



Evaluation of Insecticidal Efficacy and Toxicity of Chloroform Extracts of Some Plants Against Adults of Red Flour Beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) Under Laboratory Conditions

Huda M. A. Ismail^{1*}, Rahmah H. O. Al-dilemi², Hana Saleh Abu Baker Faraj Alaish³

^{1,2} Zoology Department, Faculty of Science, Sebha University, Sebha, Libya

³ Zoology Department, Faculty of Arts and Sciences Al-Marj, Benghazi University, Benghazi, Libya

hanh.alaish@uob.edu.ly

تقييم الفاعلية الحشرية و السمية لمستخلصات الكلوروفورم لبعض النباتات ضد بالغات خنفساء الدقيق (Coleoptera:Tenebrionidae) *Tribolium castaneum* (Herbst) الصدفية الحمراء تحت الظروف المختبرية

هدى محمود علي إسماعيل^{1*}، رحمة حسن عمر الدليمي²، هناء صالح أبو بكر فرج العيش

^{2,1} قسم علم الحيوان، كلية العلوم، جامعة سبها، سبها، ليبيا.

³ قسم علم الحيوان، كلية الآداب والعلوم- المرج، جامعة بنغازي، بنغازي، ليبيا.

Received: 22-12-2025	Accepted: 20-01-2026	Published: 27-01-2026
	Copyright: © 2026 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).	

الملخص:

أجريت هذه الدراسة بمعامل قسم علم الحيوان، كلية العلوم- جامعة سبها، لتقييم الفاعلية الحشرية والسمية لمستخلصات الكلوروفورم لستة نباتات وهي ثمار الفلفل الأسود (*Piper nigrum L.*)، ثمار الفلفل الأحمر (*Piper rubra L.*)، ثمار الثوم (*Allium sativum L.*)، ثمار القرض (*Acacia nilotica L.*)، أوراق الشببية (*Artemisia absinthum L.*)، والأجزاء الهوائية للبلبال *Zygophyllum album* ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدفية الحمراء تحت الظروف المختبرية خلال فترات تعرض مختلفة (24 ساعة و48 ساعة و7 أيام)، أظهرت النتائج بأن جميع مستخلصات الكلوروفورم النباتية المستخدمة في الدراسة كان لها فاعلية حشرية واضحة في التأثير على نسبة الموت للبالغات المعاملة وخلال جميع فترات التعرض المختلفة، وكان مستخلص الكلوروفورم لثمار الفلفل الأسود الأعلى فاعلية حشرية يليه مستخلص أوراق الشببية ثم مستخلص ثمار القرض والفلفل الأحمر، في حين كان مستخلص ثمار الثوم والأجزاء الهوائية للبلبال الأقل فاعلية مقارنة ببقية المستخلصات، كذلك أشارت النتائج إلى وجود علاقة طردية قوية بين زيادة التركيز وارتفاع نسبة الموت في البالغات المعاملة في جميع المستخلصات المستخدمة، وكذلك بين طول فترة التعرض وفاعلية المستخلص في التأثير على نسب الموت للبالغات المعاملة، مما يعكس طبيعة التأثير التراكمي والتدرجي للمركبات الفعالة في هذه المستخلصات بمرور الوقت، كذلك أظهرت هذه المستخلصات تأثيراً سميّاً واضحاً ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدفية وتمثل ذلك في قيم LC_{50} و LC_{90} المحسوبة خلال فترات التعرض المختلفة، وأن الفاعلية السمية لهذه المستخلصات اختلفت بوضوح باختلاف نوع المستخلص، وكان مستخلص الكلوروفورم لثمار الفلفل الأسود وأوراق الشببية وثمار القرض الأكثر سمية، وأن سمية هذه المستخلصات ازدادت بزيادة فترة التعرض وذلك من خلال الانخفاض التدريجي في قيم LC_{50} و LC_{90} بعد 48 ساعة و7 أيام من المعاملة.

الكلمات الدالة: الفاعلية الحشرية، السمية، خنفساء الدقيق الصدفية، مستخلصات الكلوروفورم النباتية.

Abstract

This study was conducted in the laboratories of the Department of Zoology, Faculty of Science, Sebha University, to evaluate the insecticidal efficacy and toxicity of chloroform extracts of six plant: *Piper nigrum* L. fruits, *Piper rubra* L. fruits, *Allium sativum* L. fruits, *Acacia nilotica* L. fruits, *Artemisia absinthium* L. leaves and the aerial parts of the *Zygodphyllum album* against adults of red flour beetle *Tribolium castaneum* under laboratory conditions during different exposure periods (24 hours, 48 hours and 7 days). The results showed that all plant chloroform extracts used in study had clear insecticidal efficacy in affecting the mortality rate of the treated across all different exposure periods. The chloroform extracts of *P. nigrum* L. fruits showed the highest insecticidal efficacy, followed by the extracts of *A. absinthium* L. leaves, then the extracts of *A. nilotica* L. fruits and *P. rubra* L. fruits, while the extracts of *A. sativum* L. Fruits and the aerial parts of the *Z. album* were the least effective compared to the other extracts. The results also indicated a strong positive correlation and the rise in the mortality rate of treated adults for all extracts used, as well as between the length of the exposure periods and the extracts efficacy in affecting the mortality rates of the treated adults. This reflects the cumulative and gradual nature of the effect of the active compounds in these extracts over time. Furthermore, these extracts showed a clear toxic effect against the red flour beetle adults, represented by the calculated LC_{50} and LC_{90} values during the different exposure periods. The toxic efficacy of these extracts clearly differed depending on the type of extracts. The chloroform extracts of *P. nigrum* L. fruits, *A. absinthium* L. leaves, and *A. nilotica* fruits were the most toxic, and the toxicity of these extracts increased with longer exposure periods, as evidenced by the gradual decrease in LC_{50} and LC_{90} values after 48 hours and 7 days of treatment.

Keywords: Insecticidal activity, Toxicity, Red flour beetle, plant chloroform extracts.

