إدارة الآفات

الجزء النظري

السنة الخامسة

قسم وقاية النبات

شعبة وقاية النبات

منشورات جامعة دمشق

كلية الهندسة الزراعية

إدارة الآفات

الجزء النظري

أ. د. عبد النبي بشير

أ. د. هدى قوّاص

أ. د. خالد العسس

د. دعّاس عزّ الدين

جامعة دمشق

1433 – 1434هـ

2012 – 2013 م

وقل رب زدني علما
Damascus University

المحتويات

	الصفحة
مقدمة الكتاب	9
الفصل الأول تأليف الأستاذ المساعد الدكتور دعّاس عز الدين	
الإدارة المتكاملة للآفات	11
أسس إدارة الآفات	12
أولاً - الاتجاهات العامة لبرامج الإدارة المتكاملة للآفات	13
ثانياً- أساسيات إستراتيجية الإدارة المتكاملة للآفات	15
ثالثاً- أهداف المكافحة المتكاملة	17
رابعاً- شروط تطبيق وإنجاح برامج الإدارة المتكاملة للآفات	17
خامساً- وسائل المكافحة في نظام الإدارة المتكاملة للآفات	18
سادساً- صعوبات تطبيق نظام الإدارة المتكاملة للآفات	35
سابعاً- بعض الاعتبارات حول الإدارة المتكاملة للآفات	37
الفصل الثاني تأليف الأستاذ المساعد الدكتور دعّاس عز الدين	
الصحة النباتية	39
أولاً- تعريف الحجر الزراعي	40
ثانياً- الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات	41
ثالثاً- هيئة تدابير الصحة النباتية	42
رابعاً- الإرسالية الزراعية	46
خامساً- المنطقة الخالية من الآفات	58
العزل النباتي	59
تقييم المخاطر	62

الفصل الثالث تأليف الأستاذ الدكتور خالد العسس

دور النيماتودا الممرضة للحشرات في إدارة الحشرات الضارة 65

1- الفصائل النيماتودية المستخدمة في المكافحة الإحيائية للحشرات 66

2- البكتريا المرتبطة مع النيماتودا 73

3- الإحيائية العامة للنيماتودا 75

4- تقنية الإنتاج 84

5- الطرائق والإجراءات التطبيقية لاستخدام النيماتودا الممرضة للحشرات في المكافحة الإحيائية 88

الفصل الرابع تأليف الأستاذ الدكتور خالد العسس

المعايير الدولية لتدابير الصحة النباتية 93

الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات 93

المعايير الدولية لتدابير الصحة النباتية 94

تحليل مخاطر الآفات الحجرية بما في ذلك المخاطر على البيئة وعلى الكائنات المحورة وراثياً 95

تحليل مخاطر الآفات الحَجْرية 95

1- المرحلة الأولى: الشروع في العملية 95

2- المرحلة الثانية: تقدير مخاطر الآفات 102

3- المرحلة الثالثة: إدارة مخاطر الآفات 124

4- توثيق تحليل مخاطر الآفات 134

الفصل الخامس تأليف الأستاذة الدكتورة هدى زاهي قواص

الإدارة المتكاملة لأمراض النبات 135

أولاً- المبادئ العامة في إدارة أمراض النبات 135

ثانياً- أساسيات عامة حول إدارة أمراض النبات 155

2-1- إدارة العامل الممرض 160

2-2- إدارة العائل 174

2-3- إدارة الظروف البيئية 179

ثالثاً - التطبيقات الزراعية في إدارة أمراض النبات 180

رابعاً - المكافحة الحيوية في إدارة أمراض النبات 219

خامساً - استخدام المواد الكيميائية في إدارة الأمراض النباتية 240

الفصل السادس تأليف الأستاذة الدكتورة هدى زاهي قواص

إستراتيجيات الإدارة المتكاملة لأمراض النبات 247

أولاً - إستراتيجيات إدارة صحة المحاصيل 247

ثانياً - إستراتيجيات إدارة العائل النباتي 251

ثالثاً - تكامل إدارة التطبيقات 284

رابعاً- وبائية أمراض النبات 300

خامساً- التنبؤ بالأمراض وفق الاعتبارات الوبائية 323

سادساً- التشخيص 335

سابعاً - المكافحة التشريعية 340

ثامناً - دور المكافحة الحيوية في إستراتيجيات إدارة أمراض النبات 345

الفصل السابع تأليف الأستاذ الدكتور عبد النبي بشير

المصائد الحشرية المستعملة لدراسة ديناميكية تطور الآفات الحشرية ورصد نشاطها ومكافحتها 359

أولاً- التعارف عند الحشرات والاستراتجيات المستعملة لضمان التقاء الجنسين 359

ثانياً - أنواع كيماويات التواصل 359

ثالثاً - أنواع المصائد الحشرية 368

رابعاً - تطبيقات الأنظمة الفرمونية في الكشف عن الآفات 383

الفصل الثامن تأليف الأستاذ الدكتور عبد النبي بشير

دور المكافحة الحيوية للحشرات في برامج الإدارة المتكاملة للآفات 399

أولاً – تعريف الإدارة المتكاملة للآفات 400

ثانياً- مكونات برنامج الإدارة المتكاملة للآفات 402

ثالثاً - أسس الإدارة المتكاملة للآفات 403

رابعاً- مراحل تنفيذ برنامج الإدارة المتكاملة للآفات 411

خامساً- كيف يمكن للمكافحة الحيوية أن تخفض الآفات 417

سادساً- التنبؤ والإنذار في الإدارة المتكاملة للآفات 430

سابعاً- طرق تقدير كثافة الأعداء الحيوية وتقدير كفاءتها 440

ثامناً- المدارس الحقلية 442

الملاحق 445

المراجع 453

مقدمة الكتاب

أدى الصراع بين الإنسان والآفة خلال النصف الثاني من القرن المنصرم إلى أحداث مهمة انعكست تداعياتها ولا سيما فيما يتعلق بالاستخدام المكثف للمبيدات الكيميائية وتأثيراتها السلبية تجاه الإنسان والبيئة وظهور مقاومة المبيدات إلى تغيير في المفاهيم ونشوء وتطور إستراتيجيات جديدة لإدارة هذا الصراع. تُعد الإدارة المتكاملة للآفات أحد أهم الإستراتيجيات التي طرحت على أوسع نطاق نظاماً مناسباً لوقاية النبات مع أقل قدر من الأضرار الصحية والبيئية، ويشير الواقع العملي إلى وجود معوقات تعترض الانتشار الواسع لتطبيقات هذا النظام، وأن هناك حاجة ملحة للتغلب على هذه المعوقات التي يرجع الكثير منها لعدم وضوح المفاهيم، أو عدم إيصالها بالشكل المناسب إلى المستفيدين منها.

ويُعد المقرر الدراسي " إدارة الآفات" أساسياً في تأصيل المفاهيم الصحيحة لدى طلاب السنة الخامسة في قسم وقاية النبات لإكساب المتخصصين في هذا المجال الدراية والمقدرة والمهارة للعمل مع المزارعين باعتبارهم المستفيدين النهائيين، وتبنّي تنفيذ تطبيقات إستراتيجيات الإدارة المتكاملة للآفات في المزارع وإيجاد الحلول للمشكلات القائمة، وأن يتبع الخريج في ذلك كافة الوسائل المتاحة لإيصال المعلومات والخبرة، وفي ظل التوجهات الحالية للتنمية المستدامة والحاجة إلى تطوير وتدريس هذه الإستراتيجيات كعلماً وحجر زاوية في بناء وتخريج مهندس زراعي مؤهل للقيام بهذه المهام.

كما يهدف هذا الكتاب التعريف والتكامل المنطقي لتوجهات إدارة أمراض النبات، حيث تعتمد إدارة أمراض النبات الحديثة على المعرفة والفهم للاقتصاد والبيئة والوراثة والمقاومة وعوامل الأحياء الدقيقة ومقاومتها التي تحدد تطور المحصول واستعمال المحصول. والتقنيات التي نوقشت اشتقت من هذا الفهم حيث عرفت الحاجة لإدارة الأمراض ضمن إستراتيجيات متكاملة. ويهدف الكتاب إلى كسب المعرفة وفهم آلية ظهور الأمراض بشكل وبائي في الطبيعة وإمكانية تحديد أهم المعطيات وتحليلها.

ولمعرفة كيفية تسبب أمراض النبات في نماذج خسائر للمحصول، وكيف يمكن تقدير أو قياس هذا الفقد أو الخسارة، وكيف يمكن توقع أو التنبؤ بهذا الفقد، وكيف تستخدم المعطيات الإحصائية للتقدير الكمي والمقارنات الوبائية، وكيف يستخدم علم الأوبئة والتنبؤ لوضع إستراتيجية لمكافحة أمراض النبات.

ويتطلب التطوير المعرفي التأكيد على أن إدارة الآفات هي في حد ذاتها منظومة لمجموعة من العلاقات المتداخلة التي تربط بين مكونات متفاعلة يؤدى كل منها وظيفة معينة، وأن هذه المنظومة تتسم بخاصية التصحيح الذاتي للتفاعل المتبادل فيما بين مكوناتها المختلفة. وبهدف تحفيز القدرة على التفكير المنهجي لدى الطلاب وإنماء الرؤية المستقبلية الشاملة لإستراتيجيات الإدارة المتكاملة للآفات دون أن يفقد جزئياتها، وكذلك تطوير القدرة على التحليل والتركيب وصولا للإبداع الذي يعد من أهم مخرجات أي نظام تعليمي ناجح. ومع وضوح الأهداف فإنها تتطلب مهارات إعداد وتنفيذ برامج الإدارة المتكاملة للآفات لإكساب الدارس المرونة والديناميكية للتعامل مع مشكلات محددة أو جديدة لإيجاد الحلول، ولا شك أن إكتساب مهارات التعامل مع المعلومات المتحصل عليها تساعد مثل هذا الخريج في إعادة النظر في مكونات البرامج، وذلك لتحقيق المرونة وتعديل المسار على نحو يجعل المنظومة محققة بالفعل لأكبر قدر من الأهداف. ونظراً لتعدد الآفات الزراعية من حشرية وحيوانية وكائنات دقيقة ممرضة وأعشاب ضارة ونباتات زهرية متطفلة وغيرها...، فإن ما نبحث عنه هو وقاية النبات وحمايته من أي من هذه الآفات هادفين أن تظل أعداد مجتمعات الآفة أقل من الحد الاقتصادي للضرر، مع خفض معدلات الزيادة في تلك المجتمعات في الحقول، والحد من استخدام المبيدات الكيميائية، هذه الأوليات تحدد الأساس الثابت الذي يعتمد عليه لتحويل مصطلح إدارة الآفات إلى علم قائم بذاته.

والله ولي التوفيق

المؤلفون

الفصل الأول

الإدارة المتكاملة للآفات

مقدمة Introduction:

تنامت الحاجة إلى إيجاد حلول سريعة لزيادة عدد السكان في العالم فكيف يتم تأمين الغذاء لـ 8 مليار نسمة المتوقعة عام 2025 وفق إحصائيات منظمة الأغذية والزراعة (FAO,2012)، لذلك فإن مطلب زيادة الإنتاج الزراعي الهدف الرئيس ليتناسب مع الزيادة المتوقعة في عدد السكان في العالم ولاسيما في الدول النامية، وقد فرضت الحاجة إلى الغذاء البحث عن البدائل واتخاذ وسائل مبدعة في تطوير الإمكانات لزيادة الإنتاج، ومع ارتفاع أسعار البذور وزيادة كلفة الاستيراد وارتفاع مقاومة الأعشاب للمبيدات لا بد من البحث عن بدائل لزيادة الإنتاج وخفض كلف الإنتاج بهدف تحقيق الأمن الغذائي والحد من كميات المواد الكيميائية المستخدمة في مكافحة الآفات والتي لها تأثيرات بيئية تراكمية بالإضافة إلى أضرارها الصحية، وزيادة إنتاج المحاصيل بواسطة تطبيق وتطوير تقنيات لوقاية المحصول وحمايته تجاه الأمراض من موعد زراعته إلى حصاده ومروره بمراحل التخزين والتسويق ووصوله إلى المستهلك مترافقاً مع ضمان وجودة المنتج.

تتعرض نباتات أي محصول إلى أنواع متباينة من الآفات الحشرية والعوامل الممرضة المختلفة من بدء الزراعة، وتستمر خلال مراحل نموه حتى بعد الحصاد كما تنافسه أنواع مختلفة من الأعشاب الضارة التي تضعف النمو وتؤدي إلى خفض الإنتاج. قدر العلماء الخسارة في الإنتاج الزراعي العالمي بسبب الحشرات بنحو 14%، وبسبب الأمراض 12% وبسبب الأعشاب الضارة 9%، أي إن الخسارة العالمية بسبب الآفات الزراعية بنحو 35% من الإنتاج العالمي (FAO,2009). وتختلف الأهمية الاقتصادية لهذه الآفات تبعاً لكثافة الآفة في الحقل ونوع المحصول ودرجة تحمله لفقد جزء من

مجموعه الخضري أو الجذري وطور نموه وموعد ظهور الإصابة واختلاف المناطق والظروف البيئية، وإضافة إلى الأضرار المباشرة للآفات الحشرية تتضاعف أهميتها نواقل للأمراض المختلفة وخاصة الأمراض الفيروسية. وتتسبب الأعشاب في إحداث أضرار شتى للزراعات المختلفة تقوم الأعشاب بمنافسة النباتات المزروعة باستهلاك الماء والعناصر الغذائية من التربة والضوء، ويرجع ذلك إلى مقدرتها الفائقة على التأقلم مع البيئة. وتعمل الأعشاب مضيفاتٍ أساسية أو ثانوية للآفات الحشرية والمسببات المرضية المختلفة لاستمرار دورة حياتها ولاسيما بعد نضج المحصول ما يؤدي إلى أهميتها في تجديد الإصابة عاماً بعد عام. كما تعدّ الأعشاب الحولية والمعمرة من أهم مصادر العدوى للإصابة بالفيروسات وتؤدي دوراً مهماً في تجديد الإصابات الفيروسية ومأوى للنواقل الحشرية عندما يكون المحصول الأساسي غير موجود في الموقع، كما تنتقل بعض هذه الفيروسات عن طريق بذور الأعشاب، نظراً إلى أن معظم بذور الأعشاب تنبت أسرع من بذور المحصول لتجدد الإصابة، وتختلف الأهمية الاقتصادية لهذه الآفات على كثافة الآفة في الحقل ونوع المحصول ودرجة تحمله لفقد جزء من مجموعه الخضري أو الجذري وطور نموه وموعد ظهور الإصابة واختلاف المناطق والظروف البيئية (قواص،2009).

أسس إدارة الآفات:

هدفت وسائل المكافحة التطبيقية والتي يتدخل بها الإنسان إلى محاولة حفظ تعداد الآفة إلى حد أقل من مستوى الضرر الاقتصادي، ويتم تقدير هذا المستوى عن طريق الفحص الدوري لمستوى الإصابة وتقدير تكاليف المكافحة البيئية والاجتماعية والاقتصادية لتحديد مدى الحاجة الفعلية لاتخاذ إجراءات المكافحة بهدف الوصول إلى أكبر عائد بأقل التكاليف مع مراعاة القيود البيئية والحفاظ على التوازن الطبيعي على المدى الطويل، تعني السيطرة على الآفات اختيار وتكامل مكافحة الآفات وتعتمد على عمليات التنبؤ الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، وقد عرّفت منظمة الأغذية والزراعة (FAO) في عام 1973 المكافحة المتكاملة للآفات على أنها أسلوب بيئي شامل يستخدم

تقنيات متعددة ومختلفة وتقنيات مكافحة متوافقة فيما بينها ضمن نظام مدروس يحقق سياسة التحكم في تعداد الآفات، كما يهدف نظام السيطرة على الآفات إلى الاستفادة القصوى من الوسائل الطبيعية والمتاحة (الظروف الجوية مسببات الأمراض المفترسات والطفيليات) بالإضافة إلى استخدام وسائل المكافحة الزراعية والحيوية والكيميائية مع الاستعانة بكل ما يؤدي إلى إحداث تغيير أو تحوير في وسط معيشة الآفة الدقيق.

أولاً – الاتجاهات العامة لبرامج الإدارة المتكاملة للآفات:

وضع الباحث Huffaker في عام 1972 والباحث Apple في عام 1977 بعض الخطوط العامة لبرامج السيطرة على الآفات، وأشارا إلى أن البرامج والتعليمات ليست مطلقة لوجود عدة متغيرات أهمها تركيب معقد الآفه والمحصول المضيف والأهمية الاقتصادية لكليهما ومدى توفر المختصين.

ومن أهم الاتجاهات التي توجه البرامج الالتزام بها عند تنظيم تعداد أية مجموع من الآفات:

1- تحليل حالة الآفة وتقدير الحد الحرج للإصابة بالآفات الخطيرة: عند وضع أسس أي برنامج موجه لمكافحة الآفات يجب أن يكون واضح التعليمات ويتلاءم مع التنمية المستدامة وأن يوضح العلاقة بين مستويات الإصابة بالآفات وبين الفقد في المحصول، ومن الضروري تحديد الحدود الاقتصادية أي الحد الأقصى من الآفات الذي يمكن تحمله في وقت معين وفي مكان معين دون أن يسبب فقداً اقتصادياً للمحصول، فليس كل فقد في المحصول فقد حقيقي، وقد تتعدى تكاليف تحقيق الإنتاجية الكامل للمحصول قيمة الربح المتوقع، ويتوقف تقدير ذلك على تكاليف وقاية المحصول وتكاليف تجنب الفقد المحتمل، وظروف التسويق السائدة، والاستفادة النهائية من المحصول، وقد تتعرض نباتات المحصول للإصابة بالعديد من الآفات الخطيرة في وقت واحد ومنها ما يصيب النباتات على فترات منتظمة وبشكل حاد بحيث يمكن التنبؤ بالإصابة قبل وقوعها ويطلق عليها اسم الآفات الخطيرة أو الرئيسية، أما الآفات التي تظهر بشكل خطير ولكن

على فترات غير منتظمة ويطلق عليها الآفات العرضية، ولتحليل حالة الآفة يتم تحديد مستوياتها وهي:

- **مستوى التوازن الطبيعي:** ويعرّف بأنه متوسط الكثافة العددية للآفة خلال فترة طويلة من الزمن، ويتفاوت ذلك مع غياب العوامل المتغيرة في البيئة ومستوى وجود عوامل المكافحة الحيوية.
- **مستوى الضرر الاقتصادي:** وعُرِّف وفق الباحث Headley في عام 1977 بأنه تعداد الآفة الذي يحدث مستوى من الضرر يعادل منع هذا الضرر، وأشار Stern وآخرون في عام 1959 إلى أنه أقل كثافة عددية للآفة تسبب ضرراً اقتصادياً، وقد يتغير مستوى الضرر الاقتصادي من منطقة لأخرى ومن موسم لآخر كما يتغير مع تغير القيم الاقتصادية لحياة الإنسان.
- **الحد الاقتصادي الحرج:** ويعرف بأنه الكثافة العددية للآفة التي يجب عندها تطبيق المكافحة لمنع تزايد تعداد الآفة إلى مستوى الضرر الاقتصادي، وهو مستوى مجتمع العامل الممرض الذي عنده فعالية تطبيق إدارة المرض اقتصادية، ويكون الحد الاقتصادي الحرج للإصابة عادة أقل من مستوى الضرر الاقتصادي، ما يمنح الوقت الكافي للتخطيط والتطبيق العملي للمكافحة المنصوح بها، كما يسمح بإظهار نتيجة تطبيق طرق المكافحة قبل وصول الكثافة العددية للآفة إلى مستوى الضرر.

2- ابتكار وسائل تعمل على خفض مستوى التوازن العام في الآفات الخطيرة:

يختلف مستوى الضرر الاقتصادي من عام لآخر باختلاف شدة الإصابة بالآفات الرئيسية، ويهدف اتباع وسائل التحكم المتكامل بالآفات إلى تحوير البيئة لتقليل مستوى التوازن العام إلى مستوى أقل من مستوى الحد الاقتصادي الحرج.

وغالباً ما يتبع ثلاث وسائل منفردة أو مجتمعة وهي:

- إدخال وأقلمة ونشر عناصر المكافحة الحيوية إلى مناطق لم توجد فيها أصلاً.
- استخدام أصناف نباتية مقاومة للآفات.

- تعديل بيئة الآفة لزيادة فاعلية وسائل المكافحة الحيوية، وإتلاف أماكن اختباء الآفة أو أماكن تغذيتها، واستخدام دورات زراعية مناسبة، والتخلص من بقايا المحاصيل المصابة، وإزالة النباتات الضارة واستخدام أساليب نموذجية للري.

3- البحث عن سبل علاجية تحدث أقل خلل بيئي أثناء الحالات الطارئة:

يؤدي تطبيق أفضل الوسائل الثلاثة مجتمعة إلى السيطرة على الآفات وتتحقق المكافحة المتكاملة بفاعلية دائمة بتكامل العمليات الزراعية وعند حدوث ارتفاع في مستوى الآفة الرئيسية أو الآفة الثانوية لا بد من التدخل لاستخدام المبيدات مع ضرورة استخدام المبيد المتخصص والجرعة المناسبة والتوقيت الأمثل للمعاملة لتقليل الخلل في التوازن الطبيعي.

4- تطوير وسائل التنبؤ: التنبؤ هو طرائق توقع حدوث أو عدم حدوث أو انتشار المرض على نحو واسع، ويعتمد نجاح معظم برامج السيطرة على الآفات على وسائل التنبؤ عملية تنبيه أو تحذير خلال آليات تحديد أعداد الآفات والذي قد يتغير ويتضاعف أو ينخفض خلال يوم واحد وفقاً لتغيرات في الظروف الجوية ومراحل نمو المحصول والعوامل الأخرى التي تحدد نمو أعداد الآفة، ولتحديد التوقيت المناسب لتطبيق وسائل المكافحة تعتبر الطرق الحديثة في رصد التغيرات البيئية وأنظمة التحذير المبكر والتي في معظمها تعتمد على البرامج الإلكترونية المزودة بالمعلومات الخاصة بأهم الآفات وكثافتها وحالة النبات والظروف الجوية فتعطي تحليلاً للمعطيات المتاحة في المواقع كخطوة أولى قبل اتخاذ الإجراء الأمثل في التوقيت المناسب لتصحيح الخلل في التوازن الطبيعي.

ثانياً- أساسيات إستراتيجية الإدارة المتكاملة للآفات:

وتعتمد على العناصر التالية:

1- المحافظة على مستوى آمن من الآفة: تعتمد الإدارة المتكاملة للآفات على وجود الآفة في مستوى آمن، أي غير ضار اقتصادياً. وقد يكون من المفيد استمرار وجود

بعض الآفات بمستوى منخفض عند توفر بقايا المحصول أو المصادر الغذائية، وقد يؤدي القضاء التام على الآفة إلى ظهور تغيرات وآثار جانبية ضارة للنظام البيئي.

2- اعتبار النظام البيئي وحدة سيطرة: تتأثر مجتمعات العوامل الممرضة الحية وغير الحية المسببة لأمراض النبات كذلك معقد النواقل الحيوية للعوامل الممرضة للنبات بظروف وعوامل البيئة الطبيعية، وقد يؤدي أي تعديل أو تغيير في النظام البيئي إلى تأثير إيجابي في الحد من الآفات، ولكن قد يؤدي إلى تغيرات ضارة، فعند إدخال صنف نباتي جديد أو إدخال زراعة محصول جديد إلى الدورة الزراعية أو أي تعديل في الطرق الزراعية وأنظمة الري إلى ظهور آفات جديدة لم يكن لها أية أضرار اقتصادية، وعند وضع نظام إدارة الإدارة المتكاملة للآفات يراعى دراسة تآثر العوامل المختلفة في النظام البيئي.

3- تحديد بؤر بداية الإصابة بالآفة (البؤر الساخنة) والعمل على معالجتها بحرص وحذر وعدم تجاوز المكافحة إلى المواقع المجاورة الخالية من الإصابة.

4- وضع برنامج للإدارة المتكاملة للآفات بما ينسجم مع تنوع واختلاف النظم البيئية الزراعية لكل منطقة على حده، بمعنى آخر لا يوجد برنامج عام يمكن تطبيقه أينما كان وفي أي بيئة.

5- المراقبة المستمرة للتغيرات البيئية الزراعية المتوقع حدوثها عند إدخال محصول جديد أو تغيير طريقة الري أو التسميد ... الخ، وتأثيرها على تطور مجتمع الآفة ليتم إجراء التعديل على البرنامج بما يتناسب مع التغيرات الحاصلة.

6- العمل على حماية وزيادة فعالية الأنواع المختلفة من المتطفلات والمفترسات والعوامل الممرضة على الآفات وتطويرها واستيراد وأقلمة الناجح منها في بقاع أخرى من العالم ضمن بيئتنا المحلية.

7- إمكانية ظهور تأثيرات غير متوقعة أو مرغوبة مع أية طريقة للمكافحة: أدى الاستخدام العشوائي للمبيدات في مكافحة الآفات دون دراسة الآثار المترتبة على النظام

البيئي إلى تأثيرات غير مرغوبة أو غير متوقعة على صحة النبات والإنسان والبيئة، فبعد إدخال صنف جديد من الفريز في كاليفورنيا لمقاومته بعض الأمراض الفطرية فقد تعرض لإصابة شديدة ببعض أنواع الحلم كآفة ثانوية على الأصناف الأخرى الحساسة للأمراض الفطرية.

8- استخدام طرق المكافحة الطبيعية أو الحيوية: تنامى استخدام المكافحة الحيوية لأمراض النبات ولكن لا يزال دون المستوى المطلوب.

9- الاعتماد على أنظمة تحليل وبرمجيات متطورة: يعتمد برنامج الإدارة المتكاملة للآفات على تكامل الجهود في مختلف المجالات العلمية والبحثية في مكافحة الآفات، وجمع البيانات حول الآفات والأنظمة البيئية وتحليلها إحصائياً لوضع إستراتيجية إدارة المكافحة المتكاملة للآفات.

ثالثاً- أهداف المكافحة المتكاملة:

يمكن تلخيص أهداف المكافحة المتكاملة بالآتي:

1) تقليص استخدام المبيدات الكيميائية.

2) المحافظة على الأعداء الحيوية الطبيعية والتوازن البيئي بين جميع الكائنات الحية.

3) المحافظة على منتجات عالية الجودة ومنافسة الأسواق بمنتجات خالية من متبقيات المبيدات أو متبقيات قليلة تتلاءم والحد المسموح به وضمن الشروط الدولية والمحلية المسموح بها .

4) المحافظة على صحة الإنسان.

5) تخفيض الكلفة الإنتاجية ورفع دخل المزارع.

رابعاً- شروط تطبيق وإنجاح برامج الإدارة المتكاملة للآفات:

لضمان نجاح برامج الإدارة المتكاملة في مكافحة الآفات لابد من أن تتوافر الأمور الآتية:

1- وجود الوعي والرغبة لدى الشخص الذي يريد العمل في هذا المجال في أهمية تطبيق برنامج المكافحة المتكاملة وقناعته بالمحفزات والمزايا والنتائج المترتبة على ذلك التطبيق والتي تشمل:

- المقدرة على تطبيق طرق إدارة الآفة كافة بشكل منسق ومنظم يتلاءم ونمو المحصول الزراعي والظروف البيئية المحيطة.
- المتابعة الحثيثة باستخدام وسائل المراقبة والرصد عند تطبيق البرنامج واتباع الطرق السليمة (بيئياً وصحياً) للعناية بالمحصول.
- الالتزام بتوصيات وقرارات منظمة الصحة العالمية ومنظمة الأغذية والزراعة والتي صنفت المبيدات من حيث خطورتها وتلويثها لعناصر البيئة المختلفة إلى أربعة مجاميع وهي:
  - مبيدات شديدة السمية.
  - مبيدات سامة.
  - مبيدات متوسطة السمية.
  - مبيدات قليلة السمية.

وذلك بغرض اختيار المبيدات الأقل السمية والأكفأ في مكافحة الآفات في سبيل دعم وحماية عناصر البيئة.

2- رفع الوعي العام لدى المزارعين بضرورة استخدام هذه الطريقة، حيث يساعد ذلك على انتشار تطبيق البرنامج بحيث يصبح التطبيق جماعي .

خامساً- وسائل المكافحة في نظام الإدارة المتكاملة للآفات:

أجمعت الدراسات على أن أهم طرق المكافحة المتكاملة للآفات هي: المكافحة الزراعية - استخدام منظمات النمو في الحشرات - المكافحة الذاتية - استخدام مانعات التغذية - المكافحة السلوكية - استخدام المنشطات - المكافحة الحيوية - المكافحة بالكيميائيات المتخصصة.

وقد درست معظم هذه التوجهات في مقررات متخصصة يمكن الرجوع إليها.

ولا بدّ من تعريف بعض المفردات الضرورية قبل التعمق في إستراتيجيات إدارة الآفات مثل :

الآفة:

هي أي كائن حي يسبب أضرار للإنسان أو ممتلكاته وتشمل الآفات مدى واسع من الكائنات الحية فهي تضم الحشرات والنيماتودا والفطريات والبكتيريا والفيتوبلاسما والفيروسات والفيرويدات والأكاروسات والقواقع والقوارض والأعشاب.

مكافحة الآفات:

يقصد بمكافحة الآفات تقليل الضرر الذي تحدثه الآفة وذلك بأبعادها أو منع وصولها إلى العائل أو القضاء عليها أو تهيئة ظروف غير مناسبة لتكاثرها وتعرف طرق المكافحة التطبيقية بأنها تلك الطرق التي تجرى بواسطة الإنسان بغرض تقليل الخسارة التي تسببها الآفة للإنسان أو ممتلكاته وتشمل هذه الطرق المكافحة الزراعية المكافحة الحيوية المكافحة التشريعية المكافحة الكيميائية.

الإدارة المتكاملة للآفات (المكافحة المتكاملة):

وهي الإدارة المتكاملة للمحصول أو الإدارة المتكاملة لصحة المحصول. ويبنى هذا النظام على تفعيل استخدام المكافحة الزراعية والميكانيكية والحيوية مع عدم اللجوء للمكافحة الكيميائية إلا في الحالات الضرورية أو عند فشل الوسائل الأخرى في تحقيق المكافحة. ويستخدم في هذا النظام طرق المكافحة المتوافقة، وذلك بهدف السيطرة على تعداد الآفات الزراعية في المستوى الآمن والذي لا يسبب ضرر اقتصادي للمحصول مع الأخذ بالاعتبارات البيئية والاجتماعية والاقتصادية. ويعتمد هذا النظام على أساليب الرصد والتنبؤ والتحذير مع وجود نظم تحليل متقدمه للبيانات المرتبطة بالبيئة الزراعية. إن الإدارة المتكاملة للآفة IPM علم تطبيقي حديث يعود العمل به إلى أكثر من 35 سنة ويمكننا أن نحدد بأن السبعينات من القرن الماضي هي التي أرست قواعده ولقد تعددت التعاريف التي تناولت المكافحة المتكاملة نذكر منها:

التعريف الحالي للمكافحة المتكاملة حسب منظمة الأغذية والزراعية الدولية FAO 1974 والمنظمة الدولية للمكافحة الحيوية عام 1977 هو:

إن المكافحة المتكاملة نظام يستخدم مجموعة من الطرق الملبية في وقت واحد لكل من المتطلبات البيئية والاقتصادية والصحية معتمداً ولا سيما استخدام الأعداء الحيوية ومبدأ الحد الاقتصادي الحرج.

إن المكافحة المتكاملة بمعنى آخر هي إستراتيجية لمكافحة الآفات مبنية على البيئة حيث تعتمد على عوامل الموت الطبيعية بواسطة الأعداء الحيوية وعوامل المناخ غير الملائمة وتعتمد بشكل قليل على تقنيات المكافحة الأخرى، حيث تستخدم المكافحة الكيماوية فقط عندما تدعو الحاجة إليها ومن خلال دراسة الكثافة العددية للآفة وعوامل الموت الطبيعية مع الأخذ بعين الاعتبار التأثيرات المتداخلة بين المحصول المراد حمايته وبين العمليات الزراعية وعوامل المناخ والآفات الأخرى.

المكافحة الزراعية:

وهي عبارة عن الوسائل التي تساعد على خلق بيئة زراعية ملائمة تؤدى إلى إنتاج نباتات قويه وسليمة، وتشتمل هذه الطريقة على الكثير من العمليات الزراعية مثل:

- **الزراعة في المكان المناسب:** يحب الفستق الحلبي السطوع الشمسي والنمو الزراعة في البيئة المناسبة، والأشجار النامية في شروط الإضاءة الجيدة تمتاز بالحمل الغزير، كذلك يحب الزيتون شروط الإضاءة الجيدة ، ويكون أقل عرضة للإصابة بالحشرات والأمراض. وزراعة الزيتون في بيئات جافة جداً يزيد من إصابتها بالحفارات (نيرون وهلزينوس الزيتون).
- **مواعيد الزراعة والحصاد:** إن التأخير في زراعة الحمص الربيعي قد يقلل الإصابة بدودة الحمص، ولكنه يزيد نسبة الإصابة بالأمراض الفيروسية المترافقة مع نشاط النواقل الحشرية. والحصاد المبكر للحبوب يقلل من إصابتها بسوستي القمح والرز وفراشة الحبوب.

- **الحراثة والعزيق:** تفيد الحراثة والعزيق بخفض أعداد الآفات التي تقضي جزء من حياتها في التربة (الجراد- دبور الحنطة المنشاري- دودة اللوز الأمريكية- الأعشاب – ذبابة ثمار الزيتون- عثة الزيتون....) كما تفيد في تقليل الإصابة بالعفن البني على التفاح.
- **تنظيم الري و إدارة المياه:** تنظيم الري في حقول العنب المصاب بالفيلوكسرا يفيد في تقليل انتشار الحشرة والإصابة بها، ويفيد تقديم ريّات داعمة للزيتون البعل بالتقليل من ضرر النيرون و الهلزينوس.
- **التسميد العضوي:** إن إضافة الأسمدة العضوية و المواد العضوية الخضراء في جور الزراعة يزيد النشاط الميكروبي المضاد لفطريات مرض جرب البطاطا، كما أن قلب بعض النباتات في التربة يؤدي إلى خفض أعداد النيماتودا نتيجة أن تحللها يكون مواد سامة للنيماتودا أو يعدل من الظروف البيئية الملائمة لتكاثرها.
- **تنظيم زراعة المحاصيل والدورة الزراعية:** إن اتباع الدورة الزراعية الجيدة يفيد تقليل الإصابة بالسونة والتفحم المغطى ودودة الحمص. كما تقل الإصابة بذبابة الفاكهة بوجود صنف واحد من المشمش وخاصةً إذا كان قصيراً. اتباع دورة ثلاثية على الأقل للبطاطا وبعيداً عن زراعة البندورة والباذنجان يقلل الإصابة بفراشة درنات البطاطا. ويحد من إصابة البطاطا بمرض اللفحة المتأخرة وذبول الفيرتسيليوم والفيوزارم. تساعد الدورة الزراعية في كسر دورة حياة الآفة وبخاصة في الآفات وحيدة العائل من الحشرات، والتخلص من الآفات ولا سيما الأمراض التي تعيش في التربة.
- **استعمال وسائل تكاثر سليمة وخالية من الآفات:** يفيد استعمال غراس عنب سليمة وخالية من الإصابة بحشرة الفيلوكسيرا من تفادي الإصابة بهذه الحشرة، واستعمال بذار قمح خالية من أبواغ التفحم المغطى يفيد من تفادي الإصابة بهذا المرض.
- **مكافحة الأعشاب الضارة:** لأنها تعتبر ملاذ لكثير من الحشرات وعوائل للعديد من الأمراض.

- **التطعيم على أصول مقاومة:** يفيد تطعيم الفستق الحلبي على البطم الأطلسي في تقليل ضرر حشرة الكابنودس.
- **التكامل بين العمليات الزراعية:** يزيد من فرص مقاومة النباتات للآفات المختلفة، لتقليل الإصابة بحشرة الفيلوكسرا يجب التكامل بين استخدام أصول الكرمة المقاومة للفيلوكسرا و طريقة التربية و التقليم.
- **المكافحة المُسْتَحَثَّة:** هي دفع النبات لتكوين مواد مسؤولة عن المقاومة قبل حدوث الإصابة وسرعة الاستجابة عند حدوث الإصابة. وتكون نتيجة تعرض النبات لظروف طبيعية (حرارة – رطوبة...) أو مواد كيماوية تجعل النبات يكون مواد مقاومة للآفة أو سامة أو طاردة لها.
- **إتلاف بقايا المحاصيل وإزالة الأجزاء المصابة ونواتج التقليم:** إن جمع الثمار المصابة أو المتساقطة من التفاح و الجوز و الرمان يقلل من الإصابة بدودة ثمار التفاح وخاصةً إذا كان هذا الإجراء سريعاً، ويساعد اقتلاع النباتات المصابة وحرقها في الإقلال من أمراض الساق والذبول الفيوزارمي والفيرتسيليومي والتدرن التاجي. ويفيد قص الطرود المصابة بالمن القطني إذا كانت قليلة والتخلص منها في مكافحة الحشرة والتخفيف من شدة الإصابة، ويفيد قص طرود التفاح المصابة بالبياض الدقيقي (شتاءً) والتخلص منها في مكافحة المرض والتخفيف من شدته نظراً لتخفيف كمية اللقاح في الحقل.
- **النباتات المقاومة:** تتميز النباتات المقاومة بأنها متخصصة لآفة أو كائنات معقد الآفات ونادرا ما تكون ذات تأثير ضار على الحشرات النافعة، وتحافظ معظم الأصناف المقاومة على المستويات العالية من المقاومة لفترات طويلة على الرغم من الزيادة الفجائية في الطرز البيولوجية، وتتميز الأصناف المقاومة بالتأثيرات المتجمعة، حيث تقترب من المناعة في الحشرات لان التأثير على مجموع الآفة سيتعاظم في الأجيال المتعاقبة. تتوافق المقاومة النباتية مع التكتيكات الأخرى في أسلوب مكافحة الآفات ويمكن

أن نعدها أسلوباً إضافياً في الحالات التي لا يمكن للمقاومة وحدها تحقيق خفض في تعداد الآفة تحت الحد الاقتصادي الحرج.

المكافحة الكيميائية: هي وسائل المكافحة التي تستخدم فيها المواد الكيميائية أو مبيدات الآفات عند فشل العوامل الطبيعية أو وسائل المكافحة التطبيقية غير الكيميائية في تحقيق مكافحة فعالة وناجحة.

مبيدات الآفات: هي عبارة عن مادة أو مخلوط من عدة مواد تستخدم بهدف قتل أو منع أو إبعاد الآفة مجال المكافحة لخفض الضرر الناجم عنها، وتشمل كذلك منظمات النمو النباتية ومسببات الجفاف ومسقطات الأوراق ومانعات تساقط الثمار.

إنّ استخدام مبيدات الآفات الزراعية في نظام الإدارة المتكاملة هو جزء أساسي في هذا النظام، لكن يعد استخدامها الخيار الأخير الذي يمكن اللجوء إليه، ويعمل جنباً إلى جنب مع الوسائل الأخرى. تعد هذه الطريقة وسيلةً فعالةً حال التكاثر المفاجئ للحشرات، وتظهر قناعة المزارعين في نجاعة هذه الطريقة في سرعة نتائجها، لكن معظم مستخدميها يجهلون مخاطر هذا الاستخدام الخاطئ على التوازن البيئي الموجود وعلى صحة الإنسان والحيوان. إنّ الاستخدام المفرط للمبيدات إلى حد الإسراف في ذلك يؤثر سلباً على إنتاج المحاصيل والأعداء الحيوية الموجودة فيها، ولكن عند وجود ضوابط تضبط استخدامها كما في برامج المكافحة المتكاملة، فإن ذلك يساعد على الاستفادة من هذه المبيدات دونما الوقوع في أخطارها. تستخدم مبيدات الآفات في برنامج الإدارة المتكاملة بشكل متوازن ومدروس، ويمكن ملاحظة الفرق الشاسع في استخدام المبيدات في ظل نظام الزراعة التقليدي مقارنة باستخدامها في برنامج الإدارة المتكاملة من حيث طبيعة المبيدات المستخدمة وموعد الاستخدام. تتخلص هذه الفروق فيما يأتي:

1. تستخدم المبيدات بعد عملية مراقبة ومتابعة واستكشاف طويل، يتم من خلالها تقدير الكم العددي للآفات.

2. تقدم الحسابات النقدية والاقتصادية عند تطبيقها، بمعنى أنه يجب حساب تكلفة استخدام المبيد مقارنة مع الخسارة الناتجة عن المحصول حالة عدم رشه واتخاذ قرار المكافحة بناء على نتائج هذا التحليل.

3. تحديد إستراتيجية المكافحة، حيث تعتبر المبيدات هي الوسيلة الفعالة في مجال السيطرة على الآفة وذلك عند وصولها للحد الاقتصادي الحرج، على عكس الاستخدام العشوائي الذي يبدأ مع بداية زراعة المحصول وقد لا يكون ناجعاً.

الأمور الواجب اتخاذها عند استخدام المبيدات في برنامج المكافحة المتكاملة:

1. تحديد نوع الآفة المراد مكافحتها.

2. اختيار المبيد الأفضل والمناسب بناء على التشخيص السليم للآفة والتوقيت في عملية الرش.

3. اتباع الاحتياطات اللازمة لاستخدام المبيدات.

4. التركيز على المبيدات الآمنة مثل مبيدات مانعات الانسلاخ ومنظمات النمو والآمنة صحياً وذات الأثر المتبقي القليل.

المكافحة باستخدام النباتات المعدلة وراثياً:

تعرف الأحياء المعدلة وراثياً بأنها أحياء حورت مورثاتها بتدخل من الإنسان باستعمال أي طريقة ينتج عنها إدخال، إعادة ترتيب، أو إزالة المادة الوراثية من جينوم الكائن الحي.

المكافحة الميكانكية والفيزيائية:

تتمثل المكافحة الميكانيكية بجمع أطوار الحشرات باليد مثل جمع حشرات السونة من مواقع البيات الشتوي وقتلها بطريقة ما، وكذلك جمع بيض بعض الحشرات مثل حشرة السونة وإتلافها، كما تعد مكافحة حفار ساق التفاح بالسلك من الطرق الميكانيكية. ومن الطرق الميكانيكية المتبعة في مكافحة الآفات الحشرية وضع شاش على أبواب البيوت البلاستيكية لمنع دخول الذبابة البيضاء،ووضع شبك معدني على نوافذ المعاصر لمنع خروج ذبابة ثمار الزيتون إلى الحقول. أما المكافحة الفيزيائية فتعد طريقة التعقيم

الشمسي من أهم الطرق الفيزيائية، وهذه العملية عبارة عن عملية حرارية مائية تحدث في التربة المرطبة والمغطاة برقائق بلاستيكية والمعرضة لأشعة الشمس خلال أشهر الصيف الأكثر حرارة. كذلك تشمل على استخدام درجات الحرارة المرتفعة والواطئة للحد من الإصابات الحشرية في المخازن وتعد هذه الطريقة مكلفة وغير فعالة في حالة الإصابة الشديدة. ويمكن التخلص من حشرات المخازن عن طريق رفع درجات الحرارة في المخزن، ويكمن التخلص من بعض الحشرات الثاقبة للأخشاب بتغطيس الخشب بماء ساخن على 80 مئوي لمدة ست ساعات وفي الوقت الحاضر أظهرت بعض التجارب إمكانية استخدام الموجات فوق الصوتية في التقليل الإصابة ببعض الآفات الحشرية على مستوى الحقل وقد وجد أن استخدام هذه الموجات بذبذبات تتراوح بين 20-50 سيكل/ثانية في حقول الذرة الصفراء أدى إلى انخفاض نسبة الإصابة بحفار ساق الذرة بنسبة 50% وفي حقول الملفوف قللت الإصابة بفراشة الملفوف بنسبة تراوحت ما بين 40-70% عند استخدام هذه الموجات الصوتية، وقد اكتشف أن هذه الذبذبات تخيف الحشرات لأنها تشبه ذبذبات التي يطلقها أعداء الحشرات كالخفاش.

المكافحة التشريعية والتنظيمية: وذلك بالالتزام بالقوانين التشريعية الخاصة بمكافحة الآفات وتتضمن:

- **الحجر الزراعي:** وهو القيود المفروضة على حركة السلع والمواد على المستوى الدولي أو المحلي بهدف منع أو تأخير دخول الآفات إلى البلد أو إلى مناطق خالية منها داخل البلد الواحد، أو استئصالها و مكافحتها و الحد من انتشارها إذا ما نجحت في الدخول. وتشمل التفتيش ومعالجة الشحنة أو ردها أو إتلافها وتدميرها .
- **المكافحة التنظيمية:** تشمل الحصر والكشف ثم الاستئصال والاحتواء والقمع.
- **مراعاة التشريعات المنظمة للمبيدات:** من حيث تسمية المبيدات الممنوع استخدامها وأسباب ذلك، واستيراد المبيدات، وتسجيل المبيدات لدى الجهات المختصة، وتخزين وتجزئة وتعبئة المبيدات، والاتجار والبيع والتداول، ومراقبة المبيدات ونشر وسائل التوعية والتنبيه.

المكافحة باستخدام المصائد: تستخدم أنواع مختلفة في مكافحة الحشرات مثل المصائد النباتية والمصائد الغذائية والمصائد الكهربائية والضوئية والفيرمونية واللونية والكرتونية.

المكافحة الحيوية:

وهي من أهم عناصر برامج I.P.M في مكافحة الآفات حيث استخدام الأعداء الطبيعية للآفة ومنها المفترسات والطفيليات وممرضات الآفات. وقد أثبتت نجاحاً كبيراً في مكافحة الآفات والمحافظة على البيئة. وتسهم المكافحة الحيوية في برامج الإدارة المتكاملة للآفات وذلك من خلال:

- اتباع نظام لسياسة الآفات يحمي المفترسات والمتطفلات الحشرية والعوامل الممرضة الموجودة في الطبيعة ويزيد من أعدادها.
- تربية الأعداء الحيوية في المعمل المختصة وإطلاقها في الطبيعة نواةً لمزيد من التكاثر في الحقل ضد آفة ما أو عدد من الآفات.
- حماية الأعداء الطبيعية وزيادة أعدادها، ويتحقق ذلك عن طريق:
- معرفة أثر المبيدات المستخدمة والموصى باستخدامها، وذلك عن طريق إجراء التجارب التي تتيح اختيار المبيدات على أساس أثرها السام على الآفة في مجال المكافحة وقدرتها على عدم الإضرار بالأعداء الحيوية.
- فرض قيود على استعمال المبيدات الحشرية التي تؤثر على قاعدة عريضة من الأحياء، إلا في حالات الضرورى القصوى، على أن يكون ذلك تحت إشراف لجنة توصيات مع تدعيم استخدام الإجراءات الزراعية الملائمة.
- تضافر الجهود والتنسيق مع الجهات المعنية من إرشاد زراعي والمعاهد البحثية المعنية لإعداد برامج إرشادية متخصصة لنقل حزم التوصيات الخاصة بالمكافحة المتكاملة على المحاصيل المزارع كافة مع تفعيل دور المدارس الحقلية والندوات الإرشادية واللقاءات الحقلية وتفعيل دور القيادات الزراعية عن طريق نقل المعلومات من مزارع إلى مزارع.

- التوسع في الاستخدام التطبيقي لنظم وبرامج التنبؤ والإنذار المبكر وتطوير طرق الفحص المخبري.

طرق الضبط الذاتي والتطويع الوراثي والهندسة الوراثية:

حيث توسع العالم في السنوات الأخيرة في استخدام طرق الضبط الذاتي والتطويع الوراثي والهندسة الوراثية لمكافحة الآفات. وأصبحت تلك الأساليب أحد مكونات برامج إدارة الآفات، وتشمل هذه الطرق الآتية:

- **الهندسة الوراثية Genetic engineering:**

إن تكنولوجية نقل الجينات من كائن حي لكائن حي أخر عن طريق ناقل كالفيروس أو البلاسميد ستغير كثيرا في المستقبل العديد من المفاهيم الخاصة بإدارة مكافحة الآفة، وستؤثر بالتأكيد على نوعية المبيدات الميكروبية وتحسن من صفاتها، فضلا عن إمكانية تحسين صفات العناصر البيولوجية الأخرى كالمفترسات والطفيليات. وعليه فإن أفاق الدور الذي يمكن أن تلعبه الهندسة الوراثية في تطوير أفكار وخطط وأساليب إدارة مكافحة الآفات تبدو لا نهائية.

- **تقنية الحشرات العقيمة Sterile Insect Technique:**

تعتمد هذه الطريقة على استخدام الحشرات في إبادة نفسها وذلك عن طريق العقم الجنسي بواسطة الإشعاع Radiation أو عن طريق مواد كيماوية يطلق عليها بالمعقمات الكيماوية Chemosterilants، ويعتبر knipling أول من اقترح فكرة المقاومة عن طريق إدخال ذكور عقيمة في مجموعة حشرية، ونجحت هذه الطريقة في إبادة الدودة اللولبية *Cochiomyia hominivorax* في جزيرة معزولة تقع في الجنوب الشرقي من أمريكا. تهاجم الذبابة الإنسان والحيوان ذات الدم الحار خاصة الأغنام، الماعز، الأبقار والجاموس، حيث تعمل خطورتها في اليرقات التي تتغذى على النسيج الحي وخصوصا جروح الحبل السري للحيوانات حديثة الولادة والجروح الناتجة من عمليات جز الصوف والترقيم والخصي وإزالة القرون أو المتسببة عن وخز القراد أو عراك الذكور فيما بينها ضمن قطيع الحيوانات أو نتيجة احتكاك جسم الحيوانات

بالأسلاك الشائكة المحيطة بالمزرعة. وإهمال علاج مثل هذه الجروح قد يؤدي إلى هلاك الحيوانات ولاسيما حديثة الولادة، فضلا عن تسببها في خسائر غير مرئية للحيوانات البرية. لاحظ Knipling أن إناث هذه الذبابة تتزاوج مرة واحدة فقط خلال حياتها، دفعته هذه الملاحظة إلى الاعتقاد بأنه لو استطاع أن ينتج ذكوراً عقيمة بطريقة ما، وأن يزاوجها مع الإناث الموجودة في الطبيعة فإن هذه الإناث ستكتسب صفة العقم وتعجز عن القيام بدورها في الحفاظ على النوع (Knipling, 1955). استؤصلت هذه الدودة من جزر الكاريبي ومن الولايات المتحدة ومن المكسيك ومعظم بلدان أمريكا الوسطى ومن ليبيا عندما دخلت هناك بصورة عارضة عام 1989 لتهدد الثروة الحيوانية في شمال أفريقيا، وإقليم البحر المتوسط والحياة البرية في أفريقيا جنوب الصحراء. وأماكن تجنب خسائر بملايين الدولارات واحتمال انقراض أنواع الحيوانات المجترة البرية من خلال تطبيق تقنيات الحشرة العقيمة. وجرى استئصال ذبابة التسي تسي التي تحمل طفيليات التريبانوزوما التي تصيب الحيوان والإنسان من معظم أنحاء زنجبار، ما قلل بدرجة كبيرة من أخطار ومخاطر إصابة الإنسان والحيوان بالتريبانوزوما. وأظهرت هذه الطريقة فعالية شديدة في مكافحة أو استئصال بعض أنواع الآفات الزراعية ذات الأهمية الاقتصادية مثل ذبابة الفاكهة *Ceratitis capitata* وذبابة البطيخ *Dacus cucurbitae* وذبابة الفاكهة الشرقية *Dacus drosalis* وذبابة البصل *Delia antiqua* ودودة ثمار التفاح *Cydia pomonella* ودودة لوز القطن القرنفلية *Pictinophora gossypiella* بالاضافة إلى ذبابة التسي تسي (ذبابة النوم) *Glossina* spp. وتعتبر البرامج المشتركة بين المنظمة والوكالة الدولية للطاقة الذرية بشأن التقنيات النووية المركز العالمي الرئيسي لتطبيق تقنيات الحشرة العقيمة في مساحات شاسعة.

❖ **مبدأ تقنية الذكور العقيمة في مكافحة الآفات الزراعية:**

يقول مارك بينديكت، وهو من العاملين بالمختبرات البحثية للوكالة الدولية لهيئة الطاقة الذرية في زايبرسدورف في النمسا "إنّ تقنية الحشرة العقيمة - هي باختصار -

وسيلة للتحكم في تكاثر الحشرات". تعرف المكافحة الذاتية بتقنية الحشرات العقيمة Sterile Insect Technique التي تعتمد على تربية الحشرات مخبريا بأعداد كبيرة ثم تعقيمها (جعلها عقيمة) باستخدام الأشعة المؤينة أو أي وسيلة أخرى وإطلاقها في الطبيعة بأعداد كبيرة وعلى فترات بحيث يؤدي تزاوجها مع حشرات طبيعية إلى وقف تكاثرها، وقد أظهرت هذه الطريقة فعالية كبيرة في استئصال العديد من الآفات ذات الأهمية الاقتصادية (الخطرة اقتصاديا) ولكنها بالتأكيد ليست الحل المناسب لكافة الآفات فهناك بعض الشروط لابد من توفرها قبل اعتماد هذه الطريقة لمكافحة أو استئصال آفة ما.

تعد تقنية الحشرات العقيمة أول طريقة لمكافحة الحشرات تستند إلى علم المورثات. ويمكن أن توصف بكل بساطة على أنها شكل من أشكال تحديد النسل الحشري المنفذ على مستوى المناطق. وتتضمن التقنية إكثار كميات هائلة من الحشرات المستهدفة في: مصنع، وتعقيم ذكورها عبر تعريضها لجرعات بسيطة من الإشعاعات. ومن ثم تطلق الحشرات العقيمة جواً فوق المناطق الموبوءة حيث تتلاقح مع الإناث البرية. وإذا ما فاق عدد الذكور العقيمة بشكل ساحق، الذكور البرية الخصبة فإن أسراب الحشرات البري تنقرض بسرعة. وينبغي أن تكون نسبة الحشرات العقيمة إلى الحشرات الخصبة 1:10على الأقل علماً بأن هذه النسبة وصلت في زنجبار إلى 1:50.

❖ **الشروط الأساسية لاستعمال تقنية الذكور العقيمة:**

1) إمكانية تربية الحشرة مخبرياً وتوفر الإمكانيات اللازمة لتربية الحشة بأعداد هائلة.

2) توفر معلومات كافية عن الكثافة الطبيعية للحشرة، وعن معدل تزايد الحشرة من جيل إلى أخر.

3) إمكانية استخدام المبيدات الكيميائية أو أي طريقة مكافحة أخرى لخفض أعداد الحشرة إلى المستوى الذي يمكن عنده استخدام تقنية الذكور العقيمة في عملية المكافحة.

4) أن تكلفة المكافحة باستخدام تقنية الذكور العقيمة أقل تكلفة من استخدام الطرق الأخرى.

5) أن لا تؤثر طريقة التعقيم بالإشعاع أو الكيمياويات على خاصية التزاوج Mating behavior أو على طول مدة الحياة.

6) ألا تسبب الأفراد المحررة أية ضرر للإنسان أو الحيوان أو البيئة.

❖ تأثير الأشعة المؤينة في الحشرات:

يؤدي تعرض الحشرات للأشعة المؤينة إلى عدة تأثيرات أهمها:

- **تأثيرات وراثية:** تؤثر الأشعة المؤينة على المادة الوراثية للحشرات مؤدية إلى ظهور الطفرات الهالكة، وتنتقل هذه الظاهرة من جيل إلى آخر، وتنشأ هذه الطفرات نتيجة حدوث تبدلات في الكروموسومات، أو نتيجة حدوث تغيرات في البنية الوراثية، مما ينتج عنه عجز الخلية عن القيام بوظائفها الطبيعية لوجود نقص في جيناتها أو زيادة فيها، ما يؤدي إلى هلاكها وموت الجنين.

- **تأثيرات جسمية:** يؤدي تعريض الحشرات لجرعات غير مميتة من الأشعة إلى انخفاض في متوسط عمرها، يتناسب طرداً مع الجرعة الممتصة، وعكساً مع عمر الحشرة، ويؤدي إلى خفض قدرتها على إفراز الهرمونات، وهذا يفسر انخفاض الاستجابة الجنسية عند الحشرات المعاملة بالأشعة المؤينة، كما قد تؤدي المعاملة إلى انخفاض قدرة الذكور المشعة على تلقيح الإناث، وذلك لانخفاض نشاطها العام وقدرتها على الحركة والطيران وإفراز الهرمونات أو الاستجابة لتأثيرها، كما يؤدي تأثير الأشعة في العضلات إلى انخفاض قدرة الحشرة المشعة على الحركة والطيران، ونتيجة تخريب الخلايا المبطنة لجدار الأمعاء وخاصة المسؤولة عن إفراز العصارات الهامة وامتصاص نواتج الهضم تنخفض القدرة في معدل الاستهلاك الغذائي للحشرة المشعة.

- **تأثيرات تشريحية وفيزيولوجية:** يؤدي تعرض الحشرات للأشعة المؤينة إلى ضعف نمو الأجهزة التناسلية، وإلى ضعف في النشاط العام نتيجة التأثير على الأجسام الميتوكندرية، وإلى تشوهات في بعض أعضاء الجسم الهامة ولاسيما الأجنحة، مما يقلل قدرة الحشرة على الطيران.

❖ أشكال العقم الناتج عن تعرض الحشرات للأشعة المؤينة:

يؤدي تعرض الحشرات للأشعة المؤينة إلى عدد من التأثيرات السلوكية والجسمية والوراثية. والتي من أهمها:

- **الطفرات الهالكة السائدة:** وهي عبارة عن تغيرات وراثية في نواة الخلية الجنسية تؤدي إلى موت البيضة الملقحة، حتى لو انتقلت من إحدى الخلايا الجنسية المشاركة في عملية الإخصاب فقط، مما يؤدي إلى عقم الحشرات الحاملة لهذه الطفرات. يحدث الموت الناتج عن الطفرات الهالكة السائدة في الحشرات خلال المراحل الأولى من الانقسام الجنيني في البيضة الملقحة قبل فقسها، ويمكن أن يتأخر حدوثه إلى مراحل لاحقة. ويتناسب حدوث الفرات الهالكة السائدة طرداً مع زيادة الجرعة الإشعاعية إلى حدٍ معين، ولا تؤدي زيادة الجرعة عن هذا الحد إلا إلى زيادة بسيطة في معدل حدوث الطفرات.

- **عدم قدرة الحيوانات المنوية على الحركة:** تؤدي المعاملة إلى عجز الحيوانات المنوية عن الحركة كلياً ووصولها إلى البويضات وتلقيحها، أو فقدان قدرتها على اختراق غلاف البويضة، وأحياناً عجزها عن القيام بالاتحاد معها، وهذا النوع من العقم غير مرغوب فيه عند الأنواع التي تتزاوج فيها الإناث غير من مرة، لأن تزاوجها مع ذكر خصب بعد تزاوج عقيم سيزيل عنها صفة العقم.

- **توقف إنتاج البيوض:** يؤدي تعريض الإناث للأشعة إلى انخفاض قدرتها على إنتاج البيوض أو فقدانها كلياً، وذلك لأن الأشعة المؤينة تؤثر في الخلايا المسؤولة عن إنتاج البويضات في المبايض.

- **عدم القدرة على التزاوج:** هناك بعض الحشرات التي انخفضت أو انعدمت لديها نهائياً المقدرة على التزاوج بعد تعرضها للأشعة المؤينة أو المواد الكيميائية المسببة للعقم، وهذه الظاهرة يجب دراستها والتأكد منها لأنها غير مفيدة في مكافحة الآفات الزراعية.

❖ **العوامل المؤثرة في حساسية الحشرات للأشعة المؤينة:**

تتوقف التأثيرات التي تحدثها الأشعة المؤينة في الحشرات على عدة عوامل أهمها:

1) عوامل تتعلق بالجرعة الإشعاعية:

- **مقدار الجرعة الممتصة:** يتناسب التأثير التي تحدثه الأشعة المؤينة على خلايا الحشرة المعاملة طرداً مع زيادة الجرعة الممتصة إلى حدٍ معين.
- **نوع الأشعة المؤينة المستخدمة:**

تختلف أنواع الأشعة المؤينة في قدرتها على الاختراق ونقل الطاقة، وتبين أن آشعة غاما هي الأكثر تأثيراً والأشعة السينية هي الأقل تأثيراً.

- **طريقة إعطاء الجرعة:** يُفضل إعطاء الجرعة الإشعاعية دفعة واحدة من إعطائها على دفعات متقطعة بفاصل زمني بين الجرعة والأخرى، ويعود ذلك إلى قدرة الخلايا على تصحيح بعض التغيرات البيولوجية التي تحدثها الأشعة المؤينة خلال الفاصل الزمني بين جرعة وأخرى.
- **معدل الجرعة:** تتزايد بشكل عام ومن حدود معينة التأثيرات الحيوية للأشعة المؤينة مع زيادة معدل الجرعة، فوجد أن تعرض يرقات ذبابة الخل لجرعة 70 غراي بمعدل جرعة قدره 5.4 غراي/دقيقة أدى إلى موت 57% من اليرقات المعاملة، وانخفضت هذه النسبة إلى أقل من 40% عند تخفيض الجرعة إلى 0.78% غراي/دقيقة.

2) عوامل تتعلق بالحشرة نفسها:

- **نوع الحشرة والعائلة والرتبة:** تختلف حساسية الحشرات للأشعة المؤينة باختلاف الرتب الحشرية، حيث وجد أن أنواع رتبة حرشفيات الأجنحة Lepidoptera أشد مقاومة من رتبة غمديات الأجنحة Coleoptera، وتختلف الحساسية أيضا ضمن الرتبة الواحدة من عائلة إلى أخرى، وتبين أن الخنافس التابعة لعائلة Bruchidae هي أكثر الأنواع حساسية للأشعة المؤينة، وجرعة 70 غراي تكفي لتعقيم خنفساء الفاصولياء *Callosobruchus maculates*. أما الأنواع التابعة لعائلة خنافس الجلود

Dermestidae فهي أشد الأنواع مقاومة للأشعة المؤينة ويحتاج تعقيمها جرعات تتراوح ما بين 200 و500 غراي. وتمتاز الأطوار الكاملة للحشرات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة بمقاومتها العالية للأشعة المؤينة مثل فراشة الحبوب *Sitotroga cerrealella* (Olivier).

- **طور الحشرة وعمرها:** تكون الحشرات أكثر حساسية للأشعة المؤينة في الأطوار الأولين وبشكل عام، فإن البيوض والأعمار اليرقية حساسة نسبياً للأشعة المؤينة، وتنخفض الحساسية بشدة مع بدء تكون العذارى، وذلك بسبب تمايز الخلايا وانخفاض معدل انقسامها، ولذلك تكون الخلايا الجنسية في الأعضاء التناسلية حساسة جداً للأشعة المؤينة بسبب استمرارها في الانقسام، وهذا يفسر الفروق الكبيرة بين الجرعات اللازمة لقتل الحشرات الكاملة وتلك التي تسبب لها العقم.
- **الجنس:** تعتبر إناث الحشرات، بشكل عام، أشد مقاومة للأشعة المؤينة من ذكورها، ويعود السبب في ذلك في بعض الأنواع لوجود صبغيين جنسيين متماثلين (XX)، وهذا ليس صحيحاً دائماً لأن هناك بعض الحشرات تحمل صبغيين مختلفين وتكون مقاومة.

3) عوامل تتعلق بالوسط المحيط:

- **الوسط الغازي:** يؤدي زيادة الأوكسجين أثناء التشعيع إلى زيادة تأثير الأشعة، وذلك بسبب قدرة الأكسجين على التفاعل مع الشقوق الحرة الناتجة عن تأين جزيئات الماء مما يؤدي إلى حدوث سلسلة من تفاعلات الأكسدة الذاتية، وتنشيط تكوين فوق أكسيد الهيدروجين الذي يزيد من التأثيرات الحيوية للأشعة المؤينة. ويحمي غازيّ النتروجين وثاني أكسيد الكربون الأنسجة الحية للحشرة المعاملة من الأشعة المؤينة عند زيادة نسبتهما في الأنسجة أثناء تعرضها للمعاملة وذلك نتيجة تفاعلها مع الجذور الحرة وتشكيل مركبات مستقرة.
- **درجة الحرارة:** يزداد تأثير الأشعة المؤينة بشكل عام مع ارتفاع درجة الحرارة، ويعود ذلك إلى زيادة سرعة التفاعلات الكيميائية في الأنسجة الحية، إضافة إلى التفاعلات الناتجة عن الأشعة المؤينة مع ارتفاع درجة الحرارة.

❖ **مميزات استخدام تقنية الذكور العقيمة في مكافحة الآفات:**

- لا يؤدي تكرار عملية المكافحة باستخدام تقنية الذكور العقيمة إلى انتخاب الأفراد المقاومة للأشعة المؤينة أو المواد الكيميائية المعقمة المستخدمة.
- إن متابعة تحرير العدد نفسه من الحشرات العقيمة يؤدي إلى تزايد نسبة الإبادة من جيل إلى آخر، لأن نسبة الحشرات العقيمة إلى الطبيعية تتزايد من الجيل إلى الجيل الذي يليه.
- يعطي استعمال تقنية الحشرات العقيمة الفرصة للأعداء الطبيعية للقيام بدورها.

❖ **سلبيات استخدام تقنية الذكور العقيمة في مكافحة الآفات:**

- من متطلبات نجاح هذه الطريقة أن تكون المنطقة المراد مقاومة الآفة فيها معزولة وبخلافه سيكون تأثير الحشرات العقيمة قليل، وذلك لدخول حشرات طبيعية إضافية من المناطق الأخرى فتقلل من أهمية الحشرات العقيمة.
- وبالرغم من توافر آلاف من الأبحاث العلمية في مجال عقم الحشرات بالأشعة أو بالكيماويات فان استخدامها عن طريق إطلاق الحشرات العقيمة لا يزال محدود ومقتصراً على المناطق المعزوله في العالم، أما استخدامها المباشر فيقتصر على المساحات التجريبية الصغيرة لتجنب المشكلات الكبيرة التي قد تنجم عنها.
- فعالية الحشرات العقيمة ضعيفة نسبياً عندما تكون كثافة الحشرة في الطبيعة كبيرة جداً.
- يحتاج استخدام تقنية الذكور العقيمة بالأشعة المؤينة في مكافحة الآفات إلى تكاليف باهظة وخبرة عالية، أما المعقمات الكيماوية لمعاملة الحشرات مباشرة في الحقل فلم يسمح في استخدامها لحد الآن وذلك لخطورتها على الإنسان والحيوان والبيئة بشكل عام.

سادساً - الصعوبات التي تواجه تطبيق نظام الإدارة المتكاملة للآفات ووسائل التخلص منها:

1) الصعوبات التي تواجه تطبيق نظام الإدارة المتكاملة:

رغم توفر الكثير من الدراسات والأبحاث على نظام الإدارة المتكاملة للآفات لم ينفذ على نطاق واسع في مجال الزراعة حتى الآن. نظراً للصعوبات التقنية والاقتصادية والاجتماعية والبيئية تأخر التوسع في تطبق هذا النظام. ومن أهم الصعوبات والعقبات التي تواجه هذا لنظام ما يأتي:

- **عدم توافر المعلومات:** رغم توفر الدراسات على نظام الإدارة المتكاملة في السنوات الأخيرة، إلا أن التطبيق مازال يحتاج جهداً كبيراً أكبر لجمع المعلومات، ولإنشاء نظام تحذيري جيد. ويتطلب ذلك تعاون العلماء في كافة المجالات. وقد يؤدي استخدام نظام التحليل المتقدمة ونماذج برامج الحاسبات الآلية دوراً مهماً في تنفيذ برامج IPM.
- **عدم تأكد المزارعين من نجاح هذا النظام:** تواجه برامج الإدارة المتكاملة صعوبات في تسويقها إلى المزارعين أو غيرهم غالبا ممن اعتادوا تطبيق إستراتيجية المكافحة السهلة باستخدام الكيميائيات. ومن الضروري اقتناع المزارعين بإمكانية نظم IPM في تنفيذ مكافحة كافية للآفات بتكلفة أقل من استخدام المبيدات الكيميائية، كما يجب الإلمام الكافي بكيفية تنفيذ مثل هذه البرامج.
- **مصادر معلومات المزارعين:** لعل أهم أسباب انتشار المبيدات الكيميائية هي توافر المعلومات التي تصل إلى المزارعين وغيرهم ممن يستخدمون المبيدات الكيميائية عن طريق القائمين بتسويق المبيدات الكيميائية، بالإضافة إلى المعارض العامة لشركات المبيدات. أما مراكز الخدمات المسؤولة عن النواحي الإرشادية فهي تقوم بجهد متواضع بتقديم المعلومات اللازمة الإرشادية في مكافحة الآفات.
- **نقص الكفاءة البشرية:** إن عدد المتخصصين بمراكز الخدمة المسؤولة عن الإدارة المتكاملة قليل جداً وأغلبهم يعمل لحسابهم الخاص.

- **التنظيمات التشريعية:** يجب أن تخضع نظم المكافحة لقواعد وتنظيمات تسيطر عليها الدولة حتى يمكن لنظام الإدارة المتكاملة أن يحقق نظاماً ملموساً في مكافحة الآفات. لذلك يجب العمل على تقليل استخدام المبيدات والاتجاه نحو مسببات الأمراض والجاذبات والهرمونات والأعداء الحيوية وغيرها.

2) وسائل التخلص من الصعوبات التي تواجه نظام الإدارة المتكاملة للآفات:

- ضرورة وجود هيئة رسمية لإجازة وتمويل ومراجعة وتقييم نظام الإدارة المتكاملة للآفات.
- سن تشريعات حكومية تنظم هذا البرنامج من حيث أمانها وأثرها على تسويق الغذاء والعمليات الصناعية.
- عمل شهادات تقدم للمشرفين والمستشارين والقائمين على هذا البرنامج.
- دراسة العمليات البنكية التي تمول هذه المشاريع، ودراسة أثرها وعائدها الاقتصادي.
- دراسة عملية تأمين المزارعين التابعين لبرامج الإدارة المتكاملة ضد أخطار الآفات.
- استيراد الأعداء الحيوية بناءً على دراسات سابقة ودقيقة، وذلك من الموطن الأصلي للآفة ومدى أقلمتها في البيئة المحلية.
- دراسة المناطق المشابهة للبيئة المحلية من حيث آفاتها وأعدائها الحيوية وظروفها البيئية وإنتاجية المحصول.
- الاهتمام بدراسة وتعليم علوم البيئة ذات العلاقة بنظام الإدارة المتكاملة.
- زيادة تمويل الأبحاث التي تتعلق بمدى تأثير المبيدات على البيئة ومقاومة الحشرات لفعل المبيدات والتنبؤ وتحسين طرق معاملة المبيدات.
- النهوض ببرامج تحسين وسائل المكافحة وطرقها، ووسائل التحذير التي تقلل من أضرار المبيدات المستخدمة في نظم الإدارة المتكاملة للآفات على البيئة وصحة الإنسان.

سابعاً- بعض الاعتبارات حول الإدارة المتكاملة للآفات:

من الواضح أن جميع تدخلات الإنسان تؤثر في غالبية عناصر النظام البيئي، إن الفن في أسلوب الإدارة المتكاملة للآفات هو في توثيق ارتباط شبكة العلاقات الضرورية لمصلحة الإنسان والقضاء على الضار منها بأفضل الأساليب.

- إن المعلومات البيئية حول العلاقة آفة- محصول- عدو حيوي يمكن تحويلها إلى طرق عملية يمكن التحكم بها للوصول إلى ميزات توفير إجراءات المكافحة غير الضرورية الاستغناء مثلاً.
- منع أو تأجيل نشوء سلالات مقاومة من الإناث.
- منع نشوء آفات جديدة أو تحول الثانوية إلى رئيسية.
- تخفيض تحميل البيئة ببقايا المواد السامة.
- الإدارة المتكاملة للآفات ليست جديدة، فقد تعلم المزارعون منذ آلاف السنين كيف يديرون التعاقب البيئي. والآفات هي جزء من هذا التعاقب بينما البرامج العلمية الرسمية المتوجهة لـ IPM فيها صفة العقود الثلاثة الأخيرة فقط.
- لا يمكن تطبيق برامج IPM بشكل مفاجئ (بين عشية وضحاها overnight)، ويتطلب الحصول على الحد الأدنى من المعلومات اللازمة لذلك .
- IPM ليست زراعة عضوية هذه نقطة حرجة، IPM يمكن أن تكون عقبة لتكيف الزراعة العضوية والعكس بالعكس، نعطي مثلاً واحداً، استخدام رش الكبريت (120 كغ/ هكتار) لمكافحة جرب التفاح في إنتاج التفاح العضوي في هولندا ارتبط بقضاء فعلي على العناكب المفترسة التي تلعب دوراً فعالاً في برامج المتكاملة.
- IPM ليست وصفة لمنع استعمال مبيد الآفات بل تحديد فيما إذا كان استعمال مبيدات الآفات هو الملاذ الأخير.

- IPM ليست مخطط أو برنامج عمل للإدارة لكنه ببساطة يقدم خيارات مناسبة لاختبارات المزارع الخاصة.
- برامج IPM ليست عامة لكنها متخصصة على نطاق كل من الجغرافية والمكان ضمن الفصول (المواسم) وبينها.

الفصل الثاني

الصحة النباتية

مقدمة Introduction:

استخدم الإنسان الوسائل العلمية والعملية كافة لزيادة غلة الأرض وسخرها من أجل مصلحته ورفاهيته عن طريق التوسع الرأسي والأفقي في الزراعة وتربية النباتات بالعمل على تهيئة الظروف الملائمة لإنباتها وسرعة نموها والتبكير في النضج وزيادة المحصول. ووجه الإنسان كل جهده باستخدام التقنية الحديثة لتخطي العقبات التي تعرض لها في الماضي وأعاقت تقدمه. ومن أهم العقبات التي يواجهها الإنسان هي انتقال الآفات النباتية التي تعيق نمو النبات أو تقلل إنتاجه أو تقضي عليه كلياً، من خلال وسائل انتشار طبيعية مثل الرياح والطيور المهاجرة والحشرات أو عبر مسارات من صنع الإنسان مثل دخول مواد نباتية بصحبة المسافرين أو استيراد السلع الزراعية سواء لغرض الاستهلاك أو لغرض الزراعة أو عبور سلع زراعية عبر أراضى دولة ما. بالإضافة إلى أن محاولة التخلص من تلك الآفات النباتية بواسطة المكافحات الكيميائية يشكل عبئاً مادياً وانخفاضاً في قيمة الدخل. ومن هنا تظهر أهمية العلم سلاحاً مكّن الإنسان من مواجهة الأخطار عن انتشار آفات النباتات وذلك بالحد منها والتغلب عليها حرصاً على مصلحة البشر والإنسانية في تأمين غذائها وكسائها. وتعتبر النباتات العنصر الثالث الهام من أجل الحياة على وجه البسيطة متساوياً مع الماء والهواء، حيث تستحيل الحياة بدون نباتات ولذلك جعله الإنسان هدفاً أساسياً للمحافظة عليه واستمراره في هذا الكون. وقد بدأ صراعاً رهيباً مع الآفات النباتية على النبات والتي تعيش معه في تنافس مستمر من أجل الحصول على الغذاء، وأن الإنسان لا يريد أن يشاركه أحد في الغذاء على هذه الأرض حتى الحيوان الذي يتحكم الإنسان في حياته وتغذيته فإنه يعطيه الغذاء بقدر احتياجاته كي تعود إليه في النهاية كغذاء حيواني، ومن هنا يظهر دور الحجر الصحي الزراعي في حماية الغذاء وتوفير الأمن الغذائي محلياً ودولياً.

أولاً- تعريف الحجر الزراعي:

إن تعبير الحجر الصحي الزراعي مشتق من الكلمة اللاتينية Quarantum وهي تعني أربعين، وعرفت كما يلي: الإنكليزية Quarantine وهذه الكلمة أخذت من الإيطالية Quarntinu أو الفرنسية Quarnte أو الإسبانية Curanta وهي تعني أيضاً أربعين باللغة العربية. إن فكرة الحجر الصحي مأخوذة من الحجر الصحي البشري. فقد طبق مبدأ الاستبعاد على الأمراض التي تصيب الإنسان قبل معرفة النظرية الجرثومية وكان ذلك عام 1800ق.م. وفي عهد السيد المسيح عليه السلام كان المسافرون يُحتجزون على أبواب المدن لإجراء الفحص عليهم للتأكد من خلوهم من مرض الجذام، وفي العصور الوسطى كان المسافرون يحتجزون على أبواب المدن وفي الموانئ لمدة أربعين يوماً قبل أن يسمح لهم بالدخول و هي فترة الحضانة لمرض الجدري.

يعرّف الحجر الزراعي Exclusion Quarantine بأنه مجموع التشريعات والنظم التي تتحكم في نقل المواد الزراعية من أجل منع أو تأخير دخول الآفات والأمراض إلى مناطق مازالت خالية منها، كما عرفه البعض الآخر بأنه: يشمل جميع الطرق والوسائل التي تحتاجها حماية النبات من خلال القوانين والتشريعات، أساساً لازماً لخلو الإرساليات الزراعية الواردة والصادرة من الآفات الزراعية المختلفة والممنوع دخولها إلى القطر، وله دور كبير في الحفاظ على البيئة الزراعية وخلوها من الآفات الزراعية التي تدخل إليها من المناطق الأخرى مما قد ينتج عنها تهديداً لاقتصادها وإنتاجها الزراعي.

وبازدهار التجارة في أواخر القرن العشرين وازدياد تبادل المحاصيل الزراعية وكذلك إدخال زراعات جديدة في كثير من البلاد فقد وجدت الدول أنفسها أمام أوبئة زراعية لا عهد لها بها من قبل، ووجدت أن بعض الحشرات والأمراض التي تصيب محاصيلها الزراعية أصبحت تشكل خطراً داهماً على قوت شعوبها وتنازعها على لقمة العيش وتأكد لها أن الأوبئة من طاعون وكوليرا وسواها والتي تفرض ضدها قيود

محكمة من الحجر الصحي البشري ليست بأشد خطراً على حياة الشعب من تلك الآفات الزراعية التي تصيب المزروعات وتسلبها قوت حياتها.

- **الآفة الحجرية Quarantin pest:** آفة يحتمل أن تشكل خطورة لمنطقة مهددة، ليست موجودة بها، أو قد تكون موجودة ولكن ليس على نطاق واسع وتحت السيطرة. كما تعرف الآفة الحجرية أيضا بأنها ذات "أهمية حجرية Quarantine" Significance خطورة أو مخاطرة Risk مقياس لاحتمال حدوث ضرر للحياة أو الصحة و/أو البيئة الذي يمكن أن ينتج عن مجازفة ما.
- **الآفة غير الحجرية Non-quarantine pest:** آفة لا تشكل خطورة على منطقة معينة.

ثانياً- الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات:

صدر أول تشريع للحجر الزراعي في أوربا في ألمانيا سنة 1873 وذلك بمنع استيراد البطاطا من العالم الجديد لمنع دخول خنفساء كلورادو، تلتها فرنسا بعد أن تسرب إليها البياض الزغبي في العنب و سبب مشكلات كبيرة. وبحلول سنة 1890 كانت جميع دول أوربا قد وضعت قوانين للحجر الزراعي. وباجتياح مرض صدأ القهوة لمحصول القهوة في سيلان (سيريلانكا حاليا) سنة 1869، صدر أول قانون حجر زراعي في دولة أسيوية وكانت إندونيسيا وذلك بمنع دخول نباتات القهوة أو بذورها أو أشوِلة التعبئة من سيريلانكا. وضعت تشريعات للحجر الزراعي في الولايات المتحدة الأمريكية منذ أواخر القرن التاسع عشر، وتم وضع أول قانون فيدرالي للحجر الزراعي سنة 1912.

وقعت أول اتفاقية دولية لوقاية المزروعات في روما في 16نيسان سنة 1929، ووقعت أول اتفاقية دولية لوقاية المزروعات تحت مظلة منظمة الأغذية و الزراعة في روما سنة 1951 وكان عدد الدول الموقعة 94 دولة. والاتفاقية الدولية لوقاية النباتات عبارة عن معاهدة متعددة الأطراف لوقاية النباتات انضمت إليها حتى الآن 127 دولة. وقد أودعت الاتفاقية لدى المدير العام لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة منذ موافقة مؤتمر المنظمة عليها لأول مرة عام 1951. وقد دخلت الاتفاقية حيز التنفيذ في 1952

وعدلت مرة في 1992 ومرة أخرى في 1997. ألزمت الاتفاقية جميع الدول الموقعة عليها بكافة ما جاء بها من تشريعات من اجل الحماية الدولية للنبات. تلتزم كل حكومة بالتدابير المشتركة والفعالة الرامية إلى تلافي انتشار ودخول الآفات والأمراض التي تصيب النباتات والمنتجات النباتية، وتعزيز التدابير الرامية إلى مكافحتها. يمتد نطاق الاتفاقية ليشمل وقاية النباتات المزروعة والطبيعية فضلا عن المنتجات النباتية وتشمل الأضرار المباشرة وغير المباشرة الناجمة عن الآفات.

مهام الحجر الزراعي:

- ❖ استبعاد الآفات ذات التأثير المعنوي والتي تنتقل بطرق من صنع الإنسان من خلال الشحنات الزراعية، أو اختزال المخاطرة من دخول مثل هذه الكائنات إلى حد مقبول.
- ❖ استئصال الأمراض أو الآفات التي دخلت حديثا إلى منطقة ما بطريقة طبيعية أو عبر مسارات من صنع الإنسان.
- ❖ معاونة منتجي و مصدري السلع الزراعية لتحقيق متطلبات الحجر الزراعي للدول المستوردة.

ثالثاً- هيئة تدابير الصحة النباتية:

وهي أي تشريعات أو لوائح أو إجراءات رسمية تستهدف منع دخول و/أو انتشار الآفات. وقد أنشئت في قطرنا آنذاك مصلحة للحجر الزراعي بموجب المرسوم التشريعي رقم 132 لعام 1953 وكان لها أثر فعال في تحديد انتشار الحشرات والأمراض ولاسيما الداخلة منها إلى بلدنا عن طريق الاستيراد وكذلك في تحسين سمعة الصادرات السورية الزراعية التي تصدر إلى الخارج بإعطائها شهادة صحية زراعية بعد فحصها والتأكد من خلوها من الحشرات والأمراض ومنع المصدرون مع تصدير محاصيلهم قبل عرضها على موظفي الحجر الصحي والتأكد من سلامتها وخلوها من الآفات الزراعية وهذا عامل هام جداً دفع المنتجين إلى العناية بمحاصيلهم وخاصة في مكافحة الآفات المكافحة وإجرائها على الوجه الأكمل.

ويقوم الحجر الصحي الزراعي بالقطر بالأعمال الآتية:

1. فحص الإرساليات الزراعية الصادرة والواردة بما في ذلك الأواني ووسائل الحزم والتعبئة وسائر الأدوات على اختلاف أنواعها وغيرها من الأشياء التي يمكن أن ترافق تلك الإرساليات.

2. السماح بدخول الإرساليات الزراعية الواردة إلى القطر السوري والمصابة بإحدى الآفات الزراعية المذكورة في الجدول رقم 2 (ملحق بقانون الحجر) بعد فحصها قبل موظفي الحجر الصحي الزراعي وتعقيمها والتأكد من أن نسبة الإصابة لاتتجاوز الحدود المسموح بها وهي 2% إذا كانت معدة للزراعة و 5% للاستهلاك.

3. منح شهادة تثبت منشأ الرسالة الزراعية الصادرة عن القطر العربي السوري وحالتها الصحية وخلوها من الآفات الزراعية الضارة (شهادة صحية) وفقاً للنموذج الدولي المتفق عليه دولياً بموجب الاتفاقية الدولية لحماية النباتات المعقودة في روما عام 1951.

4. منع دخول الإرساليات الزراعية الواردة إلى القطر إذا كانت مصابة بإحدى الآفات المذكورة في الجدول رقم /1/ الملحق بقانون الحجر الصحي الزراعي رقم 237 لعام 1960 المرافق.

5. إن كافة الإرساليات الزراعية الواردة إلى القطر والمصابة بإحدى الآفات المذكورة في الجدول رقم 2 يجري تعقيمها وتطهيرها بالطريقة التي يراها الحجر مناسبة وعلى نفقة مستوردها.

6. إن كافة الإرساليات الزراعية الواردة إلى القطر يجب أن تكون مرفقة بشهادة صحية وشهادة منشأ صادر عن المصلحة المختصة في البلد المصدر ومطابقة للنموذج الدولي.

7. يجب أن تكون الإرسالية الزراعية الواردة إلى القطر موضوعة ومحزمة بطريقة يسهل فحصها وتعقيمها عند الضرورة وإلا فيجري فتحها من قبل موظفي الحجر.

8. على كل مستورد أو مصدر أن يتقدم بطلب خطي إلى مديرية وقاية المزروعات (الحجر الزراعي) لأخذ الموافقة على الاستيراد أصولاً.

9. يمنع منعاً باتاً تصدير الإرساليات الزراعية على اختلاف أنواعها إذا كان منشؤها حقولاً أو مشاتل موبوءة معترف بخطورتها دولياً.

10. يجب فحص الإرسالية الزراعي المراد تصديرها جيداً من قبل تصديرها.

ولتنفيذ هذه المهام فقد منح القانون المذكور صفة الضابطة العدلية لجميع العاملين في الحجر الصحي الزراعي عند قيامهم بمهمتهم المذكورة (بعد تأدية اليمين القانونية) لدى إحدى المحاكم.

ومن هنا كان تنظيم شؤون الحجر الزراعي بالنسبة للقطر العربي السوري من الأهمية بمكان ولا سيما أن ظروف القطر الخاصة تستدعي عدم التأخر في إنجاز هذا الموضوع للأمور التالية:

1) إن مناخ القطر معتدل بصورة عامة وهذا ما يجعل منه بيئة صالحة لانتشار كثير من الآفات الزراعية فيه وكذلك ناقلة لها لما يمكن أن يتسرب إليه بصورة سريعة.

2) يقع القطر على ملتقى طرق تجارية عالمية وهذا ما يجعل منه ممراً لحركة دائمة من الترانزيت الدولي سواء كان مستورداً من دول بعيدة من المنطقة إلى كل من إيران والعراق والأردن والسعودية وإمارات الخليج العربي أو كترانزيت متبادل مابين هذه الدول وبعضها عن طريق الأراضي السورية.

3) مجاورة حدود سورية لعدد من الدول كتركيا ولبنان والعراق والأردن ووجود مبادلات زراعية نشطة بينها وبينهم.

4) كون سورية بلد زراعي كما ينتظر له توسعاً ملحوظاً في هذا المضمار مما يستدعي وضع سياسة حجرية قوية وحماية لهذه الثروة الزراعية الهامة.

5) إن سورية تستورد إرساليات زراعية مختلفة من مختلف دول العالم مما يجعلها عرضة لتسرب آفات جديدة وغريبة مع تلك الإرساليات المستوردة ولابد لتنظيم شؤون

الحجر الزراعي من أن تتوفر له مجموعة من الدراسات الفنية تسير على ضوئها في فرض قيود ووضع تعليمات وهي تلخص بما يلي:

أ- إجراء حصر عام للحشرات والأمراض الزراعية الموجودة في البلد وتحديد أماكن انتشارها وهل هي عامة أو أنها محدودة وكذلك تعيين نسبة ما تسببه من أضرار.

ب- تحديد الآفات الزراعية التي يمكن وضع برامج مكافحة لها بحيث يمكن القضاء عليها عندما تتوفر الجهود لمكافحتها وكذلك تحديد الآفات التي يمكن أن يشملها دون أن يكون هناك سبيل للتخلص النهائي منها وأخيراً تحديد الآفات التي لا يمكن أن يشملها برنامج الإبادة أو المكافحة فتترك وشأنها إما لضعف أضرارها أو عدم جدوى اقتصادية مكافحتها.

ت- معرفة السياسة الزراعية المحلية والمقبلة في البلد وذلك بتحديد المحاصيل المهمة الموجودة فيها وكذلك المحاصيل المهمة التي يمكن أن توجد فيها أو التي يرغب في التوسع بزراعتها وذلك لفرض القيود المناسبة التي تحول دون تسرب أية آفة زراعية يمكن أن تصيبها.

ث- إجراء حصر أو اكتشاف الآفات الموجودة في البلاد المجاورة وكذلك التي تستورد منها إرساليات ويجب أن يشمل ذلك بمعرفة تاريخ حياتها والعوامل التي تعيش عليها والظروف البيئية التي تلائمها وكذلك الوسائل التي يمكن أن تنتقل بها (الاستعانة بالخرائط النباتية).

إن الحجر الصحي الزراعي يحتاج إلى جهاز فني يؤمن له كل هذه الدراسات ويكون على صلة وإطلاع بكل ما يجد من أخبار ظهور وانتشار الآفات الزراعية في شتى أنحاء العالم. ووضع الحجر الزراعي حالياً في القطر لازال في مراحله الأولية فهو مازال بحاجة إلى الدراسات الفنية التي سبق التنويه عنها لتنظيم شؤونه على أساس علمي سليم كما أن عدد المهندسين والمراقبين الذين يناط بهم الكشف على الإرساليات الزراعية سيما الواردة منها مازال دون الحاجة بكثير ومستواهم الفني مازال بحاجة إلى المزيد من الخبرة والتمرس بأعمال الحجر ولا تزال أعمال الحجر تسير بأسلوب عادي لا يتفق مع

خطر المسؤولية التي يتحملها موظف الحجر المرابط على حدود وطنه ليصد عنه غائلة آفات زراعية ربما ينجم عن تسربها إلى بلدة أفدح الخسائر بالثروة الزراعية.

وقد بدأت وزارة الزراعة تشعر في السنين الأخيرة بأهمية الحجر الزراعي بالقطر والضرورة الماسة لتنظيم شؤونه فأخذت بتلافي النقص الكبير في جهازه بحيث عملت ومازالت تسعى لزيادة عدد الموظفين والعاملين فيه ويؤمل أن يرتفع هذا العدد حتى يدعم جهاز الحجر بالعدد الوافي من المهندسين والمراقبين كما تقوم الوزارة بين فترة وأخرى بإقامة دورات تدريبية للعدد الموجود منهم حالياً لرفع مستواهم العلمي والعملي في أعمال الحجر، كما أنها بدأت بإقامة الأبنية اللازمة على الحدود لجعلها مراكز ثابتة للحجر تؤمن للموظف الراحة والاستقرار ولعمله الانتظام ودقة التنفيذ.

رابعاً- الإرسالية الزراعية:

يسمح باستيراد الإرساليات الزراعية بعد أخذ موافقة مسبقة على الأنواع والأصناف من قبل الجهات المختصة في الوزارة على أن تخضع لإجراءات الحجر الصحي الزراعي وتنظيماته وأن تكون مرفقة بالشهادة الصحية الزراعية المصدقة من السلطات الرسمية في بلد المنشأ والمطابقة للشهادة المتفق عليها دولياً لعام 1951 إضافة إلى شهادة المنشأ. إن الشروط الصحية المطبقة على الإرساليات الزراعية الواردة هي الشروط نفسها التي تطبق على الإرساليات الصادرة، إن الغراس والشتول والأبصال والعقل والبذور المختلفة المستوردة لغرض الزراعة والإكثار والمنتجات النباتية المستوردة لغرض الغذاء وكذلك أجزاء النباتات الأخرى يجب أن تتم الموافقة على استيرادها من قبل الوزارة بشكل مسبق بناء على نوع الإرسالية المستوردة ونوع الآفات الموجودة في بلد المنشأ. ويحدد هذا من قبل الجهة الفنية المختصة في الوزارة شريطة أن تكون الإرساليات خالية من التراب (التربة الزراعية أو السماد العضوي). هذا وتخضع الغراس والشتول والعقل والأبصال وأجزاء النباتات الأخرى لفحص دقيق في مراكز الحجر الصحي الزراعي عند دخولها إلى منافذ الحدود والموانئ الجوية والمرافئ، ويجب أن ينص في الشهادة الصحية الزراعية المرافقة للإرسالية الزراعية أنها خالية من الآفات

المذكورة في الجدول رقم (1) المرافق لقانون الحجر الصحي الزراعي وعلى الأخص ما يلي:

1) خنفساء كلورادو *Leptinotarsa decemlincata*
2) فراشة درنات البطاطا *Phthorimaea opercuella*
3) مرض سرطان البطاطا *Synchytrium endobioticum*
4) مرض الساق الأسود البكتيري *Pectobaterium carotovora*
5) مرض العفن الرخو البكتيري *Erwinia caratovora*
6) مرض العفن الحلقي البكتيري *Corynobacterium sepodonicum*
7) مرض العفن البني *Pseudomonas solanicum*
8) الديدان الثعبانية الذهبية *Golobodera rostochiensis*
9) الأمراض الفيروسية المختلفة (راجع الفصل السادس) Virus diseases
10) الخنفساء اليابانية *Popillia japanion*
11) خنفساء الخابرة *Trogoderma granarium*
12) مرض تقرح الحمضيات *Xanthomonas citri*

إن الإرساليات الزراعية كافة إضافة لما سبق تخضع للإجراءات الحجرية وأخذ العينات للفحص بمراكز الوصول أو المختبرات الخاصة بوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي أو مراكز البحوث العلمية الزراعية أو أية إجراءات أخرى.

الشروط والمواصفات اللازمة لاستيراد الإرساليات النباتية والمنتجات الزراعية الداخلة:

عند وصول الإرساليات الزراعية والنباتية والمنتجات الزراعية إلى المحاجر المختلفة يتم مطابقة المستندات المرفقة مع الإرساليات مع الشروط والمواصفات اللازمة لكل إرسالية، من حيث الشهادات الزراعية الصحية والقوائم المرفقة بها وتوضيح

الأصناف والأنواع، شهادات التحليل الخاصة بالمبيدات والأسمدة، والأوراق الأخرى الخاصة بالإرساليات الزراعية.

1) الشروط والمواصفات اللازمة الخاصة بالبذور والتقاوي الخاصة بالإنتاج الزراعي:

يتم فحص البذور والتقاوي التي تستخدم في الإنتاج الزراعي والتي تصل إرساليات تجارية ويكون الفحص ظاهرياً، والمستندات المرفقة مع هذه الإرساليات:

أ- الشهادة الصحية الزراعية، شهادة المنشأ بالقوائم المرفقة، بوليصة الشحن أو البيان الوارد.

ب- مطابقة بيانات الشهادات المرفقة مع البيانات الموجودة بالإرساليات النباتية الواردة والتي تشمل:

- نوع البذور وصنفها.
- عدد الطرود والكمية والوزن ونوع العبوات.
- تاريخ الإنتاج وتاريخ الانتهاء وتاريخ الصلاحية.
- المعالجات الكيميائية والتطهير والإجراءات الفنية الأخرى التي أريت قبل التعبئة.
- بلد المنشأ والشركات المنتجة.
- نسبة الإنبات ونسبة النقاوة.
- خلوها من الآفات والأمراض وعدم وجود أي طور من أطوار الآفات (بيض- يرقات أو حوريات- عذارى- مسببات مرضية فطرية وبكتيرية- نيماتودا- هيفات فطرية- ميسيليوم أكياس جرثومية وغير ذلك).
- سلامة البذور والتقاوي من الكسر والتلف والعفن.

2) الشروط والمواصفات الخاصة بالشتلات الزراعية والنباتات والأشجار:

تشمل هذه الإرساليات والإرساليات التجارية من شتلات الفاكهة والخضر وشتلات نباتات الزينة وزهور القطف والنباتات والأشجار بأنواعها المختلفة المستخدمة في المجال الزراعي.

المستندات المطلوبة:

- الشهادات الصحية والزراعية.
- القوائم المرفقة توضح الأسماء والعدد والنوع والصنف.
- بوليصة الشحن أو بيان الوارد.
- مطابقة بيانات المستندات مع بيانات الإرساليات الواردة.

المحظورات والممنوعات:

- وجود تربة طبيعية مع هذه الإرساليات أياً كانت نوعها.
- إصابتها بآفات وأمراض حجرية أو إصابات يصعب التخلص منها.
- انتشار الآفات والأمراض الوبائية بها.
- عدم تعبئتها في عبوات نباتية.

3) الشروط والمواصفات الخاصة بالمنتجات الزراعية والنباتية:

تشمل هذه الإرساليات الخضراوات والفاكهة والدرنات والأبصال والريزومات والحبوب وغير ذلك من المنتجات الزراعية التي لم تغير من طبيعتها.

المستندات المطلوبة:

- الشهادة الصحية الزراعية.
- القوائم المرفقة.
- بوليصة الشحن والبيان الجمركي.

الشروط والمواصفات:

- خلوها من الآفات والأمراض وعدم وجود مظهر الإصابة أو وجود أحد أطوار الآفات والمسببات المرضية الأخرى.
- عدم وجود تربة عالقة بها.
- عدم تلوثها بالمبيدات الكيميائية أو المواد الأخرى والمواد البترولية.
- مطابقة هذه الإرساليات لقوانين الحجر الزراعي والنظم واللوائح.

- مطابقة هذه المنتجات للمواصفات والمقاييس المعمول بها في القطر موضحاً فيها اسم المنتج والصنف والنوع وتاريخ التعبئة وبلد المنشأ والوزن.

4) الإرساليات الخاصة بالأعلاف:

تشمل الأعلاف الخضراء والجافة والحبوب المختلفة المستخدمة كعلف:

المستندات المطلوبة:

- الشهادة الصحية الزراعية.
- الشهادات الخاصة بعمليات التبخير والمعاملة.
- بوليصة الشحن والبيان الجمركي.

الشروط والمواصفات:

- خلوها من الآفات والأمراض خاصة حشرات السوس التي تصيب الأعلاف في الحقل والمخازن.
- مطابقة هذه الإرساليات لقوانين الحجر الزراعي والنظم واللوائح.
- مطابقتها للمواصفات والقياسات المعمول بها في القطر.

5) الأسمدة الزراعية ومخصبات التربة الزراعية:

هناك عدة أنواع من الأسمدة الزراعية التي تستخدم في المجال الزراعي وتشمل:

- الأسمدة العضوية الزراعية من أصل نباتي.
- الأسمدة العضوية الزراعية من أصل حيواني.
- الأسمدة الزراعية الكيميائية.
- المخصبات الزراعية المستخدمة في تحسين خواص التربة.

المستندات المطلوبة:

1. الشهادة الزراعية الصحية للأسمدة العضوية النباتية والحيوانية.
2. شهادة تحليل مخبري من مختبر محايد تابع لوزارة الزراعة بالنسبة للأسمدة العضوية النباتية والحيوانية.
3. بوليصة الشحن وبيان الوارد.

4. شهادة التعقيم الحراري والمعاملات الفنية الأخرى للأسمدة العضوية.

5. موافقة حماية البيئة المسبقة سارية المفعول بالنسبة للأسمدة الكيماوية والمخصبات الكيماوية الأخرى.

6. شهادة التحليل الكيميائي للأسمدة والمخصبات الكيميائية.

7. العبوات المستخدمة بالمواصفات القياسية موضحاً فيها ما يأتي:

- الاسم التجاري.
- النسب المئوية للمكونات.
- اسم الشركة المنتجة وبلد المنشأ.
- نوع السماد المستورد والوزن وتاريخ الإنتاج ومدة الصلاحية وتاريخ الانتهاء وكيفية الاستخدام.
- مطابقة البيانات الموجودة في المستندات مع البيانات الموجودة في الإرساليات

6) المواصفات والشروط الخاصة بإرساليات مبيدات الآفات:

وتشمل مبيدات الآفات ما يلي: المبيدات الحشرية، المبيدات الفطرية، مبيدات الأعشاب، مبيدات القوارض، مبيدات النيماتودا، مبيدات الأكاروسات، المبيدات البكتيرية وغيرها والمركبات المستخدمة في مكافحة الآفات الزراعية مثل المواد الطاردة والمواد الجاذبة وكذلك المواد التي تستخدم في المكافحة السلوكية والتعقيم الكيميائي. ونظراً لخطورة هذه المواد وتأثيرها الخطير على الإنسان والحيوان والبيئة بشكل عام، اهتمت الدولة بهذه المركبات ووضعت لها القوانين والنظم الخاصة بها وبتداولها وتنظيم استيرادها.

المستندات المطلوبة:

1. موافقة وزارة البيئة المسبقة.
2. شهادة التحليل من مخبر محايد أو مختبرات الحكومة الخاصة بذلك.
3. شهادة خلوها من المواد المشعة.
4. بوليصة الشحن وبيان الوارد.

5. القوائم الخاصة بأسماء المبيدات ونوعها.

الشروط والمواصفات:

1. اسم المبيد التجاري والاسم العام والاسم العلمي ومطابقة هذه الأسماء بالقوائم الدولية للمبيدات المحظور تداولها دولياً مثل مركبات السيكلودائين- المبيدات الكلورية- مركبات الزرنيخ- مركبات الرصاص وغيرها من المبيدات المحظور تداولها.

2. مطابقة المبيدات المستوردة بالقوائم المحلية الخاصة بالتعليمات الإدارية للمبيدات المحظور تداولها وذلك نتيجة ظهور حالات مقاومة أو تحمل التركيزات العالية لبعض الآفات لهذه المبيدات.

3. معرفة المادة الفعالة ونسبتها المئوية.

4. معرفة نوع المبيد وتركيزه ونوع العبوات.

5. تاريخ الإنتاج وتاريخ الانتهاء والصلاحية.

6. المسلسل الدولي والشركة المنتجة ومعرفة كيفية التخلص من الأثر المتبقي لهذه المركبات ومخلفات المبيدات من العبوات الفارغة.

7. بيانات البطاقة الموجودة بالمبيد يجب أن تكون باللغة العربية والإنجليزية وكذلك النشرات الخاصة بالمبيد.

كيفية الكشف عن الإصابة وطرق تحديدها في أهم الإرساليات الزراعية المختلفة:

1. **أخذ العينة:** تؤخذ بالطريقة العشوائية ويجب أن تكون العينة العشوائية ممثلة تمثيلاً كاملاً للإرساليات الزراعية وهي التي يجري فحصها وحساب نسبة الإصابة فيها نتيجة لذلك الفحص ويجب أن لاتقل العينة المفحوصة في أي حال من الأحوال عن 10/1 % من إجمالي الإرسالية الزراعية الواردة إلى القطر.

2. **الكشف عن الإصابة وتحديد نسبتها في المواد المطحونة:**

يوجد طريقتان للكشف عن الإصابة وهما:

- **طريقة النخل:** بعد أخذ العينات العشوائية التي تمثل الإرسالية الزراعية للطحين أو المواد المطحونة يتبع الآتي:

أ- تؤخذ عينة من العينات المأخوذة وزنها 500غ وتوضع في منخل معدني ويتم النخل بحركات دائرية حتى نهاية العينة.

ب- تعد الحشرات الموجودة فوق المنخل.

ت- يضرب الناتج ×2 باعتبار أن العينة المأخوذة هي نصف كيلو فيكون الحاصل هو نسبة الإصابة في العينة الأولى.

ث- تكرار العمليات السابقة على جميع العينات المراد فحصها.

ج- يجمع ناتج العينات ويقسم على عددها (المعدل الوسطي) فيكون الناتج هو نسبة الإصابة للإرسالية الزراعية.

ملاحظة: هناك نوعان من المناخل الأول قطر كل فتحة من فتحاته 1مم والثاني 2.25 مم. تحسب نسبة الإصابة على أساس الأطوار الحية (يرقة، عذراء، حشرة كاملة).

- **طريقة الالتقاط اليدوي:** بعد أخذ العينات كما في الطريقة السابقة يتبع الآتي:

أ- تؤخذ عينة من العينات العشوائية وزنها نصف كيلو غرام وتنشر على ورقة بيضاء كبيرة ويجرى تقليبها جيداً فوق الورقة المذكورة شيئاً فشيئاً ثم تلتقط الحشرات الموجودة بواسطة ملقط خاص وتوضع في كأس أو وعاء حتى الانتهاء من العينة.

ب- تعد الحشرات الموجودة في كل عينة.

ت- يضرب الناتج بـ 2 باعتبار أن المادة المأخوذة هي نصف كيلو غرام فيكون حاصل الضرب هو نسبة الإصابة في العينة الأولى.

ث- تُكرر العمليات السابقة على جميع العينات المراد فحصها.

ج- يجمع ناتج العينات ويقسم على عددها (المعدل الوسطي) فيكون الناتج هو نسبة الإصابة في الإرسالية الزراعية.

3. **طرق تحديد الإصابة في الحبوب الكاملة غير المطحونة:** وهناك طريقتان:

أ- طريقة النخل: بعد أخذ العينات العشوائية التي تمثل الإرسالية الزراعية للحبوب يتبع الآتي:

- تؤخذ العينة الأولى من الحبوب وزنها 1كغ وتوضع في منخل معدني ويتم النخل بحركات دائرية فوق قطعة من الورق الأبيض حيث يسقط السوس والحشرات عليها.

- تعد الحشرات والسوس الساقطة من المنخل على الورقة فيكون الناتج هو الإصابة في العينة الأولى.

- تُكرر العمليتان السابقتان على كافة العينات.

- يؤخذ المعدل الوسطي للعينات فيكون الناتج هو نسبة الإصابة في الإرسالية الزراعية.

ملاحظة: تتبع هذه الطريقة إذا كانت الحبوب أكبر من 2.25 مم (فتحات المنخل).

- الطريقة اليدوية وتتم كما يلي:

- يؤخذ 1 كغ وزناً من العينة الأولى ويقسم إلى خمسة أقسام أي أن كل قسم وزنه 200 غرام.

- توضع وزنة 200غرام في كأس بيشر ويصب فوقه ماء فاتر درجة حرارته مساوية لدرجة حرارة الغرفة أو مكان الفحص.

- تطفو الحبوب المصابة، فتؤخذ وتقطع بسكين حادة لمشاهدة اليرقات والعذارى بداخلها.

- تعد اليرقات والعذارى الموجودة في العينة، ثم يضرب الناتج بـ5 وهذا الناتج هو نسبة الإصابة في العينة الأولى.

- تكرر العمليات السابقة على كافة العينات ويؤخذ المعدل الوسطي لها والناتج هو نسبة الإصابة في الإرسالية الزراعية.

4. **نسبة الإصابة في الحمضيات وخاصة الحشرات القشرية الحمراء والسوداء:**

ويتبع ما يلي لتحديد الإصابة:

- يؤخذ 100 ثمرة من البرتقال أو الليمون عشوائياً لكل عينة وتحسب عدد الثمار المصابة وعدد الحشرات على كل ثمرة وكذلك السليمة.

- يؤخذ وسطي العينات فيكون الناتج هو الإصابة في الإرسالية الزراعية.

وترفض الإرسالية الزراعية للحمضيات من كافة مراكز الحجر الصحي الزراعي في القطر إذا زادت نسبة الثمار المصابة في الحشرات القشرية عن 15% وعدد الحشرات على الثمار المصابة يزيد عن 15 نمشة عدا الإرساليات الواردة إلى محافظتي طرطوس واللاذقية على أنهما منطقتان لزراعة الحمضيات فترفض الإرسالية الحمضيات الواردة إلى المحافظتين إذا زادت الثمار المصابة عن 10% وعلى كل شجرة مصابة أكثر من 5 نمشات وتخضع كافة الحمضيات التي ستدخل المحافظتين المذكورتين لفحصهما في مركز العريضة سواء كانت واردة من الداخل أو الخارج وتعاد الإرسالية المرفوضة من الحمضيات إلى مصدرها دون اللجوء إلى عملية التعقيم.

5. **تحديد نسبة الإصابة في العناكب (الأكاروس) على التفاح:** ويتبع ما يأتي:

- تؤخذ مجموعة من العينات كل منها مائة ثمرة.
- تفحص بواسطة عدسة مكبرة أو بالعين المجردة ويفضل الفحص بالعدسة أعناق الثمار والحوامل لمشاهدة الحيوانات العنكبوتية (الأكاروس).
- يؤخذ وسطي العينات المفحوصة فيكون الناتج هو نسبة الإصابة في الإرسالية الزراعية وترفض الإرسالية الزراعية للتفاح وفق ما يأتي :

أ- إذا تجاوزت نسبة الإصابة بالأكاروس 20% خلال الفترة الواقعة بين مطلع كانون الثاني ولغاية شهر آذار من كل عام.

ب- إذا تجاوزت نسبة الإصابة بالأكاروس 5% خلال الفترة الواقعة بين شهر نيسان ولغاية شهر كانون أول من كل عام.

ملاحظات: تعني كلمة الإصابة هنا إصابة حية متحركة (الأكاروس).

6. تحديد نسبة الإصابة في البطاطا:

- تؤخذ عينات عشوائية تمثل كامل الإرسالية الزراعية وعدد درنات كل عينة 100 درنة.
- يجرى فحص درنات العينة وتسجل نتائجها فيكون الناتج هو نسبة الإصابة بالعينة.

- يؤخذ متوسط العينات فيكون الناتج هو متوسط الإصابة بالإرسالية.

وترفض إرسالية البطاطا في إحدى الحالات التالية:

أ- إذا كانت مصابة بإحدى الآفات والأمراض الممنوع دخولها إلى القطر والواردة بالجدول (1) والمرفق بالقانون رقم 237 لعام 1960 وتعديلاته.

ب- إذا زادت نسبة الإصابة باللفحة المتأخرة والفوما عن 2%.

ت- إذا زادت نسبة الإصابة بالجرب العادي أو المسحوقي عن 10% وأن تزيد المساحة السطحية للدرنات المصابة عن 5% من سطح كل درنة و90% الباقي ليست سليمة تماماً وإنما أقل من 5% من السطح الكلي.

ث- إذا زادت نسبة العفن الطري البكتيري عن درنة واحدة في كل ثلاثة أكياس 150 كغ وذلك في مرافئ الشحن ودرنة واحدة في كل كيس في مرافئ الوصول.

ج- إذا زادت نسبة الإصابة بالرازكتونيا عن 5% لأكثر من سطح الدرنة المصابة والـ95% الباقية سليمة تماماً.

ح- تطبيق هذه الشروط على بطاطا البذور.

خ- أما بطاطا الطعام فتطبق عليها الشروط نفسها عند الإصابة باللفحة والفوما حيث ترفض الإرسال إذا زادت نسبة الإصابة بها عن 5% ويجب أن لاتكون الدرنات منبتة على عكس بطاطا البذار.

7. تحديد نسبة الإصابة في الغراس المثمرة:

أ- الغراس المثمرة ومثالها غراس التفاح حيث تؤخذ عينة عشوائية حسب العبوات التي شحنت بها الإرسالية الزراعية سواء أكانت صناديق أو طرود على أن تكون ممثلة تمثيلاً صحيحاً للإرسالية ويجري الفحص كما يلي:

تفتح الصناديق أو الطرود ويجري الفحص لمحتوياتها كاملة بكل دقة، غرسةً غرسةً فإذا وجدت مصابة بمرض أو آفة من الآفات المحددة بالجدول رقم (1) فترفض كافة الإرساليات مهما كانت النسبة ومثال ذلك مرض التدرن التاجي *Agrobacterium tomefacenes* أما إذا كانت مصابة بآفة أو مرض محدد بالجدول رقم (2) فيسمح

بدخولها إذا بلغت نسبة الإصابة 2% وإذا زادت عن ذلك فيجرى تعقيمها إذا كان التعقيم يمكن من إبادة مابها أو ترفض إذا كان التعقيم لايجدي ونسبة الإصابة أكثر من (2%).

ب- الغراس الموجودة بصلاية من الطين ومثالها غراس الزيتون والحمضيات المزروعة في أكياس نايلون أو علب معدنية فتفحص كما يلي:

ت- تؤخذ عينة عشوائية ممثلة تمثيلاً صحيحاً للإرسالية من حيث الموقع والمظهر والنمو والعدد ويجري إبعاد التراب عنها بحذر شديد حتى لا تقطع الجذور الدقيقة ولا سيما العرضية منها وذلك بصب الماء على الجذور وغسلها جيداً للبحث عن ثآليل النيماتودا على تلك الجذور حيث من الآفات الواردة في الجدول رقم (1) الملحق بالقانون 237 فترفض الإرسالية في حال وجود الإصابة بالنيماتودا بأية نسبة كانت حيث التآليل واضحة للعيان ويكون حجمها مابين رأس الدبوس وحبة الحمص أو تزيد عن ذلك.

ملاحظة: في حال وجود شك الإصابة يلجأ الفاحص عادة إلى الطرق المخبرية لقطع دابر الشك وهناك عدة طرق أبسطها هي عملية هرس الجذور وتحضينها في طبق بئري به ماء 25م°في مكان حيث تنزل النيماتودا إلى الماء وذلك خلال مدة التحضين البالغة 24 ساعة ثم يجرى فحصها بواسطة البابنكلر ويستدل على النيماتودا من وجود ألوان وبقع مضيئة على الجذور ويكون شكل الأنثى كمثرى والذكر خيطي، كما توجد طريقة الصبغ السريع بمادة الفوكسين.

يجب أن لا تتجاوز نسبة الأعشاب الضارة (شوفان بري، زيوان، قنجر...الخ) المختلطة بالأعلاف غير المركبة المستوردة كالشعير والقمح عن 5 بذرات أعشاب في كل 100 غ من الشعير والقمح وهذا هو الحد الأعلى المسموح به.

طرق تطهير الرسائل الزراعية الواردة تحت إشراف الحجر الزراعي:

1. التبخير.
2. الغمر في المياه الساخنة.
3. التحميص.
4. التطهير بالبخار.

5. التطهير بالسوائل المطهرة.

التبخير:

يتم تطهير الإرساليات الزراعية المصابة بآفات حشرية قبل الإفراج عنها بمحطات التبخير التابعة لمكاتب الحجر الزراعي.

- طرق التبخير: يتم التبخير بعدة طرق:

أ- **التبخير تحت الضغط الجوي العادي:**

ويتم بعدة طرق:

- التبخير بالصناديق.
- التبخير بالغرف.
- التبخير بالمخازن.
- التبخير تحت مشمعات التربولين.

ب- **التبخير الفراغي:**

ويستخدم للرسائل الزراعية المكبوسة كبالات القطن والفواكه المجففة والمضغوطة في صناديق خشبية وطرود العجوة وغيرها.

خامساً- المنطقة الخالية من الآفات:

هناك كثير من المسوغات التي دفعت المختصين في فروع وقاية النباتات اللجوء إلى إنشاء جهاز العزل النباتي بقصد حماية النباتات واجتناب الخسائر الناتجة عن انتشار الآفات المحلية وانتقالها من مناطق مصابة إلى مناطق خالية منها أو الآفات التي يتم استجلابها من خارج البلاد واحتمال تسربها إلى الداخل. وإذا كان الخبراء في علم وقاية النباتات يرون أن انتشار الآفات في جميع مناطق العالم التي تناسبها مناخياً وبيئياً أمر حتمي لامفر منه نظراً لتطور وسائل النقل السريع حول العالم وضخامة حجم التبادل التجاري العالمي، فإنهم يعتبرون إجراءات العزل النباتي من الوسائل الوقائية الهامة في التطبيق حيث تؤدي وظيفة مهمة تتجسد في الحد من أو تقليل إمكانية تسرب الآفات إلى

المناطق الخالية منها كما أن أجهزة العزل النباتي تقوم بعمليات الإنذار المبكر من أجل التصدي لاحتمالات تسرب الآفات مستقبلاً وبفضل هذا الدور يمكن للبشرية أن يكون لديها الوقت الكافي لكي تعد نفسها لمواجهة احتمالات تسرب الآفات وتجنب أضرارها.
وإن عمليات العزل النباتي والتجارب التي مرت بها بعض الدول من أجل التصدي لبعض الآفات الاقتصادية الهامة والتي تمكنت من التسرب إلى داخل تلك الدول، قد أدت إلى نجاح كافة التدابير التي اتخذت من أجل حصر هذه الآفات وإبادتها تماماً. وفيما يلي عرض لبعض الأمثلة الخاصة بزراعة الحمضيات في بعض دول العالم ومدى الأثر الذي قام به المختصون في وقاية النباتات باتباع أسلوب العزل النباتي في المحافظة على هذا المحصول الهام: مرض تقرح الحمضيات *Xanthomonas citri* Citrus canker لقد تسرب هذا المرض إلى الولايات المتحدة الأمريكية عام 1911 مع أشجار الحمضيات المستوردة من اليابان، وانتشر هذا المرض في خمسة ولايات هي: فلوريدا، الاباما، لويزيانا، ميسيسيبي تكساس، وقد حدث ذلك رغم الاحتياطات المتخذة في نطاق العزل النباتي في ذلك الوقت. ويرجع سبب ذلك إلى نقص المعلومات الكافية لدى الأجهزة الفنية عن الأمراض النباتية ولاسيما في مجال إصابة النباتات وأعراض الإصابة ووسائل الفحص وكيفية الكشف عن الأمراض النباتية. وعلى إثر ظهور الأعراض المرضية وملاحظتها تم تطبيق الإجراءات الوقائية والتدابير القانونية بكل صرامة وحزم. وبدأت عمليات عزل المنطقة المصابة واقتلاع الأشجار من أجل إبادة المرض مع استخدام وسائل التطهير المناسبة وظل هذا العمل حتى أمكن التغلب على المرض والقضاء عليه من خلال سنوات تم خلالها اقتلاع وإحراق ما يقرب عن 257745 شجرة من البساتين المصابة وحوالي 3093110 شتلة من الحمضيات.

العزل النباتي :

إن أول إجراء قانوني خاص بالعزل النباتي من أجل وقاية النباتات اتخذ في ألمانيا ثم في فرنسا سنة 1875 حين منعت هاتان الدولتان استيراد البطاطا من الولايات المتحدة الأمريكية خشية تسرب وانتشار حشرة خنفساء الكلورادو التي تصيب البطاطا والتي

تمكنت ألمانيا من إبادتها في عام 1974 بعد أن سببت خسائر فادحة في حقول البطاطا وقد اتخذ هذا مثلاً لعدد من البلاد التي قامت بدورها بتطبيق إجراءات مماثلة ضد آفات اقتصادية أخرى. وتجسدت هذه المحاولات في توقيع أول اتفاق دولي بين الدول الأوروبية، وهي فرنسا وألمانيا إيطاليا النمسا المجر سويسرا إسبانيا والبرتغال، وتمت هذه الاتفاقية عام 1978 وكان الغرض الأساسي من هذه الاتفاقية، العمل على مكافحة حشرة الفيلوكسرا على العنب واتخاذ الإجراءات المشتركة والإجراءات الفردية لكل دولة على حده للحيلولة دون تفشي هذه الآفة وانتشارها.

تعريف العزل النباتي:

يعني هذا الاصطلاح أي إجراء قانوني يتخذ بهدف الحيلولة دون استيطان أية آفة قد تسبب أضراراً خطيرة وخسائر جسيمة للنباتات ذات الأهمية الاقتصادية أو بقصد تأجيل استيطانها بقدر المستطاع. وكذلك ينطبق هذا التعريف على كل إجراء يتخذ ويرمي إلى تجنب انتشار الآفات أو تأخير موعد انتشارها إذا كانت مستقرة في منطقة ما ويخشى تسربها إلى مناطق أخرى مجاورة خالية منها. وجميع الإجراءات التالية تخضع لمفهوم العزل النباتي.

تعريف حديقة العزل النباتية أو جزيرة العزل: حديقة العزل النباتية قد تكون :

- إما عبارة عن مزرعة (ضيعة) في منطقة معزولة عن مناطق الإنتاج الفلاحي أو في منطقة غابوية يتم إعدادها بحيث تكون مجهزة بالأجهزة والاحتياطات التي من شأنها منع تسرب الآفات الحشرية أو الأمراض النباتية إليها أو الآفات منها، وتكون مهمة هذه المزرعة استقبال النباتات بغرض الفحص الصحي للتأكد من وجود أو عدم وجود هذه الآفات من الحشرات والأمراض النباتية والحشائش الضارة.

- أو عبارة عن وحدة تضم عدد من المختبرات المتخصصة وبيوت زجاجية مكيفة الحرارة والرطوبة صناعياً. ومعدة إعداداً خاصة لاستقبال النباتات والبذور المستجلبة من

أجل الإكثار والزراعة بحيث تكون في معزل عن البيئة المجاورة وذلك بهدف الفحص الزراعي الصحي والتربية إلى فترات محدد لتأكيد خلوها من أية آفات ضارة.

وفي كلتا الحالتين نجد أن الهدف واحد، ألا وهو وقاية المزروعات من أخطار الآفات التي قد ترافق النباتات وتكون كامنة فيها ويصعب رؤيتها أو تحديد أماكن اختبائها والعمل على منع تسربها إلى البلاد المستوردة حتى يتقرر سلامتها من أجل تأمين استزراعها دون خشية التعرض لأي أضرار مستقبلاً. أما إذا ثبت إصابتها بآفة معينة ومعروف خطورتها أو عدم تواجدها في منطقة الاستجلاب يتم إعدامها فوراً والتخلص منها.

إذا كانت حديقة العزل النباتية إحدى الحلقات المهمة في سلسلة الإجراءات والأجهزة والوسائل الخاصة بعمليات العزل النباتي فإن إنشاؤها ونجاحها يستوجبان بعض الشروط كما يلي:

أ- أن تكون الدولة معنية ببرامج الانتقاء الصحي والنوعي في مجال تربية النباتات وبدرجة متقدمة بالنسبة لأنواع النباتات الممكن إنتاجها محلياً حتى لايقع أي نقص عند الحاجة.

ب- أن يكون الدولة لديها خططاً تنموية محددة في مجال الإنتاج النباتي وتكون هذه الخطط مدعمة بالقوانين والأجهزة الفنية والإدارية المتخصصة وذلك لاستمرار المحافظة على الجودة الصحية والجودة النوعية أثناء طور الإكثار والزراعة.

ت- أن تتوفر بالبلاد أجهزة البحث العلمي والمراقبة الفنية وأجهزة وقاية النباتات القادرة على تسيير كافة العمليات في إطار عمل متكامل ومدعمة بخطط عمل مدروسة حتى لا يقع خلل يسبب نقصاً في إمداد البلاد بما تحتاج إليها من النباتات المنتقاة الخالية من الآفات في أي صورة من صورها.

إلا أن بعض الدول تجد صعوبة في إنشاء هذه الحدائق الخاصة بعزل النباتات للأسباب الآتية:

- قلة المواقع المناسبة لإنشاء حديقة العزل النباتية بحيث تكون بمعزل عن المناطق الزراعية وبشرط توافر شروط العزل النباتي في المناطق المختارة. وفي هذا الميدان أيضاً يمكن الإشارة إلى استحالة منع حركة الحشرات والأمراض النباتية والآفات الأخرى ومنها النيماتودا.

- النقص الحاد في المتخصصين بالبلدان النامية، ولاسيما المتخصصين في علوم التقسيم والتصنيف.

- ارتفاع تكاليف تشغيل المختبرات وتجهيزها وكذلك البيوت الزجاجية والافتقار إلى إمكانيات الصيانة والإصلاح السريع في حالة تعرض بعض وحدات الحديقة أي تلف ما.

تقييم المخاطر Risk assessment:

وهو التقييم الوصفي والكمي لمخاطرة تتعرض لها حياة البشر و/أو البيئة نتيجة لاحتمال التعرض أو لوجود أو استخدام ملوث ما. وتقسم درجات المخاطرة إلى:

1) عالي الخطورة Highe Risk: تشمل الممرضات غير الموجودة في منطقة الدخول و هناك احتمال حدوث خسائر كبيرة في محاصيل هامة في حالة دخولها أو تسربها.

<u>الإجراءات المتبعة :</u>

يتراوح بين الحظر التام أو الحظر مع استثناء الدخول تحت اشتراطات معينة لتحقيق فائدة- مثال ذلك إدخال مادة وراثية لصنف ذو خصائص محصولية كمية أو وصفية مرغوبة ، أو مقاومته لمرض أو آفة. و في هذه الحالة يجرى تحليل للمنفعة المحتمل Risk\benefit analysis التحصل عليها في مقابل المخاطر الذي يمكن التعرض له، يتضمن التحليل وضع جميع المعلومات عن الآفة (المرض) في الاعتبار وذلك من حيث اللقاح ومدى احتفاظه بحيويته و طرق انتشاره و الظروف البيئية و مدى احتمال ملاءمتها له و كذا الأصناف السائدة و مدى احتمال قابليتها للإصابة لو تسرب

المرض و الإجراءات الواجب اتخاذها لمنع التسرب و تكلفة تلك الإجراءات، وتكلفة محاصرة المرض في حالة تسربه ... الخ، كل ذلك في مقابل المنفعة التي يراد الحصول عليها. تطبق في تلك الحالة أيضا إجراءات ما بعد الدخول مثل زراعة النباتات في منطقة منعزلة لفترة زمنية تكفي لظهور أعراض المرض المعني أو الكشف عنه أن وجد، واتخاذ كافة الضمانات لعدم التسرب والاستعداد لمحاصرة أية حالات تسرب.

2) قليل الخطورة Low risk: الآفة مستوطنة في منطقة الدخول أو جزء منها وهناك احتمال دخول سلالات أشد مرضية.

الإجراءات المتبعة :

توضع قيود أو ضوابط قبل الدخول لضمان عدم دخول سلالات جديدة أشد مرضية من الموجودة. يمكن استيرادها مع وضع بعض الضوابط ربما يستلزم الأمر إجراء تفتيش أو معاملة كيماوية قبل إصدار الشهادة الصحية الزراعية .

3) لا يوجد مخاطرة No risk: وهذا يعنى أن الآفة تتوطن بالفعل في منطقة الدخول واحتمال دخول سلالات أشد مرضية ضئيل للغاية أو أن النبات العائل ذو أهمية اقتصادية و بيئية محدودة.

الإجراءات المتبعة : لا قيود

الاعتبارات غير البيولوجية التي يمكن أن تؤثر على تصنيف درجة الخطورة:

المعيار الأساسي لتصنيف آفة من حيث درجة الخطورة الحجرية هو الناحية البيولوجية ، على النحو السلف الذكر . إلا أن أموراً أخرى قد تتدخل في تصنيف درجة خطورة آفة، فقد ترفع دولة "متحفظة حجريا" من درجة خطورة آفة بما يفوق درجة خطورتها الفعلية ،وعلى العكس قد تدنى "دولة متحررة حجريا" أخرى من خطورة نفس الآفة إلى مستويات أقل. وقد تتدخل العوامل السياسية والاقتصادية وغيرها في وضع آفة فئة بعينها أدنى أو أعلى خطورة من فئتها الفعلية . فقد تدنى دولة ما من درجة خطورة آفة لمادة نباتية لاعتبارات اقتصادية و اجتماعية مثل حدوث فاقد كبير في تلك السلعة

الإستراتيجية و يلزم دخولها تحت أي وضع لتغطية حاجة المستهلكين، أو لآن تلك السلعة ترد إليها مع سداد الثمن على أجل بعيد و قد ترد إليها كمعونة غذائية. وعلى العكس قد تضع دولة آفة لمادة نباتية في فئة أعلى مما تستحقه لأسباب اقتصادية مثل حماية المنتج المحلى وتقليل الاستيراد، وربما لأسباب اقتصادية سياسية مثل تقليل أو منع الاستيراد من دولة بعينها.

الفصل الثالث

دور النيماتودا الممرضة للحشرات في إدارة الحشرات الضارة

مقدمة Introduction:

تسبب الآفات الزراعية فقداً مهماً في المحاصيل الزراعية والمنتجات الغذائية، سواء في الحقول أو في البساتين أو في المخازن، ولعل من أهم وأخطر الآفات الزراعية الحشرات، والتي تعد مسؤولة عن إحداث حوالي 28% من الضرر للمحاصيل الزراعية في الحقول والبساتين والمخازن. وتُعد مكافحة الحشرات إحدى أوجه التنمية الزراعية، وكان الرائد في ذلك اللجوء إلى استعمال المبيدات الكيميائية، وبدأت الشركات تتنافس على إنتاج أنواع مختلفة من المبيدات وبكميات هائلة، وأفرط المزارعون بالرش الكثيف والعشوائي كماً ونوعاً وبطرق مختلفة حتى أنها أخلطت مع مياه الري، وأدى الاستخدام العشوائي للمبيدات إلى ظهور الكثير من الآثار السلبية منها: تلوث البيئة، ظهور الكثير من الأمراض الخطيرة التي تصيب الإنسان، قتل الكثير من الأعداء الحيوية الطبيعية الذي أدى إلى الإخلال بالتوازن الطبيعي بين الآفات وأعدائها الطبيعية، كما ظهرت السلالات المقاومة من الحشرات للمبيدات الكيميائية، وتحول كثير من الحشرات إلى آفات أولية تُحدث أضراراً كثيرة للمزروعات، لذلك كان لابد من العودة إلى النظام البيئي والتعامل معه بعقلانية وعدم اللجوء إلى إدخال مواد غريبة وجديدة قدر المستطاع للمحافظة على نظافة البيئة ومنع تلوثها حفاظاً على صحة الإنسان، وكنتيجة لذلك ظهر مفهوم الإدارة المتكاملة للآفات Integrated Pest Management (IPM)، والذي يعتمد المكافحة الحيوية Biological Control محوراً أساسياً له من خلال استخدام الكائنات الحية (الحشرات المفترسة والحشرات المتطفلة والكائنات الحية الدقيقة الممرضة للحشرات) لمنع أو تخفيف الخسائر أو الأضرار الناتجة عن الآفات وذلك عن طريق تأثيرها على كثافة الآفة وتقليل مجتمعاتها إلى المستوى غير الضار (Ehlers, 1990). إذ تذخر الطبيعة بالكائنات الحية المفيدة التي لها دور كبير في الحد من انتشار

الآفات ووقف ضررها، وتشكل النيماتودا الممرضة للحشرات Entomopathogenic Nematodes (EPN) جزءاً رئيسياً مهماً من الأعداء الطبيعيين في الحد من أضرار كثير من الآفات الزراعية والمحافظة على التوازن الطبيعي Natural Balance لأنواع مختلفة من مفصليات الأرجل، وقد تمت معرفة النيماتودا الممرضة للحشرات منذ القرن السابع عشر (Nickle, 1984) وتمَّ إدخالها في السنوات الأخيرة في مجال المكافحة الحيوية للآفات الحشرية وخاصة حشرات التربة والحدائق (Tanda and Kaya, 1993)، وتستخدم حالياً بنجاح لمكافحة بعض الآفات الحشرية التي تنتمي لرتب مختلفة مثل: حفار ساق التفاح *Zeuzyra pyrina*، حفار ساق الذرة الأوربي *Pyrausta nubilalis*، دودة اللوز الأمريكية *Heliothes armigera*، الديدان القارضة *Euxoa segetum*، الديدان البيضاء *Polyphylla phollo*، دودة ثمار التفاح *Cydia pomonella*، الديدان السلكية *Agriotes lineatus*، سوسة النخيل الحمراء *Rhynchophorus ferrugineus* (Akhurst, 1986; Mracek and Jenser, 1988). ومنذ نهاية الستينات وحتى بداية الثمانينات من القرن الماضي بدأت البحوث المركزة والمكثفة التي أوضحت أهمية النيماتودا الممرضة للحشرات كعامل من عوامل المكافحة الحيوية ذات الكفاءة العالية، وتزايد هذا الاهتمام حتى الوقت الحاضر (Bedding et *al*., 1993; Gaugler et *al*., 2000; Kaya and Koppenhofer, 2004).

