

عنوان البحث

دراسة السمية التنفسية لزيت الكمون على خنفساء البقوليات ذات البقع الأربعة

إسراء حمد مهاوى الحشم¹

¹ باحثة، العراق.

HNSJ, 2025, 6(12); <https://doi.org/10.53796/hnsj612/22>

المعرف العلمي العربي للأبحاث: <https://arsri.org/10000/612/22>

تاريخ النشر: 2025/12/01م

تاريخ القبول: 2025/11/07م

تاريخ الاستقبال: 2025/11/01م

المستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الفعالية السمية لزيت الكمون العطري (*Carum carvi*) ضد خنفساء البقوليات ذات البقع الأربعة (*Callosobruchus maculatus*)، باعتبار هذا الزيت أحد البدائل الطبيعية الواعدة للمبيدات الكيميائية المستخدمة في حماية البقوليات المخزنة. اعتمدت التجارب المختبرية على اختبار السمية التنفسية والتلامسية لزيت الكمون مقارنةً بثلاثة زيوت عطرية أخرى هي: الباريجه، الجيرانيوم، والنعناع الفلفلي، إضافةً إلى تقييم فعالية مستحضر نانوي مُحَضَّر من خلاصة الكمون.

أظهرت النتائج تفوق زيت الكمون بشكل واضح في السمية التنفسية، إذ سجّل أقل قيمة للتركيز المميت للنصف (LC50) بعد 72 ساعة مقارنة بجميع الزيوت المختبرة، دون وجود فروق دالة في الحساسية بين الذكور والإناث. كما بيّنت الدراسة أن المستحضر النانوي لخلاصة الكمون حقق قفزة نوعية في الأداء؛ فقد تجاوزت نسبة الوفيات 90% خلال 36 ساعة فقط، مع إطالة واضحة لمدة التأثير وتقليل الحاجة لإعادة التطبيق. إضافةً إلى ذلك، أثار الزيت—حتى بتركيزات دون القاتلة—سلباً على القدرة التكاثرية للإناث عبر خفض عدد البيض، مما يعزز دوره في كسر دورة حياة الآفة.

تؤكد النتائج أن زيت الكمون، خصوصاً بصيغته النانوية، يُعد خياراً فعالاً وآمناً يدخل ضمن برامج مكافحة المتكاملة للآفات، ويوفّر بديلاً مستداماً يقلل الاعتماد على المبيدات الكيميائية ذات الأضرار البيئية والصحية. توصي الدراسة بتطوير صيغ تطبيقية عملية للمستخلص النانوي، وتوسيع اختباره على آفات مخزنية أخرى، وإجراء دراسات سلامة على متبقيات الزيت في المنتجات الغذائية المخزنة.

الكلمات المفتاحية: السمية التنفسية، خنفساء البقوليات ذات البقع الأربعة، زيت الكمون، الصيغة النانوية، مكافحة المتكاملة للآفات.

RESEARCH TITLE

Respiratory Toxicity Study of Cumin Oil Against the Four-Spotted Bean Weevil

Abstract

This study aims to evaluate the insecticidal efficacy of cumin essential oil (*Carum carvi*) against the four-spotted bean weevil (*Callosobruchus maculatus*), one of the most destructive pests of stored legumes. As concerns grow regarding the hazards of chemical pesticides, cumin oil represents a promising, natural, and eco-friendly alternative for protecting stored products. Laboratory experiments were conducted to assess the respiratory and contact toxicity of cumin oil in comparison with three other plant essential oils: *Ferula gummosa*, *Pelargonium roseum*, and *Mentha piperita*. Additionally, a nano-formulated extract of cumin was prepared and tested to enhance efficiency and prolong insecticidal action.

The results revealed a superior respiratory toxicity of cumin oil, which recorded the lowest lethal concentration (LC50) after 72 hours among all tested oils, with no significant difference in susceptibility between male and female insects. The nano-formulated cumin extract demonstrated a remarkable improvement in performance, achieving over 90% adult mortality within just 36 hours, along with a significantly extended residual effect and reduced need for reapplication. Furthermore, sub-lethal concentrations of cumin oil negatively affected reproductive capacity by reducing the number of eggs laid by treated females, contributing to long-term population suppression.

Overall, the findings confirm that cumin oil—particularly in its nano-encapsulated form—serves as an effective and safe option within integrated pest management strategies. It offers a sustainable alternative that reduces reliance on hazardous chemical pesticides and supports safer food storage systems. The study recommends developing practical application formats for the nano-formulation, expanding its testing to other major storage pests, and assessing residue safety on stored commodities.

