



منشورات جامعة الفرات
كلية العلوم بالحسكة
قسم علم الحياة

المكافحة الحيوية

القسم النظري
السنة الثالثة

إعداد:

الدكتور محمد فرحان إسماعيل
مدرس في قسم وقاية النبات





المكافحة الحيوية
القسم النظري





منشورات جامعة الفُرات
كلية العلوم بالحسكة
قسم علم الحياة

المكافحة الحيوية

القسم النظري
السنة الثالثة

الدكتور محمد فرحان إسماعيل
مدرس في قسم وقاية النبات

2024/2023

1445-1444

مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية

فهرس المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
---------	------------

الفصل الأول

المكافحة الحيوية

(Biological Control)

1- تاريخ ونشوء المكافحة الحيوية	19
2- عادات وسلوك التغذية عند الحشرات	23
3- العدو الحيوي الطبيعي	24
4- المكافحة الحيوية وأقسامها	24
5- مجموعات الأعداء الحيوية	25
6- ميزات المكافحة الحيوية وعيوبها	26
7- عناصر المكافحة الحيوية	28
7-1- التطفل	28
7-1-1- أنواع التطفل	28
7-1-2- حالات التطفل	29
7-2- الشروط الواجب توفرها في الطفيل الكفؤ	35
من الناحية الاقتصادية	
7-3- الافتراس	35

الفصل الثاني

أساليب المكافحة الحيوية

(Biological Control Methods)

أولاً- الأسس البيئية لمكافحة الآفات الزراعية	39
--	----

الموضوع	رقم الصفحة
1- تحليل النظام البيئي	40
2- كثافة الآفة والتوازن الحيوي الطبيعي	40
ثانياً- أسس نجاح أسلوب المكافحة الحيوية	41
ثالثاً- مصادر عوامل المكافحة الحيوية	42
1- استيراد الأعداء الطبيعية	42
- صعوبات استخدام الأعداء الحيوية	43
2- الأعداء الطبيعية المحلية	44
رابعاً- إطلاق الأعداء الطبيعية وتوطئتها	44
الطفيلية والمفترسة	
1- عوامل نجاح إطلاق الأعداء الحيوية وتوطئتها	45
2- إطلاق العدو الحيوي	47
1-2- طرائق إطلاق الأعداء الحيوية	47
أ- الإطلاق الحر	48
ب- الإطلاق المحصور	48
2-2- الهدف من الإطلاق	49
أ- الإطلاق محدود العدد	49
ب- الإطلاق المحصور	49

الفصل الثالث

صيانة الأعداء الطبيعية وتعزيزها

(Conservation and Enhancement of Natural Enemies)

صيانة الأعداء الحيوية	53
1- وسائل صيانة الأعداء الحيوية	54
1-1- خفض تأثير المبيدات	54

الموضوع	رقم الصفحة
1-2- دعم مجتمع الأعداء الحيوية الطبيعية	55
2- وسائل تعزيز كثافة ومجتمع الأعداء الطبيعية	55
1-2- التنوع النباتي	55
2-2- تعزيز موطن الأعداء الحيوية ضمن المحصول	56
2-3- البيئة الفيزيائية	59
2-4- توفير الغذاء للأعداء الحيوية	59
2-5- توفير المأوى للأعداء الحيوية	59

الفصل الرابع

التربية الموسعة لأشباه الطفيليات والمفترسات

(Mass Rearing of Parasitoids and Predators)

أولاً: طرائق التربية الموسعة للأعداء الحيوية	61
1- التربية على العائل المقصود بالمكافحة	62
2- التربية على العائل البديل أو غير الحي	62
3- التربية على العوائل الاصطناعية	63
ثانياً: أسس التربية الموسعة للأعداء الحيوية الطبيعية	64
1- بيولوجيا العدو الحيوي	64
2- تغذية الأعداء الحيوية	64
3- اختيار العوائل البديلة المناسبة	66
4- التغذية التكميلية ومصدر الغذاء البديل	67
5- تهيئة الظروف في المختبر	68

الموضوع	رقم الصفحة
6- الخصائص السلوكية	69
7- الوقاية من التلوث	69

الفصل الخامس

التحسين الوراثي والتخصص الطفيلي

(Genetic Improvement and Parasitic Specializing)

أولاً: التحسين الوراثي للأعداء الحيوية	71
1- زيادة التباين الوراثي	71
2- التربية الانتخابية	72
ثانياً: التخصص الطفيلي	73
1- سلوك أنثى الطفيلي ودورها في التخصص الطفيلي	74
2- تحديد عوائل الطفيلي	74
1-2- الاختيار البيئي	75
2-2- الاختيار السلوكي	76
2-3- الاختيار الوظيفي أو الفيزيولوجي	78

الفصل السادس

المفترسات (Predators)

أولاً: أقسام المفترسات	79
1- تبعاً لنوع المفترس	79
أ- المفترسات غير الحشرية	79
ب- الحشرات المفترسة	81

الموضوع	رقم الصفحة
2-تبعاً لتخصص المفترس	82
2-1- المفترسات العامة	82
أ- المفترسات العامة في المحاصيل الحولية	83
ب- المفترسات العامة في المحاصيل المعمرة	84
2-2- المفترسات المتخصصة	84
ثانياً: الافتراس وآليات الدفاع	87
1- دفاعات المفترس	87
2- دفاعات الفريسة	88
أ- وسائل دفاع خارجية	88
ب- وسائل دفاع داخلية	88
الفصل السابع نشاط المفترسات وكفاءتها (Activity and Efficacy of Predators)	
أولاً: سلوك التغذية لدى المفترسات	91
1- سلوك المفترس في البحث عن الفريسة	91
1-1- تحديد موطن الفريسة	92
2-1- إيجاد الفريسة	93
3-1- قبول الفريسة	94
4-1- ملازمة الفريسة	94
ثانياً: صيانة المفترسات وتعزيزها	95
1- التغذية النباتية للمفترس	95
2- زراعة نباتات غير محصولية	96

الموضوع	رقم الصفحة
3- إضافة غذاء مختلط أو صناعي	96
4- الفريسة البديلة	96
ثالثاً: مواصفات المفترس الأكاروسي الكفو	97
رابعاً: التربية الموسعة وإطلاق المفترس الأكاروسي	98

الفصل الثامن

المبيدات الحيوية (Biocides)

1- ميزات المبيدات الحيوية	99
2- تعريف المبيدات الحيوية	99
3- أقسام المبيدات الحيوية	99
أولاً: التضاد الحيوي	101
1- الصّادات (المضادات) الحيوية	101
1-1- الأحياء المنتجة للصّادات الحيوية	101
2-1- خصائص الكائنات الحية المنتجة للصّادات الحيوية	102
3-1- آليات تأثير الصّادات الحيوية	102
ثانياً: التطفل الفطري	103
ثالثاً: التحلل الفطري	104
رابعاً: التنافس	105
خامساً: الكائنات التكافلية	105
1- الفطور الجذرية	105
2- جراثيم العقد الجذرية	108
سادساً: الأنزيمات والمفرزات الأخرى	108

الموضوع	رقم الصفحة
سابعاً: المستخلصات النباتية	109
1- المواد الفعالة في حماية النبات	110
2- آليات تأثير المستخلصات النباتية في الآفات الزراعية	112
4- تداخل المبيدات الحيوية مع المبيدات الكيميائية	114

الفصل التاسع

المكافحة الميكروبية

(Microbial Control)

أولاً: لمحة تاريخية عن ظهور المكافحة الميكروبية	115
1- مفهوم المكافحة الميكروبية	117
2- الصفات العامة للمبيدات الميكروبية	117
3- المواصفات الواجب توفرها في الميكروبات	118
ذات الكفاءة العالية في المكافحة الحيوية.	
4- ميزات وعيوب المكافحة الحيوية	119
1-4- ميزات المكافحة الميكروبية	119
2-4- عيوب المكافحة الميكروبية	120
5- علم أمراض الحشرات	120
1- تعريف علم أمراض الحشرات	121
2- مجالات علم أمراض الحشرات	121
6- مقاومة الآفات الحشرية للإصابة بالمسببات المرضية	121

الفصل العاشر

الجراثيم (البكتيريا) الممرضة للحشرات

(Entomopathogenic Bacteria)

- 123 الجراثيم ومكافحة الآفات الحشرية
- 124 1- أقسام الجراثيم (البكتيريا) الممرضة للحشرات
- 124 أ- الممرضات الكامنة
- 124 ب- الممرضات الاختيارية
- 125 ج- الممرضات الإجبارية
- 125 2- طرائق حصول العدوى الجرثومية
- 126 3- العوامل المؤثرة في الإصابة الجرثومية للحشرات
- 126 4- أعراض الإصابة بالجراثيم الممرضة للحشرات
- 126 5- تحديد القدرة الإراضية للجراثيم الممرضة للحشرات
- 127 6- المبيدات الحشرية المصنعة على أساس جرثومي
- 129 7- قابلية المبيدات الجرثومية الممرضة للحشرات للخلط
مع المبيدات الكيميائية
- 130 8- التصنيع والإنتاج الموسع للجراثيم الممرضة للحشرات
- 131 8-1- تصنيع المبيدات الحشرية الجرثومية
- 132 8-2- خطوات الإنتاج الكمي للمبيدات الحشرية الجرثومية

الفصل الحادي عشر
الفطور الممرضة للحشرات
(Entomopathogenic Fungi)

- 1- ميزات الفطور الممرضة للحشرات 133
- 2- طرائق عدوى الحشرات بالفطور الممرضة 134
- 3- طرائق اختراق الفطور الممرضة فراغ جسم الحشرات 135
- 4- العوامل البيئية المؤثرة في فعالية المبيدات الفطرية 136
- 5- استخدام الفطور في مكافحة الحيوية 137
- 6- أعراض الإصابة بالمرمضات الفطرية على الحشرات 139
- 7- الفطور المفترسة 140
- 8- الإكثار الكمي والإطلاق الكثيف لمسببات أمراض الحشرات الفطرية.. 141

الفصل الثاني عشر
أمراض الحشرات المتسببة عن الفيروسات والريكتسيا والميكوبلازما
(Entomopathogens Caused by Viruses, Rickettsia and Mycoplasma)

- أولاً: الفيروسات الممرضة للحشرات 143
- 1- تصنيف الفيروسات الممرضة للحشرات 143
- 2- استخدام الفيروسات الممرضة للحشرات 145
- 3- العدوى بالفيروسات الممرضة للحشرات 146
- 4- طرائق انتقال عدوى الحشرات بالفيروسات 147

- 147 4-1 الانتقال العمودي للعدوى الفيروسية
- 148 4-2 الانتقال الأفقي للعدوى الفيروسية
- 149 5- انتشار ممرضات الحشرات الفيروسية
- 150 6- تخصص الفيروسات الممرضة للحشرات
- 151 7- أعراض الإصابة بالممرضات الفيروسية
- 151 8- تأثير عوامل الوسط الخارجي في تطور ممرضات الحشرات الفيروسية
- 152 ثانيًا: الريكتسيا الممرضة للحشرات
- 153 1- استخدام الريكتسيا في مكافحة الآفات الحشرية
- 155 ثالثًا: الميكوبلازما الممرضة للحشرات
- 155 1- مواصفات ممرضات الحشرات الميكوبلازمية
- 157 2- دور الميكوبلازما في مكافحة الحيوة

الفصل الثالث عشر

النيماطودا الممرضة للحشرات

(Entomopathogenic Nematodes)

- 159 النيماتودا وأهميتها
- 160 1- تقسيم النيماتودا الممرضة للحشرات
- 162 2- استخدام النيماتودا الممرضة للحشرات
- 162 3- طرائق العدوى والإصابة بالنيماتودا الممرضة للحشرات
- 163 4- العلاقة بين النيماتودا والجراثيم
- 165 5- إحداث العدوى المشتركة بالنيماتودا والجراثيم على الحشرات
- 165 6- الاستخدام المشترك للنيماتودا والجراثيم في مكافحة الحيوة

الموضوع	رقم الصفحة
---------	------------

- 7- أعراض الإصابة بالنيماتودا الممرضة للحشرات 166
- 8- الإكثار الكمي للنيماتودا وتشكيل المستحضر التجاري 166
- 9- صعوبات استخدام النيماتودا في مكافحة الحيوية 167

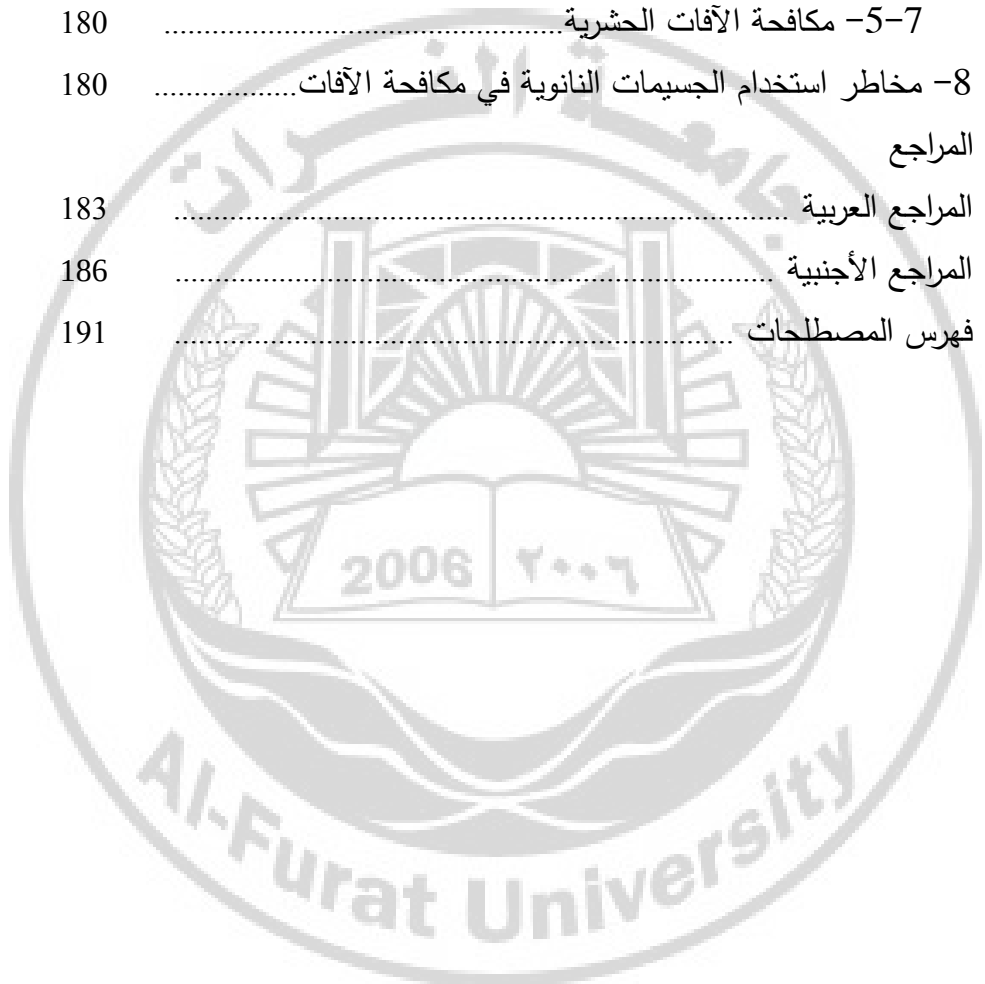
الفصل الرابع عشر

تقنية النانو والمكافحة الحيوية

(Nanotechnology and Biological Control)

- 1- مفهوم وتكنولوجيا النانو 169
- 2- خواص المواد النانوية 170
- 3- مجالات استخدام الجسيمات المصنعة بتقنية النانو 171
- 3-1- الأسمدة النانوية 171
- 3-2- مبيدات الآفات النانوية 172
- 3-3- معالجة المياه والتربة وإزالة التلوث 173
- 3-4- في مجال البيئة 173
- 3-5- في الصناعات الغذائية 174
- 4- الجسيمات النانوية ومكافحة الآفات الزراعية 174
- 5- تصنيع الجسيمات النانوية 175
- 6- المستخلصات النباتية والتصنيع الحيوي للجسيمات النانوية 176
- 7- جسيمات الفضة النانوية ومكافحة الآفات الزراعية 176
- 7-1- مكافحة الأمراض الجرثومية (البكتيرية) 177
- 7-2- مكافحة الممرضات الفطرية 177

الموضوع	رقم الصفحة
3-7- مكافحة الأمراض النيماتودية.....	179
4-7- مكافحة الأمراض الفيروسية.....	179
5-7- مكافحة الآفات الحشرية.....	180
8- مخاطر استخدام الجسيمات النانوية في مكافحة الآفات.....	180
المراجع	
المراجع العربية.....	183
المراجع الأجنبية.....	186
فهرس المصطلحات.....	191



المقدمة Introduction

تُعدُّ مسببات الأمراض والحشرات الزراعية التحديّ الكبير الذي يواجه التزايد السكاني المتنامي، وما يرافقه من زيادة في الطلب على المواد الغذائية. أضف إلى ذلك ظهور صفة المقاومة للمبيدات الكيميائية، نتيجة الاستخدام العشوائي وغير العقلاني لها، تحت ضغط الحاجة الشديدة والملحة للغذاء، ناهيك عن تأثير التحوّلات المناخية وآثارها الضارة في الإنتاج الزراعي. إن القلق حول سلامة البيئة والصحة العامة كانت من العوامل المسؤولة عن استبعاد بعض المبيدات ذات الطيف واسع الضرر من الأسواق الزراعية. مما شجع الشركات الخاصة، والمراكز البحثية، على البحث عن أساليب بديلة، لتحسين طرائق حماية النبات، لتكون أقلّ سميّة للبيئة ومكوناتها المختلفة والإنسان وحيواناته المتعددة، ويمكن إدراجها ضمن حزمة إجراءات الإدارة المتكاملة للآفة بسهولة تحت نظم بيئية زراعية مختلفة اعتماداً على استغلال أعدائها الطبيعية، وهذه تُعدُّ إحدى الأساليب الأكثر أماناً وملاءمة ولفترة طويلة تحت نظم بيئية زراعية مختلفة، وهكذا بُذلت العديد من الجهود المكثفة لتعريف وتحديد الأعداء الطبيعية للآفات الزراعية لاستغلالها بكفاءة عالية، وتم التوصل إلى المعرفة الدقيقة والتوسع في هذه المعرفة بهذه الأعداء، وتعددت أساليب استخدامها مع توقع زيادة الإجراءات المتعلقة في هذا الاستخدام في وقتنا الحالي والمستقبلي.

يهدف هذا الكتاب إلى تعريف الطالب في كلية العلوم وبشكل مختصر بالأعداء الطبيعية وأهميتها ودورها كعوامل مكافحة حيوية في الحد من انتشار الآفات، وتقليل ضررها إلى ما دون عتبة الضرر الاقتصادي. فضلاً عن تطبيقها وتربيتها وإنتاجها واعتمادها إلى جانب أساليب المكافحة الحديثة. هذه المكافحة تتضمن استخدام المستخلصات النباتية وتقانة النانو كوسائل مكافحة حيوية وآمنة

وفعالة إلى درجة كبيرة، وتلعب دوراً مهماً كبديل عن المبيدات الكيميائية في خفض تأثير الآفات الزراعية وضررها إلى ما دون عتبة الضرر الاقتصادي. راجياً أن يقدم هذا الكتاب لبننة من لبنات المعرفة، ترفد الطالب والمكتبة العلمية بالمعلومات اللازمة عن هذه المكافحة وعناصرها واستخداماتها وتشخيصها. وهو نتاج جهدٍ وعملٍ لم يكن ليتحقق لولا دعم المخلصين والمعنيين. والله ولي التوفيق

المؤلف



الفصل الأول

المكافحة الحيوية

Biological Control

نظراً للكثافة السكانية المتزايدة والحاجة الماسة لتأمين الغذاء، وبسبب الزيادة المضطردة في إنتاج المبيدات الكيميائية المختلفة واستخدامها كوسيلة رئيسة لمكافحة الآفات المتعددة حشرية وعشبية وميكروبية كان لا بد من التوجه للبحث عن بدائل مناسبة أكثر أماناً، تمثلت في العودة إلى البيئة لدراسة الكائنات الحية المفيدة من متطفلات ومفترسات ومسببات أمراض، وذلك للحد من تأثيرات تلك المبيدات شديدة الضرر في كل من مكونات البيئة والإنسان والأحياء المتعددة. ولعلّ ظهور صفة المقاومة لدى الآفات، بالإضافة إلى التكلفة المادية المرتفعة لاكتشاف هذه المبيدات وتصنيعها واختبارها، فضلاً عن ضرر هذه المبيدات بالأحياء المفيدة أدّى إلى إعادة تقييم وغرلة طرائق المكافحة الطبيعية المستخدمة منذ مئات السنين، وذلك من خلال الاستفادة القصوى من التقدم الكبير في العلوم المختلفة وكل ما هو متاح في البيئة.

1- تاريخ ونشوء المكافحة الحيوية History and emergence of biocontrol

من الصعب تحديد الفترة التي بدأت فيها المكافحة الحيوية، لكن يمكن القول بأن الاعتماد الكلي على المبيدات في مكافحة الآفات، وما تحمله من أخطار تهدد البيئة جعل الكثير من المختصين يقفون وقفة طويلة ومسؤولة لتقييم المسيرة الطويلة لمكافحة الآفات. الهدف من ذلك هو التوصل إلى إيجاد سبل حديثه فعالة وآمنة الاستخدام للإنسان والبيئة لتكون استراتيجية المستقبل. بدأ التفتيش عن الأعداء الطبيعية للآفات والتعرف عليها لاستخدامها في المكافحة بهدف تقليل استخدام المبيدات. وهي ليست فكرة جديدة، إذ تشير الإحصائيات إلى أن مفهوم

المكافحة الحيوية أو البيولوجية ظهر عند ذكر بعض الباحثين في أوروبا أمثال Erasmus Darwin في إنجلترا و Vincent Kollar في النمسا للدور المهم لآكلات الحشرات Entomophagous في البيئة، ولم يبدأ الاستعمال الفعلي للمكافحة الحيوية إلا في أواخر القرن الثامن عشر عندما تم تطبيق برنامج المكافحة الحيوية للبق الدقيقي في بساتين الحمضيات في كاليفورنيا خلال الفترة ما بين 1877-1879.

مرت المكافحة الحيوية تاريخياً بثلاث مراحل أساسية هي:

1-1- المرحلة الأولى: المحاولات المبكرة The First Stage, Early Attempts

سُجِّل في هذه المرحلة بدايات انطلاق المكافحة الحيوية من خلال:

1. استخدم الصينيون في العهد القديم النمل الفرعوني *Monomorium pharaonis* لمكافحة آفات المخازن، كما استخدموا النمل المفترس *Oecophylla smaragdina* (Fabricius) في بساتين الحمضيات للقضاء على الحشرات آكلات الأوراق (الشكل 1).



الشكل 1: النمل المفترس *Oecophylla smaragdina* (أ)، والنمل الفرعوني *Monomorium pharaonis* (ب).

2. نقل مزارعو النخيل في اليمن وشبه الجزيرة العربية نوعا من النمل المفترس من الجبال ووضعوه على النخيل للقضاء على الحشرات التي تصيب نخيل البلح وثماره.
3. اكتُشِفَتْ ظاهرة الافتراس مبكراً في عام 1200 م، لا سيما دور خنافس أبو العيد *Coccinella* spp. كمفترسات للمن والحشرات القشرية.
4. سجل العالم الدروفاندي (Aldrovandi) في عام 1602 ظاهرة التصاق شرانق الطفيل (*Apanteles glomeratus* (L.) ببيقات أبي الدقيق الملفوف الصغير (*Pieris rapae* (L.)، واعتقد آنذاك بأنها بيوض لحشرات أخرى تحملها البيرقات، ثم أطلق العالم Vallisinier هذه الظاهرة في عام 1706 على ظاهرة التطفل.
5. سجل برادلي (Bradley) بعد أكثر من مئة عام في عام 1718 م وجود أنواع من الفصيلة Ichneumonidae تعيش أفرادها كأشباه طفيلية على عوائل حشرية من رتبة حرشفية الأجنحة.
6. ذكر Lenteren عام 2012 بأن أولى محاولات استيراد الأعداء الحيوية تعود إلى عام 1762 عندما تم استيراد الطائر الهندي (*Acidotheres tristis* (L.) لمكافحة الجراد الأحمر (*Patanga septemfasciata* (Audinet-Serville) في موريتانيا. وفي الولايات المتحدة الأمريكية أشار العالم Riley في عام 1873 م إلى الاستيراد الناجح للحلم المفترس (Fumouze & *Rhizoglyphus echinopus* Robin) من أمريكا إلى فرنسا لمكافحة فيلوكسيرا الكرمة (*Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch)، وكذلك الطفيل (*Apanteles glomeratus* (L.) من إنكلترا لمكافحة بيرقات أبي دقيق الملفوف في أمريكا في عام 1883.

1-2- المرحلة الثانية: مرحلة الإجراءات المكثفة Intensive Procedures Stage

تتمثل هذه المرحلة باتباع إجراءات مكثفة منذ عام 1888م كأسلوب علمي اعتماداً على النجاح الذي حققته حشرة خنفساء الفيدياليا *Rodolia cardinalis*

(Mulsant) في مكافحة البق الدقيقي الأسترالي *Icerya purchasi* Maskell (Pericerya) ما بين عامي 1920 - 1930. كان ذلك بداية التوسع في مكافحة الحيوية التي تستند على استيراد الأعداء الحيوية كإجراء عملي لمكافحة الآفات. فقد تراوح عدد حالات استيراد هذه الحشرة في أمريكا ما بين 28 - 30 حالة، ووصلت إلى 57 حالة بين عامي 1930 - 1940 م. إلا أن حركة استيراد الأعداء الحيوية ما لبثت أن توقفت بسبب الحرب العالمية الثانية، والتقدم العلمي واستخدام المبيد الكيميائي D.D.T.

1-3- المرحلة الثالثة Third Stage



بدأت هذه المرحلة مع نهاية النصف الثاني من القرن التاسع عشر مع ظهور كتاب الربيع الصامت (Silent Spring) للكاتبة الأمريكية راشيل كارسون (Rachel Carson) في عام 1962، ويتحدث عن المخاطر الناجمة عن الاستخدام الكثيف للمبيدات الكيميائية وتأثيراتها في الإنسان وغطائه.

الكاتبة الأمريكية راشيل كارسون

وتركزت الجهود في هذه المرحلة على إيجاد بدائل مثل الفيرمونات، والهرمونات والجاذبات، والمبيدات الطبيعية التي تحقق الأمان وحماية البيئة. تأسست على أثرها المنظمة الدولية للمكافحة الحيوية International Organization for Biological Control (IOBC) في عام 1971 م. وأخذت تظهر تقنيات حديثة للمكافحة ومفاهيم جديدة تتعلق بصفة خاصة بالأنظمة البيئية الزراعية وجدول الحياة الخاصة بالآفات وأعدائها الحيوية ونماذج المجتمعات الحشرية وغيرها. ظهرت الدعوة إلى تطبيق مفهوم أو استراتيجية الإدارة المتكاملة للآفات Integrated

Pest Management، تتضمن السيطرة على الآفات والحفاظ على الصحة العامة والبيئة. وفي الآونة الأخيرة، لاسيما في النصف الثاني من القرن التاسع عشر تطورت تقنيات الهندسة الوراثية في المكافحة الحيوية للآفات، من خلال تقنيات ترمي إلى نقل مورثات تحسّن خصائص عناصر هذه المكافحة، كالممرضات الحشرية ومقاومة النبات للإصابات الحشرية.

2- عادات وسلوك التغذية عند الحشرات

Feeding Habits and Behavior of Insect

عند الحديث عن المكافحة الحيوية لابد من التطرق إلى عادات وسلوك التغذية عند الحشرات، إذ تختلف طرائق حصول الحشرات على غذائها حسب أنواعها، وأجزاء فمها، وجهازها الهضمي والإنزيمي. وبصورة عامة يمكن تقسيم الحشرات تبعاً لنوع غذائها إلى:

2-1- حشرات رمية Saprophytic Insects: وهي حشرات تتغذى على بقايا مواد عضوية حيوانية أو نباتية ميتة.

2-2- حشرات آكلة النبات Phytophagous Insects: وهي حشرات تتغذى على نباتات حية وتُعدّ من الآفات الزراعية الضارة، وتختلف شدة ضررها حسب الأهمية الاقتصادية للنبات ودرجة انتشار الآفة.

2-3- حشرات تتغذى على الحيوانات Zoophagous Insects: وهي حشرات تتغذى على الأنسجة الحيوانية الحية، وتقسم تبعاً لنوع عائلها إلى:

2-3-1- حشرات تعيش كطفيليات خارجية على الفقاريات ومنها الحشرات التي تتغذى على دم العائل من ذوات الدم الحار كالقمل والبراغيث. ومنها ما يتطفل على الجروح واللحم الحي كيرقات ذباب اللحم. كما توجد حشرات تتطفل داخلياً على الأنسجة والأعضاء المختلفة للعائل كنغف أنف الغنم ومعدة الخيل.

2-3-2- حشرات تفترس حشرات أخرى (مفترسات) أو حيوانات لا فقارية وتدعى متغذية على الحشرات Entomophagous.

2-4- حشرات متنوعة التغذية Omnivorous Insects: وهي الحشرات التي تتغذى على مواد نباتية أو حيوانية ميتة أو حية. أي أنها تجمع في تغذيتها ما بين المواد الحيوانية والنباتية سواء كانت حية أو ميتة. ومن أمثلتها الدبور الأحمر الشرقي *Vespa orientalis* (L.).

3- العدو الحيوي الطبيعي Natural Biological Enemy:

وهو كائن حي يفترس أو يتطفل على كائن حي آخر ضمن علاقة تدعى التطفل Parasitism أو الافتراس Predation، ينتج عنها موت أو منع تكاثر أو إبعاد الكائن الضار عن عائله المضيف ووقف أضراره.

4-المكافحة الحيوية Biological Control: تُعرّف المكافحة الحيوية حسب المنظمة الدولية للمكافحة الحيوية (IOBC): على أنها استخدام الكائنات الحية أو منتجاتها لمنع أو تخفيف الخسائر أو الأضرار الناتجة عن الآفات. ويمكن أن تُعرّف أيضاً على أنها فعل الكائنات الحية (الأعداء الطبيعية) للتقليل من كثافة أعداد الكائنات الحيوانية والنباتية الضارة (الآفات) إلى ما دون حد الضرر الاقتصادي.

4-1-أقسام المكافحة الحيوية Biological Control Types

تُقسم المكافحة الحيوية تبعاً لاستخدام الأعداء الحيوية الطبيعية إلى قسمين رئيسيين هما:

4-1-1-المكافحة الحيوية الطبيعية Natural Biocontrol: تكون فيها الأعداء الحيوية الطبيعية فعالة بشكل طبيعي في الحد من ضرر الآفة دون تدخل الإنسان.

4-1-2-المكافحة الحيوية التطبيقية Applied Biocontrol: يتدخل فيها الإنسان عندما تكون كفاءة الأعداء الطبيعية غير كافية لخفض ضرر الآفة، وذلك من خلال تشجيع وإكثار هذه الأعداء لزيادة أعدادها والحفاظ عليها وحمايتها وتعزيز قدرتها في مكافحة الآفة.

5-مجموعات الأعداء الحيوية الطبيعية Biological Enemies Groups

توجد العديد من الأعداء الحيوية الطبيعية في البيئات الزراعية المختلفة المحلية والعربية والعالمية ولكن بنسب متفاوتة، ويمكن استخدامها في مكافحة الحيوية للآفات الضارة، ومن أهم هذه الأعداء:

5-1 - المتطفلات Parasitoids:

وهي كائنات تعيش متطفلة على أو في داخل الحشرات ضمن علاقة تدعى بالتطفل، وفيها يلزم أحد أطوار الحشرة، (غالباً الطور اليرقي) أو عدة أطوار من دورة حياتها، وفي بعض الحالات العذراء والحشرة الكاملة، طور آخر من أطوار حشرة أخرى يعتمد عليها في معيشته وتطوره. وقد يعيش هذا الطفيل خارجياً على العائل أو داخله وفي كلتا الحالتين يموت العائل، وغالباً ما يكون هذا الطفيل أقل حجماً وقوة ونشاطاً من عائله.

5-2 - المفترسات Predators:

تهاجم المفترسات في أحد أطوار حياتها حشرة أخرى تقتربها وتعيش عليها، وتختلف طريقة الافتراس تبعاً للمفترس. فالبعض منها يقتل فريسته عبر قضم أجزائها وبعضها الآخر عن طريق حقن لعابها عند إدخال أجزاء من فمها في جسم الفريسة مسبباً شللها ثم قتلها خلال فترة وجيزة. ويقتنص بعضها فريسته أثناء سيرها كحشرة أبو العيد، وبعضها أثناء طيرانها كبعض أنواع الرعاشات، وبعضها الآخر تصنع المصائد كما في يرقات أسد النمل، وينقض بعضها الآخر على فريسته مباشرة كفرس النبي.

5-3 - الفطور Fungi:

تلعب الفطور دوراً هاماً في مكافحة الحيوية للحشرات الضارة كحفارات ساق الذرة، والذباب المنزلي وغيرها. يمكن استخدامها على نطاق واسع في مكافحة الحشرات، إلا أنها تتطلب رطوبة عالية لتوافق إنبات أبواغها.

4-5 - الجراثيم (البكتيريا) Bacteria:

تُعدُّ الجراثيم من أهم الكائنات الدقيقة المستخدمة في مكافحة الآفات. وتمتاز المبيدات المصنعة من الجراثيم بكفاءة عالية في القضاء على الآفة الحشرية. إلى جانب إفرازها للسموم الجرثومية التي تسهم في زيادة كفاءتها في الحد من أضرار الحشرات، مسببة موتها خلال ساعات قليلة.

5-5 - الفيروسات Viruses:

استُخدمت الفيروسات بكثرة في مكافحة حشرات المحاصيل الزراعية؛ كما في مكافحة دودة ورق القطن (*Spodoptera littoralis* (Boisd)، حيث تغزو أنسجة جسم الحشرة، وكثيراً ما تشاهد الحشرات الميتة معلقة من أرجلها الخلفية ورأسها للأسفل.

5-6 - الريكيتسيا والأوليات Rickettsia and Protozoa:

توجد أنواع عديدة من الممرضات التابعة للريكيتسيا والأوالي تصيب الحشرات الضارة وتسبب لها أمراضاً قاتلة. إلا أنه لم يتم استخدامها بصورة واسعة في مكافحة الحيوية لاحتياجها إلى وقت طويل قبل قتل الحشرة العائل. كما تبقى الأوليات كامنة لفترة طويلة قبل نشاطها لذلك يمكن استخدامها رشاً بصورة معلقة.

5-7 - الديدان Nematodes:

تقوم الديدان بالتكافل والتعاقد مع الجراثيم من خلال قدرتها على إدخال هذه الجراثيم إلى داخل جسم الحشرة مسببة قتل الحشرات بصورة سريعة، وتمتاز أيضاً بقدرتها العالية على العيش تحت تأثير درجات الحرارة المنخفضة، مما يسمح بتخزين مستحضراتها على المستنبتات الصلبة أو السائلة لفترات طويلة لحين استخدامها رشاً على هيئة معلقة لمكافحة حشرات التربة وحفارات الأنفاق.

6- مميزات وعيوب مكافحة الحيوية

Advantage and disadvantage of Biological Control

تتصف مكافحة الحيوية بمجموعة من المميزات الإيجابية كما تقتزن بجملة من السلبيات، ويمكن تبيانها وفق التالي:

6-1- مميزات المكافحة الحيوية:

- 1 - أكثر أماناً على البيئة وصحة الإنسان والحيوان من المركبات الكيميائية المستخدمة.
- 2 - تُعدُّ برامج ذاتية دائمة سواء تدخل الإنسان أو لم يتدخل، وتتضاعف ذاتياً مما يؤدي إلى استمرار فعاليتها في الوسط.
- 3 - قلة تكاليفها على المدى الطويل لا سيما عند توطين الأعداء الحيوية، وبالتالي أكثر توفيراً من قبل المزارعين للمال والجهد.
- 4 - عدم وجود محاذير وأخطار لاستخدامها كظهور سلالات حشرية مقاومة لهذه المبيدات.
- 5 - تمتاز بأنها ذات درجة تخصص كبيرة وعالية في مكافحة الآفة الهدف.
- 6 - إمكانية خلط عوامل التضادّ الحيويّة مع غيرها من المبيدات الكيميائية الحديثة مما يزيد من فعالية المبيد لمكافحة الآفة.

6-2- عيوب المكافحة الحيوية:

- 1 - تحتاج إلى مختصين وفنيين وعمال على قدر كاف من المعرفة والتدريب.
- 2 - تحتاج إلى ظروف معينة (حرارة، رطوبة.... إلخ)، مع صعوبة التنبؤ بكفاءتها فقد لا تتناسب الظروف البيئية المحيطة حياة ونشاط الطفيل أو المفترس بقدر ما تلائم الآفة.
- 3 - البطء في ظهور نتائجها في المكافحة، وعدم قدرتها على إبادة الآفة بشكل نهائي خاصة عند حدوث زيادة مفاجئة في أعداد الآفات.
- 4 - تتطلب وجود مخابر وتجهيزات لتربيتها مما يتطلب مصاريف باهظة.
- 5 - قد تحمل الطفيليات أو المفترسات المستوردة من الخارج بعض المسببات المرضية للنبات على أجسامها، مسببة بذلك مشكلة جديدة.

6- قد تصبح آفة ضارة في منطقتها الجديدة، أو تتطفل على أو تفترس الأعداء الحيوية المحلية.

7- الاختلاف في الأداء، فقد تنجح في المخبر وتفشل في الحقل، وقد لا يتوافق ظهور الطفيليات أو المفترسات زمنياً مع الآفة وبذلك تكون الأعداء الحيوية غير فعالة ومؤثرة.

8- حساسيتها العالية للمبيدات التقليدية.

7- عناصر مكافحة الحيوية: تتضمن عناصر مكافحة الحيوية كل من:

7-1- التطفل Parasitism:

وهو ظاهرة حيوية تُشاهدُ غالباً في المملكة الحيوانية، حيث يعيش فيها كائن حي يسمى متطفل Parasitoid داخل كائن حي آخر أو عليه يسمى العائل Host، يلزمه ويتغذى عليه وقد يسبب موته في النهاية. وتنتسب معظم المتطفلات الحشرية إلى رتبتي غشائية الأجنحة Hymenoptera، وثنائية الأجنحة Diptera.

7-1-1- أنواع التطفل Parasitism Types:

يمكن تقسيم التطفل تبعاً للمعايير المستخدمة في دراسته إلى:

7-1-1-1- التطفل الحقيقي: كتطفل الحشرات على الفقاريات ويتم فيه الطفيل كافة أطوار دورة حياته التطورية على العائل أو ضمنه ولا يستطيع العيش بدونه، ولا يسبب موته مثل البراغيث والقمل، وتُعدّ طفيليات نموذجية أُطلق عليها الطفيليات الحقيقية Parasites وكما هو الحال في تطفل الدودة الشريطية على جهاز الهضم في الإنسان.

7-1-1-2- شبه التطفل (تطفل الحشرات على الحشرات):

كما هو الحال عند تطفل الحشرات على الحشرات وأُطلق عليه مصطلح Parasitoids، حيث يتطفل الكائن الحي في أحد أطواره على العائل، ويحصل منه على غذائه ويعيش عليه أو بداخله دون أن يسبب موته إلا في نهاية طور التطفل

(غالباً طور اليرقي). يستهلك الطفيلي أجهزة العائل الداخلية، ويستخدم ما تبقى من جسم العائل للتحويل إلى طور العذراء، كما في الطفيليات التابعة لرتبتي غشائية الأجنحة وثنائية الأجنحة التي تستخدم أغلبها في مكافحة الحيوية. تتشابه ظاهرة شبه التطفل مع الافتراس بعدة نواحي وذلك لعدة أسباب أهمها:

- أ - الحشرة الكاملة حرة المعيشة ويعتبر الطور اليرقي فقط هو الطور المتطفل.
- ب - حجم الحشرات الطفيلية كبير نسبياً مقارنة مع حجم العائل أو حجم الطفيليات الحقيقية.
- ج - تقضي الحشرات الطفيلية في مراحل متأخرة من التطفل على العائل بنهش محتوياته الداخلية وتتغذى عليها.
- د - غالبية عوائل الحشرات الطفيلية من مرتبتها التقسيمية أي صف الحشرات ذاته مع عدم قدرتها على الارتباط بعوائل تختلف عنها تقسيمياً.
- هـ - تقضي فترة حياتها بوضع البيض، وتتطفل على عدة أفراد من العائل.

7-1-2 حالات التطفل Paratism Manner:

تمتلك ظاهرة التطفل عند الحشرات سميات عديدة في أمهات الكتب والمراجع المختصة في مكافحة الحيوية، وبناء عليه تُصنّف حالات التطفل اعتماداً على:

7-1-2-1 - موضع التطفل على العائل: وتقسم إلى:

أ) **تطفل خارجي Exoparasitism:** وفيه يوضع البيض على جسم العائل أو بجانبه، ثم يفقس البيض إلى يرقات تتناول غذاءها وهي مستقرة خارجياً على سطح العائل، ومن أمثلتها حشرة البمبلا *Pimpla roborator* (Pimpro) التي تتطفل على يرقات دودة لوز القطن القرنفلية.

ب) تطفل داخلي Endoparasitism:

وفيه يوضع البيض على جسم العائل أو داخله وتقضي جميع مراحل تطورها (اليرقية غالباً) ضمن العائل، وقد تخرج منه أحياناً. ومن أمثلتها الطفيل *Apanteles glomeratus* (L.) الذي يتطفل على يرقات أبي دقيق الملفوف الكبير *Pieris brassicae* (L.).

7-1-2-2-نوع التطفل على العائل الواحد أو داخله: وتقسم إلى:

أ) التطفل الأولي Primary Parasitism: وفيه يهاجم الطفيلي عائلاً ولا يسلك عادة التطفل على الإطلاق وقد يكون العائل نباتي الغذاء أو مفترساً، مثال الذباب أو ديدان اللوز.

ب) فوق التطفل (فرط التطفل) Hyper Parasitism: وفيه يهاجم الطفيلي طفيلياً آخر، ويقسم إلى عدة نماذج:

1 - تطفل ثانوي Secondary Parasitism: وفيه تتطفل على الطفيليات الأولية طفيليات ثانوية لحفظ حالة التوازن في الطبيعة.

2 - تطفل ثالثي Tertiary Parasitism: وفيه يهاجم طفيلي ثالث طفيلياً ثانوياً متطفلاً على طفيلي أولي.

3 - تطفل رابعي Quaternary Parasitism: وفيه يهاجم طفيلي رابع للطفيلي الثالث المتطفل على الطفيلي الثانوي.

4 - تطفل ذاتي Auto (Self)-parasitism: يتطفل الطفيلي على فرد آخر من النوع نفسه كما في أنواع فصيلة Aphelinidae.

7-1-2-3-عدد أفراد الطفيلي على العائل الواحد: ويُقسم إلى:

أ) تطفل فردي أو بسيط Solitary, Simple Parasitism: وفيه يتطفل فرد واحد من الطفيلي على فرد واحد من العائل أو داخله.

ب) التطفل الجماعي Gregatory Parasitism: وفيه يتطفل أكثر من فرد من الطفيلي على عائل واحد أو داخله، وفي معظم الأحيان لا تؤدي هذه الحالة إلى

موت أفراد الطفيليات الموجودة. وتنتشر هذه الحالة بكثرة عند طفيليات فصيلة Braconidae، Chalcididae ومن أمثلته طفيلي بيض فراشة درنات البطاطا المعروف باسم *Copidosoma koehleri* (Banchard).

(ج) **التطفل الفائق أو المتزايد Super Parasitism**: وفيه يهاجم الطفيلي العائل بأكثر من هجمة واحدة من أنثى واحدة أو من عدة إناث من نوع واحد، بحيث توجد أكثر من يرقة لنفس نوع الطفيلي على العائل نفسه.

(د) **التطفل المتعدد Multi Parasitism**: وفيه يهاجم العائل بنوعين أو أكثر من إناث الطفيليات. ويرجع ذلك في كثير من الأحيان إلى عدم قدرة أنثى الطفيلي عند وضعها للبيض على التمييز بين العائل السليم والعائل الذي سبق التطفل عليه.

(هـ) **التطفل التوأمي**: ويطلق عليه التطفل الذاتي Auto parasitism حيث تضع أنثى بعض الأنواع بيضاً غير ملقح ينتج عنه ذكوراً فقط، ثم تضع بيضاً ملقحاً ينتج عنه إناثاً فقط. وتتطفل هذه الإناث تطفلاً أولياً ثم تتطفل الذكور الناتجة من الأنثى نفسها (الأم) على هذه الإناث تطفلاً ثانوياً. أي أن الذكور الناتجة من بيض غير ملقح تطورت كطفيلي ثانوي مفرط التطفل على الإناث المتطفلة أولاً والناتجة من الأم نفسها.

7-1-2-4 - عدد العوائل التي يختص الطفيل الواحد في التطفل عليها:

تقسم الطفيليات تبعاً لعدد العوائل التي تتطفل عليها إلى:

(أ) **التطفل وحيد العائل Monophagous Parasitism**: وفيه يتخصص الطفيلي بمهاجمة عائل معين وحيد فقط.

(ب) **التطفل محدود العوائل Stenophagous Parasitism**: وفيه يتخصص الطفيلي في مهاجمة عدد محدود من العوائل، وغالباً ما تكون ذات قرابة تصنيفية.

(ج) **التطفل متعدد العوائل Polyphagous Parasitism**: وفيه يهاجم الطفيلي عدة أنواع مختلفة من العوائل وتكون متباعدة تصنيفياً.

7-1-2-5- مدة التطفل على العائل: وتُقسم إلى:

(أ) **طفيليات دائمة Permanent Parasites**: عندما يقضي الطفيلي جميع مراحل تطوره على العائل كما في أنواع القمل الماص.

(ب) **طفيليات مؤقتة (عابرة) Transitory Parasites**: وهي الطفيليات التي تقضى بعض مراحل تطورها داخل جسم العائل وبعضها الآخر خارجه، مثل نغف معدة الخيل.

(ج) **طفيليات إجبارية Obligatory Parasites**: عندما يقضي الطفيلي جميع مراحل تطوره (أطوار دورة حياته) على عائل واحد فقط، فإذا مات العائل مات معه الطفيلي مثل بعض أنواع القمل القارض.

(د) **طفيليات اختيارية Facultative Parasites**: وفيه يعيش الطفيلي على أكثر من عائل واحد، وعند موت العائل أو انفصال الطفيلي عنه لسبب ما، ينتقل إلى عائل آخر مثل برغوث الكلاب والإنسان.

7-1-2-6- الطور المهاجم من العائل:

(أ) **التطفل على البيض:**

وفيه تضع أنثى الطفيلي بيضها داخل بيض العائل حيث تقضى البيضة فترة تطورها ثم تفقس وتخرج منها يرقة تتغذى على محتويات بيضة العائل الشكل (2-أ)، وينتج عن ذلك حالتان:

1 -موت بيض العائل بسبب تثبيط النمو الجنيني له من قبل أنثى الطفيلي مثاله طفيليات التريكوغراما (*Trichogramma spp.*)، وتخرج الحشرة الكاملة للطفيلي من بيض العائل بدلاً عن يرقة العائل وهو أقوى أنواع التطفل.

2 -يتطور بيض العائل ويفقس إلى يرقة تفقس ضمنها بيضة الطفيلي وتتطور إما داخل جسم اليرقة وتتغذى عليها وتميتها وتسمى طفيليات بيوض-يرقات كبعض أجناس فصيلة Braconidae، أو يفقس بيض الطفيلي عند اقتراب

وصول يرقة العائل إلى نهاية تطورها، وتلتهم يرقة الطفيلي محتويات جسم العذراء وتسبب موتها وتسمى طفيليات بيض- يرقات - عذارى مثل الطفيلي *Ageniaspis fuscicollis* (Dalman).

