الإمارات العربية المتحدة
وزارة التغير المناخي والبيئة

السنة الدوليّة
للصحّة النباتيّة
2020

الدليل الإرشادي المكافحة الحيوية (البيولوجية)

ممرضات الحشرات

الجزء الثاني

2021

www.moccae.gov.ae

الدليل الإرشادي المكافحة الحيوية (البيولوجية)
ممرضات الحشرات

الجزء الثاني

الفهرس

المقدمة	04
أنواع ممرضات الحشرات	05
أ) البكتيريا الممرضة للحشرات	05
ب) الفطريات الممرضة للحشرات	08
ت) الفيروسات الممرضة للحشرات	13
ث) النيماتودا الممرضة للحشرات	17
ج) الأوليات أو البروتوزوا الممرضة للحشرات Protozoa	20
المبيدات الحيوية الميكروبية (البيولوجية) المستخدمة المكافحة الحشرية:	24
- أقسام وأنواع المبيدات الحيوية الميكروبية	24
- الصفات العامة للمبيدات الحيوية الميكروبية	25
- عيوب المكافحة الحيوية الميكروبية	26
المراجع	27

المقدمة:

تعرف المكافحة الحيوية بأنها الوسيلة التي يتم فيها ضبط الكثافة العددية للآفات تحت مستوى الحد الاقتصادي الحرج وذلك باستخدام المتطفلات والمفترسات والممرضات.

حيث تشمل عناصر المكافحة الحيوية بالإضافة إلى المفترسات والمتطفلات أيضاً مجموعة ممرضات للحشرات:

ماهي ممرضات الحشرات؟

ممرضات الحشرات: هي كائنات حية دقيقة ممرضة توجد في البيئات الزراعية وتهاجم طبيعياً الآفات الحشرية تسبب موتها نتيجة الاصابة المرضية لها وتشمل:

- البكتيريا
- الفطريات
- الفيروسات
- النيماتودا
- وحيدات الخلية (البروتوزوا)

تستخدم الكائنات الممرضة في المكافحة الحيوية التطبيقية بإكثارها صناعياً ورشها كمستحضرات ميكروبية Microbial pesticides ضد الآفات الحشرية على النباتات بنفس طرق رش المبيدات الكيميائية فتحدث عدوى مرضية للحشرات نتيجة تعرضها للمسبب المرضي من خلال الثغور التنفسية أو عن طريق المعدة من خلال تغذيتها على النباتات الملوثة بالمسبب المرضي.

أنواع ممرضات الحشرات:

أ) البكتيريا الممرضة للحشرات

تمتلك هذه المجموعة من أنواع البكتيريا أهمية خاصة في المكافحة الحيوية حيث أنها تتميز بما يلي:

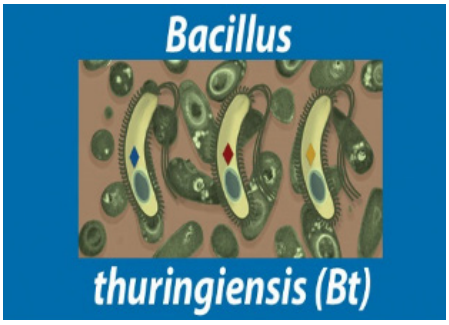
- القدرة على النشاط والتزايد ضمن القناة الهضمية نتيجة عدم تأثرها بمفرزات القناة الهضمية أو درجة الحموضة للقناة الهضمية للحشرة القابلة للإصابة.
- القدرة على تغلغل عبر جدار القناة الهضمية أو جدار الجسم الخارجي لقدرتها على إفراز أنزيمات تسبب تهتك أنسجة الحماية لتصل إلى النسيج الدموي والأنسجة القابلة للإصابة وبالتالي يؤدي الى مرض الحشرة وموتها.

لذا تصنع المبيدات الحيوية البيولوجية ذات الأساس البكتيري والمستخدمة على نطاق واسع في المكافحة الحيوية للآفات الحشرية من أبواغ البكتيريا أو مفرزاتها.

أنواع البكتيريا الممرضة للحشرات:

بكتيريا باسيلس ثيرينجينسيس *thuriengiensis*

تصنع المبيدات الحيوية البكتيرية المتداولة تجارياً لمكافحة الآفات الحشرية في أغلب الحالات على أساس بكتيريا من مجموعة باسيلس ثيرينجينسيس *Bacillus thuriengiensis* وتعرف بال (BT) والتي ينتمي لهذا النوع اكثر من 30 سلالة *Strain* أو تحت نوع ولكن الأكثر شيوعا تحت نوع *Bacillus thuriengiensis* subsp. *kurstaki* المتخصصة في مكافحة الحشرات حرشفية الأجنحة لكونها قادرة على تكوين الأبواغ الداخلية Endospores وكريستالات التوكسين الداخلية Delta-



صورة توضح وضع الخلية البكتيرية لبكتيريا باسيلس ثيرينجينسيس *Bacillus thuriengiensis* ويظهر داخل الخلية الكريستال البروتيني والبوغ.

endotoxin وهـي مـادة بروتينيـة سـامة ذات طبيعـة كريسـتالية تتشـكل فـي الوقـت نفسـه مـع تشـكل الأبـواغ الداخليـة حيـث تمتلـك تأثيـرات سـامة علـى الحشـرات. فعنـد ابتـلاع الكريسـتالات مـن قبـل الحشـرات تـذوب فـي الوسـط القاعـدي للعصـارة الهضميـة للقنـاة الهضميـة للحشـرات وتحـت تأثيـر نـوع محـدد مـن الإنزيـم، فوجـود هـذا الإنزيـم واختـلاف درجـة الحموضـة PH فـي العصـارة الهضميـة للقنـاة الهضميـة يفسـر سـبب التفـاوت فـي حساسـية بعـض الحشـرات للمبيـد الحيـوي BT وعـدم حساسية بعض الآخر.، ومـن ثم تبدأ فـي تدمير غشاء الخلايا الطلائية المبطن لجدار المعي الأوسط للحشـرة فتتوقـف الحشـرة عـن التغذيـة وتمـوت.

يعتبـر توقيـت المعاملـة بالبكتيريـا مـن أهـم العوامـل المحـددة لنجـاح تطبيـق المبيـد الحيـوي حيـث يراعـى التطبيـق عندمـا تكـون اليرقـات حديثـة الفقـس أو صغيـرة كمـا يجـب التغطيـة الكاملـة للأوراق بمحلـول الـرش وأن يتـم الـرش قبـل الغـروب تفاديـاً لأشـعة الشـمس فـوق البنفسـجية التـي تقتـل البكتيريـا.

