



جامعة كربلاء
كلية الزراعة
قسم وقاية النبات

كشف وتشخيص المركبات العضوية المتطايرة VOCs عند الإصابة
بخنفساء الطحين الصدئية *Tribolium castaneum* بأستخدام جهاز
الكروماتوغرافيا الغازي ذو الكاشف GC-MS و تقييم بعض المبيدات
الكيميائية و الأحيائية في السيطرة عليها

رسالة مقدمة الى مجلس كلية الزراعة / جامعة كربلاء وهي جزء من متطلبات
نيل درجة الماجستير علوم في الزراعة / وقاية النبات

من قبل

ميسم صادق عبد المجيد محمد علي

باشراف

أ.م. د استبرق محمد عبد الرضا

1447 هـ

أ.م. د ثامر سلمان جبر

2025 م

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فَتَبَسَّمَ ضَاحِكًا مِّن قَوْلِهَا وَقَالَ رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ
نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وُلْدِي وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا
تَرْضَاهُ وَأَدْخِلْنِي بِرَحْمَتِكَ فِي عِبَادِكَ الصَّالِحِينَ (١٩)

صدق الله العلي العظيم

سورة النمل آية (19)

الأهداء

اهدي ثمرة تعبي الى صاحب الفضل العظيم الهادي المبين الله عز وجل.
الى من قاد قلوب البشرية و عقولهم الى بر الأمان ونور قلوبهم بالايمان.... معلم
البشرية الاول رسولنا الاعظم أبو القاسم النبي محمد (صلى الله عليه واله وسلم).
الى سادتي الاطهار حجج الله على الخلق اجمعين آل البيت الكرام (عليهم السلام) و
أبا الفضل العباس وام البنين عليهم أفضل سلام الله أجمعين.
الى من يزرعان الامل و علماني ان الطموح لا سقف له وغرسا في بذور العزيمة
وسقياني بالداء....ابي وامي.
الى مصدر قوتي و من شددت بهم ازري اخوتي الأعزاء.
الى رفيق دربي وشريك حياتي ومن ساندني في رحلتي البحثية والعملية وشجعني
على مواصلة دراستي زوجي الحبيب (يوسف)
الى عصفورتي الجميلة صغيرتي في الجنة ابنتي
الى من كان قدوتي في هذه الحياة وفخريخالي (همام عبد الأمير)
الى من منحوني العلم توجيها و الثقة دافعا و تعلمت منهم الكثير المشرفين الفاضلين
(أ.م.د ثامر سلمان جبر) و (أ.م.د استبرق محمد عبد الرضا)

الشكر و التقدير

بسم الله الرحمن الرحيم والحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على اشرف خلق الله اجمعين محمد وعترته الطيبين الطاهرين وعلى العباس ابن امير المؤمنين وامه ام البنين صلوات الله وسلامه عليهم اجمعين

وفي نهاية المطاف (من لم يشكر المخلوق لم يشكر الخالق) اشكر من تفضلوا بمساعدتي في رسالتي لتظهر بهذه الصورة ...

أتقدم بالشكر والتقدير الى عمادة كلية الزراعة -جامعة كربلاء اتاحة لي الفرصة للدراسة والشكر الجزيل والثناء الجميل الى عميد كلية الزراعة الأستاذ علي عبد الحسين كريم ، كما واتقدم بالشكر الجزيل الى رئيس قسم وقاية النبات أ.د. ياسر ناصر الحميري والى السادة الافاضل رئيس وأعضاء لجنة المناقشة الموقرين على ما بذلوه من جهد في قراءة رسالتي المتواضعة وابداء التوجيهات و الملاحظات العلمية و القيمة و اظهارها بهذا المظهر العلمي اللائق.

واتقدم بخالص الشكر و الامتنان الى مشرف رسالتي الدكتور ثامر سلمان جبر على ما بذله من جهد و توجيه كريم طوال مراحل اعداد هذه الدراسة وكان لدعمه العلمي و ملاحظته القيمة اثرا كبيرا لإتمام هذا العمل على النحو الذي هو عليه.

كما واتقدم بالشكر و التقدير الى مشرفتي الدكتورة استبرق محمد عبد الرضا على ما قدمته من توجيه علمي كان له الأثر البالغ في انجاز هذا العمل

واتقدم بالشكر الى الدكتور مشتاق طالب محمد علي و الدكتور عقيل نزال بربور و الدكتورة رجاء غازي عبد المحسن و الدكتور حميد عبد خشان و الدكتورة سناء مسلم عبد و السيدة اقبال زهو و الأستاذ علاء طالب و الأستاذ بربور ناصر، كما واتقدم بالشكر الى شعبة الدراسات العليا لتعاونهم معي في الأمور الإدارية و خاصة د. محمود ناصر

كما واشكر صديقاتي (رواسي عبد الرضا، تيماء فائق، الحوراء عبد اليمه، نور احمد ، وسن فاضل ، زهراء حسين) و صديقتي (سري علي) واشكر زملائي (سلام محمد ، محمد عباس ، بشير جابر) لمساعدتهم ومساندتهم لي طيلة مدة الدراسة

كما و اشكر مشاتل العتبة العباسية المقدسة و كذلك مركز ابن البيطار لتعاونهم معي في اكمال الجانب العملي من رسالتي.

وأخيرا اشكر كل من مد لي يد العون وساعدني مع رجائي بالموفقية والنجاح للجميع...

والله ولي التوفيق

ميسم

إقرار المشرف

أشهد أن اعداد هذه الرسالة الموسومة (كشف وتشخيص المركبات العضوية المتطايرة VOCs عند الإصابة بخنفساء الطحين الصدفية *Tribolium castaneum* باستخدام جهاز الكروماتوغرافيا الغازي ذو الكاشف GC-MS وتقييم بعض المبيدات الكيميائية والأحيائية في السيطرة عليها) التي قدمتها الطالبة (ميسم صادق عبد المجيد محمد علي) تمت تحت اشرافي في قسم وقاية النبات /كلية الزراعة /جامعة كربلاء وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير علوم في الزراعة / وقاية النبات.

 التوقيع:

الاسم: د. استبرق محمد عبد الرضا

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: جامعة كربلاء/كلية الزراعة

التاريخ: / / 2025

 التوقيع:

الاسم: د. ثامر سلمان جبر

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: جامعة كربلاء /كلية الزراعة

التاريخ: / / 2025

توصية رئيس قسم وقاية النبات

بناء على التوصية المقدمة من قبل الأستاذ المشرف أرشح هذه الرسالة للمناقشة.

 التوقيع:

الاسم: د. ياسر ناصر الحميري

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: جامعة كربلاء / كلية الزراعة

التاريخ: / / 2025

إقرار لجنة المناقشة

نشهد بأننا أعضاء لجنة المناقشة، اطلعنا على هذه الرسالة و الموسومة (كشف وتشخيص المركبات العضوية المتطايرة VOCs عند الإصابة بخنفساء الطحين الصدفية *Tribolium castaneum* باستخدام جهاز الكروماتوغرافيا الغازي ذو الكاشف GC-MS وتقييم بعض المبيدات الكيميائية والأحيائية في السيطرة عليها) وقد ناقشنا الطالبة (ميسم صادق عبد المجيد محمد علي) في محتوياتها ووجدنا أنها جديرة بالقبول لنيل درجة الماجستير علوم في الزراعة / وقاية نبات.



أ. طه موسى محمد

كلية الزراعة – جامعة كربلاء

2025/ /

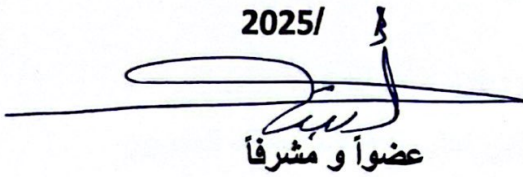


عضو اللجنة

أ.م.د. فرحان جاسم محمد

كلية الزراعة – جامعة ميسان

2025/ /



عضواً و مشرفاً

أ.م.د. استبرق محمد عبد الرضا

كلية الزراعة – جامعة كربلاء

2025/ /



عضو اللجنة

أ.م.د. مشتاق طالب محمد علي

كلية الزراعة – جامعة كربلاء

2025/ /



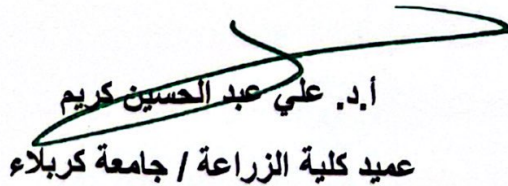
عضواً و مشرفاً

أ.م.د. ثامر سلمان جبر

كلية الزراعة – جامعة كربلاء

2025/ /

صدققت الرسالة من قبل مجلس كلية الزراعة – جامعة كربلاء



أ.د. علي عبد الحسين كريم
عميد كلية الزراعة / جامعة كربلاء

2025 / /

الخلاصة

أجريت سلسلة من التجارب المختبرية في كلية الزراعة/جامعة كربلاء لتقييم كفاءة المبيدين Emamectin benzoate و Imidacloprid إضافة الى دراسة تأثير العزلة المحلية من الفطر الاحيائي *Trichoderma harzianum* , كما استخدام نوعين من النيماتودا الممرضة للحشرات *Steinernema carpocapsae* و *Heterorhabditis bacteriophora* وكذلك

استخدام المركبات النانوية السيليكا و الزنك و تأثير التداخل مع مبيد Emamectin benzoate في نسب هلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس والبالغات لخنفساء الطحين الصديئة *Tribolium castaneum* , وأخيرا الكشف عن المركبات العضوية المتطايرة Volate Organic Compound من الطحين السليم و المصاب بخنفساء الطحين الصديئة باستخدام *T.castaneum* (HS-Soild Phase Microextraction -Head Space

SPME) وتقنية (GC-MS) Chromatography Mass Spectrum .

بينت نتائج تقييم المبيد الكيميائي Imidacloprid و المبيد ذو الأصل الاحيائي Emamectin benzoate ان العمر اليرقي الثاني كان أكثر حساسية من بقية الاعمار المستخدمة في التجربة مسجلا معدل هلاك بلغ 100% و 93.33% على التوالي بعد 7 أيام من المعاملة ، كما لوحظ ان نسبة الهلاك تزداد بزيادة الفترة الزمنية.

اشارت نتائج دراسة تأثير الفطر *T. harzianum* الى وجود تأثيرا معنويا على التراكيز المختلفة المستخدمة . حيث تفوق التركيز $10^{12} \times 1$ في تحقيق اعلى معدلات الهلاك للعمرين الثاني و الخامس مسجلا 363.3 و 51.67% على التوالي , مقارنة بالطور البالغ الذي معدل هلاك بلغ 28.33% عند التركيز $10^{12} \times 1$ بعد 7 أيام من المعاملة.

بينت نتائج تقييم كفاءة النيماتودا الممرضة للحشرات *H. bacteriophora* عند التراكيز (IJS 150,100,50) عن تفوقها في احداث اعلى معدلات الهلاك بعد 72 ساعة عند العمر اليرقي الخامس محققه 76 , 80 و 86.21% على التوالي مقارنة بالعمر اليرقي الثاني و التي سجلت معلات هلاك بلغت 55 , 67 و 74.49% على التوالي بعد 72 ساعة من المعاملة بينما كانت البالغات أقل تأثيرا .كما أظهرت نتائج دراسة النيماتودا *S. carpocapsae* عند تركيز IJS 150 , عن تسجيله لأعلى معدل هلاك عند العمر اليرقي الخامس محققا 70% تلتها يرقات العمر الثاني 55% , ثم البالغات بمعدل هلاك بلغ 40% . مقارنة بالتركيز IJS 100

الذي حقق نسبة الهلاك بلغت 60% بعد 72 ساعة لكلا العمرين الثاني والخامس, اما عند الطور البالغ فقد حقق معدل هلاك بلغ 35% .

أوضحت نتائج تقييم المواد النانوية عند التركيز 300,200,100 ملغم/لتر عن تفوق السليكا النانوية عند التركيز 300 ملغم /لتر في احداث اعلى معدلات الهلاك محققا 100% في العمر اليرقي الثاني و 76.66% في العمر اليرقي الخامس و الطور البالغ على التوالي , مقارنة مع معاملة أوكسيد الزنك النانوي الذي حقق معدل هلاك بلغ 96.66% في العمر اليرقي الثاني و 86.66% في العمر اليرقي الخامس و في البالغات حققت 70% عند نفس التركيز بعد 7 أيام من المعاملة.

بينت نتائج التداخل بين مبيد Emamectin benzoate 0.25 غم /لتر و مركب السليكا النانوي 100 ملغم /لتر على العمر اليرقي الثاني و الخامس و الطور البالغ لحشرة *T. castanum* تفوق التركيز المستخدم في احداث اعلى معدلات نسب الهلاك بعد 3 ايام من المعاملة و بنسبة بلغت 100% و لجميع الاعمار المختبرة اما التداخل بين مبيد Emamectin benzoate و مركب الزنك فقد بلغت 100% في الطورين الثاني والخامس و 96.66% في البالغات وذلك بعد 7 أيام من المعاملة .

22 من ناحية استخدام (HS-SPME) -Soild Phase Microextraction و Head Space و تقنية (GC-MS) Gas Chromatography Mass Spectrum اذ تم الكشف عن 28 و

مركبًا من المركبات العضوية المتطايرة من الطحين المصاب والسليم على التوالي، كما تم الكشف عن 9 من المركبات الرئيسية VOCs من الطحين المصاب بخنفساء الطحين الصدفية T.

castranium وهي ، 11- Docosane ، n-Hexadecanoic acid Hexacosane ، Methylpentacosane و 13-2 ، Heptacosane ، Nonacosane ، Methylheptacosane، 2-methyloctacosane ، Methylhexacosane بينما شخصت

4 مركبات رئيسية من الطحين السليم وهي 1-، -N-butyl، 13- Butanamine ،

n-Hexadecanoic acid Methylheptacosane ، Hexacosane . وبهذه الطريقة يمكن الكشف عنها واتخاذ الاجراءات المناسبة لمنع انتشارها.

قائمة المحتويات

الصفحة	العنوان	التسلسل
1	المقدمة	1
4	مراجعة المصادر	2
4	الأهمية الاقتصادية للحبوب	1-2
4	الحشرات التي تصيب المخازن	2-2
6	الموقع التصنيفي لخنفساء الطحين الصدفية	3-2
6	خنفساء الطحين الصدفية <i>T.castaneum</i>	4-2
7	التوزيع الجغرافي لخنفاص الطحين الصدفية <i>T.castaneum</i>	5-2
8	وصف أدوار حشرة خنفساء الطحين الصدفية الحمراء	6-2
8	البيض	1-6-2
9	اليرقات	2-6-2
9	العذراء	3-6-2
10	البالغات	4-6-2
11	الأهمية الاقتصادية لحشرة خنفساء الطحين الصدفية الحمراء <i>T.castaneum</i>	7-2
12	المدى العائلي لحشرة <i>Tribolium castaneum</i>	8-2
12	الطرائق المستخدمة في مكافحة الحشرات المخزنية	9-2
13	المكافحة الكيميائية	1-9-2
14	المكافحة الإحيائية	2-9-2
16	الفطر <i>Trichoderma spp</i>	1-2-9-2
17	النيوماتودا الممرضة للحشرات	2-2-9-2
18	المواد النانوية Nanomaterials	3-9-2
19	الخصائص السمية للجسيمات النانوية (NPs)	1-3-9-2
21	إستعمال أوكسيد السيليكا النانوي SiO_2 NPs في مكافحة الحشرات	2-3-9-2
23	المبيدات النانوية Nanopesticides	3-3-9-2
23	استخدام المركبات النانوية و دورها في مكافحة حشرات المخازن	4-3-9-2
25	الكشف المبكر عن الإصابة بالحشرات المخزنية	10-2

25	التقانات الحديثة في تشخيص الحشرات المخزنية	1-10-2
26	تقنية Head Space-Solid Phase Microextraction (SPME)	2-10-2
27	جهاز الكروماتوغرافي الغازي (GC-MS)	3-10-2
28	المركبات العضوية المتطايرة (VOCs)	4-10-2
32	المواد و طرائق العمل	3
32	الأدوات و الأجهزة المستخدمة في الدراسة	1-3
33	جمع وتربية حشرة خنفساء الطحين الصدئية <i>T. castaneum</i>	2-3
34	تهيئة المستعمرة للحصول على أدوار الحشرة	3-3
35	اختبار تأثير المبيدين Emamectin Benzoate و Imidacloprid على نسبة هلاك الاعمار اليرقية وبالغة لحشرة خنفساء الطحين الصدئية <i>T. castaneum</i>	4-3
36	تهيئة العزلة المحلية للفطر الاحيائي <i>T. harzianum</i>	5-3
37	تحضير معلق المبيد الحيوي <i>T. harzianum</i> لاستخدامه في التجربة المختبرية	6-3
37	تأثير تراكيز مختلفة لعزلة الفطر <i>T.harzianum</i> في هلاك العمرين اليرقيين الثاني و الخامس و البالغ لخنفساء الطحين الصدئية	1-6-3
38	النيماطودا الممرضة للحشرات	7-3
38	تربية دودة الشمع الكبرى <i>Gelleria mellonella</i>	1-7-3
39	تنشيط واكتار النيماطودا الممرضة للحشرات EPNs	2-7-3
40	تحضير تراكيز معلق النيماطودا	3-7-3
41	أختبار تأثير النيماطودا <i>H. bacteriophora</i> و <i>S. carpocapsae</i> في هلاك العمرين اليرقيين الثاني و الخامس وبالغات لخنفساء الطحين الصدئية	4-7-3
42	تحضير تراكيز المركبات النانوية المستخدمة في التجربة	8-3
42	تأثير تراكيز مختلفة من مركب السليكا و الزنك النانوي في هلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس و البالغات من خنفساء الطحين الصدئية <i>T. castaneum</i>	1-8-3
42	تأثير خلط المبيد الكيميائي Emamactin banzaote مع مركبي الزنك أو السليكا النانوية	9-3
43	استخلاص المركبات العضوية المتطايرة (VOCs)	10-3

43	تحليل المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) باستخدام تقنية (GC-MS)	11-3
44	تصميم التجربة و التحليل الإحصائي	12-3
45	النتائج و المناقشة	4
45	تأثير تراكيز مختلفة من المبيد ذي الأصل الحيوي Emamectin benzoate في هلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس والبالغات لخنفساء الطحين الصدئية <i>T. castaneum</i>	1-4
48	تأثير تراكيز مختلفة من المبيد الكيماوي Imidacloprid في نسب هلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس والبالغات لخنفساء الطحين الصدئية <i>T. castaneum</i>	2-4
50	تأثير تراكيز مختلفة من الفطر <i>T. harizanium</i> في نسبة هلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس والبالغات لخنفساء الطحين الصدئية <i>T. castaneum</i>	3-4
52	تأثير النيما تودا الممرضة للحشرات نوع <i>H. bacteriophor</i> و <i>S. carpocapsae</i> في نسبة هلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدئية <i>T. castaneum</i>	4-4
58	تأثير أوكسيد السيليكا النانوية في النسب المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني و الخامس والبالغات لخنفساء الطحين الصدئية <i>T. castaneum</i>	5-4
61	تأثير تراكيز مختلفة من الزنك النانوي في النسبة المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدئية <i>T. castaneum</i>	6-4
63	تأثير تراكيز مختلفة من الخليط (المبيد الكيماوي Emamectin benzoate 0.25 غم/لتر + مركب السيليكا النانوي 100 ملغم/لتر) في النسبة المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني و الخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدئية <i>T. castaneum</i>	7-4
65	تأثير تراكيز مختلفة من الخليط (المبيد الكيماوي Emamectin benzoate 0.25 غم/لتر + مركب الزنك النانوي 100 ملغم/لتر) في النسبة المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني و الخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدئية <i>T. castaneum</i>	8-4
67	المركبات العضوية المتطايرة VOCs من الطحين السليم والمصاب بخنفساء الطحين الصدئية <i>T. castaneum</i>	9-4
71	الاستنتاجات و التوصيات	5

71	الاستنتاجات	1-5
72	التوصيات	2-5
73	المصادر	6
73	المصادر العربية	1-6
76	المصادر الإنكليزية	2-6
119	الملاحق	7

قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	الرقم
32	الأدوات المستخدمة في هذه الدراسة	1
33	الأجهزة المستعملة في الدراسة	2
35	المبيد ذو الأصل الحيوي Emamectin Benzoate و المبيد الكيميائي Imidacloprid والتركيز الموصى به و المادة الفعالة	3
41	المستحضرات التجارية للنيماطودا الأحيائية الممرضة للحشرات	4
41	مركبات الزنك النانوية والسيليكا النانوية	5
46	تأثير تراكيز مختلفة من المبيد ذي الأصل الحيوي Emamectin benzoate في هلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس وبالغات لخنفساء الطحين الصدئية <i>T.castaneum</i>	6
49	تأثير تراكيز مختلفة من المبيد الكيميائي Imidacloprid في نسب هلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس وبالغات لخنفساء الطحين الصدئية <i>T.castaneum</i>	7
51	تأثير تراكيز مختلفة من الفطر <i>T. harizanium</i> في نسبة هلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس وبالغات لخنفساء الطحين الصدئية <i>T. castaneum</i>	8
59	تأثير تراكيز مختلفة للسيليكا النانوية في النسب المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس وبالغات لخنفساء الطحين الصدئية <i>T.castaneum</i>	9
62	تأثير تراكيز مختلفة من الزنك النانوي في النسبة المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدئية <i>T.castaneum</i>	10
64	تأثير تراكيز مختلفة من الخليط (المبيد الكيميائي	11

	Emamectin benzoate + مركب السليكا النانوي) في النسبة المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني و الخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدفية <i>T. castaneum</i>	
66	تأثير تراكيز مختلفة من الخليط (المبيد الكيميائي Emamectin benzoate + مركب الزنك النانوي) في النسبة المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني و الخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدفية <i>T. castaneum</i>	12
69	المركبات العضوية المتطايرة (تمثل كل وحدة 10^5) من يرقات وبالغات خنفساء الطحين الصدفية <i>T. castaneum</i> باستخدام تقنية GC-MS.	13

قائمة الاشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
1	تأثير تراكيز مختلفة لنوعي النيما تودا <i>H. bacteriophora</i> و <i>S. carpocapsae</i> في النسبة المئوية لهلاك العمر اليرقي الثاني لخنفساء الطحين الصدفية <i>T. castaneum</i>	53
2	تأثير تراكيز مختلفة لنوعي النيما تودا <i>H. bacteriophora</i> و <i>S. carpocapsae</i> في النسبة المئوية لهلاك العمر اليرقي الخامس لخنفساء الطحين الصدفية <i>T. castaneum</i>	54
3	تأثير تراكيز مختلفة لنوعي النيما تودا <i>H. bacteriophora</i> و <i>S. carpocapsae</i> في النسبة المئوية لهلاك بالغات خنفساء الطحين الصدفية <i>T. castaneum</i>	55
4	تأثير تراكيز مختلفة من نيما تودا <i>H. bacteriophora</i> في النسب المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس وبالغات لخنفساء الطحين الصدفية <i>T. castaneum</i>	55
5	تأثير تراكيز مختلفة من نيما تودا <i>S. carpocapsae</i> في النسب المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدفية <i>T. castaneum</i>	56

قائمة الصور

الصفحة	العنوان	الرقم
7	انتشار خنفساء الطحين الصدفية حول العالم	1
10	دورة حياة <i>T. castaneum</i>	2
20	طريقة تأثير المواد النانوية عند دخولها جسم الحشرة	3
27	جهاز (SPME)	4
31	طريقة استخلاص وتحليل المركبات باستخدام SPME- GC-MS	5
34	مستعمرة خنفساء الطحين الصدفية الحمراء	6
36	نمو الفطر الأحيائي <i>T. harzianum</i>	7
37	الحصول على تراكيز مختلفة من الفطر <i>T. harzianum</i>	8
38	طريقة تربية الشمع الكبرى على بيئة مغذية صناعية	9
39	مراحل إصابة دودة الشمع الكبرى بالنيماطودا	10
40	حساب تراكيز الطور المعدي (Ijs) Infective Juveniles باستخدام Drop method	11
53	مراحل الإصابة و تأثير النيماطودا في العمرين البرقيين الثاني والخامس لخنفساء الطحين الصدفية <i>T. castaneum</i>	12

قائمة الملاحق

الصفحة	العنوان	الرقم
119	المبيد ذو الأصل الحيوي Emamectin Benzoate	1
119	المبيد الكيميائي Medapride	2
120	المبيد النانوي Silicon Dioxide	3
120	المبيد النانوي Zinc Oxide	4
121	مغلف النيماتودا الممرضة للحشرات <i>Steinernema carpocapsae</i>	5
121	مغلف النيماتودا الممرضة للحشرات <i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	6

1. المقدمة Introduction

في إطار التحديات المستقبلية التي تواجه القطاع الزراعي، تعد سلامة الغذاء وزيادة الإنتاج الزراعي من المتطلبات الأساسية لتلبية احتياجات الزيادة المستمرة في عدد سكان العالم. وتعد الخسائر التي تحدث بعد الحصاد من أبرز التهديدات لأمن الغذاء، حيث تمثل مصدراً كبيراً للهدر الغذائي وتراجع العائد الاقتصادي، لا سيما في قطاع الحبوب والمنتجات المخزنة. ووفقاً لتقديرات منظمة الأغذية والزراعة (FAO)، فإن الخسائر بعد الحصاد تقدر بحوالي 10% من إجمالي الإنتاج الزراعي في الدول المتقدمة، بينما تتجاوز 20% في الدول النامية (Papanikolaou وآخرون، 2022؛ Liu وآخرون، 2021). تعزى النسبة الكبيرة من الخسائر إلى الإصابة بالآفات الحشرية المخزنية، والتي تلعب دوراً رئيسياً في تدهور نوعية وكمية المنتجات الزراعية خلال مرحلة التخزين. لذا فإن تطوير استراتيجيات فعالة لمكافحة الحشرات والحد من أضرارها يعد خطوة أساسية في تقليل الخسائر بعد الحصاد وتعزيز الأمن الغذائي، خاصة في البلدان التي تعتمد بشكل كبير على تخزين المحاصيل لفترات طويلة (AI- shuwaili، 2020).

تعرض الحبوب المخزنة ومنتجاتها للإصابة بالعديد من الآفات الحشرية التي تنتمي إلى رتب مختلفة، وأبرزها رتبة غمدية الأجنحة Coleoptera وحرشفية الأجنحة Lepidoptera، حيث تم تسجيل أكثر من 600 نوع منها كآفات مخزنية (Kumar، 2017؛ Nayak وآخرون، 2022).

تعد خنفساء الطحين الصدئية الحمراء *Tribolium castaneum* Herbst واحدة من أكثر الآفات انتشاراً على مستوى العالم، وهي من الحشرات الاقتصادية المدمرة التي تهاجم طيفاً واسعاً من المواد الغذائية (Hagstrum و Flinn، 2014) وعلى الرغم من تصنيفها كافة ثانوية للمنتجات المخزنة، إلا أنها تتغذى على أنواع عديدة من الحبوب والدقيق والمكسرات والبذور والمواد الغذائية الجافة الأخرى. تحدث خنفساء الطحين الصدئية أضراراً مباشرة من خلال تغذي جميع أطوار الحشرة على المواد المخزنة، حيث تضع الإناث البيوض مباشرة على المواد المصابة، كما تتسبب بأضرار غير مباشرة عبر تلويث المواد الغذائية بإفرازاتها المعروفة برائحها الكريهة وسميتها العالية، والتي تحتوي على مركبات متطايرة (Beal، 2003).

تحدث كل من اليرقات والبالغات أضراراً كبيرة نتيجة التغذية ، كما أن قدرة الحشرات البالغة على الطيران لمسافات طويلة تسهل من انتقالها وانتشارها بين أماكن التخزين، بل ومن الحقل إلى المخازن، مما يعزز من سرعة تفشي الإصابة (Papanikolaou وآخرون ، 2022 ؛ Liu وآخرون ، 2021).

استخدمت وسائل مكافحة متعددة في السيطرة على خنفساء الطحين الصدفية ، وكان للمكافحة الكيميائية النصيب الأكبر بين هذه الوسائل، نظراً لقدرتها على تحقيق نتائج سريعة في السيطرة على الآفة. إلا أن ما يزيد من خطورة هذه الحشرة هو تطورها لصفة المقاومة تجاه المبيدات الكيميائية، (عفيفي، 2002 ؛ Sadeghi وآخرون ، 2006). كما أكد الأسدي (2009) على أهمية البحث عن بدائل فعالة للمبيدات الكيميائية، تضمن حماية البيئة من التلوث، وتحافظ على صحة العاملين والمستهلكين. وقد برزت المبيدات ذات الأصل النباتي والحيوي ضمن برامج الإدارة المتكاملة للآفات بوصفها خياراً صديقاً للبيئة (Copping و Men ، 2000).

تعد المبيدات الاحيائية من البدائل الواعدة للمبيدات الكيميائية، إذ تتميز بانخفاض سميتها للإنسان والحيوان، وفعاليتها المميّزة للآفات المخزنية (عمران ، 2021). وقد لجأ الإنسان منذ القدم إلى استخدام بعض النباتات كوسائل طبيعية لطرد أو قتل الحشرات الضارة بالمواد المخزونة (داوود وآخرون، 2009). كذلك عناصر المكافحة الإحيائية مثل المسببات المرضية كالبكتيريا و النيماتودا والفطريات (الجوراني، 1991) ومن بين التقنيات الحديثة المستخدمة في مكافحة الآفات، تبرز المركبات النانوية، التي تسهم في تقليل التلوث البيئي (Ghormade وآخرون ، 2011). تعد هذه التقنية بديلاً آمناً ضمن برامج إدارة الآفات، حيث تعتمد على استخدام مواد نانوية مثل الجسيمات النانوية، المعلقة النانوية، و مبيدات تعتمد على مواد نانوية. ومن بين هذه

المركبات، مركبات أكسيد السليكا وأكسيد الزنك النانوية نظراً لأهميتها في مكافحة الآفات الحشرية المخزنية، بسبب فعاليتها العالية وانخفاض سميتها للكائنات غير المستهدفة، خصوصاً الإنسان. كما أنها تعمل كممانعات تغذية، وطارادات، ومثبطات نمو لعدد كبير من الحشرات المخزنية (Ganji و Ziaee ، 2016؛ Mohammed و Aswd ، 2019؛ حبيب، 2022).

إلى جانب ذلك، تلعب المركبات العضوية المتطايرة Volatile Organic Compounds التي تفرزها النباتات أو الحبوب دوراً في تشخيص ومكافحة الآفات الحشرية، سواء من خلال التأثير المباشر كمواد طاردة أو سامة، أو عبر آليات دفاع غير مباشرة مثل جذب الأعداء الحيوية. إذ تنتج النباتات هذه المركبات استجابةً للإصابة الحشرية كوسيلة جذب المفترسات الطبيعية للأعداء

الحشرية (عبد ، 2021). المركبات العضوية المتطايرة VOCs هي مركبات متطايرة تتبخر عند درجة حرارة الغرفة (Niu وآخرون، 2016) تكون هذه المركبات عبارة عن منتجات تنطلق من الأنشطة الأيضية أو تلف الأنسجة، وقد يكون طريقة فعالة للكشف عن الانواع الحشرية. وبالتالي، فإن تحليل المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة في المجال الجوي المحيط بالمنتجات المخزنة هو طريقة محتملة للتشخيص وتحديد الأنواع (Qiu وآخرون، 2014).

تم استخدام تقنية (SPME) التجارية لاستخراج المركبات العضوية المتطايرة من الحشرة. تم تحليل المركبات العضوية المتطايرة وتحديدتها باستخدام GC-MS (Niu وآخرون، 2016).

ويهدف الوصول الى طرق مكافحة بديلة أكثر أمانا على الإنسان والبيئة وأقل كلفة اقتصادية ضد الآفات المخزنية هدفت هذه الرسالة الى :

1. كشف وتشخيص المركبات العضوية المتطايرة التي من خلال استخدام جهاز الكروماتوغرافيا الغازي (GC-MS) Gas Chromatograph Mass Spectrometry وكذلك جمع واستخلاص المركبات العضوية المتطايرة التي تفرزها الحبوب المصابة و الحشرات باستخدام تقنية (SPME) Head Space-Sold Phase Microextraction.
2. تقييم كفاءة أنواع مختلفة من النييماتودا الممرضة للحشرات *Heterorhabditis* و *Steinernema carpocapsae* و *bacteriophora* في مكافحة اليرقات والبالغات لخنفساء الطحين الصدفية.
3. تقييم كفاءة الفطر *Trichoderma harizanium* في مكافحة اليرقات والبالغات لخنفساء الطحين الصدفية.
4. تقييم كفاءة المركبات النانوية اوكسيد السليكا (SNPs) و اوكسيد الزنك (ZnPs) بتركيز مختلفة في هلاك الأعمار اليرقية و البالغة للحشرة .
5. تقييم كفاءة مبيدات الاصل الحيوي Imidacloprid و Emamectin benzoate بتركيز مختلفة في هلاك اليرقات و البالغات لخنفساء الطحين الصدفية.
6. دراسة التداخل بين Emamectin benzoate وأوكسيد السليكا النانوي (SNPs) و اوكسيد الزنك (ZnPs) في السيطرة على يرقات وبالغات الحشرة.

2- مراجعة المصادر Literature Review

1-2: الأهمية الاقتصادية للحبوب

إن تخزين الحبوب يعتبر خطوة أساسية لضمان توفير كميات كافية وجودة عالية من المحصول. إلا أن التخزين الآمن للحبوب يتطلب السيطرة على عدة عوامل لها أهمية على المحصول المخزن، تشمل العوامل الفيزيائية والكيميائية والحيوية (White و Jayas، 2003). ولضمان خزن الحبوب بشكل آمن، ينبغي على المزارعين مراعاة مجموعة من الممارسات الحيوية، مثل الحفاظ على النظافة، وتجنب خلط الحبوب السليمة بالمصابة، وحرق بقايا المحاصيل، إلى جانب اتخاذ إجراءات ضرورية أخرى للحد من تلوث الحبوب بالحشرات المخزنية (Ahmad و Upadhyay، 2011).

تزداد المخاوف المتعلقة بحماية الحبوب المخزنة من الحشرات والتي لها تأثير كبير على انخفاض جودة وكمية الحبوب المخزونة، وقد أصبحت العديد من أنواع الحشرات المخزنية منتشرة عالمياً بسبب أنشطة الإنسان المرتبطة بنقل وتوزيع الحبوب (Padín و آخرون، 2002). لذلك يعد التخزين السليم للحبوب أمر بالغ الأهمية لضمان تزويد الأسواق بحبوب ذات جودة عالية. هناك العديد من التحديات التي تواجه عملية خزن الحبوب ومن أهم هذه التحديات الحشرات التي تصيب الحبوب المخزونة ومن أهمها خنفساء الطحين الصدئية الحمراء، خنفساء الخابرا والخنفساء المنشارية وغيرها من الأنواع. تعد خنفساء الطحين الحمراء *T. castaneum* من أكثر هذه الآفات انتشاراً (Mallis، 1960).