ب) التطفل على اليرقات:

يتم فيه وضع بيض الطفيلي على يرقة العائل مباشرة أو داخلها الشكل (2-ب). وعند وضع البيض على سطح العائل يفسد البيض وتخرج منه يرقات تتغذى على السطح الخارجي ليرقة العائل وتقضي عليها، ومن أمثلتها حشرة البمبلا *Pimpla roborator* (Pimpro) التي تتطفل على يرقات دودة اللوز القرنفلية *Pectinophora gossypiella* (Saunders). أما عند وضع بيضة الطفيلي داخل يرقات العائل، تخرج يرقاته بعد فقسها، وتبقى داخل تلك اليرقات للتغذي على محتوياتها، مثل طفيلي *Apanteles glomeratus* (L.) الذي يتطفل على يرقات *Pieris brassicae* (L.)، والطفيلي *Chelonus phthorimaeae* (Chenph) الذي يتطفل على يرقات فراشة درنات البطاطا.



(ب)



(أ)

الشكل (2): حالات التطفل تبعاً للطور المهاجم من العائل.

ب: التطفل على اليرقات

أ: التطفل على البيض.

ج) التطفل على العذارى:

تضع أنثى الطفيلي في هذا النوع من التطفل بيضها داخل جسم عذراء العائل أو عليها ثم يفقس ويقضي الطفيلي كامل مراحل تطوره داخل عذراء العائل ومثالها الطفيلي *Dibrachys cavus* (Walker) الذي يتطفل على عذارى دودة ثمار التفاح وثمار العنب وبعض أنواع الذباب الشكل (3، أ)، والطفيلي الداخلي *Pteromalus puparum* (L.) الذي يتطفل على عذراء أبو دقيق الملفوف الصغير وغيرها من فصيلة *Pieridae* والذي يعد من أهم الأنواع المستخدمة في مكافحة الحيوية.

د) التطفل على الطور الكامل:

وفيه تضع أنثى الطفيلي البيض على جسم الحشرة الكاملة أو داخله، وعندما يفقس البيض تتغذى اليرقات على طور الحشرة الكاملة، ومن أمثلتها طفيلي المن القطني *Aphelinus mali* (Haldeman) الذي يتطفل على الحشرة الكاملة لمن التفاح القطني الشكل (1، 3، ب).



(ب)



(أ)

الشكل (3): حالات التطفل على الحشرات.

ب: التطفل على الطور الكامل

أ: التطفل على العذارى.

7-2- الشروط الواجب توفرها في الطفيل الكفؤ من الناحية الاقتصادية:

- لا بد أن يتمتع الطفيلي الكفوء اقتصادياً بمجموعة من الصفات والميزات المهمة للحد من الآفة الحشرية. وأهم هذه الصفات:
- 1- القدرة العالية على البحث وتمييز العائل، فيتغذى على عائله فقط ولا يحدث أي ضرر على النباتات الاقتصادية المستخدم عليها.
 - 2- أن يتطفل على الآفة المقصودة بالمكافحة أو يهاجم آفة ضارة أخرى في حال عدم وجود عائله الأولي، ولا يتطفل على طفيليات أخرى نافعة في المنطقة الجديدة.
 - 3- أن يتمتع بدرجة تخصص عالية قدر الإمكان ولا يتطفل على أحياء أخرى غير ضارة تسبب تجنب مهاجمته للآفة الضارة التي أُدخل لأجلها.
 - 4- أن يمتاز بالخصوبة العالية ومعدل تكاثر سريع، وبدورة حياة قصيرة مقارنة بدورة حياة الآفة ليحقق الهدف من استخدامه.
 - 5- أن يتميز بدرجة عالية من التكيف مع الظروف البيئية.
 - 6- القدرة على وضع البيض في المكان والزمان المناسبين لضمان دورة حياته واستمرار تطفله.

7-3 - الافتراس Predation:

وهي ظاهرة يتم فيها مهاجمة كائن حي لكائن حي آخر بغرض التغذية عليه لفترة محدودة، والتهامه كلياً أو جزئياً وتركه ميتاً أو مشرفاً على الموت، ثم الانتقال إلى كائن آخر وهكذا حتى نهاية فترة التغذية. يُعرف الكائن المهاجم بالمفترس Predator والكائن الذي وقع عليه الهجوم بالفريسة Prey، وتنتهي عملية الافتراس بموت الفريسة.

تُعدُّ علاقة الافتراس علاقة مؤقتة بين كائن حي قوي وآخر ضعيف، يتسلح المفترس بوسائل الافتراس (أرجل، فكوك، مخالب قوية، وكذلك أعضاء حسية متقدمة) تكون عوناً له على اقتناص الفريسة، ومهاجمة أكثر من فريسة واحدة

خلال دورة حياته. وتنتسب معظم المفترسات إلى رتبة غمدية الأجنحة التي تضم نصف الأنواع الحشرية المفترسة، والمتمثلة في فصائل أهمها: Coccinellidae, Carabidae, Staphylinidae، وتتميز المفترسات بأنها متعددة أو محدودة العوائل أو وحيدة العائل. كما يلاحظ وجود ظاهرة بين المفترسات تتمثل في افتراس أحد أنواعها لأفراد من النوع ذاته ويُطلق على هذه الظاهرة آكلات المثيل Cannibalism كما هو الحال عند افتراس يرقات الدودة القارضة بعضها لبعض.

وبذلك نجد أن الحشرات المفيدة تُقسّم إلى مجموعتين متميزتين هما: المفترسات والطفيليات أو المتطفلات. ويتم التمييز بينهما تبعاً لبشير وعبد النبي (2011) من خلال مجموعة من الصفات والميزات نبيّن أهمها في الجدول (1).

جدول (1): مقارنة بين مجموعتي الحشرات المفيدة في علاقتي التطفل والافتراس.

الافتراس	التطفل	الصفة
قصيرة الأمد ويقضي المفترس على العديد من الفرائس خلال فترة حياته. فريقة أبو العيد تفترس حوالي 10000 - 12000 حشرة.	طويلة الأمد بين الطفيل والعائل إذ يتلازمان خلال طور واحد على الأقل في حياة الحشرة	الملازمة
الأطوار الكاملة وغير الكاملة متحركة، وأكثر نشاطاً في البحث عن فرائسها.	تُعد الحشرة الكاملة الوسيلة الوحيدة للتنقل والانتشار.	الحركة
ترتبط عادة بأجزاء الفم وأعضاء اقتناص الفريسة كالأرجل الأمامية لفرس النبي والشفة السفلى لحورية الرعاش، والفكوك عند يرقات أسد النمل.	تبلغ أقصاها عند الطفيل الداخلي وتتلاءم مع الوسط الذي يعيش فيه وتظهر طفيفة في الطفيل الخارجي.	التحولات المورفولوجية (الشكلية)

الصفة	التطفل	الافتراس
التخصص	غالباً متخصص والحشرة الكاملة هي التي تحدد العائل	أقل تخصصاً وتشترك الأطوار الكاملة وغير الكاملة في تحديد الفريسة.
درجة الارتباط	عالية جداً حيث يبقى الطفيل على عائله حتى اكتمال فترة التطفل ويتم تطوره على الفرد الواحد من العائل. ويمكن لفرد عائل واحد أن يتم تطوره أكثر من فرد واحد من الطفيل.	ضعيفة جداً، إذ غالباً ما يقضي المفترس على ضحيته ويتركها بعد انتهاء الغذاء، ويتطور على حساب عدة أفراد من عائل واحد أو أكثر. فأسد المن يفترس المن وأسد النمل يفترس الجراد.
الحجم	الطفيل أصغر حجماً من عائله ونادراً ما يوازيه في الحجم.	المفترس أكبر حجماً من الفريسة غالباً وأصغر منها أحياناً.
مكان وضع البيض	يوضع على جسم العائل أو فيه وأحياناً بجانب جسم العائل	يوضع البيض بمكان وجود الفريسة أو غير ذلك بمعنى أنها لا تضع البيض على جسم الفريسة.
غذاء الحشرة الكاملة	يختلف غذاء الحشرة الكاملة عن اليرقة.	قد يتطابق غذاء الأطوار غير الكاملة مع الأطوار الكاملة وقد يختلف.
دورة الحياة	قصيرة مع خصوبة عالية.	طويلة مع خصوبة أقل.
التكاثر	للعديد من الطفيليات القدرة على التكاثر الجنسي واللاجنسي.	يتم التكاثر جنسياً فقط.
المتطلبات البيئية	تختلف المتطلبات البيئية الخاصة للطفيلي عن مثيلاتها من العائل.	مشابهة لمتطلبات الفريسة.
الضرر	الطفل يضعف العائل تدريجياً ثم يموت في النهاية بعد انقضاء أسباب التطفل.	تموت الضحية سريعاً إثر مهاجمة المفترس لها، ويحدث ذلك غالباً وقد لا ينتهي بموت الفريسة وهذا نادر الحدوث.

الفصل الثاني

أساليب مكافحة الحيوية

Biological Control Methods

نظراً للعيوب الكبيرة التي ظهرت نتيجة الاستخدام الواسع والعشوائي للمبيدات الكيميائية في مكافحة الآفات الزراعية وأضرارها الكبيرة على صحة الإنسان والحيوان على حد سواء، انطلق البحث عن طرائق طبيعية تحميه وبيئته من هذه الأضرار. فأخذ يسير أغوار الطبيعة عن طريق التحليل العميق لحياة الآفات الزراعية وما يحيط بها من عوامل أحيائية ولا أحيائية، وتوصل إلى ما يُسمّى بالطرائق الحيوية من خلال استغلال العلاقات ما بين هذه الآفات وأعدائها الطبيعية التي يمكن اللجوء إليها كوسيلة لخفض أضرارها.

أولاً: الأسس البيئية لمكافحة الآفات الزراعية

Ecological Principles for Agricultural Pests Control

يؤثر النظام البيئي الزراعي تأثيراً كبيراً في وجود الآفات وتكاثرها وانتشارها، مما يستوجب تحليل هذا النظام إلى عناصره الأساسية. مع تركيز الاهتمام لمعرفة أنواع وأعداد الآفات المختلفة والأنواع المنافسة لها، والأعداء الحيوية المتواجدة معها، ومدى توفر عوائلها الأساسية والبديلة. إضافة إلى فهم العلاقات بين ديناميكيات مجتمعات الأعداء الطبيعية الرئيسة وتفاعلاتها مع عوائلها. الأمر الذي يساعد في تقويم العوامل المسببة لموت الآفات، أو تكاثرها إلى درجة إلحاق الضرر بالمحصول، واتخاذ القرارات والإجراءات اللازمة تجاهها، مع مراعاة وتعزيز العوامل المشجعة على نمو وتكاثر الأعداء الحيوية الطبيعية.

1- تحليل النظام البيئي Ecosystem Analysis

يهدف تحليل النظام البيئي في منطقة انتشار الآفة الزراعية إلى تحقيق هدفين رئيسيين وهما:

1- الاستفادة من أية حلقة ضعيفة في دورة حياة الآفة، ومراعاة أفضل توقيت لتطبيق الإجراءات الزراعية المختلفة، بهدف إحداث أكبر خلل ممكن في نمو الآفة وقطع سلسلة تكاثرها ونشاطها.

2- زيادة فعالية الأعداء الحيوية ضد الآفات الزراعية. إذ تكمن مهمة الإنسان في السيطرة على تغيرات البيئة وتوجيهها لتحقيق الفائدة له. فمن خلال تحليل الظواهر البيئية يتم التوصل إلى تحديد التوافق الزمني بين نمو النبات وظهور الآفات الحشرية. فقد تمكن العالم الأمريكي Hopkins من خلال تسجيل الظواهر البيئية في عام 1918، من وضع قانون المناخ الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية. ويبحث هذا القانون في العلاقة ما بين الكائن الحي من جهة والمناخ وفصول السنة، والتوزيع الجغرافي للآفة من جهة أخرى، وبناءً عليه توقع ظهور الآفة في موقع معين.

2- كثافة الآفة والتوازن الحيوي الطبيعي

Pest Density and Natural Biotic Balance

توجد الكائنات الحية تحت الظروف الطبيعية بحالة توازن حيوي طبيعي Natural Biotic Balance. حيث تتوقف حياة أي نوع من الكائنات الحية على مجموعتين من العوامل وهي:

1-2 عوامل المقاومة الأحيائية Biotic Resistance Factors

ترتبط بالكائن الحي ذاته وتمثل حـصيلة كفاءتين: تُعرفُ إحداها بالكفاءة الحيوية Biotic Potential وتتضمن مجموعة العوامل التي تساعد النوع على النمو والتكاثر، وتمثل حـصيلة كفاءة تناسلية Reproductive Potential، وكفاءة بقائية Survival Potential توضح قدرة الكائن الحي على البقاء والانتشار في البيئة، مع المحافظة على نسله تحت الظروف غير الملائمة. يقابلها العوامل الأحيائية Biotic

Factors، كالمنافسة بين أفراد النوع الواحد، أو الأنواع المختلفة، وتأثير الأعداء الحيوية.

2-2- عوامل المقاومة البيئية Environmental Resistance:

تتحكم في توزع وانتشار النوع في الطبيعة، وتتضمن عوامل لا أحيائية Abiotic Factors مثل الظروف البيئية كالطقس والمناخ والتربة والموقع الجغرافي وتوفر الغذاء والتفاعل فيما بينها.

وبذلك تؤدي هذه العوامل نوعاً من الضبط لهذه الكائنات أو ما يُدعى بالمكافحة الطبيعية، ويحدث التوازن الطبيعي نتيجة لقوى تنظيم الآفة في وسط انتشارها، فلا تسمح هذه القوى للكائن الحي بالتكاثر إلى ما لا نهاية، ولا تسمح في الوقت ذاته بخفض أعداده إلى درجة الانقراض. وعليه تُعد الكثافة العددية لأي نوع غير ثابتة، وتميل إلى التغير في نطاق يُدعى بمتوسط الكثافة لحالة التوازن، والتي تتغير تحت هذه الظروف زيادة أو نقصاناً. وهذا الأخير هو ما تهدف إليه المكافحة الحيوية الطبيعية للحفاظ على حالة التوازن الديناميكي لمستعمرات الأحياء عند حدود دنيا وقصى خلال فترة من الزمن في وسط انتشارها.

ثانياً: أسس نجاح أسلوب مكافحة الحيوية

Principles of Biological Control Success

لضمان نجاح المكافحة الحيوية لابد من مراعاة مجموعة من الأسس

أهمها:

1 - الحصر والتعريف الصحيح بأنواع الآفات المستهدفة وأعدائها الطبيعية في البيئة الزراعية.

2 - تعويد المزارع على تواجد الآفات الحشرية على محاصيله بكثافات لا تسبب أضراراً اقتصادية، وتكون عاملاً مشجعاً على جذب وتكاثر الأعداء الطبيعية.

3 - تعريف المزارع بأهمية المكافحة الحيوية، ومضار استخدام مبيدات الآفات الكيميائية، وتأخير المكافحة الكيميائية للآفة ما أمكن.

- 4 - تقليل استخدام مبيدات الآفات عامة التأثير، واستخدام المبيدات المتخصصة بالحد الأدنى.
- 5 - الإلمام الجيد بالنواحي البيولوجية والبيئية الخاصة بالآفة وأعدائها الحيوية من حيث: نشاطها وانتشارها وكفاءتها.
- 6 - اختيار العدو الحيوي المناسب، والاختيار الصحيح لأسلوب إطلاقه وتوقيته مع مراعاة تعداد كل من الآفة والعدو الحيوي وملاءمة الظروف الجوية.
- 7 - التقييم الدقيق لنتائج إطلاق العدو الحيوي للحكم على نجاح مكافحة الحيوية من عدمه.

ثالثاً: مصادر عوامل مكافحة الحيوية

Biological Control Agents Sources

يتم عادة استخدام الطفيليات والمفترسات في مكافحة الحيوية للآفات الزراعية اعتماداً على طريقتين:

1- استيراد الأعداء الطبيعية Natural Enemies Importation:

يتم في هذه الطريقة العودة إلى الموطن الأصلي للآفة، للبحث عن أعدائها الطبيعية التي ثبت نجاحها في مكافحتها، وإحضارها إلى البيئة الجديدة بهدف توطينها بصورة دائمة. حيث يتم تربيتها وإكثارها، أو إطلاقها مباشرة بأعداد كبيرة في البيئة المقصود مكافحة الآفة فيها، لتتأقلم بعد ذلك وتنتشر، وتتزايد عددياً، فتصل إلى مستوى تستطيع من خلاله إحداث التوازن الطبيعي للآفة، وخفض أعدادها إلى دون حد الضرر الاقتصادي بالمحصول. وتسمى هذه الطريقة من مكافحة الحيوية بالمكافحة التقليدية، وهي من أقدم وأوسع الطرائق انتشاراً، ونتائجها طويلة الأمد ولا تحتاج إذا ما نجحت إلى تدخلات إضافية. وعادة ما تُنفذ من قبل متخصصين ذوي خبرة عالية في مجال مكافحة الحيوية (الشكل 4).

ومن الأمثلة الناجحة لهذه الطريقة، إدخال خنفساء الفيداليا *Rodolia cardinalis* من موطنها الأصلي في أستراليا إلى بساتين الحمضيات في كاليفورنيا

لمكافحة حشرة البق الدقيقي الأسترالي (*Icerya purchasi* Maskell (Pericerya) بين عامي 1877-1879. ولم يقتصر إدخال الأعداء الحيوية على الحشرات فقط وإنما امتد إلى الكائنات ممرضات الآفات، فقد تم استيراد الفطر *Aschersonia aleyrodinis* (Webber) لمكافحة ذبابة الحمضيات البيضاء *Dialeurodes citri* (Ashmead).



الشكل (4): استيراد الأعداء الحيوية الطبيعية.

-صعوبات استيراد الأعداء الحيوية

Difficulties of Natural Enemies Importation

على الرغم من النتائج المبهرة لاستيراد الأعداء الطبيعية لما تتميز به من سهولة في التطبيق وقلة التكاليف، إلا أن هناك العديد من الصعوبات تعترض سبل تطبيقها، ومن أهم هذه الصعوبات:

- 1 - تتطلب درجة عالية من الخبرات الفنية، والإلمام الواسع في بيولوجيا الحشرات وطرائق جمعها وتربيتها ونشرها في الطبيعة.
- 2 - قد لا تتأقلم الحشرة المراد إدخالها في المنطقة الجديدة لعدم ملائمة الظروف البيئية لها.
- 3 - تحتاج بعض الأعداء الحيوية إلى عوائل ثانوية إلى جانب عائلها الرئيس لضمان استمرار تكاثرها وعدم توفر مثل هذه العوائل يقلل من كفاءتها.

- 4 - قد يكون هناك حاجة لإدخال أكثر من نوع من الأعداء الحيوية للآفة المراد مقاومتها للحصول على أفضل النتائج، مما يتطلب جهداً أكبر.
- 5 - قد تُهاجم الطفيليات أو المفترسات المدخلة من قبل أنواعاً أخرى من الأعداء الحيوية الموجودة أصلاً في الموطن الجديد.
- 6 - الصعوبات الإدارية والمالية والتقنية التي تظهر خلال البحث عن العدو الحيو، وكيفية التعامل معه وإحضاره وإكثاره والدراسات المخبرية اللازمة.

2-الأعداء الطبيعية المحلية Indigenous Natural Enemies

يتم في هذه الحالة البحث في البيئة المحلية عن الأعداء الحيوية الطبيعية من طفيليات ومفترسات وممرضات، من قبل مختصين ذوي خبرة، وتقدير كفاءة هذه الأعداء وصيانة وتعزيز قدراتها وفعاليتها للتحكم في أعداد الآفة في حال حدوث تضخم مفاجئ في كثافة الآفة. وتعتمد إجراءات المحافظة على الأعداء الحيوية على توفير الغذاء وأماكن الاختباء والعيش وحمايتها من المبيدات الحشرية، والظروف البيئية غير الملائمة وغيرها.

رابعاً: إطلاق وتوطین الأعداء الطبيعية الطفيلية والمفترسة

Release and Colonization of Natural Parasitic and Predator Enemies

التوطین Colonization:

يُعرّف التوطین على أنه العمل على تأقلم الأعداء الحيوية الطبيعية المستوردة في موقع جديد توجد فيه الآفة المستهدفة، وذلك بهدف زيادة انتشارها واستعمالها كمستعمرات فرعية إضافية لمكافحة الآفة.

يتشابه الإطلاق الناجح للأعداء الطبيعية مع استخدام المبيدات الكيميائية من حيث معدل ووقت الاستخدام (الفترة من النهار)، التوافق مع الطور الحساس للآفة والتغطية، وتأثير الهطول المطري بعد المعاملة. ومن الضروري إعادة الإطلاق مرة ثانية، لتحقيق هدف المكافحة، وضمان التزامن بين العدو الطبيعي وطور الآفة

الحساس من جهة أخرى. ويفضل زيادة أنواع الأعداء الطبيعية ضد الآفة المستهدفة، لزيادة فرص نجاح مكافحة ووصولها إلى أوجها، ومن ثم متابعة هذه الأعداء والعوامل التي تسهم في رفع كفاءتها وانتشارها وتكاثرها، وصيانتها وتعزيز قدراتها في مكافحة الآفة. على أن الاختلاف الرئيس بين استخدام المبيدات الكيميائية والأعداء الحيوية يكمن في المعايير. فإطلاق الحشرات المفيدة يعتمد على كثافة الآفة في الحقل، أما المبيدات الكيميائية فتُطبق لتغطية المساحة المقصودة بالمكافحة. وبالتالي يكون العدو الحيوي هنا أكثر أهمية من المادة الفعالة للمبيد الكيميائي اللازمة لوحدة المساحة.

يعتمد طور الحشرة الذي يتم إطلاقه على سهولة نقل وتداول هذه الأعداء. فمثلاً يتم إطلاق الطفيلي *Trichogramma* إما بتعليق بطاقات تحمل أطواراً غير ناضجة، أو أفراداً لا تزال في جلود عوائلها من اليرقات أو العذارى الميتة. ويمكن وضع علب كرتونية على أفرع أشجار البساتين أو الغابات تحتوي عوائل أو بيضاً متطفلاً عليه. ويمكن إطلاق الأعداء الحيوية في الحقول بواسطة الحوامات أو الطائرات. ويتم إطلاق العناكب المفترسة يدوياً، بنشر نخالة مثلاً، أو بآلات نثر المبيدات الحبيبية ذاتها.

1- عوامل نجاح إطلاق وتوطين الأعداء الحيوية:

بهدف نجاح عملية إطلاق وتوطين الأعداء الحيوية في بيئة ما، لا بد من مراعاة وأخذ مجموعة من العوامل بعين الاعتبار، ومن أهمها:

1-1- الانتشار Distribution

تميل بعض الحشرات إلى التجمع، أو تتحصر في أجزاء محددة من الحقل، أو تتوزع توزعاً اعتيادياً، وتؤثر كثافة المحصول المزروع وحجمه في هذا التوزيع. فالبعض منها يفضل نباتات صغيرة الحجم، وبعضها الآخر كبيرة الحجم، فضلاً عن مرحلة إصابة النبات. وتؤثر هذه العوامل في سلوك وسرعة انتشار الطفيليات

والمفترسات وبالتالي نجاحها في عملية التوطن، وبناءً عليه تحديد أسلوب وعدد مرات إطلاقها. وعلى العموم، يفضل القائمون على مكافحة الحيوية إطلاق عدة دفعات على مساحات محدودة، عوضاً عن إطلاق دفعات كبيرة في عدة مواقع على مساحات واسعة مما يؤدي إلى زيادة فرص التزاوج والتكاثر والاستيطان.

1-2- المناخ Climate

تلعب العوامل المناخية دوراً رئيساً في نجاح أو فشل إطلاق وتوطن الأعداء الحيوية، وكذلك عدم التوافق بين العدو الحيوي والطور الحساس للآفة. فقد تعيق درجات الحرارة العالية أو الرطوبة المنخفضة خلال فصل النمو مجتمعات الأعداء الحيوية أو كفاءتها. ويمكن على سبيل المثال، خفض تأثير درجات حرارة سطح التربة بعمل حفر بأعماق ما بين 10 - 12 سم، أو أنفاق بقطر 5-9 سم تستغلها الأعداء الحيوية، مما يشجع وفرتها بكمية أكبر. وبناءً عليه، يتم استغلال الظروف المثلى عند إطلاق الأعداء الطبيعية، لاسيما العناكب المفترسة وبخاصة التي تقوم ببناء شبكة عنكبوتية، أكثر من غيرها. ويمكن إطلاق بالغات الحشرات الرهيفة في الأماكن الظليلة منتصف النهار، وفي يوم قليل الرياح. وإطلاق ممرضات الحشرات الفطرية مساءً بحيث يتعرض الفطر للرطوبة العالية عند حدوث الندى ليلاً.

1-3- العوائل البديلة Alternative hosts

يؤدي وجود العوائل البديلة دوراً هاماً في نجاح عملية التوطن، وبخاصة في المناطق التي يكون فيها للمناخ تأثير متباين في العائل والعدو الحيوي. فتؤمن العوائل البديلة فرصة لبقاء العدو الحيوي وتكاثره ونجاحه بغياب العائل المناسب.

1-4- المحصول النباتي والمأوى Crops and Shelter

تعد المحاصيل المعمرة أكثر كفاءة في صيانة وحفظ الأعداء الحيوية الطبيعية من المحاصيل الحولية، لكونها أقل عرضة للاضطرابات. وتساعد في استمرارها من عام لآخر، وتدعم تشتيتها. ويُعد وجود مصدات الرياح عاملاً مهماً

عندما يصبح المحصول المعمر غير ملائم لها، كنتيجة مثلاً لرش مبيدات الآفات الكيميائية. فقد وُجد أن استعمار العنكبوت *Amblyseius victoriensis* (Womersley) لبساتين الحمضيات بعد معاملتها بالمبيدات الكيميائية كان أسرع وبمعدل أعلى عند وجود مصدات الرياح لاسيما الكينا *Eucalyptus torrelliana* (Muell) Dill Johnson وظهرت مجتمعات العنكبوت *Amblyseius tutsi* (Pritchard & Baker) بأعداد أكبر بكثير بعد 9 أشهر من إطلاقها. واعتُقد أن وجود هذه الشجرة يساعد في مكافحة العناكب النباتية وحشرات التريس في بساتين الحمضيات.

غالباً ما يؤثر المحصول الحولي في كفاءة الأعداء الحيوية في الموسم التالي، من خلال تأثيره في تشتيتها. فعند غياب المحصول، يقضي القسم الأكبر من المفترسات فصل الشتاء على الأعشاب البرية ذات الكثافة العالية، مثل الإصبعية المتكتلة *Dactylis glomerata* (L.) النامية على أطراف الحقول، ومنها ينتشر لداخل المحصول، إلا أن هذا الانتشار أقل كفاءة في تنظيم مجتمع الآفة على النبات.

2- إطلاق العدو الحيو Natural Enemies Release

يُفضّل عند تحضير الأعداء الطبيعية للإطلاق، وبخاصة أثناء نقل الأطوار الكاملة لاسيما المفترسات، أن يتم إمدادها بالغذاء، كأن تُعطى عسل النحل والماء لسد احتياجاتها الغذائية، مع ضرورة حمايتها من الحرارة الزائدة والجفاف. تتباين طرائق إطلاق الأعداء الحيوية تبعاً لطريقة وهدف الإطلاق وفق التالي:

2-1- طرائق إطلاق الأعداء الحيوية

Types of Natural Enemies Release

يتم إطلاق ونشر الأعداء الحيوية حقلياً وفق أسلوبين:

أ-الإطلاق الحر (المفتوح) Open Release

يتم في هذا النوع من الإطلاق نشر الأعداء الطبيعية مباشرة في الحقل وسط عوائلها المناسبة دون حواجز، وذلك بوسيلتين هما:

1- الإطلاق الأرضي Terrestrial Release

يُنقذُ إما باليد أو بوضع الأعداء الحيوية في نقاط استراتيجية ضمن المساحات الزراعية المستهدفة، كأن تُلصق ببوضها على بطاقات كرتونية كما هو الحال مع الطفيل *Trichogramma spp.*، وتُعلّق على أفرع الأشجار أو النباتات المقصودة في مكافحة وغيرها من وسائل الإطلاق آنفة الذكر (الشكل 5).

2- الإطلاق الهوائي Aerobic Release

يتم بواسطة حوامات أو طائرات معدة لهذه الغاية، وتُستخدم بشكل خاص في المساحات الواسعة.

ب-الإطلاق المحصور Restricted Release

يتم نشر الأعداء الحيوية أو أحد أطوارها في هذا النوع من الإطلاق في بيئة محدودة، ضمن أقفاص أو أكمام قماشية، أو علب كرتونية تؤمن حمايتها من العوامل المناخية الحرجة، وبقية الأعداء الحيوية الأخرى. ويمكن جمع أطوارها كاليرقات أو الحوريات والعناكب المفترسة، ومن ثم وضعها في حاويات خاصة ونقلها إلى مناطق محددة كالبيت المحمي أو البساتين الصغيرة ونشرها فيها (الشكل 5).



الشكل (5): بعض طرائق إطلاق الأعداء الحيوية.

2-2- الهدف من الإطلاق Aims of releasing

تتباين أعداد الأفراد المحررة أو المطلقة في الحقل تبعاً للهدف من إطلاق الأعداء الحيوية. وبذلك يتم نشر الأعداء الحيوية بأسلوبين رئيسين وهما:

1-الإطلاق محدود العدد Limited Release

يتم في هذه الطريقة نشر أعداد محدودة من الأعداء الحيوية لتنتشر وتستوطن في البيئة وتستمر فيها مدة تزيد عن فترة تطور جيل واحد منذ بداية التوطين، ومن ثم تقوم بمكافحة الآفة بواسطة نسل أو ذرية هذه الأعداء.

2-الإطلاق الكثيف Augmentative release

يُسمّى بالإطلاق الفيضيّ أو الغزير، ويُطلق على الأعداء الحيوية المستخدمة بهذه الطريقة اسم المبيدات الحشرية الحيوية Biotic insecticides. ويُستخدم عندما تكون الأعداء الحيوية غير كافية لخفض ضرر الآفة إلى ما دون

الحد الاقتصادي الحرج. لذلك يتم تربية الكائنات المفيدة بأعداد كبيرة، ومن ثم إطلاقها عند وجود الطور الحساس للآفة بأعداد تفوق ما تتطلبه مكافحتها، مشابهة بذلك مكافحة الكيميائية من حيث الفتك السريع بالآفة. تشير الدراسات إلى نجاح تربية العديد من الأعداء الحيوية على أوساط اصطناعية. وتتصدر طفيليات البيض Trichogrammatidae قائمة مجاميع هذه الحشرات. ومن أمثلتها مكافحة حشرة السونة (*Eurygaster integriceps* Put.)، التي تُعدُّ آفة خطيرة على محصول القمح والشعير في منطقة الشرق الأوسط والأقصى، بالاستعانة بأحد طفيليات البيض المحلية من جنس *Microphanus*.

تناسب هذه الطريقة مكافحة الآفات ذات الجيل الواحد في العام أو الأجيال المتعددة إلا أن جيلاً واحداً منها هو الضار بالمحصول. ويُتوقع حدوث مكافحة من قبل الأفراد المطلقة دون الاعتماد على الأجيال التالية أو نسلها وأحياناً نسلها. ويُنفذ هذا النوع من الإطلاق بأسلوبين هما:

أ-الإطلاق التلقيني Inoculative Release

يُعدُّ أحد أساليب الإطلاق الدوري على شكل دفعات عند الحاجة، بإطلاق أعداد قليلة من الأعداء الحيوية ولمرة واحدة في فترة محددة، بهدف مساعدة الأعداء المتبقية في الحقل، وإعادة توطين الأفراد التي ماتت لسبب ما، ويُتوقع انتشارها وتكاثرها لتؤمن حماية مستدامة، وتستمر مكافحة من قبل الحشرة المطلقة ونسلها أيضاً، مع بقاء بعض مظاهر التربية الموسعة لتأمين العدد الكافي من الأعداء الحيوية لإطلاقها في الوقت المناسب.

يستخدم هذا النوع من الإطلاق على مساحات محدودة أو في البيوت المحمية. ففي البيت المحمي، يتم قتل الأعداء الطبيعية عند الحصاد، وأثناء تنظيف البيت وتحضيره للمحصول اللاحق. وبالتالي يكون هناك حاجة لإدخال أعداد إضافية من الحشرات المفيدة لتستجيب لارتفاع كثافة الآفة المفاجئ أو لغزو جديد للمحصول. كما ويمكن تنفيذه في الحقول المكشوفة بشكل موسمي، وبترافق مع

موسم الزراعة وانتشار الآفات. ويُسمى عندها بالإطلاق التلقائي الموسمي. فمثلاً، يُعدّ الطفيلي *Pediobius foveolatus* (Crawford) الذي يتطفل على بيض خنفساء الفول المكسيكية *Epilachna varivestis* (Mulsant) على فول الصويا والفاصولياء ذو مقدرة محدودة لتحمل ظروف الطقس البارد، وبذلك يتم تربيته بشكل موسع، وإطلاقه مرة واحدة في منتصف الربيع.

كما ويُعدّ هذا الإطلاق ذا أهمية عند استخدام الممرضات الفطرية للآفة. فمثلاً تأتي أهمية دورة الإصابة الثانية للفطر *Metarhizium anisoplia* var. *acridum* بعد تكوين أبواغه على النشاطات المصابة التي تم قتلها من مجموعة الإطلاق الأولى. ويترافق فعل هذه الممرضات مع إطلاقها للمضادات الحيوية التي تُزيد مع انتشارها وتكاثرها، من كفاءة هذه الممرضات.

ب-الإطلاق التكميلي Supplemental Release

يُنْفَذُ ضد الآفات التي تهاجر دورياً أو التي تنتشر متفرقة بالمنطقة، ويمكن أن يهرب قسم منها من المكافحة لقلة الأعداء الطبيعية. فيتم تأمين الأعداء الطبيعية خلال فصل معين أو مرحلة معينة من نمو المحصول، بحيث يصبح مجموع الطفيل أو المفترس متزامناً تحت هذه الظروف مع العائل أو الفريسة. ويُتَوَقَّعُ بدء المكافحة والتوطين من بداية الإطلاق أو النسل الناتج مباشرة بعد الإطلاق.



الفصل الثالث

صيانة الأعداء الطبيعية وتعزيزها

Conservation and Enhancement of Natural Enemies

تختلف صيانة وتعزيز الأعداء الحيوية عن تطبيق مكافحة الحيوية التقليدية والإغراق، وذلك بعدم إطلاق الأعداء الحيوية الطبيعية، ويتم عوضاً عن ذلك تعزيز المجتمعات المتبقية منها وتقويتها.

صيانة الأعداء الحيوية Conservation of Natural Enemies

تُعرف صيانة الأعداء الحيوية تبعاً للباحث Eilenberg *et al.*, 2001 على أنها تعديل البيئة أو تقديم الممارسات الممكنة لحماية الأعداء الطبيعية من المؤثرات الخارجية التي تؤدي إلى موتها وزيادة خصوبتها وإطالة أعمارها لخفض تأثير الآفات.

التعزيز Enhancement

التعزيز هو تنفيذ كافة الممارسات الممكنة بهدف رفع قدرات الأعداء الحيوية وإطالة دورة حياتها وتكاثرها وانجذابها للآفات. تهدف عمليات تحويل موطن العدو الطبيعي إلى زيادة تباين الأنواع وتأمين الموارد الغذائية كالرحيق وحبوب اللقاح والمأوى والعوائل البديلة، مما يشجع الاستغلال الفعال للبيئة. ومن الضروري لتحقيق هذا الهدف، فهم الأساسيات المتعلقة في بيولوجيا كل من الآفة والعدو الطبيعي وسلوكهما وبيئتهما. كل ذلك لمعرفة العوامل التي تعيق مجتمعات الأعداء الطبيعية، أو تحد من قدراتها في مكافحة الآفة، وبالتالي معالجة تلك العوامل وتذليلها لتسهيل التفاعل والتداخل بين هذه الأعداء والآفات.

تتضمن وسائل صيانة وتعزيز الأعداء الحيوية الطبيعية مجموعتين أساسيتين، تتضمن الأولى الوسائل التي تهدف إلى صيانة العدو الحيوي ذاته. وتتضمن المجموعة الثانية تعزيز كثافة ومجتمع العدو الحيوي عبر بيئته.

1 - وسائل صيانة الأعداء الحيوية

Means of Natural Enemies Conservation

تتضمن صيانة الأعداء الحيوية الطبيعية مجموعة من الممارسات يقوم بها مختصو وقاية النبات، ومن أهم هذه الوسائل:

1-1- خفض تأثير المبيدات Reducing Pesticides Effecting

يؤثر استخدام مبيدات الطيف الواسع لمكافحة الآفات في فعالية الأعداء الطبيعية بشكل كبير، وعند ضرورة استخدام المبيدات لابد من اختيار المبيدات المتخصصة ورشها في الموعد المناسب، إذ تسبب تلك المبيدات في أسوأ الحالات قتل الأعداء الطبيعية للآفة المقصودة، أو الأعداء الطبيعية للأحياء الأخرى في البيئة، أو تقصّر من عمرها وتخفض خصوبتها، وبالتالي تُخفّض فعاليتها ضد الآفات. كما تشجّع تحول الآفة الثانوية إلى آفة خطيرة، وتخفض أعداد الآفة إلى مستوى منخفض، لا تستطيع معه الأعداء الحيوية النشاط فيه. ولأن الآفات أكثر قدرة وسرعة على الانتشار، فهي أسرع في إعادة استعمار البيئة من الأعداء الطبيعية، مسببة بيئة خالية من الأعداء الطبيعية كالمفترسات والمتطفلات. ومع أن استخدام المبيدات الجهازية، أو الحبيبية خطأً مع التربة لا يعرض الأعداء الطبيعية لخطرهما، لأنها لا تتغذى على النبات، إلا أن الخطورة تكمن في تراكم هذه المبيدات في أجسام الآفات عند تغذيتها على النبات المعامل فتتأثر الأعداء الحيوية بها عند مهاجمتها لها.

1-2- دعم مجتمع الأعداء الحيوية الطبيعية

Enhancing Natural Enemy Population

لابد من معرفة الموارد المُحدّدة لحفظ مجتمعات العدو الحيوي كالمأوى، والعوائل وتأثير الظروف البيئية، وابتكار الطرائق المثلى لتأمين هذه الموارد في الوقت والمكان الصحيحين. وعليه، يُعدّ فهم بيولوجيا وبيئة الكائنات الحية في النظم البيئية المختلفة أمراً على غاية من الأهمية. بحيث يمكن تعديلها لزيادة كثافة وكفاءة هذه الأعداء في مكافحة الآفات. ففي وقت مبكر، استخدم مزارعو الحمضيات في الصين النمل المفترس *Oecophylla smaragdina* (Fabricus) على أشجار برتقال المندرين وحوّروا في البساتين بتشكيل جسور بين الأشجار تسمح بسهولة تنقل وتوزع النمل المفترس لزيادة كفاءته في خفض حشرات أوراق الحمضيات.

2- وسائل تعزيز كثافة الأعداء الطبيعية ومجتمعها:

Means for Density and Population of Natural Enemies Enhancement

من أهم وسائل تعزيز كثافة مجتمع الأعداء الحيوية نذكر:

1-2- التنوع النباتي Vegetational Diversity

يحتل التنوع النباتي أهمية كبيرة في صيانة وتعزيز الأعداء الحيوية الطبيعية. فقد بيّن Dick Root (1973) فرضية تركيز الموارد تبعاً لديناميكيات الآفات النباتية. وبيّن أن التباين النباتي يشجع تنوعاً للآفات، وبالتالي وفرة الأعداء الطبيعية، وزيادة ظهور المتطفلات والمفترسات، فكثيراً ما يؤمن هذا التنوع ما تحتاجه هذه الأعداء من موارد، لخفض كثافة الآفة، إلا أنه مع تزايد التباين البيئي قد تجد المتطفلات والمفترسات صعوبة أكبر في إيجاد فرائسها أو عوائلها. وقد يدعم تنوع أكبر لمجتمعات الأعداء الطبيعية يضم أفراداً تقتل المتطفلات والمفترسات. وعلى اعتبار أن لكل نظام بيئي خصائصه الذاتية، فلا بد من أخذ هذه الخصائص بعين الاعتبار لمعرفة فيما إذا كانت التعديلات التي يمكن إدخالها

تلائم أو تعيق الآفة. وتتمثل البراعة في اكتشاف الموارد التي تتحكم في الأعداء الطبيعية والتلاعب بها أو تعديلها، وكيفية إدارتها بهدف صيانة وحفظ هذه الأعداء.

2-2- تعزيز موطن الأعداء الحيوية ضمن المحصول

Enhancing Habitat of Natural Enemies within a Crop

غالباً ما تكون بيئة المحصول الوحيد في الدورة الزراعية وقتية وعابرة، ولا يمكنها حفظ الأعداء الحيوية باستمرار من عام لآخر، حيث ينخفض بشكل خاص كل من الموئل والغذاء بعد الحصاد، وقبل إعادة زراعة الحقل. وتؤدي المحافظة على تنوع عوائل هذه الأعداء إلى زيادة أعدادها، لا سيما عند غياب أو عدم وجود عوائلها الرئيسية، فتؤمن أماكن التشتية وغيرها. ويمكن اتباع مجموعة من الأساليب تساهم في تعزيز الموطن كتأمين الغذاء البديل مثل الرحيق، وحبوب اللقاح، وكذلك العوائل أو الفريسة البديلة. ويشمل تعزيز موطن الأعداء الحيوية ضمن المحصول ما يلي:

أ- تأمين الملجأ ضمن المحصول الواحد

Providing Refuges within a Crop

تُعد زراعة أنواع مختلفة من النباتات بشكل شرائط متناوبة ضمن الحقل إحدى أهم التطبيقات الناجحة في صيانة وتعزيز الأعداء الحيوية، بطريقة تدعى بالتداخل المحصولي. فمثلاً، يمكن زراعة القطن والقمح إلى جانب بعضهما، فتتطور الأعداء الطبيعية على الفرائس وهي على عوائلها في القمح أولاً، وعند زراعة القطن وظهور العائل عليه تنتقل تلك الأعداء إلى القطن. وعند عدم زراعة القمح كموطن بديل للأعداء الطبيعية، تنتقل المفترسات متأخرة إلى القطن بعد إحداث ضرر قد يستدعي مكافحة الكيمائية. وكمثال آخر، وجد أن النمل المفترس يتغذى عند وجود القمح على فرائس متعددة، وعند زراعة الذرة الصفراء يقوم باقتراس دودة الحشد الخريفية (*Spodoptera frugiperda* (Smith) ونطاط أوراق الذرة *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) على مجموعها الخضري، إلى جانب بعض الديدان المتطفلة على الجذور في التربة.

ب-محاصيل التغطية Cover Crops

تحتل محاصيل التغطية أهمية كبيرة في صيانة الأعداء الطبيعية. ففي الصين، يقوم مزارعو الحمضيات بزراعة الأعشاب المزهرة مثل عشبة رودس *Chloris gayana* (Kunth) كنبات تغطية بين أشجار الحمضيات، مما يسمح بمكافحة العناكب النباتية خلال مرحلة الإثمار. حيث تستخدم العناكب المفترسة *Panonychus citri* (McGregor) حبوب طلع هذه الأعشاب كغذاء بديل، ويتم حشها كل ثلاثة أسابيع لإنتاج حبوب اللقاح بين خطوط أشجار الحمضيات. كما ويزرع البعض منهم أشجار الكينا كمصدات رياح تمسك حبوب اللقاح على أوراقها، تستغلها هذه العناكب في إنشاء مجتمعاتها عليها، مما يساعد على انتشار هذا المفترس بأعداد كبيرة.

ج- إدارة المحصول Crop Management

تساعد زراعة أكثر من محصول في صيانة الأعداء الحيوية، وتخفف من إصابة كلا المحصولين بالحشرات الضارة. فمثلاً، زراعة البرسيم إلى جانب القطن يساعد في تخفيف استخدام المبيدات الكيميائية لمكافحة حشرة بق البقوليات على القطن *Lygus hesperus* (Knight). إلا أنه لا بد من تطوير آلية لحش البرسيم، بحيث تُترك أشرطة في الحقل تسمح بلجوء البق إليها وعدم هجرته إلى حقل القطن عند حش كامل الحقل مما يساهم في حماية ما تبقى من الأعداء الطبيعية على كلا المحصولين، وزيادة كفاءتها في مكافحة هذه الحشرة على البرسيم ثم على القطن عند ظهورها عليه.

د- إدارة بقايا المحصول Crop Residue Management

تستوطن العديد من المفترسات والمتطفلات بقايا المحاصيل بعد الحصاد، لذلك يُعدّ حرقها أو إزالتها سبباً لقتل مجتمعاتها. فقد سمح بقاء هذه البقايا في حقول الهند بنشر العديد من المتطفلات، وساهم في القضاء على نطاط أوراق صب السكر *Pyrilla perpusilla* (Walker) بكفاءة عالية مقارنة مع حرقها.

هـ-مواصفات النبات Plant Characteristic

تُشجع بعض صفات النبات على وفرة أو خفض الأعداء الطبيعية، فنبات الخيار مثلاً يمتلك أوراقاً عريضة عليها أهداباً أو أشعاراً تعيق نشاط وحركة طفيلي الذبابة البيضاء *Encarsia formosa* (Gahan)، وبالتالي تقلل من كفاءته، وتمسك الندوة العسلية لهذه الحشرة فيلتصق الطفيل بها عند ملاستها وتعيق حركته. وعلى العكس من ذلك، تشجع مثل هذه الشعيرات، على وفرة العناكب المفترسة من فصيلة Phytoseiidae ونشاطها وكفاءتها وكذلك العناكب مفترسة الفطور من فصيلة Tydeidae، اللتان تُعدّان المفتاح للمكافحة الحيوية. كما تحمل أوراق محاصيل الأشجار المثمرة كالتفاحيات والعنب واللوزيات الكثير من الشعيرات والأهداب، تحمي العناكب وتحسن مسك حبوب اللقاح التي تتغذى عليها هذه العناكب بغياب فريستها، وبذلك تكون أقل ميلاً لمغادرة هذه الأوراق. إذ تتوقف الكفاءة العالية للعنكبوت *Orthotydeus* sp. الذي يتغذى على الفطر المسبب مرض البياض الدقيقي، على وجود خصل من هذه الأهداب تتجمع عند ملتقى عروق الأوراق تستخدمها كمأوى لها.

كما يؤثر وجود الطبقة الشمعية وكثافتها، كثيراً في وفرة وكفاءة الأعداء الحيوية عليها. فقد سُجّلت كفاءة افتراس عالية من قبل خنافس أبو العيد *Coccinella* spp. ليرقات الفراشة الماسية *Plutella xylostella* (L.) على الأوراق قليلة المحتوى الشمعي. كما وجدت أيضاً إصابة عالية بالفطر الممرض للحشرات *Pandora neoaphidis* (Remaud. & Hennebert) Humber على من البازلاء *Acyrtosiphon pisum* (Harris) عند انتشاره على أوراق البازلاء قليلة المحتوى الشمعي.

و-التربة Soil

تشكل التربة خزان دائم للأعداء الحيوية الطبيعية والميكروبات، بما فيها مسببات الأمراض للكائنات اللافقارية. وقد بينت الدراسات العديدة أن فلاحه التربة

تغير من مقدرة هذا الخزان على إصابة الآفات الزراعية. إضافة لذلك، تكون بنيات هذه الممرضات أكثر كثافة عند سطح التربة، وبالتالي فإن فلاحتها تدفن هذه البنيات عند مستويات أعمق، حيث تقل الآفات الزراعية. وتسكن التربة في الوقت ذاته العديد من الأعداء الطبيعية، من متطفلات ومفترسات تكون مجتمعاتها قليلة جداً في الحقول المفلوحة، وذلك لإتلاف عوائلها الرئيسة والبديلة التي تشتت عليها مقارنة مع الحقول غير المفلوحة.

2-3- البيئة الفيزيائية Physical Environment

يمكن تعديل كثافة النباتات المزروعة بحيث تؤمن رطوبة وحرارة مناسبين لرفع قدرة الممرضات الحشرية. فقد شجعت زراعة فول الصويا على خطوط ضيقة تكوين رطوبة نسبية عالية خلال مرحلة البادرة في موطن الآفة والممرض، ساهمت في إصابة يرقات ثلاثة أنواع حشرية بالفطر *Nomuraea rileyi* (Nomuri).

