

الفصل التاسع

المبيدات الحيوية - المبيدات الميكروبية

المبيدات الحيوية- المبيدات الميكروبية

١- المبيدات الحيوية

المبيدات الحيوية Biopesticides نوع من مبيدات الآفات، وهي منتجات من مواد طبيعية غالبيتها ذات أصل حيواني، نباتي، أو ميكروبي، والبعض منها من مواد أو عناصر طبيعية أخرى، وتقع المبيدات الحيوية في ثلاثة مجموعات رئيسية هي المبيدات الميكروبية Microbial pesticides، ومواد الحماية المندمجة بالنبات. (PIPs) Plant Incorporated (مبيدات النباتات المهندسة وراثيا Transgenic plant pesticides) والمبيدات البيوكيميائية Biochemical pesticides، ومعظم المبيدات الحيوية المستخدمة في مكافحة الآفات بالزراعات العضوية تابعة 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 مكافحة أنواع عديدة من الآفات، بالرغم من أن كل مادة فعالة منها تكون ذات تخصص نسبي تجاه آفة أو آفات مستهدفة معينة، وعلى سبيل المثال فإن هناك مبيدات فطرية حيوية تستخدم في مكافحة بعض أنواع الأعشاب، ومبيدات فطرية أخرى تستخدم تجاه حشرات معينة، والمبيدات الميكروبية الأكثر انتشارا واستخداما في التطبيق على نطاق واسع مجهزة من تحت أنواع وسلالات بكتيريا *Bacillus thuringiensis (Bt)*، وكل سلالة من هذه البكتيريا تنتج مخلوط من بروتينات مختلفة، وهي متخصصة في قتل

نوع أو عدد قليل من الأنواع المتقاربة من يرقات الحشرات، وهي تستخدم في 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* منتج لبروتين يمكن أن يرتبط بالمستقبل الحيوي في 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 في نفس الوقت الذي تتزايد فيه كمية التجهيزات المستحضرة منها. وتشير تقارير هيئة حماية البيئة الأمريكية EPA على أنه في نهاية عام ٢٠٠١ قد تم تسجيل حوالي ١٩٥ مادة فعالة للمبيدات الحيوية، وأن هناك حوالي ٧٨٠ منتجاً لها تسويق تجارياً للاستخدام على المستوى المحلي.

٢- مستحضرات المبيدات الحيوية

هناك عدد كبير من العوامل التي 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 المحلي، تكاليف الإنتاج، وذلك بالإضافة لعدد من التحديات التقنية المتعلقة بأنظمة التخمر

Fermentation، والتجهيز **Formulation** والتوصيل **Delivery**. ولا شك أن إختيار المستحضرات **Formulations** المناسبة التي يمكنها أن تحسن من ثبات المنتج ومقدرته على البقاء يؤدي إلى الإقلال من تضارب النتائج وفعالية الأداء الحقلّي للعديد من مواد مكافحة البيولوجية، وقد ثبت أن التقدم البطيء في أبحاث أنظمة التجهيزات (المستحضرات) والتوصيل شكّل عقبة رئيسية في تطوير مواد مكافحة 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، وأيضاً المعلومات المتعلقة بالتجهيزات الخاصة بمواد حيوية أخرى للمكافحة النيماتودا.

وحيث أن المزارعين قد يكونوا غير مستعدين لاستخدام آلات جديدة لتطبيق منتجات مكافحة البيولوجية، فإن المواد الحيوية يجب أن تجهز في صورة منتج يتوافق مع الآلات وإجراءات أو عمليات الإدارة المزرعية الشائعة أو المعتادة، ويعنى ذلك توافقها مع طرق مكافحة الأخرى وفي نفس الوقت مع أنظمة التطبيق الحقلية، ويعتبر ذلك من المتطلبات الهامة لنجاح منتجات مكافحة البيولوجية وقبول وأقلمة التقنيات الحديثة. ومن المعروف أن هناك بعض الأسباب التي تجعل من مواد مكافحة الحيوية محدودة النجاح تسويقياً، ومنها صعوبة الإنتاج، الحساسية للأشعة فوق البنفسجية والجفاف، وحاجتها لرتوبة عالية لإحداث الإصابة، الأداء غير الكافي (نقص الأداء) تحت الظروف البيئية الواسعة، ونقص التجهيزات

المناسبة، والمستحضرات والتجهيزات التي 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 مكافحة الحيوية للمجموع الخضري أو معاملة التربة، ومن أهم العوامل البيئية المؤثرة فى مواد مكافحة الحيوية للمجموع الخضري الحرارة، الرطوبة الحرة أو فترة الإبتلال (الندى)، والحماية من الأشعة فوق البنفسجية والجفاف، أما مواد مكافحة لحيوية للتطبيق بالتربة فإن العوامل المؤثرة تتمثل فى الخواص الفيزيائية والكيمائية للتربة، الرطوبة، الحرارة، وذلك بالإضافة للتنافس الميكروبي، وهناك حاجة لأن تؤخذ هذه المعايير فى الاعتبار 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 لوحدة التكاثر لفترات طويلة.

