

الفصل الثاني عشر

**إستراتيجيات الحد من مقاومة الآفات لطرق أو
تكتيكات الإدارة**

إستراتيجيات الحد من مقاومة الآفات

ل طرق أو تكتيكات الإدارة

١ - المقاومة كمصدر للإرتداد الإيكولوجي

الهدف من تطبيق تكتيكات إدارة الآفات هو خفض حالة الآفة بالتقليل من أعدادها أو مقدرتها على إحداث الضرر، ولسوء الحظ فإن هذا الهدف لا يتم تحقيقه دائماً، وإذا ما تحقق فإن تأثيره قد يكون قصير جداً، وأهم أسباب ذلك الفشل ترجع إلى إختيار تكتيكات غير مناسبة أو غير متوافقة وأيضاً التطبيق غير المناسب لتلك التكتيكات. وحتى بدون هذه المشاكل فإن الفشل في تحقيق قمع اقتصادي دائم للآفة قد يظهر بسبب الارتداد الإيكولوجي تجاه التكتيك أو تكتيكات متوافقة معاً. ويتضمن الارتداد الإيكولوجي Ecological backlash الاستجابات المعاكسة لعشائر الآفات أو غيرها من العوامل الحيوية في البيئة التي تقلل من فعالية تكتيكات الإدارة. وكثيراً ما تنتج هذه الاستجابات من عبء أو حمل الموت الكثيف الواقع على الأنواع، وهذا العبء ليس مثل ذلك الموجود في الفروض أو الحالات الطبيعية. وبعضها ينشأ من تمزق العمليات الإيكولوجية أو التغيرات في مستويات مصادر المجتمعات الحيوية مما يسبب إعادة تنظيم أو ضبط تركيب المجتمع. وغالباً ما يتعارض إعادة التنظيم أو الضبط المشار إليه مع الأغراض الزراعية وخاصة المتعلقة بإدارة الآفات ومن أهم سمات الارتداد الإيكولوجي أنه يكون عادة متأخراً، ولذا فإنه يجب تطبيق واحد أو أكثر من تكتيكات الإدارة، والاستمرار في

استخدام نفس برنامج الإدارة إذا ما أظهرت نتائج ناجحة أو مشجعة، ولكن البرنامج تدريجياً أو ربما بشكل مفاجئ يفقد فعاليته، وقد يصبح عديم الفائدة تماماً. وبالرغم من أن الارتداد الإيكولوجي قد تكرر ظهوره الفظيع في تاريخ مكافحة الآفات، إلا أنه وحتى الآن فإن العديد من المزارعين وغيرهم من المتخصصين الزراعيين، وعادة ما يفاجئ عند ظهورها ويبدون دهشهم لذلك وعليه فإن هناك حاجة لإمام المزارعين بهذه الظاهرة ووضع الخطط الطارئة للتعامل معها لتجنب عواقبها الاقتصادية المؤثرة إذا ما ظهرت. وعلاوة على ذلك فإن فهم هذه المشكلة المؤثرة يمكن أن يساعد في تصميم برامج الإدارة الصائبة حيث أن هذه المشاكل يتعذر تجنبها. وبصفة عامة فإن فهم الارتداد الإيكولوجي يركز على معرفة المصادر الرئيسية للظاهرة وتعتبر المقاومة أحد أهم هذه المصادر ، وذلك بجانب ظاهرتي الانبعاث والإحلال. ويطلق على هذه المصادر الثلاثة "The three R's" وهي المقاومة Resistance، الانبعاث أو ظهور موجات وبائية من الآفات Resurgence، والإحلال أو ظهور موجات وبائية من الآفة الثانوية Replacement. وتمثل مشكلة ظهور سلالات مقاومة من مفصليات الأرجل لبعض المبيدات واحدة من أهم المشاكل الناجمة من الاستخدام المكثف للمبيدات التقليدية في البيئة الزراعية، وقد برزت هذه الظاهرة وتفاقت بتزايد أعداد الأنواع المقاومة بدرجة خطيرة أدت إلى أنها أصبحت من أكثر المشاكل الرئيسية في مجال وقاية المزروعات، وبصفة عامة فإن المقاومة تجاه المبيدات تظهر لدى الأنواع التي تتميز بأعداد كبيرة من الأفراد في الجيل الواحد مثل أنواع العناكب النباتية والأكاروسات

والحشرات القشرية أو الأنواع التي تتميز بدورها حياة قصيرة وعدد كبير من الأجيال في السنة كالمن والذباب، ويتفاوت تأثير الأنواع المختلفة للمبيدات تبعاً للتركيب الوراثي ومدى وجود صفة المقاومة للمادة السامة بصورة سائدة، ولذلك فإن تتابع تعرض عشيرة أى آفة في البيئة الزراعية لمبيد معين يحدث ضغطاً انتخابياً للأفراد التي تتمتع بصفة المقاومة في تركيبها الوراثي ومن هذه الأفراد التي تتجو من التأثير السام تنشأ الأجيال التالية التي تتركز فيها صفة المقاومة جيلاً بعد جيل حتى تكون ما يعرف بالسلالة المقاومة لتأثير المبيدات، وتتكاثر هذه الأفراد في البيئات الزراعية المعالجة على حساب الأفراد الذين لا يملكون هذه الخاصية ويحطون مكانهم في البيئة، وتحدث هذه الظاهرة تحت الظروف التطبيقية والحقلية نتيجة تتابع استخدام نفس المبيد أو مبيد مشابه له في التركيب مما يؤدي إلى إصابات وبائية شديدة بالآفات حينما يفشل المبيد في الحد من تعداد الآفة حقلياً.

٢ - مقاومة الآفات لطرق (تكتيكات) الإدارة

بالرغم من أن مقاومة المبيدات الحشرية هي أكثر أشكال المقاومة أو الظواهر التي كثر الحديث عنها، إلا أنه يجب أن يؤخذ في الاعتبار أن المقاومة ليست مقصورة تجاه المبيدات الحشرية حيث أن الواقع يدل على أن عشائر الحشرات قادرة على البقاء والتغلب على أو تعدى أى تكتيك متبع لإدارة الآفة، وعلاوة على ذلك فإن أساسيات الانتخاب الشارحة لمقاومة المبيدات الحشرية يمكن تطبيقها بنفس القدر تجاه أشكال المقاومة الأخرى، وكما أن مقاومة المبيدات الحشرية ظاهر حقيقة واسعة الإنتشار مناوئة

لتكتيك الإدارة فإنه من المتوقع ظهور أشكال أخرى للمقاومة تجاه التكتيكات المتبعة الأخرى، ومن المعروف أن تطور المقاومة للمبيدات يرجع للإختلافات الكبيرة فى العشائر الحشرية الكبيرة، وأن بعض الأفراد فى العشيرة الحشرية الأصلية لا تتأثر بالمبيدات التى تتعرض لها، وبصفة عامة فإن الأفراد غير المتأثرة (المقاومة) تختلف عن الأفراد المتأثرة (الحساسة)، وذلك تبعا لطبيعة الجزيئات (أو المواقع) التى تستهدفها المبيدات فى الحشرة، أو تبعا للطريقة التى يتم بها تكسير أو تحليل جزيئات التوكسين، وعند تطبيق المبيد فإن الأفراد التى لا تتأثر به هى التى تظل باقية وتقوم بنقل أو إمرار جيناتها للأجيال المتعاقبة، وبمرور الوقت فإن نسبة العشيرة الحشرية التى لا تتأثر بالمبيد تتزايد بطريقة متصاعدة، وبالإضافة إلى الخطر الناجم عن التزايد فى أعداد الأفراد الحية الباقية (الحشرات المقاومة)، فإن محاولات إدارة مقاومة المبيد قد تؤدى بطريقة غير مباشرة فى زيادة وبائية لآفة ثانوية، مما قد يسبب ضرر أكبر على المحصول.

