الفصل السابع

تحديات بحثية في علوم وقاية النبات

عبد الستار عارف علي، محمد عامر فياض، خالد مكوك، سحر عبده زيان،
مسعد قطب حسنين، ابراهيم الجبوري، بسام بياعة، أماني مصطفى أبو شال،
شيرين السيد محمد النحاس، محفوظ محمد مصطفى عبد الجواد وعقيل عدنان اليوسف

المحتويات

1. المقدمة
2. المكافحة المتكاملة للآفات
3. التحديات التي تواجه تطبيق الإدارة المتكاملة للآفات في المنطقة العربية
4. تطوير طرائق مكافحة بديلة للمبيدات الكيميائية وزيادة الإعتماد عليها
5. التغير المناخي وتطور الآفات وأثرها في المحاصيل الزراعية
6. تطوير نظم النمذجة الرياضية ودعم القرار: استخدام تقاني المعلومات لتحسين الأداء في وقاية المحاصيل من الآفات
7. تطوير برامج تعليمية رائدة في مجال وقاية النبات
8. الاستنتاجات والتوصيات
9. المراجع

1. المقدمة

شهدت مؤسسات البحوث الزراعية في المنطقة العربية تطوراً ملحوظاً في هياكلها التنظيمية ومواردها وأنشطتها البحثية، وهي تسهم الآن بدورٍ فعال في البحث والتطوير والإرشاد. وقد قامت بعض الدول بتطوير خطط بحوث زراعية رسمية طويلة أو متوسطة المدى ذات أولويات واضحة، ولكن معظم الدول الأخرى وضعت خططها كعناصر مختصرة في خطط التنمية الإقتصادية العامة. كما أثرت بعض التوجهات والتطورات العالمية في الزراعة في منطقة الشرق الأدنى وشمال أفريقيا بشكل عام

وفي البحوث الزراعية بشكل خاص. وقد عانى التمويل العام للبحوث الزراعية من الإنخفاض لأن الحكومات تواجه محددات مادية متنامية. كما أن القلق على البيئة وتوخى الاستغلال الأمثل لقاعدة الموارد الطبيعية وكيفية التوفيق بينها وبين ضرورة زيادة الإنتاجية الزراعية. تعد من أكبر التحديات التي تواجهه البحوث الزراعية. إن واحداً من التحديات التي تواجه البحوث الزراعية هو إثبات مقدرتها في المساهمة لتحقيق الأمن الغذائي على المستوي الوطني والإقليمي. ومن المعوقات التي تؤثر في بحوث القطاع الزراعي وضع خطط قصيرة الأجل للبحوث، وفي الغالب بمبادرات فردية أو من داخل مؤسسات وليس ضمن استراتيجية بحثية على مستوى البلد الواحد أو المنطقة العربية. وما ينطبق على البحوث الزراعية بشكل عام ينطبق على البحوث الزراعية في علوم وقاية النبات.

2. المكافحة المتكاملة للآفات

بدأت معظم الدول العربية بتبني منهج الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية، كما فعلت معظم دول العالم، منذ عقد السبعينات من القرن الماضي باعتباره أسلوب متطور وفعال في مكافحة الآفات الزراعية التي تهدد الإنتاج الزراعي في تلك البلدان. إلا أن التطبيق السليم لأسس ومكونات إدارة الآفات لم يكن بالمستوى نفسه في جميع البلدان العربية التي اعتمدت هذا الأسلوب وذلك بسبب تفاوت الخبرات والدعم الحكومي والتوعية المجتمعية من بلد إلى آخر. وقد أسهم أسلوب مدارس المزارعين الحقلية، الذي تبنته منظمة الفاو وشارك به المزارعون، بدورٍ كبيرٍ لشرح مفاهيم إدارة الآفات والمحصول على مستوى الحيازات الصغيرة والذي طبق في معظم بلدان العالم والبلدان العربية وحقق نتائج جيدة في مستوى تقبل المزارع لفكرة إدارة المحصول وآفاته ورغبة المزارع في تبني التطبيقات التي جربها ولمس فائدتها الإقتصادية بنفسه. كانت جمهورية مصر العربية رائدة في مجال الإدارة المتكاملة والزراعة العضوية. كذلك تحققت إنجازات كبيرة في تطبيقات إدارة الآفات الزراعية في دول أخرى مثل المغرب وتونس والأردن ولبنان وسورية وجمهورية العراق وعدد من دول الخليج. كما توسعت وتعددت المفاهيم التي تعنى بوسائل حماية المحصول والإنتاج مثل الزراعة العضوية (Organic farming)، المبيدات الحيوية والبدائل الآمنة (Safe alternatives).

1.2. الآثار الاقتصادية المتحققة من تبني برامج الإدارة المتكاملة للآفات

تعد مسألة الأمن الغذائي من الأوليات التي تقوم الدول على تأمينها وعلى المستوى العالمي، ومع زيادة التحديات التي يشهدها الواقع الزراعي وزيادة التلوث البيئي نتيجة لاستخدامات الأسمدة الكيماوية

من أجل زيادة الإنتاج الزراعي، واستخدام المبيدات الكيميائية لمكافحة الآفات الزراعية، بدأت الدعوة إلى التوجة إلى الزراعة المستديمة والقائمة على استغلال الموراد الطبيعية للمحافظة على البيئة وزيادة الإنتاج والذي ينعكس إيجاباً على دخل المزارع، وأن أحد أهم المحاور التي تسهم في الزراعة المستدامة هي استخدام الإدارة المتكاملة للآفات والتي دعت الضرورة إليها للإنتقال بعيداً عن الإعتماد المطلق في مكافحة الآفات الزراعية على استخدام المبيدات الكيميائية (Naranjo *et al.*, 2014؛ Pretty & Bharucha, 2015).

ولمعرفة دور الإدارة المتكاملة للآفات ومدى نجاح برامجها، لابد أن يجرى تقويم لهذه البرامج لمعرفة مدى نجاج الآليات والسياسات المتبعة لتطبيقها، ومن الأمور المهمة التي تدعم نشر وتشجيع المزارعين على تبني مثل هذه البرامج، هي التقويمات والتحليلات الإقتصادية لنتائج تلك البرامج. وبالرغم من صعوبة تقويم الطرائق الداخلة في الإدارة المتكاملة للآفات بشكل منفرد بسبب تداخلها مع بعض، إلا أن التقويم الإقتصادي الشامل لبرامج الإدارة المتكاملة للآفات قد جرى في بعض الدول ومنها الولايات المتحدة الأمريكية (Fernandez-Cornejo, 1998؛ Norton & Mullen, 1994) وفي بعض الدول الأوروبية، فقد اقترح نموذج الـ DEXIPM في فرنسا لتقويم المكافحة المتكاملة للآفات بين نوعين من الأنظمة الزراعية الخاصة بزراعة محصول الذرة البيضاء (الإدارة المتكاملة للذرة في الزراعة الشتوية مقارنة بالزراعة التقليدية)، ووجد أن الفوائد الإقتصادية قد تحسنت نسبة لخفض تكاليف الإنتاج باستخدام المكافحة المتكاملة للآفات مقارنة بالزراعة التقليدية المعتمدة على المبيدات (Pelzer *et al.*, 2012). كذلك تم اقتراح النموذج SustainOS للتقويم الإقتصادي والبيئي لبرامج الإدارة المتكاملة لبساتين التفاح في خمسة مناطق أوروبية (سويسرا وألمانيا وهولندا وفرنسا وإسبانيا)، وقد وجد أن تطبيق برامج الإدارة المتكاملة قد قلل من استخدام مبيدات الآفات دون تقليل الإنتاج الكلي أو جودة الثمار. وبالرغم من وجود اختلافات بين البلدان، ففي بعض البلدان ازداد العائد الإقتصادي بنسبة تصل إلى 29% في البرامج المعتمدة على الإدارة المتكاملة مقارنة مع الناتج المتحقق عن البرامج التقليدية، في حين انخفضت العوائد الإقتصادية في بعض البلدان نسبة لارتفاع أجور العمالة وأجور التدريب ومراقبة الآفات، ومع ذلك قد تم تعويض ذلك من خلال زيادة الإنتاج المتحقق في النظم الزراعية المعتمدة على الإدارة المتكاملة (Mouron *et al.*, 2012). كما تم تقويم بيانات 85 مشروعاً من الإدارة المتكاملة للآفات في 24 دولة في آسيا وأفريقيا جرى تنفيذها على مدار العشرين عاماً. وقد قومت بالإعتماد على نتائج الحاصل الزراعي والمبيدات الحشرية المستخدمة، ولوحظت زيادة متوسط انتاجية المحاصيل الزراعية بنسبة 40.9%، وكانت مقترنة بانخفاض في

استخدام المبيدات الحشرية إلى 30.7%، وقد وجد ان 50% على الأقل من المبيدات المستخدمة كانت ليست ضرورية في معظم برامج المكافحة التي تم تقويمها (Pretty & Bharucha, 2015).

أما في الدول العربية، فقد نفذ مشروع "تحسين سبل عيش صغار المزارعين في العراق من خلال الإدارة المتكاملة للآفات واستخدام الأسمدة العضوية" من قبل المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا) وتمويل من الصندوق الدولي للتنمية الزراعية (إيفاد) ووزارة الزراعة العراقية للفترة بين 2009–2012 (علي، 2017). ركز المشروع على اثنين من أنظمة الزراعة الرئيسة في العراق – أنظمة القمح/البقول المطرية في الشمال وأنظمة النخيل المروية في وسط وجنوب العراق، وكان هدفها تعزيز الأساليب الصديقة للبيئة لمكافحة الأمراض والآفات الحشرية وتشجيع الاستخدام الأكثر فعالية للأسمدة العضوية، اذ جرت مكافحة حشرة الدوباس (*Ommatissus binotatus lybicus*) على النخيل بالإعتماد على مبيدات الحشرات من أصل نباتي (Neem) عن طريق الرش الجوي لمساحة 12000 هكتار خلال موسم 2012، وكان لها دوراً في تقليل نسبة الإصابة بالحشرة إلى 72%. كما بينت نتائج المشروع أن استخدام الأسمدة العضوية لنخيل التمر مقارنة باستخدام الأسمدة الكيماوية، قد أدى إلى زيادة دخل المزارعين، إذ أظهرت نتائج الدراسة أنه في حالة اعتماد 50% من منتجي النخيل على الأسمدة العضوية بدلاً من الأسمدة الكيماوية، قد يؤدي إلى زيادة الدخل في العراق بمقدار 25 مليون دولار امريكي، اذ بيعت التمور بمبلغ 600,000 دينار عراقي للطن (في حالة معاملة البساتين بسماد عضوي مشترى من الأسواق)، مقارنة بالربح الذي يتحقق 48 مليون دولار. أثبتت الدراسة أنه يمكن زيادة إنتاج نخيل التمر في العراق بمقدار 72,000 طن (حوالي 12% من إجمالي إنتاج التمور في العراق) إذا تحول جميع المزارعين من طرائق المكافحة الكيميائية في مكافحة الآفات إلى استخدام المبيدات الحيوية، ومن المتوقع أن يزداد إنتاج نخيل التمر بمقدار 36000 طن (6% من إجمالي إنتاج التمور) إذا اعتمد 50% من المزارعين على استخدام الأسمدة العضوية بدلاً من الأسمدة الكيمياوية (Mazid *et al.*, 2013).

تواجه عملية التقويم الإقتصادي لبرامج الإدارة المتكاملة للآفات بعض التحديات والصعوبات، ومنها قلة البيانات المتعلقة بالتكاليف والعوائد الإقتصادية المتحققة من النظم الزراعية التي تعتمد في مقاومة الآفات على برامج الإدارة المتكاملة مقارنة بتلك المعتمدة على النظم الزراعية التقليدية في الظروف البيئية نفسها، وأن سبب قلة هذه البيانات قد يعود إلى أن الإدارة المتكاملة للآفات تشمل على العديد من العناصر والطرائق المتداخلة مع بعضها البعض والتي تطبق على مدد زمنية طويله (Lefebvre *et al.*, 2015). ومن التحديات الأخرى قلة الدراسات الإقتصادية حول معرفة تأثير

تبني برامج الإدارة المتكاملة للآفات في تكاليف العمالة وطرائق الادارة. ومن المتفق عليه بشكل عام أن برامج الإدارة هذه، تحتاج إلى الكثير من الوقت والمعلومات/المعرفة، مقارنة ببرامج الزراعة التقليدية المعتمدة على المكافحة الكيميائية البحتة (Beckmann & Wesseler, 2003؛ Waterfield & Zilberman, 2012)، ومع ذلك يمكن تعويض التكاليف العالية للعمالة في برامج الإدارة المتكاملة من خلال قلة ساعات العمل المنجز في الحقل مقارنة بالزراعة التقليدية (Fernandez-Cornejo, 1998).

ولا ينبغي أن يقتصر التقويم الاقتصادي لبرامج الإدارة المتكاملة للآفات على التكاليف والعوائد الإقتصادية، وإنما يجب أن يكون التقويم على اساس الهدف المتحقق من الحفاظ على جودة الإنتاج، إذ من المعروف أن أضرار الآفات للمحاصل يقلل من قيمة السلع الزراعية عند التسويق (Yue *et al.*, 2009)، ومثلما يمكن أن يكون للمبيدات الكيميائية تأثير في تحسين جودة الإنتاج بالنسبة للفواكه والخضروات (Babcock *et al.*, 1992)، فإن للإدارة المتكاملة للآفات دور إيجابي على جودة الإنتاج (Mouron *et al.*, 2012). كما لا ينبغي أيضاً أن يقتصر التقويم الإقتصادي على موسم نمو واحد، بل يجب أن يأخذ بنظر الإعتبار أن الفوائد المترتبة على اعتماد الإدارة المتكاملة للآفات قد تتأخر في الوقت، فعلى سبيل المثال، إن اعتماد المكافحة الحيوية ضمن برامج الإدارة باستخدام المفترسات لمقاومة الآفات، واستخدام طرائق المقاومة الميكانيكية باستخدام تقنيات الحراثة والزراعة المختلفة، فضلا عن استخدام المبيدات ذات الأصل الطبيعي قد يكون سبباً في هذا التأخير، في حين أن اعتماد هذه الطرائق تكون سبباً في خفض تكاليف الإنتاج، ولكن على المدى البعيد (Lefebvre *et al.*, 2015)، وبخاصة إذا عرفنا أن العمليات الزراعية التي تستخدم كمية أقل من المبيدات لكل هكتار هي أرخص من العمليات التي تستخدم المزيد من مبيدات الآفات (Boussemart *et al.*, 2012).

وأخيراً إن لنظم المراقبة وأخذ العينات في برامج الإدارة المتكاملة للآفات الدور الهام في زيادة الأرباح الإقتصادية الناتجة، فقد لوحظ تحقق زيادة في الأرباح الإقتصادية عند تبني النظام الزراعي المعتمد على الإدارة المتكاملة للآفات والتي تتخذ من طريقة أخذ العينات المتسلسلة/التتابعية (Sequential sampling plan) لمراقبة الآفة والتوصية بمكافحتها مقارنة بتلك التي تعتمد أيضاً على الإدارة المتكاملة ولكن بطريقة أخذ العينات التقليدية، اذ خفضت نسبة التكاليف بمقدار 3.62% عند استخدام طريقة أخذ العينات المتسلسلة مقارنة بـ 2.91% عند استخدام الطريقة التقليدية لأخذ العينات (Ferrer, 2008).

2.2. العناصر الأساسية لإعداد برامج الإدارة المتكاملة للآفات

تعرف الإدارة المتكاملة للآفات على أنها استراتيجية قائمة على النظام البيئي لإدارة الآفات أو الحد من أضرارها من خلال الاستخدام الأمثل لتقنيات مكافحة الآفات المتاحة مثل المكافحة الكيميائية، والمكافحة البيولوجية، والعمليات الزراعية، واستخدام أصناف المقاومة على أساس تحليلات التكلفة/الفائدة، مع تقليل المخاطر على صحة الإنسان والبيئة عموماً إلى الحد الأدنى (Bajwa & Kogan, 2002). وتوجد برامج الإدارة المتكاملة للآفات بأنواع مختلفة يهدف جميعها زيادة الإنتاج الزراعي وبالتالي زيادة العوائد الإقتصادية للمزارعين، فضلاً عن تقليل استخدام المبيدات الكيميائية والتلوث الحاصل بسببها، وأهم هذه البرامج الشائعة هي الإدارة المتكاملة للآفات المحافظة على البيئة (Ecological pest management program). إن الهدف من هذا البرنامج هو استخدام استراتيجيات الإدارة المتكاملة للآفات بالإعتماد على العلاقة بين الآفة وعلاقتها مع عوائلها النباتية وتأثير العوامل البيئية فيهما، بحيث يكون الإعتماد على المواد الكيميائية أقل مايمكن، إذ أن الإدارة المتكاملة للآفات المحافظة على البيئة تجمع بين الطرائق الزراعية والميكانيكية والحيوية واستخدام الأصناف المقاومة وطرائق التقانات الحيوية الأخرى التي تضمن زيادة الإنتاجية للمحصول الزراعي وتقلل التلوث في النظم البيئية الزراعية (Koul & Cuperus, 2007)، ومن الأنواع المهمة الأخرى برامج الإدارة المتكاملة للآفات القائمة على الجانب الحيوي بشكل مكثف Bio-intensive integrated pest management (BIPM)، وهذا الاتجاه من الإدارة المتكاملة للآفات مبني على استخدام عوامل المقاومة الحيوية، واستخدام المبيدات الحيوية (الطبيعية)، والتي تكون أقل سمية وموجهة ضد الآفة المستهدفة، والتي تشمل المبيدات الحيوية المشتقة من الميكروبات والطفيليات، فضلاً عن المبيدات ذات الأصل النباتي وجميع طرائق المكافحة غير الكيميائية التقليدية الأخرى (Rechcigl & Rechcigl, 2016).

من أهم العناصر التي يجب توافرها في برامج الإدارة المتكاملة للآفات، تحديد طريقة كفوءة لأخذ العينات والذي يعد الحجر الأساس لبرامج الادارة، والمراقبة المستمرة للآفات الرئيسة المستوطنه والدخيلة، واختيار طرائق ووسائل الإدارة المناسبة والتي تمكن من الحصول على أفضل النتائج عند استخدمها، وتختلف هذه الطرائق حسب البرامج المستخدمة من الطرائق الميكانيكية والفيزيائية والوراثية والأصناف المقاومة التي تقاوم الآفات الزراعية وتكبتها دون الحد الاقتصادي الحرج، فضلاً عن استخدام الطرائق الكيميائية من المبيدات الإنتخابية والفرمونات وغيرها من الطرائق الأخرى (Southwood, 1978 ؛Pedigo & Rice, 2014 ؛Binns, 1994).

3.2. تطوير برامج أخذ العينات ضمن خطط الإدارة المكتاملة للآفات

يوجد نوعان من برامج أخذ العينات اللذين يحققان عادة أهدافًا مختلفة جداً: البرامج المكثفة لأخذ العينات (Intensive sampling plan) والتي تُستخدم عند إجراء الدراسات المتعلقة بديناميكية المجتمعات (Population dynamics) والبحوث البيئية التي تستخدم في الدراسات الخاصة ببناء جداول الحياة (Life tables)، وعادة ما يوصى باعتماد مستويات عالية الدقة لأخذ العينات (Sampling precision levels) (0.10) عند إجراء مثل هذه الدراسات (Buntin, 1994؛ Southwood, 1978)، وعلى هذا الأساس فانها تتطلب عدداً كبيراً من العينات والتي عادة ما تكون مكلفة نسبيا (الوقت و/أو المال)؛ أما بالنسبة للنوع الآخر من برامج أخذ العينات: والتي هي أخذ العينات الشاملة (على نطاق واسع) (Extensive sampling plans)، فإنها تُستخدم عند إجراء الدراسات المتعلقة بمسح (Survey) الآفات، أو لتصنيف مجتمعات الآفة بالإعتماد على الحد الإقتصادي الحرج للتنبؤ بالأضرار المحتملة على المحاصيل وبالتالي تحديد الحاجة إلى قرارات المكافحة في برامج المكافحة المتكاملة للآفات، لذلك هذا النوع من البرامج (أخذ العينات الشاملة) عادة ما تتطلب دقة أقل (~ 0.25)، وعلى هذا الأساس فانها تحتاج إلى عدد أقل من العينات والتكلفة (Southwood, 1978).

لضمان دقة وكفاءة برامج أخذ العينات، يجب أن تحدد الوسائل والطرائق التي تستخدم في إنفاذ هذه البرامج وفق الهدف (أخذ عينات مكثفة أوشاملة) المحدد لها، فعلى سبيل المثال، عادة ما تتطلب برامج أخذ العينات المكثفة طريقة تقدير كثافة مطلقة (Absolute density estimate) للآفات الحشرية ضمن الموطن (النباتات) (Buntin, 1994؛ Southwood, 1978)، والتي تتحقق عادة من خلال عمليات البحث عن وحدات العينة (Sample units) (نبات أو فرع نباتي/وحدة المساحة) (Boeve & Weiss, 1998؛ Elliott *et al.*, 1990, 2003؛ Feng *et al.*, 1994؛ Giles *et al.*, 200؛ Hodgson *et al.*, 2004؛ Severtson *et al.*, 2016)، في حين أن برامج أخذ العينات الشاملة تتطلب استخدام طرائق نسبية لتقدير العينات كاستخدام شباك الصيد أو المصائد اللاصقة أو طرق شفط الحشرات.

إن الغرض الأساس من تطوير برامج أخذ العينات هو وضع خطة توجيهية لجمع العينات من الكثافة العددية للآفات على مدى واسع ضمن مستويات دقة مقبولة إحصائياً (Hutchison, 1994؛ Nyrop & Binns, 1991)، إذ تسمح هذه البرامج بتقدير أو تصنيف المجاميع العددية للآفات حول الحد الاقتصادي في البيئة الذي توجد فيه (محيط العينة Sample universe) (Binns *et al.*, 2000؛ Pedigo, 1994a)، والتي غالباً ما تكون الحقول الزراعية حيث يتم اتخاذ قرارات الإدارة

لمكافحة الآفات. ولإعداد خطة متكاملة لأخذ العينات، لابد من تحديد الآتي: طرائق أخذ العينات (Sampling methods)، وأنماط أخذ العينات (Sampling patterns)، ووحدات العينة، وحجم العينة (Sample sizes) والتي تتطلب بيانات كمية عن بيئة الآفات والتوزيع المكاني للآفات (Spatial distribution) ومعرفة مستويات الضرر الإقتصادية (Buntin, 1994؛ Pedigo, 1994a, 1994b).

وبالإعتماد على أهمية المحصول والبيانات المتوافرة لتطوير برامج أخذ العينات، فإن هناك نوعين من هذه البرامج، والتي هي حجم العينة الثابت (Fixed sampling size) والأخرى برامج أخذ العينات المتسلسلة/المتعاقبة (Sequential sampling plan) (Binns *et al.*, 2000)، وبصورة عامة لزيادة دقة برامج أخذ العينات، هناك ضرورة لمراعاة النقاط التالية: (أ) لابد من تحديد وحدة العينة، (ب) اختيار العدد الأمثل لحجم العينة، و(جـ) تعديل طريقة أخذ العينات لمراعاة التباين في الكثافة العددية للحشرات في النبات، إذ أن الحشرات تتوزع على مستويات مختلفة على النبات تبعاً للمكونات الغذائية المتوزعة في الأجزاء النباتية (Alyousuf, 2018؛ Pedigo, 1994b؛ Southwood, 1978).

4.2. تطوير واستعمال المواد السلوكية في تطبيقات الإدارة المتكاملة للآفات

من المعروف أن العديد من الكائنات الحية ومنها الحشرات تعتمد على شفرات معينة للتفاهم فيما بينها. هذه الشفرات عبارة عن مركبات كيميائية نوعية تستفيد منها هذه الكائنات كمحفزات لإيجاد الجنس الأخر أو لإيجاد العائل المفضل. حيث أن هذه المركبات الثانوية لها تأثير محفز عن طريق حاسة الشم وتؤدي إلى حدوث استجابات سلوكية مختلفة. في الحشرات قد تكون الاستجابة لأغراض التزاوج أو التغذية ولوضع البيض على عائل معين وتسمى هذه المواد السلوكية (Semiochemicals) ومنها الفرمونات (Pheromones) وهي مركبات يطلقها أحد الأفراد ليستلمها فرد آخر تابع للنوع نفسه حيث أنها ذات تأثير داخلي ضمن النوع الواحد مثل الفرمونات الجنسية التي يطلقها أحد الأجناس وتؤثر في الجنس الأخر لنوع الحشرة نفسه. أما المصطلح Allelochemicals فإنه يستعمل للتعبير عن العلاقة بين كائنات حية مختلفة، كأن ينبعث من النبات ويؤثر في سلوك الآفة أو العدو الحيوي. بالنسبة لأنواع الفرمونات فإنها تصنف تبعاً للوظيفة التي تؤديها مثل الفرمونات الجنسية (Sex pheromones)، والتجميعية (Aggregation pheromones)، المنبهة (Alarm pheromones)، وفرمونات تتبع الأثر (Trail pheromones) وتأشير العائل (ترك علامة عليه) (Host marking pheromones). أما المواد الثانوية التي تسمى Allelochemicals فتصنف حسب الوظيفة التي تؤديها أو الفائدة التي يحصل عليها المرسل أو المستلم مثلاً Allomone يعطي

الفائدة للمرسل وKairomone لصالح المستلم وSynomone الذي ينتجه النبات في العادة ويفيد الطرفين. كما أن هناك مواد نباتية تفيد في جذب الحشرات الملقحة وكذلك مواد تحفز أو تثبط التغذية. لقد ساعد التطور العلمي على تشخيص الآلاف من هذه المركبات السلوكية التي تشمل الفرمونات وغيرها من المواد الثانوية وجرى اختبار العديد منها وتم التوصل إلى مركبات ذات طابع تطبيقي استعملت ضمن مكونات الإدارة المتكاملة للآفات (Suckling & Karg, 2000)، حيث تمكن الباحثون من تشخيص الخصائص الجاذبة لهذه المركبات واستعملوها في صيد الحشرات أو كطريقة لمراقبة نشاط العديد من الآفات الحشرية. استعملت الفرمونات والكرمونات على نطاق واسع كمكونات أساسية في معظم برامج إدارة الآفات من خلال استعمالها في عمليات المسح والتحري عن الآفات وكذلك في الصيد الجماعي لآفات مهمة مثل ذباب الفاكهة وديدان ثمار الفاكهة وديدان جوز القطن. كما تفيد المعلومات المتحصل عليها من المصائد في تحديد الحاجة إلى إجراء المكافحة وتوقيتها. ويعد السلوك من المقومات المهمة في حياة الكائن الحي، لذلك صار الاتجاه نحو استعمال المواد السلوكية كعناصر مهمة يمكن استعمالها في استهداف الآفة من خلال التأثير في سلوكها وتصرفاتها. لا تقتل المركبات السلوكية الآفة بحد ذاتها وإنما يكون تأثيرها في جذب الآفة إلى منطقة القتل أو أن يكون تأثيرها طارداً ويمكن أن يبقى تأثيرها لفترة طويلة في الحقل. تكون المكافحة السلوكية أكثر ملاءمة من الوسائل الأخرى في إدارة مجتمع الآفة الذي يكون أقل من مستوى الحد الضار الذي يتطلب إجراء مكافحة، إلا أنها قد تكون غير مجدية في حالات الإنفجار العددي لمجتمع الآفة. على الرغم من بعض المحددات المهمة تجاه استعمال المركبات الثانوية ذات التأثير السلوكي فان تطوير واستعمال استراتيجيات جديدة مبنية على هذه المواد في تقدم مستمر (علي، 2017). حيث بدأ الكثير من المستفيدين يقتنعون بان المحددات المرافقة لاستعمال المواد السلوكية يمكن تجاوزها مقابل الفائدة التي تتحقق من خلال التأثيرات الإيجابية غير المنظورة في البيئة وتكاملها مع عناصر الإدارة الحيوية والزراعية. فقد تحققت نجاحات كبيرة ضمن مجال مراقبة الآفات والتحري عن وجودها ونشاطها الموسمي وكذلك استعمال الفرمونات في المكافحة المباشرة من خلال تقنية ارباك الذكور. كما يمكن أن تكون الطعوم الفرمونية الجاذبة أساساً لنجاح طريقة المكافحة، إذ أن استعمالها بتقنية الصيد الجماعي (Mass trapping) تعد وسيلة مكافحة مباشرة، كذلك الحال مع تقنية الجذب والقتل (Trap & kill) حيث تنجذب الآفة إلى المصيدة بفعل الفرمون لتقتل بعد ذلك بفعل المادة السامة الموجودة في المصيدة أو على سطح النبات. تعد هاتان التقنيتان من الوسائل المباشرة لمكافحة الآفات وهي تحتاج إلى مستوى عالي من الانجذاب نحو المادة الجاذبة (Lure). كما تعد تقنية تشويش (تضليل) الذكور أو التزاوج (Male/Mating disruption) تقنية مباشرة في مكافحة الآفة أيضاً.

حيث تطلق كميات كبيرة من الفرمون الجنسي المصنع (ذكري أو أنثوي) في محيط النبات في مسعى لتتداخل الفرمونات المصنعة مع الفرمون الطبيعي المنبعث من أفراد الحشرة المستهدفة وبذلك يحصل تشويش لدى أحد الأجناس (الذكر) ويخفق في إيجاد الجنس الأخر، وهكذا تتحقق مكافحة الآفة من خلال عدم إتمام عملية التزوج وإعاقة عملية التكاثر. هناك الكثير من المراجع العلمية التي تطرقت إلى أنواع هذه المواد وإنتاجها واستعمالها في برامج إدارة الآفات (Weissling & Knight, 1999). استعملت المواد الثانوية بشكل عام والفرمونات بشكل خاص في تطبيقات إدارة الآفات ضمن ثلاث محاور رئيسية:

1.4.2. المراقبة/الرصد (Monitoring) – تعد عمليات المراقبة من التقانات المهمة في تطبيقات الإدارة المتكاملة، وهي تستعمل في جوانب عدة منها: التحري والبحث عن وجود نوع الآفة المعنية؛ تقدير النشاط الموسمي؛ وسيلة داعمة لاتخاذ القرار؛ تقدير كفاءة تثبيط التزاوج؛ وكذلك تقدير مستوى المقاومة لدى الآفة تجاه المبيدات. استعملت وسائل مراقبة متنوعة منها أنظمة الصيد التي تطورت بشكل متوازي مع تطوير وإنتاج المواد السلوكية. فقد أنتجت مصائد الطعوم الجاذبة على نطاق تجاري واسع واستعملت كوسائل للمراقبة والصيد الجماعي للآفات في مختلف أنظمة الإنتاج الزراعي. كما أنها من الوسائل الرئيسية التي تستعمل في منشآت الحجر الزراعي لتحديد مدى وجود النوع المعني ومدى انتشاره. وتوضع المصائد الفرمونية في المنافذ الحدودية والمطارات من أجل التحري عن الآفات الدخيلة التي قد تدخل البلد من خلال هذه المنافذ. كما يمكن أن تستعمل المصائد بأعداد كبيرة ضمن أنشطة هيئات حماية المستهلك من أجل الحصول على المعلومات الكافية حول منع انتشار الآفة إلى مواقع جديدة أو تحديد المناطق الخالية من الآفة وبذلك يمكن الحصول على منتجات زراعية بمواصفات مرغوبة من أجل تصديرها إلى مناطق جغرافية أخرى وتتم عادة هذه النشاطات وفقاً لأنظمة وقوانين خاصة مع وضع التعليمات اللازمة لمثل هذه الأنشطة. يكون استعمال مصائد الطعوم عادة سهل التطبيق مقارنة بوسائل المراقبة الأخرى حيث أنها توفر وسيلة تطبيقية فعالة لمراقبة نشاط الحشرات البالغة للآفات المستهدفة. من فوائد نظام المراقبة أنه يساعد على معرفة ميل المجتمع وتحديد مدى الحاجة إلى إجراء عملية المكافحة. كما تفيد المصائد في تحديد العلاقة بين البالغات الممسوكة ومظاهر الإصابة بالحقل التي تتعلق بعدد اليرقات ومناطق تغذيتها وبرازها (Bradley *et al*., 1998). أما بالنسبة لاستعمال المصائد الفرمونية في الإنذار المبكر فانه يعتمد على البيانات التي يتم الحصول عليها خلال فترة زمنية معينة وتوظيفها للتنبؤ بمستقبل الآفة في المنطقة المعينة. كما أن مسك البالغات يجب أن يتزامن مع توقيت إجراء المكافحة وهذا يعتبر المفتاح

نحو ترشيد استعمال المبيدات. حيث يتم إنفاذ المكافحة فقط عندما يصل مستوى تعداد الآفة إلى الحد الحرج المحدد مسبقاً. على سبيل المثال تتم مراقبة دودة التفاح (*Rhagoletis pomonella*) من خلال استعمال مصائد حمراء لاصقة مع مجال جاذب مصدره طعم يتكون من رائحة التفاح المصنعة. حيث أن المعلومات المتجمعة عن عملية المراقبة تعطي المزارع فكرة عن مدى الحاجة إلى استعمال المبيدات اعتماداً على حد حرج معروف مسبقاً. لذلك فان استعمال نظام المراقبة في توقيت المكافحة ساعد على خفض كميات المبيدات المستعملة بنسبة بلغت 70% مع تحقيق مكافحة جيدة للآفة مقارنة بالحقول التي لم تخضع لبرنامج مراقبة، كما تحققت مستويات جيدة من المكافحة تجاه آفات أخرى مثل دودة ثمار التفاح في العديد من المناطق في العالم بالإعتماد على نظام المراقبة والحد الاقتصادي الحرج.

استعملت المصائد المبنية على الطعوم الجاذبة لقياس فعالية المستحضرات الفرمونية في تضليل الذكور أو تثبيط التزاوج. أن الفكرة وراء هذه التقنية هي أن الذكر يصبح مشوشاً لا يمكنه التمييز بين الفرمون المصنع والفرمون الطبيعي المنبعث عن الجنس الآخر (الأنثى) ضمن المنطقة نفسها. إلا أن هذه الحالة قد لا تكون دائما صحيحة، فقد تكون هناك إناث متزاوجة ولكن لا يوجد مسك في المصائد الفرمونية. مثل هذه الحالات عادة تسجل في أطراف الحقل حيث يمكن للإناث أن تنتقل من الحقول المجاورة غير الخاضعة للمعاملة بالفرمون. يمكن تحسين كفاءة المصائد الفرمونية كوسائل مراقبة من خلال زيادة معدل الفرمون المنبعث من المصيدة إلى مستوى يوازي المعدل الطبيعي الذي تطلقه الحشرة. اذ أن استعمال التركيز المناسب من الفرمون مع تحديد الموقع المناسب لتثبيت المصيدة في البستان تعد من العناصر الأساسية لنجاح عملية المراقبة. كما يجب أن تتزامن عمليات صيد الحشرة مع إجراء مسح للإصابة من أجل التحري عن أضرار الحشرة أو وجود اليرقات، فقد تكون نتائج المصائد سلبيه مع وجود أضرار منظورة على الثمار أو أجزاء النبات الأخرى.

ساعد استعمال أنظمة الرصد التجارية المعتمدة على الفرمونات أو الكرمونات على تطوير عمليات مراقبة وإدارة العديد من الآفات باعتبارها وسيلة معتمدة لتقدير كثافة الآفة وكوسيلة للتنبؤ بحدوث أضرارها. إلا أن هذه الطريقة لم تكن بالمستوى المطلوب في كثير من الأحيان لتقدير العلاقة بين عدد الحشرات الممسوكة ومستوى الضرر في الحقل، وقد لا تكون هناك علاقة بين عدد البالغات في المصائد وعدد البيض الموضوع للعديد من الآفات كما هو الحال مع حشرات الهليوثس (*Helicoverpa zea*) على الذرة أو الطماطم/البندورة، حيث أن المصيدة تمسك جزءاً بسيطاً من الحشرات ضمن مساحة جغرافية معينة بينما تستطيع البالغات أن تهاجر من الحقول المجاورة إلى الحقل الذي يخضع لعملية مراقبة وبذلك يكون تقدير نشاط الحشرة غير دقيق.

أما الموضوع الأخر الذي يخضع لعمليات المراقبة من خلال المصائد الفرمونية فهو دراسة مستوى المقاومة لدى الآفة لفعل المبيدات. حيث استعملت المصائد الفرمونية الجاذبة كوسيلة تطبيقية لتقدير حساسية أنواع من حرشفية الأجنحة للمبيدات (Norris *et. al*., 2003). في هذه الطريقة يتم جمع أعداد كبيرة من الذكور ومعاملتها بتراكيز مختلفة عن طريق جدار الجسم أو يستعمل المبيد مع المادة اللاصقة ليؤثر بالحشرة بطريقة التماس. في هذه الحالة يمكن أن تستعمل أعداد كبيرة من الحشرات الممسوكة بهذه الطريقة مع اختصار كلف التربية التي تتبع غالباً للحصول على العدد المطلوب من الحشرة المستهدفة. من نواقص هذه الطريقة أنها قد لا تعطي التصور الحقيقي عن مستوى المقاومة الفعلية لدى الحشرة إذ أنها تعتمد على الذكور الممسوكة ولا تأخذ بعين الاعتبار الإختلافات في مستوى التحمل بين الإناث والذكور. كما أن هذه الطريقة لا تصلح مع المبيدات التي يجب أن تؤخذ عن طريق الجهاز الهضمي بضمنها المركبات الجهازية ومنظمات نمو الحشرات.

إن عدم دقة نظام المراقبة كوسيلة كمية لاتخاذ القرار يعود إلى عوامل عدة منها تصميم المصيدة نفسها، قوة الجذب للجهاز الذي ينبعث منه الفرمون، نظام إدارة المصيدة، الآفة المستهدفة، فضلاً عن مكان وضع المصيدة في الحقل. حالياً توجد تصاميم مختلفة للمصائد وكذلك للمواد التي تحمل عليها الفرمونات ومعدل الانبعاث في الوحدة الزمنية المعينة. تكون معظم التصاميم مجهزة بألواح لاصقة لمسك الحشرات المنجذبة، وقد تستعمل مواد قاتلة توضع في حاوية (وعاء) ضمن تصميم المصيدة. حيث تساعد الحاوية على منع هروب الحشرات الممسوكة التي تقتل بفعل المبيد الذي يجب أن يكون مفعوله سريعاً في القتل. قد تستعمل مادة سائلة في الحاوية لمسك الحشرات وإعاقتها ومنعها من الهروب. أما المادة التي يحمَّل عليها الفرمون فيمكن أن تكون من المطاط أو البولي إيثيلين أو بولي فنل كلورايد أو تستعمل ألياف مجوفة. تعد قوة المادة الجاذبة من أهم العوامل المحددة لكفاءة المصيدة. كما أن مكان وضع المصيدة هو الآخر عامل مهم في عملية المراقبة؛ فقد توضع المصائد داخل الحقل أو خارجه، وقد تكون بمستوى إرتفاع النبات أو أعلى أو أوطأ منه. يتأثر موقع المصيدة بسلوك الآفة فقد يكون مستوى الصيد لبعض الآفات أعلى عند المستوى العلوي للأشجار أو النبات بينما يكون في أفضل حالاته عندما تكون المصيدة في منتصف الشجرة أو النبات بالنسبة لآفات أخرى. ان المصائد التي تعتمد على المادة اللاصقة قد تفقد فاعليتها مع الوقت وبخاصة عندما يكون سطح اللوح اللاصق مغطى بالحشرات الممسوكة والأتربة. قد تحصل مثل هذه الحالة في الأوقات التي تكون هناك كثافات عالية من العث حيث تمتلئ المصيدة بالحشرات بسرعة. لذلك لا يمكن قياس كثافة الآفة بالإعتماد على المصائد فقط. من المحددات الرئيسية التي تواجه استعمال المصائد الفرمونية في دراسة كثافة الآفة والتنبؤ بأضرارها هو احتمال أن تنجذب الحشرات من مسافات

تقع خارج حدود الموقع المزروع بالمحصول المستهدف. لذلك لابد من معرفة الفضاء أو الحيز الفعال للفرمون اعتماداً على كمية الفرمون المحملة في المصيدة ومعدل الانبعاث. قد يقوم الباحث بإجراء تعديلات على المادة الجاذبة (الفرمون) لجعلها أكثر ملاءمة للفضاء المطلوب من أجل جذب أفضل للآفة المستهدفة. قد يكون لهذا الإجراء انعكاس إيجابي من حيث العلاقة بين الحشرات الممسوكة في المصائد والإصابة باليرقات على المحصول. لذلك فإن إجراء تعديلات على تصميم المصائد يساعد كثيراً على معالجة الحالات التي لا يتوافق فيها المسك في المصائد مع الإصابة في الحقل. إلا أن وجود حشرات كثيرة وافدة من خارج الحقل يجعل المعلومات التي توفرها المصائد غير دقيقة ولا يمكن الإعتماد عليها في اتخاذ قرار المكافحة. من المعالجات المتبعة في هذا الخصوص الإبتعاد عن وضع المصائد في أطراف الحقل أو البستان. وكذلك استعمال مصائد تحوي مواد جاذبة لكلا الجنسين الذكر والإناث. قد تكون المصائد المحملة بمركبات كرمونية ذات التأثير النوعي أكثر كفاءة وفائدة من المصائد الفرمونية الجنسية، حيث أن المصائد التي تمسك الإناث تكون أكثر دقة في العلاقة مع وضع البيض ومقدار الضرر الذي ستحدثه اليرقات. إذ أن الإناث في هذه الحالة يمكن أن تمثل كثافة الحشرة إلى درجة كبيرة من الدقة في المساحات الخاضعة للمراقبة. استعملت المصائد على النطاق التجاري الفرمونية بنجاح بشكل واسع في مختلف النظم الزراعية عند ظروف الحقل والزراعة المحمية. يختلف عدد المصائد التي توضع في وحدة المساحة تبعا للآفة والمحصول والغرض من استعمال المصائد. على سبيل المثال قد يكون الحد الحرج لمراقبة دودة ثمار التفاح مصيدة واحدة لكل هكتار على أساس أن هذه المساحة تمثل الحيز الفعال للمصيدة إلا أن هذا العدد غير تطبيقي وغير اقتصادي في نظر العاملين على وضع أنظمة إدارة الآفات الذين يعتقدون أن الحيز التطبيقي يجب أن يكون مصيدة واحدة لكل 4 هكتار بسبب ما يرافقها من جهود وأجور عمل. إذ أن عملية المراقبة تتطلب دفع أجور الأشخاص الذين يقومون بمراقبة المصائد وصيانتها. إن أفضل نظام للمراقبة هو الذي يعطي تقديراً منطقياً للمجتمع وليس بالضرورة مسك أكبر عدد من الحشرات مع التأكيد على وجود عدد معتمد يمكن من خلاله اتخاذ قرار المكافحة. ان برنامج المراقبة المعتمد هو الذي يتم تطويره من خلال المعطيات والمحددات ذات الإهتمام المشترك لدى كل من الباحثين والتطبيقيين وخاصة ما يتعلق بكلفة البرنامج. قد يتأثر عدد وموقع المصائد في البستان بعمر وارتفاع الأشجار حيث يمكن تحقيق مراقبة جيدة لدودة ثمار التفاح عندما توضع المصائد على إرتفاع منتصف الأشجار وبمعدل مصيدة واحدة لكل 4 هكتار في حالة كون ارتفاع الأشجار متماثلاً ولكن الأمر يختلف في حالة وجود توزيع غير منتظم للإصابة وان ارتفاع الأشجار غير منتظم أو أعمارها صغيرة حيث تكون المسافات أقرب.

2.4.2. استعمال المواد السلوكية (الفرمونات) في المكافحة المباشرة – اتجهت العديد من تطبيقات الإدارة المتكاملة للآفات على اعتماد تقنية الصيد الجماعي وكذلك المصائد الجاذبة القاتلة (Trap & kill) تجاه عدد كبير من الآفت كون هذه الطرائق تهدف إلى حماية المحصول من خلال مسك أعداد كبيرة من أفراد الآفة قبل بداية وضع البيض أو التغذية. إلا أن نجاح هذه الطرقة يعتمد على قوة الفرمون الجاذب ونوع المصيدة المستعملة. على الرغم من الكفاءة العالية لطريقة الصيد الجماعي تجاه العديد من الآفات إلا أن الاستعمال التجاري لها ربما يكون غير مجدي تجاه بعض الآفات مثل الخنفساء اليابانية ودودة البنجر السكري حيث توجد بعض المحددات منها كلف استعمال الأعداد الكبيرة من المصائد والمواد المستعملة وكذلك الأيدي العاملة اللازمة لإدامة العمل. كما أن المصائد قد تصبح مشبعة بالأعداد الكبيرة من الحشرات الممسوكة في حالة وجود كثافات عالية من أفراد الآفة. إن قوة الفرمون ونوعه تؤثر كثيراً في كفاءة المصيدة وبخاصة اذا كانت عملية الصيد الجماعي مبنية على الفرمون الجاذب لكلا الجنسين الإناث والذكور. أما في حالة استعمال الفرمون الجاذب للذكور فيجب أن تكون المصائد في الحقل قبل بدء عملية التزاوج غير أن بعض الحشرات تتزاوج أكثر من مرة خلال الموسم، لذلك فمن الضروري إزالة أكبر عدد ممكن من الذكور من أجل خفض كفاءة التزاوج. ويجب أن يكون الفرمون المصنع ذو كفاءة تنافسية عالية لجذب الحشرات من مسافات بعيدة على أن توضع المصائد على أبعاد لا تؤدي إلى التنافس بينها. قد لا تكون طريقة الصيد الجماعي مناسبة تجاه الآفات الخطرة التي يكون مستوى التحمل لها منخفضاً. لذلك فان تطبيق هذه الطريقة يكون أفضل في الحالات التي يكون فيها نوع من المرونة من ناحية النتائج المرجوة منها (مرونة في المخرجات). يمكن تحسين عملية الصيد الجماعي في الحقول التي تكون هجرة الحشرات إليها من مواقع خارجية محدودة وكذلك في المواقع شبه المعزولة. وقد أثبتت هذه التقنية كفاءة عالية في الأماكن المغلقة مثل مخازن الأغذية. تجدر الإشارة إلى أن الفرمونات التجميعية استعملت كذلك تجاه آفات مهمة مثل خنافس القلف وحققت نجاحات كبيرة في السيطرة على الآفة حيث أن الفرمون في هذه الحالة يجذب كلا الجنسين. وعند استعمال طريقة مكملة مثل قطع الأجزاء المصابة والنظافة يمكن تحقيق مكافحة فعالة تجاه الآفة.

3.4.2. طريقة الجذب والقتل (Trap & kill or attract & kill) – هذه الطريقة مشابهة للصيد الجماعي إلا أن الإختلاف بينهما هو استعمال مادة قاتلة بدلاً عن أو مع المصيدة من أجل قتل أكبر عدد من أفراد الآفة التي يمكن أن تسبب أضراراً اقتصادية. أما نواقصها فهي أيضاً مشابهة للطريقة السابقة التي تتعلق بفاعلية المادة الجاذبة والمادة اللاصقة فضلاً عن فاعلية المادة القاتلة. تمتاز هذه

الطريقة بعدم وجود مشكلة تراكم الحشرات المنجذبة على السطوح اللاصقة في حالة وجود كثافات عالية من الحشرات في المنطقة. يمكن أن تطبق هذه الطريقة من خلال مزج المادة الجاذبة مع المبيد وترش على سطح النبات مباشرة، حيث تنجذب الحشرات إلى سطح النبات وتقتل بفعل المبيد. استعملت هذه الطريقة بكفاءة تجاه أنواع من ذباب الفاكهة وأنواع من العث والخنافس وآفات أخرى (Jones, 1998). وتحققت نجاحات كبيرة تجاه ذبابة الزيتون (*Bactrocera oleae*) وذبابة فاكهة البحر المتوسط (*Ceratitis capitata*) في العديد من دول العالم بضمنها عدد من الدول العربية. يتم عمل الطعم من خلال خلط المادة الجاذبة وهي عبارة عن مادة بروتينية مع المبيد ويرش الخليط بتركيز معين على الأشجار، حيث تنجذب بالغات الحشرة إلى مصدر الطعم وتقتل بفعل المبيد عند ملامستها سطح النبات. استعملت هذه الطريقة أيضاً مع دودة ثمار التفاح (*Cydia pomonella*) وحافرة البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta*) وغيرها. إلا أن الطعم قد يكون له تأثير سالب تجاه الأعداء الحيوية التي قد تنجذب كذلك إلى المادة نفسها التي تنجذب إليها الآفة أو تتغذى على أفراد قتلت بالمبيد مما يؤدي إلى تسممها وموتها. استعملت مستحضرات أخرى أكثر كفاءة منها مثل الكبسولات الدقيقة (Microcapsules) التي كانت فعالة تجاه ذبابة التفاح وأنواع أخرى من ذباب الفاكهة، حيث تستعمل مادة محفزة للغذاء مع المادة الجاذبة والمبيد وتنثر في الحقل لجذب الآفة وقتلها. كما استعملت ألواح ملونة جاذبة معاملة بمادة مغذية مثل السكروز مع رائحة العائل تجاه هذه الآفة أيضاً، وقد يرش خليط المادة السامة مع المادة المغذية والجاذبة على العائل مباشرة بالأسلوب نفسه الذي سبق ذكره.

من التطبيقات المهمة الأخرى للمصائد الجاذبة استعمالها كمصدر لنشر مسببات أمراض الحشرات في الطبيعة. إذ أن الحشرة الممسوكة لا تقتل في هذه الحالة وإنما يسمح لها بالانطلاق بعد أن يتلوث جسمها بالمسبب المرضي وبذلك تكون وسيلة لنشر المرض بين أفراد جديدة من الآفة من خلال أفراد الآفة نفسها وهذا ما يسمى النشر الذاتي (Auto-dissemination). إلا أن تحقيق النتائج المرجوة يتطلب التركيز على الانتقائية والتخصص في اختيار الكائن الممرض لكي تكون الطريقة أكثر تكاملاً مع المكافحة الحيوية وإدارة الآفات بشكل عام. من الأمثلة التطبيقية في هذا المجال استعمال نوع من الفيروس الممرض تجاه دودة براعم التبغ (*Heliothis virescens*)، كذلك استعمال الفطور الممرضة تجاه العثة ذات الظهر الماسي (*Plutella xylostella*) وعدد من الآفات الأخرى. تعد الفطور من المسببات الواعدة لمثل هذه التقنية كونها تنتقل بين البالغات واليرقات. إلا أن هذه الطريقة تحتاج إلى إدخال بعض التعديلات على تصميم المصيدة من أجل إنشاء محطة فعالة لانتقال الكائن الممرض إلى الحشرة الممسوكة ومن ثم السماح لها بالعودة إلى الطبيعة لتكون مصدراً لإنتشار

المرض بين أفراد نوعها دون الحاجة إلى حدوث التزاوج، وقد تبتلع الحشرة المسبب الممرض وتكون مصدراً للإصابة اللاحقة في الطبيعة. كما أن مستحضر الكائن الحي المستعمل يجب أن يكون مقاوم للظروف البيئية القاسية. يعد الجانب الاقتصادي من أبرز محددات هذه الطريقة كما هو الحال مع طريقة الجذب والقتل، إذ قد تكون هناك حاجة لاستعمال عدد من هذه المحطات (المصائد) في وحدة المساحة لكي تكون مجدية. أما المحدد الآخر فهو التحفظات الإجتماعية وقبول فكرة إنتاج ونشر كائنات حية ممرضة في الطبيعية بسبب احتمال تكون سلالات ممرضة لأحياء غير مستهدفة بضمنها الإنسان.

إن الاستعمال الأكثر انتشاراً للمواد السلوكية وبخاصة الفرمونات الجنسية يتركز في مجال تثبيط التزاوج (Mating disruption) الذي يتم من خلال إطلاق كمية كبيرة من الفرمون في الحقل المستهدف من أجل منع أو تأخير التزاوج. لقد أسهمت الجهود الحثيثة التي بذلها العديد من الباحثين والمختصين وجهات أخرى ذات علاقة في التوصل إلى آلاف المركبات السلوكية وإنتاج العديد من المستحضرات الصناعية بشكل تجاري واسع وأصبحت تقنية مقبولة لمكافحة العديد من الآفات المهمة (خاصة حرشفية الأجنحة) التي تصيب المحاصيل الزراعية وأشجار الفاكهة وأشجار الغابات. حيث أصبحت المستحضرات التطبيقية متوافرة ومسجلة بأسماء تجارية متعددة في مختلف بلدان العالم. ولا تزال الجهود مستمرة من أجل تطوير هذه التقنية وجعلها وسيلة فاعلة في برامج إدارة الآفات. تشمل الدراسات الجوانب الحيوية والوظيفية والسلوكية للآفة مع تطوير تقانات حديثة لتشخيص الفرمون وتصنيع المركب الذي يمثل المادة الفعالة فيه. وكذلك تطوير الوسائل المستعملة في تحميل الفرمون ومدة إطلاقه سعياً للوصول إلى أطول فترة ممكنة لفاعلية الفرمون في الطبيعة. تتطلب هذه الجهود مساهمة الجهات الرسمية فيما يتعلق بتوفير الدعم المادي للبحث العلمي ونقل التقانات فضلاً عن إسهام شركات القطاع الخاص التي تقوم بتوفير الدعم اللوجستي وبخاصة ما يتعلق بالتدريب والتعليم والتعاون مع بعض المؤسسات العلمية التي تعمل في مجال استعمال المواد السلوكية في مكافحة الحشرات.