ملاحظـة: (يمكـن خلـط البكتيريـا مـع المبيـدات التقليديـة لزيـادة الفاعليـة ضـد الحشـرات مـا عـدا مجموعـة الكلـور العضويـة التـي توقـف قـدرة أبـواغ البكتيريـا علـى الإنبـات).

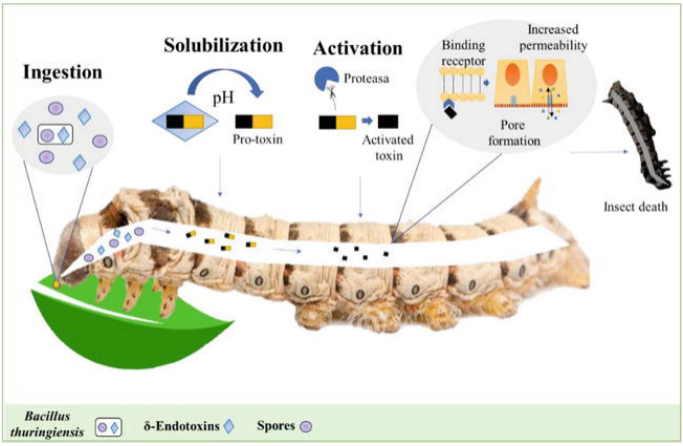
أعراض المرض والإصابة الناتجة عن البكتيريا:

- توقف عن التغذية وذلك خلال ساعات الأولى بعد ابتلاع السم.
- شلل القناة الهضمية نتيجة اختراقها واحداث ثقوب فيها.
- يتطور الشلل ليصبح شلل عاماً.
- تموت الحشرة ويتم ذلك بعد حوالي 48 ساعة من ابتلاع السم.

صورة توضح أعراض الإصابة ببكتيريا (BT) (*Bacillus thuriengiensis*)

طرق حدوث العدوى:

1. عبر الطبقة المبطنة لجدار القناة الهضمية المتوسطة بعد دخولها عن طريق الفم مع الغذاء، حيث تتمكن الكريستالات من اتلاف تلك الطبقة.
2. عبر غلاف الجسم الخارجي من خلال الجروح والتشققات والثغور التنفسية والفتحات الطبيعية الأخرى.
3. الدخول الفعال من اختراق جسم الحشرة الخارجي من خلال إفراز الأنزيمات التي تحلل أجزاء غلاف الجسم مما يتيح لها إمكانية الدخول والوصول إلى فراغ الجسم.



صورة توضح طريقة حدوث العدوى ببكتيريا (BT) *Bacillus thuriengiensis*

ب) الفطريات الممرضة للحشرات

يصل حالياً عدد أنواع الفطريات الملازمة للحشرات (متطفلة ورمية) الى 530 نوعاً ولبعضها أهمية خاصة في المكافحة الحيوية للآفات الحشرية. تعود تلك الأهمية إلى أنها أنواع متطفلة شديدة الارتباط بالعائل (المضيف) بسب مقدرة نموها الهيفي (الميسيليوم) على الوصول الى داخل جسم الحشرة لتنتشر وتنمو وتتكاثر مستهلكة الأنسجة الداخلية في جسم الحشرة ويؤدي ذلك الى ضعف الحشرة ثم موتها.

توجد أنواع الفطريات الممرضة للحشرات والمعروفة عالمياً في ثلاثة صفوف من الفطريات وهي الصفوف التالية:

- صف الفطريات الأسكية Ascomycetes
- صف الفطريات الزيجية Zygomycetes
- صف الفطريات الناقصة Deuteromycetes

صور توضح النمو الهيفي (الميسيليوم) للفطريات على الحشرات المختلفة

أنواع الفطريات الممرضة للحشرات:

من أهم أنواع الفطريات الممرضة للحشرات والأكثر انتشاراً والتي تستخدم عالمياً في تحضير مبيدات على شكل مستحضرات تجارية ذات أساس أبواغ الفطريات وتستخدم حقلياً في المناطق ذات الرطوبة المرتفعة لمكافحة الآفات الحشرية نوع البوفيريا باسيانا *Beauveria bassiana* الذي يتطفل على أنواع مختلفة من الحشرات التي تتبع رتبة حرشفية الأجنحة ورتبة مستقيمة الأجنحة وغمدية الأجنحة ونصفية الأجنحة وبعض أنواع الأكاروسات.

وقد أنتج منه عدة مستحضرات تجارية مثل Naturalis يستخدم لمكافحة الذبابة البيضاء والمن والحلم كما أنه يستخدم لمكافحة خنفساء الكلورادو وحفار ساق الذرة الأوروبي ودودة الحشد الخريفية والفراشة ذات الظهر الماسي والديدان القارضة والنطاطات وخنفساء القلف وغيرها من الآفات الحشرية.

يمتاز الفطر كونه يصيب اليرقات والعذارى والحشرات الكاملة عن طريق الجراثيم الكونيدية التي تصل لجدار الحشرات الخارجي (كيوتكل) وتنمو عليه وتخترق وتتوغل في جسم الحشرة المصابة وتقوم بامتصاص السوائل والعناصر الغذائية من الأنسجة الداخلية لجسم الحشرة مما يتسبب في موتها. حيث تتحول اليرقات المريضة به الى اللون الأبيض الرمادي، وتنتج جراثيم جديدة للفطر من جسم الحشرة الميتة وتبقى الكونيديا وميسيليوم الفطر على أعضاء جسم الحشرة الميتة وعلى البقايا النباتية القريبة لتؤمن إعادة انتشار الفطر في الطبيعة.

ملاحظة: (أن فاعلية الفطريات تتأثر جداً بالمبيدات الكيميائية خاصة المبيدات الفطرية لذلك يراعى عند تطبيقها عدم خلطها مع أي من المبيدات).

صورة توضح الفطر الممرض للحشرات البوفيريا باسيانا *Beauveria bassiana*

أعراض المرض والإصابة الناتجة عن الفطر:

- صغر حجم الجسم
- تكرمش الجسم
- تغطية جسم الحشرة بطبقة من الطحين الأبيض وهو عبارة عن ميسيليوم الفطر وحوامل الكونيديا وكونيديا الفطر.