1- الفصائل النيماتودية المستخدمة في المكافحة الإحيائية للحشرات:

Nematode Families Used in Biological Control of Insects

يوجد أكثر من 30 فصيلة (Family) من النيماتودا ترتبط بطريقة أو أخرى مع الحشرات (Nguyen and smart, 2004; Adams and Nguyen, 2003). بعض هذه الفصائل تشمل أجناساً من أنواعاً أثبتت كفاءة عالية ممرضات للحشرات، وفصائل أخرى لها قدرات كافية بدرجة مقبولة وأخرى يمكن أن تثبت كفاءتها مستقبلاً (جدول 1).

جدول 1. بعض الرتب والفصائل والأجناس التي تتبعها النيماتودا الممرضة والمتطفلة على الحشرات.

أمثلة على الأنواع	Genus الجنس	Family الفصيلة	Order الرتبة
يشمل 77 نوعاً منها: *S. carcpocapsae* *S. abbasi* *S. glaseri* *S. arenarium*	***Steinernema***	**Steinernematidae**	**Rhabditida**
يشمل نوع واحد هو *N. longicurvicauda*	***Neosteinernema***		
يشمل اثنا عشرنواعاً منها *H. bacteriophora* *H. indica* *H. megidis.*	***Heterorhabditis***	**Heterorhabdidae**	
يشمل عدة أنواع منها *R. insectivore* على خنافس *beetles lucanid* ونوع آخر على سوسة نخيل جوز الهند.	***Rhabditis***	**Rhabditidae**	
النوع *D. lycostoma* على النمل	***Diploscapter***	**Diploscapteridae**	
منه النوع *M. aeivora* على النمل الأبيض	***Mikoletzkya***	**Diplogasteridae**	**Diplogasterida**

تابع جدول 1.

أمثلة على الأنواع	Genus الجنس	Family الفصيلة	Order الرتبة
	Allontoema	**Allontoematidae**	**Tylenchida**
	Sphaerularia	**Sphaerulariidae**	
تتطفل بعض أنواعه على بعض حشرات الرتبتين Coleoptera وDiptera	***Parasitylenchus***	**Parasitylenchidae**	
D. siricidicola على حشرة دبور الخشب السيريسيدي *Sirex notilio* في استراليا	***Deladenus***	**Phaenopsitylenchidae**	
النوع *P. autumnale* على ذبابة الوجه (Face Fly) والنوع *P. muscadumestica* على الذبابة المنزلية (House Fly)	***Paraiotonchium***	**Iotonchiidae**	
نوع واحد يتطفل على ذباب Agromized Flies	***Fergusobia***	**Fergusobiidae**	
منه النوع *E. oxyteli*	***Entaphelenchus***	**Entaphelenchidae**	
طفيليات على الصراصير	***Blatticola***	**Thelostomatidae**	**Oxyurida**
معظم الأنواع طفيليات على حشرات Mole Cricket.	***Travassosinema***	**Travassosinematidae**	
طفيليات على خنافس من عائلة Passalidae	***Hystriganthus***	**Hystriganthidae**	
منه النوع *R. culcivorax* على بعوض Culex وAnopheles	***Romanomermis***	**Mermithidae**	**Mermithida**
	Tetradonema	**Tetradonematidae**	

ومن بين هذه الفصائل تملك تسعة منها قدرات تطفلية أو مرضية منخفضة ويمكن ترتيبها من حيث قدرتها على مكافحة الحشرات إحيائياً من الأضعف إلى الأقوى.

1- Iotonchiidae	2-Prasitylenchidae	3- Allantonematidae
4- Mermithidae	5- Sphaerularidae	6- Tetradonematidae
7- Heterorhabditidae	8-Steinernematidae	9- Phaenopsitylenchidae

وبعض هذه الفصائل لها علاقات تكافلية مع بعض الكائنات الدقيقة مثل البكتريا والفطريات (رقم 7 و8 و9) ويمكن تقسيم الفصائل من حيث كفاءتها واستخدامها كعوامل مكافحة إحيائية للحشرات إلى أربع مجموعات:

1- المجموعة الأولى:

وتشمل فصائل ذات كفاءة، وتستخدم في الوقت الحاضر في المكافحة الإحيائية للحشرات. تشترك النيماتودا في هذه الفصائل بمميزات مشتركة منها:

- تعيش تكافلياً مع كائنات حية دقيقة تزيد من كفاءتها الإمراضية.
- إمكانية إكثارها (إنتاجها) بشكل مكثف (Mass production) على نطاق تجاري.
- قدرتها الجيدة على التكيف والبقاء في الحقل.

وتضم هذه المجموعة كلاً من الفصائل (Families) الآتية:

- Steinernematidae.
- Heterorhabdidae.
- Phaenopsitylenchidae (Syn: Neotylenchidae): وتتميز هذه الفصيلة باختلاف طرائق تكاثرها، فبينما تتكاثر داخل عوائلها الحشرية جنسياً فإنها تتكاثر بكرياً حينما تكون حرة المعيشة. وتشمل نيماتودا *Deladenus siricidicola* التي تستخدم في مكافحة دبور الخشب *Sirex notilio* في استراليا وبلغت نسبة تطفلها أكثر من 90%.

2- المجموعة الثانية:

وتشمل فصائل أظهرت قدرة في المكافحة الإحيائية، وقليل من أنواعها يستخدم حالياً في مكافحة الآفات. وتضم هذه المجموعة كلاً من الفصيلتين الآتيتين:

أ- فصيلة Mermithidae:

تتطفل على الكثير من الفقاريات والغالبية العظمى منها تتطفل على الحشرات وتتميز بدورات حياة معقدة كما أنه يصعب تربيتها وإنتاجها. وتُعد نيماتودا هذه المجموعة (Mermithids) قاتلة لعوائلها إلا أن عدداً قليلاً منها حظي بالاهتمام والدراسة كعوائل مكافحة إحيائية. ومن أكثر النيماتودا التي حظيت بالدراسة في هذه المجموعة هي نيماتودا *Romanomermis culicivora*، وهي نيماتودا تستخدم لمكافحة يرقات البعوض. وقد توفرت في الأسواق كمنتج تجاري لفترة معينة، في منتصف السبعينيات وأوائل الثمانينات من القرن العشرين. حيث تقتل هذه النيماتودا يرقات البعوض خلال ثمانية أيام، وتبلغ فترة الجيل من شهر إلى شهرين. وقد أوضحت إحدى الدراسات أن هذه النيماتودا استطاعت خفض يرقات كل من بعوض الأنوفيليس Anopheles وبعوض الكيوليكس Culex بنسبة 50% عندما تمَّ إطلاقها بمعدل 1200 نيماتودا/م^2 من المسطح المائي، وبنسبة أكثر من 90% عندما تمَّ إطلاقها بمعدل 3600 نيماتودا/م^2 من المسطح المائي.

ب- فصيلة Iotonchiidae:

في الواقع لم تستغل معظم أنواع النيماتودا في هذه الفصيلة كوسائل مكافحة إحيائية، ويعود ذلك إلى بضعة أسباب منها: أنها طفيليات إجبارية يصعب المحافظة عليها في البيئة المزرعية (In culture)، وأنها غالباً لا تحدث أضراراً كبيرة في عوائلها. ولكن هناك بعض الأنواع من هذه الفصيلة تمَّ استخدامها في المكافحة الإحيائية، مثل نيماتودا *Paraiotonchium autummale* التي استخدمت ضد ذبابة الوجه (Face fly)، ونيماتودا *P. muscadomestica* التي عزلت من الذبابة المنزلية في البرازيل وقد ثبت أن لها إمكانية جيدة لاستخدامها في مكافحة الذبابة المنزلية.

3- المجموعة الثالثة:

وتشمل فصائل تضم أنواعاً من النيماتودا التي يحتمل نجاحها كعوامل مكافحة إحيائية للآفات، لكن لم تُدرس بشكل جاد لوجود صعوبات في الإكثار المكثف(Mass production) أو ضعف البقاء في الحقل، أو صفات أخرى تحد من الاستفادة منها في برامج المكافحة الإحيائية مثل التأثير الضعيف على العائل الحشري. وتضم هذه المجموعة كلاً من الفصائل الآتية:

1- Iotonchiidae	2-Prasitylenchidae	3- Allantonematidae
4- Mermithidae	5- Sphaerularidae	6- Tetradonematidae
7- Heterorhabditidae	8- Steinernematidae	9- Phaenopsitylenchidae

4- المجموعة الرابعة:

وتشمل فصائل تضم بعض أنواع النيماتودا التي تعيش عادة مصاحبة (Associated) للحشرات، ولكنها ذات قدرة إمراضية منخفضة، وليست لديها القدرة الكامنة في مكافحة الحشرات. وتضم هذه المجموعة كلاً من الفصائل الآتية:

1- Carabonematidae	2- Syrphonematidae
3- Oxyuridae	4- Thelastonematidae
5- Aphelenxhoididae	6- Entaphelenchidae
7- Fergusobiidae	

سنتناول في هذا الفصل المجموعتين الأولى والثانية، مع التركيز على الفصيلتين Heterorhabdidae وStienernematidae، وذلك لأهميتهما كممرضات حشرية (Entomopathogenic Nematodes) ولامتلاكها مميزات تجعل النيماتودا في هاتين الفصيلتين تحتل المرتبة الأولى في استخدامها كعوامل مكافحة إحيائية ضد الحشرات.

2-1- فصيلتا Heterorhabdidae وSteinernematidae:

تُعد النيماتودا التابعة لهاتين الفصيلتين مسببات مرضية، وتضم هذه المجموعة ثلاثة أجناس مهمة: جنس *Steinernema* ويتبع له 77 نوعاً، جنس *Neosteinernema* ويتبع له نوعاً واحداً، وجنس *Heterorhabditis* ويتبع له 12 نوعاً. ويبين الجدول 2 أهم المميزات المشتركة لهذه المجموعة كعامل إحيائي ناجح جعلها تحتل المرتبة الأولى في استخدامها في المكافحة الإحيائية للحشرات.

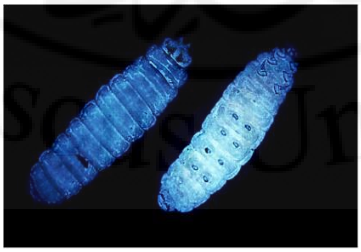
جدول 2. الخصائص السلبية والإيجابية لكل أنواع النيماتودا التابعة لجنسي *Steinernema* و*Heterorhabditis* كوسائل مستخدمة في المكافحة الإحيائية للآفات الحشرية.

الخصائص السلبية Negative	الخصائص الإيجابية Positive
◆ لها مجال عائلي واسع ◆ قليلة المقدرة بدرجة عالية على تحمل الظروف الجوية من حرارة ورطوبة ولها درجة حساسية للأشعة فوق البنفسجية (UV). ◆ قدرتها على الاستمرارية في الحقل ضعيفة. ◆ تكلفة عالية مثل تكلفة المبيدات. ◆ لا تتحمل التخزين لفترات طويلة.	◆ لها مجال عائلي واسع ◆ لا تؤثر عند استخدامها على الحيوانات الفقارية والنباتات والكائنات الطبيعية الأخرى ولا تؤثر عند استخدامها في المناطق الحساسة كيميائياً. ◆ تنتشر في الولايات المتحدة وبلاد العالم الأخرى. ◆ يتم تربيتها في المخبر بسهولة. ◆ تستخدم في الرش بسهولة وتقوم بالبحث عن العائل. ◆ تقتل حشرات التربة على وجه الخصوص وبنسبة عالية وذلك بعد 48 ساعة من استخدامها ولها قدرة على تكرار دورة حياتها والتكاثر في البيئات الجديدة. ◆ لها ما للمبيدات الكيميائية من تأثير قاتل للحشرات. ◆ نستطيع تحسين صفاتها وراثياً باستخدام طرائق الانتخاب أو الهندسة الوراثية.

ومن أهم تلك المميزات قدرتها على قتل عوائلها الحشرية بسرعة خلال يومين إلى ثلاثة أيام، وتعود هذه السرعة إلى معيشتها التكافلية مع البكتريا (Mutualistic Bacteria) داخل جسم الحشرة المصابة، حيث تزيد كثيراً من قدرة النيماتودا الإمراضية (Pathogenicity)، ولهذا تسمى هذه المجموعة بالنيماتودا الممرضة للحشرات Entomopathogenic Nematodes. وتُعد النيماتودا الممرضة للحشرات من الأحياء الشائعة بالتربة، وفي الوقت الحاضر تستخدم بضعة أنواع من الجنسين *Steinernema* و*Heterorhabditis* مبيدات ميكروبية حشرية (Microbial Insecticides)، وتنتج على نطاق تجاري من قبل عدد من الشركات في العالم.

2- البكتريا المرتبطة مع النيماتودا Associated Bacteria:

يرتبط الجنسان *Steinernema* و*Neosteinernema* بالبكتريا التكافلية من جنس *Xenorhabdus*، على حين يرتبط الجنس *Heterorhabditis* بالبكتريا التكافلية من جنس *Photorhabdus*. والبكتريا في هذين الجنسين هي بكتريا عصوية الشكل متحركة، سالبة لصبغة جرام، تعيش معيشة لا هوائية اختيارياً (Facultatively Anaerobic)، وتتبع لعائلة Enterobacteriaceae. ويضم الجنس *Xenorhabdus* خمسة أنواع تمَّ وصفها، وعدداً آخر لم يتم وصفه بعد. على حين يضم جنس *Photorhabdus* نوعين (جدول 3). وهناك عدد من الاختلافات بين الجنسين البكتيريين، أهمها أن الجنس *Photorhabdus* يلمع لمعاناً ضعيفاً في الظلام داخل جسم الحشرة المصابة (شكل 1).



شكل 1. لمعان البكتيريا من الجنس *Photorhabdus* في الظلام داخل جسم الحشرة المصابة.

جدول 3. بعض أنواع النيماتودا الممرضة للحشرات وأنواع البكتريا المتعايشة معها.

جنس النيماتودا	نوع النيماتودا	نوع البكتريا
Steinernema	*S. carpocapase*	*Xenorhabdus nematophilus*
	S. glaseri	*X. poinarii*
	S. cabanum	
	S. feltiae	*X. bovienii*
	S kushidai	*X. japonicus*
	S. lonicaudum	*X. beddingii*
	S. abbasi	*Xenorhabdus* sp.
Neosteinernema	*N. longicurvicauda*	
Heterorhabditis	*H. bacteriophora*	*Photorhabdus luminescens*
	H. bervicaudis	*P. luminescens*
	H. indica	
	H. migidis	*P. temperata*
	H. bacteriophora	

تملك البكتريا من جنس *Photorhabdus* والمصاحبة للنيماتودا من جنس *Heterorhabditis* أشكال مختلفة مثل الطور الأولي (الشكل الابتدائي) Primary variant والطور الثاني (الشكل الثانوي) Secondary variant، والطور الأولي يكون أفضل لنمو وتكاثر النيماتودا من الطور الثاني من ناحية إنتاجه للمضادات الحيوية وتأثيره في الحشرات، حيث لا ينتج الطور الثاني أي مضاد حيوي كما أن اختلاف العائل الحشري وعدم توفر العوائل المفضلة للنيماتودا يؤدي إلى ظهور الأطوار الثانوية من

البكتريا المصاحبة للنيماتودا، مما يؤثر على تكافل ومعيشة النيماتودا فالبكتريا في طورها الأول تكون أكثر نفعاً من طورها الثاني، والنيماتودا الموجودة في الطبيعة تحتوي دائماً على الطور الأول من البكتريا.

يُعد ارتباط النيماتودا بالبكتريا على درجة عالية من التخصص، حيث يرتبط كل نوع من النيماتودا بنوع واحد من البكتيريا (Monoxenic association)، وذلك لأن البكتيريا المرتبطة مع النيماتودا تنتج مضادات ميكروبية تمنع تطور الأنواع البكتيرية الأخرى في هذه النيماتودا، ومع ذلك فقد عزلت أنواع بكتيرية أخرى من أمعاء الطور اليرقي المعدي في مجموعتي *Steinernemtidis* و*Heterorhabditids* وذلك تحت الظروف المخبرية، كما أنه قد يرتبط نوع واحد من البكتيريا مع أكثر من نوع من النيماتودا. وتُعد المعيشة التكافلية (Mutualistic) بين النيماتودا والبكتيريا علاقة تبادل منفعة بين الطرفين، فالنيماتودا تعتمد وتستفيد من البكتريا في:

1- القتل السريع للعائل الحشري.
2- توفير بيئة مناسبة لتطور النيماتودا، وذلك عن طريق إنتاج مضادات حيوية بواسطة البكتيريا تثبط نمو الكائنات الدقيقة الأخرى المنافسة.
3- تحويل أنسجة العائل الحشري المصاب إلى مصدر للغذاء.
4- تصبح مصدراً لغذاء النيماتودا.

أما البكتيريا فإنها تحتاج إلى النيماتودا للأسباب التالية:

1- لحماية البكتيريا من البيئة المحيطة الخارجية غير الملائمة.
2- للاختراق والدخول إلى داخل تجويف جسم الحشرة والعثور عليها.
3- منع تنشيط مضادات البروتينات البكتيرية التي يفرزها العائل.

3- الإحيائية العامة للنيماتودا: General Biology of Nematodes

أ- دورة الحياة والتغذية: Life cycle and feeding

يحمل الطور اليرقي الثالث المعدي (IJ_3) (والمتواجد داخل جلد انسلاخ الفرد اليرقي الثاني، وهو الطور المتحمل للظروف البيئية الصعبة وغير متغذي ويمكنه البقاء

حياً في التربة لعدة شهور) خلايا البكتيريا التكافلية في الجزء الأمامي من الأمعاء. وبعد العثور على العائل الحشري المناسب، يدخل هذا الطور جسم الحشرة من خلال الفتحات الطبيعية (فتحات الفم والتنفس والشرج)، أو يخترق الجسم مباشرة من خلال المناطق الرقيقة من كيوتيل جسم الحشرة، وهذا فقط شائع في مجموعة *Rhabditids* لأنها تحتوي على سن يسهل اختراق جسم العائل خاصة حول منطقة بين الحلقات Intersegmental membranes. بعد ذلك تدخل النيماتودا إلى داخل تجويف جسم الحشرة (hemocoel)، ثم يتم تحرير البكتيريا المتكافلة إلى تجويف الجسم. بعد ذلك تتكاثر البكتيريا بسرعة في دم الحشرة، وتنتج مواداً تقتل العائل (الحشرة) بسرعة، عادة خلال 24–48 ساعة، وذلك بسبب التسمم الدموي (Septicemia)، وتحمي جثة الحشرة من استعمارها بكائنات دقيقة أخرى. بعد ذلك يتحول الطور اليرقي الثالث المعدي (IJ_3) غير المتغذي إلى طورٍ متغذٍ، حيث يتغذى على خلايا البكتيريا، وعلى أنسجة العائل التي قد جهزتها البكتيريا أيضاً (Metabolized)، ويتحول الطور اليرقي الثالث إلى طور يرقي رابع، ثم إلى طور بالغ من إناث وذكور للجيل الأول (GI). ثم يحدث التزاوج وتضع الإناث البيض الذي يفقس إلى طور يرقي أول، ويستمر التطور إلى طور يرقي ثان، فثالث، فرابع. يتحول الطور اليرقي الرابع إلى الطور البالغ من الإناث والذكور للجيل الثاني (GII). ثم يحدث التزاوج وتضع الإناث البيض الذي يفقس إلى الطور اليرقي الأول والذي ينسلخ إلى الطور اليرقي الثاني. وهكذا يستمر تطور النيماتودا حتى تبدأ كمية الغذاء في جسم الحشرة في النضوب، حيث يكون الغذاء كافياً لإنتاج جيلين أو ثلاثة أجيال من النيماتودا. عندما ينتهي الغذاء في جثة الحشرة تتوقف يرقات الطور اليرقي الثاني المتقدمة في العمر (Late J_2) عن التغذية وتحصل على البكتيريا وتكونها على شكل كرية صغيرة (Pellet) في حويصلة بجسمها (Bacterial chamber). وبعد ذلك ينسلخ الطور اليرقي الثاني إلى الطور اليرقي الثالث قبل المعدي (PI) Pre-infective ثم إلى الطور اليرقي الثالث المعدي (IJ) محتفظاً بكيوتيل الطور الثاني كغمد حوله. بعد ذلك يترك الطور المعدي جثة الحشرة إلى الخارج باحثاً عن عائل جديد.

تسمى هذه الدورة بدورة الحياة الطويلة (Long Cycle) (شكل 2)، حيث يكون الغذاء متوفراً وكافياً لتطور جيلين أو ثلاثة أجيال من النيماتودا.



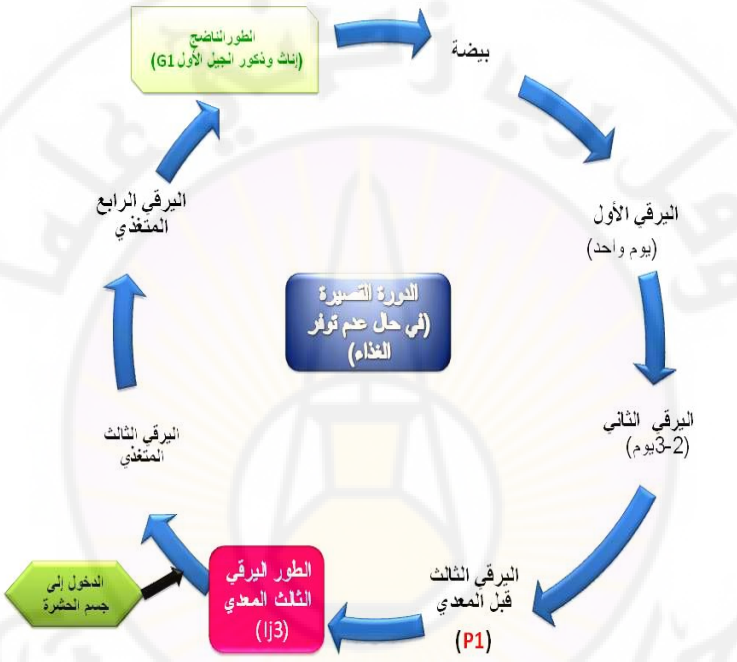
شكل 2. دورة الحياة الطويلة لنيماتودا من الجنس *Steinernema* في حال توفر الغذاء وإنتاج جيلين.

ولكن إذا كان الغذاء المتوفر في جسم الحشرة محدوداً، فإن البيض المنتج بواسطة إناث الجيل الأول (GI) يتطور إلى الطور اليرقي الثالث المعدي الذي يترك جسم الحشرة باحثاً عن عائل جديد، وتسمى هذه الدورة الأخيرة بدورة الحياة القصيرة (Short Cycle) (شكل 3).

تختص هذه الدورة (الطويلة أو القصيرة) بالنيماتودا من جنس *Steinernema*، وتستغرق دورة الحياة من بداية الإصابة حتى خروج الأطوار المعدية من 7–10 أيام.

أما الجنس *Neosteinernema* فدورة حياته تشبه هذه الدورة إلا أنها ذات جيل واحد، حيث تخرج الإناث من جثة الحشرة إلى البيئة المحيطة، ونسلها (Offspring) يصبح يرقات معدية داخل جسم الأنثى قبل الخروج إلى البيئة باحثة عن عوائل جديدة.

كما تشبه هذه الدورة أيضاً دورة حياة نيماتودا الجنس *Heterorhabditis*، إلا أن إناث الخنثى (Hermaphroditic Females) في الجنس *Heterorhabditis* تحل محل الجيل الأول في جنس *Steinernema*، وتستغرق دورة الحياة هنا من 12–15 يوم.



شكل 3. دورة حياة القصيرة لنيماتودا من جنس *Steinernema* في حال نقص الغذاء.

ويوضح جدول 3 بعض الاختلافات بين أنواع النيماتودا التابعة للجنسين *Heterorhabditis* و*Steinernema*.

وعموماً فإن الحشرات التي تقتل بالنيماتودا تكون رخوة وليس لها رائحة كريهة لأن البكتيريا تنتج مضادات حيوية تمنع نمو أي كائنات ميكروبية أخرى.

جدول 3. بعض الاختلافات بين أنواع النيماتودا التابعة للجنسين *Heterorhabditis* و*Steinernema*.

الصفة*	*Steinernema*	*Heterorhabditis*
احتفاظ الطور الثاني بالكيوتيل	يفقد بسهولة	يحتفظ به جيداً
وجود الكيوتيل حول الطور الثاني	يوجد ويسهل تمييزه حيث يكون متسعاً	يوجد ولا يسهل تمييزه حيث يكون ملتصق
طريقة الاختراق	الفتحات الطبيعية فقط (الفم والشرج والفتحات التناسلية)	الفتحات الطبيعية وخلال جدار الجسم
النمو إلى الطور الكامل	أنثى وذكر منذ الجيل الأول	خنثى ثم ذكر وأنثى في الأجيال التالية
موقع البكتيريا في IJs	في مقدمة الأمعاء (عضو خاص)	على طول الأمعاء كلها
الإضاءة الذاتية لجثث الحشرات	لا توجد	نعم توجد
لون حشرة العائل الميت	بني فاتح أو أسود	أحمر وقد يكون أخضر أو برتقالي أو أرجواني
التكاثر	جنسي دائماً	لا جنسي في جيل الآباء (خناث) وجنسي في الأجيال التالية
وجود كيس سفاد للجماع في الذكور	لا يوجد	نعم يوجد

* ترمز IJ إلى الأطوار المعدية (Infective Juvenile).

ب– العوائل الحشرية للنيماتودا الممرضة للحشرات:

تُعد أنواع النيماتودا التابعة لجنس *Heterorhabditis* و*Steinernema* تحت الظروف المخبرية ممرضاتٍ حشريةً عامة، حيث تقتل الحشرات وأنواع أخرى كثيرة من مفصليات الأرجل. واختبارات المجال العائلي تحت الظروف المخبرية تكون صناعية وليست المقياس السليم للمجال العائلي الحقيقي في الطبيعة، حيث إن الحواجز السلوكية

والبيئية المتواجدة في الطبيعة تختفي تحت الظروف المخبرية، وهذه ميزة ايجابية لهذه النيماتودا حيث تزيد من درجة أمان استخدامها عوامل مكافحة إحيائية.

وقد تتأثر حساسية بعض الحشرات للإصابة بالنيماتودا نتيجة:

- ❖ وجود حواجز مورفولوجية تكونت في الحشرات عبر التطور وخلال ملايين السنين، مثل الصفائح المثقبة مثل المنخل والتي تغطي الثغور التنفسية وتمنع دخول النيماتودا وسمك الغشاء الحامي للأمعاء.
- ❖ الموانع السلوكية مثل مرور الغذاء بسرعة كبيرة خلال أمعاء الحشرة والسلوك التنظيفي لجسم الحشرة.
- ❖ وجود عوامل فسيولوجية تحمي الحشرة، مثل تحوصل النيماتودا داخل تجويف جسم عوائلها وإفراز العائل لمواد مضادة للبكتيريا.
- ❖ إستراتيجية النيماتودا في البحث عن العائل.

ومع وجود كل وسائل الدفاع السابقة إلا أن النيماتودا تؤثر على كثير من الحشرات والعديد من مفصليات الأرجل، ويعتمد المجال العائلي للنيماتودا على إستراتيجية النيماتودا في البحث عن العائل، وتقصر هذه الإستراتيجية غالباً أنشطتها في طبقة محددة من التربة تاركة كثيراً من الحشرات في الطبقات الأخرى حيث تنجو من الإصابة.

ج– إستراتيجية البحث عن العائل Forgaging Strategy:

تستخدم النيماتودا إستراتيجيات مختلفة لتحديد مكان العائل الحشري وإصابته، ومن هذه الإستراتيجيات نذكر:

1– إستراتيجية عدم الحركة والانتظار Sit and Wait:

تتميز الأطوار المعدية هنا بقلة الحركة والانتظار قرب سطح التربة، أي أنها تعمل كمين Ambush للعائل ولا تستجيب إلى الإشارات والمواد المفرزة من العائل، إلا إذا توفرت بكميات كبيرة، وبهذه الطريقة تتمكن النيماتودا الكامنة من إصابة أنواع الحشرات المتحركة بكفاءة، مثل إصابة حشرات الديدان القارضة والحشرات الليلية الموجودة

بالقرب من سطح التربة مثل صراصير الحقل، وتمثل هذه الأنواع النيماتودية التي تهاجم عوائلها من مكمن كل من *Steinernema carpocapsae*،*S. capterisci*.

2– إستراتيجية الحركة والتطواف Cruising:

تتميز الأنواع التي تنتهج هذه الإستراتيجية بالحركة العالية السريعة والاستجابة إلى المفرزات والإشارات المنبعثة من العائل ومن ثم الاتصال بالعائل، وكذلك وجود مثل هذه النيماتودا خلال طبقات قطاع التربة المختلفة، ولدى هذه الأنواع القدرة على التوجه والحركة نحو مصدر الإفرازات المنبعثة من العائل، ومن ثم الاتصال بالعائل. وتكون هذه الأنواع متأقلمة لإصابة العوائل غير المتحركة، مثل طور ما قبل العذراء والعذراء للحشرات من رتبة حرشفيات الأجنحة Lepidoptera، ويمثل هذه المجموعة كل من نيماتودا *S. glaseri* ونيماتودا *Heterorhabditis bacteriophora*.

3– إستراتيجية متوسطة بين الانتظار والتطواف:

وهذه الإستراتيجية تتبعها معظم أنواع النيماتودا الممرضة للحشرات، مثل نيماتودا *S. riobrav*.

4– تموج الجسم Body Waving:

وهي إستراتيجية متوسطة بين الانتظار والانتشار حيث يقوم طور العدوى بإبراز 30-85% من السطح العلوي لجسمه لعدة ثوان، وتتبع هذه الإستراتيجية معظم أنواع النيماتودا الممرضة للحشرات مثل *S. feltiae* و*S. riobrava*.

5– القفز Jumping:

تسلك هذه الإستراتيجية بعض أنواع النيماتودا الممرضة للحشرات للانتشار وإحداث العدوى، حيث تستطيع أن تنتشر أفقياً وعمودياً.

تعكس هذه السلوكيات والإستراتيجيات جميعها مستويات مختلفة من الإيجابيات والسلبيات للأنواع التي تظهرها، فالحركة تزيد من احتمالية التلاقي مع العوائل غير المتحركة ولكن أيضاً تتيح لها التلاقي مع الأعداء الحيوية للنيماتودا، علاوة على ذلك فإن النيماتودا النشيطة تستهلك مدخراتها بشكل أسرع .

د– كفاءة النيماتودا في مكافحة الحشرات Efficacy of Nematodes:

تباينت نتائج دراسة كفاءة النيماتودا الممرضة للحشرات على عدد كبير من أنواع الحشرات من مكافحة ضعيفة إلى ممتازة. وبدون شك فإن هناك العديد من العوامل التي يمكن أن تؤثر في استخدام النيماتودا بنجاح في المكافحة الإحيائية للحشرات، إلا أن التوافق بين بيئة وحياتية كل من النيماتودا وعائلها الحشري يعتبر خطوة حاسمة نحو الاستخدام الناجح. وأكثر ما تكون النيماتودا ذات كفاءة عالية في نشاطها هو عندما تكون في الأماكن البيئية التي تمنحها حماية من التطرفات البيئة، ولا سيما في التربة التي تعتبر مسكنها الطبيعي حيث تكون محمية من الحرارة العالية والجفاف والأشعة فوق البنفسجية، ولكنها تكون معرضة للعوامل البيئية المعاكسة داخل التربة مثل قوام التربة الثقيل وقلة التهوية ووجود بعض المفترسات والمتطفلات، ويمكن التغلب على هذه العوامل باستخدام النيماتودا بمعدل عال $2.5–12.5\times10^{9}$ فرد معدي من النيماتودا للهكتار.

وتُعد النيماتودا الممرضة للحشرات من أفضل عوامل المكافحة الإحيائية تأثيراً على الحشرات في البيئات المحمية أو الحقلية مثل حفارات سوق أشجار الفاكهة، حيث أُمكن الحصول على مكافحة إحيائية ممتازة ضد هذه الحشرات، وذلك لأن مثل هذه الأماكن المصابة، غير المعرضة للخارج مباشرة، تعتبر مفضلة لبقاء النيماتودا وقدرتها على الإصابة. أما في بيئة المياه والمستنقعات فقد اتضح أن مكافحة الحشرات المائية لم تكن ناجحة، وذلك يعود إلى أن النيماتودا غير متأقلمة على التحرك الموجه (الوصول إلى العائل) في هذه البيئة المائية، وعندما ترش النيماتودا الممرضة للحشرات على المجموع الخضري للنبات أو الأماكن المعرضة الخارجية فإن الأطوار اليرقية المعدية تواجه ظروفاً قاسية، ويمكن التغلب على هذه الظروف إلى حدٍ ما، وذلك بإضافة بعض المواد المساعدة مع اللقاح النيماتودي، مثل الزيوت ومضادات الجفاف وهي تعمل على زيادة حيوية النيماتودا ولكنها لا تزيد من تأثيرها أو فاعليتها. ومن أنجح التطبيقات على المجموع الخضري استخدام النيماتودا ضد يرقات القطن الصفر *Spodoptera exiguas* على نبات الغريب في البيئة البلاستيكية.

هـ- الانتشار Dispersal :

يمكن للطور المعدي أن يتحرك ذاتياً في التربة أفقياً وعمودياً إلى مسافة حوالي 90 سم في الشهر، وهذه الحركة الذاتية تسمح لهذه اليرقات المعدية بالبحث عن عائلها. إلا أن الانتشار لمسافات كبيرة لا يتم إلا من خلال عدة وسائل تنقلها منها: المياه والرياح والانتقال بواسطة الكائنات الأخرى، والعوائل المصابة، والنشاط البشري، حيث تساهم هذه الوسائل في الانتشار الواسع لهذه النيماتودا.

ولعل من أهم العوامل التي تؤثر على حركة الأطوار المعدية هي الرطوبة، والحرارة وقوام التربة، إلا أن عامل الرطوبة هو الأهم، إذ لا بد من وجود غشاء رقيق من الماء حول النيماتودا وإلا توقفت عن الحركة. أما بالنسبة للحرارة فتختلف درجة الحرارة المثلى والمدى الحراري المفضل للنيماتودا باختلاف نوع النيماتودا وسلالتها، إلا أنه وبصورة عامة تصبح النيماتودا غير فعالة عند درجات الحرارة المنخفضة (أقل من 10–15ْم)، وغير نشطة عند درجات الحرارة العالية (أكثر من 30–40ْم).

و- البقاء Survival:

في معظم الحالات تبقى الأطوار المعدية، بعد التطبيق في الحقل (الإضافة للحقل)، حية نشطة لفترة محدودة، إذ يصل الفقد إلى 50% خلال ساعات عند التطبيق على سطح التربة، وذلك بسبب الجفاف والأشعة فوق البنفسجية. وحتى تلك الأطوار المعدية التي تدخل إلى داخل التربة، فإن معدل الفقد يصل إلى 5–10% في اليوم، ولا يبقى عادة إلا 1% فقط من كمية اللقاح الأصلي بعد أسبوع إلى ستة أسابيع.

ولا شك أن صفات النيماتودا السلوكية والفسيولوجية لها وظيفة مهمة في قدرتها على البقاء (Survival)، وعوامل البيئة الخارجية لها دور كبير أيضاً، مثل التطرف في درجات الحرارة، ورطوبة التربة، والضغط الأسموزي، وقوام التربة، والرطوبة النسبية، والأشعة فوق البنفسجية. ويبقى عامل الرطوبة هو العامل الأهم في بقاء الأطوار المعدية، فالتطبيق على المجموع الخضري للنبات وفي البيئة الخارجية المعرضة، يجعل بقاء النيماتودا قصيراً (بضع دقائق إلى ساعات فقط)، إلا أن تكون الرطوبة النسبية قريبة من

100%. أما بالنسبة للحرارة فتختلف باختلاف نوع النيماتودا وسلالتها، وبصورة عامة فالتعرض المتواصل للحرارة المتطرفة (أقل من صفر أو أعلى من 40ْم) يكون مميتاً لمعظم أنواع النيماتودا الممرضة للحشرات، إلا أن هذا التأثير يعتمد على طول فترة التعرض.

ويفضل عادة إعادة إطلاق (Recycling) النيماتودا الممرضة للحشرات، بعد الإطلاق الأول، لأن ذلك يوفر مكافحة إضافية ولأطول فترة ممكنة. ويُعد توفر العائل الحشري المناسب مهماً جداً لعملية إعادة الإطلاق، حيث أن النيماتودا الممرضة للحشرات تعتبر ممرضات إجبارية.

4- تقنية الإنتاج Production Technology :

أ- الإنتاج المكثف Mass production :

على الرغم من أن النيماتودا الممرضة للحشرات إجبارية التطفل على الطبيعة، إلا أنه أمكن تنميتها بسهولة سواءً حيوياً (in vivo) داخل العائل الحشري (شكل 3)، أو خارج الحشرة (in vitro) على بيئات غذائية صناعية مختلفة في المختبر (Shapiro-Lian et *al*., 2002; Kaya and Koppenhofer, 2004; Grewal, 2002). وقد استعملت كلتا الطريقتين في الإنتاج التجاري، حيث يمكن تنمية البكتيريا التكافلية على عدد من البروتينات الحيوانية والنباتية، وبالتالي تتغذى النيماتودا على البكتيريا والعناصر الغذائية في البيئة.

وقد استخدمت طريقة التنمية خارج العائل الحشري (in vitro) للإنتاج على نطاق واسع، حيث يتم إكثار النيماتودا بطريقتين: إما في بيئة صلبة (ثلاثية الأبعاد)، أو بطريقة المخمرات السائلة (Liquid fermenters) (Grewal, 2002). تحتوي هذه البيئات، بالإضافة إلى النيماتودا والبكتيريا المتكافلة، على مصدر غذائي (بروتينات حيوانية ونباتية) للنيماتودا ولتكاثر البكتيريا التكافلية، وتكون عملية الإنتاج على نطاق تجاري مجدية باستخدام البروتينات الرخيصة والستيرولات، وباستخدام طريقة المخمرات السائلة

أمكن إنتاج عدد من أنواع النيماتودا بنجاح مثل نيماتودا الأنواع *H. migidis, H. bacteriophora, S. feltiae, S. carpocapsae* وغيرها من أنواع هذين الجنسين. وقد وصلت كفاءة الإنتاج إلى مستويات عالية حيث وصلت على سبيل المثال إلى 250 ألف يرقة طور معد/مل تبعاً لاختلاف نوع النيماتودا (Kaya and Koppenhofer, 2004). لكن تظل هناك بعض الصعوبات في عملية تجهيز المستحضر (Formulation) وطريقة التخزين، وكذلك في عدم استقرار أعداد اليرقات المعدية لبعض أنواع النيماتودا في المستحضر.

تعتمد الطريقة الحالية لتحديد جودة المنتج النيماتودي على اختبار إصابة الحشرات بها وتحديد كمية النيماتودا اللازمة لقتل 50% من المجتمع الحشري. ولكن بمجرد أن تغادر عبوات النيماتودا مكان الإنتاج يمكن أن تتأثر جودتها بعوامل الشحن والنقل والتخزين ومختلف طرق التعامل مع هذا المنتج، لذلك يجب العمل على تطوير طريقة سيرولوجية أو كيميائية حيوية لتحديد نشاط وحيوية المنتج قبل أن يستخدم بمعرفة المزارع أو المنتج.

ب- المستحضرات والتخزين: Formulations and Storage

يمكن تخزين الأطوار اليرقية المعدية (IJs) في معلق مائي عند درجة حرارة 4–15°م (اعتماد على نوع النيماتودا) بدون فقد كبير في نشاطها، وذلك لمدة 6–12 شهر لأنواع الجنس *Steinernema*، ولمدة 3–6 شهور لأنواع الجنس *Heterorhabditis*. وبدون شك تنخفض حيويتها كثيراً عند تعرضها لدرجات الحرارة العالية.

تمَّ تصنيع كثير من المنتجات (Products) التجارية للنيماتودا الممرضة للحشرات، حيث تحضر هذه المستحضرات إما على وسط رطب (باستخدام الإسفنج مثلاً) أو تكون النيماتودا معلقة في معلقات مائية، ومثل هذه المستحضرات تتطلب التبريد المستمر، عند التخزين والنقل، للمحافظة على جودة ونوعية النيماتودا (المنتج) لفترات أطول. ولتحسين صلاحية فترة التخزين (Shelf Life) للأطوار المعدية ومقاومتها لدرجات الحرارة

المتطرفة، فقد طورت مستحضرات تخفض من النشاط الأيضي لهذه الأطوار المعدية، وذلك عن طريق تقليل حركة النيماتودا أو تجفيفها جزئياً.

تحتوي مثل هذه المستحضرات، بالإضافة إلى النيماتودا والبكتيريا المتكافلة معها، على عدة إضافات مثل الألجينات (Alginate) والفيرميكولايت (Vermiculite) والطين والفحم المنشط والبولي أكريلاميد والحبيبات المشتتة بالماء، وفي هذه الحالة يمكن تخزينها لمدة 6 أشهر على درجة حرارة 5ْم و3 شهور في درجة حرارة الغرفة.

وفي الواقع يصعب الحصول على مستحضر مثالي لجميع أنواع النيماتودا الممرضة للحشرات، حيث أن الأنواع المختلفة من النيماتودا لها متطلبات خاصة مختلفة من الرطوبة والأوكسجين. ولعل من أفضل المستحضرات التي طورت لمجموعة نيماتودا Steinernematids هو مستحضر المحببات المشتتة بالماء (Water Dispersible Granules)، حيث يجمع هذا المستحضر فترة تخزين طويلة نسبياً وبدون تبريد مع سهولة التداول (Kaya and Koppenhofer, 2004)، وتختلف فترة التخزين لليرقات المعدية المجففة جزئياً في هذا المستحضر الحبيبي عند درجة حرارة 25ْم باختلاف نوع النيماتودا، فقد تستمر فترة التخزين إلى 6 شهور لنيماتودا *S. carpocapsae* وإلى شهرين لنيماتودا *S. feltiae* وإلى شهر واحد فقط لنيماتودا *S. riobrave* (Grewal, 2002).

ومن الطرق الحديثة المتطورة لزيادة قابلية النيماتودا للتخزين هي استنباط سلالة نيماتودية تقاوم الجفاف، وذلك إما بالعثور عليها في الطبيعة أو بالانتخاب أو باستخدام طرق التحسين الوراثي بالهندسة الوراثية.

وقد قامت عدد من الشركات التجارية حول العالم بإنتاج مستحضرات للنيماتودا الممرضة للحشرات بأسماء تجارية مختلفة، وخاصة من جنسي *Steinernema* و*Heterorhabditis*، ولا سيما على الزراعات ذات الإنتاج المكثف عالي التكلفة (Kaya and Koppenhofer, 2004; Grewal, 2002; Bedding et *al*., 1993) (جدول 4).

جدول 4. أمثلة لبعض المستحضرات التجارية المختلفة للنيماتودا الممرضة للحشرات من جنسي *Steinernema* و*Heterorhabditis*.

الاسم التجاري	نوع النيماتودا في المنتج	يستخدم على	الشركة المنتجة
Biosafe	*S. carpocapsae*	المسطحات الحدائق المنزلية	Ortho Solaris Group, USA
Lawn Guardian	*H. bacteriophora*	الحدائق المنزلية، الخضر في البيوت المحمية والمشاتل	Syrtec Inc. Canad
Biosafe	*S. riobrave*	المسطحات الحدائق المنزلية	Pan Britannica Ltd .,UK
Exhibit	*H. bacteriophora*	شجيرات الزينة	Ciba –Geigy W.Europe
Mgnet	*S. feltiae*	المشروم (فطر عش الغراب)	Amcel Spawnmate
Bio Vector 355	*S. riobrave*	الحمضيات (السوس)	Biosys USA

ج– تنظيم تداول النيماتودا: Regulations

يختلف هذا التنظيم من بلد إلى آخر، ففي بعض الدول الأوروبية والولايات المتحدة الأمريكية وأستراليا تستثني النيماتودا الممرضة للحشرات من التسجيل إذا كانت النيماتودا محلية (Indigenous)، ولكن في دول أوروبية أخرى واليابان ونيوزيلندا تخضع النيماتودا الممرضة للحشرات إجراءات تسجيل مشابهة للمبيدات الكيميائية (Kaya and Koppenhofer, 2004). وفي معظم البلدان يخضع استيراد واستخدام الأنواع الأجنبية والأنواع المحورة وراثياً من هذه النيماتودا إلى تنظيمات صارمة، وفي بعض البلدان تعتبر السلالات الأجنبية للأنواع المحلية أحياء أجنبية، وربما يمثل هذا أحد

العوائق المهمة للاستخدام التجاري لهذه النيماتودا. هذا وقد قدم بعض المختصين توصيتين في هذا المجال:

1- استثناء النيماتودا الممرضة للحشرات من التسجيل، نظراً لأن الصفات الحياتية والبيئية لهذه النيماتودا تعتبر آمنة لاستخدامها في المكافحة الإحيائية.

2- يجب تنظيم إدخال النيماتودا الأجنبية عند مستوى النوع فقط، وليس على أي مستوى أقل من ذلك، كالسلالات مثلاً.

5– الطرائق والإجراءات التطبيقية لاستخدام النيماتودا الممرضة للحشرات في المكافحة الإحيائية:

يعتمد استخدام النيماتودا الممرضة للحشرات في المكافحة الإحيائية على اتجاهين أساسيين، الأول هو الاتجاه التقليدي أو الكلاسيكي ويتم فيه جمع النيماتودا الممرضة للحشرات من أماكن معينة (غالباً ما تكون الموطن الأصلي للآفة) ونقلها للمخبر وتربيتها ثم إطلاقها في المناطق المراد مكافحة الآفة بها، وذلك فيما يعرف بطريقة الإدخال Introduction، أما الاتجاه الثاني فيعتمد على إظهار دور الأعداء الطبيعية المحلية من النيماتودا الممرضة للحشرات للتحكم في أعداد الآفة إذا ما حدث تطور مفاجئ لقدرتها ووصولها إلى مستويات الضرر (أي الوصول لحالة الفوران- Out break)، وذلك من خلال اتباع طريقة أو أسلوب الازدياد Augmentation.

ويتطلب تحسين فعالية الأعداء الطبيعية، سواءً كانت موجودة أصلاً بالمنطقة أو تمَّ إدخالها، الإلمام الجيد بالنواحي البيولوجية والإيكولوجية لها، بغرض الوصول لأفضل الأساليب التي تعمل على زيادتها وتحقق أقصى مقدرة ممكنة، ويتم ذلك من خلال التوطين الدوري Periodic Colonization للأعداء الحيوية باتباع طريقتي التلقيح Inoculation أو الإغراق Inundation، وتطوير سلالات لها درجة أفضل من الأقلمة عن طريق الانتخاب الصناعي، وأيضاً لاتخاذ إجراءات الصيانة Conservation للمحافظة عليها.

ومن أهم الطرائق والأساليب التطبيقية لاستخدام النيماتودا الممرضة للحشرات في المكافحة الإحيائية نذكر:

5–1– الإدخال:

يتم في هذه الطريقة استيراد وإدخال الأعداء الحيوية في مناطق جديدة يمكن أن تتأقلم بها وتستقر فيها وتنتشر وتتزايد، ونجاح ذلك فإنه يتم استعادة التواجد المتوازن بين الآفة والعدو الحيوي وتتناقص أعداد الآفة وتهبط إلى مستويات أقل مما كانت عليه إلى أن تصل لمستوى أقل من الحد الاقتصادي الحرج وتنشئ حالة اتزان عام جديدة، وإذا ما استمرت فإنه لن يكون هناك حاجة لإجراء طرق أخرى من المكافحة، وتستخدم هذه الطريقة تجاه الآفات الدخيلة ببعض المناطق التي لم تتواجد فيها من قبل (من المعروف أن مثل هذه الآفات تنتشر بدرجة خطيرة في المناطق الجديدة التي دخلتها نتيجة لعدم وجود الأعداء الطبيعية لها، أو انتقالها معها من بيئتها الأصلية)، وتستخدم هذه الطريقة تجاه الآفات المحلية المستوطنة التي تتزايد أعدادها نتيجة لانتشارها في مدى أوسع في النطاق الذي ينتشر فيه أعداؤها، أو نتيجة لظروف معينة تدفع بتزايد أعداد الآفة عن تعداد أعدائها ومنها اختلال المكافحة الطبيعية البيولوجية بعمليات التكثيف الزراعي، وحتى تحقق هذه الطريقة أقصى درجة من النجاح فإن هناك إجراءات معينة يلزم اتباعها.

5–2– زيادة فعالية المكافحة الطبيعية Augmentation:

تستخدم هذه الطريقة في الحالات التي يكون فيها الأعداء الطبيعية المحلية للنيماتودا الممرضة للحشرات قليلة، أو يكون انتشارها أقل من الآفة نتيجة لظروف معينة من أهمها الدور المؤثر لبعض العمليات الزراعية المتبعة، وفي هذه الحالة فإنه يتم تدعيم الأعداء الطبيعية المحلية وإظهارها بإطلاق أفراد من النيماتودا الممرضة للحشرات بهدف الحصول على عشائر (Populations) جديدة من النيماتودا قادرة على توفير مكافحة جيدة طيلة الموسم. والمثال على هذه الإستراتيجيات من التطبيق هو استخدام النيماتودا *S. glaseri* المعزولة أصلاً من يرقات الجعال (Scarab Grubs) في ولاية نيوجيرسي،

وإطلاقها في برنامج مكافحة إحيائية ضد حشرات الخنافس اليابانية في المسطحات الخضراء.

5–3– التلقيح Inoculation (أو الإطلاق المحدود Inoculative Release):

تعمل هذه الطريقة على التوطين الدوري للعدو الطبيعي (النيماتودا الممرضة للحشرات) في مناطق معينة بالإطلاق المحدود العدد في بداية الموسم أو خلال موسم النمو للمحصول الجديد، وذلك إذا لم يكن هناك عدو طبيعي محلي، أو في حالة وجود عدو طبيعي دخيل غير قادر على التكاثر بشكل دائم، وقد يطلق على هذه الطريقة بالإطلاق التدريجي المتزايد Accretive Release حيث يستفاد من ذرية العدو الحيوي لمدة تطول عن مدة جيل من بداية التوطين.

5–4– الإغراق Inundation (أو الإطلاق الكثيف Indundative Release) :

يتم في هذه الطريقة إكثار العدو الطبيعي المحلي أو الدخيل بكميات ضخمة، والإطلاق المكثف لها في أوقات معينة وبأعداد تفوق العدد الذي يمكن به تحقيق الفعالية المستهدفة، حيث أنه لا يعتمد هنا على ذرية هذه الأعداء وإنما على الأفراد نفسها التي تمَّ إطلاقها، وذلك فيها يشبه استخدام المبيدات عند تزايد الكثافة العددية للآفة عن الحدود الاقتصادية الحرجة (ولذا فإنه قد تعرف هذه الطريقة بالمبيدات الحيوية)، ويستخدم مثل هذا التوجه مع معظم، إن لم يكن جميع، النيماتودا الممرضة للحشرات، حيث تطلق أعداد ضخمة من اليرقات المعدية (IJs) في توزيع منتظم بهدف الحصول على مكافحة سريعة وشاملة، مثل استخدام نيماتودا *S. carpocapsae* (كمبيد) أحيائي ضد عدد من الآفات الحشرية في التربة.

5–5– الصيانة Conservation:

وتعني الإجراءات والوسائل التي يمكن استخدامها للمحافظة على النيماتودا الممرضة للحشرات الموجودة سابقاً في بيئة المحصول، سواءً المحلية أو التي يتم إدخالها، وبصفة عامة فإن المحافظة على النيماتودا الممرضة للحشرات يتطلب توفير الرطوبة الجيدة، وأماكن الاختباء أو الإعاشة، وحمايتها من تأثيرات المبيدات وغيرها من

المواد التي تستخدم في أغراض المكافحة، ويمكن استيفاء كثير من هذه المتطلبات في معظم الأنظمة البيئية الزراعية بالاختبار الواعي لأساليب الاستزراع، الدورة الزراعية، والعمليات الزراعية (الري، الحرث، الحصاد)، والحذر في استخدام المبيدات باستعمالها عندما تصل الآفة إلى المستويات الاقتصادية، والتطبيق عن طريق معاملة البقع، والاعتماد على الحد الأدنى من الجرعات الكافية لقتل الآفة المستهدفة، وأيضاً اختيار المبيدات المتخصصة التي لها تأثير سام أشد على الآفات عنها من النيماتودا الممرضة للحشرات، ولا شك في أن تحسين فعالية الأعداء الطبيعية وصيانتها يتوقف بدرجة كبيرة على درجة الاستمرار والثبات والعوامل البيئية المناسبة.

ب- المعدات المستخدمة في التطبيق والمكافحة Application Equipments :

يمكن استعمال نفس الأدوات والمعدات التي تستخدم في رش المبيدات، مثل أدوات الرش اليدوية والأرضية، وآلات إنتاج الرذاذ (Mist Blowers) والرشاشات الجوية على الطائرات المروحية، ويمكن حقن مستحضر معلق النيماتودا مباشرة إلى داخل الثقوب التي تصنعها حشرات ثاقبات (حفارات) النبات (Plant Boring Insects) لمكافحة تلك الحشرات، أو إغلاق تلك الثقوب بالإسفنج المشبع بمعلق النيماتودا، وتستخدم الطعوم المحتوية على الأطوار المعدية لمكافحة الحشرات المتحركة مثل الذبابة المنزلية والصراصير الأمريكية. كما يمكن أيضاً استخدام النيماتودا وإضافتها في التطبيقات الحقلية عن طريق أجهزة الري بالتنقيط أو الري بالرش المحوري Pivots.

يجب عند استعمال النيماتودا إزالة الحواجز المستعملة دائماً في الرشاشات واستعمال رشاشات نظيفة ومراعاة ألا تتجاوز درجة حرارة خزان الرش عن 32°م.

والوقت الملائم لعملية التطبيق هو الصباح الباكر أو الساعات الأولى من المساء أو الأيام التي بها غيوم، وذلك لتجنب الأشعة فوق البنفسجية من الشمس أو الحرارة العالية.

وبشكل عام تكمل مبيدات النيماتودا الممرضة للحشرات برنامج المكافحة المتكاملة للحشرة، حيث يحدث توافق بينها وبين بعض المبيدات الكيميائية والأسمدة ومحسنات التربة وعوامل المكافحة الإحيائية الأخرى، إلا أن هناك بعض مبيدات الأعشاب

والمبيدات الحشرية والأكاروسية والفطرية يمكن أن تؤدي إلى موت النيماتودا، ولذلك يجب تقييم تأثير كل مادة كيميائية ومدى فاعليتها مع النيماتودا قبل التطبيق الحقلي.

رد فعل العائل الحشري تجاه الإصابة بالنيماتودا الممرضة للحشرات:

للعائل الحشري وسائل دفاعية تجاه هجوم النيماتودا، مثل انطلاق الفرد المصاب من حيزه لاستبعاد عدوى بقية أفراد العائل (النمل الأبيض)، أو بإزالة الطور المعدي من فوق الجسم ومن خلال معدل إخراج عالي يحول دون عدواه من فتحة الشرج، أو بإطلاقه قدر منخفض من غاز ثاني أكسيد الكربون أو بانطلاقات مفاجئة لهذا الغاز من فتحاته التنفسية لحجب المسار الكيميائي (يرقات حرشفية الأجنحة)، أو بالإغلاق المحكم لهذه الفتحات التي قد تزود بصفائح غربالية واقية، أو بامتلاكه جدار جسم سميك، هذا بالإضافة إلى وسائل الدفاع الفسيولوجية بنشاط دموي كما لوحظ ظاهرة ملفتة تتعلق بصراصير الحقل ونوع نيماتودا *S. carpocapsae*، إذ تصيد فطريات Arthrobotrys الموجودة على السطح الخارجي لجدار جسم الحشرات أفراد النيماتودا.

مدى الأمان عند استخدام النيماتودا الممرضة للحشرات:

يجدر بنا عند تداول كائنات النيماتودا في مكافحة الآفات الحشرية التعرف على مدى أمان هذا لإجراء تجاه الإنسان والنبات الاقتصادي والحشرات النافعة. غير أن أنواع جنس *Steinernema* و*Heterorhabditis* قد ثبت ارتباطها عائلياً بالحشرات بالرغم من قدرتها على غزو وقتل كائنات أخرى لا فقارية، كما لوحظ غزوها وقتلها عوائل فقارية مثل الضفادع غير أن نموها لا يكتمل بالارتباط بهذه العوائل، بل يعزى قتلها حينذاك إلى كائنات بكتيرية دفعت بها النيماتودا داخل العائل، وتنتقل النيماتودا إلى الفقاريات بواسطة مياه الشرب وتخرج من أجسامها مع البراز، غالباً دون إحداث ضرر، وقد سُجل إصابة نحل العسل بنيماتودا عائلة Mermithidae وإصابة ديدان الحرير بأنواع أخرى من مجموعة Rhabditoids باليابان، وبصورة عامة يلزم المزيد من البحوث المرتبطة بهذا المجال.

الفصل الرابع

المعايير الدولية لتدابير الصحة النباتية

تحليل مخاطر الآفات الحجرية بما قي ذلك المخاطر على البيئة وعلى الكائنات المحورة وراثياً

النشرة رقم 11

مقدمة Introduction:

الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات :

International Plant Protection Convention IPPC

أنشئت معاهدة دولية للصحة النباتية عام 1952، تهدف إلى حماية النباتات المزروعة والبريَّة عن طريق منع دخول الآفات وانتشارها ووقع هذا الاتفاق الدولي حول صحة النبات حتى الآن 177بلداً. وهي تهدف إلى حماية لنباتات المزروعة والبرية من الآفات عن طريق منع دخول الآفات وانتشارها ولقد وفرت منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة أمانة الاتفاقية الدولية لوقاية النبات.

تتولى هيئة تدابير الصحة النباتية Commission on Phytosanitary Measures (CPM) تطبيق الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات، التي تيسّر التعاون بين الأطراف المتعاقدة لحماية الموارد النباتية المزروعة والطبيعية في العالم من انتشار آفات النباتات ودخولها ، في الوقت الذي يكون فيه التدخّل مع الحركة الدولية للبضائع والأفراد في حدوده الدنيا.يتم تحديد الأنشطة الرئيسة لهيئة تدابير الصحة النباتية في خطة أعمالها ويتم التخطيط لها بالتشاور مع الأطراف المتعاقدة. ويرافق كل الأنشطة تدابير النجاح لتمكين رصد التقدّم والإنجاز.

تشمل الأنشطة الرئيسة للاتفاقية الدولية لوقاية النباتات:

- الحكم
- وضع المعايير
- تبادل المعلومات
- تسوية التنازعات
- بناء القدرات
- مراجعة الحالة العالمية لوقاية النبات

المعايير الدولية لتدابير الصحة النباتية

International Standards for Phytosanitary Measures (ISPMs)

وهي عبارة عن الخطوط التوجيهية والتوصيات المعترف بها كأساس لتدابير الصحة النباتية التي يطبقها أعضاء منظمة التجارة العالمية World Trade Organization (WTO). في ظل اتفاقية تطبيق تدابير الصحة والصحة النباتية (اتفاقية الصحة والصحة النباتية SPS) يتم اعتماد المعايير الدولية لتدابير الصحة النباتية من قبل الأطراف المتعاقدة للاتفاقية الدولية لوقاية النباتات من خلال هيئة تدابير الصحة النباتية (CPM) وتشجّع الأطراف غير المتعاقدة للاتفاقية الدولية لوقاية النباتات على لحظ هذه المعايير.

لا تعدّ المعايير بحد ذاتها صكوكاً تنظيمية ولكنها تصبح نافذة بعد أن تضع البلدان متطلبات ضمن تشريعاتها الوطنية. ويتعيّن إرسال أية معلومات عن متطلبات الاستيراد والتصدير إلى المنظمات القطرية لوقاية النبات. تُعلم البلدان الشركاء التجاريين بالتغيرات التي تطرأ على متطلباتها الخاصة بالاستيراد والتصدير من خلال موقع الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات على الشبكة العنكبوتية (البوابة الدولية للصحة النباتية IPP).

تحليل مخاطر الآفات الحجرية بما في ذلك المخاطر على البيئة وعلى الكائنات المحورة وراثياً

النشرة رقم 11

تنحصر أهداف تحليل مخاطر الآفات، بالنسبة لمنطقة محددة، في تحديد الآفات وطرائق انتقال العدوى التي تبعث على القلق وتقييم أخطارها، وتحديد المناطق المهددة، وكذلك تحديد خيارات إدارة الآفات، حسب مقتضى الحال. وتشمل عملية تحليل مخاطر الآفات بالنسبة للآفات الحَجْرية ثلاث مراحل، هي:

المرحلة الأولى (وهي مرحلة الشروع في العملية) وتشمل تحديد الآفة (أو الآفات) وطرائق انتقال العدوى التي تبعث على القلق، والتي ينبغي النظر فيها من أجل تحليل المخاطر فيما يتعلق بالمنطقة المحددة لتحليل مخاطر الآفات.

المرحلة الثانية (وهي مرحلة تقدير المخاطر) وتبدأ بتصنيف الآفات كل على حده لتحديد ما إذا كانت تنطبق عليها معايير الآفات الحَجْرية. وتستمر عملية تقدير المخاطر بتقييم احتمال دخول الآفات، وتوطنها وانتشارها، ونتائجها الاقتصادية المحتملة (بما في ذلك التأثيرات على البيئة – *م 1* عن المخاطر على البيئة).

المرحلة الثالثة (وهي مرحلة إدارة المخاطر) وتشمل تحديد خيارات الإدارة اللازمة للحد من المخاطر التي تم تحديدها في المرحلة الثانية، مع تقييم هذه الخيارات لتحديد مدى كفاءتها، وإمكانية تنفيذها وتأثيرها توطئة لاختيار أنسبها.

تحليل مخاطر الآفات الحَجْرية

1- المرحلة الأولى: الشروع في العملية

الهدف من مرحلة الشروع هو تحديد الآفة (أو الآفات) وطرائق انتقال العدوى التي تبعث على القلق، والتي ينبغي النظر فيها من أجل تحليل المخاطر فيما يتعلق بالمنطقة المحددة لتحليل مخاطر الآفات.

م2 قد تشكل بعض الكائنات الحية المحورة خطراً على الصحة النباتية يستدعي بالتالي إجراء تحليل لمخاطر الآفات. إلاّ أنّ العديد من فئات الكائنات

الحية المحورة لن تشكل أي خطر على الصحة النباتية غير المخاطر التي تتسبب بها غير الكائنات الحية المحورة ذات الصلة ولا تستدعي بالتالي إجراء تحليل كامل لمخاطر الآفات. فيكون الهدف من مرحلة الشروع في العملية في حالة الكائنات الحية المحورة تحديد الكائنات التي تتمتع بمواصفات آفة محتملة والتي تحتاج إلى المزيد من التقييم وتلك التي لا تحتاج إلى المزيد من التقييم في إطار المعايير الدولية رقم 11.

م2 الكائنات الحية المحورة هي كائنات تمّ تحويرها بواسطة تقنيات التقانة الحيوية الحديثة لإظهار سمة أو أكثر من السمات الجديدة أو المغيّرة. وفي معظم الحالات، لا يعتبر عادة الكائن الأصل آفة نباتية بل قد ينبغي إجراء تقييم لمعرفة ما إذا كان التحوير الوراثي (أي الجينات أو تتابع الجينات الذي ينظّم الجينات الأخرى أو الجينات الناتجة) يؤدي إلى سمة أو مواصفة جديدة قد تشكل خطراً من مخاطر الآفات النباتية.

م2 وقد تكون مخاطر الآفات النباتية الناجمة عن الكائنات الحية المحورة:

- كائناً (كائنات) يحمل الجينة (الجينات) المضافة (أي الكائنات الحية المحورة)؛ أو مجموعة مواد وراثية (مثلاً جينة مستخرجة من الآفات النباتية كالفيروسات)؛ أو تبعات انتقال المادة الوراثية إلى كائن آخر.

1-1- نقطة البداية:

يمكن البدء في عملية تحليل مخاطر الآفات نتيجة لما يأتي:

- تحديد طريق لانتقال العدوى يمثل خطراً محتملاً لآفة
- تحديد آفة قد تتطلب اتخاذ تدابير للصحة النباتية
- مراجعة أو تعديل سياسات وأولويات الصحة النباتية.

تشير "م1" في هذا النص إلى النص الملحق عن المخاطر على البيئة و"م2" إلى النص الملحق عن الكائنات الحية المحورة وراثياً.

م1 كثيرا ما تشير نقاط البداية إلى "الآفات". وتعرف الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات الآفة بأنها "**أي نوع أو سلالة أو نمط حيوي من الكائنات النباتية أو الحيوانية أو أي عامل ممرض أو ضار للنباتات أو المنتجات النباتية**." ولدى تطبيق نقاط البداية هذه على النباتات تحديداً، كآفات، فمن المهم ملاحظة أن النباتات المعنية تفي بهذا التعريف. فالآفات التي تؤثرفي النباتات بصورة مباشرة تفي بهذا التعريف. إضافة إلى ذلك، فالكثير من الكائنات التي تؤثر على النباتات بصورة غير مباشرة تفي أيضا بهذا التعريف (كالأعشاب الضارة/النباتات الغازية). ويمكن الاستناد في القول إنها ضارة إلى الدلائل التي يتم الحصول عليها في المنطقة التي توجد فيها. وفي حالة الكائنات التي توجد دلائل غير كافية على أنها تؤثر في النباتات بصورة مباشرة، فقد يكون من المناسب، مع ذلك، أن يجرى، على أساس ما هو متاح من معلومات وثيقة الصلة بالموضوع، تقدير احتمال كونها ضارة في منطقة تحليل مخاطر الآفات باستخدام نظام موثق بوضوح، ومطبق باتساق، ومتسم بالشفافية. ولهذا أهمية خاصة بالنسبة للأنواع أو الأصناف النباتية المستوردة للغرس.

م2 تشمل أنواع الكائنات الحية المحورة التي قد يتعين على المنظمات القطرية لوقاية النباتات تقييمها لتحديد المخاطر على الصحة النباتية:

- النباتات المستخدمة (أ) محاصيلَ زراعيةً أو للغذاء والعلف أو نباتات للزينة أو غابات تتمّ إدارتها؛ (ب) العلاج الحيوي (مثل الكائنات الحية التي تتولى التخلص من العدوى)؛ (ج) لأغراض صناعية (مثلاً إنتاج الأنزيمات أو المواد البلاستيكية العضوية)؛ (د) كعوامل علاجية (مثلاً لإنتاج المواد الصيدلية).
- عوامل المكافحة الحيوية المحوّرة لمساعدتها على تأدية ذلك الدور بشكل أفضل.
- الآفات المحورة لتغيير مواصفاتها الممرِضة وجعلها مفيدة بالتالي في المكافحة الحيوية (أنظر المعايير الدولية لتدابير الصحة النباتية رقم 3: مدونة السلوك الخاصة باستيراد وإطلاق العوامل الأجنبية للمكافحة البيولوجية).

- الكائنات المحورة وراثياً لتحسين مواصفاتها لاستخدامها كأسمدة حيوية أو لمعالجات أخرى للتربة وفي العلاج الحيوي أو لأغراض صناعية.

م2 لا تصنّف الكائنات الحية المحورة في خانة الآفات إلا إذا كانت مؤذية أو يمكن أن تؤذي النباتات أو المنتجات النباتية في ظروف معينة في المنطقة التي يشملها تحليل مخاطر الآفات. وقد يتخذ الضرر شكل تأثيرات مباشرة على النباتات أو المنتجات النباتية أو تأثيرات غير مباشرة. وللمزيد من التوجيهات عن طريقة معرفة ما إذا كانت الكائنات الحية المحورة قد تشكل آفة أم لا، يرجى العودة إلى *تحديد إمكانية أن يشكل كائن حي محور آفة* في الملحق الثالث.

1-1-1- تحليل مخاطر الآفات نتيجة لتحديد طريق انتقال العدوى:

قد تنشأ الحاجة إلى تحليل جديد أو مُنقح لمخاطر الآفات على طريق محدد لانتقال العدوى في الحالات الآتية:

- بدء التعاملات التجارية الدولية في سلعة لم يكن البلد يستوردها من قبل (وهي عادة نبات أو مُنتَج نباتي، بما في ذلك النباتات المُعدَّلة وراثياً) أو في سلعة من منطقة منشأ جديدة أو من بلد منشأ جديد.
- استيراد أنواع جديدة من النباتات لأغراض الانتخاب أو البحوث العلمية.
- تحديد طريق آخر لانتقال العدوى غير استيراد السلعة (الانتشار الطبيعي، أو عن طريق مواد التعبئة، أو البريد، أو النفايات، أو أمتعة الركاب، وما إلى ذلك).

ويمكن إعداد قائمة بالآفات التي من المحتمل أن ترتبط بهذا الطريق لانتقال العدوى (كأن تحملها السلعة) بالاستعانة بالمصادر الرسمية، وقواعد البيانات، والمطبوعات العلمية أو النشرات الأخرى، أو مشاورات الخبراء. ومن المفضل تحديد الأولويات في القائمة استناداً إلى رأي الخبراء بشأن توزيع الآفات وأنواعها. وفي حالة عدم تحديد آفات من المحتمل دخولها من هذا الطريق، يمكن أن تتوقف عملية تحليل مخاطر الآفات عند هذه النقطة.

1-1-2- تحليل مخاطر الآفات نتيجة لتحديد الآفة:

قد تنشأ الحاجة إلى تحليل جديد أو مُنقح لمخاطر الآفات بشأن آفة محددة في الحالات التالية:

- ظهور حالة طارئة بعد اكتشاف إصابة متوطنة أو بعد تفشي آفة جديدة داخل منطقة تحليل مخاطر الآفات.
- ظهور حالة طارئة لدى اكتشاف آفة جديدة في سلعة مستوردة.
- تحديد وجود خطر ناتج عن آفة جديدة، عن طريق البحوث العلمية.
- دخول آفة إلى منطقة ما.
- وجود تقارير تدل على أن آفة تعد أشد ضرراً في منطقة ما عما هي في منطقة المنشأ.
- تكرار اكتشاف آفة.
- طلب استيراد كائن حي من الخارج
- التعرف على كائن حي يعد ناقلاً لآفات أخرى.
- تحور كائن حي وراثيا بطريقة تدل بوضوح على أنه يمكن أن يمثل آفة نباتية.

1-1-3- الشروع في تحليل مخاطر الآفات نتيجة لإعادة النظر في السياسة المطبقة أو تغييرها:

تنشأ الحاجة إلى تحليل جديد أو مُنقح لمخاطر الآفات لدواعي ترتبط بالسياسة المطبقة في الحالات الآتية:

- اتخاذ قرار على المستوى القطري بإعادة النظر في لوائح أو شروط أو عمليات الصحة النباتية.
- النظر في اقتراح مقدم من بلد آخر أو من منظمة دولية (منظمة إقليمية لوقاية النباتات، أو منظمة الأغذية والزراعة).
- تأثير نظام جديد للمعاملة أو وقف العمل بنظام للمعاملة، أو تأثير عملية جديدة، أو معلومات جديدة على قرار سابق.
- ظهور نزاع بشأن تدابير الصحة النباتية.

- تغير حالة الصحة النباتية في بلد ما، أو نشوء بلد جديد، أو تغير الحدود السياسية لبلد ما.

1-2- تحديد منطقة تحليل مخاطر الآفات:

ينبغي تحديد منطقة تحليل مخاطر الآفات بأكبر قدر من الدقة لكي يمكن تحديد المنطقة التي يلزم توفير معلومات بشأنها.

1-3- المعلومات:

يعد جمع المعلومات من العناصر المهمة في جميع مراحل تحليل مخاطر الآفات. ويعد ذلك مهماً في مرحلة البداية حتى يمكن تحديد الآفة أو الآفات، وتوزيع وجودها وارتباطها بالنباتات العائلة، أو السلع، أو غير ذلك. وتُجمَع المعلومات الأخرى كلما ظهرت الحاجة إليها للتوصل إلى القرارات اللازمة طالما استمرت عملية تحليل مخاطر الآفات.

ويمكن أن تأتي المعلومات اللازمة لتحليل مخاطر الآفات من مصادر متعددة. ويعد تقديم المعلومات الرسمية عن حالة الآفات من الالتزامات التي تنص عليها الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات (المادة 8-1ج) على أن تقوم جهة الاتصال الرسمية بتيسير ذلك (المادة 8-2).

م1 على أية حال، ستكون مصادر المعلومات أكثر تنوعا بالنسبة إلى المخاطر البيئية، من تلك التي كانت المنظمات القطرية لوقاية النباتات تستخدمها تقليديا. وقد يحتاج الأمر إلى مدخلات أوسع نطاقا. وقد تشمل هذه المصادر "تقديرات التأثير البيئي"، إلا أنه يجب التسليم بأن هذه التقديرات ليس لها عادة نفس الغرض لتحليل مخاطر الآفات وأنها لا يمكن أن تكون بديلا عن هذا التحليل.

م2 من المعلومات المطلوبة بالنسبة إلى الكائنات الحية المحورة لإجراء تحليل كامل للمخاطر:

- اسم الكائنات الحية المحورة وهويتها وحالتها من حيث تصنيفها (بما في ذلك أية رموز تعريف ذات الصلة) وتدابير إدارة المخاطر المطبّقة على تلك الكائنات في البلد المصدِّر.

- التصنيف، الاسم الرائج، نقطة التجميع أو الحصول عليها، ومواصفات الكائن المانح.
- وصف الحمض النووي أو التحوير الحاصل (بما في ذلك التركيبة الوراثية) والمواصفات الوراثية النمطية والمظهرية النمطية الناجمة عنه في الكائنات الحية المحورة.
- تفاصيل عملية التحوّل.
- طرائق الكشف والتحديد الملائمة وخصائصها ودقتها والقدرة على الوثوق بها.
- الاستخدام المقصود بما في ذلك الاحتواء المقصود.
- كمية الكائنات الحية الوراثية الواجب استيرادها أو حجمها.

م2 وتفرض الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات (المادة الثامنة-1ج) تقديم معلومات عن حالة الآفات عن طريق نقاط اتصال رسمية (المادة الثامنة-2). وقد يتعيّن على أي بلد من البلدان تقديم معلومات عن الكائنات الحية المحورة بموجب الاتفاقات الدولية الأخرى مثل *بروتوكول قرطاجنة بشأن السلامة الأحيائية التابع لاتفاقية التنوع الحيوي (2000)*؛ بروتوكول قرطاجنة). ويلحظ بروتوكول قرطاجنة إنشاء غرفة لتبادل المعلومات عن السلامة الحيوية قد تحوي كافة المعلومات ذات الصلة. وقد تكون أحياناً المعلومات الخاصة بالكائنات المحورة وراثياً ذات بعد تجاري أيضاً وتجدر عندها مراعاة أي واجبات تتعلق بالإفصاح عن المعلومات ومناولتها.

1-3-1- عمليات تحليل مخاطر الآفات السابقة:

ينبغي التأكد أيضاً مما إذا كانت طرائق انتقال العدوى، أو الآفات أو السياسات قد أُخْضِعَت بالفعل لتحليل مخاطر الآفات، سواء على المستوى القطري أو الدولي. فإذا وُجِد تحليل سابق لمخاطر الآفات، ينبغي التأكد من سلامته لأن الظروف والمعلومات ربما تكون قد تغيرت. كذلك ينبغي تحري إمكانية الاعتماد، جزئياً أو كلياً، على تحليل مخاطر الآفات من طريق مماثل أو عن آفة مماثلة، وبذلك تنتفي الحاجة إلى إجراء تحليل جديد لمخاطر الآفات.

4-1- الانتهاء من المرحلة الأولى:

مع الانتهاء من المرحلة الأولى، نقطة البداية، تكون الآفات وطرق انتقال العدوى التي تثير القلق ومنطقة تحليل مخاطر الآفات قد تحددت، وقد جُمعت المعلومات المتصلة بها، وتم تحديد الآفات المرشحة لاتخاذ تدابير الصحة النباتية، إما على أساس منفرد أو في ترابط مع طريق انتقال العدوى.

م2 للمنظمة القطرية لوقاية النباتات أن تقرر في حالة الكائنات الحية المحورة في نهاية المرحلة الأولى ما إذا كان الكائن الحي المحور المعني:

- يشكل آفة محتملة ويحتاج إلى المزيد من التقييم في المرحلة الثانية؛ أو
- لا يشكل آفة محتملة ولا يحتاج إلى المزيد من التحليل بموجب المعايير الدولية رقم 11 (أنظر أيضاً الفقرة التالية).

م2 لا يتعلق تحليل مخاطر الآفات في الاتفاقية الدولية إلا بتقدير المخاطر على الصحة النباتية وإدارتها. وكما هي الحال بالنسبة إلى الكائنات أو طرائق انتقال العدوى التي تستعرضها إحدى المنظمات القطرية لوقاية النباتات، قد تترتّب مخاطر أخرى أيضاً عن الكائنات الحية المحورة لا تقع ضمن نطاق الاتفاقية الدولية. قد يشكل تحليل مخاطر الآفات في حالة الكائنات الحية المحورة جزءاً بسيطاً فقط من التحليل الإجمالي المطلوب للمخاطر. إذ باستطاعة البلدان مثلاً أن تطلب تقدير المخاطر على صحة الإنسان أو الحيوان أو على البيئة، بما يتعدى المجالات التي تشملها الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات. ومن الأرجح أنه عندما تكتشف إحدى المنظمات القطرية لوقاية النباتات وجود مخاطر محتملة غير المخاطر على الصحة النباتية إبلاغ السلطات المختصة.

2- المرحلة الثانية : تقدير مخاطر الآفات:

يمكن، بصفة عامة، تقسيم عملية تقدير مخاطر الآفات إلى ثلاث خطوات مترابطة، هي:

- تصنيف الآفات.
- تقدير احتمال الدخول والانتشار.

- تقدير النتائج الاقتصادية المحتملة (بما في ذلك التأثيرات البيئية).

م2 وفي معظم الحالات، تطبق هذه الخطوات بالتتابع في عملية تحليل مخاطر الآفات، وإن لم يكن من الضروري أن تتقيد بترتيب خاص. ولا ينبغي أن تكون عملية تقدير مخاطر الآفات معقدة إلاّ بقدر ما تبرر الظروف ذلك من الناحية الفنية. ويسمح هذا المعيار بالحكم على عملية معينة لتحليل مخاطر الآفات قياساً على المبادئ المتعلقة بمدى ضرورتها، والحد الأدنى لتأثيرها، والشفافية، والتطابق، وتحليل المخاطر، وإدارة المخاطر وعدم التمييز – وهي المبادئ المبينة في المعايير الدولية رقم 1 لتدابير الصحة النباتية، *مبادئ الحجر النباتي وعلاقتها بالتجارة الدولية* (منظمة الأغذية والزراعة، 1995).

م2 من المسلّم به بدءاً من هذه المرحلة في تحليل مخاطر الآفات أنه يجري تقييم الكائنات الحية المحورة على اعتبارها آفة؛ فتعني بالتالي "الكائنات الحية المحورة" أي كائنات حية محورة تشكل آفة حجرية محتملة بسبب وجود مواصفات أو خصائص جديدة أو معدّلة نتيجة التحوير الوراثي. ويجب أن يتمّ تقدير المخاطر بالنسبة إلى كل حالة على حدة. وينبغي تقييم الكائنات الحية المحورة التي لها خصائص آفات غير مرتبطة بالتحوير الوراثي بواسطة الإجراءات العادية.

2-1- تصنيف الآفات:

في البداية، قد لا يكون واضحاً أي آفة أو أي الآفات التي تم تحديدها في المرحلة الأولى تتطلب إجراء تحليل لمخاطر الآفات. وتتضمن عملية التصنيف تحديد ما إذا كانت معايير التحديد الواردة في تعريف الآفات التي تطبق عليها تدابير الحجر مستوفاة.

وقد يكون من اللازم، لدى تقييم طرائق انتقال العدوى المرتبطة بسلعة معينة، إجراء عدد من عمليات تحليل مخاطر الآفات المنفردة عن الآفات المختلفة التي من الممكن أن ترتبط بهذا الطريق. ومن الجوانب التي تميز عملية تصنيف الآفات أنه يمكن استبعاد كائن حي أو كائنات حية من الدراسة قبل إجراء بحث متعمق.

ومن مزايا عملية تصنيف الآفات أنه يمكن إجراؤها بمعلومات قليلة نسبياً، وإن كان لابد أن تكون كافية لإجراء عملية التصنيف بطريقة وافية.

2-1-2- عناصر التصنيف:

تشمل عملية تصنيف إحدى الآفات على أنها من الآفات الحَجْرية العناصر الأساسية الآتية:

- هوية الآفة.
- وجود أو عدم وجود منطقة لتحليل مخاطر الآفات.
- وضع الآفة من حيث خضوعها للوائح الصحة النباتية.
- احتمال التوطن والانتشار بمنطقة تحليل مخاطر الآفات.
- النتائج الاقتصادية المحتملة (بما في ذلك النتائج البيئية) في منطقة تحليل مخاطر الآفات.

2-1-1-1- هوية الآفة:

ينبغي تحديد هوية الآفة بوضوح لضمان إجراء التقدير على كائن محدد، وكذلك لضمان كون المعلومات الحيوية وغيرها من المعلومات المستخدمة في التقدير وثيقة الصلة بالكائن محل الدراسة. وإذا لم يكن ذلك ممكناً لأن العامل المسبب لأعراض معينة لم يتم تحديده تماماً، عندئذ ينبغي التأكد من أنه يتسبب في أعراض ثابتة وأنه قادر على الانتقال.

وعموماً تكون الوحدة التصنيفية للآفة هي النوع. وعند تصنيفها في مستوى أعلى أو أدنى من النوع، ينبغي أن يستند ذلك إلى أساس علمي سليم. وفي حالة تصنيفها في مستوى أدنى من النوع، ينبغي أن يتضمن ذلك الأدلة التي توضح أن العوامل التي يستند إليها التصنيف - مثل وجود اختلافات في مدى شراسة الآفة، ومجال العوائل أو الارتباط بين الآفة وناقل العدوى - تُعد جوهرية بالدرجة التي تكفي للتأثير على حالة الصحة النباتية.

وفي الحالات التي يوجد فيها ناقل للعدوى، يمكن أيضاً أن نعد الناقل آفة بقدر ارتباطه بالكائن الحي المسبب للعدوى وبقدر ضرورته لنقل الآفة.

2-1-1-2- وجود أو عدم وجود منطقة لتحليل مخاطر الآفات:

ينبغي ألاّ يكون للآفة وجود في جميع أنحاء منطقة تحليل مخاطر الآفات أو في جزء محدد منها.

2-1-1-3- الوضع من حيث خضوع الآفة للوائح الصحة النباتية:

إذا كانت الآفة موجودة ولكنها غير منتشرة على نطاق واسع، ينبغي أن تكون خاضعة للمكافحة الرسمية أو من المتوقع إخضاعها للمكافحة الرسمية في المستقبل القريب.

2-1-1-4- احتمال التوطن والانتشار بمنطقة تحليل مخاطر الآفات:

م2 ينبغي وجود أدلة تعزز الاستنتاج بأن الآفة يمكن أن تصبح متوطنة في منطقة تحليل مخاطر الآفات أو أن تنتشر فيها. وينبغي أن تتوافر في منطقة تحليل مخاطر الآفات الظروف البيئية/المناخية، بما في ذلك الظروف المحمية المناسبة لتوطن الآفة وانتشارها، كما ينبغي – حيثما يكون ذلك مناسباً – وجود أنواع العوائل (أو أقرب أقاربها)، والعوائل البديلة والنواقل في منطقة تحليل مخاطر الآفات.

م2 لا بد من مراعاة العناصر التالية أيضاً في حالة الكائنات الحية المحورة:

- تغيّر مواصفات التكيّف نتيجة التحوير الوراثي والتي من شأنها أن تزيد احتمالات التوطّن والانتشار.
- نقل الجينات أو تدفقها مما قد يؤدي إلى توطّن الآفات وانتشارها أو إلى ظهور آفات جديدة.
- عدم الاستقرار الوراثي النمطي والمظهري النمطي الذي قد يؤدي إلى توطّن وانتشار كائنات تكون للآفات الناجمة عنها مواصفات جديدة، مثل خسارة جينات العقم التي تحول دون الإخصاب الخلطي.

2-1-1-5- إمكانية حدوث نتائج اقتصادية في منطقة تحليل مخاطر الآفات:

ينبغي وجود دلائل واضحة على أن الآفة من المحتمل أن يكون لها تأثير اقتصادي غير مقبول (بما في ذلك التأثير البيئي) في منطقة تحليل مخاطر الآفات.

م1 يرد عرض للتأثير الاقتصادي غير المقبول في المعايير الدولية رقم 5، قائمة مصطلحات الصحة النباتية، الملحق رقم 2: *خطوط توجيهية بشأن فهم الأهمية الاقتصادية المحتملة والمصطلحات المتصلة بها*.

م2 يجب أن يكون التأثير الاقتصادي (بما في ذلك التأثير في البيئة) في حالة الكائنات الحية المحورة متصلاً بصورة مباشرة باحتمال أن تشكل الكائنات الحية المحورة آفة (مؤذية للنباتات وللمنتجات النباتية).

2-1-2- الانتهاء من تصنيف الآفة:

في حالة التأكد من أن الآفة ذات صفات تجعلها تندرج ضمن الآفات الحَجْرية، ينبغي الاستمرار في عملية تحليل مخاطر الآفات. أما إذا كانت الآفة غير مستوفية لمعايير الآفات الحَجْرية، يجوز وقف عملية تحليل مخاطر الآفات بالنسبة لها. وفي حالة عدم وجود معلومات كافية، ينبغي تحديد الجوانب غير المؤكدة وينبغي المضي في عملية تحليل مخاطر الآفات.

2-2- تقدير احتمالات دخول الآفة وانتشارها:

يقوم دخول الآفات على شقين هما دخولها وتوطنها. ويتطلب تقدير إمكانية دخول الآفات إجراء تحليل لكل طريق من طرائق انتقال العدوى التي يمكن أن ترتبط بها الآفة من منشئها إلى توطنها بمنطقة تحليل مخاطر الآفات. وفي حالة ما إذا كان تحليل مخاطر الآفات نتيجة لطريق انتقال العدوى (وهو في العادة سلعة مستوردة)، يتم تقييم احتمال دخول الآفة من خلال هذا الطريق. كذلك يلزم تحري إمكانيات دخول الآفة من خلال الطرائق الأخرى لانتقال العدوى.

وبالنسبة لعمليات تحليل المخاطر التي تجرى على آفة محددة، دون تحديد سلعة معينة أو طريق معين لانتقال العدوى، ينبغي دراسة جميع الطرائق المحتملة.

وتقوم عملية تقدير احتمال انتشار الآفة، في المقام الأول، على اعتبارات حيوية مماثلة لتلك التي يقوم عليها عملية تقدير احتمالات دخولها وتوطنها.

م1 ينبغي، في ما يتعلق بنبات جارٍ تقديره على أنه آفة ذات آثار غير مباشرة، وحيثما جرت الإشارة إلى عائل أو مجال عوائل، أن يفهم هذا على أنه يشير، بدلا من ذلك، إلى موطن* ملائم يمكن فيه للنبات أن ينمو في منطقة تحليل مخاطر الآفات.

م1 والموطن المقصود هو المكان الذي يقصد أن ينمو فيه النبات، أما المكان غير المقصود فهو المكان الذي لا يقصد أن ينمو النبات فيه.

م1 ويجب، في حالة النباتات المراد استيرادها، النظر في مفاهيم الدخول، والتوطن، والانتشار، بصورة مختلفة.

م1 فالنبات المستورد للغرس يتم الاحتفاظ به بعد دخوله في موطن مقصود، والأرجح أن يكون ذلك بأعداد كبيرة ولفترة غير محددة. ومن ثم، فإن القسم 2-2-1 الخاص بالدخول لا ينطبق. وينشأ الخطر لأنه من المحتمل أن ينتشر النبات من الموطن المقصود إلى مواطن غير مقصودة في منطقة تحليل مخاطر الآفات، ثم يتوطن في هذه المواطن. لذلك فإنه يجوز النظر في القسم 2-2-3 قبل القسم 2-2-2. وقد توجد مواطن غير مقصودة بالقرب من الموطن المقصود في منطقة تحليل المخاطر.

م1 والنباتات المستوردة لغير أغراض الغرس يجوز أن تستخدم لأغراض مختلفة (بذوراً للطيور، أو علفاً، أو للتجهيز، مثلا). وينشأ الخطر عن احتمال نجاة لنبات أو نقله من مكان الاستخدام المقصود إلى موطن غير مقصود وأن يوطن فيه.

م2 يتطلّب تقدير احتمال استجلاب أي من الكائنات الحية المحورة تحليل طريقي الاستجلاب المتعمّدة وغير المتعمّدة كلتيهما والاستخدام المقصود.

2-2-1- احتمال دخول الآفة:

يعتمد احتمال دخول الآفة على طرائق انتقالها من بلد التصدير إلى جهة الوصول، ومدى تكرار وكمية ارتباطها بهذه الطرق. وكلما زاد عدد طرائق انتقال العدوى، زاد احتمال دخول الآفة بطريقة من هذه الطرائق.

* تشمل عبارتا العائل/الموطن أيضاً الكائنات التي تؤثر في النباتات بشكل غير مباشر، من خلال تأثيرها على كائنات أخرى

وينبغي أن تؤخذ في الاعتبار الطرائق الموثقة لانتقال الآفة إلى مناطق جديدة. وينبغي تقييم الطرق المحتملة التي قد لا يكون لها وجود في الوقت الحاضر. ويمكن أن توفر البيانات الخاصة باكتشاف الآفة دليلاً على مدى قدرة الآفة على الارتباط بطريق ما وعلى المحافظة على بقائها أثناء فترة النقل والتخزين.

م1 في حالة النباتات المراد استيرادها، تدخل النباتات ولا يلزم تقويم احتمال دخولها، ولذا فإن هذا القسم لا ينطبق، لكنه ينطبق على الآفات التي يمكن أن تحملها هذه النباتات (مثل بذور الأعشاب، والبذور المستوردة للاستنبات).

م2 لا يعني هذا القسم الكائنات الحية المحورة المستوردة للإطلاق المتعمّد في البيئة.

2-2-1-1- تحديد طريق انتقال العدوى في عملية تحليل مخاطر الآفات نتيجة لوجود آفة:

ينبغي دراسة جميع طرائق انتقال العدوى المرتبطة بدخول الآفة. ويمكن تحديدها أساساً استناداً إلى التوزيع الجغرافي ومجال العوائل. وتمثل شحنات النباتات والمنتجات النباتية التي تنقل في التجارة الدولية الطرائق الرئيسة التي تبعث على القلق، والأنماط القائمة لهذه التجارة هي التي تحدد، إلى حد بعيد، الطرائق الأكثر احتمالاً لدخول الآفة. وينبغي دراسة الطرائق الأخرى، مثل أنواع السلع الأخرى، ومواد التعبئة، والأشخاص، والأمتعة، والبريد، ووسائل النقل، وكذلك تبادل المعلومات العلمية، حسب مقتضى الحال. كذلك، ينبغي تقييم إمكانية دخول الآفة بالطرائق الطبيعية، لأن الانتشار الطبيعي قد يقلل من فعالية تدابير الصحة النباتية.

م2 ينبغي النظر في جميع طرائق الاستجلاب (المتعمد وغير المتعمد منها) في حالة الكائنات الحية المحورة.

2-2-1-2- احتمال ارتباط الآفة بطريق انتقالها في منطقة المنشأ:

ينبغي تقييم إمكانية وجود ارتباط، مكاني أو زماني، بين الآفة وطرائق انتقالها في منطقة المنشأ.

وتشمل العوامل الواجب دراستها ما يأتي:

- انتشار الآفة في منطقة المنشأ.
- وجود الآفة في طور يساعد على ارتباطها بالسلع، أو الحاويات، أو وسائل النقل.
- حجم ووتيرة الحركة على طول طريق انتقالها.
- التوقيت أثناء الموسم.
- إدارة الآفات، والتدابير الزراعية والتجارية المطبقة في مكان المنشأ (استخدام مواد وقاية النبات، وطرق التداول، والفرز، واستبعاد المنتجات التالفة أو المصابة، والتدريج).

2-2-1-3- احتمال محافظة الآفة على بقائها أثناء فترة النقل والتخزين:

من أمثلة العوامل التي ينبغي دراستها:

- سرعة وظروف وسائل النقل ومدة دورة حياة الآفة منسوبة إلى فترة النقل والتخزين.
- مدى قدرة الآفة على المحافظة على بقائها، في أطوار حياتها المختلفة، أثناء فترة النقل والتخزين.
- احتمال ارتباط انتشار الآفة بشحنة.
- التدابير التجارية (مثل التبريد) المطبقة على الشحنات في بلد المنشأ، أو بلد الوصول، أو أثناء فترة النقل والتخزين.

2-2-1-4- احتمال محافظة الآفة على بقائها رغم التدابير المتبعة في إدارة الآفات:

ينبغي تقييم تدابير إدارة الآفات القائمة (بما في ذلك تدابير الصحة النباتية) المطبقة على الشحنات ضد الآفات الأخرى من المنشأ حتى الاستخدام النهائي، لتحديد مدى فعاليتها ضد الآفة محل الدراسة. وينبغي تقدير احتمالات مرور الآفة دون اكتشاف أثناء الفحص أو قدرتها على المحافظة على بقائها رغم تدابير الصحة النباتية الأخرى السارية.

2-2-1-5- احتمال انتقال الآفة إلى عائل مناسب:

تشمل العوامل الواجب دراستها ما يأتي:

- آليات الانتشار، بما في ذلك النواقل التي تسمح بانتقال الآفة من طريق انتقال العدوى إلى عائل مناسب.
- ما إذا كانت السلعة المستوردة من المقرر إرسالها إلى عدد قليل أو عدد كثير من نقط الوصول في منطقة تحليل مخاطر الآفات.
  - مدى قرب نقط الدخول، والعبور والوصول من العوائل المناسبة.
  - الوقت الذي تتم فيه عملية الاستيراد خلال السنة.
- أغراض الاستخدام التي تم استيراد السلعة من أجلها (مثل استخدامها في الزراعة، أو التصنيع أو الاستهلاك).
- مخاطر المنتجات الثانوية والمخلفات.

وترتبط بعض الاستخدامات (مثل الزراعة) بارتفاع احتمال دخول الآفة أكثر من غيرها (مثل التصنيع). كذلك ينبغي دراسة الاحتمالات المرتبطة بزراعة السلعة، أو تصنيعها أو التخلص منها بالقرب من العوائل المناسبة.

م2 ينبغي النظر أيضاً في احتمال تدفق الجينات ونقلها في حالة الكائنات الحية المحورة، في حال وجود سمات مثيرة للقلق على مستوى الصحة النباتية القابلة للنقل.

2-2-2 احتمال توطن الآفة:

ولتقدير احتمالات توطن الآفة، ينبغي الحصول على معلومات حيوية يمكن الاعتماد عليها (دورة حياة الآفة، ومجال العوائل، والجوانب الوبائية، وقدرتها على المحافظة على بقائها) من المناطق التي توجد بها الآفة بالفعل. وعندئذ، يمكن مقارنة الحالة في منطقة تحليل مخاطر الآفات بالحالة في تلك المناطق التي توجد بها الآفة بالفعل (مع مراعاة الظروف البيئية المحمية) ويستخدم الخبراء قدرتهم على الحكم في تقدير احتمالات توطن الآفة. ويمكن النظر أيضاً في حالات الإصابة السابقة بآفات مماثلة. ومن أمثلة العوامل الواجب دراستها ما يأتي:

- مدى توافر العوائل في منطقة تحليل مخاطر الآفات، وكميتها وتوزيعها.

- مدى ملاءمة البيئة في منطقة تحليل مخاطر الآفات.
- قدرة الآفة على التأقلم.
- إستراتيجية التكاثر بالنسبة للآفة.
- طريقة الآفة في المحافظة على بقائها.
- المعاملات الزراعية وتدابير المكافحة.

وينبغي، لدى دراسة احتمالات توطن الآفة، ملاحظة أن الآفة العارضة (أنظر المعايير الدولية رقم 8 لتدابير الصحة النباتية، *تحديد حالة الآفات في منطقة ما*)، قد لا تستطيع التوطن في منطقة تحليل مخاطر الآفات (نظراً لعدم ملاءمة الظروف المناخية، على سبيل المثال) ومع ذلك فإنها يمكن أن تُحدث نتائج اقتصادية غير مقبولة (أنظر المادة 7-3 من الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات).

م2 يجب التوقف أيضاً عند قدرة الكائنات الحية المحورة على البقاء على قيد الحياة بمعزل عن تدخل الإنسان.

م2 فضلاً عن ذلك، كلما كان تدفق الجينات يطرح مشكلة في المنطقة التي يشملها تحليل مخاطر الآفات، ينبغي النظر في احتمال ظهور وتوطّن سمة مثيرة للقلق على مستوى الصحة النباتية.

م2 ويمكن الاستعانة لذلك بحالات سابقة تتعلق بكائنات حية محورة أو بكائنات أخرى مشابهة لها نفس التركيبة.

2-2-2-1- مدى توافر العوائل المناسبة، والعوائل البديلة والنواقل في منطقة تحليل مخاطر الآفات:

تشمل العوامل الواجب دراستها ما يأتي:

- إذا كانت العوائل والعوائل البديلة موجودة، ومدى وفرتها واتساع نطاق توزيعها.
- إذا كانت العوائل والعوائل البديلة توجد في أماكن متقاربة من الناحية الجغرافية تسمح للآفة باستكمال دورة حياتها.

- إذا كانت أنواع نباتية أخرى قد يثبت كونها عوائل مناسبة، في حالة عدم وجود النوع العائل المعتاد.
- في حالة انتشار الآفة عن طريق ناقل، ما إذا كان الناقل موجوداً بالفعل في منطقة تحليل مخاطر الآفات أو من المرجح دخوله.
- إذا كان يوجد نوع آخر من النواقل في منطقة تحليل مخاطر الآفات يمكن أن يقوم بنقل العدوى.

وينبغي عادة تصنيف العوائل على مستوى "النوع"، وأن يكون لتصنيف العوائل في مستوى أعلى أو أدنى من النوع مبررات علمية سليمة.

2-2-2-2- ملاءمة العوامل البيئية:

ينبغي تحديد العوامل البيئية (مثل ملاءمة المناخ، والتربة، والمنافسة بين الآفة والعائل) المؤثرة في تطور الآفة، وعائلها وناقلها – في حالة تأثره بهذه العوامل – وقدرتها على المحافظة على بقائها أثناء فترات الإجهاد المناخي واستكمال دورة حياتها. وينبغي مراعاة أن البيئة من المحتمل أن تكون لها تأثيرات متباينة على الآفة، وعائلها وناقلها. ومن اللازم إدراك ذلك في تحديد ما إذا كان التفاعل بين هذه الكائنات في منطقة المنشأ سوف يستمر في منطقة تحليل مخاطر الآفات بما يفيد الآفة أو يضر بها. وينبغي أيضاً دراسة احتمال توطن الآفة في الظروف البيئية المحمية، مثل الصوبات.

ويمكن استخدام نظم النماذج المناخية لمقارنة البيانات المناخية الخاصة بالتوزيع المعروف للآفة مع البيانات الخاصة بمنطقة تحليل مخاطر الآفات.

2-2-2-3- المعاملات الزراعية وتدابير المكافحة:

ينبغي مقارنة المعاملات المستخدمة في زراعة أو إنتاج المحاصيل العائلة، حسب مقتضى الحال، لتحديد ما إذا كانت هناك اختلافات بين المعاملات المطبقة في منطقة تحليل مخاطر الآفات ومنطقة منشأ الآفة، مما قد يؤثر على قدرتها على التوطن.

م2 يمكن أيضاً (في حالة النباتات التي هي كائنات حية محورة) البحث في إمكانية اللجوء إلى ممارسات زراعية أو للمكافحة أو للإدارة محددة.

ويجوز أيضاً دراسة برامج مكافحة الآفات أو الأعداء الطبيعة الموجودة بالفعل في منطقة تحليل مخاطر الآفات مما يؤدي إلى تقليل احتمالات توطن الآفات. وينبغي أن نعد أن الآفات التي لا يمكن مكافحتها تمثل خطراً أكبر من تلك التي يسهل مكافحتها. وينبغي دراسة مدى توافر (أو عدم توافر) طرق الاستئصال الملائمة.

2-2-2-4- الصفات الأخرى التي تؤثر على احتمالات توطن الآفة: وتشمل:

- *إستراتيجية تكاثر الآفات وطرائق محافظة الإفات على بقائها* – ينبغي تحديد الصفات التي تُمكن الآفة من التكاثر الفعال في البيئة الجديدة، مثل التكاثر البكري/التلقيح الذاتي، ومدة دورة الحياة، وعدد الأجيال كل سنة، ومرحلة السكون، وما إلى ذلك.
- *القدرة على التكيف الوراثي* – ينبغي النظر فيما إذا كانت الآفة من النوع متعدد الأشكال ودرجة قدرتها على التكيف مع الظروف الشبيهة بظروف منطقة تحليل مخاطر الآفات، مثل الأجناس المتخصصة في عوائل معينة أو الأجناس القادرة على التأقلم مع العديد من المواطن أو مع عوائل جديدة، فهذا التنوع الوراثي (والمظهري) يزيد من قدرة الآفة على تحمل التغيرات البيئية، والتأقلم مع العديد من المواطن، واكتساب القدرة على تحمل المبيدات والتغلب على مقاومة العائل للإصابة.
- *الحد الأدنى من الكثافة العددية اللازم لتحقيق التوطن* – ينبغي تقدير الحد الأدنى من الكثافة اللازم لتوطن الآفة، إذا كان ذلك ممكناً.

  م2 في حالة الكائنات الحية المحورة، ينبغي أيضاً التوقف عند عدم استقرارها من الناحيتين المظهرية النمطية والوراثية النمطية إذا ثبت ذلك.

  م2 وقد يكون من الملائم دراسة ممارسات الانتاج والرقابة المقترحة المتعلقة بالكائنات الحية المحمورة فى البلد المستورد.

2-2-3- احتمال انتشار الآفة بعد توطنها: الآفة التي تعد احتمالات انتشارها مرتفعة تكون احتمالات توطنها مرتفعة أيضاً، وبالتالي تكون إمكانيات النجاح في احتوائها أو استئصالها

أقل. ولتقدير احتمالات انتشار الآفة، ينبغي الحصول على معلومات حيوية يمكن الاعتماد عليها من المناطق التي توجد بها الآفة. وعندئذ، يمكن مقارنة الوضع القائم في منطقة تحليل مخاطر الآفات بدقة مع الوضع السائد في المناطق الأخرى التي توجد بها الآفة، ويمكن استخدام قدرة الخبراء على الحكم في تقدير احتمالات انتشار الآفة. وقد يكون من المفيد النظر أيضاً في حالات الإصابة السابقة بآفات مماثلة. ومن أمثلة العوامل الواجب دراستها ما يأتي:

- مدى ملاءمة الظروف البيئية الطبيعية أو الخاضعة للإدارة للانتشار الطبيعي للآفة.
- وجود حواجز طبيعية تمنع انتشار الآفة.
- احتمالات انتقال الآفة مع السلع أو وسائل النقل.
- الأغراض التي تستخدم فيها السلعة.
- النواقل المحتملة للآفة في منطقة تحليل مخاطر الآفات.
- الأعداء الطبيعية المحتملة للآفة في منطقة تحليل مخاطر الآفات.

م1 في حالة النباتات المراد استيرادها، فإن تقييم الانتشار يتعلق بالانتشار من الموطن المقصود أو الاستخدام المقصود إلى موطن غير مقصود، قد تتوطن فيه الآفة. وقد يجري الانتشار، بعدئذ، إلى مواطن أخرى غير مقصودة.

م1 ويستفاد من المعلومات الخاصة باحتمالات الانتشار في تقدير مدى سرعة ظهور الآثار الاقتصادية التي من المحتمل أن تترتب على الآفة في منطقة تحليل مخاطر الآفات. وتكون لذلك أهميته أيضاً إذا كان من المحتمل دخول الآفة وتوطنها في منطقة تكون أهميتها الاقتصادية المحتملة قليلة فيها، ثم انتشارها إلى منطقة أخرى تكون أهميتها الاقتصادية المحتملة كبيرة. وبالإضافة إلى ذلك، قد تكون هذه المعلومات مهمة في مرحلة إدارة المخاطر، لدى النظر في جدوى احتواء الآفة الوافدة أو استئصالها.

م1 يجوز أن لا تؤدي آفات معينة إلى آثار ضارة للنباتات فور توطنها، كما يجوز، بصفة خاصة، أن تنتشر فقط بعد فترة معينة. وينبغي، لدى تقدير احتمال الانتشار، أن يقوم ذلك على أساس قرائن مثل هذا السلوك.

2-2-4- الانتهاء من مرحلة دراسة احتمالات دخول الآفة وانتشارها:

ينبغي التعبير عن الاحتمالات العامة لدخول الآفة بالشكل الأنسب من حيث البيانات، والطرق المستخدمة في التحليل، والجمهور المقصود بالخطاب. ويمكن أن تكون هذه المعلومات وصفية أو كمية لأنها، في كلتا الحالتين، جاءت نتيجة للربط بين المعلومات الوصفية والكمية. ويمكن التعبير عن احتمالات دخول الآفة على شكل مقارنة بين هذه المعلومات والمعلومات التي يمكن الحصول عليها من مناطق تحليل مخاطر الآفات بشأن آفات أخرى.

2-2-4-1- الانتهاء من مرحلة تحديد المناطق المهددة:

ينبغي تحديد ذلك الجزء من منطقة تحليل مخاطر الآفات التي تكون فيه العوامل البيئية مواتية لتوطن الآفة، لكي يمكن تحديد المنطقة المهددة، حسب مقتضى الحال. وقد يشمل ذلك منطقة تحليل مخاطر الآفات بأكملها أو جزءاً منها.

2-3- تقدير النتائج الاقتصادية المحتملة:

توضح الشروط المبينة في هذه الخطوة المعلومات الواجب جمعها فيما يتصل بالآفة وعوائلها النباتية المحتملة، وتقترح مستويات التحليلات الاقتصادية التي يمكن إجراؤها اعتماداً على هذه المعلومات من أجل تقييم جميع الآثار المترتبة على الإصابة بالآفات، أي النتائج الاقتصادية المحتملة. وينبغي، حسب مقتضى الحال، الحصول على بيانات كمية تحدد القيم النقدية لهذه النتائج، ويجوز أيضاً استخدام البيانات الكمية. ومن المفيد الاستئناس برأي الخبراء الاقتصاديين.

وفي كثير من الحالات، قد لا يكون من الضروري إجراء تحليلات مفصلة عن النتائج الاقتصادية المتوقعة إذا كانت هناك دلائل كافية على ذلك، أو إذا كان من المتفق عليه على نطاق واسع أن دخول الآفة سوف تترتب عليه نتائج اقتصادية غير مقبولة (بما

في ذلك النتائج البيئية). وفي هذه الحالات، تركز عملية تقييم المخاطر أساساً على احتمالات دخول الآفة وانتشارها. ومع ذلك، فسوف يكون من الضروري دراسة العوامل الاقتصادية بمزيد من التفصيل عندما يكون هناك تركيز على مستوى النتائج الاقتصادية، أو عندما يكون مستوى النتائج الاقتصادية لازماً لتقييم مدى قوة التدابير المطبقة في إدارة المخاطر أو في تقييم جدوى تكاليف الاستئصال أو المكافحة.

م2 بالنسبة إلى الكائنات الحية المحورة، يجب أن يرتبط التأثير الاقتصادي (بما في ذلك التأثير على البيئة) بالآفة (الضارة للنباتات أو للمنتجات النباتية) التي يحتمل أن تشكلها الكائنات الحية المحورة.

م2 لا بد من مراعاة البراهين الآتية أيضاً في حالة الكائنات الحية المحورة:

- الانعكاسات الاقتصادية المحتملة التي قد تنجم عن تأثيرات سلبية على كائنات غير مستهدفة تكون مؤذية للنباتات أو للمنتجات النباتية؛
- الانعكاسات الاقتصادية التي قد تنجم عن خصائص الآفات.

انظر الملحق الثالث للمزيد من التوجيهات المفصلة عن تقييم هذه المواصفات.

2-3-1- التأثيرات المترتبة على الآفة:

لتقدير الأهمية الاقتصادية المحتملة للآفة، ينبغي الحصول على معلومات من المناطق التي توجد بها الآفة نتيجة لعوامل طبيعية أو لأنها وفدت من الخارج. وينبغي مقارنة هذه المعلومات مع الوضع القائم في منطقة تحليل مخاطر الآفات. وقد يكون من المفيد النظر أيضاً في حالات الإصابة السابقة بآفات مماثلة. ويمكن أن تكون الآثار التي ينبغي دراستها مباشرة أو غير مباشرة.

م1 إن النهج الأساسي لتقدير الأهمية الاقتصادية المحتملة للآفات في هذا القسم ينطبق أيضا على:

- الآفات التي تؤثر على النباتات غير المزروعة/الطليقة.
- الأعشاب الضارة/النباتات الغازية.
- الآفات التي تؤثر على النباتات عن طريق تأثيرها على كائنات أخرى.

م1 يمكن، في حالة النباتات المراد استيرادها لأغراض الغرس، إدراج النتائج طويلة الأجل بشأن الموطن المقصود، في التقييم. وقد يؤثر الغرس على الاستخدام الإضافي أو قد تكون له آثار ضارة بالموئل المقصود.

م1 وينبغي أن يكون ما يتم بحثه من آثار ونتائج بالنسبة للبيئة ناجما عن الآثار المترتبة بالنسبة للنباتات. إلا أن هذه الآثار على النباتات قد تكون أقل دلالة من الآثار أو النتائج بالنسبة للكائنات أو النظم الأخرى. وعلى سبيل المثال، فإن عشبا ضارا ثانويا قد يكون مثيرا للحساسية بدرجة كبيرة لدى البشر أو أن نباتا ممرضا ثانويا قد ينتج مواد سامة تؤثر بصورة خطيرة على الحيوانات الزراعية. بيد أن تنظيم النباتات على أساس آثارها على المتعضيات أو الأنظمة الأخرى (مثال ذلك على صحة الإنسان والحيوان) فلا يدخل ضمن نطاق هذا المعيار. وإذا كشفت عملية تحليل مخاطر الآفات عن دلائل على الكائنات أو الأنظمة الأخرى، فإنه ينبغي إبلاغ ذلك، إلى السلطات المعنية بالتعامل مع هذه القضية.

2-3-1-1- الآثار المباشرة المترتبة على الآفة:

لتحديد وتوصيف الآثار المباشرة للآفة على كل عائل من العوائل المحتملة في منطقة تحليل مخاطر الآفات، أو الآثار التي تكون مقصورة على عائل معين، يمكن دراسة الأمثلة الآتية:

- النباتات العائلة المعروفة أو المحتملة (في الظروف الحقلية، أو في ظروف الزراعة المحمية، أو في الحياة البرية).
- أنواع الضرر ومقداره ووتيرة حدوثه.
- الخسائر التي تصيب المحاصيل، من حيث الغلة والنوعية.
- العوامل الحيوية التي تؤثر على مستوى الأضرار والخسائر (مثل قدرة الآفة على التأقلم ومدى ضراوتها).
- العوامل غير الحيوية التي تؤثر على مستوى الأضرار والخسائر (مثل المناخ).

- معدل انتشار الآفة.
- معدل تكاثر الآفة.
- تدابير المكافحة ومدى فعاليتها وتكاليفها (بما في ذلك التدابير القائمة).
- تأثير ذلك في المعاملات الإنتاجية القائمة.
- التأثير على البيئة.

وينبغي تقدير المساحة الإجمالية للمحصول والمساحة التي يمكن أن تكون مهددة، في كل عائل من العوائل الممكنة، في ضوء العناصر المبينة فيما سبق.

وفي حالة تحليل المخاطر البيئية، تشمل أمثلة الآثار المباشرة للآفات على النباتات أو نتائجها البيئية التي يمكن دراستها ما يأتي:

- تقليص الأنواع النباتية الرئيسية.
- تقليص الأنواع النباتية التي تعد عناصر رئيسية في النظام البيئي (من حيث الوفرة أو الحجم)، والأنواع النباتية الأصلية المهددة (بما في ذلك الآثار التي تحدث على مستوى أدنى من مستوى الأنواع النباتية مع وجود دلائل على كون هذه الآثار كبيرة).
- تقليص الأنواع النباتية الأخرى، أو إزاحتها أو إزالتها.

2-3-1-2- الآثار غير المباشرة المترتبة على الآفة:

لتحديد وتوصيف الآثار غير المباشرة المترتبة على الآفة في منطقة تحليل مخاطر الآفات، أو الآثار التي لا تعد مقصورة على عائل معين، يمكن دراسة الأمثلة الآتية:

- الآثار التي تتعرض لها الأسواق المحلية وأسواق التصدير، بما في ذلك الآثار المتصلة بنفاذ سلع التصدير إلى الأسواق، على وجه الخصوص. وينبغي تقدير النتائج المحتملة فيما يتعلق بالنفاذ إلى الأسواق في حالة ما إذا أصبحت الآفة متوطنة. وهذا يتضمن النظر في قواعد الصحة النباتية التي يفرضها (أو من المحتمل أن يفرضها) الشركاء التجاريون.

- التغيرات التي تطرأ على التكاليف التي يتحملها المنتجون أو على الطلب على المستلزمات، بما في ذلك تكاليف المكافحة.
- التغيرات التي تطرأ على طلب المستهلكين، في الداخل والخارج، على المنتجات نتيجة لتغير مستوى جودتها.
- الآثار البيئية وغيرها من الآثار غير المرغوبة المترتبة على تدابير المكافحة.
- جدوى وتكاليف الاستئصال أو المكافحة.
- إذا كان الناقل يمكن أن يقوم بنقل آفات أخرى.
- الموارد اللازمة لإجراء مزيد من البحوث وتقديم المشورة.
- الآثار الاجتماعية وغيرها من الآثار (مثل الآثار التي قد تتعرض لها السياحة).

م1 وفي حالة تحليل المخاطر البيئية، تشمل أمثلة الآثار غير المباشرة للآفات على النباتات أو نتائجها البيئية:

- إحداث آثار كبيرة على المجموعات النباتية.
- إحداث آثار كبيرة على المناطق المعينة على أنها حساسة بيئيا أو محمية.
- إحداث تغيير كبير في العمليات الايكولوجية وفي بنية النظام الايكولوجي واستقراره وعملياته (بما في ذلك الآثار على الأنواع النباتية، والإنجراف، والتغيرات في منسوب المياه الجوفية، وزيادة مخاطر الحريق، ودورة العناصر التغذوية، وغير ذلك).
- إحداث آثار على الاستخدام البشري (مثل نوعية المياه، الاستخدامات الاستجمامية، السياحة، الرعي الحيواني، القنص، صيد الأسماك).
- تكاليف إحياء البيئة.

م1 ويمكن أن تنظر وكالات/سلطات أخرى، حسب الاقتضاء، في الآثار على الصحة البشرية والحيوانية (مثل السمية، وإثارة الحساسية) والمسطحات المائية والسياحة.

2-3-2- تحليل النتائج الاقتصادية:

2-3-2-1- عامل الزمان وعامل المكان:

تتصل التقديرات الواردة بالقسم السابق بوضع افتراضي من المفترض فيه أن الآفة قد وفدت وأنها تكشف عن نتائجها الاقتصادية المحتملة (كل سنة) في منطقة تحليل مخاطر الآفات. ومع ذلك، تظهر النتائج الاقتصادية مع الوقت، وقد تكون مقصورة على سنة واحدة أو عدة سنوات أو قد تمتد لمدة غير محدودة. وهنا ينبغي النظر في العديد من الأشكال. فالنتائج الاقتصادية الإجمالية التي تمتد لأكثر من سنة يمكن التعبير عنها بقيمة النتائج الاقتصادية سنوياً، مع اختيار معدل خصم مناسب لحساب صافي القيمة حالياً.

ويمكن أن تتصل الأشكال الأخرى بما إذا كانت الآفة توجد في نقطة واحدة أو في نقاط كثيرة في منطقة تحليل مخاطر الآفات، وسوف يعتمد ظهور النتائج الاقتصادية المحتملة على معدل وكيفية انتشار الآفة في منطقة تحليل مخاطر الآفات. ويمكن أن يكون معدل الانتشار بطيئاً أو سريعاً؛ وفي بعض الحالات، قد يكون من المفترض أن من الممكن منع انتشار الآفة. ويمكن استخدام التحليلات المناسبة لتقدير النتائج الاقتصادية المحتملة على مدى فترة من الوقت أثناء انتشار الآفة في منطقة تحليل مخاطر الآفات. وبالإضافة إلى ذلك، فمن المتوقع أن يتغير، بمرور الوقت، الكثير من العوامل أو الآثار التي سبقت الإشارة إليها، وتتغير بالتالي النتائج الاقتصادية المحتملة. وسوف يكون من اللازم الاستئناس برأي الخبراء وإجراء الكثير من التقديرات.

2-3-2-2- تحليل النتائج بالنسبة للتجارة:

كما سبق القول، ستكون معظم الآثار المباشرة للآفات وكذلك بعض الآثار غير المباشرة ذات طابع تجاري، أو ستكون لها نتائج على أسواق معينة. وينبغي تحديد هذه الآثار التي يمكن أن تكون إيجابية أو سلبية، ووضع تقديرات كمية لها. وقد يكون من المفيد النظر فيما يأتي:

- تأثر ربحية المنتجين من جراء وجود الآفة نتيجة لتغير تكاليف الإنتاج، والغلة والأسعار.

- تأثير التغيرات التي حدثت نتيجة لوجود الآفة على الكميات المطلوبة من السلع، والأسعار التي تدفع مقابلها في الأسواق المحلية والدولية. ويمكن أن يشمل ذلك التغيرات التي تطرأ على جودة المنتجات أو القيود التجارية المتصلة بالحجر الزراعي نتيجة لدخولها.

2-3-2-3- أساليب التحليل:

توجد أساليب للتحليل يمكن استخدامها بالتشاور مع خبراء الاقتصاد لوضع تحليلات أكثر تفصيلاً عن الآثار الاقتصادية المحتملة لوجود آفة حَجْرية. وينبغي أن تتضمن هذه الآثار جميع الآثار التي سبق تحديدها. ويمكن أن تشمل هذه الأساليب الآتي:

- ❖ *وضع ميزانية جزئية*: وسيكون ذلك كافياً إذا كانت الآثار الاقتصادية للآفة على الأرباح التي يحصل عليها المنتجون محدودة بصفة عامة، أو أنها طفيفة نسبياً.
- ❖ *تحليل التوازن الجزئي*: من الصواب إجراء تحليل التوازن الجزئي إذا تبين، طبقاً لما جاء في النقطـــة 2-3-2-2 فيما سبق، حدوث تغير جوهري في الأرباح التي يحصل عليها المنتجون، أو حدوث تغير جوهري في الطلب من جانب المستهلكين. ويعد تحليل التوازن الجزئي ضرورياُ لقياس التغيرات التي تطرأ على مستوى الرفاهية، أو التغيرات الصافية الناشئة عن تأثير الآفات على المنتجين والمستهلكين.
- ❖ *تحليل التوازن العام*: إذا كانت التغيرات الاقتصادية بالنسبة للاقتصاد القومي كبيرة ومن الممكن أن تتسبب في تغير العوامل الأخرى مثل الأجور، أو أسعار الفائدة أو أسعار الصرف، عندئذ يمكن استخدام تحليل التوازن العام في تحديد النطاق الكامل للآثار الاقتصادية.

2-3-2-4- النتائج غير التجارية والبيئية:

ستكون بعض الآثار المباشرة وغير المباشرة للآفة، كما يبين البندان 2-3-1-1 و2-3-1-2 فيما سبق، ذات طبيعة اقتصادية، أو تؤثر على قيم معينة، ومع ذلك فلها سوق قائمة يمكن تحديدها بسهولة. ونتيجة لذلك، قد يكون من غير الممكن قياسها بما فيه

الكفاية من حيث الأسعار في أسواق المنتجات أو أسواق الخدمات المستقرة. وتشمل الأمثلة، بصفة خاصة، الآثار البيئية (استقرار النظام البيئي، والتنوع الحيوي، وقيمة المرافق الترفيهية) والآثار الاجتماعية (العمالة، والسياحة). وهذه الآثار يمكن تقريبها بطرائق التقييم الملائمة غير السوقية. في ما يلي المزيد من التفاصيل عن البيئة.

فإذا كانت القياسات الكمية لهذه النتائج غير ممكنة، يمكن توفير معلومات وصفية عن هذه النتائج، مع توضيح كيفية الاعتماد على هذه المعلومات في اتخاذ القرارات.

م1 ويقتضي تطبيق هذه المعايير على المخاطر بالنسبة للبيئة تصنيف القيم البيئية تصنيفا واضحا وتحديد كيفية تقديرها. ويمكن تقييم البيئة باستخدام منهجيات مختلفة لكن هذه المنهجيات يفضل استخدامها بالتشاور مع خبراء الاقتصاد. ويمكن أن تتضمن هذه المنهجيات دراسة قيم الاستخدام"."وعدم الاستخدام". وتنشأ قيم "الاستخدام" من استهلاك عنصر من عناصر البيئة، مثل التمتع بالماء النظيف، أو الصيد في بحيرة، وكذلك من العناصر الأخرى غير الاستهلاكية، مثل استخدام الغابات للأنشطة التي يتم الاضطلاع بها في أوقات الفراغ. ويمكن تقسيم قيم "عدم الاستخدام" إلى:

- "قيمة الخيار" (قيمة الاستخدام في وقت لاحق)
- "قيمة الوجود" (معرفة أن أحد عناصر البيئة موجود)
- "قيمة التوريث" (معرفة أن أحد عناصر البيئة متاح للأجيال المقبلة).

م1 وسواء قدرت عناصر البيئة على أساس قيم الاستخدام أو عدم الاستخدام، فهناك مناهج لتقييمها، مثل النهج القائمة على الأسواق، ونماذج الأسواق القائمة على المحاكاة، ونقل الفوائد. ولكل منها مزاياه وعيوبه وكذلك حالات يكون مفيدا فيها بصفة خاصة.

م1 ويكون تقييم النتائج كميا أو كيفيا، وفي كثير من الأحوال تكون البيانات الكيفية كافية. فقد لا يكون هناك منهج كمي لمواجهة حالة ما (مثل الآثار الفاجعة بالنسبة لنوع رئيسي)، أو قد لا يكون التحليل الكمي ممكنا (عدم توافر المناهج). ويمكن

أن تقوم التحليلات الكيفية المفيدة على التقييم غير النقدي (عدد الأنواع المتأثرة، نوعية المياه)، أو على تقدير الخبراء، إذا اتبعت التحليلات إجراءات موثقة ومنسقة وشفافة.

م1 يرد عرض للتأثير الاقتصادي في المعايير الدولية رقم 5 لتدابير الصحة النباتية: مصطلحات الصحة النباتية، الملحق رقم 2: *خطوط توجيهية بشأن فهم الأهمية الاقتصادية المحتملة والمصطلحات المتصلة بها*.

2-3-3- الانتهاء من تقييم النتائج الاقتصادية:

ينبغي أن يكون تقدير النتائج الاقتصادية المبينة في هذه الخطوة، بالقيمة النقدية، كلما كان ذلك ممكناً. كذلك، يمكن التعبير عن النتائج الاقتصادية بأسلوب وصفي أو كمي وبدون قيمة نقدية، مع بيان مصادر المعلومات، والافتراضات التي اعتمد عليها التحليل وطرائق التحليل بوضوح.

2-3-3-1- المنطقة المهددة:

ينبغي تحديد ذلك الجزء من منطقة تحليل مخاطر الآفات التي ستترتب على وجود الآفة فيه خسائر اقتصادية كبيرة، حسب مقتضى الحال. وهذا الأمر مطلوب لتحديد المنطقة المهددة.

2-4- درجة عدم اليقين:

إن تقدير احتمالات دخول الآفات والنتائج الاقتصادية المترتبة عليها يكتنفه الكثير من الجوانب غير المؤكدة. فهذا التقدير، بصفة خاصة، يقوم على استقراء الحالات السابقة لوجود الآفات والمقارنة بينها وبين حالة افتراضية في منطقة تحليل مخاطر الآفات. ومن المهم توثيق الجوانب غير المؤكدة في التقدير، وتوضيح درجة عدم الدقة في التقييم، وكذلك توضيح الجوانب التي اعتمدت على رأي الخبراء. وهذا الأمر ضروري لدواعي الشفافية، كما يمكن أن يكون مفيداً لتحديد البحوث المطلوب إجرائها وأولوياتها.

م1 وتجدر الإشارة إلى أن تقدير احتمالات ونتائج المخاطر البيئية لآفات النباتات غير المزروعة والطليقة كثيرا ما ينطوي على قدر من الإبهام يفوق ذلك الذي تجري مواجهته في حالة آفات النباتات المزروعة أو المحمية. ويرجع هذا إلى نقص المعلومات، والتعقد الإضافي المقترن بالنظم الايكولوجية، والتباين المقترن بالآفات أو العوائل أو المواطن.

5-2- الانتهاء من مرحلة تقدير مخاطر الآفات:

تسفر عملية تقييم مخاطر الآفات عن تحديد ما إذا كانت منطقة تحليل مخاطر الآفات، كلها أو جزء منها، يُعد منطقة مهددة. وبذلك تكون التقديرات الوصفية أو الكمية لاحتمالات دخول الآفة أو الآفات، وما يترتب عليها من تقديرات وصفية أو كمية للنتائج الاقتصادية (بما في ذلك التأثيرات على البيئة) قد تم تحديدها وتوثيقها، أو قد تم التوصل إلى تقدير عام للموقف. وتستخدم هذه التقديرات، بما يرتبط بها من الجوانب غير المؤكدة، في مرحلة إدارة مخاطر الآفات في منطقة تحليل مخاطر الآفات.

3- المرحلة الثالثة: إدارة مخاطر الآفات

تستخدم الاستنتاجات التي تم الحصول عليها في عملية تقييم مخاطر الآفات في اتخاذ قرار بما إذا كان من المطلوب إدارة المخاطر ومدى قوة التدابير الواجب اتخاذها. ولما كان خيار تفادي الضرر بالكامل لا يعد خياراً منطقياً، ينبغي أن يكون المبدأ الأساسي في إدارة المخاطر هو تحقيق درجة الأمان المطلوبة التي يمكن تبريرها وتكون ممكنة في إطار الخيارات والموارد المتاحة. وعملية إدارة مخاطر الآفات (بالمعنى التحليلي) هي عملية تحديد طرق مواجهة المخاطر المتصورة، وتقييم مدى كفاءة هذه الخيارات المتاحة وتحديد أنسبها. وينبغي أيضاً دراسة الجوانب غير المؤكدة في تقييم النتائج الاقتصادية واحتمالات دخول الآفة، والاعتماد عليها في تحديد الخيار المناسب لإدارة المخاطر.

م1 وعند دراسة إدارة المخاطر على البيئة، ينبغي التشديد على أن التدابير المتعلقة بالصحة النباتية يقصد بها مراعاة عدم اليقين ويجب تصميمها تبعا للأخطار، ويجب تحديد خيارات إدارة أخطار الآفات مع مراعاة درجة عدم اليقين في تقييم

النتائج الاقتصادية، واحتمال التدخل، والتبريرات الفنية ذات العلاقة لهذه الخيارات. وفي هذا المجال، فإن إدارة المخاطر على البيئة التي تسببها آفات النباتات لا تختلف عن إدارة بقية مخاطر آفات النباتات.

3-1- مستوى المخاطر :

ينص مبدأ "مواجهة المخاطر" الوارد في المعايير الدولية رقم 1 لتدابير الصحة النباتية، مبادئ الحجر الزراعي وعلاقتها بالتجارة الدولية، على ما يأتي: " لأن خطر دخول الآفات التي تستوجب الحجر يظل ماثلاً على الدوام، ينبغي أن تتفق البلدان على سياسة لإدارة المخاطر عند صياغة تدابير الصحة النباتية". وينبغي على البلدان، لدى تنفيذ هذا المبدأ، أن تقرر مستوى المخاطر التي تعد مقبولة بالنسبة لها.

ويمكن التعبير عن المستوى المقبول من المخاطر بطرائق عديدة، منها:

- الرجوع إلى شروط الصحة النباتية القائمة.
- في ضوء الخسائر الاقتصادية التقديرية.
- في حدود نطاق تحمل المخاطر .
- مقارنةً بمستوى المخاطر التي تقبلها البلدان الأخرى.

م2 يمكن الإشارة إلى المستوى المقبول من المخاطر في حالة الكائنات الحية المحورة بالمقارنة مع مستوى المخاطر الناجمة عن كائنات مشابهة أو ذات الصلة استناداً إلى خصائصها وسلوكها في بيئة مشابهة للمنطقة الخاضعة لتحليل مخاطر الآفات.

3-2- المعلومات الفنية المطلوبة:

لابد أن يستند القرار الواجب اتخاذه في عملية إدارة مخاطر الآفات إلى المعلومات التي أمكن جمعها في المراحل السابقة لعملية تحليل مخاطر الآفات. وتشمل هذه المعلومات ما يأتي:

- أسباب البدء في العملية.
- تقدير احتمالات دخول الآفة إلى منطقة تحليل مخاطر الآفات.

- تقييم النتائج الاقتصادية المحتملة في منطقة تحليل مخاطر الآفات.