أما الجانب الإقتصادي فإنه يركز على إنتاج مستحضرات فرمونية كفوءة وفعالة تباع تجارياً على نطاق واسع وذات مردود إيجابي لكل من المنتج والمستهلك. من المستحضرات التجارية للفرمونات الكبسولات الدقيقة (Microcapsules) أو تحميل الفرمون على مادة حافظة مصممة لإطلاق كميات محدودة من الفرمون خلال فترات زمنية معينة تصل إلى عدة أشهر. حيث يكون انبعاث الفرمون بمعدل ميلليغرامات بسيطة (عدد محدود) في الساعة. أما في حالة استعمال الفرمون على شكل مستحضرات قابلة للبلل بطريقة الرش الأرضي أو الجوي فان الفرمون يتوزع على النباتات

ضمن المنطقة المستهدفة حيث يحمل الفرمون في هذه الحالة على رقائق بلاستيكية دقيقة أو ألياف مجروشة تصمم لإطلاق الفرمون بمعدل يساوي المعدل الطبيعي المنبعث عن الأنثى العذراء ويضاف إلى المستحضر مادة لاصقة تساعد على تثبيت الفرمون على سطح النبات. كذلك الحال مع الكبسولات الدقيقة التي تصنع بشكل مستحضرات قابلة للرش باستعمال وسائل الرش الاعتيادية. إلا أن معدل إطلاق الفرمون قد يكون أخفض من الذي تطلقه الأنثى. تميزت هذه الطرائق بكفاءة عالية تجاه آفات مهمة اقتصادياً مثل دودة جوز القطن القرنفلية (*Pectinophora gossypiella*). من المستحضرات الكفوءة الأخرى الايروسولات حيث يوضع مستحضر الفرمون في جهاز اتوماتيكي أو مرشة صغيرة ويكون تحت ضغط منتظم وتوضع هذه الوحدات الحاوية على الفرمون في الحقل على شكل محطات بمعدل 5 وحدات لكل هكتار حيث تقوم كل وحدة بإطلاق عدة ميليغرامات من الفرمون على فترات زمنية محددة تصل إلى 15–30 ثانية. إذ أن فترات الإطلاق يمكن برمجتها من أجل التحكم بطريقة انبعاث الفرمون لتوفير معدل إطلاق ثابت ومستوى مستقر من الفرمون في الطبيعة. إلا أن استعمال الفرمون بطريقة الكبسولات الدقيقة التي ترش على النبات يمكن أن يوفر انبعاثاً مستمراً ومستقراً للفرمون في الحقل. قد يتطلب الأمر إعادة عملية الرش لضمان التثبيط المناسب للتزاوج. في الحالات التي تسجل فيها إصابات في أطراف الحقل التي تمثل الموطئ الأول للحشرات المهاجرة التي تأتي من خارج الحقل يمكن أن تعالج من خلال إضافة كميات أخرى من الفرمون على المناطق الطرفية من الحقل أو توسيع مناطق استعمال الفرمون وإيصالها إلى مساحة محددة من المناطق المجاورة. إلا أن الحل الأمثل لمثل هذه المشكلة هو التطبيق الشامل للفرمون لجميع المساحة المزروعة بالمحصول المعين ضمن المنطقة حيث أثبتت هذه التقنية كفاءة عالية وحققت نجاحات كبيرة تجاه العديد من الآفات الزراعية. من الناحية الاقتصادية هناك تحفظ من قبل العديد من المزارعين حول استعمال هذه التقنية ضمن إطار برامج إدارة الآفات بشكل عام بسبب تكلفة الفرمون ووسائل توزيعه وإطلاقه في الحقل فضلاً عن التكاليف المترتبة عن عمليات مراقبة الآفة. كانت أكثر النجاحات التي تحققت في استعمال الفرمونات على آفات أشجار الفاكهة عندما استعملت مع تقانات مكافحة مكملة على مستوى الحقول الواسعة. إلا أن التوسع في استعمال المركبات السلوكية يحتاج إلى بذل المزيد من الجهود الحثيثة من أجل تطوير مستحضرات جديدة ذات كفاءة عالية في تثبيط التزاوج، وهذا يتوقف على الفهم الجيد لميكانيكية التثبيط والخبرة التطبيقية اللازمة في الجوانب الحيوية والسلوكية ونظام التزاوج للنوع المستهدف كما أن هذه التقنية قد لا تكون مناسبة تجاه كل آفة، لذلك لابد من اختيار الشيء المناسب لنوع الآفة والتأكد من توافر المعطيات المطلوبة قبل المضي قدماً في إجراء التطبيق الواسع للتقنية. قد يكون التثبيط ناجحاً على مستوى التجارب المختبرية ولكنه لا

يكون كذلك في الحقل، وهذا يتطلب التدخل بإضافة وسيلة ثانية لخفض تعداد الآفة. يمكن أن تقاس كفاءة الطريقة المستعملة من خلال عدد من المعايير تتضمن عدد الحشرات التي تمسك في المصائد، عدد المحطات التي تطلق الفرمون المطلوبة في وحدة المساحة لتحقيق المكافحة فضلاً عن كمية الفرمون في وحدة المساحة والمدى الذي تكون فيه النتيجة معتمدة على كثافة الآفة. لذلك فان تطبيق برامج إدارة متكاملة معتمدة على الفرمونات قد يكون ناجحاً ولكن ليس بالضرورة أن يكون اقتصادياً. إذ أن الجدوى الإقتصادية يجب أن تأخذ بعين الاعتبار بعض المتطلبات التطبيقية لنجاح عملية التثبيط منها استراتيجيات توزيع الفرمون، متطلبات إدارة المحصول وكثافة الآفة في الموقع المستهدف فضلاً عن دور المزارعين المعنيين والمستشارين والمرشدين الزراعيين وبعض المعايير التي تؤكد على اقتصادية التطبيق مقارنة بوسائل المكافحة الأخرى. كما يجب أن تكون سهلة الاستعمال ومتكاملة مع تقانات الإدارة المتكاملة للآفات الأخرى. كذلك فان اختيار المساحة المناسبة وشدة الإصابة في تلك المساحة تعد من الأمور ذات الأهمية الكبيرة في التطبيق. إذ أن أفضل النجاحات ممكن أن تتحقق عند تطبيق هذه التقنية في مساحات واسعة. لذلك فان مستحضرات الرش ربما تكون من أكثر التوجهات فاعلية في هذا المجال من أجل دمجها في برامج إدارة الآفات بأسلوب نوعي. كما أن المستحضرات المصممة على شكل كبسولات دقيقة سجلت هي الأخرى نجاحاً كبيرا تجاه آفات مهمة مثل ذبابة الفاكهة الشرقية ويمكن أن تكون هذه التقنية ذات فائدة مع آفات أخرى مثل دودة ثمار التفاح عندما تظهر في مواعيد متأخرة من الموسم.

في الآونة الأخيرة، هناك توجه نحو إنتاج مستحضرات تحتوي على فرمونات لأكثر من آفة بهدف تثبيط التزاوج لهذه الآفات في آن واحد. إلا أن مثل هذه المستحضرات تحتاج إلى اختبارات موسعة ودقيقة من أجل التوصل إلى صيغة مشابهة للتركيب الطبيعي. ممكن أن يكون االعمل باتجاه إنتاج المواد الحاملة للفرمون التي يمكن أن يحمل عليها أكثر من ثلاث مستحضرات فرمونية تجاه ثلاث أنواع من الآفات وهي متوافرة حالياً بشكل تجاري. قد يكون هناك بعض التحفظات تجاه مثل هذه المستحضرات منها إمكانية التداخل بين المركبات المختلفة ضمن المادة الحاملة الواحدة والموزعة لها وقد يكون أحدها مثبط لمفعول الآخر وبذلك يحدث انخفاض في مفعوله تجاه الآفة المستهدفة. وذهب قسم من الباحثين باتجاه إنتاج مستحضرات لفرمونات مختلفة ترش جميعاً على سطح النبات لتؤثر في آفات مختلفة في آن واحد. إلا أن النجاح الحقيقي لهذه التقنية يمكن أن يحصل عندما يتقبل المزارع الفكرة ويبادر في تبنيها. لذلك فان أفضل أسلوب يتبع بهذا الخصوص هو التجارب الإيضاحية في حقول المزارعين وإعطاء الفرصة للمزارع أن يشاهد النتائج بنفسه ويقدر أهمية التقنية مقارنة بالإجراءات السائدة لديه. إن مسألة الإقناع والاقتناع تتم من خلال المزارعين أنفسهم وبذلك تتولد

لديهم الرغبة في الاستمرار باستخدام هذه التقنية حتى عندما يتوقف الدعم الذي بدأ العمل به بغض النظر عن الجهة الداعمة. هذا النوع من التبني يزداد ويتوسع مداه من خلال مدارس المزارعين (Farmer field schools, FFS). قد يكون الإنفاذ في البداية من خلال مشروع مشترك بين مؤسسات حكومية والقطاع الخاص أو المنتجين وتكون مواقع الإنفاذ بمثابة وسائل إيضاح وتعليم للمزارعين في المنطقة أو مناطق أخرى. يتم التوسع بالمشروع من خلال الجهود المشتركة للمزارعين والجهات الأخرى المعنية بنظام الإنتاج الزراعي. لذلك يجب أن يكون المشروع متكاملاً وشاملاً للبنى التحتية المتوافرة أصلاً في المنطقة من أجل اتخاذ قرار الإدارة المناسب. أما المشاركين في اتخاذ القرار فهم المزارعين والمجهزين لتقانات ومواد المكافحة ومستشارين في الإرشاد الزراعي وباحثين من الجامعات والجهات ذات العلاقة. حيث يتم وضع برامج تثقيفية وتدريب موقعي وكذلك تهيئة مستلزمات حساب الجدوى الإقتصادية لكل إجراء مستعمل وتوثيق كفاءة البرنامج المنفذ مع وضع خطة للتواصل المستمر بين المشاركين يكون العمل فيه تطوعي ويتضمن تطوير ودمج وسائل مكافحة ومراقبة جديدة لمجابهة مشكلات الآفات الزراعية أو أي مشكلة أخرى على وشك أن تقع. حيث أن هذه الإجراءات تساعد على تعزيز ثقة المزارع وزيادة تقبله وتبنيه للتقنية الجديدة.

هناك العديد من المواد السلوكية التي يمكن استخدامها في الإدارة المتكاملة للآفات أهمها:

- **الفرمونات مثل الفرمونات الجنسية والفرمونات التجميعية والفرمونات المنبهة وفرمونات تتبع الأثر وفرمونات تأشير العائل.**
- **مواد ثانوية (Allelochemicals) ومنها ألومون، الكايرومون والسينومون.**

استعملت المواد السلوكية في تطبيقات إدارة الآفات ضمن محورين رئيسيين: (أ) المراقبة Monitoring، (ب) المكافحة المباشرة، مثل الصيد الجماعي وطريقة الجذب والقتل. إلا أن الاستعمال الأكثر انتشاراً للمواد السلوكية خاصة الفرمونات الجنسية يتركز في مجال تثبيط التزاوج (Mating disruption).

لقد سمح التطور العلمي تحديد ماهية الآلاف من هذه المركبات السلوكية وتحديد لأي منها طابع تطبيقي لاستعماله ضمن مكونات الإدارة المتكاملة للآفات. ومن المتوقع أن يحصل تقدم كبير في هذا الإتجاه في العقود القليلة القادمة.

5.2. تفعيل دور الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية في الزراعة المستدامة في المنطقة العربية

بدا المختصون والجهات ذات العلاقة في الآونة الأخيرة بتداول مفهومين معروفين يتم استعمالهما في تصميم أنظمة الإنتاج الزراعي: المفهوم الأول، هو الإدارة المتكاملة للآفات أو إدارة المحصول؛ أما المفهوم الثاني، فهو الزراعة المستدامة. حيث يتوالى ذكر هذه المصطلحات في النشرات والمقالات العلمية وكذلك المحافل العلمية العالمية والمحلية ذات العلاقة التي تركز على كفاءة وفائدة أنظمة الإنتاج المختلفة فيما يتعلق بحماية البيئة والتربة والمياه والصحة العامة والغذاء البشري من التلوث بالكيميائيات الزراعية. إلا أن تحقيق الأهداف لكلا المصطلحين من الناحية التطبيقية يتطلب ربط النظامين مع بعضهما حيث أن تطبيق أساسيات الإدارة المتكاملة يعد من العوامل المهمة في أنظمة الزراعة المستدامة المثالية ضمن هيكلية النظام البيئي الزراعي. يجب أن يستمر هذا التوجه من أجل استدامة الزراعة بالأسلوب الذي يلبي احتياجات الأجيال القادمة. تعد الزراعة المستدامة نظاماً متكاملاً من الإجراءات المتعلقة بالإنتاج النباتي والحيواني والتي تتميز بالاستمرارية لتلبية الاحتياجات الإنسانية من الغذاء والكساء، ولتحقيق الاستفادة القصوى من الموارد المتاحة في الحقول، والتكامل بين أساليب المكافحة الآمنة بيئياً قدر المستطاع. ومن المفاهيم المتداولة أيضاً للزراعة المستدامة: إنها أسلوب زراعي موجه يؤكد على تحقيق أكبر استفادة للإنسان، وينفذ بكفاءة عالية من حيث استعمال المصادر المتوافرة ويتوازن مع البيئية المفضلة ومع معظم أنواع الكائنات الحية الأخرى. إلا أن هذا المفهوم يتطلب تحقيقه الشروط التالية.

1. عدم تأثر موارد التربة أو تفككها أو تحللها بسبب عوامل التعرية، التملح أو التلوث بالمواد السامة (المبيدات الكيميائية).
2. إدارة الموارد المائية بشكل يلبي الاحتياج الفعلي للري ويمنع حدوث تحلل أو تملح أو تلوث التربة.
3. المحافظة على التكامل الأحيائي والبيئي للنظام من خلال العناية بإدارة الأصول الوراثية لكل من المحاصيل المستهدفة وحيوانات المزرعة.
4. يجب أن يكون نظام الإنتاج مقبولاً وينفذ بالشكل الذي يحقق عائداً مقبولاً للمزارع.
5. التأكيد على تلبية المتطلبات الإجتماعية مثلما يجب تلبية الاحتياجات من المواد الغذائية والألياف بالكميات والنوعيات المطلوبة وبأسعار معقولة للمستهلك.

توضح هذه المتطلبات الأهمية الكبيرة لهدفين أساسين لأنظمة الزراعة المستدامة، الأول يجب أن تكون مقبولة اقتصادياً والثاني أن تسهم في تحقيق متطلبات حماية البيئة على المدى البعيد. لذلك

فإن المنهج الرئيس المتبع في تصميم برامج إدارة للآفات المستهدفة يكون متوافقاً أو أنه يتناغم مع هذه الأهداف باتجاه تحقيق الاستدامة في النظم الزراعية المختلفة. وقد أصبحت هذه الحقيقة واضحة في التعاريف الحديثة المطروحة لإدارة الآفات (علي، 2017) ومنها الإستعمال والتكامل المنسق لتقانات المكافحة المختلفة ضمن بيئة الآفة المستهدفة بأسلوب يكمل أو يعزز دور عناصر المكافحة الحيوية وغيرها من الأعداء الطبيعية للآفة من أجل تلبية المتطلبات البيئية والاقتصادية والصحة العامة. لذلك فان برنامج الإدارة الناجح حسب هذا المفهوم هو الذي يدفع باتجاه الحصول على الفائدة (الربح) المعقولة المتحققة من الزراعة وحماية البيئة لمستقبل بعيد. حيث تركز الفكرة الأساسية على أن الإدارة المتكاملة ضرورية لبقاء الاستدامة لأن الآفات الحشرية ومسببات أمراض النبات والأدغال/الأعشاب الضارة تشكل تهديداً كبيراً للحاصل ولنوعية السلع الزراعية المنتجة. تجدر الإشارة إلى أن الإدارة المتكاملة للآفات هي علم قائم بحد ذاته ويتشعب إلى فروع مختلفة ويتداخل مع كل الاختصاصات المتعلقة بعلوم الأحياء وعلم البيئة فضلاً عن الجوانب الإقتصادية والاجتماعية التي تشكل مظلة لهذا العلم وتساعد في تثبيت ركائزه وخطوات تبنيه من قبل الجهات المستفيدة. حيث أن مراحل تطبيق البرنامج وتبنيه ومن ثم تقويم فاعليته تكون مرنة من حيث إدخال ودمج تقانات جديدة وحذف أخرى بما يتناسب مع طبيعة النظام الزراعي المستهدف. يتطلب تحقيق إنتاجية جيدة وربح معقول استعمال إجراءات فعالة لتنظيم مجتمعات الآفات المعنية والنظام الإنتاجي الذي لا يتضمن وسائل فعالة لمجابهة الآفات الزراعية يكون غير مربح مع مرور الوقت ولا يحقق نظام الاستدامة. اذ أن الاعتماد على المكافحة الكيميائية بمفردها لم يكن كافياً لتوفير حماية مقنعة على المدى البعيد بسبب تطور المقاومة لدى بعض الآفات تجاه مجاميع المبيدات المستعملة وكذلك ارتفاع نسب التلوث البيئي وتلوث المنتجات الزراعية الغذائية بمتبقيات المبيدات حيث ساعدت هذه السلبيات على التوجه نحو تبني مفهوم نظام الإستدامة. لذلك فان أنظمة الزراعة المستدامة تركز على استعمال إجراءات الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية بأسلوب آمن وفعال من أجل تنظيم مجتمعات الآفات الزراعية على اختلاف أنواعها.

هناك عدد من المدونات أو اللوائح الدولية (Mandates) المتعلقة بإجراءات الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية تشير إلى ثلاثة محاور رئيسية تعمل على تلبية المتطلبات الإقتصادية والبيئية والاجتماعية لنظام الزراعة المستدامة. بالنسبة للوائح الإقتصادية التي تتعلق بإدارة الآفات فإنها تنسجم مع متطلبات الفائدة المتحققة من أنظمة الزراعة المستدامة. كما أنها تؤكد على عدم الحاجة لاستئصال الآفة، حيث أن المعلومات المتراكمة عن مفهوم الإدارة المتكاملة تشير إلى أن المستويات المنخفضة من مجتمع الآفة عادة لا توثر في المردود الإقتصادي للسلع الزراعية المنتجة. حيث أن التركيز في

هذه الحالة يكون باتجاه خفض مستوى مجتمع الآفة ليبقى بحدود أدني من تلك التي تسبب أضراراً اقتصادية وتزيد عن تكلفة المكافحة (وبخاصة المتعلقة باستعمال المبيدات الكيميائية) ويشتق من هذا المفهوم مفهوم آخر يتعلق بمستوى الحد الإقتصادي الحرج للآفة وهو المفهوم الإجرائي (العملي) لاتخاذ قرار المكافحة بالمبيدات، حيث أن إجراء المكافحة عند هذا المستوى يساعد المزارع على أن يحصل على مردود مرضي. تعتمد خصائص الحد الحرج على المسح الدقيق ثم اتخاذ قرار المكافحة السليم الذي يسهم في تحقيق كل من إدارة الآفات والزراعة المستدامة. لا يتوقف التقدير المنطقي للحد الإقتصادي الحرج عند اتخاذ قرار المكافحة السليم وإنما يتعداه إلى مفهوم استدامة نظام الإنتاج الزراعي من خلال مساهمة إجراءات الإدارة المتكاملة في استدامة هذا النظام. كما أن تكرار حدوث الآفة بكثافات لا تؤثر سلباً في تكاليف الإنتاج مع وضوح فوائد الإدارة المتكاملة للآفة وتوافرها مع الوقت يساعد في تحقيق فائدة الإدارة المتكاملة في نظام الاستدامة.

أما بالنسبة للمدونات أو اللوائح المتعلقة بالجوانب البيئية فإن الفائدة المرجوة منها في مجمل عملية الإنتاج الزراعي وحماية البيئة تمثل هدفاً مشتركاً لكل من برامج إدارة الآفات وأنظمة الزراعة المستدامة. حيث أن هناك عدداً من العوامل تجابه استدامة أنظمة الإنتاج الزراعي منها استعمال الكيميائيات الزراعية التي قد تكون من الملوثات المهمة للبيئة. كما أن عمليات الحراثة قد يكون لها تأثير سلبي كونها تساعد على تعرية التربة. لذلك فان تطبيق هذه الإجراءات يجب أن يتم بأسلوب لا يؤدي إلى مضاعفات سلبية في بيئة الحقل أو تلوث الماء الأرضي، وكذلك فإن أي إجراء يطبق في الحقل يجب ألا يكون عاملاً ضاراً تجاه الحياة البرية سواء كان التأثير مباشراً أو من خلال الإخلال في البيئة المفضلة لهذه الأحياء. لذلك فان استعمال المبيدات الكيميائية وكذلك تطبيق الإجراءات الزراعية بأسلوب عقلاني سوف يساعد على تحقيق أهداف رئيسية ومهمة منها المحافظة على الأعداء الحيوية من متطفلات ومفترسات والأحياء الدقيقة النافعة الأخرى، تقليل المخاطر تجاه الأحياء غير المستهدفة والأحياء البرية وتقليل التلوث البيئي الناتج عن متبقيات المواد السامة. يتطلب تحقيق هذه الأهداف مزيدا من الجهد من أجل الإلمام بالمعرفة الشاملة المتعلقة بتأثير التحويرات البيئية المستحدثة في النظام البيئي الزراعي الذي يشمل المجتمعات النباتية والحيوانية ذات العلاقة.

بالنسبة للوائح الاجتماعية (Social mandates)، هناك معلومات كثيرة متراكمة على مستوى العالم تتعلق بالصحة العامة، وكلها تشير إلى الحاجة إلى غذاء آمن ونظيف، وكذلك الحال مع السلع الزراعية التي يجب أن تنتج دون أن تكون هناك أضرار جانبية مؤثرة في البيئة أو العاملين في القطاع الزراعي. كما أن المستهلك في كثير من الدول يعتبر استعمال المبيدات يمثل الخطر الأكبر على المنتجات الزراعية الغذائية. إلا أن استعمال المبيدات ربما يبقى الأسلوب الرئيس لمكافحة الآفات من

أجل توفير مصادر الغذاء البشري والأعلاف في المستقبل القريب. غير أن تلبية المتطلبات الاجتماعية على المدى البعيد يعد من التحديات الكبيرة في مختلف الدول التي تبحث عن غذاء غير مكلف، نظيف وآمن صحياً. لذلك فان احتياجات المجتمعات البشرية حول العالم من الغذاء السليم ووفرته لن تتحقق إلا من خلال تطوير أنظمة الزراعة المستدامة التي تجمع بشكل متوازن وكفوء بين جوانب الأمان، المتطلبات البيئية وتوفير مصادر الغذاء. من جانب آخر فإن التحفظات الكبيرة على استعمال المبيدات ومتبقياتها على المنتجات النباتية الغذائية يجب أن ترافقها تحفظات مشابهة على التلوث البكتيري والفطري ومصادر الأضرار والتلوث الأخرى على السلع الزراعية ولا بد من توافر معلومات بهذا الخصوص. يمكن أن تتحقق هذه الأهداف مجتمعة من خلال برامج إدارة الآفات. كما أن مستوى التوعية المجتمعية يجب أن يتوسع إلى أبعد ما يمكن من المعرفة التي تتمثل بالتوقعات المحتملة عن الأمان البيئي ومتطلبات توفير الموارد الغذائية البشرية.

هناك نوع آخر من التحفظات السلبية يتعلق بالمحاصيل المحورة (المهندسة) وراثياً والسلع الزراعية المنتجة من هذه المحاصيل. كما يمتد التحفظ إلى المنتجات الحيوانية المعرضة بشكل أو بآخر لإجراءات الهندسة الوراثية. لذلك يتطلب الأمر توافر توعية كافية للمستهلك عن الفوائد والمخاطر المحتملة من استعمال منتجات محاصيل محورة وراثياً بحيث تكون هذه التوعية موازية للتوعية اللازمة للمجتمع حول أهمية استمرار توافر مصادر الغذاء الآمن بكميات كافية مع وجود إمكانية لمكافحة الآفات الزراعية بكفاءة عالية. كما أن الحاجة مستمرة للاستثمار المناسب للبحث العلمي الذي يجب أن يكون باتجاه تطوير وسائل حديثة لمكافحة الآفات. ينطبق هذا الإجراء كذلك على وسائل الهندسة الوراثية ومنها المحاصيل المحورة وراثياً التي يمكن أن تكون باتجاه استثمار معقول للموارد التي تساعد في دعم إنتاج الزراعة المستدامة في المستقبل. هناك أمثلة كثيرة عن برامج إدارة الآفات التي توظف العديد من المفاهيم أو الإجراءات في تطبيقاتها إلا أن مساهمة أي من هذه الإجراءات بمفرده تكون محدودة ما لم تدمج مع وسائل إدارة شاملة تتضمن كل الموارد والإجراءات المتاحة. من الأمثلة على هذه الاجراءات وسائل التشخيص التي تعد من المتطلبات المهمة في تصميم وإنفاذ برامج إدارة الآفات. إذ يعتمد قرار المكافحة السليم والفعال بالدرجة الأساس على دقة تشخيص الآفة أو السلالة المستهدفة، ومن خلال الأعراض التي تظهر على المحصول في الحقل أو على حيوانات المزرعة. يتطلب تحقيق هذا الهدف توافر وسائل تشخيص متطورة يمكن من خلالها كشف سلالات الآفة التي طورت مقاومة تجاه بعض مجاميع المبيدات المستعملة، وكذلك التعرف على سلالة المحاصيل المختلفة التي أُنتجت بتقنية الهندسة الوراثية أو أساليب التقانات الأحيائية الأخرى. حيث أن الأسلوب المتعارف عليه في تشخيص الآفة كان يعتمد على خصائص التشريح الداخلي والمظهري للآفة. إلا أن مسالة معرفة

تطور السلالة الجديدة تتطلب استعمال وسائل أكثر دقة للتوصل إلى التشخيص الصحيح، ومن هذه الوسائل التحليل المناعي وتحليل الحمض النووي. حيث أن الإختبار الشائع للتحليل المناعي يعتمد على طرائق مختلفة لتعليم الأجسام المضادة كأن تكون مع الإنزيم وهذا يسمى اختبار إليزا (Enzyme–linked immunosorbent assay, ELISA) وكذلك وسائل الإشعاع مثل Radioisotopes وFlurophos. حيث تستعمل هذه التقانات بكفاءة عالية في الكشف عن المسببات الممرضة (مثل الأمراض الفيروسية والبكتيرية) في النسيج النباتي أو في أجسام الحشرات الناقلة لها. كما تستعمل هذه التقانات وتقانات أخرى مشابهة للكشف عن سلالات الآفات المختلفة وكذلك السلالة المتعلقة بمحصول معين أو تلك التي أُنتجت بتقانات الهندسة الوراثية. استعملت هذه التقانات كذلك بكفاءة للكشف عن السموم التي تنتجها البكتيريا Bt التي أدخلت الجينات المسئولة عن إنتاجها إلى بعض المحاصيل الزراعية. تجدر الإشارة إلى وجود مختلف الكواشف المتخصصة التي أنتجت واستعملت لتشخيص مسببات ممرضة للنبات مثل الفيروسات والبكتيريا وكذلك لتشخيص بيوض بعض الحشرات المتقاربة وراثياً. كما أن التفاعل الذي يهدف إلى مضاعفة الحامض النووي باعتماد تقنية تفاعل البوليمراز المتسلسل (Polymerase chain reaction, PCR) أو غيرها من التقانات المتطورة المستخدم في كثير من تطبيقات وقاية النبات مثل تشخيص الفيروسات الممرضة وغيرها من الأحياء المستهدفة. إن توافر مثل هذه التقانات وتطويرها في العديد من الدول العربية في تقدم مستمر وهذا ما يعزز دور الوسائل التشخيصية الأخرى المتعلقة بالخصائص المظهرية والتحليلية. من التقانات الأخرى المهمة في تطوير وسائل التشخيص استعمال نظم المعلومات الجغرافية (GPS) التي تفيد في جمع المعلومات المتعلقة بموضوع أو مواضيع متعددة مع بعضها ورسم الخارطة الخاصة بتلك المعلومات مثل الخارطة الوبائية لبعض الآفات لتكون متوفرة للمزارع في أي وقت يحتاجها. كما تستعمل هذه النظم لتوضيح خارطة السطح الطبوغرافي للتربة ومستويات خصوبة التربة فضلاً عن التوزيع المكاني للإصابة بالآفة الزراعية المستهدفة ضمن الحقل أو المنطقة، وهذه المعلومات مهمة في وضع خطة النظام المحصولي والآفات المنتشرة واستراتيجية مكافحة الآفات. إن معلومات النظم الجغرافية في حالة توافرها على مدى وقت طويل سوف توفر فكرة كافية عن توزيع الآفات المختلفة بضمنها الأدغال/الأعشاب الضارة وتداخلها في المساحات الحقلية المختلفة وكذلك تفيد في معرفة التوزيع المكاني لبعض حشرات التربة ومسببات أمراض النبات. لذلك فان أنظمة GIS وGPS تعد من التقانات المهمة في برامج المسح في المناطق المستهدفة وكذلك في وضع خطة الإدارة الشاملة للمنطقة ككل وهي من المتطلبات المهمة لبرامج إدارة الآفات في المستقبل. بدأت هذه التقنية تأخذ طريقها، في الآونة الأخيرة، إلى التطبيق الميداني في برامج إدارة بعض الآفات الزراعية

منها مسببات أمراض النبات (أصداء محاصيل الحبوب) وكذلك الحشرات مثل سوسة النخيل الحمراء في بعض الأقطار العربية، إلا أن الحاجة مستمرة إلى التعاون والجهد التشاركي بين المختصين في البلدان العربية من أجل الاستفادة من الخبرات المتاحة في تعزيز دور هذه التقنية في برامج إدارة الآفات في المنطقة العربية.

يتمثل العامل المهم الأخر في نجاح برامج إدارة الآفات في توفير المعلومات التراكمية للتنبؤ عن الطقس (Weather forecasting) حيث تحتل هذه المعلومات أهمية كبيرة من خلال اتجاهين رئيسين. الاتجاه الأول استعمال بيانات الأنواء الجوية مع المعلومات المتعلقة بمجتمع الآفة في عمل موديلات افتراضية تحاكي جداول الحياة المتعلقة بالآفة والمحصول وهذه ممكن أن تكون موسمية أو طويلة الأمد، وكذلك موديلات النظم الحيوية المتعلقة بالمحصول والآفة. حيث تعد درجات الحرارة من العوامل المهمة والضرورية لنمو وتطور مجتمعات كل من المحصول وآفاته الحشرية. أما الفطور ومسببات أمراض النبات الأخرى، وكذلك مسببات أمراض الحشرات، فالرطوبة تعد العامل المحدد في حدوث وانتشار المرض. كما أن المعلومات المتجمعة عن عمليات المسح الحقلي مقرونة بالمعلومات المناخية تساعد على وضع نماذج افتراضية لحركة مجتمع الآفة ووضع تصورات عن المستويات التي يحتمل أن تحدث في المستقبل. لذلك فإن حدوث أي طارئ أو ظرف مناخي معين يمكن أن يعطي مؤشراً عن انتشار آفة حشرية معينة أو مسبب ممرض في المنطقة المستهدفة. أما الاتجاه الآخر لاستعمال البيانات المناخية فإنه يتعلق باتخاذ قرار المكافحة ضمن الفترة الزمنية المحددة. حيث أن المعلومات المناخية مع المعلومات المتعلقة بالمحصول والآفة يمكن أن توظف كذلك في وضع موديلات افتراضية للتنبؤ بالآفة مستقبلاً. عندما تكون مثل هذه الإمكانات متوافرة للمزارع فإنها تكون دليل عمل له في إجراء عمليات المكافحة في الوقت المناسب، وهذا الجانب مهم جداً وبخاصة مع استعمال المبيدات الفطرية لمنع انتشار الأمراض. كذلك فإن الوحدات الحرارية التجميعية وبيانات الرطوبة النسبية وغيرها من العوامل المناخية تعد من العناصر المهمة والضرورية في تحسين قرار المكافحة الذي تطور بشكل كبير بعد إطلاق شبكة المعلومات العالمية المتعلقة بالطقس. لا زالت هذه التوجهات الحديثة وسوف تستمر تلاقي إقبالاً كبيراً في مختلف دول العالم. حيث يتم جمع المعلومات المتعلقة بالطقس من مختلف المواقع الزراعية في المنطقة أو البلد وتستعمل ضمن برامج معينة لإعطاء تصور عن وضع مجتمع الآفة في الوقت المحدد سواء كان في الماضي أو الوضع الراهن. كما تستعمل هذه المعلومات لأغراض المقارنة مع نتائج المسح الحقلي في المنطقة المستهدفة وتستعمل كأساس لتحديد مدى الحاجة إلى إجراء مكافحة تجاه مجتمع آفة معينة. حيث بدأت مثل هذه الخدمات تأخذ طريقها إلى التطبيق الميداني الواسع في مختلف دول العالم منذ بداية القرن الواحد

والعشرين إلا أنها لا تزال محدودة في المنطقة العربية. لذلك فإن تطوير مثل هذه النظم لتكون أكثر شمولية بحيث تعطي تصوراً منطقياً عن أي حقل في المنطقة سوف يكون له مساهمة كبيرة في تطبيق برامج إدارة الآفات واستدامة النظم المحصولية في المستقبل. وسنتناول هذا الموضوع بتفصيل أكثر في فقرة أخرى من هذا الفصل.

- **هناك مفهومين معروفين يتم تداولهما في تصميم أنظمة الإنتاج الزراعي، المفهوم الأول هو الإدارة المتكاملة للآفات أو إدارة المحصول أما المفهوم الثاني فهو الزراعة المستدامة، والتي تشمل أساسيات الإدارة المتكاملة، ضمن هيكلية النظام البيئي الزراعي.**
- **هناك أمثلة كثيرة عن برامج إدارة الآفات التي توظف العديد من المفاهيم أو الإجراءات المتطورة ومن هذه الإجراءات وسائل التشخيص الحديثة التي تعد من المتطلبات المهمة في تصميم وتنفيذ برامج إدارة الآفات.**
- **ان أنظمة GIS وGPS تعد من التقانات المهمة في برامج المسح في المناطق المستهدفة وكذلك في وضع خطة الإدارة الشاملة للمنطقة ككل وهي من المتطلبات المهمة لبرامج إدارة الآفات في المستقبل.**
- **تعد الأصناف المقاومة وعناصر المكافحة الحيوية من العوامل المهمة في برامج إدارة الآفات كونها تشكل عنصر الاستدامة الرئيس لمثل هذه البرامج.**
- **تعد إدارة المقاومة لدى مجتمع الآفة تجاه السموم الكيميائية أو السموم البكتيرية من التحديات المهمة أمام أنظمة الزراعة المستدامة.**

أما بالنسبة للأصناف المقاومة ودورها في استدامة النظم الزراعية فإنها تعد من العوامل المهمة التي أسهمت بدورٍ كبير في برامج إدارة الآفات كونها تشكل عنصر الاستدامة الرئيس لمثل هذه البرامج وكونها متوافقة مع إجراءات المكافحة المختلفة ضمن الإدارة الشاملة للمحصول. حيث كان الاعتماد على الطرائق التقليدية المتبعة في إنتاج أصناف جديدة من محاصيل زراعية مختلفة تتميز بمواصفات كمية ونوعية مرغوبة. وقد أسهمت هذه الأصناف في زيادة الإنتاج فضلاً عن كونها مقاومة لآفة أو عدد من الآفات الزراعية. ومع استمرار أهمية الوسائل التقليدية في إنتاج أصناف جديدة ذات مواصفات نوعية وكمية متميزة، ظهر توجه آخر في مجال الهندسة الوراثية والتقانات الأحيائية (Biotechnology) برز في نهاية القرن العشرين وشهد نهضة كبيرة في بدايات القرن

الحادي والعشرين. حيث أمكن إنتاج أصناف محورة وراثياً لمختلف المحاصيل الزراعية أدخلت في التطبيق الميداني وزرعت على نطاق واسع وكانت متميزة ومتوافقة مع النظم الزراعية المستهدفة وكانت إسهاماتها كبيرة في الإنتاج الزراعي. إلا أن المأخذ على الأصناف المحورة وراثياً قلة المعلومات ذات العلاقة بمقاومة الآفات وارتباطها بزيادة أو تحسين الإنتاجية والصفات النوعية وانعكاسها على الصحة العامة. هناك العديد من أصناف المحاصيل المختلفة التي أنتجت بتقنية الهندسة الوراثية وأخذت أسماء تجارية عالمية. حيث تم نقل الجين المسئول عن إنتاج سموم البكتيريا *Bacillus thurengiensis* (Bt) إلى هذه الأصناف التي استعملت على نطاق واسع وأعطت نتائج كبيرة في مكافحة آفات من حرشفية الأجنحة مثل ديدان الجوز والديدان قارضات الأوراق وحفارات ساق الذرة في عدد من دول العالم. من التطبيقات الأخرى لعلم الهندسة الوراثية والتقانات الأحيائية نقل الجينات المسئولة عن مقاومة مبيدات الأدغال/الأعشاب من النباتات البرية إلى محاصيل زراعية معينة حيث وصلت إلى التطبيق الميداني الواسع وتطبق في الملايين من الهكتارات التي تزرع بمحاصيل زراعية تمتلك صفة المقاومة تجاه واحد أو أكثر من مبيدات الأدغال/الأعشاب. حيث أُنتجت أصناف من الذرة الصفراء والقطن وفول الصويا متحملة لمبيد الجلايفوسات (Glyphosate). مثل هذه الأصناف ذات فائدة كبيرة في الزراعة وفي إدارة الآفات كونها تساعد المزارع على اجتناب استعمال مبيدات الأعشاب قبل الزراعة أو قبل الإنبات واستبدالها بمستحضرات أخرى تستعمل بعد الإنبات وحسب الحاجة بدون التأثير في المحصول الرئيس. كما يمكن أن تتكامل صفات مقاومة مبيدات الأدغال/الأعشاب مع المقاومة تجاه الآفات الحشرية ومسببات أمراض النبات، جعلت هذه التطورات من الأصناف المحورة وراثياً ذات أهمية كبيرة في النظام الزراعي بسبب دورها الكبير في تشجيع إنتاج المحصول وتحسين إدارة آفاته. لذلك فإن توافر هذه التقنية في مجال الزراعة سوف يساعد كثيراً في استدامة الإنتاج وهذا يعتمد بالدرجة الأساس على الوعي المجتمعي ومستوى تقبله للتقانات الجديدة على مستوى البلد الواحد أو على مستوى العالم.

بالنسبة لاستعمال الأعداء الحيوية في برامج مكافحة الآفات والإدارة المتكاملة للآفات ودورها في استدامة النظم الزراعية فقد عرفت على أنها من العناصر المهمة التي استعملت تجاه العديد من الآفات الزراعية باعتبارها أسلوباً مستقلاً بمفرده أو بالتكامل مع عناصر أخرى وحققت نجاحات كبيرة قبل ظهور مفهوم الإدارة المتكاملة. كانت المكافحة الحيوية تعتمد في البداية على الأسلوب التقليدي الذي يتضمن استيراد أعداء حيوية من مناطق معينة في العالم يعتقد أنها الموطن الأصلي للآفة المستهدفة. هذا الأسلوب سوف يبقى بصفته من المتطلبات المهمة في إدارة الآفات في المستقبل وبخاصة عندما يتعلق الأمر بآفات دخيلة وعندما تكون هناك حاجة للبحث عن أعداء حيوية

وتشخيصها وإدخالها من أجل مكافحة الآفة المستهدفة. إن تطبيق المكافحة الحيوية التقليدية يتطلب جهوداً كبيرة تتضمن توافر أيدي عاملة مدربة ولديها خبرة في الاستكشافات الخارجية للتحري عن الأعداء الحيوية وتشخيصها وإدخال الأنواع أو السلالات الفعالة منها إلى البلد المعني لتربيتها في مختبرات خاصة واستعمالها في مكافحة الآفة سواء كانت من مفصلية الأرجل أو أدغال/أعشاب. حيث يتم استيرادها وإدخالها إلى الموطن الجديد وفق ضوابط معروفة ومدونة وفق بروتوكولات عالمية خاصة كما أنها تخضع لإجراءات الحجر الزراعي من أجل التأكد من خصائص الإرسالية قبل إكثار النوع الجديد وإطلاقه في الحقل في البلد المعني. أما أساليب المكافحة الحيوية الأخرى فتتضمن وسائل تنظيم مجتمع الآفة باستعمال الأعداء الحيوية التي غالباً ما تكون محلية حيث يتم تربيتها وإكثارها كمياً لغرض استعمالها تجاه الآفة المستهدفة بالوقت المناسب وتسمى طرائق معززة (Augmentation methods). وبالنسبة لتطبيق وسائل المحافظة على الأعداء الحيوية لكي تقوم بدورها بشكل فعال تجاه مجتمع الآفة (حشرات، مسببات أمراض نبات أو أدغال/أعشاب ضارة) في الحقل فتسمى طرائق محافظة (Conservation methods). حيث يكون التركيز في هذه الحالة على المحيط البيئي وجعله أكثر ملاءمة لنشاط الأعداء الحيوية. إذ أن المحافظة على الأعداء الحيوية المنتشرة أصلاً في البلد يفترض أن يتم من خلال إدارة المحيط البيئي بأسلوب غير مضر بالأحياء النافعة بينما يؤثر في الآفة. لذلك فإن النظام الناجح للمحافظة على الأعداء الحيوية يعتمد على تعظيم الموارد التي تصب في صالح هذه الأنواع والكائنات النافعة الأخرى مثل مصادر الرحيق وحبوب اللقاح والمأوى بحيث تتوافر هذه الموارد ضمن الحقل أو في مناطق قريبة منه وبما يؤمن استمرار توافرها للعدو الحيوي طوال السنة. كما أن توفير الموارد اللازمة لإدامة الأعداء الحيوية من خلال زراعة بعض النباتات في مساحات داخل الحقل أو على حوافه أو حتى في حقول مجاورة سوف يحافظ كذلك على التربة ويساعد على حماية الأحياء البرية في المنطقة. يعد التوسع في إجراء الدراسات المتعلقة في بيئة المراعي عاملاً مهماً لأنه يساعد كثيراً في رسم خطة برامج إدارة الآفات. حيث أن مثل هذه الدراسات تفيد في توفير المعلومات المتعلقة بالمحافظة على الأحياء النافعة والتربة والمياه وهذا ينعكس بالتأكيد على نوعية المحصول المنتج في الحقل أو المنطقة المستهدفة مما يجعلها من المتطلبات الضرورية لاستدامة نظام الإنتاج الزراعي. هناك العشرات من مستحضرات الكائنات الممرضة للحشرات التي تنتج تجارياً وتستعمل على نطاق واسع في مختلف دول العالم بضمنها الدول العربية منذ عقد التسعينات من القرن الماضي. إلا أن التخصص الذي تتميز به مستحضرات المبيدات الحيوية تجاه نوع أو عدد محدود من الحشرات أو الآفات المستهدفة يجعل استعمالها محدود مقارنة بالمبيدات ذات الطيف الواسع. ساعدت الدراسات الحديثة على إنتاج مستحضرات بكتيرية وفيروسيه

أكثر كفاءة من المستحضرات السابقة من خلال إعادة تشكيل الحمض النووي اعتماداً على تطبيق علوم التقانات الأحيائية مثل نقل جين معين (Transgene) أو إضافة مواد تزيد من فاعلية المستحضر مثل السموم النوعية، الهرمونات وإنزيمات وغيرها. من أمثلة المستحضرات الشائعة التي تستعمل تجاه مسببات أمراض النبات مستحضر البكتيريا *Agrobactetium radiobacter* (K84) الذي يستعمل لمكافحة مرض التدرن التاجي على التفاحيات في المشاتل المتسبب عن البكتيريا الممرضة *Agrobacterium tumefaciens* وكذلك استعمال مستحضر البكتيريا *Pseudomonus flurescens* A506 لمكافحة مرض اللفحة النارية المتسببة عن البكتيريا *Erwinia amylovara*. إن استعمال مثل هذه المستحضرات يصبح أكثر فائدة وأكثر أهمية في تطبيقات برامج إدارة الآفات وبخاصة عندما يدمج مع مكونات طبيعية أخرى أو حتى مع بعض مجاميع المبيدات ذات الطابع الإنتقائي. أما المستحضرات الحيوية تجاه الأدغال فقد تم إنتاج العديد منها واستعملت في مساحات واسعة في عدد من دول العلم إلا إنها تبقى محدودة.

أما بالنسبة للمبيدات الكيميائية فقد كانت الوسيلة الرئيسية في مكافحة مختلف الآفات الزراعية منذ عقد الخمسينات من القرن العشرين حيث لم يتغير مفهومها ودورها في السيطرة على الآفات الزراعية حتى بعد إدخال مفهوم الإدارة المتكاملة للآفات، إلا أن كميات المبيدات المستعملة تكون منخفضة في المواقع التي تطبق بها برامج إدارة الآفات. حيث أن استعمال المبيدات ضمن برامج الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية يجب أن يكون وفق منهج واضح ومحدد بأهداف رئيسة تتمثل بتقليل الاعتماد على المبيدات قدر المستطاع، وتقليل الأضرار على الأحياء غير المستهدفة وتقليل التلوث البيئي المتسبب عن متبقيات المبيدات. لقد تحققت إنجازات كبيرة باتجاه تلبية متطلبات هذه الأهداف اشتملت على تحسين وسائل المسح والمراقبة الحقلية لتقدير المستويات الحرجة للآفة وكذلك تحسين وسائل اتخاذ قرار المكافحة. أما الجانب المهم الآخر في خفض استعمال المبيدات الكيميائية فإنه يتضمن اعتماد الوسائل البديلة وحسب توافرها مثل زراعة الأصناف المقاومة لأكثر من آفة وكذلك إدخال وسائل المكافحة الحيوية ضمن برامج إدارة الآفات. وقد أصبحت مثل هذه البدائل من العناصر الرئيسية في برامج إدارة الآفات التي تنفذ في العديد من الدول العربية مثل جمهورية مصر العربية وبلدان المغرب العربي وجمهورية العراق وسورية وعدد من دول مجلس التعاون الخليجي. حيث أن هذه الوسائل آمنة بيئياً وفعالة تجاه الآفة المستهدفة وتساعد في الوقت نفسه على خفض كميات المبيدات المستعملة في إدارة آفات المحصول. كما أن الاستعمال الكفوء لمبيدات الآفات على اختلاف أنواعها سوف يساعد على خفض الكميات المطلوبة، ويتضمن هذا التوجه تطوير وإنتاج مركبات أو مستحضرات تحتوي على كميات أو نسب قليلة من المادة الفعالة مقارنة بالمبيدات التقليدية. إن توافر

مركبات جديدة مع وجود وسائل متطورة تستعمل لإيصال المبيد إلى المكان المستهدف على النبات أو الآفة متزامنة مع استعمال وسائل دقيقة في اتخاذ قرار المكافحة سوف يساعد على تحسين وسائل استعمال المبيدات في برامج إدارة الآفات وبما يساعد على استدامة نظام الإنتاج الزراعي. وهذا يتطلب تحقيق عدد من المتطلبات منها تحديد استعمال المبيدات في الحالات التي تكون فيها الخسارة المتوقعة من الآفة تفوق تكلفة المكافحة من خلال اعتماد الحد الحرج وفي الحالات التي لا يتوافر البديل، استعمال المبيدات التي تكون متكاملة مع عناصر إدارة الآفات الأخرى، استعمال التركيز المناسب من المادة الفعالة مع الأخذ بعين الاعتبار الجرعة المطلوبة وكذلك تحديد التأثيرات المحتملة للمركب في الأحياء غير المستهدفة. أما المتطلبات الأخرى فتتمثل باستعمال وسائل كفوءة لإيصال المبيد إلى الآفة بحيث تكون آمنة على المشتغلين مع قلة التطاير الذي يمكن أن يلوث مساحات غير مستهدفة وحماية البيئة من التلوث.

إن تكيف الآفة أو مقاومتها تجاه فعل المبيدات تعد من العقبات المهمة التي تواجه استدامة نظام إدارة الآفات على المدى البعيد. إذ أن تطور المقاومة لدى الآفة يمكن أن يحصل مع المبيدات الكيميائية وكذلك مع الأصناف المقاومة التقليدية أو المنتجة بتقنية الهندسة الوراثية. لذلك لابد من استعمال تقانات كفوءة ومعتمدة لاستخدام المبيدات ضمن برامج إدارة الآفات لتقليل احتمالية تطور المقاومة لدى الآفة أو حدوث انتخاب تطوري لمجتمع مقاوم من الآفة. أما بالنسبة لمسببات أمراض النبات فإن تطور المقاومة قليل أو صعب تجاه المبيدات الفطرية واسعة الطيف مثل المانيب والكابتان مقارنة بمبيدات أخرى مثل الـ Metalaxyl التي سجلت العديد من حالات المقاومة تجاهه الأمر الذي أدى إلى إخفاق المكافحة والتدخل باستعمال بدائل أخرى لمكافحة المرض المستهدف. أما الأعشاب فالمعروف أن الكثير منها تكون حولية تتميز بإنتاج بذور ذات سبات طويل (جدول 1).

جدول 1. المدى الزمني لحيوية بعض الأعشاب الضارة في التربة.

اسم العشب	الإسم العلمي	مدى حيوية البذور – بالسنوات
الشوفان البري	*Avena* spp.	8-3
الدبيقة	*Galium aparine*	8-7
عرف الديك	*Amaranthus retroflexus*	40
الخردل البردي	*Sinapis arvensis*	أكثر من 35 عاماً
السرمق الأبيض	*Chenopodium album*	40
شوك الحقل	*Cirsium arvense*	21

وهذه الخاصية تقلل من فرصة تطور المقاومة مقارنة بالحشرات أو الفطور. إلا أن زيادة التوجه نحو الاعتماد على مبيدات الأعشاب وقلة الاعتماد على الوسائل التقليدية أدت إلى ظهور مشكلة المقاومة التي ازدادت مع الوقت وأصبح هناك المئات من أنواع الأدغال/الأعشاب المقاومة لمركب أو أكثر من مجاميع المبيدات الكيميائية.

يمكن أن تظهر حالة التكيف أو المقاومة لدى الآفة سواء كانت حشرة أو فطر وغيرها من الآفات المختلفة تجاه النبات المقاوم سواء كان هذا النبات منتجاً بالطرائق التقليدية أو بالتقانات الأحيائية وهذه أصبحت حالة شائعة في العديد من بلدان العالم. حيث سجلت مقاومة تجاه الأصناف التي تمتلك خاصية إنتاج السموم وحتى تجاه السموم نفسها المستعملة بشكل مباشر تجاه الآفة المستهدفة. لذلك فان تصميم برامج الإدارة المتكاملة يجب أن يصاحبه دليل حول تكامل المبيدات الكيميائية مع الأصناف المحورة وراثياً من أجل حماية هذه الموارد على المدى البعيد. يتطلب تحقيق هذا الهدف وجود طريقة دقيقة ومعتمدة للتحري عن المقاومة في الحشرات أو الآفات الأخرى وأن يطبق برنامج إدارة الآفات بأسلوب يقلل من احتمالية حدوث التكيف لدى الآفة وتحديد انتشار السلالة المقاومة. كما أن تحقيق هذا الهدف يتطلب كذلك وجود تقانات متطورة للكشف عن المقاومة، وهذا يشمل استعمال طرائق الكيمياء الحيوية، والوسائل المناعية، والوسائل التحليلية والنووية. يكون هدف استعمال هذه التقانات نحو البحث عن أفراد مقاومة ضمن مجتمع الآفة. تمتلك هذه الأفراد إنزيماً أو مادة أخرى لها القابلية على تفكيك المبيد أو المادة الفعالة في المركب. يمكن استعمال الوسائل التحليلية لمتابعة ومراقبة تطور المقاومة لدى مجتمع الآفة خلال فترات زمنية مختلفة من أجل معرفة التغيير في مستوى التحمل أو المقاومة في مجتمع الآفة. لذلك فان إدارة المقاومة لدى مجتمع الآفة تجاه السموم الكيميائية أو السموم البكتيرية يعد من التحديات المهمة أمام أنظمة الزراعة المستدامة. إن وضع خطة محكمة لإدارة مجتمع الآفة يتطلب مساهمة ممثلين عن الجهات العلمية (باحثون)، مختصون من الإرشاد الزراعي، مستشارين زراعيين، وممثلين عن القطاع الزراعي والمستهلكين والجهات الأخرى المستفيدة. يجب أن تحتوى الخطة على بنود تتعلق بخفض كميات المبيدات المستعملة من خلال اتباع وسائل دقيقة للمراقبة والتحري من أجل التوصل إلى التوقيت السليم للمكافحة، ومن الضروري أيضاً البحث عن وسائل بديلة وإدخالها ضمن برامج إدارة الآفات فضلاً عن الإستعمال المنسق والرشيد لوسائل المكافحة في تطبيقات إدارة الآفات. على أن تنفذ الخطة بالتزامن مع وجود برنامج توعية مكثف للجهات المستفيدة. كما يجب أن يشارك في التطبيق ممثلين عن الجهات ذات العلاقة من المستشارين والاختصاصيين الزراعيين وممثلين عن الجهات المنتجة للمبيدات الكيميائية الزراعية والشركات المنتجة للبذور. حيث تعتمد هذه الخطوة إلى

حد كبير على وسائل التواصل الاجتماعي والتبني. أما الشيء الآخر فهو ضرورة وجود وسائل فعالة ودقيقة تستعمل لتقويم الإجراءات من أجل إعطاء فكرة عن استمرارية استراتيجية الإدارة المتكاملة. من هذه الوسائل إجراءات المراقبة وأخذ العينات بشكل دقيق ومنتظم واختيار العينة الصحيحة الممثلة للمجتمع من أجل التحري عن وجود المقاومة في أفراد المجموعة من مجتمع الآفة. كما يجب أن تكون الخطة مرنة تسمح بإجراء التعديلات المطلوبة حسب الوقت والحاجة والتي تعتمد على نتائج البحث المستمر. لذلك أخذت برامج إدارة الآفات تتجه نحو تصميم نماذج رياضية افتراضية مقلدة للنظام الزراعي المستهدف، وتضمنت هذه النماذج خطوات تهدف إلى إدارة المقاومة لدى الآفة طبقت في مختلف دول العالم تجاه آفات زراعية منها حشرات ماصة وقارضة على محاصيل خضر ومحاصيل حقلية تهدف إلى إدامة فعالية المبيدات المستعملة إلى أطول فترة ممكنة. كما أن الشيء نفسه ينطبق على النباتات المحورة وراثياً حيث تم تشكيل لجان مختصة في بلدان عديدة تضم مختلف الاختصاصات لوضع استراتيجيات إدارة المبيدات والنباتات المحورة وراثياً (Transgenic & insecticide management strategies, TIMS) منها أصناف القطن. تضمنت الخطة فقرات منسقة ومدروسة منها زراعة أصناف حساسة مع الصنف المحور وراثياً، زراعة الصنف المحور وراثياً ضمن توقيتات زمنية لمواعيد محددة مسبقا، وضع ضوابط تلزم المزارع للتخلص من بقايا المحصول السابق من أجل قتل أطوار ديدان الجوز المتبقية، تطبيق الحد الحرج الإقتصادي قبل التدخل بأي إجراء مكافحة تجاه ديدان الجوز مع وضع برنامج مراقبة محدد من أجل متابعة مقاومة الآفة لسموم Bt في الحقل. أدى اتباع هذه الخطوات في تطبيق برنامج إدارة الآفات إلى حدوث تحول جذري في استعمال المبيدات مقارنة بما كان متبع سابقاً. لذلك فان خطة إدارة المقاومة يجب أن تطبق وفقاً لاستراتيجية بعيدة الأمد تعتمد على التكامل الفعال لعناصر المكافحة المستعملة التي تتزامن مع دراسة الجدوى الإقتصادية لكل الوسائل والإجراءات المتبعة من أجل تحديد جوانب القوة والكفاءة لكل منها على المدى البعيد. أما الجانب المهم الآخر الذي يسهم في دعم نظام الزراعة المستدامة فإنه يتعلق بمسألة التبني من قبل الجهات المستفيدة. إذ أن التطور في البحث العلمي المتعلق بمتطلبات وموارد الإدارة المتكاملة يجب أن يكون متزامنا مع المعلومات المتوافرة عن مستوى تبني التطبيقات. ويتطلب هذا الإجراء وجود نظام فعال للتواصل من أجل تبادل المعرفة والمعلومات المتعلقة بنقل التقنيات بين جميع المجموعات العاملة في مجال تطوير وتطبيق برامج إدارة الآفات. لذلك لابد من تطوير وسائل الإعلام المختلفة من أجل التواصل بين الباحثين، مختصي الإرشاد الزراعي، المستشارين الزراعيين وممثلين عن القطاع الزراعي والمزارعين وكل الجهات ذات العلاقة فضلاً عن ضرورة وجود تواصل وتعاون بين المؤسسات العلمية المعنية. إذ يجب أن يتعاون الجميع

في العمل الجاد والبناء الهادف إلى تبادل المعرفة من أجل تحقيق التبني الناجح لبرامج إدارة الآفات في المنطقة المستهدفة.