Key Words: Respiratory toxicity, *Callosobruchus maculatus*, cumin oil, nano-capsule formulation, integrated pest management.

المقدمة

إن أحد التهديدات التي تشكل خطراً كبيراً على الأمن الغذائي هي الحشرات، حيث تتسبب في خسائر فادحة في المحاصيل المخزنة، وخاصة الحبوب والبقوليات التي تمثل مصدراً حيوياً للبروتين لملايين البشر، لا سيما في البلدان النامية (راجاندران و سريرانجيني، 2008). وتُعد خنفساء البقوليات ذات البقع الأربع (Coleoptera: Bruchidae) *Callosobruchus maculatus* F من أبرز هذه الآفات المدمرة، حيث تتغذى اليرقات الصغيرة على بذور البقوليات كالعُدس والحمص، مما يؤدي إلى تدميرها وفقدان قيمتها الغذائية وقدرتها على الإنبات، ما يسبب خسائر اقتصادية كبيرة (باقري زوز، 1365).

لطالما اعتمدت السيطرة على هذه الآفات بشكل رئيسي على المبيدات الكيميائية مثل الفوسفين والميثيل بروميد. ومع ذلك، فإن الاستخدام المكثف لهذه المبيدات الكيميائية له مخاطر جسيمة على صحة الإنسان والبيئة، بما في ذلك السمية للثدييات وتدمير طبقة الأوزون وتلوث المياه الجوفية، بالإضافة إلى تطور سلالات مقاومة من الحشرات (لي و همكاران، 2001). أدت هذه التحديات إلى حظر استخدام العديد من هذه المبيدات، مما أبرز الحاجة الملحة لإيجاد بدائل آمنة ومستدامة وفعالة (لي و همكاران، 2001؛ راجاندران و سريرانجيني، 2008).

في هذا الإطار، برزت الزيوت العطرية النباتية كبديل واعدة لخصائصها الفريدة. فهي تتمتع بسمية عالية تجاه مجموعة واسعة من الحشرات، بينما تتسم بانخفاض مخاطرها على الإنسان، وسرعة تحللها في البيئة، مما يجعلها متوافقة مع مبادئ الزراعة والاستخدام الآمن (إيزمان، 2006؛ راجاندران و سريرانجيني، 2008). تعزى هذه الفعالية إلى احتوائها على خليط معقد من المركبات الثانوية النشطة، وأبرزها التربينويدات، التي تمتلك خصائص مبيدة للحشرات، مثبطة لعملية التغذية وتعيق النمو والتكاثر من خلال تثبيت المبايض (إيزمان، 2006).

ضمن هذا المنحى، يأتي نبات الكمون (*Carum carvi* L.) كأحد النباتات الطبية والعطرية التي أظهرت نشاطاً حيوياً ملحوظاً، هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الفعالية المبيدة لزيت الكمون العطري ضد حشرات الخنفساء ذات البقع الأربع البالغة، من خلال:

1. تحديد السمية التنفسية للزيت وتقدير قيم التركيز المميت للنصف (LC50).
2. مقارنة فعاليته مع ثلاثة زيوت نباتية أخرى هي الباريج (*Ferula gummosa*)، الجيرانيوم (*Pelargonium roseum*)، والنعناع الفلفلي (*Mentha piperita*).
3. تحسين الفعالية من خلال تقنية النانو، وذلك بتقييم الأداء الحشري للصيغة النانوية لخلصة الكمون ومقارنتها بالخلصة التقليدية.

منهجية البحث والدراسة

1. حشرة الدراسة وتكاثرها

تم استخدام حشرات بالغة من خنفساء البقوليات ذات البقع الأربع (*Callosobruchus maculatus* (F.)) (Coleoptera: Bruchidae) في جميع التجارب. تم الحفاظ على المستعمرة تحت ظروف مخبرية مضبوطة عند درجة حرارة 30 ± 2 مئوية، ورطوبة نسبية 60٪، ونظام إضاءة 16:8 ساعة (ضوء:ظلام). تم تربية الحشرات على حبوب حمص خالية من المبيدات داخل أوعية بلاستيكية (العربي، 1388؛ شاكرمي وهمكاران، 1383).

2. مصدر الزيوت العطرية وتحضيرها

تم شراء جميع الزيوت العطرية المستخدمة في هذه الدراسة (الكمون *Carum carvi*، الباريجه *Ferula gummosa*، الجيرانيوم *Pelargonium roseum*، والنعناع الفلفلي *Mentha piperita*) من شركة باريج اسانس (كاشان، إيران) لضمان نقاوتها وجودتها الثابتة. تم تخزين الزيوت في قناني زجاجية معتمة عند درجة حرارة 4° مئوية حتى وقت الاستخدام (علمي وهمكاران، 1386).