3-3- مستوى قبول المخاطر:

تقدَر المخاطر العامة بدراسة نتائج تقويم احتمالات دخول الآفة وتأثيرها الاقتصادي. فإذا وُجِد أن الخطر غير مقبول، عندئذ تكون الخطوة الأولى في إدارة المخاطر هي تحديد تدابير الصحة النباتية الممكنة التي تقلل من المخاطر إلى المستوى المقبول أو أدنى منه. ولا يكون هناك مسوغ لتدابير الصحة النباتية إذا كان الخطر في حدود المستوى المقبول أو كان من الواجب قبوله لأنه يستعصي على الإدارة (كما قد يحدث في حالة الانتشار الطبيعي للآفة). ويجوز للبلدان أن تقرر تطبيق مستوى منخفض من الرصد أو المراجعة لضمان الإلمام بالتغيرات التي تطرأ في المستقبل على مخاطر الآفات.

3-4- تحديد خيارات الإدارة الملائمة واختيار أنسبها:

ينبغي اختيار التدابير الملائمة واختيار أكثرها فعالية في تقليل احتمالات دخول الآفة. وينبغي أن يستند الاختيار على الاعتبارات التالية، التي تتضمن العديد من "مبادئ الحجر الزراعي وعلاقتها بالتجارة الدولية" (المعايير الدولية رقم 1 لتدابير الصحة النباتية):

- *التأكد من أن تدابير الصحة النباتية مُجدية من حيث التكلفة وقابلة للتنفيذ* – تتمثل الفائدة المتوخاة من تطبيق تدابير الصحة النباتية في منع دخول الآفة، وبالتالي فإن منطقة تحليل مخاطر الآفات لن تتعرض للنتائج الاقتصادية المحتملة. ويمكن وضع تقديرات لتحليل جدوى التكاليف لكل تدبير من تدابير الحد الأدنى التي يتبين أنها توفر الأمان المقبول. وينبغي دراسة التدابير التي تكون النسبة بين الفائدة والتكلفة فيها مقبولة.
- *مبدأ "أدنى قدر من التأثير"* – لا ينبغي أن تكون التدابير مقيدة للتجارة أكثر من اللازم. وينبغي تطبيقها على أقل مساحة ضرورية بما يكفل الوقاية الفعالة للمنطقة المهددة.

- *إعادة تقييم المتطلبات السابقة* – لا ينبغي فرض أي تدابير إضافية إذا كانت التدابير السارية فعالة.
- *مبدأ "التساوي"* – إذا أمكن تحديد تدابير مختلفة للصحة النباتية لها نفس الأثر، ينبغي قبولها كبدائل.
- *مبدأ "عدم التمييز"* - إذا كانت الآفة محل الدراسة متوطنة في منطقة تحليل مخاطر الآفات ولكن انتشارها محدود، وكانت تخضع للمكافحة الرسمية، لا ينبغي أن تكون تدابير الصحة النباتية المتصلة بالتجارة أكثر تشدداً من التدابير المطبقة في منطقة تحليل مخاطر الآفات. وبالمثل، لا ينبغي أن تميز تدابير الصحة النباتية بين البلدان المُصدِّرة التي تتماثل فيها حالة الصحة النباتية.

م1 إن مبدأ عدم التمييز ومفهوم المكافحة الرسمية ينطبقان أيضا على:

- الآفات التي تؤثر على النباتات غير المزروعة/البرية.
- الأعشاب و النباتات الغازية.
- الآفات التي تؤثر في النباتات عن طريق ما لها من آثار على الكائنات الأخرى.

م1 وإذا ما توطن أي من هذه الآفات في منطقة تحليل مخاطر الآفات وطبقت المكافحة الرسمية، فإن تدابير الصحة النباتية عند الاستيراد ينبغي ألا تكون أكثر تقييدا من تدابير المكافحة الرسمية.

وبالرغم من أن الخطر الأكبر فيما يتعلق بالآفات النباتية يكمن في الشحنات المستوردة من النباتات والمنتجات النباتية، فمن الضروري (وخصوصاً بالنسبة لتحليل أخطار الآفات الذي يُجري على آفة معينة) دراسة خطر دخول الآفة من خلال طرائق أخرى لانتقال العدوى (مثل مواد التعبئة، ووسائل النقل، والمسافرين وأمتعتهم، وعن طريق الانتشار الطبيعي للآفة).

والتدابير المبينة فيما يأتي هي أمثلة على أكثر التدابير شيوعاً في التطبيق على السلع التي تشملها المعاملات التجارية. وهي تطبَّق على طرائق انتقال الآفات،

وهي عادة شحنات النباتات والمنتجات النباتية العائلة الواردة من منشأ معين. وينبغي أن تكون التدابير دقيقة بقدر الإمكان بحسب نوع الشحنة (العوائل، وأجزاء النباتات) والمنشأ، لكي لا تكون هذه التدابير بمثابة حواجز أمام التجارة تحد من استيراد المنتجات دون مبرر. وقد يكون من اللازم الجمع بين تدبيرين أو أكثر لخفض الخطر إلى المستوى المقبول. ويمكن تصنيف التدابير المتاحة إلى عدة فئات واسعة بحسب حالة الآفة وطريق انتقال العدوى في بلد المنشأ. وتشمل هذه التدابير ما يأتي:

- التدابير التي تطبق على الشحنات.
- التدابير التي تطبق لمنع تعرض المحصول للعدوى الأصلية أو الحد منها.
- التدابير التي تطبق لضمان خلو منطقة أو مكان الإنتاج من الآفة.
- التدابير التي تطبق لحظر دخول السلع.

وقد تظهر بعض الخيارات الأخرى في منطقة تحليل مخاطر الآفات (مثل فرض قيود على استخدام السلعة)، وتدابير المكافحة، ودخول مواد للمكافحة الحيوية، وتدابير الاستئصال والاحتواء. وينبغي أيضاً تقييم هذه الخيارات لتطبيقها بصفة خاصة إذا كانت الآفة موجودة بالفعل ولكنها ليست منتشرة على نطاق واسع في منطقة تحليل مخاطر الآفات.

3-4-1- الخيارات الخاصة بالشحنات:

يمكن الجمع بين تدبيرين أو أكثر من التدابير التالية:

- تدابير الفحص أو الاختبار التي تجرى للتأكد من وجود الآفة في الشحنة أو من إمكانية تحملها في حدود معينة؛ ويمكن في هذه الحالة أن تكون العينات كافية لاكتشاف الآفة بدرجة مقبولة من الاحتمال.
- حظر دخول أجزاء من النبات أو المنتجات النباتية العائلة.
- تطبيق نظام الحجر الزراعي قبل الدخول أو بعده – ويمكن اعتبار هذا النظام أكثر أشكال الفحص والاختبار دقة حيثما تتوافر المرافق والموارد المناسبة،

ويمكن أن يكون هذا الخيار هو الوحيد المتاح بالنسبة لآفات معينة قد لا يكون من الممكن اكتشافها عند دخول الشحنة.

- الظروف المعينة لتحضير الشحنة (مثل طرائق التداول بما يمنع العدوى أو تجدد العدوى).
- تطبيق معاملات معينة على الشحنة – وتطبق هذه المعاملات بعد الحصاد ويمكن أن تشمل المعاملات الكيماوية أو الحرارية، أو الاستئصال أو الطرق الفيزيائية الأخرى.
- فرض قيود على الاستخدام النهائي، والتوزيع وفترات دخول السلعة.
- ويمكن أيضاً تطبيق تدابير لتقييد استيراد شحنات من الآفات.

م1 يمكن أن ينطبق مفهوم "شحنات الآفات" ليشمل واردات النباتات التي تعتبر آفات. ويجوز قصر هذه الشحنات على الأنواع أو الأصناف التي تمثل قدرا أقل من المخاطر.

م2 قد تشمل التدابير أيضاً في حالة الكائنات الحية المحورة الإجراءات الخاصة بتوفير المعلومات عن اكتمال الشحنات لناحية الصحة النباتية (مثلاً نظم التتبّع ونظم التوثيق ونظم المحافظة على الهوية).

3-4-2- الخيارات المتاحة لمنع حدوث العدوى الأصلية في المحصول أو للحد منها:

يمكن أن تشمل التدابير ما يأتي:

- معاملة المحصول، أو الحقل، أو مكان الإنتاج.
- فرض قيود على تركيب الشحنة بحيث تتألف من نباتات تنتمي إلى أنواع مقاومة للإصابة أو أقل تعرضاً لها.
- زراعة النباتات في ظروف محمية خاصة (الصوبات، أو العزل).
- حصاد النباتات وهي في عمر معين أو في وقت محدد من السنة.
- أن يكون الإنتاج خاضعاً لخطة اعتماد. وتتضمن أي خطة رسمية لمتابعة الإنتاج عدداً من الأجيال التي تخضع لمراقبة دقيقة، وتبدأ هذه الخطة بمراعاة أن تكون

المواد الزراعية في حالة صحية جيدة. ويمكن اشتراط أن تكون النباتات مستنبطة من عدد محدد من الأجيال.

م2 يمكن اتخاذ تدابير للحد من احتمال وجود الكائنات الحية المحورة (أو المادة الوراثية فيها) التي تشكل خطراً على الصحة النباتية في محاصيل أخرى. وتشمل تلك التدابير:

- نظم الإدارة (مثلاً المناطق العازلة والملاجئ).
- إدارة طريقة إبراز السمات.
- التحكّم بالقدرات التناسلية (مثلاً عقم الذكور).
- التحكّم بالعوائل البديلة.

3-4-3- الخيارات التي تضمن خلو منطقة، أو مكان أو موقع الإنتاج من الآفة:

يمكن أن تشمل التدابير الآتية:

- خلو منطقة الإنتاج من الآفات – الشروط اللازمة لخلو منطقة الإنتاج من الآفات مبينة في المعايير الدولية رقم 4 لتدابير الصحة النباتية، *متطلبات إنشاء المناطق الخالية من الآفات*.
- خلو مكان أو موقع الإنتاج من الآفات – الشروط اللازمة لخلو مكان أو موقع الإنتاج من الآفات مبينة في المعايير الدولية رقم 10 لتدابير الصحة النباتية؛ متطلبات إنشاء أماكن للإنتاج خالية من الآفات ومواقع للإنتاج خالية من الآفات.
- إخضاع المحاصيل للتفتيش للتأكد من خلوها من الآفات.

4-4-3- الخيارات المتاحة بالنسبة لأنواع الطرق الأخرى لانتقال العدوى:

يجوز استخدام أو تطويع التدابير التي سبق بيانها بالنسبة لأنواع كثيرة من طرائق انتقال العدوى لاكتشاف الآفة في شحنة من النباتات أو المنتجات النباتية ، أو لمنع تعرض الشحنة للعدوى. وينبغي النظر في العوامل التالية بالنسبة لأنواع معينة من طرائق انتقال العدوى:

- يشمل الانتشار الطبيعي للآفات انتقال الآفات عن طريق الطيران، والرياح، ونقلها عن طريق النواقل مثل الحشرات أو الطيور والهجرات الطبيعية. فإذا كانت الآفة تدخل منطقة تحليل مخاطر الآفات عن طريق الانتشار الطبيعي، أو من المحتمل أن تدخلها في المستقبل المنظور، يمكن أن يكون تأثير تدابير الصحة النباتية ضئيلاً. ويمكن حينئذ النظر في تطبيق تدابير المكافحة في منطقة المنشأ أو احتوائها أو استئصالها في منطقة تحليل مخاطر الآفات بعد دخوله.
- ويمكن أن تشمل التدابير الخاصة بالمسافرين وأمتعتهم الفحص الهادف، والإعلام وفرض الغرامات أو تقديم الحوافز. وفي حالات قليلة، قد يكون من الممكن اتخاذ تدابير علاجية.
- ويمكن إخضاع الآلات أو وسائل النقل الملوثة (مثل السفن، والقطارات، والطائرات، ووسائل النقل البري) لعمليات التنظيف أو التطهير.

3-4-5- الخيارات المتاحة داخل البلد المستورد:

يمكن أيضاً اللجوء إلى تدابير معينة مما يطبق في البلد المستورد. ويمكن أن تشمل هذه التدابير المسح والرصد الدقيقين لمحاولة اكتشاف دخول الآفة في موعد مبكر بقدر الإمكان، وتطبيق برامج الاستئصال للتخلص من أي بؤر للعدوى أو اتخاذ التدابير اللازمة لاحتواء خطر الآفة والحد من انتشارها.

م1 أينما وجد مستوى مرتفع من الإبهام في ما يخص مخاطر الآفات من النباتات المراد استيرادها، يجوز أن يقرر عدم اتخاذ تدابير للصحة النباتية عند الاستيراد، وإنما الاكتفاء بالمراقبة أو غيرها من الإجراءات بعد الدخول وذلك من قبل منظمة وقاية النباتات أو تحت إشرافها.

م2 يرتبط احتمال وجود مخاطر إلى حد ما بالاستخدام المقصود. وكما هي الحال بالنسبة إلى كائنات أخرى، فقد تسهم بعض الاستخدامات المقصودة (الاستخدام ضمن شروط سلامة متشددة مثلاً) في إدارة المخاطر إلى حد كبير.

م2 من الخيارات القطرية المتاحة أيضاً في حالة الكائنات الحية المحورة، كما في حالة آفات أخرى، تطبيق تدابير طارئة خاصة بالمخاطر على الصحة النباتية؛ شرط أن تراعي أية تدابير طارئة من هذا القبيل المادة السابعة-6 من الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات (1997).

3-4-6- حظر استيراد السلع:

في حالة عدم الاطمئنان إلى أن أي تدبير من تدابير الصحة النباتية يمكن أن يؤدي إلى خفض الخطر إلى المستوى المقبول، يمكن أن يكون الخيار النهائي هو حظر استيراد السلع المقصودة. ويمكن اعتبار هذا التدبير الملجأ الأخير، وينبغي دراسته في ضوء فعاليته المتوقعة، لاسيما في الحالات التي تكون فيها الحوافز التي تقدم لمنع الاستيراد بالطرائق غير القانونية كبيرة.

3-5- شهادات الصحة النباتية وغير ذلك من تدابير التقيد بتدابير الصحة النباتية:

تتضمن إدارة المخاطر النظر في تدابير التقيد المناسبة. وأهم هذه التدابير شهادات التصدير (انظر المعايير الدولية رقم 7 لتدابير الصحة النباتية: نظام إصدار شهادات الصحة النباتية للصادرات). ويوفر إصدار شهادات الصحة النباتية (أنظر المعايير الدولية رقم 12 لتدابير الصحة النباتية: خطوط توجيهية لإصدار شهادات الصحة النباتية) تأكيداً رسمياً بأن الشحنة تعد خالية من الآفات الحَجْرية التي تحددها البلدان المستوردة المتعاقدة وأنها تتفق مع اشتراطات الصحة النباتية السارية في البلد المستورد المتعاقد". وهكذا، تؤكد شهادة الصحة النباتية تطبيق خيارات إدارة المخاطر. ويجوز طلب بيان إضافي يوضح تنفيذ إجراء معين. ويمكن استخدام تدابير التقيد الأخرى بشرط وجود اتفاق ثنائي أو متعدد الأطراف بشأنها (أنظر المعايير الدولية رقم 12 لتدابير الصحة النباتية).

م2 يجب أن تتصل المعلومات الخاصة بشهادات الصحة النباتية بشأن الكائنات الحية المحورة (كما هي الحال بالنسبة إلى الكائنات الأخرى الخاضعة للوائح)

بتدابير الصحة النباتية فقط لا غير (أنظر المعايير الدولية رقم 12: *خطوط توجيهية لشهادات الصحة النباتية*).

3-6- الانتهاء من تدابير إدارة المخاطر:

تسفر تدابير إدارة المخاطر عن اختيار تدبير أو أكثر من تدابير إدارة المخاطر التي تبين أنها تقلل من المخاطر المرتبطة بالآفة أو الآفات إلى المستوى المقبول. وتمثل تدابير الإدارة أساس اللوائح أو الاشتراطات الخاصة بالصحة النباتية.

ويخضع تطبيق هذه اللوائح ومداومة تطبيقها لالتزامات معينة، في حالة الأطراف المتعاقدة في الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات.

م1 إن إجراءات الصحة النباتية المتخذة فيما يتعلق بالمخاطر البيئية ينبغي أن تبلغ، حسب الاقتضاء، للسلطات المختصة المسؤولة عن السياسات والإستراتيجيات وخطط العمل الوطنية المتعلقة بالتنوع الحيوي.

3-6-1- المتابعة والرصد وإعادة النظر في تدابير الصحة النباتية:

ينص مبدأ "التعديل" على ما يلي: "كلما تغيرت الأحوال، وظهرت حقائق جديدة، يجري على وجه السرعة تعديل تدابير الصحة النباتية، إما بتضمينها ترتيبات الحظر أو القيود أو الشروط التي لابد منها لنجاحها، وإما بإلغاء التدابير التي يتضح عدم ضرورتها" (المعايير الدولية رقم *1 لتدابير الصحة النباتية، مبادئ الحجر الزراعي وعلاقتها بالتجارة الدولية*).

وهكذا، لا ينبغي اعتبار تنفيذ تدابير معينة من تدابير الصحة النباتية أمراً ثابتاً. فبعد التطبيق، يتقرر مدى نجاح هذه التدابير في تحقيق الأهداف المرجوة منها عن طريق متابعة ورصد تطبيقها. وكثيراً ما يكون ذلك عن طريق فحص السلعة لدى وصولها، وملاحظة أي ظهور أو دخول للآفة في منطقة تحليل مخاطر الآفات. وينبغي إعادة النظر من حين لآخر في المعلومات التي تعزز تحليل مخاطر الآفات لضمان عدم تعارض أي معلومات جديدة مع القرارات التي سبق اتخاذها.

4- توثيق تحليل مخاطر الآفات:

4-1- توثيق الاشتراطات:

تشترط الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات ومبدأ "الشفافية" (المعايير الدولية رقم 1 *لتدابير الصحة النباتية، مبادئ الحجر الزراعي وعلاقتها بالتجارة الدولية*) على البلدان أن تقدِّم، عند الطلب، المبررات التي دعت إلى اتخاذ تلك التدابير. وينبغي أن تكون العملية بأكملها ابتداء من الشروع في تدابير إدارة المخاطر موثقة بما فيه الكفاية لكي يكون من الممكن، عند المراجعة أو عند ظهور منازعات، الكشف بوضوح عن مصادر المعلومات وعن المبررات التي استند إليها في اتخاذ قرار الإدارة.

وأهم عناصر التوثيق ما يأتي:

- الغرض من تحليل مخاطر الآفات.
- الآفة، أو قائمة الآفات، وطرق انتقالها، ومنطقة تحليل مخاطر الآفات، والمنطقة المهددة.
- مصادر المعلومات.
- تصنيف قائمة الآفات.
- الاستنتاجات الخاصة بتقييم الآفات.
  - الاحتمالات
  - النتائج
- إدارة المخاطر
  - الخيارات المتاحة
- الخيارات التي وقع عليها الاختيار.

الفصل الخامس

الإدارة المتكاملة لأمراض النبات

أولاً ـ المبادئ العامة في إدارة أمراض النبات

مقدمة:

تعرّف أمراض النبات بمجموع كلي لتدهور الجهاز النباتي نتيجة لتأثيرات عوامل حية غير مرغوبة وعوامل ممرضة فيروسية وعوامل غير حيوية، بالنتيجة يصبح النبات غير قادر على الإنتاج المتوقع وبالتالي نقص في كمية المنتج وفي نوعيته، ويتطور المرض النباتي نتيجة التآثر بين العوامل الممرضة والمضيف والظروف البيئية ما يعرف بمثلث المرض Disease triangle، وتعرف مكافحة أمراض النبات بأنها منع المرض أو خفض في وجود أو شدة المرض. كما تهتم في المجتمع النباتي أكثر من محصول نباتي مفرد، ويمكن أن نتوصل إلى مكافحة المرض النباتي بواسطة تطبيق واحد أو إجراء وحيد، ولكن المكافحة المناسبة أو المقبولة لمعظم أمراض النبات تتطلب تطبيق عدة معايير وإجراءات ضمن برنامج متكامل للتعامل مع المعطيات البيئية والحيوية والعوامل الكيميائية.

إن أي توجه متكامل لمكافحة الأمراض يتطلب معرفة للعوامل الممرضة، كما أن اختيار إجراءات مكافحة فعالة يتطلب معرفة ديناميكية المرض النباتي والعوامل البيئية وخاصة درجة الحرارة والرطوبة وشدة الإضاءة، التي من المعروف أنها تؤثر على شدة المرض، ويجب أن تؤسس برامج مكافحة الأمراض على معرفة صفات العامل الممرض والمضيف والظروف الزراعية والمناخية التي ينمو فيها المحصول، ومعرفة إجراءات المكافحة المتوفرة كالطرق الزراعية والوراثية والكيميائية. والتشخيص الصحيح للمرض هو الأساسي في نجاح الإدارة المتكاملة لأمراض النبات. كما أن مكافحة الأمراض على محصول في حقل معين ترتبط بمعايير المكافحة التي يتبعها المزارعين في الحقول المجاورة، ومن المفيد أن تتبع أساليب مكافحة موحدة لوقاية المحاصيل على مستوى

المساحات الواسعة المتجاورة، وذلك لضمان استدامة التطبيق الواسع على فترات طويلة الأمد والقابل لخفض تكاليف المكافحة المتبعة.

أثرت أمراض النبات على حياة الإنسان وقد ذكرت الكتب المقدسة ما قبل 2000 سنة أمراض اللفحة والبياض، كما ذكر قدماء اليونان مثل ثيوفراست Theophrastus (374-288 ق م) الخوف من خطر أمراض النبات وكان للقدماء آلهة منها إله الصدأ في عام 700 ق م (Orlob,1964;1973)، ومع تنامي فهم أمراض النبات والجهود المبذولة للحد من مخاطرها لا تزال بشكل عام غير كافية لتوائم الحاجة إلى الغذاء في العالم نتيجة النقص في الإنتاج. وتراوح تأثير أمراض النبات من كوارث عالمية إلى أمراض محدودة الانتشار، ومن الأمراض التي كان تأثيرها بالغاً مرض اللفحة المتأخرة على البطاطا المسبب فطر *Phytophtora infestans* المسؤول المباشر عن المجاعة في إيرلندا خلال أعوام 1840s حيث اعتمد المزارعون على محصول البطاطا كمصدر أساسي للغذاء، وبعد ظهور المرض وتعفن الدرنات في المخازن أدت إلى المجاعة وبالتالي هجرة حوالي 1.5 مليون نسمة من إيرلندا. كذلك أدى ظهور في مرض التبقع البني في الرز المسبب *Helmenthosporium oryzae* في البنغال إلى معاناة السكان خلال أعوام 1940s نتيجة الظروف المناخية الملائمة للمرض، وهاجر المزارعون من الريف إلى المدن، ورافق ذلك ارتفاع حاد في سعر محصول الرز، ما أدى إلى المجاعة وموت حوالي 2 مليون نسمة كنتيجة لأمراض النبات، وقد أدت إصابة محصول الذرة بمرض لفحة أوراق الذرة الجنوبي *Helminthosporium mydis* ودمرت 15% من المحصول في الولايات المتحدة وخسارة حوالي مليار دولار لكن دون حدوث مجاعة. بالطبع تؤدي الإصابة بأمراض النبات إلى خسائر اقتصادية ولكن الأوبئة تكون ضمن مناطق جغرافية محددة وأحياناً حقل واحد، ولكن بغض النظر عن مدى انتشارها فإنها تؤثر في كمية ونوعية الغذاء والمحاصيل الصناعية وتخفض من قيمة المناظر الطبيعية ونباتات الزينة، ولذلك يحاول المزارعين الحد منها ومكافحتها باستخدام إستراتيجيات إدارة مختلفة.

أدى نجاح تطبيق عناصر وبرامج المكافحة المتكاملة في مكافحة الآفات خلال العقود الماضية إلى اعتماد بعض هذه البرامج كرد فعل طبيعي على الآثار السلبية للاستخدام المكثف والعشوائي للمبيدات على صحة الإنسان والتلوث البيئي والحياة البرية والتوازن الطبيعي، ولكن مع التوجه نحو الزراعة العضوية، ومع دخول زراعة المحاصيل المعدلة وراثياً، ودخول مفاهيم جديدة في تطوير الطرق الزراعية لا بد من تطوير إستراتيجية إدارة الآفات.

أسس مكافحة أمراض النبات:

كان الهدف الرئيسي للأبحاث في مجال أمراض النبات هو الاهتمام بالطرق التي تؤدي إلى منع وتقليل الضرر الناجم عن هذه الأمراض. وبُنيت على التجربة والخطأ والتي تحتمل النجاح والفشل وذلك دون معرفة طبيعة المرض. والبحوث التي تجرى حالياً لدراسة العوامل الممرضة وآليات حدوث الأمراض والأوبئة والعلاقة بين الوراثة وفيزيولوجيا العوامل الممرضة وتأثرها بعوامل البيئة، وذلك لتحقيق هدف واحد هو مكافحة الأمراض النباتية. وقد رافق تطور علم أمراض النبات تطور طرائق الكشف من معرفة طبيعة الأضرار المباشرة وغير المباشرة على النبات والإنسان لمسببات الأمراض النباتية، ومن تحديد العلاقة بين العامل الممرض والنبات ودور الأنزيمات والهرمونات والمواد السامة (التوكسينات Toxins) في تطور وانتشار المرض والعلاقة مع مقاومة النبات ومع نقص الإنتاج، كما تطورت بحوث وراثة مقاومة أمراض النبات وقد بدأت مع العالم Biffen حول وراثة مقاومة صنفين من القمح وأجيالهما لفطر الصدأ في عام 1905، تلا ذلك تجارب العالم Orton حول وراثة مقاومة القطن والشمام واللوبياء لمرض ذبول الفيوزاريوم في عام 1909، وأشير إلى الاختلافات الوراثية ضمن أنواع الكائن الممرض والتمييز بين السلالات الفيزيولوجية، وساهمت نظرية فلور Flor في عام 1946علاقة جين – جين Gene for gene relationship بأن لكل جين مقاومة في العائل جين متوافق معه لشدة الإصابة في الكائن الممرض، واقترح Vanderplank أن هناك نوعين من المقاومة، أحدهما المقاومة باستعمال بعض الجينات

الرئيسية Major تكون قوية ولكن لسلالات متخصصة (مقاومة عمودية) والثاني حُدد باستعمال عدة جينات مساعدة وهذه الطريقة ضعيفة ولكنها فعالة ضد سلالات النوع في الكائن الممرض (مقاومة أفقية)، وتم في تلك الفترة التعرف على أن الحمض النووي دنا DNA هو المسؤول عن حمل المعلومات الوراثية في الخلية (Agrios,2004). ومع التقدم المتسارع في الهندسة الوراثية في الكائنات الدقيقة، تطورت تقانات زراعة الأنسجة والمزارع الخلوية سواء بهدف الإكثار الخضري والبروتوبلاست أو لدراسة الأورام النباتية المتسببة عن البكتيريا، أو في زراعة الميرستيم القمي بهدف إنتاج نباتات خالية من الفيروسات. وقد تنامى مفهوم ودور الظروف البيئية في الانتشار الوبائي للممرضات النباتية ودرس أثر التباين الجغرافي في ظهور وتطور الآفات المرضية، مع التراكم المعرفي في مجال الأوبئة التي تعرضت لها أوروبا وخاصة إيرلندا مثل اللفحة المتأخرة على البطاطا. وأدى نشوء سلالات فيزيولوجية جديدة أكثر ضراوة من المسببات المرضية وقادرة على كسر مقاومة الأصناف، وقد نجحت الأصناف المقاومة إلى حد ما في منع ظهور تلك الأمراض بصورة وبائية وساعدت على الحد من الخسائر الاقتصادية، من المتعارف عليه أن تربية النبات لإنتاج أصناف جديدة مقاومة للأمراض عملية مجهدة وبطيئة، حيث يتراوح إنتاج صنف جديد واختباره ونشر استخدامه من 10 إلى 15 عاماً (عدا بعض الأنواع النباتية التي يمكن زراعة أكثر من جيل من المحصول سنوياً)، وعند مقارنة التربية لمقاومة الأمراض مع تطبيق المبيدات في وقاية النبات من المسببات المرضية نلاحظ بأن كلفة إنتاج الصنف الجديد المقاوم أقل من كلفة إنتاج مبيد جديد وأقل من تكاليف مقاومة الأمراض بالتالي يقلل من التراكم المواد السامة في البيئة.

وعموماً لمكافحة أي مرض نباتي، يجب أولاً **دراسة الأسس التي يجب أن يبنى عليها مكافحة هذا المرض وهي:**

- يجب دراسة طبيعة المرض من حيث المسبب وطريقة تأثيره على النبات وعلى أي جزء منه وتحت أي ظروف يظهر المرض.

- دراسة المسبب ودورة حياته وطبيعة تطفله، والظروف المختلفة التي تؤثر عليه والتغيرات المختلفة التي تحدث في المسببات الحية وطبيعتها الوراثية والتغيرات التي يمكن أن تحدث نتيجة لتغير ظروف البيئة.
- دراسة تأثير الظروف البيئية على العائل والتي يمكن أن تؤثر على النبات السليم وتؤدي إلى ضعفه وقابليته للإصابة، أو قد تؤدي إلى قوته وقدرته على المقاومة وهذه الظروف تشمل العوامل الجوية مثل درجة الحرارة والرطوبة والإضاءة وعوامل التربة (نوع التربة ، قوامها ، المواد الغذائية ، الكائنات الدقيقة).
- دراسة طبيعة المقاومة الطبيعية في النبات وتأثير الظروف المختلفة عليها، بحيث تقويها أو تضعفها، وكذلك انتقال هذه الصفة من الناحية الوراثية. هذه الدراسات ستؤدي إلى مكافحة الأمراض بطريقة ناجحة سهلة اقتصادية.

أمراض النبات Plant Diseases:

النباتات كائنات حية تقوم بوظائفها الحيوية المختلفة فإذا ما حدث للنبات أو أحد أعضائه ما يعوق أو يمنع قيامه بهذه الوظائف تظهر عليه أعراض وعلامات مرضية وقد يموت النبات أو يقل إنتاجه كماً ونوعاً. ويعد النبات في هذه الحالة مريضاً وعلى ذلك يمكن تعريف المرض النباتي Plant disease بأنه انحراف عن الحالة الطبيعية للنبات، ويكون مصحوباً بتغيرات في شكل وتركيب النبات أو عضو منه، أو له تأثير سلبي في وظائف الأعضاء، وبالنتيجة في القيمة الاقتصادية للنبات، ويعد النبات مريضاً إذا ما ظهرت عليه أعراض تميزه عن النبات السليم نتيجة حدوث تغير أو تحول في سير العمليات الحيوية بالنبات إذا ما تعرض لظروف بيئية غير ملائمة لنموه أو تعرض للإصابة بأحد الكائنات الممرضة. ويعد نشاطاً فيزيولوجياً ضاراً ينتج عن حدوث إثارة للنبات أو أحد أعضائه بواسطة عامل مؤثر خارجي. وهذا النشاط الفيزيولوجى الضار يعبر عن نفسه بتكشف مظاهر غير طبيعية مميزة هي الأعراض Symptoms التي يمكن تعريفها بأنها الدلائل الملموسة التي يظهرها النبات المريض. أما مسبب المرض النباتي فهو أي عامل له القدرة على إحداث مرض نباتي، يؤدي إلى خلل مستمر في

وظيفة أو أكثر من وظائف النبات الحيوية. ويُعرَف المرض النباتي بأنه مجموع قصور الجهاز النباتي العائد إلى كائنات حية غير مرغوبة وممرضات فيروسية وعوامل غير حية، ونتيجة لذلك تؤدي هذه العوامل إلى الحد من كمية إنتاج النبات وإلى نقص في جودة المنتج، وينجم تطور المرض النباتي من تفاعل بين العائل النباتي والعامل الممرض مع الظروف البيئية المختلفة مع مرور الزمن ما يعبر عنه بمثلث المرض Disease triangle، وتعود مكافحة المرض النباتي إلى منع العامل الممرض أو تقليل نسبة وجود الممرض أو شدة المرض وذلك بالنسبة للمجتمعات النباتية، ويمكن أن يتم ذلك عبر أحد تطبيقات عناصر المكافحة أو بتطبيق عدة إجراءات مكافحة عادة تتطلب برنامج متكامل يشمل عوامل بيئية وحيوية وكيميائية.

تتسبب أمراض النبات بواسطة تنوع واسع من العوامل الحية وغير الحية، ودعيت Disease incitants، والعوامل الممرضة Pathogens هي عوامل معدية Infectious أي تنتقل من نباتات مصابة إلى نباتات سليمة. والأكثر أهمية الأمراض المتسببة عن عوامل حية الفطريات ثم البكتيريا والنيماتودا، والأمراض المتسببة عن عوامل غير حية مثل الفيروسات والفيرويدات تأخذ موقعاً قبل النيماتودا في الأهمية، وهناك الأمراض غير المعدية Noninfectious أو الاضطرابات Disorders التي تتسبب عن نقص في العناصر الغذائية وارتفاع درجة الحرارة والرطوبة ودرجة حموضة التربة أو القلوية وزيادة في بعض العناصر الصغرى في التربة والمركبات السامة الملوثة الموجودة في الجو.

العوامل الممرضة

آ- المسببات الممرضة الحية:

الفطريات Fungi والجراثيم Bacteria والنباتات المتطفلة Plants Parasitic والديدان الخيطية المتطفلة على النباتات Plant Parasitic Nematodes، كما توضع مع العوامل الممرضة الحية مسببات، مثل: الفيروسات Viruses والفيرويدات Viroids

والمفطـــورات أو الفيتوبلازمـــا (الميكوبلاســـما Mycoplasma) والبلاســـميدات Plasmids، وقد أدرجت الأعشاب لدورها الهام في وبائية أمراض النبات.

الفطريات Fungi: الفطريات نباتات ثالوسية خالية من الكلورفيل لا بد لها من الحصول على غذاء مجهز أما بالترمم أو بالتطفل Heterotrophic، والفطريات المسببة للأمراض النباتية ذات نمو خيطي متفرع يعرف بالهيفات Hyphae ويعرف النمو الناتج عن نمو الهيفات المتشابكة بالميسليوم Mycelium وتتميز خلايا الفطر بأن لها جدار خلوي يحتوي على السليلوز أو الكيتين أو كلاهما معاً، وتقوم هيفات الفطر بإفراز أنزيمات خارجية لتحليل المواد المعقدة فتحولها إلى مواد بسيطة قابلة للامتصاص، وعلى سبيل المثال تقوم الفطريات التي تصيب الأشجار بإفراز أنزيمات محللة للجنين والسليلوز. بينما تقوم الفطريات التي تصيب النباتات العشبية بإفراز أنزيمات محللة للكيتين والسليلوز.

وتتعرض كل النباتات الراقية للإصابة بعامل أو أكثر من الفطريات المتطفلة، ومحصول البطاطا لوحده يتعرض على الأقل لـ 30 عامل ممرض فطري، وتؤدي الإصابة بالعوامل الممرضة الفطرية إلى فقد ملايين الدولارات في مختلف دول العالم سنوياً، يمكن لهذه العوامل الممرضة أن تهاجم أي جزء من النبات بما فيها البذور. وهي مسؤولة عن فقد كبير في الإنتاج ولاسيما في محاصيل الخضار والفاكهة. وتؤدي إصابة محاصيل الحبوب بالفطريات إلى تلوثها بالسموم الفطرية Mycotoxins، والتي تؤدي إلى أضرار صحية هامة للإنسان منها الإصابة بمرض السرطان لأعضاء مختلفة في الجسم. وتبدي الفطريات تنوعاً كبيراً في الأشكال والوظيفة ودورة الحياة، أكثر من أي عامل ممرض آخر، كما تتنوع في أعراض الإصابة التي تسببها للمضيفات، وتعتبر الأنماط المختلفة التكاثر الجنسي والتكاثر اللا جنسي وسيلةً لحماية الفطريات الممرضة من موسم لآخر، ما يجعل المعرفة المعمقة لها عاملاً مهماً عند وضع إستراتيجيات إدارة أمراض النبات الفطرية في منع تشكل الأبواغ أو القضاء عليها وحماية النبات منها قبل مهاجمتها له.

البكتيريا Bacteria: مجموعة متنوعة تعد من أصغر من الكائنات الحية (Prokaryotes) وتدعى البكتيريا الحقيقية، ومنها ما هو بدون جدار وتدعى الميكوبلاسما Mycoplasma، تختلف البكتيريا الممرضة للنبات في الشكل وهي عصوية أو متطاولة ومعظمها يتحرك بواسطة سوط أو أكثر وذلك ضمن سوائل محيطة بمكان تواجدها، وتنتقل بواسطة قطرات ورذاذ المطر والرياح ومياه الري، كما تنتقل بواسطة الحشرات والأدوات الزراعية. ويصعب تمييز البكتيريا المسببة لأمراض النبات بعضها عن بعض عن طريق الشكل، وإنما يعتمد أساساً في تصنيفها على الصفات الفيزيولوجية. وتنتج البكتيريا الممرضة للنبات إنزيمات خارجية لتحليل مكونات الخلايا إلا أن الغالبية العظمى لا تستطيع تحليل المواد المعقدة كاللجنين. ولا تستطيع البكتيريا أن تحدث الاختراق المباشر في أنسجة العائل السليمة كما هو الحال في بعض الفطريات ولكن تدخل عن طريق الجروح والفتحات الطبيعية. وتتكاثر البكتيريا لا جنسياً بانقسام الخلية انقساما ثنائياً، ويحدث التكاثر الجنسي في البكتيريا إلا أنه أقل منه في الفطريات وذلك لعدم وجود نواة حقيقية في البكتيريا ويحدث التكاثر الجنسي بانتقال الحمض النووي دنا DNA لإحدى الخلايا من خلية أخرى (راجع مقرر البكتيريا).

الفيتوبلازما Phytoplasma: كائنات وحيدة الخلية بدائية النوى Prokaryotes تتبع صف Mollicutes ذات أشكال مظهرية متعددة (متغيرة الشكل Pleophorm)، وتقسم رتبة الميكوبلازما إلى فصيلتين وفق احتياجاتها إلى الستيرولات Mycoplsmataceae أو عدم احتياجها إلى الستيرولات Acholeplasmataceae، تشبه البكتيريا لكنها لا تمتلك جدار خلوي وهي متطفلة إجباريا. وتحاط بغشاء سيتوبلازمي وتحوي على شبكة من الحمض النووي دنا DNA ، تتكاثر لا جنسياً بالبرعمة، ونظراً لغياب الجدار الخلوي فهي مقاومة البنسلين، وهي حساسة للمضادات الحيوية مجموعة التتراسيكلين، وتؤدي الإصابة إلى خفض القيمة التسويقية للثمار نتيجة الطعم المر أو فقد النكهة الطبيعية وإلى نقص الإنتاج وتدهور النبات وموته، ويوجد أكثر من 300 مرضاً نباتياً تصيب نحو 300 جنس نباتي، تشمل أحاديات وثنائيات الفلقة.

الفيروسات Viruses: عوامل ممرضة غير حية، من أصغر العوامل الممرضة، جسيمات بسيطة التركيب، وهو عبارة عن حمض نووي محاط بغلاف بروتينى يعرف بالكابسيد Capsid، وهي طفيليات إجبارية ضمن خلوية، ولا يستطيع الفيروس أن يمارس نشاطه أو يتضاعف إلا ضمن الخلايا الحية. والفيروسات المسببة للأمراض النباتية تكون ذات شكل كروي أو عصوي أو خيطي مرن، الجسيمات الفيروسية صغيرة الحجم يتراوح قطرها بين 10 و950 نانومتراً، لها أشكال عديدة، الحمض النووي دنا DNA أو رنا RNA مفرد أو مزدوج السلسلة وقد تكون مغلفة أو بدون غلاف، لها قابلية المرور عبر الترشيح الفائق، تقع فوق قدرة المجهر الضوئي لذلك يستخدم المجهر الإلكتروني في فحصها ورؤيتها، وعند إصابة خلايا العائل بالفيروس يقوم بتوجيه التمثيل الغذائى في الخلايا لتكوين جزيئات جديدة. وينتقل الفيروس داخل النبات القابل للإصابة جهازياً وذلك عن طريق الواصلات الخلوية. وتنتقل فيروسات النبات بواسطة عدة طرق (حبات الطلع – بذرياً- الحشرات - الحلم - الفطريات - النيماتودا – الحامول أو عن طريق التربة ومياه الري) (لمزيد من البيانات عن الفيروسات والفيرويدات راجع كتاب علم الفيروسات (قواص وحمد،2007)، ولمزيد من المعلومات عن النيماتودا راجع مقرر النيماتودا.

الأعشاب الضارة:

العشب الضار هو كل نبات ينمو في مكان لا يراد له أن ينمو فيه، ولاسيما في الأماكن التي يستغلها الإنسان في الإنتاج الزراعي، وتتسبب هذه الأعشاب في إحداث أضرار شتى للزراعات المختلفة وللحيوانات وتتعدّى أضرارها إلى الإنسان نفسه من ذلك:

- **التنافس:** تقوم الأعشاب بمنافسة النباتات المزروعة باستهلاك الماء والعناصر الغذائية من التربة والضوء، ويرجع ذلك إلى مقدرتها الفائقة على التأقلم مع البيئة.
- **إفراز سموم نباتية:** تفرز بعض أنواع الأعشاب مجموعة من السموم النباتية تعمل على تثبيط نمو النباتات لتحقيق السيطرة المكانية، وذكرت الأبحاث أن إضافة

المستخلص المائي لنبات الأفوربيا *Euphorbia* إلى التربة يثبط نمو نباتات مثل القمح واللفت.

- **الأضرار المباشرة للإنسان والحيوان:** تحتوي بعض أنواع الأعشاب على مواد سامة، مثل عشب الزيوان الذي ينمو ضمن حقول القمح، كذلك إذا ما اختلطت بذور نبات الداتورة *Datura* مع حبوب القمح.
- **تلويث الأطعمة:** تنتج بعض الأعشاب الموجودة في المراعي التي تتغذى الماشية عليها تغييراً في طعم ورائحة الحليب ومنتجاته كبعض الأبصال البرية.
- **مضيفات للمسببات الممرضة وللحشرات:** تعمل الأعشاب مضيفاتٍ أساسيةً أو ثانوية للآفات الحشرية والمسببات المرضية المختلفة لاستمرار دورة حياتها ولاسيما بعد نضج المحصول ما يؤدي إلى أهميتها في تجديد الإصابة عاماً بعد عام.
- **تبديد الثروة المائية:** تعمل الأعشاب المائية الطافية أو المغمورة جزئياً على زيادة بخر الماء من السطوح المائية مسببة فقداً عالياً فيه وتعمل على تصدع الجسور والبيوت وتعوق الملاحة في الأنهار والقنوات وتقلل كفاءة المجاري المائية.
- **أضرار أخرى للأعشاب:** يؤدي النمو العشوائي للأعشاب حول الأبنية والممرات في المخازن وأعمدة الهاتف وأبراج نقل الطاقة الكهربائية وحول القضبان الحديدية ومدرجات الطائرات والمباني الأثرية إلى أضرار مباشرة تتمثل في تخريب هذه الأماكن، وأضرار غير مباشرة تتمثل فيما ينجم عن الحرائق التي قد تندلع بعد جفافها عدا إيواء أنواع القوارض والآفات الأخرى.

وتعدّ النباتات الحية من أهم مصادر العدوى للإصابة بالفيروسات وتؤدي الأعشاب الحولية والمعمرة دوراً مهماً في تجديد الإصابات الفيروسية كمصدر للفيروسات من موسم لآخر ومأوى للنواقل الحشرية عندما يكون المحصول الأساسي غير موجود في الموقع، كما تنتقل بعض هذه الفيروسات عن طريق بذور الأعشاب، نظراً إلى أن معظم بذور الأعشاب تنبت أسرع من بذور المحصول لتجدد الإصابة، كما يمكن لنباتات الزينة المعمرة أن تكون مصدراً دائماً للفيروسات، وتجدد الإصابة الفيروسية أيضاً من نباتات

تتبع أنواع ذات قرابة مع المحصول الأساسي، وتختلف أهمية هذه القرابة مع خصائص الفيروس والمدى المضيفي ومن المفيد غالباً التخلص من البقايا النباتية في التربة ولاسيما الفيروسات التي تنتقل آلياً والفيروسات عالية الثبات مثل فيروس موزاييك التبغ (TMV)، ومن الأهمية أيضاً إزالة النباتات المصابة بالحقل في بداية الموسم، وفي حالة النباتات المعمرة يمكن قلع النباتات المصابة واستبدالها بنباتات سليمة، كذلك تفضل زراعة بذور خالية من الفيروسات كوسيلة فعالة للحد من انتشار الفيروسات ضمن الحقل وبين الدول.

ب – المسببات الممرضة اللا حية:

تدعى أيضاً العوامل غير المتطفلة Non-Parasitic causes، إن أمراض النبات التي لا يكون المسبب فيها كائنات دقيقة متطفلة ممرضة تعرف بالأمراض غير المتطفلة Non-Parasitic diseases وتختلف عن الأمراض الفيروسية مثلاً بأنها غير معدية، ومثل هذه الأمراض تتسبب عن اضطرابات في فيزيولوجيا النبات نتيجة الظروف البيئية غير الملائمة بما فيها ظروف التربة وعدم التوازن الغذائي والتعرض لاختلاف في درجات حرارة يفوق مقدرة تحمل النوع النباتي وشدة الإضاءة أو الرطوبة غير المفضلة أو وجود ملوثات سامة في المحيط الجوي أو التربة بما في ذلك زيادة أو نقص العناصر الصغرى. فالنباتات كائنات حية حيث تنمو وتتكاثر لتحافظ على نوعها وتحتاج للمواد الغذائية والضوء والماء والهواء. فإذا كانت هذه الاحتياجات غير موجودة كلها أو بعضها أو موجودة بكميات قليلة. فإن النباتات تظهر عليها اضطرابات وظيفية تؤثر على نموها وإنتاجها، وتتعرض النباتات إلى عوامل بيئية غير ملائمة عديدة ومتباينة تسبب ظهور أعراض مرضية، وأهم هذه العوامل:

- **الملوثات Pollutants:** تشمل ملوثات الهواء السامة التي تمتص أو تدمص على سطح الأجزاء النباتية مسببة أضراراً ذات أعراض مميزة، ومن أمثلتها: الأوزون

O_3 وثنائي أكسيد النتروجين NO_2 وثاني أكسيد الكبريت SO_2 ، كما تشمل الأمطار الحمضية Acid rains والرذاذ الملحي على شواطئ البحار والمحيطات.

- **عوامل البيئة Environmental factors:** تشمل الانخفاض أو الارتفاع الشديد في درجة الحرارة الذي يترافق مع شدة الإضاءة والجفاف وانخفاض الرطوبة مما يؤدي إلى انخفاض معدل نمو النبات، وأهم الأعراض الناتجة: تساقط الأوراق والنضج المبكر وتشوه الثمار مع تقرحات موضعية على الأوراق والسوق والثمار، ويؤدي تعرض النباتات لدرجات حرارة منخفضة إلى تغير في لون النسج فتبدو بلون بني أو بقع محمرة.

تأثير الحرارة المنخفضة: تختلف بعض النباتات عن بعض في مقاومتها لدرجات الحرارة المنخفضة وكثيراً ما تتعرض نباتات المناطق المعتدلة لانخفاض درجات الحرارة وبالتالي حدوث أضرار الصقيع. وقد وجد عند تخزين البطاطا بين درجة صفر 5°م تلون الأنسجة وتحول النشاء إلى سكر بسرعة أكبر من استنفاذه في التنفس. وعند انخفاض درجة الحرارة أقل من درجة التجمد فإنه يحدث تجمد للماء في المسافات البينية والمحيطة بالخلايا ثم خروج الماء من الخلايا وربما لا يحدث تجمد لمحتويات الخلية نفسها إلا أن الضرر عموماً يتوقف على سرعة خروج الماء من الخلايا وعقب رجوع درجة الحرارة إلى معدلها الطبيعي تتمدد جدر الخلايا وتتمزق. والانخفاض التدريجي في درجة الحرارة يكون أقل ضرراً من الانخفاض المفاجئ.

تأثير الحرارة المرتفعة: تتعرض بعض النباتات أحياناً إلى درجات حرارة أعلى من الدرجات المثلى لنموها فإذا كانت الزيادة كبيرة فإنها تضر بالنباتات. وقد تتسبب حرارة الشمس المرتفعة في حدوث حالات اللسعة الشمسية Sun scald ويكون ضرر الحرارة المرتفعة كبيراً لأوراق االنباتات العصيرية والثمار غير المغطاة.

- **عوامل التربة Soil factors:** تشمل نقص أو عدم توازن العناصر الغذائية في التربة مما يؤدي إلى أعراض مرضية مميزة لكل عنصر. وقسمت العناصر الغذائية

الرئيسية إلى مجموعتين: **عناصر غذائية أساسية** مثل: الكربون والهيدروجين والأوكسجين والفوسفور والكالسيوم والبوتاسيوم والنتروجين والكبريت والمغنزيوم. **وعناصر غذائية نادرة** مثل: الحديد والمنغنيز والبورون والنحاس والزنك والموليبدنيوم والكلور. وقد لوحظ أن نقص أو غياب أحد أو بعض العناصر قد يكون ضاراً لبعض النباتات كما أن زيادتها أيضا قد تكون سامة خاصة العناصر الغذائية النادرة.

- **الحموضة والقلوية في التربة:** تختلف النباتات فيما بينها في درجة تحملها الحموضة أو قلوية التربة كما أنه توجد اختلافات بين الأصناف المختلفة داخل النوع الواحد. وعموماً فإن التأثير الضار لحموضة أو قلوية التربة قد يعود إلى زيادة أو نقص ذوبان أحد أو بعض العناصر الغذائية بدرجة تضر بالنبات المزروع.

- **تأثير الرطوبة الأرضية**: تختلف النباتات فيما بينها في احتياجاتها لرطوبة التربة فإذا زادت أو نقصت درجة الرطوبة عن الحد الأمثل فقد يتسبب عنه حالات مرضية. ويتضاعف ضرر الرطوبة الأرضية العالية عند غمر الأرض لفترة طويلة دون أن يكون هناك صرف جيد. ومن أكثر النباتات عرضة للإصابة: محاصيل الخضار الحولية مثل الملفوف واللفت والبطاطا، والتي تصاب بالذبول الدائم نتيجة لركود الماء حولها لفترة 48-72 ساعة في وجود مناخ صيفي حار فقد لوحظ حدوث تحلل عام في الشعيرات الجذرية وظهور الأعفان الطرية في أجزاء التخزين. هذا بالإضافة إلى نشاط الكائنات اللاهوائية وتحول أملاح النترات إلى نتريت السامة والتي تضر بالنباتات كما تساعد المتطفلات الاختيارية على تحلل وتدهور جذور النباتات.

الخسائر التي تسببها الأمراض النباتية:

تسبب الأمراض النباتية خسائر كبيرة للإنتاج الزراعي في العالم. فأمراض الصدأ والتفحمات تسبب خسائر هامة للمحاصيل كالقمح والشعير والذرة بأنواعها، كذلك أمراض الذبول على محاصيل الخضار كالشمام (البطيخ الأصفر) والبندورة، وتصيب أمراض البياض الدقيقي كثيراً من أشجار الفاكهة ومحاصيل الخضار مسببة لها خسائر

كبيرة وتصيب الأمراض الفيروسية كثيراً من المحاصيل الحقلية والبستانية وتسبب لها خسائر جسيمة، وأهم المحاصيل التي تتأثر بها الخضار كالبطاطا والبندورة والمحاصيل النجيلية كالقمح والتفاحيات واللوزيات. وهناك أمراض العفن التي تصيب كافة النباتات الاقتصادية في الحقل أو أثناء الشحن أو التخزين مثل أعفان البطاطا والبصل وباقى محاصيل الخضار وأعفان ثمار الحمضيات والموز والتفاحيات مسببة لها خسائر فادحة.

وتنقسم الخسائر التي تسببها أمراض النباتات إلى:

أولاً: خسائر مباشرة: وتشمل:

ا- تلف البادرات والشتول كما في أمراض موت البادرات.

2- موت النبات كما في أمراض الذبول.

3- موت جزء من النبات المصاب كما في أمراض التفحم والتبقع.

4- خفض القيمة التجارية للمحصول كما في أمراض جرب التفاح والجرب العادي والمسحوقي في البطاطا.

5- تلف المحاصيل الزراعية في المخازن بسبب فطريات العفن والبكتيريا.

6- التأثير السام الذي يحدث للإنسان من تناول محصول مصاب ومواد غذائية ملوثة بالفطريات السامة كما في مرض الأرجوت الذي يصيب الشعير والقمح والشيلم.

ثانياً ـ خسائر غير مباشرة: وتشمل تكاليف:

- مكافحة الأمراض مثل علاج الشتول وعمليات رش وتعفير النباتات المصابة.
  التفتيش على المزارع والحقول لحصر الأمراض.
- مكافحة وإزالة العوائل غير المهمة اقتصادياً كالأعشاب.
- الحجر الزراعى لمنع دخول النباتات المصابة أو أجزائها.
- الأبحاث التي تجرى للتوصل إلى أفضل الطرق لمكافحة الأمراض.

ورغم الأهمية الكبيرة التي توليها الحكومات للمحافظة على إنتاجها الزراعى من جراء الإصابة بالآفات فإن الخسائر التي تحدث تعد كبيرة وخاصة في الدول النامية (جدول 5).

جدول 5. النسبة المئوية للفاقد في الإنتاج الزراعي نتيجة الإصابة بالآفات المختلفة*.

المنطقة	النسبه المئوية للفقد في الإنتاج
أسيا	43
أوروبا	25
أستراليا	28
شمال ووسط أمريكا	29
روسيا والصين	30
أمريكا الجنوبية	33
أفريقيا	42

* المصدر (Singh,2001).

الحاجة إلى إدارة أمراض النبات:

أدى الانتشار الوبائي لبعض الأمراض والأضرار المختلفة الناجمة عنها إلى الاهتمام بمكافحة أمراض النبات، وبذل الجهود المختلفة في الحد من الأضرار والتي نجح بعضها، ولكن ليس من السهل تقدير الفقد الكمي نتيجة المرض في مناطق واسعة، وقد تمكن بعض الباحثين من تقدير الفقد نتيجة الأمراض والأعشاب والحشرات وبأن الفقد بحدود 30% من إنتاج الغذاء في العالم (Ennis, et *al.*,1975)، في الدول النامية يؤدي فقد المحصول نتيجة الأمراض إلى خفض دخل المزارع وارتفاع كلفة الإنتاج، كذلك في كلفة المكافحة وبالتالي تؤثر على المنتج والمستهلك وتؤدي إلى نقص كمية الغذاء. وبدون معرفة المزارعين أهمية الخسائر التي تُحدثها أمراض النبات ومعرفة الحد الاقتصادي الحرج وأهمية التنبؤ بالأمراض سيكون عبارة عن هدر للوقت والجهد المبذول وفقد معظم مصادر التطبيقات للحد من الأمراض مع مضاعفة الكلفة الاقتصادية، ولذلك فإن توعية المزارعين أساسية وأحد الأولويات للبدء بوضع أي إستراتيجية لإدارة

أمراض النبات، مع توجيه الاهتمام لاقتصاديات الإدارة والظروف البيئية لاستبعاد أي تطبيقات إدارة غير ضرورية لمكافحة المرض.

رافق زيادة التجارة الدولية عوامل عديدة أدت إلى انخفاض الدخل الناجم عن الموارد الزراعية، ووضعت المزارعين قيد الضغوط المالية، ودعت الحاجة إلى الاستخدام الأمثل لمختلف النفقات مثل استخدام المبيدات الحشرية والمبيدات الفطرية والأسمدة والبذور والطاقة، ورافق هذا التوجه زيادة الاهتمام الشعبي العالمي بقضايا حماية البيئة، والتي قادت إلى المطالبة بخفض معنوي في استهلاك المبيدات المستخدمة في وقاية المحاصيل وإلى تطوير البدائل الأكثر قبولاً والأقل إضراراً للبيئة، وبدأ تبني مفهوم الإدارة المتكاملة للمحاصيل Integrated crop management (ICM) لتتحد جودة الإنتاج مع البيئة المستدامة.

أدى استخدام المبيدات لسنوات عديدة كفاءة جيدة وكلفة مناسبة لمكافحة أضرار الآفات والأمراض التي تصيب المحاصيل، ولكن مع ظهور السلالات الممرضة المقاومة للمبيدات والذي قاد إلى تطوير مجموعات جديدة من المبيدات وتأسيس وتحسين تقنيات إدارة الآفات، كما أدى إلى اختيار المواد المستخدمة بالزراعة بعناية أكبر مع تكامل هذه المركبات، كذلك قاد إلى المعرفة ببيولوجيا الكائنات الحية والاستفادة القصوى من المبيدات والتطبيق بالتوقيت الأمثل مع تقليص عدد مرات المعاملات، ومن ناحية أخرى تطورت التجهيزات المستخدمة في العمليات الزراعية وفي استخدام البرمجيات الحاسوبية التي مكنت من تحسين تكامل المدى الواسع من المعلومات حول صناعة القرار في إدارة الآفات، والإسهام في مختلف جوانب تحسين التطبيقات الزراعية.

ومع زيادة الاهتمام بالزراعة العضوية عالمياً نظاماً إنتاجياً تستخدم فيه العمليات أو المواد المعززة لحيوية التربة ونمو وصحة النبات والحيوان والإنسان، ومن أهم مبادئ الزراعة العضوية إنتاج الغذاء دون استخدام المواد الكيميائية، ويحكم إنتاجها ومكافحة آفاتها قوانين صارمة وقواعد فرضها الاتحاد الدولي لحركات الزراعة العضوية

IFOAM والقوانين الوطنية، وتوفر إستراتيجيات الإدارة المتكاملة للآفات IPM التقنيات التي تقلل الضرر الناجم عن الآفات مع الحفاظ على جودة التربة وسلامة المياه والكائنات النافعة والبيئة، ولكن يحتاج تطبيق إستراتيجيات الإدارة المتكاملة للآفات إلى اهتمام أكبر وتنظيم أشمل وعمل منظم على مستوى الدول النامية لمواجهة السنوات التي يقل فيها الإنتاج عن المتوقع نظراً لعدم توفر مواد المكافحة غير الكيميائية لبعض الآفات، وعدم توفر المعطيات العلمية لمعظم قواعد البيانات التي يرتكز عليها تأسيس هذه الإستراتيجيات وتدريب الكوادر العلمية اللازمة وتمويل البحوث لتطوير هذه البرامج. والتي تتضمن تقنيات المنع (استبعاد العوامل الممرضة) استخدام التشخيص لتعريف العوامل الممرضة المحمولة والمنقولة في البذور ومواد الإكثار والتربة واستخدام التطبيقات الزراعية في إزالة اللقاح من التربة والحقول والتبخير والتعقيم للتربة في البيوت الزجاجية وإزالة الأجزاء والنباتات المصابة والأعشاب المرافقة ومعاملة البذور بالمبيدات الوقائية والمكافحة الحيوية واستخدام الأصناف المقاومة، واستخدام المركبات الجديدة والتي تجمع بين المنع أو الوقاية والعلاج ومع توسع مدى الطرائق المتاحة واحتمال التكامل لتصل إلى فعالية أعلى وزيادة فترة مكافحة مع القضاء على أكثر من عامل ممرض مع زيادة عدد البرامج وتتضمن برامج تنبؤ بالمرض لضمان طرائق المكافحة التي تستخدم بفعالية واقتصادية وعدم تطبيق المواد الكيميائية إلا في الحالات الضرورية مع وجود طرائق بديلة عديدة مع العمل على التعديل الوراثي والحصول على مقاومة وحيدة المورث، لأنها سهلة التطبيق نسبياً.

في مجال الاستفادة القصوى والعمل على التطبيق الأمثل لمختلف معايير المكافحة المتاحة للمزارعين من الأهمية فهم كيفية حدوث فوران في الآفة أو ظهور الآفات على شكل وبائي، وإن المعرفة المبنية على المنهجية العلمية لأسباب الزيادة العددية المفاجئ لمجتمع الآفات من المحتمل أن يؤدي إلى النجاح في تفادي أو تأخير حدوثه أو التقليل من الأضرار. وتؤدي التغيرات المناخية مثل الحرارة والرياح والأمطار إلى تأثيرات معنوية في التزايد العددي للآفات المختلفة، والإخلال بالتوازن الطبيعي.

استمرارية وانتشار العوامل الممرضة النبات:

إن من الضروري معرفة نمط حياة وتشتية العوامل الممرضة للنبات والفترة التي تلي حصاد المحصول Off- season وطرائق انتشاره في المجتمع النباتي خلال موسم زراعة المحصول لوضع إستراتيجية إدارة أمراض النبات، تسهم هذه المعلومات في تأمين مكافحة كاملة للمرض. ويمكن للعوامل الممرضة للنبات أن تستمر في دورة حياتها أو تجدد الإصابة بواسطة عدة طرق (Singh,1998):

- أن يحمل العامل الممرض على أو ضمن بذور النبات ويبقى ساكناً ضمن البذور Seed-borne، حيث يكون على سطح غلاف البذور كما في التفحم المغطى في الشعير أو ضمن البذور كما في أمراض التفحم السائب في القمح.
- أن يكون العامل الممرض محمولاً في التربة وأن يبقى المسبب حياً على بقايا المحاصيل على سطح التربة أو ضمنها، وأن يحافظ على حيويته ولعدة سنوات من خلال التراكيب المختلفة للأطوار الساكنة كما في حالة معظم مسببات أمراض الجذور.
- أن تبقى العوامل الممرضة حية أو تستمر بواسطة التشتية على عوائل ثانوية أو الأعشاب المعمرة أو ثنائية الحول، وبالتالي تشكل مصدراً للعدوى إلى نباتات المحصول بعد زراعته، حيث تنتقل المسببات الممرضة بالطرق المختلفة المذكورة سابقاً.

طرق انتشار أمراض النبات:

هناك كثير من العوامل التي تساعد على نقل مسببات أمراض النباتات مثل أبواغ الفطر وغيرها من وسائل التكاثر الأخرى من مكان إلى آخر، وبذلك تعمل على انتشار الإصابة بالأمراض وأهم هذه الوسائل:

1- الرياح:

وهي من أهم وسائل انتشار الأمراض خاصة الأمراض الفطرية لأن الفطريات تكون أعداداً هائلة من الأبواغ الخفيفة الوزن التي يمكن أن تنقلها الرياح بسهولة من مكان لآخر، مثل: أبواغ صدأ الساق في القمح *Puccinia graminis tritici* حيث تتجدد

إصابة القمح به سنوياً على الرغم من عدم اكتمال دورة حياة الفطر في بعض المناطق لعدم وجود عائله الثاني وهو نبات البري بري كما في مصر. وتعمل الرياح على نقل أبواغ أمراض البياض الدقيقي، وتؤدي وظيفة رئيسية في نشر بذور الحامول والهالوك وأبواغ بعض أمراض التفحم السائب في القمح والشعير.

2- المياه:

وهي وسيلة هامة من وسائل نقل الأمراض:

أ- ماء الري: تنتقل الأبواغ والأجسام الحجرية نقلاً ميكانيكياً أثناء مرور الماء من مكان لآخر، أو قد تسبح فيه أبواغ بعض الأمراض، وتنقل الإصابة من نبات لآخر مثل أبواغ مرض تصمغ أشجار الحمضيات وكثير من الأمراض البكتيرية وبعض الأمراض الفيروسية.

ب - مياه الأمطار: وتعمل على إسقاط الأبواغ الموجودة في الهواء على النباتات، أو قد تنتقل الأبواغ والجراثيم من أجزاء النباتات العليا إلى الأجزاء السفلى، وقد تساعد الأبواغ الهدبية على السباحة والانتقال عند تجمعها في نقط كبيرة كما هو الحال في أبواغ مرض اللفحة المتأخرة في البندورة والبطاطا التي تنتشر بكثرة عقب سقوط الأمطار. وكذلك أمراض البياض الزغبي في العنب والبصل والخس وغيرها والأمراض البكتيرية.

ج - قطرات الندى: تساعد على انتقال الأبواغ نتيجة تجمعها في الصباح الباكر على أجزاء النباتات مثل انتقال أبواغ مرض البياض الزغبي في العنب حيث تسبح في مياه قطرات الندى وتسبب نشر الإصابة بالمرض.

3- الحشرات:

تنتقل العوامل الممرضة بواسطتها نقلاً ميكانيكياً على أجسامها، أو أنها تحدث جروحاً فيسهل دخول فطريات العفن مثل فطر عفن الخبز *Rhizopus nigricans* بعد

الإصابة بديدان اللوز وفطر عفن الثمار الحمضيات *Penicillium* بعد الإصابة بحشرة ذبابة الفاكهة، وتعد الحشرات ذات أجزاء الفم الثاقب الماص مهمة جداً في نقل الأمراض الفيروسية وبعض الأمراض البكتيرية.

4- البذور وأجزاء الإكثارالخضري:

تعد البذور أو العقل أو الأبصال أو الدرنات وكل ما يستعمل في إكثار النبات وزراعته وسيلة مهمة في نقل الأمراض الفيروسية، والبكتيرية والفطرية كما في مرض تورد القمة في الموز وأمراض البطاطا الفيروسية ومرض التفحم السائب في القمح (الميسليوم داخل الحبوب)، ومرض التفحم المغطى في القمح (الأبواغ على السطح الخارجي للحبوب) والتبقع الشبكي في الشعير ومرض العفن البني البكتيري في البطاطا.

5- السماد البلدي والتربة:

تنتقل أبواغ كثير من الفطريات وأجسامها الحجرية وبذور الهالوك والحامول عند نقل السماد البلدي أو التربة من حقل لآخر ومن أمثلة نلك نقل الأجسام الحجرية للعفن الأبيض المتسبب عن *Sclerotium cepivorum*.

6- أدوات الخدمة والعمليات الزراعية:

تعد أدوات الزراعة المختلفة وأدوات التقليم والتطعيم وكذا عمليات الزراعة من حرث وعزق وتسميد وغيرها وسائل فعالة في نقل الأبواغ والأجسام الحجرية من مكان لآخر وقد تسبب جروحاً تبدأ منها العدوى والإصابة إلى الأجزاء النباتية المختلفة.

7- الحيوانات والطيور:

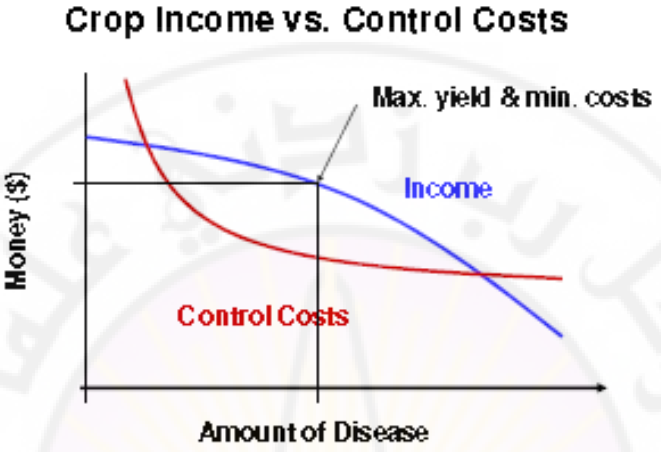
قد تنقل مسببات أمراض النبات نقلاً ميكانيكياً، وقد تسبب جروحاً للنباتات تساعد على دخول الفطريات الجرحية. وتنقل بذور الهالوك والحامول عن طريق روث الحيوانات ولا تتأثر بالعصارات الهضمية. هذا وقد وجدت علاقة ثابتة بين انتشار الإصابة بأمراض ذبول الفيوزاريوم والنيماتودا الموجودة في التربة.

ثانياً ـ أساسيات عامة حول إدارة أمراض النبات

إن إدارة الأمراض هي اختيار واستخدام التقنيات الأمثل للنبات للحد من المرض ليصبح في مستوى التحمل. ويعتمد تعريف التقنية الأمثل على عدة أنماط من المعلومات عن المرض ومواصفات الوبائية للنظام البيئي الزراعي وفعالية ونوعية التقنية المختارة. كذلك فإن تعريف مستوى تحمل المرض معقّد ويرتبط بعوامل ديناميكية المرض وعوامل اقتصادية واجتماعية وصحية.

إن الإجراءات المتخذة لمنع حدوث المرض تخفض كمية اللقاح المعدي لبدء وانتشار المرض في مجتمع المضيف النباتي، وأخيراً تقلل الفقد المتسبب عن المرض وقد دعيت تقليدياً بمعايير المكافحة Control measures، مع الأخذ بعين الاعتبار حقيقة أن معايير المكافحة لا تزوِد حلولاً كاملة حول مشكلات صحة المحصول، والتوجه الحالي هو نحو تسمية معايير المكافحة بمعايير إستراتيجية الإدارة بهدف خفض أضرار العوامل الممرضة إلى الحد أو المستوى غير الضار، ويمكن أن تكون أساسيات إدارة الأمراض النباتية لها توجهان إما باتجاه مكافحة مرض واحد في المحصول النباتي أو تخطيط لكامل صحة المحصول النباتي، والتطبيقات الشائعة هي لإدارة مرض معين أو محدد ولكن مع الأخذ بالاعتبار وقاية أو رعاية صحة المحصول بالكامل أمراً مهماً اقتصادياً، وتتطلب إدارة صحة المحصول تضافر خطة لكل الأمراض، وتؤخذ بالاعتبار أي تغيرات معنوية في الطبيعة وأي إجهاد هام يؤثر في المحصول ويكون باتجاه الأمراض الأكثر حدة والأكثر شيوعاً. في هذا الاتجاه تكون الصعوبات أكبر من قيمة التطبيق للمزارع لأنه يهتم في زيادة الإنتاج في المحصول. ويفضل أيضاً تطبيق الخطة التي تؤمن الحماية أو الوقاية من احتمال ظهور المرض في المنطقة. والهدف الحقيقي لإدارة الأمراض هو تحديد خفض الفقد والربح الاقتصادي من المحصول. وعند فشل التكلفة المحققة من إجراءات المكافحة في زيادة الربح الاقتصادي أو حتى في خفض تواجد المرض فإنه لا يمكن لأي مزارع أن يقبل التوصيات لإدارة أمراض النبات، وتعتبر نسبة الربح

الاقتصادي Cost-benefit Ratio هامة جداً وتؤخذ بالاعتبار عند تطبيق معايير المكافحة (شكل 4).



شكل 4. العلاقة بين دخل المحصول وكلفة المكافحة وكمية المرض.

إن إجراءات مكافحة أمراض النبات جزء من الإجراءات الزراعية العامة لإنتاج المحاصيل، ويجب أن تتناسب مع المخطط العام لعمليات إنتاج المحاصيل الزراعية. ولنجاح أي إستراتيجية الإدارة المتكاملة لأمراض النبات يجب أن تبنى إلى حد كبير بالمقاربة مع المناطق المتجاورة. حيث تنتشر العوامل الممرضة النباتية، تحت الظروف الحقلية، بواسطة الهواء ورذاذ المطر والري والحشرات وانجراف التربة ...الخ، ولا يوجد طريقة تطبق لوضع حواجز مؤقته فعالة لوقف انتقال هذه العوامل الممرضة. وإن طبقت معايير وقاية النبات بشكل صارم في حقل واحد وأهمل المزارعين في الحقول المجاورة الاحتياط المطلوب فإن العوامل الممرضة تنتقل من هذه الحقول إلى الحقل المعامل حال انتهاء فعالية المعاملة المطبقة، ويقدم المزارعون المزيد من المال والوقت والجهد والطاقة لتكرار المعاملات الوقائية بانتظام لحماية محاصيلهم. وتبني معايير المكافحة مثل الرش الكيميائي على المحاصيل في مناطق شاسعة يخفض من تكرار المعاملات ويحسن من فرصة نجاح المعاملات وذلك مع خفض كلفة المكافحة.

عموماً تصبح الأمراض النباتية مرئية وملحوظة عندما تكون الأضرار واضحة على النبات أو أحد الأجزاء النباتية، والأجزاء النباتية أو النباتات المتضررة لا يمكن لها أن تتجدد أو لا يمكن تعويضها، والمعاملات الكيميائية بهدف الشفاء لا يمكن أن تعيد أو تشفي الأنسجة المتضررة، وهنا يتم تدمير النباتات المصابة بالمرض مع المحافظة على النباتات السليمة في الموقع، ولذلك الهدف الرئيس من إستراتيجية الإدارة المتكاملة لأمراض النبات هي لمنع تأسيس وانتشار المرض. فقط في حالة الأشجار المعمرة يمكن قطع أو إزالة الأجزاء النباتية المصابة وبذلك تتم إطالة عمر الشجرة.

ومن دورة حياة مسببات أمراض النبات ودورة المرض، والتي يمكن أن تختلف مع دورة حياة المسبب، يمكن أن نفترض إن كانت التربة خالية من أنماط الوحدات المعدية من المسبب المرضي، وإن كانت بذور المحصول خالية من المسببات المرضية وإن تم تطبيق رش المواد الكيميائية وطرائق المكافحة الحيوية لوقاية المحاصيل أنه يجب أن لا يتواجد أي مرض، لكن هذا ليس عملياً أو واقعياً. والتوجه التقليدي في إدارة الأمراض نحو نظام التمنيع أو التحصين والمؤسس على حقيقة أن شفاء الأجزاء النباتية المتضررة من المرض غير محتمل ومعايير المنع هي الأكثر أهمية، وتهتم معايير المنع في تحريض المقاومة في المضيف النباتي (التمنيع أو التحصين Immunization) وفي معايير وقاية النبات.

ويمكن أن تصنف طرائق الإدارة تحت إدارة مثلث المرض Manipulation of the disease triangle مثل إدارة البيئة وإدارة المضيف النباتي وإدارة العامل الممرض مع الزمن. وإدارة المبادئ الأساسية يفترض بها أن تتعامل مع تأثير كامل العناصر الأربعة المشار إليها في مثلث المرض، وهناك علاقة بين العناصر الأربعة والتوجه المناسب لإدارة المرض ستكون بتكامل الطرق الموجهة ضد العوامل الممرضة بما يلائم المضيف النباتي ومن أجل تعديل البيئة الملائمة للمضيف ولكن غير ملائم للعامل الممرض. الطرائق موجهة ضد العامل الممرض يؤخذ بالاعتبار عنصر الزمن خلال تطور المرض في المجتمع النباتي والتي ستناقش بالتفصيل في الفصل السادس.

وتكامل طرائق إدارة المرض تدعى الإدارة المتكاملة أو إدارة الآفات Integrated Pest Management (IPM) أو Integrated Disease Management (IDM). إن مبادئ إدارة العامل الممرض تهتم باستبعاد واستئصال وإبادة العوامل الممرضة ووقاية المضيف (Guan Soon, 1996):

1. **منع أو استبعاد العوامل الممرضة:** هو أول مبدأ في إدارة الأمراض ويعنى بتطبيق وسائل موجهة إلى منع دخول العامل الممرض أو اللقاح من الوصول إلى منطقة خالية من العامل الممرض وهي منطقة نمو العائل أو الإقلال من تسربه، وذلك يتضمن معايير وقوانين ناظمة مثل الحجر الزراعي الداخلي والخارجي المطبق بواسطة القانون الذي يؤطر بواسطة الحكومة، كذلك شهادات خلو مواد الإكثار النباتي من الأمراض. وتتبع خطوات في إنتاج نوعية البذور مثل الفحص Inspection والتوثيق Certification والعزل Isolation ومعاملة البذور Seed treatment، وهذه الخطوات تسهم أيضاً في إبعاد العامل الممرض عن المحصول ما لم يكن العامل الممرض موجوداً في الحقل. كما أن إبعاد الحشرات الناقلة للعوامل الممرضة تشكل جزءاً من التطبيقات لاستبعاد اللقاح المرضي، وتفادي العوامل الممرضة محتملاً عبر بعض التطبيقات كاختيار المنطقة الجغرافية واختيار موقع الحقل وخاصة عند إنتاج البذور النقية واختيار الأصناف التي تهرب من الإصابة وزراعة المواد النباتية والبذور الموثقة والتغيير في التطبيقات الزراعية.

2. **استئصال أو إبادة العامل الممرض**: وهو المبدأ الأساسي الثاني ويهدف إلى إبادة أو خفض اللقاح المرضي أو التخلص من العوامل الممرضة الموجود أصلاً في محيط نمو العائل مثل التربة أو البذور أو المضيفات النباتية البديلة. بينما تلعب بعض التطبيقات الزراعية دوراً مهماً في إبادة اللقاح المعدي تعتمد بعض طرائق أخرى على استخدام مواد كيميائية للقضاء على العوامل الممرضة في البذور أو التربة وفي حالات محددة في المضيف النباتي، وعادة تستخدم المعالجة الحرارية لهذا الغرض، وتتضمن التطبيقات الموجهة بهدف الاستئصال المكافحة الحيوية للعوامل الممرضة والدورة

الزراعية ودمج الزراعات (زراعة مختلطة) وصحة النبات والحقل وتتضمن إزالة النباتات المصابة أو الأجزاء النباتية المصابة ونباتات العائل الثاني للعامل الممرض أو العائل البديل أو الثانوي والتخلص من مخلفات المحصول بطريقة بيئية آمنة، ومعاملة التربة (حرارياً أو كيميائياً) والتطويف والمعالجة الحرارية والكيميائية للنباتات المصابة ومواد الإكثار النباتي.

3. **إدارة الأمراض**: وهو المبدأ الأساسي الثالث الذي بُني على معايير الحماية أو الوقاية، وهي مجموعة الطرائق والتطبيقات الزراعية التي تتبع بهدف وقاية المحصول من المرض بالتخلص من العوامل الممرضة عن طريق تعديل البيئة، والجزء الأكثر أهمية في الوقاية باستخدام مبيدات الفطرية لتزويد غطاء كيميائي للمحصول لمنع نشاط العوامل الممرضة على سطح النبات أو ضمنه، حالياً تطبق المبيدات الفطرية كرش على المحصول وهو التطبيق الأوسع لمكافحة الأمراض الفطرية، كذلك تطبيق المكافحة الحيوية، واختيار وإعداد مكان الزراعة، وتوقيت الزراعة المناسب للعائل وغير المناسب للعوامل الممرضة وطريقة الزراعة ومعدل البذور وعمق الزراعة المناسب. كذلك الري والصرف وتغذية المحصول، وموعد الحصاد الملائم والعناية بالحصاد ومعاملات ما بعد الحصاد وظروف التخزين.

4. **إدارة المضيف النباتي**: وهو المبدأ الأساسي الرابع ويتطلب بإجراء تطبيقات موجهة لتحسين النبات تجاه مقاومة الأمراض بإدخال صفة المناعة بواسطة المقاومة الوراثية (تربية النبات التقليدية وذلك بواسطة الانتخاب والطفرات والتهجين والتقانات الحيوية بما في ذلك الهندسة الوراثية للحصول على صفة المقاومة لواحد أو أكثر من الأمراض النباتية) أو بواسطة التغذية، كذلك تتطلب معايير لوقاية النباتات من الحشرات الناقلة، كما تؤمن الوقاية تجاه هجمات العوامل الممرضة بواسطة طرائق تستخدم المواد الكيميائية. ومن المحتمل إجراء المعالجة للنباتات المفردة عبر استخدام المبيدات الفطرية الجهازية والمضادات الحيوية والمعالجة الكيميائية Chemotherapy وبواسطة تعريض النباتات لدرجات حرارة مرتفعة ملائمة بالمعالجة الحرارية Heat therapy أو بواسطة

معالجة الأشجار سواء بقطع أجزاء منها أو بكاملها أو إزالة سطحية للأجزاء المصابة وتعقيم مكان الإصابة بمواد كيميائية معقمة Antiseptic chemicals. ويمكن زيادة المقاومة أو التحمل في النبات عبر استخدام العناصر الصغرى أو بعض المركبات غير التقليدية Non-conventional chemicals.

تتألف البيئة الفيزيائية الكيميائية من التربة والهواء والماء والرطوبة النسبية المحيطة بالغلاف النباتي والإضاءة ودرجة حموضة التربة ودرجة الحرارة التي ينمو فيها النبات، كذلك البيئة الحيوية خاصة في التربة، وتؤثر في كافة أطوار نمو النبات والعوامل الممرضة للنبات، وتسهم في تحديد مستوى تحمل النبات لمهاجمته من قبل العوامل الممرضة، ولذلك يمكن أن يتطلب تعديل البيئة للمساهمة في إستراتيجية إدارة الأمراض، وتتضمن المعايير البيئية في الإدارة المتكاملة لأمراض النبات إدارة المياه وإدارة التربة وإدارة المحصول وذلك غالباً عبر التطبيقات الزراعية.

وتغطي الطرائق الكيميائية في الإدارة المتكاملة لأمراض النبات كلا من التوجهين وذلك في خفض كمية اللقاح المعدي واستبعاد العوامل الممرضة بإدارة العامل الممرض Management of pathogen وفي حماية المضيف النباتي بإدارة العائل Management of host، وبطريقة مشابهة لا تغطي التطبيقات الزراعية توجه إدارة الممرض فقط بل أيضاً إدارة بيئة المضيف النباتي.

2-1- إدارة العامل الممرض Management of the pathogen:

تعتمد طرائق المكافحة على مبادئ توجه مباشرة لمهاجمة العوامل الممرضة وهي:

2-1-1- منع أو استبعاد العوامل الممرضة Exclusion of inoculums:

الهدف منع اللقاح الممرض من الدخول والاستقرار في الحقل أو المنطقة وتسهم العديد من الإجراءات في استبعاد اللقاح الممرض، وتسهم بعض التطبيقات النوعية المحددة مثل:

أ. معاملة البذار Seed treatment: يمكن أن يكون اللقاح الممرض موجوداً في البذور والدرنات والشتول والأبصال والعقل أو محمولاً على سطح هذه المواد النباتية وينتقل إلى مناطق جديدة ويؤسس المرض في المحصول، لذلك فإن معالجة مواد الإكثار بواسطة الحرارة أو الغاز أو المركبات الكيميائية يمكن لها أن تسهم في استبعاد اللقاح. وهذه المعاملة تخفض من الفقد في نسبة الإنبات وفي نسبة تطور المرض في الحقل، وتعتبر معاملة البذار هي مطلب أساسي لمنع دخول العوامل الممرضة المحمولة على البذور إلى مناطق أخرى.

ب. الفحص والتوثيق Inspection and Certification: إن زراعة المحاصيل بهدف الحصول على البذور يعني توزيعها على المزارعين، وذلك يتطلب الفحص الدوري في مواقع الإنتاج في الحقول لتحري وجود الأمراض التي تنتقل بواسطة البذور، وأخذ الاحتياطات الضرورية لإزالة النباتات المصابة بالأمراض Roguing، ويتم استبعاد جميع البذور من الحقول التي تكون النباتات فيه مصابة بشكل واضح بالأمراض، والبذور المنتجة التي تقبل تتعرض لإجراء المزيد من الاختبارات ليتم اعتمادها قبل توزيعها بين المناطق أو خارج الدول، وذلك إجراء لمنع انتقال العوامل الممرضة المنقولة بذرياً.

ت. الحجر الزراعي Quarantine: يهدف الحجر إلى منع دخول العوامل الممرضة ومن غزو مناطق خالية من هذه المسببات، والحجر الزراعي هو الجهاز الإداري المكلف بمراقبة الشحنات النباتية والحيوانية المخصصة للزراعة (بذار) أو للغذاء والعلف التي تدخل أو تخرج من القطر، وهي الجهة المسؤولة عن إدخال البذار والنبات والحيوان والأعداء الحيوية والمبيدات. ويملك الحجر الزراعي عشرات المراكز الحدودية البرية والجوية والبحرية تشمل كافة المنافذ الدولية للقطر بالإضافة التجهيزات المخبرية المتوفرة في هذه المراكز يستعين الحجر الزراعي بأي مخبر متخصص في القطر (أو خارجه في حالات خاصة) لإجراء فحوص خاصة. ولموظفي الحجر المحلفين ولمن يساعدهم من موظفي الجمارك صفة الضابطة العدلية، ويتضمن نظام الحجر

الزراعي إمكانية إبادة بؤر الآفات أو الكائنات الضارة حتى بعد دخولها إلى القطر (حجر ما بعد الدخول)، وتتوفر في بعض مراكز الحجر إمكانية إتلاف الشحنات الممنوعة والتي لا يكتفي بمعالجتها أو إعادة تصديرها، كما يوجد في قانون الحجر الزراعي نظام للعقوبات يمكن أن يعدل ليشمل ما يتعلق بالنباتات المحورة وراثياً أو إضافة شروط خاصة تتعلق بكل منتج على شهادة الصحة النباتية الدولية التي ترافق إجبارياً أية شحنة من النباتات أو منتجاتها. وهذه الخطوات يتم اتخاذها من قبل الدولة عبر وضع قوانين ناظمة، وتفترض القوانين أن المرض أو المسبب المرضي غير موجود في الدول المستوردة. وحتى لو كان المرض موجوداً لمنع دخول عزلات أو سلالات عالية الفوعة من المسبب المرضي، وإنه من الضروري وضع وتطبيق قوانين حجر زراعي صارمة، وتكون قوانين الحجر الزراعي عادلة أو مقبولة عندما لا يمكن للقاح المعدي أن ينتشر بواسطة العوامل الطبيعية مثل الهواء والماء...الخ، وتعتبر المواد النباتية المستوردة هي وسط لنشر بعض العوامل المرضية المعروفة بخطورتها، وإن تطبيق القوانين يصبح ضرورياً خاصة عند استيراد مواد نباتية يكون فيها العوامل الممرضة كامنة أو بأطوار ساكنة أو ضمن هذه المواد ثم تنتقل منها، مثل: التربة والخشب وعبوات وصناديق التعليب والتغليف... الخ.

كمبدأ الحجر هو واحد من الأسلحة الأكثر فاعلية ضد انتشار الأمراض النباتية، وكممارسات شائعة أو عامة إن فعاليته مشكوك بفاعليتها ليس فقط في الدول النامية (استيراد مواد غذائية) ولكن أيضاً في الدول المتقدمة كأميركا واستراليا. إن قوانين الحجر يمكن أن تعيق التجارة وتزويد الأغذية إلى الأمم التي تحتاجها في حالات الطوارئ، في البلدان التي يتم فيها استيراد الحبوب الغذائية من دول أخرى عادة تفشل فعالية الحجر الزراعي. ومثل هذه المواد النباتية لا يمكن أن تعامل بمركبات سامة. وهناك فرصة بأن تستخدم بذور هذه الحبوب بذاراً للزراعة من قبل بعض المزارعين غير العارفين بأهمية الحجر، وإن انتقال البذور بين الدول إن لم يكن آمناً بشكل جيد تجاه احتمال انتشار العوامل الممرضة غالباً ما يكون السبب الأساسي في انتشار عوامل

ممرضة جديدة في مناطق جديدة على بعد آلاف الأميال، كان أول تسجيل لمرض التفحم الكرنالي في الهند في أواخر ثلاثينيات القرن المنصرم، ولم تتم الإشارة له في أي موقع آخر في دول العالم. ومع حركة الانتقال السريع للبذور بهدف البحث العلمي في ستينييات القرن المنصرم وجدت عدة تقارير عن تشخيص المرض في البذور في المكسيك وأوروبا...الخ، حيث إن الفحص نسبياً سهل على منافذ الحدودية كالمطارات والموانئ، ولا يمكن أن يطبق الحجر الزراعي بفاعلية على حركة الانتقال الداخلي للإنسان والمركبات المختلفة في الطرقات العامة، وهناك تقارير أنه في الغالب قد انتقلت الأبواغ الساكنة من المناطق المصابة بالمرض إلى المناطق الخالية منه (Hampson,1996)، كما أشير أن مرض تقرّح الحمضيات Citrus canker قد ظهر مجدداً في دول مثل أميركا واستراليا بعد القضاء عليه على الرغم من التطبيق المشدد لقوانين الحجر الزراعي في تلك الدول (Graham and Gottwald,1991)، ويلام المزارعون المحليون أو المسافرون على دخول الثمار ومواد الإكثار النباتية المدخلة بعلمهم أو بدون علمهم، وعلى الرغم من القيود التي يسببها الحجر الزراعي إلا أن الإجراءات ضرورية والقواعد يتبعها المزارعون في كافة الدول لمحاربة انتشار الأمراض النباتية، ومع زيادة تفهم المزارعين وعامة الناس للحجر الزراعي يصبح أكثر فاعلية وقابلية للتطبيق.

ث. إبادة النواقل الحشرية: تنتشر عدة أمراض تصيب المحاصيل والأشجار المثمرة بوساطة الحشرات والتي تنقل اللقاح الممرض من منطقة إلى أخرى ويعتمد ذلك على مدى قدرتها على الطيران والمحافظة على فاعليتها في المنتجات النباتية مثل الثمار. ولمنع دخول مثل هذه الحشرات الناقلة للعوامل الممرضة الجديدة يصبح من الضروري إبادة النواقل الحشرية.

2-1-2- تفادي العوامل الممرضة Avoidance of the pathogens:

يمكن منع العديد من الأمراض عن طريق اختيار الحقل الأفضل أو تغيير موقع الزراعة أو تعديل موعد الزراعة، وهذا الهدف لهذه المعايير للتأكد من أن المضيف النباتي لا يتلاقى مع العوامل الممرضة أو للتأكد من أن مرحلة الطور الفينولوجي

الحساس للإصابة لا يتناسب والظروف البيئية المفضلة للعوامل الممرضة وأهم الإجراءات المتبعة ضمن هذا الهدف هي:

أ. اختيار المنطقة الجغرافية: يعتمد اختيار المنطقة الجغرافية لأي محصول على مناسبة وتحمل درجات الحرارة الحرجة والرطوبة في المنطقة، وتؤثر هذه العوامل على ظهور الأمراض، وتصبح عدة عوامل ممرضة فطرية وبكتيرية أكثر شدة في المناطق الرطبة منها في المناطق الجافة. وتفشل المحاصيل الحساسة لهذه الأمراض إن زرعت في المناطق الرطبة نتيجة الانتشار الوبائي السريع للعوامل الممرضة، بينما إن زرعت هذه المحاصيل في المناطق الجافة فيمكن عن طريق التحكم بطرق الري استبعاد ظهور المرض، ويعتمد ظهور بعض الأمراض الفيروسية للمحاصيل على العوامل المناخية المفضلة لمجتمع النواقل الحشرية وزراعة المحاصيل الحساسة لهذه الأمراض في تلك المناطق يؤدي إلى نقص الإنتاج وأحياناً إلى إصابة 100% من المحصول.

ب. اختيار الحقل: يعتمد نجاح زراعة المحصول إلى حد بعيد على اختيار الموقع المناسب، ويمكن تفادي الكثير من العوامل الممرضة المحمولة بالتربة عن طريق انتقاء الأرض الأنسب وكمثال على تأثير تراكم اللقاح المرضي في التربة ومصدراً مهماً لتأسيس المرض وللانتشار الوبائي مرض الذبول البكتيري على البطاطا ومرض البياض الزغبي وأمراض التفحم وتعقد الجذور لمحاصيل الخضار، ولذلك يتم استبعاد اختيار مثل هذه المواقع من زراعة المحاصيل الحساسة لهذه الأمراض. وضمن هدف اختيار الحقل تحتل إدارة طرق الري والتصريف دوراً هاماً في نجاح الزراعة خاصة في حالة أمراض أعفان الجذور التي تصيب المحاصيل، كذلك في حالة الأشجار المثمرة والتي تبقى في الموقع أكثر من 40 – 50 سنة فإن اختيار الموقع بالغ أهمية كما في حالة مرض عفن الجذور والمسبب بواسطة فطر *Rosellinia necatrix* والذي يؤدي إلى زيادة حموضة التربة وإلى نقص تغذية الأشجار بالنتيجة منع نمو الجذور في عمق التربة.

ت. اختيار موعد الزراعة: إن حدوث معظم أمراض النبات وانتشاره الوبائي عندما يكون نمو النبات بطور حساس والظروف البيئية ملائمة لنشاط العوامل الممرضة،

ويمكن منع حدوث المرض بواسطة توقيت موعد زراعة المحصول، في المناطق حيث المناخ تحت مداري وبعد موسم الأمطار الحارة تنخفض درجات حرارة التربة بشدة وبالتالي تزداد أهمية أمراض أعفان الجذور وأمراض مسببة اللفحات، وإن تأخير زراعة القمح يمكن أن يؤدي إلى إصابته بمرض الصدأ الأسود الذي يتطلب لتطوره درجة حرارة مرتفعة نسبياً، والنبات قابل للإصابة بالمسبب في كافة مراحل نموه، في بعض المناطق يزرع محصول الذرة مبكراً في أيار أو أول حزيران وبالتالي يهرب من الإصابة بمرض البياض الدقيقي وإن كانت الأبواغ Oospores موجودة بالتربة، وعموماً الزراعة المتأخرة لمحصول القطن يقلل من تعرضه للفحة البكتيرية مقارنة مع الزراعة المبكرة. وتنخفض الأضرار التي يحدثها مرض لفحة أسكوكيتا في الحمص عند الزراعة المتأخرة عنها في الزراعة المبكرة وترتبط هذه الاختلافات مع الظروف الجوية (Kolte, et *al*.,1986)، كما أدى تبكير زراعة أصناف الحمص إلى خفض الفقد في الإنتاج نتيجة خفض نسبة الإصابة بالأمراض الفيروسية لتفادي فترة نشاط النواقل الحشرية في فترة حساسية المحصول للأمراض الفيروسية (قواص،1992).

ث. اختيار البذور ومواد الإكثار النباتية: إن وجود عدة أمراض أو انتشارها في الحقل يكون حصراً عن طريق زراعة بذور أو مواد إكثار (مثل العقل والأبصال والدرنات) الملوثة أو المصابة بالمسببات المرضية وتكون مصدراً للقاح الأولي، ويمكن بسهولة تفادي ظهور هذه الأمراض عن طريق زراعة بذور ومواد إكثار معتمدة وخالية من المسببات المرضية، مثل العديد من الأمراض الفيروسية ومثل أمراض التفحم ولفحة أسكوكيتا على الحمص.

ج. هروب الأصناف من الإصابة: تهرب بعض الأصناف من الضرر الذي تسببه الأمراض وفق أطوار النمو، وذلك لا يعود إلى المقاومة الوراثية ولكن إلى مواصفات النمو مثل موعد النضج. مثل النضج المبكر لبعض أصناف البازلاء المزروعة في شمال الهند المبكرة النضج وبالتالي تهرب من الإصابة والضرر الذي يسببه مرض البياض الزغبي، ومرض الصدأ حيث تنمو القرون وتنضج البذور قبل ارتفاع نسبة الإصابة.

ح. تعديل الممارسات أو التطبيقات الزراعية: إن العديد من التطبيقات الزراعية يؤثر على وجود المرض وشدته، والتعديل الضروري لمثل هذه التطبيقات يمكن أن يسهم في خفض شدة المرض وخفض الفقد في إنتاج المحاصيل، مثل تغيير المسافة بين زراعة النباتات وكثافة الزراعة وموعد وكمية مياه الري ونوعية وكمية الأسمدة أو المواد العضوية المضافة موعد طريقة زراعة المحاصيل المختلطة عمق الزراعة، وسيتم لاحقاً مناقشة التطبيقات الزراعية بالتفصيل.

2-1-3- استئصال أو إبادة اللقاح Eradication of inoculums:

يمكن أن يدخل العامل الممرض إلى المنطقة أو المحصول على الرغم من اتباع الاحتياطات السابقة الذكر في هدف الاستبعاد، ومن المحتمل أن يكون المسبب موجوداً في الحقل أو المناطق المجاورة. وهذه الحالة تستدعي استئصال اللقاح في المحصول أو الحقل، وتهدف إلى استئصال أو تقليل كمية اللقاح الممرض الموجودة في المنطقة على النباتات أو على أجزاء النباتات مثل البذور، كذلك من فعاليات إستراتيجيات الإدارة المتكاملة في أمراض النبات والتي ضمن هذه الفئة: إبادة اللقاح عبر تطبيق طرق المكافحة الحيوية والدورة الزراعية وسلامة الحقول وإبادة النباتات المصابة بالمرض والمعالجة الفيزيائية والكيميائية. ويتم ذلك بالطرق الآتية:

أ- المكافحة الحيوية Biological controle:

تهدف المكافحة الحيوية إلى إبادة أو الحد من العوامل الممرضة بواسطة نشاط وفاعلية كائنات دقيقة أخرى كالبكتيريا والفطريات والفيروسات (Baker and Cook,1974; Cook,1990; Cook and Baker,1984)، ويتضمن هذا التوجه إجراءات تعزيز فعالية تضاد الأحياء الدقيقة تجاه العوامل الممرضة في التربة أو في موقع الإصابة. ولهذا التضاد تأثير مبيد حيوي. وتشمل هذه الإجراءات إدخال الأحياء الدقيقة التي تملك خاصية التضاد إلى التربة أو السطح النباتي أو تعزيز فعاليتها بواسطة التطبيقات الزراعية في الحقل، إن المعاملة الميكروبية للبذور أو أي أجزاء نباتية والثمار والتي تهدف إلى مكافحة العوامل الممرضة أصبحت من أهم الوسائل لمكافحة العديد من

الأمراض الفطرية والبكتيرية. ومن المعروف بأن إضافة المواد العضوية إلى التربة يعزز الكتلة الحيوية Biomass ومجتمع الأحياء الدقيقة ويحد من العديد من الأمراض الفطرية والنيماتودية التي تصيب المحاصيل، كذلك تمنيع النباتات باستخدام سلالات فيروسية غير شرسة، ويؤدي التلقيح بسلالات فطرية أو بكتيرية غير شرسة إلى مقاومة جهازية ومقاومة مكتسبة بواسطة الريزوبكتيريا أو التضاد، وهي المكافحة الحيوية، وسيتم مناقشة المكافحة الحيوية لأمراض النبات بالتفصيل.

ب- الدورة الزراعية Crop rotation:

يعرف مرض التربة كظاهرة في زراعة المحاصيل وذلك بعد تكرار زراعة محصول واحد لعدة سنوات حيث يظهر على شكل أعراض نقص العناصر مع تزايد مجتمعات العوامل الممرضة المحمولة بالتربة على المحصول المزروع، ومن المتوقع بعد زراعة المحاصيل أو زراعة محاصيل مقاومة أو زراعة محاصيل غير مضيفة للمرضات قاطنة التربة لفترات مختلفة بعد المحصول الحساس أن تنخفض أعداد العوامل الممرضة بمختلف أطوارها، كما أنه من المحتمل أن تؤدي زراعة محاصيل مختلفة إلى طرح الجذور مواد كيميائية حيوية تقضي على العوامل الممرضة مباشرة أو تشجع تطوير تضاد الأحياء الدقيقة، ولذلك للدورة الزراعية أهمية بالغة في الأمراض المحمولة بالتربة مثل الذبول الفوزاريومي والنيماتودا ولكنه لا يؤدي إلى النتائج المطلوبة في حال الأمراض التي تملك مدى مضيفياً واسعاً مثل نيماتودا تعقد الجذور، وفي هذه الحالة يتبع زراعة الأصناف المقاومة.

ت- إزالة النباتات المصابة وإبادتها Removal and destruction of diseased plants or plant organs:

عندما يدخل العامل الممرض إلى منطقة جديدة بالرغم من الحجر الزراعي، فغالباً ما يتبع ذلك حدوث وباء مرضي، ولمنع هذا الوباء يجب إزالة وحرق جميع النباتات المصابة بالعامل الممرض أو يتوقع أن تكون مضيفاً لهذا العامل الممرض، وذلك بهدف التخلص من العامل الممرض ومنع حدوث خسائر كبيرة قد تنتج عن انتشاره، ويجب أن

يتم ذلك بشكل دوري في المشاتل والبيوت الزجاجية والبلاستيكية والحقول لمنع انتشار المرض عن طريق التخلص من النباتات المصابة التي تكون مصدراً للقاح في المحصول. ومن عمليات إبادة النباتات المضيفة الشائعة ما يجرى في حقول البطاطا حيث يتم قلع وحرق النباتات المصابة بالأمراض البكتيرية وأمراض الذبول الوعائي الفطرية وكذلك النباتات المصابة بالأمراض الفيروسية ويعمل ذلك على الحد من انتشار هذه الأمراض إلى حد كبير. ومن أشهر عمليات إبادة العائل المصاب ما تتم في ولاية فلوريدا بالولايات المتحدة الأمريكية عندما انتشر مرض تقرح الحمضيات البكتيري في عام 1913 لأول مرة وهدد زراعات الحمضيات في الولاية، وتم تنفيذ برنامج لابادة جميع العوائل المصابة حرقاً. وقد تم القضاء نهائياً على هذا المرض في عام 1940 بعد أن تم حرق أكثر من 13 مليون شجرة. إن تعقيم وإبادة مصادر العدوى أي النباتات أو الأجزاء النباتية المصابة في الحقل كإجراء هام له عدة تطبيقات منها:

- **إزالة النباتات المصابة Roguing:** عرف إجراء إزالة النباتات أو الأجزاء النباتية المصابة من الحقل بأنه يقلل نسبة حدوث المرض وانتشار العدوى الثانوية ويساهم في إنتاج بذور سليمة من الإصابة، أما في البساتين فإن إجراء قلع الأشجار لا ينصح به إلا عندما تتدهور حالة الشجرة، ويمكن تقليم أو قطع الأجزاء المصابة وجمعها وحرقها، كذلك في مرض التفحم المغطى في القمح والشعير والذرة، وعموماً يتبع هذا الإجراء عندما تكون نسبة الإصابة محدودة وعدد النباتات المصابة قليل نسبياً، وفي بعض الحالات تصلح عملية إزالة الجزء المصاب من النبات كوسيلة لمقاومة المرض وتعتبر هذه الطريقة فعالة لسببين أولهما التخلص من اللقاح الذي ينتشر إلى النباتات الأخرى والثانى أن هذه الطريقة تعتبر علاجاً في حالة الأشجار بدلاً من تركها حتى يقضي المرض عليها تماماً، والأمثلة على ذلك عديدة ففي حالة أشجار الحمضيات المصابة بالتصمغ فإن إزالة الجزء المصاب من الشجرة مع إزالة جزء من النسيج السليم ثم دهن المنطقة بأحد المبيدات يعتبر علاجاً ناجحاً لهذه الاشجار. كذلك عند تقليم أشجار التفاح والاجاص خلال أشهر الشتاء فإن الأفرع التي

سبق إصابتها باللفحة النارية تزال إزالة تامة ثم يعامل الجزء المقطوع بأحد المبيدات الفطرية كما سبق. وفي جميع الحالات السابقة يجب التخلص من الأجزاء المقطوعة بالحرق حتى لا تصبح مصدرا للعدوى مرة أخرى.

❖ **إبادة العوائل البديلة والثانوية Eradication of alternate and collateral hosts:** العوامل الممرضة والتي لها عدوى متسلسلة مثل دورة حياة خلال العام على عائل أساسي وعوائل بديلة أو ثانوية تتطلب انتباه خاص في صحة وسلامة النبات، اللقاح الأولي ينتج وينتشر من هذه العوائل فإن كان النبات برياً أو غير اقتصادي تتم إبادته، ويزال من الحقل ومن المناطق المجاورة له، وبذلك تنخفض نسبة الإصابة في المحصول الأساسي، ويتبع هذا الإجراء في حالة الأمراض التي تحتاج إلى عائلين لإتمام دورة حياة الطفيل المسبب لهذا فالقضاء على أحد العائلين يمنع استكمال دورة الطفيل الثاني العائل ويحد كثيرا من انتشار المرض وقد يقلل كثيرا من فرص تكوين سلالات جديدة للطفيل لذلك فإن مكافحة تلك الأمراض تتم بإبادة العائل الثانى القليل أو العديم الأهمية الاقتصادية. ومن الأمثلة المعروفة عن الأمراض التي تكافح بإبادة العائل الثانى مرض الساق الأسود في القمح المتسبب عن الفطر *Puccinia graminis tritici* والذي يستكمل دورة حياته على عائلين هما نباتي القمح والبربري ولهذا فإن كثير من الدول تلجأ إلى إبادة شجيرات البربري العائل الثانى لطفيل صدأ الساق الأسود في القمح، وقد لا تؤدي إبادة البربري إلى القضاء على المرض لأن الأبواغ اليوريدينية قد تبقى حية من موسم لآخر ببقايا نباتات القمح وقد تنقلها الرياح من منطقة لأخرى، واستئصال البربري له فائدتين أساسيتين وذلك في منع اللقاح الأولى في أوائل الربيع وفي منع تكوين سلالات فسيولوجية جديدة من الفطر عن طريق تهجين السلالات. كذلك يتبع في حالات أمراض مختلفة مثل البياض الزغبي والدقيقي والأمراض الفيروسية التي تسبب الموزاييك على القرعيات تنتشر على العديد من النباتات البرية التي تتبع العائلة القرعية خلال الموسم في موقع الحقل أو مناطق قريبة منه، وبالتالي تنتقل بواسطة

الحشرات، ووجود الأعشاب المرافقة للمحاصيل أو المحيطة بالحقول تسهم في بقاء العوامل الممرضة من موسم لآخر ويؤدي إزالة هذه المضيفات كافة إلى خفض نسبة الأمراض عن طريق كسر السلسلة.

❖ **الصحة Sanitation:** إن سلامة الحقل مثل سلامة النبات ضرورية لمكافحة الأمراض المحمولة بالتربة والكائنات الاختيارية والاجبارية التطفل، وتبقى العديد من الكائنات اجبارية التطفل في التربة لأعوام متتالية لبقائها بأطوار وأشكال ساكنة في البقايا النباتية في الحقل. والتخلص من مخلفات المحصول بطريقة بيئية أمنه من أهم الإجراءات، وهناك مسببات مرضية ذات تخصص في إصابة عوائلها ولا تستطيع تمضية الشتاء على عوائل أخرى أو في التربة، وبذلك فقد تبقى مع مخلفات المحصول في التربة أو تخزن بغرض استعمالها وقوداً، ومن الأمثلة على ذلك بقاء الأبواغ الكونيدية للفطر *Piricularia oryzae* المسبب لمرض اللفحة في الأرز في بقايا المحصول، لذلك ينصح بطمر مخلفات المحصول السابق لاستخدامها كسماد عضوي صناعي أو استخدامها في صناعة الأعلاف الحيوانية أو الورق. ويمكن التخلص من بقايا النباتات مثل حرقها أو دفنها بالتربة بواسطة الفلاحة العميقة، ويخفض ذلك من كمية اللقاح المعدي للأمراض النباتية التي تصيب عدة محاصيل مثل البندورة والبازلاء والذرة...الخ.

ث- المعالجة الحرارية أو الكيميائية لأجزاء النبات المريضة Heat and chemical treatment of diseased plants:

توجد العوامل الممرضة في بعض أجزاء أو كامل النبات ويمكن القضاء على فاعلية هذه العوامل أو إبادتها بواسطة تعرضها للمعالجة الحرارية أو الكيميائية، هذه الطريقة وجد بأنها مفيدة لمعظم حالات الأمراض التي تصيب الأشجار المثمرة وتنتقل عن طريق التطعيم وتعريض الطعوم لدرجات حرارة معينة لفترة زمنية محددة كافية للقضاء على العوامل الممرضة أو لوقف فاعليتها مثل الفيروسات وبعض أنواع النيماتودا، وكإجراء يطبق غمر جذور الشتول في المبيدات الفطرية أو النيماتودية لمكافحة عدة أمراض

فطرية والنيماتودا. كما تتوفر مبيدات فطرية جهازية للقضاء على العوامل الممرضة في النباتات وتمنع أي ممرضات نبات من غزو الأنسجة النباتية لفترات طويلة.

❖ **الماء الساخن:** تعتبر المعالجة بالماء الساخن من أهم الطرق المستخدمة للقضاء على العوامل الممرضة التي قد تتواجد في أجزاء النبات الساكنة مثل البراعم الخشبية والدرنات والأبصال والمعاملة بالماء الساخن على درجات حرارة تتراوح ما بين 35°م و 54°م لفترات من عدة دقائق إلى عدة ساعات حسب النبات والعامل الممرض الذي يحتمل تواجده فيه بحيث لا تؤثر المعاملة على حيوية الجزء المعامل، وتعامل بذور القمح على سبيل المثال بالماء الساخن على درجة حرارة 52°م لمدة 11 دقيقة لمكافحة مرض التفحم السائب بينما تعامل أبصال الزينة لمكافحة النيماتودا وذلك بالحفظ على درجة حرارة 43°م لمدة 3 ساعات.

❖ **الهواء الساخن:** تعامل النباتات النشيطة النمو أحيانا بالهواء الساخن الذي لا يؤثر على حيوية هذه النباتات ولكنه يسمح بالتخلص من المسببات المرضية المحتمل تواجدها فيها، ودرجات الحرارة المثلى للهواء الذي تعامل به النباتات النامية ما بين 30°م و 40°م وتترك النباتات النامية بعدها في حاضنات نمو متحكم بها، وتحدد فيها درجة الحرارة المطلوبة وللمدة المطلوبة وتحتاج بعض الفيروسات للمعاملة من 2-8 أشهر، وهناك فيروسات أخرى يتم التخلص منها في خلال أسبوع واحد فقط وهذه الطريقة تستخدم للتخلص من فيروسات عديدة ولكن لا يعتمد على هذه الطريقة مع بعض الفيروسات.

❖ **المبيدات الفطرية:** تعامل البذور للتخلص من المسببات المرضية الموجودة على سطحها أو المحمولة داخلها وتقسم معاملة البذور بالمبيدات الفطرية إلى نوعين:

- **المعاملة الجافة للبذور Dry seed dressing**: وفيها تستخدم مبيدات غير قابلة للذوبان في الماء تقريباً وتكون على هيئة مسحوق يوزع على سطح البذور مع ضمان نشر المبيد الجيد وذلك ضمن حاويات محكمة الاغلاق، ومن المبيدات المستخدمة في المعاملة الجافة للبذور: البايتان 1.5 غ/كغ والركسيل 2.5 غ/كغ

ويستخدمان في معاملة حبوب النجيليات لمكافحة أمراض التفحم، والرايزولكس T هو مبيد فعال ضد فطريات التربة مثل *Fusarium* و *Rhizoctonia* ويعامل به كثير من بذور محاصيل الخضار والشوندر السكري وفول الصويا بمعدل 3غ/كغ.

- **المعاملة الرطبة للبذور Wet seed dressing:** تكون المبيدات المستعملة في هذه الطريقة قابلة للذوبان في الماء أو في صورة مساحيق قابلة للبلل، ويحضر من هذه المبيدات محاليل أو معلقات ذات تراكيز مناسبة ثم تغمر بها كميات مناسبة من البذور وتترك بها لزمن محدد ثم تجفف البذور قبل زراعتها أو تخزينها. وتفضل المعاملة الرطبة عن المعاملة الجافة في تعقيم ووقاية مواد الإكثار النباتية المعدة للزراعة مثل درنات البطاطا وذلك لسهولة توزيع المبيد على سطح تلك الأجزاء الخضرية. وقد تكون هذه الطريقة غير مفضلة لأن عملية التجفيف تحتاج إلى وقت طويل بالإضافة إلى خطر سوء التجفيف على الدرنات.

جـ - معاملة التربة Soil treatment:

إضافة إلى سلامة أو صحة الحقل يمكن معالجة التربة بالحرارة أو المواد الكيميائية للقضاء على العوامل الممرضة الموجودة، ومن طرق الأخرى لمعاملة التربة التطويف والتبوير. وتطبق المعاملة الحرارية الجافة أو الرطبة ويمكن أن تجفف بالتشميس مع قلب التربة بالصيف خلال شهر. حيث يتم فلاحة التربة لعدة مرات في الفترة بين محصولين خلال الصيف الحار، يقضي ذلك على عدة عوامل ممرضة مثل الفطريات والنيماتودا. وقد طورت أنظمة تشميس التربة لتكون أكثر فاعلية في المكافحة على مستوى المساحات الحقلية المحدودة (Arora and Pandey,1989)، وذلك بتطبيق الحرارة المباشرة الجافة أو الرطبة على تربة المشاتل أو البيوت البلاستيكية والزجاجية، ولا يمكن تطبيق ذلك على مستوى واسع سوى عند حرق البقايا النباتية للمحاصيل بهدف صحة الحقول، كما طبق تبخير التربة في البيوت البلاستيكية، ويتطلب تشميس التربة تغطيتها بعد الترطيب أو الري بأغطية بولي اثيلين Polyethylene ثم تعريضها لحرارة الشمس،

حيث ترتفع درجة حرارة التربة إلى درجة كافية للقضاء على معظم العوامل الممرضة النباتية وبذور الأعشاب والحشرات الضارة.

وتطبق بعض المواد السامة في المعاملة الكيميائية للتربة مثل المبيدات الفطرية والنيماتودية قبل أو بعد الزراعة أو كليهما، ومعظم المبيدات الفطرية المستخدمة في معاملة التربة لها فعل اختياري، فهي تقضي على العوامل الممرضة أي فقط الكائنات الدقيقة المستهدفة، بينما تقضي على بعض الكائنات الدقيقة قد تعزز كائنات دقيقة أخرى نتيجة خفض المنافسة بينها. وأصبحت مواد تبخير التربة شائعة الاستعمال لإبادة النيماتودا وهذه المواد السامة غير اختيارية Non- selective وتقضي على الكائنات الدقيقة النافعة في التربة كما أنه من السهولة عودة الغزو والإصابة بالنيماتودا، كما يجب تطبيق معاملة التربة قبل زراعة المحصول بعدة أسابيع ويمكن أيضاً أن تسبب الضرر لبعض النباتات، وقد منع استخدامها حالياً. والمركبات الكيميائية المستخدمة حالياً بشكل حبيبي ويمكن تطبيقها أيضاً خلال وجود المحصول بالحقل حيث تذوب في الماء وتعطي مفعول التبخير.

يوصى عادة بأن تعامل التربة حول الجذور، وأن يكون تطبيق المعاملة على كامل التربة في الحقل بصورة متجانسة، ولذلك يجب اختيار نوعية المركبات عالية الجودة والفعالية وبالتالي تصبح المعاملة مكلفة. ولذلك يتم التوجه نحو المعاملة حول جذور النباتات وإن أعطت فاعلية لفترة قصيرة، ويمكن أن تتعرض الجذور خلال نموها في منطقة التربة المعاملة إلى العوامل الممرضة في الحقل، عموماً معاملة التربة في المشاتل ومراقد البذور والحقول الصغيرة أو المحاصيل الاقتصادية تكون مجدية اقتصادياً، وينصح بها لمعاملة مرض تعقد الجذور في محاصيل الخضار والإصابة بالنيماتودا في الأشجار المثمرة.

في حالات خاصة يطبق تطويف الحقل كطريقة للقضاء على العوامل الممرضة للنبات، ويتم التطويف بغمر الماء للحقل بعمق 30سم لعدة أسابيع حيث ظروف نقص التهوية والأوكسجين وتؤدي السموم المفرزة من الكائنات الدقيقة اللاهوائية الموجودة في

المواد العضوية إلى القضاء على العوامل الممرضة الفطرية وأطوارها الساكنة والنيماتودا ثم يتم تصريف المياه وتجفيف التربة، وطبقت مثل هذه المعاملة لمكافحة مرض الذبول الفوزاريوم في الموز ومرض *Sclerotinia sclerotiorum* وتعقد الجذور في محاصيل الخضار في عدة دول.

وقد استخدم منذ العصور القديمة للزراعة تبوير التربة للمحافظة على العناصر الغذائية الصغرى في التربة، كما استخدم لخفض كمية اللقاح والحد من الأطوار الساكنة لأمراض النبات، وذلك بديلاً عن الدورة الزراعية.

2-2- إدارة العائل Management of the host:

تتطلب إدارة العائل والمجتمعات النباتية نشاطات مختلفة، وتهدف إلى إبقاء المحصول بعيداً عن غزو العوامل الممرضة وإلى تأمين التغذية اللازمة والتهوية الجيدة والإضاءة الجيدة، كذلك تهدف إلى تمكين النبات من الدفاع ضد العوامل الممرضة وذلك إما بمساعدته بالمواد الكيميائية أو بما يملكه من صفات وراثية، وهذه المتطلبات تهدف بشكل غير مباشر إلى أهداف الإدارة المتكاملة للعائل، ومنها ما هو يطبق بشكل خاص على المجتمعات النباتية في الحقل. وبعض هذه التطبيقات تتداخل مع إدارة البيئة مثل تعديل مسافات الزراعة التي تخفض فرصة تلامس الأجزاء الخضرية أو تلامس الجذور بين النباتات المصابة والسليمة في الحقل وفي الوقت نفسه يحسن التهوية ودخول أشعة الشمس ويخفض الرطوبة تحت السطح النباتي، ولكن الإدارة المتكاملة للعائل تتطلب التسميد الجيد وتحريض المقاومة والوقاية المباشرة بواسطة المواد الكيميائية والتي تعتبر جزء من إدارة المرض وفي عدة حالات جزءاً من إدارة البيئة.

2-2-1- تسميد النبات Host nutrition:

لوحظ أن النباتات جيدة النمو المعاملة بالأسمدة أقل عرضة للإصابة بالأمراض، كما تنخفض فيها الخسارة الاقتصادية إن أصيبت بالعوامل الممرضة، وقد تبدي قابلية لتعويض الأجزاء المصابة مثل الجذور وبطريقة أفضل من مقاومة بعض الأصناف

المقاومة، ولوحظ أن الإصابة تزداد ببعض العوامل المرضية نتيجة التسميد الآزوتي، واستخدام كميات أقل تخفض نسبة الإصابة، وأن لموعد إضافة الأسمدة أهمية بالغة في حدوث الإصابة ونسبتها. ويزيد نقص البوتاسيوم من حساسية النبات لإمتصاص الماء بالإضافة إلى الحساسية للإصابة بالأمراض، وأن ارتفاع نسبة الكالسيوم تزيد مقاومة النبات تجاه أمراض الذبول الأعفان الطرية الفطرية والبكتيرية بواسطة نسبة المواد البكتينية في الجدار الخلوي بالعلاقة مع فاعلية أنزيم البكتيناز في العوامل الممرضة، ومن المعروف أن نقص العناصر الصغرى يؤدي إلى ضعف النبات مما يسمح بالإصابة بالعديد من الأمراض النباتية، مثلاً يزيد نقص الزنك في الذرة من نسبة إصابة مرض البياض الزغبي التي تسببها عدة أنواع فطر *Peronosclerospora* spp. ومسببات أمراض ذبول فيوزاريوم *Fusarium* spp.، ويؤدي نقص عنصر البورون إلى ضعف النبات وبالتالي الإصابة بعفن قلب الثمار في التفاح، وفي النباتات التي تتبع العائلة الصليبية يؤدي نقص عنصر البورون إلى مرض العفن *Plasmodiophora brassicae* والعفن الأسود المسبب بواسطة بكتيريا *Xantomonas campestris* pv.*campestris*.

وقد استخدمت المخلفات الزراعية العضوية منذ فترة طويلة لتحسين خصوبة التربة، وكان للعديد منها تأثيرات ملحوظة على شدة الإصابة بالأمراض النباتية، وقد وجد أن إضافة بقايا المحاصيل النجيلية إلى التربة تثبط حدوث الإصابة بمرض موت بادرات الخيار المتسبب عن فطر *Rhizoctonia solani*، في حين تؤدي إضافة بقايا المحاصيل البقولية إلى زيادة الإصابة بالمرض، ويرجع ذلك إلى حدوث تنافس على عنصر النتروجين بين كائنات التربة والعوامل الممرضة فعند إضافة بقايا المحاصيل النجيلية الفقيرة في النتروجين يحدث انخفاض في أعداد العوامل الممرضة لضعف قدرتها التنافسية وبالتإلى ضعف قدرة اللقاح ونقص القدرة المرضية. أما عند إضافة بقايا المحاصيل البقولية فإنه يؤدي إلى توفر النتروجين لكائنات التربة والعوامل الممرضة على حد سواء وبذلك تزداد قدرتها المرضية. عموماً تؤدي إضافة المواد المحتوية على

الكيتين إلى ثبيط العوامل الممرضة وذلك لأنها تؤدي إلى زيادة تعداد الكائنات الدقيقة المحللة للكيتين والتي تعمل على تحليل الفطريات الممرضة. فقد أدت إضافة الكيتين إلى التربة إلى سرعة تحلل الأبواغ الكلاميدية لفطر *Fusarium solani* وتعتبر مخلفات مزارع فطر عش الغراب من المواد الغنية بالكيتين.

2-2-2- المعايير الوقائية Protective measures:

إن الانتشار السريع للقاح عدة عوامل ممرضة للنبات نتيجة الرياح من الحقول المجاورة المصابة أو من أماكن بعيدة، ومبدأ التفادي والاستبعاد والإبادة ربما غير كاف لمنع تطور المرض في بعض الحالات، والمعايير الوقائية ضرورية لتدمير أو إبادة اللقاح المرضي عندما يصل إلى السطح النباتي وكبح المرض إن وصلت الإصابة إلى النبات. وتتضمن هذه المعايير تطبيق رش المركبات الكيميائية لوضع حاجز سام بين السطح النباتي والعوامل الممرضة:

أ- **المعالجة الكيميائية للنبات Chemical treatment of the plants:** إن هدف الرش أو التعفير بمعظم المركبات الكيميائية، أو معاملة البذور بالمركبات الكيميائية هو تشكيل طبقة سامة لوقاية السطح النباتي المعامل بحيث يحمي العائل سواء بالإبادة أو بكبح فاعلية العوامل الممرضة عند تماسها معه.

ب- **المكافحة الكيميائية للنواقل الحشرية Chemical control of the insect vectors:** تؤدي إصابة المحاصيل والأشجار المثمرة بالحشرات وحدوث الإصابة ببعض العوامل الممرضة، وبعض أنواع الحشرات لها أهمية بالغة كنواقل للأمراض الفطرية والفيروسية والبكتيرية، حيث ينتقل بعض الأمراض الفيروسية فقط بواسطة النواقل الحشرية. وعند إدارة المجتمع النباتي فإن توقيت وفعالية إبادة النواقل الحشرية يصبح من أولويات طرق مكافحة الأمراض النباتية. ويمكن تفادي غزو الحشرات برش المبيدات الحشرية الوقائية ونظرياً هذه الطريقة فعالة، ولكن عملياً النتائج غير مشجعة خاصة في حال تواجد أعداد كبيرة من المجتمعات الحشرية على المحاصيل المعاملة بالمبيدات والمصابة بالأمراض لأن العديد من

أفراد الحشرات تهرب من الموت السريع بواسطة السموم أو المبيدات وتستطيع الطيران وغزو النباتات السليمة وإحداث العدوى قبل موتها، كما أن الرش قد لا يكون جيد التغطية للسطح النباتي. وقد وجد أن استخدام المبيدات الحشرية الحبيبية الجهازية عند الزراعة يؤدي إلى وقاية جيدة للمحاصيل مثل البطاطا، حيث تبقى فاعلية هذه المركبات لعدة أسابيع وبذلك تؤمن الوقاية من الإصابة بالأمراض المنقولة بواسطة النواقل الحشرية، ويعتمد نجاح رش المبيدات الحشرية إلى حدّ كبير على طور نمو العائل النباتي وطبيعة المرض النباتي وعلى سرعة قتل المبيدات الحشرية، لتنجح مثلاً في مكافحة نواقل الأمراض الفيروسية خاصة التي تنتقل بالطريقة غير المثابرة.

2-2-3- معالجة النباتات المصابة Therapy of disease plants:

إن شفاء النباتات أو الأجزاء النباتية المصابة في المحصول غير ممكن ولكن تطبيق المعالجة الكيميائية والفيزيائية لبعض أنواع الثمار أدى إلى إبادة العوامل الممرضة:

أ- **المعالجة الكيميائية Chemotherapy:** طبق مبدأ المعالجة الكيميائية أو استخدام المركبات الكيميائية للقضاء على العوامل الممرضة بعد امتصاص هذه المركبات من أوراق أو جذور النبات وصولاً إلى بروتوبلاسما الخلايا لتعمل آلية دفاع كيميائية لإبادة العوامل الممرضة أو إحباط نموها ووقف إنتاج الأبواغ والحد من فعاليتها، كما تبقى في النبات لفترة كافية لتؤمن مقاومة مؤقته تجاه غزو العوامل الممرضة (Dekker,1977). وقد تعمل هذه المركبات الكيميائية على إزالة سمية السموم المنتجة بواسطة العوامل الممرضة، وبهذه الطريقة لا يمكن غزو أنسجة نباتية أخرى بواسطة العوامل الممرضة ويشفى النبات. والمركبات الكيميائية المستخدمة في المعالجة الكيميائية هي المبيدات الفطرية الجهازية والمضادات الحيوية. بعد امتصاص المبيدات الفطرية بواسطة جذور النبات تنتقل إلى الأجزاء النبات العليا عن طريق الأوعية الخشبية أما عند امتصاصها من قبل الأوراق تفشل مع وجود بعض الاستثناءات في انتقالها إلى الأجزاء السفلى من النبات عبر اللحاء، عادة تنتشر إلى

حواف الورقة وتتركز فيها. أما المضادات الحيوية فتنتقل من الأوراق إلى الجذور ومن الجذور إلى الأوراق.

ب- **المعالجة الحرارية Thermotherapy:** إن النباتات التي تتحمل درجة الحرارة المميتة للعوامل الممرضة يمكن أن تعامل بها، وتطبق هذه المعالجة على البذور والأبصال والدرنات والطعوم والأقلام والشتول والثمار. عموماً الطعوم والثمار تعرض لدرجات حرارة عالية للتخلص من العديد من الأمراض الفيروسية (Grant,1958; Nyland and Goheen, 1969)، كذلك لإبادة النيماتودا من الجذور أو الشتول أو الطعوم، ويمكن استخدام الماء الساخن أو الهواء الساخن (Singh,1984; Dahmen and Benda,1983)، كما طبقت المعالجة الحرارية للثمار لمكافحة أمراض مابعد الحصاد الفطرية خاصة مسببات تحلل الثمار (Barkai-Golan and Phillips, 1991).

ت- **التقليم وإزالة الأجزاء المصابة الأشجار:** يقترح عادة عند إصابة الأشجار الكبيرة بإزالة الأجزاء المصابة بالتقليم وقطع الفروع المصابة بالكامل وتطهير مكان القطع والجروح بالمواد الكيميائية المناسبة، ثم تطبيق بعض المبيدات الفطرية كعجينة للسماح بالشفاء الذاتي لجروح الأشجار، ويخفض ذلك نسبة الضرر ويفيد هذا الإجراء لمعالجة عديد من الأمراض الساق في أشجار التفاح.

2-2-4- تطوير المقاومة في النباتات Development of resistance in the plants:

بدأت محاولات البحث عن الأصناف المقاومة أو العوائل النباتية لأمراض النبات في مطلع القرن العشرين ومنذ ذلك الحين يمارس المزارعون التقليديون طرائق المناسبة لحفظ البذور السليمة وجمعها من النباتات ذات الإنتاجية العالية عبر الانتخاب، وأسهمت قوانين مندل في الوراثة وتطوير طرق تربية وانتخاب النباتات في تطوير مقاومة أصناف المحاصيل لمجموعة من أمراض النبات، وقد جذبت إدارة تربية النبات لمقاومة العوامل الممرضة الانتباه منذ منتصف القرن المنصرم (Browning, et *al*.,1977;

(Gustafson,1984;Willmitzer,1987)، كذلك كان التوجه نحو زراعة الأصناف المقاومة المترافقة مع المعالجة الكيميائية (Reddy and Singh,1990; Shtienberg, et *al*., 1994) وسيتم مناقشة مقاومة العائل النباتي لاحقاً.

2-3- إدارة الظروف البيئية Management of the environment:

ترتبط البيئة بالعلاقة مع أمراض النبات وتتداخل العوامل الحيوية والكيميائية والفيزيائية خارج العائل النباتي والعوامل الممرضة والتي تعزز حساسية العائل وفعالية العوامل الممرضة، تتألف البيئة الفيزيائية الكيميائية من التربة والهواء والماء والرطوبة النسبية في السطح النباتي والضوء ودرجة حموضة التربة ودرجات الحرارة التي ينمو فيها النبات في مراحله المختلفة مع المراحل التي تتطور فيها الأطوار الفعالة من العوامل الممرضة والتي تؤدي إلى الإصابة وتطور المرض، وللعوامل البيئية الحيوية للتربة علاقة مباشرة وغير مباشرة بالعوامل الممرضة، ويمكن أن تؤثر في فاعلية المحيط الحيوي الجذري Rhizosphere النباتي، كذلك للعوامل البيئية الحيوية للمحيط الحيوي الخضري Phyllosphere تأثير على العوامل الممرضة الموجودة في الأجزاء الهوائية. ولذلك تتطلب البيئة تعديلات لمحاربة المرض، وتعتمد المعايير التي تشملها التعديلات البيئية أساساً على العمليات الزراعية التي تعدل من بيئة المحصول النباتي والتربة والتي يكون تأثيرها ملائماً لنمو المحصول النباتي الجيد ويكون التغيير على نحو غير ملائم للعوامل الممرضة ودورة حياة المرض. بعض التطبيقات الزراعية مثل الصحة Sanitation يكون موجهاً بهدف الإبادة وبالعلاقة المباشرة مع العوامل الممرضة، بينما معظم هذه التطبيقات الزراعية ذات الطبيعة العمومية بدون المؤشرات مثل العوامل الجوية حيث يتأثر كل من العائل والعوامل الممرضة، ومن التطبيقات الزراعية الدورة الزراعية أو التبوير فلاحة التربة في الطقس الحار والمسافات الزراعية للسماح بالتهوية، والري والحد من الرطوبة الزائدة والسماح بدخول الإضاءة والحرارة، أيضاً عمق زراعة البذور والزراعة المختلطة للمحاصيل وتبديل موعد الزراعة والتسميد العضوي

للتربة، بعض التطبيقات الزراعية مثل تعديل بيئة الموقع بوضع صادات الرياح للحد من انتشار الأبواغ، والتخزين بالتبريد للعديد من ثمار الخضار والأشجار المثمرة.