أما بخصوص مستوى تطبيق إجراءات الزراعة المستدامة في المنطقة العربية فإن معظم الأقطار العربية تعرضت بشكل أو بآخر إلى العديد من التحديات الداخلية والخارجية وحالات عدم الاستقرار بسبب الاضطرابات الأمنية والسياسية، لذلك فان الخطة العربية للتنمية المستدامة لم تكن بالمستوى المطلوب بسبب اختلاف الأولويات حسب خصوصية كل بلد والتي ترتبط بالاحتياجات الداخلية. مع ذلك تحققت خطوات إيجابية في عدد من الأقطار العربية باتجاه إدارة الآفات الزراعية وتطبيق سياسة زراعة بعيدة المدى تهدف إلى تحقيق الاستقرار في إمدادات الغذاء ومتطلبات العيش الأخرى لمجتمعاتها. لذلك فان الحاجة المستقبلية مستمرة باتجاه إيجاد اسلوب توافقي بين الدول المعنية من أجل تنسيق الجهود المتعلقة بالتعاون الاقليمي والدولي كما ان الحاجة قائمة للعمل الجماعي والتشاركي بين الدول العربية، من أجل إنفاذ الخطط المتعلقة بالتنمية الزراعية واستدامتها وهذا يتطلب وجود آلية واضحة للاستفادة من التجارب الوطنية الناجحة وتبادل الخبرات بين الدول المختلفة بما يحقق المنفعة لمجتمعات العالم العربي.

إن مسالة التواصل بين الباحثين في الاختصاصات المختلفة في الأقطار العربية يجب أن تستمر وتتطور وكذلك الحال مع الجهات المستفيدة. أما بالنسبة لنقل المعلومات المتعلقة بالتداخل بين الباحثين وممثلي الإرشاد الزراعي من جهة والاستشاريين الزراعيين وممثلي القطاع الزراعي من جهة أخرى فيجب ان تكون حول كيفية بلورة الفكرة وإيصال المعلومة المطلوبة إلى المزارع بالأسلوب الذي يتقبله ويستسيغه. إن مهمة المستشارين الزراعيين وممثلي القطاع الخاص يفترض أن تركز على نجاح المزارع في التفاعل مع المستجدات وأن تكون لديه وسيلة كفوءة للتواصل تتعلق بالجدوى الإقتصادية والإدارة الآمنة للإنتاج الذي سوف يصل إلى المستهلك أو الجهة المستفيدة وهذا جانب مهم في إدارة الإنتاج الزراعي. إذ أن المزارع يكون بحاجة إلى المساعدة الموجهة نحو تطوير مهاراته واستعداده النفسي لتبني التقانات المستجدة في طرائق إدارة الآفات. لذلك لابد من أن يكون هناك تواصل مستمر مع كل الطرائق ذات العلاقة بجوانب الإنتاج وتسويق الحاصل والخدمات الزراعية اللازمة. يساعد هذا التعاون على تكوين فكرة واضحة عن مجمل الحلقات ذات العلاقة التي يتعامل معها المزارع. وعليه، فإن مساهمة إدارة الآفات في الزراعة المستدامة تتطلب وجود وسائل فعالة في نقل المعلومات بين المزارعين وأولئك الذين قاموا بتطوير البرنامج أو التقنية المعينة، وكذلك مع العاملين بالخدمات الزراعية المختلفة. ويعتمد استعمال الموارد المطورة في برامج إدارة الآفات بالدرجة الأساس على الكيفية التي يفترض أن تكون مناسبة للتبني وبما يتلاءم والمتطلبات الفردية لكل مزارع.

لذلك يتوجب على الجهة التي قامت بتطوير وتطبيق برامج إدارة آفة معينة أن تقوم باعتماد أسلوب مناسب ومستمر للمراقبة والتقويم من أجل إدخال التعديلات على البرنامج كلما دعت الحاجة. يتطلب هذا الإجراء وجود وسيلة مناسبة للحصول على المعلومات المطلوبة من الجهات المستفيدة. هذا ولا يعتمد نقل المعلومات على الأكاديميين والمستشارين الزراعيين وأصحاب الصناعة الزراعية والمزارع فقط بل على وسائل التواصل والتوعية المختلفة مثل النشرات الإرشادية (Fact sheets) يشمل برنامج مدارس المزارعين (FFS) واجتماعاتهم والأيام الحقلية (Field days) التي تسهم في تقديم وسائل مهمة للتواصل بين الجهات المعنية من أجل تحقيق التبني المطلوب لبرنامج الإدارة المقترح تجاه آفة زراعية معينة. كما أسهم التطور العلمي في إدخال وسائل حديثة مثل الشبكة المعلوماتية (الانترنيت) التي تعد من الوسائل المهمة في التواصل ونشر الوعي وإيصال المعلومات والإرشادات بين الجهات المستفيدة. توجد حالياً مواقع متخصصة لإدارة الآفات في مختلف المؤسسات العلمية العالمية تسهم إلى حد كبير في تشجيع تطوير برامج إدارة الآفات فضلاً عن كونها وسيلة للتواصل فيما يتعلق بنقل التقانات المتعلقة بإدارة الآفات في مختلف النظم الزراعية. كما تسهم المراكز العالمية المختصة بإدارة الآفات بنشر المعلومات على الشبكة العنكبوتية العلمية التي تربط مختلف الجهات المختصة في دول العالم. قد تكون هذه المواقع متخصصة بمحصول واحد أو أكثر، وقد تكون معنية بآفة معينة مثل مواقع سوسة النخيل الحمراء. إذ يمكن لأي شخص يرغب بالحصول على معلومة تتعلق بإدارة محصول معين أو آفة محددة أن يتصفح هذه المواقع للحصول على المعلومات المطلوبة. كما أن الفائدة يمكن أن تتحقق من خلال شبكات المعلوماتية التي تتبناها العديد من المؤسسات والمنظمات الرسمية وغير الرسمية العالمية لتكون حلقة وصل بين كل الجهات المعنية والمستفيدة من تطبيقات إدارة الآفات والزراعة المستدامة. إلا أنه من الصعب التكهن بمقدار مساهمة الأنترنيت في نشر المعلومات المتعلقة بإدارة الآفات في مختلف دول العالم لأنها تعتمد على قوة الشبكة وجاهزية البث التي تختلف من منطقة إلى أخرى أما في حالة تحسن البث وتوسعه ليشمل أكبر عدد ممكن من المستفيدين في العالم فإنه سوف يزيد من تداول المعلومات المتعلقة بإدارة الآفات وكذلك تقبل وتبني برامج إدارة الآفات. اذ أن مسألة تبني برامج إدارة الآفات تعتبر مهمة لكل من المزارع والمستهلك اللذين يجب أن يكونا على علم بأي تقنية حديثة خاصة ما يتعلق باتخاذ القرارات المتعلقة بإدارة الآفات الزراعية على المحصول المستهدف.

6.2. تطوير واعتماد نظم الإدارة المتكاملة للآفات في المنطقة العربية

اعتمدت الاستراتيجية الحديثة للتنمية الزراعية في مختلف دول العالم على الإدارة المثلى للموارد الطبيعية التي تهدف إلى زيادة الإنتاج كماً ونوعاً بما يتلاءم مع المتطلبات الضرورية لنمو المجتمعات البشرية في تلك البلدان. لذلك اعتبر نظام إدارة الآفات الزراعية من العناصر المهمة الذي يتكامل مع غيره من عناصر إدارة المحصول من أجل تحقيق أفضل النتائج المتعلقة بمكافحة الآفات وحماية المحصول وزيادة إنتاجيته. تعرف الإدارة المتكاملة (Integrated Pest Management, IPM) بأنها إجراء يتضمن الاستعمال المتوازن لطرائق المكافحة الزراعية والحيوية والكيميائية والوسائل الأخرى التي تكون متوافقة بيئياً ولها جدوى اقتصادية ومقبولة اجتماعياً من أجل خفض تعداد الآفة إلى الحدود التي يمكن تحملها. أن الهدف الأساسي من تطبيق نظام إدارة الآفات هو خفض أعداد أفراد مجتمع الآفة وإبقائها بمستويات أدنى من تلك التي يمكن أن تسبب أضراراً اقتصادية على المحصول المراد حمايته. حيث يكون هناك تعايش مع الآفة بالأسلوب الذي يحقق أفضل إنتاج بأقل تكلفة وأقل أضرار على المحيط البيئي والصحة العامة. إن البعد البيئي لإدارة الآفات يعطيها الأفضلية على بقية الوسائل التطبيقية المتبعة في مكافحة الآفات الزراعية (علي، 2017). لذلك فإن الدراسات المطلوبة مستقبلاً يجب أن تحقق أهداف نظم الإدارة المتكاملة بأفضل وأنسب التقانات التي يمكن أن تكون باتجاه تحقيق متطلبات النقاط التالية:

1. زيادة في حاصل أو أرباح المزرعة (الربح الصافي) من خلال منع أو تجنب مشاكل المحاصيل والآفات قبل حدوث فقد اقتصادي، وخفض تكاليف الإنتاج من خلال تبني التطبيقات الاكثر كفاءة من أجل تحسين إجراءات مكافحة الآفة.
2. تحسين نوعية البيئة وتشتمل على الاستعمال المنسق والمبرر للمبيدات والأسمدة الكيميائية بحيث يكون عند الحاجة مع التركيز على المواد والمركبات الإنتقائية قدر الإمكان من أجل تقليل المخاطر على الأحياء غير المستهدفة.
3. تحسين نظرة المجتمع إلى الزراعة وهذا يعني حصول منافع جانبية تتحقق من خلال تقليل الإجراءات الإضافية وكذلك منافع اجتماعية من خلال تجنب المخاطر المحتملة الناتجة عن استعمال المبيدات.

لذلك فإن هناك حاجة مستقبلية لتطوير التقانات والمستلزمات المتعلقة بخطوات تطبيق نظام الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية المتمثلة بالآتي:

1. التشخيص السليم للآفة ومعرفة انتشارها وأضرارها في المنطقة المستهدفة والمناطق الأخرى وهذا يتطلب الاستعانة بكل الوسائل المتاحة مع إدخال التقانات الحديثة خاصة ما يتعلق بفحص حمض الدنا النووي (DNA) بالنسبة للآفات وأعدائها الحيوية.
2. إجراء دراسات شاملة تتعلق بالتذبذب العددي للآفة والمحصول الذي تصيبه من أجل الحصول على معلومات كافية عن حياة الآفة (متى تكون الآفة ضارة والضرر الذي تحدثه والمستوى الذي يمكن تحمله والفقد المتوقع إذا لم تكافح، ما هي الحلقات الضعيفة التي تستهدفها إدارة الآفة) التي تفيد في تحديد استراتيجية المكافحة اللازمة. لذلك تعد الدراسات المتعلقة بالجوانب البيئية والحيوية الأساس الرئيس الذي يبنى عليه نظام إدارة الآفات.
3. وضع خطة المكافحة وهذا يتطلب مراجعة شاملة لتاريخ الحقل وجميع متطلبات الإنتاج الزراعي من أجل معرفة إمكانية زراعة المحصول أو حمايته، هل يمكن لأي وسيلة زراعية أن تساعد في حماية المحصول، هل هناك احتمال كبير لأن يصل مستوى تعداد الآفة إلى الحد الذي يستدعي إجراء المكافحة، ما هي فوائد ومخاطر استعمال المبيدات سواء كان عن طريق التربة أو بأسلوب آخر، وما هي الأعداء الحيوية المنتشرة التي يمكن تعزيزها أو المحافظة عليها.
4. اعتماد نظام مراقبة دقيق لمتابعة تعداد مجتمع الآفة بشكل دوري ومستمر وعلاقته بظروف المحيط البيئي ومدى الحاجة إلى المكافحة ووقت إجرائها. تختلف الوسائل المتبعة لأخذ العينات والمراقبة تبعاً لنوع الآفة والهدف من المراقبة. تتطلب هذه الإجراءات وجود نظام مراقبة فعال وأشخاص مدربين مع توافر المستلزمات اللازمة لتحقيق الهدف. لذلك فان الدراسات المتعلقة بوسائل المراقبة يجب أن تحظى بالأولية في تطوير نظم إدارة الآفات.
5. يعتمد اتخاذ القرار على تقويم نتائج المراقبة وتقدير الفائدة التي تتحقق مقابل المخاطرة التي تتسبب عن إجراءات الإدارة المختلفة وهل أن الأعداء الحيوية موجودة بأعداد كافية للسيطرة على الآفة ومنعها من الوصول إلى مستوى الضرر الإقتصادي وهل أن الضرر الذي تسببه الآفة أكبر من تكلفة المكافحة. أن المعلومات المتحصل عليها والمتعلقة بتقدير حجم عشائر الآفة ومقارنته بالمستوي الإقتصادي الحرج (مستوى إجراء المكافحة) تعتبر القاعدة الأساسية لتقدير مستوى الضرر الذي تسببه الآفة عند كل مرحلة عمرية للنبات.
6. انتخاب الوسائل المناسبة للمكافحة مع الأخذ بعين الإعتبار مدى كفاءة الإجراء في مكافحة الآفة وتقليل المخاطر الصحية والإقتصادية والبيئية. كما يجب التأكيد على أهمية ملاءمة إجراء المكافحة مع إدارة المحصول ككل وما هي التأثيرات الجانبية التي يمكن أن تحدث للمستخدم والمجتمع بأكمله والبيئة.

7. في حال توافر الخيارات اللازمة وفق ما ورد في الخطوات السابقة يتم التوجه نحو التطبيق الفعلي في الحقل المستهدف الذي يجب أن يتم وفق توقيتات محددة.
8. وأخيراً لابد من تقويم هذه العملية من أجل التحقق من الإجراءات الآتية:
   أ. إذا كانت المصروفات على المكافحة بالاتجاه الصحيح ومثمرة.
   ب. هل كان الخيار الذي استعمل مناسباً.
   جـ. هل أن إجراء المكافحة قد تم بالوقت المناسب.
   د. ما هي فرصة كل خيار لمكافحة الآفة إذا تكرر حدوثها مستقبلاً.
   هـ. ما هي التغيرات التي يمكن إجراؤها في نظام الإنتاج من أجل الحصول على مكافحة دائمة للآفة.

إلا أن عملية احتواء الآفة والسيطرة عليها تتطلب فهم الركائز والعناصر الرئيسية التي تشكل الأساس لنظام الإدارة المراد تطبيقه. كما أن هناك متطلبات مهمة لابد من الإلمام بها من أجل فهم المرتكزات الأساسية والمكونات التطبيقية لنظام إدارة الآفات والعمل على تطويرها وتحسينها كلما دعت الحاجة وهي كالآتي:

1. النظام البيئي الزراعي ونوع المحصول أو المحاصيل التي تزرع في المنطقة المستهدفة مع تصور كامل عن الآفة أو الآفات المنتشرة وتوزيعها المكاني والزماني.
2. الظروف البيئية المتحكمة في المنطقة وأثر التغيرات المناخية الموسمية في نمو وتطور مجتمع الآفة أو الآفات الزراعية المستهدفة.

تجدر الإشارة إلى أن التطور الحديث في علوم التقانات الأحيائية (Biotechnology) ساعد كثيراً في اعتماد التوصيفات الجزيئية في تشخيص الكائنات الحية الممرضة منها والنافعة وتحديد درجة القرابة بين الأنواع والسلالات والعزلات ضمن مناطق التوزيع الجغرافي لها. كل هذه التطورات العلمية يمكن أن تنعكس إيجاباً على تطبيقات برامج إدارة الآفات واستدامة النظم الزراعية بشكل عام. أما قرار المكافحة فانه يتخذ بعد أن تتوافر المعلومات للجهة المسؤولة عن اتخاذ القرار التي تسمى صناع القرار (Decision makers). تستمد مصادر المعلومات من أطراف مختلفة معنية بالواقع الزراعي بشكل عام وكذلك المعنيين باتخاذ قرار المكافحة مثل المزارعين، المسؤولين عن السياسة الزراعية، المستهلكين، مختصين بالأعمال الزراعية، مسئولين عن الصناعة التحويلية (التعبئة والتغليف)، الموزعون، ومؤسسات التأمين. كل واحد من منظومة صناع القرار المذكورين له مصادر معلومات خاصة به يعتمد عليها من أجل الوصول إلى القرار السليم. فمثلا المزارع يعتمد على

مصادر متنوعة مثل الخبرة والتعلم والأسعار المعروضة والمجتمعات المحلية والعاملين في الإرشاد الزراعي وممثلي الشركات الكيميائية. أما مختصي السياسة الزراعية فلديهم مصادر أخرى منها المشرفين العلميين، ومختصين بالأعمال الزراعية (بالأخص الممولين Donors)، الشركاء في التجارة العالمية (International trade partners) وذوي العلاقة من المكونات الأخرى. أما المختصين بالأعمال الزراعية فهم يعتمدون على التسعيرة والقيمة الغذائية للمنتج والمذاق وتوافر السلعة. وكذلك الحال فيما يتعلق بالعاملين بالصناعات الغذائية والموزعين والتأمين، كل منهم يعتمد على مصادر موثوقة في صناعة القرار في الجانب الذي يخصه. تجدر الإشارة إلى أن صناعة القرار واستدامة تطبيقه لم تصل إلى المستوى المطلوب في غالبية الدول العربية بسبب عدم استقرار السياسة الزراعية التي تتأثر بشكل مباشر بالوضع السياسي والأمني لكل بلد.

3. التحديات التي تواجة تطبيق الإدارة المتكاملة للآفات في المنطقة العربية

1. في مقدمة التحديات التي تواجه عملية التحول من مكافحة الآفات الزراعية باستخدام المبيدات الكيمياوية إلى تطبيق نظام الإدارة المتكاملة للآفات هي رغبة شريحة واسعة من المزارعين في معظم البلدان العربية إلى أن يكون الحقل خالياً تماماً من الحشرات من خلال الاستخدام الجائر للمبيدات، وبالتالي القضاء على الأعداء الحيوية التي لها دور فعال في حصر تلك الآفات دون الحد الاقتصادي الحرج (Economic threshold level, ET) وابقاءها عند مستوى التوازن العام (General equilibrium position, GEP) والتي تكون فيها الآفات في حالة التوازن الأحيائي مع أعدائها الحيوية من المفترسات والطفيليات.
2. إن عدم دراسة الحد الاقتصادي الحرج للآفات الزراعية ينتج عنه إجراء مكافحة للآفات الزراعية بغض النظر عن مدى الكثافات العددية التي توجد فيها الآفات في الحقل، مما يزيد في تكلفة الإنتاج الزراعي نظراً للتكلفة العالية للمبيدات الكيميائية وعمليات الرش فضلاً عن تلوث المنتجات الزراعية والبيئة بصورة عامه بالمبيدات الكيميائية وأثرها السام في صحة الانسان والحيوان والأحياء الأخرى غير المستهدفة.
3. ومن التحديات الأخرى التي تواجة عمليات الإدارة المتكاملة للآفات التي تصيب المحاصيل الزراعية وأشجار الفاكهة هو عدم وجود دراسات حول مدى التنبؤ بظهور وإصابة هذه الآفات حقلياً وعدم وجود برامج مراقبة للآفات مبنية على برامج أخذ العينات (Sampling program) والتي من شأنها تقنين استخدام المبيدات وتبتعد عن إنفاذ برامج المكافحة الكيميائية بالاعتماد

على التقويم السنوي (Calendar of insecticides application) والتي تسهم بشكل فاعل في زيادة التلوث البيئي بالكيماويات.

4. عدم وجود دراسات تبين إمكانية استخدام المبيدات الكيميائية أو الحيوية في برامج المكافحة المتكاملة، وبخاصة تلك المبيدات التي ممكن رشها بتوافق مع عوامل المكافحة الحيوية ضمن برامج الإدارة المتكاملة للآفات.
5. قلة الدعم الحكومي في بعض البلدان العربية لميزانيات البحث العلمي للجامعات والمراكز البحثية، وغياب دور الشركات الزراعية في تقديم التمويل المالي للمشاريع البحثية كما هو معروف في دول العالم المتقدم، حيث تشرف كثير من الشركات الكيميائية المنتجة للمبيدات أو العاملة في مجال انتاج البذور والأصناف الزراعية وتدعم البحث العلمي في العديد من الجامعات.
6. قلة أو عدم وجود الناقل المعرفي بين الجهات الأكاديمية والمتمثلة بالمراكز البحثية الزراعية والجامعات العلمية والجهة المستهدفة والمتمثلة بالمزارعين، وهنا يأتي دور الإرشاد الزراعي (Agricultural extension) في توصيل الأفكار والحلول الزراعية للمشكلات التي يعاني منها القطاع الزراعي إلى المزارعين والمنتجين الزراعيين، وتجدر الإشارة هنا إلى أن النظام الجامعي في الكليات والأقسام العلمية الزراعية في الولايات المتحدة الامريكية يتبنى فكرة تعيين المنتسبين من أساتذة الجامعة على نظام أن المنتسب يقدم خدمات ارشادية وبنسب معينة، مثلاً تعيين عضو هيئة تدريسية على ملاك 20% تعليم و80% ارشاد، وبذلك ينصب 80% من عمل هذا التدريسي على تقديم الإرشاد إلى المزارعين و20% فقط على تدريس المواد الدراسية في الأقسام العلمية، أو تقل حسب ملاكات الأقسام العلمية وقد تزيد إلى 100% تعليم فقط. وهذا يبين أهمية دور الإرشاد الزراعي في تحديد المشكلات الزراعية في الحقول ونقلها إلى المختبرات العلمية، فضلًا عن دور العامل في هذا القطاع في مراقبة الآفات الزراعية ومستوياتها التي تصيب المحاصيل الزراعية خلال المواسم الزراعية والتوصية بإجراء عمليات المكافحة من عدمها.
7. من التحديات التي تقيد إنفاذ الإدراة المتكاملة للآفات بعض القوانين التي تصدرها الدول والمتمثلة في منع استيراد واستخدام بعض الأصناف والبذور المعدلة وراثياً بصورة عامة، ومن هذه القوانين مثلاً قانون الحجر الزراعي لسنة 2012 في دولة العراق والذي يتضمن الفقرة (تاسعاً/الحجر الزراعي للكائنات الحية المعدلة وراثياً: أي كائن حي أُجريت عليه تغيرات في مادته الوراثية)، وعلى أساس تلك القوانين يحرم استيراد واستخدام بعض الأصناف الزراعية التي لها دوراً في

مكافحة الآفات الزراعية ومنها المحاصيل المعدلة وراثيا مثلاً Bt-corn أو Bt-cotton (*Bacillus thuringiensis*)، المعروف أن تلك الأصناف النباتية لها دور مهم في مكافحة الآفات الزراعية وإمكانية استخدامها في برامج الإدارة المتكاملة للآفات.

8. التغيرات البيئية وانعكاساتها على زيادة الإصابة بالآفات الزراعية وزيادة مقاومتها للمبيدات من جهة، ومن جه أخرى تحول الآفات وبخاصة الحشرية منها من آفات ثانوية (Secondary pests) إلى آفات رئيسة (Key pests)، مما يجعل العاملين في مجال مكافحة الآفات الزراعية في تحدٍ دائم.
9. من التحديات الأخرى الحشرات الغازية، والتي عادة ما تتسبب في خسائر اقتصادية كبيرة في القطاع الزراعي عند إصابتها للمحاصيل الزراعية نتيجة لعدم توافر الخبرة في التعامل مع تلك الآفات وعدم وجود الأعداء الحيوية من مفترسات وطفيليات التي تقاوم تلك الآفات الغازية في البيئة الجديدة. ومن تلك الآفات التي يتوقع أن تكون من ضمن الآفات الغازية ضمن رقعة البلاد العربية هي دودة الحشد الخريفية على سبيل المثال نتيجة لانتشارها عالمياً والتي بدأ انتشارها في بعض الدول العربية مؤخراً نتيجة للتبادل التجاري بين تلك البلدان. يعتمد تطبيق أسلوب الإدارة المتكاملة بالأساس على استعمال وسائل مكافحة متعددة تنفذ وفق نظام منسق تجاه مجتمع الآفة. لذلك كانت المكافحة الزراعية ولا تزال خط الدفاع الأول في معظم أنظمة الإدارة المتكاملة للآفات وهي تمثل القاعدة الأساسية للمكونات الأخرى التي تهدف إلى خفض استعمال المبيدات وتحقيق سيطرة فعالة تجاه مجتمع الآفة. إن نظام الإنتاج الزراعي الناجح هو الذي يستفيد إلى أقصى حد من عوامل خدمة الحقل التي تساعد على نمو صحي للنبات وتشجيع دور عوامل المقاومة الطبيعية تجاه الآفة وبما يسمح للنبات من تجنب أو تحمل أضرار إضافية. كذلك فإن التركيز على تكثيف دور الأعداء الحيوية يعد من أولويات البحث العلمي في تطوير نظم إدارة الآفات. كما أن النهج الذي اتبع في إنفاذ برامج إدارة الآفات من خلال تطبيق أسلوب مدارس الفلاحين (Farmers field schools, FFS) حقق نتائج جيدة في مستوى تقبل المزارع لفكرة إدارة المحصول وآفاته ورغبته في تبني التطبيقات التي جربها ولمس فائدتها الإقتصادية بنفسه. لذلك فان الحاجة مستمرة لتطوير هذا النهج وتطبيقه على مختلف النظم الزراعية.

- **الإدارة المتكاملة هي إجراء يتضمن الاستعمال المتوازن لطرائق المكافحة الزراعية الحيوية والكيميائية والوسائل الأخرى التي تكون متوافقة بيئياً ولها جدوى اقتصادية ومقبولة اجتماعياً من أجل خفض تعداد الآفة إلى الحدود التي يمكن تحملها.**
- **إن النهج الذي اتبع في إنفاذ برامج إدارة الآفات من خلال تطبيق أسلوب مدارس الفلاحين حقق نتائج جيدة في مستوى تقبل المزارع لفكرة إدارة المحصول وآفاته ورغبته في تبني التطبيقات التي جربها بنفسه ولمس فائدتها الإقتصادية.**
- **ان غالبية البلدان العربية خطت خطوات جادة في مجال الاهتمام بتطوير نظم مستدامة لإدارة الآفات الزراعية ضمن أطر انظمة إدارة المحاصيل. لذلك فان الاستمرار على هذا النهج سوف يساعد على تطوير وتحسين الإنتاج الزراعي في المنطقة العربية بما يخدم الأجيال القادمة.**
- **انتشرت تطبيقات الإدارة المتكاملة في غالبية الدول العربية وحققت نجاحات كبيرة تجاه آفات محاصيل مهمة اقتصادياً وحصلت تعديلات على البرامج القائمة بإضافة عناصر إدارة جديدة وتطوير تقانات أخرى ضمن برامج إدارة الآفات القائمة.**

صدرت في الآونة الاخيرة عدة تعاريف للإدارة المتكاملة للآفات منها ما أورده الباحثان Dhaliwal & Aroao (2001) اللذين أشارا إلى أن الإدارة المتكاملة للآفات هي أسلوب ديناميكي متطور لوقاية النبات يوظف جميع وسائل الإدارة المناسبة ووسائل المسح والمراقبة المتوافرة واستعمالها لتطوير برنامج شامل كجزء من التقنية المستدامة لإنتاج المحصول. كما قام Benbrook في عام 2002 بوضع مفهوم آخر سماه الإدارة المستمرة أو المتواصلة (المستدامة) للآفات (Integrated pest management continuum) (IPM Continuum). ضمن هذا المفهوم يكون لنظام IPM معين وجوده بصفة غير محدودة على مدى استمرارية تطبيق النظام. إذ يفترض وجود أربع مستويات ضمن شكل افتراضي لمناطق تطبيقية لمستويات إدارة الآفة تبدأ من الصفر وتكون على النحو التالي:

1. منطقة خالية من تطبيقات الإدارة المتكاملة، هنا المزارع يعتمد على التطبيقات الروتينية لمكافحة آفات محاصيله الزراعية وعادة يعتمد على المبيدات الكيميائية بالدرجة الأساس.
2. منطقة الإدارة المتكاملة ذات المستوى المنخفض (Low level IPM zone) وفيها يعتمد المزارع على نظافة الحقل ونظام المراقبة وأخذ العينات لمتابعة أعداد الآفة واستعمال المبيدات اعتماداً على الحد الاقتصادي الحرج.

3. منطقة إدارة الآفات ذات المستوى المتوسط (Medium level IPM zone)، حيث يكون الاعتماد في كثير من تطبيقاتها على وسائل الحماية (Preventive measures) وتتطلب من المزارع تقليل عدد الرشات من أجل إعطاء دور أكبر للأعداء الحيوية في السيطرة على الآفة.
4. نظام الإدارة المتكاملة ذات المستوى العالي (High level IPM system)، وهنا تكون معالجة الآفة من خلال وسائل مكافحة متعددة والتدخل باستعمال المبيدات عند الحاجة مع التركيز على البدائل الآمنة كلما كان ذلك ممكنا. مثل هذا النظام يطلق عليه Biointensive IPM System الذي يعتمد عل تكثيف دور الأعداء الحيوية ويهدف إلى خفض أعداد الآفة من خلال إدارة العوامل البيئية والحيوية وتداخلها مع بعضها. لذلك فإن الإدارة المتكاملة للآفات هي نهج زراعي مستدام يعتمد على أسس بيئية منطقية يستهدف معقد الآفات الزراعية بمجمله مع التركيز على النبات باعتباره نظام توجيه الطاقة الشمسية وتحويلها إلى ناتج قابل للحصاد. إن نظام الإدارة يتوافق مع التطبيقات الزراعية وبذلك يحقق ضمان حماية اقتصادية من أضرار الآفات ويقلل، في الوقت نفسه المخاطر الجانبية على المحصول وصحة الإنسان والبيئة عموماً.

في الآونة الأخيرة، أصبحت المحاصيل الزراعية المنتجة في الحقول الخاضعة لبرامج إدارة الآفات سلعاً رائجة وتلقى اهتماماً واسعاً من قبل المستهلك والمجتمع بشكل عام. كما صار هناك تعاون بين الجهات المعنية في مختلف دول العالم فيه نوع من التخصص في مفهوم وتطبيق أنظمة إدارة الآفات مثل الإنتاج المتكامل للفاكهة (Integrated fruit production, IFP). كذلك قيام بعض البلدان بإدخال مفهوم الهندسة البيئية التي برزت في الآونة الأخيرة كنموذج لمناهج إدارة الآفات والزراعة المستدامة التي تعتمد على الإجراءات (التقانات) الزراعية التي تؤثر سلباً في بيئة الآفة وتشجع وجود الأعداء الحيوية حيث أنها تعتمد على استيعاب وتوظيف المعلومات البيئية بدلاً عن التقانات المتطورة التي تشمل المبيدات المصنعة والأصناف المحورة وراثياً (المهندسة وراثياً) وغيرها في إدارة الآفات واستدامة النظم الزراعية. كما أدخلت بعض التقانات المهمة في تطوير برامج إدارة الآفات مثل استعمال نظم المواقع الجغرافية (Global positioning system, GPS) و (Geographic information system, GIS) التي تفيد في جمع المعلومات المتعلقة بموضوع أو مواضيع متعددة مع بعضها ورسم الخارطة الخاصة بتلك المعلومات مثل الخارطة الوبائية لبعض الآفات لتكون متوافرة للمزارع في أي وقت يحتاجها. تستعمل هذه النظم لتوضيح خارطة التوزيع المكاني للإصابة بالآفة الزراعية المستهدفة ضمن الحقل أو المنطقة وهذه المعلومات مهمة في وضع

خطة النظام المحصولي والآفات المنتشرة واستراتيجية مكافحة الآفات. لذلك فان أنظمة المعلومات والمواقع الجغرافية (GIS وGPS) أصبحت من التقانات المهمة في برامج المسح في المناطق المستهدفة وكذلك في وضع خطة الإدارة المتكاملة للمحصول وآفاته. كما تشكلت قنوات تواصل متينة بين المؤسسات والمنظمات والجمعيات التخصصية المهتمة بإدارة محصول معين فضلاً عن شبكات التواصل ذات الطيف الواسع المهتمة بالبحث الزراعي في مختلف بلدان العالم وتأسست شبكة معلوماتية هدفها نشر الوعي حول تطبيقات الزراعة العضوية وإدارة الآفات ودعم منتجاتها. حيث تقوم هذه المواقع بنشر أسس ومناهج تطبيقات برامج إدارة الآفات في النظم الزراعية المختلفة والتعريف بمعايير تصديق المنتجات الزراعية في الحقول الخاضعة لبرامج إدارة الآفات والزراعة النظيفة لتكون بمتناول أكبر عدد من المستفيدين فضلاً عن دورها في تقوية الروابط بين المؤسسات المماثلة في مختلف بلدان العالم.

قام الإتحاد الأوروبي بوضع عدد من الأسس الرئيسية لإدارة الآفات التي تلائم استقرار الإدارة المستدامة للحقل. حيث وضعت بعض المقترحات التي يمكن أن يستفاد منها كل المعنيين من مزارعين ومستشارين وباحثين وغيرهم بحيث يكون هناك منهاج مرن وديناميكي يأخذ بالاعتبار تنوع وتعقيدات النظم الزراعية والبيئية من أجل تحسين كفاءة النظم المحصولية من خلال تبني استراتيجيات حماية المحصول تتلاءم مع الظروف المحلية في المنطقة المستهدفة. إن الأسس المذكورة يمكن أن تكون المدخل الرئيس في البحث العلمي الهادف إلى تطوير نظم إدارة الآفات الزراعية في أي بلد آخر بضمنها الدول العربية مع إجراء بعض التعديلات التي تلائم متطلبات البلد المعني تشتمل هذه الأسس على الآتي:

1. تصميم نظام محصولي قوي بطبيعته باستخدام مزيج من المستويات الزراعية لأنه يعد المدخل لحماية المحصول.
2. ضرورة توافر المراقبة المحلية، وسائل التحذير، وأنظمة التنبؤ والتأكيد على ضرورة إعطائها الاهتمام اللازم فيما يتعلق بالبحث العلمي في مجال تطوير نظم إدارة الآفات الزراعية.
3. وضع استراتيجيات بعيدة المدى التي تستند على أسلوب التكامل لعوامل النظم المحصولية. هذا الإجراء يمكن أن ينفذ من خلال إجراءات صناعة القرار ضمن السياسة الزراعية في البلد المعني.
4. التأكيد على أهمية الجمع بين الأساليب غير الكيميائية التي قد تكون أقل كفاءة من مبيدات الآفات عندما تستعمل بشكل فردي إلا أن الجمع بينها يمكن أن يولد مفعولاً مساعداً لبعضها البعض.

5. التأكيد على تطوير عوامل ومنتجات أحيائية جديدة واستعمال قاعدة المعلومات المتاحة التي توفر الخيارات اللازمة من أجل انتخاب المنتج المناسب الذي يساعد على خفض التأثيرات الجانبية في الصحة العامة والبيئة وبالوقت نفسه فإنها تعتبر عاملاً منظماً لمجتمع الآفة الحيوي.
6. يمكن الجمع بين خفض استعمال مبيدات الآفات بشكل فعال مع تكتيكات أخرى التي تشتمل على البدائل الآمنة.
7. التأكيد على معالجة الأسباب الرئيسية لمقاومة الآفات للمبيدات كونها أفضل طريقة للتوصل إلى المعالجات المستدامة لحماية المحصول.
8. إن اعتماد تكامل التأثيرات المشخصة من المواسم المتعددة وكذلك اعتماد أسلوب التوازن ضمن المعايير المستعملة في التقويم سوف يساعد على تطوير حلول مستدامة تجاه المشكلة المستهدفة في المنطقة المعنية.

إن غالبية البلدان العربية خطت خطوات جادة في مجال السياسات الزراعية الوطنية بضمنها الإهتمام بتطوير نظم مستدامة لإدارة الآفات الزراعية ضمن أطر أنظمة إدارة المحاصيل. لذلك فإن الإستمرار على هذا النهج مع الإستفادة من الأسس المذكورة آنفاً أينما كان ذلك ممكنا مع توفير الدعم الرسمي والمالي سوف يساعد على تطوير وتحسين الإنتاج الزراعي في المنطقة العربية بما يخدم أجيال المستقبل في السنين القادمة.

هناك العديد من المساهمات الدولية التي نفذت في أقطار عربية وعززت مفهوم وتطبيقات إدارة الآفات في مختلف الدول العربية. كما قامت منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) بتنفيذ عدد من المشاريع بهذا الخصوص بضمنها مشروع إقليمي للإدارة المتكاملة في دول الشرق الأدنى يهدف إلى بناء القدرات المحلية ذات الصلة ومجتمعات المزارعين على الإدارة المتكاملة للآفات من أجل تحقيق استدامة للإنتاج المكثف للمحاصيل من خلال الحفاظ على التنوع البيولوجي الزراعي وتعزيزه، والحد من المبيدات الخطرة، وتحسين ظروف المعيشة للمجتمعات الريفية وتحسين الوصول إلى الأسواق الوطنية والدولية. إن المشاركة الشعبية تعد العنصر الأساس في قبول التقنية الجديدة في أي بلد، حيث تحققت نتائج جيدة باعتماد أسلوب مدارس الفلاحين في معظم الدول التي ساهمت في المشروع. لذلك أصبحت الإدارة المتكاملة للآفات منهاجاً لكل الدول العربية حيث صدرت تشريعات ولوائح كثيرة في مختلف البلدان تركز على ترشيد استعمال المبيدات والاستعانة بالبدائل الآمنة من أجل استعمالها في برامج إدارة الآفات المختلفة في كل بلد، واستمرت الدراسات باتجاه تطوير وإدخال عناصر جديدة مثل مستحضرات المسببات الممرضة للآفات الزراعية على اختلاف أنواعها. كما أدخلت المبيدات

الانتقائية مثل منظمات نمو الحشرات والمبيدات من أصل نباتي فضلاً عن مستحضرات مسببات أمراض الآفات الزراعية على اختلاف أنواعها. تطورت في الآونة الاخيرة تطبيقات إدارة الآفات مع تطبيقات التقانات الأحيائية والهندسة الوراثية وادخلت إلى حيز التطبيق في الإنتاج الزراعي في عدد من البلدان. لقد ساعدت هذه النجاحات على تعزيز دور الإدارة المتكاملة وتقبلها من قبل المزارعين الذين لمسو فائدتها وبذلك انتشرت تطبيقات الإدارة المتكاملة تجاه آفات محاصيل الخضر ومحاصيل أخرى مهمة اقتصادياً مثل أشجار الفاكهة ومحاصيل الحبوب والبقوليات وحصلت تعديلات على البرامج القائمة بإضافة عناصر إدارة جديدة وتطوير تقانات أخرى ضمن برامج إدارة الآفات القائمة.

1.3. أمثلة تطبيقية على الأطر العامة لنماذج برامج الإدارة المتكاملة في عدد من النظم الزراعية

من الضروري في هذه العجالة التطرق إلى أمثلة محددة تحدد إطار المكافحة المتكاملة لمجموعة من المحاصيل الزراعية ذات الأهمية الإقتصادية للمنطقة العربية نذكر منها:

1.1.3. الإدارة المتكاملة لآفات محاصيل الحبوب (القمح والشعير)

1. اعتماد وسيلة مراقبة دقيقة وكفؤة تتلاءم مع طبيعة وسلوك الآفة المستهدفة من أجل الوقوف على مستوى تعداد مجتمع الآفة والضرر الذي تتسبب في إحداثه مع توفير قاعدة بيانات الطقس وعلاقتها بمجتمعات آفات محاصيل الحبوب وأعدائها الحيوية وكذلك توفير معلومات عن الحقول المجاورة والأنظمة الزراعية السائدة.
2. اعتماد الحد الحرج (العتبة الإقتصادية) لتعداد الآفة أو أضرارها في تطبيقات إدارة الآفة المستهدفة وعدم التدخل بأي إجراء ما لم يكن تعداد مجتمع الآفة عند حدود الضرر الإقتصادي. إلا أن الحد الاقتصادي الحرج يكون مرناً ويتغير تبعاً للمنطقة الجغرافية والحالة الصحية للنبات ومرحلته العمرية ودرجة تحمله للإصابة وعوامل المقاومة الطبيعية الفيزيائية والحيوية. لذلك لابد من نظام مراقبة فعال يوفر معلومات دقيقة عن تعداد مجتمع الآفة البازغة من التشتية وحالتها (السونة على سبيل المثال) وكذلك ميل المجتمع في الحقل من أجل إعطاء تصور واضح عن مسار الإصابة وعن الحدود الحرجة في المناطق المستهدفة.
3. استعمال الوسائل الميكانيكية، مثل المكانس الكهربائية الكبيرة المحمولة لجمع حشرات السونة من على النباتات في الحقل حيث توضع في أكياس بلاستيكية ومن ثم يتم قتلها والتخلص منها. كما يمكن اتباع الأسلوب نفسه في جمع البالغات في مواقع التشتية. أما الإجراء الآخر فهو إزالة بقايا المحصول السابق من خلال حرقها أو تعريضها لرعي الحيوانات ومن ثم إجراء

عملية الحراثة لقلب التربة حيث يساعد هذا الإجراء على قتل أطوار الآفات التي تبقى في أعقاب المحصول لتعيد دورة الحياة والإصابة في الموسم القادم مثل زنبور/دبور القمح المنشاري وحفارات الساق والحشرات القشرية وغيرها.

4. الاهتمام بالإجراءات الزراعية مثل زراعة الأصناف المقاومة والمتحملة في حالة توافرها. كما ان التبوير وعدم زراعة الأرض بمحصول نجيلي(الدورة الزراعية مع محصول بقولي) في الموسم اللاحق يساعد على منع الآفات من إكمال حياتها وبخاصة تلك التي لها جيل واحد وتمضي جزءاً من حياتها في التربة. هذه الإجراءات يجب أن تنفذ على مستوى المنطقة كلها بحيث يشارك كل المزارعين بتطبيق الإجراء تجاه الآفة المستهدفة على أن يتم التطبيق وفق ضوابط تشريعية ملزمة تصدرها الجهات المعنية في كل بلد وتقوم الفرق الميدانية في الفروع الزراعية بمتابعة تنفيذها. من الإجراءات الاحترازية تجنب زراعة محاصيل الحبوب في المناطق والحقول المحاذية أو القريبة من مناطق تشتية حشرة السونة. كما يجب ضبط موعد الزراعة بحيث يؤدي إلى تجنب الإصابة بآفات مثل ذبابة الهس وذبابة تدرن ساق الشعير.

5. استخدام الوسائل الحيوية وتتضمن التطبيقات التي من شانها المحافظة على أنواع المفترسات والمتطفلات الموجودة أصلاً في البيئة المحلية. حيث أن معظم آفات محاصيل الحبوب غالباً ما تكون في حالة توازن مع أعدائها الطبيعية وتوجد بمستويات أدنى من الحدود الضارة اقتصادياً. تساعد المحافظة على النباتات البرية على توفير مصادر غذاء وحماية للعديد من أنواع المفترسات والمتطفلات. كما يمكن زراعة بعض المحاصيل التي تزهر في الربيع لتوفر الرحيق وحبوب اللقاح كمصدر غذاء لبالغات الأعداء الحيوية (المتطفلات). يمكن اعتماد برامج التربية والإكثار الكمي وتطبيقها مع المتطفلات البيضية مثل أنواع الجنس *Trissolcus* وإدخالها في برامج إدارة السونة في البلدان التي تتوافر فيها البنى التحتية والإمكانات. حيث ينتخب النوع السائد والأكثر تكيفاً للبيئة المحلية في كل بلد ويتم إكثاره على بيض العائل أو العائل البديل ويتم الإطلاق بأسلوب التطعيم حيث تعمل الأعداد الجديدة على تعزيز دور أفراد النوع نفسه والأنواع المنتشرة أصلا في الحقل من أجل إبقاء الآفة تحت السيطرة.

6. استعمال الفطور الممرضة مثل *Beauveria bassiana* الذي يتوفر حالياً بشكل مبيد أحيائي تجاري على أن تستعمل السلالات الفعالة على السونة، حيث يرش المستحضر في مناطق البيات الشتوي لتحقيق أفضل النتائج، أما الأفراد التي لا تموت فغالباً ما تكون ملوثة بأبواغ الفطر وتكون سبباً في نشر المرض إلى أفراد أخرى أو أفراد الجيل الجديد في الحقل. كذلك فان الفطر *Verticillium lecanii* يمكن أن يستعمل تجاه الحشرات القشرية وكذلك تجاه السونة.

إلا أن استعمال الفطور الممرضة يتطلب توافر الظرف المناسب من حيث درجات الحرارة والرطوبة الملائمة لإنبات أبواغ الفطر وإحداث الإصابة.

7. عندما تكون الإجراءات المتبعة غير كافية لوقف تزايد مجتمع أي من الآفات تستعمل المبيدات الانتقائية والمواد الآمنة بيئياً قدر الإمكان من أجل المحافظة على مجتمعات الأعداء الحيوية والحشرات النافعة. أما في المناطق التي تشهد تكرار الإصابة بحشرات مثل السونة والحشرات القشرية والدبور المنشاري والآفات التي تصيب المحصول في بداية الموسم فيمكن أن تعتمد تقنية معاملة البذور بأحد المبيدات الجهازية التي يمكن أن توفر حماية للنبات تمتد لعدة أسابيع وربما لأشهر تبعاً للظروف البيئية وطبيعة التربة ونمو النبات.

أما الاجراءات المتعلقة بخدمة المحصول فيجب أن تتضمن التوصيات المناسبة المتعلقة بالجرعات السمادية التي توفر العناصر الغذائية المتوازنة للنبات وتجعله بحالة صحية وقوة تمكنه من مجابهة الإصابة بالعديد من الآفات. إن إجراءات إدارة الآفات المشار إليها يجب أن تكون متوافقة مع بعضها ومع إجراءات إدارة المحصول في النظام البيئي المستهدف. لذلك قد يستعمل قسم منها أو قد تستعمل جميعها، على أن يخضع إنفاذ البرنامج إلى مراجعة مستمرة من قبل المختصين والقائمين على العمل بالتنسيق مع المزارعين وفق برامج إرشادية نوعية ومدارس الفلاحين الحقلية تهدف إلى تحقيق أفضل النتائج من حيث حماية المحصول وزيادة الإنتاج الذي يحقق فائدة اقتصادية وبيئية للمزارع وللمجمع بشكل عام في المنطقة المعنية.

2.1.3. الإدارة المتكاملة لآفات القطن

1. تتمثل إجراءات قبل الزراعة بالحراثة العميقة لأرض الحقل من أجل تعريض الآفات الموجودة في التربة أو الساكنة فيها إلى عوامل القتل الطبيعية مثل الحرارة والأعداء الحيوية. كذلك إجراء الحراثة العميقة في الصيف، عدم زراعة القطن في البقعة نفسها سنوياً، استعمال بذور من مصادر موثوقة ويفضل زراعة الأصناف المقاومة أو المتحملة مع معاملة البذور بمواد مناسبة تجاه آفات التربة، حيث يمكن استعمال مبيدات فطور أو مضادات حيوية تبعاً للمنطقة ونوع الآفة وتوافر المبيد المطلوب. كما يمكن أن تستعمل مبيدات جهازية لمعاملة البذور من أجل حماية النباتات الحديثة من الإصابة بالحشرات الماصة والقارضة على حد سواء خلال المراحل الأولى من نموها حيث يستمر تأثيرها لأسابيع على أن تتم الزراعة خلال فترة محددة على مستوى المنطقة.

2. التأكيد على إتباع دورة زراعية تستبعد منها المحاصيل الحساسة للإصابة بأي من آفات القطن ويفضل زراعة محصول القمح أو الشعير بعد القطن، حيث أن هذا الإجراء يساعد على تكوين بيئة غير ملائمة لاستمرار بقاء اليرقات في التربة. كما أن عمليات الري وتوافر الرطوبة المناسبة تساعد على تكوين وسط ملائم لتنشيط وتحفيز بعض أحياء التربة التي تهاجم هذه الأطوار وتقتلها.
3. استمرار مراقبة الحقل واستعمال مبيد حلم (ضد العناكب) عندما تلاحظ آثار الإصابة بالحلم الأحمر وتجنب رش المبيدات واسعة الطيف والرش العشوائي تلافياً للأضرار التي قد تتسبب للأعداء الحيوية.
4. اعتماد طرائق المراقبة الدقيقة لديدان الجوز في الحقل من خلال استعمال المصائد الفرمونية والمصائد الضوئية لغرض تحديد ظهور بالغات ديدان الجوز وقارضات الأوراق. يرافق هذه العملية عمليات مسح للحقول لتقدير مستوى الإصابة بالآفات المختلفة على النباتات من أجل التوصية باتخاذ إجراء المكافحة المناسب عندما يتطلب الأمر. بما أن الحد الحرج يتباين تبعاً للمنطقة الجغرافية والظروف البيئية والصنف المزروع والغرض من الزراعة فان تقدير الحاجة إلى التدخل يختلف تبعاً لذلك وهذا يعتمد على خبرة القائمين على مراقبة الحقول وتطبيق المسح الحقلي بالشكل الصحيح. في حالة وجود حد حرج يجب أن يعتمد كمؤشر للتدخل بإجراء المكافحة المناسب تجاه أي من آفات القطن.
5. يجب تعزيز دور عناصر المكافحة الحيوية على أن يتم التركيز على الأنواع المحلية التي تكون موجودة بغزارة في حالة عدم استعمال مواد ضارة اتجاهها (جاسم وآخرون، 2009). في الدول التي تمتلك البنى التحتية والخبرة يتم تربية وإكثار بعض متطفلات البيض مثل *Trichogramma* spp. ومتطفلات اليرقات مثل *Bracon* spp. وأنواع أخرى وأنواع من المفترسات وإطلاقها لمكافحة آفات القطن المهمة مثل ديدان الجوز بالتوقيت المناسب. كما يمكن استعمال البكتيريا Bt بطريقة الرش على النباتات لمكافحة الآفات من حرشفية الأجنحة. عند وجود حاجة لاستخدام المبيدات يعتمد أسلوب الانتقائية في اختيار المبيد المناسب الذي يحقق حماية للمحصول وأفضل إنتاج مع المحافظة على الأعداء الحيوية. هذه المبيدات ممكن أن تكون مبيدات الحيوية أو منظمات نمو أو يمكن أن تكون مبيدات ذات تخصص عالي في تأثيرها في الآفة المستهدفة.
6. التأكيد على إزالة بقايا المحصول من الحقل حيث تساعد هذه العملية على التخلص من اليرقات أو العذارى المتبقية على أجزاء النبات. كما يمكن أن تعرض الحقول للرعي من قبل حيوانات المزرعة (الأغنام والماعز والأبقار) ومن ثم تجمع الأعقاب وتحرق.

7. التخلص من الجوز الجاف الموجود على الأحطاب في نهاية الموسم من أجل القضاء على اليرقات المتبقية عليها والتأكيد على المزارعين على ضرورة إتلاف الأحطاب قبل موسم الزراعة الجديد. يساعد هذا الإجراء على تقليل مصادر الإصابة في الموسم اللاحق.
8. استعمال وسائل مراقبة فعالة مثل المصائد الفرمونية في المحالج والمعاصر وحولها لمراقبة ومسك بالغات دودة الجوز القرنفلية التي تبقى ساكنة في البذور حتى الموسم القادم. وفي حالة وجود الآفة يجب معاملة البذور بالحرارة لفترة زمنية كافية لقتل الآفة دون التأثير في جنين البذرة مع ضرورة التخلص من الشوائب ومخلفات المحالج يومياً. تندرج هذه الإجراءات ضمن النظافة الميكانيكية وعادة تكون من الضوابط التي تصدرها الدولة ويتولى إنفاذها المختصون من أجل استمرار المراقبة وتقليل مصادر الإصابة في الموسم القادم.
9. الاهتمام بتطبيق التشريعات القانونية والضوابط التي تصدرها الجهات المعنية بزراعة المحصول في كل بلد. وتطبيق إجراءات وقوانين الحجر الزراعي وفحص العينات ومنع دخول أصناف جديدة إلا إذا كانت خالية من الإصابة تماماً ومنع استيراد أصناف القطن من أماكن محددة بعينها بسبب وجود آفة أو آفات معروفة في تلك المناطق غير موجودة في البلد المعني وإجراء عمليات التبخير والتعفير لبعض الشحنات وتبخير وسائل النقل من سفن وسيارات وغيرها كإجراء احترازي من أجل القضاء على أطوار الآفة التي قد تكون عالقة فيها.
10. التأكيد على ضرورة وجود برنامج إرشادي مرافق لخطوات تطبيق برنامج إدارة الآفات وتزويد المزارعين بالإرشادات المتعلقة بزراعة وحماية المحصول وحثهم على التعاون في إقامة الحقول الإرشادية وأيام الحقل واشتراكهم في فعاليات مدارس الفلاحين الحقلية التي توفر المناخ المناسب لتبادل المعلومات بين المختصين والمزارعين وبين المزارعين أنفسهم من أجل تحقيق أهداف الإدارة المتكاملة للمحصول وآفاته.

3.1.3. الإدارة المتكاملة لآفات محصول البندورة/الطماطم

1. اجراءات في المشاتل: تتضمن توفير حماية كافية للشتول التي تزرع في بيت زجاجي أو بلاستيكي مخصص لهذا الغرض أو تستعمل هياكل الأنفاق لتغطية المساحات المخصصة لإنتاج الشتول أو أي مكان اخر تتوافر فيه الحماية الكافية. يمكن الإستعاضة عن البلاستيك باستعمال قماش الشاش بحيث تكون الثقوب صغيرة لا تسمح بدخول الذباب الأبيض والآفات الصغيرة الأخرى. استعمال بذور مصدقة خالية من الآفات الزراعية المختلفة ويفضل أن تكون متحملة أو مقاومة لأي من آفات البندورة/الطماطم أو أن تستعمل الأصناف المطعمة عالية

الجودة والمقاومة للآفات في حالة توافرها حيث أن الأصناف المنتجة بطريقة التطعيم (Grafting) تفيد في مقاومة مسببات أمراض النبات التي تعيش في التربة وكذلك الأمراض التي تصيب الساق. أما الإجراء الآخر فهو ضرورة مراقبة الشتلات والعناية بالتسميد المتوازن والري المنتظم من أجل تحسين صحة النبات، استعمال مصائد صفراء لاصقة ومصائد فرمونية من أجل مراقبة ورصد بالغات الحشرات مثل الذباب الأبيض وحافرات أنفاق الأوراق وحافرة الطماطم (التوتا) وغيرها في حالة دخولها المكان المحمي.