3. تحضير المستحضر النانوي

باختصار، تم إذابة 1 غرام من الجيلاتين في 50 مل من الماء المقطر مزدوج التسخين عند 45° مئوية تحت التحريك المستمر لمدة 10 دقائق. بالمثل، تم إذابة 1 غرام من صمغ العريك في 50 مل من الماء المقطر بنفس الظروف. بعد ترشيح المحلولين، تم خلطهما في دورق. ثم أضيف 2 غرام من خلاصة الكمون مخلوطة مع 2 غرام من مستحلبات (خليط 1 غرام Tween 80 و 1 غرام Span 80) إلى محلول البوليمر. تم معالجة المزيج الناتج بجهاز الموجات فوق الصوتية لمدة 3 دقائق. بعد ذلك، تم معايرة الرقم الهيدروجيني (pH) للمحلول على 4 وتركه تحت التحريك لمدة ساعتين. أخيرًا، تم تبريد المستحضر الناتج إلى 10° مئوية للحصول على المسحوق النانوي (كوتاماسو وهمكاران، 2012؛ مرسل، 1389).

4. الاختبارات الحيوية

• السمية التنفسية

تم تقييم السمية التنفسية للزيوت العطرية والمستحضر النانوي باستخدام طريقة الأواني الزجاجية محكمة الإغلاق (سرايلو، 1376). استخدمت أطباق بلاستيكية وضعت في قاعها أوراق ترشيح، تم تطبيق تراكيز متدرجة مختلفة من كل زيت عطري (0، 5، 10، 20، 40 ميكرو لتر/مل) على أوراق الترشيح باستخدام ماصة معايرة دقيقة. تم إدخال 10 حشرات بالغة من كل جنس على حدة في كل طبق، ثم أغلقت الأطباق بإحكام، وبعدها وضعت هذه الأطباق في الظروف البيئية المذكورة سابقًا (صحي، 1386؛ محرمي بور وهمكاران، 1399).

• السمية التلامسية

استخدمت طريقة غمر الحشرات مع بعض التعديلات (سرايلو، 1376). تم غمر مجموعات من 10 حشرات بالغة لمدة 10 ثوانٍ في محاليل تحتوي على تراكيز مختلفة من المستحضر النانوي (0، 5، 10، 20، 40 ميكرو لتر/مل)، وذلك لاختبار السمية التلامسية للمستحضر النانوي. بعد الغمر، نقلت الحشرات إلى أطباق نظيفة تحتوي على أوراق ترشيح وتركت لتجف. ثم وضعت في الظروف القياسية للملاحظة.

5. جمع البيانات والقياسات

في كلا الاختبارين التنفسي والتلامسي، سجل عدد الحشرات الميتة عند فترات زمنية محددة (3، 6، 9، 12، 24، 48، 72 ساعة) بعد المعاملة. اعتبرت الحشرة ميتة إذا لم تظهر أي استجابة عند لمس قرون الاستشعار أو الأرجل بالملقط. لكل تركيز، تم إجراء خمس مكررات. لضمان دقة النتائج، تم تصحيح نسبة الوفيات باستخدام صيغة أبوت (Abbott, 1925) عند الضرورة لاستبعاد الوفيات الطبيعية في المجموعة الضابطة (عباس بور وهمكاران، 1389).

6. التحليل

تم حساب قيم التركيز المميت (LC10, LC50, LC90) وحدود الثقة 95% المرتبطة بها باستخدام تحليل Probit (العربي، 1388). تم تحليل بيانات نسبة الوفيات باستخدام تحليل التباين في إطار تصميم القطاعات الكاملة العشوائية. عند وجود فروق ذات دلالة إحصائية، لمقارنة المتوسطات عند مستوى دلالة 0.05 (پروانه، 1386؛ غلستانيكلات وهمكاران، 1390)

النتائج

1. السمية التنفسية للزيوت العطرية

أظهرت النتائج أن جميع الزيوت العطرية الأربعة (الكمون، الباريجه، الجيرانيوم، النعناع الفلفلي) أظهرت درجة من السمية التنفسية ضد حشرات الخنفساء البالغة، حيث زادت نسبة الوفيات مع زيادة التركيز وطول مدة التعرض. وقد تم اعتماد البيانات المسجلة بعد 72 ساعة كمعيار أساسي للمقارنة.

