المقاومة الحيوية :- **Biological Control**

المقدمـــــة :-

تعتبر المقاومة الحيوية احد عناصر المقاومة الطبيعية Natural Control وهي احد حواس البيئة وظاهرة مهمة من مظاهره المعقدة . وقد عرفت المقاومة الحيوية على انها (دراسة استخدام المفترسات والمتطفلات والمسببات الممرضة في تنظيم الكثافة العددية للأفة تحت مستوى الحد الأقتصادي الحرج التي يمكن لها ان تسببه) . اما المقاومة الطبيعية فقد عرفها Paul DeBach عام (١٩٦٤) على انها (ابقاء التذبذب في الكثافة العددية لكائن معين ضمن حدود منظمة عليا ودنيا خلال فترات معينة من الزمن بواسطة فعل العوامل الطبيعية حيوية Biotic كانت ام غير حيوية Abiotic) .

وتقسم المقاومة الحيوية الى قسمين هما :

١ – المقاومة الحيوية الطبيعية :- Natural Biological Control

وهي المقاومة التي تحدث دون تدخل الأنسان أي ان عناصرها موجودة في الطبيعة بشكل طبيعي كما خلقها الله وما يوجهها هو غرائزها الطبيعية من اجل البقاء والحفاظ على النوع وبالتالي الحفاظ على التوازن الطبيعي للبيئة ، مثل اكل القط للفأر والصقور للطيور . حيث عانت الصين من زيادة وانتشار الأفات بعد قضائها على نوع معين من الطيور مما اضطرها لأستيراد ذلك النوع لسد الأختلال في التوازن الطبيعي .

٢ – المقاومة الحيوية التطبيقية :- Applied Biological Control

وهي المكافحة التي تحدث بتدخل الأنسان وهنا يجب معرفة الحد الأقتصادي الحرج للأفة وكيفية استخدام العدو الحيوي والألمام بالنواحي الأيكولوجية والبايلوجية له .

نشوء وتطور المقاومة الحيوية :-

ان فكرة استخدام الحشرات في خفض الكثافة العددية لحشرات اخرى هي فكرة قديمة الأصل . فهناك من يعتقد بأن الصينيين هم اول من استخدم النمل المفترس *Oecophylla smaragdina* في مكافحة بعض انواع الحشرات القارضة لأوراق الحمضيات من رتبة حرشفية الأجنحة وبعض الحفارات الكبيرة من الخنافس بينما يعتقد البعض الأخر بأن اليمنيين هم اول من استخدم هذه الطريقة من المكافحة وذلك بنقل النمل المفترس سنوياً من الجبال الى واحات النخيل لمقاومة بعض حشرات التمور .كذلك استخدم الأوربيون البق المفترس *Picromerus bidens* في مكافحة انواع مختلفة من حشرات حرشفية الأجنحة . اما فكرة استخدام الطفيليات الحشرية للحد من انتشار الأفات فقد جاءت متأخرة لصعوبة ادراك تلك الكائنات بسبب صغر حجمها وطبيعتها الخفيفة وبما تمتاز به من حيلة وذكاء . ويعتبر الأيطالي Vallisnieri (١٦٦١ – ١٧٣٠) اول من شاهد حالة التطفل بين الزنبورالطفيلي *Apanteles glomeratus* ودودة اوراق اللهانة *Pieris rapae* . الا ان فكرة استخدام الأعداء الحيوية في مكافحة الأفات قد تأخرت حتى اوائل القرن التاسع عشر .

لقد تجلى اهتمام الأوربيون المبكر ببرامج المقاومة الحيوية بالأعتماد على المفترسات والطفيليات الموجودة في بلدانهم لمكافحة الآفات الأصيلة دون أي اهتمام بالبحث وجلب اعداء من الخارج ، والسبب ربما يعود لعدم وجود افات دخيلة تفتك بمزروعاتهم . اما فكرة استكشاف واستيراد الأعداء الحيوية من الخارج فقد تكونت فـــي الولايـــات المتحدة الأمريكية على اثر التوسع بزراعة المحاصيل المختلفة خلال ذلك القرن وما رافقها من انتشار للآفات التي كانت معظمها

غريبة الأصل مثل ذبابة الحنطة *Sitodiplosis mosellana* التي دخلت الولايات المتحدة من اسيا واوربا . بدءت الدراسات الفعلية والحديثة عندما اصيبت اشجار الحمضيات في كاليفورنيا في الولايات المتحدة بحشرة البق الدقيقي الأسترالي *Iceria purchasia* مسببه لها خسائر كبيرة في الأنتاج وذلك عام ١٨٨٠ . ولكن في عام ١٨٨٨ وبعد الدراسات المستفيضة عن هذه الحشرة من قبل خبير الحشرات الأمريكي ريلي Riely تأكد بأن مصدر هذه الحشرة هو استراليا . لذا سافر البرت كوبل Albert Koebele بناءاً على توصية ريلي الى استراليا ، وهناك وبعد البحث المستمر عن الأعداء الحيوية لهذه الحشرة تم اكتشاف مجموعة من هذه الأعداء ولكن من اهمها كانت الخنفساء المفترسة الفيداليا *Vedalia* والتي غير اسمها فيما بعد الى *Rodolia cardinalis* حيث اعطت نتائج مذهلة في مكافحة هذه الأفة بسبب قدرتها على التكيف للظروف البيئية في البيئة الجديدة ، واعتبرت هذه المكافحة هو النجاح الأول للمقاومة الحيوية في العالم ، وفي عام ١٨٨٩ تم اكتشاف العديد من الأعداء الحيوية من الدعاسيق والحشرات الأخرى لمكافحة الأفات .

اسباب ظهور المقاومة الحيوية واللجوء اليها :

١ – تلوث البيئة نتيجة لاستخدام المبيدات

٢ – انتشار الأمراض السرطانية

٣ – ظهور التشوهات الوراثيـــــة

٤ – ظهور صفة المقاومة لدى الحشرات تجاه فعل المبيدات

٥ – تحول الآفات الثانوية الى افـــات رئيسية

مميزات المقاومة الحيوية :

١ – امينة على البيئة .

٢ – مصادرها وعناصرها متوفرة في الطبيعة .

٣ – سهلة الاستخدام ولا تكلف عملة صعبة .

٤ – ليس لها تأثيرات جانبية او اضرار على صحة الأنسان او الحيوان

٥ – لا تظهر الحشرات صفة المقاومـــــة ضدها .

عيـــــوب المقاومة الحيوية :

١ – بطيئة في عملها وتحتاج الى فترات طويلة باعتباره كائن حي يتطور من بيضة الى يرقة الى

عذراء ومن ثم الى كاملة ليحدث الضرر في الأفة .

٢ – تحتاج الى متخصصين على قدر عالي من الخبرة والمعرفة .

٣ – تتأثر برش المبيدات .

موقع المكافحة الحيوية في الموازنة الطبيعية : The biological control located of the natural balance

علم بيئة الحشرات : Insects Ecology

تنتشر الحشرات في الطبيعة التي نعيش عليها وتربطها فيما بينها وبقية الكائنات الأخرى علاقات معقدة تؤثر في بعضها وتتأثر ببعضها ففيها نزعة التنافس والتعايش وتتجلى فيها القدرة على التكيف والتطبع ومقاومة الظروف غير المناسبة وهذا هو سر بقائها الى الأن منذ ملايين السنين ولما كانت عناصر الطبيعة ذات فعل ديناميكي مستمر فأن علاقة الحشرات بمحيطها تتسم بالاتزان تارةً والديناميكية تارةً اخرى فبعضها السائد والأخر محدد او متنحي ، من الصعب ايجاد تعريف مستقل للبيئة فهي تعرف بأنها المحيط environment الذي تعيش فيه الكائنات ويعرف علم البيئة Ecology بأنه العلم الذي يختص بدراسة علاقة الكائنات بمحيطها ومثل هذا التعريف لا يساعدنا في فهم وتقويم حدود تلك العلاقات ، وكانت هناك عدة تعاريف قديمة لعدة علماء حول علم البيئة ولكن اكثرها دقة هو تعريف العالم Price عام ١٩٧٥ فقد عرف علم البيئة على انه (دراسة المحيطات التي تعيش فيها الكائنات لأغراض عمليات التطور Evolution) ويوضح التعريف الأخير للبيئة ديناميكية الكائنات الحية في محيط معين والعلاقات الوظيفية بينها ، والمحيط الذي تعيش فيه الكائنات الحية نوعان :

١ - محيط طبيعي : Physical environment

ويشمل عناصر المناخ من حرارة ورطوبة ورياح وضوء وكذلك التربة والجاذبية الأرضية والطاقة التي مصدرها الشمس والمرطبات الكيميائية .

٢ – محيط حيوي : Biotic environment

ويشمل العلاقات المتداخلة للكائنات الحية من حيث الطرز الوراثية Genotypes والطرز المظهرية Phenotypes وكذلك الفسلجة والتكيف ، وتتباين الكائنات الحية فيما بينها في كيفية اظهار الفعاليات الحيوية فهي بسيطة في الأحياء المجهرية الوحيدة الخلايا سواء اكانت بدائية النواة procaryotes كالبكتيريا والفايروسات والركتسيا او حقيقية النواة Eucaryotes كالبروتوزوا ، ومعقدة في الأحياء الراقية كالنبات والحيوان وكلما تعقد تركيب الكائن الحي اصبح اكثر تكيفاً للمحيط الذي يعيش فيه وادق كفاءةً في التبادل معه واسرع استجابة لمؤثراته ولكي ندرس علم البيئة بشمولية اكثر كان لابد من الإلمام ببقية العلوم الأخرى ذات العلاقة كالأنواء الجوية والفيزياء والكيمياء وعلوم النبات والحيوان والفسلجة والوراثة ونظريات التطور وعلم التصنيف ، ولابد من التعرف على عدة مستويات من نظمه ابتداءً من الفرد Individual الذي يعتبر وحدة الدراسة الرئيسة وقد اكد Hamilton عام (١٩٦٧) على دراسة الفرد الذي يمتاز بقدرة التكاثر واعتباره الوحدة الأولية للأنتخاب الطبيعي ، ويطلق على مجموعة من

الأفراد كلمة مجتمع Population الذي يعرف بأنه (جميع الأفراد التي تسكن مساحة معينة) وعرف Mayr (1963) المجتمع المحلي Local population بأنه (مجموعة من الأفراد ذات الاقتدار التناسلي فيما بينها والقادرة على انجاب نسل او ذرية) . وتعتبر المجموعة البيئية Ecological community بأنها تنظيم راقي المستوى يتكون من وجود عدة مجتمعات من الكائنات الحية المعتمدة على بعضها البعض والمحيط الطبيعي .

الأنتخاب الطبيعي : Natural selection

في الطبيعة تعيش الكائنات الحية المختلفة ضمن نظام متداخل ومعقد على مر العصور ، ومن النادر ان نجد حيزاً تتوفر فيه عناصر الحياة خالياً من الكائنات الحية حتى في اكثر الأماكن جفاءاً وقسوةً كالصحراء او القطبين ، وقد تحدث زيادة كبيرة في عدد افراد نوع من الأنواع على حساب الأخر او ضمن افراد النوع الواحد في محيط معين ، ومثل هذه الحالة لا يمكن ان تسود الى ما لا نهاية اذ سرعان ما يموت البعض ويعيش الأخر بسبب نقص الغذاء والتنافس من اجل البقاء ، فالكائنات التي تستطيع الحصول على ضروريات الحياة بسرعة وامكانية اكثر من غيرها هي التي تبقى وتسود وقد اطلق Darwin (1859) فكرة البقاء للأصلح من خلال الانتخاب

الطبيعي والقدرة على التكيف طالما لا يوجد مقياس لتقدير الأصلح بين الكائنات . ويوصف التكيف بأنه أي نوع او ضرب Variety لكائن حي او مجتمع معين من شأنه ان يزيد من فرص ترك ذرية حية ، اما كلمة الأصلح فتعرف بأنها مقدرة الفرد او المجتمع على ترك ذرية حية تفوق مقدرة الأخرين ، وفي النظام الحياتي فأن الطرز المظهرية تصقل عادة نتيجة لتتفاعل طرزها الوراثية مع المؤثرات للمحيط الذي تعيش فيه ، وبما ان الأفراد يكونون الطرز الوراثية للمجتمع فأن المحيط سوف يؤثر على المجتمع وعلى الجين لذلك المجتمع على حد سواء . لذلك فأن حاصل جمع المادة الوراثية للمجتمع سيكون له بالغ الأثر على كفاءته من حيث الحجم ، معدل التغيير ، البقاء ، التطور او الأنقراض ، كما يمكن لهذه الكفاءة ان تتغير بفعل عوامل المحيط ، ان الطراز الوراثي للفرد يتحدد دائماً عندما تتحدد الأمشاج الذكرية والأنثوية وعلى أي حال فأن ذلك الطراز الوراثي سوف يصقل بفعل عوامل المحيط الخارجية ذات الطابع المتغير عادةً ، والتغيير البيئي قد لا يناسب طرازاً وراثياً معيناً في جميع الأوقات لذلك فأن بقاء المجتمع يعتمد على وجود التنوع في الطرز الوراثية لذلك المجتمع ، ومثل هذا التنوع يمكن ان يتحقق بواسطة عاملين هما :

١ – حدوث طفرة وراثية او انتاج جينات جديدة .

٢ – اعادة ربط او تجميع الجينات الوراثية .

اما الطرز المظهرية فأنها تتأثر بصورة ثابتة بفعل العوامل المتغيرة والمتداخلة لعاملين رئيسيين هما الطرز الوراثية والمحيط الذي يعيش فيه المجتمع ، لذلك يمكن القول بأن المجتمع يصقل باستمرار بتغير العناصر الوراثية والبيئية وان عملية الصقل المستمرة في المجتمع يطلق عليها الانتخاب الطبيعي .

