

مقاومة الآفات للمبيدات

# Resistance of Pests Against Pesticides

اعداد

أ.د/ أحمد أحمد سلام

أستاذ المبيدات ورئيس قسم وقاية النبات

# مقدمة

- رغم الدور الذي تلعبه المبيدات في مكافحة الآفات إلا أن الاستخدام المكثف وعدم إتباع الأسلوب العلمي في التطبيق أدى إلى ظهور العديد من المشاكل بالإضافة إلى ظاهرة مقاومة الحشرات لفعل هذه الكيمائيات المتميزة (عبد الحميد وعبد المجيد، 1995)
- **اكتشفت أول حالة لمقاومة الحشرات بفعل المبيدات بواسطة العالم ميلاندر ( Melander, 1914 )** ولا تقتصر المقاومة لفعل المبيدات على الحشرات فقط ولكنها تحدث أيضاً في الكائنات الأولية بسيطة التركيب مثل البكتيريا والأوليات الحيوانية Protozoa كما تحدث في الكائنات المتطورة معقدة التركيب مثل الثدييات والنباتات البذرية.
- أثرت ظاهرة المقاومة على فعالية مدى واسع من السموم والكيمائيات المختلفة مثل المضادات الحيوية والعقاقير المضادة للملاريا والمبيدات الحشرية ومبيدات القوارض ( عبد الحميد وعبد المجيد، 1995).

## جدول يوضح التزايد في تعداد الأنواع المقاومة من مفصليات الأرجل خلال الفترة من 1970 - 1980م

معدل الزيادة	1980	1970	مجاميع المبيدات
2.34	229	98	دي.ب.ت
1.92	269	140	السيكلودايين
3.7	200	54	المبيدات الفوسفورية العضوية
17	51	3	المبيدات الكرباماتية
7.33	22	3	المبيدات البيروثرويدية
5.67	17	3	المدخنات
3.42	41	12	متنوعات
41.38	829	313	المجموع

# السلالة الحساسة Susceptibility Strain

• هي تلك السلالة التي لا يمكن لمعظم أفرادها تحمل تركيزات مرتفعة من المبيد فتقتل غالبية الأفراد بتركيزات منخفضة من هذا المبيد في حين أن هذا التركيزات تعتبر غير قاتلة لأفراد السلالات الأخرى من نفس النوع. والسلالات الحساسة لا يحتوي تركيبها الوراثي علي جينات المقاومة أي أن الحساسية هنا صفة وراثية.

## ما الفرق بين المقاومة والمناعة؟

المناعة Immunity هي قدرة الكائن الحي علي التحمل وقد تكون المناعة وراثية أي تنتقل من الآباء الي الأبناء أو قد تكون مكتسبة أي يكتسبها الكائن الحي أثناء حياته.

بينما المقاومة Resistance تعني تحمل الحشرة تركيزات مرتفعة دون أن تقتل والمقاومة لابد أن تكون وراثية حيث أنها تورث عن طريق الجينات الخاصة بالمقاومة ولا يمكن الحشرة أن تكتسب صفة المقاومة أثناء حياتها.

# تعريف

• **المقاومة Resistance** تعني أن الحشرات لم تعد تموت بجرعات كانت قاتلة من قبل . لذا تعين من الناحية العملية أنه للحصول على نتيجة يجب استعمال جرعات أعلى من نفس المبيد وعلى فترات أقصر أو استعمال مبيد آخر.

• يعتبر الاستخدام المكثف والمتكرر لأنواع معينة ومحددة من المبيدات من الأسباب الرئيسية التي تؤدي إلى ظهور العديد من سلالات الآفات المقاومة لهذه الأنواع من المبيدات الأمر الذي يؤدي في نهاية الأمر إلى وقف استخدام تلك المبيدات والبحث عن مبيدات فعالة بديلة عنها أو وسائل أخرى للمكافحة، حيث أصبحت ظاهرة مقاومة الآفات الزراعية لأنواع المبيدات المختلفة شائعة لدرجة أن بعض الآفات الحشرية أصبح من الصعوبة بمكان القضاء عليها أو مكافحتها بواسطة المبيدات.

• **المقاومة السلوكية: Behaviour Resistance** هي المقاومة الناتجة من حدوث تغيير في سلوك الآفة، مما يجعل هذه الآفة تستطيع أن تتفادى التأثيرات القاتلة للمبيد. غير أن الآفة الحية تظل حساسة للمبيد، وإذا تعرضت لجرعات قاتلة منه ولم تستطع تجنبها فإنها ستموت .

• **المقاومة المشتركة: Cross Resistance** هي مقاومة سلالة لمبيد دون أن تكون الأجيال السابقة لهذه السلالة قد تعرضت لهذا المبيد من قبل، ولكن تكون قد تعرضت لمبيد آخر. وتحدث المقاومة المشتركة بسبب فعل مركبين أو أكثر على نفس الموقع المستهدف و/أو تتأثر بنفس آلية المقاومة. وتتطور صفة المقاومة المشتركة على نحو أكثر شيوعاً مع المركبات التي لها نفس طرق إحداث الفعل دائماً (ذات صلة كيميائية ومن نفس المجموعة الكيميائية) .

• **الجرعة التشخيصية:** تلك الجرعة التي تُستخدم لتحديد ما إذا كانت الآفات التي تم جمعها واختبارها هي مقاومة إلى الحد الذي يُمكن عنده حدوث فشل المكافحة الحقلية.

• **الجرعة الفارقة الجرعة التمييزية** تلك الجرعة التي تستخدم للتمييز أو التفريق بين الأفراد المقاومة والحساسة وليس لها علاقة مباشرة بالكفاءة الحقلية.

• **مقاومة أيضية: Metabolic Resistance** هي مقاومة الآفة لفعل المبيد من خلال عملية التمثيل أو الأيض، كما في الحشرات التي تمتلك القدرة على إزالة السموم أو تكسيورها على نحو أسرع من تلك الأفراد الحساسة، وتستخدم الحشرات النظم الإنزيمية الخاصة بها في تكسير المبيدات الحشرية. وقد يكون لدى السلالات المقاومة منها مستويات أعلى من هذه الإنزيمات أو من إنزيمات ذات كفاءة أعلى في فقد المركب لسميته .

• **طريقة تأثير المبيد / (MoA) كيفية إحداث الفعل:** هي عملية حيوية كيميائية يعمل المبيد من خلالها على تعطيل النواحي البيولوجية الطبيعية للآفة، وغالباً ما تؤدي إلى موت الآفة. وعادة ما يكون ذلك موقع ارتباط مُستهدف أو عملية حيوية أساسية.

• **المقاومة المتضاعفة (المقاومة المتعددة) Mutable Resistance:** وجود عدة آليات مختلفة لمقاومة فعل المبيد في ذات الوقت في ذات الكائن الحي. وقد تجتمع آليات مختلفة للمقاومة لتوفير مقاومة لفئات متعددة من مبيدات الآفات. وفي الحقل ربما تظهر المقاومة المتعددة والمقاومة المشتركة، غير أن النوع الأول يظهر بفعل عوامل انتخاب منفصلة، بينما الأخير يكون نتيجة آليات المقاومة المشتركة.



• **مركب متعدد الأهداف** : هو المركب الذي يؤثر على أكثر من موقع واحد مُستهدف .ولكي يصبح الكائن الحي مقاوم فإنه يحتاج حينئذ لتطور المقاومة في أكثر من موقع من المواقع المُستهدفة في المركب، وهو الأمر الذي يكون أكثر صعوبة من تطور المقاومة لفعل مركب أحادي الهدف، أي الذي يؤثر على موقع واحد مستهدف فقط.

• **مقاومة النفاذية أو التخلل:** إحدى آليات المقاومة لفعل المبيدات، حيث يعمل الجليد (الكيوتكل) في الحشرات على إبطاء نفاذ أو تخلل المبيد إلى داخل جسم الحشرة .

• **المقاومة (التقنية):** تغيير جيني في الكائن الحي استجابة لضغط الانتخاب نتيجة لاستعمال المبيد والذي قد يؤدي إلى ضعف أو عرقلة المكافحة الحقلية.

• **آلية المقاومة:** عمليات بيولوجية تستخدمها الآفة لتفادي التأثير القاتل للمبيد .وقد يمتلك الكائن الحي المقاوم أكثر من آلية لمقاومة فعل المبيدات.

**المقاومة (العملية):** تغيير في حساسية مجموع عشيرة الآفة ينتقل بالوراثة، وينعكس في تكرار فشل المنتج (ظهور أكثر من حالة) في تحقيق مستوى المكافحة المتوقع عند استخدامه وفقاً للإرشادات الواردة ببطاقة البيانات ضد نوع من الآفات بعينه.

**المقاومة بالانتخاب:** بقاء الأفراد المقاومة في العشيرة على قيد الحياة فيما تموت الأفراد الحساسة نتيجة المعاملة بمبيد الآفات. وهذه الأفراد "المُنْتخبة" تعيش بعد غيرها وتتكاثر وتنتج صغاراً (ذرية) تحمل صفة المقاومة. والنتيجة النهائية هي أن الاستخدام المستمر للمبيد يحدث "انتخاباً" في عشيرة الآفة التي تصبح أقل حساسية للمبيد. وقد تكون عملية الانتخاب سريعة حيث تتم خلال موسم أو موسمين أو قد تتطور ببطء على مدار عدد من السنين حيث يعتمد ذلك على الآفة، ومدى تعرضها للمبيد، والجيلات المقاومة لمبيد بعينه.

• **مشكلة المقاومة:** المقاومة صفة مبنية على عوامل وراثية (جينية) يتسم بها الكائن الحي لكي يستطيع أن يبقى على قيد الحياة بعد تعرضه لجرعات من المبيد، في حين أن هذه الجرعات قد تكون قاتلة لسلالة الكائن الحي التي لم يسبق معاملتها بالمبيد. وتوجد جينات المقاومة بصورة طبيعية في أفراد الآفة عن طريق الوراثة حدوث الطفرات الجينية. وتنتشر هذه الجينات داخل مجموع عشائر الآفة بسبب عملية الانتخاب التي تحدث نتيجة تكرار المعاملات بالمبيد. وتظهر عشائر الآفة المقاومة بسبب الأفراد التي تحمل صفة المقاومة وتستطيع أن تتحمل معاملات المبيد وتستمر في المعيشة وتقوم بالتكاثر، وحينئذ تنتقل صفة المقاومة إلى الجيل التالي، في الوقت الذي تُقتل فيه الأفراد الحساسة نتيجة المعاملة بالمبيد. وإذا استمرت المعاملة بالمبيد فإن النسبة المئوية للأفراد المقاومة التي ستبقى حية " بالانتخاب " سوف تتزايد، بينما الأفراد الحساسة ستقل) أي تحل الأفراد المقاومة محل الأفراد الحساسة (إلى الدرجة التي يصبح فيها المبيد أقل فعالية وحينئذ لن يكون مستوى عمليات المكافحة مقبولاً.

# بعض الممارسات في مكافحة الآفات يؤدي إلى تطور ظاهرة المقاومة.

1. الاستخدام المستمر والمتكرر لأحد مبيدات الآفات على عشائر آفة معينة.
2. تطبيق معدلات استخدام أقل أو أعلى من تلك الموصى بها على بطاقة بيانات المبيد
3. ضعف التغطية في المنطقة المُعاملة بالمبيد
4. تكرار معاملة الكائن الحي ذو العشائر عالية الكثافة، وفترات الجيل قصيرة
5. التقصير في إدخال ممارسات مكافحة التي لا تُستخدم فيها مبيدات كيميائية عندما تكون الظروف سانحة لذلك
6. معاملة طور اليرقة وطور الحشرة الكاملة في آن واحد باستخدام مركب واحد أو بأحد المركبات ذات الصلة به.

# أسباب ظاهرة المقاومة

## 1- انخفاض سرعة نفاذ المبيد داخل جسم الحشرة:

• ينفذ المبيد إلى داخل جسم الحشرة أما عن طريق الجليد Cuticle أو الجهاز لهضمي فإذا حدث تغير في مسلكة أو تركيب الجليد أو الجهاز لهضمي (عن طريق الطفرة مثلاً) فقد يكون لهذا تأثير كبير على نفاذ المبيد.