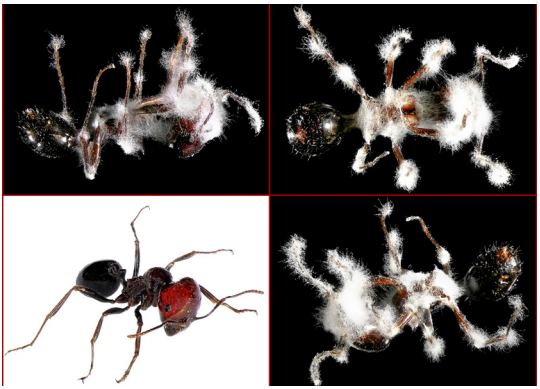
صورة توضح حشرات سوسة النخيل الحمراء الكاملة مصابة بفطر البوفيريا باسيانا *Beauveria bassiana*

طرق حدوث العدوى:

تتم عدوى الحشرات بالفطريات الممرضة للحشرات من خلال الأبواغ الساكنة أو الكونيديا، ويمكن أن تنتقل العدوى بالفطريات الممرضة للحشرات إلى الحشرات القابلة للإصابة من خلال الطرق التالية:

1. إجراء المكافحة باستخدام معلق الأبواغ الفطرية: مما يؤدي الى سقوطها على الحشرات ومن ثم تتابع الأبواغ دورة حياتها، ويسمى هذا نقلاً مباشراً للعدوى. وهذا يدل على أهمية حجم سائل الرش في وحدة المساحة وضرورة تغطية النباتات المعالجة جميعها للحصول على مكافحة فعالة للآفات الحشرية باستخدام المبيدات على أساس فطري.
2. انتقال الحشرة من مكان لآخر: وبالتالي وصولها لمكان توجد به أبواغ الفطر الممرض. فتنتقل الأبواغ الفطرية مباشرة للمضيف المناسب عند تلامسه.

3. عن طريق الرياح: وتعتبر الوسيلة الأساسية لانتقال جميع أنواع الفطريات ومن ضمنها فطريات الممرضة للحشرات. حيث تنتقل الأبواغ الساكنة الكونيديا عند انفجار الكيس الكونيدي وبمساعدة الرياح لمسافات بعيدة مما يصادف وجود المضيف الحشرة القابلة للإصابة وبالتالي تكمل الأبواغ دورة حياتها.
4. عن طريق الحشرات المتطفلة والمفترسة: التي تحمل أبواغ الفطر لتنقله خلال بحثها عن المضيف العائل والغذاء الى الحشرات الأخرى المناسبة لنمو الفطر.



صورة توضح تطور نمو فطر البوفيريا باسيانا *Beauveria bassiana* على حشرة مصابة بالفطر

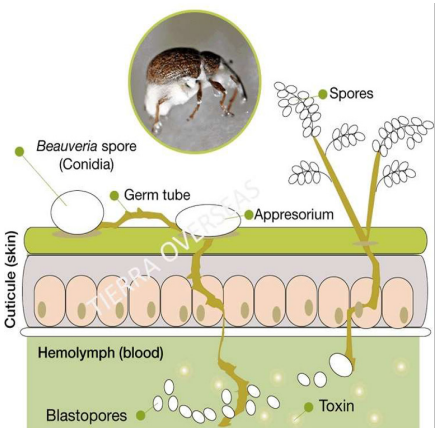
صور توضح نمو فطر البوفيريا باسيانا *Beauveria bassiana* على البيئة الغذائية وعلى الحشرة

طرق الوصول الى فراغ الجسم:

يتم تغلغل العامل الممرض الفطري الى داخل جسم الحشرة القابلة للإصابة عن طريق الطرق التالية:

1. بعد انبات البوغ الساكن أو الكونيديا على سطح جسم الحشرة يتشكل النمو الهيفي الذي يمكنه من الوصول الى داخل جسمها عبر الثغور التنفسية أو الأغشية بين الحلقات أو الجروح والشقوق الموجودة على جسم الحشرة أو الفتحات الطبيعية الأخر ى بالحشرة ليبدأ الميسيليوم بالنمو داخل جسم الحشرة مستهلكاً أنسجتها الداخلية مؤدياً لموتها.
2. تفرز بعض أنواع الفطريات بعد انبات أبواغها على غلاف جسم الحشرة أنزيمات (Proteinase, Li-pase, Chitinase) تحلل جزءاً من جدار الجسم مما يتيح المجال لدخول نمو الهيفي لداخل جسم الحشرة ويتابع بالتالي الفطر مراحل نموه وتطوره.
3. تستطيع بعض الأنواع تشكيل تراكيب خاصة تسمى Appressorial تتشكل بعد انبات البوغ وهو عبارة عن انتفاخ دبوسي يسمح بحدوث اختراق الهيفى للكيوتيكل وبالتالي وصولها الى داخل جسم الحشرة ومتابعة دورة حياته.

بعد حدوث العدوى ووصول النمو الهيفي لداخل جسم الحشرة يبدأ نمو الميسيليوم مستهلكاً أنسجة الجسم الداخلية وشاغلاً فراغ الجسم مما يؤدي لموتها. كما تفرز بعض أنواع الفطريات مواد سامة تسرع في موت الحشرة.



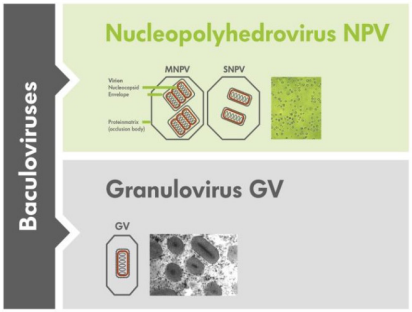
صورة توضح طريقة حدوث العدوى ووصول فطر بوفيريا باسيانا *Beauveria bassiana* إلى فراغ الجسم

ت) الفيروسات الممرضة للحشرات

تمتاز الفيروسات الممرضة للحشرات بفاعليتها المرتفعة في العدوى وقدرتها على الانتشار السريع والتي يمكن أن تستمر عبر الأجيال ولسنوات عديدة في الحشرات القابلة للإصابة. تشكل الفيروسات المتطفلة على الحشرات الجزء الأكثر أهمية في مجال المكافحة الحيوية والتي درست نسبياً بشكل جيد.

توجد الفيروسات الممرضة للحشرات في العائلات التالية من الفيروسات: Baculoviridae , Poxviridae, Iridovirdae, Parvoviridae, .Reoviridae, Picomoviridae.