2-2: الحشرات التي تصيب المخازن

تعد الحشرات المخزنية من الآفات التي سجلت منذ القدم، إذ تهاجم الحبوب المخزونة ومنتجاتها والفواكه المجففة، حيث تشير أقدم سجلات وجود هذه الحشرات إلى عام 2500 قبل الميلاد، إذ عُثر على خنافس الطحين في أحد القبور المصرية، مما يشير إلى ارتباطها القديم بتلف المواد الغذائية المخزنة. كما وُجدت خنافس وسوس الحبوب في مقبرة الملك توت عنخ آمون (1380-1390 ق.م) (Munro، 1966). تعد الحشرات من أهم الآفات التي تؤثر سلباً على الحبوب المخزونة (USDA، 1986).

تنتشر معظم أنواع حشرات المخازن في معظم بلدان العالم، ويعتمد وجودها على نوع الغذاء وظروف المناخ. وتختلف الأهمية الاقتصادية للحشرات المخزنية تبعاً لأهمية المنتجات التي

تصيبها (Dyte و Champ، 1976). اذ تسبب بعض الأنواع الضرر بالحبوب الكاملة، بينما تهاجم أنواع أخرى منتجات الحبوب والدقيق والفواكه المجففة، في حين يتغذى البعض الآخر على بقايا المواد الغذائية. ولا يقتصر الضرر على الضرر المباشر على الحبوب، بل يشمل انخفاض جودة المواد الغذائية نتيجة تلوثها بأجزاء الحشرات، والفضلات، ووجود الانسلاخ إضافة إلى التلوث بالفطريات (Hagstrum وآخرون، 2012؛ Snelson، 1987). كما أن بعض الآفات مثل الصراصير، والأسماك الفضية، والنمل، والنمل الأبيض، تنتشر في أماكن تخزين الحبوب مسببة رائحة كريهة للطعام، لا سيما في البيئات الرطبة (Upadhyay و Ahmad، 2011).

تشير التقديرات إلى وجود نحو 600 نوع من الحشرات التي يمكن أن تصيب المنتجات المخزنية، إلا أن 18 نوعاً فقط تعد ذات أهمية اقتصادية كبيرة (Boyer وآخرون، 2012). تعتبر الخنافس Coleoptera وحرشفية الأجنحة Lepidoptera من أبرز الآفات الحشرية التي تلحق ضرراً بالمنتجات المخزنية، كما أشارت الدراسات إلى أن الخنافس أكثر ضرراً وذلك لكون اليرقات و البالغات تؤدي إلى تلف المواد الغذائية المخزونة، بينما حرشفية الأجنحة يقتصر ضررها في مرحلة اليرقة فقط (Upadhyay و Ahmad، 2011). وتسبب هذه الحشرات خسائر اقتصادية كبيرة قبل الحصاد وبعده، مسجلة خسائر اقتصادية تتراوح بين 10% إلى 100% في البلدان النامية (Mugisha-Kamatenesi وآخرون، 2008)، بينما تتراوح الخسائر في البلدان المتقدمة ما بين 5% إلى 10% (Adam وآخرون، 2006). ومن الأنواع الرئيسة التي تُسبب أضراراً كبيرة للمنتجات المخزنية: *Rhyzopertha dominica* (F.)، *Tribolium castaneum* (H.)، *S. zeamais* (M.)، *Sitophilus granarius* (L.)، *C. maculatus*، *Callosobruchus chinensis* (L.)، *Tribolium confusum* (D.)، *Acanthoscelides obtectus* (S.)، *Oryzaephilus surinamensis* (L.)، (F.)، *Prostephanus truncatus* (H.)، *Lasioderma serricornis* (F.)، *Ephestia* (Talukder و Benhalima، 2004؛ Howse و Talukder، 1994؛ Talukder، 1995).

تعتبر خنفساء الطحين الحمراء *T. castaneum* وخنفساء الطحين المتشابهة *T. confusum* من أكثر الحشرات المخزنية شيوعاً وانتشاراً في العراق (العزاوي ومهدي، 1983).

3-2: الموقع التصنيفي لخنفساء الطحين الصدمية

Tribolium castaneum (Herbst)

Kingdom: Animalia

Phylum: Arthropoda

Class: Insecta

Order: Coleoptera

Family: Tenebrionidae

Genus: *Tribolium*

Species: castaneum (1797) Herbst

(Myers وآخرون، 2006)

4-2: خنفساء الطحين الحمراء *T. castaneum*

تم تسمية *T. castaneum* بهذا الاسم عام 1797 من قبل Herbst، وظلت خنفساء الطحين الصدمية الحمراء تعرف بالاسم ذاته لفترة طويلة، إلى أن جاء العالم Jacquelin Duval في عام 1868 وحدد اسم *confusum* لهذا النوع ووضع وصفاً دقيقاً له (Cotton، 1960). تنتمي خنفساء الطحين الحمراء إلى فصيلة Tenebrionidae، وهي أكبر عائلات رتبة غمدية الأجنحة Coleoptera. وتعرف هذه الحشرات بتنوع تغذيتها، إذ يعتمد معظمها على المواد النباتية المتحللة، فيما يتطفل البعض الآخر على النباتات الحقلية، بينما يفترس بعضها أنواعاً أخرى من الحشرات (Arthur و Puterka، 2002).

تعد *T. castaneum* من أكثر الآفات الحشرية انتشاراً وأهمية اقتصادية في مجال الحشرات المخزنية، تعتبر من الآفات الواسعة الانتشار والتي لها القابلية على إصابة أنواع مختلفة من الحبوب (Flinn و Hagstrum، 2014). ورغم تصنيفها كأفة ثانوية للمنتجات المخزنية، إلا أنها تتغذى على طيف واسع من المواد الغذائية مثل دقيق الحبوب، والمكسرات، والبذور، والمنتجات الجافة المختلفة ويمكن أن تُسبب الإصابة بهذه الخنفساء أضراراً كبيرة للمواد

المخزنة، حيث تضع بيضها مباشرة على المواد المصابة، وتوجد جميع أطوار حياتها داخل تلك المواد (Bell, 2000).

تفرز بالغات *T. castaneum* العديد من المركبات السامة والمتطايرة والتي تشمل مركبات *Benzoquinones*، إضافة إلى مركبات كيميائية أخرى، يتم فرز هذه المركبات من الغدد الموجودة في الحلقة الصدرية الأمامية والبطنية الخلفية (Al-Joboory, 2019)، يؤدي زيادة أعداد حشرة *T. castaneum* إلى زيادة درجة الحرارة والرطوبة داخل المواد المصابة، كما تؤثر إفرازات *benzoquinones* من الحشرات البالغة على خصائص الطحين، فتجعله مائلاً للون الوردي وتؤثر على لزوجته ومرونته (Pires وآخرون، 2019).

5.2 التوزيع الجغرافي لخنافس الطحين الصدئية الحمراء *T. castaneum*

تعد خنافس الطحين الصدئية الحمراء *T. castaneum* من الحشرات واسعة الانتشار على مستوى العالم، خاصة في المناطق الدافئة والمعتدلة مثل الهند وأستراليا، حيث يعتقد أنها الموطن الأصلي لهذا النوع (Rees, 2004؛ Tripathi وآخرون، 2004) (صورة 1)



صورة (1) توضح انتشار خنافس الطحين الصدئية حول العالم (Islam, 2017)

تنتشر هذه الحشرات عالمياً، حيث تفضل في تغذيتها الحبوب المجففة والفواكه المجففة والبنور الزيتية. ومن أبرز هذه الحشرات خنافس الطحين الصدئية وثاقبة الحبوب. وعند وجودها مع

آفات رئيسية أخرى مثل سوسة الأرز الصغيرة، فإنها تسبب فقدان كميات كبيرة من البروتينات الموجودة في الحبوب مثل القمح والأرز. وتُعد خنفساء الطحين الصدفية من الآفات الثانوية، إذ تتغذى على الحبوب المتضررة ميكانيكيًا أو المصابة سابقًا بالآفات الأولية مثل سوسة الأرز أو

سوسة الذرة، مما يؤدي إلى تزايد إصابة الحبوب (العراقي ، 2002) تشمل العوامل الاساسية لخنفساء *T. castaneum* كلاً من الحبوب، ونخالة القمح، والدقيق، والفاصولياء، والعدس، وبذور الفول السوداني، وبذور الكتان، وبذور القطن، وبذور دوار الشمس، ووجبة فول الصويا، والفاكهة المجففة، والمكسرات (Janssen وآخرون، 2018؛ Acimović وآخرون، 2019؛ Al-Emara وآخرون، 2021). و ذكر كل من (Khalifa و Badawy ، 1955) ان الحشرة غالبا ما تتواجد ضمن منطقة عرض 40 ، بينما Mallis (1960) اعتبر خنفساء الطحين الصدفية الحمراء من الحشرات التي تتواجد في المناطق الدافئة و حدها بالمناطق الاسترالية – الهندية ، اما العلوي (1983) ، Junior ، وآخرون (2000 ، Athanassiou ، وآخرون (2005) قد أكدوا بانها من الحشرات التي تنتشر في أكثر من دول العالم وهي تصيب الحبوب المكسورة او المطحونة.

6-2: وصف ادوار حشرة خنفساء الطحين الصدفية الحمراء

تتبع خنفساء الطحين الحمراء *Tribolium castaneum* دورة حياة الحشرات كاملة التحول (Holometabolous) والتي تكون عادةً قصيرة جداً تحت الظروف البيئية الملائمة (Haines ، 1991). ذكر Howe (1956) أن دورة الحياة تكتمل خلال 20 يوماً. تبدأ الدورة عندما تضع الإناث البالغة الناضجة بيضها على سطح المنتجات أو فيما بينها.

6-2-1: البيض

بيض خنفساء الطحين الصدفية صغير الحجم، لونه أبيض مائل للصفرة، ويتخذ شكلاً أسطوانياً، وغالباً ما يلتصق به الطحين نتيجة المادة اللاصقة التي تغطي بها الأنثى قشرة البيضة أثناء وضع البيض (Devi و Devi، 2015). تضع الأنثى المخصبة ما بين 400 و 500 بيضة بمعدل 12 بيضة يومياً على مدى مدة تتراوح من 5 إلى 8 أشهر (الجبأوي، 2014) يمكن أن يصل عدد البيوض الموضوعة في إناث شديدة الخصوبة إلى 1000 بيضة وتمتد فترة حضانة البيض حتى أسبوع واحد اعتماداً على درجة الحرارة؛ حيث لوحظت فترة حضانة مدتها 3 أيام عند درجة حرارة 30°م (Beeman وآخرون، 2012) ويومان عند 34°م (Kumaranag وآخرون، 2010).

2-6-2: اليرقات

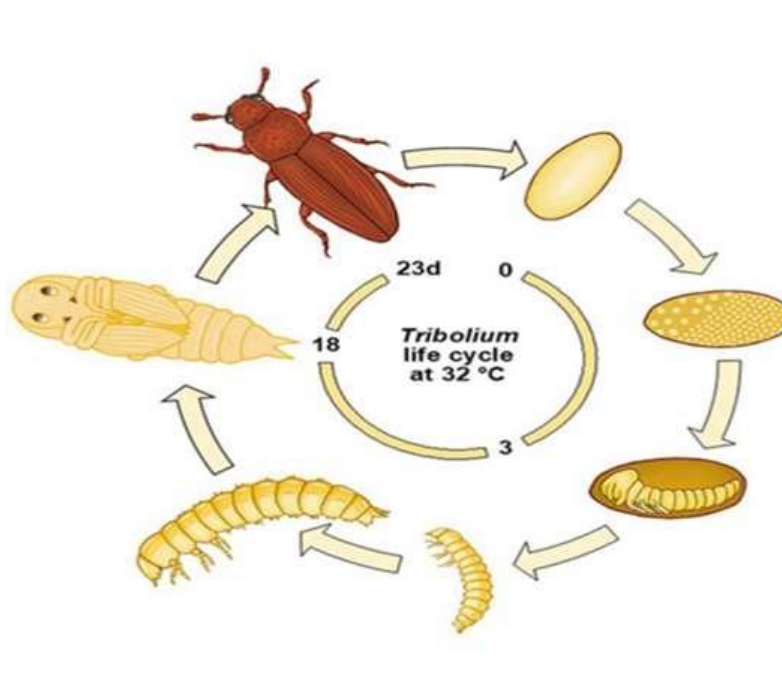
اليرقات صغيرة الحجم، لونها أبيض مائل للبني، وتبلغ عند اكتمال نموها 4-5 ملم طولاً. تتخذ شكل اسطوانيا (Ress، 1996، Devi و Devi، 2015). تمر اليرقات عادة بستة إلى ثمانية أعمار يرقة. وتعد اليرقات نشطة التغذية، وتلجأ إلى الشقوق أو الأماكن الخفية في المنتجات لغرض الاختباء (Campbell وآخرون، 2020، Gerken وآخرون، 2023)، وقد اختلفت الدراسات بشأن مدة الطور اليرقي؛ حيث ذكر Howe (1956) أن الطور اليرقي يستمر من 12 إلى 13 يوماً، في حين قدره Haines (1991) بـ 12.9 يوماً، أما Devi و Devi (2015) فقد أشارا إلى أن هذا الطور قد يمتد بين 70-80 يوماً، اعتماداً على نوعية وتوفر الغذاء (Abdullahi وآخرون، 2019، Gerken وآخرون، 2023). إلا أن درجة الحرارة والرطوبة النسبية تعد من العوامل الأساسية في تحديد مدة هذا الطور (Campbell وآخرون، 2022، Gerken وآخرون، 2023).

2-6-3: العذراء

خلال الطور العذري، لا تشكل الحشرة شرنقة وتكون ساكنة لا تتغذى. يتغير لون العذراء تدريجياً من الأصفر الباهت إلى البني. وتكون مغطاة بشعيرات دقيقة، وتظهر لها عيون واضحة وأرجل. يبلغ متوسط طول جسم الذكر العذري حوالي 3.18 ± 0.3 ملم، وعرضه 1.07 ± 0.03 ملم، في حين يبلغ طول الأنثى العذراء 4.12 ± 0.01 ملم، وعرضه 5.15 ± 0.01 ملم (Haines، 1991). يمكن التمييز بين الجنسين في طور العذراء من خلال مدة الطور، إذ يستمر طور العذراء في الذكور من 6-7 أيام، بينما يستمر في الإناث من 7-9 أيام (Devi و Devi، 2015).

4-6-2: البالغات

تعد الظروف الدافئة والرطوبة مثالية لتكاثر وانتشار *T. castaneum*، مما يسبب أضراراً كبيرة للحبوب والمنتجات المخزنة، سواء في الطور البالغ أو اليرقي (Trematerra) وآخرون (2000). وتمتاز هذه الخنفساء بقدرتها على التكيف مع مدى واسع من درجات الحرارة والرطوبة المنخفضة (Ress، 1996). تضع كل أنثى ما بين 300 إلى 700 بيضة بشكل غير منتظم داخل المواد المخزنة، وتمتلك هذه الخنفساء واحداً من أعلى معدلات التكاثر بين الآفات المخزنية. وقد يلاحظ على الحبوب المصابة تغير في اللون نحو الوردي، خاصةً عند وجود أعداد كبيرة من الحشرات. كما تطلق الحشرات البالغة إفرازات سامة ذات رائحة نفاذة تؤثر في جودة المنتج، مما يجعله غير صالح للاستهلاك البشري (Trematerra وآخرون، 2000).



صورة (2) دورة حياة *T. castaneum* (Bucher و Klingler، 2022)

7-2: الأهمية الاقتصادية لخنفساء الطحين الصندنية الحمراء *T.castaneum*

يقدر أن نحو 25-30% من إجمالي المحاصيل الحقلية من الحبوب في العالم تُفقد سنويًا بعد الحصاد، وتُعدّ هذه الخسائر أحد أبرز التحديات التي تواجه الأمن الغذائي العالمي (Cala وآخرون، 2021). كما تؤكد أعداد الأفراد الذين يعانون من نقص التغذية حول العالم على أن فقدان الحبوب يشكل تهديدًا حقيقيًا للإنسان (FAO، 2023). ومن بين العوامل الأساسية التي تسهم في التأثير على المواد المرتبطة بالأمن الغذائي، تأتي الأضرار الناتجة عن الآفات الحشرية في مقدمتها (FAO، 2023؛ Cala وآخرون، 2021).

تسبب خنفساء الطحين الحمراء *T. castaneum* ضررًا كبيرًا في محتوى الحبوب من البروتين، وخاصة الأجنة، ما يجعلها غير صالحة للزراعة أو الاستهلاك البشري (FAO، 2023). كما أن إصابة الحبوب بهذه الحشرة يؤدي إلى خسائر اقتصادية كبيرة، بالإضافة إلى تقليل الصفات الفيزيائية والقيم الغذائية للمواد المصابة (Janssen وآخرون، 2018؛ Acímović وآخرون، 2019).

وتنقسم الأضرار إلى نوعين:

- 1- ضرر كمي: ناتج عن تغذي الحشرة على الحبوب، مما يؤدي إلى فقدان الوزن.
- 2- ضرر نوعي: يتمثل في تغيرات تصيب خصائص المنتج، كالقيمة الغذائية وشكل الحبوب، وزيادة احتمالية رفض الحبوب من قبل المستهلكين، وفقدان الخصائص المطلوبة في عمليات الخَبز.

كما تزيد هذه الأضرار من احتمالية رفض المنتجات الغذائية المصابة في الأسواق المحلية أو العالمية (Acímović وآخرون، 2019؛ FAO، 2023).

تسبب الإصابة بخنفساء *T. castaneum* تلوث المنتجات الغذائية بمخلفاتها من فضلات، وجثث، وأغلفة انسلاخ. ونتيجة لذلك، قد يتغير لون المواد المصابة من الوردي إلى الرمادي، وتنبعث منها رائحة نفاذة وغير مستساغة. ويُعزى هذا التغير إلى إفراز الحشرة مركبات البنزوكينونات السامة، مما يجعل المنتج غير صالح للاستهلاك البشري (Devi وDevi، 2015؛ Liu وآخرون، 2021). تتغذى الأطوار اليرقية والبالغة من *T. castaneum* خارجيًا على الحبوب والمنتجات الغذائية المصنعة، مما يحدث تلفًا كبيرًا. ويتركز الضرر الناتج عن

اليرقات غالبًا في منطقة الجنين في حبوب القمح (Liu وآخرون، 2021؛ Campbell وآخرون، 2022؛ Gerken وآخرون، 2023)

8-2: المدى العائلي لحشرة *Tribolium castaneum*

تعد *T. castaneum* آفة متعددة العوائل (*polyphagous*) واسعة الانتشار، تصيب طيفا واسعا من الحبوب المخزنة ومنتجاتها. وقد أكدت العديد من الدراسات ذلك (Abdullahi وآخرون، 2019؛ Pires وآخرون، 2019) وتعد *T. castaneum* من الآفات الشائعة في مستودعات الكاكاو سواء في المزارع أو المخازن التجارية، كما أنها كثيرًا ما تسجل كمسبب رئيسي في إصابة حبوب القمح والدقيق، مما يؤدي إلى خسائر اقتصادية جسيمة في المنتجات الغذائية المعتمدة على الحبوب، مثل البسكويت، المعكرونة، رقائق الذرة، الفول السوداني والفواكه المجففة (Bateman، 2015)، وقد أفاد Saim و Meloan (1986) أن دقيق القمح هو الغذاء المفضل لخنفساء *T. castaneum*، رغم أنها تتغذى أيضًا على أنواع أخرى من الحبوب كالذرة والرز، إضافة إلى الطحين وقد سُجِّلت مؤخرًا *T. castaneum* كآفة تصيب حبوب القمح وغيرها من الحبوب المخزنة على نطاق عالمي (Campbell وآخرون، 2022؛ Gerken وآخرون، 2023) تسبب خنفساء الطحين الحمراء *T. castaneum* ضررًا كبيرًا في محتوى الحبوب من البروتين، وخاصة الأجنة، ما يجعلها غير صالحة للزراعة أو الاستهلاك البشري (FAO، 2023). كما أن إصابة الحبوب بهذه الحشرة يؤدي إلى خسائر اقتصادية كبيرة، بالإضافة إلى تقليل الصفات الفيزيائية والقيم الغذائية للمواد المصابة (Janssen وآخرون، 2018؛ Acimović وآخرون، 2019).

9-2: الطرائق المستخدمة في مكافحة الحشرات المخزنية

تعد السيطرة على الحشرات المخزنية أحد الأهداف الرئيسية لعلماء الحشرات على مستوى العالم. وعلى الرغم من اعتماد العديد من وسائل المكافحة حاليًا، إلا أن الباحثين يسعون باستمرار لتطوير أساليب أكثر أمانًا واقتصادية في الاستخدام (Talukder، 1995).

تتوافر مجموعة من الطرق غير الكيميائية الناجحة في حماية المنتجات المخزنة من الآفات الحشرية، وتشمل التبريد، التسخين، التهوية، والتحكم في الأجواء المحيطة. كما تتضمن هذه الطرق المكافحة البيولوجية من خلال استخدام الطفيليات والمفترسات الطبيعية لمكافحة الحشرات. إلا أن فعالية هذه الأساليب غالبًا ما تكون محدودة، إذ تنسم بارتفاع تكلفتها، وعدم

قدرتها على تحقيق نتائج فورية أو فعالة بالمستوى الذي تحققه الوسائل الكيميائية. وتعد المبيدات الكيميائية ومنظمات النمو، والفرمونات، من الوسائل المستخدمة في مكافحة آفات المنتجات المخزنة (Talukder، 2009). وقد أصبح للمبيدات دور متزايد الأهمية في حماية المحاصيل وصحة الإنسان والحيوان، حيث تم تطويرها لتكون أكثر تخصصاً في استهداف الآفة، وأقل تأثيراً على البيئة، بالإضافة إلى استخدامها بتركيزات منخفضة. وتعد المعاملة بالتبخير إحدى الوسائل الكيميائية المستخدمة، وهي تقوم على استخدام مواد غازية، لا سيما لأغراض التعقيم. وفي كثير من الحالات، أصبحت عملية التبخير الوسيلة العملية الوحيدة لمكافحة الآفات، نظراً لعدم حاجتها إلى نقل المواد المخزنة أو إلى أجهزة متخصصة أو تيار كهربائي أو عمالة كبيرة، كما أنها سهلة التطبيق نسبياً مقارنة بطرق أخرى مثل التسخين أو الاشعاع (Banks، 1990).

1-9-2: المكافحة الكيميائية

في السابق، استخدمت طرق متعددة للسيطرة على آفات الحشرات التي تصيب المنتجات المخزنة، وكان أكثرها شيوعاً هو استخدام المبيدات الحشرية الكيميائية وعمليات التبخير (Banks، 1994؛ Arthur و Zettler، 1992) ومع ذلك، فقد تسببت هذه الطرق في ظهور العديد من المشكلات، مثل تطور صفة المقاومة ضد المبيدات (Wright و Beeman، 1990)، وبقاء بقايا كيميائية ضارة في الأغذية، إضافة إلى التلوث البيئي (Morillo-، 1987؛ Rejesus).

من بين المواد الكيميائية المستخدمة، تأتي المبخرات الصناعية المعترف بها منذ فترة طويلة (Wang وآخرون، 2009) وأكثر المبيدات شيوعاً لحماية الحبوب المخزونة ضد خنفساء الطحين الصديئة هي بروميد المثلث و الفوسفين و يعد غاز الفوسفين مادة فعالة تستخدم ضد الآفات المخزنة ومع ذلك فإن ازدياد ظهور المقاومة ضد هذا المبيد من قبل الحشرات المخزنية أصبح يشكل عائقاً ومشكلة ضد تأثير الفوسفين بوفه مبخراً في بعض مجموعات الآفات حيث أصبح مستوى المقاومة عالي جداً لدرجة أن ما يقارب 90% من الآفات أصبح مقاوم للفوسفين (Liu وآخرون 2021) بسبب الآثار السلبية التي تسببها المبيدات الكيميائية على الكائنات الحية والبيئة، وظهور حالات المقاومة في الحشرات المستهدفة وتأثيرها كذلك على الكائنات غير المستهدفة، بدأ الباحثون بالبحث عن طرق بديلة أكثر أماناً وأقل كلفة لتطوير وسائل مكافحة فعالة. إذ إن استخدام المبيدات الكيميائية في تبخير المواد المخزونة يؤدي إلى تحولات كيميائية

فيها، وتتأثر فعاليتها بالعديد من العوامل مثل درجة الحرارة واختلاف الرطوبة والعوامل الكيميائية الحيوية والفيزيائية أثناء الخزن، الأمر الذي يؤدي بدوره إلى ظهور متبقيات غير مرغوبة في الحبوب المخزونة والمحمية من الحشرات (Boyer وآخرون، 2012؛ Ara و Uddin، 2006؛ النجم، 2013). لذلك ازداد اهتمام الباحثين بإيجاد وسائل بديلة لمكافحة الآفات الحشرية تُعد أكثر أماناً للإنسان والبيئة، ومن أبرز هذه البدائل المبيدات النباتية ذات الأصل الطبيعي التي تُعد صديقة للبيئة (Rao، 2005)، والمركبات النانوية (الطائي، 2018)، إضافةً إلى مكافحة الحيوية باستخدام الكائنات الحية الدقيقة (Vestergaard وآخرون، 2005).

2-9-2: المكافحة الأحيائية

ازداد الاهتمام في السنوات الأخيرة بتطوير استراتيجيات بديلة، مثل عوامل المكافحة الحيوية، والأعداء الطبيعيين، والمستخلصات النباتية، ومنظمات النمو الحشرية (Talukder، 2009). وتشمل عوامل المكافحة الحيوية استخدام الأعداء الطبيعية (كالمفترسات والطفيليات)، والديدان الخيطية، والفطريات، والبكتيريا، للحد من انتشار آفات المنتجات المخزنة. وقد تزايد الاهتمام بالمكافحة الحيوية خلال العقود الأخيرة للأسباب التالية: التوجه نحو تقليل استخدام المبيدات الكيميائية، وظهور مقاومة واسعة لدى الحشرات ضد المبيدات، وزيادة وعي المستهلكين بحساسية المنتجات لبقايا المبيدات (Frank، 2010). وينظر حاليًا إلى عوامل المكافحة الحيوية على أنها مكملات أو بدائل للمبيدات الكيميائية المصنعة، التي يُعرف عنها تأثيرها السام على الكائنات غير المستهدفة، بما في ذلك الإنسان والحيوان. وتمتاز هذه العوامل بعدة مزايا، فهي آمنة على الصحة البشرية، ولا تلوث البيئة، ولا تتراكم في النظام البيئي.

هناك العديد من المواد المختلفة التي تستخدم في المكافحة الحيوية للحشرات. ويمكن تصنيف هذه الأنواع إلى ثلاث مجموعات: المفترسات، والطفيليات، والعوامل الممرضة. كما يمكن تصنيفها من الناحية التصنيفية إلى: العناكب، والديدان الخيطية، والحشرات، والكائنات الدقيقة مثل البكتيريا، والفيروسات، والفطريات (Hajek، 1994). لقد استُخدمت الفطريات في برامج مكافحة العديد من الآفات الحشرية الضارة (Ferron، 1985؛ Collins و Charnley، 2007). وتكمن أهمية هذه الفطريات في خصائصها المميزة، إذ تمتلك القدرة على إصابة العائل الحشري من خلال اختراق الكيوتكل مباشرة دون الحاجة إلى تناولها. وبناءً على ذلك، تُعد الفطريات الممرضة للحشرات (Entomopathogenic fungi) من أهم العوامل الميكروبية ذات الإمكانيات الكبيرة في برامج المكافحة الحيوية، حيث يُتوقع أن تسهم مستقبلاً في تقليل

الاعتماد على المبيدات الكيميائية وتقديم بدائل فعّالة وأكثر استدامة (Sandhu وآخرون، 2012؛ Erper وآخرون، 2016).

أظهرت العديد من الدراسات و الأبحاث إلى كفاءة الفطريات الممرضة في السيطرة على الحشرات في حال توفر الظروف المثالية من حرارة ورطوبة (Rumbos و Athanassiou، 2017) وقد استعرض العديد من الباحثين الجوانب المختلفة لاستخدام هذه الفطريات تاريخياً وكعوامل ميكروبية للمكافحة (McCoy وآخرون، 1988؛ Hajek و St Leger، 1994؛ Boucias و Pendland، 1998؛ Roberts و St Leger، 2004). ومع ذلك، هناك عدة قيود لاستخدام الفطريات الممرضة للحشرات، منها:

1. أنها تتطلب ظروفاً بيئية محددة لتتجح في الإنبات وإحداث العدوى.
2. قد تكون مكلفة جداً في الإنتاج للاستخدام التجاري.
3. لديها عمر تخزيني قصير.
4. يجب أن يكون الآفة (الحشرة الضارة) موجودة مسبقاً قبل استخدام العامل الممرض بفعالية، مما يجعل المعالجة الوقائية أمراً صعباً.
5. قلة الاستمرارية وانخفاض معدل العدوى في الظروف البيئية القاسية.
6. غالباً ما تكون بطيئة التأثير وتتطلب معدل تطبيق عالٍ وتغطية شاملة بالرش (Maina وآخرون، 2018).

تعد الفطريات الممرضة من الأعداء الحيوية التي تسهم في الحد من انتشار الآفات. وتحدث الإصابة بهذه الفطريات عند توفر الظروف البيئية المناسبة من رطوبة ودرجات حرارة ملائمة (Al-Zurfi، 2019) وقد أشارت دراسات عديدة إلى فعالية هذه الفطريات في مكافحة الحشرات، مثل دراسة (St Leger، 2001) التي أوضحت أن أكثر من 700 نوع من الفطريات تنتمي إلى ما يقارب 90 جنسا، تعد من مسببات الأمراض للحشرات، وقد استخدمت في السيطرة على مدى واسع من الآفات الحشرية. لقد حظي الاستخدام المحتمل للفطريات الممرضة للحشرات (EPF) كبديل غير كيميائي للمنتجات الكيميائية التقليدية المستخدمة في حماية الحبوب، باهتمام متزايد في السنوات الأخيرة (Moore وآخرون، 2000؛ Lord، 2001). وتتميز هذه الفطريات بقدرتها على إعادة التنشيط، إذ يمكنها البقاء على سطح المنتج

واستعادة نشاطها من خلال التكاثر في بقايا الحشرات المصابة تحت ظروف بيئية معينة، مما يؤدي إلى إعادة إنتاج الفطري داخل الحبوب (Stathers و آخرون، 2002). من بين أبرز أنواع الفطريات المستخدمة: *Paecilomyces farinosus*، *Verticillium lecanii*، *Beauveria bassiana* و *Metarhizium anisopliae*، *Trichoderma spp* والتي أثبتت فعاليتها في مكافحة حشرات مثل *Sitophilus oryzae* و *T. castaneum*، وغيرها من آفات الحبوب المخزنة (Shafighi و آخرون، 2014؛ Kubilay و آخرون، 2016). وبالمثل، فقد أظهرت عزلة *B. bassiana* IMI389521 فعالية ملحوظة سوسة الحبوب الكبرى *Prostephanus truncatus* (Horn) و ضد عث المطاحن *Ephestia kuehniella* (Nboyine و آخرون، 2015).

1-2-9-2: الفطر *Trichoderma spp*

تعد أنواع *Trichoderma* فطريات حرة المعيشة تفضل التربة الغنية بالمواد العضوية والرطوبة وتعيش بالقرب من جذور النباتات و الأوراق و الأخشاب المتحللة. وتتميز هذه الفطريات بقدرتها العالية على إنتاج المضادات الحيوية وامتلاكها لخصائص متعددة في مكافحة الحبيوية (Reino و آخرون، 2008a). وقد تمت الإشارة إلى أن مركبي (azaphilone) و (butenolide) المعزولين من *T. harzianum* يمتلكان فعالية عالية (Reino و آخرون، 2008b). وقد اقترح استخدام هذه الفطريات كعوامل مكافحة حيوية ضد الأمراض الفطرية المحمولة في التربة، وكذلك ضد بعض الممرضات البكتيرية، بالإضافة إلى استخدامها كمبيد حيوي فعال (Osmanova و آخرون، 2010). استخدم Rifai *T. harzianum* في مكافحة الحبيوية للعديد من آفات النباتات الزراعية، نظراً لقدرته على إنتاج عوامل ميكروبية فعالة في مكافحة أمراض النبات. ويعد *T. harzianum* من وسائل مكافحة الصديقة للبيئة لإدارة صحة النبات، مقارنةً باستخدام المبيدات الكيميائية. وتمتاز هذه الطريقة بعدة مزايا، منها خلوها من التلوث وبقايا المبيدات، وصعوبة تطوير مقاومة ضدها من قبل الآفات، فضلاً عن كونها آمنة على صحة الإنسان والحيوان، وتسهم بشكل فعال في حماية البيئة (Fiorentino و آخرون، 2018).

أظهر المعلق البوغى للفطر *Trichoderma harzianum* تأثيراً على يرقات دودة ورق القطن *Spodoptera littoralis* (Ashraf و Momein، 2007)، وكذلك على حشرة *Acanthoscelides obtectus* (Rodríguez-González و آخرون، 1917)

1918، 1919) وقد تبين أن الفطريات يمكن أن تمتزج بنجاح مع التراب الدياتومي (DE)، مما قد يعزز من فعالية الفطريات ضد الحشرات التي تصيب المنتجات المخزنة، كما أظهرت دراسات سابقة أجراها عدد من الباحثين (Athanassiou وآخرون، 2008) إن استخدام التراب الدياتومي والفطريات بهذه الطريقة لا يساهم فقط في تقليل معدلات تطبيق DE، بل يوفر أيضاً وسيلة سهلة لدمج الكونديا الفطرية داخل المادة المستهدفة.

2-2-9-2: النيماتودا الممرضة للحشرات

تعد النيماتودا الممرضة للحشرات Entomopathogenic Nematodes – EPNs من

عوامل مكافحة الحيوية المهمة، وهي موجودة في التربة حول العالم. وتستخدم حالياً في العديد من الدول ضمن برامج مكافحة الحيوية ضد عدد من الآفات الحشرية الاقتصادية. تنتمي هذه الديدان إلى مجموعة من الكائنات الحية التي تعيش في التربة وتقوم بالتطفل على الحشرات. ويعتبر استخدامها خياراً اقتصادياً وصديقاً للبيئة، نظراً لأنها غير ضارة بالكائنات غير المستهدفة

أو بصحة الإنسان والبيئة (Gulcu وآخرون، 2017). تقوم هذه الديدان بإصابة الحشرات في التربة من خلال الفتحات الطبيعية الموجودة على جسم الحشرة أو المناطق الرقيقة من الكيوتكل، وتطلق البكتيريا المرافقة لها داخل جسم الحشرة ويتسبب تكاثر هذه البكتيريا داخل جسم الحشرة في موتها.

ولعل أبرز أنواع النيماتودا جنس *Steinernema* و *Heterorhabditis* (Da Silva)

وآخرون، 2020)، فقد ذكر Kusakabe (2022) أنه تم عزل البكتيريا *Photorhabdus* المرافقة لجنس *Heterorhabditis* حيث تميزت هذه البكتيريا بإنتاج العديد من مركبات الايض الثانوي. أشارت دراسات كل من (Richards و Goodrich، 2009). كما أن البكتيريا التكافلية *Xenorhabdus bovienii* و *nematophilus* *Xenorhabdus* تنتج إنزيمات (exo- and endochitinases)، تقوم بتحطيم كيتين جسم الحشرة. إن هذه الإنزيمات قد تلعب دوراً مهماً في حماية جسم الحشرة الميتة أو المحتضرة من الغزو الفطري من المعتد على نطاق واسع إن المستقبلات المضادة للميكروبات تساعد في الحفاظ على بيئة خالية نسبياً من المنافسين للبكتيريا *Xenorhabdus*، و النيماتودا *Steinernema* داخل جسم الحشرات المضيفة (Stock، 2019).