ولفهم عملية الانتخاب الطبيعي يمكن اعتماد فكرة اضافية هي التراجع الغذائي الوراثي Genetic feed back ومبدأ الاتزان التي اوجدها Pimentel (1968) والتي تنص على انه لا يمكن لأي نوع في الطبيعة ان يعيش اذا تكاثر وانتشر الى الحد الذي يسبق فيه مصدر تجهيزه الغذائي ، عندئذ يكون الأنقراض امراً لا محالة منه وان الانتخاب الطبيعي سوف يستأصل ذلك النوع من الكائنات الحية .

الأنتخاب الجنسي : - Sexual selection

يلعب الانتخاب الجنسي في الطبيعة دوراً هاماً في الحفاظ على بقاء النوع وعلى تعدد الأشكال الوراثية ، فالنشاط الجنسي لذكور ذبابة الفاكهة Fruit fly مثلاً يكون اعظم عندما تكون الحشرة منحدرة من سلالات مختلفة واقل عندما تكون من نفس السلالة ، وسبل الانتخاب الجنسي متنوعة

فمنها ما يعتمد على فرض السيادة Asserting dominance حيث ان ذكور بعض الحشرات تقوم بحجز منطقة معينة لغرض التزاوج وحال دخول الأناث الى تلك المنطقة فأن الذكور تسارع لمرافقتها والدفاع عنها وعدم السماح للذكور الاخرى من الاقتراب منها وبذلك تحرم الذكور الضعيفة من عملية التزاوج ، وبعض الحشرات تظهر مبدأ السيادة عن طريق الافتراس الدفاعي Cannibalism كما هو الحال في خنافس الطحين جنس *Tribolium* بين افراد النوع الواحد او الأنواع الاخرى ، وقد يحدث العزل التناسلي بين الانواع المتناغمة Sympatric species من خلال الانتخاب الجنسي فعندما تفشل اصوات الحب التي تطلقها الذكور اتجاه الإناث من ان تجعل الاناث اكثر استجابة للتزاوج فأن العزل سيكون كاملاً ، مثلاً تحدث ذبابة الدروسوفيلا *Drosophila melanogaster* ذبذبات صوتية بأجنحتها تنتهي خلال فترة وجيزة تقدر بثلاثة الاف جزء من الثانية وعندما توجه تلك الذبذبات باتجاه الانثى فأنها تستجيب حالاً وبدونها لا يمكن لها ان تتزاوج ، وبعض الحشرات تعتمد في التزاوج على قوة الاجنحة وسرعة الطيران كما في ملكة نحل العسل اذ تطير عند التزاوج لمسافات طويلة ولا يلحق بها الا الذكر الأقوى ، وتطلق اناث الحشرات فرمونات جنسية Sex pheromones قبل مرحلة التزاوج لجذب الذكور فأذا حدث خلل فسلجي من شأنه ان يقلل من اطلاق تلك المواد فأنها تحرم من التزاوج وكذلك فان الذكور اذا فقدت القدرة على استلام تلك المواد عندها تقل فرص التزاوج .

الاتزان الطبيعي :- Natural balance

هناك تباين في عدد انواع الكائنات الحية في موطن Habitat معين ، فبعض الانواع تكون هي السائدة والانواع الأخرى اقل شيوعاً وقد يصعب احياناً ايجاد البعض الأخر ، ان مثل هذا الوجود للأنواع المستوطنة هو حصيلة بقائها سنة بعد اخرى . ويعرف الاتزان الطبيعي بأنه (نزعة او ميل الكثافات العددية لجميع الأنواع التي تقطن نفس الموطن الى الحفاظ على العلاقة العددية المتزنة فيما بينها نتيجة للتداخل بين بعضها البعض من جهة ومحيطها الطبيعي من جهة اخرى) والاتزان الطبيعي لا يعني عدم التغير وثبات العدد في المجتمع فهذا غير صحيح فكثافة المجتمع العددية تكون ذات طابع متغير . فقد يكون التذبذب او التغير في الكثافة العددية لنوع معين من الحشرات متطرفاً نحو الزيادة في سنة من السنين خلال فصل معين من فصول السنة اكثر من غيرها او نحو النقصان بسبب العوامل الطبيعية غير الملائمة ، وقد يختلف معدل الكثافة العددية لنفس النوع من الكائنات من موطن الى اخر نتيجة لاختلاف الغذاء والملجأ والأعداء الحيوية والعوامل الطبيعية .

المكافحة الحيوية ودورها في الموازنة البيئية :- The biological control and role it in the ecological balance

خلال القرن الحالي اهتم العلماء في بحوثهم ودراساتهم على اسس وسبل تطبيق برامج المقاومة الحيوية ، وتوصلو الى قدر كبير في فهم اساسيات علم البيئة العددي او السكاني او ما يسمى علم بيئة المجتمع ، وكان لتطور فكرة الأعتماد على الكثافة العددية للآفة من قبل اعدائها الطبيعية وشرح التداخل في العلاقة بين الطفيل وعائله او المفترس وضحيته اثره البالغ في ظهور برامج المقاومة الحيوية .

ان الاعتماد على الكثافة العددية للآفة يوصلنا الى الكيفية التي يستطيع بها العدو الحيوي من ان ينظم فيها اعداد العائل او الفريسة عن طريق القتل الذي يزداد بزيادة اعداد الآفة ويقل بانخفاضها ، لذلك فأن الزيادة المطردة للآفة يسيطر عليها من قبل الاعداء الحيوية كما ينظم هذا النوع المعتمد من العلاقة بدوره عدد الاعداء ويجنبها مخاطر الهلاك او الانقراض ، ان الكثير من الاعداء الحيوية يتخصص بالتطفل او الافتراس على عائل واحد او اكثر او او طور من اطوار العائل او الفريسة فاذا حدث انخفاض في الطور المستهدف فان الطفيل او المفترس لابد من ان ينظم وضعه اذ لا يمكن له ان يزداد عدداً ونقص الغذاء مستمر ، فالحالة اذاً حالة ديناميكية مستمرة من شأنها انجاز معدل متوازن من الكثافة العددية او بصورة ادق ان كلاً منهما يحتفظ بعلاقة عددية تتأرجح بين الزيادة والنقصان حول متوسط معين لإعدادهما كخط وهمي يسمى بمستوى التوازن العام ، ويعود ذلك التأرجح الى التغيرات الموسمية او دورة التكاثر او نتيجة

لفعل العوامل الاخرى لكنه غالباً ما يعود لحالة التوازن في اعدادها ، وهنا يمكن ان نفهم ان كل فرد من الاعداء الحيوية لابد ان ينتج فرداً واحداً على الأقل لكي لا يزيد الى ما لا نهاية او يقل الى درجة الانعدام وهذا يعتمد بطبيعة الحال على صفات الاعداء الحيوية الموروثة اولاً وكيفية تحديد قدراتها الداخلية ثانياً بواسطة فعل العوامل البيئية .

السبل المستخدمة في برامج المقاومة الحيوية :- Field of Biological Control

١ – استيراد الأعداء الحيوية Importation enemies

٢ – حفظ او حماية الأعداء الحيوية Conservation enemies

٣ – تربية واكثار الأعداء الحيوية Augmentation enemies

ولكن قبل استخدام هذه السبل واستخدام الأعداء الحيوية لغرض تنظيم الكثافة العددية للأفة يجب ان يكون هناك الماما وارتباط بنوعين من الدراسات وهي :

١ – الدراسات المتعلقة بالعلوم الأخرى مثل علوم التصنيف والحياة والوراثة والفسلجة اضافة الى طرق التربية والتغذية والسلوك ، فمثلاً التصنيف ضروري جداً للطفيليات التي تمتاز بدقة حجمها . فعلى سبيل المثال وجد ان للطفيل *Aphytis* الذي يتطفل على الحشرة القشرية الحمراء سبع سلالات مختلفة من حيث التكيف الحيوي في مناطق مختلفة من العالم ، وتبين ان

خمسة منها تمتاز بكفاءتها العالية اما الأخرى فأنها اقل كفاءةً وتكيفاً . وفيما يتعلق بالنمو والتكاثر فقد وجد ان بعض الطفيليات التي تعود الى عائلة Aphelinidae اجريت عليها عدة محاولات لتربيتها تحت ظروف المختبر لكن دون جدوى .

٢ – الدراسات التي تتعلق بالجانب البيئي خاصة الدراسات البيئية الحقلية لتقييم الأهمية النسبية للأعداء الحيوية مع الأخذ بنظر الأعتبار العوامل المنظمة الأخرى لمجتمع العائل او الفريسة . وعليه فأن دراسة العلوم المختلفة تعتبر مهمة جداً في نجاح المقاومة الحيوية .

بعد اجراء الدراسات المختلفة عندها يتم التوجه الى استخدام السبل الثلاثة (الاستيراد ، الحماية ، الإكثار) في برامج المقاومة الحيوية ، ولكن يجب معرفة أي من الطرق الثلاثة لها الأسبقية من حيث الأهمية . وهذا يستند على الدراسات المتعلقة بالنظام البيئي الزراعي الذي ستطبق فيه مثل هذه البرامج . ويتم تحديد ذلك من خلال وضع ثلاث تساؤلات وهي :

١ – هل ان الأفة تعتبر مشكلة بحد ذاتها في منطقة لم تستخدم فيها المبيدات الكيمياوية فهذا يعني عدم كفاءة الأعداء الحيوية المحلية في تنظيم اعداد الأفة التي قد تكون دخيلة او اصيلة ، هنا يجب اختيار طريقة استيراد الأعداء الحيوية من الخارج واختيار الأكفأ منها .

٢ – هل ان انتشار الأفة جاء من صنع الأنسان نتيجة الاستخدام الخاطئ للمبيدات او غيرها من التطبيقات الصناعية او الزراعية الأخرى ، وبهذه الحالة فأن الخلل جاء من تأثر الأعداء الحيوية بالمبيدات وموت نسبة كبيرة منها لذلك يكون الاختيار هنا لطريقة الحماية و الحفاظ على الأعداء من التلوث البيئي والتقليل من استخدام المبيدات .

٣ – في حالة فشل الطريقتين اعلاه في حل مشكلة انتشار الأفة في منطقة ما نلجأ عندها الى استخدام طريقة تربية واكثار الأعداء الحيوية واطلاقها في الوقت المناسب .

استيراد الأعداء الحيوية :

يعد استيراد الأعداء الحيوية من منطقة الى اخرى في العالم من الإنجازات المهمة التي تزيد من فرص نجاح وتطور المقاومة الحيوية في مواجهة الآفات الدخيلة Exotic pests التي تدخل من دون اعدائها الطبيعية التي كانت تحد من انتشارها في بيئتها الأصلية ، وبالرغم من ان عملية استيراد الأعداء الحيوية تعتبر من اسهل الطرق الا انها بحاجة الى دراسات مختبرية وحقلية مضنية وذلك لانتخاب الأفضل منها دون بعثرة الجهود في انواع قد لا تصلح اساساً في البيئة الجديدة فمثلاً تم استيراد سبعة انواع من الطفيليات ضد الأفة الدخيلة على اشجار الحمضيات في

الولايات المتحدة الأمريكية وهي الحشرة القشرية الحمراء *Aonidiella auranti* الا ان الطفيل *Aphytis melinus* كان الأكثر كفاءةً في مكافحة هذه الآفة حيث ادى هذا الاستخدام الى خفض اعداد الأفة بشكل كبير . ولم يقتصر استيراد الاعداء الحيوية على مكافحة الحشرات الدخيلة وانما اثبتت بعض الطفيليات والمفترسات كفاءتها في مكافحة العديد من الحشرات المتوطنة (المحلية) فمثلاً الاعداء الحيوية التي استوردت لمكافحة فراشة جوز الهند *Levuana* irridescens من الملايا الهندية اثبتت كفاءة عالية في مقاومة عدد من الآفات المحلية مثل حشرة جوز الهند القشرية في غرب كارولينا الامريكية حيث نجح الطفيل *Ptychomyia remota* وهو نوع من ذباب التاكينا في مكافحتها .

<u>حماية وحفظ الأعداء الحيوية</u> :-

تعتبر حماية الأعداء الحيوية وصيانتها من كافة المخاطر التي تحيط بها من المسائل المهمة في نجاح برامج المقاومة الحيوية من خلال جعل الظروف البيئية اكثر ملائمة للأعداء الحيوية عن طريق مثلاً منع استخدام المبيدات بشكل عشوائي والذي يؤدي الى قتل الأعداء الحيوية أي يجب استخدامها بشكل مبرمج يكفل للأعداء فرص النجاة مثل استخدام المبيدات الانتقائية التي تؤثر على الأفة دون اعدائها او استخدام المبيدات قليلة السمية ذات التدهور السريع ، أذ ليس من الضروري قتل جميع افراد الأفة بل يجب ابقاء اعداد قليلة منها لديمومة حياة الأعداء الحيوية

وبالتالي منع حودث خلل في الموازنة البيئية . ومن طرق الحماية الأخرى هي توفير الغذاء والماء وتوفير العوائل البديلة وعدم تقليم الأشجار بشكل جائر او حرق اعقاب النباتات بعد الحصاد كطريقة من طرق النظافة الزراعية وغيره من الطرق الأخرى .