٣- منتجات البكتيريا

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

اكتشفت بكتيريا باسيلس ثورنجينسيس *Bacillus thuringiensis* لأول مرة باليابان عام ١٩٠١ بواسطة Ishawata، ثم في 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 فردي على أحد البلازميدات في البكتيريا (Whalon & McGaughey, 1998)، ويختلف النشاط الإبادي للتلوكسين حسب سلالة الـ *Bt*، ومع ذلك فإن هناك مجموعة من توكسينات الـ *Bt* التي تؤثر على أنواع متباينة من حشرات رتبة غمديه الأجنحة (الخنفس) Coleoptera، رتبة حرشفية الأجنحة (الفرشات وأبو نبيقات) Lepidoptera، ورتبة ذات الجناحين (السذاب 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 تخصيصاً على بعض الحشرات الضارة، ولهذا فإنها تكون أكثر أماناً على غالبية الحشرات النافعة والحيوانات الأخرى، وبالإضافة لذلك فإن توكسينات الـ *Bt* قابلة للهدم أو التحلل الحيوي وليس لها ثبات في البيئة (Van fran kenhuizen, 1993). وقد استخدمت الـ *Bt* كمبيد تجارى

لأول مرة في 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 ويزيد 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 جزئى بروتينى متبلور كبير ، وأنه عند تناول أو هضم الحشرات الحساسة للبلورات فإنها تذوب بالمعى الأوسط للحشرة وتتفرد البروتوكسينات الأولية (حجم ١٤٠ كيلو دالتون) حيث تتعرض للتحلل البروتينى متحولة إلى جزيئات سامة أقل حجماً، وعندئذ فإن البروتين السام يرتبط بمستقبلات خاصة بالخلايا الطلائية للمعى الأوسط ، وتظهر القنوات التقبية أو الأيونية بالأغشية الخلوية، ويتسبب ذلك فى اضطراب التوازن الخلوى ويسبب إنتفاخ الخلايا وتحللها، وينتج عن هذه التأثيرات شلل المعى الأوسط للحشرة

والفكوك ، ولذا فإن موت الحشرة يحدث بفعل الجوع والتسمم الدموي، وبصفة عامة فإن التغيرات التركيبية الدقيقة وموعد ظهور أو حدوث التسمم يختلف تبعاً لنوع الحشرات وأيضاً تبعاً لنوع التوكسين (Cry 1 toxin).

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

يوجد ٣٤ تحت نوعاً تم تعريفه من بكتيريا الـ *Bt*، وأكثرها إنتشاراً من حيث الاستخدام تحت نوع *Krustaki* (ويستخدم ضد رتبة حرشفية الأجنحة)، *Israelensis* (ضد رتبة ذات الجناحين خاصة الذباب والبعوض)، و *Tenebrionis* (ضد خنفساء كلورادو)، وهناك مجموعتين رئيسيتين لبلورات البروتينات المبيدة للحشرات التي تم تعريفها لهذا المدى الواسع من تحت الأنواع ، هما الـ *Cyt* (Cytolysin)، *Cry* (Crystal) *delta-endotoxins* ، وقد عرف *Hofte & Whitely, 1989* أربع صفوف لجينات الـ *Cry*، وصفين لجينات *Cyt*. وهناك ١٤ جينا لبلورات البروتين لها قدرة متميزة، منها ١٣ متخصصة قريبة الارتباط لعائلة بروتينات مبيدة للحشرات (بروتينات *Cry*) ، وهي تنقسم إلى ٤ صفوف رئيسية على الأقل ، وبعض التحت صف، وتتميز بالنشابه التركيبي والمقدرة الإبادية الحشرية للبروتينات المشفرة، والصفوف أو الأقسام الرئيسية خاص برتبة حرشفية الأجنحة (I) ، حرشفية الأجنحة وذات الجناحين (II) ، غمدية الأجنحة (III)، وذات الجناحين (IV)، أما جينات الـ *Cyt* فهي فعالة تجاه آفات حشرية من رتبة ذات الجناحين، وغمدية الأجنحة، وبالإضافة لذلك فقد أظهرت تأثيراً تجاه البق الحقيقي (رتبة نصفية الأجنحة) والصراصير والنمل الأبيض، وتوكسينات الـ *Cyt* لا تشبه الـ

