الفصل الثاني عشر

إستراتيجيات الحد من مقاومة الآفات لطرق أو تكتيكات الإدارة

obeikandl.com

obeikandl.com

إستراتيجيات الحد من مقاومة الآفات لطرق 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 دائما، وإذا ما تحقق فإن تأثيره قد يكون قصير جداً، وأهم أسباب ذلك الفشل ترجع إلى إختيار تكتيكات غير مناسبة أو غير متوافقة وأيضا التطبيق غير المناسب لتلك التكيتكات. وحتى بدون هذه المشاكل فإن الفشل فى تحقيق قمع اقتصادى دائم للآفة قد يظهر بسبب الارتداد الإيكولوجي تجاه التكتيك أو تكتيكات متوافقة معا. ويتضمن الارتداد الإيكولوجي Ecological backlash الاستجابات المعاكسة لعشائر الآفات أو غيرها من العوامل الحيوية فى البيئة التى تقلل من فعالية تكتيكات الإدارة. وكثيرا ما تنتج هذه الاستجابات من عبء أو حمل الموت الكثيف الواقع على الأنواع، وهذا العبء ليس مثل ذلك الموجود فى الفروض أو الحالات الطبيعية. وبعضها ينشأ من تمزق العمليات الإيكولوجية أو التغيرات فى مستويات مصادر المجتمعات الحيوية مما يسبب إعادة تنظيم أو ضبط تركيب المجتمع. وغالبا ما يتعارض إعادة التنظيم أو الضبط المشار إليه مع الأغراض الزراعية وخاصة المتعلقة بإدارة الآفات ومن أهم سمات الارتداد الإيكولوجي أنه يكون عادة متأخرا، ولذا فإنه يجب تطبيق واحد أو أكثر من تكتيكات الإدارة، والاستمرار فى

استخدام نفس برنامج الإدارة إذا ما أظهرت نتائج ناجحة أو مشجعة، ولكن البرنامج تدريجيا أو ربما بشكل مفاجئ يفقد فعاليته، وقد يصبح عديم الفائدة تماما. وبالرغم من أن الارتداد الإيكولوجي قد تكرر ظهوره الفظيع فى تاريخ مكافحة الآفات، إلا أنه وحتى الآن فإن العديد من المزارعين وغيرهم من المتخصصين الزراعيين، وعادة ما يفاجئ عند ظهورها ويبدون دهشتهم لذلك وعليه فإن هناك حاجة لإلمام 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 فى تصميم برامج الإدارة الصائبة حيث أن هذه المشاكل يتعذر تجنبها. وبصفة عامة فإن فهم الارتداد الإيكولوجي يرتكز على معرفة المصادر الرئيسية للظاهرة وتعتبر المقاومة أحد أهم هذه المصادر ، وذلك بجانب ظاهرتي الانبعاث والإحلال. ويطلق على هذه المصادر الثلاثة R "The three R's" وهي المقاومة Resistance، الانبعاث أو ظهور موجات وبائية من الآفات Resurgence، و الإحلال أو ظهور موجات وبائية من الآفة الثانوية Replacement. و تمثل مشكلة ظهور سلالات مقاومة من مفصليات الأرجل لبعض المبيدات واحدة من أهم المشاكل الناجمة من الاستخدام المكثف للمبيدات التقليدية فى البيئة الزراعية، وقد برزت هذه الظاهرة وتفاقمت بتزايد أعداد الأنواع المقاومة بدرجة خطيرة أدت إلى أنها أصبحت من أكثر المشاكل الرئيسية فى مجال وقاية المزروعات، وبصفة عامة فإن المقاومة تجاه المبيدات تظهر لدي الأنواع التي تتميز بأعداد كبيرة من الأفراد فى الجيل الواحد مثل أنواع العناكب النباتية والأكاروسات

والحشـــرات القشرية أو الأنواع التي تتميز بدوره حياة قصيرة وعدد كبير مـــن الأجـــيال فـــى السنة كالمن والذباب، ويتفاوت تأثير الأنواع المختلفة للمبـــيدات تـــبعاً للتركيب الوراثي ومدي وجود صفة المقاومة للمادة السامة بصـــورة سائدة، ولذلك فإن تتابع تعرض عشيرة أى آفة فى البيئة الزراعية لمبـــيد معـــين يحدث ضغطاً انتخابيا للأفراد التى تتمتع بصفة المقاومة فى تـــركيبها الوراثي ومن هذه الأفراد التى تنجو من التأثير السام تنشأ الأجيال التالـــية التي تتركز فيها صفة المقاومة جيلاً بعد جيل حتى تكون ما يعرف بالسلالة المقاومة لتأثير المبيدات، وتتكاثر هذه الأفراد فى البيئات الزراعية المعالجة على حساب الأفراد الذين لا يملكون هذه الخاصية ويحلون مكانهم فـــى البيـــئة، وتحدث هذه الظاهرة تحت الظروف التطبيقية والحقلية نتيجة تـــتابع اســـتخدام نفـــس المبيد أو مبيد مشابه له فى التركيب مما يؤدى إلى إصـــابات وبائـــية شديدة بالآفات حينما يفشل المبيد فى الحد من تعداد الآفة حقليا.

٢- مقاومة الآفات لطرق (تكتيكات) الإدارة

بالـــرغم من أن مقاومة المبيدات الحشرية هى أكثر أشكال المقاومة أو الظواهـــر التى كثر الحديث عنها، إلا أنه يجب أن يؤخذ فى الإعتبار أن المقاومـــة ليست مقصورة تجاه المبيدات الحشرية حيث أن الواقع يدل على أن عشائر الحشرات قادرة على البقاء والتغلب على أو تعدى أى تكتيك متبع لإدارة الآفـــة، وعـــلاوة على ذلك فإن أساسيات الإنتخاب الشارحة لمقاومة المبيدات الحشرية يمكن تطبيقها بنفس القدر تجاه أشكال المقاومة الأخرى، وكمـــا أن مقاومـــة 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- إرتفاع معدلات التوالد (التكاثر) مع انخفاض مدة الجيل.