أنواع الفيروسات الممرضة للحشرات:



تنتشر الفيروسات من عائلة الفيروسات العصوية (متعددة السطوح وحبيبية) Baculoviridae بشكل واسع في السلالات الطبيعية للحشرات، وتمتاز بمقدرة فائقة على احداث إصابات وبائية شديدة لديها. اذ ينظر المختصون في المكافحة الحيوية الى أنواع هذه العائلة أنها المستقبل في تنظيم تعداد العديد من أنواع مفصليات الأرجل وصف الحشرات. ويجري منذ السنوات العشر الأخيرة من القرن الماضي في العديد من الدول تحضير وإنتاج العديد من المبيدات على شكل مستحضرات تجارية للاستخدام الحقلي الواسع في مكافحة الآفات الحشرية المختلفة (حرشفية وثنائية وغشائية الأجنحة) في المحاصيل الزراعية والغابات. تحوي في أساسها كمادة فعالة فيروسات من عائلة فيروسات عصوية منها فيروس Baculovirus، والتي تنقسم الى مجموعتين:

- مجموعة الفيروسات متعددة السطوح (Polyhedrosis).

ومنها فيروس (NPV) البولي هيدروسز النووي Nuclear Polyhydrosis Viruses وفيروس (CPV) بولي هيدروسيز السايتوبلازمي .Cytoplasmic Polyhydrosis Viruses.

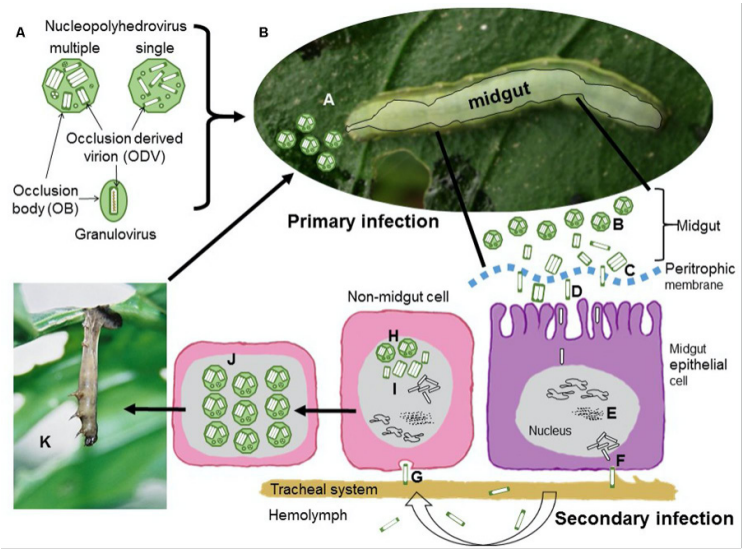
- مجموعة الفيروسات الحبيبية (Granulosis) ومنها فيروس الجرانيولوسز GV.

وقد استخدمت بنجاح مستحضرات من النوعين الأوليين على صورة معلق مثل مبيد الفيرون والفيريكس لمكافحة الطور اليرقي الأول لدودة ورق القطن.

صورة توضح أعراض الإصابة بفيروس NPV

طرق حدوث العدوى:

تحدث الإصابة نتيجة ابتلاع اليرقة أجسام Occlusion bodies (OB) للفيروس سواء متعددة السطوح polyhedrasis أو الحبيبية granules التي لها القدرة أن تذوب بسهولة في بطن اليرقة مرتفعة القاعدية ، ومن ثم تتغلغل الشيفرة الوراثية للفيروس عبر الغشاء النووي داخل النواة في حين تبقى الكبسولة أو الغلاف البروتيني الخاص بالفيروس ملتصقاً على الغشاء النووي لخلية اليرقة. لتقوم بعدها المادة الوراثية للفيروس باستخدام مكونات نواة الخلية لزيادة أعداد المادة الوراثية الخاصة بالفيروس. يشاهد في نواة الخلية المصابة تكثيف في محتوياتها وأعداد هائلة من الشيفرة الوراثية الخاصة بالفيروس نتيجة التزايد العددي السريع لها تأخذ النواة شكل الشبكة، وتكتسي المادة الوراثية للفيروس التي تشكلت ضمن النواة المصابة بغلاف بروتيني من خلال استخدام مكونات الخلية للحشرة. يترافق ذلك مع بدأ ظهور أعراض المرض الخارجي على اليرقات المصابة بالفيروسات.



صوة توضح طريقة حدوث العدوى بالفيروسات الممرضة للحشرات

أعراض المرض والاصابة الناتجة عن الفيروسات

- تتوقف اليرقات المصابة عن التغذية بعد حوالي 12-24 ساعة من وصول الفيروسات إلى القناة الهضمية.
- يتوقف نمو اليرقات المصابة ويلاحظ اختلال في تناسب أجزاء الجسم. حيث يظهر الرأس كبير والجسم نحيل.
- تغيرات لونية: اصفرار أو ابيضاض جسم اليرقة المصابة نتيجة لزيادة العددية للفيروسات في داخل جسم اليرقة وتجمعها بأعداد كبيرة.
- ليونة جسم اليرقة المصابة نتيجة لتحلل الأنسجة الداخلية تحت تأثير النشاط الفيروسي وتحطيم الخلايا.
- تدفق سائل أبيض أو لبني مكتظ بملايين الفيروسات من الفتحات الطبيعية لجسم اليرقة المصابة.
- تتسلق اليرقة أعلى النبات وتتدلى ورأسها للأسفل في محاولة للتخلص من الفيروسات الموجودة داخل جسمها مما يؤدي الى نشر الفيروسات على أجزاء النبات وبالتالي استمرار وجود الفيروسات

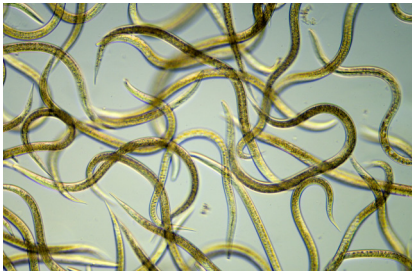
في البيئة وهذا سبب فاعليتها الكبيرة في المكافحة الحيوية.

- تتثبت اليرقة في مكانها وتموت بسبب السائل الصمغي الذي يخرج من جسمها أثناء تدليها للأسفل.
- تستمر فترة ظهور وتطور أعراض المرض على الحشرة من 7-12 يوماً.

الملاحظة: (ان الفيروس لا يتحمل درجات الحرارة العالية والأشعة فوق البنفسجية ولذلك فان استعماله محدود. وأن فاعلية الفيروسات لا تتأثر بخلطها بالمبيدات الكيميائية).