ثالثاً ـ التطبيقات الزراعية في إدارة أمراض النبات:

Cultural practices for plant disease management

يؤدي اتباع أساليب الزراعة التقليدية إلى نقص في مصادر الدخل القومي والاستثمار والمعرفة العلمية، ووجود الزراعة واستدامتها، فقد تأسست الممارسات الزراعية على تراكم خبرات المزارعين والتواصل بين الأجيال، خلال فترة بداية تطور الزراعة ونظراً لغياب المواد الكيميائية الزراعية الصنعية (المبيدات الحشرية والأسمدة) تأسست معظم نشاطات إنتاج محاصيل سليمة واقتصادية على التطبيقات الزراعية، وأدرك المزارعون من ملاحظاتهم وتجربتهم بأن المحصول يبدو مصاباً عند الزراعة في الموقع نفسه سنة بعد أخرى أو مع عدم تبوير الأرض أو عندما تزداد رطوبة التربة وبعض عناصر سوء إدارة الحقل الأخرى، وتمكنوا من تفادي هذه المظاهر بتعديل الأساليب المتبعة في التطبيقات الزراعية، وكان قدماء المزارعين الصينيين أول من استخدم الدورة الزراعية وذلك منذ 3000 سنة قبل الميلاد، واعتمد الرومان الدورة الزراعية منذ عدة قرون من الزمن (Altieri,1984;1990)، وفي معظم الأحيان تزرع المحاصيل النجيلية بالتعاقب مع المحاصيل البقولية بهدف زيادة الإنتاج وخفض نسبة انتشار الأمراض (Bridge,1996). وعلى الرغم من التطور الهائل في الطرائق الكيميائية في مكافحة الأمراض وتوفر الأصناف المقاومة فإن من أولويات إدارة المحصول استخدام التطبيقات الزراعية وتعد من الطرق الواعدة في المستقبل، وتعد التطبيقات الزراعية أساسية في إدارة الأصناف المقاومة وبدون التطبيقات الزراعية الملائمة لهذه الأصناف وحتى مع تطبيق المكافحة الكيميائية للعوامل الممرضة فإنها تصبح أكثر كلفة وأحياناً غير فعالة. وأدى استخدام المبيدات المتزايد وظهور المخاطر المختلفة ومع الارتفاع في كلفة المكافحة إلى أن يتبنى بعضهم رأي أن تطبيق المكافحة

الكيميائية يخفض من العمليات الزراعية إلى الحد الأدنى بما في ذلك إعطاء الأولوية لتطبيق مبادئ المكافحة الطبيعية (المكافحة الحيوية)، وهذا قابل للتطبيق أساساً في الحيازات الزراعية الصغيرة، حيث إمكانات المزارعين محدودة المصادر، وليس لديهم الخبرة الكافية في تطبيق المركبات الكيميائية، وتتطلب مكافحة أمراض النبات بواسطة التطبيقات الزراعية أساسيات استبعاد وتفادي وإبادة المرض، وتعتبر المعاملات الكيميائية مثل معاملة البذور من التطبيقات الزراعية الطبيعية.

ومن الأهمية معرفة بيئة العوامل الممرضة في الإدارة المتكاملة لأمراض النبات الفعالة عبر ضبط إجراءات إدارة المحصول، كذلك معرفة طبيعة وسلوك العوامل الممرضة في مختلف ظروف أنظمة المحاصيل- البيئة، مثلاً عند توفر الظروف المناسبة من درجة الحرارة والرطوبة ودرجة حموضة ونوع التربة...الخ، تصبح التعديلات في إجراءات زراعة المحصول أكثر دقة وفعالية، ومن الأدوات الهامة في إدارة الأمراض استخدام الأصناف المقاومة والمبيدات الفطرية ولكن فعاليتهما تتحسن على نحو أمثل وتزداد فترة المقاومة وتصبح اقتصادية بواسطة التعديل في بعض التطبيقات الزراعية. وتعتبر التطبيقات الزراعية في الإدارة المتكاملة لأمراض النبات الحل الوحيد لبعض المحاصيل غير الربحية أو ضعيفة المردود الاقتصادي في وحدة المساحة، حيث لا تتوفر الأصناف المقاومة كما إن تطبيق المكافحة الكيميائية مكلف اقتصادياً.

في تطور المرض تحدث ملامسة العامل الممرض وسطح النبات في ظروف فيزيائية وكيميائية وحيوية بيئية ملائمة للعوامل الممرضة والإمراضية. ويمكن تعديل بعض التطبيقات الزراعية بتغيير واحد أو أكثر من عناصر البيئة بطريقة تجعل أحد أشكال أو أطوار العامل الممرض يتوقف عن النمو أو التكاثر أو إنتاج الأبواغ، مثل الدورة الزراعية والفلاحة العميقة وتشميس التربة وتغيير موعد الزراعة وعمق االزراعة والمسافة بين النباتات والخطوط، وتؤثر العمليات الزراعية المختلفة مثل إعداد الأرض للزراعة وأنواع وطريقة إضافة الأسمدة ونظام الري والصرف ورطوبة التربة على البيئة التي ينمو فيها النبات، وكذلك تؤثر على صحة النبات وبالتالي مقدرته على مقاومة

ما قد يتعرض له من الأمراض وكذلك الحد من انتشار هذه الأمراض. ويعد اختيار وإعداد مكان الزراعة واختيار التربة المناسبة وكذلك الموقع الجغرافي للحقل من أهم العوامل التي تؤثر على إنتاجية المحصول ومقاومته للكثير من الأمراض النباتية. ويفضل زراعة أشجار الفاكهة في أماكن جيدة التهوية والتي تقل فيها الرطوبة الجوية. كما يكون موقع مشاتل الخضار في مناطق معزولة بقدر الامكان وبعيدة عن مناطق زراعة الخضار حتى لا تنتقل الإصابة بالأمراض وخاصة الفيروسية إلى نباتات المشاتل. ويزرع البصل في كثير من بلاد العالم في المناطق المرتفعة الحرارة لمساعدة البادرات على النمو السريع والهروب من الإصابة بمرض التفحم. كما تعتبر عملية الحرث من العمليات الهامة المفيدة في مكافحة بعض ممرضات التربة، فعندما يكون انتشار الكائن الممرض في الطبقة السطحية فإن عملية الحرث تؤدي إلى سرعة وسهولة نمو الجذور لتصل إلى عمق أبعد من منطقة انتشار المسبب المرضي.

3-1- إنتاج واستخدام مواد نباتية خالية من العوامل الممرضة:

Production and use of pathogen-free propagation material

إن حقيقة الحصول على "المحصول الجيد هو من زراعة البذور السليمة" بدأت في عصور ما قبل التاريخ منذ 400 سنة قبل الميلاد في الهند (Nene,1999) وهذا يؤكد أهمية زراعة بذور سليمة، والمعايير المتخذة أساساً في تقييم سلامة البذور منذ العصور القديمة لا تزال مستخدمة مع الفرق في عدم وجود إختبارات قياسية معتمدة وفي دقة وسرعة إجراءات وطرائق التشخيص. وتعود سلامة البذور أولاً على وجود أو غياب المسبب المرضي مثل البكتيريا والفيروسات والفيرويدات والفطريات والنيماتودا والحشرات بالإضافة إلى نقص العناصر الصغرى، وعدد كبير من العوامل الممرضة المختلفة تجد طريقها إلى المحصول أو الحقل عبر البذور الحقيقية أو أجزاء الإكثار الخضري ويوضح جدول 6 العوامل الممرضة التي تنتقل بواسطة البذور على أهم المحاصيل. بالإضافة إلى ذلك فمصدر العدوى الأولية الشتول والغراس المصابة من

تربة المشاتل، وطريقة النقل أو الانتقال بواسطة البذور أن تكون بتلوث البذور أو البذار مثل تلوث بذار البطاطا بحويصلات النيماتودا الذهبية Golden nematodes المسبب *Globodera rostchiensis* و *G. pallid*، كذلك يمكن أن تكون التربة ملوثة أو الأكياس التي استخدمت في نقل الدرنات، أو أن ينتقل المسبب بذرياً كما في التفحم السائب على القمح والشعير حيث يصاب الجنين، وفي مرض لفحة أسكوكيتا على الحمص حيث توجد هيفا الفطر والأوعية البكنيدية ضمن البذور، وهناك العديد من الأمراض الفيروسية التي تنتقل بواسطة البذور والبذار.

جدول 6. العوامل الممرضة المنقولة بواسطة البذور في أهم المحاصيل.**

المحصول	عدد أنواع العوامل الممرضة المنقولة بواسطة البذور أو مواد الإكثار			
	الفطريات	البكتيريا	الفيروسات	النيماتودا
القمح	*32	6	1	1
الذرة	*42	7	4	0
الرز	*42	5	0	3
قصب السكر	11	0	1	0
الحمص	5	0	0	0
البازلاء	14	3	7	0
الفاصولياء	26	6	10	0
البندورة	19	5	7	0
الباذنجان	9	0	1	0

* كل أنواع فطر فوزاريوم *Fusarium* حسبت مرض واحد.

** المصدر (Singh. 2001).

يمكن أن تحمل العوامل الممرضة على سطح البذور أو الغلاف البذري مثل مرض التفحم المغطى في الشعير. ويمكن انتقال عدد كبير من أنواع العوامل الممرضة من بقايا التربة الموجودة على الجذور والغراس والشتول المصابة إلى الأرض الدائمة كما في الأشجار مثل عفن جذور الحمضيات *Phytophthora parasitica* والبياض الدقيقي

على التفاح *Podosphaera leucotricha* وفي العديد من شتول محاصيل الخضار مثل البندورة ونيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. (Naqvi,1994).

ويمكن معالجة البذور أو مواد الإكثار المصابة بواسطة المواد الكيميائية أو المعاملة الفيزيائية، عموماً البذور السليمة في الحقل هي أهم مرحلة في إدارة أمراض النبات (Hollings,1965).

وفيما يلي بعض الاحتياطات التي يجب اتخاذها لإنتاج مواد وبذور سليمة:

3-1-1- المناخ الجاف لإنتاج البذور: إن مكافحة العوامل الممرضة المنقولة بالبذور والتي تفضل المناخ الرطب يمكن أن تتحقق بإكثار بذور المحصول في منطقة ذات مناخ جاف مع الري السطحي بدون أن تتعرض الأجزاء الخضرية من النبات للأمطار واللقاح الممرض فتبقى جافة دون تشجيع للإصابة، مثل مرض أنتراكنوز الفاصولياء *Colletotrichum lindemuthianum* والقرعيات *Colletotrichum lagenarium* ولفحة أسكوكيتا على البازلاء *Ascochyta pisi* و*A. pinodes* و*A. pinodella* كذلك في اللفحة البكتيرية في البقوليات *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* و*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*.

ويتم إكثار بذار البطاطا الخالية من الفيروسات في مناطق ذات درجات حرارة أدنى من التي يفضلها مجتمع الحشرات الناقلة للأمراض الفيروسية. ويمكن تعديل البيئة الصغرى في المناطق ذات المناخ الرطب لتصبح ملائمة لإنتاج البذور عن طريق زيادة المسافة بين النباتات والتهوية الجيدة والإضاءة وتقليم الأشجار والعديد من الإجراءات التي تقلل عدد الوحدات المعدية المذكورة سابقاً.

3-1-2- عزل مناطق إنتاج البذور المعدة للزراعة: إبعاد مناطق زراعة المحصول بهدف إنتاج البذور عن المناطق الموبؤة ومصادر اللقاح المعدي وإن كان الهدف إنتاج بذار معتمد يجب أن تكون هناك مسافة العزل كافية لمنع وصول اللقاح الممرض وحدوث

الإصابة مع أخذ الاحتياطات الوقائية، ويمكن للمحصول العادي أن يزرع بدون رش مبيدات وقائية.

3-1-3- اختيار موقع مراقد البذور: ذكرت أهمية انتقال العوامل الممرضة بواسطة الشتول سابقاً، وبهذا المنحى فإن اختيار موقع مرقد البذور يجب أن يكون في مناطق لا يظهر فيها المرض وبعيدة عن مناطق زراعة المحصول الحساس للإصابة، ويفضل تعقيم التربة بالحرارة أو كيميائياً.

4-1-3- فحص مراقد البذور وإبادة النباتات المصابة: الفحص الدوري للنباتات والغراس المعدة للزراعة أو العقل، وإبادة النباتات التي تظهر عليها أية أعراض، وقبل توزيع ونقل الشتول أو الغراس أو البذار هناك إجراءات لفحص نباتات كل نوع محصول مثلاً في البطاطا الكشف عن الأمراض الفيروسية مصلياً.

5-1-3- تجفيف وعمر البذور: تنخفض نسبة إنبات البذور غير المجففة بشكل جيد قبل التخزين، وبالتالي تكون حمولتها من العوامل الممرضة أكثر من البذور الجافة، مثل مرض البياض الدقيقي على الذرة، كما أن تخزين البذور لأكثر من عام يخفض كمية اللقاح الممرض كما في مرض ذبول القرعيات وأنتراكنوز القطن، ولذلك تتبع طرائق مختلفة في تخزين بذور المحاصيل للحفاظ على حيويتها وتفادي أضرار العوامل الممرضة المحمولة بذرياً.

6-1-3- تنظيف البذور: تتواجد بعض التراكيب والأطوار الساكنة من العوامل الممرضة مع البذور ومواد الإكثار مثل الأجسام الحجرية والنيماتودا المتحوصلة وأبواغ التفحم وأبواغ الصدأ الأبيض في الصليبيات، وبالتالي تكون مصدراً للعدوى والإصابة في المواسم اللاحقة وتنقل العدوى إلى مناطق جديدة، ويتم تنظيف البذور بواسطة الهواء الساخن أو يدوياً وذلك بغمر البذور في محلول ملحي 20% مع إزالة المواد الطافية يدوياً، وفي حالات عديدة تكون أبواغ الفطر أو العوامل الممرضة عالقة على الغبار الذي

يغطي سطح البذور ويكتفى بالتخلص من الغبار كإجراء أساسي للتخلص من العوامل الممرضة.

3-1-7- المعاملة الكيميائية والحرارية للبذور والشتول ومواد الإكثار: مع الاحتياطات السابقة الذكر في إنتاج البذور فإن معاملة البذور حرارياً أو كيميائياً قبل أو بعد التخزين أو الزراعة تشكل جزءاً هاماً من التطبيقات الزراعية في إنتاج البذور. واستخدام الماء الساخن والهواء الساخن أو تجفيف البذور بعد التطويف في الشمس هي من طرق المعاملة الحرارية، وتعتبر قاتلة لأطوار العوامل الممرضة الفطرية والبكتيرية، كما تعتبر حرارة الشمس غير ضارة لإنبات البذور في حين قد تؤدي التعريض لدرجات حرارة ثابتة ولفترات زمنية طويلة إلى خفض حيوية البذور، وتتبع في حالات حيث العامل الممرض ضمن البذور ويصعب تحقيق مكافحته بواسطة المبيدات الفطرية الوقائية العادية. ولا تزال معاملة بذور القطن والملفوف بالماء الساخن متبعة للوقاية من بعض الأمراض (Prasad and Reddy,1994; Prasad, et *al*., 2001).

إن من الأهمية مكافحة الأمراض المنقولة بواسطة الطعوم في نظام الإنتاج في مشاتل غراس الأشجار المثمرة، وعادة هذا النظام يستخدم الحرارة والتشعيع وزراعة المريستيم القمي والتطعيم القمي (Raychaudhuri and Verma ,1977)، ويوصى عادة باستخدام المعالجة الحرارية للتخلص من الإصابة بالنيماتودا والأمراض الفيروسية في طعوم وغراس الأشجار المثمرة، وتعرّض البراعم الخشبية في الليمون إلى حرارة الهواء الرطب عند درجة حرارة 45°م لفترة 120 دقيقة للتخلص من الفيروسات التي تسبب الاخضرار والبقع الحلقية، حيث درجة الحرارة القاتلة للعامل الممرض أقل من تلك التي تقتل الخلايا النباتية، ولكن المعالجة الحرارية لم تكن مجدية في معالجة الأمراض الفيرويدية، وأدت زراعة المرستيم القمي إلى التخلص من الأمراض الفيروسية والفيرويدية (Koizumi,1998)، واستخدمت الطرق التي تعتمد على المعاملة الحرارية ثم زراعة المريستيم القمي في اليابان للتخلص من العوامل الممرضة المعروفة، ويلي ذلك المحافظة على النباتات معزولة ضمن البيوت الزجاجية، وفي المرحلة اللاحقة تزرع

النباتات في الحقل ويتم فحصها دورياً للتأكد من خلوها من العوامل الممرضة مثل مرض تدهور الحمضيات أو تريستيزا الحمضيات، مع التأكد من تعقيم الأدوات المستخدمة ومنع العدوى بالأمراض الفيرويدية، خاصة في المشاتل. واستخدم الماء الحار في المعاملة الحرارية للبذور ولكن بعض أنواع البذور تتضرر من المعاملة، ولذلك تعتبر معاملة البذور بالمبيدات الفطرية الوقائية من أهم الإجراءات المتبعة في الإدارة المتكاملة لأمراض النبات خاصة لمسببات مرض سقوط البادرات، ومعاملة حبوب القمح بمبيدات مثل theram وcarboxins (vitavax) أو benzimidazoles لإبادة فطر التفحم السائب شائع في الهند (Chatrath and Mohan,1971)، وتؤدي هذه المعاملة إلى القضاء على العوامل الممرضة في البذور أو على سطح البذور خلال التخزين، كما تؤمن حماية ضد بعض العوامل الممرضة المنقولة بذرياً خلال إنبات البذور.

ويوصى بمعاملة جذور شتول محاصيل الخضار وغراس الأشجار المثمرة بغمرها بالمبيدات الفطرية والنيماتودية بهدف استئصال العوامل الممرضة، ويعتبر معاملة درنات البطاطا بالمبيدات الفطرية إجراء روتيني ضمن التطبيقات الزراعية للحد من عفن الساق الريزوكتونيا وأمراض أخرى محمولة بالتربة.

3-1-8- تنظيم موعد حصاد المحصول: إن موعد الحصاد يؤثر على تلوث البذور، ويؤدي تأخير حصاد محاصيل الحبوب إلى زيادة فترة تعرض البذور للتلوث بالعوامل الممرضة خاصة في المناخ الرطب.

3-2- تنظيم زراعة المحاصيل لخفض وجود المرض:

Adjustment of crop culture to minimize disease incidence

لا يوجد أي أرض مزروعة خالية من العوامل الممرضة، وغالباً تؤسس مجتمعات الأمراض البكتيرية والفطرية والنيماتودا بسرعة في التربة وتبقى لفترات متفاوتة وبأشكال وأطوار مختلفة، ولكن لا تتواجد كل العوامل الممرضة ولكل المحاصيل في نفس التربة وفي نفس المنطقة، وأدت معرفة ذلك إلى اختيار محاصيل في الأنظمة

المحصولية والتي يمكن أن تزرع على التوالي أو في حقل واحد معاً وتؤدي زراعتها إلى الحد من انتشار الأمراض وخفض كمية اللقاح الممرض، ويحد التعديل في التطبيقات الزراعية للمحصول من وجود المرض بواسطة الطرائق الفيزيائية مثل تشميس التربة المترافق مع الفلاحة خلال فترة الصيف أو تغطية التربة بعد ترطيبها بأغطية البولي ايتيلين، وحرق بقايا المحصول في الحقل والدورة الزراعية والتبوير وتطويف التربة، إضافة إلى طرائق المكافحة الحيوية باستخدام تطبيقات زراعية تعزز نشاط الكائنات الحية وتحرض المقاومة واستخدام الأصناف المقاومة. وأهم توجهات تنظيم التطبيقات الزراعية هو الحصول على بذور سليمة وخالية من العوامل الممرضة.

3-2-1- أهمية التتابع المحصولي أو الدورة الزراعية:

منذ القدم كان المزارعون يخشون من حقيقة أن التربة تصبح غير مناسبة لزراعة المحصول عند زراعة المحصول باستمرار في نفس الأرض، وهذا يمكن أن يعود إلى استهلاك بعض العناصر الأساسية المغذية في التربة نتيجة الاستخدام الكبير لنفس نمط المحصول، كذلك يعود إلى تراكم الحموض العضوية والمواد السامة التي تطرح من المحصول، كما يمكن أن يعود إلى الازدياد التدريجي والمستمر لأعداد العوامل الممرضة لهذا المحصول، لهذه الأسباب كان وما يزال من الضروري تطبيق الدورة الزراعية في الأنظمة المحصولية في المنطقة. وزراعة المحصول في الدورة الزراعية قد لا يكون في دورة ثابتة إنما يمكن التعديل وفق الحاجة، ومن ناحية أخرى بعض الدورات الزراعية تعيد زراعة محاصيل بفاصل زمني في دورة ثابتة وقد يتضمن التبوير. في الهند مثلاً يزرع القمح بعد الرز أو القمح بعد البقوليات، أو الذرة – البطاطا – البقوليات...، وفي الولايات المتحدة تزرع الذرة – فول الصويا وفي المنطقة الجنوبية القمح – فول الصويا، وتهدف الدورة الزراعية إلى الاستخدام الأمثل للأسمدة والتأثير المرغوب على بنية التربة، وذلك في المحاصيل ذات الجذور العميقة بالتبادل مع محاصيل ذات الجذور السطحية في الدورة الزراعية، وتهدف إلى الاقتصاد في استهلاك المياه والمحافظة عليه خاصة في موسم التبوير وإلى مكافحة الأعشاب ومع زراعة محاصيل على خطوط

وبالتعاقب مع محاصيل يتم نثر بذورها، وهذا التغيير في نمط الزراعة يحد من انتشار ونمو الأعشاب، وبالتالي فإن تطبيق الدورة الزراعية يحد من تأسيس وتكاثر اللقاح الممرض خاصة في العوامل الممرضة المنقولة بالتربة والأمراض الفيروسية. وفي تنظيم تعاقب المحاصيل يؤخذ بالاعتبار اختيار المحاصيل وطول الدورة بالعلاقة مع الأمراض المنتشرة في المنطقة والظروف البيئية.

3-2-2- المحصول الواحد:

في المعنى المباشر لزراعة المحصول الواحد هو تعاقب زراعة محصول واحد أو من أنواع نباتية ذات قرابة شديدة منه بالتعاقب السنوي أو الفصلي والانقطاع عن الزراعة بالتبوير أو تطبيق زراعة الأسمدة الخضراء (Palti,1981). وفي الأنظمة الزراعية الحديثة هناك عدة تطبيقات عززت من القدرة التدميرية للأمراض، وأهمها الاستمرار بزراعة محاصيل متشابه المورثات (الزراعة الواحدة Monoculture) وزراعة محاصيل حساسة للإصابة بالأمراض.

عموماً من المتفق عليه أنه في كل نظام زراعي Agro-system يكون التنوع هو عامل التوازن ويمنع الضغط المستمر على أي جزء من النظام. وينطبق ذلك أيضاً على نظام مرض- محصول Crop- disease system. ومن خلال التوجه البيولوجي العام فمن الخطورة الاستمرار في زراعة محصول واحد لأنه يحد من التنوع، ولكن من وجهة نظر بعض المزارعين فإنه أكثر سهولة عند تكرار نفس التطبيقات الزراعية وتؤدي إلى مردود اقتصادي، ومن ناحية أخرى الاستمرار باستعمال الأجهزة والأدوات الزراعية بكامل طاقتها في المحصول المختار وتؤدي إلى تخصص المزارع وزيادة خبرته في زراعة المحصول، ما يجعل المزارع يخشى من أن يكون تغيير المحصول سيؤدي إلى مواجهة مشكلات يجهل التعامل معها وإيجاد حلول لها.

3-2-3- الزراعة المختلطة:

إن الزراعة المختلطة مثل زراعة القمح والشعير أو القمح والحمص أو القطن والفاصولياء يخفض من الفقد الاقتصادي عند الإصابة بالأمراض، وعدة فوائد أخرى مثل

زيادة النتروجين المتاح للمحاصيل المختلطة مع البقوليات وزيادة فعالية أشعة الشمس نتيجة تفاوت المسطح الورقي وتأثير التظليل، كذلك الاستخدام الأمثل لرطوبة التربة على أعماق مختلفة، ويمكن أن يشكل أحد هذه المحاصيل عائقاً فيزيائياً في حركة العوامل الممرضة بالتربة أو نتيجة لإفرازات الجذور لأحد هذه المحاصيل، أو في الحد من حركة ونشاط النواقل الحشرية للعوامل الممرضة للمحصول الآخر كما يؤدي إلى خفض انتشار الأعشاب. ولأن العامل الممرض لن يهاجم كلا المحصولين فإن أي فقد في أحد المحاصيل يمكن تحمله (Naik, et *al*., 1997). ونتيجة للانخفاض في عدد نباتات المضيف للعوامل الممرضة في المحاصيل المختلطة فإن مساحة المنطقة الحساسة لالتقاط أبواغ العامل الممرض المحمولة بالهواء تقل في الحقل وتنخفض الإصابة الأولية وبالتالي يصبح انتشارالإصابة الثانوية بطيئاً، كما في الأبواغ اليوريدية لمرض صدأ الحبوب والذي يحمل بواسطة الرياح ليسبب الإصابة الأولية وليؤسس المرض في الحقل والمنطقة، ويعتمد انتشار الإصابة الثانوية على كمية الأبواغ المتشكلة في مرحلة الإصابة الأولية. وعند زراعة محصول القمح تكون قابلية الإصابة عالية والإصابة الأولية شديدة كذلك ترتفع نسبة الإصابة الثانوية نتيجة كثافة كمية الأبواغ المنتشرة في الحقل، وعند خلط الزراعة مع محصول الحمص تنخفض كمية اللقاح الممرض وتقل نسبة الإصابة بالمرض. ويجب اختيار المحاصيل المناسبة ليتم زراعتها معاً لأن بعض المحاصيل قد يعزز انتشار العوامل الممرضة لكونها تفضل كلا المحصولين، والسيئة الوحيدة لخلط المحاصيل هو انخفاض المردود الاقتصادي ويمكن فقط تطبيقه في الحيازات الصغيرة.

3-2-4- تنظيم مواعيد وعمق الزراعة:

يتم عادة اختيار موعد الزراعة بغرض إنتاج نباتات قوية والحصول على أعلى إنتاج من المحصول، وعند التبكير أو التأخير بالزراعة عن الموعد التقليدي يكون بهدف إنتاج المحصول بتوقيت حيث يكون سعر المنتج عالياً في غير موعد الإنتاج. ويعد اختيار موعد الزراعة بالعلاقة مع أمراض المحصول من الأهداف الأساسية وذلك بهدف تقليل فترة تَعَرُّض المحصول في المرحلة الحساسة من عمر النبات المضيف إلى اللقاح

الممرض أو النواقل الحشرية للعوامل الممرضة. وتتضمن تفادي الظروف الجوية المفضلة للعوامل الممرضة في فترة حساسية العائل.

إن البيئة المفضلة (الحرارة – الرطوبة – الإضاءة – التربة – عمر العائل) عامل أساسي لنمو وإمراضية مجتمعات العوامل الممرضة، وفي النواقل الحيوية للأمراض الفيروسية فإن مجتمع الحشرات الناقلة يبلغ الذروة في فترة محددة وإن كانت الظروف البيئية مناسبة للعوامل الممرضة وللعائل غالباً ما ينتشر المرض بنسبة مرتفعة، ولكن أيضاً من المحتمل أن يتمكن العائل من النمو في مدى أوسع من درجات الحرارة والرطوبة وذلك قد لا يكون مفضلاً للعوامل الممرضة أو نواقلها الحشرية. ويمكن الاستفادة من التباين في تفضيل الظروف البيئية للعائل والعامل الممرض في إدارة المرض، وتغيير موعد زراعة المحصول إحدى الطرق المتبعة لتحقيق ذلك، وغالباً المرحلة الحساسة من عمر النبات لا تتزامن مع الظروف البيئية الأكثر تفضيلاً للعامل الممرض (Zitter and Simons,1980).

وهناك العديد من الأمثلة حيث تنخفض نسبة الإصابة بالأمراض نتيجة التبكير أو التأخير في زراعة المحاصيل وبالتالي تُمَكّن العائل من تفادي الفترة الحرجة والهروب من الإصابة، حيث يؤدي التبكير بزراعة محصول البطاطا إلى الوصول إلى مرحلة تشكيل الدرنات قبل نشاط مجتمع حشرات المنّ الناقل للفيروسات، ولكن هناك عوامل محددة لتعديل موعد الزراعة لمكافحة المرض لأن هناك محاصيل محدودة تهاجم فقط من قبل عامل ممرض واحد، وزراعة محصول معين في موعد ما يمكن أن يساهم في خفض نسبة الإصابة بعامل ممرض ولكن مع الخطورة العالية في الإصابة بعامل ممرض آخر، ويسهم التأخير في زراعة البازلاء مثلاً في خفض الخسائر التي يسببها مرض عفن الجذور والذبول ولكن يزيد من تعرض المحصول لمرض البياض الدقيقي والصدأ في مرحلة تشكل القرون.

و عمق زراعة البذور يُمَكِّن العائل من تفادي العوامل الممرضة، ومن المعروف أن الزراعة غير العميقة للبذور يخفض من مرض سقوط البادرات نتيجة سرعة ظهور

البادرات، وكما في حالة مرض خناق القطن ومرض تفحم البصل ومرض التفحم اللوائي في القمح ومرض القشرة السوداء في البطاطا، فمع زيادة عمق زراعة البذور تتاح الفرصة للعوامل الممرضة المحمولة بالتربة من غزو البذور والبادرات.

3-2-5- المسافة بين النباتات والكثافة النباتية:

من البديهي أن الجانب الاقتصادي له وظيفة مهمة في اختيار كثافة النباتات حتى مع إمكانية الإصابة بالأمراض المختلفة في ظل ظروف معينة، ومن العوامل المحددة التنافس بين النباتات على الضوء والغذاء والماء وتأثير البيئة الصغرى Microclimate حول النباتات وسلوك النواقل الحشرية وطبيعة العوامل الممرضة وطريقة إحداث الإصابة ونوع الإصابة إذا كانت موضعية أم جهازية. وهذه العوامل قد تجتمع وتتداخل في تأثيرها مما ينعكس في النهاية على الإصابة المرضية. وترتبط كثافة العائل النباتي كعامل أساسي في تأسيس وتطور إصابة الأجزاء الخضرية والجذور بالأمراض، كذلك يؤثر تحديد المسافة بين النباتات بواسطة معدل الزراعة أو التشتيل على ظهور الأمراض، سواء عبر تقارب الجذور في العوامل الممرضة المنقولة بالتربة أو بواسطة تلامس وكثافة المجموع الخضري في العوامل الممرضة التي تصيب الأجزاء الهوائية. كذلك تؤثر كثافة الزراعة على البيئة الصغرى للمجموع الخضري وعلى درجة الحرارة والرطوبة النسبية فوق وتحت سطح التربة، وبالتالي تؤثر في التظليل، وتعتمد الزراعة حالياً على زيادة زيادة الكثافة النباتية بهدف زيادة الإنتاج، ولكن ذلك لا يتحقق دون زيادة معدل التسميد والري، وقد يؤدي ذلك في حال زيادة الرطوبة ونقص التهوية إلى الانتشار السريع للعديد من العوامل الممرضة مثل مرض سقوط البادرات واللفحة المتأخرة على البطاطا والبياض الدقيقي على الكرمة، كذلك أمراض البياض الزغبي التي تصيب كثير من المحاصيل مثل العنب والبصل والخس ولفحات الأوراق في الشوندر السكري وتبقعات الأوراق في نباتات العائلة الباذنجانية والعوامل الممرضة البكتيرية، وتنتشر الإصابة بالفيروسات التي تنتقل ميكانيكياً كما في حالتي فيروس موزاييك الفاصولياء العادي (BCMV) وفيروس X البطاطا (PVX) وذلك عندما تكون النباتات كثيفة عنها

في حالة النباتات المتباعدة. وتؤدي كثافة زراعة البذور في المشاتل إلى الاستعداد المسبق للتعرض لمرض سقوط البادرات لأن كثافة الشتول تؤدي إلى ضعفها وسوء تهوية وزيادة رطوبة التربة، وهي الظروف البيئية المناسبة لنمو مسببات مرض سقوط البادرات، كما قد تؤدي الكثافة في المرحلة المبكرة من عمر البادرات إلى نقص الإضاءة وبالتالي إلى استطالة الشتول وتأخير صلابتها في الوقت المناسب، ويبدأ انتشار مرض اللفحة المتأخرة في البطاطا من الدرنات المعدة للزراعة المصابة، ويلاحظ تأسيس بقع الإصابة خلال أسبوع من الزراعة حول النبات المصاب التي تنتشر تدريجياً في محيط البؤر والحقل بواسطة الأبواغ، ويزيد تلامس الأوراق والمجموع الخضري في انتقال العدوى بين النباتات، وتزداد نسبة انتشار المرض مع زيادة الكثافة النباتية خاصة بعد إضافة معدلات مرتفعة من الأسمدة والري. ويلجأ مزارعو محصول الحُمّص إلى زراعة البذور على مسافة 20-25 سم بين الخطوط لتفادي الخسائر التي يسببها مرض لفحة أسكوكيتا. وهناك علاقة تآثر بين معدل التسميد النتروجيني ومسافة الزراعة في لفحة أوراق الرز البكتيرية *Xanthomonas oryzae* pv.*oryzae*، وتزداد نسبة انتشار وشدة المرض مع زيادة كثافة الزراعة مع معدل سماد نتروجيني أعلى من 100 كغ/هكتار، كذلك هناك العلاقة وثيقة لظروف البيئة الصغرى تحت الغطاء النباتي مع زيادة انتشار مرض البياض الزغبي على الكرمة *Plasmopara viticola*، وعند النصح في معدل زراعة البذور يجب أن يوضع بالاعتبار أن زيادة البذور تؤدي إلى زيادة في الإنتاج مع احتمال زيادة انتشار الأمراض، ولكن قد يؤدي في ظروف مختلفة إلى إنتاج أعلى. وهناك بعض الأمثلة على أن الزراعة الكثيفة قد تسهم في الحد من الأمراض كما في بعض الأمراض الجهازية مثل بعض الأمراض الفيروسية، ووفقاً لنظرية Van der Plank في عام 1947 بإن معدل الإصابة بالمرض الجهازي في الحقل يتناقص مع زيادة كثافة النباتات السليمة، ونسبة إصابة البندورة بفيروس التفاف وتجعد أوراق البندورة *Tomato yellow leafcurl virus* الذي ينتقل بالطريقة المثابرة بواسطة حشرة الذبابة البيضاء *Bemisia tabaci* تنخفض مع زيادة الكثافة

النباتية، وأشار Sastry ورفاقه في عام 1976 بأن زيادة المجتمع النباتي من 30 إلى 90 نبات في المتر المربع أدى إلى خفض نسبة انتشار المرض.

3-2-6- إدارة وتنظيم الري:

يتفاعل تأثير الري على أمراض المحاصيل مع معظم عوامل التطبيقات الزراعية الأخرى، وهدف الري هو ترطيب التربة فقط إلى الحد الذي تتمكن فيه جذور النبات من الحصول على الاحتياج المائي والغذائي بسهولة، وقد يؤدي أي فائض في الماء أو زيادة الرطوبة الأرضية إلى التأثير المباشر على العوامل الممرضة ونشاطها وتكاثرها وبالتالي على وجود وانتشار المرض أو نتيجة التأثير غير المباشر على العائل النباتي، وتزداد الرطوبة النسبية تحت الغطاء النباتي وتنخفض الحرارة، وعلى العكس تفضل بعض الأمراض التربة الجافة ونقص الماء. ومن العوامل الممرضة التي تفضل التربة الرطبة أو الرطوبة النسبية المرتفعة مرض سرطان البطاطا *Synchytrium endobioticum* ومسببات مرض سقوط البادرات في المشاتل وعفن جذور وساق الحمضيات *Phytophthora* spp. ولفحة سكليروتينيا *Sclerotinia sclerotiorum* ومسببات الذبول ونيماتودا تعقد الجذور واللفحة المتأخرة على البطاطا والبياض الزغبي والذبول البكتيري على البندورة والبطاطا. ومن العوامل الممرضة التي تفضل التربة الجافة ونقص الماء لفحة البادرات المسبب فطر *Fusarium* spp. ومرض الجرب العادي في البطاطا *Streptomyces scabies* ومرض التبقع البني على الرز *Helmenthosporium oryzae*، وتختلف الآلية التي تحد فيها رطوبة أو جفاف التربة من الأمراض أو تشجعها وذلك باختلاف تفاعل العامل الممرض-العائل. وأفضل مثال يوضح العلاقة بين الري وانتشار الأمراض في مرض الجرب العادي في البطاطا *Streptomyces scabies* لأن الحد من انتشار المرض يرتبط بالتحكم برطوبة التربة، وذلك بأن تكون رطوبة التربة قريبة من السعة الحقلية خلال مرحلة تشكل الدرنات (Lapwood, et *al*.,1973)، وأن معاملة التربة بالمركبات الكيميائية والأسمدة تتأثر بتوقيت وكمية الري ويتم تكرار الري وفق طبيعة التربة مع الأخذ بالحسبان توزع مياه

الري بشكل متناسب والابتعاد عن الري في مراحل النبات الحساسة للمرض وأن يكون التصريف جيد (Singh,1998). وتستخدم طرق مختلفة للري وهي الري السطحي والري بالرش والري بالتنقيط، ويؤثر كل منها على المرض النباتي بطريقة مختلفة مع تداخل العوامل الأخرى مثل أشعة الشمس وحرارة الجو والرطوبة النسبية وتكوّن الندى، وكل هذه العوامل تؤثر على انتشار وحيوية اللقاح وقدرة الطفيل على إحداث الإصابة. وتؤثر طريقة الري على نشاط وحيوية الأطوار والأشكال المختلفة للعوامل الممرضة مثل الأجسام الحجرية، وعلى حركة العوامل الممرضة ضمن التربة، كما ارتبط انتشار العديد من أمراض النبات بعد استخدام الري الرذاذي خاصة الأمراض البكتيرية والفطرية (Palti,1981). وقد لوحظ زيادة إصابة البندورة بتبقع الأوراق عند استخدام طريقة الري بالرش في حين ازدادت إصابة النباتات بالبياض الدقيقي عند استخدام طريقة الري السطحي لحاجة الفطر إلى فترات جافة لكي تنتشر الإصابة. ووجد أن الري بالتنقيط يقلل من حرارة التربة حول الجذور وبالتالي زيادة نشاط كائنات التربة المنافسة لفطريات أعفان الجذور. كما يمكن التحكم في الرطوبة الأرضية بتنظيم عملية الري مع الاهتمام بنظام الصرف سواء بعمل المصارف العادية أو المصارف المغطاة. وقد وجد أن الصرف الجيد يساعد على مقاومة أمراض ذبول البادرات كما يفيد في الإقلال من مرض صدأ الخوخ وتثقب الأوراق في الخوخ.

3-2-7- إدارة تغذية النبات:

يحصل العائل النباتي على العناصر المعدنية من التربة ويحصل العوامل الممرضة على العناصر المعدنية ومصادر الطاقة من العائل، ولعل أهم هدف لعملية التسميد للوقاية من الأمراض النباتية هو تجنب حدوث إجهاد قد يخفض من مقاومة النبات للمتطفلات الاختيارية. وتحدد العناصر المعدنية في النبات مع باقي العوامل البيئية إن كان ملائماً كمصدر غذاء لهذا المتطفل، وتؤثر التغذية على سرعة نمو النبات وعلى استعداد النباتات للإصابة بالعوامل الممرضة وتختلف الأنواع النباتية، وكذلك تختلف الأصناف في مدى حاجتها للغذاء للحصول على أعلى إنتاجية ومنع حدوث إجهاد للنبات، وتختلف الحاجة

للغذاء حسب عمر النبات من البذر حتى الحصاد. وتؤثر إضافة الأسمدة المختلفة إلى التربة على وجود العوامل الممرضة بشكل مباشر أو على الكائنات الحية والعائل بشكل غير مباشر. ومعايير التأثير على العائل هي النمو الجيد وقد تؤثر بدورها في فرصة هروب المحصول من الإصابة والذي يتأثر بدوره بعوامل المناخ، ومعدل النمو بما يمكنها من تقصير المرحلة التي يكون النبات فيها أكثر قابلية للإصابة، والصفات التشريحية والوصفية مثل سماكة البشرة والاحتواء على اللجنين، ومن المعايير معدل النمو الذي يحدد قدرة النبات على الهروب من المرحلة الحساسة من عمر العائل أو سرعته في تشكيل الأنسجة وسماكتها، إلى جانب التأثير في التفاعلات الفيزيولوجية والبيوكيميائية.

أما معايير تأثير التغذية على العامل الممرض فهي معدل الاختراق وتشكيل المستعمرات وسرعة التضاعف أو التكاثر ومعدل النمو النسبي للتطور والتنافس والتضاد خاصة في التربة، كذلك التأثير السام المباشر لبعض الأسمدة مثل اليوريا على بعض العوامل الممرضة، ومن المعايير القدرة على تغيير درجة حموضة التربة والتي قد تكون مفضلة لبعض العوامل الممرضة أو التي تحرض تطور التضاد. ويؤدي تطبيق جرعة من النتروجين ضعف الكمية الطبيعية إلى ظهور نموات خضرية حديثة في النبات ويؤخر النضج، وتفضل العوامل الممرضة مهاجمة الجزء النباتي الغني بالنتروجين، وتحدث زيادة في نسبة الإصابة بمرض اللفحة المتأخرة في البطاطا إثر التسميد النتروجيني وبالتالي زيادة كثافة المجموع الخضري والرطوبة، وفي هذه الحالة يمكن إما خفض معدل التسميد النتروجيني أو تنظيم المسافات بين النباتات لتنشيط التهوية وخفض الرطوبة، ومن العوامل الممرضة التي يؤدي زيادة التسميد النتروجيني إلى زيادة انتشارها الصدأ والبياض الدقيقي وموزاييك التبغ والعفن الطري في البطاطا. ولا يمكن عكس الحالة بمعنى إن نقص التسميد النتروجيني لا يحمي من الإصابة ويصبح نمو النبات ضعيفاً وبطيء التطور والنضج، وتؤثر أشكال محضرات المواد الكيميائية وكمياتها وتوزعها في المركبات المغذية ونشاط الكائنات الدقيقة في التربة، ويمكن

للمركبات المغذية أن تتواجد في حالات أكسدة مختلفة ويتضمن ذلك الحديد والنتروجين والفوسفات والكبريت والمنغنيز والنحاس. وقد أدت إضافة نترات الأمونيوم كسماد إلى خفض نسبة انتشار فطر ذبول القطن *Verticillium* spp. ولكن ليس بشكل أمونيا أو نترات بشكل منفرد (Huber and Watson, 1974). ومن المعروف أن نقص العناصر الكبرى والصغرى في التربة يؤدي إلى ضعف النبات وبالتالي قابليته للإصابة بالأمراض، فنقص النتروجين يؤدي إلى انتشار بعض أنواع مسببات الذبول ونقص البوتاس إلى انتشار صدأ النجيليات والبياض الدقيقي والتبقع البني في الرز (Campbell,et *al*.,1985)، ويؤدي نقص الكالسيوم في بعض المحاصيل مثل البطاطا وبعض الأشجار المثمرة مثل التفاح إلى عفن الدرنات والثمار نتيجة الإصابة بالفطريات، مثل عفن مونيليا *Monilinia* spp. والبكتيريا مثل *Erwinia* spp.، ومع ارتفاع نسبة الكالسيوم تصبح الدرنات جيدة وبنية الجدار الخلوي مقاومة لاختراق العوامل الممرضة (McGuire and Kelman,1986)، ووجد أن معاملة الثمار بالكالسيوم ساهمت في خفض تدهور ثمار التفاح والإجاص نتيجة الإصابة بأمراض بعد الحصاد (Conway, et *al*.,1992;1994)، وتعتمد إدارة الأمراض لتحديد تأثير نقص العناصر على حدوث وتطور المرض بتحليل التربة والأوراق والثمار.

يمكن لمسببات الأمراض الفطرية والبكتيرية والنيماتودا أن تتحمل مدى من درجات حموضة التربة حيث تنمو فيه المحاصيل بصورة طبيعية، وهناك بعض العوامل الممرضة حدود تحملها ضيقة بحيث يمكن لإدارة درجة حموضة التربة أن تسهم في الحد من انتشار هذه العوامل، وتؤثر درجة حموضة التربة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة على سرعة دورة حياة العوامل الممرضة وكثافتها، كما في أمراض عفن جذور القطن *Phymatotrichum omnivorum* والجرب العادي في البطاطا *Streptomyces scabies* والذبول *Verticillium albo-atrum* و*V. dahliae* وذبول البازلاء *Fusarium oxyspporum* f.sp. *pisi* وأمراض أخرى تفضل ترب قلوية، في حين تفضل مسببات أمراض مثل ذبول القطن والبندورة الفوزاريومي والجرب المسحوقي في

البطاطـا *Spongospora subterranean* وسـرطان البطاطـا *Synchytrium endobiotichum* والذبول البكتيري في البطاطا *Ralstonia solanacearum* وعفن جذور التبغ وأمراض أخرى ترب حامضية، ولا تتطلب كل هذه الأمراض إدارة درجة حموضة التربة كخطوة أساسية في إستراتيجية إدارة المرض، ولكن بعضها مثل الجرب العادي في البطاطا يمكن أن يستجيب بشكل كبير لتغيير حموضة التربة، ولذلك فإن اختيار مصدر النتروجين ونوعه يمكن أن يتم لصالح العائل وضد العامل الممرض، وتختلف حساسية سلالات العوامل الممرضة تجاه التغيرات في درجة حموضة التربة. أدت زيادة درجة حموضة التربة إلى 7 نتيجة إضافة كربونات الكالسيوم إلى نتائج جيدة في مكافحة مرض الجذر الصولجاني في الصليبيات *Plasmopara brassicae*، ويضاف الكالسيوم عادة قبل الزراعة بأسبوعين، وعند مقارنة تأثير كربونات الكالسيوم وكربونات الصوديوم وسلفات الكالسيوم أدت إضافة الكالسيوم بمعدل 10-20 طن/هكتار إلى تغير درجة الحموضة من 6.7 إلى 7.9 وخفض نسبة المرض من 98% إلى 0.7%، وأدت إضافة كربونات الصوديوم إلى زيادة درجة الحموضة إلى 8.3 وخفض نسبة انتشار المرض إلى 1.6%، بينما أدت إضافة سلفات الكالسيوم إلى خفض طفيف في نسبة انتشار المرض (Fletcher, et *al*.,1982).

أدت التطبيقات الزراعية في الزراعة التكثيفية والمستمرة والتي تعتمد على إضافة المركبات الكيميائية المستخدمة كأسمدة بكميات كبيرة إلى فقد المواد العضوية وزيادة الحموضة مع تراكم العناصر السامة في التربة الخصبة، وأدت إلى خلق بيئة مفضلة لنمو وتطور العوامل الممرضة المحمولة بالتربة (Sun and Huang,1985)، وتحسين التربة بإضافة الأسمدة العضوية جيدة التخمير هو أحد الطرق الرخيصة والفعالة لتغيير بيئة التربة والأقل خطراً على البيئة وتؤدي إلى خفض العوامل الممرضة في التربة. واستخدم إضافة القش (بقايا المحاصيل الخضراء أو الجافة) مثل الفصة أوالقمح أوالذرة أو أوراق الصليبيات المقطعة ونشارة الخشب وغيرها إلى التربة للحد من انتشار العوامل الممرضة وبالنتيجة خفض عدد مجتمعات العوامل الممرضة، وذلك نتيجة لتشجيع التضاد

أو إنتاج السموم أو إنتاج المضادات الحيوية وأدت أيضاً إلى تحسين التربة، وقد تكون آليات العمل المختلفة في تحسين التربة نتيجة إضافة مختلف المركبات أو المواد النباتية غير المعروفة بالكامل ولكن دورها في الحد من مجتمعات العوامل الممرضة أثبت فعاليته، وهناك عدة فرضيات منها ما أشار إليه Stover في عام 1962 عن آليات تغير في البيئة الفيزيولوجية ودرجة حموضة التربة وثاني أوكسيد الكربون وتغير في تغذية النبات ومقاومة أو تحمل العائل والتضاد والتنافس، وبشكل مشابه فسر العديد من العلماء آليات تحسين التربة والتي يمكن اختصارها بأنها:

- تفادي المرض عبر تعديل المواصفات البيئية والفيزيائية والكيميائية للتربة لصالح العائل وإبادة العوامل الممرضة.
- مكافحة الأمراض المحمولة بالتربة وعلى الجذور بواسطة تأثير المركبات المحللة والأحياء الدقيقة في استقلاب الأحياء الدقيقة والعوامل الممرضة والعائل.
- القضاء على العوامل الممرضة بشكل مباشر بواسطة التضاد.

واقترحت العديد من خلائط البقايا النباتية والمركبات لتحسين التربة اعتمدت على دراسة درجة حموضة التربة المفضلة للعوامل الممرضة وعلى تأثير التضاد ونسبة كل من عناصر السمادية إلى بعضها وعلاقتها مع الأحياء الدقيقة والرطوبة النسبية ومع العوامل البيئية الأخرى.

واتجهت إستراتيجيات إدارة أمراض النبات إلى معاملة سطح التربة، ومنها إبقاء سطح التربة جافاً أو وضع حواجز للحد من ملامسة الأجزاء النباتية أو الثمار للعوامل الممرضة المحمولة بالتربة، ومنها المعالجة الحرارية للتربة والفلاحة العميقة لقلب سطح التربة، وتشميس التربة بهدف التعقيم بحرارة أشعة الشمس بعد ترطيب التربة وتغطيتها بغطاء البولي ايثيلين (سماكة حوالي 25 µm) خلال الصيف تطبيقاتٍ في إدارة النظم الزراعية للحد من العوامل الممرضة المحمولة بالتربة، وتكون درجة الحرارة تحت الغطاء أعلى من درجة الحرارة خارجه بحوالي 13°م وتصل عموماً إلى 50-55°م على

عمق 8 سم وهي كافية لقتل العديد من أنواع العوامل الممرضة المحمولة بالتربة، وأشار Martyn وHartz في عام 1986 إلى نجاح مكافحة مرض ذبول البطيخ الأحمر بواسطة تشميس التربة على أعماق 2 سم و10 سم و20 سم و30 سم وعند درجات حرارة 60°م و50°م و37°م خلال 30-60 يوم من التشميس خلال الصيف الحار. وتقتل معظم أنواع النيماتودا في درجة حرارة التربة أعلى من 47°م وقضت على 98% من مجتمع النيماتودا *Globodera rostochiensis* على عمق 10 سم من التربة، وفي إيطاليا خلال أسبوعين من التشميس قضت على نيماتودا *Ditylenchus dipsaci* وبنسبة مشابهة لاستخدام التبخير بمركب D-D بمعدل 300 ل/هكتار ووجد 1.6% من النيماتودا بعد 8 أسابيع من التشميس ونتائج مماثلة في مكافحة النيماتودا *Heterodera carotae* و *Meloidogyne javanica* (Greco, et *al.*,1985).

3-2-8- تقليص انتقال اللقاح الممرض من محاصيل الحقول المجاورة:

إن أحد أهم أسباب فشل معايير إدارة أمراض النبات هو غياب تطبيق مماثل أو مشابه في الحقول المحيطة والمجاورة والمستملكة من قبل مزارعين آخرين، ومن المعروف أن المحاصيل المجاورة تعتبر مصدر العدوى بالعوامل الممرضة، عموماً يزداد خطر الإصابة عندما يكون مجتمع العوامل الممرضة في مرحلة إنتاج الأبواغ، أو العوامل الممرضة التي تنتقل بواسطة الحشرات كالأمراض الفيروسية، وأن يكون لهذه العوامل الممرضة مدى عوائلي واسع، وهذه العوامل الممرضة مستمرة كمصدر خطر دائم طول موسم زراعة المحصول ويمكنها الانتقال بسرعة وتستخدم عدة وسائل انتقال مثل الرياح. كذلك فإن مصدر خطر الإصابة يرتبط بمدى حساسية المحاصيل المجاورة للعوامل الممرضة ومرحلة نمو هذه المحاصيل وموعد الحصاد وارتباط ذلك مع المحصول المزروع، ولذلك هناك عدة مقترحات توجه لمزارع المحصول أو للمزارعين في الحقول المجاورة مثل الإبقاء على مسافة للعزل بين المحاصيل واتخاذ الاحتياط من اتجاه الرياح خلال الموسم وحرق بقايا المحاصيل السابقة والفلاحة العميقة للتربة مع تحديد موعد زراعة يتناسب مع المحاصيل المجاورة.

3-2-9- اختيار أصناف المحصول:

نوقشت ضمن إدارة العائل النباتي، ومن المفضل اختيار صنف أو صنفين من المحصول مقاومين لأهم العوامل الممرضة في المنطقة، والتأكد من أن الأصناف المختارة ذات النمط الشكلي الواحد وراثياً في مقاومة للأمراض.

3-3- صحة الحقول والنبات Field and plant sanitation:

إن صحة الحقول والنبات من أهم أجزاء الإدارة المتكاملة لأمراض النبات بواسطة التطبيقات الزراعية، وتهدف أساساً إلى إبادة أو خفض اللقاح الممرض وهي خطوة أساسية، حتى إن كانت البذور المستخدمة في الزراعة خالية من العوامل الممرضة وسليمة فإن أخذ الاحتياط بتطبيق العمليات الزراعية مثل الدورة الزراعية وتعديل موعد الزراعة والحصاد وعمق زراعة البذور، كذلك في معاملة البذور بالمركبات الكيميائية الوقائية والعلاجية، ويهدف بالإضافة إلى الاهتمام بصحة وسلامة الحقول وإبادة اللقاح الممرض في الحقل إلى الاهتمام بعدم دخول عوامل ممرضة جديدة إلى الحقول السليمة، وذلك بالتأكد من سلامة المواد النباتية المستخدمة في الزراعة ومياه المستخدمة في الري وخلوها من العوامل الممرضة كذلك سلامة باقي المنشآت وحيوانات المزرعة، خاصة وإن العديد من العوامل الممرضة تنتقل بواسطة الرياح والنواقل الحشرية ومصادر الانتقال الأخرى.

3-3-1- الدورة الزراعية Crop rotation:

ويقصد بالدورة الزراعية تعاقب زراعة محاصيل اقتصادية مختلفة في مساحة معينة من الأرض. وقد عرف الإنسان الدورة الزراعية واستخدمها قبل أن يصل العلم إلى تفسير جودة المحاصيل عند اتباع نظام الدورة الزراعية بالمقارنة بزراعة محصول واحد لسنوات طويلة، ومن الناحية الإنتاجية فإن زراعة محصول معين في منطقة ما لعدة سنوات متتالية يؤدي إلى خفض إنتاجية المحصول سنة بعد أخرى، ذلك على الرغم من أن أشجار الفاكهة تستمر لعدة سنوات، وفي حالة بعض المحاصيل تحت ظروف

اقتصادية معينة يتحتم زراعة محصول واحد بصورة مستمرة في نفس الأرض، كما في كثير من زراعات القمح بالولايات المتحدة وزراعة الأرز باليابان وقصب السكر في كوبا، ويرجع ذلك إلى أن تلك المحاصيل تدر ربحاً كبيراً في تلك البلاد بحيث تغطى نفقات مكافحة الأمراض التي تزداد شدتها سنة بعد أخرى.

وتعتبر الدورة الزراعية بصفة عامة من أقدم وأكثر الطرق فاعلية لمقاومة الأمراض النباتية التي تنشأ عن عوامل ممرضة تعيش في التربة وتصيب المحاصيل المختلفة. هذا بالإضافة إلى ما للدورة الزراعية من فوائد أخرى أهمها زيادة خصوبة التربة ومكافحة الآفات المرضية والحشرية والأعشاب الضارة، ويراعى في تصميم الدورة الزراعية أن تكون المحاصيل المزروعة غير قابلة للإصابة الكائنات الممرضة نفسها، وعليه يمكن الحد من تكاثر وانتشار مسببات الأمراض النباتية ذات المدى العوائلى الضيق. ولنجاح الدورة الزراعية في مكافحة مرض ما أن يصاحبها مكافحة للأعشاب التي تنمو مع المحاصيل المختلفة والتي قد تعول المسبب المرضي وتجدد نشاطه وتكاثره خلال فترة غياب العائل الأساسي، كما في حالة هالوك الفول ويمكن أن يتطفل على العديد من الأعشاب خلال غياب محصول الفول. أما في حالة المسببات المرضية ذات المدى العوائلي الواسع أو التي يمكنها أن تعيش حية بالتربة بعيدة عن عوائلها لفترة طويلة فإن اتباع الدورة الزراعية يصبح غير فعال أو كطريقة غير عملية ولكنها قد تكون مفيدة عن طريق خفض مجتمعات الكائنات الممرضة بالرغم من عدم استبعادها كلية.

وتوجد كثير من مسببات أمراض النبات في التربة ومن أهمها فطريات الذبول الوعائى وموت البادرات وأعفان الجذور والنيماتودا، عموماً تحتوي التربة بعمق حتى 20 سم على أكثر مجموعات الفطريات والبكتيريا سواء المترممات أو المتطفلات، ويمكن أن تتواجد هذه المجموعات حتى عمق 40 سم ولكن بنسبة أقل، كما أن توزيع خصوبة التربة حسب العمق يتحكم أيضا في انتشار هذه الكائنات وكلما زادت خصوبة التربة زادت معها نسبة هذه الكائنات، وإذا كانت هذه العوامل الممرضة تنتج أبواغ ساكنة

أو أجسام حجرية فإنه يصعب مكافحتها عما إذا كانت على شكل هيفات نشطة أو أبواغ رقيقة الجدار، وعلى ذلك فإن معالجة العشرين سنتيمتر السطحية يكون لها تأثير واضح على مكافحة العوامل الممرضة. وتختلف العوامل الممرضة في قدرتها على النمو في التربة خاصة في غياب عوائلها، حيث يكون لبعضها القدرة على المعيشة المترممة. كما يتأثر نموها بمدى خصوبة التربة وفي درجة حرارتها، وإذا كانت التربة خفيفة أم ثقيلة. ومدى وجود الأعداء الحيوية من الكائنات الدقيقة الأخرى نتيجة لعملية التعقيم الجزئي للتربة. كما تؤثر رطوبة التربة على بعض الكائنات التي تعتمد في انتشارها على وجود الماء اللازم لسهولة حركة الأبواغ السابحة. وهناك شكلان أساسيان لإصابة النبات بكائنات التربة. فقد يحدث إصابة موضعية للجذر وقاعدة الساق، أو يحدث إصابة جهازية للنبات نتيجة اختراق العامل الممرض لجذر النبات وانتشاره داخل النبات. والفرق بين الحالتين هو حدوث إصابة في جزء من الجذر والساق في المكان الذي يوجد فيه العامل الممرض، ولا تمتد إلى أماكن أخرى إلا إذا أصيب هذا الجزء نتيجة لكثافة اللقاح المعدي في التربة، أما في حالة الإصابة الجهازية فإنه يكفي حدوث الإصابة في نقطة واحدة ليمتد المرض إلى منطقة أخرى في النبات. وعلى ذلك فإن المكافحة لا بد وأن تكون كاملة وتامة في حالة العوامل الممرضة المسببة لأمراض الذبول الوعائي. وتعد المدة التي يستمر فيها بقاء المحصول في التربة هامة خاصة بالنسبة لفترة نشاط العوامل الممرضة وقدرتها المرضية. فإذا كانت مدة نمو المحصول قصيرة فإنه قد لا يتأثر حتى لو لم تطبق معاملة التربة، بينما إذا كانت تلك الفترة طويلة فإن التأثير سيكون بالغاً لو لم تجرى معاملة التربة بكفاءة. وإذا كانت التربة تزرع بمحصول واحد فمن الواجب معالجتها بصورة منتظمة. أما إذا كانت تزرع بمحصولين يتبع أحدهما الأخر فيؤخذ في الاعتبار نوعية المحاصيل المزروعة ومدى إصابتها من عدمه بنفس العوامل الممرضة في التربة، وتأثير كل محصول على زيادة أو نقص كثافة العوامل الممرضة. ومثالٌ على ذلك تعاقب المحاصيل النجيلية مع أحد محاصيل الخضار أو تعاقب محاصيل الخضار بمحصول خضار آخر من نفس العائلة.

وعموماً للحصول على أفضل فاعلية وكفاءة في مكافحة العوامل الممرضة فيجب مراعاة العوامل الآتية:

أ- توزيع الكائنات الممرضة في التربة وطبيعة التراكيب الحية لها.

ب- نمو العوامل الممرضة في التربة.

ت- فترة بقاء المحصول في التربة أو مدة تعرضه للإصابة.

ث- نوع الإصابة التي يحدثها العامل الممرض (موضعية أم جهازية).

ج- طبيعة المحاصيل المزروعة ونظام تعاقبها.

ح- المدى العوائلي للعوامل الممرضة ومدة حيويتها في التربة.

3-3-2- مدة الدورة وترتيب المحاصيل بها:

يتحكم في اختيار وترتيب المحاصيل الداخلة في الدورة الزراعية عدة عوامل منها الآفات والأمراض النباتية التي تصيب المحاصيل المختلفة ومدى إجهاد المحاصيل المختلفة للتربة ونوعية التربة والقيمة الاقتصادية للمحاصيل المزروعة. لذلك لا ينصح بتعاقب محاصيل تنتمي لعائلة نباتية واحدة نظراً لاحتمال إصابتها بنفس العوامل الممرضة. كما لا ينصح بتعاقب محاصيل تكوّن نموات أرضية متشابهة مثل الدرنات والجذور الشحمية حيث يزيد ذلك من احتمال إصابتها بعامل ممرض واحد. كذلك فترة بقاء المحصول بالأرض يجب أن تكون موضع اعتبار عند تصميم الدورة، فكلما زدات فترة بقاء المحصول بالأرض كلما زادت فرصة تعرضه للإصابة، كما يراعى عند زراعة أرض موبوءة بالعوامل الممرضة مثل مسبب الجرب العادي في البطاطا أن تزرع بمحاصيل غير قابلة للإصابة بالعامل الممرض، لأن ذلك يعمل على تجويع العامل الممرض والقضاء عليه. وتتوقف فاعلية هذا الإجراء على مدى قدرة الطفيل على المعيشة المترممة.

3-3-3- إدارة النفايات الزراعية:

تبقى معظم بقايا المحصول خاصة الجذور في الحقل والبقايا النباتية المصابة ليست فقط مصدر اللقاح لمعظم المسببات المرضية الفطرية للمحاصيل اللاحقة، بل هي مصدر

تغذية وتكاثر العوامل الممرضة ومكان لبقاء كافة الأطوار الحية والساكنة، مثل مسببات أمراض التفحم ومرض العفن الأبيض في البصل والثوم، ومثل أبواغ مسببات مرض البياض الزغبي في الذرة والبازلاء والعنب التي تكون ضمن البقايا النباتية المصابة في التربة، وفي بعض المناطق تبقى أبواغ ساكنة في البقايا النباتية مثل مرض صدأ الكتان ومسببات اللفحة المبكرة على البطاطا والبندورة، ويسهم إبادة البقايا المحاصيل المصابة بهدف خفض مجتمع العامل الممرض مصدراً للعدوى في مكافحة العديد من المسببات المرضية، ويطبق إجراء حرق بقايا المحاصيل منذ آلاف السنوات، كما ينصح بفلاحة عميقة للتربة في المناخ الحار مع التشميس، ويتبع تناوب ترطيب وتجفيف التربة والفلاحة العميقة لإبادة الأجسام الحجرية مثل فطر *Sclerotinia sclerotiorum* و*Sclerotinia rolfsii*، ومن الضروري التخلص من درنات البطاطا الباقية وبقايا المحصول في الحقل، لأنها مصدر للعديد من المسببات الفطرية والبكتيرية مثل العفن الطري في البطاطا .*Erwinia* spp حيث تبقى في الجهاز الهضمي لبعض الحشرات مثل *Hylemya platura* وذبابة الفاكهة *Drosophila melanogaster*، ومن الشائع وجود هذه الحشرات على بقايا المحصول وهي تنقل البكتيريا (Singh,1989). وفي لفحة أسكوكيتا الحمص أيضاً تنمو بعض الأطوار أو تبقى ساكنة في بقايا المحصول خلال الشتاء، وتشكل الأوراق المتساقطة المصابة مصدر للقاح الممرض في الموسم التالي، كما في أوراق العنب المتساقطة المصابة بفطر البياض الزغبي في العنب *Plasmopara viticola* أو أوراق التفاح المصابة بفطر جرب التفاح *Venturia inaequalis*. وتنتشر كثير من الأمراض النباتية عن طريق التسميد العضوي وخاصة تلك العوامل الممرضة التي تكون أجسام ساكنة. كذلك فإن بعض العوامل الممرضة يمكنها أن تمر سليمة خلال القناة الهضمية للحيوانات لذلك يجب مراعاة عدم استخدام السماد العضوي وما يضاف إليه من مخلفات نباتية إلا بعد طمرها لفترة زمنية كفيلة بالقضاء على هذه العوامل الممرضة نتيجة للتخمرات والتي يصاحبها ارتفاع في درجات الحرارة كفيلة بالقضاء على المسببات المرضية.

4-3-3- معاملات التربة Soil treatment:

يستعمل الهواء الساخن أو البخار والتسخين الشمسي والمواد الكيميائية من أجل تعقيم التربة. وتعتمد كفاءة كل من هذه المعاملات على عوامل مختلفة تشمل نوع التربة – المحتوى الرطوبي - حرارة التربة - أنواع العوامل الممرضة المطلوب مكافحتها - كثافة اللقاح - سرعة إعادة غزو التربة بواسطة العامل الممرض - مدة بقاء المحصول في التربة المعاملة وأخيرا تجهيزات ما قبل معاملة التربة.

أ- التعقيم بالبخار:

حتى وقت قريب كان البخار يستعمل بصورة شائعة لتعقيم التربة، ففي عام1977 قدر أن حوإلى نصف مزارعي البندورة في المملكة المتحدة قد استعملوا المعاملة البخارية قبل الزراعة. والتعقيم بالبخار من أكثر الطرق فاعلية لمكافحة آفات التربة، وقد وجد أن معظم الفطريات الممرضة للنبات تتأثر حيويتها عند رفع درجة حرارة التربة ما بين 50 و60°م ولفترة تتراوح بين 10 و30 دقيقة، كما تتأثر أغلب البكتيريا الممرضة عند التعريض لدرجة حرارة بين 60 و 70°م لفترة 10 دقائق، في حين تتأثر أغلب الفيروسات عند التعريض لدرجة 100°م لفترة 15 دقيقة. وعند المعاملة بالبخار ترفع درجة حرارة التربة إلى 75°م في الـ 20سم العليا، مما يضمن أن تصل جميع أجزاء التربة إلى الدرجة المميتة لمعظم الآفات، ويجب ألا تزيد درجة الحرارة عن 82°م حتى لا ينتج مستويات سامة من المنغنيز وأيونات الأمونيوم والنتريت، وذلك نتيجة لموت البكتيريا التي تحول أملاح النتريت إلى نترات وخاصة في التربة ذات المحتويات العالية من المادة العضوية أو في التربة ذات المستوى العإلى من المنغنيز، وفي هذه الحالات يجب عدم الزراعة في التربة المعاملة لفترة ستة أسابيع على الأقل.

ب- التعقيم الشمسي للتربة Soil solarization:

تستخدم الطاقة الشمسية في بعض مناطق العالم لرفع درجة حرارة التربة بدرجة تكفي لثبيط العوامل الممرضة، ويتم ذلك بتغطية سطح التربة برقائق البلاستيك الشفاف الذي يسمح بمرور الأشعة إلى التربة ولكنه لا يسمح بنفاذ الأشعة ذات الموجات الطويلة

من الارتداد إلى الوسط الخارجى وبذلك ترتفع درجة حرارة التربة. ولا يرجع التأثير المفيد لهذه العملية إلى ارتفاع حرارة التربة فقط ولكن إلى عوامل أخرى يؤدي وظيفة رئيسية في عملية ثبيط العوامل الممرضة، إضافة إلى حدوث بعض التغيرات المعقدة للخصائص الكيميائية والطبيعية والبيولوجية والتي تحسن من نمو النبات، وتجرى هذه العملية في فترة خلو الأرض من المحاصيل وفي أشهر الصيف الحارة، وهذه العملية عرفت منذ القدم عندما كانت تحرث الأرض وتترك معرضة لأشعة الشمس ويقلب سطحها عدة مرات لمقاومة آفات التربة خاصة النيماتودا، ولكن الاستخدام الحديث لهذه الطريقة بدأ مع استخدام رقائق البولى ايثيلين الشفاف بواسطة العالم Katan وزملائه في عام 1976 لتغطية وتسخين التربة. وقد وجد أن معظم الفطريات والبكتيريا والنيماتودا الممرضة للنبات تتأثر بهذه الطريقة غير أن هناك مسببات مرضية قليلة جداً هي التي لا تتأثر بهذه الطريقة. وتؤثر على كفاءة التسخين الشمسي رطوبة التربة ووقت المعاملة ونوع البلاستيك ولونه وسرعة الهواء وظروف التربة كالحرث الجيد وتخليص التربة من بقايا النباتات والتسميد العضوي للتربة. ووجد أن إضافة بقايا محصول الملفوف قبل التعقيم الشمسي ترفع من كفاءته، حيث تنتج مواد متطايرة مثل الايزوثيوسيانات وبعض الالدهيدات التي تضر بحيوية بعض الفطريات مثل *Fusarium* و*Pythium* و*Sclerotium*.

مميزات التعقيم الشمسي:

يعتبر من أهم ميزات المحافظة على البيئة وصحة الإنسان، وهو غير مكلف نسبياً في المحاصيل عالية القيمة. كما يعقب تطبيق التعقيم الشمسي زيادة في نمو المحصول، فقد أشار Gamlil وKatan في عام 1991 إلى زيادة في الوزن الجاف لشتلات البندورة تراوحت بين 9 و 152% في 24 موقعاً مختلفاً في نوع التربة بعد أربعة أسابيع من الزراعة، كما أدى إلى زيادة في محصول البندورة بنسبة 245%. ويعزى ذلك إلى تحرر المواد الغذائية المعدنية من المواد العضوية إلى محلول التربة فيزيد مستوى الأمونيوم والنترات والكالسيوم والمغنيزيوم والبوتاسيوم والفوسفور، ويزيد ذوبان المنغنيز والحديد

والنحاس في معظم الأراضي. وإلى تحلل المواد العضوية مما يزيد مستوى حمض Fulvic acid بدرجة قد تصل إلى 3-4 أضعاف، ومعروف أنه وحمض Humic acid يؤديان وظيفة رئيسية مواد حاملة للمواد المعدنية الدقيقة إلى الجذور مما يحسن التغذية المعدنية، إضافة إلى التأثير المباشر الإيجابي للمواد الدبالية على نمو النبات. ويؤدي إلى تحسين بناء التربة حيث يلاحظ تجمع حبيبات التربة وتحسن في تهويه التربة. كما يساهم في حدوث توازن ميكروبى جديد بعد المعاملة حيث تزيد أعداد أنواع تتبع جنس *Bacillus* spp. والذي له فعل التضاد مع العديد من العوامل الممرضة للنبات، على أن أعداد الكائنات الدقيقة الممرضة والنيماتودا تقل بدرجة كبيرة حيث تخفض إلى حوالي 90% من تعدادها قبل المعاملة.

عيوب التعقيم الشمسي وكيفية تفاديها:

- الانخفاض الشديد في أعداد الكائنات الدقيقة النافعة الموجودة في التربة، خاصة البكتيريا المثبتة للآزوت الجوي وفي هذه الحالة ينصح بالتسميد الحيوي بهذه البكتيريا النافعة.
- الامتناع عن الزراعة في الحقل من 4 إلى 8 أسابيع خلال أشهر الصيف الحارة. لكن ينصح بهذه المعاملة في البيوت الزجاجية والبلاستيكية حيث تكون خالية من الزراعة في هذا الوقت.
- هذه الطريقة غير متبعة في مشاتل المحاصيل ذات القيمة الاقتصادية العالية وعديمة الاحتمال للأمراض والنيماتودا حيث أن بعض الفطريات والنيماتودا لا تتأثر بهذه الطريقة. وأن انتقال بعض هذه الآفات إلى مناطق جديدة عن طريق الشتول أمر محتمل، ولذلك لا ينصح بهذه الطريقة وتستخدم طرق أخرى أكثر كفاءة.
- ينتج عنها كميات كبيرة من رقائق البولي إثيلين والتي قد تسبب مشكلة عند التخلص منها خاصة بطريقة غير مناسبة بيئياً كالحرق مثلاً، لكن لو انتشرت هذه الطريقة فيمكن إعادة تصنيع رقائق البولي ايثيلين مرة أخرى.

- تحتاج إلى توفر معلومات بيولوجية عالية لدى المستخدم بعكس المعاملة بالكيماويات وذلك للحصول على نتائج طيبة وبالتالى فهي تحتاج إلى متخصص لتنفيذها.

ت - معاملة التربة بالمواد الكيميائية:

عند اختيار أحد المركبات الكيميائية لتعقيم التربة فيجب أن يكون فعالاً وهو في حالته الغازية، ويمكن لهذا المركب أن يتخلل التربة ويتوزع بشكل متساوي ومتوازن وينتشر إلى مسافات عميقة حتى مع درجات الحرارة المنخفضة خلال فصل الشتاء. ويجب أن يكون قادراً على التأثير على العوامل الممرضة دون الكائنات النافعة في التربة وذلك خلال فترة زمنية قصيرة لا تزيد عن يومين. وبعد انتشاره في التربة يجب أن يتبخر من التربة أو يتحلل إلى مركبات غير سامة للنبات أو الإنسان عند نهاية المعاملة. كما يجب أن يكون قادراً على التأثير على بذور الأعشاب، ومن المفضل ألا يكون ذو رائحة كريهة وأن يكون معتدل السعر. ونظرا لأنه من الصعب أن تتوافر جميع الصفات السابقة في مركب واحد فإن الأفضلية تكون لمن يتوافر فيه أغلب هذه الصفات. مع مراعاة إعداد التربة قبل المعاملة واختيار المادة المستخدمة في التعقيم وطريقة معاملة التربة.

مزايا وعيوب معاملة التربة بالمواد الكيميائية:

- تؤدي معاملة التربة إلى زيادة نمو النباتات وذلك نتيجة القضاء على الكائنات التي تحدث ضرراً غير واضح للجذور الدقيقة، وبالتالي زيادة امتصاص الماء والمواد المغذية، هذا بخلاف القضاء على العوامل الممرضة للنبات.
- ينتج عن معاملة التربة بالكيميائية ظهور عزلات من العوامل الممرضة مقاومة لفعل المادة المستخدمة، ويحدث ذلك في الأماكن التي لم يصل إليها تركيز كاف لقتل العامل الممرض، مثل حواف المساحة المعاملة أو لوجود العوامل الممرضة على عمق لم يصل إليه المركب أو لوجود الطفيل داخل أجزاء نباتية سميكة أو مواد عضوية غير متحللة.

- عادة ما تؤدي معاملة التربة إلى ضرورة معاملتها بعد ذلك سنوياً، فمعاملة التربة ضد النيماتودا لا يقضي عليها قضاء كاملاً، وتتكاثر الأفراد التي لم تتأثر بمعدلات كبيرة نتيجة للقضاء على أعدائها الحيوية عند المعاملة، إضافة إلى زيادة نمو جذور النباتات بحيث تصبح بيئة مشجعة لنموها وتكاثرها، ويمكن الحد من ذلك بواسطة استخدام المركبات المتخصصة التي تقضي على العوامل الممرضة دون المترممات الموجودة في التربة، واستخدام التراكيز القليلة من المركب، خاصة إذا كان واسع المدى، وبذلك نضمن القضاء على العامل الممرض أساساً وبنسبة أقل على المترممات وبالتالي فإن نموها مرة أخرى يكون سريعاً في التربة، كما يمكن إضافة أحد الكائنات الدقيقة المعروفة بقدرتها على مهاجمة العامل الممرض كعنصر في المكافحة الحيوية، مع إضافة مواد عضوية متحللة وخالية من العوامل الممرضة إلى التربة لشجيع نمو عامل التضاد للعوامل الممرضة الموجودة في التربة.
- حدوث أضرار بيئية نتيجة المعاملة وخاصة بعد استخدام بروميد الميثايل حيث يؤدي إلى بقاء نسبة وإن كانت قليلة من المركب إلى تفاعلها مع المواد العضوية الموجودة في التربة وينطلق فيما بعد على صورة بروميد غير عضوي، وقد يزداد تركيزه إلى الحد السام لبعض النباتات الحساسة له مثل السبانخ والثوم والبصل، كما تمتص بعض محاصيل الخضار الورقية مثل الخس والسبانخ والبقدونس مادة البرومين بحيث يصل تركيزه فيها إلى الحد السام للإنسان، وللحد من هذه المشكلة يجب ري الأرض وصرفها مراراً، إلا أن ذلك يخلق مشكلة أخرى لانتقاله إلى مياه الصرف.

3-3-5- التبوير:

يسهم تبوير الحقول في خفض كمية اللقاح الممرض ويعطي الفرصة لتحلل البقايا النباتية المصابة مع غياب العائل، واتبع ذلك في مكافحة لفحة أسكوكيتا على البازلاء، وأن عملية الحرث تؤثر على العلاقة بين العامل الممرض وأعداؤه الحيوية في التربة

وعلى البيئة الطبيعية للنشاط الحيوي لكائنات التربة. وعندما تجرى حراثة للتربة يتم دفن البقايا النباتية على عمق يسمح بمهاجمة كائنات التربة لها وبالتالي إضعاف العامل الممرض، أو أن تكون على عمق أبعد من أن يصل إلى منطقة نمو الجذور، وتؤدي عملية الحرث إلى التخلص من كمية كبيرة من الأعشاب والتي تعمل كعوائل للعوامل الممرضة في غياب عوائلها الاقتصادية. كما تفيد عملية الحرث في توزيع المواد السامة التي قد تتكون في التربة نتيجة لإفرازات جذور بعض النباتات أو نتيجة لتحللها، وتوجد هذه المواد السامة في بقع متفرقة في الأرض وتحدث بقعاً بنية على جذور البادرات لبعض النباتات.

وقد اتبعت طريقة التطويف والتبوير لتخليص التربة من العوامل الممرضة مثل مسبب ذبول الموز في التربة حيث يؤدي إلى تحلل البقايا النباتية المصابة في التربة.

3-3-6- إدارة النباتات المصابة:

من أهم الاحتياطات لسلامة وصحة الحقول إزلة النباتات المصابة في الحقل دورياً، وكطريقة فعالة في خفض كمية اللقاح المعدي كمصدر لإنتشار العدوى الثانوية في الحقل خاصة في إدارة الأمراض الفيروسية، وينصح به تطبيقاً فعالاً في إنتاج بذار البطاطا وبذور فول الصويا والبقوليات خالية من الفيروس، وهذا الإجراء فعال فقط في حال وجود عدد محدود من أفراد مجتمع النواقل الحشرية أو بأطوار غير نشطة، وإن كان هناك بعض النواقل الحشرية فيفضل إزالة النباتات المصابة بعد إجراء رش بالمبيدات الحشرية، وينصح أيضاً في حالة مكافحة مرض التفحم السائب في القمح وإنتاج بذور خالية من العامل الممرض بإزالة النباتات المصابة في الحقل وذلك في مرحلة قبل نضج الأبواغ وانتشارها بواسطة الرياح، ويمكن تمييز أعراض الإصابة عند اصفرار الأوراق العلمية لنبات القمح، ومن الأهمية إزالة غراس الحمضيات المصابة بمرض التقرح البكتيري في الحمضيات المسبب بكتيريا *Xanthomonas campestris* p.v. *citri* في المشاتل مع حرق النباتات المصابة، ومن المعروف انتقال النيماتودا من جذور العائل المصاب الملامسة لجذور العائل السليم ومن الصعوبة إزالة النبات المصاب مع الجذور

التي تمتد لأمتار في محيط الشجرة المصابة، عموماً إزالة النباتات المصابة يتم في الحيازات الصغيرة وعندما تكون نسبة الإصابة بالمرض محدودة.

هناك العديد من عوامل ممرضة تتمكن من اختراق أجزاء النبات خلال فترة السكون وتتوضع غالباً بين حراشف أو في البراعم في الأشجار المثمرة والعنب وتبقى إلى حين تفتح البراعم، كما في مرض البياض الدقيقي في العنب *Uncinula necator* حيث تبقى الأبواغ وهيفا الفطر ساكنة في البراعم الخضرية، كذلك في مرض البياض الدقيقي على التفاح *Podosphaera leucotricha* تتشكل ميسيليوم ساكنة في براعم الأفرع الطرفية والجانبية الساكنة لتسبب الإصابة في الموسم التالي، وتكون الثمار المحنطة المتساقطة المصابة بمرض لفحة مونيليا أو العفن البني في التفاح واللوزيات مصدر عدوى للموسم التالي، كذلك تعتبر التقرحات على الأفرع وجذوع الأشجار مصدر العدوى للعديد من الأمراض مثل جرب التفاح واللفحة النارية على التفاح والإجاص، لذلك يوصى بإزالة الفروع المصابة وتعقيم مكان القطع وتقليم الأشجار وإزالة البقايا المصابة مثل الأوراق والثمار وحرقها. مع أخذ الحيطة باستخدام أدوات زراعية معقمة واستخدام طعوم سليمة وتأسيس البستان بزراعة نباتات سليمة وموثقة.

3-3-7- إدارة مياه الري:

يمكن أن ينتقل اللقاح الممرض عبر الحقل ومنه إلى حقول أخرى في المنطقة بواسطة مياه الري، ويعد المحصول المصاب في الحقل كمصدر عدوى لمحاصيل حقول أخرى عن طريق مياه الري، وذلك مثل انتقال الأبواغ الكونيدية لمسبب مرض العفن الأحمر لقصب السكر والأبواغ السبورانجية لمرض البياض الزغبي والأبواغ الزيجية لفطر عفن جذور وتصمغ الحمضيات، كذلك تنتقل عدة أنواع بكتيرية بواسطة مياه الري كما تحمل المياه البقايا النباتية المصابة إلى مناطق أخرى، كما في مرض اللفحة البكتيرية في الفاصولياء *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* ومرض تبقع الأوراق الزاوي في القطن *X. axonopodis* pv. *malvacearum*، وتنتقل النيماتودا مثل *Meloidogyne* spp. في محاصيل الخضار ونيماتودا الحمضيات *Tylenchulus*

semipentrans في جذور الحمضيات والنيماتودا المتحوصلة في الشوندر *Heterodera schachtii*، ويمكن بواسطة التطبيقات الزراعية الحد من انتقال المسبب المرضي بواسطة مياه الري وعند ري البساتين عدم مرور مياه الري من شجرة لأخرى، كذلك يمكن تفادي مرور المياه عبر قنوات ملوثة أو نطاق الحقل والذي عادة مغطى بالأعشاب الحولية والمعمرة المصابة بمختلف العوامل الممرضة.

3-3-8- فترة بدون الزراعة ومسافات بدون زراعة:

تهاجم العوامل الممرضة العوائل الثانوية والبديلة خاصة في فترة عدم وجود المحصول الرئيسي، وذلك إن كان العامل الممرض له مدى عوائلي واسع، وللحد من انتشار العوامل الممرضة يتطلب التعاون بين المزارعين في المنطقة ولاسيما عند انتشار العوامل الممرضة على محصول اقتصادي بصورة وبائية، ويعتمد فترة إبقاء الأرض بدون زراعة على خصائص العوامل الممرضة ودرجة تحملها البقاء بدون تغذية بغياب العائل، أو وجودها في طور سكون وقدرتها على تحمل مختلف عوامل الظروف البيئية أو الحيوية والفيزيائية، وهذا التطبيق يصبح فعالاً في العوامل الممرضة ذات القابلية المحدودة لبقاء الأطوار أو الأشكال في البقايا النباتية والتربة وفي إصابة الأعشاب. وعندما لا يتمكن العامل الممرض من النمو في المناطق المحيطة لمنطقة الإصابة يحد ذلك من انتشار المرض، ويطبق ذلك في العوامل الممرضة التي لا تنتقل بذرياً أو لا يوجد لها ناقل حشري، وإن وجد فإن مدى قدرته على الطيران لمسافات محدودة، مثل إحاطة مناطق زراعة الموز بنطاق خالي من الزراعة لمكافحة فيروس تورد قمة الموز *Banana bunchy top virus* ومنع انتقاله لمناطق أخرى، وذلك أحد تطبيقات لقواعد الحجر الزراعي الداخلي.

3-3-9- وضع حواجز من نباتات غير عائل:

وقد نوقشت في فقرة المحاصيل المختلطة، حيث تعتمد العديد من العوامل الممرضة في انتشارها على جذور النباتات القريبة من النباتات المصابة، ووجود نباتات غير عائل

يخلق حاجز يمنع انتشارها، وهو أحد معايير المكافحة المطبق في مرض الذبول البكتيري في الموز *Pseudomonas solanacearum*، ويتم قلع النباتات السليمة المحيطة بالنباتات المصابة في مرض تدهور الحمضيات المسبب النيماتودا *Radopholus similis* مما يحد من حركة وانتشار العامل الممرض، ولكن هذه الطريقة لا تعد فعالة لأن بعض النباتات لا تبدي أعراض إصابة كما جذور أشجار الحمضيات السليمة والمصابة تنمو متقاربة نتيجة المسافات المحدودة في الزراعة.

3-3-10- المحاصيل المصيدة ومحاصيل التضاد:

تزرع بذور بعض المحاصيل غير- العائل محصول تغطية ثم فلاحتها بهدف إضعاف اللقاح الممرض في التربة فيفقد العامل الممرض قدرته الإمراضية قبل زراعة المحصول العائل أو الحساس للإصابة. كما تؤثر في تنشيط الأطوار الساكنة من العوامل الممرضة الفطرية وأطوار النيماتودا، وتحرّض إنبات بذور النباتات الزهرية المتطفلة مثل الهالوك والحامول في غياب العائل. ومعظم هذه المحاصيل ذات قيمة اقتصادية منخفضة.

أما المحاصيل المصيدة فهي محاصيل عالية الحساسية للعامل الممرض وتزرع لجذب العامل الممرض الذي يستوطن التربة، ولكن المحصول معدّ للفلاحة أو الإتلاف قبل أن يتم العامل الممرض دورة الحياة، وهذه المحاصيل فعّالة في خفض مجتمعات نيماتودا تعقد الجذور والنيماتودا المتحوصلة، كما يزرع الكتان كمحصول مصيدة لبذور الهالوك، وتستخدم المحاصيل العدو Enemy crops أو التضاد لإفراز مواد سامة تقضي على النيماتودا في التربة (Alam, et *al*., 1992; Sikora,1992)، وهي محاصيل غير عائل مثل بعض أنواع الأعشاب وبعض أنواع الخردل والهليون *Asparagus officinalis* وأنواع *Crotalaria* و*Tagetes*، وتؤدي زراعة الصليبيات وقلبها في التربة قبل تطور نيماتودا المتحوصلة في الشوندر وفي البطاطا إلى خفض مجتمع النيماتودا في التربة (Singh and Sitaramaiah,1994; Hackney and Dickerson,1975) (جدول 7).

جدول 7. المحاصيل الطعم لخفض مجتمعات العوامل الممرضة في التربة*.

العامل الممرض	المحصول الرئيس	المحصول الطعم
Plasmodiophora brassicae	الصليبيات	Rey- grass, *Reseda odorata*
Spongospora subterranea	البطاطا	الداتورة
Meloidogyne ingognita	البندورة	Castor
Meloidogyne spp.	الباذنجان	السمسم
Heterodera avenae	الشوفان	الذرة
Orobanche spp.	البندورة والتبغ	الحمص، الفصة، دوار الشمس
Striga asiatica	متنوع	Sundangrass

* عن (Singh. 2001).

3-3-11- إدارة الأعشاب والعوائل الثانوية والبديلة:

إن العوامل الممرضة إجبارية التطفل إما أن تكون متخصصة أو غير متخصصة أو اختيارية وعادة ذات مدى مضيفي واسع، ويصيب بعض العوامل الممرضة نوعاً واحداً أو عدة أنواع أو أجناس تتبع العائلة أو عدد محدود من العوائل، وقد لا يكون من السهل القضاء على العوامل الممرضة عالية التخصص ولكن من الصعوبة الحد من العوامل الممرضة غير المتخصصة حيث تهاجم العديد من العوائل من نباتات المحصول أو الأعشاب المرافقة، مثل فيروس موزاييك الخيار والبياض الدقيقي .*Erysiphe* spp، كما تصيب نيماتودا تعقد الجذور نحو 700 نوعاً نباتياً. والخطر الأساسي في انتشار الإصابة من موسم لآخر نتيجة بقاء العوائل الثانوية والبديلة ونباتات الأعشاب المصابة، إضافة إلى أضرار الأعشاب في منافسة النبات المحصول على الغذاء والمكان ونقص التهوية وزيادة الرطوبة النسبية وخفض درجة الحرارة نتيجة التظليل. وهذه الظروف غير مناسبة للمحصول وقد تكون مناسبة للعوامل الممرضة. ولذلك يقتضي مكافحة الأعشاب وإزالة النباتات غير المرغوب بها في الحقل.

3-3-12- إدارة النواقل الحشرية:

تتطلب سلامة الحقول مكافحة الحشرات الناقلة كونها مصدراً للعوامل الممرضة من خارج الحقول وانتشارها ضمن الحقول، ففي بعض الأمراض الفيروسية يطبق رش المبيدات الحشرية دورياً على محاصيل مثل البطاطا والبندورة والبقوليات والباميا .. الخ، خاصة في المراحل الأولى من عمر النبات وفي البندورة ينصح بالرش بعد التشتيل مباشرة، ولكن في بعض الأحيان لا يموت الناقل الحشري فوراً ويتمكن من نقل العوامل الممرضة، لذلك ولضمان حماية المحصول من الحشرات الناقلة ينصح بتطبيق المبيدات الحبيبية الجهازية في التربة قبل أو أثناء الزراعة، وتؤمن المكافحة حماية تدوم بين 40 و50 يوماً، كما ذكر سابقاً تأثير مسافات وكثافة الزراعة على خفض نسبة حدوث المرض، كما تطبق زراعة محاصيل حاجزاً للحد من انتقال النواقل الحشرية للأمراض الفيروسية مثل زراعة نبات دوّار الشمس والذرة والقمح وفول الصويا ضمن حقول البطاطا أو كنطاق حول الحقل (Hooks and Fereres,2006).

3-3-13- موعد الحصاد والتطبيقات الزراعية:

يعد اختيار الموعد الملائم للحصاد أو جمع المحصول ذا أهمية كبيرة في الحد من الإصابة بأمراض بعد الحصاد، فقد وجد أن تأخير جمع درنات البطاطا إلى أن تصبح ناضجة تماماً وتقل فيها نسبة الرطوبة فإن ذلك يؤدي إلى الإقلال من الإصابة بالأعفان التي تنتشر خلال فترة التسويق والتخزين. ووجد أن اختيار وقت الجمع خلال ساعات النهار الأولى يجنب الثمار الغضة السريعة التلف مثل الفريز من التعرض لأمراض أعفان الثمار خلال فترة التسويق، حيث تنشط العوامل الممرضة المسببة لأمراض الأعفان مع ارتفاع درجة الحرارة، كما يتم جمع الثمار اللحمية مثل الخوخ في آخر النهار لضمان جفافها من الندى وعدم وجود رطوبة تسمح بنشاط مسببات الأعفان. ومن المهم العناية بالحصاد ومعاملات ما بعد الحصاد حيث تعد الجروح مدخلاً لمهاجمة العوامل الممرضة المسببة لأمراض الأعفان لهذه الثمار والتي تنتشر فيما بعد أثناء التسويق والتخزين. وقد لوحظ أن زيادة إصابة درنات البطاطا بفطريات الفيوزاريوم مثل العفن

الجاف في الدرنات التي تم تدريجها آلياً، وبالمثل في ثمار الحمضيات والتي تصاب بمرض أعفان الثمار، ولذلك يجب الاهتمام باختيار هذه الآلات بحيث تكون الأضرار الناجمة عن عملية التدريج عند الحد الأدنى. وفي الحالات التي يتم فيها غسل الثمار قبل التعبئة فمن الواجب سرعة تجفيف هذه الثمار ولاسيما إن كانت معدة للتصدير مع إضافة مواد المعالجة الوقائية لماء الغسيل كما في حالة ثمار الحمضيات. وقد يكون هناك بعض درنات البطاطا المصابة بمرض العفن الحلقي والذي ينتج عنه إفرازات لزجة تسبب تلوث سكاكين التقطيع عند إعدادها للزراعة، أو تلوث وحدات التعبئة إذا كانت معدة للتصدير وبالتالي تنتقل الإصابة إلى الدرنات السليمة، وعلى ذلك يجب إجراء عملية فرز جيد للدرنات واستبعاد المصاب منها حتى لا تنتقل العدوى إلى الدرنات السليمة مع العناية بنظافة أدوات التقطيع وأيدي العمال والعبوات المعدة للتخزين أو التصدير.

تؤخذ الاحتياطات الصحية عند اختيار الطريقة المناسبة للحصاد ليس فقط من أجل حماية المنتج من التدهور ولكن أيضاً في خفض فرصة حمله ونقله للعوامل الممرضة من موسم لآخر من الحقل إلى الحقول الأخرى ومن البذور أو أجزاء الإكثار، كذلك أخذ الحيطة عند حصاد ثمار الأشجار المثمرة وفي انتقال العوامل الممرضة من خلال وسائط التعبئة والنقل والتخزين، ومن العوامل الممرضة التي تنتشر في الحقل أثناء حصاد القمح *Tilletia tritici* و*T. laevis* و*Neovossia indica* و *Urocystis agropyri* والنيماتودا المتحوصلة على البطاطا *Globodera rostochiensis* و *G. pallida* وأبواغ الفطريات والأجسام الحجرية والعديد من العوامل الممرضة المحمولة في البذور والدرنات كما تنقل بذور الهالوك، ومن الضروري لتفادي خطر التلوث أثناء الحصاد اختيار طريقة الحصاد المناسبة واستبعاد الثمار والمنتجات المصابة أو المشوهة والمعرضة للخدوش والحصاد في فترة تكون فيها الظروف البيئية غير مفضلة للعوامل الممرضة، ويمكن إبقاء درنات البطاطا لتجف قبل جمعها ونقلها لتقليل خطر العدوى بمرض اللفحة المتأخرة، وفي بعض الأمراض الفيروسية تفادي جمع الثمار المصابة ثم ملامسة النباتات السليمة مثل البندورة والخيار والكوسا...الخ، كما في فيروس موزاييك

التبغ يمكن أن تنتقل الإصابة إلى البندورة عن طريق تلوث أيدي العمال ولذلك يحظر تماما التدخين في حقول البندورة والبيوت البلاستيكية مع تعقيم أيدي العاملين في زراعة وتشتيل البندورة والعديد من محاصيل الخضار. كذلك حصاد ثمار الأشجار المثمرة قبل نضجها الكامل وفي المناخ الجاف وأشعة الشمس لتقليل خطر أمراض بعد الحصاد، والمعاملة الكيميائية والحيوية والفيزيائية للثمار قبل التعبئة والتخزين، فالمعالجة الحرارية بغمر ثمار العنب بالماء الحار عند درجة حرارة 48°م لفترة 3 دقائق للوقاية من عفن *Phytophthora* وبغمر ثمار الليمون بالماء الحار عند درجة حرارة 52°م لفترة 5-10 دقائق للوقاية من فطر *Phytophthora* وفطر *Penicillium* وبغمر ثمار البرتقال بالماء الحار عند درجة حرارة 53°م لفترة 5 دقائق للوقاية من فطر *Phytophthora* وفطر *Phomopsis* وفطر *Diplodia*، كذلك وضع فواصل الأوراق المعاملة بالمواد الكيميائية مثل Biphenyl بين طبقات المنتج عند تعبئة الثمار.

ولعل أهم المشكلات التي تواجه عملية تخزين الحبوب والبقوليات هو ارتفاع نسبة رطوبتها عن الحد الحرج للتخزين وهو 12% ولذلك تؤمن التهوية في المخازن والمستودعات وصوامع الحبوب بشكل جيد وأن لا تزيد رطوبة الحبوب عن هذه النسبة، وإلا انتشرت بها فطريات التخزين وهي ذات ضرر بالغ على صحة المستهلك فيما بعد، عادة في الصوامع الكبيرة التي يتم فيها تخزين القمح فإن هناك نظاماً للتهوية المستمرة بحيث يحافظ على رطوبة الحبوب دون هذه النسبة طوال أشهر التخزين. وعندما يراد الحصول على ثمار جافة من العنب (زبيب) أو المشمش أو التين فتتم عملية التجفيف للثمار في الشمس أو باستخدام الهواء الساخن وذلك حتى لا تهاجم بالفطريات أو البكتيريا طوال فترة تخزينها. وهناك كثير من محاصيل الخضار يتم حفظها بالتبريد لحين وصولها للمستهلك واستخدامها وهي فترة قد تصل إلى عدة أشهر، وتتم هذه العملية على مرحلتين حيث تجرى عملية تبريد سريع للثمار سواء بالماء أو الهواء البارد بغرض التخلص من الحرارة الزائدة التي تحملها الثمار بعد قطفها ثم بعد تجفيفها فرزها وإعدادها لعملية التخزين.

3-3-14- إدارة البذور وتراكم الافرازات الجذرية:

إن إفرازات الجذور والبذور ظاهرة طبيعية، ومعظم محتوى الإفرازات هو من الحموض الأمينية والسكريات وتؤمن بذلك المواد الغذائية الضرورية لنشاط الكائنات الدقيقة في محيط بيئة البذور والجذور ويتم استقلاب الإفرازات الجذرية بسرعة من قبل المتطفلات وتراكمها المؤقت في المنطقة المحيطة بالجذور يشجع نمو وشراسة بعض العوامل الممرضة مثل *Pythium* spp. و *Fusarium* spp. و *Rhizoctonia* spp. ولا يوجد طريقة مباشرة لوقف تراكم الإفرازات البذرية والجذرية ولكن الظروف التي تشجع إفراز البذور والجذور وتسمح بعفن البذور يمكن تفاديها (Flentje and Saxena,1964; Webster, et *al*., 1976)، ومن هذه الظروف درجات الحرارة والرطوبة غير المفضلة لإنبات البذور وزراعة بذور مشوهة أو مكسورة ونقص تهوية التربة وزيادة تراكم ثاني أوكسيد الكربون في التربة وزيادة رطوبة التربة، ويمكن تفادي الظروف غير المناسبة بتحديد موعد الزراعة المناسب وفق درجة حرارة ورطوبة التربة وضبط عمق زراعة البذور واستخدام البذور السليمة (Papavizas and Lumsden,1980).

رابعاً ـ المكافحة الحيوية في إدارة أمراض النبات:

Biological control in disease management

إن إدارة الأمراض بواسطة العمليات الزراعية تعزز التنوع الحيوي في التربة وتعمل على الحد من فاعلية وإبادة العوامل الممرضة بواسطة الأحياء الدقيقة، وهذا الدور للأحياء الدقيقة هو جزء من المكافحة الطبيعية Natural control أو المكافحة الحيوية Biological control للعوامل الممرضة. وقد عرّف Garrett في عام 1965 المكافحة الحيوية بأنها أي ظروف أو تطبيق يؤدي إلى خفض عدد الأطوار الحية الممرضة أو الحد من نشاط العوامل الممرضة عبر عوامل أخرى أو نشاط كائنات حية أخرى (عدا الإنسان) مع نتيجة خفض تواجد العوامل المسببة للمرض، كما أشار Baker وCook في عام 1974 إلى أن المكافحة الحيوية هي خفض في كثافة اللقاح الممرض أو خفض

في نشاط العوامل الممرضة بكافة أطوارها وأشكالها وبالتالي خفض نسبة حدوث المرض نتيجة واحد أو أكثر من الكائنات المتواجد طبيعياً أو بواسطة الإطلاق في البيئة أو العائل أو التضاد بواسطة الإدخال المكثف. وبعد ذلك قام كلا الباحثين بالتعريف بأنها خفض كمية اللقاح أو خفض نشاط مسبب المرض بواسطة واحد أو أكثر من الكائنات عدا الإنسان (Baker and Cook,1990) وقد تطور مفهوم المكافحة الحيوية منذ عام 1965 وسجلت العديد من الأبحاث (Cook,1990;Whipps,1997).

وتأسس مبدأ المكافحة الحيوية على ظاهرة طبيعية حيث أن لكل كائن حي له عدوه الطبيعي، وقد ذكر داروين " أن كل شيء ولد ليأكل وليؤكل" (Stone,1980)، وهذا يؤدي إلى المحافظة على التوازن الطبيعي، ولذلك تعتمد المكافحة الحيوية لأمراض النبات على التواجد الطبيعي وليس الإدخال المكثف أو التداخل مع التضاد بواسطة الإنسان ما لم يكن التضاد موجوداً بشكل طبيعي في البيئة الصغرى للعامل الممرض.

في خمسينيات القرن المنصرم بدأ استعمال المضادات الحيوية في مقاومة أمراض النبات، وفي عام 1954 ظهرت سلالات بكتيرية ممرضة للنبات مقاومة لبعض المضادات الحيوية، وفي ستينيات القرن المنصرم وجد أن بعض سلالات الفطريات الممرضة للنبات أبدت مقاومة لبعض المبيدات الفطرية الوقائية، ومع انتشار استعمال المبيدات الفطرية الجهازية ظهرت سلالات جديدة من الفطريات الممرضة وأبدت مقاومة لهذه المركبات، وبدأ تطبيق المكافحة الحيوية لمرض التدرن التاجي البكتيري باستعمال بكتيريا أخرى في عام 1972.

عند بدء تطور مفهوم المكافحة الحيوية لأمراض النبات كان التوجه المباشر ضد العامل الممرض، خاصة في المكافحة الحيوية للعوامل الممرضة المحمولة في التربة، حيث بيئة التربة أكثر استقراراً كذلك درجة الحرارة والعوامل الفيزيائية الأخرى التي تؤثر في البيئة الحيوية في التربة أقل تأثراً بالعوامل البيئية الحيوية التي تتحكم في الأجزاء الهوائية للعائل حيث درجة الحرارة والأمطار وأشعة الشمس..الخ بالتالي تؤدي إلى تأثير عكسي على عناصر المكافحة الحيوية المستخدمة. ويشمل حالياً مفهوم المكافحة

الحيوية أمراض النبات التي تصيب المجموع الخضري والثمار (Saikia and Chowdhury,1993; Janisiewicz,1988)،عموماً يظهر التضاد بشكل طبيعي، ويتم القضاء على العديد من العوامل الممرضة للنبات في المجموع الخضري والجذري.

والعناصر التي تستخدم في المكافحة الحيوية لأمراض النبات هي:

1) أفراد أو مجتمعات الكائنات الدقيقة غير الشرسة Avirulent أو منخفضة الشراسة Hypovirulent موجودة ضمن مجتمع العامل الممرض نفسه (الحماية المتصالبة Cross protection أو المناعة Immunity).

2) التعديل الوراثي للعائل النباتي (مقاومة العائل) بواسطة العمليات الزراعية أو بواسطة الكائنات الدقيقة نحو مقاومة فاعلة للعوامل الممرضة.

3) التضاد Antagonists (التضاد الحيوي أو المنافسة أو التطفل أو الافتراس) وتعرّف بتدخل الكائنات الدقيقة مع أطوار أو في نشاط العوامل الممرضة، وتعتبر إدارة العائل عبر التحسين الوراثي (تربية النبات التقليدية وطرق التقانات الحيوية) من أهداف المكافحة الحيوية. كذلك تعتبر العمليات الزراعية التي تهدف إلى تعديل البيئة لتشجيع التنوع في المجتمعات الكائنات الدقيقة في التربة إنجازاً في المكافحة الحيوية.

وقد حققت المكافحة الحيوية لأمراض النبات تطوراً في العقود الماضية وذلك نتيجة لعدة أسباب أهمها إن المكافحة الحيوية مكافحة طبيعية ولذلك فهي الأقل ضرراً للبيئة وآمنة الاستخدام للعمال الزراعيين أو الإنسان، كما أنها تؤدي إلى حماية الثمار من أمراض ما بعد الحصاد مثل أمراض تحلل الثمار وذلك دون استخدام مركبات كيميائية سامة تضر بالمستهلكين، أيضاً مع استبعاد الأذى الحاصل عند استخدام المعالجة الحرارية للثمار، وهناك العديد من أمراض النبات المحمولة بالتربة لا يوجد لها مبيدات كيميائية أو عدم توفر أصناف مقاومة للمرض من العائل النباتي ولذلك من المحتمل أن يتم الحد من انتشارها بأحد عناصر المكافحة الحيوية. وأصبحت مرحلة تطبيق المكافحة الحيوية على المستوى التجاري أكثر سهولة، وقد طبقت بعض عناصر المكافحة الحيوية كالبكتيريا والفطريات وتم تنميتها على أوساط مناسبة وصنعت مواد حبيبية أو على شكل

بودرة تستخدم للمكافحة الحيوية لأمراض النبات كمعاملة التربة أو المجموع الخضري. وبعض التطبيقات الحديثة تعزز بكتيريا المحيط الجذري وليس فقط كفعل التضاد مع العوامل الممرضة بل تسمح بنمو النبات وتحفيز المقاومة المتعددة لأمراض النبات الجهازية، وخلال العقود الأخيرة تنامي التركيز على المكافحة الحيوية في إستراتيجيات الإدارة المتكاملة لأمراض النبات كبديل عن استخدام المبيدات الكيميائية.

من المهم فهم العلاقة بين الكائنات المستوطنة في التربة والبيئة الصغرى النباتية والحيوية المسؤولة عن معظم عمليات خفض فعالية العوامل الممرضة بواسطة الدورة الزراعية وبالتكامل مع دور المواد العضوية، ولا يزال الدور النوعي للأفراد أو المجتمعات لهذه الكائنات في تأثيرها على مجتمعات العوامل الممرضة أو في شدة المرض غير معروف (Bull,2001; Baker and Cook,1989). وأشار Jacobsen الباحث في جامعة مونتانا إلى أن مصطلح المكافحة الحيوية له عدة تعاريف منها تعريف Baker وCook بأنه خفض كمية اللقاح الممرض أو أنه نشاط ينتج عن المرض أو العامل الممرض أو عدة كائنات ممرضة. ولكن هذا التعريف واسع بشكل كاف ليحيط بالتوجهات التقليدية في المكافحة الحيوية التي تؤثر مباشرة على مجتمع الكائن الممرض عبر التضاد والتطفل والافتراس، أو التوجه نحو خفض أعداد مجتمعات العوامل الممرضة عبر التنافس على الغذاء أو بواسطة المقاومة الجهازية وتعديل فيزيولوجيا النبات أو بواسطة إستراتيجية النباتات المعدلة وراثياً.

4-1- طرق المكافحة الحيوية لأمراض النبات: تحدث المكافحة الحيوية للممرضات النباتية بطريقة أو أكثر من الطرق وأهمها: التضاد الحيوي وفرط التطفل والقدرة التنافسية وتدهور القدرة المرضية Hypovirulence والأراضي الكابحة والمقاومة المستحثة.

4-1-1- التضاد الحيوي Antibiotic: يعرف التضاد الحيوي بأنه إحباط نشاط كائن بنواتج التمثيل الغذائي لكائن أخر. وهذه تشمل عوامل مختلفة أو أنزيمات أو مواد متطايرة أو أي مواد سامة أخرى.

4-1-2- فرط التطفل Hyperparasitism: يعرف بأنه تطفل طفيل على طفيل آخر ممرض للنبات ولنجاح المكافحة الحيوية باستخدام فرط التطفل فإنه يتطلب تعديل للظروف البيئية لصالح الكائن المتطفل على حساب العوامل الممرضة أو بإضافة المتطفل بكميات كبيرة لاستخدامه كمبيد حيوي. وفي هذه الحالة ينبغي التأكد التام من الأمان الحيوي لهذه المعاملة على النباتات المختلفة والإنسان والبيئة كذلك معرفة الظروف المثلى لتطفل هذا الكائن على العامل الممرض.

4-1-3- المقاومة المستحثة Induced resistance: لوحظ هذا النوع من المقاومة عندما تتعرض النباتات للإصابة بطفيل ما وتكون هذه النباتات مقاومة لهذا الطفيل وتحدث إصابة تالية بطفيل آخر فقد لوحظ مقاومة عالية للنباتات رغم أنها تصاب بشدة. ولوحظ في حالات أخرى أن النباتات أصبحت أكثر مقاومة للعامل الممرض عند تعرضها للإصابة في أطوار نموها المبكرة والتي يكون فيها هذا النبات مقاوماً للعامل الممرض. وحالات المقاومة المستحثة كثيرة ومتعددة حيث لوحظ زيادة مقاومة النباتات المعاملة ببعض المركبات الكيميائية سواء بنقع البذور أو رش الأوراق بمحاليل مخففة لهذه المركبات. ومن هذه المركبات مواد مستخلصة من الفطريات والبكتيريا وكثير من المركبات الصناعية (ستناقش بالتفصيل لاحقاً).

4-2- توجهات المكافحة الحيوية في إدارة أمراض النبات:

إن أهم توجهات المكافحة الحيوية لأمراض النبات:

4-2-1- المكافحة الحيوية للعوامل الممرضة: تتضمن المكافحة الحيوية للقاح الممرض القضاء على كامل أطوار أو أشكال العوامل الممرضة الموجودة في البقايا النباتية في التربة عن طريق فرط التطفل Hyperparasite وفرط الإمراضية Hyperpathogens والافتراس، كذلك منع تشكل اللقاح وإضعاف العامل الممرض والاستبدال بعناصر التضاد أو التنافس كما يتضمن خفض عدد السلالات الشرسة مثل

استخدام فيروسات الفطريات Mycoviruses (dsRNA) أو سلالات نقص الفوعة Hypovirulence.

إن من الشائع تدمير البقايا النباتية المصابة بواسطة المكافحة الحيوية أو تعقيم التربة ويمكن أن يتحقق بواسطة عدة تطبيقات زراعية مثل الدورة الزراعية والتطويف والتبوير، بالإضافة إلى إضافة عناصر التضاد والتنافس على المكان والغذاء وإنتاج المضادات الحيوية كذلك التطفل والافتراس سواء خلال العمليات الزراعية المختلفة أو عبر تعديل الظروف الخاصة.

أشير إلى فاعلية تطفل فطر *Trichoderma viride* تجاه فطر *Rhizoctonia solani* (Weindling, 1932) ومنذ ذلك الحين تستخدم العديد من أنواع الفطر *Trichoderma* spp. في التضاد ليس فقط تجاه الأمراض المحمولة في التربة بل والتي تصيب المجموع الخضري (Chet,1987;1991; Chet, et *al*.,1981; Henis, et *al*.,1984) وتشمل آلية عمل فطر *Trichoderma* كل المناحي المطلوبة في عنصر المكافحة كالتضاد والمنافسة على المكان والغذاء وإنتاج أنزيمات مثل جلوكيناز Glucanase وكيتيناز Chitinase وذلك بتحليل الجدار الخلوي للفطر وينتج مضادات حيوية تحبط الاستقلاب والتكاثر (Dennis and Websster,1971) وتأثير الافتراس أو التطفل المباشر على العامل الممرض، وينتج الفعل غير المباشر بتعديل الظروف البيئية لتصبح غير ملائمة للفطر الممرض، عموماً تتزايد مجتمعات فطر *Trichoderma* طبيعياً بواسطة المواد العضوية في التربة.

كما يتم القضاء على الأجسام الحجرية للعديد من أمراض النبات الفطرية بواسطة تطفل فطريات أخرى مثل *Sporodesmium sclerotivorum* (Adams,1990; Adams and Ayers, 1982) وفطر *T. harzianum* وفطر *Coniothyrium minitans* (Ahmad and Tribe,1977). عندما يصبح ميسيليوم فطر *C. minitans* بتماس مع فطر *Sclerotinia sclerotiorum* ينتج عضو التصاق ينتفخ ويتقطع الميسيليوم ويتدهور، كما وجد ميسيليوم الفطر المتطفل ضمن ميسيليوم الفطر

الممرض، ويكون التطفل باختراق جدار خلايا الأجسام الحجرية بواسطة الضغط وتدمير الخلايا الملامسة وينمو ضمن أو بين الخلايا إلى الأنسجة الداخلية للجسم الحجري بفعل الأنزيمات الحالّة والضغط الفيزيائي، ويتشكل من الفطر المتطفل أوعية بكنيدية على السطح. يؤدي إدخال فطر *Trichoderma viride* إلى التربة الحاوية على فطر *Verticillium dahlia* قبل زراعة القطن إلى خفض الإصابة بمرض ذبول القطن (Michail,1989)، وهناك بعض عوامل التضاد المطبقة في أمراض الثمار بعد الحصاد (جدول 8).

جدول 8. عوامل التضاد الفعالة ضد أمراض بعد الحصاد*.

عنصر التضاد	المرض والعامل المسبب
Trichoderma viride	العفن الرمادي على الليمون *Penicillium digitatum*
***Trichoderma* spp.**	عفن الفريز *Botrytis* sp. عفن ثمار الجوافة والمنجا *Lasiodiplodia theobromae* *C. gloeosporiodes* عفن ريزوبس *Rhizopus arrhizus*
Trichoderma viride ***T. lignorum***	عفن الثمار *Rhizopus artocarpi*
Aspergillus niger	عفن جوز الهند *Aspergillus tamarii*
***Candida* sp.**	عفن بنسيليوم على التفاح والليمون والعفن الرمادي على التفاح *Botrytis* sp.
الخمائر	عفن ثمار الليمون

* المصدر (Prasad, et *al*.,2001).

بدأ الاهتمام بدور الفطريات عنصراً في المكافحة الحيوية للنيماتودا في عام 1936، وهناك العديد من الأمثلة على تطفل وافتراس الفطريات للنيماتودا في التربة (Davies,et *al*.,1991) ويرتبط دور الفطريات المتطفلة على النيماتودا باحتواء التربة على المواد العضوية، وأشير إلى افتراس الفطريات للنيماتودا في محاصيل عديدة وذلك بوجود السماد الأخضر مع ورق الملفوف المقطع في التربة لمكافحة النيماتودا المتحوصلة في الشوندر نوع *Heterodera schachtii* والقمح والنيماتودا المتحوصلة نوع *H. avenae*، كذلك إضافة السماد الأخضر مع أوراق مقطعة من نباتات تتبع العائلة الصليبية مع زيت الخردل إلى التربة لمكافحة نيماتودا المتحوصلة في البطاطا *G. rostochiensis*، ويعود ذلك لوجود المماكب Isothiocyanates أي زيت الخردل. وتقضي عدة أنواع فطريات مثل *Verticillium chlamydosporium* و*Cylindrocarpon destructans* و*Acremonium strictus* على البيض في نيماتودا *Heterodera schachtii* و*H. avenae*، ويدخل فطر *Phialophora heterodera* إلى الحويصلات ويخترق كيس البيض في نيماتودا *Globodera rostochiensis* مما يؤدي إلى خفض حيوية البيض، وتتطفل عدة أجناس وأنواع فطرية على بيض وإناث نيماتودا *Meloidogyne* spp. وكيس البيض في نيماتودا *G. pallid* مثل *Dactylella oviparasiticus* و*Paecilomyces lilacinus* حيث تخترق هيفا الفطر وتحطم محتوى الجدار من الكيتين والليبيد، ويتطفل فطر *Nematophora gynophila* على بيض نيماتودا *H. avenae* ويعتبر كعامل يحد من تكاثر النيماتودا في الطبيعة. وعموماً فإن صيد الفطر للنيماتودا قليل المنافسة في التربة ولكن وجود بقايا محاصيل مثل العائلة الصليبية يزيد من المنافسة لأنه يزيد من كثافة المجتمع النيماتودي (Kerry,1980;1981). كما تؤدي بعض أنواع الفطريات دور المصائد اللاصقة مثل *Arthrobotrys oligospora* و*Dactylella lobata* و*D.cinophaga* و*D.ellipsospora* حيث تلتقط النيماتودا وبشكل خطّاف ثم تتطفل على النيماتودا بعد اختراق جسمها. وقد أشير إلى العديد من أنواع البكتيريا التي تتطفل على النيماتودا مثل

Bacillus penetrans على نيماتودا تعقد الجذور وفي الإنتاج الكمي والذي أدى إلى نجاح المكافحة وإلى زيادة الإنتاج، يتم التجفيف في الهواء لجذور البندورة الحاوية على إناث نيماتودا تعقد الجذور .*Meloidogyne* spp والحاوية على المتطفل *B. penetrans* وتعلّب على شكل بودرة وتستعمل بمعدل 100مغ/كغ تربة (Brown, et *al.*,1985) وهناك العديد من المبيدات الحيوية (جدول 9).

جدول 9. بعض المبيدات الحيوية الفطرية المطبقة في مكافحة بعض أنواع النيماتودا*.

المبيد الحيوي الفطري	الجرعة طن/ هكتار	النيماتودا المستهدفة
Arthrobotrys irregularis	2.5	*Meloidogyne spp.*
A. musiformis	1.4	*Rotylenchulus similis*
A. robusta	2.5	*Heterodera avenae*
Datctylaria candida		
Trichothecium cytosporium		
A. dactyloides	0.2	*M. incognita*
Dactylella ellipospora		
D. thaumasia	13.6	*H. schachtii*
D. doedycoides		*Globodera rostochiensis*
		H. avenae
A. robusta	140 غ/م^2	*Ditylenchus myceliophaga*
A. irregularis	140غ/م^2	*M. incognita*

*المصدر (Dasgupta,1998).

يترافق هذا العدد الهائل من الأعداء الحيوية للعوامل الممرضة للنبات والنشط في التربة عادة مع نسبة موت طبيعي من أعداد مجتمعات العوامل الممرضة حتى في غياب الأعداء الحيوية ولكن بمعدل بطئ. وقد بدأت منذ عشرينيات القرن الماضي عدة طرق لتربية الأعداء الحيوية وتطبيقها في التربة وخلطها مع عدة مركبات وخلطات سمادية بهدف خفض كثافة مجتمعات العوامل الممرضة في التربة، وهدف معظمها إلى زيادة التنوع الحيوي في الكتلة الحيوية الميكروبية.

يطبق التطويف كطريقة فعالة وسريعة نسبياً لاستبعاد العوامل الممرضة المحمولة بالتربة والأطوار الساكنة الموجودة في البقايا النباتية وقد ذكر ذلك في العمليات الزراعية.

قد يكون القضاء على الوحدات الفردية للعوامل الممرضة أو منع تشكل اللقاح بواسطة التضاد غير فعّال أو غير عملي في حال العديد من أمراض النبات، ومنع تشكل اللقاح للعوامل الممرضة في البقايا النباتية في التربة أو الأجزاء الهوائية قد يكون أكثر فاعلية، في الواقع هناك تشابه في التأثير بين هذين التوجهين في العديد من العوامل الممرضة، والمنطق خلف هذه التوجهات:

- منع إنتاج اللقاح أو منع الإناث النيماتودا من وضع البيض.
- منع العوامل الممرضة الفطرية من تشكيل مستعمرات على البقايا النباتية.
- تشجيع تطور التضاد على المجموع الخضري حيث يمكن منع تشكل اللقاح أو تشكل الأبواغ.
- زراعة المحاصيل المصيدة والتي يتم إبادتها قبل تشكل اللقاح وطرحه في التربة.

ونجحت المكافحة الحيوية للعوامل الممرضة الموجودة على سطح النبات ومنعت تشكل اللقاح الممرض كما في مرض البياض الدقيقي والصدأ وثبتت كفاءة فطور تتبع أجناس *Ampelomyces* و *Cladosporium* و*Tilletiopsis* و*Verticillium* ومن الحشرات حشرة التربس *Thrips tabaci* في القضاء على فطر البياض الدقيقي كفرط التطفل Hyperparasites وهي تتطفل على الميسيليوم الخارجي وتدمر الجدار كما تخفض تشكل الأبواغ الكونيدية (Falk, et *al*.,1995;1996).

ويمكن معالجة التربة الموبؤة بالعوامل الممرضة بواسطة التشعيع أو المعالجة الحرارية بالتبخير أو الأوتوكلاف عند درجة حرارة 60°م لفترة 30 دقيقة، كذلك المعالجة ببروميد الميثيل والتعقيم أي المعاملات كيميائية أو فيزيائية أو بواسطة تعديل الظروف الحيوية بواسطة الأحياء الدقيقة وإضافة الأسمدة المختلفة خاصة العضوية.

ويظهر سلالات منخفضة الشراسة أو الفوعة في الطبيعة Hypovirulent بين سلالات أمراض الفطريات (Ellison,1982; Sneh,1998) وتفترض وجود عدوى بواحد أو أكثر الحمض النووي دنا مضاعف السلسلة dsRNA من العامل الممرض في هيفا الفطر ذات السلالات نقص الفوعة لتنافس السلالة الشرسة وتؤدي إلى خفض الأمراضية، وقد وجدت الفيروسات الفطرية dsRNA في العديد من أنواع الفطريات مثل فطر *Rhizoctonia solani* (Costanho and Butler,1978) وفي فطر *Cryphonectria parasitica* (قواص وحمد،2007)، وأشارت بعض الأبحاث إلى أن سلالات نقص الفوعة لها عمر أقل في التربة ويعتبر ذلك من المساوئ ولكن من المعروف أن معظم فيروسات الفطريات بطيئة التضاعف وفي بعض الحالات تكون كامنة.

وأشارت الأبحاث إلى أهمية استخدام فيروسات الفطريات في الحد من أضرار الفطريات كفطر *Aspergillus flavus* وقد وجدت جسيمات قطرها 33 نانومتراً ضمن مشيجة الفطر سلالة NRRL5940 بعد الزراعة على وسط YES بمدة 12 يوماً، وقد أدت العدوى بفيروسات الفطريات في فطر *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* إلى تدهور الفطر الممرض في التربة وإصابة الفطر بالفيروس شائعة في الطبيعة ووجدت هذه الفيروسات في فطر التفحم Karnal bunt (Buck,1984; Buck, et *al.*,1981)، كما أشير إلى أهمية فيروسات الفطريات مثل:

- فيروس *Helminthosporium victoriae virus* 145S (HvV-145S).
- فيروس *Penicillium brevicompactum virus* (PbV).
- فيروس *Penicillium cyaneo-fulvum virus* (Pc-fV).

كذلك إلى الوظيفة الرئيسية للعديد من فيروسات البكتيريا أو ملتهمات البكتيريا (Bacteriophage) كأحد عناصر المكافحة الحيوية مثل النوع *Pseudomonas phage* f6، ويصيب خاصة سلالات نوع *P. pseudoalcalingenes* .

4-2-2- الوقاية الحيوية للسطوح النباتية:

إن بعض أهم إنجازات المكافحة الحيوية في أمراض النبات هو إدخال التضاد وكما نوقشت سابقاً في إبادة اللقاح ومنع تشكيل اللقاح في التربة، فهذا التوجه يتطلب تأسيس التضاد في أو حول المواقع المحتملة للعدوى بالمرض وتأمين حماية لهذه المواقع من هجمات لاحقة من العوامل الممرضة، وأدى العمل في هذا الاتجاه إلى تطبيقات عملية في المكافحة الحيوية لأمراض المحاصيل الحقلية والأشجار المثمرة، ولا يتطلب ذلك تفاعلاً مباشراً بين العائل النباتي وعناصر التضاد ويؤمن وجود عنصر التضاد على سطح العائل النباتي وقايته من الأمراض وذلك:

أ- وقاية المواد النباتية المستخدمة في الزراعة: إن المكافحة الحيوية لمرض التدرن التاجي تذكر دائماً مثالاً ناجحاً على المستوى التجاري. ويسبب المرض بكتيريا *Agrobacterium radiobacter* pv. *Tumefaciens* وتحمل بعض السلالات مثل *A. radiobacter* pv. *radiobacter* (K84) مورثات البكتيريوسين Bacteriocin (Agricin84) الفعال في القضاء على عدة سلالات شرسة من البكتيريا، ويمكن أن تخزن على شكل بودرة جافة لفترة طويلة عند درجة حرارة 4°م. واستخدمت في معاملة الشتول والبذور وفي الحقل، وقد أنتجت هذه السلالة باستخدام الهندسة الوراثية وطرحت سلالة (K1026) المعدلة وراثياً بتقنية الدنا المأشوب على المستوى التجاري (Kerr,1972;1980;1989;Thomson;1987). ويجب أن يتوفر في عناصر التضاد في المكافحة الحيوية لأمراض النبات القابلية لإنتاج المضادات الحيوية المرغوبة والشراسة Agressivness لتستعمر سطح الجذور أو العائل. ويمكن لكلا الحالتين أن يتم تعديلها بواسطة التقانات الحيوية واستخدام الهندسة الوراثية.

كما استخدمت المكافحة الحيوية بمعاملة البذور، مثل معاملة بذور الكوسا والبازلاء والفاصولياء بالأبواغ الأسكية لفطر *Chaetomium globosum* للوقاية من بكتيريا *Pseudomonas* وأمراض فطرية منقولة بذرياً (Hubbard, et *al*.,1982)، كما عوملت بذور البصل بسلالة مضعفة من بكتيريا *Pseudomonas cepacia* وأدت إلى

وقاية النباتات من مرض الذبول *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*، وهناك العديد من المركبات المنتشرة تجارياً تعتمد على فطر *Trichderma* واستخدمت بكثافة في معظم دول العالم، كذلك بكتيريا *Bacillus subtilis* و *Pseudomona fluorescens* ...إلخ، ولها العديد من الأسماء التجارية مع اختلاف شكل المحضرات وطرق التطبيق وتم تطويرها لزيادة إمكانية حفظها وتخزينها وإطالة فترة حيويتها في الحقل والمخزن وتحسين طرق تداولها، وقد تزايد الاهتمام باستخدام البكتيريا في معاملة الجذور أو المحيط الجذري عنصراً في المكافحة الحيوية لأمراض النبات المحمولة في التربة وليس فقط لأنها تؤمن الوقاية من معظم الأمراض عبر التنافس على المكان والغذاء وإنتاج المضادات الحيوية والمقاومة المستحثة ولكن لأن معظمها يحرض نمو النبات، ويوصى باستخدامها وإن لم يكن هناك إصابة بالأمراض وذلك لأن استخدامها يؤدي إلى زيادة الإنتاج (Schippers, et *al*.,1987;Sticher, et *al*.,1997; Van Loon, et *al*.,1998 ; Weller,1988). وسميت سلالات البكتيريا بكتيريا المحيط الجذري المحرضة لنمو النبات Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) وارتبط مصطلح Rhizobacteria مع البكتيريا التي لها قابلية استعمار جذور النبات بشراسة ولذلك تنافس معظم العوامل الممرضة، وأشير إلى أن وجود بكتيريا المحيط الجذري وبدون التضاد تؤدي إلى مكافحة حيوية جيدة أكثر من استخدام فطر *Trichderma* وبكتيريا *Pseudomona fluorescens* (Jubina and Girija,1998)، وقد أشير إلى استخدام بكتيريا المحيط الجذري *Pseudomona fluorescens* و*Pseudomona putida* و*P. alcaligenes* لمعاملة بذور القطن لتحسين الإنبات ونمو البادرات وأيضاً للمكافحة الحيوية لمرض *Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearum* ويفسر ذلك بتحريض المقاومة الجهازية (Mondal,et *al*.,1999).

ب- وقاية المجموع الخضري والأزهار: من المعروف وجود العوامل الممرضة المحمولة بواسطة الأجزاء الهوائية في أحد مراحل دورة الحياة على سطح الأجزاء

النباتية وهناك تآثر بين العوامل الممرضة وغير الممرضة والنبات، ويعد خط الدفاع الأول هو قدرة السطح النباتي على تشجيع التضاد بين الأحياء الدقيقة مع العوامل الممرضة، وقد أشير إلى العديد من أمراض النبات التي يتم القضاء عليها بوجود الأحياء الدقيقة على الأجزاء النباتية حيث يكون مرض اللفحة النارية على التفاح والإجاص *Erwinia amylovora* بنسبة منخفضة بوجود تنوع الأحياء الدقيقة على السطوح النباتية وذلك لوجود التنافس والمضادات الحيوية وفرط التطفل والمقاومة المستحثة، وكان نجاح مكافحة المرض برش معلق بكتيريا *Pseudomona fluorescens* متماثلاً مع نتيجة رش المضادات الحيوية مثل Streptomycin (Thomson, et *al*.,1992)، كما انخفضت نسبة انتشار مرض العفن الرمادي على الفريز *Botrytis cinerea* بوجود فطر *Gliocladium roseum* نتيجة التضاد بنسبة 90% (Sutton, et *al*.,1997)، وأشار Agarwal وTripathi في عام 1999 إلى فعالية مكافحة العفن الرمادي على محصول الحمص برش معلق أبواغ فطر *Trichoderma viride* كذلك نجحت المكافحة بمزيج الفطر مع 0.2% من مبيد الفطريات Ronilan .

ت - منع تدهور الثمار بعد الحصاد: كانت معظم محاولات القضاء على العوامل الممرضة التي تؤدي إلى أعفان الثمار بعد الحصاد بواسطة المواد الكيميائية والمعاملة الحرارية والتي من الممكن أن تكون ضارة للمستهلكين أو تؤدي إلى خفض فترة تخزين الثمار، وقد زاد الاهتمام بالمكافحة الحيوية لأمراض بعد الحصاد في العقود الأخيرة وذلك لنجاح العديد من الحالات المدروسة، ولاسيما استخدام التضاد البكتيري والفطري كبديل عن استخدام المبيدات الفطرية في الحمضيات والتفاح والدراق والإجاص والكرز وذلك مثل استخدام *Bacillus subtilis* لمكافحة مرض العفن البني واستخدام *Enterobacter cloacae* لمكافحة عفن ريزوبس *Rhizobus*، ويمكن المكافحة الحيوية لعشر عوامل ممرضة وذلك بغمر ثمار الحمضيات بمعلق بكتيريا *Bacillus subtilis* بواسطة إنتاج المضادات الحيوية (Singh and Deverall,1984)، وكان تطبيق فطر *Trichoderma viride* فعالاً لمكافحة عفن ثمار الحمضيات

Penicillium spp.، كذلك أدى غمر ثمار الليمون بعد الحصاد بمعلق بكتيريا *Pseudomonas cepacia* إلى القضاء على 80% من العفن الأخضر *Penicillium digitatum* وبدون ظهور أي أعراض للأضرار على الثمار، كما أدت معاملة ثمار التفاح والإجاص ببكتيريا *Pseudomonas cepacia* إلى القضاء على مرض العفن الأزرق ومرض العفن الرمادي، وأدت المعاملة ببكتيريا *Sporobolomyces roseus* إلى خفض تحلل الثمار أثناء التخزين (Janisiewicz and Roitman, 1988; Janisiewicz, et *al*.,1994).