المقدمة Introduction

تعد خنفساء الدقيق الصدفية (*Tribolium castaneum* (Herbst)) من أخطر الآفات الحشرية التي تصيب الحبوب ومنتجاتها المخزونة على مستوى العالم، لما تسببه من خسائر اقتصادية جسيمة قد تصل إلى 20-30%، ليس فقط نتيجة التغذية المباشرة على الحبوب بل أيضاً من خلال تلويثها بالمخلفات والإفرازات التي تؤدي إلى تدهور الجودة الغذائية وفقدان صلاحية المنتجات للاستهلاك الأدمي أو الحيواني (Nayak et al., 2007). وقد اعتمدت برامج مكافحة هذه الآفة تقليدياً على المبيدات الكيميائية، إلا أن الاستخدام المكثف وغير الرشيد لها أدى إلى ظهور العديد من المشكلات، ومن أهمها تطور المقاومة الحشرية وتراكم المتبقيات السامة في السلسلة الغذائية وتأثيراتها السلبية على صحة الإنسان والكائنات غير المستهدفة، وهو ما حذرت منه منظمة الأغذية والزراعة (FAO) (Pimentel & Burgess, 2014). لقد دفعت هذه التحديات إلى البحث عن بدائل آمنة ومستدامة ضمن برامج الإدارة المتكاملة للآفات (IPM)، وكان من أبرز هذه البدائل استخدام المستخلصات النباتية كخيار واعد نظراً لاحتوائها على مركبات كيميائية طبيعية فعالة تمثل خط دفاع طبيعي للنباتات ضد الآفات الحشرية مما يجعلها مصدراً واعداً لمبيدات حيوية أقل خطورة على البيئة وصحة الإنسان (Isman, 2020)، وقد أظهرت العديد من الدراسات أن كفاءة المستخلصات النباتية تعتمد بدرجة كبيرة على نوع المذيب المستخدم في الاستخلاص، ويعد الكلوروفورم من المذيبات العضوية الفعالة في استخلاص العديد من المركبات الفعالة النشطة بيولوجياً مثل القلويدات، التربينويدات، والفلافونويدات، والتي تمتلك تأثيرات حشرية متعددة على الحشرات تشمل السمية، الطرد، تثبيط التغذية، وإعاقة النمو والتكاثر (Isman, 2006; Regnault-Roger et al., 2012). وأظهرت العديد من الدراسات فاعلية مستخلصات الكلوروفورم النباتية ضد العديد من آفات الحبوب المخزونة خاصة خنفساء الدقيق الصدفية الحمراء، حيث أوضح (Abdel-Rahman et al., 2004) أن مستخلصات الكلوروفورم لعدد من النباتات الصحراوية أظهرت سمية عالية ضد بالغات *T. castaneum*، وكما أكد Ali et al. (2018) على الفاعلية السمية والطاردة لمستخلص الكلوروفورم لنبات *Urena sinuate* ضد بالغات *T. castaneum* حيث سجل نسب موت مرتفعة وانخفاضاً ملحوظاً في معدل بقاء الحشرات المعاملة وكذلك أشار Kiran and Prakash (2015) و (Abdel Rahman et al., 2016) إلى أن مستخلص الكلوروفورم للفلل الأسود سبب معدلات نفوق مرتفعة لبالغات *T. castaneum*، وحدث تأثيراً مثبطاً للنشاط الحركي والتغذية والتكاثر، وأكد Sabbour (2020) على الفاعلية العالية لمستخلص الكلوروفورم للفلل الأسود في خفض نسب البقاء لبالغات *T. castaneum*، فيما بين Ben Nasr et al. (2020) و (Oueslati et al., 2021) أن مستخلص الكلوروفورم لنبات *Zygodphyllum album* يمتلك نشاطاً مبيداً ملحوظاً ضد خنفساء الدقيق الصدفية و سبب في ارتفاع نسب الوفيات وتثبيط التغذية بعد 48-72 ساعة من المعاملة، وكذلك أوضح (Obeid et al., 2017) إن مستخلص الكلوروفورم للنوم سبب معدلات نفوق مرتفعة في البالغات وبالإضافة إلى تأثيراته السلبية على الخصوبة ومعدل وضع البيض، جميع هذه الدراسات تشير إلى أن مستخلصات الكلوروفورم النباتية تمتلك قدرة واعدة كمبيدات طبيعية فعالة و آمنة نسبياً في مكافحة آفات الحبوب المخزونة، وبناءً على ذلك تهدف هذه الدراسة إلى

تقيم الفاعلية الحشرية والسمية لمستخلص الكلوروفورم لبعض النباتات المختبرة في مكافحة بالغات خنفساء الطحين الصدفية الحمراء *Tribolium castaneum* تحت الظروف المختبرية وهي ثمار الفلفل الأسود *Piper nigrum L.* ، ثمار الفلفل الأحمر *Piper rubra L.* ، ثمار الثوم *Allium sativum L.*، ثمار القرض *Acacia nilotica L.* ، أوراق الشببية *L. Artemisia absinthum*، والأجزاء الهوائية للبلبال *Zygophyllum album L.* خلال فترات تعرض مختلفة (24، 48 ساعة و 7 أيام) بهدف استكشاف فاعليتها كبدايل طبيعية آمنة وفعالة للمبيدات الكيميائية التقليدية في برامج الإدارة المتكاملة لمكافحة الآفات.

2. المواد وطرق العمل Materials and Methods

1.2 تربية حشرة خنفساء الدقيق الصدفية *T. castaneum* في المعمل.

تم تجميع حشرة خنفساء الدقيق الصدفية من طحين مصاب وتصنيفها (Good, 1936)، وتربيتها معملياً في درجة حرارة 28 ± 2 °م ورطوبة نسبية 70 ± 5 % داخل علب بلاستيكية حجمها 5 لتر تحتوى على وسط غذائي مكون من 300 جم دقيق قمح نظيف مضاف إليه 4 جم خميرة خبز و 100 جم حليب بودرة لزيادة القيمة الغذائية لوسط التربية ثم غطيت القناني بشاش محكم لضمان عدم خروج الحشرات ووضعت في مكان مظلم كما تم تجديد الوسط كل شهر لتجنب نفاذ المادة الغذائية للحصول على جيل جديد من الحشرة تحت الدراسة (Sokoloff et al., 1960 and Bakhshwain and Al-Qurashi, 2010).