وهناك العديد من العوامل التى تعمل على زيادة معدل تطور المقاومة للمبيدات بصفة عامة، وبعض هذه العوامل ترجع للعشيرة الحشرية نفسها ومنها:

١- ارتفاع معدلات التوالد (التكاثر) مع انخفاض مدة الجيل.

٢- زيادة أعداد المواليد.

٣- زيادة الإختلافات الجينية بالعشائر المحلية مما يؤدي لتطور عشيرة مقاومة أكبر بسرعة أكثر.

٤- سيادة أو تنحي الأسس الجينية للحشرات المقاومة.

وهناك عوامل أخرى ترجع للمبيد نفسه، و من المعروف أن المقاومة تتطور بسرعة أكثر للمبيدات الأكثر ثباتا حيث أن بقاءها فعالة في البيئة يزيد من فرصة تعرض الأفراد الحساسة للتوكسين ومن ثم موتها، وعدم انتقال سمه الحساسة لهذه المبيدات للأجيال التالية، ويؤدي ذلك لإنتخاب حشرات مقاومة أكثر قوة حيث أن الحشرات المقاومة هي التي تبقى فقط، وبمنطق مشابه فإن تكرار تطبيق مبيدات غير ثابتة قد أظهر نفس التأثير (Wood, 1981) ، وأيضا فإن العشائر الحشرية التي يقل فيها هجرة أو انتقال الجينات لأفراد حساسة غير معرضة جديدة تتطور بها المقاومة بسرعة أكثر، كما أن العشائر التي تعرضت سابقا لأحد المبيدات التي لها تأثير مشابه للمبيد الجديد (المستخدم) تتطور مقاومتها بسرعة أكبر للتوكسين الجديد، وذلك فيما يعرف بعبور صفة المقاومة -Cross-resistance.

٢-١- مقاومة المواد الحيوية

٢-١-١- تطور مقاومة توكسينات الـ *Bt*

من المعروف جيدا أن مقاومة الآفات لفعل المبيدات الكيميائية المعتادة قد أنتشر على مدى واسع، ويجب أن نتوقع أيضا أن المبيدات الحيوية سوف تتعرض لنفس المشكلة، وبالرغم من أن المستحضرات

العادية لمبيدات الـ *Bt* قد استخدمت لأكثر من ٢٠ عاما بدون أن تتطور المقاومة لها على مدى واسع، إلا أنه قررت بعض الأبحاث خلال السنوات القريبة الماضية تطور هذه الظاهرة، وعلى سبيل المثال فإن سلالة دودة براعم الدخان التي تم انتخابها تحت الظروف المعملية قد تضاعفت مقاومتها بمقدار ١٣-٢٠ ضعفا للوسط الغذائي (البيئة) المحتوى على بكتيريا *Pseudomonas fluorescens* التي تم هندستها وراثيا لتعبر عن بروتين (130 KDa) المأخوذ من سلالة بكتيريا HD-1 للـ *Bt* (Stone *et al*, 1989)، ونفس هذه الحشرات كانت حساسيتها بأقل من ٤ أضعاف للإندو توكسين HD-1 النقي، والديبل Dipel (المستحضر التجارى لمخلوط الجراثيم و البلورات للـ *Bt*). وأيضا فإن حشرة فراشة الدقيق *Plodia interpunctella* وهى أحد حشرات الحبوب المخزونة تطورت مقاومتها للمستحضر التجارى للـ *Bt* عند معاملة الحبوب بالمستحضر، وذلك خلال عدد قليل من أجيال الحشرة Mc Gaughey, 1985، وقد تزايدت المقاومة حوالي ٣٠ ضعفا خلال جيلين فقط من بداية تربية الحشرة على وسط غذائي معامل بالـ *Bt*، وبعد ١٥ جيلا فإن درجة المقاومة قد وصلت إلى أكثر من ١٠٠ ضعف زيادة عن مستوى المقاومة وتلى ذلك عدد من الدراسات التي أكدت على تطور مقاومة الحشرتين السابقتين وغيرهما، ومنها خنفساء كلورادو Rahardija and Whalon, 1995، دودة ورق القطن Chaufaux *et al*, 1997, Muller - Cohn *et al*, 1994, 1996، الفرشة ذات الظهر الماسي Tabashink *et al*, 1994&1995، فراشة الدقيق الهندية Mc Gaughay, 1994

Tabashink and Shelton *et al*, 1993 ، كما قرر أن مقاومة الـ *Bt* قد تزايد انتشارها بالولايات المتحدة الأمريكية كسبب مباشر للاستخدام المكثف لمنتجاتها في الحقول.

وبصفة عامة فإنه خلال الخمس عشر عاما التالية لإكتشاف مقاومة فراشة الدقيق، تم إنتخاب ١٣ نوعا لعشائر مقاومة للـ *Bt* ، منها ١١ نوعا تجاه توكسينات لسلاسل مختلفة من الـ *Bt* تحت الظروف المعملية، ولكنها لم تظهر في الحقل وهي:

- ١- حفار ساق الذرة الأوربي *Ostrina nubilalis*
- ٢- دودة براعم الدخان *Heliothis virescens*
- ٣- دودة اللوز القرنفلية *Pectinophora gossypiella*
- ٤- بعوض الكيولكس *Culex quinquefasciatus*
- ٥- الفراشة الماسية (ذات الظهر الماسي) *Caudra cautella*
- ٦- خنفساء أوراق حطب القطن *Chrysomela scripta*
- ٧- دودة ورق القطن الصغرى *Spodoprera exigua*
- ٨- دودة ورق القطن *Spodoptera littoralis*
- ٩- فراشة النمر *Trichoplusia ni*
- ١٠- خنفساء كلورادو *L. decemlineata*
- ١١- بعوض الإيدس (الحمى الصفراء) *Aedes aegypti*

ويستوقع مع ما سبق نكره أن الاستمرار في الاستخدام المكثف لمنتجات الـ *Bt* يمكن أن يؤدي إلى تطور صفة المقاومة على المستوى الحقلّي، لا سيما أن عديد من الآفات ومنها آفات القطن الحشرية لها التركيب الوراثي القادر على تطوير صفة المقاومة للأنواع الإحيائية عبر الضغط الانتخابي، وإذا ما فقدت هذه المنتجات فعاليتها نتيجة لتطور المقاومة، فإن مزارعي المحاصيل بصفة عامة والمزارع العضوية بصفة خاصة سوف يفقدون هذا المصدر غير القابل للاسترجاع، ويؤكد ذلك على أهمية إيجاد مزيد من برامج الإدارة واستخدام منتجات جديدة من الـ *Bt* بالاعتماد على التقنيات الحيوية الحديثة.

٢-١-٢ - ميكانيكية مقاومة الـ *Bt*

دلّت التجارب التي أجريت على فراشة الدقيق الهندية التي تعرضت للضغط الانتخابي تحت الظروف المعملية لدراسة مقاومتها لبلورات بروتين الـ *Bt* المبيدة للحشرات في الديبل *Dipel* على أن مقاومة هذه الحشرات ترجع إلى تبديل في ارتباط التوكسين بأغشية الخلية، *Van Rie et al*, 1990، و أوضحت هذه الدراسة الرؤية عن كيفية ارتباط بروتين الـ *Bt* بالسمية في الحشرات، وهناك تغييرين هامين يظهران في السلالة المقاومة لفراشة الدقيق الهندية، والتغير الأول هو أن هذه السلالة مقاومة لبروتين *Cry IA (b)* وأنها ليست مقاومة لبروتوكسين *Cry IC* أو لتوكسين *Cry IC*، ومن المعروف أن بروتين مكافحة الحشرات *Cry IC* لا يوجد في بلورات الديبل، وأن بروتينات مكافحة الحشرات *Cry IA (b)* هي الموجودة في المستحضر، وهي المستخدمة في إنتاج مقاومة الحشرات،

والتغير الثاني هو الزيادة الملحوظة في الحساسية لبروتوكسين Cry IC وتوكسين Cry IC في السلالة المقاومة ، وقد اقترح Van Rie *et al*, 1990 أنه عندما يكون نوعى بروتينات المقاومة متاحا لنفس الحشرة ، فإن مقاومة أحد بروتينات المقاومة ليس من الضرورة أن يمنح المقاومة لبروتين المقاومة الثاني، ولذا فإن بروتينات مكافحة الحشرات التى لها خواص إرتباطيه مختلفة يمكن أن تستخدم فى تأخير تطور صفة المقاومة، وبصفة عامة فإن الأبحاث على الميكانيكيات الجزيئية للمقاومة تنتشر بسرعة، ويمكن أن تتبثق من خلالها توجهات جيدة لإدارة المقاومة، ويلاحظ أن عشيرة فراشة الدقيق الهندية التى تم دراستها تحت الضغط الإنتخابي للمقاومة كانت تحت الظروف المعملية، ويتوقع أن السلالات الحشرية المعرضة للضغط الإنتخابي للمقاومة تحت الظروف المعملية قد تحتوى أولا تحتوى على الجينات النموذجية للمقاومة التى يتم انتخابها تحت الظروف الحقلية.