Cry من حيث ارتباطها بمستقبلات خاصة بالمعي الأوسط للحشرة. وبلورات البروتينات الـ Cry الخاصة برتبة حرشفية الاجنحة أكثرها توصيفا، ويعرف منها ٢٠ بروتين مختلف (Cry I) يمكن تقسيمها لست جينات مختلفة هي (a) Cry IA، (b) Cry IA، (C) Cry IA، Cry IB، Cry IC، Cry ID، وهي تحتوى على الأحماض الأمينية ١١٧٦، ١١٥٥، ١١٧٨، ١٢٠٧، ١١٨٩، ١١٦٥ على الترتيب، والـ ٢٠ جينا هذه تبلغ من ١٣٠-١٤٠ كيلو دالتون (KDa)، وهي تتراكم أثناء تجرثم الـ Bt، وهذه البروتينات عبارة عن توكسينات تذوب في الوسط القلوى وتتحلل بواسطة البلورات المصاحبة أو الإنزيمات البروتينية للمعي الأوسط لليرقة متحولة إلى شظايا أو جزيئات بروتينية من ٦٠-٧٠ كيلو دالتون، هناك سلالات من الـ Bt تنتج بعض البلورات البروتينية المختلفة فى وقت واحد لها نفس البلورات أو أنها تكون متشابهة جدا، وتظهر فى سلالات لتحت أنواع Subspecies مختلفة.

٣-٤ - المستحضرات المجهزة من البكتيريا

يجرى الإنتاج الكبير للبكتيريا بصفة عامة باستخدام خطوات التخمير للسوائل بالتتك العميق (Deep tank liquid fermentation)، وذلك بالرغم من أنه قد يكون فى بعض الحالات أسهل بالتخمير شبه الصلب أو الصلب، والمكونات الغذائية فى بيئة التخمير وظروف النمو تعتبر حيوية لكل من الإنتاج الحيوي (الكتل الحيوية) ونتاج التمثيل الثانوي، ويجب أن تكون مكونات بيئة النمو رخيصة وأن تكون متاحة فعلا، وعادة فإن تطوير 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)، وأيضاً فإن تجهيزات المبيدات الحيوية تلعب دوراً رئيسياً في 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 أيضاً (تمثيلية) ويعمل ذلك على إكسابها حياة أطول، ومقاومة أكثر للتقلبات الحرارية والمبيدات الكيماوية، وبالرغم من أن هذه المستحضرات قد تكون أغلى ثمناً وتحتاج لفترات كمون قبل أن تنشط نواتجها أيضاً لتظهر تأثيراتها النافعة، ومن ناحية أخرى فإن بعض المستحضرات قد تحتوى على خلايا نشطة تكون أكثر مقاومة للتقلبات الحرارية، وأقل توافقاً 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 مائى، بوليمر، أو مخلوط منهما. وتحتاج المستحضرات ذات الأساس المائى لبضع خطوات عنها من تخمرات البكتيريا 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 في 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 في 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 في صورة سائلة زيتية (أساس زيتي، أو بوليمر) في حين أن أعضاء التكاثر ذات النواتج النشطة يمكن تجهيزها سائلة في أساس مائي. ويمكن إنتاج المستحضرات الجافة، كمساحيق قابلة للبلل، مواد انسيابية جافة، ومحبيبات (بما فيها المحبيبات القابلة للبلل) وذلك كمواد للتطبيق التجفيفي، التجميد التجفيفي، التجفيف الهوائي وذلك باستعمال أو بغير استعمال أساس (قاعدة) مائعة أو سائلة. وتنتج المساحيق والمحبيبات الجافة بإضافة مواد لاصقة، مفرقة، مبللة وماء لبودرة التخمير الجافة (مادة التخمير المسحوق الجافة) بجهاز التحبيب، وخطوات التصنيع الإضافية في إنتاج المستحضرات الجافة تزيد من تكاليف التصنيع، ولكنها تختزل مصاريف الشحن لأنها تكون أخف وزنا. ومعظم المستحضرات الجافة تحتوي 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 في حالة فسيولوجية سليمة، ومن بين كل المكونات التي يصنع منها