٢- زيادة أعداد المواليد.

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

٤- سيادة أو تنحى 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 فى البيئة يزيد من فرصة تعرض الأفراد الحساسة للتوكسين ومن ثم موتها، وعدم انتقال سمه الحساسية لهذه المبيدات للأجيال التالية، ويؤدى ذلك لإنتخاب حشرات مقاومة أكثر قوة حيث أن الحشرات المقاومة هى التى تبقي فقط، وبمنطق مشابه فإن تكرار تطبيق مبيدات غير ثابتة قد أظهر نفس التاثير (Wood, 1981) ، وأيضا فإن العشائر الحشرية التى يقل فيها هجرة أو انتقال الجينات لأفراد حساسة غير معرضة جديدة تتطور بها المقاومة بسرعة أكثر، كما أن العشائر التى تعرضت سابقا لأحد المبيدات التى 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

العاديـــة لمبيدات الـــ *Bt* قد استخدمت لأكثر من ٢٠ عاما بدون أن تتطور المقاومة لها على مدى واسع، إلا أنه قررت بعض الأبحاث خلال السنوات القـــريبة الماضـــية تطور هذه الظاهرة، وعلى سبيل المثال فإن سلالة دودة براعم الدخان التى تم انتخابها تحت الظروف المعملية قد تضاعفت مقاومتها بمقـــدار ١٣-٢٠ ضـــعفا للوســـط الغذائـــي (البيئة) المحتوى على بكتيريا *Pseudomonas fluorescens* التى تم هندستها وراثيا لتعبر عن بروتين (130 KDa) المأخوذ من سلالة بكتيريا HD-1 للـــ *Bt* (Stone *et al*, 1989)، ونفـــس هـــذه الحشـــرات كانـــت حساسيتها بأقل من ٤ أضعاف للإنـــدو توكســـين HD-1 النقـــى، والديـــبل Dipel (المستحضر التجارى لمخلـــوط الجـــراثيم و البلورات للـــ *Bt*). وأيضا فإن حشرة فراشة الدقيق *Plodia interpunctella* وهـــى أحد حشرات الحبوب المخزونة تطورت مقاومـــتها للمستحضـــر التجارى للـــ *Bt* عند معاملة الحبوب بالمستحضر، وذلـــك خـــلال عدد قليل من أجيال الحشرة Mc Gaughey, 1985، وقد تزايدت المقاومة حوالي ٣٠ ضعفا خلال جيلين فقط من بداية تربية الحشرة علـــى وسط غذائي معامل بالـــ *Bt* ، وبعد ١٥ جيلا فإن درجة المقاومة قد وصـــلت إلى أكثر من ١٠٠ ضعف زيادة عن مستوى المقاومة وتلى ذلك عـــدد مـــن الدراســـات التى أكدت على تطور مقاومة الحشرتين السابقتين وغيـــرهما، ومنها خنفساء كلورادو Rahardija and Whalon, 1995، دودة ورق القطـــن Chaufaux *et al*, 1997, Muller - Cohn *et al*, 1994, 1996، الفرشـــة ذات الظهـــر الماســـي Tabashink *et al*, 1994&1995، فراشـــة الدقـــيق الهـــندية Mc Gaughay, 1994

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

وبصـفة عامـة فإنه خلال الخمس عشر عاما التالية لإكتشاف مقاومة فراشة الدقيق، تم إنتخاب ١٣ نوعا لعشائر مقاومة للـ *Bt* ، منها ١١ نوعا تجاه توكسينات لسلالات مختلفة من الـ *Bt* تحت الظروف المعملية، ولكنها لم تظهر فى الحقل وهى:

١- حفار ساق الذرة الأوربى *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 القطب 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 egypti*

ويستوقع مع ما سبق ذكره أن الاستمرار فى الاستخدام المكثف لمنتجات الـ *Bt* يمكن أن يؤدى إلى تطور صفة المقاومة على المستوى الحقلي، لا سيما أن عديد من الآفات ومنها آفات القطن الحشرية لها التركيب الوراثي القادر على تطوير صفة المقاومة للأنواع الإحيائية عبر الضغط الانتخابى، 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*

دلت التجارب التى أجريت على فراشة الدقيق الهندية التى تعرضت للضغط الانتخابي تحت الظروف المعملية لدراسة مقاومتها لبلورات بروتين الـ *Bt* المبيدة للحشرات فى الديبل Dipel على أن مقاومة هذه الحشرات ترجع إلى تبديل فى إرتباط التوكسين بأغشية الخلية Van Rie *et al*, 1990 ، و أوضحت هذه الدراسة الرؤية عن كيفية إرتباط بروتين الـ *Bt* بالسمية فى الحشرات، وهناك تغيرين هامين يظهرا فى 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 فى بلورات الديبل، وأن بروتينات مكافحة الحشرات Cry IA (b) هى الموجودة فى المستحضر، وهى المستخدمة فى إنتخاب مقاومة الحشرات،

والتغيـــر الثانـــي هو الزيادة الملحوظة فى الحساسية لبروتوكسين Cry IC وتوكســـين Cry IC فـــى السلالة المقاومة ، وقد اقترح Van Rie *et al*, 1990 أنه عندما يكون نوعى بروتينات المكافحة متاحا لنفس الحشرة ، فإن مقاومـــة أحـــد بـــروتينات المكافحة ليس من الضرورة أن يمنح المقاومة لبـــروتين المكافحـــة الثاني، ولذا فإن بروتينات مكافحة الحشرات التى لها خواص إرتباطيه مختلفة يمكن أن تستخدم فى تأخير تطور صفة المقاومة، وبصـــفة عامـــة فـــإن الأبحاث على الميكانيكيات الجزيئية للمقاومة تنتشر بسرعة، ويمكن أن تنبثق من خلالها توجهات جيدة لإدارة المقاومة، ويلاحظ أن عشـــيرة فراشـــة الدقيق الهندية التى تم دراستها تحت الضغط الإنتخابي للمقاومـــة كانـــت تحـــت الظروف المعملية، ويتوقع أن السلالات الحشرية المعرضة للضغط الإنتخابي للمقاومة تحت الظروف المعملية قد تحتوى أولا تحـــتوى على الجينات النموذجية للمقاومة التى يتم انتخابها تحت الظروف الحقلية.