2. إجراءات قبل الزراعة في المكان المستديم تشتمل على إزالة نباتات المحصول السابق بعد انتهاء الموسم. وكذلك ازالة الأدغال/الأعشاب الضارة في الحقل وحوافه والمناطق القريبة منه لأنها تكون عوائل ثانوية لمعظم آفات البندورة ومصدراً للإصابة اللاحقة. إجراء عملية الحراثة وقلب التربة من أجل التخلص من بقايا المحصول السابق كما أن هذا الإجراء يساعد على قتل عذارى حشرة حافرة البندورة/الطماطم وغيرها من أطوار الحشرات الموجودة في التربة، إتباع دورة زراعية مع عزق التربة، ترك الأرض فترة لا تقل عن 6 أسابيع بعد قلب المحصول القديم لزراعة محصول جديد، تعقيم التربة باستعمال البدائل الآمنة مثل التعقيم الحيوي والتعقيم الشمسي.
3. عمليات إدارة المحصول في المكان المستديم وتشتمل على استعمال أبواب محكمة في البيوت الزجاجية والبلاستكية ويفضل نظام الأبواب المزدوجة لمنع دخول الآفات المنقولة بالهواء، تطبيق نظام مراقبة فعال تجاه جميع الآفات التي يمكن أن تصيب المحصول أثناء مراحل نموه المختلفة، الاهتمام بالتهوية داخل البيت من خلال التقليم وإزالة البراعم الابطية والأوراق القديمة من أجل تقليل الرطوبة التي تشجع نمو بعض المسببات الممرضة للمجموع الخضري مع مراعاة المحافظة على الأعداء الحيوية مثل متطفلات الذباب الأبيض في حالة وجودها على الأوراق القديمة، تجنب زراعة محاصيل باذنجانية بالتعاقب ضمن الرقعة الزراعية الواحدة لتجنب تفاقم الإصابة.
4. زراعة محاصيل جاذبة للآفة (ذبابة التبغ البيضاء) مثل محصول الخيار أو الشمام/البطيخ بشكل متداخل مع نباتات الطماطم على أن تزرع هذه المحاصيل في الحقل قبل نقل شتول الطماطم بفترة مناسبة. تكون الزراعة أما بينية ضمن الخط الواحد أو تكون بشكل خطوط متبادلة. تتميز نباتات العائلة القرعية بكونها صائدة (Trap crops) تنجذب إليها بالغات الذباب الأبيض وتستقر عليها وعندما تكون هذه النباتات نامية بشكل طبيعي فإن الحشرات تبقى مستقرة عليها. وقد لا تتحول إلى نباتات الطماطم خلال فترة غير قصيرة مما يفقدها قدرتها للاحتفاظ بفيروس تجعد الأوراق الأصفر في حالة كونها حاملة له وبالتالي تبقى نباتات البندورة/الطماطم خالية من الإصابة بهذا المسبب الممرض أو تكون الإصابة منخفضة والإنتاج لا يتأثر.

5. استعمال المصائد الفرمونية قبل الزراعة بأسبوعين من أجل الرصد المبكر لحافرة البندورة في مناطق زراعة المحصول على أن يحدد العدد حسب المنطقة وكثافة الحشرة. تكون المصائد الفرمونية الضوئية مثل مصيدة فيورولايت أكفأ لأنها تجذب الإناث والذكور. كما أن الضوء يمكن أن يبرمج ليعمل ضمن توقيتات معينة (الفجر حتى الصباح والغروب). كما تستعمل المصائد الصفراء المطعمة بالفرمون لجذب الذباب الأبيض وحافرات الأنفاق (*Liriomyza* spp.) وكذلك حافرة البندورة/التوتا التي تنجذب للفرمون وتعلق بالمصيدة موسى، 2015؛ Urbaneja *et al*., 2012). أما في الحقل تستعمل قطع كرتونية توضع عليها قطرة من جل (هلام) يحوي فرمون التوتا وتوزع في الحقل لأغراض التضليل (الارباك) وفي حالة استعمال مادة لاصقة تكون للمراقبة والارباك والقتل
6. استعمال البلاستك الأسود لتغطية التربة أسفل النباتات ليمنع تعذر الآفة (التوتا) في التربة، الاستمرار بالفحص الدوري للنباتات وإزالة الأجزاء المصابة والتخلص منها من خلال وضعها في أكياس بلاستيكية وتعريضها لأشعة الشمس أو إتلافها.
7. اعتماد الحد الاقتصادي الحرج في حالة وجوده للتدخل بإجراءات المكافحة المتاحة. بالنسبة لحشرة التوتا فإن الحد المقترح المعمول به في عدد من الدول هو أن تبدأ المكافحة عند مسك 10 ذكور/مصيدة/أسبوع أو تكون نسبة الإصابة بحدود 5% لمختلف أجزاء النبات.
8. استعمال عناصر المكافحة الحيوية في حالة توافرها حيث يمكن استعمل المفترس *Nesidiocoris tenuis* تجاه التوتا بمعدل 1.5 فرد/م^2، إلا إن هذا المفترس يتغذى على النبات لذلك يجب مراقبة أعداده بحيث لا تزيد عن 7/نبات لأنه يتحول إلى آفة في هذه الحالة. كما يمكن استعمال متطفلات البيض *Trichogramma* spp. ويفضل التركيز على الأنواع المحلية في البلد المعني أو استيراد أنواع فعالة من مناطق أخرى. حيث أن متطفلات البيض تستعمل تجاه مختلف الآفات من حرشفية الأجنحة من خلال التربية الكمية والإطلاق الدوري. كما يمكن استعمال المفترس *Diglyphus isaea* الذي يتوافر على نطاق تجاري في مكافحة آفات البندورة/الطماطم (حافرات الأنفاق) ضمن نظام الزراعة المحمية والحقول المكشوفة. قد يختلف معدل إطلاق المفترس *Nesidiocaris tenius* تبعاً للمنطقة إلا أنه يبقى ضمن المدى 1–5 فرد لكل متر مربع حيث يتم الإطلاق على دفعتين الأولى بعد ثلاث أسابيع من الزراعة والثانية بعد شهر من الإطلاق الأول، أما في الموسم المتأخر فيتم الإطلاق لمرة واحدة. يمكن أن يكاثر المفترس على نباتات القرع العسلي/اليقطين التي تزرع في بيوت منفصلة تخصص لغرض إدامة المستعمرات والإكثار الكمي لهذا النوع. بالنسبة للذباب الابيض يمكن استعمال المتطفل

Encarsia formosa في المناطق الدافئة والمعتدلة أما في المناطق الباردة نسبياً أو شبه المعتدلة فيطلق المفترس *Macrolophus caliginosus* أو أن يتم إطلاق الاثنين معا ليكمل أحدهما الآخر. في مناطق أخرى يتم تربية وإطلاق المتطفل *Eretmocerus mundus* لمكافحة ذبابة البيوت المحمية (*Trialeurodes vaporariorum*) وذبابة التبغ البيضاء (*B. tabaci*). هذه المتطفلات متوافرة تجارياً لدى العديد من الشركات والمؤسسات العلمية المختصة في دول العالم. بالنسبة للمكافحة الحيوية للحلم/الأكاروس تتوافر أنواع الحلم المفترس (*Phytoseiulus persimilis*) الذي يتميز بوجود سلالات مختلفة قسم منها متحمل للمبيدات وقسم لها القابلية للتكيف في بيئات مختلفة.

9. عدم ترك الثمار معرضة بعد الجني وبخاصة وقت الغروب لتجنب تعرضها للإصابة بحافرة البندورة/الطماطم حيث يستعمل غطاء مناسب فوق حاويات الثمار قبل نقله إلى منافذ التسويق، التأكيد على الأشخاص العاملين حول ضرورة تنظيف ملابسهم وأدواتهم قبل الانتقال من مكان إلى آخر، فحص وسائل النقل والتأكد من خلوها من أطوار الحشرة والتخلص منها في حالة وجودها.
10. استعمال مبيدات انتقائية آمنة بيئياً مع تبادل استعمال المبيدات كلما كان ذلك ممكناً. مع التأكيد على المبيدات الحيوية أو من أصل نباتي والمركبات الأخرى التي تتصف بكونها صديقة للبيئة.
11. يعتبر العشب المتطفل "الهالوك" من أهم الآفات التي تصيب البندورة/الطماطم في الأراضي الموبوءة به. جرت محاولات عديدة لمكافحة الهالوك اتبعت فيها وسائل مختلفة، شملت إستخدام محرضات الإنبات (catch crop) (Abu-Shall & Ragheb, 2014) وانتقاء الأصناف المقاومة، والتشميس، وتطبيق الدورة الزراعية، وتعديل موعد الزراعة. واستخدمت الأسمدة كطريقة من طرائق مكافحة الهالوك وأثبتت فعاليتها في هذا المجال، حيث أنها تزيد من قوة نمو المحصول وتخفض من الإصابة. كما استخدمت طرائق كيميائية تضمن تطهير التربة بمواد كيميائية مثل الدازوميت وميثام الصوديوم، التي تقضي على البذور في التربة، على أن تكلفتها المرتفعة تقلل من إمكانية استخدامها في المحاصيل البقولية، كما استعملت أيضاً جرعات منخفضة من مبيدات الأعشاب (Shomar *et al.*, 2015). أشارت عدة تقارير إلى فاعلية المبيد جلايفوسات إزاء الهالوك، أصبح ينصح بالمكافحة الكيميائية للهالوك باستخدام الجليفوسات رشاً على الأوراق بمعدلات صغيرة ورشتان، ولكن المشكلة تكمن في قلة فاعليته أو في زيادة سميته عند إضافته بطريقة غير مناسبة. ونظراً لعدم جدوى أي من طرائق المكافحة بمفردها، فقد جرت محاولات للدمج مابين أكثر من طريقة في آن معاً مثل انتقاء الأصناف المقاومة،

والتشميس، وتطبيق الدورة الزراعية، وتعديل موعد الزراعة، وبالتالي تبني الإدارة المتكاملة (Abu-Shall & Ragheb, 2014 ؛Punia, 2014 ؛Al-Eryan, *et al*., 2011). كما أمكن دراسة إمكانية استخدام فطر التريكودرما مع مبيد الأعشاب الضارة الجليفوسيت في المكافحة حقلياً (Abdel-Kader & El-Mougy, 2007). كما أنه يمكن أن يكون لذبابة الهالوك *Phytomyza orobanchia* (Diptera: Agromyzidae) دوراً واعداً في المكافحة الحيوية للهالوك في الحقول المصابة به والتي لا توجد فيها الذبابة طبيعياً أو في الحقول التي توجد فيها طبيعياً ولكن بنسب إصابة منخفضة بهدف تعزيز فاعليتها في التغذية على بذور الهالوك وضمان فاعليتها وبالتالي تعزيز دورها في السيطرة على هذا العشب الطفيلي الخطير (حبق وآخرون، 2015؛ Habak *et al*., 2012؛ Shalaby *et al*., 2002). في الآونة الأخيرة أمكن بمعلومة الحساب التراكمي للحرارة اليومية (GDD) توقع نسبة إصابة ثمار الهالوك بالذبابة حيث أن تقدير الحرارة اليومية سوف يساعد في التنبؤ بوقت وضع بيض الجيل الأول للذبابة في أزهار الهالوك في الحقل والأجيال اللاحقة، وإن معرفة نشاط الذبابة سيوفر التنبؤ بظهور الحشرات الكاملة وظهور البويضات لاحقاً والضرر المحتمل من اليرقات وفقاً لنسبة إصابة ثمار الهالوك من خلال الأجيال المتعاقبة. وهذا قد يساعد في برامج المكافحة البيولوجية لتقدير العدد المطلوب من الذباب والوقت المناسب لإطلاقه في الحقل لمكافحة الهالوك (Al-Eryan *et al*., 2018؛ Eizenberg *et al*., 2005).

4.1.3. الإدارة المتكاملة لآفات الحمضيات/الموالح

1. تطبيق بعض الإجراءات الزراعية التي تشتمل على: الاهتمام بالتقليم المناسب وتهوية الأشجار والتخلص من الأدغال/الأعشاب التي تعد ملاجئ ثانوية للبالغات، تجنب الزراعة المختلطة لعوائل حساسة لذباب الفاكهة في الحقل نفسه من أجل إيقاف دورة حياة الآفة التي يمكنها التكاثر على أكثر من عائل، إجراء عملية العزق والحراثة التي تؤدي إلى تعريض عذارى ذباب الفاكهة الموجودة في تربة المزرعة لظروف بيئية غير ملائمة مثل الحرارة وأشعة الشمس فضلاً عن تعرضها للمفترسات والمتطفلات. أما الإجراء الزراعي الآخر فانه يتمثل بغمر أرضية البستان بالماء مما يؤدي إلى اختناق العذارى وموتها وكذلك تعرضها لفعل الأحياء المجهرية في التربة التي تنشط عند توافر الرطوبة المناسبة. يمكن استعمال المصائد النباتية حيث تزرع أشجار حساسة للآفة بالقرب من أشجار الحمضيات تجذب بالغات ذباب مثل زراعة الجوافة التي تكون ثمارها مفضلة للحشرة أكثر من ثمار أصناف الحمضيات على أن تجمع الثمار

المصابة يومياً وبشكل منتظم ويتم إعدامها. كما يمكن زراعة الأصناف المقاومة أو المتحملة لمسببات الأمراض النباتية والآفات الأخرى وكذلك استعمال الأصناف المطعمة على أصول مقاومة لآفة معينة أو عدد من آفات الحمضيات، مع ضرورة الاهتمام بالري المنتظم والتسميد المناسب وتوفير العناصر الغذائية المناسبة التي من شانها تحسين الحالة الصحية للشجرة.

2. استخدام الوسائل الميكانيكية التي تتضمن استعمال المصائد منها المصائد الصفراء اللاصقة تجاه الذباب الأبيض، إزالة الأفرع شديدة الإصابة بحفار أنفاق الأوراق والسرطانات الطرية القريبة من سطح التربة أو على جانب الأفرع الرئيسية في قلب الشجرة التي تنمو في الصيف والخريف وتكون بيئة مناسبة لتكاثر الحشرة. كما يجب جمع الثمار المصابة ودفنها داخل التربة على عمق 30 سم بحيث لا تتمكن البالغات البازغة من الوصول إلى سطح التربة، يمكن ان تجمع في أكياس خاصة وتعرض لأشعة الشمس مما يؤدي إلى قتل أطوار الحشرة وأي آفة أخرى موجودة في أو على الثمار وهذا الإجراء يساعد كذلك على تقليل مصادر الإصابة. في المشاتل تستعمل الإضاءة ليلاً لإبعاد الحشرات البالغة لحفار أوراق الحمضيات.
3. استعمال تقنية الذكور العقيمة في البلدان التي تتوافر لديها البنية التحتية لإجراء التعقيم الإشعاعي.
4. العناية بوسائل المقاومة الطبيعية الحيوية حيث أن معظم دول المنطقة تتميز ببيئات غنية بالعديد من عناصر المكافحة الحيوية المحلية مثل مفترسات ومتطفلات البق الدقيقي والحشرات القشرية والذباب الأبيض والبسلا والحلم وغيرها التي غالباً ما تكون بحالة توازن مع عوائلها (علي، 2017؛ Katsoyannos, 1996). إلا أن أعداد وأنواع الأعداء الحيوية تكون متباينة من بلد إلى آخر تبعاً للإجراءات المتبعة في حماية المحصول. لذلك فان هناك حاجة لتوفير بعض المتطلبات الغذائية لبالغات المتطفلات والمفترسات من خلال زراعة بعض النباتات الزهرية أو حماية النبت الطبيعي الموجود على حواف الحقل أو بالقرب منه. كما أن المواد الصديقة للبيئة مثل المبيدات الحيوية والفرمونات ومنظمات نمو الحشرات ووسائل العقم الكيميائية غالباً ما تكون متوافقة مع الأعداء الحيوية ضمن برامج إدارة آفات الحمضيات.
5. استعمال عناصر المكافحة الحيوية في حالة توافر إمكانات الإكثار الكمي التي هي أصلاً موجودة في عدد من الدول العربية بينما تعتمد دول أخرى على استيراد متطفلات أو مفترسات لمكافحة بعض الآفات مثل مفترسات البق الدقيقي والحلم ومتطفلات الحشرات القشرية والذباب الأبيض وكذلك متطفلات حفار أوراق الحمضيات.

6. الوسائل التشريعية والتنظيمية التي تتمثل بالقرارات والضوابط التي تصدرها الجهات الرسمية والتي تلزم المزارع على تجنب الزراعة المختلطة للأصناف الحساسة أو العوائل التي تصاب بالآفة في المزرعة نفسها أو البستان وكذلك تطبيق أسلوب الرش الموضعي قدر المستطاع من أجل تجنب الإسراف في الجهد والمال والمحافظة على التوازن الطبيعي والصحة العامة. كما يجب التأكيد على تقوية إجراءات وضوابط الحجر الزراعي الذي ينظم استيراد وتصدير ثمار الحمضيات وشتلاتها. وكذلك تبادلها بين المناطق المختلفة ضمن البلد الواحد وبخاصة عندما يسجل انتشار آفة دخيلة في ذلك البلد.
7. الإهتمام بوسائل المراقبة المختلفة التي تتلاءم مع كل آفة حيث أن برنامج إدارة الآفات يفترض أن يتم تنفيذه اعتماداً على البيانات المتحصل عليها من خلال وسائل المراقبة المستمرة والمنتظمة التي تعطي تصوراً ميدانياً عن واقع كثافة الآفة ونشاطها. تستعمل مصائد فرمونية في البساتين المستهدفة بالنسبة لحفار أوراق الحمضيات وذباب الفاكهة والمصائد الملونة للذباب الأبيض وتستعمل مصائد الطعوم بالنسبة لأنواع ذباب الفاكهة (Trabelsi & Kheder, 2011). تعلق المصائد على الأشجار في المناطق الطرفية قبل تكون الثمار بأسبوع وهذا الإجراء يساعد على جذب البالغات المنبثقة قبل انتقالها إلى عائل جديد. إن استعمال المصائد يحقق أهداف المراقبة والمكافحة على أن يستعمل العدد المناسب حسب الغرض المراد تحقيقه. كما تؤخذ عينات منتظمة من أوراق ثمار العوائل التي تصيبها الآفة المستهدفة من أجل الوقوف على نسبة الإصابة وتحديد مدى الحاجة إلى التدخل بوسائل المكافحة المتاحة على أن تتم هذه الإجراءات بإشراف فريق علمي وفريق فني مدرب وبتعاون من كل الجهات المستفيدة بضمنها المزارع نفسه.
8. اعتماد الحد الحرج الاقتصادي في حالة وجوده واعتباره الأساس الذي يتم على ضوئه اتخاذ قرار المكافحة. إلا أن الحد الحرج لذباب الفاكهة يختلف حسب الموسم من السنة وعلاقته بمرحلة النمو وتكوين الثمار ومراحل نضجها.
9. يتم اللجوء إلى الخيار الكيميائي مع التركيز على المبيدات الانتقائية عند تجاوز تعداد الآفة المستويات الاقتصادية فقط وتطبيق الرش الموضعي بالنسبة لذباب الفاكهة قدر المستطاع. كما تستعمل أكياس اسطوانية صغيرة بطول 20 سم وقطر 10 سم تملأ بالقش وتغمر بمحلول المبيد مع المادة الجاذبة لفترة 4 ساعات ثم تعلق على الأشجار بعيداً عن أشعة الشمس المباشرة بحيث لا تلامس الثمار على أن يتم ترطيبها بالطعم الجاذب القاتل باستمرار حيث أن هذه الأكياس تستعمل كإجراء مكمل للرش الموضعي.

10. الإهتمام بإدارة الأشجار وتوفير متطلبات النمو المتوازن من أجل تحسين الحالة الصحية للشجرة لتكون أكثر تحملا للإصابة بالآفات المختلفة مع التأكيد على ضرورة اعتماد الوسائل الآمنة بيئياً في إدارة إنتاج الحمضيات/الموالح مثل التسميد العضوي واستعمال عوامل المكافحة الحيوية تجاه مسببات أمراض النبات ونيماتودا الحمضيات.

5.1.3. الإدارة المتكاملة لآفات النخيل

1. الإجراءات الزراعية والميكانيكية مثل مسافات الزراعة اذ يفترض ان يتبع إنشاء البساتين الجديدة النمط الزراعي الحديث وبخاصة ذلك الذي يشترط ترك مسافات لا تقل عن 8×8 أمتار بين الشجرة والأخرى، التخلص من أشجار النخيل التي تكون إصابتها بالسوسة والحفارات شديدة وعدم ترك النخيل الميت في البستان حيث تقطع إلى قطع صغيرة ومن ثم يتم حرقها للتخلص من مصادر الإصابة، العناية بالتسميد والري والإجراءات التي من شانها تحسين الحالة الصحية للنخلة، حراثة أرضية البستان كونها تساعد على تعريض أطوار الحشرة الموجودة في التربة إلى عوامل القتل الطبيعية. إزالة أطوار السعف السفلية يساعد على القضاء على نسبة كبيرة من بيوض الدوباس. وكذلك إزالة العراجين القديمة وبقايا الأغاريض الزهرية والسعف القديم لأنها تعد مصدراً للإصابة اللاحقة بآفات الثمار مثل دودة البلح الصغرى. كما يجب الاهتمام بعمليات التكريب وتنظيف الأشجار وإزالة وقتل يرقات حفارات النخيل وغيرها الموجودة في قلب الشجرة مع تشجيع أصحاب البساتين على القيام بهذه العملية كل سنتين على الأقل للتخلص من مصدر الإصابة.
2. التركيز على وسائل المراقبة تجاه مختلف الآفات مثل المصائد الضوئية تجاه حفارات النخيل ودودة البلح الصغرى والمصائد الفرمونية تجاه دودة البلح الصغرى وبعض أنواع الحفارات كما تستعمل الفرمونات الجاذبة والطعمية في مراقبة ومكافحة سوسة النخيل الحمراء. قد يختلف تصميم المصيدة المستعملة في مكافحة السوسة من منطقة إلى أخرى حيث أن انجذاب الحشرة يتأثر بتصميم المصيدة ولونها وكمية الغذاء الموضوع فيها والفرمون المستعمل فضلاً عن تداخل العوامل المناخية مع هذه العوامل. كما يجب إتباع نظام معتمد لأخذ العينات المتعلقة بالإصابة وأطوار الآفة. يتطلب القيام بعمليات الرصد والمراقبة، أن تأخذ بعين الإعتبار بعض العوامل المهمة منها عدد ونظام توزيع النخيل المطلوب مسحه في وحدة المساحة والطور المستهدف وحجم العينة (عدد السعف/النخلة، الخوص/سعفة) وآلية جمعها. بالنسبة للدوباس فان أفضل

موعد لتقدير الإصابة هو أثناء مرحلة البيض نظراً لصعوبة رصد الحشرة التي تكون سريعة الحركة أثناء مرحلتي الحوريات أو البالغات.

3. معالجة الجروح الناتجة عن التكريب وازلة الرواكيب والفسائل حيث يمكن أن يستعمل الجبس أو السمنت أو اي مادة مناسبة مع احد المبيدات الموصى بها ويوضع بشكل تغفير على مكان الجرح لمنع إصابتها بالعفن ومنع سوسة النخيل من وضع البيض.
4. استعمال أكياس من الشاش أو البلاستك مشبك لتغليف العذوق قبل النضج من أجل حماية الثمار من الإصابة بآفات التمور الناضجة.
5. تطبيق الإجراءات التشريعية التي تمنع انتقال بعض الآفات من منطقة إلى أخرى وتفعيل إجراءات الحجر الزراعي التي تحظر استيراد أي نوع (أشجار، فسائل، أو اجزاء) من النخيل من دول تنتشر فيها الإصابة بآفة خطرة إلى دول غير موبوءة وكذلك الحال مع إجراءات الحجر الداخلي.
6. يمكن تطبيق دمج تقنية المصائد الفرمونية مع مواد حيوية أو صديقة للبيئة مثل استعمال مسببات أمراض الحشرات مثل *Beauveria bassiana* والفيروسات تجاه سوسة النخيل الحمراء وحفارات النخيل حيث تجذب الحشرة إلى موقع ملوث بالفطر الممرض ثم يسمح لها بالهروب لتكون مصدراً للعدوى في الطبيعة.
7. التأكيد على تطبيق الإجراءات التي من شانها المحافظة على الأعداء الحيوية المحلية وتنشيط دورها مثل متطفلات بيض الدوباس (*Oligosita* spp.) ومتطفلات يرقية متنوعة ومفترسات منها أسد المَنْ والدعاسيق الصغيرة مثل *Stethorus gilvifrons* الذي يفترس أطوار حلم الغبار بكفاءة عالية فضلاً عن تربية وإطلاق عوامل المتطفلات التي أعطت نتائج جيدة عند استعمالها تجاه آفات النخيل في البلدان التي تتوافر فيها البنى التحتية والإمكانات الفنية والعلمية مثل متطفلات البيض *Trichogramma* spp. ومنها النوع *Trichogramma evanescens* تجاه دودة البلح الكبرى، دودة البلح الصغرى، دودة ثمار الرمان ودودة الطلع وأنواع عث التمور على أن تحدد أعداد المتطفلات في الإطلاق الواحد وعدد الإطلاقات تبعاً للآفة والمنطقة المستهدفة. كذلك تربية وإطلاق متطفل اليرقات *Bracon* spp. (Bedford *et al*., 2015؛ El-Bouhssini & Faleiro, 2018).
8. استعمال مستحضرات مبيدات حيوية مثل مستحضر البكتيريا Bt لمكافحة دودة البلح الكبرى ودودة البلح الصغرى (الحميرة) ويجب ان يكون الرش بعد اكتمال عقد الثمار مباشرة على أن تحدد الجرعة حسب المستحضر وحجم النخلة وعدد العذوق. كما أن الفيروسات الممرضة

للحشرات مثل *Rhabdionvirus oryctes* ممكن أن تكون ذات فائدة تجاه حفار النخيل (*Oryctes rhinchoceros*) حيث تلوث الحشرات ثم تطلق لتلوث مصدر إصابة حشرات أخرى وهكذا تستمر العدوى في الحقل حيث أعطت هذه التقنية نتائج ايجابية في المناطق التي استعملت فيها هذه. أما العامل الممرض الآخر فهو النيماتودا منها أنواع من الجنسين *Heterorhabditis* و*Steinernema* التي يمكن ان يكون لها دور فاعل تجاه سوسة النخيل الحمراء والحفارات.

9. التأكيد على استعمال مواد آمنة ذات طابع إحيائي أو من أصل نباتي أو مواد أخرى صديقة للبيئة عند وجود حاجة لإجراءات إضافية في مكافحة آفات النخيل. وعند وجود حاجة للمكافحة الكيميائية باعتبارها الإجراء الأخير في برامج إدارة آفات النخيل يجب استعمال المبيدات الإنتقائية الأكثر أمانا تجاه آفات الثمار، كما يمكن أن تستعمل المبيدات الجهازية بطريقة معاملة التربة لمكافحة السوسة الحمراء والحفارات والدوباس وبقية الآفات التي تتغذى على النسيج الحي. كذلك يمكن أن تستعمل المبيدات الجهازية بطريقة الحقن لمعالجة الأشجار المصابة بالحفارات وسوسة النخيل والدوباس على أن يتم حساب الجرعة الفعالة حسب نوع المبيد وحجم النخلة وارتفاعها والآفة المستهدفة.
10. التأكيد على ضرورة الاهتمام ببرامج التوعية والتدريب العملي للفلاحين من خلال زجهم في برامج إرشادية تشاركية متقدمة مثل مدارس الفلاحين الحقلية FFS بشكل خاص. حيث أن إشراك المزارع (الفلاح) في تشخيص المشكلة واتخاذ القرار يعد من أكفأ الطرائق في نشر مفهوم إدارة الآفات وتطبيقاتها.

6.1.3. الإدارة المتكاملة لآفات الزيتون

1. التأكيد على مراقبة الآفات المحتملة من خلال استعمال المصائد الفرمونية والمصائد الطعمية في مراقبة ذبابة ثمار الزيتون على أن توضع المصيدة في الأشجار المثمرة في الصف الثاني بعد الحواف من أجل تقليل التلوث بالغبار. تستعمل المصائد الصفراء في المراقبة والحصول على المعلومات المتعلقة بوجود الآفة أو غيابها وكذلك معرفة اتجاه مجتمع الآفة في الوقت المحدد. تعزز عملية مراقبة نشاط البالغات بمراقبة الأطوار غير البالغة من خلال أخذ عينات عشوائية من الثمار بكمية تمثل المساحة المستهدفة والبحث عن وجود البيض واليرقات ويحسب الحد الحرج. أما بالنسبة لأنواع العث فتتم عملية المراقبة لنشاط الآفة باستعمال المصائد الفرمونية أيضاً التي تعلق في البساتين، وفق معدلات محسوبة مسبقاً (علي، 2017)، عند بداية نشاط

الحشرات في الربيع. كما تؤخذ عينات من العناقيد الزهرية والثمار حسب مرحلة النمو وجيل الحشرة المستهدف بحيث تكون العينة ممثلة للاتجاهات الأربعة وارتفاعات مختلفة.

2. في المناطق التي ينتشر فيها حفار الساق تكون عملية المراقبة والرصد تجاه البالغات باستعمال المصائد الضوئية أو الفرمونية، وكذلك يتم حساب نسبة وجود الأطوار غير البالغة. تستعمل حواجز اليرقات التي تكون مشبكه حيث توضع حول ثقوب الخروج لمسك الحشرات وكذلك مراقبة جلود الإنسلاخ بالنسبة للأطوار اليرقية، أما بالنسبة للبيض فيمكن البحث عنه ومراقبة تعداده في أماكن التغذية السابقة. توجد اليرقات الحديثة في الغالب على النموات التي تكون بعمر سنة واحدة، أما اليرقات المتقدمة في العمر فتكون على الأغصان الكبيرة أو على الجذع الرئيس حسب مرحلة نمو اليرقة.
3. الإجراءات الزراعية وتشتمل على زراعة أصناف غير مثمرة في الحدائق العامة لكي لا تكون مصدراً للإصابة بآفات الثمار، جمع الثمار المتساقطة والتخلص منها. التقليم وإزالة الأجزاء المصابة والتخلص منها، التأكيد على إجراء عملية الحراثة لأرض البستان والعزق ونظافة البستان من أجل التخلص من العذارى الموجودة فيها، توقيت موعد الحصاد من أجل الهروب من الإصابة الشديدة التي تسببها آفات الثمار. أما بالنسبة لحفار الساق فيمكن زراعة أصناف متحملة أو مطعمة على أصول متحملة والاهتمام بنظافة الأشجار وإزالة السرطانات والأفرع غير المرغوبة وكذلك قطع الأغصان المصابة وإزالتها والتخلص منها. كما أن غمر أرض المزرعة بالماء بعد جمع المحصول يساعد على قتل العذارى الموجودة في التربة.
4. استعمال أصناف حساسة للآفة (دودة ثمار الزيتون) تزرع بنسبة قليلة لا تتجاوز 5% من مجموع الأشجار المزروعة. هذه الأصناف أما تكون ضمن الحقل أو تزرع على الحواف حيث تنجذب الآفة إليها أكثر من انجذابها للصنف الرئيس وبذلك يمكن التدخل بالوسائل المتاحة لمكافحتها مع المحافظة على التوازن الطبيعي داخل البستان (المزرعة).
5. تقليم الأشجار بأسلوب لا يؤثر في الإثمار وإنما يساعد فقط على زيادة التهوية وتكوين مجموع خضري صحي. وكذلك تنظيف حاويات تعبئة ونقل الثمار التي تكون مكاناً مناسباً للتعذر مما يتطلب جمع اليرقات والعذارى العالقة فيها وحرقها للتخلص من مصادر الإصابة اللاحق. بالنسبة لحفار الساق يمكن جمع الإناث في المساحات الصغيرة حيث تشاهد على الساق لوضع البيض وكذلك جمع البيض وإزالته من على الجذع بوساطة فرشاة.
6. استعمال مواد طاردة مثل الكاؤلين Kaolin clay أو أي مادة مشابهه من حيث الخواص والمفعول التي تعمل على إبعاد البالغات حيث يمزج مع الماء ويرش على الأشجار بوساطة

المرشات ذات الضغط العالي وبذلك تتكون طبقة رقيقة بيضاء تعمل كحاجز أمام وصول البالغة إلى الثمار حيث أن هذه المادة غير سامة للنبات أو الحشرات.

7. استعمال مادة لاصقة على مكان خروج بالغات حفار الساق كما يمكن استعمال غرابيل أو وعاء حول منطقة الخروج لمسك البالغات ومنعها من التزاوج. أما الإجراء الأخر فيتمثل باستعمال أسلاك بأقطار مناسبة تغرز في الثقوب لقتل اليرقات أو يستعمل معجون لاصق في الثقب لغلقه من أجل قتل اليرقة بداخله.
8. تعزيز دور الأعداء الحيوية مثل المتطفلات اليرقية على دودة ثمار الزيتون والمتطفلات البيضية على أنواع عث الزيتون وكذلك المفترسات والمتطفلات التي تتغذى على البسيلا والبق الدقيقي والحشرات القشرية والحلم.
9. استعمال المصائد الجاذبة القاتلة حيث يوضع الطعم الغذائي في كل مصيدة بينما يستعمل الفرمون الجنسي بواحدة من بين كل أربع مصائد ويوضع معها أحد المبيدات الموصى بها في كل بلد. كما يمكن أن تستعمل مصائد الجذب والقتل التي هي عبارة عن أكياس صغيرة تحتوي على الطعم الجاذب والجنسي وتغمس في محلول مبيد تستعمل بمعدل يتم تحديده حسب عدد وعمر الأشجار على أن تستعمل هذه المصائد قبل بداية التزاوج حيث يمكن أن توفر حماية على طول الموسم.
10. تطبيق الرش الجزئي قدر الإمكان باستعمال الطعوم السامة على جزء من الشجرة بمساحة يتم تحديدها تبعاً لطبيعة الطعم وحجم الشجرة وشدة الإصابة. يمكن أن يتم الرش على شجرة بأكملها وترك شجرتين بدون رش، أو رش صف كامل من الأشجار وترك صفين مجاورين بدون رش. أما الرش الكامل فيشمل جميع الأشجار وينفذ عندما تصل نسبة الإصابة الحد الحرج الذي يختلف تبعا للصنف المزروع على أن يطبق الرش عندما تكون هناك جدوى اقتصادية من العملية وأن يكون الإثمار جيد ويطبق في المساحات الواسعة مع التأكيد على استعمال مواد آمنة بيئياً بإشراف الفنين من دائرة وقاية النبات ودوائر الزراعة في المناطق المعنية حيث يكون الرش إجراء استثنائياً ومحدداً في المواقع التي تتطلب هذا الإجراء من أجل المحافظة على الأعداء الحيوية التي تتغذى على آفات الزيتون.
11. بالنسبة للعث تستعمل مواد أمنة مثل البكتيريا Bt عندما تتجاوز نسبة الإصابة في العناقيد الزهرية أو الثمار الحدود الحرجة المحددة مسبقاً في المنطقة المعنية.

12. تحدد عملية المكافحة لحفار الساق تبعاً لمستوى العتبة الاقتصادية الذي يختلف تبعاً لعمر الشجرة على أن يتم التركيز على البؤر المصابة وقد تتوافق هذه الإجراءات مع مكافحة آفات الزيتون الأخرى.
13. التأكيد على برامج تدريب الفنيين والمرشدين على استعمال أنواع المصائد مع برامج توعية للمزارع ومشاهدات حقلية فضلاً عن الأيام الحقلية الإرشادية. يمكن اعتماد أنظمة خبيرة Expert systems في حالة وجود الإمكانات اللازمة لذلك. وكذلك التأكيد على الاستفادة من التعاون الدولي والمنظمات غير الحكومية التي تأسست في مختلف الدول المنتجة للزيتون وكونت مع بعضها مؤسسات تخصصية مثل منظمة البحوث الزراعية في الشرق الأدنى وشمال أفريقيا (AARINENA) وقامت بإطلاق شبكة معلوماتية تهتم بكل الجوانب المتعلقة بزراعة وإنتاج وتسويق الزيتون (Olive Network). كما تهتم شبكة المعلومات بالدراسات العلمية الموثقة على العوامل التي تتحكم بمجتمع الآفات الرئيسية وكذلك الأعداء الحيوية. إذ أن إتباع أسلوب الجهود المشتركة بين الأطراف ذات العلاقة يسهم في الحصول على المعلومات المطلوبة وتوظيفها ضمن برامج إدارة الآفات.

7.1.3. الإدارة المتكاملة لآفات التفاحيات واللوزيات

في الآونة الأخيرة صار هناك توجه في عدد من بلدان العالم نحو نظام إدارة خاص بأشجار الفاكهة أطلق عليه الإنتاج المتكامل لثمار الفاكهة (Integrated fruit production, IFP) الذي يعرف على أنه إدارة الإنتاج الاقتصادي الناجح لثمار الفاكهة ذات الجودة العالية مع أفضل حماية للنظام البيئي الزراعي، الصحة العامة، الحيوانات الأليفة والبرية والبيئة العامة (Cross *et al*., 2008). يركز هذا النظام على وسائل الحماية التي لا تستعمل المبيدات أو التي تستعملها بالحدود الدنيا. لذلك فان الهدف هو ضمان الحصول على فاكهة آمنة للاستهلاك البشري الذي يمكن تحقيقه من خلال التركيز على الممارسات الزراعية الجيدة التي تبدأ قبل زراعة المحصول وتستمر مع مراحل الإنتاج وجني الثمار ومراحل التعبئة والتسويق وصولاً إلى منافذ البيع. أما الهدف الثاني فهو المحافظة على بيئة البستان/المزرعة والحياة البرية، حيث يكون التركيز على تحقيق بيئة متوازنة في البستان والمحافظة على التنوع النباتي والحيواني. كما تحفز دور الأنواع المحلية والاهتمام بمصادر الماء وكذلك تستعمل حواجز أو مصدات رياح لحماية البستان من المؤثرات الخارجية. بالنسبة لأشجار التفاحيات هناك عدد من الخطوات التي تبدأ بإنشاء البستان الجديد وتستمر في مراحل النمو والاثمار اللاحقة يجب تلبية متطلباتها من أجل تحقيق إدارة متكاملة للإنتاج وتشمل على:

1. بالنسبة لإنشاء البساتين الجديدة، التأكيد على اختيار موقع مناسب للبستان/المزرعة والصنف الذي يزرع وتحديد نظام الزراعة حيث يجب أن تتوافق هذه المكونات مع بعضها من أجل تحقيق الفائدة البيئية والاقتصادية. كما يجب التركيز على الأصناف المقاومة أو المتحملة للإصابة بالآفات والتي تتسم بمواصفات نوعية عالية وغزارة في الإنتاج والتأكد على استخدام شتلات سليمة مصدقة. تزرع بعض المحاصيل كغطاء لأرض البستان وتستعمل كمصدر لتوفير المادة العضوية المضافة. يجب أن يكون موقع البستان الجديد في مكان جيد التهوية وكذلك جيد الصرف مع الأخذ بعين الاعتبار أن يكون بعيداً عن مصادر التلوث ومعرفة مستوى الماء الأرضي وانحداره. كما يجب أن يكون بعيداً عن البساتين القديمة أو المتروكة لتجنب حدوث الإصابة. التأكيد على ضرورة التخلص من البساتين القديمة المتروكة التي تعد مصدراً للإصابة بالآفات المختلفة مع عدم زراعة بستان جديد بعد القديم مباشرة إلا بعد فترة مناسبة مع زراعة محاصيل غطائية تقلب في التربة لتعزيز المادة العضوية. التأكيد على زراعة الأصناف المتكيفة للبيئة في المنطقة المستهدفة وزراعة المساحة بين الأشجار بمحاصيل تمنع التعرية مع التخلص من الأدغال/الأعشاب.
2. إدارة التربة التي تشمل توفير المواد التغذوية المتوازنة للأشجار واعتماد نظام ري ملائم. إذ أن تركيب التربة وتوافر المواد العضوية والخصوبة تساعد على إدامة المواد التغذوية والرطوبة المناسبة وتقلل التلوث مما يشجع نشاط أحياء التربة النافعة وتساعد على إبقاء الأشجار بحالة صحية جيدة لديها المقدرة على مقاومة أو تحمل الإصابة بآفات عديدة. إن هدف التسميد والري في نظام الإنتاج المتكامل هو تقليل الفقد في المواد التغذوية والمحافظة عليها في التربة ضمن مستوى معين. حيث تضاف الأسمدة والمغذيات وفق الإحتياجات بعد إجراء فحص للتربة وتقدير الكمية المطلوبة كما أن الري بالتنقيط أفضل من حيث توفير الاحتياجات المائية وتقليل حدوث الأمراض.
3. الاهتمام بعمليات خدمة الأشجار وإجراء عملية التقليم بالشكل الصحيح من أجل الحصول على توازن بين المجموع الخضري والإنتاج على أن تتم عملية التقليم بأسلوب يسمح بتوفير إضاءة كافية لأجزاء الشجرة، كما أنه يسمح بإيصال الرش إلى قلب الشجرة.
4. تطبيق التقانات التي من شأنها حماية الأشجار من كل الآفات الحشرية والحلم ومسببات أمراض النبات والأدغال وكذلك من الحيوانات الضارة من خلال استعمال وسائل متوافقة بيئياً واقتصادياً. حيث تكون الأولوية نحو استعمال وسائل زراعية وحيوية ووراثية والتي تعني زراعة أصناف

مقاومة، كما تستعمل الأصناف المطعمة على أصول مقاومة بحيث يتميز الصنف الجديد بمواصفات عالية الجودة وغزارة إنتاج.

5. إزالة العوائل الثانوية التي تصاب بآفات أشجار الفاكهة على أن لا تؤثر في البيئة البرية ونوع التربة.
6. تطبيق نظام مراقبة فعال ومستمر ويتم من خلال استعمال الطريقة العينية لتقدير الإصابة على الثمار وأجزاء الشجرة، وتستعمل المصائد الفرمونية والمصائد اللاصقة للصيد (المراقبة) والمكافحة.
7. تكون المكافحة مبنية عل تطبيق الحد الحرج للإصابة وتسجيل حالة الطقس وتاريخ الآفة في البستان حيث يعتمد سجل خاص بالمزرعة يدون فيه كل الإجراءات المنفذة ومواعيد المكافحة وأنواع وكميات المبيدات المستعملة والآفة المستهدفة. والتركيز على استعمال المبيدات الآمنة بيئياً التي تكون متوافقة مع عناصر الإدارة الأخرى مع اعتماد أسلوب التعاقب في استعمال المبيدات لتلافي تطور المقاومة لدى الآفة، حيث أن الآفات المستهدفة غالباً ما تكون دودة ثمار التفاح، دودة الثمار الشرقية، ذبابة الخوخ، ذباب التفاح، صانعات الأنفاق، الحشرات القشرية والبق الدقيقي والبسسلا والمنّ فضلاً عن أنواع الحلم. وعادة يتباين انتشار هذه الأنواع وشدة الإصابة تبعاً للمنطقة وإجراءات الإدارة المتبعة. في حالة وجود حاجة يجب استعمال وسائل رش كفوءة يتم تعييرها من أجل إيصال المبيد إلى الآفة المستهدفة.
8. إجراءات بعد الحصاد التي تطبق من أجل نظافة الحاصل أثناء النقل والتعبئة والتسويق والاهتمام بمعالجة العبوات التي تستعمل في تسويق الحاصل ووسائل نقل البضاعة إلى منافذ البيع والتسويق.
9. التأكيد على التواصل المجتمعي الذي يضمن حصول جميع المستفيدين على المعلومات المطلوبة المتعلقة بوسائل التوعية والوسائل الإرشادية التي تشتمل على النشرات والدوريات والاجتماعات فضلاً عن مدارس الفلاحين وأيام الحقل.

أما نظام الإدارة والإنتاج الشامل لأشجار الفاكهة اللوزية فان الخطوات تتشابه مع الخطوات المذكورة آنفاً وتتضمن:

1. في حالة إنشاء بستان جديد يجب اختيار الموقع المناسب للبستان والصنف الملائم في البيئة المستهدفة مع توفير المعلومات المتعلقة بطبوغرافية الأرض واتجاه انحدارها ونوع التربة والماء الأرضي. كما يجب معرفة الإجراءات الزراعية المطلوبة فضلاً عن معرفة الآفات المنتشرة في

المنطقة والمعلومات المتعلقة بدورة حياة كل منها. وكذلك ما يتعلق بالأعداء الحيوية وعوامل البيئة المحيطة وما هي الوسائل المتاحة للمكافحة التي يجب أن تعتمد في تصميم نظام تطبيقي معتمداً على العتبة الإقتصادية. هذه الإجراءات تنفذ من خلال التواصل والعمل التشاركي بين المختصين والمزارعين.

2. الحصول على بيانات الطقس من أقرب محطة للأنواء الجوية من أجل متابعة وتسجيل كل ما يتعلق بالعوامل المناخية في المنطقة المستهدفة. كما يجب تنظيم سجل خاص بكل الجوانب المتعلقة بموقع المزرعة ونوع الأشجار وعمرها والآفات السائدة وعوامل المناخ المؤثرة فضلاً عن توثيق كل إجراء يتم في الموقع خلال مراحل نمو الشجرة.
3. تطبيق الوسائل الزراعية التي تتضمن استعمال أصناف غير حساسة للآفات المختلفة بضمنها الأمراض النباتية قدر المستطاع، مثل إجراء عملية التقليم بشكل صحيح بما يسمح بالتهوية ويقلل من احتمال حدوث الإصابة بالأمراض النباتية، إزالة الأفرع الضعيفة والصغيرة على أن يتم التقليم بالوقت المناسب وحسب نوع الأشجار. أما الوسائل التي من شأنها المحافظة على صحة الشجرة فتشتمل على الري المنتظم واستعمال السماد المناسب مع تجنب التسميد في الصيف أو الخريف من أجل تجنب ظهور النموات المتأخرة وكذلك إضافة كميات مناسبة من البوتاسيوم الذي يفيد في تقسية البراعم والأشجار بشكل عام، ازالة الأدغال/الأعشاب التي تنافس الأشجار على الغذاء فضلاً عن كونها مأوى للعديد من الآفات التي تصيب أشجار الفاكهة.
4. إجراء عملية خف الثمار لتفادي تكسر الفروع وحدوث جروح تكون منفذا للحشرات ومسببات أمراض النبات على أن يكون الخف بطريقة تساعد في الحصول على أكبر حجم للثمار وتفادي تلامس الثمار مع بعضها.
5. اعتماد حد الضرر الإقتصادي الحرج في استعمال وسائل المكافحة كلما كان ذلك ممكناً وحسب توافر المعلومات في البلد المعني. أما حفارات الساق من غمدية الأجنحة وخنافس القلف فتتم المراقبة باستعمال المصائد الضوئية كما تستعمل المصائد الفرمونية حسب توافرها تجاه النوع المستهدف وتستعمل البيانات المتحصل عليها في تحليل نشاط الآفة وحساب الحد الحرج واتخاذ قرار المكافحة.
6. تعزيز دور الأعداء الحيوية الطبيعية مثل أسد المَنْ والدعاسيق وذباب الحوام. وكذلك المفترسات الصغيرة منها *Stethorus* spp. و*Orius* spp. والحلم المفترس وغيره من المفترسات التي تعمل على إدامة مستوى الآفة تحت الحد الضار في أغلب المناطق ما لم يتدخل الإنسان بوسائل ضارة في مجتمعات الأعداء الحيوية. يمكن تعزيز دور الأعداء الحيوية من خلال توفير مصادر

الغذاء والملاجئ الآمنة وتجنب استعمال مواد توثر فيه هذه الأنواع. في حالة توافر وسائل المكافحة الحيوية التطبيقية تستعمل بالتوقيتات والنسب المحددة لكل نوع ولكل منطقة جغرافية عند وجود حاجة لتعزيز ما هو موجود في الطبيعة.

7. بالنسبة لوسائل المكافحة الكيميائية، تستعمل الزيوت المعدنية في الرشة السباتية تجاه البيض والأطوار الساكنة. أما في مراحل النمو المختلفة فقد تستعمل المبيدات الموصى بها تجاه الآفة المستهدفة دون غيرها أو قد تكون تجاه أكثر من آفة حيث يحدد نوع الآفة ومستوى ضررها تبعاً لوسائل الرصد المتاحة ويكون الخيار الأول نحو البدائل الآمنة قدر المستطاع. حيث تتوافر العديد من المواد التجارية ذات الأصل النباتي أو العضوي أو الإحيائي حسب المنطقة أو البلد المعني.
8. التوجه نحو تطبيق أسلوب الإدارة التشاركية من خلال مدارس الفلاحين ليكون المزارع جزءاً من عملية تحليل المشكلة وصناعة القرار على أن يكون الإجراء على مستوى المنطقة حتى تكون النتائج أفضل والفائدة أكبر.

أدخلت بعض البلدان مفهوم الهندسة البيئية في إدارة الآفات (Ecological engineering for pest management) التي برزت في الآونة الأخيرة كنموذج لمناهج إدارة الآفات المعتمدة على الإجراءات الزراعية (التقانات) التي تؤثر سلباً في بيئة الآفة وتشجع وجود الأعداء الحيوية حيث أنها تهتم باستيعاب المعلومات البيئية بدلاً عن التقانات المتطورة مثل المبيدات المصنعة والأصناف المحورة وراثياً. تشتمل تقانات الهندسة البيئية التي تطبق تحت سطح التربة على الإجراءات المتعلقة بإدارة الآفات التي تستوطن التربة وتصيب البذور والبادرات. حيث يمكن إدارتها من خلال التداخل الأحيائي واستعمال الأصناف المناسبة. أما الإجراءات التي تشجع نمو الأحياء النافعة وتحسين خصوبة التربة فتشتمل على زراعة محاصيل بقولية ضمن دورة المحاصيل التي تزرع تحت الأشجار من أجل تعزيز المحتوى النيتروجيني في التربة، إبقاء الغطاء النباتي على مدار السنة أو بقاء مخلفات المحصول وقلبها في أرض البستان، إضافة المادة العضوية على شكل سماد حيواني أو نباتي أو فيرميكومبوست ومخلفات النبات التي تشجع التنوع الأحيائي تحت سطح التربة، استعمال المخصبات الأحيائية اعتماداً على اختبار التربة مع التركيز على المايكورايزا (Mycorrhiza)، وكذلك محفزات النمو من الرايزوبيا (Plant growth promoting rhizobia, PGPR)، واستعمال مبيدات أحيائية مثل مستحضرات الفطر الترايكوديرما (*Trichoderma harzianum* و *Trichoderma viride*) والبكتيريا *Pseudomonas fluorescens* لمعاملة البذور والشتلات والأجزاء النباتية أو يمكن أن

تضاف في الحقل في حالة توافر المستحضرات التجارية لهذه العوامل الملائمة للاستعمال الحقلي. أما إجراءات الهندسة البيئية فوق سطح التربة فتضم وسائل حماية وتشجيع الأعداء الحيوية التي تسهم بدور كبير في إبقاء مجتمع الآفة تحت المستوى الضار. إن تنوع الأعداء الحيوية يساعد على مكافحة الآفات الزراعية تحت وفوق سطح التربة. قد تحتاج بعض أنواع الأعداء الحيوية إلى مصادر غذاء مثل حبوب اللقاح والرحيق، المأوى ومكان حماية أو مكان للتشتية وظروف مناخية ملائمة. كما تتطلب وجود عائل بديل في حالة عدم توافر العائل الأصلي من أجل إدامة استمراريتها في النظام البيئي. لذلك فإن انجذاب العدو الحيوي إلى المكان المستهدف يتطلب تلبية عدد من المتطلبات مثل استعمال النباتات الزهرية التي توفر مصادر غذاء للبالغات. تزرع هذه النباتات ضمن الحقل إذا كانت قصيرة الساق أو على الحواف إذا كانت طويلة الساق التي تعمل كحاجز يساعد على تجنب هجرة الآفات إلى المناطق المجاورة، وقد يكون المحصول المزروع من المحاصيل الإقتصادية التي تحقق فائدة إضافية للمزارع. أما الإجراء الآخر فهو عدم إزالة بعض أنواع الأدغال/الأعشاب التي توفر مصادر الرحيق وحبوب اللقاح. كذلك تقليل عمليات الحراثة أو أن تكون الحراثة سطحية أو جزئية من أجل عدم إيذاء الأنواع المشتية داخل التربة. تزيد هذه الإجراءات من التنوع الأحيائي الذي ينعكس على زيادة أعداد الأعداء الحيوية مثل المفترسات من العناكب والدعاسيق وأسد المنّ. أما استعمال عوامل المكافحة الحيوية فهناك أمثلة كثيرة منها استعمال بعض المفترسات. وبالنسبة لمكافحة الحشرات القشرية والبق الدقيقي فإنها تركز على جمع وإتلاف الأجزاء شديدة الإصابة ومكافحة النمل الذي يساعد على نشر أفراد الحشرة على أجزاء الشجرة. في حالة وجود حاجة لإجراءات المكافحة الإضافية تستعمل الزيوت المعدنية مع إطلاق الخنافس المفترسة. وفي مرحلة الإثمار يتم جمع الأجزاء المصابة بالبق الدقيقي وإتلافها بضمنها الأفرع والثمار من أجل المحافظة على صحة الأشجار لأن النبات الضعيف يكون أكثر عرضة للإصابة. أما بالنسبة لديدان الثمار كذلك يكون الإجراء جمع وإتلاف الثمار المصابة المتساقطة في أرضية البستان وحراثة صيفية تجاه العذارى. في بعض المناطق تستعمل طريقة التكييس (تغطية الثمار) بأكياس خاصة من الشاش أو أي مادة مناسبة تمنع وصول الآفة إليها. كما تستعمل المتطفلات مثل *Apanteles* spp. تجاه اليرقات في البلدان التي تتوافر فيها البنى التحتية والخبرات لتربية وإكثار الأعداء الحيوية مع استعمال المصائد الجاذبة أو مصائد الجذب والقتل وكذلك مصائد تضليل الذكور.

لذلك فان نظام الإنتاج المتكامل للفاكهة (Integrated fruit production, IFP) أثبت كفاءة عالية في إدارة الإنتاج الإقتصادي الناجح لفاكهة ذات جودة عالية مع أفضل حماية للنظام البيئي الزراعي، الصحة العامة، الحيوانات الأليفة والبرية والبيئة بشكل عام. لذلك فان هذا التوجه يجب ان

يكون من أولويات البحث العلمي العربي في مجال تطوير واستعمال أنظمة إدارة الآفات وأنظمة إدارة المحاصيل واستدامتها بشكل عام.