2.2 تجهيز النباتات المستخدمة في الدراسة.

تم جمع العينات النباتية المستخدمة في الدراسة وتصنيفها جدول (1)، وهي ثمار الفلفل الأحمر، ثمار الفلفل الأسود، ثمار الثوم، ثمار القرض، وأوراق الشببية والأجزاء الهوائية للبلبال، ثم تم تجفيفها وطحن كل نبات على حدا في خلاط كهربائي وحفظ كل مسحوق داخل قنينة زجاجية قاتمة محكمة الغلق مع كتابة اسم كل نبات على كل قنينة لحين إجراء عملية الاستخلاص.

جدول (1): الأسم العربي والانجليزي والعلمي والعائلة والجزء المستخدم من النباتات في الدراسة.

ت	الاسم العربي	الاسم الإنجليزي	الاسم العلمي	العائلة	الجزء المستخدم في الدراسة
1	الشببية	Worm wood	<i>Artemisia absinthum L.</i>	Asteraceae	الأوراق
2	الثوم	Garlic	<i>Allium sativum L.</i>	Liliaceae	الثمار
3	الفلفل الأحمر	Red pepper	<i>Piper rubra L.</i>	Piperaceae	الثمار
4	القرض	Babul	<i>Acacia nilotica L.</i>	Fabaceae	الثمار
5	الفلفل الأسود	Black pepper	<i>Piper nigrum L.</i>	Piperaceae	الثمار
6	البلبال	White Bean-caper	<i>Zygophyllum album</i>	Zygophyllaceae	الأجزاء الهوائية

3.2 عملية الاستخلاص.

تم وزن 100 جم من المساحيق المستخدمة في الدراسة وتمت عملية الاستخلاص باستخدام عملية النقع *Soaking* حيث وضعت المساحيق في قناني زجاجية قاتمة اللون سعتها 1 لتر وأضيف إليها 1000 مل من مذيب الكلوروفورم وقفلت بإحكام وتركت لمدة 72 ساعة في مكان مظلم مع الرج بأوقات ثابتة كل ستة ساعات لمدة 10 دقائق وذلك لضمان حدوث تلامس تام بين المذيب والمكونات النباتية، ثم أجريت عملية الترشيح للحصول على الراشح المحتوى على المواد الفعالة المستخلصة، ثم أجريت عملية التبخير للمذيب للحصول على المستخلص الحاوي على المركبات الفعالة، ثم نقل المستخلص إلى زجاجات قاتمة محكمة الغلق بعد وزنها وحفظها بالمبرد لحين استعمالها. (Azwanida et al., 2018).

4.2 تجهيز التراكيز المستخدمة.

تم تجهيز التراكيز المستخدمة في الدراسة وهي 0.25%، 0.5%، 1.0% و 2.0% وفق المعادلة عن (Harris, 2016).

التركيز المطلوب × الحجم المطلوب

$$\frac{\text{التركيز المطلوب} \times \text{الحجم المطلوب}}{\text{الحجم المطلوب}} = \text{التركيز الأصلي}$$

التركيز الأصلي

5.2 معاملة بالغات خنفساء الدقيق الصدفية بالمستخلصات النباتية المستخدمة في الدراسة.

تم استخدام 30 حشرة بالغة من خنفساء الطحين الصدفية لكل تركيز ثم وضعت البالغات في أطباق بتري سعتها 9 أنش بواقع 10 بالغات لكل طبق ورشت بالمستخلصات النباتية المستخدمة لكل تركيز من التراكيز المستخدمة بواقع ثلاث تكرارات لكل تركيز / مستخلص وتركت لتجف في الهواء لمدة نصف ساعة مع رش ثلاث تكرارات بمذيب الكلوروفورم فقط (كنترول)، ثم نقلت البالغات المعاملة إلى أطباق نظيفة يحتوى كل طبق على 4 جم من وسط التربية وتم إغلاقها بعد عمل ثقب دقيقة في الأغشية باستخدام إبرة لضمان التهوية، ثم تم تسجيل عدد البالغات الميتة بعد 24، 48 ساعة، 7 أيام من المعاملة.

2.6 التحليل الإحصائي

تم تحليل النتائج باستخدام تحليل التباين الثلاثي (Three-way ANOVA) لحساب المتوسطات والانحرافات المعيارية و اختبار توكي (Tukey HSD) عند مستوى $a \leq 0.05$ لمعرفة الفروق المعنوية بين المعاملات وكما تم حساب قيم LC_{50} و LC_{90} باستخدام نموذج Probit الإحصائي.

3. النتائج والمناقشة Results and Discussion

1.3 الفاعلية الحشرية لمستخلصات الكلوروفورم للنباتات المختبرة ضد بالغات *T. castaneum* بعد 24 ساعة من