وفى هاواى أظهرت الفراشة الماسية *Plutella xylostella* مقاومة لمعقد بلورات بروتين من جراثيم الـ *Bt* المبيدة للحشرات ، وأن هذه المقاومة تطورت فى الاستجابة للمستحضرات التجارية للـ *Bt* المجهزة للتطبيق على المجموع الخضرى Tabashnik *et al*, 1990، كما حدث نفس الشيء فى الفلبين حيث ترسخت مقاومة سلالة من الحشرة للمستحضرات التجارية للديبل، وقد تم الحصول على بلورات بروتينات من الجينات المعاد صياغتها (b) Cry IA ، Cry IB ، Cry IC من بكتيريا *E.coli* وتم تقييمها من حيث الإرتباط بحواجز التنظيف لأغشية

الحويصلات (Brush Borders of Membrane Vesicles (BBMVs) لسلسلة حساسة ومقاومة، ووجد أن الثلاث بروتينات ترتبط بالـ BBMVs المأخوذ من السلالة الحساسة العملية، ولكن بروتين Cry IA (b) لا يرتبط بالـ BBMVs المأخوذ من السلالة المقاومة، وتدل هذه النتائج على أن للسلالة العملية الحساسة مستقبلات خاصة للـ Cry IA (b)، Cry IB، Cry IC، بينما يوجد فقط بالسلالة المقاومة كل من Cry IC، Cry IB، ويستخلص من ذلك أن المقاومة في كلا من الفراشة الماسية وفراشة الدقيق الهندية ترجع لميكانيكيات غشاء المستقبل، ويرجح أن تكون هذه الميكانيكيات ضمن أحد الميكانيكيات المسئولة عن مقاومة حشرات أخرى للـ Bt.

وبصفة عامة فإن الميكانيكية التي تطور بها حشرة ما مقاومتها لتوكسين معين تكون بتقييد التأثير السام للتوكسين، وكما سبق ذكره فإنه بمجرد هضم أو ابتلاع الحشرات لتوكسين الـ Bt يتم تحلله أولاً إلى توكسينات بروتينية نشطة، وهي تنتشر عبر الغشاء الغذائي وترتبط بمستقبلات ذات ألفة عالية موجودة في الخلايا الطلائية بالمعنى الأوسط، وينتج عن ذلك شلل المعى وتوقف الحشرة عن الغذاء، والتفاعل الناتج من الإرتباط فيما بين المستقبل والتوكسين يصبح غير عكسي ويتم إدخال التوكسين بالغشاء مسبباً تكون القنوات النقية أو المسامية، وتخل المسامية المتكونة بترج البوتاسيوم (K^+) الداخلي مؤدية إلى انتفاخ وتدمير بالـ Microvilli، وتموت الحشرة إذا ما تم تدمير خلايا كافية من المعى الأوسط، وبالرغم من أن تطور صفة المقاومة للـ Bt قد تم تقريره حديثاً فقط على مستوى الحقل، فإن أبحاث ودراسات ميكانيكية المقاومة تركزت

على الحشرات التي تعرضت للضغط الانتخابي تحت الظروف المعملية، وهناك نوعين من آليات أو ميكانيكيات المقاومة الممكنة التي اهتمت بها هذه الأبحاث وهي:

١- خطوات التحلل البروتيني والارتباط الخاص لبروتينات التوكسين

للـ *Bt*، والهضم أو التحلل البروتيني للبروتينات كاملة الإمتداد Full-length (١٣٠-١٤٠ كيلو دالتون) إلى البروتينات الأقل (التريسين) والتي تبلغ من ٥٥-٧٠ كيلو دالتون يعتبر ضروريا لحدوث التأثير أو النشاط الإبادي الحشري، وعليه فإن آلية المقاومة قد تتضمن نقص في رقم الحموضة pH، أو خواص التحليل البروتيني للمعى الأوسط للحشرة، وحيث أن الغشاء الغذائي يعمل كمنخل جزئي، فإن البلورات البروتينية المبتلعة يمكن أن تمنع من التفاعل مع الخلايا الطلائية للمعى الأوسط ويتم إخراجها.

٢- الارتباط النوعي الخاص لبروتينات التوكسين Cry IA(b)، Cry

IC للأغشية الحويصلية لحواجز التنظيف المنعزلة من السلالات الحساسة والمقاومة، وبالإضافة لذلك فإن هناك توجهات لآليات أخرى للمقاومة، وهي في حاجة إلى مزيد من الإيضاح وتشمل نتائج ما بعد الارتباط Post binding، مثل إدخال الغشاء، وتكون القنوات القنوية (المسامية) وأيضا التغيرات السلوكية.

٢-٢ - مقاومة منظمات النمو الحشرية

هناك بعض منظمات النمو الحشرية (IGRs) التي أشارت التقارير الى إضافتها للقائمة الطويلة من المبيدات التي تقاومها الحشرات، وفي البداية فإن مقاومة هورمونات الشباب JH ومشابهاتها لم يكن متوقعا حدوثه، حيث أنه يلزم للحشرات، في هذه الحالة أن تتعدى تأثيرات جزئيات هذه المواد المشابهة لتلك الموجودة فعلا بأجسامها، ولكن من السهل فهم الظاهرة إذا ما أخذ في الاعتبار أن الحشرات تقوم بتنظيم الهرمون الخاص بها من خلال العمليات الأيضية، وأنها عادة ما تتعامل مع هذه الجزيئات الخارجية كمواد غريبة يتم تعريضها لعمليات الهدم أو إزالة الفعالية، ومن ناحية أخرى فإن ظاهرة المقاومة المشتركة لبعض السلالات المقاومة للمبيدات الحشرية وجد أنها تلعب دورا مهما في مقاومة منظمات النمو الحشرية، وحاليا فإنه يوجد على الأقل ١٣ نوعا حشرياً من الأنواع التابعة لرتب ذات الجناحين، غمدية الأجنحة، متشابهة الأجنحة، وحرشفية الأجنحة تظهر مقاومة مشتركة لمنظمات النمو الحشرية ومن بينها بعض المركبات الشائعة مثل ميثوبرين، هيدوربرين، و داي فليوبنزيرون، وبالرغم من أن ميكانيكيات المقاومة لهذه المواد مازالت موضع الدراسة، فإنه فيما يبدو أن مقاومة منظمات النمو الحشرية ترجع لإختزال في مقدرة الإختراق أو التخلل وزيادة الأيض لهذه المركبات.

٢-٣ - مقاومة المتطفلات

مقاومة الحشرات للطفيليات الداخلية أمر ممكن، ولكنه لم يتقرر بعد على نطاق واسع، ومن أمثلة حالات المقاومة المقررة عشائرة حشرة (

الشرقية تجاه الطفيل *Pristiphora erichsonii* (Larch sawfly الأمريكية وأيضا الشمالية الشرقية تجاه الطفيل *Mesoleius* (Inchneumonid parasitoid) *tenthredinis* المقدم للنشر على المستوى الحقل عن طريق التقديم، وتشير بعض الدراسات المعملية لحدوث مقاومة الطفيل في الذباب المنزلي تجاه طفيل *Nasonia vitripennis*، وبغوض الانوفيدليس تجاه الطفيل النيماتودي (*Diximermis peterseni*).