لقد أظهرت النيماتودا الممرضة للحشرات فعالية عالية بعد أن خضعت لاختبارات موسعة على الأطوار اليرقية والبالغة لعدد من الآفات المخزنية. فقد بينت الدراسات قدرتها على كبح

الحشرات حرشفية الأجنحة مثل *Ephestia kuehniella* عثة المخازن إلى جانب فعاليتها ضد أنواع متعددة من الخنافس غمدية الأجنحة ، منها خنفساء الحبوب المنشارية *Oryzaephilus surinamensis* وخنفساء الطحين الصدئية *Tribolium castaneum* كما أثبتت قدرتها على إصابة خنفساء الحبوب الصغيرة *Rhyzopertha dominic* وسوسة الأرز *Sitophilus oryzae* .

Zampara ؛ 2010 ، وآخرون ، Athanassiou ؛ 2006 ، وآخرون ، Ramos-Rodríguez) وآخرون ، 2014 ؛ Yukseل ؛ وآخرون 2019 ؛ Kavallieratos ؛ وآخرون 2022).

2-9-3: المواد النانوية Nanomaterials

تعرف المواد النانوية بأنها مواد ذات أبعاد نانومترية تتراوح بين 1 - 100 نانومتر، وتتمتع بخصائص فيزيائية وكيميائية فريدة تختلف بشكل ملحوظ عن تلك الخاصة بالمواد ذات التركيب نفسه في الحجم التقليدي. وقد شهدت الفترة الأخيرة تزايداً ملحوظاً في الإهتمام بتطبيقات المواد النانوية في مجال مكافحة الآفات، وذلك نظراً لخصائصها المتميزة، والتي تشمل زيادة المساحة

السطحية، وارتفاع النشاط الكيميائي، بالإضافة إلى تحسين مستوى الاستقرار (Jasrotia وآخرون ، 2018 ؛ Duman وآخرون ، 2024) .

استخدم مصطلح "تكنولوجيا النانو" لأول مرة من قبل العالم الياباني Taniguchi Norio عام 1974 في جامعة طوكيو (Fulekar وآخرون ، 2014). وتعرف تقنية النانو بأنها "القدرة على فهم المادة والتحكم فيها على المستوى النانوي، حيث تتراوح أبعادها بين 1 و 100 نانومتر، مع العلم أن 1 نانومتر يُعادل 10-9 من المتر (أي جزء من مليار من المتر) (Fajardo وآخرون ، 2022).

تُقسم المواد النانوية إلى نوعين الأول هي المواد النانوية غير العضوية والتي تتميز بخصائص فيزيائية وكيميائية إستثنائية تختلف عن نظيراتها ذات الحجم الأكبر. وقد أسهمت هذه الخصائص المميزة في إنتشار إستخداماتها عبر مجالات متعددة. ومن أبرز الأمثلة على هذه المواد، والتي حظيت بإهتمام كبير في الأبحاث، هي الفضة النانوية (Ag NPs) ، حيث تم تطبيقها بشكل ملحوظ في المجالات الطبية الحيوية، لا سيما كعوامل فعالة في مقاومة البكتيريا (Rai وآخرون ، 2021)

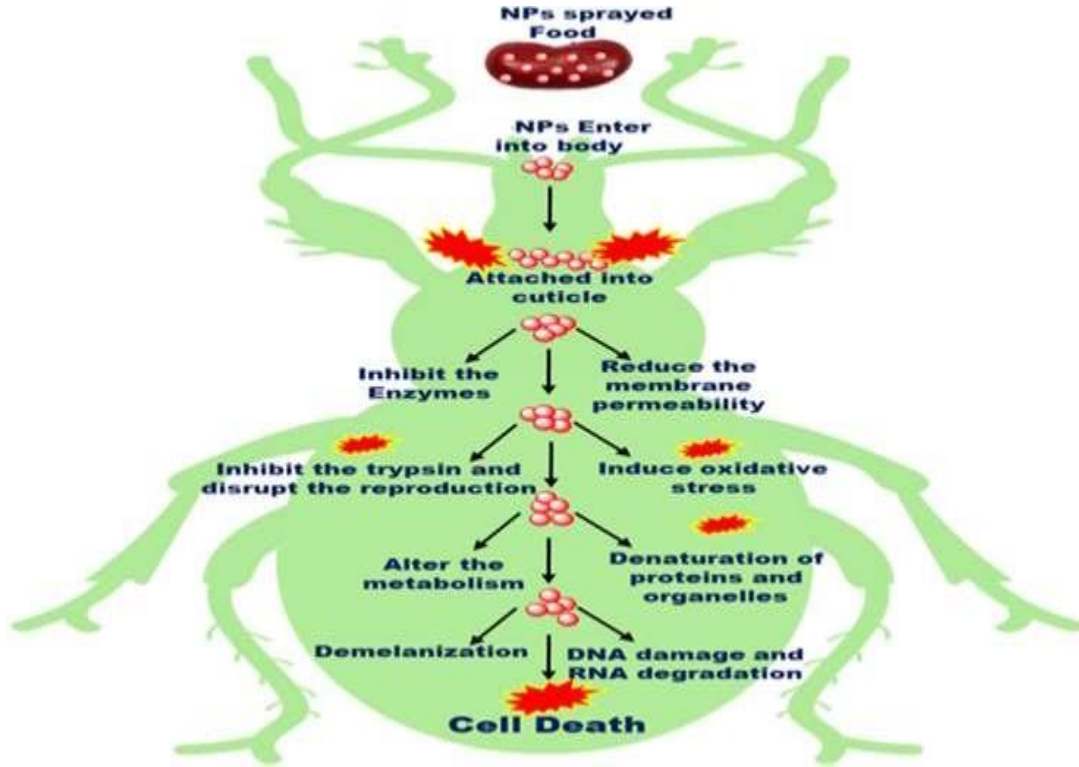
أما النوع الثاني المواد النانوية العضوية هي المواد التي يقل حجم جزيئاتها عن 100 نانومتر، وتتألف من جزيئات عضوية أو بوليمرات. تتميز هذه المواد بخصائص فيزيوكيميائية فريدة ناتجة عن صغر حجمها، وقد تم تطبيقها في مجالات متنوعة مثل الإلكترونيات، التصوير الطبي الحيوي، إيصال الأدوية، وتخزين الطاقة. إلى جانب ذلك، حظيت المواد النانوية الفوق جزيئية، مثل البوليمرات الفوق جزيئية والطبقات الأحادية ذاتية التجميع، باهتمام كبير نظراً لخصائصها المميزة، كالقدرة على تعديل بنيتها واستجابتها للمحفزات الخارجية. وقد تم استخدام هذه المواد في مجالات مثل إيصال الأدوية، هندسة الأنسجة، إضافة إلى عملها كمحفزات (Hao وآخرون ، 2014).

2-9-3-1: الخصائص السمية للجسيمات النانوية (NPs) :

تتأثر الخصائص السمية للجسيمات النانوية (NPs) بشكل رئيسي بعوامل تشمل الحجم، والشكل، وخصائص السطح الكيميائية (Sukhanova وآخرون ، 2018). حيث تميل الجسيمات ذات الأحجام الأصغر إلى إظهار مستويات أعلى من السمية، ويعزى ذلك إلى إمتلاكها مساحة سطح نشطة أكبر، مما يعزز تفاعلاتها مع المكونات البيئية المحيطة (Gowtham وآخرون، 2024). بالإضافة إلى ذلك، تتميز الجسيمات الصغيرة بقدرة أعلى على اختراق الخلايا وإحداث أضرار داخلية. تجدر الإشارة إلى أن مسام جدار الخلية النباتية تتميز بأقطار صغيرة تتراوح عادة بين 3-20 نانومتر، مما يحد من قدرة الجسيمات على العبور إلى داخل الخلية. ومع ذلك، أظهرت الدراسات أن الجسيمات النانوية الأكبر حجماً قد تسهم في توسيع مسام جدار الخلية، مما يسهل اختراقها إلى الداخل (Navarro وآخرون، 2007).

يعد وجود المواد المثبتة الممتازة على سطح الجسيمات النانوية (NPs) عاملاً مؤثراً بشكل كبير في نشاطها الحيوي. حيث يمكن لهذه المواد المثبتة أن تحفز حدوث تفاعلات كيميائية متنوعة وعمليات فيزيائية على سطح الجسيمات النانوية، وذلك تبعاً لطريقة التثبيت المستخدمة (Kamlesh 2024). بالإضافة إلى ذلك، فإنها قد تؤثر على عملية الذوبان التأكسدي للجسيمات النانوية، مما قد يؤدي إلى إما إخفاء أو زيادة سميتها مقارنةً بالأيونات عند التركيزات المتشابهة (O'Keefe و Haynes، 2024). يمكن أن تتباين تأثيرات الجسيمات النانوية اعتماداً على طريقة تفاعلها مع الحشرات، سواء من خلال العمل على السطح الخارجي أو الدخول إلى الجهاز الهضمي عن طريق الإبتلاع. قد يؤدي ذلك إلى تأثيرات سمية مثل تلف الحمض النووي، إختلال وظائف الإنزيمات، وإضطرابات فسيولوجية أخرى (Jiang وآخرون ، 2015) . وقد

أشارت بعض الدراسات إلى التأثيرات المعوية للجسيمات النانوية عند تناولها مع الطعام، حيث تدخل إلى الجهاز الهضمي وتتسبب في موت الحشرات نتيجة ضعف وظائفه (El-Samad وآخرون، 2024). ترتبط الجسيمات النانوية بالكبريت الموجود بالبروتين أو الفسفور الموجود في الحمض النووي في داخل الخلايا، مما يؤدي إلى خلل خلوي و موت الخلايا (Elsalam Abd- وآخرون، 2018). كما في الصورة (3)



صورة (3) يبين طريقة تأثير المواد النانوية عند دخولها جسم الحشرة (Karthik وآخرون، 2025)

كما لوحظ أن للجهاز التنفسي دوراً في موت الحشرات، حيث يؤدي إنسداد القصبة الهوائية بسبب تأثير الجسيمات النانوية التي تؤدي إلى إحتناقها أو عن طريق الإستنشاق الذي يؤثر على نشاط إنزيمات الجهاز العصبي كما في ارتباط أوكسيد الزنك و أوكسيد التيتانيوم النانوي بالأسيتيل

كولين إستريز و بالتالي التأثير على نشاطه (Suthar وآخرون، 2023؛ Keratum وآخرون، 2015). بالإضافة إلى ذلك، سُجل إرتفاع في معدلات الوفيات بسبب تعطل سلوك التزاوج الناتج عن الجفاف وإرتفاع درجات الحرارة الناجم عن إستخدام الجسيمات النانوية (Salem، 2020). ومع ذلك، تبقى التأثيرات الفيزيائية للجسيمات النانوية الأكثر أهمية، حيث تتسبب هذه

الجسيمات في إتلاف طبقة الشمع الواقية على بشرة الحشرة إما عن طريق الامتصاص أو التآكل، مما يؤدي إلى فقدان الماء والجفاف، وبالتالي موت الحشرة (Mohmed، 2025).

2-3-9-2 : استعمال أكسيد السيليكا النانوي SiO_2 NPs في مكافحة الحشرات :

تستخدم جسيمات النانو السيليكا حاليًا على نطاق واسع في مجالات الزراعة والعلوم المرتبطة بها. بفضل خصائصها الفيزيائية والكيميائية المميزة، توفر هذه الجسيمات نطاقًا أوسع

من التطبيقات وفوائد أكبر مقارنة بالمبيدات الحشرية الإصطناعية في مجال مكافحة الآفات

(Wang وآخرون ، 2023). تتميز جسيمات النانو السيليكا بتعدد المساحات السطحية، وذلك

بفضل وجود مجموعات وظيفية مثل الهيدروكسيل والأمين والثيول والكربوكسيل (Yuvaraj

وآخرون ، 2023). تلعب هذه الجسيمات دورًا مهمًا في برامج مكافحة المستدامة للآفات

الحشرية في الزراعة. ومع ذلك، فإن الإمكانيات الكاملة للجسيمات النانوية في المجال الزراعي لم تُستغل بالكامل بعد.

تعد جسيمات السيليكا النانوية حالة إستثنائية في هذا السياق. حيث يتم إمتصاصها فيزيائيًا عبر الطبقة الدهنية في بشرة الحشرة،

مما يتسبب في إلحاق أضرار جسيمة بجسم الحشرة ويؤدي إلى موتها في النهاية (Arumugam وآخرون ، 2016)

. أظهرت العديد من الدراسات استخدام مادة السيليكا النانوية كمبيد حشري فعال، حيث تم تطبيقها بطريقتين رئيسيتين: الأولى

هي إستخدامها مباشرة في الحقل، مما أدى إلى دور كبير في مكافحة وقتل الحشرات بأدوارها المختلفة، بما في

ذلك الأطوار غير البالغة (Magda و Hussein، 2016). الطريقة الثانية تمثلت في إستخدامها

كمواد حاملة وناشرة نانوية، حيث تم مزجها مع المبيدات التجارية لتعزيز فعاليتها، وزيادة

إنتشارها، وتحسين قدرتها على إختراق أنسجة جسم الحشرة (El-Bendary و El-Hela،

2013).

وجدت Ruiz-Aguilar وآخرون (2025) في دراسة مختبرية حول تقييم كفاءة جسيمات

السيليكا النانوية على يرقات العمر الثاني للعثة الجياشة *Spodoptera frugiperda* تحت

الظروف المختبرية ان التركيز 3000 ملغم / لتر قد حقق نسبة هلاك بلغت 100 % بعد 7 ايام من المعاملة . حيث

أدت الجسيمات النانوية إلى إحداث أضرار واضحة تشمل انخفاضاً في طول جسم اليرقات، بالإضافة إلى تغيرات

ملحوظة في الشكل الخارجي (المورفولوجيا)، خاصة في المناطق الظهرية والبطنية. كما لوحظ ظهور بقع وردية

وداكنة، وتشوهات عامة في الهيكل، بالإضافة إلى حدوث نخر في أنسجة الجسم، وتكوّن أجسام المومياء. أشارت نتائج

الدراسة التي

قام بها Anirudh وآخرون (2025) والتي تناولت تأثير تراكيز متنوعة من جزيئات السيليكا النانوية SiO_2 NPs على حشرة من اللوبيا *Aphis craccivora*، أن معاملة نبات اللوبيا وذلك برش الأوراق عند التركيز 1000 ملغم / لتر SiO_2 NPs، قد حقق فعالية عالية في مقاومة الحشرة و حماية النباتات المعاملة من الإصابات الفيروسية المنقولة عن طريق هذه الحشرة .

وأظهرت دراسة حول تقييم كفاءة جسيمات السيليكا النانوية على دودة ورق القطن *Spodoptera littoralis* أن استخدام تركيز 300 ملغم/لتر أدى إلى إنخفاض تام في معدل الإصابة، بنسبة 100%، بعد مرور سبعة أيام من تطبيق المعاملة (Thabet وآخرون ، 2021). في العراق أُجريت العديد من الدراسات و البحوث حول استخدام جسيمات السيليكا النانوية ضد الحشرات المخزنية مثل خنفساء الطحين الصدفية ، خنفساء اللوبيا الجنوبية و خنفساء الخابرا و التي أثبتت كفاءة المادة النانوية في تحقيق فاعلية عالية في هلاك أطوار الحشرات المعاملة)

يحيى ، 2022 ؛ حبيب ، 2022 ؛ كشمير ، 2023 ؛ عيسى ، 2024)

تتميز المبيدات النانوية القائمة على السيليكا بمجموعة من المزايا مقارنة بأشكال الجرعات التقليدية، بما في ذلك انخفاض الجرعات المطلوبة للفعالية، وتحسين الاستقرار الضوئي والحراري، والقدرة على التوصيل المستهدف، وإطالة فترة الفعالية، وزيادة الكفاءة بصورة عامة. في ضوء الحاجة الملحة لتخفيف الآثار السلبية للمبيدات الحشرية التقليدية على البيئة والكائنات غير المستهدفة، يُتوقع أن تصبح هذه المبيدات النانوية متاحة للإستخدام في المستقبل القريب . ومع ذلك، فإن التوسع في استخدامها على نطاق واسع يتطلب معالجة التحديات المتعلقة

بالمخاطر البيئية المحتملة لهذه المنتجات الجديدة (Kah وآخرون ، 2018 ؛ Li وآخرون ، 2019).

3-3-9-2: المبيدات النانوية Nanopesticides

تعرف المبيدات النانوية Nanopesticides بأنها مستحضرات تتكون من مكونات بحجم النانومتر وان صفاتها مرتبطة بالحجوم و تتكون من مواد فعالة عضوية و بوليمرات ومواد غير عضوية مثل اكاسيد المعادن في اشكال مختلفة من الجسيمات او الجزيئات (Ragaei و Sabry ، 2014) تتكون مبيدات الافات النانوية من مكونات عضوية مثل البوليمرات و غير عضوية مثل اكاسيد المعادن بأشكال مختلفة مثل المحبيبات. تشمل ميزات التركيبات النانوية : قابلية الذوبان الواضحة للمكونات النشطة ضعيفة الذوبان ، واطلاق المواد الفعالة منها بطريقة ضعيفة وتدرجية ، وتوفير الحماية للمواد الفعالة ضد التحلل و غيرها (Thakur وآخرون ، 2018).

كلمة نانو اصلها يوناني وتستعمل في اغلب الأحيان لوصف المواد ذات الاحجام المتناهية الصغر النانوية (1-100 نانوميتر) (Bhattachryyal و Debanth ، 2010).

يعد استخدام المواد النانوية في مجال مكافحة الافات من الطرائق الحديثة بيئياً بسبب تحللها السريع في النظام البيئي من جهة وصعوبة مقاومة الافات لها (El-Argawy واخرون ، 2017). تسهم المركبات النانوية بدور مهم في مكافحة الافات على المدى البعيد (Singh واخرون ، 2018). وبناء على دراسة أخرى (El-Argawy واخرون ، 2017) فقد وجدوا ان لهذه المواد دور كبير في تحسين نمو النبات إضافة لدورها في مقاومة الآفات . مع تقدم الأساليب الحديثة تم تطوير مكونات جديدة نشطة بابعاد نانوية التي يشار اليها بالمبيدات النانوية واستعمالها كمبيدات حشرية (الحيالي، 2019) . تعتبر السيليكا غير المتبلورة والتي يمكن الحصول عليها من مصادر طبيعية كحرق القش و الأرز و التربة البركانية ومن الاستخدامات الشائعة للمواد النانوية زيادة ذوبان المواد الفعالة الغير قابلة للذوبان في الماء و زيادة ثباتها كمبيدات كما انها تعمل على تحسين الحركة و زيادة نشاط المبيدات الحشرية بسبب صغر حجمها و المساحة السطحية الكبيرة التي تغطيها (Sasson ، 2007) .

2-9-3-4: استخدام المركبات النانوية و دورها في مكافحة حشرات المخازن

يتجه العالم اليوم الى تقدم علمي متسارع في مختلف المجالات العلمية اذ يعد علم النانو او التقنية المتناهية الصغر احد تلك العلوم الحديثة التي بواسطتها يمكن السيطرة على ذرات و جزيئات المادة وإعادة ترتيبها من اجل الحصول على خواص و مميزات والتي تزيد من كفاءتها و يكسبها خصائص غير موجودة فيها من قبل مما يؤدي الى زيادة قيمتها (المطيري، 2018).

تطورت الجسيمات النانوية من خلال طرق التوليف المختلفة حيث اظهرت مبيدات الافات الجديدة القائمة على الجزيئات النانوية مؤخرًا ابحاثًا عالية الاهتمام. تم اجراء دراسات مختلفة لاختبار قدرة هذه المركبات ضد عدد كبير من الافات الحشرية بما في ذلك حشرات المخازن ، كما انه لا توجد حتى الان أي معلومات دقيقة عن طريقة عملها ضد الحشرات (Athanassiou و اخرون ، 2018). ان حركية السموم تشير أساسا الى الحركة والتغيرات التي يتعرض لها المبيد الحشري داخل الكائن الحي : الامتصاص و التوزيع و التمثيل الغذائي و الافراز بينما تشير الديناميكية السمية الى التأثيرات الفسيولوجية و الكيميائية الحيوية و الجزيئية للمركبات، والاليات التي تشارك فيها (Zerba و Alzogaray ، 2017)

تمت دراسة الية عمل مبيدات الافات النانوية القائمة على السيليكا و الالمنيوم و الفضة واكسيد الكرافين ضد الحشرات في عدد قليل من الدراسات (Benelli , 2018)

ان تغذية خنفساء الطحين الصدفية الحمراء على الجسيمات النانوية يؤدي في المرحلة الأولى إلى موت الخلايا بسبب التفاعل مع إنزيمات الجهاز التنفسي مما أدى للارتباط بال DNA وهذا يؤدي بدوره إلى تقطيع شريط DNA، اما في حشرة عثة الحبوب عند ملامسة المركبات النانوية لجسم الحشرة فيؤدي الى حدوث تنخر وتصبغ في منطقة كيوتكل الحشرة كما تقلل المبيدات النانوية من نشاط (acetylcholinesterase)، مما يؤدي إلى الإجهاد وموت الخلايا وبالتالي يؤدي الى فقدان الماء والجفاف، ومن ثم موت الحشرة. كما تؤدي الجسيمات النانوية إلى تثبيط البروتينات وإطلاق هرمون (Gonadotropin)، مما قد يسبب مشاكل في النمو أو عدم القدرة على التكاثر (Nair, 2012). تؤثر المركبات النانوية كمثبطات للأحماض الأمينية، وتؤثر على التطور والتكاثر. (Small وآخرون، 2016؛ Patil وآخرون، 2016). تعد المواد النانوية من المصادر الغنية بمنتجات فعالة، وقد أظهر استخدامها في البيئة فعالية عالية، كما بين ذلك

Watson (2004)، و Nowack (2009) عند تحول المواد إلى نانوية، تكتسب خصائص فيزيائية وكيميائية وحيوية جديدة.

وقد استخدم Abd-El-Salam وآخرون (2015) أكسيد الزنك وأكسيد الألمنيوم النانوي في دراسة أظهرت تأثيراً فعالاً في مكافحة حشرة خنفساء الطحين الحمراء *T. castaneum*. أظهرت النتائج تأثيراً كبيراً للجسيمات النانوية مقارنةً بمبيد الملاثيون، كما أوضحت النتائج نسبة الهلاك، وفقدان الوزن في الحبوب المعاملة، والنسبة المئوية للرطوبة. وقد تبين أن زيادة مدة التعرض والتركيز تؤدي إلى زيادة نسبة الهلاك وتقليل الرطوبة. كذلك أوضحت نتائج هذه الدراسة أن الجسيمات النانوية قد اثرت معنوياً على خفض نسبة الرطوبة الناتجة عن فقدان الوزن في الحبوب المصابة بالحشرات (كاظم، 2021)

أوضحت نتائج دراسة (Wazid وآخرون 2018) استخدام جسيمات أكسيد الزنك النانوية، أنها تسببت في زيادة معدل الموت لبالغات حشرة الخنفساء اللوبياء الجنوبية، كما انخفض معدل البيض الموضوع عندما يزيد التركيز المستخدم وفترة التعرض. تم أيضاً استخدام جزيئات السيليكا النانوية، على خنفساء اللوبياء الجنوبية مما أدى إلى تأخير النمو بشكل كامل على الحشرة في البذور المعاملة ولكن لم يكن لها تأثير سلبي على إنبات البذور، (Arumugam وآخرون، 2016). أثبتت دراسة Debnath وآخرون (2011) فعالية عالية لمادة أكسيد السيليكا النانوي في

السيطرة على حشرة خنفساء الرز *Sitophilus oryzae*، حيث بلغت نسبة الهلاك 86.95% عند تركيز 2.5 ملغم/غم، بعد مرور 7 أيام من المعاملة. وقد تم أيضاً اختبار فعالية مادة أوكسيد الزنك النانوي ومادة أوكسيد السيليكا النانوي لمكافحة كل من اليرقات والحشرات الكاملة لخنفساء الحبوب الشعيرية (الخابرا) *Trichoderma granarium* (Evert) أظهرت النتائج تفوق مادة أوكسيد السيليكا النانوية إذ بلغت نسبة الموت 100% عند تركيز 0.125 ملغم/غم لكل من الطورين، بعد أسبوعين من المعاملة (Rouhani وآخرون، 2019).

10-2: الكشف المبكر عن الإصابة بالحشرات المخزنية

عادةً ما تعتمد عملية التعرف على بيوض وعذارى الحشرات على الخصائص المورفولوجية، إلا أن ذلك قد صعباً نظراً لعدم وجود خصائص أو مميزات مورفولوجية واضحة، كما أن التعرف على اليرقات يتطلب وجود مختصين في هذا المجال. توجد عدة طرق لاكتشاف الإصابة بالحشرات في الحبوب المخزنة، تختلف فيما بينها من حيث الكفاءة والدقة والتكلفة (Neethirajan وآخرون، 2007).

1-10-2: التقانات الحديثة في تشخيص الحشرات المخزنية

لا تزال عملية الكشف عن الآفات الحشرات المخزنية تمثل تحدياً كبيراً، حيث تستخدم مجموعة متنوعة من الأساليب التحليلية للكشف عن الحشرات أو بقاياها في الحبوب الكاملة والدقيق. تشمل هذه الفحص البصري، مراقبة درجات الحرارة والرطوبة، كشف حركة الحشرات، مصائد الفرمونات، طريقة الطفو (Flotation) والأساليب المعتمدة على التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء. ورغم شمولية هذه الطرق، إلا أن معظمها يتطلب جهداً بشرياً كبيراً أو قد تكون الكلفة مرتفعة، كما أن البعض منها يكون صعب الكشف المبكر عنها يفتقر إلى الحساسية الكافية للكشف المبكر، خاصة في حالات الإصابة منخفضة الكثافة. لذا، فإن تطوير تقنيات حديثة لتشخيص الحشرات المخزنية يمكن أن يوفر حلاً سهلاً وسريعاً، ويسهم في الكشف عن الإصابات الظاهرة والمخفية بشكل أكثر دقة، مما يتيح اتخاذ إجراءات وقائية في مراحل مبكرة. وتركز هذه الدراسة على تطوير أدوات تشخيصية جديدة لخنفساء الطحين

الصدئية، باستخدام تقنية الاستخلاص Head Space-Solid Phase Microextraction

(SPME) مع تقنية جهاز الكروماتوغرافي الغازي Gas Chromatography Mass

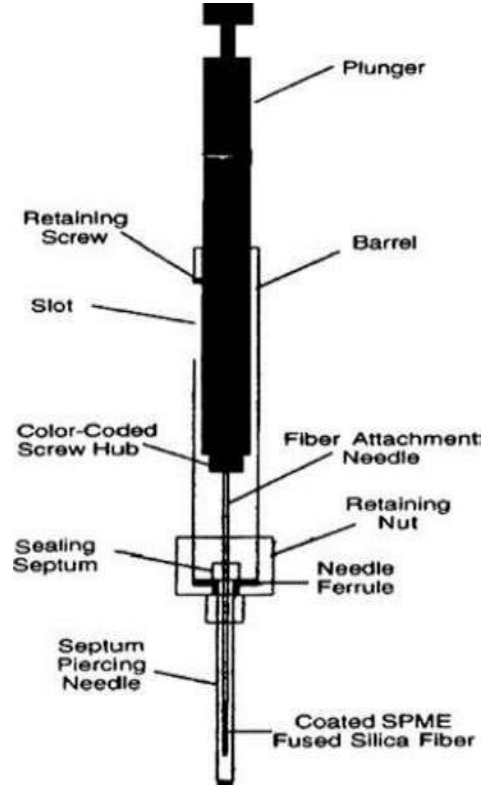
Spectrum (GC-MS)، وذلك لتوفير طريقة أكثر دقة وفعالية في تشخيص هذه الآفات ذات الأهمية الاقتصادية العالية في المنتجات المخزنة (Cai وآخرون 2022).

2-10-2: تقنية (SPME) Head Space-Solid Phase Microextraction

تم تطوير تقنية (SPME) من قبل Arthur و Pawliszyn عام 1989 كطريقة سريعة لتحضير العينات في المختبر وفي المواقع الميدانية، وذلك لتوفير أسلوب فعال يدمج بين تحضير العينة وأنظمة الفصل والكشف (Arthur و Pawliszyn، 1990، Holt، 2001، Wady و آخرون، 2003). وتعد هذه التقنية حديثة نسبياً، وتتميز بسرعتها وانخفاض تكلفتها (Richter و Schellenberg، 2007)

تهدف تقنية SPME إلى استخلاص المركبات العضوية المتطايرة (Camarasu، 2000). تعد SPME تقنية تعتمد على الامتزاز وإزالة المركبات لاحقاً، حيث يتم التخلص منها في مدخل جهاز GC بواسطة التسخين. تتكون الألياف المستخدمة في SPME من طبقة صغيرة من بوليمر ماصة تُطلى على دعامة معدنية صلبة أو على سيليكا مندمجة (Pawliszyn، 1997). وتستخدم هذه التقنية لاستخلاص المركبات من العينات، كما أن تقنية GC-MS تستخدم لإزالة المركبات المتداخلة للحصول على مستخلص نقي يحتوي على المركبات المستهدفة (Ferenc و Biziuk، 2006)، وتعتمد كفاءة وحساسية هذه الطريقة على كل من مدة الاستخلاص ودرجة الحرارة، حيث أن الارتفاع في كليهما يُفضي إلى استخلاص كمية أكبر من المركبات

(Laopongsit و آخرون، 2014). وقد أوضح Senthilkumar (2010) أن خاصية الامتصاص في SPME إذ تمتص المكونات من العينات السائلة أو الصلبة ويمكن إزالة هذه المركبات الممتازة باستخدام طرق تسخين أو استخلاص سائلة. الصورة (4)



صورة (4) جهاز (SPME) (Aulakh وآخرون، 2005)

3-10-2: جهاز الكروماتوغرافي الغازي (GC-MS)

تعد تقنية GC-MS من التقنيات التحليلية المتقدمة التي تتيح فصل المركبات الكيميائية المعقدة وتحديدها وكميتها. تتميز هذه التقنية بقدرتها على تحليل مئات المركبات ذات الوزن الجزيئي المنخفض، التي توجد في المواد البيئية المختلفة (Natural Environment Research Council، 2002). وتعد GC-MS تقنية حساسة وفعالة للغاية، حتى عند استخدام كميات صغيرة من العينة، إذ يمكن استخدام الكاشف في تحديد المركبات المفصولة والتعرف عليها (Skoog وآخرون، 2013).

تمتلك GC-MS العديد من المزايا، حيث تعد أداة تحليلية فعالة جداً لتحليل المركبات العضوية المتطايرة (VOCs)، وتستخدم في العديد من التطبيقات مثل الكشف عن المركبات المجهولة، والملوثات، وتحليل الغازات في البيئات المغلقة، والكشف عن بقايا المذيبات (Mathias، 2014). وتعد الكروماتوغرافيا الغازية

من بين أكثر تقنيات الفصل فعالية، وتتكامل بشكل ممتاز مع أجهزة الكشف الأخرى مثل SPME، مما يتيح تحديد البنية الكيميائية للمركبات (Frynsinger و Gaines 1999 ؛ Mostafa وآخرون، 2012).

تعمل GC-MS إما بوصفها جهاز كروماتوغرافيا غازية مزود بكاشف MS، اذ ان جهاز MS يتلقى المركبات المفصولة بواسطة GC لغرض تحديد اسماء المركبات. وتُعد نتائج GC-MS أكثر دقة مقارنة باستخدام GC أو MS بشكل منفصل، حيث يمكن أن تخرج مركبات ذات خصائص فيزيائية وكيميائية متشابهة في نفس الوقت من جهاز GC، مما يؤدي إلى تشخيصها كمركب واحد، بينما يقوم جهاز MS بحل هذه الإشكالية من خلال تحليل طيف الكتلة الخاص بكل مركب (Senthilkumar، 2010).

ساهمت GC-MS في تحليل العديد من المكونات في المواد المعقدة مثل التحاليل البتر وكيميائية (Frynsinger و Gaines، 1999)، وتحليل الفيرومونات (Kalinová وآخرون، 2006)، وتحليل مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (Focant وآخرون، 2004)، والأحماض الدهنية (Quinto Tranchida و آخرون ، 2008)، والأحماض الأمينية (Halitschke وآخرون ، 2001؛ Michaud و Denlinger ، 2007)، والدهون (Vrkoslav وآخرون ، 2010)، وغيرها من المركبات الكيميائية. ويتم فصل الأيونات في جهاز MS باستخدام مجالات كهربائية ومغناطيسية، بعد تأيينها مباشرة. وتنتج عملية التحليل بجهاز GC-MS كميات كبيرة من البيانات، لذا فإن معالجتها أمر ضروري (Hites، 1997).

وتُعد GC تقنية سريعة لفصل المركبات والتحقق من صحتها (Łaniewski وآخرون ، 2003). ويمكن فصل المركبات العضوية المتطايرة التي تصل كتلتها إلى 200 amu باستخدام هذه التقنية (Biniecka و Caroli ، 2011). كما أظهرت دراسات (Beens و Phillips ، 1999) أن المركبات ذات الوزن الجزيئي المنخفض يمكن فصلها باستخدام GC بشكل أكثر فعالية مقارنة بالأجهزة التقليدية الأخرى. وتُوفر تقنية GC-MS قدرة فصل فائقة وحساسية عالية بفضل الأبعاد المتعددة للفصل (Van Geem وآخرون ، 2010).

4-10-2: المركبات العضوية المتطايرة (VOCs)

يعد الكشف عن الحشرات في الحبوب المخزونة أحد المؤشرات المهمة على جودة المنتج وتدهوره بالنسبة للمزارعين، كما يسهم هذا الكشف في الحد من الخسائر الكمية، والأضرار

الفيزيائية الجسيمة، والروائح غير المرغوبة، والتلوث الناتج عن الإصابة الحشرية (Seitz و Saucer، 1996). تتوافر عدة تقنيات للكشف، سواء تجارية أو غير تجارية. وتعد تقنيات أخذ العينات اليدوية من الأدوات التجارية الأساسية المستخدمة في المزارع، بينما تستخدم طرق الفحص اليدوي والنخل والطفو وقمع بيرليز Berlese funnel في مخازن الحبوب (Neethirajan وآخرون، 2007).