صورة توضح يرقة ميتة لحشرة *Maruca vitrata* مصابة بفيروس متعدد السطوح MaviMNPV

ث) النيماتودا الممرضة للحشرات



نيماتودا تتبع عائلة Steinernematidae

تعتبر أنواع النيماتودا الاجبارية التطفل على الحشرات هامة جداً في المكافحة الحيوية للآفات الحشرية. وبشكل خاص هامة لأنواع الحشرات التي تمتاز بوجود طور من أطوارها في الماء. وتعود أهمية بعض أنواع النيماتودا الممرضة للحشرات الى ارتباط تلك النيماتودا بعلاقة تعايش Mutualism أو تكافلية أو تبادل منفعة مع أنواع من البكتيريا التابعة لجنس *Xenorhabdus* في أفراد نيماتودا عائلة Steinernematidae وبكتيريا *Photorhabdus* في أفراد عائلة Heterorhabditidae.

حيث تستفيد البكتيريا من النيماتودا في أنها تحملها وتنقلها إلى داخل جسم الحشرة بينما تقوم البكتيريا بتهيئة جسم الحشرة ليتناسب مع نمو وتكاثر وتغذية النيماتودا. علماً بأن البكتيريا غير ضارة للفقاريات ولا تتواجد إلا في النيماتودا والحشرات المصابة بها ولم تكتشف حرة في التربة على الاطلاق.

توفر تلك العلاقة وبائية شديدة بالتأثير في أنواع الحشرات القابلة للإصابة. وقد وجد أن النيماتودا تتطفل على 16 رتبة حشرية أهمها حرشفية الأجنحة ومستقيمة الأجنحة وغمدية الأجنحة وثنائية الأجنحة وغشائية الأجنحة.

أنواع النيماتودا الممرضة للحشرات:

من أنواع النيماتودا المهمة المتطفلة على الحشرات والمستخدمة عالمياً في التطبيقات العملية لمكافحة الآفات الحشرية نيماتودا التابعة لأجناس *Heterorhabditis* و *Steinernema* و *Neoplectana*. تستخدم على نطاق واسع في مكافحة حوالي 100 نوع من الحشرات منها حفار ساق الذرة الأوروبي ودودة اللوز الأمريكية ودودة ثمار التفاح ودودة الحشد الخريفية وغيرها من الآفات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة.

ونظراً لأن النيماتودا كائنات حية نصف مائية المعيشة فان نجاحها في المكافحة الحيوية يعتمد الى حد كبير على الظروف البيئية فهي تحتاج الى درجة رطوبة عالية بالتربة وحرارة مناسبة حسب درجة تحمل

نوع النيماتودا المستعمل، وتحتاج حماية كافية من الأشعة فوق بنفسجية أثناء التطبيق ومن ناحية أخرى ضبط وقت التطبيق ليتوافق مع وجود الحشرة العائل، ويستعمل عادة التطبيق حوالي 2,5 بليون نيماتودا / هكتار باستخدام أجهزة رش المبيدات العادية ويجب أن يؤخذ في الاعتبار ضغط أجهزة الرش الهيدروليكية بحيث لا يزيد عن 20 بار مع درجة حرارة لا تزيد عن 29.4س° حتى لا تقتل النيماتودا ويراعى أيضاً إزالة فلاتر الترشيح من خراطيم الرش حتى لا تحجز النيماتودا ويمكن استخدام فلاتر بمقاس لا يقل عن 50 Mesh ، كما يمكن أن تستخدم في التطبيق وسائل الري كالرشاشات في المسطحات الخضراء وأن يكون حجم الرش عالياً يتراوح من 1000-2000 لتر/ هكتار. ويفضل تطبيق النيماتودا قبل الغروب أو في الصباح الباكر وتروى التربة قبل التطبيق لتبليلها ثم تروى بعد التطبيق لإمداد التربة بالماء الكافي لحركة النيماتودا.

طرق حدوث العدوى:

تتم عدوى الحشرات بالنيماتودا من خلال طريقتين:

1. عندما تبتلع الحشرة بيض النيماتودا أو الأطوار الانسلاخية وذلك أثناء تناول غذائها.
2. من خلال جسم الحشرة عبر الثغور التنفسية أو الشقوق أو الجروح.

صورة توضح إصابة الحشرة بالنيماتودا

حيث تدخل النيماتودا إلى جسم المضيف الحشرة ناقلة معها البكتيريا من غير أن تتطفل عليها وتقوم البكتيريا بإفراز أنزيمات لتحلل جسم الحشرة وتصبح مناسباً لنمو وتكاثر النيماتودا مسببة تسمم للدم سيبتيسيميا Septicemia وخاصة إذا وصلت إلى النسيج الدموي للمضيف الحشرة. فتموت اليرقات بعد 24-48 ساعة من بدأ العدوى بالنيماتودا الحاملة للبكتيريا. حيث وجد من خلال تجارب حقلية واسعة

صورة توضح إصابة الحشرة بالنيماتودا

جرت في بلدان عدة على استخدام (نيماتودا - بكتيريا) بشكل مشترك في المكافحة الحيوية لعدد من الآفات الحشرية " دودة ثمار التفاح، خنفساء كولورادو، دودة اللوز الأمريكية، دودة ورق القطن" أن نسبة الإصابة بالعدوى تراوحت من 30-90% وفي بعض الحلات كانت أكثر من ذلك، ويؤكد هذا على فعالية الاستخدام المشترك للنيماتودا مع البكتيريا في مكافحة العديد من الآفات الحشرية.