٢-٤- الشراسة (قدرة المهاجمة) للنباتات المقاومة

تطور الطرز (الأنواع) الاحيائية الشراسة أو القادرة على مهاجمة النباتات المقاومة طبيعيا وتعدى وسائلها الدفاعية ظاهرة معروفة ، وهذا الشكل من المقاومة (مقاومة النباتات المقاومة) غالبا ما يشغل بال وإهتمام مربي النباتات والمنتجين الزراعيين منذ سنوات عديدة. وحتى الآن فإن غالبية الطرز الاحيائية الحشرية التي تم تطويرها تابعة لأنواع المن، ومع ذلك فإن أفضل الأمثلة المعروفة لهذه الظاهرة يتمثل في ذبابة الهيسين *Mayetiola destructor* من رتبة ثنائية الأجنحة.

٢-٥- مقاومة الدورات النباتية (المحصولية)

من أكثر أشكال المقاومة غير المعتادة أو المتوقعة، ومع ذلك فإنه يدل على مقدرة الثبات أو البقاء لدى الحشرات، ومن أمثلة ذلك الطراز الجيني الذي تم انتخابه لدودة جذور الذرة الشمالية *Diabrotica barberi* والتي أظهرت مقاومة لدورة ثنائية كل عامين للذرة وفول الصويا (أو أحد الحبوب الصغيرة) وذلك بالولايات الوسطى الشمالية الأمريكية، ويعرف

الطراز الجيني المقاوم هذا Extended-diapause genotype ويظهر به حالة من السكون بطور البيضة تمتد لعامين (لفترة شتائين) بدلا من عام واحد، وقد تقرر ظهور هذا الطراز عام ١٩٦٥، ولكنه لم يمثل مشكلة حتى عام ١٩٨٥ عندما بدأ الضرر بالذرة المنزرعة في دورات ينتشر على نطاق واسع. وسمة الأكلة البارزة لهذا الطراز ترجع إلى أن البيض الموضوع في حقول الذرة بأحد المواسم يمكنه أن يبقى بالمسكن الدقيق غير العائل بالموسم المتعاقب، وعليه فإنه يفقس في وجود العائل المناسب بالموسم التالي. والدراسات التي أجريت حول هذه المشكلة في المنطقة التي حدثت بها تدل على أن فقط ١٠% من بيض دودة جذور الذرة في الحقول المنزرعة بالمحصول على التوالي تتجه لأن تكون طراز مقاوم Extended diapause، وذلك في مقابل ما يقرب من نسبة ٥٠% بالبيض في الحقول المنزرعة بالذرة في دورة، و يعنى ذلك أن فعالية زراعة الذرة في دورة كل عامين تصبح أقل من الناحية العملية كتكتيك لإدارة هذه الآفة، وإذا ما حدثت هذه المشكلة فإنه المزارعين يصبحون في حاجة لزراعة الذرة في دورة ثلاثية (كل ثلاثة أعوام يزرع فيها الذرة عام والمحصول غير العائل فى عامين)، وإلا سيجدون أنفسهم مضطرين لتطبيق المبيدات الحشرية كعمالة تربة بالرغم من أن هذا البديل لا يعتبر إجراءً جيدا لإدارة الآفة، ومن ناحية أخرى فإنه يلزم التنويه إلى أن استخدام الدورات الثنائية كتكتيك للسيطرة على هذه الآفة فى زراعات الذرة بمناطق أخرى مازال فعالا.

٢-٦- مقاومة الفرمونات

لم تسجل ظاهرة مقاومة الحشرات للفرمونات أو مشابهاها الفرمون حتى الآن، وحيث أن هذه المواد لم يتم استخدامها على نطاق واسع أو بطريقة مكثفة، فإن غالبية الآراء تشير لإحتمال ظهور المقاومة إذا ما استخدمت على نطاق واسع وحققت نجاحا في قمع الحشرات.

٣- إستراتيجيات إدارة (الحد من) المقاومة

تشير الدروس المستخلصة من التاريخ أن تطور الحشرات للمبيدات، أمر واقع وأنه يصعب تجنبه، ولذلك فإن إدارة المقاومة لا تهدف إلى إيقاف المقاومة نهائيا، ولكنها تعمل على إبطاء تطورها، وجعل المبيد أكثر نفعاً لأطول فترة ممكنة (Comins, 1977)، وقد دعى ذلك البعض لعدم تناول هذه الظاهرة عند التعامل معها على أنها نوع من الإدارة، Resistance management ولكن كأسلوب للحد من المقاومة Resistance mitigation، وقد يكون ذلك وصف أفضل يتناسب مع طبيعة التحكم في مشكلة المقاومة (Hay, 1998)، ومن الضروري مواجهة ظاهرة المقاومة بغرض المحافظة على فعالية الـ BT، وبصفة عامة فإن لإدارة المقاومة ثلاثة أهداف رئيسية هي:

- ١- تجنب ظاهرة المقاومة إذا ما كان ذلك ممكناً.
- ٢- تأخير المقاومة لأطول فترة ممكنة.
- ٣- العمل على ارتداد العشائر المقاومة إلى عشائر حساسة (Croft, 1990).

وتبنى برامج إدارة المقاومة للـ *Bt* بصفة عامة على توجهات تأخير المقاومة من خلال خفض التعرض للتوكسين، السماح بالتزاوج فيما بين الحشرات المقاومة وعشيرة كبيرة من الحشرات الحساسة، والحفاظ على استمرار سمة أو ميزة الحساسية (ثبات الحساسية) وتجمعها في الجين. وتشتمل هذه التوجهات على إستراتيجيات عديدة أهمها استخدام المخاليط، المربعات الشطرنجية (الموزيك أو الفسيفساء)، التعاقب أو الدورات، الملاجئ، النشر العرضي المتفق عليه أو إطلاق الذكور الحساسة بالحقل، وهناك توجه آخر يركز على مشاركة أو موافقة تقنيات مكافحة الآفات، ويعتمد هذا التوجه على افتراض أن الحشرة تميل لتطويع المقاومة إذا ما كان هناك نوع واحد من المكافحة وبدرجة أكبر مما لو كان هناك أكثر من نوع من المكافحة يستخدمها معا في وقت واحد، وتعتمد إستراتيجيات هذا التوجه على تراكم جين المقاومة، الجرعات العالية، مخاليط التوكسينات المختلفة تماما في طريقة الفعل، والجمع بين جرعات متخفضة من التوكسين مع الأعداء الحيوية.

٣-١- إستراتيجيات المحافظة على تزاوج العشيرة الحساسة مع

الأفراد المقاومة

٣-١-١- إطلاق عشيرة حساسة للتزاوج مع أفراد مقاومة

Release of Susceptible Population for Mating with Resistance

Individuals

تعتبر إستراتيجية التزاوج ما بين الحشرات المقاومة والحشرات الحساسة من أقدم الطرق المستخدمة في هذا المجال، وببساطة فإن فكرتها تعتمد على تكرار نشر الذكور الحساسة المرباه في المعمل، أو المجمعة من أماكن محلية في نطاق العشيرة المعاملة بالـ Bt ، ومن الناحية النظرية فإن ذلك يعمل على إمكانية الحفاظ على تكرار المقاومة في العشيرة الحشرية تحت المستوى قبل المعين أو المحدد $Predefined\ level$ ، وهي من أفضل الطرق إستعمالاً على عشائر بعض الحشرات مثل البعوض، والتي تستهدف فيها المبيدات الإناث بصفة عامة، وذلك مع الأخذ في الاعتبار أن توكسينات الـ Bt ليست مبيدات متخصصة على الجنس، وأيضاً فإن هناك نوع من الضرر المتوقع على العديد من الذكور الحساسة المنطلقة حيث أنها قد تموت بحقل الـ Bt قبل التزاوج، وذلك بالإضافة إلى أن جدوى التربية والنقل الموسع للمستعمرات أو الأعداد الكبيرة يدعو للتساؤل.