المعاملة

أشارت النتائج في جدول (2) بأن جميع مستخلصات الكلوروفورم للنباتات المختبرة كان لها فاعلية حشرية واضحة في التأثير على نسب الموت للبالغات المعاملة بعد 24 ساعة من المعاملة مقارنة بالشاهد، مما يعكس السمية السريعة نسبياً للمركبات الفعالة المستخلصة من النباتات المختبرة بالكلوروفورم، وهذه النتيجة تتفق مع ما أشار إليه (Huang et al., 2000) و (Abdel-Rahman et al., 2004) بأن مستخلصات الكلوروفورم تمتلك تأثير قوى كمبيد حشري ضد خنفساء الدقيق الصدفية، وتعزى الفاعلية العالية لمستخلصات الكلوروفورم النباتية إلى كفاءة مذيب الكلوروفورم في استخلاص مركبات فعالة ذات نشاط حشري عالي و قدرة علي النفاذ السريع عبر الكيوتيكل الحشري أو عبر الجهاز التنفسي مما يتسبب في اضطراب مبكر في التوازن الفسيولوجي للحشرة (Isman, 2020). وكما لوحظ بان هناك تباين واضح في قوة فاعلية هذه المستخلصات في التأثير علي نسب الموت للبالغات المعاملة، وكان مستخلص الكلوروفورم لثمار الفلفل الأسود الأعلى فاعلية يليه مستخلص أوراق الشيبية ثم مستخلص ثمار القرص والفلفل الأحمر، حيث بلغ متوسط نسبة الموت 60.67% للفلفل الأسود، و52.00% لأوراق الشيبية و43.33% لثمار القرص جدول (2)، ويعزى هذا التباين في الفاعلية بين المستخلصات إلى الاختلاف في نوعية وكمية المركبات الفعالة التي تحتويها هذه النباتات، حيث يحتوي الفلفل الأسود علي تركيز عالي من مركب Piperine و مجموعة من الفلوييدات البيبرولينية التي تؤثر على الجهاز العصبي للحشرة و تعمل كمثبطات للإنزيمات الحيوية بالحشرة مما يؤدي إلي اضطراب التوازن الفسيولوجي و حدوث النفوق خلال فترة زمنية قصيرة (Tripath et al., 2005; Abd El-Aziz and Sherief, 2011; Kumar et al., 2011; Kiran and Prakash, 2015; Abdel-Rahman et al., 2016; Hassan et al., 2019 and Lee et al., 2019)، و يتفق هذا مع ما أشار اليه (Sabbour, 2020) بأن مستخلص الكلوروفورم للفلفل الأسود أعطى أعلى فاعلية في خفض نسب البقاء للبالغات *T. castaneum*. أما الفاعلية المرتفعة لمستخلص أوراق الشيبية فتعزى إلي احتوائه علي مركبات التربينات الأحادية مثل Thujone و Cineole -1,8 والتي تعرف بتأثيرها السام والطارد للحشرات إضافة إلى قدرتها علي إحداث شلل جزئي و تثبيط للحركة و التغذية و انخفاض في معدلات الخصوبة و الفقس (Kordali, 2013; Chaieb et al., 2018; Singh et al., 2018; Gao et al., 2019; El-Abbassi et al., 2020 and Mohammed et al., 2022). في حين تعزى فاعلية مستخلص نبات القرص إلي محتواه العالي من المركبات الفينولية خاصة التانينات و الفلافونويدات و التي تحدث تأثيرات سمية تلامسية تؤدي إلي اضطراب في الأغشية الخلوية و الوظائف الأيضية للحشرة (Negahban et al., 2007; Samule, 2014; Abdallah et al., 2018 and Mubarak and Ahmed, 2020). أما مستخلص الكلوروفورم لثمار الفلفل الأحمر فقط أظهر فاعلية حشرية محدودة نسبياً بعد 24 ساعة من المعاملة مقارنة ببقية المستخلصات الأعلى فاعلية و بلغ متوسط نسبة الموت 28.67%، مما يشير إلي محدودية تأثيره السام خلال فترات تعرض قصيرة و يعزى هذا الانخفاض في الفاعلية إلى الطبيعة الكيميائية للمركب الفعال Piperine الموجود في الفلفل الأحمر و الذي يعد من المركبات الفلويديدية ذات التأثير التدريجي، إذ لا يحدث سمية حادة سريعة خلال فترات التعرض القصيرة بل يعتمد تأثيره الحشري علي التراكم داخل جسم الحشرة بمرور الوقت، بالإضافة إلى الانخفاض في تركيز مركب البيبيرين الموجود في الفلفل الأحمر مقارنة بالفلفل الأسود و هذا الاختلاف في نسب هذه المركبات يؤدي إلي بط امتصاص المادة الفعالة و عدم وصولها إلي المستوي القاتل خلال أول 24 ساعة من المعاملة (Kiran and Prakash, 2015 and Lee et al., 2019)، و هذه النتيجة تتفق مع ما توصل إليه (Hassan et al., 2019) بأن الفاعلية الحشرية لمستخلصات الفصيلة البيبرية ترتبط ارتباطاً وثيقاً بتركيز البيبيرين الموجود فيها حيث تظهر المستخلصات الأقل تركيز تأثيراً أبطأ و أضعف من المستخلصات التي تحتوي علي تركيز عالي خلال فترات تعرض قصيرة. في حين كان مستخلص الأجزاء الهوائية للبلبال و ثمار الثوم الأقل فاعلية في التأثير علي نسب الموت للبالغات المعاملة بعد 24 ساعة مقارنة ببقية المستخلصات، حيث بلغ متوسط نسبة الموت 19.29% لمستخلص البلبال و 18.67% لثمار الثوم جدول (2) و قد يعزى ذلك إلي طبيعة المركبات الفعالة فيها و التي تميل إلي أحداث تأثيرات فسيولوجية بطيئة نسبياً أو تحتاج إلي مدة أطول لتراكمها داخل جسم الحشرة مما يحد من ظهور تأثيرها القاتل في المدى الزمني القصير (Isman, 2020). كما أشارت النتائج إلى وجود علاقة طردية قوية بين زيادة التركيز المستخلصات و ارتفاع نسب الموت في جميع المستخلصات المختبرة، حيث كلما زاد التركيز زادت فاعلية المستخلص و ارتفعت نسبة الموت جدول (2)، و تتفق هذه النتيجة مع ما أشار إليه كلاً من (Isman, 2006) و (Regnault-Roger et al., 2012) من أن تركيز المستخلص النباتي يعد عاملاً حاسماً في تحديد شدة تأثيره و فاعليته الحشرية، إذ تؤدي زيادة كمية المادة الفعالة الممتصة أو الملامسة لجسم الحشرة إلى زيادة الفاعلية السمية للمركبات الفعالة الموجودة في التأثير على

الأجهزة الحيوية للحشرة وتعطيها خاصة الجهاز العصبي والهرموني مما يزيد من معدل الموت خلال فترات التعرض القصيرة.

جدول (2) الفاعلية الحشرية لمستخلصات الكلوروفورم للنباتات المختبرة ضد بالغات *T. castaneum* بعد 24 ساعة من المعاملة.