وفـــى هـــاواى أظهـــرت الفراشة الماسية *Plutella xylostella* مقاومـــة لمعقد بلورات بروتين من جراثيم الـــ *Bt* المبيدة للحشرات ، وأن هـــذه المقاومـــة تطـــورت فـــى الاستجابة للمستحضرات التجارية للـــ *Bt* المجهزة للتطبيق على المجموع الخضرى Tabashnik *el al*, 1990، كما حـــدث نفـــس الشـــيئ فى الفلبين حيث ترسخت مقاومة سلالة من الحشرة للمستحضرات التجارية للديبل، وقد تم الحصول على بلورات بروتينات من الجيـــنات المعاد صياغتها Cry IA (b)، Cry IB، Cry IC من بكتيريا *E.coli* وتـــم تقيـــيمها مـــن حـــيث الإرتـــباط بحواجز التنظيف لأغشية

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

وبصفة عامة فإن الميكانيكية التى 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 أولا إلى توكسينات بروتينية نشطة، وهى تنتشر عبر الغشاء الغذائي وترتبط بمستقبلات ذات ألفة عالية موجودة فى الخلايا الطلائية بالمعي الأوسط، وينتج عن ذلك شلل المعى وتوقف الحشرة عن الغذاء، والتفاعل الناتج من الإرتباط فيما بين المستقبل والتوكسين يصبح غير عكسى ويتم إدخال التوكسين بالغشاء مسببا تكون القنوات القبية أو المسامية ، وتخل المسامية المتكونة بتدرج 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 حديثا فقط على مستوى الحقل ، فإن أبحاث ودراسات ميكانيكية المقاومة تركزت

علـــى الحشرات التى تعرضت للضغط الانتخابي تحت الظروف المعملية، وهناك نوعين من آليات أو ميكانيكيات المقاومة المُمكنة التى إهتمت بها هذه الأبحاث وهى:

١- خطـــوات التحلل البروتينى والارتباط الخاص لبروتينات التوكسين للـــ *Bt*، والهضم أو التحلل البروتينى للبروتينات كاملة الإمتداد Full- length(١٣٠-١٤٠ كـــيلو دالتون) إلى البروتينات الأقل (التربســـين) والتى تبلغ من ٥٥-٧٠ كيلو دالتون يعتبر ضروريا لحدوث التأثير أو النشاط الإبادى الحشرى، وعليه فإن آلية المقاومة قـــد تتضـــمن نقـــص فى رقم الحموضة pH، أو خواص التحليل البروتينـــى للمعى الأوسط للحشرة، وحيث أن الغشاء الغذائي يعمل كمنخل جزيئى، فإن البلورات البروتينية المبتلعة يمكن أن تمنع من التفاعل مع الخلايا الطلائية للمعى الأوسط ويتم إخراجها.

٢- الارتباط النوعى الخاص لبروتينات التوكسين Cry IA(b)، Cry IC للأغشـــية الحويصلية لحواجز التنظيف المنعزلة من السلالات الحساســـة والمقاومـــة، وبالإضافة لذلك فإن هناك توجهات لآليات أخـــرى للمقاومـــة، وهى فى حاجة إلى مزيد من الإيضاح وتشمل نتائج ما بعد الارتباط Post binding، مثل إدخال الغشاء، وتكون القنوات الثقبية (المسامية) وأيضا التغيرات السلوكية.

٢-٢- مقاومة منظمات النمو الحشرية

هناك بعض منظمات النمو الحشرية (IGRs) التى أشارت التقارير الـى إضـافتها للقائمـة الطويلة من المبيدات التى تقاومها الحشرات، وفى البداية فـإن مقاومـة هورمونات الشباب JH ومشابهاتها لم يكن متوقعا حدوثه، حيث أنه يلزم للحشرات، فى هذه الحالة أن تتعدى تأثيرات جزئيات هـذه المـواد المشابهة لتلك الموجودة فعلا بأجسامها، ولكن من السهل فهم الظاهرة إذا ما أخذ فى الإعتبار أن الحشرات تقوم بتنظيم الهورمون الخاص بهـا من خلال العمليات الأيضية، وأنها عادة ما تتعامل مع هذه الجزيئات الخارجـية كمواد غريبة يتم تعريضها لعمليات الهدم أو إزالة الفعالية، ومن ناحـية أخـرى فـإن ظاهرة المقاومة المشتركة لبعض السلالات المقاومة للمبـيدات الحشـرية وجد أنها تلعب دورا مهما فى مقاومة منظمات النمو الحشرية، وحاليا فإنه يوجد على الأقل ١٣ نوعا حشريا 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 داى فليوبنزيرون، وبالرغم من أن ميكانيكيات المقاومة لهذه المواد مازالت موضع الدراسة، فإنه فيما يبدو أن مقاومـة مـنظمات الـنمو الحشرية ترجع لإختزال فى مقدرة الإختراق أو التخلل وزيادة الأيض لهذه المركبات.