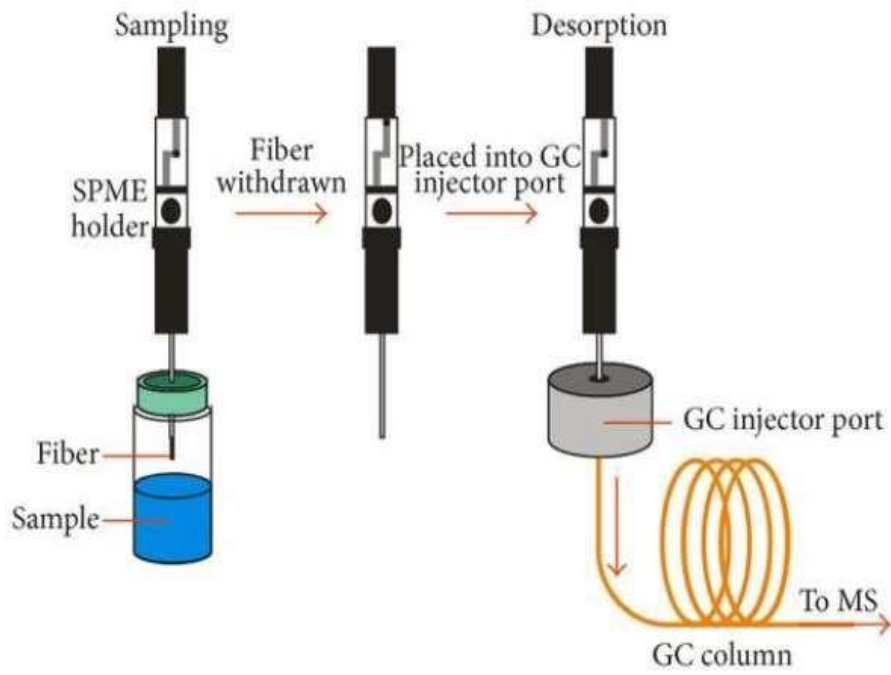
ومع تزايد الاهتمام، أصبحت تقنيات الكشف عن المركبات العضوية المتطايرة وسيلة مهمة لتقييم الإصابة الحشرية وجودة الحبوب. ويعد تحليل المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) المنبعثة في الهواء المحيط بالمنتجات المخزونة طريقة واعدة للتشخيص وتحديد نوع الحشرة (Qiu وآخرون، 2014؛ Laopongsti وآخرون، 2014). وتساهم قياسات المركبات العضوية المتطايرة في الكشف المبكر عن الإصابة، وتحديد عمر التخزين، والتمييز بين أصناف الحبوب. وقد ركزت العديد من الدراسات على الكشف عن الحشرات في الحبوب من خلال قياس المركبات العضوية المتطايرة التي تنتجها.

ومن أنجح هذه التقنيات هي تقنية الاستخلاص (HS-SPME) المرتبطة بجهاز GC-MS أو (GC-FID Podmore و Schmidt، 2015) صورة (4) وقد استخدمت تقنية HS-SPME المرتبطة بـ GC-MS بشكل واسع لدراسة الإفرازات المتطايرة للحشرات من رتبة الخنافس Coleoptera، مثل التعرف على الفيرومونات الخاصة بالحشرات (Rochat وآخرون، 2000؛ Ginzel و Hanks، 2005). كما استخدمت هذه التقنية لاكتشاف فيرومونات التجمع وغيرها من المركبات المتطايرة التي تنتجها حشرات الحبوب مثل *R. dominica* و *T. castaneum* (Arnaud وآخرون، 2002؛ Seitz و Ram، 2004). وتمكن Senthilkumar وآخرون (2012) من الكشف عن *T. castaneum* و *C. ferrugineus* باستخدام HS-SPME المرتبطة بـ GC-MS. كما استخدم (Niu et al. 2016) تقنية SPME المرتبطة بـ GC-FID و GC-MS لدراسة العلاقة بين فترة التخزين وجودة الحبوب، وبين جودة الحبوب والإصابة بـ *R. dominica* في الحبوب، حيث تم التعرف على مركبات معينة من حبوب مصاب بهذه الحشرة.

ورغم ذلك، لا تزال الدراسات التي تستخدم SPME للكشف عن إصابات الحشرات في الحبوب محدودة. فقد حدد (Abuelnor وآخرون، 2010) مركبات عضوية متطايرة من طحين القمح المصاب بـ *T. confusum* ومن الحبوب المصابة بـ *S. granarius* باستخدام

تقنية SPME المرتبطة بـ GC-MS. وأظهرت النتائج أن اليرقات والبالغات من هذه الحشرات تفرز مركبات مميزة يمكن استخدامها للمراقبة المبكرة. وقد سبق أن تم تحديد المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من خنفساء الحبوب الصغرى *R. dominica* (Seitz و Ram، 2004).

وقد استخدم العديد من الباحثين هذه التقنية لتحليل المركبات العضوية المتطايرة في الطحين المخزن المصاب بـ *R. dominica*. وقد اعتمدت أغلب هذه الدراسات على أعمدة غير قطبية لفصل المركبات المتطايرة (Seitz and Ram, 2004)، وتم تحديد العديد من المركبات العضوية منخفضة الوزن الجزيئي المتطايرة من الحبوب المخزونة (Niinemets و آخرون، 2004). ولأجل التعرف على المركبات العضوية المتطايرة الناتجة عن الإصابة بـ *T. castanum* وأنواع أخرى من الحبوب، هناك حاجة لتطوير طريقة تحليلية سهلة، وسريعة. وحتى الآن، لم يتم إجراء دراسات تستخدم تقنية HS-SPME للكشف عن الإصابة بـ *T. castanum*. وتستخدم تقنية SPME على نطاق واسع لتحليل المركبات العضوية المتطايرة، حيث تُعد تقنية HS-SPME وسيلة جديدة وسريعة وبسيطة وصديقة للبيئة وخالية من المذيبات لاستخلاص هذه المركبات (Bicchi و آخرون، 2012؛ Roewshan و Najafian، 2012). توفر تقنية HS-SPME إمكانية استخلاص عشرات أو مئات المركبات المتطايرة في وقت واحد، وتظهر نتائج جيدة مع جهاز GC المرتبط إما بـ MS أو FID، ومع ذلك يجب تطويرها وفقاً لطبيعة المركبات المستهدفة (Jelen و آخرون، 2008؛ Dorea و آخرون، 2012). الصورة (5)



صورة (5) طريقة استخلاص وتحليل المركبات باستخدام SPME-GC-MS

(2015، Podmore و Schmidt)

3- المواد و طرائق العمل Materials and Methods

1-3 : جدول (1) الأدوات المستخدمة في هذه الدراسة

المواد المستخدمة	ت	الأدوات المستخدمة	ت
ماء مقطر	1	أطباق بتري	1
المبيد ذو الأصل الحيوي (Emamectin benzoate)	2	ورق ترشيح	2
المبيد الكيميائي (Imidacloprid)	3	كفوف معقمة	3
المستحضر التجاري (Steinernema (Heterorhabditis و carpocapsae bacteriophora	4	سيت تشريح	4
		عدسة مكبرة	5
		قناني بلاستيكية	6
		قناني زجاجية	7
		اربطة مطاطية	8
		قماش كشمير	9
		زجاجة ساعة	10
		ماصات	11
		مرشحات يدوية	12
		ملاقط	13
		فرشاة ناعمة	14
		دوارق زجاجية	15
		ورق سيلفون	16
		قطن	17
		نيوبات	18

جدول (2) الأجهزة المستعملة في الدراسة

الشركة	المنشأ	اسم الجهاز	ت
Labtach	Korea	حاضنة Incubator	1
BEL	Italy	مجهر تشريح Disacting	2
Dayang	Italy	ميزان حساس Balance	3
Ishtar	Iraq	ثلاجة Refrigerator	4
Termax	China	غرفة التعقيم Hood	5
Labtach	Korea	جهاز التعقيم (مؤصدة) Autocalve	6

2-3: جمع وتربية حشرة خنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum*

جمعت الحشرة من الطحين الموجود في المخازن والأسواق والبيوت في محافظة كربلاء حيث شخصت الحشرة من قبل الأستاذ المساعد الدكتور سينا مسلم عبد قسم وقاية النبات -كلية الزراعة -جامعة كربلاء، بالاعتماد على كتاب اساسيات تصنيف الحشرات وذلك باستخدام المفاتيح التقسيمية الخاصة بعائلة (Tenebrionidae) (العزاوي و مهدي ، 1983). تم تعريض 1000غم من الطحين السليم الى درجة حرارة 20- م° ولمدة 3 أيام ووضع بعدها ولمدة يوم واحد في درجة حرارة 3م. تم وضع 100 من الحشرات البالغة في علب بلاستيكية سعة 100 مل المعقمة بحول الايثانول (70 %) ، ربيت الحشرة على وسط صناعي مكون من 100غم من الطحين و 10 غم من مسحوق الخميرة الحاوي على فيتامين B (Sail و اخرون 2017) . أغلقت فوهة العلب البلاستيكية بالقماش وربطت بأحكام بأربطة مطاطية لضمان عدم قدرة الحشرة على الهروب و امكانيتها على التنفس ،ومن ثم حفظت بدرجة حرارة 28 ± 2 م° و رطوبة 70 ± 5 % في حاضنات مختبر الحشرات للدراسات العليا في كلية الزراعة / جامعة كربلاء. لحين الحصول على أجيال الحشرة واجراً التجارب عليها (صورة 6).



صورة (6) مستعمرة خنفساء الطحين الصدفية الحمراء

3-3: تهيئة المستعمرة للحصول على أدوار الحشرة :

لأغراض دراسة الاطوار اليرقية لخنفساء *T. castaneum*، تم اختيار أكثر من 50 زوجاً من الحشرات البالغة. وزعت الأزواج في علب بلاستيكية شفافة ذات ابعاد 10×5 سم ، تحتوي كل منها على 10غم من الطحين المعقم ، بواقع 10 أزواج / علب (Park)

(1934)(Sokoloff, 1974). وضعت العلب في حاضنة بدرجة حرارة ثابتة 28 ± 2 °م ورطوبة نسبية 70 ± 5 % ، تركت الحشرات لمدة أسبوع كامل للسماح بعملية التزاوج ووضع البيض(Levinson, 1994) بعد انتهاء المدة، تم إزالة الحشرات البالغة من جميع العلب، حضنت العلب لمدة خمسة أيام إضافية لإتاحة الوقت الكافي لفقس البيوض. بعد فقس البيض، تمت متابعة تطور اليرقات بشكل يومي. وعلى هذا الأساس عزلت الاعمار اليرقية والبالغات لغرض المعاملة بالمبيدات والنيماتودا والفطريات الممرضة و المركبات النانوية.

3-4: اختبار تأثير المبيدين **Emamectin Benzoate** و **Imidacloprid** على نسبة

هلاك الاعمار اليرقية والبالغة لحشرة خنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum*

تم الحصول على المبيد ذو الأصل الحيوي Emamectin Benzoate و المبيد الكيميائي

Imidacloprid و المسجلة لدى وزارة الزراعة العراقية من الأسواق المحلية (جدول 3)

الشركة المنتجة	التركيز الموصى به	المادة الفعالة	الأسم التجاري
Dragons-China	0.5 غم / لتر	Emamectin Benzoate	Sowrd 5% WDG
JU-India	0.75 غم / لتر	Imidacloprid	Medapride35% SC

تم تحضير ثلاث تراكيز لكل من المبيدين Emamectin Benzoate و Imidacloprid ($0.25, 0.5, 0.75$) غم/لتر و ($0.5, 0.75, 1$) مل/لتر على التوالي ، وضع محلول المبيدات المحضر في مرشات يدوية سعة 100 مل . حضرت اطباق بتري بلاستيكية قطر 9 سم حاوي على ورق ترشيح و وضع بداخل كل طبق على 10 أفراد من يرقات العمر ثاني ، يرقات العمر الخامس والطور البالغ كل طور على حده . رشت هذه الاطباق بواقع ثلاث معاملات بمقدار 1 مل من التراكيز المحضرة للمبيدين وبواقع 3 مكررات لكل تركيز ، بينما رشت الاطباق في معاملة المقارنة بماء المقطر فقط. تركت الاطباق لتجف و بعد مرور 15 دقيقة نقلت الاطوار الحشرية المعاملة بواسطة فرشاة صغيرة الى اطباق بتري أخرى حاوية على الطحين النظيف مقدار 5غم و حفظت الاطباق المعاملة في حاضنة تحت درجة حرارة 28 ± 2 °م ورطوبة نسبية 70 ± 5 % و حسب النسب المئوية للهلاك بعد مرور (1,3,5,7) أيام من المعاملة.

5-3: تهيئة العزلة المحلية للفطر الاحيائي *T. harzianum*

تم الحصول على عزلة محلية من فطر *T. harzianum* من قسم وقاية النبات / كلية الزراعة / جامعة كربلاء. لتهيئت الوسط الزرعي وضع 39 غم من الوسط الغذائي PDA دورق زجاجي سعة 1000 مل واضيف اليه 1 لتر ماء معقم أغلقت فوهة الدورق الزجاجي بالقطن وتم لفها بإحكام بطبقة من ورق الألمنيوم وتم رج الدورق وضع الدورق في جهاز Autoclave تحت درجة حرارة (121°) و ضغط (15 باوند / انج 2) ولمدة 20 دقيقة وبعد انتهاء مدة التعقيم ترك الدورق الزجاجي ليبرد الى درجة حرارة 50 م° اضيف المضاد الحيوي لمنع نمو البكتريا صب الوسط في اطباق بتري 9 سم في جهاز fume Hood مع لهب بنزن لغرض عدم تلوث الوسط لقحت الاطباق باقراص الفطر *T. harzianum* بواسطة ناقل الفلين (كمال الدين ، 2008). بعدها تم نقل الاطباق الى حاضنة تحت درجة حرارة (28 ± 2 م°) و رطوبة (70 ± 5 %) ولمدة ثلاث أيام (الباروني و عصمت ، 1994). الصورة (7)



صورة (7) توضح نمو الفطر الأحيائي *T. harzianum* قوة التركيز 5X (أيفون 13)

6-3: تحضير معلق المبيد الحيوي *T. harzianum* لاستخدامه في التجربة المختبرية

تم تحضير المبيد الحيوي الفطري بطريقة التخفيف وذلك بطريقة الغمر حيث تم غمر طبق *T. harzianum* في 100 مل ماء مقطر تم رج المحلول لتجانس ابواغ الفطر مع الماء المقطر و من ثم اخذ مقدار 1 مل من المحلول الفطري و اضيف في 9 مل ماء مقطر و تم تكرار عملية التخفيف حتى ينتج تركيز $10^{12} \times 1$ بوغ / مل و تم تكرار عملية التخفيف حتى يصل الى تركيز $10^8 \times 1$ بوغ / مل و تم تكرار عملية التخفيف حتى يصل الى التركيز $10^4 \times 1$ بوغ / مل . ووضعت التراكيز في مرشحات يدوية سعة 5 مل و أصبحت جاهزة للاستخدام . صورة (8)



صورة (8) توضح الحصول على تراكيز مختلفة من الفطر (أيفون 13) *T. harzianum* قوة تكبير 1X

1-6-3: تأثير تراكيز مختلفة لعزلة الفطر *T.harzianum* في هلاك العمرين اليرقيين الثاني و الخامس و البالغ لخنفساء الطحين الصدفية

تم تحضير اطباق بتري قطر 9 سم تحوي على ورق ترشيع رشيت الاطباق بالفطر الحيوي بمرشحات سعة 5 مل و كمية 1 مل لكل طبق و بثلاث تراكيز كل على حدة ($10^8 \times 1$, $10^{12} \times 1$, $10^4 \times 1$) و بواقع ثلاث مكررات لكل , تركت لمدة 15 دقيقة لتجف ثم نقلت اليرقات و البالغات بواسطة فرشاة صغيرة الى اطباق بتري قطر 9 سم حاوية على طحين معقم و نقلت الى حاضنة درجة حرارة 28 ± 2 °م و رطوبة نسبية 70 ± 5 % تم حساب النسبة المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس و البالغ بعد مرور (1,3,5,7) من المعاملة.

7-3: النيماتودا الممرضة للحشرات

1-7-3: تربية دودة الشمع الكبرى *Gelleria mellonella*

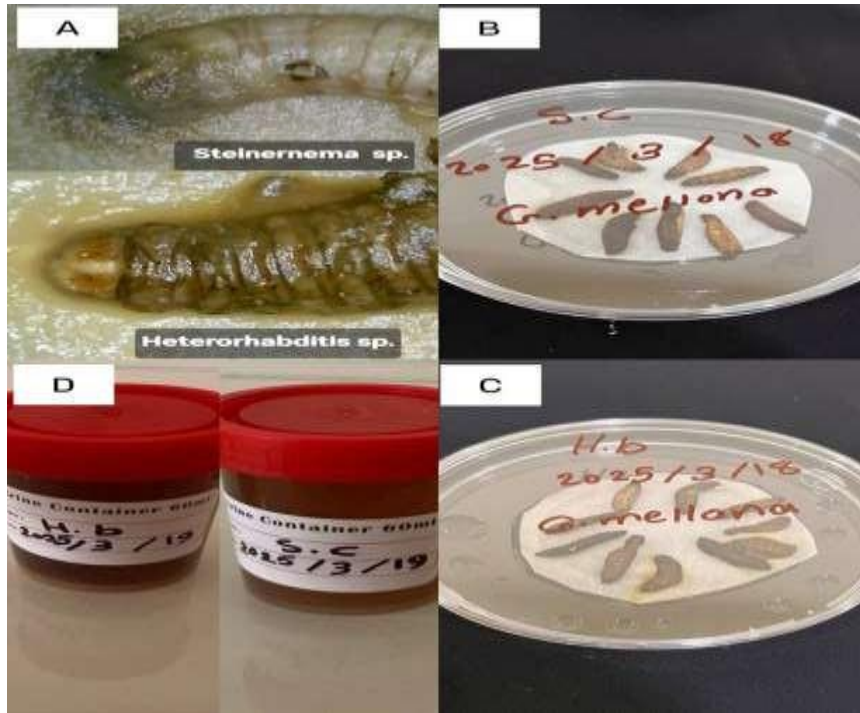
تم الحصول على حشرة دودة الشمع من أفراس الشمع المصابة من مناحل العتبة العباسية في محافظة كربلاء وذلك لتربيتها في مختبر المقاومة الحيوية في كلية الزراعة /جامعة كربلاء على بيئة غذائية صناعية على طريقة (AL- Zaidawdi و آخرون، 2019) والتي تلخصت بأخذ 810 غرام من الجريش و 10 غرام من الخميرة و 500 غرام من الشمع و 120 غرام من الكليسرين و 60 غرام عسل او دبس وبعد خلط المواد الجافة جيدا يتم اذابة الشمع مع مقدار من قليل من الماء وسكبه على الخليط مع العسل (الدبس) مع التقليب لمزجه جيدا ثم حفظ في الثلاجة لحين الاستخدام اخذت كمية من هذه البيئة في حاوية بلاستيكية حجم 2 كيلو غرام ووضع فيها شمع مصاب بأطوار يرقية مختلفة أغلقت فوهة العلب البلاستيكية بقماش وربطت بإحكام بأربطة مطاطية لضمان عدم قدرة الحشرة على الهروب وامكانياتها على التنفس وضعت الحاوية في المختبر بدرجة حرارة 28±2 وبعد حوالي 2 اسبوع تم الحصول على يرقات طور رابع وأخذ قسم منها لاستعماله في الكشف عن النيماتودا الممرضة للحشرات (Entomopathogenic EPNs(Nematodes). صورة (9)



صورة (9) طريقة تربية الشمع الكبرى على بيئة مغذية صناعية AL- (Zaidawdi وآخرون، 2019)

2-7-3: تنشيط واكثار النيماتودا الممرضة للحشرات EPNs

تم الحصول على عزلتين تجارية من نيماتودا *S. carpocapsa* و *H. bacteriophora* مستوردة من امريكا لمكافحة الطور اليرقي لحشرة خنفساء الطحين الصدمية وذلك بأتباع طريقة طعوم يرقات الطور الرابع من دودة الشمع الكبرى *Galleria mellonella* (Akhurst و Bedding، 1975) لغرض اكنار وتنشيط العزلتين التجارية بأخذ 3 اطباق بتري بقطر 9 سم مزود بورق ترشيح ، لكل عذلة تجارية تم وضع مسحوق نيماتودا داخل الطبق وترطيبه وضع 10 يرقات من العمر الرابع لدودة الشمع الكبرى وبعد 3 ايام تم الكشف عن اليرقات المصابة بالنيماتودا وذلك بتغير اللون حيث نقلت اليرقات المصابة من دودة الشمع الكبرى في مصيدة White trap المتكونة من طبق بتري 9 سم يحوي من الوسط على زجاجة ساعة مقلوبة وتغطي بورقة ترشيح وتوضع اليرقات الميتة عليها ، وذلك لاستخلاص العمر الثالث المعدي للنيماتودا (Infective Juveniles (Ijs) . (White، 1972). وبعد (9-13) يوم جمعت الاطوار المعديّة من جثة يرقات المصابة لدودة الشمع في انبوبة بحجم 60 مل وتم حفظ المعلق في الثلاجة بدرجة حرارة (8-10) درجة مئوية لغرض الاختبار الحيوي لمكافحة خنفساء الطحين الصدمية. الصورة (10)



صورة (10) مراحل إصابة دودة الشمع الكبرى بالنيماتودا قوة التكبير 5X (أيفون13)

(A يمثل تغير اللون , B,C المصيدة , D معلق النيماتودا)

3-7-3: تحضير تراكيز معلق النيماتودا

تم حساب المعلق المائي الحاوي على النيماتودا الممرضة للحشرات EPNs لقياس متوسط التركيز القاتل LC50 للعزتين التجارية بعد تخفيف المعلق 50 مل في 1 لتر ماء مقطر معقم تم اخذ 1 مل للحساب عدد الأطوار المعدية تحت المجهر وفق معادلة (2015, Lacey) كالتالي :

$$C1*V1=C2*V2$$

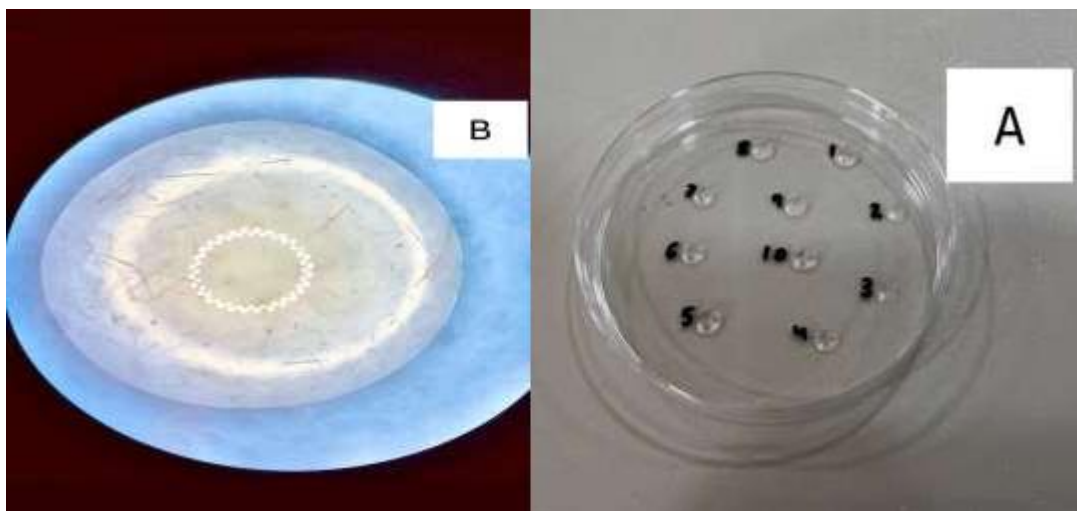
C1 = تركيز النيماتودا في المعلق المائي (stock)

V1 = الحجم الكلي للمعلق المائي الأساسي (stock)

C2 = تركيز النيماتودا في 60 مل

V2 = حجم المعلق المائي المأخوذ من المعلق الأساسي (10 μ 1)

الصيغة المذكورة في المعادلة السابقة يساعد في حساب عدد الاطوار المعدية (IJs) ومن خلالها يتم حساب 1 مل من خلال توزيعها بمعدل 10 قطرات في طبق بتري تحت المجهر باستخدام ماصة ومن ثم يتم استخراج معدل عدد اليرقات في القطرة الواحدة بعدها استخرجت تراكيز IJs (50, 100, 150) وهي طريقة Drop method (صورة 11)



صورة (11) حساب تراكيز الطور المعدي Infective Juveniles (IJs) باستخدام Drop method حيث تمثل الصورة A مجموعة 10 يرقات , وتمثل الصورة B قطرة مكبرة تحت المجهر. قوة التكبير 5X (أيفون 13)

4-7-3: اختبار تأثير النيماتودا *S. carpocapsae* و *H. bacteriophora* في

هلاك العمرين اليرقيين الثاني و الخامس والبالغات لخنفساء الطحين الصدمية

تم تحضير اطباق بتري بلاستيكية بقطر 9 سم مجهزة بورق ترشيح ، تم رش الاطباق بمعلق النيماتودا نوع *H.bacteriophora* و *S. carpocapsae* جدول (4) ، بثلاث تراكيز (150 ijs , 100 ijs , 50 ijs) لكل 1 مل ماء مقطر وتم رش المعلق في كل طبق بمقدار 1 مل للمعاملات كل على حدة باستخدام مرشات يدوية زجاجية سعة 5 مل ، ثم وضعت يرقات الطور الثاني والخامس والبالغ في الاطباق بشكل منفصل ، كما وتمت معاملة المقارنة بالماء المقطر . ثم نقلت الاطباق الى حاضنة تحت درجة حرارة 28 ± 2 م ° ورطوبة نسبية 70 ± 5 % و اخذت النسب المئوية لهلاك اليرقات بعد مرور (1,2,3) أيام من المعاملة وقد تم حساب النسب المئوية للهلاك المصححة حسب معادلة Abbott (1925)

جدول (4) المستحضرات التجارية للنيماتودا الأحيائية الممرضة للحشرات

المنشأ	التركيز الموصى به	اسم المبيد والمادة الفعالة
امريكي	50,100,150 يرقة فعالة لكل مل	<i>Heterohabditis bacteriophora</i>
امريكي	50,100,150 يرقة فعالة لكل مل	<i>Steinernema carpocapsae</i>

8-3: تحضير تراكيز المركبات النانوية المستخدمة في التجربة

تم تحضير ثلاث تراكيز من مركبات الزنك النانوية والسيليكا النانوية (100، 200، 300) ملغم /لتر ، تم اذابة كل تركيز على حدة في 1 لتر ماء مقطر لكل تركيز وضعت التراكيز في مرشات يدوية سعة المرشة 100 مل ، لتكون جاهزة للاستخدام في اجراء التجربة.جدول(5)

البلد	أبعاد الجسيمات النانوية	الشركة المصنعة	اسم المادة
USA	20-35 nm	US Research Nanomaterials,Inc	أوكسيد السيليكا النانوي (SiO ₂)
USA	18 nm	US Research Nanomaterials,Inc	أوكسيد الزنك النانوي (ZnO)

1-8-3: تأثير تراكيز مختلفة من مركب السليكا و الزنك النانوي في هلاك العمرين اليرقيين**الثاني والخامس و البالغات من خنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum***

حضرت اطباق بتري بلاستيكية بقطر 9 سم مجهزة بورق ترشيح ، وضع بداخل لكل طبق 10 أفراد من يرقات من العمر الثاني و الخامس و الطور البالغ كل طور على حدة ، ورشت هذه الاطباق بمقدار 1 مل من التراكيز المحضرة (300, 200,100) ملغم/ لتر اما معاملة المقارنة فرشت بالماء المقطر فقط . تركت الاطباق لتجف وبعد مرور 15 دقيقة نقلت الاطوار المعاملة بواسطة فرشاة صغيرة الى اطباق بتري حاوية على طحين معقم بمقدار 5 غم، وحفظت الاطباق المعاملة في حاضنة تحت درجة حرارة 28 ± 2 م° و رطوبة 70 ± 5 % واخذت النسب المئوية للهلاك بعد مرور (1,3,5,7) أيام من المعاملة وقد تم حساب النسب المئوية للهلاك المصححة حسب معادلة Abbott (1925) .

9-3: تأثير خلط المبيد الكيميائي Emamactin banzoate مع مركبي الزنك أو السليكا النانوية .

اختير التركيز 0.25 غم /لتر للمبيد Emamactin banzoate إضافة الى التركيز 100 غم / لتر لمركبي الزنك و السليكا النانوية. اذبيت التراكيز أعلاه في ماء مقطر و وضع المحلول (المبيدات + المواد النانوية) في مرشحة سعة 100 مل لغرض استخدامها في التجربة . حضرت اطباق بتري قطر 9 سم مجهزة بأوراق ترشيح و نقل الى كل طبق 10 يرقات من العمرين اليرقيين الثاني و الخامس و البالغات كل على حدة، رشت الاطباق بمقدار 1 مل من المحلول اما معاملة المقارنة فرشت بالماء المقطر . تركت الاطباق لتجف لمدة 15 دقيقة بعدها نقلت الاطوار المعاملة بواسطة فرشاة صغيرة الى اطباق بتري حاوية على طحين معقم بمقدار 5 غم ، حضنت الاطباق المعاملة في عند درجة حرارة 28 ± 2 م° و رطوبة 70 ± 5 % واخذت النسب المئوية بعد مرور (1,3,5,7) أيام من المعاملة و تم حساب النسب المئوية للهلاك المصححة حسب معادلة Abbott (1925) .

10-3:استخلاص المركبات العضوية المتطايرة (VOCs)

تم استخدام تقنية (SPME) لغرض استخلاص المركبات العضوية المتطايرة من الطحين السليم والمصاب بحشرة *T. castanum* وتحليلها بعد ذلك بجهاز (GC-MS) في مركز ابن البيطار التابع الى وزارة الصناعة والمعادن. وضع 70 غم من الطحين السليم و الطحين المصاب بالبالغات من حشرة خنفساء الطحين في علب زجاجية نظيفة و معقمة سعة 100 مل بشكل

منفصل. غطيت فتحة العلب الزجاجية من الاعلى بقطعة من الالمنيوم (السيلفون) وتركت لمدة 24 ساعة لغرض الحصول المركبات العضوية المتطايرة. بعدها تم حقن SPME داخل العلب الزجاجية للعينه و ذلك لغرض استخلاص المركبات العضوية المتطايرة. تركت SPME لمدة ساعتين داخل العينه (وقت الاستخلاص) في ظروف المختبر على درجة حرارة 28 ± 2 م°، بعد اكمال وقت الاستخلاص سحبت SPME من العينه وحقت مباشرة في جهاز ال GC-MS لتحليل وتشخيص المركبات العضوية المتطايرة (Alshuwaili, 2020)

11-3: تحليل المركبات العضوية المتطايرة VOCs باستخدام تقنية GC-MS

تم تحليل المركبات العضوية المتطايرة VOCs و ذلك بعد استخلاصها من العلب الزجاجية المغلقة والمحتوية على العينات من الطحين المصاب بحشرة خنفساء الطحين الصدفية و السليمة غير المصابة بواسطة GC-MS متصل مع (MS) Mass Spectrum ، واستخدم عمود الفصل في كروماتوغرافي الغازي ضبطت طريقة التحليل في جهاز GC-MS قبل حقن SPME في منفذ الحقن في GC ، وبعد الحقن استخدمت درجة حرارة 270 م° لأطلاق المركبات العضوية الموجودة داخل غرفة الحقن في ال GC ثم انتقلها الى عمود الفصل بواسطة الغاز الحامل الهيليوم He وبنسبة جريان او تدفق داخل العمود 20 مل/ دقيقة. درجة الحرارة الاولى في عمود الفصل 50 م° تحجز لمدة دقيقتين ثم تزداد درجة الحرارة كل دقيقة 5 م° وصولا الى 250 م° ثم تحجز لمدة خمس دقائق اخرى على درجة حرارة 250 م°، وكان وقت تحليل العينه 45 دقيقة. شخست المركبات العضوية باستخدام المكتبة الكيميائية التابعة الى المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا الكيميائية National Institute of Standards and Technology (NIST2008) قاعدة بيانات MS. شخست المركبات العضوية المتطايرة اعتمادا على وقت الاحتجاز Retention Time (RT) ومقارنته مع RT للمركبات الموجودة في مكتبة NIST لكل مركب (Alexander واخرون ، 2019).

12-3: تصميم التجربة و التحليل الإحصائي

حلت نتائج التجارب المختبرية لـ GC-MS للمركبات العضوية المتطايرة من خنفساء الطحين الصدفية وحبوب الحنطة السليمة والمصابة باستخدام برنامج Analyst Metabo الاصدار 5 على مستوى احتمال ($P < 0.05$) لثلاثة مكررات لكل معاملة وقسم ناتج مساحة كل مركب على 100000 لسهولة التعامل مع الأرقام والعمليات الحسابية باستخدام Microsoft Excel 2016، حلت بيانات باستخدام برنامج SPSS Version 26. لتحليل بيانات المركبات العضوية المتطايرة متعدد المتغيرات والمكررات لوصف العينة وتفسير العلاقة بين المركبات للمعاملة الواحدة (عبد، 2021،) بينما حلت بيانات الدراسة احصائيا حسب التصميم العشوائي الكامل Completely Randomized Design ونفذت اربع تجارب مختبرية بترتيب تجارب عاملية بثلاث مكررات ، تم اختبار المعنوية بأستعمال اقل فرق معنوي Least Significant Difference (L.S.D) على مستوى احتمالية ($P \leq 0.05$) لتحديد معنوية النتائج (الراوي وخلف الله، 2000). حلت البيانات بأستخدام برنامج التحليل الاحصائي Genstat

4- النتائج و المناقشة Results and Discussion

1-4: تأثير تراكيز مختلفة من المبيد ذي الأصل الحيوي Emamectin benzoate في هلاك العمرين اليرقيين

الثاني والخامس والبالغات لخنفساء الطحين الصدئية *T.castaneum*

اشارت النتائج الواردة في الجدول (6) تأثير ثلاث تراكيز مختلفة من مبيد Emamectin benzoate على ثلاث مراحل عمرية مختلفة من الحشرة: الطور الثاني ، الخامس والبالغات وذلك خلال أربعة فترات زمنية (1، 3، 5، 7 أيام). اذا بينت النتائج ان يرقات الطور الثاني كانت الاعلى هلاكا وفي جميع التراكيز المستخدمة. اذا بلغت نسبة الهلاك عند التركيزين 0.75 و 0.5غم/لتر 93.33% و 86.67% للتركيزين و بلغت عند التركيز 0.25 غم /لتر 73.33% ، على التوالي بعد 7 ايام من المعاملة وبفروق عالية المعنوية عن بقية التراكيز المستخدمة. اما فيما يخص معدل تأثير التراكيز للهلاك فقد بلغ عند التركيز 0.75 غم /لتر 50% بينما التركيز 0.5 غم/لتر 51.67% وعند التركيز 0.25 غم /لتر 32.50% .

اما تأثير المبيد على الطور الخامس فقد حققت اعلى نسبة هلاك 100% وذلك عند التركيز 0.75 غم /لتر بعد 7 ايام من المعاملة وبلغت نسبة الهلاك 96.66% عند التركيزين 0.5 و 0.25 غم /لتر. اما فيما يخص معدل تأثير التراكيز للهلاك فقد بلغ عند التركيز 0.75 غم/لتر 65.83% وعند التركيز 0.5 غم/لتر 61.67 ، بينما بلغ عند التركيز 0.25 غم/لتر 50.83% .

اما من ناحية تأثير المبيد على البالغات فقد كان الاقل حساسية اذ بلغت نسبة الهلاك عند التركيز 0.75 غم/لتر 83.33% بعد 7 ايام من المعاملة وبلغ عند التركيز 0.5 غم /لتر 60% وبلغ عند التركيز 0.25 غم /لتر 50%. اما فيما يخص معدل تأثير التراكيز للهلاك فقد بلغ عند التركيز 0.75 غم /لتر 58.33% و عند التركيز 0.5 غم/لتر 38.33% بينما بلغ عند التركيز 0.25 غم /لتر 25.83%. أما معدل تأثير الفترة الزمنية فقد تفوقت بعد 7 ايام على باقي الفترات الزمنية اذ بلغت النسبة المئوية للهلاك 61.66% بينت الدراسة على مبيد Emamectin benzoate كان له تأثير معنوي على نسب هلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدئية .

جدول (6) تأثير تراكيز مختلفة من المبيد ذي الأصل الحيوي Emamectin benzoate في هلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس وبالغات لخنفساء الطحين الصدفية *T.castaneum*

معدل النسب المئوية للهلاك	النسبة المئوية للهلاك خلال المدد الزمنية / الأيام				التركيز غم / لتر	الطور	
	7	5	3	1			
32.50	73.33	36.66	13.33	6.66	0.25	الثاني	
51.67	93.33	73.33	40.00	0.00	0.50		
50.00	86.66	83.33	23.33	6.66	0.75		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة		
50.83	96.66	66.66	30.00	10.00	0.25	الخامس	
61.67	96.66	80.00	43.33	26.66	0.50		
65.83	100	80.00	53.33	30.00	0.75		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة		
25.83	50.00	26.66	23.33	3.33	0.25	البالغ	
38.33	60.00	46.66	33.33	13.33	0.50		
58.33	83.33	73.33	60.00	16.66	0.75		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة		
	61.66	47.22	26.66	9.44	معدل الفترة الزمنية		
معدل تأثير الطور							
33.54	63.33	48.33	19.17	3.33	الثاني	الطور * الفترة الزمنية	
44.58	73.33	56.67	31.67	16.67	الخامس		
30.62	48.33	36.67	29.17	8.33	البالغ		
معدل تأثير التركيز							
36.38	73.33	43.33	22.22	6.66	0.25	التركيز * الفترة الزمنية	
50.55	83.33	66.66	38.88	13.33	0.50		
58.05	90.00	78.88	45.55	17.77	0.75		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة		
الطور * التركيز * الفترة الزمنية	التركيز * الفترة الزمنية	الطور * الفترة الزمنية	الطور * التركيز	الفترة الزمنية	التركيز	الطور	L.S.D 0.05
11.66	8.14	7.59	7.59	4.07	4.07	3.52	

يعتبر ذو أهمية كبيرة كونه ينتج من أصل حيوي بسبب مادة Avermectins المستخرجة من بكتيريا *Streptomyces avermitilis* تستخدم بشكل عام كمبيد (Pitterna و آخرون، 2009) ، وتستخدم للتحكم في الآفات الزراعية بطريقة فعالة وأقل ضرراً على البيئة مقارنة بالمبيدات الكيميائية التقليدية (Zhang و آخرون، 2023، Chen و آخرون، 2023). يعمل Emamectin benzoate على الجهاز العصبي والعضلي للحشرات ، حيث تؤثر على المستقبلات مما يؤدي الى خلل غير طبيعي في فتح قناة الكلوريد مسببه تهيج وتشنج عضلي مفرط للحشرة (IRAC، 2019). كما وأفاد (Ghelani و آخرون، 2009) أنه حتى بعد 12 شهراً من التخزين، فقد سجلت بذور الدخن *Pennisetum glaucum L* المعاملة بمبيد benzoate Emamectin أقل ضرر وأعلى معدل إنبات. وتشير نتائج هذه الدراسة إلى أن مبيد Emamectin benzoate مركب فعال مقارنةً بالمبيدات الأخرى المختبرة، كما يُصنّف كمبيد منخفض المخاطر ويمكن استخدامه بأمان في برامج إدارة آفات *T. castaneum*.

كما وأشار (Hager و آخرون، 2024) تأثير مبيد Emamectin benzoate على البالغات خنفساء اللوبيا *Callosobruchus maculatus* بتركيز LC90 خلال 24 ساعة وبلغت نسبة موت البالغات 89.5%. وقد أفاد Argentine و آخرون (2002) من خلال استخدام اختبار حيوي صناعي بأن Emamectin benzoate أظهر أعلى مستوى من الفعالية في مكافحة عدة أنواع من الحشرات رتبة Lepidoptera بما في ذلك عثة *Heliothis virescens* وأظهرت الدراسات أن Emamectin benzoate فعال جداً ضد دودة القطن *armigera Helicoverpa*، حيث تراوحت قيم LC50 بين 0.01 إلى 0.26 ميكروغرام/مل وفقاً لنوع الغذاء وظروف التجربة (Fathipour و Parsaeyan و Fang و Zhang، 2023). كما بين (Khanal و آخرون، 2024) ان المعاملة بمبيد Emamectin benzoate له فعالية عالية ضد اليرقات من الجيل الثالث لحشرة دودة الحشد *Spodoptera frugiperda*، حيث أظهرت نسبة هلاك عالية وكانت قيم LC50 للمبيد عند 0.131، 0.093، 0.053 ملغم/لتر بعد 24، 48، 72 ساعة من التعرض على التوالي.

2-4: تأثير تراكيز مختلفة من المبيد الكيماوي Imidacloprid في نسب هلاك العمرين اليرقنين الثاني والخامس والبالغات لخنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum*

أظهرت المعاملة بالمبيد Imidacloprid على الاطوار المعاملة لخنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum* نسب قتل عالية، واطهرت جميع المعاملات وبجميع التراكيز فروقا عالية المعنوية، كما هو موضح في الجدول (7). حيث بلغت اعلى نسبة الهلاك في الطور الثاني بعد 7 أيام من المعاملة عند التركيزين 1 و 0.75 غم /لتر 100% و بلغ عند التركيز 0.5 غم /لتر 96.66% ، وكان معدل تأثير التراكيز في الهلاك 93.33% عند التركيز 1غم /لتر و بلغ معدل تأثير التراكيز في الهلاك 92.50% عند التركيز 0.75 غم /لتر بينما كان تأثير التراكيز في الهلاك 85.83% عند التركيز 0.5 غم /لتر .

وكذلك في الطور الخامس فقد بينت النتائج اعلى نسبة هلاك عند التركيزين 1 و 0.75 غم /لتر 100% و بلغ عند التركيز 0.5 غم /لتر 93.33% ، وكان معدل تأثير التراكيز في الهلاك 70.83% عند التركيز 1غم /لتر و بلغ معدل تأثير التراكيز في الهلاك 65% عند التركيز 0.75 غم /لتر بينما كان تأثير التراكيز في الهلاك 54.16% عند التركيز 0.5 غم /لتر.

أما البالغات فقد حققت اعلى نسبة هلاك بعد 7 أيام للتراكيز (1,0.75,0.5) غم /لتر 100% . وكان معدل تأثير التراكيز في الهلاك 80% عند التركيز 1غم /لتر و بلغ معدل تأثير التراكيز في الهلاك 85% عند التركيز 0.75 غم /لتر بينما كان تأثير التراكيز في الهلاك 81.66% عند التركيز 0.5 غم /لتر .

أما معدل تأثير الفترة الزمنية فقد تفوقت بعد 7 أيام على باقي الفترات الزمنية اذ بلغت النسبة المئوية للهلاك 74.16%. واطهرت جميع المعاملات وبجميع التراكيز فروقا عالية المعنوية عن معاملة المقارنة بينما لم تظهر اي فروق معنوية مع التراكيز الأخرى.

جدول (7) تأثير تراكيز مختلفة من المبيد الكيماوي Imidacloprid في نسب هلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس والبالغ لخنفساء الطحين الصدفية *T.castaneum*

معدل النسبة المئوية للهلاك	النسبة المئوية للهلاك خلال المدد الزمنية /الايام				التركيز عم / لتر	الطور	
	7	5	3	1			
85.83	96.66	90.00	86.66	70.00	0.50	الثاني	
92.50	100	100	96.66	73.33	0.75		
93.33	100	100	100	73.33	1		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة		
54.16	93.33	50.00	40.00	33.33	0.50	الخامس	
65.00	100	83.33	43.33	33.33	0.75		
70.83	100	80.00	63.33	40.00	1		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة		
81.66	100	96.66	83.33	46.66	0.50	البالغ	
85.00	100	93.33	80.00	66.66	0.75		
80.00	100	100	66.66	53.33	1		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة		
	74.16	66.11	55.00	40.83		معدل الفترة الزمنية	
معدل تأثير الطور							
67.91	74.17	72.50	70.83	54.17	الثاني	الطور * الفترة الزمنية	
47.50	73.33	53.33	36.67	26.67	الخامس		
61.66	75.00	72.50	57.50	41.67	البالغ		
معدل تأثير التركيز							
73.33	96.66	78.88	70.00	50.00	0.50	التركيز * الفترة الزمنية	
80.83	100	92.22	73.33	57.77	0.75		
81.38	100	93.33	76.66	55.55	1		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة		
الطور *	التركيز *	الطور *	الطور *	الفترة الزمنية	التركيز	الطور	L.S.D 0.05
الفترة الزمنية	الفترة الزمنية	الفترة الزمنية	الفترة الزمنية				
11.61	8.10	7.56	7.56	4.05	4.05	3.50	

وبينت الدراسة تأثير مبيد Imidacloprid على العمرين اليرقيين الثاني والخامس والبالغات *T. castaneum* أن الهلاك تزداد بشكل ملحوظ بعد فترة 7 ايام من المعاملة. وقد تبين أن مستوى السمية يتأثر بشكل واضح بكل من تركيز المبيد وطول مدة التعرض. ويُعد Imidacloprid ، كونه ينتمي إلى مجموعة النيونيكوتينويدات، فعلاً بشكل خاص في القضاء على الحشرات لكونه يؤثر على عمل الجهاز العصبي (Jaber وآخرون ، 2025). يعزى ارتفاع نسب الهلاك في الحشرات المعاملة بمبيد Imidacloprid بزيادة السمية العصبية الناتجة

عن آلية تأثير هذا المبيد. إذ تُعد فعالية Imidacloprid كمبيد حشري مرتبطة بشكل كبير بتركيز المبيد ومدة التعرض له (Elbert وآخرون، 2023). وتكمن السمية القاتلة لهذا المبيد في استهدافه المباشر للجهاز العصبي المركزي للحشرات؛ حيث يعمل على تثبيط مستقبلات الأسيتيل كولين النيكوتينية في الدماغ، مما يؤدي إلى خلل الدارات العصبية المعتمدة على النيكوتين (Matsuda وآخرون، 2020).

يؤدي تثبيط انتقال النبضات العصبية الناتج عن مبيد Imidacloprid إلى حدوث شلل تام للحشرة ومن ثم موتها، وذلك نتيجة منع انتقال الأسيتيل كولين. وقد أثبت Imidacloprid فعاليته العالية كمبيد حشري، وخصوصاً ضد أنواع الآفات مثل *T. castanum* (Krishnan و Sehna، 2006) كما أظهرت دراسات إضافية أن لهذا المبيد تأثيراً عالياً على جميع المراحل الاطار لحشرة *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky)، حيث تزداد نسبة الهلاك بزيادة الفترة الزمنية (Houchat وآخرون، 2020). وفي إحدى الدراسات، وُجد أن الخنافس البالغة من نوع الخنفساء طويلة القرون الآسيوية قد هلكت بالكامل خلال فترة تراوحت بين أسبوعين إلى ثلاثة عند تعرّضها يومياً Imidacloprid، مما يُعزى إلى الأثر القاتل وتحت القاتلة للمبيد، والتي ساهمت بشكل ملحوظ في انخفاض اعداد (Ugine وآخرون، 2011). كما بينت نتائج اخرى الى دور Imidacloprid كمبيد حشري، بالإضافة إلى دوره الحيوي في برامج مكافحة الآفات (Alyokhin وآخرون، 2007).

3-4: تأثير تراكيز مختلفة من الفطر *T. harizanium* في نسبة هلاك العمرين اليرقيين

الثاني والخامس والبالغات لخنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum*

يوضح الجدول (8) أن هناك تأثيراً معنوياً للتراكيز الفطرية المختلفة، حيث يوضح نسبة هلاك العمر الثاني لخنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum* 76.66% وذلك عند التركيز $10^{12} \times 1$ وبلغ 70% عند التركيز $10^8 \times 1$ بينما بلغ 76.66% عند التركيز $10^4 \times 1$. أما فيما يخص معدل تأثير التراكيز للهلاك فقد بلغ 51.66% عند التركيز $10^{12} \times 1$ وبلغ 53.63% عند التركيز $10^8 \times 1$ بينما بلغ 63.33% عند التركيز $10^4 \times 1$. أما من ناحية تأثير الفطر الأحيائي على يرقات العمر الخامس فقد بينت النتائج أن هذا الطور كان الأقل الحساسية في الأيام الأولى مقارنة بالعمر الثاني وبعد 7 أيام من المعاملة بلغت نسبة الهلاك 73.33% عند التركيز $10^{12} \times 1$ وبلغ 66.66% عند التركيز $10^8 \times 1$ بينما بلغ 63.33% عند التركيز $10^4 \times 1$. أما فيما يخص معدل تأثير التراكيز للهلاك فقد بلغ 51.66% عند التركيز $10^{12} \times 1$ وبلغ 35%

عند التركيز $10^8 \times 1$ بينما بلغ 27.50% عند التركيز $10^4 \times 1$. أظهرت النتائج أن البالغات أقل تأثراً بالفطر الأحيائي بين جميع الأطوار المستخدمة في الدراسة حيث بلغ نسبة الهلاك 56.66% عند التركيز $10^{12} \times 1$ وبلغ 50% عند التركيز $10^8 \times 1$ بينما بلغ نسبة الهلاك 33.33% عند التركيز $10^4 \times 1$. أما فيما يخص معدل تأثير التراكيز للهلاك فقد بلغ 29.16% عند التركيز $10^{12} \times 1$ وبلغ 28.33% عند التركيز $10^8 \times 1$ بينما بلغ 20% عند التركيز $10^4 \times 1$. بالنسبة إلى عامل تأثير المدة الزمنية قد تفوقت المدة الزمنية بعد 7 أيام على باقي المدد الزمنية حيث بلغت النسبة 47.22% .

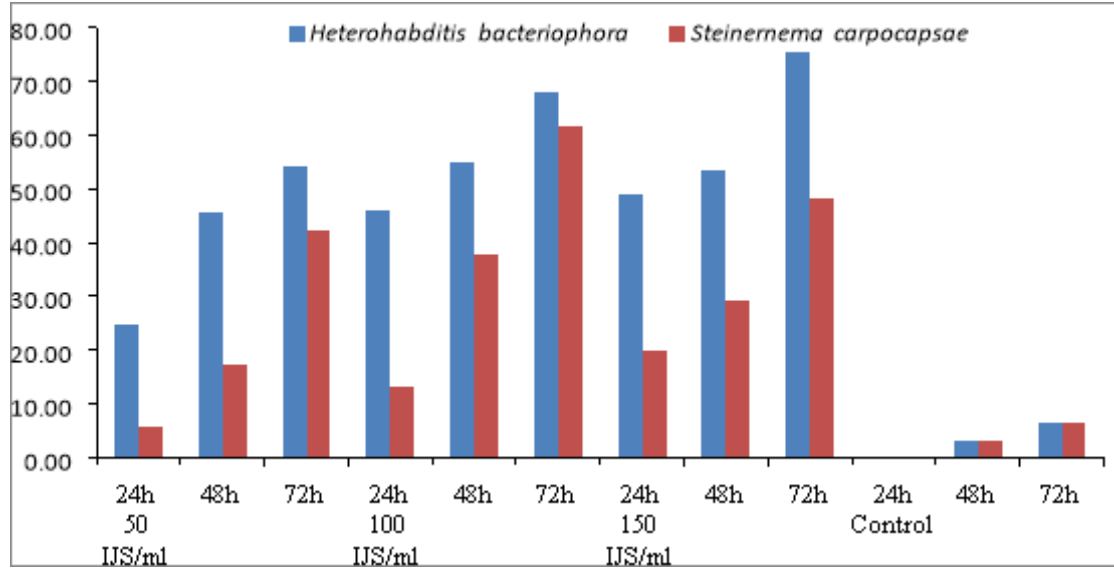
جدول (8) تأثير تراكيز مختلفة من الفطر *T. harizanium* في نسبة هلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس البالغات لخنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum*

معدل النسبة المئوية للهلاك	النسبة المئوية للهلاك / اليوم				الطور	التركيز	
	7	5	3	1			
63.33	76.66	63.33	60.00	53.33	$10^4 \times 1$	الثاني	
53.63	70.00	56.66	53.33	40.00	$10^8 \times 1$		
51.66	76.66	66.66	40.00	23.33	$10^{12} \times 1$		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة		
27.50	63.33	26.66	16.66	3.33	$10^4 \times 1$	الخامس	
35.00	66.66	36.66	23.33	13.33	$10^8 \times 1$		
51.66	73.33	50.00	46.66	36.66	$10^{12} \times 1$		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة		
20.00	33.33	30.00	13.33	3.33	$10^4 \times 1$	البالغ	
28.33	50.00	36.33	20.00	6.66	$10^8 \times 1$		
29.16	56.66	36.66	23.33	0.00	$10^{12} \times 1$		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة		
	47.22	33.61	24.72	15.00	معدل الفترة الزمنية		
معدل تأثير الطور							
42.50	55.83	46.66	38.33	29.16	الثاني	الطور * الفترة الزمنية	
28.54	50.83	28.33	21.66	13.33	الخامس		
19.37	35.00	25.83	14.16	2.50	البالغ		
معدل تأثير التركيز							
36.94	57.77	40.00	30.00	20.00	$10^4 \times 1$	التركيز * الفترة الزمنية	
38.57	61.25	43.33	32.22	20.00	$10^8 \times 1$		
44.16	68.88	51.11	36.66	20.00	$10^{12} \times 1$		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة		
الطور *	التركيز * الفترة الزمنية	الطور * الفترة الزمنية	الطور * التركيز	الفترة الزمنية	التركيز	الطور	L.S.D 0.05
15.77	11.00	10.27	10.26	5.50	5.50	4.76	

تتوافق هذه الدراسة مع التوجه المتزايد نحو استخدام مكافحة الحبيوية، حيث يتم استكشاف أنواع فطرية متعددة لتقييم فعاليتها ضد *T. castaneum*. وقد توافقت دراستنا مع دراسة اجراها (Al-Ani وآخرون، 2018) ، حيث أظهرت معدلات هلاك عالية في *T. castaneum* باستخدام فطر *Beauveria bassiana* و *Fusarium proliferatum*. كما أظهرت دراسات أخرى الى امكانية المكافحة المتكاملة للحشرات بأستخدام الفطريات الممرضة للحشرات مع عوامل المكافحة الاخرى لغرض زيادة معدل الهلاك للحشرات المستهدفة (Jamali وآخرون ، 2021). دراسات اخرى ذكرت فعالية *T. harzianum* كمبيد حشري خصوصا ضد الافات التي تصيب الحبوب المخزنية (Gad وآخرون، 2020).

4-4: تأثير النيماتودا الممرضة للحشرات نوع *H. bacteriophora* و *S. carpocapsae* في نسبة هلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum*

اشارت النتائج الى وجود نوعين من النيماتودا الممرضة للحشرات *H. bacteriophora* و *S. carpocapsae* و كانا قادران على إصابة الاعمار المختلفة من خنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum*، إلا أن درجة الإصابة وقابلية التأثر اختلفت تبعاً لمدة التعرض والتركيز (الشكل 1) (صورة 10). من الواضح أن معدل الهلاك في يرقات الطور الثاني يزداد مع زيادة التركيز، كما لوحظ أن للوقت تأثيراً معنوياً. أظهرت البيانات أن نسبة الهلاك في العمر الثاني من اليرقات بلغت 74.49% عند تركيز 150 IJS و بلغت 67% عند التركيز 100 IJS و بلغت 55% عند التركيز 50 IJS وذلك بعد 72 ساعة من المعاملة بالنيماتودا نوع *H. bacteriophora* ، وكان هذا التأثير الأعلى بين جميع التراكيز وأنواع الديدان النيماتودا المستخدمة. كما أظهرت النتائج أن نوع *H. bacteriophora* تفوق بشكل ملحوظ على نوع *S. carpocapsae* عند تركيز 150 IJS مع فروق معنوية عالية.



L.S.D 0.05 نوع الـنيماتودا 6.25 التركيز 8.86 الفترة الزمنية 7.67

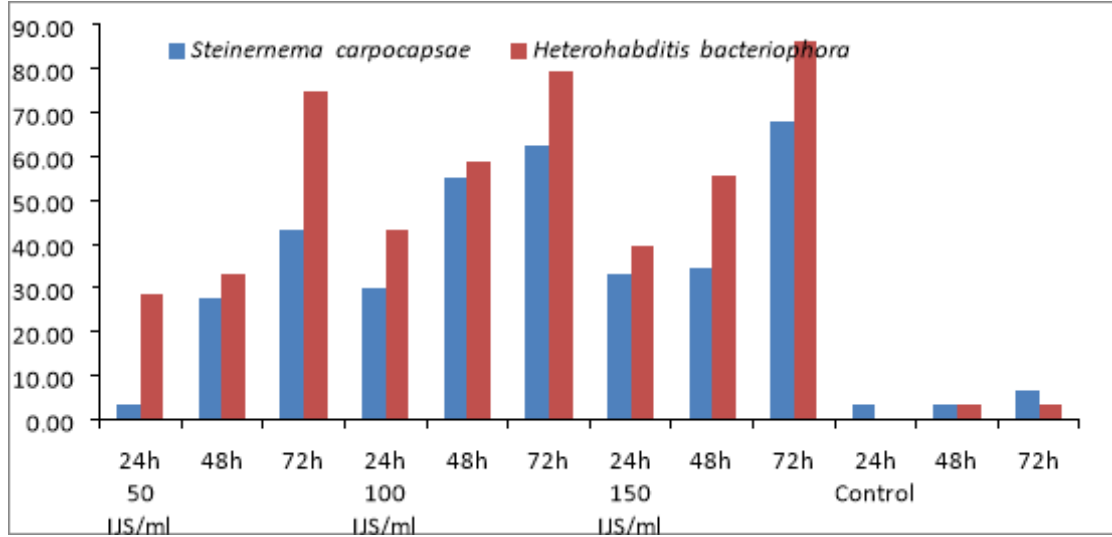
شكل (1) تأثير تراكيز مختلفة لنوعي الـنيماتودا *H. bacteriophora* و *S. carpocapsae* في النسبة المئوية لهلاك العمر اليرقي الثاني لخنفساء الطحين الصدنية *T. castaneum*



صورة (12) توضح مراحل الإصابة و تأثير الـنيماتودا في العمرين اليرقيين الثاني والخامس لخنفساء الطحين الصدنية *T. castaneum*

كما هو موضح في الشكل (2) أظهر النوع *H. bacteriophora* تأثيرا أعلى بشكل كبير مقارنة بـ *S. carpocapsae* وقد كان كلا العزلتين فعالة في هلاك يرقات العمر الخامس من *T. castaneum* عند التراكيز 50, 100, 150 IJS. إذ تم تسجيل أعلى نسبة هلاك

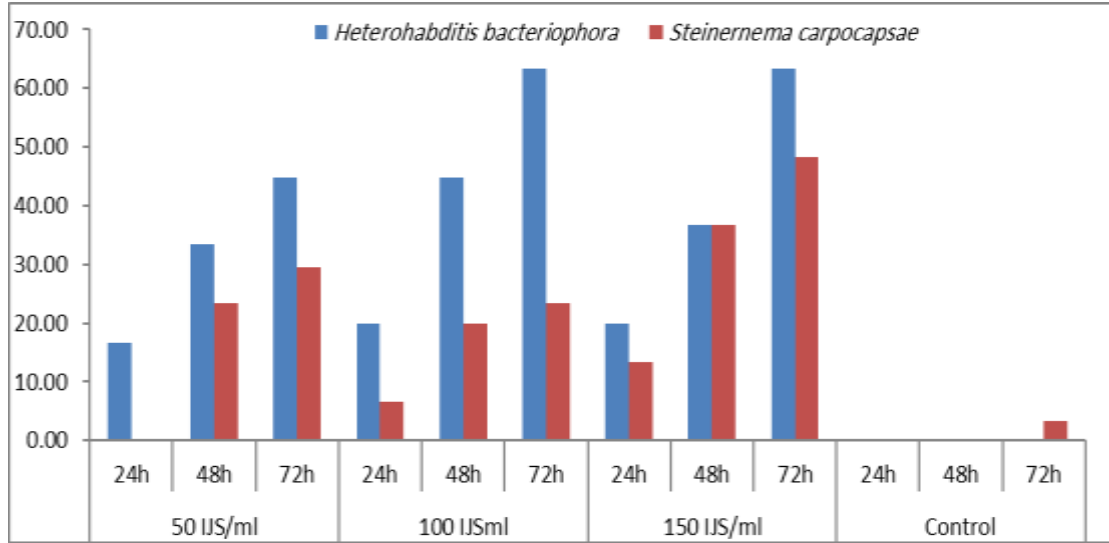
(86.21%) عند أعلى تركيز (IJS 150) وبلغت 80% عند التركيز (IJS 100) بينما بلغت (76%) عند التركيز (IJS 50) بعد 72 ساعة من التعرض, مما يدل على وجود علاقة واضحة بين التركيز والوقت.



L.S.D 0.05 نوع النيماتودا 4.59 التركيز 6.49 الفترة الزمنية 5.62

شكل (2) تأثير تراكيز مختلفة لنوعي النيماتودا *S. carpocapsae* و *H. bacteriophora* في النسبة المئوية لهلاك العمر اليرقي الخامس لخنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum*

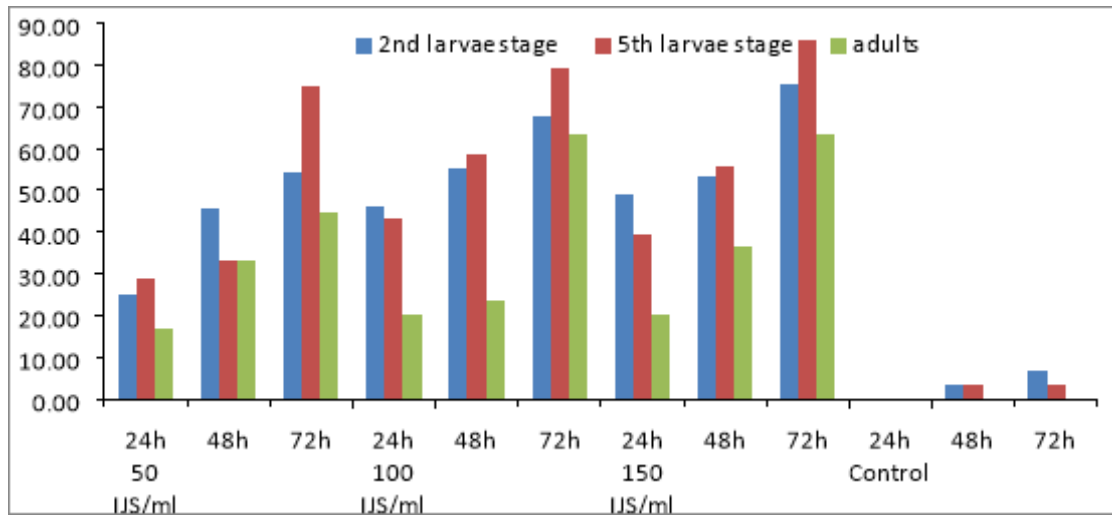
وبالمقارنة مع العمرين اليرقيين الثاني والخامس ، تبين أن الحشرات البالغة كانت أقل تأثراً بأنواع النيماتودا المستخدمة (الشكل 3). كما أظهرت جميع أنواع النيماتودا فروقا معنوية واضحة ، وقد اختلفت المعاملة بنوعي النيماتودا معنويا وبشكل كبير عن معاملة المقارنة.



الفترة الزمنية 5.71 نوع النيماتودا 4.66 التركيز 6.59 L.S.D 0.05

شكل (3) تأثير تراكيز مختلفة لنوعي النيماتودا *H. bacteriophora* و *S. carpocapsae* في النسبة المئوية لهلاك بالغات خنفساء الطحين الصندية *T. castaneum*

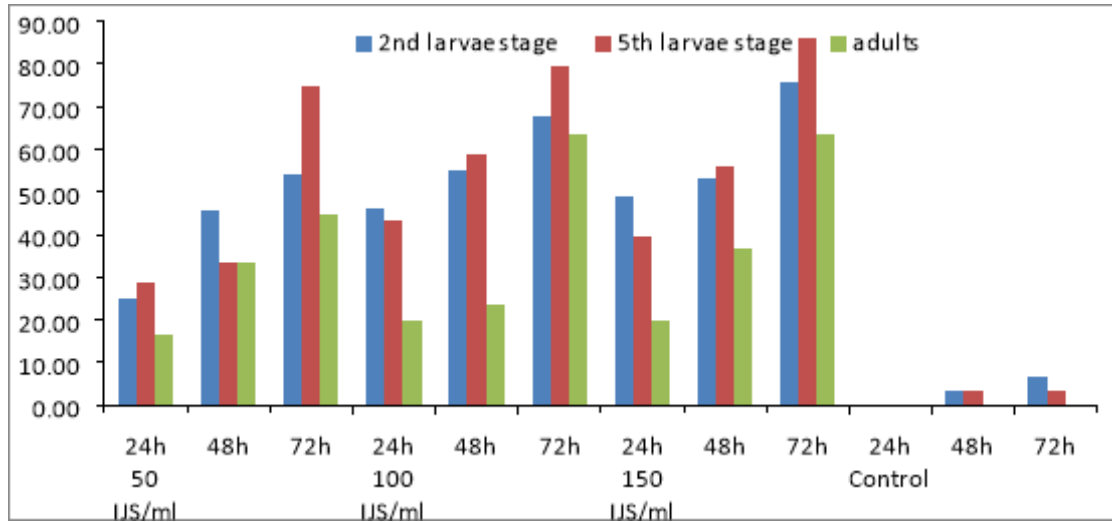
بينت نتائج الدراسة تأثير النوع *H. bacteriophora* على مختلف اطوار الحشرة المستخدمة (الشكل 4) وأن يرقات الطور الخامس كانت الأكثر حساسية عبر جميع التراكيز المستخدمة. حيث بلغت نسب الهلاك في هذا الطور 75%، 79%، 86% عند التراكيز 50، 100، 150 IJS على التوالي. في المقابل، أظهرت الحشرات الكاملة مستويات أقل من القابلية للإصابة، مما يشير إلى أن الأعمار اليرقية، وخاصة العمر الخامس، أكثر عرضة للإصابة بالنيماتودا الممرضة للحشرات.



الفترة الزمنية 7.24 نوع النيماتودا 7.24 التركيز 8.36 L.S.D 0.05

شكل (4) تأثير تراكيز مختلفة من نيماتودا *H. bacteriophora* في النسب المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس وبالغات لخنفساء الطحين الصندية *T. castaneum*

وأوضحت النتائج في الشكل (5) تأثير *S. carpocapsae* في هلاك العمرين اليرقيين الثاني و الخامس والبالغات لخنفساء الطحين الصدنية *T. castaneum* حيث أظهرت النتائج أن معدل الهلاك يزداد مع زيادة تركيز النيماتودا ومدة التعرض. وكانت يرقات العمر الخامس هي الأكثر تأثراً بجميع المعاملات. فعند تركيز 150 IJS ، تم تسجيل أعلى نسبة هلاك في العمر الخامس بعد 72 ساعة، حيث بلغت حوالي 70% ثلثها يرقات العمر الثاني اذا بلغت 55%، ثم الحشرات الكاملة بنسبة قتل بلغت 40% . بينما عند تركيز 100 IJS ، بلغت نسبة الهلاك 60% بعد 72 ساعة من المعاملة في كل من العمر الثاني والخامس، وحوالي 35% في الحشرات الكاملة، في المقابل أظهرت المقارنة معدلات هلاك قليلة جدا مما يؤكد فعالية انواع النيماتودا المستخدمة.



L.S.D 0.05 نوع النيماتودا 5.05 التركيز 5.83 الفترة الزمنية 5.05

شكل (5) تأثير تراكيز مختلفة من نيماتودا *S. carpocapsae* في النسب المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدنية *T. castaneum*

أظهرت النتائج وجود علاقة طردية واضحة بين تراكيز المستخدمة ومعدل هلاك الحشرات ، بما في ذلك يرقات الطور الثاني والخامس وكذلك الحشرات الكاملة. يعزى هذا الارتفاع في معدل الهلاك على الأرجح إلى العدد الأكبر من النيماتودا الموجودة عند التراكيز العالية، مما يزيد من احتمالية نجاح اختراق العائل. وقد أشار Chen واخرون (2023) أيضاً إلى أن زيادة تركيز النيماتودا الممرضة للحشرات (EPNs) يزيد بشكل كبير من معدلات الاختراق والإصابة. كما

أشار Abbas (2020) إلى أن أنواع الـنيماتودا تختلف في درجة فعاليتها؛ فبعضها يسبب إصابة طفيفة فقط، في حين أن بعضها الآخر، خصوصا في المراحل اليرقية، يمكن أن يسبب معدل هلاك يصل إلى 100%. وقد يُعزى ارتفاع معدل الهلاك عند التراكيز العالية أيضًا إلى زيادة اعداد البكتيريا التكافلية مثل *Photorhabdus* و *Xenorhabdus*، التي تنتقل إلى داخل جسم الحشرة بواسطة الـنيماتودا أثناء عملية التغذية، وتلعب دورًا كبيرًا في التسبب في هلاك الحشرة السريع (Eleftherianos، وآخرون، 2010).

أظهرت الدراسات المخبرية أن الـنيماتودا الممرضة للحشرات (EPNs) تمتلك قدرة عالية كعوامل مكافحة حيوية لإدارة آفات ما بعد الحصاد، على الرغم من قلة الدراسات التي تناولت فعاليتها ضد الحشرات الموجودة في المواد المخزونة. تطلق أنواع *Photorhabdus* من عائلة *Heterorhabditidae* عند دخولها إلى جسم الحشرة، بينما تحمل الـنيماتودا *Steinernematidae* بكتيريا *Xenorhabdus* كعوامل تكافلية (Dillman وآخرون، 2012) تعد البكتيريا التكافلية التي تطلقها الـنيماتودا بعد دخولها إلى العائل عامل رئيسي لهلاك الحشرة، لأنها تنتج سموما وإنزيمات تحليلية تحلل أنسجة العائل. هذا التحلل لا يسرع فقط من هلاك العائل، بل يوفر أيضا بيئة غنية بالمغذيات لنمو وتكاثر الديدان (Jagdale وآخرون، 2009). أشار (Barbosa-Negrison وآخرون، 2013) أن سوسة الذرة *Sitophilus zeamais* تعد مقاومة نسبيًا للـنيماتودا. كما وجد ان معدلات الرطوبة المنخفضة في اماكن التخزين، وخاصة في الاجواء المناخية الحارة تؤثر سلبا على بقاء الـنيماتودا وقدرتها على احداث الاصابة وبالتالي تقل فعاليتها. ولمعالجة هذه المعوقات هناك حاجة إلى المزيد من الأبحاث لتطوير أنواع مختلفة من الـنيماتودا بالإضافة إلى تطوير سلالات قادرة على تحمل الحرارة.