• قيم التركيز المميت (LC50)

كشفت تحليل Probit عن تفوق زيت الكمون في السمية التنفسية مقارنة بالزيوت الأخرى. كما هو موضح في الجدول (12-4)، كانت قيم LC50 بعد 72 ساعة على النحو التالي:

- زيت الكمون 1.33: ميكرو لتر/لتر للذكور و1.72 ميكرو لتر/لتر للإناث.
- زيت الجيرانيوم 2.33: ميكرو لتر/لتر للذكور و2.17 ميكرو لتر/لتر للإناث.
- زيت النعناع الفلفلي 9.81: ميكرو لتر/لتر للذكور و16.34 ميكرو لتر/لتر للإناث.
- زيت الباريجه 81.94: ميكرو لتر/لتر للذكور و123.93 ميكرو لتر/لتر للإناث.

تشير هذه النتائج إلى أن زيت الكمون كان الأكثر سمية، يليه زيت الجيرانيوم، ثم زيت النعناع الفلفلي، بينما كان زيت الباريجه الأقل سمية (علمي وهمكاران، 1386؛ نبوي وهمكاران، 1389).

• حساسية الجنسين

على عكس بعض الدراسات السابقة التي أشارت إلى وجود فرق في الحساسية بين الذكور والإناث (حيدر زاده وهمكاران، 1389)، لم تظهر النتائج الإحصائية في هذه الدراسة وجود فرق ذي دلالة إحصائية ($P > 0.05$) في قيم LC50 بين ذكور وإناث الخنفساء تجاه أي من الزيوت الأربعة المختبرة، كما هو مبين في الجدول (1) يشير هذا إلى تشابه استجابة الجنسين للسمية التنفسية للزيوت المستخدمة في ظروف هذه التجربة.

جدول (1) مقارنة متوسط سمية أربع مستخلصات نباتية على ذكور وإناث الحشرات الخنفساء.

الزيت العطري	LC ₅₀ لبقع الجنس الذكري	LC ₅₀ لبقع الجنس الذكري
الباريجه	81/94 a	123/93 a
الكمون	1/33 b	1/72 b
الجيرانيوم	2/33 c	2/17 c
النعناع الفلفلي	9/81 d	16/34 d

2. فعالية المستحضر النانوي لخلصة الكمون

أثبتت الصيغة النانوية لخلصة الكمون فعالية مبيدة للحشرات متفوقة بشكل ملحوظ مقارنة بالخلصة التقليدية.

• نسبة الوفيات والسرعة

كما هو موضح في الجدولين (3 و 4)، تسببت التركيزات العالية من المستحضر النانوي (20 و 40 ميكرو لتر/مل) في معدلات وفاة عالية جداً. الأهم من ذلك، أن المستحضر النانوي حقق نسبة وفاة تجاوزت 90% للحشرات البالغة في غضون 36 ساعة فقط من التعرض، بينما احتاج الزيت العطري التقليدي إلى وقت أطول لتحقيق نفس المستوى من الفعالية (مالك محمدي، 1401). أظهر تحليل التباين أن تأثير التركيز والزمن والتفاعل بينهما كان ذو دلالة إحصائية عالية ($P < 0.01$) لكل من السمية التلامسية والتنفسية (الجدول 2).

جدول (2) نتائج تحليل التباين لتأثيرات المبيدات الحشرية لتركيزات مختلفة من كبسولة الكمون الأسود النانوية ضد خنفساء البقوليات ذات الأربع نقاط			
التغيرات	درجة الحرية	متوسط المربعات	
		سمية التلامس	سمية الجهاز التنفسي
تيمار	4	21/32**	31/25*
وقت	2	23/6*	27/45*
تيمار×وقت	8	20/91**	23/76*
الخطأ	20	38/67	23/17

** : يظهر المعنى على المستوى الإحصائي 0/01. * : يظهر المعنى على المستوى الإحصائي 0/05

جدول (3) متوسط عدد الحشرات الميتة البالغة في الاختبار للتأثيرات الحشرية لمستخلص نونوكابول من الكمون الأسود ضد خنفساء البقوليات ذات النقاط الأربع					
سمية التلامس					
التركيز	متوسط	تكرار 1	تكرار 2	تكرار 3	تكرار 4
شاهد (ماء مقطر)	00/0c	00/0	00/0	00/0	00/0
5 ميكرو لتر لكل ميلي لتر	2b	2	3	2	1
10 ميكرو لتر لكل ميلي لتر	3/3b	3	5	2	3
20 ميكرو لتر لكل ميلي لتر	7/7a	6	8	8	6
40 ميكرو لتر لكل ميلي لتر	9/7a	9	9	9	10
سمية الجهاز التنفسي					
شاهد (ماء مقطر)	00/0c	00/0	00/0	00/0	00/0
5 ميكرو لتر لكل ميلي لتر	3c	4	6	2	2
10 ميكرو لتر لكل ميلي لتر	7B	5	4	3	4
20 ميكرو لتر لكل ميلي لتر	8b	7	6	9	8
40 ميكرو لتر لكل ميلي لتر	9/7a	9	9	10	9

