مقاومة الآفات لفعل المبيدات وأساسيات التحكم بها

- أول تسجيل لظاهرة المقاومة كان عام **1916** عند الحشرة القشرية الحمراء تجاه غاز سيانيد الهيدروجين HCN.
- أن غالبية الأنواع الحشرية المقاومة لفعل المبيدات في المجال الصحي تنتمي إلى رتبة ذات الجناحين (البعوض والذباب).
- أما في المجال الزراعي فتتوزع الأنواع المقاومة على رتب أهمها حرشفية، غمدية، نصفية الأجنحة وعلى الأكاروسات.

- أما بالنسبة لمسببات الأمراض النباتية فلم تشر التقارير الأولية إلى وجود ظاهرة المقاومة لديها حتى عام 1960.

ويعود ذلك غالباً إلى:

1- كون معظم المبيدات التي استعملت هي مبيدات معدنية سطحية تؤثر بالملامسة، وتتميز بتعدد مواقع الفعل وآليات التأثير, حيث تعطل عدة نظم حساسة داخل جسم الآفة.

2- إمكانية التشرد الأيوني للمبيدات المعدنية، وهذا يؤدي إلى تقليل احتمال السمية بواسطة أنزيمات التمثيل.

I- مصطلحات ومفاهيم عامة

1- الحساسية *Susceptibility*:

السلالة الحساسة هي التي يموت معظم أفرادها عند التراكيز المنخفضة من المبيد وهي موجودة في الطبيعة في المناطق التي لم تتعرض للمبيد من قبل.

2- التحمل *Tolerance*:

هو قدرة الآفة على تحمل تركيز معين من المبيد دون أن تموت.

- يتحدد مستوى التحمل بعوامل مختلفة مثل:

1- قابلية نفاذية جدار الجسم للمبيد.

2- سهولة امتصاص المبيد عبر القناة الهضمية .

3- السلوك المؤثر على درجة ملامسة السم.

4- التفاعلات البيوكيميائية التي تتداخل معها المبيدات الممتصة.

5- كما يختلف التحمل باختلاف الأنواع، ولا يختلف كثيراً في الأنواع المتماثلة التي تعيش ضمن نفس الظروف الطبيعية.

3- تحمل فائق *Vigor tolerance*:

هو قدرة الآفة على تحمل تركيز أعلى مما تتحمله السلالة الحساسة.

قد يرجع ذلك إلى:

- **نوعية التغذية.**
- **أو الزيادة في وزن وحجم الأفراد.**
- **أو إلى سلالات مرت في ظروف بيئية غير مناسبة.**
- **أو الأفراد ذات التحمل الفائق لا تحوي أي جينات للمقاومة.**

4- مناعة Immunity:

- **قد تكون ظاهرة المناعة موروثة عن طريق انتقال جين أو جينات خاصة بالمقاومة من جيل إلى آخر.**
- **وقد تكون المناعة مكتسبة، حيث يكتسبها الفرد أثناء تطوره.**

5- المقاومة *Resistance*:

- تعرف السلالة المقاومة لفعل مبيد ما بأنها تلك السلالة التي يمكن لمعظم أفرادها تحمل تراكيز عالية من المبيد تعتبر قاتلة لمعظم أفراد السلالة الحساسة من نفس النوع.
- يتم انتخاب السلالات المقاومة طبيعياً بعد تعرض أجيالها الأولى الحساسة للمبيد، وتتركز صفة المقاومة جيلاً بعد جيل.

6- نمو وتطور المقاومة:

- يعني تحديد مستويات المقاومة عند آفة معينة بعد تعرضها لتراكيز معينة من المبيد خلال فترة زمنية محددة.
- تتوقف سرعة اكتساب المقاومة على مدى الضغط الذي تتعرض له الآفة
- تزداد المقاومة مع استعمال جرعات مرتفعة من المبيد.