٣-١-٢- الملاجئ *Refugia*

بالاعتماد على الإستراتيجية البسيطة السابقة، فإن هناك بعض برامج إدارة المقاومة التي تتضمن وضع العشيرة الحساسة بالمكان القريب،

الذى يتوقع أن تنتشر منه إلى التعداد المعامل للتزواج، وهذا هو أساس إستراتيجية الملجأ Refuge، وعادة فإن الملاجئ تتباين فى الحجم والمكان، وهى تعمل كمخازن للأفراد الحساسة، ويتوقع مع ذلك تزواج العديد من الأفراد الحساسة مع أعداد قليلة من الأفراد المقاومة، مما يؤدي لمعدل منخفض جدا من المقاومة فى الأجيال التالية، ويتوقف نجاح الملاجئ على ٤ شروط هى:

١- أن تكون سمة أو صفة المقاومة متنحية.

٢- إتمام التزواج بطريقة عشوائية.

٣- تحرك أو إرتحال الحشرات الكاملة بدرجة كافية فيما بين النباتات السامة.

٤- إنعدام التأثير الإلادى الحشرى فى الملاجئ.

وإذا لم تنتقل الحشرات الكاملة ما بين الملجأ والمنطقة المعاملة فإن المقاومة سوف تتطور بسرعة فى المناطق المعاملة، فى نفس الوقت الذى سيستمر فيه تزواج العشائر الحساسة مع بعضها البعض داخل المناطق غير المعاملة، وإذا ما تعرض الملجأ لأى نوع من المبيدات، فإن العشيرة الحساسة المتاحة للتزواج مع الأفراد المعرضة للسـ Bt سوف تتناقص (Tabashnik, 1997). وبصفة عامة فإن اتخاذ الملاجئ بجانب المناطق المعاملة خارج الحقل يكون أكثر نجاحا ونفعاً، وكلما زادت الملاجئ كلما تأخرت المقاومة وبعد ظهورها (Frutos, 1999)، ولكنه فى نهاية الأمر ستتطور المقاومة عند هجرة الأفراد المقاومة إلى العشيرة الحساسة، حيث

يعمل ذلك على جلب العشيرة المقاومة في المناطق غير المعاملة بما في ذلك الأجزاء المثبتة أو التي يبقى عليها لإطالة توازن الملجئ، وقد دعي هذا لاقتراح مساحة الملجئ لتغطي حوالي ٥-١٠% من المساحة الكلية للمحصول، وذلك من خلال الدراسات التي أجريت عام ١٩٩٢، وأكدت دراسات أخرى هذه النسبة، كما دلت دراسات النمذجة بالحاسب الآلي التي تستعمل المعلومات المتعلقة بدوره حياة حشرات رتبة حرشفية الأجنحة على أن المساحة المحصولية المحتوية على ١٠% ملجئ تؤخر المقاومة فيما بين ٥ أجيال إلى ١١٢٠ جيلا، وقد أشار هذا البرنامج أيضا إلى أن ترك نسبة ١٠% كملجأ يساعد حشرة *P.xylostella* على المحافظة على حساسيتها تجاه الـ *Bt* من تحت نوع *aizawai*، ومع ذلك فإنه يجب الأخذ في الاعتبار أن هناك أنواع أخرى لا تستجيب بدرجة كافية لهذا الحجم من الملجأ.

وبالرغم من أن إستراتيجية الملجأ قد تكون ناجحة من خلال الإدراك العام، إلا أنه ليس من السهل التوقع أو التنبؤ بما سيحدث في الحقل مما يتم الحصول عليه من الدراسات المعملية، وعلى سبيل المثال فقد أشارت أحد الدراسات على أن التزاوج العشوائي ليس بالضرورة هو نفس ما يحدث أو يفترض حدوثه للحشرات تحت الظروف الحقلية فقد أخذت عشائر دودة اللوز القرنفلية المقاومة فترات أطول لإتمام التطور، وذلك بمعدل يصل إلى ٥,٧ يوما أكثر من العشائر الحساسة، حيث أن أكثر من ٨٠% من حشرات دودة اللوز القرنفلية *P. gossypiella* تتراوح خلال ٣ أيام من خروج الفراشات وتموت بعد ذلك، و يخدم ذلك تجانس التزاوج

وليس عشوائية التزاوج، ويتوقع مع ذلك أن تتزوج الأفراد الحساسة مع بعضها البعض قبل خروج الأفراد المقاومة (Liu *et al.*, 1999)، وبطبيعة الحال فإن تأثير ذلك على إستراتيجية الملجأ لدودة اللوز القرنفلية فى الحقل يتوقف على تداخل الأجيال مع عوامل أخرى، منها صعوبة التنبؤ بهجرة الحشرات البالغة عندما تتواجد للتزاوج، ولا شك أن هذه المعلومات مفيدة فى تحديد أماكن الملاجئ، وذلك مع ملاحظة أن إستراتيجية الملاجئ قد تكون ناقصة وأن نجاحها يدعمه النتائج أو البيانات المتحصل عليها، وهناك ضرورة للتذكر أن العشيرة الحساسة مورد يمكن استنفاده (Wood, 1981)، وغالباً ما تستخدم طريقة الملجأ بالاشتراك مع إستراتيجيات أخرى لتعزيز فعالية كل منها، ومن المشاكل التى يؤسف لها عدم الاهتمام الكافي من قبل المزارعين لاتخاذ مناطق تستخدم كملاجئ بالمحصول، والتى ينظر إليها على أنها مساطق زراعية ليست مستخدمة، وتزداد صعوبة اتخاذ قرار إقامتها إذا ما كان هناك تنافس مع مزارعين آخرين لا يستخدمون الملاجئ.

٣-١-٣ - المربعات الشطرنجية (الموزايك أو الفسيفساء)

Mosaics

طريقة المربعات الشطرنجية (الفسيفساء) تشبه الملاجئ من حيث وجود مساحات معاملة بالـ *Bt* ومساحات أخرى خالية منه، ولكن الموزايك يختلف عن تلك المناطق الخالية من الـ *Bt* حيث أنها بدلا من أن تترك غير معاملة ، فإنها تعامل ببعض المبيدات الأخرى، كسلالات مختلفة من الـ *Bt* أو مبيد آخر ليس له أى علاقة بها، ولكى تكون هذه الإستراتيجية فعالة فإنه من المهم أن لا توجد مقاومة مشتركة (عبور صفة المقاومة) فيما

بين المبيدين، وبمعنى آخر فإنه يفضل أن تكون المقاومة المشتركة سلبية، وهذا النموذج مثله كمثل إستراتيجية الملجئ يعتمد على التنقل أو الهجرة الكافية للحشرات فيما بين قطع الموزايك (الشطرنج)، ولم تحظى إستراتيجية الموزايك سوى بتجارب تقييم قليلة، وإقترحت دراسات النمذجة أنها لن تكون مفيدة حيث أنها فى النهاية سوف تؤدي لإنتخاب المقاومة فى وقت واحد لكلا التوكسينين أكثر مما تعمل على تأخيرها، و فقط فإن هناك دراسة واحدة مبكرة (Curtis, 1981) مؤيدة لهذه الطريقة، وتشير هذه الدراسة إلى أنه إذا ما كان توزيع تعداد عشيرة الحشرة ومستوى التوزيع عبر مربعات الشطرنج (الموزايك) لأثنين من المبيدات لهما درجة متساوية من الفعالية، وأن معدلات التنقل أو الهجرة من وإلى المساحات أو القطع متساوية، فإن طريقة الموزايك يمكن أن تأخر تطور مقاومة المبيدات.