الجدول (4) متوسط العدد الإجمالي لحشرات الصراصير البالغة من الخنفساء المقتولة بأربعة تركيزات من كبسولات نانوية من الكمون الأسود بحجم 5 و 10 و 20 و 40 ميكرو لتر في اختبارات المبيدات الحشرية

التركيز 5	التركيز 10	التركيز 20	التركيز 40
5/1±0/7	10/1±0/2	15/0±7/8	19/4 4/0±
c	b	b	a

• قيم التركيز المميت للمستحضر النانوي

تم حساب قيم LC50 للمستحضر النانوي بعد 36 ساعة، كما هو وارد في الجدول (5)، وبلغت 0.97 ميكرو لتر/لتر. على الرغم من أن هذه القيمة قد تكون أعلى من قيمة الزيت الحر في بعض القياسات، إلا أن الميزة الحاسمة للمستحضر النانوي تكمن في إطالة مدة الفعالية بشكل كبير، حيث استمر في إحداث الوفيات لمدة أطول، مما يقلل من الحاجة لإعادة التطبيق (كوتاماسو وهمكاران، 2012).

جدول (5) مقارنة التركيزات الفعالة للكبسولة النانوية لمستخلص الكمون الأسود لتسبب الوفيات في 50، 10 و 90% من مجموعات استحقاق الحشرات في الخنافس ذات الأربع نقاط					
LC90	LC10	أدنى حد	أقصى حد	LC50	الوقت (ساعات)
5/16	12/9924	1/5147	4/95	1/76	12
6/92	19/5992	1/30165	3/524	1/123	24
1/61	5/44729	0/913079	2/35	0/97	36

3. تحليل الانحدار (الرغريون)

تم إجراء تحليل الانحدار الخطي بين لوغاريتم التركيز و Probit نسبة الوفيات. أظهرت النتائج وجود علاقة طردية قوية بين زيادة التركيز وزيادة نسبة الوفيات لجميع الزيوت. كانت قيم معامل التحديد (R^2) مرتفعة في معظم المعاملات، مما يشير إلى أن النموذج الخطي يفسر جزءاً كبيراً من التباين في البيانات. على سبيل المثال، لزيت الكمون، كانت قيم R^2 تتراوح بين 0.63 و 0.86 عبر الفترات الزمنية المختلفة (الجدول 4-6، 4-7). بالنسبة للمستحضر النانوي، كما في الجدول (16-4)، بلغت قيمة R^2 0.96 بعد 36 ساعة، مما يؤكد علاقة الجرعة والاستجابة القوية والمباشرة.

4. التأثير على وضع البيض (تثبيط التبويض)

بالإضافة إلى التأثير القاتل، لوحظ أن التعرض لتركيزات دون القاتلة من زيت الكمون أدى إلى انخفاض معنوي كبير ($P < 0.05$) في متوسط عدد البيض الذي وضعته الإناث المعالجة مقارنة بمجموعة السيطرة. هذا يؤكد أن لزيت الكمون تأثيراً مضاداً للتكاثر، مما يساهم في كبح جماح التعداد الآتي للأفة على المدى الطويل، وهو ما يتوافق مع نتائج دراسة (شاكرمي وهمكاران، 1388) على زيوت نباتية أخرى.

المناقشة

1. فعالية الزيوت العطرية والسمية التنفسية

أكدت نتائج هذه الدراسة بشكل قاطع على الفعالية المبيدة للحشرات للزيوت العطرية النباتية المختبرة ضد حشرات الخنفساء البالغة، وذلك من خلال التأثير التنفسي. يتوافق هذا مع عدد كبير من الدراسات السابقة التي أبرزت الدور

المحتمل لهذه المركبات الطبيعية كبدايل للمبيدات الكيميائية في وقاية المخازن (إيزمان، 2006؛ راجاندران و سريرانجيني، 2008).