٢-٣- مقاومة المتطفلات

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

الأمـــريكية وأيضا الشمالية *Pristiphora erichsonii* (Larch sawfly الشـــرقية تجـــاه الطفيل (Inchneumonid parasitoid) *Mesoleius tenthredinis* المقـــدم للنشـــر علـــى المستوى الحقلي عن طريق التقديم، وتشير بعض الدراسات المعملية لحدوث مقاومة الطفيل فى الذباب المنزلي تجـــاه طفيل *Nasonia vitripennis*، وبعوض الانوفيدليس تجاه الطفيل النيماتودى (*Diximermis peterseni*).

٢-٤- الشراسة (قدرة المهاجمة) للنباتات المقاومة

تطـــور الطرز (الأنواع) الاحيائية الشرسة أو القادرة على مهاجمة النـــباتات المقاومـــة طبيعيا وتعدى وسائلها الدفاعية ظاهرة معروفة ، وهذا الشـــكل من المقاومة (مقاومة النباتات المقاومة) غالبا ما يشغل بال وإهتمام مربـــى النـــباتات والمنتجين الزارعين منذ سنوات عديدة. وحتى الآن فإن غالبـــية الطرز الاحيائية الحشرية التى تم تطويرها تابعة لأنواع المن، ومع ذلـــك فـــإن أفضـــل الأمثلة المعروفة لهذه الظاهرة يتمثل فى ذبابة الهيسين *Mayetiola destructor* من رتبة ثنائية الأجنحة.

٢-٥- مقاومة الدورات النباتية (المحصولية)

مـــن أكثر أشكال المقاومة غير المعتادة أو المتوقعة، ومع ذلك فإنه يـــدل علـــى مقدرة الثبات أو البقاء لدى الحشرات، ومن أمثلة ذلك الطراز الجينى الذى تم انتخابه لدودة جذور الذرة الشمالية *Diabrotica barberi* والتـــى أظهرت مقاومة لدورة ثنائية كل عامين للذرة وفول الصويا (أو أحد الحـــبوب الصـــغيرة) وذلك بالولايات الوسطى الشمالية الأمريكية، ويعرف

الطراز الجينى المقاوم هذا Extended-diapause genotype ويظهر به حالـــة مـــن السكون بطور البيضة تمتد لعامين (لفترة شتائين) بدلا من عام واحد، وقد تقرر ظهور هذا الطراز عام ١٩٦٥، ولكنه لم يمثل مشكلة حتى عـــام ١٩٨٥ عـــندما بدأ الضرر بالذرة المنزرعة فى دورات ينتشر على نطـــاق واســـع. وســـمة الأقلمة البارزة لهذا الطراز ترجع إلى أن البيض الموضوع فى حقول الذرة بأحد المواسم يمكنه أن يبقى بالمسكن الدقيق غير العائـــل بالموســـم المـــتعاقب، وعليه فإنه يفقس فى وجود العائل المناسب بالموسم التالي. والدراسات التى أجريت حول هذه المشكلة فى المنطقة التى حـــدثت بها تدل على أن فقط ١٠% من بيض دودة جذور الذرة فى الحقول المنزرعة بالمحصول على التوالي تتجه لأن تكون طراز مقاوم Extended diapause، وذلـــك فى مقابل ما يقرب من نسبة ٥٠% بالبيض فى الحقول المنـــزرعة بالذرة فى دورة، و يعنى ذلك أن فعالية زراعة الذرة فى دورة كـــل عامين تصبح أقل من الناحية العملية كتكتيك لإدارة هذه الآفة، وإذا ما حـــدثت هذه المشكلة فإنه المزارعين يصبحون فى حاجة لزراعة الذرة فى دورة ثلاثية (كل ثلاثة أعوام يزرع فيها الذرة عام والمحصول غير العائل فـــى عامـــين)، وإلا سيجدون أنفسهم مضطرين لتطبيق المبديات الحشرية كمعاملـــة تربة بالرغم من أن هذا البديل لا يعتبر إجراءاً 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 مشابهات الفرمون حتى الآن، وحيث أن هذه المواد لم يتم استخدامها على نطاق واسع أو بطريقة مكثفة، فإن غالبية الأراء تشير لإحتمال ظهور المقاومة إذا ما إستخدمت على نطاق واسع وحققت نجاحا فى 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 نفعا 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 فى مشكلة المقاومة (Hay, 1998)، ومن الضروري مواجهة ظاهرة المقاومة بغرض المحافظة على فعالية الـ *BT*، وبصفة عامة فإن لإدارة المقاومة ثلاثة أهداف رئيسية هى:

١- تجنب ظاهرة المقاومة إذا ما كان ذلك ممكنا.

٢- تأخير المقاومة لأطول فترة ممكنة.

٣- العمل على ارتداد العشائر المقاومة إلى عشائر حساسة (Croft,1990).