متوسط نسبة الموت الكلي لكل مستخلص	نسبة الموت بعد 24 ساعة					المستخلصات النباتية المختبرة
	التراكيز المستخدمة (%)					
	% 0.00	% 0.25	% 0.5	% 1.0	% 2.0	
	المتوسط ± SD	المتوسط ± SD	المتوسط ± SD	المتوسط ± SD	المتوسط ± SD	
28.67	8.16±20.00 ^{ab}	5.77±33.33 ^{abc}	5.77±43.33 ^{ab}	5.77±46.67 ^{bc}	5.77±86.67 ^e	الفلفل الأحمر
60.67	5.77±56.67 ^c	23.09± 76.67 ^d	5.77±83.33 ^d	5.77±86.67 ^e	5.77±86.67 ^e	الفلفل الأسود
18.67	5.77± 6.67 ^a	10.00±20.00 ^{ab}	17.32±30.00 ^{ab}	20.82±33.33 ^{ab}	20.82±33.33 ^{ab}	الثوم
43.33	20.82± 26.67 ^{abc}	20.82±33.33 ^{abc}	10.00±70.00 ^{cd}	5.77± 86.67 ^e	5.77± 86.67 ^e	القرص
52.00	11.55± 46.67 ^{bc}	5.77±53.33 ^{bcd}	11.55±73.33 ^{cd}	5.77± 86.67 ^e	5.77± 86.67 ^e	الشبيبة
19.29	0.00±0.00 ^a	2082±16.67 ^{ab}	10.00±20.00 ^{ab}	15.28±26.67 ^{ab}	11.55±43.00 ^{bc}	البلبال

*المتوسطات التي تحمل حروفاً مختلفة تختلف معنوياً عند مستوى (a≤0.05). **المتوسطات التي تشترك في نفس الحرف لا تختلف معنوياً

2.3 الفاعلية الحشرية لمستخلصات الكلوروفورم للنباتات المختبرة ضد بالغات *T. castaneum* بعد 48 ساعة من المعاملة.

بينت النتائج في جدول (3) بأن مستخلصات الكلوروفورم للنباتات المختبرة استمرت فاعليتها الحشرية في التأثير علي نسب الموت للبالغات المعاملة بعد 48 ساعة من المعاملة، وازدادت بشكل ملحوظ مقارنة بـ 24 ساعة، مما يعكس طبيعة التأثير التراكمي والتدرجي للمركبات الفعالة في هذه المستخلصات مع زيادة فترة التعرض، وهذا ما أكدته النتائج في جدول (3) حيث ارتفعت نسبة الموت لمستخلص الكلوروفورم للفلفل الأسود إلى 72.00% و 67.33% لمستخلص الشبيبة و 52.67% و 50.67% لمستخلص القرص والفلفل الأحمر علي التوالي، وهذه النتيجة تتفق مع ما أشار إليه Isman, (2006) بأن طول فترة التعرض تزيد من قدرة المركبات الفعالة للمستخلص على النفاذ لجسم الحشرة وتراكمها داخل أنسجتها مما يؤدي إلى موتها التدريجي، كذلك زادت فاعلية مستخلص الكلوروفورم للأجزاء الهوائية للبلبال وثمار الثوم بعد 48 ساعة من المعاملة مقارنة بـ 24 ساعة، إلا أن تأثيرهما ظل الأقل فاعلية مقارنة ببقية المستخلصات حيث بلغ متوسط نسبة الموت لمستخلص البلبال 33.33% و 30.00% لمستخلص الثوم جدول(3)، وقد يعزى ذلك إلي بطء تراكم مركباتهم الفعالة داخل جسم الحشرة مما يستلزم فترات تعرض أطول لإظهار فاعليتهم الحشرية وهذا يتفق مع بينه كلاً من (Rattan, 2010) و (Pavela et al., 2016) على أن فترة التعرض تمثل عاملاً محدداً في قوة التأثير البيولوجي للمستخلصات حيث تحتاج المركبات النشطة في المستخلص إلى مدة أطول نسبياً لإحداث التأثير القاتل مما يتطلب فترات تقييم تتجاوز 24 ساعة لضمان دقة تقدير الفاعلية البيولوجية للمستخلصات.

جدول (3) الفاعلية الحشرية لمستخلصات الكلوروفورم للنباتات المختبرة ضد بالغات *T. castaneum* بعد 48 ساعة من المعاملة.

متوسط نسبة الموت الكلي لكل مستخلص	نسبة الموت بعد 48 ساعة					المستخلصات النباتية المختبرة
	التراكيز المستخدمة (%)					
	% 0.00	% 0.25	% 0.5	% 1.0	% 2.0	
	المتوسط ± SD	المتوسط ± SD	المتوسط ± SD	المتوسط ± SD	المتوسط ± SD	
50.67	0.00±0.00 ^a	10.00±40.00 ^{bc}	11.55± 56.67 ^{cde}	5.77±76.67 ^{bcd}	5.77±80.00 ^{cde}	الفلفل الأحمر
72.00	0.00±0.00 ^a	5.77± 83.33 ^d	5.77± 86.67 ^e	5.77±93.33 ^d	5.77±96.67 ^e	الفلفل الأسود
30.00	0.00±0.00 ^a	5.77±16.67 ^{ab}	23.09± 36.67 ^{bc}	15.28±46.67 ^{ab}	10.00±50.00 ^{abc}	الثوم
52.67	0.00±0.00 ^a	17.32±40.00 ^{bc}	10.00±50.00 ^{bcd}	15.28±76.67 ^{bcd}	5.77±96.67 ^e	القرص
67.33	0.00±0.00 ^a	15.28±76.67 ^d	5.77±83.33 ^{de}	5.77±86.67 ^d	10.00±90.00 ^{de}	الشبيبة
33.33	0.00±0.00 ^a	10.00±30.00 ^{abc}	11.55±33.33 ^{abc}	10.00±40.00 ^a	20.82±63.33 ^{bcd}	البلبال

*المتوسطات التي تحمل حروفاً مختلفة تختلف معنوياً عند مستوى (a≤0.05). **المتوسطات التي تشترك في نفس الحرف لا تختلف معنوياً

3.3 الفاعلية الحشرية لمستخلصات الكلوروفورم للنباتات المختبرة ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدفية بعد 7 أيام من المعاملة.