7- نسبة المقاومة *Resistance ratio*:

تقدر نسبة المقاومة للكشف عن ظهور صفة المقاومة، وتستخدم المعادلة التالية لحسابها:

$$\text{نسبة المقاومة} = \frac{\text{LD50 للسلالة المختبرة}}{\text{LD50 للسلالة الحساسة}} * 100$$

8- مقاومة عبورية (المشتركة):

- مقاومة الآفة لمبيد لم تتعرض له مسبقاً، ولكنها تعرضت لمبيد آخر مشابه له في التركيب الكيميائي.
- عند ظهور سلالة من فطر ما مقاومة لأحد مبيدات مجموعة البنزيميدازول (كربندازيم- بينوميل- ميثيل ثيوفانات)، فمن المتوقع أنها ستصبح مقاومة أيضاً للمبيدين الآخرين دون أن تتعرض لهما.
- تفسر هذه الظاهرة بأن المبيدات المتشابهة في التركيب الكيميائي تكون ذات آلية تأثير متماثلة على الآفة.

9- مقاومة متعددة:

- مقاومة الآفة لعدد من المبيدات من مجموعات كيميائية مختلفة تكون قد تعرضت لها على التوالي أو بالتلازم.
- يحتاج انتخاب السلالة المقاومة إلى فترة زمنية طويلة تفوق الفترة الزمنية اللازمة لحدوث المقاومة العبورية.

10- مقاومة عبورية سالبة:

- تعبر عن زيادة حساسية الآفة لمبيد ما عند مقاومتها لمبيد آخر.
- وهي على عكس المقاومة العبورية والمقاومة المتعددة تعتبر ظاهرة إيجابية في صالح عملية المكافحة.
- لوحظ عند الأكاروس الأحمر المقاوم للمركبات العضوية الفوسفورية زيادة حساسية للمبيد كارزول من المشتقات الكربماتية بمعدل (4-12) مرة.

11- المقاومة السلوكية:

- تعني التغير في السلوك التخصصي للأنواع، حيث تسلك الآفة سلوكاً غير عادي يجعلها قادرة على تجنب جرعات سامة من المبيد.
- تعود هذه التصرفات عند الآفات المقاومة إلى قدرتها على الإحساس بوجود المبيد، ويمكن اعتبار المبيد بهذه الحالة كمادة طاردة.
- تكون صفة المقاومة صفة ظاهرية غير مرتبطة بعوامل وراثية ولا يمكن التأكد منها مخبرياً، حيث أنه عند تعرض الآفة بشكل إجباري للمبيد وبجرعة ثابتة فإنها ستموت كالأفراد العادية.

<u>من الأمثلة عن المقاومة السلوكية</u>

- رفض أفراد الذباب المنزلي والبعوض المقاوم للـ د.د.ت الوقوف على الأسطح المعاملة بالمبيد.
- رفض يرقات دودة ثمار التفاح المقاومة لبعض المبيدات ابتلاع القضمات الأولى من ثمار تفاح المعاملة بالمبيد فترميها، ثم تتغذى على النسيج الداخلي للثمرة.
- إغلاق الثغور التنفسية لسلالات الحشرة القشرية الحمراء المقاومة لغاز الهيدروسيانيك عند تعرضها لهذا الغاز وامتناعها عن التنفس الهوائي.

12- انعكاس المقاومة:

- **يعني العودة إلى الحالة الحساسة أو الاقتراب منها، فعند إيقاف استعمال المبيد لفترة زمنية تنعكس المقاومة وتصبح السلالة حساسة.**
- **وذلك كون مورثة المقاومة تكون مرتبطة غالباً بصفات ضارة للآفة، فقد تسبب انخفاض في القدرة التكاثرية للأفراد المقاومة بالمقارنة مع الأفراد غير المقاومة.**
- **قد يحدث انعكاس المقاومة نتيجة اختلاط الأفراد المقاومة مع الأفراد الحساسة في الحقل بعد الامتناع عن استخدام المبيد.**
- **يكون انعكاس المقاومة بطيئاً أو سريعاً تبعاً لنوع الآفة والمبيد المستعمل، درجة المقاومة التي وصلت إليها السلالة والتركيب الوراثي للأفراد.**
- **إن تعريض الآفة مرة أخرى للمبيد بعد انعكاس المقاومة وتحولها لسلالة حساسة، يظهر المقاومة بسرعة أكبر من تعريضها للمبيد لأول مرة.**

