من المكافحة الكيميائية بالنسبة لجميع الآفات الرئيسية مثل (الذباب الأبيض والعنكبوت الأحمر والتربس وصانعات أنفاق الأوراق) (شكل ٢:٦). على العكس من ذلك، فبالرغم من أن المكافحة البيولوجية للذبابة البيضاء *Bemsiia tabaci* على نباتات بنت القنصل *Euphorbia* sp. قد حققت نجاحاً ملحوظاً بإستخدام طفيليات مثل *Encarsia formosa* و *Eretmocerus eremicus*، إلا أن تكلفة المكافحة البيولوجية كانت أعلى ٢٧ مرة عن تلك فى حالة المكافحة الكيميائية.



شكل (٢:٦) التكلفة النسبية للمكافحة البيولوجية (٤ معاملات فى الموسم) والكيميائية (١٠ معاملات فى الموسم) لمكافحة الذبابة البيضاء على محصول الطماطم فى الصوب فى أوربا. (عن فان لينترن Van Lenteren، ١٩٩٩).

فى بعض الحالات، يمكن أيضاً تمثيل الظروف الإجتماعية فى المنافسة النسبية بين المكافحة البيولوجية والمكافحة الكيميائية للآفة، خاصة فى حالة التقارب بين مواقع التطبيق. على سبيل المثال، هناك من القوانيين ما يمنع إستخدام المبيدات الكيميائية على الأراضى الزراعية القريبة من المناطق الحضرية وهذا بلا شك يخلق سوقاً جيدة لإستخدام الطفيليات والمفترسات مثل إستخدام طفيل *Trichogramma* spp. لمكافحة حفار ساق الذرة الأوربى *Ostrinia nubilalis*. وبنفس الطريقة، فإن المشاكل الناتجة من إستخدام المبيدات أصبحت عائقاً يحد من التوسع فى إستخدامها فى بعض المواقع مثل الأراضى الزراعية فوق المياه الجوفية الهامة، أو قرب الآبار، أو مصادر مياه الشرب. أيضاً فى بعض الظروف، قد يتضارب إستعمال المبيدات الحشرية مع أهداف المزارعين، وعلى سبيل المثال عملية التلقيح بواسطة الملقحات للحصول على بذور المحصول وتسويق إنتاج محاصيل خالية من المبيدات الحشرية. على الجانب الآخر فإن شراء المبيدات وتوزيعها مجاناً بواسطة الحكومات لمكافحة آفات معينة يزيد من صعوبة المنافسة للمكافحة البيولوجية مع طرق المكافحة الأخرى خاصة الكيميائية.

openkanar.com

هـ- قيمة المحصول وتكلفة المكافحة Crop value and cost of controls

قد يؤدي إرتفاع أسعار شراء الأعداء الطبيعية إلى استعمالها بشكل محدود، خاصة في المحاصيل عالية القيمة وذلك لمكافحة آفة تسبب خسائر عالية. يجب أن تحقق تلك المحاصيل للمزارعين هوامش ربح كبيرة بما فيه الكفاية حتى تكون قادرة على تحمل التكاليف المرتفعة لمكافحة الحشرات بيولوجياً. على سبيل المثال، يعتبر محصول التوت البرى مرتفع القيمة الربحية فى أمريكا، ويلجأ المزارعون لإستخدام نوع من النيماتودا المتطفلة للسيطرة على سوسة الجذور وهى من الآفات الخطيرة. وبالرغم من إرتفاع تكاليف مكافحة تلك الآفة بيولوجياً إلا أن العائد الإقتصادى من المحصول يفوق التكلفة. على النقيض من ذلك يدر محصول البطاطس هامش ربح منخفض مما يجعل منتجو هذا المحصول لا يستطيعون تحمل تكلفة عناصر المكافحة البيولوجية مثل أحد أنواع النيماتودا المتطفلة لإرتفاع أسعارها. بحساب صافى العائد الإقتصادى نتيجة مكافحة العنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae* على الفراولة فى كاليفورنيا بواسطة كلا من المبيدات الأكاروسية بمفردها وإطلاق المفترس الأكاروسى *Phytoseiulus persimilis* بمفرده أيضاً أو بإستخدام الطريقتين معاً (المبيدات الأكاروسية وإطلاق المفترس الأكاروسى)، وجد أن أعلى عائد إقتصادى للمزارع كان فى حالة إدماج المبيدات الأكاروسية مع إطلاق المفترس الأكاروسى وذلك بسبب توافق المبيد الأكاروسى مع المفترس.

على أى حال، يتزايد قيمة عنصر المكافحة البيولوجية فيما لو سمحت للمزارعين بالسيطرة على الآفة المستهدفة والحفاظ على الأعداء الطبيعية للحشرات الأخرى غير المستهدفة مما يحقق التوازن الطبيعى للآفات فى البيئة.

(٤) التخزين والشحن Storage and shipping

يلعب التخزين دوراً مهماً فى خطط التربية التجارية لإنتاج الأعداء الطبيعية، حيث يسمح بإستغلال الوسائل لإنتاج الأعداء الطبيعية على مدار العام والتى قد تكون مطلوبة فقط فى بضعة أشهر منه. فى غياب الطرق الفعالة لتخزين الأعداء الطبيعية، فإن تربية المستعمرات بغرض الإكثار يجب أن تتزايد خلال موسم الإنتاج لتلبية المطلوب، ثم يمكن خفض حجم التربية ووقفها أو تحويل التربية والإكثار لعنصر آخر تختلف فترة الطلب عليه عن فترة العنصر الأول. تزيد التقلبات الموسمية من تكلفة الإنتاج حيث يبطل إستعمال الوسائل التى تصبح مُعطلة فى غير الموسم. يكون الإستعمال الثابت لإمكانيات إنتاج الأعداء الطبيعية على مدار العام هام للغاية حيث تكون التكاليف الرئيسية للعمل، مثل تكاليف إستئجار أو شراء المكان ثابتة ولا يمكن إستبعادها عندما لا ينتج العدو الحيوى. وبنفس الشىء، فإن الإنتاج المستمر للأعداء الطبيعية طوال العام

يسهل من تدريب طاقم الموظفين وعملهم طوال الوقت. يمكن إزادة فترة الطلب على المنتجات التجارية الحيوية عن طريق التوسع فى إنتاج عدة أنواع مختلفة من عناصر المكافحة البيولوجية التى تستهدف محاصيل أو مناطق مختلفة لها إحتياجات موسمية مختلفة، أو بتسويق عنصر واحد للمكافحة البيولوجية للسيطرة على عدد من الآفات ذات مواسم متفاوتة، أو بتواجد زبائن مستفيدين فى كل من شمال وجنوب الكرة الأرضية مما يهيىء مكسباً من التسويق على مدار العام.

تعتبر عناصر المكافحة البيولوجية الكبيرة الحجم من مفترسات وطفيليات وآكلات حشائش من النوعيات الفقيرة التخزين مقارنة بالنيماتودا وأنواع الميكروبات والتى يمكن لبعضها أن يحفظ لعدة شهور أو سنوات، أما تخزين الكائنات كبيرة الحجم فلا يتجاوز، تحت أنسب الظروف، شهور قليلة وعادة ما تكون أسابيع فقط. عادة ما تستخدم درجات الحرارة المنخفضة لإطالة فترة التخزين لعناصر المكافحة البيولوجية لتبقى فاعلة وذات حيوية. وحيث أن لكل نوع من عناصر المكافحة الحيوية صفاته الخاصة فيجب عمل الإختبارات للوصول إلى أفضل التوليفات من درجات الحرارة المنخفضة والرطوبة النسبية والوحدات الضوئية اللازمة. تتفاوت فترات التخزين الفاعلة حسب الأنواع المختلفة. ففى المفترس *Synonycha grandis* من عائلة Coccinellidae تتفاوت نسبة الأفراد النشطة من ٥٠ إلى ١٠٠% لمدة تخزين أقصاها خمسة أشهر على درجة حراره ١٨-٢٠°م. وفى المفترس *Aphidoletes aphidimyza* يمكن أن يخزن على درجة حرارة ١°م لمدة أقصاها شهرين مع نسبة فقد أقل من ١٠%، ولمدة عشرة أيام على درجة حرارة ٥°م. ذكر أن الأفراد التى تدخل فى سكون يمكن تخزينها لفترات أطول من تلك التى لا تدخل فى سكون. يمكن أن تخزن الأفراد الكاملة الساكنة لمفترس أسد المن *Chrysoperla carnea* لمدة ٣١ أسبوعاً على درجة حرارة ٥°م ونسبة موت قليلة جداً، وطفيل *Trichogramma evanescens* الساكن يمكن أن يخزن لمدة سنة مع نسبة فقد أو تدهور فى النوعية قليلة جداً، بينما العذارى غير الساكنة لطفيل *Trichogramma pretiosum* يمكن تخزينها لمدة ١٢ يوماً فقط على أفضل درجات الحرارة والتى تتراوح من ١٥- ١٧°م. أما طفيل *Trichogramma minutum* والذى ربى لمكافحة حشرة *Choristoneura fumiferana* والذى تم شحنه فوراً بعد إنتاجه فقد أمكن تخزينه لمدة يوم إلى يومين فقط على درجة حرارة ١٠°م. على النقيض من ذلك، أمكن تخزين المفترس الأكاروسى *Amblyseius cucumeris* لمدة ١٠ أسابيع على درجة حرارة ٩°م بنسبة بقاء قدرها ٦٣%. أما عند تخزين وشحن المفترس الأكاروسى *Phytoseiulus persimilis* فإن إضافة الغذاء، حتى فى حالة درجة الحرارة المنخفضة، يكون مفيداً، ولكن إضافة الردة وكرات من مادة الفيرموكليت vermiculite يشجع على نمو الفطر وإنخفاض نسبة البقاء عند التخزين.

بالإضافة إلى فهم وإستخدام شروط التخزين الصحيحة للأعداء الطبيعية، يجب أن توجد طرق فعالة فى عمليات الشحن لكى تصل بحالة جيدة من خلال إستعمال مواد تغليف إضافية قوية لمنع التمزق مع التأكد من توفير درجة الحرارة والرطوبة المناسبة اللازمة لوقت الرحلة فى النقل مع التأكد من منع هروب الكائنات الحية الصغيرة جداً. يمكن منع جفاف عناصر المكافحة البيولوجية أثناء الشحن عن طريق إستخدام ملح مبلل داخل أكياس من البلاستيك بأغشية تسمح بمرور بخار الماء والتى يمكن أن تحافظ على مستوى الرطوبة لمدة أقصاها ١١ يوماً. أما فى الفترات القصيرة، فيمكن إستخدام قطع إسفنج مشبعة بالماء. لمنع إرتفاع درجة الحرارة فى الصيف، تزود الشحنة بعبوات باردة cold packs، ولمنع التجمد فى الشتاء تزود الشحنة بأوعية بها ماء ساخن لحماية الشحنة أثناء الليل. هذا ويجب إرسال الشحنة فى أسرع وقت ممكن كلما أمكن ذلك بحيث لا تزيد المدة أكثر من يوم إلى ثلاثة أيام، مع الأخذ فى الإعتبار أن إضافة العسل كغذاء لتغذية الأفراد الحية فور خروجها مباشرة يزيد من عمر وخصوبة عناصر المكافحة البيولوجية.

(٥) طرق التطبيق Application methods

بمجرد إنتاج الأعداء الطبيعية الملائمة ذات النوعية المقبولة وتسليمها إلى المستفيد يتطلب الأمر التطبيق من خلال أنظمة تعظم فعالية عناصر المكافحة البيولوجية لمكافحة الآفات المستهدفة. يجب أن يتم تحديد الوقت المناسب لإطلاق الأعداء الطبيعية وتركيز نشاطها خلال الفترات التى تتواجد فيها الآفات، يُحدد ذلك من خلال إستخدام الأنواع المختلفة من المصائد لجمع أحد الأطوار الحية للآفة المستهدفة. على سبيل المثال أستخدمت المصيدة الفيرومونية فى مزارع الموالح والأفوكادو لتحديد وقت إطلاق طفيل *Trichogramma platneri*. وحيث أن بيض العائل، وهو الطور المستهدف، سوف يتواجد بعد فترة قصيرة من زيادة حصيلة المصائد من فراشات الآفة، فإن المصائد توضح أنسب وقت لإطلاق الطفيل. وأيضاً فى بساتين الموالح إستخدمت مصائد الفيرومونات والمصائد الضوئية معاً لتحديد وقت إطلاق الطفيل *Aphytis melinus* ضد الحشرة القشرية الحمراء *Aonidiella aurantii*. كذلك تستخدم مصائد الفيرومونات لفراشة الكرنب *Barratbra brassicae* لتحديد وقت إطلاق الطفيل *Trichogramma evanescens*. أما فى حالة إطلاق الطفيل *Encarsia formosa* فى الصوب فيتم تحديد وقت الإستخدام بناء على عدد بيض الذباب الأبيض المتراكم فى الأيام المدرجة على أن يتزامن إطلاق الطفيل مع وجود الحوريات فى أعمار كبيرة (العمر الثالث والرابع).

obeikandl.com

نظراً لقصر فترة حياة تلك الأعداء البيولوجية يجب تحديد الوقت المناسب لإجراء عملية الإطلاق حتى يتمكن العدو الحيوى من أن يجد العائل المناسب فى العمر المناسب ليحقق أقصى كفاءة له. كذلك يحدد عدد إطلاقات العدو الحيوى خلال الموسم والفترات التى تفصل الإطلاقات بعضها عن بعض بناءً على خصوبة الآفة المستهدفة وفترة حياتها. على سبيل المثال، لو أن فترة وضع البيض للآفة المستهدفة تستغرق من ٣-٤ أسابيع وكانت حياة طفيليات البيض فى الحقل أيام قليلة فقط، لزم إطلاق عدة إطلاقات أسبوعياً حتى يتعرض معظم بيض الآفة للمهاجمة. أيضاً يجب الأخذ فى الإعتبار مدى تعرض العدو الحيوى للمهاجمة من الطفيليات الثانوية وبعض المفترسات المختلفة.

قد تتضمن الإعتبارات الأخرى المتعلقة بطرق الإطلاق الحاجة لتعريض العدو الحيوى المزمع إطلاقه إلى العائل أو محفزاته قبل الإطلاق، أو إطلاق الأعداء الحيوية فى الصباح الباكر أو فى وقت متأخر من اليوم قبل الغروب. يمكن أن تكون كل هذه الأنشطة مساعدة فى تقليل الهجرة السريعة بعيداً عن منطقة الإطلاق أو طور العائل الذى يهاجم، وإطالة مدة وجودها فى الحقل. أمكن العمل على زيادة إستقرار طفيل البيض *Trichogramma pretiosum* بما يعادل ست مرات بتعريض أفراده لبيض العائل. إذا كان تواجد طور العائل الذى سيهاجم لمدة طويلة فى الحقل وكانت فرصة تكرار إطلاقات العدو الحيوى غير ممكنة، فيكون من المفيد أن تضبط طرق الإطلاق بحيث تخرج الحشرات الكاملة للطفيل فى موجات لأطول فترة ممكنة، ويمكن أن يتحقق ذلك إما بإطلاق أطوار غير كاملة للطفيل فى أعمار متفاوتة أو بإستعمال حاويات الإطلاق release containers التى تحتوى على أطوار العائل، التى تسمح بتربية العدو الحيوى لفترة من الوقت. أخيراً يمكن إدخال نباتات تحتوى على العوائل البديلة التى لا تؤثر بالضرر على المحصول الأساسى فى البيوت الزجاجية. تهئ هذه النباتات، والتى يطلق عليها النباتات البنكيرة banker plants بيئة وعوائل للإبقاء على تعدادات العدو الحيوى. أستخدمت تلك الطريقة فى حشرات المن وصانعات أنفاق الأوراق والذباب الأبيض.

يجب ألا تسبب الطرق الطبيعية المستخدمة فى إطلاق وتوزيع الأعداء الحيوية أضراراً للنباتات القائمة، وأن تعطى توزيعا جيداً وسريعاً مع تكلفة منخفضة. كذلك لابد من إجراء إختبارات تحت الظروف الحقلية لتوضيح أن أسلوب الإطلاق المزمع إتباعه له تلك الخصائص. وفيما يلى شرح مبسط لأهم الطرق المستخدمة فى إطلاق الأعداء الطبيعية:

١- إطلاق طفيليات الترايكوجراما *Trichogramma* spp.

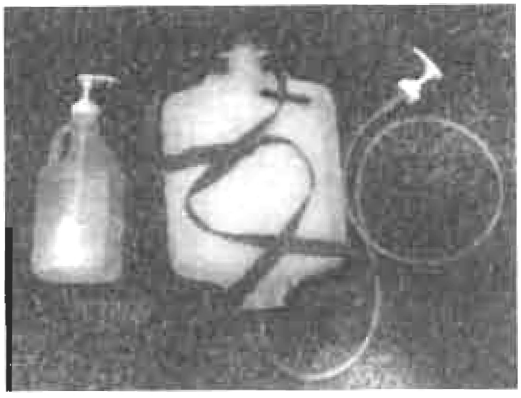
يتم إطلاق طفيليات الترايكوجراما على شكل بيض متطفل عليه فى عمر العذراء، وهذه العذارى إما أن تكون سائبة loose pupae أو تكون ملصقة على كروت ورقية أو كرتونية (شكل ٣:٦).

شكل (٣:٦) طريقة شحن وبيع عذارى طفيل الترايكوجراما على شكل كروت ورقية (يمين) أو سائبة (يسار).

أ- الإطلاق على صورة بيض متطفل عليه سائب Loose batch pupae

- الإطلاق بواسطة الرشاشات:

تستطيع عذارى طفيليات الترايكوجراما أن تظل حية لمدة ساعتين على الأكثر إذا تم غمسها فى الماء دون أن تتأثر نسبة خروج الحشرات الكاملة أو حيوية تلك الحشرات. على ذلك فإنه يتم إضافة مادة مثخنة thickner (أى مزيدة للزوجة الماء) للماء وبذا يمكن أن تظل العذارى معلقة، ومع التقليب الخفيف يتم التوزيع الجيد على المحصول المستهدف بالمكافحة. يتم إستخدام رشاشات (شكل ٤:٦) ذات ضغط منخفض حتى لا يؤثر ذلك على حيوية عذارى طفيل الترايكوجراما. يفضل وضع تلك المادة المثخنة بكميات مناسبة لأن إضافة الكثير منها يجعل المعلق كثيفاً ولزجاً، لذا يوصى بإضافة ١,٥مل منها لكل لتر ماء (أو ٣جم بودرة من نفس المادة/لتر ماء) ثم تقلب جيداً. عندئذ يمكن إضافة عذارى الطفيل داخل الرشاشة مع التقليب برفق.



شكل (٤:٦) كفية توزيع عذارى طفيل الترايكوجراما السائبة بواسطة الرشاشة اليدوية الصغيرة ذات الضغط المنخفض.

يجب أن تراعى عدة أمور هامة عند تنفيذ تلك العملية منها-

١- أن يتم تحضير محلول الرش الذى يحتوى على عذارى الطفيل ورشه خلال ساعتين فقط من بداية العملية حتى لا تتأثر العذارى داخل المحلول.

٢- يجب أن تضاف كمية قليلة من المادة المثخنة شيئاً فشيئاً حتى الوصول لأحسن لزوجة لسائل الرش.

٣- يعتمد فى الحسابات على أساس أن الجرام الواحد من عذارى الطفيل يحتوى على ٥٠,٠٠٠ عذراء طفيل ويتم حساب العدد اللازم لمعاملة فدان واحد مثلاً أو أى مساحة أخرى.

٤- يفضل إستخدام عذارى الطفيل ذات أعمار متقدمة والتى لا تنتظر أكثر من ٢٤ ساعة بعد الرش لكى تعطى حشرات كاملة. يرجع ذلك أساساً إلى تقليل مخاطر إفتراس النمل لتلك العذارى قبل خروج الحشرات الكاملة.

٥- لتسهيل هذه الحسابات فى تحديد عمر العذارى وتوقيت خروج الحشرات الكاملة للطفيل، تقوم الشركات ببيع دليل indicator يكون على شكل كارت من عذارى الطفيل والتى يعنى خروجها وجوب توزيع عذارى الطفيل بالحقل مباشرة إذ يعنى ذلك أنه لا يتبقى أكثر من ٢٤ ساعة على خروج الحشرات الكاملة للطفيل. أما إذا كانت الظروف البيئية والجوية غير مواتية (وجود أمطار أو رياح شديدة) لعملية توزيع أو رش الطفيل، فإنه يمكن تخزين تلك العذارى السائبة مع الدليل فى الثلاجة على درجة حرارة من ٣°م – ٨°م لمدة قد تصل إلى ثلاثة أيام.

openkanal.com

- **الإطلاق بواسطة الموزع الميكانيكى Mechanical doser**

يمكن توزيع عذارى الطفيل السائبة بواسطة مضخة ذات ضغط منخفض لتقليل التالف من العذارى (شكل ٥:٦). تشتمل هذه الوحدة على إطار صلب steel frame وتانك ذو سعة ٢٧ لتر وكذلك وحدة لحفظ وتثبيت الموتور والمضخة على الجرار. هذه الوحدة يمكن تركيبها وفكها وصيانتها بسهولة على أن يراعى الآتى:

١- **تقدير الكمية اللازمة من محلول الرش لمساحة معينة:** وهنا يلزم معرفة معدل التطبيق application rate هل هو مثلاً ٢٠٠ مل/دقيقة. كذلك لابد من حساب الكمية اللازمة لمعاملة فدان واحد وهل يمكن توزيع هذة الكمية قبل ساعتين وهى الفترة المسموح بها فقط لبقاء عذارى الطفيل منغمسة داخل السائل دون التأثير على حيويتها. كذلك يجب معرفة سرعة الجرار داخل الحقل ومعدل التطبيق.

٢- **كيفية خلط المادة المثخنة:** يتم ذلك عن طريق إضافة كمية الماء اللازمة للتانك tank (مثلاً ٢٠ لتر)، ثم تضاف هذه المادة بمعدل ١,٥ جم/لتر ماء ثم تقلب جيدا، ثم يتم إختبار اللزوجة حتى نصل إلى الدرجة المطلوبة.

٣- **إضافة الطفيل:** يفضل غربلة عذارى الطفيل لإزالة الشوائب، ويتم حساب كمية الترايكوجراما اللازم إضافتها للمخلوط. يتم إضافة عذارى الطفيل ببطء مع التقليب برفق حتى تمام التجانس فى توزيع العذارى داخل محلول الرش. يراعى عدم تحضير مخلوط يأخذ أكثر من ساعتين عند التطبيق.

شكل (٥:٦) كيفية توزيع عذارى طفليل الترايكوجراما السائبة بواسطة الموزع الميكانيكى Mechanical doser

ب- الإطلاق على صورة عذارى ملصقة على كروت

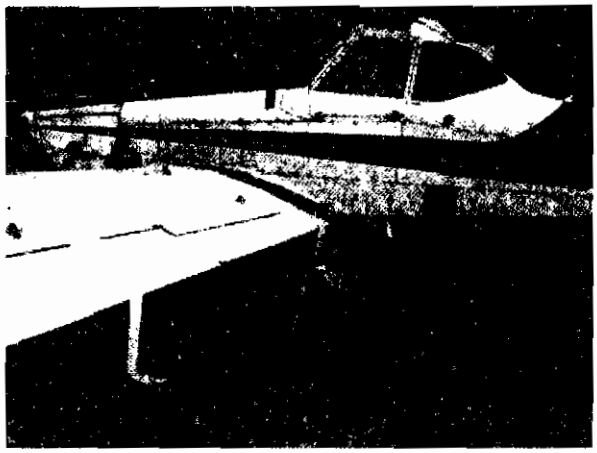
يتم فى هذه الحالة لصق بيض العائل المعملى للتربية المكثفة لطفيل الترايكوجراما على كروت كرتونية محددة الأبعاد بواسطة مادة لاصقة، ثم يعرض هذا البيض لطفيل الترايكوجراما للتطفل عليه. تحفظ تلك الكروت بالمختبر حتى الوصول إلى طور العذراء. يمكن توزيع مثل هذه الكروت فى الحقول لمكافحة آفات معينة بطريقتين هما:-

١- **التوزيع اليدوى manual distribution:** حيث يعتمد على العمال أو القائمين على المزرعة فى توزيع كروت الطفيل على أن يتم تعليقها على النباتات (شكل ٦:٦ ا) أو وضعها داخل مصائد معلقة بجوار النباتات (شكل ٦:٦ ب). تستخدم مثل هذه المصائد لمنع إفتراس النمل والزواحف لعذارى الطفيل. يستخدم التوزيع اليدوى فى المساحات المحدودة، وفى حالة توفر العمالة، ورخص الأجور.

ا ب

شكل (٦:٦) كيفية توزيع كروت طفليل الترايكوجراما يدوياً

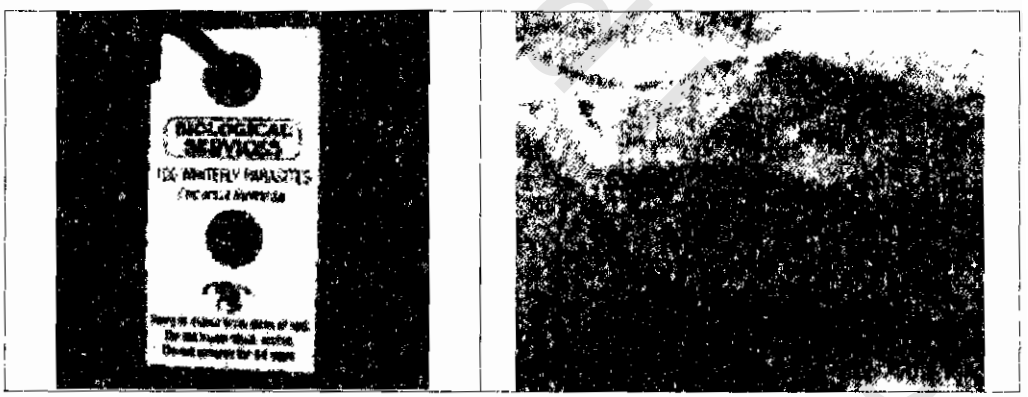
٢- **التوزيع بالطائرات:** يتم توزيع الطفيل فى هذه الطريقة بواسطة طائرات صغيرة لها تانك يوضع به كروت الترايكوجراما. يقوم الطيار بالطيران على إرتفاع منخفض وتوزيع كروت الطفيل فوق النباتات آلياً (شكل ٧:٦). تعتمد دقة التوزيع على سرعة الطائرة وإرتفاع الطيران. غالباً ما تستخدم مثل هذه الطريقة فى المساحات الكبيرة جداً.



شكل (٧:٦) يوضح شكل الطائرات المستخدمة فى نشر وتوزيع كروت طفليل الترايكوجراما

٢- إطلاق طفيليات الذباب الأبيض مثل *Encarsia formosa* و *Eretmocerus californicus*.

يحتاج طفيل *Encarsia formosa* إلى درجة حرارة ٢٣°م، ويكون فى أقصى نشاطه عندما يكون هناك ١٠ ساعات إضاءة باليوم. يمكن البدء فى إطلاق الطفيل عند بداية الزراعة بمعدل فرد/م^2 يزداد إلى ٢-١٠ أفراد عند مشاهدة أفراد من الذباب الأبيض بالصوب أو الحقل. يستمر الإطلاق لمدة أسابيع متتالية أو حتى ملاحظة أن ٨٠% من عشائر الذباب الأبيض فى الحقل متطفل عليها. يفضل إطلاق الطفيل على هيئة عذارى متطفل عليها محمولة على جزء من ورقة العائل النباتى المستخدم فى الإكثار الكمى له (شكل ٨:٦ أ) أو فى صورة عذارى ملصقة على كروت ورقية تعلق داخل الصوب (شكل ٨:٦ ب). يفضل أن تعلق الكروت على أحبال تدعيم النباتات بالصوب.



ب ا

شكل (٨:٦) كيفية إطلاق طفيل *Encarsia formosa*

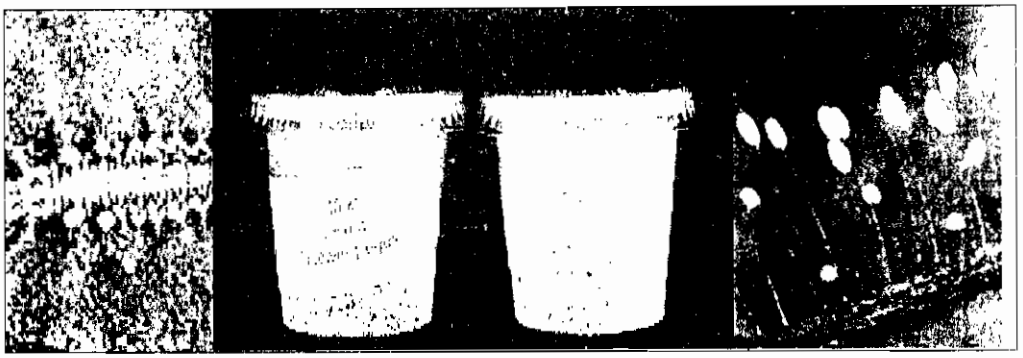
٣- إطلاق طفيليات المن مثل *Aphelinus* spp. و*Aphidius* spp.

غالباً ما تطلق طفيليات المن فى شكل مومياوات من حشرات المن المتطفل عليها. تكون تلك المومياوات متقدمة فى العمر بحيث تخرج الحشرات الكاملة للطفيل خلال ١-٢ يوم من الإطلاق. يتم الإطلاق بوضع جزء من ورقة العائل النباتى الذى يربى عليه حشرات المن والذى يحمل مومياوات الطفيل على النباتات المصابة بحشرات المن (شكل ٩:٦). كذلك يمكن تعليق تلك الأوراق الحاملة لمومياوات الطفيل على أحبال التدعيم داخل الصوب.

شكل (٩:٦) كيفية إطلاق طفيليات المن.

٤- إطلاق أسد المن الأخضر *Chrysoperla carnea*

يتم إطلاق أسود المن إما فى صورة كتل البيض (شكل ١٠:٦ أ، ب) الموضوعة على أوراق العائل النباتى أو على قطع قماش سوداء على أن يتم تعليقها على العائل النباتى المستهدف بالمكافحة وبجوار مستعمرات حشرات المن، أو بإطلاق هذه المفترسات على شكل يرقات (شكل ١٠:٦ ج)، بحيث يتم وضع العدد الكافى من اليرقات على النبات وسط مستعمرات المن بواسطة الشخص القائم بعملية الإطلاق، وعلى أن يراعى عدم تزاحم اليرقات على النبات الواحد حتى لا تفترس بعضها.

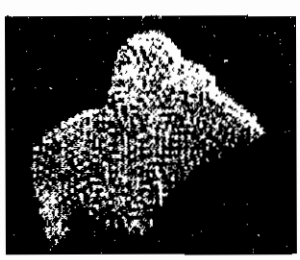


أ ب ج

شكل (١٠:٦) الأطوار المستخدمة فى إطلاق مفترس أسد المن الأخضر

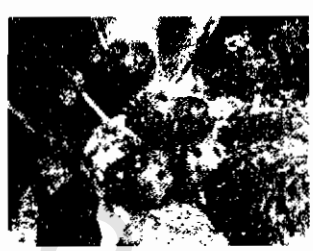
٥- إطلاق أبو العيدات

مما لا شك فيه أن المفترسات التابعة لعائلة أبو العيدات هى من أكثر المفترسات الحشرية إنتشاراً وإستخداماً فى العالم. يتم إطلاق تلك المفترسات على هيئة كتل بيض أو يرقات أو حشرات كاملة (شكل ١١:٦) وذلك بناء على درجة الإصابة الحشرية بحشرات المن، أو المتاح من الأطوار أثناء الإطلاق. فى حالة الإصابات العالية، يفضل إطلاق الحشرات الكاملة لأبى العيدات لأنها أكثر حركة وذات كفاءة إفتراسية عالية، علاوة على وضعها البيض الذى سوف يعطى الجيل التالى من المفترسات. كما أنه لا يفضل إطلاق كتل البيض فى حالة الإصابات العالية من المن لضمان سرعة المكافحة ووقف الفورانات انتعادية لحشرات المن بالحقل. يمكن إطلاق كل من اليرقات وكتل البيض لخنافس أبو العيدات فى حالة الكثافات المنخفضة من حشرات المن خاصة داخل الصوب.



كتل بيض أبو العيدات

يرقات أبو العيدات

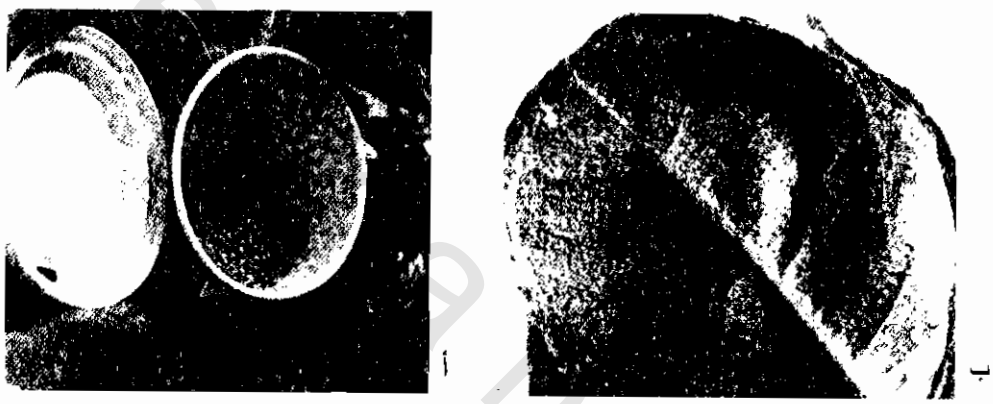


حشرات كاملة

شكل (١١:٦) الأطوار المستخدمة عند إطلاق مفترسات أبو العيدات.

٦- إطلاق المفترسات الأكاروسية

تعتبر الأكاروسات المفترسة ومنها النوع *Phytoseiulus persimilis* من أكثر الأعداء الطبيعية إستخداماً على الإطلاق على مستوى العالم خاصة فى قارة أوربا داخل الصوب لمكافحة العنكبوت الأحمر بزراعات الطماطم، والفلفل، والباذنجان، ونباتات الزينة. يمكن إطلاق تلك المفترسات بطريقتين: الأولى عن طريق خلط الحيوانات الكاملة والأطوار غير الكاملة للمفترس مع الفيرموكليت vermiculite ويتم نشره على أوراق النباتات المصابة على أن توضع كميات إضافية من المفترس فى المناطق شديدة الإصابة بالعنكبوت الأحمر (شكل ١٢:٦ أ). أما الطريقة الثانية، فيتم فيها إطلاق المفترس على هيئة أفراد من المفترس على أوراق العائل النباتى المستخدم فى التربية المعملية على أن توضع تلك الأوراق على النباتات المصابة داخل المكان المستهدف بالمكافحة (شكل ١٢:٦ ب).



أ ب

شكل (١٢:٦) كيفية إطلاق المفترسات الأكاروسية التابعة لعائلة Phytoseiidae.

(٦) تقييم المنتج Product evaluation

يمكن أن يؤثر العديد من العوامل على مستوى مكافحة الآفات عند إطلاق الأعداء الطبيعية. تعتبر الإختبارات الحقلية ضرورية لتحديد مستوى المكافحة الناتجة من قبل نمط معين من إطلاق أحد عناصر المكافحة البيولوجية ضد آفة معينة فى منطقة معينة. تتضمن العوامل التى يجب أن تؤخذ فى الإعتبار فى مثل هذه الإختبارت نوع وسلالة عنصر المكافحة البيولوجية الذى تم إطلاقه، وعدد الإطلاقات، وتسلسل الإطلاقات وإرتباطها بوجود الآفة وأيضاً أسلوب الإطلاق. بالنسبة للأعداء الطبيعية التى لم تخضع لتلك المحاولات، فإنه لا توجد قواعد أو توصيات محددة للمزارعين بخصوص كفاءة عنصر العدو الحيوى. يمكن أن يؤدى نقص هذه المعلومات إلى

توظيف عناصر مكافحة بيولوجية غير مؤثرة. على سبيل المثال، تم إطلاق طفيل *Trichogramma fasciatum* فى جزيرة باربادوس لمكافحة حشرة *Diatraea saccharalis* بإطلاقات سنوية من عام ١٩٥٠ إلى عام ١٩٥٨ بإجمالى ٣٠٠ مليون فرد وعند توقف الإطلاقات سنة ١٩٥٨، لم يتغير مستوى الضرر بالآفة مما يدلل على أن إطلاقات الطفيل لم يكن لها دور ملموس فى خفض الضرر بتلك الآفة.

توفر التجارب الحقلية للأعداء الطبيعية، المعلومات الضرورية عن كفاءة نوع معين منها، ومستويات إطلاقه. على سبيل المثال، لا يسمح ببيع عناصر المكافحة البيولوجية فى هولندا إلا بعد التأكد من كفاءتها. ويجب أن يقدم المنتجون نتائج الإختبارات التى تم إجرائها على الأعداء الطبيعية تحت الظروف الحقلية (والتى تمت فى أغلب الأحيان فى حقول المزارعين التجارية) والتى توضح خفض مستوى الضرر بالآفة نتيجة إستخدام عنصر المكافحة البيولوجية وهذا ما تم تسجيله على سبيل المثال فى أنظمة أنواع الطفيل *Trichogramma* spp. المستخدم فى مكافحة بعض آفات الذرة والتفاح والموالح وقصب السكر وحشرات الغابة. وأيضاً ما تم بالنسبة للطفيل *Encarsia formosa* لمكافحة الذبابة البيضاء فى البيوت الزجاجية، وأيضاً الطفيل *Aphytis melinus* لمكافحة الحشرة القشرية الحمراء *Aonidiella aurantii* على الليمون، وأيضاً بالنسبة للطفيل *Edovum puttleri* لمكافحة خنفساء الكلورادو *Leptinotarsa decemlineata* على البطاطس، وأيضاً الأكاروسات المفترسة من عائلة Phytoseiidae لمكافحة العناكب فى مزارع العنب والفراولة.

أدى الإطلاق الموسمى المبكر لطفيل البق الدقيقى *Leptomastix dactylopi* فى الموالح فى أستراليا إلى تكاثر أفراد الطفيل مبكراً فى البساتين مما أزاد من فاعلية التعداد الطبيعى لهذا الطفيل وتسببت الإطلاقات إلى زيادة نسبة التطفل مبكراً وإنخفاض مستويات الإصابة بالآفة إلى أقل من ٥ %.

بصفة عامة، تشمل إختبارات الكفاءة بالنسبة للطفيليات عملية التوطيد فى تجارب الإطلاق وتجارب المقارنة التى لم يتم بها الإطلاق، وتقييم مستويات التطفل إما للعوائل المستهدفة فى الحقل أو للعوائل التى تم نشرها إصطناعياً فى نفس الوقت. تتضمن أيضاً الإجراءات الإضافية المفيدة معرفة مستويات التطفل فى معاملات الإختبار فى العام السابق للإطلاق والعام التالى بعد عملية الإطلاق وذلك لتقييم وتحديد مستويات التطفل الناتجة من تكاثر الطفيل حقلياً.

حينما تتواجد تعدادات طبيعية للنوع النافع الذى تم إطلاقه، فإن الأمر يحتاج إلى طرائق للفصل بين مستويات التطفل التى نتجت عن الطفيليات التى تم إطلاقها وتلك عن العشيرة الحقلية.

obeikandl.com

أمكن إجراء ذلك بالنسبة لطفيل البيض *Trichogromma dendrolimi* بإستعمال كروت معاملة بالكربون المشع لتمييز الزنابير التى يتم إطلاقها فى الحقل وكذلك النسل الناتج منها. قد تكون الدراسات فى المناطق التى لم يطلق فيها الطفيل من العوامل المساعدة فى تحديد فيما لو أن الطفيل الذى تم إطلاقه تواجد فى المنطقه بشكل طبيعى. أما بالنسبة لتقييم إطلاقات المفترسات فيجب قياس كثافات كل من المفترسات و الفرائس فى معاملات الإطلاق والتى بدون إطلاق أيضاً قبل وبعد عملية الإطلاق.

بالإضافة لقياس مستوى الموت الحقيقى (نسبة التطفل أو أى مقياس مشابه) للعائل، لابد من قياس كثافات الطور الضار من الآفة. فى حالة آفات حرشفية الأجنحة فى الذرة والتى تكافح بواسطة إطلاقات طفيل *Trichogramma* sp. فإنه من المهم ليس فقط تقدير نسبة التطفل لبيض العائل فى مناطق الإطلاق ومناطق غير الإطلاق ولكن أيضاً من المهم قياس كثافات يرقات العائل فى تلك المعاملات. هذه المقاييس مهمة جداً بسبب أنه لو تواجد عامل الموت المرتبط بكثافة العائل density-dependent mortality factor والذى يعمل على طور الأفة الذى يلى طورها الذى تعرض للهجوم من الأعداء الطبيعية التى تم إطلاقها، فإن تأثير الإطلاق يمكن تعويضه جزئياً أو كلياً بسبب نسبة الموت المنخفضة فى الطور التالى. على سبيل المثال يعتقد فى بعض الحالات، أن فشل إطلاق طفيل *Trichogramma* spp. فى خفض كثافات يرقات حفار قصب السكر (وبالتالى هلاك المحصول) يرجع الى وجود عامل الموت المرتبط بكثافة العائل والذى يعمل على اليرقات والذى ينخفض تأثيره فيما لو أن معدلات التطفل العالية على البيض قللت من كثافة اليرقات. وعلى العكس من ذلك فإن إستعمال طفيل *Trichogramma nubilalis* فى التطفل على بيض دودة الذرة الأوربية *Ostrinia nubilalis* فى الذرة كان فاعلاً فى خفض تعدادات اليرقات (الطور المهلك للمحصول) طالما أن موت اليرقات لا يعتمد على كثافتها.

يجب أن تتضمن كل التقييمات تقدير إقتصادى عن تكلفة الأعداء الطبيعية منسوبة إلى المنافع والأرباح الناتجة عن حماية المحصول من الإصابة، وتكلفة جميع صور المكافحة المنافسة، وبذا يمكن تقدير القيمة المالية الكلية للعدو الطبيعى. يعتبر عدد سنوات المكافحة التى يمكن أن تحدث بعد سنة الإطلاق أحد العوامل التى لها تأثير قوى للعائد الإقتصادى الناتج من إستعمال عنصر المكافحة البيولوجية. على سبيل المثال، أدى إطلاق المفترس *Ophyra aenescens* إلى خفض جماهير الذبابة المنزلية *Musca domestica* بكفاءة لمدة تسع سنوات، كما أدت معاملة واحدة للعدو الحيوى *Macrocyclops albidus* فى خفض تعدادات يرقات البعوض *Aedes albopictus* لمدة عام.

هناك عامل آخر، وهو أن إحلال المكافحة البيولوجية محل المبيدات واسعة المدى يمكن أن يسمح للآفات الصغرى minor pests (والتى كانت أعداداها تنخفض سابقاً بالمبيدات واسعة المدى) فى أن تصبح آفات تحتاج إلى مكافحة ، لذا يجب أن يتضمن حساب تكاليف برامج المكافحة البيولوجية تكاليف مكافحة مثل هذه الآفات أيضاً.

(٧) تنمية التسويق وإستمراريته Market development and continuity

تؤثر عوامل الإدارة والقانون والعمل تأثيراً مباشراً على الإكثار الكمى للأعداء الطبيعية، من بين ذلك الحاجة لتطوير أسواق للمنتجات الجديدة، والإختيار بين وسائل التربية العامة والخاصة، وبنود ترتبط بالحاجة الموسمية والجغرافية للأعداء الطبيعية المرباة، والقيود القانونية على شحن الأعداء الطبيعية بين البلدان، وتكامل عناصر المكافحة البيولوجية المنتجة كمياً فى نظم إدارة مكافحة الآفات.

من المهم جداً تطوير عملية التسويق للعناصر الجديدة التى تطرح فى الأسواق التجارية وكذلك توفير العنصر المعلن عنه للمزارعين أو الزبائن الآخرين لتبنى إستعماله. يمكن لبعض الشركات الكبيرة أن تبدأ بخطوط إنتاج منتج جديد بالرغم من توقعها عدم تحقيق أرباح لبضع سنوات بينما تلقى تلك المنتجات قبول من الزبائن. أما الشركات الصغيرة عندما تبدأ بخطوط إنتاج منتج جديد يجب أن تكون الخطوط بسيطة حتى يتم تأسيس الإستثمار فى الإنتاج وفى نفس الوقت قد تحتاج إلى إعانات حكومية لتطوير المنتج وبالتالى تطوير الأسواق.