• ومن جهة أخرى وجد أن التراكيب الشكلية الخارجية للحشرة قد تكون عائقاً أمام دخول المادة السامة إلى جسم الحشرة مثل الحشرات ذات الشعيرات الكثيفة التي تعيق وصول مبيدات الملامسة إلى الجلد والنهايات العصبية . كما تقوم بعض الحشرات القشرية Scale insects بإغلاق فوهات التنفسية بمجرد إحساسها بوجود غاز سيانيد الهيدروجين. ( HCN )

## 2- سرعة إفراز المبيد من الجسم:

إذا نفذ تركيز قاتل من مبيد ما إلى داخل جسم الحشرة يمكن ان تطرح غالبية إلى خارج الجسم بسرعة قبل أن يصل إلى الجهاز الحساس ويقتل الحشرة . مثل الصرصور الأمريكي الذي يفرز مبيد الدايميثان Dimetan إلى خارج الجسم دون أن يحدث له أي تغير داخل الجسم.

## 3- تخزين المبيد في أنسجة غير حساسة:

تستطيع بعض الحشرات تخزين كمية من المبيد في أنسجة غير حساسة للمبيد وكلما زادت قدرة الحشرة على تخزين المبيد في أنسجة غير حساسة زاد تحملها له . وقد أوضحت بعض الدراسات أن بعض الحشرات تخزن المبيدات مثل DDT في أنسجتها الدهنية.

## 4- تفكيك جزيئات المادة السامة وإزالة مفعولها:

يحدث للمبيد بعد أن يدخل جسم الحشرة تفاعلات مختلفة وبعض هذه التفاعلات تعمل على تحويل المبيد إلى مركب أقل سمية أو غير سام وتتم هذه التفاعلات بشكل سريع وذلك قبل أن تتسبب المبيدات في إحداث خلل في الأنسجة.

## 2- الأهداف والتحديات في إدارة السيطرة على ظاهرة المقاومة

❖ إن الهدف من إدارة السيطرة على ظاهرة المقاومة هو منع، أو على الأقل إبطاء تراكم أعداد الأفراد المقاومة في مجموع عشائر الآفة، وذلك للحفاظ على فعالية المبيدات المتاحة .

❖ هي أيضاً إدارة للحساسية، حيث أن الهدف هو الحفاظ على نسبة عالية من جينات صفة الحساسية داخل عشائر الآفة مع الحفاظ على جينات المقاومة في أدنى حد.



## تتطلب السيطرة على المقاومة على ما يلي:

أولاً: استخدام استراتيجيات رشيدة لمكافحة الآفات تركز على مبادئ وأسس الإدارة المتكاملة للآفات وناقلات الأمراض، التي من شأنها أن تُحد من استخدام المبيدات وبالتالي تقليل الضغط الانتخابي الذي يتسبب في المقاومة.

ثانياً: تنفيذ خطة شاملة مهياة لإدارة السيطرة على المقاومة وتتلائم مع الآفة والمحصول والمنطقة، وأن تشكل جزءاً مكملاً في استراتيجية الإدارة المتعلقة بالنظام المحصولي، حيث أن المبدأ الرئيسي في الإدارة المتكاملة (IPM) هو استخدام المبيدات فقط عند الضرورة القصوى، واللجوء إلى استخدام أساليب بديلة في إدارة الآفات كلما كان ذلك ممكناً .

وعلى ذلك، فإن الإدارة المتكاملة للآفات تمثل منهجاً أصيلاً في إدارة السيطرة على المقاومة عن طريق الحد من الضغط الانتخابي الذي يؤدي إلى تطور وظهور ظاهرة المقاومة.

### 3- تثقيف وتوعية المزارعين

❖ إن تثقيف وتوعية المزارعين وسهولة الحصول على المعلومات هي في غاية الأهمية لتنفيذ أي خطة لإدارة السيطرة على المقاومة. ومن ثم يتعين على المزارعين معرفة ما يجب عمله لكي يمكن تطبيق برنامج الإدارة المتكاملة لمكافحة الآفات ومنع تطور ظاهرة المقاومة وإدراك ماهي أهمية ذلك. كما يجب أن تكون المعلومات في متناول اليد على نطاق واسع ومفهومة لهم.

❖ تؤثر العوامل الاجتماعية والاقتصادية والبنية التحتية على نجاح أي خطة لإدارة السيطرة على المقاومة. وهناك دائماً اهتمام بشأن تكلفة المبيدات. وعلى ذلك، فإن التفضيل غالباً ودائماً ما يكون للمنتج الأقل تكلفة. وبينما يبدو واضحاً أن منع تطور المقاومة هو الخيار الأفضل، إلا أن ذلك لا يكون دائماً جلياً للمزارعين خاصة إذا كان المبيد المستخدم معقول الثمن نسبياً

## 4-تقييم مخاطر المقاومة

لمنع وإدارة السيطرة على المقاومة بشكل فعال، فإن كل من المبادئ التي تقوم عليها نشأة أو تطور المقاومة والعوامل التي يمكن أن تؤثر في تطورها وانتشارها ينبغي أن تكون مفهومة.

### 2-1-أساسيات المقاومة

#### ماهي المقاومة؟

يمكن تعريف المقاومة بأنها تغيير وراثي/جيني في الكائن الحي استجابة لحدوث "الانتخاب" بواسطة المواد السامة .

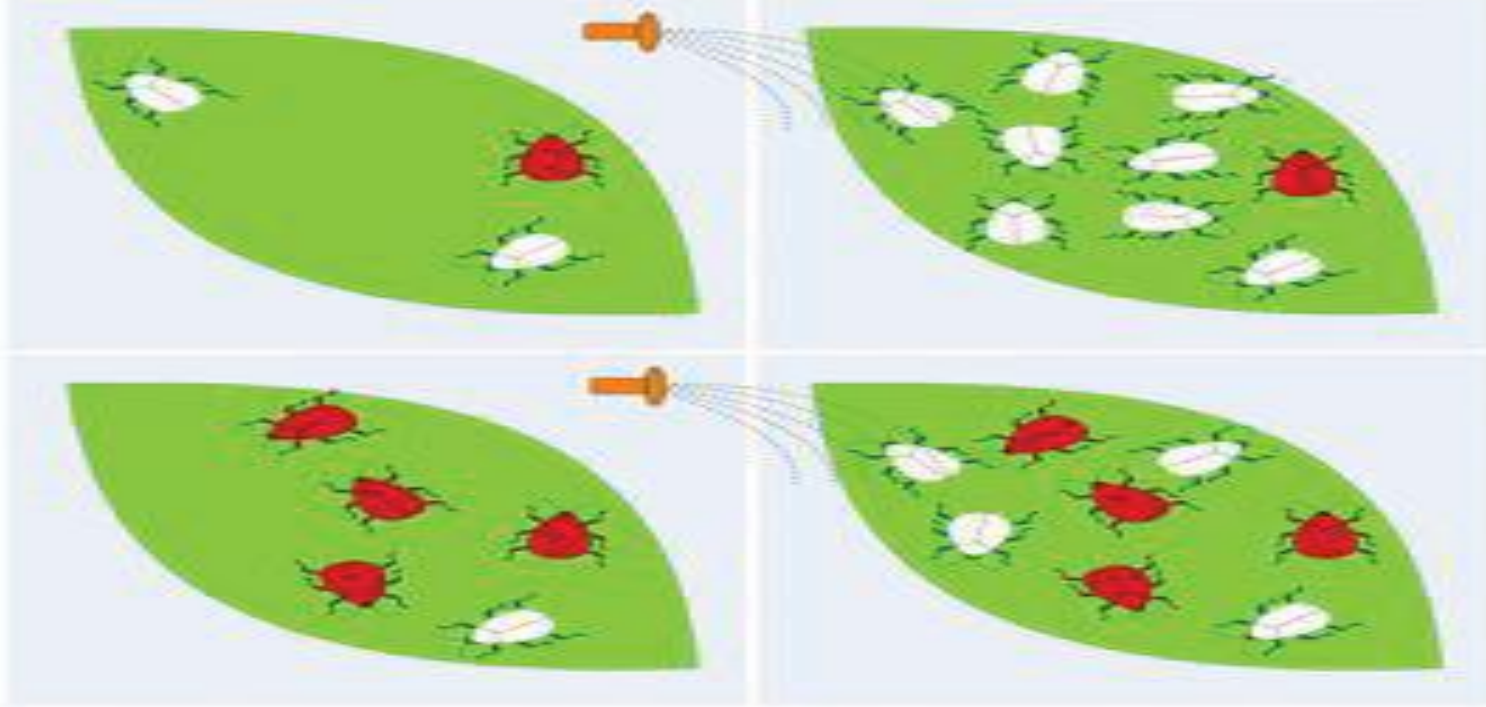
## الأسس الوراثية للمقاومة

تنشأ المقاومة عندما تحدث طفرات وراثية/جينية طبيعية، مما يسمح لنسبة صغيرة من مجموع عشائر الآفة بأن تقاوم وتتجو من تأثيرات المبيد وتظل على قيد الحياة. وإذا حدث وأن استمرت هذه الصفة مع الاستمرار في استخدام نفس مبيد الآفات، فإن هذه الأفراد المقاومة سوف تتكاثر وبالتالي سوف تنتقل التغييرات الوراثية (الجينية) المسببة للمقاومة من الآباء إلى النسل الناتج. وخلال هذه العملية التي يتم فيها "انتخاب" الأفراد المقاومة فإن أعدادها تتضاعف وفي نهاية الأمر تصبح كثيرة جداً، وحينئذ قد تفشل مكافحتها بهذا المبيد (شكل (1) ومن المهم عدم الخلط بين مصطلح "المقاومة Resistance" ومصطلح التحمل Tolerance" الذي يعني قدرة الكائن الحي على تحمل التعرض لجرعات من المبيد تحت مميته، ولكن صفة التحمل لا تُورث إلى النسل.

**تطور المقاومة** ما هي إلا عملية وراثية. وتكمن " السمة أو الصفة " التي تمنح المقاومة، في جين واحد أو أكثر. (والجين) أو المورث (هو جزء من كروموسوم) صبغي (في خلية الكائن الحي. وعندما تتكاثر أفراد العشيرة، فإنها تنقل هذه الصفات عبر تركيبية مؤتلفة فريدة من الجينات إلى نسلها. وللجين أشكال بديلة يطلق على كل منها أليل، فالأليل هو واحد من اثنين أو أكثر من الأشكال المتعددة للجين والتي تتحكم في نفس الصفة ، فمثلا قد يمثل أليل منها صفة المقاومة (R) والآخر صفة الحساسية ( S ) ، وتحتوي معظم الكائنات الحية متعددة الخلايا على مجموعتين من الكروموسومات (الصبغيات) ويطلق عليها ثنائية الصبغيات .Diploid

بعد استخدام المبيد

قبل استخدام المبيد



الجيل الأول

الجيل اللاحق

شكل 1 - المعاملة بالمبيد يمكن أن تؤدي إلى انتخاب الأفراد المقاومة في عشيرة الآفة . وفي هذا الشكل، ظهرت في الجيل الأول حشرة شديدة المقاومة للمبيد (الحمراء) وبعد المعاملة بالمبيد، أصبح يمثل نسلها نسبة أكبر في مجموع العشيرة نظراً لانتقاء الأفراد الحساسة (البيضاء) وقتلها بعد تكرار المعاملات أصبحت الأفراد المقاومة تشكل الأغلبية في مجموع عشيرة الآفة

# آليات المقاومة لفعل المبيدات

1. فقد السمية التمثيلية أو الأيضية (إنزيمية)
2. خفض حساسية الموقع المستهدف
3. خفض النفاذية/الامتصاص
4. عزل أو تحية المبيد

## 2-2- آليات المقاومة لفعل المبيدات

### 1. فقد السمية التمثيلية أو الأيضية (إنزيمية)

تُعد آلية مقاومة الآفات عن طريق تمثيل المواد السامة وإزالة سميتها أكثر شيوعاً في الحشرات منها في الحشائش والمرضات. وتعتمد هذه الآلية على نظم إنزيمية تُطورها الحشرات لإزالة السموم (التوكسينات) الطبيعية الموجودة في عوائلها النباتية، وفي الدم الذي تبتلعه الحشرات التي تتغذى على الدم وتشمل هذه النظم الإنزيمية استيريزس، وستيوكروم P450 مونو أكسيجينزس وجلوتاثيون -إس-ترانسفيريزس. ، وقد تمتلك الحشرات المقاومة مستويات مرتفعة من إنزيم مُعين أو أشكال مُعدلة للإنزيم الذي يقوم بتمثيل المبيد بمعدل أسرع بكثير مما يقوم به الإنزيم الغير مُعدل. وفي كلتا الحالتين فإن الحشرة تستطيع إزالة سمية المبيد قبل أن تقتلها.

وتتراوح المقاومة التمثيلية) الناتجة عن تمثيل المبيد (من مقاومة محددة لأحد المركبات إلى مقاومة عامة جداً لمجموعة واسعة من المركبات.