4-2-3- الحماية المتصالبة والمقاومة المستحثة:

Cross protection and induced resistance

تستخدم عدة مصطلحات مثل الحماية المتصالبة Cross protection والمقاومة المستحثة أو المقاومة الجهازية المستحثة Induced systemic resistance (ISR) والمقاومة المكتسبة الجهازية Systemic acquires resistance (SAR) والمقاومة المكتسبة الموضعية Localized acquired resistence (LAR) بهدف معرفة ظروف النبات خلال المكافحة الحيوية أو المكافحة الكيميائية أو الإجهادات المحرضة لآليات المقاومة (Kuc,1981;1985;1995)، تكون المقاومة جهازية في النبات (SAR) أو تبقى موضعية في موقع المعاملة (LAR) وفي هذه الحالة تتضاعف الإشارة لتعزز القدرة التي يفتقدها النبات (Liu, et *al*., 1995;Van Loon, et *al*., 1998; Wei, et *al*., 1996). إن المقاومة المستحثة ليست تشكيل لمقاومة لم تكن موجودة بل هي تفعيل آليات مقاومة كامنة. ويمكن تحريضها بواسطة أنماط أو أشكال غير شرسة أو غير ممرضة من العوامل الممرضة، مثل السلالات غير المتوافقة من العوامل الممرضة، وبواسطة عوامل ممرضة شرسة ضمن ظروف حيث تكون الإصابة موجودة في ظروف بيئية أو أوساط تسمح بالنمو والنشاط البكتيريا المحيط الجذري. ويمكن أن تحرض بواسطة تطبيقات خارجية مثل إضافة مستخلصات مائية للأسمدة العضوية أو الكومبوست Compost والمركبات الكيميائية العضوية وغير العضوية، وقد سجلت

العديد من حالات المقاومة المستحثة في العديد من الأنواع النباتية (Hammerschimdt and Kuc. 1995)، ولكن لم تسجل أي حالة عن المقاومة الجهازية المستحثة بواسطة بكتيريا المحيط الجذري في وحيدات الفلقة، وتؤمن المقاومة (SAR) حماية كمّية Quantitative تجاه طيف واسع من العوامل الممرضة الفطرية والبكتيرية والفيروسية وعرضاً الحشرات والنيماتودا. استحثت في نبات الخيار المقاومة بواسطة سلالة 89B-27 من بكتيريا *Pseudomonas putida* تجاه مرض الأنتراكنوز ومرض تبقع الأوراق البكتيري والذبول الفوزاريومي والذبول البكتيري وفيروس موزاييك الخيار *Cucumber mosaic virus* (CMV) وحشرة خنفساء الخيار المنقطة *Diabrotica undecimpunctata*. كما استحثت المقاومة في الخيار بواسطة السلالة 166-99 من *Serratia marcescens* تجاه مرض الذبول الوعائي المسبب فطر *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* ومرض الأنتراكنوز المسبب فطر *Colletotrichum orbiculare* وفيروس موزاييك الخيار (CMV) ومرض التبقع الزاوي لأوراق الخيار المسبب بكتيريا *P. syringae* pv. *Lachrymans* وخنفساء الخيار المخططة *Acalymma vittatum* وخنفساء الخيار المنقطة *D. undecimpunctata* (Van Loon, et *al*.,1998). وتحرض المقاومة بطريقة مشابهة للتحصين في الثدييات ولكن بآليات مختلفة حيث يقود تحصين الثدييات إلى إنتاج الأجسام المضادة التي تحارب العوامل الممرضة، وفي الحماية المتصالبة أو في المقاومة المكتسبة الجهازية SAR تحريض المقاومة عبر واحد أو أكثر من الفعاليات أو الأنشطة التي تؤدي إلى تراكم البروتينات المرتبطة بالامراضية Pathgenesis related proteins (PR) وتنشيط تركيب اللجنين Lignin ويعزز نشاط أنزيم بيروكسيداز Peroxidase مؤدياً إلى تغيرات معروفة في استقلاب النبات. في الطبيعة تتعرض النباتات إلى أعداد متنوعة من الكائنات الدقيقة وهذه تسمح بتطوير مقاومة النبات للكائنات الدقيقة الضارة، ويمكن تحريض المقاومة SAR وISR تجاه عدة عوامل ممرضة بواسطة عامل مستحث حيوي أو كيميائي واحد (ستناقش في الفصل السادس).

عُرفت المناعة المتصالبة Cross immunity أو الحماية المتصالبة Cross protection بشكل جيد في الأمراض الفيروسية، وهي واحدة من بعض معايير المكافحة المتبعة. فعند دخول سلالة غير شرسة أو مضعفة من الفيروس إلى العائل يمكن أن تحرض المقاومة في العائل تجاه سلالات شرسة للفيروس نفسه ويمكن لسلالات الفيروس نفسه من عوائل نباتية مختلفة أن تحرض مقاومة لعائل محدد. والسلالة مستحثة المقاومة نفسها غير ممرضة لعائل محدد، وأحد الفرضيات التي تفسر ذلك والمبنية على الملاحظات القائمة بين الحماية المتصالبة وعلاقة القرابة المصلية الفيروسية بأن المعطف البروتيني للفيروس الأول يمنع نزع المعطف البروتيني للفيروس الثاني وبالتالي يمنع تضاعف الفيروس.

وترتبط عادة الحماية المتصالبة تجاه فيروس تدهور الحمضيات أو فيروس تريستيزا الحمضيات *Citrus tristesa virus* (CTV) على التدهور في البرتقال الحامض أو على الحماية من تنقر الساق stem pitting وأمكن وضع إستراتيجية مكافحة للمرض بهذه الطريقة (Costa and Muller,1980)، كذلك طبقت في عدة أمراض فيروسية أخرى (Gonsalves and Gransey,1989; Dunez, 1987)، وقد أدت الحماية المتصالبة من سلالة مضعفة لفيروس تريستيزا الحمضيات (CTV) على الليمون الحامض إلى الوقاية من السلالات الشرسة للفيروس في الهند. ويجب أن تكون السلالة الفيروسية المضعفة ثابتة وتصيب كافة أنواع وأصناف الحمضيات (Powell,et *al.*,1992;1997). وقد أشير إلى نجاح الحماية المتصالبة تجاه فيروس الدرنة المغزلية في البطاطا عن طريق العدوى المسبقة بواسطة تابع فيروس موزاييك الخيار *Cucumber mosaic virus* satellite.

وأشير إلى نجاح الحماية المتصالبة أو المقاومة المستحثة تجاه مرض الذبول البكتيري المسبب *Ralstonia solanacearum* في عدة أنواع عوائل نباتية بواسطة العدوى المسبقة بعزلات غير ممرضة وغير شرسة منتجة للبكتريوسين أو سلالات غير متوافقة من البكتيريا أو معاملة حرارياً بقتل الخلايا (Chen and Echand,1984;

McLaughlin and Secueira,1988). وفعالية قتل الخلايا بواسطة تعريض البكتيريا للحرارة بأن كبح المرض يتم بواسطة طرق أخرى غير التضاد، وأشير إلى وقاية نباتات الموز من مرض الذبول البكتيري ومرض موكو Moko disease نتيجة العدوى بسلالة بكتيريا *Pseudomonas fluorescens* وأدى إلى خفض نسبة موت النباتات وإلى تحسين الإنتاج كمياً ونوعياً (Anuratha and Gnanamanickam,1990).

هناك العديد من الأمثلة على الحماية المتصالبة أو المقاومة المستحثة تجاه الأمراض الفطرية مثل نجاح الوقاية من الإصابة بمرض التعفن الكلي للقمح Take-all المسبب فطر *Gaeumannomyces graminis tritici* وذلك بالعدوى المسبقة بعزلات غير شرسة من فطر *Phialophora graminicola* الذي يتطفل على جذور الأعشاب، وكذلك معاملة شتول نبات النعناع قبل يومين من التشتيل بسلالات فطر *Verticillium nigrescens* يحميها من حدوث مرض الذبول المسبب *Verticillium dahliae*، وتكرار العدوى بفطر *Fusarium* وفطر *Verticillium* يزيد من مقاومة البندورة (Jorge, et *al*.,1992)، ونجحت مقاومة نبات البندورة لمرض الذبول المسبب *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* بواسطة عدوى بسلالة غير ممرضة (Fo-47) من فطر *Fusarium oxysporum* (Fuchs, et *al*.,1997)، وأشير إلى حدوث مقاومة مشابهة لأمراض الذبول والأنتراكنوز في الخيار حيث نتجت مقاومة SAR خلال 7 ساعات بعد العدوى بفطر *Colletotrichum orbiculare* وذلك تجاه عدد كبير من الأمراض الفطرية والبكتيرية والفيروسية (Hammerschmidt and Kuc,1995;Schneider, et *al*.,1996)، كذلك أدت العدوى بسلالات مضعفة أو غير شرسة من فطر *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* إلى حماية نبات القطن من الإصابة بمرض ذبول فيوزاريوم (Hillock,1986)، وقد عرف لمرض ذبول الحمص عدة عزلات فطر *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* وعدوى البذور بعزلة غير شرسة يعطي وقاية لباقي العزلات (Hervas, et *al*.,1995). وفي مرض ذبول البطيخ الأحمر المسبب فطر *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*

أدت العدوى بسلالة غير شرسة إلى مقاومة النبات (Martyn, et *al*.,1991). في الأمثلة السابقة المقاومة المستحثة ذات علاقة قريبة من العوامل الممرضة. ويمكن للكائنات الدقيقة غير المتطفلة وغير مرتبطة بالمرض تحريض المقاومة المستحثة لواحد أو أكثر من الأمراض على العائل نفسه. وقد عرف دور التضاد في الفطريا والبكتيريا والخمائر لمنع المرض في السطح النباتي (الأوراق الثمار الجذور والبذور) كذلك التنافس وإنتاج المضادات الحيوية وتحلل العوامل الممرضة.

إن استخدام بكتيريا المحيط الجذري وخاصة *Pseudomonas* شائعة في المقاومة المستحثة كما أنها استخدمت تجاه العوامل الممرضة على المجموع الخضري وفي إنتاج المضادات الحيوية، كما يسمح نمو النبات البكتيريا المحيط الجذري المطبقة على البذور أو في التربة بالتوضع على سطح الجذور ويستحث مقاومة على الأوراق والساق، ومن نتائج عدة تجارب أشير إلى أن بكتيريا المحيط الجذري المحرضة لنمو النبات Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) يمكن أن تؤمن حماية جهازية للنبات تجاه العديد من العوامل الممرضة بدون التسبب بظهور أي أعراض كما في الخيار تجاه فيروس موزاييك الخيار وأنواع فطر *Pythium* التي تسبب عفن التاج وأمراض أخرى، كذلك مقاومة الفاصولياء لمرض اللفحة الهالية المسبب بكتيريا *Peudomonas savastonoi* pv. *Phaseolicola* بواسطة بكتيريا المحيط الجذري *Pseudomonas* Raupach, et *al*.,1994; Schippers,1988;Van Loon, et) *al*., 1998)، وقد نتجت المقاومة الجهازية المستحثة في الفاصولياء تجاه فطر العفن الرمادي *Botrytis cinerea* نتيجة المعاملة بسلالة 7NSK2 من بكتيريا *Pseudomonas aerugenosa* (De Meyer and Hofte,1997)، وعرف حمض الصفصاف Salicylic acid محرضاً لمورثات المقاومة في النبات أو يسمح لها لتصبح نشطة عندما يتم التحدي مع العوامل الممرضة، كما تنتج بكتيريا المحيط الجذري حمض الصفصاف.

بعض الأمثلة عن المكافحة الحيوية لأهم أمراض النبات بإدخال التضاد أو بتعديل البيئة:

أ- **مرض الجرب العادي في البطاطا المسبب *Streptomyces scabies***:

يصيب البطاطا في عدة مناطق في العالم خاصة ذات المناخ المعتدل، ومع زراعة المحصول الواحد تزداد نسبة الإصابة بالمرض، ويمكن تحسين التربة بالعناية بنسبة رطوبة التربة بمستوى السعة الحقلية خلال تشكل الدرنات، وتشجيع التضاد البكتيري بإضافة بكتيريا *Bacillus subtilis* في مواقع الإصابة ولمنع البكتيريا الممرضة *Streptomyces* التي تفضل التربة الجافة، إضافة الأسمدة الخضراء Green manuring مع البقوليات مثل فول الصويا يسمح بنمو بكتيريا *Bacillus subtilis*.

وقد بذلت جهود بحثية في مجال المكافحة الحيوية لأمراض البطاطا وكانت واعدة تجاه عدة عوامل ممرضة، وعلى الرغم من مئات الأبحاث عن التضاد فإن العمل يبقى محدوداً بالمنتجات المتوفرة، وتوفر هذه المنتجات محدوداً بتطوير مركبات ثابتة، وإنتاج مضادات وكلفة الإنتاج وإضافة الكميات الفعالة إلى التربة، وترتكز الأبحاث على طريقة عمل المبيد الحيوي والتكامل بين طرق المكافحة الحيوية مع معايير المكافحة الأخرى، وستطبق مستقبلاً، ومع توفر منتجات وتوجهات حديثة أخرى كاستخدام بطاطا محورة وراثياً تجاه مقاومة الأمراض، وكانت شركة مونسانتو .Monsanto Inc الرائدة في إنتاج خط New leaf line of potato وكان تأسيس لأصناف مقاومة لفيروس التفاف أوراق البطاطا *Potato leaf roll virus* وفيروس Y البطاطا *Potato virus Y* وهي معدلة تجاه المعطف البروتيني، كما انتجت أصناف محورة وراثياً تجاه مقاومة فطر الذبول الفيرتيسيليومي واللفحة المتأخرة، ولكن بعض هذه الأصناف غير متاحة حيث لاقت صعوبات في تقبل المستهلك لمنتجات معدلة وراثياً، وأشار Lorito وزملائه في عام 1998 إلى تحوير البطاطا باستخدام مورث ThEn-42 من فطر *Trichoderma harzianum*، ويشفر هذا الجين إنزيم اندوكيتيناز Endochitinase وتقاوم النباتات المحورة المنتجة مرض اللفحة المبكرة *Alternaria solani* والعفن الرمادي *Botrytis cinerea* والعفن ريزوكتونيا *Rhizoctonia solani*، ويمكن أن يكون مفهوم استخدام جينات من كائنات لا تضادية Anatagonistic organisms مفيداً لكائنات ممرضة

أخرى. ونظراً لقوانين استخدام المبيدات ومقاومة المبيدات ستصبح للمكافحة الحيوية أهمية أكبر ولاسيما التطور باستخدام التضاد والتنافس والتطفل والمقاومة الجهازية المستحثة ISR أو تضافر عدة آليات معاً.

ب- **النيماتودا المتحوصلة في النجيليات *Heterodera avenae*:**

يشجع زراعة محصول حبوب حساس لسنوات عديدة في الحقل في المناطق المعتدلة نمو مجتمعات النيماتودا، ويتطفل فطر *Nematophthora gynophila* و*Verticillium chlamydosporum* و*Catenaria auxiliaries* على إناث النيماتودا ويمنعها من تشكيل الحويصلة، وعندما يكون مجتمع النيماتودا خلال فترة بدون محصول أو السكون على شكل بيض في الحويصلات، بالتالي فإن المعاملة بالنيماتودا *Nematophthora gynophila* يحد بنسبة تصل إلى 97% من الحويصلات، والفطر *Verticillium chlamydosporum* يتطفل على البيض وتبقى الأبواغ في التربة لفترة عامين ويزيد السماد الأخضر من مجتمع الفطر.

ت- **التدرن التاجي *Agrobacterium radiobacter* pv. *tumefaciens*:**

تعامل الشتول قبل الزراعة بمعلق السلالة K84 بكتيريا *Agrobacterium radiobacter* pv. *Tumefaciens*، كما يمكن معاملة البذور، ويستخدم الأجروسين 84 كعنصر مكافحة حيوية بالتضاد للأنماط 1 و2 وليس النمط 3 الذي يصيب العنب.

ث- **عفن الجذور في القمح المسبب *Fusarium roseum*:**

تظهر العدوى بالفطر الممرض خلال تكون السنابل بعد الري كما تظهر بكتيريا التضاد، وتنمو على بقايا المحصول فطريات محمولة بالهواء مثل *Cladosporium* و *Alternaria*، ويمكن للعمليات الزراعية مثل التأخير بالزراعة وتقليل الري أن تخفض الأضرار.

ج- **مرض الذبول الوعائي المسبب *Fusarium oxysporum*:**

يوجد بعض أنماط وأنواع وسلالات غير شرسة من الفطر نفسه تؤدي إلى المقاومة المستحثة.

ح- **مرض سقوط البادرات المسبب *Pythium* spp. و *Rhizoctonia solani*:**

تؤدي المعاملة الحرارية والكيميائية للتربة إلى خفض عدد وأنواع الأحياء الدقيقة في التربة، وهذا يتطلب إضافة عناصر التضاد الفعالة تجاه الأمراض مثل *Trichoderma* و *Penicillium* و*Bacillus subtilis* و*Steptomyces*، كما أثبتت معاملة البذور بعناصر التضاد فاعليتها وتستخدم بتغطية البذور بمعلق أبواغ الفطر *Trichderma harzianum* أو *T. hamatum* أو *Laetisaria arvalis* أو *Penicillium oxalicum* وتؤدي مع العديد من أنواع الفطريات إلى الوقاية بالتضاد تجاه مرض سقوط البادرات.

خ- **تعقد الجذور المسبب أنواع نيماتودا Meloidogyne:**

تتطفل بكتيريا *Bacillus penetrans* اجبارياً وتؤمن مكافحة طبيعية في الحقل، كما يتطفل فطر *Dactylella oviparasitica* على البيض، وإضافة الأسمدة الخضراء والعضوية، كما أشير إلى العديد من أنواع البكتيريا السامة للنيماتودا.

خامساً ـ استخدام المواد الكيميائية في إدارة الأمراض النباتية:

Use of chemicals in plant disease management

أدت الأنظمة والتقنيات الزراعية الحديثة مثل التكثيف الزراعي إلى زيادة استهلاك كمية مياه الري والأسمدة، أيضاً إلى ارتفاع كمية اللقاح الممرض وانتشار العوامل الممرضة وبالتالي ارتفاع نسبة حدوث الأمراض. ومع توفر الأصناف المقاومة للأمراض وزراعة بعضها على نطاق واسع في عدة دول أدى إلى فقد بعضها للمقاومة، وإلى فقد في المستوى المتوقع أو المرغوب في مكافحة الأمراض، ومع الاحتياط المتوفر في أشكال المبيدات الكيميائية الوقائية، وزيادة الكلفة في التطبيق والنتائج غير المرغوبة في تلوث البيئة، والبحث عن البدائل لصحة الحقل والمحصول وزيادة عدد الأصناف

المقاومة المتوفرة تجارياً، ولكن لا يزال لا يمكن الاستغناء عن استخدام المبيدات المختلفة ومنها المبيدات الفطرية وستبقى رديفاً لأي إستراتيجية في الإدارة المتكاملة لأمراض النبات.

انتشر مرض البياض الزغبي في العنب في أوروبا بعد دخوله من الولايات المتحدة في عام 1878 وذكر Millardet في عام 1882 أن رش العنب بمزيج بلون أبيض مزرق هو كبريتات النحاس والجير بهدف الحد من سرقة العنب أدى إلى ملاحظة أن أوراق العنب المعاملة تبقى سليمة مقارنة مع الأوراق غير المعاملة، وأدى ذلك إلى نجاح الخليط ودعي بمزيج بوردو Bordeaux mixture لمقاومة مرض البياض الزغبي في العنب. وكانت بداية دراسات وبحوث مقاومة أمراض النبات وتطور استخدام المركبات الكيميائية على نطاق واسع.

1-5- هدف المكافحة الكيميائية:

إن من أكثر الطرق شيوعاً سواء في الحقل أو البيوت البلاستيكية أو معاملات بعد الحصاد لمكافحه الأمراض النباتية استخدام مركبات كيميائيه تكون سامة للمسببات المرضية وتعطي نتائج فعاله في مكافحه المرض. وتحتل المقاومة بالطرق الكيميائية مركز الصدارة من طرائق المكافحة المختلفة وذلك لسرعة تأثيرها وبقاء فاعليتها فترة من الوقت بعد المعاملة هذا إلى جانب سهولة تطبيقها وتعدد وسائل إجرائها، فبعض المبيدات يستعمل رشاً والبعض الآخر يستعمل تعفيراً على الأجزاء الخضرية للنبات، ومنها ما يستعمل في معاملة البذور وأجزاء الإكثار الخضري. أما المركبات المتطايرة فتستعمل في أغراض التبخير.

عموماً فإن هدف استخدام المركبات الكيميائية في مكافحة أمراض النبات هو أولاً تركيب مواد سامة تعمل كحاجز بين السطح النباتي أو الأنسجة النباتية والعوامل الممرضة، وثانياً إبادة العوامل الممرضة في مكان وجودها أو الموقع المحدد، في البذور أو المجموع الخضري أو المجموع الجذري، وموجهة لمكافحة أشكال العوامل الممرضة وأطوارها أو لمنع الإنبات أو النمو والتكاثر أو للقضاء عليها بواسطة سميتها. وطبقاً

لطبيعة العوامل الممرضة المستهدفة سميت المبيدات الفطرية Fungicides والمبيدات النيماتودية Nematocides والمبيدات البكتيرية Bacteriocides والمبيدات الفيروسية Viricides وقد لا يكون أي منها مبيداً للعامل الممرض ولكنه يوقف نموه بدون قتله في حالة الفطريات يسمى مضاد فطري Fungistatic وفي البكتيريا مضاد بكتيري Bacteriostatic، وعندما يكون المركب السام لا يمنع نمو الفطر الممرض بل يمنع إنتاج أبواغ العامل الممرض يدعى مانع التبوغ Antisporulant أو مركب Genestatic. وتعد المبيدات الفطرية الأكثر استخداماً في مكافحة الأمراض النباتية وتستخدم على المحاصيل الاقتصادية في الحالات التي يكون فها الخسائر الناتجة عن المرض تزيد بدرجة كبيرة عن كلفة المكافحة، أو في الحالات الملحة والتي يحدث فيها تدمير للمحصول ما لم يستعمل المبيدات.

5-2- آليات عمل المركبات الكيميائية المضادة للعوامل الممرضة:

تتضمن المركبات الكيميائية التي تكافح الأمراض النباتية حماية السطح النباتي (الأوراق الثمار البذور) ومعاملة التربة بتطبيق المبيدات الفطرية ومبيدات النيماتودا والتعقيم السطحي مثل معاملة البذار أو المعاملة الكيميائية، وذلك بواسطة ثلاث طرق:

أ- خفض كمية اللقاح الممرض بإبادة اللقاح ومصادر العدوى بالأطوار المختلفة.

ب- الحد من فاعلية العامل الممرض عند وجوده على السطح النباتي المعامل.

ت- المعالجة.

وتؤمن بعض المركبات الكيميائية الحماية كرد فعل العائل النباتي وتؤدي إلى مقاومة مستحثة (ستناقش في الفصل السادس)، ومعظم المبيدات الفطرية الوقائية الحديثة صممت لمنع إصابة السطح النباتي الحساس وتحول دون اختراق العوامل الممرضة.

5-3- أقسام المبيدات الكيميائية:

تقسم المبيدات الكيميائية وفقاً للاعتبارات الآتية: نوع المستحضر - طريقة الاستعمال - نوع الآفة. كما تقسم مجاميع المبيدات الكيميائية إلى مبيدات حشرية ومبيدات فطرية - مبيدات الأعشاب - مبيدات معقمة للتربة.

المبيدات الفطرية: وتقسم وفق:

- التركيب الكيميائيى للمبيد: مركبات غير عضوية مثل مركبات الكبريت والنحاس ومركبات عضوية مثل مركبات الداى ثيوكاربامات والمركبات الفسفورية العضوية.
- سلوك المبيد: جهازي أوغير جهازي.
- طبيعة الأمراض: مبيدات الأصدئة ومبيدات البياض الدقيقي ومبيدات البياض الزغبي ...الخ.
- توقيت استخدام المبيد: وقائي قبل حدوث المرض وعلاجي بعد حدوث المرض.
- طريقة الاستخدام: معاملة البذور ومعاملة تربة ومعاملة المجموع الخضري.

5-4- تصنيف المبيدات الفطرية:

صنفت المبيدات الفطرية وفق آلية عملها إلى:

5-4-1- المبيدات الفطرية الوقائية Protectants: وتكون فعاليتها قبل حدوث الإصابة بحماية السطح المعامل مثل معاملة البذور بمبيدات فطرية لحمايتها من مرض سقوط البادرات، يطلق عليها أيضاً Contact fungicids وهي ليس لها قدرة على اختراق الكيوتيكل، فهي لا تنتقل داخل النبات لذلك تستخدم قبل أن يصل الممرض إلى سطح النبات وتؤثر هذه المبيدات غالباً على الأبواغ الفطرية وحيويتها، ولبعض هذه المبيدات نشاط إبادي خاصة تجاه أمراض البياض الدقيقي الذي ينمو أساساً على سطح الأوراق. والمبيد الوقائي الجيد لا بد أن يكون له القدرة على قتل أبواغ وأشكال العامل الممرض بسرعة دون إحداث ضرر للنبات ويجب أن تكون لمستحضراته خاصية الالتصاق بسطوح النباتات ومقاومة العوامل الجوية.

5-4-2- المبيدات الفطرية الإبادية Eradicants: يطلق عليها أيضا المبيدات الفطرية الجهازية Systemic fungicides وتقضي على الفطر بكافة أشكاله وأطواره وهي فعالة بعد حدوث الإصابة، وهي تمتص عن طريق الجذور والمجموع الخضري وتنتقل

داخلياً وتنتقل لمدى معين وتحمى النبات من مهاجمة الفطريات الممرضة كما أن لبعضها القدرة على استئصال أو علاج المرض لدرجة معينة ويمكن استخدامها في الأماكن التي لا يستطيع أن يخترقها الرش فقد تستخدم لمعاملة التربة وتصل للجذور وتنتقل لتحدث الحماية في المجموع الخضري وتستطيع وقاية النموات الجديدة في النبات كما أنها ليست عرضه لتأثيرات العوامل الجوية، وتنتقل المبيدات الفطرية الجهازية أما في اتجاه تيار النتح من أسفل إلى أعلى Apoplastic movement أو Apoplastic Upward هي الأجزاء غير الحية من النبات مثل الجدار الخلوي والكيوتيكل وأوعية الخشب وغالبا ما تتجمع في حواف الأوراق، أو تنتقل المبيدات الجهازية في اتجاه التمثيل الضوئي نحو الجذور من أعلى إلى أسفل Symplastic translocation أو Downward Symplast هي الأجزاء الحية من النبات مثل البروتوبلاست والخيوط البلازمية وخلايا اللحاء الغربالية. وعندما ينتقل المبيد الفطري الجهازي في كلا الاتجاهين يطلق عليه Ambimobile وهي مبيدات فطرية علاجية، وتستخدم كثير من المبيدات الفطرية الجهازية في معاملة البذور أو تغمر فيها جذور الشتول أو يعامل سطح التربة بها أو تحقن في جذور الأشجار علاوة على الرش على المجموع الخضري وذلك للوقاية أو لمكافحة بعض الأمراض النباتية التي تكون غالبا بعيدة عن مكان المعاملة. ولأن طبيعة عمل هذه المجموعة عن طريق تثبيط واحد أو قليل من العمليات الحيوية المحددة في العوامل الممرضة التي تتأثر بها لذلك ينشأ سلالات مقاومة من العوامل الممرضة خلال بضع سنوات من إدخال هذه المبيدات الاستعمال. لذلك لا يجب أن يكرر رش هذه المبيدات في نفس المزرعة خلال موسم النمو وإنما ينبغي أن تستخدم هذه المركبات بالتبادل مع المبيدات التي تعمل بالملامسة أو بالتبادل مع مبيدات جهازيه من مجموعات مختلفة حتى يقل ظهور السلالات المقاومة إلى أدنى حد ممكن وأهم المجموعات التابعة للمبيدات الفطرية الجهازية تشمل: البنزيميدازول مثل كاربندازيم وبينوميل وثيابندازول وبنليت، واسيلانير Acylalanires وكربوكساميد Carboxamides مثل كربوكسين

وفيتافاكس، والفوسفات العضوية مثل فوزتيل الألمنيوم Fusetyle-Al، وتيازول Teiazoles مثل بايليتون وبايتان Triadimenol.

5-4-3- المبيدات الفطرية الكبريتية غير العضوية: عرف الكبريت من قديم الزمن كمبيد حشري ثم استعمله Ropertson عام 1921 في مكافحة البياض الدقيقي في الخوخ، وتقسم المبيدات الفطرية الكبريتية غير العضوية إلى مجموعتين:

- الكبريت العنصري المعدني: وينقسم من حيث الاستخدام إلى كبريت التعفير مثل زهر الكبريت والكبريت المطحون، والكبريت الميكروني القابل للبلل.
- الجير الكبريتي Lim sulphur: أول من حضره كنريك Kenrick في عام 1833 وذلك بغليان هيدروكسيد الكالسيوم والكبريت ويرش على الأشجار في فترة السكون لمكافحة البياض الدقيقي وجرب التفاح والعفن البني وذلك بتركيز 2% من المحضر التجاري.

5-4-4- المبيدات الفطرية العضوية: أول المركبات الفورمالين وطبق في عام 1926 كما طبقت المبيدات العضوية الزئبقية في عام 1926 ثم توإلى استخدام مركبات عضوية أخرى أهمها:

- **المركبات الكبريتية العضوية:** وأساسها هو حمض كربامك Carbamic acid ويشتق منه حمض داثيوكربراميث ومنه اشتقت المبيدات الفطرية التالية ثيرام Theram وزيرام Ziram ونابام Nabam وزينيب Zineb ومانيب Maneb ومانكوزيب Mancozeb .
- **مركبات الكينون Quinones:** وهي مركبات توجد طبيعياً في نباتات عديدة وتنتج بأكسدة المركبات الفينولية منها مبيدان فطريان فعالان في مكافحة بعض الأمراض النباتية هي الكلورانيل والدايكلون.
- **المركبات الأروماتية Aromatic compounds:** تشمل عدة مبيدات فطرية تستخدم في مكافحة أمراض مختلفة أهم هذه المركبات هكساكلوروبنزين وبنتاكلورونيتروبنزين وديكلوران والكاراثين وكلوروثالونيل.

- **المركبات النيتروجينية الحلقية:** تشمل بعض المبيدات الفطرية الممتازة لمقاومة أمراض المجموع الخضري ولمعاملة البذور وتشمل كابتان Captan وكابتافول Captafol وفولبت Folpet.
- **مبيدات فطرية عضوية متنوعة:** مثل ابروديون Iprodione وفينكلوزولين Vinclozolin و دودين Dodine. ومن أقدم المبيدات الفطرية استعمالاً ويعتبر أفضلها وأكثرها انتشاراً مزيج بوردو. ومن المبيدات الفطرية النحاسية كبريتات النحاس ومزيج بوردو واكسيكلورو النحاس وهيدروكسيد النحاس.

5-5- صفات مبيدات أمراض النبات:

إن الصفات المطلوبة في أي مبيد لأمراض النبات أن ينتج سموماً مختلفة التأثير على العوامل الممرضة وتختلف المبيدات الفطرية بكونها واسعة الطيف أو ضيقة الطيف، كما تستخدم بأشكال مختلفة كبودرة قابلة للبلل أو معلق أو مستحلب أو محلول أو للتعفير أو تكون على شكل حبيبي، ومن أهم الصفات:

- أن يكون عالي السمية على العامل الممرض ويستخدم بتركيز منخفض.
- ليس له تأثيرات سامة على العائل النباتي أو الإنسان والحيوان.
- ثبات السمية عند تخفيف التركيز.
- أن لا يفقد سميته وفاعليته أثناء التخزين.
- يحقق انتشار جيد على السطوح المعاملة.
- رخيص الثمن ويؤدي تطبيقه عائداً اقتصادياً.
- لا تأثير له أو آثار سلبية على البيئة أو التوازن الطبيعي للكائنات الأخرى.

وتعمل المبيدات الفطرية والنيماتودية والبكتيرية عموماً رديفاً لإستراتيجيات الإدارة المتكاملة لأمراض النبات، بينما يمنع استخدام المبيدات الفيروسية على نطاق واسع نظراً لظهور السمية النباتية ويبقى استخدامها في بعض مراحل زراعة الأنسجة وحالات البحوث العلمية كما يعد استخدامها مرتفع الكلفة.

الفصل السادس

إستراتيجيات الإدارة المتكاملة لأمراض النبات

أولاً- إستراتيجيات إدارة صحة المحاصيل:

The strategies of crop health management

لا تزال البحوث مستمرة بهدف زيادة إنتاج الغذاء وتطوير أصناف محاصيل جديدة عالية الإنتاجية، واستخدام تقانات زراعية حديثة أو متجددة لتطوير إدارة المحاصيل والحقول في كافة أرجاء العالم، وهناك زيادة متوازية في تردد ظهور وكثافة وشدة الأمراض المدمرة مثل أمراض الصدأ في الحبوب والبياض الدقيقي على عدة محاصيل واللفحة المتأخرة على البطاطا، أيضاً تزداد فرصة وجود وفعالية العديد من المسببات الممرضة المحمولة بالتربة، هناك على الأقل 26 مرضاً تسببه الفطريات والبكتيريا والفيروسات والنيماتودا والتي تؤدي إلى خسائر هامة ولا يزال هناك خطر لما لا يقل عن 13 مرضاً يمكن أن يتسبب في فقد خطير في المستقبل (Agrios, 2004).

ويعد تدخل الإنسان في تنوع الأنظمة البيئية مسؤولاً عن زيادة ظهور بعض أمراض المحاصيل. وأحدث تدخل الإنسان خللاً في النظام البيئي الطبيعي بشكلٍ كافٍ يؤدي إلى سيطرة الآفات والعوامل الممرضة خاصة في الأنظمة البيئية الزراعية. لقد وضع الإنسان الخطوات الأولى لاستقرار الآفات والعوامل الممرضة يوم بدأ في الزراعة في التربة ومع تكرار زراعة المحاصيل دورياً في نفس الأرض كذلك عندما أهمل الزراعات المختلطة بتفضيل الزراعة وحيدة المحصول أو زراعة بعض المحاصيل المختارة، وبدأ في تربية المحاصيل باستخدام معايير موحدة الشكل في التربية والفيزيولوجيا. وقد تقلصت خياراتنا للمواد الغذائية إلى أقل من 15 نوعاً نباتياً والتي تتضمن 5 من محاصيل الحبوب و3 محاصيل جذور وبعض البقوليات وقصب السكر، وهذا التركيز على بعض الأنواع النباتية على حساب تنوع المحاصيل يجعلنا معرضين بشكل كبير لكارثة انقطاع للمواد الغذائية عبر كارثة طبيعية أو مهندسة. أساس هذا

التعرض من هشاشة التوازن بين عدة محاصيل غذائية يتم زراعتها وبين العوامل الممرضة التي تغير بشكل دائم من وراثتها خلال عملية الانتخاب الطبيعي. وأتت التحذيرات بعد النتائج الكارثية في فقد التنوع الوراثي منذ أكثر من 150 عاماً أي منذ حدوث المجاعة الكبرى في ايرلندا.

ويعزى أيضاً إجهاد الأرض إلى تكثيف الزراعة وضعف التنوع في المحاصيل بكونها مسؤولة عن زيادة ظهور الأمراض، والموقف لا يمكن تفاديه. ويجب أن تبقى الطرق الحديثة في زراعة المحاصيل في الدول النامية لتلائم زيادة الطلب على الغذاء.

ويعد زيادة الإنتاج من القمح والرز في الهند بواسطة زراعة أصناف عالية الإنتاج ووحيدة الشكل الوراثي واستخدام كميات كبيرة من الأسمدة والري لزراعة الرز والقمح والتعاقب السنوي ضد أساسيات التقيد بالدورة الزراعية، وبالنتيجة زيادة انتشار الأمراض يجب أن تؤخذ أولوية وليست مشكلة ثانوية، ويجب أن يكون التقدم في المعرفة العلمية قادراً على تطوير إستراتيجية للتعايش مع مثل هذه المشكلات إضافة إلى تقليص الأضرار المسببة من الأمراض.

أشارت عدة تقارير من الباحثين في أمراض النبات عن تحقيق مكافحة تامة وإيجابية عن طريق استخدام التعقيم والأصناف المقاومة للأمراض وإدارة التطبيقات الزراعية وإدراة البيئة ... الخ، ولكنها في الغالب غير صحيحة، فالأمراض التي وُجدت في ظل المكافحة التامة يمكن أن تعد على أصابع اليد. والواقع أنه من النادر أن نتمكن من إبادة كاملة للمسببات المرضية، على الرغم من توفر طرائق عديدة لتطبيق ذلك، ومن المفهوم حالياً أن الإبادة التامة للمسببات المرضية أو العوامل الممرضة هي جزء من النظام البيئي على الرغم أنه من الصعب جداً بل ومن المستحيل إبادتها. هذه العوامل الممرضة هي جزء هام من النظام البيئي كما هو الإنسان أو النباتات، ولذلك يجب التفكير بإصلاح الضرر الحاصل على النظام البيئي الطبيعي بواسطة تحسين الطرائق الزراعية عبر معاملات إضافية يمكن أن تدعى إستراتيجية الإدارة. هذه الإستراتيجية يجب أن تهدف إلى المنافسة الناجحة مع القوى البيولوجية (الآفات والأمراض) والتي لا يمكن

إهمالها أو استبعادها ولكن يمكن أن نعرف خواصها الطبيعية للتضاعف أو التكاثر، ومع إدارة المجتمعات لهذه الآفات بطريقة لا تصل إلى مستوى إحداث الأضرار، ويمكن أن يتم تحقيق ذلك ليس بتطبيق وسيلة واحدة بل بهجوم متعدد الوسائل على مجتمع الآفة.

والمعتقدات التي فهمت خطأ أن أفضل طريقة لمكافحة المرض تكون في إبادة العوامل الممرضة قادت إلى التأكيد على استخدام المركبات الكيميائية على حساب طرائق أخرى لإدارة الأمراض، وأدت إلى أن إنتاج المحاصيل كنظام الدخل العالي. ورافق الإفراط في استخدام المبيدات الفطرية زيادة في عدد المركبات التجارية المتوفرة في الأسواق، وعلى الرغم من سهولة تطبيقها وتوفرها والحصول عليها وسرعة مفعولها المباشر لكن المبيدات الفطرية لم تتمكن لوحدها من إعطاء حلول تدوم طويلاً لمشكلات الأمراض. وإلى الآن لا يوجد مبيد فطري أدى إلى قتل 100% من العامل الممرض. وقد أدى تطبيق مبيد Vitavax فاعلية جيدة في مكافحة التفحم السائب والذي يشتي فقط في البذور، لكن يبقى المرض سائداً وفي سنوات ملائمة للعامل الممرض يسبب خسائر هامة. ويسبب استخدام جرعة مناسبة من المبيدات الفطرية إبادة اللقاح الممرض في البذور بنسبة 90%. وعادة لا تعامل البذور المعتمدة بجرعات عالية من المبيدات الفطرية. واللقاح الذي يهرب من تأثير المبيدات الفطرية ليس فقط قادر على إحداث أضرار في محصول القمح للموسم القادم بل هو قادر على إحداث المرض في مواسم لاحقة نتيجة انتشار المسبب ووجود الأبواغ في البذور بكميات كبيرة، وبالتالي يجب إعادة المعاملة بالمبيدات الفطرية. إن تبخير التربة بمبيد D-D يعطي نسبة قتل نحو 90% من يرقات النيماتودا ولكن 10% من النيماتودا الحية التي تبقى قادرة على زيادة مجتمع النيماتودا بسرعة لتصبح كما في مستوى الأصلي. وتفقد الأصناف المقاومة بسرعة مقاومتها لسلالات جديدة من العوامل الممرضة لتعادل مورث المقاومة المدخل حديثاً، ما لم تكن الأصناف الحديثة المقاومة مترافقة مع طرق أخرى تسهم في حمايتها ولكن لا يوجد ما يضمن ثبات مقاومتها وأن تكون عرضة لفقد كبير نتيجة الأمراض. ومع هذه القيود في إنتاج الدخل العالي، فإن تقانات الإنتاج الحديثة تلقى حالياً اهتماماً سريعاً على مستوى

المجتمع العلمي العالمي لأهميتها عند المزارعين التقليديين وفي الأنظمة التي يتبعونها، ويجب أن يكون نظام الإنتاج على خط واضح كما اقترح Bridge في عام 1996 لإدارة النيماتودا في الزراعة المستدامة بأنه يجب أن تتضمن أساساً:

- ❖ منع إدخال أو انتشار العوامل الممرضة بواسطة استخدام مواد نباتية سليمة.
- ❖ الاستخدام المباشر طرائق المكافحة الفيزيائية والزراعية وغير الكيميائية وبشكل خاص الدورة الزراعية وفلاحة التربة في الطقس الحار.
- ❖ تشجيع التنوع الحيوي والإطلاق الطبيعي للمكافحة الحيوية مع التركيز على إضافة الأسمدة العضوية للتربة.

إن إستراتيجية إدارة الأمراض يجب أن تتكامل مع كافة الطرائق المعروفة في مكافحة الأمراض مع الأخذ بعين الاعتبار ما يلي:

- **الفقد المقبول (ممكن تحمله) Tolerable losses:** إن القضاء التام على العوامل الممرضة لأي مرض في مناطق كبيرة يعد صعباً ومكلفاً، وكمية فقد المحصول نتيجة الأمراض يمكن أن يتم السماح بها. وبدلاً من الوصول إلى حدود عليا من الطاقة الإنتاجية للمحصول المزروع يجب أن يستعد المزارعون لحصاد كمية إنتاج أقل نسبياً ولكنه أعلى مما هو متوقع مع المرض.
- **المكافحة الاقتصادية Economic control:** يجب أن تهدف إستراتيجية إدارة الأمراض الكلفة ونسبة الفائدة في مصلحة المزارع. ويجب أن يكون العائد مرتفعاً في الوحدة من جهة المال المستهلك في مكافحة الأمراض.
- **تثبيط أو منع الممرض Pathogen inhibition:** أن يكون التأكيد على إدارة مجتمع العوامل الممرضة أكثر من الإبادة التامة. لأن العامل الممرض سوف يستمر في الوجود ولكن أنظمة المكافحة يمكن أن تطور لإدارة مجتمع العوامل الممرضة إلى تحت المستوى الضرر.
- **المكافحة طويلة الأمد Long range control:** إنه من المطلوب ويجب أن تكون أكثر احتمالاً إستراتيجية إدارة الأمراض التي تستخدم طرائق لها مدى طويل

الفاعلية ولا تحتاج إلى إعادة تطبيق سنوي ومع كل محصول. وبهذا يمكن أن تنخفض النفقات كذلك فرص تلويث البيئة.

- **مكافحة أمراض متعددة Multiple disease control:** يجب أن تتكامل الإستراتيجية مع طرائق لها تأثير فاعل ليس فقط على المرض المستهدف بل أيضاً على عدة أمراض تصيب المحصول، ويوجد عدة تطبيقات زراعية لها هذه الخاصية النوعية. وعند استخدام المبيدات الفطرية أن لا يكون لها تغيرات معنوية في الطبيعة مع معرفة الجرعة وآلية عمل للمبيد الفطري، إن كان ضرورياً أن يكون عدد مرات التعرض للمبيد إلى عدد معاملات أقل ما يمكن من المعاملات وأن تكون الفترة واسعة بين المعاملتين. وعلى أي حال فإن مشكلة تطور مقاومة العوامل الممرضة لمدى ضيق من المبيدات الفطرية الجهازية سيستمر وهذا ما سيحد من استخدامها. إن مزج مبيد فطري وقائي مع مبيد فطري جهازي أو مبيد فطري جهازي مع عوامل مكافحة حيوية يمكن أن تكون حلاً لهذه المشكلة، عموماً عند استخدام المبيدات الكيميائية وزراعة الأصناف المقاومة يمكن أن يساهم مع فاعلية المبيد تكون طويلة الأمد في رفع الإنتاجية.

ثانياً- إستراتيجيات إدارة العائل النباتي:

The strategies of the Host plant management

إن العائل النباتي هو العنصر الثالث في مثلث المرض أو جهاز المرض، بالإضافة إلى إدارة البيئة بواسطة العمليات الزراعية والتطبيقات المرتبطة بها، إن إدارة العوامل الممرضة تتم بواسطة معايير مكافحة العوامل الممرضة المباشرة أو البقايا النباتية المصابة، وإن إدارة العائل ليست أقل أهمية لأن بعض العمليات الزراعية المطبقة في إدارة العائل لمكافحة المرض وتتضمن الحماية المتصالبة أو المقاومة المستحثة بواسطة العدوى بسلالات غير شرسة أو منخفضة الشراسة من العوامل الممرضة ضد السلالات الشرسة من العوامل الممرضة والمقاومة المؤقتة المستحثة بواسطة الأسمدة والمبيدات الفطرية الجهازية والمضادات الحيوية هي عبارة عن تطبيقات إدارة العائل، كذلك إزالة النباتات المصابة من الحقل والتقليم والرش الوقائي للمحاصيل جزءاً من إدارة العائل. إن

الإجراء الفعال في إدارة العائل للقضاء على الأمراض يكون بواسطة التعديل الوراثي والدور الفعال هو التعبير الوراثي عن قابلية العائل للتعرف أو رفض الكائنات الدقيقة التي تحاول مهاجمته أو الاستجابة لهذه الكائنات الدقيقة (الأمراض) أو منتجاتها بطرق مختلفة (مقاومة تأثير هذه المنتجات أو تصبح القابلية والحساسية لها) وتتطلب هذه القابلية وجود آليات في العائل للوقاية من تأثير أضرار العوامل الممرضة وهو ما يدعى بضعف الحساسية أو وجود المقاومة في العائل.

إن استخدام النباتات المقاومة هي أحد أهم التوجهات في إستراتيجيات إدارة أمراض النبات. إنها أساساً مكافحة حيوية حيث العائل النباتي يعمل على منع العوامل الممرضة دون أن يتطلب أي إجراء من قبل المزارع خلال فترة نمو المحصول، وهو ليس أي تخريب أو تدخل في البيئة، بشكل عام إن استخدام النباتات المقاومة متوافق مع تطبيقات إدارة الأمراض الأخرى (التطبيقات الزراعية أو الكيميائية)، وفي الغالب قد يكون الطريقة الوحيدة لمكافحة المرض. إن الأصناف أو الأنواع المقاومة توفر في الوقت والجهد والطاقة والكلفة المستهلكة مقارنة مع باقي المعايير المطبقة في مكافحة الأمراض. ففي الأمراض الفيروسية والصدأ والذبول ...الخ تكون المكافحة الكيميائية مكلفة اقتصادياً أو غير ممكنة، ويكون استخدام الأصناف المقاومة الإجراء الأمثل أو الوحيد في إدارة المرض في المحاصيل غير الاقتصادية أو غير المربحة تكون تطبيق المكافحة الكيميائية أو أي طريقة أخرى مكافحة مكلف جداً، كذلك في الدول النامية حيث الحيازات الزراعية محدودة ويعاني المزارعون من نقص الموارد لشراء المواد الكيميائية يكون من الأفضل استخدام الأصناف المقاومة.

6-2-1- التباين في النبات: لاحظ قدماء المزارعين وجود تغيرات في استجابة المجتمع النباتي لواحد أو أكثر من العوامل الممرضة وحاولوا تخزين البذور الناتجة عن النباتات العالية الإنتاج والسليمة الشكل ضمن المحصول لزراعتها في موسم لاحق، وكان ذلك طريقة البدء في انتخاب الأفضل. إن مقاومة الأمراض والآفات ظاهرة طبيعية في النبات ويعتقد بأنها كانت طريقةً لمواجهة هجمات الأعداء منذ نشوئها. حيث بدأ نشوء

محاصيل النباتات الحالية من النباتات البرية ببطء على مدى فترات طويلة من الزمن وفي مناطق جغرافية مختلفة (مراكز مورثات)، ما نجم عنه أشكال من التنوع الوراثي اللا متناهي من هذه النباتات. وخلال نشوء هذه النباتات كانت تحت ضغط انتخابي ثابت من أعدائها ويتضمن ذلك العوامل الممرضة والمتطفلات وأدى ضغط العوامل الممرضة إلى تحريض مورثات المقاومة في أشكال متعددة من النباتات. في تلك الأيام وقبل أن تكون الزراعة قد زودت بأصناف مقاومة مطوَرة علمياً، انتخب الإنسان وزرع العديد من أنواع النباتات البرية لبعض صفاتها المرغوبة وطورت بهذا الاتجاه العديد من الأصناف، وبالتالي انتخبت منها الأصناف عالية الإنتاجية ولاقت رعاية ومعاملة جيدة من عام لآخر، مثل الرز، وقد استبعدت الطبيعة والأمراض أفراد النباتات الضعيفة والحساسة من المجتمع النباتي، كما ساهم المزارعون في انتخاب الأصناف الأفضل والأعلى إنتاجية من المجتمع النباتي المتبقي والذي يحمل مجموعات مختلفة من مورثات المقاومة ومع التنوع الوراثي للأصناف والمدخلات الناجية من الأوبئة والتي كانت مصدر مورثات المقاومة (Leppik,1970)، عموماً يرتبط كلا النبات والطفيل في موقع مركز المورث الأصل ليحقق توازن العوامل الانتخابية في النشوء، وخلال وجود كلا العائل والعوامل الممرضة تحدث تغيرات وراثية، وتطور النباتات أفراداً في المجتمع لديها القابلية لمحاربة عزلة أو عزلات من العوامل الممرضة كما تطور استجابة لهذه العزلة أو السلالة أو النمط البيئي وتحاول تطوير المقاومة في العائل، وتنتج هذه العملية عند وجود مجموعة واسعة جداً من خطوط مقاومة من العائل النباتي ولاسيما من العوائل البرية في المنطقة التي نشأ منها أصل النوع النباتي.

من المعتقد بأن أصل البطاطا (درنات تحمل مورثات جنس *Solaneum*) في وسط وجنوب أميركا، وقد زرعت البطاطا أولاً في الأنديز Andes، أيضاً نشأ فطر *Phytophthora infestans* المسبب لمرض اللفحة المتأخرة في منطقة مجاورة قرب المكسيك وجواتيمالا، وكانت الأصناف المزروعة عالية الحساسية لمرض اللفحة المتأخرة، وقد تركزت أصناف البطاطا البرية المقاومة للفحة المتأخرة في وسط المكسيك

موقع نشوء العامل الممرض، وقد جمعت معظم الأصناف المزروعة من البطاطا *Solaneum tuberosum* من مواد وراثية في المنطقة مثل أنواع *S. demissum*. كذلك نشأ نبات الحمص *Cicer arietinum* في أسيا الصغرى وتركيا وسورية وفي هذه المنطقة معظم الأصناف المزروعة ومنها كابولي Kabuli ومعظم الأصناف التي أبدت مقاومة لمرض لفحة أسكوكيتا .*Ascochyta* spp هي نمط الحمص كابولي، ومن المحتمل أن منشأ البندورة *Lycopersicom esculentum* في البيرو وشيلي في أميركا الجنوبية وتحوي الأصناف البرية في المنطقة مورثات المقاومة للأمراض الشائعة، ووجد أن النوع *Lycopersicom pimpinellifolium* أكثر الأنواع مقاومة للأمراض. غالباً لوحظ هذا النمط من التباين في المقاومة الوراثية في حالات استمرار وجود العائل والعوامل الممرضة معاً لفترة طويلة.

مع إدخال فعاليات تربية النبات بطرق علمية اعتمدت التباين الوراثي في الأصول النباتية والبحث عن مورثات نباتية جديدة نافعة عن طريق التهجين بين الأصناف المحلية المزروعة والأصناف التجارية المستوردة والأصناف من المصادر والمواقع الأخرى والأصناف القديمة التي لم تعد تزرع والأصول السابقة والأقارب البريّة للمحصول النباتي خاصة من موطن الأصل البري، واختيار المورثات المصدر هي أهم جزء من برامج تربية النبات وأهم أهداف الإدارة المتكاملة لأمراض النبات. وأسهم إحداث الطفرات بواسطة المواد الكيميائية أو الفيزيائية في الحصول على مواد نباتية استخدمت في تربية وانتخاب النباتات، كذلك تتعرض مجتمعات العوامل الممرضة في الطبيعة للتباين الوراثي ويبقى النبات عرضة لعزلات جديدة من العوامل الممرضة ويستمر التباين الوراثي نتيجة الضغط الانتخابي.

6-2-2- المقاومة الحقيقية والهروب من الإصابة وتحمل الإصابة: المقاومة هي صفة في النبات والتي تحد من تطور العامل الممرض والمرض، وتعرّف بأنها قابلية النبات لتحمل ومقاومة وخفض ضرر أو تطور هجوم العوامل الممرضة، في النيماتودا المبيدات النيماتودية موجهة للقضاء على الأفراد في المجتمع النيماتودي وليس الحد من

الأضرار على العائل. ويتفاوت مدى المقاومة من عالي الحساسية إلى عالي المقاومة أو منيع، وبذلك يتم التحكم بالنبات عن طريق المورثات والمقاومة وراثية. ويطلق على المجتمع النباتي أو العائل بأنه متحمل إن أبدى علامات وأعراض المرض المرئية ومشابهة لتلك التي تظهر على الأصناف الحساسة من المحصول ولكن يعاني أقل قدر من الأضرار التي يسببها المرض أو الوباء، وتقنياً التحمل ليس مقاومة لأنه تحت ظروف ملائمة للمرض يبدو النبات حساساً للمرض، ولكن تطبيقياً التحمل هو مقاومة والتي عادة تورث وهي عامة في الطبيعة (Browning, et *al*., 1977)، وأحد العوامل التي تحدد أقل الأضرار هو القدرة على الإنتاج العالي على الرغم من وجود الإصابة، وهناك توجه عام نحو تفضيل الأصناف المتحملة التي لها مقاومة متعددة على الأصناف التي تمتلك المقاومة الحقيقية ولها أسس وراثية محدودة، لأن الإدارة الجيدة للأصناف المتحملة تدوم أكثر من الأصناف المقاومة. والأصناف المقاومة والمتحملة لها درجات مختلفة من عدم التوافق مع العوامل الممرضة أو الهروب من المرض، في الأصناف التي لا تملك مقاومة وراثية حقيقية ومتوافقة مع المرض تبدي ردة فعل حساسية عالية إن تمت مهاجمة العوامل المسببة في الوقت الملائم، ويعود الهروب من المرض لوجود صفات وراثية أخرى مثل سرعة النمو والنضج المبكر ...الخ من الصفات التي تمكن النبات من تفادي فترة الإصابة عندما يكون فيها العامل الممرض عالي الشراسة أو الظروف البيئية ملائمة للعامل الممرض، وهنا تحدث العدوى لكن صافي الفقد الاقتصادي ليس هاماً.

6-2-3- نمط المقاومة الوراثية: طبقاً لمفهوم الوراثة يعرّف العائل بأنه يمتلك مقاومة نوعية إن وجد تفاعل متباين بين الأنماط الوراثية للعائل والأنماط الوراثية من العامل الممرض. هذا النمط من المقاومة يعرف أيضاً نوعي - عمودي - وحيد المورث أو المقاومة النوعية، أما العائل يعرّف بأنه يملك المقاومة العامة إن لم يوجد تفاعل متباين بين الأنماط الوراثية للعائل والأنماط الوراثية للعامل الممرض وهو غير نوعي – أفقي - متعدد المورث أو المقاومة الكمية، ويصنف في هذه المجموعة تأخر أو بطء ظهور أو بطء معدل نمو مرض الصدأ متعدد الدورات وكذلك مرض البياض الدقيقي، أما وبائياً

يعرّف مجتمع العائل النباتي بأنه يملك حالة غير متعادلة بين المقاومة والحساسية إذا كان التأثر بالوباء بواسطة عدة سلالات من العامل الممرض مثلاً بواسطة التفضيل أو الرفض لبعض عناصر مجتمع العامل الممرض، ويعرّف مجتمع العائل بأنه يمتلك مقاومة بطيئة إن كان التأثر بالوباء بواسطة خفض معدل تطور مجتمع العامل الممرض.

إن أقدم المصطلحات المستخدمة للتعبير عن نمط المقاومة في النبات مقاومة وحيدة المورث (مقاومة العمودية) أو مقاومة عديدة المورثات (مقاومة أفقية)، وعندما تكون آليات الدفاع مسيطر عليها أو محكومة من قبل واحد من زوج مورثات تدعى Monogenic gene، وعموماً زوج المورث يحكم على هذا النوع من المقاومة هو مورثات سائدة ولكن زوج المورثات المتنحية Recessive gene يمكن أن يؤمن المقاومة بواسطة واحد أو أكثر من المورثات وله دور كبير، وتكون كافية لمقاومة النبات تجاه العوامل الممرضة، وفي هذا النمط من المقاومة يكون النبات مقاوم لعدد قليل من عزلات العامل الممرض ويبقى الصنف خالياً بشكل كامل من هجوم عزلات معينة من العامل الممرض في مختلف الظروف البيئية. ولأن المقاومة تعود لزوج مورث واحد في العائل فهو ثابت فقط إلى أن تتطور عزلة أو عزلات من العامل الممرض والتي تزيل المقاومة. ومن السهل تداول المقاومة العمودية في برامج تربية النبات وكانت بوقت سابق مفضلة عن المقاومة الأفقية. إن هذه الفعالية تتوافق بصورة أفضل في المحاصيل الحولية وسهلة التربية مثل محاصيل الحبوب وتوجه مباشرة ضد العامل الممرض والذي لا ينتج أو ينتشر بسرعة مثل فطر *Fusarium* spp.، والمقاومة العمودية فعالة جداً تجاه العوامل الممرضة التي يتكرر فيها تشكل الطفرات، ويعزز طول فترة المقاومة العمودية أو المقاومة وحيدة المورث عندما لا يتألف مجتمع العائل من صنف مفرد ووحيد الشكل الوراثي وينمو في مناطق واسعة. من المعروف في الأمراض المحمولة بالتربة أن المقاومة وحيدة المورث تدوم طويلاً، ومثال ذلك: مرض اصفرار الملفوف المسبب فطر*Fusarium oxysporum* f.sp. *conglutinans*، وتم الحصول على مقاومة

وحيدة المورث في نبات اللفت *Brassica rapa* تجاه فيروس موزاييك اللفت *Turnip mosaic virus* (TuMV) (Haj Kassem and Walsh. 2008).

عندما تؤدي المقاومة إلى فعل متحد بين أكثر من واحدة من آليات الدفاع الصغرى وكل واحدة لو كانت مفردة لا تؤدي إلى مقاومة الإصابة وهذه الآليات تحدد بواسطة مجموعة واحدة أو أكثر من المورثات الإضافية وتدعى مقاومة عديدة المورثات أو عامة، وتلعب هذه المورثات الصغرى دوراً في أفعال ثانوية وأقل أهمية في تطور المرض ولكنها أفعال متحدة لتؤمن المقاومة، والأصناف التي تملك مقاومة أفقية لا تعطي مقاومة كاملة أو حساسية كاملة لكنها مقاومة أكثر ثباتاً لأنها من قاعدة وراثية واسعة للمقاومة، وتتطلب المقاومة الأفقية عمليات فيزيولوجية في العائل والتي لها فعل المقاومة والتي هي وراء الحدود المحتملة لقابلية التنوع في العامل الممرض. ومثل هذه النباتات مقاومة لمعظم السلالات من العامل الممرض بما في ذلك الأنماط شديدة الشراسة. وهذا النمط من المقاومة سائد طبيعياً على نحو واسع بسبب الضغط الإنتخابي نتيجة التعرض إلى مدى واسع التنوع من سلالات العامل الممرض. ومع زيادة وجود السلالات الممرضة يزداد الانتخاب للمقاومة الأفقية أو العامة في العائل. وإن كان العامل الممرض غير موجود في المقاومة العامة فإن المقاومة العامة تختفي بسبب غياب الضغط الانتخابي للمقاومة، وهذا النمط من المقاومة شائع الوجود في النباتات البرية والمزروعة، ولكن الحد الأعظم في النباتات البرية والحد الأدنى في الأصناف المحسنة، والمقاومة متعددة المورثات مسؤولة عن كسر المقاومة مع حدوث التغيرات البيئية، وهي غير ثابتة عند اختلاف الظروف البيئية ولكن تبقى صالحة لفترات طويلة من الزمن في حال الظروف البيئية الثابتة التي تطورت فيها، وكمبدأ تطور المقاومة الأكثر تفضيلاً مزيج عدة مورثات سائدة Dominants ومورثات متنحية Recessive .

وقد اقترح سابقاً من قبل العديد من علماء تربية النبات بأن التكامل في الهروب من المرض وتحمل المرض والمقاومة العامة، ويتضمن ذلك توجهات الإنتاج عالي النوعية والكمية هو الطريقة المفضلة لمكافحة المرض أكثر من المقاومة المسيطرة بواسطة واحد

أو أكثر من المورثات النوعية. ويرغب المزارع في الأصناف الجديدة لا لكونها مقاومة لمرض ما ولكن وإن كان هذا الصنف مقاوماً يجب أن لا يقل الإنتاج عن إنتاج الأصناف الحساسة المزروعة سابقاً كذلك باقي الصفات التي تؤثر على قيمة المحصول حتى في غياب المرض. ومن المصطلحات الخاصة بحالات المقاومة :

ا - **المقاومة Resistance:** هي قدرة العائل على الحد من تقدم وانتشار العوامل الممرضة أو الطفيليات، وهي قد تختلف في درجاتها من المناعة إلى مجرد اختزال قليل لنشاط العامل الممرض مقارنة بالإصابة على النباتات القابلة للإصابة. ومن الناحية الوراثية هي الخصائص الموروثة التي بواسطتها يستطيع النوع النباتي أو الصنف او السلالة أو النبات الفردي أن يوقف أو يختزل نشاط المرض لنوع أو سلالة أو طراز بيولوجي لمسبب مرضي.

2 - **القابلية للإصابة Susceptibility:** هي عدم مقدرة النبات على مقاومة تأثير العوامل الممرضة أو العوامل الضارة الأخرى. وتتناسب القابلية للإصابة عكسياً مع المقاومة ويقدر كلاهما على مقياس واحد.

3- **المناعة Immunity:** يعنى بالمناعة "المقاومة المطلقة" أي عدم القابلية للإصابة وهي لا يمكن وصفها بدرجات. فالعائل إما أن يكون منيعاً، وإما أن يكون غير منيع، وتعد أي درجة أقل من المناعة مقاومة. فمثلا النجيليات منيعة لفطر اللفحة المتأخرة في البطاطا.

4- **التحمل Tolerance:** مقدرة النبات على تحمل التأثيرات المرضية دون أن يحدث له أو يعانى من أضرار كبيرة في كمية ونوعية المحصول، ويمكن أن تتكشف ظاهرة الاحتمال فقط عندما يكون معدل الخسارة في المحصول أقل من الخسارة الموجودة في أصناف مشابهة مصابة بكمية محددة من المرض، والتحمل للمرض شائع الملاحظة في الإصابات الفيروسية للنباتات التي لا يظهر عليها أعراض Symptomless carriers. وقد تكون الأعراض طفيفة بالرغم من تكاثر الفيروس

جهازياً داخل النبات، وعموماً فالنباتات المتحملة تنتج محصولاً حتى عندما تكون مصابة غير أنها تنتج محصولاً أفضل عندما لا تكون مصابة.

5- الهروب من المرض Disease escape: تحدث هذه الظاهرة عندما لا تصاب النباتات القابلة للإصابة وراثياً، وذلك لأسباب بيئية أو زراعية. كأن تهرب البادرات من الإصابة بسبب سرعة إنبات البذرة وخروج البادرة مبكراً قبل أن تصبح درجة حرارة التربة ملائمة للعوامل الممرضة. كما قد يرتبط الهروب من المرض ببعض العوامل الوراثية في العائل، فبعض أصناف الشعير قابلة للإصابة بمرض التفحم السائب *Ustilago nuda* حيث يصيب الفطر أزهار الشعير خلال مرحلة الإخصاب، إلا أن بعض أصناف الشعير ذات الأزهار المغلقة تماماً لا تتعرض مياسمها للخارج وبالتالي لأبواغ التفحم ولذا فإنها تهرب من الإصابة بالمرض.

6-2-4- أهمية الأصناف المقاومة:

يعد استخدام نباتات ذات المقاومة الواحدة من أهم أهداف مكافحة الأمراض النباتية، فمع ازدياد الوعي بخطورة مبيدات الآفات على الإنسان والبيئة ازدادت أهمية ومكانة التربية لمقاومة الأمراض بالنسبة لجميع المحاصيل الزراعية على حد سواء، حيث نجحت الأصناف المقاومة في تفادي المزارعين في جميع أنحاء العالم لخسائر تقدر بمليارات الدولارات، وأدت إلى التوفير في تكاليف المقاومة الكيميائية. وأصبح عدم توفر الأصناف المقاومة لبعض الأمراض عاملاً محدداً لزراعة بعض المحاصيل في مناطق معينة من العالم بسبب توطن مسببات تلك الأمراض بها، ومن أمثلتها: الأصناف المقاومة للذبول الفيوزاريومى من البندورة والبطيخ والملفوف والقطن، وأصناف قصب السكر المقاومة للتبرقش، وأصناف التبغ المقاومة للذبول البكتيري. ونجحت العديد من الأصناف النباتية المقاومة في منع ظهور بعض الأمراض كالصدأ والبياض بصورة وبائية وتوفر العديد من أصناف المحاصيل والخضار المقاومة للفيروسات، ولذلك فقد أسهمت في ثبات الإنتاج الزراعي من هذه المحاصيل.

الصفات التي يجب توافرها في السلالات النباتية الجديدة:

- يجب أن تتوفر في السلالات الجديدة صفات المقاومة للأمراض إلى جانب الصفات الزراعية والتجارية المرغوبة.
- مقدرة السلالات الجديدة على مقاومة المرض تحت ظروف بيئية مناسبة لتكشف المرض وتعرضها لإصابة شديدة .
- أن تكون صفة المقاومة للمرض ثابتة ويمكن أن تنتقل للأجيال التالية بدرجة واحدة.
- الحالات التي يصعب فيها التربية لإنتاج سلالات جديدة مقاومة للأمراض.
- عدم وجود جينات لمقاومة المرض في النبات الذي يراد إنتاج سلالات جديدة منه مقاومة لهذا المرض.
- وجود جينات المقاومة في نباتات بعيدة القرابة عن النبات الاقتصادي الذي يراد إنتاج سلالة منه مقاومة للمرض.
- صعوبة الجمع بين صفة المقاومة للمرض وبعض الصفات الاقتصادية المهمة كما في حالة الذرة حيث ترتبط صفة الإصابة بمرض التفحم مع زيادة قوة النبات.
- ظهور سلالات جديدة باستمرار من العامل الممرض، كما في حالة أصداء القمح فكلما تم إنتاج سلالات من القمح مقاومة للسلالات السائدة في وقت التربية من العامل الممرض ظهرت سلالات جديدة من العامل الممرض فيما بعد تتطلب ضرورة إنتاج سلالات قمح جديدة وهكذا مع ضياع الوقت والمال الذي بذل لإنتاج هذه السلالات.
- حدوث خلط بين السلالات النباتية الجديدة المقاومة وأخرى القابلة للإصابة في الطبيعة مما يؤدي إلى تدهور صفة المقاومة في هذه الحالة ولاسيما في النباتات خلطية التلقيح مثل الذرة.

وتتضح أهمية استخدام الأصناف المقاومة للأمراض مقارنة باستخدام المبيدات في الزراعة فيما يلي:

- تكاليف إنتاج الصنف الجديد المقاوم أقل بكثير من تكاليف إنتاج أي مبيد جديد.

- تكاليف المحافظة على الصنف الجديد أقل من تكاليف الاستمرار في عملية إنتاج المبيد.
- يكون الصنف مقاوماً لآفة معينة، بينما يكون المبيد ضاراً للعديد من الحشرات النافعة عادة.

مميزات استخدام الأصناف المقاومة في الزراعة:

- يقلل من خطورة استعمال المبيدات السامة للإنسان والحياة البرية ولا يسبب في تلوث البيئة كالمبيدات.
- يفيد في المكافحة المتكاملة للمرض، فمع زراعة صنف مقاوم (بالتكامل مع معاملات أخرى) نتوصل إلى مكافحة جيدة للمرض.
- يصبح تطبيق الدورة الزراعية أكثر فاعلية في مقاومة الأمراض.
- يخفض كثيرا من تكاليف مكافحة الأمراض.
- تعد الوسيلة الوحيدة لمكافحة الأمراض المتسببة عن عوامل ممرضة وعائية أو الأمراض الفيروسية.
- تعد الوسيلة الاقتصادية والعملية لمكافحة أصداء الحبوب والذبول.

6-2-5- المقاومة والقابلية للإصابة:

وتنشأ المقاومة في النباتات من توافر صفة أو أكثر من الصفات الآتية:

1- المقاومة الميكانيكية:

إذا كان الطفيل يعتمد في إصابة النبات (العائل) عن طريق فتحة طبيعية كالثغور أو فتحة غير طبيعية كالجروح، فإن العوامل التي تمنع دخوله عن طرقها تعد مقاومة ميكانيكية ومن أمثلة ذلك:

- حجم الثغور كما هو الحال في بعض أصناف القمح المقاومة للصدأ.
- سرعة قفل الثغور أو المقدرة على قفلها أثناء الفترة الملائمة لحدوث الإصابة، أو امتلاء غرفة الثغر بالخلايا البرانشيمية مثل مقاومة بعض أصناف الخوخ للإصابة بالعفن البني.

- سرعة التئام الجروح كما في أصناف البطاطا المقاومة لمرض الجرب المسحوقي.
- عدم تفتح أزهار الشعير في بعض الأصناف يعتبر نوعاً من المقاومة الميكانيكية للإصابة بمرض التفحم السائب في الشعير.
- شدة حساسية النبات للإصابة بالمرض، كما في الشعير مقاومة بعض أصناف القمح للصدأ فعند إصابتها بهذه الفطريات الإجبارية التطفل، تموت خلايا النبات بمجرد وصول ممصات الفطر إليها وبذلك لا يستطيع الفطر الحصول على الغذاء ويحاط الميسليوم بخلايا النبات الميتة مما يؤدي إلى وقف نموه وبالتالي موته.

2- المقاومة المورفولوجية:

وهي عوامل تتعلق بشكل النبات أو تركيبه الداخلي وهي تمنع الإصابة أو تقللها ومن أمثلتها:

- وجود شعيرات على الأوراق أو أنسجة النبات مما يعيق أنبوبة الإنبات من اختراق الأنسجة ومثال ذلك مقاومة بعض أصناف البطاطا ذات الشعيرات لمرض اللفحة المتأخرة.
- سمك طبقة الكيوتين تعد صفة مهمة بالنسبة للفطريات التي تحدث الإصابة بها عن طريق الاختراق المباشر مثل مرض التبقع البني على الفول الذي يسببه فطر *Botrytis fabae*.
- وجود خلايا اسكليرنشيمية تحت البشرة مما يعيق تقدم الفطر كما في مقاومة بعض أصناف القمح للإصابة بمرض الصدأ.
- سمك طبقة البشرة ووجود مواد شمعية عليها.

3- المقاومة الفيزيولوجية:

وتعود إلى بروتوبلازم الخلايا النباتية وقد ينشأ ذلك عن:

- وجود مواد كيماوية سامة تؤثر على الفطر كما في بعض نباتات القمح المقاومة لصدأ الساق الأسود حيث يتوقف الفطر عن النمو بعد دخوله إلى الأنسجة الداخلية للنبات.
- وجود بعض الصبغات والمواد السامة للفطر.
- ارتفاع الضغط الاسموزي لبروتوبلازم النبات عنه في بروتوبلازم الفطر فلا يستطيع الفطر الحصول على الغذاء.
- عدم وجود مواد غذائية يحتاج إليها الفطر فيتوقف نموه مثل بعض الفيتامينات أو الأملاح.
- عدم ملائمة درجة حموضة pH البروتوبلازم لنمو الفطر.

4 - آليات الدفاع النباتية تجاه مسببات أمراض النبات:

يعتمد الإنسان بشكل شبه كامل على النبات في الغذاء، وتوفر العديد من النباتات المنتجات غير الغذائية بما في ذلك الخشب والأصباغ والمنسوجات والأدوية ومستحضرات التجميل والصابون والمطاط والبلاستيك والأحبار والمواد الكيميائية الصناعية. كما تمثل النباتات مصدرا غنياً من المواد الغذائية لكثير من الكائنات بما في ذلك الفطريات، لا تمتلك النباتات جهازاً مناعياً بالمقارنة مع الحيوانات، لكنها طورت طيفاً واسعاً من الأساسيات الدفاعية الكيميائية والتراكيب البنائية والمركبات المختلفة المصممة بهدف الكشف عن الكائنات الغازية. ومن الضروري فهم آليات دفاع النباتات من النباتات والحشرات ومسببات الأمراض من أجل حماية الغذاء وتطوير الأنواع النباتية عالية المقاومة للأمراض. كذلك توضيح مفاهيم دفاع النبات والأمراض النباتية والعلاقات البيئية التي تسهم في تحريض الدفاع ومقاومة الأمراض. وتوضيح كيفية استخلاص المنتجات المستخدمة في الحياة اليومية من المواد التي تنتجها النباتات خلال الاستجابات الدفاعية.

وتمتلك النباتات مجموعة متنوعة واسعة من الأسس والدفاعات المحرضة (المستحثة). والتراكيب البنائية (الدفاعات الدائمة) وتشمل الحواجز المسبقة مثل جدران

الخلايا، البشرة الشمعية، والقشرة والقلف وهي ليست لحماية النبات من الغزو فقط بل تعطي المتانة والصلابة للنبات. بالإضافة إلى ذلك، إن جميع الخلايا النباتية الحية لديها القدرة على الكشف عن مسببات الأمراض الغازية والاستجابة الدفاعية المحرضة بما في ذلك إنتاج المواد الكيميائية السامة والإنزيمات المحللة للعوامل الممرضة وموت الخلايا المبرمج. وفي كثير من الأحيان يكشف النبات عن مسببات الأمراض قبل أن يقوم بإنتاج المواد الكيميائية السامة أو البروتينات المرتبطة بالدفاع وهذا التأخير في الاستجابة ناتج عن احتياجات الطاقة والغذاء اللازمة للإنتاج والترميم البنائي. من المعلوم أن لمسببات الأمراض آليات مختلفة في العدوى والإصابة واختراق حواجز النبات كما يمكن للعديد من مسببات الأمراض تأسيس العدوى والقضاء على آليات الدفاع النباتية للحصول على المواد الغذائية. معظم مسببات أمراض النبات إجبارية التطفل ونصف إجبارية التطفل ويسبب الأمراض على مجموعة صغيرة فقط من النباتات المضيفة بسبب مجموعة مختلفة قليلاً من المورثات المتخصصة والآليات الجزيئية المطلوبة لكل تفاعل بين المضيف-العامل الممرض. ويشير المدى المضيفي (العائلي) إلى الأنواع النباتية التي يمكن فيها للعامل الممرض أن يسبب المرض. على سبيل المثال، فيروس تبرقش بروم *Brome mosaic virus* (BMV) يصيب الأعشاب والشعير ولكن ليس البقوليات. ويشار إلى الأنواع النباتية التي لا تظهر علامات المرض عند عدوى العامل الممرض على أنواع من النباتات غير المضيفة لهذا العامل الممرض. ويشار إلى الكائنات الحية الدقيقة التي لا تسبب المرض على أي من الأنواع النباتية بأنها مسببات غير ممرضة.

لقد طورت النباتات عدة مستويات من نظم وآليات المراقبة للتعرف على مسببات الأمراض تترافق مع سرعة الاستجابة قبل تتمكن الكائنات الدقيقة من إحداث أضرار خطيرة. وترتبط هذه النظم بمراقبة ما يعرف بالمقاومة القاعدية أو استجابات الدفاع مسبقة البرمجة Pre-programmed defense responses وتدعى أيضا المناعة الطبيعية، وهي خط الدفاع الأول من قبل الدفاعات المسبقة والمحرضة التي تحمي النباتات ضد مجموعات كاملة من مسببات الأمراض. ويمكن أن تظهر المقاومة القاعدية

عندما تتعرف الخلايا النباتية على الأنماط الجزيئية المرتبطة بالعامل الممرض Microbe-associted molecular patterns (MAMPs) مثل البروتينات النوعية وعديدات سكر الدهنية ومكونات جدار الخلية التي توجد عادة في العوامل الممرضة. والنتيجة هي أن الخلايا النباتية الحية تصبح محصنة. إن العوامل الممرضة وغير الممرضة قادرة على إحداث المقاومة القاعدية في النباتات بسبب وجود نطاق واسع من هذه المكونات الجزيئية في الخلايا.

كما تطور مسببات الأمراض قدراتها لكبح المقاومة القاعدية في بعض الأنواع النباتية. وإن تمكن العامل الممرض من السيطرة على آلية الدفاع القاعدية قد يحرض استجابة النباتات لآليات دفاع أخرى كما في استجابة فرط الحساسية Hypersensitive response (HR). وتتميز HR بواسطة موت الخلايا النباتية المبرمج في موقع العدوى. ومقارنة مع المقاومة القاعدية قد تحد استجابة فرط الحساسية HR من وصول الماء والمواد الغذائية إلى الممرض بواسطة التضحية ببضع خلايا لإنقاذ ما تبقى من النبات. واستجابة فرط الحساسية HR هي الشكل النموذجي للعلاقة النوعية للعامل الممرض Pathogen-specific أكثر من المقاومة القاعدية وتحدث غالباً عندما تتعرف مورثات خلايا النبات على وجود جزيئات العامل الممرض النوعي مثل البكتيريا والفطريات والفيروسات والنيماتودا. وعند تحريض استجابة فرط الحساسية، قد تصبح الأنسجة النباتية شديدة المقاومة لمجموعة واسعة من مسببات الأمراض لفترة طويلة من الزمن. وتدعى ظاهرة المقاومة المكتسبة الجهازية Systemic Acquired Resistance (SAR) وتمثل حالة الاستعداد القصوى لتحريض الموارد النباتية في حالة حدوث إصابة أخرى. ومن آليات المقاومة المكتسبة الجهازية (SAR) تحريض مسار حمض السالسيليك Salicylic acid pathway ومسار حمض جاسمونيك Jasmonic Acid Pathway كآليات دفاع نباتية وإفراز مركبات وبروتينات دفاعية ومواد كيميائية نباتية وقائية تجاه الأمراض والحشرات.

حيث تتم الاستجابة الدفاعية الحيوية الطبيعية لهجوم العوامل الممرضة بواسطة:

- إنتاج الأوكسجين النشط (Hydrogen peroxide وPeroxidase) ويرتبط البيروكسيداز بتحلل جدار الخلية الفطرية والإشارات الدفاعية.
- سماكة الجدار الخلوي النباتي: يزداد الليجنين وتنتج استرات فينولية تعزز الروابط بين خلوية.
- تحريض التراكم الموضعي والجهازي للبروتينات المرتبطة بالممرض (PR-Proteins) مثل اللاكيتيناز وجلوكاناز.
- تحريض التراكم الجهازي للمضادات الحيوية النباتية Phytoalexins.

واستخدم مبدأ تحريض المقاومة المكتسبة الجهازية (SAR) بواسطة العدوى الاصطناعية عن طريق رش النباتات بمواد الكيميائية تدعى المنشطات النباتية Plant activators. حيث تؤثر المنشطات النباتية مباشرة على العامل الممرض (على العكس من المبيدات الفطرية التقليدية)، وتحرض النبات على إفراز مركبات طبيعية لمقاومة الأمراض، مثال: الـ Acibenzolar (Actigard) و الـ Harpin (Messenger) وهو بروتين طبيعي وجد في عدة كائنات دقيقة ممرضة مثل *Erwinia amylovora* و *E. chrysanthemi* و*Pseudomonas syringae* و*Pseudomonas solanecarum* و*Xanthomonas campestris*. وتتميز هذه المواد بأنها أقل سمية للإنسان والبيئة من المبيدات الفطرية أو المضادات الحيوية، كما أن فاعليتها الوقائية يمكن أن تستمر لفترة أطول. ويعد الكيتين المكون الأساسي في معظم جدران خلايا الفطريات عدا الفطريات البيضية Oomycetes، ويحطم إنزيم الكيتيناز الجدار الفطري كذلك جسم الحشرات، ويعزز نشاطه بواسطة إنزيم جلوكاناز Glucanase كما يعد الجلوكان مع السيلولوز من المكونات الأساسية في جدار الفطريات البيضية Oomycete وترتبط فاعلية المضادات الفطرية مع وجود الكيتيناز وذلك إما دفاع مباشر بتحليل جدار الخلوي الفطري أو دفاع غير مباشر يسمح بطرح قليل السكريات Oligosaccharides التي تعمل تحريض رد الفعل الدفاعي.

كما تمتلك النباتات مجموعة مختلفة من آليات دفاع تجاه الفيروسات بما في ذلك نظام الدفاع الوراثي المتطور يدعى الصمت الجيني RNA silencing ينتج خلال تضاعف الفيروسات dsRN وdsRNA في خلايا المضيف فيمكن للنباتات التعرف على الجزيئات الغريبة وتحدث الاستجابة عن طريق هضم سلاسل المورثات إلى قطع غير فعالة وإيقاف العدوى. وتبدي النباتات المصابة بالفيروسات في كثير من الأحيان أعراض الاصفرار والتبقع، ولكن إذا حدث الصمت الجيني فإن أعراض المرض قد تختفي وتدعى بظاهرة الشفاء Recovery ويمكن للنباتات أن تحتفظ بقالب من سلسلة المورثات المقطعة بحيث يمكن استخدامها مستقبلاً في تحريض الاستجابة بسرعة لعدوى فيروسية مماثلة.

تحتوي جميع الأنسجة النباتية على الحواجز الهيكلية المسبقة (الدفاع البنيوي) التي تحد من ارتباط العامل الممرض وحدوث العدوى. ويعد جدار الخلية هو خط الدفاع الرئيسي تجاه مسببات الأمراض الفطرية والبكتيرية، ويشكل حاجزاً متميزاً ويتضمن أيضا مجموعة متنوعة واسعة من الدفاعات الكيماوية التي يمكن تحفيزها بسرعة عندما تكتشف الخلية وجود مسببات الأمراض المحتملة أو الجروح. جميع الخلايا النباتية لها جدار أولي وتشكل العديد منها جدر خلوية ثانوية تتطور داخل جدار الخلية الأولي بعد توقف الخلية عن النمو. يتألف جدار الخلية الأولي في معظمه من السليلوز كما يحتوي على البكتين واللجنين والكيوتين والسوبيرين والشموع والمواد الدهنية، مما يؤدي إلى متانة وصلابة ومرونة الجدار الخلوي ووقاية البنية الخارجية للنبات. وتسهم البكتينات بوجود روابط غليكان في ارتباط الخلايا المتجاورة وتنظيم المحتوى المائي وتعزيز الجدار خلال الدفاع المحرض. وتستهدف مسببات الأمراض مثل العفن الطري البكتين باستخدام أنزيمات الهضم المتخصصة التي تحطم خلايا مما يؤدي إلى ظهور اللون البني ثم تحلل الثمار.

وعندما تكتشف الخلايا النباتية العامل الممرض المحتمل تبدأ بتحريض الإنزيمات المؤكسدة التي تنتج جزيئات الأكسجين النشطة قادرة على إتلاف الخلايا المصابة

بالعوامل الممرضة وتسهم أيضا في تعزيز جدار الخلية عن طريق تحفيز تشكل الروابط بوليمرات بين جدران الخلايا، وهي بمثابة إشارة إلى الخلايا المجاورة لتلك التي تعرضت للغزو فتقوم الخلايا النباتية بالرد بسرعة على هجوم الجراثيم عن طريق تجميع وتوضع الكالوس بين جدار الخلية وغشاء الخلية المجاورة لغزو العامل الممرض ويدعى هذا الكالوس بالحليمات Papillae وهي بوليمرات عديدة السكر تعيق الاختراق الخلوي في موقع الإصابة، وغالبا ما يتم إنتاجها كجزء من استجابات الدفاع الأساسية المستحثة في النبات. وتعد بعض الخلايا النباتية عالية التخصص في الدفاع. وتساعد خلايا Idioblasts على حماية النباتات ضد الحشرات لأنها تحتوي على مواد كيميائية سامة أو بلورات حادة تمزق أجزاء فم الحشرات التي تتغذى عليها، وهي خلايا النباتية تختلف عن الأنسجة المجاورة لها وظائف مختلفة تفرز المواد الكيميائية من قبل النباتات وتخزينها في الشكل السائل أو البلوري وتحتوي على مواد غير حية مثال البلورات المعدنية السامة وأكسالات الكالسيوم أو كربونات أو السيليكا والزيوت والمطاط والصمغ والراتنج والعفص أو الأصبغة. وهناك أنماط كثيرة من الـ Idioblasts والسكليروتين والخلايا البلورية والسيليكا، وغالباً ما تحتوي الخلايا الصباغية على مواد عفصية Tannins (هي بوليمرات فلافونيد ذوابة في الماء تنتجها النباتات وتخزنها في فجوات الخلية) مُرَة المذاق مما يجعل أجزاء النبات غير مرغوب فيها كمصدر للغذاء، كما أنها سامة للحشرات حيث تربط البروتينات اللعابية والإنزيمات الهضمية بما في ذلك التربسين وكيموتربسين وتؤدي إلى تثبيط البروتينات، والحشرات التي تتغذى على غذاء يحوي كميات مرتفعة من العفص تفشل في اكتساب الوزن وبالتالي تموت. أما الخلايا السكليروتينة فهي غير منتظمة الشكل مع جدران ثانوية سميكة مما يؤدي إلى صعوبة المضغ في الحشرات التي تتغذى عليها، كذلك تختلف خصائص أنواع من الخلايا والتراكيب مثل خلايا Stinging cells، كما تحتوي الخلايا على ألياف بللورية من اوكسالات الكالسيوم التي قد تحرض سيل الدموع عند مضغ الحشرات لأجزاء النبات ويمكن أن تكون سامة أيضاً، ومن المعروف عن نباتات الزينة، مثال *Philodendron* sp. و*Dieffenbachia* sp.

احتواء بعض الخلايا على هرمون Prostaglandins الذي يزيد من مستقبلات الألم في الحيوانات الفقارية وزيادة الإحساس بالألم.

كما تحتوي العديد من النباتات والبذور على البروتينات النوعية في تثبط أنزيمات العامل الممرض والآفات من خلال تشكيل المعقدات التي تعمل على سد المواقع النشطة أو تغيير تشكل الأنزيم، في النهاية الحد من وظيفة الإنزيم. هذه البروتينات عادة ما تكون صغيرة وغنية في الحمض الأميني Cysteine، وتشمل مثبطات الأميلاز والبروتيناز والبكتين وLectins وDefensins (هو سيستين صغير غني بالبروتينات واسع الطيف لتثبيط نمو الفطريات والجراثيم). على عكس المواد الكيميائية البسيطة مثل المركبات الفينولية والقلويدات والتربينويدات. ويتطلب إنتاج البروتينات قدراً كبيراً من الموارد النباتية والطاقة، وبالتالي، يتم فقط تصنيع العديد من البروتينات الدفاعية بكميات كبيرة بعد مهاجمة العامل الممرض أو الآفات حيث تنشط مرة واحدة، ومع ذلك فإن البروتينات والإنزيمات الدفاعية تثبط بشكل فعال الفطريات والبكتيريا والنيماتودا والحشرات. وتقسم آليات الدفاع النباتية الكيميائية وفق المواد الكيميائية في فئتين رئيسيتين: مركبات الاستقلاب الأولية ومركبات الاستقلاب الثانوية. ومركبات الاستقلاب الأولية هي المواد التي تنتجها جميع الخلايا النباتية التي تشارك مباشرة في النمو والتطور والتكاثر والإنتاج مثال: السكريات، والبروتينات، والأحماض الأمينية، والأحماض النووية. أما المركبات الثانوية فهي لا تشارك مباشرة في النمو أو التكاثر ولكن غالباً ما تشارك في آليات الدفاع النبات. هذه المركبات عادة ما تنتمي إلى واحدة من ثلاث فئات المواد الكيميائية: مركبات التيربينويد terpenoids (terpenes) والمركبات الفينولية وقلويدات.

تظهر مركبات التيربينويد في جميع النباتات وتمثل أكبر فئة من مركبات الاستقلاب الثانوية، وقد وُصف نحو 23 ألف مركب، ويعد الـ Isoprene من أبسط مركبات التيربينويد Hydrocarbon isoprene (C5H8) وهو غاز متطاير ينبعث بكميات كبيرة من الأوراق أثناء عملية التمثيل الضوئي ويمكن أن يحمي أغشية الخلايا من التلف الناتج عن ارتفاع في درجة الحرارة أو الضوء. وتصنف مركبات التيربينويد وفق عدد

من وحدات أيزوبرين المستخدمة في بنائها حيث تتكون Monoterpenoids من وحدتي أيزوبرين وSesquiterpenoids (ثلاث وحدات) و الـ Diterpenoids (أربع وحدات) وتعد الـ Monoterpenoids والـ Sesquiterpenoids من المكونات الأساسية للزيوت العطرية، وهي مركبات شديدة التطاير التي تسهم في أساس الروائح من النباتات التي تنتج منها. والزيوت الأساسية كثيراً ما تعمل كسموم للحشرات ويحمي من العديد من العوامل الممرضة. ومن الأمثلة ينتج نبات النعناع كميات كبيرة من المنتول ويتم إنتاجه وتخزينه في شعيرات بشرة النبات. كما ينتج نبات الأقحوان البيريثرين Pyrethrins ويعمل كسم عصبي للحشرات، ويعرف بشكل صناعي كمبيد حشري بيرثرويدي (Cypermethrin وPermethrin) ، وتحتوي راتنجات شجرة الصنوبر على كميات كبيرة من Monoterpenoids وألفا وبيتا بينين Alpha- & beta-pinene وهي مواد طاردة للحشرات. ومن المركبات مادة جوسيبول التي ينتجه نبات القطن ويمتلك خصائص مضادة للفطريات والجراثيم. كذلك مادة أزدراكتين Azadirachtin التي تعزل من شجرة النيم وتعمل كطارد للحشرات.

الفينولات:

تعد من المركبات الثانوية التي تنتجها النباتات للدفاع ضد مسببات الأمراض يتم إنتاجها بواسطة تحريض مسار حمض شيكيميك Shikimic acid وحمض مالونيك Malonic acid في النبات. وتشمل مجموعة واسعة من المركبات ذات الصلة الدفاع بما في ذلك مركبات فلافونويد Flavonoids والمضادات الحيوية النباتية Phytoalexins والعفص واللجنين والأنثوسيانين والكومارين Coumarins وFuranocoumarins. وتعد مركبات الفلافونويد واحدة من أكبر فئات المركبات الفينولية وتنتج النباتات صبغة الانثوسيانين Anthocyanins لحماية أوراق الشجر من الآثار الضارة للأشعة فوق البنفسجية.

يتم إنتاج المضادات الحيوية النباتية Phytoalexins (وهي Isoflavonoids مع خصائص المضادات الحيوية والمضادات للفطريات) رداً على هجوم العامل الممرض.

وتعطل هذه الجزيئات السامة عملية التمثيل الغذائي للعامل الممرض أو بنية الخلية ولكن غالباً ما تكون متخصصة في سميتها للعامل الممرض. وصفت العديد المركبات المنتجة وهي مركبات فينولية لا توجد في النباتات السليمة ولكنها تنتج من تحريض عند دخول العامل الممرض أو الجروح الميكانيكية أو الضرر الكيميائي، وهي مركبات منخفضة الوزن الجزيئي ويتم التصنيع الحيوي لها في مسار Mevalonic acid pathway ولاسيما في الخلايا المحيطة بموقع المصابة وتتراكم في الخلايا الميتة أو قريبة من الموت. ومن فرضيات شرح آلية إفرازها إنها تصنيع إنزيمات جديدة أو تنشيط أو ضبط نشاط إنزيمات مشكلة سابقاً. وقد تحدث الاستجابة خلال دقائق إلى عدة ساعات والاستجابة قصيرة الأمد، وقد تكون سلسلة متكاملة من الاستجابات من خلال توظيف مجموعة متنوعة من الاستراتيجيات بهدف البقاء على قيد الحياة النباتية، وإشارات مرسلة من الخلايا المصابة الميتة عموماً هي أكثر سمية للكائنات الدقيقة غير الممرضة منها على الكائنات الدقيقة الممرضة وهي غير نوعية في السمية وأكثر شيوعاً في الفصيلة الباذنجانية والفولية ولم يسجل في القرعيات. ومن الأمثلة على ذلك مركب Medicarpin التي ينتجه نبات الفصة *Medicago sativa* المصاب بالعديد من المسببات الفطرية الممرضة وغير الممرضة، وينتج مركب Rishitin في كل من البندورة ودرنات البطاطا استجابة للإصابة بفطر *P.infestans* والمورث المسؤول R1، وينتج مركب Camalexin في نبات *Arabidopsis thaliana*، وعزل مركب Trifolirhizin من جذور البرسيم الأحمر، ومركبات أخرى مثل Glyceollin في فول الصويا المصاب بفطر *Phytophthora megasperma* f.sp. *glycinea* وقد عزل الـ Isocoumarin من جذور نباتات الجزر المعدى بفطر غير ممرض *Ceratocystis fimbriata* ويمكن ذلك من فطر ممرض، وينتج مركب Ipomoeamarone في البطاطا الحلوة عند إصابتها بمرض العفن الأسود *Ceratocystis fimbriata*، وينتج مركب Pisatin في البازلاء بتحريض الإصابة بعدة فطور مثل المونيليا أو التعرض للحرارة المرتفعة أو التخزين اللاهوائي، وينتج مركب Gossypol في الورد المصاب

بفطر *Diplocarpon rosa* والقمح المصاب بفطر *Septoria tritici*، ومركبات أخرى مثل Xanthotoxin وPhaseollidin وCapsidiol...إلخ.

آليات عمل المواد الكيميائية في إدارة أمراض النبات:

إن تطبيق المركبات الكيميائية المختلفة على النباتات بهدف منع أو تثبيط تطور الأمراض من أساسيات إدارة أمراض النبات المسببة بواسطة الفطريات، ومعرفة المركبات الفعالة يسهم في تحقيق مكافحة فعالة للأمراض كذلك في فهم طريقة العمل الفيزيولوجية لتحديد استراتيجيات وبرامج إدارة أمراض النبات وعلاقتها بمقاومة الأمراض للمبيدات وطرائق المحافظة على فاعلية وكفاءة المبيدات الفطرية بتحديد مواعيد التطبيق وكميات الاستخدام الأمثل والعمل على استخدام البدائل والمزج بين المبيدات الفطرية المختلفة في آلية العمل.

توجه طريقة عمل المبيدات الفطرية حيوياً إلى تثبيط إنبات الأبواغ أو إلى تثبيط نمو الفطريات أما على المستوى الفيزيولوجي فإن المبيدات الفطرية تثبط الاستقلاب وذلك بعدة طرائق:

1- **تثبيط الإنزيمات:** وذلك عند استخدام:

- النحاس ويعمل على تغيير غير نوعي لطبيعة البروتينات والإنزيمات.
- ديثيوكربامات Dithiocarbamates (Maneb و Manzate وDithane...) التي تعمل على وقف نشاط مجموعة SH- في الحموض الأمينية والبروتينات والإنزيمات.
- البدائل الأروماتية Substituted aromatics (chlorothalonil و PCNB) التي تعمل على وقف نشاط الحموض الأمينية والبروتينات والإنزيمات بواسطة الارتباط مع مجموعات الـ amino والـ thiol.
- Organophosphonate (fosetyl-Al) التي تعمل على توقف استقلاب الحموض الأمينية.

2- **تثبيط سلسلة نقل الإلكترون** Electron transport chain (ETC) (عملية التمثيل الضوئي، تفاعلات الأكسدة والاختزال) وذلك عند استخدام:

- الكبريت الذي يثبط النقل الإلكتروني عبر السيتوكروم Cytochromes.
- مركبات الـ Strobilurins (Azoxystrobin وKresoxim-methyl وPyraclostrobin وTrifloxystrobin) الذي يثبط التنفس في الميتوكوندريا ويوقف معقد Cytochrome bc1 .

3- **تثبيط استقلاب الحموض النووية وتصنيع البروتينات:** وذلك عند استخدام:

- بنزيميدازول Benzimidazoles (Thiophanate-methyl) الذي يثبط تصنيع الحمض النووي دنا DNA والانقسام النووي.
- فينيلاميد Phenylamides (Mefenoxam) الذي يثبط تصنيع الحمض النووي رنا RNA.
- الـ Dicarboximides (Iprodione و Vinclozolin) الذي يثبط تصنيع الـحمض النووي رنا RNA ودنا DNA وانقسام الخلايا والاستقلاب.

4- **تثبيط تصنيع الستيرولات:** يوجد الـ Ergosterol في معظم الفطريات، وهو أساسي في بنية الجدار ووظائفه. ويتم التثبيط في مواقع مختلفة، ومن المبيدات الفطرية المثبطة للستيرولات:

- مبيد ايميدازول Imidazoles (Imazalil).
- مبيد تريازول Triazoles (Propiconazole وMyclobutanil وTebuconazole و Triflumazol)
- مورفولين Morpholines (Dimethomorph).
- المنشطات النباتية.

5- المقاومة في النباتات الكبيرة البالغة:

تتعرض بعض النباتات للإصابه بالمرض وهي في طور البادرات ولكنها تصبح مقاومة للإصابة وهي كبيرة (وتدعى المقاومة العمرية Age resistance) مثل مقاومة

بعض أصناف القمح للإصابة بالصدأ، كذلك إنخفاض قابلية عدوى وإصابة أوراق العديد من النباتات في الحقل للإصابة بالأمراض الفيروسية مع زيادة عمرها.

6-2-6- طرق الحصول على نباتات مقاومة أو منيعة ضد الإصابة بالأمراض النباتية:

أ- تربية النبات التقليدية Traditional plant breeding:

إن تقنيات الطرق التقليدية في تربية وتحسين النبات تتضمن الانتخاب Selection لصفات مرغوبة لبعض أفراد من المجتمع النباتي وذلك ضمن برامج تربية طويلة الأمد، أو بإحداث طفرات Mutation باستخدام مواد مطفرة لانتخاب نباتات تحمل الصفات المرغوبة أو بطريقة التهجين Hybridization بين نباتات المحصول المنتجة تجارياً أو من مصادر وراثية متنوعة ومرغوبة لانتخاب نباتات مرغوبة الصفات وعالية الأهمية. وقد تطورت الأصناف المقاومة للأمراض وقد ذكرت بعض آليات المقاومة في فصل المكافحة الحيوية والحماية المتصالبة والمقاومة المستحثة.

ا - استيراد سلالات مقاومة أو منيعة: تعد هذه الطريقة من الطرق السهلة وقليلة التكلفة نسبياً مقارنة مع الطرق الأخرى، وتعتمد على استيراد بذور من أصناف مقاومة تم الوصول إليها في دول أخرى. غير أن هذه الطريقة رغم سهولتها ورخصها فإن النباتات المستوردة قد لا تظهر صفة المقاومة المرغوبة والمعروفة بها في موطنها، وذلك لأن صفة المقاومة هي ناتج تفاعل الظروف البيئية مع جينات المقاومة والتي قد تختلف في البلد المنقولة إليه عن موطنها. هذا بالإضافة إلى إمكان وجود سلالات فيزيولوجية أخرى من العوامل الممرضة لم تكن موجودة في بيئتها الأصلية، هذا بالإضافة إلى أن الأصناف المستوردة قد تتعرض للإصابة بأمراض أخرى لم تكن موجودة في موطنها الأصلي. غير أنه يمكن الاستفادة من هذه السلالات بإدخالها في برامج التربية وأقلمتها لإعطاء نباتات ذات صفات اقتصادية مرغوب فيها في بيئتها الجديدة.

2- الانتخاب: لدى معظم النباتات مقاومة طبيعية للعوامل الممرضة وخلال نشوء الحياة النباتية زالت أفراد الأنواع النباتية الضعيفة والحساسة للمرض نتيجة الطبيعة أو المتطفلات، وتحدث عملية الانتخاب في الطبيعة بصورة منتظمة ولا يتبقى إلا النباتات

القادرة على مواجهة الظروف البيئية المختلفة والإصابة بالأمراض والآفات المتعددة. والنباتات الموجودة الآن في الطبيعة هي التي طورت مقاومة لمعظم العوامل الممرضة في منطقة جغرافية معينة. وعند دخول سلالات جديدة إلى هذه المنطقة يمكن أن تتأثر هذه النباتات بشدة ولكن أيضاً الأفراد الضعيفة والعالية الحساسية هي التي تزول ويوجد انتخاب طبيعي للأفراد المقاومة أو المتحملة. غير أنه لا يمكن الاعتماد على الانتخاب كمصدر للحصول على نباتات مقاومة للأمراض لرغبة المزارعين في الحصول على نباتات عالية الإنتاج وذات محصول متميز من ناحية الصفات الاقتصادية.

وقد أشير سابقاً إلى أن تطور مقاومة الأصناف بواسطة الانتخاب هو تطبيق قديم وقبل بدء العلماء بتطبيق عمليات التحسين الوراثي، وقلد المزارعون القدماء الانتخاب الطبيعي بانتقاء النباتات الأقوى وغير المصابة بالأمراض والأعلى إنتاجاً لحفظ بزورها وزراعتها في الموسم التالي، وفي كل محصول هناك بعض الأفراد مختلفة التركيب الوراثي ومع مرور الزمن تصبح كأصناف لنفس المحصول. واستخدم العلماء هذه الطريقة كأساس علمي لتحسين المحاصيل، وهي طريقة بسيطة ولكن تستهلك زمناً طويلاً للحصول على أفراد عالية المقاومة ولا يمكن السيطرة على مصدر حبات الطلع. ويتطلب إعداء الأصناف لإختبار مقاومتها ثم التلقيح الذاتي للمحصول ولكن الأكثر صعوبة في المحاصيل خلطية التلقيح. ولنجاح عملية الحصول على سلالات متميزة بهذه الطريقة يجب توفر الشروط الآتية:

- توفر صفة المقاومة في بعض نباتات المجموعة التي يتم فيها الانتخاب.
- وجود طريقة سهلة للتمييز بين النباتات التي تحمل جينات المقاومة، والأخرى التي ساعدتها ظروف معينة على الهروب من الإصابة.
- أن يتوفر في النباتات المنتخبة صفات المحصول الجيد.
- إمكان الحصول على البذور وإكثارها من النباتات المنتخبة في وقت قصير وبكمية كافية.

3- الطفرات: يعتمد تطوير مقاومة الأصناف بواسطة التطفير على الحظ. والنباتات المطفرة هي تلك التي صفاتها الوراثية تغيرت بسبب بعض المواد الكيميائية أو بسبب تأثير أو صدمة فيزيائية. ويحدث ذلك بالطبيعة ويمكن أن يحدث بواسطة التحريض باستخدام المواد الكيميائية أو فيزيائياً (التشعيع)، ويمكن أن يتم التغيير في عدد الكروموزومات في النبات وإنتاج متماثل الصيغة الصبغية أو مضاعف الصيغة الصبغية euploids أو aneuploids (4n و6n) بواسطة استخدام الطفرات. والتغيير العائد إلى الطفرات يصبح دائماً وقابلاً للإنتقال. وبذلك تنتج العزلات أو السلالات أو الأصناف الجديدة، وقد لا تكون أنماط النبات الناتجة بواسطة الطفرات بالضرورة مقاومة للأمراض لأن الطفرة فقط فرصة تؤثر في المورث المسؤول عن المقاومة ولم يكن تحريض الطفرات بواسطة الأشعة المؤينة أو المطفرات الكيميائية كطريقة فاعلة مباشرة لتحسين مقاومة أنواع المحصول وقد استعملت لزيادة التنوع الحيوي وفي التهجين.

4- التهجين: تجرى عملية التهجين بهدف جمع عدة صفات مرغوب فيها اقتصادياً في سلالة واحدة. وقد توجد هذه الصفات في سلالتين أو أكثر حيث تؤدي عملية التهجين إلى حدوث تراكيب وراثية مختلفة في الأجيال التالية، ثم تتم عملية الانتخاب للحصول على السلالة المطلوبة. ويؤثر في نجاح هذه الطريقة وسرعة الحصول على السلالة الجديدة المطلوبة عوامل كثيرة أهمها طبيعة التركيب الوراثى للأباء المستخدمة في التهجين، وعدد أزواج المورثات المتحكمة في الصفة أو الصفات المرغوب فيها، وبرنامج التربية المتبع لهذا الغرض. ويتطلب التهجين اتحاد فردين واحد من كل من الأباء، الأول من الأصناف المزروعة لها صفات ذات جودة نوعية مرغوبة تجارياً ولكنها تفتقر إلى المقاومة لبعض الأمراض المحددة، في حين يكون الفرد الآخر مصدر المقاومة لكنه يفتقر إلى النوعية المرغوبة تجارياً. وبنفس الطرائق المستخدمة في التربية من أجل أي صفة وراثية تطبق لصفة المقاومة لأمراض النبات وتخضع لقوانين التوريث المعروفة، ولكن تربية النبات لمقاومة الأمراض معقدة نسبياً لأنه لا يمكن اختبارها بدون تعريض النبات إلى العوامل الممرضة، وبالتالي تدخل كائن حي آخر يجب أن يتفاعل مع

العائل ومع وجود العزلات الفيزيولوجية للعوامل الممرضة والتي يمكن أن لا تسمح بثبات صفات مقاومة المرض في الأبناء، إن الثبات أو طول أمد المقاومة هو الهدف النهائي لتربية النبات لتحسين المقاومة، ويتم تكرار التهجين للحصول على المقاومة لعدة أمراض.

يمكن الحصول على المورثات المسؤولة عن المقاومة من مصادر مختلفة كما ذكر سابقاً، ونجح استخدام التهجين بين الأفراد ومن الأجناس الأخرى أو الأقارب البرية كمصدر للمقاومة مع عدة محاصيل، وأدى نجاح التهجين بين أصناف البندورة المزروعة *Lycopersicom esculentum* والبندورة البرية *L. pimpinellifolium* لتطوير مقاومة الأصناف لمرض ذبول البندورة الفوزاريومي *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* والذبول الفيرتيسيليومي *Verticillium albo-atrum* وتبقع الأوراق الفضي *Stemphyllium solani*، وأدى التهجين مع أنواع البندورة البرية مثل *L. peruvianum* إلى مقاومة نيماتودا تعقد الجذور، كما أدى تهجين أصناف نبات التبغ التجارية مع الأنواع البرية مثل إلى مقاومة عدة أمراض مثل *Pseudomonas syringae* pv.*tabaci* وعفن الجذر الأسود *Thielaviopsis basicola* والموزاييك.

ب- استخدام التقانات الحيوية في التربية للمقاومة

:Use of biotechnology in resistance breeding

تعتمد الطرق التقليدية لإنتاج سلالات نباتية جديدة مقاومة للأمراض أساساً على التهجين لنقل صفة أو أكثر من سلالة إلى سلالة قريبة منها وراثياً بغرض جمع صفة المقاومة للمرض أو السلالات السائدة منه إلى جانب الصفات الاقتصادية المرغوب فيها. وقد زاد الاهتمام بتربية النبات التقليدية في مطلع القرن العشرين وذلك بهدف زيادة الإنتاج وتحسين مواصفاتها، ولا يزال هذا هو الهدف الأساس في تربية النبات، ولكن التربية التقليدية لها محددات كونها تطبق بين الأنواع ذات القرابة ويقود عدم التوافق في التهجين إلى عدد محدود من المورثات المتوفرة لهجين جديد، يؤدي تهجين جينات فردين إلى كم هائل من الصفات الكمية العشوائية والحاجة إلى التقليح الرجعي، ومن المعروف

الزراعة الموسمية لهذه المحاصيل النباتية ولإنتاج صنف جديد يحتاج إلى فترة طويلة، وعادة قصر فترة جيل العامل الممرض يؤدي إلى تطور عزلات جديدة من العامل الممرض أسرع من فترة تربية أصناف مقاومة، وكما سبق فقد تكون هذه العملية صعبة لعدم وجود نباتات قريبة وراثياً من الصنف المرغوب وبالتالى لا يمكن تهجينها مع بعضها هذا بالإضافة إلى أن عملية التهجين ونقل الصفات المرغوبة إلى السلالات الجيدة تستغرق فترة قد تصل إلى خمسة عشر عاما للوصول للغرض المطلوب. ونظراً لوجود هذه المعيقات ومع تطور التقانات الحيوية والهندسة الوراثية فقد استخدمت في الحصول على أصناف مقاومة بواسطة التعديل الوراثي. وتتميز طرائق الهندسة الوراثية والتقانات الحيوية بإمكانية نقل الجينات المرغوبة دون حدوث تزاوج أو انتخاب أو انتظار لفترات طويلة. هذا بالإضافة إلى ميزة أخرى أن عملية النقل تتم بأقل ما يمكن من إحداث خلل في تركيب المجموعة الوراثية الأصلية للنبات الذي حدث له نقل للجينات المرغوب فيها. كذلك يتبع زراعة الأنسجة ودمج البروتوبلاست، وتتضمن تشخيص وعزل وتحوير ونقل والتعبير عن جين مفرد أو مجموعة مورثات من كائن إلى آخر، وأدى استخدامها إلى زيادة الإنتاج وتحسين نوعية المنتج وإنتاج أصناف مقاومة للأمراض، كما استخدمت تقنية زراعة المرستيم القمي لإنتاج مواد نباتية خالية من الفيروسات المترافقة مع المعالجة الحرارية والكيميائية أو الكهربائية (Daub,1986; Helgeson and Deverall,1983;Langhans, et *al*.,1977).

تعرَّف التقانات الحيوية بأنها تداول الأحياء والتعديل الوراثي وتضاعف الكائنات الدقيقة بواسطة تقانات حديثة مثل زراعة النسج والهندسة الوراثية لإنتاج سلالات جديدة مقاومة للأمراض...الخ، وأدى تطبيقها إلى إنتاج كائنات حديثة محسنة ومنتجات تستخدم بطرائق مختلفة. كما بدأ استخدام تقانات زراعة الأنسجة النباتية منذ عام 1902 وفي عام 1934 زرعت خلايا قمة جذور النبات، كما تطورت زراعة حبات الطلع وتقنيات دمج البروتوبلاست، كما استخدمت تقنية الدنا المأشوب DNA Recombination ولاسيما تطوير وتحسين الأحياء الدقيقة للاستفادة منها في المجال الصناعي وإنتاج الأدوية وفي

المجال الزراعي النباتات المعدلة وراثياً وتحسين مواصفات النبات والمنتجات، والمقاومة للحشرات والأمراض مثل إدخال بكتيريا *Bacillus thuringiensis* إلى جينوم النبات لمقاومة الحشرات، وقد انخفضت نسبة انتشار فيروس التفاف أوراق البطاطا *Potato leafroll virus* بعد استخدام أصناف محورة وراثياً ومقاومة للمرض بإدخال مورث المعطف البروتيني للفيروس (Thomas, et *al*.,1997)، وأدى استخدام التقانات الحيوية في تطوير فعالية الأحياء الدقيقة المستخدمة في المكافحة الحيوية وإطالة فترة تخزينها مثل تطوير الأجروسين Agrocin المستخدم في مكافحة مرض التدرن التاجي الآنف الذكر، ويمكن إدخال المادة الوراثية دنا DNA إلى الخلية النباتية أو البروتوبلاست بواسطة عدة طرق منها طرق إدخال مباشرة بالحقن الدقيق للدنا DNA microinjection أو بواسطة الليبوزوم Liposome (Liquid vesicle-mediated delivery of DNA) أو بواسطة البلازميد Centromere plasmids (Minichromosomes) ويستخدم نواقل مثل بعض مورثات الفيروسات حيث يتم إدخال قطعة صغيرة أو كبيرة من الحمض النووي دنا إلى الخلية النباتية أو البروتوبلاست وقد يتكامل أو لا يتكامل مع دنا كروموزوم الخلية النباتية ويتم التعرف عليه بواسطة مورثات تنظيمية في الخلية النباتية والتعبير عنه وترجمته إلى رنا الرسول mRNA وبالتالي إلى بروتينات (Scholthof and scholthof,1996)، واستخدمت تقنيات الهندسة الوراثية في تطوير مقاومة النبات للأمراض عن طريق دمج مورثات عدم الشراسة من العامل الممرض مع مورثات النبات بشكل مشابه لآلية الحماية المتصالبة حيث يحرض إنتاج بروتينات تعمل كمضادات حيوية (PR-proteins)، وأصبحت هذه التقنيات من أهم التقانات المستخدمة في مجال أمراض النبات وإنتاج نباتات مقاومة للأمراض ولدراسة آليات حدوث المرض كما في إنتاج نباتات خالية من الأمراض بوساطة زراعة المرستيم القمي، كما أسهمت في تطوير طرق التشخيص والكشف عن الأمراض (Punja,et *al*., 2007).

6-2-7- اختبارات المقاومة:

خلال فترة تطوير الأصناف لمقاومة الأمراض وقبل توزيعها إلى المزارعين من الضروري اختبار هذه الأصناف تحت ظروف بيئية مختلفة ضمن فترة زمنية كافية لضمان استمرار المقاومة، مع أخذ الحيطة اللازمة، لأن الأصناف المنتجة تم تربيتها في مناطق مختارة من دول العالم تناسب فيها التأثيرات البيئية خاصة درجة الحرارة هذه الأصناف، وحددت هذه الظروف بواسطة برامج تنبؤ بحيث تبقى هذه الأصناف مقاومة وتعطي أعلى إنتاج. إن العزلات الفيزيولوجية للعوامل الممرضة تختلف بين المناطق الجغرافية التي تم فيها تربية هذه الأصناف والبلدان المستوردة لها إضافة إلى تأثير اختلاف الظروف البيئية. ويجب التأكد من ثبات مقاومة الأصناف والصفات الأخرى مع الأجيال الجديدة. لذلك تختبر الأصناف في عدة مواقع مختلفة بيئياً وجغرافياً حيث يكون المرض شائع الانتشار ويظهر سنوياً بشكل حاد، ويمكن أن يعرض المجتمع النباتي للعدوى بالعامل الممرض ضمن الظروف المثلى والمفضلة له. إن أقدم الأبحاث حول مقاومة القطن لمرض ذبول القطن *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* وذلك قبل عام 1900 حيث زرعت أصناف القطن في مناطق موبؤة بالمرض واختيار النباتات المقاومة وإعادة زراعتها وهذه الطريقة لا تزال متبعة في غربلة مقاومة القطن لمرض الذبول، وبنفس الطريقة اتبعت في غربلة مقاومة أصناف الكتان لفطر ذبول الكتان *Fusarium oxysporum* f.sp. *lini* وكان أول بحث في عام 1901.

ويشار إلى بعض الحالات المختلفة: ففي الأمراض المحمولة بالتربة تصاب الجذور بالأمراض الفطرية نتيجة التماس مع التراكيب المختلفة الموجودة بالتربة مثل الأبواغ والأجسام الحجرية أو الهيفا الساكنة وتنبت الأطوار الساكنة نتيجة تأثير أو تحريض إفرازات البذور أو الجذور وبالتالي تنتشر العدوى في الجذور، ويمكن أن تعود المقاومة للعوامل الممرضة إلى الجذور وإلى سمية الإفرازات البذرية والجذرية أو تعود إلى نوعية تركيب وفيزيولوجيا الجذور، وعند اختبار مقاومة الأصناف الجديدة فإن أهم هدف تحديد قابلية النبات في مختلف مراحل نموه في التربة الموبؤة بالعوامل الممرضة، لخلق

ظروف معاكسة للعوامل الممرضة من الرطوبة ودرجات الحرارة، ولذلك تزرع الأصناف في عدة مواقع مفضلة للعوامل الممرضة ليس فقط وفق الظروف البيئية بل أيضاً مختلف العوامل الحيوية في التربة، مثل وجود بعض أنواع النيماتودا يؤدي إلى فشل مقاومة الأصناف لفطريات مسببة الذبول، ويمكن إجراء الاختبار للأصناف بزراعتها في تربة موبؤة من مواقع مختلفة وتزرع الأصناف ضمن أصص، كما يمكن زراعة الأصناف في تربة متماثلة ولكن تجرى العدوى بواسطة عدة عزلات مختلفة المصدر معزولة مخبرياً. وفي حالة الأمراض المنقولة بذرياً يضاف معلق أبواغ الفطر لعدوى البذور قبل الزراعة مثل مرض التفحم السائب، إن أبواغ فطر الصدأ والبياض الدقيقي تنتقل بواسطة الرياح وتؤدي إلى الإصابة تحت الظروف الملائمة من الإضاءة والرطوبة ودرجة الحرارة، وكونها ممرضات إجبارية التطفل لا يمكن إكثارها وتنميتها على أوساط اصطناعية، لذلك يتم جمع الأبواغ عند توفر درجات الحرارة الملائمة لإنتاج الأبواغ من نباتات مصابة في البيوت البلاستيكية وتخزينها وتتم عدوى أوراق الأصناف المراد اختبار مقاومتها بواسطة فرشاة تحت ظروف بيئية ملائمة للفطر، بالنسبة للأمراض الفيروسية عادة يتم إعداء نباتات بالعزلات الفيروسية والمحافظة عليها في البيوت البلاستيكية أو الزجاجية كما يمكن الحفاظ عليها بالتجفيد ومن ثم إكثارها عند الحاجة على عوائل مفضلة، كما يستخدم التطعيم لتحديد مقاومة الأصناف في حالة الانتقال بالتطعيم، أما الفيروسات التي تنتقل بواسطة النواقل الحيوية، فتجرى العدوى باستخدام الحشرات مثل حشرة المنّ بعد تربيتها على عوائل نباتية سليمة في أقفاص معزولة، وقبل إجراء اختبار الأصناف يتم وضع الحشرات على نباتات مصابة لفترات تعتمد على خصائص الفيروس وطريقة الانتقال (الطريقة المثابرة أو غير المثابرة) ثم تنقل إلى نباتات الأصناف المراد اختبار مقاومتها، ويمكن إجراء الإعداء الميكانيكي لاختبار مقاومة الأصناف، ويمكن أن يجرى الاختبار في الحقل في مناطق معزولة أو زراعة الأصناف في مناطق موبؤة. وبالنسبة للنيماتودا لا يمكن تربيتها على أوساط اصطناعية ويتم الحصول على الأفراد من النباتات المصابة، وتجرى عدوى شتول

الأصناف المراد اختبار المقاومة بإضافة اليرقات إلى التربة في الأصص أو تزرع في تربة موبؤة، بعد إجراء العدوى يتم تقييم الإصابة ولكافة العوامل الممرضة وفق أعراض الإصابة وسلّم الإصابة لكل عامل ممرض.

6-2-8- تأثير عوامل البيئة على المقاومة:

إن تعبير المقاومة يمكن أن يعزز أو يكبح بواحد أو أكثر من الظروف المحيطة بالمجتمع النباتي المعرض للعوامل الممرضة، وهذا يؤكد على الحاجة إلى غربلة الأصناف المقاومة تحت ظروف بيئية يتم التحكم بها خاصة الرطوبة ودرجات الحرارة، ويمكن أن يؤدي اختلاف الظروف البيئية إلى الهروب من الإصابة.

ومن الأمثلة على تأثير اختلاف درجات الحرارة على تعبير المقاومة مرض اصفرار الملفوف المسبب فطر *Fusarium oxysporum* f.sp. *conglutinans* وجد نمطين للمقاومة في اصفرار الملفوف متعدد المورثات (المقاومة الأفقية) والتي فشلت أو كسرت مع ارتفاع درجات الحرارة، بينما المقاومة وحيدة المورث (المقاومة العمودية) لم تتأثر بارتفاع درجات الحرارة، وفي بعض الأصناف والتي تملك كلا نمطي المقاومة لوحظ اختلاف أفراد المجتمع في ردة الفعل واتضحت أكثر بعمر الشتول المزروعة في البيت البلاستيكي عنها في تلك المزروعة في الحقل، وعند زراعة الأصناف عند درجة حرارة ثابتة 24°م أصبحت كل النباتات الحساسة والتي تملك مقاومة متعددة المورثات مصابة بالمرض، بينما النباتات التي تملك المقاومة وحيدة المورث نجت من الإصابة عند درجة الحرارة الحرجة، وفي مرض ذبول البازلاء *F. oxysporum* f.sp. *pisi* فإن درجة الحرارة المثلى لإجراء اختبار مقاومة الأصناف هي 22°م والمثلى لنمو الفطر 28°م في أوساط الزرع ولكن لتطور المرض 22°م. ويرتبط معدل نمو النبات بالتعبير عن المقاومة العامة، في محصولين أحدهما يحتاج درجات حرارة منخفضة لمعدل نمو جيد والآخر يتطلب درجات حرارة عالية نسبياً ليحقق معدل نمو جيد لذلك يبدي كلا المحصولين استجابة مختلفة لمقاومة عامل ممرض واحد.

6-2-9- أسباب فشل المقاومة:

هناك بعض الأصناف التي حافظت على المقاومة الكاملة لمرض ما ولفترة طويلة، ومرض اصفرار الملفوف أحدها، وذلك وفقاً لقواعد انتخاب النباتات والتلقيح الرجعي الجيد وتفادي عوامل الفشل، وأكثر الأسباب أهمية والتي لا يمكن تفاديها هو التباين المستمر في مجتمع العوامل الممرضة خاصة مع وجود ضغط انتخابي نتيجة زراعة الأصناف المقاومة. تؤدي الطفرات والتهجين إلى نشوء عزلات جديدة من العوامل الممرضة على نحو متسارع.

6-2-10- إدارة الأصناف المقاومة:

تحفظ الأصناف المقاومة لفترات طويلة، فعند زراعة أكثر من نمط وراثي مقاوم في المنطقة يجب أن لا يزرع الصنف أو الأصناف لعدة سنوات في نفس المنطقة وذلك لضمان برنامج تربية مستمر ليحقق أصناف مقبولة جديدة لتحل محل الأصناف الموجودة، ويجب استخدام التنوع في الأصناف في المكان والزمان لمقاومة العزلات النوعية وغير النوعية من العوامل الممرضة، ولأن معظم أنماط المقاومة تؤدي إلى مكافحة جزئية للمرض وهو في العادة ضروري ومفضل لاستخدام الأصناف المقاومة كجزء من برنامج الإدارة المتكاملة للأمراض، إن العمليات الزراعية وطرق المكافحة الحيوية والمبيدات الفطرية الوقائية تزيد من فترة المقاومة وتخفض الأضرار. كما أن الطرق الزراعية والكيميائية في المكافحة أكثر فاعلية في الأصناف المقاومة جزئياً منها في الأصناف الحساسة. يؤدي الرش الكيميائي في الأصناف المقاومة جزئياً خفض في كلفة المعاملة الكيميائية لأن عدد الرشات المطلوبة يصبح أقل. والتوجه الحالي نحو دمج زراعة الأصناف المقاومة العامة مع برنامج الرش بالمبيدات الفطرية لخفض عدد الرشات المطبقة (Christ, 1990; Shtienberg, et *al*., 1994).

ثالثاً- تكامل إدارة التطبيقات

:Integration of management practices

تنوعت طرائق إدارة الأمراض المشار إليها في الفصلين الخامس والسادس وتقترح في معظمها مخزون من الأسلحة للفوز في الحرب ضد العوامل الممرضة، ومهما كان النصر لا يعتمد فقط على نوعية السلاح بل على خطة إستراتيجية محكمة تستدعي الاستخدام الأمثل للأسلحة بالتضافر مع الطرق في الوقت الملائم وبالطرائق المناسبة. حيث يكون المرض ناتج عن التآثر بين العائل والعوامل الممرضة والبيئة وكل منها عواملَ مؤثرةً في سيادة المرض.

استخدم مصطلح الإدارة المتكاملة للآفات Integrated Pest Management (IPM) لإدارة الآفات الحشرية، ولكنه في الواقع يطبق بالتوازي على الأمراض، وتعتمد إدارة المتكاملة لأمراض النبات على 5 أسس سبق ذكرها في الفصل الخامس، ولكنها لا تهدف فقط على إبادة العوامل الممرضة ولكن الحد من الخسائر التي تسببها الأمراض وخفضها إلى مستوى الحد الاقتصادي الحرج.

تعتبر الأوبئة تحت نظام Sub system ضمن النظام البيئي الزراعي Agro-ecosystem وتتفاعل مع تحت أنظمة أخرى مثل نظام المحاصيل أو أي أنظمة حيوية أخرى، ومن الواضح أنه يجب أن يكون نظام إدارة المتكاملة للأمراض كجزء من النظام البيئي الزراعي، وهو نظام إدارة وليس محصول واحد ومرض واحد، ويعمل على وضع قواعد للتأكد من صحة كامل برامج المحاصيل في النظام البيئي الزراعي، وهذا قد يكون الحالة المثالية ولكنه ليس الواقع التطبيقي أو العملي. ومع ندرة البحوث العلمية والدراسات في هذا الاتجاه، فإن أي توجيه أو مقترح في نظام الإدارة المتكاملة للأمراض سيبقى فقط ناجح جزئياً (Alford, 2000). وعند اقتراح مجموعة من التطبيقات بهدف صحة محصول ما يوجب أن لا تهمل المتطلبات الزراعية لرفع جودة المحصول. وفي الفقرات اللاحقة تحليل واقتراح مجموعة تطبيقات لإدارة صحة بعض المحاصيل المهمة.

6-3-1- محصول القمح Wheat: يزرع القمح بكثافة في دول العالم ذات المناطق تحت المدارية والمعتدلة ومنها الهند حيث الأمراض المنتشرة تؤدي إلى خسائر هامة (جدول 10).

والأمراض المذكورة ليس لها نفس الأهمية وتختلف نسبة انتشارها وشدتها في مواقع زراعة القمح ويمكن أن تكون تطبيقات الإدارة ضمن ثلاث مجموعات:

- **إدارة البقايا:** يطبق حرق مخلفات المحصول وفلاحة التربة خلال الصيف الحار والتبوير على كل الأمراض عدا مرض التفحم السائب Loose smut والصدأ والبياض الدقيقي، يقترح الدورة الزراعية في حال وجود النيماتودا وذلك بزراعة المحاصيل البقولية والذرة.
- **إدارة المكافحة الحيوية:** إدارة المكافحة الحيوية وذلك عن طريق إضافة الأسمدة الخضراء Green manure، ويفيد في كافة الأمراض عدا مرض التفحم السائب والصدأ والبياض الدقيقي كما أنه أقل كلفة اقتصادية من الأسمدة وهو فعال ولاسيما ضد النيماتودا المتحوصلة والتفحم الكرنالي.
- **إدارة المحصول والعوامل الممرضة:** إن زراعة الأصناف المقاومة تنطبق على الأمراض كافةً ولكن لا يوجد أصناف مقاومة للأمراض الثمانية في صنف واحد فقط ولم تطور أصناف مقاومة لكل مرض على حدى، يطبق إزالة الأجزاء أو النباتات المصابة Roguing في الحقل على أمراض مثل التفحم السائب والتفحم اللوائي Flag smut في حقل مزروع بالقمح في فترة الإزهار أو ما قبلها لا يكون هذا التطبيق مفيداً. خلط الزراعة أو الزراعة بعدة محاصيل مفيدة في حالة أمراض الصدأ والبياض الدقيقي وذلك يساعد صغار الفلاحين في مكافحة الأمراض اقتصادياً، تنظيف ومعاملة البور جيدة لخمس أمراض مثل التفحم السائب وتآليل السنابل Ear cockles والتفحم اللوائي والتفحم الكرنالي والتفحم المغطى Hill bunt لأن العوامل الممرضة محمولة بالبذرة أو يحدث المرض نتيجة تلوث التربة، كما تقترح معاملة التربة في حال الإصابة بالنيماتودا، وإن إضافة الأسمدة العضوية

والكومبوست أو السماد الأخضر يقلل من كمية اللقاح المحمول بالتربة في حال التفحم الكرنالي Kernal bunt والنيماتودا في القمح.

جدول 10. أهم الأمراض التي تصيب القمح وطريقة انتقالها من موسم لآخر والانتشار الثانوي ومقترحات المكافحة، عن (Singh. 2001).

المرض والعامل المسبب	طريقة الانتقال والانتشار	معايير المكافحة
الصدأ *Puccinia graminis* *p. recondite* *p. striiformis*	يحمل اللقاح من مصادر بعيدة وينتشر ثانوياً بسرعة بواسطة الأبواغ.	الأصناف المقاومة، رش مبيدات فطرية يعطي مكافحة جزئية
التفحم السائب *Ustilago nuda*	يحمل داخل البذور تصاب المبايض خلال الموسم دون أعراض أضرار ظاهرة على البذور.	إزالة النباتات المصابة إن كانت بنسبة قليلة ومعاملة البذور بمبيدات فطرية جهازية
التفحم الكرنالي *Neovossia indica*	محمول بذرياً ومحمول بالتربة الإصابة الأولية من البذور المصابة والانتشار الثانوي خلال الموسم.	الدورة الزراعية، زراعة بذور سليمة معاملة بمزيج مبيدات فطرية وقاية وجهازية مثل رش المحصول المانكوزيب/بافستان Mancozeb/bavistin عند مرحلة ظهور السنابل
التفحم المغطى *Tilletia tritici* *T. laevis*	محمول بذرياً ومحمول بالتربة الإصابة الأولية من البذور المصابة و لا يوجد انتشار الثانوي خلال الموسم تتلوث التربة والبذور أثناء الحصاد والفرط.	الدورة الزراعية، زراعة بذور سليمة كما في المرض السابق.
التفحم اللوائي *Urocystis agropyri*	مصدر اللقاح الأولي من تلوث البذور والقش والتربة ولا يوجد انتشار ثانوي.	الأصناف المقاومة، الدورة الزراعية، سلامة الحقول، إزالة النباتات المصابة في الحقل الزراعة في الطقس الحار، معاملة البذور.
البياض الدقيقي *Erysiphe graminis*	مصدر اللقاح الأولي من مسافات بعيدة والانتشار الثانوي من الأبواغ الكونيدية بسرعة.	الأصناف المقاومة، رش مبيدات فطرية.
ثآليل السنابل *Anguina tritici*	تلوث البذور والتربة بالثآليل، لا يوجد انتشار ثانوي.	الدورة الزراعية، فلاحة في الصيف الحار، سلامة الحقول، بذور سليمة، تطبيق مبيدات نيماتودية حبيبية في التربة.
النيماتودا المتحوصلة *Heterodera avenae*	الحوصلات في التربة من الجذور المصابة من محصول الموسم السابق مع احتمال الانتشار الثانوي.	الدورة الزراعية، فلاحة في الصيف الحار، سلامة الحقول، بذور سليمة، تطبيق مبيدات نيماتودية.

2-3-6- محصول البطاطا Potato crop: يصاب محصول البطاطا بـ 18 مرضاً فيروساً و46 مرضاً فطرياً و5 مرضاً بكتيرياً وعدة أنواع من النيماتودا. هذه الأمراض لا تظهر على كل محصول بطاطا في كل دولة ولكن تختلف في شدة مهاجمة محصول البطاطا في المناطق المختلفة. إن زيادة الاحتواء التربة على المواد العضوية هو المقترح لمعظم الأمراض البكتيرية والفطرية.