2-4- توفير الغذاء للأعداء الحيوية

Providing Food for Natural Enemies

تحتاج الأعداء الحيوية إلى غذاء طبيعي لإطالة فترة حياتها، وفترة وضع البيض مثل حبوب اللقاح، الرحيق، الندوة العسلية والعائل البديل. ويضمن هذا الغذاء زيادة كثافة وتعزيز هذه الأعداء، وزيادة كثافة مجتمعات العناكب المفترسة. لذلك فإن الرش المباشر بهذه الأغذية على هيئة غذاء يساعد حشرات أسد المن وأبو العيد على وضع البيض بشكل مبكر. كما أشار Van Driesche and Bellows في عام 1996 إلى أن إضافة هيدروليزات البروتين مع الماء والسكر تؤدي إلى زيادة كثافة وكفاءة العناكب مفترسة المن على القطن.

2-5- توفير المأوى للأعداء الحيوية

Providing Shelter for Natural Enemies

يُعدّ إقامة بنى خاصة وسيلة هامة في صيانة وتعزيز الأعداء الطبيعية، وتمنع هجرتها إلى خارج الموقع، وبالتالي زيادة كثافتها وتنوعها. وتخدم هذه البنى كمواقع تلجأ إليها الأعداء الحيوية للاستراحة، أو كمأوى دائم لقضاء فصل الشتاء. وكمثال عنها يمكن وضع حقائب أو علب من البولي إيثيلين تُستعمل كعش للنمل المفترس. أو توضع صناديق على أشجار الفاكهة لبيات البق المفترس، أو وضع حزم من القش تلجأ إليها العناكب المفترسة، أو ورق الجرائد حول جذوع الأشجار لتشتية العناكب المفترسة بينها في بساتين التفاح.



الفصل الرابع

التربية الموسعة لأشباه الطفيليات والمفترسات

Mass Rearing of Parasitoids and Predators

يعتمد الاستيطان الناجح للأعداء الحيوية الطبيعية في منطقة ما على مقدرة هذه الأعداء على التضاعف بعد إكثارها وإطلاقها بأعداد كافية، وقد تم لهذه الغاية تطوير تقانات عديدة لإكثار الأعداء الطبيعية في منشآت حَجْرِيَّة أو مخابر متطورة مجهزة لهذه الغاية، وتعتمد درجة احتمالية نجاح استيطان هذه الأعداء بعد إطلاقها حقلياً على قدرتها على تجديد دورة حياتها، وظروف الحقل ووقت الإطلاق وموقعه، والظروف البيئية، وتوفير العائل والعائل البديل.

يقصد بالتربية الموسعة إكثار الأعداء الحيوية سواء كانت طفيليات أو مفترسات تحت ظروف الحقل أو المختبر لإنتاج أعداداً كبيرة (بالملايين)، بهدف إطلاقها إزاء آفة أو آفات معينة في أوقات معينة، بما يحقق هدف مكافحة الحيوية، ونسبة مقبولة بين التكلفة والعائد.

أولاً: طرائق التربية الموسعة للأعداء الحيوية الطبيعية

Mass Rearing for Natural Enemies

يجب أن تكون عملية التربية فعالة وذات كفاءة عالية، وبتكلفة منخفضة، وإلا ستكون الأفراد المنتجة مكلفة، ولن يستخدمها المزارعون في مكافحة. ومن المعلوم وجود ثلاث طرائق رئيسة للتربية الموسعة للأعداء الطبيعية من مفترسات ومتطفلات، وكذلك مسببات أمراض الحشرات من فطور، بكتيريا، فيروسات وحتى النيماتودا. وهذه الطرائق هي:

1- التربية على العائل المقصود بالمكافحة Rearing on the Target Host

تُدعى هذه الطريقة بالتربية الطبيعية للأعداء الحيوية. وفيها يُربى العدو الحيوي على الآفة المقصودة بالمكافحة وهي على عائلها النباتي. فمثلاً، يمكن تربية الأكاروس المفترس (*Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) بشكل اقتصادي على العنكبوت الأحمر ذي النقطتين وهو على نباتات الفول، والطفيلي *Trialeurodes vaporariorum* على الذبابة البيضاء *Encarsia formosa* (Gahan) وهي على نبات التبغ. كما ويمكن تربية مجموعة كبيرة من مفترسات ومتطفلات صانعات الأنفاق من جنس *Lyriomyza*، والترس، والحشرات القشرية، والمن، والبق الدقيقي. إلا أن التكلفة العالية لبعض الأنواع تجعل تربيتها غير عملية، وبخاصة عندما تكون النباتات أو آفاتنا بطيئة النمو ومكلفة عند إنتاجها، أو إذا امتلكت عوائلها أو العدو الطبيعي ذاته صفة الافتراس الذاتي (أكلات المثل) Cannibalism أو تكون حساسة للممرضات عند تجمعها.

2- التربية على العائل البديل أو غير الحي Rearing on Alternative Host or Non-living Food

يتم خفض تكاليف التربية باستخدام العائل البديل، إذ يمكن استخدام القرع الشتوي لتربية بعض الحشرات القشرية من فصيلة *Diaspididae* بدلاً عن عائلها من الأشجار الحراجية. وتعد العوائل البديلة لمتطفلات البيض *Trichogramma* spp. شائعة الاستخدام حتى في البيوت المحمية، فقد أمكن تربيتها على عائلها الثانوي كبيض فراشات طحين البحر المتوسط *Anagasta kuehniella* Zeiler وفراشة الحبوب *Sitotroga cerealella* (Oliv.) بكفاءة عالية وبتكاليف منخفضة. وتقلل التربية على العوائل البديلة من التلوث بأحد أطوار الآفة التي قد تكون غير مصابة مما يزيد من مشكلة استخدامها (الشكل 6).

3-التربية على العوائل الاصطناعية Rearing in Artificial Hosts

تشمل التربية الناجحة للمتطفلات استخدام أغذية اصطناعية غير حية. فقد أجريت العديد من المحاولات لتربية طفيليات البيض من جنس *Trichogramma* والطفيليات الداخلية لأبو دقيق الملفوف من جنس *Brachymeria* التابعة لفصيلة Chalcididae وذبابة *Eucelatoria* sp. من فصيلة Tachinidae أكثر من غيرها من أجناس وفصائل الأعداء الحيوية على الأغذية الاصطناعية.

تضم العوائل البديلة الاصطناعية مجموعتين من الغذاء الاصطناعي لتربية الأعداء الحيوية الطبيعية، تحتوي الأولى منها على مركبات ذات أصل حشري، ولا تحتوي الثانية على مثل هذه المركبات. فقد تم تربية البراكون *Bracon mellitor* Say. تحت ظروف المختبر على غذاء يتكون من مواد كيميائية حيوية ومعادن، إضافة إلى صفار ببيض الدجاج. وعند تربية المتطفلات على مثل هذه الأغذية يجب اختبار نوعيتها وكفاءتها تحت الظروف الحقلية. كما ويمكن تربية المفترسات على غذاء اصطناعي يتكون من صفار البيض والعسل وملح وماء كما في تربية عناكب *Amblyseius* (= *Neoseiulus*).



الشكل (6): تربية الأعداء الحيوية على العوائل البديلة والاصطناعية

تحت ظروف المختبر.

ثانياً: أسس التربية الموسعة للأعداء الحيوية الطبيعية

Principles of Natural Enemies Mass Rearing

لا بد عند التربية الموسعة للطفيليات والمفترسات من مراعاة مجموعة من العوامل أهمها:

1- بيولوجيا العدو الحيوي Biology of Natural Enemy

لابد عند التربية الموسعة للأعداء الحيوية الطبيعية من توفير المعلومات المعمقة والكافية عن كل من: عادات التزاوج، أساليب وضع البيض، الخصوبة، التطور وعدد الأجيال، طول دورة الحياة تحت الظروف الطبيعية والمخبرية، فترة السكون والعوامل المؤثرة فيه، وكذلك مقدرة العدو الحيوي على الانتشار، البحث والتأثير في الآفة المستهدفة. التحقق من إمكانية إكثار تلك الأعداء مخبرياً للحصول على أعداد كبيرة، وانتخاب الآباء التي تتميز بشراستها العالية، ومقدرتها على إنتاج نسبة عالية من الإناث، وتحديد العائل الذي يعطي عليه نسبة مرتفعة من النسل. إضافة لتحديد نوع وسلالة العدو الأكثر كفاءة في مكافحة الآفة. فقد وُجد أن إطلاق دفعة واحدة من الطفيلي *Trichogramma ostriniae* (Pan) et Chen في الولايات المتحدة الأمريكية كانت فعالة لمكافحة حفار ساق الذرة الأوربي *Ostrinia nubilalis* (Hubner)، في الوقت الذي كان تأثير الإطلاق الكثيف لنوع آخر من الجنس ذاته ضعيفاً وغير اقتصادي.

2- تغذية الأعداء الحيوية Natural Enemies Nutrition

تؤثر نوعية الغذاء في حجم الأعداء الطبيعية وقوتها وخصوبتها ونسبتها الجنسية، وقدرتها على تمييز العائل ومهاجمته، وتساعد معرفة نوعية الغذاء في فهم كيفية تأثيره في زيادة أعداد بعض الأنواع. وعلى اعتبار أن تربية بعض الأعداء الطبيعية على الآفة الرئيسية غير عملية، تنوب عنها أنواع أخرى أسهل في التربية تسمى بالعائل البديل. وقد تؤثر التربية على العائل البديل في مقدرة بعض الأنواع

على إيجاد وتمييز الآفة أو مهاجمتها. فقد وجد أن تربية المفترس *Amblyseius* على *potentilla* (Garman) على حبوب لقاح نبات الفول *Vicia faba* L. أنتجت أفراداً ذات كفاءة افتراس ضعيفة لأكاروس صداً التفاح *Aculus schlechtendali* (Nalepa) مقارنة مع مستعمرات ذات النوع المرباة على الأكاروس الأحمر ذي النقطتين. وفي المقابل لم تغير تربية الدعسوقة *Geocoris punctipes* (Say) على غذاء صناعي لمدة 6 سنوات من تفضيلها للعائل مقارنة بالأنواع الطبيعية.

2-1- المتطلبات الضرورية في غذاء الأعداء الحيوية:

- يؤثر الخلل في مكونات الغذاء في مجمل نشاطات الأعداء الحيوية وأهمها:
- 1 - نمو الأعداء الحيوية وتطورها وإنتاجها للنسل.
 - 2 - اكتشاف العائل من قبل الأعداء الحيوية واختيارها له.
 - 3 - الدفاع عن نفسها ضد الأخطار المختلفة.
 - 4 تكوين وإفراز الفيرومونات والكيرومونات.
- ومن هنا لابد من توفر الشروط التالية في الغذاء المقدم للأعداء الحيوية:
- 1 - أن يكون مناسباً في تركيبه الفيزيائي من حرارة، ورطوبة، وقساوة..... إلخ.
 - 2 - أن يكون مناسباً في تركيبه الكيميائي بحيث يسد كافة الاحتياجات الضرورية لجسم الحشرة. وتلعب كل من المكونات التالية دوراً بارزاً في هذه التغذية:
- الكربوهيدرات:** تعد الكربوهيدرات مصدراً للطاقة وتخزن بشكل غلوكوجين أو دهون، وتلعب دوراً مهماً في النمو وتفاعلات الاستقلاب الرئيسة والتكاثر.
- الفيتامينات:** تحتاج الحشرات إلى الفيتامينات وخاصة C و B₆ فمثلاً الفيتامين E ضروري للنمو وإنتاج الإناث، والنضج الجنسي عند الذكور وبخاصة عند حشرات ثنائية الأجنحة.

الدهون: نادراً ما تحتاجها الحشرات إلا أن بعض الأحماض الدهنية مثل اللينوليك له أهمية في تكوين الحراشف لدى الفراشات، وتساعد بعض الأحماض الدهنية في بناء أجسام كبيرة ومعدل بقاء على قيد الحياة أكبر.

البروتينات: تحتاجها للنمو والتكاثر، وتوجد 10 أحماض أمينية أساسية لا تستطيع الحشرة تصنيعها فتأخذها من الغذاء مباشرة أو عن طريق علاقات التعايش مع الكائنات الحية.

الأملاح المعدنية: يُعدُّ Mn ضرورياً عند حشرات فصيلة Ichneumonidae، حيث يرفع من خصوبة الإناث ويُساعد في وضع أكبر كمية من البيض.

3-اختيار العوائل البديلة المناسبة

Selection of Appropriate Alternative Hosts

يُعدّ اختيار العوائل الحشرية البديلة والمناسبة من أساسيات التربية الموسعة، ويجب أن يتميز العائل البديل الذي يتم إكثاره مخبرياً بعدة ميزات أهمها:

- 1 - أن يكون سهل التربية تحت الظروف المخبرية، وذا مدى عوائل نباتي واسع.
- 2 - أن يكون مقاوماً للأمراض.
- 3 - أن يتميز بمعدل تكاثر عال ودورة حياة قصيرة نسبياً وقدرة بقائية عالية.
- 4 - عدم قيامه بإفراز إفرازات غير مرغوب فيها كالندوة العسلية أو الشمع أو إفرازات قطنية.
- 5 - أن يكون من الأنواع الجاذبة للطفيليات والمفترسات، ويزيد خصوبتها ومعدل تكاثرها.

3-1-تغذية العوائل البديلة Nutrition of Alternative Hosts

تُعتبر التغذية المناسبة لعوائل الأعداء الحيوية البديلة المراد إكثارها من أهم ضروريات هذا الإكثار ويجب أن يتمتع غذاء العوائل البديلة بالمواصفات التالية:

- 1 - أن يحتوي جميع العناصر اللازمة لنمو وتطور العائل البديل.
 - 2 - أن يكون بطيء التحلل والتعفن، وذلك لعدم تغييره يومياً.
 - 3 - أن يكون سهل التداول تحت الظروف المخبرية.
 - 4 - أن يكون من المواد رخيصة الثمن، متوفراً تحت مختلف الظروف.
- قد يتكون الغذاء من مواد طبيعية كدرنات البطاطا أو ثمار القرع العسلي لتربية عوائل المفترسات عموماً. وقد يتكون من أوساط اصطناعية كالأغار، والتي ثبت نجاح تربية الطفيليات والمفترسات عليها. كما سُجِّل نجاح تربية الطفيليات والمفترسات التي تمتلك حياة رمية.

4-التغذية التكميلية ومصدر الغذاء البديل

Supplementary Nutrition and Alternative Food Sources

يتوقف نجاح برنامج مكافحة الحيوية على معدل كثافة الحشرات النافعة في الحقل، وكلما كانت عالية، كانت أقدر على خفض تعداد الآفة. وبما أن انخفاض كثافة الآفة يؤدي إلى خفض تعداد المفترسات والطفيليات، فلا بد من الحفاظ على عدد مناسب منها، من خلال توفير غذاء غير حشري يعمل كمصدر بديل للطاقة، ويشجع بقاءها وزيادة خصوبتها وإنتاجها. ويعدُّ كلُّ من رحيق الأزهار وحبوب طلحها أحد المصادر النباتية المهمة التي يمكن استخدامها في هذه التغذية. وتلعب نوعية الأزهار وبنية تركيبها وتكشف غدد رحيقها دوراً مهماً، وبذلك تلعب النباتات التي تنتج كميات كبيرة من الرحيق وحبوب اللقاح، وبخاصة مع مفترسات المن من فصيلة Syrphidae دوراً بارزاً في هذه التغذية. كما أظهرت نباتات كلُّ من الشبث *Anethum groveolens* L. والكزبرة *Coriandrum sativum* L. إقبالاً كبيراً عليها من قبل هذه المفترسات.

ومن أهم الملاحظات المسجلة في مجال التغذية التكميلية نذكر:

- 1 - يؤدي رش محلول سكري في حقول الفصة إلى زيادة تجمع وأعداد خنافس أبو العيد وأسد المن وذباب السرفيد، ويساهم في زيادة وضع الأنثى للبيض، وزيادة جذب الأعداء الحيوية.
- 2 - يساهم رش محلول خميرة متحللة مع العسل في دفع إناث أسد المن إلى وضع كميات أكبر من البيض.
- 3 - يُعدّ غبار الطلع غذاءً مهماً لبعض أنواع الأكاروسات المفترسة. فقد ساهم نثر غبار الطلع على أوراق الأشجار المثمرة في تحسن مجتمعات العناكب المفترسة لاسيما عند غياب عائلها.
- 4 - يُسبّب نثر بذور عباد الشمس المطحونة زيادة في أعداد البق ذي العيون الكبيرة في الحقل.
- 5- يجب مراعاة نوع العدو الطبيعي عند اعتماد التغذية التكميلية، ففي الوقت الذي قد تسبب التغذية على حبوب اللقاح خفض كفاءة العناكب المفترسة لحوريات الذباب الأبيض، تسبب تغذية البق المفترس من عائلة Geocoridae على قرون الفول زيادة في شراستها.
- 6- قد تسبب تغذية الأعداء الطبيعية على أزهار النبات أضراراً على المحصول، فقد ظهرت ندباً على ثمار التفاح نتيجة تغذية الأكاروس *Typhlodromus pyri* (Schuten) على أزهارها.

5-تهيئة الظروف بالمختبر Laboratory Conditions Preparation

لابد من تهيئة الظروف المثلى في المختبر بما يحقق نمو وتكاثر كل من العدو الحيوي والعائل البديل، مع إمكانية التحكم بتلك الظروف بهدف تسريع أو تأخير نموها حسب الحاجة، وبما يتوافق مع الموعد المناسب لإطلاق العدو الحيوي.

6- الخصائص السلوكية Behavioral Characteristics

يُعدُّ فهم سلوك العدو الحيوي وعائلته الذي يمكن استغلاله في إدارة موطن العدو الحيوي العامل الرئيس في نجاح التربية والمكافحة. فقد وجد أن المتطفلات تستخدم بشكل واسع موادَّ شبيهة كيميائية في موقع الآفة، أمكن استغلال العديد منها لإحداث نظام بيئي يخلق آلية مضللة تعتمد أسلوب "جذب - طرد"، يغير في الوقت ذاته من سلوك وكفاءة العدو الحيوي. فعند استخدام طفيلي البيض *Cotesia* *sesamiae* (Cameron) في مكافحة حفار ساق الذرة في أفريقيا وُجدَ Kahn et al (1997) انخفاضاً واضحاً للإصابة بحفار ساق الذرة، وزيادة في التطفل على بيض هذه الآفة عند وجود عشبة مولاس *Melinis minutiflora* (Beau) في حقل الذرة، مقارنة مع عدم وجودها. وقد عُزي ذلك إلى إفراز هذا العشب موادَّ تُثَقِّرُ إناث حفار الساق وتجذب إناث الطفيل. ولابد كذلك من معرفة الخصائص السلوكية للعائل وغذائه بحيث يتم استبعاد الحشرات التي تمتلك عادات سلوكية خاصة كبناء الخلايا أو الأعشاش، أو التي تحتاج عوائل ضخمة أو مساحات كبيرة، أو التي تقل خصوبتها تحت الظروف المخبرية عن خصوبتها الموروثة، واستبعاد الأنواع التي تمتلك فترة سكون طويلة، أو تتصف بالتطفل المتزايد أو الافتراس الذاتي.

7- الوقاية من التلوث Protecting from Contamination

تُعدُّ أوساط تربية الأعداء الحيوية أكثر عرضة للتلوث. فقد تتعرض تحت الظروف المخبرية للإصابة بالكائنات الممرضة مثل الفطور والفيروسات بسرعة، وذلك بسبب ظروف الاحتكاك العالية فيما بينها، مما يشجع انتقال العدوى، وخفض خصوبة هذه الأعداء وطول عمرها، دون أن تسبب موتها مباشرة. علاوة على أن تلك المستعمرات الملوثة تكون صعبة التنظيف، وقد تشجع انتشار ظاهرتي الافتراس الذاتي، وفوق التطفل، ويزيد التلوث بعدة أنواع من المستعمرات من مشاكل التربية وربما فشلها لصعوبة تنظيفها.

ولابد للوقاية من التلوث من مراعاة النقاط التالية:

- 1 - العمل على تحقيق واستمرار النظافة العامة في المختبر .
- 2 - التخلص من مخلفات التربية بشكل أصولي .
- 3 - القضاء على مصادر التلوث بالأماكن المجاورة للمختبر .
- 4 - إجراء التعقيم الدوري للأجهزة والأدوات المستخدمة في التربية .
- 5 - استعمال وحدات صغيرة للتربية واستبعاد ما يتلوث منها فوراً .



الفصل الخامس

التحسين الوراثي والتخصص الطفيلي

Genetic Improvement and Parasitic Specializing

أولاً: التحسين الوراثي للأعداء الحيوية

Genetic Improvement for Natural Enemies

تشجع التربية الموسعة تحت الظروف المخبرية، والكثافة العالية للعائل، أو الغذاء البديل، والإضاءة الاصطناعية تأقلم الأعداء الحيوية مع كيرومونات عائل التربية، أو الكيرومونات المعزولة والمستخدمة على هيئة مواد كيميائية، مما قد يؤدي إلى خفض قدرة الأعداء الحيوية الطبيعية على الطيران نتيجة لسهولة إيجاد العائل من خلال المشي، أو خفض كفاءتها الحقلية في البحث وتمييز العائل أو مهاجمته، وقد تؤدي هذه التربية إلى تدهور الصفات الوراثية المتمثلة في مقاومة هذه الأعداء للمبيدات الكيميائية، وبذلك تكون عملية التحسين الوراثي لهذه الأحياء على غاية من الأهمية.

ويتمثل التحدي الرئيس في منشأة التربية الموسعة للأعداء الحيوية في عملية الانتخاب لبقاء هذه الأعداء على قيد الحياة، والمحافظة على شراستها تحت ظروف الحقل الطبيعية، وبذلك يهدف التحسين الوراثي للأعداء الحيوية الطبيعية إلى الاستفادة القصوى منها من خلال تطوير فعاليتها الوراثية، ويتم ذلك بطريقتين:

1 - زيادة التباين الوراثي Genetic Diversity

يتم من خلال اختيار سلالة أو عدة سلالات من العدو الحيوي التي تُظهر كفاءة عالية بموقع ما، ومن ثم نشرها بطريقة التوطن الدوري لمكافحة آفات ذات توزيع مكاني متباين، مما يدفع باتجاه تجمع جيني متباين داخل أفراد النوع النافع، ويوجه للانتخاب الطبيعي مؤدياً إلى التحسين الوراثي لهذا النوع.

2 - التربية الانتخابية Selectivity Rearing

يتم تحت الظروف المخبرية إخضاع عملية التربية الموسعة للأعداء الحيوية الطبيعية للانتخاب من أجل التحسين الوراثي، ومن ثم تربية الأفراد المنتقاة، ونشرها وتوطيئها. فمثلاً، يتم تعريض النيماتودا للانتخاب لتحسين قدرتها على الحركة وإيجاد العائل، والذباب والعناكب المفترسة لخفض معدلات السكون لديها، وانتخاب بقية أنواع الأعداء الحيوية لمقاومة آثار المبيدات الكيميائية.

2-1- صعوبات التربية الانتخابية:

- 1- ثُوَاجِه التربية الانتخابية بعض الصعوبات، ومن أهمّها:
- 1- قلة كمية المعلومات المتوفرة حول التباين الوراثي للنوع النافع.
- 2- احتمال ظهور صفات ضارة تُنتخب نتيجة ارتباطها تلقائياً مع الصفات المرغوبة.
- 3- إمكانية ارتداد السلالة المخبرية عقب التوطين البيئي بعودتها نحو النمط البري.
- 4- إمكانية تحول السلالة بالانتخاب الطبيعي إلى سلالة أكثر موائمة وأقل شراسة.

وعلى الرغم من هذه الصعوبات، فقد أمكن التوصل إلى إنتاج أفراد من عناكب Phytoseiidae لا تدخل في طور سكون، وتم الحصول على الأكاروس *Aphidoletes aphidimyza* (midge) لاستخدامه في البيوت المحمية في المناطق الباردة أثناء فصل الشتاء. إضافة إلى تطوير سلالات من العناكب المفترسة مقاومة لمبيدات الآفات لإطلاقها في المحاصيل التي تتطلب استخدام المبيدات لمكافحة آفات أخرى غير مقصودة في مكافحة.

مع التقدم في تطبيقات الهندسة الوراثية، تم تطوير سلالات ذات كفاءة عالية لاسيما ممرضات الآفات الفطرية، البكتيرية (الجرثومية)، الفيروسية، والنيماتودا، ساهمت في تغيير شراستها أو مجالها العائلي كما في الفيروسات

العصوية *Baculoviruses* والجرثومة *Bacillus thuringiensis* (Berliner). فقد تمكن Stewart وزملائه (1991) من إنتاج سلالات فيروسية أكثر قدرة على إصابة الآفات، وذلك من خلال دمج جينات سم العقرب (Scorpion Toxin Genes) في الشيفرة الوراثية للفيروسات متعددة السطوح النووية (NPV) الممرضة لدودة البرسيم الحجازي (*Autographa californica* (Speyer)، وكان الهدف إنتاج سم عصبي حشري متخصص، وزيادة المدى العوائل لهذه الفيروسات. وعلى الرغم من التقدم الكبير في مجال تقانات الهندسة الوراثية، إلا أنها لا تزال دون الحد المتوقع منه في مجال التربية والتحسين الوراثي للأعداء الحيوية الطبيعية.

ثانياً: التخصص الطفيلي Parasitic Specialization

تُعد دراسة التخصص الطفيلي من المواضيع المهمة في فهم بيولوجيا الطفيليات، وتعتمد على علوم عديدة، منها علمي البيئة والتصنيف. لقد اعتُقد سابقاً بتخصص كل نوع طفيلي بعائل محدد فقط، وتم تصنيف كل نوع يخرج من عائل ما على أنه نوع مختلف. إلا أنه قد وُجد بأن التخصص عند بعض الطفيليات أكثر اتساعاً، بحيث تهاجم بعض الأعداء الحيوية عدة عوائل معاً، مما يقودنا لمفهوم تعدد العوائل أو تعدد التغذية. وبناءً عليه يمكن تقسيم التخصص الطفيلي إلى عدة مستويات تبعاً للتخصص العائلي Host Specificity إلى:

- 1- أنواع شديدة التخصص: وهي طفيليات متخصصة بصورة دقيقة على عائل واحد.
- 2- أنواع متخصصة: تهاجم عوائل تتبع لجنس معين، وبذلك تُعد طفيليات متخصصة.
- 3- أنواع غير متخصصة: تهاجم عوائل تتبع إلى رتب حشرية مختلفة، وبذلك تُعد طفيليات غير متخصصة أو ذات تخصص واسع.

وعلى العموم، يمكن اعتبار التطفل نتيجة تفاعل عوامل مختلفة، ترتبط باحتياجات العائل والطفيلي داخل مجموعة بيئية خاصة. ولابد للنوعين من التوافق في أوجه عديدة أهمها: التواجد في الفصل نفسه من العام، وتحت الظروف البيئية ذاتها. وفي المنطقة الجغرافية عينها دون وجود عوائق أو حواجز، سواء كانت هذه العوائق أو الحواجز فيزيائية أو سلوكية أو فيزيولوجية أو غذائية.

1- سلوك أنثى الطفيلي ودورها في التخصص الطفيلي:

تختلف سلوكية أنثى الطفيلي تحت ظروف المختبر مقارنة مع الظروف الطبيعية. ففي الظروف المخبرية تزول حواجز الزمان والمكان التي يمكن مواجهتها في الطبيعة وتفرّق بين الطفيلي وعائله. فالدراسة المخبرية تقدم معلومات أولية عن نشاط وكفاءة أنثى الطفيلي، وخصائصها الحيوية كالخصوبة، وفترة الإباضة وطول دورة الحياة، وتخصصها الطفيلي وعدد أجيالها وغيرها. إلا أن سلوك الأنثى في الطبيعة قد يختلف عنه في المختبر، فقد يهاجم الطفيلي بعض عوائله التي يمكنه التكاثر عليها تحت ظروف المختبر، ويفشل في إيجاد بعض عوائله وتمييزها تحت ظروف الحقل الطبيعية، على الرغم من ملائمة الظروف. وبناءً عليه، وللحصول على النتائج المرجوة من المكافحة الحيوية، لابد من دراسة سلوك أنثى الطفيلي في الحقل، وتحديد قدرتها على البحث والتفتيش عن عائلها، ومقدرتها على التكيف في البيئة الجديدة، ومن ثم التوصل إلى التوازن الحيوي بينها وبين العائل في منطقة معينة.

2- تحديد عوائل الطفيلي: بيّن كلٌّ من العالمين سالت في عام 1937 وفلاندوز عام 1955 بأنّ الطفيلي يتحدد نشاطه واختياره بعدد من العوامل التي تتفاعل في الطبيعة. ومن أهم العوامل التي تؤثر في تحديد عوائل الطفيلي نذكر:

2-1-الاختيار البيئي Ecological Selection:

ويتمثل في التوافق البيئي بين العائل والطفيلي، بحيث يتوافق الطفيلي مع وسط معيشة العائل لضمان حدوث الالتقاء واستمراره. وبصورة عامة، يبحث الطفيلي في وسط معين بصورة مستقلة عن وجود عائله في هذا الوسط أو عدمه. فقد لا تواجه الطفيليات عوائلها وتضع بيضها في مكان وجودها. فمثلاً، ينجذب طفيلي ذباب اللحم *Alysia manducator* (Panzer) إلى جيف الحيوانات المتفسخة بغض النظر عن وجود أو غياب يرقات ذبابة اللحم، حيث تعمل الرائحة المنبعثة من هذه الجيف على جذب الطفيلي. وعلاوة على الرائحة، تلعب بعض العوامل دوراً بارزاً في جذب الطفيلي إلى بيئة عائله ومن هذه العوامل نذكر:

أ- فترة ما قبل الإباضة Pre Oviposition:

يرتبط انجذاب الطفيلي إلى بيئة معينة بتطور البيض في الأنابيب البيضية، فمثلاً تخرج أنثى الطفيلي *Aphidius matricariae* التي تتطفل على مَن الدَّرَاق الأخضر *Myzus persicae* (Sulzer) من طور العذراء؛ ويكون قد نضج لديها عدد كبير من البيض، لذلك تبحث مباشرة عن وسط معيشة العائل، ويساعدها في ذلك رائحة الندوة العسلية المنبعثة منه.

ب-تأثير العائل النباتي Host Plant Influence:

يؤثر العائل النباتي في جذب الطفيلي إليه بغض النظر عن وجود عائله الحشري أو عدم وجوده. فقد وُجد أن الطفيلي *A. matricariae* يتطفل في الطبيعة على مَن الدَّرَاق الأخضر وهو على عوائله من الفصيلة الباذنجانية Solanaceae، وعلى نبات الفول بعد إطلاقه مباشرة. وكان ينجذب إلى مَن الدَّرَاق وهو على نبات الباذنجان بنسبة أكبر، وتصل نسبة تطفله عليه إلى 100%، في حين يكون تطفله على هذه الحشرة وهي على نبات الفول منخفضاً.

ومن العوامل التي تؤثر في جذب الطفيلي إلى العائل النباتي نذكر:

1- الشكل العام للنبات ورائحته **General Shape and Plant Odor**:

وُجِدَ أن الطفيلي *Eurytoma curta* (Walker) يطير تحت الظروف الطبيعية ببطء للوصول إلى عائله الذي يشكل الأورام النباتية على النورات الزهرية للأعشاب ويتطفل عليه. وبذلك تستطيع أنثى هذا الطفيلي تمييز الشكل العام للنورة الزهرية للنبات كجزء له دلالة بالنسبة إليها، وتحدد على أساسه وجود عائلها من عدمه.

2- آثار تغذية العائل الحشري **Feeding Effects of the Pests**:

يحدد الطفيلي *Apanteles medicaginis* (Muesbeck) هجومه داخل الحقل على عائله (أبو دقيق الفصة) *Colias eurytheme* (Boisduval) من خلال آثار تغذية يرقاته على أوراق الفصة.

3- نضج محصول العائل النباتي **Maturity of the Crop Products**:

يساعد نضج محصول العائل النباتي في جذب الطفيليات. ففي حالة الطفيلي *Opius oophilus* (Fullaway) الذي يتطفل على ذبابة الثمار الشرقية *Dacus dorsalis* (Hendel). تتبعث من الثمار الناضجة رائحة خاصة تجذب الذباب لوضع بيضه، والطفيلي لوضع بيضه أيضاً، وبذلك ينتج عن ذلك نسبة تطفل عالية.

2-2- الاختيار السلوكي **Psychological Selection**:

ويُسمى الاختيار الغريزي وهي صفة تميز طفيليات غشائية الأجنحة التي تمتلك جهازاً عصبياً متطوراً. حيث يعتمد اختيار الأنثى للعائل على استجابتها لعوامل غريزية وسلوكية من أهمها:

1- اكتشاف العائل **Host Finding**:

يتوجب على أنثى الطفيلي عند وجودها في بيئة العائل البحث الفعلي عنه لتضع فيه أو عليه بيضها لضمان بقاء ذريتها. ويتم هذا البحث غالباً بصورة

عشوائية، ثم بشكل موجّه. إذ تتحرك الكثير من المتطفلات في مكان وجود عائنها عشوائياً إلى أن تجد أول عائل لها، ثم توجه حركتها لتزيد من فرصة إيجادها. وهنا تلعب حواس الحشرة دوراً بارزاً في تمييز العائل، كحاسة اللمس والشم، التي تساعد طفيليات بعض يرقات حرشفية الأجنحة على الاهتداء إلى عائنها. فمثلاً، تنجذب أنثى طفيلي البمبلا *Pimpla roborator* (Pimpro) إلى عصير اليرقات المحطمة لديدان لوز القطن القرنفلية *Pectinophora gossypiella* (Saunders).

2- قبول العائل Host Acceptance:

يعود قبول العائل من قبل الطفيلي إلى سلوكيته الغريزية. وتتأثر السلوكية الغريزية في قبول الطفيلي أو المفترس لعائله بمجموعة من العوامل منها:

أ- سلوك العائل Host Behavior:

يختلف سلوك العائل تجاه هجوم الطفيل حسب طور نموه وموضع التطفل. فالأطوار الأولى تحاول الهرب من الطفيلي أثناء تطفله عليها، وتبدي الأطوار المتقدمة، والحشرات الكاملة، رد فعل دفاعي عند هجوم الطفيلي. ولا تفترس حشرات فرس النبي والرّعاشات عائنها إلا بعد أن يتحرك.

ب- رائحة العائل Host Odor:

تلعب رائحة العائل شكله وحجمه وحالته الفيزيولوجية وإنتاجه لبعض المواد كيميائية، دوراً مهماً في قبول العائل ومهاجمته من قبل الطفيلي. وإذا صادفت أنثى الطفيلي *Aphidius matricariae* (Haliday) عند وضعها البيض عائلاً جديداً لا تهاجمه عادة في الطبيعة، مثل من القمح الإنكليزي *Sitobion avenae* (F.) فإنها لا تضع بيضها عليه وتتفر منه، إلا أنها تحت ضغط الإباضة الشديد، وللحفاظ على نسلها تضع بعض البيض في هذا العائل الجديد.

ج- سلوك الطفيلي Parasitoid Behavior:

قد يجد الطفيلي عائله الملائم غير أنه يرفض مهاجمته. فالطفيلي *Bracon* مثلاً يتنبه لتسمم يرقات عائله بالمبيد الحشري، ويتجنب وضع بيضه داخلها. كما

أن طفيليات البيض من جنس *Trichogramma* ترفض مهاجمة بيض العائل الملائم، والذي تركته الأنثى عند زيارتها. حيث تستطيع العديد من الطفيليات التمييز بين العوائل المتطفل عليها والعوائل السليمة، وذلك بسبب وجود أعضاء حس خاصة على آلة وضع البيض عند مثل هذه المتطفلات، تستطيع من خلالها تحسس وتمييز المواد الكيميائية التي تطلقها أفراد النوع ذاته عند القيام بوضع البيض.

2-3- الاختيار الوظيفي أو الفيزيولوجي Physiological Selection:

يتضمن الاختيار الوظيفي تحديد ملائمة العائل *Host Suitability* لتطور نسل الطفيلي. فقد يجد الطفيلي العائل المناسب في وسط معيشته، وقد يختاره للهجوم عليه، وعلى الرغم من ذلك قد لا تتجح العلاقة بين الطفيلي وعائله ويعود ذلك إلى:

- (1) قد يكون العائل منيعاً أو غير مناسب لنمو نسل الطفيلي.
- (2) قد يهرب العائل من الطفيلي عند محاولته وضع البيض داخله أو عليه.
- (3) قد يكون للعائل تركيب مورفولوجي معين كأن يكون جدار جسمه قاسياً أو توجد عليه أشعارٌ غزيرة.
- (4) قد يقوم العائل بإطلاق إفرازات خارجية مانعة. فقد يفرز العائل أنزيمات تؤثر في بيض الطفيلي تمنع فقس البيض أو تمنع نمو يرقات الطفيلي الفاقسة.
- (5) قد يكون العائل غير ملائم فيزيولوجياً للطفيلي من الناحية الغذائية.

الفصل السادس

Predators المفترسات

تقتل المفترسات خلال دورة حياتها الحيوانات الحية وتأكلها لتغذيتها وتطورها وتكاثرها. وعلى عكس المتطفلات، تُعد مفترسات الحشرات أكبر حجماً من فرائسها وتحتاج لأكثر من فريسة واحدة لإكمال دورة حياتها. كما أن نشاطها ليلي، وهي عالمية الانتشار، وتؤثر إلى حد ما في جميع الآفات الزراعية في بيئاتها المختلفة. تأكل يرقات المفترسات عادة فرائسها للتطور والنمو في حين تأكلها البالغات للحفاظ على النوع والتكاثر. وتتطلب الإدارة الذكية لتركيبية المفترسات في البيئة الزراعية معرفة تصنيفها، وبيولوجيتها وتخصصها ومعدلات افتراسها. ويمكن أن يُعرّف الافتراس Predation على أنه مهاجمة كائن حي يُسمى المفترس Predator لكائن حي آخر يُدعى الفريسة Prey ليتغذى عليه، أو يغذي صغاره بشكل جزئي أو كلي مسبباً موته في النهاية.

أولاً: أقسام المفترسات Groups of Predators

يمكن وضع المفترسات تبعاً لأنواعها وتخصصها في عدة مجموعات وهي:

1- تبعاً لنوع المفترس Predator Kind

تُقسم المفترسات تبعاً لنوعها إلى مجموعتين واسعتين هما:

أ- المفترسات غير الحشرية Non-Insect Predators

تضم هذه المفترسات عدة مجموعات وهي (الشكل 7):

1- العناكب المفترسة Predatory Mites

تُعد العناكب ذات أهمية كبيرة في مكافحة الحيوية للآفات الحشرية، وقد تصل أعدادها في الظروف الملائمة إلى أكثر من 1000 فرد/م². وتحتل أهمية كبيرة لاسيما في مكافحة بعض أنواع الحلم وحشرات المحاصيل والأشجار المثمرة.

تتنوع العناكب المفترسة في 27 فصيلة، تتغذى على اللافقاريات ومنها الحشرات. تحتل 8 فصائل منها أهمية خاصة في مكافحة الحيوية للحشرات وهي: Phytoseiidae، Stigmaeidae، Anystidae، Bdellidae، Cheyletidae، Hemisarcopidae، Laelapidae، و Macrochelidae. وتُعدّ فصيلة Phytoseiidae أكثر استخداماً في مكافحة الحيوية من بين هذه الفصائل.

2- القواقع المفترسة Predatory Snails

استُخدمت بعض القواقع أو الحلزونات المفترسة في مكافحة الحيوية للقواقع النباتية. وقد أظهر الحلزون *Rumina decollata* (Risso) كفاءة عالية في مكافحة حلزون الحقائق البني *Helix aspersa* (Muller) في كاليفورنيا دون أية أضرار على الحلزونات المحلية غير المقصودة في المكافحة.

3- الفقاريات المفترسة Predatory Vertebrates

تتغذى العديد من الطيور والثدييات والفقاريات الأخرى الصغيرة على الحشرات، إلا أنها بسبب حاجتها الغذائية الكبيرة تُعدّ غير آمنة كعوامل مكافحة حيوية. وتساعد حماية وتعزيز الطيور والثدييات في البيئات المعمرة كالغابات، على زيادة موت الآفات. كما استُخدمت الأسماك بكفاءة عالية في مكافحة يرقات البعوض في بعض البيئات، وأظهر سمك البعوض *Gambusia affinis* (Baird & Girard) والسمك الملون *Poecilia reticulata* (Peters) كفاءة عالية في مكافحة يرقات البعوض، إلا أنه قد يؤثر في السمك المحلي من خلال المنافسة.

4- الديدان المفترسة Predatory Nematodes

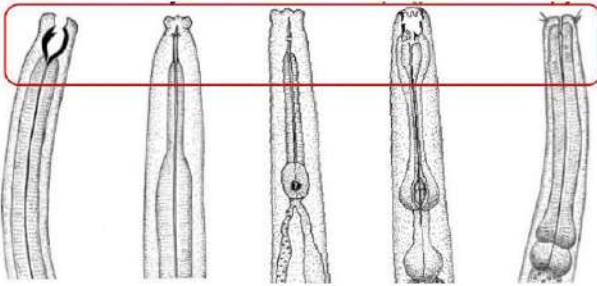
تمتلك الديدان المفترسة تجويفاً فموباً عريضاً ومنتسعاً، وغالباً ما يُزوّد بأسنانٍ حادة أو بروزات مدببة تُمكنها من تقطيع فريستها وابتلاعها، أو تمتلاك سناً

واحداً كبيراً كما في *Mononchus* sp. تقطّع بها فريستها. ويُزوّد بعضها الآخر برمح تُقرز عبره سموماً عصبية كما في النيماتودا *Seinura* sp. تشل بها فريستها قبل التغذية عليها. وتُعدّ النيماتودا المفترسة متعددة التغذية عموماً باستثناء النوع *Seinura* sp. والذي يُعدّ وحيد العائل.



(ب)

(أ)



(د)



(ج)

الشكل (7): المفترسات غير الحشرية المسجلة في مكافحة الحبيوة للآفات.
 (أ): سمك البعوض *Gambusia affinis*. (ب): الحلزون المفترس *Rumina decollata* (Risso).
 (ج): العناكب المفترسة *Neoseiulus californicus*. (د): التجويف الفموي عند النيماتودا المفترسة.

ب- الحشرات المفترسة Predatory Insects

تُعدّ عادة الافتراس أكثر شيوعاً لدى الحشرات من عادة التطفل. وتتوزع الحشرات المفترسة في أكثر من 8 رتب، تختلف فيما بينها بطريقة الافتراس

والفريسة المستهدفة. وتُعد رتب نصفية الأجنحة Hemiptera، وغمدية الأجنحة Coleoptera، وغشائية الأجنحة Hymenoptera، وثنائية الأجنحة Diptera، الأكثر أهمية في مجال مكافحة الحيوية، إذ تضم أكثر من 30 فصيلة تعتبر حشرات مفترسة. ومن الفصائل المهمة والمستخدمه في مكافحة الحيوية للآفات الحشرية نذكر: بق الأزهار (بق القرصان الصغير) Anthocoridae، البق الرقيق ذا الخصر Nabidae، البق النحيل ذا الأرجل الخيطية Reduviidae، البق كبير العيون Geocoridae، الخنافس الأرضية الجواله Carabidae، خنافس أبو العيد Coccinellidae، الخنافس الماصة للعصاره Nitidulidae، الخنافس الرواغة Staphylinidae، أسد المن Chrysopidae، فصيلة النمل Formicidae، هاموش الأورام النباتية Cecidomyiidae، والسرفيد أو الذباب الطنان Syrphidae.

2- تبعاً لتخصص المفترس Predator Specialty

تفتقر بعض الآفات الزراعية إلى المتطفلات، وبذلك تُعد المفترسات الوسيلة الوحيدة والفعالة لمكافحتها. كما في حشرات عائلة Adelgidae، والعناكب النباتية، والتي تتغذى عليها كل من العناكب المفترسة، وخنافس أبو العيد والترس وغيرها.

وتُقسم الحشرات المفترسة تبعاً لتخصصها إلى:

2-1- المفترسات العامة Generalist (Polyphagous) Predators

تشكل هذه المفترسات مصدراً مهماً للمكافحة الطبيعية للآفات، ويمكن تعزيز دورها من خلال الصيانة والإطلاق التلقائي أو الكثيف. ويمكن تعريف المفترس العام Generalist Predator على أنه المفترس الذي يتغذى على أنواع مختلفة من الفرائس تتبع لعوائل تصنيفية مختلفة. ويكون لهذه المفترسات فوائد عديدة في مكافحة الحيوية للأسباب التالية:

- 1) تهاجم مراحل تطويرية متعددة للفريسة، كالبيض واليرقات أو الحوريات والبالغات، وتخفض الحاجة إلى تزامن وجود المفترس مع مراحل تطويرية خاصة ومحددة من دورة حياة الآفة.
- 2) يؤمن المدى العوائلي الواسع التغذية البديلة للفريسة، مما يشجع على إحداث تأثير سريع في الآفة في حالة تزايدها الفجائي.
- 3) تستمر في تركيبة تضم مجموعة من المفترسات أكبر وأكثر تنوعاً في النظم الزراعية الحولية، وذلك لتنوع عوائلها وعدم اعتمادها على فريسة واحدة.
- 4) امتلاكها قدرة بحث تسمح لها بتحديد موقع فريستها عند كثافتها المنخفضة.
- 5) تظهر تناوبات مهمة في دورة حياتها عند ندرة الغذاء، ما بين البقاء على قيد الحياة والتطور وما بين الخصوبة والنجاة. مما يسمح لها بالبقاء بمعدلات تزايد منخفضة، والمحافظة على أفرادها في المحاصيل الزراعية عند معدلات افتراس منخفضة.

وتقسم المفترسات العامة إلى مجموعتين رئيسيتين هما:

أ- المفترسات العامة في المحاصيل الحولية

Generalist Predators in Annual Crops

تؤثر الطبيعة العابرة للمحاصيل الحولية وما يرافقها من ممارسات زراعية (فلاحة ومكافحة الآفات والأعشاب، والحصاد، وحرق بقايا المحاصيل، والدورات الزراعية وغيرها) بشدة في أعداد المفترسات وتنوعها وكفاءتها. وللمحافظة على كفاءة عالية لهذه المفترسات في مثل هذه البيئات لابد أن يتصف المفترس بالصفات التالية:

1. أن يمتلك قدرة استيطان وتكوين مستعمرات سريعة لمواكبة تغيرات مجتمع الآفة في التعاقب المحصولي والمحافظة عليه عند مستوى معين.
2. أن يكون قادراً على الاستمرار والمثابرة في المحصول عند ندرة الفريسة الرئيسة.

3. أن يمتلك عادات تغذية مرنة تمكنه من اكتشاف واستغلال مصادر الغذاء الجديدة بسرعة.
4. أن يمتلك كفاءة تكاثرية، وانتشاراً عالياً إلى جانب قابلية تداخل أو تضارب منخفضة مع الأعداء الأخرى.

ب-المفترسات العامة في المحاصيل المعمرة

Generalist Predators in Perennial Crops

تتأثر الأعداء الطبيعية بدرجة أقل بالممارسات الزراعية في المحاصيل المعمرة، وتقوم بمكافحة جزئية أو كلية للآفات، مثل البق الدقيقي، والحشرات القشرية، والعنكبوت الأحمر، وذلك على محاصيل عديدة كالخوخ، والعنب، والحمضيات، والتفاحيات، واللوزيات، وأشجار الظل والأشجار الحراجية. وتكون آفات المجموع الخضري ذات المراحل التطورية المكشوفة أكثر عرضة لهجوم المفترسات مقارنة مع آفات الثمار، والآفات ذات المراحل التطورية المخفية أو غير الواضحة.

يمكن تعطيل برامج مكافحة الحيوية بالمفترسات العامة في المحاصيل المعمرة عند تزايد هجمات آفات جديدة، قد تكون أهدافاً ضعيفة للمفترسات، كحشرات الترس أو حفارات الثمار أو تلك التي لها عتبة اقتصادية منخفضة لا يمكن الوصول إليها بوسائل مكافحة الحيوية كما في الحشرات الناقلة لأمراض النبات.