المستحضر فإن المادة الحاملة تحل (تسغل) الحجم الأكبر، وعليه فإنها غالباً ما تعمل كمسادة ناشرة، والمواد الحاملة المناسبة تكون رخيصة، سهلة التعقيم، غير سامة وثابتة من حيث المواصفات الفيزيائية، وعلاوة على ذلك فإنه يجب التأكد من أن المادة الحاملة تعمل على التوزيع الملائم للبكتيريا وفي نفس الوقت على حمايتها من الظروف البيئية الضارة. والمواد الأخرى التي يتم إضافتها مع البكتيريا هي التربة الدياتومية، المواد اللاصقة، مثل بودرة التلك والفيرميكليت، ومشتقات السليلوز (مثل الكربوكسي-ميثيل-سليلوز)، وغيرها من البوليمرات مثل صمغ الزنثان، والتقنيات المستخدمة في تجميد البكتيريا باستعمال البوليمرات مثل البولي اكريلاميد، وجينات الصوديوم وهي متاحة تجارياً، لكن الهدرجة والانفراد البطيء للمادة الفعالة يعتبر من أكبر العوائق لهذه التقنية، وتنجح الجينات (Alginate) في تجهيز عديد من أنواع البكتيريا بما فيها *Pseudomonas spp* ، والمواد الحاملة مثل البيركس (Pyrax) أو نخالة القمح المسحوق التي تكون كقاعدة للإمداد الغذائي حيث يتم خلطها مع الكتلة الحيوية للبكتيريا والجينات. وهناك بعض منتجات الـ *Bt* التي تم تطويرها باستخدام تقنية إعادة صياغة DNA (Recombinant DNA) وهناك منتج يتوفر في الولايات المتحدة هما *M-Track™* ، *MVP™* وقد وتم تطويرهما باستخدام أحد الطرق المتقدمة لتصنيع الكبسولات ، والخطوات التصنيعية لهذه الطريقة يتم فيها إزالة الجين المعبر عن بروتين دلتا إندوتوكسين من الـ *Bt* مندمجاً في البلازميد (البلازما) ، وإدخاله في عزلات الـ *Pseudomonas fluorescens* والخلايا المعاد صياغتها هذه يجرى تنميتها في مزارع هوائية وتستحث للتعبير عن دلتا-أندوتوكسين قبل قتلها بالتسخين أو من خلال المعاملات

الكيميائية، والخلايا البكتيرية الميتة في 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 (10^7 cfu) في حبيبة حجمها 6mm، ويتم تعليق البكتيريا في مرقة مغذية تقلل من تأثير الضغط الغذائي، وإقترح أن هذا النظام يمكن من تجهيز العديد من المواد أو السلالات الميكروبية (في شكل كوكتيل مخلوط)، ومراقبة الجودة الصارمة في كل خطوات التصنيع ضرورية لإنتاج تجهيزات بمواصفات عالية، حيث أن أى تغيرات في خطوات التصنيع كنتيجة للتلوث أو عدم ثبات الخطوات أو الإجراءات يمكن أن يؤدي إلى إختزال الثقة بالمنتج النهائي، وعلى سبيل المثال فإن *Bacillus thuringiensis* يسهل إنتاجه في مخمرات سائلة، ولكن ظروف الإنتاج تؤثر بقوة في 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

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

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

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 التي يعيش فيها البعوض ويضع فيها بيضه، مثل تجمعات مياه الأمطار، أنظمة الصرف، المناطق الساحلية أو البحرية، الأجسام المائية العزبة مثل البحيرات، والقنوات، والمياه المتجمعة بالإطارات والحاويات المنبوذة.

طرق التطبيق: يتم مزج المحبيبات المحتوية على المادة الفعالة بالماء أو مواد أخرى ورشها باستخدام آلات الرش الأرضية أو الجوية، ومنتجات المبيدات المحتوية عليها تبقى فعالة لمدة تتراوح بين ١-٤ أسابيع من الرش، وتختلف الفترة تبعاً لنوع يرقات البعوض المعاملة، الظروف البيئية، نوعية المياه، والعوامل المتعلقة بالمستحضر المحبب.

٢ - توكسينات بكتيريا *Bacillus thuringiensis* Cry IAc Cry 1c

delta endo toxins (المنقولة) في بكتيريا

Pseudomonas fluorescens

الآفات المستهدفة: يرقات عديدة لأنواع مختلفة من الفراشات.

أماكن الاستخدام: المحاصيل الزراعية بما فيها الخضراوات، محاصيل الحقل (مثل النرة والقطن) ، الفواكه والنقل، وبعض الأماكن الأخرى مثل المروج، الغابات ، نباتات وأشجار الزينة، المشاتل.

طرق الاستخدام: يمكن تطبيق المادة الفعالة بعدة طرق، تشمل الرش اليدوي، الرش الجوى ، وآلات الرش الأرضية، كما يمكن تطبيقها من خلال أجهزة الري.

٣- ميكروب النوزيما *Nosema locustae*

الآفة المستهدفة: نطاطات الأعشاب، وصراصير الليل.

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

طرق الاستخدام: منتج المادة الفعالة يجهز فى صورة مسحوق (بودرة) ، يتم خلطها مع مواد أخرى مثل الردة لتكون جزء من الطعم، ويتم نشر الطعم بالمناطق المصابة 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 الفراشات خاصة ديدان ورق القطن الصفرى والفراشة ذات المظهر

الماسى، كما يستخدم توكسين Cry IAC، Cry IC لنفس السلالة تجاه بعض الفراشات، والتوكسينات غير المخصصة لسلالة *kurstaki* تجاه بعض الفراشات، والتوكسينات 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

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

طرق الاستخدام: يمكن تطبيق المنتج (Able™) باستخدام آلات الرش الأرضية أو الجوية، أو عن طريق الري الكيميائي باستخدام أنظمة الري بالرش.