- **اللفحة المتأخرة على البطاطا** المسبب فطر *Phytophthora infestance* **واللفحة المبكرة** المسبب فطر *Alternaria solani* هي أهم الأمراض الفطرية الشائعة على البطاطا وتظهر بشكل وبائي وتؤدي الإصابة بها إلى خسائر هامة، ويحمل اللقاح الأولي على البذار في حالة اللفحة المتأخرة وينتشر المرض بسرعة في الحقل في ظروف الطقس البارد والرطب، ويعيش مسبب اللفحة المبكرة على بقايا المحصول في التربة وكلا المسببين يصيبا محصول البندورة والتي قد تكون زرعت قبل محصول البطاطا. وتتضمن طرق مكافحة المرضين زراعة بذار سليمة وصحة الحقل ورش المبيدات الفطرية الوقائية في حال ملاحظة وجود أحد المرضين على البطاطا. وقد استخدمت برامج مطورة بهدف التنبؤ بالمرض ومنها ما هو مطبق في مصر بهدف توقع المرض و شدة المرض وبالتالي إعطاء النصيحة بالرش او عدم الرش (شكل 6).



شكل 6. برنامج التنبؤ بمرض اللفحة المتأخرة على البطاطا في مصر.

- **تقرّح الساق** Stem canker والمسبب فطر *Rhizoctonia solani*: تؤدي الإصابة بالفطر إلى مرحلة القشرة السوداء فتصبح الدرنات رديئة غير قابلة للتسويق، ويبقى المسبب في التربة وعلى الدرنات المصابة وبالتالي زراعة الدرنات السليمة في تربة ملوثة أو الدرنات المصابة في تربة سليمة سينشر اللقاح، عموماً تنخفض نسبة إنبات الدرنات المصابة وبالتالي يخفض الإنتاج، وأثبتت الأبحاث أن معاملة الدرنات أو معاملة التربة باستخدام بعض عناصر المكافحة الحيوية مثل فطر *Verticillium biguttatum* و*Trichoderma harzianum* و*T. viride* و*T. hamatum* و *Gliocladium virens* وبكتيريا *Bacillus* spp. فعّالة في المكافحة الحيوية، وتضمنت آليات العمل التضاد والتنافس والتطفل الفطري-البكتيري ولكن معظمها لم يدخل حيز التطبيق التجاري، كما يقترح بأن تطبيق الدورة الزراعية وزيادة المواد العضوية في التربة يؤدي إلى خفض نسبة الإصابة بالمرض. وفي مكافحة مرض الجرب الفضي *Helminthosporium solani* وهو من أمراض بعد الحصاد المهمة يسبب الخسائر الاقتصادية وفقد القيمة التسويقية للدرنات خاصة وإن أعراض عدم تلون الدرنات والمظهر المشوه للقشرة، إضافة إلى زيادة فقد الرطوبة أثناء التخزين، وفي إدارة المرض تستخدم الأصناف المقاومة ومعاملة البذور بالمبيدات الوقائية، كذلك استخدام البكتيريا كأحد عناصر المكافحة الحيوية مثل *Pseudomonas corrugata* وبعض سلالات من *P. putida* و *Nocardia globerula* وبكتيريا *Xanthomonas campestris* (Adams, et *al.*,1970; Chun and Shetty, 1994).
- **مرض الذبول الفيرتيسليومي** المسبب *Verticillium dahlia* و *Verticillium albo-atrum* والفطر شائع وواسع المدى العوائلي ويوجد حيثما يزرع محصول البطاطا في التربة بشكل أجسام حجرية *V. dahliae* أو ميسيليوم ذات جدار سميك *V. albo-atrum*، وهناك علاقة تآثر مع نيماتودا *Pratylenchus* sp.، وفي إدارة المرض تستخدم الدورة الزراعية وزراعة البذار الخالية من العوامل الممرضة واستخدم في تبخير التربة مواد مثل Metham sodium وإدارة الري وزراعة الأصناف

المقاومة، كذلك إضافة الأسمدة الخضراء Green manures مثل عشب السودان Sudan grass والشوفان والذرة واللفت أدت إلى خفض نسبة الإصابة بفطر *V. dahliae*، والمكافحة الحيوية بمعاملة الدرنات باستخدام فطر*Talaromyces flavus* الذي يتطفل على الأجسام الحجرية لفطر مرض الذبول *V. dahliae*، كذلك استخدام فطر *Gliocladium roseum* أدى إلى خفض حيوية الأجسام الحجرية (Davis, et *al.*,1994 ; Fravel, et *al.*,1986).

- **مرض العفن الجاف:** فطر *Fusarium sambuccinum* (الاسم المرادف *Gibberella pulicaris*) وهو من الفطريات الشائعة في التربة في أماكن زراعة البطاطا، وتحدث الإصابة نتيجة حدوث جروح لقشرة الدرنات وتؤدي إلى تحللها أثناء النقل والتخزين، لذلك من الأهمية ضبط درجة حرارة ورطوبة مستودعات التخزين واستخدام مبيدات فطرية بعد الحصاد مثل Thiabendazole، ولكن أشير إلى مقاومة الفطر للمبيد بشكل واسع، لذلك فإن اقتراح المكافحة الحيوية هو الحل مثل معاملة الدرنات ببكتيريا *P.syringae* و*P. Corrugate* و*P. Fluorescens* و*Enterobacter cloacae* و*Pantoea agglomerans* و*Bacillus* sp. مثل المبيد الحيوي BioSave110 و BioSave 1000، وأيضاً في مكافحة الجرب الفضي والذي يعتمد أساساً على السلالة ESC-11 من بكتيريا *P. syringae* والذي يستخدم أيضاً بمعاملة الثمار بعد الحصاد، كما استخدم بودرة جافة من بكتيريا *Bacillus* spp. وأبدت ثبات وسهولة في التداول كما أن معظم سلالات البكتيريا متوافقة مع المبيد الفطري thiabendazole وساهمت في القضاء على السلالات المقاومة للمبيد (Kiewnick and Jacobsen, 1997;1998).

- **الذبول البكتيري** المسبب *Ralstonia solanacearum* (= *Pseudomonas solanacearum*) من أهم الأمراض البكتيرية على البطاطا والبندورة والباذنجان في العالم، يبقى المسبب في التربة وفي الدرنات والبذور المصابة ، يقترح زراعة بذار معتمد والدورة الزراعية بالتبادل مع الذرة أو القمح.

- **العفن الطري** Soft rot المسبب بكتيريا *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* and subsp. *Atroseptica* (*Ecc*.) ويقترح عادة التخلص من بقايا المحصول وأخذ الاحتياط بتطبيق التهوية الجيدة والحرارة المناسبة عند النقل والتخزين. وكمرض شائع يلاحظ وقت الحصاد وأثناء نقل وتخزين الدرنات. يكون في أجزاء الدرنات المصابة بالتحلل وأجزاء الساق الهوائية المصابة بالعفن والأعفان الطرية ما بعد الحصاد وهي من العوامل الممرضة المحمولة بالتربة وتُلوث مياه الري (Perombelon and Kelman, 1987)، وأدى استخدام *Pseudomonas fluorescens* وبكتيريا المحيط الجذري (PGPR) إلى نجاح المكافحة الحيوية تجاه بكتيريا (Ecc.) نتيجة إنتاج السيدروفور Siderophores ويصبح معقد الحديد غير متاح للبكتيريا الممرضة ولبكتيريا المحيط الجذري السامة Deleterious rhizobacteria (DRB) كما أبدى نوع بكتيريا *P. putida* نجاحاً في التطبيق الحقلي ولكن الاستخدام التجاري لهذه المنتجات يلقى صعوبة في ثبات التركيب (Kloepper, 1983)، كما نجح استخدام عزلة BS 107 من بكتيريا *Bacillus subtilis* في مكافحة بكتيريا (*Ecc*.) وبكتيريا مسبب مرض الساق السوداء *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (*Eca*) وذلك نتيجة التضاد الحيوي مع إمكانية التطبيق التجاري نتيجة وجود الأبواغ الداخلية، وأدى استخدام السلالة M17 من بكتيريا *P. putida* إلى نجاح المكافحة الحيوية لأمراض العفن الطري بعد الحصاد بمعاملة البذور أو الثمار (Sharga and Lyon, 1998)، وفي إدارة مرض الذبول البكتيري (العفن البني) على البطاطا *Ralstonia solanacearum* وضمن برامج إنتاج بذار البطاطا خالية من العوامل الممرضة طبقت الدورة الزراعية والأصناف المقاومة وأدت معاملة البذار بسلالات غير شرسة أو غير متوافقة من *R. solanacearum* أو *P. fluorescens* إلى خفض شدة المرض وافترض بأن آلية العمل بتحريض المقاومة (Kempe and Sequiera, 1983).

- **الأمراض الفيروسية مسببة الموزاييك والتفاف الأوراق:** من الأمراض الشائعة في العالم مثل فيروس البطاطا واي *Potato virus Y* والتفاف أوراق البطاطا *Potato*

leaf roll virus (PLRV)، وتحمل الفيروسات بوسائل الإكثار الخضري كالدرنات والبذور ماعدا فيروس التفاف أوراق البطاطا (PLRV) لا ينتقل بواسطة البذور الحقيقية، ينصح بزراعة بذار معتمد ورش المبيدات لمكافحة النواقل الحشرية وإزالة النباتات المصابة من الحقل والقضاء على الأعشاب لأنها مستودع للفيروسات والنواقل الحشرية.

- **النيماتودا الذهبية** Golden nematodes المسبب *Globodera rostchiensis* و*G. pallid* وهي من الطفيليات المدمرة لمحصول البطاطا. كما يصاب محصول البطاطا بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne chitwoodi* و*M. hapla* و *M. incognita* و*M. javanica* و*M. arenaria* وتتطلب إدارة الآفة تطبيق الدورة الزراعية واستخدام مبيدات النيماتودا وزراعة الأصناف المقاومة والأسمدة العضوية والخضراء الذي يساهم في نشاط الكائنات الدقيقة والقضاء عليها نتيجة التضاد ونتيجة زيادة كمية النتروجين والذي له أثر سام مباشر على النيماتودا، واستخدمت بعض أنواع الفطريات في المكافحة الحيوية للنيماتودا مثل *Arthobotrys irregularis* و*Paecilomyces lilacinus* و*Verticillium chlamydosporium* التي تتطفل على البيض أو الإناث والمركبات التجارية مثل *A. irregularis*-Royal-350 و *P. lilacinus*-Biocon والبكتيريا مثل *Bacillus penetrans* وآلية العمل بالتضاد والتنافس وتحريض المقاومة الجهازية (ISR)، وأشير إلى استخدام سلالة G12 من *Rhizobium etli* لمكافحة *G. pallida* بآلية مشابهة، كما استخدمت بكتيريا المحيط الجذري (Jatala,1994 ; Reitz, et *al*., 2000).

عموماً يقترح في إدارة أمراض محصول البطاطا أن تراعى النقاط الآتية:

- **اختيار الحقل:** يجب استبعاد الزراعة في الحقول التي تظهر فيها الإصابة بشكل وبائي بأمراض المحمولة بالبذور مثل الذبول البكتيري وتقرح ريزوكتونيا واللفحة المبكرة والجرب العادي أو بالنيماتودا كما يقترح إضافة التسميد العضوي والتصريف الجيد للتربة وتفادي زيادة التسميد النتروجيني في حال مرض اللفحة المتأخرة.

- **اختيار البذار:** زراعة الأصناف المقاومة وزراعة بذار معتمدة معروفة المصدر وموثّقة خاصة تجاه الأمراض الفيروسية. وفي حال الحصول على بذار مجهول المصدر يقترح أخذ الاحتياط في الحقل بإزالة النباتات المصابة ورش المبيدات الفطرية في حال الأمراض الفطرية ويفضل تفادي الزراعة عندما تكون التربة عالية الرطوبة ودرجات حرارة تربة مرتفعة، والمبيدات الحشرية في حال الأمراض الفيروسية مكافحة النواقل الحشرية ويمكن التبكير موعد الزراعة لتفادي نشاط النواقل الحشرية عندما يكون النبات بعمر قابل للإصابة (المقاومة العمرية Age resistance).
- **إدارة المحصول:** إزالة النباتات المصابة من الحقل في حال الأمراض الفيروسية والفطرية مثل الريزوكتونيا والذبول، ويمكن رش مبيد مانكوزيب وعمر النبات 6 أسابيع مع مراقبة الأحول الجوية في حال هطول المطر يقترح رش مبيدات فطرية لمكافحة اللفحة المتأخرة مثل Ridomil MZ (Metalaxyl وMancozeb).
- **الحصاد:** يراعى الحصاد بعد نضج المحصول وجفاف المجموع الخضري وعند قلع الدرنات يراعى عدم إحداث جروح للدرنات وفصل الدرنات المصابة بالحشرات أو الأمراض والتخلص منها ومن بقايا المحصول.

6-3-3- محاصيل الخضار Vegetable crops:

تختلف محاصيل الخضار عن محاصيل الحبوب فهي تزرع الخضار عادة بكثافة وبشكل متواصل وتحصد على فترات زمنية طويلة ما يحد من إمكانية استخدام المبيدات الكيميائية لما لها من مخاطر صحية على المستهلك ولاسيما أنها تستهلك طازجة.

وتصاب محاصيل الخضار بالعديد من العوامل الممرضة وخاصة النيماتودا والفيروسات التي لها مدى عوائلي واسع، ومع استمرار تعاقب محاصيل الخضار تتواجد العوامل الممرضة وتسمح بالتالي لمتابعة دورة الحياة العوامل الممرضة، كما أن تطبيق الدورة الزراعية أو الزراعة المختلطة محدود الفاعلية ولا يمكن الحد من كمية اللقاح خلال فترة قصيرة، كما أن المناطق التي تزرع فيها محاصيل الخضار عادة على مساحات محدودة وتنقل الرياح والحشرات العوامل الممرضة، وأهم خطوة باتجاه إدارة

أمراض محاصيل الخضار زراعة أصناف مقاومة ولكن مثل هذه البذور متوفرة لبعض أنواع محاصيل الخضار، ولذلك يقترح التأكيد على زراعة بذور سليمة وتعقيم التربة مع الأخذ بالاحتياطات الآتية:

1- **إدارة المشاتل:** يبدأ المحصول عادة من شتول قد تحمل معها اللقاح الأولي من مناطق أخرى كما في مرض سقوط البادرات الفطري وبعض الأمراض البكتيرية وتعقد الجذور النيماتودي على البندورة، ولذلك فإن الاهتمام بالمشاتل وذلك وفق المعايير التالية:

- **اختيار الموقع وتحضير أرض المشتل:** يتم اختيار موقع المشتل بعيداً عن الحقل الدائم حيث يمكن أن تكون الأمراض قد ظهرت سابقاً، تعامل التربة بالمبيدات الفطرية المناسبة، ويتم المعاملة بالتشميس بعد ري التربة وتغطيتها بأغطية Polythene خلال الصيف وهذه العملية لا تؤثر على العناصر الغذائية في التربة، وأحياناً يتم إبادة أي بقايا النباتية بواسطة الحرق.
- **معاملة البذور بالمبيدات الفطرية:** تعامل البذور بالمبيدات الفطرية الوقائية لتفادي الإصابة بالعوامل الممرضة المحمولة بالبذور ويجب تفادي زراعة البذور بشكل متقارب مع الري الزائد، بل يفضل الري الخفيف عدة مرات، وتتم معاملة البذور بالمبيدات الفطرية مثل Thiram أو Captan في محاصيل الخضار التي تزرع بذورها مباشرة في الحقل مثل البازلاء والفاصولياء.

2- **إدارة الحقل والمحصول:** إن محاصيل الخضار تأتي من أنواع وأصناف من مختلف الفصائل النباتية ولها متطلبات وطرائق زراعة مختلفة ولكن بعض المعايير العامة والتي يمكن وضعها بالتطبيقات التالية:

- **اختيار الحقل:** يجب أن يكون الحقل معاملاً بالأسمدة الضرورية والتصريف الجيد والتشميس الجيد، وأي حقل تعرض سابقاً لإصابة وبائية بالأمراض على محصول خضار معينة يجب استبعاده من زراعة هذا المحصول، ونيماتودا تعقد الجذور لها مدى عوائلي واسع بحال وجودها يفضل استبعاد العديد من المحاصيل والخضار مثل العائلة

البقولية والباذنجانية والصليبية، ويتبع دورة زراعية بالتبادل مع محاصيل الحبوب، ويقترح تعقيم التربة بالمبيدات وإضافة الأسمدة العضوية.

- **الدورة الزراعية:** الخضار التي تتبع العائلة الباذنجانية يمكن أن تزرع بالتبادل مع خضار العائلة البقولية أو الصليبية أو ببعض الأصناف عالية المقاومة من العائلة الباذنجانية.
- **معاملة الشتول:** يقترح معاملة جذور الشتول بالمبيدات الفطرية أو النيماتودية (إن لوحظت النيماتودا في المشتل) التأكد من إبادة اللقاح المعدي إن كان مصدره المشاتل والمعاملة بالمبيدات الوقائية.
- **المسافات الزراعية:** المسافة المناسبة بين النباتات والخطوط في الخضار التي تتبع العائلة الباذنجانية والبقولية والصليبية تسمح بالتهوية الجيدة والمكافحة، وجفاف أوراق المحصول بشكل جيد يحمي الثمار من التلوث بالعوامل الممرضة المحمولة بالتربة.
- **رش المبيدات:** إن معظم المبيدات الفطرية المستخدمة في إدارة محاصيل الحبوب تستخدم في محاصيل الخضار، والأكثر أهمية في أخذ الاحتياط هو تحديد موعد جمع المحصول وذلك لتحديد عدد الأيام بين آخر معاملة وموعد القطاف، وبعض المبيدات مثل Difolatan وCaptan وCopper oxychloride لا تحتاج إلى فترة أمان بين التطبيق والقطاف مثل الملفوف والخيار والباذنجان والبندورة، في حين تحتاج بعض المبيدات مثل Benlate وkarathane وDiathiocarbamates إلى فترة بين معاملة والحصاد 5-7 أيام في عدة محاصيل خضار.
- **إزالة النباتات المصابة في الحقل:** تخفض من نسبة انتشار الفيروسات والذبول الفطري والبكتيري في الحقل كما في البندورة أو الباذنجان والقرعيات وذلك عندما تكون أعراضها واضحة ونسبة الإصابة محدودة، وعادة يتم تطبيق رش المبيدات الفطرية ورش مبيدات الحشرات الناقلة للأمراض الفيروسية قبل إزالة النباتات المصابة.

6-3-4- أشجار الفاكهة Fruit tree:

تعد إدارة أمراض أشجار الفاكهة عملية معقدة لأن زراعة الأشجار في البستان ستبقى في المكان لعدة عقود والخطوات قبل الزراعة التي اقترحت سابقاً في محاصيل الحبوب والخضار الحولية تجرى هنا لمرة واحدة فقط عند تأسيس البستان، والمراحل اللاحقة بعد الزراعة تهتم أساساً بصحة البستان والأشجار باستخدام المبيدات الوقائية وإدارة المنتجات أو الثمار، ومعظم العوامل الممرضة يمكن أن تبدأ من البساتين مصدراً للقاح وتدخل بمختلف الطرق بأي وقت والأشجار قابلة للإصابة بأي مرحلة طول حياتها.

أشجار الحمضيات Citrus tree:

تختلف إدارة أشجار الحمضيات باختلاف أنواعها كما تختلف متطلباتها والظروف المناخية المثلى ونوع التربة لتعطي أفضل نمواً وأعلى إنتاجاً، وهو ما يجب التفكير به عند تأسيس بساتين الحمضيات، ومعظم الأمراض الفيروسية التي تصيب الحمضيات من الشائع انتشار نواقلها الحشرية وإن اختلفت نسبة وجودها، من الصعوبة أخذ قرار الإزالة أو الإبادة عندما تكون الأشجار بعمر الإنتاج مثل بعض الأمراض التي تصيب أشجار الحمضيات في كافة دول العالم كمرض تقرح الحمضيات والتدهور السريع للحمضيات Citrus tristeza وبعض هذه الأمراض مثل الأنتراكنوز *Colletotrichum gloeosporioides* والتصمغ Phytophtora spp. والميلانوز *Phomopsis citri* وعفن طرف الساق *Diplodia* sp. و*Lasiodiplodia* sp. و إلى تحلل الثمار بعد القطاف ولكن مصدر الإصابة من الحقل.

1- **إدارة المشاتل:** زراعة الأصول في المشاتل عادة يكون المصدر الأساس لدخول الأمراض في البساتين الدائمة ومثال على ذلك العفن المسبب بواسطة فطر *Phytophtora* sp. وأحياناً ينتشر الفطر بنسبة 100% في المشاتل ولذلك يقترح معاملة التربة بالمبيدات الفطرية وتعقيم التربة بالتبخير قبل الزراعة والتشميس وإضافة الأسمدة العضوية، ويفضل معاملة مياه الري لمنع مسببات الأعفان، ومعاملة التربة بمبيد Vapam أو Mylone أو مبيدات النيماتودا الحبيبية للحد من نيماتودا تعقد الجذور، كما

يقترح أن تكون الأصول والطعوم من مصادر معتمدة وموثقة. واستخدام أصل البرتقال ثلاثي الأوراق *Poncirus trifoliate* المقاوم في المناطق التي ينتشر فيها مرض التصمغ وأمراض أشجار الحمضيات الفيروسية، ويجب أن تكون منطقة التحام الطعم والأصل بين 30-45 سم فوق سطح التربة.

ويقترح تقصي ظهور أمراض مثل تقرح الحمضيات وعفن الجذور فيتوفتورا والأمراض الفيروسية خلال فترة نمو الشتول أو التطعيم في المشاتل واستبعاد الأصول المصابة، ويقترح الرش الدوري للمبيدات الفطرية النحاسية وفي حال وجود فطر *Phytophtora* spp. تضاف مزيج بودرة سلفات الزنك zinc sulphate وسلفات النحاس Cupper sulphate والكلس أو الكالسيوم بنسبة 5: 1 :4 إلى التربة، وإضافة الكلورين Chlorine إلى ماء الري لخفض اللقاح الممرض للفطر *Phytophtora parasitica* و *P. citrophthora* و *Fsarium* spp.

2- **رعاية وإدارة الغراس:** إن تأسيس موقع بساتين الحمضيات يجب أن يكون على أرض ذات تصريف جيد، وتفضل التربة اللومية واللومية الرملية لأنها تسمح بامتصاص جيد للرطوبة. أن لا يكون عمق فلاحة التربة أقل من 60 سم وغالباً يقترح عمق حوالي متر، وأن لا يكون هناك مناطق صلبة، وعادة تبدي أشجار الحمضيات أعراض نقص بالعناصر الصغرى ولذلك يؤخذ الاحتياط بإضافة المواد مسبقاً، وتنمو أشجار الحمضيات بشكل أفضل بعيداً عن أشعة الشمس الحادة ويمكن تأمين تظليل بواسطة زراعة صادات الرياح من الأشجار الطويلة، ويساهم ذلك أيضاً في مكافحة مرض تصمغ الحمضيات.

إن الزراعة على مسافات متباعدة يؤخر ظهور عدوى الأشجار السليمة المجاورة للأشجار المصابة بأمراض الجذور نتيجة تلامس الجذور، مع تفادي حدوث العدوى أثناء الري وأن يسمح برنامج الري بفترة لجفاف التربة لتفادي مرض العفن الفيتوفتوري، وتقليم وإزالة الأفرع المصابة، ويقترح رش المبيدات الفطرية مثل مزيج بوردو وكلوريد النحاس وبينوميل Benomyl وزينيب Zineb ومانيب Maneb وكابتافول Captafol وفولبيت Folpet وكلوروثونيل Chlorothonil، لتفادي مرض الأنتراكنوز وموت

الأفرع التراجعي وأمراض فطرية أخرى، ووجد أن مزيج البينوميل مع كابتافول قد أدى إلى نتائج جيدة، يقترح دهان جذوع الأشجار سنوياً بعجينة بوردو على ارتفاع 70سم. ومن المفيد رش الأشجار بالمبيدات الفطرية مع الأسمدة المناسبة لتفادي مرض الأنتراكنوز ومرض موت الأفرع التراجعي وحالات تساقط الثمار، ويقترح جمع الأفرع والأوراق المتساقطة ونواتج التقليم وحرقها خارج البستان.

3- **قطاف الثمار:** إن أخذ الاحتياط أثناء جمع الثمار وتداولها ولا يقل ذلك أهمية عن وقاية الأشجار قبل الحصاد والطقس الغائم والرطب غير مفضل لجمع الثمار، وغالباً تبدأ الإصابة بأعفان الثمار أثناء جمع الثمار من البستان مثل *Penicillium* spp. و*Alternaria* spp. و*Rhizopus* sp. و*Aspergillus* spp. ولتفادي الإصابة يجب عدم إحداث جروح للثمار وعدم الإبقاء على أعناق الثمار لأنها تحدث الجروح أثناء التعليب والنقل، وعدم ملامسة الثمار لتربة البستان، والاهتمام باختيار نوع الصناديق ونظافتها وتعقيمها وفصل طبقات الثمار بورق معامل بالمبيدات الفطرية، كما يفضل فصل الثمار المصابة والمعرضة للجروح عن السليمة. ويقترح أن تكون الفترة بين الحصاد والتخزين قصيرة ويفضل التخزين عند درجة حرارة 10°م، كما أن هناك مجموعة من معاملات الثمار فيزيائياً أو بيولوجياً تؤدي للحد من الإصابة بأعفان ثمار الحمضيات.

التفاح Apple:

تتعرض أشجار وثمار التفاح لخسائر هامة نتيجة الإصابة بالجرب فطر *Venturia inaequalis* والبياض الدقيقي *Podosphaera leucotricha* ومرض عفن التاج وعفن الثمار المسبب فطر *Phytophtora cactorum* خاصة في المناطق تحت المدارية. ومرض الساق السوداء والساق البنية فطر *Botryosphaeria* spp. والعديد من أعفان الثمار بعد الحصاد مصدر الإصابة من البستان مثل أنواع فطر *Penicillium* spp. والأنتراكنوز *Colletotrichum* spp. أو *Glomerilla* spp. و *Rhizopus*

sp. و.*Monilinia* spp وأخذ الاحتياط في البستان يؤدي إلى خفض كمية اللقاح، وتفادي سقوط الثمار على تربة البستان أو إحداث جروح للثمار أثناء القطاف.

1- إدارة المشاتل: يقترح تأسيس موقع المشتل على أرض جيدة الصرف، ويكون ارتفاع الطعم 23 سم، تجفف التربة بالتشميس ثم إضافة مبيد فطري مثل الزينيب Zineb بمعدل 100غ/م^3 تربة، فحص الشتول والأصول دورياً وإبادة أي نباتات تبدي أعراض جرب الساق أو عفن الجذور أو البياض الدقيقي، ورش البافستين Bavistin (Carbendazim) في المشتل يحمي من الإصابة بالعديد من الأمراض.

2- إدارة البساتين والأشجار: يفضل أن لا يؤسس البستان على أرض كانت مزروعة بأشجار الغابات خاصة السنديان، ويفضل أن تكون جيدة التصريف وتجمع مياه الري حول جذوع الأشجار يؤدي إلى إصابتها بأمراض فطرية مثل فطر *Phytophtora* Sp. ويمكن تبخير التربة بالفورمالدهيد موضع الحفر المعدة للزراعة أو استخدام مبيدات فطرية مثل Zineb أو Mancozeb بنسبة 0.5%.

إن العناية بصحة أشجار وبساتين التفاح هام لتفادي الكثير من الأمراض والخسائر التي تحدثها، وتعد الأوراق المتساقطة في أرض البستان مصدراً مهماً للقاح الأولي المعدي، مثل مرض جرب التفاح حيث يجب جمع الأوراق المصابة وحرقها، ويقترح تقليم الأفرع الساكنة الأشجار المصابة بالبياض الدقيقي وفي مرض مونيليا جمع الثمار المحنطة من أرض البستان ومن الأشجار وحرقها مع نواتج التقليم. وفي حالة أمراض مثل *Botryosphaeria ribis* والعفن الأبيض والعفن الأسود تحتاج إلى معاملات خاصة، ويجب قطع الأفرع المصابة على مسافة 10-15 سم أسفل المنطقة المصابة وحماية نهاية القطع بالمبيدات الفطرية ويجب إضافة الأسمدة للأشجار الضعيفة لحمايتها من الإصابة، ومن الشائع معاملة الثمار بالكالسيوم لمنع عفن الثمار ومن المفضل إضافة المركب مع الأسمدة على الأشجار.

إدارة مرض جرب التفاح وذلك برش المبيدات الفطرية وردت سابقاً، والجدول الزمني لرش المبيدات الفطرية لمكافحة جرب التفاح والبياض الدقيقي وأمراض ما بعد الحصاد كما يلي:

1- رش اليوريا 5% Urea على الأشجار لمرة واحدة قبل تساقط معظم الأوراق.

2- رش مبيد فطري لمكافحة البياض الدقيقي مثل Bavistin بمعدل 50غ/100 لتر ماء في مرحلة السكون أو انتفاخ البراعم لمرة واحدة.

3- رش مبيد Captan بتركيز 0.2% أو Mancozeb بتركيز 0.3% في مرحلة القمة الفضية أو الخضراء لمرة واحدة فقط.

4- رش مبيد فطري جهازي مثل Rubigan (fenarimol) أو Topsin-M في مرحلة تساقط البتلات لمكافحة الجرب والبياض الدقيقي لمرة واحدة فقط. وله فترة حماية طويلة، ويقترح تفادي تكرار رش المبيدات الجهازية.

5- رش من 1-3 مرات مبيد Mancozeb بمعدل 250غ/لتر بفارق 10-15 يوماً بمرحلة بعد الإزهار.

6- رش مرتين قبل الحصاد بمبيد Captan بتركيز0.2% وذلك قبل الحصاد بـ 30 و15 يوم يحمي الثمار من أمراض التخزين والأمراض المحمولة أثناء الحصاد.

ويعتمد في توقيت الرش برامج التنبؤ، ويطبق برنامج التنبؤ بمرض اللفحة النارية على الإجاص في الظروف البيئية المصرية، حيث يتم إدخال بعض المعطيات إلى هذا البرنامج والنتيجة توقع ظهور المرض وشدة المرض وبالتالي ينصح بالرش أو عدم الرش والتوقيت المناسب لذلك.

3- **القطاف والتعبئة:** تتطلب ثمار التفاح عناية خاصة خلال القطاف وذلك بسبب القشرة الرقيقة، ويجب أخذ الاحتياط لتفادي أي جروح أثناء القطاف والنقل والتخزين، كما يفضل أن تكون الطقس جافاً خلال القطاف، ويجب فصل الثمار المصابة أو التي تعرضت للجروح عن الثمار السليمة، عادة يطبق رش المبيدات الفطرية قبل الحصاد وذلك لحماية الثمار من الإصابة بالعديد من أمراض بعد الحصاد مثل عفن بنسليوم

Penicillium spp. وعفن ريزوبس *Rhizopus* spp.، كما تعامل الثمار ببعض المعاملات الكيميائية أو الفيزيائية أو البيولوجية قبل التخزين، وهناك عدة طرائق لتغليف الثمار تؤدي بالتالي إلى حمايتها من دخول المسببات المرضية حيث يعامل الورق بمادة Bortan أو Sodium orthophenylphosphate، واستخدمت طريقة تغطية الثمار بزيت الخردل Mustard oil قبل التعبئة. وتتراوح درجة الحرارة المثلى للتخزين بين 0 و5°م ويمكن أن تصل إلى 10°م لكن مع ارتفاع درجة الحرارة يزداد تحلل الثمار.

رابعاً – وبائية أمراض النبات:

أنواع وكمية الخسائر:

إن أمراض النبات يمكن أن تحدد أنواع النبات التي تستطيع أن تنمو في مناطق جغرافية واسعة، وذلك بإتلافها جميع الأفراد لأنواع معينة من النباتات والتي تكون شديدة القابلية للإصابة بمرض معين. ومن الأمثلة مرض لفحة الكستناء ومرض لفحة الدردار في أمريكا ومرض جدري الخوخ في أوروبا. إن نوع وكمية الخسائر المتسببة عن أمراض النبات تختلف حسب النبات والمنتجات النباتية والعامل الممرض والمنطقة والظروف البيئية وطرق المقاومة المتبعة أو مجموع العوامل مع بعضها. إن كمية الخسائر قد تتراوح من نسبة بسيطة إلى خسارة 100% من الإنتاج. ومن الممكن أن تنخفض نوعية المنتج في الحقل أو أثناء التخزين وبالتالي تقلل من القيمة التسويقية للمنتج، مثال مرض جرب التفاح إن ظهور أعراض الجرب على الثمار وإن كانت بنسبة 5% فإنها تخفض السعر إلى النصف. إن أمراض النبات يمكن أن تسبب خسائر مالية متنوعة عند زراعة أصناف مقاومة للمرض ولكنها أقل إنتاجية أو أكثر كلفة، كذلك تطبيق الرش الوقائي ويدخل ضمنها كلفة المبيدات والآليات المستخدمة واليد العاملة وتجهيز مستودعات مبردة، وضرورة إجراء عمليات الفرز، مما يؤدي إلى زيادة في تكاليف التخزين والتعبئة والشحن. ومع العمل على زيادة مساحة الأراضي المزروعة وتحسين طرق الزراعة وزيادة الخصوبة والتسميد واستعمال الأصناف المحسنة وتحسين

طرق الري ووقاية النبات بهدف مواجهة المتطلبات الغذائية للسنوات القادمة، فإن وقاية النبات من الأمراض والآفات يمكن أن تخفض كمية الفقد الحاصل ولاسيما أن الخسائر ذات تأثير عالمي على الاقتصاد وتزويد سكان العالم بالغذاء.

إن كل نوع من النبات هو غير عائل (مضيف) للغالبية العظمى من العوامل الممرضة وبالتالي هو منيع ولكنه قابل للإصابة بدرجات مختلفة للعوامل الممرضة التي تصيبه ويعود التنوع في القابلية للإصابة بالعامل الممرض بين الأصناف النباتية إلى أنواع مختلفة من مورثات المقاومة التي تكون موجودة في كل صنف والذي تختلف قابليته للإصابة بسلالات مختلفة للعامل الممرض.

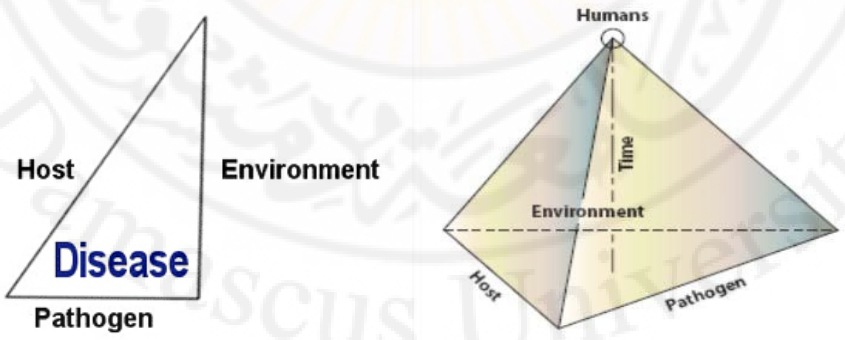
منذ بداية الزراعة طبق أجيال من المزارعين ممارسات متطورة في مكافحة مختلف الآفات والأوبئة التي تصيب المحاصيل. وبعد اكتشاف أسباب الأمراض النباتية في أوائل القرن التاسع عشر ومع تنامي فهم التفاعلات بين العوامل الممرضة والمضيفات النباتية بهدف تطوير مجموعة واسعة من التدابير المحددة لمكافحة الأمراض النباتية. ومكنت هذه القاعدة المعرفية المتراكمة من استخلاص بعض المبادئ العامة لمكافحة الأمراض النباتية التي يمكن أن تسهم في معالجة إدارة مشاكل جديدة على كل من المحاصيل في أي بيئة. وقد اعتمدت منذ البدايات على أبحاث Whetzel في عام 1929 مع استمرار التعديل على مر السنين على نطاق واسع، ووضعت "المبادئ التقليدية" من قبل لجنة الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم في عام 1968.

إن الطرق التي تجعل العوامل الممرضة تصل إلى النبات هي أول حلقة في سلسلة الأحداث التي يتطور فيها ليبدأ حدوث المرض في مجتمع النبات المزروع، ومن ثم قد ينتهي بحدوث الوباء، عموماً مجتمع العامل الممرض يكون في حده الأدنى ما يدعى اللقاح الأولي Primary inoculum والذي يؤسس للإصابة الأولية Primary infection في الحقل لتكوين بؤر Foci وليتم إنتاج الوحدات المعدية (أبواغ أو التراكيب والبنيات المختلفة)، ويفضل التدخل في هذه المرحلة بتطبيق إجراءات مكافحة بسيطة، ثم تنتشر إلى باقي النباتات لتشكل الإصابة الثانوية Secondary infection وفي هذه

المرحلة تكون كمية اللقاح المعدي كبيرة جداً وتتطلب تدخل طرائق مكافحة فعالة مثل رش المبيدات الفطرية.

في الحلقة الثانية من سلسلة الأحداث انتقال المسبب المرضي من مصدر اللقاح أو العدوى الأولية إلى المضيف النباتي أي المحصول المزروع والتي تسبب البؤر الأولى للمرض كمصدر للإصابة الأولية لتؤسس للإصابة الثانوية، ويتم الانتشار بواسطة الرياح أو رذاذ قطرات المطر والحشرات وحركة الحيوان والإنسان في الحقل.

إن البيئة المحيطة بالحقل وضمن المحصول تعد من أهم العوامل المحددة في التآثر بين المضيف والعوامل الممرضة النباتية المختلفةً وعوامل حيوية مثل تنوع الأحياء الدقيقة الموجودة في التربة والمحيط الجذري والسطح النباتي ووجود الإفرازات الجذرية والورقية، إن البيئة ولاسيما العوامل الجوية السيئة لا تؤثر فقط على العوامل الممرضة وانتقالها وفي تطور المرض، إنها أيضاً تؤثر على فاعلية إستراتيجيات إدارة الأمراض، ويشكل التآثر بين المضيف النباتي والعامل الممرض والبيئة ما يعرف بمثلث المرض Disease triangle (شكل 5) أو النظام المرض Pathosystem ضمن النظام البيئي Ecosystem. وتتضمن المعايير المحددة للمضيف كل الظروف المفضلة أو الملائمة لحساسيته للمرض.



شكل 5. مثلث وهرم المرض.

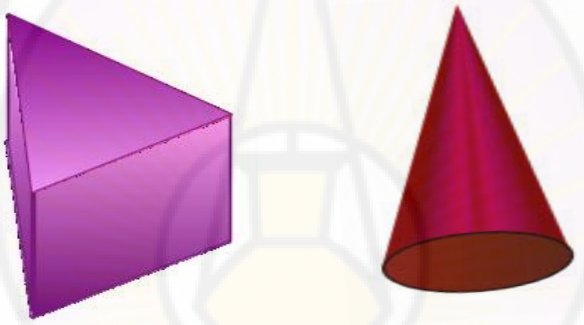
والبيئة هي مجموع كل الظروف الملائمة للمرض مثل درجة الحرارة والرطوبة والإضاءة واختلاف عوامل التربة. ويقاس معيار العامل الممرض بمعدل نموه

Reproduction rate وشراسته Virulence وكمية وطبيعة تركيب الوحدات المعدية، وعموماً تكون التأثيرات البيئية على المضيف النباتي والعامل الممرض على حد سواء، ويؤثر مجتمع المضيف النباتي في البيئة والعامل الممرض، بينما يؤثر العامل الممرض فقط في المضيف النباتي وليس في البيئة، وإن كانت البيئة والمضيف النباتي غير ملائمة للعامل الممرض فإن بدء المرض وتطوره على الرغم من وجود العامل الممرض يكون غير فعال، لذلك فإن العناصر الثلاث للمثلث المرضي يجب أن تكون متوازنة لصالح الإمراضية عند تطور المرض، والإخلال بالتوازن تكون لصالح المضيف النباتي في حال إدارة الأمراض. ويمكن للبيئة أن تتغير ضد العامل الممرض أو المضيف النباتي، أو المضيف النباتي يمكن أن يتغير في اتجاه مقاومة العامل الممرض.

الإنسان عامل هام في مثلث المرض وذلك لتأثير النشاط البشري على المرض وانتشاره في الزراعة، وبدرجة أقل في الغابات وإدارة المراعي. ومن الصعب تجاهل عناصر مثل التطبيقات الزراعية التي تؤثر على دورة الممرض الحياة، وتعديل المورثات النباتية من خلال التربية والهندسة الوراثية، إضافة إلى التغيرات البيئية المختلفة والري وظروف الدفيئات الزراعية والزراعة المائية. يمكن لهذه العوامل تؤثر تأثيراً عميقاً في حدوث وشدة مرض معين. وقد لا تكون النواقل الحشرية لأمراض النبات والحيوانات عاملاً أساسياً لنشر جميع الأمراض ولكن بالتأكيد تلعب دوراً حاسماً في العديد منها وهكذا فإن النواقل تمثل حالة خاصة لتعديل العلاقة الثلاثية في مثلث المرض، في بعض الحالات، يتضاعف العامل الممرض داخل خلايا الناقل ولذلك سوف يحبط انتقال المرض بدون هذه المرحلة في دورة حياته. إذا كان العامل الممرض غير قادر على إصابة مضيفه دون وسيط حيوي فإن الهرم لا يبدي بشكل كاف طبيعة وسيط ناقل في علاقة العامل الممرض والنبات عن طريق رسم علاقة مباشرة والتحايل على النواقل.

وقد تمت إضافة العامل الرابع إلى مثلث المرض هو الزمن لتوضيح تأثر بدء المرض وشدته مع الزمن مترافقاً مع العوامل الثلاثة وذلك عندما يتطور المرض في المجتمع إلى وباء، ومن المهم تطبيق المفاهيم الوبائية في إستراتيجية إدارة الأمراض.

وقد لا يحدث المرض في اللحظة الأولى ولكن سوف يحدث بعد مرور فترة من الزمن. إن الحدود الفاصلة بين النبات السليم والنبات المصاب ليس من السهل وضعها، ويمكن لعلامات وأعراض المرض أن تأخذ قدراً كبيراً من الوقت لتصبح ظاهرة ولكن الأحداث الفيزيولوجية التي تحدد العدوى عادة ما تستغرق دقائق إلى ساعات. ويمكن أن يكون إظهار الزمن في قمة الهرم مفيداً، ولكن على عكس العناصر الثلاثة الأخرى تتحرك الساعة بثبات في الهرم وبالتالي العامل أحادي الاتجاه. وأوضح براوننج Browning وآخرون نفس الفكرة مع الشكل المخروطي لحدوث المرض (شكل 6) يتسع الشكل مع الزمن ويتوقف ذلك على تفاعل المتغيرات الثلاثة على المرض وكمية وكيفية المعالجة.



أ ب

شكل 6. أ . مخروط المرض عن Browning يظهر زيادة شدة المرض مع الزمن.

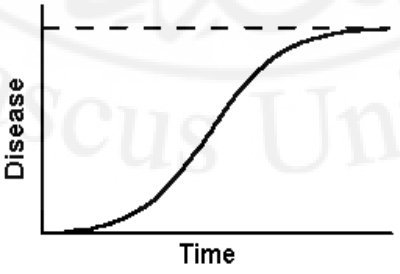
ب. منظور الزاوية القائمة: بهدف تمثيل البعد الزمني.

تم تمثيل الزمن على محور Z في شكل 6.ب، مما يدل على وجود مستمر من مثلث المرض بمنظور الزاوية القائمة. ويمكن اعتبار أن المنظور يمثل المرض بطريقة كمية (أي شدة المرض) أو نوعية كظاهرة ثابتة. ويمكن أن ينعكس الزمن إلى ما يقارب الصفر عن طريق مقطع عمودي منشور على محور Z، وهذا ينقص من الشكل إلى مثلث المرض الأصلي (أي تمايز وفق الخطة الزمنية) وبالتالي مثلث المرض هو لحظة من العلاقة في بعض لحظات من الزمن الراهن. ويسمح تباين الأمراض ليشمل التواصل المرن بشكل الانحناء في المثلث لكل من الداخل والخارج من الجانبين. على سبيل المثال،

يمكن أن تصبح البيئة غير المواتية خلال أوقات معينة، مما يؤدي إلى توقف تطور المرض ويصبح المثلث ضيق بشكل ملحوظ، ويكون التوسع في عدة طرق: مثل انتشار الخلل في عدة مستويات من التنظيم البيولوجي (ارتباط عديد من المواد الكيميائية الحيوية، وتعديل مسارات الفيزيولوجية، والاختلال الخلوي، موت الخلية المبرمج، وأعراض مرئية)، كما يظهر المرض فقط عندما يمر المثلث عتبة محددة في الزمن (بداية المرض)، أو من وجهة نظر المجتمع الكمي، في زيادة معدلات حدوث المرض بين نباتات فردية من المحصول. من المؤكد أن مثلث المرض سيكون النموذج التعليمي في أنظمة أمراض النبات لسنوات عديدة قادمة.

علم الأوبئة وأمراض النبات:

اهتم الإنسان بخفض الخسائر في المحاصيل الناجمة عن الأمراض النباتية من خلال تطوير تقنيات إنتاج المحاصيل، وتطوير ممارسات مختلفة اعتمدت في معظمها على التجربة والخطأ وأساليب زراعية قادرة على الحد من انتشار مسببات الأمراض النباتية. ما هو علم الأوبئة في الأمراض النباتية ؟ كيف يمكن أن يكون هناك وباء على النباتات؟ ينبغي لنا أن نسميها Epiphytotic، ولكن مصطلح "الوباء" استخدم على نطاق واسع في إشارة إلى الأمراض النباتية أيضا يستخدم عادة للدلالة على تطور المرض المفاجئ والسريع أو على نطاق واسع، مما يعني أنه إذا تطور المرض بطيئاً أو محدود مكانياً أي ليس هناك وباء. كما استخدم للدلالة على ديناميكية المرض، وتغيير في كمية المرض مع مرور الزمن (شكل 7).



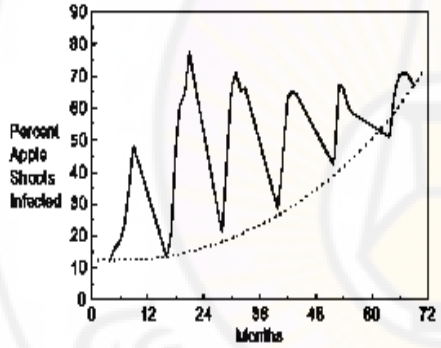
شكل 7. ديناميكية تطور المرض مع الزمن.

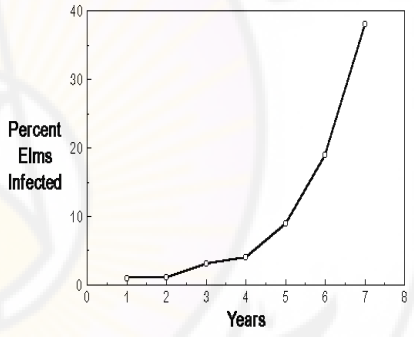
إن ديناميكية المرض والتي يمكنها التعبير عن الوبائية حيث هي التغيرات في كمية المرض مع الزمن، وتعني بكمية المرض إما حدوث الإصابة (عدد النباتات المصابة أو أجزاء النبات المصابة) أو شدة الإصابة (كمية الأنسجة النباتية المصابة أو المتضررة) أو كليهما. وبهذا التعريف يمكن أن نعرف يكون هناك أوبئة سريعة أو بطيئة أو أوبئة سلبية حيث تتناقص كمية المرض مع مرور الزمن ومثال: عند استخدام نسبة الأوراق المصابة كمقياس لحدوث المرض وخلال موسم جاف تتساقط الأوراق المصابة ويجدد ظهور نموات سليمة وبالتالي يكون التغيير سلبياً في كمية المرض.

الدورة الطبيعة لأمراض النبات:

إن أوبئة أمراض النبات هي ظاهرة دورية، وتتكون من دورات متكررة لنمو العامل الممرض بالعلاقة مع المضيف والبيئة. وقد يكون اللقاح من الأبواغ الفطرية أو الخلايا البكتيرية والنيماتودا والفيروسات المنقولة بواسطة نواقل حيوية التي تتمكن من الدخول وتأسيس العدوى في أنسجة العائل خلال عملية الإصابة. يتطور العامل الممرض داخل المضيف ويبدأ في إنتاج اللقاح الجديد، الذي بدوره يمكن أن ينتشر إلى نباتات جديدة قابلة لبدء الإصابات. ويمكن تصنيف وبائية أمراض النبات إلى نمطين أساسيين وحيد الدورة Monocyclic ومتعدد الدورات Polycyclic وهذا يتوقف على عدد دورات الإصابة في دورة المحاصيل. عموما في المناخات المعتدلة ليس هناك سوى دورة واحدة للمحصول في السنة. في المناخات الاستوائية أو شبه الاستوائية، يمكن أن يكون هناك أكثر من دورة واحدة للمحاصيل في السنة، وأنه من المهم أن نتذكر أن مفهوم "وحيد الدورة" و "متعدد الدورات" مبني على دورة محصولية واحدة. وتستخدم هذه المصطلحات نفسها لوصف نفس الأوبئة فضلا عن مسببات الأمراض، لذلك يذكر في كثير من الأحيان من "وباء وحيد الدورة" أو "وباء متعدد الدورات". بالنسبة لبعض الأمراض من المهم أن ينظر إلى الوباء على مدى فترة من عدة مواسم زراعية. هذا صحيح بصفة خاصة بالنسبة النباتات المعمرة (الأعلاف والمراعي والبساتين والغابات... إلخ) أو بالنسبة لمحاصيل الزراعة الواحدة Monoculture والتي تزرع سنوياً في العام

وعام بعد عام. في هذه الحالات يحمل اللقاح المنتج في موسم واحد ومن سنة إلى سنة أخرى مع احتمال تراكم اللقاح على مدى فترة من السنين. وفي المناطق المدارية قد لا يكون هناك فاصل واضح بين مواسم النمو كما في المناطق المعتدلة بالتالي يمكن أن تكون الأوبئة مستمرة افتراضياً على مدى سنوات عديدة على محاصيل مثل الموز، والبن، وأشجار المطاط. ومثال على العامل الممرض وحيد الدورة مرض الدردار الهولندي ويتطور المرض بشكل خطي تقريبا في كل عام مع حدوث زيادة في عدد الأشجار المصابة بمعدل متزايد من عام إلى آخر (شكل 8.أ)، ومثال على وباء متعددة الدورات مرض البياض الدقيقي على التفاح تحدث العدوى في بداية كل عام مع ميل إلى الزيادة باطراد (شكل 8 .ب).





مرض الدردار الهولندي مرض البياض الدقيقي على التفاح

شكل 8. نموذج الخط البياني لوباء وحيد الدورة ووباء متعدد الدورات.

الأوبئة وحيدة الدورة:

بشكل عام، هناك ثلاثة أنواع من الأمراض النباتية التي تميل إلى إنتاج دورة واحدة فقط في كل دورة العدوى المضيف:

1- أمراض ما بعد الحصاد: ليست جميع أمراض ما بعد الحصاد تنتج الأوبئة وحيدة الدورة، ولكن معظم حالات الإصابة التي تؤدي إلى أعفان أثناء التخزين إما أن تكون قد حدثت بالفعل قبل الحصاد أو خلال موسم الحصاد وبعد الحصاد قبل التعامل مع المنتج

وتقدم العفن أثناء ظروف التخزين حيث يمكن أن يتجدد إنتاج اللقاح باستمرار، ما لم تتم معالجة المنتجات المخزنة مرة أخرى وإنشاء مواقع جديدة للعدوى عن طريق الجروح الصغيرة، لا توجد دورات عدوى جديدة أي أن العامل الممرض ليس أحادي الدورة بطبيعته ولكنه مرتبط بالظروف البيئية لإنتاج دورة واحدة من العدوى وفي بيئات أخرى قد تنتج نفس هذه العوامل الممرضة أوبئة متعددة الدورات.

2- مسببات أمراض النبات المحمولة بالتربة: تؤدي العديد من مسببات أمراض أعفان الجذور ولاسيما أمراض الذبول الوعائية والأمراض الناجمة عن مسببات الأمراض المحمولة بالتربة أيضا إلى أوبئة وحيدة الدورة في كل دورة للمحصول. وعموما يكون اللقاح من تراكيب وبنيات مقاومة للجفاف أو الصقيع مثل Sclerotia وChlamydospores وOospores موجودة في التربة أو بقايا المحاصيل وتنتشر أثناء العمليات الزراعية، وعند نمو جذور نباتات المحاصيل المزروعة حديثا في التربة تصاب بالعوامل الممرضة وتحدث إصابات جديدة مع تطور المرض إلى الوباء، ولكن لا ينتشر اللقاح الجديد إلى أن تتم الزراعة مرة أخرى في التربة، أي ليس هناك سوى دورة إصابة واحدة كاملة في زراعة دورة المحصول. ولكن ليس كل مسببات أمراض النبات المحمولة بالتربة تؤدي إلى أوبئة وحيدة الدورة.

3- الأصدئة ذات الأوبئة نصف الدورة: بعض أمراض الأصدئة لا تنتج أبواغ يوريدية Urediniospore على مضيف واحد، ويعتمد إنتاج اللقاح على إصابة مضيف آخر وبسمح هذا التناوب في المضيفات في التكيف مع تطور دورات المرض سنوياً. ومثال مرض صدأ التفاح المسبب فطر ثنائي المضيف -*Gymnosporangium juniperi virginianae*، يظهر الطور التيليتي على أغصان المضيف الأول وهو نبات السيدر الأحمر الشرقي أو العرعر *Juniperus virginiana* على شكل أورام أو ثآليل وتنبت الأبواغ التيليتية معطية أبواغاً دعامياً تنشر بواسطة التيارات الهوائية إلى أشجار التفاح (المضيف الثاني)، ويحدث الوباء على التفاح خلال فترة 4-6 أسابيع في الربيع. وتظهر

الأوعية الأسيدية حيث تنضج الأبواغ الأسيدية وتنتشر بواسطة تيارات الهواء إلى نبات العرعر.

الأوبئة متعددة الدورات:

من أجل حدوث وباء متعدد الدورات لا بد أن تتكرر العدوى دورات كاملة، ويلي العدوى تطور العامل الممرض وإنتاج اللقاح الجديد وانتشاره إلى مضيف جديد قابل للإصابة وتكرار الإصابات الحديثة ضمن دورة محصولية واحدة. ومثال ذلك مرض اللفحة المتأخرة على البطاطا، يمكن أن تحدث الإصابة ويتطور المرض ويتجدد إنتاج الأبواغ السبورانجية وانتشارها من جديد في أقل من خمسة أيام مع استمرار حدوث العديد من الدورات المتداخلة في الظروف البيئية المناسبة. ويمكن لكل دورة إنتاج أكثر من عشرة أضعاف والنتيجة انفجار الوباء. وعلى نحو مماثل مرض صدأ الحبوب حيث يمكن أن تنطلق مئات الأبواغ اليوريدية من بثرة واحدة لتصيب وتنتج المئات من بثرات جديدة بشكل متكرر طوال الموسم. معظم الأمراض النباتية التي تسببها البكتيريا والفيروسات هي متعددة الدورات في الموسم الواحد ولاسيما مع وجود النواقل الحشرية.

مزيج الأوبئة وحيدة الدورة ومتعددة الدورات:

قد لا يتضح الوباء في كل الأمراض النباتية إما وحيد الدورة أو متعدد الدورات. يمكن الأوبئة التي تنتجها الفطريات مع طورين من الأبواغ تشتمل على عناصر من كليهما، وأحيانا في مراحل متميزة، والتي تحدث أحيانا في وقت واحد. على سبيل المثال، مرض جرب التفاح *Venturia inaequalis* تنطلق الأبواغ الأسكية الموجودة على الأوراق المصابة المتساقطة من الموسم السابق وتنتشر خلال فترة من 6-8 أسابيع في الربيع وتصيب النموات الورقية الحديثة للتفاح لتنتج أبواغ أسكية جديدة، كنمط وباء وحيد الدورة في بداية الموسم، وكل ورقة مصابة تنتج خلال عشرة أيام الأبواغ الكونيدية التي تنتشر بدورها لتصيب أوراق حديثة النمو وتشكل البثرات فيظهر وباء متعدد الدورات من وباء وحيد الدورة.

النماذج الرياضية في علم الأوبئة أمراض النبات:

إن الهدف من إدارة أمراض النبات هو الحفاظ على تطور المرض أدنى من المستوى المقبول ولفهم تطور المرض من الناحية الكمية من الضروري إيجاد بعض أنواع العلاقات الرياضية لوصف الوباء. ويجب أن يوضح هذا النموذج الرياضي "الوباء" تأثير المتغيرات القابلة للقياس والمتغيرة مع الزمن. من وجهة نظر الإدارة فإن تتبع الإصابات الجديدة سيكون ربما الأكثر استخداماً، ولكن في الواقع فإن مراقبة تطور سلسلة الأحداث ورصد المرض مجهرياً من الصعب جدا في معظم الحالات. وإن من المفيد رصد اللقاح الممرض لإدارة المرض، وقد تم تطوير التقنيات العملية لقياس اللقاح ولاسيما كمية اللقاح المتاحة لتسبب المرض مع التغييرات عبر الزمن.

إنتاج اللقاح في الأمراض وحيدة الدورة:

في الأوبئة وحيدة الدورة يكون الاهتمام في كمية اللقاح الموجود في بداية كل موسم (اللقاح الأولي). إذا كانت $\mathbf{Q_1}$ تمثل كمية اللقاح الأولي في بداية الموسم الحالي فإنها ستكون متساوية مع كمية اللقاح الأولي في بداية الموسم السابق $\mathbf{Q_0}$ إضافة إلى الزيادة في كمية اللقاح التي نتجت عن نمو وتطور المرض خلال الموسم:

$$\mathbf{Q_1 = Q_0 + increment}$$

وسيكون لهذه الزيادة دور كمية اللقاح الأولي من الموسم السابق مع توقع مقبول في نسبة اللقاح الأولي من الموسم السابق $\mathbf{KQ_0}$ حيث $\mathbf{K}$ ثابت التناسب:

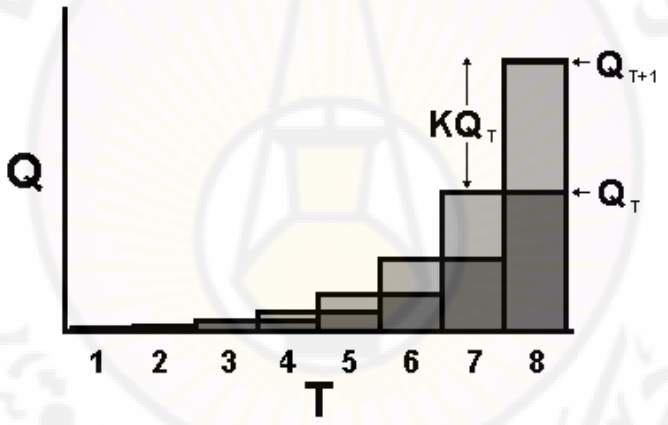
$$\mathbf{Q_1 = Q_0 + KQ_0}$$

حيث K هي مجموع العوامل التي تؤثر على بقاء ونمو وتطور الفطريات وإنتاج الوحدات المعدية وانتشار اللقاح وعوامل موت الفطريات، وتعتمد قيمة K على عدد كبير من العوامل تتضمن الظروف البيئية ومراحل نمو المحصول التطبيقات الزراعية، وإن كان هناك زيادة صافية في اللقاح من موسم واحد إلى آخر، وسوف تكون قيمة K موجبة، ومن ناحية أخرى يوجد فقد صافي في كمية اللقاح ويمكن أن تكون قيمة K سالبة عند زراعة محصول غير مضيف للعامل الممرض بواسطة الدورة الزراعية.

ولوصف التغيرات التي طرأت على اللقاح الأولي من موسم واحد إلى آخر في وباء متعدد :

$$Q_{T+1} = Q_T + KQ_T$$

صححت هذه المعادلة بشكل متكرر مع تغير قيم T التي تشير إلى الزمن في كل موسم على التوالي، وتم وضع القيمة الحالية Q_{T+1} هي قيمة Q_T في الموسم اللاحق. ولتبسيط المعادلة، يفترض K ثابت (متوسط خلال المواسم كثيرة) في المعادلة ويبدو أن الرسم البياني منحنى صاعد ويلاحظ إن كانت قيمة K إيجابية (المنطقة الرمادية اللون) تزيد القيمة مع تزايد اللقاح الأولي في كل موسم على التوالي (شكل 9).



شكل 9. نموذج تغيرات اللقاح المرضي مع الزمن.

إنتاج اللقاح في الوباء متعدد الدورات:

يمكن استخدام النموذج الرياضي لنفس العامل الممرض وحيد الدورة أساساً بتكرار عدة مواسم، وبدلا من تكرار موسم بعد موسم، لدينا العديد من دورات متكررة في نفس الموسم. يصبح الفارق الزمني أيام أو أسابيع بدلا من سنوات، ولم تعد وحدة الزمن بالضرورة واحدة وتعطى وحدة واحدة الزمن (سنة) وΔT مقدار الزمن.

$$q_{T+\Delta T} = q_T + q_T k \cdot \Delta T$$

تمثل q كمية اللقاح خلال الوباء وk نسبة اللقاح الذي يزيد في كل وحدة زمنية. وتتوافق وحدات k مع وحدات T، إذا تم قياس الزمن في يوم ستكون وحدات k نسبة/يوم.

ويحدث إنتاج اللقاح الممرض بشكل متقطع غير منتظم، وتكون فترات الإصابة منفصلة بأطوال مختلفة مع اختلاف الظروف البيئية، ومن المرجح أن تكون قيمة k مختلفة في كل فترة العدوى. ويمكن تطوير نموذج مبسط ليكون كأداة للإدارة باستخدام وحدات زمنية موحدة وبافتراض k ثابتة. (بدلا من قيمة k التي تتغير وفقا للظروف البيئية، وتستخدم قيمة k "متوسط" لكامل الوباء.) لذلك أعيد ترتيب المعادلة لتصبح:

$$\mathbf{q_{T+\Delta T} - q_T = q_T k \cdot \Delta T}$$

Δq التغير في كمية اللقاح في وحدة زمنية واحدة وهو ببساطة الفرق بين كمية اللقاح في الوقت T وكمية اللقاح في الوقت T + ΔT:

$$\mathbf{\Delta q = q_T k \cdot \Delta T}$$

وبإعادة الترتيب تصبح المعادلة:

$$\mathbf{\Delta q/\Delta T = q_T k}$$

الآن بدلا من المضي قدما في وحدات زمنية منفصلة ومع تقدم الزمن، مما يجعل ΔT لا متناهية في الصغر:

$$\mathbf{dq/dt = qk}$$

في هذه المعادلة التفاضلية، **dq** هو تغيير لامتناهي في الصغر في كمية اللقاح، و**dt** هو تغيير لامتناهي الصغر في الزمن. بذلك فإن معدل التغير في كمية اللقاح يتناسب مع كمية من اللقاح في أي وقت من الأوقات. استخدام حساب التفاضل والتكامل، ويمكن أن تكون متكاملة إلى هذه المعادلة:

$$\mathbf{q = q_0 e^{kt}}$$

وهو منحنى أسي مألوف حيث $\mathbf{q_0}$ هو اللقاح الأولي و **e** هو أساس اللوغاريتم الطبيعي (Napierian)، ومعدل التغير في **q** هو **dq/dt**، المنحدر من الظل إلى منحنى عند أي نقطة (شكل 1.10).

نمذجة تطور أمراض النبات:

تقدم قياسات كمية اللقاح تقييماً جيداً لتقدم الوباء، لكن الفحص المباشر لكمية اللقاح ليس دائما مجدياً أو حتى ممكناً مع أكثر الأمراض النباتية، ومع ذلك، يمكن أن تتضح بعض أنواع من الأعراض التي تسمح بحساب عدد النباتات المصابة أو تقدير كمية الأنسجة المصابة. ومن المؤكد من أن هناك فارق زمني بين العدوى وظهور أعراض واضحة، ويمكن أن يتأثر أحد مظاهر الأعراض نتيجة الظروف البيئية، ولكن بصفة عامة تقدم أعراض الإصابة يكون بالتوازي مع تطور إنتاج اللقاح. ولذلك، فإن النماذج نفسها التي استخدمت لوصف تراكم اللقاح يمكن أن تستخدم أيضا لوصف تطور المرض. والمتبع منهج من اتفاقية Vanderplank في عام 1963، واستخدام X لتمثيل نسبة النباتات المصابة أو نسبة الأنسجة النباتية المصابة. باستخدام نسبة أبعاد بين صفر وواحد لتمثيل المرض يجعل المعادلات الرياضية أقل تعقيداً من استخدام وحدات محددة، مثل مجموع مجتمع النباتات المصابة أو المساحة الإجمالية للأنسجة المصابة.

تطور أمراض النبات وحيدة الدورة:

إن كان تقدم المرض في الأوبئة وحيدة الدورة بشكل خطي يكون الانحدار في منحنى تطور المرض ثابت. ويتناسب تقدم المرض في وباء وحيد الدورة مع كمية اللقاح الأولي (الذي هو في حد ذاته ثابت خلال وباء)، ويمكن أن نجعل انحدار منحنى تطور المرض وإنتاج اللقاح الأولي والتناسب بينها ثابت. ويمكن وصف وباء وحيد الدورة مع تطور المرض الخطي باستخدام المعادلة التفاضلية:

$$dx/dt=QR$$

حيث dx هو مقدار لامتناهي في الصغر في نسبة المرض، dt هو مقدار لامتناهي في الصغر في وحدة الزمن، Q هو مقدار اللقاح الأولي، وR ثابت التناسب الذي يمثل معدل تطور المرض لكل وحدة من اللقاح المرضي. منذ R وQ كلاهما ثابت أثناء فترة حدوث الوباء، الانحدار dx/dt ثابت، وتطور المرض خطي. فقط كما هو الحال مع k ثابت في النموذج إنتاج اللقاح أحادي الدورة، R لها قيمة تمثل "متوسط" كامل الوباء،

القيمة التي تعتمد على العديد من العوامل، مثل شراسة العامل الممرض وقابلية الإصابة لدى النبات المضيف والظروف البيئية. وحدات من R هي وحدة اللقاح في نسبة اللقاح الأولي لكل وحدة زمنية. وبعد دمج المعادلة التفاضلية أعلاه تصبح معادلة نموذج وباء وحيد الدورة:

$$X=QRt$$

وتوصف المراحل الأولى من وباء وحيد الدورة على شكل النموذج الخطي Linear model وانحدار QR (شكل 2.10). من الواضح من معادلة وباء وحيد الدورة أن قيم Q و R و T متساوية في التأثير على قيمة X. وأي خفض في اللقاح الأولي أو معدل الإصابة سيؤدي إلى انخفاض في مستوى المرض في أي وقت وبنفس النسبة خلال الوباء. إذا كان من الممكن خفض t (على سبيل المثال، من خلال تغيير موعد الزراعة أو تقصير الموسم) سيتم خفض نسبة الإصابة بالمرض نسبياً.

تطور أمراض النبات متعددة الدورات:

في نماذج مماثلة لأمراض حيث إنتاج اللقاح متعددة الدورات، ويتناسب معدل التغير في المرض مع كمية المرض في أي وقت من الأوقات. لذلك، الشكل التفاضلي والمعادلة لوصف الأوبئة المتعددة الدورات هي:

$$\mathbf{dx/dt=xr}$$

كما هو الحال مع نموذج تطور مرض وحيد الدورة، x نسبة أبعاد تتراوح بين صفر وواحد، r ثابت يعتمد على شراسة العامل الممرض وقابلية الإصابة للمضيف والظروف البيئية، والمعدل خلال دورة الوباء. في هذه الحالة يتناسب انحدار **dx/dt** مع **x**، وبالتالي يزداد تطور المرض بمعدل متزايد مع مرور الزمن في شكل متكامل وهو نموذج متعدد الدورات من النموذج الأسي Exponential model، وتستخدم في تقدير انتشار الأمراض حسابياً المعادلة:

$$\mathbf{X= X_0e^{rt}}$$

حيث: X = نسبة المرض في وقت معين.

X_0 = كمية اللقاح المسببة للمرض (نسبة المرض في بداية الوباء).

r = سرعة انتشار المرض.

t = الوقت اللازم لحدوث الإصابة.

e = أساس اللوغاريتم الطبيعي.

1- إن كانت قيمة **r** مرتفعة جداً يكون التأثير خفض قيمة X_0 وبالتالي تأخير ظهور الوباء.

2- إن كانت قيمة **r** مرتفعة جداً يجب أن تخفض X_0 إلى مستويات متدنية ليكون لها تأثير معنوي على الوباء.

3- إن خفض قيمة **r** له تأثير أكبر نسبياً في الحد من الوباء من خفض قيمة X_0.

4- إن خفض X_0 يجعل إستراتيجية إدارة أمراض النبات الجيدة منطقية فقط إن كانت r منخفضة أو تم تخفيضها.

ومن الضروري معرفة هذه المفاهيم عند اختيار قيم مختلفة لـ X_0 و r، ويمكن أن يتم ذلك بسهولة مع برامج المحاكاة. ويتطلب تطوير إستراتيجية إدارة الأمراض معرفة كافية لبيولوجية العوامل الممرضة والمضيف لاختيار نموذج الوبائية المناسب.

وفي دراسة هذه النماذج، يلاحظ وجود ثلاث طرائق أو استراتيجيات رئيسية لإدارة الأوبئة والأمراض النباتية، نستطيع من خلالها الحد من قيمة X في أي لحظة في وباء:

1. خفض اللقاح الأولي، حيث Q في نموذج وحيد الدورة وX_0 في النموذج متعدد الدورات، وفي الواقع X_0 هو الحدوث الأولي للمرض والذي يتناسب مع كمية اللقاح الأولي.

2. خفض معدل الإصابة، حيث R في نموذج وحيد الدورة و r في نموذج متعدد الدورات.

3. تخفيض مدة وباء (حيث t هي الزمن في نهاية الوباء).

كما يتضح من المعادلة السابقة أن r هو العامل المحدد للفائدة أو الربح ومؤشر على سرعة حدوث الأوبئة النباتية ويمكن استعمال العامل r للمقارنة باستخدام اللوغاريتم في المعادلة السابقة:

$$\log e^{x}=\log e^{x}o+ rt$$

$$rt = \log e^{x} - \log e^{x}o$$

$$r = \frac{1}{t} \log e \frac{X}{Xo}$$

ويمكن تقدير قيمة r في أي وقت أثناء حدوث الأوبئة وذلك بوجود قيمتين أو تقديرين للمرض في زمنين متتاليين وذلك لحساب سرعة حدوث المرض في هذه الفترة. حيث القياس الأول للمرض X_1 والزمن t_1 والتقدير الثاني للمرض X_2 والزمن t_2 تبعاً لذلك يحسب متوسط سرعة حدوث الإصابة بالمعادلة التالية:

$$r = \frac{1}{t2 - t1} \log e \frac{X2}{X1}$$

بشكل عام يمكن تنظيم أساليب مكافحة المرض ضمن إطار واحد أو أكثر من هذه الإستراتيجيات. وذلك من خلال نموذج يمّكن من تقييم الأثر الكمي لكل إستراتيجية على حده وفي التفاعل مع الاستراتيجيات الأخرى. والهدف هو الحفاظ على مستويات المرض أقل من 100٪، وليس هناك حاجة لتعديل النماذج لتقترب من الحد الأعلى، ويمكننا استخدام النماذج الخطية والأسية البسيطة للخطط الإستراتيجية. وأشار Vanderplank في عام 1963 أن **r** هو " معدل الإصابة الواضح" لأنه مبني على قاعدة ظهور أعراض المرض، والتي تأتي بعد الإصابات الفعلية. ويعرف بأنه معدل الزيادة لكل وحدة من المرض ولها وحدات من نسبة لكل وحدة من الزمن. وأحيانا يدعى قياس X_0 اللقاح الأولي بدون انتباه، والذي يرتبط من الناحية الكمية، ولكن بالمعنى الدقيق للكلمة هو المرض الأولي (القيمة نسبة) والنموذج مشابه لشكل بياني أسي (شكل 3.10).

وتفترض النماذج المذكورة نمو غير محدود من المرض، وهذا بطبيعة الحال، من المستحيل، حيث نسبة النباتات المريضة أو من الأنسجة المريضة لا يمكن أن يتجاوز واحد. ويمكن ضبط النماذج ومعالجة المشكلة عن طريق استخدام معامل تصحيح (1-X)

لتمثيل نسبة الأنسجة السليمة المتبقية. إن انخفاض نسبة الأنسجة السليمة المتبقية يقلل من حدوث فرصة جديدة للعدوى وبالتالي يقلل من معدل تطور المرض. مع اقتراب x من واحد لم يعد هناك أي أنسجة سليمة وبالتالي يؤدي إلى بطء معدل الوباء إلى الصفر. والنموذج المعدل لتطور المرض أحادي الدورة وفقا لحدود هذا المرض:

$$dx/dt=QR(1-x)$$

ويبدأ الشكل البياني لهذا الوباء بنمط خطي ولكن مع اقتراب x من 1 ينخفض الانحدار إلى الصفر (شكل 4.10). إذا حول قيم X إلى اللوغاريتم الطبيعي **1/(1-x)**، وتتحول هذه القيم مع تغير الزمن T والرسم البياني خط مستقيم مع منحدر يساوي قيمة **QR** (شكل 5.10) مع تقدير مستقل لكمية اللقاح الأولي Q يمكن حساب R.

في نموذج تطور أمراض متعددة الدورات أجري تعديل مماثل:

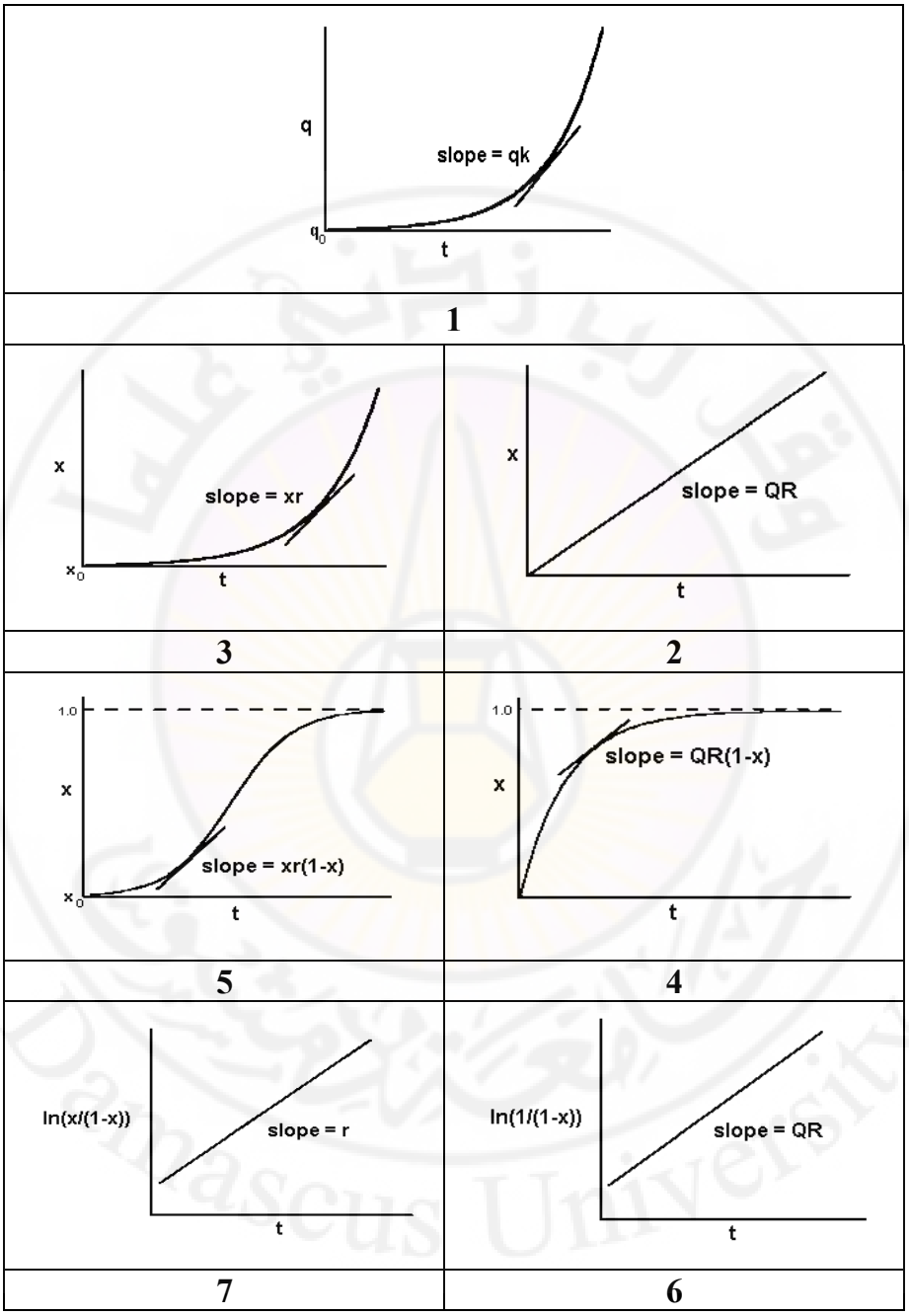
$$dx/dt=xr(1-x)$$

يبدأ النموذج بنمط أسي تقريبا ولكن يتناقص في المنحنى ليقترب من الصفر مع تزايد x واقتراب القيمة من واحد. والنتيجة هي منحنى على شكل سيني sigmoid-shaped curve (شكل 6.10) في الواقع، أنه من النادر أن تتجاوز نسبة حدوث أو شدة المرض 50٪، وإن حدث ذلك فإن منحنى تقدم المرض ليس بشكل سيني. وعدلت قيم X في وباء متعددة الدورات إلى اللوغاريتم الطبيعي **x/(1-x)** مع تغير الزمن t ويصبح الرسم البياني خط مستقيم مع انحدار يساوي r ويساوي تقاطع اللوغاريتم الطبيعي $\mathbf{x_0/(1-x_0)}$ (شكل 7.10).

عند قياس أمراض النبات فإنه يتم قياس حدوث المرض أي عدد أو نسبة الأجزاء المريضة (عدد الأوراق، أو نسبة النباتات والأوراق والثمار.. التي تظهر أي أعراض)، كما يمكن قياس شدة المرض في حالات الأوبئة النباتية في المعادلات الآتية:

شدة الإصابة بالمرض = كمية اللقاح الفعال x درجة الإصابة بالمرض

شدة الإصابة بالمرض = (تركيز اللقاح x درجة فاعلية للقاح) x (مدى توفر الظروف المشجعة لحدوث المرض x درجة قابلية النبات للإصابة بالمرض)



شكل 10. تطور المرض مع الزمن والعلاقات الرياضية باختلاف دورات المرض.

ويعتبر البعض أن الطريقة المثلى لتقدير شدة المرض في الغالبية العظمى من أمراض النبات تحسب كالآتي:

شدة الإصابة المرض= معدل انتشار المرض x متوسط شدة الإصابة على النبات الواحد.

ويمكن حساب كمية اللقاح في بيئة ما أو على النبات كما في المعادلة الآتية:

$$X= In\ x_0+rt$$

حيث X كمية اللقاح، x_0 عند بداية القياس أي عند الزمن صفر، t الزمن من بداية التجربة حتى وقت القياس، r سرعة التبوغ النسبية. أي كلما زاد الزمن زادت سرعة التبوغ وكلما زادت كمية اللقاح.

- يمكن تقدير كمية اللقاح في الفطريات والعوامل الممرضة الممولة بالتربة كما في المعادلات الآتية:

$$S=K(X)^m$$

حيث أن n عدد الإصابات، x كثافة أو كمية اللقاح، m انحدار منحنى كمية اللقاح بالنسبة للإصابة، K رقم ناتج من تقدير بعض القياسات كما في المعادلة الآتية:

$$K = (vnf)^m$$

حيث v شدة شراسة العامل الممرض، n وحدات الإصابة، f تأثير البيئة على إنبات هذه الوحدات وأيضاً تأثير البيئة على قدرة هذه الوحدات على الاختراق.

وإن كمية اللقاح تكون بعد دمج هذه العوامل ضمن علاقة خطية للعوامل الممرضة في التربة كما في المعادلة الآتية:

$$\log s = m (\log x + \log v + \log n + \log f)$$

وفي حالة حساب كمية المرض للوحدة أي y يستعمل معامل التصحيح للإصابة المتعددة وهو:

$$s=1n\ \frac{1}{1-y}$$

ولحساب المعادلة للقيمة y كدليل على كمية اللقاح تصبح:

$$y = 1\text{-}e^{-s}$$

$$y = 1\text{-}e^{-(xvnf)\ m} \quad \text{أو}$$

وأي قيمة لكمية اللقاح تنتج المرض في الوحدة تكون تنسب إلى الرقم واحد.

وتستخدم لحساب انتشار الأبواغ المحمولة بالهواء المعادلتين الآتيتين:

$$C\ (\prime x,t) = Q\ (t)\ T\ ('x,t)$$

$$D\ (\prime x,t) = R\ (\prime x,t)\ C\ ('x,t)$$

حيث Q هي سرعة انتشار الأبواغ في وحدة زمن معينة. T منحدر الانتشار في الجو. حيث فرق الكثافة لطبقات الجو تسبب منحدر انتقال وانتشار الأبواغ. يتوقف منحدر الانتشار على كثافة طبقات الجو المختلفة والوحدة ثانية لكل متر مكعب.

حيث D هي سرعة سقوط الأبواغ إلى أسفل. وهي عبارة عن عدد الأبواغ الساقطة على وحدة المساحة من ورقة النبات في وحدة الزمن على بعد مسافة من مصدر معين وهي x′ وذلك في زمن معين t. حيث C عدد الأبواغ في المتر المكعب و R سرعة سقوط الأبواغ متر لكل ثانية.

يبدأ تطور المرض على النباتات من مستوى منخفض وذلك بإصابة عدد قليل من النباتات أو الأنسجة النباتية المتضررة، ويصبح مصدر اهتمام فقط عندما يزداد حدوث المرض وزيادة شدته مع مرور الوقت. ومن متابعة بعض الأمثلة على الأوبئة والأمراض النباتية المسجلة فإن الإصابة أو شدتها ليس فقط تبدأ قريبة من الصفر ومن ثم تتزايد بشكل كبير، ولكن أيضا يمكن أن نلاحظ بعض أنماط متميزة من التطور مع الزمن. مثال تطور مرض العفن الكرنالي على الذرة *Fusarium moniliforme = F. verticilloides* هو خطي تقريبا مع بعض الانحراف التي يمكن أن يعتبر خطأ عشوائي (شكل 11). ولكن في مرض صدأ الفاصولياء *Uromyces phaseoli* (شكل 11) وتبقع الورقة الرمادي في الذرة *Cercospora zeae-maydis* يكون منحنى تصاعدي واضح حيث يتزايد المرض بمعدل متزايد، وهو يدعى المنحنى الأسي Exponential curve. من الواضح أن الأمراض النباتية لا تستمر في الزيادة إلى الأبد، ومع اقتراب

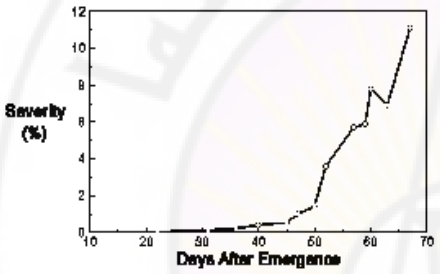
مستوى المرض من 100٪ فإن منحنى تطور المرض يصبح أفقياً بشكل تدريجي، مثال إصابة الفاصولياء بعفن *Sclerotium rolfsii* (شكل 11) أو إصابة التبغ باللفحة *Phytophthora nicotianae* حيث يبدأ تطور المرض بشكل خطي ثم يقترب من الحد الأقصى ببطء (شكل 11)، وبالمثل، فإن منحنيات تطور مرض صدأ الساق الأسود على Ryegrass المسبب فطر *Puccinia graminis* subsp. *graminicola* (شكل 11) ومرض التبقع الشبكي على الشعير *Pyrenophora teres* f. sp. *teres* تظهر بشكل أسي في البداية مع حدوث الإصابة ولكن مع مرور الزمن واقتراب شدة المرض من 100٪ فإن معدل تطور مرض يؤدي إلى إبطاء تدريجي إلى الصفر، وإعطاء كل شكل منحنيات السيني إلى حد ما بشكل S (شكل 11)، وبشكل عام الأوبئة والأمراض النباتية تميل إلى أن تكون إما شكل خطي أو ما يقرب من الأسي في المراحل المبكرة، وأنها تميل إلى الاستقرار لأنها تقترب من الحد المسموح به. وهذا يعني أنه من الضروري فهم تطور المرض والعوامل التي المؤثرة في التغيرات الكمية وما هي أنواع الأمراض التي تؤدي إلى الشكل الخطي وما هي العوامل التي تؤثر على ميل الخط (معدل تطور المرض). وبالمثل، علينا أن نعرف ما هي أنواع الأمراض تميل إلى إنتاج منحنيات بالشكل الأسي وكيف يمكننا الحد من كل مستوى ابتداء من مستوى المرض ومعدل تطور الوباء وما الذي يفرض قيودا على مستوى الأوبئة وتطورها.

ومن المناسب اختيار نماذج معروفة من منحنيات مسببات المرض تستند إلى علم الأحياء. ولكن مع تفادي الوصول إلى افتراضات واستنتاجات حول بيولوجيا العوامل الممرضة بالاعتماد على شكل المنحنى أو النموذج الذي يعطي "صالح أفضل" للبيانات.

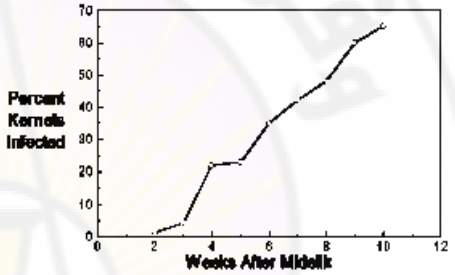
وقد وضع زادوكس في عام 1972 قواعد Zadoks Rules لتطبيق مدى كفاءة الدراسات الكمية في التعرف على الأوبئة وهي:

- يجب تحديد المصدر أو المصادر التي يبدأ منها الوباء وتقدير كمي للعامل الممرض في هذا المصدر أو المصادر.

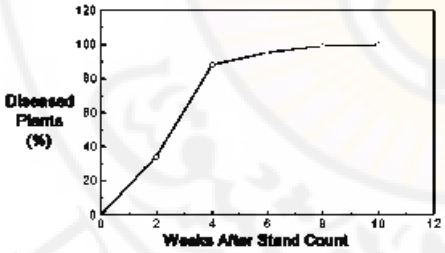
- دراسة تأثير العوامل البيئية على نشوء وانتشار الوباء لإيجاد العلاقة بين متغيرات المختلفة كمياً.
- حساب سرعة تقدم وانتشار الوباء بالعلاقة مع العوامل البيئية المختلفة.
- حساب المستويات المختلفة المتتابعة من الوباء من كمية العامل الممرض الموجودة في المصدر أو المصادر ومن ذلك حساب سرعة تقدم وانتشار الوباء.
- يكون المستوى النهائي والمستويات المتوسطة المحسوبة للوباء مساوية تماماً للمستوى النهائي والمستويات المتوسطة المنظورة أو التي تم رصدها وقياسها.



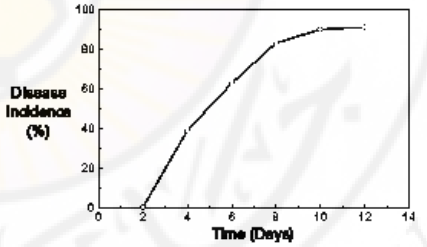
Uromyces phaseoli



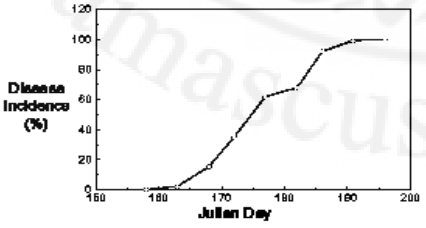
Fusarium verticilloides



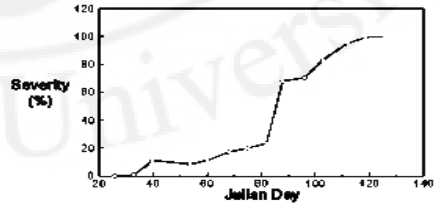
Phytophthora nicotianae



Sclerotium rolfsii



Puccinia graminis sub sp. *graminicola*



Pyrenophora teres f. sp. *teres*

شكل 11. نماذج دورات وبائية لبعض أمراض النبات مع اختلاف الزمن.

خامساً- التنبؤ بالأمراض وفق الاعتبارات الوبائية:

إن تقنيات إدارة الأمراض يجب أن لا تطبق إلا عندما يكون المرض مهماً أو سيصبح ذلك، وعند تطبيق أحد المعايير في حال عدم الحاجة سيكون غير فعال لأنه هدر للجهد وزيادة الكلفة الاقتصادية للمزارعين والمستهلكين وللبيئة. والتنبؤ عبارة عن توقع فوران Outbreak محتمل أو زيادة في كثافة المرض. ويؤَمن التنبؤ أدلة تستخدم في تقنيات إدارة الأمراض مع اعتبار القواعد الوبائية في التنبؤ لأمراض النبات والأنماط المختلفة في التطبيقات والتجارب في تنبؤ المرض مع اعتبار بعض التطبيقات حول تداخل تنبؤ المرض (Sutton,et *al.*,1984).

هناك توجهات عامة في تنبؤ الأمراض وإن أهم توجه مناسب في التنبؤ هو الذي يعتمد على المواصفات الوبائية لمرض معين:

1) كمية أو فعالية اللقاح الأولي وهي الأكثر أهمية في تطور المرض وتقدير هذه الكمية أو الفعالية يمكن أن تستخدم في توقع المرض خاصة في العوامل الممرضة وحيدة الدورة، وتعد مناسبة أيضاً لأمراض متعددة الدورة إن كانت كمية اللقاح كبيرة أو إن كان عدد الأجيال (الدورة الثانوية) محدود، كما في التنبؤ لأمراض ذبول ستيوارت في الذرة وعفن جذور البازلاء وجرب التفاح حيث يتم التقدير الكمي أو فعالية اللقاح الأولي.

2) إن تسارع الدورات الثانوية للعوامل الممرضة هو الأكثر أهمية في تطور المرض، ويستخدم تقدير سرعة الدورات الثانوية في توقع شدة المرض، وهذا التوجه مناسب في الأمراض التي يكون اللقاح الأولي بكمية قليلة مع عدة دورات ثانوية مثل التنبؤ بأمراض اللفحة المتأخرة ومرض تبقع الأوراق السركوسبوري على الفول السوداني .*Cercospora* sp.

3) إن كمية اللقاح الأولي كبيرة والدورات الثانوية سريعة وعديدة ويجب التنبؤ لكل منها، مثل مرض اصفرار الشوندر وفيه يعتمد على كمية اللقاح الأولي وتسارع الدورات الثانوية. والعلاقة بين الملاحظات والمرض الكامل، ومن الصعوبة تشخيص المرض بدقة لأن الأعراض المجهرية عادة تظهر بعد بدء الإصابة بعدة أيام والتقدير البصري

للمرض سوف يتجاهل الإصابة الحديثة والتي لم تبد أية أعراض ظاهرة، والفترة بين اختراق الأنسجة وظهور الأعراض هي فترة الحضانة وإن كان هناك عدة إصابات وهي قبل ظهور الأعراض بالتالي يصبح التقدير المرئي مخادع أو غير حقيقي. ويؤثر طول فترة قبل ظهور الأعراض على الخطأ في تقدير شدة المرض، إن كانت الفترة طويلة مع عدة إصابات غير مرئية.

6-5-1- عوامل تطوير التنبؤ:

إن أهم العوامل في تطوير تنبؤ دقيق ومعتمد وموثوق هي:

أ- فهم مناسب لتأثيرات الظروف البيئية والعائل على العوامل الممرضة وعلى تطور المرض: في عدة أمراض تسيطر بعض العوامل على مكافحة تطور المرض مثل رطوبة الأوراق ودرجة الحرارة كما في مرض جرب التفاح، والتنبؤ في مثل هذه الأمراض سهل البناء نسبياً ويطبق على نحو واسع. وتعد درجة الإصابة بالمرض نتيجة لعاملين أحدهما مدى توفر الظروف المشجعة لحدوث المرض مثل وجود ظروف بيئية غير مناسبة للنبات أو تربة فقيرة في العناصر الغذائية، أو عدم الاهتمام بإعطاء كميات مناسبة من الأسمدة في فترة يكون فيها طور النبات قابل للإصابة. ويعد العامل الثاني المحدد لذلك هو درجه القابلية للإصابة وهي محددة بواسطة العوامل الوراثية للنبات حيث يكون النبات خال من جينات المقاومة ويحتوى جينات القابلية للإصابة. ولذلك فإن حدوث الأوبئة النباتية يرتبط بتوفر هذين العاملين، حيث يمكن أن تتوفر كل العوامل السابقة ولكن يكون النبات في طور غير قابل للإصابة فلا تحدث الحالة الوبائية للمرض. وتتحكم العوامل السابقة في حدوث الأوبئة فعند توفرها تحدث الحالة الوبائية للمرض ولكن عند عدم توفر عامل أو أكثر فيسبب ذلك خفض في شدة الإصابة ولا تحدث الحالة الوبائية للمرض.

ب- تقنيات مناسبة لتشخيص العوامل الممرضة وتحديد الإصابات المرضية: تظهر أحياناً بعض الصعوبات في تشخيص مجتمعات صغيرة أو مستويات منخفضة من

العوامل الممرضة تحد من التوجهات المباشرة للتنبؤ المبنية على قاعدة مجتمعات العوامل الممرضة، وبالتالي أحياناً تطبق التوجهات غير المباشرة المبنية على العوامل الجوية أو مقاومة العائل، وتفترض هذه التوجهات غير المباشرة أن العامل الممرض موجود، وعلى الرغم من الصعوبات تستخدم التقديرات المباشرة أحياناً في كلا الأمراض المحمولة بالتربة والعوامل الممرضة التي تنتشر بواسطة الهواء، ويمكن استخلاص أو اصطياد العوامل الممرضة المحمولة بالتربة من التربة، كما يمكن اصطياد أبواغ الفطريات المحمولة بالهواء أو النواقل الحشرية بواسطة أجهزة متنوعة تستخدم لتحديد حجم مجتمع العوامل الممرضة، ولكنها قد تكون غير ملائمة لتقدير المجتمعات في مستويات منخفضة جداً.

ت- فهم مناسب لديناميكية العوامل الممرضة والمرض: إن كانت ديناميكية العامل الممرض والمرض غير مفهومة بشكل واضح فإن تطوير برنامج التنبؤ سيكون غير مجدي وغير موثوق ويمكن أن يكون الخطأ الذي يتكرر في تنبؤ الأمراض عديدة الدورات، والاعتماد على قواعد منها العتبة أو الحد الاقتصادي الثابت للأمراض أكثر من الاعتماد على تقدير التسارع في الدورات الثانوية، وعندما يستخدم مثل هذا التنبؤ فإنه ينصح برش مبيدات فطرية وقائية عندما يبلغ مستوى المرض مستوى محدد، وقد لوحظ أن المرض المرئي ليس انعكاساً دقيقاً لمجموع المرض بواسطة عامل ممرض متعدد الدورات، ويوجد أنماط من الأمراض يمكن التنبؤ بها بثقة ودقة من معرفة اللقاح الأولي والمرض الأولي كالأمراض وحيدة الدورة والأمراض متعددة الدورات حيث التقدير المباشر أو غير المباشر لمجتمع العامل الممرض لتوقع شدة المرض واستعمال بعض المعطيات الجوية لتوقع فاعلية اللقاح الأولي.

وقد يعتمد تنبؤ على التقدير المباشر لمجتمع العوامل الممرضة: من المحتمل التنبؤ بشدة أمراض وحيدة الدورة بمعرفة حجم مجتمع اللقاح الأولي ويمكن أيضاً تطوير التنبؤ بظهور مرض أو عوامل ممرضة مع عدد دورات ثانوية بواسطة قياس حجم مجتمع العامل الممرض، ووصفت عدة عوامل ممرضة محمولة بالتربة بهذه المعايير ويتم التقييم

لهذه المجتمعات قبل زراعة المحصول حيث يتمكن المزارع من زراعة أصناف مقاومة أو زراعة محصول بديل أو يحاول تقليل حجم مجتمع العامل الممرض قبل زراعة المحصول، وقد طورت عدة تطبيقات للتنبؤ على هذا الأساس منها تحري الأجسام الحجرية من التربة لعدة مرات ودراسة حيويتها لتحديد نسبة إنبات الميسيليوم بالعلاقة مع الرطوبة النسبية في التربة ويحدد تأثير بعض الأمراض على إنتاج وحيوية السكليروتيوم في 500غ تربة ومنها تحدد وفق معادلة مجتمع سكليروتيا *S. rolfsii* في حدوث المرض 1% بذلك يتمكن المزارع من تقدير مجتمع العامل الممرض وقدرته على إحداث الضرر على محصول الشوندر السكري في حقل شديد الإصابة ويبتعد عن زراعة المحصول لتفادي الضرر.

إن تقدير كمية وكثافة مجتمع العامل الممرض الأولي مناسب للتنبؤ في شدة المرض المحدث بواسطة عدة آفات محمولة بالتربة مثل النيماتودا الحوصلية.

ويعتمد التنبؤ في بعض حالات الأمراض الناجمة عن الانتشار الهوائي للعوامل الممرضة متعددة الدورات على أساس مراقبة العامل الممرض، ويتم اصطياد الأبواغ المنتشرة في الهواء ويحدد حجم المجتمع ومن ثم شدة المرض. ومعلومات عن مجتمع العامل الممرض يمكّن المزارعين بالخبرة وأخذ القرار عن الحاجة إلى رش المبيدات وموعد التطبيق، واستعمل اصطياد الأبواغ في التنبؤ لمرض اللفحة المبكرة على البطاطا المسبب فطر *Alternaria solani*. عموماً في المرحلة المبكرة من الموسم الزراعة لا يشكل المرض مشكلة ويكون عدد الأبواغ في الهواء محدوداً وهي ناتجة عن ميسيليوم في البقايا النباتية، ولكن الأبواغ الناجمة عن الأنسجة النباتية المصابة تؤدي إلى مجتمع العامل الممرض المنتشر بشكل واسع في الهواء ومع نمو النبات يصبح أكثر حساسية ومن الضروري رش مبيدات فطرية لكبح المرض.

التنبؤ المتوقع لفاعلية اللقاح الأولي: بعض المجتمعات الأولية للعوامل الممرضة تكون كبيرة جداً بشكل روتيني، ولكن تختلف شدة المرض الناتجة دائماً من موسم لآخر، بالتالي لا يوجد علاقة مباشرة بين حجم مجتمعات العوامل الممرضة الأولية (ذي الحجم الكبير

دائماً) وبين المرض الناتج. وتؤثر التغييرات في الظروف البيئية على العوامل الممرضة ويعتمد التنبؤ على المعطيات البيئية المتوقعة على فاعلية اللقاح الأولي. ولكي ينجح نظام التنبؤ يجب تقويمه وتنفيذه بواسطة المزارعين أنفسهم، حيث يمكن للمزارع أن يتحقق بدقة من مستوى الإصابة في حقله كما يمكن أن يتابع مدى الاستفادة عند استخدام نظم التنبؤ الناجحة مع الأخذ في الاعتبار أنه لا يمكن أن يقوم بذلك في غياب تلك النظم. وتختلف أهمية متغيرات نظم التنبؤ في المساعدة على نجاح النظام ويشمل ذلك: مدى مصداقية النظام ومدى سهولته ومدى أهميته ومدى الاستفادة منه والإتاحة وإمكانية التطبيق على العديد من الأمراض والآفات بالإضافة إلى التكلفة الناتجة عن ذلك. ويستمر تطوير أنظمة التنبؤ للعديد من أمراض النبات والإنفاق على مزيد من الأبحاث والاختبارات الخاصة بعمليات التنبؤ، إن معرفة الطرق والأساليب والمعوقات عامل مهم في رسم خطط الإنتاج وفي عملية "التسويق" للمنتج. وتشمل المعوقات المحتملة لنظام التنبؤ الناجح العوامل التالية: سلوك المزارعين - مدى إتاحة النظام وانتشاره والأدوات والمتطلبات المخبرية والتكاليف وعدم الملائمة والتوقيت الحقيقي للتنفيذ واحتمال وجود آفات ثانوية.

6-5-2- الاستشعار عن بعد Remote Sensing:

هو علم وفن الحصول على المعلومات والبيانات عن سطح الأرض أو هدف ما أو منطقة أو لبعض خصائص ظاهرة معينة من خلال تحليل المعلومات التي حصل عليها بواسطة أجهزة استشعار دون اتصال مباشر مع الأهداف المراد التحقق منها باستخدام صورة ملتقطة من أعلى. وهو عملية جمع البيانات في الموجات ما بين فوق البنفسجية إلى نطاق الراديو. وقد ارتبط ذلك بالتطور التقني الالكتروني ووسائل النقل الجوي في تسجيل البيانات والصور ونظم معالجتها وتحليلها، وبذلك تكون سهلة المعالجة والتخزين والاستعادة وعرض المعلومات. وعلم الاستشعار عن بعد يعتمد على استنتاج المعلومة عن جسم ما أو ظاهرة ما بتحليل الطاقة التي تصل إلى ومن هذا الجسم أو الظاهرة فالطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من سطح الأرض هي من أهم مجالات

ومكونات نظام الاستشعار عن بعد وعندما تصدر هذه الطاقة من الشمس وتسقط على جسم ما فهي تتفاعل معه إما إن تمتص أو تنتقل أو تنعكس أو أن تنبعث من الأجسام الأرضية أو من الجو أو مياه البحار والمحيطات بينما تكون أجهزة التقاط الموجات على الأقمار الصناعية أو الطائرات أو البالونات.

وقد بدأ استخدام مصطلح علم الاستشعار عن بعد في عام 1960 وأسهم في رصد التغيرات والتطورات على الكرة الأرضية سواء كانت هذه التغيرات ناتجة عن تدخل الإنسان أو التغيرات والكوارث الطبيعية ويعتبر استخدام صور الأقمار الصناعية الأساس الذي فتح مجالات واسعة لدراسة البيئة وتغيراتها فعملية التقاط صور الأقمار الصناعية لفترات زمنية متعاقبة لنفس الموقع مكنت الباحثين من دراسة التغيرات البيئية ومقارنتها خلال تلك الفترات جغرافيا ورقمياً.

الاستشعار عن بعد في المجال الزراعي:

إن مجال تطبيقات الاستشعار عن بعد متعددة وتسهم المعلومات في المراقبة المستمرة للأرض ومواردها، مثل الكشف عن المياه الجوفية ودراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة وتقدير المساحات المزروعة ومراقبة المحاصيل المزروعة، وفي تقدير وحصر المساحات المزروعة بمحصول معين والتنبؤ بالإنتاج والإنتاجية وتقدير حالة المحاصيل لتقدير النقص في المياه والرطوبة وتحديد المعرض لذلك، ويمكن تقدير ومراقبة الإصابات بالآفات والأمراض، ويفيد الاستشعار عن بعد في التنبؤ في حالة الأمراض التي تعتمد شدتها على عوامل البيئة ويسمح بتقدير الإصابات القليلة بالمرض وعلى ذلك فإذا كانت الظروف البيئية تناسب تطور الإصابة وجب إجراء المكافحة باستخدام الكيماويات. وذلك من خلال العلاقة بين الأشعة المنعكسة من سطوح النباتات وحالتها العامة ومراقبة المناطق المروية وإدارة المراعي واستخدمت المعطيات الفضائية لوضع خرائط التقييم البيئي التي توضح أشكال الأراضي والأنواع النباتية الموجودة وتستخدم لمراقبة الدورة السنوية لمناطق الرعي ودراسة التربة وحماية المناطق المتدهورة ونشوب الحرائق وانتشار الأوبئة ودراسة الغابات لمراقبة التغيرات التي تطرأ

على الغابة وتقييم عمليات التلف والتعرض للحرائق ومراقبة التصحر ومراقبة الجراد الصحراوي.

وما زال الاستخدام التطبيقي للاستشعار عن بعد في التنبؤ بأعراض الإصابة محدوداً. وهو يفيد في حالة الأمراض التي تعتمد شدتها على عوامل البيئة ويزود بمعلومات تساعد في تحليل وفهم الأسس البيئية في تنبؤ الأمراض، ولقد أصبح الآن من الضروري الاستفادة من الاستشعار عن بعد إذ يسمح لنا بتقدير الإصابات المحدودة بالمرض فإذا كانت الظروف البيئية تناسب تطور الإصابة يوصى بإجراء المكافحة باستخدام الكيماويات (Van der Plank,1963;1984).

ميزات الاستشعار عن بعد:

1. مسح مساحات واسعة، بسرعة، وبشكل اقتصادي.
2. إمكانية إنشاء نظم للمراقبة والمتابعة الدورية.
3. الكشف عن التغيرات البيئية البطيئة، والتدريجية، وكذلك الضخمة والمفاجئة.
4. تجاوز الحدود السياسية والعوائق الجغرافية، مما يتيح التعامل مع العالم بوصفه وحدة بيئية وجغرافية ممتدة.
5. عدم تأثر النظام بالتقلبات الجوية نظراً لعدم اعتماده على محطات رصد مأهولة، والقدرة على اختراق الغلاف الجوي.
6. إمكانية تطبيق التقنية على المناطق المناخية غير المواتية، كالمنطقة القطبية والصحراء الكبرى.
7. إمكانية تطبيق تقنيات الحاسبات مباشرة على المعلومات المستخرجة؛ ما يتيح تطوير الاستفادة من هذه المعلومات، وإمكان التعامل مع كم هائل من البيانات الرقمية إضافة إلى الصور، التي تتيح إجراء التحليل والدراسات الكمية.
8. دورية المعلومات وإمكان الحصول على النوع نفسه من المعلومات لمنطقة معينة، على فترات زمنية مختلفة، وهذا يمكن من إجراء الدراسات الديناميكية،

التي تتصل بدراسة تطور ظاهرة أو خاصية ما. وتتوافر دورية المعلومات نتيجة الزيارات المتكررة للأقمار.

يمكن تقسيم الاستشعار عن بعد إلى أنواع عدة وفق اختلاف المؤثرات إلى:

أ ـ التقسيم اعتمادا على مصدر الطاقة: تحتاج صور الأقمار الاصطناعية مثل بقية الصور إلى موجات تنعكس عن الجسم المراد تصويره لكي تلتقط على اللوح الحساس Negative وهناك صور نشطة Active ويعتمد فيها على مصدر طاقة مثبت على الأقمار وصور غير نشطة Passive وهي التي تعتمد على مصادر الطاقة الطبيعية مثل أشعة الشمس أو على الإشعاع الطبيعي للهدف نفسه.

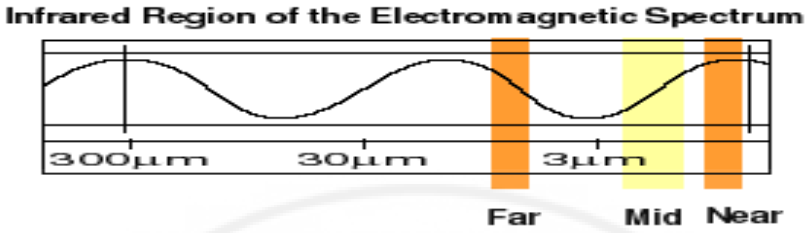
ب ـ التقسيم اعتمادا على طول الموجة: حيث تستخدم الأشعة الكهرومغناطيسية للتصوير وفق طول الموجة ويؤثر في تصنيف الصورة وطبيعة المعلومات المستخلصة منها و تقسم الصور إلى صور مرئية تتراوح موجاتها بين حدود موجات الضوء وتتضمن أيضا الأشعة تحت الحمراء الانعكاسية وصور تحت حمراء حرارية وصور ذات موجات ميكروويف.

وسائل الاستشعار عن بعد:

1 ـ وسائل فوتوغرافية: يتركز استخدامها على الاستشعار في الجزء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي والأشعة قرب تحت الحمراء باستخدام الأفلام العادية الأبيض والأسود أو الملونة.

2 ـ وسائل غير فوتوغرافية (وسائل جوية ـ وسائل فضائية): هذه الوسائل تكون مجدية في دراسة تلوث المياه والجيولوجية واكتشاف ما تحت القشرة الأرضية وأهم الأدوات المستخدمة في هذا النوع (الرادار ـ والراديومتر ـ واللاقط متعدد الأطياف).

الأشعة قرب تحت الحمراء Near Infrared Radiation: هو جزء من الإشعاع مباشرة تحت الطيف المرئي (شكل 12)، حيث يتمكن الباحثون ردة فعل ونقل وامتصاص الإشعاع الشمسي بالأشعة قرب تحت الحمراء لملاحظة صحة النبات وتركيب التربة من دراسة انبعاث الأشياء تحت الحمراء.



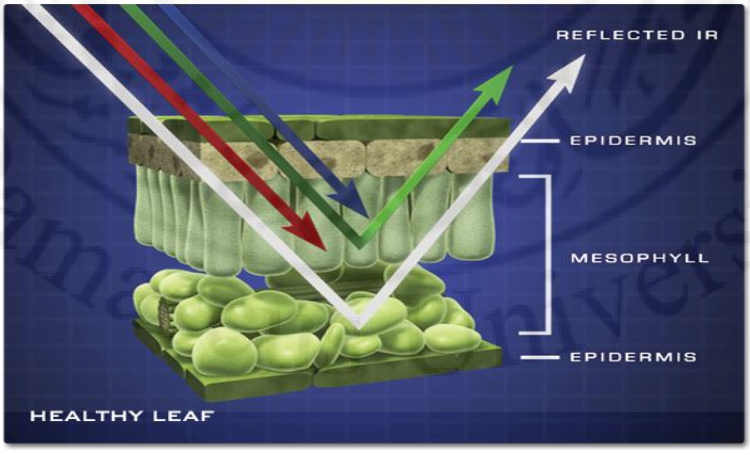
شكل 12. طيف الأشعة تحت الحمراء.

يستعان على تقدير المرض بالتصوير الجوى باستخدام الأفلام الحساسة لأطوال الموجات قرب تحت الحمراء near-infrared (NIR) يتراوح طولها بين 700 و1300 ميكرون، ثم تحليل تلك الصور وذلك لعدم صلاحية الصور المأخوذة في أطوال موجات الضوء المرئي، إذ يمتص قدر من الأشعة الواقعة في المنطقة الزرقاء بين 400 و500 ميكرون، ويمتص قدر أكبر من الأشعة الواقعة في المنطقة الحمراء بين 600 و700 ميكرون في حين تنعكس الأشعة الواقعة في المنطقة الخضراء بين 500 و600 ميكرون.

ويبلغ مؤشر معامل الانعكاس The refractive index للمسافات بين الخلوية نحو 1.0 في الخلايا ورطوبة جدار الخلية يكون بين 1.3 و1.5 لوجود معقد ارتباط بين المحيط الهوائي والخلايا وهذا الارتباط البنيوي في المجموع الخضري للنباتات السليمة يعطي انعكاساً عالياً للأشعة قرب تحت الحمراء ويعكس نحو 96% من تلك الأشعة. أما انعكاس الضوء الأخضر من المجموع الورقي أقل من 20%، وعندما تُشغل المسافات بين خلوية بالماء أو بواسطة خلايا العامل الممرض ينخفض معامل انعكاس الأشعة تحت الحمراء في الأنسجة. يبدو المجموع الورقي السليم في صور الأشعة تحت الحمراء أكثر لمعاناً من الأنسجة المصابة بالمرض التي تكون أكثر قتامة، أما النباتات التي تتعرض لأي عامل من عوامل الإجهاد سواء كان هذا الإجهاد راجع لأحد عوامل البيئة أو للإصابة بمرض أو لآفة فإن أنسجتها تمتص جزءا من تلك الأشعة وبالتالي يختلف انعكاس الأشعة قرب تحت الحمراء والتي يمكن أن تقاس كمياً. ويختلف طول الموجة الذي يحدث عنده أقصى امتصاص تبعا لعامل الإجهاد وتتوقف درجة الامتصاص تبعاً لمقدار الضرر الواقع على النبات. بالتالي يمكن ملاحظة النباتات المريضة كمثال يمكن

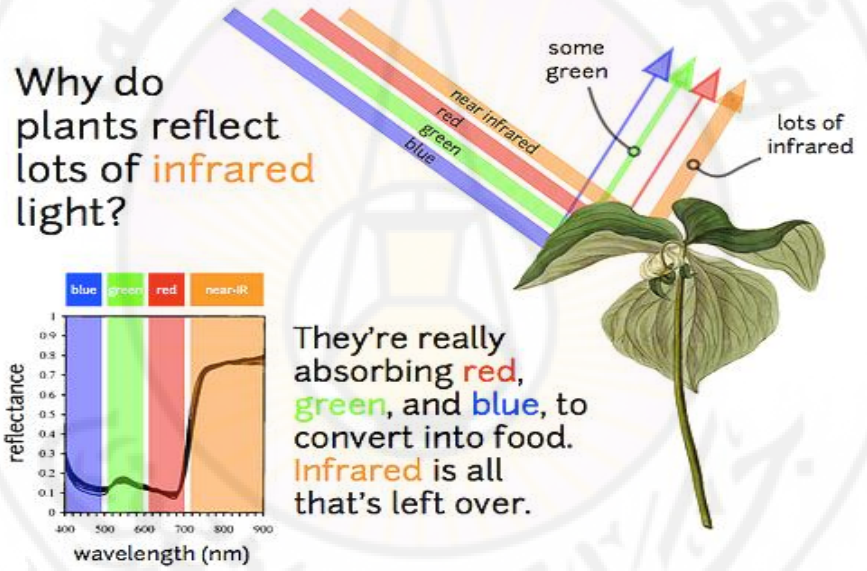
ملاحظة مجموعة نباتات مصابة بمرض بكتيري *Xanthomonas phaseoli* بواسطة صور الأشعة تحت الحمراء الجوية لحقول الفاصولياء، بهذا نتمكن من تشخيص الأنسجة المصابة بتوقيت مسبق باستخدام صور قرب الأشعة تحت الحمراء أكثر من استخدام صور الألوان الطبيعية المرئية لأن الأشعة تحت الحمراء تتبدد أو تتبعثر جوياً بشكل أقل من الضوء المرئي، وتستخدم صور الأشعة تحت الحمراء مع مرشحات لاستبعاد الميل إلى اللون الأزرق ويستخدم هذا النقاء الإضافي عندما تكون تفاصيل ضرورية لتحديد المحصول أو المرض. ويظهر الاختلاف في الانعكاس أحياناً في المراحل المبكرة من تطور المرض عما تبدو عليه الاختلافات المرئية. كما أن الطول الموجة الذي يحدث عنده أقصى امتصاص ودرجة الامتصاص يعبران عن المرض الذي يعانى منه النبات وشدة الإصابة. يتم أخذ تلك الصور باستخدام الطائرات أو من خلال الأقمار الصناعية ونظراً لتبعثر الأشعة قرب تحت الحمراء بفعل الضباب يستعان عند التصوير بمرشحات تحجب الأشعة التي تميل للأزرق وذلك لجعل الصورة أكثر وضوحاً.

وتتلقى العين أوراق النبات باللون الأخضر لأنها ضمن مجال منطقة طول الموجة الخضراء من الطيف (شكل 13) والتي تنعكس من الأصبغة في الأوراق في حين تمتص في أطوال موجات مرئية.



شكل 13. انعكاس الأشعة تحت الحمراء من الأوراق السليمة.

ويختلف انعكاس ونقل وامتصاص العناصر في النباتات بأجزاء متباينة من الأشعة قرب تحت الحمراء التي لا يمكن رؤيتها ولكن يمكن الاستشعار عن طريق الأقمار الصنعية، وتسمح للباحثين بدراسة النبات من الفضاء حيث يمتص النبات السليم طاقة الضوء الأزرق والأحمر للتركيب الضوئي وتصنيع الكلوروفيل. وسوف يعكس طيف النبات مع زيادة الكلوروفيل طاقة أكبر في الأشعة قرب تحت الحمراء من النباتات المصابة هذا وتحليل طيف النباتات لكل من الامتصاص والانعكاس في أطوال الموجة المرئية وقرب تحت الحمراء لتوفير البيانات عن صحة النباتات والإنتاجية (شكل 14).



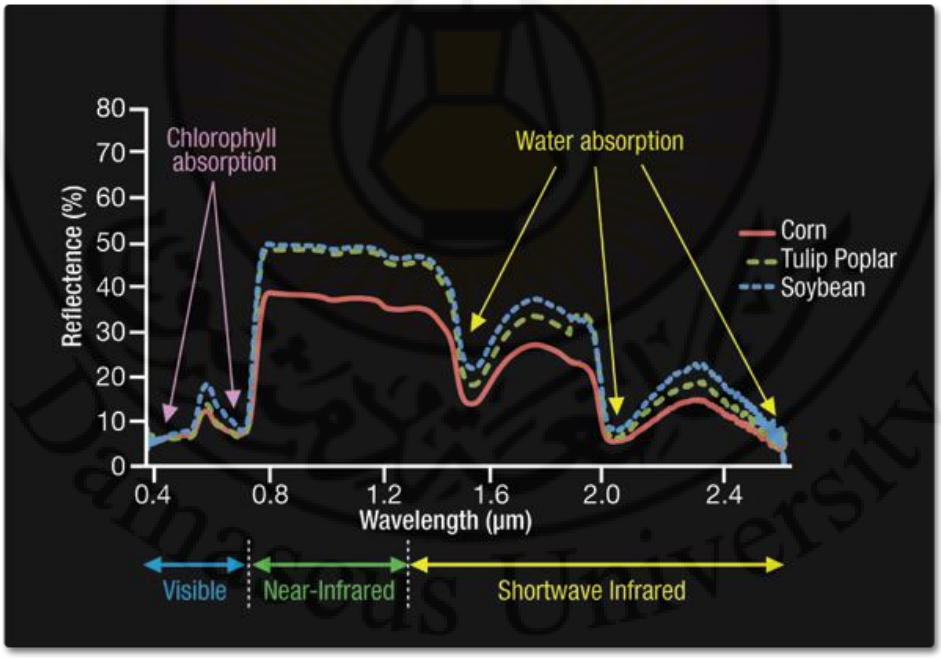
شكل 14. امتصاص وانعكاس الأشعة المرئية و تحت الحمراء (عن: J.Carns).

وقد برهنت كفاءة الصور اللونية بالأشعة تحت الحمراء وأداةً فعالة في تحديد صحة المحاصيل وتعود الاختلافات اللونية إلى نقص الرطوبة ونقص العناصر أو الأمراض، وقد وضعت وطورت معايير لمختلف النسب وما بينها من قنوات مشتركة لأخذ القرار لتحديد المشكلة ويوجد عدة مراجع، والدليل شائع الاستخدام في التنبؤ بإنتاج المحاصيل The Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) (شكل 15).



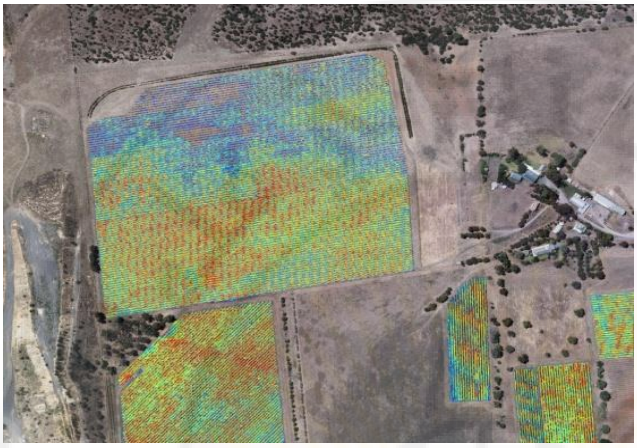
شكل 15. فرق الألوان في صورة تحت الحمراء وصورة طبيعية لأشجار حديقة (عن:G. Butcher).

البصمة الطيفية في النباتات: توفر المعطيات المجموعة من التجهيزات العلمية معايير دقيقة ويمكن تحليل الخطوط البيانية وفحص نماذج نوعية منفردة الامتصاص والانعكاس للطاقة المرئية وتحت الحمراء واستخدام هذه المعطيات لتعريف نمط النبات (شكل 16).



شكل 16. البصمة الطيفية لنبات الذرة وفول الصويا والتوليب والحور (عن: Eric Brown de Colstoun).

تقييم النباتات من الفضاء: إن معطيات الأقمار الصنعية وسلسلة الصور توفر التنبؤ في إنتاجية المحاصيل في كل موسم زراعي وتساعد المزارعين والباحثين في تحديد مواقع المحاصيل المصابة بالأمراض المختلفة والتأثيرات البيئية (شكل 17).



شكل 17. صورة من الفضاء توضح التباين اللوني للمناطق المزروعة اللون الأحمر للنباتات السليمة واللون الأصفر للنباتات المصابة.

سادساً - التشخيص Detection:

إن إدارة أمراض النبات الفعالة والمنطقية هي غالباً وعادة توقع مبني على معرفة دقيقة بالعوامل الممرضة والتشخيص من عمليات تعريف المرض. والحقيقة الأكثر أهمية هي تعريف المرض أو الأمراض، في حالات غير محدودة لم تنجح مكافحة الأمراض بسبب التشخيص غير الدقيق، كمثال حقل ينتج الخضار في نيويورك في الولايات المتحدة كان نمو الشوندر ضعيفاً ومع إضافة الأسمدة المختلفة لم يتحسن نمو المحصول، وأشار خبير في وقاية النبات إلى أن المسبب النيماتودا المتحوصلة *Heterodera schachtii* وبعد اتباع الدورة الزراعية والمعاملة بالمواد الكيميائية انخفض مجتمع النيماتودا تحسن نمو محصول الشوندر في الحقل نفسه، وتكرر حدوث ذلك في عدة مواقع ما يشير إلى الأهمية الكبيرة للتشخيص الدقيق في إستراتيجية إدارة أمراض النبات، والتشخيص يتم باتباع منهجية علمية تبدأ بعمليات مسوحات نوعية وإجراءات حقلية ومخبرية متكاملة مع وجود مراجع ودليل شامل لأهم الأمراض. لقد وضعت عدة قواعد وطورت بواسطة روبرت كوخ في عام 1882 تلاه سميث في عام 1905 عن علاقة البكتيريا بالنبات

وإمراضية العوامل الممرضة وعرفت بعدها بشروط كوخ وطبقت على نحو واسع في تشخيص أمراض النبات خاصة الفطرية والبكتيرية (Koch,1882 ; Smith,1905).

والحاجة إلى الدقة والفعالية في تشخيص الإصابات أدى إلى تطوير وتعميق المعرفة في مراحل نمو المحصول والتطبيقات المختلفة في إنتاج المحاصيل والمشكلات التي تعترض نمو المحاصيل مثل تأثير العوامل البيئية المختلفة والآفات وتأثير مقاومة الأصناف، وتم تعريف وتوصيف أهم العوامل الممرضة والأعراض في عدة دول من العالم مع وجود مراجع لها تسهم في توفير الوقت والجهد في إجراءات التشخيص نتيجة المقارنة أي الكشف السريع عن العامل المسبب بالمقارنة مع الأعمال السابقة والمنهجية المتبعة في عملية التشخيص هي: فحص المشكلة ووضع فرضيات لشرح هذه الملاحظات والفحوصات ثم دراسة تفصيلية وتحليل لكل فرضية والمرحلة الأخيرة رفض أو قبول الفرضية أو الفرضيات بعد إثباتها الحقلي أو المخبري نتيجة البحث العلمي. وهذه العملية تمكن من توجيه التشخيص في ترتيب منهجي.

1) الفحص:

إن الفحص الدقيق يتطلب مهارة تكتسب بعد الخبرة وتتبع خطوط عامة تسهم في توجيه الانتباه إلى المواصفات المهمة:

- **تسجيل الأعراض:**

الأعراض يمكن أن تسهم في التشخيص ويجب أن تكون أعراض ملازمة للمرض، وعادة توضع استمارة تشمل تفاصيل البيانات التي تسهل على الباحث تسجيل كافة الملاحظات، وتشمل ملاحظات عن نمو المحصول وعن الموقع والزراعات السابقة والزراعة المجاورة والأعشاب المرافقة والنواقل الحيوية وطريقة انتشار الإصابة والأعراض على النبات بدقة تكون المفتاح للبدء بالتشخيص، كأعراض إصابة الجذور أو الإصابة الموضعية أو الإصابة الجهازية بالعوامل الممرضة التي تؤدي إلى تلون الأوعية الناقلة، وعند بعض الأمراض التي تؤدي الإصابة إلى ظهور عدة أعراض تسجل أهم الأعراض الكافية للتشخيص الدقيق، كذلك تسجيل الأعراض غير المرئية مثل الأوراق

الجلدية المصاحبة لإصابة البطاطا بفيروس التفاف أوراق البطاطا (PLRV)، وفي الكرز المرافق لمرض X في أشجار الكرز.

- **تسجيل علامات العامل الممرض:**

عادة التشخيص وفق التراكيب والبنيات والعلامات المرافقة للعوامل الممرضة يسهل العملية وفحص الأنسجة الحاملة للعلامات يمكن أن يتم بدون استخدام المكبرة أو فحص مجهري، كما في الأوعية البكنيدية.

- **تحديد انتشار المرض في الأنسجة النباتية وفي الأفراد ضمن مجتمع النبات:**

يمكن أن يكون توزع وانتشار المرض ضمن الحقل ذو قيمة في التشخيص في الموقع، غالباً ظهور الأعراض على النبات مؤشر عن الجذور والتاج وقاعدة الساق أو أي الظروف غير المناسبة في التربة، وإن إصابة الأنسجة الوعائية تؤثر في كامل النبات، وقد يكون ذلك أحد أسباب بأن العامل الممرض يبطئ نمو النبات، وقد تكون الإصابة لفرع واحد من الشجرة ما كمؤشر على اللفحة أو التقرح، كذلك يستخدم في التشخيص عمر النسيج النباتي المصاب فبعض أمراض تبقع الأوراق تظهر أولاً على الأنسجة الفتية بينما أمراض أخرى تظهر أعراض البقع على الأنسجة القديمة أولاً، وتظهر بعض أعراض نقص العناصر باختلاف عمر النسيج النباتي مثال ذلك: تظهر أعراض نقص النتروجين والبوتاسيوم أولاً على الأنسجة القديمة بينما تظهر على الأنسجة الفتية أولاً أعراض نقص الكالسيوم والحديد، وتكون أعراض الإصابة بالأمراض الفيروسية واضحة على الأنسجة الفتية. وتكرار وتردد الأمراض ضمن الحقل عادة مؤشر هام للتشخيص، وهل توزع المرض منتظم أم عشوائي وهل يرتبط بالأصناف أو العمليات الزراعية، مثل: فيروس موزاييك الخيار *Cucumber mosaic virus* الذي ينتقل بواسطة حشرة المنّ إلى الخيار ويؤدي إلى ظهور أعراض تبرقش وشحوب الأوراق وتبدأ الإصابة على جوانب الحقل ثم تظهر بشكل تجمعات عشوائية ضمن الحقل وقد يشتبه البعض مع أعراض أضرار رش المبيدات مثل مبيد الأعشاب Bentazon. وتظهر عادة مشكلات تطبيقات إدارة الآفات على النباتات في حواف الحقل

ونهايات الخطوط ولاسيما مع سوء توزيع الأسمدة أو عدم انتظام رش المبيدات ولذلك يجب على القائم بعملية التشخيص أن يكون خبيراً بالتطبيقات الزراعية لتحليل بعض الأخطاء الممكن حدوثها وأن يكون قادراً على ربط نمط الإصابة بالأنظمة الزراعية والتطبيقات المتبعة والعلاقة مع أشعة الشمس والتظليل كذلك مع التغيرات في الظروف البيئية والمعطيات المناخية فقد تكون البقع ناجمة عن الصقيع.

2) الفرضيات:

توضع فرضيات تفسر الملاحظات والفحص وهي تشخيص غير دقيق ومع تطور التعمق بتفاصيل الفرضيات من العمومية إلى النوعية، وهناك مستويان للفرضيات الأول يهتم بالطبيعة العامة للمشكلة والثاني يهتم بالمسبب النوعي للأعراض. ومن مستوى الفرضيات الأول أعراض التقزم والشحوب والذبول الذي يعود إلى الإصابة الوعائية للجذور، ومثال عن مستوى الفرضيات الثاني النوعي خشب الدردار المصاب بفطر *Ceratocystis ulmi*.

3) التحاليل:

إن وضع الفرضيات مفيد ويستخدم دليلاً للفحص والملاحظات والتحاليل، إن المعطيات الناتجة عن التحاليل تزود القائم على عملية التشخيص وفق قاعدة تمكنه من قبول أو رفض الفرضيات، مثل: تشخيص مشكلة على محصول البندورة تتأثر النباتات بنظام إصابة عشوائي مفرد ومجموعات من 2 أو 4 أو أكثر سواء من موت الأوراق السفلى للمجموع الخضري وظهور موت حواف وعروق الأوراق وتساقط بعضها، والعوامل التي يمكن أن تؤدي إلى الأعراض على أفراد النباتات هي رطوبة التربة غير المناسبة وسمية النبات نتيجة المركبات الكيميائية في التربة وتلوث الهواء وعفن الجذور الفطري وحشرات حافرات الساق وإصابة الخشب، بشكل عام انتشار النباتات المصابة في الحقل أكثر ثباتاً ويترافق مع حشرات حافرات الساق وعفن الجذور وإصابة الخشب وإن كانت الفرضية هي عفن الجذور يجب أخذ نباتات كاملة من موقع النباتات المصابة ومقارنة جذورها مع جذور نباتات سليمة فإن كانت جذور النباتات المصابة سليمة ترفض

الفرضية فوراً ونبدأ بتحري إصابة الخشب بفطريات مسببة الذبول ويظهر في الخشب عند إجراء القطع العرضي للساق مناطق متقطعة بلون بني في الأنسجة الوعائية تقبل فرضية مسببات الذبول الفطري أو البكتيري ويتم تقصي وتعريف المسبب وإثبات هذه الفرضية بطرق عزل المسبب والفحص المجهري وهل فطر *Verticillium* spp. أو *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* أو بكتيريا *Pseudomonas solanacearum*.