II-عوامل بيوكيميائية تحدث المقاومة عند الحشرات

- **يؤثر المبيد الكيميائي على النظام الحيوي الحساس عند انتخاب السلالات المقاومة في اتجاهين:**

آ- تغيير أو إحلال بعض النظم غير الحساسة التي لا تتأثر بالمبيد مكان النظام الحساس.

ب - إضافة نظام واقٍ يعمل على منع التداخل بين المبيد والجهاز الحساس إلى حد ما.

<u>ومن أهم الأسباب البيوكيميائية للمقاومة ما يلي:</u>

1- نظام السلوك:

- **وهو نظام واقٍ تستحدثه الحشرة لحماية نفسها من ملامسة المبيد، وقد سبق وعرضنا بعض الأمثلة منه.**

2- انخفاض مستوى نفاذية المبيد إلى داخل جسم الحشرة:

- **إن صلابة وسماكة طبقة الكيوتيكل عند الحشرات تشكل أحد أسباب مقاومتها للمبيدات التلامسية.**
- **فقد ثبت وجود ارتباط وثيق بين مقاومة الحشرات للبيرثرينات وزيادة سماكة الكيوتيكل.**

3- انخفاض حساسية النظام الأنزيمي:

- **يشكل هذا الأسلوب أحد النظم الواقية للحشرة نادرة الحدوث.**
- **فقد ثبت وجود تغير في صفات مادة أنزيم الكولين استراز لدى السلالات المقاومة للمبيدات الفوسفورية عند الأكاروس الأحمر ذي البقعتين، حيث تغير مورثات المقاومة تركيب أو جزء من تركيب الأنزيم ويعمل الأنزيم المتغير على خفض حساسية الأكاروسات وإعطائها الوقت الكافي لتحطيم المبيدات الفوسفورية.**

4- زيادة تركيز المادة الأساسية للنظام الحيوي الحساس:

- **أن وجود كميات كثيرة من المادة الأساسية (الأنزيمات) للنظام الحيوي الحساس يتطلب وجود كميات أكبر من المبيد لإحداث التأثير المميت.**
- **فقد لوحظ ارتفاع نسبة أنزيم السيتوكروم أوكسيداز لدى سلالات الذباب المنزلي المقاومة للـ د.د.ت بمقدار مرة ونصف قياساً مع السلالة الحساسة.**
- **كما ثبت ارتفاع مستوى انزيم الكولين استراز لدى سلالات الأكاروسات الحمراء المقاومة للمركبات الفوسفورية العضوية بالقمارنة مع السلالات الحساسة.**

5- وجود مستويات عالية من النظم الحساسة الثانوية:

- **أن الزيادة في نشاط أنزيم السيتوكروم أوكسيداز في سلالة الذباب المنزلي المقاومة للـ د.د.ت قد تحمي الحشرة من التأثير المميت للمبيد.**
- **حيث يزيد من كفاءة الحشرة في استخلاص الأوكسجين لتغطي حاجتها منه عند حدوث انقباضات عضلية عنيفة من جراء التسمم.**
- **كذلك رفع قدرة الحشرة في التغلب على التأثير الأولي للمبيد على الجهاز العصبي.**

6- قيام نظم حيوية غير حساسة بوظيفة نظم حيوية حساسة:

- **توجد ثلاثة نظم أساسية مسؤولة عن استخلاص الأوكسجين خلال عملية التنفس.**
- **فعند تواجد جهازان أحدهما حساس والأخر غير حساس ويقوم كلاهما بنفس العمل داخل جسم الحشرة تصبح الحشرة مقاومة للمبيد.**