2.3. مستويات التكامل

إن اعتماد نظم مبتكرة لإدارة الآفات تعتبر مكملاً لممارسة الطرائق العلاجية المباشرة التي غالباً ما تكون مبنية على مكافحة الآفات في الحقل الواحد أو ربما على مستوى المزرعة (Lewis *et al.*, 1997). في جميع الفقرات السابقة عند مناقشة الإدارة المتكاملة للآفات كنا نقصد في أغلب الأحيان التكامل على مستوى المزرعة. إن اعتماد مقاربة "النظم" يعالج أية مشكلة محددة في وقاية المحصول ليس فقط كنتيجة لتفاعل الآفة مع المحصول بل يأخذ بالإعتبار جميع الظروف المحيطة بهذا التفاعل. يعني ذلك الأخذ بعين الإعتبار جميع أصحاب العلاقة المستفيدين بما فيهم المزارعين، المرشدين الزراعيين، موزعي المواد الزراعية بما فيها الكيماويات، وكذلك أصحاب القرار، مما يعني الأخذ بعين الإعتبار العمليات البيوفيزيائية والإقتصادية والإجتماعية (مثل دورة حياة الآفة، الإحتياجات المائية، طرائق الإتصال، التكنولوجيا المتوافرة، نقل المعرفة، التسويق)، بالإضافة إلى دور المؤسسات الرسمية وغير الرسمية التي تشمل السياسات والقوانين وطرائق التصديق المختلفة. يغطي هذا الأسلوب مستويات التكامل المتعددة والتي تشمل النبات، المحصول، المزرعة، المحيط المجتمعي المباشر، المنطقة، البلد. إن فرضية ضرورة إتباع طريقة "النظم" بمعناها الشامل مبنية على أن مشكلة أية آفة محددة على مستوى النبات أو المحصول لا يمكن حلها بطريقة ناجعة إذا لم نخلق بيئة مساعدة لفهم الإنتشار الوبائي للآفة على مستوى تكاملي أعلى. عند اتباع طريقة "النظم" تعتبر الإبتكارات كنتائج لمجموع سبل التقدم المعتمدة، أكانت تكنولوجية أو اجتماعية أو مؤسساتية والتي لها تأثير في النظام بشكل عام والذي يبدأ في الحقل أو المزرعة صعوداً إلى المجتمع الريفي فالمنطقة فالبلد، وكذلك جميع المنتفعين من القطاع الزراعي (Rodenburg *et al.*, 2015). ومع قناعة العديد من العاملين في القطاع الزراعي بأن اعتماد طريقة "النظم" لها فوائد جمة، إلا أن تطبيق هذه الطريقة لحل مشاكل وقاية المحاصيل في البلدان العربية لا تزال محدودة. كما أنه لا يوجد دراسات منشورة تشير إلى قيمة اتباع هذه الطريقة في مقاربة مشاكل وقاية النبات في البلدان العربية، وهو موضوع لا بد من التمعن فيه في العقود القادمة.

4. تطوير طرائق مكافحة بديلة للمبيدات الكيميائية وزيادة الإعتماد عليها

هناك العديد من الطرائق التي يمكن استخدامها وتعظيم دورها في المكافحة للآفات الزراعية كطرائق بديله للمبيدات الكيميائية المصنعة أو تستخدم ضمن برامج المكافحة المتكاملة للآفات للحد من انتشار الآفات وترشيد استخدام المبيدات ومنها:

1.4. زراعة الأصناف النباتية المقاومة للآفات

تعد المقاومة النباتية أحد الصفات الهامة في عدم تطور الممرض والمرض. تكون النباتات مقاومة لبعض الآفات إما بسبب أنها تمتلك جينات للمقاومة وتسمى مقاومة حقيقية وقد تورث بجين واحد أو أكثر لذلك قد تكون المقاومة تجاه الآفة عالية أو متوسطة أو منخفضة، أو المقاومة الظاهرية وهي تنتج من هروب النبات من الآفة أو تحمله للإصابة. وقد طورت الأصناف المقاومة للآفات، مثال ذلك زراعة القمح المقاوم لصدأ الساق الذي أسهم لحد كبير في انحسار المرض خلال القرن العشرين في وسط غرب الولايات المتحدة الأمريكية حيث تناقص تكرار ظهوره بشكل وبائي في كينيا، بعد عقود من التحكم الفعال في صدأ ساق القمح، انتشرت سلالات جديده من فطر صدأ الساق اعتباراً من أوائل الألفية الجديدة تغلبت على المقاومة الموجودة في حينه. لذلك يعمل الباحثون لتحديد مصادر مقاومة جديدة وتطوير وإطلاق أصناف جديدة عالية الغلة ومقاومة. وفي إحدى الدراسات تم تقويم 707 صنفاً لمقاومة الصدأ في محطة أبحاث نجورو التابعة لهيئة البحوث الزراعية والثروة الحيوانية في كينيا. وتم تحديد الأصناف المقاومة ونشرها كأصناف تجارية (Rehman *et al.*, 2018). في هولندا، تم استنباط أصناف من الخيار مقاومة للعنكبوت الأحمر. في مصر تم عمل مسح لـ 135 صنفاً من الشعير لتحديد جين مقاوم لمرض البياض الدقيقي واستخدامه في تربية أصناف مقاومة. ولتحقيق تقدم في هذا الإتجاه لا بد من: (أ) الاهتمام بالتقنيات الجزيئية لتحديد أسس المقاومة متعددة الجينات، (ب) وضع برامج لتربية أصناف نباتة مقاومة للأمراض النباتية أو الآفات الحشرية، ولتحقيق ذلك لا بد من التعاون بين إخصائي أمراض النباتات ومربي النباتات مع الأخذ في عين الإعتبار أهمية الآفة أو المرض وكيفية توريث صفة المقاومة، (جـ) وضع خارطة للمسببات المرضية التي يتم من خلالها تحديد الأصناف المنزرعة في كل منطقة، (د) تفعيل دور الدولة في إلزام المزارعين بزراعة بعض الأصناف تبعاً للخارطة المرضية.

2.4. المكافحة الحيوية للآفات

1.2.4. الطفيليات والمفترسات للآفات الحشرية – نظراً لما تتمتع به عوامل المكافحة الحيوية من ميزات ايجابية كبيرة تجاه المحيط البيئي والصحة العامة فقد لاقت الاقبال الكبير وحظيت بالإهتمام من قبل العاملين في القطاع الزراعي بشكل عام ووقاية النبات بشكل خاص. إذ أن الهدف من المكافحة الحيوية ليس القضاء على الآفة وإنما الوصول إلى حالة التوازن بين الآفة وأعدائها الحيوية بحيث يكون تعداد تلك الآفة دون المستوى الاقتصادي الحرج.

تعتمد تطبيقات المكافحة الحيوية للحشرات على ثلاث طرائق أساسية: (أ) استيراد الأعداء الحيوية: وهذه هي الطريقة التقليدية التي اتبعت منذ أن عرفت الجوانب الإيجابية لتطبيقات الإدارة المتكاملة واطلق عليها مفهوم المكافحة الحيوية التقليدية، (ب) حفظ أو حماية (صيانة) الأعداء الحيوية، (جـ) تربية وإكثار الأعداء الحيوية وهي الطريقة الأكثر شيوعاً في الوقت الحاضر.

يعتمد تطبيق المكافحة الحيوية على دراسات علمية معمقة التي من خلالها يتم التوصل إلى النوع المفضل والكفء. حيث تحققت انجازات كبيرة في مكافحة آفات مهمة اقتصادياً على مستوى العالم من خلال استعمال واحد أو أكثر من العناصر الرئيسة للمكافحة الحيوية التي تشتمل على المتطفلات والمفترسات ومسببات أمراض الآفات. إذ أن تحقيق هدف المكافحة الحيوية يتطلب دراسة الكائن الحي النافع دراسة متكاملة والتعرف على الظروف المناسبة لتكاثره وانتشاره وكيفية استمراره في الطبيعة، وتشمل الدراسات كل جوانب المتطلبات البيئية ودورة الحياة وعادات التغذية وطرائق تربية هذا الكائن الحي. هذه الدراسات ضرورية كذلك للآفة من أجل تحديد الظروف المناسبة لانتشارها وتشخيص الحلقات الضعيفة في دورة حياتها. أما بالنسبة للإكثار الكمي للأعداء الحيوية فإنه يعتمد على ثلاثة عوامل رئيسية مترابطة تحتاج إلى توافر معلومات كافية عن كل منها. تتمثل هذه العوامل بالأعداء الحيوية، الآفة المراد مكافحتها والعائل النباتي الذي تتغذى عليه الآفة. كما أن تطبيق المكافحة الحيوية بنجاح ضمن أي برنامج لإدارة الآفات يتطلب معرفة العوامل المؤثرة فيها.

وهناك عوامل عديدة مؤثرة في المكافحة الحيوية للحشرات أهمها: (أ) المناخ، الذي يعد من المحددات الرئيسية أمام انتشار عنصر المكافحة الحيوية لذلك لابد من معرفة المتطلبات المناخية لكل نوع قبل القيام بعملية النش، (ب) عدم ملائمة العائل النباتي، فقد توجد الآفة على نبات معين لكن المتطفل أو المفترس لا يهاجمها بسبب عدم ملائمة العائل النباتي الذي ربما يتصف بإنتاج مواد طاردة أو بسبب عوامل مظهرية تتعلق بشكل النبات مثل وجود أشواك أو شعيرات على النسيج النباتي تجعله غير مرغوب للمفترس أو المتطفل، كذلك فان قلة مصادر الماء أو الغذاء تعد من العوامل المهمة التي تؤثر في كفاءة المتطفل أو المفترس. فقد لا يكون الرحيق متوافر أو غير كافٍ وكذلك

بالنسبة للندوة العسلية أو حبوب اللقاح التي تتغذى عليها بالغات المتطفل أو المفترسات. أما العامل الآخر فهو التنافس الذي يؤثر بشكل كبير في النوع الجديد عندما تكون هناك حاجة إلى مصادر الغذاء نفسها التي تستعملها الأنواع الأخرى الموجودة أصلاً في المنطقة، (ج) استخدام المبيدات والعمليات الزراعية هما عاملان مهمان جداً في التأثير في تعداد مجتمعات الأعداء الحيوية في الطبيعة إلا أن كلاهما يحدث بسبب تدخل الإنسان.

وهناك عوامل أخرى مثل: (أ) العلاقة بين العدو الحيوي والآفة وتحتاج إلى مزيد من الدراسات منها عدم وجود التوافق في دورة حياة المتطفل وعائله، العائل النباتي يجعل الحشرة العائل غير مرغوبة للمتطفلات، وجود سلالات حيوية من الآفة تكون غير مفضلة من قبل العدو الحيوي (المتطفل)، عدم توافر العمر المفضل بكمية كافية. يمكن زيادة كفاءة الأعداء الحيوية في الحقل من خلال أحد الإجراءات المعتمدة مثل القيام بالنشر الدوري لمجاميع الأعداء الحيوية (Periodic colonization) حيث تكثر في وحدات خاصة وتطلق في الحقل بين الحين والآخر أو تجمع من مكان وتطلق في مكان آخر من أجل زيادة كفاءتها في المكان الثاني، انتخاب السلالة التي تكون متكيفة بشكل أفضل للظروف البيئية وتسمى الاختيار الموجه (المصطنع) (Artificial selection)، وتوفير الغذاء اللازم للبالغات، حيث يمكن أن يستعمل محلول سكري أو أي مادة مناسبة أخرى لجذب البالغات إلى المكان المعين كما في أسد المنّ حيث تتغذى البالغات وتضع بيضها في ذلك المكان. في حالة عدم توافر العائل الرئيس يكاثر المتطفل على عائل ثانوي وكذلك في حالة عدم توافر العائل النباتي للآفة يستخدم مصدر نباتي آخر وتستحدث عدوى مصطنعة لتلبية متطلبات العدو الحيوي وهكذا تتم العملية في ظروف مسيطر عليها مثل البيوت الزجاجية على أن يكون العائل النباتي مقبول من قبل المتطفل. على سبيل المثال تكثر مفترسات ذبابة الياسمين البيضاء (*Aleuroclava jasmine*) على ذبابة الخروع (*Trialeurodes ricini*) في بيئات محمية ومن ثم تطلق في بساتين الحمضيات ضمن برنامج إدارة ذبابة الياسمين البيضاء. أما الإجراء الآخر فهو التحورات البيئية من خلال إجراء بعض العمليات الزراعية لجعل المكان أكثر ملائمة للمتطفل أو المفترس. حيث أن عملية القطع الشريطي للجَتْ توفر مأوى للأعداء الحيوية ومكان مستمر للحماية والغذاء في الحقل، وبذلك يكون ألجَتْ مصدراً مهما لتواجد وتكاثر الأعداء الحيوية ومنطلقاً لها إلى الحقول والمحاصيل الأخرى. ونظراً للميزات الايجابية لعناصر المكافحة الحيوية فقد أصبحت من الأولويات التي تبنتها السياسة الزراعية في مختلف بلدان العالم ومنها عدد من الدول العربية. حيث تستعمل المستحضرات التجارية لعناصر المكافحة الحيوية تجاه الآفات الزراعية من مفصليات الأرجل ومسببات أمراض النبات. كما تقوم العديد من بلدان العالم بضمنها البلدان العربية التي لا تمتلك

الخبرة والبنى التحتية باستيراد منتجات تجارية (متطفلات، مفترسات ومسببات أمراض الآفات) واستعمالها تجاه العديد من الآفات الزراعية سعياً منها نحو تقليل أو استبدال المبيدات الصناعية بمواد أكثر أمناً واستدامة لإدارة الآفات. كما صار هناك توجه نحو التحول إلى الزراعة الواعية أو المنفتحة (Conscious agriculture) التي تتطلب مشاركة كل المسؤولين في العملية الإنتاجية للمحصول وسلسة المستهلكين مع الأخذ بعين الاعتبار توافر الظروف البيئية الملائمة وتوافر المصادر المطلوبة للأجيال القادمة حيث تعد الزراعة الحرة البديل المناسب للزراعة التقليدية وبذلك يكون لعوامل المكافحة الحيوية دور مشرق، و(ب) العلاقة بين العائل النباتي والمستويات التغذوية الأعلى ودورها في نظم إدارة الآفة، فقد وجد أن النباتات لديها مقدرة على إنتاج مواد كيميائية تطلق على شكل غازات متطايرة يمكن تمييز رائحتها عند الاقتراب من ذلك النبات. يختلف المفعول الدفاعي لهذه المواد تبعاً للآفة والعائل النباتي. كما يمكن أن يكون لها تأثير غير مباشر في حماية النبات من خلال جذب الأعداء الحيوية التي تهاجم الآفة وبذلك فإنها تسهم في حماية النبات العائل والنباتات المجاورة بطريقة غير مباشرة. إذ أن المواد المنبعثة من النبات تعمل كلغة تفاهم أو شفرات تفاهمية بين الأنواع المختلفة من الكائنات الحية وتسمى Semiochemicals وهي إما فرمونات Pheromones أو Allelochemicals التي يكون دورها إما جاذبات أو طاردات تعمل بين العائل النباتي والآفة والأعداء الحيوية. وجدت هذه الحالة في أنظمة زراعية مختلفة مثل القطن والذرة الصفراء ومحاصيل العائلة الصليبية والتفاح ولها تأثير في جذب المتطفلات من غشائية الأجنحة التي تهاجم آفات من حرشفية الأجنحة. لقد وجد أن المواد المنبعثة من النبات تكون متخصصة من حيث التركيب الكيميائي ونوع التأثير الذي تحدثه في الكائن الحي. بما أن وجود هذه المركبات في النسيج النباتي له علاقة بالأعداء الحيوية لذلك صار اتجاه البحث العلمي نحو تطوير مثل هذه العلاقة وكيفية الاستفادة منها في برامج إدارة الآفات. إذ أن المحتوى التغذوي والكيميائي للنسيج النباتي يمكن أن يؤثر بشكل مباشر في الأعداء الحيوية بواحد أو أكثر من الإتجاهات المتعلقة بالبقاء، السلوك، النمو أو الخصوبة وهذا التأثير قد يكون سالب أو موجب وفي بعض الأحيان قد لا يوجد مثل هذا التأثير.غير أن التداخلات التي تحدث بين العائل النباتي والآفات التي تصيبه وكذلك الأعداء الحيوية التي تتغذى على آفات المحصول لاقت اهتماماً واسعاً لدى العاملين في مجال الإدارة المتكاملة للآفات لما لها من أهمية في استقرار النظام البيئي الزراعي واستدامة الإنتاج باعتبارها عاملاً مهماً في تطبيقات برامج الإدارة المتكاملة تجاه العديد من الآفات الزراعية.

عزز التوسع في قاعدة المعلومات المتعلقة بتداخلات المستويات التغذوية الثلاث في النظام الطبيعي والنظام الزراعي اهتمام الباحثين باتجاه تطوير برامج مستدامة لإدارة الآفات. تعد المواد

الثانوية (Allelochemicals) من بين المواضيع البارزة التي لاقت اهتمام الباحثين كونها توفر علاقة كبيرة بين النبات العائل والآفة وكذلك تمثل شفرات تفاهم بين الكائنات الحية وتؤثر في سلوك الآفة تجاه العائل النباتي أو أنها تؤثر في سلوك العدو الحيوي تجاه النبات وآفاته. لذلك فهي من التوجهات المستقبلية الواعدة في تطبيقات أنظمة إدارة الآفات وإدارة المحصول (علي، 2017). إن المواد الثانوية التي يطلقها النبات يمكن أن تكون غازية (Plant volatiles) يستلمها العدو الحيوي عن طريق حاسة الشم أو قد تكون غير ذلك فقد يقوم العدو الحيوي بأخذ المواد عن طريق الجهاز الهضمي من خلال التغذية المباشرة على النبات أو من خلال تغذيته على أفراد الآفة التي كانت متغذية على عائل مقاوم وبذلك يكون تأثيرها مباشر في حياة العدو الحيوي (Godfray 1994). أما أن الصفات الكيميائية والمظهرية التي تشمل خشونة الورقة، سمك الكيوتكل أو وجود الأشواك الغدية وغير الغدية والعقد النباتية فضلاً عن شكل النبات ومظهره الخارجي كلها قد يكون لها تأثير سالب أو موجب في الأعداء الحيوية مع وجود اختلاف من عائل إلى أخر. لذلك فإن هذه الصفات يمكن أن تعطي النبات مستوى معين من المقاومة تجاه آفة زراعية معروفة وهذا يتطلب مزيداً من البحث العلمي الهادف إلى إدامة هذه المقاومة والاستفادة منها في برامج إدارة الآفات. إذ أن وجود مستوى منخفض من المقاومة مع وجود الأعداء الحيوية ممكن ان يوفر مستوى اقتصادي من المكافحة تجاه العديد من الآفات الزراعية على محاصيل مختلفة (Bottell *et al.*, 1998). إن دفاعات النبات من المركبات الثانوية (Synomones) التي يطلقها النبات كرد فعل عن تغذية الآفة تفيد النبات الذي يطلقها والعدو الحيوي الذي يستلمها وهي كذلك تؤثر في النباتات المجاورة لتجعلها جاذبة للأعداء الحيوية أيضاً. قد تكون هذه المواد ذات تركيب نوعي متخصص تجاه الأعداء الحيوية التي تتغذى على أكثر من آفة من محصول. اما الاستعمال التطبيقي للمواد الثانوية الجاذبة للأعداء الحيوية فيمكن أن يتم من خلال الرش المباشر لهذه المواد (Synomones) على العائل النباتي المراد حمايته أو من خلال تربية نباتات تطلق مستويات عالية من هذه المواد تعمل على جذب الأعداء الحيوية إلى ذلك العائل.

اتجه العديد من الباحثين إلى عمل نماذج لأشكال العلاقة التي يمكن أن تحدث بين المستويات التغذوية المختلفة (النبات – الآفة – العدو الحيوي) (Tritrophic interaction) وفيما إذا كان التأثير سالباً أو موجباً أو غير ذلك. قد يكون التأثير مباشر يحدث بين حلقتين متتاليتين ويسمى Intrinsic أو قد يكون غير مباشر يحدث على مستوى تغذوي غير مباشر ويسمى Extrinsic. هذه العلاقات ممكن أن تحدث في النظام البيئي الزراعي، وقد تكون هناك صعوبات كثيرة أمام معرفة مستوى هذه العلاقات ضمن النظام لذلك صار الاتجاه نحو عمل نموذجاً افتراضياً (مقلد لذلك النظام والمستويات التغذوية وتداخلاتها) من أجل فهم هذه العلاقات وكيفية الاستفادة

منها ضمن إطار برامج إدارة الآفات حيث تسمى نماذج مقلدة وتحاكي النظام الطبيعي (Simulation models of crop–pest-natural enemies) وهي تبنى على معلومات حقلية ومختبرية تتعلق بالجوانب الحيوية والوظيفية للآفة والعدو الحيوي وتوفر الموارد التغذوية لكل مستوى وانعكاسها على معدل الولادات والوفيات. هذا التأثير قد يكون من الأسفل (المستوى الأول) إلى المستويات الأعلى ويفيد في معرفة الأسس الديناميكية للتأثيرات المتبادلة بين المستويات الثلاث. وقد يكون التأثير من الأعلى المتمثل بالأعداء الحيوية التي يكون دورها تنظيمي تجاه أعداد الآفة. تحتاج هذه النماذج إلى مزيد من البحث العلمي من أجل تطويرها بما يعزز فهم العلاقة بين المستويات التغذوية الثلاث. وهناك نماذج تتطرق إلى تركيب الأعداد ومراحله العمرية المختلفة وأخرى تأخذ بنظر الاعتبار المحاصيل الرئيسية المزروعة والآفات المختلفة التي تهاجمها والأعداء الحيوية المؤثرة في الآفة المستهدفة. من بين المجالات الواعدة التي يمكن أن تحتل أولوية في البحث العلمي لتأخذ طريقها إلى التطبيقات الميدانية الواسعة لإدارة الآفات الزراعية إعطاء أهمية أكبر لاستعمال المواد الثانوية ومقاومة النبات العائل التي لا تزال محدودة إذا ما قورنت مع استعمال المبيدات على مستوى العالم. إذ أن تطوير أو إدخال أي وسيلة جيدة آمنة بيئياً سوف يساعد على تحسبين مستويات مكافحة الآفات. كما أن تطور مفهوم الزراعة العضوية والزراعة النظيفة يؤكد الحاجة إلى وجود نظام بيئي زراعي يمكن التنبؤ بمخرجاته. حيث أن العائد المتحقق من نظام الزراعة العضوية أو شبه العضوية يمكن أن يزيد من تنوع الأعداء الحيوية والمحافظة عليها. إن استدامة النظام البيئي تتطلب التركيز على العوامل الزراعية والحيوية في مكافحة الآفة وفهم العلاقة المتبادلة بين العائل النباتي والآفة والأعداء الحيوية. اذ أن معرفة هذا النوع من العلاقة المتداخلة سوف يساعد كثيراً في تطوير تطبيقات الإدارة المتكاملة تجاه الآفات الزراعية المختلفة. قد لا يحصل تكامل دائم وتوازن في حالة استعمال المفترسات مع مجتمع الآفة بسبب أن المفترسات قد تقضي تماماً على أفراد الآفة ومن ثم تتعرض للمجاعة مما يدفعها إلى مغادرة المحصول والهجرة إلى مكان آخر يتوافر فيه مصدر غذائها كما يحصل مع أنواع الدعاسيق المفترسة للمنّ. تخضع هذه العلاقة لمتطلبات مختلفة بسبب تباينها تبعاً لنوع العائل والصنف المزروع وموعد زراعته وتداخله مع المحاصيل الأخرى في المنطقة ونوع الآفة وسلوكها التغذوي والأعداء الحيوية ودرجة تخصصها فضلاً عن تأثير الظروف البيئية في أي من الحلقات في السلسلة الغذائية.

يطلق على العلاقة المتداخلة بين المستويات التغذوية الثلاث التي تتحكم بها المواد الكيميائية المنبعثة من النبات أو الآفة أو الأثنين معاً تعبير Semiochemically mediated interaction حيث أن المواد التي ينتجها النبات وتنبعث بشكل غازات تؤثر في العدو الحيوي من خلال وجود مواد

كيميائية دالة تساعد المتطفل أو المفترس على إيجاد الآفة العائل. قد تحدث أنواع أخرى من التداخلات بين المستويات الثلاث منها أن النبات يوفر غذاءً مباشراً للمستوى التغذوي الثالث مثل الرحيق أو غير مباشر مثل الندوة العسلية التي تفرزها آفات مثل المَنْ والحشرات القشرية والدوباس والذباب الأبيض وحشرات أخرى. ممكن أن تؤثر المواد الكيميائية التي ينتجها النبات في الحجم والنمو بالنسبة للآفة التي بدورها تؤثر في العدو الحيوي من خلال النمو البطيء ذلك أنه يعطي فرصة اكبر للتعرض للأعداء الحيوية الذي يسهل مهمة المتطفلات والمفترسات لمهاجمته. تؤثر المواد الكيميائية المنتجة في النبات في نسبة بقاء الآفة وعدد الأفراد الجاهزة لتغذية المفترس أو المتطفل. كذلك فإن المواد الدفاعية في النبات تؤثر في سلوك الآفة ودفاعاتها تجاه الأعداء الحيوية وكذلك في العلاقة بين المفترسات والمتطفلات التي تهاجم الآفة المستهدفة والمستويات التغذوية الأعلى. بعض المفترسات ممكن أن تتأثر سلباً بالمواد الثانوية المنتقلة من النبات إلى الآفة التي يتغذى عليها المفترس. في هذه الحالة يكون تأثير العائل في العدو الحيوي مباشراً من خلال الروائح المنبعثة عن الإفرازات الغدية لتي ينتجها النبات أو غير مباشر من خلال تغذيته على الفريسة التي تكون موجودة في وقت معين من مراحل نمو النبات. لذلك فان معرفة هذه التداخلات يمكن أن يكون لها دور كبير في التطبيقات الحقلية الموسعة للإدارة المتكاملة للآفات في النظم الزراعية المختلفة.

هناك توجهات بحثية أخرى تتعلق بالافتراس المتداخل الذي يحدث عندما يوجد أكثر من نوع من المفترسات تتغذى على النوع نفسه من الفرائس أو العوائل ضمن المستوى التغذوي الواحد نفسه. هذا النوع من التداخل موجود على مدى واسع في مجتمعات عوامل المكافحة الحيوية مثل مفصلية الارجل والنيماتودا وكذلك مع ممرضات الحشرات الضارة ومتطفلاتها وكذلك أعداء المتطفلات والمفترسات التي تهاجم أنواع اخرى أو بعضها البعض. قد لا يوجد مثل هذا التداخل بين مسببات أمراض النبات وعوامل المكافحة الحيوية للأدغال/للأعشاب بسبب محدودية العائل في أغلب الحالات. هذه التداخلات قد تؤدي إلى التغيير أو الإخلال في كفاءة المكافحة الحيوية. إذ ان التداخل بين مفترسين أو مع بالغات المتطفلات قد يؤدي إلى زيادة نسب الموت لواحد أو أكثر من العوامل المتداخلة مما يقلل من كفاءة المكافحة الحيوية. إلا أن الأمر قد لا يكون بهذا الاتجاه في كل الحالات فهناك العديد من حالات النجاح التي تحققت من خلال تداخل عوامل المكافحة الحيوية تجاه الآفة المستهدفة. لذلك فان تطوير برامج مكافحة احيائية ناجحة يجب أن تعزز بدراسات حقلية تتعلق بالتداخل المعقد بين المستويات التغذوية المختلفة التي تحدث في النظام الزراعي. كما أن الحاجة مستمرة إلى تجارب موسعة تهتم بدراسة بيئة المجتمع (Population ecology) في حالة وجود تداخل بين نوعين أو أكثر وكذلك بيئية الجماعة (Community ecology) لتداخل الأنواع المتعددة ضمن

المنطقة الواحدة.

هناك عدد من العقبات التي تواجه تطبيقات المكافحة الحيوية إلا أن معظمها يركز على مسألة الوعي المجتمعي وتقبل التقنية والدعم اللازم لتبنيها.إذ أن هذه العوامل تعد من المحددات الرئيسية أمام استدامة الفائدة الإقتصادية والتنظيمية والمجتمعية لهذه الوسيلة الفعالة في برامج الإدارة المتكاملة للآفات. هناك العديد من دول العالم التي شرعت قوانين خاصة بها تتعلق بعوامل المكافحة الحيوية وانتاجها وتسجيلها وتداولها. على الرغم من التقدم الذي حققته المكافحة الأحيائية على مستوى العالم إلا انها لا زالت تشكل مكوناً محدوداً ضمن مجل تطبيقات إدارة الآفات. لذلك فان المعنيين بالمكافحة الحيوية عليهم العمل بشكل أكبر لإيجاد وسائل للتواصل من أجل إشراك حلقات مجتمعية مختلفة (غير اكاديمية) من أجل توسيع الدعم اللازم لتطوير واستعمال عوامل المكافحة الحيوية. كذلك فان هناك حاجة لمزيد من الافكار التي تتعلق بإيجاد الحلول والوسائل اللازمة لمجابهة التحديات الناجمة عن الأنواع الغازية التي تؤثر في النظام الزراعي والصحة العامة. كما يجب التركيز على أهمية التوازن بين الفوائد المتحققة والأخطار المحتملة بما يعزز الفائدة ويقلل المخاطر لأي إجراء يتخذ بهذا الخصوص.

2.2.4. المسببات المرضية للحشرات – هي كائنات حية دقيقة تسبب موت الحشرات نتيجة الإصابة بها، ومن أمثلتها البكتيريا والفيروسات والفطور والبروتوزوا والنيماتودا.

الفيروسات: تم استخدام الفيروسات على نطاق واسع في مكافحة يرقات دودة ورق القطن على محاصيل القطن والذرة والخضروات وفول الصويا، حيث تحدث العدوى عن طريق تغذية الحشرات على غذاء ملوث بجزيئات بللورات الفيروس. عند ذلك تغزو الفيروسات أنسجة الحشرة، وتهاجم جلدها وأجسامها الدهنية وخلايا الدم والقصبات الهوائية. وكثيراً من الحشرات التي تنفق بفعل هذه الفيروسات تصبح معلقة من أرجلها الخلفية ورأسها لأسفل. وسرعان ما تتفجر عند الاحتكاك أو عند اللمس ويخرج منها سائل أصفر ذو رائحة كريهة، مما يساعد على انتشار المرض بين الحشرات في البيئة المحيطة. ومن أبرز أنواع الفيروسات التي تصيب الحشرات هي فيروسات البولي هيدروسيس النووية (Nuclear polyhedrosis viruses).

البروتوزوا والريكتسيا: وهى كائنات دقيقة تتبع جنس الميكروسبوريديا التي تصيب دودة ورق القطن. وتبقى هذه الكائنات الدقيقة كامنة لفترات طويلة، لذا يمكن تخزينها واستعمالها في صورة معلق.

- **هناك العديد من البدائل للمبيدات الكيميائية ضمن برامج المكافحة الحيوية للآفات تعتمد على ثلاثة طرائق أساسية: (أ) استيراد الأعداء الحيوية (المكافحة الحيوية التقليدية)، (ب) حفظ أو حماية (صيانة) الأعداء الحيوية، (جـ) تربية وإكثار ونشر الأعداء الحيوية وهي الطريقة الأكثر شيوعاً في الوقت الحاضر.**
- **إن التداخلات التي تحدث بين العائل النباتي والآفات التي تصيبه وكذلك الأعداء الحيوية التي تتغذى على آفات المحصول لها أهمية كبيرة في استقرار النظام البيئي الزراعي واستدامة الإنتاج باعتبارها عاملاً مهماً في تطبيقات برامج الإدارة المتكاملة تجاه العديد من الآفات الزراعية.**
- **تعتمد المكافحة الحيوية لمسببات أمراض النبات على استعمال واحد أو أكثر من الكائنات الحية الدقيقة المضادة التي تعمل على خفض تعداد لقاحات المسبب الممرض وتثبيط حيويتها وشراستها وشل قدرتها التكاثرية والإنتشار بين المحاصيل.**
- **تعتبر المكافحة الحيوية إحدى وسائل المكافحة المفضلة تجاه مشكلات بعض أنواع الأعشاب الضارة، وهى تعتمد على تيسير عوامل المكافحة الحيوية المتخصصة (حشرات، مسببات ممرضة) على العائل، كما تعتمد على سهولة ودرجة الأمان المتاحة عند التعامل معها.**

النيماتودا (الديدان الثعبانية): سبق أن أوضحنا أهم عوامل المكافحة الحيوية لنيماتودا النبات ولمزيد من التفاصيل يمكن الرجوع إلى الأبحاث والكتب الدراسية (شافعي والشريف، 1979)، كما أشرنا إلى أن النيماتودا الممرضة للحشرات (Entomopathogenic nematodes) تعتبر واحدة من أهم عوامل المكافحة الحيوية التي يتم استخدامها على نطاق تجاري فعال في الغرب وبعض دول العالم العربى، وتتزايد الكميات المصدرة منها إلى عالمنا العربي فى الآونة الأخيرة باعتبارها إحدى عناصر الصناعات التكنولوجية المتقدمة، الأمر الذى يميل بالميزان التجاري بين الدول العربية وتلك الدول المصدرة لصالح الأخيرة، لذا عرض بعض الإخصائيين العرب في البداية أسس وتقنيات إنتاج واستخدام النيماتودا الممرضة للحشرات في دورية توزع في كل العالم العربي (عبد الجواد، 1998). تمتاز النيماتودا بمقدرتها على إدخال البكتيريا الممرضة المصاحبة لها إلى جسم العائل الحشري بمجرد ارتباطها به. وقد استخدمت النيماتودا في مكافحة سوسة النخيل الحمراء بكل من المملكة العربية السعودية ودولة الامارات العربية المتحدة عام 1998 وأثبتت النتائج أن السلالات المحسنة من هذه الديدان قد قضت على نسبة كبيرة من يرقات سوسة النخيل الحمراء، بعد 72 ساعة فقط

من المعاملة. كذلك أدت إضافة معلق من هذه السلالات بوساطة ماصة زجاجية إلى القضاء على 50% من يرقات سوسة النخيل الحمراء الموجودة في أنفاق الأشجار المصابة في الحقل خلال خمسة أيام (Abd-Elgawad, 1998).

البكتيريا: تعتبر البكتيريا من أهم الكائنات الدقيقة المستخدمة في المكافحة الحيوية ومن أفضل أنواعها *Bacillus thuringiensis* التي تم عزلها من يرقات الحشرات الميتة، ومن ثم إكثارها للإستخدام في مكافحة العديد من الحشرات الضارة.

الفطور: ومن أكفأ الفطور التي تستخدم في هذا المجال فطر يتبع جنس *Beauveria* ويمكن أن تستخدم ضد عدد من الآفات الحشرية، مثل الذبابة البيضاء، التربس، الجراد وغيرها.

3.4. المكافحة الحيوية للمسببات المرضية للنباتات

اهتم المختصون في مجال مكافحة مسببات أمراض النبات بتعزيز دور عوامل المكافحة الحيوية تجاه هذا النوع من الآفات الزراعية. وتحققت إنجازات مهمة في عمل مستحضرات تجارية من عوامل حيوية معروفة واستعمالها على نطاق واسع تجاه مسببات الأمراض التي توجد في التربة وعدد من الممرضات التي تصيب المجموع الخضري. تعتمد المكافحة الحيوية لمسببات أمراض النبات على استعمال واحد أو أكثر من الكائنات الحية الدقيقة المضادة (Antagonists) التي تعمل على خفض تعداد لقاحات المسبب الممرض من خلال تثبيط حيويتها وشراستها وشل قدرتها التكاثرية والإنتشار بين المحاصيل وبذلك تقلل من فرص العدوى بين المحاصيل. أما ميكانيكية عملها فإنها تعتمد على التضاد أو التنافس مع الآفة. كما توجد ميكانيكية أخرى تعتمد على التطفل والافتراس حيث توجد فطور تتطفل على فطور أخرى من خلال الاختراق المباشر لجسم الفطر العائل أو أن يلتف الفطر المتطفل حول الغزل الفطري للعائل ثم يفرز إنزيمات محللة تحطم جدر الخيوط الفطرية وقد تفرز مضادات حيوية تؤدي إلى تثبيط نمو العائل وتحلل خلاياه. أما الفطور المفترسة فتعيش في الترب الغنية بالمواد العضوية، حيث طورت هذه الفطور ميكانيكية خاصة لصيد فرائسها من النيماتودا وتقوم بتكوين حلقات لاسعة أو بتقلص وانبساط الحلقات الفطرية حول جسم النيماتودا.هناك عدد من الفطور المستخدمة في المكافحة الحيوية لمسببات أمراض النبات إلا أن المستعمل منها على نطاق واسع يشتمل على أنواع معروفة تابعة للأجناس *Trichoderma*، *Mitarhizium* و*Pacilomyces*.

كما أن هناك عدد من أنواع النيماتودا المفترسة تتغذى على أنواع أخرى من النيماتودا التي قد تكون من الأنواع المهمة اقتصادياً. تقوم النيماتودا المفترسة باستعمال الرمح (Stylet) وهو من أجزاء الفم في قتل الفريسة وامتصاص محتوى جسمها أو تفرز مواد هاضمة داخل جسم الفريسة وقسم

آخر يحقن التوكسين (السم) الذي يسبب الشلل للعائل. أما البكتيريا المستعملة في مجال المكافحة الحيوية لمسببات أمراض النبات فقد شخصت أنواع عديدة من أبرزها أنواع تتبع الجنسين *Pasteuria* و*Bacillus* مثل *Bacillus subtilus* وكذلك البكتيريا *Pseudomonus fluerescenes* (Abd-Elgawad & Vagelas, 2015).

يوجد العديد من المستحضرات الفطرية التي تباع في الأسواق العالمية في الوقت الحاضر لغرض الاستعمال تجاه مسببات أمراض النبات التي تعيش في التربة أو على المجموع الخضري. تحمل هذه المستحضرات علامات تجارية مختلفة من مناشئ عالمية عديدة بضمنها دول نامية وعربية. إذ أن المواد الأولية عادة تكون متوافرة محلياً والعمالة رخيصة مع وجود الرغبة في نقل التكنولوجيا ومع المساندة الدولية أمكن إنتاج مستحضرات بمواصفات عالية الجودة. وهناك بعض المستحضرات تستعمل بطريقة معاملة البذور والدرنات والأجزاء التكاثرية الأخرى وكذلك البادرات والشتلات وحتى النباتات الكاملة أو قد يضاف إلى التربة في أخاديد تعمل حول النبات. عند استعمال المستحضر مع البذور أو إضافته إلى التربة يجب أن يكون بتركيز يمكنه من استعمار المنطقة الجذرية وإخماد المسببات الممرضة التي توجد في تلك المنطقة. في البيوت المحمية يمكن إيصال المستحضر مع ماء الري مثلما تضاف الأسمدة وبذلك يصل التركيز المناسب إلى النبات ويوفر له الحماية المطلوبة وهذا يساعد على الإقتصاد بالأيدي العاملة فضلاً عن كونه سهل التطبيق. أما على المجموع الخضري فإن الإجراء السائد في أغلب المناطق هو أن تضاف المبيدات الحيوية بطريقة الرش أو التعفير.

لقد ساعدت الدراسات الحديثة على إنتاج مستحضرات حيوية أكثر كفاءة من المستحضرات السابقة من خلال إعادة تشكيل المجين اعتماداً على تطبيق علوم التقانات الأحيائية مثل نقل جين معين Transgene أو إضافة مواد تزيد من فاعلية المستحضر مثل السموم النوعية، الهرمونات وإنزيمات وغيرها. من أمثلة المستحضرات الشائعة التي تستعمل تجاه مسببات أمراض النبات مستحضر البكتيريا (*Agrobactetium radiobacter*) (K84) الذي يستعمل لمكافحة مرض التدرن التاجي على التفاحيات في المشاتل المتسبب عن البكتيريا الممرضة *Agrobacterium tumefaciens* وكذلك استعمال مستحضر البكتيريا (A506) *Pseudomonus flurescens* لمكافحة مرض اللفحة النارية المتسببة عن البكتيريا *Erwinia amylovara*. لذلك فإن هذه المستحضرات ذات فائدة كبيرة ويمكن أن يكون لها دور مهم قي تطبيقات برامج إدارة الآفات في النظم الزراعية المختلفة.

نالت المكافحة الأحيائية أو الحيوية اهتماماً متزايداً في العقود الأخيرة كأحد بدائل المبيدات الكيميائية في مجال مكافحة أمراض النبات وبخاصة بعد الإدراك المتزايد لمخاطر المبيدات على

البيئة بشكل عام وصحة الإنسان بشكل خاص وظهور صفة المقاومة للمبيدات في بعض المسببات المرضية. تعرف المكافحة الأحيائية على أنها أي ظروف أو إجراءات يستخدم فيها كائن معين أو مواد منتجة من كائن حي في خفض الإصابة بمسبب مرضي معين. وضمن هذا المفهوم الواسع تتضمن المكافحة الأحيائية التطبيقات أو الإتجاهات التالية:

- الأصناف المقاومة: يمكن الحصول عليها عن طريق الانتخاب أو التهجين أو الطفرات الوراثية أو الهندسة الوراثية.
- تحفيز المقاومة الجهازية: يقصد بذلك استخدام كائن حي أو مواد منتجه منه أو مواد كيمياوية تحفز عمل جينات المقاومة الذاتية في النبات.
- المقاومة العرضية (بالتحصين) (Cross protection): يقصد بها تلقيح نبات معين بسلالة ضعيفة من مسبب مرضي معين يحمي النبات من الإصابة بالسلالات القوية من المسبب المرضي وربما من الإصابة بمسببات أخرى.
- التطفل والتضاد (Parasitism and antagonism): ويقصد بذلك استخدام كائنات حية دقيقة تمتلك خاصية التطفل والتضاد الأحيائي مع المسببات الممرضة للنبات وعادة تستخدم هذه الكائنات قبل أو بعد الإصابة.

1.3.4. تحفيز المقاومة الجهازية للأمراض النباتية في النبات – يمكن تعريف المقاومة الجهازية في النبات بأنها تلك المقاومة الي تظهر في مواقع بعيده عن منطقة التماس الأولية مع المسبب الممرض نتيجة المعاملة بعوامل حية أو غير حية والتي يترافق معها إنتاج إنزيمات أو مركبات كيمياوية (فايتوالكسينات) تعمل على تثبيط أو قتل المسبب الممرض. استخدم مصطلح المقاومة الجهازية المكتسبة لوصف حالة المقاومة العامة التي يكتسبها النبات بعد تعرض جزء منه للإصابة بسلالة ضعيفة من المسبب الممرض وقد استخدم هذا المصطلح أول مرة لوصف اكتساب الأوراق العلوية لنبات التبغ للمقاومة بعد تلقيح الأوراق السفلية بسلالة من فيروس موزاييك التبغ، وعادة ما يكون هذا النوع من المقاومة مصحوباً بتكوين حامض الساليسيليك كناقل للإشارة. أما مصطلح المقاومة الجهازية المستحثة فقد استخدم لوصف حالة المقاومة التي يكتسبها النبات بعد تلقيح الجذور بأنواع من البكتيريا غير الممرضة المستوطنة لمنطقة الجذور والتي تسمى بالبكتيريا المحفزة لنمو النبات، وعادة ما يكون هذا النوع من المقاومة مصحوباً بتكوين حمض الجاسمونيك أو الإيثيلين، وفي الوقت الحاضر يعتبر كلا المصطلحين مرادفاً للآخر.

نالت المقاومة الجهازية اهتمام الباحثين في مجال أمراض النبات وأجريت حولها العديد من الدراسات آلت إلى اكتشافات عديدة في مجال التغيرات البايوكيمياوية التي تحصل في النبات مثل تحور جدران خلايا العائل وإنتاج الفايتوالكسينات (Phytoalexins) وتصنيع البروتينات المرتبطة بالإمراضية (Pathogensis related proteins) (PR-Proteins) وتحفيز تفاعلات فرط الحساسية Hypersensitive response ويمكن تقسيم العوامل المحفزة للمقاومة الجهازية إلى قسمين:-

1. عوامل حيوية (Biotic agents) مثل البكتيريا *P. fluorescense* والبكتيريا *Bacillus subtilus* والفطر *T. harzianum* والسلالات غير الممرضة من الفطرين *Rhizoctonia* و*Fusarium*.
2. عوامل غير حيوية (Abiotic agents) مثل salicylic acid، Benzothiodiazole (BTH) وChitosan وغيرها. وبغض النظر عن طبيعة العامل المستخدم في تحفيز المقاومة الجهازية والمسالك الأيضية المختلفة فإن الفعل الأساس لهذه العوامل هو تحفيز عملية التعبير الجيني للجينات المشتركة في المقاومة. وقد آلت بعض الدراسات إلى أن حامض الساليسليك والبكتيريا *P. fluorescence* خفضت إصابة نباتات الطماطا/البندورة بمرض الذبول الفيوزاريومي ومن إصابة نباتات الفول بمرض تعفن الجذور الرايزكتوني ومن إصابة نباتات الخيار بالفطر *Pythium aphanidermatum* وأن خفض الإصابة ارتبط بزيادة مستوى عدة إنزيمات لها علاقة بالمقاومة مثل إنزيمات البيروكسديز والإنزيمات المؤكسدة للفينولات.

وتجدر الإشارة إلى أن هناك عدة كائنات أخرى استخدمت في مجال المكافحة الأحيائية لمسببات أمراض النبات مثل الفطور *Chaetomium globosum*، *Penicillium dangerdii*، *Aspergillus niger* و*Verticillium lecanii* والبكتيريا *Bacillus subtilis* والأكتينومايسيتس وبعض الخمائر وفطور المايكورايزا وغيرها. تتوافر في الوقت الحاضر عدة مستحضرات تجارية من المبيدات الأحيائية تحمل أسماء تجارية مختلفة اعتماداً على الشركة المنتجة لها.

وبناءَ لما تقدم يمكن القول أن المكافحة الأحيائية للآفات الزراعية تعد الخط الاستراتيجي الأول في أي برنامج إدارة متكاملة للآفات وأن هدفها الأساس هو خفض أعداد الآفة إلى دون مستوى الضرر الإقتصادي وأن التفكير في إزالة الآفة بشكل نهائي من أي نظام بيئي تنقصه الحكمة وقد يكون غير ممكن من الناحية العملية.

4.4. المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة

تشكل الأعشاب الضارة أحد العوامل التي تؤدي إلى خفض الإنتاج الزراعي في جميع أنحاء العالم، وتتراوح الخسائر في الإنتاج الزراعي المتسببة عن الأعشاب الضارة ما بين 10 و20% من الطاقة

الإنتاجية. هناك عدد من العوامل التي أدت في مجموعها إلى التوجه نحو المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة باستخدام الممرضات والآفات. ويمكن أن نوجز تلك العوامل بما يلي:

1. أدت التحولات في الطرائق الزراعية المتبعة إلى زيادة إنتشار الأعشاب الضارة في حقول المحاصيل، وبخاصة في محاصيل الغذاء الرئيسية، عن ذي قبل. على سبيل المثال في محصول الأرز أدى التحول إلى الزراعة بالبذور بدلاً من الزراعة بالشتل إلى زيادة انتشار الأعشاب الضارة، كما أدى ظهور أصناف من الأرز تحتمل الزراعة في أراضي جافة إلى انتشار زراعته في بيئات جديدة وبما يعنى وجود عشائر جديدة من الأعشاب الضارة لم تكن معهودة وتتطلب مكافحة.
2. أدى نقص العمالة الزراعية وارتفاع تكلفتها في الدول المتقدمة إلى الإعتماد على المكافحة الكيماوية للأعشاب الضارة على حساب المكافحة الميكانيكية، وترتب على ذلك تلوث البيئة بتلك المبيدات، وأدى الإسراف في استعمال المبيدات إلى ظهور سلالات من الأعشاب الضارة مقاومة لفعل المبيدات. أوضح الحصر العالمي أن عدد الحقول التي ظهرت بها أعشاب ضارة مقاومة لفعل المبيدات قد بلغ حوالى 270 ألف حقل، ظهر بها 276 نمطاً بيولوجياً من الأعشاب الضارة المقاومة لفعل المبيدات تتبع 166 نوعاً نباتياً منها 99 نوعاً من نباتات ذوات الفلقتين و67 نوعاً من ذوات الفلقة الواحدة.
3. يتطلب اتباع طريقة الزراعة العضوية عدم استخدام مبيدات كيماوية في مكافحة الآفات ككل بما فيها الأعشاب الضارة مما يتطلب اللجوء إلى بدائل أخرى من بينها المكافحة الحيوية.
4. تؤدى حرية التجارة بين دول العالم إلى زيادة فرصة انتشار نباتات لها خصائص الأعشاب الضارة إلى بيئات جديدة مما يؤدى إلى سرعة انتشارها خاصة في ظل عدم وجود أعداء حيوية في بيئتها الجديدة وعلى وجه الخصوص في الأنظمة البيئية الطبيعية وغير الزراعية.
5. يختلف حد الضرر الإقتصادى للأعشاب الضارة باختلاف نوعها وباختلاف المحصول الذى تتنافس معه وبعوامل عديدة أخرى، ولمواجهة هذه العوامل فإنه يلزم تنظيم طرائق للمكافحة موجهة نحو الهدف. وتعد المكافحة الحيوية إحدى وسائل المكافحة المفضلة عن غيرها إزاء المشكلات التي تسببها بعض أنواع الأعشاب الضارة، وهى تعتمد على تيسير عوامل المكافحة الحيوية المتخصصة على العائل، كما تعتمد على سهولة ودرجة الأمان المتاحة عند التعامل معها (Driesche *et al.*, 2008).

1.4.4. المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة بوساطة الحشرات – لكل الآفات بما فيها الأعشاب الضارة، أعداء طبيعية. وقد لاقت الحشرات الكثير من الانتباه بغرض استخدامها في المكافحة الحيوية للأدغال/الأعشاب الضارة وذلك بسبب صغر حجمها ومعدل تكاثرها السريع وقدرتها العالية في التخصص على العائل. وقد نُشر الكثير عن نجاح المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة باستخدام الحشرات، ولهذا فإن الإهتمام بها يتزايد باضطراد كوسيلة حيوية للقضاء عليها. تعمل المكافحة الحيوية المتبعة على تخفيض وفرة نوع أو أنواع من الأعشاب الضارة بإدخال أو زيادة الأعداء الحيوية لها.

ومن أمثلة ذلك نقل حشرة *Cactoblastis cactorum* وهى حشرة آكلة للصبار من موطنها الأصلي في الأرجنتين إلى أستراليا عام 1925، حيث خفضت كثافة نباتات التين الشوكي (*Opuntia* spp.) المنتشرة هناك إلى 95% في مدى 12 سنة. كما أن خنفساء *Chrysolina quadrigemina* الآكلة للأوراق والتي تم إدخالها من أوروبا إلى الولايات المتحدة عن طريق أستراليا قد نجحت إلى حد كبير في مكافحة عشبة القلب (*Hypericum perforatum*) السامة. وفي حالات كثيرة ظهرت تأثيرات الأعداء الحيوية في وفرة النبات، فعلى سبيل المثال حدثت زيادة مفاجئة لحشرة *Aroga websteri* تسببت في تعرية نباتات *Artemisia tridentata* في مساحات شاسعة في موطنها الأصلي في شمال غرب الولايات المتحدة، وخلال أعوام تسببت الحشرة في القضاء على النبات في آلاف الهكتارات من الأرض. وهناك تأثيرات مشتركة للأعداء الحيوية منها تأثير الحشرة القشرية للجذر *Orthezia annae* مع حشرة *Eumysia idahoensis* والذي أدى إلى القضاء على نبات *Atriplex confertifolia* في وسط إيداهو بالولايات المتحدة.

فى معظم الحالات التي تم فيها إدخال أنواع حشرية معينة للقضاء على عشبة سائدة – خلال برنامج معين – حدث بالفعل خفض وتأثير كبيرين في الأعشاب الضارة المراد مكافحتها على الرغم من عدم الحصول على نتائج ناجحة بمجرد الإدخال. وبالرغم من الأمثلة العديدة للمكافحة الناجحة للأعشاب الضارة المتوطنة بحشرات مدخلة فإن احتمالات العثور على أعداء حيوية قادرة على مكافحة أعشاب ضارة مدخلة مع القليل من الاحتياطات والانتباه قوية بالمقارنة بحالة أنواع الأعشاب الضارة المتوطنة. وبمجرد إدخال كائنات المكافحة الحيوية وإقامة مجتمعها في منطقة جديدة فقد تتأقلم بصورة أفضل في بيئتها الجديدة وقد تمتد تدريجياً وتحسن من مكافحتها للعشب الضار.

هناك نقاط تشكل أهمية كبيرة عند استخدام المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة نلخصها بما يلي:

1. تضارب الإهتمام، فبعض الأعشاب الضارة الهامة قد يكون لها فائدة في بعض الفصول والمناطق. فمثلا عشبة الفَرَس (*Sorghum halepense*) تعتبر عشبة ضارة في معظم الولايات الأمريكية ولكن لأوراقها بعض الأهمية في عدد قليل من الولايات. كما أن النبات *Tamarix pentandra* يكون تجمعات كثيفة على المسطحات المائية في المناطق الشمالية لأريزونا ونيومكسيكو وبعض أجزاء من تكساس حيث يعيق تدفق المياه مسبباً للفيضانات خلال موسم المطر كما يسبب فقداً كبيراً للماء بالنتح في الأوقات الأخرى من العام. ورغم ذلك فإن هذا النبات يعمل كمناطق أعشاش لنوع من الحمام الأبيض ذو أهمية كطائر صيد في المنطقة، كما أنه يمثل مصدراً هاماً للرحيق. ونظراً لأنه من الصعوبة بمكان في أغلب الأحوال الحد من توزيع الكائنات المتغذية على الدغل/العشب الضار بمجرد إدخالها للمنطقة، فإن قيمة هذا الدغل وأهميته البيئية يجب أن يقدرا بعناية مقارنة بقدرة العشب الضار على إحداث خسائر. ومما يساعد على حل هذا التضارب في الإهتمامات، فإنه يجب التذكر أن المكافحة الحيوية، بخلاف المكافحة الكيميائية والميكانيكية، تسبب خفضاً تدريجياً في أعداد العشب الضار ونادراً ما يحدث استئصال في مساحات شاسعة. ولهذا، فإذا أمكن الوصول إلى مستوى منخفض لكثافة العشب الضار كجزء من مجتمع نباتي أكثر تنوعاً مما يقلل التضارب في الاهتمام. ويمكن تحديد مشكلة الأعشاب الضارة بعدد الأنواع النباتية الموجودة ونوع ودرجة ثبات البيئة ومستوى وتوقيت المكافحة لجعل الخسائر أقل ما يمكن.
2. كلما ازدادت درجة القرابة لنباتات ذات أهمية إقتصادية أو بيئية كان من الصعب عموماً العثور على أعداء حيوية متخصصة على "العشب الضار" لا تهاجم نباتات نافعة. فالعمل الذى أجري على المكافحة الحيوية لنبات عشبة الشوك Thistle في شمال أمريكا قد أعيق بوجود نبات الخرشوف المنزرع ونبات القرطم المنتميان للعائلة "المركبة" نفسها. كما أن استخدام المكافحة الحيوية ضد الأعشاب النجيلية لم تصل إلى درجة من النجاح بسبب القرب الوثيق بمحاصيل الحبوب. لذلك تعد دراسة التخصص للحشرات المتغذية على الأعشاب الضارة ضرورة قصوى. في بعض الحالات تكون الحشرة شديدة التخصص مثل حشرة ذبابة الهالوك (*Phytomyza orobanchia* Kalt.) التي تصيب فقط نبات الهالوك المتطفل على عدد من المحاصيل المهمة، حيث تتغذى اليرقات تحت ظروف الإصابة الطبيعية بفاعلية على البذور غير الناضجة داخل الكبسولات الثمرية الموجودة على سوق وأفرع الهالوك. وقد يتراوح الإنخفاض الطبيعي في إنتاج البذور كنتيجة للإصابة ما بين 30–80% حيث تختلف النسب المئوية للإصابة بذبابة الهالوك من حقل لآخر ومن موسم لآخر حسب كل نوع هالوك داخل

كل منطقة. وفى إحدى الدراسات بالإسكندرية فى مصر كانت نسبة إصابة الكبسولات بذبابة الهالوك على هالوك *Orobanche crenata* المتطفل على نباتات الفول البلدى 25–42%، أما نسبة إصابة الكبسولات بالحشرة على الهالوك *Orobanche minor* المتطفل على محصول البرسيم فكانت 11%، فى حين سجلت على هالوك *Phelipanche aegyptiaca* المتطفل على محصول البطاطس 10%. بصفة عامة الإنتشار المحدود للحشرات الكاملة لذبابة الهالوك بالإضافة إلى أنه مع كل سنة تزيد الإصابة بالهالوك نظراً لمخزون التربة من بذور الهالوك، يجعل كفاءة الحشرة ونسبة الإصابة بها تقل مع زيادة أعداد الهالوك. لذلك لابد من زيادة معدلات إصابة كبسولات الهالوك بزيادة معدلات إطلاق الحشرة مبكراً وبالتالي تقليل مخزون بذور الهالوك بالتربة (Ibrahim, 2016).