تربية واكثار الأعداء الحيوية :-

تشمل هذه الطريقة تربية الأعداء المحلية او المستوردة من الطفيليات أو المفترسات أما عن طريق الإنتاج السنوي Annual production أو أنشاء مستعمرات دورية آو مرحلية Periodic Colonization او عن طريق برامج التحسين الوراثي **Genetic improvements** . ان هذه الطريقة تأتي بالدرجة الأخيرة في برامج المقاومة بسبب ارتفاع تكلفتها الاقتصادية وصعوبة التطوير والمتابعة . لذا فأن هذه الطريقة يجب ان ينحصر استخدامها مع تلك الأنواع التي اثبتت كفاءتها في تنظيم الكثافة العددية للأفة . ويعتبر طفيل البيض *Trichogramma* من رتبة غشائية الأجنحة من اكثر الطفيليات استخداماً لأغراض الأطلاق الجماعي وخصوصاً في مكافحة دودة جوز القطن القرنفلية *Pectinophora gossypiella* حيث كان ناجحاً في مكافحتها .

الصفات الواجب توفرها في العدو الحيوي الناجح :-

١ – القدرة العالية على البحث .

٢ – ان يكون على درجة عالية من التخصص .

٣ – قدرته العالية على التكاثر .

٤ – ان يكون قادر على التكيف للمناخ المحلي .

٥ – سهولة تربيته في المختبر .

٦ – توافق دورة حياته مع دورة حياة العائل او الفريسة .

الطرق او الأجراءات الواجب اتباعها لأدخال الأعداء الطبيعية :-

١ – تشخيص الأفة كنوع دخيل :

يجب تحديد مصدر الأفة على انها نوع دخيل ام لا ، فأذا كانت دخيلة فأن فرص نجاح مكافحتها حيوياً بواسطة الأعداء المستوردة تكون جيدة بينما اذا كانت محلية فأن فرص نجاح مكافحتها تكون اقل ، وبمجرد تحديد الأفة على انها نوع دخيل عندها يجب البحث عن بيئتها الأصلية لغرض جلب اعدائها المتكيفة لها . وهناك عدة مؤشرات تساعد في تحديد الأفة على انها نوع دخيل منها :

أ – الأنتشار الفجائي لنوع لم يكن موجود اصلاً في المنطقة ب – عندما تكون الأفة الممثل الوحيد لجنس من الحشرات في المنطقة بينما توجد الأنواع الأخرى في اماكن نائية.

ج – أما المؤشر الأقوى على انها نوع دخيل هو فقدانها لأعدائها الحيوية .

٢ – <u>تحديد الموطن الأصلي للأفة</u> :

وهذه تحتاج الى خبراء في علم النبات لمعرفة اصل وتوزيع النباتات التي تهاجمها الأفة وكذلك الأستعانة بكتب التصنيف وخبراء من علم الحشرات .

٣ – <u>الأستكشاف الخارجي للأعداء الحيوية</u> :

يجب ان يكون المستكشف شخص ذو تدريب عالي في مجال علم الحشرات وان يتمتع بقدر كاف من المعلومات في جمع الحشرات الغريبة . من حيث قدرته في التعرف على نوع الحشرة من خلال اطوارها الغير بالغة وان يكون ملماً بكافة الأمور المتعلقة بحيويتها وبيئتها ومظهرها الخارجي .

٤ – <u>الحجر الصحي للنماذج المستورردة</u> :

ويتم هنا تسليم شحنات الأعداء الحيوية التي تم استكشافها والحصول عليها من موطنها الأصلي الى مختبرات الحجر الصحي للتأكد من سلامتها من الأمراض (المسببات الممرضة)

التي قد تخلق مشكلة جديدة لم تكن موجودة اصلاً وكذلك خلوها من الصفات الغير مرغوب بها قبل ان يتم اكثارها وتوزيعها .

٥ – **التربية والأكثار الجماعي للأعداء الحيوية :** ذكرت سابقاً .

٦ – **تكوين المستعمرات :**

في برامج المقاومة الحيوية فأن جهود الاستكشاف الخارجي وشحن الأعداء والحجر الصحي والتربية والإكثار تكون عديمة الجدوى ما لم يتمتع النوع المستورد بالقدرة على استعمار المنطقة الجديدة التي يطلق فيها . وهناك كثير من العوامل التي تؤثر على نشاط العدو الحيوي منها الظروف الجوية او عدم وجود العوائل الملائمة له وغيرها من العوامل الأخرى . وعليه يجب توفير الظروف الملائمة له في المنطقة الجديدة واطلاق اعداد كافية منه وتحديد الجهات التي تمكن فيها العدو الحيوي من تثبيت نفسه والتعرف عل نتيجة الأطلاق في الأماكن المنتخبة .

٧ – **التقييم النهائي للأعداء الحيوية :** ويتضمن نوعين من الطرق هما .

أ – **اجراءات اختبارية :- Experiemental procedures**

وتعتمد هذه الطريقة على طرق العزل والإقصاء والتي تشمل ما يلي :

١ – طريقة الحاجز الميكانيكي : The Mechanical barrier method

وفيها تستخدم انواع مختلفة من الحواجز او الأقفاص او الحواجز السلكية التي تستعمل في تطويق وحصر نبات سليم اوجزء من نبات او قطعة صغيرة من الحقل وتدخل الأفة الى تلك الأماكن المحمية ، وبنفس الطريقة تستخدم على نباتات قريبة منها ولكن تترك الحواجز هنا مفتوحة لضمان دخول وخروج الأعداء الحيوية لغرض المقارنة وطبيعي فأن مجتمع الأفة سوف يزداد في الحواجز المغلقة ويقل في الحواجز المفتوحة .

٢ – <u>طريقة الأقصاء الكيمياوي</u> : Chemical exclusion method

وفيها يتم تقسيم الحقل الى قواطع او مناطق أما محجوزة او مكشوفة ، وبعدها يتم معاملة قسم من القواطع بالمبيدات لتثبيط نمو العدو الحيوي بها دون ان تؤثر على الأفة وذلك بأستخدام المبيدات الأنتقائية ثم تقارن مع القواطع الأخرى الغير معاملة بالمبيد وتسجل النتائج .

٣ – <u>طريقة الفحص الحيوى</u> :- Biological check method

وهذه الطريقة مبنية على اساس وجود ارتباط بين نوعين من الكائنات الحية مثل الأرتباط بين النمل وبعض الحشرات التي تعود الى رتبة متشابهة الأجنحة كالمن والبق الدقيقي والحشرات القشرية حيث تفرز هذه الحشرات الندوة العسلية الجاذبة لبعض انواع النمل لغرض التغذية .

وبالمقابل يوفر النمل الحماية اللازمة لتلك الحشرات من هجوم الأعداء الحيوية . وبتحديد اعداد النمل ومنعها من الوصول الى الأشجار او النباتات الأخرى المصابة بتلك الحشرات عن طريق اقامة الحواجز وبذلك تترك هذه المناطق بدون حماية النمل فأذا كانت الأعداء الحيوية نشطة فأنها سوف تقلل من كثافة الأفة أما المناطق المحمية فتزداد فيها اعداد الأفة .

٤ – طريقة الأزالة اليدوية :- Hand removing method

تستخدم هذه الطريقة في تقدير كفاءة الأعداء الحيوية ضد الآفات الضعيفة الانتشار او ذات الطبيعة الجالسة ، حيث يتم ازالة جميع الأعداء الحيوية من نباتات التجربة او اجزاء من النباتات بواسطة اليد بينما يسمح للنباتات الأخرى ببقاء الأعداء الحيوية عليها ومن ثم تقاس كفاءة الأعداء الحيوية .

ب – اجراءات تحليلية :- Analytical procedures

وتعتمد هذه الطريقة على بناء جداول الحياة وهي من الأساليب الحديثة التي تختلف عما سبق في تقييم الأعداء الحيوية في التأثير على مجتمع الأفة . وينحصر استخدام هذه الطريقة على الأفات المنفردة التي تعيش على النباتات دون ان يشاركها احد وتتمتع بأجيال غير متداخلة . وفي جداول الحياة فأن العد الجدولي يكون لأدوار الحشرة المختلفة (بيضة – يرقة – عذراء – حشرة

بالغة) الحية منها والميتة ، ويجب ان يتضمن عدداً من الأجيال يتراوح من ٨ – ١٥ جيل او اكثر . ثم تجمع وتحلل البيانات احصائياً لكل عامل من عوامل القتل لغرض دراسة الأرتباط بين كثافة الأفة والتغيرات الحاصلة فيها جراء القتل الناتج عن فعل العوامل المختلفة . ومثل هذا التحليل يكشف نوع القتل لكل عامل سواء كان من العوامل المستقلة او المعتمدة على الكثافة العددية .

عناصر المقاومة الحيوية :- وتشمل ما يلي .

اولاً – المفترسات ثانياً – الطفيليات ثالثاً– المسببات الممرضة

اولاً – المفترسات :- Predators

وتعرف بأنها حشرات اكلة الى حشرات اخرى وتسمى Entomophagous insects والتي تنمو يرقاتها وبالغاتها بأستهلاك اكثر من فرد واحد من فرائسها . ويعرف الأفتراس Predatism بأنه مهاجمة حشرة ما او احد اطوارها لحشرة اخرى او احد اطوارها لغرض التغذية والنمو ، وتسمى الحشرة المهاجمة بالمفترس Predator أما الأخرى فتدعى بالفريسة او الضحية Prey .

تمتاز المفترسات بأنها كائنات كبيرة الحجم وتكون اكبر من فرائسها وتمتاز بسرعة حركتها وسرعة التهامها لفرائسها كما انها تستهلك اكثر من فريسة واحدة خلال حياتها فمثلاً يرقة الدعسوقة ذات السبع نقاط تلتهم مئات الأفراد من المن لكي تكمل تطورها وتمتاز المفترسات بأن الأطوار الكاملة والغير كاملة تقوم بعملية الأفتراس لغرض التغذية .

الصفات الحيوية لبالغات المفترسات :-

١ – تحتاج الحشرة المفترسة في الغالب الى اكثر من فريسة لغرض التكاثربالنسبة للبالغات اواكمال دورة حياتها بالنسبة للأدوار غير الكاملة على عكس الطفيليات التي تحتاج في الغالب الى عائل واحد لأكمال دورة حياتها .

٢ – في الغالب فأن المفترسات يزداد نشاطها عادة في الليل او عند الغسق على عكس الطفيليات التي يزداد نشاطها في النهار .

٣ – غالباً ما تتغذى بالغات المفترس على نفس نوع الفريسة التي تتغذى عليها يرقاتها كما في الدعاسيق بينما هناك انواع اخرى تعود الى رتبة شبكية الأجنحة وثنائية الأجنحة يكون فيها غذاء

البالغات مختلف عن غذاء الأطوار اليرقية لها اذ تتغذى على الرحيق والندوة العسلية كمصدر مهم للبروتين لزيادة خصوبتها .

٤ – يتباين التنوع الغذائي للأنواع المختلفة من المفترسات فبعضها وحيدة الغذاء Monophagous أي تتغذى نوع واحد من الحشرات والبعض الأخر محدود الغذاء Oligophagous حيث تتناول بعضاً من انواع الفرائس ، وهناك المتنوعة الغذاء Polyphagous وهي التي تتناول انواعاً كثيرة من الحشرات .

٥ – تحتاج المفترسات بعد خروجها من طور العذراء الى فترة ما قبل التزاوج Premating period ولو انها في الغالب محدودة تتراوح بين (٢ – ٦) ايام كما هو الحال في بعض انواع المفترس *Hippodamia* ، الا ان انواع اخرى كالدعاسيق يمكن ان تكون نشطة لفترة طويلة قبل مرحلة التزاوج قد تصل لعدة اشهر .

٦ – على خلاف الطفيليات فأن المفترسات لايبدو فيها وجود للمغازلة Courtship من قبل الذكور قبل التزاوج . الا ان بعض المفترسات الصغيرة من رتبة ثنائية الأجنحة مثل المفترس *Empidids* حيث يقدم الذكر عادة فريسة الى الأنثى كهدية قبل الزواج .

٧ – التوالد البكري Parthenogenesis نادراً ما يحصل في الأنواع المفترسة من الحشرات ان لم يكن عديم الوجود اصلاً .

بصورة عامة يعتبر العلماء ان ظاهرة الأفتراس في الحشرات هي طريقة بدائية من طرق الحياة مقارنة بظاهرة التطفل . فالأول يعتبر قليل الذكاء ويعتمد على قواه البدنية في التغلب على

الفريسة ، اذ يتمتع بفكوك قوية معدة للأفتراس او ارجل امامية مسننة قوية . كما يمتاز المفترس بكبر حجمه وسرعة حركته مقارنة بجسم الضحية . أما التطفل فمن وجهة نظر البعض انه الحالة الأرقى طالما ان حجم الطفيل يتناسب مع حجم العائل وتواجهه مخاطر عديدة من قبل العائل خاصة عند التطفل الداخلي ، لذلك فأن بقائها وانتشارها في الطبيعة يعتمد على حدة ذكائها في البحث عن العائل وعلى التحورات العديدة التي رافقت اطوارها غير الكاملة لمواجهة دفاعات العائل المختلفة ، كما تمتاز الطفيليات بأدراكها الحسي العالي والذي يفوق المفترسات .

اساليب المفترسات في التغذية او الأفتراس :-

١ – الألتهام :- حيث يقوم المفترس بأخذ الفريسة مرة واحدة مثل الرعاشات والدعاسيق .

٢ – تقطيع الأجزاء :- حيث يقوم المفترس بتقطيع اجزاء جسم الفريسة الى اجزاء متعددة بواسطة اجزاء فمه القاطعة عند التغذية عليها مثل فرس النبي .

٣ – امتصاص سوائل الجسم :- حيث تقوم بمسك الفريسة وامتصاص سوائل جسمها بواسطة اجزاء فمها ومن ثم ترمي غلاف الجسم الفارغ من السوائل مثال ذلك يرقات اسد المن .