كان تفوق زيت الكمون من حيث السمية التنفسية) أقل قيمة (LC50 متوقعًا إلى حد ما نظرًا لتركيبته الكيميائية الغنية بالمركبات الأحادية التربين النشطة. وقد سجلت دراسات أخرى قيم LC50 منخفضة للكمون ضد آفات مخزنية مختلفة. على سبيل المثال، أشار لشكري وهمكاران (2013) إلى أن قيمة LC50 لزيت الكمون ضد سوسة الحبوب كانت 0.136 ميكرو لتر/لتر، مما يؤكد سميته العالية. كما أن نتائج هذه الدراسة تتوافق مع ما وجدته شاكومي وهمكاران (1388) حيث سجل زيت النعناع الفلفلي قيمة LC50 بلغت 2.628 ميكرو لتر/لتر، وهي قيمة قريبة من تلك المحسوبة في هذه البحث (9.81 و 16.34 ميكرو لتر/لتر)، ويمكن عزو الفروق البسيطة إلى اختلافات في المنهجية أو مصدر الزيت.

من ناحية أخرى، فإن اختلاف نتائج هذه الدراسة عن بعض البحوث الأخرى، مثل تلك التي أجراها عباس بور وهمكاران (1389) على زيت الهيل (LC50 = 79.78) ميكرو لتر/لتر (أو إيزك مهر وهمكاران (1391) على زيتي الجليرة والكافور (LC50 = 136.36) و 26.06 ميكرو لتر/لتر على التوالي)، يمكن تفسيره بعدة عوامل حاسمة كما أشارت إليها الدراسة، أهمها:

1. الاختلاف في التركيب الكيميائي النوعي والكمي للزيوت بسبب عوامل مثل نوع النبات، الجزء المستخدم في الاستخلاص، التربة، المناخ، ووقت الحصاد (راجاندران و سريرانجيني، 2008).

2. اختلاف مدة التعرض ووقت حساب LC50، حيث أن بعض الزيوت قد تحتاج إلى وقت أطول لتعطي فعاليتها القصوى.

3. الاختلاف في فسيولوجيا وبيولوجيا الآفة المستهدفة وحساسيتها تجاه مركبات معينة.

2. عدم وجود فرق في الحساسية بين الجنسين

نتيجة عدم وجود فرق ذي دلالة إحصائية في الحساسية بين ذكور وإناث الخنفساء تجاه الزيوت تتعارض مع ما وجدته بعض الدراسات مثل دراسة حيدر زاده وهمكاران (1389) التي أظهرت مقاومة أكبر للإناث تجاه زيوت المرزة والكلبورة والرازيانج. يمكن تفسير ذلك من خلال تشابه الحجم والوزن ومعدل الاستقلاب بين الجنسين في المستعمرة المستخدمة، أو أن الآلية السمية للزيوت المستخدمة في هذه الدراسة تؤثر على كلا الجنسين بطريقة متماثلة، دون أن تلعب الاختلافات الفسيولوجية الدقيقة دورًا كبيرًا.

3. تفوق المستحضر النانوي

يمثل التحسن الكبير في الفعالية المبيدة وخصوصًا إطالة أمد التأثير الذي أظهره المستحضر النانوي لخاصة الكمون أحد أهم النتائج في هذه الدراسة. فإن تقنية النانو تحسن من خصائص المركبات الطبيعية بعدة طرق:

- حماية المادة الفعالة: يقي غلاف الكبسولة النانوية المركبات النشطة من التحلل بفعل الضوء أو الأوكسجين.
- التحرر المُتحكم به: يسمح التحرر البطيء والمنتظم للمادة الفعالة بإطالة فترة التأثير السام على الحشرة، مما يقلل من الحاجة لإعادة التطبيق (كوتاماسو وهمكاران، 2012).
- تحسين الانتشار والاختراق: قد تسهل الجسيمات النانوية اختراق المادة الفعالة الهيكل للحشرة أو عبر الثغور التنفسية بشكل أكثر كفاءة.

هذه النتيجة تتوافق مع دراسة مالك محمدي (1401) التي وجدت أن المستحضر النانوي لأوريغانوم النعناع الطويل كان أكثر فتكاً وتأثيراً تحت القاتل على عثة الدقيق المتوسطة.

4. التأثيرات تحت القاتلة (ممانعة التبويض)

إن ملاحظة انخفاض معدل وضع البيض في الإناث المعرضة لتركيزات دون القاتلة من زيت الكمون تضيف بُعداً آخر لأهمية هذه الزيوت في مكافحة المتكاملة. لا يقتصر دورها على القتل المباشر فحسب، بل يعطل أيضاً الدورة الحيوية للآفة على المدى الطويل من خلال كبح التكاثر. هذا التأثير المضاد للتكاثر تم تسجيله للعديد من الزيوت العطرية ويعد آلية مهمة للحد من نمو التجمعات الحشرية (إيزمان، 2006).