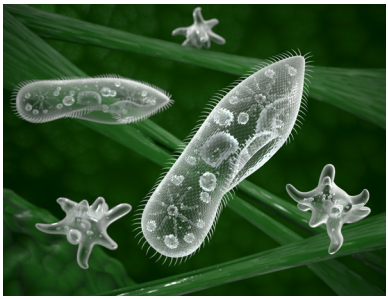
صورة توضح إصابة الحشرة بالنيماتودا

أعراض المرض والإصابة الناتجة عن النيماتودا:

يصعب في المراحل الأولى من الإصابة تمييزها وليس لها رائحة عفونة ولكن مع شدة المرض تبدأ الأعراض بالظهور:

- تغيرات لونية
- بطء في الحركة
- توقف عن التغذية
- تأخر في النمو
- اختلال في وظائف الأعضاء المصابة داخل جسم الحشرة
- العقم أو انخفاض في نسبة الخصوبة
- موت يرقات الحشرات المصابة بالنيماتودا الممرضة للحشرات في مرحلة متقدمة من الاصابة

ج) الأوليات أو البروتوزوا الممرضة للحشرات (Protozoa)



صورة توضح أشكال البروتوزوا

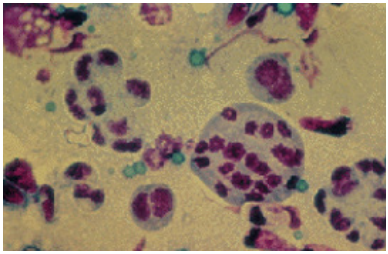
هي كائنات حيوانية وحيدة الخلية ذات قياسات مجهرية وأحيانا كبيرة الحجم نسبياً وحيدة النواة أو عديدة النوى غيرية التغذية رمية أو متطفلة. عرف أكثر من 30 ألف نوع من البروتوزوا، منها 1500 نوع يرتبط بعلاقة تعايش أو تطفل على الحشرات. لعدد كبير منها أهمية في المكافحة الحيوية للآفات الحشرية.

توجد معظم أنواع البروتوزوا الهامة في المكافحة الحيوية للآفات الحشرية بشكل أساسي في صفين وهما:

- صف البوغيات Sporozoa
- صف البوغيات القراصية Cnidosporidia

تعيش الأنواع المتطفلة من البروتوزوا على الحشرات في خلايا الطبقة الظاهرية المبطنة للقناة الهضمية الوسطى أو أحيانا في فراغ القناة الهضمية. تنتشر ضمن جسم المضيف للحشرة من خلال الأبواغ المتشكلة من الانشطار المتعدد الناتج عن الانقسام الثنائي.

أهم أنواع الأوليات - البروتوزوا الممرضة للحشرات:



صورة توضح إنقسام المايكروسبروديا Microsporidia داخل الخلايا المصابة

تعد أنواع البوغيات الدقيقة المايكروسبورودیا Microsporidia والتابعة لصف البوغيات القراصية ومن أهمها أنواع جنس Nosema من أكثر الأنواع البروتوزوا انتشاراً واستخداماً في المكافحة الحيوية للآفات الحشرية بنجاح وذلك للأسباب التالية:

1. تنتشر هذه الأنواع على نطاق واسع بشكل طبيعي في السلالات الحشرية الموجودة

فـــي الطبيعة.

2. تمتاز بوجود طور الحفظ والبقاء في دورة حياتها وهو الأبواغ.
3. تدمر أهم الوظائف الحياتية عند الحشـرات القابلة للإصابة مثل النسـيج الدهنـي والغدد اللعابية أو نمو الأبواغ في النسـيج الدموي ممـا يؤثر في عملية التطور عند الحشـرات المصابة.

أهم أنواع الأوليات - البروتوزوا الممرضة للحشرات:

1. النـوع *Nosema locustae* يسـتخدم في مكافحـة الجراد والنطاطات على شـكل طعوم (مبيد مخلـوط مع نخالة) والـذي حضر منه مبيد تحت اسـم Noloc. تراوح نسـبة موت الحشـرات من 60-90%. حيـث وجد أن الحشـرات الحاملـة للعامل الممـرض تصنع بيضاً لا يفقـس أو اليرقات الفاقسـة تموت سـريعاً بعد الفقس. ولكن المشـكلة في انتشـار اسـتخدام هذا المبيد تتعلق بشـدة تأثره بدرجـات الحرارة التي تزيد عن 35س°. اسـتخدم هذا النوع عـام 1982 في الولايات المتحـدة لرش المراعـي بالطائرات ووجـد فاعلية كبيرة في مكافحـة النطاطات.
2. النوع *Nosema carpocapsa* يتطفل على دودة ثمار التفاح *Carpocapsa pomonella* ويسـتخدم ضمـن المبيـدات المركبة (فيروسـات مع وحيـدات الخلية) المسـتخدمة فـي مكافحة الآفات الحشـرية وخاصة الحشـرات التابعة لرتبة حرشـفية الأجنحة.
3. النـوع *Nosema pyrausta* الـذي يتطفل على يرقات حشـرة سـاق الذرة الأوروبـي *Pyrausta nubilalis* حيـث وجـد أن هذا الحيوان الأولي ينتشـر بشـكل وبائـي في السـلالات الطبيعية لحشـرة حفار السـاق الأوروبي وتؤدي نسـبة مـوت تصل حتـى 72% لدى الأطـوار المختلفة للحشرة .
4. النـوع *Nosema brassicae* مـن أنـواع الحيوانات الأولـى الممرضة للعديد من أنواع حشـرات حرشـفية الأجنحة وبشـكل خاص حشـرة فراشـة الملفوف *Pieris brassicae* و عثـة الملفوف *Mamestra brassicae*.
5. النوع *Nosema mesnili* من الأنواع الممرضة للحشرات من رتبة حرشفية الأجنحة بشكل عام.

طرق انتقال العدوى:

تنتقل العدوى بالبروتوزوا إلى الحشرات القابلة للإصابة عند استخدام معلق المبيد الحيوي الميكروبي الذي يضم تلك الممرضات في الرش الحقلي بطريقتين: الانتقال الافقي والانتقال العامودي.

أولاً: الانتقال الأفقي:

- عن طريق الفم من خلال الغذاء: حيث تتغذى اليرقات أو الحشرات الكاملة على أجزاء نباتية تحمل البروتوزوا تصل بذلك تلك الممرضات إلى القناة الهضمية للحشرة لتنشط وتسبب المرض للحشرات القابلة للإصابة. وهو الطريق الأكثر انتشاراً لهذه الممرضات في أنواع الحشرات القابلة للإصابة.
- عن طريق طبقة الكيوتكل الخارجي لجسم الحشرة: تسقط أثناء رش المبيد الحيوي الميكروبي بعض الحيوانات الأولى البروتوزوا على جسم الحشرة التي تعبر بدورها من خلال الجروح والثغور التنفسية لتصل الى تجويف الجسم حيث النسيج الدموي حيث تنشط في النسيج الدموي وتسبب مرضها ومن ثم موت الحشرة. إن دخول هذه الحيوانات بهذه الطريقة تؤدي غالباً لموت سريع للحشرة المصابة.
- من خلال آلة وضع البيض عند الحشرات المتطفلة: عندما تنقل الحشرات المتطفلة من حشرة مضيفة لأخرى بهدف وضع البيض في المضيف. تتلوث آلة وضع البيض بالبروتوزوا إذا كان المضيف مصاباً لتنقل الحشرة المتطفلة إلى مضيف آخر اليه العدوى بواسطة آلة وضع البيض الملوثة.