٦ - بكتيريا: *Bacillus thuringiensis*

Subspecies *istaelensis* strain EG2215

الآفات المستهدفة: يرقات البعوض

أماكن الاستخدام: المنتج النهائي مجهز للاستخدام لمكافحة البعوض فى الأماكن المفتوحة فقط بما فيها قنوات الري، المجارى الموجودة بجوانب

الطرق، الأحواض والبرك، أحواض الثلج ، المراعي، أحواض المصائد، مياه العواصف المحتجزة ، مياه المد والجزر، المستنقعات المالحة أو أحواض الملاحات، وحقول الأرز.

طرق الاستخدام: موعده تطبيق المنتج غير معين حيث أنه مسجل فقط للاستخدام الصناعي.

٤- منتجات الفطريات

٤-١- المستحضرات المجهزة من الفطريات

درست بعض الفطريات كمواد ممكنة للمكافحة الحيوية للحشرات، ومعظم الفطريات التي تم دراستها تشتمل على *Verticillium lecanii* لمكافحة المن، وكل من *Metarhizium flavoviride*، *M. anisopliae* لمكافحة الجراد، و *Lagenidium giganteum* لمكافحة يرقات البعوض، ويمكن تطبيق الفطريات مباشرة على الحشرات كمساحيق قابلة للبلل، مستحلبات، أو مساحيق تعفير، محسنات للطعوم والمصائد ، أو كمضافات للتربة، وبصفة أساسية فإن المستحضرات تعمل على الحماية من التناقضات البيئية الناجمة عن الرطوبة والحرارة، كما أنها توفر الحماية من أضرار الأشعة البنفسجية والجفاف، وعلى سبيل المثال فإن أشعة الشمس وبصفة خاصة المحتوية على الأشعة البنفسجية UV-B (فيما بين الأطوال الموجية 280-20nm) من أهم العوامل المحددة لبقاء كونيديا *B.bassiana* على المجموع الخضري، ويمكن تطبيق الممرضات الحشرية تحت الظروف الحقلية في التربة باستخدام الأحجام متناهية الدقة لزيادة كفاءتها وحمايتها من أضرار 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 giganteum*

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

الآفات المستهدفة: أنواع معينة من البعوض، بما فيها الناقلة للأمراض. أماكن الاستخدام: تستخدم في الأماكن التي لا يتواجد بها أغذية ما عدا حقول الأرز وفول الصويا والمراعي المروية ومنها الأجسام المائية التي يتواجد بها البعوض، ويضع فيها البيض مثل تجمعات مياه الأمطار والعواصف وأنظمة الصرف، والبرك، والاطارات والحاويات الصغيرة التي تتجمع بها المياه، وحواف الأنهار والقنوات. طرق التطبيق: المنتج المحتوي على جراثيم الفطر تباع في صورة معلق مائي 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 التي تدخل الأخشاب في بنيتها بما فيها المدارس، البيوت المحمية، وأماكن تداول الغذاء وتخزينه، ويستخدم أيضا في الأماكن غير المغلقة مثل الأعمدة الخشبية والأسيجة، وغيرها.

طرق التطبيق: الرش المباشر على النمل المجنح الذي يمكن أن يجلب الفطر إلى الأعشاش وبالتالي 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 الذبابة البيضاء، المن، السوس، الثاقبات، نطاطات الأوراق والفراشة ذات المظهر الماسي.

أماكن الاستخدام: خارج وداخل الأماكن المغلقة مثل المراعي المحسنة، الغابات ، الميادين المسيجة ، النباتات الداخلية والمناظر الطبيعية التجارية ، البيوت المحمية، المنازل، المحاصيل بما فيها المروج، نباتات الزينة، والمستخدمة في التغذية والأعلاف.

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

٤- فطر *Beauveria bassiana* ATCC

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

المحصول/ أماكن الاستخدام: يستخدم المنتج على نباتات الزينة، والأعشاب النجيلية بالمروج، والمحاصيل الغذائية وغيرها من المحاصيل

النامية بالأمكان المفتوحة وفي البيوت المحمية. والفطر غير مجاز للاستخدام على النباتات (المحاصيل) الموجودة بالمساكن المائية. طرق 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، بما فيها نباتات الزينة في البيوت المحمية، المشاتل، المساكن والأبنية التعليمية، المناظر الطبيعية، ولا يستخدم في الأماكن التي يمكن أن يلوث فيها المياه.