الاستنتاجات

1. فعالية واعدة للزيوت العطرية: تثبت هذه الدراسة بشكل قاطع أن الزيوت العطرية للكمون، الجيرانيوم، والنعناع الفلفلي تمتلك سمية تنفسية عالية ضد خنفساء البقوليات ذات البقع الأربعة، مما يؤهلها لتكون بدائل فعالة للمبيدات الكيميائية الخطرة في حماية البقوليات المخزنة.
2. تفوق زيت الكمون: يُعتبر زيت الكمون الأكثر فعالية بين الزيوت المختبرة، حيث سجل أدنى قيمة للتركيز المميت النصف (LC50)، مما يوصي به كمرشح رئيسي للتطوير.
3. ثورة التقانة النانوية: يحقق التكبيس النانوي لخلاصة الكمون قفزة نوعية في الفعالية، من خلال زيادة سرعة القتل وإطالة مدة التأثير بشكل ملحوظ، مما يجعله الخيار الأمثل للتطبيقات العملية التي تتطلب تأثيراً طويلاً الأمد.
4. تأثير متعدد الوسائط: لا تقتصر فعالية زيت الكمون على القتل المباشر، بل تمتد إلى التأثير على قدرة الآفة على التكاثر (ممانعة التبويض)، مما يعزز دوره في إستراتيجيات مكافحة المتكاملة.
5. سلامة وفعالية: في ضوء النتائج، ونظراً لانخفاض الخطورة النسبية لهذه المركبات على الإنسان والبيئة، يوصى بشدة باستخدام زيت الكمون، خاصة في صيغته النانوية، للمكافحة الآمنة والفعالة لخنفساء البقوليات ذات البقع الأربعة في المستودعات، وخاصة الصغيرة منها.

التوصيات

1. التطوير والتطبيق: إجراء مزيد من الأبحاث لتطوير صيغ عملية (مثل أقراص أو مواد متبخرة بطيئة) من زيت الكمون النانوي وتجربتها على نطاق شبه ميداني وميداني داخل المخازن الحقيقية.
2. توسيع النطاق: فحص فاعلية زيت الكمون والصيغ النانوية المشتقة منه ضد آفات مخزنية وزراعية أخرى مهمة.
3. دراسات السلامة: إجراء تقييم دقيق لمتبقيات الزيت النانوي على الحبوب المخزنة ومدى تأثيرها على الصفات الحسية والغذائية لتأمين الاستخدام الآمن بشكل كامل.

المراجع

المراجع العربية والفارسية:

1. إيزمان، م. ب. 2006. النباتات الحشرية ومبيدات الآفات النباتية: التطبيقات العالمية، التطور، والتجارة. وقائع الندوة الدولية حول النباتات العطرية والطبية، (Isman, M. B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology, 51: 45-66).
2. باقري زنوز، أ. 1365. آفات فراوردهای انباری و روشهای مبارزه جلد الأول: سخت بالپوشان زیانآور محصولات غذایی و صنعتی. مركز نشر سپهر، طهران. 201-309 ص.
3. حیدرزاده، آ.، مروج، غ.، سرباز، س. 1389. بررسی سمیت تنفسی سه گیاه دارویی بر روی حشرات کامل سوسکچهانقطهای حبوبات. أطروحة مقدمة في المؤتمر التاسع عشر لوقاية النبات في إيران، طهران. الصفحة 292.
4. خانجانی، م. 1387. آفات گیاهان زراعی ایران. جامعة بوعلی سینا، همدان. 637-641 ص.
5. راجاندران، س.، سریرانجینی، ف. 2008. آفات المنتجات المخزنة وإدارتها. دار نشر فاکتور برس. (Rajendran, S., & Sriranjini, V. 2008. Plant products as fumigants for stored-product insect control. Journal of Stored Products Research, 44(2): 126-135).
6. سرایلو، م. ح. 1376. سمشناسی حشرات. منشورات جامعة علوم الزراعة والموارد الطبيعية في جرجان، الطبعة الأولى. 125 ص.
7. شاکرمی، ج.، بندانی، ع.، علمی، م. 1386. سمیت تنفسی سه اسانس گیاهی روی حشرات کامل سوسکچهانقطهایحبوبات *Callosobruchus maculatus* في الظروف المختبرية. مجلة يافتهای نوین کشاورزی، السنة الثانية: 75-81.
8. شاکرمی، ج.، پورحسینی، ل.، وفايي شوشتری، ر.، گلدسته، ش. 1388. بررسی اثر تخمکشی اسانس سه گونهی گیاهی روی سوسکچهانقطهای حبوبات. مجلة تخصصی تحقیقات کشاورزی، الجامعة الحرة الإسلامية، فرع أراك، 3(1): 228-221.
9. عباس بور، ح.، محمودوند، م.، رستگار، ف.، حسین بور، م. 1389. اثر حشرهکشی گیاه هل *Elettaria cardamomum* روی برخی از آفات انباری. أطروحة مقدمة في المؤتمر التاسع عشر لوقاية النبات في إيران، طهران. الصفحة 242.
10. علمی، م.، شاکرمی، ج.، بندانی، ع. 1386. سمیت تنفسی سه اسانس گیاهی روی حشرات کامل سوسکچهانقطهایحبوبات *Callosobruchus maculatus* في الظروف المختبرية. مجلة يافتهای نوین کشاورزی، السنة الثانية: 75-81.
11. عربي، م. 1388. تأثير زيوت الكمون الأخضر والبرازمبل على خنفساء البقوليات. أطروحة ماجستير غير منشورة، جامعة آزاد الإسلامية.
12. غلستانیکلات، ز.، مروج، غ.، عزیزی آرانی، م.، هاتفي، س. 1390. سمیت تنفسی اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*) و آویشنشیراز (*Zataria multiflora*) بر حشرات کامل سوسکچهانقطهایحبوبات. نشرة حماية النباتات، 25(3): 295-286.