## 2. خفض حساسية الموقع المستهدف

في هذه الآلية يتم تغيير في موقع ارتباط المبيد بحيث لا يستطيع المبيد الارتباط به بصورة فعالة، الأمر الذي من شأنه أن يعمل على إزالة تأثير المبيد أو خفضه بشكل كبير. وهذه الآلية هي الأكثر شيوعاً في الفطريات والحشائش، كما أنها أيضاً شائعة جداً في الحشرات.

## أربعة أنماط عامة تتعلق بمقاومة الموقع المستهدف في الحشرات هي:

1. مقاومة التأثير الصارع (Kdr) حيث يتدخل جين مقاومة الصرع ويغير من وظيفة قنوات الصوديوم الحساسة كهربياً في الخلايا العصبية

وهذه إحدى الآليات الشائعة التي تستخدم في مقاومة مبيد د.د.ت ومركبات البيرثريودز، مثال ذلك، بعوضة الأنوفيليس والصرصور الأمريكي ويوجد العديد من الطفرات التي تنتج سلالات مقاومة للصرع تسمى Kdr وأخري فائقة المقاومة تسمى سوبر Kdr .

2. اسيتايل كولين استريز المعدل (MACE) حيث يتم تعديل في تركيب أو بناء إنزيم الأسيتايل كولين استريز بحيث لا يُعد يتأثر بالمبيد الحشري

مثال ذلك آلية المقاومة لمبيد بيريميكارب في حشرة من البرقوق وهذه الآلية مسؤولة أيضاً عن المقاومة في أكاروس العنكبوت الأحمر.

## تابع الأنماط العامة التي تتعلق بمقاومة الموقع المستهدف في الحشرات

3. مقاومة مبيد الديالدرين (Rdi) تحول في الموقع المستهدف يعمل على

خفض ارتباط الديالدرين بمستقبل جابا (GABA) حمض جاما امينو بيوتريك

وبالتالي إلى حدوث المقاومة. مثال ذلك المقاومة لمبيد الديالدرين في البعوضة

المنزلية البنية وذبابة العنم الاسترالي.

4. مقاومة بكتيريا باسيلس ثورنچينسيس (Bt) من خلال آلية فقد الالتصاق

المُعتمد على أيونات الكالسيوم وهذا الالتصاق يلعب دوراً هاماً في ضمان أن

الخلايا داخل الأنسجة ترتبط مع بعضها كي تقوم بوظائفها. وتوجد هذه الآلية

على سبيل المثال في الفراشة ذات الظهر الماسي المقاومة لبكتيريا الباسيلس

## تابع: آليات المقاومة لفعل المبيدات

### 3- خفض النفاذية/الامتصاص

تعمل هذه الآلية للمقاومة على إبطاء نفاذية المبيد الحشري خلال كيو تكل (الجليد) الحشرة المقاومة. ولا تستطيع هذه الآلية بمفردها إلا تكوين مستويات منخفضة من المقاومة. ومع ذلك، فإن إبطاء نفاذية المادة السامة خلال الكيو تكل من شأنه أن يعزز تأثير آليات المقاومة الأخرى بشكل كبير. فعلى سبيل المثال،

إذا وجدت حشرة وكان من الصعب اختراق المبيد لجليدها، فإن مقدار مقاومتها قد يصل إلى 25 ضعف، في حين أنه إذا اختزلت نفاذية المبيد إلى الضعفين فإن المقاومة الإجمالية حينئذ تبلغ 50 ضعف.

# تابع: آليات المقاومة لفعل المبيدات

## 4- عزل أو تنحية المبيد

في النباتات(الحشائش) يتم عزل المبيد بعيداً عن الأجزاء الحساسة في النباتات إلى مواقع أخرى ذات قدرة على التحمل، مثل الفجوات أو الحويصلات بحيث لا يحدث تأثيراً في النبات المستهدف على 2-4-D. وهذا النمط من المقاومة يتضح مع مبيدات الحشائش جليفوسات وباركوات والحشرات (مثل المن وبعوضة الكيولكس، الخ)..فإن الإنزيمات الأيضية يتم تضخيمها بشكل كبير(يصل إلى % 15 من بروتينات الجسم الإجمالية ) وترتبط بالمبيد الحشري، إلا أن المبيد لا يتم تمثيله ولكن يتم عزله أو تنحيته.

**المقاومة السلوكية:** هي تغيير أو تعديل في سلوك الآفة مما يجعلها تستطيع أن تتفادى التأثيرات القاتلة للمبيد .

تقتصر المقاومة السلوكية على الحشرات والاكاروس (الحلم) والقوارض. وأشارت التقارير إلى حدوث هذه الآلية للمقاومة مع العديد من مجموعات المبيدات الحشرية بما فيها المبيدات الكلورونية العضوية والمبيدات الفوسفورية العضوية والكاربامات والبيروثرويدات .

في هذه الآلية قد تتوقف الحشرات ببساطة عن الغذاء عندما تلتقي بمبيدات معينة، أو قد تترك المنطقة التي تمت بها عمليات رش بأحد المبيدات أو تقوم بتعديل سلوكها(مثل ذلك، ربما تتحرك الحشرات نحو السطح السفلي لأوراق النبات المرشوش، أو تتوغل في داخل العرش الخضري للنبات، أو تطير بعيداً عن المناطق المستهدفة ).وأشارت التقارير أيضاً إلى وجود المقاومة السلوكية في الفئران .

## 3-2- العوامل الرئيسية في تطور المقاومة

- تتباين مخاطر تطور المقاومة إلى حد كبير بين مجموعات مبيدات الآفات وبداخلها فضلاً عن نوع الآفة، إلا أنها ترتفع بشكل خاص بالنسبة لمبيدات الآفات الانتقائية الموجودة في الوقت الحالي والتي تتميز بطرق تأثير محددة.
- وبوجه عام، فإن مبيدات الآفات التي تستهدف موقع واحد بمفرده و تُستخدم لمرات عديدة ضد عشائر كبيرة من مجموع الآفات التي تنتج أجيال عديدة في السنة، على الأرجح أن تتعرض لمخاطر تطور المقاومة أكثر من تلك المبيدات التي تهاجم مواقع مستهدفة عديدة ويتكرر مرات استخدامها على نحو أقل ضد آفة تتسم بقلة أعداد أجيالها في السنة ومجموع عشائرها منخفضة. وفي الحالة الأولى فإن الضغط الانتخابي يكون عالياً، بينما يكون في الحالة الأخيرة منخفض كثيراً .

# العوامل التي تؤثر على تطور المقاومة

يمكن تصنيف العوامل التي تؤثر على تطور المقاومة إلى ثلاث مجموعات:

1. العوامل البيولوجية (بيولوجيا الآفة)
2. العوامل الوراثية (التركيب الوراثي/الجيني للآفة)
3. العوامل التشغيلية، بما في ذلك الممارسات الزراعية وخصائص مبيدات الآفات واستخداماته



# جدول (1): العوامل البيولوجية، الوراثة والتشغيلية في تطور المقاومة

احتمال تطور المقاومة		العامل
أكبر	أقل	
<b>عوامل بيولوجية</b>		
كبير	صغير	حجم العشيرة
مرتفع	منخفض	الاقتدار التنافسي
أكثر من جيل في السنة	جيل واحد أو أقل في السنة	عدد الأجيال
لا جنسي	جنسي	نوع التكاثر
كثير	ضئيل	الانتشار
سهل	صعب	تمثيل المبيد
مفردة	متعددة	عدد المواقع المستهدفة
واسع	ضيق	مدي عوائل الأفة
<b>عوامل وراثية او جينية</b>		
موجوده	غير موجوده	وجود جينات المقاومة
متعددة	واحد	عدد أليات المقاومة
كثير	منخفض	تكرار جين المقاومة
سائدة	متحية	سيادة جينات المقاومة
جيدة	ضعيفة	لياقة الأفراد المقاومة
ايجابية	سالية أو معدومة	المقاومة المشتركة
جسيم	معدوم	الانتخاب السابق لجين المقاومة
موجوده	غير موجوده	جينات معدلة
<b>عوامل تشغيلية</b>		
واسع	ضعيف	مدي نشاط المبيد
أقل من المعدل الموصي به	المعدل الموصي به	معدل استخدام المبيد
ضعيفة	جيدة	التغطية بالمبيد
تأثير هذا العامل متفاوت قد يزيد أو يقلل من مخاطر المقاومة		جهازية المبيد
مرتفع	منخفض	تكرار المعاملات
موجوده	غير موجوده	وجود أقات ثانوية
تأثير هذا العامل متفاوت قد يزيد أو يقلل من مخاطر المقاومة		نسبة العشائر المعاملة
فترات طويلة	فترات قصيرة	ثبات المبيد
متعددة	واحد	عدد المحاصيل المعاملة
لا يوجد فترات فاصلة والزراعة مستمرة	وجود فترات فاصلة	التتابع المحصولي
تستخدم مكافحة الكيماوية باستمرار	متعددة (زراعية، كيماوية... الخ)	طرق مكافحة الأفة

## 2-3-1- العوامل البيولوجية

### 1- حجم العشيرة

يُعد حجم عشيرة الآفة عاملاً رئيسياً في تطور المقاومة. ففي الحشرات كلما زاد حجم العشيرة، كلما زادت الفرصة لظهور المقاومة. وحينما يكون حجم العشيرة كبيراً فإن عدد الأفراد التي تنجو وتبقى على قيد الحياة بعد تطبيق المبيد قد يكون كبيراً نوعاً ما، حتى لو كانت النسبة المئوية للأفراد المقاومة منخفضة. وبما أن تكرار المعاملات بالمبيد عادة ما يؤدي إلى قتل معظم الأفراد الحساسة، فإن فرص الأفراد المقاومة التي تنجو وتبقى على قيد الحياة في أن تقوم بالتزاوج وتمير جينات المقاومة لنسلها تكون جيدة. وعلى النقيض، إذا كان حجم عشيرة الآفة صغيراً فإن فرصة نجاح عمليات التزاوج للأفراد المقاومة القليلة العدد التي تنجو وتبقى على قيد الحياة تكون ضئيلة، ومن ثم فإن تطور المقاومة يكون بطيئاً.

# تابع العوامل البيولوجية

## 2- الاقتدار التكاثري (الكفاءة التناسلية)

- إن الكفاءة التناسلية (أو الاقتدار التكاثري) الذي يشير إلى أعداد النسل الناتج لكل من الآباء له تأثير كبير على تطور المقاومة في عشائر الآفة .
- بالنسبة لكل الآفات التي تتكاثر جنسياً والتي يتم معاملتها بالمبيدات يلاحظ أنه كلما زاد عدد النسل الناتج لكل كائن حي كلما ارتفع عدد الأفراد المقاومة المتواجدة.
- ويرجع سبب ذلك في الحشرات إلى أن إنتاج أعداد كبيرة من النسل يُزيد من فرصة وجود المزيد من الأفراد التي تحمل جين المقاومة، ومن ثم، إذا استمر استخدام مبيدات الآفات فإنه سيتيح الفرصة لانتخاب الأفراد التي تحمل واحد أو اثنين من الأليل (النسخ البديلة للجين) المقاومة .
- كلما زادت أعداد الأفراد الحاملة لجينات المقاومة التي تبقى على قيد الحياة بعد المعاملة بالمبيد، كلما زاد احتمال قيام الأفراد متغايرة الزيغوت أو متماثلة الزيغوت بالتزاوج، مما قد يؤدي إلى زيادة تكرار جينات المقاومة في عشائر الآفة.

## تابع العوامل البيولوجية

### 3- عدد الأجيال في السنة

- تلعب عدد الأجيال في السنة دوراً هاماً في سرعة تطور المقاومة .
- في الحشرات فإن تطور المقاومة سيكون أبطأ نسبياً في حالة وجود جيل واحد فقط في السنة عن ما إذا كان عدد الأجيال أكثر من ذلك، لأن الانتخاب سيتم مرة واحدة فقط في السنة.
- ظهرت مقاومة بعض العشائر الحشرية المختلفة لمبيدي الألدرين/الديالدرين، والتي تراوحت ما بين عامين لحشرة المن *Aphis sp.* التي لها خمسة أجيال في السنة، وعشرين عاماً لدودة قصب السكر السلكية وهي حشرة تستغرق دورة حياتها عامين.