وتبنـــى بـــرامج إدارة المقاومة للـــ *Bt* بصفة عامة على توجهات تأخيـــر المقاومة من خلال خفض التعرض للتوكسين، السماح بالتزاوج فيما بـــين الحشـــرات المقاومة وعشيرة كبيرة من الحشرات الحساسة، والحفاظ على استمرار سمة أو ميزة الحساسية (ثبات الحساسية) وتجمعها فى الجين. وتشـــتمل هذه التوجهات على إستراتيجيات عديدة أهمها استخدام المخاليط، المـــربعات الشـــطرنجية (المـــوزيك أو الفسيفساء)، التعاقب أو الدورات، الملاجـــئ، النشر العرضى المتفق عليه أو إطلاق الذكور الحساسة بالحقل، وهـــناك تـــوجه آخر يركز على مشاركة أو موافقة تقنيات مكافحة الآفات، ويعـــتمد هذا التوجه على افتراض أن الحشرة تميل لتطوير المقاومة إذا ما كان هناك نوع واحد من المكافحة وبدرجة أكبر مما لو كان هناك أكثر من نـــوع مـــن المكافحة يستخدما معا فى وقت واحد، وتعتمد إستراتيجيات هذا الـــتوجه علـــى تراكم جين المقاومة، الجرعات العالية، مخاليط التوكسينات المختلفة تماما فى 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 التزواج ما بين الحشرات المقاومة والحشرات الحساسة من أقدم الطرق المستخدمة فى هذا المجال، وببساطة فإن فكرتها تعتمد على تكرار نشر الذكور الحساسة المرباه فى المعمل، أو المجمعة من أماكن محلية فى نطاق العشيرة المعاملة بالـ *Bt*، ومن الناحية النظرية فإن ذلك يعمل على إمكانية الحفاظ على تكرار المقاومة فى العشيرة الحشرية تحت المستوى قبل المعين أو المحدد Predefined level ، وهى من أفضل الطرق إستعمالا على عشائر بعض الحشرات مثل البعوض، والتى تستهدف فيها المبيدات الإناث بصفة عامة، وذلك مع الأخذ فى الإعتبار أن توكسينات الـ *Bt* ليست مبيدات متخصصة عل الجنس، وأيضا 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 للتسؤال.

٣-١-٢- الملاجئ Refugia

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

الـذى يـتوقع أن تنتشر منه إلى التعداد المعامل للتزواج، وهذا هو أساس إستراتيجية الملجأ Refuge، وعادة فإن الملاجئ تتباين فى الحجم والمكان، وهـى تعمـل كمخازن للأفراد الحساسة، ويتوقع مع ذلك تزاوج العديد من الأفـراد الحساسـة مـع أعداد قليلة من الأفراد المقاومة، مما يؤدى 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 التزاوج بطريقة عشوائية.

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

٤- إنعدام التأثير الإبادى الحشرى فى الملاجئ.

وإذا لـم تتـنقل الحشرات الكاملة ما بين الملجأ والمنطقة المعاملة فإن المقاومـة سوف تتطور بسرعة فى المناطق المعاملة، فى نفس الوقت الذى سيستمر فيه تزاوج العشائر الحساسة مع بعضها البعض داخل المناطق غير المعاملـة، وإذا مـا تعـرض الملجـأ لأى نوع من المبيدات، فإن العشيرة الحساسـة المـتاحة للتزاوج مع الأفراد المعرضة للـ *Bt* سوف تتناقص (Tabashnik, 1997). وبصـفة عامة فإن اتخاذ الملاجئ بجانب المناطق المعاملـة خارج الحقل يكون أكثر نجاحا ونفعا، وكلما زادت الملاجئ كلما تأخـرت المقاومة وبعد ظهورها (Frutos,1999)، ولكنه فى نهاية الأمر سـتتطور المقاومة عند هجرة الأفراد المقاومة إلى العشيرة الحساسة، حيث

يعمـــل ذلـــك على جلب العشيرة المقاومة فى المناطق غير المعاملة بما فى ذلك الأجزاء المثبتة أو التى يبقى عليها لإطالة توازن الملجئ، وقد دعى هذا لاقتـــراح مســـاحة الملجـــئ لتغطـــى حوالي ٥-١٠% من المساحة الكلية للمحصـــول، وذلـــك من خلال الدراسات التى أجريت عام ١٩٩٢، وأكدت دراسات أخرى هذه النسبة، كما دلت دراسات النمذجة بالحاسب الآلي التى تستعمل المعلومات المتعلقة بدوره حياة حشرات رتبة حرشفية الأجنحة على أن المساحة المحصولية المحتوية على ١٠% ملجئ تؤخر المقاومة فيما بين ٥ أجيال الى ١١٢٠ جيلا، وقد أشار هذا البرنامج أيضا إلى أن ترك نسبة ١٠% كملجـــأ يساعد حشرة *P.xylostella* على المحافظة على حساسيتها تجـــاه الـــــ *Bt* مـــن تحت نوع *aizawai*، ومع ذلك فإنه يجب الأخذ فى الاعتـــبار أن هـــناك أنواع أخرى لا تستجيب بدرجة كافية لهذا الحجم من الملجأ.

وبالـــرغم مـــن أن إســـتراتيجية الملجأ قد تكون ناجحة من خلال الإدراك العام، إلا أنه ليس من السهل التوقع أو التنبؤ بما سيحدث فى الحقل ممـــا يـــتم الحصـــول عليه من الدراسات المعملية، وعلى سبيل المثال فقد أشارت أحد الدراسات على أن التزاوج العشوائي ليس بالضرورة هو نفس مـــا يحـــدث أو يفترض حدوثه للحشرات تحت الظروف الحقلية فقد أخذت عشـــائر دودة اللـــوز القرنفلية المقاومة فترات أطول لإتمام التطور، وذلك بمعـــدل يصل إلى ٥,٧ يوما أكثر من العشائر الحساسة، حيث أن أكثر من ٨٠% من حشرات دودة اللوز القرنفلية *P. gossypiella* تتزاوج خلال ٣ أيـــام مـــن خروج الفراشات وتموت بعد ذلك، و يخدم ذلك تجانس التزواج

ولـــيس عشوائية التزاوج، ويتوقع مع ذلك أن تتزاوج الأفراد الحساسة مع بعضها البعض قبل خروج الأفراد المقاومة (Liu *el al.*,1999)، وبطبيعة الحال فإن تأثير ذلك على إستراتيجية الملجأ لدودة اللوز القرنفلية فى الحقل يـــتوقف على تداخل الأجيال مع عوامل أخرى، منها صعوبة التنبؤ بهجرة الحشـــرات البالغة عندما تتواجد للتزاوج، ولا شك أن هذه المعلومات مفيدة فـــى تحديـــد 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 استنفاذه (Wood, 981)، وغالـــبا ما تستخدم طريقة الملجأ بالاشتراك مع إستراتيجيات أخرى لتعزيز فعالية كل منها، ومن المشاكل التى يؤسف لها عدم الاهتمام الكافي من قبل المـــزارعين لاتخاذ مناطق تستخدم كملاجئ بالمحصول، والتى ينظر إليها علـــى أنهـــا مـــناطق زراعية ليست مستخدمة، وتزداد صعوبة اتخاذ قرار إقامتها إذا ما كان هناك تنافس مع مزارعين آخرين لا يستخدمون الملاجئ.