أشارت النتائج في جدول (4) بأن مستخلصات الكلوروفورم لجميع النباتات المختبرة زادت فاعليتها زيادة كبيرة بعد 7 أيام من المعاملة مقارنة بفاعليتها بعد 24 و 48 ساعة، حيث ارتفعت نسبة الموت 100% عند تركيز 2.0% لكل من مستخلص الفلفل الأسود والأحمر وأوراق الشبيبة وثمار القرص 93.33% و 86.67% لمستخلص الثوم والبلبال عند نفس التركيز، وهذه يتفق مع ما أكدته كلاً من (Mondal et al., 2011) and (Abdallah et al., 2018) بأن فاعلية بعض المستخلصات النباتية في التأثير علي معدل النفوق تزداد بزيادة فترة التعرض للمستخلص. ويرجع ذلك إلى الطبيعة التراكمية للمركبات الفعالة في هذه المستخلصات، والتي لا تحدث تأثير سمي مباشر كما في المبيدات الكيميائية سريعة المفعول بل تعتمد على آلية تراكمية و تأثيرات فسيولوجية مؤجلة تؤثر على عمليات حيوية أساسية في الحشرة مثل التغذية الهضم، التنفس، التمثيل الغذائي و النمو مما يؤدي تدريجياً إلى اضطرابات في وظائفها الحيوية تؤثر على الحياة ثم في النهاية تؤدي إلى الوفاة (Isman, 2006; Ismail, 2017 and Rattan, 2010) وهذا ما أكدته النتائج في جدول (4) حيث ارتفع متوسط نسبة الموت لمستخلصات الكلوروفورم بعد 7 أيام إلى 76.00% و 75.33% لمستخلص الفلفل الأسود والشبيبة، و 71.33% و 60.67% و 57.33%

و54.00% لكل من مستخلص الفلفل الأحمر والقرص والبلبال و الثوم، وتتفق هذه النتيجة مع ما أشار إليه كلاً من (Ahmad et al., (2019 و Al-Sharook et al., (2021 على أن استمرار التعرض أو التغذية على المادة المعاملة يساهم في تراكم المادة الفعالة داخل أنسجة الحشرة مما يعرقل وظائفها الحيوية تدريجياً" ويضعف من كفاءتها الحيوية ويؤدي بها في النهاية إلى الموت .

جدول (4) الفاعلية الحشرية لمستخلصات الكلوروفورم للنباتات المختبرة ضد بالغات *T. castaneum* بعد 7 أيام من المعاملة.

متوسط نسبة الموت الكلي لكل مستخلص	نسبة الموت بعد 7 أيام التراكيز المستخدمة (%)					المستخلصات النباتية المختبرة
	0.00%	0.25%	0.5%	1.0%	2.0%	
	SD ± المتوسط	SD ± المتوسط	SD ± المتوسط	SD ± المتوسط	SD ± المتوسط	
71.33	0.00±100 ^c	5.77±96.67 ^b	5.77±86.67 ^{bcd}	11.55±73.33 ^{abc}	0.00 ± 0.00 ^a	الفلفل الأحمر
76.00	0.00±100 ^c	0.00±100 ^b	5.77±93.33 ^{cd}	5.77±86.67 ^{bc}	0.00 ± 0.00 ^a	الفلفل الأسود
54.00	5.77±93.33 ^b	15.28±66.67 ^a	15.28±56.67 ^a	5.55±53.33 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	الثوم
60.67	0.00±100 ^c	10.00±80.00 ^a	20.82±63.33 ^{ab}	10.00±60.00 ^{ab}	0.00 ± 0.00 ^a	القرص
75.33	0.00±100 ^c	5.77±96.67 ^b	11.55±93.33 ^{cd}	5.77±86.67 ^{bc}	0.00 ± 0.00 ^a	الشيبة
57.33	5.77±86.67 ^{abc}	5.77±86.67 ^{ab}	25.17±66.67 ^{abc}	5.77±56.67 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	البلبال

*المتوسطات التي تحمل حروفاً مختلفة تختلف معنوياً عند مستوى (a≤0.05). **المتوسطات التي تشترك في نفس الحرف لا تختلف معنوياً

4.3 الفاعلية السمية لمستخلصات الكلوروفورم للنباتات المختبرة ضد بالغات *T. castaneum*.

1. أظهرت النتائج في جدول (5) (بأن مستخلصات الكلوروفورم للنباتات المختبرة في الدراسة كان لها تأثيراً سميّاً واضحاً على بالغات خنفساء الدقيق الصدفية بعد 24 و48 ساعة و7 أيام من المعاملة وتمثل ذلك في قيم LC₅₀ وLC₉₀ للمستخلصات المستخدمة، وكما لوحظ بان هناك تفاوت واضح في الفاعلية السمية لهذه المستخلصات، حيث كان مستخلص الكلوروفورم لثمار الفلفل الأسود ومستخلص أوراق الشيبة وثمار القرص الأعلى فاعلية في أحداث السمية، وبلغت قيم LC₅₀ وLC₉₀ 0.24% و 1.55% لمستخلص الفلفل الأسود بعد 24 ساعة من المعاملة و0.17% و 0.89% لمستخلص الشيبة و0.20% و 0.67% لمستخلص القرص عند نفس فترة العرض. في حين كان مستخلص ثمار الفلفل الأحمر الأقل سمية وبلغت قيم LC₅₀ وLC₉₀ 1.05% و 12.6% جدول (5)، ويعزي هذا التباين في الفاعلية السمية لهذه المستخلصات إلى الاختلاف في نوعية وكمية المركبات الفعالة النشطة بيولوجياً في كل نبات (Isman, 2006). وكما لوحظ أن سمية هذه المستخلصات تزداد مع زيادة فترة التعرض للمستخلص وذلك من خلال الانخفاض التدريجي لقيم LC₅₀ وLC₉₀ بعد 48 ساعة و7 أيام من المعاملة جدول، حيث انخفضت قيم LC₅₀ وLC₉₀ إلى 0.09% و 0.37% لمستخلص الفلفل الأسود بعد 48 ساعة و 0.13% و 0.76% لمستخلص الشيبة و0.11% و 0.38% لمستخلص القرص عند نفس فترة التعرض، وواصلت قيم LC₅₀ وLC₉₀ الانخفاض بشكل تدريجي وحاد بعد 7 أيام من المعاملة لتصل إلى 0.06% و 0.25% لمستخلص الفلفل الأسود و0.07% و 0.33% لمستخلص الشيبة و0.09% و 0.35% لمستخلص القرص جدول(5)، وهذه النتيجة تتفق مع ما أشار إليه (Tripathi et al., (2009 إلى أن زيادة زمن التعرض تؤدي إلى انخفاض تدريجي في قيم LC₅₀ مما يعكس زيادة فاعلية المادة النشطة نتيجة تراكمها داخل الأنسجة الحيوية للحشرة، وكذلك مع ما أكدته كلاً من (Rani et al., (2021 و (Negahban and Moharrampour, (2012 بأن العديد من المستخلصات النباتية أظهرت كفاءة سمية عالية في التأثير على الحشرات بعد 72 ساعة من المعاملة مقارنة ب 24 ساعة.