٣-١-٤ - التناوب أو الدورات Rotations

طريقة استخدام دورات المبيدات هى البديل لإستراتيجية الموزايك، وذلك باستخدام اثنين أو أكثر من المبيدات فى تنظيم زمنى عوضاً عن التنظيم المكانى، وقد وجد أن استعمال اثنين أو أكثر من المبيدات بالتتابع بدلاً من استخدامها فى وقت واحد أو بطريقة متزامنة يؤدي لتأخير المقاومة نسبياً (Wood, 1981)، وهى مثل طريقة الموزايك من حيث أنها لا تكون ناجحة إذا ما كان هناك عبور لصفة المقاومة فيما بين المبيدات، والمقدمة المنطقية لدورات المبيدات ترجع لأن التكلفة تكون متوائمة مع المقاومة، وكلما كان المجموع الحشرى غير معرض لبعض المبيدات، كلما كان تكرار المقاومة لهذه المبيدات منخفضاً (Hoy, 1998)، ولسوء الحظ فقد

وجد أنه بعد إزالة أو إيقاف الضغط الانتخابي للمقاومة للـ *Bt* (خلال الفترات التي يكون فيها الـ *Bt* تحت الاستعمال)، فإن تكرار المقاومة للحشرات في العشيرة يبقى ثابتاً أو أنه ينخفض فقط وببطء شديد جداً (Tabashnik, 1994 b)، وبالإضافة لذلك فإن تكاليف الموائمة المصاحبة للمقاومة تكون عديمة الأهمية عموماً، وعليه فإنه يتوقع ألا يكون هناك أهمية محتملة للضغط الانتخابي للأفراد الحساسة للـ *Bt* خلال الفترات التي لا يستخدم فيها بالدورة.

٣-٢- إستراتيجيات الجمع بين طرق مكافحة الحشرات

Combining Insect Control Methods

التوجه العام لإدارة المقاومة من خلال هذا الأسلوب يستهدف ضم كل عناصر الأفكار القديمة والحديثة معاً، وذلك من منطلق أن المقاومة تكون بدرجة أقل عند استخدام طريقتين للمكافحة في وقت واحد عنها من استخدام طريقة واحدة فقط، وعليه فإن المقاومة للطرق الموحدة معاً سوف تتأخر عن استخدام أي منها على حده في ترتيب زماني أو مكاني، وإستعمال اثنين أو أكثر من طرق المكافحة في نفس الوقت يوفر نوعاً من التأمين في حالة إذا ما فقدت إحداها فعاليتها، ويتشابه ذلك مع طريقة زيادة فعالية التوكسين باستخدام جرعات عالية، مثل استخدام جرعة واحدة كطريقة أولى للمكافحة، والجرعة الثانية كطريقة أخرى، ويعتقد أن النظرية التابعة لها مختلفة.

٣-٢-١ - استخدام مبيدات حشرية متعددة Use of Multiple

Insecticides

تعتمد هذه الاستراتيجية على الخلط أو التوافق البسيط لأثنين أو أكثر من المبيدات في نفس الحقل، وذلك مثل استخدام توكسين الـ *Bt* (*Bt*-toxin)، وآخر خالي منه (*Non-Bt toxin*) ويعتمد هذا التوجه بالضرورة على انعدام أو فقر المقاومة المشتركة (عبور صفة المقاومة) فيما بين الاثنين، وذلك بالرغم من أنه يصعب القول أنه لن يكون هناك أى درجة من عبور صفة المقاومة ما بين أى نوعين من المبيدات، حيث أنها قد تظهر حتى بين بعض المبيدات الحشرية التى تختلف تماما عن بعضها فى طريقة الفعل أو التأثير (Hoy,1998)، وفى حين أن بعض التجارب قد أشارت إلى أنه لا يوجد دليل على أن استخدام مخاليط المبيدات بجرعات مميتة يؤخر من المقاومة للـ *Bt*، فإن بعضها قد أشار لتأثير واعد لحد ما باستخدام المنشطات، ومن المعروف أن المنشطات نفسها لا تكون بالضرورة مميتة أو سامة، ولكنه عند استخدامها مع أحد المبيدات فإنها تؤدي لزيادة سمية هذا المبيد، وبالرغم من أن مثبطات إنزيم السيرين Serine protease تزيد من سمية الـ *Bt* تجاه بعض الأنواع، إلا أنه لا يوجد دليل على أن هذه السمية المتزايدة تؤدي لتطور المقاومة.

٣-٢-٢ - التراكم الجيني Gene Stacking

تتشابه طريقة التراكم الجيني مع طريقة الجمع أو الخلط السابق شرحها، ولكنها تتضمن فقط مخاليط لأثنين أو أكثر من توكسينات مختلفة للـ *Bt Cry*، أو توكسين *Bt Cry* مع توكسين *Bt Cyt*، وهذه التوكسينات

يتزامن أو يتم توصيلها في وقت واحد، ولكن كل منها يتميز بالإرتباط بموقع مختلف في المعى الأوسط للحشرة (Frutos *et al.*, 1999) ، وهذه الإستراتيجية تعتمد على نفس افتراضات ومحددات طريقة الخلط، وقد أشارت بعض الدراسات إلى أن توكسين كل من Cry و Cyt يعمل معا حيث يكون توكسين Cry بمثابة منشط Synergist، وفي دراسة أجراها Frutos *et al.*, 1998 وجد أن استعمال توكسين Cry I Aa للـ Bt قد ساعد في التغلب على مقاومة تبلغ ٥٠٠ ضعف لتوكسين Bt Cry III Aa في حشرة *C.scripta*، وبالمثل فإن خلط الجرعات تحت المميتة لتوكسين Cyt A مع توكسين Cry IV قد أظهر كبح أو إخماد للمقاومة أو خفضها إلى ١٠٠٠ ضعف في عشائر حشرة *C.quinquefascitus* المقاومة للـ Cry IV ، وبالرغم من ذلك فإن هناك دلائل معتبرة تجاه أى إستراتيجية مستخدمة للتوكسينات البطيئة Cry، وعلى سبيل المثال فقد وجد أن حشرة *H.virescens* قد أظهرت مقاومة مشتركة لسلاسل عديدة لتوكسين Cry Bt، وأيضاً فإن حشرتي *P. interpuncta*، *P. exylostella* قد طورتا المقاومة سواء في الحقل أو المعمل لعند يصل إلى خمسة أو ستة توكسينات للـ Cry Bt في وقت واحد (Tabashnik, 1994) ، ويمكن تفسير أو شرح ذلك جزئياً من خلال ما وجد من أن هناك جين مفرد هو المسئول عن المقاومة في حشرة *P.xylostella* للأربع أفراد من توكسينات Bt Cry ، ومع أخذ الملاحظ الخارجية في الاعتبار فإن هذه الإستراتيجية يبدو أنها أكثر فعالية من طريقة المربعات الشطرنجية (الموزايك) أو استخدام التعاقب

أو الدورات لتوكسينات مختلفة، ويجب ملاحظة أنه حتى مع التأخير القليل للمقاومة فإن التراكم الجيني يؤكد على ضرورة وأهمية الملاجئ.