## تابع العوامل البيولوجية

### 4- نوع التكاثر

يمكن أن يساهم كلا من التكاثر الجنسي واللاجنسي في تطور المقاومة. حيث يوفر التكاثر الجنسي الحافز لإعادة ترتيب الجينوم (مجموع الجينات في الكائن) ومع ذلك، فإنه بمجرد أن تتكون المقاومة بالانتخاب فمن المرجح جداً أن تنتشر بسرعة عن طريق التكاثر اللاجنسي. مثال ذلك، في حشرة المن معظم التكاثر الذي يحدث على مدار العام تكاثر لا جنسي،

## تابع العوامل البيولوجية

### 5- الانتشار:

- قد تؤثر حركة عشائر الآفات سواء كانت طويلة المدى أو قصيرة المدى على حساسية عشائر معينة في إحدى الحقول أو المناطق
- تنتشر الحشرات بواسطة الهواء، وقد تنتقل عن طريق التربة أو البذور المستوردة أو المعدات أو جذور النباتات أو الحاويات أو المنتجات الزراعية، وأيضا خلال طيرانها إلى مناطق جديدة
- في الحشرات فإن وفود الأفراد متغايرة الزيجوت لصفة المقاومة أو الأفراد الحساسة ستقلل من حدة المقاومة في العشيرة محل الاهتمام، حيث أن الحشرات الوافدة يمكن أن تقوم بالتزاوج مع الأفراد التي بقيت على قيد الحياة بعد المعاملة وتخفف من حدة أعداد الأفراد المقاومة
- من ناحية أخرى، فقد يحدث وأن يتم إدخال جينات المقاومة في عشائر بعض الآفات عن طريق الأفراد التي تهجر من إحدى المناطق التي تمثل فيها ظاهرة المقاومة مشكلة .
- على سبيل المثال، تلك السلالة الحشرية المقاومة التي يتم انتخابها في إحدى الصوب الزراعية ثم تتحرك (تهاجر) إلى الحقول المحيطة وتدخل جين المقاومة إلى العشائر المتواجدة بهذه الحقول.

## 6- تمثيل مبيد الآفات

يُعد التزايد في الانهيار التمثيلي لمبيد الآفات إحدى آليات المقاومة الموجودة في بعض الكائنات الحية وعلى الأخص الحشرات والحلم (أكاروس) والمبيدات التي يتم تمثيلها بسهولة نسبياً عن طريق عمليات التحول الحيوية المألوفة تكون أكثر عرضة لمخاطر أكبر حيث أنها تصبح أقل فعالية خلال تطور المقاومة من تلك المبيدات التي من الصعب أن تفقد سميتها داخل الكائن الحي.

## 7- عدد المواقع المستهدفة من قبل المبيد

تتطور المقاومة بسرعة أكبر عندما يكون لدى مبيد الآفات موقع مستهدف واحد. أما إذا كان لدى المبيد مواقع مستهدفة متعددة، فلا بد وأن تعمل الآفة على مقاومة فعل المبيد في كافة هذه المواقع. وفي الحالة التي يستهدف المبيد فيها موقع واحد فقط، فإن حدوث طفرة واحدة في أحد المورثات الجينية يمكن أن يؤدي إلى تكوين المقاومة.

## 8- نطاق عوائل الآفة

الآفات التي تتمتع بمدى واسع من العوائل المضيقة، وتصيب عدد أكبر من المحاصيل، قد تكون لديها مخاطر أكبر لتطوير المقاومة من تلك الآفات ذات العوائل المحدودة.

## 2-3-2 العوامل الوراثية / الجينية

### 1- وجود جينات المقاومة

لكي يتم انتخاب صفة المقاومة في عشائر آفة ما، فلا بد وأن بعض أفراد هذه العشيرة على الأقل تحمل جين المقاومة. وتعتمد شدة المقاومة وسرعة تطورها في عشيرة الآفة على فعالية ذلك الجين (أو الجينات) في حماية الآفة

**بشكل عام، كلما زاد تكرار جين المقاومة وزادت نسبة الأفراد التي تحمله في العشيرة كلما كان نجاح الانتخاب أكبر وتكوين سلالة مقاومة أسرع.**

### 2- عدد آليات المقاومة

توجد آليات للمقاومة متعددة مما يسمح للآفة الزراعية أن تنجو وتبقى على قيد الحياة بعد تعرضها للمادة السامة، وأن المقاومة يمكن أن تتطور بشكل أكثر سهولة عندما يتوافر لدى الكائن الحي أكثر من آلية من هذه الآليات وقد يؤدي التأثير المشترك لآليتين من آليات المقاومة أيضاً إلى زيادة شدة المقاومة بشكل كبير .

فعلى سبيل المثال، إذا كانت هناك حشرة مقاومة لفعول أحد المبيدات الحشرية بمقدار عشرة أضعاف عن طريق قدرتها على إزالة سمية المبيد بواسطة الإنزيمات، وبمقدار ضعفين بسبب انخفاض نفاذية الجليد للمبيد، فإن إجمالي مستوى المقاومة يمكن أن يرتفع إلى 20 ضعفاً. بالإضافة إلى ذلك فإنه في حالة توافر آليات للمقاومة متعددة ومختلفة مجتمعة في آن واحد في ذات الكائن الحي فإن ذلك قد يؤدي إلى مقاومة أكثر من مجموعة من المجموعات الكيميائية التي تتبعها المبيدات. ويسمى هذا النوع من المقاومة بالمقاومة المتضاعفة أو المتعددة.



### **3. تكرار جين المقاومة**

تكرار الجين عبارة عن النسبة لجميع نسخ الجين الذي يتكون من بديل جيني معين وتكرار أليل المقاومة له تأثير كبير في تطور المقاومة . وفي معظم الأحوال فإن تكرار الأفراد متماثلة الزيغوت المقاومة لمبيد جديد يكون منخفض جداً في مجموع عشيرة الآفة، حيث يصل على سبيل المثال إلى 4-10 أو أقل، بينما قد يكون تكرار الأفراد متغايرة الزيغوت لصفة المقاومة أعلى في العشيرة . وقد تؤثر عوامل أخرى في انتخاب الأفراد المقاومة في العشيرة .

وبشكل عام، كلما زاد تكرار جين المقاومة، كلما كان ظهور وتطور المقاومة على نحو أسرع.

### **4. سيادة جين (أو جينات) المقاومة**

يمكن أن تتراوح جينات المقاومة ما بين سائدة وشبه سائدة ومنتحية . فإذا كانت إحدى الصفات سائدة أو شبه سائدة، فإن أحد الأبوين فقط لابد وأن يحمل هذه الصفة التي ستورث ويعبر عنها بصورة تامة أو جزئية في النسل الناتج . أما إذا كانت الصفة منتحية فيجب أن يحمل كلا الأبوين هذه الصفة . وعندما تكون صفة المقاومة سائدة وراثياً، فإنها تترسخ وتنتشر على وجه السرعة داخل العشيرة، وحينئذ يكون من الصعب السيطرة عليها . ولحسن الحظ فإن معظم آليات المقاومة (على سبيل المثال آلية مقاومة الصرع *kdr*) يتم التحكم بها بواسطة الجينات المنتحية أو شبه السائدة، الأمر الذي من شأنه أن يزيد من فرصة السيطرة على العشائر المقاومة . في الحشرات، قد يمكن تهيئة الجينات السائدة أو المنتحية بشكل غير تام وظيفي أ لكي تؤدي وظيفة الجينات السائدة، ويحدث ذلك عندما تتعرض الأفراد التي تحمل هذه الجينات لمعدلات منخفضة من جرعات المبيد الحشري . وقد تكون هذه الجرعات المنخفضة بسبب التعمد في استخدام معدلات أقل بهدف خفض التكلفة، أو لعدم التغطية الكافية بالمبيد سواء للنبات أو المنطقة المعاملة، أو تعرض الآفة لمتبقيات المبيد بعد انهيارها على الأسطح المعاملة . وحيثما يحدث ذلك، فإن الأفراد متغايرة الزيغوت لصفة المقاومة تنجو وتبقى على قيد الحياة وتنتقل جينات المقاومة التي تحملها عندما تتزاوج مع أفراد أخرى متغايرة الزيغوت أو حساسة .

## **5. لياقة الأفراد المقاومة "R"**

ربما تعاني الأفراد التي تحمل جين المقاومة من ما يعرف " بتكلفة اللياقة " (افتقار الكائن الحي المقاوم لبعض الخصائص الأخرى مقابل صفة المقاومة) مثل قلة الحيوية و/أو اختلاف التوقيت في دورة الحياة، الأمر الذي يجعل من الصعب حدوث التزاوج مع أفراد لا تحمل جين المقاومة "R". وإذا كانت تكاليف اللياقة لجين المقاومة منخفضة، فإن جينات المقاومة قد تتراكم بشكل سريع جداً في عشيرة الآفة. ومع ذلك، إذا كانت تكاليف لياقة الآفة المقاومة مرتفعة، فإنه فقط في حالة وجود المبيد سيكون للأفراد المقاومة ميزة هائلة تتفوق بها على الأفراد الحساسة، من حيث لياقتها في مقاومة فعل هذا المبيد. أما في حالة عدم وجود المبيد، فقد تكون صفات المقاومة غير قادرة على المنافسة وتُفقد بسرعة كبيرة. وهذا العامل قد يجعل من استخدام التناوب بين مجموعات المبيدات أداة ناجحة في إدارة السيطرة على المقاومة.

## **6. توفير الحماية بواسطة جينات المقاومة "R"**

عندما يوفر جين المقاومة درجة عالية من الحماية للآفة ضد المبيد، فمن المحتمل جداً أن تستطيع الأفراد التي تحمل ذلك الجين أن تنجو بعد المعاملة بالمبيد وتبقى على قيد الحياة وأن تورث جين المقاومة للجيل التالي. ومع ذلك، إذا كان جين المقاومة لا يستطيع سوى أن يوفر مستوى متوسط من الحماية فقط، فإن الأفراد التي تحمل هذا الجين سوف يتم حمايتها من جرعات المبيد المنخفضة وليس من الجرعات العالية. وهذا سبب آخر للتأكيد على ضرورة استخدام معدلات جرعات المبيد كاملة وفقاً لبطاقة بيانات العبوة، علاوة على تطبيق أفضل تغطية ممكنة للأسطح المعاملة بالمبيد. حيث أن استخدام جرعات أقل من الموصي بها أو إجراء تغطية رديئة يعمل على تراكم جينات المقاومة في عشيرة الآفة.

## 7. المقاومة المشتركة

تشير المقاومة المشتركة إلى أن مقاومة الآفة لأحد المبيدات تجعلها مقاومة لمبيد آخر حتى ولو لم تكن تلك الآفة قد تعرضت لهذا المبيد الأخير من قبل. ومن ثم فإن استخدام هذا المبيد يزيد من مخاطر المقاومة. تحدث المقاومة المشتركة بسبب وجود مركبين أو أكثر يعملون على نفس الموقع المستهدف و/أو يتأثرون بنفس آلية المقاومة.

تتكون المقاومة المشتركة على نحو أكثر شيوعاً مع المركبات التي لها نفس طريقة الفعل، والتي عادة ما تكون، وليس دائماً، من نفس المجموعات الكيميائية أو ذات صلة كيميائية ببعضها. وقد تكون المقاومة المشتركة تامة أو جزئية (إذا كان أكثر من آلية واحدة مسؤولة عن المقاومة).

ويمكن أن تؤثر بعض آليات المقاومة على مركبات تتبع مجموعات كيميائية مختلفة، غير أن هذه الظاهرة تقتصر إلى حد كبير على المبيدات الحشرية. فعلى سبيل المثال، يتأثر كلا من مبيدات ال د.د.ت والبيروثرويدات بالچين المقاوم للصرع *kdr* الذي يتداخل مع قنوات الصوديوم في الخلايا العصبية. وقد يؤدي الاستخدام المكثف للبيروثرويدات على إحدى عشائر الآفات التي سبق وأن كانت تعاني من مشكلة مقاومة ال د.د.ت، إلى تكوين وتطور المقاومة للبيروثرويدات في هذه العشيرة. وفي بعض الحالات قد تحدث مقاومة مشتركة سلبية، وذلك عندما تجعل إحدى آليات المقاومة الكائن الحي مقاوماً لأحد المبيدات، في حين أنها تزيد من حساسيته لمبيد آخر.

## **8- الانتخاب السابق لجين المقاومة**

ربما تعمل عمليات الانتخاب السابقة لجينات المقاومة على تسهيل تكوين المقاومة لمركبات جديدة، حيث أن الاستخدام السابق على الأرجح أن يؤدي إلى زيادة تكرار جين المقاومة في عشيرة الآفة. غير أن ذلك لا يعني بالضرورة أن المركب الجديد سيكون غير فعال أو أن تطور المقاومة تجاهه سيحدث بشكل سريع. فذلك يعني ببساطة أن احتمال تطور المقاومة يكون أعلى مما لو كان هذا المركب ليس له مركبات ذات صلة استخدمت من قبل. ومع ذلك، إذا كان هناك مستوى عالٍ من المقاومة المشتركة وكانت توجد مشكلة خطيرة للمقاومة في الماضي، فإن احتمال تطور المقاومة على نحو سريع تجاه المركب الجديد يكون عالياً.