ثانياً: الانتقال العامودي:

- ويقصد بذلك انتقال العامل المرض من جيل إلى جيل عند النوع الحشري المصاب نفسه. وبمعنى آخر انتقال الإصابة من الأم المريضة إلى نسلها.

ولكي تضمن وصول الإصابة لغالبية الحشرات المستهدفة بعملية المكافحة. يجب ما يلي:

- استخدام حجم كبير لمحلول سائل الرش في وحدة المساحة.
- التنفيذ الجيد لعملية المكافحة.
- التأكد من وصول سائل الرش لجميع أجزاء النبات ولجميع النباتات المعاملة في الحقل.

أعراض المرض والإصابة الناتجة عن الأوليات - البروتوزوا:

- ضعف عام مع التوقف عن التغذية.
- اسهال مع شلل الأجنحة والأرجل.
- لا تدخل في طور العذراء لعدم تمكنها من تكوين الشرنقة.
- لا تدخل في مرحلة البيات الشتوي كما لوحظ لدى يرقات عثة الملفوف *Mamestra brassicae*.
- لا تتعذر عميقاً في التربة مما يجعلها عرضة لتأثير العوامل الطبيعية وبالتالي موتها.

حشرة جراد ميتة للإصابة ببروتوزوا *Nosema locustae*

استخدام الأوليات - البروتوزوا في المكافحة الحيوية للآفات الحشرية

وجد أن استخدام الأوليات أو البروتوزوا بشكل منفرد في تحضير مبيدات حيوية ميكروبية لاستخدامها في المكافحة الحيوية قد لا يكون فعالاً بشكل جيد أو لا يعطي النتائج المرجوة من عملية المكافحة. لذا اقترحت طريقتين لاستخدام الأوليات في المكافحة الحيوية للآفات الحشرية:

1. تستخدم ضمن برنامج المكافحة المتكاملة IPM فتؤدي إلى اضعاف الآفة المراد مكافحتها.
2. تصنيع مبيدات حيوية ميكروبية مركبة تحتوي على الأوليات بالإضافة إلى كائنات دقيقة أخرى مثل الفيروسات.

فقد تسبب البروتوزوا موت الحشرات التي تصيبها ولكنها تكون بطيئة التأثير حيث يتطلب ذلك عدة أيام وأسابيع ولكن خلال تلك الفترة تنخفض قدرة الحشرة المصابة على التكاثر والتغذية وتكون ضعيفة وبطيئة الحركة وأكثر عرضة للموت بتأثير العوامل المناخية المعاكسة أو عوامل الموت الأخرى.

المبيدات الحيوية الميكروبية (البيولوجية) المستخدمة في المكافحة الحشرية

أقسام وأنواع المبيدات الحيوية الميكروبية

تنقسم المبيدات الحيوية الميكروبية حسب نوع الكائنات الدقيقة الداخلة في تركيبها الى مجموعات التالية:

- المبيدات الحشرية البكتيرية: وهي المبيدات التي تحوي في تركيبها كمادة فعالة أبواغ أو خلايا بكتيرية مع وجود كمية من الوحدات الدولية لمفرزات أنزيمية أو كريستالات ناتجة عن تلك البكتيريا.
- المبيدات الحشرية الفطرية: هي المبيدات التي تحوي في تركيبها كمادة فعالة أبواغاً أو ميسيليوم الفطر.
- المبيدات الحشرية الفيروسية: وهي المبيدات التي تحوي في تركيبها الفيروسات كمادة فعالة.
- المبيدات الحشرية النيماتودية: وهي المبيدات التي تحوي في تركيبها كمادة فعالة النيماتودا في مواد هلامية أو بيوض النيماتودا في كبسولات جيلاتينية.

وبشكل عام تصنع المبيدات الحيوية الميكروبية المستخدمة في مكافحة الآفات الحشرية على صورة مستحضرات تجارية Formulation على أشكال مختلفة (مساحيق قابلة لتشكيل: معلقات مائية، محببات، معاجين، مركزات مائية وغيرها) وتستخدم من خلال أجهزة المكافحة نفسها الخاصة بالمبيدات الكيميائية.

تتيح هذه السهولة في التداول والاستخدام للمبيدات الحيوية في مكافحة الآفات الحشرية إمكانية كبيرة للتطبيق الفردي من قبل المزارعين. دون الحاجة للتدخل الحكومي أو المؤسسي في عملية المكافحة. ومن هنا تنطلق أهمية إضافية للمبيدات الحيوية الميكروبية وضرورة تطويرها وتوسيع انتشارها.

الصفات العامة للمبيدات الحيوية الميكروبية

الأمور يجب معرفتها أثناء استخدام المبيدات الحيوية:

- ذات تأثير وبائي في الآفات المستهدفة أثناء عملية المكافحة: يستمر تأثيرها لفترة طويلة في البيئة وتنتقل من جيل إلى جيل وتستوطن في الطبيعة وتدخل في حالة توازن مع الآفة أو المضيف، ولكن بشكل عام يبدأ موت اليرقات المستهدفة بشكل مباشر بعد 24 - 72 ساعة من المعاملة. ولكنها تتوقف عن التغذية في الساعات الأولى بعد تناولها الجرعة من المبيد الميكروبي ووصول العامل الممرض إلى داخل جسم الحشرة، وبالتالي يتوقف الضرر ونصل بذلك الى الهدف من عملية المكافحة وهو إيقاف الضرر.
- ذات تأثير معدي: تعتبر جميع المبيدات الميكروبية ذات تأثير معدي. ولكن بشكل عام من المهم تغطية الكاملة للنباتات المعاملة والوصول إلى السطح السفلي للورقة حيث توجد الحشرات.
- تتأثر كثيراً بالظروف الجوية: تؤثر أشعة الشمس المباشرة والحرارة العالية وهطول الأمطار على فاعلية استخدام هذه المبيدات. لذا أفضل وقت لاستخدامها في الصباح الباكر أو بالمساء عند غروب الشمس والحرارة المثلى تكون 18 - 32س° وعند عدم توقع هطول أمطار خلال 24 ساعة بعد الاستخدام. حيث تؤدي الأمطار الى غسيل النباتات المعاملة. أما الأشعة فوق البنفسجية تحطم الخلايا البكتيرية والفيروسات. أما الحرارة المنخفضة فتضعف نشاط الآفة الحشرية على التغذية مما يمنع حصولها على جرعة كافية من المبيد. لذا فشل المكافحة باستخدام المبيدات الحيوية لا يعود إلى عدم فاعليتها وإنما بسبب عدم حصول الآفة الجرعة الكافية لحدوث العدوى والمرض لديها.
- ترتبط فعاليتها بتوافق موعد استخدامها مع موعد ظهور الأطوار اليرقية الصغيرة للآفة: تعتبر الأطوار اليرقية الصغيرة أكثر الأطوار الحساسية للمبيدات الحيوية الميكروبية. لذا يجب دراسة الآفة بدقة وتحديد موعد وضع البيض وظهور اليرقات للآفات الحشرية المراد مكافحتها وفي المنطقة المراد اجراء المكافحة بها. فإذا كانت فترة وضع البيض عند الآفة طويلة أو يمتد فقس البيض لفترة زمنية طويلة فانه يجب تكرار الرش عدة مرات وبفاصل زمني 7-8 أيام.
- جميع المبيدات الحيوية الميكروبية لا تؤثر في طعم ورائحة النباتات أو الثمار المعالجة.