توفر وسائل الإنتاج الكمى للأعداء الطبيعية فى كل من القطاع العام والقطاع الخاص طرائق لتغطى الأعداء الطبيعية مدى واسع من مشاكل الآفات. فى بعض البلدان (على سبيل المثال الصين والهند)، تقوم المعامل الحكومية أو غير الحكومية بإنتاج الأعداء الطبيعية للبيع أو الإستخدام المجاني من قبل المزارعين المحليين. تتضمن النماذج التسويقية الأخرى تعاون معامل التربية مع المزارعين وتوحيد الأعمال لتلبية حاجات مكافحة الحشرات فى الملكيات الزراعية الخاصة.

يؤثر مدى التوفر الموسمى والجغرافى والطلب على الأعداء الطبيعية على تطوير أنظمة التسويق للأعداء الطبيعية والتى من الضرورى أن تكون متوفرة بشكل أساسى موثوق فيه على مدار سنة بعد أخرى لإكتساب ثقة المزارع وتحفيز المزارعين على تبنى الدعاية للأعداء الطبيعية الناجحة حتى يتم إكثارها وتسويقها فى الأسواق الكبيرة بما فيه الكفاية موسمياً وجغرافياً حتى يتحقق الأرباح الموثوق فيها من المبيعات.

obeikandi.com

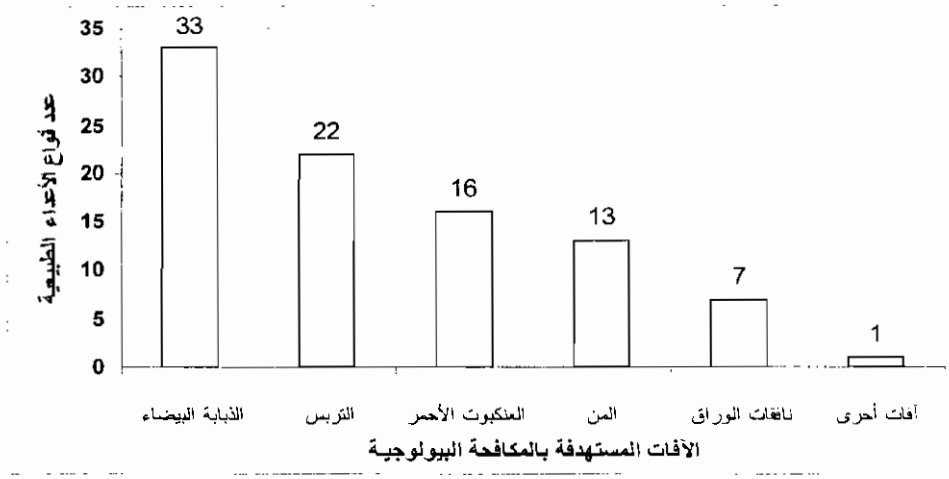
يخضع تحرك الأعداء الطبيعية بين البلدان إلى تراخيص وموافقات بشأن عملية الإستيراد. لذا يجب على المنتجون والموزعون للأعداء الطبيعية أن يحصلوا على التراخيص اللازمة قبل شحن المنتجات الجديدة إلى الزبائن. يجب أن يدون على الشحنة المرسلة بيانات تفيد تعريف محتوى الشحنة بشكل صحيح والتأكيد على خلوها من جميع الملوثات. فى بعض البلدان مثل الولايات المتحدة الأمريكية، لابد من وجود تصاريح تسمح بحركة الكائنات الحية بين الولايات المختلفة.

هناك عامل اضافى يمكن أن يؤثر فى تبنى طرق الإكثار الكمى لعناصر المكافحة البيولوجية وهو الحاجة إلى مكافحة مجموعة complex الآفات فى المحاصيل. يمكن أن تنشأ المشاكل فيما لو كانت الأعداء الطبيعية متاحة لبعض الحشرات فقط دون الأخرى. وهنا يمكن أن يهجر المزارعون المكافحة البيولوجية لأن إستخدام المكافحة الكيماوية لأحد الآفات يمكن أن يقضى على عناصر المكافحة البيولوجية التى أطلقت لمكافحة أنواع أخرى أو يمكن أن تكافح كل مجموعة الآفات المتواجدة. على سبيل المثال، عند إستخدام المكافحة البيولوجية لمكافحة الذباب الأبيض فى الصوب بواسطة الأعداء الطبيعية، فإنه يمكن القضاء عليها بإستخدام المكافحة الكيميائية للتربس على نفس المحصول، وفى ظروف أخرى، فإنه يمكن التوفيق فى إستخدام المكافحة الكيماوية والبيولوجية. على سبيل المثال، ترتبط المكافحة البيولوجية للذباب الأبيض بنجاح مع إستعمال مبيد حيوى مثل بكتيريا *Bacillus thuringiensis* لمكافحة يرقات حرشفية الأجنحة.

(٨) الإستخدام الحالى للأعداء الطبيعية Natural enemies in current use

على الرغم من أن المكافحة البيولوجية عرفت منذ عام ١٩٠٠ فى أوربا، إلا أن الإستخدام الفعلى والمكثف لها بدأ مع إستخدام المفترس الأكاروسى *Phytoseiulus persimilis* لمكافحة العنكبوت الأحمر فى الصوب عام ١٩٦٨. تستخدم المكافحة البيولوجية حالياً بنجاح فى عدد من النظم الزراعية مثل حدائق التفاح، والذرة، والعنب، وداخل الصوب حيث غطت أكثر من ١٤٠٠٠ هيكتار فى عام ١٩٩٩م مقارنة بمساحة ٢٠٠ هيكتار فقط عام ١٩٧٠م.

وكما هو موضح فى شكل (١٣:٦)، هناك عدد كبير من الأعداء الطبيعية التى تستخدم فى برامج مكافحة آفات الصوب بيولوجياً، يصل عددها، على سبيل المثال، إلى ٣٣ عدو حيوى ضد الذباب الأبيض و٢٢ نوع ضد التربس، و١٦ نوع ضد العناكب الحمراء، ١٣ نوع لمكافحة المن، و٧ أنواع لمكافحة نافقات الأوراق. يرجع العامل الأساسى لنجاح المكافحة البيولوجية فى أوربا إلى جودة الأعداء الطبيعية المستخدمة فى المكافحة. وفيما يلي نبذة عن الأعداء الطبيعية المتاحة تجارياً بمختلف بلدان العالم.



شكل (١٣:٦) عدد الأعداء الطبيعية المتاحة تجارياً والمستخدمة ضد الآفات الحشرية والأكاروسية فى الصوب فى أوربا (فان لينترن Van Lenteren، ٢٠٠٠).

أولاً- الطفيليات Parasitoids

١- **الطفيل *Aphelinus abdominalis***: يستخدم هذا النوع لمكافحة حشرتى المَنّ *Macrosiphum euphorbiae* و *Aulacorthum solani*. ومعدل إنتشار هذا الطفيل ضعيف نوعاً ما، لذا يلزم إطلاقه فى أماكن تواجد حشرات المن. يبلغ معدل الإطلاق ٢-٤ فرد/م^{٢} وهو يستخدم فى أوربا بالتزامن مع المفترس *Aphidoletes aphidomyza*.

٢- **الطفيل *Aphidius colemani***: يستخدم هذا النوع لمكافحة حشرة من القطن *Aphis gossypii*، ومن الخوخ الأخضر *Myzus persicae*. يبلغ معدل الإطلاق ٠,١٥ فرد/م^{٢} للوقايه أو ١,٥ فرد/م^{٢} فى حالة الإصابات العالية من حشرات المن.

٣- **الطفيل *Aphidius ervi***: يستخدم هذا النوع لمكافحة حشرة من البطاطس، ويبلغ معدل الإطلاق الموصى به ٠,١٥ -١,٠ فرد/م^{٢}.

٤- **الطفيل *Dacnusa sibirica***: يستخدم هذا النوع لمكافحة حشرات نافقات الأوراق مثل نافقة أوراق الطماطم *Liriomyza bryoniae*، والنوع *L. trifolii*، ونافقة أوراق الفاصوليا *L. huidobrensis*. يباع هذا الطفيل فى صورة عبوات بكل منها ٢٥٠ فرد. وهذا الطفيل موصى بإستخدامه فى الشتاء فى شمال أوربا.

٥- **الطفيل *Diglyphus isaea***: يستخدم هذا النوع لمكافحة حشرات نافقات الأوراق. يبلغ معدل الإطلاق الموصى به لهذا الطفيل ٠,٢٥ فرد /م^{٢} بغرض منع الإصابة، أو ٠,٢ فرد/م^{٢} فى حالة الإصابات العالية من نافقات الأوراق.

٦- **الطفيل *Encarsia formosa***: يستخدم هذا النوع لمكافحة حشرة ذبابة الصوب البيضاء*Trialeurodes vaporariorum*، وذبابة القطن البيضاء *Bemisia tabaci*، وذبابة الأوراق الفضية *Bemisia argentifolii*. يعتبر هذا النوع من أكثر أنواع الطفيليات إستخداماً ونجاحاً فى مجال المكافحة البيولوجية على الرغم من دخوله لقارة أوربا عرضياً مصاحباً لعائله ذبابة الصوب البيضاء. تم إكتشافه وتعريفة عام ١٩٢٦. ومنذ عام ١٩٣٠. أصبح هذا الطفيل يعتمد عليه فى أوربا لمكافحة الذباب الأبيض خاصة فى الصوب. مع الإستخدام المكثف للمبيدات الحشرية بعد الحرب العالمية الثانية، تراجع إستخدام هذا الطفيل بصورة كبيرة. حالياً، يعتبر هذا الطفيل هو الأكثر إستخداماً فى الزراعات المحمية ويبلغ متوسط التعداد السنوى للإنتاج لهذا الطفيل نصف بليون فرد كل عام. ويباع هذا الطفيل فى عبوات بكل منها ١٠٠٠ فرد فى العبوة فى صورة حوريات الذباب الأبيض المتطفل عليها سواء كانت على جزء من أوراق النبات أو ملصقة على كروت ورقية. يبلغ معدل الإطلاق ١ فرد/م^{٢} كل ١-٢ أسبوع وذلك بغرض منع الإصابة، أما فى حالة الإصابات العالية من الذباب الأبيض، فيتم الإطلاق بمعدل ٩ فرد/م^{٢} لمدة خمسة إطلاقات بين كل إطلاقة والأخرى أسبوع. وهذا الطفيل أكثر إستخداماً فى أوربا مقارنة بالولايات المتحدة نظراً لتزايد مساحات الصوب بأوربا.

٧- **الطفيل *Eretmocerus californicus***: يستخدم هذا الطفيل لمكافحة الذباب الأبيض من الجنس *Bemisia* spp.. يبلغ معدل الإطلاق الموصى به هو ١,٥ فرد/م^{٢} كل ١-٢ أسبوع لمنع الإصابة، أو ٩ فرد/ م^{٢} ثلاث مرات بين كل مرة وأخرى أسبوع فى الإصابات العالية من الذبابة البيضاء. وتعتبر الطفيليات التابعة لجنس *Eretmocerus* هى الأكثر مبيعاً فى دول حوض البحر الأبيض المتوسط مقارنة بطفيل *E. formosa*، ويرجع ذلك لنشاط هذه الأنواع فى المناطق المعتدلة وشبه الحارة علاوة على الكفاءة البحثية العالية لها. ويعتمد على النوعين *Eretmocerus eremicus* و *E. californicus* فى مكافحة الذبابة البيضاء *B. tabaci* فى أمريكا.

٨- **الطفيل *Leptomastida abnormis***: يستخدم هذا الطفيل لمكافحة البق الدقيقى.

obeikandl.com

٩- **الطفيل *Leptomastix dactylopii***: يستخدم هذا الطفيل لمكافحة بق الموالح الدقيقى *Planococcus citri*. يبلغ معدل الإطلاق الموصى به هو فرد واحد/م^{٢} فى الإصابات الخفيفة ولمنع الإصابة، أو بمعدل ٢ فرد / م^{٢} فى الإصابات العالية من البق الدقيقى ويعاد الإطلاق كل أسبوعين.

١٠- **الطفيل *Leptomastix epona***: يستخدم هذا الطفيل لمكافحة بق الموالح الدقيقى *P. citri*.

١١- **طفيليات الترايكوجراما *Trichogramma* spp.**: تستخدم هذه الطفيليات لمكافحة الكثير من حشرات رتبة حرشفية الأجنحة. وهى طفيليات بيضة تباع على شكل عذراء داخل بيض العائل المتطفل عليه. قد تكون تلك العذارى ملصقة على كروت كرتونية أو سائبة. يتم حساب سعر هذا الطفيل إما على أساس سعر العذراء الواحدة (فى حالة الإطلاق بالصوب) أو على أساس المساحة المعاملة بالطفيل (فى الذرة). معدل الإطلاق الموصى به يتراوح بين ٥ أفرد/م^{٢} بغرض منع الإصابة أو بمعدل ٥٠ فرد/م^{٢} فى الإصابات العالية. فى الصوب، يتم الإطلاق أسبوعياً، أما فى الذرة ومع وجود جيل واحد لحفار ساق الذرة الأوربى *Ostrinia nubilalis* فى شمال أوربا، فإنه يتم الإطلاق لمرة واحدة يستخدم فيها عذارى متدرجة الأعمار حتى تخرج فى صورة موجات متعاقبة طوال فترة تواجد بيض هذه الآفة والتى قد تصل إلى أسبوعين. يستخدم هذا الطفيل بتوسع فى أمريكا أكثر منه فى أوربا التى يستخدم فيها الترايكوجراما فى مساحات تبلغ ١٠٠٠٠ هيكتار فقط لمكافحة حفار ساق الذرة الأوربى فى الذرة. وفى مصر، يتم إطلاق هذا الطفيل ضد ثاقبات الذرة وضد دودة البلح العامرى.

هناك ملاحظتان هامتان عند تناول الطفيليات الحشرية وهما:

أ- تستخدم الطفيليات الحشرية بتوسع شديد ضد آفات من رتبة ثنائية الأجنحة فى أوربا مقارنة بأمريكا، ويرجع ذلك إلى كبر حجم صناعة الدواجن بأوربا وبالتالى زيادة إنتشار أنواع الذباب والحاجة الملحة لمكافحتها.

ب- تستخدم معظم الطفيليات الحشرية فى أوربا فى الصوب، أما فى الولايات المتحدة فتستخدم فى الحقول المفتوحة open fields.

ثانياً- المفترسات الحشرية Predatory insects

١- **أسود المن Chrysopids**: هناك نوعان من أسود المن يتم إنتاجهما تجارياً وهما أسد المن الأخضر *Chrysoperla carnea* و النوع *C. rufilibris* وذلك لمكافحة حشرات المن. المعدل

الموصى به للإطلاق هو ١٠ بيضه/م^{٢} فى الإصابات الخفيفة و ٢٠ بيضة /م^{٢} فى الإصابات العالية جداً.

ويستخدم أسد المن الأخضر *C. carnea* فى أمريكا أكثر منه فى أوربا وربما يرجع ذلك إلى سعره العالى وكذلك كفاءته فقط فى وجود الكثافات العالية من المن إضافة إلى ميل الحشرات إلى الهجرة، كل ذلك أدى إلى عدم التوسع فى إستخدامه داخل الصوب فى أوربا. فى مصر، يتم حالياً التوسع فى إستخدام هذا المفترس ضد حشرات المن داخل صوب الفلفل خاصة فى تلك التى يتم تصدير إنتاجها للأسواق الأوربية.

٢- **أبو العيدات Lady beetles:** هناك العديد من أنواع أبو العيدات التى تستخدم تجارياً فعلى سبيل المثال، يستخدم النوع *Hippodamia convergens* لمكافحة حشرات المن. يتم جمع الحشرات الكاملة لهذا النوع فى الولايات المتحدة لإستخدامه تجارياً، وهذا النوع لا يتم إنتاجه فى أوربا. يبلغ معدل الإطلاق لهذا النوع ٢٥ حشرة/م^{٢}، أو ٥٠ حشرة/م^{٢}. أما المفترس الآخر الذى يستخدم على نطاق واسع وهو *Harmonia axyridis* (هذا النوع ذو منشأ أسيوى وموصى به ضد حشرات المن وله قدرة إنتشار عالية) فإنه يباع تجارياً فى أوربا. وفى مصر، فإن كل من أبو العيد ذو الإحدى عشر نقطة *Coccinella undicempunctata* وأبو العيد ذو السبع نقاط *C. septumpunctata* يباعان فى شركات وأماكن بحثية محدودة للإستخدام ضد حشرات المن خاصة داخل الصوب.

٣- **خنفساء الكربتوليمس *Cryptoluemus montrouzieri*:** يستخدم هذا النوع لمكافحة البق الدقيقى. يفترس كل من الطور اليرقى والحشرة الكاملة لهذا المفترس كل أطوار البق الدقيقى ويستخدم بنجاح لمكافحة الكثافات العالية من البق الدقيقى فى أوربا. يبلغ معدل الإطلاق الموصى به هو حشرتين /م^{٢} على أن يتم الإطلاق مرتين بين كل مرة والأخرى أسبوعين أو ١٠ أفراد /م^{٢} عند الإطلاق لمرة واحدة وسط الإصابات العالية للبق الدقيقى. وهذا النوع قليل الإستخدام فى أمريكا مقارنة بقارة أوربا. كما أنه فشل فى التوطد فى البيئه المصرية نظراً لبطء حركة اليرقات وإفتراس النمل لها.

٤- **خنفساء الديلفاستس *Delphastus pusillus*:** يستخدم هذا النوع بنجاح لمكافحة الذباب الأبيض مثل ذبابة الصوب البيضاء وذبابة القطن البيضاء. ينتشر إستخدام هذا المفترس فى معظم برامج المكافحة المتكاملة للذبابة البيضاء وذلك نظراً لتحملة، إلى حد ما، للمبيدات الحشرية وبالتالى فهناك رواج وتوسع فى إستعماله.

٥- **مفترس الأفيدوليتس *Aphidoletes aphidomyza***: يستخدم هذا النوع لمكافحة حشرات المن. الحشرة الكاملة لهذا المفترس تنشط ليلاً وتستخدم الندوة العسلية ككيرومون للإستدلال على أماكن تواجد حشرات المن لتضع عندئذ بيضها بالقرب من مستعمرات المن. تقوم يرقات هذا المفترس بشل حشرات المن وإمتصاص عصارته حتى الجفاف والموت. يتم شحن هذا المفترس فى عبوات بها مادة الفيرموكليت vermiculite. يتم الإطلاق بمعدل من ٢ -١٠ عذراء/م^{٢} حسب درجة الإصابة وخطورتها.

٦- **مفترس *Macrolophus caliginosus***: يستخدم هذا النوع لمكافحة الذباب الأبيض مثل ذبابة الصوب البيضاء وذبابة القطن البيضاء. يقوم هذا المفترس بثقب الفريسة بواسطة أجزاء فمه الثاقبة الماصة ويمتص سوائل الجسم. يتغذى هذا النوع على كل أطوار الذباب الأبيض ولكنه يفضل البيض واليرقات. تتغذى الحشرات الكاملة للمفترس على ٣٠-٤٠ بيضه/اليوم. يباع هذا المفترس على هيئة حشرات كاملة موجودة فى عبوة بها مادة الفيرموكليت. يوصى بإطلاق هذا النوع بمعدل قدرة ٠,٥ فرد/م^{٢} أو ٥ أفراد/م^{٢} على أن يتم الإطلاق مرتين بين كل مرة وأخرى أسبوعين.

٧- **بق الأزهار (الأوريوس) *Orius* spp.**: تستخدم هذه المفترسات لمكافحة تربس البصل *Thrips tabaci*، وتربس الزهور الغربى *Frankliniella occidentalis*. تهاجم الحوريات والحشرات الكاملة لهذه المفترسات طورى اليرقة والحشرات الكاملة للتربس. تستطيع الحشرة الكاملة لمفترسات الأوريوس أن تتغذى على ٥-٢٠ حشرة تربس/اليوم. هناك ثلاثة أنواع تباع تجارياً فى السوق وهى النوع *Orius insidiotus*، والنوع *O. laevigatus* والنوع *O. majusculus*. يتراوح معدل الإطلاق الموصى به بين حشرة واحدة/م^{٢} إلى ١٠ حشرات/م^{٢} معتمداً على مستوى الإصابة حيث يمكن أن يطلق هذا المفترس وقائياً أو فى الكثافات المنخفضة جداً من الفرائس إعتماداً على قدرته على التغذية النباتية حتى ظهور الفرائس. تستخدم هذه المفترسات بتوسع كبير فى أوربا لمكافحة حشرات التربس والعنكبوت الأحمر داخل الصوب مقارنة بإستخدام محدود لها بالولايات المتحدة الأمريكية.

ثالثاً- المفترسات الأكاروسية Predatory mites

١- **مفترس *Amblyseius cucumeris***: يستخدم هذا النوع لمكافحة التربس *Frankliniella occidentalis* وتربس البصل *Thrips tabaci*. النوع الأول هو أكثر أنواع التربس أهمية

بالصوب فى كل أنحاء أوربا خاصة على الخضروات، ونباتات الزينة. يدخل هذا النوع فى سكون بنسبة ١٠٠% عندما تكون درجة حرارة الليل ١٢°م.

٢- **مفترس *Amblyseius bakeri***: يستخدم هذا النوع لمكافحة التربس *F. occidentalis* وكذلك العنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae* بالصوب فى أوربا. لا يتأثر هذا المفترس بدرجة حرارة الليل ولا تؤثر على سكونه.

٣- **مفترس *Amblyseius degenerans***: يستخدم هذا النوع لمكافحة التربس *F. occidentalis* والعنكبوت الأحمر *T. urticae*. يمكن أن يعيش هذا المفترس بالتغذية على حبوب اللقاح وبذلك يمكن إطلاقه وقائياً فى المحاصيل الحاملة لحبوب اللقاح pollen-bearing crops.

٤- **مفترس *Amblyseius californicus***: يباع هذا النوع لمكافحة العنكبوت الأحمر *T. urticae*.

٥- **النوع *Phytoseiulus persimilis***: وهو أكثر الأعداء الطبيعية إستخداماً على الإطلاق على مستوى العالم. يباع هذا النوع من خلال ٩ شركات فى أوربا وهو ما يتعدى إنتاج وبيع الطفيل *Encarsia formosa*، وهو أكثر المفترسات الأكاروسية شهرة وإستخداماً ونجاحاً على مستوى العالم. يستخدم هذا النوع كمفترس للعنكبوت الأحمر *T. urticae* والنوع *T. cinnabrinus*. يخلط هذا المفترس مع الفيرموكليت ويتم نشره على أوراق النباتات المصابة على أن توضع كميات إضافية من المفترس فى المناطق شديدة الإصابة بالعنكبوت الأحمر. وللوصول لأحسن نمو ونشاط لهذا المفترس يجب أن تكون الرطوبة النسبية عند ٧٥% والحرارة أعلى من ٢٠°م. يتم شحن هذا المفترس فى عبوات بكل منها ١٠٠٠ أو ٢٠٠٠ فرد.

رابعاً- النيماتودا المتطفلة على الحشرات Entomopathogenic nematodes

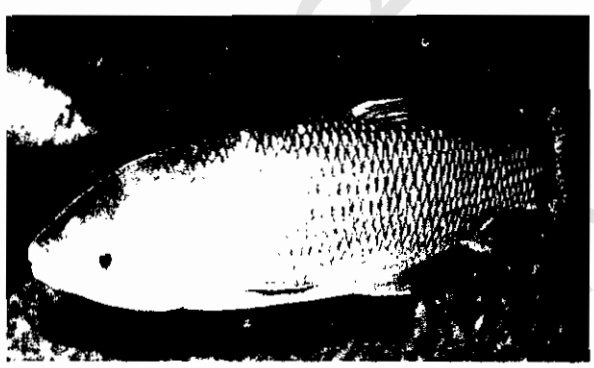
نظراً لما تتمتع به النيماتودا المتطفلة على الحشرات من عائلتى Stenernematidae و Heteorrhabditidae من آمان للكائنات غير المستهدفة وسهولة الإنتاج، فقد أصبحت هذه النيماتودا من العناصر الفاعلة فى برامج مكافحة الآفات خاصة التى تسكن التربة. تقتل هذه النيماتودا عائلها عن طريق معاشر دقيق endosymbionte بكتيرى يعيش فى قناتها الهضمية. تتضاعف هذه البكتريا بسرعة داخل دم العائل الحشرى وتقتله خلال ٤٨ ساعة فقط حيث تحول هذه البكتريا أنسجة العائل إلى مواد تستخدم بواسطة النيماتودا. يحدث تضاعف للنيماتودا داخل جسم العائل وبوصول النيماتودا للطور المعدى Juvenile stage، فإنها تترك العائل القديم وتبدأ فى

openkandil.com

البحث عن يرقة عائل جديد. ويعتبر النوع *Steinernema feltiae* من الأنواع التى حققت نجاحاً ملحوظاً فى مكافحة الآفات. يتم إكثار هذا النوع وبيعه تجارياً بسعر تجارى ٠,٩١ دولار/مليون يرقة نيماتودا. يستخدم هذا النوع ضد يرقات الجعاليات، كما أنه أيضاً يستخدم ضد يرقات الذباب والذباب الأبيض. أما النوع *Heterorhabditis megidis* فإنه متاح تجارياً ويستخدم ضد نفس الآفات السابقة.

(٩) الأمان Safety

حتى الآن لم يكن هناك حالات موثقة تثبت ضرر وخطورة تسويق وإطلاق الأنواع النافعة من مفصليات الأرجل (طفيليات، مفترسات، آكلات الحشائش) من أجل إكثارها الكمى بغرض الإستخدام فى برامج المكافحة البيولوجية. تعتبر هذه الكائنات آمنة جداً على صحة الإنسان بالمقارنة بإستخدام المبيدات الحشرية، وبالتالى يمكن التوسع فى إستخدامها فى البيئات المغلقة مثل البيوت الزجاجية لما تتميز به من عدم التأثير الضار على صحة العمال بالمقارنة عند تعرضهم للمبيدات الحشرية. يتضمن الإستخدام الموسع للفقاريات بشكل رئيسى إطلاق الأسماك لمكافحة الحشائش والبعوض، قد يكون لتلك الإستعمالات تأثيرات غير مرغوبة على الأنواع غير المستهدفة أو على البيئة فى بعض الحالات. على سبيل المثال يمكن أن يؤدي إستخدام سمكة الحشائش *Ctenopharyngodon idella* (شكل ١٤:٦) لخفض نمو الأعشاب الخضرية المائية (لتقليل مواطن البعوض) تؤدي إلى زيادة المغذيات nutrients وزيادة كثافة الطحالب وتقليل صفاء وشفافية الماء. قد يكون أو لا يكون القصد من مثل هذه الإطلاقات أن تؤدي إلى إستقرار دائم للأسماك التى تم إطلاقها فى البيئة المستهدفة، ولذا يمكن إعتبارها إما مكافحة بيولوجية من خلال الإكثار الكمى أو مكافحة من خلال الإستيراد.



شكل (١٤:٦) سمكة الحشائش التى تستخدم فى مجال مكافحة الحشائش داخل المسطحات المائية فى برامج مكافحة البعوض.

أ- قضايا الأمان Safety issues

هناك العديد من قضايا الأمان مرتبطة بالتوسع فى تطبيق المكافحة البيولوجية. يساعد تفهم مثل هذه القضايا على ضمان بقاء، وإنتاج، وإستعمال مفصليات الأرجل النافعة (طفيليات، ومفترسات، وعناصر مكافحة الحشائش)، والفقاريات بأمان تام. من بين هذه المشاكل ظهور حساسية لدى العمال، عند التعامل مع مفصليات الأرجل من الأعداء الطبيعية عند تربيتها وتوطينها الدائم بعد إطلاقها، ومشاكل الإزعاج الناتج من إطلاق الكائنات، والضرر الواقع على النباتات الإقتصادية واللافقاريات وغيرها من الكائنات الأخرى، والضرر الواقع على أنواع النباتات غير الإقتصادية المحلية.

ب- الحساسية Allergies

من أهم وسائل تربية العدو الطبيعى ضرورة توفر الأيدى العاملة، وكميات كبيرة من العوائل أو الفرائس الحشرية أو بعض الكائنات الحية الأخرى مما يلوث الجو فى المعمل بواسطة الحراشيف والشعيرات ... إلخ والتى يمكن أن تستنشق من قبل العمال. قد يتسبب تكرار عملية الإستنشاق لمثل هذه المواد إصابة العمال بحساسية والتى من أعراضها الطفح الجلدى وحساسية الصدر الذى يصيب رئة العمال. يمكن تفادى تلك المشاكل بإستخدام فلاتر وشفاطات لتنقية الهواء وسحب تلك الأجزاء خارج هواء المعمل وتجديد الهواء ولذا يجب إستخدام ملابس واقية تحمى جلد العمال من التلامس مثل استخدام القبعات والملابس ذات الأكمام الطويلة وإستخدام أقنعة على الوجه للوقاية من الإستنشاق. على سبيل المثال كانت هناك إشارات عن مشاكل تنفسية وحساسية مَعدية مصاحبة لوجود بعض الخمائر yeats فى محافظ عوائل الطفيل *Nasonia vitripennis* وكذلك الطفيل *Muscidifurax* sp. للقائم بالتربية. وبسبب مثل تلك المشاكل التى قد تحدث عند تربية الأعداء الطبيعية معملياً، فإنه يجب أن يكون هناك إهتمام بالنظافة والتعقيم والصحة العامة فى برامج التربية المكثفة المعملية. أيضاً هناك دلائل على حدوث مشاكل تنفسية للعمال عند إستنشاقهم لحراشيف العوائل الحشرية المستخدمة فى الإنتاج المكثف للأعداء الطبيعية مثل حراشيف فراشة الدقيق وفراشة الحبوب المستخدمة فى الإنتاج المكثف لطفيليات جنس *Trichogramma* spp. فى معظم مراكز إنتاج تلك الأنواع فى العالم. علاوة على ما سبق، يمكن أن تسبب بعض الملوثات الميكروبية مشكلة للشخص القائم بالتربية المعملية عن طريق قدرتها المرضية وإحداثها للحساسية.

openkanal.com

جـ- التوطيد Establishment

بسبب إطلاق الأعداء الطبيعية بحرية في البيئة، من خلال البرامج الموسعة للمكافحة البيولوجية لمكافحة الآفات، فمن المتوقع أن يحدث توطيد لمثل هذه الكائنات فى دول الإطلاق. على سبيل المثال أصبح فرس النبى الأوربى *Mantis religiosa* متوطناً بعد بيع أكياس بيضه. وبنفس الطريقة المفترس الأكاروسى *Phytoseiulus persimilis* الذي تم إطلاقه فى حقول محاصيل الفراولة أصبح متوطناً فى ولاية كاليفورنيا. قد يكون أو لا يكون توطين نوع ما موضع إهتمام، لكن قبل السماح للبيع الروتينى وبالتالى إطلاق الكائن الحى فى منطقة ليس متوطن فيها، فلابد أن تؤخذ التبعات المحتملة للتوطيد بنظر الإعتبار. فعلى سبيل المثال، بيع الأنواع غير المتوطنة من أسد المن فى معظم المواقع قد لا يكون موضع إهتمام ولكن قد يكون غير مرغوب فيه فى مناطق معينة بها أنواع من أسد المن محدودة فى توزيعها وغير معروف قدرتها على المنافسة، وهذا ما حدث في جزر هاواي. على النقيض من ذلك، فإن بيع مستعمرات من أنواع من النمل غير المتوطن لمكافحة الآفات من المحتمل أن يعرض بعض الأنواع من اللافقاريات المحلية للخطر فى كثير من المناطق خصوصاً إذا كان هذا النوع من النمل مفترس واسع المدى الفرائسى وشرس ومنافس عنيد، الأمر الذى يزيد من كثافاته العددية بشكل كبير.

د- مشاكل الإزعاج Nuisance problems

معظم الأعداء الطبيعية المتاحة تجارياً غير مؤذية بطبيعتها، وهذا مهم لأن الكائنات الحية التى يتم إطلاقها يجب أن لا تقرض أو تلسع أو تلوث الغذاء أو تحدث حساسية. على سبيل المثال، يكون للزنابير الحمراء فرصة ضعيفة للبيع كعنصر للمكافحة البيولوجية لما تسببه من لسع للأفراد. أما عن التلوث فيعتمد على قوانيين كل دولة. فعلى سبيل المثال، يمنع بيع عناصر المكافحة البيولوجية لإستخدامها فى مكافحة آفات المخازن أو فى الصوامع فى الولايات المتحدة وذلك نظراً لأن أجزاء تلك الحشرات تعتبر ملوثات للغذاء.

هـ- الأنواع الاقتصادية Economic species

من غير المحتمل أن تهاجم الأعداء الطبيعية التى يتم إطلاقها أنواع مهمة إقتصادياً أوغير مستهدفة. ولكن قد يحدث هذا فى ظروف خاصة. فعلى سبيل المثال تكون أنواع الطفيل *Trichogramma* spp. قادرة على مهاجمة بيض دودة الحرير وفى هذه الحالة تكون غير مرغوب فيها فى مناطق إنتاج الحرير.وبنفس الشيء فإن إنتاج وبيع أبى دقيقات من عائلة Papilionidae

obeikandi.com

فى غينيا يمكن أن يعانى من إطلاق بعض أنواع من الطفيليات. وبالنسبة للإطلاق الكمى للحشرات العاشبة التى تستخدم فى مكافحة الحشائش فبالرغم من محدودية إستعمالها، لكن يجب مع التوسع فيها فى المستقبل من عمل غربلة مسبقة للعناصر التى يتم إطلاقها لتحديد قدرتها على التغذية على الأنواع النباتية المحلية قبل عرضها للتسويق.

ز- آليات ضمان الأمان Mechanisms to ensure safety

يمكن تحجيم الأضرار التى تحدث لصحة العمال عند التعامل مع وسائل التربية للأعداء الطبيعية عن طريق تطبيق قواعد وقوانين الأمان فى موقع العمل، منها معايير التهوية لضمان عدم تلوث الهواء بما يحمله من أجزاء الكائنات الحية بحيث تكون تحت مستويات الضرر المحتمل، وإقناع العمال بإستخدام الأقنعة الواقية من تلوث الهواء. يمكن أن نتجنب بعض المشاكل الناتجة من الإطلاقات الكمية للأعداء الطبيعية غير المتوطنة عن طريق مراجعة الضوابط والقوانين الحكومية لتقييم الأمان عند الترخيص ببيع العدو الطبيعى بتطبيق شروط الأمان وتجديد الترخيص فى حالة الإستمرار فى بيع العدو الطبيعى، وأن يكون متوافق مع المصلحة العامة، وأن يكون هناك مفتشون يتأكدون من تطبيق تلك القوانين عن طريق الحجر الصحى والزراعى لحماية الكائنات والنباتات النافعة.

و- اللافقاريات غير المستهدفة Non-target ivertebrates

لم تُظهر الإطلاقات الكمية للطفيليات والمفترسات اللافقارية ضرراً لتعدادات الأنواع اللافقارية غير المستهدفة. إلا أن إطلاق طفيليات جنس *Trichogramma* تؤثر على مزارع تربية أبى دقيقات عائلة Papilionidae كما سبق ذكره، كما يؤثر أيضاً على كثافات التعدادات البرية (الطبيعية) لتلك الأنواع.

ثالثاً: الحفاظ على الأعداء الحيوية Natural Enemy Conservation

تتكون نظم المحاصيل الزراعية من نماذج pattern المحاصيل وسلسلة من العمليات الزراعية العادية يحددان الظروف التى بها تستطيع الأعداء الطبيعية مقابلة عوائلها وسط هذه النظم. تتداخل مثل هذه العلاقات مع بيولوجيات وإحتياجات الأعداء الطبيعية بطرق عديدة، ويظل الهدف من الحفاظ على الأعداء الطبيعية، كوسيلة من وسائل المكافحة البيولوجية، هو تحسين هذه الظروف لحياتها وتكاثرها مقارنة بالآفات، ولدرجة ينخفض فيها معدل نمو تعدادات الآفة ويقل مع الوقت كثافتها. ولكى يصبح الحفاظ على الأعداء الطبيعية وسيلة فاعلة فى مجال المكافحة

البيولوجية لابد من تواجدها بأعداد مناسبة. غالباً ما تكون هذه الأعداء الطبيعية المحلية ذات تأثير فاعل لعديد من الآفات المتوطنة native فى بيئة ما، لكن تتواجد تلك الفاعلية بدرجة أقل فيما لو أن الآفة نوع دخيل adventive pest من بيئة ما، وفى مثل هذه الحالات لابد أن يستورد أولاً أنواع جديدة من هذه الأعداء الطبيعية ثم تستخدم الطرق المختلفة للحفاظ عليها. ولمكافحة الآفات لابد أن تتواجد أعداؤها الطبيعية فى الوقت المناسب وبالعدد الكافى وتهاجم الآفة المستهدفة. يتطلب هذا الكثير عن معرفة كيفية تحقيق ذلك من خلال العمليات الزراعية الممكنة. يمكن تجميع العمليات الزراعية المؤثرة على الأعداء الطبيعية فى أربع نقاط هى:-

أ- إستخدام المبيدات الزراعية.

ب- إدارة التربة management والمياه وبقايا المحاصيل.

ج- نظم المحاصيل الزراعية crop patterns.

د- التعامل manipulation مع النموات الخضرية الأخرى vegetation المتواجدة مع المحصول أو المجاورة له.

(أ) إستخدام المبيدات الزراعية:-

تؤثر المبيدات الزراعية على فاعلية الأعداء الطبيعية إما بطريقة مباشرة مسببة موتها، أو بطريقة غير مباشرة من خلال التأثيرعلى سلوكها وسروحها أو حركتها، ومعدل تكاثرها مقارنة بالآفة، أو عن طريق إحداث حالة من عدم التوازن بين تعدادها وتعداد الآفة.

١- التأثير المميت للمبيد:

يكون لعديد من مستحضرات المبيدات تأثيراً ساماً ومباشراً بدرجة أو بأخرى على بعض مجاميع الأعداء الطبيعية. فعلى سبيل المثال، غالباً ما تكون المبيدات الحشرية والأكاروسية مهلكة لمعظم الطفيليات والمفترسات، بينما تكون المبيدات الفطرية أقل تاثيراً بصفة عامة على هذه الكائنات لكن ربما تؤثر على الفطريات الممرضة للآفات. هذا وتغير بشدة الكيميائيات الزراعية مثل معقمات التربة من مجتمعات التربة الفطرية والميكروبية واللافقارية مؤثرة على فاعلية تلك الأنواع على الممرضات النباتية. وهناك من المواد الكيميائية الأخرى التى تكون سامة خارج نطاق الهدف من إستعمالها، فالمواد الطاردة للطيور مثلا يمكن أن تعمل كمبيد حشرى، وكذا المبيدات الفطرية يمكن أن تقتل مفصليات الأرجل (الكبريت مثلاً مهلك لأكاروسات عائلة Phytoseiidae) أو قد تؤثر على حركتها أو تكاثرها (المبيدات الفطرية من مجموعة

dithiocarbamate تقلل من معدل تكاثر الأكاروسات من عائلة Phytoseiidae)، وكذا مبيدات الحشائش التى يمكن أن تقتل النيماتودا النافعة المستعملة فى مكافحة الحشرات. لذلك فمن المهم أن نفترض أن أى مبيد للآفة مهما كان نوعه يؤثر على الأعداء الطبيعية إلى أن تصبح البيانات كافية، من خلال التجارب، بأن ليس له تأثير. وحتى المواد التى يعتقد أن ليس لها تأثير سام مثل الصابون البوتاسى والزيوت والتى تكون آمنة للإنسان يمكن أن تكون ضارة للأعداء الحيوية. فعلى سبيل المثال عندما تستعمل الزيوت ضد أنواع الحشرات القشرية فإنها تقلل من معدل خروج طفيليات هذه العوائل كما أنها تقتل هذه العوائل.

تعتمد درجة تأثير مبيد معين على تعداد أى عدو طبيعى على كل من العوامل الطبيعية والبيئية. تشتمل العوامل الطبيعية على السمية النسبية للمركب الكيميائى على الآفة والأعداء الحيوية إذ من المعروف أن هذه المواد تتفاوت بدرجة كبيرة فى درجة سميتها لهذه الكائنات. هناك عدد قليل من المبيدات الحشرية والأكاروسية المعروف عنها أنها ذات تأثير كبير على الآفة وبدرجة أقل نسبياً، من الناحية الفسيولوجية، على بعض الأعداء الحيوية من مفصليات الأرجل. هذا وتتفاوت السمية أيضاً مع أنواع الأعداء الحيوية.

أما العوامل البيئية فترجع إلى وسائل إستعمال المبيد التى تحدد درجة التلامس التى تحدث فعلاً بين المبيد والعدو الحيوى. تتأثر درجة التلامس بالمستحضر formulation وتركيزه ودرجة ثباته أو بقائه فى الوسط persistence (حيث يتأثر ذلك بالعوامل غير الحيوية مثل الحرارة والأمطار)، وكذا طريقة فعل المادة الكيميائية mode of action (بالتلامس أو الإبتلاع)، وطريقة توزيع المبيد على العائل النباتى، وكذا توقيت المعاملة.

٢- التأثيرات الأخرى للمبيد:-

إضافة إلى المعاناة من الموت، فإن الأعداء الطبيعية يمكن أن تصبح أقل فاعلية بعد إستعمال المبيد بسبب التأثيرات الأخرى للمبيدات عليها أو على العائل. فالتعرض للجرعات تحت المميتة sublethal dose للمبيدات يمكن أن تقصر من عمر الأعداء الحيوية، وتقلل من معدلات نموها وكفاءتها البحثية، وتقلل من معدلات إنتاجها إما بصورة قاطعة أو منسوبة إلى العائل، أو تغير من النسب الجنسية للنسل الناتج. على المستوى التعدادى، فإن المبيد المستعمل يمكن أن يقلل من تأثير العدو الحيوى بتغيير كثافة العائل أو شكل توزيعه أو التركيب العمرى للعشيرة. يمكن تتبع بعض التأثيرات غير المباشرة مثل قصر عمر العدو الطبيعى أو إنخفاض قدرته البحثية على الأسطح المعاملة بالمبيد أو التاثير الطارد له، أو العقم من خلال التجارب المعملية. فعلى سبيل

المثال لوحظ أن المبيد الفطرى benomyl، ذو التأثير المباشر الضعيف أو المنعدم على أكاروسات عائلة Phytoseiidae، سبب عقماً لإناث المفترس الأكاروسى *Amblyseius fallacies*. وبنفس الشىء، فإن المبيدات الفطرية Thiophanatemethyl و Carbendazin، يمكن أن توقف وضع البيض بالنسبة للمفترس الأكاروسى *Phytoseiulus persimilis*. بعض المواد التى ليس لها تأثير سام مباشر على بعض الأعداء الطبيعية يمكن أن تجعل الأسطح أو العوائل المعاملة طاردة للأعداء الطبيعية التى ربما تترك المنطقة المعاملة بأكملها. وهناك بعض من مبيدات الحشائش مثل diquat و paraquat تجعل التربة المعاملة من حقول العنب طاردة للأكاروسات المفترسة مثل المفترس *Typhlodromus pyri*.

يمكن أن يؤثر المستوى العددى فى قدرة الأعداء الطبيعية فى خفض تعداد آفاتها المستهدفة. ولتتبع هذه التأثيرات يتطلب ذلك إختبارات حقلية. يمكن أن تقل فاعلية الأعداء الطبيعية فيما لو حدث الأتى:-

* أدت المبيدات إلى خفض تعداد الآفة دون المستوى المطلوب لبقاء الأعداء الطبيعية المرتبطة بها (أو تغير من التوزيع المحلى للآفة)، وهذا بالتالى يؤدى إما إلى هجرة تلك الأعداء، أو قلة معدل تكاثرها، أو تجويعها.
* تشجع المبيدات من معدلات تكاثر الآفة أو تقلل من معدلات تكاثر العدو الحيوى مما يتسبب عنه إرتفاع كثافة تعداد الآفة مقارنة بكثافة العدو الحيوى، الأمر الذى يؤدى إلى هروب أعداد من الآفة، ولو مؤقتاً، من مهاجمة الأعداء الحيوية.
* تقتل المبيدات كل أطوار الآفة ذات الأجيال المتداخلة عدا طور واحد فقط من أطوار حياتها مما يجعل أطوار حياة الآفة متجانسة بدرجة عالية highly synchronized وهو ما يعرف فى المراجع بالتجانس المفجع catastrophic synchronization والذى قد يدوم تأثيره لعدة أجيال حتى يحدث تغيير طبيعي في وقت النمو والتكاثر بين أفراد الآفة مؤدياً إلى تداخل الأطوار مرة أخرى. وفي حالة الأعداء الطبيعية التى يقصر فيها دورة حياتها عن دورة حياة الآفة، فإن هذا التجانس قد يتسبب فى غياب مؤقت للعوائل المناسبة. وفي غياب مثل هذه العوائل المناسبة، فإن الأعداء الطبيعية تجوع أو تهاجر أو يقل معدل تكاثرها بدرجة كبيرة، هذا وقد سجلت أمثلة لمثل هذا التجانس المفجع لآفات جوز الهند وربما لغيرها من محاصيل المناطق الإستوائية.

obeikandi.com

* يمكن أن يستمر تأثير مبيدات الآفات التى لا تكون ضارة نسبيا لأفراد الأعداء الطبيعية مثل السموم المَعدية سواء من أصل معدنى (مثل كريوليت cryolite) أو بيولوجى (بعض السموم النباتية أو البكتيرية) على عشائر الأعداء الطبيعية بإهلاك مصادر غذائها أو عوائلها. فلو قتلت نسبة عالية جداً من تعداد الآفة أو تغير شكل التوزيع الطبيعى لها بطريقة تجعل سروح الأعداء الطبيعية أقل فاعلية، فإن تعدادات الأعداء الطبيعية يمكن أن ينخفض من خلال الهجرة أو الجوع أو معدل التناسل.