## **9- جينات التعديل (المُعدلات)**

قد تكون جينات المقاومة ضارة للآفات التي تحملها وتؤثر عليها بدرجات قد تكون قليلة أو كبيرة. غير أنه مع مرور الوقت والانتخاب المتواصل قد يمكن التغلب على اللياقة المنخفضة للأفراد المقاومة عن طريق جينات إضافية أو مُعدلات جينية مرتبطة بتحسين اللياقة. وفي بعض الحالات، يتم التغلب بصورة تامة تقريباً على تكاليف اللياقة لجين المقاومة؛ حيث يستمر الجين المقاوم في الظهور في عشائر الآفة، في حين أن الارتداد إلى الجين الأصلي الحساس يحدث ببطء أو قد لا يحدث على الإطلاق.

## 2-3-3-العوامل التشغيلية

### 1. مدى نشاط مبيد الآفات

- تُعد مبيدات الآفات واسعة المدى التي تكون فعالة ضد نطاق عريض من الآفات أو الأنواع هي الأكثر احتمالاً في إحداث مشاكل المقاومة من تلك المبيدات ضيقة المدى. ويرجع ذلك لسبب بسيط هو أن هذه المبيدات عادة ما يتكرر استخدامها كثيراً في منطقة معينة حيث يتطلب الأمر مكافحة أنواع متعددة من الآفات.
- في معظم المحاصيل الزراعية حيث توجد آفات مستهدفة أخرى يلزم مكافحتها يكون من الأفضل استخدام المبيدات ضيقة المدى، لأن تكرار استخدامها في هذه الحالة سيكون أقل كثيراً، وبالتالي فإن الضغط الانتخابي سيكون هو أيضاً أقل .
- يجب أن يكون استخدام مبيدات الآفة واسعة المدى بحرص وحذر شديدين حيث أنها قد تتسبب في حدوث انتخاب الأفراد المقاومة من أنواع الآفات غير المستهدفة التي يتزامن وجودها مع الآفة المستهدفة

## 2. معدل استخدام المبيد

- من المهم تطبيق المعدلات الموصي بها وليس جرعات أقل.
- من الناحية النموذجية، فإن هذه المعدلات ينبغي أن تقضي على كافة الأفراد الحساسة، وبصفة أساسية على كل الأفراد المقاومة متغايرة الزيغوت (متغايرة الألائل) لصفة المقاومة في عشيرة الآفة، في الوقت الذي ينبغي أن يحدث فيه اختزال أعداد الآفة إلى تحت الحد الاقتصادي الحرج .
- إذا حدث وأن كانت الجرعة المستخدمة منخفضة أكثر مما ينبغي، فإن الأفراد الحساسة سوف يتم القضاء عليها، غير أن الأفراد المقاومة جزئياً متغايرة الزيغوت التي تحمل صفة المقاومة غير تامة السيادة (RS) فإنها سوف تنجو وتبقى على قيد الحياة ، وبالإضافة إلى ذلك فإن هذه الجرعات المنخفضة بشكل مفرط سوف تؤثر على جين المقاومة بحيث تجعله سائداً من الناحية الوظيفية، وبالتالي فإن المقاومة قد تتطور على نحو سريع. ومع ذلك، فإن محاولة القضاء على الأفراد متغايرة الزيغوت (متغايرة الألائل) (يكون فعالاً إلى حد بعيد إذا لم تكن عشائر الآفة كبيرة بشكل مفرط، وتتكون في معظمها من أفراد حساسة، وأيضاً إذا كانت تحدث هجرة من قبل أفراد حساسة إلى داخل العشائر؛ لأنه حينئذ تقل نسبة الأفراد شديدة المقاومة متماثلة الزيغوت (متماثلة الألائل) لصفة المقاومة وتصبح شحيحة في العشيرة، علاوة على أنها من الأرجح أن تعاني من انخفاض اللياقة بسبب جينات المقاومة.
- لا يُنصح مهما كان الأمر بتطبيق معدلات من جرعات المبيد أعلى من الموصي بها، وذلك لأنه إذا نجت أي أفراد من عشيرة الآفة بعد تطبيق هذه الجرعات وبقيت على قيد الحياة، فمن المحتمل أنها ستكون أفراد مقاومة بشكل رئيسي متماثلة الزيغوت (متماثلة الألائل) لصفة المقاومة (RR).

### 3. التغطية بالمبيد

- إن تغطية الأسطح التي يتم معاملتها تُعد عاملا غاية في الأهمية .فإذا كانت التغطية جيدة باستخدام المعدل الصحيح من جرعة المبيد على كامل المساحة المراد رشها، فإن الجرعة القاتلة المطلوبة سوف تصل الآفة .
- أما إذا كانت التغطية رديئة، حيث تستقبل بعض المواضع كميات أكبر من المبيد فيما تستقبل الأخرى كميات أقل أو قد لا يصلها المبيد على الإطلاق، فإن النتيجة تكون مماثلة لما يحدث عند استخدام معدلات أقل من الموصى بها الواردة ببطاقة بيانات عبوة المبيد .وفي هذه الحالة فإن الأفراد متغايرة الزيغوت لصفة المقاومة سوف يتم انتخابها في عشيرة الآفة وتتطور المقاومة.

## 4. جهازية المبيد

- **إن استخدام مبيدات الآفات الجهازية يمكن أن تعمل على تسريع أو إبطاء تطور المقاومة على حد سواء.** وتأثير المبيدات الجهازية بصفة عامة أقل كثيراً على الحشرات النافعة المرتبطة بالآفة. وعليه فإن المفترسات تظل باقية بعد المعاملة بمثل هذه المبيدات، وقد تقوم بالقضاء على كثير من الآفات التي تظل على قيد الحياة بعد المعاملة، وبذلك فإنها تمنع المزيد من انتقال جينات المقاومة إلى نسلها الناتج في عشيرة الآفة.
- تتميز المبيدات الحشرية الجهازية بأنها توفر تجانساً في جرعة المبيد المستخدم ضد الآفة، كما أنها تستطيع أن تصل إلى الآفات التي يمكنها الاحتماء في حالة استخدام المبيدات التي تؤثر عن طريق الملامسة عند رش النباتات، وذلك لهروبها إلى الأسطح السفلية للأوراق.
- **استخدام المبيدات الجهازية قد تزيد من عمليات انتخاب المقاومة،** حيث أنها تفوت الفرصة على الأفراد الحساسة في أن لا تطولها معاملة المبيد وأن تستمر في توريث الجينات التي تحمل صفة الحساسية لنسلها الناتج في عشيرة الآفة



## 5. تكرار المعاملات

➤ ينبغي أن يقتصر تكرار المعاملات بالمبيدات على العدد الضروري منها وبما يكفي لحماية المحصول أو مكافحة الآفة، حيث أن المعاملات الغير ضرورية تزيد من الضغط الانتخابي في عشيرة الآفة .

➤ لا يُنصح بتكرار المعاملات باستخدام معدلات من جرعات المبيد أقل من الموصي بها، والتي يمكن أن تؤدي إلى تطور المقاومة بشكل سريع . وفي هذه الحالة فإن الأفراد الحساسة فقط هي التي سيتم إبادتها من العشيرة، فيما تقاوم الأفراد متغايرة الزيغوت بصفتها مقاومة من الناحية الوظيفية (RS) وبالتالي يتم انتخابها جنباً إلى جنب مع الأفراد المقاومة متماثلة الزيغوت لصفة المقاومة (RR)

➤ يجب إجراء تناوب للمبيدات المستخدمة في المعاملات مع مبيدات أخرى ليست ذات صلة من ناحية التركيب الكيميائي حتى يمكن خفض الضغط الانتخابي في عشيرة الآفة.

## 6- وجود آفات ثانوية.

وجود آفات غير مُستهدفة لكنها حساسة في بعض المحاصيل بمستويات تحت الحد الاقتصادي الحرج، في الوقت الذي توجد فيه أنواع أخرى من الآفات بلغت الحد الحرج للمعاملة بالمبيد . ورغم أن أنواع هذه الآفة الأخيرة تكون مُستهدفة، إلا أن الآفة الأولى يتم انتخابها أيضاً جراء هذه المعاملات بالمبيد . وهذا هو السبب في ضرورة الاحتفاظ بسجلات مُفصلة بشأن استخدام المبيدات للرجوع إليها وقت الحاجة .

## 7- أطوار الآفة المُعاملة

من المحتمل أن يكون تطور المقاومة على نحو أقل عندما يكون من الممكن معاملة الحشرة خلال أطوار حياتها المختلفة، خاصة إذا كانت هذه الأطوار سريعة التأثير بالمبيدات

**مثال ذلك، في حشرات رتبة حرشفية الأجنحة** تكون اليرقات حديثة الفقس أو يرقات العمر الأول أو ذكور الحشرات الكاملة أقل مقدرة على تمثيل المبيدات (الحشرية) كما يكون تطور المقاومة أقل أيضا عندما يتم معاملة أطوار حياة الحشرة المختلفة بمبيدات ليست ذات صلة ببعضها من حيث التركيب أو طريقة الفعل. ويرجع السبب في الحالة الأخيرة إلى أنه إذا أثبتت بعض أفراد الآفة أنها مقاومة في أحد أطوار حياتها لمبيد ما، فمن المحتمل أن يتم القضاء عليها إذا تمت معاملة الطور التالي بمركب غير ذي صلة بسابقه.

## 8- نسبة عشائر الآفة المُعاملة

- عموماً، لا تتطور المقاومة في نوع من الآفات في نطاقها الجغرافي بأكمله في آن واحد، ولكن من المرجح جداً أنها تتطور بصورة موضعية
- بالنسبة للمبيدات الحشرية، فإنه في حالة معاملة حقول أو مواضع معينة فقط، فإن الأفراد الحساسة في عشائر الحشرات قد تتحرك إلى داخل المنطقة المعاملة حيث يحدث اختلاط وبالتالي تخفيف لجينات المقاومة نتيجة تزاوج الأفراد الحساسة مع المقاومة التي ظلت باقية .
- على النقيض من ذلك، فقد يحدث، وهذا بالنسبة لجميع مبيدات الآفات، أن يتم معاملة منطقة موضعية بشكل مُفرط، ونتيجة لذلك تنشأ عشائر مقاومة بصورة موضعية أيضاً. وإذا كانت الآفة من الأنواع كثيرة التحرك فإنه بذلك يمكن حمل الجينات المقاومة إلى مناطق أخرى قد لا توجد بها مثل هذه الجينات وإن وجدت تكون بمعدلات منخفضة جداً فقط.

## 9- ثبات المبيد

- عندما تتساوى كافة العوامل، فإن احتمال تطور المقاومة يكون أقل مع استخدام مبيدات آفات أقل ثباتاً حيث يكون الضغط الانتخابي أيضاً أقل. ومع ذلك، في كثير من الأحوال تكون المنتجات ذات المتبقيات طويلة الأمد مرغوبة حيث يتطلب الأمر في مثل هذه الحالة تطبيق عدد من المعاملات أقل. وقد يحدث أن يكون انهيار متبقيات المبيد ببطء، إلا أن المعدل الذي يحدث عنده انتخاب الأفراد المقاومة سوف يتم الوصول إليه عند مرحلة ما، وحينئذ يحدث الانتخاب.
- عموماً، فإن كلا من ثبات المبيد وتكرار المعاملة يرتبطان مع بعضهما البعض. حيث تميل مبيدات الآفات ذات المتبقيات قصيرة الأمد لأن تحدث ضغط انتخابي أقل وبالتالي سيكون تطور المقاومة بشكل أقل أيضاً. ومع ذلك، فقد يُبطل تكرار المعاملات الفوائد التي قد تعود من استخدام المبيدات ذات المتبقيات قصيرة الأمد.

## 10- عدد المحاصيل المُعاملة

عندما يتم معاملة محاصيل كثيرة مختلفة باستخدام نفس المبيد، فإن مخاطر تطور المقاومة تكون أعلى، خاصة في حالة الآفات التي لها نطاق واسع من العوائل. وقد يتم انتخاب أفراد الآفة الحشرية عن طريق المعاملات بالمبيد على المحاصيل المختلفة المتعاقبة النمو، في الوقت الذي تصبح فيه (المناطق القريبة الخالية من المبيدات) التي تأوي الأفراد الحساسة بشكل أصغر.