تعتبرالمفترسات اقدم تواجداً من الطفيليات والدليل على ذلك هو انه تم العثورعلى بعض الحفريات في العصر الكاربوني الأول والتي تشير الى وجود حفريات للرعاشات والتي تعتبر حتى وقتنا الحاضر حشرات مفترسة على الأطلاق ، ومن المعتقد انها كانت كذلك في العصور القديمة .

ان اهم الرتب التي تعود لها المفترسات هي خمسة رتب وهي :

١ – رتبة غمدية الأجنحة :- Coleoptera مثل الدعاسيق

٢ – رتبة ثنائية الأجنحة :- Diptera مثل ذبابة السيرفس

٣ – رتبة شبكية الأجنحة :- Neuroptera مثل اسد المن واسد النمل

٤ – رتبة الرعاشات :- Odonata مثل الرعاش الكبير والصغير

٥ – رتبة غشائية الأجنحة :- Hymenoptera مثل النمل المفترس

٦ – رتبة نصفية الأجنحة :- Hemiptera مثل البقة المائية

وهناك اربعين عائلة تتواجد فيها المفترسات من اهمها هي :

١ – Anthacaridae ٢ – Coccinellidae ٣ – Carabidae ٤ – Chrysopidae

٥ – Cecidomyiidae ٦ – Syrphidae ٧ – Formicidae

من اهم عيوب المفترسات هي وجود ظاهرة افتراس النوع وتحدث عادةً عندما يكون الحيز ضيق والغذاء محدود حيث تحدث حالة من التنافس على المكان والغذاء بين افراد النوع الواحد من خلال مهاجمة هذه الأفراد لبعضها البعض حيث يقوم الفرد النشط بأفتراس الضعيف وعندها يكون البقاء للأقوى .

ثانياً– <u>الطفيليـــات</u> :- وهي على نوعين هما :

أ – الطفيليات الحقيقية :- Typical or True Parasites

وهي الحشرات التي تتطفل في دوريها الكامل وغير الكامل على جسم العائل (Host) الذي غالباً ما يكون من الفقريات ، كالقمل والبرغوث التي تتطفل على اجسام اللبائن والطيور بأمتصاص الدم . وتتميز بأن تأثيرها قليل على العائل أي لا تسبب قتله الا في حالات نادرة وتكون اصغر حجماً من عائلها وتحتاج الى عائل واحد لتكمل دورة حياتها وحركتها محدودة جداً .

ب – الطفيليات الغير حقيقية (اشباه الطفيليات) :- Parasitoids or Protelean Parasites

وهي الحشرات التي غالباً ما يكون طورها الغير كامل غالباً الطور اليرقي هو المتطفل على العائل بينما تعيش البالغات معيشة حرة اذ تتغذى على الرحيق او الندوة العسلية وقد تتغذى الأناث منها على سوائل جسم العائل . وتتميز بأن عائلها يموت في النهاية وان حجمها يكون مقارب الى حجم عائلها وتحتاج الى عائل واحد لتكمل دورة حياتها وحركتها محدودة عادةً . وهذه الطفيليات هي التي تهمنا في دراستنا هذه وليست الطفيليات الحقيقية .

يعرف الطفيل بأنه أي حشرة تتطفل على حشرة اخرى لغرض النمو و التطور . لذا اطلق اسم Parasitoid تمييزاً لهذا النوع المتغذي على الحشرات عن جميع انواع التطفل الأخرى . ويعرف التطفل Parasitism بأنه العلاقة بين كائنين يحصل احدهما وهو الطفيل Parasite على غذائه من جسم الكائن الأخر وهو العائل Host ، اذ يعيش الطفيل اما على او داخل جسم العائل الذي لايحصل على أي فائدة من هذه العلاقة . وتهاجم الطفيليات جميع اطوار الحشرة (البيض ، اليرقات ، الحوريات ، العذارى والبالغات) ، ويحتاج الطفيل عادةً الى عائل واحد لأكمال دورة حياته .

والطفيليات بصورة عامة تضع بيوضها أما بالقرب من جسم عائلها او في اوعلى جسم العائل وتنمو على حساب ذلك العائل وفي النهاية تقتله . تعود معظم الطفيليات الى خمسة رتب وهي :

١ – غشائية الأجنحة Hymenoptera ٢ – ثنائية الأجنحة Diptera ٣ – غمدية الأجنحة Coleoptera ٤ – حرشفية الأجنحة Lepidoptera ٥ – نصفية الأجنحة Hemiptera

الا ان غالبية الطفيليات تعود الى الرتبتين غشائية وثنائية الأجنحة ، ويقدرعدد الأنواع التي تعود الى رتبة غشائية الأجنحة والمشخصة منها حوالي ٣٠٠,٠٠٠ نوع . وقد ذكر Townes (١٩٦٩) بأن عدد انواع طفيليات الـ *Ichneumons* وحدها تقدر بـ (٦٠,٠٠٠) نوع وهي طفيليات (بيوض ، يرقات ، عذارى) ونادراً بالغات .

انواع الطفيليـــــــات :

أ – تقسم الطفيليات طبقاً لطبيعة تطورها على عوائلها الغذائية الى :

١ – الطفيل الأولي : Primary Parasite

هو ذلك النوع من الطفيليات التي تنمو وتتطور داخل او على عوائل غير متطفلة بطبيعتها اصلاً .

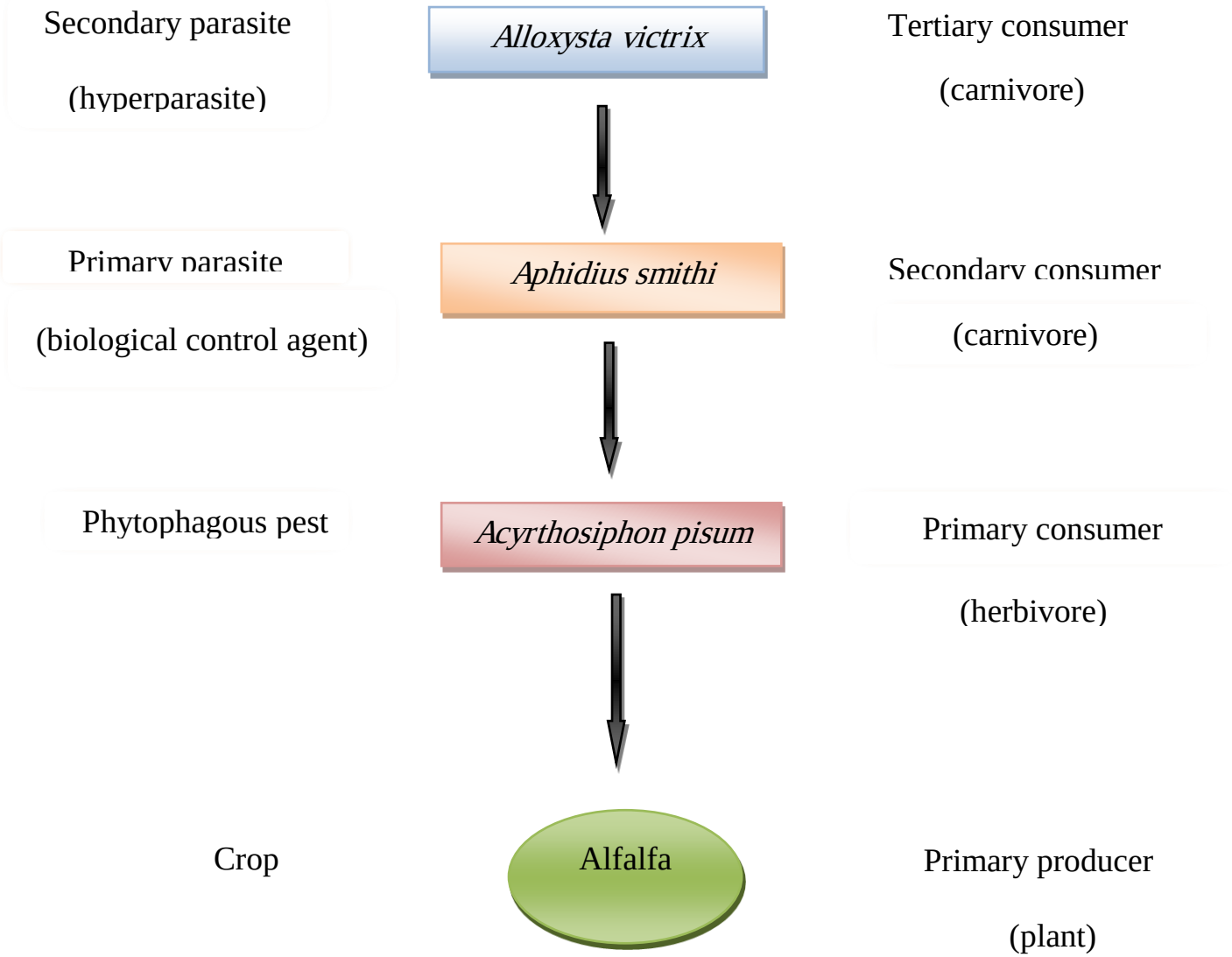
٢ – الطفيل الثانوي : Secondary or Hyperparasite

وهو الطفيل الذي ينمو ويتطور داخل او على طفيل اخر أي التطفل على الطفيل الأولي . مثال ذلك تطفل الطفيل *Asaphes* على الطفيل *Aphidius* . وهناك درجات من التطفل بعد الطفيل الثانوي غير شائعة عادةً الا ان هناك بعض الحالات التي تلي التطفل الثانوي يطلق عليها التطفل الثلاثي tertiary parasitism وفيها يتم التطفل على الطفيل الثانوي والاولي معاً من قبل الطفيل الثلاثي او الرباعي Quartenary parasitism ... الخ . ويمكن توضيح مثال على حالات التطفل هذه من خلال المخطط التالي :

Quartenary consumer (carnivore)

Asaphes californicus

Tertiary parasite (hyperparasite)



٣ – التطفل المتعدد : Multiple Parasitism

وهي الحالة التي يضع فيها نوعان مختلفان او اكثر من الطفيليات بيضهما على عائل واحد .

وهنا تكون الحصيلة النهائية لصالح احد الأنواع ونهاية الأنواع الأخرى نتيجة للتنافس الحاد بينهما .

٤ – التطفل المفرط : Super Parasitism

وهي الحالة التي يتم فيها وضع اكثر من بيضة واحدة على او داخل جسم العائل من قبل انثى الطفيل نفسها او اكثر من انثى واحدة تعود لنفس النوع .وهنا يستطيع اكثر من فرد واحد اكمال دورة حياته اذا سمح حجم العائل بذلك .وسبب حدوث مثل هذه الحالة ربما يعود لسببين اما لقلة اعداد العائل في الطبيعة او لفقدان الأناث القدرة على التمييز بين العائل المتطفل عليه و العائل السليم او كليهما.

٥ – التطفل الذاتي : Autoparasitism

وهي الظاهرة التي يتطفل فيها نوع من الطفيليات على نفسه . وهي من الحالات النادرة للطفيل *Coccophagus scutellaria* حيث تتطفل يرقات الذكور اجبارياً على اخواتها من الأناث .

٦ – التطفل السارق : Cleptoparasitism

وهي الظاهرة التي يفضل فيها الطفيل مهاجمة عائل سبق التطفل عليه من قبل طفيل اخر. والطفيل السارق لا يعتبر هنا طفيل ثانوي لأنه لايهاجم الطفيل الأولي لغرض التغذية بل يستهدف الضحية ذاتها وهنا ينشأ صراع بينهما الا ان الغلبة دائماً تكون لصالح الطفيل السارق . ويعتبر هذا النوع من التطفل اقرب الى التطفل المتعدد .

ب – تقسيم الطفيليات طبقاً لمكان وضع البيض ومعيشة الأفراد الناتجة :

١ – تطفل خارجي : Ectoparasitism

وفيه يتم وضع البيض على جسم العائل او بالقرب منه ، وعند فقس البيض تبدأ اليرقات بالتغذية على جسم العائل من الخارج حتى اكتمال نموها ، وفي هذا النوع من التطفل تقوم اناث الطفيليات البالغة بشل العائل شللاً دائمياً بواسطة السم الذي يفرز عن طريق الة وضع البيض والذي يؤدي في اغلب الأحيان الى موت العائل في الحال . والغاية من الشلل الدائمي قد تكون لعدة اسباب منها

.

أ – ابقاء العائل في حالة ركود تام حتى لا يسقط منه بيض الطفيل او ان يبتعد لمسافة اكبر في حالة وضع البيض بالقرب منه .

ب – ايقاف عمليات الأنسلاخ لطور العائل المستهدف والتي من شأنها ان تبعد عنه البيض او يرقات الطفيل الحديثة .

ج – الحد من قدرة العائل على مهاجمة اطوار الطفيل الضعيفة .

ويعتقد ان سم الطفيليات يحتوي على مواد حافظة مانعة للتفسخ تبقي جسم الضحية صالحاً للتغذية لحين اكمال اليرقات تطورها .

٢ – تطفل داخلي : Endoparasitism

وفيه يوضع البيض داخل جسم العائل الذي قد يشل شللاً مؤقتاً يستعيد بعدها العائل نشاطه بشكل طبيعي ، او قد لا يشل . وتتغذى اليرقات حديثة الفقس على سوائل جسم العائل اولاً متفادية بذلك اجهزته الحساسة التي لا تهاجمها الا بعد اكتمال نموها ، لأن موت العائل في وقت مبكر يؤدي حتماً الى هلاكها خاصة ان جهازها التنفسي لم يكتمل بعد ، وتعتمد على تبادل الأوكسجين عن طريق الجلد او الأكياس الهوائية الموجودة في نهاية جسمها . وعلى العموم فأن الطفيليات سواء كانت خارجية او داخلية التطفل فانها اما تعيش بصورة انفرادية أي نمو فرد واحد من الطفيل على او داخل جسم العائل، او بصورة جماعية في حالة نمو عدد من افراد الطفيل على او داخل عائل واحد كما هو الحال في الطفيل *Enaysma spp* من رتبة غشائية الأجنحة .