7- زيادة مستوى تراكم وتخزين المبيد:

- **تخزن المبيدات غالباً في الأنسجة الدهنية للحشرة، ويتناسب معدل التخزين طرداً مع درجة ذوبانه بالدهون، وهذا يؤدي إلى خفض الكمية التي تصل منه للجهاز الحساس.**
- **لقد لوحظ زيادة قدرة الذباب المنزلي على تحمل الـ د.د.ت عند حقنه بزيت الزيتون، وارتفاع مستوى الحساسية عند حقنه بأنزيم الليباز الذي يحلل الدهون.**

8- سرعة إطراح المبيد خارج الجسم:

- **تستطيع بعض السلالات المقاومة عند بعض الحشرات إفراز معظم المبيد خارج الجسم بسرعة، فتكون بذلك كمية المبيد التي تصل إلى الجهاز الحساس غير كافية لإحداث القتل.**

9- نظم إبطال مفعول المبيد السام:

- **تعمل بعض التفاعلات الحيوية المختلفة على تحويل المبيد إلى مركب ضعيف أو عديم السمية مما يسهل طرحه خارج الجسم (تحول هدمي)، وهذا من أهم العوامل المسببة للمقاومة.**
- **في حالات قليلة قد يتحول المبيد إلى مركب أكثر سمية (تحول تنشيطي).**

III- طرق اكتساب صفة المقاومة

أ - التأقلم الطبيعي

- **صفة المقاومة موجودة أصلاً عند الآفة قبل استخدام المبيد.**
- **وتظهر السلالات المقاومة بعد تعرض مجتمع الآفة للمبيد بتراكيز قاتلة تستبعد الأفراد الحساسة، وتصطفى الأفراد التي تحمل مورثات المقاومة الموجودة قبل استعمال المبيد.**
- **ويكون دور المبيد كمؤثر انتخابي يرجح ازدياد تكرار التركيب الوراثي المسؤول عن المقاومة لتشكيل مجتمعاً جديداً مقاوماً للمبيد.**

- <u>إن مقاومة مفصليات الأرجل (حشرات- أكاروسات) للمبيدات تمثل حالات تأقلم طبيعي بدلالة ما يلي:</u>

1- عدم إمكانية الانتخاب في سلالة نقية متجانسة لاستحداث مقاومة متوازنة لمبيد معين.

2- عدم إمكانية استحداث مقاومة متوازنة باستخدام جرعات غير قاتلة من مبيد ما.

ب - التأقلم الطفري

- **ظهور السلالات المقاومة يكون كنتيجة لاستعمال المبيد من خلال تأثيره على الآفة بإحداث طفرات لديها.**
- **والانتخاب للأفراد المقاومة عند استخدام المبيد يمثل العامل المباشر المسبب لظهور السلالة المقاومة.**
- **وتكون الزيادة في قيمة LD50 بطيئة في الأجيال الأولى للانتخاب، وبعدها تصبح سريعة وتظهر سلالة شديدة المقاومة، وباستمرار الانتخاب تصبح بمعدل بطيء جداً أو تثبت درجة المقاومة.**

IV- العوامل المؤثرة على سرعة تشكل السلالة المقاومة

1- حجم مجتمع الآفة

- يزداد احتمال سرعة تشكل السلالة المقاومة كلما اتسع حجم مجتمع الآفة، نظراً لزيادة احتمال وجود مورثات صفة المقاومة وزيادة الأعداد التي تحملها.

2- القدرة النسبية للتنافس بين السلالة المقاومة والسلالة الحساسة

- لقد لوحظ انعكاس المقاومة عند الامتناع عن استخدام المبيد في الكثير من الحالات

3- شدة الضغط الانتخابي

- يوجد تناسب طردي بين شدة الضغط الانتخابي وسرعة ظهور سلالة مقاومة للمبيد لحين الوصول إلى حدود معينة، حيث تثبت عندها درجة المقاومة.