2-2-المفترسات المتخصصة Specialized Predators

لا يمكن في كثير من الأحيان مقاومة غزو الآفات الجديدة بكفاءة من قبل المفترسات العامة، لذلك لا بد من إدخال أنواع متخصصة كالمتطفلات Parasitoids، إلا أن بعض المجموعات الحشرية تقتصر إلى المتطفلات كحشرات Adelgidae وغيرها. لذلك تعتمد مكافحتها على إدخال مفترسات متخصصة، وإدخال مثل هذه

المفترسات غالباً ما يكون ضد الآفات المستقرة والتي لا تمر بفترة سكون، وترتبط بنظم زراعية معمرة كبساتين الأشجار المثمرة.

يُفضل أن تتصف المفترسات المتخصصة الأكثر نجاحاً في مكافحة الحيوية بما يلي:

- (1) أكثر شراهة للافتراس.
- (2) ألا تمتلك فترة سكون، وتعطي عدة أجيال.
- (3) أن تتغذى بالغاتها على عوائل محدودة.
- (4) أن تعيش وتضطاد لفترة طويلة.

تُقسم المفترسات المتخصصة إلى مجموعتين رئيسيتين هما:

(أ) مفترسات وحيدة العائل Monophagous Predators:

وهي مفترسات تتغذى على نوع واحد من الآفات، وهي أكثر قبولاً في مكافحة الحيوية لعدم تأثيرها في الآفات الأخرى. كالمفترس *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) الأكاروسات الحمراء.

(ب) مفترسات محدودة العوائل Stenophagous Predators:

وهي مفترسات تهاجم عدداً محدوداً من الفرائس تتبع جنساً واحداً أو عائلة واحدة. مثل خنفساء الفيداليا (*Rodolia cardinalis* (Mulsant) التي كانت أكثر استخداماً على المستوى العالمي في مكافحة حشرة البق الدقيقي الأسترالي والأنواع القريبة منها لكفاءتها العالية ومحدودية عوائلها، وخنفس أبو العيد من عائلة Coccinellidae وكذلك أسد المن من عائلة Chrysopidae الذي يهاجم العديد من أنواع المن أو التريس ويتغذى على أنواع مختلفة من الأكاروسات من عائلة Tetranychidae.

بينت الدراسات المكثفة لعناكب عائلة Phytoseiidae امتلاك أفرادها أربعة نماذج من دورة الحياة ترتبط بالغذاء، وتختلف في تخصصها النسبي على عوائلها وهي:

- 1- مفترسات متخصصة بالعناكب النباتية من جنس *Tetranychus* يمثلها الجنس *Phytoseiulus* لا سيما النوع (*Athias-Henriot*) *P. persimilis*، ويستخدم بانتظام لمكافحة العنكبوت الأحمر ذي النقطتين *T. urticae* على المحاصيل الحولية في الحقل والبيت المحمي.
- 2- مفترسات اختيارية متخصصة بعناكب *Tetranychidae* يمثلها في المقام الأول أنواع الجنس *Neoseiulus* و *Galendromus*. وقد أدى الإطلاق الكثيف للنوعين (*McGregor*) *N. californicus* و (*Chant*) *G. helveolus* إلى مكافحة فعالة للحلم الفارسي (*Tuttle*) *Oligonychus perseae*، ويلعب معدل الإطلاق وتكراره وموعده دوراً مهماً في المكافحة.
- 3- مفترسات عامة تبدي ارتباطاً عالياً ببعض العوائل النباتية تجعلها أكثر تخصصاً وظيفياً، ويمثلها أجناس الفصيلة *Phytoseiidae* لاسيما النوع (*De Leon*) *Typhlodromalus aripo* الذي أظهر مكافحة فعالة لحلم الكسّافا الأخضر (*Bondar*) *Mononychellus tanajoa* في أفريقيا.
- 4- مفترسات متخصصة على حبوب اللقاح إلى جانب تغذيتها على العناكب والترس، ويمثلها الجنس *Euseius*، وتعتمد كثافته على توفر حبوب اللقاح أكثر من وفرة الفريسة، وبذلك يتم دعم هذه المجموعة بتقديم غذاء ذي مصدر نباتي. تكوّن المفترسات المتخصصة الناجحة والفعالة مجتمعاتٍ تتغير كثافتها بمعدلات تساوي أو تزيد عن كثافة مجتمع الآفة، وقد تستوطن بسرعة أكبر مقارنة مع المفترسات العامة التي قد تهدد الأنواع المرغوبة وغير المستهدفة بالمكافحة من خلال المنافسة أو التداخل بالافتراس.

ثانياً: الافتراس وآليات الدفاع Predation and Defense Strategies

إضافة إلى دفاعات الفريسة، يوجد للمفترسات العديد من الأعداء الطبيعية، وعليها حماية أطوار حياتها المختلفة من هجومها من ناحية، والتغلب على دفاعات الفريسة من ناحية ثانية. وبذلك نجد نوعين من الدفاعات تخص كلاً من المفترس والفريسة على حدٍ سواء. نبين أهمها وفق الآتي:

1- دفاعات المفترس Predator Defenses

من أهم أساليب دفاع المفترسات نذكر:

- 1- تحمي بعض مفترسات شبكية الأجنحة بيضها بوضعه على سويقات طويلة غير واضحة للمفترسات التي تسير على أسطح الأوراق، وتجعل من الصعوبة مهاجمته من قبل المتطفلات.
- 2- تُموه يرقات بعض مفترسات شبكية الأجنحة ذاتها بأجزاء من الفريسة أو جلود الانسلاخ أو بقايا النبات، فهي تمسك بها بزوائد تشبه الخطاف في مؤخرتها، كما وتغطي يرقاتها التي تفترس النمل بشمع الفريسة كتمويه كيميائي للهروب من أعدائها.
- 3- تلجأ العديد من المفترسات إلى دفاعات كيميائية. فمثلاً، يُغطى بيض مفترسات شبكية الأجنحة بطبقة من مواد زيتية. وتطلق بعض بالغاتها روائح كريهة منفرة من غدد شرجية متخصصة.
- 4- تلجأ خنافس أبو العيد للخداع حيث تتظاهر بالموت عند مهاجمتها، وقد تطلق قطرات من سوائل كريهة الرائحة من مفاصل أرجلها، وغالباً ما تتراقق بتلونات زاهية حمراء أو سوداء لامعة.
- 5- تحمي المفترسات التي لا تطلق دفاعات كيميائية ذاتها إما بالسقوط من على النباتات، أو تقلد بعض أنواعها تلون الأنواع المحمية كيميائياً.

6- تعتمد بعض الأنواع وسائل دفاع مختلفة كالهرب مستغلة سرعتها وخفتها كخنافس النمر المفترسة من عائلة Cicindelidae، أو تكوّن قشرة سميكة كحاجز واقٍ لها كما في الخنافس Carabidae.

2- دفاعات الفريسة Prey Defenses

تواجه الحشرات مخاطر أعدائها المفترسة منها والمتطفلة ومسببات الأمراض بوسائل متنوعة تساعد في منع أو تجنب إلحاق الضرر بها، بوسيلتين أساسيتين هما:

أ- وسائل دفاع خارجية Ecto-defence mechanisms

من أهم وسائل دفاع الفرائس الخارجية تجاه المفترسات نذكر:

- 1) استخدام وسائل دفاع المفترس ذاتها كتجنب الاكتشاف بالتمويه والتلون.
- 2) تشكيل تجمعات بكثافات عالية تجنبها مخاطر الافتراس، أو تطلق فرمونات تحذيرية تقلل خطرهما. فمثلاً يطلق المَنّ فرمونات تحذر من نوع الخطر، تحفز المشي أو القفز من مناطق النبات ذات الخطر المرتفع.
- 3) دفاعات ما بعد الاكتشاف: وتتمثل بالدفاعات الكيميائية أو الميكانيكية والتقليد اللوني، أو الخداع كتقليد الموت أو حبس الأنفاس.
- 4) تطلق حشرات المن مادة شمعية تعيق حركة المفترس، أو تلجأ للركل بأرجلها لطرده من النبات.
- 5) تجند بعض الآفات كالنمل مثلاً حراساً للحماية من المفترسات، وتقدم لها مكافآت غذائية كالندوة العسلية لقاء خدماتها هذه.

ب- وسائل دفاع داخلية Endo-Defense Mechanisms

قد تتمكن العديد من الأعداء الحيوية كالطفيليات والممرضات من اختراق جسم الحشرة وغزو تجويف الجسم والوصول إلى مواقع التأثير، لتتغذى على

محتويات الدم وأنسجة الجسم المختلفة. لذلك تُعدُّ مكونات سائل الجسم إحدى وسائل إيقاف تأثير مثل هذه الأعداء.

ومن أهم وسائل دفاع الفرائس الداخلية:

1- الالتهام أو البلعمة Phagocytosis:

تقوم خلايا الدم بإحاطة الجسم الغريب من وحيدات الخلايا بثلاث طرائق:

(أ) تكوين الأكياس الملتهمة (الحوصلات): تتكون من غشاء الخلية وتلتهم الأجسام الغريبة.

(ب) تكوين الأقدام الكاذبة: تنشأ في هذه الطريقة أنابيب تمتد من خلايا الدم وتحيط بالأجسام الغريبة على هيئة فجوة لا يزيد قطرها عن 1.5 ميكرون، وتلتهمها.

(ت) تتكون امتدادات عند ملامسة غشاء البلازما للأجسام الغريبة، وتسحبها إلى داخل السيتوبلازما عبر الانتشار وتبطل مفعولها.

2- تكوين الكبسولة (الكبسلة) Capsulation:

الكبسولة غطاء تكتونه خلايا دم الحشرة العائل حول الأجسام الغريبة لا سيما الطفيليات متعددة الخلايا التي لا يمكن لخلية دم واحدة التهامها. فيتكون نسيج متماسك لا يلبث أن ينصبغ بصبغة الميلانين بعملية تسمى الملونة Melanization، حيث تتوضع طبقة من الميلانين على بقايا الطفيل بشكل كلي أو جزئي، وقد تتكون هذه الطبقة حول الطفيل مباشرة، وتتصلب بسرعة مكونة غطاءً صلباً يسمى بالكبسولة الغمدية Sheath Capsule.

3- تكوين العقد Nodule Formation:

يُستخدم هذا النوع ضد مسببات الأمراض التي تنتشر على هيئة مجاميع في تجويف دم الحشرة، وتُعدّ هذه الطريقة مزيجاً من الكبسولة والالتهام.

4- إزالة السمية Elimination of Toxins:

تتم إزالة المفرزات السامة لمسببات الأمراض لا سيما الفطرية والجرثومية بتفكيكها إلى مواد غير سامة بواسطة العمليات الكيموحيوية، وتفاعلات الاستقلاب، ويتم ذلك بآلية تدعى نزع السمية Detoxification، أو تُطرح كفضلات زائدة قليلة السمية عبر أنابيب مالبيجي مباشرة. وقد لا تُطرح من دم الحشرة، ويتم تخزينها بشكل دائم أو لفترة في خلايا خاصة، وهو ما يُعرف بالإطراح التخزيني كما في خلايا شغاف القلب وأحياناً في خلايا أنابيب مالبيجي.



الفصل السابع

نشاط وكفاءة المفترسات

Activity and Efficacy of Predators

أولاً: سلوك التغذية لدى المفترسات Predators Feeding Behavior

تتنوع المفترسات في مجموعتين، تشمل المجموعة الأولى المفترسات النشطة في البحث عن فريستها واقتناصها ومن ثم ابتلاعها، وتتميز بأرجلها القوية. وتركن أفراد المجموعة الثانية منتظرة اقتراب فريستها منها لتتنقض عليها. وتشارك الأطوار الكاملة وغير الكاملة لدى بعض المفترسات بافتراس فرائسها، كما في خنافس أبو العيد وبعض حشرات شبكية الأجنحة. وتكون اليرقة في بعضها الآخر هي الطور المفترس كما في ذباب السرفيد، وأسد المن، وتتغذى حشرات الكاملة على رحيق الأزهار وحبوب الطلع.

لا يمكن لمعظم المفترسات إكمال دورة حياتها على عائل واحد، بل يجب أن تجد وتستهلك عدة عوائل حتى النضج وتطور البيض. وبذلك، تتطلب كثافة فرائس عالية. كما يجب أن تمتلك مرحلة متقلة من حياتها تتمتع بكفاءة بحث عالية لإيجاد الفريسة. ولهذا الهدف تمتلك الحشرات المفترسة حواس متطورة مثل حاستي الرؤية والشم، وغالبيتها ليلية النشاط، أو تنشط عند الشفق، وتؤثر احتياجاتها الغذائية في قدرتها على ضبط وتحديد مجتمع الآفة.

1- سلوك المفترس في البحث عن الفريسة Predator Foraging Behavior

تبحث المفترسات عن فرائسها في مختلف البيئات ولمسافات طويلة، وقد تجد خلال بحثها العديد من الأنواع التي يمكن افتراسها، ينتشر بعضها على شكل بؤر متفرقة، أو على نباتات متنوعة.

غالباً ما تستجيب المفترسات البالغة، والأطوار غير البالغة منها، والأطوار غير القادرة على الطيران أثناء بحثها إلى مشعرات وعلامات كثيرة. فعلى سبيل المثال، تتبع يرقات خنافس أبو العيد حشرات المن من خلال رائحتها. وتستجيب المفترسات لتعاقب المشعرات، مبدئياً بتلك الجاذبة لها إلى موطن الآفة على مسافات بعيدة، فإذا صادفت المؤثر في الموطن، تقوم بالبحث عن الفريسة، ومن ثم اختيارها ومهاجمتها. ويتم ذلك وفق الخطوات التالية:

1-1- تحديد موطن الفريسة Prey Habitat Definition

يتم عادة إيجاد موطن الفريسة من قبل الإناث الناضجة تحت تأثير ضغط الإباضة بحثاً عن مكانٍ لوضع البيض. فعلى المحصول المناسب، تقف بعض الإناث البالغة، أو تكسر طور السكون ناضجة جنسياً، وتبحث مباشرة عن الفريسة اعتماداً على المشعرات الحسية والكيميائية. وتوجد ثلاثة مصادر للمشعرات بعيدة المدى وهي: العائل النباتي، والفريسة ذاتها، والكيمائيات الصادرة عن النباتات المتضررة بتأثير تغذية الآفة.

تطلق النباتات غير المتضررة كميات كبيرة من الروائح، بوجود الفريسة أو بغيابها. وتكون الروائح المنبعثة من أجسام الفريسة مثل الفرمونات، أو روائح مخلفاتها، أكثر موثوقية، ويمكن الاعتماد عليها في تحديد موطن الفريسة، لكنها قليلة وقد يصعب اكتشافها بسهولة، وقد تستخدم لمراقبة الفريسة الهدف استعداداً للانقضاض عليها. ويُعوّل على الروائح الصادرة عن النباتات المتضررة بتغذية الآفة، إذ تجذب إليها المفترسات بقوة. فمثلاً، ينجذب أسد المن *Scholothrips takahashii* (Priesner) ومفترس العنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae* (Koch) إلى أوراق نباتات الفول المتضررة نتيجة تغذية هذا العنكبوت بقوة، ولا ينجذب إلى الأوراق السليمة، أو المتضررة ميكانيكياً، أو إلى العنكبوت ذاته ومنتجاته. وینجذب بقوة إلى مزيج الروائح الصادرة عن النباتات المتأثرة بتغذية الآفة والفريسة ذاتها معاً. فمثلاً، تتجذب خنافس أبو العيد إلى مزيج الروائح الصادرة عن المن ونباتات

الشعير المتضررة بتغذية المن عليها، ولا تنجذب إلى النباتات غير المتأثرة بالمن. مما يدل على أن فرمون التنبيه الخاص بالمن (E)- β -farnesene يزيد من جذب هذه المفترسات.

ويعتمد تحديد موطن الفريسة واتساعه على النقاط التالية:

- 1) كفاءة المفترس في عملية البحث من مسافة قريبة أو بعيدة.
- 2) كثافة الفريسة وتوزعها في الموقع المحدد.
- 3) حاجة المفترس إلى غذاء غير الفريسة كجزء من النظام الغذائي للمفترس.
- 4) تداخل العلاقات مع مفترسات أخرى من المستوى الغذائي ذاته، أو مستوى غذائي أعلى.

1-2- إيجاد الفريسة Prey Finding

بعد الاستدلال الأولي للمفترس ووصوله إلى موطن الفريسة، ينشغل بالبحث المكثف لإيجاد الفريسة، فيقوم بدورات وانعطافات متكررة، ويسير ببطء بطريقة تسمح بفحص أكثر شمولية لأسطح النبات. ويتأثر إيجاد الفريسة ومهاجمتها بعدة عوامل أهمها:

- 1- المشعرات الحسية والمواد الطيارة وغير الطيارة الصادرة عن الفريسة والخصائص الفيزيائية والكيميائية للنبات العائل للفريسة.
- 2- جنس المفترس وعمره، وحالة الجوع لديه، ومرحلة تطوره.
- 3- نوع الفريسة المهاجمة وتوزعها المكاني.
- 4- سلوك المفترس وكفاءته في تحديد موقع الفريسة على العائل المضيف.
- 5- مخلفات الفريسة ومنتجاتها التي تطلقها كالشمع أو الندوة العسلية وغيرها.
- 6- دفاعات الفريسة وأسلوب بناء النبات العائل وتركيبه الهندسي.

عند فشل المفترس في الوصول إلى إشارة العائل بعد اكتشافه الأولي يزيد من خطوات بحثه، فيسير في خطوط مستقيمة تسمح له بفحص مساحة أكبر. ويؤثر البناء الهندسي للنبات العائل للفريسة كعدد الأوراق، ومساحة المسطح

الورقي، وأقسام النبات وتفرعه أو تشابك مجموعه الخصري أو تباعده بقوة في إيجاد الفريسة ومهاجمتها. ويشجع تداخل الأوراق بين النباتات عملية البحث نظراً لتشكيلها جسوراً تسمح للمفترس بالسير بكفاءة بينها.

ومن ناحية أخرى، تكون كفاءة المفترس الجائع في البحث عن الفريسة منخفضة، لأنه يسير ببطء ويستريح لفترات طويلة ومتعددة، مما يقلل من المساحة التي يغطيها بحثاً عن الفريسة مقارنة مع المفترسات جيدة التغذية. ويؤثر عمر المفترس في هذه الكفاءة، فالمفترسات الفتية تبحث في خطوط طولية مكثفة أسرع من المفترسات كبيرة العمر مشابهة في ذلك للمفترسات الجائعة، ويحدث ذلك لأن لدى المفترسات الكبيرة مخزون غذائياً احتياطياً أكبر، ويتأثر بحثها بالخبرة السابقة الناتجة عن تحديات البحث وإيجاد الفريسة ومهاجمتها.

1-3- قبول الفريسة Prey Acceptance

بعد إيجاد الفريسة والاتصال بها يؤثر عمر المفترس وخبرته، وكذلك حجم الفريسة ودفاعاتها في نجاح هجوم المفترس. وقد يحدد التركيب الكيميائي لكيوتيكل الفريسة قيام المفترس بقضمها أو امتصاصها. وفي كثير من الأحيان يعتمد اتخاذ القرار بمهاجمة الفريسة على التقدير السريع للأخطار المتوقعة عن دفاعات الفريسة مقارنة مع الفوائد الغذائية المتوقعة منها.

1-4- ملائمة الفريسة Prey Suitability

تتباين نوعية الفريسة لأي مفترس تبعاً لنوعية الغذاء اللازم لها للمحافظة على البقاء على قيد الحياة أو لتطوير البيض. وبناءً عليه، تُقسم الفرائس إلى ثلاث مجموعات وهي:

- (1) فرائس عالية القيمة الغذائية تدعم كلاً من حالتي التطور والتكاثر.
- (2) فرائس أقل نوعية يمكن افتراسها، لكنها لا تدعم التكاثر، وتجعل المفترس أقل بدانة.
- (3) فرائس غير مستساغة أو ضارة، لا يمكن تناولها من قبل المفترس.

قد تفشل الأطوار غير البالغة في إكمال تطورها عند استهلاكها عدداً كبيراً من فرائس المجموعة الثانية. وإذا أكملت تطورها تعطي بالغات صغيرة الحجم، تعيش فترة أقصر وتضع بيضاً أقل. وبالمقابل، ينتج عن تناول المفترس فرائس عالية القيمة الغذائية مفترسات عالية الجودة، تمتلك زمن تطور أقل، ومعدلات موت للأطوار غير البالغة أقل، وتعطي عدداً كبيراً من الإناث، عالية الخصوبة، وذات شراسة افتراس عالية.

تلجأ المفترسات أحياناً لافتراس أفراد المجموعة الثانية عند نقص الغذاء. فمثلاً، يحفز نقص بعض الفيتامينات استجابة بعض العناكب المفترسة لتغيير الفريسة فتقوم بافتراس الكيرومونات الدالة على توفر مواد النمو والتطور الأساسية. وتتخلى عن ذلك عند إعادة تأمين المركب الغذائي المفقود، وتتحول عندئذٍ إلى الفريسة المفضلة أو الأسهل للافتراس.

ثانياً: صيانة وتعزيز المفترسات

Predators Conservation and Enhancement

تتأثر مكافحة الآفة من قبل المفترس بأغذية أخرى يتناولها المفترس ومنها:

1-التغذية النباتية للمفترس Plant Feeding for Predators

تسمح التغذية النباتية لكثير من المفترسات بالبقاء على قيد الحياة، والحفاظ على كثافة عالية عند غياب الفريسة. وقد تُخَفِّض ظاهرة الافتراس الذاتي بغياب الغذاء، ولكنها قد تخفض أيضاً معدل مهاجمة الآفة المستهدفة. ومع ذلك تؤمن النباتات التي تنتج كميات كبيرة من حبوب اللقاح كالأقحوان ملاجئ تعزز المفترسات، وتحافظ على استدامتها بغياب فرائسها.

2-زراعة نباتات غير محصولية Planting Non-Crop Plants

تؤدي زراعة هذه النباتات تغطية لغرض غير إنتاجي كعوائل بديلة أو كمأوى للبيات الشتوي، أو تؤمن مواقع ملائمة لوضع البيض من قبل المتطفلات

والمفترسات. وتعمل هذه النباتات التي يمكن أن تُزرع كسياج أو نطاق على أطراف الحقول، كجسور غير محصولية بغياب المحصول أو العائل. وتلعب الخصائص المورفولوجية لهذه النباتات، مثل سماكة القشرة الخارجية، وكثافة الأوبار عليها دوراً بارزاً في قبولها كمواقع لوضع البيض. فلا تعتبر الأجزاء النباتية القاسية أو غزيرة الأشعار مناسبة لوضع البيض. فقد وُجد البق المفترس في حقول البندورة بغزارة عند وجود مثل هذه النباتات، إذ ينتقل منها إلى نبات البندورة لمكافحة الذباب الأبيض وحفار أوراق البندورة (*Tuta absoluta* Myrick).

3-إضافة غذاء مختلط أو صناعي

Supplementing Mixed or Artificial Diet

يمكن زيادة مجتمعات الأعداء الحيوية بإضافة غذاء مختلط مكوّن من الفريسة ومصدر نباتي. فقد أدت إضافة التريس مع حبوب اللقاح إلى زيادة أفراد المفترس (*Orius laevigatus* (Oriula) ومعدلات افتراسه ووضعه للبيض. كما شجعت إضافة الخميرة مع السكر إلى نباتات الأفحوان استمرارية مجتمعات العناكب المفترسة. إنّ تلقّيح المحصول بأعداد منخفضة وغير كافية لإحداث الضرر بالنباتات من العناكب الضارة في بداية الموسم، ومن ثم إطلاق المفترسات، قد شجع استيطان العناكب المفترسة وحفظها وزيادة كفاءتها.

4-الفريسة البديلة Alternative Prey

قد يعكس تحول المفترسات ما بين التغذية على الآفة المستهدفة والفريسة البديلة، تفضيلاً غذائياً أو سهولة أكثر في السيطرة على الفريسة البديلة، أو قد تكون مغذية أكثر، أو أكثر غزارة. ويمكن أن تؤثر التغذية بالفريسة البديلة بطريقتين هما:

(أ) يمكن أن تُحسن الكفاءة الحيوية إذا رفعت من الخصوبة، أو معدل تكاثر أو بقاء المفترس على قيد الحياة فترة أطول.

(ب) يمكن أن تُخفّض المكافحة الحيوية إذا سببت خفض معدلات مهاجمة الآفة، أو تأثيرات مؤذية بالمفترسات.

ثالثاً: مواصفات المفترس الأكاروسي الكفؤ

Characteristics of Competent Predatory Mite

لابد أن يتمتع الأكاروس بعدة صفات ليتصف بالكفاءة العالية في افتراس الآفة أهمها:

1 - كفاءة البحث عن الفريسة Efficiency Search for Prey:

وتشمل قدرة الأكاروس على البحث عن فريسته في كافة الظروف البيئية وعند الكثافات العالية والمنخفضة لها.

2 - درجة الانتشار Spread Degree:

تلعب درجة الانتشار دوراً مهماً في كفاءة الأكاروس، لاسيما عند الأكاروسات التي تتحرك بكفاءة على المجموع الخضري كالأوراق والأفرع، وعلى المجموع الثمري وفي التربة حول الجذر.

3 - توزيع الأكاروس وتكيفه Mite Distribution and its Adaptation:

يتغير توزيع المفترس الأكاروسي من وقت لآخر تبعاً للظروف البيئية، وتوفر المادة الغذائية أو الفريسة المفضلة. وكلما امتلك المفترس قدرة على التكيف مع الظروف البيئية والزراعية وتحمله للمبيدات الحشرية كلما أظهر كفاءة أعلى في افتراس الآفة.

4 - درجة تخصص المفترس Predator Specialty:

تُعَدُّ الأكاروسات المتخصصة بنوع معين من الآفات أكثر تفضيلاً في المكافحة الحيوية، لاسيما عند تزايد أعداد الآفة بمعدل كبير، مقارنة مع الأكاروسات العامة غير المتخصصة وذات المدى الواسع من العوائل.

5 - الكفاءة التناسلية والتزايد الطبيعي

Reproductive Efficiency and Natural increasing

يُفضّل أن يتصف المفترس الأكاروسي بمعدل تكاثر عال ويتزايد مجتمعه بمعدل أعلى من معدل تكاثر فريسته أو لا يقل عنه.

6 - شراسة المفترس :Predator Virulence

يُفضل أن يتصف المفترس الأكاروسي بدرجة مقبولة من الشراسة في مهاجمة فريسته. وقد ثبت وجود علاقة وثيقة بين كل من حجم المفترس والفريسة وتأثيرها في شراسة المفترس.

رابعاً: التربية الموسعة وإطلاق المفترس الأكاروسي

Mass Rearing and Predatory Mites Release

تتم التربية الموسعة للمفترسات الأكاروسية وإطلاقها مع مراعاة النقاط التالية:

- 1) تتم تربية المفترسات الأكاروسية على العوائل النباتية المفضلة للفريسة، وعلى أفضل الفرائس المفضلة للمفترس الأكاروسي، وذلك تحت ظروف بيئية متحكم بها، ضمن غرف النمو أو مخابر متخصصة أو تحت ظروف البيت المحمي.
- 2) يتم جمع أفراد المفترس عند وصولها إلى الكثافة العددية المطلوبة، ومن ثم تُعبأ في عبوات مناسبة لحجم النبات وشدة الإصابة.
- 3) يتم إطلاق المفترس على النباتات تبعاً لشدة الإصابة بالآفة.
- 4) يتم إجراء تقييم دوري لكل من المفترس والفريسة، بهدف تحديد كفاءة المفترس ويراعى إطلاق دفعة جديدة من المفترس الأكاروسي إذا دعت الحاجة لذلك.

الفصل الثامن

المبيدات الحيوية Biocides

تمتلك الكائنات الحية مواد كيميائية تمثل نواتج التفاعلات الاستقلابية، يمكن استغلالها في جذب الأعداء الحيوية أو طرد بعض الآفات الضارة أو قتلها، بعض هذه المواد قد تكون عالية السمية، استُخدمت مثل هذه المواد ذات الأصل النباتي منذ زمن بعيد، وعُرفت في حضارات عديدة كحرق الزيوت والبخور لطرد الحشرات.

1- ميزات المبيدات الحيوية:

تتميز المبيدات الحيوية بعدة ميزات هامة أهمها:

- 1 - تركيبها الكيميائي معقد مما يقلل من احتمال ظهور المقاومة لدى الآفات المستهدفة بالمكافحة.
- 2 - تتحلل في البيئة أو التربة بسرعة بفعل العوامل الطبيعية أو الأحياء الدقيقة مما يلغي إمكانية إلحاق التلوث أو الضرر بالبيئة.
- 3 - يمكن خلطها مع الأعداء الطبيعية أو المبيدات الميكروبية.

2- تعريف المبيدات الحيوية Biological Pesticides: تُعرّف على أنها مبيدات، مادتها الفعالة ذات أصل حيوي، تؤثر في الآفة أو أي كائن حي نباتي أو غير نباتي بشكلها الطبيعي، أو نواتج تمثيلها الغذائي، أو منتجاتها الطبيعية أو الصناعية وتعمل على إزالة أو خفض آثارها الضارة.

3- أقسام المبيدات الحيوية:

تم في الآونة الأخيرة تصنيع المبيدات الحيوية على أساس الأعداء الطبيعية أو منتجات نشاطها الحيوي، وسُمّيت عدة أسماء أهمها: Biopesticides،

Biorational Pesticides و (BPPP) Biological Plant Protection Products ويمكن تقسيم المبيدات الحيوية المستخدمة في برامج مكافحة الحيوية تبعاً لوكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) لعام 2001 إلى المجموعات الرئيسية التالية:

1-المبيدات الكيميائية الحيوية Biochemical pesticides:

وهي تلك المبيدات التي تكون مادتها الفعالة من مصدر طبيعي مثل الفرمونات والهرمونات ومنظمات النمو، والصّادات (المضادّات) الحيوية المختلفة الميكروبية والنباتية والمواد الطاردة والإنزيمات وغيرها.

2-المبيدات الحيوية Bio-Pesticides:

وهي مبيدات تتكون مادتها الفعالة من الحشرات الكاملة المفترسة أو المتطفلة، أو أحد أطوارها كبيض أو يرقات أو عذارى، وأنواع أخرى من الأحياء، مثل النيماطودا بشكل أساسي أو العناكب المفترسة.

3-المبيدات الحاوية على مواد واقية Plant Incorporated Protectant:

وهي مبيدات مادتها الفعالة مركبات تقي الكائن المقصود في مكافحة من ضرر الآفة، كأن تحتوي على مواد طاردة أو منفرة للآفة.

4-المبيدات الميكروبية Microbial Pesticides:

وهي المبيدات التي تتكون مادتها الفعالة من الكائنات الحية الدقيقة من المجموعات المختلفة مثل: الفيروسات، البكتيريا، الفطور، الأوليات، أو أبواغها أو خلاياها كل على حدة أو كلها معاً إضافة إلى النيماطودا.

1-المبيدات الكيميائية الحيوية Biochemical Pesticides:

تتضمن مثل هذه المبيدات العديد من التأثيرات في الآفات الضارة نتيجة مادتها الفعالة وتتمثل تأثيراتها الهامة في النقاط الآتية:

أولاً: التضاد الحيوي Antibiosis

تُعدُّ ظاهرة التضاد الحيوي من أهم الظواهر التي يمكن اللجوء إليها لمكافحة مسببات أمراض النبات، من خلال استغلال البكتيريا والفطور، حيث تنتج هذه الأحياء مركبات تُدعى بالسّموم أو التوكسينات، تتمتع بتضاد حيوي فتثبط نمو الكائن الحي، أو تقضي عليه نهائياً، أو توقف نموه وتكاثره. ويتحقق التوازن في البيئة الزراعية عبر آليات التضاد الحيوي، التي تتضمن كلاً من:

1- الصّادات (المضادات) الحيوية Antibiotics:

يمكن تعريف الصّادات الحيوية على أنها مركبات كيميائية تُفرز أو ترشح من الأحياء الدقيقة، تتضمن صاد حيوي Antibiosis، تُحدث عند تراكيز منخفضة تأثيرات سامة اختيارية ضد كائنات حية دقيقة أو قتلًا لأحياء أخرى، أو تحفز مقاومة العائل تجاه الآفة. معظم الصّادات الحيوية ذات تركيب معقد، تم عزل بعضها بشكل أولي من منطقة انتشار الجذور. إلا أن استخدامها وتصنيعها وتسويقها تجارياً كمبيدات حيوية ضد الآفات الزراعية لا يزال محدوداً إلى حد ما. ومعظم هذه الصادات الحيوية تستخدم في معالجة أمراض الإنسان، ويُستخدم القليل منها في مقاومة الأمراض النباتية.

1-1- الأحياء المنتجة للصّادات الحيوية:

من أهم الأحياء التي تنتجها:

(1) الجراثيم: *Streptomyces*، *Pseudomonas*، *Bacillus*، *Agrobacterium*.

(2) الفطور: *Trichoderma*، *Coniothyrium*، *Candida*، *Ampelomyces* و.

ومن أهم الصّادات الحيوية المُستخدمة تجارياً لمكافحة مسببات أمراض النبات نذكر: الصاد الحيوي Agrocine 84 والذي تنتجه الجرثومة *Agrobacterium radiobacter* (Beijer & VanDel) ويُستخدم هذا الصّاد لمكافحة مرض التدرن الناتج عن *Bacillus tumefaciens* (Smith & Townsend) Conn، والصّاد الجرثومي Bacillomycin أو Fengycin، وتنتجه جراثيم *Bacillus amyloliquefaciens* (Priest et al.).

FZB42، ويُستخدم لمكافحة مرض الذبول الوعائي *Fusarium oxysporum*، والصاد Iturin A تنتجه *B. subtilis* (Ehrenberg) QST71 لمكافحة مرض العفن الرمادي *Botrytis cinerea* (Pers) ومرض سقوط البادرات *Rhizoctonia solani* (Kuhn). وكذلك الصاد الحيوي Gliotoxin وينتجه الفطر *Trichoderma virens* (Miller et al.) Von Arx، ويُستخدم لمكافحة مرض سقوط البادرات *R. solani*.

1-2- خصائص الكائنات الحية المنتجة للصادات الحيوية:

لابد أن يتمتع الكائن المُستخدم للحصول على الصاد بالخصائص العامة الآتية:

- 1- امتلاكه قدرة عالية على استعمار السطح المعامل، والاستمرار في الموقع بكفاءة، وعدم إنتاجه مركبات استقلاب ثانوية تحدث ضرراً بصحة الإنسان.
- 2- امتلاكه قدرة في الحصول على المواد الغذائية أعلى من الممرضات النباتية، وعدم حاجته لعناصر مغذية خاصة.
- 3- امتلاكه قدرة بقاء على قيد الحياة عالية تحت ظروف بيئية مختلفة، ومقاومته العالية للمبيدات الفطرية.
- 4- ثباته الوراثي وفعاليتته العالية عند تراكيز منخفضة إزاء مدى واسع من الآفات في العديد من النظم الزراعية.
- 5- إمكانية إنتاجه بكميات كبيرة على مستنبتات غذائية اصطناعية، وبقاؤه حياً بصورة مستحضرات تجارية لفترة طويلة من الزمن.

1-3- آليات تأثير الصادات الحيوية:

يتباين تأثير المضاد الحيوي تبعاً لنوعه ومصدره، ويمكن ملاحظة التأثيرات

الآتية:

- 1- صادات حيوية تؤثر في أغشية الخلية مثل: Polymyxin و Lonophores.
- 2- صادات حيوية تؤثر في جدار الخلية مثلها: Penicillin و Bacitracin.

3- صادات تؤثر في بناء البروتينات ومثالها: Tetracycline، Chloramphenicol.
4- صادات حيوية تؤثر في الحمض النووي: وتشمل صادات تؤثر في الحمض النووي RNA مثل: Refamycine أو الحمض النووي DNA مثل Nalidixic acid و Quinolones.

5- صادات حيوية تؤثر في الممرات البيوكيميائية كبناء أملاح حمض الفوليك (Folate) مثل: Sulfonamides و Methotrexate.
إلا أن هذه الصادات قد تحفز تكوين مقاومة لها عند الكائنات الممرضة للنبات، وقد تكون هذه المقاومة متخصصة لمجموعة معينة من الصادات الحيوية.

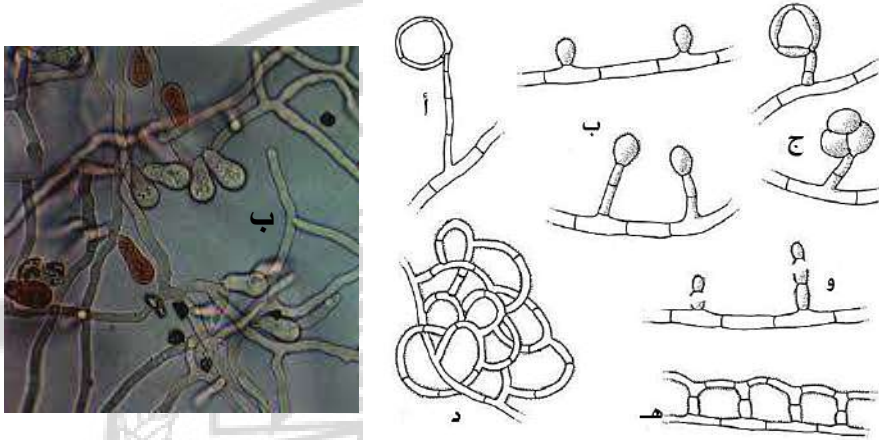
ثانياً: التطفل الفطري Mycoparasitism

التطفل الفطري علاقة حيوية بين فطر وكائن آخر، يهاجم الفطر ويدعى الطفيلي، للكائن الآخر ويدعى العائل، ويستخدمه للحصول منه على غذائه والتكاثر والإقامة عليه. اكتشفت هذه الظاهرة لأول مرة من قبل العالم Weindling في عامي 1932 و 1934 عندما لاحظ تطفل الفطر *Trichoderma lignorum* (*T. viride*) على هيف الفطر *Rhizoctonia solani* (Kühn) في التربة داخل المختبر. وتم عزل غالبية الفطور المتطفلة من الوحدات التكاثرية أو الميسيليوم النامي على عوائله. وتتطفل هذه الفطور على عائلها بإحدى طريقتين (الشكل 8):

(أ) **اختراق جسم العائل مباشرة:** يمكن لهيفا الفطر المتطفل اختراق جسم العائل (هيفا الفطر العائل أو غيره)، وينمو ويتغذى على محتوياته ويقضي عليه، كما في حالة مكافحة الفطر *R. solani* أو الحشرات الضارة وغيرها من الممرضات عن طريق العديد من أنواع الفطور.

(ب) **التطفل خارجياً:** تقوم هيفا الفطر المتطفل بالالتفاف حول جسم العائل (الفطر الممرض أو الحشرة أو غيرها من الآفات)، أو يكون شبكات التصاق، أو حلقات ضاغطة أو غير ضاغطة، أو تفرعات لزجة حول جسم الكائن العائل. وقد

يخترق ميسيليوم الطفيل جسم العائل أو لا يخترقه، ويكون الطفيل أعضاء التصاق ومن ثم يكون ممصاً في جسم العائل. وفي هذه الحالة يقوم الفطر الطفيل بإفراز أنزيمات تحلل الجدر الخلوية للعائل، أو يقوم بإنتاج مواد مضادة تثبط نموه، أو تسبب تحلله داخلياً.



الشكل (8): وسائل التطفل والعدوى المستخدمة من قبل الفطور الممرضة للنيماتودا. (عن Stirling, 2014)

- (أ): الحلقات غير الضاغطة. (ج) الحلقات الضاغطة المكونة من قبل الفطور. (ب): عقد الالتصاق. (د): شبكات الاصطياد اللاصقة ثلاثية الأبعاد. (هـ): شبكات اصطياد ثنائية الاتجاه. و: تفرعات الملامسة.

ثالثاً: التحلل الفطري Mycolysis

يُعرّف التحلل الفطري على أنه تفكك أو ذوبان الكائن الحي بواسطة أنزيمات تنتجها كائنات دقيقة أخرى تعيق مسببات الأمراض النباتية الفطرية وهو وفق نموذجين:

- أ. **التحلل الخارجي Exolysis**: يحدث من خلال تفكك أو تحطم جزئي لجدر خلايا العائل بواسطة أنزيمات كائن آخر خارجي.

ب. **التحلل الداخلي Endolysis**: يتم تذويب وتخريب بروتوبلازم خلية العائل دون تخريب الجدار الخلوي قبل أو أثناء التحلل، بواسطة أنزيمات تنتج داخلياً أو خارجياً، مثل أنزيم الكيتيناز والكلوكاناز والأميلاز والسيلولاز بصورة منفردة أو مجتمعة معاً.

رابعاً: التنافس Competition

يتم عبر التنافس، استبعاد نوع أو أنواع مختلفة من الآفات، وذلك لقيام كائن أو أكثر بمنافستها للحصول على الحد الأدنى من الموارد المتاحة التي تتطلبها معيشته وتكاثره، عندما تكون تلك الموارد بكميات غير كافية لكلا النوعين أو الأنواع معاً. ويحتل التنافس على الغذاء والمكان والأكسجين أو على بعض هذه الموارد أو جميعها معاً، أو لبعض عوامل النمو الخاصة الدور الأكبر في هذا الاستبعاد. وعلى العموم، تُعدُّ الممرضات ترابية المنشأ كأنواع *Fusarium* و *Pythium* التي تؤثر عبر الاتصال بالميسيليوم أكثر حساسية للمنافسة مقارنة مع الممرضات التي تثبت على سطح النبات وتحدث العدوى بتكوين أعضاء الاختراق أو أنابيب العدوى. وتعدُّ هذه العلاقة قليلة الدراسة في مجال مكافحة الحيوية لمسببات أمراض النبات الفطرية.

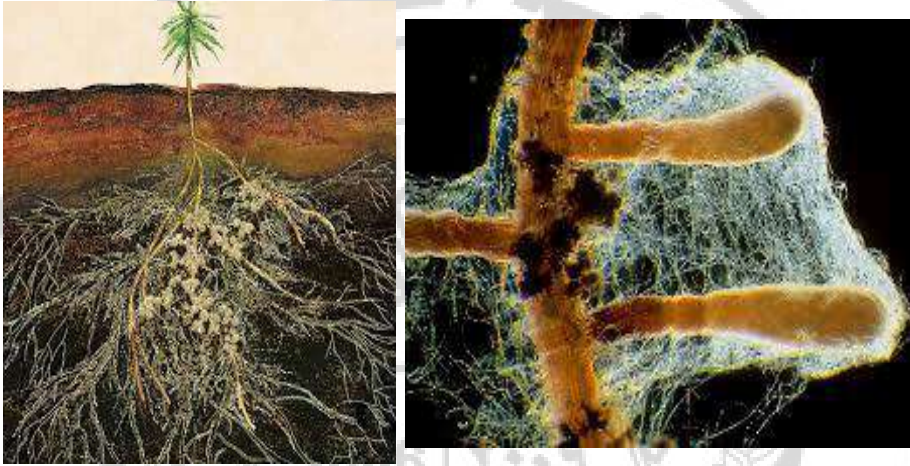
خامساً: الكائنات التكافلية Symbiotic Microorganisms

تُعدُّ الكائنات التكافلية من الفطور والجراثيم الشعية (الشعيات) *Streptomyces* التي تستوطن طبيعياً أسطح جذور وأنسجة النبات عوامل مهمة في مقاومة النبات للأمراض والحشرات. ومن أهم أشكال الكائنات التكافلية:

1- الفطور الجذرية Mycorrhiza:

كلمة يونانية مكونة من مقطعين *Myco* وتعني: الفطر، و *Rhiza* وتعني: الجذر، ومن هنا جاءت تسميتها بالفطور الجذرية (الشكل 9). وتُعرف على أنها مجموعة من الفطور تتعايش مع جذور النبات وتحقق المنفعة المتبادلة لكليهما. إذ

يزيد نمو ميسيليوم الفطر على جذر النبات أو فيه من سطح امتصاصه، ويساعده في الحصول على المواد الغذائية من التربة. وبالتالي زيادة نمو النبات ومقاومته للممرضات ترابية المنشأ، ومساعدته في تحمل الملوحة العالية، ودرجات الحرارة العالية أو المنخفضة، وبالمقابل يزود النبات الفطر بما يحتاجه من مركبات ضرورية لنموه.



الشكل (9): الفطور الجذرية Mycorrhiza نامية على جذور النبات.

1-1- فوائد الفطور الجذرية:

- يمكن من خلال علاقة التكافل تحقيق مجموعة من الفوائد أهمها:
- (أ) تقوم هيف الفطر بامتصاص الماء والأملاح وتقديمها للنبات.
- (ب) تفرز هيف الفطر بعض الأحماض والمواد الكيميائية الأخرى فتحرر البوتاسيوم والفوسفور وغيرها من العناصر.
- (ج) يغير الفطر التركيب الكيميائي للتربة مما يجعلها غير ملائمة لنمو ونشاط الكثير من الممرضات وخاصة الفطور الكامنة فيها.

ونظراً لأهمية هذه الفطور فقد بدأ التوجه لاستخدامها كعوامل مكافحة حيوية، لاسيما لمقاومة مسببات الأمراض ترابية المنشأ، كالعفن الفحمي الجاف المتسبب عن الفطر *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich وأعفان الجذور المتسببة عن الجنس *Sclerotium* وغيرها من الممرضات. فقد أظهرت نباتات القطن بوجود فطور الميكوريزا مقاومة لمرض الذبول الفيرتسيليومي (*Verticillium dahlia* (Kleb)، بالإضافة إلى مقاومة نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. ولم تنم إلى الآن دراسة آلية تأثير هذه الفطريات بدقة في مقاومة المسببات المرضية للنبات.

1-2- آليات تأثير الفطور الجذرية (الميكوريزا):

يُمكن ذكر بعض آليات تأثير فطور الميكوريزا المهمة في مقاومة النبات للآفات المختلفة فيما يأتي:

1- تُشجّع الميكوريزا الداخلية النبات وتحثه على إنتاج ردود فعلٍ استقلابيةٍ إزاء الممرضات، علاوة على إحداث تغيراتٍ فيزيولوجيةٍ في النبات، تُحفّز تغيراتٍ في استجابة النبات للإصابة.

2- تُشجّع الفطور الجذرية الداخلية جذور النبات على إنتاج وتحرير الفيتو إكسينات أو الترياقات النباتية مثل: *a-Tomatin*، *Rishitin*، *Saponin* السامة للفطور.

3- يمكن أن يتراكم اللجنين في أنسجة خلايا جذور العائل الحاوية على الميكوريزا، يُسبب زيادة صلابة جذور العائل، وإعاقة تكاثر الفطور الممرضة وتجددّها.

4- تُزيد الميكوريزا من مقاومة النبات نتيجة تنظيم الفعالية الأنزيمية لبعض العمليات الاستقلابية.

5- قد يؤدي تلقیح الميكوريزا للجذور إلى إكساب النبات مناعة أولية من خلال لجنة خلايا تلك الجذور.

6- قد يؤدي تعايش الميكوريزا إلى تنشيط وزيادة فاعلية الأنزيمات المحللة للجذور الخلوية لميسيليوم الفطور الممرضة، أو يقوّي من فعالية الأنزيمات المحللة للكيتين بشدة، مما يزيد من مقاومة النبات، وهي مقاومة موضعية وليست جهازية.

2- جراثيم العقد الجذرية Root Nodules Bacteria:

تستخدم بعض النباتات جراثيم العقد الجذرية المتعايشة معها في مكافحة بعض أمراض التربة. فقد وُجد أن جراثيم *Bradyrhizobium japonicum* (Kirch.) Jordan تلعب دوراً مهماً في مكافحة عفن جذور البازلاء، وفول الصويا، حيث تفرز مركب Rhizobiotoxin المضاد للفطر المسبب *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich.