٣-٢-٣ - خلط الـ *Bt* مع الأعداء الطبيعية

Combining *Bt* with Natural Enemies

من الاستراتيجيات الفعالة الأخرى والتي يستخدم فيها الأعداء الحيوية بدلا من التوكسينات، وذلك بالجمع مع جرعة منخفضة من *Bt* ، وهذه الإستراتيجية لا يمكن استخدامها مع غالبية المبيدات الحشرية لتأثير المدى المؤثر لها، مما قد يؤدي لقتل الأعداء الحيوية مثلها في ذلك مثل الآفات المستهدفة، والأعداء الحيوية المستعملة هنا قد تكون من المتطفلات أو المفترسات، والافتراض الذي تتخذه هذه الإستراتيجية هو نفس ما سبق ذكره كجزء من إستراتيجية التعاقب أو الدورات، ومن الناحية النظرية فإن التكاليف الموائمة للمقاومة سوف تجعل الآفات المقاومة أكثر حساسية للمهاجمة بالأعداء الحيوية، ويلزم بالطبع عند استخدام أى عدو حيوى إلا يتأثر بالتعرض للـ *Bt*، وحيث أنه فى الواقع يتم استخدام جرعات منخفضة من الـ *Bt* بالارتباط مع الأعداد الحيوية فى العديد من برامج الإدارة المتكاملة للآفات وذلك عندما يكون الـ *Bt* ليس قويا بالدرجة الكافية من خلال الجرعة المفضلة أو الموصى بها لمكافحة عشيرة الآفة، وقد أشارت بعض الدراسات إلى التأثيرات السامة المؤثرة للجمع بين الـ *Bt* مع الطفيل *Cotesia plutella* على حشرة *P.xylostella* ، وأن تأثير التداخل فيما بين الاثنين لم يكن ذو تأثير معنوى على موت حشرات عشائر *P.xylostella* المقاومة للـ *Bt* ، مما يدعو للاعتقاد بأن العشائر الحساسة

للـ *Bt* تتأثر بالجمع بينهما أكثر مما تتأثر باستخدام الطفيل أو الـ *Bt* كل على حده، وفي الواقع فإنه لا توجد دراسات حقلية أو معملية تشير إلى بطئ تطور المقاومة عند الجمع بين الـ *Bt* والأعداء الحيوية، وكما تم الإشارة إليه سابقا فإن مقاومة الـ *Bt* لم تظهر مؤشرا لموائمة التكلفة، وذلك بالإضافة إلى أنه لا يوجد ضمان على أن الأعداء الحيوية سوف تفضل مهاجمة الآفات المقاومة للـ *Bt*، وحتى إذا ما وجد مؤشر على موائمة التكاليف، وإذا ما هاجمت الأعداء الحيوية الآفات الحساسة أو المقاومة، أو فضلت الحشرات الحساسة فإن ذلك قد يؤدي إلى تطور المقاومة عند استعمالها مع الـ *Bt*.

٣-٢-٤ - الجرعة العالية High Dose

تستهدف إستراتيجية الجرعة العالية تأخير المقاومة باستعمال جرعة عالية كافية من التوكسين لقتل الحشرات غير المتماثلة Heterozygous المحتوية على آليات كل من المقاومة والحساسية، والحشرات التي لديها آليل المقاومة تمتلك درجات متباينة من المقاومة ويتوقف ذلك على ما إذا كانت تحمل آليل واحد أو اثنين من آليات المقاومة، ومن الناحية النظرية فإن التزايد الكبير في جرعة التوكسين سوف يؤدي لقتل الحشرات ذات درجة المقاومة العالية، والارتفاع الكافي للجرعة يكون قاتلا لكل الأفراد بما في ذلك المتجانسة المقاومة. والجرعة العالية الكافية لقتل ١٠٠% تكون غالبا غير ملائمة من الناحية الاقتصادية، ولذا فإن هدف إستراتيجية الجرعة العالية مجرد قتل الحشرات غير المتجانسة (ومع ذلك فإنها سوف تقتل أيضا أفراد متجانسة للآليات الحساسة)، ويتوقف ذلك على ندرة وتنجي أو التنحي

الجزئى لآليات المقاومة، ولا شك أن التحكم فى الجرعة بحرص هو أيضا مفتاح لاستخدام هذه الإستراتيجية، وإذا ما سمح للجرعة بالتدخل فإن الأفراد غير المتجانسة سوف تبقى وينتقل منها جين المقاومة، وبالإضافة لذلك فإن الأفراد غير المتماثلة لا يكون لها غالبا أفضلية عن الحشرات المتجانسة لآليل الحساسية، أو فى إمكانية إسراع تطور المقاومة، ومن الناحية التطبيقية فإن استعمال إستراتيجية الجرعة العالية يجب أن يكون بالجمع مع الملاجئ للتزود بأفراد حساسة للتزاوج مع الأفراد المقاومة المتبقية بعد تطبيق الجرعة العالية، كما أن استعمال مخاليط التوكسينات يساعد على تأخير أكثر للمقاومة.

ومع ذلك فإنه يجب الأخذ فى الاعتبار مشاكل كل من إستراتيجيات الملاجئ، ومخاليط التوكسينات حتى عند استخدامها بالجمع مع إستراتيجية الجرعة العالية، وبصفة عامة فقد وجد أن سمه المقاومة متتحة أو أنها متتحة جزئيا، ويعتقد أن هناك بعض الدلائل على أن آليات المقاومة سائدة أو أنها ذات سيادة مشتركة Codominant، وقد أشارت أحد الدراسات على مقاومة الديبل (Dipel ES)، وذلك برش مستحضر الـ *Bt* المجهز من تحت أنواع Berliner على أنها كانت سمة غير كاملة السيادة فى حفار ساق النرة الأوربي *O.nubilais*، ويدل ذلك على أهمية أو فائدة إستراتيجية الجرعة العالية، وهناك مشكلة أخرى مع إستراتيجية الجرعة العالية وهى متعلقة بالأعداء الطبيعية، حيث أنه ما حدثت إزالة مؤقتة لعشيرة الآفة، فإن الأعداء الحيوية الموجودة بالبيئة والتي تتغذى على هذه الآفات قد تغادرها أو تقتل، وقد يكون ذلك سببا للظهور الوبائي لآفة ثانوية

لا يكبح تعدادها أو عشيرتها طبيعياً بواسطة أعدائها. والاعتماد على إستراتيجية الجرعات العالية يتضمن إمكانية التطور الصناعي أو تعزيز توكسينات الـ *Bt*.

٣-٣- توصيات تنفيذ إستراتيجيات إدارة المقاومة

تركز برامج الإدارة المتداولة حالياً على إستراتيجية الجرعة العالية/ الملاجئ، والتي تستخدم عادة بالجمع مع التراكم الجيني، وفي بعض الأحيان فإن المربعات الشطرنجية (الموزايك) أو الدورات تستخدم بالإضافة إلى الملاجئ، ويجب أن تتولي أحد الهيئات أو الجهات المهتمة مسئولية إصدار التوصيات المتعلقة بإدارة المقاومة المناسبة للظروف المحلية للعمل بها كل موسم نمو، ومن ثم فإنه يجب على المنتجين الإذعان لهذه المقاييس والتوصيات، والتي ينبغي أن تؤكد بصفة عامة على ما يلي:

١- هناك ضرورة حيوية لأن يفهم المزارعين إستراتيجيات المقاومة، وما هي شروط أو توصيات إتباعها، ولكي تكون أى إستراتيجية لإدارة المقاومة ناجحة فإنه يلزم أولاً أن تكون مناسبة للتنفيذ، وبناء على ذلك فإن مسئولية تعليم وتدريب المزارعين على وسائل الإدارة المناسبة يجب أن تلتزم بها أحد الجهات المعنية بها، وعلى سبيل المثال فقد تركت هيئة حماية البيئة الأمريكية EPA مهمة التدريب والتعليم لمنتجي الـ *Bt* حيث أنه لا يتوفر للهيئة المصادر اللازمة لإرشاد كل المزارعين المستخدمين للـ *Bt*، ويلتزم المنتجين للـ *Bt* بالإذعان في هذه الحالة لتوصيات الـ EPA في هذا الخصوص، وتشير بعض

التقارير على سبيل المثال إلى أن تعليم المزارعين لم يلاقي نجاحا بالضرورة في جميع الحالات في جميع الحالات للمحافظة على المواصفات القياسية للملاجئ كأحد إستراتيجيات الإدارة، وبعض المزارعين قرروا أنهم لم يتلقوا أية معلومات فيما يتعلق بالحاجة للملاجئ أو كيفية إقامتها أو زراعتها، والبعض الآخر منهم لديه فكر مشوش فيما بين متطلبات الزراعة الموصى بها من قبل منتجي الـ *Bt* والتي تتطلب حراثة السوق القديمة، والصيانة المحلية للأرض، ويدل ذلك بوضوح على الحاجة لتحسين وسائل الإتصال ونشر المعرفة، وأيضا فإن المزارعين يجب أن يتعلموا كى يكونوا مرشدين لمحاصيلهم لتحقيق النجاح تبعا لإحتياجاتهم الخاصة.