توجد عدة تفسيرات بيولوجية وبيئية وفسولوجية لاختلاف معدلات هلاك الحشرات الناتجة عن الأنواع المختلفة من الـنيماتودا الممرضة للحشرات (EPNs) ويعد ضراوة نوع الـنيماتودا في التغذية من بين الأسباب الرئيسية لذلك وهي مرتبطة بالبكتيريا التكافلية. إذ ترافق أنواع *Heterorhabditis* بكتيريا *Photorhabdus*، بينما تُرافق أنواع *Steinernema* بكتيريا *Xenorhabdus*. وتختلف السموم التي تنتجها هذه البكتيريا بدرجة كبيرة؛ فمثلًا، تنتج *Photorhabdus* بروتينات لها والتي تسبب هلاكًا سريعًا للحشرة (Abd-Elgawad، 2023).

بالإضافة إلى ذلك ، تختلف سالكيات البعثة عان العائل بالين النيماتودا ؛ حيث تعاد
H. bacteriophora نوعاً "باحثاً" يطارد الحشرات تحاللات التربة، فالإي حاليين تعاد
S. carpocapsae من الأنواع التي تهاجم الكائنات الموجودة على السطح (Koppenhöfer,
 وآخرون، 2023). فضلاً عن ذلك، تتأثر الفعالية بالبيئة التي تعيش فيها النيماتودا بالإضافة إلى الاختلافات داخل النوع الواحد؛
 حيث أظهرت بعض الدراسات أن السلالات المحلية كانت أكثر تأثيراً من السلالات التجارية (El- Barky
 وآخرون، 2022).

5-4: تأثير أكسيد السيليكا النانوية في النسب المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني و

الخامس والبالغات لخفساء الطحين الصدئية *T.castaneum*

بينت نتائج الجدول (9) أن العمر اليرقي الثاني كان الأعلى حساسية لتراكيز السيليكا النانوية مقارنة بالعمر اليرقي الخامس
 و البالغات حيث تفوق التركيز 300 ملغم /لتر في أحداث أعلى هلاك بلغت 100% بعد 7 أيام من المعاملة ، أما تركيز
 200 ملغم /لتر فقد بلغ 93.33% بينما بلغ تركيز 100 ملغم /لتر 76.66% . أما فيما يخص معدل النسبة المئوية للهلاك
 كانت 72% عند التركيز 300 ملغم /لتر و 64% عند التركيز 200 ملغم /لتر و 54.66% عند التركيز 100
 ملغم /لتر. أما العمر اليرقي الخامس فقد بلغ 76.66% عند التركيزين 200, 300 ملغم /لتر وبلغ 60% عند التركيز 100
 ملغم /لتر .

أما فيما يخص معدل النسبة المئوية للهلاك كانت 60% عند التركيز 300 ملغم /لتر و
 52.66% عند التركيز 200 ملغم /لتر و 42% عند التركيز 100 ملغم /لتر.

أما من ناحية البالغات كانت نتائج التركيز 300 ملغم /لتر 76.66% و 66.66% عند التركيز
 200 ملغم /لتر بينما بلغت 56.66% عند التركيز 100 ملغم /لتر . أما فيما يخص معدل النسبة
 المئوية للهلاك كانت 60% عند التركيز 300 ملغم /لتر و 46.66% عند التركيز 200 ملغم /لتر و 35.33% عند
 التركيز 100 ملغم /لتر.

وكذلك فيما يخص معدل تأثير المدد الزمنية فقد تفوقت الفترة الزمنية 65.94% بعد 7 أيام على باقي المدد الزمنية

جدول (9) تأثير تراكيز مختلفة للسيليكا النانوية في النسب المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس والبالغات لخفساء الطحين الصنيدية *T.castaneum*.

معدل النسبة المئوية للهلاك	النسبة المئوية للهلاك / اليوم					التركيز ملغم/لتر	الطور					
	7	5	3	2	1							
54.66	76.66	70.00	60.00	43.33	23.33	100	الثاني					
64.00	93.33	83.33	63.33	50.00	30.00	200						
72.00	100	86.66	70.00	60.00	43.33	300						
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة						
42.00	60.00	53.33	46.66	33.33	16.67	100	الخامس					
52.66	76.66	73.33	56.66	36.67	20.00	200						
60.00	76.66	70.00	63.33	53.33	36.66	300						
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة						
35.33	56.66	50.00	36.67	20.00	13.33	100	البالغ					
46.66	66.66	56.66	50.00	36.67	23.33	200						
60.00	76.66	66.66	60.00	53.33	43.33	300						
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة						
معدل تأثير الفترة الزمنية							56.94	50.83	42.22	32.22	20.83	
معدل تأثير الطور												
47.66	67.50	60.00	48.33	38.33	24.17	الثاني	الطور الفترة الزمنية *					
38.66	53.33	49.17	41.67	30.83	18.33	الخامس						
35.50	50.00	43.33	36.66	27.50	20.00	البالغ						
معدل تأثير التركيز												
44.00	64.44	57.77	47.77	32.22	17.77	100	التركيز الفترة الزمنية *					
54.44	78.88	71.11	56.66	41.11	24.44	200						
64.00	84.44	74.44	64.44	55.55	41.11	300						
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة						
الطور *	التركيز * الفترة الزمنية	الطور * الفترة الزمنية	الطور * التركيز	الفترة الزمنية	التركيز	الطور	L.S.D 0.05					
9.26	6.58	6.15	5.78	3.47	3.11	2.67						

تتميز جسيمات أوكسيد السيليكا النانوية بخصائص عديدة، منها الاستقرار الحراري العالي، وانخفاض السمية، والتوافق

الحيوي الجيد مع مجموعة واسعة من البوليمرات والجزيئات

الحيوية (Huang وآخرون، 2019) وبفضل هذه الخصائص، فإنها تعد من النواقل المحتملة

والفعالة للمواد الكيميائية الزراعية، نظرا لقدرتها العالية على التأثير السمي في الكائنات

المستهدفة (Rastogi وآخرون، 2019). كما أن قابلية التحكم الدقيقة في حجم الجسيمات

وشكلها، ودرجة تبلورها، ومساحتها المسامية، يجعل من السيليكا النانوية خيارا واعدة في تطبيقات متعددة.

وقد أظهرت دراسات سابقة فعالية أوكسيد السيليكا النانوي في مكافحة الآفات الحشرية، حيث أشار Debnath وآخرون (2011) إلى قدرته على السيطرة الفعالة على خنفساء الدقيق الحمراء *T. castaneum*. كذلك، سجل Rouhani وآخرون (2013) نسبة هلاك بلغت 100% في حشرة خنفساء اللوبيا *Callosobruchus maculatus* عند معالجة البذور بأوكسيد السيليكا النانوي بتركيز 2.06 غم/كغم.

من جهة أخرى، بين Saed وآخرون (2021) أن السيليكا النانوية المستخلصة من رماد قصب السكر [Sugarcane Bagasse Ash (SCBA)]، عند استخدامها كمادة مضافة إلى مركب الدياتوميت (DE)، قد أسهمت في تعزيز الفعالية الحشرية للمركب التجاري (Mamaghan DE). وقد بلغت نسب الهلاك في الحشرات البالغة بعد أسبوعين من المعاملة أكثر من 95% في حشرة ثاقبة الحبوب الصغرى *Rhyzopertha dominica*، و 86% في حشرة خنفساء الطحين المتشابهة *T. confusum*، مما يدل على الدور الفعال للسيليكا النانوية في تعزيز كفاءة المبيدات الحشرية الطبيعية.

6-4: تأثير تراكيز مختلفة من الزنك النانوي في النسبة المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس و البالغات لخنفساء

الطحين الصدفية *T. castaneum*

أشارت النتائج الواردة في الجدول (10) تأثير تراكيز مختلفة من الزنك النانوي على العمرين اليرقيين الثاني و الخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum* بثلاثة تراكيز (100,200,300 ملغم/لتر) حيث سجل العمر اليرقي الثاني أعلى معدل هلاك بلغت 96.66% عند التركيز 300 ملغم /لتر ، بينما بلغ 83.33% في كلا التركيزين 100 و 200 ملغم/لتر أما فيما يخص معدل النسبة المئوية للهلاك كانت 60.66% عند التركيز 300 ملغم /لتر و 54% عند التركيز 200 ملغم /لتر و 51.33% عند التركيز 100 ملغم /لتر.

و أظهرت نتائج العمر اليرقي الخامس التركيز 300 ملغم /لتر حصل على اعلى معدل هلاك بلغت 86.66% وعند التركيز 200 ملغم/ لتر 73.33% و بلغ عند التركيز 100 ملغم /لتر 66.66% وكذلك معدل النسبة المئوية للهلاك كانت 62.66% عند التركيز 300 ملغم /لتر و 49.33% عند التركيز 200 ملغ /لتر و 39.33% عند التركيز 100 ملغم /لتر.

أما من ناحية تأثير الزنك على البالغات فقد بلغت اعلى نسبة هلاك عند التركيز 300 ملغم/ لتر 70% وعند التركيز 200 ملغم/لتر 66.66% بينما بلغت عند التركيز 100 ملغم /لتر 56.66%. وكان معدل النسبة المئوية للهلاك كانت 48.66% عند التركيز 300 ملغم /لتر و 43.33% عند التركيز 200 ملغ /لتر و 32.66% عند التركيز 100 ملغم /لتر. اما معدل الفترة الزمنية فقد تفوقت المدة 7 أيام على باقي المدد الزمنية وبمعدل 56.94%

جدول (10) تأثير تراكيز مختلفة من الزنك النانوي في النسبة المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس و البالغات

لخفساء الطحين الصدفية *T.castaneum*

معدل النسبة المئوية لهلاك	النسبة المئوية لهلاك / اليوم					التركيز ملغم/لتر	الطور
	7	5	3	2	1		
51.33	83.33	63.33	56.66	36.66	16.66	100	الثاني
54.00	83.33	66.66	53.33	43.33	23.33	200	
60.66	96.66	80.00	66.66	36.66	23.33	300	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة	
39.33	66.66	50.00	43.33	26.66	10.00	100	الخامس
49.33	73.33	63.33	50.00	43.33	16.66	200	
62.66	86.66	80.00	63.33	56.66	26.66	300	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة	
32.66	56.66	50.00	33.33	16.66	6.66	100	البالغ
43.33	66.66	60.00	43.33	26.66	20.00	200	
48.66	70.00	63.33	53.33	33.33	23.33	300	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة	
	56.94	48.05	38.61	26.66	13.88		معدل تأثير الفترة الزمنية
معدل تأثير الطور							
41.50	65.83	52.50	44.17	29.17	15.83	الثاني	الطور * الفترة الزمنية
37.83	56.67	48.33	39.17	31.67	13.33	الخامس	
31.16	48.33	43.33	32.50	19.17	12.50	البالغ	
معدل تأثير التركيز							
41.11	68.88	54.44	44.44	26.66	11.11	100	التركيز * الفترة الزمنية
48.88	74.44	63.33	48.88	37.77	20.00	200	
57.33	84.44	74.44	61.11	42.22	24.44	300	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة	
الطور * التركيز * الفترة الزمنية	التركيز * الفترة الزمنية	الطور * الفترة الزمنية	الطور * التركيز	الفترة الزمنية	التركيز	الطور	L.S.D 0.05
9.91	7.03	6.59	6.19	3.71	3.32	2.87	

وتتفق هذه النتائج مع العديد من الدراسات السابقة التي أشارت إلى وجود تفاوت في كفاءة المواد النانوية في مكافحة الآفات

الحشرية المخزنية، ويعزى هذا التفاوت إلى مجموعة من العوامل المحتملة. أحد الأسباب الرئيسة لهذا الاختلاف هو

تفاوت حجم الجسيمات النانوية، إذ يؤثر الحجم

على نسبة مساحة السطح إلى الحجم، حيث إن ارتفاع هذه النسبة يعزز من تلامس الجسيمات

النانوية مع جسم الحشرة، مما يؤدي إلى تلف الغطاء الشمعي الواقي الذي يغلف الكيونكل،

وبالتالي فقدان الماء وجفاف وموت الحشرة كما أن هذه الجسيمات قد تسد الثغور التنفسية

والقصبيات الهوائية، مما يُحدث خللاً في كفاءة التنفس لدى الحشرات) Ganji و Ziaee (2016).

كما أن اختلاف فعالية المواد النانوية قد يعزى إلى تنوع مكوناتها الكيميائية الأساسية، أو إلى تباين قدرتها على الالتصاق بأسطح جسم الحشرة أو بالسطح الخارجي للحبوب المعاملة، مما يؤثر على مدى كفاءتها في القضاء على الآفة (Kavallieratos وآخرون، 2018). أشار رضيو (2020) إلى تأثير المركبات النانوية ومن ضمنها أوكسيد الزنك في حماية الحبوب من الإصابة بحشرات المخازن لمدة تصل إلى 40 يومًا حيث كانت نسبة الفقد في الوزن 0.67 و 0.73 و 3.44 % بينما كانت نسبة الفقد في معاملة المقارنة 11.74%.

7-4: تأثير تراكيز مختلفة من الخليط (المبيد الكيميائي Emamectin benzoate 0.25 غم/لتر + مركب السليكا النانوي 100 ملغم/لتر) في النسبة المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني و الخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum*

بينت النتائج في الجدول (11) ان تأثير الخليط بين المبيد الكيميائي Emamectin benzoate و مركب السليكا النانوي (SiO₂ NPs) في هذه الدراسة حيث سجلت يرقات العمر الثاني أعلى معدل هلاك ، حيث بلغت نسبة الهلاك بـ 53.33% في اليوم الأول، وارتفعت إلى 83.33% في اليوم الثالث، ثم إلى 90 و 100% في اليومين الخامس والسابع بينما بلغ المتوسط العام للهلاك 81.66%، وهو أعلى متوسط مقارنةً ببقية المعاملات. اما يرقات العمر الخامس فقد اظهرت النتائج تشابه إلى حد كبير مع العمر الثاني، حيث كانت نسبة الهلاك 46.636% في اليوم الأول وبلغت 100% في اليوم السابع، بمتوسط تأثير بلغ 76.66%.

اما من ناحية التأثير على الطور البالغ أظهرت البالغات فقد كانت نسبة الهلاك 23.33% في اليوم الأول من المعاملة، ووصلت إلى 100% في اليومين الخامس والسابع.

8-4: تأثير تراكيز مختلفة من الخليط (المبيد الكيميائي Emamectin benzoate 0.25 غم /لتر+ مركب الزنك النانوي 100 ملغم /لتر) في النسبة المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني والخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum*

أوضحت النتائج المبينة في الجدول(12) ان معاملة الاطوار المختلفة من خنفساء الطحين الصدفية أدت الى ارتفاع النسبة المئوية للهلاك بشكل واضح مع زيادة الفترات الزمنية مقترنة بمعاملة المقارنة التي لم تسجل فيها أي نسبة موت . ففي العمر اليرقي الثاني بلغت نسبة الهلاك 36.66% بعد 1 من المعاملة لتزداد تدريجياً إلى 90.00 % بعد ثلاثة ايام ، ثم وصلت إلى 100% بعد 5 و 7 ايام من المعاملة على التوالي. أما في العمر الخامس فقد بلغت النسبة 33.33 % بعد يوم ، وارتفعت إلى 86.66 % بعد ثلاثة ايام من المعاملة، ثم سجلت 96.66 % بعد 5 ايام ، لتصل إلى 100 % بعد 7 ايام من المعاملة. في حين سجلت البالغات نسبة هلاك بلغت 36.66 % بعد لتصل الى 96.66 % بعد 7 ايام.

من خلال المقارنة بين الاعمار الثاني والخامس و البالغات، يلاحظ أن العمر الثاني أظهر أعلى درجة حساسية للمعاملة (بمتوسط 40.83%) يليه العمر الخامس (39.58%)، في حين كانت البالغات الأقل حساسية (37.50%). كما أن معدل تأثير الفترة الزمنية ارتفع تدريجياً من 17.77 % بعد يوم من المعاملة لتصل إلى 49.44% بعد 7 ايام ، مما يدل على أن التأثير كان تراكمياً مرتبطاً بطول الفترة الزمنية.

وتشير القيم الإحصائية للفرق المعنوي (L.S.D) عند مستوى 0.05 إلى وجود فروق معنوية واضحة بين الأطوار والتراكيز والفترات الزمنية وكذلك التداخلات بينها، مما يؤكد أن المعاملة قد أحدثت تأثيراً معنوياً في نسب هلاك الحشرة.

جدول (12) تأثير تراكيز مختلفة من الخليط (المبيد الكيماوي Emamectin benzoate + مركب الزنك النانوي) في النسبة المئوية لهلاك العمرين اليرقيين الثاني و الخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum*

معدل النسبة المئوية للهلاك	النسبة المئوية للهلاك / اليوم				التركيز	الطور
	7	5	3	1		
81.66	100	100	90.00	36.66	0.25+100	الثاني
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة	
79.16	100	96.66	86.66	33.33	0.25+100	الخامس
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة	
75.00	96.66	96.66	70.00	36.66	0.25+100	البالغ
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة	
	49.44	48.88	41.11	17.77		معدل تأثير الفترة الزمنية
معدل تأثير الطور						
40.83	50.00	50.00	45.00	18.33	الثاني	الطور * الفترة الزمنية
39.58	50.00	48.33	43.33	16.67	الخامس	
37.50	48.33	48.33	35.00	18.33	البالغ	
78.61	98.88	97.77	82.22	35.55	0.25+100	التركيز * الفترة الزمنية
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	المقارنة	
						L.S.D 0.05
الطور * التركيز * الفترة الزمنية	التركيز * الفترة الزمنية	الطور * الفترة الزمنية	الطور * التركيز	الفترة الزمنية	التركيز	الطور
10.4378	6.3243	6.7331	5.648	3.7047	2.6196	3.0284

أكدت الدراسات السابقة أن الجسيمات النانوية المعدنية فعالة ضد مسببات أمراض النباتات والحشرات والآفات، وبناءً على ذلك يمكن الاستفادة من هذه الجسيمات في تحضير مواد كيميائية جديدة مثل المبيدات الزراعية، والمبيدات الحشرية، ومواد طرد الحشرات (Gaibhiye وآخرون، 2009؛ Barik وآخرون، 2008). وأفاد Haroun وآخرون (2020) بنتائج مماثلة عند استخدام جسيمات أكسيد الزنك النانوية (ZnO NPs) ضد البالغات من سوسة الرز *S. oryzae* وخنفساء الطحين الصدفية *T. castaneum* وخنفساء اللوبيا *Callosobruchus maculatus*، حيث أوضحت النتائج أن ZnO NPs أحدثت تأثيراً ساماً ملحوظاً ضد *S. oryzae* و *C. maculatus*، بينما كان تأثيرها متوسطاً ضد *T. castaneum*.

إضافةً إلى ذلك، لم يقتصر تأثير المادة على رفع نسب الموت فحسب، بل أدى أيضاً إلى خفض كبير في إنتاجية الجيل الأول لجميع الآفات المستهدفة. تتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه عفيفي (2002) و Sadeghi وآخرون (2006) من أن الأطوار المبكرة للحشرات غالباً ما تكون أكثر حساسية لمستحضرات مكافحة مقارنةً بالأطوار البالغة، ويُعزى ذلك إلى ضعف البنية الكيوتكلية وصغر حجم الجسم الذي يزيد من سرعة نفاذ المادة الفعالة داخل أنسجة الجسم. كما أوضح الأسدي (2009) أن ارتفاع نسب الموت مع تقدم الفترة الزمنية يُعد مؤشراً على أن التأثير السام للمبيد له طبيعة تراكمية (Cumulative effect)، إذ تتراكم المادة الفعالة في أنسجة الحشرة مع مرور الوقت مما يؤدي إلى رفع كفاءة القتل وصولاً إلى نسب مئوية مرتفعة في الفترات المتأخرة من التعريض.

9-4: المركبات العضوية المتطايرة VOCs من الطحين السليم والمصاب بخنفساء الطحين

الصدئية *T. castaneum*

تم استخدام تقنية GC-MS لتشخيص وتحديد المركبات العضوية المتطايرة VOCs من الطحين السليم والمصاب بخنفساء الطحين الصدئية *T. castaneum*. أظهرت النتائج اختلافات كمية ونوعية بين هذه المركبات من حيث نوع ومساحة المركبات. بشكل عام، تم الكشف عن 28 و 22 مركباً من الطحين المصاب والسليم على التوالي. أشارت النتائج وجود فروق معنوية كبيرة بين العينات المأخوذة من الحبوب المختلفة كما أوضحت النتائج أن 8 مركبات فقط لم تظهر بينها فروقاً معنوية وهي: -9,12-trimethyl-, 2,6,10-trimethyl-, tetradecane, decanal, Octadecadienoic acid (Z,Z)-, undec-10-ynoic acid, decyl ester, heptadecane, 9-hexyl-, 1-Bromoeicosane, docosane, 11-butyl-, and nonacosane.

تم الكشف عن 9 من المركبات الرئيسية VOCs من الطحين المصاب بخنفساء الطحين الصدئية *T. castaneum* ، n-Hexadecanoic acid ، Docosane ، 11-، Methylpentacosane ، Hexacosane و Hexacosane-2 ، Methylhexacosane ، Heptacosane ، 13-Methylheptacosane ، methylheptacosane-2 ، Nonacosane بينما شخصت 4 المركبات العضوية مركبات رئيسية من الطحين السليم وهي 1-butyl-N-butylamine ، n-Hexadecanoic acid ، Hexacosane ، 13-Methylheptacosane وان الكشف عن هذه

المتطايرة يعطي دلالة على وجود الحشرة وبالتالي يمكن الكشف عنها واتخاذ الاجراءات المناسبة لمنع انتشارها.

يُعد الكشف المبكر عن الإصابات الخفية بحشرات المخازن أمراً بالغ الأهمية للحد من الخسائر في مرافق التخزين سواء كانت حكومية أو أهلية، مما يسهم في إمكانية إجراء المعالجات اللازمة للحبوب في الوقت المناسب (Banga وآخرون، 2018). تُستخدم تقنية (SPME) على نطاق واسع في تحليل المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) ، وقد أثبتت فعاليتها في مراقبة وتشخيص أنواع متعددة من حشرات المخازن. وتتميز هذه التقنية بكونها بسيطة وسريعة وعالية الحساسية ، مما يجعلها مثالية لاستخلاص المركبات العضوية المتطايرة (Wardencki وآخرون، 2004) في دراسات سابقة، تم استخدام تقنية SPME مقترنة بجهاز GC-MS لجمع المركبات المتطايرة من حشرات المخازن أو من الحشرات التي تهاجم أشجار الفاكهة، مثل ذبابة الفاكهة (Fruit fly) ، وخنفساء (Rhinoceros beetle)، (Al-Khshemawee وآخرون، 2017 ؛ Rochat وآخرون، 2000). كما استخدمت التقنية أيضا في الكشف عن فرمونات التجمع والمركبات الأيضية المتطايرة الأخرى لكل من حشرة ثاقبة الحبوب الصغرى (*Rhyzopertha dominica*) وخنفساء الطحين الحمراء (*T. castaneum*) (Alnajim وآخرون، 2019؛ Ram و Seitz، 2004).

جدول (13) المركبات العضوية المتطايرة (تمثل كل وحدة 10^5) من يرقات وبالغات خنفساء الطحين الصدفية *T.castaneum* باستخدام تقنية GC-MS.

p .value	الطحين السليم	الطحين المصاب	RI	RI NEST	RT	اسم المركب
0	156.84±12.6 3	31.20±2.62	948.6	1015	7.59	1-Butanamine, N-butyl-
0.019	N.D	15.73±4.28	1117.7	1104	15.64	Nonanal
0.042	4.57±0.37	4.34±0.15	1164.2	1204	19.58	Decanal
0.012	17.24±4.68	N.D	1200.4	1208	20.2	1,2-Benzothiazole
0	N.D	2.01±0.24	1202.1	1212	21.5	2-Decenal, (E)-
0	N.D	7.11±0.46	1287.7	1272	22.36	Nonanoic acid
0	N.D	1.78±0.39	1325.8	1311	24.51	2-Undecenal, E-
0.363	N.D	2.54±0.70	1414.4	1372	25.07	n-Decanoic acid
	5.42±0.52	N.D	1408.8	1402	26.62	Dodecanal
0.003	6.86±0.25	3.71±0.43	1492	1519	28.93	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-
0.172	4.36±0.50	5.64±0.47	1601.3	1601	30.68	Tetradecanal
0	N.D	4.29±0.50	1633.8	1639	31.34	3-Trifluoromethylbenzoic acid, octyl ester
	4.55±0.79	N.D	1720.4	1647	32.92	Hexadecane, 2-methyl-
0.018	16.37±3.36	12.16±0.83	1778.8	1769	34.19	Tetradecanoic acid
0	N.D	11.94±1.18	1890.3	1869	36.21	Pentadecanoic acid
0	262.11±22.3 5	115.63±13.1 6	2012.3	1968	38.24	n-Hexadecanoic acid
0	5.35±0.08	N.D	2114.1	2046	40.14	Nonanedioic acid, dibutyl ester
0.004	N.D	7.37±0.33	2139	2109	40.65	Heneicosane
0	22.42±3.81	42.39±0.49	2171.9	2175	41.58	Oleic Acid
0	29.09±3.13	192.15±4.46	2230.2	2228	42.26	Docosane
0	62.25±4.12	116.21±7.32	2308	2413	44.76	Heptadecane, 9-hexyl-
0.005	8.93±0.43	28.20±5.60	2398.7	2343	45.35	Tricosane, 2-methyl-
0.001	13.37±3.03	34.28±1.48	2449.9	2442	46.29	Heptadecane, 9-octyl-
0.011	N.D	38.64±3.85	2501.6	2506	47.17	Pentacosane
0	78.77±4.48	662.27±8.10	2533.7	2542	47.85	11-Methylpentacosane
0	267.16±6.37	679.08±6.81	2610.4	2606	48.98	Hexacosane
0	46.52±5.46	141.39±20.6 8	2566.3	2641	48.42	2-Methylhexacosane
0	75.92±1.47	228.59±1.20	2666	2705	50.1	Heptacosane
0	163.74±8.66	283.58±5.24	2692.5	2740	50.73	13-Methylheptacosane
0	85.94±3.66	147.07±6.28	2723.6	2840	51.31	2-methyloctacosane
0	88.92±5.27	151.46±6.51	2846.1	2904	52.91	Nonacosane

RT : retention time RI nest : retention index RI : retention index
calculated (n-alkane standard) N.D : not detected .

إن الكشف عن المركبات العضوية المتطايرة التي تطلقها الحشرات يوفر وسيلة فعالة لتشخيص وجودها في الحبوب المصابة أثناء التخزين (Senthilkumar وآخرون، 2012). وقد جرت محاولات لتحديد المركبات العضوية المتطايرة الناتجة من الحشرتين المخزنتين *T. castaneum* و *Cryptolestes ferrugineus* باستخدام تقنية SPME (Alnajim وآخرون، 2020). وبالرغم من ذلك، ووفقاً للدراسات المتاحة، لا توجد حتى الآن دراسات تفصيلية حول المركبات العضوية المتطايرة التي تنتجها حشرة *T. castanum* منفردة أو عند تغذيتها على الحنطة المصابة. وقد أظهرت نتائج هذه الدراسة تشخيص عدد من المركبات المتطايرة، مثل 'oxime-methoxy-phenyl'، 'nonanal'، 'dodecane'، 'pentadecane'، 'nonanoic acid'، و 'decanal'، وهي مركبات سبق أن تم الكشف عنها في دراسات سابقة من حشرات مخزنية أخرى (Niu وآخرون، 2012؛ Niu وآخرون، 2016). كما تم الكشف عن مركب nonanal أيضاً في الطحين السليم كما ورد في دراسة Maeda وآخرون (2008).

5- الاستنتاجات و التوصيات

Conclusions

1-5: الاستنتاجات

1. تم اكتشاف 9 المركبات العضوية المتطايرة VOCs موجودة في الطحين المصاب وغير موجودة في الطحين السليم وهذه المركبات اظهرت مساحات كبيرة وبالتالي يمكن استخدامها كعلامة على وجود خنفساء الطحين الصدئية *T.castaneum*
2. اظهرت النيماطودا نوع *Heterorhabditis bacteriophora* نتائج جيدة في مكافحة العمرين اليرقيين الثاني والخامس والبالغات لخنفساء الطحين الصدئية *T.castaneum*
3. اعطى الفطر *T. harzanium* نتائج واعدة على اعمار الحشرة المعاملة.
4. حققت مادة أوكسيد السليكا ومادة أوكسيد الزنك النانوي نسب قتل جيدة مما يعطي مؤشر واضح على الاعتماد على هذه المواد الصديقة للبيئة وغير الضارة للانسان والحيوان.
5. أن العمر اليرقي الثاني من أكثر الاعمار حساسية للمركبات النانوية في حين كانت البالغات اكثر مقاومة للمواد النانوية المدروسة.
6. تفوق المبيد Imidacloprid على المبيد Emamectin benzoate في احداث اعلى معدلات الهلاك محققا نسبة بلغت 100% بعد 7 ايام من المعاملة.
7. حقق تأثير الخلط بين مبيد Emamectin benzoate و مركب السليكا النانوي والزنك النانوي على العمر اليرقي الثاني و الخامس و البالغات لخنفساء الطحين الصدئية أعلى معدلات الهلاك بعد 5 و 7 يوما من المعاملة .

Recommendations

2-5: التوصيات

1. اجراء دراسات إضافية تهدف إلى استكشاف إمكانية الكشف عن مجموعة متنوعة من المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) المنبعثة من أنواع مختلفة من الحشرات، وذلك بغرض إنشاء قاعدة بيانات متخصصة تسهم في تطوير أدوات تشخيصية دقيقة لرصد هذه الحشرات داخل المخازن.
2. توسيع نطاق استخدام أنواع متعددة من النيوماتودا الممرضة للحشرات كوسيلة حيوية فعالة في مكافحة آفات المخازن، نظراً لدورها البيئي الآمن وكفاءتها في خفض أعداد الحشرات الضارة.
3. التوصية باعتماد السيليكا النانوية والمبيدات بتركيزات منخفضة نظراً للتأثير التآزري الملحوظ بينهما، والذي يؤدي إلى تحقيق أعلى معدلات الهلاك للحشرات المستهدفة مع تقليل المخاطر البيئية والصحية.
4. تنفيذ المزيد من التجارب المخبرية لتقييم فعالية التوافق بين المواد النانوية وأنواع مختلفة من المبيدات، مع التركيز على اختيار المبيدات ذات السمية المنخفضة على الإنسان والثدييات، وذلك للحد من التأثيرات البيئية السلبية.
5. نقل أكثر النتائج المخبرية الواعدة إلى البيئات الحقلية من أجل مقارنة الفعالية تحت ظروف الاستخدام الفعلي، بما يسهم في صياغة دراسة شاملة وقابلة للتطبيق العملي على نطاق أوسع في برامج مكافحة آفات المخازن.

المصادر

المصادر العربية

- الأسدي ، علي زهير عبد .2009.تأثير بعض العوامل الاحيائية والكيميائية وتداخلهما في مراض تعقد الجذور في نبات الباميا المتسابب عان *Chitwood javanica (Treub)Meloidogyne* رسالة ماجستير .كلية الزراعة .جامعة البصرة. ص 91.
- الباروني ، محمد أبو مرداس وعصم محمد حجازي. 1994 . المكافحة الحيوية م ممرضات الحشرات الجزء الثاني ، منشورات جامعة عمر المختار ، ليبيا.635 صفحة.
- الجموراني، رضا صمك.1991. تأثير مستخلصات نبات الآس . *Myrtus communis L.* فاي حشرتي الخابرا و دودة الشمع الكبرى . أطروحة دكتوراه ، كلية الزراعة ، جامعة بغداد / العراق – بغداد . 111صفحة .
- الحيممالي ، سمنارة عممامر.2019. تقي اليم فعالي الة المبي الادات النانوي الة فاي حيائي الة خنفس الاء اللوبي الاء الرسالة ماجستير. كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة الموصل – العراق .
- الراوي، خاشع محمود و خلف الله عبد العزيز محمد.2000.تصاميم وتحليل التجارب الزراعية. الطبعة المنقحة. دار الكتب للطباعة والنشر. جامعة الموصل. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. العراق. ص488.
- الطائي، رشا عبد المرزاج جمواد. 2018. تقاويم كفاءة بعض المركبات النانوية و المستخلصات النباتية فاي مقاوماة خناالفس الطحالين الصادنية *Tribolium castanum* فاي مخالزن محافظة النجف الأشرف. جمهورية العراق. جامعة الكوفة. أطروحة دكتوراه . كلية الزراعة. ص188
- العزاوي ، عبد الله فليح ومحمد طاهر مهدي .1983. حشرات المخازن . وزارة التعليم العالي و البحث العلمي . جامعة الموصل. 464 صفحة
- العلموي ، سمعدي عبد المحسن.1983. دراسة حياتية وبيئية لخناالفس ن يحطلا *Tribolium castaneum (Herbst) Tribolium confuses (Duval)* (Coleoptera:Tenebrionidae) فاي وساالط العراق . رساللة الماجس اتير ، كلي الة الزراع الة ، جامعة بغداد ، 126 صفحة.