4- الطور المعرض للانتخاب

- تختلف سرعة تشكل السلالة المقاومة لمبيد ما باختلاف طور نمو الحشرة المعرضة للمبيد.

5- عدد مورثات المقاومة ودرجة السيادة

- كلما زادت درجات سيادة مورثات المقاومة، كلما كان الوصول للمقاومة أسرع بالضغط الانتخابي.
- تنخفض سرعة المقاومة بزيادة عدد مورثات المقاومة، وهذا يعود لطول الفترة الزمنية اللازمة لتجمع هذه المورثات.
- إن وجود مورثة المقاومة لمبيد ما قبل تعرض الآفة للمبيد لا تعني بالضرورة وجود الفرد المقاوم، وذلك لأن مورثة المقاومة قد توجد بصورة غير متماثلة وعند كونها متنحية تكون محمولة عند الأفراد الحساسة.

6- تكرار مورثة المقاومة قبل تعرض الآفة للمبيد

- كلما زاد تكرار مورثة المقاومة وزادت نسبة الأفراد التي تحملها في مجتمع الآفة قبل التعرض للمبيد كلما زادت سرعة انتخاب السلالة المقاومة.

V-أساليب الحد من ظهور السلالات المقاومة لمبيدات الآفات

1- التوجه بشكل فعلي نحو تطبيق استراتيجية برامج الإدارة المتكاملة للآفات *IPM* لتقليل الضغط الانتخابي الكيميائي، وتأخير ظهور السلالات المقاومة.

2- اختيار مبيدات عالية السمية وسريعة التطاير أو التحلل وذلك من أجل:

- لتقليل وجود بقايا المبيد على النبات.
- إيقاف عملية الانتخاب والتجميع لصفة المقاومة في الأجيال المتتالية.

3- استبدال المبيد بمبيد آخر فعال لم تظهر بينهما مقاومة عبورية.

4- استعمال المبيدات بالتبادل يؤخر ظهور صفة المقاومة.

5- استعمال مخاليط المبيدات.

6- خفض الجرعة المستخدمة من المبيد.

7- زيادة مستوى الحد الاقتصادي الحرج.

8- توجيه الانتخاب إلى الطور البالغ.

9- ترك أجيال دون معاملة.

10- إجراء معاملات موضعية والإقلال من الاستخدامات الواسعة.

11- استعمال المنشطات وأبطال مفعول نظم السمية.

التعليمات الإرشادية لبرامج الإدارة المتكاملة للآفات (IPM)

1- دراسة طبيعة تواجد الآفات وتقدير الحد الاقتصادي الحرج للإصابة بالآفات الخطيرة:

- لا بد من تحديد الحد الأقصى من تعداد آفة محددة الممكن تحمله في وقت معين ومكان محدد دون أن يؤدي ذلك إلى خسارة اقتصادية في المحصول.
- فقد تتعرض المحاصيل لآفات خطيرة عديدة في نفس الوقت، ومنها ما يصيب المحصول على فترات منتظمة، بحيث يمكن التنبؤ بالإصابة قبل حدوثها وتسمى بالآفات الخطيرة الرئيسية، كما وتظهر آفات أخرى في فترات غير منتظمة وتسمى بالآفات العرضية.
- بالتالي فإنه قبل وضع خطة للإدارة المتكاملة يجب معرفة وتحديد مستويات الإصابة للآفة (وضع الاتزان العام، المستوى الاقتصادي الحرج، مستوى الضرر الاقتصادي).

2- الاعتماد على الطرق العلاجية التي تحدث أقل خلل بيئي أثناء الحالات الطارئة:

- تتحقق المكافحة الدائمة للآفات الرئيسية بتكامل الخدمات الزراعية والمحافظة على الأعداء الحيوية.
- لا بد من اللجوء إلى المبيدات المناسبة لتقليل الخلل بالتوازن الطبيعي مع مراعاة:

- اختيار المبيد المتخصص
- الجرعة المناسبة.
- التوقيت الملائم للمعاملة.