4) قبول أو رفض الفرضيات:

بعد إجراء الفحوصات الكافية يمكن بسهولة قبول أو رفض الفرضيات وعند مقارنة الشكل الظاهري لجذور نباتات مصابة مع جذور نباتات سليمة وكونها متماثلة وعدم ظهور أي أعراض خاصة على الجذور أدى إلى نفي عفن الجذور ورفض الفرضية، وعند ترجيح فطر مسبب للذبول يدعم هذه الفرضية أي معلومات عن الإصابات السابقة لزراعات أخرى أو محصول البندورة في الحقل، ويتم تشخيص منهجي وفق طبيعة المسبب.

إجراءات تشخيص الإصابات التي تسببها العوامل الممرضة:

مع بدء إجراءات التشخيص يكون التوجه لتحديد أعراض الخلل هل المسبب حياً أو غير حي ؟ وقد يكون المسبب فيروسي ويؤدي إلى أعراض موزاييك نموذجية ويترافق مع عرض الذبول والمسبب فطري أو بكتيري، وأحياناً عرض مميز يمكن رؤيته بوضوح كوجود تراكيب أو بنيات متخصصة بالفطر كذلك النيماتودا المتحوصلة أو بسبب رش مبيدات الأعشاب مثل الباراكوات. وفي معظم الأحيان لا يمكن الاكتفاء بالتشخيص الحقلي ويتم إجراء اختبارات مخبرية متقدمة.

ويتم تشخيص المسببات الفطرية والبكتيرية والميكوبلازما والسبيروبلازما بواسطة تقنيات تُمَكّن من التفريق بين هذه العوامل الممرضة، فالإصابة بالبكتيريا تؤدي في معظم الحالات إلى إفراز نزّ كذلك إصابة الأنسجة الوعائية يكون السائل النسيج الوعائي عند القطع لزج ومتلاصق على عكس الميكوبلازما أو السبيروبلازما، ومن السهل عزل

البكتيريا وتنميتها على أوساط تفريقية على عكس الميكوبلازما، وفي تشخيص الأمراض الفيروسية والفيرويدية هناك تقنيات متخصصة تتبع بطريقة منهجية وتتضمن الاختبارات الحيوية والانتقال الميكانيكي والنقل الحيوي (بواسطة الحشرات والنيماتودا والحلم والفطريات والهالوك) والنباتات الدالّة ووصف الأعراض الموضعية والجهازية والمدى العوائلي والفحص بواسطة المجهر الالكتروني لتحديد شكل الجزيئات والاختبارات المصلية مثل اختبار الادمصاص المناعي المرتبط بالإنزيم Enzyme-linked Immuno Sorbent Assay (ELISA) واختبار بصمة النسيج النباتي المناعية Blot Tissue Immuno Assay (TBIA) واختبار الشف النقطي Dot-Blot أو اختبار الشف الغربي Western Blotting والاختبارات الجزيئية باستخدام الرحلان الكهربائي في هلامة بولي أكريلاميد Polyacrylamide gel electrophoresis والتفاعل البوليميرازي السلسلي (RT)-PCR لتحديد وتوصيف المسبب (قواص وحمد،2007)، عموماً يتطلب التشخيص الدقيق إجراءات كاملة ومتكاملة لتوصيف المسبب.

سابعاً ـ المكافحة التشريعية Legal Control:

رافق التطور والتقدم السريع في وسائل النقل وتبادل السلع النباتية وكثرة المعاهدات التجارية بين الدول، انتشار لآفات وأوبئة خطيرة تصيب الكائنات الحية والنبات أحدثت خسائر بشرية ومادية كبيرة. وزاد احتمال استمرار دخول مسببات الأمراض المختلفة للنباتات وغيرها من الآفات الخطيرة مع المواد النباتية المستوردة بسهولة وسرعة إلى مناطق جديدة، مما يخشى معه انتشارها وتوطنها مسببة خسائر اقتصادية فادحة. وإذا وجدت آفة نباتية بعد دخولها إلى منطقة جيدة المناخ الملائم لتطورها فإنها تنشر بسرعة كبيرة وقد تحدث أضرارا أكبر مما كانت تسببه في موطنها الأصلي نظراً لعدم وجود أصناف نباتية مقاومة أو أعداء طبيعية تحدُّ من انتشارها.

إن من أهم الأساليب الوقائية في وضع إستراتيجيات الإدارة المتكاملة لأمراض النبات Integrated Disease Management (IDM) بتطبيق قوانين وإجراءات الحجر الزراعي Quarantine الداخلي والخارجي لمنع تسرب الأمراض وانتقالها

وانتشارها، وذلك عن طريق فحص الإرساليات الزراعية وإعطاء الشهادات اللازمة في الاستيراد والتصدير. وطورت المعايير الدولية لتدابير صحة النبات (ISPMs) من خلال برنامج عمل هيئة تدابير صحة النبات (CPS) ووفرت الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات واتفاقية منظمة التجارة حول تطبق تدابير الصحة وصحة النبات (تفاهم SPS) الإطار القانوني الذي يتم من خلاله تطوير هذه المعايير ويساعد التعاون والمنظمات الإقليمية لوقاية النبات على تحقيق أهداف الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات بفعالية أكبر، وفي وضع منهجية علمية لتحديد أي من الآفات لها أهميتها الاقتصادية المحتملة للمنطقة المهددة ويمكن أن نعدها آفة حجرية وفي وضع اللوائح للآفات الحجرية وغير الحجرية وفي تحليل مخاطر الآفات وإدارتها، وعلى التنسيق وتبادل المعلومات والخبرات بشكل أفضل. ويتم تعديل لوائح الآفات الحجرية دورياً وفق مستجدات تسجيل الأمراض والآفات الموجودة والداخلة إلى المنطقة وتوافر معطيات جديدة. مع التأكيد على أهمية التوثيق الصحي الزراعي في التجارة الدولية. ويراعى اتباع المعايير الدولية الصادرة عن الاتفاقية الدولية لوقاية النبات ما أمكن في وضع لوائح صحة النبات وإجراءات صحة النبات والمعالجة وشهادة صحة النبات وإجراءات المسح وطرق الاختبار المعتمدة.

1- الحجر الزراعي الخارجي:

يعمل الحجر الزراعي الخارجي على منع دخول الأمراض النباتية غير الموجودة في الدولة مع الأجزاء النباتية المستوردة. أما إذا كانت مصابة بأمراض موجودة فعلا فلا يسمح بدخولها إلا بعد معالجتها على نفقة المستورد أو يمنع دخولها إذا تعذر علاجها وتعقم طرود البريد على نفقة الحكومة أو وفق الشروط والقوانين الناظمة لكل دولة. وتوجد مكاتب الحجر الزراعي في الموانئ و المطارات والمنافذ الحدودية، وتوجد بهذه المكاتب نشرات تبين الآفات والأمراض الممنوع دخولها وأعراض الإصابة بها.

2- الحجر الزراعي الداخلي:

قد ينتقل أحد الأمراض أو غيرها من الآفات الممنوعة بالرغم من إجراءات الحجر الزراعي الخارجي. وذلك عن طريق الطيور أو أجسام الحيوانات أو الرياح أو غير ذلك

إلى منطقة زراعية داخل الدولة، فتنتشر ويشتد ضررها وتتكاثر لذلك يلزم اتخاذ الإجراءات اللازمة لحصر الإصابة في هذه المنطقة لمنع انتقالها إلى المناطق السليمة المجاورة. وتعرف هذه الإجراءات بالحجر الزراعي الداخلي.

أسهمت العديد من المنظمات الدولية في وضع تشريعات موحدة وبوضع معايير مفصلة لتحديد أي من الآفات يمكن اعتبارها آفة حجرية أو آفة غير حجرية خاضعة للوائح الحجرية ووضعت خطوطاً توجيهية لإجراء تحليل مخاطر الآفات وطرائق إدارتها. وكذلك فأن منظمة وقاية النباتات في أوروبا ومنطقة البحر المتوسط www.eppo.org وضعت خطوطاً توجيهية لتحليل مخاطر الآفات (مكوك وآخرون،2008; Ebbels, 2003; Gensini, et *al*., 2004). وعموماً فإن نجاح إجراءات الحجر الزراعي يقع على الوعي والمعرفة بخطورة مخالفة القوانين وعلى عاتق المزارعين والمواطنين وهذا دور مديرية الإرشاد الزراعي.

وتسهم برامج مختلفة تتبع منظمة الأغذية والزراعة لتطوير الإمكانات لمواجهة تحديات طوارئ الآفات وأمراض النبات العابرة للحدود في العديد من الدول على نطاق واسع. وذلك بتقديم أسلوب أكثر فعالية وتنسيق أفضل بشأن المساعدات المُقدمة للدول المتأثرة وفي توقيتات مناسبة، من خلال إنشاء مركز جديد لإدارة الأزمات (CMC) يشمل كافة مراحل السلسلة الغذائية. وسيكون لدى برنامج الأمبرس للآفات والأمراض النباتية ـ إدارة تهديدات جديدة عابرة للحدود دوراً أساسياً يتمثل في الوقاية من الطوارئ والإنذار المبكر وتقييم المخاطر.

صدأ ساق القمح:

في عام 1999 ظهر خطر آخر للنبات عابراً للحدود عندما تم، لأول مرة، تشخيص سلالة شديدة العدوى من العامل الممرض الفطري المسبب لمرض صدأ ساق القمح (Ug99) في شرق أفريقيا. وقد بلغت حده تأثير هذه السلالة على ما يزيد عن 80% من كافة أصناف القمح المزروعة على مستوى العالم، وقد يسبب خسائر فادحة في تلك المحاصيل الزراعية إذا لم يتم الحد من انتشاره. ومنذ بزوغه، تم اكتشافه في أوغندا

وكينيا وإثيوبيا والسودان واليمن، وظهر في أواخر عام 2007 في المناطق الرئيسية لزراعة القمح بإيران. وتُحمل أبواغ الصدأ بواسطة الرياح وتتأثر بالأحوال المناخية التي تماثل تلك التي تُؤثر على تفشي الجراد الصحراوي وهجرته. ومن ثم فإن آليات الرصد والمراقبة المماثلة يمكن اتباعها مع صدأ القمح (Ug99). وتعد أقاليم شرق أفريقيا، الشرق الأدنى، وسط وجنوب آسيا والتي تشكل 37% من إنتاج القمح العالمي معرضة للخطر المباشر.

وقد بدأ برنامج مرض صدأ القمح العالمي في عام 2008 الذي يشمل 29 دولة في شرق وشمال أفريقيا وفي الشرق الأدنى ووسط وجنوب آسيا بإشراف من منظمة الأغذية والزراعة (WRDGP) بهدف الحد من انتشار المرض ولتخفيف حده خطورته وإتاحة نظام دولي مستدام، وذلك من خلال دعم السياسة المحلية للاستعداد ووضع خطط الطوارئ والمراقبة والإنذار المبكر وتحسين برامج التسجيل الوطنية للقمح من اجل إطلاق الأصناف المقاومة للمرض، وإكثار البذور ونظم التوزيع لأصناف القمح المقاومة، وتحسين إدارة عمليات صدأ القمح على المستوى الحقلي من خلال تدريب المزارعين.

الحجر الزراعي وأمراض النبات الفيروسية:

تتميز الأمراض الفيروسية بعدة خصائص أهمها تعدد وتنوع طرائق انتقالها والمدى المضيفي الواسع، كما أنه لا يمكن مكافحتها بالطرائق الكيميائية أو الفيزيائية التقليدية ويصعب استئصالها واستخدام المعالجة الفيزيائية أو الكيميائية قد يمنع أو يقلل من تضاعف الفيروسات إذا ترافقت مع زراعة الأنسجة، ولا يمكن الاعتماد على الأعراض لتشخيصها ويتطلب الكشف عنها وتعريفها تقنيات خاصة وتجهيزات مخبرية متقدمة، فإن تدابير صحة النبات المتعلقة بالآفات الفيروسية تحظر الاستيراد من الدول أو المناطق الجغرافية التي يوجد فيها المرض. والكشف الحقلي والمخبري على المرض في بلد المنشأ وإعادة الكشف عنه عند الاستيراد، وتطبيق التدابير الحجرية بعد الاستيراد واستبعاد أو مكافحة الناقل الحشري وحظر دخول الناقل الحشري ليس آفةً بحد ذاته بل

هو خوف من نقله لمرض فيروسي حجري، واستيراد البذور والشتول ومواد الإكثار الموثوقة وإجراء الفحوصات المخبرية ومثال عن الفيروسات الحجرية جدول 11 (مكوك وآخرون،2008).

جدول 11. القائمة A-2 الفيروسات الحجرية الصادرة عن منظمة وقاية النبات في أوربا ومنطقة البحر المتوسط.

الاسم العربي للفيروس	الاسم العلمي للفيروس
فيروس تجعد أوراق الشوندر السكري	*Beet leaf curl virus*
فيروس اصفرار وموت عروق الشوندر السكري	*Beet necrotic yellow vein virus*
فيروس الورقة المرقشة لعنب الدب	*Blueberry leaf mottle virus*
فيروويد تقزم الأقحوان	*Chrysanthemum stunt viroid*
فيروس تريستيزا الحمضيات	*Citrus tristeza virus*
فيروس اصفرار عروق الخيار	*Cucumber vein yellowing virus*
فيروس عارض اصفرار وتقزم القرعيات	*Cucurbit yellow stunting disorder virus*
فيروس البقع الميتة للمجزاعة	*Impatiens necrotic spot virus*
فيروس جدري الخوخ	*Plum pox virus*
فيروويد الدرنة المغزلية للبطاطا	*Potato spindle tuber viroid*
فيروس التبقع الحلقي لتوت الأرض	*Raspberry ringspot virus*
فيروس تقزم ساتسوما	*Satsuma dwarf virus*
فيروس تجعد أوراق الكوسا	*Squash leaf curl virus*
فيروس العرق الشريطي للفريز	*Strawberry vein banding virus*
فيروس التبقع الحلقي للتبغ	*Tobacco ringspot virus*
فيروس شحوب البندورة	*Tomato chlorosis virus*
فيروس التبقع الحلقي للبندورة	*Tomato ringspot virus*
فيروس الذبول المتبقع للبندورة	*Tomto spotted wilt virus*
فيروس تجعد الأوراق الأصفر للبندورة	*Tomato yellow leaf curl virus*

الاتفاقيات الدولية الأخرى المتعلقة بالآفات أو المنتجات النباتية:

هناك العديد من الاتفاقات الدولية، الإقليمية أو الثنائية التي تنظم الإتجار بالمنتجات النباتية نذكر منها اتفاقية التيسير العربية والشراكة الأوروبية، ومن الاتفاقيات الدولية فنذكر اثنتان منها:

- اتفاقية الأسلحة الحيوية (1972): التي تنص على عدم إنتاج أو خزن أو شراء أو بيع أو استعمال كائنات ممرضة أو سمومها لأهداف عدائية غير سلمية. وفي الولايات الأمريكية يعتبر مرض الشاركا (فيروس جدري الخوخ) أحد الأسلحة الحيوية التي يخشى منها (Foster, 2000; Madden, 2001; Madden and Wheelis, 2003).
- بروتوكول قرطاجنة المنبثق عن اتفاقية التنوع الحيوي (1992): والذي ينظم عملية الاتجار بالنباتات المعدلة وراثياً ولاسيما أن معظمها مقاوم للآفات ومنها الفيروسية والتي تستوجب طرائق كشف خاصة. والهدف من هذا البروتوكول هو توفير وضمان مستوى ملائم من الحماية في مجال أمان النقل، واستخدام الكائنات الحية المحورة الناشئة عن التقانات الحيوية التي بمكن أن ترتب آثاراً ضارة على حفظ واستدامة استخدام التنوع الحيوي، مع مراعاة المخاطر على صحة الإنسان أيضاً، والتركيز بصفة خاصة على النقل عبر الحدود ولذلك توضع أيضاً إجراءات مناسبة للاتفاق عن علم مسبق.

ثامناً- دور المكافحة الحيوية في إستراتيجيات إدارة أمراض النبات:

كان خفض المبيدات الفطرية المتاحة للاستخدام في الولايات المتحدة الأميريكية هو مجال توجه منتجي عناصر المكافحة الحيوية لأمراض النبات، وكان الاهتمام البالغ للحد من استخدام مبيدات الفطرية نتيجة للآثار المتبقية المسببة للسرطان في الغذاء وبالتالي تطبيق المكافحة الحيوية والتطبيقات الأخرى التي تعتمد البيئة كأساس في الإدارة والحفاظ على التوازن البيئي، وأصبحت المكافحة الحيوية كقوة تجبر تطور علم إدارة الآفات الحديث بغض النظر عن كمية المصادر والوقت المستثمر في هذه المنطقة أو المجال، والتي يمكن أن تلعب دوراً في إستراتيجيات الإدارة المتكاملة لأمراض النبات فهي تطبيقات متنوعة تتضافر بهدف إبقاء الآفات في مستوى الحد الاقتصادي الحرج. ولكن

هذا ينطبق على الآفات الحشرية التي من السهل تشخيص الإصابة بها والتقدير الكمي لمخاطرها وهذين العاملين لا يمكن تطبيقها على معظم مسببات أمراض النبات المعروفة.

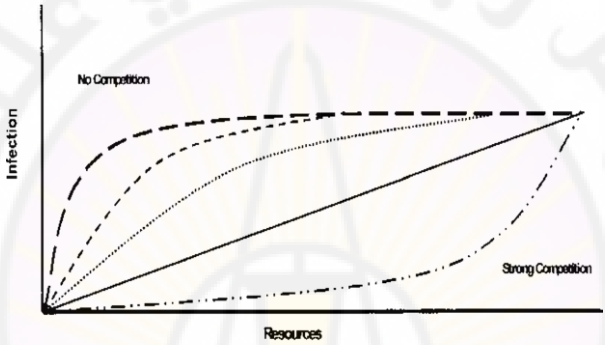
6-8-1- عوامل محددة للمكافحة الحيوية كمعايير مفردة في الإنتاج: إن العوامل المحددة لتطور استخدام معايير المكافحة الحيوية معياراً وحيداً أو متعدداً لأمراض النبات فإنه على المستوى التجاري يمكن أن يقسم إلى مجموعتين الأولى النواحي الحيوية والبيئية في المكافحة والثانية نواحي مرتبطة بالاقتصاد والتفضيل الاجتماعي:

أ. العوامل البيولوجية: إن العديد من العوامل الممرضة لها قدرة عالية كعنصر مكافحة حيوية لا يمكن لها أن تنتقل من المراحل التجريبية إلى مرحلة التطبيق التجاري الواسع نتيجة أن الجرعة الموصى بها غير قابلة للتطبيق العملي، أو محدودية وعدم ثبات فاعلية المكافحة، بالإضافة إلى أنظمة تداول وإيصال وتسليم عنصر المكافحة إلى الأسواق التجارية بطريقة غير ملائمة، كما أنها لا تتوافق مع طرائق الإنتاج الحالية. وفهم أفضل للعلاقة بين وبائية وبيئة الأحياء الدقيقة وإدخال نظام جديد يستهدف سلالات فطرية مقاومة للمبيدات الفطرية سيسهم بردم الفجوة بين نتائج التجارب والاستخدام التجاري للمبيدات الحيوية. ومثال عن كيفية ربط المعرفة البيولوجية والبيئية لعامل ممرض ومضيفه يمكن أن يساعد على حل المشكلة لجرعات غير واقعية أو قابلة للتحمل وضعت بواسطة Adams وFravel حول فطر *Sporidesmium sclerotivorum* الذي يهاجم الجسم الحجري لعدة أنواع تتبع جنس *Sclerotinia*، إن قابلية فطر *S. sclerotivorum* وقدرته عنصراً في المكافحة الحيوية لفطر *S. minor* المسبب لتدهور الخس ويتحقق هدف نجاح المكافحة الحيوية برش أبواغ فطر *S. sclerotivorum* على سطح التربة وخلطها بمعدل 2300غ/هـ مع ملاحظة التوزيع الطبيعي للأجسام الحجرية في التربة، وحقيقة فإن معظم الأجسام الحجرية حديثة التشكل تتجمع في البقايا النباتية ويوجه المعلق البوغي على بقايا المحصول المصاب قبل أن تتحد الأجسام الحجرية مع التربة بهدف زيادة احتمال ملامسة فطر *S. sclerotivorum* للأجسام الحجرية للمضيف، وتتحقق مستويات المكافحة الاقتصادية فقط مع 2 كغ من

اللقاح في الهكتار، وقد طبق نفس المبدأ بنجاح لمكافحة سكليروتينا الساق في فول الصويا. واتضح أن توقيت وطريقة تطبيق عامل المكافحة الحيوية غالباً أكثر أهمية في نجاح وكفاءة التطبيق من حجم مجتمع عامل المكافحة الحيوية، كذلك علاقة التخصص بين عوامل التضاد المضافة وتوازن النظام البيئي. ولكن علاقة التخصص العالية يمكن أن تثبط الحماية الكاملة للنباتات في بيئات أخرى. يعتبر فيروس البقع الحلقية للباباظ *Papaya ringspot virus* (PRSV) من أهم العوامل المحددة لإنتاج الباباظ في مناطق زراعته ويمكن نجاح المكافحة بواسطة الحماية المتصالبة باستخدام سلالات مضعفة مثل PRSV HA 5-1 في هاواي لكن هذه السلالة فشلت في حماية ضد 11 سلالة أخرى مختلفة مصلياً ومجموعة من مناطق جغرافية مختلفة. وقد يؤدي استخدام فطر في معاملة بذور البازلاء إلى تحسين فعاليته في مكافحة فطر *Pythium ultimum* مقارنة مع الخلط بالتربة الحاملة للفطر، ومن المعايير تطبيق سلالات مقاومة للمبيدات الفطرية عاملاً للمكافحة الحيوية وتطوير سلالات مماثلة ليس دائماً بالعمل السهل ويمكن أن يتطلب استخدام عامل تطفير أو تحوير وراثي. لذلك أكثر من ثلثي المبيدات الحيوية المتاحة في العالم تحوي بكتيريا وخمائر كجرعات فعالة.

ب. العوامل النظرية لتحقيق نجاح المكافحة الحيوية: إن فرصة تحقيق نجاح معايير المكافحة الحيوية في الإدارة المتكاملة للأمراض ترتبط نظرياً في تأسيس ونمو مجتمعات عامل المكافحة الحيوية، وآليتين استخدمتا كعاملي مكافحة حيوية التنافس على مصادر النمو والتطفل، ويحدد احتمال تحقيق النجاح بعوامل مختلفة في الحالة الأولى: قابلية التنافس مع العامل الممرض مثل *Rhizoctonia* و*Fusarium* وتحدد فرصة النجاح بواسطة المصادر المتوفرة في النظام، ويصبح التنافس في حالات نظام مرضي مترافق مع محدودية المصادر والترجيح لعوامل المكافحة الحيوية وهو بالتالي نجاح ومؤشر على مستوى الإصابة المنخفض، ولكن عندما تكون المصادر غير محدودة فإن نمط التنافس بين العوامل في نظام كهذا لا تنجح، ويوضح شكل 18 العلاقة بين المصادر المتاحة والتنافس، وتعمل كمية الإصابة في بيئة التنافس وفق كمية المصادر المتوفرة وإن

كانت عناصر المكافحة الحيوية لا تتنافس على المصادر يتم بناء ونمو مجتمع العامل الممرض بسرعة وبالتالي يتزايد مستوى الإصابة باستمرار. وعندما يكون التنافس على المصادر قوياً والعامل الممرض منخفض القدرة على التنافس مع عامل المكافحة الحيوية ينخفض مستوى مجتمع نمو مجتمع العامل الممرض وبالتالي تنخفض كثافة للقاح نسبياً وعلى نحو مماثل يزداد ببطء مستوى الإصابة مع إتاحة المصادر وتوضح فرصة أكبر للنجاح.



شكل 18. العلاقة النظرية بين مستوى الإصابة وكمية مصادر نمو العامل الممرض وعامل المكافحة الحيوية في بيئة تنافسية (Singh,2001).

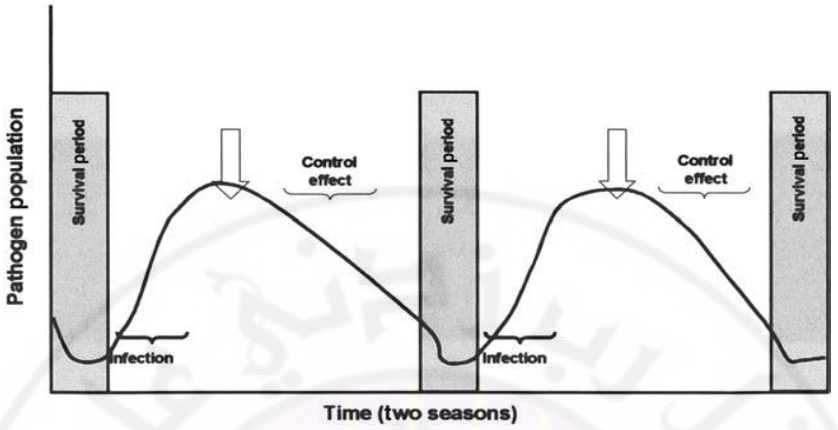
ويمكن استخدام العلاقة بين المصدر-الإصابة في تحديد العلاقة المحتملة بين نجاح التكامل والتنافس لعوامل المكافحة الحيوية في نظام المرضي مع مصادر متاحة محدودة لنمو المجتمعات واحتمال نجاح تكامل عناصر المكافحة الحيوية في خفض الإصابة المرضية يتبع علاقة أسيّة حيث التنافس الأعلى يؤدي إلى الخفض الأكبر لنسبة المرض ولا يمكن للمسبب المرضي أن يتنافس على المصادر لينمو فتتحقق المكافحة.

ت- التوجهات الاقتصادية والاجتماعية والعملية للمكافحة الحيوية لأمراض النبات: إن عوامل متضافرة منها عوامل اقتصادية والنقص في الإجراءات المناسبة وتعقيد الأنظمة أو القوانين تجعل تسجيل مبيد حيوي عملية صعبة. فبعد اكتشاف عنصر جديد للمكافحة الحيوية مرشحاً بفاعلية جيدة تجرى دراسات حيوية وبيئية متكاملة تدرس

أولاً تحت ظروف بيئية متحكم بها وبعد ذلك تطبق تجارب حقلية محدودة المساحة ثم بعد عدة سنوات بعض من هذه العناصر المرشحة الممتازة يمكن أن تكون جاهزة للتجارب الحقلية الواسعة، في حين سوف لا تحدد درجة نجاح بعضها الآخر ومن وجهة نظر الباحثين إما لنقص التمويل أو لعمومية الأفكار في تجارب تحديد درجة نجاحها أو ليست ضمن مسؤولياتهم، أما من وجهة النظر الصناعية فإن قدرة أو احتمالية السوق المثلى صغيرة لعناصر المكافحة الحيوية الجديدة، وتعود إلى النوعية في التنافس أو التخصص وقد تُحدث عدم تلاؤم ويمكن أن يكون من غير الممكن تجاوزه، والنقاش الدائم يدور حول أن الباحثين لا يعلمون عن إجراءات التسجيل والوكالات المعنية. إن تطبيق معايير وكالة الحماية البيئية The Environmental Protection Agency (EPA) وقوانين عملية التسجيل لكل المبيدات المستخدمة في الزراعة في الولايات المتحدة والعدد الكبير من اختبارات السمية المعمقة قبل التسجيل وذلك ضمن مخابر متخصصة يمكن أن تكلف أكثر من 250.000 دولار عامل مستقل، وكل ما يمكن استعماله – عامل - يُعرض كل على حده لتسجيل مستقل. وإن كان اختبار السمية مصمم لتقييم مبيدات كيميائية تستعمل أيضاً اختبارات للعوامل الحيوية، ولا يمكن للتطبيق أن يكون مقبولاً عند الأخذ بالاعتبار نوعية معظم عوامل المكافحة الحيوية والبيئة الصغرى التي سيستخدم فيها في مستوى التطبيق التجاري، ويمكن أن لا تشجع الشركات الصغرى لطول إجراءات فترة التسجيل، بينما قد يؤدي الإطلاق المتأخر لمبيد الحيوي والذي يعود إلى إجراءات مكثفة إلى فقد منافذ الأسواق التي هو مصمم لها، لكن بعض هذه المشكلات تم استعراضها في هذا الفصل يمكن حلّها بواسطة التعاون بين الشركاء والجهود المبذولة في سبيل وضع إجراءات تسجيل أقل تعقيداً يتم تطويرها بواسطة EPA. وعادة يوجه الدعم من مجموعة المنتجين والوكالات الداعمة مالياً إلى مشاريع العمل طويلة الأمد لوضع مستويات المبيدات الحيوية المقترحة.

1. **تطبيقات المكافحة الحيوية لأمراض النبات في مختلف أنظمة الإنتاج:** يتفاوت أداء تطبيقات المكافحة الحيوية في نظام إدارة المتكاملة للآفات IPM من محصول لآخر،

ويعتمد التطبيق على كثافة نظام الإنتاج في مكان تنفيذ المكافحة إلى حد كبير، مع احتمال تفاوت الأداء في تطبيق معين وقيمة المحصول الواجب وقايته، ويعترض نظام المحصول الذي يعتمد على استخدام المبيدات المتكرر مثل الخضار ونباتات الزينة مشكلات أكثر تنوعاً مع السلالات الممرضة للنبات المقاومة للمبيدات الفطرية وبالتالي زيادة انتشار العامل الممرض ما يزيد كلفة المكافحة، وإن تبني المكافحة الحيوية بديلاً عن المكافحة الكيميائية في هذه الأنظمة سوف يتأثر إلى حد كبير خاصة كيفية مقارنة الفاعلية بينهما وتتضمن درجات من المكافحة والكلفة وكيفية ملاءمتها لأنظمة الإنتاج، ومن الملاحظ أنه في أنظمة إنتاج مثل فول الصويا ومحاصيل الحبوب تكون أقل تأثراً ولها أيضاً هامش مماثل بالتأثير على الإنتاجية. في حين يوجه المزارعين جلَّ اهتمامهم إلى الحلول بعيدة الأمد لمشكلات الآفات التي تعترضهم بشكل أكبر من المشكلات الآنية والمؤقتة ولكن بالتأكيد الأكثر كلفة. ويتبنى المنتجين في هذا المجال عينات سهلة القياس تتضمن دورة محصولية وزراعة محصول واحد أو استخدام الأسمدة الخضراء. بينما تقدم المحاصيل ثنائية الحول الفرصة الأكبر لتطوير تطبيقات لبرامج المكافحة المتكاملة لأنها أكثر ثباتاً وأقل تخريباً للنظام البيئي. وبهدف استدامة مجتمع عوامل المكافحة الحيوية يمكن أن تكون المحاصيل عامل محدد نوعي. وللمحافظة على مجتمع متوازن لعامل المكافحة الحيوية يجب أن يمتلك النظام البيئي ظروف ملائمة لحياة وتطور هذا العامل. ويكون معدل الأحياء بالنسبة للمحاصيل ثنائية الحول أقل أهمية من معدل النمو وأقل أهمية في نظام محاصيل الدورات الزراعية، ولكن بالتركيز على فترة التشتية التي تتحكم بالتوازن النهائي في قدرة التشتية أو القدرة الإحيائية لعناصر المكافحة الحيوية في الشتاء كما في المحاصيل ثنائية الحول والتي تتشارك بتشابه كبير الأنظمة البيئية غير المتدهورة، بالتالي عوامل المكافحة الحيوية ستكون قابلة لصيانة مجتمع مماثل لأنظمة بيئية طبيعية. وتكامل عامل المكافحة الحيوية في مثل هذا النظام له حظ كبير في النجاح. ويلخص شكل 19 التواجد الموسمي للعامل الممرض وفاعلية تطبيق عامل المكافحة الحيوية.



شكل 19. ديناميكية مجتمعات العوامل الممرضة خلال موسمين وفاعلية توقيت تطبيق عوامل المكافحة الحيوية على مجتمع العامل الممرض.

وكلما كانت ظروف التشتية ملائمة لعامل المكافحة الحيوية زاد معدل الأحياء وزاد احتمال استدامة مجتمع عامل المكافحة الحيوية. ويبرز عدم التأكد من قابلية استدامة مجتمع عامل المكافحة الحيوية بعد استقرار دورة مجتمع العامل الممرض يمكن أن يتطور في بعض السنوات المفضلة بيئياً ويتبع ذلك زيادة في العوامل المكافحة الحيوية. ومع التغيرات المتعاقبة في المحاصيل ضمن النظام يتبع بنقص سريع في مجتمع العامل الممرض ويترافق مع عامل المكافحة الحيوية ويعود ذلك إلى أثر الفوارق الزمنية في تطبيق المكافحة حيث يتبع مجتمع عامل المكافحة الحيوية مجتمع المضيف. وبالتالي يتحمل المحصول مجتمع العامل الممرض التي تفوق مستوى الحد الحرج خلال أعوام. ويمكن لمجتمع عامل المكافحة الحيوية الذي ينافس العامل الممرض على المصادر أن لا ينخفض بواسطة التناوب كما هو عاملاً متطفلاً.

2. الحد الحرج للإدارة المتكاملة للآفات وتطبيقات المكافحة الحيوية: إن عتبة الحد الحرج للإدارة المتكاملة للآفات هو مقياس هام لتحديد نجاح تطبيق المكافحة الحيوية ومعيار أكثر أهمية في نظام الإنتاج، وقد تكون المكافحة الحيوية فعالة في كبح تطور مجتمعات العامل الممرض من ناحية ديناميكية المجتمعات ولكن مستوى الكبح قد لا يكون

مقبولاً من الناحية التطبيقية لأنه يمكن قد يكون أقل من الحد الاقتصادي الحرج. وهذا حقيقي خاصة في المحاصيل عالية القيمة الزراعية حيث قيم حد التحمل لأضرار الأمراض منخفضة. وقد عرفت بعض الأمثلة في محاصيل عالية القيمة عن نجاح معايير المكافحة الحيوية وطرائق في إدارة أمراض قبل الحصاد. وقد قورن تطبيق نمو مجتمع عامل المكافحة الحيوية مع مجتمع العامل الممرض المحدد مسبقاً بأنه سيبلغ مستوى الحد الحرج مع عامل المكافحة، وكمثال فطر *Sclerotinia sclerotiorum* واسع المدى المضيفي ويهاجم كل من محاصيل عالية ومنخفضة القيمة ويمكن الحد منه باستخدام فطر *Sporidesmium sclerotivorum* الذي ينتج كمية كبيرة من الأبواغ الكونيدية التي تهاجم الأجسام الحجرية فتفقد قابلتها للإنبات وإنتاج الثمار الزقية. وقد اختبر الفطر في كاليفورنيا في المكافحة الحيوية لمرض سقوط الخس المسبب فطر *S. sclerotiorum* مع نجاح محدود، لأن أي إصابة وإن كانت محدودة تؤدي إلى تدمير القيمة الكلية لمحصول الخس. في حين نجح استخدامه في مكافحة عفن ساق فول الصويا السكليروتيني (محصول منخفض القيمة) فيبدو أن عامل المكافحة الحيوية له أهمية كبيرة على مستوى التطبيق الواسع، وقد درس أيضاً لمكافحة عفن السكليروتيني في محاصيل أخرى منخفضة القيمة مثل محصول دوار الشمس.

6-8-2- أمثلة عن مكافحة حيوية مطبقة تجارياً كعنصر منفرد:

تكافح عدة أمراض حالياً على المستوى التجاري بواسطة عامل مكافحة حيوية أو كتطبيق مفرد، وهذا يتضمن مرض التدرن التاجي في كرمة العنب وأشجار مثمرة أخرى ومرض تريستيزا الحمضيات والتبقع الحلقي للباباظ ولفحة الكستناء. في الحالات الثلاث الأولى لا يتداخل تطبيق عنصر المكافحة الحيوية مع تطبيقات القطاف الروتينية، لاحقاً أضيفت معايير مكافحة نوعية إلى التطبيقات العملياتية العادية.

وبدون شك أفضل ما عرف مثال المكافحة الحيوية لمرض التدرن التاجي وهو من أهم نجاحات التطبيق التجاري للمكافحة الحيوية وذلك بمكافحة بكتيريا *Agrobacterium tumefaciens* بواسطة السلالة K84 لبكتيريا *A. radiobacter*

وذلك بغمر جذور الشتول بمعلق بكتيري قبل الزراعة في الحقل، حيث تفرز السلالة K84 سم بكتيري Bacteriocin يدعى أجروسين Agrocin المسؤول عن تأثير التضاد، وهو لا يكافح كل أنواع جنس *Agrobacterium* التي تشكل تدرنات في النبات. وقد درست سلالات جديدة قد تكون أكثر فاعلية في حماية النبات، وهناك العديد من المحضرات التجارية مثل Galltroll-A وDiegall وNorbac 84C وNogall.

ومنذ دخول مرض تريستيزا الحمضيات (جنس *Closterovirus* وينتقل بواسطة حشرة المنّ) إلى البرازيل شكل تهديداً لصناعة الحمضيات وأدى إلى القضاء على عدة ملايين من الأشجار خلال 20 عاماً في ستينيات القرن المنصرم مع بدء استخدام برنامج الحماية المتصالبة للفيروس بعد إجراء مسوحات مكثفة عُرّفت ست سلالات معتدلة من الفيروس وأجريت عدوى صناعية وأدت إلى ظهور أعراض معتدلة على النباتات وإلى خفض الإنتاج ولكن أيضاً إلى حماية النباتات من السلالات الشرسة، ويعتقد أيضاً أن السلالات المعتدلة تتدخل في نشوء سلالات أكثر شراسة، وتمت وقاية مشاتل الحمضيات في جنوب أفريقيا واستراليا والبرازيل بواسطة هذه الطريقة. وتم تطبيق نفس المبدأ بنجاح لحماية مزارع الباباظ في هاواي تجاه فيروس التبقع الحلقي للباباظ لعدة سنوات، كما تمت المكافحة الحيوية لمرض لفحة الكستناء والمرض المدمر يسببه فطر *Cryphonectria parasitica* حيث ينتقل الميسيليوم والأبواغ الأسكية بواسطة الرياح وبعض الحشرات الناقلة وهي المسؤولة عن نشر المرض، وتم حقن مزيج من سلالات نقص الفوعة ضمن ثقوب حول المناطق المتقرحة في جذوع الأشجار وتظهر خلال عدة سنوات حالات الشفاء من المرض، وكان تطبيق سلالات نقص الفوعة ناجحاً بشكل كبير في أوروبا ولكن الجهود في مكافحة المرض كانت أقل نجاحاً في الولايات المتحدة الأميركية ومن التفسيرات المحتملة بأن أنواع الكستناء المزروعة في الولايات المتحدة الأميركية أكثر قابلية للإصابة الطبيعية، وهناك الكثير من مجتمع السلالات المتباينة في الشراسة الذي يجعل تعريف سلالات منافسة مناسبة عملية صعبة وهناك اختلاف في الظهور الطبيعي للحمض النووي رنا مفرد السلسلة الفيروسي في أوروبا وأميركا. ومثال آخر عن نجاح

تطبيق مكافحة حيوية كبديل في إدارة الأمراض بكتيريا *Bacillus subtilis* strain GB03 ويعرف باسم Kodiak لمكافحة عفن الجذور الريزكتوني في القطن ومحاصيل أخرى بمعاملة البذور، حيث تعامل بمعلق Kodiak أكثر من 60% من بذور القطن في الولايات المتحدة والبذور المعاملة ينخفض نسبة حدوث المرض كما يمكن معاملة البذور بمزيج من المبيد الحيوي ومبيدات فطرية أخرى.

6-8-3- المكافحة الحيوية كمتمم لإدارة متكاملة للآفات:

إن فلسفة الإدارة المتكاملة لأمراض النبات ترتبط بالاستدامة وخفض الأضرار البيئية في أنظمة الإنتاج الزراعي. والمكافحة الحيوية وفي عدة طرق هي في مركز هذه الفلسفة، والهدف الممرض النوعي Pathogen-specific يجب أن يفتح المجال ليصبح هدف جوهري حيث تتحقق صحة النبات بواسطة اتحاد بين التطبيقات الزراعية التي تعزز دور التنوع الحيوي. ومن السلبيات أنه يمكن أن تتحقق مستوى المكافحة التامة والنوعية بالتضافر مع عدة معايير وطرائق مكافحة أخرى لمنع أو خفض احتمال فوران المرض Disease outbreaks.

ويتم تحديد تأثير معايير المكافحة الحيوية على الديناميكية الطبيعية لنظام العامل الممرض في برنامج الإدارة المتكاملة للآفات. في بعض الأنظمة تتضمن بناء معايير المكافحة الحيوية مثل الفاعلية والاستدامة وفي أنظمة أخرى قصيرة الأمد المعطيات قد تكون أكثر فاعلية. في العديد من أنظمة العوامل الممرضة تكرار ظهور الأوبئة المدمرة قليلاً، وفي الأنظمة حيث تكرار فوران الآفة قليلاً يكون تطبيق المكافحة الحيوية فعالاً ومستداماً وله مردود اقتصادي في حال بناء عناصر إدارة المرض أو الآفة مبنياً على المكافحة الوقائية للأمراض. ففي الولايات المتحدة والصين تظهر الوبائيات المدمرة لأصداء القمح في دورات كل 4 أعوام لتأثرها بظاهرة النينو El Nin˜o وقد ظهرت أربع فورانات عظمى من عام 1949 إلى 1990. ولا يمكن أن تعتمد إستراتيجية الإدراة المتكاملة للمرض على المكافحة الكيميائية نتيجة طبيعتها غير المتوقعة ولا يمكن قبول

خفض قيمة المحصول. وقد استخدمت المقاومة بفاعلية في بناء عناصر إدارة المرض الوقائية في نظام العامل الممرض.

في أنظمة إدارة العوامل الممرضة بهدف صيانة التوازن بواسطة بناء عناصر إدارة الآفة يمكن أن نصنف هذه العناصر في مجموعتين الموازِنات والمراقبات Balancers & Controller، حيث المراقبات Controllers هي العوامل المفردة التي لها أدوار حقيقية وهامة وفعالة في ديناميكية النظام مثل مورث فعال في مقاومة المرض مؤسس على المحاصيل المضيفة. في حين يكون تأثير الموازِنات Balancers على التعادل (التوازن) وهي عوامل تجميعية وثانوية وهي ترافق عدة موازنات التبادل عبر معابر مختلفة. عادة مجموعة من الموازنات تعمل مجتمعة لصيانة التوازن في النظام على مدى فترة طويلة من الزمن. كمثال استخدام مكافحة حيوية لإدارة مرض يكون أقل من المستوى وعوامل المكافحة الحيوية عادة موجودة في الطبيعة أي موازنات طبيعية في الأنظمة البيئية الزراعية. وفي نظام له تكرار منخفض من وبائية المرض يكون الهدف إطلاق معايير مكافحة حيوية لتطوير وبناء عناصر وقائية بحيث تكون معايير تطبيقية وعملية، ذلك لأن مجتمع عامل المكافحة الحيوية عادة لا يمكنه التأسيس والنمو مبكراً بوقت كاف للوصول إلى مستوى الحد الحرج. وكما نوقش سابقاً معايير المكافحة الحيوية ستكون أقل للعب دور مفرد وهام، ولكن ستلخص دور متمم في توازن النظام.

- **الأصناف المقاومة:**

إن بناء عنصر في نظام إدارة متكاملة للآفات الطريقة الأفضل لمكافحة الآفة عبر استخدام أصناف مقاومة أو متحملة، وهي تؤدي ليس فقط إلى أن يصبح النظام البيئي أقل تلوثاً إنما أيضاً أقل كلفة. وتنتج برامج التربية التقليدية عدداً من الأصناف مختلفة في مستوى المقاومة لعدد من أمراض النبات ولكن مع مساعدة من التقنيات الجزيئية هناك مجال جديد واسع من المواد المنتجة المقاومة، وقد تم التعرف على العديد من المورثات المسؤولة عن المقاومة بمساعدة الواسمات الجزيئية وذلك للعديد من المحاصيل. كما أن التحوير الوراثي للأصناف المقاومة للعوامل الممرضة كما في أصناف الباباظ SunUp

وUH Rainbow حيث أنتج مورث مشفر لمقاومة المعطف البروتيني من فيروس PRSV. وإن استخدام الأصناف المنتخبة مع عوامل المكافحة الحيوية يمكن أن تزود أفضل مكافحة من استخدام كل منها على حده.

- **التشميس:**

يعد التشميس تدمير لمجتمعات الأحياء الدقيقة في التربة بواسطة الحرارة. وله تأثير معزز وينتج مستويات مرتفعة من الوقاية.

- **المركبات الكيميائية:**

تعد مقاومة المبيدات الفطرية من الصفات المرغوبة في عوامل المكافحة الحيوية، وعدم التوافق مع المبيدات الفطرية لم يعد عاملاً محدداً عند تبني عوامل المكافحة الحيوية في المستقبل، وفي الوقت نفسه تمت مراقبة تحسين فاعلية بعض المبيدات الحيوية المستخدمة مع زيت البارافين، ويؤمن استخدام سلالات البكتيريا في معاملة البذور مجالاً جديداً آخر لتفادي ظاهرة عدم توافق المبيدات الفطرية.

- **التطبيقات الزراعية:**

وصفت العديد من التطبيقات الزراعية بتأثيرها الإيجابي في خفض مستويات الأمراض التي تصيب العديد من محاصيل ومختلف أنظمة الإنتاج. واستخدام كل من المبيدات الحيوية مع التطبيقات الزراعية يعزز صحة النبات والنمو المفضل للأعداء الطبيعية وسيؤدي إلى زيادة فاعلية المبيدات الحيوية، وتحقيق هذه الطرائق في نظام الإنتاج يمكن أن يؤدي إلى محاصيل أكثر صحة وأقل تلويثاً للبيئة.

6-8-4- توجه الأنظمة لتحقيق إدارة متكاملة للآفات:

استخدم توجه الأنظمة في الدراسات الكمية لمعظم علوم الأحياء. وتتضمن أمراض النبات وهذا التوجه كأداة قوية لدعم دور المكافحة الحيوية في برامج الإدارة المتكاملة للآفات، كما استعمل هذا التوجه لتطوير الأسس النظرية البنيوية لبرامج لإدارة المتكاملة

للآفات. نشأ توجه الأنظمة بدراسة ديناميكيات الأنظمة الكبيرة والمعقدة، حيث يسمح بفهم هذه الأنظمة التي هي غير قابلة للتقدير الكمي مع التوجهات التقليدية. وقد عززت بشكل كبير قوة الأنظمة العلمية التحليلية بواسطة تضافر علم الحوسبة وأنظمة المحاكاة. وحالياً هذه التوجهات استخدمت في دراسة معظم أي نظام كبير مثل الأنظمة البيئية والأنظمة الهندسية. ومن المهم تطبيق تقنيات مختلفة من الأنظمة لتمكننا من التنبؤ الكمي لتأثير عنصر مفرد على النظام . في نظام معقد للإدارة متكاملة للآفات تكون قوة التوقع قابلة للاستخدام في فهم آلية عوامل ومعايير المكافحة الحيوية الفردية، ومثل أي نظام بيئي النظام المرضي يكون نظام مفتوح ويتألف من العديد من العناصر المتفاعلة. واستخدم علماء الوبائيات توجه الأنظمة لتطوير قوالب أو موديلات لمحاكاة المرض واستعمالها في تقييم إستراتيجيات مكافحة المرض في مختلف أنظمة إدارة المتكاملة للآفات. ومثال جديد موديل وبائية نيماتودا لإدارة نيماتودا البطاطا في هولندا. وفي إدارة المرض يتم تقييم آلية عمل لمقاومة العائل كعنصر في النظام المرضي باستخدام هذا التوجه. ويمكن بشكل مشابه أن تطبق موديلات توجهات أخرى لدراسة فاعلية المكافحة لعنصر المكافحة الحيوية وكيفية مكافحة هذا العنصر وتفاعله مع العناصر الحيوية وغير الحيوية في النظام المعقد. وفي مجال التقييم الكمي توجه الأسئلة التالية: كيف يتفاعل عنصر المكافحة الحيوية مع العائل النباتي؟ وكيف يتفاعل عنصرالمكافحة الحيوية مع العامل الممرض النباتي؟ وكيفية وضع وتحديد مقاييس العنصر (تنافسياً- الاستجابة للجرعة) واحتمالية نجاح المداخلة.

ويمكن أيضاً بحث التأثيرات المحدثة بواسطة المتغيرات البيئية الهامة مثل الحرارة والرطوبة ودرجة حموضة التربة على فاعلية المكافحة، حيث تمكّن مثل هذه الدراسات من توقع التطورات المستقبلية وفي زيادة النجاح المتوقع عند إدخال عنصر المكافحة ضمن برنامج إدارة متكاملة للآفات. وتعرّف استدامة عناصر المكافحة الحيوية بأنها قابلية الحفظ على مستوى مجتمع عامل المكافحة الحيوية كعامل مفتاحي في فاعلية المكافحة الحيوية وفي تحقيق الإدارة المتكاملة للآفات. وفي النظام البيئي الطبيعي

المستقر يكون دور توازن مجتمع عنصر المكافحة الحيوية هو في العمل على الأحياء والنمو واستدامة عامل المكافحة الحيوية في نظام المرض، ويتأثر بعوامل حيوية ومعدل النمو والأحياء لعنصر المكافحة في الظروف البيئية حيث يدخل عنصر المكافحة النوعي، واستدامة مكافحة مجتمعات العامل الممرض والحفاظ على مجتمع عناصر المكافحة الحيوية متوازن خلال فترة طويلة يترافق مع أقل تدخل ممكن، وما يعرف القليل عن ديناميكية طويلة الأمد للعامل الممرض ولاسيما بالعلاقة مع عنصر المكافحة الحيوية. وتؤثر التغيرات المناخية الدورية على وبائية المرض وبالتالي تأثيراتها على استدامة مجتمع عناصر المكافحة الحيوية في نجاح الإدارة المتكاملة للآفات. وتعود تغيرات تدفق المرض إلى الدورات المناخية وأظهرت الدراسات الوبائية بشكل واضح الروابط بين أنماط الدورة المناخية وأنماط فوران المرض. حيث تؤثر دورات المناخية الطويلة الأمد في استدامة عناصر المكافحة الحيوية المتطفلة كمعيار ضد مستويات عتبة المكافحة المتكاملة للآفات لمرض معين. حيث يبنى مجتمع عامل المكافحة الحيوية بالعلاقة مع فوران مجتمعات العامل الممرض دورياً، ويمكن لدورات المناخ الطبيعة أن يكون لها تأثير فعال على معدل النمو بالمقارنة مع معدل الأحياء وتنتج فعالية دورية لعامل المكافحة الحيوية وبالتالي لتأمين استدامة المكافحة الحيوية عند نجاح أنظمة الإدارة المتكاملة لأمراض النبات.

الفصل السابع

المصائد الحشرية المستعملة لدراسة ديناميكية تطور الآفات الحشرية ورصد نشاطها ومكافحتها

أولاً- التعارف عند الحشرات والاستراتجيات المستعملة لضمان التقاء الجنسين:

يتم التعارف عند الحشرات يتم بطرق مختلفة هي :

1- **الألوان:** تنجذب بعض الحشرات إلى مجالات معينة من ألوان الطيف الضوئي، ولاسيما ألوان الطيف الواقعة بين الأصفر والأزرق، تم الاستفادة من هذه الظاهرة لجذب الحشرات إلى مصائد ملونة واصطيادها على فلم لاصق بهدف المراقبة أو للمكافحة.

2- **الأصوات:** تصدر بعض الحشرات بعض الأصوات، وهذه الأصوات هي جاذبات جنسية، فالصوت الصادر عن ضربات جناح أنثى البعوض يعتبر جاذباً جنسياً.

3- **الإشارات الضوئية**.

4- **المواد الكيميائية** (كيماويات التواصل) Semiochemicals: مجموعة من المركبات الكيميائية تصدرها النباتات أو الحيوانات وتحفز استجابات سلوكية أو وظيفية لدى أفراد النوع نفسه أو أفراد تابعة لأنواع أخرى. وهذا الاسم مشتق من اليونانية semon وتعني علاقة أو إشارة.

ثانياً- أنواع كيماويات التواصل Semiochemicals:

تقسم المواد الناقلة للرسائل إلى :

1- الأللیلوات Allelochemicales:

وهي عبارة عن مواد كيميائية تفرز من قبل أفراد من نوع معين وتنقل معلومات كيميائية حيوية بين كائنات مختلفة، وتضم هذه المجموعة:

2- السنومونات Senomones: يستفيد من إطلاق هذه المركبات كل من الأفراد المنتجة والأفراد المستقبلة لها.

3- الكيرومونات Kairomones:

وهي إشارات كيميائية تفرز من كائن حي وتفيد كائناً أخر (المستقبل). وهي تشمل الكثير من الجاذبات Attractants وتفيد في التوجيه الكيميائي للكائنات الحية لكي تجد مصادر غذائها وهناك أيضاً منبهات أو محرضات التهام.

ويفيد استخدام المواد الجاذبة في مجال مراقبة ومكافحة الآفات بما يأتي:

- التعرف المبكر على الآفة وتحديد موقع الإصابة.
- تقدير حجم الإصابة.
- دراسة ديناميكية الآفة.
- الصيد الغزير للحشرات الضارة لتخفيض كثافتها.
- القضاء على مجتمع الحشرة بخلط المواد الممرضة مع المادة الجاذبة.

4- مشابهات الفرمونات Parapheromone:

مواد كيميائية تنتجها النباتات وتعمل كجاذبات جنسية لبعض أنواع الحشرات.

5- الألومونات Allomones:

مواد كيميائية تفرزها النباتات لأغراض دفاعية ضد الحشرات والكائنات الدقيقة الممرضة، أي إنها مواد تنتجها النباتات وتؤدي إلى رد فعل سلوكي أو فسيولوجي لدى المستقبل، وهي تفيد النوع المصدر للرسالة أو للإشارة. وتضم الألومونات:

- مانعات التغذية Antifeedants: تعمل مانعات التغذية على تثبيط فعل المستقبلات الحسية الكيميائية الخاصة بالتذوق والموجودة في منطقة الفم فتفقد الحشرة تنبيه التذوق. لمضادات التغذية دور في مكافحة الآفات، اذ يحول مضاد التغذية دون استجابة مستقبلات التذوق الحشرة للمادة الغذائية، فلا تستقر عند موقع واحد بل تجوالاً غير طبيعي لقضم أجزاء صغيرة، أو لاختبار سطح النبات بمواقع أخرى دون أن تتغذى. وتوقف مضادات التغذية النشاط الغذائي للحشرة بمدى أسرع من المدى الذي تتوقف عنده الحشرة عن

التغذية بعد معاملتها بالمبيدات الكيميائية، ولا تهدف إلى قتل الحشرة بقدر ما تؤثر على سلوكها مثبطة من تغذيتها على النبات. تتكامل مضادات التغذية مع المتطفلات والمفترسات الحشرية، حيث لا تضار هذه الحشرات والحشرات النافعة مثل نحل العسل من هذه المواد. تغادر الآفة النبات المعامل سريعا وتبحث عن عوائل أخرى، وينصح باستخدام مانعت التغذية لمكافحة الحشرات وحيدة العائل أو قليلة العوائل.

أهم مزايا مانعات التغذية في مكافحة الآفات:

- لا تؤثر على الأعداء لحيوية والحشرات المؤبرة للأزهار.
- انخفاض مستوى سميتها للإنسان والحيوان مقارنة بالمبيدات الحشرية.
- تمنع تغذية الآفة على السطح المعامل فورا، وبالتالي تقلل من حدوث الضرر.
- إمكانية خلطها بالمبيدات الحشرية مما يزيد من الفعل السام للمبيد ويقلل من احتمال مقاومة الحشرة للمبيد المستخدم.

مساوئ استخدام مانعات التغذية:

- تصلح فقط للحشرات القارضة لعدم قدرتها على النفاذ والسير مع العصارة النباتية.
- يجب توزيعها بشكل منتظم للحصول على مكافحة فعالة ومجدية.
- لا تجد النموات الحديثة الحماية الكافية وقد تصبح بؤراً لانتشار الإصابة.

المستخلصات النباتية التي تعمل كمضادات تغذية:

تم في السنوات الأخيرة من القرن الماضي استخلاص العديد من المواد الكيميائية من عائلات نباتية مختلفة لاستخدامها كمانعات للتغذية وإيقاف النمو في عدد من الآفات الحشرية، ويوضح الجدول 12 المجموعات الكيميائية لمضادات التغذية ومصدرها النباتي والحشرات الحساسة لها.

جدول 12. المجموعات الكيميائية لمضادات التغذية ومصدرها النباتي والحشرات الحساسة لها.

المجموعة الكيميائية	المصدر النباتي	الحشرة الحساسة
الترايتيروبينويدات Triterpenoids	شجرة النيم الهندية *Azadrirachta indica*	مدى كبير من الآفات الحشرية
الكوينونات Quinones	نبات الصنوبر *Pinus banksiana* خب شجرة *Dulbergia retusa*	يرقات الدبابير المنشارية Neodiprion spp. النمل الأبيض
القلويدات ومواد نتروجينية Alkaloids & Nitrogenoits substances	جذور النبات العشبي *Lotus pedunculatus* *Xylocarpus granatum* *Zanthoxylum monophyllum*	*الخنفساء* *Costelytra zealandicus* *Spodoptera exempta* *S. litoralis* *Hemileuca oliviae* *Hypera postica* *Schizaphis grarnium*
	العديد من نباتات العائلة البقولية المجموع الخضري لنباتات العائلة الزنبقية Ruscus hypoglossum Urginea maritime	*Musca domestica* *Haematobia tritans* *Stomaxus calcitrans* *S. littoralis*
الفينولات phenoles	أوراق الذرة السكرية وذرة المكانس	الجراد الرحال *Locusta migratoria*
الأحماض واللاكتونات	حشيشة *Echiochlora crus-galli* المجموع الخضري لشجرة Jack pin نورات عباد الشمس أوراق *Liriodrndrum tulipefera* نبات من جنس *Vernoni* شجرة النيم الهندي	النطاط *Nilaparvata lugrns* دبابير الصنوبر المنشارية يرقات دودة اللوز القرنفلية وفراشة عباد الشمس فراشة الغجر *Spodoptera* spp.

- **الطاردات Repellents:** هي عبارة عن مواد كيميائية تؤدي إلى توجيه حركة الحشرات بعيدا عنها. هناك طاردات ذات منشأ طبيعي. فالبصل المزروع بجوار الجزر يحمي الأخير من الإصابة بذبابة الجزر *Psila roasae*. من أهم المواد التي تعد من المواد الطاردة الازدراختين المستخلصة من بذور النيم. بينت الدراسات أن مادة الازدراختين هي مادة مانعة للتغذية وطاردة ومثبطة لوضع البيض ومنظمة للنمو ومعقمة للجنس. تؤدي هذه المادة إلى تقويض غدتي الصدر الأمامي على إفراز هرمون الانسلاخ، وتسبب عجزا جنسياً للذكور، وتضعف من قدرة الحشرة على الطيران، وتؤثر هذه المادة على مدى واسع من الحشرات التي تنتمي إلى رتب مختلفة.

6- **الفيرمونات Pheromones:** كان العالمان الألماني Karlson والسويسري Luscher أول من استخدما تعبير فيرمون وهو من اللاتينية pherein (يحمل أو ينقل) و تعرف الفرمونات على أنها: مواد تنظم بيئة الحشرات على مستوى النوع الواحد حيث تفرز خارجيا من أفراد النوع الواحد لتؤثر على فسيولوجية وسلوكية أفراد النوع الواحد. تعد الفرمونات إحدى كيميائيات التواصل semiochemicals. تعمل الفرمونات في الحشرات الاجتماعية وسيلة اتصال بين أفراد الطائفة، وتحديد طبقاتها وغير ذلك من أنماط التكافل الاجتماعي، وتحدد هذه المواد مسار الحشرات الغير اجتماعية من خلال تأثيرها الكيميائي نحو الإنذار والدفاع والتجمع والتزاوج.

6-1- أنواع الفيرمونات: وتصنف الفرمونات الحشرية تبعاً لوجهات نظر متعددة:

- **حسب تأثيرها الفسيولوجي**:

1) فرمونات فورية: تؤدي هذه الفرمونات إلى استجابة سلوكية للمستقبل تزول بزوال الإشارة (فرمونات جنسية).
2) فرمونات أولية: تؤدي إلى تغيرات مستمرة لدى المستقبل (مثل المادة الملكية عند نحل العسل التي تثبط نمو مبايض شغالات النحل).

- **حسب وظيفتها البيولوجية:**

1) الفرمونات الاجتماعية Social pheromones: وتستعملها الحشرات الاجتماعية لتنظيم العلاقة بين أفراد الطائفة.

2) الفرمونات المانعة للتجمع Anti-aggregation pheromones: تستعملها بعض أنواع الحشرات لوقف تجمع الذكور والإناث في مكان معين تفادياً للخطر.

3) الفرمونات المانعة لوضع البيوض Oviposition deterring pheromones: تفرزها بعض الأنواع التابعة لرتبة حرشفيات وثنائيات الأجنحة منعاً للازدحام وحفاظاً على النوع.

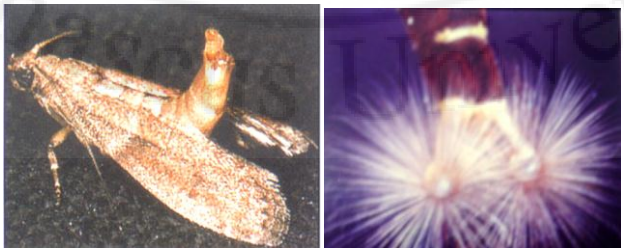
4) فرمونات تعقب الأثر Trail pheromones: تستعملها الحشرات الاجتماعية لتعليم الطريق إلى مصادر الغذاء.

5) فرمونات الإنذار Alarm pheromones: وتطلقها بعض الأفراد لتحذير أفراد النوع ذاته من وجود خطر ما.

6) فرمونات تجميعية Aggregation pheromone: تستعملها الحشرات لجذب كلا الجنسين إلى مكان ما بغرض التزاوج أو مهاجمة عائل جديد أو كلاهما.

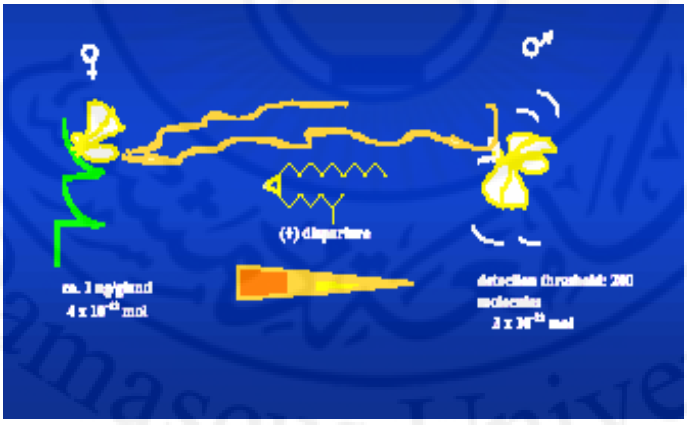
7) فرمونات جنسية Sex pheromones: تستعملها أفراد النوع الواحد بغرض التزاوج. تنتشر الفرمونات الجنسية في معظم رتب الحشرات وخاصة في رتبة حرشفيات الأجنحة Lepidoptera.

2-6- من أين يفرز الفرمون الجنسي: يفرز الفرمون من غدة توجد عند نهاية بطن الأنثى، يتم إرسال الإشارة الفرمونية بدفع الأنثى بغدة الفرمون خارج الجسم، فيتطاير الفيرمون من سطح الغدة، تحمل الإشارة الفرمونية بواسطة الرياح بعيدا عن الأنثى، ومن المحتمل أن تكرر الأنثى دفع الغدة وسحبها لذلك الإشارة الفرمونية تظهر على هيئة نبضات (شكل 20).



شكل 20.

تحتوى الإشارة الفرمونية على كيماويات عديدة بنسب تختلف على حسب النوع الحشري، لذلك الإشارة الفرمونية عبارة عن مخلوط يحمل رسالة تدل على أن هناك أنثى من النوع X على استعداد للتزاوج مع ذكر من نفس النوع، ويشبه الفيرمون رائحة العرق لدى الإنسان، تكتشف ذكور الفراشات الإشارة الفرمونية من خلال الخلايا الحسية الموجودة على الشعيرات الحسية لقرون استشعارها - ولذلك فهذه الخلايا حساسة جدا حيث يمكنها تمييز كميات صغيرة جدا - جزيئات من الفرمونات الكيماوية، وتختلف أنواع الخلايا الحسية باختلاف التركيب الكيماوي لمخلوط الفرمون، وهناك جزيء من المخ مبرمج وراثيا لتقرير عما إذا كان هذا المخلوط الكيماوي لإناث نفس النوع الحشري. تقضى الذكور فترة طويلة من الوقت تشم sniffing رائحة الفرمون وتستقر على سطح النبات وتوجه قرون الاستشعار في اتجاه الريح كما تطير بحثا عن رائحة الفرمون، عندما تجد الفرمون تطير عكس اتجاه الريح في اتجاه مصدر الفرمون موجهة على الأقل أحد قرونها في اتجاه رائحة الفرمون، مع زيادة تركيز الفرمون في الهواء يشعر الذكر باقترابه من الأنثى يطير في خط مستقيم (شكل 21).

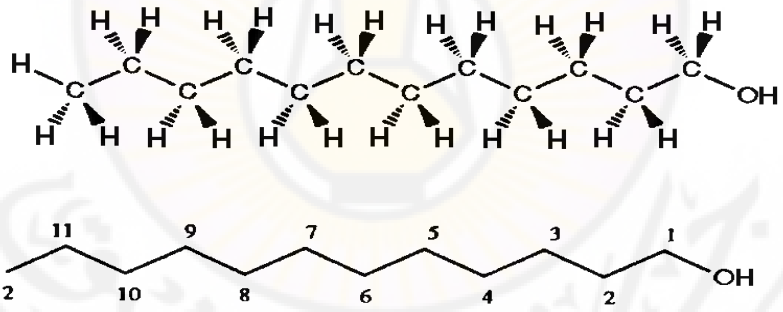


شكل 21.

يستقر الذكر بجوار الأنثى ثم تبدأ مرحلة المداعبة courtship behaviors والتي تشمل: رفرفة الجناحين wing fanning وإصدار بعض الأصوات Sound والملامسة toughting وإفراز الفرمون الذكرى release male pheromone وكل هذه

العلامات توضح للأنثى إن الذكر من نفس النوع وقد تطرد الأنثى الذكر الذي لا يؤدي علامات المداعبة جيدا. تنجذب الذكور إلى الإناث من مسافات بعيدة، وتتحدد هذه المسافة تبعاً لعوامل طبوغرافية وحركة الهواء، وتركيز الفرمون والحد الحرج لتنبيه الذكور، ومعدل إطلاق الإناث للفرمون وعمر الحشرات وتأثير التزاوج، ومعدل انتشار الفرمون في الجو والضغط الجوي والحرارة، وشدة الضوء ورطوبة الهواء وسرعة الرياح.

تفرز إناث حرشفيات الأجنحة الفرمونات بكميات قليلة جداً تقدر بالنانوغرام (واحد نانو غرام يساوي لذلك فان عزل الفرمون الجنسي يتطلب أحيانا الحصول على أعداد هائلة من الإناث، فتم استخدام 500000 أنثى من فراشة الحرير للحصول على /15/ ملغ من الفرمون، واستخدمت 2500 أنثى من فراشة الناي الفضية للحصول على 8-10 ملغ من الفرمون الجنسي له. يكون التركيب الكيميائي عبارة عن كحولات اليفاتية والدهيدات أو استرات ويبين شكل 22 الصيغة الفراغية للفرمونات.



شكل 22.

أمكن عزل الكثير من الفرمونات، وتم صناعة أكثر من /10/ مركبا فرمونيا تستخدم في مكافحة الحشرات، وأهمها:

Helicoverpa armigera

(Z)-11-hexadecenal and -(Z)-9-hexadecenal

Pectinophora gossypiella

cis cis and cis trans isomers ofhexa decadienyl acetate and (EE)-7,11-hexadecadiene-1-ol-acetate (1:1)

Spodoptera littoralis

(Z, E) 9, 11- tetradecadienyl acetate

E. insulana

(E,E)-10,12-hexadecadienal

***Lobesia botrana* (L)**

(E,Z)-7,9-dodecenyl acetate

Ceratitis capitata

4-(or 5) Chloro-2-Methylcyclohexanecarboxylic acid,
1,1-Dimethyl Ester(Trimedlure 95%)

Sesamia inferens

(Z)-11-hexadecenyl acetatz
Z)-11-hexadecen-1-ol and(Z)-11-hexadecenal (4:1:0.1)

Agrotis ypsilon

(Z)-7-dodecenyl acetate
(Z)-9-tetradecenyl acetate and(Z)-11-hexadecenyl acetate

6- 3- الاستخدامات المختلفة للفرمونات الجاذبة الجنسية:

6-3-1- المراقبة والإنذار الزراعي:

تستعمل الفرمونات الجنسية في المراقبة والإنذار الزراعي بهدف:

- تحديد عدد الأجيال والكثافة النسبية لكل جيل وانتشاره على مدار العام.
- تحديد موعد ظهور الحشرات والتغيرات التي تطرأ على أعدادها خلال مدة نشاطها.
- تحديد الميعاد المناسب للرش بالمبيدات أو استخدام وسائل المكافحة الأخرى.
- تقييم فعالية إجراءات المكافحة.

6-3-2- المكافحة:

تستخدم الفرمونات في مجال المكافحة للآفات الحشرية بثلاثة طرق :

- تشويش الاتصال الفرموني لمنع التزاوج.
- الصيد الجماعي.
- جذب الحشرات وإبادتها بطريقة الجذب والقتل.

6-3-3- تستخدم الفرمونات في الحجر الزراعي .

ثالثاً- أنواع المصائد الحشرية:

تعد المصائد الحشرية Trap insects المختلفة من أهم عناصر أي برنامج لإدارة الآفات الحشرية، حيث تستخدم المصائد لأهداف مختلفة هي:

1) حصر ودراسة ديناميكية الحشرات الضارة.

2) تستخدم المصائد الحشرية لمكافحة الآفات الحشرية بطرق مختلفة: التشويش الجنسي والصيد الغزير والجذب والقتل.

3) تستخدم المصائد الحشرية أيضا لنشر العوامل الممرضة لمكافحة العديد من الآفات الزراعية.

4) تستخدم المصائد الحشرية للتأكد من فعالية عمليات المكافحة في الحقول والمخازن المختلفة.

5) تستخدم المصائد في الحجر الزراعي لحصر وكشف وجود الآفات الحجرية التي قد تتمكن من الدخول إلى منطقة معينة.

أنواع المصائد:

1- المصائد النباتية Trap crops:

وهي عبارة عن أنوع نباتية تجذب النوع الحشري المراد مكافحته، أو تهيئ بيئة مناسبة لزيادة الأعداء الحيوية Natural enemies، التي تعمل على التغذية على الآفة بصورة أو أخرى. وتستعل المصائد النباتية لمكافحة حشرة دودة اللوز الأمريكية (دودة ثمار البندورة) *Helicoverpa armigera* (Hubner) في نيبال، حيث تم زراعة صنف الحمص Koseli في حقول البندورة كمصيدة نباتية للحشرة لوضع البيض ومن ثم إتلاف نباتات المصيدة. إن هذه الطريقة فعالة إذا استخدمت في الوقت المناسب، ويكون مردودها سلباً إذا لم يحسن تنفيذها، من جهة أخرى يمكن أن تكون المصيدة بعدد من النباتات المزروعة ولكن موعد زراعتها يختلف عن موعد زراعة المحصول الرئيسي، وينتج عن هذا الإجراء تمركز الإصابة في الزراعة المبكرة ويكفي إتلاف النباتات

المصابة قبل أن تصل النباتات الأخرى إلى الطور الجاذب للحشرة. وللمحافظة على الأعداء الحيوية الطبيعية ينصح بترك أنواع معينة من النباتات البرية حول البساتين أو الحقول لتأمين مصدر غذائي إضافي للأعداء الحيوية في حال غياب العائل الرئيسي أو تأمين ملجأ للأعداء الحيوية تلجأ إليه في حال الظروف البيئية غير المناسبة.

2- المصائد الكرتونية:

تستخدم هذه المصائد في رصد طور العذراء أو طور البيات الشتوي لبعض الآفات الحشرية التي تتعذر أو تختبئ في الشتاء في المناطق المحمية، مثل دودة ثمار التفاح *Cydia pomonella* ودودة ثمار العنب *Lobesia botrana*. تتألف المصيدة الكرتونية من طبقتن من الكرتون داخلية متموجة على شكل ZIKZAK، وطبقة خارجية ملساء، ويتم قص شرائط طولية منها بعرض (10) سم، وتلف الأفرع بعمر سنة أو الأفرع نصف الهيكلية أو الهيكلية وجذع الشجرة، بحيث يكون الجزء المموج منها باتجاه الداخل، وتربط بشريط معدني، ويمكن أن تعامل هذه المصائد بأحد المبيدات الصاعقة لقتل الأفراد المنجذبة إليها شكل 23.



شكل 23. المصائد الكرتونية.

3- المصائد اللونية اللاصقة:

أنواع المصائد اللونية اللاصقة:

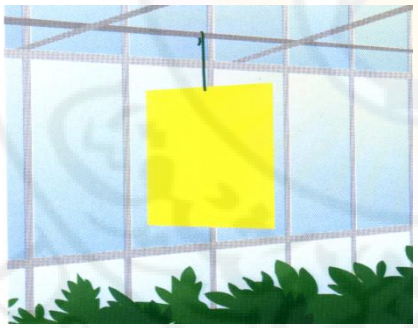
تختلف المصائد اللونية من حيث اللون والشكل ومكان تعليقها عندما تستخدم في مكافحة الآفات الزراعية داخل الزراعات المحمية.

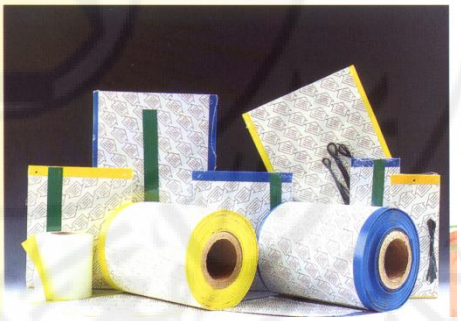
من حيث اللون تقسم المصائد اللونية اللاصقة إلى:

- المصائد اللاصقة الصفراء: وتستخدم لمراقبة ومكافحة حشرات المن والذباب الأبيض وغيرها.
- المصائد اللاصقة الزرقاء: وتستخدم لمراقبة ومكافحة حشرات التربس والبسيلا وغيرها.

من حيث الشكل تقسم المصائد اللونية اللاصقة إلى:

- ألواح مستطيلة.
- أشرطة طولية (شكل 24).





أشرطة طويلة ألواح مستطيلة

شكل 24.

تقسم المصائد اللاصقة من حيث مكان التعليق:

- ثابتة فوق النباتات.
- متحركة بجانب النباتات.

استعمالات المصائد اللونية اللاصقة:

تستخدم المصائد اللونية اللاصقة في: المراقبة والإنذار المبكر وفي المكافحة المباشرة بشكل منفرد أو مع الأعداء الحيوية.

أهم آفات الزراعات المحمية التي تكافح بالمصائد اللونية:

تستعمل المصائد الصفراء لمكافحة المَن والذباب الأبيض وذباب الفاكهة والذباب الصانع للأنفاق. وتستعمل المصائد الزرقاء لمراقبة ومكافحة الأنواع المختلفة من التربس.

الشروط اللازم توفرها في المادة اللاصقة المستعملة:

إن أهم الشروط اللازم توفرها في المادة اللاصقة هي أن تكون عديمة اللون، وعديمة الرائحة، وعديمة الانحلال في الماء، ولا تجف في الهواء، وتحتفظ بخواصها الفيزيائية تحت ظروف استعمالها.

الأسس والقواعد العامة لاستخدام المصائد اللاصقة الملونة لمكافحة الآفات الحشرية:

1- مكان وضع المصائد اللاصقة الملونة:

- توضع المصائد في مكان وجود الآفات وينصح بوضعها عند الأبواب أو أطراف البيت أو عند فتحات التهوية الجانبية وتزال المصيدة بعد اصطياد عدد كبير من الحشرات.
- توضع المصيدة: في حال المحاصيل العالية مثل الخيار والبندورة والفليفلة توضع فوق رأس النبات وترفع مع نمو المحصول، توضع المصيدة في حال المحاصيل القصيرة التربية فوق المحصول بـ 30 سم كحد أقصى.
- يمكن استعمال المصائد الصفراء والزرقاء بقياس: 25 X 10سم، 25 X 40سم.
- يوضع 5 مصائد لكل 1000 م^2 من أجل مراقبة وضبط الحشرات.
- ينصح بوضع مصيدة واحدة لكل 20 م^2 من أجل المساعدة في المكافحة .

- عندما تكون الآفة مستفحلة وعندما يراد الامتناع عن استخدام المبيدات الكيميائية بالإمكان استعمال لفافة من 300 مصيدة مغراة تسمى Rooltrap.

2- وضع المصائد اللونية اللاصقة في بيوت الزراعات المحمية:

- توضع بعد إنبات البادرات مباشرة أو زرعها في البيت وقبل أن يبدأ مجتمع الحشرة بالتزايد.
- توضع أعداد كافية من هذه المصائد لوقف تزايد مجتمع الآفة.
- تعلق بعد إزالة الغلاف الخارجي لتعريض السطح اللاصق.
- تبدل عند اللزوم (اتساخها أو امتلائها بالحشرات).

- **أهمية المصائد اللاصقة الملونة في مكافحة آفات الزراعات المحمية:**
- تسهل من عملية استعمال الأعداء الحيوية في بيوت الزراعات المحمية.
- تمكن من استعمال الحشرات الملقحة في بيوت الزراعات المحمية.
- تسمح بإنتاج خضار أو أزهار خالية من المبيدات.
- تنهي مشكلة الأثر المتبقي والآثار الصحية الضارة للمبيدات الكيميائية.

4- المصائد الضوئية:

استخدم الانتحاء الضوئي الايجابي للحشرات النشطة ليلا منذ زمن طويل وذلك لرصد التغيرات الموسمية في أعداد الحشرات ومكافحة هذه الحشرات. ومن الأهمية بمكان الأخذ بعين الاعتبار الحساسية الطيفية للأنواع المراد اصطياده ومكافحتها. ويعد الصيد الضوئي طريقة غير متخصصة نسبياً، وذلك بسبب انجذاب أنواع مختلفة من الحشرات إلى طول الموجة الضوئية نفسها. تجذب المصائد الضوئية الفراشات من مسافة أقصاها 250 متر، و يختلف ارتفاع وضع المصائد الضوئية باختلاف الحشرات.

تستخدم المصائد الضوئية لتحقيق أحد الأهداف التالية:

- اكتشاف الآفات التي تدخل إلى البلاد عن طريق وسائل النقل المختلفة.
- متابعة انتشار الآفات الداخلة حديثاً وذلك لمحاصرتها في المنطقة الموجودة فيها أو استئصالها.

- تحديد مواعيد خروج الحشرات من طور العذراء، وذلك لتوقيت عمليات المكافحة بشكل فعال ولاسيما في حالة الحشرات صعبة المكافحة كحفارات الساق مثل حفار ساق التفاح *Zeuzera Purina* وحفار ساق الذرة الأوربي *Ostrinia nubialis* وديدان الثمار وغيرها. حيث يمكن معرفة مواعيد وضع البيض ومكافحة اليرقات مباشرة بعد فقس البيض.
- تقويم عملية المكافحة بالتعرف على كثافة الحشرة قبل وبعد عملية المكافحة.
- تستخدم المصائد الضوئية وسيلة للمكافحة حيث تزود بأدوات تعمل على قتل الحشرة بعد انجذابها للضوء.

أشكال المصائد الضوئية:

تتكون المصائد الضوئية من مصدر ضوئي وهو عبارة عن مصباح قادر على إعطاء الضوء بطول موجة وشدة معينة حسب الآفة المطلوب مكافحتها ضمن صندوق زجاجي لجمع وقتل الحشرات، ويوجد فتحة في الصندوق ومغطاة بقمع يسمح بدخول الحشرة ويمنع خروجها.

وتم تصميم عدة أنواع وأشكال من المصائد تختلف فيما بينها بما يأتي :

- تصميم المصيدة
- نوع المصباح المستخدم
- شدة الضوء
- نوع الأشعة وتأثيرها في جذب الحشرات
- الأشعة فوق البنفسجية أكثر فاعلية في جذب الحشرات في حين لا تجذب الأشعة تحت الحمراء إلا أعداد بسيطة.

أهم أنواع المصائد الضوئية:

أ- مصائد تستعمل فيها المادة اللاصقة كوسيلة لقتل الحشرات.

ب- مصائد تسقط بواسطتها الحشرة المنجذبة في الماء.

ت- مصائد ضوئية يستخدم فيها التيار الكهربائي لصعق الحشرات.

ث- مصائد ضوئية تستخدم لجذب الحشرات على مسطحات مرشوشة بالمبيدات السامة.

ج- حسب الهدف من الإستعمال هناك نوعان من المصائد الضوئية:

- مصائد لإكتشاف وتحديد حجم المجتمع الحشري: وفي هذه الحالة يحافظ على الحشرات المصطادة بحالة جيدة وغير مشوهة حتى يتمكن الفاحص من التعرف عليها، ولذلك توضع مادة سامة سريعة التأثير مثل سيانيد الكالسيوم أو خلات الايثيل. توضع المصائد في أماكن معينة ويتم الكشف عن محتواها خلال فترات زمنية معينة، ثم تحدد كثافة كل حشرة، وتعطى المعلومات المتحصل عليها عن كثافة الآفة للمختصين لاتخاذ الإجراءات اللازمة.
- مصائد مكافحة الحشرات: وتجهز المصيدة بوسائل قادرة على قتل الحشرة المنجذبة، ويوجد نوعان من هذه المصائد، مصائد مروحية ومصائد كهربائية. تزود المصائد المروحية بمراوح تسحب الحشرات للداخل حيث يوجد قمع يؤدي إلى برميل يحوي مادة قاتلة، تتجمع فيه الحشرات وتموت. وبعض المصائد تسبب موت الحشرة عند اصطدامها بالمروحة. أما المصائد المكهربة فيتم تركيب المصباح الضوئي ضمن شبكة أسلاك مكهربة أو على صفيحة معدنية تحيط بالمصدر الضوئي. استخدمت هذه المصائد في مكافحة حفار ساق الذرة الأوربي وحفار ساق الذرة المتوسطي *Sesamia nonagriodes* وخنفساء القرعيات *Epilachna chrysomelhna*.

شروط استخدام المصائد الضوئية في مكافحة الآفات الحشرية:

يتوقف نجاح عملية مكافحة الحشرات الضارة بالمصائد الضوئية على بعض العوامل وأهمها:

1) يجب أن لا تقل المساحة المعاملة عن 100 كم^2، وتكون نتائج المكافحة أفضل كلما زادت المساحة المعاملة بالمصائد.

2) تزداد فعالية الطريقة مع زيادة عدد المصائد في وحدة المساحة.

3) يجب أن تكون كثافة الآفة منخفضة.

4) تزداد فعالية هذه الطريقة بوجود حواجز طبيعية كالجبال والصحارى والغابات والبحار.

5) تزداد فعالية المكافحة مع زيادة فترة استخدام لمصائد.

6) استخدمت في الصين المصائد الضوئية ذات الأمواج المضاعفة لرصد ومكافحة دودة اللوز الأمريكية، وأدى ذلك إلى انخفاض كمية البيض الموضوع للجيلين الثالث والخامس بنسبة 75.4- 88.28% على التوالي في الحقول التي وضعت فيها المصائد. كما تم استخدام المصائد الضوئية في باكستان في بساتين وحقول التفاح والبندورة والبازلاء، وأدت المصائد إلى انخفاض نسبة الإصابة بالحشرات الضارة.

5- مصائد الطعوم والجاذبات الغذائية:

المبدأ : جذب الحشرات باستخدام مواد غذائية مختلفة ضمن مصائد خاصة، تعمل المواد الغذائية الجاذبة والروائح المنبهة كبديل للمكونات الغذائية في الطعام الملائم. تمتاز مصائد الطعوم والجاذبات الغذائية بقدرتها على جذب الذكور والإناث لحشرات مختلفة وخاصة من رتبتي حرشفيات الأجنحة Lepidoptera ورتبة ثنائيات الأجنحة Diptera وخاصة ذبابتي الخل والفاكهة. تعتمد مصائد الطعوم الجاذبة على مادة جاذبة تنجذب إليها الحشرة. تعمل المواد الجاذبة للتغذية والروائح المنبهة كبديل للمكونات الغذائية في الطعام الملائم مثل روائح الأزهار للحشرات التي تتغذى على الرحيق، والزيوت الأساسية للحشرات أكلات النبات، والنواتج المتحللة والمتعفنة بالنسبة للحشرات الرمية، والماء وثاني أوكسيد الكربون وحمض اللاكتيك للحشرات الماصة للدماء.

المواد المستخدمة في المصائد الغذائية الجاذبة:

- بيوفوسفات الأمونيوم : تستخدم لجذب العديد من ذباب الفاكهة.
- الفواكه المخمرة.

- هيدروليزات البروتين.
- العسل المخمر.
- المحلول السكري العادي.
- محلول المولاس مضاف إليه خميرة.

أنواع مصائد الطعوم والجاذبات الغذائية:

تقسم مصائد الطعوم والجاذبات الغذائية حسب نوع المادة الجاذبة أو الطعم السام إلى:

- مصائد تستعمل فيها الطعوم الجافة (شكل 25).



شكل 25. مصائد الطعوم والجاذبات الغذائية تستعمل فيها طعوم جافة.

- مصائد تستعمل فيها المواد السائلة: ومنها مصيدة ماكفيل. تتألف مصيدة ماكفيل من علبة اسطوانية بلاستيكية ذات قسمين، قسم علوي شبه مخروطي وهو عبارة عن بلاستيك شفاف يبلغ قطر قاعدته العلوية في نقطة تعليق المصيدة 11سم، وقطر قاعدته السفلى 14سم، ويمكن فصل القسمين لوضع الطعم الجاذب أو لتنظيف المصيدة. والقسم السفلي عبارة عن شبه مخروط بلاستيكي فيه فتحة سفلية مخروطية وملون بالأصفر كعنصر جذب إضافي. يحوي القسم السفلي في أسفله فتحة مخروطية الشكل باتجاه الداخل قطرها الخارجي 7.5سم والداخلي 4.5سم، ويبلغ طول القمع السفلي 7سم، يتم ملئ الجزء السفلي من المصيدة بالمادة الجاذبة التي تختلف حسب الآفة المستهدفة (شكل 26).



شكل 26. مصائد الطعوم والجاذبات الغذائية تستعمل فيها طعوم سائلة.

- مصائد تستعمل فيها المواد اللاصقة (شكل 27).





شكل 27. مصائد تستعمل فيها المواد اللاصقة.

6- المصائد الفرمونية:

أدى التعرف على التركيب الكيميائي للكثير من الفرمونات إلى إنتاج الفرمونات الصناعية، مما أدى إلى دفع بعض شركات المبيدات إلى تصنيع العديد من المصائد الفرمونية للكثير من الحشرات. هناك نماذج عديدة من المصائد التي تستعمل في دراسة ديناميكية الحشرات أو مكافحتها، وقد روعي عند تصميم هذه المصائد التفهم الكامل للآفة، والعلاقة الكمية بين حصيلة النموذج منها وكثافة الآفة المراد مكافحتها أو دراستها. وتتألف المصيدة الفرمونية من:

جسم المصيدة: يختلف جسم المصيدة من حيث الشكل واللون والحجم: فمن حيث الشكل هناك أنواع مختلفة من هذه المصائد منها:

- مصيدة دلتا: وهي تتألف من سطحين كرتونيين لهما شكل معين مسطح ذا وجهين علوي يقي المصيدة والفرون من عوامل الحرارة والطقس، وسطح سفلي يحوي مادة لاصقة على وجهه الداخلي وقد قسم هذا الوجه إلى مربعات صغيرة تسهل عملية العد، ويرتبط الوجهان السفلي والعلوي بشريط معدني رفيع يمكن تعليق المصيدة من خلال نهايته العلوية (شكل 28).



شكل 28.

- المصائد المجنحة ومصائد ذات الشكل الاسطواني ومصائد لاصقة عارية والمصيدة القمعية والمصيدة الشريطية ومصيدة لندغرن القمعية ومصيدة مسبار الحبوب ومصيدة الخيمة والمصيدة المائية وغيرها (شكل 29).



مصائد قمعية



مصائد لاصقة عارية



مصائد مجنحة






مصائد ذات شكل اسطواني




مصيدة لندغرن القمعية Funnel trap




Water trap Sleeve trap

شكل 29.

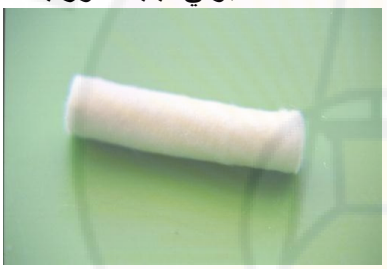
- **أداة تحرير المادة الجاذبة:** تختلف الوسائل المستعملة لتحرير الفرمونات وذلك تبعا للهدف من استخدام المصيدة الفرمونية، و يبين شكل 30 أهم أنواع وسائل تحرير المادة الجاذبة.



السدادات المطاطية



أسلاك البولي فينيل كلورايد





فلاتر السجائر Cigarettes filter

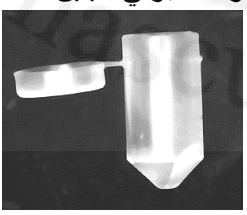


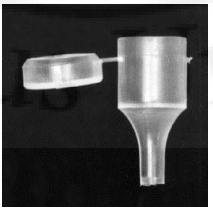




عبوات البولي اتيلين

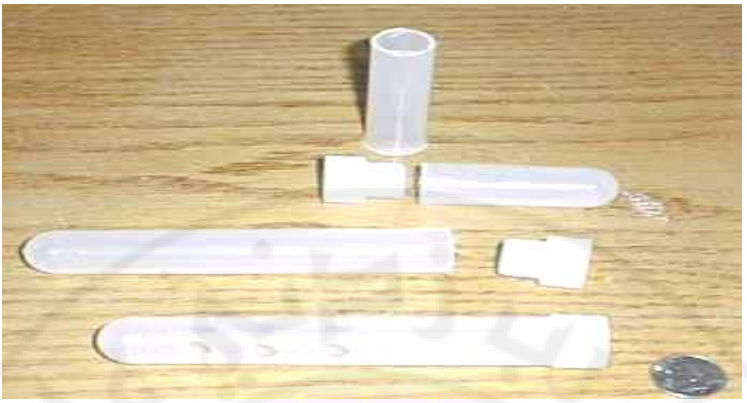
Dental roll







Beem capsules



أنابيب البولي اتيلين Polyethylene tube
شكل 30.

وسيلة الاصطياد: تستخدم مواد مختلفة كوسائل اصطياد وهي:

1) مواد سامة.
2) سائل مخفض للتوتر السطحي.
3) مادة لاصقة.

استعمال المصائد الفرمونية في مراقبة مجتمعات الآفات الزراعية:

يهدف استخدام الفرمونات في مراقبة مجتمعات الآفات الزراعية إلى الاستدلال على وجود الحشرة في المواقع المختلفة، أو لمراقبة ديناميكية كثافة حشرة قبل أن يصل تعدادها إلى مستوى الضرر الذي تحدثه كآفة حشرية، ويعد هذا الإجراء ضرورة ملحة لأي برنامج لإدارة الآفات الحشرية. إذ لابد من توافر معلومات دقيقة عن ديناميكية تعداد الآفة لاختيار أنسب توقيت وأفضل وسيلة للمكافحة بأقل تكلفة ممكنة. ولابد تحت ظروف مراقبة ديناميكية الآفات بالمصائد الفرمونية تأكيد العلاقة الكمية بين نتائج التعداد والحد الحرج الاقتصادي للآفة.

مزايا استعمال المصائد الفرمونية في مراقبة مجتمعات الآفات الزراعية:

تتميز المصائد الفرمونية بكفاءة عند استخدامها في دراسة ديناميكية أي مجتمع حشري، وهي تتفوق على جميع الطرق الأخرى مل المصائد الضوئية ومراقبة كافة البيوض وحساب المجموع الحراري الفعال، وذلك لأن المصائد الفرمونية حساسة

ومتخصصة. إذ إنها تحفز السلوك الطبيعي للكائن الحي المقصود، وتجذب النوع المتخصصة له على الأغلب فقط. وتتميز المصائد الفرمونية بسهولة الاستعمال وعدم حاجتها إلى مختصين.

إن النتائج التي يتم الحصول عليها بواسطة المصائد تبقى نسبية فيما يخص حركية وكثافة مجتمع الآفة لأنها تقع تحت تأثير عدد من العوامل ولاسيما الخصائص البيولوجية للآفة، لذلك تتطلب الاستفادة من نتائج المصائد الفرمونية معرفة دقيقة وفهم كافٍ للخصائص البيولوجية للآفة التي من أهمها:

- ✓ النسبة الجنسية.
- ✓ هل تظهر الذكور والإناث في الوقت نفسه؟
- ✓ هل يهاجر كلا الجنسين معاً؟
- ✓ أماكن التشتية.
- ✓ فترة ما قبل الإباضة.
- ✓ مدة تطور البيوض في الظروف الحقلية.

رابعاً ـ تطبيقات الأنظمة الفرمونية في الكشف عن الآفات:

1- الإنذار المبكر عن وجود الآفات الحشرية، وتتميز الأنظمة الفرمونية المستخدمة في الإنذار المبكر بالمميزات الآتية:

- ❖ قدرة فائقة على وجود وانتشار الآفات الحشرية.
- ❖ تمكن من تحديد نشاط الآفات بدقة متناهية.
- ❖ تتميز بكفاءة عالية في الكشف عن الآفات بوقت مبكر وأعلى من كفاءة جميع الطرق الأخرى المتبعة.

2- دراسة الانتشار الجغرافي للآفات: تستخدم المصائد الفرمونية في الكثير من مناطق العالم في دراسة الانتشار الجغرافي للآفات وتحديد مناطق انتشارها، وتتميز هذه الطريقة بالمميزات الآتية:

- ❖ أقل كلفة من أي وسيلة أخرى.

- ❖ أكثر فعالية من أي طريقة أخرى.
- ❖ مناسبة جداً لآفات الغابات حيث يصعب استعمال الوسائل الأخرى.
- ❖ مكنت من الكشف عن وجد فراشة العذر في أجزاء من الولايات المتحدة كان يعتقد أنها خالية منها.

3- الحجر الزراعي: تستخدم المصائد الفرمونية لمسح تحديدي مباشر لآفات الحجر الزراعي، حيث تجهز المرافئ والموانئ الجوية وسوق الخضار والفاكهة والأماكن الأخرى التي يشك بدخول الحشرات عن طريقها، بشبكة دائمة من المصائد الفرمونية، وتتميز هذه الطريقة في تحديد آفات الحجر الزراعي بما يأتي:

- ❖ مناسبة جداً للكشف عن وجود الآفات المدخلة التي قد يصعب كشفها بالوسائل التقليدية.
- ❖ تؤدي المصائد الفرمونية خدمة لا تضاهي في مجال الحجر الزراعي، فعدم اصطياد آفة ما في المصائد الفرمونية يعد دليلاً أكيداً على عدم وجودها.

4- تشويش الاتصال الفرموني Mating Disruption:

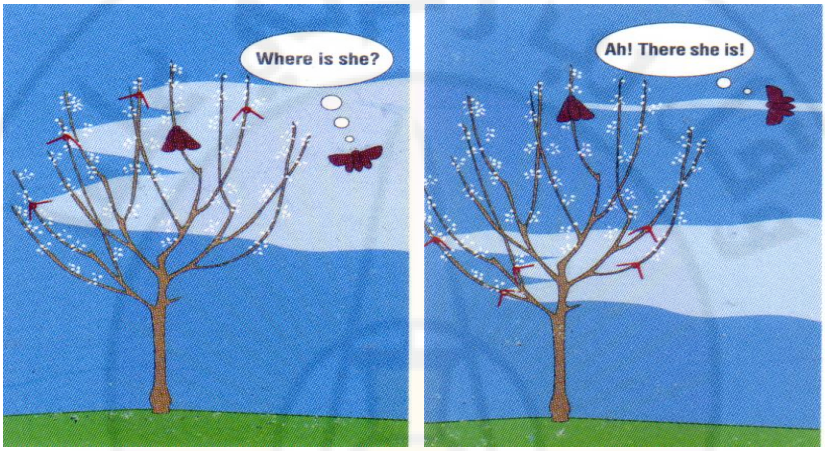
مبدأ آلية تشويش الاتصال الفرموني :

يعتمد أسلوب تشويش الاتصال الفرموني على تثبيط الاتصال الكيميائي بين جنسي الحشرة تحت الظروف الطبيعية مما يحول دون استمرارية التزاوج والتكاثر ويتم ذلك بإطلاق تركيز عالي من الفرمون الأنثوي بوسط انتشار الآفة مما يشيع بالهواء كمية كبيرة من المادة الفرمونية تكفي لتقويض الاستجابة الطبيعية للذكور نحو الإناث غير الملقحة والمتاحة لهذا الوسط.

آلية التشويش:

تهدف عملية التشويش إلى منع وصول الذكر إلى الأنثى لإحداث عملية الزواج وبالتالي ركز الكثير من علماء الحشرات على عرقلة طيران الذكر ضد الريح وبالتالي عرقلة عملية التزاوج. إن عملية التشويش عن طريق نشر غيمات الفرمون بكميات كبيرة وبشكل غير منظم يؤثر على النظام الحسي للذكور ويصبح نظامه غير فعال وبالتالي لا

يستجيب للفرمون المطلق من الأنثى. إن نشر الفرمون بكميات كبيرة يؤثر على المستقبلات الشمية الموجودة على قرون الاستشعار بحيث أن عدد النبضات عند استقبال الفرمون الطبيعي هي خمس نبضات في الثانية، وعند نشر الفرمون بكميات كبيرة تعرقل هذه العملية وتفقد الذكور خاصية التوجه إلى الفرمون ومن ثم لا تحدث عملية التزاوج (شكل 31) .



شكل 31. تشويش الاتصال الفرموني.

إن تثبيط الاتصال الكيميائي بين الجنسين نتيجة وجود كمية كبيرة من المادة الفرمونية يحدث نتيجة:

1) **الإعياء الحسي:** يحدث للذكور نتيجة التعرض المستمر لتركيزات فرمونية عالية تعلو مستوى أدنى معين كبحاً كاملاً للمستقبلات الحسية بقرني استشعار الذكور، فيؤدي ذلك إلى تعب حسي لا تتيح للذكر فترة كافية للبحث عن الأنثى رغبة في التزاوج، جرب ذلك عند إمرار الذكور في النفق الهوائي المشبع بالفرمونات ولوحظ بأن الذكور تبتعد عن المكان وتختفي وتقوم بحركات غير طبيعية، وهذا بالضبط ما تقوم به الذكور بالحقل عندما ينشر الفرمون بكميات كبيرة مما يؤدي إلى تشويش عمليات التزاوج.

2) **المنافسة ما بين المصادر الطبيعية والصناعية للفرمونات:** عندما لا تصاب الذكور بالتعب الحسي فإنها عادةً تنجذب إلى الفرمون الصناعي بدلاً من الفرمون

المفروز من الإناث الطبيعية، وأشارت الدراسات إلى أن هذه الطريقة يجب أن تطبق عند وجود كثافة منخفضة للآفة وإناث قليلة، وينشر الفرمون الصناعي بالطرق المختلفة مما يؤدي إلى جذب الذكور إلى الفرمون الصناعي.

3) **عدم تمييز غيمة الفرمون الطبيعية المفرزة من قبل الإناث:** عند تشبع المحيط الهوائي بهذه المركبات يحول ذلك دون تحديد موقع الجنس الآخر. إن نشر الفرمون الصناعي بكميات كبيرة سيؤدي إلى انتشاره في الهواء والريح مؤدياً إلى إخفاء غيمة الفرمون المفرزة من الإناث الطبيعية، وبالتالي إن تداخل الفرمون الصناعي مع الرياح والضباب يؤدي إلى عدم استجابة الذكور للفرمون الأنثوي الطبيعي وبالتالي لا يستجيب الذكر إلى الالتقاء مع الأنثى مما يؤدي إلى تشويش عملية التزاوج.

4) **التأثير على مستوى التوازن الحسي:** يتم استخدام مزيج من الفيرمونات الطبيعية وتنشر بكميات كبيرة في الحقول وبالتالي تؤدي هذه العملية إلى عدم التوازن الحسي وإعاقة عملية التزاوج وعرقلتها بالإجهاد الحسي.

5) **التضاد ما بين الفرمونات الطبيعية والصناعية:** تعتمد هذه التقنية على الفرمونات الصناعية المشابهة للفرمونات الطبيعية وتنشر بكميات كبيرة، تقوم الفرمونات المنشورة بكميات كبيرة بمنع أو حجب أو اعتراض الإشارة الفرمونية الصادرة عن الإناث ما يحول دون اكتشاف الذكور للإناث الفتية غير الملقحة وإعاقة عملية التزاوج.

الشروط العامة الواجب توافرها عند استخدام طريقة تشويش الاتصال الفرموني لمكافحة الآفات:

يتطلب استعمال الفرمونات الجنسية في تشتيت الاتصال الجنسي للحشرات معلومات مكثفة عن:

1) مكان التطبيق:

يجب أن لا تقل المساحة التي ستجرى بها العملية عن /10/هكتارات ويجب أن يكون شكل المكان مربع أو مستطيل، لأن التزاوج عند تطبيق هذه الطريقة يمكن أن

يحدث في أطراف الحقل ولذالك لا يمكن أن تطبق هذه الطريقة على مساحات طويلة وضيقة أو عدة صفوف أو نباتات مزروعة في حدائق عامة أو منزلية، كما يفضل أن تكون منطقة التطبيق معزولة جغرافيا. معزولة بحيث تكون الآفة موجودة على نوع غذائي محدد واحد بحيث لا تترك المكان عند معاملته بالفرمونات .

2) بيولوجية وسلوكية الحشرة:

من المفيد معرفة سلوك التزاوج لدى الحشرة قبل تطبيق هذه العملية، فقد توجد عوامل أخرى غير فرمونية قد تسهم في إتمام التزاوج، ومن المفيد أيضاً معرفة مكان التزاوج وذلك لاختيار المكان المفضل لوضع المستحضرات الفرمونية في حالة التطبيق اليدوي، ويجب معرفة الفترة التي تكون فيها الحشرة أكثر نشاطا، ومعرفة نشاط طيران الحشرة والمسافة التي يمكن أن تطير إليها وعدد المرات التي تتلقح بها الحشرة وعدد الإناث التي يلقحها ذكر واحد والخصوبة الكلية للحشرة وطريقة الخروج من طور السكون، ومن المفيد أيضا معرفة العوائل التي تهاجمها الحشرة .

3) كثافة الآفة:

من المفضل أن تكون كثافة الآفة المراد مكافحتها بطريقة تشويش التزاوج منخفضة، لأن الكثافة المرتفعة للآفة قد يؤدي إلى حدوث التزاوج العشوائي حتى بوجود التركيز العالي للفرمون، وفي حال تطبيق الطريقة على آفة ذات كثافة عالية لا بد من خفض كثافة الآفة باستخدام الطرق الزراعية والكيميائية المناسبة. إن الكثافة العالية للإناث في الحقل قد تؤدي إلى عدم نجاح عملية المكافحة بالتشويش لأن الذكور تصل إلى الإناث دون أن تصاب بإعياء حسي حيث تقوم الإناث بإفراز كميات مناسبة من الفرمانات تستطيع جذب الذكور.

4) حقائق عامة عن الفرمون:

- يجب معرفة الوسيلة التي ينشر بها الفرمون بموقع سكن الآفة أفقيا ورأسيا.
- يجب التحقق من التركيز اللازم لتشبع المستقبلات الحسية لدى الذكور بالفرمون مما يدفع بتشتيت التزاوج، وعند استخدام تقنية التشويش ينشر الفرمون بتركيز يزيد 10

جزيء/سم3 من الهواء عن التركيز اللازم لتشبع المستقبلات الحسية لدى الذكور بالفرمون.

- يجب أن تتجزأ الفرمونات المستخدمة فور ملامستها للنبات.

تطبق العملية قبل فترة الطيران الأعظم للذكور وبعد فترة الطيران الأعظم للذكور.

العوامل المؤثرة على نجاح طريقة تشويش التزاوج:

أ- **كثافة الآفة:** تشير بعض الأبحاث إلى أن نجاح عملية مكافحة الآفات الزراعية بطريقة تشويش التزاوج تكون ناجحة عندما تكون كثافة الآفة منخفضة، وذلك لأن احتمال الالتقاء العشوائي بين الجنسين يكون في هذه الحالة قليلاً أو معدوماً، وينصح باتباع هذه الطريق لمكافحة فراشة الغجر عندما يكون عدد كتل بيض الحشرة 20 كتلة في الهكتار الواحد.

ب- تركيز الفرمون: إن زيادة تركيز الفرمون يؤدي إلى زيادة فعالية المكافحة بطريقة تشويش التزاوج، وأشارت الأبحاث إن تركيز للفرمون بمقدار 50ملغ/ هكتار يؤدي إلى تشتت التزاوج بنسبة أكثر من 93% لمدة /7/ أسابيع بعد المعاملة.

ت- شكل المستحضر: يؤثر شكل المستحضر على فعالية هذه الطريقة.

ث- **زمن المعاملة:** لوقت المعاملة أهمية كبيرة في نجاح عملية المكافحة بطريقة تشويش التزاوج وأنسب وقت لتطبيق هذه الطريقة قبل وبعد الانبثاق الأعظم للذكور.

ج- الفعالية الأنثوية: يجب أن تكون الفرمونات المستخدمة في عملية التشويش أكثر فاعلية من الفرمونات الطبيعية التي تطلقها الإناث وبالتالي لا بد من معرفة نسبة الإطلاق القصوى للفرمونات وليس النسب الوسطى فقط وكل هذا يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار عند تطبيق هذه الطريقة.

ح- يجب أن يستخدم الفرمون الصناعي بالتركيزات التي تكون الذكور أكثر استجابة لها ، ويجب أن ينشر الفرمون في الوقت من اليوم الذي يكون فيه الذكر أكثر استجابة وهذا يرتبط بنوع الآفة المستهدفة .

5- الصيد الجماعي للحشرات:

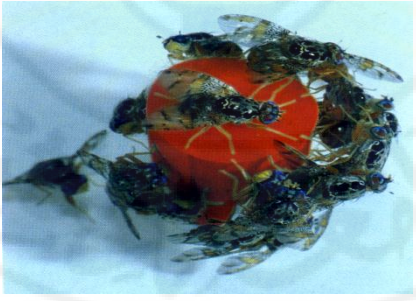
الصيد الغزير للآفات الحشرية: هو طريقة بديلة للقتل الجماعي للآفات باستعمال المبيدات الكيميائية. تقوم هذه الإستراتيجية على فكرة وضع المادة الجاذبة ضن مصائد مناسبة ثم القضاء على الحشرات التي تم اصطيادها بواسطة مبيد حشري مناسب.

تستعمل هذه الطريقة لمكافحة :

1) الحشرات ذات القدرة العالية للاستجابة للمواد الجاذبة (فرمونية أو غيرها).
2) الحالات التي يصعب فيها استعمال المبيدات أو يكون استعمالها غير مرغوب فيه (أسباب بيئية أو صحية).
3) الحالات التي يكون الهدف منها التقليل من الإصابة وليس إنهاءها كلياً.
4) الحشرات التي تمتلك سلوكاً معيناً .

مبدأ هذه الطريقة:

تعتمد هذه الطريقة على إزالة نسبة كافية من المجتمع الحشري، باستعمال مصائد تعتمد على المواد الجاذبة (فرمونية أو غير فرمونية)، بحيث يُخَفَّضُ المجتمع الحشري إلى ما دون المستوى الذي يؤدي إلى الضرر الاقتصادي (شكل 32) .



شكل 32.

العوامل المؤثرة في نجاح المكافحة بالصيد الغزير:

1. توفر المادة الجاذبة الفعالة من الأهمية بمكان أن يكون الجاذب المستعمل قادراً على جذب الإناث أو كلا الجنسين معاً، فتخفيض عدد الإناث يخفض حتماً المجتمع الحشري ويؤثر بشكل فعال على معدل تكاثره الطبيعي.

2. توفر نظام اصطياد فعال: لا تزيد فعالية المصائد المستعملة حاليا عن 10% لذلك فإن إجراء بعض الأعمال التطويرية على أنظمة صيد الحشرات المتوفرة حالياً، يمكن أن يُحسن أداء هذه الطريقة بشكل كبير ويجعل من الصيد الجماعي للحشرات خياراً جيداً للمكافحة. وقد بينت النتائج الحديثة أهمية الجاذبات البصرية في اصطياد فراشة طحين البحر الأبيض المتوسط، في المصائد الفرمونية القمعية، إذ وجد أن وضع قصاصات ورقية بطول 7.5 سم ومتدلية بشكل عمودي على مدخل المصيدة، أدى إلى زيادة كفاءتها بنسبة تزيد عن 100.%

3. كثافة المجتمع الحشري: هذه الطريقة أكثر فعالية في مكافحة الآفات الحشرية ذات المجتمع الحشري المنخفض إلى المتوسط، ويصعب استعمالها لمكافحة المجتمعات الحشرية ذات الكثافة العالية.

6- مكافحة الآفات الحشرية باستعمال إستراتيجية الجذب والقتل:

تختلف إستراتيجية الجذب والقتل عن الصيد الجماعي بأن الحشرات، بعد جذبها بفعل الفرمون أو أية مادة جاذبة أخرى، تتعرض للقتل أو التعقيم بوسيلة ما تزيلها كلياً من المجتمع الحشري (شكل 33).



شكل 33.

المبدأ الأساسي لإستراتيجية الجذب والقتل:

تعتمد هذه التقنية على مكونين اثنين هما:

1. مادة جاذبة أو لون معين تنجذب له الحشرة أو كلاهما معاً.
2. ومادة قاتلة تقوم بالقضاء عليها بشكل مباشر (قتل) أو غير مباشر (تعقيم).

جدول 13. أهم المواد الجاذبة والقاتلة المستعملة في مكافحة الآفات:

المادة الجاذبة		المادة القاتلة	
نوع المادة	مثال	طريقة القتل	مثال
الفرمونات	الفرمونات الجنسية	القتل المباشر	• المصائد المختلفة بأنواعها
الكرمونات	رائحة العائل		• الشباك الكهربائية
الأليلوبيمات	روائح المواد غير الحية		• السطوح المعاملة بالمبيدات
البارافرمونات	الميثيل يوجينول- الكريمدل		
الضوء	الأشعة فوق البنفسجية	القتل غير المباشر	• طرد الحشرات عن المحصول
الألوان	اللون الأصفر يجذب المن والذباب الأبيض		• تعقيم الحشرات
			• العدوى بالمرضات
الأجسام	الأجسام الكبيرة السوداء تجذب الذباب وخاصة ذبابة الثوم		• الحصاد أو الأعمال الزراعية المناسبة

الجذب والقتل في مكافحة الذباب:

- ذبابة فاكهة البحر الأبيض المتوسط *Ceratitis capitata*: استعملت الطعوم السامة منذ الخمسينات في مكافحة أنواع مختلفة من ذباب الفاكهة وخاصة ذبابة فاكهة البحر الأبيض المتوسط. ومكن ذلك من تقليص عدد الأشجار (أو المساحة) المعاملة من الحقل إلى حد كبير (نحو 20%)، بدلاً من معاملة الحقل بكامله، بحيث تنجذب الحشرات إلى المادة الجاذبة المطعمة بالمبيد وتموت نتيجة لملامستها لها أو تغذيها بها. أدى استعمال هذه الطريقة إلى تخفيض كميات المبيدات التي تضخ سنوياً في النظام البيئي وأسهمت في التقليل من التلوث البيئي بالمبيدات إلى حد بعيد. ولكن وجد أن هيدروليزات البروتين تجذب أنواعاً عدة من الحشرات، الضار منها والنافع، مؤثرة بشكل سلبي في الأعداء

الحيوية في الحقل المعامل. دفع هذا إلى البحث عن جاذبات أكثر تخصصاً كالجاذبات الجنسية مثل الترايمدلر (Trimedlure).

يستعمل هذا الجاذب اليوم لمكافحة ذبابة فاكهة البحر الأبيض المتوسط وذلك عن طريق استعماله في المصائد المختلفة لصيد الذكور، أو مع هيدروليزات البروتين لصيد الذكور والإناث. حضر هذا المركب أيضاً على شكل عجينه مع مبيد قاتل شديد الفعالية، ويوضع، على شكل نقاط عدة، على الأشجار فتنجذب إليها الذكور وتموت لمجرد ملامستها.

- ذبابة ثمار الزيتون *Bactrocera oleae*: رغم الفعالية العالية للطعوم السامة في مكافحة هذه الآفة، فإن افتقارها إلى الانتخابية في جذبها للحشرات أدى إلى البحث عن ورسائل أكثر تخصصاً وأقل ضرراً للنظام البيئي. أدى اكتشاف الفرمون الجنسي لذبابة الزيتون (1.،7 dioxaspiro [5.5] undecane) إلى التفكير باستعماله جاذب انتخابي لهذه الحشرة بدلاً من هيدروليزات البروتين. استعملت المصائد الفرمونية اللونية (مصائد صفراء) لمكافحة ذبابة ثمار الزيتون، وقد أثبتت هذه الطريقة فعاليتها في مكافحة هذه الحشرة، خاصة عندما يكون مجتمعها منخفضاً. ولكن كان هناك مشكلتين رئيسيين في استخدام هذه المصائد وهما: امتلاء المصائد بالحشرات خلال فترة زمنية قصيرة وانجذاب الأعداء الحيوية إلى هذه المصائد بتأثير اللون، ولذلك طورت خلال السنوات العشر الماضية، وسائل جديدة تعتمد على استعمال ألواح من الخشب أو الكرتون مشبعة بمبيد شديد الفعالية (دلتامثرين) وطعمت هذه الألواح بأملاح الأمونيوم (كجاذب كيميائي) أو الفرمونات (كجاذب جنسي)، بمعدل لوح واحد (مصيدة) مطعم بالفرمون الجنسي مقابل لوحين أو مصيدتين مطعمتين بالجاذب الغذائي. وخُفض عدد الألواح المطعمة بالفرمون الجنسي هنا لأن الفرمون يؤثر على مسافات بعيدة 60- 80م، في حين أن الجاذب الغذائي يؤثر على مسافات أقل بكثير 15- 20 م. تنجذب الذكور والإناث إلى هذه الألواح أو المصائد بفعل تأثير الجاذب الجنسي (فرمون) والكيميائي (أملاح الأمونيوم) وتؤدي ملامستها للمبيد إلى موتها المحتم .توزع هذه الألواح في الحقل عند بدء نشاط

الحشرة في فصل الصيف (بداية حزيران) وتستمر فعاليتها حتى الخريف حيث تؤدي الحرارة المنخفضة إلى التقليل من نشاطها. حُضرت أيضاً مركبات قابلة للرش من هذا الفرمون تخلط مع المبيد وبشكل تحرر فيه المادة الفعالة طوال مدة فعالية المبيد، وذلك عن طريق تغليف الفرمون بكبسولات ميكرونية من نوع بولي يوريا Polyurea- type أوحبيبات ميكرونية ضمن بوليمرات Polymerentsaped micro-beads.

- تخلط هذه المستحضرات الفرمونية مع المالاثيون أو الديمثوات، وترش على الأشجار سواء من الطائرات أو بوسائل الرش الأرضي.
- تقوم الطائرات في الرش الجوي بمعاملة أشرطة من الحقول بعرض 20 متراً كل 100متراً، وبذلك يتم رش 20% من المساحة الإجمالية للمحصول فقط.
- أما في المكافحة الأرضية، فيمكن استعمال مرشات محمولة بوساطة جرارات لرش الجزء الجنوبي لكل خط من الأشجار أو برش متر مربع واحد في الجزء الجنوبي من كل شجرة في حالة استعمال المرشات الظهرية.

الجذب والقتل في مكافحة الفراشات:

- عثة ثمار التفاح *Cydia pomonella*: أدى اكتشاف الفرمون الجنسي الخاص بفراشة ثمار التفاح في بداية السبعينات إلى تطورات هامة جداً في مكافحة هذه الآفة، فقد استعمل هذا الفرمون بدايةً لتحديد موعد ظهور هذه الحشرة والكثافة النسبية لمجتمعها والحاجة إلى المكافحة وتوقيتها بدقة، وقد أدت هذه المصائد ومازالت تؤدي دوراً جيداً في هذا المجال. استعمل أيضاً للمكافحة المباشرة لهذه الحشرة عن طريق مزجه مع مادة سامة شديدة التأثير Deltamethern، ومواد واقية أخرى، وحُضرت على شكل معجونة ضمن أمبولات بلاستيكية ومجهزة بآلية يتم ضغطها باليد لإخراج المادة من العبوة على شكل نقاط محددة الحجم والوزن. أظهرت هذه الطريقة فعالية عالية في مكافحة هذه الآفة خاصة عندما تكون كثافة مجتمعها منخفضة إلى متوسطة. يؤدي الفرمون الموجود في المادة إلى جذب الذكور إلى تلك النقاط، يوضع عدد محدد من هذه النقاط على الأشجار في بداية الربيع وتكرر المعاملة وفقاً لعدد الأجيال، وتؤدي ملامسة الذكر للمادة إلى

حصوله على جرعة كافية من المبيد لقتله، وبالتالي حرمان الإناث من التزاوج مما ينتج عنه وضع بيوض غير مخصبة.

7- مكافحة آفات المخازن:

تعد الحشرات التي تتغذى على المواد الغذائية المخزنة من أهم الآفات الحشرية، وتشير الدراسات العالمية إلى أن نسبة الفقد الناتج عن الآفات الحشرية في المخازن نحو 5-10%، وتستخدم في مكافحة الآفات الحشرية في المخازن طرق وقائية وأخرى علاجية، ونظرا لقصور طرق المكافحة الكيميائية المتبعة في وقاية آفات المخازن الحشرية تم تطوير وسائل جديدة للمكافحة للتقليل ما أمكن أضرار المبيدات، ويشكل استخدام الفرمونات الركيزة الرئيسية لبرنامج أدارة هذه الآفات، وتستخدم الفرمونات في الطرق الوقائية وفي الطرق العلاجية لهذه الآفات.

تقسم حشرات المخازن حسب طبيعة التخاطب بين الذكور والإناث وتبعاً لطول حياتها إلى مجموعتين:

أ- مجموعة يتم التخاطب بينها عن طريق الفرمونات الجنسية والتي تفرزها الإناث في الغالب وتنجذب إليها الذكور، وهذه الحشرات تعيش فترة أقل من شهر وهي وبشكل عام لا تتغذى، وتنتمي هذه إلى فصائل Anobiidae وBruchidae وDermasstidae.

ب- مجموعة يتم التخاطب بينها عن طريق فرمونات التجمع التي تفرزها الذكور في الغالب، وينجذب إليها الجنسين، وهذه الحشرات تعيش لأكثر من شهر وتتغذى خلال هذه الفترة، تتكون الفرمونات بعد التغذية داخل الأفراد المفرزة لها، وتقوم الأفراد المفرزة لهذه الفرمونات بإطلاق غيمات الفرمون عند مواقع التغذية، وتنجذب إليها الذكور والإناث لتتغذى وتتزاوج. تفرز هذه الفرمونات أفراد من فصائل Ostrichidae وCucujidae وTenebrionidae.

أمكن التعرف على العديد من الفرونات وعزل الكثير منها على إنتاج الفرمونات الصناعية واستخدامها في مصائد خاصة في برامج إدارة هذه الآفات، **وأهم المصائد**

المستخدمة في السيطرة على آفات المواد المخزونة: المصائد اللاصقة ومصيدة قمع البلاستيك والمصيدة الكرتونية ومصيدة مسبار الحبوب البلاستيكي.

تستخدم المصائد الفرمونية في برنامج السيطرة على آفات المواد المخزونة لـ:

1- حصر الآفات الحشرية ودراسة ديناميكية مجتمع الحشرات الضارة بالمواد المخزونة: تستخدم المصائد الفرمونية للاستدلال على وجود الحشرات المختلفة ولاسيما التي توجد بأعداد قليلة داخل المخازن، كما ويمكن من خلال المصائد الفرمونية تحديد مواقع الإصابة، حيث توزع المصائد الفرمونية في المخزن على أبعاد معينة وانجذاب الحشرات بأعداد كبيرة إلى إحدى المصائد يكون دليلاً على تمركز الإصابة حول هذه المصيدة، ويمكن تقدير الكثافة العددية للآفة زمانً ومكاناً وبذلك يمكن وضع خطة للسيطرة على هذه الآفات وضبط أعدادها.

2- المكافحة بطريقة تشويش الاتصال الفرموني: استخدمت هذه الطريقة في مكافحة العديد من آفات المخازن ومنها استخدام الجاذب المصنع TDA لمكافحة فراشة التبغ وفراشة طحين البحر المتوسط وفراشة الطحين الهندية، تم نشر الفرمون الجنسي بصورة مستمرة وبكميات كبيرة جداً تزيد عن الحاجة.

3- نشر الأمراض: يتم خلط الفرمونات الحشرية بمسببات الأمراض الحشرية. ويتم استخدام الأوليات مثل *Mattesia trogoderma* في مكافحة العديد من آفات المواد المخزونة بهذه الطريقة.

4- التأكد من فعالية عملية المكافحة: فانجذاب حشرة واحدة إلى المصائد الفرمونية هو دليل على عدم نجاح عملية المكافحة وضرورة إعادة العملية.

العوامل المؤثرة على كفاءة المصائد الفرمونية في المخازن:

1- مكان وضع المصيدة: يجب أن توضع المصائد بعيداً عن الأبواب والنوافذ المفتوحة، لتجنب صيد الحشرات الآتية من الخارج، وتوضع المصائد خلال الأشهر الدافئة خارج بناء المستودع لصيد الحشرات الطائرة الآتية من الخارج وقبل أن تدخل المخزن. وفي المناطق الحارة وشبه الحارة توضع المصائد الخارجية على مدار العام.

2- درجة الحرارة: لدرجة الحرارة تأثير كبير على الانجذاب للفرمون المصنع وعلى معدل تحرير الفرمون من وسائل التحرير المستخدمة، وأشارت الدراسة إلى أن معدل إطلاق فرمون TROGODERMAL(E) من وسائل التحرير وانجذاب ذكور *Trogoderma glabarium* يكون أعلى ما يمكن على المجال الحراري 3-15°م.

3- موقع الإصابة: كلما كانت الفرمونات قريبة من موقع الإصابة كلما زادت فعالية المصائد في جذب الحشرات.

4- التزاحم: يؤدي التزاحم إلى صغر حجم الحشرات وانخفاض معدل النمو مما يؤدي إلى تقليل فرص الانجذاب إلى المصائد الفرمونية.

5- عدد المصائد المستخدمة: يجب أن يتناسب عدد المصائد المستخدمة مع مساحة المخزن وشدة الإصابة.

6- تصميم المصيدة المستخدمة: يجب اختيار التصميم المناسب للمصيدة من حيث الشكل وتبعً لظروف المخزن والتخزين.

7- تركيز الفرمون: يجب أن يكون تركيز الفرمون ومعدل تحريره مناسبين، فزيادة تركيز فرمون ثاقبة الحبوب الصغرى عن 30ملغ يؤدي إلى طرد الحشرات وأنسب تركيز هو 10ملغ.

8- مكافحة آفات الخشب في الغابات:

إستراتيجية مكافحة حشرات الخشب

تعتمد هذه الإستراتيجية على مجموعة تقنيات ووسائل حراجية تسبب تحوراً في طريقة معيشة هذه الحشرات تؤدي إلى الحد من انتشارها ووقاية الغابات، وتنحصر هذه الوسائل فيما يأتي:

- التخلص من الخشب الجاذب للآفة بإزالة الخشب المقطوع حديثاً وتقله فوراً إلى خارج الغابة وبالسرعة القصوى.
- القضاء على مصادر الإصابة وإزالتها وحرقها فوراً.
- إزالة قشور القلف وإجراء مكافحة كيميائية ضد الحشرة.

- زراعة أشجار المصيدة والخشب الجاذب وذلك باستخدام أشجار مصابة أو معداة صناعياً بتقشير منطقة من الساق بشكل حلقة أو وضع خشب مقطوع حديثاً لجذب الإناث الملقحة وحثها على وضع البيض ومن ثم القضاء على هذه البيوض أو اليرقات الفتية.

الإجراءات اللازمة لنجاح مكافحة حشرات الخشب:

- مراقبة العوامل البيئية كالجفاف المستمر لفترات طويلة وتحليل مدى تأثيرها في أعداد الآفات.

- تحديد موعد ظهور الآفة وتوقع حدوث الخطر ودراسة التغيرات العددية للحشرة لإجراء المكافحة في بداية الإصابة وقبل تطورها ويستخدم لذلك الفرمونات لمراقبة ديناميكية تطور هذه الآفات وخاصة سوس القلف حيث تستخدم فرمونات التجمع وذلك بغية الاكتشاف المبكر لهذه الآفة ومن الفرمونات المستخدمة verbenone وtrans-verbenonl المفرزة من أفراد جنس *Dendroctonus* والفرمونات ipsenol و ipsdienol المفرزة من أفراد جنس .*Ips* sp.

- تنشر الكبسولات المطاطية الحاوية على الفرمون في الأماكن الفارغة المشمسة من الغابة أو على أشجار أخرى غير العائل وذلك لاستبعاد الخطر عن العائل الأساسي.

طُورت طعوم جاذبة للعديد من أنواع خنافس القلف تحتوي على مواد أحادية التربينات وكينولات حلقية، وتستعمل هذه الطعوم بشكل رئيسي لتركيز الإصابة على أشجار محددة ثم تزال هذه الأشجار وتحرق.

يستعمل أيضاً الفرمون التجميعي لجمع الحشرات وصيدها في مصائد خاصة لهذا الغرض مزودة بمصدر فرموني ومواد جاذبة نباتية، وقد نجحت هذه الطريقة في مكافحة بعض أنواع خنافس القلف ومنها النوع *Ips typographus* الذي يسبب خسائر اقتصادية كبيرة جداً للغابات في آسيا وأوربة الشمالية.

الأسماء التجارية للفرمونات المستخدمة في مكافحة خنافس القلف:

Ipsenol , ipsdienol , cis-verpenol, trans-verpenol

- يعد مخلوط الفرمون وإفرازات الأشجار التي تتحكم في سلوك حشرة خنفساء القلف من الطرق الحديثة في مجال السيطرة على هذه الآفات. فبعد إيجاد الإناث الشجرة المناسبة وهي عادة تفضل الضعيفة والمصابة بآفات أخرى وأضار ميكانيكية. تطلق هذه الإناث فرمون Frontalin الذي يعد وحده ضعيفاً في عملية الجذب. ولكن نتيجة الثقوب التي تحدثها الإناث في الشجرة المصابة فإن الشجرة تفرز مادة الراتنج التي تحتوي على terpene α –pinene .

- يعد مخلوط Frontalin α–pinene جاذباً قوياً للإناث وأكثر لجذب الذكور حيث تكون النسبة 1:3 (ذكور-إناث). وعند تقدم الهجوم فنسبة الإناث للذكور المنجذبة تزداد لأن الذكور تطلق فرمون verbenone الذي يثبط استجابة الذكور إلى مخلوط α–pinene Frontalin مما يجعل النسبة الجنسية لأفراد الهجوم 1:1.

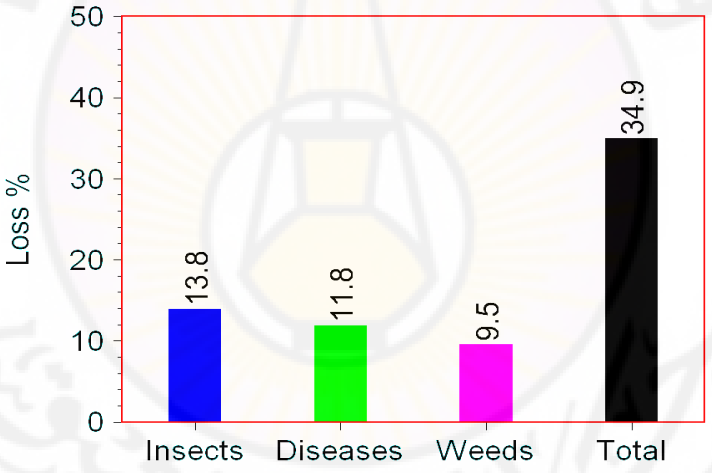
- وعند شدة الإصابة فإن إفراز الشجرة لـ α –pinene وإنتاج الإناث لـ Frontalin يضعف ويزداد إفراز الذكور لفرمون verbenone .

الفصل الثامن

دور المكافحة الحيوية في برامج الإدارة المتكاملة للآفات

مقدمة Introduction:

تسبب الآفات الزراعية فقداً مهماً لكثير من المحاصيل الزراعية والمنتجات الغذائية سواء في الحقول أو في أماكن تخزينها، وتقدر نسبة الفقد في الإنتاج الزراعي بـ 34.9%، وهي نسبة مرتفعة جداً، ولعل من أهم وأخطر الآفات الزراعية الحشرات، والتي تعتبر مسؤولة عن إحداث حوالي 13.8% من الضرر للمحاصيل الزراعية في الحقول والبساتين والمخازن (شكل 34).



شكل 34. النسبة المئوية للخسارة في الإنتاج الزراعي الناتجة عن مختلف الآفات.

وتسبب الحشرات الكثير من الأضرار، حيث تقرض الأوراق والسيقان وجذوع الأشجار والثمار والجذور في النباتات، وتمتص العصارة من الأوراق والبراعم والسيقان والثمار والجذور، و تحفر إنفاقا في جذوع الأشجار والنموان الطرفية للنباتات والأخشاب والثمار والبذور، كما تسبب الأورام والنموات الشاذة في النباتات، وتؤدي وظيفة مهمة وفعالة في نقل الكثير من العوامل الممرضة للنباتات. وتعد مكافحة الحشرات إحدى أوجه التنمية الزراعية، و كان الرائد في ذلك اللجوء إلى استعمال المبيدات الكيميائية، وأدى

الإفراط في الاعتماد على المبيدات الحشرية وظهور الكثير من المشكلات الناتجة عن هذا الاستخدام والمتعلقة بالبيئة وصحة الإنسان والاقتصاد إلى التفكر في إيجاد أسلوب جديد يهدف إلى منع ضرر الآفات، ويعتمد هذا الأسلوب على مبادئ بيئية وعلمية تتكافل فيها طرق وتقنيات متعددة التخصصات لتطوير إستراتيجيات النظام الزراعي البيئي بحيث يشكل هذا الأسلوب عملية فعالة واقتصادية ووقائية تستمر لمدى طول متضمنة الحفاظ على الصحة العامة والبيئة. تمثل الإدارة المتكاملة للآفات Integrated pest management (IPM) مرحلة متطورة من مراحل مكافحة الآفات الزراعية، وهي طريقة تعتمد على مزيج من الفلسفة التطبيقية والعلوم الطبيعية، وتعترف بأهمية ديناميكية جماهير الآفات، وبأن تلافي أضرارها وإجراءات قمعها لابد من اعتبارها كشق من الإدارة الكلية للثروات والمورد الطبيعية.