- النجم ، إيهاب عبد الكريم. 2013. تأثير مساتويات مختلفة من درجات الحرارة و الرطوبة فاي سائمة ثلاثااة مبيادات بايروثروبيدياة تجااه باعاات خنفسااء الحباوب ذات الصالدر المنشااري
- Orysaephilus surinamensis* (L) Silvanidae : Coleoptera . مجلة أبحاث البصرة ، 39 (2) 20- 30.
- المطيري، وضحة دهش ميمارك. 2018. دور إدارة المعرفة فاي تحقيق التميز البحثي مان خلال تقانة النانو بجامعة الكويت . رسالة الماجستير . كلية الدراسات العليا . جامعة الكويت . الكويت . صفحة 24.
- حبيب ، نور جاسب . 2022. تقييم كفاءة بعض المركبات النانوية والمبيادات ذات الأصل النباتي ، والمستحضار الحيواوي التجااري Naturalis-L فاي السايطرة علاي حشارة خنفسااء الطحالين الصادئية الحماراء *Tribolium castaneum* (Herbst.) Coleoptera:Tenebrionidae تحت ظروف المختبر. رسالة ماجستير . كلية الزراعة ، جامعة كربلاء . 124 صفحة.
- داوود، عمود شميمجان و برهمان ، مصمطفى محمد و توركممان احمد محمد حسمم . 2009 . التاثير التاازري للمستخلصات الكولي اة والمائي اة ل البعض النباتات فاي سائمة مبياد الاديازينون ضاد خنفسااء الطحين الصادئية الحماراء (*T.castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae.) كليااة العلوم /جامعة تكريت . (4) 1022- 1032 .
- رضيو ، غدير عبد الجبار. 2020. تقويم كفاءة بعض المركبات النانوية التجارية والمستخلصات الكولي اة ل البعض النباتاات فاي السايطرة علاي حشارة خنفسااء الحباوب الشاعرية (الخاابرا)
- Trogodema granarium* Evest 1898(Coleopteran: Dermestidae) تحت ظروف المختبر. رسالة ماجستير . كلية الزراعة . جامعة الكوفة . 88 صفحة .
- شبع ،سهاد حميد حسن. 2011. تأثير مستخلصات ثمار لنبات الاداتورة *Datura innoxia* فاي بعاض جوانااب الاداء الحيواوي لحشارة الخاابرا *Trogoderma granarium* (Coleoptera:Dermestidae) . مجلة جامعة الكوفة لعلوم الحياة-جامعة الكوفة. 3 (2) :186-194.
- عبد ، همد سمالم محممود . 2021 . تشاخيص المركبات العضوية المتطايرة مان نباتاات الخياار السليمة والمصابة بحشرة من القطن *Aphis gossypii* وتأثيرها فاي الآفة واعادتها الطبيعية . رسالة ماجستير. كلية الزراعة ، جامعة بغداد. 147 صفحة

- عفيفي، فتحي عبد العزيز. 2002. المستخلصات النباتية والفعالية الباثولوجية. مكتبة الثقافة الدينية. جمهورية مصر العربية. 165 صفحة
- عممران، ايمن مسمي. 2021. دراسة بعراض الجواناب التصانيفية والحياتية للحشائر Rhyzopertha dominica و Oryzaephilus surinamensis مائع الاشارة الى مكافحتها. اطروحة. دكتوراه كلية العلوم. جامعة البصرة. 303 صفحة .
- عيسى، امين طاهر. 2024. تقييم كفاءة بعض المبيدات ذات الاصل الحيوي بالعاورة الطبيعية والنانوية للأداء الحياتي لخنفساء اللوبيا الجنوبية Callosobruchus maculatus (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidea). رسالة ماجستير. كلية الزراعة، جامعة كربلاء. 153 صفحة.
- كاظم، رقية علي. 2021. تقويم كفاءة بعض المركبات النانوية والمستخلصات الكحولية لبعض النباتات الفاي الساطرة علااى خنفساء اللوبيا الجنوبية Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae). كلية الزراعة، جامعة الكوفة، 94 صفحة
- كشمر، اقبال زهو عبد. 2023. التقييم الحيوي Bioassay لتأثير البوليمر الحيوي Chitosan مائع بعراض المبيدات الأمناء وصانيفة البنائة فالي الساطرة علااى خنفساء اللوبيا الجنوبية الامناء وصانيفة البنائة فالي الساطرة علااى خنفساء اللوبيا الجنوبية الامناء. رسالة ماجستير. كلية الزراعة، جامعة كربلاء. 96 صفحة .
- كمال الدين، زاهد نوري علي. 2008. تأثير التداخل بين الفطر Trichoderma harzianum و Aspergillus niger Van Tighem فاي حماية نباتات الطماطم مان الإصابة بالفطر Fusarium oxysporum F. spp lycopersici رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة الكوفة.
- يحيى، ايلاف عماد يحيى. 2022. استخدام تقانة HS- SPME Fiber للكشف عن المركبات العضوية المتطايرة لخنفساء الحبوب الشعرية الخابرا Trogoderna granarium Coleoptera: Dermestidae على الحنطة واستخدام بعض المبيدات الحيوية لمكافحتها. رسالة ماجستير. كلية الزراعة، جامعة كربلاء. 85 صفحة.

المصادر الإنكليزية

- Abbas, M. S. T. 2022.** Susceptibility of Economic Dipteran Fruit Flies to Entomopathogenic Nematodes. *Journal of Zoological Research*, 2(1). 24–32.
- Abbott , W. S .1925 .** A method of computing the effectiveness of an insecticide . *Journal of Economic Entomology*. 18 : 265- 267.
- Abd-Elgawad, M. M. 2023.** Optimizing entomopathogenic nematode genetics and applications for the integrated management of horticultural pests. *Horticulture*, 9(8), 865.
- Abd-El-Salam, A. S., Hamzah, A. M., and El-Taweelah, N. M. 2015.** Aluminum and Zinc oxides nanoparticles as a new method in controlling the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbest) compared to malathion insecticide. *International Journal of Scientific Researching Agricultural Sciences*, 2, 1-6.
- Abd-Elsalam, K. A., & Prasad, R. (Eds.). 2018.** Nano biotechnology applications in plant protection. Springer.291 pp.
- Abdullahi, G., Muhamad, R., & Sule, H. 2019.** Biology, host range and management of red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae): a review. *Taraba Journal of Agricultural Research*, 7(1), 48-64.
- Abuelnnor, N.; Jones, P.R.H.; Ratcliffe, N.M.; de Lacy Costello, B.; Spencer-Phillips, P.T. 2010.** Investigation of the semi chemicals of confused flour beetle *Tribolium confusum* Jaquelin du Val and grain weevil *Sitophilus granarius* (L.) in stored wheat grain and flour. pp,72-75. In: 10th International Working Conference on Stored Product Protection, Estoril Congress Center, Portugal, 27 June - 2 July 2010.

- Aćimović, M., Sikora, V., Brdar-Jokanović, M., Kiproviski, B., Popović, V., Koren, A., & Puvača, N. 2019.** Dracocephalum moldovica: cultivation, chemical composition and biological activity. Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management (JATEM), 2(1), 153-167.
- Adam, B.D., Phillips, T., Flinn, P. 2006.** The economics of IPM in stored grain: Why don't more grain handlers use IPM? Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection. Edited by I. Lorini et al.. Campinas, Sao Paulo, BRAZIL: ABRAPOS. pp. 3-12.
- Al-Ani, L. K. T., Yonus, M. I., Mahdii, B. A., Omer, M. A., Taher, J. K., Albaayit, S. F. A., and Al-Khoja, S. B. 2018.** First record of use *Fusarium proliferatum* fungi in direct treatment to control the adult of wheat flour *Tribolium confusum*, as well as, use the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*. Ecology, Environment and Conservation 24, 29-34.
- Al-Emara, M. S., Alyousuf, A. A., & Abass, M. H. 2021.** Efficacy of ozone gas against all stages of red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (coleoptera: Tenebrionidae) at different temperatures and exposure periods. Basrah Journal of Agricultural Sciences, 34(2), 240–252.
- Alexander G. , Mei S. , Mitchell M. , Alexander A. , Alberto P.; and Cristina E. 2019.** SPME-based mobile field device for active sampling of volatiles. Microchemistry Journal . 146: 407–413.
- Al-Joboory, K. R. 2019.** Evaluation of the effect of different concentrations of plant powders on the red

- Coleoptera:Tenebrionidae) Herbst (flour beetles *Tribolium castaneum*. Journal of Physics: Conference Series, 1294(6).
- Al-Khshemawee, H.; Agarwal, M. and Ren, Y. 2017.** Optimization and validation for determination of volatile organic compounds from Mediterranean fruit fly (Medfly) *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) by using HS-SPME-GC-FID/MS. Journal of Biological Sciences, 17(8), pp.347-352
- Alnajim, I.; Agarwal, M.; Liu, T. and Ren, Y. 2020.** A Novel Method for the Analysis of Volatile Organic Compounds (VOCs) from Red Flour Beetle *Tribolium castaneum* (H.) using Headspace-SPME Technology. Current Analytical Chemistry, 16(4), pp.404-412.
- Alnajim, I.; Du, X.; Lee, B.; Agarwal, M.; Liu, T. and Ren, Y. 2019.** New method of analysis of lipids in *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) insects by direct immersion solid-phase microextraction (DI-SPME) coupled with GC-MS. Insects, 10(10), pp.363.
- Alshuwaili , Thamer . 2020.** Study on Comparison of Biochemistry between *Trogoderma granarium* Everts and *Trogoderma variabile* Ballion. PhD thesis . Murdoch University , Perth, Western Australia . 133 p.
- Alyokhin, A., Dively, G., Patterson, M., Castaldo, C., Rogers, D., Mahoney, M., & Wollam, J. 2007.** Resistance and cross-resistance to Imidacloprid and thiamethoxamin the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemline-ata*. Pest Management Science: formerly Pesticide Science, 63(1), 32-41.
- Al-Zaidawi, J. B., Karimi, J., & Moghadam, E. M. 2019.** Molecular characterizations of the entomopathogenic nematodes,

- Heterorhabditis bacteriophora* and *Oscheius myriophilus* from Iraq. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 29, 1-9.
- Alzogaray, R. A., and Zerba, E. N. 2017.** *Rhodnius prolixus* Intoxicated. *Insect Physiol.* 97, 93.
- Al-Zurfi, S.M. 2019.** Biological control of the red flour beetle, *Tribolium castaneum* using entomopathogenic fungi. Unpublish. thesis. Newcastle University. United Kingdom, 123 pp.
- Ammar, H. A., Tahon, M. A., El-Bermawy, Z. A., Soliman, Z. A., & Abouelghar, G. E. 2024.** Biological Activity, Residue Analysis and Dietary Risk Assessment of Five Non-Conventional Insecticides in Cowpea. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, F. Toxicology & Pest Control*, 16(2), 133-147.
- Anirudh, S., Ayisha, R., Vijayaraghavan, R., & Varghese, S. G. 2025.** Viricidal Activity of Silicon Dioxide Nanoparticles against Cowpea Aphid Borne Mosaic Virus. *International Journal of Plant & Soil Science*, 37(1), 167-177.
- Arbogast, R. 1991.** Beetles: coleoptera. Ecology and management of food-industry pests. *FDA Technical Bulletin*, 4, 131-176.
- Ardley, J.H. 1976.** Synergized bioresmethrin as a potential grain protectant. *Journal of Stored Products Research*, 12(4), pp.253-259.
- Argentine, J. A., Jansson, R. K., Halliday, W. R., Rugg, D., & Jany, C. S. 2002.** Potency, spectrum and residual activity of four new insecticides under glasshouse conditions. *Florida Entomologist*, 85(4), 552-562.
- Arnaud, L.; Lognay, G.; Verscheure, M.; Leenaers, L.; Gaspar, C. and Haubruge, E. 2002.** Is dimethyldecanal a common aggregation

pheromone of *Tribolium* flour beetles? *Journal of chemical ecology*, 28(3), pp.523-532.

Arthur, C.L. and Pawliszyn, J. 1990. Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. *Analytical chemistry*, 62(19), pp.2145-2148.

Arthur, F. H., & Puterka, G. J. 2002. Evaluation of kaolinite-based particle films to control *Tribolium* species (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 38(4), 341-348

Arthur, F.H. 1994. Residual efficacy of cyfluthrin emulsifiable concentrate and wettable powder formulations on porous concrete and on concrete sealed with commercial products prior to insecticide application. *Journal of Stored Products Research*, 30(1), pp.79-86.

Arthur, F.H. 1997. Differential effectiveness of deltamethrin dust on plywood, concrete, and tile surfaces against three stored-product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 33(2), pp.167-173

Arthur, F.H. 1998. Residual toxicity of cyfluthrin wettable powder against *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed for short time intervals on concrete. *Journal of Stored Products Research*, 34(1), pp.19-25.

Arthur, F.H. and Zettler, J.L. 1992. Malathion resistance in *Tribolium confusum* Duv. (Coleoptera: Tenebrionidae): correlating results from topical applications with residual mortality on treated surfaces. *Journal of Stored Products Research*, 28(1), pp.55-58.

Arumugam ,G. ; Velayutham, V. ; Sakthivelkumar , S. & Janarthanan , S. 2016. Efficacy of nanostructured silica as a stored

pulse protector against the infestation of bruchid beetle, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera:Bruchidae).Applied Nanosciences ,6 (445-450) .

Ashraf M.A., Momein H.E. 2007. Entomopathogenic fungi as biopesticides against the Egyptian cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* between biocontrol promise and immune–limitation. Journal of the Egyptian Society of Toxicology, 37: 39–51.

Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Benelli, G., Losic, D., Usha Rani,P.,and Desneux, N. 2018. Nanoparticles for Pest Control: 77 Current Status and Future Perspectives. Journal of Pest Science, 91, 1–15.

Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Menti H, et al. 2010. Mortality of four stored product pests in stored wheat when exposed to doses of three entomopathogenic nematodes. J. Econ. Entomol. 103:977–984

Athanassiou, C. G., Milonas, D. N., & Saitanis, C. J. 2008. Insecticidal effect of ozone against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), *Sitophilus oryzae* (L.)(Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* Jacquelin Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae): influence of commodity. Daolinc, et al, 61-71.

Athanassiou, C.G. ; B.J. Vayias; C.B. Dimizas; N.G. Kavallieratos; A.S Papagregoriou and C.Th. Bucheloz. 2005. insecticidal efficacy of diatomaceous oryzae(L.)(Coleop.:Curculionidae) earth and against *Tribolium Sitophilus confusum* (Duval) (Coleop. : Tenebrionidae) on stored wheat : influence of dose rates , temperature and exposure interval . J. Stored Prod. Res. 41(1) :47-55

Aulakh, J.S.; Malik, A.K.; Kaur, V. and Schmitt-Kopplin, P. 2005. A Review on solid phase micro extraction-high performance liquid

chromatography (SPME-HPLC) analysis of pesticides. Critical reviews in analytical chemistry, 35(1), pp.71-85.

Baldwin, R., Fasulo, T.R. 2003. Confused Flour Beetle, *Tribolium Confusum* Jacquelin du Val (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae) and Red Flour Beetle, *Tribolium Castaneum* (Herbst)(Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). USA: University of Florida IFAS Extension.

Banga, K. S.; Kotwaliwale, N.; Mohapatra, D.; and Giri, S. K. 2018. Techniques for insect detection in stored food grains: An overview. Food Control, 94, 167-176.

Banks, H. 1990. Behaviour of gases in grain storages. Fumigation and Controlled Atmosphere Storage of Grain, Proceedings of International Conference, Singapore. Australian Centre for International Agricultural Research Canberra, Australia. pp. 96-107.

Banks, H.J. 1994. Illustrated identification keys for *Trogoderma granarium*, *T. glabrum*, *T. inclusum* and *T. variabile* (Coleoptera: Dermestidae) and other Trogoderma associated with stored products. CSIRO Australia Division of Entomology. Canberra, Australia, pp.66.

Barbosa-Negrisoni CRDC, Negrisoni ASJ, Bernardi D, Garcia MS .2013. Activity of eight strains of entomopathogenic nematodes (Rhabditida:Steinernematidae, Heterorhabditidae) against five stored product pests. ExpParasitol 134:384–388

Barik,T.K.; Sahu, B. and Swain, V. 2008. Nano-silica—from medicine to pest control. Parasitol Research, 103:253–258.

- Bateman, R. 2015.** Pesticides use in Cocoa: A guide for training administrative and Research Staff. Third Edition. International Cocoa Organisation (ICCO), London, UK. Available at www.dropdata.org/cocoa .
- Beal, R.S., 2003.** Annotated checklist of Nearctic Dermestidae with revised key to the genera. *The Coleopterists Bulletin*, 57(4), pp.391-404.
- Bedding, R. A., & Akhurst, R. J. 1975.** A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica*, 21(1), 109-110.
- Beeman, R.W. and Wright, V.F. 1990.** Monitoring for resistance to chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl and malathion in Kansas populations of stored-product insects. *Journal of the Kansas Entomological Society*, pp.385-392.
- Beeman, R.W., Haas, S. and Friesen, K. 2012.** Beetle wrangling tips (An Introduction to the care and Handling of *Tribolium castaneum*. Available online
- Bell, C. H. 2000.** Fumigation in the 21st century. *Crop Protection*, 19(8–10), 563–569. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00073-9](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00073-9).
- Benelli, G. 2018.** Mode of action of nanoparticles against insects. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(13), 12329-12341.
- Benhalima, H., Chaudhry, M., Mills, K., Price, N. 2004.** Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. *Journal of Stored Products Research*, 40(3), 241-249.

- Bicchi, C.; Drigo, S. and Rubiolo, P. 2000.** Influence of fibre coating in headspace solid-phase microextraction–gas chromatographic analysis of aromatic and medicinal plants. *Journal of Chromatography A*, 892(1-2), pp.469-485.
- Biniecka, M. and Caroli, S. 2011.** Analytical methods for the quantification of volatile aromatic compounds. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 30(11), pp.1756-1770.
- Boucias , D.G . and Pendland, J., 1998.** Principles of insect. Pathology. Kluwer Academic Publisher. Boston / Dordreant / London. PP 338 364.
- Bousquet, Y. 1990.** Beetles associated with stored products in Canada: An identification guide Agriculture and Agri-Food Canada, Canadian Governement Publishing Centre, Ottawa. Ontario, 220 pp.
- Boyer, S., Zhang, H., Lempérière, G. 2012.** A review of control methods and resistance mechanisms in stored-product insects. *Bulletin of entomological research*, 102(2), 213-229.
- Bulla, J.R.L.A. 1978.** Insects and microorganisms in stored grain and their control. *Advances in cereal science and technology*, p.91.
- Cai, L., Macfadyen, S., Hua, B., Zhang, H., Xu, W., & Ren, Y. (2022).** Identification of biomarker volatile organic compounds released by three stored-grain insect pests in wheat. *Molecules*, 27(6), 1963.
- Cala, A., Salcedo, J. R., Torres, A., Varela, R. M., Molinillo, J. M. G., & Macías, F. A. 2021.** A study on the phytotoxic potential of the seasoning herb marjoram (*Origanum majorana* L.) leaves. *Molecules*, 26(11). 3356.

- Camarasu, C.C. 2000.** Headspace SPME method development for the analysis of volatile polar residual solvents by GC-MS. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 23(1), pp.197-210
- Campbell James F., Christos G. Athanassiou, David W. Hagstrum, and Kun Yan Zhu. 2022.** *Tribolium castaneum*: A Model Insect for Fundamental and Applied Research. *Annual Review of Entomology*. 2022. 67:347–65.
- Campbell, J.F., Arthur, F.H., Mullen, M.A. 2004.** Insect management in food processing facilities. *Advances in food and nutrition research*, 48(2), 239-295.
- Champ, B.R., Dyte, C.E. 1976.** Report of the FAO global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests. FAO plant production and protection series No .o. Food and Agricultural Organization of the United National . Roma. 297pp.
- Charnley, A.K. and Collins, S. A. 2007.** 'Entomopathogenic fungi and their role in pest control', in Kubiczek, C.P. and Druzhinina, I.S. (ed.) *The Mycota IV: Environmental and microbial relationships*. 2nd edn. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, pp. 159-187.
- Chen, S., Han, X., & Moens, M. 2003.** Biological control of *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae) with entomopathogenic nematodes. *Applied entomology and zoology*, 38(4), 441-448.
- Chen, Y. X. et al. 2023.** Sublethal effects of emamectin benzoate on development and reproduction in insects. *Journal of Insect Science*, 23(3), 12.
- Copping, L.G. and J.J. Men.2000.** Biopesticides: a review of their mode of action and efficacy. *Pest Management Science*, 56(8):651 - 676 .

- Cotton, R.T., 1960.** Pests of Stored Grain and Grain Products. Burgess Publishing Company . Minnesota ,U.S.A.,306 pp.
- Da Silva, W. J., Pilz-Júnior, H. L., Heermann, R., & da Silva, O. S. 2020.** The great potential of entomopathogenic bacteria *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* for mosquito control: a review. *Parasites & Vectors*, 13, 1-14.
- Debnath, N.; S. Das and Goswami, A .2011.** August. Novel entomotoxic nanocides for agro-chemical industry. In 2011 11th IEEE International Conference on Nanotechnology: (pp. 53-56). IEEE
- Devi, M. B., & Devi, N. 2015.** Biology of rust-red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Tenebrionidae: Coleoptera). *Indian Journal of Entomology*, 77(1): 81-82.
- Dillman, A. R., Chaston, J. M., Adams, B. J., Ciche, T. A., Goodrich-Blair, H., Stock, S. P., & Sternberg, P. W. 2012.** An entomopathogenic nematode by any other name. *PLOS Pathogens*, 8(3). e1002527.
- Donahaye, E.J., Bell C., Jayes D., Noyas R., Phillips T.W. 2007.** Integrated pest management strategies used in stored grains in Brazil to manage phosphine resistance. Proceeding International conference controlled atmosphere and fumigation in stored product, Gold coast Australia., 8-13th August, , pp. 293-300
- Dorea, H.S.; Gaujac, A. and Navickien, S. 2008.** Solid phase microextraction: Thermodynamic and kinetic aspects. *Scientia Plena*, 4, pp.1-7.

- Duman, H., Eker, F., Akdaşci, E., Witkowska, A. M., Bechelany, M., & Karav, S. 2024.** Silver nanoparticles: A comprehensive review of synthesis methods and chemical and physical properties. *Nanomaterials*, 14(18), 1527.
- Edde, P.A. 2012.** A review of the biology and control of *Rhyzopertha dominica* (F.) the lesser grain borer. *Journal of Stored Products Research*, 48, pp. 1-18.
- El-Argawy, E. ; Rahhal, M. M. H. ; El-Korany, A. ; Elshabrawy, E. M. and Eltahan, R. M. 2017.** Efficacy of some nanoparticles to control damping-off and root rot of sugar beet in El-Behiera Governorate. *Asian Journal of Plant Pathology*, 11: 35-47.
- El- Barky, N. M. 2022.** Virulence variation among *Heterorhabditis bacteriophora* strains against different insect hosts. *Biocontrol Science and Technology*, 32(9), 987–996.
- El-Bendary, H. M., & El-Helaly, A. A. 2013.** First record nanotechnology in agricultural: Silica nano-particles a potential new insecticide for pest control. *App. Sci. Report*, 4(3), 241-246.
- Elbert, A., Haas, M., & Nauen, R. 2023.** Neonicotinoid Insecticides: Mechanisms of Selective Toxicity and Resistance Development in Target Pests. *Annual Review of Entomology*, 68(1),231–250.
- Eleftherianos, I., Joyce, S., Ffrench-Constant, R. H., Clarke, D. J., & Reynolds, S. E. 2010.** Probing the tri-trophic interaction between insects, nematodes and *Photorhabdus*. *Parasitology*, 137(11), 1695-1706.
- El-Samad, L. M., Bakr, N. R., Abouzeid, M., Shedid, E. S., Giesy, J. P., Khalifa, S. A. & Al Naggar, Y. 2024.** Nanoparticles—mediated

- entomotoxicology: lessons from biologicala. *Ecotoxicology*, 33(3), 305-324.
- Erper, I., Saruhan, I., Akca, I., Aksoy, H. and Tuncer, C. 2016.** 'Evaluation of some entomopathogenic fungi for controlling the green shield bug, *Palomena prasina* L. (Heteroptera: Pentatomidae)', *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(3), p. 573-578.
- Evers, T., Millar, S. 2002.** Cereal grain structure and development: some implications for quality. *Journal of Cereal Science*, 36(3), 261-284.
- Fajardo, C., Martinez-Rodriguez, G., Blasco, J., Mancera, J.M., Thomas, B. and De Donato, M. 2022.** Nanotechnology in aquaculture: Applications, perspectives and regulatory challenges. *Aquaculture and Fisheries*, 7(2), pp.185-200.
- FAO. 2023.** GIEWS country brief: The Republic of Iraq. <https://www.fao.org/giews/countrybrief/country.jsp?code=IRQ&lang=ar>
- Fang, F., & Zhang, J. 2023.** Assessment of the low lethal effects of emamectin benzoate on *Helicoverpa armigera*. *Pest Management Science*, 79(5), 2023–2031.
- Ferron, P. 1985.** 'Fungal control', in Kerkut, G.A. and Gilbert, L.I. (eds.) *Insect control*. Oxford, UK: Pergamon Press, pp. 313–346.
- Fiorentino N., Ventrino V., Woo S.L., Pepe O., De Rosa A., Gioia L., Roupael Y. 2018.** Trichoderma-ased biostimulants modulate rhizosphere microbial populations and improve N uptake efficiency, yield, and nutritional quality of leafy vegetables. *Frontiers in Plant Science*, 9: 743–757.

- Focant, J.F.; Sjödin, A. and Patterson Jr, D.G. 2004.** Improved separation of the 209 polychlorinated biphenyl congeners using comprehensive two-dimensional gas chromatography–time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 1040 (2), pp.227-238.
- Frank, S.D. 2010.** Biological control of arthropod pests using banker plant systems: past progress and future directions. *Biological control*, 52(1), pp.8-16.
- Frysiner, G.S. and Gaines, R.B. 1999.** Comprehensive two-dimensional gas chromatography with mass spectrometric detection (GC× GC/MS) applied to the analysis of petroleum. *Journal of Separation Science*, 22 (5), pp.251-255
- Fulekar, M.H., Pathak, B. and Kale, R.K. 2014.** Nanotechnology: perspective for environmental sustainability. In *Environment and sustainable development* (pp. 87-114). Springer, New Delhi.
- Gad, H. A., Al-Anany, M. S. M., mohamed Sameer, W., and Al-Anany, F. S. M. 2020.** Control of *Acanthoscelides obtectus* with *Trichoderma harzianum* applied alone or in combination with diatomaceous earth on a stored common bean. *Plant Protection Science* 56, 107-115.
- Ghelani, Y. H., Dhedhi, K. K., Joshi, H. J., Raghvani, K. L., & Dangaria, C. J. 2009.** Effect of insecticidal seed treatment on viability of pearl millet seed during storage, 22(3), 633–634.
- Gerken, A. R., Dryer, D., & Campbell, J. F. 2023.** Distance-based Decision-making in Oviposition by *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) on Low-and No-gluten Flours. *Journal of Economic Entomology*, 116(2), 605-614.

- Ghormade, V. ; M.V. Deshpande and Paknikar, K. M.2011.** Perspectives for nano –biotechnology enabled protection and nutrition of plants *Journal Biotechnology Advance*,29:792-803.
- Ginzel, M.D. and Hanks, L.M. 2005.** Role of host plant volatiles in mate location for three species of longhorned beetles. *Journal of Chemical Ecology*, 31(1), pp.213-217.
- Gowtham, H. G., Shilpa, N., Singh, S. B., Aiyaz, M., Abhilash, M. R., Nataraj, K. & Murali, M. 2024.** Toxicological effects of nanoparticles in plants: Mechanisms involved at morphological, physiological, biochemical and molecular levels. *Plant Physiology and Biochemistry*, 108604.
- GULCU, B., CIMEN, H., RAJA, R. K., & HAZIR, S. (2017).** Entomopathogenic Nematodes and their Mutualistic Bacteria: Their Ecology and Application as Microbial Control Agents. *Biopesticides International*, 13(2).
- Guru, P. N., Mridula, D., Dukare, A. S., Ghodki, B. M., Paschapur, A. U., Samal, I., ... & Subbanna, A. R. (2022).** A comprehensive review on advances in storage pest management: Current scenario and future prospects. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 993341.
- Hagstrum, D. W., & Flinn, P. W. .2014a.** Modern stored-product insect pest management. 54(3). 205-210.
- Hagstrum, D.W., Phillips, T.W., Cuperus, G. 2012.** Stored product protection. Kansas State University, KSRE Publ. S–156.

- Haines, C. P. 1991.** Insects and arachnids of tropical stored products: their biology and identification A training manual. (2nd ed.). Natural Resources Institute.
- Hajek, A. and St. Leger, R. 1994.** 'Interactions between fungal pathogens and insect hosts', Annual Review of Entomology, 39(1), pp. 293-322.
- Halitschke, R.; Schittko, U.; Pohnert, G.; Boland, W. and Baldwin, I.T. 2001.** Molecular interactions between the specialist *Herbivoremanduca sexta* (Lepidoptera, Sphingidae) and its natural host *Nicotiana attenuata*. III. Fatty acid-amino acid conjugates in herbivore oral secretions are necessary and sufficient for herbivore-specific plant responses. Plant physiology, 125 (2): pp.711-717.
- Hameed, A., Freed, S., Hussain, A., Iqbal, M., Hussain, M., Naeem, M., Sajjad, A., Hussnain, H., Sadiq, M.A., Tipu, A.L. 2012.** Toxicological effects of neem (*Azadirachta indica*), Kanair (*Nerium oleander*) and spinosad (Tracer 240 SC) on the red flour beetle (*Tribolium castaneum*)(Herbst.). African Journal of Agricultural Research, 7(4), 555-560.
- Hao, N. , Li, L., & Tang, F. 2014.** Shape- mediated biological effects of mesoporous silica nanoparticles. Journal of Biomedical Nanotechnology, 10(10), 2508–2538.
- Harein, P., Davis, R. 1992.** Control of stored-grain insects. Storage of cereal grains and their products, 4, 491-534.
- Haroun, S.A., Elnaggar, M.E., Zein, D.M., & Gad, R.I. .2020.** Insecticidal efficiency and safety of zinc oxide and hydrophilic silica nanoparticles against some stored seed insects. Journal of Plant Protection Research, 60, 77-85.

- Herron, G.A. 1990.** Resistance to grain protectants and phosphine in coleopterous pests of grain stored on farms in New South Wales. *Australian Journal of Entomology*, 29(3), 183-189.
- Hites, R.A. 1997.** Gas chromatography mass spectrometry. *Handbook of instrumental techniques for analytical chemistry*, pp.609-626
- Holt, R.U. 2001.** Mechanisms effecting analysis of volatile flavour components by solid-phase microextraction and gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 937(1-2), pp.107-114.
- Houchat, J. N., Cartereau, A., Le Mauff, A., Taillebois, E., & Thany, S. H. 2020.** An overview on the effect of neon-icotinoid insecticides on mammalian cholinergic function through the activation of neuronal nicotinic acetylcholinereceptors. *International journal of environmental research and public health*, 17(9), 3222.
- Howe, R. W. 1956.** The effect of temperature and humidity on the rate of development and mortality of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera, Tenebrionidae). *Annals of Applied Biology*, 44(2), 356-368.
- Huang, L; Yang, S; Chen, J; Tian, J; Huang, Q; Huang, H. 2019.** A Facile Surface Modification Strategy for Fabrication of Fluorescent Silica Nanoparticles with the Aggregation-Induced Emission Dye through Surface initiated cationic ring opening polymerization. *Materials Science and Engineering: C*, 98, 270–278.
- Huang, Y., Ho, S. H., Lee, H. C., & Yap, Y. L. 2002.** Insecticidal properties of eugenol, isoeugenol and methyleugenol and their effects on nutrition of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera:Curculionidae) and *Tribolium castaneum*

- (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae).Journal of Stored Products Research, 38(5): 403-412.
- Islam, W. 2017.** Eco-friendly approaches for the management of red flour beetle: *Tribolium castaneum* (Herbst). Science letters, 5(2), 105-114.
- IRAC (2019).** IRAC MoA Classification Scheme (Version 9.3). <http://www.irc-online.org>: (accessed, Jan. 2017).
- Jaber, N. K., Khalaf, A. A., & Shafeeq, M. A. A. 2025.** Comparison of the toxicity of the pesticide imidacloprid and the bioactivity of Artemisia herba-alba alcohol extract against *Tribolium castaneum*. Journal of Applied & Natural Science, 17(2).
- Jagdale, G. B., Kamoun, S., & Grewal, P. S. 2009.** Entomopathogenic nematodes induce components of systemic resistance in plants: biochemical and molecular evidence. Biological Control, 51(1), 102-109.
- Jamali, F., Sohrabi, F., and Kohanmoo, M. A. 2021.** Entomopathogenic fungi and plant essential oils are not compatible in controlling *Tribolium castaneum* (Herbst). Journal of Plant Diseases and Protection 128, 799-808.
- Janssen, H. C. , Warwas, D. P. , Dahlhaus, D. , Meissner, J. , Taptimthong, P. , Kietzmann, M., Angrisani, N. 2018.** In vitro and in vivo accumulation of magnetic nanoporous silica nanoparticles on implant materials with different magnetic properties. Journal of Nano biotechnology, 16(1), 96
10.1186/s12951-018-0422-6

- Jasrotia, P., Lal Kashyap, P., Kumar Bhardwaj, A., Kumar, S., Pratap Singh, G., Kashyap, P., Bhardwaj, A., Kumar, S., & Singh, G. 2018.** Wheat and Barley Research Scope and applications of nanotechnology for wheat production: A review of recent advances Article history Citation Scope and applications of nanotechnology for wheat production: A review of recent advances. *Wheat and Barley Research*, 10(1), 1–14.
- Jayas, D.S., White, N.D. 2003.** Storage and drying of grain in Canada: low cost approaches. *Food control*, 14(4), 255-261.
- Jelen, H.H.; Majcher, M. and Dziadas, M. 2012.** Microextraction techniques in the analysis of food flavor compounds: A review. *Analytica chimica acta*, 738, pp.13-26.
- Jiang, X., T. Miclăuș, L. Wang, R. Foldbjerg, D.S. Sutherland, H. Autrup, C. Chen and C. Beer. 2015.** Fast intracellular dissolution and persistent cellular uptake of silver nanoparticles in CHO-K1 cells: implication for cytotoxicity. *Nanotoxicology* , 9: 181–189.
- Junior, AL. M.; M.M. Junior ; P.R.V. da S. Pereira and W.R.S.C. de Paiva . 2000 .** Effectiveness of different dosages of diatomaceous earth to control *Tribolium castaneum* (Coleop.: Tenebrionidae) in corn stored in the state of Roraima . 9th International Working Conference on Stored Product . General Session on Stored Grain Protection , 1269-1273.
- Kah, M.; Kookana, R.S.; Gogos, A.; Bucheli, T.D. A. 2018.** Critical Evaluation of Nanopesticides and Nanofertilizers against Their Conventional Analogues. *Nature Nanotechnology*, 13, 677–684.
- Kalinová, B.; Jiroš, P.; Žd'árek, J.; Wen, X. and Hoskovec, M. 2006.** GC× GC/TOF MS technique - A new tool in identification of insect

pheromones: Analysis of the persimmon bark borer sex pheromone gland. *Talanta*, 69(3), pp.542-547.

Kamalesh, T. 2024. Advances in stabilization of metallic nanoparticle with bio surfactants-a review on current trends. *Materials Science*, Volume 10, (9) e29773.

Karthik Raja, R., Prabu Kumar, S., Balasubramani, G., Sankaranarayanan, C., Liu, B., Hazir, S., & Narayanan, M. 2025. An updated review on green synthesized nanoparticles to control insect pests. *Journal of Pest Science*, 98(1), 31-50.

Kavallieratos NG, Karanastasi E, Nika EP, et al. 2022. Sustainable grain protectants: Recruiting entomopathogenic nematodes against storedproduct coleopterans. *Sustainability* 14:16038.

Kavallieratos, N. G; Athanassiou, C. G; Peteinatos, G. G;Khalil, M. S. (2019). Efficacy of Some Nanoparticles against the Adults of Red Flour Beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) under Laboratory Conditions. *Ann.Agric.Sci.Moshtohor*,57(2):535–540.

Keratum, A.Y., R.F.A. Arab, A.A. Ismail and G.N. Nasr. 2015. Impact of nanoparticle zinc oxide and aluminum oxide against rice weevil *Sitophilus oryzae* (coleoptera: curculionidae) under laboratory conditions. *Egypt J. Plant Pro. Res.*, 3(3): 30-38.

Khalifa, A. & A. Badawy . 1955. Biological studies on *Tribolium confusum* (Duval) , *Tribolium castaneum* (Herbst) and *L. oryzae* (Waterh) . *Bull. Soc. Ent. Egypt* , 39: 351-373 .

Khanal, D., et al. 2024. Efficacy of different pesticides against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) larvae. *International Journal of Pest Management*, 70(1), 1–8.