جدول (5) يوضح الفاعلية السمية لمستخلصات الكلوروفورم للنباتات المختبرة ضد بالغات *T. castaneum* بعد 24 و48 ساعة و7 أيام من المعاملة.

المستخلص المستخدم	الفاعلية السمية بعد 24 ساعة				الفاعلية السمية بعد 48 ساعة				الفاعلية السمية بعد 7 أيام			
	Intercept	Slope	LC ₉₀	LC ₅₀	Intercept	Slope	LC ₉₀	LC ₅₀	Intercept	Slope	LC ₉₀	LC ₅₀
الفلفل الأسود	5.98	1.62	1.55	0.24	6.15	2.88	0.37	0.09	6.52	3.35	0.25	0.06
الفلفل الأحمر	4.98	0.95	12.6	1.05	5.73	2.10	1.10	0.23	6.50	3.12	0.40	0.10
الشيبة	5.92	2.25	0.89	0.17	6.10	1.90	0.76	0.13	6.65	2.55	0.33	0.07
البلبال	4.70	1.35	4.37	0.50	4.85	1.60	2.82	0.3	5.45	1.95	1.05	0.18
القرص	5.35	2.65	0.67	0.20	5.80	3.05	0.38	0.11	6.15	2.90	0.35	0.09
الثوم	4.50	1.10	7.76	0.79	4.90	1.80	2.09	0.36	5.75	2.70	0.55	0.13

4. الاستنتاجات Conclusion

- أثبتت نتائج الدراسة أن جميع مستخلصات الكلوروفورم النباتية تمتلك فاعلية حشرية وسمية واضحة ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدفية تحت الظروف المختبرية وخلال جميع فترات التعرض المختلفة مما يدل على كفاءتها العالية كمبيدات نباتية.

- هناك تباين واضح في قوة الفاعلية الحشرية بين المستخلصات المستخدمة، حيث كان مستخلص الكلوروفورم للفلفل الأسود الأعلى فاعلية ويليه مستخلص أوراق الشببية ثم مستخلص ثمار القرص و الفلفل الأحمر بينما مستخلص الكلوروفورم لثمار الثوم والأجزاء الهوائية للبلبال كانا الأقل فاعلية.
- أشارت النتائج إلي وجود علاقة طردية واضحة بين زيادة التركيز وارتفاع نسبة الموت في جميع النباتات المختبرة مما يؤكد أن تركيز المستخلص عامل أساسي في تحديد شدة التأثير الحشري.
- زيادة فترة التعرض أدت إلى ارتفاع معنوي في نسب الموت وانخفاض تدريجي في قيم LC_{50} و LC_{90} وهو ما يعكس الطبيعة التراكمية والتدرجية لتأثير المركبات الفعالة المستخلصة بالكلوروفورم.

5.التوصيات Recommendations

- التشجيع على استخدام مستخلصات الكلوروفورم لثمار الفلفل الأسود وأوراق الشببية وثمار القرص كمبيدات نباتية فعالة ضمن برنامج الإدارة المتكاملة لمكافحة آفات الحبوب المخزونة.
- عزل وتحديد المركبات الفعالة في المستخلصات الأعلى فاعلية ودراسة آلية تأثيراتها الفسيولوجية علي الحشرة واستخدامها في إنتاج مبيدات نباتية ذات تأثير سريع المفعول وطويل الأمد.
- إجراء دراسات تطبيقية تحت الظروف الحقلية وفي مخازن الحبوب الفعالية لتقييم فاعلية هذه المستخلصات في بيئات عملية حقيقية قبل اعتمادها في برامج مكافحة الآفات.
- دمج مستخلصات الكلوروفورم النباتية ضمن برنامج الإدارة المتكاملة للآفات (IPM)، حيث يمكن استخدامها مع وسائل أخرى كالطرق الفيزيائية والبيولوجية للحصول على فاعلية مستدامة والتقليل من فرص ظهور المقاومة الحشرية لها.

References

1. Abdallah, E. M., Elsharkawy E. R. & Ed-dra, A. (2018). Insecticidal activity of chloroform extract of *Acacia nilotica* fruits against re flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(2): 1673-1678.
2. Abdel-Aziz, M. F. & Sherief, M.A. (2011). Comparative efficiency of some plant extracts against *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Egyptian Journal of Biological pest control*. 21(2): 227-231.
3. Abdel-Rahman, H. A., El-Sayed, A. M. & El-Badry, A. A. (2004). Insecticidal activity of chloroform extracts of some desert plants against *Tribolium castaneum*. *Journal of Stored Products Reserch*. 40(2): 155-162.
4. Abdel-Rahman, M., Begum, S. & Sultana, S. (2016). Insecticidal and repellent activity of chloroform exrtact of *Piper nigrum* fruits against *Tribolium castaneum*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 4(2): 560-565.
5. Ahmad, M., Ghaffar, A. & Razaq, M. (2019). Toxic and repellent effects of plant extracts on *Tribolium castaneum*. *Pakistan Journal of Zoology*, 51(1), 211–218.
6. Ali, A., Rahman M. M., & Hossain, M. A. (2018). Toxic and repellent activities of chloroform extract of *Urena sinuate* against *Tribolium castaneum*. *International Journal of Zoological Research*. 14(3):85-92.
7. Al-Sharook, R.A., Alkeridis, K.M., Al-Deeb, M.A. & Muhammad, N. (2021). Evaluating interaction effects among botanical insecticide variables. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 54(7–8), 786–798.
8. Azwanida, N.,F. Mohamed,F ., Arrmania,N., Saidin,S. & Roslan,J. (2018). Solvent Extraction of Bioactive Compound from plants. *Industrial Crops and Proudcts* ,123. 668-679.
9. Bakhshwain, A. A. & Al- Qurashi, A.D. (2010). Repellent and Inesectidal effects of some plant extracts on flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera:Tenebrionidae). *Alexandria Science Exchange Jornal* , 31(3): 248-254.
10. Ben Nasr, M., Ayari,M. & Souissi,N. (2020). Evaluation of insecticidal potential of *Zygophyllum album* chloroform extract against *Tribolium castaneum*. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 15 (2):89-98.