- غير سامة: تعتبر المبيدات آمنة استخدامها. فهي غير سامة للإنسان وذوات الدم الحار والحشرات النافعة والأعداء الطبيعية.
- فترة الأمان قصيرة: تقريباً يوم واحد بعد المعاملة.
- مدة تخزينها قصيرة نسبياً: تمتد من عدة أشهر 6 أشهر عند بعض أنواع المبيدات وحتى سنتين عند البعض الآخر. وذلك إذا حفظت في عبواتها الأصلية، وفي درجة حرارة منخفضة نسبياً ورطوبة نسبية منخفضة. ان استمرار حفظ المبيدات لفترة أطول من الفترة المدونة على العبوات أو الحفظ في شروط غير مناسبة يخفض بشكل كبير من فعالية المبيد الحيوي.
- آمنة بيئياً: حيث لا تنتج منها مواد كيميائية سامة كما هي في حالة المبيدات الكيميائية التي تتراكم في البيئة وتسبب مخاطر عديدة. فالمبيدات الميكروبية تحتوي على الكائنات الحية الدقيقة نفسها الموجودة والتي تم عزلها من الطبيعة وتم اكثارها وتجهيزها لتناسب الاستخدام الحقلي.

عيوب المكافحة الحيوية الميكروبية

- يحتاج تطبيقها إلى خبرة علمية وفنية عالية.
- تحتاج الى ظروف خاصة لتطبيقها فالفطريات والنيماتودا تحتاجان الى درجة رطوبة نسبية عالية لتطبيقها.
- تكون المسببات المرضية بعد رشها محدودة الحركة والانتشار مقارنة بالمفترسات والطفيليات.
- قد تطول الفترة بين المعاملة وحدوث الموت.
- تكلفة تصنيع مبيدات الميكروبية مازالت مرتفعة نسبياً.

المراجـــع

- كتاب المكافحة الحيوية. 2006. نذير دلال و آخرون. منشورات جامعة دمشق، كلية الزراعة- سوريا.

- مسببات الأمراض .Pathogens.
http://www.drnabil.22web.org/html/Pathogens.htm

- نيماتودا مفيدة للحدائق.
https://ar.mastodoc.com/47304-nematodes-as-pest-control

- وحيدات الخلية الحيوانية بروتوزوا . علم الحيوان 2018-2019.
https://hama-univ.edu.sy/newsites/agricultural/wp-content/uploads/2018/10

- Anatis Bioprotection. https://anatisbioprotection.com/en/news/bioceres-bio-insecticide.html.

- *Bacillus thuringeinsis*. A Horticulture Information article from the Wisconsin Master Gardener website, posted 24 Oct 2016.

- *Beauveria bassiana*- Best Biopesticide for crops. https://www.eagrovision.com/*Beauveria-bassiana*/.

- *Beauveria bassiana*. https://en.wikipedia.org/wiki/*Beauveria_bassiana*.

- Biological Control of Insect Pests. *eOrganic author*: Mary E. Barbercheck, Penn State University. https://eorganic.org/node/919.

- Covert Infection of Insects by Baculovirus Trevor Williams, Cristina Virto,Rosa Murillo, Primitivo Caballero. REVIEW article. Front. Microbiol., 17 July 2017 | https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01337.

- Entomopathogenic Nematodes for Control of Insect Pests Above and Below Ground with Comments on Commercial Production Lawrence A. Lacey and . Ramon Georgis J Nematol. 2012 Jun; 44(2): 218–225.

- Environmental Distribution, Frequency and Toxicity of *Bacillus thuringiensis* in Syria Meihiar M., Ahmad M., Al-Zyoud F. & Amer K. 2015. Annual Research & Review in Biology. 5(2): 174-183.

- Genetically engineered (modified) crops (*Bacillus thuringeinsis crops*) and world controversy on their safety. Springer. https://ejbpc.springer.open.com/articles/10.1186/s41938-018-0051-2.

- https://agriculturalresearc.blogspot.com/2014/11/blog-post_61.html.

المراجـــع

- Insect pathogenic viruses: a reference study. Arab Journal of Plant Protection; Aug2016, Vol. 34 Issue 2, p114-125, 12p.

- Isolation and characterization of different *Bacillus thuringiensis* strains from Syria and their toxicity to the Mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* Zeller (Pyralidae: Lepidoptera) Meihiar M., Ahmad M. & Kebebo E. 2012. Jordan Journal of Agricultural Sciences, University of Jordan.

- National pesticide. *Bacillus thuringeinsis*. information centre. http://npic.orst.edu/ingred/bt.html.

- Toxic Potential of *Bacillus thuringiensis*: An Overview. David Fernandez-Chapa,Jesica Ramirez-Villalobos and Luis Galan-Wong. Published: June 27th 2019.

- What Are Protozoa. https://www.ddcdolphin.com/blog/what-are-protozoa/.

©MOCCAE الإمارات العربية المتحدة 2021

لمزيد من المعلومات أو الملاحظات:

وزارة التغيـــر المنـــاخي والبيئـــــة

صندوق بريد 1509، دبي، الإمارات العربية المتحدة
البريد الإلكتروني: info@moccae.gov.ae

@MOCCAEUAE
www.moccae.gov.ae