## 11- التابع المحصولي

إذا كانت المحاصيل المزروعة في نفس المنطقة تفصلها فترات زمنية مثل الفترات التي تترك فيها الأرض بور بين الدورات المحصولية المتعاقبة أو إذا كانت مزروعة في مناطق جغرافية مُستقلة أو ذات سمات خاصة، فإن مخاطر تطور المقاومة تكون أقل . من ناحية أخرى، إذا كان يتم تطبيق النظام المحصولي المستمر في الزراعة، فإن عدد عمليات الانتخاب التي يحدثها المبيد قد تكون مرتفعة، ومن المرجح جداً أن تتكون وتتطور المقاومة على نحو أسرع. وبشكل مماثل، إذا تمت زراعة المحاصيل على مساحة كبيرة ممتدة، فإن الملاجئ المناطق القريبة الغير مُعاملة التي يمكن أن تأوي إليها الأفراد الحساسة من عشائر الآفة تكون أصغر.

## 11- تكتيكات مكافحة الآفة

إن الاستخدام المستمر لأحد المبيدات بمفرده أو الاعتماد على المكافحة الكيميائية فقط، من المرجح أن يؤدي إلى زيادة مخاطر تطور المقاومة لفعل المبيدات. وهذا هو السبب في أن استراتيجيات منع وإدارة السيطرة على المقاومة تُحتم استخدام تكتيكات متعددة للمكافحة تعتمد على الأساليب الكيميائية والبيولوجية والعمليات الزراعية.

## 12- التأثيرات على الكائنات غير المستهدفة

عند استخدام المبيدات الحشرية على وجه الخصوص، فإن اتباع طرق المكافحة التي لها تأثير قليل على الأعداء الطبيعية لآفات المحاصيل، مثل استخدام المبيدات الحشرية الاختيارية و/أو أساليب بديلة لإدارة الآفات، تعمل على إبطاء تطور المقاومة. ويرجع ذلك إلى أن الأعداء الطبيعية تقوم بالقضاء على كل الآفات المقاومة والحساسة، وبالتالي تقلل من تكرار جينات المقاومة في العشيرة، إذا لم تكن المقاومة أصبحت سائدة بعد.

## 2-4- مخاطر مقاومة فعل المبيدات الحشرية

هناك تاريخ طويل لمقاومة الآفات الحشرية لفعل مبيدات الحشرات .  
**في الواقع، فإن المقاومة تتكون وتتطور لكل مبيد حشري من  
المبيدات الرئيسية عاجلاً أو آجلاً .**

وقد أجريت كثير من الأبحاث على المقاومة حتى الآن وذلك لإعداد  
تكتيكات للتغلب على أو تأخير ظهور المقاومة لفعل المبيدات  
الحشرية . وترتبط معظم مشاكل مقاومة الحشرات للمبيدات بالعوامل

المبيدات (في جدول 2)



# العوامل المؤثرة في نشأة وتطور المقاومة في الحشرات

العامل	التأثير على تطور المقاومة
<b>العوامل المتعلقة بالحشرة</b>	
دورة الحياة قصيرة	تتلقى عشيرة الآفة الحشرية معاملات كثيرة أو لمرات معدودة لكل محصول ولكل موسم مما قد يؤدي إلى تقصير الفترة اللازمة لحدوث المقاومة.
الإصابة شديدة/مستويات عشائر الآفة	حتى مع مستويات المكافحة العالية قد يكون هناك أعداد كبيرة نسبياً من الأفراد المنتخبة التي بقيت على قيد الحياة، مما يؤدي إلى تطور المقاومة على نحو أسرع.
أعداد النسل الناتج (الصغار) من كل أنثى كبيرة	مما يسمح لأعداد قليلة نسبياً من الأفراد المنتخبة التي بقيت على قيد الحياة وتحمل (جين) أو جينات المقاومة أن تعيد تكوين عشائر كبيرة من تلك الأفراد المقاومة.
مدى العوائل المضيقة واسع	ممكّن أن يتم انتخاب الحشرة على عدة محاصيل في السنة.
<b>العوامل التشغيلية</b>	
تطبيق معدل استخدام للمبيد أقل مما هو مذكور على بطاقة العبوة	يؤدي إلى انتخاب أفراد متغايرة الزيغوت (مما يزيد من تكرار جينات المقاومة في عشائر الآفة).
التغطية بالمبيد غير كافية	وهذا يماثل ما يحدث في حالة تطبيق معدل استخدام للمبيد منخفض، حيث يعمل على زيادة الأفراد متغايرة الزيغوت (متغايرة الألائل) التي تبقى على قيد الحياة بعد المعاملات، وبالتالي حدوث تكرار لجينات المقاومة في مجموع الآفة.
توقيت التطبيق غير مناسب	قد يؤدي استهداف أطوار الآفة الأقل حساسية أو العشائر التي تزداد بأعداد ضخمة إلى انتخاب الأفراد متغايرة الزيغوت (متغايرة الألائل) لصفة المقاومة من بين الأطوار الأقل حساسية، كما أن معاملة العشائر الضخمة يؤدي إلى انتخاب أعداد كبيرة من الأفراد التي تحمل صفة المقاومة.
استخدام مبيدات تتبع مجموعة كيميائية واحدة استخدام مبيدات تتبع مجموعة كيميائية واحدة	يحدث الانتخاب على مستوى عالٍ، أي يزيد من الضغط الانتخابي للمقاومة.
الاعتماد التام على المكافحة الكيميائية	ضغط انتخابي عالي لمقاومة المبيدات؛ يقتل المفترسات والطفيليات وبالتالي يسمح بزيادة تكرار جينات المقاومة في عشائر الآفة.
التركيز على هدف واحد من الآفات والمحاصيل	يعمل على تجاهل الحشرات الموجودة بمستويات أقل من الحد الحرج وأيضاً معاملة المحاصيل الأخرى، مما يزيد من انتخاب المقاومة في الأنواع الغير مستهدفة.
استخدام المركبات ذات الأثر المتبقي طويل الأمد	يعمل على انهيار المركب ويسمح ببقاء الأفراد متغايرة الزيغوت (متغايرة الألائل) وبالتالي تزيد من تكرار جينات المقاومة.
استخدام المنتجات واسعة المدى في التأثير	يقضي على المفترسات والطفيليات التي تساهم في مكافحة الآفة المستهدفة وقد تعمل على انتخاب المقاومة في الآفات الغير مستهدفة المتواجدة في نفس المنطقة.

جدول ( 3 ) أكثر عشرون نوعا من مفصليات الأرجل ذكرت المقاومة بشأنهم في مجالي الزراعة والصحة العامة .يستند تقدير المرتبة على عدد المبيدات الحشرية والحشرات المقاومة لها، وتبدأ من (1) (المقاومة لأكثر عدد من المركبات) إلى 20

الرتبة	الفصيلة	النوع	المرتبة	العائل
الأكاروسات	العناكب الحمراء	العنكبوت الأحمر ذو البقعتين	1	القطن، الفاكهة، الخضروات
الأكاروسات	العناكب الحمراء	لحم الأحمر الأوروبي	9	أشجار الفاكهة
غمديه الأجنحة	خنفس الأوراق	خنفساء كولورادو	4	البطاطس، الباذنجان ، الطماطم
مستقيمات الأجنحة	الصراصير	الصرصور الألماني	7	المناطق الحضرية
ذات الجناحين	البعوض	بعوضة الملاريا	20	الانسان
نصفية الأجنحة	الذباب الأبيض	ذبابة الطماطم البيضاء	8	القرعيات، القطن، الكرنب
نصفية الأجنحة	المن	من القطن	10	القطن والخضروات
حرفيات الأجنحة	الفرشات الليلية	دودة ورق القطن	16	القطن، البطاطس والخضروات

المصدر: جامعة ميتشيجان (غير مؤرخ)

## 3. منع وإدارة مقاومة الآفات لفعل المبيدات

### 3-1- وضع خطة لإدارة المقاومة لفعل المبيدات (RMP)

- ❖ التركيز على الآفة
- ❖ وضع العوامل المحصولية المجاورة في الاعتبار
- ❖ الأخذ في الاعتبار تدابير بديلة (غير كيميائية) لإدارة مكافحة الآفات
- ❖ استخدام أكثر من مجموعة من المجموعات الكيميائية التابع لها مبيدات الآفات
- ❖ الأخذ في الاعتبار كافة المعاملات التي تمت خلال العام
- ❖ إشراك أصحاب المصلحة في استراتيجيات إدارة مجابهة المقاومة للمبيدات
- ❖ معدلات استخدام الجرعات الموصى بها فقط من مبيدات الآفات
- ❖ تقييم وتنقيح خطة إدارة السيطرة على مقاومة فعل المبيدات

### 3-1- وضع خطة لإدارة المقاومة لفعل المبيدات (RMP)

تشرح خطة إدارة مقاومة فعل المبيدات التدابير التي ينبغي اتخاذها لمنع /أو إدارة السيطرة على مقاومة آفة معينة لفعل المبيد .

**والهدف من وراء ذلك** هو خفض عملية انتخاب جينات المقاومة في مجموع عشيرة الآفة

**ينبغي وضع التكتيكات على النحو الذي يضمن** الحفاظ على زيادة تكرار الجينات الحساسة وقلة تكرار جينات المقاومة في عشيرة الآفة عن طريق خفض الضغط الانتخابي، في الوقت الذي يجب فيه تحقيق المستوى المطلوب لمكافحة الآفة .  
ومن المرجح أن تختلف هذه التكتيكات لكل مجموعة من الآفات

## المبادئ العامة تنطبق على جميع خطط إدارة المقاومة للمبيدات.

يُوصى بشدة أن توضع خطة إدارة السيطرة على مقاومة الآفات لفعل المبيدات في إطار نهج شامل للإدارة المتكاملة لمكافحة آفة معينة ونظام محصولي محدد. الأمر الذي من شأنه أن يضمن وجود بما في ذلك (IPM) استراتيجيات رشيدة لمكافحة الآفات تستند على مبادئ الإدارة المتكاملة للآفات استخدام مبيدات الآفات بمفردها فقط عندما تدعو الحاجة إلى ذلك، وأيضاً استخدام الأساليب البديلة لإدارة مكافحة الآفات كلما كان ذلك ممكناً.

تنفيذ برامج منع وإدارة السيطرة على مقاومة فعل المبيدات عند إدخال مبيدات جديدة للآفات ينبغي تطبيق خطط إدارة السيطرة على مقاومة الآفات للمبيدات

# 1- التركيز على الآفة

- من المهم عند وضع خطة إدارة السيطرة على المقاومة لفعل المبيدات أن يتوافر أكبر قدر ممكن من المعلومات عن بيولوجيا الآفة وعوائلها .و تُعد هذه المعلومات جوهرية من أجل فهم كيفية فقد الحساسية وتطور المقاومة في الآفة المستهدفة
- وينبغي أن تشمل خطة إدارة المقاومة معالجة المنطقة بأكملها التي تتواجد بها الآفة وليس فقط المحصول موضع الاهتمام .
- ومن الناحية النموذجية، ينبغي تنفيذ هذه الخطة على منطقة كاملة مزروعة بالمحاصيل مع التركيز على الآفة، فضلا عن التركيز على محصول بعينه، إلى جانب الموافقة الشاملة من قبل كافة المزارعين بالمنطقة قدر الإمكان.

## 2- وضع العوائل المحصولية المجاورة في الاعتبار

➤ لإدارة السيطرة على ظاهرة المقاومة في الحشرات، فإنه ينبغي وبصفة خاصة وضع العوائل النباتية البديلة للآفة التي تقع في المناطق المجاورة للعوائل المحصولية الأساسية في الاعتبار عند إجراء المعاملة بالمبيدات .

➤ ومن المُحتمل أن يوجد كثير من نفس الآفات الحشرية على محاصيل أخرى من تلك التي تنمو على مقربة من العوائل المحصولية الأساسية أو التي يتم زراعتها في التعاقب المحصولي، أو من العوائل البرية الموجودة في نفس المنطقة .

➤ وإذا حدث واستخدمت نفس المبيدات أو مبيدات ذات صلة من الناحية الكيميائية على كافة المحاصيل، فإن عشائر الآفة تقع تحت ضغط انتخابي أكثر بكثير مما هو متوقع حسابياً.

### 3- الأخذ في الاعتبار تدابير بديلة (غير كيميائية) لإدارة مكافحة الآفات

ينبغي أن تشمل خطة إدارة السيطرة على مقاومة فعل المبيدات على أكبر عدد ممكن من **الوسائل والأدوات البديلة غير الكيميائية لمكافحة الآفات طالما أنها تسهم بشكل فعال في السيطرة على الآفات**

وتتضمن هذه الوسائل المبيدات الحيوية للآفات وعوامل المكافحة البيولوجية كالمفترسات والطفيليات، وأصناف المحاصيل المقاومة، وتوقيت الزراعة المناسب للحد من مخاطر الإصابة، وتطبيق نظام التعاقب المحصولي (الدورة الزراعية)، والعمليات الزراعية الأخرى التي من شأنها أن تتداخل في دورات تكاثر الآفات، والعناية بالممارسات الصحية مثل تنظيف الأجهزة والمعدات لمنع انتشار البذور والجراثيم... الخ.