طرق التطبيق: يستخدم بالرش أو الخلط مع بيئة النمو.

٦- فطر *Beauveria bassiana* strain 447

الآفات المستهدفة: النمل الناري وغيره من أنواع النمل الموجودة داخل المنازل أو الأماكن المغلقة. أماكن الاستخدام: الأماكن المتوقع وجود الحشرة بها مثل دورات المياه، وأسفل المغاطس والسبلاعات وغسالات الملابس، وغيرها، ولا تستخدم محطات الطعوم في الأماكن التي يمكن أن تتلامس فيها مع الأغذية، أو أي من الأماكن التي يتم فيها تداول الأغذية أو على أوعية وأواني الأغذية.

طرق الاستخدام: منتج الفطر مجهز في داخل محطة طعم ، يتم وضعها في الأماكن غير المصنعة للأغذية مع الإلتزام بتعليمات الاستخدام الموضحة بملصق البيانات.

٧- فطر *Paecilomyces fumosoroseus*

apopka strain 97

الآفات المستهدفة: الذباب الأبيض، التربس ، المن، والعنكبوت الأحمر.
المحصول/ أماكن الاستخدام: يمكن استخدام الفطر على المحاصيل غير الغذائية فقط داخل البيوت المحمية، والأماكن الداخلية.
طرق الاستخدام : يتم رش المنتج على الأوراق النباتية، ويتحصل على أفضل النتائج عند درجة حرارة فيما بين ٢٢-٣٠°م كما يتطلب رطوبة عالية.

٥- منتجات الفيروسات

٥-١- مستحضرات الفيروسات

تم دراسة الفيروسات العسوية Baculoviruses لمكافحة الآفات الحشرية التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة، غشائية الأجنحة، وغمدية الأجنحة، ومن أهم مميزاتها أنها عالية التخصص، لا تهاجم الحشرات النافعة، وذات مقدرة على الثبات البيئي، إمكانية مكافحة على المدى الطويل للآفات الحشرية. ومن أمثلتها فيروسات البولي هيدروسس النووية (NPVs) والفيروسات المحببة (GVs). ومن بين أهم المحددات لمواد مكافحة

البيولوجية هذه هو الإنتشار البطئ لنشاطها الحيوي، وإنخفاض ثباتها تحت الأشعة فوق البنفسجية، وصعوبات الإنتاج، وثبات الفيروسات العسوية والتي غالبا ما تعبر عن حيويتها ليست مشكلة معنوية في التجارب الحقلية الصغيرة إذا ما كانت الفيروسات قد تم تجميعها من يرقات تم تطريتها وخلطها بالماء وتخزينها لفترات قصيرة مع التبريد، وذلك بالرغم من أن هذا النظام لا يعطيها المقدرة على الإنتاج والتطبيق على المستوى الكبير. ومستحضرات هذه الفيروسات واحدة من الاتجاهات الهامة لتطوير المنتج ولكنها لم تلقي إهتمام كبير من الباحثين مثل البكتيريا والفطريات.

وبصفة عامة فإن معظم المستحضرات تم تجهيزها في صورة مساحيق مركزة قابلة للبلل، والمنتج الحيوي لفيروس البول هيدوسس النووي من دودة ثاقبة الذرة *Helicoverpa zea* والمعروف باسم Elcar يتم رشه أو بالتجفيف الهوائي بعد التخفيف بأحد المواد الحاملة الخاملة، ومن المنتجات المشابهة فيروس البولي هيدورسس النووي لفرشة العجر *Lymantria dispar* L. (مستحضر جيبيشيك Gypchek)، و التي يتم تجميدها على الجاف وذلك مع الكربوهيدرات أو بالترسيب بالأسيتون. وبعض العوامل مثل الأشعة فوق البنفسجية (وبصفة خاصة التي لها أطوال موجية ما بين 290-320nm) يمكن أن تقضى على فعالية الفيروس، وهناك بعض مواد الحماية من الأشعة فوق البنفسجية مثل المواد العاكسة أو الممتصة التي يتم إضافتها للمستحضرات فتعمل على تثبيت الفيروسات، وهناك بعض الصبغات الفعالة مثل الياسمين الخضراء، الأكريليدين الصفراء، والقلوي الأزرق، والميركيروكروم التي تستخدم كمواد للحماية

من الأشعة فوق البنفسجية وهي تمتص بصفة خاصة أشعة UV-A، وأيضاً فإن مواد التلميع الضوئية مثل الفلورسنت والتي يشيع استخدامها في الصابون، ومساحيق الغسيل، ومواد التلميع الصناعية تمتص أشعة الـ UV وأظهرت تأثيراً معنوياً في التقليل من الهمد الضوئي للـ NPVs وتعزز نشاطها الحيوي.