- Klingler, M., & Bucher, G. 2022.** The red flour beetle *T. castaneum*: elaborate genetic toolkit and unbiased large scale RNAi screening to study insect biology and evolution. *EvoDevo*, 13(1), 14.
- Koppenhöfer, A. M., Grewal, P. S., & Fuzy, E. M. 2023.** Behavioral ecology of entomopathogenic nematodes. *Journal of Invertebrate Pathology*, 201, 105–117.
- Krishnan, N., & Sehnal, F. 2006.** Compartmentalization of oxidative stress and antioxidant defense in the larval of *Spodoptera littoralis*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology: Published in Collaboration with the Entomological Society of America* 63(1), 1-10.
- Kubilay, E.R., M.H. Tunaz, C. Uчук, B. Ali and A. Işikber. 2016.** Occurrence of entomopathogenic fungi on insect pests of stored wheat and maize in Central and South Anatolia in Turkey. *Turkish Entomology*, 40:249-263.
- Kumar, R. (2017).** Insect pests of stored grain: Biology, behavior, and management strategies. CRC Press, 412p
- Kumaranag, K. M., Jagadish, K. S., Shadakshari, Y. G., Subramanya, S., & Gowda, C. C. 2010.** Life cycle of red rust flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae) on seeds of sunflower, *Helianthus annuus* L. *Journal of Oilseeds Research*, 27(1), 64-66.
- Kusakabe, A., Wang, C., Xu, Y. M., Molnár, I., & Stock, S. P. 2022.** Selective toxicity of secondary metabolites from the entomopathogenic bacterium *Photobacterium luminescens sonorensis* against selected plant parasitic nematodes of the Tylenchina suborder. *Microbiology Spectrum*, 10(1), e02577-

- Lacey, L. A., Grzywacz, D., Shapiro-Ilan, D. I., Frutos, R., Brownbridge, M., & Goettel, M. S. 2015.** Insect pathogens as biological control agents: back to the future. *Journal of Invertebrate Pathology*, 132, 1-41.
- LaHue, D.W. 1977.** Chlorpyrifos-methyl: doses that protect hard winter wheat against attack by stored-grain insects. *Journal of Economic Entomology*, 70(6), pp.734-736.
- Łaniewski, K.; Wännman, T. and G. Hagman. 2003.** Gas chromatography with mass spectrometric, atomic emission and Fourier transform infrared spectroscopic detection as complementary analytical techniques for the identification of unknown impurities in pharmaceutical analysis. *Journal of Chromatography A*, 985 (1-2):275-282.
- Laopongsit, W.; Srzednicki, G. and Craske, J. 2014.** Preliminary study of solid phase micro extraction (SPME) as a method for detecting insect infestation in wheat grain. *Journal of stored products research*, 59, pp.88-95.
- Levinson, H., & Levinson, A. 1994.** Origin of grain storage and insect species consuming desiccated food. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 67(3), 47-60.
- Li, L.; Xu, Z.; Kah, M.; Lin, D.; Filser, J. 2019.** Nano pesticides: A Comprehensive Assessment of Environmental Risk Is Needed before Widespread Agricultural Application. *Environmental Science and Technology*, 53, 7923–7924.
- Liu, H., Guo, S. S., Lu, L., Li, D., Liang, J., Huang, Z. H., Zhou, Y. M., Zhang, W. J., & Du, S. 2021.** Essential oil from *Artemisia*

annua aerial parts: composition and repellent activity against two storage pests. *Natural Product Research*, 35(5), 822–825.

Lord, J.C. 2001. 'Desiccant dusts synergize the effect of *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes: Moniliales) on stored-grain beetles', *Journal of Economic Entomology*, 94(2), pp. 367-372.

Maeda, T; Kim, J.H.; Ubukata, Y. and Morita, N; 2008. Analysis of volatile compounds in Polished-graded wheat flours using headspace sorptive extraction. *European Food Research and Technology*, 227(4), pp.1233-1241.

Magda, S., & Hussein, M. M. 2016. Determinations of the effect of using silica gel and Nano silica gel against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato fields. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8(4), 506-512

Maina, U.M., Galadima, I.B., Gambo, F.M. and Zakaria, D. 2018 'A review on the use of entomopathogenic fungi in the management of insect pests of field crops', *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(1), pp.27-32.

Mallis, A., 1960. Handbook of Pest Control – third edition , Pub – MAC NATER- DORLAND Co. , New York , p: 663-666 .

Mallis, A., 1960. Handbook of Pest Control – third edition , Pub – MAC NATER- DORLAND Co. , New York , p: 663-666 ..

Mathias, J. 2014. GC/MS Analysis. Innovative Solutions For Materials Analysis.

<http://www.innovatechlabs.com/newsroom/642/stuff-works-gcms-analysis/>

- Matsuda, K., Ihara, M., & Sattelle, D. B. 2020.** Neonicotinoid Insecticides: Molecular Targets, Resistance, and Toxicity. *Frontiers in Physiology*, 60(1), 241-255.
- McCoy, C.W., Samson, R. and Boucias, D. 1988.** 'Entomogenous fungi', *Handbook of Natural Pesticides*, 5(Part A), pp. 151-236.
- Meikle, W.G.; Rees, D. and Markham, R.H. 2002.** Biological control of the larger grain borer, *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). *Integrated Pest Management Reviews*. 7: pp.123-138.
- Michaud, M. R. and D. L. Denlinger. 2007.** Shifts in the carbohydrate, polyol, and amino acid pools during rapid cold-hardening and diapause-associated cold-hardening in flesh flies (*Sarcophaga crassipalpis*): a metabolomic comparison. *Journal of Comparative Physiology B* 177 (7): pp.753-763.
- Mohamed Ragaie and Al-kazafy Hassan Sabry. 2014**(nanotechnology for insect pest control. *International Journal of Science Environment and Technology*, Vol. 3, No 2, 2014, 528 – 545 .
- Mohammed, A. M and Aswd, S. A. .2019.**Effect of some nanoparticles on the stages biology of the southern cowpea beetle *Callosobruchus maculatus* (Fab.)(Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Education And Science*, 28(3):188-199.
- Mohmed, A. S. 2025.** Role of nanoparticles in stored-product insect pest management: A review. *Sarhad Journal of Agriculture*, 41(1), 176-183.

- Moore, D., Lord, J.C. and Smith, S.M. 2000.** 'Pathogens', in Subramanyam, B. and Hagstrum, D.W. (ed.) Alternatives to pesticides in stored-product IPM. New York: Springer, pp. 193-227
- Morallo-Rejesus, B. 1987.** Botanical pest control research in the Philippines.
- Mostafa, A.; Edwards M. and Górecki, T. 2012.** Optimization aspects of comprehensive twodimensional gas chromatography. Journal of Chromatography A, pp.1255,38-55
- Mugisha-Kamatnesi, M., Deng, A., Ogendo, J., Omolo, E., Mihale, M., Otim, M., Buyungo, J., Bett, P. 2008.** Indigenous knowledge of field insect pests and their management around Lake Victoria basin in Uganda. African Journal of Environmental Science and Technology, 2(10), 342-348.
- Munro, J.W. 1966.** Pests of stored products. Pests of stored products.
- Myers, P., R. Espinosa, C. S. Parr, T. Jones, G. S. Hammond, and T. A. Dewey. 2006.** The Animal Diversity Web (online). Accessed at <http://animaldiversity.org>. Accessed 24/02/2016.p.19.
- Nair, P. M. G., and Choi, J. 2012.** Modulation in the mRNA expression of ecdysone receptor gene in aquatic midge, *Chironomus riparius* upon exposure to nonylphenol and silver nanoparticles. Environmental toxicology and pharmacology, 33(1), 98-106.
- Najafian, S. and Rowshan, V. 2012.** Comparative of HS SPME and HD techniques in *Citrus aurantium* L. International Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 2(3), pp.488-494.
- Natural Environment Research Council. 2002.** Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC/MS). University of Bristol.

- Navarro, S., deBruin T., Montemayor, A. R., Finkelman, S., Rindner, M., & Dias, R. 2007.** Use of biogenerated atmospheres of stored commodities for quality preservation and insect control, with particular reference to cocoa beans. *IOBC/wprs Bulletin*, 30(2), 197-204.
- Nboyine, J.A., S.K, S.K. Nutsu. Asante gah, M. Abudulai, F.A. Agyapong, B. Luke and V. Clotley. 2015.** Biological control of the larger grain borer, *Prostephanus truncatus* (Horn) in stored maize using the fungal pathogen, *Beauveria bassiana* and the predator *Teretrius nigrescens* (Lewis). *Journal Stored Product Postharvest*. 6:30-37.
- Neethirajan, S.; Karunakaran, C.; Jayas, D.S. and White, N.D.G. 2007.** Detection techniques for stored-product insects in grain. *Food Control*, 18(2), pp.157-162.
- Niinemets, Ü.; Loreto, F. and Reichstein, M. 2004.** Physiological and physicochemical controls on foliar volatile organic compound emissions. *Trends in plant science*, 9(4), pp.180-186.
- Niu, Y.; Hardy, G.; Agarwal, M.; Hua, L. and Ren, Y. 2016.** Characterization of volatiles *Tribolium castaneum* (H.) in flour using solid phase microextraction–gas chromatography mass spectrometry (SPME–GCMS). *Food Science and Human Wellness*, 5(1), pp.24-29.
- Niu, Y., Hardy, G., Hua, L., Trengove, R., Agarwal, M., Cheng, H., & Ren, Y. (2012).** Optimization of HS-SPME-GC method for detection of stored grain insects. In 9th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products.

- Nowack, B. 2009.** Is anything out there?: What life cycle perspectives of nano-products can tell us about nanoparticles in the environment .Nano Today. 4(1): 11-12
- Nuruzzaman, M.D.; Rahman, M.M.; Liu, Y.; Naidu, R. 2016.** Nano encapsulation, Nano-Guard for Pesticides: A New Window for Safe Application. Journal of Agricultural and Food Chemistry , 64, 1447–1483.
- O’Keefe, T. L., & Haynes, C. L. 2024.** Review of oxidative dissolution and sulfidation of select nanoparticles in the environment: impact on applications. ACS Applied Nano Materials, 7(8), 8392-8406.
- Osmanova, N., Schultze, W., & Ayoub, N. 2010.** Azaphilones: a class of fungal metabolites with diverse biological activities. Phytochemistry Reviews, 9(2), 315-342.
- Padin, S., Dal Bello, G., Fabrizio, M. 2002.** Grain loss caused by *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* and *Acanthoscelides obtectus* in stored durum wheat and beans treated with *Beauveria bassiana*. Journal of Stored Products Research, 38(1), 69-74.
- Papanikolaou, N. E., Kavallieratos, N. G., Iliopoulos, V., Evergetis, E., Skourti, A., Nika, E. P., & Haroutounian, S. A. 2022.** Essential Oil Coating: Mediterranean Culinary Plants as Grain Protectants against Larvae and Adults of *Tribolium castaneum* and *Trogoderma granarium*. Insects, 13(2).
- Park, T. 1934.** Observations on the general biology of the flour beetle, *Tribolium confusum*. *The Quarterly Review of Biology*, 9(1), 36-54.
- Patil, C. D., Borase, H. P., Suryawanshi, R. K., and Patil, S. V. 2016.** Trypsin Inactivation by Latex Fabricated Gold Nanoparticles:

- A New Strategy towards Insect Control. *Enzyme Microbial Technology*, 92:18–25.
- Parsaeyan, E., & Fathipour, Y. 2013.** Toxicity of emamectin benzoate and cypermethrin on third instar larvae of *Helicoverpa armigera*. *Journal of Crop Protection*, 2(1), 1–7.
- Pawliszyn, J. 1997.** Solid phase microextraction: theory and practice. John Wiley & Sons.
- Perez-Mendoza, J. 1999.** Survey of insecticide resistance in Mexican populations of maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 35(1), 107-115.
- Phillips, J. B. and Beens, J. 1999.** Comprehensive two-dimensional gas chromatography: a hyphenated method with strong coupling between the two dimensions. *Journal of Chromatography A* 856(1-2), pp.331-347.
- Pires, E. M., Nogueira, R. M., Faroni, L. R. D. A., Soares, M. A., & Oliveira, M. A. 2019.** Biological and Reproductive Parameters of *Tribolium castaneum* in Brazil Nut. *Florida Entomologist*, 102(1), 76–78.
- Pitterna, T., Cassayre, J., Hüter, O. F., Jung, P. M., Maienfisch, P., Kessabi, F. M., ... & Tobler, H. 2009.** New ventures in the chemistry of avermectins. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 17(12), 4085-4095.
- Qiu, R.; Qu, D.; Trengove, R.; Agarwal, M.; Hardy, G.E.S.J. and Ren, Y. 2014.** Headspace solid-phase microextraction and gas

chromatography-mass spectrometry for analysis of VOCs produced by *Phytophthora cinnamomi*. Plant Disease, 98, pp.1099-105.

- Quinto Tranchida, P.; Costa, R.; Donato, P.; Sciarrone, D.; Ragonese, C.; Dugo, P.; Dugo, G. and Mondello, L. 2008.** Acquisition of deeper knowledge on the human plasma fatty acid profile exploiting comprehensive 2- D GC. Journal of separation science, 31(19), pp.3347-3351.
- Ragaei, M. and Sabry, A. H. 2014.** Nanotechnology for insect pest control. international Journal of science, environment and technology., 3(2):528 545.
- Rai, M., Ingle, A. P., Trzcińska-Wencel, J., Wypij, M., Bonde, S., Yadav, A.,& Golińska, P. 2021.** Biogenic silver nanoparticles: what we know and what do we need to know?. Nanomaterials, 11(11), 2901.
- Ramos-Rodríguez O, Campbell JF, Ramaswamy SB. 2006.** Pathogenicity of three species of entomopathogenic nematodes to some major storedproduct insect pests. J. Stored Prod. Res. 42:241–252.
- Rao, N.S.; K. Sharma and Sharma, R. K.2005.** Anti-feedant and growth inhibitory effects of seed extracts of custard apple, *Annona squamosa* against Khapra Beetle, *Trogoderma granarium*. Journal of Agricultural Technology.1(1):43-54.
- Rastogi, A., Tripathi, D. K., Yadav, S., Chauhan, D. K., Živčák, M., Ghorbanpour, M. 2019.** Application of Silicon Nanoparticles in Agriculture.3 Biotech(3), 1–11.

- Rees, D. P. 1996.** Coleoptera. In Integrated management of insect in stored product, Subramanyam, B. and Hagstrum, D. W. (Eds). Marcel Dekker, New York, p 1-39.
- Rees, D.P. 2004.** Insects of stored products. Csiro Publishing.
- Reino, J.L., R.F. Guerrero, R. Hernández-Galán and I.G Collado. 2008a.** Secondary metabolites from species of the biocontrol agent *Trichoderma*. *Phytochem. Rev.* 7: 89-123.
<https://doi.org/10.1007/s11101-006-9032-2>
- Reino, J.L., F. Raul, Guerrero, R. Hernández- Galán and I.G. Collado. 2008b.** Secondary metabolites from species of the biocontrol agent *Trichoderma*. *Phytochem. Rev.* 7: 89-123.
- Richards, G. R., & Goodrich-Blair, H. 2009.** Masters of conquest and pillage: *Xenorhabdus nematophila* global regulators control transitions from virulence to nutrient acquisition. *Cellular Microbiology*, 11(7), 1025-1033.
- Richter, J.; Schellenberg, I. 2007.** Comparison of different extraction methods for the determination of essential oils and related compounds from aromatic plants and optimization of solid phase microextraction/gas chromatography. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 387(6), pp.2207-2217.
- Roberts, D.W. and St Leger, R.J. 2004.** 'Metarhizium spp., cosmopolitan insect-pathogenic fungi: mycological aspects', *Advances in Applied Microbiology*, 54(1), pp. 1-70.
- Rochat, D.; Ramirez-Lucas, P.; Malosse, C.; Aldana, R.; Kakul, T. and Morin, J.P. 2000.** Role of solid phase microextraction in the identification of highly volatile pheromones of two Rhinoceros

beetles *Scapanes australis* and *Strategus aloeus* (Coleoptera, Scarabaeidae, Dynastinae). Journal of Chromatography A, 885(1-2), pp.433-444.

Rodríguez-González A., Casquero P.A., Cardoza R.E., Gutiérrez S. 2019. Effect of trichodiene synthase encoding gene expression in *Trichoderma* strains on their effectiveness in the control of *Acanthoscelides obtectus*. Journal of Stored Products Research, 83: 275–280.

Rodríguez-González Á., Casquero P.A., Suárez-Villanueva V., Carro-Huerga G., Álvarez-García S., Mayo-Prieto S., Lorenzana A., Cardoza R.E., Gutiérrez S. 2018. Effect of trichodiene production by *Trichoderma harzianum* on *Acanthoscelides obtectus*. Journal of Stored Products Research, 77: 231–239.

Rodríguez-González Á., Mayo S., González-López Ó., Reinoso B., Gutierrez S., Casquero P.A. 2017. Inhibitory activity of *Beauveria bassiana* and *Trichoderma* spp. On the insect pests *Xylotrechus arvicola* (Coleoptera: Cerambycidae) and *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). Environmental Monitoring and Assessment, 189: 12–20.

Rouhani, M., Samih, M. A., Zarabi, M., Beiki, K., Gorji, M., and Aminizadeh, M.R. 2019. Synthesis and Entomotoxicity Assay of Zinc and Silica Nanoparticles against *Sitophilus granarius* (Coleoptera:Curculionidae). J.Plant Prot.Res.59:26–31.

Ruiz-Aguilar, M. Y., Aguirre-Uribe, L. A., Ramírez-Barrón, S. N., Pérez-Luna, Y. D. C., Castro-del Ángel, E., & Juárez, A. H. 2025. Insecticidal efficacy of zinc oxide and silicon dioxide

- nanoparticles against larvae of *Spodoptera frugiperda* JE Smith (Lepidoptera: Noctuidae) Efficacy of nanoparticles on *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Experimental Nanoscience*, 20(1), 2466532.
- Rumbos, C.I. and Athanassiou, C.G. 2017.** 'Use of entomopathogenic fungi for the control of stored-product insects: can fungi protect durable commodities?', *Journal of Pest Science*, 90(3), pp. 839-854.
- Sadeghi, A.; E. J. M. Van Damme; W. J. Peumans and Smagghe G.2006.** Deterrent activity of plant lectins on cowpea weevil *Callosobruchum maculatus* (F.) oviposition . *Phytochem.*,67(18):2078-2084.
- Saed, B., Ziaee, M., Kiasat, A. R., and Jafari nasab, M. 2021.** Preparation of Nano silica from Sugarcane Bagasse Ash for Enhanced Insecticidal Activity of Diatomaceous Earth against Two Stored-Products Insect Pests.*ToxinRev.*,17.
- Saim, N., & Meloan, C. E. 1986.** Compounds from leaves of bay (Laurus nobilis L.) as repellents for *Tribolium castaneum* (Herbst) when added to wheat flour. *Journal of Stored Products Research*, 22(3), 141-144.
- Salem, A.A., 2020.** Comparative insecticidal activity of three forms of silica nanoparticles on some main stored product insects. *Journal of Plant Protection Pathology* , 11(4): 225–230.
- Sandhu, S.S., Sharma, A.K., Beniwal, V., Goel, G., Batra, P., Kumar, A., Jaglan, S., Sharma, A. and Malhotra, S. 2012.** 'Mycobiocontrol of insect pests: factors involved, mechanism, and regulation', *Journal of Pathogens*, 1268(19), p. 10.

- Sasson, Y. ; Levy-Ruso, G. ; Toledan, O. and Isha, L. 2007.** Nanosuspension emergin novel agrochemical formulations. In: Ishaaya L, Nawen R, Horowitz AR in pesticides design using advanced technologies. Springer Berlin, 1-32.
- Schmidt, K. and Podmore, I. 2015.** Current challenges in volatile organic compounds analysis as potential biomarkers of cancer. *Journal of biomarkers*, 2015, pp.16.
- Schöller, M. 2010.** Biological control of stored-product insects in commodities, food processing facilities and museums. *Julius-Kühn-Archiv*, (425), p.596.
- Seitz, L.M. and Ram, M.S. 2004.** Metabolites of lesser grain borer in grains. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(4), pp.898-908.
- Seitz, L.M. and Sauer, D.B. 1996.** Volatile compounds and odors in grain sorghum infested with common storage insects. *Cereal chemistry*. (973) 7, pp. 44–50.
- Senthilkumar, T. 2010.** Characterization of volatile organic compounds released by stored grain insects (Doctoral dissertation, MSc dissertation, Department of Biosystems Engineering, University of Manitoba, Canada
- Senthilkumar, T.; Jayas, D.S.; White, N.D.G.; Freund, M.S.; Shafai, C. and Thomson, D.J. 2012.** Characterization of volatile organic compounds released by granivorous insects in stored wheat. *Journal of stored products research*, 48, pp.91-96.
- Shafighi, Y., M. Ziaee and Y. Ghosta. 2014.** Diatomaceous earth used against insect pests, applied alone or in combination with

- Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. Journal of Plant Protection Research, 54:1-5.
- Sial, M. U., Saeed, Q., Rahman, S., & Qayyum, M. F. 2017.** Upshot of food add-ons on the life history and development of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). African Entomology, 25(1), 37-41.
- Singh, P. K. ; Kumari, V. K. ; Vishvakarma, S. ; Agarwal, R. C. and Yadav, A. 2018.** Nanotechnology and Its Impact on Insects in Agriculture. In D. Kumar and C. Gong, eds., Trends in Insect Molecular Biology and Biotechnology. Springer International Publishing, Cham, 353-378
- Skoog, D.A.; West, D.M.; Holler, F.J. and Crouch, S.R. 2013.** Fundamentals of analytical chemistry. Nelson Education. pp.1072
- Small, T., Ochoa-Zapater, M. A., Gallelo, G., Ribera, A., Romero, F. M., Torreblanca, A., et al. 2016.** Gold-nanoparticles Ingestion Disrupts Reproduction and Development in the German Cockroach. Sci. Total Environ. 565, 882–888
- Snelson, J.T. 1987.** Grain protectants. Australian Centre for International Agricultural Research. Monograph No. 3. Department of Primary Industries and Energy, Canberra.
- Sokoloff, A. 1974.** The biology of *Tribolium* with special emphasis on genetic aspects, vol 2. Clarendon.
- St Leger, R., Screen, S., Butt, T., Jackson, C. and Magan, N. 2001.** 'Prospects for strain improvement of fungal pathogens of insects and weeds', in Butt T.M., Jackson, C. and Magan N. (ed.) Fungi as

biocontrol agents: Progress, problems and potential. Wallingford, England: CABI, pp. 219–239.

Stathers, T.E., B.M. Mvumi and P. Golob .2002. Field assessment of the efficacy and persistence of diatomaceous earths in protecting stored grain on small-scale farms in Zimbabwe, *Journal of Crop protection*, 21: 1033-1048.

Stock, S. P. 2019. Partners in crime: symbiont-assisted resource acquisition in *Steinernema entomopathogenic* nematodes. *Current Opinion in Insect Science*, 32, 22-27.

Sukhanova, A., Bozrova, S., Sokolov, P., Berestovoy, M., Karaulov, A., & Nabiev, I. 2018. Dependence of nanoparticle toxicity on their physical and chemical properties. *Nanoscale research letters*, 13(1), 44.

Suthar, J. K., Rakesh, B., Vaidya, A., & Ravindran, S. 2023. Comprehensive Analysis of Titanium Oxide Nanoparticle Size and Surface Properties on Neuronal PC-12 Cells: Unraveling Cytotoxicity, Dopaminergic Gene Expression, and Acetylcholinesterase Inhibition. *Journal of Xenobiotics*, 13(4), 662-684.

Talukder, F. 2009. Pesticide Resistance in Stored-Product Insects and Alternative Biorational Management: A Brief Review. *Journal of Agricultural and Marine Sciences [JAMS]*, 14, 9-15.

Talukder, F., Howse, P. 1994. Laboratory evaluation of toxic and repellent properties of the pithraj tree, *Aphanamixis polystachya* Wall & Parker, against *Sitophilus oryzae* (L.). *International Journal of Pest Management*, 40(3), 274-279.

- Talukder, F.A. 1995.** Isolation and characterization of active secondary pithraj (*Aphanamixis polystachya*) compounds in controlling stored-product insect-pests, University of Southampton. (PhD thesis). University of Southampton, United Kingdom.
- Tebbets, S.J.; Vail, P.V.; Hartsell, P.L. and Nelson, H.D. 1986.** Dose/response of codling moth (*Lepidoptera: Tortricidae*) eggs and nondiapausing and diapausing larvae to fumigation with methyl bromide. *Journal of economic entomology*, 79(4), pp.1039-1043.
- Thabet, A. F., Boraiei, H. A., Galal, O. A., El-Samahy, M. F., Mousa, K. M., Zhang, Y. Z.,Tuda,M.,Helmy,E.A .,Wen,J. & Nozaki, T. 2021.** Silica nanoparticles as pesticide against insects of different feeding types and their non-target attraction of predators. *Scientific reports*, 11(1), 113.
- Thakur, S. ; Thakur, S. and Kumar, R. 2018.** Bio- nanotechnology and its role in agriculture and food industry. *J. of Molecular and Genetic Medicine*, 12: 1747-0862.
- Trematerra, P., Sciarreta, A., Tamasi, E. 2000.** Behavioural responses of *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* to naturally and artificially damaged durum wheat kernels. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 94(2), 195-200.
- Tubiello, F.N., Soussana, J.-F., Howden, S.M. 2007.** Crop and pasture response to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19686-19690.
- Uddin, M. A., and Ara, N. 2006.** Temperature effect on the toxicity of six insecticides against red flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Life Earth Science*, 1(2): 49-52.

- Ugine, T. A., Gardescu, S., & Hajek, A. E. 2011.** The effect of exposure to Imidacloprid on Asian longhorned beetle (Coleoptera: Cerambycidae) survival and reproduction. *Journal of Economic Entomology*, 104(6), 1942-1949.
- Upadhyay, R.K., Ahmad, S. 2011.** Management strategies for control of stored grain insect pests in farmer stores and public ware houses. *World J Agric Sci*, 7(5), 527-549.
- USDA. 1986.** Stored-Grain insects. United states department of agriculture, Agricultural handbook, 185p
- Van Geem, K. M. Reyniers, S. P.; Vercammen, J. Beens, J. J. and Marin, G. B. 2010.** On-line analysis of complex hydrocarbon mixtures using comprehensive twodimensional gas chromatography. *Journal of Chromatography A* 1217 (43), pp.6623-6633.
- Vestergaard, S., A. Cherry, S. Keller and M. Goettel. 2003.** Safety of hyphomycete fungi as microbial control agents. Pages 35-62. In: *Environmental impacts of microbial insecticides*. H.M.T. Hokkanen and A.E. Hajek (eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
- Vrkoslav, V.; Muck, A.; Cvačka, J. and Svatoš, A. 2010.** MALDI imaging of neutral cuticular lipids in insects and plants. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry* 21 (2): pp.220-231
- Wady, L.; Bunte, A.; Pehrson, C. and Larsson, L. 2003.** Use of gas chromatography-mass spectrometry/solid phase microextraction for the identification of MVOCs from moldy building materials. *Journal of microbiological methods*, 52(3), pp.325-332.

- Walter, V. 1990.** Stored product pests. In Handbook of Pest Control (Story K, Moreland D. (editors.)). Franzak & Foster Co., Cleveland, OH., 526-529.
- Wang, G., Xu, X., Cheng, Q., Hu, J., Xu, X., Zhang, Y., & Su, C. 2023.** Preparation of sustainable release mesoporous silica nano-pesticide for control of *Monochamus alternatus*. Sustainable Materials and Technologies, 35, e00538.
- Wang, J.-L. 2009.** Effect of *Artemisia argyi* essential oil on vitellogenesis of *Aedes albopictus* (Northeast Normal University, 2009).
- Wang, Z., Thavarajah, N., & Fernando, X. 2024.** Exploring Silica Nanoparticles: A Sustainable Solution for Pest Control in Sri Lankan Rice Farming. Technologies, 12(11), 210.
- Wardencki, W.; Michulec, M. and Curyło, J. 2004.** A review of theoretical and practical aspects of solid phase microextraction in food analysis. International journal of food science and technology, 39(7), pp.703-717.
- Watson, G. S., and Watson, J. A. 2004.** Natural nano-structures on insects—possible functions of ordered arrays characterized by atomic force microscopy. Applied surface science, 235(1-2), 139-144
- Wazid, N. W., Prabhuraj, A., Naik, R. H., Shakuntala, N. M and Sharanagouda, H. 2018.** Effect of biosynthesized zinc oxide green nanoparticles on pulse beetle, *Callosobruchus analis* (Coleoptera: Chrysomelidae). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7: 503-512.

- White, G. F. 1927.** A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. *Science*, 66, 302-303.
- Yokoyama, V.Y.; Miller, G.T. and Hartsell, P.L. 1987.** Methyl bromide fumigation for quarantine control of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) on nectarines. *Journal of economic entomology*, 80(4), pp.840-842
- Yuksel E, Canhilal R, Imren M. 2019.** Potential of four Turkish isolates of entomopathogenic nematodes against three major stored products insect pests. *J. Stored Prod. Res.* 83:317–321.
- Yuvaraj, M., Priya, R. S., Jagathjothi, N., Saranya, M., Suganthi, N., Sharmila, R., & Subramanian, K. S. 2023.** Silicon nanoparticles (SiNPs): Challenges and perspectives for sustainable agriculture. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 128, 102161.,
- Zampara I, Zamparas C, Mantzoukas S, et al. 2014.** Study on the combined action of the entomopathogenic bacterium *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* and the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora*. *Entomol. Hell.* 23:74–86.
- Zhang, X. et al. 2023.** Transgenerational sublethal effects of chlorantraniliprole and emamectin benzoate on the development and reproduction of *Spodoptera frugiperda*. *Insects*, 14(6), 537.
- Zettler, J.L. and Arthur, F.H. 2000.** Chemical control of stored product insects with fumigants and residual treatments. *Crop Protection*, 19(8-10), pp.577-582.
- Zettler, J.L.; Halliday, W.R. and Arthur, F.H. 1989.** Phosphine resistance in insects infesting stored peanuts in the southeastern

United States. Journal of Economic Entomology, 82(6), pp.1508-1511.

Zettler, L.J. and Cuperus, G.W. 1990. Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in wheat. Journal of Economic Entomology, 83(5), pp.1677-1681.

Ziaee M. and Z. Ganji.2016.Insecticidal efficacy of silica nanoparticles against *Rhyzopertha dominica* F. and *Tribolium confusum* Jacquelin du Val. Journal of plant protection research, 56(3)..

Żwir-Ferenc, A. and Biziuk, M. 2006. Solid Phase Extraction Technique--Trends, Opportunities and Applications. Polish Journal of Environmental Studies, 15(5)

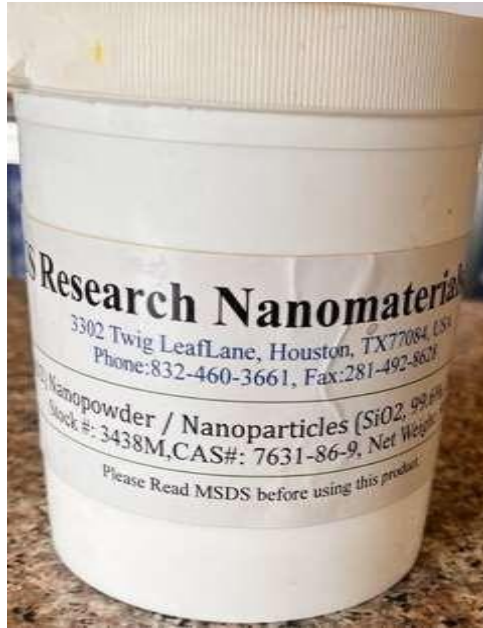
الملاحق



الملحق 1 المبيد ذو الأصل الحيوي Emamectin Benzoate



الملحق 2 المبيد الكيميائي Medapride



Silicon Dioxide الملحق 3 المبيد النانوي



Zinc Oxide الملحق 4 المبيد النانوي



Steinerema carpocapsae

الملحق 5 مغلف النيماتودا الممرضة للحشرات



Heterorhabditis bacteriophora الملحق 6 مغلف النيماتودا الممرضة للحشرات

Abstract

A series of laboratory experiments was conducted at the College of Agriculture, University of Karbala to evaluate the efficacy of the insecticides Emamectin benzoate and Imidacloprid, in addition to studying the effect of a local isolate of the entomopathogenic fungus *Trichoderma harzianum*. Two species of entomopathogenic nematodes, *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae*, as well as silica and zinc nanoparticles, were also tested, including their interaction with Emamectin benzoate, against the second- and fifth-instar larvae and adults of the red flour beetle *Tribolium castaneum*. Finally, volatile organic compounds (VOCs) from both healthy and *T. castaneum*-infested flour were identified using Headspace–Solid Phase Microextraction (HS-SPME) coupled with Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC–MS).

Results of the evaluation of the chemical insecticide Imidacloprid and the bio-based insecticide Emamectin benzoate revealed that the second larval instar was more susceptible than other tested stages, recording mortality rates of 100% and 93.33%, respectively, after 7 days of exposure. Mortality increased with the duration of exposure.

The effect of *T. harzianum* showed significant differences among the tested concentrations, with the highest mortality rates (63.33% and 51.67% for second and fifth instars, respectively) achieved at 1×10^{12} concentration after 7 days, compared with 28.33% mortality in adults at the same concentration.

Evaluation of the entomopathogenic nematode *H. bacteriophora* at concentrations of 50, 100, and 150 infective juveniles (IJs) showed higher mortality in fifth-instar larvae after 72 h (76%, 80%, and 86.21%, respectively) compared with second-instar larvae (55%, 67%, and 74.49%, respectively). Adults were less affected. Similarly, *S. carpocapsae* at 150 IJs achieved the highest mortality rate (70%) in fifth-instar larvae, followed by 55% in second-instar larvae and 40% in adults. At 100 IJs, mortality reached 60% for both larval instars and 35% for adults after 72 h.

Nanoparticle evaluation at 100, 200, and 300 mg/L revealed that silica nanoparticles at 300 mg/L achieved the highest mortality rates (100% in second instar, 76.66% in fifth instar, and adults, respectively) compared with zinc oxide nanoparticles at the same concentration (96.66% mortality in second instar, 86.66% in fifth instar, and 70% in adults after 7 days).

Interaction between Emamectin benzoate (0.25 g/L) and silica nanoparticles (100 mg/L) against *T. castaneum* stages caused 100% mortality in all tested stages after 3 days. The interaction between Emamectin benzoate and zinc nanoparticles resulted in 100% mortality in second and fifth instars and 96.66% in adults after 7 days.

Using HS-SPME combined with GC-MS, 28 and 22 VOCs were identified from infested and healthy flour, respectively. Nine major VOCs were detected in infested flour: 11-Docosane, *n*-Hexadecanoic acid, Hexacosane, Methylpentacosane, 13-2-Heptacosane, Nonacosane, Methylhexacosane, 2-Methyloctacosane, and Methylheptacosane. Four major compounds were identified from healthy flour: 1-N-butyl-13-Butanamine, Hexacosane, *n*-Hexadecanoic acid, and Methylheptacosane. This approach allows for detection of these compounds and taking appropriate measures to prevent their spread.



University of Kerbala

College of Agriculture

Plant Protection Department

**Detection and Identification of Volatile Organic Compounds
VOCs Associated with *Tribolium castaneum* Infestation Using Gas
Chromatography–Mass Spectrometry GC–MS and Evaluation of
some Chemical and Biological Insecticides for Its Control**

A Thesis Submitted to the Council of the College of Agriculture / University
of Kerbala in partial Fulfillment of the Requirements for the Master Degree
of Sciences in Agricultural / Plant Protection

By

Maysam Sadiq Abdul Majeed Mohammed Ali

Supervised by

Asst.Prof. Dr. Thamer Salman Jebur

Asst.Prof. Dr. Estabraq Muhammad Abdel Reda

2025 A.D

1447 A.H