ج – تقسيم الطفيليات طبقاً لدورالعائل المستهدف الى :

١ – طفيليات البيض :- Eggs parasitoides

مثل الطفيل *Trichogramma spp* وهو من طفيليات البيض وخصوصاً على بيوض ديدان جوز القطن .

٢ – طفيليات الحوريات واليرقات :- Nymphs or Larvae parasitoides

مثل الطفيل *Erlosoma fermesa* يتطفل على حوريات الذبابة البيضاء بينما الطفيل *Bracon hebetor* يتطفل على يرقات المخازن .

٣ – طفيليات العذارى :- Pupa parasitoides

مثل الطفيل *Ephialtes sp* يهاجم عذارى الحشرات .

٤ – طفيليات البالغات :- adult parasitoides

مثل الطفيل *Perilitus coccinella* فأنه يهاجم بالغات الدعاسيق .

وكما هو الحال في المفترسات فأن الطفيليات اما ان تكون وحيدة العائل Monophagus أي تتغذى على نوع واحد فقط كما هو الحال في طفيلي الـ *Trioxys complanatus* من عائلة Aphididae الذي يتطفل على نوع واحد من المن هو الجنس *Theriophis* ، او تكون متعددة العوائل Polyphagus أي تتغذى على اكثر من نوع واحد من الحشرات مثل طفيل ذبابة التاكينا *Compsilura concinnata* الذي يتطفل على اكثر من ١٠٠ نوع من الحشرات .

ان لبالغات الطفيليات اهمية كبيرة في برامج المقاومة الحيوية ، ويعتبر سلوك الأناث الناضجة العامل الرئيسي في تحديد كفاءة النوع ودوره كعامل منظم لكثافة الأفة . فعليها يتوقف ايجاد العائل وانتخاب الأفضل منه لوضع البيض حيث تتطور ذريتها ، وتدخل في تقدير كفاءة الطفيل عدة امور منها (قدرته العالية على البحث) والتي تعتمد على :

١ – طاقته الحركية ٢ – قوة ادراكه الحسي ٣ – قدرته على البقاء حياً ٤ – شراسته واصراره كذلك يجب ان يمتاز الطفيل (بقدرته التكاثرية العالية) اذ تعتبر قدرة الطفيل العالية على التكاثر عاملاً مهماً اذ تمكنه من سرعة زيادة اعداده في الطبيعة عند التعرض الى ظروف بيئية غير مناسبة وبذلك تمكنه من سرعة التغلب على عائله وذلك من خلال كمية البيض التي تضعها الإناث خلال فترة حياتها ، وهناك طريقتين في الإناث لوضع البيض هما :

١ – ان بعض اناث الطفيليات تصل الى طور البلوغ مع نضج تام لبيضها الذي قد يوضع بأكمله خلال فترة قصيرة دون ان يتطور بيض اخر في مبايضها ويعتمد انتاج البيض في مثل هذه الأنواع كلياً على المواد المخزونة خلال الدور اليرقي ويطلق على مثل هذه الإناث بالـ

Proovigenic مثال ذلك طفيل الـ *Eucharitid* الذي يتطفل على النمل حيث يضع الاف البيض على براعم النباتات التي يزورها النمل .

٢ – في كثير من اناث الطفيليات التابعة الى رتبة غشائية الأجنحة فأن انتاج البيض يستمر طوال فترة حياتها وهذا النوع من الطفيليات يعتمد في انتاج البيض على تغذية الإناث البالغة وليس على المخزون من المواد الغذائية في الدور اليرقي وتسمى هذه الأناث بالـ Synovigenic .

سلوك البالغات في أنتخاب العائل :

ان الطريقة التي تستطيع بها انثى الطفيل البالغة من ايجاد العائل والعوامل العديدة الاخرى التي تقرر وجود وبقاء العلاقة الخاصة بين العائل والطفيل تعد من الامور المهمة الواجب ادراكها عند البحث في بايولوجية الطفيليات. ولكي تنجز العلاقة بين الطفيل والعائل فان عليهما تلبية المتطلبات الاولية من حيث التزامن الفصلي او الجغرافي او البيئي وحتى لو تحققت تلك المتطلبات فان العلاقة التطفلية قد لا تنشأ اذا كانت هناك حواجز طبيعية او نفسية او فسلجية .

وللتعرف على الكيفية التي تتصرف بها انثى الطفيل البالغة عند بحثها عن العائل لابد من معرفة جملة من الحقائق المتعلقة بانتخاب العائل وكيف ان الطفيليات اختصت بالتطفل على عوائل محدودة دون غيرها في الطبيعة. وقد قسم Salt تلك العمليات ضمن ثلاثة ابواب عريضة وحسب التسلسل الاتي:

١- الانتخاب البيئي Ecological selection ويقصد به ايجاد العائل.

٢- الانتخاب النفسي Psycological selection ويعني به قبول العائل.

٣- الانتخاب الفسلجي Physiological selection ويقصد به ملائمة العائل.

وبطريقة اخرى يمكن وضع تلك الخطوات في انتخاب العائل ضمن اربع خطوات هي:

١- ايجاد موطن العائل.

٢- ايجاد العائل.

٣- قبول العائل.

٤- ملائمة العائل.

١- ايجاد موطن العائل : ان العامل الاول الذي يحد من اقتدار الطفيل عن قائمة عوائله هو فشله في ايجاد موطن تلك العوائل في الطبيعة فالطفيل قبل كل شيء يبحث اولا عن بيئات معينة دون الاعتبار لوجود العائل وقد اوضح Laing (١٩٣٧) ان بعض الطفيليات عندما تكون جاهزة لوضع البيض فانها لا تبحث عن العائل مباشرة وانما تبحث عن مواقع خاصة. وعلى ما يبدو ان هناك علاقة بين تطور حاسة الشم وتطور المبايض لاناث الطفيليات فالطفيل *Pimpla rufficollis* الذي يتطفل على فراشة براعم الصنوبر يبدي استجابات مختلفة لرائحة زيت الصنوبر المنبعثة من تلك الاشجار خلال فترة حياة الاناث.

٢- ايجاد العائل : فالمرحلة الثانية من مراحل انتخاب العائل هي ايجاد العائل، فحيثما يكون الطفيل في بيئة العائل وجب عليه ان يجد العائل نفسه وكثير من الدراسات تناولت سلوك اناث الطفيليات في البحث عن العائل وما ينتج عنه من توزيع لذريتها في الطبيعة ومن الحواس التي تستخدمها اناث الطفيليات هي الحواس اللمسية والحواس الشمية اما التنبيه البصري يساهم بشكل محدود في ايجاد العائل، فالكثير من الطفيليات تجد عائلها عن طريق تتبع اثاره او أي دليل له في المنطقة التي يتم البحث فيها .

٣- قبول العائل : ان انثى الطفيل وان وجدت العائل المناسب فانها قد لا تهاجمه اذا كان مفتقرا للمحفزات الملائمة، وتمثل هذه المرحلة الانتخاب الحقيقي للعائل الذي يتجلى فيه وضوح السلوك للانواع الطفيلية. ان قبول العائل يمثل المرحلة الثالثة من فرضية Salt وهي الانتخاب السايكولوجي .

يقرر قبول العائل من قبل اناث الطفيليات عدة اعتبارات منها:

أ- رائحة العائل.

ب- حركة العائل.

ج- استخدام المستقبلات الكيميائية.

٤- ملائمة العائل : حتى لو وجد الطفيل عائله في الموطن المحدد وقبل مهاجمته فان العلاقة بين الطفيل والعائل لا تنجح اذا تبين للطفيل ان العائل غير ملائم، فهذه المرحلة تمثل الخطوة الرابعة والاخيرة في انتخاب العائل، ففي كثير من الحالات تهاجم اناث الطفيليات عائلها

المفضل وتدخل الة وضع البيض فيه ثم تسحبها منه بعد فترة دون ان تضع بيضها، مما يفسر عدم صلاحيتها او ملائمته وتتباين اوجه عدم الملائمة طالما ان اناث الطفيليات تختص بمهاجمة الاطوار المختلفة من عوائلها ابتداء من البيضة وانتهاء بالبالغات وتعزى عدم الملائمة الى نوعين من العوامل هما:

١- عوامل طبيعية: وتشمل مقاومة العائل ضد حالات التطفل عن طريق صلابة غشاء البيضة او جدار جسم اليرقة او وجود عدة اشواك وشعيرات فيه او صلابة جلد العذراء مما يعيق اقحام الة وضع البيض.

٢- عوامل كيميائية: وتشمل منع او تثبيط نمو بيضة الطفيل التي وضعت بداخله.

ثالثاً:المسببات الممرضة للحشرات :- Insect Pathogens

وهي تشمل (الفايروسات ، البكتيريا ، الفطريات ، النيماتودا ، البروتوزوا) حيث تم تشخيص اكثر من (١٥٠٠ – ٢٠٠٠) نوع من هذه الكائنات التي تؤثر على الحشرات من قبل مختصين بالحشرات . وان دراسة استخدام المسببات الممرضة مثل الفايروسات والبكتيريا والفطريات والنيماتودا والبروتوزوا في مقاومة الآفات الحشرية تدعى بالمقاومة الجرثومية للحشرات Microbial control of insects .

المقاومة الجرثومية للحشرات :-

ان معرفة الأنسان بالأمراض التي تصيب الحشرات قديمة جداً فمنذ زمن ارسطو Aristotle عرفت فيها معاناة نحل العسل جراء الإصابة بالأمراض ، كما عرفت الأمراض التي تصيب يرقات دودة الحرير خاصة المرض المعروف بمرض النحول Maladies خلال فترة العصور الوسطى . وبالرغم من اهتمام الأنسان بالأمراض التي تصيب الحشرات الا انها بقيت مجرد استنتاجات خالية من التدوين والأثبات الفعلي لصعوبة عزلها ومشاهدتها تحت المجهر الذي لم يعرف في ذلك الوقت . ويعتبر الفطر *Cordyceps* اول تسجيل معروف لمسببات الأمراض التي تصيب الحشرات خاصة تلك التي تتبع عائلة Noctuidae من رتبة حرشفية الأجنحة . حيث تم وصفه من قبل الباحث Reaumur سنة ١٧٢٦ . وبعد مائة عام من ذلك التسجيل أي في عام ١٨٢٦ كتب Kirby فصلاً كاملاً عن امراض الحشرات ضمن كتابه الموسوم (المدخل الى علم الحشرات An Introduction to Entomology) . وفي سنة ١٨٣٥ نشر العالم Agostino Bassi الذي يعتبر اباً لعلم امراض الحشرات انجازاته العظيمة عن الأمراض التي تصيب دودة الحرير *Bombyx mori* . وقد زاد اهتمام العلماء بأهمية استخدام المسببات الممرضة في مكافحة الأفات خلال القرن التاسع عشر خاصة من قبل عالم الأحياء المجهرية الروسي Eli Metchnikoff وذلك سنة ١٨٨٠ . وفي سنة ١٩٣٣ اصدر Paillot اول كتاب عن علم امراض الحشرات . غير ان القفزة النوعية في علم امراض الحشرات كانت على يد العالم Edward A. Steinhaus سنة ١٩٤٧ فقد قام بجمع وتنسيق كل ما كتب عن امراض الحشرات وضمها في مرجع موحد اسماه مايكروبايلوجيا الحشرات وفي سنة ١٩٤٩ اصدر كتاباً قيماً اسماه اساسيات علم امراض الحشرات

Principles of insect pathology . وقد حظي علم الحشرات والمكافحة الجرثومية دعماً متزايداً في معظم انحاء العالم بعد انشاء اول مختبر لأمراض الحشرات في جامعة كالفورنيا الأمريكية سنة ١٩٤٥ .

الصفات الواجب توفرها فى المسبب الممرض الناجح :-

١ – الفاعلية او الكفاءة العالية :- High efficiency

لكي تخفض اعداد الأفة النشطة بصورة سريعة يجب على المسبب الممرض ان يتمتع بكفاءة عالية خاصة عند استخدامه في مكافحة الحشرات التي تصيب المحاصيل سريعة التلف .

٢ – التخصص :- Specificity

يعتبر التخصص من الشروط الأساسية الواجب توفرها بالمسبب الممرض الذي يستخدم في مجال المقاومة الجرثومية بحيث لا تتعدى اصابته نوعاً واحداً او انواعاً قريبة الصلة من الأفة المراد مكافحتها .

٣ – سهولة الأنتاج :- Ease production

من الأسباب التي تساعد في نجاح المسبب الممرض هو سهولة تربيته واكثاره على بيئات صناعية .

٤ – تحمل ظروف الخزن :- Storage tolerance

الكثير من المسببات الممرضة لا تتحمل ظروف الخزن غير الملائمة التي تتسبب في فقدان حيويتها وكفاءتها . لذلك يجب ان يكون المسبب الممرض الذي نهدف الى استخدامه في المقاومة له القدرة على تحمل ظروف الخزن المختلفة ولفترات طويلة ، لذا قد يكون هذا هو السبب في نجاح البكتيريا المكونة للأبواغ والتي يمكنها مقاومة ظروف الطبيعة القاسية لفترة قد تصل الى ٧٠ سنة او اكثر .

