الفصل السادس

ترشيد استخدام المبيدات الزراعية الكيميائية والحد من المشاكل الناجمة عنها

عبد الستار عارف علي، شيرين السيد محمد النحاس، محمد الشريف، محفوظ محمد مصطفى عبد الجواد وعقيل عدنان اليوسف

المحتويات

1. المقدمة
2. استخدام المبيدات والتلوث الناتج عن متبقياتها الكيميائية
3. مقاومة الآفات للمبيدات الكيميائية المستخدمة
4. المحافظة على الأعداء الحيوية
5. التأثير السلبي للمبيدات الكيميائية في المكافحة الحيوية للآفات
6. الزراعة العضوية واستخدام المبيدات
7. التكامل بين المبيدات الكيميائية وعناصر المكافحة الأحيائية
8. دور التشريعات في ترشيد استخدام المبيدات
9. تطبيق المبيدات الأحيائية واستخدامها
10. الاستنتاجات والتوصيات
11. المراجع

1. المقدمة

أجريت المحاولة الأولى للمكافحة الكيميائية عام 1763 في فرنسا ونجح المزارعون في مكافحة حشرة المن. وتطورت فكرة المكافحة الكيميائية خلال القرن الثامن عشر والتاسع عشر، وفي عام 1945 أدي اكتشاف وتطوير وإنتاج المبيدات مثل الـ د.د.ت وغيره من المبيدات إلى ظهور عهد جديد للمكافحة الكيميائية للآفات. في البداية حقق استخدام المبيدات أهدافه وذلك لسهولة استخدامها وسرعة إحداثها الفعل في قتل الآفة، ولكن سرعان ما بدأت تظهر المشاكل الناجمة عن استخدام المبيدات،

فقد حدث بعد سنتين من استخدام الـ د.د.ت ظهور صفة المقاومة للمبيد في الذباب المنزلي وغيره من الآفات. كما انه تم قتل الأعداء الطبيعية مما أدى إلي حدوث خلل في التوازن البيئي للحشرات وبالتالي تحول الحشرة إلى آفة كما حدث مع العنكبوت الأحمر حين تم القضاء على العدو الطبيعي له نتيجة لاستخدام مبيد الـ د.د.ت.

ونظراً لما تسببه الآفات والأمراض النباتية من فقد للمحاصيل تعددت طرائق المكافحة للممرضات النباتية منذ عدة سنين ومن أهمها استخدام المبيدات الكيميائية. ولكن عند المقارنة بين مزايا ومساوئ المبيدات نجد أن محصلة هذه المقارنة تختلف حسب وجهة النظر الزراعية أو البيئية، وبشكل عام يصر البعض على أن المبيدات مادة سامة وخطرة على الإنسان والبيئة. ولكن الاعتماد على المبيدات في مكافحة الآفات يعتبر سلاحاً ذو حدين لذلك من الضروري عند استخدام المبيدات، الاتجاه نحو الاستفادة من مزايا المبيدات والتخلص قدر الامكان من مساوئها ويمكن الوصول لهذا الهدف باتخاذ بعض الإجراءات واخذ الاحتياطيات الضرورية لنجاح عملية المكافحة. وقد حدثت تغيرات في مفهوم مكافحة الآفات وذلك لزيادة الوعي بالمشاكل الصحية والبيئية الناتجة من الاستخدام غير الرشيد للمبيدات. نتيجة لذلك تسارعت وتيرة البحث عن وسائل بديلة للمبيدات الكيميائية وكان من أهمها السعي لتطبيق برامج الإدارة المتكاملة للآفات، وتعد المبيدات الكيميائية إحدى مكوناتها، في مختلف دول العالم ومن ضمنها الدول العربية. إذ أن الإستعمال الناجح للمبيدات في أي من برامج إدارة الآفات يساعد على تحقيق الهدف بالوقت المناسب. إلا أن العديد من مجاميع المبيدات لها دور سلبي في مكونات بيئية أخرى مثل عناصر المكافحة الأحيائية والحشرات الملقحة وغيرها من الكائنات الحية غير المستهدفة وغالباً ما تحصل مثل هذه الحالة عند استعمال المبيدات واسعة الطيف (Enland, 1997). يعتقد قسم من الباحثين أن المبيدات الكيميائية قد لا تكون بالضرورة متوافقة مع إدارة المحصول بسبب المفهوم الواسع للمبيدات وكذلك لإدارة الآفات. في هذه الحالة نجد أن المبيدات على اختلاف أنواعها والأعداء الطبيعية على اختلاف أنواعها تكون على طرفي المعادلة. كان مفهوم إدارة الآفات يهتم في بداية الامر بالتركيز على كفاءة المكافحة من الناحية الزراعية التي تؤدي إلى منع حدوث خسائر اقتصادية. أما في عقد الثمانينات من القرن العشرين فقد كان الإتجاه نحو وجوب استعمال المبيدات الكيميائية كخط دفاع ثاني ثم في عقد التسعينات أصبح التركيز على تقليل استعمال المبيدات قدر الإمكان ضمن برامج إدارة الآفات.

ومن إحصائيات منظمة الأغذية والزراعة خلال الفترة من 1990 إلى 2016 وجد أن معدلات استخدام المبيدات تزداد حيث انه في عام 1990 كان معدل الاستخدام للمبيدات 1.5 كغ/هكتار بينما في عام 2016 ارتفع معدل الاستخدام إلى 2.57 كغ/هكتار، ولكن على مستوى المنطقة العربية وجد

أن التوجه العام هو تقليل استخدام المبيدات، وأقل الدول استخداماً للمبيدات هي موريتانيا حيث أن معدلات استخدامها للمبيدات 0.06 كغ/هكتار في عام 2016، وأكثر الدول استخداماً للمبيدات كان لبنان حيث وصلت معدلات استخدامها إلى 7.57 و7.04 كغ/هكتار في السنوات 2010 و2016، على التوالي، وهى أعلى معدلات استخدام في المنطقة العربية خلال الفترة 1990–2016. رافق هذا التوجه نوع من الانتقادات حول الكيفية التي يحسب بها خفض استعمال المبيدات. حيث أن قسماً من المعايير قد لا تكون واضحة عند التطبيق الميداني وبخاصة ما يتعلق بالتبني لدى المزارع. كما أن وسائل المراقبة واستعمال الحد الحرج الاقتصادي (العتبة الاقتصادية) هي أيضاً عوامل مهمة في قياسات تبني برنامج إدارة الآفات إلا أنها لا تعطي فكرة عن كميات المبيدات المستعملة. لذلك قام قسم من الباحثين بصياغة تعاريف أخرى لإدارة الآفات مثل Biointensive IPM الذي يركز على عوامل المكافحة الحياتية ومقاومة النبات العائل والإجراءات الزراعية. في عام 1996 قام مجلس البحوث الوطني في الولايات المتحدة بنشر تقرير ذكر فيه تعريفا لإدارة الآفات أطلق عليه "إدارة الآفات على أساس بيئي" والذي يركز على النواحي البيئية والاقتصادية والأمان لعناصر إدارة الآفة. كذلك نجد أن هناك مجموعة أخرى من الباحثين سعت إلى إيجاد حالة للتفاهم بين المهتمين بالبيئة والصحة العامة وبين القطاع الصناعي المهتم بإنتاج واستعمال المبيدات من أجل التوصل إلى صيغة تسمح باستعمال المبيدات في إدارة مجتمع الآفة عندما تكون هناك حاجة فعلية لذلك. حيث صار الاتجاه نحو استعمال المبيدات بشكل منسق وعقلاني عندما يكون هناك دور لعوامل المكافحة الأحيائية في إدارة الآفة من أجل تقليل أضرار المبيدات تجاه عوامل القتل الطبيعية بدلاً عن التركيز على تقليل كميات المبيدات وبعيداً عن الشمولية. إذ أن تأثير استعمال المبيدات يعتمد على نوع المبيد المستعمل والآفة المستهدفة ونوع الإدارة المطلوبة. إن استعمال المبيدات يفترض أن يتوافق مع معظم عناصر إدارة الآفات الأخرى مثل الإجراءات الزراعية والأصناف المقاومة والأعداء الأحيائية والمكونات التطبيقية الأخرى على اختلاف أنواعها.

2. استخدام المبيدات والتلوث الناتج عن متبقياتها الكيميائية

تعمل التكنولوجيا الزراعية الحديثة على زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية الاستراتيجية، بما في ذلك استخدام المواد الكيميائية الزراعية (الأسمدة ومبيدات الآفات)، وتزداد الحاجة إلى الكيماويات الزراعية وبخاصة المبيدات الحشرية كل عام وفي مختلف دول العالم، ففي الصين مثلا، زاد استخدام المبيدات الحشرية من 733 مليون كيلوغرام في عام 1990 إلى 1.806 مليار كيلوغرام في عام 2012، اذ

يتم إنتاج أكثر من 2.2 مليار كيلوغرام من المبيدات في 2000 شركة تصنيع للمبيدات في الصين لوحدها (Zhang *et al.*, 2011). ان كمية المبيدات المستخدمة (مادة فعالة/للهكتار الواحد) تختلف اختلافاً كبيراً وحسب البلد، فهي أقل من 1 كغ/هكتار في الهند وكندا وفي جميع أنحاء أفريقيا، و2–3 كيلوغرام/هكتار في الولايات المتحدة وفرنسا، و8–10 كيلوغرام/هكتار في هولندا والصين ونيوزيلندا وشيلي واليابان، اما في المملكة المتحدة، فتستخدم 0.75 كيلوغرام من المادة الفعالة لكل هكتار في تسعينيات القرن الماضي، ثم انخفضت هذه النسبة إلى 0.2 كيلوغرام في عام 2012 (Pretty & Bharucha, 2015).

إن الزيادة في الطلب واستخدام المبيدات الكيمياوية في منطقتنا العربية يتماشى وبالوتيرة نفسها مع الطلب والاستخدام العالمي، اذ ازداد استهلاك واستخدام مبيدات الآفات بشكل مطرد من 1996–2013 في السعودية، ولوحظ أنه في عام 2013 بلغ إجمالي استخدام المبيدات الحشرية 3130.5 طن من المادة الفعالة للمبيدات بالمقارنة مع عام 2012 (2889 طناً من المواد الفعالة للمبيدات)، وجاءت المبيدات الفسفورية العضوية في المرتبة الأولى من بين مبيدات الآفات الأخرى المستعملة (Saggu *et al.*, 2016). وتتميز الانظمة الزراعية في مصر بمستويات الانتاج العالية وكثافة المحصول بسبب استعمال الأسمدة والمبيدات الكيميائية بكميات كبيرة، اذ تعد مصر أكبر سوق للمبيدات الكيميائية في الدول العربية ورابع أكبر مستورد للمبيدات من بين دول العالم النامية، لكن كان لهذه الزيادة في استعمال المواد الكيميائية وبخاصة المبيدات الحشرية الأثر السالب في صحة الانسان وتهديداً للبيئة بصورة عامة، واستناداً إلى نتائج تقرير المشروع المصري–الألماني للإدارة المتكاملة للآفات للفترة من عام 1971 إلى عام 1990، وجد أن معظم المبيدات المستوردة كانت المبيدات الحشرية غير الإنتقائية (Non-selective insecticides) وبنسبة 70% تقريباً، وان نسبة تعرض المواطنين في مصر للمبيدات عالية جداً، وبخاصة المبيدات الحشرية المستخدمة لمكافحة آفات محصول القطن، اذ يشترك عدد كبير من العمال يصل إلى 12000 عامل في مكافحة الآفات في حقول القطن ولثلاثة إلى خمسة مرات في كل موسم للفترة من شهر أيار/مايو إلى أيلول/سبتمبر (حوالي 120 يوم كل عام) (Mansour, 2008؛ Pülschen *et al.*, 1994). أما في دولة الامارات العربية المتحدة، فقد وصل عدد المبيدات المسجلة 835 مبيد وبنسبة 50% منها مبيدات حشرية للفترة من1996–1998 بمايعادل 2600 طن تقريباً، ووصل معدل استخدام تلك المبيدات إلى 10 كغ مادة فعالة/هكتار سنوياً، ويعد هذا المعدل أعلى من مثيلاته في الهند وأمريكا وأوربا، ويذكر أنه وبالرغم من قوانين المراقبة لاستيراد واستعمال المبيدات في دولة الامارات، إلا أنه سجلت أيضاً العديد من حالات التسمم بالمبيدات في البالغين والأطفال، والتي قد تعود للتسمم المباشر

بالمبيد أو من خلال تسرب العديد من المبيدات إلى المياه الجوفية ومن جراء التلوث بمتبقيات المبيدات (Ahmed *et al.*, 2004). كما أنه يعتقد أن تغير المناخ أسهم في زيادة استخدام مبيدات الآفات وقد تصل الزيادة نحو 60% بحلول عام 2100 (Koleva & Schneider, 2009).

استخدمت المبيدات بنجاح في السيطرة على عدد من الأمراض مثل التيفوس والملاريا، وكان لها دوراً فعلاً في مكافحة الآفات الزراعية وزيادة الانتاج الزراعي، إلا أن أقل من 1% من إجمالي كمية المبيدات الكيمياوية المستخدمة في عمليات المكافحة قد تصل إلى الآفات المستهدفة، والمتبقي من تلك المبيدات يمكن أن يصل إلى أماكن أبعد عن طريق عملية الرش وتترسبب في أماكن غير مستهدفة ضمن عملية المكافحة، علاوة على وصولها إلى المياه الجوفية (Hernández *et al.*, 2013)، وهذا ما أكدته الكثير من الدراسات في العديد من البلدان عند دراسة تقويم التلوث ببقايا المبيدات الكيمياوية، على سبيل المثال الدراسة التي أجريت لتقويم مستويات المتبقات لمبيدات الكلور العضوية في التربه في مناطق من الصين (Wei *et al.*, 2015)، ودراسة تقدير متبقيات المبيدات في التربة الزراعية وتقويمها الصحي للبشر في ماليزيا (Farina *et al.*, 2016)، فضلاً عن دراسة تقويم مخاطر مبيدات الكلور العضوية بين البالغين في السعودية (Al-Daghri *et al.*, 2019).

وقد أصبح تلوث المحاصيل الزراعية بالمواد الكيميائية العضوية مشكلة ملحة في العديد من البلدان العربية، اذ بينت دراسة شملت عدداً من الدول العربية أن هناك مستويات تلوث بالأغذية النباتية مقارنة بمستوى التلوث لمنظمة الصحة العالمية والمتمثلة بمستوى الحد الأقصى للمتبقيات Maximum Residue Limits (MRL)، اذ تم الكشف عن مستويات عالية من التلوث في الخضروات في مصر والعنب في الأردن، وبسبب التلوث بالمبيدات والإستخدام الخاطئ والمفرط للمبيدات، يتم الإبلاغ عن العديد من حالات التسمم وتلوث الأغذية النباتية في المغرب ومصر والعراق والمملكة العربية السعودية والسودان وسورية والأردن والإمارات واليمن في السنوات الماضية (El-Nahhal, 2004). إن بقاء هذه المبيدات في البئية وتراكمها في الكائنات الأحيائية ضمن السلسلة الغذائية، قد يجعل منها أكثر سمية (Fenik *et al.*, 2011)، الأمر الذي يسبب تهديداً لصحة المجتمعات السكانية، علاوة على الخطر الذي تسببة هذه المبيدات في البيئة بسبب التحلل الفيزيائي والبيولوجي للمكونات الطبيعية الموجودة في الهواء والماء والغذاء (Mostafalou & Abdollahi, 2013). ويذكر أن التراكيز المنخفضة للعديد من المبيدات الكيمياوية قد لا يكون لها تأثير حاد (Acute) في الكائنات الحية ومنها الإنسان بشكل مباشر، بل يمكن أن يكون تأثيرها عند التعرض لها وبشكل مزمن (Chronic)، والذي قد تتسبب بأضرار أخرى، مثل

الاضطرابات الجينية والتغيرات الفسيولوجية، والتي تقلل من العمر الافتراضي على المدى الطويل (Poletta *et al.*, 2009 ؛Pereira *et al.*, 2015). يذكر أن الكثير من الاستطلاعات تشير إلى أن نسبة كبيرة من الحوادث ناتجة عن التسمم بالمبيدات عند التعرض لها وبجرعات كبيرة (التسمم الحاد Acute toxicity) بسبب الإستخدام الخاطئ ونقص المعرفة بطريقة رشها والطرائق غير الآمنة في تخزين هذه المواد الكيميائية. وبسبب دور المبيدات الهام، يبدو أن الحلول المستقبلية لا تكمن في التخلص من مبيدات الآفات بشكل نهائي وانما يجب دمجها في برامج الإدارة السليمة للآفات والمتمثلة بالتدريب المناسب للمستخدمين، والتطوير المستمر لمركبات أكثر أماناً بيئياً، والاهتمام بطرائق تخزينها على أسس علمية، فضلاً عن استخدامها مع طرائق المكافحة الأخرى كالمقاومة الحيوية واستخدام الأصناف النباتية المقاومة للآفات ضمن برامج الإدارة المتكاملة للآفات (Forget, 1993).

مع ازدياد الطلب على استخدام المبيدات الكيمياوية عالمياً لما لها من دور فاعل في زيادة الانتاج الزراعي، وما يقابلها من أصوات داعية إلى خفض أو عدم استعمال المبيدات الكيميائية بسبب تاثيرها المباشر في التلوث البيئي ودورها في التأثير في صحة الإنسان، فقد قيمت الكثير من الدراسات الاقتصادية الفوائد المتحققة من استخدام مبيدات الآفات الزراعية، والتي وجدت أن تخفيض استخدام مبيدات الآفات أو استبعادها نهائياً من طرائق المكافحة سيكلف المزارعين والصناعة الزراعية (OECD, 2001)، وستنشأ خسائر كبيرة من جراء انخفاض انتاجية المحاصيل الزراعية في حالة عدم استعمال المبيدات في مكافحة الآفات، فضلاً عن المخاطر المترتبة على المستهلكين من جراء التعرض للسموم الفطرية في الأطعمة في حالة عدم مكافحة المسببات المرضية (Pereira *et al.*, 2015). وهنا نشأت الحاجة الفعلية ليس إلى عدم استعمال المبيدات الكيميائية بشكل تام، بل يقتضي الأمر إيجاد برنامج اداري فعال من قبل المؤسسات والدوائر الحكومية لكيفية استخدام المبيدات وتقليل استخدامها وتشجيع وتطوير برامج الإدارة المتكاملة للآفات. ففي الهند مثلاً وفي السبعينيات والثمانينيات من القرن العشرين، انبثق أول برنامج للإدارة المتكاملة للآفات ضمن مشروع البحث التشغيلي (Operational Research Project; ORP) والذي يسعى لتطبيق برامج المكافحة المتكاملة للآفات في القطن والمحاصيل في مجموعة من القرى في سبع ولايات، وبعد ذلك تبنت حكومة الهند الإدارة المتكاملة للآفات كاستراتيجية رئيسة لوقاية النبات في عام 1985، وفي أوائل التسعينات، تم اعتماد نموذج مدرسة المزارعين الحقلية (Farmer Field School; FFS) لإنفاذ الإدارة المتكاملة للآفات من خلال تثقيف المزارعين والعاملين في مجال الإرشاد الزراعي، ونتيجة لهذه السياسات انخفض استخدام المبيدات الحشرية بنسبة 35% بين عام 1990–2002 عندما طبقت برامج الإدارة المتكاملة للآفات وتم إدخال هجن أصناف القطن Bt ضمن هذه البرامج، لكن

تجدر الإشارة أنه قد زاد استخدام مبيدات الآفات بكميات كبيرة في الزراعة الهندية بشكل عام بنسبة 9% منذ عام 2002 (Peshin *et al.*, 2014).

3. مقاومة الآفات للمبيدات الكيميائية المستخدمة

تعد مقاومة الآفة تجاه فعل المبيدات من الأمور الهامة الواجب الالمام بها من أجل اتخاذ التدابير اللازمة عندما يراد مكافحة الآفة المستهدفة. تعرف مقاومة الآفة لفعل المبيد بأنها مقدرة الأفراد من مجتمع الآفة التابعة لنوع معين من البقاء على قيد الحياة عند تعرضها لجرعة معينة من أحد المبيدات التي تكون قاتلة لأفراد أخرى تابعة للنوع نفسة وعند الظروف نفسها. يمكن ان تحدث المقاومة في مختلف الآفات الزراعة سواء كانت حشرات أو مسببات أمراض نبات أو أعشاب/أدغال (Onstad, 2008). اذ ان عدم اتخاذ الإجراءات الإحترازية اللازمة للتقليل أو تأخير المقاومة فان التدابير المستعملة في إدارة استعمال المبيدات قد تصبح غير فعالة في أي وقت. هناك المئات من حالات المقاومة سجلت لدى مختلف الآفات الزراعية والبيطرية الرئيسة تجاه مجاميع المبيدات المستعملة في عمليات المكافحة منذ أن استعملت مركبات الكلور والفسفور العضوية في عقد الخمسينات من القرن العشرين. وفي أربعينيات القرن العشرين فقد المزارعون في الولايات المتحدة 7% من محاصيلهم بسبب الآفات؛ وعلى مدى الثمانينيات والتسعينات، بلغت الخسارة 13%، على الرغم من استخدام المزيد من المبيدات وكان ذلك نتيجة لظهور صفة المقاومة. إن مدة ظهور المقاومة تتراوح بين 2 إلى 5 سنوات من بدء استعمال المبيد، وقد تصل إلى 15 سنة (Heap, 2008)، حيث يتكرر استعمال المبيد وتصبح المكافحة غير مجدية ولذلك يصار إلى تغيير المبيد. قد تحدث المقاومة حتى مع النباتات المحورة وراثياً التي تمتلك الجين المسؤول عن انتاج سموم البكتيريا Bt. لذلك بدأت المراكز العلمية العالمية المهتمة بالموضوع تتولى اعداد قاعدة معلومات تتعلق بمقاومة الآفات تجاه المبيدات (Mota-Sanchez *et al*, 2002) وتم الإضافة إلى قاعدة المعلومات فقرات توضيحية عن كل حالة. إن مفهوم إدارة المقاومة لدى الآفة (Pest resistance management) يركز على المنهج العلمي في إدارة مجتمع الآفة لفترة طويلة حتى لا تتداخل مقاومة الآفة مع الجهود المبذولة من أجل تحقيق الهدف (بالنسبة للحشرات تسمى Insects resistance management). تكون إدارة الآفة وادارة المقاومة أكثر فاعلية ونجاحا عندما تنفذ على مستوى المنطقة بأكملها. وهذا الأمر يتطلب تعاون كل الجهات المعنية وكذلك المنتجين في المنطقة المستهدفة. ولتحقيق الهدف فان هناك حاجة إلى اقناع المنتجين بأن إدارة المقاومة هي من الأمور الأساسية في نجاح وادامة مكافحة فعالة تجاه

الآفة. كما أن هناك حاجة إلى وضع استراتيجيات قابلة للتطبيق على مستوى المزارع بحيث يصبح بإمكانه تمييز الجانب الاقتصادي والفائدة التي يروم تحقيقها. لذلك فإن إجراءات إدارة المقاومة سوف تسمح ببقاء المبيد فعال في متناول يد المزارع إلى أطول مدة ممكنة.

إن ظهور المقاومة لدى الآفة يمكن أن يكون سببه واحد أو أكثر من الإحتمالات التالية (الزميتي وآخرون، 2011؛ العادل، 2006):

1. مقاومة أيضية أو فسيولوجيه حيث يمكن لأفراد معينة من مجتمع الآفة (الحشرة) أن تنظف جسمها من السموم أو انها تستطيع تفكيك السموم وتحويلها إلى مركبات غير مؤذية بصورة اسرع من بقية الافراد التابعة النوع نفسه.
2. المقاومة في الموقع المستهدف (Target site resistance) وتحدث عندما لا يتم ارتباط المبيد بالموقع المعني في جسم الحشرة على المستوى الجزيئي.
3. مقاومة امتصاص المبيد وتحصل عندما تصبح بشرة الحشرة بطيئة في امتصاص المبيد وبهذه الحالة فان دخول المبيد إلى جسم الحشرة يكون بطيئاً.
4. مقاومة سلوكية وهذه تحصل عندما تتحسس الحشرة للمبيد وتبتعد عنه.

بالنسبة لمبيدات الفطور فقد لوحظ ان المجاميع الحديثة أكثر فاعلية من المجاميع القديمة إلا أن تطور المقاومة تجاهها يكون أسرع، لذلك لابد من تطبيق نظام فعال لإدارة المقاومة من أجل بقاء هذه المركبات قيد الاستعمال لأطول فترة ممكنة. في عام 1954 تم ملاحظة ان بعض سلالات البكتيريا اكتسبت مقاومة لبعض المضادات الأحيائية، وفي عام 1963 وجد أن بعض سلالات الفطور الممرضة للنبات اكتسبت مقاومة إزاء بعض المبيدات الفطرية الوقائية، وفي عام 1973 لوحظ أن بعض سلالات من الفطور الممرضة للنبات مثل *Fusarium* اكتسبت مقاومة لبعض المبيدات مثل المبيد بنليت. أما بالنسبة لمبيدات الأعشاب الضارة/الأدغال فقد سجلت أول حالة للمقاومة في خمسينات القرن العشرين ثم ازداد العدد مع مرور الوقت وسجلت تجاه العديد من مجاميع المبيدات وقد تصبح من المشاكل المتزايدة في المستقبل.

إن التحديات التي تواجه إدارة المقاومة للمبيدات لدى الآفات الزراعية في البلدان النامية ومنها الدول العربية تبدو كبيرة بسبب محدودية المصادر وضعف التثقيف على مستوى المزارع. إذ أن المزارع يفضل تكرار استعمال المبيدات الكيميائية نفسها حيث تستعمل كميات كبيرة من المبيدات تجاه الآفات الزراعية المستهدفة إلا أن العائد يكون قليلاً. لذلك فإن الحاجة تتجه نحو إقناع المزارع بأهمية الاستعمال العقلاني والمنسق للمبيدات وبصفة خاصة عدم تكرار استعمال المبيدات نفسها بل

التنوع في استعمال المبيدات التي تنتمي إلى مجموعات كيميائية مختلفة، طالما أن لدى المزارع قناعة بالمبيدات أكثر من أي طريق مكافحة غيرها. لذلك يجب أن تركز المشاريع الزراعية على الجانب التطبيقي لكل من إدارة الآفة وإدارة المقاومة مع الأخذ بالإعتبار قلة الموارد والخبرة في هذه البلدان وهذا يستدعي التعاون مع المنظمات الإقليمية والدولية في إنفاذ مثل هذه المشاريع. لا بد من المؤسسات العربية التي تعنى بشؤون وقاية النبات خصوصاً وحماية البيئة بشكل عام أن تبدي اهتماماً كبيراً في مسألة مقاومة الآفات للمبيدات حيت أن التركيز يكون باتجاه إدارة استعمال المبيدات بالتكامل مع استعمال بدائل فعالة من استراتيجيات إدارة الآفات ضمن منهاج دقيق لإدارة الآفات ويعد هذا الإجراء من المتطلبات الأساسية لاستقرار واستمرار برنامج إدارة الآفة المستهدفة.

وقد تظهر صفة المقاومة نتيجة اتباع بعض الممارسات في مكافحة الآفات مما يؤدي إلى اختفاء الأفراد الحساسة وتطور ظاهرة المقاومة، وتشمل هذه الممارسات : الإستخدام المستمر والمتكرر لأحد مبيدات الآفات أو أي من المبيدات ذات الصلة الوثيقة به؛ تطبيق معدلات استخدام أقل أو أعلى من تلك الموصى بها على بطاقة بيانات المبيد؛ ضعف التغطية في المنطقة المعاملة بالمبيد؛ تكرار معاملة الكائن الحي ذو العشائر عالية الكثافة، وفترات الجيل قصيرة؛ التقصير في إدخال ممارسات المكافحة التي لا تستخدم فيها مبيدات كيماوية ؛معاملة طور اليرقة وطور الحشرة الكاملة في آن واحد باستخدام مركب واحد أو بأحد المركبات ذات الصلة به. وبالإضافة إلى ذلك، فإن عدم الالتزام بالممارسات الزراعية الجيدة مثل اتباع الدورة الزراعية، ونظافة المعدات الزراعية التي تساعد على منع انتشار الآفات والأبواغ (الجراثيم) يمكن أن يؤدي إلى تفاقم مشكلة المقاومة.

في السابق كانت المقاومة تشخص من خلال التقارير الحقلية التي تصل إلى الشركات المنتجة عن طريق وكلائها التي تشير إلى فشل المبيد حقلياً في السيطرة على مجتمع الآفة (علي، 2017). لذلك كانت الدراسات التي تجريها الجهات المصنعة تركز على إيجاد الوسائل الفاعلة لمراقبة مستوى المقاومة وميكانيكية تأثيرها في الآفة. أطلق على هذا النوع من المقاومة تعبير Reactive resistance management كما كانت الدراسات الحقلية تركز على سرعة تطور المقاومة بعد المعاملة وعلى سرعة فقدانها بعد توقف استعمال المبيد. أما التوجهات الحديثة فإن المصنعين لا ينتظرون تطور المقاومة بعد إنتاج المبيد ونشره بل يباشرون بإجراء دراسات معمقة تهتم بجانب مقاومة الآفة للمركب وتكون بداية هذه الدراسات متزامنة مع المراحل الأولى من تصنيع المبيد. حيث يقومون بعمل قاعدة معلومات عن مجتمع الآفة في مناطق انتشارها في العالم للبحث عن احتمال وجود المقاومة واقتراح الإستراتيجيات اللازمة لمعالجة الموضوع المتعلق بإدارة المقاومة تجاه المركب المزمع إنتاجه في مراحله الأولى. وإدارة المقاومة المشخصة بهذه الحالة تسمى

Proactive resistance management وتشير هذه الإجراءات إلى المستوى المتطور الذي وصلت إليه بعض الجهات المنتجة للمبيدات من حيث الجهود المتميزة في إدارة المقاومة التي أثبتت فائدتها في هذا المجال.

1.3. أمثلة على إدارة المقاومة

تعد إدارة المقاومة من المكونات المهمة في برامج إدارة الآفات حيث أن إدارة المقاومة تجاه المبيد سوف تساعد على إطالة مدة استعمال المركب المتوافق مع تقانات إدارة الآفة في الحقل. لذلك فان نجاح إدارة المقاومة يمكن أن يتحقق فقط عندما يكون هناك برنامج ثابت ومعتمد لمراقبة الآفات وتطبيق الحد الحرج لإجراء المكافحة مع الاستفادة القصوى من البدائل الأخرى مثل عناصر المقاومة الحياتية والمبيدات غير الكيميائية والوسائل الزراعية ومقاومة النبات العائل. تساعد هذه الاجراءات على الإستعمال الأمثل للمبيد وإبقائه قيد الاستعمال في الحقل لفترات طويلة مع إدارة كفوءة للمقاومة عند مجتمع الآفة المستهدفة. وبدون وجود إدارة جيدة قد تفقد العديد من المركبات الجيدة مما يجعل المزارع في حيرة حول كيفية التعامل مع الآفات التي تهاجم محاصيله. إلا أن الدراسات الميدانية تشير إلى أن برامج إدارة الآفات المبنية على أسس صحيحة ساعدت على بقاء بعض المبيدات المهمة قيد الاستعمال لفترات طويلة. هناك أمثلة تأريخيه على إدارة المقامة لدى آفات مهمة اقتصاديا مثل خنفساء كولورادو حيث أدخلت إدارة المقاومة ضمن إدارة الآفة واستعملت بعض التقانات منها استبدال المبيد الأرضي بالرش الورقي مع استبدال المبيد في كل جيل، تطبيق نظام مراقبة فعال واستعمال المبيد عند الحاجة فقط مع التركيز على حواف الحقل. حيث أدى هذا الإجراء إلى خفض كميات المبيدات المستعملة.

أما الإجراءات الزراعية فهي الأخرى تعد عاملاً مهماً في إدارة المقاومة لدى الآفة حيث أن تطبيق الدورة الزراعية سوف يقلل من المبيدات المستعملة تجاه الآفات الزراعية على المحصول المستهدف. لذلك فان التطبيق السليم لإدارة المقاومة سوف يساعد على تحقيق الأهداف التالية:

1. خفض الضغط الإنتخابي على مجتمع الآفة.
2. خفض معدل نمو مجتمع الآفة.
3. تعرض جزء من مجتمع الآفة في المنطقة للمبيد وليس الكل.
4. خفض تكرار استعمال المبيد.

من الآفات التي طورت مقاومة تجاه العديد من المبيدات على مستوى العالم والدول العربية الذبابة البيضاء (*Bemisia tabaci*) والحلم الأحمر ذي البقعتين (*Tetranychus urticae*)

لكن في مثل هذه الآفات يمكن ان يحصل خلط بين مجتمع حساس مهاجر حديثاً إلى المنطقة مع المجتمع الأصلي المقاوم. بالنسبة للآفات الزراعية من حرشفية الأجنحة فان ديدان جوز القطن ودودة عرانيس الذرة والعثة ذات الظهر الماسي ودودة ثمار البندورة/الطماطم وحافرة البندورة/الطماطم (التوتا) ودودة ثمار التفاح التي أصبحت مقاومة لفعل العديد من المبيدات الكيميائية وكذلك تجاه الفيروس *Cydia pomonella granulovirus* (CpGv) (Eberle & Jehle, 2006؛ Jallow & Hoy, 2007).

من الإجراءات التي تساعد في إدارة المقاومة للمبيدات أو تأخير حدوثها (علي، 2017):

1. استعمال المبيد عند الحاجة الفعلية وعندما يكون تعداد الآفة عند مستوى الضرر الإقتصادي لذلك لابد من وجود وسيلة فعالة لإجراء المسح الحقلي وتقدير تعداد الآفة وعدم إجراء المكافحة عند المستويات المنخفضة لأنها تكون غير مجدية وغير مربحة في مثل هذه الحالات.
2. اتباع التعليمات المرفقة مع المبيدات عند إجراء المكافحة.
3. يجب تدوير المبيدات قدر المستطاع ويكون ذلك خلال الموسم أو بين المواسم المتعاقبة والتركيز على المجاميع التي يمكن أن تستعمل بطرائق مختلفة لان ذلك يجعل من الصعب على الحشرة تجاوز واحد أو أكثر من الأساليب المستعملة.
4. استعمال بدائل المبيدات من تقانات إدارة الآفة (الزراعية، الميكانيكية، الحياتية....الخ) التي يمكن أن تتوافر وتكون بمتناول يد المزارع، اذ ان التقانات المتعددة تكون أفضل في إدارة تعداد مجتمع الآفة وكذلك إدارة المقاومة لدى الآفة في الحقل.

تعتمد عملية التوصية بإدارة استعمال المبيد على ثلاث أسس رئيسية وهي:

1. الإدارة المتعلقة بكيفية تطبيق استعمال المبيد وتشمل: (أ) استعمال الجرعات الموصى بها، إذ أن الجرعات المنخفضة تشجع بروز المقاومة كلما أمكن ذلك، (ب) رفع المستوى الحرج للمكافحة، (جـ) استعمال مبيدات ذات أثر متبقي قصير، (د) الرش الموضعي في بؤر الإصابة فقط، (هـ) ترك مساحة من الحقل بعيدة عن المبيدات لتكون ملجأً للأفراد الحساسة تتغذى وتتكاثر فيها، (و) معاملة الطور المستهدف من الآفة. إن معظم هذه الإجراءات مطبقة ضمن استراتيجيات إدارة الآفة لذلك فان من شأن أي تطبيق حماية الاعداء الحياتية التي تتغذى على الأفراد الحساسة والمقاومة أن يسهم في إدارة المقاومة لدى الآفة.

2. الإدارة من خلال استعمال المبيدات بالتعاقب بدلاً من خلطها، لأن تطور المقاومة تجاه خليط المبيدات سوف يؤثر في استراتيجيات إدارة الآفة. لذلك فان الإجراء الأمثل هو استعمال المبيدات بالتعاقب بدلاً من خلطها.
3. إدارة المقاومة عن طريق زيادة الجرعة أو ما يسمى بالإشباع بتركيز يقتل حتى الأفراد المقاومة. إلا أن هذا الإجراء ممكن ان يكون فعال في المختبر ولكنه غير ذلك في الحقل حيث يتوزع المبيد بالتساوي في المساحة المستهدفة ولذلك فان أفراد من الآفة تبقى على قيد الحياة وتزداد عندها شدة المقاومة. كما أن مثل هذه التراكيز تؤدي إلى وجود متبقيات أعلى في الموقع المعامل وحدوث تلوث بيئي وهذا يؤثر في الصحة العامة والأعداء الحياتية الأمر الذي يؤدي إلى تدهور الوضع بشكل أكبر. لذلك ممكن اتباع اسلوب آخر مثل استعمال المواد المساعدة خاصة التي تؤثر في مسار فعل المبيد وتطور المقاومة.

إن معظم الآفات التي أصبحت مقاومة تجاه فعل المبيدات على اختلاف أنواعها هي آفات رئيسية مشتركة على المحاصيل الزراعية في المنطقة العربية لذلك فان الأمر يتطلب تضافر الجهود العلمية والتقنية من أجل استحداث قاعدة بيانات تهتم بتوثيق حالات المقاومة المعروفة والتي سوف تحدث بحيث تكون مواكبة لكل الإحتمالات وأن ترافقها دراسات علمية موثقة عن كل حالة والمعالجات المقترحة لإدارة كل حالة. ولأجل تعزيز الإجراءات العلمية والتقنية في إدارة المقاومة لدى الآفات الزراعية في المنطقة العربية يجب أن تكون هناك محطة طرفية في كل بلد تتولى مهمة الرصد والإنذار المبكر وتشخيص الحالات التي تحدث مع إعداد التقارير المفصلة عن الآفة والمحصول الذي تصيبه ونوع المقاومة مع ذكر الإجراءات المقترحة والمزمع تطبيقها في المنطقة العربية واستقبال أية مقترحات من المحطات في الأقطار المعنية من أجل توحيد الجهود وتعزيز إجراءات المقاومة لدى الآفة التي تعد من المكونات المهمة ضمن الإطار العام لإجراءات إدارة الآفة في جميع البلدان العربية المعنية.

أما الخطوط العريضة التي يوصى بها لإدارة المقاومة لدى الآفة فتشتمل على ما يلي:

1. يجب الأخذ بالإعتبار أن إدارة المقاومة تكون ضمن إطار إدارة الآفة لذلك فان أفضل حالات إدارة المقاومة ستكون مع أفضل تطبيق لإدارة مجتمع الآفة إذا أن كلا التطبيقين يتعامل مع الجوانب المظهرية والسلوكية للآفة التي يمكن أن تستثمر من أجل تحسين برامج إدارة الآفة.

حيث يجب أن تعامل بمنظور واحد وعدم الفصل بينهما كما كان متبعاً من قبل صانعي القرار والباحثين المختصين بالمبيدات الكيميائية وعلوم السموم.

2. يجب تحديد هدف لابد من تحقيقه في إطار إدارة الآفة وإدارة المقاومة مع وضع أفق زمني لتحقيق الهدف وكذلك تقويم النتائج المتحصل عليها ضمن إدارة النظام البيئي أو الزراعي. إلا أن هذا الإجراء ممكن أن يتأثر بالظروف السياسية والإقتصادية للبلد المعني.
3. التأكيد على ضرورة التعاون بين المعنيين وكذلك صانعي القرار في الأقطار والمناطق المتجاورة من أجل إنفاذ إجراءات المقاومة في مساحات واسعة ولمدة زمنية طويلة. مثل هذا التعاون ممكن أن يشتمل على المشاركة في الموارد المتاحة وكلف الإدارة.
4. إن خطوات تطبيق إدارة المقاومة يجب أن تكون مرنة ومتغيرة وتكون ملائمة أو متوافقة مع الظروف الاجتماعية والبيئية المحلية.
5. وضع نظام للتقويم الإقتصادي لكل استراتيجية تتبع في إدارة المقاومة من أجل معرفة الجدوى الإقتصادية للمصروفات والإعتمادات المخصصة لتنفيذ برامج إدارة المقاومة تجاه افة أو آفات متعددة في المنطقة المستهدفة.
6. وضع برنامج للتنبؤ بالخطر المحتمل حدوثه في حالة تطور المقاومة لدى الآفة وتطبيق استراتيجية الإدارة الوقائية (Preventive management). اذ ان الإدارة العلمية لمجتمع الآفة تساعد على توفير الدعم لاستراتيجيات تأخير تطور المقاومة لدى هذه الآفة أو إدارتها ضمن الهدف والمدى الزمني المحدد من قبل صانعي القرار. كما أن الإدارة العلمية عادة تعتمد على الفرضيات العامة والموديلات الافتراضية من أجل وضع الخطط اللازمة والحصول على البيانات المتعلقة بنوع الآفة المستهدفة وكذلك البيانات المتعلقة بإدارة النظام وتحليل هذه البيانات من أجل التوصل إلى أفضل أسلوب لتحسين الاستراتيجية المتبعة في إدارة المقاومة لدى الآفة المستهدفة.
7. إجراء الدراسات المتعلقة بفهم سلوك الآفة والبحث عن الكيفية التي يمكن من خلالها تغيير هذا السلوك بما يخدم تأخير المقاومة أو إدارتها لأطول فترة ممكنة.
8. يفترض تطبيق نظام مراقبة المقاومة لدى الآفة، فقط عندما تكون هناك جدوى اقتصادية وأن الفائدة المتحققة تفوق التكلفة. إن أجراء المسح الحقلي وأخذ العينات ضمن برامج الإدارة المتكاملة لمجتمع الآفة يمكن أن يفيد في الدراسات المتعلقة بإدارة المقاومة وذلك من خلال توسيع المساحات الخاضعة للمسح والعمل على إرسال عينات من الحشرات المجموعة لأغراض الفحص والدراسات المختبرية المتعلقة بتطور المقاومة. هذا الإجراء يحتاج إلى تعاون المزارعين الذين

يسهمون في أخذ العينات بحيث يكونون مدربين ولديهم الخبرة باجراء المسح وأخذ العينات على الوجه الأكمل.

9. ضرورة توفير مستلزمات الدراسات المتعلقة بمصير المبيد والتخلص من السموم (detoxification) وكذلك المتعلقة بالسلوك وإمكانية تحويرها أو تغييرها وآلية نضج الأطوار من ناحية طول أو قصر عمر الطور أو المرحلة العمرية من أدوار الآفة.
10. يجب أن تكون إجراءات تطبيق إدارة المقامة سريعة لأن التأخير في أي من الحلقات المطلوبة سوف يزيد من احتمالات حدوث تعقيدات قد تؤدي إلى خروج الحالة عن السيطرة الأمر الذي يتطلب القيام بإجراءات إضافية تترتب عليها كلف مالية على المزارع وقد ينعكس ذلك على الاقتصاد الوطني.

4. المحافظة على الأعداء الحيوية

تعد الأعداء الأحيائية من المكونات الأساسية لمعظم النظم الزراعية باعتبارها من العوامل المنظمة لمجتمعات الآفات في الطبيعة. أما كيفية زيادة فاعلية الأعداء الأحيائية في تطبيقات إدارة الآفات فإنها تقع ضمن أسلوبين رئيسين: يتضمن الأول العناية بالأعداء الأحيائية نفسها وبما يجعلها أكثر فاعلية في مقاومة الآفات في النظام البيئي الذي توجد فيه، ويتم ذلك من خلال النشر الدوري لمجاميع أو أعداد من الأعداء الحيوية بحيث يبقى مستواها مؤثر في الآفة ضمن الموقع المحدد، وهذا متبع في مختلف النظم الزراعية في بلدان العالم بضمنها الدول العربية. كما تستعمل وسيلة أخرى تسمى الاختيار المصطنع الذي يركز على انتخاب وإكثار سلالات ذات صفات مرغوبة ومن ثم إعادة إطلاقها في الأماكن التي تتطلب ذلك. أما الأسلوب الثاني لزيادة فاعلية الأعداء الأحيائية فيتضمن وسائل العناية بالبيئة والمحافظة عليها وجعلها أكثر ملاءمة للأعداء الحيوية. لذلك سميت المكافحة الحيوية التي تنفذ بهذا الأسلوب بالمكافحة الحيوية الحافظة، وتهدف إلى خفض مستوى تعداد الآفة من خلال زيادة تعداد وانتشار الأعداء الأحيائية الموجودة أصلا في المنطقة المستهدفة. يقع ضمن هذا المفهوم كل الإجراءات التي تتم في المحيط البيئي وتساعد في إحداث تحويرات جديدة فيه مثل العمليات الزراعية وكذلك الترشيد في استعمال المبيدات والتركيز على المجاميع المتخصصة من المواد ذات التأثير المحدود في الأعداء الأحيائية في المنطقة المستهدفة (الزميتي، 2011؛ Dayan *et al.*, 2009؛ El-Zemaity, 2014؛ Naranjo, 2001). لكل واحد من الأساليب الرئيسية تطبيقات خاصة أو وسائل محددة يمكن من خلالها استعمال الأسلوب المناسب وهذا يعتمد على نوع

الآفة وما يتوافر معها من أعداء أحيائية في المحيط البيئي المعين. وتوجد عدة أساليب لتحقيق هذا الغرض منها ما يتعلق بمظهر النبات أو المحفزات السلوكية التي تجعل النبات جاذباً لأفراد العدو الأحيائي، توفير الغطاء الخضري المناسب من أجل حماية الأعداء الأحيائية وقت الراحة، وجود الطور الحساس من العائل (الآفة أو العائل الثانوي) لفترة طويلة، توفر مصادر الماء والغذاء بكميات مناسبة في المكان المستهدف. كما أن التوافق بين العدو الأحيائي والآفة العائل يمكن أن يتم من خلال بعض الإجراءات التي تساعد على وجود تداخل في أجيال الآفة من أجل استمرارية وجود العدو الأحيائي (المتطفل). الطرائق الزراعية وتشمل أسلوب زراعة المحصول والري والتسميد والعزيق والحش (القطع) كلها وسائل مهمة تسهم بدورٍ كبيرٍ في نشاط الأعداء الأحيائية. كما أن للمبيدات الكيميائية دور مهم في التأثير السلبي في نشاط الأعداء الحياتية، لكن عند استخدام مواد انتقائية متخصصة يكون التأثير أقل وبالتالي تبقى المكافحة الأحيائية باستخدام المتطفلات أو المفترسات موجودة في الوقت نفسه مع المبيدات (الدهوي وآخرون، 2007). لكن بعض الدراسات أظهرت أن زيادة الضغط على مجتمع الآفة واستدامة انخفاضه قد لا يحصل عند زيادة أعداد الاعداء الأحيائية اذ أن هذه الزيادة قد تؤدي إلى ضعف أداء وكفاءة هذه الاعداء بسبب التنافس (Competition) وربما الافتراس (Cannibalism) الذي يحدث بين المفترسات المختلفة. قد يظهر في الحقل مزيج متميز ومستمر من الحالات التي تعبر عن التأثير الموجب والتأثير السالب وكذلك التأثير المتعادل لاختلاف الأنواع من الأعداء الأحيائية (خاصة المفترسات) الذي قد يكون سببه الاختلاف في التكامل المكاني أو التداخل بين المفترسات وربما عوامل أخرى مختلفة (Chalcraft & Resetarits, 2003). لذلك لا يمكن التغاضي عن التداخل بين المفترسات الذي قد يؤدي إلى تعطيل أو ارباك المكافحة الحياتية. حققت الدراسات الحديثة تقدماً مهماً باتجاه تشخيص صفات الأعداء الأحيائية، غير أن التداخل بين المفترسات حظي بالاهتمام الأكبر. لذلك فان السياق المعتمد للعلاقات بين الأعداء الأحيائية والتنوع الأحيائي والمكافحة الأحيائية يبين الأهمية الكبيرة للبحث العلمي في مجال المكافحة الأحيائية الحافظة. حيث حققت الدراسات الحديثة تقدما مهما باتجاه فهم الصفات السلوكية خاصة لتلك الأنواع التي توجد في مساحات زمانية ومكانية واسعة حيث أن هذا الإجراء سوف يعزز إمكانات تشخيص التنوع الصحيح في التطبيقات التي يمكن أن تفيد في المكافحة الأحيائية الواعدة.

إن المحافظة على الأعداء الأحيائية في النظام الزراعي تتطلب الأخذ بعين الإعتبار إدارة مساحات النبت الطبيعي بمجملها حيث أن معظم أنواع مفصلية الأرجل يمكنها الانتقال بين المناطق الزراعية والطبيعية وهناك تداخل في انتشار الأعداء الأحيائية بين المناطق المزروعة بمحاصيل زراعية وتلك التي تغطى بالنبت الطبيعي. لذلك فان منطقة انتشار النوع في المساحات المحيطة

بالأراضي الزراعية والمسافة بين الأرض المزروعة بالمحصول والنبت الطبيعي تعد من العوامل المهمة في المحافظة على الأعداء الأحيائية وتنوعها وبخاصة تلك التي تكون بطيئة الحركة والمتخصصة. إن التنوع المطلوب للمحافظة على الأعداء الأحيائية قد يحدث عندما يكون هناك عدم تجانس في المساحة الزراعية المستهدفة. لذلك فان البيئة ذات التركيب النباتي المعقد مع وجود التداخل في البيئات المختلفة سوف يعزز احتمالية تنظيم مجتمع الآفة، بالمقابل فان الأنواع من الأعداء الأحيائية عامة التغذية وكذلك الأنواع النادرة يمكنها الاستفادة من حركة أفراد الآفة من المحصول إلى مناطق النبت الطبيعي وأن انتشارها قد يساعد في التعويض عن الأنواع التي تفقد من الأعداء الأحيائية. كما ان النظام المعقد الذي يمثل تداخل النبت الطبيعي مع مساحات المحاصيل الزراعية ربما يعد النظام الأمثل للمحافظة على الأعداء الأحيائية على المدى البعيد وبما يؤمن إنتاجاً زراعياً مستقراً. إلا أن الحاجة لا زالت قائمة إلى مزيد من الجهود المتعلقة بتصميم هيكلية النظام المتداخل للأراضي الزراعية التي من شانها استدامة التنوع المطلوب للأنواع العامة والمتخصصة من الاعداء الأحيائية وبما يحقق افضل النتائج في إدارة الآفات.

لقد ركزت الدراسات المتعلقة بالمكافحة الأحيائية في الآونة الأخيرة على معرفة الخصائص أو الصفات المتعددة للأنواع التي تؤثر في التداخلات بين المستويات التغذوية المختلفة. هذه الصفات متطورة بشكل جيد فيما يتعلق بعلاقة مفصلية الأرجل والأزهار. حيث أن الأزهار يمكن أن تزود الأعداء الأحيائية بمصادر المواد الغذائية والماء التي تساعد على زيادة هذه الأنواع بشكل كبير. كما برزت دراسات أخرى تتعلق بتعزيز كفاءة عناصر المكافحة الأحيائية تجاه مجتمع الآفة من خلال توجيه استجابة أنواع من مفصليات الأرجل نحو التنقل من ظروف الحقول المحلية إلى مستوى الظروف الطبيعية.

لذلك فإن الدراسات المتعلقة بالمحافظة على الأعداء الأحيائية يمكن أن توجه نحو التداخلات بين المستويات التغذوية المختلفة. حيث أن الاجراء الأفضل يتعلق بتشخيص التنوع الصحيح في المجتمعات النباتية المحلية التي تشجع الأعداء الأحيائية. كما أن تطابق الاستجابة لصفات مفصلية الأرجل مع تأثير المستوى المعين لصفات النبات يمكن أن يوفر فرصة كبيرة لمعرفة المزيج المناسب من الزهور التي توفر فائدة كبيرة لعوامل المكافحة الأحيائية. كما يفترض أن تشخص الصفات البيئية للنبات التي تستعمل للمعالجة المكانية. بشكل عام فإن دراسات المكافحة الأحيائية الحافظة يجب ان تتضمن الخطوات النهائية المتعلقة بوصول الأعداء الأحيائية إلى المحصول وكذلك تقويم كفاءة المكافحة الأحيائية تجاه الآفة أو الآفات المستهدفة (Perovi *et al*., 2017). إلا أن فعالية الأعداء

الطبيعية تعتمد إلى حد كبير على درجة الاستدامة، والاستقرار، وملاءمة الظروف البيئية في المحيط العام.

هناك العديد من الآفات الزراعية التي كانت مسجلة في البيئة المحلية في أقطار منطقة البحر المتوسط أو حتى في مختلف بلدان العالم، إلا أن هذه الآفات لم تكن بمستويات ضارة ولكنها عندما وجدت الظرف البيئي المناسب تزايدت أعدادها ووصلت حالة الوباء، كما أن قسماً منها كان انتشاره واسعاً ويهدد زراعة محصول معين منها أنواع البق الدقيقي والذباب الأبيض على الحمضيات/الموالح. حيث كانت عوامل المقاومة الطبيعية تمثل القاعدة الرئيسية لنظام إدارة هذه الآفات مع تعزيزها بالمكونات التطبيقية التي يفترض أن تتخذ من أجل التصدي للآفة ذات الاهتمام في المنطقة المستهدفة. استعملت عناصر المكافحة الأحيائية باعتبارها تقنية قائمة بمفردها أو ضمن مكونات برامج إدارة الآفات في العديد من النظم الزراعية التي تضم محاصيل حقلية ومحاصيل خضر والزراعة المحمية فضلاً عن أشجار الفاكهة والغابات. فقد تم اكثار المفترس الدعسوقة الصغيرة ذات القوس (*Cletostethus arecuatus*) واطلاقها تجاه ذبابة الياسمين البيضاء (*Aleuroclava jasmine*) في عدد من بساتين الحمضيات في جمهورية العراق. ويعد هذا المفترس من الأعداء الحياتية الفعالة تجاه أنواع الذباب الأبيض الأخرى في عدد من الدول العربية حيث يكثر على ذبابة التبغ البيضاء أو ذبابة الخروع ويطلق بعد ذلك لتعزيز أعداد أفراده الموجودة أصلا في الطبيعة. كما يجري إكثار متطفلات حفار أوراق الحمضيات (*Phyllocnistis citrella*)، حيث تستعمل شتلات من الحمضيات مصابة بالحفار في ظلل خاصة وبعد حدوث التطفل تنقل الشتلات التي تحوي على يرقات متطفل داخل جسم الحفار ضمن نسيج العائل النباتي ثم يتم توزيع هذه الشتلات في البساتين المصابة. إن الآفات الغازية أو الوافدة قد تخرج عن السيطرة خاصة في بداية دخولها إلى البلد الجديد عندما تكون بعيدة عن أعدائها الطبيعيين وعندما تكون الأعداء الأحيائية المحلية غير فاعلة بسبب الاستعمال العشوائي والمكثف للمبيدات لمجابهة الآفة عند بداية دخولها البلد وحدوث انفجار عددي لمجتمعها. لكن بعد اتخاذ بعض التدابير التي من شأنها المحافظة على الأعداء الأحيائية تعاود هذه الأنواع نشاطها وتبدأ بمهاجمة الآفة الجديدة وسرعان ما تسيطر عليها وتنتفي الحاجة إلى استعمال المبيدات أو أنها تستعمل بالحدود الدنيا. هناك أمثلة كثيرة على هذه الآفات سجلت في دول العالم ومنها بلدان عربية تسببت بحدوث أضرار كبيرة لعدد من المحاصيل الزراعية وأشجار الفاكهة منها البق الدقيقي وحافرة الإنفاق وذبابة الياسمين البيضاء وذبابة الفاكهة على الحمضيات/الموالح وحافرة أنفاق أوراق البندورة/الطماطم (*Liriomyza bryoniae*) وحافرة البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta*) كلها كانت خارجة عن السيطرة في بداية الأمر ولكن بعد مرور وقت ليس بالطويل تراجعت هذه الآفات ووصلت

إلى مستوى الآفات الثانوية بفعل نشاط الأعداء الأحيائية وعوامل الطبيعة (علي، 2017). لذلك فإن برنامج إدارة الآفات ضمن أي نظام يجب أن يأخذ بعين الإعتبار اتخاذ التدابير اللازمة لحماية الأعداء الأحيائية والمحافظة عليها. إذ أن التنوع الأحيائي النباتي والحيواني يوفر فرصة أكبر لاستدامة النظم البيئية في أي منطقة جغرافية. أصبحت الآن تطبيقات عناصر المكافحة الحيوية من الأولويات التي تبنتها السياسة الزراعية في مختلف بلدان العالم ومنها الدول النامية في منطقة البحر المتوسط ودول آسيوية وأفريقية عديدة. كما تتوافر بعض المتطفلات البيضية واليرقية وعدد من المفترسات بشكل تجاري يتم استعمالها في بلدان عديدة فضلاً عن تداولها أو استيرادها بين العديد من بلدان العالم التي تمتلك الخبرة والبني التحتية الكافية لاستعمال عناصر المكافحة الأحيائية مفردها أو ضمن تطبيقات برامج إدارة الآفات في مختلف النظم الزراعية.

هناك عدد من الإجراءات والتعديلات البيئية المستعملة في زيادة فعالية الأعداء الطبيعية، والتي تحتاج إلى مزيد من الجهد الجماعي وتبادل الخبرة بين الجهات المعنية في الأقطار العربية، تتضمن:

- **توفير الغذاء التكميلي للبالغات:** تحتاج بالغات الأعداء الطبيعية غالبا لرحيق وحبوب اللقاح كمصدر للغذاء. حيث يتم توفير هذه المتطلبات في الطبيعة من قبل مجموعة متنوعة من النباتات. لكن في النظام البيئي الزراعي فان معظم هذه النباتات تعتبر أدغالاً/أعشاباً ضارة يتم ازالتها. من جانب آخر استعمل نظام التداخل المحصولي من أجل استدامة مصادر الغذاء والماء للأعداء الأحيائية. قسم من المفترسات خاصة بعض أنواع الدعاسيق تتغذى على حبوب اللقاح في حالة عدم توافر الفرائس أو قلتها كما أن هناك تجارب أخرى استعملت فيها محاليل من السكر والعسل والخمائر التي ترش على المحاصيل كمكملات غذائية لأنواع من الأعداء الأحيائية.
- **توفير العوائل البديلة:** تعمل العوائل البديلة على تقليل أو تجاوز الظروف التي تكون سبباً في حالة عدم التوافق بين العائل والأعداء الأحيائية.
- **التوافق الزماني والمكاني بين الآفة وأعدائها الأحيائية:** يتضمن هذا الاجراء: (أ) ردم الفجوة في التذبذبات التي تحدث في أعداد مجتمع الآفة وأعدائها الأحيائية ، (ب) ادامة أعداد فعالة من مجتمع العدو الأحيائي في أوقات غياب العائل المفضل، (جـ) توفير عوائل مناسبة لتجاوز فترة التشتية والسبات، (د) توسيع مدى انتشار العدوى الأحيائي إلى أقصى ما يمكن من أجل تقليل حالة الافتراس الذاتي أو تجنبها. في كثير من الحالات تمت معالجة هذه النقاط من خلال اتباع أسلوب التداخل المحصولي أو زراعة عوائل بديلة. من الأمثلة على فائدة التداخل المحصولي زراعة الفراولة/الفريز مع الخوخ يساعد على تحسين كفاءة المتطفل تجاه عثة الفاكهة الشرقية

(*Grapholitha molesta*) من قبل المتطفل *Macrocentrus ancylivorus* الذي يقضي فترة التشتية في مضيفات بديلة مثل طاوية أو لآفة الأوراق التي تصيب نبات الفريز. قد تكون الأعداء الأحيائية غير فعالة بسبب عدم وجود توافق زماني أو مكاني في تجودهم في الحقل وهذه الحالة يمكن معالجتها من خلال تحوير بعض الظروف البيئية. على سبيل المثال تكون المكافحة الأحيائية لبعض الحشرات مثل القشرية السوداء (*Saissetia oleae*) على الحمضيات غير مجدية في بعض المناطق لأن المتطفلات تقتل بالمبيدات التي تستعمل بشكل ضباب تجاه هذه الآفة والآفات الأخرى إلا أن المشكلة أصبحت أقل شأنا عندما استعملت نباتات الفلفل والزيتون بشكل أسيجة حول بساتين الحمضيات لتكون مأوى لحشرات تكون عوائل بديلة أو حتى للقشرية السوداء نفسها وبالتالي تكون بيئة آمنة تساعد على إدامة تواجد وفعالية المتطفل. وبذلك أمكن تجاوز المشكلة.

- **إصابة اصطناعية:** تتم بتلقيح المحاصيل بنوع من الآفات تم استخدامها لزيادة فعالية الأعداء الطبيعية الفعالة. استعملت هذه التقنية في الزراعة المحمية مع الحلم وأعدائه الأحيائية.
- **السيطرة على النمل المتغذي على المادة العسلية:** غالباً ما يقوم النمل بالدفاع عن الحشرات التي تنتج المادة الدبسية/العسلية ويحميها من أعدائها الحياتية لذلك فان مكافحة النمل تزيد من كفاءة عوامل المكافحة الأحيائية.
- **تعديل أو معالجة الممارسات الزراعية الضارة:** يكون هذا الاجراء أكثر فائدة في المساحات الواسعة. فعلى سبيل المثال، لعمليات الحراثة تأثير سلبي في أدوار الأعداء الحيوية مثل المتطفلات التي تبقى مع عوائلها في التربة في فترة التشتية. من جانب آخر فإن مكافحة الأدغال تؤدي إلى إزالة عدد من العوائل الثانوية أو البديلة وبالتالي تؤثر سلباً في دورة حياة العدو الأحيائي. هذه الحالة معروفة مع العديد من الآفات الزراعية وأعدائها الحياتية منها العثة ذات الظهر الماسي التي تعد من اخطر الآفات على المحاصيل الصليبية الا أنها تصيب بعض الأدغال/الأعشاب وبذلك تستمر دورة حياتها وتبقى معها أعداءها الأحيائية التي تتغذى على أدوار الآفة المختلفة وهكذا تستمر إدامة حالة التوازن الطبيعي. أما بالنسبة لحرق الأعقاب (كما هو متبع مع قصب السكر والذرة والقمح) فانه يؤدي إلى قتل الآفة واعدائها الحياتية التي تشتي معها في هذه المواقع. وبالنسبة للقطع الشامل لمساحات واسعة من الجَتْ فأن كذلك يؤثر سلباً في تعداد الآفات وأعداها الحياتية التي تنتشر في حقول الجَتْ. لذلك تمت معالجة هذه الحالة باتباع أسلوب القطع الشريطي الذي يساعد على ابقاء حالة التوازن بين الآفة وأعدائها الأحيائية

حيث تعتبر هذه الحقول مصادر مهمة لانتشار الأعداء الأحيائية إلى الحقول الأخرى (Hussain *et al*., 2001 ؛Grossman & Quarles, 1993).

- **إستعمال المبيدات:** يؤدي استعمال المبيدات الكيميائية إلى خفض تعداد الآفة على المدى القريب إلا أنه يؤثر في مجتمعات المفترسات والمتطفلات في المواقع المعاملة، ويقود هذا إلى معاودة نشاط الآفة من جديد أو ظهور المقاومة وكذلك انتشار آفات جديدة كانت ثانوية تحولت إلى رئيسية بسبب ضعف دور أو غياب أعدائها الطبيعيين. لذلك فان الاجراء المناسب هو استعمال مبيدات انتقائية تؤثر في الآفة دون أعدائها الحياتية. يمكن ان تكون الانتقائية فيزيائية أو بيئية إذ أن الإنتقاء الفيزيائي أو البيئي يحدث عندما يكون هناك اختلاف في التعرض للمبيد من قبل الآفة والعدو الأحيائي وهذا يمكن أن يتحقق من خلال معاملة مناطق معينة من الحقل وترك أخرى غير معاملة. كما أن الاختلاف في حساسية الأطوار المختلفة للمبيد، اختلاف في دورات الحياة بين الآفة والعدو الأحيائية ، الخصائص الفيزيائية المميزة للمبيد وطرائق استعماله، كلها عوامل يمكن أن تستثمر في جانب المحافظة على الأعداء الأحيائية. قد تكون الانتقائية فسيولوجية وتحدث عندما تكون هناك اختلافات فسيولوجية بين الآفات والأعداء الطبيعيين المرتبطين بها. هذه الاختلافات الفسيولوجية في العدو الطبيعي قد تكون متوارثة أو تستحدث من خلال الانتخاب الطبيعي للنوع المستهدف في المختبرات أو الحقل.

يمثل الحفاظ على الأعداء الطبيعية حجر الزاوية في منهج المكافحة المتكاملة للآفات، ولكن الأساليب المتبعة في تعزيز تأثير الأعداء الطبيعيين وتشجيع نشاطهم في الأنظمة الزراعية لم تدرس بشكل كافي من قبل الباحثين كما هو الحال مع أساليب المكافحة الأحيائية التقليدية والعلاجية. كذلك فان الحاجة مستمرة إلى فهم التنوع في المواد السلوكية (allelochemical) والتنوع في النباتات المضيفة وتأثيرها في نشاط العدو الطبيعي في مختلف الأنظمة الزراعية لأنه يعد من المتطلبات الأساسية للحفاظ على الأعداء الطبيعيين وتعزيزها. كذلك فان الدراسات لازالت محدودة فيما يتعلق بتداخلات المستويات التغذوية (Tritrophic) التي يمكن أن تساعد في زيادة كفاءة برامج المكافحة الحياتية. أما الاستراتيجية الأخرى التي تستدعي الاهتمام فهي تحسين الكفاءة الحقلية للأعداء الطبيعية من خلال استعمال المواد السلوكية مثل الكرمونات (kairomones). كما أن تدريب المزارعين على طرائق المكافحة المتكاملة للآفات، وبخاصة الحفاظ على الأعداء الطبيعة واستخدامها تعد من الأمور المهمة جدا لجعل المكافحة الحياتية تعمل على مستوى المزارعين.

يعد التنوع المحصولي من التطبيقات ذات الفائدة الكبيرة لعناصر المكافحة الأحيائية ولاستدامة النظام البيئي الزراعي. إذ أن التغيرات الهيكلية والحياتية والزمانية في الموطن المعين يمكن أن تساعد في زيادة مستوى التنوع في ذلك الموطن من خلال تنوع العوائل النباتية وتنوع الفرائس الذي ينعكس على انتشار الأعداء الحياتية. يمكن أن يتحقق التنوع المحصولي من خلال زراعة محاصيل مختلفة في الحقل نفسه في آن واحد أو من خلال زراعة نباتات غير محصولية لتوفير المأوى المناسب ومصادر الغذاء للأعداء الحياتية. لقد تطرقت العديد من الدراسات إلى أهمية فهم العلاقة المتعددة بين المستويات التغذوية المختلفة في مثل هذا النظام. كما أشار قسم منها إلى أن الفائدة من زراعة محاصيل متعددة يمكن أن تتحقق من خلال استقرار النظام البيئي وتقليل استعمال المبيدات الذي ينعكس على بقاء ونشاط الأعداء الأحيائية. قد تساعد عملية زراعة محاصيل متعددة إلى حصول تغييرات مكانية في الموطن مما يؤدي إلى حصول نوع من الإرباك واختلاف في سرعة حركة الآفة والأعداء الأحيائية بين النباتات التابعة لمحاصيل مختلفة. كما قد تساعد الزراعة المتداخلة على زيادة كفاءة الأعداء الحياتية بسبب وجود احد أو بعض المحاصيل التي تتميز بإطلاق مواد ثانوية جاذبة أو أنها توفر مصادر غذاء للأعداء الأحيائية كالرحيق فضلاً عن أنها توفر ظرفاً بيئياً مناسباً مثل الرطوبة أو الظل لبعض الأنواع، وهذا يعني أن الأعداء الأحيائية تكون أكثر تنوعا في الزراعة المختلطة مقارنة بالزراعة الأحادية التي تعتمد على زراعة محصول واحد في الحقل. في المساحات غير الزراعية أو المتروكة يكون التركيز على ضرورة وجود غطاء نباتي يوفر المأوى للأعداء الأحيائية ومثل هذا الغطاء ممكن أن يوجد على حواف السواقي والجداول وجوانب الطرقات وفي الأراضي المتروكة حيث توجد مختلف النباتات النامية بشكل طبيعي توفر دعم متنوع للأعداء الأحيائية التي تساعد بدورها في مكافحة آفات مهمة على محاصيل زراعية مختلفة. إلا أن الكثير من الأنظمة الطبيعية المشابهة لمثل هذه المساحات قد تأثرت كثيرا بفعل تدخل الإنسان واستعمال المكننة الحديثة في العمليات الزراعية وإدخال أصناف من محاصيل مختلفة عالية الإنتاج فضلاً عن استعمال المبيدات الكيميائية المختلفة وهذا يعني عدم اهتمام برامج إدارة الآفات بإعطاء أهمية للمراتع الطبيعية للأعداء الأحيائية في مثل هذه الأماكن. حيث كان الاعتقاد السائد يركز على الحقل النظيف الذي يتضمن إزالة إي نبات غير المحصول المعني سواء كان ذلك النبات في داخل الحقل أو على حوافه أو على جوانب السواقي والممرات القريبة من الحقل. إلا أن المشاكل التي ترافق زراعة محصول واحد في مساحات شاسعة واستعمال المبيدات أدى إلى إعادة توجيه الاهتمام نحو النظام المتنوع الذي يضمن زراعة محاصيل مختلفة مع السماح بوجود بعض المساحات من النبات الطبيعي حيث يمكن للأعداء الحياتية أن توجد في مثل هذه المساحات غير الخاضعة لاستعمال المبيدات أو في أجزاء

الحقل التي لم يصلها المبيد وبذلك تكون هذه المساحات مأوى للعديد من أنواع مفصلية الأرجل. كما يمكن الاستفادة من المناطق خارج المساحات المزروعة مثل حواف الحقول والسواقي والممرات وكذلك المحميات أو المناطق المسيجة من النبت الطبيعي. كل هذه المناطق توفر مأوى ومرتع للأعداء الحياتية ومن ثم تنتقل منها إلى الحقول الزراعية المجاورة وبذلك فان المحافظة على هذه المناطق يوفر مصدر دائماً للأعداء الأحيائية التي تعد أحد المكونات الأساسية في أنظمة إدارة الآفات على محاصيل زراعية مختلفة. غير أن تحقيق الفائدة الأكبر من هذه المساحات التي توفر المأوى للأعداء الأحيائية يتطلب الإلمام والمعرفة الكافية عن طبيعة العلاقة المتداخلة بين العائل النباتي والآفة والأعداء الأحيائية التي تهاجم الآفة على المحصول المستهدف لأن الغطاء النباتي وأنواع النباتات الموجودة ومساحاتها وموقعها في المنطقة يجب أن تحدد تبعا للعلاقة المتداخلة بين المستويات التغذوية الثلاث. قد يتدخل الإنسان في توفير مثل هذه المساحات كمأوى ومرتع للأعداء الأحيائية كما هو الحال عند زراعة محصول الجَتْ بشكل أشرطة متداخلة مع محصول القطن أو في مساحات قريبة من هذه الحقول حيث يساعد هذا الاجراء على زيادة أعداد المفترسات مثل الدعاسيق وأسد المَنْ وأنواع البق المفترس إلى أضعاف في حقول الجَتْ مقارنة بحقول القطن (Mensah, 1999). كما أن وجود نباتات مزهرة في جانب حقول المحصول الرئيسي أو ضمنها يوفر مصادر غذاء لذباب السيرفد (Syrphidae) قبل أن تكون جاهزة لوضع البيض لذلك فان وجود مثل هذه النباتات أيضاً ضروري قرب حقول المحاصيل المصابة بالمَنْ. من جانب آخر وجد أن زراعة أشجار أو نباتات مزهرة حول البساتين أو بداخلها وكذلك في الحقول الزراعية يعزز مصادر الغذاء والرحيق الذي تتغذى عليه بالغات المتطفلات التي تهاجم آفات مهمة تصيب محاصيل زراعية أو أشجار فاكهة في المنطقة المعنية أو قربها. إلا أن هذه العلاقة قد لا تكون بالمستوى نفسه في النظام البيئي الزراعي الطبيعي. لذلك فان إدامة مثل هذه العلاقة في النظام الزراعي يمكن أن تتحقق من خلال بعض عمليات خدمة المحصول مثل التسميد الذي يؤثر في المحتوى التغذوي للآفة وكذلك في العدو الحياتي فيكون مسار التأثير من الأسفل إلى الأعلى. إلا أن مستوى نمو الأعداء الحياتية قد لا يكون بنفس مستوى نمو الآفة. قد تناثر العلاقة بين المستويات التغذوية المختلفة بعوامل خارجية مثل مظهر النبات ولونه وخلفية الغطاء النباتي في المنطقة المعينة (Crop back ground) وهذا يقع ضمن سلوك البحث عن بعد (Long-range searching)، حيث وجد اختلاف في استجابة الآفة والعدو الأحيائي إلى لون النبات كما هو الحال مع منّ اللهانة (*Brevicoryne brassicae*) الذي بفضل لون نباتات اللهانة بدرجة أكبر على ألوان النباتات والأدغال/الأعشاب الصليبية الأخرى وهذا ينطبق أيضاً على المتطفلات التي تهاجم هذا النوع من المنّ.

قد تستعمل مواد ذات فائدة مهمة للعائل النباتي في تطبيقات الإدارة من خلال تأثيرها في الآفة والأعداء الأحيائية ولكن ليس لها تأثير مباشر في التداخلات التي تحدث بين المستويات التغذوية المختلفة مثل المستخلصات النباتية التي تستخرج من بعض النباتات وترش على نباتات أخرى من أجل مكافحة آفة معينة تصيب تلك النباتات وهذه المواد ضمن الوسائل ذات الأساس الأحيائي (Biorational pesticides). كما يمكن أن تتكامل مثل هذه المواد مع مقاومة النبات العائل. إذ أن وجود مستوى منخفض من المقاومة في النبات مع رشه بأحد المستخلصات النباتية يمكن أن يكون له اثر ايجابي في تشجيع التطفل. كذلك الحال عند استعمال مستويات منخفضة من مستخلص النيم (Neem extract) على نباتات اللهانة الحساسة للعثة ذات الظهر الماسي فان مستويات التطفل تزداد على أفراد الآفة التي تصيب تلك النباتات. قد يحصل الشيء نفسه عند تعرض النبات إلى ضغط بيئي كما هو الحال مع منّ الخوخ الأخضر (*Myzus percicae*) الذي تقل خصوبته عند تغذيته على مثل هذه العوائل إلا أن متطفلاته (*Aphidius*) قد لا تتأثر بالاتجاه نفسه (Openara *et al.*, 2004). في البيوت المحمية تحققت نتائج جيدة في مكافحة الذبابة البيضاء عند استعمال مبيد من أصل نباتي بثلث التركيز الموصى مع المبيد الفطري بوفارال (*Beauveria bassiana*) وإطلاق المتطفل *Encarsia formosa*.

بالنسبة لدور الأصناف المقاومة والأصناف المحورة وراثياً في الأعداء الأحيائية لم يكن هناك دراسات كافية عن تأثير الاصناف المحورة وراثيا في هذهالأعداء. إلا أن إدامة الصفات الوراثية التي يتم الحصول عليها بأي من التقانات المتعلقة بتربية النبات أو الهندسة الوراثية أصبحت تلاقي اهتماماً كبيراً في توجهات إدارة الآفات الحديثة التي تسعي إلى تبني الوسائل غير الكيميائية في مكافحة الآفات المختلفة. مع ذلك فلا تزال هناك تحفظات حول التوسع بإنتاج الأصناف المحورة وراثيا وأثرها المحتمل على الحشرات النافعة كالملقحات والأعداء الحياتية وغيرها من الإحياء غير المستهدفة. فقد وجد أن سموم البكتيريا (*Bacillus thuringiensis*) يمكن أن تبقى في التربة بعد تحلل النباتات الحاوية لها وبذلك تبقى ذات تأثير محتمل في الأحياء غير المستهدفة وقد تتحول حشرات أو كائنات حية غير حساسة للتوكسين (السم) إلى حساسة وقد تتطور مقاومة لدى الآفة تجاه العائل النباتي الحاوي على توكسين (سم) البكتيريا (Groot & Dicke, 2002). بعض الباحثين يقترح أن يكون تأثير التوكسين في نسيج معين ضمن مرحلة نمو محددة إذا أريد لهذه التقنية أن تكون متكاملة مع الأعداء الأحيائية. من جانب آخر هناك النباتات (الأصناف) المنتجة بتقنية الهندسة الوراثية والتي نقلت إليها جينات مسئولة عن إنتاج مواد ثانوية تتسبب في إحداث تضاد حياتي (Antibiosis) تجاه الآفة. هذه المواد يمكن أن تكون مضرة بالأعداء الأحيائية والكائنات الحية غير المستهدفة. لذلك فان

الجهود المبذولة في تربية النبات وإنتاج أصناف مقاومة يجب أن تأخذ هذه الاحتمالات بعين الاعتبار. إلا أن التوجه نحو تحسين قدرة النبات للاستفادة من المواد التغذوية يمكن أن يكون احد الاتجاهات الواعدة ضمن برامج إدارة المحصول وإدارة الآفات. كما أن هناك جهود تبذل لإنتاج أصناف لها القابلية على إنتاج مواد ثانوية منبعثة بمستويات عالية ذات تأثير في جذب الأعداء الحيوية (Synomones)، ويعد هذا من التوجهات الواعدة في تطبيقات المحافظة على الأعداء الأحيائية وزيادة كفاءتها.

هناك بعض المقترحات التي يمكن أن تكون الأساس في المبادرات الوطنية منها:

1. عمل أو تطوير قاعدة معلومات من خلال البيانات المتوافرة والمتعلقة بمشاكل الآفات الزراعية والأمراض في كل منطقة وماهي الخيارات المتوافرة أو المطورة لمجابهة هذه الآفات.
2. توفير الدعم اللازم للبحوث التي تخدم الوسائل التكميلية أو لسد الفجوات الحاصلة في استراتيجيات المكافحة التي تسهم في خفض تعداد مجتمع الآفة وشدتها خاصة ما يتعلق بالوسائل الوقائية.
3. تشجيع البحوث التطبيقية والتشاركية التي تخدم توجهات خفض استعمال المبيدات الكيميائية والتركيز على استبدالها بمواد أكثر أماناً مثل المواد السلوكية.
4. توثيق وعرض الفوائد المتحققة من الناحية البيئية والاقتصادية لمناهج إدارة الآفات المستعملة باعتبارها مكوناً أساسياً في إدارة المحصول الهادفة إلى استدامة النظام البيئي الزراعي.
5. توفير الدعم والإسناد للجهود المتعلقة بالتأثيرات المباشرة وغير المباشرة لوسائل وانظمة الري المختلفة على تكاثر تعداد الآفة وأعدائها الطبيعيين وانعكاسها على نمو وانتاج المحاصيل الرئيسية في كل منطقة.
6. المساهمة في بناء القدرات في مجال الأبحاث الوطنية المتعلقة بإدارة الآفات والعاملين في الإرشاد الزراعي باعتبارهما جزءاً من منهج إدارة الآفات وإدارة المحصول من أجل الاستدامة الزراعية في الأراضي المروية أو المطرية.

5. التأثير السلبي للمبيدات الكيميائية في المكافحة الحيوية للآفات

استعملت المبيدات الحشرية واسعة الطيف بكثافة تجاه آفات القطن في البلدان التي يزرع فيها هذا المحصول في الدول العربية مثل مصر والسودان والعراق وسورية ورافق هذا الاستعمال دراسات كثيرة ومتنوعة تتعلق بتأثير المبيدات في الحشرات النافعة والأحياء الأخرى غير المستهدفة. سجلت حالات

المقاومة لدى العديد من المفترسات تجاه بعض مجاميع المبيدات الواسعة الطيف. على سبيل المثال بعض أنواع الحلم المفترس تطورت لديها المقاومة تجاه مركبات الكارباميت والفسفور العضوية. إلا أن درجة تحمل المفترسات والمتطفلات تتباين ضمن المجموعة الواحدة من المبيدات. فمثلاً وجد أن مبيد سيبرمثرين أقل سمية لأنواع من المتطفلات مقارنة بالمبيد برمثرين بينما وجد العكس مع المفترسات (Wright & Verkerk 1995). الشيء نفسه وجد مع مركبات الفوسفور العضوية وكذلك مع مجموعة مشابهات النيكوتين الحديثة (Neonicotinoids) التي تتميز بالخاصية الجهازية في مكافحة آفات حشرية مهمة من ذوات الفم الماص. إلا أن بعض المفترسات من نصفية الأجنحة وأنواع الخنافس المفترسة والذباب المفترس أظهرت نوع من التحمل تجاه مبيدات تابعة لهذه المجموعة مثل Imidochloprid بينما هناك أنواع أخرى من هذه المفترسات حساسة جدا لهذا المبيد. من جانب آخر فان المبيد الإحيائي Bt من العوامل المرشحة في مكافحة آفات عديدة تابعة لحرشفية الأجنحة في أنظمة إدارة الآفات والزراعة العضوية كونها أقل تأثيرا في الأحياء الأخرى غير المستهدفة (محمد وآخرون، 2013)، مع ذلك فان هناك حالات تستوجب الحذر عند استعمال المستحضرات البكتيرية. حيث أن استعمالها قد يتداخل مع حشرات نافعة من حرشفية الأجنحة كما هو الحال مع العثة الحمراء (*Tyria jacobaeae*) التي تستعمل في المكافحة الحياتية للدغل المسمى Tansy Ragwort. إذ يمكن أن تتأثر العثة عند استعمال المستحضرات البكتيرية لمكافحة آفات حرشفية الأجنحة تصيب محاصيل قريبة أو مزروعة مجاورة للدغل في نفس المنطقة. عند مقارنة تأثير المبيدات المختلفة تجاه الحشرات النافعة نجد أن المبيدات الحشرية تتحمل الوزر الأكبر في تأثيرها على الأعداء الحياتية والحشرات الأخرى غير المستهدفة. في حين أن معظم المبيدات الفطرية ومبيدات الحلم متوافقة مع المفترسات. إلا أن بعض المبيدات الفطرية سام تجاه أنواع المتطفلات التابعة للجنس *Trichogramma*. عند استعمال المبيدات الفطرية تجاه مسببات أمراض النبات فإنها يمكن أن تؤثر في الفطريات الممرضة للحشرات أيضاً وكذلك الكائنات النافعة في التربة (فطر، بكتيريا، اكتينومايسيتس). لوحظت هذه الحالة في العديد من أنظمة إدارة الآفات في الزراعة المحمية والحقل المكشوف. إذ أن وجود فطريات ممرضة للحشرات يمكن أن يضع حشرات مثل المنّ تحت السيطرة إذا كانت الظروف مناسبة ولكن بعض المبيدات يمكن أن تؤثر في الفطريات النافعة التي تعيش في البيئة. كذلك الحال مع خنفساء كولورادو (*Leptinotarsa decemlineata*) التي تصيب البطاطا/البطاطس وتعد من أهم الآفات على المحصول في مختلف مناطق زراعته في العالم الأمر الذي يتطلب استعمال المبيدات بكثافة لمكافحة هذه الآفة التي أصبحت مقاومة تجاه العديد من المبيدات لذلك كان البديل نحو استعمال المبيدات الإحيائية حيث استعمل الفطر

Beauveria bassiana وهو فعال تجاه الآفة ويعد عنصر إدارة جيد تجاه مجتمعها فضلاً عن كونه يساعد على إدارة المقاومة لدى الآفة تجاه المبيدات المستعملة. إلا أن استعمال المبيدات الفطرية لمكافحة مرض اللفحة المتأخرة المتسبب عن الفطر *Phytophthora infestans* وكذلك مرض اللفحة المبكرة المتسبب عن الفطر *Alternaria solani* يمكن أن يثبط نشاط مبيد حيوي آخر وهو الفطر *Trichoderma*، وقد وجد أن بعض سلالات هذا الفطر الممرض للحشرات لديها نوع من التحمل تجاه بعض أنواع المبيدات الفطرية مثل هيدروكسيد النحاس (Jaros-Su *et al.*, 1999). أما بالنسبة للأدغال فقد أثبتت عناصر المكافحة الإحيائية نجاحاً محدوداً تجاه بعض الأدغال/الأعشاب، كما أن قسم منها غير متوافق مع مبيدات أدغال/أعشاب معينة. من الأمثلة المعروفة دغل زهرة النيل الذي ينتشر في العديد من بلدان العالم والأقطار العربية ويعد من المشاكل المستعصية في المسطحات المائية. تم تشخيص نوعين من الخنافس (*Neochetina* spp.) التي تتغذى على الدغل/العشب وتعد عناصر مكافحة حياتية فعالة تجاهه إلا أن مبيدات الأدغال لا زالت تستعمل في مناطق أخرى وقد يتداخل استعمال المبيد والسوس في نفس المكان. حيث يؤدي المبيد إلى قتل الدغل قبل أن تكمل السوسة دورة الحياة وبالتالي إفشال دور المكافحة الحياتية، لذلك يجب أن يكون هناك تكامل بين هذين العنصرين مبني على أسس علمية دقيقة منها توقيت المكافحة في مراحل تكون فيها الأدوار غير البالغة للسوسة قليلة أو أن معظم الحشرات تكون في الدور البالغ بحيث يمكنها الانتقال إلى مواقع أخرى. هناك أمثلة كثيرة على التكامل من خلال توقيت المكافحة بحيث لا يكون هناك تأثير معنوي في مجتمع العدو الحياتي. كما استعملت العديد من الوسائل الأخرى التي من شأنها جعل المبيدات أكثر توافقاً مع عناصر المكافحة الحياتية والأحياء النافعة على اختلاف أنواعها. من الواضح أن المبيدات لها تأثير معنوي في مجتمعات الأحياء النافعة إلا أن التأثير يتباين ولا يمكن التنبؤ به حتى ضمن المجاميع المتقاربة من الأحياء أو مجاميع المبيدات (van Emden, 2002)، ومع هذه المخاطر تبقى المبيدات من المكونات المهمة في العديد من أنظمة إدارة الآفات خاصة في الأنظمة التي تتميز بتعدد الآفات حيث تستعمل المبيدات بأسلوب لا يؤثر في المكونات الأخرى.

6. الزراعة العضوية واستخدام المبيدات

بالنسبة لأنظمة الزراعة العضوية التي تعني للكثير من الناس أنها الزراعة المثالية أو النظيفة عند مقارنتها بالمزارع التي تعتمد على المبيدات، إلا أن هناك العديد من الحالات التي يبقى فيها أصحاب المزارع العضوية بحاجة إلى استعمال بعض أنواع المبيدات خاصة تلك المسجلة للاستعمال في مثل

هذه الأنظمة. تختلف الدول والمؤسسات في أنواع المواد المسجلة ومتطلبات المنتجات العضوية وكيفية المصادقة على المنتج ومنحه شهادة بهذا الخصوص. حيث تقوم المؤسسات المعنية في دول العالم بإصدار قوائم بالمواد الممنوعة أو المسموح بها في الزراعة العضوية التي يمكن أن تستعمل بأسلوب متوافق ومتكامل مع العناصر الأخرى في إدارة الآفات.

استعملت العديد من المصطلحات أو المفاهيم التي تتطرق إلى البدائل الآمنة للمبيدات منها الزراعة العضوية أو الزراعة النظيفة. حيث اهتمت المؤسسات العلمية المختصة والدوائر الزراعية في مختلف بلدان العالم بالزراعة النظيفة من أجل تحسين الإنتاج الزراعي والحصول على منتجات أو سلع زراعية بمواصفات نوعية عالية الجودة مطابقة للمعايير الدولية من حيث الأمان على البيئة والصحة العامة. لذلك بدأ عدد من المختصين وبعض المؤسسات ذات العلاقة بالترويج لمفهوم الزراعة العضوية والبدائل الآمنة. حيث أصبحت الزراعة العضوية من الاتجاهات التي تلقى إقبالاً كبيراً وانتشاراً واسعاً في مختلف دول العالم بغض النظر عن مستوى التطور للدولة المعنية. يتم العمل بمفهوم الإنتاج العضوي وتسويقه وفق ضوابط محددة تصدرها الجهات المعنية في كل بلد مثلما هو الحال مع منتجات الإدارة المتكاملة للآفات. حيث يتم تصديق المنتجات الزراعية والحيوانية والمناحل للمزارعين والمنتجين العاملين في مجال الإنتاج العضوي ويوضع ملصق على العبوات يوضح أن المنتج عضوي تم إنتاجه وفق معايير معينة تكتب على الملصق وبذلك يكون المستهلك على دراية بنوعية البضاعة التي يشتريها. إن معدل النمو في قطاع الزراعة العضوية في زيادة مستمرة في مختلف بلدان العالم مثل دول أمريكا الشمالية وفرنسا واليابان وعدد من دول الشرق الأوسط بضمنها بعض الدول العربية ودول أخرى في أمريكا الجنوبية وأفريقيا وآسيا. أما على مستوى المزارع فان نسبة اللذين قاموا بتطبيق مفاهيم الزراعة العضوية لا تزال قليلة مقارنة بالذين يتبعون الوسائل التقليدية في الإنتاج الزراعي. إلا أن المنتجات العضوية لاقت إقبالاً كبيراً وفتحت أبواب تسويق جديدة للمزارعين ومراكز تسويق المنتجات الزراعية وقد حقق القطاع الخاص نجاحاً باهراً في مجال تطوير مفهوم الزراعة العضوية وتطبيقاتها. أما بالنسبة لمساهمة المنظمات الدولية فقد كان لمنظمة الغذاء والزراعة دور كبير في تنفيذ وتطوير تطبيقات الزراعة العضوية في العديد من الدول الأعضاء في المنظمة فضلا عن مساهماتها في توفير فرص تدريبية وعقد ندوات ومؤتمرات ذات العلاقة بمفهوم وتطبيقات الزراعة العضوية ودورها في تحقيق أهداف الزراعة المستدامة التي تسعى إلى دعم العمليات الزراعية بأسلوب يحقق عائد ربحي مناسب للمزارع وتقليل التلوث البيئي فضلاً عن توفير فرص استثمارية جديدة في القطاع الزراعي. من الجهات ذات العلاقة بتصديق المنتجات العضوية الاتحاد الدولي لفعاليات الزراعة العضوية

(International Federation of Organic Agriculture Movement; IFOAM) وهي منظمة غير رسمية تعمل كمظلة للمنظمات الأخرى على مستوى دول العالم ولديها شبكة معلوماتية تهدف إلى دعم الزراعة العضوية. ومن الجهات العالمية الأخرى ذات العلاقة ما يعرف بالمجلس الوطني للمعايير العضوية التابع لوزارة الزراعة الأمريكية (USDA National Organic Standards Board; NOSB) الذي يعرف الزراعة العضوية على أنها نظام بيئي يشجع التنوع الإحيائي والدورة الحياتية والأنشطة الإحيائية في الإنتاج الزراعي. إذ أن القاعدة الأساسية لهذه المفاهيم والتطبيقات هي تشجيع المعطيات الطبيعية والابتعاد عن المعطيات المصنعة عدا بعض المواد المسموح بها. لذلك نجد أن بعض أنظمة التصديق تتضمن قوائم يذكر فيها المواد المسموح بها والمواد الممنوعة، وطبقت مثل هذه الإجراءات في مختلف النظم الزراعية. إن وسائل الزراعة العضوية تجمع بين المعرفة العلمية بمكونات البيئة والتقانات الحديثة مع تطبيقات الزراعة التقليدية وهي محددة بضوابط تتعلق باستعمال المبيدات الطبيعية مثل بعض المواد نباتية الأصل والمبيدات الإحيائية وكذلك استعمال الأسمدة الطبيعية وتعتمد أساساً على إجراءات زراعية مختلفة مثل الدورة الزراعية، السماد الأخضر، البتموس، وسائل المكافحة الحياتية، والعزق الميكانيكي. حيث تستفيد هذه الوسائل من البيئة الطبيعية لتحسين الإنتاج الزراعي. كما تزرع البقوليات لتثبيت النيتروجين في التربة وكذلك يمكن تشجيع دور الأعداء الحياتية من مفترسات ومتطفلات في الطبيعة من خلال المحافظة عليها لتقوم بدورها الفاعل في مكافحة الآفات الضارة بالمحاصيل الزراعية. إن مفهوم الزراعة العضوية يتضمن تطبيق طريقة زراعية تمزج فيها منتجات صناعية صرفة مع تقانات مختلفة بعيدا عن استعمال المواد الكيميائية ذات التأثير السالب على البيئة والصحة العامة وهذا يعني بلوغ الهدف الزراعي بدون استعمال مواد كيميائية ضارة. إلا أن الزراعة العضوية لا تخلو من نواقص منها:

1. الإنتاج في المزارع العضوية غالبا مايكون أقل من إنتاج المزارع التي تدار بوسائل الإنتاج التقليدية.
2. سعر المنتجات العضوية أعلى من سعر المنتجات الأخرى بنسبة قد تزيد عن 20% وهذا يعني عزوف كثير من المستهلكين ذو الدخل المحدود عن شرائها رغم قناعتهم بفائدتها.
3. قد تحصل صعوبات في إيصال الحاصل إلى منافذ التسويق بالوقت المناسب مما يؤثر في نوعية السلعة.

قسم من المختصين يعتقد أن هذه النواقص غير مؤثرة لكون المنتجات العضوية تبقى منافسة من حيث النوعية والسعر وإنها تحتوي على مستويات أعلى من المواد التغذوية والفيتامينات والمعادن النادرة مع مستويات اقل من المعادن الثقيلة. كما أن مفهوم الزراعة النظيفة يتضمن الاتجاهات الحديثة في مجال الإدارة المتكاملة للآفات مثل الإجراءات الزراعية واستعمال الأصناف المقاومة وعناصر المكافحة الحياتية مع تطبيق نظام مراقبة فعال ووسائل التنبؤ والإستشعار عن بعد التي تفيد في معرفة انتشار الآفة ورسم الخارطة الوبائية لها. أما بالنسبة للأسمدة فيكون التركيز على الأسمدة الخضراء من خلال المخلفات الزراعية أو دورة زراعية تستعمل فيها محاصيل بقولية التي تتميز باحتوائها على عدد من مخصبات التربة والمواد التغذوية للنبات. كما يمكن استعمال المخصبات الإحيائية مثل Mycorhiza و Rhyzobium bacteria وأحياء مجهرية أخرى مختلفة منها أحياء تثبت النيتروجين وقسم آخر يذيب الفسفور ويجعله جاهز للنبات فضلا عن أنواع من الطحالب التي تساعد في تحسين صفات التربة المستصلحة حديثا. تعتبر الأسمدة أو المخصبات الحيوية مصادر غذاء رخيصة الثمن غير ملوثة للبيئية أو المياه. تنتج هذه المخصبات من الكائنات الحية وتستعمل كلقاح يضاف إلى التربة الزراعية أما نثراً أو بخلطها مع التربة أو بخلطها مع بذور المحصول عند الزراعة. كما قامت بعض الدول باستعمال دودة الأرض (Earthworms) باعتبارها واحدة من أهم مخصبات التربة من خلال المواد التي تنتجها في الترب التي تعيش فيها كما تعمل على زيادة التهوية التي تتم من خلال أنفاق حركة هذه للديدان تحت سطح التربة. لذلك فان المواد المستعملة كبدائل للمبيدات في مجال مكافحة الآفات والإنتاج الزراعي في انظمة الزراعة العضوية يجب أن تتصف بمواصفات تعطيها الأفضلية على المركبات الكيميائية الزراعية المصنعة منها:

- أنها مركبات طبيعية أو حياتية غير مضرة بصحة الإنسان والنبات والبيئة بصورة عامة.
- أنها ذات كفاءة عالية تجاه الآفة المستهدفة.
- يمكن أن تستعمل قبل حدوث الإصابة أو تعامل البذور قبل الزراعة كما في حالة المخصبات وكذلك الحال مع المبيدات الإحيائية التي تستعمل تجاه ممرضات النبات التي تعيش في التربة.
- يجب أن تكون أسعارها رخيصة ومنافسة لأسعار المركبات الكيميائية المصنعة.
- يبدأ استعمالها عند مستويات إصابة اقل من تلك التي تستعمل فيها المبيدات الكيميائية وكذلك عند الاكتشاف المبكر للإصابة مع إمكانية تكرار الرش للحصول على أفضل النتائج.
- لا توجد مخاوف من متبقياتها على المنتجات الزراعية لذلك لا تحتاج إلى فترة سماح وأن وجدت تكون قصيرة أو محدودة.

- لا توجد مخاوف من حدوث أضرار غير مقصودة للمزارع أو حيواناته والبيئة التي يعيش فيها. كما أن المنتجات الزراعية تكون موثوقة عند تسويقها بسبب خلوها من الكيميائيات الضارة بالمستهلك.
- تكرار استعمالها يساعد في تحقيق الزراعة المستدامة والمحافظة على الأعداء الحياتية والاستقرار البيئي وتحسين الإنتاج في المنطقة المستهدفة ويعزز الدخل القومي للبلد.

إن إدارة المحصول (Integrated Crop Management; ICM) هي إجراء شامل لكل المدخلات التي من شأنها تحسين الإنتاج الزراعي وهي تتضمن عمليات تحضير التربة والزراعة وخدمة المحصول حتى الحصاد بضمنها التسميد ومكافحة الآفات لذلك فان نظام الزراعة العضوية يوظف هذه المعطيات بأسلوب يساعد على إدارة التربة من خلال تقانات آمنة مثل استعمال السماد الأخضر والبتموس والكومبوست وغيرها من مواد عضوية من أجل تعويض المواد التغذوية التي استنزفت من التربة من قبل المحصول السابق حيث أن عملية تفكك المواد العضوية وتحولها إلى عناصر تغذوية في التربة تتم بواسطة كائنات حية دقيقة مختلفة وديدان الأرض. كما توجد أنواع من الكائنات المجهرية من بكتيريا وفطريات تعمل على تفكيك أو تحليل بعض المركبات الكيميائية والمخلفات النباتية والحيوانية وتحويلها إلى مواد تغذوية نافعة تضاف إلى التربة وهذا يساعد على إنتاج محاصيل صحية. أن هذه الإجراءات جميعها تصب في نظام إدارة المحصول وآفاته، لذلك اتجه العديد من المراكز العلمية البحثية والجهات العلمية المختصة والشركات المعنية بإنتاج المواد الزراعية في العالم بضمنها الدول العربية نحو إنتاج أنواع من المخصبات وتوفيرها على نطاق تجاري واسع تحمل أسماء مختلفة تبعا للجهة المنتجة كما هو متبع مع المبيدات والأسمدة الكيميائية التقليدية. لذلك فان الزراعة العضوية تشمل الإجراءات غير الكيميائية التي يمكن أن تستعمل في الإنتاج النباتي ومكافحة الآفات فضلا عن استعمال التسميد العضوي. اذ أن استعمال الأسمدة العضوية المصنعة من المخلفات الزراعية يعد عامل مهم في استرجاع العناصر السمادية التي أخذت من التربة من قبل النبات من أجل النمو وإكمال دورة الحياة. حيث تقوم الأحياء المجهرية الموجودة في التربة بتحليل الأسمدة العضوية وتحويلها إلى عناصر سمادية مغذية للنبات فضلا عن مركبات عضوية بسيطة مختلفة تساعد في تحسين خصوبة التربة. إن إتباع الخطوات الصحيحة والمتقنة في انتاج السماد العضوي سوف يؤدي إلى إنتاج سماد نظيف يحتوى على نسبة جيدة من العناصر التغذوية ويتصف بقابليته العالية للتحلل وليس له رائحة غير مقبولة فضلاً عن خلوه من بذور الأعشاب/الأدغال والمسببات الممرضة للنبات.

إن برنامج إدارة الآفات (إدارة المحصول) يمكن أن يطبق بنجاح في أنظمة الزراعة العضوية لمكافحة الآفات الزراعية المختلفة سواء كانت في التربة أو على المجموع الخضري، أما الأدغال/الأعشاب فيمكن إدارتها والسيطرة عليها بطرق آمنة أخرى. هناك بعض المشاكل الزراعية التي ترافق تطبيقات الزراعة العضوية خاصة ما يتعلق بالآفات التي لم تكن بالحسبان وعندما تكون الإجراءات المتبعة غير مجدية لوقف تفاقم الإصابة مما يستدعي استعمال مواد فعالة غير مذكورة وفق نظام الإنتاج العضوي للمعالجة. إن ما ذكر عن تطبيقات الزراعة العضوية يقابله وجود العديد من المزارع والبساتين في مختلف بلدان العالم بضمنها الدول العربية التي تعتمد على الوسائل التقليدية المتوارثة عن الإسلاف التي قد يستعمل فيها المخلفات النباتية والحيوانية في التسميد ولا تستعمل أية وسيلة أخرى لمكافحة الآفات أو قد تستعمل وسائل ميكانيكية أو زراعية للتقليل من أضرار الآفات الزراعية. لذلك فان هذا النظام هو طبيعي (Natural system) ويعتبر الإنتاج طبيعي (الحاصل طبيعي Natural production) ولا يصح أن يسمى نظام عضوي (Organic system) ولا يسمى الإنتاج/الحاصل عضوي (Organic production). وهنا يأتي دور العاملين في قطاع الزراعة والمهتمين بالزراعة الطبيعية والزراعة العضوية لكي يقوموا بتوضيح هذه المفاهيم وان يعطوا كل واحد من هذه الأنظمة استحقاقه مع ما يرافقه من ايجابيات ونواقص تتعلق بخطوات وإجراءات خدمة المحصول والإنتاج الزراعي ومكافحة الآفات على اختلاف أنواعها.

7. التكامل بين المبيدات الكيميائية وعناصر المكافحة الأحيائية

ركز مفهوم التكامل في بداياته على كيفية استعمال المبيدات مع عناصر المكافحة الأحيائية. حيث استعملت المبيدات بأحد الاتجاهين: الأول اهتم بتقانات استعمال المبيدات واسعة الطيف بحيث يكون التأثير في أدنى مستوياته، والثاني يهدف إلى تطوير مبيدات انتقائية ذات تأثير محدود على الأعداء الأحيائية. من جانب آخر فإن بعض الأصول النباتية أو الشتلات لا تصدر أو تستورد إلا بعد معاملتها بمواد معينة قاتلة للآفات المحتملة. لذلك فان هذه المواد تبقى ضمن المبيدات ذات الاستعمال الخاص أي أنها مخصصة للاستعمال في إجراءات الحجر الزراعي من أجل ضمان خلو الإرسالية من الآفات حيث تمنح شهادة بذلك. من الإجراءات الأخرى في استعمال المبيدات الحشرية واسعة الطيف، الرش الموضعي حيث يتم الرش على أحد الخطوط في حين يترك عدد آخر بدون رش وتكرر العملية بالأسلوب نفسه على مساحة الحقل. كما قد يعامل مرقد البذور قبل الزراعة كأحد الوسائل لتقليل الضرر على الأحياء غير المستهدفة. أما بالنسبة للإصابة بالأمراض النباتية فيجب

أن تكون التغطية جيدة باستخدام المعدل الصحيح من جرعة المبيد على كامل المساحة المراد رشها، حتى لا تكون المساحة التي تم تركها بؤرة لانتشار المرض مرة أخرى أو ظهور صفة المقاومة. أما توقيت المكافحة فهو أسلوب آخر يتبع في إدارة آفات معينة بحيث يكون استعمال المبيد في أوقات تغيب فيها الأعداء الأحيائية أو تكون ذروة نشاطها في أدني مستوياتها. وقد استعملت هذه الأساليب مع أشجار الفاكهة ومع محاصيل حقلية مثل القطن وغيرها. إن اتباع مثل هذه الوسائل يمكن أن يقلل كميات المبيدات المستخدمة دون التأثير في كفاءة عملية المكافحة. إلا أن تطبيق هذه العملية يحتاج إلى معرفة كافية بالتداخلات التي يمكن أن تحدث بين المستويات التغذوية الثلاثة في مراحل نمو النبات المختلفة وكيف تتغير مع الوقت (Verkerk, 2002). لذلك فان استعمال المبيدات بطريقة انتقائية يمكن أن يحافظ على الأعداء الأحيائية والأحياء النافعة الأخرى وتصبح هناك مرونة لدى المزارع في استعمال المبيدات الفعالة دون التأثير في الأنواع النافعة من مفصلية الأرجل أو أن يكون التأثير في حدوده الدنيا. تجدر الإشارة إلى تسجيل العديد من المبيدات الآمنة نسبياً أو التي يطلق عليها صديقة للبيئة. هذه المبيدات لاقت تشجيع المؤسسات العلمية المهتمة بالبيئة في مختلف دول العالم منها وكالة حماية البيئية الأمريكية (EPA) التي تشجع على تبني مثل هذه الانتخابية التي تتعلق بالمركب نفسه. هناك أساليب أخرى تتعلق بالمستحضر منها الحبيبات المغلفة بمواد مثل السليلوز التي تجعل المستحضر أقل تأثيراً في الأحياء غير المستهدفة دون حدوث تأثير نسبي في فعالية المستحضر في الآفة. من الأمثلة المعروفة عن المحببات (Granules)، وضع الجرعة المطلوبة في قلب النبات فتكون بين الأغماد لتكون أكثر كفاءة تجاه الآفة (مثل حفار ساق الذرة) مع أقل الأضرار على الأعداء الحيوية مقارنة بالرش الورقي للمركب نفسه. كما أنه يمكن لهذا الغرض استخدام مركبات أحيائية مثل مستحضرات البكتيريا Bt. هناك أساليب أخرى تتعلق بالمستحضر منها الحبيبات المغلفة بمواد مثل السليلوز التي تجعل المستحضر أقل تأثيراً في الأحياء غير المستهدفة دون حدوث تأثير نسبي في فعالية المستحضر في الآفة كذلك الحال مع الكبسولات الصغيرة (الدقيقة) للمبيد التي تعد وسيلة آمنة تجاه الحشرات النافعة والأنواع الأخرى غير المستهدفة. قد يكون هناك تأثير للمادة الحاملة في بعض أنواع الكائنات الحية النافعة لذلك يجب مراعاة الإتقائية في استعمال مثل هذه المواد أيضاً. وبالنسبة المبيدات الجهازية يمكن أن يكون تأثيرها محدود أو أنها آمنة تجاه المفترسات من غمدية وثنائية الأجنحة إلا أنها يمكن أن تكون قاتلة تجاه مفترسات أخرى مثل الأنواع التابعة إلى نصفية الأجنحة التي تتغذى على النبات.

كذلك أدى تزايد عدم الرضا عن المخاطر الكيميائية للمبيدات النيماتودية ومنع استخدام العديد منها إلي الاهتمام بالمكافحة الحيوية (الأحيائية أو البيولوجية) حتي أصبحت هذه المكافحة البيولوجية

عنصراً مهماً في نظم الإدارة الصديقة للبيئة. احتلت عوامل المكافحة البيولوجية من الفطور والبكتيريا منزلة عالية بين عوامل المكافحة الحيوية الأخرى ضد نيماتودا النبات. من أجل تعظيم فوائد هذه المكافحة تمكن الباحثون من إدراج هذه المبيدات الحيوية في برامج الإدارة المتكاملة لنيماتودا النبات بطرائق تجعلها مكملة أو متفوقة على مبيدات النيماتودا الكيميائية إذا استخدمت بمفردها. وقد قام Abd-Elgawad & Askary (2018) بتسليط الضوء على أساليب إدارة نيماتودا النبات بهذه الكيفية، فأوضحا إمكانية عمل هذه المبيدات الحيوية بالتآزر أو لزيادة تأثيرها مع المدخلات الزراعية الأخرى – مثل مبيدات النيماتودا الكيميائية والأسمدة والمستخلصات النباتية – في برامج الإدارة المتكاملة للآفات النيماتودية، مع ذكر عدد وافر من المبيدات الفطرية والبكتيرية التجارية ومراجعها والمعلومات ذات الصلة، مثل العنصر النشط (المادة الفعالة) في المبيد، واسم المنتج التجاري، وأنواع مستحضرات وعبوات المبيدات الحيوية، وأمثلة من نشاطها التآزري مع مبيدات أخرى، وأنواع نيماتودا النبات المستهدفة والمحاصيل التي تستخدم من أجلها، وبلد المنشأ...الخ، كما أوضحا وجوب التوسع في استخدام هذه الطرائق لكي تمارس على أسس علمية وتقنية شاملة وبخاصة وأن هناك العديد من المبيدات النيماتودية والحشرية الحيوية التي من المحتمل أن تصبح متاحة في الأسواق العربية على نطاق واسع قريباً ويمكن استخدامها بالتآزر مع المبيدات الكيميائية. على سبيل المثال، زاد الوزن الجاف البندورة/الطماطم عندما تم دمج سلالة *Pseudomonas fluorescens* GRP3 – وهي من أنواع البكتيريا التي تعيش في منطقة جذر النبات فتعمل على تعزيز نمو النبات – مع السماد العضوي لمكافحة نيماتودا تعقد الجذور (*Meloidogyne incognita*) زيادة كبيرة فاقت الزيادة الناتجة عن إضافة أي منهما، البكتيريا بوصفها عامل مكافحة حيوية أو السماد العضوي بمفرده (Siddiqui *et al*., 2001). كذلك أدت إضافة أي نوع من ثلاثة أنواع من فطر التريكودرما *Trichoderma* بوصفهم عوامل مكافحة حيوية – ضد النيماتودا على البسلة – مع محسنات تربة أخرى إلى خفض أكبر في تعداد النيماتودا *Meloidogyne incognita* من تلك التي حققها أي فطر منهم بمفرده (El-Nagdi *et al*., 2019). وهناك أمثلة أخرى من هذا القبيل وجميعها تشجع على إدماج تكتيكات مكافحة نيماتودية متعددة جديدة للتآزر/التعاون بين أكثر من مدخل زراعي واحد إذ ثبت أن هذه المدخلات تعمل بطريقة مواتية مع بعضها البعض لذا ينبغي نشرها على نطاق واسع لإحداث طفرة حقيقية لأسواق المبيدات الحيوية سواء ضد آفات نيماتودا النبات أو الآفات الحشرية باستخدام النيماتودا الممرضة للحشرات، إذ أن هناك العديد من الحواجز التي تحول دون استخدام هذه الأخيرة على نطاق أوسع في الإدارة المتكاملة للآفات أيضاً، بما في ذلك تكلفة هذه النيماتودا المفيدة مقارنة بالمبيدات الكيميائية، وقصر عمر تخزينها، والقيود البيئية والبيولوجية التي يجب

مراعاتها عند التطبيق، وضعف معرفة وخبرة المستخدمين المحتملين في البلدان العربية بها كخيار لمكافحة الآفات. لذلك فإن أهم التحديات التي تواجه استعمال النيماتودا الممرضة للحشرات هو تحديد ونشر الظروف التي يمثل فيها استخدامها نهجاً فعالاً من حيث التكلفة والقيمة المضافة للإدارة المتكاملة للآفات، بيد أن هناك الكثير من الباحثين العرب يرون إتباع سياسات زراعية – مثل استخدامات هذه النيماتودا – يقترحها المتخصصون في الدول المتقدمة استناداً إلى سلامة المنظور والمحافظة على البيئة وأمان المحاصيل الزراعية من الأخطار التي قد تنجم عن فتح الباب على مصراعيه للمبيدات الكيميائية دون احتياطات كافية. وفي هذا الصدد يمكن الإشارة إلي ما بحثه بعض العلماء العرب من سياسات وقائية تتبع في الغرب بخصوص هذه النيماتودا، وقد نوقش هذا كله في تقرير شامل (Abd-Elgawad *et al.*, 2017) تمت من خلاله الدعوة إلى تبني أفكار جديدة وتحليل واستخلاص العبر والفوائد لتحاشي التخلف عن الركب العالمي في هذا المضمار. ونظراً لأهمية صناعة المبيدات الحيوية للآفات الزراعية واحتياج عالمنا العربي لها، لا بد من استيراد الكثير منها إلى حين إنتاج ما يكفي منطقتنا العربية بما يؤدي إلى التكامل بين المبيدات الكيميائية وعناصر المكافحة الحيوية. ويمكن في هذا المجال الإشارة إلى تطوير جهاز لإنتاج النيماتودا الممرضة للحشرات ابتكرته سواعد مصرية أمريكية مشتركة (Gaugler *et al*., 2002)، وذلك أخذاً بالتجريب والتطوير الذي يسود هذا المجال عالمياً (Abd-Elgawad, 2017).

إن النيماتودا النافعة قادرة على التنقل في التربة الزراعية – بيئتها الأساسية – حيث تكون معظم طرائق تطبيق مبيدات الآفات الكيميائية غير ممكنة أو عندما تكون المواد الكيميائية غير مقبولة بيئياً (على سبيل المثال، ضد أنواع السوس والجعال التي تتغذى على جذور النباتات مثل الحمضيات/الموالح أو ضد الهاموش (Fungus gnats) الذي يهاجم زراعة فطر عيش الغراب (Mushrooms)، أو ضد ديدان الحشد (Armyworms) أو الديدان القارضة (Black cutworm) التي تتغذي على الكثير من الخضروات والمحاصيل أو حيث يمكن أن تخترق الآفات الحشرية سوق وأفرع العوائل النباتية مثل الجروح والأنفاق التي تسببها بعض الحشرات مثل حفار ساق العنب/التفاح (Wood leopard moth - *Zeuzera pyrina*) المنتشر في كثير من الدول العربية مثل مصر وهو من مجموعة الثاقبات مثل .*Synanthedon* spp. فمثل هذه الحشرات قد تسمح بيولوجيا هذه النيماتودا وبيئتها الطبيعية باستهدافها بنجاح في ظروف بيئية أو مرحلة حياة – طور – محددة لهذه الآفات عندما لا تكون المبيدات الكيميائية قادرة على استهداف مراحل معينة من حياة هذه الآفات، وكذلك في الحالات التي يكون فيها التعرض المحتمل للعاملين أو المحاصيل للمبيدات الكيميائية مثار قلق خاص، على سبيل المثال في البيوت الزجاجية والصوب الزراعية والمشاتل، إذ تتمتع النيماتودا

الممرضة للحشرات بمزايا السلامة والأمان بالإضافة إلى الفعالية الممتازة ضد أمثلة الآفات السابق ذكرها (Abd-Elgawad, 2017).

ونظراً لأن هناك ثلاثة أنواع (طرائق) حصرية من المكافحة الحيوية للآفات، وهي إستيراد عامل المكافحة الحيوية لإدخالها لمكافحة آفة في منطقة معينة لم يكن عامل المكافحة الحيوية موجود بها أصلاً (يسمى أحياناً بالمكافحة الحيوية التقليدية)، والنوع الثاني هو الإنماء أو الزيادة (Augmentative biological control) وهذا بدوره ينقسم إلى شقين هما إطلاق عامل المكافحة الحيوية بغزارة (كميات كبيرة) (Inundative biological control) لإحداث قمع سريع للآفة أو إطلاقه بكميات أقل للتعامل مع الآفة وخفض تعدادها في زمن أطول من الموسم الزراعي للمحصول (Inoculative biological control) والذي سبق الإشارة إليه ويهدف إلى إطالة أمد عامل المكافحة الحيوية قدر الإمكان واستمرار خفضه لتعداد الآفة. لذلك ينبغي القول بأنه إذا كان من الممكن إجراء المكافحة الحيوية بالطريقة الحافظة على نحو فعال، فإن هذا أفضل في الحفاظ على مستويات إصابة الآفات دون العتبات الاقتصادية من طريقة الاطلاق الغزير المنتظم لهذه النيماتودا وفقاً لطريقة الإنماء.

1.7. تفاعلات النيماتودا الممرضة للحشرات مع المبيدات الكيميائية

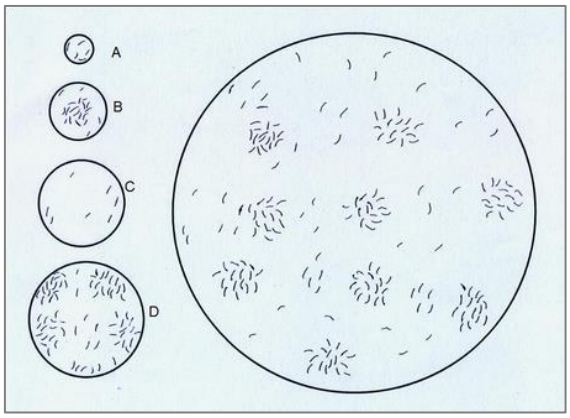
يمكن تصنيف النتائج المتعلقة بهذه التفاعلات إلى ثلاث فئات مختلفة، فئة سالبة (مكافحة الآفات أو/و النيماتودا أقل فعالية)، فئة محايدة (لا يوجد تغيير كبير/ثبات درجة المكافحة أو الفعالية للنيماتودا مع أو بدون المبيد، أي متوافقان لكن لا تضيف النيماتودا قيمة إلى الاستخدام الكيميائي وحده)، وفئة إيجابية/متآزرة (أي عندها يكون مكافحة الآفات أكبر مما هو متوقع من خلال إضافة المركبين كل على حدة).

هناك العديد من الأمثلة على التفاعلات السلبية أو المحايدة بين النيماتودا والمبيدات الكيميائية. المبيدات مثل أبامكتين، أسيتات، ألديكارب، دودين، فيناميفوس، ميثوميل، باراثيون وتيفلوبنزورون هي مبيدات سامة بشكل عام للنيماتودا (Shapiro-Ilan *et al*., 2012)، بينما تتوافق المبيدات الكيميائية الأخرى بشكل عام، بما في ذلك الكلوربيريفوس، الديازينون، الإندوسلفان، الهالوفينوزايد وغيرها. يكتسب مجال تآزر أو تعاون النيماتودا الممرضة للحشرات مع المبيدات الكيميائية اهتمامًا متزايدًا في الدول المتقدمة مثل الولايات المتحدة وأماكن أخرى، حيث أن التفاعل التآزري له فائدة في تقليل الجرعة اللازمة لكل من النيماتودا والمبيدات الكيميائية، مما يقلل من خطر الكيماويات ويرشد استخدامها ويقلل التكلفة النسبية لاستخدام النيماتودا الممرضة للحشرات، وهو الأمر الذي يفتح أسواقاً

جديدة وإمكانيات واعدة لها. ونتيجة لذلك، تستمر الدراسات في زيادة التأثيرات المحتملة والناتجة عن دمج النيماتودا مع مبيدات الآفات الكيميائية أو مع المكافحة بالميكروبات. تشمل قائمة المواد الكيميائية التي يحتمل أن تكون متآزرة الكرباريل، والكلوران رانيلبرول، والكلوربيريفوس، والدايميثويت، والإندوسولفان، والفونوفوس، والتيفلوثرين، وإيميداكلوبريد (Koppenhöfer *et al*., 2015؛ Shapiro-Ilan *et al*., 2012) ويمكن أن يعتمد مدى (أو حتى وجود) هذا التآزر اعتماداً كبيراً على مجموعة محددة من الآفات وأنواع معينة من النيماتودا مع تقنيات خاصة في التطبيق ولذلك يجب إجراء مزيد من البحوث ليس فقط للتوسع في إدخال النيماتودا الممرضة للحشرات بوصفها مبيداً حيوياً بل لتطوير أوجه التآزر الخاصة بهذه النظم الحديثة في المكافحة المتكاملة في البلدان العربية (Abd-Elgawad *et al*., 2017)، ومن ثم يجب تحديد أولويات البحوث لتفعيل أفضل وأوفر للمبيدات الحيوية من فطور وبكتيريا ونيماتودا وغيرها في الزراعة المستدامة مع بحث أعمق لفهم واستغلال العوامل البيئية والبيولوجية المؤثرة في فعاليتها وطريقة عملها وتفاعلها مع المدخلات الزراعية الأخرى، وفي هذا الإطار قدم Abd-Elgawad (2019) بعض القضايا المتعلقة بهذه الطرائق من المكافحة الحيوية باستخدام النيماتودا الممرضة للحشرات إذ أنها لم تستوف الدراسة الكاملة، في البلدان العربية خاصة، التي تؤدي إلى الحصول على نتائج فعالة فأشار إلى أنهم يحتاجون إلى استخدام طرائق وأدوات ومواد بحثية موحدة تتيح للمراجعات المستقبلية أن تكون تحليلية وقابلة للبناء عليها، نظراً لأنه يكاد يكون من المستحيل تشكيل إخصائيين للعمل بشكل علمي وعالمي موحد في هذا المجال، كما نبه إلى أن إجراءات أخذ العينات غير القياسية الحالية للنيماتودا الممرضة للحشرات قد تؤدي إلى نتائج خاطئة أو مضللة الأمر الذي يعكس سلباً على كفاءة وترشيد استخدام المبيدات عموماً، إذ يختلف مثلاً حجم العينة المأخوذة من باحث لآخر الأمر الذي يؤدي إلي اختلاف نماذج ومؤشرات التوزيع النيماتودي رغم كونها تتبع العشيرة نفسه أو المجتمع النيماتودي المأخوذة منه العينة (شكل 1) الأمر الذي يؤدي إلى اختلاف الطرائق الإحصائية المطبقة لتحليل العينات المأخوذة من العشيرة (المجتمع) النيماتودي نفسه. وبالتالي تختلف نتائج التجارب المعتمدة على طرق تحليل الإحصاء القياسي (Parametric statistical analyses) مثل تحليل التباين ومعادلات الارتباط بين متغيرين أو أكثر، ونبه إلى ضرورة أخذ العينات الوظيفية التي تعتمد على مواصفات خاصة مجتمعة معاً لزيادة كفاءة استخلاص عوامل المكافحة الحيوية وبالتالي إفساح المجال لتعزيز استخدامها و/أو ترشيده مع المبيدات (Abd-Elgawad, 2020)، علاوة على التأكيد على ضرورة إدراج النيماتودا الممرضة للحشرات في برامج الإدارة المتكاملة للآفات بالطرائق التي تجعلها مكملة أو متفوقة على المبيدات الكيميائية، وألمح إلي إمكانية استخدام النيماتودا الممرضة للحشرات المعدلة وراثياً للتغلب

على عدم ثبات السمات – الصفات – المفيدة المختارة في هذه النيماتودا مع ضرورة استكشاف مسوغات جزيئية للإستدلال على الجينات المفيدة في هذه النيماتودا، وشدد على ضرورة توعية المزارعين والمستثمرين بشكل أكبر وأفضل من خلال مؤسسات الدول العربية ذات الصلة وشركات المبيدات والتعاونيات بهذه الطرائق والتقنيات الحديثة وتوسعاتها كمبيدات بيولوجية لكل من آفات وممرضات النبات والماشية من خلال تدريب واسع وعميق لترشيد وزيادة فعالية هذه المبيدات.

وقد قامت العديد من الشركات المنتجة للمبيدات باجراء البحوث اللازمة للتوصل إلى التكامل المناسب بين المبيدات الكيميائية وعناصر المكافحة الأحيائية مثل المتطفلات والمفترسات ونيماتودا الحشرات التي تستخدم بكثرة في إنتاج الخضروات داخل البيوت والزراعات المحمية. إن استعمال المبيدات في إدارة الآفات يجب أن يكون وفق سياسة معتمدة ومدروسة من أجل تحسين التوافق بين المبيد المستعمل وبرنامج إدارة الآفات. إذ أن الاستعمال الخاطئ للمبيدات يعد من أخطر العقبات التي تواجه تطبيق برامج إدارة الآفات. كذلك فإن الاستعمال المتكرر للمبيدات الذي قد يؤدي إلى تطور المقاومة لدى الآفة تجاه المبيد المستعمل أو حتى كل المجموعة التي ينتمي إليها المبيد. مع ذلك فان مستقبل إدارة الآفات سوف لن يبتعد عن استعمال المبيدات إلا أنه يركز على المجاميع الأقل سمية وتجنب المجاميع واسعة الطيف. وهذا ما دفع العاملين في منظمات حماية البيئة والقطاع الزراعي إلى استعمال المبيدات ذات التأثير الطفيف في الأعداء الأحيائية مع إعطاء الأولوية للمبيدات الأحيائية في برامج إدارة الآفات كلما كان ذلك ممكناً.



شكل 1. أربعة أحجام (A، B، C، D) لعينات تربة مختلفة لكن من عشيرة النيماتودا نفسها توضح اختلاف توزيع النيماتودا مع اختلاف حجم العينة وانتظام توزيعها في تجمعات في العينة الأكبر (Abd-Elgawad, 2019).

كذلك قامت منظمات حماية البيئة في مختلف دول العالم على إعطاء بعض الاستثناءات للمواد الحاملة في مستحضرات المبيدات الأحيائية كما خصصت مواقع على الشبكة المعلوماتية تعنى بمثل هذه المواد بإمكان المركز أو الشخص المعني التوجه إليها للحصول على المعلومات التي يحتاجها. كما أن الضوابط التنظيمية سوف تساعد على إنعاش البحث العلمي المتعلق بالمبيدات الأحيائية وتسويقها حيث أن مثل هذه المبيدات لا تتطلب استثمارات عالية كي تلبي المتطلبات البيئية والدوائر المعنية بحماية البيئة في البلدان المختلفة لأغراض التسجيل مقارنة بالمبيدات التقليدية. لذلك فان المبيدات الأحيائية تعد مرشحاً مهماً للاستعمال في برامج إدارة الآفات كونها تساعد على خفض كميات المبيدات التقليدية المستعملة في مكافحة الآفات الزراعية مع إدامة إنتاج جيد للمحاصيل المستهدفة. إن أعداد وأنواع المبيدات الأحيائية التي دخلت في تطبيقات إدارة الآفات في تزايد مستمر فقد تجاوز عدد المواد الفعالة المسجلة في العالم عند بداية القرن الواحد والعشرين أكثر من 2000 مادة وما يقارب من 800 منتج تجاري (USEPA, 2002). إلا أن الشيء الذي لاقى الإهتمام الكبير هو التوجه نحو المواد ذات التأثير القليل من حيث التلوث على المواد الزراعية الخام أو السلع الزراعية بشكل عام. من الإجراءات المتبعة في تقليل مخاطر المبيدات على المنتجات الزراعية هو تحسين وسائل إيصال المبيد إلى الآفة وتوقيت المكافحة ومكان وضع المبيد على النبات. وخلال الفترة نفسها قامت العديد من الدول المتقدمة في العالم بإصدار ضوابط وقوانين تتعلق باستعمال المبيدات استطاعت من خلالها تقليل كميات المبيدات المستعملة إلى حدود كبيرة. حيث بدأ المزارع في هذه الدول يتجه نحو استعمال المواد الآمنة بيئياً كونه لا يستطيع الحصول على المبيدات التقليدية بسهولة. كذلك الحال مع الدول النامية ومن ضمنها الدول العربية، حيث قامت الجهات المعنية فيها بإصدار ضوابط وتعليمات تحث على خفض استعمال المبيدات والتوجه نحو تشجيع استعمال تطبيقات إدارة الآفات. كما قامت العديد من الدول بتشكيل لجان أو هيئات تعنى بتطبيقات برامج إدارة الآفات التي من خلالها أمكن خفض كميات المبيدات المستعملة. أما على مستوى التعاون الدولي فقد قامت منظمة الغذاء والزراعة الدولية (الفاو) وكذلك منظمة الصحة العالمية بالتعاون مع الدول المعنية بوضع خطط وضوابط لاستعمال المبيدات. بما أن الاعتماد على استعمال المبيدات يعد من العوامل التي تبطيء أو تؤخر نجاح برامج إدارة الآفات لذلك يجب أن يكون برنامج إدارة الآفات غير معتمد على المبيدات أو ان تستعمل وفق اتباع سياسة الاستعمال العقلاني لها من أجل إدامة برامج الإدارة تجاه الآفة المستهدفة. لذلك بدأت الشركات المنتجة للمبيدات بالتوجه نحو المواد الآمنة بيئياً والمتوافقة مع المكونات الأخرى لبرنامج إدارة الآفة المستهدفة كان تكون مبيدات متخصصة أو انتقائية بما يحافظ على الأعداء الأحيائية. يرافق ذلك توجه السياسة الزراعية في البلدان المختلفة نحو استعمال

المبيدات ذات التأثير القليل على الأحياء غير المستهدفة وتحسين وسائل إيصال المبيد إلى الآفة فضلاً عن تشجيع دور البحث العلمي الذي يسهم في توفير المعلومات المطلوبة المتعلقة بالنبات والآفة والأعداء الأحيائية وبما يساعد العاملين على تطبيق برامج إدارة الآفات على استعمال المبيدات بأسلوب فعال وبالوقت نفسه المحافظة على البيئة والأعداء الحياتية.

8. دور التشريعات في ترشيد استخدام المبيدات

تخضع المبيدات الكيميائية على مختلف أنواعها واستخداماتها لقوانين صارمة بدءاً بتشخيص المركب ومعرفة خواصه السمية ومروراً بتصنيعه وبيعه واستعماله وصولاً إلى مراحل تأثيره المباشرة وغير المباشرة في البيئية ومكوناتها الحياتية وغير الحياتية وكذلك التأثير المحتمل لمتبقياته أو نواتج تحلله في الطبيعة. كما توجد قوانين وتعليمات أخرى تصدرها الدولة أو الجهة المختصة لتنظيم تجارة المبيدات وتداول المبيدات في البلد المعني من أجل الحيلولة دون غشها والتأكد من مكوناتها وفعاليتها تجاه الآفات الزراعية أو البيطرية المعنية حيث يتم تسجيل المستحضر والمادة الفعالة لدى وزارة الزراعة أو الجهة المختصة وفق القوانين النافذة في كل بلد. كما تؤكد التشريعات على ضرورة وجود ورقة التعليمات الخاصة بالمستحضر التي تتضمن اسم المبيد والمادة الفعالة والشركة المنتجة ومدة الصلاحية والآفات المستهدفة، وكذلك جوانب الأمان التي تتضمن الإجراءات الاحترازية اللازمة للحد من مخاطر المبيدات الصحية والبيئية. لقد عملت معظم دول العالم وبخاصة المتقدمة منها على إصدار تشريعات خاصة بالمبيدات على اختلاف أنواعها واستمرت بإجراء التعديلات عليها تبعاً لمتطلبات المرحلة. أما بالنسبة للدول العربية فقد قام معظمها بوضع تشريعات خاصة بها تتعلق بتجارة وتداول المبيدات مع إجراء التعديلات والإضافات لمعالجة التأثيرات الجانبية التي قد تظهر عند إدخال أي مادة جديدة. من الناحية التاريخية تعد الولايات المتحدة من أقدم الدول التي أصدرت قوانين متعلقة بحماية الإنسان والبيئة من التلوث ومن هذه القوانين قانون الغذاء والدواء (Food & Drug Act) الذي صدر عام 1906 الذي اهتم بالتعليمات التي من شأنها الحد من مصادر التلوث التي يتعرض لها الإنسان والبيئة بشكل عام. استمرت بعد ذلك التعديلات والقوانين التي من شأنها المحافظة على الصحة العامة والبيئة مع ضمان التوصل إلى الأسلوب المناسب لمكافحة الآفة فضلاً عن التعليمات التي تلزم مصنعي المبيدات على تقديم المعلومات المتعلقة بعدم وجود أي أضرار جانبية على الإنسان أو البيئة. ومن خلال هذه المعلومات وغيرها من المعلومات المتعلقة بالمبيد يمكن لوكالة حماية البيئة (EPA) أن تسمح باستمرار تصنيع وتداول المبيد أو إيقاف

تصنيعه. قامت بعض الدول المتقدمة باتخاذ إجراءات مماثلة لما قامت به الولايات المتحدة فيما يتعلق بتصنيع وتجارة واستعمال المبيدات. كما اهتمت المنظمات الدولية المعروفة مثل منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) بوضع تعليمات تجارة وتوزيع المبيدات والرقابة عليها. حيث وضعت هذه التعليمات بشكل نشرات أو كتيبات توجيهية توزع على الدول المعنية لمساعدتها على وضع القوانين والتشريعات الخاصة بها وبما يتلاءم مع متطلبات وظروف كل بلد. تتشابه معظم فقرات استمارات تسجيل واعتماد المبيدات في مختلف دول العالم بضمنها الدول العربية. حيث أن التعليمات، التي تصدرها الجهة المسئولة عن تسجيل واعتماد المبيدات التي غالباً ما تكون مرتبطة بوزارة الزراعة بعضوية ممثلين عن الجهات المعنية، تلزم الشركة المنتجة للمبيد أو الجهة التي تروم تسجيله بتقديم ملف متكامل عن المستحضر للتأكد من مدى تطابقه مع شروط الأمان المعتمدة عالمياً وكذلك مع التعليمات الصادرة في البلد. كما تفرض معظم دول العالم ضوابط على محلات بيع المبيدات ولا يسمح ببيعها إلا من قبل الجهات أو الأشخاص المرخص لهم بذلك، إلا أن هذا الإجراء لا يطبق بالشكل الصحيح بسبب وجود محلات تبيع المبيدات المهربة وغير الخاضعة للرقابة.

إن ترشيد استعمال المبيدات يمكن ان يتعزز من خلال: (أ) إتباع التوصيات الإرشادية الخاصة بمواعيد ومعدلات استخدامها، (ب) تدريب أجهزة الإرشاد الزراعي وقادة المزارعين الذين يمثلون القدوة لباقي المزارعين على طرائق الرش الصحيحة والآمنة للمبيدات مع التوسع في استخدام آلات الرش الحديثة التي تعمل على وضع المبيد على الأسطح النباتية المراد حمايتها من الآفات بطريقة فعالة مع تقليل الفاقد من المبيدات والحد من التلوث البيئي، (جـ) التوسع في نظام الزراعة العضوية الصحية الخالية من الأمراض للحصول على غذاء صحي وآمن خالي من متبقيات الكيماويات الزراعية التي توجد في التربة منذ فترة طويلة، (د) تطبيق برامج المكافحة الأحيائية من خلال منظومة متكاملة لمواجهة الآفات الزراعية والحد من انتشارها، (هـ) تفعيل دور الدولة في تقليل الاستيراد من المبيدات الزراعية بأنواعها المختلفة وترشيدها ليتم استخدام الكميات والأنواع الضرورية، (و) ممارسة الرقابة الجادة على استيراد المبيدات الزراعية بمختلف أنواعها بالتنسيق بين جهات الاختصاص والجهات المعنية، (ز) تعزيز دور الجهة المسئولة عن تحديد مواصفات المبيدات الزراعية ودعمها بالمستلزمات الضرورية لتأدية واجبها بالشكل المطلوب، (حـ) زيادة الاهتمام بالبحث العلمي في إنتاج مبيدات أحيائية وإنتاج بدائل طبيعية لاستخدامها في مكافحة الآفات التي تصيب المحاصيل التي تزرع عضوياً حتى تكون بديلاً أو تقوم بدور مكمل وفعال للمبيدات الكيماوية في القضاء على الآفات

المختلفة. ولابد هنا من توافر البيانات الضرورية لدراسة اقتصاديات استخدام المبيدات الزراعية حتى يتحقق الاستخدام الاقتصادي الأمثل لها.

9. تطبيق المبيدات الأحيائية واستخدامها

بدأت معظم دول العالم تتجه نحو زيادة رقعة الأراضي المستصلحة وتعظيم الاستفادة من المخلفات الزراعية وترشيد استخدام المبيدات والأسمدة الكيميائية سعياً نحو حماية البيئة من التلوث وتحقيق الأمن الغذائي الصحي للمجتمع. استعملت العديد من المصطلحات أو المفاهيم التي تتطرق إلى البدائل الآمنة للمبيدات منها الزراعة العضوية (Organic Farming) والمبيدات الخضراء (Green pesticides) والمبيدات الأحيائية (Biological pesticides) والمبيدات غير الكيميائية (Nonchemical pesticides) ومركبات صديقة للبيئية (Environmental Friendly Compounds). كما استعملت المصطلحات البدائل الآمنة (Safe Alternatives) والزراعة النظيفة (Clean Farming). كل هذه المفاهيم وجدت من أجل تحقيق هدف مشترك هو الابتعاد عن المبيدات والأسمدة الكيميائية وكل المواد التي يمكن أن يكون لها تأثير ضار في البيئة والصحة العامة سواء كان مباشراً أو غير مباشر من خلال متبقياتها على السلع والمنتجات الزراعية. لذلك اهتمت المؤسسات العلمية والدوائر الزراعية في مختلف بلدان العالم بالزراعة النظيفة من أجل تحسين الإنتاج الزراعي وتحقيق الاكتفاء الذاتي وربما تصدير قسم من المنتجات أو السلع الزراعية بمواصفات مطابقة للمعايير الدولية من حيث الأمان على صحة الفرد والمجتمع وذات مواصفات نوعية عالية الجودة. كذلك فان قيام معظم دول العالم بإدخال تشريعات جديدة تتعلق بالأمن الغذائي أدى إلى إبعاد عدد من المبيدات المصنعة الفعالة التي كانت تستعمل في عملية الإنتاج الزراعي بسبب تأثيرها في الصحة العامة والأحياء البرية والمائية والبيئة بشكل عام. لذلك صار الإتجاه نحو البدائل الأخرى الآمنة بيئيا التي تثبت كفاءتها تجاه الآفة المستهدفة منها المبيدات الأحيائية حيث أن استعمال هذه المجموعة من المبيدات ساعد على خفض مستويات المبيدات الكيميائية في الغذاء وتقليل مستوى الخطورة على المستهلك. إلا أن المبيدات التي تتصف بهذه الخاصية تختلف عن مجاميع المبيدات الكيميائية لذلك فمن غير الممكن ان تطبق عليها نفس المتطلبات البيئية والأمان وهذا يشكل عقبة أمام تسجيل واعتماد مثل هذه المركبات بسبب خضوعها إلى إجراءات مماثلة لتلك المتبعة مع المبيدات المصنعة. لذك فان الضرورة تستدعي البحث عن مداخل أخرى في التشريعات

وإصدار قوانين وتعليمات جديدة للمبيدات الأحيائية ضمن الاصدارات المتعلقة بتسجيل واعتماد المبيدات. ومن شأن هذه الإجراءات تشجيع استعمال المبيدات الأحيائية الطبيعية.

يمكن تقسيم المبيدات (المركبات) الأحيائية وذات الأصل الأحيائي إلى ثلاثة أقسام رئيسية تبعا للمادة الفعالة: أحياء دقيقة (Microorganisms) (بكتيريا، فطور، فيروسات، نيماتودا وغيرها)؛ مركبات كيمو–أحيائية (Biochemicals) ومواد ثانوية (Semiochemicals). كما تصنف بعض المؤسسات العلمية العالمية بعض الأصناف المحورة وراثياً (Some transgenes) ضمن المبيدات الأحيائية إذا كانت تمتلك المقدرة على إنتاج السموم القاتلة للآفة المستهدفة. بالنسبة للمركبات الكيموأحيائية فهي مركبات ثانوية ذات تأثيرات سلوكية تنتجها النباتات من أجل ابعاد الآفات ومنعها من التغذية على تلك النباتات لذلك فقد أمكن الاستفادة من بعض النباتات لإنتاج مبيدات نباتية وتسمى أيضاً Botanical insecticides منها البايرثرين (Pyrethrin) الذي يتصف بسميته القليلة على الحيوانات وسرعة تفككه بعد الاستعمال لذلك صار الاتجاه نحو تصنيع المادة الفعالة بشكل تجاري تحت اسم البايرثرويدات. ومنها كذلك زيت النيم (Neem oil) الذي يستخلص من بذور شجرة النيم وOxymetrin وغيرها. من المبيدات ذات الفعالية العالية هناك نوعين مصنعين مصدرهما أنواع من بكتيريا التربة أكتينومايسيت (Soil actinomycetes) وهي عبارة عن مواد أيض ثانوية مصنعة وتصنف ضمن المبيدات الأحيائية الا أن إجراءات تسجيلها وضوابط استعمالها تعامل مثلما تعامل المركبات الكيميائية، المبيد الأول سبينوساد (Spinosad)، هو خليط من مركبين ينتجان من *Saccharopolyspora spinosa* وهو يستعمل بشكل واسع منذ تسجيله عام 1997 إلا أن المقاومة سجلت تجاه هذا المركب كما في ثربس الأزهار الغربي أما المركب الثاني فهو الابمكتين (Abamectin) وينتج من قبل *Streptomyces avermitilis* الا أن بعض الآفات مثل أنواع الحلم طورت مقاومة تجاه هذا المركب. أما القسم الثالث من المواد ذات الطابع الأحيائي فيتعلق بالمواد ذات التأثير السلوكي (Semiochemical) وتعرف على أنها إشارات كيميائية تنتجها كائنات حية وتتسبب في إحداث تغيرات سلوكية في أفراد تتبع للنوع نفسه أو إلى أنواع مختلفة. إلا أن المركبات الأكثر استعمالا في وقاية النبات هي الفرمونات الجنسية التي أمكن إنتاج قسم منها صناعياً وهي تستعمل في عمليات المراقبة أو مكافحة الآفات من خلال الصيد الجماعي أو الصيد والقتل (Trap & kill system) وكذلك في تثبيط التزاوج حيث تستعمل هذه الطريقة في مئات الآلاف من الهكتارات من الأراضي الزراعية على مستوى العالم وأثبتت كفاءتها خاصة في البساتين.

تمثل المبيدات الأحيائية مكوناً أساسياً في برامج إدارة الآفات في مختلف النظم الزراعية بضمنها نظام الزراعة المحمية حيث أثبت الفطر *Beauveria bassiana* كفاءة عالية تجاه الحلم

ويتميز بفترة قطف قصيرة وأنه متكامل مع المفترسات التي تستعمل تجاه الحلم في الزراعة المحمية في العديد من البلدان الأوروبية (Chandler *et al*., 2005).

من الناحية التسويقية هناك أكثر من 1400 مبيد أحيائي تنتج وتباع على مستوى العالم. في أوروبا على سبيل المثال، كان هناك العشرات من المواد الفعالة مسجلة تحت أسماء تجارية مختلفة منها 34 مكروبية و11 كيموأحيائية و23 مركبات سلوكية بحلول 2010 وهذه الأرقام في تزايد، كما أن نسبة النمو في قطاع المبيدات الأحيائية في تزايد أيضاً مقارنة بالمبيدات التقليدية ومع ذلك فإن سوق المبيدات الأحيائية لا يزال بحاجة إلى تشجيع وتوسع إذا كان هناك توجه حقيقي لجعلها تسهم بدور رئيس في خفض الإعتماد على المبيدات التقليدية. تجدر الاشارة إلى أن الشركات المصنعة لا تنتج المركبات الأحيائية إلا إذا كانت فرصة لتحقيق أرباح مجدية وكذلك المزارع إنه قد لا يرغب بالتحول إلى استعمال مبيدات أحيائية إلا إذا كان هناك ربح. قد تكون هناك محددات تتعلق بالمركب نفسه كما هو الحال مع الفيروسات التي تتميز أغلبها بالتخصص العالي. لقد تطورت صناعة المبيدات الأحيائية على مختلف أنواعها وصار هناك تواصل بين الجهات المنتجة لها في العالم وتشكل ما يسمى بتحالف مصنعي المنتجات الأحيائية (Biological Products Industry Alliance) الذي يسعى إلى نشر الوعي وتسويق المنتجات الأحيائية والتعريف بالفائدة البيئية التي تترتب على استعمال مثل هذه المواد.

بالنسبة للإجراءات التنظيمية والقانونية تستمر الحكومات بفرض وتشريع قوانين تتعلق بإجراءات الأمان الصارمة على المبيدات التقليدية وهذا ينتج عنه خفض العدد المتداول من المبيدات في الاسواق الأمر الذي يشجع شركات المبيدات الأحيائية للتحرك من أجل ملء الفراغ ولكنها قد تواجه بعض التحديات وبخاصة كونها مؤسسات صغيرة ومحدودة الإمكانات اذا ما قورنت بالشركات المصنعة للمبيدات التقليدية. قد يحصل التحول الأكبر من خلال اكتشاف التركيب الجيني للآفات وأعدائها الأحيائية حيث نجحت الدراسات في مجال اعتماد التقانات الأحيائية لإعادة هيكلة التركيب الجيني للعدو الأحيائي الميكروبي وعادة تستعمل الجينات المسؤولة عن المرادية. كما اتجهت دراسات أخرى نحو معرفة مستلمات المواد السلوكية في الحشرات من أجل تشخيص البروتين المسؤول والاستفادة منه في الدراسات اللاحقة التي تخدم استراتيجيات إدارة الآفة. حيث أن هذه المعلومات سوف تساعد على معرفة التداخل البيئي بين المبيد الأحيائي والآفة ويمهد الطريق نحو تحسين كفاءة المبيد الأحيائي. هناك أمثلة على المبيدات الأحيائية التي تمتلك أكثر من تأثير على الآفات المستهدفة أو العائل النباتي فمثلا أنواع من الفطر *Trichoderma* تتطفل على فطور التربة كما تنتج أنزيمات مضادة أحيائية وأخرى محللة لجدار الخلية فضلاً عن أنها تنافس فطور التربة على الكربون

والنيتروجين وتعمل على تحفيز نمو النبات من خلال إفرازها أوكسينات. قسم من منتجات هذا الفطر تباع على أساس أنها مواد محفزة للنمو لذلك تستثنى من بعض الإجراءات التنظيمية فيما يتعلق بإجراءات الأمان والفعالية.

كان إنتاج المبيدات الأحيائية مقتصراً على بعض المؤسسات العلمية في الدول المتقدمة إلا أنه انتشر في الآونة الأخيرة وأصبحت هناك دول مثل الصين واليابان والهند ودول نامية متعددة منها جمهورية مصر العربية لديها الإمكانية لإنتاج المبيدات الأحيائية وبأسعار منخفضة نسبيا بسبب رخص الأيدي العاملة وتوافر الخبرات والمساعدات من مؤسسات ودول أخرى في استخدام المبيدات الأحيائية. فمثلاً سبقت الإشارة إلى أنه تم تصميم وعمل جهاز لإنتاج النيماتودا الممرضة للحشرات والبكتيريا المرافقة لها وهو جهاز صالح لصناعة مبيدات حيوية ذات صبغة محلية حيث تتم خلاله دورة إنتاجية لإكثار نيماتودا الحشرات بطريقة طبيعية – داخل العائل الحشري – على أن يعمل بالتبادل مع طريقة المنابت الصلبة فى التخمير لإنتاج هذه النيماتودا للإبقاء على مزايا الطريقتين – فالطريقة الطبيعية تحافظ على الشراسة والكفاءة العالية الممرضة للنيماتودا أما طريقة المنابت الصلبة فتمتاز بالإنتاج الكمي العالي – والوصول لأقصى حد من حيث الجودة والتكلفة الاقتصادية. كما تنتج بعض المبيدات الأحيائية على نطاق محدود في دول أخرى مثل الأردن والعراق وسورية. لذلك يلاحظ في الأسواق مستحضرات متعددة من البكتيريا Bt، والفطر *Beauvaria bassiana* وأنواع من الفيروسات الممرضة للحشرات وكذلك النيماتودا كما توجد مستحضرات فطرية تجاه مسببات أمراض النبات التي تعيش في التربة أو على المجموع الخضري. هذه المستحضرات تحمل علامات تجارية من مناشئ عالمية مختلفة بضمنها دول نامية. 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 مثل الفطور التي تستعمل تجاه حشرة السونة. وهناك بعض المستحضرات تستعمل بطريقة معاملة البذور والدرنات والأجزاء التكاثرية الأخرى وكذلك البادرات والشتلات وحتى النباتات الكاملة أو قد تضاف 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 الاقتصاد بالأيدي العاملة فضلاً عن كونه سهل التطبيق. أما الإجراء السائد في أغلب المناطق هو أن تضاف إلى المجموع الخضري بطريقة الرش أو التعفير. في الآونة الأخيرة صار هناك توجه حديث يعتمد على طريقة إعادة صياغة الحمض النووي (Recombinant DNA)

حيث أمكن إنتاج مستحضرات على نطاق واسع تحمل علامات تجارية يكون المنتج بشكل حبيبات متناهية الصغر. في هذه التقنية ينقل الجين المسئول عن إنتاج الدلتا اندوتوكسين (Endotoxin Delta) من البكتيريا Bt مع البلازميد ويتم إدخاله في البكتيريا *Pseudomonus fluorescens* (Pf) ويتم تنمية هذه البكتيريا وتستحث لتكون قادرة على إنتاج السم البكتيري (Bt. Toxin). بعد ذلك تقتل الخلايا البكتيرية ويبقى السم موجود داخل غلاف البكتيريا Pf بشكل حبيبات متناهية الصغر تستعمل بالطرق التقليدية لإيصالها إلى الآفة المستهدفة. بالنسبة للفطور كذلك توجد لها مستحضرات مختلفة في تأثيرها تبعا لسلالة الفطر المستعملة والآفة المستهدفة. أما الفيروسات فان أغلب المستحضرات التجارية هي من مجموعة Baculovirus استعملت بنجاح تجاه آفات مهمة مثل دودة ثمار التفاح والهليوثس. إن البحث العلمي مستمر في اتجاه البدائل الآمنة حيث أمكن تشخيص العديد من المواد ذات طابع أحيائي أو من أصل نباتي، قسم منها أمكن تشخيص ودراسة خصائصه السمية على الآفة المستهدفة والأعداء الأحيائية وتبين أنها مركبات ذات مستقبل واعد للاستعمال ضمن برامج إدارة الآفات في مختلف النظم الزراعية.

10. الاستنتاجات والتوصيات

1. ضرورة أن تركز السياسة الزراعية في البلدان العربية على المشاريع الزراعية ذات الجانب التطبيقي لكل من إدارة الآفة وإدارة المقاومة مع الأخذ بالاعتبار توفير الموارد اللازمة والخبرة وهذا يستدعي التعاون مع المنظمات الإقليمية والدولية في إنفاذ مثل هذه المشاريع.
2. تركيز الجهود باتجاه إدارة استعمال المبيدات بالتكامل مع استعمال بدائل فعالة من استراتيجيات إدارة الآفات ضمن منهاج دقيق لإدارة الآفات، ويعد هذا الإجراء من المتطلبات الأساسية لاستقرار واستمرار برنامج إدارة الآفات في المستقل.
3. ضرورة تضافر الجهود العلمية والتقنية في بلدان العالم العربي من أجل استحداث قاعدة بيانات تهتم بتوثيق حالات المقاومة المعروفة والمتوقع حدوثها بحيث تكون مواكبة لكل الإحتمالات وأن ترافقها دراسات علمية موثقة عن كل حالة والمعالجات المقترحة لإدارة كل حالة على أن تعزز هذه الإجراءات بإنشاء محطة طرفية في كل بلد تتولى مهمة الرصد والإنذار المبكر وتشخيص الحالات التي تحدث والإخبار عنها مع ذكر الإجراءات المقترحة والمزمع تطبيقها بهذا الخصوص باعتباره جزءاً مهماً ضمن الإطار العام لإجراءات الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية في جميع البلدان العربية.

4. اعتبار الخطوط العريضة التي يوصى بها لإدارة المقاومة لدى الآفة المشار اليها آنفاً دليل عمل للتوجهات المشتركة للجهات المعنية في العالم العربي.
5. هناك حاجة ملحة لمزيد من الدراسات بفهم الصفات السلوكية للأعداء الأحيائية خاصة لتلك الأنواع التي توجد في مساحات زمانية ومكانية واسعة حيث أن هذا الإجراء سوف يعزز إمكانات تشخيص التنوع الصحيح والتطبيقات التي يمكن أن تفيد في المكافحة الأحيائية الواعدة.
6. التأكيد على أهمية التركيب النباتي المعقد وكذلك التداخل في البيئات المختلفة لأنه يعزز احتمالية تنظيم مجتمع الآفة. حيث أن النظام المعقد الذي يمثل تداخل النبت الطبيعي مع مساحات المحاصيل الزراعية ربما يعد النظام الأمثل للمحافظة على الأعداء الأحيائية على المدى البعيد وبما يؤمن إنتاجاً زراعياً مستقراً. لذلك فإن الحاجة لا زالت قائمة إلى مزيد من الدراسات والتوصيات المتعلقة بتصميم هيكلية النظام المتداخل للأراضي الزراعية التي من شانها إدامة التنوع المطلوب للأنواع العامة والمتخصصة من الأعداء الأحيائية وبما يحقق أفضل النتائج في إدارة الآفات.
7. الإهتمام بالدراسات المتعلقة بمعرفة الخصائص أو الصفات المتعددة للأنواع التي تؤثر في التداخلات بين المستويات التغذوية المختلفة (النبات – الآفة – العدو الأحيائي). حيث تكون الأزهار مصدراً مهماً للمواد الغذائية والماء التي تساعد على زيادة الأنواع من الأعداء الأحيائية بشكل كبير. بشكل عام فان دراسات المكافحة الأحيائية الحافظة يجب أن تتضمن الخطوات النهائية المتعلقة بوصول الأعداء الأحيائية إلى المحصول وكذلك تقويم كفاءة المكافحة الأحيائية تجاه الآفات المستهدفة مع الأخذ بالاعتبار درجة الإستدامة، والاستقرار، وملاءمة الظروف البيئية في المحيط العام.
8. ضرورة تطوير وتعزيز البرامج التثقيفية والإرشادية حول أهمية الزراعة المختلطة والتنوع في التركيب المحصولي ضمن المنطقة الواحدة لما لها من أهمية في استدامة مصادر الغذاء والماء للمتطفلات والمفترسات واستقرار النظام البيئي مما ينعكس إيجاباً على زيادة كفاءة الأعداء الأحيائية في الطبيعة. وكذلك توجيه الاهتمام نحو النظام المتنوع الذي يضمن زراعة محاصيل مختلفة مع السماح بوجود بعض المساحات من النبات الطبيعي حيث يمكن للأعداء الأحيائية أن تنتشر في مثل هذه المساحات غير الخاضعة لاستعمال المبيدات أو في أجزاء الحقل التي لم يصلها المبيد وبذلك تكون هذه المساحات مأوى للعديد من أنواع مفصلية الأرجل.
9. إن الحفاظ على الأعداء الطبيعيين يمثل حجر الزاوية في منهج المكافحة المتكاملة للآفات الزراعية، ولكن الأساليب المتبعة في تعزيز تأثير هذه الأعداء وتشجيع نشاطهم في الأنظمة

الزراعة لم تدرس بشكل كافي من قبل الباحثين كما هو الحال مع أساليب المكافحة الأحيائية التقليدية والعلاجية. لذلك فان هناك حاجة مستمرة إلى فهم التنوع في المواد السلوكية والتنوع في النباتات المضيفة وتأثيرها في نشاط العدو الطبيعي في مختلف الأنظمة الزراعية اذ يعد هذا الإجراء من المتطلبات الأساسية للحفاظ على الأعداء الطبيعيين وتعزيزها. كذلك فإن هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات فيما يتعلق بتداخلات المستويات التغذوية (Tritrophic interactions) التي يمكن تساعد على زيادة كفاءة برامج المكافحة الأحيائية.

10. تشجيع وتوفير الدعم للجهود الرامية إلى تشخيص واستعمال المواد السلوكية في زيادة كفاءة الأعداء الأحيائية وادارة الآفات بشكل عام.
11. التأكيد على إعطاء دور أكبر للمزارع في تطبيقات المكافحة الأحيائية اذا أن فهم المزارع للتقنية يزيد من فرص نجاحها واستدامتها.
12. ان التوجه نحو تحسين قدرة النبات للاستفادة من المواد التغذوية يمكن أن يكون أحد الاتجاهات الواعدة ضمن برامج إدارة المحصول وإدارة الآفات ICM/IPM. كذلك فان هناك حاجة لتعزيز الجهود التي تسعى لاستنباط أصناف لها القابلية على إنتاج مواد ثانوية منبعثة بمستويات عالية (Volatiles) ذات تأثير في جذب الأعداء الأحيائية (Synomones). مثل هذه المواد السلوكية يمكن أن تسهم بدور في تعزيز نشاط المفترسات والمتطفلات في السيطرة على الآفات المستهدفة وبذلك تسهم في خفض أو ايقاف استعمال المبيدات الكيميائية.
13. التأكيد على ضرورة إصدار ضوابط تنظيمية صارمة تتعلق باستعمال المبيدات ووضعها قيد التنفيذ والمراقبة المستمرة لأنها أسلوب فعال في تحجيم كميات وأنواع المبيدات المستعملة. فعندما لا يستطيع المزارع الحصول على المبيدات التقليدية بسهولة فإنه سوف يتجه نحو البدائل الآمنة لأنها السبيل الوحيد المتوافر أمامة لمكافحة الآفات في حقله.
14. التأكيد على ضرورة ألا تعتمد برامج إدارة الآفات المخطط لها على المبيدات الكيماوية بصفة أساسية ولكن على التكامل العقلاني لجميع عناصر الوقاية من أجل استدامة برامج الإدارة تجاه الآفة المستهدفة.
15. تشجيع الشركات والجهات المصنعة للمبيدات للتوجه نحو المواد الآمنة بيئياً والمتوافقة مع المكونات الأخرى لبرنامج إدارة الآفة المستهدفة كأن تكون مبيدات متخصصة أو انتقائية بما يحافظ على الأعداء الأحيائية. يرافق ذلك توجه السياسة الزراعية في البلدان المختلفة نحو استعمال المبيدات ذات التأثير القليل على الأحياء غير المستهدفة وتحسين وسائل إيصال المبيد إلى الآفة من خلال التدريب على الطرائق الحديثة لرش المبيدات، فضلاً عن تشجيع

دور البحث العلمي الذي يسهم في توفير المعلومات المطلوبة المتعلقة بالنبات والآفة والأعداء الأحيائية وبما يساعد العاملين على تطبيق برامج إدارة الآفات على استعمال المبيدات بأسلوب فعال وبالوقت نفسه المحافظة على البيئة والأعداء الأحيائية.

16. تشجيع البحث العلمي باتجاه تشخيص وتصنيع واستعمال المبيدات ذات الأصل النباتي (Botanical pesticides) كونها مواد طبيعية تمثل مركبات كيميائية ينتجها النبات تمتلك صفات سمية تجاه أنواع معينة من الآفات وقد تكون ذات تأثير هورموني أو سلوكي وكذلك كمنظمات نمو تجاه مفصلية الارجل.
17. التأكيد على الاهتمام بالمواد الطبيعية الأخرى التي ينتجها النبات التي تؤثر في أسلوب غير التسمم مثل المركبات الطاردة للآفه أو المانعة للتغذية أو قد تكون جاذبة أو محفزة للتغذية وكذلك المواد ذات التأثير الإنزيمي حيث جميع هذه البدائل تعد من المكونات المهمة في أنظمة إدارة الآفات كونها آمنة بيئياً ولا تؤثر في الكائنات الحية غير المستهدفة.
18. توجيه البحث العلمي نحو تطوير وسائل الرصد والمراقبة التي تستعمل في حساب الحد الحرج الاقتصادي ومتابعة الانتشار الموسمي للآفات الزراعية المهمة. على أن تكون هذه الإجراءات مقرونة بقاعدة بيانات دقيقة ومعتمدة على المعلومات المتعلقة بالطقس التي تفيد في التنبؤ بمستوى تعداد مجتمع الآفة والضرر المتوقع في مناطق انتشار الآفات المعنية.
19. العمل على تعزيز وسائل التوعية المجتمعية التي تشجع المزارع على الإبتعاد عن المبيدات الخطرة والتوجه نحو المستحضرات الآمنة بيئياً. إذ أن الحافز المادي والفعالية تعد من العناصر المهمة في تشجيع المزارع نحو هذه المستحضرات. حيث أن المزارع يبحث عن البديل الذي يحقق له عائد مساوي أو أفضل من المبيدات الكيميائية على أن يكون سعره مقبول.
20. لقد عملت معظم دول العالم وبخاصة المتقدمة منها على إصدار تشريعات خاصة بالمبيدات على اختلاف أنواعها واستمرت بإجراء التعديلات عليها تبعاً لمتطلبات المرحلة. أما بالنسبة للدول العربية فقد قام معظمها بوضع تشريعات خاصة بها تتعلق بتجارة وتداول المبيدات الا انها بحاجة مستمرة إلى إجراء التعديلات والإضافات لمعالجة التأثيرات الجانبية التي قد تظهر مع إدخال أي مادة جديدة
21. تشجيع وتوفير الدعم اللازم للمؤسسات والمراكز العلمية والشركات المصنعة للمبيدات التي اتجهت نحو البحث عن مواد آمنة نسبياً وبالوقت نفسه فعالة تجاه الآفة المعنية والتي أطلق عليها مبيدات صديقة للبيئة. وكذلك المؤسسات التي تتبنى تقنية إدارة استعمال المبيدات (Management of pesticide use) التي تساعد على تأخير حدوث المقاومة لدى الآفة تجاه

المبيد فضلاً عن الجوانب الإيجابية الأخرى. حيث تسعى هذه الجهات لإيجاد السبل التي تحقق أفضل النتائج عند استعمال المبيدات المختلفة وذلك من خلال برامج إدارة منطقية ومدروسة بشكل دقيق تضمن استمرار استعمال المبيد المعين بأقل الأضرار الجانبية.

22. التأكيد على الجهات المعنية في الاقطار العربية حول ضرورة العمل مع البرامج الدولية مثل برنامج الإدارة المتكاملة لإنتاج المبيدات ولمكافحة الآفات والملقحات (IPPM) التابع لمنظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO)، التي تدعو إلى عمل شراكة مع الحكومات والمنظمات غير الحكومية والمؤسسات البحثية ومنظمات المزارعين على جميع المستويات بهدف رفع الوعي حول أهمية الحد من استخدام المبيدات السامة في الزراعة أو منعها.
23. هناك ضرورة ملحة لإعادة النظر في تسجيل واعتماد المبيدات الأحيائية وأن تسعى الجهات المسؤولة في البلدان العربية إلى ايجاد مداخل في التشريعات واصدار قوانين جديدة من أجل ايجاد صيغة علمية ومبسطة لتسجيل هذه المبيدات بهدف تشجيع الجهات المصنعة والمستفيدة على التوسع في إنتاج واستعمال المبيدات الأحيائية الطبيعية. اذ أن سوق هذه المبيدات بحاجة إلى تشجيع وتوسع إذا كان هناك توجه حقيقي لجعلها تسهم بدور رئيس في خفض الإعتماد على المبيدات التقليدية.
24. قد يحصل التحول الأكبر من خلال اكتشاف التركيب الجيني للآفات وأعدائها الأحيائية. لذلك فان هناك حاجة ملحة للتوسع بالبحث في هذه المعلومات ودورها في معرفة التداخل البيئي بين المبيد الأحيائي والآفة حيث أن هذه المعلومات سوف تمهد الطريق نحو تحسين كفاءة المبيد الأحيائي وبالتالي خفض استعمال المبيدات الكيميائية المصنعة ويساعد على استقرار النظام البيئي واستدامته. كما أن البحث العلمي مطلوب باتجاه تطوير وتصنيع البدائل الآمنة ذات الطابع الأحيائي أو من أصل نباتي حيث أنها ذات مستقبل واعد للاستعمال ضمن برامج إدارة الآفات في مختلف النظم الزراعية.
25. يجب أن تهتم الجهات المختصة في العالم العربي بالمبيدات الأحيائية واعتبار هذا النهج أحد متطلبات السياسة الزراعية في كل بلد والاستمرار بإدخال المستجدات التي تصب في صالح هذا النهج خلال الفترات اللاحقة.
26. تباين آليات تسجيل واعتماد المبيدات الكيميائية بين الدول العربية اذ تكون مشددة في دول وضعيفة في دول أخرى، وعلى الجمعية العربية لوقاية النبات التعاون مع الدول لعمل نظام موحد للتسجيل يخدم المستهلك والمزارع ويضمن الجودة والسلامة وعدم ترك هذا الموضوع سائباً تضعه منظمات أخرى لنا خدمة لمصالحها.

27. غياب وعدم توافر الحدود الوطنية الدنيا (Minimum residue limits) والعليا (Maximum residue limits) لمتبقيات المبيدات المستوردة لبلداننا العربية واعتماد ما مذكور بملصقات المبيدات والتي غالبا تستورد من دول لا تعنى بتلك الحدود وانما تذكرها فقط نسخاً من شركات الدول الرصينة. إن زيادة أعداد حالات أمراض السرطان في الدول العربية عند الأطفال والكبار يعود اغلبه لزيادة استعمال المبيدات التي تستورد خارج المعايير الدولية ومن دول وشركات غير مصنفة عالمياً.
28. إيجاد صيغة للعمل المشترك بين الدول العربية المتجاورة لوضع قيود وضوابط على التجارة غير المشروعة للمبيدات.
29. تكثيف البحث العلمي لدى المراكز العلمية في البلدان العربية ذات العلاقة من أجل التوصل إلى أفضل المعالجات لمجابهة صفة المقاومة للمبيدات المتزايدة لدى العديد من الآفات الزراعية.
30. تعزيز برامج التوعية الإرشادية والتثقيفية المتعلقة بفوائد الحشرات الملقحة، بما فيها النحل بجميع أنواعه، ودور هذه الحشرات في زيادة إنتاج المحاصيل، وكيفية المحافظة عليها باتباع مختلف الطرائق الآمنة في إدارة آفات المحاصيل ذات العلاقة بالنظام الزراعي المعني.

11. المراجع

الدهوي، سنداب سامي جاسم، صالح حسن سمير وعبد الستار عارف علي. 2005. بعض أوجه التكامل بين المفترس *Stethorus gilvifrons* (Muls) والمبيد Thiamethoxam لمكافحة الذبابة البيضاء *Bemisia tabaci*Genn. على محصول القطن. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 36(5): 19-24.

الزميتي، محمد السعيد صالح، إبراهيم خالد الناظر ومحمد باسم عاشور. 2011. التطبيقات الآمنة للمبيدات. الجمعية العربية لوقاية النبات، بيروت، لبنان. 620 صفحة.

العادل، خالد محمد. 2006. مبيدات الآفات: مفاهيم اساسية ودورها في المجالين الزراعي والصحي. كلية الزراعة، جامعة بغداد، العراق. 421 صفحة.

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

محمد، جاسم خلف، راضي فاضل الجصاني، عبد الستار عارف علي ومصطفى البوحسيني. 2013. كفاءة المبيدات الإحيائية Berline *Bacillus thuringiensis* وSpinosad ضد حشرة الحميرة على النخيل. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 44(2): 220-225.

Abd-Elgawad, M.M.M. 2017. Status of entomopathogenic nematodes in integrated pest management strategies in Egypt. Pages 473-501. In: Biocontrol Agents: Entomopathogenic and Slug Parasitic Nematodes. M.M.M. Abd-Elgawad, T.H. Askary and J. Coupland (eds.). Wallingford, CAB International, UK.

Abd-Elgawad, M.M.M. 2019. Towards optimization of entomopathogenic nematodes for more service in the biological control of insect pests. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 29: 77. https://doi.org/10.1186/s41938-019-0181-1

Abd-Elgawad, M.M.M. 2020. Can rational sampling maximise isolation and fix distribution measure of entomopathogenic nematodes? Nematology. https://doi.org/10.1163/15685411-00003350

Abd-Elgawad, M.M.M. and T.H. Askary. 2018. Fungal and bacterial nematicides in integrated nematode management strategies. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 28:74. https://doi.org/10.1186/s41938-018-0080-x

Abd-Elgawad, M.M.M., T.H. Askary and J. Coupland (eds.). 2017. Biocontrol Agents: Entomopathogenic and Slug Parasitic Nematodes. Wallingford, CAB International, UK. 662 pp.

Ahmed, J., M. Maraqa, M. Hasan and M. Al-Marzouqi, M. 2004. Management of pesticides in the United Arab Emirates. Emirates Journal of Food and Agriculture, 16(1): 15-31.

Al-Daghri, N., S.H. Abd-Alrahman, K. Wani, A. Panigrahy, P.G. McTernan, O.S. Al-Attas and M.S. Alokail. 2019. Biomonitoring and risk assessment of organochlorine pesticides among Saudi adults. Arabian Journal of Chemistry, 12(7): 1795-1801.

Alyokhin, A., M. Baker, D. Mota-Sanchez, G. Dively and E. Grafius. 2008. Colorado potato beetle resistance to insecticides. American Journal of Potato Research, 85(6): 395-413. https://doi.org/10.1007/s12230-008-9052-0

Chalcraft, D.R. and W.J. Resetarits. 2003. Predator identity and ecological impacts: Functional redundancy or functional diversity?. Ecology, 84(9): 2407-2418. https://doi.org/10.1890/02-0550

Chandler, D., A.S. Bailey, G.M. Tatchell, G. Davidson, J. Greaves and W.P. Grant. 2011. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, 366(1573): 1987-1998. https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0390

Chandler, D., G. Davidson and R.J. Jacobson. 2005. Laboratory and glasshouse evaluation of entomopathogenic fungi against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on tomato, *Lycopersicon esculentum*. Biocontrol Science and Technology, 15: 37–54. https://doi.org/10.1080/09583150410001720617

Dayan, F.E., C.L. Cantrell and S.O. Duke. 2009. Natural products in crop protection. Bioorganic and Medicinal Chemistry, 17(12): 4022–4034. https://doi.org/10.1016/j.bmc.2009.01.046

Dhoubi, M.H. and S.H. Essaadi. 2007. Biocontrol of the lesser date moth date moth *Batrachedra amydraula* Meryrick (Cosmopteridae: Batrachedidae) on date palm tree. Proceedings of the Third International Date Palm Conference. Abu-Dhabi, 19-21 February 2006. Acta Horticurlturae, 736: 391–397.

Eberle, K.E. and J.A. Jehle. 2006. Field resistance of codling moth against *Cydia pomonella granulovirus* (CpGv) is autosomal and incompletely dominant inherited. Journal of Invertebrate Pathology, 93(3): 201-206. https://doi.org/10.1016/j.jip.2006.07.001

El-Nagdi, W.M.A, M.A.M. Youssef, H. Abd-El-Khair and M.M.M. Abd-Elgawad. 2019. Effect of certain organic amendments and *Trichoderma* species on the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* infecting pea (*Pisum sativum* L.) plants. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 29:75. https://doi.org/10.1186/s41938-019-0182-0

El-Nahhal, Y. 2004. Contamination and safety status of plant food in Arab countries. Journal of Applied Sciences, 4(3): 411-417. https://doi.org/10.3923/jas.2004.411.417

El-Zemaity, M.E. 2014. Adoption of bio-intensive IPM to enhance the development of organic date palm cultivation in the Arab countries. Pages 75-82. In: Proceedings of the 5thInternational Date Palm Conference. Abu-Dhabi, UAE. March 16-18, 2014.

Enland, T. 1997. Benefit of minimum pesticide use in insect and mite control in orchards. Pages 196-220. In: Techniques for Reducing Pesticide Use, Economic and Environmental Benefits. D. Pimentel (ed.). John Wiley and Sons.

Farina, Y., P. Abdullah, N. Bibi and W. Khalik. 2016. Pesticides residues in agricultural soils and its health assessment for humans in Cameron Highlands, Malaysia. Malaysian Journal of Analytical Sciences, 20: 1346-1358. https://doi.org/10.17576/mjas-2016-2006-13

Fenik, J., M. Tankiewicz and M. Biziuk. 2011. Properties and determination of pesticides in fruits and vegetables. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 30(6): 814-826. https://doi.org/10.1016/j.trac.2011.02.008

Forget, G. 1993. Balancing the need for pesticides with the risk to human health. In: Impact of Pesticides on Health in Developing Countries. G. Forget, T. Goodman, and A. de Villiers (eds.). Proceedings of a symposium held in Ottawa, Canada, 17-20 September, 1990. IDRC, Ottawa, Canada.

Gaugler, R., I. Brown, D. Shapiro-Ilan and A. Atwa. 2002. Automated technology for in vivo mass production of entomopathogenic nematodes. Biological Control, 24(2): 199-206. https://doi.org/10.1016/S1049-9644(02)00015-4

Groot, A.T. and M. Dicke. 2002. Insect-resistant transgenic plants in multi-trophic context. The Plant Journal, 31(4): 387-406. https://doi.org/10.1046/j.1365-313x.2002.01366.x

Grossman, J. and W. Quarles. 1993. Strip intercropping for biological control. IPM Practitioner 15(4): 1–11.

Heap, T. 2008. Estimate of resistance to glycines. Bayer CropScience, IWM &WRB Group, Frankfurt, Germany. www.weedscience.org

Hernández, A.F., T. Parrón, A.M. Tsatsakis, M., Requena, R. Alarcón and O. López-Guarnido. 2013. Toxic effects of pesticide mixtures at a molecular level: their relevance to human health. Toxicology, 307: 136-145. https://doi.org/10.1016/j.tox.2012.06.009

Hussain, Z., G.M. Gurr and S.D. Wratten. 2001. Habitat manipulation in lucerne (*Medicago sativa* L.): Strip harvesting to enhance biological control of insect pests. International Journal of Pest Management 47(2): 81-88. https://doi.org/10.1080/09670870151130471

Jallow, M.F.A. and C.W. Hoy. 2007. Indirect selection for increased susceptibility to permithrin in the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). Journal of Economic Entomology, 100(2): 526–533. https://doi.org/10.1093/jee/100.2.526

Jaros–Su, J., E. Groden and J. Zhang. 1999. Effect of selected fungicides and the timing of fungicide application on *Beauvaria bassiana*-induced mortality of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). Biological Control, 15(3): 259-269. https://doi.org/10.1006/bcon.1999.0724

Koleva, N.G. and U.A. Schneider. 2009. The impact of climate change on the external cost of pesticide applications in US agriculture. International Journal of Agricultural Sustainability, 7(3): 203-216.

Koppenhöfer, A.M., O.S. Kostromytska, B.A. McGraw and L. Ebssa. 2015. Entomopathogenic Nematodes in Turfgrass: Ecology and Management of Important Insect Pests in North America. Pages 309-327. In: Nematode Pathogenesis of Insects

and Other Pests. R. Campos-Herrera (ed.). Springer International Publishing. Switzerland.

Mansour, S. A. 2008. Environmental impact of pesticides in Egypt. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 196: 1-51. https://doi.org/10.1007/978-0-387-78444-1_1

Mensah, R.K. 1999. Habitat diversity: Implication for the conservation and use of predatory insects of *Helicoverpa spp.* in cotton system in Australia. International Journal of Pest Management, 45(2): 91–100. https://doi.org/10.1080/096708799227879

Mostafalou, S. and M. Abdollahi. 2013. Pesticides and human chronic diseases: evidences, mechanisms, and perspectives. Toxicology and Applied Pharmacology, 268(2): 157-177. https://doi.org/10.1016/j.taap.2013.01.025

Mota-Sanchez, D., P.S.A. Bill and M.E. Wallon. 2002. Arthropods resistance to pesticides: Status and overview. Pages 241-272. In: Pesticides in Agriculture and the Environment. Marcel Decker, Gainsville, Fl.

Naranjo, S.E. 2001. Conservation and evaluation of natural enemies in IPM systems for *Bemisia tabaci*. Crop Protection, 20(9): 835-852. https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00115-6

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 2001. Overview of cos-benefit assessment. Proceedings of the OECD workshop on the "Economic of Pesticides Risk reduction in Agriculture. Copenhagen, Denmark, 28-30 November 2001.

Onstad, D.W. 2008. Insect Resistance Management. Elsevier Ltd. 305 pp.

Pereira, L., M. Franco-Bernardes, M. Pazin and D. Dorta. 2015. Impact of Pesticides on Environmental and Human Health. Pages 195-234. In: Toxicology Studies - Cells, Drugs and Environment. Ana Cristina Andreazza and Gustavo Scola (eds.). Intech Publishers.

Perović, D.J., S. Gámez-Virués, D.A. Landis, F. Wäckers, G.M. Gurr, S.D. Wratten, M-S. You and N. Desneux. 2017. Managing biological control services through multi-trophic trait interactions: review and guidelines for implementation at local and landscape scales. Biological Reviews, 93(1): 306-321. https://doi.org/10.1111/brv.12346

Peshin, R., K.R. Kranthi and R. Sharma. 2014. Pesticide use and experiences with integrated pest management programs and Bt cotton in India. Pages 269-306. In: Integrated Pest Management, Experiences with Implementation, Global Overview. Rajinder Peshin and David Pimentel (eds.). Springer.

Poletta, G.L., A. Larriera, E. Kleinsorge and M.D. Mudry. 2009. Genotoxicity of the herbicide formulation Roundup®(glyphosate) in broad-snouted caiman (Caiman latirostris) evidenced by the Comet assay and the Micronucleus test. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 672(2): 95-102. https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2008.10.007

Pretty, J. and Z. Bharucha. 2015. Integrated Pest Management for Sustainable Intensification of Agriculture in Asia and Africa. Insects, 6: 152-182. https://doi.org/10.3390/insects6010152

Pülschen, L., R. Kaske and S. Sauerborn. 1994. Pesticide use in Egypt, its ecological impact and mitigative measures. Journal of Plant Diseases and Protection, 101(3):303-315.

Saggu, S., H. Rehma, F.M. Alzeiber and A. Aziz. 2016. Current situation of pesticide consumption and poisoning in Saudi Arabia. Journal of Entomology and Zoology Studies, 4(3):153-158.

Shapiro-Ilan, D.I., R. Han and C. Dolinksi. 2012. Entomopathogenic nematode production and application technology. Journal of Nematology, 44(2): 206-217. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18266-7_9

Siddiqui, Z.A., A. Iqbal and I. Mahmood. 2001. Effects of *Pseudomonas fluorescens* and fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato. Applied Soil Ecology, 16(2): 179-185. https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00083-4

United States Environmental Protection Agency (USEPA). 2002. Biopesticides. Biopesticide and Pollution Prevention Division (BPPD). http://www.epa.gov/oppbppd/biopesticides

van Emden, H.F. 2002. Integrated Pest Mnagement. Pages 413-415. In: Encyclopidia of Pest Management. D. Pimental (ed.). Marcel Dikker, New York.

Verkerk, R.H.J. 2002. Refugia for pests and national enemies. Pages 685-688. In: Encyclopidia of Pest Management. D. Pimental (ed.). vMarcel Dikker, New York.

Wei, H., D. Hu, X.-L. Cheng and K.-B. Li. 2015. Residual levels of organochlorine pesticides and heavy metals in the guanzhong region of the weihe basin, North-Western China. Journal of Residuals Science & Technology, 12: 31-36. https://doi.org/10.12783/issn.2376-578X/12/1/5

Wright, D.J. and R.H.J. Verkerk. 1995. Integration of chemical and biological control systems for arthropods: evaluation in a multitrophic context. Pesticide Science, 44(3): 207–218. https://doi.org/10.1002/ps.2780440302

Zhang, W., F. Jiang and J. Ou. 2011. Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences, 1(2): 125-144.