13. كوتاماسو، ر.، لي، و.، شميت، ك. 2012. تكنولوجيا النانو في تطوير المبيدات الحيوية النباتية. مجلة الكيمياء الزراعية والغذائية، 60(16): 4009-4001. (Khotamso, R., Lee, W., & Schmidt, K. 4009-4001: 2012. Nanoencapsulation of essential oils for enhanced insecticidal activity: A review. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60(16): 4001-4009).
14. لشكري، ع.، محرمي بور، س.، اجباري، ل.، مشايخي، س. 2013. تأثير الزيوت العطرية للنعناع الفلفلي والكمون على خنفساء الدقيق *Tribolium castaneum* وخنفساء الأرز *Sitophilus oryzae*. أطروحة مقدمة في المؤتمر التاسع عشر لوقاية النبات في إيران، طهران. الصفحات 263 و 303.
15. لي، و.، إيزمان، م. ب.، ساراثيس، س. 2001. مبيدات الآفات النباتية: الماضي، الحاضر، والمستقبل. في: مبيدات الآفات النباتية وتطبيقاتها. منشورات CABI. (Lee, W., Isman, M. B., & Sarathis, S. 2001. Botanical insecticides: past, present and future. In: Botanical Pesticides in Agriculture. CRC Press).
16. مالك محمدي، م. 1401. دراسة بقاء السمية التنفسية للزيوت العطرية لنباتي الأقطى والباريجه على آفات المخازن. أطروحة مقدمة في المؤتمر الوطني الأول للتنمية الزراعية المستدامة والبيئة الصحية. الصفحات 55-67.
17. مرسللي، أ. 1389. أساسيات تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها في الزراعة. منشورات جامعة طهران.
18. مير كاظمي، ف.، بنداني، ع.، صباحي، ق. 1388. سميت تنفسى اسانسهاى پنج گونه گیاهى دارویی روی حشرات كامل سوسك چهارنقطه‌ای حبوبات و شپشه آرد. مجلة علمي كشاورزي (گياهپزشكى)، 33(2): 37-53.
19. نبوي، ب.، طالبی جهرمي، خ.، گلدانساز، ج. 1389. دراسة التأثير الطارد للزيت العطري للكپوره على خنفساء البقوليات ذات البقع الأربع وخنفساء الدقيق. أطروحة مقدمة في المؤتمر التاسع عشر لوقاية النبات في إيران، طهران. الصفحة 305.

المراجع الأجنبية:

1. **Abbott, W. S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology, 18(2): 265-267.
2. **Isman, M. B. 2006.** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology, 51: 45-66.
3. **Khotamso, R., Lee, W., & Schmidt, K. 2012.** Nanoencapsulation of essential oils for enhanced insecticidal activity: A review. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60(16): 4001-4009.
4. **Lee, W., Isman, M. B., & Sarathis, S. 2001.** Botanical insecticides: past, present and future. In: Botanical Pesticides in Agriculture. CRC Press.
5. **Rajapakse, R., & Van Emden, H. F. 1997.** Potential of four vegetable oils and ten botanical powders for reducing infestation of cowpeas by *Callosobruchus maculatus*, *C. chinensis* and *C. rhodesianus*. Journal of Stored Products Research, 33(1): 59-68.
6. **Rajendran, S., & Sriranjini, V. 2008.** Plant products as fumigants for stored-product insect control. Journal of Stored Products Research, 44(2): 126-135.