أولاً – تعريف الإدارة المتكاملة للآفات:

يعني مصطلح management إدارة التداول، والمصطلح pest آفة، ويعني مصطلح Integrated التكامل بين الطرق المستخدمة في مجابهة الآفات الزراعية وإيقاف الظروف التي تشجع على وجودها، وعليه فان الإدارة المتكاملة للآفات ترمي إلى منع أضرار الآفات باستخدام توليفة متكاملة من الطرق المتاحة تدار بطريقة تهدف ليس فقط لمنع أضرار الآفات بالأهداف العاجلة فقط التي تنشدها وسيلة المكافحة وهي القضاء على الآفة، وإنما تأخذ بعين الاعتبار الأهداف الآجلة المرتبطة بالاقتصاد والمجتمع والبيئة، بما يحقق أقصى فائدة للجنس البشري. هناك العديد من التعاريف للإدارة المتكاملة للآفات وأهمها:

- تعريف 1972/Rabb/: الاختيار الذكي أو العقلاني لمختلف وسائل مكافحة الآفات بحيث تطبق بأسلوب تكنيكي يحقق نتيجة مرضية في النواحي الاقتصادية والبيئية والاجتماعية . وتتضمن تكتيكات مكافحة الآفات مراقبة الزيادة في تعداد الآفة والاستخدام

الحكيم للمبيد المناسب أو الاعتماد على وسائل الاتصالات الفعالة حينما لا تكون هناك ضرورة لاتخاذ أي رد فعل.

- تعريف Apple /1979/: أسلوب مواءمة طرق المكافحة من الناحية الاقتصادية والبيئية . ويمكن انجاز هذا المفهوم عن طريق استخدام تكتيكات متعددة في تناسق مدروس بما يحافظ على معدل الضرر بالآفة لمستوى اقل من الضرر الاقتصادي.

- تعريف فلنت وفان دن بوش: إستراتيجية لمكافحة الآفات تعتمد بشكل رئيسي على عوامل الموت الطبيعية كالأعداء الحيوية والمناخ بالإضافة إلى تقنيات المكافحة الأخرى التي تؤثر أقل ما يمكن على الأعداء الطبيعية. إن برنامج المكافحة المتكاملة يجب أن يأخذ كل الطرق المتوفرة والأساليب المتاحة بعين الاعتبار ويقيم التأثير المتداخل بينها وبين العمليات الزراعية والمناخ والآفات الأخرى ونوع المحصول المراد حمايته.

- تعريف Matthews /1984/: إدارة الآفة هي أكثر من التكامل البسيط بين استخدام تكنيكين أو أكثر للمكافحة إنها تتضمن المزج بين الإستراتيجيات والتكتيكات المتوفرة والممكنة للوصول إلى شبكة مثالية تفيد في مكافحة الآفة ضمن المساحة المعطاة أو النظام البيئي المطلوب ، إن الهدف هو إنشاء نظام قوي قادر على عملية المكافحة لفترة زمنية طويلة .

- تعريف نوفشيلوف /1985/: هو نظام للمكافحة يتم فيه المزج الأمثل بين مختلف التقنيات الزراعية والحيوية والكيماوية والفيزيائية والطرق الأخرى من طرق وقاية النبات وذلك لمكافحة أفراد مجموعة من الآفات الضارة في منطقة محددة بيئيا وجغرافيا وعلى محصول معين مما يؤدي إلى تنظيم عدد أفراد الآفة أو الآفات وتحديد كثافتها عند عدد غير مهم اقتصاديا ويحافظ بالوقت نفسه على الأعداء الحيوية.

- تعرف المنظمة العالمية للأغذية FAO: عبارة عن برنامج تستخدم فيه كافة وسائل وطرق المكافحة المناسبة بشكل متجانس ومتكامل كلما أمكن وذلك بما يحقق في النهاية الحد من تعداد الآفة والحفاظ عليه على مستوى أقل من مستويات الضرر

الاقتصادية للمحصول وذلك في ضوء الظروف البيئية وديناميكية مجتمع تلك الآفة تحت الظروف الحقلية السائدة .

- تعريف الـ FAO والمنظمة الدولية للمكافحة الحيوية: نظام يستخدم مجموعة من الطرائق الملبية في وقت واحد لكل من المتطلبات البيئية والاقتصادية والصحية معتمدا على استخدام الأعداء الحيوية ومبدأ الحد الاقتصادي الحرج.

ثانياً- مكونات برنامج الإدارة المتكاملة للآفات:

يسعى نظام التحكم المتكامل للآفات الزراعية إلى الاستفادة القصوى من الوسائل الطبيعية، والموجودة فعلاً للمكافحة مثل الظروف الجوية ومسببات الأمراض والمتطفلات والمفترسات الحشرية، بالإضافة إلى استخدام وسائل المكافحة الزراعية والكيميائية والحيوية، مع الاستعانة بكل ما يؤدي إلى إحداث تغير أو تحوير في وسط معيشة الآفة الدقيق Habitat. ويبين شكل 36 مخططاً لمكونات برنامج الإدارة المتكاملة للآفات. وتهدف وسائل المكافحة التطبيقية، والتي يتدخل فيها الإنسان إلى محاولة الحفاظ على تعداد الآفة في مستوى أقل من مستوى الضرر الاقتصادي. ويتم بالفحص الدوري تقدير مستوى الإصابة وتكاليف المكافحة البيئية والاجتماعية والاقتصادية. وحتى تحقق هذه المكافحة أكبر قدر من الفعالية ينبغي تحديد مستويات الحد الاقتصادي الحرج للإصابة بصورة واقعية، حتى يتسنى تحديد مدى الحاجة لاتخاذ إجراءات المكافحة، وفي الوقت نفسه ينبغي اتخاذ كل الإجراءات الممكنة لحماية العوامل الطبيعية التي تسهم في إدارة الآفة وتنظيم أعدادها، وعندما تكون هناك حاجة إلى اتخاذ إجراءات غير طبيعية للمكافحة مثل المعاملة بالمبيدات وإطلاق المتطفلات أو المفترسات أو رش مسببات الأمراض، ومن الواجب تطبيق هذه الإجراءات بطريقة انتقائية قدر الإمكان، بشرط توفر المسوغات الاقتصادية والبيئية لاستخدامها. والهدف النهائي لأسلوب المكافحة المتكاملة هو الحصول على أكبر عائد ممكن بأقل تكاليف ممكنة، مع مراعاة القيود البيئية والاجتماعية في كل نظام بيئي، ومراعاة المحافظة على البيئة على المدى البعيد.

ثالثاً: أسس الإدارة المتكاملة للآفات:

تستدعي إدارة الآفات الإلمام بالمعلومات الأساسية عن أنظمة حياة هذه الكائنات، ومدى ارتباط ذلك بالنظام البيئي الذي يحتويها. إذ هي في الحقيقة إدارة لمسكن الآفة مما يدفع بتنظيم أعدادها. لذلك فإن أي برنامج لإدارة الآفات يجب أن يرتكز على الأسس الآتية:

أ- **فهم وإدراك النظام البيئي الزراعي:** يمثل كل محصول زراعي نظاماً بيئياً خاصاً. ويتمثل الغرض الرئيسي لبرامج إدارة الآفات في محاولة تحقيق الاستقرار أو الثبات لمجاميع الكائنات الحية المرتبطة بهذا المحصول في هذا النظام البيئي.

يعرف النظام البيئي الزراعي بأنه وحدة مكونة من المجموع المتشابك للكائنات الحية في منطقة ما من مناطق زراعة المحاصيل، ومن مجموعة عناصر البيئة التي تكفيها، ثم من تلك العناصر بعد أن تعدلها أنشطة الإنسان المختلفة من زراعية وصناعية واجتماعية وترفيهية. وعند التحليل العملي للنظام البيئي الزراعي من أجل سياسة مكافحة الآفات ينبغي التركيز على تعداد الآفات من الأنواع المختلفة، وعلى الكائنات التي تنافسها، وتلك التي تفترسها أو تتطفل عليها، وعلى موارد الغذاء الرئيسة والبديلة، وعلى الطريقة التي تعدل بها العناصر الأخرى للبيئة كل هذه التغيرات. ويتحدد عدد الحشرات بتأثير النظام البيئي الزراعي. وتعد الكيفية التي يحدث بها هذا التأثير أمراً ضرورياً في سبيل وضع النظام لسياسة أعداد الآفات بطريقة متكاملة. كذلك يتعين فهم النظام البيئي الزراعي فهاً دقيقاً للتنسيق بين معاملات المكافحة بالنسبة لمختلف الآفات على نحو يمنع حدوث ضرر غير مقبول.

إن النظام البيئي الزراعي يتكون من مجتمعات زراعية تدار بتكثيف شديد بواسطة الإنسان وتتعرض للتغيير الفجائي نتيجة إجراء العمليات الزراعية المختلفة. يستطيع المزارع أن يحقق قدر من التحكم ف النظام البيئي الزراعي، فهو الذي يقرر متى يبدأ النظام المحصولي ومتى ينهيه، وما الذي يجب أن يعمله تبعا للظروف البيئية المتغيرة وبالتالي ما ينشأ عنه من تغير في معدل انتشار الآفات الزراعية، فمن الأهمية بمكان

مراعاة بدء الزراعة وتتابع وإنهاء العمليات الزراعية في النظم البيئي المحصولي لتحقيق الفائدة من هذا المحصول بوقت واحد. إن لنوع القطاع البيئي الزراعي (مستقر أو غير مستقر) علاقة كبيرة بتواجد الآفة ومدى انتشارها وتكارها، ولذلك لابد من تحليل هذا النظام إلى العناصر الأساسية المكونة له، ويلزم عند إجراء مثل هذا التحليل التركيز على:

1) **طبيعة الجزر المحصولية** أو التركيب المحصولي الذي تجرى عليه إجراءات المكافحة، وهي اختلاف أنواع النباتات والاختلافات التركيبية لهذه النباتات. ويجب أن نأخذ بعين الاعتبار أن تعداد أنواع مفصليات الأرجل التي تعيش على مجتمع نباتي يتحدد بالآتي:

- اختلاف الأنواع النباتية في المنطقة.
- الاختلافات التركيبة لهذه الأنواع.
- بعد المنطقة عن المصادر الأصلية للأنواع الحشرية المستوطنة.
- اتساع الفترة الزمنية المتاحة للاستيطان.
- امتداد الوقت المتاح لحدوث التأقلم بين الحشرات وعوائلها النباتية.

إن الأنظمة البيئية الزراعية التي تزرع نوعاً نباتياً في مساحات كبيرة وبانتظام تهيئ الفرصة الأكبر للحشرات وحيدة العائل في الحصول على عائلها وهي في الغالب آفات زراعية، وقد تكون ملائمة أيضا لأنواع عديدة من الأعداء الحيوية العديدة العوائل التي تتغذى وتتكاثر بكفاءة على الآفات وحيدة العائل. وما لاشك فيه أن تعقد النظام البيئي يكون في صالح بعض الحشرات دون غيرها، ومن ذلك يتضح أن اختيار الدورة الزراعية مهم حسب نوع الآفة في المنطقة: هل هي وحيدة أم قليلة أم كثيرة العوائل، وقدرتها أو فرصها في البحث عن العائل في نظم بيئي مستقر، أو في نظام بيئي أخر غير مستقر. إن النظم البيئية تخضع في تفسيرها ودراستها لنظريتين أساسيتين في علم البيئة هما نظرية الجزر الجغرافية الحيوية ونظرية تتابع المجتمعات، وهاتان النظريتان تحددان اتجاهات البحوث في إرساء وتطوير سياسات مكافحة الآفات. كما يمكن تيسير

برامج مكافحة الآفات من خلال تنظيم وتبسيط النظام البيئي الزراعي باختيار الوقت المناسب للزراعة والتسميد والري ومكافحة الحشائش وقلع النباتات بعد الحصاد وتوحيد وقت الزراعة بالنسبة للمحاصيل وتحديد فترت زمنية يكون فيها الحقل خاليا تماما من المحصول.

2) **دراسة المناطق المحيطة:** حيث يعد الحقل المنزرع بمحصول معين جزيرة تحيط بها مناطق مزروعة أو مناطق غير مزروعة، وللمناطق غير المزروعة أهمية كبيرة، فحشرة حفار ساق الذرة الأوربي تقضي بياتها لشتوي في أحطاب الذرة الجافة وتبيت ذبابة هس تحت أغماد أوراق القمح الجافة، ومنها يمكن أن تنتقل إلى الحقول المزروعة بهذه المحاصيل. وتمثل المناطق غير المزروعة أهمية خاصة لأنواع المتطفلات الحشرية، حيث تنمو بها الأزهار البرية التي تمد الأفراد الكاملة للمتطفلات الحشرية بالغذاء من رحيق وحبوب لقاح، ولهذا فان الزراعات بالمناطق البرية تحتوي على أعداد كبيرة من الحشرات المتطفلة والمرتبطة بالعديد من الآفات الأخرى الموجودة في حالة بيات أو سكون.

3) **صفات مجاميع الأنواع الحشرية المستوطنة:** من الضروري جداً معرفة صفات الحشرات المستوطنة، فلكل نوع حشري إستراتيجية خاصة في الحياة والبقاء، فالأنواع العالية الانتشار تفتقر إلى القدرة البقائية، في حين تكون الأنواع ذات الاقتدار التناسلي المنخفض ذات قدرة تنافسية عالية ويرمز للإستراتيجية الأولى بالرمز (r) وللثانية بالرمز (k).

4) مراقبة التغيرات في الجو ووسط الانتشار، وتعداد الآفات تحت هذه الظروف، وذلك لتحديد وتوقيت الإجراءات المناسبة الواجب اتخاذها لخفض تعداد الآفة.

إن برنامج الإدارة المتكاملة للآفات شق يتكامل مع إدارة الثروات الطبيعية كالتربة والأحياء النافعة والأعداء الحيوية الطبيعية للآفات، لذلك لابد من دراية كاملة بخصائص هذه الثروات والحفظ عليها.

ب- **تخطيط النظام البيئي الزراعي:** بعد التعرف على الآفات الرئيسية يجب تجنب زراعة أي محصول معروف عنه سلفاً حساسيته العالية ودرجة إصابته لمهاجمة الآفات، مما يكثف من عمليات المكافحة، ولذلك يجب زراعة المحاصيل بطريقة تتيح تجنب أو تقليل حدوث مشكلات الإصابة بالآفات، ففي مصر ينصح بتبكير ميعاد زراعة القطن (في آذار) لتجنب إصابة المحصول بالجيل الثالث والرابع لدودة جوز القطن القرنفلية، ويوصى أيضا بزراعة الذرة مبكراً خلال الفترة الزمنية ما بين الأسبوع الثاني من أيار ومنتصف حزيران لتفادي إصابة الذرة بحشرات المن وثاقبات الذرة، وزراعة البطاطا كعروة شتوية في هري أيلول وتشرين أول لأنها أقل عرضة للإصابة بعثة درنات البطاطا من العروة الصيفية التي تزرع في كانون ثاني وشباط. إن حصاد المحصول فور اكتمال النضج زيد من كميته نتيجة تجنب الإصابات الحشرية اللاحقة، ويعد هذا الإجراء هام بالنسبة للفاكهة المعرضة للإصابة بذبابة الفاكهة، وعلى الدخان المعرض للإصابة بالكثير من الحشرات أكلة الأوراق.

ت- تخفيض استخدام المبيدات الكيميائية ما أمكن، يبين الشكل 36 مخططاً لمكونات الإدارة المتكاملة للآفات الحشرية.

ث- **تحليل حالة الآفة وتقدير الحد الحرج للإصابة بالآفات الخطيرة:** من المؤكد أن عدم حدوث إصابات حشرية على الإطلاق ليس بالأمر الضروري في معظم الحالات لتحقيق إنتاجية عالية من المحصول، ويتفق ذلك مع أسلوب إدارة الآفات الحشرية، ولذلك لابد من تحديد درجة الضرر وذلك لتحيد الإجراءات الواجب اتخاذها في عملية الإدارة المتكاملة للآفة الحشرية.

مستوى الضرر الاقتصادي Economic injury levl (EIL) : هو مقياس كمي لكثافة آفة حشرية يحدد فيما إذا كانت الحشرة تصنف كآفة أم لا. يعد تقدير مستوى الضرر الاقتصادي في غاية الأهمية عند تعريف الهدف النهائي لأي برنامج خاص بإدارة مجابهة الآفات وتوصيف مستوى تعداد الآفة الذي يمكنه تحمل الضرر عند تعداد أقل منه، في حين التعداد الأعلى من هذا المستوى يتطلب تدخلات خاصة لمنع الإصابة

الوبائية بالآفة، ومن ثم تجنب الضرر على المحصول القائم. هناك الكثير من التعاريف لمستوى الضرر الاقتصادي أهمها:

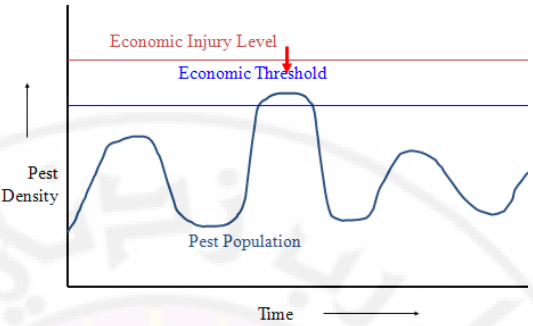
- تعريف Stern وآخرون عام 1959: أقل كثافة عددية للآفة تحدث ضرراً اقتصادياً. ويعني ذلك مقدار الضرر الذي يعادل تكاليف عمليات المكافحة التطبيقية.

- تعريف Nas (1969): المستوى من الضرر الذي لا يمكن للنبات الاستمرار في تحمل ضرره لمدة طويلة. وهذا يعني أن عند هذا المستوى أو الأقل منه يستحسن بدء أنشطة المكافحة المتفق علها، وأضاف Nas أن مستوى الضرر الاقتصادي هو الكثافة الأكثر حرجا عندما يكون الفقد الناتج عن الآفة مساويا في القيمة لتكلفة وسائل المكافحة المتاحة.

- تعريف Hedley (1972): تعداد الآفة الذي يحدث زيادة في الضرر تماثل تكلفة منع الضرر.

إن الفقد الاقتصادي للمحصول لايتوقف على مدى إصابته بالآفة فقط، بل يتوقف على رد فعل النبات لهذه الإصابة، وبالإضافة إلى دراسة مدى تعداد الآفة وتركيب الأعمار المختلفة في أعدادها، وفترة الإصابة بها، فلا يجب إهمال نواح أخرى مثل طور النبات ووقت التعرض للإصابة ومدى وجود أجزاء زائدة من النبات. ونظرا لتنوع آثار العوامل المسببة للفقد الاقتصادي، فان الأمر يتطلب عادة القيام بتجارب على المدى الطويل للتعرف على الحد الاقتصادي على ضوء شدة الإصابة.

الحد الاقتصادي الحرج Economic threshod level (ETL): فهو كثافة الآفة التي يجب عندها استخدام وسائل المكافحة لمنع زيادة تعداد الآفة من الوصول إلى مستوى الضرر الاقتصادي، ويمكن أن يكون الضرر ناتج إما نتيجة الزيادة العددية في الكثافة (عدد الأفراد) أو نتيجة الزيادة في الكتلة الحيوية (حجم الأفراد). يكون الحد الحرج الاقتصادي للإصابة أقل من مستوى الضرر الاقتصادي، حتى يعطى الوقت الكافي للإعداد، وتنفيذ عمليات المكافحة المطلوبة، وحتى يسمح كذلك بإظهار نتيجة تطبيق طرق المكافحة قبل وصول الكثافة العددية للآفة إلى مستوى الضرر (شكل 35).



شكل 35.

هل يمكن أن تتباين مستويات عتبة المكافحة للآفة ذاتها؟

تتطلب بعض تكتيكات المكافحة المزيد من الوقت أكثر من غيرها لتعطي مفعولها، لذلك ينبغي تعديل عتبة المكافحة لتتلاءم مع إجراءات المراقبة والرصد حسب طريقة المكافحة المنوي اتخاذها آخذين بالاعتبار هذا الفارق الزمني بين التدخل بالتكتيك المناسب والحصول على النتيجة. أمثلة على ذلك: تختلف عتبة المكافحة الحيوية باستخدام متطفل البيض (التريكوغراما) على القطن عن عتبة المكافحة الحيوية عند التدخل بمتطفل اليرقات (براكون)، كما تختلف طريقة أخذ العينة. مثال آخر: تختلف عتبة مكافحة دودة ثمار التفاح عند التحضير للمكافحة بمنظمات نمو الحشرات ومانعات الانسلاخ عن العتبة التي يجب اتباعها فيما لو كنا نحضر لاستخدام مبيدات بيرثرويدية أو فوسفورية عضوية جهازية.

الميزة الجيدة في عتبة المكافحة أنّها يمكن أن تتباين بالنسبة للآفات المباشرة وذلك حسب مخططات المزارع وطموحاته، وأهداف إنتاج المحصول، وجهة التسويق المنوي بيع المحصل لديها... الخ. على سبيل المثال، في نمط الزراعة التقليدية للتفاح لا يقبل بأكثر من 0.5% إصابة ثمار، في حين أن التفاح العضوي يسمح فيه بنسب إصابة للثمار حتى 5% شرط عدم استخدام مبيدات الآفات الكيميائية. تتطلب بعض البلدان أن يكون التفاح المستورد إليها خاضعاً لبرنامج إدارة متكاملة بحيث تتبع عتبة مكافحة محددة، في حين أنّ الأسواق المحلية لا تهتم أبداً لهذه العتبات.

العوامل التي تؤثر في درجة الإصابة ومستوى الضرر وبالتالي تحديد العتبة الاقتصادية: يعتبر تحديد مستوى الضرر الاقتصادي والحد الحرج للإصابة عملية في غاية التعقيد تبنى على عوامل عديدة هي:

1- العوامل الحيوية المتعلقة بالآفة وأعدائها الحيوية:

- نوع الآفة وبيئتها.
- الكثافة العددية للآفة وأعدائها الحيوية.
- القدرة التكاثرية للآفة وأعدائها الحيوية.
- القدرة على الانتشار للآفة وأعدائها الحيوية.
- درجة الضرر للآفة وفعالية أعدائها الحيوية.

2- **العوامل المناخية:** من حرارة ورطوبة وضوء ورياح وغيرها وتأثيرها على الآفة وأعدائها الحيوية.

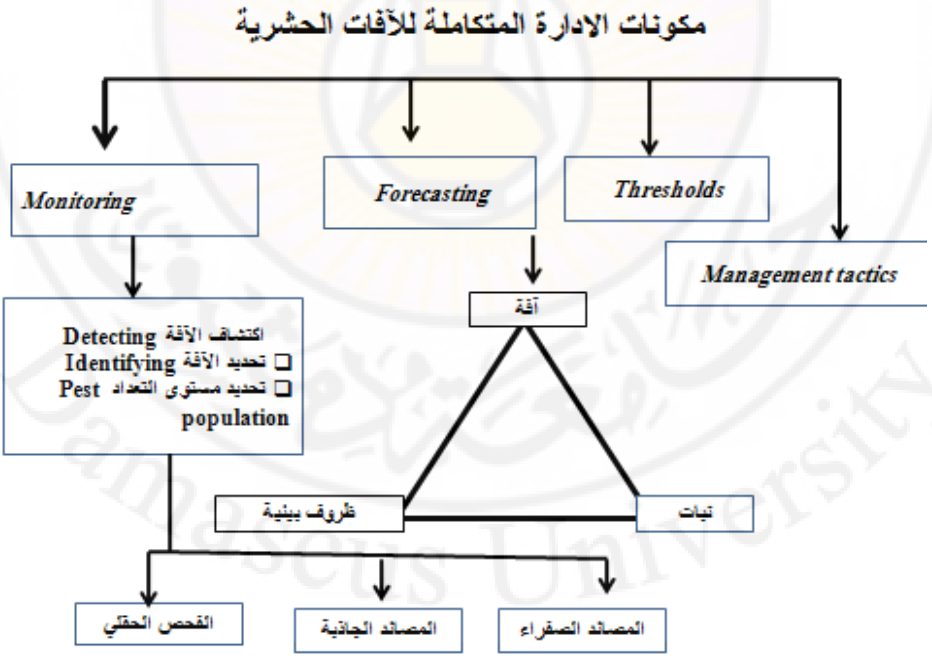
3- عوامل تتعلق بالنبات: مثل نوع المحصول وعمره - طريقة الزراعة - الغرض من زراعة المحصول - درجة حساسية العائل للإصابة بالآفات الحشرية - الجزء الذي تتغذى عليه الآفة - مرحلة نمو المحصول - فترة الحمل من الإزهار والحمل (تساقط تساهم به الحشرة)- التسميد وخصوبة التربة والري**.**

4- عوامل تقنية واقتصادية:

- الخبرة الفنية للمسؤولين عن المكافحة.
- المساحة المزروعة من المحصول.
- القيمة الاقتصادية للمحصول.
- توفر الأجهزة اللازمة.
- التأثيرات المختلفة لوسائل المكافحة المستخدمة على البيئة.

إن مستوى الضرر الاقتصادي والحد الحرج للإصابة يختلف من منطقة إلى أخرى وحتى بين حقلين متجاورين بناءاً على العمليات الزراعية المتخصصة وحتى مستوى المعيشة.

تتناقص قيمة الضرر الاقتصادي بزيادة قيمة المحصول ومستويات المستهلكين، وتتشابه أشجار الفاكهة والذرة السكرية والبطاطا الحلوة وزهور الزينة في أن الحد الحرج للإصابة لها منخفض جداً، حيث أن الإصابة بـ حشرة واحدة تؤثر بدرجة شديدة على قبول المنتج من المستهلكين. وقد أدى التغيير في نظم التسوق مثل التوسع السريع في صناعة الأغذية المجمدة والقوانين المنظمة لوجود أفراد الحشرات في المنتجات الغذائية المحفوظة إلى حدوث تغييرات جوهرية في مستويات الضرر الاقتصادي لمحاصيل الخضراوات والفاكهة. يرتبط الضرر الاقتصادي عكسيا بسعر وتكلفة المنتج. وهناك مرتبة خاصة من مستوى الضرر الاقتصادي للحشرات التي تعمل ناقلات للأمراض النباتية والحيوانية، حيث أن مهاجمة النبات بحشرة واحدة قد تسبب موت النبات، ومن النادر وضع القيم الاقتصادية لتكاليف هذه الإصابات ومن ثم يقترب مستوى الضرر الاقتصادي من صفر كثافة تعداد العائل الذي تهاجمه هذه الناقلات الحشرية.



شكل 36. مخطط لمكونات الإدارة المتكاملة للآفات الحشرية.

رابعاً- مراحل تنفيذ برنامج الإدارة المتكاملة للآفات:

إن أي برنامج لإدارة الآفات يمر بثلاث مراحل هي:

1- **مرحلة تحديد المشكلة**: إن أي برنامج لإدارة الآفات يجب أن يبدأ بمرحلة دراسة الآفة وتحديدها حيث من الضروري أن يقوم المصمم لبرنامج الإدارة بجمع المعلومات الآتية :

أ- المعلومات المتعلقة بالمحصول:

- المرحلة المناسبة للإصابة لكل آفة .
- الغرض من زراعة المحصول .
- نظام إجراء عمليات الخدمة المختلفة.
- الآفات التي تصيب المحصول .
- وجود مستقبلات قابلة للإصابة
- محتوى النبات من المركبات المؤثرة على الحشرة
- المحصول السابق.

ب- المعلومات المتعلقة الآفة:

- تحديد نوع **الآفات التي تصيب المحصول** ومكان تواجدها على النبات، وهنا تقسم الآفات إلى:

- آفات التربة التي تصيب النبات تحت سطح التربة مثل : الديدان السلكية والديدان القارضة والجعالات والحالوش وغيرها.

- الآفات التي تصيب المجموع الخضري: وتقسم هذه الحشرات إلى: حشرات قارضة مثل دودة ورق القطن الكبرى ودودة ورق القطن الصغرى والديدان القياسة وخنفساء أوراق الشوندر والذباب الحافر للأوراق وسوس القلف وحفار ساق الذرة الأوربي وحفار ساق التفاح وغيرها، وإلى حشرات ثاقبة ماصة مثل المن والحشرات القشرية والبسيلا وغيرها.

- الآفات التي تصيب الثمار والأزهار مثل دودة ثمار التفاح ودبور ثمار اللوز وخنفساء المشمش و خنفساء القرعيات المخططة ودودة قرون اللوبيا وديدان لوز القطن و جعل الورد الزغبي وغيرها.

ت- **تعريف الآفة وتحديد وضعها التصنيفي:**

حيث يتم تحديد الوضع التصنيفي للآفة من حيث المملكة والقبيلة والصف والرتبة والفصيلة وتحت الفصيلة والجنس والنوع، ويحدد الاسم العلمي الشائع والأسماء العلمية المرادفة إن وجدت، والأسماء الشائعة باللغة العربية واللغات الأخرى ولاسيما الإنكليزية منها .

ث- **المعلومات المتعلقة بالآفة:**

ويتطلب هنا تحديد الكثير من الأمور الهامة المتعلقة بما يأتي:

- **الأطوار المختلفة للآفة:** من الضروري جدا تحديد نوع تطور الآفة المراد مكافحتها (هل هو تطور ناقص أم تطور كامل) وتحديد عدد أعمار اليرقة أو الحورية ، ونوع العذراء، وتوصيف جميع أطوار الآفة توصيفاً دقيقاً، من البيضة وحتى الحشرة الكاملة، وتحديد مكان وضع البيض ومكان التعذر إن وجدت العذراء، وتحديد أوقات الدخول في البيات (في الشتاء أم في الصيف) ومكان البيات وطور البيات، وتحديد العوامل التي تجبر الحشرة في الدخول في البيات أو السكون.

- **تحديد الطور الضار للآفة والأجزاء النباتية المهاجمة من الطور الضار:** إذ تختلف الآفات الحشرية في الطور الضار، فبعضها يكون الطور الضار الحشرة الكاملة واليرقات أو الحوريات كما هو الحال لدى أغلب أنواع الحشرات الضارة من رتبتي Coleoptera وHemiptera، وهنا قد يختلف الجزء النباتي التي تهاجمه الحشرة الكاملة عن اليرقة أو الحورية، كما هو الحال في حشرات الكابنودس مثلاً، والتي تتغذى في الحشرات الكاملة على قلف الأفرع و القلف الطري أو القشور، في حين تكون اليرقات في منطقة التاج والجذور. وقد يكون الطور اليرقي بأعماره المختلفة هو الطور

الضار ويهاجم الأجزاء المختلفة للنبات كما هو الحال للآفات الحشرية من رتب Lepidoptera وHymenoptera وDiptera وغيرها.

- **تحديد مواعيد ظهور الأطوار المختلفة للآفة:** من الضروري جداً تحديد مواعيد ظهور الأطوار المختلفة للآفة المدروسة وذلك لتحديد المواعيد المناسبة لاستخدام وسائل المكافحة المختلفة التي ستستخدم في برامج إدارة الآفات، فمن الضروري جدا معرفة موعد ظهور الحشرات الكاملة وذلك لأنه من المفضل دائما استخدام المبيدات الكيميائية لأغلب الآفات الحشرية مثل الكابنودس ودودة ثمار التفاح وحفار ساق التفاح وديدان لوز القطن ودبور ثمار اللوز الغشائي والسونة وماضغة بادرات الحبوب وغيرها عند ظهور الأفراد الكاملة، واستخدام المصائد المختلفة في المكافحة يتطلب ضرورة معرفة بدء ظهور الأفراد الكاملة والظهور الأعظمي، كم يتطلب استخدام المتطفلات الحشرية ومعرفة مواعيد ظهور كل طور من أطوار الحشرة لاستخدام المتطفل المناسب، وتتطلب استخدام تقنية الذكور العقيمة معرفة مواعيد ظهور الأفراد الكاملة للحشرة المراد مكافحتها بهذه الطريقة.

- **عدد أجيال الآفة:** من الضروري جدا معرفة عدد أجيال الآفة، وذلك لاتخاذ جميع الإجراءات المناسبة في عملية المكافحة، وتحديد مواعيد إجراء عمليات المكافحة لكل جيل والكميات اللازمة، من الضروري معرفة الضرر الذي يسببه كل جيل، فبعض الآفات يختلف الضرر الذي يسببه كل جيل، فمثلا عثة الزيتون *Prays oleae* لها ثلاث أجيال تختلف فيما بينها من حيث الضرر والجزء النباتي التي تهاجمه، ففي الجيل اليرقي تحفر اليرقات خلال فصل الشتاء أنفاق على شكل حرف S ، أما في الجيل الزهري تظهر يرقات هذا الجيل في بداية الربيع وتتغذى على الأزهار والبراعم الزهرية بعد جمعها بخيوط حريرية وتكون الإصابة على شكل ثقوب تظهر على الأزهار، وفي الجيل الثمري تهاجم اليرقات الثمار وتحفر في اللب والنواة وتسبب تساقط الثمار.

- **تحديد العوائل النباتية لتلك الآفة والمنتشرة في المنطقة:** من الضروري جدا تحديد عوائل الحشرة وخاصة المنتشرة في منطقة الدراسة، وذلك لتحديد مدى الخطر التي

تسببه الآفة وتحديد الإجراءات اللازم إجراءها وطرق المكافحة اللازم إدخالها في برنامج إدارة هذه الآفة ووقت تنفيذها بدقة لا متناهية.

- معرفة كيف تتطور الحشرة على المحاصيل المختلفة.

- **أعراض الإصابة للآفة:** وذلك لتحديد مكان وجود الطور الضار من الآفة هل هي على الساق أم داخل الثمار أم داخل الأوراق، لأن ذلك يساعد في تحديد الإجراءات الضرورية أثناء عمليات المكافحة.

- تحديد المتطفلات والمفترسات الحشرية التي تهاجم تلك الحشرة.

- تحديد المسببات المرضية التي تهاجم تلك الحشرة.

- تحديد تأثير الظروف البيئية على تكاثر الحشرة ومعرفة أهم العامل البيئية المؤثرة على ديناميكية تطور الحشرة.

2- **مرحلة البحث**: لا تزال المشروعات البحثية المتعلقة بالإدارة المتكاملة للآفات في حاجة إلى التنسيق المناسب، إذ في بعض الحالات لا تدري أي من المؤسسات العلمية المختلفة العاملة في مشروعات متشابهة ما تقوم به المؤسسات الأخرى، وعموما تتطلب الإدارة المتكاملة للآفات هيكلا تنظيمياً لتنسيق الجهود وتوجيهها نحو هدف عام، هذا من المهم أثناء مرحلة تحديد المشكلة أن يبنى النموذج العام لها من خلال تكامل الأهداف الفردية لكل مجموعة بحثية في هدف عام، وذلك لأن الجهود الفردية ستعرض أهدافً متباينة لا علاقة لكل منها بالأخرى، بناءً على اختلاف مدارك وخبرات القائمين بها. من ثم تقوم الهياكل التنظيمية المنضبطة بدور هام في بحوث إدارة الآفات من خلال تقديم إطاراً مناسباً بداخله يستطيع هذا النظام أن يحتل موقعاً له. وعند وضع خطة بحثية للآفات المراد مكافحتها لذلك لابد من اتخاذ الإجراءات الآتية:

- مراجعة المصادر الوثيقة الصلة بموضوع المشكلة مما يتيح بإمكانية تخطيط بيان عن اختيارات المكافحة التي استخدمت بنجاح أو التي تتقدم تأثيريها في هذا المجال أو التي لم تستخدم بعد أو لم تلقى نجاح أثناء العاملات.

- معرفة المعلومات التي تبين الكيفية التي تتفاعل بها الآفة مع ظروف الوسط الفيزيائية (الحرارة الرطبة- الضوء ...).
- معرفة العلاقة بين الآفة وأعدائها الحيوية والأنواع المنافسة لها.
- تصميم نتائج محفزة تستخدم في توضيح العلاقات والتفاعلات الممكنة بين المكونات الرئيسية للنظام، وفي إلقاء الضوء على الوسائل التي يجب أن تتخذ لتلخيص المعلومات مما يتيح بناء وتصميم برنامج إدارة الآفة.
- تخطيط إستراتيجية تمنع أو تحد من احتمالية حدوث فورانات الآفة، كتلك التي تستند على استخدام المبيدات الكيميائية لمكافحة الآفات ذات الفورانات الثابتة والمتذبذبة، أو استخدام العمليات الزراعية الدافعة بدعم مقاومة العائل للإصابة الحشرية.
- عند وضع إستراتيجية إدارة الآفة لابد أن يؤخذ بعين الاعتبار الموقع الذي تشغله الآفة (مواقع السكن الدائمة والمؤقتة) وخصائص النوع مثل القدرة على التزايد والانتشار والكفاءة في البحث عن العائل وحجم الأفراد الذي يستطيع أن يلحق ضرراً بالغاً بالعائل، والقدرة على البقاء والتخصص الغذائي.

3- **مرحلة التنفيذ والتخطيط**: في هذه المرحلة يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار عناصر المكافحة الحيوية ومن ثم لابد من أن تتضمن مرحلة التنفيذ ما يلي :

- تقويم دور الأعداء الطبيعية للآفات وتناول الهام منها في المكافحة الحيوية ولهذه الغاية يجب علينا القيام بما يلي :

1. حصر الأعداء الحيوية الطبيعية.
2. تحديد مدى توفر الغذاء للحشرات الكاملة من رحيق وحبوب طلع للطفيليات الحشرية وبعض المفترسات مثل ذباب السرفيد وغيرها.
3. معرفة المدى العائلي لكل عدو حيوي طبيعي.
4. معرفة مدى التوافق الزمني بين الأعداء الحيوية وعائلها أو ضحاياها وتحديد الطور المناسب من العائل أو الفريسة للعدو الحيوي .
5. تحديد مستويات ضرر الآفات.

6. تحديد معدلات موت الأعداء الحيوية الطبيعية الناجم عن استخدام المبيدات وغيرها من وسائل المكافحة الأخرى.
7. استخدام وسائل التنبؤ والإنذار الزراعي.
8. يجب أن يرتكز استعمال المبيدات الكيميائية على التكامل بين مختلف وسائل المكافحة الأخرى.
9. استخدام المبيدات الانتقائية.
10. الحفاظ على مستويات دنيا للآفات مما يضمن الحفاظ على الأعداء الحيوية وذلك باتباع إستراتيجية الحقل غير النظيف Dirty field technique.
11. ضرورة وجود عوائل متتابعة للأعداء الحيوية في وسط انتشار الأعداء الحيوية.
12. استخدام طرائق المكافحة الزراعية.
13. وضع برامج وخطط موسعة لتدريب العاملين بأعمال المكافحة.
14. دراسة التبعات البيئية والاقتصادية والاجتماعية المتوقعة.
15. العمل على إنشاء جهاز كفء لحماية النباتات.
16. من خلال هذه المعلومات يمكن تصميم نتائج محفزة تستخدم في توضيح العلاقات والتفاعلات الممكنة بين المكونات الرئيسية للنظام وفي إلقاء الضوء على الوسائل التي يجب أن تتخذ لتلخيص المعلومات مما يتيح ببناء وبتصميم لبرنامج إدارة الآفة.

الأمور الواجب مراعاتها عند البدء بتخطيط إدارة الآفة:

هناك بعض الأمور التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند تصميم أي برنامج لإدارة الآفات الحشرية وأهمها:

- العلاقة بين التكلفة والفائدة.
- العلاقة بين التكلفة والضرر.
- تحمل الضرر الاقتصادي والحد الاقتصادي الحرج ووضع التوازن العام.
- الفهم والقبول الشعبي لوسائل المكافحة المقترحة.

خامساً- كيف يمكن للمكافحة الحيوية أن تخفض الآفات:

تعتمد فلسفة التحكم المتكامل للآفات على وجود عوامل في النظام البيئي تعمل على تنظيم تعداد الآفة مثل وجود موجات من الحرارة والبرودة والرياح والأمطار، أو المنافسة بين الأنواع المختلفة، أو المنافسة بين الحشرات وأعدائها الحيوية. تعتبر الأعداء الحيوية من الوسائل الهامة جداً لمكافحة العديد من أنواع الحشرات، وذلك بالرغم من محدودية الموارد الغذائية ووجود المنافسة بين الأنواع قد تؤدي دوراً في المكافحة تحت ظروف عينة، وتوجد الأعداء الحيوية لكثير من الحشرات بشكل طبيعي ومعتدل تحت ظروف التوازن الطبيعي العادية. وقد لا تؤثر الأعداء الحيوية تأثيراً معنوياً في مكافحة بعض الأنواع مع أن تكامل تأثير القوى الطبيعية قد يحد من تعداد الآفة. لذا تؤدي المكافحة الحيوية دوراً مهماً داخل نطاق الإدارة المتكاملة للآفات. ومن ثم تعمل فلسفة التحكم المتكامل للآفات على إتاحة الفرص لإظهار التأثيرات المتكاملة للقوى الطبيعية مما يتطلب حفظ وإدخال ونشر الأعداء الحيوية أو استنباط الأصناف المقاومة أو تحوير وتعديل بيئة الآفة لزيادة فعالية المكافحة الحيوية أو القضاء على أماكن اختباء الآفة أو وضع البيض باستخدام دورات زراعية مناسبة أو القضاء على مخلفات المحاصيل أو الإزالة الميكانيكية للحشائش واستخدام مقننات نموذجية للري. يمكن الاستفادة من الأعداء الحيوية في برامج الإدارة المتكاملة للآفات عن طريق:

1. صيانة وحماية الأعداء الحيوية الموجودة في الطبيعة وتعزيز دورها:

إن إستراتيجيه صيانة وحماية الأعداء الحيوية الطبيعية تقع في المرتبة الأولى في برنامج مكافحة أي آفة، والصيانة والحماية يتمم كل منهما الأخر، ويعتبران حلقتين نهائيتين لنفس السلسلة المتصلة.

أ- يقصد بالصيانة إبعاد وإلغاء كل العوامل التي تؤدي إلى موت الأعداء الطبيعية.

ب- يقصد بالتعزيز استعمال كل الوسائل والطرائق التي تؤدي إلى طول حياة الأعداء الحيوية، وتكاثرها وانجذابها إلى الآفات.

- **الوسائل المستخدمة في صيانة وحماية الأعداء الحيوية الطبيعية عديدة ومن أهمها :**

1) ترشيد استخدام مبيدات الآفات وذلك من خلال مراعاة بعض الأسس والتي من أهمها:

- عدم استخدام المبيدات ذات الطيف الواسع.
- استخدام المبيدات الانتخابية وهي تلك المبيدات التي تؤثر على الآفة المستهدفة لكنها ليست سامة نسبياً على الكائنات الغير مستهدفة وخاصة الأعداء الحيوية.
- مكافحة الآفة على العوائل الثانوية للآفات: يفضل مكافحة الآفة على العوائل الثانوية لها كما في كاسيد الشوندر السكري حيث تكون الأجيال الأولى لها على الأعشاب الضارة حول الحقول.
- يجب أن يتصف المبيد المستخدم بفترة بقاء أقل، وأن يستخدم بجرعة مناسبة يؤثر على الآفة بشكل كبير وعلى العدو الحيوي بشكل اقل. لشكل المبيد المستخدم أهمية خاصة في برامج المكافحة فمثلاً استخدام المبيدات الحبيبية بخلطها مع البذور تكون أقل تأثيراً على الأعداء الحيوية من عملية رش محلول الرش على سطح التربة.
- توقيت استخدام المبيدات بحيث لا تترافق مع ذروة نشاط المتطفلات والمفترسات الحشرية.
- استخدام المبيدات الكيميائية حين لا تتواجد الأعداء الحيوية في طور سكون مثلا.
- العمل على استخدام المبيدات الكيميائية بحيث لا تكون بتماس مع الأعداء الطبيعية.
- توقيت إطلاق الأعداء الحيوية: يتم توقيت الإطلاق للأعداء الحيوية المربأة في المختبرات عادة بعد وصل الآفة إلى الطور المستهدف في عملية المكافحة الحيوية وبعد تحقيق عتبة الإطلاق. لا تطلق الأعداء الحيوية بعد تنفيذ المكافحة الكيميائية إلا بعد مرور فترة الأمان الكافية لكل مبيد وحسب المبيد المستخدم علماً أن الكثير من مبيدات الآفات (خاصة التقليدية منها) غير متوافقة مع الإدارة المتكاملة ولا مع الأعداء الحيوية.

- التنويع باستعمال المبيدات الكيميائية والذي يحد من ظهور السلالات المقاومة ويقلل من كمية المبيدات المستخدمة في المكافحة.
- استخدام طريقة الرش المناسبة: إذ يضيع في الطرق التقليدية المتبعة في الرش أكثر من 50% من المبيد.
- استخدام الأدوات المناسبة في عملية الرش والتي تسمح بنشر المبيد على النبات دون فقد معنوي بسائل الرش (الرش بالرذاذ الميكروني).
- معاملة البذار بالمبيدات قبل الزراعة، ويستخدم لذلك المبيدات المحببة التي تضاف إلى التربة مع البذور بوقت واحد أو تنشر مع السماد. ايجابية هذه الطريقة بأن مدة نشاط هذه المبيدات طويلة لأنها مقاومة للظروف البيئية لأن سطحها صغير وهي قليلة التأثير على البيئة (فوسفاميد – بازودين).
- تطبيق العتبة الاقتصادية للضرر يؤدي إلى تنظيم أعداد الآفات دون الحد الاقتصادي للضرر ولا يقضي على الآفة وبالتالي يبقي غذاء للأعداء الحيوية. ويؤدي هذا إلى تقليل المساحة التي تطبق عليها المكافحة الكيميائية ويزيد من فعالية الأعداء الحيوية.
- استخدام المبيد الكيميائي بالوقت المناسب وعند وجود الطور الأكثر حساسية للمبيد، فمثلا ديدان الورق القارضة يجب تطبيق المكافحة على الأعمار اليرقية الثلاثة الأولى لأنها في هذه الأعمار تتغذى في النهار على الأوراق فتكون المبيدات الكيميائية أكثر فعالية عليها.
- إجراء عملية الرش في بداية فصل النمو، لأنه كلما أصبحت النباتات أكبر أصبح من الصعب اختراق مبيدات الآفات للغطاء النباتي بشكل جيد وتكون المكافحة أقل فاعلية على الآفة وسيئة على البيئة والأعداء الحيوية.

2) **منع العمليات الزراعية الضارة:** ويقصد بهذه العملية، إيقاف جميع العمليات الزراعية العشوائية التي تؤدي إلى الإضرار بالأعداء الحيوية، فعند إجراء عمليات الحرث والحصاد والحرق والفلاحة يجب تقييم هذه العمليات لمعرفة تأثيرها على الأعداء الحيوية الطبيعية، بحيث يحسن إجراء هذه العمليات قدر الإمكان، ففي الصحاري المروية

بكاليفورنيا الأمريكية مثلاً لا يتم قطع البرسيم Alfalfa من كل المساحات المزروعة في الأوقات المتوقع خروج الأعداء الحيوية الطبيعية بأعداد كبيرة.

3) **المحافظة على تنوع العوائل الضرورية:** إن المحافظة على التنوع يؤدي إلى زيادة أعداد الأعداء الحيوية الطبيعية، لأن ذلك يؤمن العوائل البديلة الضرورية للأعداء الحيوية في غياب العائل الرئيسي. كما تزداد أماكن البيات الشتوي والمأوى والحماية من الظروف غير المناسبة للأعداء الحيوية هذا وإن وجود العوائل الضرورية المتعاقبة في الظهور ، يؤدي إلى توفير الأطوار المناسبة للطفيل أو المفترس على مدار العام، ويمكن تامين ذلك من خلال زراعة المحاصيل المختلفة المتجاورة أو ترك بعض الحشائش وما شابه ذلك .

4) **توفير الغذاء الطبيعي للأطوار الكاملة للأعداء الحيوية** (حبوب اللقاح Pollens والندوة العسلية Honeydew والرحيق Nectar): تحتاج الأطوار الكاملة للمفترسات والطفيليات إلى غذاء طبيعي لزيادة فترة حياتها وخصوبتها وقدرتها على الانتشار، وقد لا يتوافر ذلك في حالة الزراعة الأحادية. فوجود مساحة بسيطة من الأعشاب ذات الأزهار يمكن أن يوفر التغذية الإضافية وبالتالي وجود هذه الأعداء الحيوية بأعداد وفيرة، وقد وجد Leius في عام 1967 تطفلاً عالياً جداً لبيض وعذارى ويرقات دودة ثمار التفاح في حدائق التفاح التي يتوفر فيها الكثير من الأزهار الغنية بالرحيق، وذلك بالمقارنة مع الحدائق المحتوية على كمية أقل من الأزهار المنتجة لنفس الرحيق. ويرتبط توفر العنكبوت المفترس *Amblyseius hibisci* في حدائق الأفوكادو بولاية كاليفورنيا الأمريكية بوجود حبوب اللقاح حتى عند عدم وجود الفريسة من العناكب أيضاً .

5) **مكافحة المفترسات التي تهاجم الأعداء الحيوية:** بعض المفترسات تقوم بافتراس الحشرات المتطفلة عليها مما يؤدي إلى القضاء على أعداد كبيرة من مستعمرة المتطفل، ومثالُ ذلك النمل الأرجنتيني *Iridomyrmex humilis* الذي يفترس من الجوز المهاجم من قبل المتطفل *Trioxys pallidus*.

6) **مكافحة النمل الذي يتغذى على الندوة العسلية:** وجود النمل الذي يتغذى على الندوة العسلية المفرزة من الحشرات القشرية والمن والبسيلا والبق الدقيقي يجعل المكافحة الحيوية صعبة بسبب التداخل بين النمل الأعداء الحيوية ، لذلك فإن القضاء على هذا النمل يزيد من فرص نجاح المكافحة الحيوية باستخدام الأعداء الحيوية .

7) **ضبط درجات الحرارة داخل الزراعات المحمية:** حيث وجد أنه لا يمكن مكافحة الذبابة البيضاء *Trialeurodes vaporariorum* داخل الزراعات المحمية بواسطة المتطفل *Encarsia Formosa* إذا انخفضت الحرارة عن 24°م، لأن في هذه الظروف تزداد كمية البيض التي تضعها الآفة عن كمية البيض التي يضعها المتطفل بعشرة أضعاف بالرغم من أن معدل النمو والتطور في كلتا الحشرتين متساوٍ، وعلى درجة حرارة 26°م تكون كمية البيض الموضوعة من كلتا الحشرتين متساوية، في حين يكون معدل النمو والتطور في *Encarsia Formosa* ضعف معدل النمو والتطور في الذبابة البيضاء، وذلك فإنه من الواضح أن ضبط درجة الحرارة لصالح العدو الحيوي يساعد كثيراً على زيادة فعالية هذا العدو ونجاح عملية المكافحة.

8) **الاستغلال الجيد للأراضي الزراعية:** يمكن أن يوجه استعمال الأرض زراعيا للإضرار بالآفات الحشرية، وتشجيع الدور النافع لأعدائها الطبيعية. فعلى سبيل المثال، تشكل المسافات بين النباتات عاملا يمكن الاستفادة منه في تشجيع هذه الأعداء وخاصة ذات القدرة المحددة على الحركة. إذ يتيح تجاور المحاصيل من سهولة انتقال هذه الكائنات من نبات إلى آخر للبحث عن الفريسة أو العائل، كما يسمح بوبائية ممرضات الآفات. وهناك نمط من التناوب الزراعي يطلق عليه الحصاد الشقي Harvesting strip الذي يرمي إلى الحفاظ على الأعداء الطبيعية وتشجيع دورها ضد الآفات. إذ يتم تقسيم حقل البرسيم إلى ثلاثة أقسام متساوية، يحش قسم منها ويترك القسمان الباقيان دون حصاد حيث تنمو فيها النباتات تدريجيا. ويتسبب هذا الإجراء في الاستبقاء على الحشرات النافعة التي تنتقل من الموقع المعامل إلى الموقعين الأخريين حيث تتاح العوائل والفرائس .

9) **توفير موقع السكنى:** تعد وسيلة الحصاد الشقى إحدى وسائل توفير موقع سكنى الأعداء الطبيعية رغبة في الحفاظ عليها وعلى الدور الذي تقوم به في مكافحة الآفات. وهناك وسيلة أخرى لهذه الغاية تتمثل بتيكنيك الحقل غير النظيف Dirty field technique. لقد ارتبطت الزراعة بإجراءات النظافة، وإزالة بقايا المحاصيل والعوائل البديلة للآفات الزراعية التي تستهدف خفض الكثافات العددية لهذه الآفات. غير أن الدفع المستمر بخفض تلك الكثافات لا يكون دائما في صالح الأعداء النافعة، مما يتطلب الفهم الكامل لتاريخ حياة وإيكولوجية الآفة المستهدفة ، ورابطة الأعداء الخاصة بها. إذ يقضي عديد من الطفيليات الحشرية والمفترسات الشتاء ساكنا بالمخلفات، أو بداخل بقايا المحصول في الحقل، أو على العوائل النباتية الحشائشية مما يلقي الضوء على أهمية تيكنيك الحقل غير النظيف في الحفاظ على هذه العناصر النافعة.

2. **استيراد وتوطين الأعداء الحيوية:**

- الاستيراد، هو جلب الأعداء الحيوية ذات الفعالية الحيوية العالية من منطقة إلى منطقة أخرى جديدة من العالم.
- التوطين يعني تكييف الأعداء الحيوية مع الظروف الجوية في المناطق الجديدة.

يعتبر استيراد الحشرات المتطفلة والمفترسة من أهم الإستراتيجيات المتطورة في مجال المكافحة الحيوية. يلجأ لاستيراد الأعداء الحيوية في الحالات الآتية:

- استيراد أعداء طبيعية من الخارج لمكافحة آفة متوطنة لم تستطع الأعداء الحيوية الطبيعية المحلية من ضبط أعدادها والحد من أضرارها.
- استيراد أعداء طبيعية لمكافحة آفة أجنبية دخلت إلى المناطق دون أعدائها الطبيعية ولا يوجد أعداء طبيعية محلية تستطيع ضبط هذه الآفة دون الحد الاقتصادي للضرر.

الأسس التي يجب مراعاتها عند استيراد الأعداء الحيوية:

- تعريف الآفة المراد مكافحتها
- تحديد الموطن الأصلي للآفة المراد مكافحتها، وجمع مادون عنها بالمراجع

- تعريف الأعداء الحيوية المراد استيرادها لهذا الغرض، تعريفاً تقسيمياً دقيقاً، والتأكد من أن هذه الأعداء تختص في مكافحة هذه الآفة دون غيرها.
- إجراء دراسة مبدئية للطفيليات والمفترسات المتاحة بموقع الاستيراد، وتهدف هذه الدراسة إلى تحديد علاقة هذه الكائنات بالعائل وتحديد الطور الذي تهاجمه وغير ذلك لاختيار أفضل الأنواع للمكافحة الحيوية للآفة.
- في حالة وقوع الاختيار على أعداء حيوية خارجية، فلا بد من البحث عنها واختيارها، بحيث تتوفر لديها الصفات المطلوبة وخاصة من حيث الكفاءة التناسلية العالية، وقدرة التأقلم مع الظروف الايكولوجية الجديدة، وكذلك التوافق الزمني لنشاطها مع نشاط الآفة.

الأسس التي يجب مراعاتها عند الإطلاق والتوطين الدوري للحشرات المتطفلة والمفترسة:

❖ تحضير العدو الحيوي استعدادا لنقله إلى الطبيعة حيث سيتم نشره أو تخزينه في حالة الضرورة وبشكل عام يتم نقل الطفيليات، مرتبطة مع عوائلها، وهي قريبة من الانبثاق حتى تخرج الحشرات الكاملة للبحث عن العائل.

❖ أما المفترسات فيمكن نقلها أما على شكل بيوض أو يرقات (أو حوريات) أو حشرات كاملة وذلك حسب نوع المفترس وفعالية وحساسية مختلف أطواره.

❖ يتم نقل الأعداء الحيوية في عبوات خاصة مهيأة أساساً لذلك مع مواد مختلفة (أجزاء نباتية، نشارة خشب، نخالة، قصاصات ورقية مختلفة) ولابد من وضع هذه العبوات بما تحتويه من أعداء حيوية تحت ظروف مناسبة، وبخاصة إذا كان مكان المكافحة بعيداً عن مكان إنتاج العدو الحيوي، كما لابد من الانتباه إلى وجود مصدر غذائي له.

❖ تجرى عملية الإطلاق صباحاً، لأنه الوقت الذي يشيع خلاله خروج الأطوار الكاملة للأعداء من طور العذراء وتزاوج الجنسين، ويتيح للإناث وضع البيض، واكتشاف أماكن الحماية.

❖ لا ينصح بإجراء الإطلاق وقت الغروب، وقبيل الغسق إلا في الأيام الحارة من العام، لأن في هذه الأوقات يكون انتشار العدو الطبيعي قليلاً، ويوقف الإطلاق نهائياً عند توقع هطول الأمطار والصقيع، وأثناء الارتفاع الشديد في درجة الحرارة، وهبوب الرياح الشديدة.

طرق إطلاق الأعداء الحيوية المستوردة: يجري إطلاق الأعداء الحيوية المستوردة بالحقل بطريقتين:

1- **الإطلاق الحر:** تطلق الأعداء الطبيعية وسط عوائلها المناسبة دون حواجز، وتتم هذه الطريقة بطريقتين:

- **الإطلاق الأرضي:** وتجري إما باليد أو بوضع الأعداء عند نقاط إستراتيجية بالمساحات الزراعية المستهدفة. وحالياً تطورت هذه الطريق بحيث تطلق الأعداء الطبيعية بواسطة آلات خاصة متحركة، حيث ترش الأعداء الحيوية من خلال معلق أو محتواه بأغلفة أو مخاليط حبيبية أو ما يشابهها.
- **الإطلاق الهوائي:** يتم بواسطة طائرات خاصة أعدت لذلك، وتجرى هذه الطريقة عندما تطلق الأعداء الحيوية لمساحات واسعة، ويتم الإطلاق في الصباح الباكر، أو متأخراً بعد الظهر.

2- **الإطلاق المحصور:** تطلق الأعداء الحيوية في هذه الطريقة محصورة داخل أقفاص التربية أو أكمام من القماش المثبتة على أفرع نباتية. وفي هذه الطريقة يمكن حماية هذه الأعداء من العوامل المناخية الحرجة من الأعداء الحيوية الأخرى.

يتم تحديد أعداد العدو الحيوي المحررة حسب أهمية الآفة وأعدادها من جهة، وحسب فعالية العدو الحيوي تجاه الآفة المقصودة من جهة أخرى .

- **التوطين الدوري للأعداء الحيوية المستوردة:**

المقصود بالتوطين Colonization، هو العمل على أقلمة الأعداء الحيوية الطبيعية المستوردة في موقع جديد به الآفة المستهدفة، والهدف من ذلك هو انتشار وتزايد هذه

الأعداء في هذا الموقع لاستعمالها مستعمرات فرعية إضافية لمكافحة الآفة، حيث يكون ذلك أكثر سهولة وأرخص من محاولة التربية الموسعة لكثير من الأنواع.

- **الشروط المحددة للتوطين:**

- **الانتشار:** الأنواع التي تتكاثر بكترياً، والتي تتصف بضعف الانتشار، يجب أن تطلق بأعداد كبيرة وعلى مسافات واسعة، لأن الإطلاق المحدود العدد لها يؤدي إلى فقدان الأفراد لضعف انتشارها أما بالنسبة للأنواع التي تتكاثر جنسياً، فإن بطء انتشار النوع يؤدي إلى زيادة فرص التزاوج.
- **العائل النباتي:** عند تخطيط برامج التوطين لابد من دراسة العائل النباتي وصلاحيته للعدو الحيوي إما ملجأ للحماية أو مصدراً للغذاء للأطوار الكاملة وعدم اتصافه بالمناعة الفيزيولوجية من خلال الآفة ضد عدوها الطبيعي.
- **المناخ:** تؤدي العوامل المناخية الدور الرئيسي في نجاح أو فشل عملية التوطين، وتتضح هذه الحقيقة وبصفة خاصة بالمناطق الباردة والمعتدلة، أو في المناطق التي تتعرض للحدود الحرارية القصوى والجفاف، حيث يتحدد هذه الحدود دون بقائية العدو الحيوي، أو تؤدي وظيفة مهمة في عدم التوافق بين العدو الحيوي والطور المناسب من العائل. وللتغيرات المناخية تأثيرات مختلفة في كل من العائل والعدو الحيوي، مما يؤدي إلى حدوث اختلاف كبير في توقيت خروج أطوارها الكاملة من طور العذراء، أو قد تدفع بالعائل إلى الدخول بالبيات الشتوي أو السكون، مع أن العدو الحيوي مستمر في التطور والنمو. في ضوء ما سبق، يتضح أن الإطلاق الابتدائي للعدو الحيوي المستورد، يجب أن يغطي مناطق متباينة المناخ كي يستطيع هذا العدو أن يجد الوسط المناسب والملائم لانتشاره.
- **العوائل البديلة:** يؤدي توفر العوائل البديلة دوراً مهماً في نجاح عملية التوطين، وخاصة في المناطق التي يكون فيها للمناخ تأثير متباين على العائل والعدو الحيوي، إن توفير العوائل البديلة أثناء ندرة العائل الأصلي هو الضمان لبقاء هذه الأعداء ونجاحها. وأيضاً يجب إطلاق العدو الحيوي في عدد من المواقع المتباينة وذلك لمعرفة العوائل

البديلة التي يتطلبها المتطفل أو المفترس المستورد حديثاً وقت ندرة عائله الأصلي، مما يضمن نجاح التوطين.

3. **التربية الموسعة والتوطين الدوري لأشباه المتطفلات والمفترسات:**

A.التربية الموسعة:

❖ يقصد بالتربية الموسعة، إكثار الأعداء الحيوية (طفيليات ومفترسات) في المعمل لإنتاج أعداد كبيرة ، عادة بالملايين، بهدف إطلاقها ضد آفات معينة وفي أوقات معينة، بالقدر الذي يفي بإنجاز أهداف برنامج المكافحة الحيوية المرتبط بنسبة مقبولة بين التكلفة والعائد.

❖ تقتصر التربية الموسعة على الأنواع من المتطفلات والمفترسات التي تتكيف مع الظروف الاصطناعية في المختبر، مما يسمح بالحصول على أعداد منها تكفي لاستغلالها مباشرة في المكافحة.

الأمور التي يجب مراعاتها عند التربية الموسعة:

i. **دراسة بيولوجية للعدو الحيوي:** عند تربية أي نوع من الأعداء الحيوية لابد من معرفة:

❖ عادات التزاوج.

❖ طريقة وضع البيض.

❖ النمو والخصوبة تحت الظروف المخبرية المثلى.

يفيد ذلك في معرفة فعالية هذا العدو، والتحقق من إمكانية إكثاره مخبرياً للحصول على كميات كبيرة يمكن استخدامها في برامج المكافحة الحيوية، وكما تفيد الدراسة البيولوجية في انتخاب الآباء التي تتميز بقدرة عالية على إنتاج الإناث، وتفيد أيضاً في تحديد العائل المناسب الذي يعطي نسبة مرتفعة من الإناث في ذرية العدو الحيوي.

ii. **اختيار العوائل المناسبة :** يجب أن يتصف العائل المستخدم بعملية التربية بما يأتي:

أ- أن يكون سهل التربية تحت الظروف المخبرية وله مدى عائلي نباتي واسع.

ب- أن يكون مقاوماً للأمراض .

ت- أن يتميز بمعدل عالٍ للتكاثر، ودورة حياة قصيرة، وكفاءة بقائية عالية.

ث- أن لا يفرز إفرازات غير مرغوب بها، كالندوة العسلية أو الشمع أو الإفرازات القطنية وغيرها .

ج- أن يكون من الأنواع التي تجذب المتطفلات أو المفترسات.

iii. توفر الغذاء المناسب لعوائل الأعداء الحيوية والذي تتوفر فيه الشروط التالية:

أ- يحتوي الغذاء على جميع العناصر اللازمة لحياة وتطور ونمو الحشرة.

ب- أن يكون بطيء التعفن والتحلل.

ت- أن يكون الغذاء سهل التداول تحت ظروف المختبر.

ث- أن يكون الغذاء من المواد الرخيصة الثمن، والتي يمكن أن توجد في جميع الظروف.

iv. الشروط اللازم توفرها في المخبر:

- يجب تهيئة الظروف بالمختبر بما يتناسب مع نمو وتكاثر كل من العدو الحيوي والعائل.
- يجب أيضاً التحكم بهذه العوامل للإسراع أو التأخير في نمو الحشرة، بما يتوافق مع الموعد المناسب لإطلاق العدو الحيوي.

v. معرفة الخصائص السلوكية للنوع المربى:

- عند إكثار أي نوع لابد من معرفة الخصائص السلوكية لهذا النوع، بحيث تستبعد الأنواع التي من عادتها بناء الخلايا أو العشوش أو الخلايا، أو التي تحتاج إلى عوائل ضخمة ومساحات كبيرة أو التي تقل خصوبتها في الظروف المخبرية عن خصوبتها المورثة.
- وكما تستبعد الأنواع التي لها طور سكون طويل المدى أو التي تتصف بالتطفل المتزايد أو الافتراس الذاتي.

vi. **الوقاية من التلوث والآفات :** ويتم ذلك من خلال:

- مراعاة مداومة النظافة العامة بالمختبر، وضرورة التخلص من مخلفات التربية.
- القضاء على مصادر التلوث في الأماكن المجاورة للمخبر.
- إجراء التعقيم الدوري للأجهزة والأدوات المستخدمة.
- استعمال وحدات صغيرة للتربية، واستبعاد ما يتلوث منها فوراً.

B. التوطين الدوري Periodic colonization:

❖ الهدف منه هو زيادة أعداد الحشرات المتطفلة والمفترسة، محلية كانت أو مستوردة، على فترات، مما يؤدي إلى رفع كفاءتها في مكافحة الآفة بيولوجياً.

❖ يتخذ هذا الإجراء الذي يناظر إجراءات المكافحة الكيميائية أثناء الفترات الحرجة، ولاسيما عندما تتسبب الظروف القاسية في تثبيط العدو الطبيعي بحيث يصبح وجوده نادراً بالنسبة لعائله، أو حينما تكون قدرة انتشار العدو الحيوي أقل من قدرة انتشار العائل. أو أن معدل تكاثر العدو الحيوي أقل من معدل تكاثر الآفة العائل.

- **طرق التوطين الدوري**: هناك طريقتان للتوطين الدوري للأعداء الطبيعية وهما:

❖ **الإطلاق الكثيف (الغمري) Inundative release:** وهو أكثر الطرق تكلفة، ويعتمد على استخدام عدد من الأعداء الطبيعية الحيوية، يزيد عما تتطلب الآفة المستهدفة، وتجرى المكافحة من الأفراد المطلقة دون الاعتماد على الأجيال التالية أو ذرية العدو الطبيعي، ثم يتشابه النمط هذا النمط مع المبيدات الكيميائية، لأن أفراد الآفة ، تموت سريعاً إلى حد ما، دون تفاعل طويل بين جمهورها وجمهور العدو الحيوي، وبالتالي يطلق على الأعداء الحيوية المستخدمة بهذه الطريقة بـ المبيدات الحيوية biotic insecticides.

❖ **الإطلاق المحدود العدد Inoculative release:** تتم مكافحة الآفة بهذه الطريقة، بواسطة ذرية الأعداء التي أطلقت لتتواجد لمدة تطول عن فترة جيل من بداية التوطين، وهناك **نمطان لهذا الإطلاق**:

أ- **الإطلاق التلقيحي:** يجري هذا الإطلاق دون انتظام ومرة في العام وذلك لإعادة توطيد أنواع معينة من الأعداء الطبيعية، والتي تقتل في بيئة نتيجة الظروف غير المناسبة خلال جزء من السنة ويمكن توقع المكافحة من بداية النسل والأجيال التالية، وليس من بداية الإطلاق نفسه.

ب- **الإطلاق التكميلي:** يمكن إجراء الإطلاق التكميلي ضد الآفات التي تهاجر دورياً، أو التي تنتشر متفرقة بالمساحة بحيث يصبح من الأهمية بمكان العمل على توحيد الأعداء الطبيعيين خلال فصل معين، أو مرحلة معينة من النمو، وتحت هذه الظروف، يصبح المتطفل أو المفترس متزامناً مع العائل أو الفريسة ويمكن توقع المكافحة من عملية الإطلاق أو من النسل المباشر الناتج عن الإطلاق.

4. **التحسين الوراثي للأعداء الحيوية**: يهدف التحسين الوراثي Genetic improvement، إلى الاستفادة القصوى من الأعداء الحيوية الطبيعية من خلال تطوير فاعليتها وراثياً، وهناك طريقتان للتحسين الوراثي للأعداء الحيوية :

- **زيادة التباين الوراثي genetic diversity لدى الأعداء الطبيعية:** تتم هذه الطريقة باختيار سلالة من نوع ما تظهر كفاءة عالية بموقع ما، ويتم نشرها بطريقة التوطين الدوري لمكافحة آفات ذات توزيع مكاني متباين الظروف، مما يدفع بتجمع جيني متباين داخل أفراد النوع النافع يعمل على الانتخاب الطبيعي لهذا النوع بما يدفع بتحسين وراثي له. ومن الأمثلة الجيدة في هذا المجال ما طرح من مقاييس لاختيار أنماط بيولوجية لأسد المن *Chrysoperla carnea* أكثر مواءمة في مكافحة الآفات الحشرية.
- **التربية الصناعية الانتقائية للعدو الحيوي:** تعتمد هذه الطريقة على أجزاء التحسين الوراثي للعدو الحيوي مخبرياً، عن طريق الانتخاب الانتقائي والتربية المخبرية للأفراد المنتقاة ثم نشر هذه الأعداء وتوظيفها. ومن الأمثلة الناجمة للتربية الصناعية الانتقائية تربية المتطفل *Aphytis lingnanensis* الذي يهاجم الحشرات القشرية، حيث تم توجيه التواؤميات الغذائية لهذا المتطفل لحدود حرارية مختلفة لهذا المتطفل، مما يسفر

عن إنماء سلالات طفيلية لها القدرة على تحمل درجات متباينة داخل الحدود الحرارية القصوى والدنيا المرتبطة بنشاطه.

سادساً- التنبؤ والإنذار في الإدارة المتكاملة للآفات:

التنبؤ: هو رصد ورؤية الظواهر التي من الممكن أن حدث في المستقبل.

التنبؤ في وقاية النبات: يعني توقع ظهور الآفات التي من الممكن أن تسبب أضرارا اقتصادية للمحاصيل الزراعية، وتحديد نسبة الإصابة ومدى انتشارها. والغرض من عملية التنبؤ:

- تحديد كثافة الآفة.
- تحديد مستوى الضرر الاقتصادي للآفة.
- تحديد مواعيد طرق المكافحة المختلفة.
- تحديد عدد أجيال الحشرة.

❖ **وسائل التنبؤ بالحشرات**



شكل 37. وسائل التنبؤ بالحشرات.

i. **الأسس التي تعتمد عليها عملية التنبؤ في برامج الإدارة المتكاملة للآفات**:

تعتمد عملية التنبؤ في برامج الإدارة المتكاملة للآفات على الأسس الآتية:

- دراسة العوامل البيئية المختلفة في وسط انتشار النباتات وتقييم دور المكافحة الطبيعية في الحد من انتشار الآفات.
- دراسة بيولوجية وفيزيولوجية للنباتات المنتشرة في البيئة ومعرفة الأطوار الفينولوجية لكل نبات.
- درجة التكثيف الزراعي.
- التكنولوجيا المتبعة في الزراعة والعمليات الزراعية.
- التخصص في الإنتاج الزراعي والزراعة.
- النظام الزراعي السائد (فالنظام الزراعي الذي يقتصر على إنتاج محصول واحد قد يؤدي إلى تكاثر وازدهار نوع معين من الآفات المدمرة التي تضر بالمحصول ضررا بليغا، أما الزراعات النباتية المتعددة الأنواع توجد غالبا في مساحات صغيرة وتتميز بجانب من الاستقرار البيئي تقلل من مشكلات الآفات.
- دراسة ومعرفة الآفات المختلفة الموجودة في بيئة النبات.
- معرفة الأعداء الحيوية الطبيعية الموجودة في المنطقة. ويجب معرفة المعلومات الآتية عن الأعداء الحيوية الموجودة في المنطقة:
  - ماهي أوقات تواجد العدو الحيوي على المحصول؟
  - ماهي الكثافة العددية لذلك العدو الحيوي ؟
  - ماهي العلاقة بين العدو الحيوي والعائل النباتي ؟
  - ماهي العلاقة بين العدو الحيوي والعائل (الحشرة)؟
  - ماهو تأثير الظروف البيئية على نشاط العدو الحيوي ؟

<u>من الذي يقوم بهذه المهمة:</u>

أنشئت لهذه الغاية محطات خاصة تسمى محطات التنبؤ الزراعي تضم اختصاصيين مدربين ومعدين بشكل جيد لهذه المهمة، تقوم بجمع كل المعلومات اللازمة وتحليل النتائج

التي تم التوصل إليها على أساس علمي دقيق مبرمج، تستخدم في تحديد طرق المكافحة اللازمة وتوقيتها وحجمها، أخذين بعين الاعتبار المستوى الحرج للإصابة والحد الاقتصادي للضرر لكل آفة.

ii. النماذج المستخدمة في عملية التنبؤ:

أنظمة دعم القرار Decision support systems هي نظم تساعد صانع القرار على اتخاذ القرار الصحيح بانتقاء الخيارات المناسبة بما يخص الموارد البيئية والاقتصادية والبشرية المتاحة على أمثل وجه.

I. النماذج التحليلية: وهي تلخيص للعلاقة بين مكونات النظام البيئي الزراعي على شكل معادلات، مثل النموذج التحليلي لتفاعل مجتمعات الآفة والعدو الحيوي الذي يكون على شكل معادلات تفاضلية:

$$\frac{dx}{dt} = \omega x - By$$

حيث: y= كثافة المفترس ω= معدل النمو النسبي لمجتمع الفريسة (على افتراض أن المصادر غير محدودة) B= معدل التهام الفريسة لكل مفترس (ومن المفترض أن يكون مستقلاً عن كثافة الفريسة) dt/dx معدل تغير الفريسة في اللحظة t.

II. نماذج المحاكاة SIMULATIONS MODELS: وهي نماذج رياضية حاسوبية تحاكي السلوك الحقيقي لمنظومة معينة وتتضمن علاقات منطقية ورياضية تتفاعل فيما بينها لتصف سلوك وبنية النظام في العالم الحقيقي على امتداد فترة من الزمن.

الهدف: بناء نموذج تعمل نتائجه بشكل مشابه للنتائج في الطبيعة. يمكن من خلال هذا النموذج الوصول إلى:

- نتائج عامة حول الأفعال المتبادلة بين الآفة والعدو الحيوي وبيئتهما.

- التنبؤ عن كيفية تصرف المجتمعات تبعاً للتغيرات المتوقعة في علاقاتها الموجودة أو في الحالات البيئية السائدة.
- استخدام النموذج لتجريب إجراءات وقواعد جديدة لتطبيقها على مجتمع الآفة قبل المجازفة بإجراء الاختبار على النظام الحقيقي (الواقع).
- وضع إستراتيجية مستقبلية للإدارة المتكاملة للآفات

III. النماذج الوصفية:وتعتمد على التحليل الإحصائي للبيانات وهي متممة للنماذج التحليلية ونماذج المحاكاة، وهدفها التنبؤ عن متغير ثابت على أساس معرفة عامل واحد أو أكثر مؤثر عليه.

iii. **إستراتيجية النمذجة**:

دراسة الواقع لتحديد الحالة (الآفة) ثم تحديد عناصر النموذج ووضع تصور أولي للنموذج.

- محاولة فهم أو الإحاطة بالكيفية التي يتم تبادل التأثير بين عناصر النموذج وذلك من خلال تحليل المعلومات المتوفرة في المراجع العلمية والاستفادة من آراء الخبراء .
- الصياغة الأولية للنموذج أو اقتراح نماذج جزئية أو علاقات رياضية للتعبير نظرياً عن العلاقات القائمة بين عناصر النموذج الرئيسي .
- التقدير الكمي للعلاقات بين عناصر النموذج المقترح باستخدام الطرق الرياضية والإحصائية .
- الصياغة الشاملة للنموذج.
- التحليل الإحصائي Statistical analysis.

يمكن إجراء هذه المقارنة بعدة طرق:

- المعاينة النظرية لمنحنيات المقارنة.
- طرق التحليل الإحصائي: تحليل الارتباط Correlation Analysis .

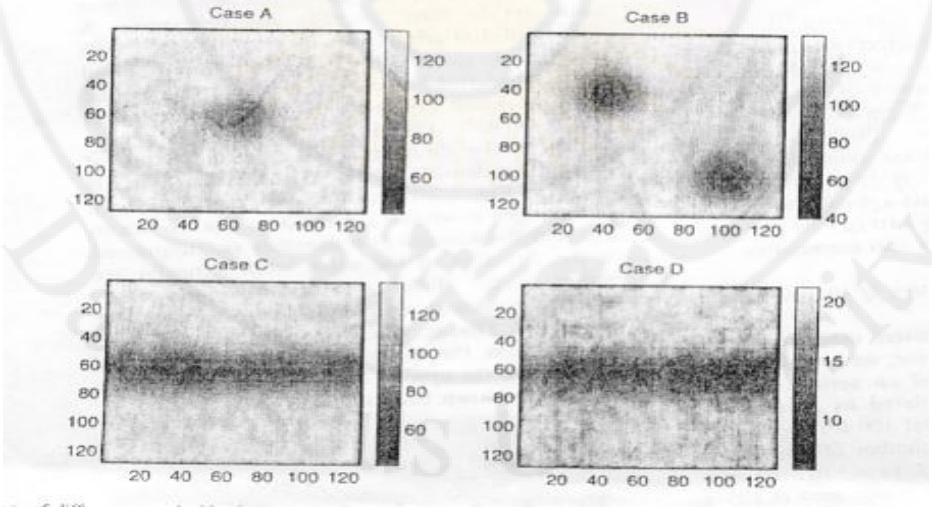
- طرق تحليل الحساسية Sensitivity Analysis المستخدمة لتبيان درجة تأثر النموذج بتغيير قيم أحد بارامتراته.

iv. **أمثلة عن النمذجة**:

تعد دراسة النماذج حديثة نسبياً وخاصة في علم الحشرات ومكافحتها. توجد أمثلة عديدة عن النماذج في علم الحشرات (كجزء من الإدارة المتكاملة للآفات).

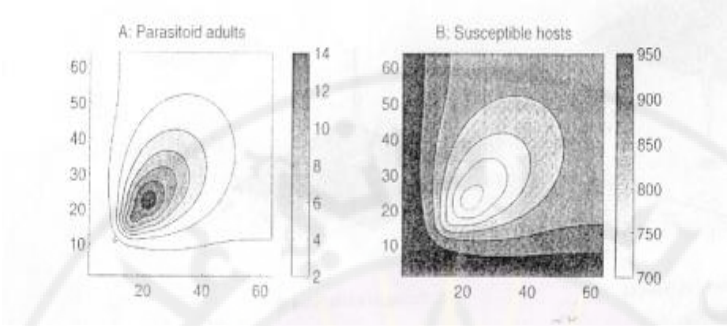
1- درس Allen وآخرون عام (1998) النموذج البيئي عائل/متطفل لسوسة جوز القطن *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) والمتطفل *Catolaccus grandis* (Burks) (Pteromalida : Hymenoptera).

استخدم النموذج للكشف عن إستراتيجيات مختلفة لمكافحة العائل حيوياً بمحاكاة طرق إطلاق مختلفة (مواقع مفردة أو متعددة، إطلاقات هوائية)، وتأثير الرياح على كثافة العائل وعلى فعالية المتطفل في سياق الإدارة المتكاملة للآفات. أشار نموذج المحاكاة الأولي إلى أكبر فعالية للمتطفل حينما يطلق المتطفل فوق مناطق متعددة، أو هوائية أكثر من معدلات الإطلاق المتشابهة (شكل 38) .



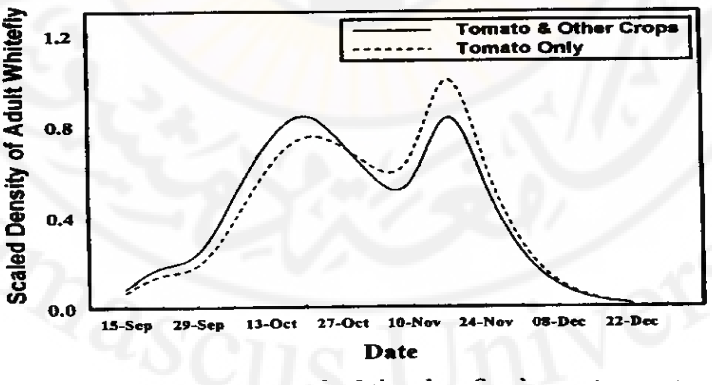
شكل 38.

وتنخفض كثافة العائل مع اتجاه الريح وترتفع بالاتجاه البعيد عن الريح نتيجة عدم انتشار المتطفل (شكل 39).



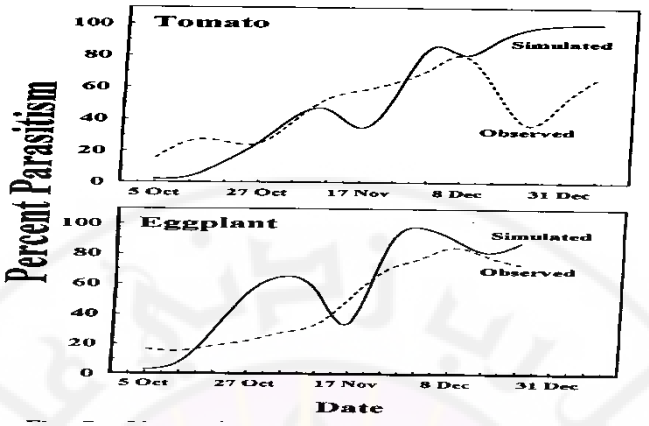
شكل 39.

2- دراسة تأثير الترتيب الزماني والتوزيع المكاني (النماذج الزمكانية) للمحاصيل على مجتمع الذبابة البيضاء (Brewster et al ,1997). تم زراعة عدة محاصيل تنتمي لفصائل متعددة بمواعيد مختلفة . بينت تجارب المحاكاة التي فحصت تأثير ترتيب المحاصيل أن مجتمع الذبابة انخفضت عند زراعة محاصيل قرعية Cucurbits إلى جانب محاصيل باذنجانية Solanaceous بالمقابل تم ملاحظة ازدياد مجتمع الذبابة عند زراعة محصول البندورة لوحده (شكل 40).



شكل 40.

بالنسبة لمحاكاة النسبة المئوية للتطفل كانت تتقلب بشكل غير مشابه للتطفل المراقب على الرغم من أن كلا المشاهدات تزداد (شكل 41).



شكل 41.

القواعد المهمة للنمذجة :

- اختيار المستوى الأمثل لتعقيد النموذج (نموذج بسيط جداً، نموذج بسيط، نموذج معقد، نموذج معقد جداً).
- عدم تطوير خطة النموذج لأكثر من سنة .
- تجنب الإغراء بإدخال كل المعلومات الموجودة في النموذج.
- اتباع أهداف محدودة ، وعدم المحاولة لجعل النموذج عام.
- إذا كان بالإمكان تضمين كل النماذج الموجودة سابقا.

v. خصائص النظام وخصائص النموذج:

1) العديد من خواص النظام غير متمثلة في النموذج مثل: بنية العمر غير موجودة في النماذج الأسية.
2) بعض خصائص النموذج غير متمثلة في النظام مثل: حلول المعادلات التفاضلية عادة تكون تقريبية وواضحة بينما مسارات الأنظمة الحقيقية تكون مشوشة دائما.

vi. طرق الحصول على المعلومات المطلوبة:

- المراقبة المباشرة للآفات وأعدائها الحيوية في أماكن وجودها.

- تربية الآفات في وسط معين نصف اصطناعي أو في الوسط الطبيعي ومراقبة نموها وتطورها
- استخدام المصائد المختلفة.
- أخذ العينات المختلفة ودراستها في المختبر لتحديد الآفات وأطوارها والمرحلة الفينولوجية من النبات والجزء النباتي القابل للإصابة والأعداء الحيوية والتوافق بينها وبين عوائلها.

vii. **أقسام التنبؤ:** يقسم التنبؤ إلى:

أ- **تنبؤ طويل الأجل:** ينظم لمدة /5/ سنوات وأكثر ويهدف إلى إعطاء تصور عن:

- الآفات التي من الممكن أن تنتشر في منطقة الدراسة خلال هذه الفترة الزمنية
- حجم الإصابة بهذه الآفات مع الأخذ بعين الاعتبار:
  - التكنولوجيا المتبعة في الإنتاج الزراعي.
  - درجة التكثيف الزراعي.
  - التخصص الزراعي.
  - الإشعاع الشمسي.

العمليات التكنولوجية التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار:

- عمليات الخدمة الزراعية.
- طرق الري المتبعة.
- نظام الصرف الزراعي المتبع.
- نظام التسميد.
- الدورات الزراعية المطبقة.
- طرق إنتاج البذور.
- التغيير في تركيب الحقول.
- التغيرات في أوقات الزراعة.

- طرقة جمع المحصول.
- طرق حفظ وتصنيع الإنتاج.
- الإصلاح الزراعي المتبع.
- إمكانية إدخال طرق جديدة للمكافحة.
- يحدد دور كل عامل من العوامل السابقة في حماية المزروعات من الآفات في الأوقات والظروف المناسبة وغير المناسبة للآفة.
- كما يجب بيان عدد المرات التي يمكن أن تتكرر فيها الظروف المثالية والطبيعية لنمو وتكاثر الآفات واحتمالات حدوث الأوبئة.

الهدف من التنبؤ الطويل الأمد:

رؤية التغييرات التي من الممكن أن تحدث في توزع ونمو وتكاثر وانتشار الآفات الزراعية.

- تحديد أهم العوامل المؤثرة على نشاط ونمو الآفات السائدة خلال فترة طويلة الأمد.
- تحديد طرق المكافحة المناسب وحجم كل مناه لأكثر من سنة.

ب- **التنبؤ الفصلي أو السنوي:** ينظم هذا التنبؤ لفصل أو سنة.

- التنبؤ السنوي يصور لنا ما ينتظر حدوثه خلال هذه الفترة من توزع للآفات الضارة وكثافة هذه الآفات ومقدار الضرر المتوقع حدوثه خلال هذه الفترة.
- يجرى التنبؤ الفصلي للآفات الأكثر ديناميكية في الانتشار، ويهدف إلى خدمة التنبؤ السنوي كي يكون أكثر مصداقية ودقة، وتجرى العملية كما في التنبؤ طويل الأجل، مع الأخذ بعين الاعتبار دراسة العلاقات الداخلية بين مجتمع الآفة الواحدة، والعلاقات الداخلية داخل النوع الواحد في مناطق مختلفة، والعلاقات الداخلية ما بين الأنواع.
- الهدف من عملية التنبؤ السنوي والفصلي: تحديد حجم عمليات المكافحة خلال الفصل أو السنة القادمة.

ت- **التنبؤ القصير الأمد:** ينظم هذا التنبؤ لعدة أيام وحتى الشهر. والهدف منه هو تصحيح الأخطاء في حجم عمليات المكافحة زيادة ونقصانا المحددة في عمليات التنبؤ الطويلة الأمد والسنوية والفصلية، ولتعديل بعض العمليات الزراعية نتيجة للتغيرات الطارئة في الظروف البيئية.

أنواع التنبؤ القصير الأمد:

- لتوقع حجم وانتشار الآفة والضرر المحتمل للجيل الحالي أو انتشار العدوى للمرض.
- توقع زمن طور وكل عمر من الآفة، والضرر المحتمل لكل منها على كل مرحلة فينولوجية من النبات.
- توقع التغيرات المحتملة للضرر للآفات بما يتعلق والظروف البيئية السائدة في ذلك الوقت.

<u>الإنذار:</u> وهو:

- إعلام المزارعين وجميع من هو مهتم بعملية الإنتاج الزراعي عن الأماكن التي ينبغي أن تطبق عليها المكافحة والطرق التي يجب أن تستخدم.
- إعلام المهتمين بالزراعة والإنتاج الزراعي بالآفات التي ستطبق عليها عمليات المكافحة المناسبة
- إعلامهم بأنسب المواعيد لكل طريقة من طرق المكافحة عند استخدام الأعداء الحيوية تعطى الأوامر بنشر الأعداء الحيوية بأنسب الأوقات لها وعندما تكون الآفة موجودة بالطور أو العمر المناسب للعدو الحيوي المستخدم.

تتكون محطة الإنذار من: مجموعة مراكز خارجية منتشرة في المناطق المختلفة وظيفتها الحصول على المعلومات المطلوبة من محطات التنبؤ وكل منها على مستوى المنطقة الموجودة فيها.

سابعاً ـ طرق تقدير كثافة الأعداء الحيوية وتقدير كفاءتها:

يتم تقدير كثافة الأعداء الحيوية وكفاءتها عن طريق مراقبة الآفات وأعدائها الحيوية.

1) أهمية مراقبة الحشرات وهدفها:

- الهدف الأساسي لمراقبة الحشرات هو لمعرفة طريقة التدخل المناسبة لمكافحتها (منها استخدام الأعداء الحيوية).
- أخذ عينات دورية لمعرفة العتبة الاقتصادية للآفة الحشرية وبالتالي تحديد أسلوب وزمن التدخل للمكافحة.
- معرفة أطوار الحشرة المختلفة وبداية الجيل أي معرفة دورة الحياة.
- تساعد في تقييم المستويات الحقيقية للآفة عن طريق أخذ عينات .
- تساعد المراقبة في تحديد الأعداء الحيوية المترافقة مع تطور الآفة.
- تساعد المراقبة في أخذ عينات من المجتمع الحشري بشكل دوري لتحديد مستوى الآفة.

2) طرق تقدير كفاءة الأعداء الحيوية: ويتم ذلك من خلال:

- تحديد النسبة المئوية لموت الآفة الناتج عن العدو الحيوي الموجود مع الآفة.
- الغزارة العددية لكل عدو حيوي طبيعي.
- الغزارة النسبية لكل نوع بالنسبة للغزارة النسبية الكلية.
- مدى كثافة وانتشار الأعداء الحيوية مع تغيير الفصول.

3) دراسة كفاءة المتطفلات الحشرية: ويتم ذلك عن طريق:

- تربية العائل كمياً- يقدم الطور المناسب لكل متطفل على حدا وبكمية مناسبة (تزيد عن الحد الأعلى اللازم له المقدرة | يومياً).
- تحسب نسبة خروج الحشرات الكاملة للمتطفلات إلى العدد الأصلي لطور الحشرة الضارة المقدم.
- تكرر التجربة على عدة درجات.

4) دراسة كفاءة المفترسات المخبرية: ويتم ذلك عن طريق:

- تعطى المفترسات فرائس بشكل يومي.
- تعد الكمية المفترسة منها وتنسب إلى الكمية الأصلية.
- تستبدل الفرائس كل 24 ساعة.
- تبدأ العملية منذ خروج الحشرة من طور العذراء (تطور كامل)، أو منذ الفقس من البيضة للتطور الناقص. أو لكل عمر تطوري حوريات عمر أول.... ثاني.... ثالث... الخ، يرقة انسلاخ أول... ثاني... ثالث... وتستمر حتى نهاية الطور أو حتى موت الحشرة.
- تكرر العملية على درجات حرارة مخبريه مختلفة مع رطوبة معينة، وتتم المقارنة في نفس الزمن مع عدة أنواع من المفترسات على عائل واحد.

- الدراسة الحقلية لكفاءة المفترسات:

- يحسب عدد المفترسات في وحدة العينة .
- 10 ضربات بمظلة الضرب | الشجرة.
- يحسب عدد الفرائس (الحشرة الضارة) في العينة.
- تؤخذ عينات كافية في وحدة المساحة المدروسة.
- تكرر العينات دورياً حسب الخطة الموضوعة.
- ربط بين تطور الحشرة الضارة وتطور أعداد المفترسات.
- تقارن مجموعة من المفترسات بعضها مع بعض مخبرياً وحقلياً لتحديد انخفاض أعداد المجتمع الحشري للآفة.

5) تقدير كفاءة العوامل الممرضة:

- تربية العائل الحشري.
- يتم إطلاق العامل الممرض بعدة جرعات (معاملات ومكررات) على عدد محدد من الحشرات في ظروف معقمة.
- يتم التعرف على الجرعة الأنسب والأعلى قتلاً للعائل الحشري.

ثامناً- المدارس الحقلية Farmers' Field schools (FFS):

1) ما هي مدرسة المزارعين الحقلية:

- المدرسة الحقلية هي مجموعة من المزارعين يجتمعون بانتظام خلال الموسم الزراعي لمناقشة المشكلات ووضع الحلول لها، وهي طريقة إرشادية تعطي المزارعين الفرصة لاكتشاف طرق سليمة بأنفسهم لاستعمالها في العمليات الزراعية، وتهدف إلى رفع مقدرة المزارع لاستعمال التكنولوجيا الحديثة.
- هي مدارس بدون جدران (الحقل)، تعتمد طريقة التعلم بالممارسة، تعلم النظام البيئي الزراعي و مهارات الإدارة لجعل المزارعين خبراء في مزارعهم.
- تضم مدرسة المزارعين الحقلية مجموعة من المزارعين 15-25 مزارعا يلتقون بشكل دوري.
- في المدرسة يتم تعلم كل ما يتعلق بالظروف البيئية وإدارة وخدمة وحماية المحصول.
- للمدرسة حقل تجربة تنفذ فيه المدرسة نشاطاتها بالإضافة إلى حقل شاهد لمقارنة النتائج.
- يقوم بالإشراف على تنفيذ المدرسة مشرف دوره في إدارة اللقاء هو التنسيق وليس مدرس.

2) مهام مدارس المزارعين:

يتم إجراء الكثير من الدراسات الحقلية خلال اللقاءات التي تتم في مدارس المزارعين، وأهمها:

- التحليل البيئي Agro-Eco system Analysis (AESA):

يتم العمل في مجموعات صغيرة (4-5) مزارع في كل مجموعة ويتم من خلالها دراسة:

1- ظروف المناخ في بيئة حقلي التجربة والشاهد.

2- القيام بفحص كافة العوامل المتعلقة بالمحصول (حقل التجربة) إضافة للحقل الشاهد.

3- دراسة المحصول والطور الفينولوجي له، وتحديد الحشرات ونسب الإصابة.

4- تحديد الأعداء الحيوية المتوفرة في الحقل.

5- تحديد الأمراض.

6- تحديد الأعشاب المنتشرة في الحقل.

7- تحليل الملاحظات الحقلية وتلخيص الاستنتاجات الحقلية على ورق حجم كبير والمناقشة في المجموعات الصغيرة للوصول إلى القرار والإجراءات التي يجب اتخاذها ويتم كتابتها على نفس الورقة .

8- عرض الملاحظات والنتائج التي تم الحصول عليها في حقل التجربة من قبل أحد المزارعين وكذلك عرض ملاحظات الحقل الشاهد من قبل مزارع أخر.

9- اتخاذ القرار المناسب لحل المشكلات المتواجدة في حقل التجربة أما حقل الشاهد فتطبق عليه الإجراءات التقليدية للمحصول في المنطقة.

3) تنشيط المجموعة وتطوير قدراتها Group Dynamic:

ويتم ذلك من خلال نشاط معين يهدف إلى تنشيط الذهن والوصول إلى هدف مرسوم، حيث أن تعلم هذه النشاطات تزيد من قدرة المجموعة و تطويرها على اتخاذ القرار السليم، كما تعطي هذه النشاطات فاصل تنشيطي للمجموعة وتقوم برفع روح التعاون بين المشاركين.

- **الموضوع الرئيســـــي Main Subject :**

يتم تنفيذ بعض النشاطات لتعلم موضوع خاص يتعلق بخدمة المحصول وإدارته مثل:

1- تحليل التربة والتسميد.

2- التعرف على آفات المحصول.

3- تنفيذ التدريب العملي لبعض إجراءات خدمة المحصول.

4- تحديد المواعيد المناسبة للمكافحة.

5- التعرف على الأعداء الحيوية.

6- قد يتم عرض حالات معينة يستدعى لها مختصين من الجامعة أو مراكز البحوث.

7- إجراء الدراسات الحقلية وطرق أخذ العينات.

8- دراسة ومناقشة مواضيع أخرى وفقا لحاجة المجموعة.

9- جمع المعلومات وحفظها لإجراء التحليل الاقتصادي فيما بعد.

- **تقييم اللقاء:**

يتم تقييم لقاء مدرسة المزارعين الحقلية في نهاية اللقاء حيث يتم التعرض لأهم النتائج الإيجابية والسلبية التي تمت خلال اللقاء. ويتم تحديد الموضوع الرئيسي القادم وموعد اللقاء .

إن مفهوم مدارس المزارعين الحقلية هو منهج جديد فعال لتطبيق برامج الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية حيث يعمل على: تأهيل المزارع وتطوير خبراته من خلال برنامج تدريبي حقلي يستمر لموسم كامل ويعتمد في ذلك على أسس تعليم الكبار بالمشاركة والممارسة الحقلية لتغيير السلوك وترشيد استخدام المبيدات وتحسين استخدام مدخلات الإنتاج وذلك للحصول على إنتاج زراعي صحي خال من الأثر المتبقي للمبيدات.

الملحق 1

التعليقات على نطاق الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات في ما يتعلق بالمخاطر البيئية

يتجاوز النطاق الكامل للآفات التي تغطيها الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات الآفات التي تؤثر بصورة مباشرة على النباتات المزروعة. وإن "تعريف الاتفاقية للآفات الزراعية يشمل الأعشاب الضارة والأنواع الأخرى التي لها تأثير غير مباشر على النباتات. وبالتالي فإن مجال الاتفاقية ينطبق على وقاية النباتات البرية." كذلك فإن نطاق الاتفاقية يتسع للكائنات التي تعد آفات لأنها:

- *تؤثر بصورة مباشرة على النباتات غير المزروعة/الطليقة*

قد يكون لدخول هذه الآفات القليل من النتائج التجارية، ومن ثم فقد كانت احتمالات تقييمها أو إخضاعها للوائح والمكافحة الرسمية أقل من غيرها. ومن أمثلة هذا النوع من الآفات مرض (*Ophiostoma novo-ulmi*).

- *تؤثر بصورة غير مباشرة على النباتات*

هناك، إضافة إلى الآفات التي تؤثر بصورة مباشرة على النباتات العائلة، تلك الآفات، كمعظم الأعشاب الضارةأوالنباتات الغازية، التي تؤثر على النباتات في المقام الأول عن طريق عمليات مثل التنافس (مثال ذلك، بالنسبة للنباتات المزروعة: Canada thistle (*Cirsium arvense*) [أعشاب ضارة بالمحاصيل الزراعية]، أو بالنسبة للنباتات غير المزروعة/الطليقة: Purple loosestrife (*Lythrum salicaria*) [منافس في المواطن الطبيعية وشبه الطبيعية]).

- *تؤثر بصورة غير مباشرة على النباتات عن طريق التأثير على كائنات أخرى*

قد تؤثر بعض الآفات في المقام الأول على كائنات أخرى، لكنها تخلف بذلك آثارا مؤذية للأنواع النباتية أو الصحة النباتية في المواطن أو النظم الإيكولوجية. ومن أمثلة ذلك طفيليات الكائنات العضوية المفيدة مثلا ككائنات مكافحة حيوية.

وينبغي، لحماية البيئة والتنوع الحيوي دون إقامة حواجز مستترة في سبيل التجارة، تحليل المخاطر بالنسبة للبيئة والتنوع الحيوي في إطار تحليل لمخاطر الآفات.

الملحق 2

التعليقات على نطاق الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات في ما يتعلق بتحليل مخاطر الآفات للكائنات الحية المحورة

تقع المخاطر على الصحة النباتية التي قد يتسبب بها كائن حي محور معين ضمن نطاق الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات ويجب دراستها بواسطة تحليل مخاطر الآفات لتيسير اتخاذ القرارات بشأن إدارة مخاطر الآفات.

ويراعي تحليل الكائنات الحية المحورة النقاط التالية:

- قد تشكل بعض الكائنات الحية المحورة خطراً على مستوى الصحة النباتية وتستدعي بالتالي إجراء تحليل لمخاطر الآفات. إلا أنّ كائنات حية محورة أخرى لا تشكل خطراً على مستوى الصحة النباتية غير تلك الناجمة عن غير الكائنات الحية المحورة ولا تستدعي بالتالي إجراء تحليل كامل لمخاطر الآفات. فقد لا تشكل مثلاً التغيرات التي تطرأ على المواصفات الفسيولوجية لنبتة ما (كفترة النضوج ومدة التخزين الممكنة) أية مخاطر على الصحة النباتية. يتوقف خطر الآفة التي قد تتسبب بها أي من الكائنات الحية المحورة على مجموعة عوامل، بما في ذلك مواصفات الكائنات المانحة والمتلقية والتغيير الوراثي والسمة أو السمات الجديدة المحددة. لذا يعطي جزء من النص الملحق (أنظر الملحق الثالث) توجيهات لمعرفة ما إذا كانت الكائنات الحية المحورة تشكل آفة محتملة أم لا.
- قد يشكل تحليل مخاطر الآفات في حالة الكائنات الحية المحورة جزءاً بسيطاً فقط من التحليل الإجمالي للمخاطر في حالتي الاستيراد والإطلاق. إذ باستطاعة البلدان مثلاً أن تطلب تقدير المخاطر على صحة الإنسان أو الحيوان أو على البيئة، بما يتعدى المجالات التي تشملها الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات. ولا يتعلق هذا المعيار إلا بتقدير المخاطر على الصحة النباتية وإدارتها. وكما هي الحال بالنسبة إلى الكائنات أو طرائق انتقال العدوى التي قيّمتها إحدى المنظمات القطرية لوقاية النباتات، وقد

تترتّب مخاطر أخرى عن الكائنات الحية المحورة لا تقع ضمن نطاق الاتفاقية الدولية. ومن الأرجح أنه عندما تكتشف إحدى المنظمات القطرية لوقاية النباتات وجود مخاطر محتملة غير المخاطر على الصحة النباتية إبلاغ السلطات المختصة.

- قد تأتي مخاطر الصحة النباتية الناجمة عن الكائنات الحية المحورة من بعض السمات التي اكتسبتها الكائنات كتلك التي تزيد احتمالات الاستيطان والانتشـار أو من تتابعات جينـات مضافـة لا تؤدي إلى تغيير مواصفات الآفة في الكائن المعني لكن من شأنها التأثير بمعزل عن الكائن الحي أو التسبب بانعكاسات غير مرغوبة.

- في حالة المخاطر على الصحة النباتية بسبب تدفق الجينات، تؤدي الكائنات الحية المحورة دور ناقل أو طريق محتملة لاستجلاب تركيبة وراثية مثيرة للقلق على مستوى الصحة النباتية أكثر مما تؤدي دور آفة بحد ذاتها. لذا تفهم لفظة "آفة" على أنها تشمل احتمال أن تؤدي الكائنات الحية المحورة دور ناقل لجينة قد تشكل خطراً محتملاً على الصحة النباتية أو طريق محتملة لاستجلابها.

- تتعلق إجراءات تحليل المخاطر فى الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات بالخصائص المظهرية النمطية وليس بالخصائص الوراثية النمطية. إلا أنّه قد يتعيّن النظر في الخصائص الوراثية النمطية عند تقدير مخاطر الصحة النباتية للكائنات الحية المحورة.

- يمكن أن ترتبط أيضاً المخاطر المحتملة على الصحة النباتية المتعلقة بالكائنات الحية المحورة بغير الكائنات الحية المحورة. وقد يكون من المفيد النظر في المخاطر المحتملة في إطار المخاطر التي تشكلها الكائنات المتلقية أو الأصلية أو المشابهة غير المحورة في المنطقة التي يشملها تحليل مخاطر الآفات.

الملحق 3

تحديد إمكانية أن يشكل كائن حي محور آفة

لا يعني هذا الملحق الكائنات الحية المحورة إلا في حال وجود مخاطر محتملة على الصحة النباتية نتيجة ناجمة عن الكائن الحي المحور الذي له بعض المواصفات أو الخصائص المتعلقة بالتحوير الوراثي. ويجب تقدير المخاطر الأخرى على الصحة النباتية التي يتسبب بها أي كائن بموجب الأقسام الملائمة الأخرى في المعايير الدولية رقم 11 أو بموجب أية معايير دولية أخرى للصحة النباتية.

وقد يتوجّب الاستعانة بالمعلومات اللازمة في القسم 1-3 لتحديد إمكانية أن يشكل كائن حي محور آفة.

المخاطر المحتملة للكائنات الحية المحورة على الصحة النباتية

من المخاطر المحتملة للكائنات الحية المحورة على الصحة النباتية:

(أ) تغيّر مواصفات التكيّف التي من شأنها أن تزيد احتمال الاستجلاب أو الانتشار، مثلاً تغيير:

- القدرة على تحمّل الظروف البيئية الصعبة (مثل الجفاف، الجليد، الملوحة وغيرها).
- البيولوجيا التناسلية.
- قدرة النباتات على التشتت.
- وتيرة النمو أو النشاط.
- نطاق النباتات العائلة.
- القدرة على المقاومة.
- القدرة على مقاومة مبيدات الآفات (بما في ذلك مبيدات الأعشاب) أو على تحمّلها.

(ب) الآثار السلبية لتدفق الجينات أو نقلها بما في ذلك مثلاً:

- نقل الجينات المسؤولة عن مقاومة مبيدات الآفات أو الآفات إلى أنواع متلائمة.
- القدرة على تخطي الحواجز الخاصة بالتناسل وبمعاودة الاتحاد التي تؤدي إلى مخاطر الآفات.
- القدرة على التهجين مع الكائنات أو الممرضات القائمة مما يؤدي إلى نقل الأمراض أو إلى زيادة القدرة على نقل الأمراض.

(ج) الآثار السلبية على الكائنات غير المستهدفة بما في ذلك مثلاً:

- التغيرات في نطاق عائل الكائنات الحية المحورة، بما في ذلك الحالات التي تستخدم فيها كعوامل المكافحة الحيوية أو الكائنات المفيدة مبدئياً.
- التأثيرات على الكائنات الأخرى، مثل عوامل المكافحة الحيوية أو الكائنات المفيدة أو الكائنات الحيوانية والنباتية الدقيقة في التربة والبكتيريا المثبِّتة للآزوت والتي تؤثر على الصحة النباتية (التأثيرات غير المباشرة).
- القدرة على نقل آفات أخرى.
- التأثيرات السلبية المباشرة أو غير المباشرة لمبيدات الآفات المصنوعة من النباتات على الكائنات غير المستهدفة المفيدة للنباتات.

(د) عدم الاستقرار من الناحيتين المظهرية النمطية والوراثية النمطية بما في ذلك مثلاً:

- عودة كائن ما يستخدم كعامل مكافحة بيولوجية إلى شكله الممرِض.

(هـ) تأثيرات مضرّة أخرى بما في ذلك مثلاً:

- مخاطر الصحة النباتية التي تمثلها سمات جديدة في الكائنات التي لا تنطوي عادة على مخاطر للصحة النباتية.
- قدرة جديدة أو متزايدة للفيروسات على التجمع من جديد، وتكوين غطاء خارجي مستعرض لها، بالإضافة إلى التآزر الناشئ عن وجود سلاسل فيروسية.

- مخاطر الصحة النباتية الناشئة عن سلاسل الأحماض النووية (الواسمات، المروجات، المنهيات وغيرها) الموجودة في المندرج.

يمكن لمخاطر الصحة النباتية المبينة أعلاه أن تكون مرتبطة بالكائنات الحية غير المحوّرة. وتتعلق إجراءات تحليل المخاطر في الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات بالخصائص المظهرية النمطية وليس بالخصائص الوراثية النمطية. إلا أنّ ذلك قد يتطلب دراسة الخصائص الوراثية النمطية عند تقدير مخاطر الصحة النباتية للكائنات الحية المحورة.

وفي حال عدم توافر ما يشير إلى أنّ السمات الجديدة الناجمة عن التحويرات الوراثية تتسبّب بمخاطر على الصحة النباتية، قد لا تعود الكائنات الحية المحورة بحاجة إلى المزيد من البحث.

وقد يكون من المفيد النظر في المخاطر المحتملة في إطار المخاطر التي تشكلها الكائنات المتلقية أو الكائنات الأصلية غير المحورة أو الكائنات الشبيهة في المنطقة التي يشملها تحليل مخاطر الآفات.

وفي حالات المخاطر على الصحة النباتية بسبب تدفق الجينات، تؤدي الكائنات الحية المحورة دور ناقل أو طريق محتملة لاستجلاب مركّب وراثي مثير للقلق على مستوى الصحة النباتية أكثر مما تؤدي دور آفة بحد ذاتها. لذا تفهم لفظة "آفة" على أنها تشمل احتمال أن تؤدي الكائنات الحية المحورة دور ناقل لخطر ما على الصحة النباتية أو طريق محتملة لاستجلاب جينة قد تشكل خطراً على الصحة النباتية.

ومن العوامل التي قد تؤدي إلى إخضاع الكائنات الحية المحورة إلى المرحلة الثانية من تحليل مخاطر الآفات:

- عدم امتلاك المعارف الكافية عن حالة تحوير معينة.
- درجة الوثوق بالمعلومات إذا كانت حالة التحوير غير اعتيادية.

- عدم كفاية البيانات عن أداء الكائن الحي المحور المعني في بيئات مشابهة للمنطقة الخاضعة لتحليل مخاطر الآفات.
- التجربة الميدانية، التجارب البحثيّة أو البيانات المخبرية التي تشير إلى احتمال أن يشكل الكائن الحي المحور مخاطر على الصحة النباتية (أنظر الفقرات الفرعية (أ) إلى (هـ) أعلاه).
- في حال كانت للكائن الحي المحور المعني مواصفات مرتبطة بالآفات بموجب المعايير الدولية رقم 11.
- الظروف الراهنة في البلد المعني (أو المنطقة الخاضعة لتحليل مخاطر الآفات) والتي قد تجعل من الكائن الحي المحور المعني آفة.
- في حال إجراء تحاليل لمخاطر الآفات بالنسبة إلى كائنات مشابهة (بما في ذلك كائنات حية محورة) أو عمليات تحليل للمخاطر لأغراض أخرى تشير إلى احتمال وجود آفة.
- تجارب البلدان الأخرى.

ومن العوامل التي قد تساعد على الاستنتاج أنّ الكائن الحي المحور المعني لا يشكل آفة محتملة أو لا يحتاج إلى المزيد من البحث بموجب المعايير الدولية رقم 11:

- في حال خضع التحوير الوراثي في كائن مشابه أو مرتبط به في السابق لتقدير من جانب المنظمة القطرية لوقاية النباتات (أو خبراء أو وكالات أخرى مشهود لها) أثبت خلوه من أية مخاطر على الصحة النباتية.
- إذا كان الكائن الحي المحور محصوراً في نظام احتواء موثوق ولن يتم إطلاقه.
- إذا أثبتت التجارب البحثيّة أنه من المستبعد أن يشكل الكائن الحي المحور آفة في إطار الاستخدام المقترح له.

- تجارب البلدان الأخرى.

للحصول على مزيد من المعلومات عن الخطوط التوجيهية والتوصيات الدولية الخاصة بتدابير الصحة النباتية، فضلا عن القائمة الكاملة للمطبوعات الجارية، يرجى الاتصال بالعنوان الآتي:

أمانة الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات

العنوان البريدى:

IPPC Secretariat

Plant Protection Service

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

Viale delle Terme di Caracalla

Rome, Italy 00100

فاكس: +39-06-570-56347

البريد الالكتروني: ippc@fao.org

أو الرجوع إلى موقعنا على شبكة الإنترنت: http://www.ippc.int

المراجع العلمية References

المراجع العربية

الحازمي، أحمد. 2008. النيماتودا الممرضة للحشرات. الإصدارات العلمية للجمعية السعودية للعلوم الزراعية و الإصدار الرابع عشر، السنة الثامنة 37 ص.

العسس، خالد وأسما حيدر .2010. التقرير الأول لتقصي النيماتودا الممرضة للحشرات في بساتين اللوزيات في محافظتي حمص وحماة من سورية. 2(26): 276 – 285 ص.

الرحمون، بركات وعبد العزيز نيان وبسام بياعة ومحمود حسن وزويدي بيشاو وسهام كبابي. 2008. دور المبيدات الفطرية في الإقلال من عدد الرشات على المجموع الخضري لمكافحة مرض التبقع الأسكوكيتي في الحمص. مجلة وقاية النبات العربية. 26: 129-134.

جاويش، أماني. 2010. حصر النيماتودا الممرضة للحشرات في محافظة ريف دمشق واختبار فاعليتها الإمراضية على بعض العوائل الحشرية. كلية الزراعة، جامعة دمشق. رسالة ماجستير99 صفحة.

عبد المجيد، محمد إبراهيم وزيدان هندي عبد الحميد وجورج نصر الله رزق ومحمد فوزي حجازي. 2000. تكنولوجيا مكافحة الآفات. مراجعة عصمت كامل حسين، منشورات كلية الزراعة، جامعة عين شمس.

قواص،هدى وابتسام حمد. 2007. علم الفيروسات. منشورات جامعة دمشق.515 ص.

قواص، هدى. 2005. دراسة حول أهم الأمراض الفيروسية على القرعيات في جنوب سورية: حصر الأمراض الفيروسية على القرعيات وغربلة أصناف القرعيات تجاه الإصابة الطبيعية بالفيروسات والانتقال البذري لبعض أنواع القرعيات. مجلة أبحاث التقانة الحيوية. المجلد السابع (2): 84-115.

مسلم، زكريا. 2009. فاعلية النيماتودا المرضة للحشرات في مكافحة حشرة الكابنودس *Capnodis* spp. في حقول اللوزيات. كلية الزراعة، جامعة تشرين. رسالة دكتوراه. 117 صفحة.

منظمة الأغذية والزراعة 1995. المعايير الدولية لتدابير الصحة النباتية، أمانة الاتفاقات الدولية لوقاية النبات الفاو الأمم المتحدة روما ص 9- 11.

وصفي، عماد الدين . 1991. أساسيات أمراض النبات والتقنية الحيوية. الناشر المكتبة الأكاديمية APC. 523 ص.

المراجع الأجنبية

Abbas, M. S. T.; M. M. Saleh and A. M. Akil. 2001. Laboratory and field evaluation of the Pathogenicity of entomopathogenic nematodes to red palm weevil, Rhynchophorus ferrugineus (Oliv) (Col.: Curculionidae). Anzeiger fur Schadlingskunde, 74(6):167-168.

Abd EL-Rahman, R.M.; I.A. Maha.; A. E. Osman and S.S. EL-badawey. 2008. Laboratory evaluation of three Egyptian Heterorhabditid (Heterorhabditidae) and one imported Steinernemated nematodes (Steinernematidae) against mealybugs *Planococcus citri* and *Icerya aegyptiaca* (Homoptera:Pseudococcidae and Margarodidae) Egypt.J.Agric.Res.,86(2)659-668.

Agarwal, A. and H.S. Tripathi. 1999. Biological and chemical control of Botrytis gray mould of chickpea. J. Mycol.Pl.Pathol. 29: 52.

Agrios, G. N. 2004. Plant Pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press. 922 pp.

Ahmed, S.; C. Akem; B. Bayaa and W. Erskine. 2002. Integrating host resistance with planting date and fungicide seed treatment to manage Fusarium wilt and so increase lentil yields. International Journal of Pest Management, 48(2):121-125.

Akhurst, R.J. 1986. Controlling insect in soil with entomopathogenic nematodes. In : Samson, R. A. Valk;, J. M., and Peters, D.(eds), Fundamental and Applied Aspects of Invertebrate Pathology. 4th. Int. Colloquium of Invertebrate Pathol., Wageningen, The Netherland, pp. 265-276.

Alam, M.M.; M.A. Siddiqui and A. Ahmad. 1992. Antagonistic plants. In:Nematode biocontrol: Aspects and prospects, M.S. Jairajpuri, et *al*. (eds), pp. 41-50. CBS Publishers, Delhi (India).

Alfoeldi, T. 2001. Agronomic and ecological performance of organic and conventional farming systems .In, perceedings Sino–Swiss seminar on plant production with sustainable Agriculture - Research and Applications , Zhuhaian china, pp 92-95.

Alford, D.V.(ed.) 2000. Pest and disease management handbook. Blackwell Science. pp.615.

Al Hussien, N.; B. Bayaa and W. Erskine. 2002. Integrated management of lentil broomrape, 1. Sowing date and chemical treatments. Arab Journal of Plant Protection, 20(2): 84-92.

Altieri, M.A. 1990. Why study traditional agriculture. In: Agroecology, C.R. Carroll, et *al*. (eds), pp. 551-564. McGraw Hill, New York.

Anuratha, C.S. and S.S. Gnanamanickam. 1990. Biological control of bacterial wilt caused by *Peudomonas solanacearum* in India with antagonistic bacteria. Plant Soil 124: 109.

Balazs, K. and G. Jenser 1999. The effects of an IPM program on parasitoides populations of leaf miners. Integrated Plant Protection in Orchards IOBC Volume 22 (7) **.**

Bhatt, P. N. 2005. Performance of farmers' field school (FFS) approach in promoting integrated pest management (IPM) technology in Chitwan district, Nepal. M. Sc. Thesis, Department of Agriculture Extension and Rural Sociology, IAAS, Rampur, Chitwan, Nepal. pp. 90.

Ben-Dov, Y.; D. R Miller and G. A. P Gibson. 2008. ScaleNet. http://www.sel.barc. usda.gov/scalenet/scalenet.htm

Boland, G. J. and L. D. Kuykendall. 1997. Plant-Microbe interaction and biological control. Marcel DEKKER International.

Bridge, J. 1996. Nematode management in sustainable and subsistence agriculture. Annu. Rev. Phytopathol. 34: 201.

Brown, S.M.; J.L. Kepner and G.C. Jr. Smart. 1985. Increased crop yields following application of *Bacillus penetrans* to field plots infested with *Meloidogyne incognita*. Soil Bioi. Biochem. 17: 483.

Browning, J.A.; M.D. Simons and E. Tores. 1977. Managing host genes: Epidemiologic and genetic concepts. In: Plant Disease, An Advanced Treatise, Vol. 1, J.G. Horsfall and E.B. Cowling (eds.), pp. 191-212. Academic Press, New York.

Bull,C.T. 2001. Biological control. In: Encyclopedia of plant pathology. O.C. Malloy and T.D.Murray (eds.) Vol:1.New York: J. Wiley and Sons. pp.128-135.

Charmillot P.J. and D. Pasquier. 2003. Combination of mating disruptor (MD) techniques and granulosis virus to control resistant strains of codling moth *Cydia pomonella*, Integrated Plant Protection in Fruit Crops, IOBC Vol. 26 (11), pp27-29

Dasgupta, M.K. 1998. Phytonematology, Calcutta, Naya Prokash. pp846.

Datta, S.K. and S. Muthukrishnan. 1999. Pathogenesis-related proteins in plants. Pp.291. CRC Press.

Davies, K.G., E.A.A.M. De Ley and B.R. Kerry. 1991. Microbial agents for the biological control of plant parasitic nematodes. Trop. Pedt Manage, 37: 303.

De Meyer, C. and M. Hofte. 1997. Salicylic acid produced by the rhizobacterium *Peudomonas aeaeruginosa* 7NSK2 induces resistance to leaf infection by *Botrytis cinerea* on bean. Phytopathology, 87: 588.

Dunez, J. 1987. Perspectives in the control of plant viruses. In: Innovative approaches to plant disease controle. Chet (ed.), pp. 297-324. Wiley-Interscience, New York.

Ebbels, D.L. 2003. Principles of plant health and quarantine. Wallingford: CABI Publishing. 302 pp.

Ehlers, R.U .2005. Forum on safety and regulation, In: Grewal PS, Ehlers R-U, Shapiro-Ilan DI (Eds), Nematodes as biocontrol agents.CABI Publishing, Walling, UK. 107-114 pp.

Ellison, J.E. 1982. Hypovirulence. In: Advances in Plant Pathology, O.S. Ingram and P.H. Williams (eds.). pp. 1-33. Academic Press, London.

Freeman, B.C. and G.A. Beattie. 2008. An Overview of Plant Defenses against Pathogens and Herbivores. Iowa State University. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2008-0226-01 .

Fry, W. E. 1982. Principles of plant disease management. Academic Press New York. pp.378

Fuchs, J. G.; Y. Moenne-Loccuz and G. Dejago. 1997. Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* (Fo 47) induces resistance to Fusarium wilt in tomato. Plant Dis. 81: 492.

Gensini, G.F.; M.H. Yacoub and A.A. Conti. 2004. The concept of quarantine in history: from plague to SARS. Journal of Infection. 49(4): 257-261.

Gnanamanickam, S.S. 2002. Biological control of plant diseases. Marcel Dekker,Inc. New York.Basel.

Gonslaves, D. and S.M. Garnsey. 1989. Cross protection techniques for control of virus diseases in the tropics. Plant Dis. 73: 592.

Greco, N.; A. Brandonisio and E. Elia. 1985. Control of *Ditylenchus dipsaci*, *Heterodera carotae*, and *Meloidogyne javanica* by solarization. Nematologia Mediterranea 13: 191.

Grewal, P.S.; R. Gaugler; H.K. Kaya and M. Wusaty. 1993. infectivity of the entomopathogenic nematode *Steinernema scapterisci* (Nematode : Steinernematidae). J. Invertebr. Pathol.62, 22-28.

Grewal, P.; S. Kevin; T. Power and M. klein. 2002. *Heterorhabditis zealandica* : a new tool in the management of white grubs in turfgrass and ornamentals. This presentation is part of: Arthropod pests of turfgrass 0177.

Guan Soon, L. 1996. Integrated pest management in developing countries. In: Biotechnology and integrated pest management.CAB International, Oxford, UK.

Haj Kassem, A. A. and J.A. Walsh. 2008. Characterising Resistance to *Turnip mosaic virus* (TuMV) in Turnip (*Brassica rapa rapa*). Arab J. Pl. Prot., 26: 168-172.

Hadidi, A.; R.K. Khetarpal and H. Koganezawa. 1998. Plant virus Disease control. Pp.684. APS Press.

Hooks,C. R.R. and A. Fereres .2006. Protecting crops from non-persistently aphid-transmitted viruses:A review on the use of barrier plants as a management tool. Virus Research, 120 : 1–16.

Jacobsen, B.J. 1997. Role of plant pathology in integrated pest management. Annu. Rev. Phytopathol. 35:373–391.

Jacobsen, B.J. and P.A. Backman. 1993. Biological and cultural plant disease control: Alternatives and supplements to chemicals in IPM strategy. Plant Dis. 77: 311.

Jatala, P. 1994. Biology and management of nematode parasites of potato in developing countries. In: GW Zehnder et al., eds. Advances in Potato Pest Biology and Pest Management. St Paul, MN: APS Press, pp. 214–233.

Kaya. H.K. and A.M. Koppenhofer. 2004. Biological control of insect and other invertebrates with nematodes. Pp.1083-1132 in: Z. X. Chen , S. Y. Chen and D. W. Dixon (eds).

Nematology: Adances and Perspective. Vol. 2, nematode Management and Utilization. CABI Publishing. Walling., UK.

Koch, R. 1882. Ueber die milzbranimpfung eine entgegnung auf den von Pasteur in genf gehaltenen vortrag. Fisher,Berlin.

Koizumi, M. 1998. Production systems of fruit tree nurseries to control graft-transmissible diseases. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 67: 1093.

Koppenhofer, A.M. and E. M. Fuzy. 2008. Attraction of four entomopathogenic nematodes to four white grub species journal of invertebrate pathology 99, 227-234.

Koppenhofer, A. M. and E. M. Fuzy. 2009. Long-Term effects and persistence of *steinernema scarabae* : applied for suppression of *Anomala orientalis* (coleoptera : Scarabaeidae) Biological control 48:63-72.

Liu, L., J.W. Kloepper and S. Tuzun. 1995. Induction of systemic acquired resistance in cucumber by plant growth-promoting bacteria: duration of protection and root colonization. Phytopathology 85: 1064.

Lynch, J.M. 1992. Environmental implications on the release of biocontrol agents. In: Biological Control of Plant Diseases. E.C.Tjamos, G.C. Papavizas and R.J. Cook (eds.) New York: Plenum Press, pp 389–398.

Mracek, Z. and G. Jenser. 1988. First report on entomogenous nematodes of the families Steinernematidae and Heterorhabditidae from Hungary . Acta phytopathologica et Entomologica Hungaricae 23: 153-156.

Nguyen. K. B. and G. C. Smart. Jr. 2004. Taxonomy of insect parasitic nematodes Pp.795-878 in Z. X. Chen S. Y. Chen and D.W. Dixon. (eds). Nematology. Advances and perspective. vol.2 Nematode Management and Utilization. CABI Publishing. Walling. UK.

Pfeiffer D. G. and J. Tedeschini. 2001. The IPM CRSP Funded by USAID. Eight Annal Report. Overview of the Eastren European Site in Albbania.and Winemaker, March 2007.

Plisson, C.; M. Drucker; S.Blanc; S. German-Retana; O. Le Gall; D. Thomas and P. Bron. 2003. Structural characterization of HC-Pro, a plant virus multifunctional protein. Journal of Biological Chemistry 278, 23753–23761.

Plisson, C.; M.Uzest; M. Drucker; R. Froissart; C. Dumas; J. Conway; D. Thomas and R. Plumb. 2002. Plant virus–vector interactions. Advances in Botanical Research, Vol. 36. Academic Press, New York.

Prasad, M.M. ; B.K. Singh and T. Prasad. 2001. Recent trends in disease management of fruits and seesds. Scientific publishers, India. pp.279.

Punja, Z.K.; S.H. De Boer and H. Sanfaçon (Eds.). 2007. Biotechnology and Plant disease management. CAB International. Pp587..

Reinbold, C.; F.E. Gildow; E. Herrbach; V. Ziegler-Graff; M.C. Goncalves; C.M. van Den Fauquet; M.A. Mayo; J. Maniloff; U. Desselberger and L.A. Ball. 2005. Virus Taxonomy: Classification and Nomenclature of Viruses. Eighth. Report of the' International Committee on Taxonomy of Viruses. Elsevier Academic Press. 1259 pp.

Reitz, M.; K. Rudolph; I .Schroder; S. Hoffmann-Hergarten; J. Hallmann and R.A. Sikora. 2000. Lipopolysaccharides of *Rhizobium etli* strain G12 act in potato roots as an inducing agent of systemic resistance to infection by the cyst nematode *Globodera pallida*. Appl. Environ. Microbiol. 66:3515–3518.

Schneider, M.; P. Schweizer; P. Meuwly and J.P. Metraux. 1996. Systemic acquired resistance in plants. Int. J. Cytol. 168: 303.

Singh, R.S. 2001. Plant disease management. Science Publishers, Inc. USA, UK. 238 pp.

Sneh, B. 1998. Use of non-pathogenic or hypovirulent fungal strains to protect plants against closely related fungal pathogens. Biotechnol. Adv. 16: 1.

Stapleton, J.J. and J.E. de Vay. 1995. Soil solarization: a natural mechanism of integrated pest management. In: Novel Approaches to Integrated Pest Management. R. Reuveni (ed.)

Sticher, L.; B. Mauch-Mani and J.P. Metraux. 1997. Systemic acquired resistance. Annu. Rev. Phytopathol. 35: 235.

Sutton, J.C.; D.Wei Li, G. Peng; H. Yu, P. Zhang and R.M. Valdebenito-Sanhueza. 1997. *Gliocladium roseum*: A versatile adversery of Botrytis cinerin in crops. Plant Dis. 81: 316.

Thomas, P.E.; W.K. Kaniewski and E.C. Lawson. 1997. Reduced field spread of potato leaf roll virus in potatoes transformed with the *potato leaf roll virus* coat protein gene. Plant Dis. 81: 1447.

Van Loon, L.C. 1997. Induced resistance in plants and the role of pathogenesis-related proteins. Eur. J. Plant Pathol. 103: 753.

Wei, G.; J.W. Kloepper and S. Tuzun. 1996. Induced systemic resistance to cucumber diseases and increased plant growth by plant growth-promoting rhizobacteria under field conditions. Phytopathology, 86: 221.

Wilson, L.L.; J.M. Solar; A.E.I. Gouth and M.E. Wisniewski. 1997. Rapid evaluation of plant extracts and essential oils for antifungal activity against *Botrytis cinerea*. Plant Dis. 81: 205.

Vos, J. 2003. IPM Knowledge transfer – current developments and needs in farmer training for IPM implementation. Arab Journal of Plant Protection, 21(2):194-196.

Yang, X. B. and L. del Rio 2003. Implementation of Biological Control of Plant Diseases in Integrated Pest-Management Systems. North Dakota State University.

Zadoks, J.C. 1984. A quarter century of disease warning. Plant Dis. 68: 352.

Zadoks, J.C. and R.D. Schein. 1979. Epidemiology and Plant Disease Management. Oxford Univ. Press, London.

Zehnder, M.K. Powelson, R.K. Jansson, and K.V. Raman, eds. 2001. Advances in Potato Pest Biology and Pest Management. St. Paul, M.N.: APS Press, pp. 332–341.

Zhang, W., W.A. Dick and H.A. J. Hoitnik. 1996. Compost-induced systemic acquired resistance in cucumber to Pythium root rot and anthracnose. Phytopathology, 86: 1066.

Zitter, T.A. and J.N. Simons. 1980. Management of viruses by alteration of vector efficiency and by cultural practices. Annu. Rev. Phytopathol. 18: 289.

اللجنة العلمية

الأستاذ الدكتور هشام الرز

الأستاذ الدكتور محمد زهير محملجي

الأستاذ الدكتور حمزة بلال

التدقيق اللغوي

الدكتور خالد الحلبوني

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات