الفصل التاسع

المبيدات الحيوية – المبيدات الميكروبية

obeikandl.com

obeikandl.com

المبيدات الحيوية- المبيدات الميكروبية

١- المبيدات الحيوية

المبـيدات الحيوية Biopesticides نوع من مبيدات الآفات، وهى منتجات من مواد طبيعية غالبيتها ذات أصل حيواني، نباتى، أو ميكروبي، والـبعض منها من مواد أو عناصر طبيعية أخرى، وتقع المبيدات الحيوية فـى ثلاثـة مجمـوعات رئيسـية هى المبيدات الميكروبية Microbial pesticides ، ومـواد الحمايـة المندمجة بالنبات.(Protectants (PIPs Plant Incorporated (مبـيدات النباتات المهندسة وراثيا Transgenic plant pesticides) والمبيدات البيوكيميائية Biochemical pesticides، ومعظم المبيدات الحيوية المستخدمة فى مكافحة الآفات بالزراعات العضوية تابعـة للمبيدات الميكروبية أو البيوكيميائية، والمبيدات الميكروبية منتجات حيوية المادة الفعالة بها من الكائنات الدقيقة أو المواد المعزولة منها وخاصة البكتيريا والفطريات والفيروسات والبروتوزوا، ويمكن للمبيدات الميكروبية مكافحـة أنواع عديدة من الآفات، بالرغم من أن كل مادة فعالة منها تكون ذات تخصص نسبى تجاه آفة أو وآفات مستهدفة معنية، وعلى سبيل المثال فإن هناك مبيدات فطرية حيوية تستخدم فى مكافحة بعض أنواع الأعشاب، ومبـيدات فطرية أخرى تستخدم تجاه حشرات معينة، والمبيدات الميكروبية الأكثـر انتشارا واستخداما فى التطبيق على نطاق واسع مجهزة من تحت أنواع وسلالات بكتيريا *Bacillus thuringinesis (Bt)* ، وكل سلالة من هـذه البكتيريا تنتج مخلوط من بروتينات مختلفة، وهى متخصصة فى قتل

نوع أو عدد قليل من الأنواع المتقاربة من يرقات الحشرات، وهى تستخدم فى مكافحة يرقات الحشرات المهاجمة للنبات، كما أن بعضها متخصص تجاه يرقات الذباب والبعوض. وبصفة عامة فإن الأنواع الحشرية المستهدفة يتم تحديدها أو تقديرها إذا ما كانت بكتيريا الـ *Bt* منتجه لبروتين يمكن أن يرتبط بالمستقبل الحيوى فى معدة اليرقات، وبالتالي توقفها عن التغذية والموت كنتيجة للجوع وتسمم الدم. وبالنسبة للمبيدات البيوكيميائية فإنها مواد طبيعية الظهور لها مقدرة على مكافحة الآفات بيمكانيكيات ليست عن طريق التسمم مثل الفرمونات، والهورمونات، منظمات النمو النباتية والحشرية الطبيعية، المواد الطاردة، والإنزيمات المستخدمة كمواد فعالة، وغيرها، وبصفة عامة فإن المبيدات الحيوية تضم العديد من المواد، وبمرور الوقت فإن أعدادها تتزايد فى نفس الوقت الذى تتزايد فيه كمية التجهيزات المستحضرة منها. وتشير تقارير هيئة حماية البيئة الأمريكية EPA على أنه فى نهاية عام ٢٠٠١ قد تم تسجيل حوالي ١٩٥ مادة فعالة للمبيدات الحيوية، وأن هناك حوالي ٧٨٠ منتجا لها تسوق تجاريا للاستخدام على المستوى الحقلي.

٢- مستحضرات المبيدات الحيوية

هناك عدد كبير من العوامل التى يمكن أن يكون لها تأثير فعال على الملائمة أو الجدوى الاقتصادية لأي منتج بيولوجي للمكافحة، وتتضمن هذه العوامل: التأثير على الآفة المستهدفة، حجم السوق ومدى انتشار الآفات المستهدفة أو المتأثرة بالمادة، مقدرة التنوع للأداء الحقلي، تكاليف الإنتاج، وذلك بالإضافة لعدد من التحديات التقنية المتعلقة بأنظمة التخمر

Fermentation، والتجهيـز Formulation والتوصيل Delivery. ولا شـك أن إختـيار المستحضرات Formulations المناسبة التى يمكنها أن تحسـن من ثبات المنتج ومقدرته على البقاء يؤدي إلى الإقلال من تضارب النتائج وفعالية الأداء الحقلي للعديد من مواد المكافحة البيولوجية، وقد ثبت أن الـتقدم البطيء فى أبحاث أنظمة التجهيزات (المستحضرات) والتوصيل تشـكل عقبة رئيسية فى تطوير مواد المكافحة البيولوجية وبالرغم من ذلك فإنه يمكن تلخيص الجهود والنجاحات المتعلقة بتجهيزات المنتجات الحيوية للاستخدام تجاه مسببات الأمراض، الأعشاب، والآفات الحشرية، بالاعتماد على البكتيريا، الفطريات، والفيروسات أو منتجاتها كمواد للمكافحة، وأيضا المعلـومات المتعلقة بالتجهيزات الخاصة بمواد حيوية أخرى للمكافحة مثل النيماتودا.

وحيث أن المزارعين قد يكونوا غير مستعدين لاستخدام آلات جديدة لتطبيق منتجات المكافحة البيولوجية، فإن المواد الحيوية يجب أن تجهز فى صـورة منـتج يتوافق مع الآلات وإجراءات أو عمليات الإدارة المزرعية الشـائعة أو المعـتادة، ويعنى ذلك توافقها مع طرق المكافحة الأخري وفى نفـس الوقت مع أنظمة التطبيق الحقلية، ويعتبر ذلك من المتطلبات الهامة لـنجاح منـتجات المكافحة البيولوجية وقبول وأقلمة التقنيات الحديثة. ومن المعـروف أن هناك بعض الأسباب التى تجعل من مواد المكافحة الحيوية محـدودة الـنجاح تسويقيا، ومنها صعوبة الإنتاج، الحساسية للأشعة فوق البنفسـجية والجفاف، وحاجتها لرطوبة عالية لإحداث الإصابة، الأداء غير الكافـي (نقـص الأداء) تحت الظروف البيئية الواسعة، ونقص التجهيزات

المناسبة، والمستحضرات والتجهيزات التى يجب استخدامها لتعديل المنتج الميكروبي وذلك بغرض تحسين ثبات المنتج، وفاعليته الحيوية، والتوصيل، قابلية المنتج للخلط والرش، وذلك بالتوافق مع المبيدات المستخدمة فى نظام الإدارة المتكاملة للآفات، وهناك مواصفات هامة أخرى للمستحضرات أو التجهيزات الناجحة وهي الملائمة للاستخدام (الاستعمال)، التوافق مع الإجراءات والآلات المستخدمة من قبل المستخدم النهائي، والكفاءة بالمعدلات المستخدمة مع العمليات الزراعية، وذلك بالنسبة لمواد المكافحة الحيوية للمجموع الخضري أو معاملة التربة، ومن أهم العوامل البيئية المؤثرة فى مواد المكافحة الحيوية للمجموع الخضري الحرارة، الرطوبة الحرة أو فترة الإبتلال (الندى)، والحماية من الأشعة فوق البنفسجية والجفاف، أما مواد المكافحة لحيوية للتطبيق بالتربة فإن العوامل المؤثرة تتمثل فى الخواص الفيزيقية والكيماوية للتربة، الرطوبة، الحرارة، وذلك بالإضافة للتنافس الميكروبي، وهناك حاجة لأن تؤخذ هذه المعايير فى الإعتبار عند تطوير مستحضر مناسب. وبصفة عامة فإن إنتشار منتجات المبيدات البيولوجية بالأسواق فى المستقبل يستلزم الحث على تطوير تقنيات جديدة ومبتكرة فى التجهيز والتوصيل بجانب تلك المتاحة فعلا، حيث أن هناك العديد من التحديات التي تواجه تجهيز هذه المواد، ومنها:

١- الفعالية التسويقية الجيدة.

٢- سهولة الإنتاج والتطبيق.

٣- الحيوية والثبات الملائم للمنتج Shelf- life أثناء النقل والتخزين.

٤- ضمان الحيوية والكفاءة لوحدات التكاثر لفترات طويلة.

٣- منتجات البكتيريا

٣-١- تطور استخدام بكتيريا *Bt* كمبيدات حيوية حشرية

اكتشفت بكتيريا باسيلس ثورنجينسيس *Bacilus thuringiensis* (*Bt*) لأول مرة باليابان عام ١٩٠١ بواسطة Ishawata، ثم فى ألمانيا عام ١٩١١ بواسطة Berliner (Baum *et al*, 1999)، وفيما بعد تم اكتشاف الآلاف من سلالات الـ *Bt* (Lereclus, 1993) ، وكل سلالة تنتج بلورات (كريستالات) البروتين المبيدة المميزة لها أو دلتا- إندوتوكسين Delta-endotoxin المشفر بجين فردى على أحد البلازميدات فى البكتيريا (Whalon & McGaughey, 1998) ، ويختلف النشاط الإبادى للتوكسين حسب سلالة الـ *Bt* ، ومع ذلك فإن هناك مجموعة من توكسينات الـ *Bt* التى تؤثر على أنواع متباينة من حشرات رتبة غمديه الأجنحة (الخنافس) Coleoptera ، رتبة حرشفية الأجنحة (الفراشات وأبو دقيقات) Lepidoptera، ورتبة ذات الجناحين (الذباب والبعوض) Diptera (Gould & Keeton, 1996)، وبعض توكسينات الـ *Bt* لها درجة من السمية قد تتساوى مع المبيدات الفوسفورية واسعة الانتشار، ولكنها لا تتشابه معها من حيث التأثير العام، وذلك لأن توكسينات الـ *Bt* تكون أكثر تخصيصا على بعض الحشرات الضارة، ولهذا فإنها تكون أكثر أمانا على غالبية الحشرات النافعة والحيوانات الأخرى، وبالإضافة لذلك فإن توكسينات الـ *Bt* قابلة للهدم أو التحلل الحيوى وليس لها ثبات فى البيئة (Van fran kenhuzen, 1993). وقد استخدمت الـ *Bt* كمبيد تجارى

لأول مرة فى فرنسا عام ١٩٣٨ ، ودخلت الاستخدام التجارى فى الولايات المتحدة الأمريكية فى الخمسينات من القرن الماضى، ولسنوات عديدة استخدمت الـ *Bt* فى صورة محلول للرش التطبيقى على المحاصيل، ونظرا لطبيعتها غير الثابتة فقد تتطلب الأمر عند الاستخدام المبكر لها تكرار عملية الرش عدة مرات، وفى ثمانينات القرن العشرين تصاعد الاهتمام التجارى *بالـ Bt* بسرعة كبيرة، فى الوقت الذى أصبحت فيه كثير من المبيدات الحشرية المصنعة منخفضة الفعالية لتطور صفة مقاومة الحشرات لها، أو أنها أصبحت غير مناسبة للاستخدام بسبب القيود البيئية.

٣-٢- تأثير الـ *Bt* على الحشرات

عند هضم الحشرات لتوكسين الـ *Bt* فإنها تتوقف عن الغذاء خلال ساعة واحدة، وينخفض نشاطها خلال ساعتين ويتزايد الكسل والخمول والتقدم نحو الشلل خلال ٦ ساعات، وبالنسبة للمعى الأوسط فإن الخلايا الطلائية تنتفخ وتتحلل ويتم طرحها ، وتموت الحشرات كنتيجة للجوع وتسمم الدم، ومن المعروف أنه يتم تخليق دلتا إندوتوكسين فى صورة جزئ بروتينى متبلور كبير ، وأنه عند تناول أو هضم الحشرات الحساسة للبلورات فإنها تذوب بالمعى الأوسط للحشرة وتنفرد البروتوكسينات الأولية (حجم ١٤٠ كيلو دالتون) حيث تتعرض للتحلل البروتيني متحولة إلى جزئيات سامة أقل حجما، وعندئذ فإن البروتين السام يرتبط بمستقبلات خاصة بالخلايا الطلائية للمعى الأوسط ، وتظهر القنوات الثقبية أو الأيونية بالأغشية الخلوية، ويتسبب ذلك فى اضطراب التوازن الخلوى ويسبب إنتفاخ الخلايا وتحللها، وينتج عن هذه التأثيرات شلل المعى الأوسط للحشرة

والفكـــوك ، ولـــذا فإن موت الحشرة يحدث بفعل الجوع والتسمم الدموى، وبصفة عامة فإن التغيرات التركيبية الدقيقة وموعد ظهور أو حدوث التسمم يختلف تبعا لنوع الحشرات وأيضا تبعا لنوع التوكسين (Cry 1 toxin).

٣-٣- بلورات بروتينات الـــ *Bt* المبيدة للحشرات

يـــوجد ٣٤ تحـــت نـــوعا تم تعريفه من بكتيريا الـــ *Bt*، وأكثرها إنتشـــارا مـــن حيث الاستخدام تحت نوع .Krustaki (ويستخدم ضد رتبة حرشـــفية الأجنحة)، Israelensis (ضد رتبة ذات الجناحين خاصة الذباب والبعوض)، و Tenebrionis (ضد خنفساء كلورادو)، وهناك مجموعتين رئيسيتين لبلورات البروتينات المبيدة للحشرات التى تم تعريفها لهذا المدى الواسع من تحت الأنواع ، هما الـــ Cyt (Cytolysin)، Cry (Crystal delta-endotoxins) ، وقـــد عـــرف Hofte & Whitely, 1989 أربع صفوف لجينات الـــ Cry، وصفين لجينات Cyt. وهناك ١٤ جينا لبلورات البـــروتين لهـــا قـــدرة متميزة، منها ١٣ متخصصة قريبة الإرتباط لعائلة بـــروتينات مبيدة للحشرات (بروتينات Cry) ، وهى تنقسم إلى ٤ صفوف رئيســـية علـــى الأقـــل ، وبعـــض التحت صف، وتتميز بالتشابه التركيبى والمقـــدرة الإباديـــة الحشـــرية للبروتينات المشفرة، والصفوف أو الأقسام الرئيســـية خـــاص بـــرتبة حرشفية الأجنحة (I) ، حرشيفية الأجنحة وذات الجناحـــين (II) ، غمدية الأجنحة (III)، وذات الجناحين (IV)، أما جينات الـــــ Cyt فهـــى فعالة تجاه آفات حشرية من رتبة ذات الجناحين، وغمدية الأجنحة، وبالإضافة لذلك فقد أظهرت تأثيرا تجاه البق الحقيقي (رتبة نصفية الأجـــنحة) والصراصير والنمل الأبيض، وتوكسينات الـــ Cyt لا تشبه الـــ

Cry مـن حـيث إرتـباطها بمسـتقبلات خاصة بالمعي الأوسط للحشرة. وبلـورات البـروتينات الـ Cry الخاصة برتبة حرشفية الاجنحة أكثرها توصـيفا، ويعـرف منها ٢٠ بروتين مختلف(Cry I) يمكن تقسيمها لست جينات مختلفة هى Cry IA (a)،Cry IA (b)، Cry IA(C)، Cry IB، Cry IC، Cry ID، وهى تحتوى على الأحماض الأمينية ١١٧٦، ١١٥٥، ١١٧٨ ، ١٢٠٧ ، ١١٨٩ ، ١١٦٥ على الترتيب، والـ ٢٠ جينا هذه تبلغ من ١٣٠-١٤٠ كيلو دالتون (KDa) ، وهى تتراكم أثناء تجرثم الـ *Bt* ، وهـذه البـروتينات عبارة عن توكسينات تذوب فى الوسط القلوى وتتحلل بواسـطة البلورات المصاحبة أو الإنزيمات البروتينية للمعى الأوسط لليرقة مـتحولة إلـى شظايا أو جزئيات بروتينية من ٦٠-٧٠ كيلو دالتون، هناك سلالات من الـ *Bt* تنتج بعض البلورات البروتينية المختلفة فى وقت واحد لهـا نفس البلورات أو أنها تكون متشابهة جدا، وتظهر فى سلالات لتحت أنواع Subspecies مختلفة.

٣-٤- المستحضرات المجهزة من البكتيريا

يجـرى الإنـتاج الكبيـر للبكتيريا بصفة عامة باستخدام خطوات التخميـر للسوائل بالتنك العميق (Deep tank liquid fermentation) ، وذلـك بالـرغم مـن أنه قد يكون فى بعض الحالات أسهل بالتخمير شبه الصـلب أو الصـلب، والمكونات الغذائية فى بيئة التخمير وظروف النمو تعتبر حيوية لكل من الإنتاج الحيوي (الكتل الحيوية) وناتج التمثيل الثانوي، ويجب أن تكون مكونات بيئة النمو رخيصة وأن تكون متاحة فعلا، وعادة فـإن تطويـر المستحضر النهائي يتطلب تصنيع الخميرة (المادة المتخمرة)

وإضافة مزيد من المكونات، والمنتج النهائي قد يكون صلب، سائل ، عجينة ، مسحوق، أو محبب، ويجب أن يحافظ المستحضر على حيوية البكتيريا خلال عمليات التداول فيما بين المصنع والبيع بالتجزئة والتخزين على المدى الطويل (ما لا يقل عن أربعة أشهر)، وأيضا فإن تجهيزات المبيدات الحيوية تلعب دورا رئيسيا فى انسجام الأداء وذلك بالمحافظة على بقاء البكتيريا بعد التطبيق، والمستحضر المناسب هو الذى يوفر بيئة محمية (يكون بمثابة بيئة محمية) للبكتيريا المقدمة، وبذلك يزيد من مقدرتها على البقاء وإنجاح مستعمراتها. وغالبا ما يتم تجهيز البكتيريا إما فى حالة ساكنة أو نواتج نشطة أيضيا (تمثيليا) ويعمل ذلك على إكسابها حياة أطول، ومقاومة أكثر للتقلبات الحرارية والمبيدات الكيماوية، وبالرغم من أن هذه المستحضرات قد تكون أغلى ثمنا وتحتاج لفترات كمون قبل أن تنشط نواتجها أيضيا لتظهر تأثيراتها النافعة، ومن ناحية أخرى فإن بعض المستحضرات قد تحتوى على خلايا نشطة تكون أكثر مقاومة للتقلبات الحرارية، وأقل توافقا مع المبيدات الكيماوية، وفترة عمر أقل، وتحتاج إلى تعبئة خاصة للتبادل الغازي والرطوبي (المائي) ، ولكنها تكون نشطة وقت التطبيق.

وبصفة عامة فإن المستحضرات البكتيرية توجد فى صورة سائلة أو جافة، والمستحضرات السائلة ذات أساس زيتى، أساس مائي، بوليمر، أو مخلوط منهما. وتحتاج المستحضرات ذات الأساس المائي لبضع خطوات عنها من تخمرات البكتريا فى البيئة السائلة وذلك بجانب المكونات المضافة، مثل المواد المثبتة، اللاصقة، الناشرة، الملونة، المضادة للتجمد،

والمغذيات الإضافية، ويمكن تصنيع المادة المتخمرة مركزة أو جافة ثم يعاد تعليقها فى وسط سائل، ومواصفات السيولة يمكن تعديلها بإضافة البوليمرز (مثل السكريات العديدة، أو مشتقات الكحوليات العديدة)، ومستحضرات الأساس الزيتي تتضمن خلط المخمر المصنع بمادة معاملة من الزيت المعدني أو الزيت المستخلص من الخضراوات، ومواد مستحلبة مساعدة لتسمح بالتخفيف فى الماء. وبصفة عامة فإن المستحضرات ذات الأساس الزيتي تقلل من تبخير القطرات وتسمح بالتطبيق الجوي للأحجام متناهية الدقة، وأعضاء التكاثر الساكنة يتم تجهيزها بصفة عامة فى صورة سائلة زيتية (أساس زيتى، أو بوليمر) فى حين أن أعضاء التكاثر ذات النواتج النشطة يمكن تجهيزها سائلة فى أساس مائى. ويمكن إنتاج المستحضرات الجافة، كمساحيق قابلة للبلل، مواد انسيابية جافة، ومحببات (بما فيها المحببات القابلة للبلل) وذلك كمواد للتطبيق التجفيفي، التجميد التجفيفي، التجفيفي الهوائى وذلك باستعمال أو بغير استعمال أساس (قاعدة) مائعة أو سائلة. وتنتج المساحيق والمحببات الجافة بإضافة مواد لاصقة، مفرقة، مبللة وماء لبودرة التخمر الجافة (مادة التخمر المسحوقة الجافة) بجهاز التحبيب، وخطوات التصنيع الإضافية فى إنتاج المستحضرات الجافة تزيد من تكاليف التصنيع، ولكنها تختزل مصاريف الشحن لأنها تكون أخف وزنا. ومعظم المستحضرات الجافة تحتوى على مادة خاملة مثل الطين الناعم (الكلاي)، والمواد النصف متفحمة (الخث)، الفيرميكليت، وقواعد البولي أكريلاميد، وتسهل المواد الحاملة من توصيل التركيزات الضرورية للخلايا الحيوية وذلك فى حالة فسيولوجية سليمة، ومن بين كل المكونات التي يصنع منها

المستحضر فإن المادة الحاملة تحتل (تشغل) الحجم الأكبر، وعليه فإنها غالبا مـا تعمـل كمـادة ناشرة، والمواد الحاملة المناسبة تكون رخيصة، سهلة التعقيم، غير سامة وثابتة من حيث المواصفات الفيزيقية، وعلاوة على ذلك فإنـه يجب التأكد من أن المادة الحاملة تعمل على التوزيع الملائم للبكتيريا وفى نفس الوقت على حمايتها من الظروف البيئية الضارة. والمواد الأخرى التـي يتم إضافتها مع البكتيريا هى التربة الدياتومية، المواد اللاصقة، مثل بـودرة التلك والفيرميكليت، ومشتقات السليلوز (مثل الكربوكسي- ميثيل- سليلوز)، وغيرها من البوليمرات مثل صمغ الزنثان، والتقنيات المستخدمة فـى تجميد البكتيريا باستعمال البلوليمرات مثل البولي اكريلاميد، وجينات الصوديوم وهى متاحة تجاريا، لكن الهدرجة والانفراد البطىء للمادة الفعالة يعتبر من أكبر العوائق لهذه التقنية، وتنجح الجينات (Alginate) فى تجهيز عديد من أنواع البكتيريا بما فيها *Pseudomonas spp* ، والمواد الحاملة مثل البيركس (Pyrax) أو نخالة القمح المسحوق التى تكون كقاعدة للإمداد الغذائي حيث يتم خلطها مع الكتلة الحيوية للبكتيريا والجينات. وهناك بعض منـتجات الـ *Bt* التى تم تطويرها باستخدام تقنية إعادة صياغة DNA (Recombinant DNA) وهـناك منتجين يتوفرا فى الولايات المتحدة هما M-Track™ ، MVP™ وقد وتم تطويرهما باستخدام أحد الطرق المتقدمة لتصـنيع الكبسـولات ، والخطوات التصنيعية لهذه الطريقة يتم فيها إزالة الجين المعبر عن بروتين دلتا إندوتوكسين من الـ *Bt* مندمجا فى البلازميد (الـبلازما) ، وإدخالـه فى عزلات الـ *Pseudomonas fluorescens* والخلايـا المعـاد صياغتها هذه يجرى تنميتها فى مزارع هوائية وتستحث للتعبيـر عن دلتا- أندوتوكسين قبل قتلها بالتسخين أو من خلال المعاملات

الكيميائية، والخلايا البكتيرية الميتة فى المستحضر المائي تعمل ككبسولات دقيقة لحماية توكسين الـ *Bt* الهش من التدهور والهدم بفعل العوامل البيئية. وقد وصف Digat طريقة كبسلة حديثة للقاح البكتيريا ينتج عنها تركيز عالي من البكتيريا (10^7cfu) فى حبيبة حجمها 6mm، ويتم تعليق البكتيريا فى مرقة مغذية تقلل من تأثير الضغط الغذائي، وإقترح أن هذا النظام يمكن من تجهيز العديد من المواد أو السلالات الميكروبية (فى شكل كوكتيل مخلوط)، ومراقبة الجودة الصارمة فى كل خطوات التصنيع ضرورية لإنتاج تجهيزات بمواصفات عالية، حيث أن أى تغيرات فى خطوات التصنيع كنتيجة للتلوث أو عدم ثبات الخطوات أو الإجراءات يمكن أن يؤدى إلى إختزال الثقة بالمنتج النهائي، وعلى سبيل المثال فإن *Bacillus thuringiensis* يسهل إنتاجه فى مخمرات سائلة، ولكن ظروف الإنتاج تؤثر بقوة فى فعالية المنتج النهائي، ويوضح جدول (٩-١) مستحضرات المبيدات الحشرية المجهزة من البكتيريا وملاحظات استخدامها تجاه الحشرات المستهدفة.

جدول (٩-١): مستحضرات المبيدات الحشرية (المنتجات التجارية)

المجهزة من البكتيريا

نوع البكتيريا واسم المنتج	الحشرات المستهدفة	ملاحظات الاستخدام
Baicllus thuringiensis var *krurstaki (Bt)* باكتيور Bactur، باكتوسبين Bactospeine ديبل Dipel ، فيوتيورا Futura، جافلين Javelin، ثيورسيد Thuricide، توبسيد Topside، نوفوبيوبيت Novo Biobit، تراى باكتيور Tribactur، ورم أتاك Worm Attack	اليرقات الإسطوانية (يرقات الفراشات وأبو دقيقات)	فعالة لليرقات المتغذية على المجموع الخضرى ، وتفقد فعاليتها بسرعة فى ضوء الشمس، وتطبق فى المساء فى الايام الملبدة بالغيوم بالرش المباشر على الأسطح السفلى أو الأوراق ، ولا يتم تدويرها بكثافة فى البيئة، وتتوفر فى صورة مركزات سائلة، مساحيق قابلة للبلل، ومساحيق جاهزة للاستخدام، ومحببات. وتكون فعالة فقط عند هضمها أو دخولها المعدة.
Bacillus thuringiensis var *israelensis (Bt)* باكتيموس Bactimos، موسكيتو أتاك Mosquito Attack، تينكار Teknar، فيكتوباك Vectobac	يرقات البعوض (*Psosophora, aedes*)، الذباب	فعاله تجاه يرقات البعوض فقط لمكافحة بعوض الكيولكس والأنوفليس بمعدلات التطبيق العادية، وتختزل فعاليتها بدرجة كبيرة فى المياه الملوثة أو العكرة، ولا يتم تدويرها بكثافة فى البيئة، وبصفة عامة فإنه يتم تطبيقها بالمناطق الشاسعة

		المصابة بالبعوض والذباب.
Bacillus thuringiensis var- *sandiego* ام-ون M-one ام – تراك M- rack	يرقات خنفساء (كلورادو) البطاطس، بالغات خنافس أوراق الدردار.	فعالة تجاه يرقات خنفساء كلورادو، وخنفساء أوراق الدردار، وكغيرها من الأنواع فإنه يلزم هضمها لتحدث تأثيرها الفعال ، وتتعرض للهدم فى ضوء الاشعة فوق البنفسجية، كما أنه لا يتم تدويرها بكثافة فى البيئة.
Bacillus thuringiensis var- tenebrionis تراى دينت Trident، نوفو دور Novodor	يرقات خنفساء (كلورادو) البطاطس	تقريبا نفس الملاحظات السابقة.
Bacillus thuringiensis var- *aizawai* سيرتان Certan	يرقات فراشة الشمع (دودة الشمع)	تستخدم فقط لمكافحة دودة الشمع التى تصيب خلايا نحل العسل.
Bacillus popilliae & *Bacillus lentimorbus* جابيدميك Jopidemic ، دووم Doom، جريوب أتاك Grub Attack	يرقات الخنفساء اليابانية	فعالة جدا تجاه الخنفساء اليابانية ، و تستمر فعالة لعدة سنوات فى التربة.

٣-٥- المنتجات البكتيرية المستخدمة كمبيدات حيوية

١- بكتيريا *Bacillus sphaericus*

serotype H5a 5b strain 2362

الآفات المستهدفة: أنواع معنية من البعوض بما فيها الناقلة للأمراض.

أماكن الاستخدام: المساكن أو الأماكن التى يعيش فيها البعوض ويضع فيها بيضـــه، مثل تجمعات مياه الأمطار، أنظمة الصرف، المناطق الساحلية أو البحرية، الأجسام المائية العزبة مثل البحيرات ، والقنوات، والمياه المتجمعة بالإطارات والحاويات المنبوذة.

طـــرق التطبيق: يتم مزج المحببات المحتوية على المادة الفعالة بالماء أو مـــواد أخرى ورشها باستخدام آلات الرش الأرضية أو الجوية، ومنتجات المبـــيدات المحـــتوية علـــيها تبقى فعالة لمدة تتراوح بين ١-٤ أسابيع من الرش، وتختلف الفترة تبعا لنوع يرقات البعوض المعاملة، الظروف البيئية، نوعية المياه، والعوامل المتعلقة بالمستحضر المحبب.

٢- توكسينات بكتيريا *Bacillus thuringiensis* Cry IAc Cry 1c المكبسلة (المنقولة) فى بكتيريا *Pseudomonas fluorescens* delta endo toxins

الآفات المستهدفة: يرقات عديدة لأنواع مختلفة من الفراشات.

أمـــاكن الاستخدام: المحاصـــيل الزراعية بما فيها الخضراوات، محاصيل الحقـــل (مثل الذرة والقطن) ، الفواكه والنقل، وبعض الأماكن الأخرى مثل المروج، الغابات ، نباتات وأشجار الزينة، المشاتل.

طـــرق الاســـتخدام: يمكـــن تطبيق المادة الفعالة بعدة طرق، تشمل الرش الـــيدوى، الـــرش الجوى ، وآلات الرش الأرضية، كما يمكن تطبيقها من خلال أجهزة الرى.

٣- ميكروب النوزيما *Nosema locustae*

الآفة المستهدفة: نطاطات الأعشاب، وصراصير الليل.

أماكن الاستخدام: المحاصيل الزراعية، الأعشاب النجيلية، ونباتات الزينة.

طـــرق الاستخدام: منتج المادة الفعالة يجهز فى صورة مسحوق (بودرة) ، يـــتم خلطهـــا مع مواد أخرى مثل الردة لتكون جزء من الطعم، ويتم نشر الطعـــم بالمـــناطق المصـــابة فى صورة صلبة، أو سائلة باستخدام الآلات الأرضية.

٤- توكسينات بكتيريا *Bacillus thuringiensis* delta endo toxins

من سلالات مختلفة مكبسلة لبكتيريا ميتة من

Pseudomonas fluorescens

الآفات المستهدفة: يستخدم توكسين Crylc لسلالة *aizawai* تجاه بعض الفراشـــات خاصـــة ديـــدان ورق القطن الصغرى والفراشة ذات المظهر

الماســـى، كمـــا يستخدم توكسين Cry IAC، Cry IC لنفس السلالة تجاه بعـــض الفراشـــات، والتوكسينات غير المخصصة لسلالة *kurstaki* تجاه بعـــض الفراشات، والتوكسنات غير المخصصة لسلالة *San diago* تجاه بعض الخنافس، وخاصة خنفساء كلورادو.

أماكن وطرق للاستخدام: كما فى المنتج رقم ٢.

٥- بكتيريا *Bacillus thuringiensis*

Subspecies *kurstaki* strain M-200

الآفات المستهدفة: آفات رتبة حرشفية الأجنحة

المحصـــول/ أماكن الاستخدام: أشجار الفاكهة، الفاكهة الأرضية الصغيرة، والخضراوات، أشجار النقل، البرسيم الحجازى، الذرة، القطن، فول الصويا، الفول السوداني، والأعشاب والتوابل.

طـــرق الاســـتخدام: يمكن تطبيق المنتج (Able™) باستخدام آلات الرش الأرضـــية أو الجوية، أو عن طريق الرى الكيميائي باستخدام أنظمة الرى بالرش.

٦- بكتيريا:Bacillus thuringiensis

Subspecies *istaelensis* strain EG2215

الآفات المستهدفة: يرقات البعوض

أمـــاكن الاستخدام: المنتج النهائي مجهز للاستخدام لمكافحة البعوض فى الأمـــاكن المفـــتوحة فقط بما فيها قنوات الرى، المجارى الموجودة بجوانب

الطـــرق، الأحواض والبرك، أحواض الثلج ، المراعي، أحواض المصائد، مـــياه العواصـــف المحتجـــزة ، مياه المد والجزر، المستنقعات المالحة أو أحواض الملاحات، وحقول الأرز.

طـــرق الاســـتخدام: موعد تطبيق المنتج غير معين حيث أنه مسجل فقط للاستخدام الصناعي.

٤- منتجات الفطريات

٤-١- المستحضرات المجهزة من الفطريات

درســـت بعض الفطريات كمواد ممكنة للمكافحة الحيوية للحشرات، ومعظـــم الفطريات التي تم دراستها تشتمل على *Verticillium lecanii* لمكافحة المن، وكل من *Metarhizium flavoviride*، *M. anisopliae* لمكافحة الجراد، و*Lagenidium gigantem* لمكافحة يرقات البعوض، ويمكـــن تطبـــيق الفطـــريات مباشرة على الحشرات كمساحيق قابلة للبل، مســـتحلبات، أو مساحيق تعفير، محسنات للطعوم والمصائد ، أو كمضافات للتربة، وبصفة أساسية فإن المستحضرات تعمل على الحماية من التناقضات البيئـــية الناجمة عن الرطوبة والحرارة، كما أنها توفر الحماية من أضرار الأشـــعة البنفسجية والجفاف، وعلى سبيل المثال فإن أشعة الشمس وبصفة خاصة المحتوية على الأشعة البنفسجية UV-B (فيما بين الأطوال الموجية 280-20nm) مـــن أهم العوامل المحددة لبقاء كونيديا *B.bassiana* على المجمـــوع الخضـــرى، ويمكن تطبيق الممرضات الحشرية تحت الظروف الحقلـــية فى التربة باستخدام الأحجام متناهية الدقة لزيادة كفاءتها وحمايتها مـــن أضـــرار الأشعة فوق البنفسجية، ويمكن إضافة المواد الحاجزة لأشعة

الشمس مثل معدن الطين (الكلاي)، والمركبات الممتصة للأشعة فوق البنفسجية UV-B مثل الينتوبال لمستحضرات اللقاح أو نشا التغليف أو الكبسلة لزيادة البقاء وطول فترة الحياة Shelf-life.

٤-٢- المنتجات الفطرية المستخدمة كمبيدات حيوية

١- فطر *Lagenidium gigantem*

(معزول من يرقات البعوض المنتشرة بالجنوب الشرقي للولايات المتحدة الأمريكية)

الآفات المستهدفة: أنواع معنية من البعوض، بما فيها الناقلة للأمراض.

أماكن الاستخدام: تستخدم فى الأماكن التى لا يتواجد بها أغذية ما عدا حقول الأرز وفول الصويا والمراعي المروية ومنها الأجسام المائية التى يتواجد بها البعوض، ويضع فيها البيض مثل تجمعات مياه الأمطار والعواصف وأنظمة الصرف، والبرك، والاطارات والحاويات الصغيرة التى تتجمع بها المياه، وحواف الأنهار والقنوات.

طرق التطبيق: المنتج المحتوى على جراثيم الفطر تباع فى صورة معلق مائى مركز، يتم تخفيفه عند تحضير محلول الرش قبل التطبيق.

٢- فطر *Metarhizium anisopliae* strain ESC1

الآفات المستهدفة: النمل الأبيض.

أماكن الاستخدام: المباني السكنية والتجارية وغيرها من المنشآت التى تدخل الأخشاب فى بنيتها بما فيها المدارس، البيوت المحمية، وأماكن تداول الغذاء وتخزينه، ويستخدم أيضا فى الأماكن غير المغلقة مثل الأعمدة الخشبية والأسيجة، وغيرها.

طـــرق التطبـــيق: الرش المباشر على النمل المجنح الذى يمكن أن يجلب الفطـــر إلـــى الأعشـــاش وبالتالـــي يصيب الأفراد المتواجدة بها، أو بحقن الأخشاب المصابة من خلال ثقوب يتم عملها باستخدام المثاقب المتاحة.

٣- فطر *Beauveria bassiana* strain GHA

الآفات المستهدفة: بالغات ويرقات العديد من الأنواع الحشرية ، بما فيها الذبابـــة البيضاء، المن، السوس، الثاقبات، نطاطات الأوراق والفراشة ذات المظهر الماسى.

أمـــاكن الاستخدام: خارج وداخل الأماكن المغلقة مثل المراعي المحسنة، الغابات ، الميادين المسيجة ، النباتات الداخلية والمناظر الطبيعية التجارية ، البـــيوت المحمـــية، المـــنازل، المحاصيل بما فيها المروج، نباتات الزينة، والمستخدمة فى التغذية والأعلاف.

طرق الاستخدام: يرش المنتج على النباتات النامية باستخدام الآلات اليدوية والأرضية أو الجوية ، ويمكن تطبيقه أيضا عن طريق أنظمة الرى بالحقول الزراعية الكبيرة.

٤- فطر *Beauveria bassiana* ATCC

الآفات المستهدفة: بالغات ويرقات أنواع حشرية عديدة، بيض يرقات آفات حرشفية الأجنحة مثل الفراشات.

المحصـــول/ أمـــاكن الاســـتخدام: يســـتخدم المنتج على نباتات الزينة، والأعشـــاب النجيلية بالمروج، والمحاصيل الغذائية وغيرها من المحاصيل

النامـــية بالأمـــاكن المفـــتوحة وفـــى البيوت المحمية. والفطر غير مجاز للاستخدام على النباتات (المحاصيل) الموجودة بالمساكن المائية.

طـــرق الاستخدام: يرش المنتج على النباتات النامية باستخدام آلات الرش اليدوية والأرضية أو الجوية.

٥- فطر *Metarhizium anisopliae* strain F52

الآفات المستهدفة: أنواع مختلفة من الخنافس، سوس الجذور، الذباب، التربس بعض أنواع البعوض، والقراد.

المحصول/ أماكن الاستخدام: الأماكن الأرضية للمحاصيل غير الغذائية، بمـــا فـــيها نـــباتات الزينة فى البيوت المحمية، المشاتل، المساكن والأبنية التعليمـــية، المناظر الطبيعية، ولا يستخدم فى الأماكن التى يمكن أن يلوث فيها المياه.

طرق التطبيق: يستخدم بالرش أو الخلط مع بيئة النمو.

٦- فطر *Beauveria bassiana* strain 447

الآفـــات المستهدفة: النمل النارى وغيره من أنواع النمل الموجودة داخل المنازل أو الأماكن المغلقة.

أمـــاكن الاستخدام: الأماكن المتوقع وجود الحشرة بها مثل دورات المياه، وأســـفل المغـــاطس والـــبلاعات وغسالات الملابس، وغيرها، ولا تستخدم محطات الطعوم فى الأماكن التى يمكن أن تتلامس فيها مع الأغذية، أو أى من الأماكن التى يتم فيها تداول الأغذية أو على أوعية وأواني الأغذية .

طـــرق الاستخدام: منتج الفطر مجهز فى داخل محطة طعم ، يتم وضعها فـــى الأمـــاكن غيـــر المصـــنعة للأغذيـــة مع الإلتزام بتعليمات الاستخدام الموضحة بملصق البيانات.

٧-فطر *Paecilomyces fumosoroseus* apopka strain 97

الآفات المستهدفة: الذباب الأبيض، التربس ، المن، والعنكبوت الأحمر.

المحصـــول/ أماكن الاستخدام: يمكن استخدام الفطر على المحاصيل غير الغذائية فقط داخل البيوت المحمية، والأماكن الداخلية.

طـــرق الاستخدام : يتم رش المنتج على الأوراق النباتية، ويتحصل على أفضـــل النـــتائج عند درجة حرارة فيما بين ٢٢-٣٠°م كما يتطلب رطوبة عالية.

٥- منتجات الفيروسات

٥-١- مستحضرات الفيروسات

تم دراسة الفيروسات العصوية Baculoviruses لمكافحة الآفات الحشرية التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة، غشائية الأجنحة، وغمدية الآجنحة، ومن أهم مميزاتها أنها عالية التخصص، لا تهاجم الحشرات النافعة، وذات مقـــدرة علـــى الثـــبات البيئي، إمكانية المكافحة على المدى الطويل للآفات الحشـــرية. ومـــن أمثلـــتها فيروسات البولي هيدروسس النووية (NPVs) والفيروســـات المحبـــبة (GVs). ومـــن بين أهم المحددات لمواد المكافحة

البيولوجية هذه هو الإنتشار البطئ لنشاطها الحيوي، وإنخفاض ثباتها تحت الأشـــعة فـــوق البنفسجية، وصعوبات الإنتاج، وثبات الفيروسات العصوية والتى غالبا ما تعبر عن حيويتها ليست مشكلة معنوية فى التجارب الحقلية الصـــغيرة إذا مـــا كانت الفيروسات قد تم تجميعها من يرقات تم تطريتها وخلطهـــا بالماء وتخزينها لفترات قصيرة مع التبريد، وذلك بالرغم من أن هـــذا النظام لا يعطيها المقدرة على الإنتاج والتطبيق على المستوى الكبير. ومستحضـــرات هذه الفيروسات واحدة من الاتجاهات الهامة لتطوير المنتج ولكنها لم تلقي إهتمام كبير من الباحثين مثل البكتيريا والفطريات.

وبصـــفة عامـــة فإن معظم المستحضرات تم تجهيزها فى صورة مســـاحيق مركـــزة قابلـــة للبلل، والمنتج الحيوي لفيروس البول هيدوسس النووي من دودة ثاقبة الذرة *Helicoverpa zea* والمعروف باسم Elcar يـــتم رشـــه أو بالتجفيف الهوائي بعد التخفيف بأحد المواد الحاملة الخاملة، ومـــن المنتجات المشابهة فيروس البولي هيدورسس النووي لفراشة الغجر *Lymantria dispar* L. (مستحضر جيبشيك Gypchek) ، و التي يتم تجمـــيدها علـــى الجاف وذلك مع الكربوهيدرات أو بالترسيب بالأسيتون. وبعض العوامل مثل الأشعة فوق البنفسجية (وبصفة خاصة التى لها أطوال موجـــية مـــا بين 290-320nm) يمكن أن تقضى على فعالية الفيروس، وهناك بعض مواد الحماية من الأشعة فوق البنفسجية مثل المواد العاكسة أو الممتصـــة التـــى يتم إضافتها للمستحضرات فتعمل على تثبيت الفيروسات، وهـــناك بعـــض الصـــبغات الفعالـــة مثل الياسمين الخضراء، الأكريليدين الصـــفراء، والقلوي الأزرق، والميركيروكروم التي تستخدم كمواد للحماية

من الأشعة فوق البنفسجية وهى تمتص بصفة خاصة أشعة UV-A، وأيضا فإن مواد التلميع الضوئية مثل الفلورسنت والتى يشيع استخدامها فى الصابون، ومساحيق الغسيل، ومواد التليين الصناعية تمتص أشعة الـ UV وأظهرت تأثيرا معنويا فى التقليل من الهدم الضوئي للـ NPVs وتعزز نشاطها الحيوى.

٥-٢- منتجات الفيروسات المستخدمة كمبيدات حيوية

١- فيروس البولي هيدروسس النووى لدودة ورق القطن الصغرى

Spodoptera exigua NPV

الآفات المستهدفة: دودة ورق القطن الصغرى .

المحصول/ أماكن الاستخدام: خضراوات متنوعة، نباتات الزينة، بعض المحاصيل الأخرى مثل القطن، الذرة، والفول السودانى .

٢- فيروس البولي هيدروسس النووى لنطاط النجيل

Anagrapha falcifera NPV

الآفات المستهدفة: نطاط النجيل والكرنب ، ديدان اللوز.

المحصول/ أماكن الاستخدام:الحقول والبيوت المحمية، المنتجات الغذائية الزراعية الخام، نباتات الزينة.

٣- فيروس البولي هيدروسس المحبب لفراشة (الكودلنج) دودة ثمار التفاح

Cydia pomonella GV

الآفات المستهدفة: فراشة (الكودلنج) دودة ثمار التفاح.

المحصول/ أماكن الاستخدام: التفاح ، الكمثرى، وشجر الجوز.

٤- فيروس البولي هيدروسس النووى لدودة كيزان الذرة

Helicoverpa zea NPV

الآفات المستهدفة: دودة كيزان الذرة، دودة براعم التبغ (الدخان).

المحصول/ أماكن الاستخدام:خضروات متنوعة، نباتات الزينة المختلفة، وغيرها من المحاصيل.

٥- فيروس البولي هيدروسس النووى لفراشة الغجر

Lymantria dispar NPV

الآفات المستهدفة: فراشة الغجر

المحصـــول/ أماكن الاستخدام: أشجار الغابات، نباتات الزينة أو الأشجار بالأماكن الخاصة.

obeikandi.com

٦- فيروس البولي هيدروسس المحبب لفراشة الطحين الهندية

Plodia interpunctella GV

الآفات المستهدفة: فراشة الطحين (الدقيق) الهندية.

المحصول/ أماكن الاستخدام: النقل والفاكهة المجففة قبل التعبئة، أماكن إعداد وتصنيع، وتعبئة وتخزين النقل والفاكهة المجففة.

٦- طرق توصيل منتجات المكافحة الحيوية المجهزة

يجب أن يكون توصيل المنتجات الحيوية بطريقة سهلة، اقتصادية، فعالة، متزامنة مع مكان التأثير المناسب (متزامن لوضع التأثير المناسب)، ومتوافقة مع الآلات والإجراءات الزراعية الشائعة، وبصفة عامة فإن تجهيزات الميكروبات يمكن توصيلها للبذور، الدرنات، أجزاء التكاثر، البادرات، الشتلات، النباتات الناضجة (الكاملة)، أو التربة من خلال معاملة البذور، التربة أو النبات.

٦-١- معاملة البذور

يمكن تحقيق الحماية الملائمة للبذور المنبتة والبادرات تجاه الأمراض من خلال توصيل المبيدات الفطرية الحيوية بطريقة تسمح للكائن الحي (الممرض) لاستعمار المنطقة الجذرية النامية ومنطقة النمو الجذرية بتركيزات كافية لقمع وإخماد الممرض، ويمكن استخدام المواد الحيوية بالتغليف أو التغطية المسبقة للبذور، الخلط مع البذور أثناء الزراعة، التطبيق فى أخاديد، أو الخلط مع التربة أو مهاد البذرة. وعادة ما يتم تغطية

obeikandl.com

البذور باستخدام مستحضرات مساحيق جافة أو زيت وسوائل لها أساس من البوليمـــر مع ميكروبات ساكنة وهى تمكنها من البقاء خلال فترة الجفاف، وتستخدم المضافات مثل صمغ الزانثان والصمغ العربي فى بعض الأحيان لزيادة التصاق المنتج الميكروبي بالبذور، وخطوات تغطية البذور المعروفة بتغلـــيف الـــبذرة تتضمن تغليف البذور بالميكروب، ومن الممكن مكونات أخرى مثل المبيدات أو المغذيات الدقيقة فى صورة جيلاتين أو قالب جيل، ومـــن الناحـــية النظرية فإن ذلك يطيل بقاء المواد الميكروبية على البذور، ومن المنتجات الشائعة لتغليف البذور الـــ GEL-COAT™ وهو عبارة عـــن تجهيز هيدروجيلاتينى مسجل لتوصيل النيماتودا الممرضة للحشرات. وطـــريقة التوصيل بتغليف البذور لها مميزات جيدة من حيث الأمان تجاه المستخدم وتعمل على الحد من الضرر البيئي، إذا ما كانت المادة الفعالة قد تم ختمها أو سدت بإحكام حتى موعد انفرادها أثناء إنبات البذور. وتتضمن العـــوامل التـــى يجب أخذها فى الاعتبار عند اختيار المستحضر المناسب لتغطية البذور كثافة اللقاح على البذور، ثبات الغطاء، سلامة مادة التغطية، وملائمة تكاليف الإنتاج ويمكن تطبيق مستحضرات مساحيق التعفير الدقيقة، والمســـاحيق، والمساحيق القابلة للبلل أو السوائل على البذور مع أو بدون مـــواد لاصـــقة وقت الزراعة، والتوصيل وقت الزراعة يضمن عادة عدد عالـــي مـــن الميكروبات الحية، كما أنه ربما يسمح للمزارع بتطبيق المنتج مباشـــرة على صندوق الزراعة Planter box، ومن أهم معوقات طريقة التوصـــيل هذه الاختلافات الممكنة فى الكفاءة الناشئة عن قابلية المزارعين لتطبيق معاملات البذور بطريقة سليمة، وأيضا الإجهاد الزائد للمزارعين.

٦-٢- معاملة التربة

يمكـن تطبـيق مواد المكافحة الحيوية بالتربة إذا ما كانت معاملة الـبذور إجـراء غيـر عملي، أو إذا ما كان التلقيح المباشر للبذور ضار بالميكروب بسبب الجفاف أو نتيجة لوجود مركبات مثبطة. ومعاملة التربة تكـون الأكثر فعالية إذا ما تم تطبيق المواد كمعاملة بعد التدخين أو التبخير (Post fumigation treatment) أو وقـت الزراعة. وفى التربة المعقمة أو مخالـيط الـنمو فإن الاستعمار بالممرض يمكن اختزاله بتوطيد عشيرة عالية من مادة المكافحة الحيوية. ويؤدي ذلك لتربة قامعة تجعل الاستعمار التالـي بواسطة الكائنات الحية الأقل نفعا صعبا. ويمكن إجراء تغطية عامة أو خلـط التـربة بكـل مـن مستحضـرات مساحيق التعفير، المساحيق، والمحبـبات، وبالنسـبة للمساحيق القابلة للبلل، والمحببات القابلة للانتشار بالماء، والمستحضرات السائلة فإنه يمكن توصيلها فى الأخاديد. وقد يكون التطبـيق علـى التربة طريقة مفيدة لمكافحة أجزاء التكاثر الساكنة بالتربة (خـلال فتـرة الشـتاء)، وعلى سبيل المثال فإن منتج CONTANS وهو مستحضـر محـبب قابـل للنشر بالماء مجهز من فطر *Conithyrium minitans* ويـتم خلطـة بالتـربة لتقلـيل أعداد الأجسام الحجرية لفطر *Scleratinia sclerotiorum*، وبالنسبة للمحاصيل المنزرعة فى البيوت المحمـية فإنه يتم أيضا توصيل مواد المكافحة الحيوية للتربة أو بيئة النمو بطـريقة بسـيطة بواسـطة الحقن المباشر مع نظام الري، وهذا النوع من التوصـيل لـه مـزايا حيث أنه يعد طريقة جيدة للمكافحة الدقيقة باستخدام التركيـزات والأحجـام الكلية للمعلق الميكروبي الذي يتم تطبيقه، كما أنها

تحـــتاج لأقل قدر من العمالة لمعاملة أعداد كبيرة من النباتات. وأيضا فإن المعاملة المتعددة (المتكررة) للمحصول يمكن تحقيقها من خلال توظيف أو اســـتخدام أجهـــزة الري. والمعوق الوحيد لهذا النوع من نظام التوصيل أنه يحـــتاج إلـــى آلـــة حقن خاصة، ويكون غير مؤثر على التكلفة إذا ما كان المـــزارع يمـــتلك آلـــة حقـــن الأســـمدة السائلة. وقد أظهرت بكتيريا الـــ *Pseudomonas* الفلوروســـنيتية المستعمرة للجذور المقدرة على النمو علـــى قـــش الشـــعير والقمـــح، ممـــا أقترح معه إمكانية استخدام مخلفات المحاصـــيل المتبقية تحت الظروف الدنيا للحرث أو بدون الحرث كطريقة لتوصـــيلها كملقحات ميكروبية، وتطبيق العشائر المستعمرة بأعداد مناسبة ($١٠^{٦}$ وحـــدة مســـتعمرة/ جرام) لكل جرام قش على مخلفات الشعير يمكن معه استرجاع أو استعادة نشاطها فى العام التالي وتكون قادرة على استعمار جـــذور القمـــح الشـــتوي فـــى عام التطبيق. وبصفة عامة فإن العشائر أو المســـتعمرات البكتيرية مع المحاصيل التى لا تحرث بذورها تكون أفضل مـــن المحاصيل العادية، مما يشير إلى أن أنظمة الاستزراع يمكن أن تؤثر علـــى فعالية وبقاء لقاحات التربة الميكروبية. ومن أهم العوامل التى يجب أخـــذها فـــى الاعتبار عند مواصلة التطبيق على بقايا المحصول تتمثل فى إضـــافة مـــواد الحمايـــة مـــن الأشعة فوق البنفسجية، ومضادات الجفاف للمستحضـــر، وتطبـــيق اللقـــاح على مخلفات المحصول لتعظيم منافع هذه الـــبقايا، والتـــى يمكن أن تحمي البكتيريا من التناقضات أو الاختلافات فى الحرارة والرطوبة.

٦-٣- معاملة النباتات

يمكـن أن تطـبق منـتجات المكافحة الحيوية على جذور النبات، والجـروح، والمجموع الخضري بواسطة التبليل والغمر أو الرش. ويمكن تطبـيق البكتيريا المجهزة مباشرة على الجذور بالغمر أو التبليل ، وجراثيم المبيد الفطري الحيوي *Phelbia gigantea* بالمعلقات المائية يمكن دهانه بفرشـاة علـى جدعـة أو أصـول الأناناس حديـثة القطع لمنع دخول *Heterobasidion annosum*، وبـذلك يمكن حماية الجروح المعرضة، ويؤدى خلط الجراثيم بالزيت المستخدم فى تليين سن المنشار إلى توصيلها فى نفس الوقت الذى يتم فيه حصاد الشجرة. ويتوقف استخدام مستحضرات البكتـريا أو الفطريات لرش المجموع الخضري تبعا للمحصول الذى سيتم معاملته، والآفة المستهدفة ، ونظام التوصيل المتوقع، وتعتبر مستحضرات السـوائل والعجـائن مـن أشهر المستحضرات المستخدمة لرش المجموع الخضـري، وعادة ما يتم إعداد العجائن من المستحضرات التي لها أساس مـن المـواد الحاملة أو الجافة، وتعمل المواد المستحلبة، المفرقة، اللاصقة وغيـرها من المواد المساعدة والمضافة على نشر ولصق الميكروب على أسـطح النـباتات كما أنها تحميها من الظروف البيئية السيئة مثل الجفاف، ودرجة الحموضة غير المناسبة، والأشعة فوق البنفسجية، وهناك عدد كبير مـن آلات وطرق التطبيق المتاحة لتطبيق المبيدات الكيماوية وتشمل الرش بـالحجم الكبيـر (1000L/ha) والحجـم المتوسط (350L/ha)، والحجم المنخفض إلى المنخفض جدا (150L/ha) والحجم المتناهي فى الدقة (ha/ 0.5-3.1) والتـى تحكـم القطرة المطبقة، والرش الاستاتيكى، وإذا ما تم

تطبـــيق مواد المكافحة الحيوية باستخدام نفس الطرق فإنه يجب أن تتصف المستحضـــرات بخواص فيزيقية ضرورية، أهمها التوتر السطحى ولزوجة المعلق وهي من العوامل الهامة فى اختزال حجم القطرة وتوزيعها ، وهناك أمثلة لتطبيقات ناجحة لمواد المكافحة الحيوية باستخدام طرق رش مختلفة ، وعلـــى سبيل المثال فإن منتجات الـــ *Bt* يتم تطبيقها على محاصيل عديدة باســـتخدام طرق الرش المعتادة ، كما أن المستحضرات السائلة ذات الحجم المتناهـــي فـــى الدقة عالية التركيز من منتجات الـــ *Bt* تستخدم أيضا فى مكافحـــة الآفـــات الحشـــرية علـــى بعض المحاصيل مثل القطن والموز، ولمكافحـــة ديـــدان بـــراعم البيسســـية علـــى مساحات كبيرة من الغابات الصـــنوبرية، كما أن الرش بالحجم المنخفض للرشاشات الاليكتروستاتيكية الدوارة فى تطبيق الفطر *Verticilium lecani* الممرض للحشرات يعطي مكافحة ناجحة لمن القطن *Aphis gossypii* ، وبالإضافة لذلك فإن أجهزة الـــرش بالحجم المتناهي فى الدقة مثل الرشاشات القرصية سريعة الدوران ينتشر استخدامها حاليا لتطبيق الفيروسات العصوية فى الغابات.