## 4- استخدام أكثر من مجموعة من المجموعات الكيميائية التابع لها مبيدات الآفات

➤ يجب أن تتضمن خطة إدارة السيطرة على مقاومة الآفات لفعل المبيدات أكبر عدد ممكن من المجاميع المختلفة التابع لها المبيدات وذلك لتجنب نشوء وتطور ظاهرة المقاومة المشتركة.

➤ **كلما زاد استخدام المركبات (التي ليست ذات صلة ببعضها) كلما قل الضغط الانتخابي للمقاومة على أي من المبيدات الأخرى المستعملة.**

➤ يمكن استخدام مثل هذه المبيدات التابعة لمجاميع مختلفة في تناوب أو باستخدام مخاليط جاهزة من مستحضرات المبيدات أو مزج بعض المركبات في خزان المبيدات من التي لها طرق فعل مختلفة على الآفات وأيضا من التي تحتاج إلى آليات مختلفة لمقاومتها من قبل الآفات.

## 5- الأخذ في الاعتبار كافة المعاملات التي تمت خلال العام

➤ لا بد أن تأخذ خطة إدارة السيطرة على مقاومة فعل المبيدات في الاعتبار كافة المعاملات بالمبيدات التي تمت على محصول ما خلال العام، بما في ذلك المعاملات باستخدام المركبات المختلفة وأطوار حياة الآفة التي تمت ضدها المعاملات، حيث تحدث بعض عمليات الانتخاب للمقاومة في كل مرة يتم فيها تطبيق المبيد .

➤ **على العموم، كلما زادت المعاملات بالمبيد وزادت معها أطوار حياة الحشرة وأجيال المرض النباتي التي يتم معاملتها، كلما زادت سرعة فقد الحساسية وزادت صفة المقاومة** مالم تُتخذ التدابير التي من شأنها أن تخفف من حدة انتخاب وتكرار جينات المقاومة في مجموع عشيرة الآفة.

## 6- تطبيق معدلات استخدام الجرعات الموصي بها فقط من مبيدات الآفات

**ينبغي دائماً تطبيق معدلات الاستخدام الصحيحة من الجرعات وفقاً لما هو وارد ببطاقة بيانات المبيد .**

القيام بخفض معدلات استخدام المبيد بهدف تقليل التكلفة قد يبدو بأنه يفي بإجراء مكافحة الآفة على النحو المطلوب، غير أن ذلك يكون في واقع الأمر بصورة وقتية فقط .

**الاستمرار في تطبيق معدلات استخدام المبيد أقل مما هو وارد ببطاقة بيانات المبيد سوف يؤدي إلى زيادة في انتخاب الأفراد المقاومة متغايرة الزيغوت (RS) ومتماثلة الزيغوت لصفة المقاومة (RR) وهذا سوف يؤدي بدوره إلى تطور وتكوين عشيرة مقاومة تماماً.**

بينما استخدام المعدلات الصحيحة من جرعات المبيد وفقاً لبطاقة البيانات الخاصة به سوف يعمل على إزالة الأفراد المقاومة متغايرة الزيغوت من مجموع عشيرة الآفة ويبطئ بشكل كبير من تكوين عشيرة مقاومة للآفة.

## 7- إشراك أصحاب المصلحة في استراتيجيات إدارة مجابهة المقاومة للمبيدات

- لكي تكون هناك فرصة لنجاح أي استراتيجية لإدارة السيطرة على مقاومة فعل المبيدات لابد وأن يتفق عليها جميع أصحاب المصلحة، بما في ذلك **المزارعين، ومسؤول تسجيل المبيدات، وشركات وموزعين مبيدات الآفات، ووزارة الزراعة و وحدات الخدمات الإرشادية.**
- يجب أن تكون هذه الاستراتيجية مفهومة ومقبولة من قبل المزارعين على وجه الخصوص .
- بالنسبة لخطط إدارة السيطرة على مقاومة فعل المبيدات التي تشمل مناطق واسعة، كالخطط التي يتم تصميمها لإدارة ظاهرة المقاومة للمبيدات الفطرية، **فإن التعاون على المستويين المحلي والإقليمي يُعد من الأمور الأساسية لنجاح وتطوير وتنفيذ مثل هذه الخطط.**

## 8- تقييم خطة إدارة السيطرة على مقاومة فعل المبيدات

➤ لكي تظل هذه الخطط فعالة ينبغي إعادة تقييمها وتهيئتها بشكل مستمر بما يتماشى مع التغيير في الأحوال مثل التغيير في مستوى مقاومة الآفة للمبيد أو توافر مبيدات جديدة والتي تتميز بطرق فعل أو تأثيرات جديدة أو توافر أصناف جديدة من المحاصيل تكون مقاومة للآفات.

### 3-3- تكتيكات إدارة السيطرة على مقاومة الآفات لفعل المبيدات – جميع أنواع مبيدات الآفات

مخاليط مبيدات الآفات التي لديها طرق تأثير مختلفة على الآفة أو تجابه آليات مختلفة لمقاومتها من قبل الآفة

أثبتت التجارب أن منتجات المخاليط سابقة التجهيز وبعض مخاليط خزان المبيدات تكون ناجحة نسبياً في مكافحة الآفات الحشرية وفي تأخير تطور المقاومة. لذا يجب أن تكون المخاليط بمثابة جزء من خطة إدارة مقاومة الآفات لفعل المبيدات.

وقد أعدت المخاليط الناجحة أو منتجات المخاليط سابقة التجهيز لحالات محددة ولكن بعد مراجعة ودراسة متأنية للنظام المحصولي، والتأثيرات على الكائنات النافعة من مفصليات الأرجل، وتجمعات الآفة. وإذا كان مجموع عشيرة الآفة لديها مقاومة شديدة لأي من المكونات في خليط المبيدات، فإن استخدام المخلوط قد يؤدي إلى تدهور الوضع بظهور ما يُعرف بالمقاومة المتضاعفة أو المتعددة

كيف يؤثر استخدام مخلوط من المبيدات الحشرية على مجموع  
عشيرة الحشرات التي تتضمن أفراد مقاومة (RR). أو مقاومة  
جزئياً (RS) لوحد من مبيدين في مخلوط من المبيدات الحشرية ؟  
الأفراد التي لم يتم قتلها بأحد مكونات المخلوط، فإنها سوف تُقتل  
بالمكون الآخر .

# ينبغي استخدام مخاليط مبيدات الآفات بعناية، ولا يوصى باستخدامها مالم تفي بالمتطلبات التالية:

1. أن لا تكون مكونات المخلوط ذات صلة من الناحية الكيميائية باعثة على حدوث مقاومة مُشتركة، وأن تكون أفراد الآفة التي تحمل صفة المقاومة لأحد المكونات أو للآخر نادرة، وكذلك تكون الأفراد المقاومة لكلا المكونين في المخلوط نادرة للغاية.
2. أن تكون فترة نشاط متبقيات كلا المركبين في المخلوط متماثلة على وجه التقريب، وإلا فإن المركب الذي يكون نشاطه أقصر سوف ينهار، فيما تبدأ عمليات الانتخاب للمكون الآخر ذو المتبقيات الأطول نشاطاً وظهور المقاومة تجاهه.
3. يتم إعداد الخليط بالشكل الذي يعمل على تطبيق كلا المبيدين في المخلوط وفقاً لمعدلات الاستخدام الخاصة بكل منهما والواردة بمُلصق البيانات .



## تتأوب أو تبادل استخدام مبيدات الآفات

يُعد تتأوب استخدام مبيدات الآفات تكتيكاً أو أسلوباً آخر للسيطرة على تطور ظاهرة المقاومة. ويشير هذا التكتيك إلى

1- أن أفراد الآفة المقاومة لكلا المبيدين تكون نادرة، ومن ثم فإن الأفراد التي تنجو من المعاملة الأولى بالمبيد وظلت حية سوف تُقتل بالمعاملة التالية.

2- أن النسبة المئوية لأفراد الآفة المقاومة سوف تنحسر في حالة غياب المبيد بسبب عدم الاستقرار النسبي لآليات المقاومة.

## حتى يكون التكتيك فعالا يجب أن يفى بالمتطلبات التالية :

1. يجب أن تتبع مبيدات الآفات التي يتم تناوب استخدامها لمجاميع كيميائية ليست ذات صلة، ولا تُحدث مقاومة مشتركة.
2. يجب أن يكون المبيدين الذين يتم التناوب بينهما على درجة متساوية من حيث الفعالية عند استخدامها بالمعدلات الواردة ببطاقة البيانات.
3. يجب أن تكون الفترات الفاصلة بين تطبيقات المبيدات التي يتم تناوبها طويلة بالقدر الكافي لاستعادة أو استرجاع أفراد عشيرة الآفة مستوى حساسيتها الأصلي

### 3-4- تكتيكات إدارة السيطرة على مقاومة فعل المبيدات الحشرية

من المهم عند إدارة تطور مقاومة الحشرات لفعل المبيدات الحشرية الأخذ في الاعتبار أن الهدف الأساسي هو حماية المحصول فضلا عن مكافحة الآفة، وليس بالضرورة قتل جميع أفراد عشائر الآفة

وينبغي اتباع استراتيجية شاملة لتجنب الإفراط في استخدام أحد المبيدات ممن لها كيفية واحدة لإحداث الفعل (طريقة التأثير).

# تكتيكات إدارة السيطرة على مقاومة فعل المبيدات الحشرية

## • التكتيكات المناطقية لإدارة المقاومة إزاء المحصول والآفة

- ✓ تركز تكتيكات إدارة السيطرة على المقاومة فيما يتعلق بالمحصول والآفة على التركيبات الفردية التي تجمع ما بين محصول ما وآفة معينة، في توليفة واحدة. وتُعد هذه التكتيكات مناسبة عندما تكون المنطقة المزروعة بالمحصول كبيرة ويوجد بها نوع واحد من الآفات بشكل أساسي(مثل ذلك دودة البزاع *Helicoverpa* علي الطماطم) ويراد معالجتها بأحد المبيدات الحشرية .
- ✓ مجاميع عشائر الآفة على محصول معين يمكن أن تختلف باختلاف مناطق زراعته وبالتالي فإن التكتيكات المتعلقة بتوليفة فردية للمحصول والآفة قد تكون معيبة. والبديل لهذه التكتيكات الخاصة بالتوليفات الفردية للمحصول والآفة هو ما يُعرف بـ "**التكتيكات المناطقية**"، حيث توضع خطط متكاملة لإدارة السيطرة على مقاومة آفات متعددة على محاصيل متنوعة في مناطق جغرافية معينة وليس مجرد اللجوء إلى التوليفات الفردية للآفة والمحصول

التكتيكات أو الأساليب التالية لإدارة السيطرة على مقاومة فعل المبيدات الحشرية والحد من مخاطر ظهورها:

1. استخدام نهج متكامل
2. حماية الكائنات الحية النافعة
3. الالتزام بتطبيق معدلات الاستخدام المُوصى بها للمبيد
4. تناوب استخدام مركبات ليست ذات صلة
5. استخدام المخاليط مع اتخاذ الحيطة والحذر
6. استخدام المنشطات مع الحذر
7. استخدام منتجات غير متخصصة في طريقة تأثيرها
8. استخدام مستحضرات مبيدات الحشرات بعناية
9. رصد الآفات صعبة المراس

## 1- استخدام نهج متكامل

تتطلب إدارة السيطرة على مقاومة فعل المبيدات الحشرية وضع  
كافة الجوانب المتعلقة بإنتاج المحصول في الاعتبار، والتي  
تشمل الممارسات الزراعية، طرق مكافحة الطبيعة  
والبيولوجية، وبيولوجيا الآفة الحشرية.

ويمكن القول ببساطة أن الامتثال لمفاهيم الإدارة المتكاملة  
للمحاصيل يمكن أن يساعد في منع ظهور أو تطور المقاومة .

## 2- حماية الكائنات الحية النافعة

➤ ينبغي حماية الأعداء الطبيعية (الطفيليات والمفترسات)، قدر ما يمكن، لأن مساهمة الكائنات الحية النافعة في مكافحة الآفات يمكن أن تكون ذات أهمية كبيرة في كثير من النظم المحصولية .