سادساً: الأنزيمات والمفرزات الأخرى Enzymes and other Secretions

تحرر العديد من الممرضات أنزيمات محللة للعديد من المركبات مثل: الكيتين، والبروتين، والسيللوز والحمض النووي DNA، وتتضمن أنزيمات الكيتيناز والأنزيم a,b-1,3 Glucanase إضافة إلى مركبات أخرى مثل سيانيد الهيدروجين وغيرها. تعمل هذه الأنزيمات عموماً، على تحليل بقايا النبات والمادة العضوية غير الحية في التربة. وُجد أن مثل هذه الأنزيمات والمركبات تعمل على إعاقة نشاط ممرضات النبات وتقوم بتحليل جذورها الخلوية. وبذلك يمكن تصنيف هذه الممرضات التي تعمل على استعمار وتحليل ممرضات النبات كعوامل مكافحة حيوية.

تنشط بعض الأنزيمات في العائل وتصبح أكثر فعالية عند حدوث الإصابة بالمسببات المرضية، مثل الأنزيمات المؤكسدة للفينول (Phenol oxidizing enzymes) فيزداد نشاطها وتركيزها في خلايا النبات كما يحدث عند إصابة ومهاجمة نباتات البندورة بمرض اللفحة المتأخرة *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. وقد تبين أن إضافة الكيتوزان، لكبح أمراض ما بعد الحصاد، تحفز التحلل الميكروبي

للممرضات، وتعيق مرض ذبول أو عفن الجذور والتاج الفيوزاريومي على البندورة *Fusarium oxysporum* f. sp. *rasdicis-lycopersici* (Jarvis & Shoemaker)

لقد أشار العيادة والحاتم (2022) إلى أن بعض المركبات التي تطلقها النباتات مثل الإيثيلين تعمل على تغيير نشاط البروتين والأنزيمات في خلايا النبات مما يؤثر في نشاط وتطور مسببات المرضية على النبات. كما بين Pal and McSpadden في عام 2006 أن بعض الميكروبات تنتج مركبات تسهم في إعاقه ممرضات النبات. فمثلاً مركب سيانيد الهيدروجين الذي تنتجه البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* سلالة CHA0 سام جداً لكافة الميكروبات الهوائية، ويسبب منع تطور مرض عفن الجذور الأسود على التبغ المتسبب عن الفطر *Thielaviopsis basicola* (Berk. & Broome) Ferraris. إنَّ المركبات الطيارة التي تطلقها بكتيريا عفن البصل *Enterobacter cloacae* (Jordan) Hormaeche and Edwards مثل الأمونيا، كانت إحدى المركبات التي أعاقَت تطور مرض الذبول الطري لبادرات القطن الذي يسببه الفطر *Pythium ultimum* (Trow).

على العموم، تُسبب مشاركة الأنزيمات في مكافحة الحيوية صعوبة في التمييز بين تطفل الممرض Parasitism، والتضاد الحيوي Antibiosis. فمثلاً، إنتاج الكائن المضاد للأنزيم المسبب لتحطيم جدر خلية الكائن الممرض، يمكن أن يلعب دوراً مهماً في عمليتي التطفل والتضاد الحيوي. ويمكن أن تتدخل أنزيمات أخرى في عملية التطفل فقط، فمثلاً تقاوم العزلة 1 من الفطر *Talaromyces flavus* (Klocker) Petch مرض ذبول فيرتسيليوم *Verticillium* spp. على الباذنجان، وتمتلك الكفاءة في مقاومة هذا المرض على البندورة تحت الظروف الحقلية، اعتماداً على إفراز الأنزيمات.

سابعاً: المستخلصات النباتية Botanical extracts

ينتج النبات أثناء تفاعلات الاستقلاب العديد من المركبات الكيميائية العضوية، تُخزن داخل أنسجته، كالأحماض الدهنية، والأحماض الأمينية، والسكريات، وتُقسم إلى ثلاثة أقسام رئيسة هي: التربينات، والقلويدات والفينولات. وتُقسم وفق تركيبها الكيميائي إلى الزيوت النباتية، والقلويدات، والستيرويدات، والصابونيات والفلافونويدات والتانينات، وتوزع في كافة أجزاء النبات: في الأوراق والأزهار والسوق، والجذور، والثمار، والدرنات وغيرها، تُعدّ من أهم التفاعلات التي يظهرها النبات العائل، وتلعب دوراً هاماً في حماية النبات ومقاومة الآفات المختلفة بوصفها محفزات تغذية تُضاف مع مبيدات الحشرات، وهي طاردة أو قاتلة. فضلاً عن دورها في تأقلم النبات مع الظروف البيئية غير الملائمة. وعندما يخترق الطفيل النبات العائل يواجه بهذه المركبات السامة التي تزداد نسبتها في النباتات المقاومة، فقد وُجد أن زيت الخردل يحتوي على مواد مضادة للفطور والجراثيم والنيماطودا. تُعرّف المستخلصات النباتية: على أنها مركبات طبيعية تُستخرج من أجزاء النبات المختلفة، على هيئة مواد فعالة، تُستخدم غالباً على صورة مستخلصات مائية أو كحولية أو زيتية أو مساحيق، وتمتلك طرائق تأثير متعددة في الآفات الزراعية المختلفة.

استُخدم الكثير من أنواع المستخلصات وأشكالها في الآونة الأخيرة إزاء الكثير من مسببات الأمراض والحشرات الضارة، وسُميت عدة مسميات أهمها: Botanical، Phytochemical Pesticides. وفي هذا المجال نبين الآتي:

1-المواد الفعالة في حماية النبات:

تتكون المواد الفعالة ذات الأهمية في حماية النبات من مجموعة متنوعة من المركبات أهمها:

1-1- الجليكوزيدات Glycosides

وهي مركبات عضوية عديمة اللون مرة المذاق، ذات سمية منخفضة، تتحلل بفعل الأحماض أو الأنزيمات إلى سكريات غالباً إلى سكر الغلوكوز ومادة الغليكون، وتلعب دوراً مهماً في النبات وعلاج بعض الأمراض التي تصيب الإنسان والحيوان لا سيما أمراض القلب.

1-2- القلويدات Alkaloids

تُطلق كلمة قلويدات على جميع المركبات العضوية القاعدية المعزولة من النباتات، وهي متبلورة عديمة اللون والرائحة، تذوب في المواد العضوية مثل الكحول، ولا تذوب في الماء، سامة للآفات الضارة، وتوجد في البذور، والأوراق وسوق ولحاء عدد من النباتات بكميات تتراوح ما بين 1 - 2% من وزن النبات الجاف.

1-3- الزيوت Oils

تُقسّم الزيوت النباتية إلى ثلاثة أنواع هي: الزيوت الطيارة، والزيوت العطرية، والزيوت الأثيرية. تتطاير هذه الزيوت أو تتبخر عند تعرضها للهواء الطلق، دون أن يتغير تركيبها أو تتحلل مركباتها، على عكس الزيوت الثابتة التي تتحلل أو تتأكسد عند تعرضها للهواء أو الحرارة أو الإشعاع.

1-4- التانينات Tannins

مواد عضوية صلبة غير متبلورة ذات طعم قابض تذوب في الماء والكحول، وتضم مجموعة من المركبات الكيميائية معقدة التركيب واسعة الانتشار في النبات.

1-5- نواتج الاستقلاب الثانوية Secondary Metabolic Products

تنتج هذه المركبات عن عمليات التمثيل الغذائي، وتتكون من التربينات والفينولات، والقلويدات، وتنتمي العديد من المركبات لهذه المجموعات الثلاثة. يُعدّ بعض هذه المركبات بمثابة نفايات تنتج عن عمليات التمثيل الغذائي وتنتقل بعد تكوينها إلى الفجوات العصارية داخل الخلايا النباتية، أو تُخزّن دون فائدة للنبات. وهي مركبات

توجد أساساً في النبات قبل الإصابة بالمرضات، ويزيد معدل تكوينها بسرعة بعد العدوى بالمرضات. فقد وُجد حمض الكلوروجينيك في الكثير من النباتات مثل البطاطا والجزر والبندورة عند إصابتها بالفطر *Ceratocystis fimbriata* (Ellis & Halst.) وفي نباتات البندورة المصابة بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood.

2-آليات تأثير المستخلصات النباتية في الآفات الزراعية:

تتعدد طرائق تأثير المستخلصات النباتية في الآفات الزراعية، مسببة في النهاية قتلاً للآفة أو طردها عن العائل النباتي. ومن أهم طرائق تأثير المواد الفعالة في المستخلصات النباتية ما يلي:

2-1-السمية المباشرة:

تُعدُّ غالبية المركبات الكيميائية الفعالة في النبات، مثل المركبات الفينولية والراتنجية والقلويدات والزيوت الطيارة، مواد سامة أو مثبطة لنمو الأحياء المجهرية والحشرية، وتسبب قتلها بشكل فوري. وبذلك تلعب دور الجهاز المناعي للنبات ضد الأحياء الغازية.

2-2-تأثيراً مانعاً للتغذية:

تتميز بعض المركبات الفعالة بطعم مر أو لاذع، يؤثر في قوة العضلات والأجزاء الفموية والمستقبلات الكيميائية الأخرى، كما تؤثر في انقباضات القناة الهضمية مما يمنع الحشرة من التغذية فور تذوقها للجزء المعامل من النبات.

2-3-التأثير في النمو:

تؤثر بعض المركبات الفعالة مثل الصابونيات في امتصاص الستيرول، لارتباطها معه في القناة الهضمية، وتؤثر في تركيب الهرمون الرئيس في عملية الانسلاخ وفي مضخات الشوارد، وبالتالي في نفاذية الغشاء البلازمي للخلايا، وانخفاض عملية النقل، وعمل الأنزيمات. كما تؤثر في عمل الجهاز العصبي

المركزي، وبالتالي حدوث خلل في التركيب الفسيولوجي للآفة يمنع إكمال نموها. إضافة لذلك تلعب بعض القلويدات الجليكوزيدات دوراً تنظيمياً لعملية النمو، تعمل كمنظمات نمو تساعد على زيادة نمو النبات في مراحل نموه المختلفة.

2-4- تأثيراً طارداً:

تعمل بعض المواد على طرد الأطوار الحشرية المختلفة عن أوراق النبات، وأجزائه التي يتم معاملتها بها من خلال تأثيرها في المستقبلات الحسية والشمية أو العصبية للآفة. كما هو الحال مع زيت حشيشة الليمون الذي أظهر تأثيراً طارداً للبعوض.

2-5- تأثيراً مانعاً لوضع البيض:

تؤثر بعض المركبات الفعالة في النبات في الجهاز التناسلي أو جهاز وضع البيض عند الآفات الزراعية مما يؤثر في وضعها للبيض.

2-6- مخزناً للمواد الغذائية:

أشارت بعض الدراسات إلى أن القلويدات، الجليكوزيدات، وبخاصة السكريات، تُعدُّ مخزناً للمواد الغذائية، على اعتبار أنها مركبات تنتج في المراحل النهائية للعمليات الحيوية، ويمكن أن تزود النبات بالنتروجين وغيره من العناصر عند حاجة النبات.

2-7- مصدراً للطاقة:

تُعدُّ بعض المركبات الفعالة كالتانينات مصدراً للطاقة يستهلكها النبات أثناء عمليات التحول الغذائي، تقل مع التقدم بالنضج، ويُستخدم ما يتبقى منها كأحماض تعطي الثمار الطعم الحامض.

2-8- التخلص من النواتج السامة:

تلعب بعض المركبات مثل الجليكوزيدات والزيوت الطيارة وظيفة حيوية داخل النبات، تتمثل في التخلص من نواتج التمثيل السامة والضارة بالنبات.

2-9- تأثيراً مطهراً:

تمتلك بعض المركبات الفعالة كالزيوت العطرية والتانينات والجليكوزيدات تأثيراً مطهراً، فتستخدم كمواد معقمة، وكمضادات للميكروبات. ويستخدم بعضها مثل مادة الثيمول كمضادات للممرضات الفطرية والحشرية التي تصيب النبات، بحيث تلعب دوراً وقائياً يحمي النبات أثناء مراحل نموه المختلفة، كما تُستخدم في حفظ الأغذية.

4- تداخل المبيدات الحيوية مع المبيدات الكيميائية:

تقوم مسببات أمراض الحشرات المختلفة والطفيليات والمفترسات الحشرية بنشاطها وفعلها الحيوي عند مستويات متباينة من كثافة الآفة المستهدفة في المكافحة، فتكون الممرضات الحشرية أكثر كفاءة عند مستويات الكثافة العالية للآفة، في حين تناسب الطفيليات والمفترسات مستويات الآفة المنخفضة. علاوة على أن الممرضات الحشرية، لا تتطفل على الطفيليات والمفترسات التي تهاجم عوائلها. فقد بينت الدراسات العديدة قيام العديد من المفترسات والطفيليات بدورها الفعال في عوائل مصابة بالممرضات الحشرية الفطرية أو البكتيرية أو الفيروسية دون أن تظهر عليها أعراض مرضية.

ومن ناحية أخرى، تتوافق المبيدات الميكروبية مع غالبية المبيدات الكيميائية. فعلى سبيل المثال، تتوافق المبيدات الكارباماتية والفوسفورية العضوية مع ممرضات الحشرات البكتيرية، لا سيما الجرثومة *B. thuringiensis* ومع الممرضات الفيروسية، دون ظهور أي تأثير أو بتأثير طفيف في انقسامها أو تضاعفها. وعلى العكس من ذلك، تكبح المبيدات الكلورية العضوية والمستحلبات نشاط البكتيريا. وتتأثر ممرضات الحشرات الفطرية بالمبيدات الكيميائية عامة والفطرية خاصة بدرجة أعلى من تأثيرها في الممرضات الجرثومية (البكتيرية) والفيروسية.

الفصل التاسع

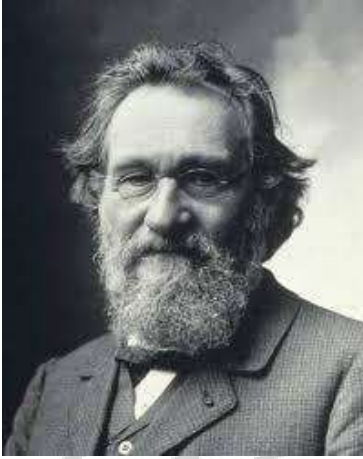
المكافحة الميكروبية

Microbial Control

تصاب الحشرات وغيرها من الكائنات الحية بعدد من الأمراض التي تسببها الأحياء الدقيقة، وتسمى الممرضات (Pathogens)، أو الأعداء الطبيعية الميكروبية Microbial Natural Enemies. ويُطلق على المكافحة التي تستخدم هذه الأحياء اسم المكافحة الميكروبية Microbial Control، وبذلك تتمثل هذه المكافحة في استخدام الأحياء الدقيقة مثل الجراثيم (البكتيريا) والفطور والفيروسات والبروتوزوا المسببة لأمراض الآفات النباتية، وغيرها، ويتم الحصول عليها بإنتاجها إما في جسم الكائن الحي، أو خارجه على أوساط مغذية اصطناعية، وتُستخدم على شكل مستحضرات تعرف باسم مبيدات الآفات الميكروبية Microbial Pesticides.

أولاً: لمحة تاريخية عن ظهور المكافحة الميكروبية

يعود تاريخ بدء المكافحة الحيوية لأكثر من 300 عام قبل الميلاد، عندما سُجِّلت إصابة ديدان الحرير التوتية بالأمراض الفطرية. وتذكر المراجع أن العالم الروسي إيلي متشينيكوف (Elie Metschnikoff) هو أول من اقترح استخدام مسببات الأمراض في مكافحة الحشرات الضارة في عام 1880، وقام بوضع أسس استخدام تلك الكائنات في مكافحة الآفات الحشرية. كما قام العالم إدوارد Edward عام 1947 بجمع وتنسيق جميع ما كُتِبَ عن أمراض الحشرات، وصنَّفها في مرجع واحد أسماه: ميكروبيولوجيا الحشرات Insect Microbiology، وأصدر أول مرجع متكامل عن أمراض الحشرات، أسماه: أساسيات علم أمراض الحشرات.



وفي عام 1878 أنتج العالم الروسي Metchnikoff الفطر *Metarhizium* مسبب *anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin مرض الموسكاردين الأخضر Green Muscardine واستخدمه في مكافحة خنفساء الحبوب *Anisoplia austriaca* (Herbst)، وفيما بعد الخنافس الأخرى.

العالم الروسي Elie Metchnikoff

وفي عام 1870 حدد باستور (Pasteur) المسبب المرضي لمرض Flashirea الذي يصيب ديدان الحرير التوتية. وعزل العالم Berliner في 1911م الجرثومة الممرضة للحشرات *B. thuringiensis* من يرقات فراشة دقيق البحر المتوسط *Anagasa kuehniella* Zeiler التي تُعدّ حالياً من أهم عوامل مكافحة الميكروبية للآفات الحشرية، وكانت هذه البداية الحقيقية لعلم الممرضات الحشرية. وفي عام 1938م تم إنتاج أول مبيد جرثومي تجاري في فرنسا يعتمد في أساسه على البكتيريا *B. thuringiensis* باسم Sporeine.



أما في مجال مكافحة الفيروسات، فقد تأخر العمل بها حتى اختراع المجهر الإلكتروني، لتكون أول مشاهدة لها في عام 1992م، مع أن اكتشافها كان لأول مرة من قبل العالم الروسي ديمتري إيفانوفسكي (Dmitri Ivanovsky) في عام 1892 عند عبور مسبب مرض موزاييك التبغ للمرشحات البكتيرية.

العالم الروسي Dmitri Ivanovsky

يُعرف حالياً ما يزيد عن 400 نوع من الفيروسات الممرضة للحشرات، وتتم المحاولات بشكل مستمر منذ نهاية ثمانينات القرن الماضي وبداية التسعينات لإنتاج مبيدات للآفات الحشرية تعتمد في أساسها على الأحياء الدقيقة مثل: الفيروسات، وحيدات الخلية، والبكتيريا والنيماتودا الممرضة للحشرات.

1- مفهوم المكافحة الميكروبية:

تُعدُّ المكافحة الميكروبية Microbial Control جزءاً أساسياً في المكافحة الحيوية وتقتصر على استخدام العوامل الممرضة من الكائنات الحية الدقيقة وتضم كلاً من:

- 1- الفيروسات الممرضة للحشرات Entomopathogenic Viruses.
- 2- الجراثيم وأشباه الجراثيم الممرضة للحشرات Entomopathogenic Bacteria.
- 3- وحيدات الخلية (الأوالي) الممرضة للحشرات Entomopathogenic Protozoa.
- 4- الفطور الممرضة للحشرات Entomopathogenic Fungi.
- 5- النيماتودا الممرضة للحشرات Entomopathogenic Nematodes، وتُعدُّ تجاوزاً ضمن المكافحة الميكروبية.

2- الصفات العامة للمبيدات الميكروبية

General Characteristics of Microbial pesticides

تتميز المبيدات الميكروبية بالعديد من المواصفات أهمها:

1- **تأثيرها واستمراريتها في البيئة:** تُعد المبيدات الميكروبية ذات تأثير وبائي على الآفات المستهدفة، ويستمر تأثيرها في البيئة لفترة طويلة، وتستوطن في المنطقة الجغرافية، وتنتقل من جيل لآخر، وتدخل في توازن بيئي طبيعي.

2- **التأثير المعدي:** جميع المبيدات الميكروبية ذات تأثير معدٍ باستثناء المبيدات المصنعة على أساس الفطور، وتمتاز بتأثير مختلف. وتستوجب التغطية الكاملة للنباتات المعاملة والوصول إلى السطح السفلي للأوراق التي تتغذى عليها الحشرات.

3-تأثيرها بالظروف الجوية: تؤثر أشعة الشمس المباشرة والحرارة العالية والهطولات المطرية في فاعلية هذه المبيدات. لذا يُفضل استخدامها في الصباح الباكر أو المساء، عند حرارة ما بين 18 - 32°س، وبعد هطول المطر بمدة 24 ساعة لضمان عدم غسلها عن النباتات المعاملة.

4-فعالية المبيدات الميكروبية: ترتبط فعالية هذه المبيدات بتوافق موعد استخدامها مع موعد ظهور طور الآفة الحساس، لا سيما أطوارها اليرقية الأولى.

5-قابلية المزج: يمكن مزج المبيدات الميكروبية مع العديد من المبيدات الكيميائية، وبذلك يمكن استخدامها ضمن برامج مكافحة متكاملة للآفات.

6-آثارها الجانبية: لا تؤثر المبيدات الميكروبية في طعم ورائحة النباتات والثمار المعاملة، وينعدم تماماً حدوث أي تسمم للعاملين في صناعتها أو المتعاملين معها تحت الظروف الحقلية، فهي آمنة ولا تسبب أي ضرر للإنسان أو الحيوانات الراقية أو النباتات، أو البيئة إذ إنها لا تطرح مواد سامة، ولا تضيف شيئاً جديداً للبيئة، وهي كائنات موجودة فيها.

7-التخزين وفترة الأمان: تُعد مدة تخزين المبيدات الميكروبية قصيرة نسبياً، وتمتد من شهر إلى ستة أشهر عند بعض المبيدات، وحتى سنتين في بعضها الآخر عند حفظها في العبوات الأصلية، وبدرجة حرارة ورطوبة منخفضة نسبياً. كما وتمتلك فترة أمان قصيرة نسبياً عادة يوماً واحداً بعد المعاملة.

3-المواصفات الواجب توفرها في الميكروبات ذات الكفاءة العالية في مكافحة الحيوية:

لضمان نجاح الكائن الحي الدقيق كعامل مكافحة فعال في مكافحة الآفات الزراعية يجب أن تتوفر فيه مجموعة من الصفات أهمها:

- 1- أن يمتلك كفاءة وسرعة عالية في استعمار منطقة انتشار الجذور.
- 2- أن يتمتع بقدرة عالية على التكيف مع الظروف البيئية المستخدم فيها.

3- امتلاكه القدرة على المثابرة والتكاثر وأداء وظائفه في المكافحة، إلى جانب دوره الهام في المنافسة والتضاد أو الافتراس، أو التطفل على مجتمعات الممرض وفي الوقت والمكان المناسبين.

4- أن يكون ذا مجال عوائل واسع.

5- أن يمتلك المقدرة على تحفيز نمو النبات.

4- ميزات وعيوب المكافحة الميكروبية

4-1 ميزات المكافحة الميكروبية Advantages of Microbial Control

للمكافحة الميكروبية ميزات عديدة ذكرها الغشم في عام (1995) كما يلي:

1. تعادل كفاءتها على المدى الطويل كفاءة أفضل المبيدات الحشرية المتاحة، لا سيما عند تطويرها بطريقة صحيحة ومناسبة.
2. ثبات قدرة الميكروب على إحداث المرض للحشرات المستهدفة، مع ندرة ظهور المقاومة لفعل الميكروب.
3. ذات درجة تخصص عالية، وليس لها أي تأثيرات جانبية ضارة بأي من الأحياء الأخرى غير المستهدفة بالمكافحة.
4. ندرة حدوث الطفرات الضارة في المبيدات الميكروبية، ويستمر تأثيرها لفترة طويلة.
5. أكثر أماناً من المبيدات الكيميائية، وصديقة للبيئة، ويمكن تخزينها فترة طويلة دون أن تتأثر حيويتها.
6. يسهل إنتاج المبيدات الميكروبية بتكاليف منخفضة مقارنة بتكاليف إنتاج المبيدات الكيميائية.
7. أكثر فعالية عند وجود مستويات عالية من مجتمعات الآفة مقارنة مع الطفيليات والمفترسات.

4-2- عيوب مكافحة الميكروبية Disadvantages of Microbial Control

- على الرغم من الميزات الإيجابية للمكافحة الميكروبية، إلا أن هناك بعض العيوب والصعوبات التي تكتنف استخدامها منها:
1. صعوبة تربية الممرضات الميكروبية، وتعذر استعمالها على نطاق واسع في المكافحة، ولو أن بعضها مثل الفطور يسهل تنميتها على أوساط اصطناعية بتكاليف قليلة.
 2. تحتاج بسبب تخصصها العالي إلى التصنيف الدقيق للمرض والآفة المستهدفة، وقد تحتاج لاستخدام عدة مبيدات.
 3. تتأثر فعاليتها بالظروف البيئية الحية وغير الحية، فالفطور مثلاً، تحتاج لرطوبة عالية. وتفضل بعض أنواع الفيروس حرارة منخفضة. ويتكاثر بعضها الآخر عند درجات حرارة مرتفعة بينما لا يتطلب استعمال المبيدات الحشرية ذلك.
 4. غالبية الميكروبات التي تصيب الحشرات غير قادرة على الحركة للبحث عن العائل إلا في حالة النيماتودا. على عكس الطفيليات والمفترسات، وبذلك تتحكم الظروف المختلفة في نشرها في الطبيعة.
 5. إمكانية ظهور سلالات مقاومة لفعل الفيروس، مما يضعف احتمال التوسع في استعمالها مستقبلاً، وقد تكسب الأجزاء المستعملة في تغذية الحشرات المريضة طعماً غير مقبول.
 6. بطيئة التأثير مما يجعلها غير ملائمة لوقف فوران الآفة على محصول محدد بشكل سريع، وضمن فترة زمنية قصيرة.

5- علم أمراض الحشرات Entomopathology:

لم يهتم العلماء بدراسة أسباب موت الحشرات الضارة في الطبيعة، إلا في بدايات القرن التاسع عشر، لا سيما مع تزايد المخاطر البيئية الناجمة عن الاستخدام المكثف للمبيدات الكيميائية أواخر القرن التاسع عشر. فاتجهت البحوث

لدراسة الأمراض التي تصيب الحشرات النافعة مثل نحل العسل *Apis mellifera* (L.)، ودودة الحرير *Bombyx mori* (L.). ويرز الاهتمام بعلم أمراض الحشرات، وبدأ بالظهور للعلن باسم علم أمراض الحشرات Entomopathology والذي يُعدُّ أحد فروع علم الحشرات العام Entomology.

5-1-تعريف علم أمراض الحشرات Entomopathology:

وهو العلم الذي يهتم بدراسة الأمراض المسببة لموت الحشرات، والعوامل المؤثرة فيها، وطرائق حدوثها وتطورها، وأعراضها، وآليات الكشف عنها وتطبيقها، وذلك بهدف الوصول إلى فضلى النتائج في الحد من ضرر الآفات، أو خفضها إلى ما دون عتبة الضرر الاقتصادي.

5-2-مجالات علم أمراض الحشرات:

يهتم علم أمراض الحشرات بالأمر الآتية:

- 1 - دراسة العوامل المسببة لأمراض الحشرات وتحديد صفاتها التصنيفية.
- 2 - دراسة وتحديد الأعراض النموذجية لأمراض الحشرات.
- 3 - دراسة وتحديد طرائق انتشار وانتقال العدوى بالعوامل الممرضة في الطبيعة إلى الآفات الحشرية.
- 4 - دراسة وتحديد طرائق وآليات اختراق العوامل الممرضة لأجسام الحشرات .Mode of Entry
- 5 - دراسة وتحديد العوامل الممرضة وآليات تأثيرها في الآفة Mode of action.
- 6 - دراسة وتحديد التغيرات الوظيفية التي تحدث داخل أجسام الحشرات الحساسة أو المصابة بالعوامل الممرضة.

6- مقاومة الآفات الحشرية للإصابة بالمسببات المرضية:

تُعرّف مقاومة الحشرة للإصابة المرضية: على أنها قدرة الحشرة على تحمل أو احتواء الإصابة المرضية بطريقة ما أو بأخرى، فلا تظهر عليها علائم المرض أو تزول أعراضه بعد فترة قصيرة من الإصابة. وقد تكون الحشرة حساسة للإصابة في أحد أطوار حياتها، ومقاومة في أطوار أخرى. ويُلاحظ ذلك بوضوح عند إصابة يرقات حشرية الأجنحة بالأمراض الفطرية.

وتشير المراجع إلى امتلاك بعض الحشرات عوامل تساعد في ظهور صفة المقاومة لمسببات الأمراض، ومن هذه العوامل:

- 1 - البناء القوي للكيوتيكل في بعض الأنواع.
- 2 - وجود خلايا دموية متخصصة تحتوي خلايا المسبب المرضي داخل جسم الحشرة وهو ما يسمى بالمقاومة الفيزيولوجية.

الفصل العاشر

الجراثيم (البكتيريا) الممرضة للحشرات

Entomopathogenic Bacteria

الجراثيم ومكافحة الآفات الحشرية

يوجد عادة في القناة الهضمية للحشرات والكائنات الحية جميعاً عددٌ كبيرٌ من أنواع الجراثيم، بعضها ضروري للكائنات الحية، وهي ما تُدعى بالجراثيم أو البكتيريا المتعايشة. ويمكن أن يتحول بعض أنواعها إلى بكتيريا ضارة وممرضة للإنسان والحيوان والكائنات الأخرى اللاقارية وخاصة الحشرات، إذا توفرت لها الظروف المناسبة.

لقد كيفت الممرضات الجرثومية دورة حياتها للعيش كمرضات للكائنات اللاقارية مسببة غالباً مرضاً قاتلاً لها. ويتخصص عدد قليل من أنواعها للسيطرة على الحشرات بسهولة، حيث يمكنها الدخول إلى جسم الحشرة بسهولة عبر الجروح مثلاً. على أن غالبية أنواع الجراثيم لا بد أن تُبتلع من قبل العائل، ومن ثم تدخل تجويف جسم الحشرة عبر القناة الهضمية، ومنها إلى النسيج الدموي. علاوة على أن معظم الجراثيم غير قادرة على الدخول إلى النسيج الدموي مباشرة بسهولة. وعلى الرغم من تطوير بعض الممرضات الشرسة طرائق اختراق لجدار القناة الهضمية وقتلها بسرعة، يعيش بعضها الآخر كطفيليات إجبارية تتطلب وقتاً أطول، يصل أحياناً لأشهرٍ لقتل العائل. وتستخدم بعض الأنواع الأكثر شراسة سموماً لتخريب واختراق جدار القناة الهضمية وقتل العائل بسرعة.

تتحول ألوان أجسام الحشرات عند إصابتها بالجراثيم من الأبيض إلى الأحمر فالأحمر المُصفّر أو الكهرماني، فالأسود أو البني، وتصبح جثثها، لاسيما حديثة الموت، رخوة وهشة، ثم تتصلب مع جفافها لتصبح قاسية. ولا تلبث أن

تصبح بيئة ممتازة تُستعمر من قبل العديد من الأحياء الدقيقة وبخاصة الجرثومية، مما يجعل تشخيص مسبب موتها العائد للجراثيم أكثر صعوبة.

1- أقسام الجراثيم (البكتيريا) الممرضة للحشرات:

يمكن تقسيم الجراثيم الممرضة للحشرات من وجهة نظر المكافحة الحيوية وفق الآتي:

أ- الممرضات الكامنة Potential Pathogens:

تضم أنواع الجراثيم التي تتغذى بشكل رُمي ضمن القناة الهضمية للحشرة ولا تسبب علائم مرضية واضحة للأسباب التالية:

1-1- عدم قدرتها على النشاط أو الانقسام في القناة الهضمية للعائل بسبب مفرزات هذه القناة أو عدم ملائمة درجة الحموضة (pH) فيها.

1-2- عدم قدرتها على الوصول إلى مواقع الفعل أو التأثير نظراً لوجود أعضاء حماية ضمن القناة الهضمية متمثلة بالنسيج الظهاري والنسيج الكيتيني.

تستطيع هذه الممرضات البقاء في النسيج الدموي إثر وصولها إليه بوسيلة ما. ويمكن تتميتها على المستنبات الاصطناعية. ولا يرتبط تخصصها بنوع معين من الحشرات. وعند تغير ظروف وجودها في القناة الهضمية، أو تحت تأثير ظروف طبيعية خارجية، يمكنها اختراق هذه البنى النسيجية لتصبح الحشرة عرضة لتأثير هذه الجراثيم، حيث تنتشط وتتكاثر عددياً مفرزة بعض المواد السامة، أو مشكّلة مجموعة كبيرة من الأبواغ مما يسبب المرض للحشرة وموتها.

ب- الممرضات الاختيارية Facultative Pathogens:

تضم هذه المجموعة الجراثيم القادرة على العيش والتضاعف العددي ضمن القناة الهضمية للحشرة، قبل غزو الأنسجة الدموية القابلة للعدوى ولا تشكل نمطاً إجبارياً، ويمكن أيضاً إكثارها على المستنبات الاصطناعية.

ج- الممرضات الإجبارية Obligatory Pathogens:

تمتلك الأنواع التابعة لهذه المجموعة من الممرضات أهمية خاصة في مكافحة الحيوية للآفات الحشرية لأسباب منها:

3-1 - قدرتها على النشاط والتكاثر ضمن القناة الهضمية، وبالتالي عدم تأثرها بمفرزات القناة الهضمية أو درجة حموضتها pH.

3-2 - قدرتها على اختراق جدار القناة الهضمية الوسطى (العفج) أو غلاف الجسم الخارجي في بعض الحالات، بسبب إفرازها مواد أو خمائر (أنزيمات) تسبب تهتك أنسجة الحماية، لتصل إلى النسيج الدموي والأنسجة المختلفة القابلة للإصابة مما يؤدي لمرض الحشرة ومن ثم موتها.

3-3 - تنقيد هذه المجموعة بمدى عوائل ضيق نسبياً.

2-طرائق حصول العدوى الجرثومية:

تغزو الجراثيم (البكتيريا) الممرضة للحشرات دم الحشرة بوحدة أو أكثر من الطرائق الآتية:

1 - عبر الطبقة الظهارية المبطننة لجدار القناة الهضمية الوسطى بعد دخولها عن طريق الفم مع الغذاء حيث تتمكن التوكسينات من تخريب تلك الطبقة.

2 - عبر جروح وتشققات الجسم الخارجي والثغور التنفسية والفتحات الطبيعية الأخرى.

3 - دخول فعال: تمتلك بعض أنواع الجراثيم الممرضة للحشرات إمكانية اختراق جدار الجسم الخارجي، والوصول إلى فراغ الجسم من خلال إفراز أنزيمات تحلل جدار الجسم، مما يتيح لها إمكانية الدخول.

3- العوامل المؤثرة في الإصابة الجرثومية (البكتيرية) للحشرات:

لا بد من توافر ظروف خاصة لإصابة الحشرة بالجراثيم المتبوعة إجبارية التطفل، فالمرض اللبني على الجعالات والمتسبب عن الجرثومة *Bacillus popilliae* لا يحدث إلا لأنواع تتبع فصيلة الجعالات *Scarabaeidae*. كما وترتبط الإصابة بالمرض الجرثومي المتسبب عن الجرثومة المتبوعة اختيارية التطفل *B. thuringiensis* بالحشرات حرشفية الأجنحة، وبخاصة ذات درجة حموضة (pH) تتراوح ما بين 1.5 - 9. وتؤثر العوامل البيئية غير الحية كالأشعة فوق البنفسجية بخلايا وسموم الجراثيم. وتلعب درجات الحرارة والرطوبة دوراً هاماً في كفاءة هذه الجرثومة. كما تؤثر ظروف وسط الانتشار في نشاط الممرضات الجرثومية الكامنة، فانخفاض درجات الحرارة وتجويع الحشرة والتراحم بين أفرادها تشكل عوامل تسبب ارتفاع حساسيتها لتلك الممرضات.

4- أعراض الإصابة بالجراثيم الممرضة على الحشرات:

- 1 - قد يكون لون الجسم أبيض لبنياً ذا سوائل بيضاء (المرض اللبني على الخنفساء اليابانية *Popillia japonica* (Newman)).
- 2 - يظهر جسم الحشرة ناعماً ذا لون محمرّ.
- 3 - قد يظهر جسم الحشرة ناعماً، أو يجف ويتحول إلى قشرة.
- 4 - قد يظهر لون جسم الحشرة غامقاً، وتسود سوائل الجسم وتتحلل الأنسجة، ويكون لها رائحة عفنة.
- 5 - قد تُشاهد بعض اليرقات من رتبة حرشفية الأجنحة معلقة بأرجلها.

5- تحديد القدرة الإراضية للجراثيم الممرضة للحشرات:

لا بد من إجراء الاختبارات السيولوجية (المصالية) للتعرف على القدرة الإراضية للجراثيم قيد الاختبار، وذلك بإدخال الجراثيم في معدة حشرة سليمة،

وذلك بخلطها بطعام الحشرة، ومن ثم التأكد من قدرتها الممرضة للحشرات، وفق ما يعرف بفرضيات كوخ كما يلي:

- 1 - عزل الجراثيم من الحشرات التي تظهر أعراض الإصابة عليها في الطبيعية.
- 2 - الحصول على الجراثيم الممرضة مخبرياً، وبصورة نقية بعمل مزرعة نقية.
- 3 - تعريف الجراثيم.
- 4 - تنفيذ العدوى الاصطناعية في الحقل والمختبر.
- 5 - إعادة عزل الجراثيم من الآفة وتربيتها مخبرياً.
- 6 - إعادة تعريف الجراثيم.

6-المبيدات الحشرية المصنعة على أساس جرثومي (بكتيري):

تُعدُّ الأنواع المنتجة للأبواغ من فصيلة Bacillaceae أكثر أنواع الجراثيم استخداماً في مكافحة الحيوية. وتختلف الأمراض المتسببة عن هذه الجراثيم بشكل كبير في قتل عائلها، وتتراوح من بضعة أيام إلى عدة أشهر تبعاً لنوع الجرثوم. ويُعتبر الجنس *Bacillus* أكثر أجناسها استخداماً، وتتميز أنواعه عن غيرها بطول حياتها وفعاليتها. كما وتمتلك البكتيريا غير المنتجة للأبواغ والممرضة اختياريّاً كما في النوع (*Serratia entomophila* (Grimmont et al.) أسلوباً فريداً في قتل الحشرة العائل، لا سيما عند جعالات Scarabaeidae من خلال تعطيل وإعاقة القناة الهضمية للعائل المصاب.

يُعدُّ باستور أول من اكتشف الجراثيم الممرضة للحشرات في عام 1870 م عندما عرّف البكتيريا (*B. thuringiensis* (*B. th*) المسببة لمرض فلاشيريا (*Flashirea*) ليرقات دودة الحرير (دودة القز) (*Bombyx mori* (L.)). وتُعدُّ معظم مبيدات الحشرات المعتمدة على النوع *B. thuringiensis* فعالة ضد نوع واحد أو عدد قليل أو كثير من الأنواع. فعلى سبيل المثال تمتلك المبيدات المصنعة على أساس الجرثومة *B. thuringiensis* var *kurstaki* فعالية عالية لقتل الطور اليرقي

لمجموعة واسعة من الفراشات. في حين أن المبيدات المصنعة على أساس النوع *B. popilliae* var *popillia* مسبب المرض اللبني ليرقات الخنفساء اليابانية *Popillia japonica* (Newman)، لا تقتل يرقات الدودة البيضاء الحولية القريبة منها.

تُعدُّ جراثيم *B. th* شائعة في التربة، فقد تم عزل العديد من الأنواع والسلالات القاتلة للحشرات من عينات التربة. وعلى اعتبار أن الجراثيم لا تنتج سموماً تؤثر بالملامسة كما هو الحال مع الممرضات الفطرية، لذلك كان لابد من ابتلاعها من قبل الحشرة لتصبح فعالة. ويمكن تفسير الحساسية العالية للأمراض الجرثومية المتسببة عن الجنس *Bacillus* بأن الأنواع التابعة لهذا الجنس من الجراثيم تنتج بلورات كريستالية وهي أجساماً مجاورة للأبواغ شبيهة بالأبواغ، قابلة للذوبان في القناة الهضمية للحشرات، تُدعى بالأجسام الجارجرثومية (Parasporal Body) (الشكل 10) أو التوكسينات (السموم) وتتكون من مواد بروتينية، قوامها الأحماض الأمينية التي تتكون نتيجة هدم خلاياها الخضرية أثناء تكوين الأجسام المجاورة للأبواغ في بنية بلورية. وهي على نوعين:

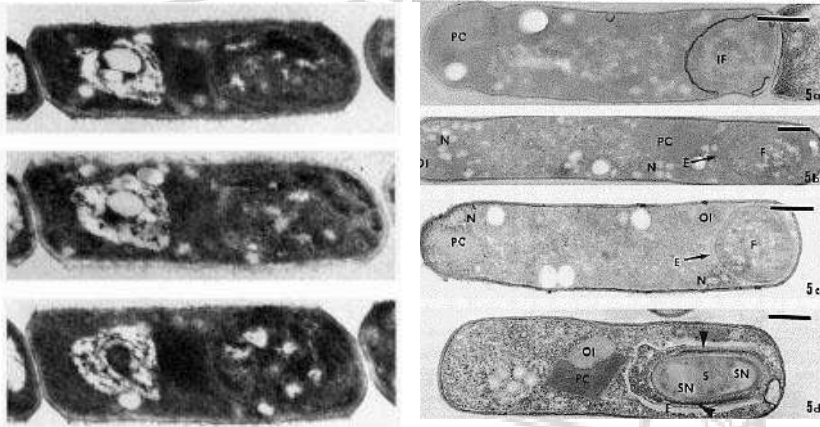
1 - السموم الخارجية Exotoxin:

أ - α - exotoxin ب - β - exotoxin ج - γ - exotoxin

2 - السموم الداخلية Endotoxin: Σ - Endotoxin

وتُعدُّ السموم الداخلية أشد أنواع هذه السموم خطورة على الحشرة. إذ تؤدي عند التعرض لها إلى شلل أمعاء الحشرة، بتخريب الخلايا الطلائية المبطنة للقناة الهضمية الوسطى في دقائق، مما ينتج عنه توقف الحشرة عن التغذية. كما أن الأبواغ الداخلية الناتجة عن هذا الجنس قد تثبت داخل القناة الهضمية للحشرات أو تنفذ إلى داخل فراغ جسمها، وتعطي الخلايا الخضرية التي تنقسم بسرعة في دم الحشرة لكونه وسطاً ملائماً لنموها، فيحدث تسمم جرثومي يسهم في موت اليرقة

المصابة بسرعة أكبر. ومكثال عن هذه المبيدات، نذكر إنتاج المبيد Biotrol الذي استُخدم بنجاح ضد دودة براعم التبغ، وحفار ساق قصب السكر ودودة أوراق اللهانة بكفاءة عالية. ويصل عدد الأنواع المختلفة التي يمكن أن تُكافح باستخدام هذه البكتيريا إلى حوالي 30 نوعاً يتبع معظمها إلى رتبة حرشفية الأجنحة.



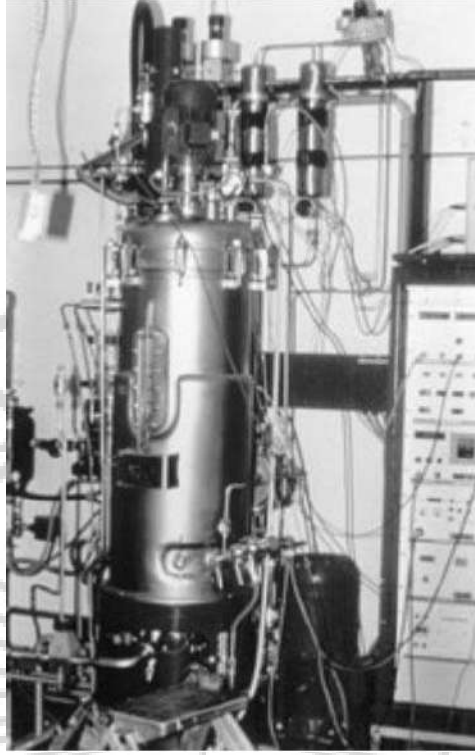
الشكل (10): صورة للمجهر الإلكتروني تظهر إنتاج الأجسام الكريستالية أو الأجسام البلورية شبيهة بالأبواغ عند جراثيم *B. thuringiensis*.

7-قابلية المبيدات الجرثومية للخلط مع المبيدات الكيميائية:

يمكن خلط المبيدات الجرثومية وبخاصة المصنعة على أساس الجرثومة *B. thuringiensis* (B. th) التابعة للجنس *Bacillus* مع كافة المبيدات الحشرية الكيميائية، دون أن تتأثر الخلايا الجرثومية أو سمومها أو تفقد السموم خواصها السمية، باستثناء تلك المركبات الحاوية على المعادن الثقيلة مثل النحاس والزرنيخ والكبريت، والتي تُستخدم لمكافحة الجراثيم الممرضة للنبات.

8-التصنيع والإنتاج الموسع للجراثيم الممرضة للحشرات:

تعتمد التربية الموسعة والإنتاج الكمي للجراثيم الممرضة للحشرات على مجموعات البكتيريا إجبارية التطفل. وتعتمد نوعين رئيسيين وهما *B. thuringiensis* الذي يُعدُّ ممرضاً فعالاً للعديد من الآفات الزراعية، والنوع *Paenibacillus popilliae* (Dutky) ممرض الخنفساء اليابانية *P. japonica*. ويسبب عدم إنتاج النوع *P. popilliae* للأبواغ عند تنميته على المستنبات الاصطناعية، لابد من حقن الخلايا الخضرية لهذه الجرثومة، وكذلك الأبواغ المجموعة من اليرقات المصابة حقلياً باليرقات المستهدفة في عمرها الأول لإنتاج الأبواغ. أما النوع الأول *B. thuringiensis* فيمكن تربيته بسهولة في وسط غذائي سائل يحتوي كلا من جريش سمك مع المولاس وطحين بذور القطن، ويتم الحصول على الأبواغ والتوكسينات المرتبطة بالترشيح أو الطرد المركزي أو الترسيب، وتتم التربية في مخمرات آلية خاصة في أوساط غذائية تم تطويرها لإنتاج كميات كبيرة بجودة عالية وتكلفة منخفضة، تجعل استخدام هذه الجراثيم في مكافحة أكثر اقتصادية (الشكل 11).



الشكل (11): الإنتاج الكمي الموسع للجراثومة الممرضة للحشرات *B. thuringiensis* باستخدام مُخَمَّرَات آلية خاصة على المستنبطات الاصطناعية السائلة. (عن Van Driesche et al., 2008).

8-1- تصنيع المبيدات الحشرية الجرثومية:

يتم تصنيع هذه المبيدات على شكل مساحيق قابلة للبلل، أو للتغفير أو مستحلبات تتكون من حوالي 4% مادة فعالة (توكسينات أو توكسينات + أبواغ)، والباقي 96% مواد حاملة وناشرة ومبللة. مما يسهل استخدامها رشاً أو تغفيراً على النباتات، وبآلات الرش العادية ذاتها المستخدمة مع المبيدات الكيميائية. وتتحمل المساحيق القابلة للبلل والتغفير فترة تخزين تصل في الدرجة العادية لمدة عامين.

8-2- خطوات الإنتاج الكمي للمبيدات الحشرية الجرثومية:

يتم إنتاج المبيد الحشري الجرثومي صناعياً على ثلاث مراحل:

2-1- مرحلة التخمير:

تتم هذه المرحلة في الأوساط الجافة أو الأوساط السائلة لإكثار الجراثيم.

2-2- مرحلة التعيير:

يتم في هذه المرحلة الحصول على التوحيد القياسي للمنتج، وذلك بخلطه مع العينة الغذائية، بحيث يكون معدلها كافياً لقتل 50 % من حيوانات التجربة خلال فترة زمنية محددة. وهي ما تُعرفُ باسم الجرعة الوسطية القاتلة (LD 50). والجرعة الوسطية القاتلة: هي الكمية اللازمة من الجراثيم أو المستحضر الجرثومي لقتل 50 % من حيوانات التجربة أو الآفة.

2-3- مرحلة التشكيل: وهي عملية يتم فيها جمع الأبواغ الجرثومية من مستعمرات الإكثار، وخلطها مع المواد الحاملة لتشكيل المستحضر التجاري.

الفصل الحادي عشر

الفطور الممرضة للحشرات

Entomopathogenic Fungi

يمتلك بعض الفطور أهمية خاصة في مكافحة الحيوية للآفات الحشرية، حيث تعمل كطفيليات ممرضة للحشرات تسبب قتلها أو تضعفها بقوة، ويمكن استخدامها كمبيدات فطرية حشرية، وتخضع هذه الممرضات بشكل مباشر للتنظيم بواسطة العوامل الفيزيائية للبيئة من حرارة ورطوبة وإضاءة وغيرها.