3. ومن الأمور بالغة الأهمية تزامن الضرر المتسبب عن الأعداء الحيوية مع دورة تطور النبات، وتحت ظروف معينة أو عوامل محددة، ليس لدى النبات وقتاً كافياً لإنتاج كمية كافية ليتطور. مثل تساقط أوراق نبات حشيشة القلب (*Hypericum perforatum*) في الخريف والشتاء بسبب يرقات *Chrysolina quadrigemina* يسبب موت النبات خلال موسم الصيف الجاف في كاليفورنيا، وكذلك تسبب حشرة *Teleonemia scrupulosa* تساقط أوراق نبات اللانتانا (Lantana) خلال الصيف *في* هاواي، ولكى لا يتمكن النبات من استرداد قوته خلال الوقت الباقي من السنة تم إدخال عدة حشرات من رتبة حرشفية الأجنحة التي تتغذى على أزهار وثمار نبات اللانتانا. ومن الأمثلة الأخرى لعدم إمكانية العشبة الضارة تعويض الضرر الناتج عن تساقط أوراق نبات *Senecio jacobaea* نتيجة الإصابة بحشرة *Tyria jacobaea* في نوفاسكوتيا بما لايسمح للنباتات بأن تخزن احتياطياً كافياً من الغذاء للجذور مما يتسبب في موتها.

4. يفضل استخدام عوامل المكافحة الحيوية المختارة لمهاجمة العشبة الضارة في وقت انخفاض مخزون الكربوهيدرات، ولكن أشير إلى أن هذه الفترة تختلف من نبات لآخر، وحذر من أن التوقيت غير الدقيق للهجوم قد يسبب تنبيها للعشبة الضارة. ويعد تساقط أوراق عشبة التمساح *Alternanthra philoxeroides* بوساطة *Agasicles hygrophila* *في* الوقت الذى كان فيه مخزون الكربوهيدرات في النباتات في أقل مستوى "آذار/مارس–حزيران/يونيو" من عوامل النجاح في مكافحة هذا النبات في إحدى مناطق فلوريدا التي تم فيها الإطلاق.

5. ما زالت قيمة استخدام المكافحة الحيوية موضع شك في المناطق التي تتغير بدرجة عالية، مثل المناطق المنزرعة بالمحاصيل، خاصة عند استخدام "طريقة التلقيح" بمعنى إطلاق الأعداء

الحيوية وتركها لكي تزيد من تلقاء نفسها إلى المستوى الفعال. كما أنه إذا كانت دورة حياة العدو الحيوي طويلة فإن فرصة إعاقة تطوره عالية. ورغم ذلك، فإن مكافحة العشبة الضارة الحولية *Emex spinosa* في هاواي وكذلك عشبة *Tribulus terrestris* في هاواي ومناطق من كاليفورنيا وأريزونا قد ظهر منها أن المكافحة الحيوية في المناطق المتغيرة أو المُثارة وكذلك التأثير في الأعشاب الضارة في المناطق قليلة التغير مثل جوانب الطرقات وخطوط الأسوار قد يسبب أيضاً تأثيراً إيجابياً في المناطق المتغيرة المجاورة. وفي مناطق المحاصيل، سببت المكافحة الفاعلة والسريعة للأعشاب الضارة مكافحة فاعلة في بعض الحالات، فإنه قد يتطلب الأمر عاماً كاملاً على الأقل في أفضل الظروف للوصول للمكافحة المرجوة. وفي معظم الحالات، مضى ثلاثة إلى عشرة أعوام قبل حدوث خفض للأعشاب الضارة تحت المستوى الإقتصادي الحرج.

6. على الرغم من التخطيط الحاذق في اختبار العناصر المرشحة لمكافحة الأعشاب الضارة، فإن ترسيخ مجتمعاتها قد يبوء بالفشل في المناطق المراد مكافحة أعشابها الضارة. فالطفيليات والمفترسات المتوطنة في مناطق الإطلاق قد تهاجم عوامل المكافحة، كما أن الكائنات الممرضة التي قد تجلب مع الحشرات المتغذية على الأعشاب الضارة قد تسبب فشلاً في ترسيخ المجتمع الحشري. والإبادة الشاملة للنباتات في مناطق الإطلاق باستخدام مبيدات الأعشاب أو حيوانات الرعي أو بتأثير الفيضانات تمنع أيضاً ترسيخ المجتمع الحشري، كما أن الإختلاف في عوامل البيئة العديدة مثل النباتات المنافسة وظروف التربة والمناخ بين منطقة الإطلاق ومصدر عنصر المكافحة قد يؤخر أو يبطل فعل المكافحة (حجازي، 2005؛ Van den Bosch & Messenger, 1973).

على الرغم من كل هذا، فإنه ما زال صعباً التنبؤ أي من العناصر المستخدمة أعلى كفاءة في المكافحة. وقد اقترح حل ممكن وذلك بدراسة فاعلية العناصر قبل البدء في إختبارات التخصص على العائل تشتمل للمقارنة مثلا" نوع الضرر الموجه وإنتاجية الحشرة وعدد الأجيال وعوامل الموت.

2.4.4. تطبيقات المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة بوساطة الحشرات – هناك ما يقرب من 75 نوعاً من الأعشاب الضارة أمكن إخضاعها للمكافحة الحيوية. وبمجرد أن يثبت عامل المكافحة الحيوية نجاحه في منطقة ما فإنه غالباً ما ينتقل تبنيه إلى مناطق أخرى لمكافحة النوع النباتي نفسه أو النباتات شديدة القرابة. ولهذا فإن محاولات مكافحة التين الشوكي (*Opuntia* spp.) حيوياً قد تمت في عشر مناطق مختلفة على الأقل في العالم، واللانتانا (*Lantana*) في إحدى عشرة منطقة، وعشبة

القلب(*Hypericum perforatum*) في ست مناطق، والسينسيو يعقوب (*Senecio jacobaea*) في أربع مناطق. وقد أدى استخدام الحشرات إلى مكافحة ممتازة لبعض الأعشاب الضارة صعبة المكافحة، إن كانت نباتات معمرة مثل التين الشوكي أو عشبة القلب أو اللانتانا أو سنسيو يعقوب، أو أعشاب ضارة حولية مثل أعشاب المراعي *Emex australis*، *E. spinosa* وعشبة السعد، أو أعشاب ضارة متطفلة مثل الهالوك (Abu-Shall & El-Aryan, 2014) أو أعشاب ضارة مائية مثل ورد النيل وعشبة التمساح (Shabana *et al*., 1993, 1998 ؛Elwakil, 1998). وبصفة مثالية فإنه يجب تقدير المجتمع الطبيعي للأعداء الطبيعية وربطه بالضرر المسبب على العائل النباتي. وقد يتراوح تأثير كائنات المكافحة ما بين إبادة كبيرة وسريعة للنوع النباتي إلى تقليل بسيط لدرجة تنافس النبات المستهدف مع النباتات الأخرى في المجتمع النباتي. ويتطلب الأمر إجراء دراسات على درجة إنتاجية النباتات المصابة وغير المصابة، كما أن التصوير قبل وبعد إجراء المكافحة البيولوجية يعد مفيداً لدرجة توضح مدى نجاح المكافحة البيولوجية.

3.4.4. المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة بوساطة الفطور الممرضة – استخدمت المسببات المرضية للنبات في المكافحة الحيوية للأعشاب الضارة المتوطنة، مثل مكافحة حشيشة البيقية العقدية برشها بالمسبب المرضي الفطري *Collectotrichum gloeosporioides* وفي حالة عشب الهندباء البري (*Chondrilla juncea*) في غرب البحر المتوسط كان الفطر المسبب للصدأ *Puccinia chondrilliana* أشد فاعلية في خفض كثافة العشب الضار من الحشرات، نظراً لتخصص هذا الفطر على هذا النوع النباتي الموجود منذ زمن بعيد. وفي مجال المكافحة الحيوية للعشب الضار المتطفل الهالوك أمكن عزل الفطور من التربة والحصول على فطور مختلفة وهى ستة أنواع من الفيوزاريوم (*Fusarium* spp.) مرتبطة مع الهالوك (Shabana *et al*., 2003) . كما تستخدم حالياً المواد الأيضية الثانوية لفطور التريكوديرما بوصفها مبيدات حشرية وفطرية وبكتيرية (Verma *et al*., 2007) حيث ينتج جنس *Trichoderma* العديد من الإنزيمات والمواد الحيوية الفعالة ويستعمل كعامل للمكافحة البيولوجية وذلك لقدرته على التضاد المباشر مع أجناس فطرية أخرى، مستعملا عدة آليات (تطفل فطري، تنافس، أيض حيوي وتحليل الهيفات). أثبتت التريكوديرما قدرتها على مهاجمة الهالوك دون إحداث ضرر بالنسبة للنبات، كما أظهرت النتائج أن الهالوك المصاب بالفطور أخفق في تكوين بذور للموسم المقبل وهي نتيجة مهمة تعطي مؤشراً على أن استخدام هذه الفطور في المكافحة الحيوية عاماً بعد أخر قد ينتج عنه إستهلاك مخزون التربة من بذور نبات الهالوك المتطفل الأمر الذي يؤدي إلى خلو التربة نهائياً من هذه العشبة المتطفلة. والدراسات البحثية

مازالت تواصل خطواتها للوصول إلى منتج حيوي من فطور التربة يمكن استخدامه لمقاومة الهالوك على المستوي الحقلي كبديل للمبيدات الكيميائية للأعشاب ضارة المتطفلة والتي تؤثر بشكل سلبي في الصحة والبيئة.

في حالة ممرضات النبات، كانت العقبة الأساسية هي صعوبة معرفة النوع النباتي بالتحديد، كما أن ضررها أقل وضوحاً عن الضرر المتسبب عن الحشرات، إلى جانب أنها تهاجم عادة أطوار من النبات أشد صعوبة في الفحص أو توجد فقط في وقت قصير من العام كالبادرات.

رغم النجاح الذي حققته مبيدات الأعشاب الفطرية في مكافحة الأعشاب الضارة حقلياً إلا أنها لم تنجح تجارياً لصغر حجم السوق من ناحية وصغر هامش الربح من ناحية أخرى. لكي تنجح مبيدات الأعشاب الفطرية يجب أن تكون للمعاملة بها القدرة على قتل الأعشاب الضارة كلية وأن تكون لها فترة تخزين مناسبة وأن تكون منافسة لمبيدات الأعشاب الضارة الكيماوية من الناحية الإقتصادية. أجري عدد ضخم من الدراسات البحثية خلال الثلاثون عاماً الماضية لاختبار فعالية فطور ممرضة كعوامل مكافحة حيوية لكنها لم تصل بعد أو ربما فشلت في الوصول إلى المستوى التجاري لأسباب بيولوجية أو تقنية أو تجارية.

من أهم معوقات إستخدام الفطور الممرضة كعوامل مكافحة حيوية ما يلي:

1. بعض الفطور التي جربت كمبيدات أعشاب فطرية فقدت كفاءتها المرضية سريعاً.
2. بعض الفطور التي جربت كمبيدات أعشاب ضارة فطرية لم تحقق نجاحاً كبيراً لأن كفاءتها المرضية لم تمكنها من تجاوز رد الفعل الدفاعي للنبات العشبي، ولو أمكن التكامل بين مبيد الأعشاب الضارة الفطري ومادة كيماوية تعطل رد الفعل الدفاعي للنبات لتحققت نتائج أفضل.
3. هناك بعض الفطور تستطيع النمو والتبوغ على البيئات السائلة والبعض الآخر يلزم نموه على بيئات صلبة، ويعتبر النمو على بيئات سائلة أفضل تجارياً لأنه يعطى قدراً كبيراً من النمو في جهاز التخمر. إلا أن بعض الفطور لا تتبوغ إلا على البيئات الصلبة وقد استخدمت مواد من مصادر زراعية كسطح نمو، وتم ذلك مع عديد من الفطور التي جرب استخدامها كمبيدات أعشاب ضارة فطرية.
4. عدم ثبات النتائج الفعلية الحقلية والذي قد يرجع لنقص فعالية المستحضر بسبب سوء تخزينه، أو عدم اختيار التوقيت الأمثل لإجراء المعاملة، وتسهم الظروف البيئية بدور كبير في النتيجة المتحصل عليها، وكذا طريقة إجراء المعاملة. قد يعتقد أن مجرد معلق من أبواغ الفطر في الماء مع وجود مادة ناشرة لضمان حسن توزيع المعلق على السطح المعامل كاف لإعطاء نتيجة جيدة، إلا أنه يكون كاف لإعطاء نتيجة جيدة في حالة ما إذا كان المعلق كثيفاً وحجم الماء حوالى

3000 ليتر/هكتار مع وجود مادة ناشرة. بهذه الطريقة للرش سيغطى سطح النبات بمعلق أبواغ الفطر إلى حد الإنسياب على النبات فيغطى البراعم الجانبية والأفرع ويصل لقاعدة الساق، كما أن المعاملة بمثل هذه الطريقة تضمن فترة إبتلال طويلة قد تصل إلى 24 ساعة بما يضمن إنبات أبواغ الفطر وحدوث الإصابة وتوطد الفطر داخل النبات.

على وجه العموم فإن إنتخاب ممرضات متخصصة وذات كفاءة مرضية عالية وتحضير مستحضر ثابت تخزينياً وإجراء المعاملة بطريقة مناسبة وبتركيز مناسب من المستحضر وفي الوقت المناسب، مع مراعاة العوامل البيئية وقت إجراء المعاملة، كل ذلك سيؤدى إلى رفع كفاءة إستخدام الفطور كعوامل مكافحة حيوية للأعشاب الضارة. وانتج في مصر مركب فطري حيوي *Alternaria eichhorniae* ذو فاعلية عالية لمكافحة ورد النيل – متخصص، لا يصيب أي نباتات أخرى – ذو قدرة عالية على التخزين، آمن على البيئة وليس له أي سمية للأسماك.

5.4. استخدام العوامل الطبيعية لمكافحة الآفات

1.5.4. طرائق فيزيائية

البسترة الشمسية: تمتاز المنطقة العربية وبخاصة منطقة الخليج العربي والعراق بصيف حار ومشمس ترتفع فيه الحرارة لأكثر من 50 ºس. وقد انتبه بعض الباحثين منذ منتصف السبعينيات من القرن الماضي إلى أمكانية رفع حرارة التربة إلى مستويات كافية لقتل معظم مسببات أمراض النبات عن طريق تغطيتها برقائق البلاستيك (البولي أثلين)، وتولد منذ ذلك الوقت مفهوم البسترة الشمسية/تشميس التربة (Soil solarization) كطريقة غير كيمياوية وآمنة يمكن استخدامها في تعقيم التربة قبل الزراعة.

تعتمد فاعلية البسترة الشمسية بشكل كبير على طول فترة التغطية وعلى رطوبة التربة ووقت التغطية، وعلى سمك الغطاء البلاستيكي والطول الموجي للأشعة النافذة عبر الغطاء وشدة الإشعاع الشمسي. تعمل البسترة الشمسية بشكل أساسي عن طريق رفع حرارة التربة إلى مستويات قاتلة لمعظم مسببات أمراض النبات ومثبطة لإنبات بذور الأدغال/الأعشاب الضارة إذ أنه من الممكن أن ترتفع حرارة التربة تحت الغطاء إلى أكثر من 50 ºس، لا سيما وأن معظم الفطور الممرضة للنبات هي من الفطور المحبة للحرارة المتوسطة إذ لا تتحمل هذه الفطور حرارة أكثر من 37 ºس (علوان، 1986؛ الأثوري وفياض، 2002) إضافة إلى عدة تغيرات في التربة مثل تحسين الحراثة وخفض الملوحة وزيادة جاهزية بعض العناصر المعدنية وزيادة أعداد بعض الكائنات الحية المفيدة.

قامت بعض الدول باستخدام البسترة الشمسية على المستوى الحقلي عن طريق مكننة هذه الطريقة إضافة إلى تطوير أنواع من رقائق البولي إيثيلين القابل للتحلل الحيوي الأمر الذي لا يتطلب إزالة رقائق البولي إيثيلين بعد الانتهاء من الطريقة ولا يسبب مشاكل بيئية محتملة. إلا أن استخدام هذه الطريقة في الدول العربية لا يزال مقتصراً على المستوى التجريبي رغم تميز مناخ معظم الدول العربية بصيف حار ومشمس. وهناك العديد من الدراسات التي أجريت في المنطقة العربية حول البسترة الشمسية والتي من الممكن تلخيصها كما يلي:

تأثير البسترة الشمسية في مكافحة فطور التربة الممرضة للنبات: أجريت في العراق عدة دراسات منذ منتصف عقد الثمانينيات من القرن الماضي حول تأثير البسترة الشمسية في مجتمع الفطور الممرضة للنبات كان أهم نتائجها أن تغطية التربة برقائق البولي إيثيلين الشفاف خلال شهري تموز/يوليو وآب/أغسطس ولمدة ستة أسابيع خفض أعداد الفطور الممرضة للنبات وزيادة اعداد الفطور الرمية المحبة والمتحملة للحرارة كما تحسنت مؤشرات النمو لبعض النباتات البقولية والبندورة/الطماطم في التربة المغطاة مقارنة بغير المغطاة (عبود والبهادلي، 1988) وفي دراسة أجريت في الأردن لمقارنة كفاءة أنواع مختلفة من البلاستك في بسترة التربة وجد بأن البلاستك الشفاف الجديد والقديم كان أكثر كفاءة في خفض الكثافة العددية لعدة فطور ممرضة للنبات مقارنة مع البلاستك الأصفر والأسود (Al-Raddad, 1979)، وأشارت دراسات أخرى في مصر والأردن والعراق إلى كفاءة البسترة الشمسية في خفض العديد من الأمراض الفطرية القاطنة في التربة (المفرجي وآخرون، 1991؛ Osman *et al.*, 1986؛ Saleh *et al.*, 1990)، وفي دراسة أجريت في اليمن وجد رويشد وعيدروس (2000) أن تغطية التربة برقائق البولي إيثيلين الشفاف والأسود كانت كفوءة في خفض إصابة نباتات السمسم بالفطر *Macrophomina phaseolina*، كما حسنت من معايير النمو في النبات. إن غالبية الدراسات التي أنجزت في المنطقة العربية حول استخدام البسترة الشمسية أكدت قدرة هذه الطريقة على خفض حيوية العديد من الأمراض الفطرية القاطنة في التربة ورفع معدل الإنتاج للعديد من المحاصيل الزراعية.

تاثير البسترة الشمسية في مكافحة الأدغال/الأعشاب الضارة: على الرغم إن استخدام البسترة الشمسية كان موجها في البداية لمكافحة فطور التربة الممرضه للنبات إالا أنه سرعان ما اكتشف أن حرارة التربة المتجمعة تحت الأغطية البلاستيكية كافية لتثبيط إنبات بذور أنواع مختلفة من الأدغال/الأعشاب. ففي العراق وجد علوان (1986) بأن الحرارة المتجمعة تحت الغطاء البلاستيكي

الشفاف تصل إلى 52.1 °س عند عمق 20 سم من التربة بعد مضي 12 أسبوعاً من التغطية خلال أشهر الصيف من منتصف حزيران/يونيو، ووجدت *Portulaca oleracea* بشدة في المعاملات المغطاة مقارنة بالمعاملات غير المغطاة. كما وجد بأن تغطية تربة البيوت البلاستيكية الرطبة برقائق البولي إيثيلين الشفاف أو الأسود لمدة 45–90 يوماً خلال الصيف منعت نمو العديد من الأدغال الحولية، كما أظهرت دراسات أخرى كفاءة البسترة الشمسية في مكافحة بعض الأدغال المعمرة كالحلفا والسفرندة (باوزير وآخرون، 1995؛ البهادلي وآخرون، 1980؛ Abu-Irmaileh, 1990؛ Abdel-Rahim, 1988).

تأثير البسترة الشمسية في مكافحة النيماتودا (الديدان الثعبانية): استخدمت البسترة الشمسية على المستوى التجريبي في مكافحة النيماتودا الممرضة للنبات في عدة مناطق من الدول العربية، حيث وجد البهادلي وآخرون (1980) أن تغطية التربة بالبلاستك الشفاف خلال منتصف تموز/يوليو حتى نهاية أب/أغسطس سببت خفضاً كبيراً في أعداد نيماتودا العقد الجذرية *Meloidogyne* spp. ، كما أن بسترة التربة بالطاقة الشمسية أدت إلى خفض معنوي للإصابة بمرض العقد الجذرية المتسبب عن *Meloidogyne* spp. وكذلك انخفضت أعداد يرقات النيماتودا وتحسن نمو النبات بشكل واضح. بالإضافة إلى ذلك وجد بأن البسترة الشمسية كانت أكثر كفاءة في خفض أعداد نيماتودا العقد الجذرية مقارنة مع المبيدين Vydate و Basmid. وفي ليبيا أظهرت دراسة لاختبار كفاءة الأغطية البلاستيكية الشفافة والسوداء في تعقيم التربة بهدف إمكانية إدارة مجتمع نيماتودا *Meliodogyne javanica* في حقول الطماطم والباذنجان أن التعقيم بالغطاء الشفاف والأسود كانا متساويين من حيث الكفاءة في خفض أعداد النيماتودا، كماأظهرت النتائج تحسن مؤشرات النمو والإنتاج لمحصولي البندورة/الطماطم والباذنجان في معاملات التربة المغطاة مقارنة مع غير المغطاة (الدنقلي وميلود، 2003؛ أبو غربية وآخرون، 1994، 2001)، وحديثاً قام Abd-Elgawad *et al.* (2019) بدراسة فاعلية تشميس التربة على مرض تعفن الجذور الأسود للفراولة مع مراجعة تأثيرها على الأعشاب الضارة المصاحبة لها في مصر.

مما سبق يمكننا أن نستنتج أنه بالرغم من وجود أعداد لا باس بها من البحوث ومنذ بداية الثمانينيات وحتى الآن، إلا أن البسترة الشمسية في غالبية المناطق العربية ربما باستثناء وادي الأردن والزراعة المحمية في العراق، لا تزال محدودة ولم تأخذ طريقها للتطبيق الحقلي بشكل واسع رغم أن هذه الطريقة أصبحت إجراء روتيني مَعتاداً لمكافحة الفطور الممرضة للنبات والنيماتودا والأعشاب الضارة في العديد من دول العالم خارج المنطقة العربية.

كما أن هناك حاجة ماسة لإنجاز دراسات وبحوث في مجال مكننة طريقة استخدام البسترة الشمسية وتطويرها بهدف دمجها مع طرائق أخرى، وكذلك استخدام أنواع من رقائق البولي إيثيلين سريعة التحلل ولا تسبب مشكلات بيئية عند بقائها في التربة. كذلك هناك حاجة ماسة لإنجاز دراسات وبحوث لتقويم كلفة استخدام هذه الطريقة ومقدار الفائدة أو الزيادة المتوقعة في الإنتاج الناجمة عنها.

البخار الساخن: تستخدم العديد من الطرائق لتوصيل البخار في أراضي الصوب وقد يتم من خلال أنابيب مثقبة. في حالة استخدام البخار الساخن فإن له مميزات حيث أنه يحقق إمكانية القضاء على الممرضات دون أن يتأثر جزء كبير من الكائنات الرمية، الميزه الأخرى في حالة استخدام درجات حرارة متوسطة يتم تجنب حدوث مشاكل السمية التي ترتبط بدرجات الحرارة العالية.

الموجات الكهرومغناطيسية: من الطرائق الجديدة التي أعطت نتائج إيجابية في تعقيم التربة لتخليصها من الممرضات النباتية القاطنة فيها على المستوى التجريبي استخدام الموجات الكهرومغناطيسية منخفضة التردد الرنيني. وهذه طريقة صديقة للبيئة لا تترك أثراً سلبياً في التربة أو في المحصول الزراعي المزروع في حقل عولج بهذه الطريقة. ومن مميزات هذه الطريقة أنها أقل تكلفة من الطرائق الكيميائية التي استخدمت في تعقيم التربة في العقود القليلة الماضية (فاضل، 2017).

تم تجربة هذه الطريقة لمكافحة مرض التعفن البني في مصر، وهو إحدى المشكلات الرئيسية التي تواجه إنتاج البطاطس/البطاطا في المنطقة العربية. يسبب مرض التعفن البني للبطاطس بكتيريا تستعمر الأوعية الناقلة للنبات بقوة محدثة ذبولاً مميتاً. ثبت أن مكافحة مرض التعفن البني على البطاطس/البطاطا مهمة صعبة ومحيرة. ونتيجة لذلك أضحى المرض واحداً من المعوقات الأساسية لتسويق البطاطس/البطاطا للتصدير؛ على اعتبار أن المرض معلن كمرض حجري ومقلق في بلدان الاتحاد الأوروبي. وعلى نحو مماثل لا يمكن مكافحة مرض التعفن الأبيض على الثوم والبصل بالكيماويات بسهولة لذا يضطر المزارع إلى الإمتناع عن زراعة هذه المحاصيل في المناطق الموبوءة لمدة 3–5 مواسم. كما تمثل النيماتودا مشكلة خطيرة لمعظم الزراعات البستانية والفراولة/الفريز ومحاصيل الخضر، سواء المزروعة في الحقول أو في الدفيئات/الصوب. وتعد كل الإصابات المذكورة مشكلات وطنية على مستوى البلدان العربية وتواجه المحاصيل العالية القيمة. تم تقويم استخدام الموجات الكهرومغناطيسية منخفضة التردد الرنيني جداً لمكافحة التعفن البني على البطاطس/البطاطا والتعفن الأبيض على البصل والثوم وكذلك النيماتودا. أظهرت النتائج أن معاملة حقول البطاطا/البطاطس بموجات كهرومغناطيسية منخفضة التردد الرنيني جداً لمدة ساعة واحدة أدت إلى

القضاء التام بنسبة 100% على البكتيريا المسببة لمرض التعفن البني في البطاطس/البطاطا (*Ralstonia solanacearum*) في التربة والدرنات. كما أشارت التجارب الأولية على التعفن الأبيض على الثوم في مصر في حقل ببني سويف والتعفن الأبيض على البصل في أربعة حقول في الفيوم إلى مكافحة ناجحة لهذه الممرضات. كما كانت هذه الطريقة واعدة لمكافحة النيماتودا.

لا بد من متابعة البحوث حول استخدامات هذه الطريقة في مكافحة العديد من الآفات القاطنة في التربة وفي بلدان عربية مختلفة. وبعد التأكد من فعالية هذه الطريقة لا بد من الإنتقال إلى المرحلة الثانية وهو إمكانية استخدامها على نطاق واسع.

2.5.4. الزيوت المعدنية والنباتية والمستخلصات النباتية – تسهم الزيوت المعدنية والنباتية في مكافحة الآفات من خلال استخدامها كمواد لاصقة ناشره أو مواد حاملة أو لمنع الإصابة. ومن الآفات التي تكافح بها حشرة المن. من مشاكل استخدامها، والتي يجب أن تؤخذ في الاعتبار، جودة الزيت حيث يمكن أن يحدث عنه أضرار للنباتات. كما استخدم العديد من الباحثين المستخلصات النباتية في المكافحة وقد أدت إلى نتائج مخبرية مبشرة (Al-Shatti *et al*., 2014)، حيث تبين أن المستخلص المائي لأوراق نبات الداماص قد ثبط نمو الفطور الممرضة *Fusarium oxysporum*، *Rhizoctonia solani* و*S. sclerotiorum*. ولكن يبقى أمام مثل هذه الإنجازات إيجاد التقنيات المناسبة لتحويلها إلى منتجات يمكن استخدامها من قبل المزارعين وبتكلفة اقتصادية مناسبة.

3.5.4. مركبات بتقنية النانوتكنولوجي – يمكن تعريف تقنية النانوتكنولوجي بأنه استخدام المواد المتناهية الصغر (تقاس بالنانومترات) في تطبيقات التقانة الحيوية. لتكنولوجيا النانو القدرة على إحداث ثورة في التقنيات الحالية المستخدمة في مختلف القطاعات بما في ذلك الزراعة. قد يكون لتكنولوجيا النانو حلول ملموسة ضد العديد من المشكلات المتعلقة بالزراعة مثل إدارة الآفات الحشرية باستخدام الطرائق التقليدية، والمواد النانوية بأشكال مختلفة يمكن استخدامها بكفاءة في إدارة الآفات الحشرية والأمراض النباتية(Worrall *et al*., 2018) .

تم استخدام هذه التقنيه في العديد من البحوث ضد الآفات والأمراض النباتية وأثبتت فاعلية في المختبر. وتم اختبارها تجريبياً في الدفيئات/الصوب والحقل ولكنها تحتاج إلى المزيد من دراسة التأثيرات الجانبية في البيئة والنباتات والإنسان وطريقة التخلص منها في البيئة. حيث أنه في بعض الدراسات تم استخدام جزيئات النانو لعنصري الفضة والسيلينيوم.

5. التغير المناخي وتطور الآفات وأثرها في المحاصيل الزراعية

يعد التغير المناخي وتأثيراته في المجتمعات البشرية، النظم البيئية والزراعة بما فيها الآفات الزراعية أحد التحديات التي تحتاج إلى اهتمام سريع. منذ بداية استخدام المواد النفطية للحصول على الطاقة، كما أن إزالة مساحات واسعة من الغابات بهدف استبدالها بمحاصيل زراعية أكثر ربحية، بالإضافة إلى أنشطة أخرى قام بها الإنسان رافقها زيادة إنتاج غازات الدفيئة (Greenhouse gases) وبخاصة ثاني أوكسيد الكربون، فقد أدى كل ذلك إلى ازدياد نسبة هذا الغاز عالمياً من حوالي 300 جزء في المليون في الفترة قبل الثورة الصناعية إلى مستوى فاق 400 جزء في المليون في الوقت الحاضر. ومن المتوقع أن يصل تركيز ثاني أوكسيد الكربون عالمياً إلى مستوى 800 جزء في المليون في نهاية القرن الواحد والعشرين، مما سيسبب إرتفاعاً في درجات الحرارة، ويصاحب ذلك تأثيرات مختلفة في العديد من التفاعلات الحيوية. إن أحد السيناريوهات المطروحة هو زيادة الحرارة 1.0 درجة سلزيوس خلال العقود القليلة القادمة، ومن المتوقع أن ينتج عن ذلك زيادة 10–25% في خسارة المحاصيل بسبب الآفات الزراعية (Deutsch *et al.*, 2018). ويعتبر هذا تحذير بالغ الخطورة ويتطلب إجراءات آنية على المستوى الوطني والإقليمي والدولي.

إن الآفات الزراعية هي أحد مكونات البيئة، ومن الطبيعي أن تتأثر بالزيادات المرتقبة في تركيز ثاني أوكسيد الكربون ودرجات الحرارة. على أن البيانات المتوافرة حالياً ليست كافية للجزم بما سيحدث من تغيير لمجتمعات هذه الآفات على مستوى العالم. هناك بعض الأمثلة التي تشير إلى أن بعض الحشرات، ومنها من له دور مهم في نقل بعض الأمراض الفيروسية والبكتيرية إلى محاصيل زراعية أساسية، حساسة لزيادة درجات الحرارة أو ثاني أوكسيد الكربون. من المتوقع أن يسبب التغير المناخي نقصاً في إنتاجية المحاصيل الزراعية نتيجة تزايد نشاط الآفات الحشرية مع ارتفاع معدلات درجات الحرارة، حيث أن تزايد نشاط الحشرات هذا سيؤدي إلى نقص في إنتاجية الرز والذرة والقمح حول العالم في حدود 10–25% لكل زيادة درجة واحدة سلزيوس، وبالتالي فإن ارتفاع الحرارة بمعدل 2 درجة سلزيوس حول العالم سيسبب خسارة في هذه المحاصيل الثلاثة مقدارها 213 مليون طن في السنة (Urton, 2018). كما أنه من المتوقع تحت تأثير أي من السيناريوهات المتوقعة للتغير المناخي سيكون تزايد أعداد الحشرات هو أحد مظاهر هذا التغير، وبخاصة في المناطق المعتدلة العالية الإنتاجية، مسببة زيادة في أسعار الغذاء وبالتالي فإن معاناة العائلات المهددة بالجوع ستزداد.

ما حدث هذا العام 2019 من ظهور انفلات في فورنات الجراد الصحراوي سبب خسائر جسيمة في بعض الدول بالمحاصيل الزراعية بسبب غزارة الأمطار وسقوطها في غير أوقاتها الطبيعية. ولأول

مرة يهاجم الجراد أشجار النخيل ويتغذى على التمر بالمملكة العربية السعودية إضافة لذلك ظهور غير طبيعي لخنافس الكالوسوما (*Calasoma olivieri*) وأبو دقيق الخبيزة (*Vanessa cardui*) وصرصار الحقل الأسود (*Gryllus* sp.)، وغيرها كما تفشى مرض خياس طلع النخيل الفطري وأمراض الصدأ والبياض الدقيقي واللفحات المبكرة والمتأخرة على البندورة/الطماطم والبطاطا/البطاطس والتي ستغطى في فصول أخرى.

إن تغير المناخ المرتقب سيفتح آفاقاً جديدة للبحث، ومن المتوقع أن بعض المناطق الزراعية وخاصة المرتفعة ستكون أكثر ملاءمة لبعض الحشرات مما يستدعي إجراء دراسات دقيقة حول هذا الموضوع وإيجاد أفضل السبل للتكيف مع هذه المتغيرات. ليس من المستغرب أنه مع زيادة تركيز ثاني أوكسيد الكربون، والتي لم تشهده البشرية منذ آلاف السنين، ستلقى الآفات الزراعية المختلفة اهتماماً أكثر من خلال كونها جزءاً مهماً من البيئة عموماً والنظم الزراعية بشكل خاص، وأهمية تداعيات كل ذلك على موضوع الأمن الغذائي إن كان على مستوى المنطقة العربية بشكل خاص أو على مستوى العالم بشكل عام.

1.5. كيفية تأثير التغير المناخي في الآفات التي تهاجم المحاصيل الزراعية

يأخذ ما يعرف بالتغير المناخي أشكالاً متعددة منها زيادة الحرارة أو البرودة، زيادة الجفاف أو الرطوبة، زيادة ثاني أوكسيد الكربون، تداخل الفصول، التغيرات الفجائية الحادة، شدة الرياح....الخ من الظواهر التي تم رصدها في العقود القليلة الماضية. وقد فرضت هذه التغيرات نفسها على الواقع الزراعي مما لها تأثير في إنتاجية المحاصيل الزراعية. في هذا التقرير لن نتعرض إلى تأثيرات التغير المناخي المباشر في إنتاجية المحاصيل، بل سنقتصر على تسليط الضوء على تأثيرات التغيرات المناخية في الآفات الزراعية وبشكل غير مباشر على إنتاجية المحاصيل.

يعد ارتفاع درجات الحرارة من أهم عناصر التغير المناخي تأثيراً في تكاثر الآفات الحشرية وانتشارها. من المعروف أن جسم الحشرة يعكس حرارة الجو المحيط بها، وبالتالي فإن لدرجة حرارة الجو تأثير مباشر على استهلاك الحشرات للأوكسيجين، وكذلك احتياجاتها من السعرات الحرارية. وتؤكد جميع الدراسات بأن إرتفاع درجات الحرارة يرفع من سرعة التمثيل الحيوي مما يرفع من شهية الحشرة لاستهلاك الغذاء (النبات) ويمكن تقديرها بسرعة. كما أن ارتفاع الحرارة يزيد من سرعة تكاثر العديد من الحشرات لتصل إلى مستوى تكاثرها في المناطق الإستوائية. وينعكس كل ذلك بزيادة الخسائر التي تسببها الحشرات للمحاصيل الزراعية (Merril & Peairs, 2017). كما أن زيادة تركيز ثاني أوكسيد الكربون في الجو يسبب زيادة السكريات الأحادية في أوراق النبات ويقلل من نسبة

الآزوت (النيتروجين). هذه التغيرات تزيد من الأضرار التي تسببها الحشرات لأنه سيفرض عليها أن تتجه إلى استهلاك أوراق أكثر لتلبية حاجتها من الآزوت. كما أن زيادة الحرارة، الناتجة عن زيادة نسبة ثاني أوكسيد الكربون، ستساعد أعداداً أكبر من الحشرات تجاوز ظروف التشتية القاسية. بالإضافة إلى أن زيادة الحرارة سيساعد العديد من مسببات الأمراض النباتية على تخطي ظروف التشتية بأعداد أكبر، خاصة الفطور المحبة للحرارة.

أما بالنسبة للأمراض النباتية، لقد بدأ الإحتباس الحرارى العالمي بالفعل في تغيير توزيع الأمراض والآفات النباتية الرئيسية ويزيد من معدل حدوثها وشدتها. وفي الوقت الذي يصعب فيه إرجاع هذه التغييرات بشكل محدد إلى تغير المناخ، فقد ظهرت حديثا بعض الأمثلة التي تبرهن على ذلك بقوة، تشمل الإنتشار الواسع لبعض المسببات الممرضة للنبات أو نواقلها الحشرية، وأدت الزيادة غير المسبوقة في حركة الأشخاص والحيوانات والسلع إلى تضاعف سبل نشر أمراض الحيوان وآفات النبات العابرة للحدود (بما يتضمن الحشرات ومسببات المرض) واحتمال نشوء أنواع غريبة غير مألوفة أكثر شراسة. منذ منتصف سبعينات القرن العشرين لوحظ زيادة انتشار العديد من الآفات والأمراض في دول أوروبا وآسيا، بحيث تغير توزع الأمراض الرئيسية مثل لفحة الأرز، لفحة أغماد الأرز، والصدأ الأصفر في القمح بدرجة معينة. فالأمراض المحبة للأجواء الدافئة قد تزايدت بينما الأمراض المحبة للأجواء الباردة قد تناقصت، واليوم فإن العديد من الأمراض الناشئة قد توطنت في عديد من المناطق وأصبحت تمثل مشكلات للمحاصيل الرئيسية هناك.

وفي مصر، تزايدت العديد من المشكلات المرضية وأدى انتشار حشرات المن مبكراً في زراعات الفول البلدي إلى انتشار الأمراض الفيروسية في منتصف تسعينات القرن العشرين مؤدية لخسائر شديدة لا زالت قائمة في تلك المناطق بمحافظات بني سويف والمنيا والفيوم، كذلك تزايد انتشار مرض البياض الزغبي في القرعيات وبخاصة على الخيار مع تزايد الزراعات المحمية لينتشر أيضاً في الزراعات غير المحمية (الحقل المفتوح) ويمثل مشكلة تؤثر في الإنتاج.

وقد تؤدي التغيرات المناخية إلى زيادة نشاط الممرضات الموجودة مسبقا، أو قد تهيئ الظروف المناسبة للممرضات الجديدة للبقاء. فالشتاء المعتدل الحرارة سوف يساعد على قضاء هذه الممرضات النباتية والأنواع الغازية لفترة الشتاء دون أن تتعرض وحداتها للضرر، وسوف تسرع دورات حياة الناقلات الحشرية والممرضات كالبكتيريا والفيروسات والفطور.

ومن المنتظر حدوث تفاوت في سقوط الأمطار من عام لآخر في بعض المناطق الزراعية، وهذه التغيرات سوف تؤدى إلى زيادة انتشار أمراض المجموع الخضري الفطرية مثل صدأ فول الصويا، ومع الدفء وزيادة الأمطار وظهور الأمراض الجديدة سوف يزداد استخدام مبيدات الآفات

لمحاصيل معينة كالذرة والقطن وفول الصويا والبطاطس/البطاطا والقمح. ومن ثم فإن تأثيرات التغيرات المناخية سوف تأتى بالضرر على الدول النامية والفقيرة في جميع انحاء العالم. وهكذا سوف يؤدى النقص في إمدادات الغذاء إلى اضطراب التجارة الدولية، ويزيد من التنازعات والمشكلات المحلية والدولية، وإلى عدم الإستقرار السياسي في دول عديدة.

أما بالنسبة لنيماتودا النبات، فإن أكثر عواقب تغير المناخ تبرز على الأرجح في عنصرين هامين أولهما التحول في التوزيع الجغرافي للعائل النباتي وبالتالي تغير في الفقد المحصولي الناجم جزئياً عن التغير في فعالية استراتيجيات مكافحة هذه النيماتودا، وثانيهما أن معظم العمليات الحيوية في النيماتودا لها مدى حراري يحدد النطاقات الجغرافية المثالية لها، وقد تناول Abd-Elgawad & Askary (2015) آراء علماء النيماتولوجيا الذين تنبؤوا بزيادة أعداد نيماتودا تعقد الجذور مع تغير المناخ بسبب زيادة عدد أجيالها سنوياً في المناخ الدافئ. كما أن مثل هذا التغير المناخي لا يستبعد خطر ظهور آفات نيماتودية جديدة في مناطق لم تكن موجودة بها، الأمر الذي يعرض مدى أوسع من المحاصيل المنزرعة للإصابة. وعموماً فقد استخدمت بيانات من عينات التربة التي تم جمعها خلال مسح لنيماتودا النبات في أوروبا لتقويم الآثار المحتملة لظاهرة الاحتباس الحراري على النطاق الجغرافي هناك واتضح منها وجود ارتباط وثيق ما بين متوسط درجة حرارة التربة في تموز/يوليو وتوزيع النيماتودا الناقلة للأمراض الفيروسية، ولذلك فهناك تنبؤ بأن تغير المناخ يمكن أن يؤدي إلى زيادة مشكلات النيماتودا والفيروسات في شمال أوروبا، وفي المقابل فإن التغير في هطل الأمطار يمكن أن يؤثر في توزيع النيماتودا على نطاق واسع في البلدان العربية، على الرغم من أن هناك افتراض بأن رطوبة التربة الناتجة عن الري المنتظم للمزروعات قد تحجب أي تأثير في توزيع النيماتودا في معظم الزراعات التي تتبع نظم المقننات المائية السليمة سواء في الدول العربية أو غيرها. في هذا الإطار يمكن الاحتفاظ بتعداد نيماتودا التعقد في الأرز *Meloidogyne graminicola* تحت المستوى الضار اقتصادياً من خلال الإدارة الجيدة للمياه، ولكن عند شح أو عدم توافر المياه بعد التغيرات المناخية و/أو التنافس على الاستخدام الحضري للمياه، أو تدني الجودة في إدارة المياه فإن ذلك يرفع مستويات هذه النيماتودا لتصبح ضارة بشكل كبير. تعد النيماتودا الحفارة *Radopholus similis* من الآفات المهمة جداً على الموز الذي يمثل العنصر الرئيس للنشا لأكثر من 20 مليون شخص في المرتفعات الشرقية الأفريقية وهو من أهم منتجات جمهورية الصومال، بيد أن أي ارتفاع طفيف في درجة الحرارة بسبب تغير المناخ سوف يؤدي إلى انتشار هذا النوع النيماتودي (De Waele & Elsen, 2007) في هذا البلد العربي، وهو حساس للبرد فيصيب ملايين أشجار الموز الأخرى التي تنمو في هذه المرتفعات.

ولتكون الصورة كاملة، لا بد من متابعة التأثيرات الأخرى للتغير المناخي. ومع أن زيادة الحرارة تؤدي إلى تكاثر أسرع للآفات الحشرية والنيماتودية بما فيها تلك التي تنقل مسببات الأمراض الفيروسية والبكتيرية، إلا أنها تساعد أيضاً في زيادة تكاثر الأعداء الطبيعية للآفات الحشرية والنيماتودية، لذلك في المحصلة النهائية، والتي تتأثر بالحشرة المحددة أو المرض المحدد، فإن زيادة ثاني أوكسيد الكربون قد تسهم بدور تحفيزي أو تضادي مع ارتفاع درجات الحرارة. لذلك لا بد من الإنتظار لظهور الآفة الحشرية أو المرض بشكل مرئي قبل المبادرة بأي إجراء عملي. كما أن زيادة تركيز ثاني أوكسيد الكربون ودرجات الحرارة لها تأثيرات متغيرة في تكوين وفترة بقاء المرحلة المعدية الحرجة من الآفة مما يتطلب دراسات دقيقة تساعد في الوصول إلى أفضل الممارسات العملية لمكافحة الآفة (Venkataraman, 2016).

متى يجب المبادرة: كما ذكرنا أعلاه، فإن ارتفاع مستوى ثاني أوكسيد الكربون وزيادة درجات الحرارة يمكن أن يتفاعلا بطريقة محفزة أو تضادية، حسب الآفة موضوع الدراسة. وهذه التفاعلات لا يمكن التكهن بها بدقة وتحتاج إلى متابعة ظهور الآفة قبل المبادرة بتطبيق أي ممارسة عملية. لذلك فإن وجود بيانات دورية من مصائد الحشرات أو مصائد أبواغ الفطور الممرضة يسمح بتوقع مستوى الإصابات الحشرية أو المرضية القادمة. إن وجود شبكة من هذه المصائد في جميع المناطق الزراعية هو أمر مساعد ويجب تشجيعه. كما أن تحليل بيانات الأرصاد الجوية من حرارة ورطوبة يساعد كثيراً في توقع حدوث الإصابات الحشرية أو المرضية بشكل أفضل. إن موضوع التنبؤ عن حدوث إصابة بأي من الآفات التي تصيب أي محصول هو أمر معقد ويحتاج إلى كثير من المتابعة والتدريب، وسيتم تناول هذا الموضوع بشكل مفصل بالفقرة التالية من هذا التقرير.

2.5. تقدير مخاطر الآفات في إنتاجية المحاصيل وعلاقتها بالتغير المناخي

يعد تحسين وتطبيق أنظمة لتحليل وتنبؤ خسارة المحاصيل نتيجة الإصابة بالآفات الزراعية بما فيها تأثيرات التغير المناخي لا يزال حتى الآن من التحديات المهمة التي تواجه المجتمع العلمي الزراعي حول العالم. إن غالبية الأنظمة المطبقة حالياً تركز بشكل أساس على برمجة استخدام المبيدات أو برمجة الكشف الأولي عن الآفات. لا شك أن هناك حاجة ماسة لتوسيع أفق البحث بشكل يسمح بنمذجة تأثير الآفات تحت سيناريوهات تغير المناخ المختلفة. يجب ألا تقتصر الأسئلة البحثية المطروحة على تأثيرات تغير المناخ المحتملة في الآفات الحشرية والأمراض الموجودة حالياً بل يتخطاها إلى تأثيرات الآفات الجديدة المحتملة على الأنظمة الزراعية. إن البيانات التي تجمع عن خسارة المحصول نتيجة الإصابة بالآفات قد لا تكون كافية لتطوير أنظمة تنبؤ لمعرفة تأثيرها

نتيجة التغير المتواصل في أنماط المناخ. إن تطوير أنظمة محاكاة مبنية على تسلسل العمليات (process-based) هو الطريقة الفضلى لتقدير كامل التأثيرات المحتملة. ولتحقيق ذلك لا بد من توفير جيل جديد من الأدوات مبنية على المعرفة المتجددة وأفضل التقنيات المتوافرة للتمكن من تحليل ديناميكية الأنظمة الزراعية بما فيها من مدى واسع للمتغيرات البيئية. طبعاً هناك العديد من المحاولات التي تجري حالياً حول العالم، ولسنا هنا في صدد عرضها بالتفصيل، ولكن هناك إقرار يوافق عليه المشتغلون في هذا المجال يرتكز على اتباع خريطة طريق من خمس خطوات تساعد في الوصول إلى الهدف المنشود وهي: (أ) توفير وتحسين نوعية البيانات التي يتم إدخالها في أنظمة التنبؤ، (ب) توفير وتحسين نوعية البيانات التي تسمح بتقويم الأنظمة، (جـ) تحسين إمكانية دمج هذه الأنظمة مع نمذجة المحاصيل، (د) تحسين عمليات تقويم نظام التنبؤ ككل، (هـ) إيجاد مجتمع من الباحثين الذين يعملون في هذا الإتجاه وتقوية أواصر التعاون والتواصل فيما بينهم (Donatelli *et al*., 2017).

في المنطقة العربية هناك بدايات في هذا الإتجاه، والمثال الذي أوردناه أعلاه والمتعلق بحشرة الدوباس التي تفتك بنخيل التمر الذي تم في سلطنة عمان هو مثال مبشر لهذا النوع من الدراسات (Shahbani *et al*., 2018). ولا بد أن عدد الباحثين سيزداد في السنين القادمة ، ومن بلدان عربية مختلفة، الذين يقومون بأبحاث تركز على تقدير مخاطر الآفات على إنتاجية المحاصيل الزراعية الناتج عن التغير المناخي.

6. تطوير نظم النمذجة الرياضية ودعم القرار: استخدام تقاني المعلومات لتحسين الأداء في وقاية المحاصيل من الآفات

يعد تطوير نظم النمذجة ودعم القرار بهدف التنبؤ والإنذار المبكر أحد العناصر المهمة والتي ترفع من كفاءة الإدارة المتكاملة للآفات التي تهاجم المحاصيل الزراعية. وتعتمد نظم التنبؤ سواء بالأمراض أو الآفات الحشرية على استخدام عوامل المناخ وكذلك المراقبة الحقلية من قبل المزارعين، بالإضافة إلى المعرفة الجيدة بالأرصاد الجوية الزراعية وكذلك الاستشعار عن بعد التي ترصد التغيرات الحيوية التي تحدث في المحاصيل الزراعية على مستوى الحقل والمنطقة.

1.6. برامج التنبؤ بالآفات

تتمثل الأهداف الأساسية لمراقبة الآفات في تشخيص الآفات وتحديد شدة الإصابة بها، إذ أن نسب الإصابة عادة ما تختلف من حقل إلى آخر ومن موسم إلى آخر، وتختلف طرائق ووسائل المراقبة،

ومنها الطرائق البسيطة والمهمة وهي الفحص المباشرة للنباتات، واستخدام المصائد المختلفة الضوئية والفرمونية واللاصقة وغيرها، فضلاً عن اعتماد نظام الوحدات الحرارية Degree days (DDs)، ومن الطرائق المتقدمة هي وسائل المراقبة الرقمية Digital Monitoring tools.

إن أحد أهم الأهداف الرئيسة من تنفيذ برامج الإدارة المتكاملة للآفات هي منع وصول الآفات إلى مستويات الضرر الإقتصادي، ولا يمكن تحقيق هذا الهدف بدون برامج المراقبة والتنبؤ بظهور الآفات وتقدير الكثافات العددية لها، ويعد فهم مبدأ نمو الآفات الزراعية وبخاصة الحشرية وتطورها ، من الأمور المهمة التي لها دور متزايدًفي اتخاذ قرارات الإدارة المتكاملة للآفات، ويعتمد نمو أو تطور الحشرات على العديد من العوامل البيئية بما في ذلك درجة الحرارة والضوء والرطوبة، ولأن الحشرات تعد من الكائنات ذات الدم بارد (Poikilotherms)، فإن لدرجة الحرارة تأثير كبير في معدلات نمو الحشرات وتطورها ، ولكل حشرة عتبة درجة حرارة معينة، ولا يحدث أي تطور عندما تكون درجات الحرارة أقل من هذا المستوى، وإذا ازدادت دراجات الحرارة بعيداً عن هذه العتبة، فسوف يتوقف نمو الحشرة أيضاً ، ومن خلال متابعة درجات الحرارة هذه، يمكن التنبؤ بنشاط الحشرة وظهورها في البيئة خلال موسم النمو، من خلال معرفة نظام الوحدات الحرارية التراكمية Degree Days (Herms, 2004 ؛Ascerno, 1991)، إذ توجد العديد من الدراسات التي حددت DDs للعديد من الآفات الحشرية على المستوى العالمي، ومنها حشرة منّ الخوخ الأخضر وذبابة الفاكهة وحشرات حرشفية الأجنحة (AliNiazee, 1976؛ Cayton *et al.*, 2015؛ Ro *et al.*, 1998) وغيرها من الحشرات، إن نظام الوحدات الحرارية فعال جداً في مراقبة والتنبؤ بظهور الآفات الحشرية، وقد أُنشئت العديد من المواقع الالكترونية حول نظم الوحدات الحرارية للعديد من الآفات في كثير من الدول، ففي الولايات المتحدة الامريكية، توجد محطات مراقبة جويه في معظم الولايات تدعى Mesonet (شبكة محطات جوية) لمراقبة الانواء الجوية بصورة عامة، الا أنه في ولاية أوكلاهما تم دعم هذا الموقع بنظام لحساب الوحدات الحرارية لأهم الآفات الزراعية على المحاصيل الاستراتيجية في الولاية، ليكون في متناول الزراعيين والمختصين بجانب مراقبة الآفات (Mesonet, 2020)، وأيضاً الموقع الذي صمم من قبل جامعة ولاية يوتا لمراقبة حشرات حفارات السوق وذباب الفاكهة وغيرها لبعض الآفات التي تصيب أشجار الفاكهة باستخدام DDs (USU, 2020) وغيرها من المواقع المهمه التي تقدم خدمات مراقبة الآفات ضمن برامج الإدارة المتكاملة للآفات في أربع ولايات شمالية في أمريكا.