٥ – سهولة عمل المستحضرات :- Ease formulation

يشترط بالمسبب الممرض الناجح عدم تأثره بأشكال المستحضرات المصنعة سواء كانت مساحيق قابلة للذوبان بالماء او مستحضرات زيتية او في حالة خلطه مع المبيدات الكيمياوية ، كما يشترط عدم تأثره بأجهزة ومعدات الرش المختلفة .

مميزات المقاومة الجرثومية :-

١ – لا تترك متبقيات سامة .

٢ – لها القدرة العالية على التخصص ضد الآفات المراد مكافحتها وبذلك يمكن الحد من انتشار الأفة خلال فترة وجيزة .

٣ – يمكن استخدامها بجرع قليلة جداً وبذلك تكون كلفتها الاقتصادية منخفضة .

٤ – مناعة العائل ضدها بطيئة جداً .

٥ – تنسجم الكثير من المسببات الممرضة مع المواد الكيمياوية السامة ويمكن خلطها احياناً مع تلك المواد دون ان يؤثر ذلك على حيويتها وفاعليتها .

عيوب المقاومة الجرثومية :-

١ – تحتاج الى عناية فائقة ويجب اختيار الوقت الملائم للرش خاصة ان بعضها يحتاج الى فترة حضانة Incubation Period .

٢ – قد تفقد المسببات الممرضة فعلها الممرض Virulence اثناء عمليات التصنيع المختلفة .

٣ – العديد من المسببات الممرضة تحتاج الى ظروف مناخية باردة نوعاً ما ورطبة لكي تنتشر بكفاءة عالية ضمن سكان الأفة المراد مكافحتها ، كما يتأثر البعض منها مثل البكتيريا والفايروسات بأشعة الشمس فوق البنفسجية .

٤ – قد تكون الأحياء المجهرية على درجة عالية من التخصص ضد دور من ادوار الأفة مما يجعل الأدوار الأخرى محصنة من الإصابة .

٥ – لكل مسبب مرضي حد عددي حرج من افراد الأفة Population threshold دونه لا يمكن للمسبب الممرض ان ينتشر ضمن اعداد الأفة التي يجب ان تكون اكبر من ذلك الحد لكي تظهر المسببات الممرضة مفعولها المؤثر في برامج المكافحة .

٦ – على خلاف الطفيليات والمفترسات فأن المسببات الممرضة لا يمكن ان تنتشر وحدها في الطبيعة بل تعتمد على الأنسان في توزيع الرشة الأولى ، كما تعتمد على حركة عائلها وسرعة انتشاره في الطبيعة لكي تنتقل العدوى من عائل الى اخر .

٧ – بالرغم من عدم سميتها للمستهلك الا ان رائحة اجسام الحشرات المصابة بها قد تكون رائحة كريهة مما يجعل النباتات التي تتواجد عليها غير مستساغة من قبل حيوانات الرعي .

٨– بالرغم من عدم ثبوت مخاطرها على الأنسان او ممتلكاته في الوقت الحاضر الا ان التوسع في استخدامها بكميات كبيرة في العالم قد لا يخلو من المخاطر في المستقبل خاصة لو اخذنا في الاعتبار سرعة تكاثرها وامكانية حدوث طفرات وراثية تؤدي الى انتاج سلالات جديدة من شأنها ان تفتك بالبشرية .

انواع المسببات الممرضة للحشرات :- Types of insects pathogenic agents

تقسم المسببات الممرضة التي تصيب الحشرات الى مجموعتين حسب طريقة دخولها الى جسم العائل وهي :

١ – Ingested microbials :- وهي الميكروبات التي تدخل جسم العائل عن طريق الفم اثناء تناول الحشرة للطعام الملوث بها خاصة عند رش الأطوار المقاومة منها للجفاف (Drought resistant stages) على النباتات ، ومثل هذه الكائنات تكون في الغالب قليلة الاعتماد على الرطوبة الجوية مثل البكتيريا والفايروسات والنيماتودا .

٢ - Contact microbials :- وهي الميكروبات التي تدخل جسم العائل عند ملامستها للسطوح المعاملة بها ، حيث تخترق جدار جسم الحشرة من الخارج . وهي من صفات الفطريات عادة خاصة الأنواع التي تتبع الجنس *Beauveria* والتي تهاجم العديد من يرقات الحشرات . كما تتطفل الأنواع الفطرية التي تتبع الجنس *Entomophthora* على المن والحشرات الصغيرة الأخرى ، وتحتاج الفطريات الى رطوبة عالية نوعاً ما قبل مرحلة تكوين وانتشار الأبواغ الفطرية (Sporulation) .

انواع المسببات الممرضة :-

١ – البكتيريا :-

تصاب الحشرات في الطبيعة بأنواع مختلفة من البكتيريا التي تقضي على مجاميع كبيرة منها خاصة عند توفر الظروف الملائمة لنموها وانتشارها . والبكتيريا هي كائنات حية وحيدة الخلية ولو ان خليتين او اكثر تشاهد مرتبطة مع بعضها تحت المجهر الا ان كلاً منها يعتمد حياة

مستقلة عن الأخرى . وتمتاز البكتيريا بأنها صغيرة الحجم لا يتعدى قطرها (١ مايكرون) ، بعضها متحرك بواسطة اسواط حركية (Flagella) والأخر غير متحرك عديم الأسواط . وتصنف البكتيريا ضمن مجموعة الأحياء بدائية النواة Procaryotes بسبب افتقار النواة فيها الى الغلاف النووي الذي يعزلها عن بقية محتويات سايتوبلازم الخلية كما لاتحتوي على نوية . وتتكاثر بواسطة الأنشطار الثنائي البسيط عادةً وان عملية تكوين الأبواغ Spores تعتبر وسيلة من وسائل الحفاظ على النوع عندما تواجه ظروف غير مناسبة وليس طريقة من طرق التكاثر .

وتعد البكتيريا المكونة للأبواغ من افضل الأنواع المستخدمة في برامج المقاومة الجرثومية بسبب امكانية خزنها لفترات طويلة دون ان تفقد حيويتها . والأبواغ البكتيرية هي اجسام جافة تمتاز بشدة مقاومتها للضوء والحرارة والمواد الكيمياوية . ومن اهم الأجناس البكتيرية التي تصيب الحشرات هما الجنس *Bacillus* والجنس *Clostridium* .

لقد حاز الجنس *Bacillus* على اهتمام كبير في السنيين الأخيرة كبدائل او مواد مساعدة للمبيدات الحشرية في المكافحة . حيث اختبر النوع *Bacillus thuringiensis* على مدى واسع من الحشرات في المختبر وفي الحقل في رتبتي (حرشفية وغشائية وثنائية الأجنحة) ووجد ايضاً ان هناك انواعاً من رتبتي غمدية ومستقيمة الأجنحة حساسة لهذا المسبب المرضي . الا ان هذا المسبب المرضي وجد انه فعال ضد جميع انواع رتبة حرشفية الأجنحة حيث شخص اكثر من (١٥٠) نوع من رتبة حرشفية الأجنحة حساسة لهذا المسبب الذي يسبب السمية للحشرة بواسطة البلورة البروتينية لهذا تسمى بالبكتيريا البلورية ، استطاع Hiemple و

Angus (١٩٥٨) من تصنيف ثلاث سلالات من البكتيريا البلورية التي تعود للنوع (*B . T*) وهي

1 – *Bacillus thuringiensis* var . thuringiensis .

2 - *Bacillus thuringiensis* var . sotto .

3 - *Bacillus thuringiensis* var . alesti .

وعملية القتل لهذا المسبب المرضي تتلخص بما يلي :

تقوم البكتيريا بإنتاج جسم بروتيني شبيه بالسبورات يسمى (Parasporai) وهو سم داخلي (Endotoxin) يعتبر سام ليرقات الحشرات حيث تحدث السمية خلال دقائق من تعرض اليرقات لمستحضر البكتيريا (B . t) ، وتبدأ اعراض الإصابة بحصول شلل في الأمعاء وهذا يؤدي الى التوقف عن التغذية وبالتالي موت اليرقة . تمتاز مستحضرات الـ (*B . t*) بأنها امينة للبائن وليس لها تأثير ضار ضد الحشرات النافعة . وتسمى المستحضرات التجارية لهذه المسببات بالكيمياويات الحيوية (Biotic chemical) ومن هذه المستحضرات هي :

1 – Dipel 2 – Tharicide 3 – HPC 4 – Biotrol 5 – Bactospiene

وهي مستحضرات استخدمت بنجاح في مكافحة العديد من الحشرات مثل دودة اوراق اللهانة وحفار قصب السكر وايضاً استخدمت بنجاح ضد يرقات الذبابة المنزلية .

وقد قسم Stienhaus (١٩٥٩) البكتيريا التي تصيب الحشرات الى ستة مجاميع هي :

١ – بكتيريا غير حشرية وهي البكتيريا التي تعيش بصورة منتظمة في محيط الحشرة الخارجي.

٢ – بكتيريا غير ممرضة تعيش بصورة دائمية او مؤقته في القناة الهضمية للحشرات السليمة .

٣ – بكتيريا ممرضة مكونة للأبواغ معظمها اختياري التطفل Facultative .

٤ – بكتيريا ممرضة مكونة للأبواغ اجبارية التطفل Obligatory .

٥ – بكتيريا ممرضة مكونة للأبواغ والبلورات .

٦ – بكتيريا ممرضة لا بوغية معظمها اختياري التطفل .

بينما قام Bucher (١٩٦٠) بتقسيم البكتيريا الممرضة التي تصيب الحشرات الى اربعة مجاميع وهي :

١ – مسببات ممرضة اجبارية التطفل Obligate pathogens .

٢ - مسببات ممرضة اختيارية التطفل Facultative pathogens .

٣ - مسببات ممرضة مكونة للسبورات والبلورات البروتينية .

٤ - مسببات ممرضة كامنة Potential pathogens .

ويعتبر مرض الأسهال الديزنتيري Dysentery ومرض فساد الدم Septicaemia للجراد والذي شخص من قبل الباحث d"Herelle (١٩١١) في المكسيك من اولى الدراسات الرئيسة للأمراض البكتيرية التي تصيب الحشرات الضارة ، حيث لاحظ انتشار المرض بشكل وبائي

كبير ضمن اعداد الجراد الصحراوي *Shistocerca gregaria* القادم من غواتيمالا ، وخلال عام ١٩١٢ ادت الإصابة المرتفعة آنذاك الى خفض اعداد الجراد الى درجة لم يشهد بعدها حدوث غزو ثانً للبلاد .

٢ – <u>الفطريات</u> :- Fungi

الفطريات هي نباتات بدائية خالية من صبغة الكلوروفيل تنسب عادةً الى قسم الثالوسيات Thallophyta من المملكة النباتية الذي يضم الطحالب والأشنات . لذا فالفطريات يجب ان تحصل على غذائها أما عن طريق التطفل على النباتات والحيوانات اوان تعيش مترممة على الأجسام الميتة او المواد العضوية المتحللة في التربة بعكس النباتات الخضراء التي تصنع غذائها بنفسها عن طريق التركيب الضوئي . تبدأ الفطريات حياتها بصورة عامة من انبات جسيمات ثمرية صغيرة مختلفة حسب نوع الفطر ، فهي أما ان تكون ابواغاً Spores او كونيديا Conidia او حافظات بوغية Sporangia او ابواغ كلاميدية Clamydospores او غيرها والتي تنشأ عن التكاثر الجنسي واللاجنسي للفطر . وبعد انبات تلك الأجسام ينتج عن كل منها نموات خيطية رفيعة تسمى بالخيوط الفطرية (Hyphae ومفردها Hypha) حيث تنمو وتتشعب لتكون جسم الفطر الذي يعرف بالغزل الفطري (Mycelia ومفردها Mycelium) والذي يكون فيما بعد الأجسام الثمرية . وتقسم الفطريات الى خمسة صفوف رئيسية معظمها يصيب النباتات هي :

١ – الفطريات البدائية Plasmodiophoromycetes

٢ – الفطريات الطحلبية Phycomycetes

٣ – الفطريات الكيسية Ascomycetes

٤ – الفطريات البازيدية Basidiomycetes

٥ – الفطريات الناقصة Deuteromycetes

هنالك العديد من الفطريات وبأعداد كبيرة تصيب وتقتل الحشرات في الطبيعة فمثلاً الفطر *Beauveria bassiana* يسبب مرض (Muscardine) لدودة الحرير *Bombyx mori* وهو عالمي الأنتشار حيث ينتشر في الترب والبيئات الرطبة القريبة من سطح الأرض وقد سجل على عدد من العوائل التابعة الى غمدية الأجنحة ويرقاتها ويمتاز هذا الفطر بمستقبل زاهر في مجال المكافحة الجرثومية بسبب قابليته العالية على اصابة عدد كبير من العوائل الحشرية . واثبت الفطر كفاءته على خنفساء كولورادو التي تصيب البطاطا . ووجد ان هنالك جنس اخر من الفطريات هو الجنس *Entomophthora* الذي يعتبر مهماً في مكافحة الأفات الحشرية وتنظيم اعدادها في الطبيعة . وفي روسيا استخدم الفطر *Aspergillus ripens* في مكافحة حشرة السونة *Eurygaster integriceps* في حقول الحنطة . اظهرت بعض الدراسات ان الفطريات التي تعيش على الحشرات تسبب هلاكاً كبيراً في اعداد الآفات في جميع انحاء العالم بينما اشارت بعض الدراسات الى ان الفطريات الممرضة تحتاج الى ظروف معينة كالرطوبة العالية لكي تعمل بكفاءة عالية لذلك نجد ان الفطريات تكون كفؤة جداً تحت ظروف المختبر المسيطر عليها

بينما تكون النتائج غير مرضية في ظروف الحقل لذا نجاحها يتطلب اعادة الاستخدام بجرع عالية لأغراض المكافحة .

٣ – الفيروســـــات :-

تمتاز الفايروسات بإمكاناتها الهائلة والشديدة الفاعلية ضد مجاميع مختلفة من الحشرات ، وقد نالت اهتماماً متميزاً من قبل الباحثين حول امكانية استخدامها في برامج المقاومة الحيوية . وبالرغم من ان مرض يرقان Jaundice دودة الحرير كان معروفاً منذ قرون عديدة الا ان المسبب الممرض لم يعرف حتى العقد الثاني من القرن العشرين حيث تبين انه من الأمراض الفايروسية التي تسببها مجموعة فايروسات البولي هيدروسيز النووية The nuclear polyhedrosis viruses (NPV) . ولقد تم لحد الأن عزل وتشخيص اكثر من ٢٥٠ اصابة فايروسية مختلفة من ١٧٥ نوعاً من الحشرات والحلم .

والفايروسات هي مسببات ممرضة لا تنمو الا في الأنسجة الحية ، وهي اصغر حجماً من البكتيريا و تتكون من غلاف بروتيني وحامض نووي واحد أما ان يكون RNA او DNA وليس الأثنان معاً . باستثناء بعض الفايروسات التي توجد بشكل حامض نووي عارٍ أي بدون غلاف بروتيني والتي يطلق عليها اسم فايرويد Viroid تمييزاً لها عن الفايروسات الاعتيادية . يكون موقع الحامض النووي داخل جسيمة الفايروس محاطاً من جميع جوانبه بالغلاف البروتيني الذي يعتقد بأنه الغطاء الواقي للحامض النووي من تأثير الأنزيمات خاصة الأنزيمات المحللة

للأحماض النووية مثل انزيم Nuclease . وقد يتكون الفايروس من جسيمة واحدة اوعدة جسيمات حسب نوع الفايروس . ويطلق على جسيمة الفايروس الكاملة كلمة فيريون Virion .

وتصنف الفايروسات التي تصيب الحشرات في الطبيعة الى اربعة مجاميع تبعاً الى :

١ – وجود او عدم وجود غطاء واق لجسيمة الفايروس .

٢ – شكل جسم الفايروس المحدد .

٣ – نوع الحامض النووي الذي يتكون منه .

٤ – المنطقة التي ينمو ويتطور فيها الفايروس داخل العائل .

من المتعارف عليه ان الحشرات تتأثر بسبعة انواع من الفايروسات وهي متميزة بحجمها وشكلها . وهي تعتبر ذات تأثير مبيدي للآفات وهذه الفايروسات ليست لها صفة مشتركة مع تلك التي تصيب الأنسان والحيوان والنبات وبالتالي تصبح امينة جانب الإصابة . تركزت الدراسات على الفايروسات متعددة الإصابة النووية NPV وهي تمتاز بأنها نشطة عالية التخصص تمتاز هذه الفايروسات بأنها تحتوي على كتلة بروتينية واقية تمكنها من عدم التعرض للأشعة فوق البنفسجية والمحافظة على حيويتها لسنيين طويلة . وهذه الفايروسات تهاجم الأنواع التابعة الى رتبة حرشفية الأجنحة ، ففي الولايات المتحدة الأمريكية تم تجربة فيروس الـ (NPV) على نوع من يرقات حرشفية الأجنحة تعود الى جنس *Heliothis* منها النوع *Heliothis zea* الذي يصيب القطن حيث اثبت نجاحاً في مكافحتها . كما استخدم معلق غير نقي من فايروس الـ (NPV) المحلي ضد يرقات حشرة دودة ثمار الطماطة *Heliothis armigera* التي

تصيب القطن والذرة البيضاء ووجد ان له نفس الفعالية التي تمتلكها المبيدات الحشرية في تقليص ضرر الحشرة على المحصولين .

هناك بعض المعوقات عند استخدام الفايروسات في المكافحة الحشرية منها ان الفايروسات يجب ان تنتج في انسجة حية من الحشرات وتم التغلب على هذه المشكلة من خلال تربية واكثار اعداد كبيرة من الحشرات على اوساط صناعية . المعوق الأخر هو ان الفايروسات تحتاج الى فترة حضانة تتراوح من (١٠ – ٢٠) يوم وهي فترة كافية بأن تلحق الأفة ضرراً واسعاً بالمحصول . واشارت بعض الدراسات الى ان الفايروسات لا تؤثر على الطفيليات والمفترسات لذلك فأنه امكن توظيفها بشكل جيد في المكافحة المتكاملة للآفات وذلك بالتنسيق بعمليات الأطلاق والمكافحة . تمتاز الفايروسات بأنها تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية اذ تسبب لها الخمول ، هذا استدع ان تكون هناك دراسات لتطوير تركيبات مناسبة للاستخدام تحت ظروف الحقل .

٤ – النيمـــاتـودا :- Nematodes

النيماتودا هي ديدان اسطوانية الشكل القليل منها يعيش بصورة حرة Free living أما الغالبية العظمى منها فأنها تعيش متطفلة الى درجة يكاد لا يخلو منها نوع من انواع الحيوانات او النباتات في الطبيعة . لذلك فأنه ليس من الغريب ان نجد بعضها مميتاً او مسبباً العقم Sterilizing او مضعفاً debilitating لملايين من الأنواع المختلفة للحشرات مثل البعوض والذباب الأسود والجراد وغيرها من الحشرات الأخرى . ويقدر عدد النيماتودا التي تصيب الحشرات حوالي ١٥٠٠ نوع تهاجم على الأقل ١٦ رتبة من رتب الحشرات ، وحدها رتبة

حرشفية الأجنحة تكون ثلث الإصابة لها بالنيماتودا . تعود النيماتودا الى شعبة Nematohelminthes التي تضم ثلاثة صفوف هي (Nematoda و Nematomorpha و Acanthocephala) ، تتمثل دورة حياة النيماتودا بوجود ثلاثة ادوار رئيسية هي (البيضة Egg ، اليرقة Larva ، البالغة Adult) ولليرقة اربعة اعمار (اطوار) تعيش الصغيرة منها بصورة حرة لفترة قصيرة في محيط مائي او رطب نوعاً ما ، أما الأعمار اليرقية الأخرى واحياناً البالغات فأنها تعيش متطفلة داخل جسم العائل . ويختلف طول النيماتودا من نوع لأخر، فمثلاً انواع Neoaplectanids تتراوح اطوالها بين (٠.٥ – ٦) ملم بينما في انواع الـ Mermithids فأن اطوالها تتراوح بين (٠.٥ – ٥٠٠) ملم ، بينما نجد ان هناك انواع يصل طولها القدم . لذلك من الصعب وضعها ضمن المسببات الممرضة الدقيقة كالبكتيريا والفطريات والفايروسات والبروتوزوا لذا يقترح البعض وضعها ضمن مجموعة الطفيليات الكبيرة ، كما ان بعضها يتصرف بشكل مشابه للطفيليات الحشرية غير الحقيقية من رتبة غشائية الأجنحة اذ ان اطوارها اليرقية فقط تعيش معيشة تطفلية أما البالغات فأنها تعيش معيشة حرة .

اشارت الدراسات الى انه يمكن استخدام افراد من جنس *Neoaplectana* كعوامل مهمة في المكافحة الحيوية خصوصاً النوع *Neoaplectana carpocapsea* حيث تمت الإشارة الى ان هذا النوع من النيماتودا يمتاز بأنه سهل التربية مختبرياً بكميات كبيرة وسهل الخزن وسهل الرش وانه غير حساس ضد فعل المبيدات وبإمكانه الانتقال بسرعة الى الترب .

ميكانيكية الدفاع في الحشرات :- Insects Defense Mechanism

تعيش معظم الحشرات في مواطن ارضية او مائية ، وتقتات على كل انواع المواد العضوية مما يعرضها الى انواع مختلفة من الأمراض وكذلك تعرضها لحالات التطفل والافتراس . لذا فلابد للحشرات من مواجهة هذه المخاطر ومنعها من احداث الضرر لها ، فهيكلها الخارجي الذي يتصف بصلابته الطبيعية ومقاومته الكيمياوية يعد مانعاً صلباً ضد مختلف الأمراض المعدية وعائقاً ضد حالات التطفل والافتراس . كما تعتبر مكونات سوائل الجسم احد وسائل الدفاع التي تحطم معظم المسببات الممرضة التي تدخل القناة الهضمية مع الغذاء . فالكثير من المسببات الممرضة مثل البكتيريا والفطريات والبروتوزوا والديدان الثعبانية وكذلك الطفيليات الحشرية تتمكن وبنجاح من اختراق جسم الحشرة وغزوها لتجويف الجسم حيث تتغذى على محتويات الدم وانسجة واعضاء الجسم المختلفة ، لذا فالحشرات شأنها شأن اللبائن و غيرها من الفقريات الأخرى تتصدى لمثل هذه الحالات عن طريق وسائل الدفاع المختلفة . لذا تنقسم ميكانيكية الدفاع في الحشرات الى :

اولاً: ميكانيكية الدفاع الخارجي :- Ectodefense mechanism

١ – الدفاع غير المباشر :- Indirect defense

والذي يكون أما بواسطة جدار الجسم الصلب والذي يحمي الحشرة من هجوم الأعداء الحيوية بسبب صلابته ، او بواسطة وجود الأشواك او الشعيرات المتحركة على جدار جسم الحشرة من الخارج كما في بعض اليرقات التابعة الى رتبة حرشفية مثل دودة اوراق التين حيث يكسو جسمها شعر كثيف وطويل قد يحد من فرص التطفل او الافتراس من قبل الأعداء الحيوية ، او بواسطة الإفرازات الشمعية او القشرية التي تفرزها بعض الحشرات مثل البق الدقيقي او من التفاح القطني التي تفرز افرازات شمعية والحشرات القشرية التي تفرز افرازات قشرية ، هذه الإفرازات تحمي الحشرة من فعل الأعداء الحيوية كما تعد هذه الإفرازات عازلاً مهماً تحميها من فعل المبيدات الكيمياوية ، او بواسطة الألوان الخادعة او التحذيرية التي تنتج في كيوتكل الحشرة عن طريق مواد كيمياوية تتميز بقدرتها على امتصاص بعض الموجات الضوئية وعكس موجات اخرى ، وقد يكون بعضها مواد اخراجية تنتج عن طريق عمليات التمثيل الغذائي وتسمى هذه بالألوان الكيمياوية . او يتم الدفاع بواسطة تكوين الشرانق ذات الجدار الصلب والتي تتميز به عذارى بعض الحشرات .

٢ – الدفاع المباشر :- Direct defense

تمتلك العديد من الحشرات وسائل مباشرة للدفاع ضد اعدائها الطبيعية ، مثل الصراع العنيف بين الحشرات والطفيليات الأصغر حجما منها . فاليرقات التابعة الى رتبة حرشفية الأجنحة تلوي اجسامها بشدة عندما تهاجم من قبل اعدائها لدرجة تثير الرعب فيها الى درجة قد ترمي اعدائها في الهواء بعيداً عنها عند ملامستها لها ، كذلك المن قد يستخدم الرفس بواسطة ارجله الخلفية الطويلة نوعاً ما ضد بعض الطفيليات التي تهاجمه . بعض افراد الحشرات مثل جنود النمل

الأبيض تمتاز بكبر الرأس الذي يحتوي على فكوك قوية تتضخم لغرض الدفاع ، بعض الحشرات مثل النحل والزنابير تمتلك الة لسع فعالة تستخدمها كوسيلة للدفاع عن نفسها ضد هجوم اعدائها . كما تفرز بعض الحشرات التابع الى رتبة نصفية الأجنحة مثل البقة الخضراء افرازات ذات رائحة كريهة ومنفرة لأعدائها .

ثانياً : ميكانيكية الدفاع الداخلي (الخلوي) :- Endodefense mechanism

تستخدم وسائل الدفاع الخلوي ضد فعل المتطفلات الداخلية سواء كانت مرضية او حشرية او أي جسم غريب يدخل الى تجويف الجسم . ومن وسائل الدفاع الخلوي في الحشرات هي :

١ – الألتهـام او البلعمة :- Phagocytosis

وهي عملية احاطة ثم هضم وتدمير للطفيليات الداخلية وحيدة الخلية عادةً والتي لا يتعدى قطرها (١٠٠ نانومتر) من قبل خلايا الدم الملتهمة . وبصورة عامة فأن هضم الأجسام الغريبة من قبل خلايا دم الحشرات يتم بواسطة ثلاثة طرق هي :

أ – تكوين الحويصلات (الأكياس الملتهمة) :- وتتكون من غشاء الخلية حيث تلتهم السوائل الحاوية على الأجسام الغريبة .

ب – تكوين الأقدام الكاذبة :- حيث تتم الأحاطة بالجزيئات الغريبة عن طريق امتدادات انبوبية تكونها خلايا الدم مكونة فجوة لا يزيد قطرها عن (١ – ١,٥) مايكرون .

ج – عن طريق التلامس القريب او امتداد غشاء البلازما نحو الجزيئات الصغيرة والذي يؤدي الى تناول الأجسام الغريبة مباشرة الى داخل سايتوبلازم الخلية بواسطة الانتشار .