1- ميزات الفطور الممرضة للحشرات

Characteristics of Entomopathogenic Fungi

- تتميز الممرضات الفطرية كعوامل مكافحة حيوية للآفات الحشرية بعدة ميزات مقارنة مع المبيدات الكيميائية التقليدية يتمثل أهمها في:
- 1- تكلفتها المنخفضة وكفاءتها العالية، إذ تسبب حالة وبائية متزايدة واستجابة للتغيرات في كثافة مجتمع الآفة.
 - 2- أمانة للأحياء النافعة، وتخفيض الأثر المتبقي في البيئة، إضافة إلى أنها تزيد من التباين الحيوي في نظم إدارة الإنسان للبيئة.
 - 3- تنتش أبواغ الممرضات الفطرية عند ملامستها لكيوتيكل الحشرة، وتكون أنبوبة اختراق، ومن ثم تخترقه، إما عبر الضغط الميكانيكي، أو بإفراز أنزيمات محللة للكيوتيكل، أو بكليهما معاً.
 - 4- لا تحتاج هذه الممرضات كما هو الحال مع مسببات أمراض الحشرات البكتيرية والفيروسية لابتلاعها من قبل الآفة، ويمكنها غزو عائلها مباشرة عبر الكيوتيكل وهذا ما يفسر قدرتها العالية على إصابة الأطوار غير المتغذية من الحشرات كالبيض والعدارى.

5- حالما يصل إلى النسيج الدموي للحشرة، يتضاعف الفطر داخله بدءاً من خلية واحدة، ومن ثم يغزو أعضاء الحشرة وأنسجتها خلال فترة قصيرة بواسطة السموم التي يفرزها، ومن ثم يستخدم جثثها بعد الموت للبقاء وانتشار أبواغه.

6- كما في الإصابة بالمرمضات البكتيرية والفيروسية، تستغرق الإصابة بالمرمضات الفطرية فترة زمنية لقتل عائلها، تعتمد على نوع وسلالة الفطر وحجم العائل والظروف البيئية.

2- طرائق عدوى الحشرات بالفطور الممرضة للحشرات:

تتم عدوى الحشرة من خلال الأبواغ الساكنة أو الكونيدية، وتنتقل إلى الحشرات القابلة للإصابة، بإحدى الطرائق التالية:

1- **العدوى المباشرة:** تتم من خلال سقوط الأبواغ على الحشرات من معلق الأبواغ الفطرية، ومن ثم تثبت وتحدث الإصابة، وتتابع دورة حياتها.

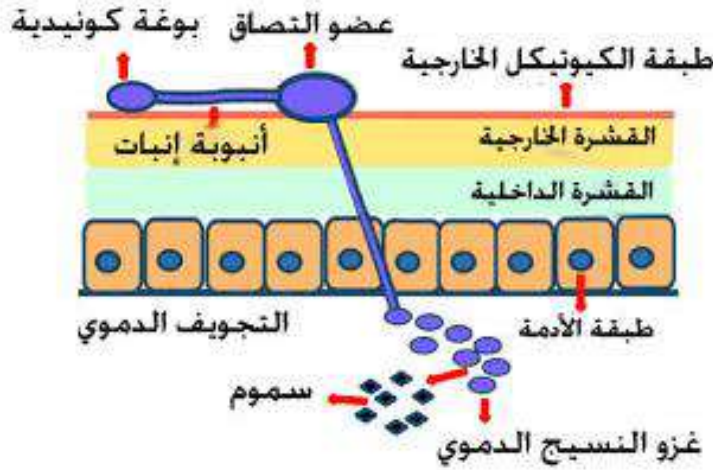
2- **العدوى بالملامسة:** وفيه تنتقل العدوى للحشرات السليمة أثناء انتقال الحشرة من مكان لآخر، ووصولها إلى أماكن توجد فيها أبواغ الفطر الممرض، فتنقل إليها بالملامسة، ومن ثم تثبت وتحدث الإصابة.

3- **العدوى عن طريق الرياح:** تُعدُّ هذه الطريقة الوسيلة الأساسية لانتقال أبواغ أغلب الأنواع الفطرية، ومن ضمنها الفطور الممرضة للحشرات، حيث تحط على الحشرات، وتثبت وتحدث الإصابة.

4- **العدوى عن طريق الحشرات المفترسة أو المتطفلة:** ويتم ذلك أثناء تنقل الحشرات التي تحمل وحدات الفطر التكاثرية، من ميسيليوم أو أبواغ لا جنسية أو جنسية خلال بحثها عن المضيف والغذاء، فتصل إلى الحشرات السليمة المناسبة لها، وتثبت وتحدث الإصابة.

3- طرائق اختراق الفطور الممرضة فراغ جسم الحشرة (الشكل 12):

- 1- يشكل وصول الفطر الممرض إلى المضيف الحشري المناسب في البيئة المرحلة الأولى والمهمة لإحداث المرض.
- 2- تشكل طريقة دخول الممرض إلى داخل جسم الحشرة Mode of Entry المرحلة الثانية المهمة، والتي تتم بإحدى الطرائق التالية:
 - أ - بعد إنبات البوغة (الجنسية أو اللاجنسية) على سطح جسم الحشرة، يتشكل النمو الهيفي ويخترق جسم الحشرة عبر الفتحات الطبيعية كالثغور التنفسية، والأغشية بين الحلقات، والجروح أو الشقوق، ثم يبدأ الميسيليوم بالنمو داخله مستهلكاً أنسجتها الداخلية مؤدياً إلى موتها.
 - ب - تفرز بعض أنواع الفطور بعد إنبات أبواغها أنزيمات تحلل جزء من جدار جسم الحشرة الخارجي مثل: اللياز، البروتيناز، الكيتيناز، مما يفسح المجال أمام دخول النمو الهيفي لداخل الجسم، ومن ثم يتابع الفطر نموه وتطوره.
 - ج - تستطيع بعض الأنواع الفطرية تكوين أعضاء، أو تراكيب خاصة تُدعى بأعضاء الالتصاق، تتشكل بعد إنبات البوغة على شكل انتفاخات دبوسية مفلطحة تنتهي بأعضاء اختراق، تسمح لهيفا الفطر باختراق كيوتيكل جسم الحشرة، وبالتالي دخولها إلى داخله، ومتابعة دورة حياة الممرض.
- 3- في المرحلة الثالثة يبدأ الميسيليوم بالنمو والتغلغل داخل جسم الحشرة ويقوم بتخريب واستهلاك أنسجتها. فيما تفرز بعض أنواع الفطور مواد سامة تسارع في موت الحشرة. كما لوحظت بعض ردود الأفعال من قبل الحشرات وبخاصة الردود الدموية المتمثلة في زيادة عدد وحجم ونوعية خلايا البلعمة.



الشكل (12): اختراق الفطور الممرضة للحشرات فراغ جسم الحشرة.

4-العوامل البيئية المؤثرة في فعالية المبيدات الفطرية:

1-الرطوبة: معظم الفطور لا تنبت إلا بوجود الماء الحر أو الرطوبة العالية التي تتراوح ما بين 90 - 100%، والقليل منها ينبت على رطوبة 50%، ويحتاج أغلبها إلى أكثر من 90%.

2-الحرارة: يتشارك تأثير درجات الحرارة في تطور ممرضات الحشرات الفطرية مع تأثير الرطوبة، حيث يلعب هذان العاملان دوراً رئيساً في إحداث العدوى، وتطور المرض على الآفة. وتتراوح درجات الحرارة المثلى لتطور ممرضات الحشرات الفطرية ما بين 18 - 22°س.

3-الرياح: تلعب الرياح دورين أحدهما إيجابي والآخر سلبي، ويتمثل الدور الإيجابي في نشر أبواغ الفطر إلى أماكن بعيدة، أما الدور السلبي لها فيمكن في خفض كل من الرطوبة ودرجة الحرارة.

4-الضوء: يسبب الضوء رفع درجة الحرارة، وخفض الرطوبة بشكل عام. وتعد الفطور حساسة للأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من الشمس، لأنها تقلل من فعاليتها، كما تؤثر في بعض الأبواغ وتسبب حدوث طفرات فيها.

5-التربة: تُعدُّ التربة الدبالية غنية بالمادة العضوية، وتحتفظ بالرطوبة، وبالتالي تكون مهيأة لنمو الفطر وتكاثره، كما وُجد أن التربة الغنية بالمادة العضوية النيتروجينية تلائم نمو وتكاثر الفطور.

5-استخدام الفطور في مكافحة الحيوية:

أظهرت الأبحاث إمكانية استخدام العديد من الفطور الممرضة للآفات من أمثال الأنواع *Arthrobotrys oligospora* (Fresen) و *Dactylellina* spp. في مكافحة الحيوية للنيماتودا. حيث تشكل أعضاء افتراس أو اصطياد لهذه الآفة، وذلك بتلقيح التربة بمعلقات أبواغها، مع إمكانية إنتاج هذه الممرضات بشكل واسع على الأوساط الغذائية الاصطناعية، وتحضيرها على شكل مستحضرات تجارية فعالة للاستخدام الحقلية وخاصة في البيوت المحمية.

ظهرت في الآونة الأخيرة العديد من الأبحاث والتطبيقات الناجحة حول استخدام الفطور الممرضة للآفات الحشرية وغير الحشرية، مثل الأعشاب الضارة، ومسببات أمراض النبات الفطرية والنيماتودية عبر ما يسمى بالتضاد الفطري.

تتبع غالبية الفطور المسببة لأمراض الحشرات إلى رتبتين هامتين هما:

1. رتبة **Entomophthorales**: تُعد من أكثر أنواع رتب الفطور استخداماً في مكافحة الحيوية التقليدية، ومعظم أفراد هذه الرتبة عوامل ممرضة للعديد من الحشرات، كالمَنّ ونطاطات الأوراق وبعض حشرقيات الأجنحة.

2. رتبة **Moniliales**: تُستخدم مستحضرات الممرضات التابعة لها في مكافحة آفات الغابات والبساتين ومحاصيل الحقل ومن أهمها:

1-2-الجنس *Beauveria*: ويحتوي على الأنواع *B. brongniartii* (Sacc.)

B. bassiana (Bals.-Criv) Vuill.، Petch

2-2-الجنس *Metarhizium* وتتبع له الأنواع *M. anisopliae* (Metchnikoff)

M. flavoviride (Gams & Roszypal)، Sorokin

2-3-الجنس *Paecilomyces*: وتتبعه الأنواع *P. fumosoroseus* (Wize) Br

P. farinosus (Holmsk) Fr, *P. amoenoroseus* (Hennings) & Sm.

تُكافح حشرات المن والذبابة البيضاء في مزارع أوروبا المغلقة بالمستحضر *Lecanicillium lecanii* (Zare & Gams). ويُستخدم في أمريكا مستحضر *Hirsutella thompsonii* (Fisher) لمكافحة حلم صدى الحمضيات *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead). ويمكن إكثار جميع تلك الفطور في المختبر على مستنبتات اصطناعية. وتحدث العدوى للحشرات عبر الفتحات التنفسية، ومن خارج جسم الحشرة.

تشير الدراسات إلى إمكانية استخدام وحيدات الخلية Protozoa في مكافحة الحيوية، إذ تضم مجموعة متنوعة من الأحياء تصل إلى حوالي 100 نوع يهاجم اللافقاريات، وبخاصة رتبة ميكروسبورديا (*Microsporidia*). وهي عموماً، كائنات متخصصة نوعية، إلا أنها ذات تأثير بطيء، وتحدث إصابة مزمنة مع ضعف عام للعائل، ولا يمكن إكثارها إلا على الحشرات الميتة. يمكن أن تبقى هذه الممرضات كامنة فترة طويلة، لذلك يمكن تخزينها واستعمالها رشاً على هيئة معلق، وتعد أبواغها المرحلة المعدية، إلا أنه ينبغي ابتلاعها من قبل العائل الحشري لتصبح ممرضة، إضافة إلى وجودها مختلطة مع غيرها من الكائنات الممرضة الأخرى لا سيما الفيروسية. لذلك لم تلق نجاحاً من الناحية التطبيقية، وليس من المتوقع استعمالها بكثرة في مكافحة الحيوية. ويُعد النوع *Nosema pyrausta* (Perezia) مثلاً عن هذه الأحياء مسبباً خفصاً لخصوبة بالغات حفار ساق الذرة الأوروبي، وعمرها، والموت المبكر ليرقاتها (الشكل 13).



الشكل (13): يرقة تظهر الإصابة بالفطر *Nosema sp.*

6- أعراض الإصابة بالمرضات الفطرية على الحشرات (الشكل 14):

- 1 - تكون جسم موميائي صلب أو يشبه الجبن ولا ينتفخ بالماء.
- 2 - يظهر جسم الحشرة مغطى بخيوط الفطر، أو كتل خيطية تخرج من بين حلقات الجسم.
- 3 - ظهور نموات خارجية للخيوط الفطرية مكونة من بروزات طويلة.
- 4 - يتلون جسم الحشرة باللون الأسود، أو يكون الجسم أجوف، يتحلل بالماء إلى بودة سوداء.
- 5 - تظهر الحشرات الكاملة، وبخاصة الذباب، ملتصقة بالسطح وحولها هالة بيضاء من الأبواغ.
- 6 - قد تتسلق الحشرة قبل موتها المواضع المرتفعة من عائلها النباتي، وتظهر ممسكة بسوق النبات عن طريق التفاف أرجلها، فتحسن عملية انتشار أبواغ الفطر.
- 7 - وجود حشرات فقدت حلقاتها البطنية، ولا يزال لديها المقدرة على الحركة.
- 8 - قد يلاحظ وجود أكياس سبورانجية للفطر داخل جسم الحشرات المائية.
- 9 - تشاهد هيفات أو أكياس بوغية سمكية ومزركشة بمؤخرة يرقات الحشرات المائية.



الشكل (14): أعراض الإصابة بممرضات الحشرات الفطرية.

7-الفطور المفترسة *Predatory Fungi*:

يمكن لبعض أنواع الفطور افتراس النيماتودا، والأوليات، والحشرات الصغيرة غير المجنحة، وبعض أنواع الفطور الأخرى الموجودة في التربة، مثل الفطور الممرضة للنبات، لذا تُسمى بالفطور المفترسة. ينمو ميسيليوم الفطر المفترس في التربة، وعلى البقايا النباتية وبعض المواد العضوية الأخرى، ثم تتشكل أعضاء افتراس على هيئة شبكة تحتوي مواد لاصقة لزجة. كما تفرز بعض فطور التربة المفترسة مواد جاذبة تقوم بجذب فريستها من النيماتودا وغيرها إلى ميسيليوم الفطر، وبعد التصاقها بالميسيليوم أو التصاق الميسيليوم بها تقوم بشل حركتها، إما بتشكيل حلقات قابضة أو غير قابضة أو عبر إفراز مواد تقوم بشلها خلال مدة 16 - 18 ساعة من بداية التلامس، ومن هذه الفطور نذكر: 1 - *Arthrobotrys*.

2- الأنواع التابعة للجنس *Dactylaria* و *Paecilomyces* وغيرها.

8-الإكثار الكمي والإطلاق الكثيف لمسببات أمراض الحشرات الفطرية:

تم تقدير وجود ما بين 750 إلى أكثر من 800 نوع فطري يتبع إلى 90 جنساً، صُنِّفت كمسببات أمراض للحشرات، إلا أن القليل منها متاح تجارياً للمزارعين. ومن هذا التنوع الكبير تم تربية وإطلاق عددٍ قليلٍ منها، لاسيما *Metarhizium anisopliae* و *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin Sorokin (Metchnikoff) على أوساط غذائية رخيصة الثمن. يتطلب استخدام ممرضات الحشرات الفطرية استخدام الأبواغ الكونيدية في المكافحة، إذ يتطلب لمكافحة الآفات استخدام تراكيز منها يعادل 10^5 إلى 10^6 بوغة/سم³ تربة أو سم² مسطح ورقي، بما يعادل 10 - 15 كغ من مواد التربة/هكتار. لذلك يُعدُّ إنتاج كميات كبيرة من هذه الأبواغ وبقائها على قيد الحياة على قدر كبير من الأهمية. تتم التربية الموسعة للفطور المنتجة للأبواغ عادة على مستنبتات غذائية اصطناعية، تؤمن كافة المتطلبات الغذائية، أو يتم استخدام المواد الطبيعية كالرز والنخالة في وسط مغذ، ويتم حصاد الأبواغ الكونيدية المتكونة بغسلها بالماء المقطر. فمثلاً يتم إنتاج عدداً من أنواع الفطور لاسيما الفطر *B. bassiana* (Balsamo) Vuillemin والفطر *Hirsutella thompsonii* (Fisher) في المستنبتات السائلة أو نصف السائلة مع الرج المستمر لتكوين نمواً ميسيليومياً غزيراً، ومن ثم يتم تجفيف الميسيليوم الناتج وتخزينه تحت ظروف التبريد لحين استخدامه في المرحلة الثانية بنقله إلى المستنبتات الصلبة لإنتاج الأبواغ. ومن الضروري أن تميل حموضة الوسط البيئي إلى الحموضة ويُعدُّ الضوء غير مهم، لأن نمو الفطر يمكن أن يتم في الظلام.



الفصل الثاني عشر

أمراض الحشرات المتسببة عن الفيروسات والريكتسيا والميكوبلازما

Entomopathogens Caused by Viruses, Rickettsia and Mycoplasma

أولاً: الفيروسات الممرضة للحشرات Entomopathogenic Viruses

تم عزل الفيروسات الممرضة للحشرات من أكثر من 1000 نوع حشري، يتوزع في 13 رتبة مختلفة من رتب الحشرات، وتُعدّ من مسببات الأمراض إجبارية التطفل. إلا أنه لا بد من ملاحظة أن جميع هذه الممرضات تتطلب ابتلاعها من قبل العائل لكي تؤثر فيه.

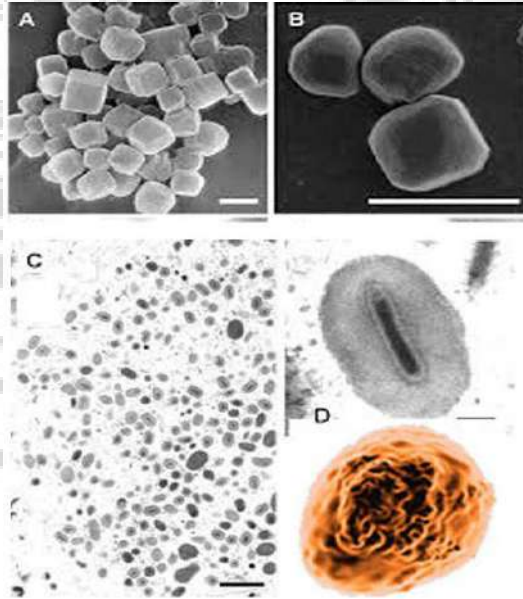
1- تصنيف الفيروسات الممرضة للحشرات:

تشكل الفيروسات المتطفلة على الحشرات الجزء الأكبر أهمية في مكافحة الآفات الحشرية والتي تمت دراستها بشكل جيد نسبياً. وتوجد الفيروسات الممرضة للحشرات في 15 فصيلة فيروسية وهي: Iridoviridae، Parvoviridae، Nodaviridae، Ascoviridae، Polydnviridae، Poxviridae، Baculoviridae، Rhabdoviridae، Birnaviridae، Reoviridae، Tetraviridae، Picornaviridae، Togaviridae، Flaviviridae و Bunyaviridae. والعديد من أنواعها عالية التخصص بالعائل، إلا أن أهم العوائل المتطفلة على الحشرات وأكثرها انتشاراً تتمثل في أربع فصائل رئيسة وهي:

- 1 - فصيلة الفيروسات العصوية Baculoviridae.
- 2 - فصيلة الفيروسات الصندوقية Poxviridae.
- 3 - فصيلة ريوفيريديه Reoviridae.
- 4 - فصيلة فيروسات قوس قزح Irdoviridae.

وتوضع هذه العوائل في ثلاث مجموعات رئيسية، وهي الفيروسات متعددة السطوح النووية (Nucleopolyhedrosis Viruses (NPV)، والفيروسات الحبيبية (Granulosis Viruses (GV) (الشكل 15) والفيروسات متعددة الوجوه السيتوبلازمية (Cytoplasmic Polyhedrosis Viruses (CPV).

شملت أغلب الدراسات المنفذة على مسببات أمراض الحشرات الفيروسية عائلة الفيروسات العصوية Baculoviridae بسبب تخصصها العوائي، وقدرتها الإمرضية العالية. وتُعرف كمسببات أمراض للعديد من الآفات، وبشكل خاص ليرقات حرشفية الأجنحة وغشائية الأجنحة والدبابير المنشارية ويرقات البعوض وغيرها. وقد استُخدمت فيروساتها لتطوير أغلب المبيدات الحشرية الفيروسية التجارية، ولم يُسجل لهذه المبيدات أية آثار أو أمراض للفقاريات حتى تاريخه، وبذلك سُجلت كمبيدات آمنة للفقاريات.

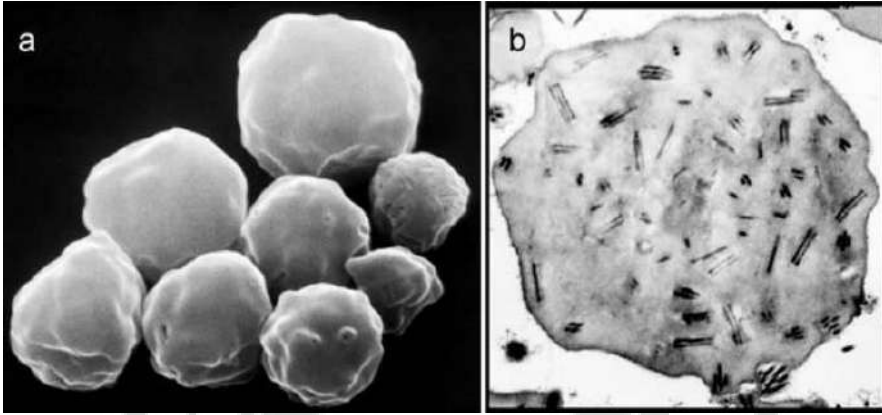


الشكل (15): A-B الفيروسات متعددة السطوح النووية العصوية، C-D الفيروسات الحبيبية الممرضة للحشرات.

2- استخدام الفيروسات الممرضة للحشرات:

إنَّ درجة التخصص العالية لمعظم الفيروسات بالعائل تجعلها أكثر قبولاً لأهداف برامج مكافحة الحيوية المختلفة. وتُعد فصائل الفيروسات الثلاث الأولى Baculoviridae و Poxiviridae و Reoviridae أكثر أهمية في مكافحة الحيوية للحشرات. تنتج هذه العوائل جسماً مغلفاً (OB) Occlusion Body وهو عبارة عن جسم بروتيني يحمي جزيئة الفيروس الكامل (Virion)، يمكن تشبيهه ببوغة الجرثومة، ويتكون من منظومة بروتينية، ينغرس فيها فيروس واحد أو أكثر يتم إنتاجه داخل جسم العائل المصاب، ويتحرر إلى البيئة بعد موت العائل (الشكل 16). وبذلك يحمي الفيروس في البيئة قبل إصابته للعائل، ويحسن بقاؤه في فصل النمو، كما يطيل من بقاءه لعدة سنوات. في حين تموت الفيروسات غير المحمية بمثل هذا الجسيم، وتصبح هشة وسهلة التكسر عند جفافها وتعرضها لأشعة الشمس.

يتباين الجسم المغلف (OB) في الحجم والشكل تبعاً لمجموعة الفيروس. فهو متعدد الوجوه في الفيروسات العنوية والفيروسات متعددة السطوح النووية (NPV)، وبقطر ما بين 0.5-15 ميكرون، ويحتوي عدة فيروسات معدية. في حين يكون أصغر حجماً في الفيروسات الحبيبية Granulosis viruses (GV)، وبشكل محفظة أو كبسولة بقطر ما بين 200 - 600 نانومتر، ويحتوي كل منها فيروس واحد فقط.



الشكل (16): الجسم المغلف للفيروسات متعددة السطوح النووية (NPV) الممرضة للحشرات. (عن Hajek, 2004)

a: تحت المجهر الإلكتروني الماسح. b: مقطع عرضي في الجسم البروتيني المغلف للفيروس.

3- العدوى بالفيروسات الممرضة للحشرات

Infection with Entomopathogenic Viruses

تعتمد سرعة موت الآفة المصابة بالفيروس جزئياً على الظروف البيئية، فقد تموت الآفة المستهدفة تحت الظروف المثلى خلال 3 - 7 أيام، وتحتاج 3-4 أسابيع تحت الظروف غير المناسبة. وعلى العموم، تحدث العدوى بالفيروسات الممرضة للحشرات وفق الخطوات التالية (شكل 17):

1- على خلاف الفيروسات الممرضة للحيوانات لابد من تناول الفيروسات الممرضة للحشرات من قبل العائل لتصبح فعالة، وتحدث العدوى عبر جدار القناة الهضمية.

2- عند تناول الجسم المغلف للفيروسات العصوية (كمثال عن الفيروسات الممرضة للحشرات) من قبل اليرقات، فإن قلوية قناتها الهضمية تسبب حل أوجه هذا الجسيم.

3- يتحرر الفيروس من الطبقة الخارجية للفيروس الكامل (الفيريون)، ويرتبط بزغابات وخلايا بطانة جدار معدة العائل، وتدخل جزيئاته نوى خلايا المعى الأوسط.

4- يتضاعف الفيروس ضمن أنوية خلايا المعدة الحساسة، ويتكون نسل الفيروس لنشر العدوى على مستوى العائل بسرعة. تعتبر الفيروسات العنوية شرسة وغالباً ما تسبب موت عائلها بسرعة، على عكس بعض الفيروسات التي تسبب أمراضاً مزمنة.

5- تبدأ الفيروسات المصنعة بغزو الأنسجة الأخرى في النسيج الدموي مثل الأجسام الدهنية، والخلايا العصبية والخلايا الدموية، ثم تنتج الخلايا المصابة في دورة التكاثر الثانية للفيروس فيروسات متبرعمة تُحجب جزيئاتها داخل السطوح المتعددة في النواة، ويستمر تراكمها داخل الحشرة حتى امتلاء جسم العائل بالفيروس تقريباً، فتظهر جثة العائل المصاب مملوءة بالأجسام المغلفة، وغالباً ما تكون تلك الجثث معلقة بشكل مقلوب أو بشكل حرف "V" معكوس.

6- تنتج الفيروسات أنزيمات تحطم خلايا العائل وأنسجته وقشرته الداخلية، وبذلك يظهر الكيوتيكل عند الموت أو بعده بقليل رقيقاً ومملوءاً بسائل لزج يحتوي ملايين الضامات الفيروسية. وبذلك تبدأ جثثها بالإدماج أو السيلان وقد تتمزق محررة سطوح الفيروس على أوراق النباتات والأغصان الموجودة عليها تلك اليرقات.

7- يحتوي السائل الناتج عن أجسام الحشرات الميتة ما يقارب 10^9 جسماً مغلفاً، بدءاً من جرعة أولية تعادل 1000 جسماً مغلفاً، تكون قادرة على إحداث العدوى للحشرات الأخرى عند تناولها.

4- طرائق انتقال عدوى الحشرات بالفيروسات

تنتقل العدوى بالمرضات الفيروسية بين الآفات الزراعية بوحدة أو أكثر من الطرائق التالية:

1- الانتقال العمودي للعدوى الفيروسية:

يلعب الانتقال العمودي للعدوى بالفيروسات دوراً هاماً وبخاصة عند الحشرات متعددة الأجيال في العام، حيث يؤمن انتشار الإصابة في الحقل من جيل لآخر، حتى عند استخدام الفيروس لمرة واحدة في العام أو لمرة واحدة في عدة مواسم زراعية. ويتم هذا الانتقال من الحشرة الأم إلى نسلها بطريقتين:

أ- الانتقال البيضي: وفيه تضع إناث الحشرات الحاملة للمرض بيضاً ملوثاً بضامات الفيروس بشكل خارجي، وعند فقسه تقرض اليرقات جزءاً من غلاف البيضة الملوث بالضامات الفيروسية، مما ينقل الإصابة بكميات كافية لليرقات.

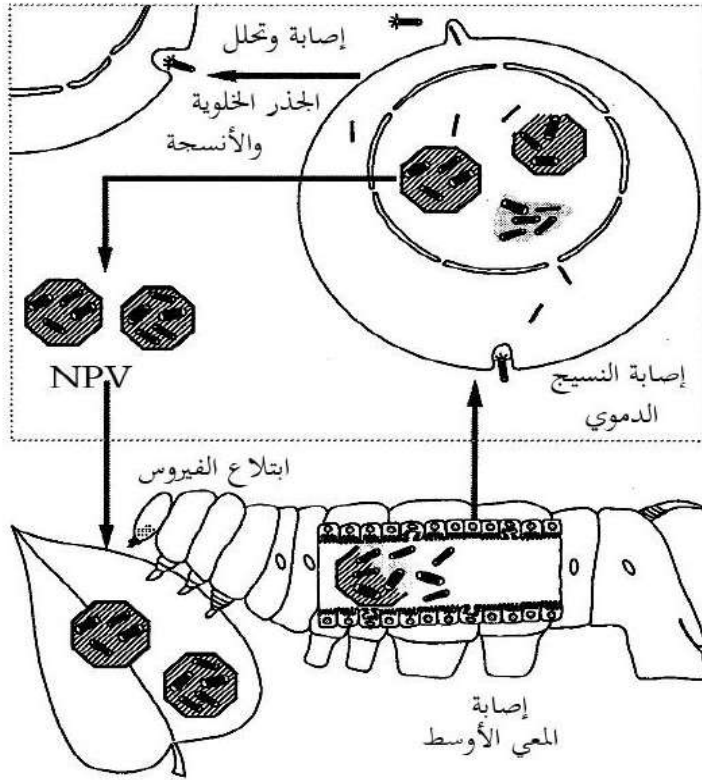
ب- الانتقال المبيضي: يحدث ذلك عند وضع إناث الحشرة المصابة بيضاً يحمل الضامات الفيروسية مما يؤدي إلى إنتاج يرقات تحمل الإصابة وغالباً ما تموت بسرعة.

2- الانتقال الأفقي للعدوى الفيروسية:

يلعب الانتقال الأفقي دوراً هاماً عند الحشرات وحيدة الجيل، إلا أنه يتطلب كمية كافية لتغطية المساحة المصابة، ووصول الفيروس إلى جميع أجزاء النبات. ويمكن تحقيق ذلك باستخدام حجم سائل رش كبير، يضمن وصول الضامات الفيروسية إلى القناة الهضمية أو إلى داخل جسم اليرقة المستهدفة. ويتم ذلك عبر واحدة أو أكثر من الطرائق التالية:

أ- أثناء تغذية اليرقات: تنتقل العدوى الفيروسية لليرقات عند تغذيتها على نباتات تحمل الضامات الفيروسية عبر فمها وتصل إلى القناة الهضمية، ومن ثم إلى النسيج الدموي، حيث النسيج المناسب لنمو وتطور الفيروس، وإحداث المرض على اليرقة وموتها.

ب- أثناء وضع البيض: تنتقل العدوى من حشرة مصابة إلى أخرى سليمة عند تطفل الإناث المصابة عبر آلة وضع البيض أثناء وضعها للبيض. وبالتالي تنتقل الضامات الفيروسية من الحشرات الحاملة للمرض إلى الحشرات السليمة.



الشكل (17): خطوات حدوث العدوى بالفيروسات الممرضة للحشرات.

5- انتشار ممرضات الحشرات الفيروسية

Dispersal of Entomopathogenic Viruses

يمكن أن تنتشر مسببات أمراض الحشرات الفيروسية في الطبيعة بوحدة أو أكثر من الطرائق التالية:

- 1- لا تمتلك الفيروسات طرقاً للانتشار بجهودها الخاصة، لذلك تلعب الرياح والأمطار دوراً مهماً في نشرها.
- 2- يساعد تجمع بعض الحشرات للتغذية في بؤر صغيرة في نشر مسببات الأمراض فيما بينها بسهولة.
- 3- يمكن للأجسام المغلفة للفيروس أن تُطلق أو تتحرر عند تبرّز العائل المصاب أو عند موته وتمزق بشرته، ومن ثم تنشرها الرياح أو تُغسل من ورقة لأخرى.

- 4- تمتلك الفيروسات طرائق مساعدة للانتشار، فمثلاً تدفع اليرقات المصابة قبل موتها للتسلق إلى قمة النبات العائل، مما يساعد في نشر الفيروس أو غسله للأسفل على المجموع الخضري للعائل النباتي.
- 5- يمكن لفظ الفيروس أو يمكن لناقل طفيلي عند تطفله لوضع البيض في عائل مصاب أن يلوث آلة وضع البيض وينقل الممرض إلى عائل سليم عند تطفله التالي لوضع البيض.
- 6- يمكن نقل الممرضات الفيروسية للحشرات عبر الطيور والثدييات الصغيرة أثناء تغذيتها على اليرقات المصابة.

6- تخصص الفيروسات الممرضة للحشرات

Specificity of Entomopathogenic Viruses

تمتلك الفيروسات الممرضة للحشرات شكلاً من أشكال التخصص التطفلي لديها اعتماداً على:

1- الأنواع الحشرية التي تتطفل عليها:

تُعد الفيروسات التابعة لمجموعة الفيروسات الحبيبية من أكثر المجموعات تخصصاً. فقد وُجد أن الفيروس الحبيبي *Baculovirus agrotis* متخصصاً بيرقات الدودة القارضة (*Agrotis segetum* (Denis & Schiff.)، إضافة للأنواع القريبة من الفصيلة ذاتها. أما الفيروسات من فصيلة قوس قزح فهي ذات طيف واسع، ويمكنها التطفل على حشرات من رتب مختلفة مثل: حرشفية وغمدية وثنائية الأجنحة.

2- أنواع الأنسجة والخلايا التي تتطفل عليها:

تتباين أنسجة الحشرات بشكل كبير في حساسيتها للإصابة بالفيروسات تبعاً لمجموعة الفيروس. فالفيروسات متعددة السطوح النووية قادرة على إصابة جميع أنواع الأنسجة تقريباً، كالنسيج الدهني والأدمة الباطنة والقناة التنفسية، وتهاجم يرقات حرشفية الأجنحة، وتتضاعف في جميع أنسجة خلاياها. في حين تفضل أغلب الفيروسات الحبيبية والصندوقية أنسجة خلايا خاصة كخلايا النسيج الدهني.

3- الأطوار التطورية المختلفة للحشرة:

تُعدّ الأطوار التطورية غير الكاملة لاسيما الأولى منها غالباً أشد حساسية للإصابة من الأطوار المتقدمة بالعمر، وهذا يُعدّ عاملاً مهماً عند تحديد موعد بدء مكافحة.

7- أعراض الإصابة بالمرضات الفيروسية

Symptoms of Entomopathogenic Viruses

تعتمد أعراض الإصابة على تطور المرض، وبشكل عام لا تظهر أعراض الإصابة الفيروسية قبل عدة أيام من العدوى، حيث تبدأ الأعراض بتغيرات سلوكية تظراً أولاً على الحشرة، يليها فقد الشهية. ويتمثل التغير السلوكي بهجرة اليرقات وتأخر نموها. وتموت الحشرات المصابة عند تهتك أنسجتها الداخلية. وفي حال الإصابة بالفيروسات متعددة السطوح النووية (NPV) يصبح الكيوتاكل هشاً، ويتحطم بعد الموت مباشرة، وتسيل الملايين من الأجسام الفيروسية. كما تنمو الحشرات المصابة بالفيروسات الحبيبية ببطء. وتأخذ في النهاية لوناً أبيض مبقعاً تبعاً لشدة إصابة الأجسام الدهنية، ثم تنتفخ الحشرة ويسودّ لونها، وفي حالات الإصابة الشديدة يحدث سيلان شديد لأنسجتها بعد الموت.

8- تأثير عوامل الوسط الخارجي في تطور ممرضات الحشرات الفيروسية:

تعتمد السرعة التي يحدث فيها موت الآفة المصابة بالفيروس جزئياً على الظروف البيئية، فقد تُقتل الآفة المستهدفة تحت الظروف المثلى ما بين 3 - 7 أيام، في حين يحدث موتها في غضون 3 - 4 أسابيع تحت الظروف غير المناسبة. كما وتلعب درجة الحرارة دوراً مهماً في استخدام المبيد الفيروسي، فانخفاض درجة الحرارة يطيل فترة حضانة الفيروس، إذ إنّ مدة حضانة الفيروس متعدد السطوح *Baculovirus neodiprion* الذي يصيب حشرة دبور الصنوبر الأوربي المنشاري *Neodiprion sertifer* (Geoff) يعادل 19 يوماً عند درجة حرارة

24 س. وتؤثر أشعة الشمس المباشرة في الضامات الفيروسية وتخرّبها، فقد لوحظ انخفاض وبائية الفيروس الحبيبي *Baculovirus pieris*، الذي يصيب فراشة أبو دقيق الملفوف الكبير *Pieris brassicae* (L.)، خلال 8 ساعات من تعرضه لأشعة الشمس المباشرة بعد استخدامه على النبات، وتنتهي وبائيته تماماً بعد 12 - 19 ساعة من تعرضه لأشعة الشمس المباشرة.

ثانياً: الريكيتسيا الممرضة للحشرات *Entomopathogenic Rickettsia*

تم التعرف على الريكيتسيا كأحد أجناس الجراثيم، تبدي تفاعلات متعددة الأشكال مع مفصليات الأرجل، وكان الاكتشاف الأول لهذه الكائنات كعوامل مسببة للعديد من الأمراض التي تصيب الإنسان، وتنتقل عبر مفصليات الأرجل المتغذية على الدم، كطفيليات تناسلية تسبب أضراراً كبيرة للجهاز التناسلي الذكري. إلا أنّ الدراسات العلمية المتعددة في القرن التاسع عشر أظهرت شيوع هذه الكائنات كمتعايشات مع مفصليات الأرجل. تتشابه الريكيتسيا مع الفيروسات في كثير من خواصها، فهي إجبارية التطفل، وتمتلك بنية خلوية تحتوي على الحمضين النوويين DNA و RNA، محاطين بغشاء خلوي. وهي غالباً كائنات صغيرة الحجم، تبلغ أقطارها حوالي 0.2 ميكرون، وهي عصوية أو كروية الشكل، وقد توجد بشكل منفرد أو على هيئة سلسلة متصلة. تعيش هذه الكائنات داخل الخلية الحية، وتسبب أمراضاً للحشرات الضارة.

تتبع الأنواع الممرضة للحشرات إلى الرتبة *Rickettsiales* والفصيلة *Rickettsiaceae*، ويتبعها أنواع الجنس *Philip* والجنس *Rickettsiella*. وتتمو أنواع هذين الجنس في خلايا النسيج الدهني للحشرة المضيفة، مما يسبب إضعافها ومن ثم موتها. وتمتاز الريكيتسيا بتخصص تطفي ضيق على أنواع حشرية محددة.

1- استخدام الريكيتسيا في مكافحة الآفات الحشرية:

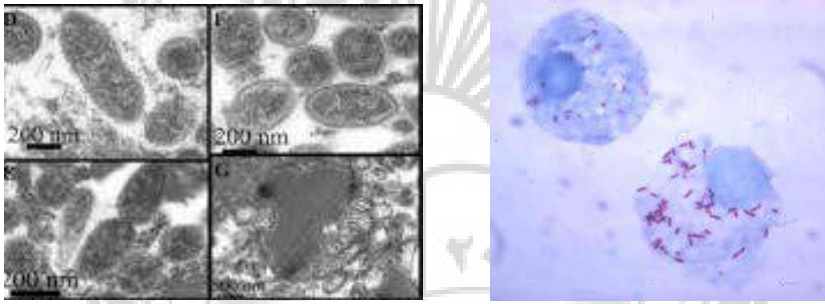
بينت الدراسات العديدة التأثيرات المتنوعة للريكيتسيا من حيث النظام الغذائي والتفاعلات الديناميكية مع أعدائها الطبيعية، كما بينت هذه الدراسات إمكانية التوريث التعايشي في حالات متعددة بين التصنيفات الميكروبية. ففي بعض الحالات يقتصر هذا التوريث على مجموعة واحدة متخصصة بعائل محدد كما في حالة الجنس *Buchnera* المتخصصة بحشرات المن، وفي حالات أخرى تكون ذات مدى واسع من أنواع مفصليات الأرجل، كما في حالة الجنس *Wollbachia* الذي يتطفل على مجموعة واسعة، تتضمن أغلب عوائل مفصليات الأرجل، وذلك من خلال قدرة أفراد هذا الجنس على الانتقال والانتشار ضمن مدى واسع من أنواع العوائل، وهو ما يسمى بحالة تناوب أو تبديل العوائل Host Shiftevents.

والى جانب أفراد الجنس *Wollbachia* سُجِّل انتشار أجناسٍ أخرى على الحشرات مثل أفراد الجنس *Cardinium* في نسبة تتراوح ما بين 13 - 55% من الأنواع الحشرية عموماً. كما أشارت العديد من الدراسات الحديثة إلى تسجيل عوائل عديدة لمجموعة توريكس ريكيتسيا (*Torix Rickettsia*)، تتضمن عوائل من رتب الحشرات شعرية الأجنحة *Trichoptera*، وبطنيات القدم *Gastropoda*، إضافة إلى أنواع البعوض (*Simulium aureum* (Fries)، *Anopheles plumbeus* (Stephens)، *Protocalliphora azurea* (Fallen) من فصيلة ذباب التَبَّانَا *Tabanidae* وفصائل دبابير طفيلية عديدة مثل: *Cerophronidae*، *Diapriidae* و *Mymaridae* إلى جانب أنواع من حشرات الغابات، ومن فصائل كلٍّ من: *Sciariidae*، *Mycetophilidae* و *Staphylinidae*، والحشرات المتغذية على اللحاء من فصيلتي البسيلا *Psyllidae* و *Ricaniidae*.

تسبب الريكيتسيا *Rickettsiella melolonthae* (Wille & Mart) مرض اليرقات الأزرق للودودة البيضاء الكبيرة (*Melolontha melolontha* (L.))، والذي اكتُشِفَ في ألمانيا في عام 1936. حيث تأخذ اليرقات اللون الأزرق وتخرج من

التربة إلى السطح لمتوت (الشكل 18). كما لوحظ في عام 1967 إصابة حشرة السونة (*Eurygaster integriceps* (Put.) بالنوع (*Rickettsiella eurygasteri* (Luk). ولم تُستكمل الأبحاث حولها على الرغم من انتشار الحشرة في غالبية دول الشرق الأوسط وآسيا الوسطى.

لقد أكدت نتائج الأبحاث المختبرية والحقلية فعالية الريكيتسيا في مكافحة الحشرات بالظروف الحقلية، إلا أن التخصص الغذائي والتطلي لها ضعيف، كما أنها تتطلب وقتاً طويلاً قبل تمكنها من قتل عائلها، لذلك لم يتم استخدامها بصورة جدية في مكافحة الحيوية، وبقي استخدامها في مكافحة الحيوية للآفات الحشرية في حدوده الدنيا.



(أ)

(ب)



(ب)

الشكل (18): الإصابة بالريكيتسيا *Rickettsiella melolonthae* مسبب مرض

الأزرق ليرقات الدودة البيضاء الكبيرة *Melolontha melolontha*.

أ: الريكيتسيا تحت المجهر. ب: أعراض الإصابة على اليرقات (لاحظ اللون الأزرق).

ثالثاً: الميكوبلازما الممرضة للحشرات Entomopathogenic Mycoplasma

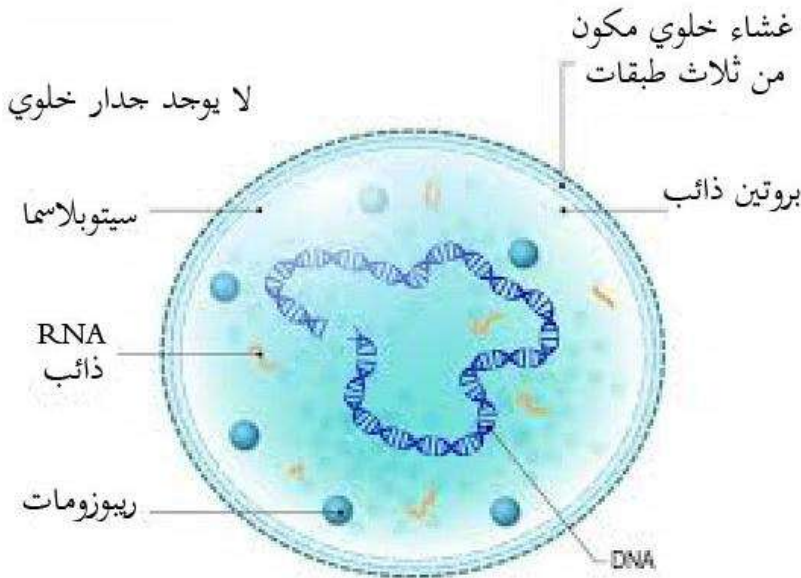
تُعرّف الميكوبلازما على أنها مجموعة من الكائنات الحية ذات أشكال متعددة، تختلف عن البكتيريا بكونها لا تمتلك جداراً خلوياً محدداً، وتختلف عن الفيروسات في بنيتها الخلوية وقدرتها على التكاثر، والزيادة العددية في الأوساط الغذائية الصناعية.

عُرفت الميكوبلازما كمسببات أمراض للإنسان، وذوات الدم الحار والنبات، وتُعدّ الحشرات الناقلة الماصة ناقلاً أساسياً للميكوبلازما الممرضة للنبات، وتتكاثر في غدد اللعاب عند الحشرات الناقلة الماصة.

1- مواصفات ممرضات الحشرات الميكوبلازمية:

- تتميز الميكوبلازما بمجموعة من المواصفات أهمها (الشكل 19):
1. تُعرف الميكوبلازما منذ أوائل القرن العشرين كمتعايشات وممرضات للإنسان والحيوان، وكمترمات في التربة ومياه المجاري، ويقتصر وجودها في النبات المصاب على الأنابيب الغربالية لخلايا اللحاء.
- تتميز الميكوبلازما بقدرتها على التضاعف بشكل مستقل عن الخلايا الحية الأخرى، وهي على هيئة جسيمات كروية أو بيضاوية أو خيطية أو حلزونية، وذات أقطار تتراوح ما بين 80 - 800 نانومتر، محاطة بغشاء سيتوبلازمي مكون من ثلاث طبقات، تتراوح سماكته ما بين 7 - 11 نانوميتر.
- يوجد الجدار الخلوي في الجسيمات ذات الأقطار الأقل من 250 نانوميتر، وتظهر السيتوبلازما مليئة بجسيمات صغيرة تشبه الريبوزومات بأقطار تصل إلى 13 نانوميتر، وشوهد في العديد منها شبكة من خيوط شبيهة بالحمض النووي DNA. كما وجدت في الجسيمات الأكبر من 300 نانوميتر فجوة مركزية وحبيبات شبيهة بالريبوزومات قريبة من الغشاء.

4. يتناسب عدد جسيماتها طرذاً مع شدة الإصابة، فيزداد عددها مع زيادة شدة الإصابة. وحتى تاريخه لم يتمكن العلماء من وضع صفاتها الحيوية والكيميائية والسيروولوجية، لذلك لم تعط اسم ميكوبلازما وإنما شبيهة بالميكوبلازما Mycoplasma Like Organism واختصاراً MLO.
5. تُعدُّ أصغر من البكتيريا العادية بمعدل 5 - 6 مرات، وتنسب لكونها عديمة الجدار الخلوي عبر مسامات المرشح البكتيري. ولا تمتلك سيطاً للحركة، ولا تنتج أبواغاً، وهي سالبة لغرام وتتكاثر بالانقسام الثنائي أو بطريقة التبرعم.
6. تُعدُّ هذه الأحياء حساسة للمضادات الحيوية مثل التتراسيكلين والكلورامفينيكول، وبعضها الآخر حساس للأرثرومايسين، وبعض المضادات الحيوية الأخرى.
7. من المعروف أن البنسيلين يؤثر في مادة الببتيدوجليكان Peptidoglycan الموجودة في الجدر الخلوية للخلايا البكتيرية، وليس له تأثير في الميكوبلازما لكونها لا تحتوي على جداراً خلوياً ولا على مادة الببتيدوجليكان (جليكوببتيدات).



الشكل (19): تركيب خلية الميكوبلازما.

2- دور الميكوبلازما في مكافحة الحيوية:

لا يزال دور الميكوبلازما محدوداً، وبخاصة في مكافحة الحشرات الثاقبة الماصة رغم ملاحظة قصر حياة الحشرة المصابة بالميكوبلازما، وانخفاض نسبة الخصوبة لدى الإناث المصابة.