على مستوى البلدان العربية، توجد العديد من الدراسات حول استعمال نظام الوحدات الحرارية للتنبؤ بمواعيد ظهور ونشاط بالغات عدد من الآفات الحشرية، اذ أجريت في العراق عدد من الدراسات أيضاً ومنها نظام الوحدات الحرارية للتنبؤ بنشاط وظهور دودة ثمار التفاح *Cydia pomonella*،

كما بين الغراوي (2013) بان عتبة النمو الدنيا لتطور الدور اليرقي لدودة السمسم الحائكة *Antigastra catalaunalis* بلغت 8.73 °س، وأن الوحدات الحرارية اللازمة لتطور هذا الدور 222,14، وأن يرقات هذه الآفة تحصل على هذه الوحدات في منتصف آذار/مارس، وعلى الرغم من وجود هذه الدراسات في معظم البلدان العربية، إلا أنها لازالت لم تستخدم في مجال مراقبة الآفات.

يعرف التنبؤ بأنه توقع حدوث فعل معين في المستقبل، لذلك فإن التنبؤ بحدوث أوبئة الآفات النباتية هو توقع حدوثها مبكراً وبفترة مناسبة، حيث تسمح هذه الفترة إتخاذ الإجراءات اللازمة لمكافحة الآفة وبالتالي تلافي الخسائر الفادحة الناتجة عنها. وقد قام بعض الباحثين العرب بدراسة مجتمعات الآفات وتحديد مستوى العتبة الإقتصادية – الحد الإقتصادي الحرج – والتنبؤ بالخسائر الإقتصادية التي يمكن أن تحدثها آفة معينة إذا ارتفع تعدادها إلى مستويات محددة حتى يتنبه المزارعين وأصحاب القرار إلى الوقت المناسب الذي يجب فيه مكافحة هذه الآفة. فمثلاً وجد في مصر أن الحد الحرج للربح (كمية المحصول التي تساوي قيمته تكاليف المكافحة) كان 6.083 و4.014 طن ليمون/فدان (4200 م^2) والحد الإقتصادي لنيماتودا الموالح *Tylenchulus semipenetrans* هو 1810 و141 طور يرقي ثاني من هذه النيماتودا/150 مل تربة، استنادا إلى السعر السوقي لمبيدي كودزافوس (الاسم التجاري: رجبي) والاوكساميل (الاسم التجاري: فيدات)، على التوالي. كما أمكن التنبؤ بخسائر محصول الموالح/الليمون التي يمكن أن تحدثها كثافات مختلفة من نيماتودا الموالح بعد استنباط العديد من المعادلات الإحصائية ورصد توقعات الخسارة المحصولية في الموالح وفقاً لأنسب هذه المعادلات الرياضية (Abd-Elgawad *et al*., 2016) (جدول 2).

جدول 2. التنبؤ بخسائر الليمون (صنف بنزهير) القابل للتسويق عند زيادة كثافة نيماتودا الحمضيات/الموالح (Abd-Elgawad *et al*., 2016).

تعداد النيماتودا (طور يرقي ثاني)/ 150 مل تربة)	المحصول المتوقع (كغ/شجرة)	خسارة المحصول (طن/فدان)	الخسارة المتوقعة (كغ/شجرة)	الخسارة %
0	126.52	0.00	00.00	00.0
110	102.70	3.81	23.82	18.8
500	95.02	5.04	31.50	24.9
900	92.04	5.51	34.48	27.3
1200	90.59	5.75	35.93	28.4
1500	89.45	5.93	37.07	29.3
2000	88.00	6.16	38.52	30.5
2300	87.29	6.27	39.23	31.0

يشتمل التنبؤ كذلك على كل الأنشطة التي توضح للمزارعين في مجتمع ما بأن الظروف مناسبة بدرجة كافية للإصابة بآفة معينة (مرض، حشرة، نيماتودا...)، بحيث أن استخدام طرائق المكافحة سوف تؤدي إلى مردود إقتصادي، وبنفس الأهمية يشير التنبؤ بأن كمية المرض المتوقعة ستكون ضعيفة وغير مؤثرة وبالتالي ينصح المزارعين ألا يضيعوا الوقت والجهد والمال في عملية المكافحة. ويتطلب إيصال هذه المعلومات للمزارعين بسرعة وجود خدمة الإنذار المبكر ويكون ذلك عن طريق وسائل الإعلام المسموعة أو المرئية أو الإلكترونية.

ويتطلب نجاح مثل هذه الأنظمة تحديد الهدف بوضوح وفهم مبادئ النظام البيولوجي عند تجميع المعلومات عن البيئة المستهدفة، كما أن الدراسات الإستكشافية والخطط الجيدة ستجعلنا قادرين على إنجاز المهمة المطلوبة دونما ضياع للوقت أو الإخفاق في تحقيق الهدف. على سبيل المثال، إذا تم تقدير المرض مرة واحدة في الأسبوع وكان الهدف هو معرفة العلاقة بين تغير المرض ودرجة الحرارة، فإنه سيكون من غير المفيد تسجيل درجة الحرارة لكل دقيقة من كل يوم، بل إن حساب متوسط قيم درجة الحرارة لكل ساعة أو حتى الحد الأقصى والحد الأدنى لدرجة الحرارة أو متوسط درجة الحرارة اليومية هو مفيد وكافي. كما أن الإهتمام بالتقدير الكمي للوباء لا يمكن أن يتخطى الحدود المتعلقة بأدوات القياس، وان إختيار أدوات وأجهزة القياس سيعتمد على أهمية هذا القياس وعلى الدقة المطلوبة وعلى البيئة التي سوف يتعرض لها الجهاز وعلى التكلفة أيضاً.

وعند اختيار الأجهزة الحساسة وأجهزة التسجيل التي تستخدم لتوفير المعلومات الكمية والنوعية المطلوبة لإنجاز موضوع البحث يجب الأخذ بعين الاعتبار الأمور التالية: الدقة، الاستمرارية، إمكانية الإعادة والتكرار، إمكانية النسخ أو استخراج الصوت، الثبات، الاستجابة للوقت وحساسية نظام القياس.

وتستخدم حالياً أجهزة الحواسب الآلية في برامج تنبؤ الأوبئة النباتية التي توصي بمقترح العلاج الأمثل، ومن هذه البرامج البرنامج المعروف باسم EPIDEM الخاص بالندوة/اللفحة المبكرة في البطاطا/البطاطس والبندورة/الطماطم بناء على العوامل الجوية من حرارة ورطوبة نسبية وضوء وكثافة الأوراق والرياح وغيرها والتي تؤثر في دورة حياة الفطر الممرض *Alternaria solani*. كذلك في حالة مرض جرب التفاح هناك برنامج باسم EPIVEN، وفي حالة مرض اللفحة النارية في الكمثرى يعتمد على برنامج MARYBLIGHT. اما أكثر البرامج شهرة والذي نال معظم الإهتمام فهو برنامج BLITECASTالخاص باللفحة المتأخرة في البطاطس/البطاطا. وما سبق ذكره هو مجرد أمثلة لبرامج أصبحت معروفة عالمياً، وهناك حالياً العديد من برامج التنبؤ لكثير من أمراض النبات الوبائية.

إن حشرة الدوباس (*Ommatissus lybicus* Bergevin) من الآفات المهمة اقتصادياً التي تهاجم نخيل البلح في العراق وعمان وإيران. أكدت دراسة صدرت حديثاً من عمان (Shahbani *et al*., 2018) أن هذه الحشرة، وبناءً للتغيرات المناخية المتوقعة في السنين القادمة، من المتوقع أن تجتاح شمال عمان، كما أن هذا الإجتياحسيبقى، على الأغلب، حتى العلم 2070. لا شك أن نظام النمذجة المستخدم في هذه الدراسة يمكن تحسينه في المستقبل ليعطي توقعات أدق. كما أنه لا بد من الإشارة إلى أن استخدام أنظمة من هذا النوع يسمح كذلك بالتنبؤ في تحديد المناطق الزراعية غير الملائمة لحشرة الدوباس، فيتم التوسع في زراعة نخيل البلح في مثل هذه المناطق.

ولكي يكون التنبؤ مجدياً فيجب توافر العوامل الأربعة التالية:

1. التنبؤ هام ومطلوب فقط عندما يكون المرض ذو أهمية إقتصادية وحدوث المرض يعتمد على توافر مجموعة عوامل مناخية/بيئية/بيولوجية متزامنة. فالمرض غير الهام لا يحظى باهتمام المزارعين. كما أنه إذا كانت الآفة خطيرة ولكن دائمة بغض النظر عن الظروف البيئية المتغيرة، فسيكون الحاجة للسيطرة على الآفة ثابتة، ولن يضيف التنبؤ هنا أي فائدة إضافية في برامج المكافحة.
2. يناسب بناء نظام التنبؤ للآفة غالباً المحاصيل الهامة، حيث يكون له فائدة إقتصادية كبرى، فتطوير وإعداد التنبؤ يحتاج لأبحاث تتطلب وقتاً وموارد. وليس هناك جدوى اقتصادية للتنبؤ بمرض ما يصيب محصولاً ثانوياً أو قليل الأهمية.
3. يمكن استخدام التنبؤ فقط عند توافر تقنيات مكافحة الآفة، ففي مرض جرب التفاح يجب توفير المبيد الفطري المناسب الذي يثبط العامل الممرض، فإذا لم يتوافر المبيد الفطري أو إذا أصبح الممرض مقاوماً له فسوف يفقد التنبؤ فائدته المرجوة.
4. ضرورة وجود نظم اتصال ملائمة للإتمام الناجح للتنبؤ بالمرض، فبعض التنبؤات تتطلب استجابة خلال ساعات قليلة لتبدأ مكافحة المرض، ولكن البعض الآخر قد يحتاج استجابة خلال أسابيع أو شهور، وهنا قد يفيد إرسال خطابات للمزارعين بينما في الحالة الأولى تتطلب إجراء سريعاً عن طريق الإتصال تليفونيا أو خلال الراديو أو من خلال البريد الالكتروني.

وتجدر الإشارة إلى أنه منذ نهاية تسعينات القرن العشرين قد بدأت في مصر دراسات جادة للتنبؤ ببعض الأمراض النباتية كاللفحة المتأخرة في البطاطس واللفحة النارية في الكمثرى وأصداء القمح ومن المتوقع وجود نتائج لهذه الدراسات عبارة عن برامج تنبؤ لتلك الأمراض في مصر تكون

متاحة للهيئات والمحطات الزراعية وكبار المزارعين وبخاصة مع التقدم التكنولوجي الهائل في نظم الإتصالات.

2.6. استخدام الاستشعار عن بعد في التنبؤ بالآفات الزراعية

اما بالنسبة لبرامج مراقبة الآفات باستخدام وسائل المراقبة الرقمية، فيعد استخدام اجهزة الكمبيوتر والوسائل الإلكترونية الأخرى جزءًا هاماً في نظم مراقبة الآفات لاغراض الإدارة المتكاملة الآفات، اذ تتيح نظم المعلومات الجغرافية (Geographic information systems, GIS) وأنظمة تحديد المواقع العالمية (Global positioning systems, GPS) الإمكانية لرسم خرائط دقيقة للغاية للمناطق محل الدراسة، ان استخدام هذه الأجهزة في رسم خرائط التربة وفي نظم مراقبة الحاصل هي جزء من نظام يسمى الزراعة الدقيقة (Precision agriculture)، التي تسهم بشكل كبير في تقدم الإدارة المتكاملة للآفات، من خلال تحديد الحاصل والعوامل التي تؤدي إلى خفض الإنتاجية في الحاصل باستخدام التكنولوجيا مثل الاستشعار عن بعد (Remote sensing) ومراقبة المحاصيل بالإعتماد على النظم الجغرافية (لمراقبة المحاصيل الزراعية وللكشف عن الإصابة بالأمراض النباتية)، واستخدام النماذج الإحصائية في المراقبة والتنبؤ بالإصابة بالآفات الزراعية (Bouyer *et al.*, 2010؛ Dminić *et al.*, 2010؛ Piou *et al.*, 2011؛ Sciarretta & Trematerra, 2014)، إن نظم الإدارة المتكاملة للآفات التي تستخدم التطبيقات الرقمية عادة ما تكون أكثر فعالية مقارنة بالطرائق التقليدية، كون هذه التطبيقات تسهم في خفض كمية المبيدات المستخدمة في المكافحة الكيمياوية، وتوجد العديد من الدراسات التي استخدمت التقانات الرقمية في مراقبة الآفات الزراعية، كتلك التي استخدمت في الإدارة المتكاملة لافات محصول القطن، اذ استخدمت تقنية التحسس عن بعد في رسم الخرائط لحقول القطن التجارية الكبيرة وساعد ذلك في الحصول على توزيع عشوائي ملائم لوحدات العينة وبأقل عدد من وحدات العينة (حجم العينة Sample size)، مما خفض التكاليف الإنتاجية لإدارة الآفات على محصول القطن نتيجة لاختزال الوقت والجهد اللازم لأخذ العينات (Willers *et al.*, 2005)، واستخدمت هذه التقنية أيضاً في نمذجة التوزيع الجغرافي لحشرات الأرضة الغازية، لغرض تقويم العوامل البيئية على انتشار الحشرة في ولاية فلوريدا (Tonini, 2014).

إن الإستشعار عن بعد هو التقنية التي تتضمن مجموعة من الأجهزة والتي تُمكن بدورها المستخدم من قياس وتسجيل التغيرات في الاشعاع الكهرومغناطيسي (الغطاء النباتي) كذلك توفر وسائل القياس الكمي لمثل هذه التغيرات الناجمة عن تعرض النباتات لعوامل الإجهاد الحيوي. يتوقف الإشعاع الصادر عن النبات على خصائصه الفيزيائية (الجُسمانية) اضافةً إلى درجة حرارته وخاصية

الإنبعاثية لديه. ويستخدم في هذا النوع من الدراسات كاميرات ومستشعرات سواء متموضعة على الأرض، أو الطائرات، أو المراكب البحرية وصولاً إلى الأقمار الصناعية وغيرها من الحوامات الفضائية.

تعكس النباتات السليمة قدراً أكبر من الإشعاع يقع معظمه داخل دائرة/غطاء الأشعة تحت الحمراء بينما تقع كمية أقل منه داخل نطاق الأشعة المرئية والعكس بالعكس في حالة النباتات المصابة. وذلك بفضل النقص المطرد في محتوى النبات من الكلوروفيل.

وقد حقق استخدام تقنيات وتطبيقات الإستشعار عن بعد اكتشاف انتشار العديد من الآفات حول العالم مثل: (أ) اكتشاف مَن القمح الروسي وكذلك البق الأخضر من خلال تأثيرها السلبي في محتوى/تركيز الكلوروفيل (النقص)، (ب) أمكن تصوير ما سببته حشرات خنافس القلف من ضرر من خلال الألوان وكذا الألوان تحت الحمراء بوساطة كاميرا تقليدية، (ج) أمكن رصد نشاط المن في دلتا نهر المسيسيبي من خلال عمليات التوقيع على الخرائط والتي أوضحت بدورها أكثر مواقع زراعة القمح المحتملة تعرضاً للإصابة من قبل المن. كما أنه باستخدام هذه التقنيات أمكن دراسة توزع العديد من الآفات الحشرية مثل: (أ) استخدام التصوير الجوي لدراسة توزع عوائل ذبابة الفاكهة الاستوائية في هاواي والسلفادور والمكسيك، (ب) استخدام صور الأقمار الصناعية لرصد وتتبع زراعة الأرز التي تمثل عائلاً محتملاً لحشرة نطاط النبات البني في جزر الفيليبين، (ج) تتبع هجرة نوع من النطاطات الناتجة عن الفيضان ووجد أنها تتحرك بمعدل 100 كم في الليلة الواحدة في النيجر بغرب أفريقيا، (د) تم الرصد بوساطة الرادارات مَن محمول جواً بتيارات الهواء الجوي على ارتفاعات تصل إلى 1200 متر عن سطح الأرض.

بناء على ماسبق يمكن الإعتماد على تطبيقات وتقنيات الاستشعار عن بعد في الحصول على بيانات يمكن من خلالها تقويم مدى احتمالية حدوث/إمكانية الضرر أو خطر وحجم الوباء المتوقع وكذلك تقدير أضرار ما بعد الوباء.

3.6. نماذج لأنظمة التنبؤ بانتشار الآفات الحشرية والأمراض الزراعية

حصل في العقود القليلة الماضية تقدم كبير في استخدام أنظمة التنبؤ الإلكترونية حول احتمال انتشار الآفات بهدف استخدامها كعنصر مهم في الإدارة المتكاملة للآفات، وهناك العديد من الأمثلة حول العالم في هذا الإتجاه نلخصها كما يلي: (أ) في عام 1995 كانت الانطلاقة الأولى في كندا لنظام حاسوبى يدعى CIBRA وهو نظام حاسوب مركزي يتكون في جانبه المادى من عدة محطات أرصاد جوية منتشرة في كندا والتي تمكنه من توفير بيانات أرصاد جوية حقيقية يتم تسجيلها على مدار

الساعة، ويحوي على 130 نموذجاً للتنبؤ بالآفات الحشرية والأمراض للعديد من محاصيل الخضر والفاكهة، (ب) تم إنشاء وإدارة شبكة من 52 محطة أرصاد جوية من قِبل معهد أبحاث المحاصيل النرويجي بهدف تقليل استخدام المبيدات الحشرية وبالتالي الوصول في نهاية كل موسم إلى محصول أفضل وبتكلفة أقل وبالتالي بيئة أفضل للجميع، (جـ) تم إنشاء عدة نماذج من قبل جامعة Warwick في المملكة المتحدة تتعلق بتنبؤ انتشار الآفات واقتراح أفضل السبل لمكافحتها، (د) في عام 2000 تم استخدام 116 محطة أرصاد للتنبؤ بتطور الآفات في ألمانيا بناءً على علاقتها أو ارتباطها بالظروف المناخية المحيطة بها وبالتبعية محيطة بمحطة الرصد، وكل ذلك يكون ضمن نماذج التنبؤ –بالوقت المناسب قدر الإمكان لانتشار الآفة– وبرمجيات حاسوبية مختصة بدعم اتخاذ القرار، (هـ) في عام 2006، تم استخدام 115 محطة رصد ممكننة بهدف بناء شبكة وطنية محوسبة داخل بساتين التفاح التركية لتشمل 34 محافظة.

وتجدر الإشارة إلى أن عمر بعض هذه النماذج قد يصل إلى 20 سنة وقد سجلت نجاحات واضحة في أداء الوظائف الموكلة إليها، إلا أنه ومع مضي الزمن وتغير استراتيجيات الجهات الممولة وتقدم أنظمة التشغيل وغياب أنظمة الدعم والتطوير فإنه من المتوقع خروج بعض من هذه النماذج عن الخدمة/نظراً لانعدام فاعليتها، واستبدالها بنماذج أبسط وأكثر فاعلية.

4.6. التنبؤ بالآفات في البلدان العربية

أنتج أول نموذج محاكاة بالكمبيوتر للتنبؤ بمرض اللفحة المتأخرة على البطاطس في مصر في وحدة التنبؤ والإنذار المبكر بمعهد بحوث أمراض النبات، مركز البحوث الزراعيه وقد تم استخدامه تطبيقياً في الحقول وقد جاء بنتائج جيدة في حماية محصول البطاطس/البطاطا من الإصابه وتخفيض مرات رش المبيدات بصورة معنوية وصلت إلى 75% في بعض المناطق.

وبعد تصميم أول نموذج كمبيوتر مصري سمي EGY-BLIGHTCAST (Afifi & Zayan, 2009a) والتحقق من صحته في كل من مختبرات الكمبيوتر (محطات العمل) والظروف الميدانية من خلال شركات القطاع الخاص المنتجة للبطاطا/البطاطس، حيث طبق في سنوات 1998–1999 وقد أدت نتائج استخدامه أنه حافظ على المحصول من خطر الإصابة الوبائية وتم توفير مبيدات بنسبه 50% في موسم و75% في الموسم الآخر وزادت الإنتاجية 1.3 طن للفدان، ثم طور في عامي 2002 و2003 وتم استخدامه في مواقع مختلفة (النقاط الساخنة لمرض اللفحة المتأخرة على محصول البطاطا/البطاطس) في المحافظات الرئيسية لإنتاج البطاطس في مصر خلال الفترة 2004–2008.

وقد أُنتجت عده نماذج محاكاة بالكمبيوتر على الأسس نفسها لعدد من الأمراض الهامة على محاصيل استراتيجية في مصر منها على سبيل المثال برامج للبياض الزغبي والدقيقي على العنب (Afifi & Zayan, 2008a, 2009c)، البياض الزغبي على البصل (Afifi & Zayan, 2009b)، البياض الدقيقي على الفلفل/الفليفلة (Afifi & Zayan, 2008b)، اللفحه المبكرة على البندورة/الطماطم (Afifi *et al.*, 2009)، والبياض الدقيقي على الخيار (Hebat Allah *et al.*, 2011). وتم تطبيق كل هذه النماذج للإنذار في حقول تجريبية وأثبتت فاعلية في التنبؤ بالأمراض وتوفير معنوي في رش المبيدات المستخدمة في المكافحة. كما تم في عام 2015 تطوير النظام ووسائل إنتاج البرامج وتم نشر بحث لنموذج الكمبيوتر المنتج عن التنبؤ بالتبقع البني على محصول الفول البلدي والتي حصل على ترخيص بحق ملكية فكرية من الجهات المسؤوله بمصر (Zayan & Morsy, 2015).

في الفتره 2014–2019 بدأت في مصر مرحلة جديدة من العمل بالتعاون بين مركز البحوث الزراعية مع كليه الهندسة، جامعة القاهره لإنجاز مشروع بحثي تم من خلاله إنتاج نظام متكامل للتنبؤ بالأمراض يشمل محطة أرصاد جوية وبرنامج كمبيوتر ونماذج متكاملة ومطورة للتنبؤ بالأمراض. وهناك خطط طموحة في تطبيق هذه النظم على نطاق واسع لحمايه المحاصيل الإستراتيجية على مستوى مصر والبلدان العربية من خطر الإصابة الوبائية بالأمراض والآفات المختلفة في ظل تقلبات الطقس الحالية.

7. تطوير برامج تعليمية رائدة في علوم وقاية النبات

يعد موضوع تطوير برامج تعليمية رائدة في علوم وقاية النبات، كما في العديد من العلوم الأخرى، موضوعاً يتردد طرحه دورياً في الأوساط العلمية التربوية للمناقشة، وهو موضوع ديناميكي متغير، بمعنى أن ما كان ينطبق منذ عقود لا ينطبق على الواقع الحالي، وسيكون مغايراً حتماً لما سيكون عليه الوضع في العقود القادمة، ويعود ذلك إلى التقدم الهائل في تكنولوجيا الحصول على المعرفة. إلا أن هناك عناوين عامة يتم تداولها ومناقشتها في جميع المؤتمرات أو الاجتماعات التي تعالج موضوع البرامج التعليمية الرائدة في العلوم الزراعية عامة وفي مجال علوم وقاية النبات بشكل خاص وهي تتمحور حول نقاط رئيسة هي: (أ) ضرورة فهم ما يستجد في نظريات التعليم والتعلُّم، (ب) كيف يمكننا دمج تقنيات التعليم المتطورة لتحسين عملية التعلُّم، (جـ) المردود الأكاديمي الناتج عن التعليم مقارنة مع ما يجنيه العلميون من تعاطي البحث العلمي أو العمل الإرشادي (Schumann, 2003). وبما أن التقدم في علوم الحاسوب وتكنولوجيا المعلومات والتواصل يتم بوتيرة سريعة للغاية، فإن

الوسائل التعليمية التي استعملت منذ عقد أو عقدين من الزمن هي ليست نفسها ما نستخدمه اليوم، بل تعتبر بدائية مقارنة بما هو موجود حالياً. إلا أن المشكلات المرافقة لعملية التعليم مثل التكلفة والوقت والجهد الموظف في عملية تطوير أساليب التعليم، والقناعة بأن التكنولوجيا ليست بديلاً عن التعليم الصحيح تبقى هي نفسها.

1.7. النظرة للتعليم

هناك توافق عام بأننا نريد تعليماً يفجر طاقات الطلبة ويستفز ذكاءهم، ويساعدهم على التفكير الحر الإبداعي لحل المشكلات التي تعترضهم. نريد تعليماً تفاعلياً يحول الطالب إلى مفكر ناقد وإنسان منطقي، غير متحيّز، يتمتع بمهارات تفكير عالية. نحن لا نريد طلاباً هدفهم فقط النجاح في الامتحانات على حساب مهارات مطلوب توافرها في خريجي القرن الواحد والعشرين، مثل حل المشكلات العملية، والعمل بروح الفريق وإتقان تكنولوجيا المعلومات وتعلم الإدارة والتنظيم. إن ما تفتقر إليه البرامج التعليمية في العديد من البلدان العربية هو تبني الأساليب التي تدفع الطالب للتفكير الخلاق وتنمية الإبداع، وقدرته على إيجاد حلول لمشكلات لم يواجهها من قبل، بدلاً من حفظه للمعلومات. وهذا لا يتطلب إمكانات بشرية ومادية إضافية، بل يتطلب فقط تغيير طرائق التعليم وتحسين توظيف ما هو موجود (الربيعي، 2019).

للتعليم في مجال علوم وقاية النبات أشكال وطرائق متعددة، فهو يشمل المقررات التقليدية في الجامعات، والإشراف على طلبة الدراسات العليا، وبرامج الإرشاد بمستوياتها المختلفة. سنحاول في هذا الفصل أن نسلط الضوء على تطوير الطرائق الرائدة للتعليم التي يقوم بها الإخصائيون في علوم وقاية النبات سواء على المستوى الجامعي الأول (بكالوريوس) أو على مستوى الدراسات العليا (ماجستير ودكتوراه). ومن المفيد أن نذكر هنا أن لدى العديد من العلميين في وقاية النبات خبرة طويلة في تطوير برامج تعليمية رائدة، إلا أنهم لا ينشرون نتاج خبرتهم في هذا المجال في المجلات العلمية التربوية على غرار ما يقومون به في نشر نتائج بحوثهم العلمية. وسنحاول تسليط الضوء على التقدم الذي حصل والتحديات التي تنتظرنا في العقود القليلة القادمة، على أمل أن يتمكن المهتمون في علوم وقاية النبات من الأجيال القادمة من إيجاد أفكار حول التعليم تستحق التفكير والمناقشة.

إن الحياة بشكل عام متغيرة، والعوامل التي تؤثر في تعليم علوم وقاية النبات تتغير أيضاً وبشكل متسارع. لذلك ليس من السهل التكهن بدقة كيف ستتطور بيئة التعليم في العقود القادمة، ولكن يمكن تلمس بعض التوجهات العامة. ليس هناك حلولاً سهلة للكثير من التحديات التي تواجه

علوم وقاية النبات، ولكن التقدم الهائل في العديد من العلوم الأخرى وبخاصة في مجال البيولوجيا الجزيئية يضع العاملين في وقاية النبات أمام تحد كبير.

يركز هذا التقرير على التعليم المتعلق بوقاية النبات مع الإشارة لبعض الإنجازات في هذا المجال، ويجعل القراء مدركين للتطور الذي يحدث في طرائق التعليم في علوم وقاية النبات وموارده. وهنا لا بد من الإشارة إلى أن ما هو مذكور في هذا التقرير نابع من خبرة الإخصائيين الذين شاركوا في إعداده وليس مبنياً على دراسة معمقة تعتمد على جمع المعلومات من خلال استبيان توجه فيه أسئلة محددة إلى جميع الجامعات والمعاهد التي تتعاطى التعليم الزراعي وبخاصة علوم وقاية النبات، ومن بعد ذلك تحليل المعلومات التي تم جمعها واستخلاص العبر منها، فهذا مشروع مستقبلي لا بد للجمعية العربية لوقاية النبات أن تقوم به في السنين القليلة القادمة.

2.7. التغيرات في الدور التعليمي لإخصائيي وقاية النبات

برامج التعليم الحالية: إن تخصص وقاية النبات في معظم برامج الجامعات في المنطقة العربية، مثله في ذلك مثل ما هو موجود في جامعات العالم، هو مجال تخصص على مستوى الدراسات العليا (ماجستير ودكتوراه)، علماً بأن جميع البرامج التعليمية على مستوى البكالوريوس تشمل مقررات عامة وتحضيرية في علوم وقاية النبات. صحيح أنه في بعض كليات الزراعة هناك تخصص وقاية نبات على مستوى البكالوريوس، إلا أنه لا يمكن اعتبار خريجي هذه الأقسام إخصائيين في علوم وقاية النبات.

لأقسام هذا التخصص في كليات الزراعة تسميات متقاربة مثل "قسم وقاية النبات" أو "قسم وقاية المحاصيل" أو "قسم الصحة النباتية"، وتشمل هذه الأقسام عادة جميع علوم وقاية النبات (حشرات، أمراض، نيماتودا، قوارض، أعشاب ضارة/أدغال.....الخ)، ونادراً ما تجد أقساماً متخصصة مستقلة لكل علم من علوم وقاية النبات، مثل ما هو موجود في بعض الجامعات الكبرى في العالم، حيث توجد أقسام مستقلة للأمراض أو الحشرات أو النيماتودا، إلا أنه مع تقدم الزمن وتقليصاً للنفقات الإدارية وحرصاً على التكامل بين هذه العلوم، فإن العديد من الجامعات حول العالم اتجهت في السنين الأخيرة إلى دمج الأقسام المتخصصة في قسم واحد. وتبين أن للدمج فوائد عدة أهمها وضع طلاب الدراسات العليا في جو متكامل يسهل فيه التفاعل بين الطلاب والمدرسين من الإختصاصات المختلفة ويساعد على فهم مشكلات وقاية النبات المتداخلة في الواقع الزراعي وإيجاد الحلول لها بشكل أفضل.

تقنيات التدريس: يستخدم العديد من أعضاء هيئة التدريس في وقاية النبات في كليات الزراعة في البلدان العربية تقنيات متطورة مثل عروض الوسائط المتعددة، المواقع الإلكترونية وبرامج المحاكاة (Simulation) ولكن بدرجات متفاوتة. إن أحد الأسباب المهمة التي تجعل بعض كليات الزراعة العربية غير قادرة على استخدام هذه التقنيات بالمستوى المطلوب هو عدم وجود الدعم التقني الضروري وعدم توافر التجهيزات اللازمة داخل قاعات التدريس للإفادة من التقدم المتسارع في هذا المجال. كما أن إعطاء مقررات تعليمية في علوم وقاية النبات من خلال الشبكة العنكبوتية (On-line) بهدف التعليم عن بعد لا يزال مشروعاً مستقبلياً.

3.7. التغيرات الحاصلة في تعليم وقاية النبات

طرائق التعليم: هناك تقدم دولي كبير في البحث عن أفضل أساليب التعليم. يلجأ أعضاء هيئة التدريس في علوم وقاية النبات، كأقرانهم في باقي العلوم، إلى التعمق في النظريات والتغيرات الفكرية التي تعالج الكيفية التي يجب أن يتعلم الإنسان من خلالها واستخدامها عند وضع ماذا وكيف يدرسون المواد المكلفين بتدريسها (Wittington *et al.*, 1995 ؛Bransfor *et al.*, 1999). فتحرير طاقات الطلاب ومساعدتهم على التفكير الحر الإبداعي يتخطى المادة العلمية الموجودة في أي مقرر تدريسي في علوم وقاية النبات. وما يؤسف له أن تبني هذه المفاهيم في تعليم وقاية النبات في المنطقة العربية لا يزال في بداياته.

التعلم النشط (Active learning): بشكل عام يتطلع أعضاء هيئة التدريس إلى أنماط التعليم النشط الذي يسترعي انتباه الطلاب ويحفزهم على زيادة مشاركتهم واندماجهم داخل قاعات التدريس، من خلال المناقشات التي تحدث أثناء الحصص وتطبيق ما يتعلمونه في حل المشكلات على أرض الواقع. فالتعليم النشط وتطبيقاته لا يشبع رغبة الطلاب بزيادة قدراتهم على استخدام ما تعلموه فقط، بل يساعدهم على الأغلب على الاحتفاظ بالمعرفة التي حصلوا عليها.

التعلم الجماعي (Group learning): إن التعلم الجماعي أو التعاوني هو من الطرائق التي تتم مناقشتها بين أعضاء هيئة التدريس الذين يرغبون بتقوية مشاركة الطلاب في العملية التعليمية. تعتمد فلسفة هذه الطريقة على قناعة أن الطلاب يتعلمون بشكل أفضل عندما يطلب منهم حل المشكلات بأنفسهم وشرح أفكارهم لزملائهم. ويحتاج هذا النوع من النشاط التعليمي إلى تخطيط أفضل كما يتطلب وقتاً أطول ومجهوداً أكبر. إن التعلم المبني على البحث والتحقُّق يعطي الطلاب متعة

الإكتشاف، ولتحقيق ذلك فإنهم يحتاجون إلى حد أدنى من المعرفة كي يتمكنوا من الوصول إلى الحلول الممكنة، والدور الذي يسهم فيه المدرس هنا هو أن يدير عملية التعليم بكفاءة.

للتعلم الجماعي للطلاب فوائد جمة أهمها تدريبهم على كيفية التعاون كمجموعات، من خلال تمارين مخبرية أو مشاريع بحثية، من خلال النقاش الذي يتمحور حول ما يجب عمله ولماذا. وتجدر الإشارة في هذا المجال إلى أن بعض الطلاب الموهوبين يجدون في هذه الطريقة عائقاً لإنجازاتهم، وبخاصة عندما يجدون أنفسهم داخل فريق لا توجد بين أعضائه الرغبة نفسها والإهتمام في تحقيق الهدف المطلوب. إن البحوث التربوية في طرائق التعلم تؤكد بأن الأفراد يتعلمون بطرائق مختلفة، وبالتالي لا بد لأعضاء هيئة التدريس مراعاة هذه الحقيقة في خياراتهم.

الألعاب التعليمية: اعتمد بعض أعضاء هيئة التدريس المميزين حول العالم على نظم بعض الألعاب الناجحة في البرامج التلفزيونية وطوروها بحيث يتم من خلالها مراجعة مقررات في علوم وقاية النبات، ولاقى ذلك استحساناً كبيراً لدى الطلاب (Vincelli & Heist, 2002). ومع أن استخدام مثل هذه الطرائق يأخذ حيزاً من وقت المقررات التعليمية، لكن الطلاب يستمتعون بالمنافسة والحصول على جوائز رمزية، كما يجد أعضاء هيئة التدريس سهولة في تحضير المادة العلمية الضرورية.

التعليم العالي: هناك نقاش متواصل حول أفضل الطرائق لتحضير طلاب الدراسات العليا لأخذ دورهم في المواقع الأكاديمية مستقبلاً. وعليه، بالإضافة إلى التدريب البحثي، لا بد من زيادة الإهتمام في التحضير التربوي للطلاب. توجد في بعض الجامعات حالياً مقررات تساعد المدرسين وطلاب الدراسات العليا على تكوين مهارات تعليمية (Schmidt *et al*., 2002).

التعليم المستمر: يدرك الجميع الآن بأن التعليم الرسمي (بكالوريوس، ماجستير، دكتوراه) غير كاف في عالم يتطور بسرعة فائقة. لذلك فإن عملية التعليم، رسمية كانت أم غير رسمية، لا بد أن ترافق العلميين مدى الحياة. إن المهتمين بعلوم وقاية النبات يمارسون هذا الدور من خلال البرامج الإرشادية الموجهة للمزارعين أو المرشدين الزراعيين وغيرهم من المهتمين بالأمور الزراعية. ومع انخفاض الموارد ووجود الشابكة أصبح من الممكن الإعتماد على هذه الوسيلة للحصول على المعلومات المطلوبة. إلا أن هناك تباين كبير بين البلدان والمناطق المختلفة داخل البلد الواحد في المجتمعات الريفية العربية في إمكانية الإعتماد على الشابكة في الحصول على المعلومات. ومن المتوقع بأن هذا التباين سيخف تدريجياً مع الوقت.

4.7. تقنيات وطرائق التدريس

الصور التعليمية: في الماضي القريب **كان** جميع إخصائيي وقاية النبات يشعرون بأن ما لديهم من صور للآفات المختلفة والأعراض الظاهرية التي تسببها، لاستخدامها في المقررات التدريسية المختلفة، محدودة إلى حد ما. أما الآن فإن الصور الرقمية موجودة بوفرة على العديد من المواقع الإلكترونية ويمكن استخدامها بسهولة مما يساعد كثيراً في العملية التعليمية. قد يحدث أن يأخذ الطلاب مقرراً في فصل الشتاء، في الوقت الذي لاتوجد فيه عينات بيولوجية حية، فتأتي الصور الرقمية الجيدة لتملأ النقص وتؤدي الغرض. كما أن أفلام الفيديو التي تجمع بين الصور الحقلية والصور المجهرية بما فيها صور المجهر الإلكتروني، وفيها أيضاً إمكانات التصوير الفوتوغرافي الحركي والتي توضح بدقة الكثير من الظواهر المتعلقة بالآفات وتكاثرها وانتشارها. على سبيل المثال لا الحصر، أصدرت دار نشر الجمعية الأميركية لأمراض النبات قرص فيديو يحتوي على 10000 صورة بالإضافة إلى قاعدة بيانات مرافقة لتفسير الصور (Tainter *et al.*, 1995)، ومنذ ذلك التاريخ وحتى اليوم، أصبح العديد من هذه الوسائل التعليمية متوفراً لدى جهات علمية منتشرة حول العالم. على صعيد البلدان العربية فإن هذه الوسائل ليست متاحة بالسهولة المطلوبة.

من أهم الوسائل التعليمية التي أسهمت بدورٍ مهم في العملية التدريسية خلال العقدين الماضيين هي تطوير برامج تستخدم الصور الرقمية، ولعل من أوسعها انتشاراً برنامج باور بوينت الذي يحتاج استخدامه لوجود جهاز عرض رقمي (Liquid crystal display, LCD)، وأغلب قاعات التدريس حالياً يوجد بها حاسوب + LCD لهذا الغرض. ومع تقدم الوقت أصبحت هذه الأجهزة أقل تكلفة وأصغر حجماً، الأمر الذي سهل استخدامها ونقلها من مكان إلى آخر.

وسائل تعليمية تعتمد على الحاسوب: تم، في العقود الثلاثة الماضية، تطوير برامج محاكاة تتعلق بالآفات الزراعية المختلفة تساعد على اتخاذ القرارات. على سبيل المثال لا الحصر يعد برنامج Diagnosi^{TM} برنامجاً ناجحاً ساعد الطلاب على استخدام قدرة الملاحظة لديهم بالإضافة إلى نتائج المحاكاة المخبرية في تشخيص العديد من المشكلات المتعلقة بوقاية النبات (Stewart *et al.*, 1995). كما تم في العقود القليلة الماضية تطوير عدد من ألعاب الكومبيوتر باسم "جرب التفاح"، "اللفحة المتأخرة"، "رسيتان" و"لفحة المرج" (Bridge *et al.*, 1997) والتي ساعدت الطلاب على تطبيق ما تعلموه عند محاولة مكافحة الأمراض النباتية المختلفة مع اجتناب تطوير الممرضات النباتية لصفة المقاومة للمبيدات الفطرية الكيميائية. ولا ريب بأنه يمكن تطوير العديد من هذه البرامج لتلائم الظروف الطبيعية في البلدان العربية. كما أمكن الجمع بين الكتب المرجعية

وتقنيات الحاسوب باستخدام طرائق خلاقة لتقوية التعليم في علوم وقاية النبات. مثالاً على ذلك "تمارين في وبائيات أمراض النبات" التي تتكون من أقراص تحوي على برامج وقواعد بيانات ورموز تساعد في إجراء التحليل الإحصائي (Francl & Neher, 1997)، وتم تطوير العديد من الوسائل الإلكترونية وجعلها في متناول الطلاب.

الوصول إلى المعلومات: لقد سمح وجود الشابكة على الوصول بسرعة فائقة إلى كم غير محدود من المعلومات ذات الصلة بعلوم وقاية النبات مدعمة بالصور الملونة وعنصر الإحياء/التنشيط (Animation)، وهي جميعها أكثر جاذبية من الكتب التقليدية. يمكن للطلاب الوصول إلى هذه المعلومات من أي موقع جغرافي وهذا عنصر مساعد يشجع أكثر على البحث عن معلومات تهم المستخدم مقارنة بالمراجع التقليدية. إلا أن سهولة الوصول إلى المعلومات يرافقه مساوىء للطلاب، حيث يصبح الغش سهلاً ولا يدرك الطلاب بأن ذلك نشاط غير مرغوب فيه. إن قدرات الطلاب محدودة في تقويم مدى مصداقية بعض المواقع الإلكترونية كمصدر للمعلومات. لذلك فإن التقويم النقدي يعتبر مهارة ضرورية في برامج تدريب الطلاب.

ومع إمكانية الوصول إلى المعلومات بهذا الكم والسرعة، يتهيأ للطلاب أنه لا داع للإعتماد على الذاكرة. إلا أنه تجدر الإشارة بأن الوصول إلى هذا الكم من المعلومات المتوافر للطلاب يصبح مضيعة للوقت عند عدم القدرة على تحديد المواقع العديمة المصداقية أو تلك التي لا تلبي احتياجاتهم. لتجنب ذلك، هناك مواقع متخصصة ترشد الطلاب إلى المواقع الإلكترونية الموجودة التي تم تقويمها وتتحلى بالمصداقية مثل "كتاب مرشد الإنترنت في أمراض النبات" الذي كتبه Kraska (2002).

التعلم عن بعد: برز التعلم عن بعد بشكل واسع وعملي في السنوات العشر الأخيرة عن طريق تنظيم فصول دراسة متخصصة بموضوع معين تضم مجموعة من المشاركين لايزيد عددهم عن 20 أو أكثر بقليل من دول العالم المختلفة يتناولون موضوعاً ساخناً في وقاية النبات تتم مناقشته من هذه المجموعة التي يرأسها محاضر رئيس يضع المادة العلمية والإختبارات ويدير المناقشة بين المجموعة. ولقد نفذ بعض أعضاء الجمعية برامج تعلم عن بعد في مواضيع آفات النخيل وسوسة النخيل الحمراء وبكتيريا الكزيليلا فاستيديوزا على الزيتون.

مدارس الإدارة المتكاملة للآفات: أنشئت مدارس الإدارة المتكاملة والتي تعني ببث الثقافة الخاصة بوقاية النبات والزراعة بشكل عام داخل المدارس خاصة في أمريكا الشمالية في منتصف التسعينات.

وتمول هذه المدارس من الحكومات والقطاع الخاص والتبرعات. والهدف من إقامة هذه المدارس هو تعليم الطلبة ما هي الآفات المنزلية والبستانية ومخاطر المبيدات الكيميائية على البيئة والصحة العامة والعمليات الزراعية. إن بث الفكر البيئي والزراعي عند الطلبة وهم في المدارس الابتدائية والثانوية يحقق أهدافاً كبيرة لبناء جيل يفهم ماذا تعني الآفات وأضرارها ومخاطر التطبيقات للمواد الكيميائية. ولدى هذه المدارس برنامج واسع School IPM 2020 له اهداف مهمة ويشرف عليه نخبة من التربويين والمرشدين المتخصصين في المجال المذكور.

المدارس الصيفية: فكرة المدارس الصيفية ليست جديدة فلقد اعتمدتها المدارس الابتدائية والمتوسطة في تدريس نخبة من التلاميذ في دول العالم المتقدم لتعليمهم المهارات المختلفة في التعلم والتفكير بمدارك أوسع لحل مشكلات التعلم والحياة، وبناء شخصية الطالب. وقد دخلت المدارس الصيفية في مجال أوسع وأعلى حيث تبنت مؤسسة سيهام مثلا متمثلة بمعهد باري، ومراكز البحوث في إيطاليا، وضمن مشروع CURE XF وبالتعاون مع مشروعي XF-ACTORS وPOnTE الممولة من الاتحاد الأوروبي تم تنظيم المدرسة الدولية الأولى لبكتيريا *Xylella fastidiosa*: الكشف، والوبائية، والمكافحة. ولقد حقق هذا البرنامج نتائج إيجابية ومثمرة للعديد من المشاركين من أوروبا ودول حوض المتوسط وغيرهم.

نظام التدريس بالفصول القصيرة المكثفة: تعتمد بعض المعاهد الأوروبية وبالأخص معهد دراسات المتوسط في باري على نظام الفصول الدراسية المكثفة القصيرة التي لا تزيد عن أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع لكل مادة علمية، يتخللها جلسات عملي ونظري وزيارات حقلية. اذ يكون الطالب تحت ضغط كبير جداً لإكمال المقررات ويؤدي بعد نهاية كل مادة امتحاناً نهائياً. وفي يوم الامتحان النهائي وقبل تسليم الأوراق للطالب يوزع المعهد استبياناً لتقويم المدرسين ويستبعد من يقل تقويمه عن جيد جداً. وبعد نهاية الإمتحانات يختبر الطالب شفوياً ويقدم محاضرة بموضوع يختاره ويمنح دبلوم وللذين يحصلون على معدلات بالسنة الأولى جيد جداً يرشحون للماجستير ومن لم يحالفه الحظ يعود حاملا الدبلوم.

8. الاستنتاجات والتوصيات

أولاً: في تطوير واستعمال المواد السلوكية في تطبيقات الإدارة المتكاملة للآفات

1. التأكيد على الجهات المختصة في بلدان العالم العربي على إعطاء دور كبير لإنتاج وتطوير واستعمال استراتيجيات جديدة في إدارة الآفات مبنية على المركبات السلوكية التي تجذب كلا الجنسين.
2. ضرورة التوسع في استعمال وسائل المراقبة من خلال المصائد الفرمونية والجاذبة في دراسة مستوى المقاومة لدي الآفة لفعل المبيدات. إذ يمكن أن تستعمل أعداد كبيرة من الحشرات الممسوكة في هذه الطريقة مع اختصار تكاليف التربية التي غالباً ما تتبع للحصول على العدد المطلوب من الحشرة المستهدفة.
3. هناك حاجة مستمرة لإجراء الدراسات المعمقة المتعلقة بمعرفة الفضاء أو الحيز الفعال للفرمون اعتماداً على كمية الفرمون المحملة في المصيدة ومعدل الإنبعاث. يمكن إجراء تعديلات على المادة الجاذبة (الفرمون) لجعلها أكثر ملاءمة للفضاء المطلوب من أجل جذب أفضل للآفة المستهدفة. كما أن إجراء تعديلات على تصميم المصائد يساعد كثيراً على معالجة الحالات التي لا يتوافق فيها المسك في المصائد مع الإصابة في الحقل.
4. إجراء المزيد من الإختبارات من أجل تطوير واستعمال المصائد الجاذبة كمصدر لنشر مسببات أمراض الحشرات في الطبيعة. إذ أن الحشرة الممسوكة لا تقتل في هذه الحالة وإنما يسمح لها بالانطلاق بعد أن يتلوث جسمها بالمسبب المرضي وبذلك تكون وسيلة لنشر المرض بين أفراد جديدة من الآفة من خلال أفراد الآفة نفسها وهذا ما يسمى النشر الذاتي (Autodissemination).
5. التأكيد على أهمية تبني تقنية الصيد والقتل، التي تطبق من خلال مزج المادة الجاذبة مع المبيد وترش على سطح النبات مباشرة حيث تنجذب الحشرات إلى سطح النبات وتقتل بفعل المبيد.
6. التوسع في البحث العلمي التطبيقي من أجل تطوير وتصنيع واستعمال الفرمون وتطوير الوسائل المستعملة في تحميل الفرمون ومدة إطلاقه سعياً للوصول إلى أطول فترة ممكنة لفاعلية الفرمون في الطبيعة. تتطلب هذه الجهود مساهمة الجهات الرسمية فيما يتعلق بالبحث العلمي ونقل التقانات.
7. تشجيع الجهات المصنعة على التوسع في تطوير المستحضرات السلوكية مثل الكبسولات الدقيقة (Microcapsules) أو تحميل الفرمون على مادة حافظة مصممة لإطلاق كميات محدودة من

الفرمون خلال فترات زمنية معينة تصل إلى عدة أشهر. حيث يكون انبعاث الفرمون بمعدل ميلليغرامات بسيطة (عدد محدود) في الساعة. وكذلك المستحضرات القابلة للرش الذي يستعمل في حالات التطبيق الشامل على مساحات واسعة.

8. إن التوسع في استعمال المركبات السلوكية يحتاج إلى بذل المزيد من الجهود الحثيثة من أجل تطوير مستحضرات جديدة ذات كفاءة عالية في تثبيط التزاوج وهذا يتوقف على الفهم الجيد لميكانيكية التثبيط والخبرة التطبيقية اللازمة في الجوانب الحيوية والسلوكية ونظام التزاوج للنوع المستهدف. مثل هذه المستحضرات تحتاج إلى اختبارات موسعة ودقيقة من أجل التوصل إلى صيغة مشابهة للتركيب الطبيعي. ممكن أن يتجه العمل لإنتاج المواد الحاملة للفرمون التي يمكن أن يحمل عليها أكثر من ثلاثة مستحضرات فرمونية تجاه أنواع مختلفة من الآفات.

ثانياً: في تفعيل دور الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية في استدامة أنظمة الإنتاج الزراعي

1. تقليل استخدام المبيدات وإدخالها في برامج الإدارة المتكاملة للآفات، من خلال التشريعات والقوانين التي يجب اتخاذها من قبل الهيئات الحكومية، وكذلك التركيز على زيادة الوعي التعليمي للمزارعين، فعادة قد لايخفى على المزارعين مخاطر التسمم الحاد (Acute) بالمبيدات وبخاصة الحشرية، لكن الحاجة هنا تكمن في تسليط الضوء على التعرض المزمن (Chronic) الذي يمكن أن يكون سبباً للعديد من الأمراض العصبية. وتجدر الإشارة هنا إلى دور المؤسسات التعليمية والصحية في تعريف المشكلات المترتبة على التعرض الطويل للمبيدات الكيمياوية ومخاطرها على المدى الطويل.
2. ينبغي التوسع في تطوير النماذج الرياضية التي تسهم باتخاذ قرارات المكافحة ضمن برامج إدارة المكافحة المتكاملة للآفات، وإنشاء منصات إلكترونية ترتبط بالجامعات التي تقوم بتطويرها وتحديثها لتكون في متناول القطاعات الزراعية المختصة.
3. بسبب تأخر بعض المزراعين عن استخدام البرامج التطبيقية التكنولوجية التي تسهم في مراقبة الآفات الزراعية، فلا بد أن يكون للعاملين في الإرشاد الزراعي والمهندسين الزراعيين دوراً في هذا الجانب.
4. اعتماد برامج الإدارة المتكاملة للآفات القائمة على البيئة (Ecological pest management program)، باستخدام الطرائق الزراعية والميكانيكية والحيوية واستخدام الأصناف المقاومة وطرائق التقانات الحيوية الأخرى التي تضمن زيادة الإنتاجية للمحصول الزراعي وتقلل التلوث في النظم البيئية الزراعية.

5. التأكيد على توفير عوامل المكافحة الحيوية من الطفيليات والمفترسات وبشكلها التجاري (Mass production) والأجهزة اللوجستية الأخرى المتعلقة بالمكافحة المتكاملة للآفات، وفي الوقت المناسب عند الطلب للمزارعين لتلك العوامل الحيوية.
6. توفير الدعم اللازم للبحث العلمي الذي يجب أن يكون باتجاه تطوير وسائل حديثة لمكافحة الآفات. ينطبق هذا الإجراء كذلك على وسائل الهندسة الوراثية ومنها المحاصيل المحورة وراثياً التي يمكن أن تكون باتجاه استثمار معقول للموارد التي تساعد في دعم مخرجات الزراعة المستدامة في المستقبل.
7. تشجيع استعمال نظم المعلومات الجغرافية (GPS) التي تفيد في تطوير وسائل التشخيص من خلال المعلومات المتعلقة بموضوع أو مواضيع متعددة مع بعضها ورسم الخارطة الخاصة بتلك المعلومات مثل الخارطة الوبائية لبعض الآفات لتكون متوافرة للمزارع في أي وقت يحتاجها. كما يجب أن يكون هناك جهد تطبيقي باتجاه استعمال هذه النظم لتوضيح خارطة التوزيع المكاني للإصابة بالآفة الزراعية المستهدفة ضمن الحقل أو المنطقة وهذه المعلومات مهمة في وضع خطة النظام المحصولي والآفات المنتشرة واستراتيجية مكافحة الآفات. حيث ان أنظمة GIS و GPS تعد من التقانات المهمة في برامج المسح في المناطق المستهدفة وكذلك في وضع خطة الإدارة الشاملة للمنطقة ككل وهي من المتطلبات المهمة لبرامج إدارة الآفات في المستقبل.
8. التأكيد على أهمية الجانب التطبيقي لبيانات الطقس في برامج إدارة الآفات، اذ أن هذا الإجراء أصبح من التوجهات التي تلاقي إقبالاً كبيراً في مختلف دول العالم. حيث يتم جمع المعلومات المتعلقة بالطقس من مختلف المواقع الزراعية في المنطقة أو البلد وتستعمل ضمن برامج معينة لإعطاء تصور عن وضع مجتمع الآفة في الوقت المحدد سواء كان في الماضي أو الوضع الراهن. كما تستعمل هذه المعلومات مع نتائج المسح الحقلي في المنطقة المستهدفة لأغراض المقارنة وتحديد مدى الحاجة إلى إجراء مكافحة تجاه مجتمع آفة معينة. لذلك فإن من الضروري التواصل مع المراكز العالمية المعنية بالطقس من أجل الاستفادة من الخدمات المتوافرة لديها.
9. التأكيد على أهمية الأصناف المقاومة للآفات ودورها في استدامة النظم الزراعية لأنها من العوامل المهمة التي لها دوراً كبيراً في برامج إدارة الآفات كونها تشكل عنصر الاستدامة الرئيس لمثل هذه البرامج وكونها متوافقة مع إجراءات المكافحة المختلفة ضمن الإدارة الشاملة للمحصول.
10. ضرورة التوسع في إجراء الدراسات المتعلقة في بيئة المراعي والنبت الطبيعي لأنها عامل مهم ضمن مكونات النظام البيئي المعقد الذي يساعد كثيراً في رسم خطة برامج إدارة الآفات. حيث

أن مثل هذه الدراسات تفيد في توفير المعلومات المتعلقة بالتنوع الأحيائي والمحافظة على الأحياء النافعة والتربة والمياه وهذا ينعكس بالتأكيد على نوعية المحصول المنتج في الحقل أو المنطقة المستهدفة مما يجعلها من المتطلبات الضرورية لاستدامة نظام الإنتاج الزراعي.