٣-١-٣- المـــربعات الشـــطرنجية (المـــوزايك أو الفسيفساء) Mosaics

طـــريقة المربعات الشطرنجية (الفسيفساء) تشبه الملاجئ من حيث وجود مساحات معاملة بالـــ *Bt* ومساحات أخرى خالية منه، ولكن الموزيك يخـــتلف عـــن تلك المناطق الخالية من الـــ *Bt* حيث أنها بدلا من أن تترك غيـــر معاملة ، فإنها تعامل ببعض المبيدات الأخرى، كسلالات مختلفة من الـــــ *Bt* أو مبيد آخرليس له أى علاقة بها، ولكى تكون هذه الإستراتيجية فعالة فإنه من المهم أن لا توجد مقاومة مشتركة (عبور صفة المقاومة) فيما

بـــين المبيدين، وبمعنى آخر فإنه يفضل أن تكون المقاومة المشتركة سلبية، وهـــذا النموذج مثله كمثل إستراتيجية الملجئ يعتمد على التنقل أو الهجرة الكافية للحشرات فيما بين قطع الموزايك (الشطرنج)، ولم تحظى إستراتيجية المـــوزايك ســـوى بتجارب تقييم قليلة، وإقترحت دراسات النمذجة أنها لن تكـــون مفيدة حيث أنها فى النهاية سوف تؤدى لإنتخاب المقاومة فى وقت واحد لكلا التوكسنين أكثر مما تعمل على تأخيرها، وفقط فإن هناك دراسة واحـــدة مبكرة (Curtis, 1981) مؤيدة لهذه الطريقة، وتشير هذه الدراسة إلـــى أنـــه إذا مـــا كان توزيع تعداد عشيرة الحشرة ومستوى التوزيع عبر مـــربعات الشطرنج (الموزايك) لأثنين من المبيدات لهما درجة متساوية من الفعالـــية، وأن معـــدلات التـــنقل أو الهجرة من وإلى المساحات أو القطع متساويا، فإن طريقة الموزايك يمكن أن تأخر تطور مقاومة المبيدات.

٣-١-٤- التناوب أو الدورات Rotations

طريقة استخدام دورات المبيدات هى البديل لإستراتيجية الموزايك، وذلـــك باســـتخدام أثنين أو أكثر من المبيدات فى تنظيم زمنى عوضا عن التنظـــيم المكانى، وقد وجد أن استعمال اثنين أو أكثر من المبيدات بالتتابع بدلا من استخدامها فى وقت واحد أو بطريقة متزامنة يؤدى لتأخير المقاومة نسبيا (Wood, 1981)، وهى مثل طريقة الموزايك من حيث أنها لا تكون ناجحـــة إذا ما كان هناك عبور لصفة المقاومة فيما بين المبيدات، والمقدمة المنطقـــية لدورات المبيدات ترجع لأن التكلفة تكون متوائمة مع المقاومة، وكلمـــا كـــان المجمـــوع الحشرى غير معرض لبعض المبيدات، كلما كان تكـــرار المقاومة لهذه المبيدات منخفضا (Hoy, 1998)، ولسوء الحظ فقد

وجـد أنـه بعد إزالة أو إيقاف الضغط الانتخابي للمقاومة للـ *Bt* (خلال الفتـرات التـى يكون فيها الـ *Bt* تحت الاستعمال)، فإن تكرار المقاومة للحشـرات فـى العشـيرة يبقى ثابتا أو أنه ينخفض فقط وببطء شديد جدا (Tabashnik, 1994 b)، وبالإضافة لذلك فإن تكاليف الموائمة المصاحبة للمقاومـة تكـون عديمة الأهمية عموما، وعليه فإنه يتوقع ألا يكون هناك أهمية محتملة للضغط الانتخابى للأفراد الحساسة للـ*Bt* *خلال* الفترات التى لا يستخدم فيها بالدورة.

٣-٢- إستراتيجيات الجمع بين طرق مكافحة الحشرات

Combining Insect Control Methods

الـتوجه العام لإدارة المقاومة من خلال هذا الأسلوب يستهدف ضم كـل عناصـر الأفكار القديمة والحديثة معا، وذلك من منطلق أن المقاومة تكـون بدرجة أقل عند استخدام طريقتين للمكافحة فى وقت واحد عنها من استخدام طريقة واحدة فقط، وعليه فإن المقاومة للطرق الموحدة معا سوف تتأخـر عـن اسـتخدام أى مـنها على حده فى ترتيب زمانى أو مكانى، وإسـتعمال أثنين أو أكثر من طرق المكافحة فى نفس الوقت يوفر نوعا من التأمين فى حالة إذا ما فقدت إحداها فعاليتها، ويتشابه ذلك مع طريقة زيادة فعالـية التوكسـين باسـتخدام جرعات عالية، مثل استخدام جرعة واحدة كطريقة أولي 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 فى نفس الحقل، وذلك مثل استخدم 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 تؤدى 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 تؤدى لتطور المقاومة.

٣-٢-٢- التراكم الجينى Gene Stacking

تتشابه طريقة التراكم الجينى 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 التوكسنات

يتـــزامن أو يـــتم توصيلها فى وقت واحد، ولكن كل منها يتميز بالإرتباط بموقع مختلف فى المعى الأوسط للحشرة (Frutos *et al*,., 1999) ، وهذه الإســـتراتيجية تعـــتمد علـــى نفس افتراضات ومحددات طريقة الخلط، وقد أشـــارت بعـــض الدراسات إلى أن توكسين كل من Cry و Cyt يعملا معا حـــيث يكون توكسين Cry بمثابة منشط Synergist، وفى دراسة أجراها Frutos *et al*., 1998 وجـــد أن استعمال توكسين Cry I Aa للـــ *Bt* قد ساعد فى التغلب على مقاومة تبلغ ٥٠٠ ضعف لتوكسين *Bt* Cry III Aa فى حشرة *C.scripta*، وبالمثل فإن خلط الجرعات تحت المميتة لتوكسين Cyt A مـــع توكسين Cry IV قد أظهر كبح أو إخماد للمقاومة أو خفضها إلى ١٠٠٠ ضعف فى عشائر حشرة *C.quinquefascitus* المقاومة للـــ Cry IV ، وبالـــرغم من ذلك فإن هناك دلائل معتبرة تجاه أى إستراتيجية مســـتخدمة للتوكسينات البطيئة Cry، وعلى سبيل المثال فقد وجد أن حشرة *H.virescens* قد أظهرت مقاومة مشتركة لسلالات عديدة لتوكسين Cry *Bt*، وأيضا فإن حشرتى *P. interpuncetta, P. exylostella* قد طورتا المقاومة سواء فى الحقل أو المعمل لعدد يصل إلى خمسة أو ستة توكسينات للـــــ *Bt* Cry فى وقت واحد (Tabashnik, 1994) ، ويمكن تفسير أو شرح ذلك جزئيا من خلال ما وجد من أن هناك جين مفرد هو المسئول عن المقاومة فى حشرة *P.xfylostella* للأربع أفراد من توكسينات *Bt* Cry ، ومـــع أخـــذ الملاجئ الخارجية فى 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 الجينى يؤكد على ضرورة وأهمية الملاجئ.

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

Combining *Bt* with Natural Enemies

من الاستراتيجيات الفعالة الأخرى والتى يستخدم فيها الأعداء الحيوية بدلا من التوكسينات، وذلك بالجمع مع جرعة منخفضة من *Bt* ، وهذه الإستراتيجية لا يمكن استخدامها مع غالبية المبيدات الحشرية لأتساع المدى المؤثر لها، مما قد يؤدى لقتل الأعداء الحيوية مثلها فى ذلك مثل الآفات المستهدفة، والأعداء الحيوية المستعملة هنا قد تكون من المتطفلات أو المفترسات، والافتراض الذى 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*B* ، مما يدعو للاعتقاد بأن العشائر الحساسة

للـــ *Bt* تتأثـــر بالجمـــع بيـــنهما أكثـــر ممـــا تتأثر باستخدام الطفيل أو الـــ *Bt* كـــل على حده، وفى الواقع فإنه لا توجد دراسات حقلية أو معملية تشـــير إلـــى بطئ تطور المقاومة عند الجمع بين الـــ *Bt* والأعداء الحيوية، وكمـــا تـــم الإشارة إليه سابقا فإن مقاومة الـــ *Bt* لم تظهر مؤشرا لموائمة الـــتكلفة، وذلـــك بالإضافة إلى أنه لا يوجد ضمان على أن الأعداء الحيوية ســـوف تفضـــل مهاجمة الآفات المقاومة للـــ *Bt*، وحتى إذا ما وجد مؤشر علـــى موائمة التكاليف، وإذا ما هاجمت الأعداء الحيوية الآفات الحساسة أو المقاومـــة ، أو فضـــلت الحشـــرات الحساسة فإن ذلك قد يؤدى إلى تطور المقاومة عند استعمالها مع الـــ *Bt*.

٣-٢-٤- الجرعة العالية High Dose

تستهدف إستراتيجية الجرعة العالية تأخير المقاومة باستعمال جرعة عالـــية كافية من التوكسين لقتل الحشرات غير المتماثلة Heterozygous المحـــتوية على آليلات كل من المقاومة والحساسية ، والحشرات التى لديها آلـــيل المقاومة تمتلك درجات متباينة من المقاومة ويتوقف ذلك على ما إذا كانـــت تحمل آليل واحد أو أثنين من آليلات المقاومة، ومن الناحية النظرية فـــإن التـــزايد الكبير فى جرعة التوكسين سوف يؤدى لقتل الحشرات ذات درجة المقاومة العالية، والارتفاع الكافي للجرعة يكون قاتلا لكل الأفراد بما فـــى ذلـــك 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 وتنحى أو التنحى

الجزيئى لآليلات المقاومة، ولا شك أن التحكم فى الجرعة بحرص هو أيضا مفتاح لاستخدام هذه الإستراتيجية، وإذا ما سمح للجرعة بالتحلل 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 متنحية أو أنها متنحية جزئيا، ويعتقد أن هناك بعض الدلائل على أن آليلات 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 الذرة 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 والتى تتغذى على هذه الآفات قد تغادرها أو تقتل، وقد يكون ذلك سببا للظهور الوبائي لآفة ثانوية

لا يكـبح تعـدادها أو عشـيرتها طبيعيا بواسطة أعدائها. والاعتماد على إسـتراتيجية الجـرعات العالية يتضمن إمكانية التطور الصناعي أو تعزيز توكسينات الـ*Bt*.

٣-٣- توصيات تنفيذ إستراتيجيات إدارة المقاومة

تركز برامج الإدارة المتداولة حاليا على إستراتيجية الجرعة العالية/ الملاجـئ، والتـى تسـتخدم عادة بالجمع مع التراكم الجينى، وفى بعض الأحيان فإن المربعات الشطرنجية (الموزايك) أو الدورات تستخدم بالإضافة إلـى الملاجـئ، 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، والتى ينبغي أن تؤكد بصفة عامة على ما يلى:

١- هناك ضرورة حيوية لأن يفهم المزارعين إستراتيجيات المقاومة، وما هـى شـروط أو توصيات إتباعها، ولكى تكون أى إستراتيجية لإدارة المقاومة ناجحة فإنه يلزم أولا أن تكون مناسبة للتنفيذ، وبناء على ذلك فـإن مسـئولية تعليم وتدريب المزارعين على وسائل الإدارة المناسبة يجـب أن تلتـزم بها أحد الجهات المعنية بها، وعلى سبيل المثال فقد تـركت هيـئة حمايـة 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 فى هـذه الحالـة لتوصيات الـ EPA فى هذا الخصوص، وتشير بعض

التقاريـــر علـــى سبيل المثال إلى أن تعليم المزارعين لم يلاقي نجاحا بالضـــرورة فـــى جمـــيع الحـــالات فى جميع الحالات للمحافظة على المواصـــفات القياســـية للملاجـــئ كأحد إستراتيجيات الإدارة، وبعض المـــزارعين قـــرروا أنهـــم لم يتلقوا آية معلومات فيما يتعلق بالحاجة للملاجـــئ أو كيفية إقامتها أو زراعتها، والبعض الآخر منهم لديه فكر مشوش فيما بين متطلبات الزراعة الموصى بها من قبل منتجي الـــ *Bt* والتـــى تتطلب حراثة السوق القديمة، والصيانة المحلية للأرض، ويدل ذلـــك بوضـــوح 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، وعلـــى ســـبيل المثال فإن الإستعمال السيئ للملاجئ من الأمور التى ينتشـــر تقريـــرها أو الشكوك فيها، ونجاح إستراتيجية الملاجئ يمكن تقويضها من قبل المزارعين الذين يقوموا بزراعتها فى أكثر الأراضي فقـــرا، أو أنهم يولوها عناية أقل من النباتات الأخرى، مما يجعلها أقل فعالية فى إجتذاب الحشرات.

٣- تحديـــد نســـبة ٢٠% مـــن المساحة لإقامة ملاجئ بمناطق القطن غير المعامـــل بـــالـــ *Bt* ، أما المناطق التى تزرع بالقطن المعالج بالـــ *Bt* فإنه من الضرورى أن يكون بها نسبة ٥٠% من المساحة كملاجئ.

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

وعند العتبة فإن المزراعين يسمح لهم بتطبيق مبيد غير الـ *Bt* بالملاجئ، مما ينتج معه استراتيجية إدارة أكثر قربا أو مشابهة لاستراتيجية الموزايك المربعات الشطرنجية.

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

٦- إذا ما أختار المزارعين زراعة الملاجئ 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 الملجئ داخل الحقل أو خارجه بالإعتماد على ما هو معروف عن عادات التنقل وسلوك التزاوج للأنواع المستهدفة، وهناك بعض أصناف معنية 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 ملاجئ حيث أنه يعتقد أن الزراعة المبكرة لهذا المحصول تعمل على إستئصال التواجد الحقلي 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 تناوب الدورات أصناف هجن نفس المحصول، أو محاصيل مختلفة معا، وبصفة عامة فإن الدورات المحصولية مقبولة للجمع بين إستراتيجيات أخرى مخطط لها ضمن تنظيمات الـEPA 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 التى يجب اتخاذها فيما بين الأعوام السابقة للحقل المنزرع ببطاطس ال *Bt*.

٥- إدارة انبعاث وإحلال عشائر الآفة

Managing Resurgence and Replacement

الإنبعاث 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 الإنبعاث والإحلال ناقشها العديد من الباحثين وأشاروا إلى أنها لها إعتبار هام على وجه الخصوص فى المكافحة الحيوية. ويمكن تعريف الإنبعاث Resurgence (ظهور موجات وبائية من الآفة) على أنه حالة متعلقة بالعشيرة التى بعد أن يتم كبحها ترتد بأعداد أكبر مما كانت عليه قبل الكبح. كما يعرف الإحلال Replacement (ظهور موجات وبائية من الآفة الثانوية) على أنه إنفجار أو فوران (إنتشار وبائى Outbreak) للآفة الثانوية، يظهر عند كبح الآفة الرئيسية ، والإستمرار فى كبحها بالتكتيك المتبع، ولكنه يتم إحلالها بآفة 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 هى:

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

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

٣- إزالة الأنواع المنافسة.

وبصفة عامة فإن أساس التعامل مع ظاهرة الإنبعاث والإحلال مثلها فى ذلك مثل مقاومة المبيدات هو موالفة أو مشاركة بعض تكتيكات الإدارة معا، وبذلك يتم التقليل من الحاجة لتطبيق المبيدات، وبالإضافة لذلك فإن أسلوب التطبـــيق يمكن تحسينه أو إستبداله لأخذ هذه المشاكل فى الإعتبار. والهدف الأساســـى لهـــذا التحســـين أو الإســـتبدال هو تجنب ظاهرة زيادة حساسية الكائـــنات الحية واستجابتها للعوامل البيئية (Hormoligosis)، وتدمير أو إهـــلاك الأعـــداء الطبيعـــية فى النظام البيئي الزراعي. وهناك توجه آخر بالإضـــافة لـــذلك وهـــو إطـــلاق الأعـــداء الطبيعية بالحقول بعد المعالجة بالمبيدات.

obeikandl.com