* يمكن أن تؤثر العوامل التى تغير من معدل تزايد التعداد بين الآفة وأعدائها الحيوية على كفاءة تلك الأعداء. فعلى سبيل المثال، وجد أن معاملة كوامل مَنْ الخوخ الأخضر *Myzus persicae* بجرعات تحت مميتة sublethal من مركب azinphosmethyl أزاد من كفاءتها التناسلية بمعدل ٢٠-٣٠%. كذلك يمكن أن يزداد معدل معيشة بعض الأنواع من مفصليات الأرجل العاشبة herbivores بزيادة مستويات النتروجين فى النباتات من خلال أسمدة ذات مستوى عال منه، كما أنها تنمو بمعدل أسرع وبكفاءة تناسلية أعلى كما فى العناكب الحمراء بصفة خاصة. أيضاً قد تكون نفس الحالة بالنسبة للحشرات المتغذية على عصارة النباتات مثل الحشرات القشرية والذباب الأبيض والمن. مثل هذه الإرتفاعات فى معدلات نمو تعدادات الآفة تفوق قدرة تعداد العدو الطبيعى فى قمع تعداد الآفة. يمكن أن ينتج نفس التأثير أيضاً من المبيدات التى تقلل من معدل تكاثر تعداد العدو الحيوى.

حلول حول تقليل تأثير إستعمال المواد الكيميائية على الأعداء الحيوية:-

عندما تستخدم المبيدات لمكافحة الآفات فإنه يمكن تقليل تأثيرها على الأعداء الطبيعية بالوسائل التالية:-

١- إستخدام مبيدات منتقاة فسيولوجياً physiologically selected.

٢- إستخدام المبيدات بطرق منتقاه بيئياً.

٣- إستخدام أعداء طبيعية مقاومة للمبيدات Pesticide-resistant natural enemies.

١- إستخدام المبيدات المنتقاة فسيولوجياً:

يمكن التوصل إلى هذه النوعية من المبيدات من خلال إختبارات متناسقة systemic tests لتحديد أى منها، إن وجد، تكون متاحة وذات فعالية لمكافحة آفات محصول ما، وفى نفس الوقت تكون غير ضارة نسبيا للأعداء الطبيعية حتى يمكن الحفاظ عليها. وحيث أن عشائر الأعداء

Oberkandl.com

الطبيعية التى تجمع من مواقع مختلفة تتفاوت فى حساسيتها لمبيد ما، لذا يلزم أن تحدد درجة الحساسية لعشائر الأعداء الطبيعية المحلية والمعنية بالإختبار. هذا ويجب ملاحظة أن المعلومات المتعلقة بتأثير مبيد ما على نوع ما من الأعداء الحيوية لا يصلح مقياساً لتوقع سمية مبيدات أخرى على نفس النوع أو على أنواع أخرى من الأعداء الحيوية. هذا ومن الضرورى إجراء التجارب تحت ظروف محكمة من توحيد للسن والجنس وتاريخ تربية الأعداء الطبيعية المستخدمة فى التجارب rearing history والحرارة والرطوبة ودرجة التهوية وكل ما يتعلق بالمستحضر المختبر من ناحية صورته formulation ودرجة نقائه والجرعة المستخدمة. وكقاعدة عامة فإن الآفات تكون أقل حساسية للمبيدات من أعدائها الطبيعية.

تتفاوت طرق هذه الإختبارات من تجارب معملية إلى تجارب شبه حقلية semi-field وتجارب حقلية. تتضمن التجارب المعملية معاملة الأعداء الطبيعة من خلال إغتذاء المبيد ingestion أو مواد معاملة بالمبيد، أو المعاملة السطحية topical application، أو بوضع الأعداء الطبيعية على أسطح بها بقايا المبيد عليها تجنح الأعداء الطبيعية للراحة، وقد تكون هذه الأسطح زجاجاً أو رملاً أو أوراقاً. يمكن أن ترش أوراق النبات فى المعمل أو فى الحقل وتستخدم إما مباشرة بعد جفافها أو بعد فترات متباينة حسب ما تتطلبه الدراسة تحت ظروف المعمل أو الحقل. وغالباً ما يستعمل أسلوب الغمر فى محلول المبيد مع إختبارات الأكاروسات. أما التجارب شبه الحقلية فتشمل حجز confining الكائنات المختبرة على أجزاء من النباتات أو على النباتات بأكملها بعد معاملتها بالمبيدات. تشمل الإختبارات الحقلية تقدير الضرر الواقع على تعدادات الأعداء الطبيعية عندما يعامل كل الحقل أو أحواض منه plots بالمبيدات. فى الإختبارات الحقلية، فإن إستعمال مكررات من أحواض صغيرة يكون غير كاف غالباً لأن الأعداء الطبيعية متحركة ويصعب معها عزل تأثيرات المعاملة. أما إستعمال مساحات واسعة بدون مكررات، مع إعادة التجربة فى أوقات متباينة يعطى نتائج أفضل.

تشمل القياسات المستخدمة فى تقدير درجات الحساسية لمبيد ما الجرعة المميتة لنصف عينة الكائن المختبر(LD_{50}). أما عند حبس الكائن المختبر على سطح معامل بالمبيد أى لا تعطى الجرعة بالفم أو المعاملة السطحية فيستخدم هنا معامل LC_{50} وهو تركيز المحلول المعامل به سطح النبات والذى يقتل نصف الكائنات المختبرة فى فترة زمنية محددة والتى عادة ما تكون ٢٤ أو ٤٨ ساعة. أما الإختبارات التى تشمل قياس تأثيرات متبقيات المبيد على فترات زمنية مختلفة فهى تساعد بصفة خاصة فى تحديد فترة الخطورة التى يتعرض لها نوع معين من الأعداء

الطبيعية بعد إستعمال المبيد. تكون النسبة بين قيم LC_{50} للعدو الطبيعى والآفة أو تلك للعدو الطبيعى والتركيز الموصى به من المبيد، هو مقياس نافع جدا لقياس إنتقاء selectivity مبيد ما. يكون تقدير أداء العدو الطبيعى (من خلال قدرة المفترس فى الوصول إلى فرائسه وإفتراسها بنجاح أو قدرة الطفيل فى إكتشاف عائله والتطفل عليه بنجاح) مؤشر أفضل للتأثير العام لبقايا المبيد من حساب نسبة الموت إذ يتضمن هذا الأداء التأثير تحت المميت sublethal effect للمبيد على الأعداء الطبيعية.

٢- إستخدام المبيدات بطرق منتقاه بيئياً:

يمكن إستخدام المبيدات بطرق مختلفة يقل معها ملامستها للأعداء الطبيعية كما يتضح فيما يلى:

أ- إستخدام جرعات منخفضة reduced dosages

يمكن تقليل تأثير المبيدات على الأعداء الطبيعية بتقليل الجرعة المستخدمة، فإستخدام ربع أو نصف الجرعة المعتادة غالبا ما تعطى مكافحة كافية للآفة مع تقليل نسبة موت الأعداء الطبيعية.

ب- إستخدام مستحضرات ومواد منتقاه selective formulations and materials

إن الخصائص الطبيعية لمستحضرات المبيد formulations تؤثر على فعاليته ضد الأعداء الطبيعية. فالمستحضرات المحببة المستخدمة فى التربة، على سبيل المثال، لا تتلامس مع الأعداء الطبيعية المتواجدة فى الهواء أو على النبات ولذلك فإن عديد من الأعداء الطبيعية لا تتأثر بمثل تلك المعاملات. إلا أنه غالباً ما تستخدم مثل هذه المركبات بهدف الإبقاء على بقايا المبيد residues فى الطبقة السطحية للتربة، وفى هذه المنطقة ربما يكون ملامسة هذه البقايا للأعداء الطبيعية ذات تأثير طويل المدى ومؤثر. ومن المتوقع أن مثل هذه المعاملات تقلل بطريقة معنوية من عشائر الأعداء الطبيعية الحساسة التى تعيش فى التربة أو تسرح على سطحها .أما المبيدات الجهازية فهى ذات تأثير مباشر طفيف على الأعداء الطبيعية التى لا تمتص عصارة النبات وبالتالى لا تتلامس مع المبيد. أما المبيدات التى لا تقتل إلا بإغتذائها، دون التلامس المطلق مع جدار الجسم، فتكون أقل ضرراً على الأعداء الطبيعية. عادة لا تكون السموم المَعدية stomach poison، مثل المواد الناتجة من النبات (قلويات معينة)، أو المركبات المعدنية (مثل الكريوليت caryolite) مهلكة للطفيليات والمفترسات التى لا تتغذى

على أنسجة النبات. إلا أنه يمكن أن تكون تلك السموم المُعدِية ضارة لتعدادات الأعداء الطبيعية إذا ما سببت إنخفاضاً مأساوياً فى كثافات العائل أو الفريسة.

ج- تحديد المساحات المعاملة:-

يمكن التحكم فى المساحات المعاملة بالمبيدات لتقليل تعرض الأعداء الطبيعية لها. فعلى سبيل المثال، فإن رش خطوط مزارع التفاح بالتبادل بدلاً من كل الخطوط بالمبيد يضمن مكافحة كافية لآفاته المتحركة مع الحفاظ على نسبة حية أكبر من أبوالعيد *Stethorus punctum* المفترس للعناكب. هذا وقد أمكن أيضاً مكافحة الحشرة القشرية *Lepidosaphes beckii* فى مزارع الموالح بنجاح بإستخدام الزيت لكل ثالث خط مع تكرار المعاملة كل ستة أشهر. وقد سمح هذا الإجراء بمكافحة جيدة لهذه الآفة مع عدم إهلاك الأعداء الطبيعية الأخرى لآفات الموالح. كذلك أدى رش الخطوط بالتبادل فى حقول القطن إلى مكافحة ناجحة لآفاته، وفى بعض المبيدات المختبرة، إلى تشجيع معدل التطفل على آفاته الرئيسية. على العكس من ذلك، فقد وجد أن رش أحواض strips الغلال لم يهيء مكافحة كافية للمن عندما يكون عرض هذه الأحواض ١٢م والسبب فى ذلك يرجع إلى أن الأعداء الطبيعية لم تستطع توطيد نفسها فى الأحواض المعاملة فى الوقت المناسب لخفض تعداد الآفة عند عودة نشاطها resurgence.

د- تحديد توقيت المعاملات:

يمكن تحديد التلامس بين المبيدات والأعداء الطبيعية إما بإستخدام مركبات غير ثابتة non-persistent وتقليل معدلات المعاملات أو بإستخدام المركبات فى فترات تكون فيها الأعداء الطبيعية غير موجودة أو فى طور من أطوارها المحمية. يقلل إستخدام مبيدات غير ثابتة من الضرر للأعداء الطبيعية بسبب أن هذه الأعداء التى تخرج (من شرانقها أو من عوائلها) بعد إنخفاض التأثير الباقى السام للمبيد يمكن لها أن تعيش بطريقة طبيعية. كذلك فإن الأعداء الطبيعية التى تصل من الحقول غير المعاملة يمكنها أن تتوطن بسرعة فى تلك الحقول المعاملة. تتفاوت كثيراً درجة ثبات المبيدات، فبعض المركبات مثل الديازنون Diazinon تترك آثار بقاياها على الأسطح المعاملة لمدة أسبوع أو أكثر بتركيز يكفى لقتل الأعداء الطبيعية. كذلك فإن بعض مبيدات الحشائش مثل مركبات التريازين Triazines تمكث لعدة أشهر فى التربة. بعض المركبات الأخرى مثل مبيد البيرثرين Pyrethrin تتحلل خلال ساعات أو أيام من المعاملة. وقد وجد أن الظروف الجوية تؤثر بشدة فى درجة تواجد بقايا المبيدات،

ومن أهم هذه العوامل الأمطار التى تغسل هذه البقايا، والحرارة التى تؤثر على كل من سمية المبيد ومعدلات تحلل بقاياه.

إن ضبط توقيت المعاملات بالمبيد لحماية الأعداء الطبيعية هو ضرورة تتم إما بتقليل معدلات الرش حتى يكون هناك فترات يكون النبات فيها غير سام للأعداء الطبيعية، أو ضبط مواعيد الرش لتجنب الفترات التى تكون فيها الأعداء الطبيعية فى أزهى فترات نشاطها أو فى أحد أطوارها الحساسة. وهنا يتطلب الأمر دراسات لتعدادات الحشرة النافعة لمعرفة الفترات التى تتواجد فيها مثل هذه الأطوار الحساسة بهدف خلق فترات خالية من المبيد. لكن إذا تطلب الأمر معاملات عديدة للمبيد يكون من الصعب جداً تجنب الفترات التى تكون فيها الأعداء الطبيعية فى أحد أطوار حياتها الحساسة.

هـ- تغيير نظم المكافحة:

تزايدت فرص الحفاظ على الأعداء الطبيعية بعدما إنحصرت الحاجة إلى الإستعمال المتكرر للمبيدات واسعة المدى وإتباع طرق أخرى للمكافحة غير سامة مثل إستخدام الأعداء الحيوية أو غيرها من الطرق مثل المصائد والفيرومونات والطرق الزراعية المختلفة.

إن تقليل معدلات إستخدام المبيد فى محصول ما معناه زيادة ملحوظة فى الكثافات العددية للأعداء الطبيعية. فعلى سبيل المثال عندما حلت الفيرومونات، بهدف عرقلة التزاوج، محل المبيدات الفسفورية فى مكافحة فراشة الكودلنج *Cydia pomonella* فى بساتين الكمثرى تزايدت الكثافات العددية للمفترس *Deraeocoris brevispiceatus* (نصفية الأجنحة)، وأسد المن *Chrysoperla carnea* مع تحقيق ٨٤% إنخفاض فى تعداد حشرة *Psylla pyricola* وإنخفاض فى تلوث ثمار الكمثرى بالندوة العسليه من ٩,٧% إلى ١,٥%.

٣- إستخدام أعداء طبيعية مقاومة للمبيدات :-

حيثما تستخدم المبيدات على المحاصيل بدون وجود كيميائيات منتقاة بدرجة كافية، أو إكتشاف طريقة آمنة للمعاملة، فعندئذ لابد من إجراء محاولات لإطلاق وأقلمة سلالات من الأعداء الطبيعية مقاومة للمبيدات. والهدف الرئيسى لهذه الإطلاقات هو الأقلمة الدائمة لهذا الشكل من الأعداء الطبيعية المقاومة للمبيدات لدرجة يمكن معها الإستمرار فى إستعمال المبيدات ضد الآفات الأخرى دون عرقلة مكافحة الآفة بذلك العدو الطبيعى المقاوم للمبيدات. أمكن عن طريق الإنتخاب المعملى أو إعادة الإكتشاف من العشائر الحقلية تربية وإستنباط سلالات مقاومة للمبيدات

openkandil.com

لعديد من أنواع أكاروسات عائلة Phytoseiidae ومن هذه الأنواع *Metaseiulus occidentalis* و *Typhlodromus pyri* و *Phytoseiulus persimilis* و *Amblyseius fatlacis* و *Amblyseius andersoni*. أمكن أيضاً إستنباط سلالات مقاومة من طفيليات غشائية الأجنحة من العشائر الحقلية. أمكن أيضاً عن طريق الإنتخاب المعملى الوصول إلى مستويات من المقاومة لبعض المبيدات ومن هذه الأنواع طفيل المن *Trioxys pollidus*، وطفيل نافقات الأوراق *Diglyphus begini* وبعض طفيليات الحشرات القشرية مثل الطفيليات *Aphytis holoxanthus*، *A. melinus*، وبدراسة هذه السلالات إتضح أنه يوجد فى عديد من الأعداء الطبيعية تباين جينى يسمح بنمو العشائر المقاومة للمبيدات تحت ظروف الإنتخاب المعملى أو الحقلى. وقد إتضح فى كثير من الأمثلة أن هذه السلالات يمكنها أن تعيش وتستقر لسنة أو أكثر فى حقول وبساتين ترش بالمبيدات. تنشأ بداية هذه السلالات المقاومة من إبادة مسبقة، من خلال إستخدام المبيد لأى عشيرة حساسة كائنة من نفس النوع النافع. ولكى تعوض التكاليف الإقتصادية للحصول على هذه السلالات المقاومة يلزم أن يدوم بقاؤها لفترة طويلة حتى يمكن تحقيق أطول فائدة ممكنة. فى بعض الحالات كما هو الحال فى إستعمال الأكاروس المفترس *Phytoseiulus persimilis* فى مكافحة الأكاروس فى محاصيل الصوب، فإنه يكفى أن تستمر المقاومة فقط لفترة حياة المحصول (٣-٦ أشهر عادة) حيث يطلق مفترسات جديدة مع بداية المحصول الجديد. فى حالة المحاصيل المنزرعة فى الحقول المكشوفة outdoor crops، قد يتطلب الإبقاء على السلالة المقاومة رش المبيد بصفة منتظمة. وجد أنه عند توقف الضغط بالمبيدات pesticide stress، تُفقد صفة المقاومة لدى بعض الأعداء الطبيعي، أى أنها صفة قابلة للإنعكاس reversible character. حيث تستخدم مثل هذه المعاملات الكيميائية، فإن إستيراد أعداء طبيعية مقاومة للمبيد يمكن أن يؤدى إلى إحلالها محل النوع الحساس المتواجد. أما فى حالة غياب مثل هذه المعاملات المنتظمة، فإن هذه السلالة المقاومة المستوردة يمكن أن يحل محلها نوع آخر حساس. فى بعض الحالات، قد تواجه الحاجة للمعاملات المستمرة بالمبيد فى الحقل للإبقاء على ظاهرة المقاومة فى الأعداء الطبيعية بمعاملات المبيدات التى تتم لآفات أخرى على نفس المحصول. فقد أظهرت التجارب أن سلالة المفترس الأكاروسى *Typhlodromus pyri* المقاومة للمركبات الفوسفورية العضوية أمكنها أن تعيش فى حقول بستانية معاملة بتلك المبيدات بمستويات كافية لمكافحة العناكب *Panonychus ulmi*، *Aculus schlechtendali*، بينما كانت نادرة ولم تستطع خفض تعداد تلك الأكاروسات فى حقول مرشوشة بمركبات البيرثرويد pyrethroids.

ب-إدارة التربة والماء وبقايا المحاصيل

١-إدارة التربة:-

تشمل إدارة التربة، فى مجال إنتاج المحاصيل، العزق وإضافة السماد البلدى أوالمخصبات الكيميائية والمعاملات التى تحافظ على درجة حموضة التربة pH المطلوبة أو غير ذلك من المعاملات. يمكن لكل هذه المعاملات أن تؤثر على مشاكل الآفات التى تصيب المحصول إما بطريقة مباشرة على الآفة فى بعض الحالات أو غير مباشرة على أعدائها الطبيعية فى البعض الآخر. يعتبر التأثير المباشر لإدارة التربة على الآفات هو إحدى صور المكافحة الزراعية، أما التأثير غير المباشر وهو تأثير إدارة التربة على الأعداء الطبيعية للآفات الحشرية فسوف نتناوله هنا.

لا يختلف الحفاظ على الأعداء الطبيعية فى التربة فى أساسياتها عن الحفاظ عليها على المحصول. هناك دراسات قليلة عن ديناميكية الكائنات الحية الكائنة فى التربة وهناك حاجة إلى زيادة المعرفة عن العلاقات المتبادلة بين مختلف الكائنات فى التربة من جانب وبينها وبين الآفات أو الأعداء الطبيعية التى تمضى فترة من دورة حياتها فى التربة. لوحظ أن الحرث يقلل من نسبة خروج طفيليات خنفساء اللفت *Meligethes* sp. في كل متر مربع بمعدل ٥٠%، فى زراعات اللفت الربيعية. ١٠٠% في الزراعات الشتوية. وقد أقترح أنه إذا تم زراعة القمح الذي يعقب محصول اللفت في الموسم الشتوي بطريقة النقر المباشر في التربة بدلاً من الحرث ربما يعمل على الحفاظ على طفيليات تلك الآفة. هذا وقد وجدت علاقة بين فوران الإصابة بخنفساء أوراق الحبوب *Oulema melanopus* ونظام الزراعة الذى فيه تعزق الأرض مباشرة بعد الحصاد بدلاً من الأسلوب المعتاد من إستعمال محاصيل الحبوب مرافقة لزراعات البرسيم دون عزيق. من المعروف أن عملية العزيق تقتل ٩٥% من الطفيل *Tetrastichus julis* والذى يكون غائباً فى المناطق التى يحدث بها فوران أى التى عزقت، بينما يتطفل على ٧٤-٩٠ % من يرقات الآفة فى المناطق التى لم تعزق.

لوحظت التأثيرات النافعة للسماد البلدى كمصدر للمخصبات، بدلاً من المخصبات الكيميائية، بالنسبة لبعض المفترسات من مفصليات الأرجل مثل خنافس عائلة Carabidae، والأكاروسات المفترسة من جنسى *Stratiolaelaps* و *Androlaelaps* التى تفترس بيض أنواع جنس *Diabrotica* وهى من آفات الذرة. أيضاً تعتبر التربة مخزناً كبيراً للممرضات الفطرية والفيروسية وتؤثر خصائصها على بقاء الممرض. فعلى سبيل المثال فإن الفيروس NPV الذي يصيب الفراشة ذات

Open Kanal.com

البقعتين *Trichoplusia ni* التي تصيب الكرنب يكون أكثر بقاءً persistence فـي التربـة الأقـل حموضة، ولذا ينصح بإضافة الجير إلى التربة للحفاظ على تلك الفيروسات.

يؤدى تقليب الأراضى الجافة بالماكينات الزراعية إلى تغطية النباتـات بالأتربـة. تـرتبط أشجار الفاكهة المتربة، فى بعض الحالات، بحدوث فورانات لآفاتها كالحشرات القشرية. ويعتقـد أن الميكانيكية التى تؤدى إلى هذه الحالة هو تأثير الأسطح المتربـة علـى سـلوك المفترسـات والطفيليات من غشائية الأجنحة. إذ عند السروح على أسطح متربة تستغرق الطفيليات وقتاً أطول فى تطمير grooming وتنظيف نفسها ووقت أقل فى ملاقاة العائل والتطفل عليه. وبـصفة عامـة تكون هذه الأسطح المتربة غير جاذبة للطفيليات الباحثة عن عوائلها بل تهجرها بعد فترة وجيزة مما يسهل من حدوث فورانات عددية للآفات المتواجـدة علـى تلـك النباتـات. أمـا بالنـسبة للمفترسات، فيتفاوت التأثير عليها، فعلى سبيل المثال، فقد وجد أن أبو العيـد *Stethorus picipes* المفترس للأكاروسات تزداد نسبة موت أفراده بسبب الجفاف وقدرته البحثيـة المنخفـضة علـى الأسطح المتربة. وعلى العكس مـن ذلـك، فـإن كفـاءة الأكـاروس المفتـرس *Metaseiulus occidentalis* الذى يفترس الأكاروس الباسفيكى *Tetranychus pacificus* لا تختلف سواء كانـت الأسطح النباتية متربة أو نظيفة. وبصفة عامة، عندما يتزامن حدوث فوران للآفـة مـع الحالـة المتربة فإنه غالباً ما ينظر إلى أن التراب هو من الأسباب المحتملة لحدوث الفوران. وهنا لابـد من الدراسة لتحديد ما إذا كانت الأعداء الطبيعية أقل فعالية تحت الظروف المتربـة وخـصوصاً بالنسبة للحشرات القشرية التى تلعب الأعداء الطبيعية المحلية دوراً فى مكافحاتهـا. هـذا ومـن الأسباب الأخرى لإرتفاع تعداد بعض الأنواع من الآفات فى صفوف أشجار الفاكهـة المتواجـدة على حواف البستان المتربة هو درجة الحرارة الأعلى نتيجة تعرضـها بدرجـة أكبـر لعـوادم السولار.

٢- إدارة المياه:-

يزيد الرى من نسبة الرطوبة فى المحصول، وقد يكون هذا مهماً فى تهيئة ظروف محببـة أكثر لبعض الأنواع من الأعداء الطبيعية. فعلى سبيل المثال، من الممكن إحداث حالة وبائية مـن الممرضات الفطرية للحشرات بإستخدام الرى أو إتباع نظام للرى فى الصوب الزجاجية. يمكـن زيادة فاعلية الفطر *Verticillium lecanii* لمكافحة المن والذباب الأبيض فـى الـصوب بـالرى وضبط درجات الحرارة ليلاً للإبقاء على الرطوبة العالية اللازمة لإنبات جـراثيم هـذا الفطـر الممرض. لو أخذ فى الإعتبار المعدل اليومى للموت مع الأطوار المختلفة للآفة مع فتـرة النمـو

التى قد تستمر أسابيع أو أشهر فإنه يمكن الحصول على معدل جوهرى لنسبة الموت. فعلى سبيل المثال، وجد أن نسبة الموت اليومى للمن *Monellia caryella* على أشجار البكان من ٥-١٠%، لكن وصلت على مدار الأسبوع إلى ٤٥-٥٠%، وعندما يعبر عن هذه النسبة خلال فترة النمو ستصل إلى مستوى أعلى من هذا. قد يستعمل الغمر flooding أيضاً مع بعض المحاصيل لمكافحة آفاتها. أستعمل هذا الأسلوب فى مكافحة ذبابة البصل *Delia antique*، لكن وجد أن هذا الإجراء مهلك لطفيلها الرئيسى *Aleochara bilineata*.

٣- إدارة بقايا المحاصيل:-

يتم التخلص من بقايا العديد من المحاصيل بعد الحصاد بطرق مختلفة مثل الحريق أو العزق. فى بعض الحالات، قد يتم هذا الإجراء لتحقيق فائدة ما لكن فى البعض الآخر قد لا يكون للتخلص من هذه البقايا أى هدف محدد سوى أنها الطريقة المعتادة لنظافة سطح التربة إستعداداً لإعادة إستعمالها للمحصول التالى. أوضحت الدراسات أنه فى بعض الحالات قد يكون التعامل مع هذه البقايا ذات فائدة هامة فى الحفاظ على الأعداء الطبيعية لآفات تلك المحاصيل. فعلى سبيل المثال، يَهلك الأكاروس المفترس *Amblyseius seyphus* (مفترس الأكاروس *Oligonychus pratensis*) الذى يقضى فترة الشتاء فى قش قصب السكر إذا ما تم التخلص من هذه البقايا، لكن لو حفظت هذه البقايا بنظام لا يسمح بالتخلص منه سوف يزيد معدل معيشة هذا المفترس بين زراعات القصب وتزداد أعداده مبكراً مع الزراعة التالية. يهلك عديد من طفيليات نطاط أوراق القصب *Pyrilla perpusilla* عندما تحرق مخلفات هذا المحصول. وقد أوضحت الدراسات أنه لو تركت هذه المخلفات دون حرقها فإن الطفيليات يمكن أن تظل فى مستويات قادرة على مكافحة تلك الآفة، ومن أنشط تلك الطفيليات الطفيل *Parachrysocharis javensis*.

فى حقول الأرز، وجد أن حفظ حزم قش الأرز فى الحقول التى حصدت يحافظ على الأعداء الطبيعية لآفات الأرز. وجد أيضاً أن الحفاظ على النباتات المتبقية بعد الحصاد يحفظ الطفيل *Cotesia rubecula* الذى يتطفل على يرقات أبى دقيق الكرنب *Pieris rapae*.

وجد أيضاً أن تكتلات الشماريخ أو التشوهات الزهرية المتواجدة على أشجار المانجو بعد الحصاد تكون الملجأ الآمن لطفيليات فراشة الندوة العسلية *Cryptoblabes gniediella* التى أصبحت لها أهمية إقتصادية هامة على أشجار المانجو بمحافظة الإسماعيلية فى السنوات الأخيرة. وجد أن الطفيليات *Phanerotoma ocularis*, *Diadegma* sp., *Brachymeria aegyptiacus* تتواجد بصورة كبيرة جداً داخل تلك التشوهات أو التكتلات الزهرية للمانجو وعندما يلجأ

المزارعون لحرق تلك التكتلات الزهرية للتخلص منها وكذلك للقضاء على جراثيم الفطر المسبب لمرض البياض الدقيقى فى المانجو، يفقد جزء كبير من تعداد تلك الطفيليات اللازمة لضبط تعداد تلك الآفة فى موسم النمو فى الربيع التالى. ولكن إذ تم جمع مثل هذه التكتلات والإحتفاظ بها لمدة شهرين فى براميل مغطاة بسلك دقيق يسمح بخروج الأعداء الطبيعية فإنه يمكن الحفاظ على الأعداء الطبيعية حتى خروجها لتعاود نشاطها في البستان وبعد ذلك من الممكن حرق تلك التكتلات الزهرية للتخلص من جراثيم الفطر.

توضح هذه الأمثلة أن إدارة مخلفات المحاصيل هى من العمليات الزراعية التى يكون لها فى بعض الحالات تأثيراً معنوياً فى الحفاظ على الأعداء الطبيعية، ويجب أن لا يفترض دائما أن تنظيف الحقول من الحشائش وبقايا المحاصيل هو بالضرورة الإجراء الأمثل المعتاد بل يجب أن يسترشد هذا الإجراء بتجارب معملية توضح تأثيرات التعامل مع مخلفات المحاصيل على عوامل عدة منها الآفات وأعدائها الطبيعية وأمراض النبات وكمية المحصول.

جـ - نظم المحاصيل الزراعية Crop pattern

تهيء المحاصيل المستديمة مثل مزارع البساتين والأعناب عوائل نباتية مستديمة نسبياً لجماهير الآفات وأعدائها الطبيعية، أما المحاصيل الحولية فهى أقل تناظراً من عام لآخر فى نفس الموقع. وعلى كل، حينما يكون لدى المزارعين القدرة على التخطيط لتعاقب المحاصيل بين الحقول خلال عدد من السنين بهدف تخصيب التربة والتقليل من الآفات، فإنه يمكن إتباع نظم المحاصيل الزراعية لتشجيع الأعداء الطبيعية وعدم تشجيع إستيطان الآفات. يمكن أيضاً تداول نظم المحاصيل بهدف الإستيطان المبكر والغزير للزراعات الجديدة بواسطة الأعداء الطبيعية، أو تشجيع حياتها وتكاثرها فى المحصول. وبينما يمكن لهذه النظم من أن تحسن أداء جماهير الأعداء الطبيعية، فإنها تكون أكثر قيمة حينما تسهم هذه الأعداء فى خفض تعداد الآفة بطريقة ملحوظة. وأينما تغيب الأعداء الطبيعية فإن تصميم الزراعات بطريقة تسمح بالإستيطان المبكر للآفة يمكن أن يؤدى إلى إصابة مبكرة بالآفات وعندئذ يجب التخلص منها. وهناك ثلاثة إتجاهات للإستفادة من هذه النظم فى تشجيع الأعداء الطبيعية وكفاءتها وهى:-

١- نظام المحصول الواحد.

٢- زراعة أكثر من محصول فى نفس الحقل.

٣- نظم تشجيع الأعداء الطبيعية بين المحاصيل.

obeikandl.com

١- نظام زراعة المحصول الواحد monocrop pattern

تدوم المحاصيل المستديمة مثل جوز الهند والتفاح والموالح فى نفس الموقع لسنين عديدة. يسمح هذا الإستقرار بالنمو المحلى لجماهير الأعداء الطبيعية والتى تصبح متواجدة بصفة دائمة فى المحصول سنة بعد أخرى دونما يكون هناك حاجة لتوقع وجود بؤر جديدة تستعمر أولاً بالآفة ثم بأعدائها الطبيعية. تشجع هذه المواقع المستقرة مجال المكافحة البيولوجية إذ تحد من الوقت الضائع الذى غالباً ما يحدث فى المحاصيل الحولية الجديدة والتى فيها تصل الأعداء الطبيعية متأخرة وبعد فترة طويلة من إستقرار الآفة وتصبح غير قادرة على خفض تعداد هذه الافات إلى مستوى مقبول خلال دورة تواجد المحصول القصيرة. ولكى نشجع عمل المكافحة البيولوجية فى مثل هذه المحاصيل الحولية يمكن تخليق وتهيئة ظروف مماثلة لتلك التى تتميز بها المحاصيل المستديمة والتى تؤثر بإيجابية فى فاعلية الأعداء الطبيعية وذلك من خلال إتباع أنظمة داخل السنة ذاتها أو بين السنين حتى ينتعش هذا النوع من المكافحة. فى بعض المحاصيل مثل الأرز وقصب السكر يمكن أن تتوافر ظروف المواقع المستقرة حيث تخصص مساحة كبيرة من الرقعة الزراعية لزراعة عديد من العروات الزراعية كل سنة مما يسمح بتواجد مستمر للمحصول النباتى خلال العام، والأكثر من هذا، أن تزرع هذه الحقول فى مواعيد متفاوتة مما يسمح بتداخل لكل أطوار نمو النبات على مدى واسع. فى مثل هذه الظروف يمكن أن تتواجد الأعداء الطبيعية للآفات بصفة مستمرة، كما يمكن أن تتنقل هذه الأعداء من الزراعة القديمة إلى الزراعات الحديثة فور زراعتها وإصابتها بالآفات مباشرة.

يمكن أن تتوافر الفرص فى الزراعات الحولية بطرق تسمح بالتواجد المبكر للأعداء الطبيعية فى الزراعات الحديثة. فقد وجد أن المكافحة البيولوجية للمن يمكن أن تتحسن فيما لو زرعت بعض حقول الحبوب مبكراً فى الشتاء لتجذب وتستبقى المن المتطفل عليه أثناء فصل الشتاء. تستطيع الطفيليات التى تخرج مبكراً من هذه الأفراد المتطفل عليها أن تهاجم أفراد المن التى تبدأ فى التواجد فى حقول الحبوب المجاورة المزروعة متأخراً فى أوائل الربيع. وقد وجد بالتجربة أن زراعة ٤% من كل فدان فى عروة مبكرة تكفى لأن تكون مصدراً للطفيليات التى تخرج مبكراً للزراعات الآخرى.

يمكن تطبيق هذه الوسائل مع محاصيل أخرى مثل اللفت الذى يزرع فى عروات مبكرة أو متأخرة فى بعض المناطق، أوقد يزرع بصفة مستمرة فى مواقع أخرى. يمكن أن يتم التوطين المبكر للأعداء الطبيعية فى الزراعات الحديثة عن طريق التنسيق فى مواعيد الزراعة نكى

نضمن إستمرار الأعداء الطبيعية فى كل الزراعات. وكلما إقتربت الزراعات الحديثة من الزراعات القديمة كلما زادت سرعة توطين الحشرات (سواء آفات أو أعدائها الطبيعية) التى تنتقل من الزراعات المتأخرة ولكى يحدث توطين سريع، فلابد من تداخل مواعيد الزراعات. فى الحالات التى يتم فيها حصاد المحصول القديم قبل أن تستقر تماماً الزراعات الجديدة، فإن التخلص من بقايا المحصول القديم بالحرث أو بأى وسيلة أخرى يمكن تأخيره لفترة تسمح بخروج الأعداء الحيوية وتوطنها فى الزراعات الحديثة. عندما يتم حصاد الحقول الكبيرة فى وقت قصير، فإن الأعداء الطبيعية النشطة على المحصول تحرم تماماً من وسائل الإبقاء على تعدادها مما يضطرها للهجرة أو قد تموت بسبب نقص عوائلها أو فرائسها. وهنا فإن وسائل الحصاد التى تسمح بتقسيم الحقول إلى وحدات صغيرة يمكن أن تحافظ على الأعداء الطبيعية. وعلى سبيل المثال أيضاً فإن الحش الشرائحى strip harvest في حقول البرسيم الحجازى يساعد على الإبقاء على جماهير طفيليات المن وسوسة البرسيم *Hypera postica* وأنواع من خنافس جنس *Lygus*.

خلاصة القول، فإن النظام الأمثل لمحصول ما على المستوى الحقلى لابد أن يهدف إلى التوافق بين المحصول والآفة وأعدائها الطبيعية لتحديد المسافات بين المساحات المنزرعة والتداخل فى العروات الزراعية لكى نضمن توطين فعلى للنباتات الحديثة بواسطة الأعداء الطبيعية.

٢- نظام الزراعة المتداخلة (التحميل) Intercropping

بينما تهدف إستراتيجية زراعة المحصول الواحد إلى تشجيع التوطين المبكر للمساحات المنزرعة حديثاً بكل من الآفات وأعدائها الطبيعية لتحقيق أفضل نسبة بين الأثنين، فإن إستراتجيات التنوع فى المحاصيل تهدف، من ضمن تأثيراتها، إلى تأخير أو تقليل عدد الآفات التى تستوطن المحاصيل وخفض إستبقائها فى المحاصيل مع تشجيع دور الأعداء الطبيعية. والمقصود بهذا النظام هو زراعة محصولين أو أكثر فى نفس الحقل وفى نفس الوقت، إما مختلطة مع بعضها تماماً أو معزولة فى خطوط منفصلة، وقد تكون متبادلة فى بعض النظم. يفترض نظرياً تحقيق فائدتين من هذا النظام هما تقليل أعداد الآفة، وإستبقائها retention فى الحقول، وتشجيع أعداد الأعداء الطبيعية وفعاليتها. يتوقف تحقيق أو عدم تحقيق أهداف هذا النظام على بيولوجياً الآفات وأعدائها الطبيعية، وعلى المحاصيل والظروف البيئية الطبيعية. فى دراسة حول هذا النظام وجد أنه قد أدى إلى خفض تعداد الآفة فى ٥٦% من الحالات وزيادتها فى ١٦% من الحالات وعدم حدوث أى تأثير فى ٢٨% من الحالات التى درست حول متغذيات

الأوراق leaf feeders. هذا ويصعب تحديد الأسباب حول هذه التأثيرات. فى دراسة أخرى حول تأثير هذا النظام على فاعلية الأعداء الطبيعية، وجد حدوث نسبة عالية من الموت فى ٩ حالات من ١٣ حالة ونسبة منخفضة من الموت فى حالتين ولم يحدث تأثير فى الحالتين الأخريتين. وقد أقترح أن نظام الزراعة المتداخلة ربما يكون أكثر نفعاً فى الأنواع العامة generalists من الأعداء الطبيعية أكثر من المتخصص منها specialists والتى يكون لها أداء أفضل فى المحصول الذى يهاجم بعائلها أو فريستها. وبهذا لا يوجد نظام عام يمكن تعميمه، ولكن كل مجموعة من المحاصيل لابد أن تقيم تحت الظروف البيئية المحلية لتحديد فيما لو أن هذا النظام مفيد فى حقول المحاصيل وآفاتها وأعدائها الطبيعية.

٣- تنظيم تشجيع الأعداء الطبيعية بين المحاصيل:-

تتواجد بعض الأعداء الطبيعية فى عديد من المحاصيل متطفلة على عائل أو أكثر، أو متغذية على فريسة أو أكثر. فى مثل هذه الحالات، يمكن تشجيع الأعداء الطبيعية فى محصول ما بزراعته قريباً من أو عقب محصول آخر يعمل كمصدر للأعداء الطبيعية. فعلى سبيل المثال، وجد أن أبو العيد *Coleomegilla maculata* (وهو مفترس هام لبيض خنفساء الكلورادو التى تصيب البطاطس) يتواجد أيضاً فى الذرة متغذياً على المن وحبوب اللقاح وبزراعة المحصولين بجوار بعضهما يزيد مستوى تواجد وكفاءة هذا المفترس فى محصول البطاطس. سجل أيضاً وجود فائدة كبيرة من زراعة محصول اللفت مجاوراً لزراعات البامبو فعند حصاد محصول اللفت تهاجر أعداد كبيرة من أبى العيدات الى زراعات البامبو مما يؤدى إلى زيادة أعدادها وكفاءتها. كما أن زراعة بعض المحاصيل التى تتميز بإفرازها لكميات كبيرة من الرحيق يشجع على توطين الأعداء الطبيعية بتلك الحقول وبالحقول المجاورة لها.

د-التعامل مع النموات الخضرية غير المحصول Manipulation of non –crop vegetation

يمكن أن تؤثر النموات الخضرية غير المحصول، سواء كانت بين المحصول كغطاء أرضى ground cover، أو مجاورة له، فى فاعلية الأعداء الطبيعية على آفات المحصول فى صور عدة منها:-

١- تحسين الظروف الطبيعية والحصول على الغذاء داخل المحاصيل:-

تعتبر الحشائش أو غيرها من المسطحات الخضراء الأرضية التى تزرع عن قصد من أساسيات النموات الخضرية غير المحصولية التى يمكن التعامل معها لتشجيع الأعداء الطبيعية.

فى بعض الحالات يمكن زراعة بعض أنواع المحاصيل الإضافية بأعداد قليلة في الحقول للحفاظ على الأعداء الطبيعية الرئيسية. فعلى سبيل المثال يزرع نبات أبو فروة المائى *Eleocharis* sp. فى مشاتل الأرز paddies للحفاظ على الطفيل *Tetrastichus schoenobii* وهو طفيل بيض هام على آفة الأرز *Tryporyza incertulas* كما أنه يهاجم أيضاً الحشرة *Scirpophaga* sp. على نبات أبو فروة المائى. بالنسبة لبعض الأعداء الطبيعية، قد تخدم أصناف من المحصول ذاته كمصدر غذائي يُمكّن العدو الطبيعى من البقاء بتعدادات أعلى عندما يندر وجود فريسته. من الأمثلة على ذلك الأكاروس المفترس *Amblyseius andersoni* الذى يتغذى على كل من آفة الأكاروس وحبوب اللقاح.

تخدم محاصيل التغطية الأرضية cover crops إذا ما قورنت بالأرض العارية أو الأرض المعزوقة، فى خفض درجة حرارة التربة ورفع درجة الرطوبة النسبية. يمكن أن تخدم أيضاً كمواطن للمفترسات الأرضية مثل خنافس عائلة Carabidae والرواغات وأبو العيدات وذباب السرفس وغيرها من الأنواع التى تتغذى على مفصليات الأرجل التى تعيش على هذه المسطحات الخضراء. فعلى سبيل المثال، تدعم زراعة الكرنب محملاً مع البرسيم، بطريقة فاعلة، من تواجد تعداد أكبر من المفترسات الأرضية (مثل الخنافس الأرضية Carabidae، والرواغات Stapbylinidae) التى تفترس يرقات ذبابة جذور الكرنب *Delia brassicae* فيقل تعدادها. يتفاوت تأثير تلك الأغطية الأرضية فى تشجيع الأعداء الطبيعية من محصول لآخر ومن موقع لآخر، فقد يكون ذا قيمة فى بعض الحالات ويكون بلا تأثير فى بعض الحالات الأخرى. وعلى العموم فهى أكثر تشجيعاً للمفترسات العامة عن الطفيليات المتخصصة. على الجانب الآخر، يكون لهذه المسطحات الأرضية القدرة أيضاً على منافسة المحاصيل فى الرطوبة والغذاء مؤدية إلى نقص المحصول، ولذا فإنه يجب إختيار تلك الأنواع وإختبار كثافة زراعتها لتحديد قيمتها.

غالباً ما تستخدم الأغطية الأرضية فى تشجيع الأعداء الطبيعية للعناكب والمن. فقد وجد، على سبيل المثال، أن مكافحة العنكبوت الأحمر الأوربى *Panonychus ulmi* بواسطة الأكاروس المفترس *Amblyseius fallacis* مرتبط بتواجد تعدادات المفترس فى أوائل الربيع على المسطحات الخضراء الأرضية. كذلك وجد فى حقول الموالح أن مكافحة عنكبوت الموالح الأحمر *Panonychus citri* تزداد بإستعمال النبات الإستوائى *Ageratum conyzoides* الذى يزرع كمسطحات خضراء بين خطوط الموالح، إذ أن حبوب لقاح هذا النبات تعتبر غذاءاً للأكاروس المفترس *Amblyseius* sp. بالإضافة إلى هذا، فإن المسطحات الخضراء الأرضية تقلل من درجة

الحرارة وترفع من درجة الرطوبة النسبية مما يجعل الموطن أكثر مناسبة فى المناطق الجافة. وعلى العكس من ذلك إزدادت الكثافات العددية للعنكبوت *Tetranychus urticae* فى أول الموسم فى مزارع الخوخ عندما زرعت أرضية هذه المزارع بالنبات *Vicia angustifolia* بدلاً من تركها عارية دون زراعة. هذا وقد قللت الأغطية الأرضية لمزارع التفاح من تعداد المن إلى مستوى منخفض جداً فى بعض السنين، لكنها فى نفس الوقت قللت من معدل نمو الأشجار.

يمكن أن تؤثر الحشائش أيضاً على الأعداء الطبيعية. تخدم الحشائش المتواجدة بين صفوف المحاصيل أو على أرضية مزارع الفاكهة كأغطية أرضية، كما يمكن أن تكون نافعة وفقاً لخصائص نوع الحشيشة، والأعداء الطبيعية المرتبطة بها، ومستوى المنافسة مع المحصول القائم. فى مزارع قصب السكر، وجد أن الأنواع الحشائشية الضعيفة المُنافسة تشجع المفترسات وبصفة خاصة نمل الحرائق الأحمر *Solenopsis invicta* وهو مفترس رئيسى لحفار قصب السكر *Diatraea saccharalis*. على العكس من ذلك، فقد رفعت الحشائش مستوى الإصابة بالآفة *Mythimna separata* حوالى ١٠ مرات مما أدى إلى خفض المحصول بمعدل ٣٠%. كانت نسبة التطفل بطفيل هذه الآفة *Apanteles ruficrus* أعلى فى المساحات الخالية من الحشائش. وكما هو الحال فى الأغطية الأرضية، فإن تأثير الحشائش يختلف من موقع لأخر ويتطلب إجراء الإختبارات لتحديد مدى الفائدة من تواجده مع المحصول. وبسبب أن وجود الحشائش يختلف من سنة إلى أخرى (على عكس الأغطية الأرضية التى تزرع)، فإن النتائج أيضاً تختلف من سنة إلى أخرى.

٢- المصادر المجاورة للمحصول Resources adjacent to crop

تفيد النباتات المجاورة للمحصول القائم الأعداء الطبيعية لآفات المحصول بإمدادها بمصادر غذائية من أصل نباتى مثل رحيق الأزهار وحبوب اللقاح. يمكن أيضاً لهذه النباتات أن تعول حشرات مفصلية الأرجل مثل المن التى تمد الأعداء الطبيعية بالمصادر الكربوهيدراتية مثل الندوة العسلية، كما يمكن أيضاً أن تخدم هذه العشائر مفصلية الأرجل كفرائس للمفترسات أو كعوائل للطفيليات التى تهاجم أيضاً آفات المحصول القائم. كذلك يؤكل رحيق الأزهار البرية بواسطة كوامل بعض الأنواع من غشائيات الأجنحة، وتؤدى وفرة هذه الأزهار إلى رفع مستويات التطفل فى بعض الحالات. فعلى سبيل المثال، وجد أن تقسيم حقول الغلال بشرائح من الحشائش والأعشاب البرية المزهرة يزيد من الأغذية المتاحة والكفاءة التناسلية للخنافس الأرضية. هذا وقد وجد أيضاً فى مزارع العنب فى كاليفورنيا أن نطاط أوراق العنب

Erythroneura elegantula يُهاجم بطفيل البيض *Anagrus epos* الذى يتواجد بأعداد كبيرة فقط فى مزارع العنب القريبة من المساحات التى تقع على ضفاف مجاري المياه riparian والتى تحتوى نباتات الشليك الأسود البرى .*Rubus* spp. يأوي هذا النبات البرى أيضاً حشرة أخرى من نطاطات الأوراق وهي *Dikrella californica* التى تخدم كعائل يمضى عليه هذا الطفيل فترة بياته الشتوى. هذا وقد أمكن تحفيز طفيل نطاط أوراق العنب فى مزارع العنب بطريقة أكثر فعالية عن طريق زراعة صفوف من أشجار البرقوق مجاورة لمزارع العنب. تعول هذه الأشجار نوع ثالث من نطاطات الأوراق *Edwardsiana prunicola* الذى يخدم أيضاً كعائل شتوى لهذا الطفيل. يستجيب نطاط أوراق البرقوق للتناول الزراعى أكثر من نطاط أوراق الشليك الأسود الذى لا تنمو عشائره جيداً على نباتات الشليك الأسود البعيدة عن المواطن الضفية (التى تقع على ضفاف المجارى المائية). وجد نظام مماثل لذلك فى تركيا عندما إرتفعت معدلات التطفل بطفيل نطاط الأوراق عند زراعة النباتات البرية .*Rosa* spp و .*Rubus* spp التى تعول عوائل بديلة من نطاطات الأوراق لطفيل البيض بجوار مزارع العنب.

٣- تهيئة المآوى refuges للأعداء الطبيعية فى الفترات غيرالمحببة

فى عديد من النظم الزراعية، تتواجد فترات غير مناسبة لنمو وتكاثر الأعداء الطبيعية، مثل فترات الشتاء القارص أو مواسم الجفاف أو فترات عدم تواجد المحصول. يتطلب الحفاظ على الأعداء الطبيعية الحاجة إلى تواجدها طوال العام بما في ذلك تلك الفترات من عدم نشاطها. تمضى بعض من الأعداء الطبيعية تلك المواسم فى الحقول على بقايا المحصول، وفى مثل تلك الحالات فإن التعامل وإدارة مثل هذه المواد يكون هاماً للحفاظ على حياة مثل تلك الأنواع من الأعداء الطبيعية. فى حالات أخرى، تمضى الأعداء الطبيعية الهامة هذه المواسم غير المحببة خارج نطاق المحصول القائم ولذا يكون من المهم لمثل هذه الأنواع معرفة أين وتحت أى الظروف تمضى هذه الأعداء الطبيعية تلك الفترات. يتطلب الأمر دراسة الإحتياجات البيئية لتلك الأنواع، وبمجرد معرفة هذه الإحتياجات، يمكن تكييف الظروف المجاورة للمحصول بهدف زيادة أعداد ونوعية مثل تلك المواقع التى تأوى إليها تلك الأنواع من الأعداء الطبيعية. على سبيل المثال، زراعة مناطق بالحشائش مجاورة للمحصول هيّأ مكاناً مناسباً تمضى فيه مفترسات مَنّ الغلال فترة البيات الشتوى مما أدى إلى زيادة تعدادها فى الموسم التالى. أيضاً زراعة مصدات للرياح من أشجار الكافور حول مزارع الخوخ فى استراليا هيّأ مآوى مناسبة لتمضية فترة الشتاء بالنسبة للعناكب المفترسة مما شجع إستيطانها تلك المزارع خلال فصل الربيع.

هـ – إمداد الغذاء أو المأوى Providing food or shelter

يمكن فى بعض الحالات تشجيع حياة وتكاثر الأعداء الطبيعية بالتزويد المباشر من الغذاء أو العوائل أو المأوى. يقترب هذا المنظور من تناول الأغطية الأرضية والحزام الأخضر الذى يهدف أيضاً إلى تعظيم هذه المصادر، لكنه يختلف فى أن هذه المصادر تزود مباشرة بواسطة المزارع وليس عن طريق تعديل أو تحوير المناطق الخضراء. ولنجاح هذا الأسلوب يجب أن تكون تلك المصادر رخيصة نسبياً وتؤدى إلى نسبة موت كبيرة للآفة بما يغطى تكاليف تلك المواد وعمالتها.

من بين تلك المصادر الغذائية التى تتطلبها الأعداء الطبيعية الكربوهيدرات لإنتاج الطاقة، والبروتينات للنمو والإنتاج. فى الطبيعة، يمكن الحصول على الكربوهيدرات من سوائل الفريسة أو العائل، ومن الندوة العسلية لحشرات متشابهة الأجنحة، ومن رحيق الأزهار والمواد النباتية الأخرى الغنية بالسكريات. كذلك تكون أزهار النباتات البرية والحشائش المزهرة داخل المحصول، والأغطية الأرضية والحزام الأخضر حول المحصول كلها مصادر جيدة للكربوهيدرات. عندما تكون هذه المصادرغير كافية فلابد أن تزود صناعياً، فعلى سبيل المثال يكون طفيل البيض *Edovum puttleri* المتطفل على بيض خنفساء الكلورادو *Liptinotarsa decemlineata* غير فاعل فى النصف الأول من الموسم الزراعى عندما تفتقر نباتات البطاطس إلى حشرات المن (مصدر الندوة العسلية). تحت مثل هذه الظروف يكون من المفيد تعويض هذا الفقد برش محاليل سكرية أو مولاس.

تعتبر المصادر البروتينية مثل البروتين المتحلل أو الخميرة أو حبوب اللقاح من المواد المهمة المطلوبة للإنتاج والتكاثر reproduction لعديد من كوامل الأعداء الطبيعية، ويمكن أيضاً إضافتها صناعياً للمحصول. على سبيل المثال، تم تحفيز التكاثر فى أسد المن *Chrysoperla* spp. فى محصول القطن من خلال إستعمال بروتين متحلل hydrolyzed protein مخلوطاً مع الماء والسكر. وعلى العكس من ذلك، فشل إستخدام مخاليط من العسل والخميرة فى زيادة أعداد المفترس فى مزارع التفاح. تزيد حبوب اللقاح من معدلات نمو بعض أنواع العناكب المفترسة من عائلة Phytoseiidae وتحفز من نسبة الأفراد التى تصل إلى الطور البالغ. هذا وقد إرتبطت زيادة أعداد المفترس الأكاروسى *Amblyseius hibisci* على الموالح بالتركيزات العالية لحبوب اللقاح الخاصة بالنبات *Typha latifollia* كمصدر طبيعى للبروتين. ويبدو أن إستعمال حبوب لقاح هذا النبات صناعياً من الوسائل الممكنة لزيادة تعداد وكثافة بعض أنواع العناكب المفترسة من عائلة Phytoseiidae، وأيضاً لزيادة قدرتها الإفتراسية.

كذلك فإن تهيئة مساحات كمأوى للأعداء الطبيعية، يمكن تدبيره من خلال تحوير التخضير vegetation داخل المحاصيل أو عمل مساحات كحزام حوله، أو تجهيزها صناعياً. أستعملت مآوى خشبية لزيادة كثافات الدبور الأصفر المتوطن *Polistis* فى الأمكان المطلوبة. كذلك أستعملت عشوش صناعية من أكياس بلاستيكية لتناول حشرات النمل وزيادة تعدادتها فى مزارع الكاكاو فى ماليزيا. كذلك أستعملت صفائح فارغة توضع فى حقول الفاكهة لإكثار أعداد حشرة إبرة العجوز فى تلك المزارع. كذلك أستعملت حزم من القش لتحفيز أعداد العناكب المفترسة فى الزراعات الحديثة للأرز، وأستعملت صناديق لتهيئة مواقع لتمضية الشتاء لكوامل حشرات أسد المن *Chrysoperla carnea*. هذا وقد أمكن عن طريق إستخدام صناديق تصلح كعشوش للبومة *Tyto alba* من زيادة تعداداتها فى مزارع النخيل الزيتى فى ماليزيا لمكافحة الفئران.

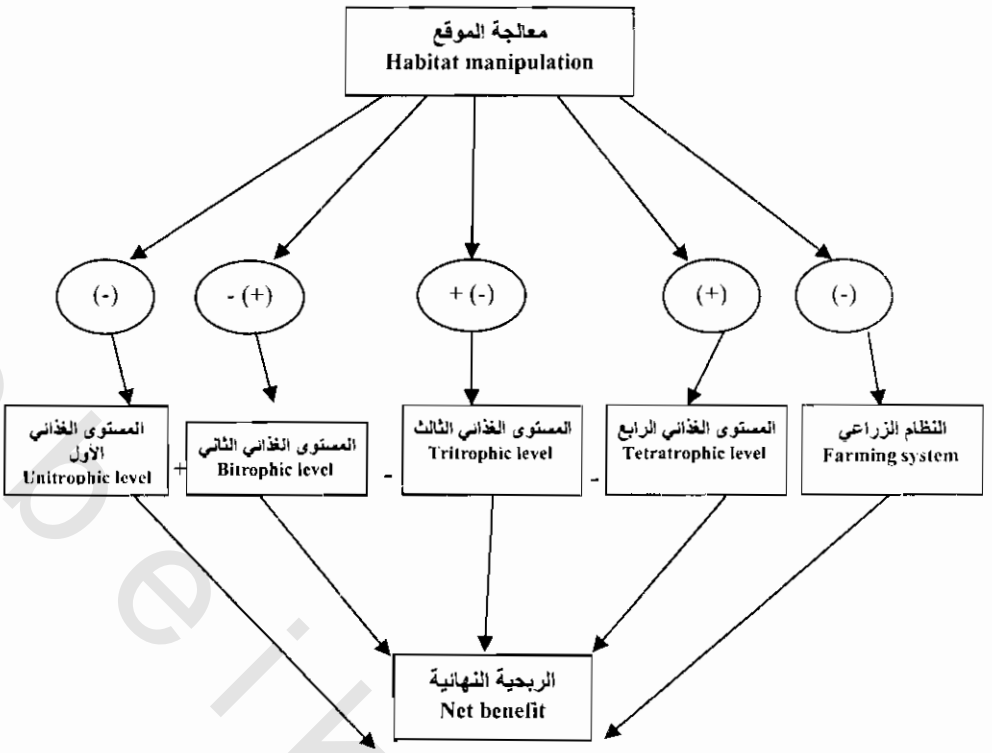
و- الأمان Safety

تعتبر المكافحة البيولوجية من خلال الحفاظ على الأعداء الطبيعية آمنة جداً، إذ تهدف كل التكنيكات بدرجة كبيرة على تحفيز وتطويع المواطن الطبيعية أو الزراعية بما يناسب نشاط الأعداء الطبيعية وكذلك التقليل من إستعمال المبيدات.

تأثير إجراءات المكافحة البيولوجية الحفاظية على المستويات الغذائية
Effects of conservative biological control on trophic levels

غالباً ما يكون للمكافحة البيولوجية الحفاظية تأثيراً جيداً على النظام الزراعى ككل وعلى كل من المستويات الغذائية الأربعة (شكل ١٥:٦)، وهى المستوى الأول (النبات)، والمستوى الثانى (ويشتمل على الحشرات وآكلات العشب herbivores)، والمستوى الثالث (ويشتمل على الحشرات والحيوانات المتغذية على المستوى الثانى مثل الطفيليات والمفترسات الحشرية)، والمستوى الغذائى الرابع (ويشتمل على الحشرات والحيوانات المتغذية على المستوى الغذائى الثالث مثل الطفيليات الثانوية). تكون مثل تلك التأثيرات موجبة أو سالبة، هذا وقد يحدث تداخلات هامة، سواء موجبة أو سالبة، بين وداخل تلك المستويات.

obeikandl.com



شكل (١٥:٦) يوضح أن الربحية النهائية لمعالجة أو تطويع شكل أى موقع يتأثر بعوامل على كل المستويات الغذائية الأربعة وكذا مستوى النظام الزراعى.+ تشير إلى تأثير إيجابى، ـــ تشير إلى تأثير سلبى، (ـــــ) تشير إلى تأثير غير مرغوب (جور Gurrr وآخرون ، ٢٠٠٠).

أولاً: المستوى الغذائى الأول

غالباً ما تكون النباتات المنزرعة، فى مجال المكافحة البيولوجية الحفاظية، ذات تأثير إيجابى ومباشر على المحصول المستهدف بالمكافحة. غالباً ما تستخدم النباتات المثبتة للنتروجين مثل البرسيم الأبيض *Trifolium repens* والبرسيم من النوع *T. subterraneum* والبرسيم الأحمر *T. pratense* والبرسيم *T. incarnatum*، والنوع البقولى *Vicia villosa* فى دراسات المكافحة البيولوجية الحفاظية. يرجع ذلك إلى كمية النتروجين المثبت بواسطة تلك النباتات وتأثيرها على نمو المحصول المستهدف، وبذا فهناك تأثير موجب على نمو النبات منوه عنه ب (+) فى شكل (١٥:٦). يجب أن يكون هذا المكسب متوازن مع التأثيرات السلبية الأخرى مثل المنافسة على المتغذيات الأخرى والماء. يتضح التأثير الموجب لهذه التأثيرات من فشل نبات الفاسيليا *Phacelia tanacetifolia* فى أن يتأقلم على حواف حقول البرسيم، إذ أن الأقلمة المبكرة لجذور البرسيم

العميقة تحول دون أقلمة ذلك النبات المستعمل فى معالجة تلك المواقع من خلال المكافحة البيولوجية الحفاظية. لكن من الممكن أن يحدث العكس فى نظم زراعية أخرى ويؤدى هذا إلى إحتمال حدوث تأثير سلبى فى شكل معالجة الموقع على المستوى الغذائى الأول وهذا ما يرمز إليه بـ (-) فى شكل (١٥:٦).

ثانياً المستوى الغذائى الثانى

يهدف التأثير على المستوى الغذائى الثانى إلى خفض تعدادات الآفات المستهدفة. وقد تكون تلك التأثيرات الإيجابية كنتيجة مباشرة لتنوع الكساء الخضرى وهو ما يسمى بفرضية كثافة المصدر resource concentration hypothesis والتى ترتبط بوسائل عثور العاشب على العائل النباتى. ففى الزراعات الوحيدة monoculture يكون هناك تركيز من قبل العاشب تجاه هذا المصدر، أما فى الزراعات المتعددة polyeulture يقل هذا التركيز بسبب تشتت منبهات الرؤية visual stimuli وغيرها من المنبهات مثل منبهات الرائحة odour stimuli وجميعها من الدلائل التى يستدل بها العاشب على النبات المستهدف، وبذا يقل معدل التركيز على النبات المستهدف وتقل فترة التمتع بالبقاء عليه. يمكن أن ينتج أيضاً مثل هذا التأثير الإيجابى على ذلك المستوى عن طريق تحسن وضع الطفيليات والمفترسات والمسببات المرضية، وهى فى مجموعها تمثل المستوى الغذائى الثالث وهو ما يعرف بفرضية الأعداء enemy-hypothesis. هناك بعض الجدل حول المساهمة النسبية لكل من هذين الفرضين، إذ ينظر إليهما على أنهما متنافسين، لكن عند النظر إليهما بمفهوم أشمل حول تأثيراتهما المتعددة على معالجة الموقع أو تطويعه (شكل ١٥:٦) يظهر أنهما يعملان معاً فى توافق حيث يساهم كل منهما فى مكافحة الآفات ويتفاوت التأثير الأكثر فاعلية لكل منهما من حالة إلى أخرى.

غالباً لا يكون تأثير عملية تطويع أو معالجة الموقع habitat manipulation على المستوى الغذائى الثانى دائماً سلبياً على الآفة كما هو مطلوب دائماً لكبح جماح الآفات المستهدفة، إذ قد تحدث تأثيرات غير مرغوب فيها عند معالجة وتطويع الموقع تكون إيجابية بالنسبة للآفة المستهدفة أو لآفة عاشبة أخرى إذا كان ذلك فى صالحها. فعلى سبيل المثال، وجد أن الكثافات العددية ليرقات فراشة أبى دقيق الكرنب *Artogeia rapae* والفراشة ذات الظهر الماسى *Plutella xylostella* منخفضة على محصول الكرنب البروكلى *Brassica oleraceae* فى الزراعات الوحيدة monoculture مقارنة بتعداداتهما على نباتات فى مساحات محاطة أو متداخل معها نباتات منتجة للرحيق.

من الوسائل التى يمكن معها تجنب هذه التأثيرات غير المرغوب فيها على المستوى الغذائى الثانى هو إستعمال نباتات غذائية منتقاه selected food plants، فقد وجد على سبيل المثال، أن نباتات غذائية معينة تكون ذات فائدة كبيرة لكل من دودة درنات البطاطس وطفيلها *Copidosoma koehleri*، ولكن هناك من الدراسات المعملية التى تهدف لتحديد النباتات التى تقدم خدمة منتقاة للعدو الحيوى فقط وليس للآفة. وغالباً ما يكون التركيب الزهرى للنبات ذو أهمية كبرى فى إستفادة العدو الحيوى من النبات والحصول على الرحيق أو حبوب اللقاح مع عدم إتاحيته لفراشات الآفة، وبالتالى فإن زراعة مثل هذه النباتات المنتقاة مثل نباتات *Borago officinalis* و *Tropaeoleum majus* على حواف المحاصيل الإقتصادية تظهر تأثيرات جيدة فى ذلك المجال. يعتبر النبات *Fagopyrum esculentum* من النباتات غير المنتقاه non-selective الذى يقدم خدمة لكل من تلك الآفة وطفيلها معاً.

ثالثا: المستوى الغذائى الثالث

غالباً ما يرتكز تطويع الموقع فى المكافحة البيولوجية الحفاظية على الإفتراض بأن كبح جماح آفة مستهدفة ما ينتج عن طريق تأثيرات المستوى الغذائى الأعلى على المستوى الأقل، أى إلى نشاط الأعداء الطبيعية. ومثل تلك الفرضية يتم تدعيمها بإمداد كوامل الطفيليات بمصادر غذائية لتحسين نشاطها فى الطبيعية. ولسوء الحظ فإن الباحثين فى مجال المكافحة البيولوجية الحفاظية عند تسجيلهم للنتائج التى تحصلوا عليها والخاصة بالمستوى الغذائى الثالث لا يسجلوا دائماً البيانات المرتبطة الخاصة بتعدادات الآفة أو الضرر الذى يلحق بالمحصول (النبات). من الإفتراضات العامة المقبولة أن تشجيع العنصر المضاد (الأعداء الطبيعية) سوف يسهم فى تنظيم تعداد الآفة، إلا أن حماية المحصول الواجبة قد لا يفترض حدوثها فى كل الحالات. فعلى سبيل المثال، فى إحدى الدراسات على أكثر من ٢٠ نوع من ذباب السرفس كان يتم إصطيادها فى مصائد مائية موضوعة فى أحواض من الكرنب محاطة بنبات الأليثم (Allysum) *Lobularia maritime* كمصدر للغذاء. وجد أن ما تم إصطياده من معظم أنواع الذباب كان أكثر عدداً فى المصائد القريبة من نبات الأليثم عنه فى المصائد البعيدة، وأن معظم بيض ذباب السرفس الموضوع فى المحصول كان يتبع نوع واحد فقط مما يدل على أنه من بين كل أنواع الأعداء الطبيعية التى أمكن تشجيعها بواسطة هذا النبات كان هناك نوع واحد فقط من أنواع الذباب الذى ساهم فى خفض تعداد الآفة المستهدفة وكانت المحصلة النهائية أنه لم ينتج أى خفض معنوي فى تعداد الآفة أو خفض فى الضرر اللاحق بالمحصول نتيجة عملية معالجة وتطويع الموقع.

obeikandl.com

هناك إحتمال نظرى قائم عن إمكانية وجود تاثيرات سالبة نتيجة تشجيع الأعداء الطبيعية (أفراد المستوى الغذائى الثالث). فبالرغم من أن الأعداء الطبيعية تكون مرغوب فيها عند مهاجمتها للعوائل أو الفرائس التى تكون فى الأصل آفات، إلا أن تشجيعها يكون غير مرغوب فيه إذا هاجمت نوع عاشب ليس بآفة. يقل هذا التأثير السيىء فى محاولات تطويع الموقع بالنسبة لأنواع الأعداء الطبيعية المتخصصة عنه فى حالة المفترسات عديدة الفرائس، ولو أنه حتى فى الحالة الأخيرة لا يعتبر الأمر خطيراً فى مجال المكافحة البيولوجية الحفاظية، إذ أن هذا المجال يهدف أصلاً إلى تشجيع تعداد الأعداء الطبيعية المحلية والتى غالباً ما تكون متخصصة وذات مدى عوائلى معروف مسبقاً، إضافة إلى أن المكافحة البيولوجية الحفاظية تهدف دائماً إلى زيادة نشاط الأعداء الطبيعية داخل محاصيل معينة أكثر من تشجيع تعداداتها على نطاق حيزى واسع.

رابعاً: المستوى الغذائى الرابع

يعتبر تأثير المكافحة البيولوجية الحفاظية على المستوى الغذائى الرابع هو الأقل دراسة بين كل المستويات الغذائية بالرغم من أنه قد يكون ذا أهمية كبيرة. فعلى سبيل المثال وجد أن زراعة نباتات مزهرة فى بساتين التفاح أدت إلى زيادة تعداد الطفيل *Anacharis* sp. (Hymenoptera: Figitidae) المتطفل على أسد المن البنى *Micromus tasmaniae*. ولحسن الحظ فإن هذا النوع من أسود المن غير ذي أهمية كمفترس لأى من آفات التفاح الرئيسية في نيوزيلندا، إلا أنه ذا أهمية كبيرة فى النظم الزراعية فى أستراليا. لذا يجب أن يتم الإهتمام بدراسة تلك التأثيرات المحتملة لتطبيق المكافحة البيولوجية الحفاظية على المستوى الغذائى الرابع.

التأثير على مستوى النظام الزراعى Farming system-level-effect

تتأثر المحصلة النهائية لإستراتيجية معالجة الموقع بعوامل أخرى خلاف تلك المتعلقة بالمستويات الغذائية، وهذه تشمل حساب التكاليف نسبة إلى أرباح تلك المعالجة benefit : cost. كانت أكثر الدراسات التى تمت بالتفصيل حول هذا الموضوع هى التى أجريت فى إنجلترا وذلك بترك شرائح كمأوى shelter strips داخل حقول القمح وكانت تكاليف إنشاء تلك الشرائح داخل مساحة ٢٠ هيكتار قمح بالإضافة إلى قيمة الفاقد فى المحصول من خلال المساحة التى لم تزرع بالمحصول كانت تعادل ١٣٠ دولاراً أمريكياً ولكن كانت تكاليف إبقاء تعدادات حشرات المن تحت الحدود الإقتصادية تعادل ٤٥٠ دولاراً أمريكياً وتكاليف تجنب نسبة ٥% من الفقد بواسطة المن تعادل ١٠٠٠ دولاراً أمريكياً وبالتالى فقد أظهرت مثل هذه الدراسة الأهمية الإقتصادية لإعتماد المزارع الإنجليزي على إعداد تلك الملاجئ أو المأوى. وفى المستقبل ربما تخضع

تكاليف بعض صور المعالجة لبحوث توضح العوامل الرئيسية التى تؤثر على تلك المعـــاملات. فعلى سبيل المثال، فإن إضافة النباتات المزهرة كمصدر للغذاء لجيل معين من أجيال أحد الأعداء الطبيعية متعددة الأجيال multivoltine natural enemy لضمان وجود تعدادات عالية من الأعـــداء الطبيعية خلال الموسم قد يكون ذا أهمية. علاوة على الأرباح التى قد تتحقق فإنه لا يجب إغفـــال التكاليف الخفية لإستخدام المبيدات لمكافحة الآفات مثل التأثير على البيئة والصحة ... إلخ.

إن تطبيق المكافحة البيولوجية الحفاظية يكون لها منافع أيضاً للحفاظ على الطبيعة، فعلـــى سبيل المثال، فإن المزارعين فى إنجلترا يدفعوا للحكومة رسوم معينة وذلك من أجـــل المحافظـــة على شرائح الحشائش الخضراء grassy strips والتي تستخدمها الأعداء الطبيعية كمواطن لتقضية الشتاء overwintering habitats. أيضاً تعتبر تلك الشرائح مواطن تستخدمها الطيور فى التعشيش والتي يصعب عليها تقضية الشتاء فى شمال إنجلترا خارج هذه المواقع. وبالتالى فإن لها دور هام فى الحفاظ على التنوع الحيوي biodiversity خلاف دورها فى تحسين مكافحة الآفات الحـــشرية والأكاروسية الزراعية.

من الواضح إذن أن المكافحة البيولوجة الحفاظية وما يتبعها من ربحيـــة نهائيـــة net profit تتأثر بمجموعة من العوامل التى تعمل من خلال كل المستويات الغذائية السابق ذكرها إضافة إلى تأثيرها على مستوى النظام الزراعى (شكل ١٦:٦). والسؤال إذن كيف يمكن بلـــورة كـــل هـــذه العوامل فى شكل برنامج عمل مركز يضمن نجاح إستراتيجيات المكافحة البيولوجية الحفاظيـــة. تقع صعوبة تطبيق هذا عملياً عند تجميع مجموعة الأسئلة المحتملة التـــى تـــرتبط بالمـــستويات الغذائية الأربعة السابقة كما يتضح من جدول (٦:٦).

تحليل للدراسات الحديثة

فى عرض لتسعة عشر دراسة تفصيلية لتطويع أو معالجـــة الموقـــع habitat manipulation وتأثيرها على الأعداء الطبيعية (المستوى الغذائي الثالث) كانت ١٧ منها ناجحة، بينما لـــم تعـــط دراستين فقط نتائج جيدة والجدول التالى، (جدول ٧:٦) يوضح تلك النتائج.

جدول (٦:٦) بعض الأسئلة التى يجب أن يضعها الباحثون أثناء تنفيذ المكافحة البيولوجية الحفاظية

المستوى الغذائي	السؤال
المستوى الغذائي الأول	١- هل الضرر بالمحصول تناقص أو تم تجنبة كلية؟ ٢- هل تأثر المحصول النهائى؟ (على سبيل المثال تثبيت النتروجين والمنافسة من أجل الماء) ٣- هل زادت القيمة التسويقية للمحصول؟
المستوى الغذائي الثانى	١- هل تم الحفاظ على تعداد الافة المستهدفة دون الحد الإقتصادى للضرر؟ ٢- هل حدثت زيادة فى تعدادات آفات أخرى؟ ٣- هل يمكن إستبدال المبيدات بعملية تطويع أو معالجة الموقع؟ لو كان لا... ٤- هل التكامل بين المبيدات وتطويع الموقع تؤثر على كفاءة العدو الحيوى؟ ٥- هل زادت نسبة الإفتراس أو التطفل بالنسبة للآفة المستهدفة؟
المستوى الغذائي الثالث	١- هل تم إصطياد كثير من الأعداء الطبيعية بالقرب من الموقع المعالج (الأزهار) مقارنة بالكنترول؟ ٢- هل الأعداء الطبيعية أكثر تعداداً داخل أو بالقرب من المحصول المستهدف بالمكافحة؟ ٣- هل الأعداء الطبيعية أكثر قدرة تناسلية؟ هل أثر ذلك على النسبة الجنسية؟ هل تعيش الأنثى أطول عند التغذية عل تلك الأزهار؟ ٤- هل تحسن السلوك البحثى لتلك الأعداء الطبيعية فى تلك المواقع؟ ٥- هل تناقص وقت التناول handling time للأعداء الطبيعية (الوقت اللازم للتطفل على العائل أو لإفتراس فريسة)؟ ٦- هل تلك الممارسات تحمى الأعداء الطبيعية من العوامل البيئية المتطرفة (حرارة ورطوبة عالية أو منخفضة)؟
المستوى الغذائي الرابع	١- هل تزايدت تعدادات الأعداء الطبيعية المتطفلة على أو المفترسة للأعداء الطبيعية فى المستوى الغذائي الثالث؟ ٢- هل أثر ذلك على كفاءة الأعداء الطبيعية المرغوب فيها (المستوى الغذائي الثالث)
النظام الزراعى farming system	١- هل معالجة الموقع مقبولة وجذابة من الناحية المحصولية والزراعية بالنسبة للمزارعين التقليدين أم المزارعين المطبقين للزراعات العضوية فقط؟

obeikandl.com

المستوى الغذائي	السؤال
	٢- هل تلك الممارسات ثابتة وموجودة من عام لآخر (مثل الشرائح التى تترك كمأوى) أم تحتاج إلى إعادة زراعتها (مثل زراعة النباتات الموسمية فى حواف المحصول المستهدف). ٣- هل هناك مزايا أخرى بالإضافة للمنافع المحصولية مثل زيادة أعداد الطيور وحمايتها من الصيد وكذلك المحافظة على الأنواع الأخرى؟ ٤- هل تكلفة ممارسات الحفاظ على الموطن ومعالجتة مقبولة إقتصادياً؟ ٥- هل هناك ميزة تسويقية marketing advantage لتلك الممارسات؟

(جور Gurr وآخرون ، ٢٠٠٠).

جدول (٧:٦) إحصائية ببعض الدراسات الحقلية لمعالجة أوتطويع الموقع والتى توضح التأثير على المستوى الغذائى الثالث.

م	هدف الدراسة	التاثير
١	زيادة تعداد العناكب فى القمح بواسطة عمل حفر فى الأرض	+
٢	التأثيرات على الخنافس الأرضية فى زراعات الكرنب مع البرسيم.	-/+
٣	تأثير الأراضى المنزرعة على زيادة تعداد العناكب.	+
٤	تعداد العناكب فى مزارع العنب مع أو بدون غطاء التربة.	-/+
٥	عدد الطفيليات فى مزارع التفاح فى حالة وجود أشرطة كمأوى والفول ككساء أخضر.	+
٦	عدد ذباب السرفس المفترس للمن فى محاصيل الحبوب المنزرع على حوافها نباتات مزهرة.	+
٧	عدد الحشرات والعناكب فى حقول الشعير مع أو بدون الإجراءات الحفاظية.	+
٨	وجود طفيليات غشائية الأجنحة المتطفلة على حشرات حرشفية الأجنحة مع وجود النباتات البرية المزهرة.	+
٩	زيادة معدل معيشة المفترسات الأكاروسية فى الشتاء فى محصول النعناع.	+
١٠	عدد نطاط أوراق العنب الغربى فى بساتين البرقوق بالقرب من العنب	+
١١	تعداد المفترسات الأكاروسية فى مزارع التفاح مع تغطية الأرض	O
١٢	تعداد طفيليات غشائية الأجنحة المتطفلة على حشرات حرشفية الأجنحة فى الذرة مع تغطية الارض	+

obeikandl.com

م	هدف الدراسة	التاثير
١٣	المفترسات الأكاروسية فى الموالح مع وجود حشيشة *Rhodes* وكذلك أشجار مصدات الرياح.	+
١٤	مفترسات شبكية الأجنحة على المن فى البكان مع تغطية التربة.	+
١٥	الأعداء الطبيعية لحشرات المن فى القمح مع وجود شرائح من الأعشاب	+
١٦	الأعداء الطبيعية للآفات بالنسبة للتراكيب الحدودية للمحصول	+
١٧	الأعداء الطبيعية فى فول الصويا مع أو بدون التحميل مع محاصيل أخرى.	+
١٨	تأثير المفترسات الأكاروسية على الأشجار المحيطة بمزارع التفاح.	+
١٩	مفترسات ذباب السرفيس المرتبطة بالمن فى القمح والمنزرع على حدوده نباتات *Phacelia* sp.	O

+ تعنى تأثير إيجابى، – تعنى تأثير سلبى وعكسى، O لا يوجد تأثير معنوى، -/+ النتائج ليست ثابتة (جور Gurr وآخرون ، ٢٠٠٠)

تم أيضاً دراسة أوسع على ٢١ حالة وتأثيراتها على المستوى الغذائى الثانى والثالث (الأعداء الطبيعية) (جدول ٨:٦). أظهرت معظم النتائج (١٩ من ٢١ حالة) نجاحاً فى التأثير النافع على المستوى الغذائى الثالث، كما أظهرت ١٥ حالة من الـ ٢١ حالة تأثيراً على المستوى الغذائى الثانى بسبب زيادة تعدادات الأعداء الطبيعية. كما تم تسجيل حالة واحدة غير ناجحة أظهرت زيادة فى تعداد الآفة وقد عزى هذا إلى نباتات الغطاء الأرضى التى عملت كبالوعة للأعداء الطبيعية أبعدت نشاط معظمها بعيداً عن المحصول المستهدف.

obeikandl.com

جدول (٨:٦) إحصائية ببعض الدراسات التى تمت لمعالجة الموقع وتأثيرها على المستوى الغذائي الثانى والثالث.

م	هدف الدراسة	المستوى الغذائى الثانى	المستوى الغذائى الثالث
١	دراسة تأثير تغطية الأرض فى بستان التفاح على تعداد الحشرات المتغذية على النباتات وكذلك المفترسات الأكاروسية.	+	+
٢	دراسة تعداد الأعداء الطبيعية للمن فى القمح المنزرع على حوافه نباتات الكانولا Canola.	O/+	-/+
٣	دراسة مفترسات أبو العيدات في محصول البكان عند تغطية التربة.	O	+
٤	دراسة تأثير الحشائش فى الذرة على حشرات حرشفية الأجنحة ومفترسات أبو العيدات.	+	+
٥	دراسة مفترسات السرفس على المن فى محاصيل الحبوب مع أو بدون المعاملة بمبيدات الحشائش.	+	+
٦	دراسة إستخدام نباتات الغطاء الأخضر وتأثيرها على المن ومفترسات أبو العيدات.	−	−
٧	دراسة التأثير على المن والأعداء الطبيعية فى حقول الشوفان المحمل مع الفول البلدى.	O/−	−
٨	دراسة مفترسات السرفس والمن فى حقول القمح مع أو بدون وجود نباتات *Phacelia* sp. على الحواف.	O /+	O /+
٩	دراسة تأثير عدم حش الملاجىء refuges على الأعداء الطبيعية لآفات نبات Lucerne.	+	+
١٠	دراسة تأثير القش والسباخ على الخنافس الأرضية وذبابة جذور الكرنب فى الكرنب.	O	+
١١	دراسة تعداد العناكب فى القمح المنزرع مع شرائح من الحشائش.	O	+
١٢	دراسة تعداد طفيليات غشائية الأجنحة لآفات الذرة بالنسبة للتركيب المحصولى	+	+
١٣	دراسة تأثير التطفل على نطاط العنب الغربى على أشجار البرقوق بالقرب من العنب.	+	+

Open Library

م	هدف الدراسة	المستوى الغذائى الثانى	المستوى الغذائى الثالث
١٤	دراسة تأثير طفيليات ثاقبات الذرة فى ذرة محملة مع نبات *Leucaena*.	+/-	+
١٥	دراسة مفترسات خنفساء الكلورادو مع وجود أو عدم وجود نباتات التغذية food plants.	+	+
١٦	دراسة التأثير على الأعداء الطبيعية للآفات فى النظام الزراعى للغابات.	+	+
١٧	دراسة التأثير على ثاقبات الذرة وطفيلياتها مع وجود الحشائش فى الذرة.	O	O
١٨	دراسة تأثير المادة العضوية على الأعداء الطبيعية فى الأرز.	+	+
١٩	دراسة تأثير مصادر الرحيق على نطاط الاوراق وطفيلياتها فى البساتين.	+	+
٢٠	دراسة مفترسات الآفات فى محاصيل العائلة الصليبية مع وجود أو عدم وجود نباتات *Phacelia* sp. على الحدود.	O/+	+
٢١	دراسة طفيليات غشائية الأجنحة فى أرض منزرعة بالبراكولى مع وجود أو عدم وجود نباتات كمصدر للرحيق.	O/-	+

+ تعنى تأثير إيجابى، – تعنى تأثير سلبى وعكسى، O لا يوجد تأثير معنوى، -/+ النتائج ليست ثابتة (جور Gurrr وآخرون ، ٢٠٠٠)

ما زال هناك دراسات قليلة عبر المستويات الغذائية التى أخذت فى الإعتبار مستويات الضرر بالنسبة للمحصول وغيره من أوجة النشاط الزراعى كما يتضح فى جدول (٩:٦).

obeikandi.com

جدول (٩:٦) بعض الدراسات التى درست عن تأثير معالجات الموقع habitat على المستوى الغذائي الأول والثانى والثالث والنظام الزراعى.

م	هدف الدراسة	المستوى الأول	المستوى الثانى	المستوى الثالث	مستوى النظام الزراعى
١	طفيليات غشائية الأجنحة لآفات الطماطم المحملة مع الكرنب.	O	+	+	n
٢	طفيليات غشائية الأجنحة لفراشة درنات البطاطس المنزرع على حدودها نباتات مزهرة كمصدر للغذاء	−	−/+	+	n
٣	الأعداء الطبيعية للمن فى حقول القمح مع وجود أو عدم وجود نباتات *Phacelia* sp. على الحواف.	n	O	+	+
٤	طفيليات ثاقبات الذرة المحمل معها الحشائش.	+	+	+	n
٥	التأثير على آفات حرشفية الأجنحة وطفيلياتها فى وجود شرائح نباتات الكولارد فى حقول الكرنب.	O	O	+/O	n
٦	التأثير على ذبابة الجزر والأعداء الطبيعية فى المحاصيل التحميلية والأغطية mulches.	+	N	O/+	n
٧	الأعداء الطبيعية لآفات فول الصويا مع وجود أو عدم وجود ممرات corridors غير منزرعة.	O	−/+	+	+
٨	الأعداء الطبيعية لآفات حرشفية الأجنحة فى الكرنب المحمل مع البرسيم.	+	−/+	+	+
٩	مفترسات المن فى القمح مع وجود شرائح من الحشائش كمأوى.	n	n	+	+

+ تعنى تأثير إيجابى، − تعنى تأثير سلبى وعكسى، O لا يوجد تأثير معنوى، n تعنى عدم وجود بيانات ثابتة (جور Gurrr وآخرون ، ٢٠٠٠).

يبدو أن معدلات النجاح الكامل التى تم عرضها فى الثلاث جداول السابقة يظهر فيها درجة عالية من التحيز إذ من البديهى أن الدراسات التى فشلت فى تحقيق أى فائدة عادة لا تنشر، وعلى كل فمن الواضح أن معظم الدراسات ركزت على التأثير على المستويين الغذائيين الثانى والثالث، بينما لم تلق نوعية المحصول وغلته إلا أقل القليل من الدراسات.

obeikandl.com

وعموماً فإنه يلزم للمشتغلين فى برامج المكافحة البيولوجية الحفاظية أن يواجهوا بعض التحديات وذلك لتعظيم الإستفادة من تلك البرامج ومن هذه التحديات:-

١- إنتقاء الأنواع النباتية بعناية فائقة عند إستخدامها فى معالجة الموقع.

٢- إكتشاف التأثير على الأعداء الطبيعية بأسلوب معالجة الموقع.

٣- معرفة وتجنب التأثيرات السلبية من تنوع الموقع.

٤- تنمية الطرق التى تحقق أكبر قدر من العائد المتوقع للمزارعين مع سهولة التطبيق.

وعلى الرغم من النجاحات التى تحققت فى هذا المجال إلا أن معظم الأبحاث التى حققت نجاحات هى أبحاث حديثة مما يوضح أن هذا الفرع من المكافحة البيولوجية هو علم حديث النشأة مقارنة بالفروع الأخرى وهو له تأثير واضح خاصة إذا تم التطبيق بالتزامن مع المكافحة البيولوجية الكلاسيكية ولكن ما هو معروف جيد أن المكافحة البيولوجية يجب أن تطبق من خلال برنامج الإدارة المتكاملة للآفات ولا يمكن تطبيقها بمفردها لمكافحة آفات محددة.

دور المكافحة البيولوجية فى تدعيم الحفاظ على الطبيعة

Biological control in support to uature conservation

كثيراً ما تُغزى، وبصفة منتظمة، النظم البيئية الطبيعية، والمحميات البيولوجية وغيرها من المسطحات المائية والزراعية غير المأهولة وذات الأهمية فى الحفاظ عليها، بعديد من الأنواع النباتية والحيوانية غير المتوطنة. تعكس هذه الغزوات، فى جزئية منها، مستوى النشاط الآدمي فى المنطقة. تهدد بعض هذه الأنواع الدخيلة إستمرار بقاء الأنواع النباتية أو الحيوانية المتوطنة، إما عن طريق منافستها أو الهجوم المباشر عليها، بينما يغير البعض الآخر من الخصائص الأساسية والنظم البيئية التى يغزوها جاعلاً إياها أقل ملائمة لإستمرار بقاء مجموعة كبيرة من الأنواع المتوطنة. غالباً ما يكون التغلب على مثل هذه الأنواع الدخيلة بالوسائل الكيميائية والميكانيكية غير كاف، فالوسائل الكيميائية لها خطورتها على البيئة وتلوثها، وكذا إتلافها للأنواع غير المستهدفة، إضافة إلى التكاليف، أما الوسائل الميكانيكية فبسبب تكاليفها وصعوبة إستخدامها فى مساحات كبيرة. وهنا تقدم المكافحة البيولوجية، من خلال إستيراد أعداء طبيعية متخصصة فى مهاجمة الأنواع الدخيلة غير المرغوبة، طريقة مثلى لحل مثل هذه المشكلة فى كثير من الحالات.

أ- مفهوم البيئة النقية من خلال المكافحة البيولوجية:

المحميات الطبيعية هى مساحات أرضية أو مائية متجاورة بغرض الحفاظ الدائم على نماذج لأنظمة بيئية معينة certain kinds of ecosystem، أو هى مواطن خاصة لتعدادات أنواع نادرة أو ذات قيمة. يمكن أيضاً أن تكون المساحات الأرضية والمائية التى ليست مخصصة للحفاظ على البيئة (أراضى خاصة متروكة بحالتها الطبيعية أو أراضى حكومية أو تجارية لم يرتادها أحد أو قليلة الإرتياد) مساحات هامة للحفاظ على الطبيعة.

يعتبر غزو وإستيطان مثل هذه المساحات بأنواع نباتية أو حيوانية غير متوطنة من أحد العوامل التى تهدد إمكان إستمرارية هذه المساحات فى تهيئة المأوى المناسب لأنواعها النباتية أو الحيوانية المتوطنة، أو لكى تحافظ على بقاء النظام البيئى بتكوينه الأصلى. وحقيقة، تكون كل المساحات عرضة لتكرار دخول أنواع نباتية أو حيوانية مهاجرة أو دخيلة. تختلف الأنواع الدخيلة من مناطق مجاورة فى قدرتها التوسعية عن تلك التى تأتى من مناطق أو سافات بعيدة. ففى الحالة الأخيرة، يمكن أن تصل الأنواع المهاجرة فى غياب أكثر أعدائها الطبيعية المتخصصة فاعلية، و بالتالى تكون قادرة على تحقيق كثافات أوسع فى المنطقة الجديدة. وعلى العكس من ذلك، فإن الأنواع التى تأتى الى البيئة الجديدة من خلال مدى توسعى مستمر (من مناطق متأخمة)، غالباً ما تكون أعدائها الطبيعية التى تؤثر عليها فى موطنها الأصلى مصاحبة لها. وغالباً ما تنتشر مثل هذه الطفيليات فى البيئة الجديدة متلازمة التوسع فى إنتشار عوائلها. فعلى سبيل المثال، فإن الطفيليات التى تهاجم فراشة الغجر *Lymantria dispar* قد تحركت، بمضى الوقت جنوباً وغرباً فى الولايات المتحدة الأمريكية مع عوائلها التى توسعت فى مداها وإنتشارها. وهذا، على العكس، ما لم يحدث فى الحالات التى تواجدت فيها جماهير الفراشة بالإنتقال من مسافات بعيدة (على سبيل المثال عندما تتحرك كتل البيض بالإلتصاق بالمركبات vehicles) إلى مناطق أبعد لإنتشار أعدائها الطبيعية ذات القوة المؤثرة عليها. فى مثل هذه الحالات، فإن الأعداء الطبيعية للطور المنتقل يمكن أن تصاحبه أو لا تصاحبه فى البيئة الجديدة، لكن الأعداء الطبيعية المتخصصة على الأطوار الأخرى (طفيليات اليرقات والعذارى والمفترسات) سوف تترك فى الموطن الأصلى.

وهنا تبرز أهمية المكافحة الحيوية فهى الطريقة المؤثرة لمكافحة الأنواع الدخيلة التى تغزو مناطق بعيدة عن مداها الأصلى تاركة وراءها أعدائها الطبيعية. يستخدم مصطلح "الآفة البيئية" environmental pest لوصف النوع الدخيل الذى يدمر المحميات ذات القيمة، وأن أى تحرك

لمكافحتها هو فى المبدأ لحماية الطبيعة والنظام الطبيعى أكثر من حماية الزراعات والغابات. ومن بين مختلف الأنواع من الكائنات التى لابد وأن تغزو النظم المتوطنة، فقد أستخدمت المكافحة البيولوجية غالباً ضد النباتات الوعائية vascular plants ومفصليات الأرجل غير البحرية. وبصفة عامة، فإن الثدييات والطيور وغيرها من الفقاريات كانت أقل إستهدافاً لبرامج المكافحة البيولوجية، لكن الفرصة متاحة أيضاً للمكافحة البيولوجية للافقاريات من غير مفصليات الأرجل وللنباتات غير الوعائية، لكن حتى اليوم، فهناك محاولات قليلة نسبياً أجريت لمكافحة الآفات الدخيلة فى هذه المجاميع من خلال إستيراد الأعداء الطبيعية.

بدأ مفهوم الإصلاح البيئى من خلال إستعمال المكافحة البيولوجية مع حقيقة أن الأنواع الدخيلة غالباً ما تغزو النظم المتوطنة. تدمر بعض هذه الأنواع أفراد الأنواع المتوطنة، أو الخصائص الرئيسية للنظام البيئى للدرجة التى يصبح علاجها أمراً مرغوباً. قد لا تكون الأنواع الدخيلة ضارة للنظم المتوطنة بصفة ثابتة، إذ أن العديد منها قد يتداخل مع الفونا أو الفلورا ببساطة شديدة كأنواع إضافية متواجدة لكنها غير ضارة بالبيئة أو تكون ذات كثافة عالية بدرجة متزايدة. يرجع هذا، جزئياً، كنتيجة لمهاجمتها بالأعداء الطبيعية المحلية، فعلى سبيل المثال ما حدث للقوقع الأرضى الإفريقى العملاق *Achotina fulica* بسبب إفتراسه بواسطة المفترس السرطانى المحلي *Gecarcoidea nutalis*. قد يعتمد أيضاً تأثير هذه الأعداء الطبيعية المحلية على عوامل أخرى بيئية مثل مدى عدم إستقرار الموطن habitat . وعلى كل فإن الأعداء الطبيعية المحلية عادة ما تكون غير مؤثرة أو فاعلة فى خفض الأعداد المتزايدة من جمهور الآفة الدخيلة. فى بعض الحالات، قد يحد الضغط التنافسي من إنتشار الأنواع الدخيلة لبعض الكائنات المتوطنة المشتركة معها فى السلسلة الغذائية. فعلى سبيل المثال، هناك العديد من أنواع الآفات الدخيلة التى فشلت فى أن تصبح آفات مؤثرة إقتصادياً بسبب عامل المنافسة. أما فى الحالات التى لا يكون هناك تأثير سواء من الأعداء الطبيعية المحلية أو من الأنواع المحلية المنافسة لها، فإن الأنواع الدخيلة تصبح آفات بيئية خطيرة. وحيثما أصبحت الأنواع الدخيلة آفات بيئية، فإن تأثير تلك الأنواع على النظام البيئى والأنواع الرئيسية المتوطنة يمكن إعادة توازنه من خلال إستيراد الأعداء الطبيعية الغائبة لهذه الأنواع. يعتمد نجاح المكافحة الحيوية فى هذه المواقع على أربع عوامل:

١- لابد أن يكون للأنواع الدخيلة أعداءً طبيعية فى مواطنها الأصلية والتى تسهم فى خفض تعداداتها.

٢- يجب أن تكون هذه الأعداء الطبيعية غائبة فى المناطق التى تم غزوها حديثاً.

٣- يجب أن تكون هذه الأعداء الطبيعية غير ضارة بالأنواع الأخرى ذات الأهمية فى مناطق الإطلاق.

٤- لابد أن تقلل هذه الأعداء الطبيعية من معدل معيشة وتكاثر (أو المنافسة فى حالة النباتات) النوع الدخيل المستهدف، وهذا يؤدى بالتالى إلى تقليل كثافته فى المنطقة المستهدفة.

تحتاج الثلاث عوامل الأولى إلى تقديرها قبل إستيراد الأعداء الطبيعة، أما العامل الرابع، فإنه يحدد من خلال الدراسات الحقلية التالية لتقويم فعالية نوع أو أكثر من الأعداء الطبيعية المستوردة.

ب- العوامل المشجعة على غزو الأنواع الدخيلة:

قبل البدء فى دراسة تأثيرات الأنواع الدخيلة على الحفاظ على النظم البيئية، والطرق اللازمة لتقليل تأثيرها المدمر من خلال برامج المكافحة البيولوجية، هناك حاجة للوقوف على العمليات التى تسهل غزو تلك الأنواع، وبالتالى توطيدها فى الوطن الجديد. من هذه العوامل تحريك الإنسان للنباتات والبضائع، وعدم إستقرار الموطن، وتكرار أو شدة الأحداث مثل الحرائق والفيضانات، والغزوات السابقة للأنواع الأخرى غير المتوطنة.

١- تحريك الإنسان للنباتات والبضائع:

إن تحريك النباتات والحيوانات بين المواقع المتباعدة من الموطن عملية عادية الحدوث مؤدية إلى إستقرارها وتوطينها فى المواقع الجديدة. تسهم بدرجة كبيرة عملية تحريك الإنسان للنباتات والحيوانات سواء عمداً (عديد من الطيور، أنواع كثيرة من الغزلان وغيرها من حيوانات الصيد، نباتات زينة، أنواع عديدة من الأسماك وطيور الزينة من مختلف الأنواع)، أو عرضياً (صدفة) (الحشائش، عديد من مفصليات الأرجل العاشبة مرتبطة بالنباتات التى تنقل بواسطة الإنسان بين المواقع المختلفة، عديد من آفات مفصليات الأرجل وبعض الممرضات النباتية مع المواد التى يتم تحريكها بين المواقع مثل التربة، الأخشاب، والفقاريات مثل الفئران والجرزان) فى دخول الأنواع الجديدة إلى النظم البيئية المحلية. وبينما كانت معظم الأنواع الدخيلة من مفصليات الأرجل التى أصبحت آفات نتيجة غزو عرضى، إلا أن بعض الحشائش الهامة أستوردت عمداً كنباتات للزينة أو لأسباب أخرى وأخيراً أصبحت حشائش نتيجة لإنتشارها وتكاثرها وقوتها التوسعية فى المنطقة الجديدة، فعلى سبيل المثال، أستوردت الحشيشة *Eragrostis lebmanniana* كنوع من أنواع الكلأ من جنوب أفريقيا إلى الأريزونا سنة ١٩٣٢ ولكن سرعان

ما أنتشرت وشغلت ما يزيد عن ١٤٥,٠٠٠ هكتار من أراضى نصف صحراوية وحلت محل الحشائش المتوطنة.

كذلك ساعدت سرعة الطيران على أن تعيش مثل تلك الكائنات فترة طويلة تسمح لها بالوصول حية إلى مواقع بعيدة. فعلى سبيل المثال وصل عدد الكائنات المهاجرة إلى جزر هاواى إلى متوسط قدره ١٩-٢٠ نوعاً خلال الفترة من ١٩٦٢-١٩٨٥ وأصبحت كائنات مستقرة ومتوطدة هناك، وكانت معظم هذه الأنواع مرتبطة بتحريك الإنسان للنباتات وغيرها من البضائع وتحول ١٦% من هذه الأنواع إلى آفات.

٢- عدم إستقرار (زعزعة) الموطن Habitat disturbance

يزيد عدم إستقرار أو زعزعة الموطن من إحتمالية أن الكائنات المتواجدة من الأنواع الدخيلة التى تصل الى المواقع الجديدة سوف تعيش كتعدادات كبيرة وتصبح أكثر إستقراراً وتوطيداً. على سبيل المثال، تهيئ زعزعة التربة (بسبب العمليات الزراعية، الحش المفرط، الحرائق، الفيضانات) مواقع نمو لأنواع نباتية دخيلة جديدة، وحيث يقل ضغط المنافسة على الأقل مؤقتاً، من النباتات المحلية أو تلك التى سبق وتوطدت. من أمثلة ذلك نباتات التين الشوكى *Opuntia* sp. فى أستراليا وجنوب أفريقيا. تكون أراضى المراعى المحشوشة حشاً جائراً أكثر قابلية للغزو، وبصفة خاصة بحشائش دخيلة شرسة، خاصة إذا كانت ذات طعم غير مستساغ بسبب وجود أشواك أو مواد سامة بها وذلك بسبب أن الحش الجائر سوف يفسح مكاناً لمثل تلك الأنواع ويهيئ لها ميزة تنافسية.

فى بعض الحالات، قد يكون الحد من زعزعة الموقع كافياً وحده لتقليل ميزة المنافسة للنوع الدخيل محدداً لأعداده وبالتالى للضرر الذى يسببه. فى بعض الحالات الأخرى، قد يتطلب الأمر الإستعانة بطرق المكافحة البيولوجية بجانب الحد من زعزعة الموطن، وقد يكون هذا التكامل بين الأسلوبين ذا ميزة كبيرة إذ أن الأعداء الطبيعية ستحد من الآفة النباتية الدخيلة إلى الحد الذى تستطيع فيه الحشائش المحلية من منافستها.

٣- تغير معدلات حدة الفيضانات والحرائق Alteration of intensity of fires and floods

فى بعض الأنظمة، يمكن أن يكون تغيير معدلات تكرار أو حدة عامل ما منتظم الحدوث عاملاً من عوامل الزعزعة فى حد ذاته. فالأحداث الدورية مثل الحرائق والفيضانات قد تعمل على إستبعاد بعض الأنواع الدخيلة من الإستقرار والتوطد فى نظام بيئى. لو أن هذه الأحداث

أمكن التحكم فيها بواسطة الإنسان من خلال عمل سدود أو برامج لتقليل حدوث الحرائق، فربما يختل التوازن التنافسى لصالح الأنواع التى سبق وأن ضبطت بواسطة هذه الأحداث الدورية. إن غزو المراعى grasslands بأنواع من النباتات الخشبية هو نتيجة نموذجية لإنخفاض حدوث الحرائق فى بعض المواطن. هذا وقد سهل إنخفاض الفيضان الموسمى فى فلوريدا من غزو المنطقة بأشجار الفلفل البرازيلي *Schinus terebinthifolius*.

٤- الغزوات السابقة لأنواع أخرى غير محلية Prior invasions of non-native species

فى بعض الحالات، قد يؤدى الغزو السابق لنظام بيئى بواسطة كائن دخيل إلى تغيير الخصائص الأساسية لهذا النظام بحيث يصبح أكثر قابلية للغزو بأنواع أخرى إضافية. فعلى سبيل المثال، قد أدى غزو النباتات المثبتة للنيتروجين إلى زيادة خصوبة التربة الفقيرة فيه، بحيث سمحت لغزو نباتات أخرى دخيلة سبق لها وأُستبعدت من هذا لنظام البيئى بسبب نقص مستوى النيتروجين به.

جـ- تأثيرات الأنواع الدخيلة:-

تتواجد الأنواع الدخيلة فى معظم النظم الطبيعية على مستوى العالم. فى بعض الحالات قد تشكل تعدادات هذه الأنواع جزءاً معنوياً من تعدادات مجموع الأنواع المتواجدة فى المنطقة (من٣-٦٦%)، لكن تتركز معظم الأنواع المتواجدة بأعداد قليلة على جوانب الطرق والمساحات الزراعية محدثة ضرراً بسيطاً للأنواع المحلية. تصبح الأنواع الدخيلة آفات فى النظام البيئى عندما تهدد إستمرار حياة أنواع متوطنة معينة أو مجموعة من الأنواع بالمهاجمة المباشرة، أو بتغيير من النظم البيئية على مستوى واسع إلى الحد الذى تهدد فيه تكوين أو تركيبة كل المجتمعات النباتية وما يرتبط بها من حيوانات .

١- التأثيرات على نوع معين أو مجاميع من الأنواع:-

معظم الأنواع الدخيلة، التى تهم المهتمين بالمحافظة على البيئة، ليست أنواعاً تهاجم أفراد الأنواع المحلية هجوماً مباشراً، إذ بالأحرى تُهَدد الأنواع المحلية بالكائنات الدخيلة بما لها من بعض التأثيرات الواسعة (من خلال التزاحم أو السيطرة على مصدر الغذاء) على النظام البيئى المحلى. إلا أنه فى بعض الحالات، تكون الأنواع الدخيلة قادرة على إحتواء الأنواع المحلية فى غذائها أو في مداها العائلى، وفى مثل هذه الحالات، تقلل تلك الأنواع، وبشدة، من كثافة نوع معين من الأنواع المتوطنة. فعلى سبيل المثال، فقد غزت الحشرات القشرية *Carulaspis minima*، *Insulaspis pallida* برمودا عام ١٩٤٠ وأبادت تقريباً نبات السيدر البرمودى المتوطن

Juniperus bermudiana. فى فلوريدا أيضاً هاجمت سوسة دخيلة من جنس *Metamasius*، دخلت مع بضائع مستوردة من وسط أمريكا، نباتات متوطنة فى هذا البلد.

يمكن أيضاً أن تهاجم الممرضات الدخيلة الأنواع المتوطنة. فعلى سبيل المثال، فقد غزى الفطر *Cryphonectria parasitica* شمال أمريكا حيث سبب لفحة blight لنبات أبو فروة الأمريكى المتوطن*Castanea dentata* مؤدياً فى النهاية إلى إبادته.

٢- تغيير فى خصائص النظام البيئى:-

تهلك الكائنات الدخيلة المساحات الطبيعية عن طريق التغيير والتسيد على هذه الأنظمة بحيث تصبح أقل مناسبة لكل مجتمعات الأنواع المحلية التى كانت نامية أولاً فى الموقع. يمكن أن يحدث هذا التغيير بعدة طرق منها تغيير فى خصوبة أو كيمياء التربة، والتزاحم والخنق، وتغيير فى معدلات التطفل والإفتراس والممرضات، وتغيير فى منسوب الماء، أو تغيير فى تكرار أو حدة الحرائق.

أ- تغيير فى منسوب الماء:-

يمكن لبعض أنواع النباتات الدخيلة أن تغير من مستوى المياه المحلية، من بينها أنواع عديدة من السيدر المالح (*Tamarix* spp.) والذى تم إستيراده من استراليا كنباتات للزينة ولتثبيت الرمال المتحركة على جوانب الطرق وجوانب السكك الحديدية، إلا أن هذه النباتات غزت المواقع الطبيعية لضفاف الأنهار حيث شكلت طبقة كثيفة ممتدة. وحيث أن هذه النباتات ذات جذور عميقة ولا تستطيع الحد من فقد الماء بواسطة التبخير فإنها تسببت فى إنخفاض مستوى الماء وإرتفاع نسبة الأملاح على السطح وهذا أدى بالتالي إلى جفاف المروج السطحية الجذور والتى كانت متواجدة فى تلك المواقع من قبل. وقد أدى جفاف التربة إلى الحد من نمو عديد من الأنواع المحلية ذات الجذور القصيرة والتى كانت تعتمد على مستوى الماء المرتفع المتواجد تحت هذه المروج. وبالتالى أصبحت هذه المواقع سهلة الغزو بأنواع من الحشائش الدخيلة التي لم تكن منافسة تحت الظروف المبتلة للمروج.

ب- تغيير خصوبة وكيمياء التربة:-

يمكن أن تغير النباتات الدخيلة من طبيعة التربة المحلية بوسائل عدة، منها زيادة الخصوبة، أو إضافة أملاح أو غيرها من السموم. فالأنواع التى لا تتطلب تربة ذات خصوبة عالية تكون منافساً ضعيفاً تحت ظروف الخصوبة العالية لكنها تعيش إذ أن الأنواع المنافسة لها لا تستطيع أن

تنمو جيداً تحت ظروف التربة الفقيرة فى محتوياتها الغذائية. وفى مثل هذه الحالات، فإن زيادة خصوبة التربة تتسبب فى فقد الأنواع ذات المتطلبات الغذائية القليلة من النظام البيئى. فعلى سبيل المثال، قد تدعم الأراضى الفقيرة غذائياً نمو نباتات محلية نادرة، لكن عندما تغزى هذه المساحات بأنواع مثبتة للنيتروجين مثل نباتات *Myrica faya* فإنها تزيد من المحتوى النيتروجينى للتربة إلى أربعة أضعاف. هذا التحول سيؤدى بالضرورة إلى فقد الأنواع النباتية ذات الإحتياجات الغذائية الفقيرة وبالتالى سوف يفتح المجال فى هذه المساحات لغزو أنواع نباتية أستبعدت سابقاً بسبب إنخفاض المستوى النتروجينى بالتربة، وهذا ما حدث فى إحدى جزر هاواى. كذلك فإن نبات الثلج *Mesembryanthemum crystallinum* الذى أستورد إلى كاليفورنيا لإستعماله كنبات للزينة غزى أراضى المراعى الساحلية. يخزن هذا النبات أملاحاً تنساب فى التربة عند موته. تكون الأنواع المحلية الهامة التى تنمو فى مثل هذه البيئة أقل تحملاً لهذه الملوحة من نبات الثلج وبالتالى فإنه عن طريق هذه الميكانيكية إستفاد نبات الثلج من تغيير كيمياء التربة ليغزو ويتنافس بشدة مع الأنواع النباتية المحلية.

ج- التزاحم والخنق:-

تُكون عديد من النباتات الدخيلة، فى ظل غياب الأعداء الطبيعية المتخصصة التى تحد من معدلات نموها، مساحات كثيفة تحل محل معظم أو كل النباتات المتوطنة التى كانت قائمة فى تلك المناطق. ولتصحيح هذا التلف يكون من الضرورى تقليل كثافة النباتات الدخيلة. تهدد مثل هذه المساحات الكثيفة الأنواع المحلية والنظم البيئية بوسائل عديدة. فى المحميات الطبيعية غير المعتنى بها تحرم هذه المساحات الكثيفة عديد من الأنواع المحلية من نموها وبقائها الطبيعى بالسيطرة على المساحات والمصادر الغذائية المتاحة فى الموقع. ومن أمثلة تلك الأنواع النوع *Lythrum salicaria* والذى يعتقد أنه مسؤول جزئياً عن فناء عديد من النباتات النادرة وسط وجنوب أمريكا الشمالية. بالإضافة إلى ذلك فإن الأنواع المُهَددة يمكن أن تُهلك عندما توجه وسائل أخرى للمقاومة (ميكانيكية أو كيميائية) للمساحات الكثيفة من الحشائش الدخيلة. هناك العديد من الأمثلة على التزاحم والخنق بواسطة الحشائش الدخيلة لكل من المواطن الأرضية والمائية. فقد غزت عديد من أنواع الحشائش الطافية والمغمورة النظم المائية، ومن الأمثلة الصارخة على ذلك تأثير الحشيشة الطافية *Salvinia molesta* على نظام نهر السيبك Sepik فى غينيا فقد كان الغزو سريعاً ومأساوياً. ففى خلال عشر سنوات من بدء ظهورها فى هذا المجرى المائى غُطى حوالى ٢٠% من مساحة السطح (حوالى ٨٠ كم^{٢}). وقد قللت هذه المساحات من مستوى أكسجين الماء إلى أكثر من ٣٧%، وقتلت كل النباتات المغمورة مؤدية بذلك إلى نقص أكثر لمستوى

الأكسيجين. ونتيجة للتراكم السريع للمواد العضوية من مساحات هذه الحشيشة وزيادة النتح، إنخفض مستوى الماء وتحولت بعض الأجزاء إلى أراضى صالحة للزراعة.

تتضمن الحشائش المائية الدخيلة الخانقة أو المزاحمة للنباتات المائية المتوطنة أنواع عديدة منها ورد النيل (هايسنت الماء) *Eichhornia crassipes*، والحشيشة *Alternanthera philoxeroides*، والحشيشة *Myriophyllum spicatum* التى تسببت فى إبادة نصف عدد الأنواع المائية المتوطنة فى بحيرة جورج بنيويورك.

يمكن أيضاً للنباتات الأرضية الدخيلة أن تزاحم وتخنق النباتات المحلية. فقد أستورد النبات *Pueraria lobata* من آسيا إلى جنوب الولايات المتحدة بهدف تثبيت التربة، إلا أنه نمى بسرعة مكوناً مسطحات كثيفة تغلغلت وقتلت الأشجار وأستبعدت كثيراً من الأنواع المحلية من تلك المنطقة. كذلك تغيرت ملامح المساحات الساحلية من شمال أستراليا تماماً بسبب غزو الشجيرة الخشبية *Mimosa pigra* من جنوب أمريكا، حيث كونت مساحات كثيفة غزت بشدة وحلت محل أراضى نباتات الحلفا ثم المجتمعات النامية على جوانب الأنهار والمجارى المائية ثم الغابات. وقد أدى هذا الغزو إلى تغيير كامل للمنظر العام المتكامل الطبيعى المتواجد سابقاً intact natural landscape. وبالإضافة إلى هذا الهلاك المأساوى للنباتات المتوطنة، فقد تسبب هذا التغيير فى دمار شامل للفونا الطبيعية. هذا وقد إمتدت هذه الشجيرة لمناطق أخرى منها فيتنام وماليزيا وبورما وكمبوديا.

د- التحول فى تكرار أوحدة الحرائق:-

تعتبر خصائص الحرائق فى موطن ما ذو أهمية فى تشكيل التكوين النوعى لبعض المجتمعات النباتية. يمكن للأنواع النباتية الدخيلة تغيير هذه الخصائص بالدرجة التى تؤثر على أنواع أخرى فى المجتمع النباتى، فعلى سبيل المثال سبب غزو مجتمعات المسطحات الخضراء Fynbos communities (نوع من الأغطية النباتية المنتشرة فى أفريقيا واستراليا) المحلية فى جنوب أفريقيا بواسطة الشجيرة الخشبية*Hakea sericea* زيادة قدرها ٦٠% فى مصادر إحداث الوقود فى بعض المواقع، وبالتالى أدت هذه الزيادة إلى إرتفاع حدة الحرائق وربما تكرارها.

هـ- إضافة أو إختفاء الأنواع السائدة:-

قد تكون أنواع الحيوانات الدخيلة ذات المدى الغذائى الواسع والمتواجد بكثافة عالية، ذات تأثير هام على التكوين النوعى للمجتمعات المحلية، إما مباشرة عن طريق الإفتراس أو غير مباشرة من خلال التنافس على المصادر الغذائية. فعلى سبيل المثال، فقد أدى غزو النملة

الأرجنتينية *Linepithema humile* لمجتمعات المسطحات الخضراء fynbos المحلية فى جنوب أفريقيا إلى إختفاء معظم عشائر النمل المحلية حيث حلت تلك النملة محلها. كذلك وجد أن كثافات أنواع عديدة من الحشرات المحلية بما فيها الملقحات كانت أقل فى المساحات التى غزاها هذا النمل، مقارنة بتلك المساحات المجاورة التى لم تُستوطن بعد بهذا النوع من النمل. وفى كولومبيا، تسبب غزو النملة *Paratrechina fulva* من البرازيل فى إنخفاض تعدادات النمل المحلى بمعدل ٩٥% (تمكن نوعين فقط من ٣٨ نوع محلى من المعيشة فى المساحات التى تم غزوها). إضافة إلى هذا فقد إختفى نوع من الأفاعى snake وثلاثة أنواع من السحالى من المناطق التى تم غزوها بهذا النوع من النمل. كذلك قد تسبب إستيراد السمكة النيلية المفترسة *Lates* sp. إلى بحيرة فيكتوريا فى أفريقيا إلى إنقراض عديد من أنواع الأسماك وندرة البعض الآخر. كذلك أدى غزو أفعى الأشجار البنية *Boiga* trregularis جنوب الباسفيك إلى الحد بدرجة جوهرية من كل مجتمع الغابات من الطيور المحلية.

و- تغيير معدلات الأمراض:-

يمكن أن تلعب الأمراض أيضاً دوراً كبيراً في تشكيل النظم البيئية. فعلى سبيل المثال يعتقد أن إستيراد ملاريا الطيور إلى جزر هاواي كان عاملاً معنوياً في تضييق توزيع الطيور المحلية.

ز- المكافحة البيولوجية الحفاظية:-

سنوجز في هذا الجزء بعض الأضواء على إستعمال المكافحة البيولوجية في مكافحة نماذج من مختلف المجاميع كآفات بيئية.

١- الإستعمال ضد النباتات المائية

أصبحت أنواع عديدة من النباتات الإستوائية وتحت الإستوائية وقليل من نباتات المناطق المعتدلة مستقرة على نطاق واسع على مستوى العالم. أصبح بعض هذه الأنواع مهلك بدرجة كبيرة لمجتمعات النباتات المائية المحلية من خلال تكوينها لطبقات كثيفة النمو، بحجم وكثافة يسمحان بتغيير درجة الضوء ومستوى الأكسجين بالماء، كما أنها تشغل كل المساحات المتاحة لنموها. وغالباً ما يقابل هذا إنخفاض كبير في كثافة النباتات المحلية، بل وقد تنخفض تماماً. أستعملت المكافحة البيولوجية بنجاح ضد عديد من أنواع هذه الحشائش منها ورد النيل *Eichhornia crassipes*، والحشائش *Alternanthera philoxeroides*، *Pistia stratiotes*، *Myriophllum spicatum* ويعتبر مكافحة ورد النيل أحد نماذج هذه الحشائش.

- **ورد النيل water hyacinth (*Eichhornia crassipes*)**

نبات عائم، ينمو في المياه العذبة، واسع الإنتشار، يكّون هذا النبات طبقات كثيفة لدرجة أنها تؤثر على الفونا والفلورا المائية، إضافة إلى تأثيرها الإقتصادي الكبير على الخزانات وصيد الأسماك والملاحة. كما يقل محتوى الماء من الأكسجين، وفي بعض الحالات قد يؤدي هذا إلى موت الأسماك. يزداد تكوين السلت silitation ويزداد معدل النتح من مسطح هذه الحشائش إلى ٣-٥ مرات فوق معدلات التبخر من الماء المفتوح. أُستعملت عناصر كثيرة من عناصر المكافحة البيولوجية، وكان أكثرهم فاعلية السوسة *Neochetina bruchi* والسوسة *N. eichhorniae* والفراشة *Sameodes alhiguttalis*. أستعملت هذه العناصر وغيرها في كثير من دول العالم. وقد تحقق نجاح كبير في المكافحة في مناطق كثيرة كالسودان والهند وأستراليا والولايات المتحدة، إذ إستعادت مواقع المكافحة حالتها الطبيعية قبل الإصابة، وهذا بالتالي أعاد للموطن طبيعته وللأنواع المحلية نشاطها وقلل من ضغط المنافسة في الموقع.

٢- الإستعمال ضد النباتات الأرضية

تعرض ما لا يقل عن ١١٦ نوعاً من الحشائش لبرامج المكافحة البيولوجية من خلال إستيراد أعدائها الطبيعية، معظمها كان أنواع أرضية، بسبب التلف الذي تسببه للمصادر الإقتصادية مثل المراعي وأراضي الغابات. غير أن العديد منها أيضاً قد غزى المساحات الشاسعة من المواطن الطبيعية ذات القيمة في الحفاظ على الأنواع المحلية، إلا أنه قد إنخفضت قيمة هذه المسطحات في الحفاظ على الطبيعة بسبب تكوين مساحات كثيفة ومنافسة من تلك الحشائش. كثير من المشاريع التي نفذت لأهداف إقتصادية أفادت النظم الطبيعية. تشكل هذه الحشائش الدخيلة مشاكل كثيرة في العالم في كل من المناطق الإستوائية والمعتدلة. وهناك أمثلة كثيرة منها الحشائش *Passiflora mollissima*، *Mimosa pigra*، *Ulex europaeus*، *Pueraria lobata*، *Cinchona succirubra*، وحشيشة القديس يوحنا *Hypericum perforatum* والتين الشوكي *Opuntia* spp. وغيرها من نماذج هذه الحشائش التين الشوكي.

- **التين الشوكي *Opuntia* spp.**

أستوردت حشيشة التين الشوكي *Opuntia stricta* كنبات للزينة إلى أستراليا، إلا أنها إنتشرت وغطت ما لا يقل ٢٥,٠٠٠,٠٠٠ هكتاراً من المراعي والصحاري، مشكّلة طبقات كثيفة إستبعدت معها أي مسطحات خضراء أخرى. أدى إستيراد الفراشة *Cactoblastis cactorum* من الأرجنتين إلى نجاح للمكافحة البيولوجية ضد هذه الحشيشة، وبذلك عادت المسطحات الخضراء

obeikandl.com

إلى سابق طبيعتها والحفاظ على إستغلالها إقتصادياً. هناك أنواع أخرى من هذه الحشيشة أصبحت آفات نباتية في عديد من المناطق في العالم. على سبيل المثال نوع الحشيشة *O. aurantiaca* في جنوب إفريقيا التي غطت ما لا يقل عن ٨٣٠,٠٠٠ هكتاراً.

تعتبر أنواع هذه الحشيشة من النماذج الكلاسيكية لتأثيرات الأنواع غير المتوطنة على النظم البيئية المحلية من خلال إحلالها الطبيعي للمسطحات الخضراء المحلية وبالتالي إستبعاد عديد من الأنواع المحلية.

٣- الإستعمال ضد مفصليات الأرجل العاشبة

تعتبر مفصليات الأرجل العاشبة من أكثر المجموعات شيوعاً في تطبيق برامج المكافحة البيولوجية. توجه معظم مثل هذه الجهود تقريباً ضد الآفات التي تصيب المصادر الإقتصادية أكثر من تلك الأنواع التي تؤثر سلباً على الإهتمامات الحفاظية. وبعيداً عن الأسباب المالية وغيرها من الأسباب التنظيمية الأخرى، فربما يكون هناك تفسيراً واحداً لهذا الإستعمال المحدود وهو أن الحشرات المهاجرة تكون أقل مهاجمة للنباتات المتوطنة (فيما لو أنها كانت بعيدة تقسيمياً عن تلك المتواجدة في مواطنها الأصلية). أو لو حدث وهاجمت تلك الحشرات النباتات المتوطنة فإنها لا تكون مهلكة لها بدرجة كبيرة، ولذا فهي غالباً ما يتم تجاهلها. لكن هناك بعض الإستثناءات مثل تأثير الحشرات القشرية المهاجرة على نبات السيدر البرمودي المتوطن Bermuda ceder (*Juniperus bermudiana*). تضمن مكافحة هذه الحشرات إستيراد الطفيل *Encarsia lounsburyi* مع مفترسين من أبي العيدات هما *Microweisea suturalis, Rhizobius lophanthae* إذ قد نجحوا في خفض تعدادات تلك الآفات، لكن لم توقف فقد الأشجار، إذ كان رد الفعل الفسيولوجي للأشجار تجاه تغذية تلك الحشرات قوي جداً لدرجة أن الإصابات الخفيفة أو المتوسطة سببت ضرراً كبيراً أدى في معظمة إلى موت الأشجار. أما الأشجار التي عاشت بعد ذلك، فكانت أكثر مقاومة لتغذية الحشرات القشرية إذا حدث بعض التجديد لها وأمكنها إستعادة قوتها.

٤- الإستعمال ضد مفصليات الأرجل المتطفلة أو المفترسة

بعض أنواع غشائيات الأجنحة الإجتماعية مثل النملة الأرجنتينية *Linephithema humile*، وعديد من نمل الحرائق *Solenopsis* spp.، والدبابير الإجتماعية من جنس *Vespula* قد غزت مناطق جديدة وتزايدت أعدادها بدرجة كبيرة. وبسبب كثافة أعدادها وإتساع المدى الغذائي لها أصبح لمثل تلك الأنواع، في بعض الحالات، تأثيرات معنوية على الفقاريات واللافقاريات

المتوطنة. ولمثل هذه الأنواع، في الغابات والمحميات يمكن أن يكمن الحل في إستعمال المكافحة البيولوجية. على سبيل المثال وجد أن الطفيل الأكيومونيدي *Sphecophaga vesparum* متخصصاً بدرجة كافية لأن يطلق ضد الأنواع المهاجرة *Vespa germanica* و *V. vulgaris*.

٥- الإستعمال ضد اللافقاريات الأخرى

تكون المكافحة الحيوية للافقاريات غير مفصليات الأرجل مقصورة غالباً على مكافحة الرخويات mollusks (القواقع والبزاقات slugs) الأرضية منها التي تتغذى على المحاصيل الزراعية، أو المائية التي تعمل كعوائل وسيطة للديدان الكبدية التي تهاجم الإنسان أو الحيوانات الأليفة.

تهلك بعض الرخويات الدخيلة المحميات الطبيعية. ومن أمثلة ذلك القوقع المفترس *Euglandia rossea* المستورد عمداً والذي هدد القواقع الأرضية المحلية في تلك المواقع كما حدث في موريا Moorea في فرنسا، وبولينيسيا Polynesia في الباسفيك. كذلك أمكن للنوع المائي الدخيل *Corcinus inaenas* من أن يغزو الساحل الغربي من أمريكا الشمالية وقد وصلت تعداداته إلى أعداد كبيرة أثر بها على صيد السمك وغيرها من خصائص البيئة المائية marine ecosystem وقد أقترح إستيراد الطفيل *Sacculina carcini* المتخصص لمكافحته بيولوجياً.

٦- الإستعمال ضد الفقاريات

سببت الفقاريات غير المتوطنة التي تتضمن تعدادات متوحشة من الحيوانات المستأنسة domestic animals تلفاً معنوياً للأنواع المتوطنة (وبصفة خاصة النباتات وعشوش الطيور الأرضية) في مواقع كثيرة، ويعتبر تقليل أعدادها من الأولويات البيئية في عديد من جزر المحيطات. يعتبر إستيراد الفقاريات التي تفترس غيرها من الفقاريات غير مستحب بصفة عامة حيث أن مدى تخصص هذه المجموعات من العناصر يكون غير كاف عادة لقِصَرْ تأثيرها على الآفة المستهدفة وأنها قد تكون خطرة على غيرها من أنواع الفقاريات المحلية.

أستخدمت الممرضات بنجاح في بعض الحالات في المكافحة البيولوجية للفقاريات. ومن أبرز الأمثلة على ذلك إستيراد فيروس الأرانب ميكسوما Myxoma virus إلى أستراليا وأخيراً إلى أوربا لمكافحة الأرانب الأوربية *Oryctolagus cuniculus* بنتائج مذهلة. هناك مثال آخر لإستخدام الممرضات بنجاح في المكافحة البيولوجية لآفة فقارية وهو إستعمال فيروس بارفو Parvo virus ضد القطط المتوحشة (*Felis cattus*) في جزر ماريون Marion في جنوب أفريقيا والتي كانت

obeikandl.com

تهدد عشوش الطيور الساحلية في تلك المنطقة. قتلت هذه القطط حوالي ٤٥٠,٠٠٠ عش في السنة في تلك الجزيرة وقد أدى إستخدام هذا الفيروس إلى خفض تعدادات القطط من ٣٤٠٩ إلى ٦١٥ في الخمس سنوات الأولى من الإستخدام.

يعتبر تطهير جزر المحيطات من الثدييات العاشبة الدخيلة مثل الماعز من الأمور الهامة للحفاظ على المجتمع النباتي المحلي وتجدده. أقترح إستخدام الممرضات ضد هذه الآفات الفقارية في هذه المناطق حيث أن تلك الفقاريات مهلكة للنظم البيئية المحلية وللأنواع النادرة من النباتات، كذلك وجد أن البروتوزوا التي تنتقل جنسياً sexually transmitted protozoa متخصصة في إصابتها للماعز، ويمكن أن تستخدم بأمان لتقليل القدرة الإنتاجية أو معدلات معيشتها.

خفض الأنواع الدخيلة

تتوقف إمكانية نجاح إستخدام الوسائل الميكانيكية أو الكيميائية أو البيولوجية على صورة الإمتداد الطبيعي للمساحات المتأثرة بالنوع الدخيل. فعندما تكون المساحات المصابة صغيرة يكون من السهل التخلص منها وإهلاكها بالوسائل الميكانيكية أو الكيميائية. تتطلب هذه الأساليب من المكافحة تكراراً دورياً مما يزيد من التكاليف. أما عندما تشمل الإصابة مساحات كبيرة، أو يكون الكائن الدخيل من الصغر أو الإختباء لمكافحته بالوسائل الميكانيكية أو الكيميائية، فلابد أن تؤخذ المكافحة البيولوجية فى الإعتبار.

يكون إستخدام المكافحة البيولوجية ضد الآفات البيئية environmental pests محدوداً حيث تكون تكاليف المشاريع الجديدة، وخصوصاً ضد النباتات، عالية، ويكون معظمها أثناء الإرتياد وتجارب التخصص للعناصر الجديدة، ففى كندا مثلاً تكلف مشروع مكافحة نوع واحد من هذه الآفات ١,٥ مليون دولار كندى. وتعتبر هذه التكاليف قليلة إذ ما قورنت بمشاريع مكافحة الحشائش الطويلة المدى لخفض كثافتها فى مساحات كبيرة.

ويلاحظ أنه فى الحالات التى أستخدم فيها عنصر بيولوجى ناجح لحشيشة ما فى منطقة ما، يكون إعادة تطبيقه فى مناطق أخرى أقل كثيراً فى تكاليفه.

هناك ميزة أخرى هامة في أسلوب المكافحة البيولوجية وهو أن مجرد نجاح إطلاق إستخدام المكافحة البيولوجية فى مكافحة آفة بيئية واسعة الإنتشار مرة واحدة يضمن إستمرارية تأثيرها دون أى تكاليف سنوية أخرى، حيث لا يحتاج الأمر تكرار إعادة إطلاق الأعداء الطبيعية بسبب قدرتها على الإنتشار إلى مواقع أخرى. يمكن إعادة التطبيق مرة أخرى إذا كانت المساحات شاسعة جداً (آلاف أو ملايين الهكتارات).

ل- الأمان Safety

يرتبط إستيراد أنواع جديدة من الحشرات العاشبة أو الطفيليات parasites أو أشباه الطفيليات parasitoids أو الممرضات بتبعات محتملة للأنواع المحلية. تتضمن التبعات المفيدة القضاء على أضرار النظم الطبيعية بواسطة أنواع الآفات التى أستهدفها المشروع. أما التبعات الضارة فتشمل إمكانية موت الأنواع غير المستهدفة فى منطقة الإستيراد. يحتاج كل إستيراد مقترح إلى عناية فائقة فى التقييم حتى نمنع أو نقلل من أى تبعات ضارة. البرامج المحكمة هى تلك التى يكون الضرر الواقع على الآفة المستهدفة بالغاً وأن تكون الأعداء الطبيعية التى أختيرت للإستيراد متخصصة بدرجة كافية لدرجة أن معظم تأثيراتها يقع على الآفة المستهدفة وليس على الأنواع المتوطنة المرغوبة أو غير المستهدفة.

نادراً ما يكون التخصص مطلقاً، إذ يوجد قليل من الكائنات وحيدة العائل. تعتمد درجة التخصص لتوافر الأمان على خصائص كل من الموقع الذى سيطبق فيه المشروع والمجموعات التقسيمية للكائنات التى يتضمنها. يجب أن يؤخذ فى الإعتبار كل حالة على إنفراد بسبب أن العمليات التى تكون آمنة فى أحدى البيئات قد تكون غير مرغوبة فى غيرها. فعلى سبيل المثال إستيراد ممرضات الثعابين إلى جنوب الباسفيك (حيث لايوجد ثعابين محلية) لمكافحة ثعبان الشجر البنى الدخيل الذى يهاجم الطيور المحلية يمكن إجرائه بسهولة وأمان أكبر من أن يطبق نفس العمل فى مناطق بها فوناً مختلفة من الثعابين المحلية. وكذلك إستيراد ممرضات الفقاريات الأليفة يمكن تطبيقها بأمان فى الجزر غير الآهلة بالسكان لخفض تعدادات الكائنات المتوحشة من الماعز والخنازير والقطط. لكن يمكن أن يكون نفس العمل فى المناطق الأهلة بالسكان أقل قبولاً بسبب النزاع مع أصحاب الجماهير المستأنسة من نفس تلك الثدييات.

تؤثر أيضاً المجموعات التقسيمية التى يتضمنها المشروع فى درجة الأمان التى تكتنف العدو الحيوى. تتفاوت الأنواع المختلفة من الأعداء الطبيعية فى درجة المخاطر التى يمكن أن تسببها. فبعض المجموعات مثل الفقاريات تكون غير مناسبة بصفة عامة للإستيراد، وغالباً ما تكون طفيليات مفصليات الأرجل المتخصصة مناسبة للإستيراد، بينما المفترسات اللافقارية عامة التغذية generalist، واللافقاريات الإجتماعية، والمفترسات اللافقارية الإجتماعية (النمل – الدبابير)، والقواقع المفترسة العامة تكون كلها مجموعات من الممكن أن تكون مهلكة للأنواع المحلية ولا يجب إستيرادها. يمكن أيضاً أن تسبب الطفيليات عديدة العوائل، مثل بعض أنواع ذباب التاكينا، بعض المخاطر للأنواع المحلية. هذا ويجب أن تغربل screened جيداً وبعناية الأنواع الحشرية العاشبة المستوردة لمكافحة النباتات الدخيلة للوقوف على مداها العائلى.

يجب أن توازن برامج المكافحة البيولوجية بين فوائدها ومخاطرها المحتملة، وأن تتبع أساليب من شأنها تشجيع حيوية النظم البيئية التى يتم فيها الإستيراد. وبينما يمكن أن تتبقى بعض المخاطر البيئية فى أى برنامج لإستيراد العدو الحيوى حتى مع إتباع الإختبارات الخاصة بالمدى العوائلى بعناية تامة، لكن هذه المخاطر البسيطة لابد من موازنتها مع المخاطر فيما لو لم يتم أى إجراء. في عديد من الحالات، تكون عشائر الآفات البيئية التى لا تكافح لها أضرار خطيرة وهامة على الأنواع المحلية وعلى النظام البيئى.

يجب أن تخضع تقديرات المخاطر والفوائد لحقائق علمية ثابتة ترتبط ببيولوجية الكائنات المستخدمة، ومن المهم لكى تتم هذه التقديرات بكفاءة أن يكون هناك معلومات واسعة عن النظم البيئية التى سيتم إدخال الأعداء الطبيعية إليها ومعلومات عن الأنواع المتواجدة فى هذه البيئة.

obeikandl.com

الباب السابع

المكافحة البيولوجية للحشائش

أولاً: بيولوجيا عناصر المكافحة البيولوجية للحشائش

ثانياً: العاشبات والممرضات المستخدمة فى المكافحة البيولوجية للحشائش

obeikandl.com

obeikandl.com

المكافحة البيولوجية للحشائش
BIOLOGICAL CONTROL OF WEEDS

الحشيشة هى أى نبات غير مرغوب فيه فى مكان معين ووقت معين، أو هى النبات فى غير موقعه الصحيح. والحشيشة يمكن أن تكون هى نفسها أو قد تنتمى إلى نباتات ذات قيمة فى مواقع أخرى مثل نبات عنب الديب الشائك *Lantana camara* الذى يعتبر نبات للزينة فى شمال فلوريدا، بينما يعتبر فى أستراليا والهند حشيشة خطيرة جداً ولذا فإن هذه الحقيقة يجب أن تكون أساسية عند تناول موضوع المكافحة البيولوجية للحشائش.

أصبحت النباتات، فى كثير من المجموعات التقسيمية النباتية، آفة حشائشية، أرضية كانت أم مائية، وفى مناطق متباينة فى العالم. وقد أصبح العديد منها مستهدفاً للمكافحة البيولوجية من خلال إستيراد الحشرات العاشبة herbivores أو الممرضات النباتية. يقع نصف هذه الأنواع تقريباً تحت ثلاث عائلات هى Cactaceae، Asteraceae، Mimosaceae، بينما تشتمل بقية العائلات على أنواع قليلة ذات أهمية اقتصادية مثل عائلة Clusiaceae التى يقع تحتها النوع *Hypericum perforatum*، وعائلة Salviniaceae التى يقع تحتها النوع *Salvinia molesta*، وعائلة Verbenaceae التى يقع تحتها النوع *Lantana camara*.

منذ بداية عهد الإنسان بالزراعة وهو فى معركة لاحدود لها ضد الحشائش، وحتى الآن يوجد مساحات شاسعة تنمو فيها الحشائش وتزدهر. غالباً لاتستجيب الحشائش للكيميائيات التى تستخدم فى مكافحتها أو قد تكون المكافحة الكيميائية طريقة غير عملية. كانت طرق المكافحة البيولوجية هى الطريقة الفعالة تماماً فى مكافحة بعض الحشائش الهامة التى فشلت معها طرق المكافحة الأخرى وكانت قاتلة للدرجة التى فاقت فيها كل هذه الطرق. وفى الحقيقة فإن هذه الطريقة البيولوجية قد أستخدمت عادة بعد أن ثبت عدم كفاية الطرق الأخرى. وقد يندهش الحشريون عندما يعلمون أن المزارع أحياناً يعتبر الحشائش أكثر إهلاكاً لمحاصيله الزراعية من الحشرات. فمن المعروف أن الإنتاج العالمى للمحاصيل الزراعية ينقص بحوالى ٣٠% بسبب الحشرات والأمراض والحشائش، ويشكل العامل الأخير بمفرده ١٢,٤% من هذه النسبة. تعطى هذه النسبة، التى تعتبر عالية نسبياً، صورة واضحة حول مخاطر ترك تلك الحشائش لتعيش فى منافسة مع غيرها من المحاصيل الإقتصادية.

توضح أساليب الفقد المتسببة عن الحشائش القيمة الإقتصادية لمكافحتها ومن هذه الأساليب:

١- تتزاحم مع وتقلل من نمو النباتات المرغوبة مما يؤدى إلى خسائر فى المحصول كماً ونوعاً.

٢- زيادة فى تكاليف الزراعة.

٣- الحاجة إلى تنظيف البذرة.

٤- إستهلاك للثروة المائية.

٥- الضرر المباشر للإنسان وحيواناته ومنتجاتها.

٦- تخدم الحشائش كعوائل بديلة للآفات الحشرية والممرضات النباتية، أو تشكل مأوى لعديد من أنواع الحشرات، إما لأغراض التغذية أو كمواقع لبياتها الشتوى. فعلى سبيل المثال، تصاب بادرات القطن بالتربس خلال شهرى مارس وأبريل، ثم بإرتفاع درجات الحرارة خلال شهر مايو تقل أعداد التربس على القطن وقد وجد أن هذا النقصان كان مرتبطاً بإرتفاع فى أعداد أفراد التربس خلال الفترة من مايو إلى سبتمبر على نباتات العليق حيث لوحظ إختباء أفراد التربس خلال هذه الفترة بأعداد ملحوظة فى أزهار تلك الحشيشة. هذا علاوة على أمثلة أخرى للحشرات التى تصيب المحاصيل وشوهدت بأعداد ملحوظة على بعض الحشائش ومنها مَنْ الخوخ الذى يصيب أيضاً حشيشة فجل الجمل والحريق والكبر والعليق، وسوسة ورق البرسيم التى تصيب حشيشة النفل خلال أشهر الشتاء، والخنفساء البرغوثية التى تصيب أوراق حشيشة أبو قرن خلال الصيف كما تصاب نفس هذه الحشيشة صيفاً بيرقات حفار ساق الكرنب. كما تتواجد كتل بيض البقة الخضراء على الأسطح السفلية لأوراق العليق خلال الفترة من مايو إلى يوليو. أما عن دودة ورق القطن فقد وجد أنها تصيب عدداً كبيراً من الحشائش خاصة خلال شهرى أغسطس وسبتمبر، ومن هذه الحشائش العليق والرجلة وعرف الديك وأبولبن والسلق وأيضاً الشبيط. هذا وقد وجد أن أزهار بعض الحشائش تجذب الحشرات التى تتغذى على رحيقها، ومن الأمثلة على ذلك نوع العته *Attagenus scalaris* التى تتواجد بأعداد كبيرة وملحوظة داخل أزهار العليق.

يجب أن يكون من المتعارف عليه أن الهدف من هذا العمل ليس هو إبادة الحشيشة بل تقليل كثافتها إلى المستوى غير الضار. أستخدمت طرق المكافحة البيولوجية للحشائش بتردد وحذر شديدين لسببين أساسيين هما:

١- الشعور بأن المخاطر كبيرة جداً مقارنة مع فرص النجاح، ولو أن هذا العائل، وهو الأهم، قد فقد مصداقيته بتزايد حالات النجاح والتأكيدات المستمرة ضد مخاطر هذه الطريقة.

٢- النزاع حول ما إذا كان نبات ما حشيشة من عدمه، مرتبطاً ذلك بحقيقة ما إذا كانت عناصر المكافحة البيولوجية المستوردة يمكن أن تتحرك إلى مناطق أخرى فيها يكون النبات ذا قيمة اقتصادية كبيرة.

تعتمد نظرية مكافحة الحشائش بيولوجياً على إعتماد تبادلى mutual dependence بين حشيشة ما وحشرة ما أو أى عائل بيولوجى آخر قادر على مكافحتها. يرجع إنتشار حشيشة ما فى وسط إنتشار ما إلى غياب الأعداء الحيوية التى كانت مرتبطة بها فى الموطن الأصلى. وفى الحقيقة، فإن الأعداء الحيوية التى ليست لها مثل هذه العلاقات المتبادلة مع الحشيشة سوف تكون إما غير فاعلة أو ربما ينتج عن إستعمالها خطراً بسبب خطورتها على النباتات الأخرى كأن تكون متغذيات نباتية غير متخصصة.

تقف مشكلة مكافحة الحشائش بيولوجياً على الجانب المضاد، بصفة عامة، من مشكلة المكافحة البيولوجية للحشرات، إذ يكون العائل النباتى، فى الحالة الأخيرة، ذو فائدة للإنسان ولذا فإن أى حشرة تهاجمه تعتبر ضمن مجموعة الحشرات الضارة وبالتالى تعتبر أعداء هذه الحشرة الضارة ذات منفعة كبيرة. وعلى العكس من ذلك فإن الحشائش توصف على أنها نباتات أصبحت ضارة بالنسبة للخطة الإقتصادية المرسومة بمعرفة الإنسان، وبالتالى فإنه ينظر إلى أى حشرة أو أى كائن أخر يهاجم حشيشة معينة على أنه نافع للإنسانية وأن أى عدو حيوى على هذه الحشرة يعتبر ضاراً حيث أنه يحد من فاعلية هذا الكائن المهاجم.

التاريخ المبكر لمكافحة الحشائش بيولوجياً

يرجع الفضل الأكبر فى مكافحة الحشائش بيولوجياً إلى الحشريين فى مركز أبحاث زراعة القصب فى جزر هاواى، فقد قام هليبراند Hillebrand عام ١٨٦٠ وهو من أشهر علماء النبات فى هذه الجزر، بإستيراد نبات عنب الديب الشائك *Lantana camara* لأغراض الزينة، إلا أن شجيرات هذا النبات أصبحت خطراً حقيقياً يهدد المراعى خصوصاً على الجانب من هذه الجزر المعرض لإتجاه الرياح. وقد أقترحت إمكانيات الإستفادة من الحشرات فى مكافحة النباتات الضارة بسبب الإستيراد غير المقصود للبق الدقيقى *Orthezia insignis* الذى أظهر مكافحة ملحوظة لنباتات عنب الديب وصلت فى بعض المناطق إلى حد الإضرار الشديد أو الفتك التام بهذه النباتات. ويظهر أن هذه هى أولى المحاولات لمكافحة الحشائش بالطرق البيولوجية. ذكر

مينشر Muensher عام ١٩٤٢ أنه قد أمكن أيضا القضاء على حشيشة *Sedum triphyllum* في إثاكا بنيويورك بإستعمال الفطريات، إذ أرسلت الأفرع المصابة بالفطر إلى الزراع لنشرها في مروجهم للفتك بهذه الحشيشة التى أمكن القضاء عليها تماماً قبل أن يعزل الفطر لتعريفه. لاحظ العالم الحشرى كوبيل Koebele، أثناء قيامه بعمليات جمع حشرى فى المكسيك سنة ١٨٩٨، أن بذور حشيشة عنب الديب *Lantana camara* تهلك فى مواطنها الطبيعية بواسطة ذبابة تتربى بداخلها، ومن هنا طرأت لديه الفكرة فى أن البذور الغزيرة لهذا النبات يمكن أن تقاوم أو تمنع تماماً من الإنبات فيما لو أمكن أقلمة هذه الحشرة فى جزر هاواى، ولقد تم الموافقة فعلاً على هذه الفكرة وقام بزيارة المكسيك مرة أخرى لدراسة كل الحشرات التى تتغذى على نبات عنب الديب دراسة مستفيضة وأمكن بذلك مكافحة هذه الحشيشة.

إعتبارات هامة فى إستيراد الحشرات النافعة لمكافحة الحشائش

ترتبط خطورة إستيراد أى حشرة لمهاجمة حشيشة ضارة معينة بدرجة تخصص هذه الحشرة، وبالوضع التقسيمى النباتى لهذه الحشيشة وعلاقاتها بالنباتات الإقتصادية. تكون الغالبية العظمى من أنواع الحشرات النباتية التغذية محددة إلى حد ما فى أغذيتها، وكلما زاد تخصص مجموعة حشرية معينة كلما زاد بالتالى هذا التحديد. وليس هذا بالأمر المدهش عندما نأخذ فى الإعتبار الملايين من السنين التى مرت فى تطور الحشرات الراقية، الأمر الذى يتضح عندما نتذكر أن السجلات الحضرية قد أظهرت أن الحشرات قد وصلت إلى حالة من الإستقرار الفعلى فى تفاعلاتها مع الغذاء من ملايين السنين.

عندما تدخل آفة ضارة إلى بيئة جديدة فإنها قد تكون قادرة، وغالباً ما تكون كذلك، على إلحاق ضرر أكبر بالنباتات فى البيئة الجديدة أكثر مما تلحقه هذه الحشرة فى مواطنها الطبيعية، وعندما تؤخذ هذه الحقيقة المعروفة فى الإعتبار يكون هناك إتجاهين أساسيين بالنسبة لمكافحة الحشائش بالطرق البيولوجية:

١- عندما تدخل حشرة معروف عنها أنها ضارة بحشيشة معينة، دون مصاحبة أعدائها الطبيعية، إلى بيئة جديدة فإنه من المتوقع أنها تكون أكثر فاعلية وكفاءة فى إتلاف النبات فى البيئة الجديدة عنه فى الموطن الطبيعى.

٢- وعلى الجانب الآخر لو أن نفس هذه الحشرة أمكنها أن تهاجم أيضاً أى نوع نباتى آخر ذو قيمة إقتصادية بجانب الحشيشة الضارة، فإنه سوف نتوقع ضرراً متكافئاً لهذا النبات وسوف ينقلب المكسب من مكافحة الحشيشة بيولوجياً إلى خسارة فى الصناعة التى تقوم على هذا

النبات الآخر، وهناك إحتمال واضح دائماً فى أن الحشرات التى عادة ما تتغذى على جنس واحد أو نوع واحد من رتبة معينة تكون ذات تأثير فى البيئة الجديدة على نوع أو أكثر من عوائلها النباتية العديدة.

يمكن تقسيم الحشرات وفقاً لهذا الإتجاه إلى ثلاث مجموعات رئيسية :-

١- حشرات معروف عنها أنها تهاجم النباتات ذات القيمة الإقتصادية.

٢- حشرات معروف عنها أنها تهاجم فقط الجنس الذى تنتمى إليه الحشيشة الضارة أو الأجناس القريبة له والتى ليست لها أهمية اقتصادية.

٣- حشرات ليس فى المقدور، لنقص المعلومات عنها، وضعها تحت أى من القسمين السابقين.

وبصفة عامة، فإن الحشرة التى تقع تحت المجموعة الأولى لايمكن أخذها فى الإعتبار لمكافحة الحشائش الضارة، كما تحتاج حشرات المجموعة الثالثة إلى دراسة أعمق فى مواطنها الطبيعية حتى يتسنى وضعها تحت أى من القسمين الأول أو الثانى، أما حشرات المجموعة الثانية فهى المناسبة تماماً لإستغلالها فى المكافحة البيولوجية للحشائش خصوصاً الأنواع منها التى لا تضر بأى نباتات ذات قيمة إقتصادية.

ومرة أخرى فإنه يجب أن يؤخذ فى الإعتبار الوضع التقسيمى النباتى للحشيشة الضارة موضوع الدراسة، فهل تقع هذه الحشيشة بعيداً عن أى من المجموعات النباتية التى تضم أى من النباتات ذات القيمة الإقتصادية أو أنها تنتمى إلى واحدة من هذه المجاميع. ويجب أن يكون من الواضح أن مخاطر هذا العمل سوف تقل إلى أدنى حد ممكن عندما تكون الحشيشة بعيدة كل البعد عن النباتات الإقتصادية، والمثل على ذلك حشيشة القديس يوحنا *Hypericum perforatum* L. والتين الشوكى *Opuntia* sp. اللذان يقفان بعيداً تماماً عن أى مجموعة من مجموعات النباتات ذات القيمة الإقتصادية. أكتسبت الحشرات التى تتغذى على نباتات لها مثل هذه الصفات غير العادية والتى أصبحت حياتها وقفاً على عصارتها الحريفة وبشرتها المقاومة، من الصفات المورفولوجية والفسيولوجية ما يجعلها تتأقلم أقلمة عجيبة وواضحة مع هذا النوع من الحياة لدرجة أنها لاتميل إلى أن تصيب نباتات أخرى ذات صفات كيميائية أو فسيولوجية مختلفة. وفى مثل هذه الحالة، فإنه من المعقول أن نفترض أن سلسلة الإختبارات التى تجرى على حشرة ما لتبيان مدى تغذيتها، سوف توضح أن الحشرة ترتبط كلية أو غالباً بالحشيشة موضوع الدراسة. وعلى الجانب الآخر، فمن المتوقع وجود مخاطر عديدة عندما تقف الحشيشة بين مجموعة نباتية

ذات قيمة إقتصادية (مثل حشيشتى الشليك الأسود Rubus والجرجير الأشيب *Lepidium*) إذ يكون الإحتمال ضعيف جداً فى أن نكتشف نوعاً واحداً من الحشرات يمكنه أن يرتبط فقط بهذه النباتات.

يجب أن يؤخذ فى الإعتبار أيضاً أن الحشيشة التى تنتمى إلى مجموعة نباتية ذات قيمة إقتصادية قد تمتلك فى جزء من أجزائها صفة أو أكثر من الصفات المورفولوجية تجعل الفرصة ما زالت سانحة للحصول على نوع حشرى معين يمكنه أن يتخصص فى مهاجمة هذا الجزء النباتى دون أى خطر على النباتات القريبة والتى فيها يختلف هذا الجزء النباتى فى مظهره المورفولوجى عن مثيله فى تلك الحشيشة. تكون ثاقبات الجذور وثاقبات السوق والمتغذيات الداخلية على البذرة أو الثمرة أكثر تفضيلاً عن متغذيات الأوراق إذ ستكون أكثر ارتباطاً بعائلها. فعلى سبيل المثال، تنتمى حشيشة البرى برى *Acaena sanguisorbae* إلى جنس قريب جداً من جنس نبات الشليك حيث يتشابه أوراق الجنسين، إلا أن ثمار كليهما يختلفان تماماً عن بعضهما، لذا فإنه من المتوقع أن أى حشرة تتغذى على أوراق البرى برى سوف تهاجم أوراق الشليك أيضاً وهذا هو ما حدث فعلاً مع الخنفساء الأسترالية *Haltica pagana*، لذلك فقد إتجه البحث إلى نوع آخر من الحشرات يتغذى على الثمرة أو البذرة لمكافحة نبات البرى برى. وبالمثل أيضاً فإن الحشيشة *Ulex europaeus* تتبع العائلة البقولية التى تشتمل على أنواع عديدة من الخضروات ومحاصيل العلف ذات القيمة الإقتصادية، إلا أن هذه الحشيشة تتميز بكونها شجيرة شائكة تمتلك نوعاً غريباً من القرون، ولذا فإنه ليس من المتوقع أن الحشرة التى تتغذى طبيعياً داخل البذور الموجودة فى قرون هذه الحشيشة يمكنها أن تهاجم قرون الفول أو البسلة أو البرسيم. وقد أوضحت التجارب التى أجريت على السوسة *Apion ulicis*، التى تصيب هذه الحشيشة، أنه لايمكنها التغذية على قرون الجنس *Cytisus* القريب من جنس هذه الحشيشة، ولذا فإن هذه الحشرة يمكن التعامل معها بأمان تام دون ثمة خطر على النباتات الإقتصادية التى تتبع عائلة هذه الحشيشة الضارة.

من الأمور التى تزيد من تعقيد مكافحة الحشائش بيولوجياً هو وجود أكثر من سلالة للحشيشة الواحدة. فعلى سبيل المثال يوجد لحشيشة Rush weed فى أستراليا ثلاث أشكال مميزة، الشكل ذو الورقة الضيقة، وذو الورقة المتوسطة، والشكل ذو الورقة العريضة. وتشكل السلالة الأولى المشكلة الأساسية وعند إختيار الأعداء الطبيعية لمكافحة هذه الحشيشة أستوردت سلالة إيطالية من الأكاروس *Eriophyes chcondrillae* التى هاجمت السلالة ذات الورقة الضيقة فقط وعندما أستوردت هذه السلالة أخيراً إلى الولايات المتحدة من أستراليا فإنها فشلت فى مهاجمة النباتات الأمريكية مما دفع الأمريكيون إلى البحث عن سلالة جديدة للأكاروس فى أوربا.

من المشاكل أيضاً حول المكافحة البيولوجية للحشائش تضارب الأراء، كما سبق ذكره، حول قيمة الحشيشة المتوطنة، الأمر الذى لابد من حسمه قبل إستيراد الأعداء الحيوية لهذه الحشيشة. إذ بمجرد أن يستورد العدو الحيوى وينشر فى الطبيعة يكون من الصعب التحكم فى إنتشاره والسيطرة عليه. فعلى سبيل المثال، فقد قام جدل حول القيمة الإقتصادية للحشيشة *Tomarix namosissima* وهى حشيشة فى وديان الأريزونا والمكسيك وتكساس، ولها فى نفس الوقت قيمة فى هذه المناطق بالنسبة لمربى النحل كمصدر لإنتاج العسل، وللصيادين إذ أنها تشكل عشوشاً طبيعية للطائر *Zenaida asiatica*، ويعتبر حل هذه المشاكل الإقتصادية من الأمور المعقدة خصوصاً إذا لم يتوافر البيانات والمعلومات الإقتصادية الكافية.

يتطلب إختيار أى حشرات يُرى إنها ذات قيمة فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش، إختبارات مجهدة تتعلق بإمكانيات تغذيتها على نباتات أخرى غير الحشيشة المعنية المراد مكافحتها. ويجب أن تجرى التجارب الأولية فى المواطن الطبيعية لهذه الحشرات. وعندما تعطى هذه الإختبارات نتائج سلبية فإنه يكون من الضرورى إجراء تجارب أخرى تحت الظروف البيئية الجديدة المزمع توطين الحشرة بها ويجب أن يكون هذا النوع من التجارب محكم التصميم حتى تتم الإستفادة إلى أقصى درجة ممكنة.

إختبار الأنواع النافعة لمكافحة الحشائش

أصبحت الطرق العملية لوقف المخاطر المتعلقة بمكافحة الحشائش بيولوجياً، أو تقليلها إلى أقل حد ممكن، من الأمور المفهومة جيداً. تستبعد التجارب الأولية التى تجرى فى المواطن الطبيعية كل أنواع الحشرات التى تنتمى إلى المجموعة الأولى السابق ذكرها، ولايسمح بالدخول إلى مناطق الإستيراد إلا لتلك الحشرات التى تنتمى بكل تأكيد إلى المجموعة الثانية فقط. ولهذا الغرض فإنه يجب أن يكون هناك دراسة فى الموطن الأصلى لتحديد ما هو المدى الغذائى للحشرة المطلوب إستيرادها وذلك بإتباع طريقة تجارب التجويع، ويجب أن تشمل التجارب تلك النباتات الإقتصادية الأساسية التى تنمو فى هذا الموطن الأساسى والمصاب بتلك الحشيشة. تعطى الحشرة فرصة الإختيار فى التغذية على واحد من هذه النباتات أو أن تجوع، فإذا فضلت الجوع حتى الممات فهذا دليل معقول على أن الحشرة سوف لاتأكل نفس النبات عندما يكون موجوداً ضمن أغذيتها الطبيعية. ولكى تكون هذه الإختبارات كاملة، فإنه يجب إجراؤها مع كل أطوار الحشرة من اليرقة الحديثة حتى الحشرة الكاملة.

obeikandl.com

ومع كل إختبار، تقسم مجموعة من بيض الحشرة إلى قسمين متساويين ليخرج عشرون يرقة على الأقل من كل مجموعة. توضع يرقات المجموعة الأولى فى قفص به النبات الإقتصادى المراد إختباره، بينما توضع يرقات المجموعة الثانية فى قفص مشابه به الغذاء النباتى الطبيعى، فإذا ما حدث أن يرقات المجموعة الثانية تغذت طبيعياً فى الوقت الذى لم تتغذ فيه يرقات المجموعة الأولى يكون هذا الإختبار محدداً وصحيحاً. ويجب أن تستمر الدراسة على الحشرة التى وقع عليها الإختيار فى البلد المزمع إستيراد النوع النافع اليها وأن يصمم لذلك معمل حشرى لهذا الغرض يتوفر فيه كافة الإحتياجات حتى لا تدخله حشرات غريبة أو تهرب منه من أى منفذ من النوافذ، ويجب أن يكون ذو أبواب محكمة، وأن يكون دخول العمال وغيرهم محكماً، وأن يكون هناك تعليمات خاصة بالتأكد من عدم تعلق أى حشرات فى ملابس العمال الداخلين أو الخارجين من وإلى الحجرات المعزولة.

تتضمن الإختبارات فى الموقع الجديد إعادة تجارب التجويع التى سبق إجراؤها فى الموطن الأصلى، بالإضافة إلى عدد من إختبارات البيض التى تصمم لتحديد إستجابات وضع البيض فى هذه الحشرة. فقد يحدث فى بعض الحالات أن تضع الحشرة بيضها على نبات لا يمكن لليرقات أن تتغذى عليه أو أن تتغذى اليرقات على نبات معين ترفض الحشرة أن تضع بيضها عليه، وفى أى من الحالتين يكون من المرغوب فيه توافر معلومات دقيقة عن إستجابات وضع البيض فى الحشرة موضع الدراسة. تمتد تجارب التجويع لتشمل أيضاً النباتات المتوطنة ذات القيمة الإقتصادية والتى لا تكون فى متناول الحشرة فى أماكن تواجدها الأصلية.

عندما تجتاز الحشرة كل هذه الإختبارات بنجاح، فإنه يتبقى عندئذ العمل الشاق لتدبير الطرق التى بها يمكن تربية هذا النوع بأعداد كافية، حتى يمكن إطلاقها فى الطبيعة.

أولا: بيولوجيا عناصر المكافحة البيولوجية للحشائش Biology of Weed Control Agents

يستخدم ثلاث مجاميع رئيسية من الكائنات فى المكافحة البيولوجية للحشائش وهى:-

١- مفصليات الأرجل العاشبة Herbivorous arthropods

٢- الممرضات الفطرية Fungal pathogens

٣- الأسماك أكلات الأعشاب Fish

وسوف نتناول فى هذا الجزء بيولوجيا كل من هذه العناصر.

١- مفصليات الأرجل العاشبة Herbivorous invertebrates

يعتبر التخصص العائلى، ودرجة تأثير وأداء العنصر الحيوى المستخدم فى المكافحة أهم صفتين فى ملامح features بيولوجيا مفصليات الأرجل العاشبة، والتى يجب أن تؤخذ فى الإعتبار عند إستعمالها فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش. فالعنصر المستورد الى مناطق جديدة يجب أن يمتلك من درجة التخصص العائلى ما لا يؤثر سلباً على النباتات المحلية أو تلك ذات القيمة الإقتصادية الهامة. كما تعتبر العوامل التى تؤثر على سعة هذا المدى العائلى من الأهمية بمكان عند تصميم إختبارات التخصص العائلى، إذ أن هذه التجارب تحدد مستويات الأمان أو المخاطر التى تحكم قبول أو عدم قبول هذا العنصر أو ذاك كأداة للمكافحة البيولوجية. وعلى نفس النهج أيضاً فإن المعلومات المتعلقة بفسيولوجيا وإيكولوجيا النبات (الحشيشة) لها من الأهمية فى تفهم الصفات البيولوجية التى تحدد أى من العناصر يكون فاعلاً فى خفض تعدادات نباتاتها المستهدفة ولماذا كان لها هذا التأثير. يتطلب الأمر أيضاً معلومات إيكولوجية أبعد من ذلك للوقوف على أى مستوى من الضرر يمكن أن يؤثر على تعدادات الحشائش المستهدفة متضمناً التأثير على كثافة الحشيشة ومعدل إنتاجها.

وغالباً ما يكون التفاعل interaction بين العنصر المستخدم والحشيشة المستهدفة والبيئة أمر فاصل فى تحديد نجاح أو فشل عنصر حيوى معين فى بيئة بعينها. هناك مواضيع أخرى يجب مناقشتها، بجانب مناقشة حدود المدى العائلى للنوع العاشب، مثل طرائق قياس هذا المدى، وطبيعة التأثيرات الفسيولوجية للأنواع العاشبة على النباتات، وبعض التفاعلات الأخرى التى تشكل الحاصل النهائى لمشاريع المكافحة البيولوجية للحشائش. ومن بين هذه التفاعلات ما هو قائم بين الأنواع المختلفة العاشبة، وتلك التى بين الحشائش المستهدفة وغيرها من النباتات المنافسة، وتلك التى بين عوامل الضغط المختلفة من الأنواع العاشبة والعوامل غير الحيوية.

وأخيراً، لابد أن يؤخذ فى الإعتبار تجميع كل ما يمكن من معلومات حول العنصر الحيوى والحشيشة المستهدفة والظروف البيئية المحيطة حتى يتسنى الإختيار الأفضل للعنصر الحيوى.

المحددات البيولوجية لمدى العوائل النباتية Biological determinants of Host plant range

لماذا يتغذى نوع معين من المفصليات العاشبة ويضع بيضاً على بعض النباتات ولا يستطيع ذلك فى البعض الآخر؟ سؤال بيئى هام وفاصل يتمركز حوله العديد من الدراسات. يعتبر تقدير درجة التخصص العائلى لأحد العناصر المرشحة للإستيراد لإستغلاله فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش من الضروريات الأساسية عند التخطيط لمكافحة الحشائش بيولوجياً.

يشمل إدخال نوع نباتى ضمن المدى العائلى لعاشب من مفصليات الأرجل خطوتين أساسيتين هما العثور finding على وقبول العائل النباتى (عادة بواسطة الحشرة الكاملة البياضة)، وقبول الحشيشة للتغذية عليه بنجاح (عادة بواسطة اليرقات والحوريات). ويعتقد، من بين هاتين الخطوتين، أن العثور على وقبول الحشيشة بواسطة كوامل الحشرة هو العامل الذى غالباً ما يحدد سعة المدى العائلى لمفصليات الأرجل العاشبة. هناك العديد من العوامل التى يمكن أن تؤثر على قدرة كوامل الحشرات البياضة فى الوصول إلى locate أنواع نباتية معينة ثم تقرر بعد ذلك قبوله أو رفضه كمكان لوضع البيض. تتضمن هذه العوامل صفات النبات features ومكوناته الإيكولوجية ecological community (مثل كيمياء النبات، ومورفولوجيا النبات، والتوزيع الحيزى (الفراغى) spatial والتداخلات البيولوجية)، وأيضاً صفات الحشرة ذاتها (مثل حمل البيض egg-load وملامستها السابقة للعائل النباتى، وعمر الحشرة ودرجة الجوع). وعموماً فإن هذه العوامل تحدد المدى العائلى فى الطبيعة أو ما يعرف بالمدى العائلى الإيكولوجى ecological host range والذى غالباً ما يختلف عن المدى العائلى تحت ظروف الإختبارات المعملية وهو ما يعرف بالمدى العائلى الفسيولوجى physiological host range. تتضمن العوامل التى تشكل المدى العائلى الإيكولوجى كل من: ١- فسيولوجيا الحشرة العاشبة والمحفزات الحسية sensory cues، ٢- تاريخ النمو والخبرة.

١- فسيولوجيا الحشرة العاشبة والمنبهات الحسية:

يمكن الوقوف على خمس عوامل تعمل كمحفزات سريعة immediate cues لإختيار الحشرة العاشبة البياضة لعائلها النباتى وهى كيمياء النبات، وصفاته المورفولوجية، والتغيرات البيئية، والتداخلات البيولوجية للنباتات، والعوامل الفسيولوجية للحشرة.

يمكن أن تتضمن صفات النبات الكيميائية المؤثرة على كوامل الحشرات البياضة مواد خاصة جاذبة أو مواد خاصة طاردة أو غيرها من المحفزات cues العامة الأخرى مثل السكريات والماء وغيرها. وقد وجد أن قبول العائل النباتى من ناحية الحشرة الكاملة وصلاحيته للتغذية من ناحية اليرقات أقل ارتباطاً مما كان يعتقد. فقد لوحظ فى حالات كثيرة أن يكون النبات مناسباً من الناحية الغذائية للنمو اليرقى للحشرة، لكنه يرفض بواسطة الحشرة الكاملة البياضة، والعكس فى حالات كثيرة أيضاً يكون فيها النبات المناسب لوضع البيض ليس هو الأمثل للتغذية اليرقية. ويظهر أن كيمياء النبات تؤثر على كل من القبول والصلاحية بطريقة منفصلة وليست دائماً فى نفس الإتجاه، ولكن بسبب أن إختيار النبات يتم بواسطة كوامل الحشرات البياضة تصبح هى

المتحكمة فى هذه الخطوة وبالتالى تؤثر بقوة على المدى العائلى. يشذ عن هذه القاعدة الأنواع الحشرية التى تضع بيضها بعيداً عن العائل النباتى ثم تنتشر صغارها بحثاً عن الغذاء. وغالباً ما تكون الأنواع الحشرية العاشبة محدودة المدى العوائلى مهيأة للإستجابة لمواد كيميائية معينة متواجدة فى عوائلها النباتية. أما الأنواع الواسعة المدى العوائلى فغالباً ما تستجيب بدرجة أكبر لمنبهات غير متخصصة تتواجد فى غيبة المركبات الطاردة الخاصة.

أما عن الصفات المورفولوجية للنبات فيمكن أن يؤثر العديد منها مثل الشكل والحجم واللون والملمس والمظهر العام على إختيار الحشرة العاشبة لعائلها النباتى لوضع البيض عليه.

أما عن التغيرات البيئية، فيمكن أن يزيد أو يقلل العديد من العوامل البيئية فى قبول الحشرة العاشبة لنبات معين. فعلى سبيل المثال هناك إختلافات فى الإستجابة تجاه النباتات النامية فى مساحات مشمسة وتلك فى الأماكن الظليلة. كذلك يمكن أن تكون النباتات التى تعانى من العطش أكثر أو أقل جذباً لكوامل الحشرات البياضة عن تلك التى لا تقع تحت ضغط نقص الماء. وكذلك النباتات ذات القيمة الغذائية المنخفضة يفضل إستخدامها فى المناطق التى يطول فيها الموسم ذو الحرارة المعتدلة بدرجة تسمح بإستكمال دورة حياة الحشرة ولكن ليس فى المناطق التى يقصر فيها الموسم الحرارى المناسب للنمو.

أما عن التداخلات البيولوجية للنباتات، فيمكن أن تؤثر كثافة النبات مثلاً فى إستجابات الحشرات العاشبة لوضع البيض، إذ يمكن أن تنجذب العاشبات المتخصصة إلى المواقع الكثيفة للنبات العائل. كما يمكن أن يزيد أو يقلل تواجد أنواع نباتية أخرى من درجة قبول العائل النباتى. فعلى سبيل المثال، فإن النبات الأقل تفضيلاً يمكن أن يستعمل لو تواجد مع نبات أكثر تفضيلاً.

أما عن تأثير العوامل الفسيولوجية للحشرة فيمكن أن يؤثر حمل البيض لها egg load، وعمر الحشرة فى درجة إستعداد الأنثى لوضع البيض. ففى بعض الأنواع الحشرية، تكون الإناث ذات حمل البيض الكبير على إستعداد لقبول عوائل نباتية أقل تفضيلاً لوضع البيض. كما أن الإناث الأكبر عمراً من ذبابة التفاح *Rhagoletis pomomella* تكون أكثر قابلية، مع تقدم عمرها، لعوائل نباتية لا تقبل بواسطة إناثها الأصغر عمراً.

٢- تاريخ نمو الحشرة العاشبة والخبرة:

يمكن أن تؤثر الخبرة المبكرة لكوامل الحشرات، مثل الخبرات المكتسبةgained experiences من العائل النباتى من خلال الطور اليرقى بعد خروجه كحشرة كاملة، يمكن أن تؤثر فى تفضيل العائل. يمكن أن تغير مثل هذه الخبرات من حساسية أعضاء الحس السطحية لمنبهات العائل

النباتى، أو يمكن أن تغير من إستجابة الجهاز العصبى المركزى للمنبهات. قد تحدث هذه التأثيرات منفصلة عن بعضها أو مع بعضها. ويمكن أن تتعلم الحشرات إستعمال أنواع جديدة من العوائل النباتية وبصفة خاصة عند ندرة العائل المفضل وتواجد العوائل الأخرى.

إختبارات المدى العائلى والتقييم الحقلى:

الهدف من إختبارات المدى العائلى هو تقدير الأنواع النباتية التى يمكن أن تهاجم بواسطة الحشرة العاشبة بعد إطلاقها فى الموقع الجديد. تتضمن طرائق تحديد المدى العائلى إختبارات معملية لتحديد المدى العائلى الفسيولوجى physiological host range للطور المتغذى، وإختبارات لتحديد أى من العوائل النباتية مقبولاً لوضع البيض بواسطة الحشرة الكاملة للعاشب. بالإضافة إلى هذا، فإن إختبارات الإختيار لوضع البيض تحت الظروف الحقلية فى الموطن الأصلى للحشرة يمكن أن تتم لكى نستبعد أى أخطاء يمكن أن تنشأ بسبب الظروف غير الطبيعية التى تكتنف التجارب المعملية.

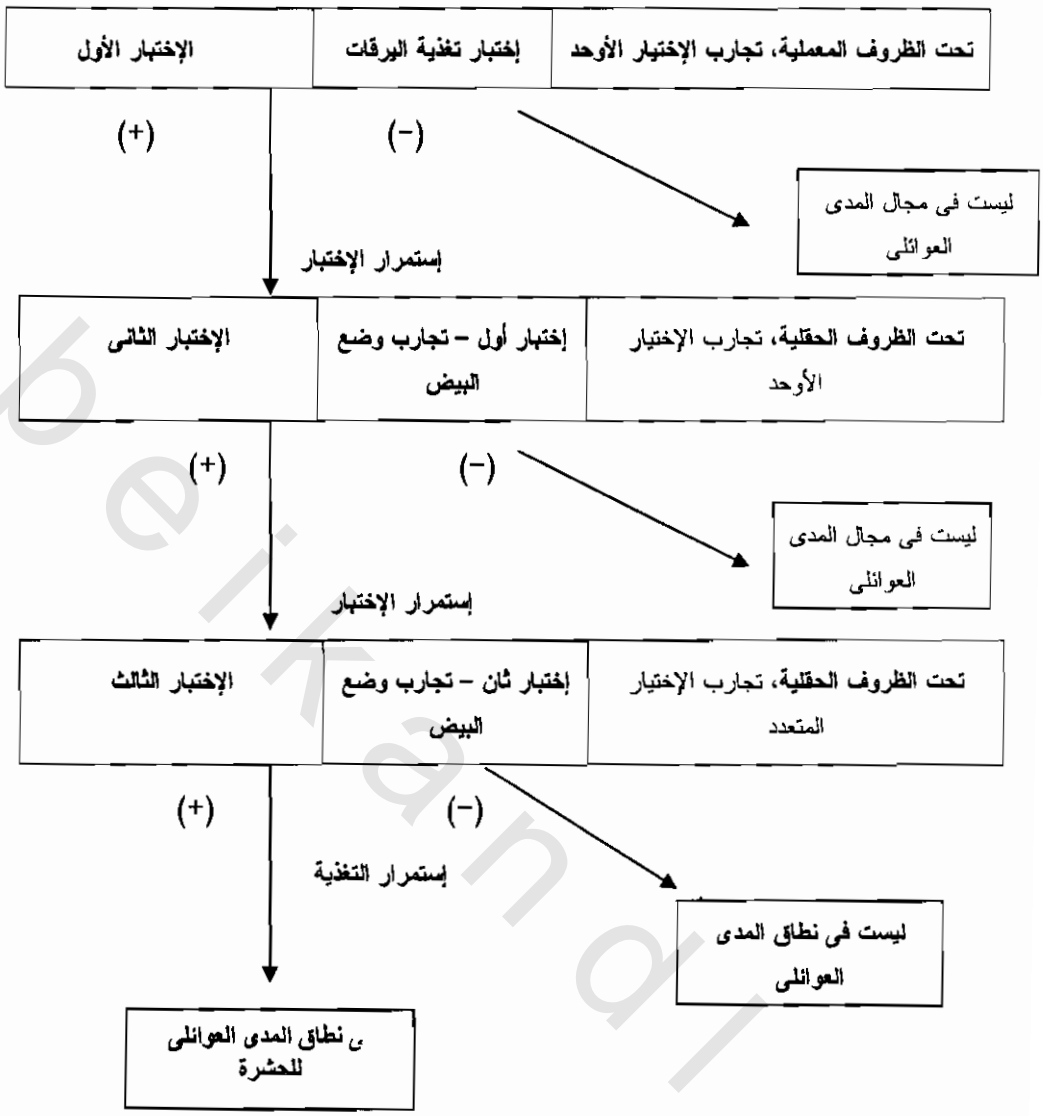
يسمح تكامل البيانات من الإختبارات المتنوعة بالتقدير السليم للمدى العائلى. وهناك طريقة لهذا التكامل يطلق عليها "Reverse order sequence" لتحديد المدى العائلى يمكن تلخيصها كما يلى (شكل ١:٧): يبدأ التتابع sequence بإختبارات تغذية اليرقات (تحت الظروف المعملية)، ثم يلى ذلك تجارب وضع البيض بواسطة الحشرة الكاملة تحت الظروف المعملية أيضاً، ثم إختبارات تحت ظروف الحقل المفتوح. يتم إستبعاد أى نباتات لا تقبل فى أى من هذه المستويات من المدى العائلى للحشرة. كذلك يعتبر النبات الذى يتم التغذية عليه بواسطة اليرقات تحت الظروف المعملية لكن لم يصلح لوضع البيض بواسطة الحشرة الكاملة خارج المدى العائلى للحشرة العاشبة. تخضع النباتات المرشحة للمدى العائلى للحشرة العاشبة إلى إختبارات إما منفردة (تجارب الإختيار الأوحد no- choice test) أو فى مجاميع من الأنواع العديدة (تجارب الإختيار المتعدد multi choice test). فى بعض الحالات، سوف تقبل النباتات لوضع البيض فى تجارب الإختيار الأوحد فى حالة عدم تواجد العائل المفضل. فعلى سبيل المثال، وضعت إناث ناخرة الأوراق *Hydrellia pakistanae* بيضاً على حشائش البرك *P. perfoliatus*, *Potamogeton crispus* فى حالة عدم وجود عائلها المفضل *Hydrilla verticillata*، لكنها إستقبلت عدد قليل من البيض أو قد لا يوضع عليها بيض على الإطلاق فى حالة تجارب الإختيار المتعدد. كذلك فإن السوسة *Neohydronomus affinis* تغذت ووضعت بيضاً على أنواع من النبات فى تجارب الإختيار الأوحد لكنها لم تستعمل هذه النباتات فى تجارب الإختيار المتعدد التى تضمنت عائلها النباتى المفضل *Pistia stratiotes*.

بالنسبة للحشرات التى لها القدرة على نقل الممرضات النباتية مثل حشرات المن، فإن تجارب الغربلة screening يجب أن تتضمن أيضاً إختبارات عن قدرة النوع فى نقل مجموعة من الممرضات النباتية التى يمكن أن تتواجد فى موطن الإستيراد. مثل هذه الغربلة يجب أن تركز على كل من تقدير قدرة عنصر حيوى على نقل أى أمراض للحشيشة المستهدفة (وهو ما يعرف بالقدرة المرغوبة desire ability) وأمراض لأنواع أخرى من النباتات (والتى لابد أن تكون غير مرغوبة). ويعتبر تحديد المدى العائلى للممرضات من الأهمية بمكان شأنه فى ذلك شأن العناصر البيولوجية المستوردة.

وبمجرد إتمام تقدير المدى العائلى عن طريق هذه التجارب، لابد من تحديد درجة التخصص العائلى المطلوبة لموقع معين. يكون عدد قليل من العاشبات وحيدة العائل ، لكن معظم الأعداء الحيوية المستخدمة فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش محدودة العوائل. مثل هذه العناصر يجب أن يتم التأكد من أن لها عوائل محدودة بدرجة كافية فيما لو أنها لم تهاجم أى من الأنواع النباتية الهامة ذات القيمة الإقتصادية أو النباتات المحلية أو على الأقل لا يهاجم أى من النباتات المحلية بدرجة كبيرة تقلل من تعداداتها عن المستوى الطبيعى لها. عادة لا تستخدم العاشبات العديدة العوائل كعناصر للمكافحة البيولوجية، لكن قد نرغم على إستعمالها فى بعض الحالات. وهذا يحدث، على سبيل المثال، فيما لو أن العناصر ذات المدى العائلى الواسع سوف تستورد إلى مواقع فيها الحشيشة المستهدفة هى العائل الوحيد فقط ضمن عوائلها، أو فيما لو أن العوائل الأخرى من المدى العائلى فى البيئة المستهدفة كانت أيضاً حشائش.

يعقب إطلاق عناصر المكافحة البيولوجية فى المواقع الجديدة، دراسات حقلية للوقوف على المدى العائلى للنباتات التى تهاجم فعلاً تحت الظروف الحقلية. تسمح مثل هذه الدراسات، بما تمده من معلومات، بدقة المعلومات التى تم الحصول عليها تحت الظروف المعملية فيما يتعلق بالمدى العائلى. من الممكن أن تهاجم الحشرات العاشبة المستوردة أنواعاً نباتية إضافية خارج المعروف عن مداها العائلى والتى تتواجد فى نفس الموقع عندما تكون تلك النباتات متشابهة كيميائياً ومورفولوجياً وفينولوجياً phenologically مع العائل النباتى الطبيعى.

إختبارات المدى العائلى للحشرة العاشبة



شكل (١:٧) تسلسل الإختبارات التى تجرى لتحديد المدى العائلى للحشرة العاشبة المستخدمة فى المكافحة البيولوجية للحشائش.

تأثير العاشب على النباتات:

تقع التأثيرات التى يحدثها العاشب المفصلى الأرجل للنباتات تحت مستويين: المستوى الأول يشمل تغير فى أداء النباتات، والمستوى الثانى يشمل تغير فى ديناميكية تعداد النبات المستهدف. يؤثر العاشب الحشرى على أداء النبات بوسائل عدة منها تقليل الإزهار وتكوين البذور، وتقليل فترة حياة البادرة seedling survival، وتأخير النمو والإنتاج، وتقليل القدرة التنافسية مع غيره من النباتات القائمة، وتقليل المخزون داخل الجذور مع زيادة حساسية النبات لعوامل الضغط غير الحيوية، وزيادة نسبة موت النباتات القائمة.

وتعتبر التأثيرات على أداء النبات ذات أهمية محدودة بالنسبة للمشتغلين فى مجال المكافحة البيولوجية، إذ أن الفيصل الحرج هو كيف وإلى أى مدى تغير هذه التأثيرات من ديناميكية تعداد الحشيشة المستهدفة. تتضمن بعض من هذه التغيرات تقليل إنتعاش نمو البادرات (بسبب هلاك البذور)، وزيادة معدل الموت المباشر للنباتات القائمة بسبب العاشب الحشرى، والموت غير المباشر للنباتات القائمة نتيجة التأثير المشترك للعاشب الحشرى مع عوامل الضغط الأخرى.

تقليل إنتعاش تعدادات النبات Reduced recruitment of the plant population

غالباً ما تستورد الحشرات المتغذية على البذور لمكافحة الحشائش بهدف تخفيض إنتاج البذور الذى يقلل بالتالى النمو والإنتعاش فى طور البادرة. إلا أن العلاقة بين إنتاج البذور وإنتعاش البادرات غالباً ما لا تكون خطية. فقد يكون معدل إنتاج البذور محددا لبعض أنواع النباتات مثل بعض الحوليات، لكن ليس كذلك بالنسبة للنباتات الخشبية المعمرة المستديمة. لو أن تعدادات كبيرة من البذور تراكمت وعاشت فى التربة وكانت الظروف البيئية المحيطة بها مناسبة تماماً للإنبات لكن كانت هناك ندرة فى إنتعاش نمو البادرات، فهذا يرجع إلى عدم القدرة على الإنبات بسبب هلاك البذرة.

هناك من الأمثلة ما يوضح إنخفاض إنتعاش ونمو البادرات عقب إطلاق الحشرات المتغذية على البذور، فبعد إطلاق الحشرة *Trichapion lativentre* بعد إستيرادها من جنوب أفريقيا، إنخفض إنتاج بذور عائلها *Sesbania punicae* بنسبة ٩٨%، ثم إستطاع عنصر حيوى ثان أستورد مؤخراً هو السوسة *Rhyssomatus marginatus* من إهلاك ٨٤% من البذور المتبقية، وبذا إستطاع كلا العنصرين الحيويين معاً من إيقاف نمو هذه الحشيشة تماماً، إذ أدى توقف إنتاج البذور إلى إنخفاض فى معدل الإنبات وبطء فى سرعة إنتشار هذه الحشيشة فى الموطن الجديد.

الموت المباشر للنباتات القائمة:

يمكن للعاشب المفصلى الأرجل أن يقتل عوائله النباتية بسرعة بالإلتهام الكامل لكل النباتات، أو بالإفساد الواضح لأنظمة النبات التركيبية مثل ما يتعلق بأوعية نقل الماء، أو بتساقط الأوراق وما يترتب علي ذلك من فقد المخزون من الكربوهيدرات، وبالتالى عدم القدرة على تجديد النمو الورقى للنباتات. وفى بعض الحالات، قد يلعب العاشب الحيوى دوراً مع عناصر إضافية أخرى مسبباً موتاً غير مباشر للنباتات.

الموت غير المباشر بسبب الحشرة العاشبة:

تقلل الحشرة العاشبة من الكتلة الحيوية biomass المتواجدة فى النبات، وتقلل من إحتياطي المخزون فى الجذور أو في أى أعضاء أخرى، وتقلل من معدل نمو الكتلة الحيوية الجديدة new plant biomass. يتم ذلك كله من خلال مظاهر عدة منها تساقط الأوراق، ونضوب عصارة النبات بواسطة الحشرات الثاقبة الماصة، وإهلاك الجذور بواسطة الحشرات المتغذية على الجذور، والأورام فى أنسجة النبات.

عادة ما تكون العلاقة بين أداء النبات (كنمو عام أو إنتاج بذور) والضرر الناتج من الحشرة العاشبة علاقة خطية linear. لكن قد يكون لعديد من النباتات القدرة على تعويض الضرر الناشئ من الإصابات المتوسطة لدرجة أن العلاقة بين نسبة النباتات الميتة ودرجة الضرر الناتج من الحشرة غالباً ما تكون غير خطية، إذ تكون نوعاً ما محكومة judged بمستوى الضرر. فعلى سبيل المثال تستطيع عديد من نباتات المسطحات الخضراء أن تعيش بحالة جيدة إذا وصل معدل الفاقد من الكتلة الحيوية إلى ٤٠% سنوياً، لكن إذا زاد هذا المعدل إلى ٥٠% يحدث إنخفاض فى حالتها الصحية.

بالإضافة إلى كمية المخزون الغذائى من الكتلة الحيوية التى تستهلك، فإن قدرة النبات على الحياة، عند مهاجمته بالعاشب، تتوقف على أى من أجزاء النبات تم إهلاكه نسبة إلى بقية الأعضاء المستعملة فى تخزين الإحتياطى من الكربوهيدرات، وأيضاً على التوقيت الذى حدث عنده الضرر نسبة إلى موسم النمو. ففى أنواع النباتات التى يخزن فيها الكربوهيدرات فى المجموع الخضرى، فإن تساقط الأوراق يؤدى إلى موت النبات بدرجة أكبر من تلك النباتات التى يخزن فيها الإحتياطي فى الجذور. مثل هذه الأنواع الأخيرة، على العكس من النوع الأول، تكون قادرة على الإستشفاء من تساقط الأوراق بإستخدام المخزون الإحتياطي فى جذورها. غالباً ما يكون تساقط الأوراق مبكراً فى الموسم أقل أهمية بالنسبة للنبات من تساقطه فى منتصف الموسم

والسبب فى ذلك يرجع إلى أنه فى الحالة الأخيرة لا يكون هناك وقت كاف لتجديد النمو الخضرى وإستغلاله فى تكوين مخزون جديد من الكربوهيدرات. أيضاً وقت تساقط الأوراق نسبة لنمو النبات يكون من الأهمية بمكان. يتسبب تساقط أوراق النبات *Carduus thoermeri* فى طور التزهير فى موت النبات، بينما نفس المستوى من التساقط بعد فترة الإخصاب والعقد يكون له تأثير طفيف.

يكون لتكوين الأورام فى أجزاء النبات تأثيراً كبيراً عند مهاجمة الأنسجة مبكراً فى فترة نمو النباتات. إذ ينصرف النبات، كرد فعل، فى تكوين هذه الأورام بدلاً من تكوين أنسجة جديدة. تعمل الأورام الكثيرة كبالوعات للغذاء فيقل النمو الخضرى ويقل الإنتاج إذا كانت الأورام فى مواقع الأنسجة التكاثرية.

طرق قياس التأثيرات على ديناميكية تعداد النبات:

أخيراً لابد أن يترجم تأثيرات العاشبات على أداء النبات بتأثيرات واضحة على ديناميكية تعداداته. أستعمل لهذا الغرض وسائل تعتمد على تهيئة مواقع تفتقر إلى العدو الطبيعى وأخرى تحتوى على العدو الطبيعى الذى يقّيم تأثيره. يمكن تقييم النباتات المحلية (أو تلك الدخيلة المستقرة تماماً) بإستخدام المبيدات الحشرية لإستبعاد العنصر الحيوى من بعض المواقع ومقارنة التغيرات فى أعداد النباتات بها مع مواقع أخرى لم يتم معالجتها بالمبيد فى المنطقة. أستخدم هذا التكنيك، على سبيل المثال، لتقييم تأثير أنواع الخنافس *Trirhabda* spp. على حشيشة *Solidago canadensis*. بالنسبة للعناصر البيولوجية الداخلة فى نطاق الإستيراد، فيمكن الحصول على نتائج تجريبية بدراسة تعدادات النبات قبل وبعد إستيراد العنصر الجديد ومقارنة تلك الإختلافات مع مواقع أخرى يتم إجراء الدراسات فيها فى نفس الفترة الزمنية مع عدم إطلاق العدو البيولوجى بها. أستخدم هذا التكنيك، على سبيل المثال، لتقييم تأثير نوعين من السوس المستورد على حشيشة *Tribulus terrestris*. يمكن إستخدام الإختبارات المعملية أو إختبارات الأقفاص الحقلية (مع إستخدام أعداد مختلفة من العنصر البيولوجى على كل نبات) لتقييم قدرة عنصر المكافحة البيولوجية فى التأثير على أداء النبات من خلال تقدير نسبة الموت وتقليل النمو والإنتاج، أو قدرة النبات على تعويض الضرر.

التداخلات بين العاشب وعوامل الضغط الأخرى:

يعتمد درجة فقد المخزون الغذائى من النبات على التوقيت وعلى قوة عوامل الضغط الأخرى التى تؤثر على النبات.

الضغوط المتضاعفة من عاشبات مختلفة:

فى الأجواء التى تفتقر نسبياً الى عوامل الضغط غير الحيوية على النباتات (لايوجد شتاء بارد أو درجة حرارة عالية بدرجة كبيرة أو فترات جفاف)، قد يكون هناك حاجة إلى سلسلة من إستيراد حشرات عاشبة تعمل بالتتابع على مدار السنة لتهيئة عامل ضغط متراكم على النبات بدرجة تكفى للحد من إنتشاره. فعلى سبيل المثال، لم يتحقق مكافحة حشيشة عنب الديب *Lantana camara* بواسطة العاشب *Teleonemia scrupulosa* بالرغم من إسقاطه للأوراق سنوياً إلى أن تم إستيراد عناصر إضافية تهاجم النبات خلال أشهر الشتاء. كذلك أمكن الحد من إنتاج البذور للحشيشة *Sesbania punicae* بدرجة كبيرة عن طريق التأثير المشترك لنوعين من الحشرات آكلات البذور. كذلك أثبتت الدراسات أن تأثيرات الحشرات المستوردة المهاجمة للحشيشة *Senecio jacobaea* كان بسبب التأثيرات المشتركة لنوعين من الحشرات العاشبة وهما الفراشة *Tyria jacobaeae* والخنفساء *Longitarsus jacobaeae*.

ضغط العاشب الذى يعقبه مباشرة ضغط غير حيوى

تميل النباتات التى تتساقط أوراقها، أو على الأقل أضيرت ضرراً بليغاً بالحشرات العاشبة إلى أن تجدد نموائها كرد فعل لهذا الضرر، معتمدة فى ذلك على المخزون من الكربوهيدرات لتدعم هذا التجديد، وهذا غالباً ما يؤدى إلى نقص المخزون إلى مستويات منخفضة. تعمل النموات الجديدة على إعادة بناء المخزون من الكربوهيدرات وبالتالى تكون النباتات التى إستعملت مخزونها الكربوهيدراتى فى إعادة النمو أكثر حساسية لعوامل الضغط غير الحيوية (مثل إنخفاض درجة الحرارة أثناء الشتاء أو الجفاف أثناء الصيف) خلال تلك الفترة إلى أن يتم إعادة التخزين. ولذلك فإن تأثير هذه الدورة من التساقط وإعادة التوريق يكون أكثر شدة فيما لو حدثت مع بعضها أو قبل فترة تأثير عوامل الضغط غير الحيوية مباشرة (شتاء قارص البرد أو صيف جاف تماماً). أما إذا حدثت عوامل الضغط الإضافية هذه متأخراً، فسوف يكون هناك وقت كاف للنباتات فى أن تعيد توريقها وتخزين الكربوهيدرات، وتصبح أقدر على تحمل عوامل الضغط غير الحيوية. فعلى سبيل المثال، أدى سقوط أوراق الحشيشة *Senecio jacobaea* بواسطة يرقات الفراشة *Tyria jacobaeae* إلى تقليل المخزون الكربوهيدراتى فى الجذور وزيادة معدل الموت بسبب الصقيع. وجد علاقة موجبة، لكنها ضعيفة، بين تأثير الماء كعامل ضاغط والحشرات العاشبة من المن والعناكب على حشيشة القديس يوحنا *Hypericum perforatum* .

العاشب وأمراض النبات Herbivory and plant diseases

يزيد إستقرار الحشرات العاشبة من حساسية النباتات للممرضات النباتية. يعتقد أن موت الحشيشة*Mimosa pigra* بواسطة الممرض *Botryodiplodia theobromae* كان نتيجة تحفيز فراشة حفار الساق التى أستوردت وإستقرت تماماً ضد هذه الحشيشة.

العاشب وإشتراكه مع منافسة النباتات الأخرى

تتنافس النباتات مع غيرها من الأنواع النامية حولها من أجل الماء أو المكان أو الغذاء. فعلى سبيل المثال يعتبر النجيل من أهم المنافسين لحشيشة *Centaurea maculosa* إذ يقلل من معدل تزهيرها بمقدار ١٧% عن الكنترول الذى ينعدم فيه منافسة النجيل. وتعتبر قوة هذه المنافسة من النباتات المجاورة عامل هام يزيد من تأثير الضرر الناتج عن العاشب ضد الحشيشة المستهدفة. يمكن أن تستغل تجارب الدمج بين المنافسة النباتية والعدو الحيوى فى التقييم الكمى للعلاقة بين هذه العوامل. أمكن تقييم منافسة نبات القمح للحشيشة *Amsinckia intermedia* فى وجود أو عدم وجود النيماتودا *Anguina amsinckiae*، ووجد أن وجود هذه النيماتودا أدى إلى زيادة منافسة نبات القمح مع الحشيشة بدرجة كبيرة.

تكون قدرة الحشائش على تعويض الضرر الذى يسببه العاشب بزيادة نموه، تكون أعظم فى غياب المنافسة وتوافر الماء والغذاء. عندما تزداد منافسة النبات فإن الحشيشة المستهدفة تكون أقل قدرة على إستعادة نموها بعدما أضيرت بواسطة العاشب. كذلك يمكن أن تستغل النباتات المنافسة المساحات التى خلت بموت نباتات الحشيشة المستهدفة فيما لو أسرعت فى ملء هذه الفراغات بحيث تصبح غير ملائمة لنمو وإستقرار بادرات الحشيشة المستهدفة.

التفاعلات المشتركة Community interactions

بعيداً عن التأثيرات على النباتات المحلية، والكائنات غير المستهدفة، فإن مجهودات المكافحة البيولوجية للحشائش قد يرتبط بها من الظواهر ما يجب ملاحظتها ومنها:

١- بعض الأنواع من الحشرات العاشبة المستوردة قد تصبح عوائل أو فرائس للأعداء الطبيعية المحلية وعادة من الأنواع عامة التغذية التى لها مدى واسع وعريض. فعلى سبيل المثال، فقد نجح العاشب الحشرى*Pareuchaetes pseudoinsulana* فى بعض المواقع كعنصر للمكافحة البيولوجية للشجيرة العشبية *Chromolaena odorata* بينما فشل تماماً فى أن يتأقلم فى مساحات أخرى حيث تعرض لهجوم وإفتراس حشرات النمل له. وبنفس الشئ تعرضت الحشرة *Cystiphora schmidti* للتطفل بشدة فى بعض المناطق بالطفيل المحلى *Mesopolobus* sp.

٢- الفراغ الذى يخلف المكافحة البيولوجية الناجحة لحشيشة مستهدفة لابد أن يملأ، لكن قد تختلف طبيعة الأنواع النباتية التى ستملأ هذا الفراغ. فى بعض الأنظمة قد تتزايد الأنواع المحلية، وفى بعض المراعى قد يمكن إيذار أنواع مرغوبة من الأعلاف فى هذه المناطق المتاحة. ولو أن فى بعض الظروف قد يؤدى الحد من إنتشار الحشيشة المستهدفة إلى زيادة فى أنواع الحشائش الأخرى.

٣- الأنواع النباتية القريبة من الحشيشة المستهدفة وغير المفضلة كعوائل يمكن أن تهاجم عندما يتواجد النوع الأقل تفضيلاً مع النوع المستهدف المفضل مع بعضهما.

إنتقاء العنصر الحيوى Agent selection

ليس فى الإمكان التوقع الدقيق عن أى من العناصر البيولوجية المرشحة سوف يكون فاعلاً ضد الحشيشة المستهدفة. وبسبب إرتفاع تكاليف إختبارات التخصص العائلى، فإن الأسس التى يمكن أن يعتمد عليها فى وضع العاشب الحشرى تحت مجموعة الأنواع "غير المستحبة" أو "الأنواع الممكنة" تعتبر كافية. عندما تكون الأنواع ممكنة، فإن أفضل السبل الفاعلة لإنتقاء عناصر المكافحة البيولوجية للحشائش هو غالباً إختيار الأنواع التى نجحت فى مكافحة الحشيشة المستهدفة فى البلاد الأخرى ذات الظروف الجوية المشابهة لمناطق الإستيراد. فعلى سبيل المثال، أستخدام العاشب الحشرى *Cyrtobagous salviniae* فى مكافحة الحشيشة *Salvinia molesta* فى جنوب أفريقيا كان إختيار واضح تابع لنجاح إستخدامه مبكراً فى أستراليا وغينيا. بصفة عامة، فقد أقترح ثلاث سبل لإنتقاء العنصر الحشرى.

١- إجراء دراسات عن الحشيشة في مواطنها الأصلية، وتحديد العناصر ذات التأثير الأكبر عليها هناك.

٢- دراسة السجل التاريخى للمشاريع السابقة وتحديد، لو أمكن، أي صفات للعناصر الحيوية أوعوائلها التى عادة ما أعطت نتائج ناجحة.

٣- يمكن أن تصنف scored العناصر وفقاً للخصائص النوعية التى تمتلكها والتى يعتقد، على أسس نظرية أنها ستكون من العناصر الناجحة فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش.

تتضمن الصفات التى يعتقد أهميتها فى عناصرالمكافحة البيولوجية ما يأتى:-

أ- يجب أن يكون العنصر الحيوى ذو كفاءة تناسلية تسمح له بزيادة أعداده بالدرجة الكافية لإهلاك عائله.

obeikandl.com

ب- العنصر الناجح هو ذلك النوع الذى يتمم عمل الضغوط التى تتعرض لها الحشيشة بواسطة العناصر الأخرى فى النظام البيئى.

ج- أنواع العناصر الحيوية ذات الأعداء الطبيعية التى تحد من نشاطها فى موطنها الأصلى يمكن أن تكون مؤثرة ومرغوبة بدرجة كبيرة على فرض أن هذه الأعداء يمكن إستبعادها أثناء عمليات الإستيراد، وعلى فرض أيضاً أنه ليس من المحتمل تواجد أنواع من الأعداء الطبيعية تحل محلها فى منطقة الإستيراد.

وبينما لايوجد دليل مفصل لإنتقاء العنصر الحشرى فإن تلك التصورات وغيرها من التصورات العامة يمكن أن تساعد إلى حد ما فى إنتقاء العنصر المناسب. فعلى سبيل المثال، كانت الظواهر البيولوجية للعنصر الحيوى *Taphrocerus schaefferi* غير مبشرة على أنه سوف يكون فاعلاً ضد حشيشة *Cyperus esculentus* بسبب وجود ظاهرة الإفتراس الذاتى بين أفراده مما يحد من تعداداته المطلوبة لمواجهة الحشيشة، إضافة إلى أنه عرضة للتطفل، مع إحداثه لأضرار بسيطة للحشيشة.

٢- الممرضات النباتية Plant pathogens

تؤثر الممرضات النباتية على نمو وحياة عوائلها بوسائل مختلفة، متضمناً تنكرز necrosis الأنسجة المختلفة، والذبول الدائم بسبب إنسداد الأوعية الخشبية أو كرد فعل للتوكسينات، وتضخم فى حجم الخلايا hypertrophy، أو تكاثر أنسجة الخلايا على نحو غير سوى hyperplasia (فرط الإستنساخ)، أو تساقط الأوراق leaf abscission أو الشحوب etiolation أو المنع من التكاثر. وعلى العكس من مفصليات الأرجل التى أستخدمت من أجل مكافحة الحشائش كعناصر فى برامج الإستيراد، فإن الممرضات النباتية أستخدمت فى كل من برامج الإستيراد والإكثار augmentation التي فيها يستخدم العنصر الحيوى كمبيد حيوى للحشائش bioherbicides. غالباً ما تمتلك عناصر هذين الغرضين صفات بيولوجية مختلفة. وبينما تتواجد مجاميع عديدة من هذه الكائنات ممرضة للنبات (بكتريا، فطر، فيروس، نيماتودا) إلا أن الفطريات نالت الإهتمام الأكبر كعناصر للمكافحة البيولوجية للحشائش.

من الصفات الهامة فى الممرضات المستخدمة فى برامج الإستيراد أن تكون عالية التخصص العائلى، عالية المرضية pathogenicity، ولها القدرة على الإنتشار سريعاً بين مواقع النبات العائل، ففطر الصدأ، على سبيل المثال، يمتلك هذه الصفات. ومن بين فطريات الصدأ، تكون الأنواع التى تتطلب عائلاً واحداً لإتمام دورة الحياة مناسبة للإستعمال، أما الأنواع التى

obeikandi.com

تتطلب عائلين (وهما طبعاً منفصلين تقسيمياً) فهى غير مناسبة ما لم يكن كلا الحشيشتين مناسبتين كأهداف للمكافحة البيولوجية. الممرضات الصدأية لها فاعلية كبيرة كعناصر للمكافحة البيولوجية للحشائش وكل النجاحات الهامة تمت بإستخدام هذه المجموعة من العناصر البيولوجية. على سبيل المثال، أطلق الفطر الصدأى *Uromyces heliotrophi* فى أستراليا لمكافحة الحشيشة *Heliotropium europaeum* بنجاح.

بالنسبة للممرضات الفطرية أو غيرها من الممرضات التى يمكن إستعمالها كمبيدات حيوية للحشائش، فإن صفة سرعة الإنتشار ليست ذات أهمية كبيرة بصفة خاصة بسبب أن العنصر البيولوجى سوف يستخدم طبيعياً على النباتات لقتلها، وأن الإنتشار إلى مساحات جديدة ليس مرغوباً فيه. تعتبر القدرة المرضية العالية والتخصص العائلى من أهم صفات هذه المجموعة. عادة ما تكون الممرضات الفطرية الصدأية – التى يجب تربيتها فى عوائل حية– تكون عادة عالية التكاليف بغرض تربيتها بصورة تجارية ناجحة كمبيدات حيوية للحشائش.

٣- الأسماك آكلة الحشائش Herbivorous fish

سجلت أنواع عديدة من الأسماك كعناصر بيولوجية أستوردت بغرض المكافحة البيولوجية للحشائش. وبعكس مفصليات الأرجل التى تختار غالباً على أساس مداها العائلى الضيق، فإن الأسماك كعناصر بيولوجية للمكافحة غالباً ما تكون آكلات عشب غير متخصصة تستعمل لخفض تعدادات مجتمع النباتات المائيةaquatic macrophytes بأكمله، ولذلك فإن إختبارات المدى العوائلى تلعب دوراً ضئيلاً فى إختيار مثل تلك العناصر.

وربما يكون السؤال الجوهرى الذى يتعلق ببيولوجيا الأسماك فى إنتقاء وتداول الأنواع منها للمكافحة البيولوجية للحشائش هو قدرتها أو عدم قدرتها فى إستقرار establish تعدادات ذريتها فى المساحات التى تطلق فيها. فلو أسئ إدارة ذلك، فإن السمكة العاشبة التى تخفض من تعدادات النباتات الخضراء لها القدرة على التأثير بشدة على النظم المائية بوسائل مختلفة متضمناً ذلك زيادة عكارة الماء وزيادة نمو الطحالب وشدة التنافس مع الأنواع الأخرى من الأسماك وغيرها من الكائنات الحية. لو كان النوع المستعمل نوعاً محلياً أو نوعاً مستقراً من قبل على نطاق واسع فسوف تكون هذه الإعتبارات فى حدها الأدنى ويمكن أن يكون إنتاجه مرغوب فيه، وخصوصاً إذا كان من الممكن أكله. لكن لو كان النوع المستعمل غير محلى وليس منتشراً على نطاق واسع، فقد يكون من غير المرغوب فيه أن يسمح بهروب نوع من الأسماك قادر على الإنتاج capable of breeding. غالباً ما تكون النظم المائية المقفلة مثل برك الرى وتنكات المياه هى المواقع

المرغوب مقاومة الحشائش فيها. لا يعتبر العزل الطبيعى physical isolation هو الطريقة التى يعول عليها فى ضبط حركة تعدادات الأسماك، إذ يمكن للأسماك أن تتحرك مع الفيضانات أو تنتقل عمداً بواسطة الإنسان لأماكن مائية أخرى. يمكن إستعمال الهجن العقيمة لمنع إستقرار تعدادات الذرية.

نقطة أخرى فى بيولوجيا الأسماك ذات أهمية فى إختيار نوع السمك وهو نظام رعاية الحضنة brood care وقدرة النوع على أن يعمل كمفترس لذرية الأنواع الأخرى. فعلى سبيل المثال، أستورد ثلاث أنواع من الأسماك لخفض تعدادات النباتات المائية وتم إطلاقها معاً فى القنوات المائية. إثنان من هذه الأنواع حلا محل النوع الثالث كلية وهو النوع *Tilapia zillii* وكان هذا الإحلال غير مرغوب فيه لأنه كان معروفاً بكل تأكيد أن هذا النوع الثالث سيعطى أفضل مقاومة. وقد كان هذا الإحلال كنتيجة لقدرة النوعين الأخرين على الإحتفاظ بصغارها فى الفم (وعندئذ تحميها)، بينما النوع الثالث *T. zillii* ليس له هذه الخاصية وبذا تعرضت صغاره للإفتراس من الأنواع الأخرى.

ثانياً: العاشبات والممرضات المستخدمة فى المكافحة البيولوجية للحشائش

Herbivores and Pathogens Used for Biological Weed Control

تتم المكافحة البيولوجية للحشائش من خلال وسيلتين: **أولهما** إستيراد الأعداء الطبيعية ضد الحشائش المحلية والدخيلة، **وثانيهما** إكثار الأعداء الطبيعية التى أطلقت أو استخدمت فى مواقع معينة وإستعمالها أينما تستوجب المكافحة. تضمنت عمليات الإستيراد فى معظمها الحشرات وقليل من مفصليات الأرجل الأخرى وبعض الأنواع من الممرضات الفطرية ونيماتودا واحدة فقط وهو النوع *Subanguina picridis*. أما عمليات مكافحة الحشائش بيولوجياً من خلال إكثار الأعداء الطبيعية فقد تضمنت فى معظمها مختلف الممرضات الفطرية، والعاشبات الفقارية عامة التغذية والأسماك. أستخدمت الأسماك فى خفض تجمعات الحشائش المائية فى قنوات الرى والتانكات والبرك والبحيرات.

هناك عوامل عديدة تؤثر على درجات النجاح التى تحققت من إستعمال أعداء طبيعية معينة. تتضمن هذه العوامل الخصائص البيولوجية للأعداء الطبيعية، وطبيعة الحشيشة المستهدفة التى سيستخدم معها هذه الكائنات.

تختلف المكافحة البيولوجية للنباتات عن المكافحة البيولوجية للافقاريات فى بعض النواحى الهامة، فالتطفل والإفتراس هما السبب المباشر لموت الأفراد التى تهاجم، وأن عمل الأعداء الطبيعية غالباً ما يعبر عنه بنسبة الموت التي حدثت للآفات اللافقارية. على العكس من ذلك، فإن المكافحة البيولوجية للحشائش يمكن أن تتم بعدد من الميكانيكيات التي يمكن أن تتضمن أو لا تتضمن سبب مباشر لموت الحشائش المستهدفة. فعلى سبيل المثال عديد من نباتات الحشائش المزهرة لها دورة حياة محدودة غالباً لمدة موسم واحد أو عام أو عامين. المكافحة البيولوجية لتعدادات مثل هذا النباتات يمكن أن تتم لو تعرضت النباتات لهجوم مكثف من العاشب الحشرى يحد من قدرتها على الإنتاج تحت المستوى الذى يسمح بإعادة إحلال هذا التعداد. وفى هذا الخصوص يمكن أن تتم المكافحة البيولوجية بنجاح عن طريق إستخدام متغذيات للمجموع الخضرى يترتب عليه الإقلال من الكتلة الحيوية الإنتاجية للنبات reproductive plant biomass وعندئذ تجعل النبات غير قادر على الإزهار أو الإنتاج، أو عن طريق إستخدام متغذيات أزهار التى تهلك الأزهار قبل أن يتم تكوين البذور، أو عن طريق إستخدام متغذيات بذور التى تهلك البذور نفسها. تتطلب النباتات الأخرى، مثل تلك التى تتكاثر خضرياً، بالضرورة أعداء طبيعية تسبب ضرراً كافياً ينتج عنه موت للنبات. تتطلب مكافحة النباتات الخشبية وقتاً أطول للمكافحة مقارنة بالأنواع العشبية بسبب طول عمر مثل تلك النباتات، لكن فى حالات كثيرة مع التكرار المكثف لهجوم العاشب الحيوى للأنواع الخشبية يمكن أن يؤدى إلى الموت الدائم للنبات.

هناك ميكانيكيات مختلفة يمكن بواسطتها أن تؤثر العناصر البيولوجية بنجاح على النباتات المستهدفة. تتضمن هذه التأثيرات التغذية المباشرة على المجموع الخضرى، وتكوين أورام فى أنسجة النبات، وإحداث أمراض لأنسجة النبات. غالباً ما تستورد الحشرات العاشبة، عند إستعمالها فى مجال المكافحة البيولوجية، إلى مناطق يكون فيها تعداد الأعداء الطبيعية لتلك الحشرات أقل من تلك فى مواقعها الأصلية. وبذا تتحرر هذه الحشرات العاشبة من مهاجمة الأعداء الطبيعية لها إلى الحد الذى يسمح لها بخفض تعدادات الحشيشة المستهدفة.

١ - الحشرات Insects

منذ إستيراد ثمانية أنواع من الحشرات إلى جزر هاواى فى المكسيك عام ١٩٠٢ لمكافحة حشيشة عنب الديب *Lantana camara* والحشرات تعتبر العنصر الأساسى المستخدم فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش. أستخدمت أنواع عديدة من الحشرات فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش منها:

الحشرات غمدية الأجنحة Coleoptera

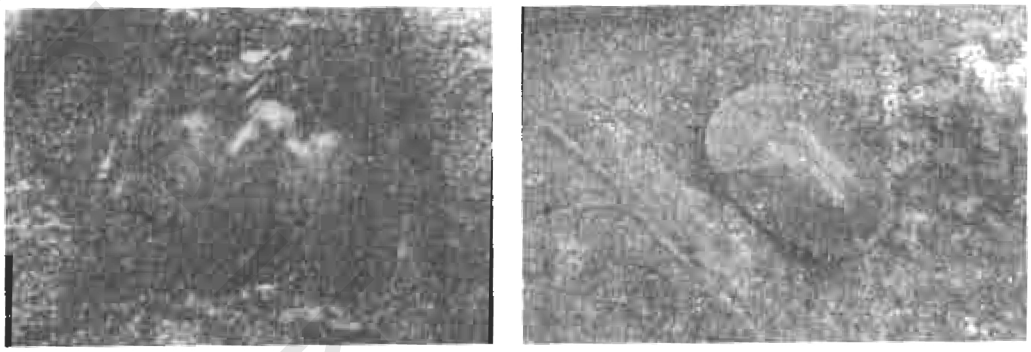
أ- عائلة Chrysomelidae

تتغذى كوامل أعضاء هذة العائلة على المجموع الخضرى والأزهار، أما يرقاتها، التى تتغذى على المجموع الخضرى، فهى صانعات أنفاق leaf miners أو حفارات سوق أو جذور. تدخل معظم أنواعها فى بيات شتوى كحشرات بالغة، والعديد منها ذات ألوان زاهية. من أمثلة هذ العائلة النوع *Agasicles hygrophila* الذى أستخدم بنجاح فى أستراليا وغيرها من المناطق فى مكافحة الحشيشة المائية *Alternanthera philoxeroides* شكل (٢:٧). تتغذى يرقات وكوامل هذه الحشرة على المجموع الخضرى للحشيشة ولها ٥ أجيال فى السنة. تضع الأنثى حوالى ١١٠٠ بيضة فى المتوسط خلال فترة حياتها التى تصل إلى ٧ أسابيع. كما تكافح الحشيشة الأرضية*Senecio jacobaea* بحشرة تابعة لهذه العائلة هى حشرة *Longitarsus jacobaeae* شكل (٣:٧).

شكل ٢:٧) يوضح شكل خنفساء *Agasicles hygrophila* (يمين) المستخدمة فى المكافحة الحيوية للحشيشة المائية *Alternanthera philoxeroides* (يسار).

شكل (٣:٧) يوضح شكل خنفساء *Longitarsus jacobaeae* (يمين) المستخدمة فى المكافحة الحيوية لحشيشة *Senecio jacobaea* (يسار)

وفى مصر، يمثل هذه العائلة حشرة الخنفساء السلحفائية *Cassida sanguinolenta* (شكل ٤) التى تهاجم يرقاتها (٥ أعمار) أوراق حشيشة العليق *Canvolvulus arvensis* خلال شهرى أغسطس وسبتمبر. يلصق البيض على الأسطح السفلية للأوراق (شكل ٤:٧) وخاصة تلك التي تتواجد عند المنطقة السفلية للنبات.



شكل (٤:٧) خنفساء *Cassida sanguinolenta* (يمين) وكتلة بيض تلك الخنفساء (يسار) (شلبى ، ١٩٧٤)

ب- عائلة Curculionidae

أفراد هذه العائلة تقريباً متغذيات نباتية. تتغذى اليرقات إما خارجياً على المجموع الخضرى أو داخلياً فى الثمار والسوق. تتميز كوامل أفراد هذه العائلة ببوز طويل snout به تصنع ثقوباً فى أنسجة النبات بما فى ذلك ثمار الفاكهة وجوز الهند. من أمثلة هذه العائلة، إستخدام السوسة *Rhinocyllus conicus* المتغذية على بذور حشيشة الشوك *Caardus nutans* (شكل ٥:٧) فى كندا، وكذا السوسة *Trichosirocalus horridus* المتغذية على النورات الزهرية لهذه الحشيشة. و أيضاً الحشرة *Neohydronomus affinis* فى مكافحة حشيشة خس الماء *Pistia stratiotes* فى مناطق كثيرة من العالم.

شكل (٥:٧) شكل سوسة *Rhinocyltus conicus* (يمين) المستخدمة فى المكافحة الحيوية لحشيشة الشوك *Cuardus nutans* (يسار)

وفى مصر يمثل هذه العائلة حشرة حفار سوق عرف الديك *Hypolixus nubilosus* (شكل ٦:٧ ا) التى تهاجم حشيشة عرف الديك. يبدأ الضرر بهذه الحشرة مع عملية وضع البيض وتزداد حدة الضرر مع نمو طورها اليرقي. يوضع البيض فردياً داخل نقر تصنعها الإناث بأجزاء فمها، ثم تقوم بتغطية هذه النقر بغطاء مستدير الشكل أسود اللون تفرزه من غددها الزائدة. تحفر اليرقات بعد فقسها مباشرة داخل ساق النبات حيث تتغذى على كل محتوياته الداخلية وبالتالى يزداد الضرر الناتج من الإصابة كلما تقدم عمر اليرقة. تصاب جميع النباتات فى الفترة من أغسطس إلى منتصف أكتوبر. تقضى الحشرة بياتاً شتوياً إما فى طور اليرقة البالغة داخل النفق الذى إمتد إلى الأجزاء السفلية من سوق النبات أو داخل الجذر، أو فى طور الحشرة الكاملة. لليرقة خمسة أعمار.

ومن هذه العائلة أيضاً فى مصر حشرة صانعة أورام الرجلة *Baris arctithorax* التى تهاجم نباتات الرجلة (عوض الله وآخرون، ١٩٧٦ ب). يوضع البيض فردياً داخل تجاويف تصنعها الحشرة الكاملة بأجزاء فمها في سوق الحشيشة. تنمو أنسجة النبات فى أماكن وضع البيض نمواً غير طبيعى على هيئة أورام تأوى بداخلها طورى البيضة واليرقة. قد يصل عدد الأورام إلى ٣٧ ورماً على النبات الواحد في فترة ذروة نشاط هذه الحشرة (منتصف أغسطس). بعد الفقس، تحفر اليرقة لنفسها نفقاً دقيقاً في أنسجة الورم يزداد سعته مع تقدم عمر اليرقة ويحوي بداخله، خصوصاً في الأعمار الكبيرة (الرابع والخامس) كماً كبيراً من البراز يسهم في نمو الفطريات التي تعمل على زيادة الضرر للنبات. في حالات عديدة يحفر العمر اليرقي الأخير (الخامس) نفقاً في إتجاه جذر النبات وبذا يتغير سلوكه من صانع أورام إلى حفار للساق مما يزيد من الضرر الناتج، إذ تصبح الساق مفرغة سهلة الكسر. عندما تصل اليرقة إلى تمام نموها تحفر لنفسها ثقباً لتخرج منه للتعذير في التربة. يشكل هذا الثقب أيضاً مدخلاً لعديد من الكائنات الحية التي تعمل على زيادة الضرر. هذا بالإضافة إلى الضرر الناشئ من الحشرة الكاملة التي تتغذى على كلا سطحي ورقة النبات تاركة طبقات رقيقة جداً من أنسجتها.

ويتبع هذه العائلة أيضاً فى مصر ناخرة أوراق الرجلة *Hypurus bertrandi* (شكل ٦:٧ ب) التى تصيب أوراق الرجلة (عوض الله وآخرون، ١٩٧٦ ج). تصنع اليرقات أنفاقاً فى أوراق الحشيشة من النموذج الثعباني serpentine خلال العمرين الأولين، ثم من النموذج التبقعى bloch خلال العمر اليرقى الثالث حيث يصل الضرر أقصاه عندما تصبح اليرقة فى عمرها الأخير (الثالث). يزداد الضرر عندما تهاجم الحشرة الكاملة أيضاً الأوراق لتتغذى عليها.

ويتبع هذه العائلة فى مصر أيضاً حشرة *Larinus cynarae* (شكل ٦:٧ جـ) وهى تصيب حشيشة *Silybum marianum*. تتغذى الحشرات الكاملة من الذكور والإناث على أوراق هذه الحشيشة. يوضع البيض فردياً أو فى مجموعات صغيرة من بيضتين على قاعدة الحافة الداخلية للأوراق الإبرية والتى تحيط برووس الحشيشة. تحفر اليرقات داخل الرؤوس متغذية على البذور. تكون فترات نشاط هذه الحشرة خلال الفترة من مارس إلى مايو. تدخل الحشرة بياتاً صيفياً فى طور الحشرة الكاملة داخل رؤوس الحشيشة أو فى بقايا الحشائش المتواجدة فى التربة. تتواجد هذه الحشيشة أيضاً فى سوريا ولبنان.

يتبع هذه العائلة أيضاً سوستى *Neochetina eichhorniae* ، *N. bruchi* (شكل ٦:٧ د) وهما حشرتين تم إستيرادهما من فلوريدا بالولايات المتحدة الأمريكية خلال عام ١٩٧٩ من خلال مشروع بحثى مصرى- فرنسى (قسم بحوث المكافحة البيولوجية بوزارة الزراعة) لمكافحة حشيشة ورد النيل (هايسنت الماء) *Eichhornia crassipes*، وهما حشرتين شديدتي التخصص على نباتات فصيلة Pontederiaceae التي لا يمثلها في مصر إلا نبات ورد النيل، وبالتالي لا تهاجم تلك الحشرات أى من المحاصيل الأخرى كالأرز أو البردي وهي نباتات ذات أهمية إقتصادية في مصر والتي تنمو في بيئة مائية. يوضع البيض فى أنسجة الأوراق أو أعناقها المنتفخة الإسفنجية ويفقس إلى يرقات تتغذى داخلياً على محتويات النبات متجهة إلى منطقة تكاثر النبات فتدمرها. يوجد ٤ أعمار يرقية لكل من هاتين الحشرتين، وتصنع اليرقة كاملة النمو شرنقة من الشعيرات الجذرية للنبات تعذر بداخلها ملتصقة بجذور النباتات العائمة تحت سطح الماء. لكل منها أيضاً من ٣-٤ أجيال في السنة، وتمضي الحشرة بياتها الشتوي في صورة عذراء أو حشرة كاملة. حقق أسلوب المكافحة نجاحاً فى بحيرات إدكو ومريوط والمنزلة حيث تجرى التجارب. إنخفضت تكلفة المكافحة بنسبة كبيرة جداً حيث مثلت المكافحة البيولوجية نصف تكاليف المكافحة باستخدام الطرق التقليدية والتى كانت متبعة حتى عام ١٩٩٠.

(ب) *Hypurus bertrandi*

(أ) *Hypolixus nubilosus*

(د) *Neoclietina bruchi*

(جـ) *Larinus cynarae*

شكل (٦:٧) بعض نماذج الحشرات التابعة لعائلة السوس Curculionidae التى تهاجم الحشائش فى مصر

جـ- عائلتى Cerambycidae , و Buprestidae

تحفر يرقات هاتين العائلتين في سوق النباتات الخشبية، أما كواملها فغالباً ما تتغذى على الأزهار. عادة ما يكون لكوامل عائلة Cerambycidae قرون إستشعار طويلة وعيون غائرة وألوان زاهية. أما كوامل عائلة Buprestidae فهى ذات قرون إستشعار قصيرة ومعظم أنواعها ذات الوان معدنية زرقاء أو سوداء أو خضراء أو نحاسية. ومن أمثلة هذه العائلة إستخدام نوعين من الحشرات المتغذية على بذور البقونيات بنجاح فى مكافحة الحشيشة.*Prosopis* sp وهو نبات ذو صفات خاصة مرغوبة لكنه توغل وأصبح يشكل آفة نباتية لها خطورتها.

د- عائلة Bruchidae

تنمو يرقات هذه العائلة داخل الحبوب وبصفة خاصة البقولية منها.

هـ- عائلة Apionidae

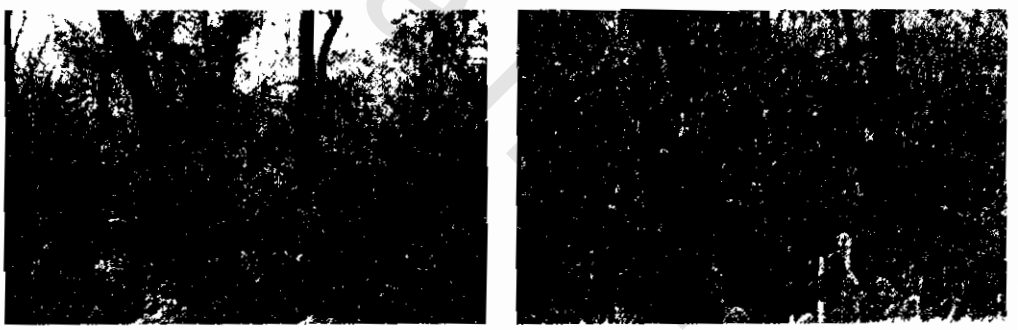
تحفر يرقات هذه العائلة فى الحبوب والسوق وغيرها من أجزاء النبات. تهاجم عديد من أنواع هذه العائلة النباتات البقولية.

٢- الحشرات حرشفية الأجنحة Lepidoptera

أ- عائلة Pyralidae

تعتبر هذه العائلة أكبر ثالث عائلة بين حشرات رتبة حرشفية الأجنحة. الحشرات الكاملة صغيرة الحجم، ورهيفة، وذات خرطوم حرشفى. تتفاوت عادات تغذية اليرقات، فقد تكون الأنواع متغذيات ورقية أو حفارات أو متغذيات على المنتجات المخزونة بما فيها شمع النحل. تعتبر فراشة *Cactoblastes cactorum* واحدة من أشهر أعضاء هذه العائلة التى أستخدمت بنجاح فى مكافحة نباتات التين الشوكى فى أستراليا (شكل ٧:٧). حيث أدى إطلاق تلك الفراشات فى المنتزهات parks التى ينتشر بها نباتات التين الشوكى إلى القضاء على معظم نباتات التين الشوكى والحد من تعداداتها داخل تلك المناطق.

وفى مصر يمثل هذه العائلة الفراشة *Antierecta* (= *Ercta*) *ornatalis* التى تهاجم يرقاتها بشدة أوراق العليق، وليرقاتها خمسة أعمار يرقية.



شكل (٧:٧) يوضح تأثير إطلاق فراشة *Cactoblastes cactorum* لمكافحة التين الشوكى فى أحد المنتزهات فى أستراليا. شكل المنتزه قبل الإطلاق (يمين)، شكل المنتزه بعد الإطلاق (يسار).

ب- عائلة Noctuidae

تعتبر هذه العائلة هى أكبر عائلات رتبة حرشفية الأجنحة. كواملها فراشات ليلية ذات وزن ثقيل. اليرقات ذات ألوان ليست زاهية وأجسام ناعمة. يتغذى معظمها على المجموع الخضرى، لكن البعض منها حفارات للسوق أو قد يتغذى على الثمار.

ج- عائلة Gelechiidae

حشرات صغيرة رهيفة، قمة جناحها الخلفى مدببة ومنحنية قليلا. تتفاوت عادات تغذية اليرقات، فالبعض منها متغذيات أوراق التى تربط أو تلف الأوراق، والبعض الآخر ناخرات أوراق أو صانعات أورام.

د- عائلة Tortricidae

الحشرات الكاملة فراشات صغيرة الحجم، تتميز أجنحتها بوجود شرائط أو تكون منقطة mottled. اليرقات متغذيات ورقية غالباً على النباتات الحولية. يمكن أن تربط أو تلف الأوراق وغالباً ما تحفر فى أجزاء النبات. من أمثلة الحشرات التى تتبع هذه العائلة فراشة *Cochylis atricapitana* التى تصيب حشيشة *Senecio jacobaea*. تبدأ اليرقات التغذية على الزهور ثم تنهى نموها داخل السوق (شكل ٨:٧).

شكل (٨:٧) ساق حشيشة *Senecio jacobaea* متواجد بداخلها يرقات فراشة *Cochylis atricapitana*.

هـ- عائلة Arctiidae

حشرات ذات أحجام متوسطة، يتبعها أربع تحت عائلات محدودة هى Lithosiinae، Ctenuchinae Pericopinae و Arctiinae. تشكل تحت عائلة الفراشات النمر Arctiinae معظم أنواع هذه العائلة، وهى غالباً فرشات ذات ألوان زاهية. اليرقات غالباً مغطاة بشعيرات كثيفة وطويلة وذات ألوان. ومن أمثلة حشرات هذه العائلة الحشرة *Tyria jacobaea* التى إستطاعت مع الخنفساء *Longitarsus jacobaeae* (Chrysomelidae) من مكافحة الحشيشة *Seniso gacobaea* بنجاح.

و- عائلة Gracillariidae

أعضاء هذه العائلة فراشات دقيقة بأجنحة رمحية. يرقاتها صانعات أنفاق leaf-miners من النوع التبقعي bloch. يمكن أن يحدث أكثر من نفق في الورقة الواحدة. يحدث التعذير غالباً داخل النفق أو على سطح الورقة ذات الأنفاق.

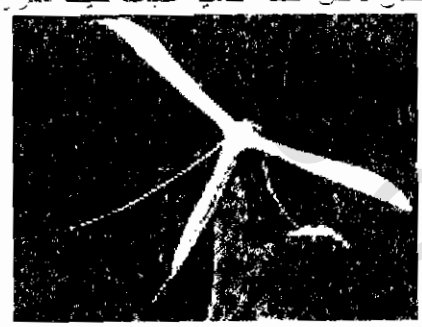
ز- عائلة Lyonetiidae

ويمثلها فى مصر ناخرة أوراق العليق *Bedellia somnulentella* (شكل ٩:٧) التى تفتك يرقاتها أوراق حشيشة العليق. تصنع اليرقات خلال عمريها الأول والثانى أنفاقاً فى الأوراق من النوع الثعبانى، بينما يصبح النفق من النوع التبقعى خلال الأعمار اليرقية الثلاث المتبقية (عوض الله وآخرون، ١٩٧٦ ا).

شكل (٩:٧) فراشة *Bedellia somnulentella* (يمين) وأعراض الإصابة باليرقات على حشيشة العليق (يسار)

ح- عائلة Pterophoridae

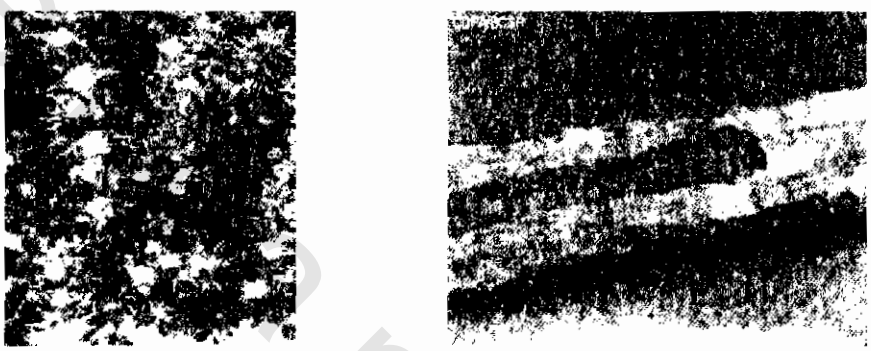
ويمثل هذه العائلة فى مصر الفراشة *Emmelina mondactyla* (شكل ١٠:٧). تتغذى يرقات هذه الفراشة على أوراق حشيشة العليق. يحدث معظم الضرر من العمرين اليرقيين الأولين اللذان يعيشان داخل القمة النامية للنبات حيث يتبرزان ، تتلف هذه المنطقة



شكل (١٠:٧) فراشة *Emmelina mondactyla* (يمين) واليرقات أثناء التغذية على حشيشة العليق (يسار)

ط- عائلة Coleophoridae

ويمثل هذه العائلة فى مصر حشرة *Coleophora parthenica* (شكل ١١:٧) وهى حشرة متخصصة على حشيشة السالسولا *Salsola kali* وهى العائل الوحيد لها ولا تصيب أى من النباتات الزراعية الأخرى. تدخل اليرقات التامة النمو فى بيات شتوى إعتباراً من أوائل سبتمبر وتبقى فى هذا الطور الساكن حتى تبدأ فى التعذير فى النصف الثانى من شهر مارس أو أوائل إبريل. تمضى هذه اليرقات سكونها فى السوق الجافة للحشيشة التى تبقى فى الطبيعة حتى الموسم التالى. تصاب النباتات الجديدة بفراشات الجيل الأول التى تبدأ فى الخروج فى أوائل شهر إبريل. تحفر برقات هذه الحشرة داخل أنسجة الحشيشة. تتواجد هذه الحشرة أيضاً فى سوريا ولبنان. هذا وقد أرسلت شحنات من هذه الحشرة إلى كاليفورنيا عام ١٩٧١ لمكافحة هذه الحشيشة فى المراعى (حافظ وآخرون ١٩٧٨).



شكل (١١:٧) يرقة *Coleophora parthenica* (يمين) أثناء التغذية داخل حشيشة السالسولا (يسار)

٣- الحشرات متشابهة Homoptera ونصفية الأجنحة Hemiptera

أ- عائلة Dactylopiidae

لهذه الحشرات أهمية خاصة كمصدر للصبغات. تتشابه مع حشرات البق الدقيقى من عائلة Pseudococcidae فى مظهرها وعاداتها. تتغذى هذه الحشرات على نباتات الصبار. وبالرغم من أن أعداد هذه العائلة قليل، إلا أنها تلعب دوراً هاماً وناجحاً فى المكافحة البيولوجية لعديد من أنواع الصبارات.

ب- عائلة Tingidae

حشرات صغيرة، أقل من ٥ مم طولاً. حورياتها ذات أجسام مزودة بأشواك. تتغذى الحوريات والحشرات الكاملة معاً على نفس العائل النباتى بإمتصاص عصارة النبات من الأوراق

والأنسجة الأخرى فتكسبه اللون البرونزى. يمكن أن يموت النبات عندما تتزايد كثافة تعداد البقة. قد تكون بعض الأنواع من أفراد تلك العائلة متخصصة إلى درجة ما فى إختيار عوائلها النباتية، والتى غالباً ما تكون إما عشبية أو خشبية. يلعب النوع *Teleonemia scrupulosa* دوراً هاماً فى مكافحة حشيشة عنب الديب *Lantana camara* (شكل ١٢:٧).

شكل (١٢:٧) حشرة *Teleonemia scrupulosa* (يمين) المستخدمة فى المكافحة الحيوية لنبات عنب الديب (يسار)

جـ- عائلة Coreidae

معظم أفراد هذه العائلة نباتى التغذية، البعض منها يتغذى على البذور والآخر على الأوراق الخضراء. للبعض منها سيقان أو أفخاذ خلفية متضخمة، وعديد منها ينتج روائح مميزة.

٤- الحشرات ذات الجناحين Diptera

أ- عائلة Cecidomyiidae

حشرات صغيرة الحجم (عادة أقل من ٥ مم طولاً)، ورهيفة، وذات أرجل وقرون إستشعار طويلة. يشكل حوالى ثلثى تعداد هذه العائلة أوراماً، أما معظم الأنواع الباقية فتتغذى على الخضر المتحللة. القليل منها مفترس. تتكون الأورام على كل أجزاء النبات، بما فيها الأوراق والأزهار والأفرع. يقل تأثير عديد من أنواع هذه العائلة بسبب الطفيليات المحلية.

ب- عائلة Tephritidae

حشرات صغيرة الحجم أو متوسطة، لمعظمها أجنحة مخططة. تتغذى اليرقات داخل أنسجة النبات صانعة أنفاقاً فى الرؤوس الثمرية، أو أوراماً، أو متغذية على الثمار.

ج- عائلة Anthomyiidae

ذباب صغير الحجم، وداكن اللون. تتغذى يرقات معظم هذه العائلة فى التربة على جذور النباتات. يمثل هذه العائلة فى مصر ذبابة البنجر *Pegomyia mixta* التى تهاجم يرقاتها أوراق حشيشة الزربيح والسلق. تصنع اليرقة أنفاقاً فى أوراق العائل من النوع الخيطى خلال اليوم الأول من عمرها، ثم يتحول فى اليوم التالى مباشرة بواسطة اليرقة ذاتها إلى النموذج التبقعى. يتضاعف الضرر عندما تصل اليرقة إلى عمرها الثالث ويكون لها القدرة على مغادرة الورقة المصابة وإصابة أخرى سليمة.

د- عائلة Agromyzidae

ذباب صغير الحجم، أجسامها ذات لون أصفر أو أسود. معظم يرقاتها صانعات أنفاق، ومعظمها من النوع الثعبانى الشكل serpentine، لكن البعض منها يصنع أنفاقاً مختلفة الشكل. تهاجم أنواع تلك العائلة مدى واسع من النباتات وتتواجد فى معظم البيئات.

ويمثل هذه العائلة فى مصر ناخرة سوق العليق *Melanagromyza albocilia* التى تصيب حشيشة العليق. تحدث يرقات هذا النوع من الذباب أنفاقاً فى سوق حشيشة العليق مما يضر بهذا النبات.

ويمثل هذه العائلة أيضاً فى مصر ذبابة الهالوك *Phytomyza orobanchia* التى تصيب ثمار حشيشة الهالوك المعروفة بتطفلها الكامل على عديد من محاصيل الحقل ونباتات الزينة خلال الفترة من مارس إلى مايو وتبلغ ذروة الإصابة باليرقات فى أواخر شهر إبريل حيث تصبح جميع النباتات مصابة. تمر اليرقة بثلاثة أعمار يرقية، ويحدث معظم الضرر من العمرين الأخيرين حيث تلتهم اليرقات كميات كبيرة من البذور غير تامة النضج (شكل ١٣:٧)، كما تفرز كميات هائلة من البراز داخل الثمرة مما يسبب إنكماشها ونعطنها (شكل ١٣:٧). قد تغادر اليرقات الثمرة لتحفر نفقاً بداخل السوق فى إتجاه الجذور. يتراوح عدد اليرقات داخل الثمرة الواحدة من ١ – ٧ يرقات. تقضى الحشرة طوراً من السكون بعد إنتهاء فترة نمو الهالوك على هيئة عذراء عادة ما تتواجد فى بقايا النباتات تحت سطح التربة.

شكل (١٣:٧) يرقة تامة النمو تتغذى على بذور ثمرة الهالوك (يمين) ، ثمار هالوك سليمة وأخرى مصابة (يسار) (شلبى ، ١٩٧٤).

هـ - عائلة Trypetidae

يمثل هذه العائلة فى مصر حشرتى *Chaetorellia succinea*، *Urophora macrura* وهما حشرتان متخصصتان على حشيشة *Centaurea calcitrapa* دون أن تؤثر على بقية المحاصيل الأخرى ذات الأهمية الإقتصادية. تضع الحشرات بيضها على وريقات رؤوس الحشيشة وتحفر اليرقات الحديثة طريقها داخل الرؤوس حيث تصيب البذور. تتواجد هذه الحشرة أيضاً فى سوريا ولبنان.

٥- حشرات رتبة هدبية الأجنحة Thysanoptera

أ- عائلة Phlaeothripidae

حشرات داكنة اللون غالباً، ذات أجنحة فاتحة أو منقطة. البعض منها مفترسات والبعض الأخر يتغذى على الجراثيم، والبعض الثالث على النباتات. من بين ثلاثة أنواع أستخدموا فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش، نجح واحد فقط هو التربس *Liothrips urichi* فى خفض تعداد الحشيشة *Clidemia hirta* فى فيجى.

٦- حشرات رتبة غشائية الأجنحة Hymenoptera

أ- عائلة Tenthredinidae

هى أكثر المجاميع شيوعاً بين الدبابير المنشارية. معظم الأنواع صغيرة الحجم إلى متوسطة (نادراً ما تكون أكبر من ٢٠ مم طولاً). تشبه اليرقات تلك الخاصة بحرشفيات الأجنحة وهى متغذيات خارجية على المجموع الخضرى. لها جيل واحد فى السنة. تمضى الحشرات فترة الشتاء فى صورة عذراء داخل شرنقة أو خلية فى التربة أو فى بؤر أخرى محمية. تتغذى معظم الأنواع على الشجيرات الخشبية أو الأشجار والقليل منها صانعات أورام أو أنفاق. لا يذكر أن أحد أنواع هذه العائلة نجح كعنصر حيوى فى مكافحة الحشائش بيولوجياً.

ب- عائلة Eurytomidae

دبابير دقيقة الحجم معدنية اللون. تتفاوت فى بيولوجياتها، فالبعض منها طفيليات ولكن البعض الآخر يتغذى فى البذور أو قد يكون صانع أورام.

ج- عائلة Pteromalidae

تتضمن هذه العائلة مجموعة متباينة من غشائيات الأجنحة، البعض منها صانعات أورام. نوع واحد من هذه العائلة هو النوع *Trichilogaster acaciae longifoliae* له أهمية فى المكافحة البيولوجية لحشيشة*Acacia longifolia* فى جنوب أفريقيا. لهذه الحشرة جيل واحد فى السنة وتضع الإناث بيضها على البراعم الزهرية للنبات المستهدف. يمكن أن يحدث هجوم مكثف من هذه الحشرة للعائل النباتى المستهدف وعند مهاجمة البراعم الزهرية لا تنتج نورات inflorescenecs أو بذور، وقد أدى الهجوم إلى موت ٣٠ % من الأشجار الكبيرة فى بعض المواقع، مما يعطى إنطباعا على أنه عنصر حيوى واعد فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش.

٢- الأكاروسات Acarina

أجريت قليل من الأبحاث على إستخدام الأكاروسات فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش، إلا أنه فى السنوات الأخيرة زاد الإهتمام بهذا الإتجاه بسبب تأثيراتها على نمو النباتات وإنتاجياتها. سجلت أولى المحاولات لمكافحة الحشائش بيولوجياً بواسطة الأكاروسات عام ١٩٣٢ ومنذ ذلك التاريخ أستخدم أنواع مختلفة بدرجات متفاوتة من النجاح. وقد إستقر حالياً هذا التكنيك كأداة للمكافحة البيولوجية للحشائش. وهناك من الصفات الواجب توافرها فى نوع الأكاروس النموذجى لمكافحة الحشائش منها:

١- أن يكون ذا مدى عوائلى ضيق للغاية ويفضل أن يكون وحيد العائل.

٢- يسهل تربيته تربية كمية تحت الظروف المعملية ويسهل إطلاقه.

٣- ذو كفاءة عالية فى محصلة المعدل السنوى للتزايد (يدخل فى الإعتبار الكفاءة التناسلية وعدد الأجيال وضغط التطفل والإفتراس). من المعروف عن الأكاروسات أنها تتكاثر عدة مرات خلال السنة.

٤- القدرة على أن يوقع ضرراً معنوياً للنبات العائل (يدخل فى الإعتبار الضرر المباشر وغير المباشر) وبذا تتمكن معه النباتات المرغوبة من أن تدخل فى منافسة يترتب عليها إبادة الحشيشة.

٥- أن يكون مناسباً للإطلاق الكمى الفيضى (الغزير) inundative release.

٦- يجب أن يكون الوضع التقسيمى للنوع المستعمل محدد ومعروف حتى يتأكد من إستعمال النوع الصحيح فى برامج المكافحة.

٧- يجب أن يتم تقويم عنصر المكافحة البيولوجية من الأكاروسات تحت الظروف المعملية لتحديد فعاليته بالنسبة للنبات (على سبيل المثال يقلل النمو، بسبب فقد للبذرة، إحداث تساقط للأوراق، وهكذا). ومن العائلات المستخدمة فى هذا المجال ما يلى:

أ- عائلة Eriophyidae

أكاروسات صغيرة الحجم جداً (حوالى ٠,١٥ مم طولاً). تتغذى على أنسجة النبات. تسبب بعض الأنواع أوراماً، والبعض الآخر يتغذى خارجياً على أنسجة النبات وبذا تفقد أجزاء النبات المختلفة لونها الطبيعى. وبالرغم من أن هذه الأكاروسات تعمل ببطء لكنها غالباً ما تؤثر بدرجة كبيرة على العوائل التى تتغذى عليها. ومن النماذج الناجحة إستخدام الأكاروس *Eriophyes chondrillae* الذى يهاجم الحشيشة *Chondrilla juncea* فى أستراليا.

ب- عائلة Tetranychidae

أكاروسات أكبر حجماً من أكاروسات عائلة Eriophyidae. تتغذى على المجموع الخضرى للنبات لكنها لا تسبب أوراماً. ينتج عن عديد من أفرادها ذبول للنبات المتغذى عليه. النوع الوحيد من الحشائش الذى من أجله أستورد الأكاروس *Tetranychus lintearius* هو الحشيشة *Ulex europaeus* فى نيوزيلاندا. كذلك أستورد عرضياً الأكاروس (*T. opuntiae*) *T. desortorum* إلى أستراليا من تكساس عام ١٩٢٢- ١٩٢٣ مع حشرات نبات التين الشوكى وقد برهن على نجاحه

كعنصر لمكافحة التين الشوكى فى أستراليا قبل النجاح العام الذى أظهرته الفراشة *Cactoblastes cactorum* والتى فاقت كل عناصر المكافحة الأخرى.

٣- الممرضات الفطرية Fungal pathogens

تقع الممرضات الفطرية ذات الأهمية فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش فى تحت المجاميع Basidiomycotina, Ascomycotina, Deuteromycotina.

أ- الفطريات الأسكية Ascomycotina

تمت محاولة إستخدام بعض أنواع الممرضات الفطرية التى تقع تحت جنسى *Fusarium*, *Colletotrichum* ضد الحشائش.

ب- الفطريات البازيدية Basidiomycotina

ينتمى إلى هذا تحت القسم ثلاث صفوف هى Holobasidiomycetes (المشروم والأنواع القريبة له)، Phragmobasidiomycetes، Teliomycetes (الصدأ rusts، والتفحمات smuts). غالباً ما تكون أنواع الصف الأول رمية ولذلك فمعظم أنواعها ليس له قيمة كعناصر للمكافحة البيولوجية للحشائش، بالرغم من وجود بعض الشواذ. يتضمن الصف الثانى Phragmobasidiomycetes بعض الأنواع (مثل النوع .spp *Septobasidiales*) الممرضة للحشرات القشرية، لكن المجموعة ليس لها أهمية كممرضات للحشائش. يضم الصف الثالث Teliomycetes رتبتين كبيرتين هما الصدأ، التفحمات وكل منهما ذا أهمية فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش من خلال الإستيراد ضد الحشائش الدخيلة.

تعتبر رتبة الصدأ Uredinales ممرضات عالية التخصص بالنسبة للنباتات الوعائية vascular plants وهى طفيليات إجبارية obligate ولذلك لايمكن زراعتها على بيئات غذائية. الممرضات الصدأية متخصصة فى علاقاتها مع العائل ولذا فهى عناصر مستحبة للإستيراد لمكافحة الحشائش الدخيلة.

ومن أكثر الممرضات الصدأية شيوعاً الممرض *Puccinia chondrillina* فى مكافحة الحشيشة *Chondrilla juncea*. هذا وقد أستخدمت أنواع أخرى من نفس الجنس فى برامج الإكثار. أما التفحمات فهى كالصدأ ممرضات إجبارية للنباتات الوعائية. تصيب عديد من فطريات العفن النباتات العائلة جهازياً systemically ومثل هذه الإصابات تضعف النباتات وتؤثر على إنتاج البذور. الجراثيم سوداء اللون ومن السهل إنتشارها بواسطة الهواء. وكما هو الحال فى

الممرضات الصدأية، فإن ممرضات التفحمات تظهر مستويات عالية من التخصص العائلى، ولذا تعتبر عناصر جيدة للمكافحة البيولوجية للحشائش. ومن الأمثلة الناجحة مرض العفن الأبيض الذى يسببه النوع *Entyloma ageratinae* والذى أستورد إلى هاواى ونجح فى مكافحة عائله المستهدف *Ageratina riparia*.

جـ- الفطريات الناقصة Deutromycotina

لم يتم تصنيف هذه الفطريات بسبب عدم التعرف على أطوارها الجنسية sexual forms. وللتسهيل فقد أمكن تقسيمها إلى صفين وفقاً للصفات المورفولوجية، صف Hyphomycetes وصف Coelomycetes. معظم أنواع هذه المجاميع تنمو على بيئات صناعية. أستوردت بعض الأنواع إلى مواقع جديدة للمكافحة البيولوجية للحشائش كما فى أمراض الصدأ. فعلى سبيل المثال أستورد النوع *Colletotrichum gloesporioidest clidemiae* (*Coleomycetes*) (شكل ١٤:٧) إلى هاواى لمكافحة الحشيشة *Clidemia hirta*. بينما تتطلب معظم الأنواع ظروف بيئية معينة للإصابة، فإن البعض يتطلب ظروف خاصة جداً لإحداث الإصابة.

شكل (١٤:٧) الإصابة بالمسبب المرضى *Colletotrichum* cf. *capsici* والمستخدم كعنصر حيوى ضد الحشائش.

٤- النيماتودا Nematodes

يحدث عدد من نيماتودا النبات المتطفلة وبصفة خاصة فى عائلة Anguinidae أوراماً galls فى المجموع الخضرى. بعض أنواع هذه المجموعة مقاوم للجفاف، وهى صفة مشجعة لبقائها.

يمكن إستعمال عدد من أنواع هذه المجموعة فى مجال المكافحة البيولوجية للحشائش من خلال برامج الإكثار. أستورد النوع *Subanguina picridis* لمكافحة الحشيشة الدخيلة *Centaurea diffusa*.

٥- الفقاريات Vertebrates

تستعمل مجموعة من الحيوانات المستأنسة، مثل الغنم، والماعز، إلى درجة ما لمكافحة الحشائش الأرضية وهو أقرب ما يكون للمكافحة الميكانيكية طالما أن كثافات وسلوك الحيوانات يحكمه ويسطر عليه الإنسان. كذلك تم إستعمال الأسماك لمكافحة الحشائش المائية وقد تم إستيراد عدد من هذه الأنواع لهذا الغرض تقع فى ثلاث عائلات هى Cyprinidae، Cichlidae، Osphronemidae. كل هذه الأنواع عاشبات عامة تقلل من مجتمع النباتات المائية ولذلك يكون إستعمالها محدودا فى الأماكن المحددة مثل البرك وقنوات الرى. لابد أن يتم إستيراد أى نوع بعناية كاملة واضعاً فى الإعتبار إنتشارها لأماكن مائية أخرى. فى بعض الحالات يستعمل الهجن العقيمة لتقليل مخاطر إستقرار تعدادات تلك الأنواع المستوردة. من المحتمل إستعمال بعض القواقع بنفس الأسلوب.

oberikandl.com

References المراجع

Antony, B., Palaniswami, M. S., Kirk, A. A. and Henneberry, T. J. (2004). Development of *Encarsia bimaculata* (Heraty and Polaszek) (Hymenoptera: Aphelinidae) in *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) nymphs Biological Control, 30: 546-555.

Attia, Angel, R. (2003). Ecological and biological studies on the vine mealybug Planococcus ficus (Signoret) and its associated Parasitoids. Ph. D. Thesis, Fac. Agric. Cairo University.

Awadallah, K.T. (1964). Entomophagous insects of common flies in Egypt. M. Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University.

Awadallah, K.T. (1968). Studies on the aphidophagous syrphids commonly found in the U.A.R. Ph.D Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University.

Awadallah, K.T., Tawfik, M.F.S., Shalaby, F.F. (1976 a). Insect fauna of the bind-weed *Convlvulus arvensis* L.. Bull. Soc. entomol. Egypte: 60: 15-23.

Awadallah, K.T., Tawfik, M.F.S., Shalaby, F.F. (1976 b). Notes on the life history of the curculionid, *Baris arctithorax* Pic. On the weed *Portlaca olerraceae* L. Bull. Soc. entomol. Egypte: 60: 35-43.

Awadallah, K.T., Tawfik, M.F.S., Shalaby, F.F. (1976 c). The life history of *Hypurus bertrandi perris* . Bull. Soc. entomol. Egypte: 60: 45-52.

Awadallah,K. T., A.MEA. Aziz, Mona, H, Tawfik, Angel, R. A. (2004) On the biology of the encyrtid parasitoid, Neoplatycerus Palestinensis (Rivnay). Bull. Ent. Soc. Egypt, 81 : 141-152.

Bakke A, Kvamme T (1981) Kairomone response in *Thanasimus* predators to pheromone components of*Ips typographus*. J Chem Ecol 7:305–312

Blackman, R.L. (1967). The effect of different aphid foods on *Adalia bipunctata* L. and *Coccinella 7-punctata* L. Annals of Applied Biology, 59, 207–19.

Blumberg, D. (1997). Parasitoid encapsulation as a defense mechanism in the Coccoidea (Homoptera) and its importance in biological control. Biological Control, 8: 225-236.

Blumberg, D., Klein, M. and Mendel, Z. (1995). Response by encapsulation of four mealybug species (Homoptera: Pseudococcidae) to parasitization by *Anagyrus pseudococci*. Phytoparasitica, 23, 157–63.

Brown, W.L., JR., EISNER, T., and Whittaker, R.H. (1970). Allomones and kairomones: Transpecific chemical messengers. BioScience 20:21-22.

Chan, M.S. and Godfray, H.C.J. (1993) Host-feeding strategies of parasitoid wasps. Evolutionary Ecology, 7, 593–604.

Clausen, C. P. (1976). Phoresy among entomophagous insects. *Annu. Rev. Entomol.* 21, 343–368.

Clausen, C.P. (1940). Entomophagous Insects. McGraw- Hill Co., New York.

Clausen, C.P., Jaynes, H.A. and Gardner, T.R. (1933). Further investigations of the parasites of *Popillia japonica* in the Far East. United States Department of Agriculture Technical Bulletin, 366, 1–58.

DeBach, P. (1964). Biological Control of Insect Pests and Weeds Reinhold, New York.

Douglas, L. D. (1991). Teratocytes and host/parasitoid interactions. Biological control, 1: 118-126.

Doutt, R. L. (1958). The biology of parasitic Hymenoptera. Annual Review of Entomology, 3: 161-183.

Doutt, R. L. (1964). Biological characteristics of entomophagous adults. pp 145-167, In Biological Control of Insect Pests and Weeds (DeBach P., ed.). Reinhold, New York.

Dowell, R. (1978). Ovary structure and reproductive biologies of larval parasitoids of the alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae). Canadian Entomologist, 110, 507–512.

Dyer, EDA (1973). Spruce beetle aggregated by the synthetic pheromone frontalin. Can J Forest Res 3:486–494

El-Basha, Nesrin. A. and Mandour, N. S. (2005). The predation of *Stethorus gilvifrons* (Muls.) (Coleoptera: Coccinellidae) on different egg densities of *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae). Agricultural Research Journal, Suez Canal University, .5: 109-114.

El-Housseini, M. M. (1969). Studies on the earwig *Labidura riparia* Pallas. M. Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University.

Fisher, R.A. (1930) The Genetical Theory of Natural Selection. Oxford University Press, Oxford.

Fisher, R.A. and Ford, E.B. (1947) The spread of a gene in natural conditions in a colony of the moth *Panaxia dominulua* L.. Heredity, 1, 143–74.

Fisher, R.C. (1961) A study in insect multiparasitism. II. The mechanism and control of competition for the host. Journal of Experimental Biology, 38, 605–28.

Fisher, R.C. (1971). Aspects of the physiology of endoparasitic Hymenoptera. Biological Reviews, 46, 243–78.

Fitzgerald TD, Nagel WP (1972) Oviposition and larval bark surface orientation of *Medetera aldrichii* (Diptera: Doliehopodidae). Ann. Ent. Soc. Am. 63 (3):913–914

Fuhrer, E. (1968). Parasitaere Ueraendorungen am Wirt and ihre Oekologische Bedeutung Fued den Parasiten. Entomophaga 13: 241-250.

Fulton, P. P. (1933). Notes on *Habrocyrus cerealella*. Ann. Entomol. Soc. Am., 26: 536.

Godfray, H.C.J. (1994) Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology. Princeton University Press, Princeton.

Griswood, G.H. (1922). On the bionomics of a primary parasite and of two hyperparasites of the germarium aphid. Ann. Entomol. Soc. Am., 22: 438-457.

Gurr, G., Wratter, S. and Barbosa, P. (2000). Success in conservation biological control of arthropods. In Biological Control: Measures of Success, Gurr, G., Wratter, S. (eds.), Kluwer Academic Publishers.

Hafez, M. (1974). Studies on certain promising insects for the biological control of thistles, final reports (1971-1974).

Hafez, Mostafa, Y. H. Fayad, A. A. Sarhan (1978). Coleophora Parthenica Meyrick in Egypt, a potential agent for the biological control of the noxious thistle, Salsola Kali L.

Hagen, K. S. (1976). Role of nutrition in insect management. Paper presented at Tall Timbers 6th Conference on Ecological Animal Control by Habitat Management. pp. 221-226.

Hagen, K. S. (1986). Ecosystem analysis: plant cultivars (HPR), entomophagous species and food supplements. *In*: Boethel, D. J. and Eikenbary, R. D., (Eds), Interaction of Plant Resistance and Parasitoids and Predators of Insects. John Wiley & Sons, New York, Pp 151-197.

Hagen, K. S., S. Bombosch and J. A. McMurtry (1976). The biology and impact of predators, pp. 93-142. In C. B. Huffaker and P. S. Messenger [eds.], Theory and practice of biological control. Academic Press, New York.

Hamilton, W.D. (1967). Extraordinary sex ratios. Science, 156, 477–88.

Hassell, M.P. and Varley, G.C. (1969) New inductive population model for insect parasites and its bearing on biological control. Nature, 223, 1113–37.

Heil, M. (2009). Damaged-self recognition in plant herbivore defence. Cell, (In press, 8 pages).

Heinerichs, E. A., Aquino, G. B., Chelliah, Valencia, S. L. and Reissig, W. H. (1982). Resurgence of *Nilaparvata lugens* (Stål)Populations as Influenced by Method and Timing of Insecticide Applications in Lowland Rice. Environmental Entomology, 11: 78-84.

Hellins, J. (1881). *Sericomyia* "singing: while at rest. Entomol. Month. Mag., 18: 190.

Hodson, W. E.H. (1932). The large narcissus fly *Merodon equestris* Fab. Bull. Entomol. Res., London, 23: 429-448.

Howard, L. O. (1927). Concerning phoresy in insects. *Entomol. News,* 38, 145–147.

Hunter, M. and Woolley, J. B. (2001). Evolutional and behavioral ecology of heteronomous aphelinid parasitoids. Annual Review of Entomology, 46: 251-290.

Ibrahim, A. M. A., K. T. Awadallah, M. D. Abdallah (1991) Influence of supplemental diets on the chrysupids on apple trees at Giza governorate Egypt. J. Biol. P. Control 1 (2) : 129-133.

Jervis, M. A., G. E. Heimpel, P. N. Fern, J. A. Harvey, and N. A. C. Kidd. (2001). Life-history strategies in parasitoid wasps: a comparative analysis of 'ovigeny'. *Journal of Animal Ecology* 70: 442-458.

Jervis, M. and Kidd, N. (1996). Insect Natural Enemies. Chapman and Hall, London.

John J. B., and Darcy R. L. 1991. Ecdysteriods and insect host/parasitoid interactions. Biological Control, 1: 136-143.

Jones, D. A., Parsons, J., and Rothchild, M. (1962). Release of hydrocycanic acid from crushed tissues of all stages in the life cycle of species of *Zygaeninae* (Lepidoptera). *Nature* 193, 52–53.

Karlson, P. and Beitenadt, A. (1959). Pheromones (Ectohormones) in insects. Annu. Rev. Entomol., 4: 39-58.

Karlson, P. and Luscher, M. (1959). "Pheromones" a new term for a class of biologically active substances. Nature (London) 183:155-56.

Khan, Z. R., James, D., Midega, C.A.O and Pickett, J.A. (2008). Chemical ecology and conservation biological control. Biological Control, 45: 210-224.

Kline, L.N, Shmitz, R.F., rudinsky, J.A. and Furness, M.M. (1974). Repression of spruce beetle (Coleoptera) attraction by methylcyclohexenone in Idaho.*Can. Entomol.* 106:485–491

Laing, J. (1937). Host-finding by insect parasites. I. Observation on the finding of hosts by *Alysia manducator*, *Mormoniella vitripennis* and *Trichogramma evanescens*. J. Anim. Ecol. 6: 298-317.

Law, J.H. and Regnier, F.E. (1971). Pheromones. Annual review of Biochemistry, 40: 533-548.

Mandour, N.S. (1997). Biological and ecological studies on the polyembryonic parasitoid *Copidosoma desantisi* Annecke & Mynhardt parasitic on the potato tuber moth in Suez Canal area. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Suez Canal University.

Mandour, N.S. (2004). Effect of different kairomonal resources on the performance of *Eretmocerus* sp. and *Encarsia bimaculata* (Hymenoptera: Aphelinidae) Parasitizing *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Ph.D Thesis, South China Agricultural University.

Mandour, N. S., Ren, S. X. and Qiu, B. L. 2007. Effect of *Bemisia tabaci* (Gennadius) honeydew and its carbohydrates on searching time and parasitization of *Encarsia bimaculata*. Journal of Applied Entomology, 131 (9-10): 645-651.

Mandour N.S., Mahmoud, F.M., Osman, M.A. and Qiu, B.L. (2008). Efficiency, intrinsic competition and interspecific host discrimination of *Copidosoma desantisi* and *Trichogramma evanescens*, two parasitoids of *Phthorimaea operculella*. Biocontrol Science and Technology, 18 (9): 903-912.

Michael. R. S., and John. J. O. (1996). Host specificity of insect parasitoids and predators: Many factors influence the host ranges of insect natural enemies. Bioscience, vol. 46 (6): 422-429

Nordlund, D. A. and Lewis, W. J. (1976). Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions. 3. Chem. Ecol. 1976, Vol. 2, No. 2., pp. 211-220.

Nordlund, D. A., R. L. Jones and W. J. Lewis (1981). Semiochemicals: Their Role in Pest Control. John Wiley and Sons, New York, 306 pp.

Nordlund, D. A., Strand, M. R. and Lewis, W. J. (1987). Role of kairomones from host accessory gland secretion in host recognition by *Telenomus remus* and *Trichogramma pretiosum*, with partial characterization. Entomol. Exp. Appl., 44: 37-43

Norris, R., Caswell-Chen, E and Kogan, M (2003). Concepts in Integrated Pest Management. Upper Saddle River, New Jersey.

Paré, P. and Tumlinson, J.H. (1999). Plant volatiles as a defense against insect herbivores. Plant Physiology, 121: 325-332.

Pitman GB, and Vité J.P. (1971) Predator-prey response to western pine beetle attractants. J Econ Entomol 64:402–404.

Poinar, G. O. and Gerard, M.MT (1978). Diagnostic manual for the identification of insect pathogens, Plenum Press, New York and London.

Pyke, B., Brice, M., Sabine, B. And Zalucki, M.P. (1987). The push-pull strategy behavioural control of *Heliothis*. Australian Cotton Growers, 7-9.

Rice, R.E. (1969). Response of some predators and parasites of Ips confuses (LeConte) (Coleoptera: Scolytidae) to olfactory attractants. Contrib. Boyce Thompson Inst., 24: 189-194.

Salt, G. (1932). Superparasitism by *Collyria calcitrator* Grav. Bulletin of Entomological Research, 23, 211–6.

Salt, G. (1934). Experimental studies in insect parasitism, II. Superparasitism. Proceedings of the Royal Society of London B, 114, 455–76.

Salt, G. (1936). Experimental studies in insect parasitism. IV. The effect of superparasitism on populations of *Trichogramma evanescens*. Journal of Experimental Biology, 13, 363–75.

Salt, G. (1940). Experimental studies in insect parasitism. VII. The effects of different hosts on the parasite *Trichogramma evanescens* Westw. (Hym.-Chalcidoidea). Proceedings of the Royal Entomological Society of London A, 15, 81–124.

Salt, G. (1941). The effects of hosts upon their insect parasites. Biological Reviews, 16, 239–64.

Salt, G. (1958). Parasite behaviour and the control of insect pests. Endeavour, 17, 145–8.

Salt, G. (1961). Competition among insect parasitoids. Mechanisms in biological competition. Symposium of the Society for Experimental Biology, 15, 96–119.

Salt, G. (1968). The resistance of insect parasitoids to the defence reactions of their hosts. Biological Reviews, 43, 200–32.

Salt, G. (1970). The Cellular Defence Reactions of Insects. Cambridge University Press, Cambridge.

Sarhan, A. A. (1981). A study of the natural enemies of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Weid) (Lepidoptera: Tephritidae). Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University.

Sarhan, A. A., Shoukry, A. A. and Mandour, N. S. (1997). Embryonic and postembryonic development of the polyembryonic parasitoid *Copidosoma desantisi* Annecke & Mynhardt (Hymenoptera: Encyrtidae). Proceeding of 7 th Nat. Conf. of Pests & Diseases of Veg. & Fruits, Ismailia, Egypt, 2: 608-623.

Sarhan, A. A., Shoukry, A. A., Caltagirone, L. E., Draz, K. A. and Ahmed S. A. (1997). Searching behavior reproductive system, reproductive capacity and longevity, distribution of progeny and interspecific discrimination of

Phanerotoma ocularis (Kohl) (Hymenoptera: Braconidae).Proceeding of the 7th Nat. Conf. of Pests & Diseases of Vegetables & Fruits in Egypt, 2:551-585.

Schmidt, K. (1974). Die Mechanorezeptoren im Pedicellus der Eintagsfliege (Insecta, Ephemeroptera). Z Morphol Tiere 78:193–220

Shalaby, F.F. (1974). Studies on insects associated with weeds. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University.

Simmonds, F. J. (1954). Host finding and selection by *Splangia drosophilae* Ashm. Bull. Entomol. Res. 45: 527-537.

Strand, M. R. and Obrycki, J. J. (1996). Host specificity of insect parasitoids and predators. Bioscience, 46: 422-429.

Sullivan, D. and Vokl, W. (1999). Hyperparasitism: Multitrophic ecology and behaviour. Annual Review of Entomology, 44: 291-315.

Van Driesche, R. G. and T. S. Bellows, Jr. (2000). Biological Control. Chapman and Hall, New York.

Van Dtiesche, R.G. and Hoddle, M.S. (2000). Classical arthropod biological control: Measuring step by step. *In* Biological Control: Measures of Success, Gurr, G., Wratter, S. (eds.), Kluwer Academic Publishers. pp 39-75.

Van Handel, E. (1972). The detection of nectar in mosquitoes. Mosquito News, 32, 458.

Van Lenteren, J. C. (1995). Integrated pest management in protected crops, in integrated pest management, Dent, D. (ed.), Chapman and Hall, London, pp 311-343.

Van Lenteren, J. C. (1999). Fundamental knowledge about insect reproduction is essential to develop sustainable pest management. Invertebrate Reproduction and Development, 36: 1-15.

Van Lenteren, J. C. (2000). Success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies. *In* Biological Control: Measures of Success, Gurr, G., Wratter, S. (eds.), Kluwer Academic Publishers.

van Lenteren, J. C. and Martin. N. A. (1999). Biological control of whiteflies. pp 202-214. *In* R. Albajes, L. Gullino, J. C. van Lenteren and Y. Elad, [eds.], Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops. Kluwer Academic Publishers

Van Lenteren, J. C., Roskam, M. and Timmer, R. (1997). Commercial mass production and pricing of organisms for biological control of pests in Europe. Biological Control, 10: 143-149.

Vet, L. E. M. and Dicke, M. (1992). Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. Ann. Rev. Entomol., 37:141-172.

Vinson, S. B., and Guillot, F. S. (1972). Host marking: Source of a substance that results in host discrimination in insect parasitoids. *Entomophaga* 17, 241–245.

Vinson, B. (1975). Biochemical coevolution between parasitoids and their hosts. pp 14-48. In P. Price (ed.), Evolutionary Strategies of Parasitic Insects and Mites. Plenum Press, New York.

Vinson, S. B. (1981). Host habitat location. pp 51-77. *In* D. A. Nordlund, R. L. Jones and W. J. Lewis 1981 [eds.], Semiochemicals: Their Role in Pest Control. John Wiley and Sons, New York

Vinson, S.B. (1998). The general host selection behavior of parasitoid Hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. Biological Control, 11: 79-96.

Warner, W. V. (1903). Notes on the habits of *Scelio*. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 5, 308–309.

Wesloh, R. M. (1971). Sense organs of the hyperparasite *Chelioneurus noxius* (Hymenoptera: Encyrtidae) important in host selection processes. Ann. Entomol. Soc. Amer. 65:41-46.

Weseloh, R.M. (1981). Relationship between colored sticky panel catches and reproductive behavior of forest tachinid parasitoids. Environmental Entomology, 10, 131–5.

Weseloh, R. M. (1981). Host location by parasitoids. p. 79-95. *In* Semiochemicals Their Role in Pest Control (D. A. Nordlund, R. L. Jones and W. Joe Lewis, Eds.), John Wiley & Sons, New York. 306 pp.

Whittaker, R.H. (1970). The biochemical ecology of higher plants, pp. 43-70, in Sondheimer, E. and Simeone, J.B. (eds.), Chemical Ecology. Academic Press, New York.

Whittaker, R. H. and Feeny, P.P. (1971). Allelochemics: Chemical interactions between species. Science 171: 757-770.

Williamnson, D. L. (1971). Olfactory discremnet of prey by *Medetera bistriata* (Diptera: Dolichpodidae). Ann. Entomol. Soc. Am., 64: 586-588.

Wood, D.L, Browne, L.E., Bedard, W.D., Tilden, P.E, Silverstein, R.M, Rodin, JO (1968). Response of *Ips confusus* to synthetic sex pheromones in nature. Science 159:1373–1374

Younes, A.A. (2003). Aspects of courtship and mating behaviour of the praying mantid, *Sphodromantis viridis* (Mantodea, Mantidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 13: 61-64.

مراجع باللغة العربية

١- تقرير عن المشروع المصرى الفرنسى للمكافحة البيولوجية لورد النيل، د/ يحيى فيـــاض، د/ فوزى شلبى.

٢- مذكرة أساسيات المكافحة البيولوجية - الفرقة الرابعة- قسم الحشرات الإقتصادية والمبيدات - جامعة القاهرة، د/ محمد فؤاد توفيق، د/ كمال توفيق عوض الله.

٣- مذكرة المكافحة البيولوجية - الفرقة الرابعة- قسم وقاية النبات - كلية الزراعة - جامعة قناة السويس، د/ عوض أحمد سرحان، د/ ناصر سعيد مندور.

٤- أساسيات علوم الحشرات. د محمد أحمد عيد، د/ كمال توفيق عوض الله، د/ منيـــر محمـــد الحسينى.

٥- الجاذبات الجنسية "الفورمونات" فى الإدارة المتكاملة للآفات الحشرية (التجربة المصرية بين النجاح والفشل) د. زيدان هندى عبد الحميد.

٦- تطبيقات المكافحة المتكاملة للآفات الزراعية. د. محمد سعيد الزميتى.

٧- الإتجاهات الحديثة فى المبيدات ومكافحة الحشرات (الجزء الثانى) (التواجد البيئى والـــتحكم المتكامل) د. زيدان هندى عبد الحميد، د. محمد إبراهيم عبد المجيد.

openkandil.com