٢- التأكيد على قبول وإذعان المزارعين لتنفيذ الإستراتيجية الموصى بها، وعلى سبيل المثال فإن الإستعمال السيئ للملاجئ من الأمور التي ينتشر تقريرها أو الشكوك فيها، ونجاح إستراتيجية الملاجئ يمكن تقويضها من قبل المزارعين الذين يقوموا بزراعتها في أكثر الأراضي فقرا، أو أنهم يولوها عناية أقل من النباتات الأخرى، مما يجعلها أقل فعالية في إجتذاب الحشرات.

٣- تحديد نسبة ٢٠% من المساحة لإقامة ملاجئ بمناطق القطن غير المعامل بالـ *Bt* ، أما المناطق التي تزرع بالقطن المعالج بالـ *Bt* فإنه من الضروري أن يكون بها نسبة ٥٠% من المساحة كملاجئ.

٤- يمتنع عن معاملة الملاجئ بأى مبيد، وذلك مع ملاحظة أن هذا المطلب يمكن التخلي عنه أو تأجيله مع بعض الحدود (العتبات) الاقتصادية،

وعند العتبة فإن المزارعين يسمح لهم بتطبيق مبيد غير الـ *Bt* بالملاحي، مما ينتج معه إستراتيجية إدارة أكثر قربا أو مشابهة لإستراتيجية الموزايك المربعات الشطرنجية.

٥- يجب أن تكون الملاحي الخارجية غير المعاملة فى نطاق نصف ميل من الحقل المعامل بالـ *Bt*، والملاحي الداخلية المعاملة يجب أن تكون فى حدود ربع ميل داخل حقل الـ *Bt*.

٦- إذا ما أختار المرارعين زراعة الملاحي فى صورة أشرطة داخل الحقل المعامل بالـ *Bt*، فإن ترتيب الأشرطة المحتوية على النباتات المعاملة بالـ *Bt* وغير المحتوية عليها تكون بالتعاقب بعد ٦ صفوف لكل منها.

٧- يلزم إتخاذ القرارات المتعلقة بمكان الملحي داخل الحقل أو خارجه بالإعتماد على ما هو معروف عن عادات التنقل وسلوك التزاوج للأنواع المستهدفة، وهناك بعض أصناف معينة من الذرة المعالجة بالـ *Bt* المنتجة لتوكسين Cry I Ac لا يمكن زراعتها فى مناطق زراعات القطن المعامل بالـ *Bt* أو بنفس التوكسين، ويرجع ذلك للقلق الخاص بتطور صفة المقاومة فى دودة براعم الذرة، وهذه الآفة تستهدف كلا من القطن والذرة، وفى بعض الأحيان خلال نفس الموسم، وبالنسبة للذرة السكرية أو الحلوة المعاملة بالـ *Bt* لا تتطلب تصميم ملاحي حيث أنه يعتقد أن الزراعة المبكرة لهذا المحصول تعمل على إستئصال التواجد الحقلى لليرقات المقاومة النشطة.

٨- يلزم على مزارعي البطاطس المعالجة بالـ *Bt* تخصيص ٢٠% أيضا من المساحة كملجئ، كما أنه ينصح مزارعي البطاطس بزراعة حقول البطاطس المعالجة بالـ *Bt* بعيدا بقدر الإمكان عن مواقع زراعتها بالسنوات السابقة.

٩- يستخدم بعض المزارعين إستراتيجية الدورات، بالرغم من أنها تكون غير مطلوبة، ومع ذلك فإنه يمكن أن تتأوب الدورات أصناف هجن نفس المحصول، أو محاصيل مختلفة معا، وبصفة عامة فإن الدورات المحصولية مقبولة للجمع بين إستراتيجيات أخرى مخطط لها ضمن تنظيمات الـ EPA السابق الإشارة إليها، ولكنها تعتبر غير كافية بمفردها.

١٠- أصبحت متطلبات الملجئ ضرورة قصوى بمرور الوقت بنفس القدر المستفاد من المعلومات حول تأثيرات الإستراتيجية على المدى الواسع، وذلك من خلال برامج النمذجة بالحاسب الآلي، والدراسات المعملية، والمساحات التجريبية الصغيرة حيث احتلت الملاجئ التصميم الأول، وتهدف الخطط المستقبلية أيضا مزيد من المواصفات القياسية الدقيقة، وعلى سبيل المثال فإن الـ EPA تخطط لمزيد من المواصفات لمنتجي البطاطس المهندسة بالـ *Bt*، وذلك فيما يتعلق بمسافات الملاجئ الواجب اتخاذها بحقل التوكسين، والفترة الزمنية الفاصلة التي يجب اتخاذها فيما بين الأعوام السابقة للحقل المنزوع ببطاطس الـ *Bt*.

٥- إدارة انبعاث وإحلال عشائر الآفة

Managing Resurgence and Replacement

الانبعاث والإحلال ظاهرة إرتداد إيكولوجية لوحظت فى العديد من الأنظمة الزراعية، وبالرغم من أن الدلائل تشير أنها غالبا ما تصاحب المبيدات الحشرية المعتادة، فإن إمكانية ظهورها قائمة مع أى من تكتيكات الإدارة. ويكون ذلك حقيقيا إذا ما كان التكتيك موجها للنواحي الفسيولوجية (الوظيفية) للحشرة (على سبيل المثال تعزيز التغذية) أو أن له تأثيرا مدمرا تجاه الأعداء الطبيعية الهامة. ومشاكل الانبعاث والإحلال ناقشها العديد من الباحثين وأشاروا إلى أنها لها إعتبار هام على وجه الخصوص فى مكافحة الحيوية. ويمكن تعريف الانبعاث Resurgence (ظهور موجات وبائية من الآفة) على أنه حالة متعلقة بالعشيرة التى بعد أن يتم كبجها تترد بأعداد أكبر مما كانت عليه قبل الكبج. كما يعرف الإحلال Replacement (ظهور موجات وبائية من الآفة الثانوية) على أنه إنفجار أو فوران (إنتشار وبائي Outbreak) للآفة الثانوية، يظهر عند كبج الآفة الرئيسية ، والإستمرار فى كبجها بالتكتيك المتبع، ولكنه يتم إحلالها بأفة أخرى كانت ثانوية فيما قبل. وفى هذه الحالة فإن الآفة الرئيسية تتأثر بقوة بالتكتيك، أما الآفة الثانوية فإنها لا تتأثر به. وتشير المراجع التى ناقشت هذا الموضوع على أنه حالة من تقلبات الآفة Pest upsets وأنها ترجع غالبا لثلاثة أسباب رئيسية هي:

١- إختزال أو تناقص الأعداء الطبيعية بفعل المبيدات فى نفس الوقت مع الآفة.

٢- التأثيرات المباشرة للمبيدات على النواحي الفسيولوجية والسلوكية لمفصليات الأرجل.

٣- إزالة الأنواع المنافسة.

وبصفة عامة فإن أساس التعامل مع ظاهرة الإنبعاث والإحلال مثلها في ذلك مثل مقاومة المبيدات هو موافقة أو مشاركة بعض تكتيكات الإدارة معاً، وبذلك يتم التقليل من الحاجة لتطبيق المبيدات، وبالإضافة لذلك فإن أسلوب التطبيق يمكن تحسينه أو استبداله لأخذ هذه المشاكل في الاعتبار. والهدف الأساسي لهذا التحسين أو الاستبدال هو تجنب ظاهرة زيادة حساسية الكائنات الحية واستجابتها للعوامل البيئية (Hormoligosis)، وتدمير أو إهلاك الأعداء الطبيعية في النظام البيئي الزراعي. وهناك توجه آخر بالإضافة لذلك وهو إطلاق الأعداء الطبيعية بالحقول بعد المعالجة بالمبيدات.