11. ان مسالة تطور المقاومة لدى الآفات الزراعية تجاه فعل المبيدات المطبقة أصبحت من العقبات الكبيرة أمام برامج إدارة الآفات واستقرار النظم البيئية الزراعية. لذلك فان إدارة المقاومة لدى مجتمع الآفة تجاه السموم الكيميائية أو السموم البكتيرية يعد من التحديات المهمة أمام أنظمة الزراعة المستدامة. يتطلب هذا التحدي وضع خطة محكمة لإدارة مجتمع الآفة يسهم فيها ممثلين عن الجهات العلمية (باحثون)، مختصين من الإرشاد الزراعي، مستشارين زراعيين، وممثلين عن القطاع الزراعي والمستهلكين والجهات الأخرى المستفيدة. ان خطة إدارة المقاومة يجب أن تطبق وفقاً لاستراتيجية بعيدة الأمد تعتمد على التكامل الفعال لعناصر المكافحة المستعملة التي تتزامن مع دراسة الجدوى الإقتصادية لكل الوسائل والإجراءات المتبعة من أجل تحديد جوانب القوة والكفاءة لكل منها على المدى البعيد.

12. إن التطور في البحث العلمي المتعلق بمتطلبات وموارد الإدارة المتكاملة يجب أن يكون متزامناً مع المعلومات المتوافرة عن مستوى تبني التطبيقات. يتطلب هذا الإجراء وجود نظام فعال للتواصل من أجل تبادل المعرفة والمعلومات المتعلقة بنقل التقنيات بين جميع المجموعات العاملة في مجال تطوير وتطبيق برامج إدارة الآفات. لذلك لابد من تطوير وسائل الإعلام المختلفة من أجل التواصل بين الباحثين، مختصي الإرشاد الزراعي، المستشارين الزراعيين وممثلين عن القطاع الزراعي والمزارعين وكل الجهات ذات العلاقة فضلاً عن ضرورة وجود تواصل وتعاون بين المؤسسات العلمية المعنية. إذ يجب أن يتعاون الجميع في العمل الجاد والبناء الهادف إلى تبادل المعرفة من أجل تحقيق التبني الناجح لبرامج إدارة الآفات في المنطقة المستهدفة.

13. إن مساهمة إدارة الآفات في الزراعة المستدامة تتطلب وجود وسائل فعالة في نقل المعلومات بين المزارعين وبين الذين قاموا بتطوير البرنامج أو التقنية المعينة وكذلك مع العاملين بالخدمات الزراعية المختلفة. يجب أن يكون هذا التوجه من أولويات السياسة الزراعية في بلدان العالم العربي. كذلك فإن نقل المعلومات لا يعتمد فقط على الأكاديميين والمستشارين الزراعيين وأصحاب الصناعة الزراعية والمزارع فقط بل يشمل وسائل التواصل المختلفة مثل النشرات الإرشادية (Fact sheets)، مدارس المزارعين (FFS) واجتماعاتهم والأيام الحقلية (Field days) التي يجب أن تستمر في تقديم وسائل مهمة للتواصل بين الجهات المعنية من أجل تحقيق

التبني المطلوب لبرنامج الإدارة المقترح تجاه آفة زراعية معينة. كما يجب الاستفادة من الشبكة المعلوماتية العالمية (الانترنيت) التي تعد من الوسائل المهمة في التواصل ونشر الوعي وإيصال المعلومات والإرشادات بين الجهات المستفيدة. كذلك الاستفادة من المواقع المتخصصة لإدارة الآفات في مختلف المؤسسات العلمية العالمية التي تسهم إلى حد كبير في تشجيع تطوير برامج إدرة الآفات فضلاً عن كونها وسيلة للتواصل فيما يتعلق بنقل التقانات المتعلقة بإدارة الآفات في مختلف النظم الزراعية. كما أن الفائدة يمكن أن تتحقق من خلال الشبكات المعلوماتية التي تتبناها العديد من المؤسسات والمنظمات الرسمية وغير الرسمية العالمية لتكون حلقة وصل بين كل الجهات المعنية والمستفيدة من تطبيقات إدارة الآفات والزراعة المستدامة.

14. الحد الاقتصادي الحرج (Economic threshold) للآفات الزراعية في بلداننا العربية غائب تماماً عن برامج الإدارة المتكاملة التي تعتمدها بعض الدول العربية إن وجدت وما يعتمد هو استعمال المبيدات الكيميائية مباشرة عند ظهور أي حشرة أو مرض دون الاكتراث بكونها نافعة أو ضارة وهذا ما تعكسه تجارة المبيدات وازدياد المكاتب غير المرخصة لتجارة المبيدات التي لا توصي ببدائل المبيدات السهلة والميسرة لتلافي مشكلة ما يسموه آفة.

ثالثاً: في تطوير واعتماد نظم الإدارة المتكاملة للآفات

1. ضرورة توفير الدعم الحكومي لصناعة القرار المتعلق بالسياسة الزراعية في البلدان العربية بضمنها توفير المستلزمات الضرورية وتطوير واستعمال برامج إدارة الآفات.
2. التأكيد على أن تركز بحوث الإدارة المتكاملة على تكثيف دور الأعداء الحيوية في تطبيقات الإدارة المتكاملة في المنطقة العربية.
3. العمل على تطوير واستعمال النهج المتعلق بتنفيذ برامج إدارة الآفات من خلال تطبيق أسلوب مدارس الفلاحين (FFS) كونه يعزز مستوى تقبل المزارع لفكرة إدارة المحصول وآفاته ورغبته في تبني التطبيقات التي جربها ولمس فائدتها الإقتصادية بنفسه.
4. تشجيع إدارة الأنظمة البيئية والحيوية وتداخلها مع بعضها بما يعزز استدامة النظم الزراعية واستقرارها مع إعطاء أهمية للنبات باعتباره نظام توجيه الطاقة الشمسية وتحويلها إلى ناتج قابل للحصاد. كما أن نظام الإدارة يتوافق مع التطبيقات الزراعية وبذلك يحقق ضمان حماية اقتصادية من أضرار الآفات ويقلل في الوقت نفسه، من المخاطر الجانبية على المحصول وصحة الإنسان والبيئة عموماً.

5. توجيه الاهتمام نحو التقانات المهمة في تطوير برامج إدارة الآفات مثل استعمال نظم المواقع الجغرافية GPS وGIS التي تفيد في جمع المعلومات المتعلقة بموضوع أو مواضيع متعددة مع بعضها ورسم الخارطة الخاصة بتلك المعلومات مثل الخارطة الوبائية لبعض الآفات لتكون متوافرة للمزارع في أي وقت يحتاجها. حيث أن أنظمة GIS وGPS أصبحت من التقانات المهمة في برامج المسح في المناطق المستهدفة وكذلك في وضع خطة الإدارة المتكاملة للمحصول وآفاته.
6. العمل على تقوية قنوات تواصل متينة بين المؤسسات والمنظمات والجمعيات التخصصية المهتمة بإدارة محصول معين فضلاً عن شبكات التواصل ذات الطيف الواسع المهتمة بالبحث الزراعي التطبيقي في مختلف بلدان العالم منها شبكة معلوماتية هدفها نشر الوعي حول تطبيقات الزراعة العضوية وإدارة الآفات ودعم منتجاتها. حيث تقوم هذه المواقع بنشر أسس ومناهج تطبيقات برامج إدارة الآفات في النظم الزراعية المختلفة والتعريف بمعايير تصديق المنتجات الزراعية في الحقول الخاضعة لبرامج إدارة الآفات والزراعة النظيفة لتكون بمتناول اكبر عدد من المستفيدين فضلاً عن دورها في تقوية الروابط بين المؤسسات المماثلة في مختلف بلدان العالم.
7. الإهتمام بتطوير نظم مستدامة لإدارة الآفات الزراعية ضمن أطر أنظمة إدارة المحاصيل إذ أن الاستمرار على هذا النهج مع الاستفادة من الأسس التي قام الاتحاد الأوربي بوضعها لإدارة الآفات، التي تلائم الإدارة المستدامة للحقل المذكورة آنفاً، كلما كان ذلك ممكنا، مع توفير الدعم الحكومي والمالي الذي يساعد على تطوير وتحسين الإنتاج الزراعي في المنطقة العربية بما يخدم أجيال المستقبل في السنين القادمة.
8. الاستفادة من تطبيقات نظام الإنتاج المتكامل للفاكهة (IFP) الذي أثبت كفاءة عالية في إدارة الإنتاج الإقتصادي الناجح لفاكهة ذات جودة عالية مع أفضل حماية للنظام البيئي الزراعي، الصحة العامة، الحيوانات الأليفة والبرية والبيئة بشكل عام. لذلك فان هذا التوجه يجب أن يكون من أولويات البحث العلمي العربي في مجال تطوير واستعمال أنظمة إدارة الآفات وأنظمة إدارة المحاصيل واستدامتها بشكل عام.
9. إن الأمثلة المتعلقة بخطوات الإدارة المتكاملة في نظم زراعية مختلفة التي تمت الاشارة اليها آنفاً يمكن أن تكون دليل عمل باتجاه تطوير البحث العلمي الهادف إلى تحسين أي من الخطوات المشار إليها في النظم المختلفة من أجل تحقيق الاستدامة المطلوبة في مجال مكونات النظام البيئي الزراعي بما يحقق الفائدة المرجوة للأجيال المستقبلية.

10. لتطبيق نظام إدراة متكامل للآفات الزراعية، لابد من وضع هدف الوصول إلى الزراعة المستدامة والتي تسعى إلى تحسين نوعية البيئة بالإعتماد على موارد الطبيعة تلبية لحاجات الإنسان الغذائية، وهنا تمكن أهمية بعض عناصر الإدارة المتكاملة للآفات في تحقيق هدف الزراعة المستدامه من خلال استخدام طرائق المقاومة الحيوية في الحد من الإصابة بالآفات الزراعية وصولاً إلى زيادة الإنتاج وانعكاسه ايجاباً على نسبة الزيادة في الأرباح والعوائد للمزارعين والمنتجين الزراعيين.
11. الشروع باستحداث مراكز بحثية زراعية موزعة إقليمياً في البلد أو الاستفادة من المراكز الموجودة أصلاً، من مهامها تحديد المشكلات الزراعية ووضع الحلول الناجعة لها من خلال تقديم خطط بحثية خمسية (لمدة خمسة سنوات) وتجدد عند انتهائها وصولاً لتحقيق أهداف رؤيا 2050. يفضل أن توضع هذه الخطط على هيئة محاور وحسب الأهمية الإقتصادية للآفات الزراعية التي تصيب المحاصيل النباتية، مثلاً محور النخيل والذي يمكن تقسيمه إلى الإدارة المتكاملة للآفات الحشرية والأمراض النباتية، على أن يكون العمل بها ضمن فرق بحثية متخصصة.
12. بناء قاعدة بيانات حول الآفات الحشرية والعوائل النباتية التي تصيبها، والتي يستفاد منها في مراقبة ظهور الآفات خلال الموسم الزراعي بالاستفادة من البيانات البيئية المتوافرة من درجات حرارة ورطوبة لما لها من أثر مباشر في زيادة كثافتها، وهنا يأتي دور الإخصائيين في وقاية النبات وفي علم الإحصاء لبناء نماذج (Statistical models) حول علاقة الآفات الحشرية بالمراحل العمرية للعوائل النباتية ضمن الظروف البيئية الملائمة التي يمكن من خلالها مراقبة الآفات الزراعية والتنبؤ بفاشيات (Outbreak) الآفات.
13. دراسة الحد الاقتصادي الحرج للآفات الرئيسة التي تصيب محاصيل الحبوب الاستراتيجة كالحنطة/القمح والشعير والذرة البيضاء والصفراء والمحاصيل الزيتية، فضلاً عن النباتات الإقتصادية الأخرى.
14. تطوير برامج أخذ العينات والتي تساعد في اتخاذ قرارات المكافحة ولاسيما الكيميائية منها والتي من شأنها الإسهام في اختزال عامل الوقت والمال المخصص لعمليات المكافحة.
15. بما أن محاصيل الحبوب تزرع على مساحات شاسعة وعادة ما تصاب بالآفات الزراعية المختلفة التي تكافح رشاً باستخدام الطرائق الكيميائية لزيادة الإنتاج الزراعي الذي من شأنه أن يدخل ضمن برامج التأمين الغذائي وتوفير السلة الغذائية للمواطن العربي. ولتقليل استخدام المبيدات، يفضل استخدام الأصناف المقاومة للآفات أو استخدام طرائق بديلة للمعاملة بالمبيدات كاستخدام البذور المعاملة بالمبيدات (Seed treatment).

16. ادخال المكننه الحديثة في مجال وقاية النبات والتي تسهم أيضاً في اختصار الوقت المحدد لإجراء عمليات المكافحة وبالدقة العالية.
17. إجراء تقويم سنوي لبرامج الإدارة المتكاملة للآفات على مستوى الحقل الواحد من قبل المزارعين، وعلى مستوى المناطق المتخصصة بزراعة المحاصيل الزراعية من قبل المرشدين الزراعيين والعاملين في دوائر الزراعة التابعة للدولة، وعلى المستوى الإقليمي من قبل البلدان العربية والدول التي تشترك معها بالحدود الإقليمية.
18. إقامة مؤتمرات تخصصية سنوية على مستوى البلد الواحد وعلى المستوى الإقليمي للبلدان العربية، على أن تناقش استراتيجيات مكافحة الآفات الزراعية لا سيما الغازية والمهاجرة منها. فضلاً عن إقامة الدورات التدريبية للكوادر الزراعية والورش العلمية للمزارعين.

رابعاً: في عوامل المكافحة البديلة عن المبيدات الكيميائية

1. الإهتمام بالعلاقة المتداخلة بين العائل النباتي والمستويات التغذوية الأعلى ودورها في نظم إدارة الآفة. إذ أن المواد المنبعثة من النبات يمكن أن يكون لها تأثير غير مباشر في حماية النبات من خلال جذب الأعداء الحيوية التي تهاجم الآفة وبذلك فإنها تسهم في حماية النبات العائل والنباتات المجاورة بطريقة غير مباشرة. لذلك فهناك ضرورة للبحث العلمي نحو تطوير مثل هذه العلاقة وكيفية الاستفادة منها في برامج إدارة الآفات لما لها من أهمية في استقرار النظام البيئي الزراعي واستدامة التقويم الدقيق لنتائج الإطلاق للحكم على نجاح أسلوب المكافحة الحيوية من عدمه، ودراسة مدى التطبيق الفعلي على النطاق الحقلي .
2. العمل على زيادة الوعي المجتمعي باتجاه تقبل تقنية المكافحة الحيوية وزيادة الدعم اللازم لتبنيها. إذ أن هذه العوامل تعد من المحددات الرئيسية أمام استدامة الفائدة الإقتصادية والتنظيمية والمجتمعية لهذه الوسيلة الفعالة في برامج الإدارة المتكاملة للآفات .
3. تشجيع المعنيين بالمكافحة الحيوية على العمل بشكل أكبر لايجاد وسائل للتواصل من أجل إشراك حلقات مجتمعية مختلفة (غير اكاديمية) بهدف توسيع الدعم اللازم لتطوير واستعمال عوامل المكافحة الحيوية وكذلك إيجاد الحلول الآمنة والفعالة وتطوير الوسائل اللازمة لمجابهة التحديات الناجمة عن الأنواع الغازية التي تؤثر في النظم الزراعية والصحة العامة. يتطلب هذا الاجراء التركيز على أهمية التوازن بين الفوائد المتحققة والأخطار المحتملة بما يعزز الفائدة ويقلل المخاطر لأي إجراء يتخذ بهذا الخصوص.
4. التأكيد على صانعي القرار والمعنيين بالسياسة الزراعية على إعطاء أهمية أكبر لعوامل المكافحة

الحيوية في برامج إدارة الآفات الزراعية على أن تكون هناك تشريعات في كل بلد، وبخاصة في عوامل المكافحة الحيوية، تتعلق بالبحث العلمي والتصنيع والتسويق والاستعمال الحقلي لهذه العوامل.

5. لا بد من إجراء دراسات وأبحاث حول إمكانية تربية وإكثار ذبابة الهالوك مختبرياً، ودراسة المواعيد المناسبة لإطلاقها في الحقول وعدد مرات الإطلاق مع مراعاة المحصول المنزرع ونوع الهالوك ونسبة تطفله وميعاد الزراعة.
6. دراسة تأثير الأعداء الطبيعية من طفيليات وممرضات في عشيرة ذبابة الهالوك.
7. دراسة تأثير التغيرات البيئية الناتجة عن الاحتباس الحراري وكذلك الأصناف النباتية في نسب التطفل بالهالوك وبالتالي مخزون البذور بالتربة.
8. إدخال تطبيقات النانو تكنولوجي في إطار برامج المكافحة المتكاملة للهالوك.
9. عمل دراسة جدوى لعدة برامج مكافحة متكاملة بحيث يتم تحديد الظروف الملائمة لتطبيق كل برنامج.
10. متابعة دور جميع الأعشاب الضارة/الأعشاب ضارة الحقلية وكيفية التغلب عليها في الوقت المناسب داخل برامج المكافحة المتكاملة.

خامساً: في تطوير نظم لتقدير المخاطر من الآفات نتيجة التغير المناخي

1. القيام بدراسات لتطويع المعاملات الزراعية للتأقلم مع التغير المناخي المتوقع وإيجاد ممارسات زراعية تناسب هذا التغير ويتبناها المزارعون.
2. تطوير واعتماد أنظمة تنبؤ تساعد في تحديد المناطق الزراعية المهدد بآفات معينة نتيجة التغيرات المناخية المرتقبة، وكذلك تحديد المناطق الأقل ملاءمة لهذه الآفات.
3. تطوير واعتماد أنظمة لتقدير مخاطر الآفات على إنتاجية المحاصيل الزراعية الناتجة عن التغير المناخي.

سادساً: في تطوير نظم النمذجة الرياضية لتحسين الأداء في وقاية المحاصيل من الآفات

1. زيادة الإعتماد على الفكر الرياضي والتقدم الهائل في تكنولوجيا المعلومات ووسائل التواصل إلى إيصال إرشادات للمزارعين تساعدهم على اتخاذ القرار المناسب في الوقت المناسب لاتباع أفضل الممارسات لمكافحة الآفات التي تهدد محاصيلهم الزراعية.

2. تطوير واعتماد أنظمة تنبؤ متعددة الأهداف تسهم بشكل جدي في اختيار الممارسات التي تخدم الصحة النباتية في المنطقة العربية بشكل عام، وهنلك بدايات مشجعة في هذا المجال.

سابعاً: في التعليم الزراعي

1. مع التقدم الكبير في علوم وقاية النبات في العقود القليلة الماضية والوسائل المتاحة للوصول إلى المعلومات، لا بد من التركيز في العقود القادمة على تعزيز قدرات الهيئة التعليمية في تبني الوسائل التي تحرر طاقات الطلاب وتساعدهم على التفكير الحر الإبداعي وحل المشكلات. هناك ضرورة ماسة للإبتعاد عن الكم على حساب النوع.
2. في المؤتمرات العلمية الزراعية عامة وفي علوم وقاية النبات خاصة، إن كانت على الصعيد الوطني أو الإقليمي، لا بد من تخصيص جلسات تعالج موضوع التعليم الزراعي وكيفية الإرتقاء به إلى مستويات أعلى. لا بد لجمعيات وقاية النبات الوطنية والإقليمية، وبخاصة الجمعية العربية لوقاية النبات، أن تسهم بدور رائد في هذا المجال في العقود القليلة القادمة، فتخصص جلسات خاصة لموضوع التعليم وكيفية الوصول به إلى درجات عليا تسمح للخريجين بالإسهام بدور أفضل وفاعل في تنمية مجتمعاتهم الريفية.
3. لا توجد طريقة صحيحة واحدة للتعليم، كما أنه لا توجد طريقة واحدة صحيحة للتعلم. إن الطلاب الموهوبين المتحمسين والراغبين في التعلم سيتعلمون وينجحون بأية طريقة وتحت أية ظروف. إنما التحدي الكبير هو في أن نؤمن تعليماً نوعياً للطلاب الجيدين الذين ليس لديهم بعد إدراك حقيقي عن أهمية علوم وقاية النبات، وليس عندهم توجه أكاديمي واضح، فهم يحتاجون لفهم أفضل حول كيف يمكنهم النجاح مهنياً بمعرفة أعمق لأهمية علوم وقاية النبات، وكيف يمكنهم الوصول إلى حياة أفضل من خلال برنامج تعليمي يحقق طموحاتهم.
4. لحسن الحظ هناك مدرسون، بالرغم من الأوضاع الصعبة التي يعيشونها في مؤسساتهم في العديد من البلدان العربية، على استعداد دائماً لمد يد العون إلى الطلاب من خلال الإجابة على تساؤلاتهم، ونصحهم، أو بكل بساطة إشعارهم بأن هناك من يهتم بأمرهم. هؤلاء المدرسين سينجحون بوجود الحواسيب أو عدم وجودها، وبتوافر الصور الرقمية وغيرها من التقنيات الحديثة أو عدمه. هم الأشخاص الذين لديهم فهم إنساني لقيمة التعليم والتعلم.
5. من المشكلات التي تعاني منها الجامعات والبحث العلمي وطلبة الدراسات العليا عدم توافر المنح البحثية من القطاع الخاص أو الحكومات لحل مشكلات الآفات الزراعية ولذلك يلجأ الباحث أو الطالب لاختيار البحوث الأبسط التي لا تستوجب تقنيات متطورة. وغالبا ما تكون

بحوثاً حقلية غير مختبرية والتي ينتج عنها ضعف في الأداء البحثي والعلمي. وتعتبر هذه مشكلة كبيرة على الجمعيات العلمية العربية تدارسها مع أصحاب القرار لوضع سياسة لذلك وميزانية تحقق جودة البحث والتعليم والأداء الوظيفي كتحصيل حاصل

9. المراجع

أبوغربية، وليد. 1994. نيماتودا تعقد الجذور في الأردن .دراسات حول أنواعها ونشاطاتها الحيوية ومكافحتها. من منشورات الجامعة الأردنية. الطبعةالثانية، 100 صفحة.

أبوغربية، وليد. 2001. التعقيم الشمسي للترب الزراعية: الأساليب والتطبيقات العملية. المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ايكاردا) دورة تدريبية. التعقيم الشمسي والإدارة المتكاملة للبيوت المحمية. مسقط، سلطنة عمان، 23-28 تشرين الثاني/نوفمبر، 2001.

الاثوري، ياسر ناشر ومحمد عامر فياض. 2002. المكافحة المتكاملة لمرض الذبول الفيوزارمي على الطماطم. مجلة الزراعة العراقية، 7 (عدد خاص): 51-57.

باوزير، عبايا حمد،علي خميس رويشد، عبد الله أحمد بايونس وعلي مشهور الجنيدي. 1995. أثر التغطية بنشارة الخشب والبولي إثيلين الشفاف في محصول الباميا ومكافحة الأعشاب ضارة. مجلة وقاية النبات العربية، 13(2): 89-93

البهادلي، على حسين، مجيد متعب ديوان، كامل سلمان جبر ومنصور ناصح الراوي. 1980. تعقيم البيوت البلاستيكية باستعمال الطاقة الشمسية. المؤتمر العربي الاول لعلوم الحياة. بغداد، 21-24 نيسان/أبريل، 1980.

جاسم، سنداب سامي، عبد الستار عارف علي وصالح حسن سمير. 2009. استخدام المفترس *Scolothrips sexmaculatus* (Perg.) في السيطرة على الحلم ذي البقعتين *Tetranychus urticae* Kock. (Acari: Tetranychidae) على محصول القطن. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 40(5): 93-100.

حبق، حنان، محمد أحمد وبهاء الرهبان. 2015. فاعلية ذبابة الهالوك *Phytomyza orobanchia* Kalt وسوسة الهالوك. *Smicronyx cyaneus* Gyll في المكافحة الحيوية لهالوك البقوليات *Orobanche crenata* Forsk في الساحل السوري. مجلة وقاية النبات العربية، 33(2): 230-237.

حجازي، عصمت. 2005. المكافحة البيولوجية للأعشاب ضارة. مكتبة المعارف الحديثة. الأسكندرية، مصر. 500 صفحة.

الدنقلي، الزروق أحمد وتونس ميلود. 2007. التشميس كأداة في برنامج إدارة النيماتودا والأعشاب. ملخصات البحوث التي إلقيت في المؤتمر العربي التاسع لعلوم وقاية النبات الذي عقد في قصر المؤتمرات، دمشق، سورية، خلال الفترة مابين 19-23 تشرين الثاني/نوفمبر، 2006. مجلة وقاية النبات العربية، 25 (1): 101-102.

الربيعي، محمد. 2019. من أجل تعليم يليق بالعراقيين. المدى، العدد 4394 https://almadapaper.net/Details/217313

رويشد، على خميس وعلي عبد الرحمن عيدروس. 2000. أثر التعقيم الشمسي برقائق البولي أثلين الشفاف والاسود في مكافحة مرض ذبول السمسم وزيادة الإنتاج. ملخصات البحوث. المؤتمر العربي السابع لعلوم وقاية النبات، 22- 26 تشرين الأول/أكتوبر، 2000. عمان، الأردن.

شافعي، فاروق ومصطفي الشريف. 1979. نيماتولوجيا النبات. كلية الزراعة، مطبعة جامعة القاهرة والكتاب الجامعي، مصر. 255 صفحة.

عبد الجواد، محفوظ محمد مصطفى. 1998. أسس وتقنيات إنتاج واستخدام النيماتودا الممرضة للحشرات. مجلة المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 17 :39-51.

عبود، عناد ظاهر وعلي البهادلي. 1988. تأثير مبيد البازمايد والبسترة الشمسية في نمو وتكوين العقد الجذرية في بعض البقوليات. مجلة بحوث الطاقة الشمسية، 6(2): 45-61.

علوان، علي حسين. 1986. تاثير التجميع الحراري تحت الاغطية البلاستيكية في مكافحة المسببات الممرضة والادغال في الترب الزراعية. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة بغداد.

علي، عبد الستار عارف. 2017. الادارة المتكاملة للآفات الزراعية في الدول النامية والعالم العربي: المكونات الرئيسة وتطبيقات ناجحة في نظم زراعية مختلفة. دار البيروني للنشر والتوزيع، عمان، الأردن. 618 صفحة.

الغراوي، عامر جاسم عبود. 2013. دراسات حيوية وبيئية لحفار الطماطم وتطبيق بعض وسائل الإدارة المتكاملة لمكافحتها في البيوت البلاستيكية. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة بغداد. 146 صفحة.

فاضل، محمد علي. 2017. تقنية مبتكرة لمعاملة النبات والأراضي بموجات كهرومغناطيسية منخفضة التردد الرنيني جداً لمكافحة أمراض النبات .مجلة وقاية النبات العربية، 35: A 9.

المفرجي، عناد ظاهر، هناء حمد الزهرون وعلي حسين البهادلي. 1991. الإدارة المتكاملة لمقاومة مرض تعفن جذور وقواعد سيقان الفلفل المتسبب عن الفطر *Phytophthora capsica*. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 22: 150-158.

موسى، جهاد محمد. 2015. الدليل الاسترشادي لإدارة حافرة أوراق الطماطم *Tuta absoluta*. منظمة االغذاء والزراعة للأمم المتحدة. 79 صفحة.

Abd-Elgawad, M.M.M. 1998. The role of entomopathogenic nematodes in the control of red palm weevil. Page 1-19. In: Proceedings of a regional symposium on the control of red palm weevils, stem borers and grubs in the Arab Gulf States, held in Al-Ain, United Arab Emirates, 15-16 February, 1998.

Abd-Elgawad, M.M.M. and I.K. Vagelas. 2015. Nematophagous bacteria: field application and commercialization. Pages 276-309. In: Biocontrol Agents of Phytonematodes. T.H. Askary and P.R.P. Martinelli (eds.). Wallingford, CAB International, UK. 480 pp.

Abd-Elgawad, M.M.M. and T.H. Askary. 2015. Impact of phytonematodes on agriculture economy. Pages 3-49. In: Biocontrol Agents of Phytonematodes. T.H. Askary and P.R.P. Martinelli (eds.). Wallingford, CAB International, UK. 480 pp.

Abd-Elgawad, M.M.M., F.F.H. Koura, S.A. Montasser and M.M.A. Hammam. 2016. Distribution and losses of *Tylenchulus semipenetrans* in citrus orchards on reclaimed land in Egypt. Nematology, 18(10): 1141-1150. https://doi.org/10.1163/15685411-00003020

Abd-Elgawad, M.M.M., I.E. Elshahawy and F. Abd-El-Kareem. 2019. Efficacy of soil solarization on black root rot disease and speculation on its leverage on nematodes and weeds of strawberry in Egypt. Bulletin of NRC, 43: 175. https://doi.org/10.1186/s42269-019-0236-1

Abdel-Kader, M.M. and N.S. El-Mougy. 2007. Applicable control measures against *Orobanche ramosa* in tomato plants. Australasian Plant Pathology, 36: 160–164. https://doi.org/10.1071/AP07004

Abdel-Rahim, M.F., M.M. Satour, K.Y. Mickail and S.A. El- Eraki. 1988. Effectiveness of soil solarization in furrow -irrigated Egyptian soil. Plant Disease, 72(2):143-146. https://doi.org/10.1094/pd-72-0143

Abu-Iramaileh, B.E. 1990. Weed control in vegetables by soil solarization. Proceedings of the first international conference on soil solarization. Amman, Jordan, 19-25 Februray.

Abu-Shall, A.M.H. and E.I.M. Ragheb. 2014. Management of *Orobanche crenata* using different trap crops and *Phytomyza orobanchia* in broad bean (*Vicia faba*) field in Egypt. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 24(1): 217-223.

Abu-Shall, A.M.H. and M.A.S. Al-Eryan. 2014. Population status of broomrape fly, *Phytomyza orobanchia* (Diptera: Agromyzidae) with some agricultural practices under semi-field conditions. Journal of Entomology, 11(1): 42-48. https://doi.org/10.3923/je.2014.42.48

Afifi, S.M.A. and A.M. Zayan. 2008a. Evaluation of an early warning system for grapes downy mildew in Egypt. Proceedings of a Conference on the Effect of Climatic Change on Plants: Implications for Agriculture. Association of Applied Biologists, 88: 69-74.

Afifi, S.M.A. and A.M. Zayan. 2008b. Validation of sweet pepper powdery mildew forecasting model in Egypt. Proceedings of a Conference on the Effect of Climatic Changes on Plants: Implications for Agriculture. Association of Applied Biologists, 88: 75-81

Afifi, S.M.A. and A.M. Zayan. 2009a. Implementation of EGY BLIGHT CAST the first computer simulation model for potato late blight in Egypt. Aspects of Applied Biology, 96:103-110.

Afifi, S.M.A. and A.M. Zayan. 2009b. Development of forecasting system for onion downy mildew in Egypt. Journal of Production and Development, 14(1): 37-50. https://doi.org/10.21608/jpd.2009.44610

Afifi, S.M.A. and A.M. Zayan. 2009c. GPM-CAST: An early warning computerized model for grapes powdery mildew in Egypt. Pp. 516-525 In*:* Proceedings of the 9th international conference of plant diseases, Tours, France, 8-9 December, 2009. Organized by the French Association of Plant Protection.

Afifi, S.M.A., A.M. Zayan and M.A. Khatab. 2009. Evaluation and validation of TEB-cast forecast system to manage tomato early blight in Egypt. Journal of Productivity and Development, 14(1): 51-62. https://doi.org/10.21608/jpd.2009.44611

Al-Eryan, M.A.S., A.M.H. Abu-Shall and A.H. Ibrahim. 2018. Determination of annual generations of *Phytomyza orobanchia* Kalt. (Diptera: Agromyzidae), using growing degree-days in Alexandria region, Egypt. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 28: 96. https://doi.org/10.1186/s41938-018-0089-1

Al-Eryan, M.A.S., M.M.M. Altahtawy, H.K.El-Sherief and A.M.H. Abu-Shall. 2011. Integrated effect of agricultural practices and release of the biocontrol agent, *Phytomyza orobanchia* Kalt. (Diptera: Agromyzidae) on reduction of *Orobanche crenata* seed yield. Global Conference on Entomology, March 5-9, 2011, Chian Mai, Thailand.

AliNiazee, M. 1976. Thermal unit requirements for determining adult emergence of the western cherry fruit fly (Diptera: Tephritidae) in the Willamette Valley of Oregon. Environmental Entomology, *5*(3):397-402.

Al-Raddad, A.M.M.C. 1979. Soil disinfestation by plastic tarping. M. Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Jordan, 95 pp.

Al-Shatti, A.H., A. Redha, P. Suleman and R. Al-Hasan. 2014. The Allelopathic potential of *Conocarpus lancifolius* (Eng.) leaves on dicot (*Vigna sinensis* L.), monocot (*Zea mays* L.) and soil–borne pathogenic fungi. American Journal of Plant Sciences, 5(19): 2889-2903. https://doi.org/10.4236/ajps.2014.519304

Alyousuf, A. 2018. Sampling plans for aphids on winter canola. (PhD Dissertation), OSU, USA.

Ascerno, M.E. 1991. Insect phenology and integrated pest management. Journal of Arboriculture, 17(1): 13-15.

Babcock, B.A., E. Lichtenberg and D. Zilberman. 1992. Impact of damage control and quality of output: estimating pest control effectiveness. American Journal of Agricultural Economics, 74(1): 163-172. https://doi.org/10.2307/1243000

Bajwa, W.I. and M. Kogan. 2002. Compendium of IPM Definitions (CID)-What is IPM and how is it defined in the worldwide literature. IPPC Publication No. 998, Integrated Plant Protection Center (IPPC), Oregon State University, Corvallis, USA.

Beckmann, V. and J. Wesseler. 2003. How labour organization may affect technology adoption: an analytical framework analysing the case of integrated pest management. Environment and Development Economics, 8(3): 437-450. https://doi.org/10.1017/s1355770x0300238

Bedford, G.O., M.A. Al-Deeb, M.Z. Khalaf, K. Mohammadpour and R. Soltani. 2015. Dynastid beetle pests. Pages 73-108. In*:* Sustainable pest management in date palm: current status and emerging challenges. W. Wakil, J.R. Faleiro and T.A. Miller (eds.). Sustainability in Plant and Crop Protection. Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24397-9_5

Benbrook, C.M. 2002. Measuring IPM adoption and the IPM continuum. Pages 48-50. In*:* International IPM Conference, Exploring New Frontiers in Integrated Pest Management, 24–26 March, 2002. Toronto, Canada.

Binns, M. 1994. Sequential sampling for classifying pest status. Pp. 137-174 In: Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture. L.P. Pedigo, G.D. Buntin (eds), Boca Raton, Florida. 714 pp.

Binns, M.R., J.P. Nyrop and W. van der Werf. 2000. Sampling and monitoring in crop protection: the theoretical basis for developing practical decision guides: CABI. UK

Boeve, P.J. and M. Weiss. 1998. Spatial distribution and sampling plans with fixed levels of precision for cereal aphids (Homoptera: Aphididae) infesting spring wheat. The Canadian Entomologist, 130(1): 67-77. https://doi.org/10.4039/ent13067-1

Bottrell, D.G., P. Barbosa and F. Gould. 1998. Manipulating natural enemies by plant variety selection and modification: a realistic strategy. Annual Review of Entomology, 43: 347-367. https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.347

Boussemart, J. -P., H. Leleu and O. Ojo. 2012. Exploring cost dominance between high and low pesticide use in French crop farming systems by varying scale and output mix. Journal of Productivity Analysis, 45(2): 179-214. https://doi.org/10.1007/s11123-015-0443-1

Bouyer. J., M.T. Seck, B. Sall, E.Y. Ndiaye, L. Guerrini and M.J. Vreysen. 2010. Stratified entomological sampling in preparation for an area-wide integrated pest management program: the example of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) in the Niayes of Senegal. Journal of Medical Entomology, 47: 543–552. https://doi.org/10.1603/me09149

Bradley, S.L., J.T.S. Walker, C.H. Wearing, P.W. Show and A.J. Hodson. 1998. The use of pheromone traps for leaf roller action thresholds in pip fruit. Proceeding of the New Zealand Plant Protection Conference, 51: 173 -178.

Branford, J.D., A.L. Brown and R.R. Cocking (eds.). 1999. How People Learn; Brain, Mind, Experience and School. National Academy Press, Washington D. C., USA. https://doi.org/10.17226/6160

Bridge, P., P. Jeffries, D.R. Morse and P.P. Scott. 1997. Information Technology, Plant Pathology, and Biodiversity. CABI, Wallingford, UK

Buntin, G.D. 1994. Developing a primary sampling program. Pages 99-115. In: Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture. L.P. Pedigo and G.D. Buntin (eds.). CRC Press, Boca Raton, Florida. 714 pp.

Cayton, H.L., N.M. Haddad, K. Gross, S.E. Diamond and L. Ries. 2015. Do growing degree days predict phenology across butterfly species?. Ecology, 96(6): 1473-1479. https://doi.org/10.1890/15-0131.1

Cross, J., M. Brown, J. Fitzgerald, M. Fountain and D. Yohalem. 2008. Integrated fruit protection in fruit crops. In: Proceedings of the 7th IOBC International Conference on Integrated Fruit Production. Avignon, France, October 27-30, 2008. 588 pp.

De Waele, D. and A. Elsen. 2007. Challenges in Tropical Plant Nematology. Annual Review of Phytopathology, 45: 457–485. https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.45.062806.094438

Deutsch, C.A., J.J. Tewksburry, M. Tigchelaar, D.S. Battisti, S.C. Merrill, R.B. Huey and R.L. Naylor. 2018. Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. Science, 361: 916-919.

Dhaliwal, G.S. and R. Arora. 2001. Integrated Pest Management: Concepts and Approaches. Kalyani Publishing, New Delhi, India. 427 pp.

Dminić, I., A. Kozina, R. Bažok and J. Igrc Barčić. 2010. Geographic information systems (GIS) and entomological research: A review. Journal of Food Agriculture and Environment, 8: 1193-1198.

Donatelli, M., R.D. Magarey, S. Bregaglio, L. Willocquet, J.P.M. Whish and S. Savary. 2017. Modelling the impacts of pests and diseases on agricultural systems. Agricultural Systems, 155: 213-224. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.019

Driesche, R.V., M. Hoddle and T. Center. 2008. An introduction to biological control. 1st edition, Blackwell Publishing Ltd. 502 pp.

Eizenberg, H., J.B. Colquhoun and C.A. Mallory- Smith. 2005. A predictive degree-days model for small broomrape (*Orobanche minor*) parasitism in red clover in Oregon. Weed Science, 53: 37–40. https://doi.org/10.1614/ws-04-018r1

El-Bouhssini, M. and J.R. Faleiro. 2018. Date palm pests and diseases. Integrated management guide. ICARDA, Beirut, Lebanon. 179 pp.

Elliott, N., K. Giles, T. Royer, S. Kindler, F. Tao, D. Jones and G. Cuperus. 2003. Fixed precision sequential sampling plans for the greenbug and bird cherry-oat aphid (Homoptera: Aphididae) in winter wheat. Journal of Economic Entomology, 96(5): 1585-1593. https://doi.org/10.1093/jee/96.5.1585

Elliott, N., R. Kieckhefer and D. Walgenbachi. 1990. Binomial sequential sampling methods for cereal aphids in small grains. Journal of economic entomology, 83(4): 1381-1387. https://doi.org/10.1093/jee/83.4.1381

Elwakil, M.A. 1998. Biological control of water hyacinth. Pages 53-65. In: Proceedings of the 1st Biological Control Workshop in Africa, Creating an African understanding on the safe introduction of natural enemies, collaboration in the field of biological control and access to biological control agents, Kampala, Uganda.

Feng, M.-G., R.M. Nowierski and Z. Zeng. 1994. Binomial sequential classification sampling plans for Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) management: robustness varying with tally thresholds of aphids in sample units. Journal of Economic Entomology, 87(5):1237-1250. https://doi.org/10.1093/jee/87.5.1237

Fernandez-Cornejo, J. 1998. Environmental and economic consequences of technology adoption: IPM in viticulture. Agricultural Economics: The Journal of the International Association of Agricultural Economists, 18(2):145-155. https://doi.org/10.1016/s0169-5150(97)00054-6

Ferrer, M. C. 2008. Financial impact analysis of IPM with conventional sampling and IPM with binomial sequential sampling method to traditionally operated farms for collards, 2007. Clemson University, All Theses. 440. https://tigerprints.clemson.edu/all_theses/440

Francl, L.F. and D.A. Neher. 1997. Exercises in Plant Disease Epidemiology. American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minnesota, USA.

Giles, K. L., T.A. Royer, N.C. Elliott and S. Kindler. 2000. Development and validation of a binomial sequential sampling plan for the greenbug (Homoptera: Aphididae) infesting winter wheat in the southern plains. Journal of Economic Entomology, 93(5):1522-1530. https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.5.1522

Godfray, H.G.H. 1994. Parasitoids –Behavioral and Evolutionary Ecology. Pinceton University Press. Pinceton. New Jersey. 473 pp.

Habak, H., M. Ahmad and B. El-Rahban. 2012. Distribution and Effectiveness of *Phytomyza orobanchia* Kalt. in tomato fields infested with *Orobanche ramosa* L. along the coastal region of Syria. Arab Journal of Plant Protection, 30: 255-260.

Hebat Allah, H. Morsi, E.A.M. Gado and S.A.M. Zayan. 2011. CPM-CAST: An Early Warning Computerized Model for Cucumber Powdery Mildew in Egypt. Egypt Journal of Phytopathology, 39(2): 443-454.

Herms, D.A. 2004. Using degree-days and plant phenology to predict pest activity. Pages 49-95. In: IPM (Integrated Pest Management) of Midwest Landscapes. V. Krischik and J. Davidson (eds.). Minnesota Agricultural Experiment Station Publication 58-07645, 316 pp.

Hodgson, E., E. Burkness, W. Hutchison and D. Ragsdale. 2004. Enumerative and binomial sequential sampling plans for soybean aphid (Homoptera: Aphididae) in soybean. Journal of Economic Entomology, 97(6): 2127-2136. https://doi.org/10.1093/jee/97.6.2127

Hutchison, W. 1994. Sequential sampling to determine population density. Pages 207-244. In: Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture. L.P. Pedigo and G.D. Buntin (eds.). CRC, Boca. 714 pp.

Ibrahim, A.H. 2016. Studies on broomrape fly *Phytomyza orobanchia* as a biological control agent. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Alexandria University, 80 pp.

Jones, O.T. 1998. Practical application of pheromones and other semiochemical. Pages 261-355. In: Insect Pheromones and Their Use in Pest Management. P.E.M. Housem, I.D.R. Stevens and O.T. Jones (eds.). Chapman and Hall, London, UK. 377 pp. https://doi.org/10.1007/978-94-011-5344-7

Katsoyannos, P. 1996. Integrated Pest Management for Citrus in Northern Mediterranean Countries. Benaki Phytopathological Institute. 110 pp.

Koul, O. and G.W. Cuperus. 2007. Ecologically based integrated pest management. CABI. United Kingdom.

Kraska, T. 2002. The Plant Pathology Internet Guide Book. Institute for Plant Diseases, University of Bonn, Germany.

Lefebvre, M., S.R. Langrell and S. Gomez-y-Paloma. 2015. Incentives and policies for integrated pest management in Europe: a review. Agronomy for Sustainable Development, 35(1):27-45. https://doi.org/10.1007/s13593-014-0237-2

Lewis, W.J., T.C. Van Lenteren, S.C. Phatak and J.H. Tumlinson. 1997. A total system approach to sustainable pest management. Proceedings of the National Academy of Science, 94: 12243-12248.

Mazid, A., M.J. Al-Hashimy, A. Zwain, N. Haddad and H. Hadwan. 2013. Improved livelihoods of smallholder farmers in Iraq through integrated pest management and use of organic fertilizer. ICARDA working paper. http://www.icarda.org/publication/working-papers

Merril, S.C. and F.B. Peairs. 2017. Temperature variability is a key component to accurately forecast the effects of climate change on pest phenology. Pest Management Sciences, 73(2): 380-388. https://doi.org/10.1002/ps.4320

Mesonet. 2020. Degree-day heat unit calculator, Oklahoma. Retrieved from https://www.mesonet.org/index.php/agriculture/degree_day_heat_units

Mouron, P., B. Heijne, A. Naef, J. Strassemeyer, F. Hayer, J. Avilla and G. Mack. 2012. Sustainability assessment of crop protection systems: SustainOS methodology and its application for apple orchards. Agricultural Systems, 113:1-15. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.07.004

Naranjo, S., P. Ellsworth and G. Frisvold. 2014. Economic Value of Biological Control in Integrated Pest Management of Managed Plant Systems. Annual Review of Entomology, 60: 621-645. https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-021005

Norris, R.F., E.P. Caswell–Chen and M. Kogan. 2003. Concepts in Integrated Pest Management. Prentice Hall, Upper Sadle River, New Jersey. 586 pp.

Norton, G.W. and J. Mullen. 1994. Economic evaluation of integrated pest management programs: a literature review. Virginia Cooperative Extension publication 448-120. 112 pp.

Nyrop, J.P. and M.R. Binns. 1991. Quantitative methods for designing and analyzing sampling programs for use in pest management. Pages 67-132. In: Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture. L.P. Pedigo and G.D. Buntin (eds.). CRC, Boca Raton, Florida. 714 pp.

Osman, A.R., M.M. Fahim, A.A.F. Sahab and M.M. Abdel-Kader. 1986. Soil solarization for the control of lupin wilt in Egypt. Journal of Phytopathology, 18(2): 75-88.

Pedigo, L. 1994a. Time-sequential sampling for taking tactical action. Pages 337-353. In: Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture. L.P. Pedigo and G.D. Buntin (eds.). CRC, Boca Raton, Florida. 714 pp.

Pedigo, L. P. 1994b. Introduction to sampling arthropod population. Pages 1-11. In: Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture. L.P. Pedigo and G.D. Buntin (eds.). CRC, Boca Raton, Florida. 714 pp.

Pedigo, L.P. and M.E. Rice. 2014. Entomology and Pest Management. Waveland Press. 784 pp.

Pelzer, E., G. Fortino, C. Bockstaller, F. Angevin, C. Lamine, C. Moonen and R. Reau. 2012. Assessing innovative cropping systems with DEXiPM, a qualitative multi-criteria assessment tool derived from DEXi. Ecological Indicators, 18: 171-182. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.11.019

Piou, C., A.S. Benahi, V. Bonnal, M.E.H. Jaavar, V. Lebourgeois, M. Lecoq and J.-M. Vassal. 2011. Coupling long-term prospection data and remote-sensing vegetation index to help in the preventative control of Desert Locust. Basic and Applied Ecology, 14: 593-604.

Pretty, J. and Z.P. Bharucha. 2015. Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. Insects, 6(1):152-182. https://doi.org/10.3390/insects6010152

Punia, S.S. 2014. Biology and control measures of *Orobanche.* Indian Journal of Weed Science, 46(1): 36–51.

Rechcigl, J.E. and N.A. Rechcigl. 2016. Insect Pest Management: techniques for environmental protection: CRC Press, Boca Raton, Florida. 410 pp.

Rehman M.U., S. Gale, G. Brown-Guedira, Y. Jin, D. Marshall, L.W. Whitcher, S. Williamson, M. Rouse, S. Bahavni, M. Hussain, G. Ahmad, M. Hussain, M.A. Sial, J.I. Mirza, Y. Rauf, A.R. Rattu, M. Qamar, K.A. Khanzada, A. Munir, R. Ward, R. Singh, H. Braun and M. Imtiaz. 2018. Adult plant resistance to stem rust (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) in Pakistani advanced lines and wheat varieties. Australian Journal of Crop Science, 12(10): 1633-1639. https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.10.p1226

Ro, T.H., G.E. Long and H.H. Toba. 1998. Predicting phenology of green peach aphid (Homoptera: Aphididae) using degree-days. Environmental Entomology, 27(2): 337-343. https://doi.org/10.1093/ee/27.2.337

Rodenburg, J., M. Schut, M. demont, L. Klerks, G. Gbehounou, A.O. Lansink, M. Mourits, T. Rotteveel, J. Kayake, Aal van Ast, L. Akanvou, M. Cissoko, J. Kamanda and L. Bastiaans. 2015. Systems approach to innovation in pest management: reflections and lessons learned from an integrated research program on parasitic weeds in rice. International Journal of Pest management, 61(4): 329-339. https://doi.org/10.1080/09670874.2015.1066042

Saleh, H., W.I. Abu-Gharbieh and H. Abu Blan. 1990. Effect of solarization using different thicknesses of black plastic tarping on soil borne pathogens. Dirasat, 17(3): 41-53.

Schmidt, S. J., P. Buriak, C.J. D'Arcy, J.B. Litchfield and J.S. Javen Koski. 2002. The teaching college course: a faculty, staff, and graduate student development program to enhance teaching quality. NACTA Journal, 46(2): 18-27.

Schumann, G.L. 2003. Innovations in Teaching Plant Pathology. Annual Review of Phytopathology, 41: 377-398. https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.41.052002.095546

Sciarretta, A. and P. Trematerra. 2014. Geostatistical tools for the study of insect spatial distribution: practical implications in the integrated management of orchard and vineyard pests. Plant Protection Science, 50(2): 97-110. https://doi.org/10.17221/40/2013-pps

Severtson, D., K. Flower and C. Nansen. 2016. Spatially-optimized sequential sampling plan for cabbage aphids *Brevicoryne brassicae* L.(Hemiptera: Aphididae) in canola fields. Journal of Economic Entomology, 109(4): 1929-1935. https://doi.org/10.1093/jee/tow147

Shabana, Y.M., D. Müller-Stöver and J. Sauerborn. 2003. Granular pesta formulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *orthoceras* for biological control of sunflower broomrape: efficacy and shelf life. Biological Control, 26(2): 189-201. https://doi.org/10.1016/S1049-9644(02)00130-5

Shabana, Y.M., M.A. Elwakil and R. Charudattan. 1998. Status and progress of biological control of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* in Egypt. Book of Abstracts, 7th International Congress of Plant Pathology, Edinburgh, Scotland. Abstract No. 5.2.41

Shabana, Y.M., R. Charudattan and M.A. Elwakil. 1993. Evaluation of *Alternaria eichhorniae* as a bioherbicide for control waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) in greenhouse trials. Biological Control, 5: 136-144. https://doi.org/10.1006/bcon.1995.1016

Shahbani, F., L. Kumar and R.H.S. al Shidi. 2018. Impacts of climate change on infestations of dubas bug (*Ommatissus lybicus* Bergevin) on date palms in Oman. PeerJ, 6: e5545. https://doi.org/10.7717/peerj.5545

Shalaby, F.F, H.M.M. Ibrahim and E.E. Hassanein. 2002. *Phytomyza orobanchia* Kalt. (Diptera: Agromyzidae) A valuable biological agent against broomrape in Egypt. Pages 140-146. In: Proceedings of the 2nd International Conference, Plant Protection Research Institute, Cairo, Egypt, 21-24 December, 2002.

Shomar, A., N. Al-Hussein, K. Al-Shamaa and B. Bayaa. 2015. Effect of some herbicides in controlling broomrape (*Orobanche* spp.) and major weeds in food legume (chickpea, lentil and faba bean) crops. Arab Journal of Plant Protection, 33(2): 164-176.

Southwood, T. 1978. The sampling programme and measurement and description of dispersion. Pages 7-69. In: Ecological methods: with particular reference to the study of insect's populations (2nd Ed.). Chapman and Hall. 490 pp.

Stewart, T.M., B.P. Blackshaw, S. Duncan, M.L. Dale and M.P. Zalucki. 1995. Diagnosis: a novel, multimedia, computer-based approach to training crop protection practitioners. Crop Protection, 14(3): 241-246. https://doi.org/10.1016/0261-2194(95)00005-7

Suckling, D.M. and G. Karg. 2000. Pheromone and other semiochemicals. Pages 63-99. In: Biological and Biotechnological Control of Insect Pests. I.J. Rechcig and N. Rechcigle (eds.). CRC Press. Boca Raton. Florida.

Tainter, F.H., G.L. Schumann and T.A. Evans. 1995. Development of the plant pathology laser videodisc. Journal of Natural Resources for Life Sciences Education, 24(1): 48-52. https://doi.org/10.2134/jnrlse.1995.0048

Tonini, F. 2014. Modeling the spread and geographic distribution of invasive termites in Florida. Ph. D. Dissertation, University of Florida. 392 pp.

Trabelsi, I. and S.B. Kheder. 2011. The use of mass-trapping technique in an integrated pest management program against the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Integrated Control in Citrus Fruit Crops, IOBC/WPRS Bulletin, 62: 183-188.

Urbaneja, A., J. González-Cabrera, J. Arnó and R. Gabarra. 2012. Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin. Pest Management Science, 68(9): 1215–1222. https://doi.org/10.1002/ps.3344

Urton, J. 2018. Climate change projected to boost insect activity and crop loss. UW News, https://www.washington.edu/news/2018/08/30/climate-change-insects-crops/

USU. 2020. Insect Model Information for Certain Fruit Pests. Fact Sheets. Utah State University.

Van den Bosch, R. and P.S. Messenger. 1973. Biological Control. Intext Educational Publishers, NewYork. 180 pp.

Venkataraman, S. 2016. How is climate change affecting crop pests and disease? Down to Earth, https://www.downtoearth.org.in/author/s-venkataraman-593

Verma, M., S.K. Brar, R.D. Tyagi, R.Y. Surampalli and J.R. Valero. 2007. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: panoply of biological control. Biochemical Engineering Journal, 37(1): 1-20. https://doi.org/10.1016/j.bej.2007.05.012

Vincelli, P. and P. Heist. 2002. Student reaction to review sessions modelled after the DeBary Bowl. Plant Health Instructor, https://doi.org/10.1094/PHI-T-2002-0303-01

Waterfield, G. and D. Zilberman. 2012. Pest management in food systems: an economic perspective. Annual Review of Environment and Resources, 37: 223-245. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-040911-105628

Weissling, T.J. and A.L. Knight. 1995. Vertical distribution of codling moth adults in pheromone–treated and untreated plots. Entomologia Experimentalis et Applicata, 77: 271- 275. https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1995.tb02324.x

Whittington, M.S. 1995. Higher order thinking opportunities provided by professors in college of agriculture classrooms. Journal of Agriculture Education, 36(4): 32-38. https://doi.org/10.5032/jae.1995.04032

Willers, J., J. Jenkins, W. Ladner, P. Gerard, D. Boykin, K. Hood and M. Bethel. 2005. Site-specific approaches to cotton insect control. Sampling and remote sensing analysis techniques. Precision Agriculture, 6(5): 431-452. https://doi.org/10.1007/s11119-005-3680-x

Worrall, E., A. Hamid, K. Mody, N. Mitter and H. Pappu. 2018. Nanotechnology for plant disease management. Agronomy, 8(12): 285. https://doi.org/10.3390/agronomy8120285

Yue, C., F. Alfnes and H.H. Jensen. 2009. Discounting spotted apples: Investigating consumers' willingness to accept cosmetic damage in an organic product. Journal of Agricultural and Applied Economics, 41(1): 29-46. https://doi.org/10.1017/S1074070800002534

Zayan, A.M. Sahar and K.M. Morsy. 2015. BCS-CAST**:** An Early Warning Computerized Model for Faba Bean Chocolate Spot in Egypt. French Association of Plant Protection (AFPP): 5th International Conference on Alternative Methods of Crop Protection, Lille, France, 11-13 March, 2015.