ومن انواع خلايا الدم هي : ١ – خلايا الدم الأولية ٢ – خلايا الدم البلازمية او الانتقالية ٣ – خلايا الدم الحبيبية ٤ – خلايا الدم المتجلطة ٥ – خلايا الدم الفقاعية ٦ – خلايا الدم الدهنية ٧ – خلايا الدم الإخراجية ٨ – خلايا الدم النجمية

٢ – الكبسلة :- Encapsulation

وتعرف ايضاً بالتكيس encystment والكبسولة عبارة عن غطاء يكونه العائل حول الجسم الغريب وتستخدم هذه الطريقة ضد الطفيليات الحيوانية متعددة الخلايا والتي لا يمكن لخلية دم واحدة التهامها . والكبسولة تتكون وتزداد في الحجم عن طريق تجمع خلايا الدم والتصاقها مع بعضها حول الجسم المستهدف مكونة نسيجاً متماسكاً من الخلايا يتراوح سمكه حوالي ٥٠ خلية او اكثر . وبنفس الوقت فأن خلايا الكبسولة سوف تصطبغ بصبغة الميلانين وتسمى بعملية الملننة melanization حيث توضع طبقة من الميلانين كلياً او جزئياً على بقايا الطفيل . وفي بعض الحشرات فأن عملية الملننة تكون مبكرة النشوء حيث تتكون طبقة رقيقة نسبياً من الخلايا حول الطفيل تتصلب فيما بعد بسرعة مكونة غطاءاً صلباً ذو لون بني يسمى بالكبسولة الغمدية Sheath Capsule . ان هذه الطرق الثلاثة (الكبسولة الخلوية ، الملننة ، الكبسولة الغمدية) هي من الوسائل المهمة من وسائل الدفاع الخلوي ضد الأجسام الغريبة الكبيرة الحجم .

٣ – تكوين العقد :- Nodule Formation

ان هذا النوع من الدفاع الخلوي يستخدم ضد الكائنات الحية الدقيقة وغيرها من الجسيمات الصغيرة التي تتكون بشكل مجاميع في تجويف دم الحشرة ، ويعد تكوين العقد بأنه مزيجاً من الالتهام والكبسلة معاً .

٤ – الحد من تأثير التوكسنات :- Elimination of Toxins

ان تخلص الدم من الأفرازات السامة للأحياء المجهرية يمكن ان يحدث بعدة طرق منها ماهو خلوي حيث يتم تحويل المركبات السامة الى مواد غير سامة من خلال العمليات الكيموحيوية ذات الطابع الخلوي والتي تعرف غالباً بالزلسمة Detoxification أي ازالة مفعول السم . أما الفضلات الزائدة عن حاجة الجسم فأنها تزال من دم الحشرة عن طريق العمليات الأفرازية secretion processes بواسطة انابيب مالبيجي لتطرح بصورة مباشرة او على هيئة مواد قليلة السمية الى الخارج . اوان بعض المواد الضارة لا تطرح من دم الحشرة دفعة واحدة لكنها تؤخذ من قبل خلايا خاصة وتخزن فيها لفترات طويلة او دائمية ومثل هذا النوع من الفعاليات يعرف بالأخراج التخزيني Storage secretion كما في خلايا شغاف القلب وفي بعض الأحيان في انابيب مالبيجي .

<u>توافق المبيدات الميكروبية مع المبيدات الكيميائية</u>

تتوافق غالبية المبيدات الكيماوية مع بعض الكائنات الممرضة للحشرات مثل توافق مبيدات الكربامات ومركبات الفسفور العضوية مع البكتيريا *B. thuringiensis* حيث وجد أن لها

تأثيراً طفيفاً أو لا تأثير لها علي قدرة الجراثيم علي الإنبات وعلى العكس من ذلك يوقف نشاط مجموعة الكلور العضوية وكذلك المستحلبات فعل البكتيريا كذلك تتوافق المبيدات مع الفيروسات، بينما تتأثر فعالية الفطريات بالمبيدات الكيميائية عامة والفطرية منها خاصة بدرجة أعلى من تأثير هذه المبيدات علي البكتيريا والفيروسات الحشرية مما يسمح لصلاحيتها للتوافق مع المبيدات عند التطبيق.

استخدام الكائنات الدقيقة في المكافحة :- يتطلب استخدام الكائنات الدقيقة في مكافحة الآفات معرفة دقيقة لخصائص هذه الكائنات وعوائلها وعلاقة كليهما بالظروف البيئية إذ لابد من تواجد العائل في بيئة ظروفها تناسب إحداث المرض، حيث تدفع الظروف بمزيد من احتمالات العدوى، وتشجع العوائل الحشرية الكائنة في تجمعات وبكثافات عالية غالباً من حدوث الأوبئة المرضية رغم وجود بعض الاستثناءات، توقيت المعاملة بالنسبة (لعمر اليرقات أو الفقس الحديث) وكذلك أفضلية أن تتم المعاملة بعد الظهر (قرب الغروب) هرباً من التأثير الضار للأشعة فوق البنفسجية وأثناء فترة نشاط الآفات المستهدفة، وكذلك أهمية التغطية الكاملة للأوراق .

المقاومة الحيوية لمسببات النبات الممرضة :- **Biological control of plant pathogens**

تعرف المقاومة الحيوية للمسببات الممرضة بأنها (خفض كثافة اللقاحات الجرثومية Inoculum او المسببات ذات الأنشطة الممرضة او الطفيليات من حالتها النشطة او الساكنة بواسطة واحد او اكثر من الكائنات الحية الدقيقة على ان يتم ذلك طبيعياً من خلال معالجة البيئة او العائل او بواسطة الأحياء المضادة الموجودة طبيعياً او بإدخال واحد او اكثر منها) وتهدف المقاومة الحيوية الى :

١ – خفض لقاحات المسببات الممرضة من خلال تثبيط حيويتها وشل قدرتها التكاثرية او حرمانها من الانتشار بين المحاصيل الحقلية .

٢ – الاقلال من فرص عدوى العائل بالمسببات الممرضة .

٣ – الحد من قسوة او شدة مهاجمة المسبب الممرض للنبات .

والحقيقة ان المقاومة الحيوية للمسببات الممرضة لا تختلف من تلك التي تستخدم في مكافحة الحشرات باستخدام المفترسات او المتطفلات فالهدف واحد الا ان طرق الوصول اليه تكون مختلفة ، فالمقاومة الحيوية للحشرات تعتمد اساساً على الطفيليات والمفترسات التي تمتاز بنشاط الحركة في بحثها عن الفريسة بينما تعتمد المقاومة الحيوية للمسببات الممرضة على التضاد الحيوي Antibiosis والتنافس Competition والكائنات الحية المضادة تكون قليلة الحركة ان لم تكن معدومة كما ان تأثيراتها غالباً ما تكون بصورة غير مباشرة من خلال الاحتكاك بالمسبب الممرض عن طريق الصدفة كذلك فأنها تعمل ضمن خليط من المجاميع الحية اكثر من الحالة الانفرادية التي تمتاز بها الطفيليات او المفترسات وبسبب هذه الاختلافات فأن فكرة الاعتماد على

الكثافة العددية في مقاومة الحشرات ربما تكون لها تطبيقات محدودة في برامج المقاومة الحيوية للمسببات الممرضة .

العناصر الأساسية التي يتضمنها برنامج المقاومة الحيوية للمسببات :-

١ – العائل النباتي :- The host plant

تشترك المجاميع النباتية ضمن بيئتها البرية في المقاومة الحيوية باعتبارها جزءاً من التوازن الحيوي الذي يساعد في اخماد الكثير من المسببات الممرضة فالمواد المفرزة من جذور النبات الواحد قد تستخدم كمحفز او مصدر غذائي للأحياء المضادة للجراثيم الممرضة ، كما ان بقايا الجذور والسيقان والاوراق والتي تتخذ مكاناً لمعيشة وتكاثر المسببات الممرضة فأنها غالباً ما تتسبب في تدمير تلك المسببات خاصة بعد عودتها الى التربة واستخدامها من قبل الكائنات الحية رمية التغذية التي تحلل انسجتها وبعض النباتات تفعل فعلها كمصائد نباتية فهي تسمح للمسبب الممرض اقتحامها لكن دون ان يتكاثر فيها ، وبعض مستخلصات الجذور تحتوي على مواد قاتلة مثل سيانيد الهيدروجين السام للعديد من الكائنات الحية خاصة سلالات مسبب مرض الذبول الفيوزارمي *Fusarium sp* كما توجد بعض المواد المثبطة داخل الخلية النباتية قبل ان تتعرض للإصابة فأصناف البطاطا المقاومة لمرض جرب البطاطا تحتوي على تراكيز اعلى من حامض الكلوروجينيك Chlorogenic acid عن ما هو موجود في الاصناف الحساسة ، كما توجد بعض الفينولات Phenoles في النباتات الخشبية المعمرة ذات تأثير سام ضد المسببات الممرضة المختلفة ، بعض النباتات تستجيب خلاياها المصابة لسلسلة من التفاعلات الكيموحيوية

لغرض التئام وعزل الاماكن المتجرحة جراء الاصابة بالمسببات الممرضة ومثل هذه التفاعلات غالباً ما تكون مصحوبة بإنتاج مواد سامة للفطريات حول مكان الجرح مثل مجموعة الفينولات والفلورتين Phloretin والهيدروكسي تايرامين Hydroxytyramine والفايتولاكسين Phytoalexins وغيرها .

٢ – المسبب الممرض او الطفيل : The pathogen or parasite

يعرف الطفيل في علم الامراض بانه (الكائن الحي الدقيق الذي يعيش داخل او خارج كائن حي اخر ويحصل منه على غذائه العضوي) وقد يكون الطفيل ممرضاً (أي ينتج اعراضاً للمرض) او قد يكون غير ممرض ، فالأنواع غير الممرضة مثل الفطر *Deuterophoma tracheiphila* الذي يهاجم باستمرار نبات الاقحوان دون ان يلحق به ضرراً يذكر ، وعلى الجانب الاخر فأن بعض الكائنات الحية تحدث امراضاً للنبات دون ان تدخله وذلك عن طريق السموم (التوكسينات) Toxins التي تنتجها هذه الكائنات مثل الفطر *Penicillium oxalicum* على بادرات الذرة الصفراء والفطر *Aspergillus flavus* على الذرة والحمضيات وتعد مثل هذه الكائنات مسببات ممرضة وليست طفيليات ، ان المسبب الممرض او الطفيل يكون اكثر حساسية للعوامل اللاحيوية غير المناسبة اكثر من الاحياء رمية التغذية الامر الذي يمكن من اجراء المعاملات الانتقائية للتربة بواسطة الحرارة او المبيدات الكيميائية لتثبيط نمو المسببات الممرضة في حين يترك المجال للكائنات الحية المضادة .

ان اغلب الكائنات الحية الدقيقة مثل الفطريات والبكتيريا والفايروسات وغيرها لها دورات حياة متباينة مما يؤثر على برامج المقاومة الحيوية ، فكثير من المسببات الممرضة تخترق العائل بصورة مبكرة مما يجنبها مهاجمة الاحياء المضادة التي تحتاج الى فترات زمنية اطول لتنشط ، وقد يأتي الاثر المضاعف على النبات من خلال مهاجمة بعض المسببات الممرضة الثانوية للأنسجة المصابة للنبات فتسبب تعفنها مثل اورام الجذر الصولجاني Club root galls للصليبيات التي يسببها الفطر *Plasmodiophora brassicae* والتي تغزى ثانية من قبل الفطريات المترممة مما يزيد من شدة الضرر في النبات المصاب .

بعض المسببات الممرضة تستطيع ان تحمي نفسها عن طريق بعض التحورات التركيبية او اتخاذ الاماكن المناسبة لنموها بعيداً عن تأثير الاحياء المضادة او عوامل البيئة غير المناسبة ، فالكثير من الفطريات تنتج خيوطاً فطرية (هايفات Hyphae) ذات جدران مثخنة ومقاومة او تراكيب ساكنة مثل الابواغ الكلاميدية Chlamydospore والابواغ البيضية Oospore والاجسام الحجرية Sclerotia مقارنة بالغزول الفطرية Mycelia الرقيقة الجدران والابواغ الكونيدية Conidia والانابيب الجرثومية germ tubes والابواغ المتحركة Zoospore والتي جميعها تكون عرضةً لمؤثرات الكائنات المضادة . وبعض المسببات الممرضة تتخذ اوعية النبات كمكان لنموها وتكاثرها مثل الفطر *Verticillium* والفطر *Fusarium* وغيرها من الفطريات وبذلك فأن فرص الحماية لها تفوق تلك التي تعيش على سطح النبات الخارجي .

٣ – الظروف الطبيعية : The physical environment

عندما تكون العوامل البيئية ملائمة للعائل وتجعله محافظاً على مقاومته ضد انواع من الكائنات الحية اختيارية التطفل مثلاً فأن ذلك يعتبر نوعاً من المقاومة الحيوية ، فمثلاً درجات الحرارة المثلى لنمو جذور اشجار الخوخ والمشمش تتراوح بين (١٠ – ١٧ م^{o}) في حين ان معظم الاذى الذي يلحق بالنباتات المذكورة جراء الأصابة بالفطر *Armillaria mella* يحصل عادة عند الدرجات (١٥ – ٢٥ م^{o}) ، كما يمكن التلاعب بدرجة حرارة التربة او تعديلها من خلال اختيار الوقت الملائم للزراعة فمثلاً ان تأجيل زراعة البقوليات الى ان تصل درجة الحرارة الى ١٨ م^{o} تقريباً يقلل من فرص الاصابة بالفطر *Rhizoctonia solani* ، ان الرقم الهيدروجيني للتربة يمكن تعديلها من خلال اضافة الجبس او الكبريت او اضافة الاسمدة الكيميائية او المواد العضوية او عند زراعة التربة بالمحاصيل البقولية التي تزيد من نشاط الاحياء المثبتة للنتروجين مثل بكتيريا Azotobactar ومثل هذه التعديلات قد تؤدي الى خفض انشطة الكثير من المسببات الممرضة فمثلاً اضافة الكبريت للتربة يقلل من الاصابة بمرض الجرب العادي على البطاطا الذي تسببه البكتيريا *Streptomyces scabies* .