٥-٢- منتجات الفيروسات المستخدمة كمبيدات حيوية

١- فيروس البولي هيدروسس النووي 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، والبقول السوداني .

٢- فيروس البولي هيدروسس النووي 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 النوى 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 النوى لفراشة العجر

Lymantria dispar NPV

الآفات المستهدفة: فراشة العجر

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

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 مكافحة 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.

٦-١-١ - معاملة البذور

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

البذور باستخدام مستحضرات مساحيق جافة أو زيت وسوائل لها أساس من البوليمر مع ميكروبات ساكنة وهي تمكنها من البقاء خلال فترة الجفاف، وتستخدم المضافات مثل صمغ الزانثان والصمغ العربي في بعض الأحيان لزيادة التصاق المنتج الميكروبي بالبذور، وخطوات تغطية البذور المعروفة بتغليف البذرة تتضمن تغليف البذور بالميكروب، ومن الممكن مكونات أخرى مثل المبيدات أو المغذيات الدقيقة في صورة جيلاتين أو قالب جيل، ومن الناحية النظرية فإن ذلك يطيل بقاء المواد الميكروبية على البذور، ومن المنتجات الشائعة لتغليف البذور الـ GEL-COATTM وهو عبارة عن تجهيز هيدروجيلاتيني مسجل لتوصيل النيوماتودا الممرضة للحشرات. وطريقة 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 العوامل التي يجب أخذها في 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، والمساحيق، والمساحيق القابلة للبلل أو السوائل على البذور مع أو بدون مواد لاصقة وقت الزراعة، والتوصيل وقت الزراعة يضمن عادة عدد عالي من الميكروبات الحية، كما أنه ربما يسمح للمزارع بتطبيق المنتج مباشرة على صندوق الزراعة Planter box، ومن أهم معوقات طريقة التوصيل هذه الاختلافات الممكنة في الكفاءة الناشئة عن قابلية المزارعين لتطبيق معاملات البذور بطريقة سليمة، وأيضاً الإجهاد الزائد للمزارعين.

٦-٢- معاملة التربة

يمكن تطبيق مواد مكافحة الحيوية بالتربة إذا ما كانت معاملة البذور إجراء غير عملي، أو إذا ما كان التلقيح المباشر للبذور ضار بالميكروب بسبب الجفاف أو نتيجة لوجود مركبات مثبطة. ومعاملة التربة تكون الأكثر فعالية إذا ما تم تطبيق المواد كمعاملة بعد التدخين أو التبخير (Post fumigation treatment) أو وقت الزراعة. وفي التربة المعقمة أو مخالط النمو فإن الاستعمار بالمرض يمكن اختزاله بتوطيد عشيرة عالية من مادة مكافحة الحيوية. ويؤدي ذلك لتربة قامة تجعل الاستعمار التالي بواسطة الكائنات الحية الأقل نفعا صعبا. ويمكن إجراء تغطية عامة أو خلط التربة بكل من مستحضرات مساحيق التعفير، المساحيق، والمحبيات، وبالنسبة للمساحيق القابلة للبلل، والمحبيات القابلة للانتشار بالماء، والمستحضرات السائلة فإنه يمكن توصيلها في الأخاديد. وقد يكون التطبيق على التربة طريقة مفيدة لمكافحة أجزاء التكاثر الساكنة بالتربة (خلال فترة الشتاء)، وعلى سبيل المثال فإن منتج CONTANS وهو مستحضر محبب قابل للنشر بالماء مجهز من فطر *Conithyrium* *minitans* ويتم خلطه بالتربة لتقليل أعداد الأجسام الحجرية لفطر *Scleratinia sclerotiorum*، وبالنسبة للمحاصيل المنزرعة في البيوت المحمية فإنه يتم أيضا توصيل مواد مكافحة الحيوية للتربة أو بيئة النمو بطريقة بسيطة بواسطة الحقن المباشر مع نظام الري، وهذا النوع من التوصيل له مزايا حيث أنه يعد طريقة جيدة للمكافحة الدقيقة باستخدام التركيزات والأحجام الكلية للمعلق الميكروبي الذي يتم تطبيقه، كما أنها