➤ تلعب الكائنات الحية النافعة أيضاً دوراً هاماً في إدارة السيطرة على المقاومة، حيث أنها تساعد في مكافحة الآفة المستهدفة بغض النظر عن درجة مقاومة الآفة للمبيد أو آليات المقاومة التي تستخدمها، وبالتالي فإنها تساعد في إبطاء عملية انتخاب صفة

المقاومة

### 3- الالتزام بتطبيق معدلات الاستخدام المُوصى بها للمبيد

- ينبغي تطبيق معدلات الاستخدام الموصى بها للمبيد، والالتزام بالفترات الفاصلة بين المعاملات، وذلك وفقاً لما هو وارد بمُلصقات بيانات المبيد.
- ويجب عدم استخدام معدلات أكثر أو أقل من الموصى بها على الإطلاق،
- لأن ذلك يمكن أن يؤدي إلى حدوث المقاومة و/أو إحداث تأثيرات غير مرغوب فيها على الكائنات الحية غير المستهدفة وعلى البيئة.
- يجب التأكد دائماً من أن معدات وأجهزة الرش في حالة جيدة، وأن البشابير والمرشحات ليس بها سده، لأن ذلك يتسبب في تطبيق معدلات رش غير صحيحة مما يكون باعثاً على حدوث تطور المقاومة.



## 4- تناوب استخدام مركبات ليست ذات صلة

- استخدم مجموعات متنوعة من المركبات المسجلة لنفس الغرض المطلوب منها، وممن ليست ذات صلة كيميائية ببعضها، أي ممن لا تتسبب في إحداث مقاومة مشتركة.
- يجب عدم استخدام مركب بمفرده أو مجموعة كيميائية بمفردها على الإطلاق دون تناوب.

## 5- استخدام المخاليط مع اتخاذ الحيطة والحذر

- ينبغي استخدام مخاليط مبيدات الحشرات مع الحذر الشديد.
- لا يوصى باستخدامها إلا في أضيق الحدود وفي حالات معينة، لأن استخدام المخاليط بصورة غير سليمة يمكن أن يؤدي إلى تفاقم مشكلة المقاومة
- ينبغي عدم استخدام المخاليط مُطلقاً خاصة إذا كانت الآفة المستهدفة مُقاومة بالفعل للطريقة التي تؤثر بها إحدى مكونات المخلوط.
- إذا كانت هناك ضرورة مُلحة لاستخدام المخلوط، فينبغي أن تكون معدلات استخدام المواد الفعالة في المخلوط وفقاً للمعدلات المُوصى بها، كما ينبغي أيضاً أن تكون لها نفس فترات الأثر المتبقي الفعال، وذلك لمنع حدوث انتخاب لصفة المقاومة للمكون ذو الأثر المتبقي الفعال لفترات أطول.

## 6- استخدام المنشطات مع الحذر

➤ ربما يعمل استخدام المنشطات، التي تعوق أو تؤخر فقد سمية المبيد الحشري على تحسين تأثيره وإطالة مدة بقاءه فعالاً، إذا ما تم استخدام هذه المنشطات بمعدلات غير سامة سواء قبل أو في نفس وقت تطبيق المبيد الحشري.

➤ تقوم المنشطات بتثبيط النظم الإنزيمية الأيضية (التمثيلية) في الآفة والتي من شأنها أن تعمل على عزل أو هدم المبيد الحشري و/أو تعزيز نفاذ المبيد في جُليد الحشرة. ويحدث التثبيط بسبب ارتباط المنشط مع الإنزيمات الأيضية مما يسمح بوصول أكبر قدر من المبيد إلى موضع التأثير المستهدف في الآفة. وعلى ذلك، فإن المنشطات التي يرجع تأثيرها فقط إلى تثبيط الإنزيمات الأيضية فإنها لا تكون مؤثرة إذا حدث تغيير للموضع المستهدف.

## 7- استخدم منتجات غير متخصصة في طريقة تأثيرها

➤ تعتبر منتجات وقاية النباتات، مثل الزيوت والصابون، التي ليس لها كيفية محددة لإحداث الفعل أدوات جيدة لإدارة السيطرة على المقاومة.

➤ ينبغي استخدامها في تناوب أو في مخاليط مع مبيدات الحشرات التقليدية حيثما يكون ذلك ممكناً، شريطة أن تكون فعالة في مكافحة عشائر الآفة المستهدفة سواء كانت حساسة أو مقاومة.

## 8- استخدم مستحضرات مبيدات الحشرات بعناية

➤ استخدم المبيدات الحشرية عندما تكون الفرصة سانحة لإجراء مكافحة عندما تبلغ الإصابة الحد الحرج الذي يتطلب إجراء عمليات المكافحة، ولكن لا تصل درجة الوباء .

➤ ينبغي التأكد من أن تغطية الهدف بقطيرات الرش تتم بصورة جيدة

➤ يجب عدم استخدام نفس المركبات التي لديها نفس كيفية إحداث الفعل (طريقة التأثير) لمكافحة آفة تنتج أجيال متعددة خلال موسم زراعة المحصول.

## 9- رصد الآفات صعبة المراس

- ينبغي رصد إصابات الآفات التي تتطوي على مشاكل مُعقدة، وذلك للكشف عن بداية التغييرات في حساسية مجموع عشيرة الآفة .
- يتم عمل خط قاعدي لبيانات الحساسية الممثلة لعشائر الآفة الحقلية وذلك قبل استخدام المنتجات على نطاق واسع .
- القيام بتكرار فحص حساسية هذه العشائر تجاه المبيد الحشري على فترات منتظمة يمكن أن يُسهم في كشف التغييرات المحتملة في حساسية العشيرة .
- كما يُوصى بإجراء عمليات رصد لتطور المقاومة على فترات منتظمة وذلك لكشف التغييرات التي قد تحدث في حساسية الآفة قبلما تتفاقم مشاكل المكافحة وتصبح أمراً واقعاً وخطيراً.

## 4- اكتشاف المقاومة لفعل المبيدات والتحقق منها

### 1.4. أهداف كشف ورصد المقاومة

عندما يتضح أن المبيد لم يُعد يؤثر كما هو متوقع، فإن الخطوة الأولى التي يجب القيام بها هي تحديد المشكلة.

هناك أسباب كثيرة وراء مشاكل أداء المنتج غير المقاومة.

❖ التغطية الرديئة للهدف بمحلول الرش

❖ معدلات استخدام المبيد غير صحيحة

❖ عدم التعرف على الآفة

❖ الظروف البيئية معاكسة

❖ توقيت تطبيق المبيد غير مناسب... وهكذا.

**يقصد بكشف المقاومة** التعرف على التغيرات الهامة التي تحدث في حساسية مجموع عشيرة الآفة تجاه المبيد.

يمكن استكشاف المقاومة: 1- خلال قيام الباحثين أو المزارعين بعمل ملاحظات وجمع البيانات في هذا الشأن

2- من خلال تصميم نظام رصد مُخصص لهذه الظاهرة. لقياس التغيرات في تواتر أو درجة المقاومة من حيث الزمان والمكان وتُعد عمليتي الرصد والاستكشاف هما الأكثر فائدة إذا تمت في وقت مبكر خلال مرحلة تطور المقاومة.

ومن حيث المبدأ، فإن عملية رصد المقاومة ينبغي أن تتم عندما يكون هناك اشتباه أو احتمال لحدوث تطور في المقاومة.

فعلى سبيل المثال، ينبغي إعداد برامج لرصد مقاومة الآفات للمبيدات حيثما يكون قد سبق وأن تم الكشف عن حدوث المقاومة



**إذا حدث وأن ظهرت المقاومة في أحد المناطق، وحتى لو تم التحقق منها، فإن ذلك لا يبرر بالضرورة استبعاد المبيد بشكل عام من كافة المناطق.**

لأن اكتشاف وجود أفراد مقاومة في عشيرة آفة ما، فهذا لا يعني بالضرورة أن مجموع عشيرة الآفة جميعها مقاومة ومن الصعب السيطرة عليها. ومع ذلك، فإن هذه الدلالات قد تكون بمثابة إنذاراً مبكراً بتطور المقاومة، ومن ثم يجب تعديل خطة إدارة السيطرة على المقاومة بحيث يمكن منع زيادة تكرار جين المقاومة في عشيرة الآفة والتي قد تؤدي في نهاية المطاف إلى حدوث مشاكل المقاومة.

## 2.4 طرق التحقق من المقاومة

### 1- اختبار الجرعة التشخيصية

يُعد اختبار الجرعة التشخيصية هو الأكثر استخداماً على نطاق واسع في عمليات رصد المقاومة في الحقل، وعلى الأخص المقاومة تجاه مبيدات الحشرات. ويعتبر هذا الاختبار سهلاً وذات كفاءة نسبية في استخدام الموارد. **الهدف من إجراء اختبار الجرعة التشخيصية** هو تحديد ما إذا حدث تغيير في وضع حساسية عشيرة الآفة.

**هناك ثلاثة اعتبارات هامة ينبغي أخذها في الحسبان عند تصميم برنامج فردي لرصد تطور المقاومة بتطبيق اختبار الجرعة التشخيصية هي:**

❖ تحديد "الجرعة التمييزية" لفصل الأفراد الحساسة عن غيرها من الأفراد المقاومة؛

❖ تحديد حجم العينة التي يتم أخذها من كل موقع

❖ تحديد درجة الاستجابة المناسبة للأفراد التي تنجو من تأثير الجرعة التمييزية وتبقى على قيد الحياة.

## 2. اختبار الاستجابة للجرعة

إن أكثر الطرق دقة لتقييم حساسية عشيرة آفة ما لأحد المركبات هو إجراء التقييم الحيوي التقليدي لاختبار منحنى الاستجابة للجرعة.

للحصول على نتائج هذا الاختبار يتم في البداية تجهيز عينات من أفراد أو مجموع العشيرة المراد اختبار حساسيتها، ثم اختبار سلسلة من جرعات المبيد تتراوح سميتها لتقتل من 5 إلى 95 % من الأفراد المعرضة لها في حالة مبيدات الحشرات.

يمكن استخدام البيانات المتحصل عليها في تحديد نطاق الحساسية في مجموع العشيرة قبل القيام بالتطبيق على نطاق واسع.

كما أن هذه المعلومات يمكن الاستفادة بها أيضا فيما بعد عند الحصول على نتائج من عمليات المكافحة أقل من المتوقعة.

### 3. الاختبارات الكيميائية الحيوية والمناعية

تستخدم الاختبارات البيوكيميائية لتحديد انزيمات إزالة السمية (تأيض المبيد) الفريدة من نوعها والمرتبطة بالآفات المقاومة تُستخدم على نحو متزايد في استكشاف كلا من الأفراد المقاومة وحساسية عشيرة الآفة.

تطورت أيضا الاختبارات المناعية لاستكشاف المقاومة التي تعتمد على تحديد انزيمات إزالة السمية (تأيض المبيد) باستخدام الأجسام المضادة وحيدة النسيلة (المثيل الوراثي).

## 4. البيانات الأساسية

يحتاج الأمر إلى جمع بيانات أساسية بشأن حساسية الآفات للمبيدات من الناحية النموذجية ينبغي أن يتم ذلك قبل إدخال المنتج إلى المنطقة التي سيتم فيها المعاملات.

بالنسبة للمبيدات الحشرية، فإنه عادة ما تستخدم السلالات المعملية في إعداد قيم خط الأساس لحساسية الآفة، ولهذه القيم بعض الفوائد حيث أنها توفر معلومات عن أعلى درجة للحساسية يمكن ملاحظتها.

ومع ذلك، فإن كثير من هذه السلالات المعملية هي في الواقع أكثر حساسية من تلك السلالات الحقلية، حيث أن ظروف التربية في المختبر تعمل على إضعافها وبالتالي زيادة حساسيتها.

إذا كان مدى قيم خط الأساس كبيراً، فإن ذلك يشير إلى وجود تنوع وراثي كبير داخل مجموع عشيرة الكائن الحي المستهدف، وأن تطور المقاومة قد يكون على نحو أسرع منه إذا ما كان مدى قيم خط الأساس صغيراً تماماً.

## 5. العلاقة بين نتائج التقييم الحيوي والأداء الحقلي

ينبغي بأسرع ما يمكن، تحديد الارتباط بين نتائج التقييم الحيوي والأداء الحقلي للمركب.

ويتطلب ذلك عمل تقدير لانحدار حساسية الآفة وعلاقته بالأداء الحقلي. ففي بعض المركبات يحدث تغيير طفيف في حساسية الآفة، وفقاً لنتائج التقييم الحيوي، إلا أن هذا التغيير يكون له تأثير جوهري على أداء المركب في الحقل. وفي مركبات أخرى قد يتطلب الأمر حدوث اختلافات كبيرة في حساسية الآفة قبل ملاحظة أي تأثيرات قد تطرأ على أداء المنتج في الحقل.