3- ابتكار وسائل تعمل على خفض أوضاع التوازن في الآفات الخطيرة:

- تتميز الآفات الرئيسية باختلاف شدة إصابتها من عام لآخر، وتتميز بوضع اتزان عام (متوسط الكثافة) أعلى من الحد الاقتصادي الحرج بشكل دائم.
- تهدف برامج الإدارة المتكاملة هو تحوير البيئة لتخفيض مستوى الاتزان العام للآفة إلى مستوى أقل من الحد الاقتصادي الحرج، ويمكن تحقيق ذلك من خلال:

أ- إدخال ونشر وأقلمة الأعداء الحيوية في المنطقة التي لم تتواجد فيها من قبل.

ب- زراعة أصناف نباتية مقاومة للآفات.

ج- تعديل بيئة الآفات لزيادة فاعلية المكافحة البيولوجية.

د- القضاء على أماكن اختباء الآفة وأماكن تغذيتها وأماكن وضع البيض.

ه- استخدام دورات زراعية مناسبة.

و- التخلص من مخلفات المحاصيل، وإزالة الأعشاب.

ز- استعمال مقننات نموذجية للري.

4- استخدام نظم تحذيرية:

- تعتبر عملية التنبيه أو التحذير مهمة في نظام الإدارة المتكاملة للآفات.
- تستخدم عادة الجاذبات الجنسية والغذائية والضوئية لتحديد تعداد آفة ما في منطقة ما.
- يتم حالياً الاعتماد على الحواسب الإلكترونية في معظم الحالات التحذيرية لمعرفة الخطوات الواجب القيام بها لمعالجة الخلل في التوازن الطبيعي.

مقومات نجاح نظام الإدارة المتكاملة للآفات

1- اعتبار النظام البيئي وحدة التحكم:

- أن أي تعديل في النظام البيئي مرتبط ببعض المزايا وبعض السلبيات أو المشاكل
- فعند إدخال صنف نباتي جديد ضمن نظام بيئي معين، أو تغيير السماد، أو تعديل مسافات الزراعة، أو نظام الري، أو استبدال المبيد المستخدم. كل ذلك قد يؤثر في حالة الآفة التي تصيب المحصول وقد يسمح بنفس الوقت بظهور آفات جديدة
- لذلك يطمح نظام الـ **IPM** إلى خفض تعداد الآفة إلى المستوى الآمن، مع تجنب إحداث أي خلل في النظام البيئي.
- طما أنه من غير المجدي تنفيذ نظام الـ **IPM** على مساحات صغيرة، و لابد من تطبيقها على نطاق واسع جداً لضمان نجاحها.

2- استمرار وجود الآفة بمستوى معين:

- قد يكون استمرار تواجد بعض الآفات في مستوى منخفض مفيد من أجل استمرار بقاء المصادر الغذائية أو أماكن التزاوج والاختباء للأعداء الحيوية.

3- تشجيع استخدام طرق المكافحة الطبيعية:

- أن تكامل تأثير القوى الطبيعية (فيزيائية- حيوية) قد يحد من زيادة تعداد الآفة.

4- إمكانية ظهور تأثيرات غير متوقعة أو غير مرغوبة مع أية طريقة من طرق المكافحة:

- إن الاستخدام العشوائي للمبيدات قد يؤدي إلى ظهور تأثرات غير مرغوبة
- وبالمثل إن إدخال أصناف نباتية إلى البيئة الزراعية لمقاومة آفة معينة قد يجعلها عرضة لمهاجمة آفة أخرى لم تكن بالحسبان.

5- ضرورة توافر نظم تحليلية وحسابية متقدمة لوضع خطة واضحة لاستراتيجية المكافحة