تحتاج لأقل قدر من العمالة لمعاملة أعداد كبيرة من النباتات. وأيضاً فإن المعاملة المتعددة (المتكررة) للمحصول يمكن تحقيقها من خلال توظيف أو استخدام أجهزة الري. والمعوق الوحيد لهذا النوع من نظام التوصيل أنه يحتاج إلى آلة حقن خاصة، ويكون غير مؤثر على التكلفة إذا ما كان المزارع يمتلك آلة حقن الأسمدة السائلة. وقد أظهرت بكتيريا الـ *Pseudomonas* الفلوروسينيتية المستعمرة للجذور المقدررة على النمو على قش الشعير والقمح، مما أقتراح معه إمكانية استخدام مخلفات المحاصيل المتبقية تحت الظروف الدنيا للحرث أو بدون الحرث كطريقة لتوصيلها كملقحات ميكروبية، وتطبيق العشائر المستعمرة بأعداد مناسبة (١٠ وحدة مستعمرة/ جرام) لكل جرام قش على مخلفات الشعير يمكن معه استرجاع أو استعادة نشاطها في العام التالي وتكون قادرة على استعمار جذور القمح الشتوي في عام التطبيق. وبصفة عامة فإن العشائر أو المستعمرات البكتيرية مع المحاصيل التي لا تحرث بذورها تكون أفضل من المحاصيل العادية، مما يشير إلى أن أنظمة الاستزراع يمكن أن تؤثر على فعالية وبقاء لقاحات التربة الميكروبية. ومن أهم العوامل التي يجب أخذها في الاعتبار عند مواصلة التطبيق على بقايا المحصول تتمثل في إضافة مواد الحماية من الأشعة فوق البنفسجية، ومضادات الجفاف للمستحضر، وتطبيق اللقاح على مخلفات المحصول لتعظيم منافع هذه البقايا، والتي يمكن أن تحمي البكتيريا من التناقضات أو الاختلافات في الحرارة والرطوبة.

٦-٣- معاملة النباتات

يمكن أن تطبق منتجات مكافحة الحيوية على جذور النبات، والجروح، والمجموع الخضري بواسطة التبليل والغمر أو الرش. ويمكن تطبيق البكتيريا المجهزة مباشرة على الجذور بالغمر أو التبليل، وجراثيم المبيد الفطري الحيوي *Phelbia gigantea* بالمعلقات المائية يمكن دهانه بفرشاة على جدعة أو أصول الأناناس حديثة القطع لمنع دخول *Heterobasidion annosum*، وبذلك يمكن حماية الجروح المعرضة، ويؤدي خلط الجراثيم بالزيت المستخدم في تليين سن المنشار إلى توصيلها في نفس الوقت الذي يتم فيه حصاد الشجرة. ويتوقف استخدام مستحضرات البكتيريا أو الفطريات لرش المجموع الخضري تبعاً للمحصول الذي سيتم معاملته، والآفة المستهدفة، ونظام التوصيل المتوقع، وتعتبر مستحضرات السوائل والعجائن من أشهر المستحضرات المستخدمة لرش المجموع الخضري، وعادة ما يتم إعداد العجائن من المستحضرات التي لها أساس من المواد الحاملة أو الجافة، وتعمل المواد المستحلبة، المفرقة، اللاصقة وغيرها من المواد المساعدة والمضافة على نشر ولصق الميكروب على أسطح النباتات كما أنها تحميها من الظروف البيئية السيئة مثل الجفاف، ودرجة الحموضة غير المناسبة، والأشعة فوق البنفسجية، وهناك عدد كبير من آلات وطرق التطبيق المتاحة لتطبيق المبيدات الكيماوية وتشمل الرش بالحجم الكبير (1000L/ha) والحجم المتوسط (350L/ha)، والحجم المنخفض إلى المنخفض جداً (150L/ha) والحجم المتناهي في الدقة (0.5-3.1) والتي تحكم القطرة المطبقة، والرش الاستاتيكي، وإذا ما تم

تطبيق مواد مكافحة الحيوية باستخدام نفس الطرق فإنه يجب أن تتصف المستحضرات بخواص فيزيقية ضرورية، أهمها التوتر السطحي ولزوجة المعلق وهي من العوامل الهامة في اختزال حجم القطرة وتوزيعها ، وهناك أمثلة لتطبيقات ناجحة لمواد مكافحة الحيوية باستخدام طرق رش مختلفة ، وعلى سبيل المثال فإن منتجات الـ *Bt* يتم تطبيقها على محاصيل عديدة باستخدام طرق الرش المعتادة ، كما أن المستحضرات السائلة ذات الحجم المتناهي في الدقة عالية التركيز من منتجات الـ *Bt* تستخدم أيضا في مكافحة الآفات الحشرية على بعض المحاصيل مثل القطن والموز ، ولمكافحة ديدان براعم البسيسية على مساحات كبيرة من الغابات الصنوبرية، كما أن الرش بالحجم المنخفض للرشاشات الاليكتروستاتيكية الدوارة في تطبيق الفطر *Verticilium lecani* الممرض للحشرات يعطي مكافحة ناجحة لمن القطن *Aphis gossypii* ، وبالإضافة لذلك فإن أجهزة الرش بالحجم المتناهي في الدقة مثل الرشاشات القرصية سريعة الدوران ينتشر استخدامها حاليا لتطبيق الفيروسات العسوية في الغابات.