الفصل الثالث عشر

النيماطودا الممرضة للحشرات

Entomopathogenic Nematodes

النيماطودا وأهميتها

توجد النيماطودا Nematodes (الديدان الخيطية) في كل مكان، وتعيش إما طفيلية إجبارية التطفل على النباتات والكائنات الحيوانية الفقارية واللافقارية، أو اختيارية التطفل، أو تعيش رمية. وتُعدّ النيماطودا الممرضة للحشرات ديداناً إجبارية التطفل، وأحياناً اختيارية، وتنتشر طبيعياً في التربة، وتجد عائلاً استجابة لمشعرات حسية وكيميائية. وتتاسب بشكل جيد إجراءات الإدارة المتكاملة للآفات لكونها غير سامة للإنسان ومتخصصة نسبياً بعائلها، ويمكن تطبيقها بآلات تطبيق المبيدات الكيميائية التقليدية. وتُعدّ مهمة بشكل خاص لمكافحة أنواع الحشرات التي تمتاز بوجود طور من أطوارها في الماء، حيث تتطفل يافعات هذه النيماطودا على أطوارها اليرقية في المياه بشكل وبائي، وتقضي عليها تماماً.

تزداد أهمية بعض أنواع النيماطودا الممرضة للحشرات بوجود علاقة تكافل تبادلي مريح من النوع Mutualism بين أنواع البكتيريا التابعة للجنسين *Photorhabdus* و *Xenorhabdus* والنيماطودا. بحيث تسهم النيماطودا في إدخال البكتيريا المرافقة لها إلى داخل جسم العائل الحشري، مما يؤدي لقتله سريعاً، بحيث تؤمن تلك العلاقة وبائية شديدة التأثير في الآفة الحشرية القابلة للإصابة. كما في إصابة بعض أنواع رتبة حرشفية الأجنحة Lepidoptera، وبخاصة حشرات محاصيل الخضار المحمية. كما أن هذه الممرضات تمتلك المقدرة على العيش تحت درجات الحرارة المنخفضة، مما يسمح لها بتخزين مستحضراتها على الأوساط الصلبة، أو السائلة لفترات طويلة عند درجات حرارة منخفضة حتى وقت استخدامها.

1-تقسيم النيماطودا الممرضة للحشرات

Taxonomy of Entomopathogenic Nematodes

تتبع النيماطودا للمملكة الحيوانية Animalia وشعبة النيماطودا Nematoda والصف Secernentea، وعلى العموم تتوزع النيماطودا الممرضة للحشرات (الشكل 20) في ثلاثة فصائل تتبع ثلاث رتب رئيسة وهي:

1-1-فصيلة Mermithidae من رتبة Trichosyringida:

وتتطفل على الحشرات التابعة للفصائل Chironomidae، Simulidae، Culicidae.

1-2-فصيلة Sphaerulariidae من رتبة Tylenchida:

وتتطفل معظم أنواعها على حشرات رتبة غمدية الأجنحة، وبعضها من أفراد جنس *Heterotylenchus* تتطفل على بعض أنواع الذباب، وخاصة الذباب المسمى ذباب الوجه (*Musca autumnalis* (De Geer) من فصيلة Muscidae.

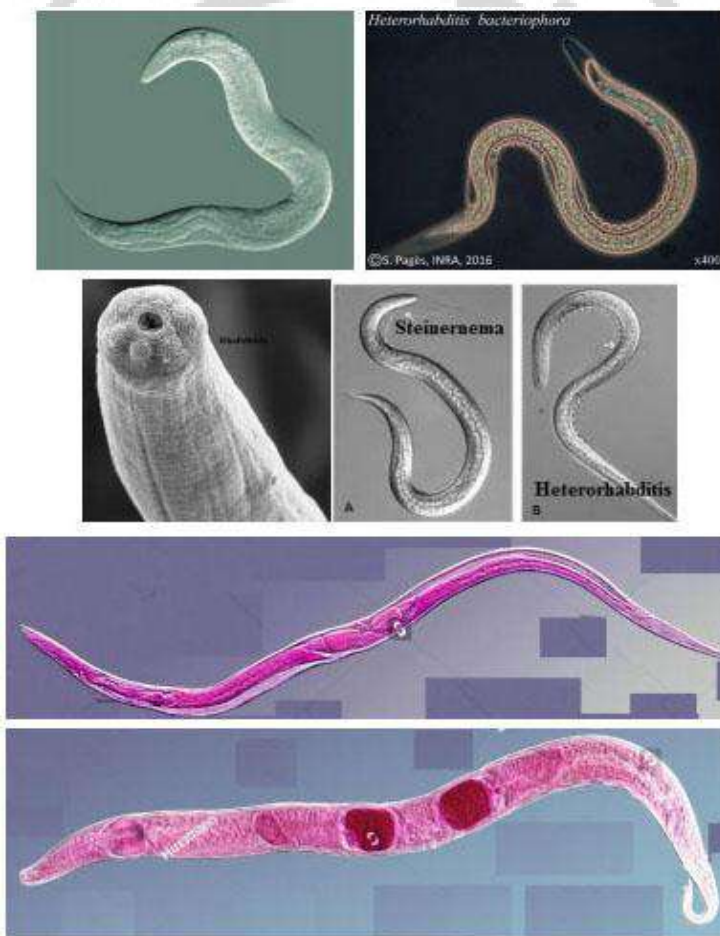
1-3-فصيلة Neoaplectanidae من رتبة Rhabditida:

وتُعدُّ هذه الفصيلة من أكثر فصائل النيماطودا المتطفلة فعالية، وقد استُخدمت بكفاءة عالية كمبيدات بيولوجية في برامج إدارة الآفات في كثير من دول العالم. كما استخدمت الفصيلتين *Heterorhabditidae* و *Steinernematidae* بكفاءة عالية كمبيدات حيوية بيولوجية في برامج إدارة الآفات الزراعية.

تناسب النيماطودا الممرضة للحشرات الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية، لكونها غير سامة للإنسان، ومتخصصة نسبياً بعائلها المستهدف، ولا تحتاج عند تطبيقها لأدوات حماية شخصية، ويمكن تطبيقها بآلات تطبيق المبيدات التقليدية. فضلاً عن أن مشاكل مقاومة الآفة بعيدة أو غير موجودة.

يُعدُّ الطور المعدي هو المرحلة التطورية الوحيدة حرة المعيشة، ويخترق العائل الحشري عبر الشقوق والفم وفتحة الشرج، وعند بعض الأنواع عبر الأغشية بين حلقات الكيوتيكل، ومن ثم تدخل التجويف الدموي. وبذلك تمت تربيتها في المختبر بطريقة اصطناعية، ومن ثم تم إطلاقها في الحقل.

ترجع أهمية أفراد الفصيلة Neoaplectanidae لتفاعل الكثير من أنواعها مع الجراثيم الممرضة للحشرات مثل *Xenorhabdus nematophila* (Corrig)، حيث تدخل مع النيما تودا *Neoaplectana* (= *Steinernema*) *carpocapsae* (Weiser) إلى أمعاء العائل عند ابتلاعها، وتخترق جدار الأمعاء لتدخل إلى دم الحشرة، ثم تتحرر الجراثيم وتتكاثر في دمها مسببة موته، وتأمين الظروف المثلى لاستمرار نشاط وتكاثر النيما تودا.



الشكل (20): المظهر العام لبعض أنواع النيما تودا الممرضة للحشرات (عن خلف، 2022).

2- استخدام النيماتودا الممرضة للحشرات:

تم تسجيل حوالي 1500 عائل حشري للنيماتودا المتطفلة على الحشرات، ويتم استخدامها بشكل عام في مكافحة الحبيوية، إما برش النباتات بمعلق بيض، أو أطوار النيماتودا الممرضة، أو عن طريق رمي كبسولات ذات تكوين خاص (مادة جيلاتينية) تحتوي على بعض الأنواع النيماتودا المتطفلة على الحشرات. ومن أهم المستحضرات التجارية الحاوية على النيماتودا البيوسيف والجاردان، ويتم تحضير معلقات هذه المستحضرات بخلطها مع الماء ورشها، أو حقنها داخل أنفاق لمكافحة حشرات التربة وحفارات الأنفاق المختلفة.

3- طرائق العدوى والإصابة بالنيماتودا الممرضة للحشرات:

في أغلب الحالات، يُعدّ التطفل على الحشرات عند أفراد النيماتودا الممرضة للحشرات مرحلة أساسية من مراحل نمو النيماتودا وتطورها وإكمال دورة حياتها. إذ لا يمكن للنيماتودا إتمام دورة حياتها، إذا لم تتطفل على المضيف الحشري المناسب. وتتم عدوى الحشرات بإحدى طريقتين:

الأولى: عندما يبتلع المضيف أو الحشرة بيض النيماتودا أو أحد أطوارها الانسلاخية أثناء التغذية.

الثانية: يُعدّ الطور الثاني هو الطور المعدي، وهو الطور الوحيد حر المعيشة، ويمكنه اختراق جسم الحشرة المضيضة عبر الشقوق وفتحة الشرج، وفي بعض الأنواع عبر الأغشية بين حلقات الكيوتيكل أو عبر الجروح، أو عبر استخدام رمحها الموجود في مقدم الجسم ويتم ذلك من خلال:

- 1 - بعد رش النباتات بمعلق من بيض أو أطوار انسلاخية لأنواع النيماتودا الممرضة للحشرات خلال عملية مكافحة.
- 2 - بعد رمي الكبسولات ذات التكوين الخاص، والحاوية على بيض أنواع النيماتودا الممرضة للحشرات في المياه.

بعد اختراقها لجسم الحشرة العائل تتغذى النيماتودا على أنسجة العائل حتى النضج، حيث تتطور إلى الطور الرابع ثم الطور البالغ وتتكاثر. واعتماداً على توفر الغذاء قد يتطور جيل واحد أو أكثر ضمن الحشرة المصابة. ويتم إطلاق عددٍ ضخمٍ من الياقات المعديّة (الطور الثاني) إلى الوسط البيئي عند القضاء على الحشرة لإحداث العدوى على حشرات أخرى وتتابع دورة حياتها.

4-العلاقة بين النيماتودا والجراثيم المتعايشة داخلها:

دُرِست العلاقة بين النيماتودا والجراثيم باهتمام بالغ خاصة بين أنواع النيماتودا من النوع (*Neoaplectana glaseri* (Steiner)، والتي ترتبط بعلاقة تعايش مريح مع أفراد جراثيم (*Xenorhabdus nematophila* (Corrig) (الشكل 21) وتُلاحظ العلاقة وفق التالي:

- 1 - لا تستطيع الجراثيم الوصول إلى جسم الحشرة، بينما تستطيع النيماتودا ذلك.
- 2 - لا تستطيع النيماتودا التغذية والتكاثر داخل جسم الحشرة بشكل طبيعي دون وجود الجراثيم.
- 3 - تقوم النيماتودا بنقل الجراثيم داخل جسمها إلى داخل جسم الحشرة بالقرب من نهاية الرمح دون أن تتطفل عليها، أو تسبب أية أعراض عليها.
- 4 - تقوم الجراثيم مقابل نقل النيماتودا لها عند وصولها لداخل جسم الحشرة بإفراز بعض الخمائر التي تحفظ جسم الحشرة مناسباً لنمو وتكاثر النيماتودا.
- 5 -تنتهي النيماتودا وسطياً 3 أجيال أو أكثر من دورة حياتها في جسم الحشرة المضيفة ويعود ذلك إلى:

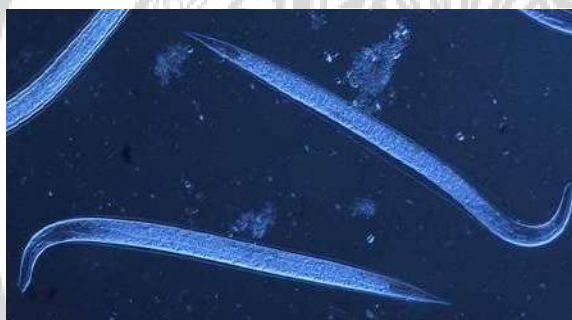
أ - جسم العائل المضيف.

ب - كثافة النيماتودا الموجودة ضمن تجويف جسم الحشرة المضيفة. يتحقق ذلك العدد من الأجيال بسبب عدم تعفن وتلف جسم الحشرة المضيفة وانتشار الرميات، حيث لوحظ احتفاظ جسم الحشرة بلونه الطبيعي كما لو أنه محنط

وبالتالي مناسب لاستمرار تغذية وتكاثر النيما تودا عليه نتيجة مفرزات الجراثيم المتعايشة معها.

6 - تغادر النيما تودا جسم الحشرة المضيضة بعد نفاذ الغذاء لتبحث عن مضيف آخر مناسب أو تلتقي معه بالمصادفة لتعيد دورة حياتها.

7 - إذا لم يتوفر المضيف (العائل) المناسب تحتفظ يرقات النيما تودا بقدرتها على الحياة والعدوى لفترة طويلة تمتد من عدة أشهر لعدة سنوات ويعود ذلك لعدم تخلصها من جلد الانسلاخ السابق الذي يؤمن لها الحماية والغذاء من خلال محتواه العالي من المواد الغذائية. إلا أنها تموت إذا تعرضت لدرجة حرارة 38°س، كما تموت بعد 10 دقائق من وضعها في محلول الفورمالين بتركيز 5%.



(ب)

(أ)

الشكل (21): تعايش جراثيم *Xenorhabdus nematophila* (Corrig) المريح مع

النيما تودا *Neoapectana glaseri*.

أ: الجراثيم المتعايشة *Xenorhabdus*. ب: النيما تودا *N. glaseri*.

5-إحداث العدوى المشتركة بالنيماتودا والجراثيم على الحشرات:

- 1 - تُهاجم الأطوار اليافعة من النيماتودا، (غالباً طور اليرقي الثالث)، الآفات الحشرية عن طريق فتحاتها الطبيعية كالفم، والثغور التنفسية، وفتحة الشرج، وجدار الجسم الخارجي، و....).
- 2 - تخترق إلى تجويف جسم الحشرة وتحرر الجراثيم المحمولة داخل أمعائها أو في منطقة المري، وتأخذ الجراثيم بالتكاثر السريع مسببة تسمم دموي للحشرة وموتها خلال 24-48 ساعة.
- 3 - بعد تأمين الموقع الملائم للنيماتودا من قبل الجراثيم، تقوم النيماتودا بالتغذية على الجراثيم والسوائل التي تتكون داخل جسم الحشرة، ثم تتحول الى طور البالغ.
- 4 - تكتمل دورة حياة النيماتودا خلال 7-10 أيام عند 25°س، لتخرج منها المئات أو الآلاف من الأطوار اليافعة للنيماتودا، حاملة معها الجراثيم المميتة للحشرات باحثة عن عوائل جديدة.

6-الاستخدام المشترك للنيماتودا والجراثيم (البكتيريا) في مكافحة الحيوية:

تتطفل أنواع النيماتودا التابعة للجنس *Neoaplectana* على أكثر من 100 نوع حشري، يُتبع إلى رتبٍ مختلفة مثل مستقيمة الأجنحة، ثنائية الأجنحة، غمدية الأجنحة، وحرشفية الأجنحة.

كما أكدت الدراسات الحقلية الموسعة أن الاستخدام المشترك للنيماتودا والجراثيم في مكافحة الحيوية لعدد من الآفات الحشرية، كدودة ثمار التفاح، وخنفساء الكلورادو، ودودة اللوز الأمريكية، ودودة ورق القطن، أدت لتطفل عال تراوحت نسبته ما بين 38 - 39%، وفي بعض الحالات أكثر من ذلك، مما يؤكد فعالية الاستخدام المشترك للنيماتودا والجراثيم في مكافحة الحيوية للعديد من الآفات الحشرية.

7- أعراض الإصابة بالنيماتودا الممرضة للحشرات:

يصعب تحديد أعراض المرض الخارجية المميزة للإصابة بالنيماتودا الممرضة للحشرات على اليرقات أو الحشرات، وبخاصة في مراحل تطورها الأولى. إلا أنه ومع اشتداد المرض وتقدم الإصابة يبدأ ظهور بعض الأعراض الخارجية على الحشرات، من أهمها:

- (1) تغيرات لونية، (2) بطؤ في الحركة، (3) تأخر في النمو.
 - (4) اختلال في وظائف الأعضاء المصابة داخل جسم الحشرة.
 - (5) حدوث العقم وانخفاض نسبة الخصوبة والتوقف عن متابعة المراحل التطورية المختلفة للحشرة.
- وتؤدي الإصابة في المراحل المتقدمة للمرض إلى موت الحشرة. وعلى الرغم من عدم موت اليرقات أو الحشرات المصابة بالنيماتودا بشكل سريع، إلا أن مجرد إصابتها بالنيماتودا تؤدي إلى مكافحة فعالة، نتيجة توقف الحشرة المريضة عن التغذية، وبالتالي يتوقف ضررها على النبات.

8- الإكثار الكمي للنيماتودا وتشكيل المستحضر التجاري:

- (1) يُقصد بالإكثار الكمي للنيماتودا الممرضة للحشرات، تربيتها تحت الظروف المخبرية بأعداد كبيرة جداً، بغرض استخدامها في برامج مكافحة الحيوية التطبيقية شريطة أن يكون هذا الإكثار اقتصادي من حيث التكلفة، والنتيجة المرجوة من إطلاق هذا الكم من النيماتودا.
- (2) يعتمد على إكثار أنواع النيماتودا المحلية أو المستوردة (بعد التأكد تأقلمها في البيئة الجديدة) بأعداد كبيرة في أوقات معينة، تتمثل في فترات انخفاض أعداد الأعداء الحيوية طبيعياً، أو عند قصور دورها في منطقة ما. ويتم إطلاقها مبكراً مما يدعم وجودها أصلاً في الطبيعة ويزيد فعاليتها قبل أن تتزايد أعداد الآفة وأضرارها.

(3) يقتصر الإنتاج الكمي على الأنواع المختلفة من النيماتودا التي تستجيب أثناء النمو والتكاثر للظروف الاصطناعية التي تربي فيها داخل المخابر المجهزة لهذا الغرض، مما يسمح بالحصول على أعداد تكفي الغرض الذي تمت تربيتها لأجله لتصبح هذه الوسيلة حينئذ أقل تكلفة بكثير من تكاليف استخدام المبيدات.

(4) قد يعتمد هذا الإكثار على جمع أعداد كبيرة من الطفيليات والمفترسات من موقع ما، ونقلها إلى المكان المراد مكافحة الآفة فيه بدلاً من تربيتها مخبرياً، ولا يستخدم هذا الأسلوب إلا في حالة الأنواع التي يصعب إكثارها مخبرياً.

(5) تمت تربية النيماتودا على فراشة دودة الشمع الكبرى *Galleria mellonella* (L.) التي تتميز بالاستجابة المخبرية الواسعة للتربية، والإكثار على الأوساط الغذائية الاصطناعية الملائمة لها. إلا أنها تحتاج إلى يرقات كثيرة جداً، مما دفع للتفكير بتربية النيماتودا على أوساط اصطناعية ملائمة لتربيتها المباشرة.

(6) تم التوصل إلى استخدام أوساط غذائية اصطناعية مؤلفة من (دهن بقرى، كبد خنزير، ماء)، وبلغت تكلفة إنتاج مليون حيوان نيماتودي مربى عليها حوالي 2 سنت أمريكي. الأمر الذي ساعد في التوسع في إنتاج واستخدام النيماتودا الممرضة للحشرات في مكافحة الحيوية. حيث استُخدمت النيماتودا على نطاق واسع في أستراليا لمكافحة حشرات فصيلة *Siticoidea* على الصنوبر والعديد من حشرات المراعي.

9- صعوبات استخدام النيماتودا في مكافحة الحيوية:

تتمثل الصعوبة الرئيسية في استخدام النيماتودا كعامل مكافحة حيوية للآفات في سرعة جفاف معلق الرش، وقد تم تجاوز هذه المشكلة بإضافة مواد تؤمن حفظ الرطوبة لفترة طويلة كالجليسرين والبارافين، وذلك لإزالة التوتر السطحي عن أوراق النباتات المعاملة، وتؤمن استمرار بقاء محلول الرش على أوراق النباتات المعاملة، ووصول النيماتودا إلى جسم العائل المضيف. فقد سبب رش معلق

النيماتودا *Neoaplectana Carpocapsae* (Weiser) مضافاً إليه الغليسيرين نسبة موت لدى حشرة (فراشة الغجر) جادوب العذر *Lymanteria dispar* (L.) وصلت إلى 80% بعد يومين من المعاملة.



الفصل الرابع عشر

تقنية النانو والمكافحة الحيوية

Nanotechnology and Biological Control

نظراً للتزايد السكاني الكبير والحاجة الماسة لتأمين الغذاء، وللأضرار الكبيرة التي تحدثها مبيدات الآفات في مكونات البيئة والإنسان وحيواناته المتعددة، ولكون القطاع الزراعي القطاع المحرك لكافة القطاعات والأنشطة الاقتصادية الأخرى. وبسبب التقدم الكبير في العلوم المختلفة ومنها علوم النانو وتطبيقاتها يسعى الإنسان بكافة جهوده للاستفادة القصوى من كل ما هو متاح له من هذه العلوم، ومنها تقانة النانو التي أثبتت خلال الفترة القصيرة الماضية أهميتها الكبيرة في كافة المجالات الطبية والصناعية والغذائية والزراعية.

1- مفهوم وتكنولوجيا النانو

اشتُقَّت كلمة Nano من الإغريقية Nanos، وتعني القزم أو الشيء متناهي الصغر، وكوحدة قياس متري تعادل $(10^{-9} \times 1)$ متر أو واحد من مليار جزء من المتر، وبذلك لا يمكن رؤيته على الإطلاق، ويُعادل جزءاً من 1000000 جزء من قطر شعرة الإنسان.

ويُطلق على العلم الذي يتناول تطبيقات استخدام المواد على مستوى الذرة أو النانو بعلم تقانة النانو Nanotechnology، وتعتمد على استخدام مستخلصات النباتات المائية كعامل حيوي لاختزال المواد الكيميائية المستخدمة في تخليق جسيماتها بأبعاد نانوية (NPs) Nano Particles.

يُعد العام 1990 البداية الحقيقية لعصر النانو، وقد حققت هذه التقنية قفزات نوعية كبيرة وملموسة في كافة المجالات، ومنها الإنتاج الزراعي والصناعات الغذائية المرتبطة بها، إضافة إلى استخدامها في تصنيع أجهزة مراقبة حيوية تساعد

المزارعين على تحديد الحالة الفيزيولوجية للمحصول، والوقت المناسب للحصاد وساعدت على مقاومة الجفاف.

2- خواص المواد النانوية Nanomaterials Properties

تُنتج المركبات المصنعة بتقنية النانو نتيجة التدخل في بنية ذراتها، وتشكيل مركبات أو أجزاء جديدة ذات خصائص مميزة، يمكن ذكر أهمها في:

2-1- الخواص الفيزيائية Physical Properties

تختلف المواد المصنعة بتقنية النانو تماماً عن الخواص الفيزيائية لأحجامها الكبيرة المصنعة منها. فمثلاً: درجة انصهار عنصر الذهب في حجمه العادي التقليدي تصل إلى 1050 س، وتصل بتقنية النانو إلى 500 س، إضافة إلى ارتفاع نسبة سطحها إلى حجمها نظراً لنتامي صغرها مما يزيد من سطح تماسها مع الأجسام الأخرى.

2-2- الخواص الميكانيكية والكيميائية

Mechanical and Chemical Properties

تتميز الجسيمات النانوية بالصلابة، وبقوة تفوق قوة وصلابة الماس، وتختلف عن الخصائص الكيميائية للأحجام الكبيرة، ويمكن استخدامها كمحفز للعمليات الكيميائية، وتسريع التفاعلات الكيميائية بشكل كبير جداً.

2-3- الخواص الكهربائية Electrical Properties

تساعد تقنية النانو في تغيير الخصائص الكهربائية لبعض المواد غير الناقلة للكهرباء بأن تجعلها ناقلة للكهرباء، فالمواد البلاستيكية مثلاً يمكن أن تصبح بفضل تقنية النانو ناقلة للكهرباء.

2-4- الخصائص الضوئية Optical Properties

تساعد تقنية النانو في الحصول على ألوان مختلفة للمادة نفسها، فالذهب مثلاً، عند حجم 5 نانو يكون أحمر، وعند 10 نانو أخضر اللون، وهكذا يختلف لون المادة باختلاف حجم جزيئاتها.

3- مجالات استخدام الجسيمات المصنعة بتقنية النانو:

تدخل المواد المصنعة بتقنية النانو كافة مجالات الحياة، كالطب والطاقة والصناعة والزراعة، وأحدثت ثورة في عالم التكنولوجيا على غرار الهندسة الوراثية في الخلايا الحية. فالمواد المصنعة بتقنية النانو أخف وأصلب وأقل تكلفة من المواد العادية المصنعة منها. فعلى سبيل المثال: يتم استخدام الماس كمادة أساسية في تصنيع رأس الحفار لحفر آبار النفط، وباستخدام الفحم النانوي يمكن الاستغناء عن الماس كونه يتمتع بقوة وصلابة تفوق الماس.

يُعد تطبيق تقنية النانو في مجال الزراعة حديث العهد نسبياً مقارنة مع تطبيقاتها في المجالات الأخرى. وكانت وزارة الزراعة الأمريكية السبّاقة في هذا المجال منذ عام 2003. وتعمل تقانة النانو على تحسين الإنتاج الغذائي بالكامل، بدءاً من عملية الإنتاج، وانتهاءً بالتعبئة ومعالجة النفايات. ويتم بموجبها تصنيع وتطوير مواد محفزة ذات تراكيب نانوية لمقاومة الآفات الزراعية والكشف المبكر والسريع عنها، والقضاء على الآفات الفتاكة منها في المحاصيل الحقلية، بما فيها الأعشاب الضارة من خلال تحسين كفاءة المبيدات بشكل كبير. كما وتُعدُّ مثل هذه المواد صديقة للبيئة المحيطة والإنسان.

ومن أهم مجالات استخدام تقنية النانو في الزراعة نذكر:

3-1- الأسمدة النانوية Nano Fertilizers:

يمكن استخدام الأسمدة المصنعة بتقنية النانو كبديل فعال للأسمدة التقليدية، أو كحوامل لمكوناتها، تتميز بصفات: كالتحكم في مقدرة النبات، والتوجيه

على زيادة الاستفادة منها من خلال الإطلاق البطيء والتدريجي، نظراً لقدرة حبيباتها على الاحتفاظ بالمادة السمادية فترة أطول بسبب ارتفاع التوتر السطحي لها، مما يسمح بزيادة فعالية امتصاص المغذيات من قبل النبات، والحيلولة دون خسارة النبات لها، وعدم تفاعل هذه المغذيات مع كائنات التربة ومصادر المياه. وقد تم تصنيع مركبات نانوية من العناصر المعدنية الصغرى كأسمدة، مثل مركبات النانو كالسيوم، النانو حديد، النانو مغنيزيوم، نانو بوتاسيوم والنانو سيليكات الذي يتميز بتنشيط النبات، ويجعله مقاوماً للجفاف والأمراض والحشرات (الشكل 22).



الشكل (22): بعض أنواع الأسمدة النانوية (الأسمدة المصنعة بتقنية النانو).
 (أ): سماد النانو كالسيوم. (ب): النانو مغنيزيوم. (ج): النانو سيليكات.

3-2- مبيدات الآفات النانوية Nano Pesticides:

يفيد تصنيع المبيد بتقنية النانو في حماية النبات ضد الآفات الزراعية المختلفة بدءاً من الأعشاب، وانتهاءً بمسببات الأمراض الفطرية والبكتيرية والفيروسية والنيماطودية دون أضرار تذكر على البيئة والإنسان. فقد استُخدمت كبسولات النانو لتغليف المواد الكيميائية التي تتميز بقدرة عالية على الذوبان والتحلل

وسرعة النفاذية داخل النبات، والاستقرار والثبات داخل المنطقة المعاملة، وذلك لصغر حجمها وسرعة انتشارها، واستخدامها بمعدلات منخفضة وبالفعالية ذاتها أو أكبر.

وتُستخدم تقنية النانو أيضاً في تعزيز دفاعات النبات من خلال التعديل الجيني داخل الخلية النباتية، أو التعديل في أشكال المبيدات لجعلها أكثر فعالية وكفاءة، وأقل ضرراً وأوسع انتشاراً. وقدمت حلاً لمشكلة المبيدات الحشرية تتضمن الاستفادة من فوائدها، ومنع وصول أخطارها للبيئة. وذلك من خلال:

- 1- تغليف المبيدات في كبسولات نانوية يمكن التحكم في إفراز المبيدات منها.
 - 2- تصنيع المبيدات الحشرية بالحجوم النانوية، والاستفادة من زيادة كفاءتها بأقل التراكيز الممكنة.
 - 3- تطوير جيل جديد من المبيدات عالية التخصص لحشرات معينة دون غيرها، ويمكن التحكم بعملها عن بعد.
- ساعدت تقنية النانو في حل الكثير من مشكلات مكافحة الآفات الزراعية، إذ تم استخدام جزيئات السيليكا النانوية كغلاف لمبيد الفيرماكتين للمساعدة في تقليل التحلل لمركباته، وزيادة بقائها داخل البيئة، وإمكانية تخزينها لفترة طويلة، وتعمل المادة النانوية كمادة حاملة للمبيد فقط.

3-3- معالجة المياه والتربة وإزالة التلوث:

ساعد تطبيق تقنية النانو في القضاء على مسببات الأمراض في المياه، وتنقيتها من الملوثات لاسيما في المياه السطحية ومياه الصرف الصحي والجوفية. كما ساعدت تنقية تلك المياه من المواد الثقيلة العالقة، وإزالة المواد المشعة منها باستخدام أكسيد الغرافين. وساهم استخدام الكالسيوم والفوسفور النانوي في إزالة العناصر الثقيلة، كالرصاص والزرنيخ والنحاس من المياه بنسبة تصل إلى 99%. إضافة إلى تنقية التربة، حيث تساهم حبيبات النانو المعدنية في إصلاح التربة

الملوثة بالمبيدات من العناصر الثقيلة، نظراً لقوة ألفة الامتصاص بينها، كما أنها تمتلك خصائص ممتازة في ربط التربة وتشكيل تجمعات تربة ميكروية وماكروية، وتسهم في امتصاص النبات للعناصر الغذائية.

3-4- في مجال البيئة:

تسهم تقنية النانو في معالجة ارتفاع حرارة الجو ومقاومة الجفاف، وذلك بإنتاج نباتات تتحمل الحرارة العالية، من خلال مساعدتها على امتصاص المفيد من أشعة الشمس وعكس الباقي، كما أنها تُسهم بتطوير مبردات مائية على هيئة كبسولات نانوية، يمتصها النبات تحتفظ بكميات من المياه داخله لفترات طويلة، يستفيد منها النبات عند الحاجة.

3-5- في الصناعات الغذائية:

تسهم هذه التقنية في الصناعات الغذائية، وتطوير الغذاء الوظيفي الذي يستجيب لمتطلبات الجسم ويوصل الغذاء بكفاءة أكبر. وكذلك تلعب دوراً في مجال تغليف المواد الغذائية ومستلزماتها، وفي مجال التعبئة الذكية والمواد الحافظة، واستعمال كبسولات حاوية على محفزات تذوقية أو لونية، أو تحتوي على عناصر غذائية مضافة مثل الفيتامينات.

4- الجسيمات النانوية ومكافحة الآفات الزراعية:

تُستخدم المواد النانوية بمعدلات تقل من 10 إلى 15 مرة عن استخدام المبيدات العادية التقليدية. ويُعد استخدام هذه التقنية في مكافحة الآفات من الطرائق المفيدة، حيث تتحلل في النظام البيئي من جهة، ويصعب على الآفات تشكيل سلالات مقاومة لها بسهولة وسرعة من جهة ثانية.

تتكون المبيدات النانوية من مكونات عضوية مثل البوليميرات، ولا عضوية أو عضوية مثل أكاسيد المعادن بأشكال مختلفة مثل المحببات. وتتميز بقابلية

ذوبان واضحة للمكونات النشطة ضعيفة الذوبان، وإطلاق المواد الفعالة منها بطريقة بطيئة وتدرجية، مما يؤمن حماية للمواد الفعالة ضد التحلل، وبذلك تسهم في مكافحة الآفة على المدى البعيد.

5- تصنيع الجسيمات النانوية Nanoparticles Synthesis

كانت بدايات إنتاج الجسيمات النانوية في عام 2003، واستمر إنتاجها ببطء حتى عام 2009، ليصل حده الأعظمي خلال عامي 2015 و2016. فقد أشارت Kumari and Leena في عام (2021) إلى اللجوء إلى العديد من الطرائق لتصنيع الجسيمات النانوية، تعتمد جميعها على وسيلتين، تتضمن الأولى طريقة (أعلى لأسفل) Top-Down أو طريقة التحطيم، وذلك بتحطيم كتل المادة إلى جسيمات نانوية وبعده طرائق منها التحلل الحراري، والتحلل الحراري الليزري، والتصنيع الحيوي والمستخلصات النباتية وغيرها. إضافة إلى الوسيلة الثانية (أسفل لأعلى) Bottom – Up أي طريقة البناء، وذلك بإعادة تجميع تلك الجسيمات وبنائها بدءاً من جسيمات أصغر، أو تحطيم الجزيئات الكبيرة وإعادة تجميعها في أحجام نانوية، تتضمن تجميع جداول وخصلٍ من تجمع الذرات، أو الطحن الميكانيكي أو الغزل وغيرها. والهدف من ذلك الحصول على مواصفات وخصائص جسيمات فريدة، تختلف عن تلك المركبات الناتجة عنها. ويتم الاعتماد على الطرائق الحيوية بالدرجة الأولى في هذا التصنيع، وذلك إما باستخدام نواتج استقلاب الكائنات الحية الدقيقة مثل الفيروسات، البكتيريا، البكتيريا الشعاعية (الشُعَيَات)، الفطور الحقيقية بما فيها الخمائر والطحالب. أو باستخدام المستخلصات المائية للنباتات، كعامل اختزال حيوي يقوم باختزال الجزيئات المعدنية كالفضة والذهب والأكاسيد المعدنية المختلفة مثل أكاسيد الزنك، النحاس، الحديد، وأكاسيد معدنية أخرى إلى الحجم النانوي.

6- المستخلصات النباتية والتصنيع الحيوي للجسيمات النانوية:

تحتوي النباتات على مركبات عضوية متعددة مثل الفلافونيدات، الأحماض الأمينية والكربوكسيلية، والفينولات والبروتينات وغيرها. وتُستخدم بشكل فعال في الإرجاع الحيوي للمعادن وأملاحها، وإنتاج جسيماتها النانوية بطرائق سهلة وسريعة وآمنة بيئياً. وتُستخدم كافة الأجزاء النباتية لهذا الغرض بدءاً من الجذور وانتهاءً بالبذور. كما وتُعتبر نترات الفضة ($AgNO_3$) من أكثر المركبات استخداماً، لتُصنع منها جسيمات الفضة النانوية، لما تمتلكه من خواص، كالتوصيل الحراري والكهربائي العاليين، والثبات الكيميائي، والنشاط التحفيزي العالي، إلى جانب النشاط المضاد للميكروبات بمختلف أنواعها الفطرية والبكتيرية والفيروسية والنيماطودية، إضافة لاستخدامها كضماطات للجروح ومستحضرات التجميل والأحذية الرياضية. تُستخدم المستخلصات المائية لعديد من الأجزاء النباتية، والتي تضم كلاً من جذور النباتات (الزنجبيل والشوندر السكري)، وسوقها (الياسمين واللوبياء) وأوراقها (الأزدرخت وغيرها)، علاوة على البذور (الرمان وغيرها)، ومن ثم مزجها مع نترات الفضة عند درجة حرارة معينة، ولمدة معينة حتى الحصول على جسيمات الفضة النانوية بأحجام تتراوح ما بين 2.4 - 54 نانو متر. ويتم التعرف على تمام تصنيع هذه الجسيمات بتحول لون المزيج إلى البني الداكن، ومن ثم استخدامها في مكافحة الآفات الزراعية.

7- جسيمات الفضة النانوية ومكافحة الآفات الزراعية:

تُعد جسيمات الفضة النانوية (الشكل 23) أكثر استخداماً في مكافحة مجموعات الآفات المختلفة، وفي هذا المجال نبين الآتي:

7-1- مكافحة الأمراض الجرثومية (البكتيرية):

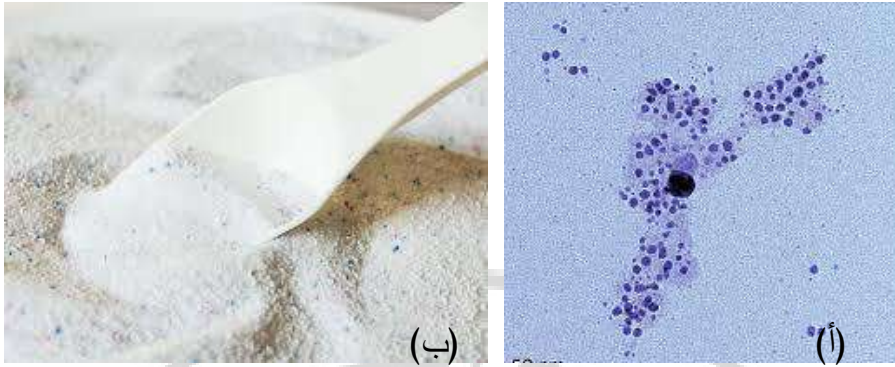
أظهرت جسيمات الفضة النانوية المصنعة بأحجام ما بين 18 - 39 نانو متر كفاءة عالية في السيطرة على الأمراض الجرثومية تحت ظروف المختبر،

وساهمت في زيادة الكتلة الحيوية للنبات بشكل كبير مع زيادة تركيز مضادات الأكسدة. فقد أظهرت معاملة بذور البندورة بجسيمات الفضة النانوية إزاء جرثومة *Clavibacter michiganensis* sub sp. *michiganensis* (Smith) Davis et al., قبل الزراعة بتركيز 0.088 مغ/لتر تثبيطاً كبيراً لهذه الجرثومة ومنع حدوث العدوى. وعند فحص الجرثومة بالمجهر الإلكتروني تبين تشوه جدارها الخلوي وتخريبه.

7-2- مكافحة الممرضات الفطرية:

أظهرت جسيمات الفضة النانوية مكافحة فعالة لمسببات أعفان الجذور الفطرية من أنواع مختلفة مثل *Pythium* spp. و *Fusarium* spp. إذ تعمل هذه الجسيمات على:

- (1) إحداث ثقوب في جدارها الخلوي تسبب تدفقاً لمركبات الغزل الفطري وانكماشاً للميسيليوم ومنع نموه.
- (2) قد تهاجم الطبقات الدهنية للغشاء الخلوي مسببة تغيراً في شكله وبنيته.
- (3) تؤثر في إنبات الأبواغ الكونيدية، وتمنع تطورها، حيث تخرب الغشاء السيتوبلازمي، مما يؤثر في التبادل الغازي الضروري لإنباتها.
- (4) قد تسبب سمية جينية تخرب المادة الوراثية DNA للفطر، وتخرب البروتين من خلال ارتباطها بمجموعة السيلفوهيدرين (SH)، وبالتالي موت خلايا الفطر.



الشكل (23): جسيمات الفضة المصنعة بتقنية النانوية.

(أ): جسيمات الفضة النانوية كما تبدو تحت المجهر الإلكتروني. (ب): جسيمات الفضة النانوية على صورة بودرة.

من الأمثلة الناجحة عن استخدام تقنية النانو في مكافحة الفطور نذكر:

1- تثبَّط استخدام جسيمات الفضة النانوية في مكافحة الفطر *Fusarium solani* (Mart) Sacc تحت ظروف المختبر بتركيز 80 ميكروغرام/مل نمو الفطر بنسبة وصلت إلى 90%.

2- أحدث الرش الورقي بمزيج جسيمات السيليكون وأكسيد التيتانيوم بتركيز 50 جزء بالمليون لكل منهما لمكافحة مرض البياض الدقيقي المتسبب عن *Erysiphe* sp. والبياض الزغبى للقرعيات (*Pseudoperonospora cubensis* (Berk. & Curtis) على الكوسا، انخفاضاً معنوياً في نسبة وشدة الإصابة بكلا المرضين، مقارنة مع المبيد التقليدي أوكسي كلور النحاس بمعدل 5000 جزء بالمليون (PPM)، وسبَّب زيادة في سماكة طبقتي البشرة العلوية والسفلية لأوراق النبات مقارنة مع الشاهد.

3- أعاقَت جسيمات أكسيد النحاس النانوية نمو كلٍّ من مسببات أمراض النبات الفطرية مثل: *Pythium ultimum* (Trow)، *F. oxysporum* (Schlech) Fr، *Aspergillus niger* (Tiegh)، *Alternaria alternata* (Fr.) Keisl تحت ظروف

المختبر بدرجة كبيرة، مقارنة مع الشاهد المعامل بكبريتات النحاس $(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$.

7-3- مكافحة الأمراض النيماتودية:

سببت جسيمات الكبريت النانوية المصنعة حيويًا باستخدام المستخلص المائي لأوراق إكليل الجبل (*Rosmarinus officinalis* (L.))، تحت ظروف الغرفة بحجم تراوح ما بين 5-80 نانومتر وتركيز 30 و60 جزء بالمليون، تأثيراً كبيراً تجلى في منع فقس بيض النيماتودا، وأدت لموت الطور اليرقي الثاني المعدي لنيماتودا تعقد الجذور على الخيار *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood بعد 7 أيام من تحضين البيض بنسبة 100% عند كلا التركيزين. كما منعت جسيمات الفضة النانوية فقس بيض نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* (Kofoed & White) Chitwood على البنندورة بمعدل أعلى بحدود الضعف، مقارنة مع الماء المقطر بعد 24 و48 ساعة، حيث أظهرت التأثير البيولوجي السام على الطور اليرقي المعدي للنيماتودا.

7-4- مكافحة الأمراض الفيروسية:

تُعدُّ الأمراض الفيروسية من أكثر أمراض النبات استعصاءً، ومع ذلك بيّن الباحث Ahsan في عام 2020 التأثير الكبير لجسيمات الفضة النانوية في تثبيط فيروس موزاييك التبغ (Tobacco Mosaic Virus (TMV)) على التبغ بمرحلة 5 - 6 أوراق بنسبة 92.7%، وذلك عند معاملة شتولها بمعدل 100 ميكرو لتر قبل 24 ساعة من عدوى الأوراق بالفيروس. في حين سببت المعاملة بذات التركيز بعد تلقيح الشتول بالفيروس معدل تثبيط أقل، وصل 86.5%. مما يدل على أهمية المعالجة الوقائية، قبل العدوى بالفيروس وحدوث المرض.

7-5- مكافحة الآفات الحشرية:

1- استُخدمت جسيمات الفضة النانوية في مكافحة سوسة النخيل الحمراء *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) مقارنة مع المبيد كلوربيريفوس، وأظهرت سمية عالية في يرقات وبالغات سوسة النخيل الحمراء، وتمثل تأثيرها بتخريب سيتوبلازم الخلايا الظهارية للحشرة ونواتها.

2- استُخدمت جسيمات النحاس النانوية ضد الذباب المنزلي *Musca domestica* (L.) والبعوض *Culex pipiens* (L.) بتركيز 10 مول/لتر، وأحدث معدل قتل بنسبة 66.6% بعد 24 ساعة، ووصلت بعد 96 ساعة إلى 100%.

3- سببت جسيمات أكسيد التيتانيوم النانوية بحجم 47 نانومتر قتلاً ليرقات بعوض الأنوفيل *Anopheles stephansi* (Liston) الناقل الرئيس للملاريا بمعدل كبير، وصلت معه قيمة LC50 إلى 18.96 مغ/مل.

وبذلك يُعدّ استخدام المستخلصات المائية للنباتات في التصنيع الحيوي للجسيمات النانوية من الطرائق السهلة والسريعة والفعالة اقتصادياً والأمنة بيئياً، وتساهم بدور واعد في مجال مكافحة الآفات الزراعية، وآفات الصحة العامة، وبمعدلات تطبيق تقل بمعدل يتراوح ما بين 10 - 15 مرة عن معدلات استخدام المبيدات التقليدية.

8- مخاطر استخدام الجسيمات النانوية في مكافحة الآفات:

تتمثل الأضرار الناجمة عن تصنيع واستخدام الجسيمات النانوية بكونها تتطوي على سمية عالية نتيجة لصغر حجمها وسهولة حركتها عبر الأغشية الواقية كالجلد والحاجز الدماغي، وحتى المشيمة. وتتسبب في ظهور أورام خبيثة عند الذين يتعاملون معها بشكل مباشر، لسهولة دخولها عبر مسام الجلد أو عن طريق الاستنشاق من جهة، ويصعب التخلص منها عند دخولها إلى الجسم لعدم وجود علاج طبي لها من جهة أخرى.

كما أنه لابد من قياس المخاطر البيئية لهذه المواد قبل اعتماد تطبيقها على نطاق واسع. فقد أشارت الدراسات التي نُفِذت حول مقارنة تأثير كل من هيدروكسيد النحاس النانوي Cu (OH)_2 بأشكاله المختلفة مع كبريتات النحاس، في مجتمعات البكتيريا في التربة على مدار 21 يوماً، بأن المبيد النانوي قلل من وفرة بكتيريا التربة خلال فترة الاستخدام. مما يُشير إلى المخاطر البيئية المحتملة لاستخدام مثل هذه المبيدات على المدى الطويل.





المراجع العربية:

1. أبو عيانة، رمزي عبد الرحيم. 2003. الأعداء الحيوية ثروة قومية كيف نستثمرها في مكافحة الآفات الحشرية. مجلة أسبوط للدراسات البيئية. 24: 35-41.
2. الحاج إسماعيل، إياد اليوسف. 2009. الإدارة المتكاملة للآفات الحشرية Insect Pest Management. قسم علوم الحياة، كلية التربية، جامعة الموصل. العراق. 99 ص.
3. الشفيق، عبد الفراج حمدتو، وعوض الله عبد الله عبد المولى. 2007. بدائل المبيدات الكيميائية وآفاق استخدامات التقانة الحيوية في مكافحة الآفات. ورشة عمل بعنوان: ضوابط الإستيراد والتخزين والتداول والاستخدام للمبيدات والأسمدة. 4-5 أيلول، الهيئة السودانية للمواصفات والمقاييس، الخرطوم، السودان. 22 ص.
4. الربيعي، قيصر نعمة مظلوم. 2016. التأثير المشترك للمضادات الحيوية وبعض المستخلصات في حيوية بعض أنواع البكتيرية. مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية. 6 (24): 1511-1521.
5. العباد، عبد الجبار خليل إبراهيم وجهان يحيى قاسم الحاتم. 2022. المقاومة النباتية للآفات الزراعية. كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل العراق. 210 ص.
6. الغشم، محمد يحيى. 1995. مكافحة المتكاملة للآفات الزراعية استراتيجية المستقبل Integrated Pest Management –Future Strategy. صنعاء اليمن. 33 ص.
7. القرشي، سديم عايض وحازم عبد الله مهيب وأحمد إبراهيم السفاف. 2015. التأثيرات الحيوية لجسيمات الفضة متناهية الصغر المحضرة من مستخلص نبات الدفلة الصفراء *Thevetia neriifolia* ضد يرقات البعوض *Culex pipiens* L. JKAU, Sci., 27 (2): 13-23.

8. الملاح، نزار مصطفى. 2015a. مبيدات الحشرات الحيوية. كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل، العراق. 298 ص.
9. الملاح، نزار مصطفى. 2015b. معجم الملاح في مصطلحات علم الحشرات. كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل، العراق. 1157 ص.
10. الملاح، نزار مصطفى. 2016. معجم نزار في مصطلحات علم الأكاروسات. الطبعة الأولى. كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل، العراق. 412 ص.
11. بشير، عبد النبي؛ عنوة محمد، أمل خدام ومرة الصلاحي. 2016. الفيروسات الممرضة للحشرات: دراسة مرجعية. مجلة وقاية النبات العربية، 34 (2): 114-125.
12. إلهام، بكاري وزيناي حورية. 2018. دراسة المحتوى الفعال لبعض النباتات الطبية. مذكرة تخرج لنيل درجة ماستر أكاديمي في قسم البيولوجيا، كلية العلوم والطبيعة والحياة، جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي. الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية. 114 ص.
13. بشير، عبد النبي ولؤي أصلان. 2011. مكافحة الحيوية. مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، كلية الزراعة، جامعة دمشق. 576 ص.
14. خلف، محمد زيدان. 2022. الديدان الخيطية (النيماطودا) الممرضة للحشرات. مركز البحوث والدراسات والنشر، كلية الكوت الجامعة. بغداد، العراق. 99 ص.
15. زكي، قاسم. 2016. الوراثة التطبيقية. كلية الزراعة، جامعة المنيا. دار المعرفة بمدينة المنيا جمهورية مصر العربية. 313 ص.
16. طناني، محمد. 2017. مكافحة الحيوية للآفات الحشرية بين النظرية والتطبيق. كلية العلوم، جامعة الأزهر. 284 ص.
17. عبد الجليل، فاروق عبد القوي. 2005. مكافحة الحيوية للآفات Biological Control of Agricultural Pests. كلية الزراعة، جامعة أسيوط، مصر.

18. علوش، ميساء توفيق. 2020. التخليق الحيوي للجسيمات النانوية وتطبيقاتها في مجال مكافحة الآفات الزراعية: دراسة مرجعية. مجلة وقاية النبات العربية، 38 (4): 267-280.
19. فوللي، أحمد حسن. 2012. الأكاروسات المفترسة والمكافحة الحيوية. مركز الأبحاث الواعدة في مكافحة الحيوية والمعلومات الزراعية. جامعة القصيم. المملكة العربية السعودية. 22 ص.
20. مستجير، أحمد. 2005. الربيع الصامت. الترجمة الكاملة لكتاب الربيع الصامت للكاتبة Rachel Carson (1962) طبعة بنجوين الصادرة عام 1972، شركة الأمل للطباعة والنشر، القاهرة، مصر. 487 ص.



المراجع الأجنبية

21. Aarti, R. H., Gupta, V., Hasmi, S. K., Kumar, D., Zeba, A., Khushboo, S. S., Archana, T. S., Khan, S., Alam, J., Quadri, S., Jehani, M. D., Pal, R. and Hussain, T. 2022. Mechanism and Potential Role of Mycorrhizal Fungi as Biocontrol Agents. *Agricultural Mechanization in Asia*, 53 (2): 5951-5965.
22. Abd-Elgawad, M.M.M. 2022. *Xenorhabdus* spp.: An Overview of the Useful Facets of Mutualistic Bacteria of Entomopathogenic Nematodes. *Life*, 12 (1360), 22 pp.
23. Ahsan, T. 2020. Biofabrication of Silver Nanoparticles from *Pseudomonas fluorescens* to Control Tobacco Mosaic Virus. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30: 1-4.
24. Aswini, R., Murugesan, S. and Kannan, K. 2020. Bio-engineered TiO₂ Nanoparticles Using *Ledebouria revoluta* extract: Larvicidal, histopathological, antibacterial and anticancer activity. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-11.
25. Bechtel, D. and Leea, B. Jr. 1976. Electron Microscope Study of Sporulation and Parasporal Crystal Formation in *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Bacteriology*, 127 (3): 1472-1481.
26. Boucia, D. G. and Jacquelyn, C. B. 1998. Insect Pathogenic Protozoa. Pages: 365-398. In: *Principles of Insect Pathology* (Boucia, D. G. and Jacquelyn, C. B. (Edits). Springer Science & Business Media, LLC. 532 pp.
27. Bouwmeester, H., Dekkers, S., Noordam, M., Hagens, W., Bulder, A., De Heer, C., Ten Voorde, S., Wijnhoven, S. and Sips, A. 2007. Health Impact of Nanotechnologies in Food Production. Wageningen UR: Institute of Food Safety, and National Institute of Public Health and the Environment; Center for Substances and Integrated Risk Assessment.
28. Burger, J. M. S., Reijnen, T. M., Lenteren, J.C. V and Vet, L. E. M. 2004. Host feeding in Insect Parasitoids: Why Destructively Feed Upon a Host that Excretes an alternative? *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 112: 207-215.
29. David, W. M. 2016. *Baculovirus and Insect Cell Expression Protocols, Methods in Molecular Biology*. Third Edition. Springer Science+ Business Media LLC New York. 508 pp.
30. Driesche, R. V., Mark, H. and Ted, C. 2008. *Control of Pests and Weeds by Natural Enemies: An Introduction to Biological Control*. Blackwell Publishing. 500 pp.

31. El-Wakeil, N., Mahmoud S., Nawal, G. and Huda, E. 2017. Conservation Biological Control Practices. Pages: 41-69. In: Biological Control of Pest and Vector insects (Vonnice, D. C. Shields (Editor). BookMetrics Overview. 360 pp.
32. Eilenberg, J., Hajek, A. and Lomer, C. 2001. Suggestions for Unifying the Terminology in Biological Control. *BioControl*, 46, 387- 400.
33. Grewal, P. S., Ralf-Udo, E. and Shapiro-Ilan, D. I. 2005. Nematodes as Biocontrol Agents. CABI Publishing, London, UK. 505 pp.
34. Handa, S. S. Suman, P. S. K. Gennaro, L. and Dev, D. R. 2008. Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants. ICS-UNIDO, AREA Science Park. 260 pp.
35. Hajek, E. A. 2004. Natural Enemies: An Introduction to Biological Control. Cambridge University Press, New York. USA. 378 pp.
36. Hassan, S. E. D., Fouda, A., Radwan, A.A., Salem, S. S., Barghoth, M.G., Awad, A., Abdo, A. M. and El-Gamal, M.S. 2019. Entophytic actinomycetes *Streptomyces* spp. mediated biosynthesis of Copper Oxide Nanoparticles as a Promising Tool for Biotechnological applications. *Journal of Biological Inorganic Chemistry*, 24: 377–393.
37. Helyer, N., Nigel, D. C. and Kevin, C. B. 2014. Biological Control in Plant Protection. A Color Handbook, Second Edition. CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group. 262 pp.
38. Hessel, R. 2013. Classical and Conservation Biological Control of Pest Insects within Prairie and Crop Systems. Thesis of Master of Science in Entomology department. Iowa State University. Ames, Iowa. 137 pp.
39. Hoback, W. W. and Higley, L. G. 2000. Insect Predation, Prey Defense, and Community Structure. Pages 293-304, in: Tested studies for laboratory Teaching, Volume 21 (S. J. Karcher, Editor). Proceedings of the 21st Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE), 509 pages.
40. Hoddle, M. S. 2003. Classical Biological Control of Arthropods in the 21st Century. 14 pp. in: 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods. Honolulu, Hawaii, USA, January 14-18.
41. Holmes, L., Sivanadane, M. and Devang. U. 2016. Biological Control of Agriculture Insect Pests. *European Scientific Journal*. Special edition. (1857-7881): 216-225.
42. Humber, R. A. 1997. Fungi: Identification. Pages: 153-185. In: Manual of Techniques in Insect Pathology. (Lawrence, A. L. (Editors). Elsevier Ltd.

43. Ibarra, J. E. and Del Rincón-Castro, C. M. 2008. Insect Viruses Diversity, Biology, and Use as Bioinsecticides. Tropical Biology and Conservation Management, Vol. VII. 10 pp.
44. Jack. E. R. and Nancy, A. R. 2000. Biological and Biotechnological Control of Insect Pests. CRC Press LLC. New York. 358 pp.
45. Kachhawa, D. 2017. Microorganisms as a Biopesticides. Journal of Entomology and Zoology Studies, 5(3): 468-473.
46. Khan, M., Azhar, U. K., Nina, B. and Diana, G. 2021. Antibacterial and Antifungal Studies of Biosynthesized Silver Nanoparticles against Plant Parasitic Nematode *Meloidogyne incognita*, Plant Pathogens *Ralstonia solanacearum* and *Fusarium oxysporum*. Molecules, 26, 14 pp.
47. Khan, Z. R, Ampong-Nyarko, K., Chiliswa, P., Hassanali, A. and Kimani, S. 1997. Intercropping increases parasitism of pests. Nature, 388: 32 – 631.
48. Kalha, C. S., Singh, P. p., Kang, S. S., Hunjan, M. S., Gupta, V and Sharma, R. 2014. Entomopathogenic Viruses and Bacteria for Insect-Pest Control. Pages: 225-244. *In: Integrated Pest Management*. (Abrol, D. P (Edit)). Academic Press; 1st edition
49. Kenis, M., Brett, H., Fernanda, C., Simon, L., Jianghua, S., Carlos, W., Ronald, W. and Shiroma, S. 2019. Guide to the Classical Biological Control of Insect Pests in Planted and Natural Forests. FAO Forestry Paper No (182). 107 pp.
50. Kubicek, C. P. and Gary, E. H. 2002. *Trichoderma* and *Gliocladium*, Volume 1, Basic biology, taxonomy and genetics. Taylor & Francis Ltd. 278 pp.
51. Kumari, S. and Leena, S. 2021. A Review on Nanoparticles: Structure, Classification, Synthesis and Applications. Journal of Scientific Research, 65 (8): 42-46.
52. Lacey, L. A., Grzywacz, D., Shapiro-Ilan, D. I., Frutos, R., Brownbridge, M. and Goettel, M. S. 2015. Insect Pathogens as Biological Control Agents: Back to the Future. Journal of Invertebrate Pathology. (132): 1-41.
53. Landis, D. A., Stephen, D. W. and Geoff, M. G. 2000. Habitat Management to Conserve Natural Enemies of Arthropod Pests in Agriculture. Annu. Rev. Entomol. 45:175–201.
54. Lenteren, J. C. V. 2012. IOBC Internet Book of Biological Control. International Organization for Biological Control (IOBC), Version 6: 182 pp.

55. Lenteren, J. C. V. and Vanda H.P. Bueno. 2003. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. *BioControl*, 48: 123–139.
56. Lo, C. T. 1998. General Mechanisms of Action of Microbial Biocontrol Agents. *Plant Pathology Bulletin*, 7 (4): 155-166.
57. Mora, M. A. E., Alzimiro, M. C. C. and Marcelo, E. F. 2017. Classification and Infection Mechanism of Entomopathogenic Fungi. *Arq. Inst. Biol.* 84: 1-10.
58. Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G. and David, I. S. 2023. Mass Production of Beneficial Organisms, Invertebrates and Entomopathogens. Second Edition. Published by Elsevier Inc. 620 pp.
59. Navon, A. and Ascher, K. R. S. 2000. Bioassays of Entomopathogenic Microbes and Nematodes. CABI Publishing. 324 pp.
60. Nicot, P. C. 2011. Classical and Augmentative Biological Control Against Diseases and Pests: Critical Status Analysis and Review of Factors Influencing their Success. *IOBC/WPRS*. 194 pp.
61. Pal, K. K. and McSpadden Gardener, B. 2006. Biological Control of Plant Pathogens. *The Plant Health Instructor* DOI: 10.1094/PHI-A-1117-02, 25 pp.
62. Rai, M and Ingle, A. 2012. Role of Nanotechnology in Agriculture with Special Reference to management of Insect Pests. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 94 (2): 287-293.
63. Rechcigl, J. E. and Rechcigl, N. A. 2000. Biological and Biotechnological Control of Insect Pests. CRC Press LLC. 358 pp.
64. Roy, A., Apoorva, S., Saanya, Y., Leta, T.J. and Ramaswamy, K. 2021. Nanomaterials for Remediation of Environmental Pollutants. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, Volume 2021, 16 pp.
65. Sanda, N. B. and Mustapha, S. 2014. Fundamentals of Biological Control of Pests. *Ijcbcs Review Paper*, 1 (6): 11 pp.
66. Stewart, L. M. D., Hirst, M., Ferber, M. L., Merryweather, A. T., Cayley, P. J. and Possee, R. D. 1991. Construction of an Improved Baculovirus Insecticide Containing an Insect Specific Toxin Gene. *Nature*, 352: 8-85
67. Stirling, G. R. 2014. Biological Control of Plant Parasitic Nematodes: Soil Ecosystem Management in Sustainable Agriculture. 2nd Edition. CAB International. 510 pp.
68. Suzanne, M. T. and Xiao-Wen Cheng. 2009. Baculovirus Host-Range. *Virologica Sinica*. 24 (5): 436 - 457.
69. Thambugala, K. M., Dinushani, A. D., Alan, J. L. P., Sagarika, D. K. and Itthayakorn, P. 2020. Fungi vs. Fungi in Biocontrol: An Overview

- of Fungal Antagonists Applied Against Fungal Plant Pathogens. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10: 1-19.
70. Thongprem, P. 2020. *Torix Rickettsia: Aspects of Diversity, Host Range and Symbiont - Host Interaction*. Thesis submitted for the degree of Doctor in Philosophy, Institute of Infection, Veterinary and Ecological Sciences, University of Liverpool. 184 pp.
 71. Tsegaye, Z. Fasil, A., Genene, T., Tesfaye, A., Birhanu, G. and Endeshaw, A. 2018. Concept, Principle and Application of Biological Control and their Role in Sustainable Plant Diseases Management Strategies. *International Journal of Research Studies in Biosciences (IJRSB)*, 6 (4): 18-34.
 72. Ulloa-Ogaz, A. L., Muñoz-Castellanos, L. N. and Nevárez-Moorillón, G.V. 2015. Biocontrol of Phytopathogens: Antibiotic Production as Mechanism of Control. Pages: 305-309. In: *The Battle Against Microbial Pathogens: Basic Science, Technological Advances and Educational Programs* (Méndez-Vilas, A. Editor.). FORMATEX.
 73. Vacante, V. and Bonsignore, C. P. 2017. Natural Enemies and Pest Control. Pages: 60-77. In: *Handbook of Pest Management in Organic Farming* (Vacante, V. and Kreiter, S. (Editors). CAB International.
 74. Van Driesche, Roy., Mark, H. and Ted, C. 2008. *Control of Pests and Weeds by Natural Enemies: an Introduction to Biological Control*. 1st edition, Blackwell Publishing. 500 pp.
 75. Van Driesche, R. G. and Bellows, Jr. T. S. 1996. *Biological Control*. Chapman and Hall, New York. 539 pp.
 76. Vannette, R. L. and Mark D. H. 2009. Mycorrhizal Fungi as Mediators of Defence Against Insect Pests in Agricultural Systems. *Agricultural and Forest Entomology*, 11: 351-358.
 77. Weindling, R. 1932. *Trichoderma lignorum* a parasite of other soil fungi. *Phytopathology*, 22: 837 – 845.
 78. Weindling, R. 1934. Studies on a lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi. *Phytopathology*, 24: 1153–1179.

فهرس المصطلحات Terminologies

قائمة الأسماء العلمية Scientific Terminologies

الاسم العربي	الاسم العلمي
A	
الطائر الهندي أسيدوثيرس	<i>Acidotheres tristis</i> (L.)
أكاروس صدأ التفاح	<i>Aculus schlechtendali</i> (Nalepa)
مَن البازلاء	<i>Acyrtosiphon pisum</i> (Harris)
فصيلة الحشرات مسببة الأورام الأديليد	Adelgidae
طفيلي بيض-يرقات -عذاري (أحنيابس)	<i>Ageniaspis fuscicollis</i> (Dalman)
الجرثومة المضادة أغروباكتيريوم	<i>Agrobacterium radiobacter</i> (Beijerinck & VanDiel)
جرثومة التدرن التاجي	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> (Smith & Townsend) Conn
الدودة القارضة	<i>Agrotis segetum</i> (Denis & Schiff.)
التبقع الألترناري	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keisl
طفيلي ذباب اللحم أليسيا	<i>Alysia manducator</i> (Panzer)
جنس الأكاروس المفترس أمبليسيوس	<i>Amblyseius</i> (=Neoseiulus)
أكاروس بوتنتيلا المفترس	<i>Amblyseius potentilla</i> (Garman)
أكاروس المفترس توتسي	<i>Amblyseius tutsi</i> (Pritchard & Baker)
أكاروس فيكتوريا المفترس	<i>Amblyseius victoriensis</i> (Womersley)
فراشة طحين البحر المتوسط	<i>Anagasta kuehniella</i> Zeiler
نبات الشبث	<i>Anethum graveolens</i> (L.)
المملكة الحيوانية	Animalia
خنفساء الحبوب (جعل القمح)	<i>Anisoplia austriaca</i> (Herbst)
بعوض الأنوفيل ناقل مسبب الملاريا	<i>Anopheles stephansi</i> (Liston)
فصيلة أكاروسات الأنستيدي	Anystidae
فصيلة بق الأزهار	Anthocoridae
طفيلي أبو دقيق الملفوف الأبتاليس	<i>Apanteles glomeratus</i> (L.)
طفيلي أبو دقيق الفصة الأبتاليس	<i>Apanteles medicaginis</i> (Muesbeck)
فصيلة المن القطني أفيلينيدي	Aphelinidae

<i>Aphelinus mali</i> (Haldeman)	طفيلي المن القطني أفيدوس
<i>Aphidius matricariae</i> (Haliday)	طفيلي من الدراق الأخضر أفيدوس
<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (midge)	الأكاروس المفترس أفيدولتس
<i>Apis mellifera</i> (L.)	نحل العسل
<i>Arthrobotrys</i>	جنس من الفطور الممرضة للحشرات
<i>Arthrobotrys oligospora</i> (Fresen)	الفطر المكون للشبكات الممرض للنيماتودا
<i>Arthrobotrys</i> , <i>Paecilomyces</i> , <i>Dactylaria</i>	بعض الأجناس الفطرية الممرضة للحشرات
<i>Aschersonia aleyrodis</i> (Webber)	طفيلي ذبابة الحمضيات البيضاء أشيرسونيا
<i>Aspergillus niger</i> (Tiegh)	عفن اسبرجلوس (العفن الأسود)
<i>Autographa californica</i> (Speyer)	فراشة أو دودة البرسيم الحجازي
B	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (Priest et al.)	جرثومة التضاد الحيوي للذبول الفيوزاريومي
<i>B. subtilis</i> (Ehrenberg)	الجرثومة المضادة لعفن الرمادي
<i>Bacillus thuringiensis</i> (Berliner)	الجرثومة المسببة لمرض الفلاشيريا ثورنجنسس
<i>Baculoviridae</i>	فصيلة الفيروسات العسوية
<i>Baculovirus agrotis</i>	الفيروس الحبيبي ممرض الدودة القارضة
<i>Baculoviruses</i>	الفيروسات العسوية
<i>Baculovirus neodiprion</i>	الفيروس ممرض دبور الصنوبر الأوربي المنشاري
<i>Baculovirus pieris</i>	الفيروس الحبيبي الممرض لأبو دقيق الملفوف
<i>Bdellidae</i>	فصيلة الأكاروسات ذات الخرطوم
<i>Beauveria</i>	جنس بوفاريا الممرض للحشرات
<i>Beauveria bassiana</i> (Bals.-criv) Vuill.	مسبب مرض الموسكاردين الأبيض
<i>B. brongniartii</i> (Sacc.) Petch	أحد مسببات الموسكاردين الأبيض
<i>Bombyx mori</i> (L.)	دودة (فراشة) الحرير
<i>Botrytis cinerea</i> (Pers.)	الفطر المسبب لمرض العفن الرمادي
<i>Brachymeria</i>	جنس يضم طفيليات داخلية من غشائية الأجنحة
<i>Bracon mellitor</i> (Say.)	البراكون مليتاري
<i>Braconidae</i>	فصيلة طفيليات البراكون (براكونيدي)
<i>Buchnera</i>	جنس من الريكيتسيا

C

Carabidae	فصيلة الخنافس الأرضية الجواله
Cardinium	جنس من الريكيتسيا يضم ممرضات حشرية
Cecidomyiidae	فصيلة هاموش الأورام النباتية
<i>Ceratocystis fimbriata</i> (Ellis & Halst.)	العفن الأسود في البطاطا
Chalcididae	فصيلة الكالسيديات /الصفقات (من غشائية الأجنحة)
<i>Chelonus phthorimaeae</i> (Chenph)	طفيلي فراشة درنات البطاطا سيلونوس
<i>Chloris gayana</i> (Kunth)	عشبة رودس
Chrysopidae	فصيلة أسد المن
Cheyletidae	فصيلة أكاروسات جيليتي المفترسة
Cicindelidae	فصيلة خنافس النمر المفترسة
<i>Clavibacter michiganensis</i> sub sp. <i>Michiganensis</i> (Smith) Davis et al.	تقرح البندورة البكتيري
Coccinellidae	فصيلة خنافس أبو العيد
<i>Colias eurytheme</i> (Boisduval)	أبو دقيق الفصة
Coleoptera	رتبة الحشرات غمدية الأجنحة
<i>Copidosoma koehleri</i> (Banchard)	طفيلي بيض فراشة درنات البطاطا كوبيدوسوما
<i>Coriandrum sativum</i> (L.)	نبات الكزبرة
<i>Cotesia sesamiae</i> (Cameron)	طفيلي البيض كوستيا
<i>Culex pipiens</i> (L.)	البعوض
Cytoplasmic Polyhedrosis Viruses (CPV)	الفيروسات متعددة السطوح السيتوبلاسمية

D

<i>Dactylaria</i>	من أجناس الفطور المفترسة
<i>Dactylellina</i> spp.	الفطر الممرض للنيماتودا
<i>Dactylis glomerata</i> (L.)	الإصبعية المتكتلة (حشيشة البستان)
<i>Dacus dorsalis</i> (Hendel)	ذبابة الثمار الشرقية
<i>Daktulosphaira vitifoliae</i> (Fitch)	فيلوكسيرا الكرمة
<i>Dalbulus maidis</i> (DeLong & Wolcott)	نطاط أوراق الذرة
<i>Dialeurodes citri</i> (Ashmead)	ذبابة الحمضيات البيضاء

Diaspididae	فصيلة الحشرات القشرية الحقيقية المدرعة
<i>Dibrachys cavus</i> (Walker)	طفيلي عذراء دودة الثمار وبعض انواع الذباب
Diptera	رتبة الحشرات ثنائية الأجنحة

E

<i>Encarsia formosa</i> (Gahan)	طفيلي الذبابة البيضاء
<i>Enterobacter cloacae</i> (Jordan) Hormaeche and Edwards	جرثومة عفن الأبصال على البصل
<i>Epilachna varivestis</i> (Mulsant)	خنفساء الفول المكسيكية
<i>Erysiphe</i> sp	البياض الدقيقي
<i>Eucalyptus torelliana</i> (Muell) Dill Johnson	نوع من الكينا
<i>Eucelatoria</i> sp.	ذبابة أوسيلاتوريا
<i>Eurygaster integriceps</i> (Put.)	حشرة السونة
<i>Eurytoma curta</i> (Walker)	الطفيلي يوريتوما
<i>Euseius</i>	جنس من الأكاروسات المفترسة

F

Formicidae	فصيلة النمل
<i>Fusarium</i>	جنس فيوزاريوم
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Rasdicis-lycopersici</i> (Jarvis & Shoemaker)	عفن الجذور والتاج الفيوزاريومي على البندورة
<i>Fusarium solani</i> (Mart) Sacc	العفن الفيوزاريومي

G

<i>Galendromus helveolus</i> (Chant)	الأكاروس المفترس الهلبيولي
<i>Galleria mellonella</i> (L.)	دودة الشمع الكبرى
<i>Gambusia affinis</i> (Baird & Girard)	السماك جامبوزيا مفترس البعوض
Gastropoda	شعبة (طائفة) بطنيات القدم
Geocoridae	فصيلة البق كبير العيون
<i>Geocoris puntipes</i> (Say)	الدعسوقة (بق) ذات العيون الكبيرة
Granulosis Viruses (GV)	الفيروسات الحبيبية

H

<i>Helix aspersa</i> (Muller)	حلزون الحدائق البني
Hemiptera	رتبة الحشرات نصفية الأجنحة
Heterorhabditidae, Steinernematidae	من فصائل النيماتودا الممرضة للحشرات
<i>Hirsutella thompsonii</i> (Fisher)	ممرض حلم صدأ الحمضيات الفطر هيرزوتيل
Hymenoptera	رتبة الحشرات غشائية الأجنحة

I

<i>Icerya purchasi</i> Maskell (Pericerya)	البق الدقيقي الأسترالي
Ichneumonidae	فصيلة حشرات الزنابير الأسطوانية الإكنيومونيد
Irdoviridae	فصيلة فيروسات قوس قزح

L

Laelapidae	فصيلة من الأكروسات
<i>Lecanicillium lecanii</i> (Zare & Gams)	الفطر ممرض حشرات المن والذبابة البيضاء
Lepidoptera	رتبة الحشرات حرشفية الأجنحة
<i>Lygus hesperus</i> (Knight)	حشرة بق النبات البقولية
<i>Lymanteria dispar</i> (L.)	فراشة الغجر أو جادوب العذر

M

<i>Macrophomina phaseolina</i> (Tassi)	عفن الجذور الجاف على الحمص والعدس
Goidanich	والبالزلاء
<i>Meloidogyne incognita</i> (Kofoid & White)	نيماتودا تعقد الجذور
Chitwood	نيماتودا تعقد الجذور
<i>M. javanica</i> (Treub) Chitwood	الدودة البيضاء الكبيرة
<i>Melolontha melolontha</i> (L.)	أهم عوائل النيماتودا الممرضة للحشرات
Mermithidae, Sphaerulariidae, Neoaplectanidae, Heterorhabditidae, Steinernematidae	جنس ميتاريزيوم الممرض للحشرات
<i>Metarhizium</i>	مرض الموسكاردين الأخضر أنيسوبليا
<i>Metarhizium anisopliae</i> (Metchnikoff)	مرض الموسكاردين الأخضر على النطاطات
<i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acridum</i>	مرض الموسكاردين الأخضر فلافوفيريدا
<i>M. flavoviride</i> (Gams & Roszypal)	

<i>Melinis minutiflora</i> (Beau)	عشبة مولاس
<i>Microphanus</i>	جنس من طفيليات البيض
Microsporidia	رتبة البوغيات الدقيقة (من الأولي)
Moniliales	رتبة فطور المونيليا
<i>Monomorium pharaonis</i> (L.)	النمل الفرعوني
<i>Mononchus</i> sp.	النيماطودا المفترسة ذات السن مونونشس
<i>Mononychellus tanajoa</i> (Bondar)	حلم الكسافا الأخضر
<i>Musca domestica</i> (L.)	الذباب المنزلي
Mycorrhiza	الفطريات الجذرية
<i>Myzus persicae</i> (Sulzer)	مَنّ الدَّرَّاق الأخضر
N	
Nabidae	فصيلة البق الرقيق ذو الخصر
Nematoda	شعبة النيماطودا
Neoaplectana	جنس من النيماطودا الممرضة للحشرات
<i>Neoaplectana Carpocapsae</i> (Weiser)	النيماطودا الممرضة لجادوب العذر
<i>Neodiprion sertifer</i> (Geoff)	ديور الصنوبر الأوربي المنشاري
<i>Neoseiulus californicus</i> (McGregor)	أكاروس كاليفورنيا المفترس
Nitidulidae	فصيلة الخنافس ماصّة (شاربة) العصارة
<i>Nomuraea rileyi</i> (Nomuri)	مرض الموسكاردين الأخضر نوموريا
<i>Nosema pyrausta</i> (Perezia)	ممرض حفار ساق الذرة الأوربي الأولي نوسيم
Nucleopolyhedrosis Viruses (NPV)	الفيروسات متعددة السطوح النووية
O	
<i>Oecophylla smaragdina</i> (Fabricius)	النمل المفرس
<i>Oligonychus perseae</i> (Tuttle)	الأكاروس (الحلم) الفارسي
<i>Opius oophilus</i> (Fullaway)	طفيلي بيض ويرقات ذباب الثمار أبيوس
<i>Orius laevigatus</i> (Oriula)	بقعة أوربوس المفترسة
<i>Orthotydeus</i> sp.	الأكاروس مفترس البياض الدقيقي
<i>Ostrinia nubilalis</i> (Hubner)	حفار ساق الذرة الأوروبي

P

Paecilomyces	جنس بايسيلومايسس الممرض للحشرات
<i>P. fumosoroseus</i> (Wize) Br&Sm	الفطر فوموسوروسيوس
<i>P. amoenoroseus</i> (Hennings)	الفطر أمونوروسيوس
<i>P. farinosus</i> (Holmsk) Fr	الفطر الممرض فارينوسوس
<i>Paenibacillus popilliae</i> (Dutky)	الجرثومة الممرضة للخنفساء اليابانية
<i>Pandora neoaphidis</i> (Remaud. & Hennebert) Humber	الفطر الممرض لمن البازلاء
<i>Panonychus citri</i> (McGregor)	أكاروس الحمضيات الأحمر المفترس
<i>Patanga septemfasciata</i> (Audinet-Serville)	الجراد الأحمر
<i>Pectinophora gossypiella</i> (Saunders)	دودة لوز القطن القرنفلية
<i>Pediobius foveolatus</i> (Crawford)	طفيلي بيض خنفساء الفول المكسيكية
<i>Photorhabdus, Xenorhabdus</i>	نيماتودا متعايشة مع البكتيرية الممرضة للحشرات
<i>Phyllocoptruta oleivora</i> (Ashmead)	أكاروس (حلم) صدأ الحمضيات
<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) De Bary	اللفحة المتأخرة على البطاطا والبنندورة
Phytoseiidae	فصيلة الأكاروسات المفترسة فيتوسيدا
<i>Phytoseiulus persimilis</i> (Athias-Henriot)	أكاروس تشيلي المفترس
Pieridae	فصيلة أو دقيقات
<i>Pieris brassicae</i> (L.)	أبو دقيق الملفوف الكبير
<i>Pieris rapae</i> (L.)	أبو دقيق الملفوف الصغير
Pieridae	فصيلة أبو دقيق
<i>Pimpla roborator</i> (Pimpro)	طفيلي ديدان لوز القطن القرنفلية بمبيلا
<i>Plutella xylostella</i> (L.)	الفراشة الماسية
<i>Poecilia reticulata</i> (Peters)	السماك الملون بوسيليا مفترس البعوض
<i>Popillia japonica</i> (Newman)	الخنفساء اليابانية
Poxiviridae	فصيلة الفيروسات الصندوقية
<i>Protocalliphora azurea</i> (Fallen)	نوع البعوض الأسود

<i>Pseudomonas fluorescens</i> Migula	الجرثومة الوميضية منتجة سيانيد الهيدروجين
<i>Pseudoperonospora cubensis</i> (Berk. & Curtis)	البياض الزغبى على القرعيات
<i>Pteromalus puparum</i> (L.)	طفيلي عذارى أبو دقيق الملفوف الصغير
<i>Pyrilla perpusilla</i> (Walker)	نطاط أوراق قصب السكر
<i>Pythium ultimum</i> (Trow)	ذبول بادرات القطن

R

Reduviidae	فصيلة البق النحيل خيطي الأرجل
Reoviridae	فصيلة الفيروسات الريوفريدية
<i>Bradyrhizobium japonicum</i> (Kirch,)	جرثومة الريزوبيوم مكونة العقد الجذرية
Jordan	عفن الجذور/ سقوط البادرات الرايزوكتوني
<i>Rhizoctonia solani</i> (Kühn)	الأكاروس المفترس لحشرة الفيلوكسيرا
<i>Rhizoglyphus echinopus</i> (Fumouze & Robin)	سوسة النحيل الحمراء
<i>Rhynchophorus ferrugineus</i> (Olivier)	فصيلة الريكتيسيا
Rickettsiaceae	رتبة الريكتيسيا
Rickettsiales	الريكتيسيا الممرضة لحشرة السونة
<i>Rickettsia eurygasteri</i>	الريكتيسيا الممرضة للدودة البيضاء (مرض اليرقات الأزرق)
<i>Rickettsiella melolonthae</i> (Wille & Mart)	خنفساء الفيديا
<i>Rodolia cardinalis</i> (Mulsant)	إكليل الجبل
<i>Rosmarinus officinalis</i> (L.)	الحلزون المفترس رومينا
<i>Rumina decollata</i> (Risso)	

S

Scarabaeidae	فصيلة الجعالات (خنفسا الروث)
<i>Schlothrips takahashii</i> (Priesner)	أسد المن تكاهاشي مفترس العنكبوت الأحمر
Sclerotium	عفن الجذور السكلوريني
Secernentea	صف النيماتودا المتطفلة على الحشرات
<i>Seinura</i> sp.	النيماتودا المفترسة سينورا منتجة السموم

<i>Serratia entomophila</i> (Grimmont et al)	جرثومة سيراتيا الممرضة للحشرات
<i>Simulium aureum</i> (Fries)	نوع البعوض الأسود
<i>Sitobion avenae</i> (F.)	مَن القمح الإنكليزي
<i>Sitotroga cerealella</i> (Oliv.)	فراشة الحبوب
Solanaceae	الفصيلة الباذنجانية
<i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith)	دودة الحشد الخريفية
<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisd)	دودة ورق القطن
Staphylinidae	فصيلة الخنافس الرواغة
Streptomyces	فطريات شعاعية من جنس ستريتوماسيس
Syrphidae	فصيلة ذباب السرفيد
T	
Tabanidae	فصيلة ذباب التابانا (ذباب الحصان)
<i>Talaromyces flavus</i> (Klocker) Petch	الفطر الممرض لذبول الباذنجان الفرتسيليومي
Tachinidae	فصيلة ذباب التاكينا
Tetranychidae	فصيلة الأكاروس (الحلم) العنكبوتي
<i>Tetranychus urticae</i> (Koch)	الأكاروس الأحمر ذو البقعتين
<i>Thielaviopsis basicola</i> (Berk. & Broome) Ferraris	مرض عفن الجذور الأسود على التبغ
Torix Rickettsia	مجموعة من الريكيتسيا
Tobacco Mosaic Virus	فيروس موزاييك التبغ
<i>Trialeurodes vaporarum</i> (Westwood)	الذبابة البيضاء على التبغ
<i>Trichoderma lignorum</i> (Tode), Harz	الفطر المتطفل على فطر عفن الجذور
<i>T. virens</i> (Miller et al.), Von Arx	الفطر المتطفل تريكوديرما
<i>T. viride</i> (Pers)	الفطر المتطفل تريكوديرما
<i>Trichogramma</i>	جنس الطفيلي تيكوغراما
<i>Trichogramma ostrinae</i> (Pang) et Chen	طفيلي تريكوغراما على حفار ساق الذرة الأوروبي
Trichogrammatidae	فصيلة طفيليات التريكوغراما
Trichosyringida, Tylenchida, Rhabditida	من رتب النيماتودا ذات العوائل الممرضة للحشرات

Trichoptera	رتبة الحشرات شعرية الأجنحة
<i>Tuta absoluta</i> (Myrick)	حفار أوراق البندورة
Tydeidae	فصيلة الأكاروسات مفتorse الفطور
<i>Typhlodromalus aripo</i> (De Leon)	الأكاروس المفترس لحلم الكسافا
<i>Typhlodromus pyri</i> (Schuten)	أكاروس التلفودروم المفترس

V

<i>Verticillium</i>	جنس فطر الفيرتسيليوم
<i>Verticillium dahlia</i> (Kleb)	ذبول القطن الفيرتسيليوم
<i>Lecanicillium lecanii</i> (Zare & Gams)	الفطر الممرض لحشرات المن والذبابة البيضاء
<i>Vicia faba</i> (L.)	نبات الفول

W

<i>Wollbachia</i>	جنس من الريكيتسيا
-------------------	-------------------

X

<i>Xenorhabdus</i>	جنس من الـنيماتودا المتعايشة مع الجراثيم
<i>Xenorhabdus nematophila</i> (Corrig)	البكتيرية التكافلية مع الـنيماتودا والممرضة للحشرات

قائمة المصطلحات الإنكليزية English Terminologies

A

Abiotic Factors	عوامل لا أحيائية
Adaptation	تكيف أو تأقلم / تلاؤم
Aerobic Release	إطلاق هوائي
Agricultural Pests	آفات زراعية
Aims of Releasing	هدف الإطلاق
Alkaloids	القلويدات
Alternative Food Source	مصدر الغذاء البديل
Alternative hosts	عوائل بديلة
Alternative Prey	الفريسة البديلة
Annual Crops	محاصيل حولية
Antibiosis	تضاد حيوي
Antibiotics	مضادات حيوية
Applied Biocontrol	المكافحة الحيوية التطبيقية
Artificial Diet	غذاء اصطناعي
Artificial Host	عائل اصطناعي
Augmentative release	إطلاق كثيف (عمر)
Auto (Self)-parasitism	تطفل ذاتي / توأمي

B

Bacteria	جراثيم (بكتيريا)
Bacillomycin	Bacillus مضاد حيوي تفرزه الجرثومة
Biochemical Pesticides	مبيدات الآفات الكيميائية الحيوية
Biocides	مبيدات حيوية
Biocontrol	مكافحة حيوية
Biological Control	المكافحة الحيوية
Biological Control agents	عوامل المكافحة الحيوية

Biological Control Methods	طرائق المكافحة الحيوية
Biological Enemies Groups	مجموعات الأعداء الحيوية
Biological Pesticides, Biopesticides	مبيدات الآفات الحيوية
Biological Plant Protection Products	منتجات وقاية النبات الحيوية
Biorational Pesticides	مبيدات الآفات ذات الأساس البيولوجي
Biotic Factors	عوامل أحيائية
Biotic insecticides	مبيدات حشرية حيوية
Biotic Potential	كفاءة حيوية
Biotrol	مبيد حيوي جرثومي
Botanical	مواد ذات أصل نباتي
Botanical extracts	مستخلصات نباتية
Botanical Pesticides	مبيدات آفات نباتية المنشأ

C

Cannibalism	آكلات المثل (افتراس ذاتي)
Capsulation	الكبسلة أو تكوين الكبسولة
Colonization	توطين
Competent Predatory Mite	مفترس أكاروسي كفؤ
Competent Predatory Mite	أكاروس مفترس كفؤ
Competition	التنافس
Conservation	صيانة
Contamination	تلوث
Cover Crops	محاصيل تغطية
Crop Residue Management	إدارة بقايا المحصول

D

Defense Strategies	أساليب آليات الدفاع
Detoxification	استقلاب السمية (نزع السمية)
Distribution	انتشار

Dispersal	انتشار / توزع
Dmitri Ivanovsky	عالم أحياء روسي
E	
E-β-farnesene	فرمون التنبيه عند المن
Ecological Selection	الاختيار البيئي
Ecto-defence mechanisms	وسائل دفاع خارجية
Elie Metchnikoff	عالم أحياء روسي
Elimination of Toxins	إزالة/نزع السمية
Endo-Defense Mechanisms	وسائل (آليات) دفاع داخلية
Endolysis	تحلل داخلي
Endoparasitism	تطفل داخلي
Endotoxin	سم داخلي
Σ – Endotoxin	سم جرثومي داخلي غما توكسين
Enhancement	التعزيز
Entomology	علم الحشرات العام
Entomopathogenic Bacteria	الجراثيم (البكتيريا) الممرضة للحشرات
Entomopathogenic Fungi	الفطريات الممرضة للحشرات
Entomopathogenic Mycoplasma	الميكوبلازما الممرضة للحشرات
Entomopathogenic Nematodes	النيماتودا الممرضة للحشرات
Entomopathogenic Protozoa	وحيدات الخلية (الأولي) الممرضة للحشرات
Entomopathogenic Rickettsia	الريكتيسيا الممرضة للحشرات
Entomopathogenic Viruses	الفيروسات الممرضة للحشرات
Entomopathology	علم أمراض الحشرات
Entomophagous	آكلات الحشرات
Environmental Resistance	المقاومة البيئية
Exolysis	تحلل خارجي
Exoparasitism	تطفل خارجي

Exotoxin	سم بكتيري خارجي تنتجه الجرثومة باسلوس
α -exotoxin, β -exotoxin, γ -exotoxin	سموم بكتيرية خارجية (الف، بيتا وواي)

F

Facultative Parasites	طفيليات اختيارية
Facultative Pathogens	ممرضات اختيارية
Feeding Behavior	سلوك التغذية
Feeding Habitat	عادات التغذية
Fengycin	مضاد حيوي تفرزه الجرثومة Bacillus
Flashirea	مرض فلاشيريا على دودة الحرير التوتية
Foraging Behavior	سلوك البحث عن الغذاء

G

Generalist (Polyphagous) Predators	مفترسات عامة
Genetic Diversity	تباين وراثي
Genetic Improvement	تحسين وراثي
Gliotoxin	مضاد حيوي يفرزه Trichoderma
Glycosides	كليكوزيدات
Green Muscardine	مرض الموسكاردين الأخضر
Gregatory Parasitism	تطفل جماعي

H

Habitat	موطن (مسكن)/ مأوى
Hyper Parasitism	فوق التطفل
Host	عائل
Host Acceptance	قبول العائل
Host Behavior	سلوك العائل
Host Finding	إيجاد العائل
Host Odor	رائحة العائل

Host Plant Influence	تأثير النبات العائل
Host Shiftevents	تتاوب (تبدیل) العائل
Host Specificity	تخصص عائلي
Host Suitability	ملاءمة العائل
Hyper parasitism	فوق التطفل

I

Indigenous Natural Enemies	الأعداء الطبيعية المحلية
Infection	عدوى
Inoculative Release	إطلاق تلقیحي
Insect Microbiology	ميكروبيولوجيا الحشرات
Integrated Pest Management (IPM)	الإدارة المتكاملة للآفات
International Organization for Biological Control (IOBC)	المنظمة الدولية للمكافحة الحيوية
Iturin A	مبيد حيوي جرثومي

L

Limited Release	إطلاق محدود العدد
-----------------	-------------------

M

Mass Rearing	تربية موسعة
Melanization	الملننة أو التغليف بالميلانين
Microbial Control	مكافحة ميكروبية
Microbial Natural Enemies	الأعداء الطبيعية الميكروبية
Microbial Pesticides	مبيدات الآفات الميكروبية
Mode of Action	آلية (أسلوب) التأثير
Monophagous Parasitism	تطفل وحيد العائل
Monophagous Predator	مفترس وحيد العائل
Multi Parasitism	تطفل متعدد
Mutualism	تكافل مريح (منفعة متبادلة)

Mycolysis	تحلل فطري
Mycoparasitism	تطفل فطري
Mycoplasma Like Organisms	الكائنات شبيهة بالميكوبلازما
Mycorrhiza	الفطور الجذرية

N

Nano Particles (NPs)	جسيمات أو جزيئات نانوية
Nano Particles Synthesis	تصنيع الجسيمات النانوية
Nanotechnology	علم تقانة النانو
Natural Biocontrol	المكافحة الحيوية الطبيعية
Natural Biological Enemies	الأعداء الحيوية الطبيعية
Natural Biotic Balance	توازن حيوي طبيعي
Natural Enemies Importation	استيراد الأعداء الحيوية الطبيعية
Natural Enemies Release	إطلاق الأعداء الحيوية الطبيعية
Natural increasing	تزايد طبيعي
Nematodes	النيماتودا
Nodule Formation	تكوين العقد
Non-Crop Plants	نباتات غير محصولية
Non-Insect Predators	مفترس غير حشري
Nutrition	تغذية

O

Obligatory Pathogens	ممرضات إجبارية
Obligatory Parasites	طفيليات إجبارية
Occlusion Body	الجسم المغلف
Oils	زيوت
Omnivorous Insects	حشرات متنوعة التغذية
Open Release	إطلاق حر /مفتوح
Oviposition	وضع البيض

P

Parasites	طفيليات
Parasitism	تطفل
Parasitism Manner	حالات التطفل
Parasitic Specialization	تخصص طفيلي
Parasitoids	متطفلات
Parasitoid Behavior	سلوك الطفيلي
Parasporal Body	الأجسام الكريستالية أو البلورات الجار جرثومية
Pathogens	ممرض (مسبب مرضي)
Peptidoglycan	مادة الببتيدوجليكان الداخلة في تركيب جدار خلايا الفطور والجراثيم
Permanent Parasites	طفيليات دائمة
Plant Characteristics	مواصفات النبات
Phagocytosis	الالتهام أو البلعمة
Physiological Selection	اختيار فيزيولوجي / وظيفي
Phytochemical Pesticides	مبيدات آفات كيميائية نباتية
Phytophagous	متغذيات نباتية
Phytophagous Insects	حشرات نباتية التغذية (آكلة النبات)
Plant Incorporated Protectant	مبيدات حاوية على مواد وقائية
Plant Influence	تأثير النبات
Plant Shape	شكل النبات
Plant Odor	رائحة النبات
Polyphagous Parasitism	تطفل متعدد العوائل
Potential Pathogens	ممرضات كامنة
Predation	افتراس
Predators	مفترسات
Predator Defenses	دفاعات المفترس

Predator Specialty	تخصص المفترس
Predator Virulence	شراسة المفترس
Predatory Fungi	فطريات مفترسة
Predatory Insects	حشرات مفترسة
Predatory Mites	عناكب (أكاروسات) مفترسة
Predatory Nematodes	النيماطودا المفترسة
Predatory Snails	قواقع (حلزونات) مفترسة
Predatory Vertebrates	فقاريات مفترسة
Perennial Crops	محاصيل دائمة أو معمرة
Prey	فريسة
Prey Acceptance	قبول الفريسة
Prey Defenses	دفاعات الفريسة
Prey Finding	إيجاد الفريسة
Prey Habitat Definition	تحديد موطن الفريسة
Prey Suitability	ملاءمة الفريسة
Primary Parasitism	تطفل أولي
Psychological Selection	اختيار سلوكي
Q	
Quaternary Parasitism	تطفل رابعي
R	
Refuges	ملجأ أو مأوى
Release	إطلاق (تحرير)
Reproductive Efficiency(Potential)	كفاءة تناسلية
Restricted Release	إطلاق محصور (مُقيد)
Rhizobiotoxin	مضاد حيوي تنتجه بكتيريا الرايزوبيوم
Rickettsia and Protozoa	الريكتسيا والأوليات
Root Nodules Bacteria	جرثومة (بكتيريا) العقد الجذرية

S

Saprophagous	رمية
Saprophytic Insects	حشرات رمية
Scorpion Toxin Genes	جين سم العقرب
Secondary Metabolic Products	نواتج استقلاب ثانوية
Secondary Parasitism	تطفل ثانوي
Selectivity Rearing	تربية انتخابية
Sheath Capsule	كبسولة غمدية
Shelter	مأوى / ملجأ
Solitary, Simple Parasitism	تطفل فردي أو بسيط
Specialized Predator	مفترس متخصص
Specificity	تخصص
Spread Degree	درجة الانتشار
Stenophagous Parasitism	تطفل محدود العوائل
Stenophagous Predator	مفترس محدود العوائل
Super Parasitism	تطفل فائق أو متزايد
Supplemental Release	إطلاق تكميلي
Supplementary Nutrition	تغذية تكميلية
Survival Potential	كفاءة بقاءية
Symbiotic Microorganisms	أحياء دقيقة تكافلية
Symptoms	أعراض

T

Tannins	تانينات
Target Host	العائل المقصود بالمكافحة (العائل الهدف)
Taxonomy	تصنيف
Terrestrial Release	إطلاق أرضي
Tertiary Parasitism	تطفل ثالثي

Transitory Parasites

طفيليات مؤقتة/ عابرة

V

Vegetational Diversity

تنوع نباتي

Virion

الفيروس الكامل

Z

Zoophagous

تغذية حيوانية

Zoophagous Insects

حشرات حيوانية التغذية (تتغذى على الحيوانات)



لجنة تقييم الكتاب العلمية

الأستاذ الدكتور: محمد أبو شعر

أستاذ أمراض النبات، كلية الهندسة الزراعية – جامعة حلب

الأستاذ الدكتور أحمد عايل اللاحم

أستاذ علم الحياة الحيوانية، كلية العلوم – جامعة حلب

الأستاذ الدكتور محمد علي نقوان

أستاذ علم الحياة الحيوانية، كلية العلوم – جامعة حلب

المدقق اللغوي

الدكتور محمد أحمد ورجين

مدرس بقسم اللغة العربية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية – جامعة الفرات، فرع الحسكة.

جميع الحقوق محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات الجامعية – جامعة الفرات

University of Al-Furat
Faculty of Science
Department of Science Life



Biological Control

Third Year Theoretical Part

Dr. Mohammad Farhan ismail