11. Chaieb, I., Tayeb,W., Ben Hamada,M. & Mahdouani, K.(2018). Insecticidal activity of essential oils from seven Moroccan plants against adults of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 21(2): 454-466.
12. El-Abbassi, A., Boukhari ,M., Lrhazi,S. & Ouhammou,A.(2020). Evaluation of insecticidal potential of organic extracts of *Artemisia herba-alba* against stored- grain insects. *Moroccan Journal of Agricultural Sciences*,2(3): 45-52.
13. Gao, S., Zhang,Y. & Chen, L.(2019). Insecticidal activity of *Artemisia vulgaris* essential oil and its major components against *Tribolium castaneum*. *Industrial Crops and Products*, 137, 356-363.
14. Good, N. E. (1936). The flour beetles of the genus *Tribolium*. Technical Bulletin No. 498 United States Department of Agriculture, Washington, D. C., PP.1-58.
15. Harris, D.C. (2016). Quantitative chemical analysis. (19th ed.) New York: W\H. Freeman and Company.
16. Hassan, A. A., El-Gendy,S. S. & Abdel Rahman,M. A. (2019). Fumigant and contact toxicity of *Piper nigrum* extracts against the red flour beetle *Tribolium castaneum*. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences*, 12(1):45-54.
17. Huang, Y., Tan,J. M. Kini,R. M. & Ho,S. H.(2000). Toxic and antifeedant action of nutmeg oil against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Journal of Stored Products Research*, 36(2):169-179.
18. Ismail, M. A.(2017). Comparative efficacy of ethanolic extracts of some spices against *Tribolium castaneum*. *Egyptian Journal of Applied Sciences*. 32(1):95-104.
19. Isman,M. B.(2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51, . 45–66.
20. Isman, M. B. , .2020. Bioinsecticides based on plant essential oils: a short overview. *Zeitschrift fur Naturforschung C*, 75 (7-8):179-182.
21. Kiran, S. R. & Prakash, A.(2015). Effect of *Piper nigrum* chloroform extract on enzyme activities of *Tibolium castaneum* adults. *International Journal of Pest Management*, 61(3):202-208.
22. Kordali, S., A. Usanmaz,A. & Cakir,A.(2013). Toxicity of essential oils isolated from three *Artemisia* species to some stored-product insects. *Zookeys*. 363(1): 11-22.
23. Kumar, S., Singh,D & Kaur,R .(2011). Efficacy of botanicals against rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. in stored wheat. *Journal of Agricultural Science*, 3(2): 195-202.
24. Lee, S. E., Kim,J. & Lee, S. G.(2019). Insecticidal activities of Piperine and its derivatives against the larvae of *Culex pipiens pallens*. *Entomological Research*, 49(3): 132-137.
25. Mohammed, R., Hamed.S. & Ahmed,A. (2022). Toxic and repellent effects of chloroform extracts of *Artemisia* species against *Tribolium castaneum*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*,32(5):1-9.
26. Mondal, M., Hossain,M.F., Hossain,S. T.& Rahman,S.(2011). Insecticidal activity of garlic (*Allium sativum* L.) against the rust red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Bangladesh Agricultural University*, 9(1): 157-164.
27. Mubarak, A. E. & Ahmed, S. M.(2020). Antifeedant and reproductive inhibition effects of *Acacia nilotica* leaf extracts against the rust red flour beetle, *Tribolium castaneum*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1): 1-13.
28. Nayak,M. K., Daghish,G. J.&Byrne,V. S.(2007). Resistance tophosphine in red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) in Australia. *Journal of Stored products Research*, 43(3):287-297.
29. Negahban, M., Moharramipour,S.& Sefidkon,F. (2007). Insecticidal activity and chemical composition of the essential oils from some medicinal plants against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 10(1): 19-24.
30. Negahban, M.& Moharramipour, S.(2012) . Fugant toxicity of *Eucalyptus intertexta*, *Eucalyptus sargentii* and *Eucalyptus camaldulensis* against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14(1): 153-163.
31. Obeid, S. A., Al-Ani ,R. A. & Al-Mousawi,A. H.(2017). Effect of some plant extracts on the mortality and progeny production of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(4): 1232-1236.

32. Oueslati, R., Ghribi, F. & Hammami, M.(2021). Toxicity and repellency of chloroform extracts from *Zygophyllum album* against *Tribolium castaneum* adults. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*,31(7): 1-8.
33. Pavela, R., Maggi, F.& Benelli, G. (2016). Plant-derived insecticides: A review of their activity, mechanisms and commercial applications. *Trends in Plant Science*, 21(11), pp. 905–917.
34. Pimentel, M. A. G.& Burgess, E. P. J.(2014).Growth, reproduction and resistance toinsecticides. In D. W. Hogstrum, T.W. Phillips. &G. Cuperus (Eds.), *Stored products protection* (pp.25-34). Kansas State University.
35. Rani, S., Bhat, M.Y.& Qayoom, A. (2021).Insecticidal potential of selected botanical extracts against stored grain pests, *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1), 1–7.
36. Rattan, R.S. (2010). Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop Protection*, 29(9), 913–920.
37. Regnault-Roger, C., Vincent, C. & Arnason, J.T. (2012). Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology*, 57, 405–424.
38. Sabbour, M. M. (2020). Comparative efficacy of different solvent extracts of *Piper nigrum* against *Tribolium castaneum*. *Bulletin of the National Research Centre*, 44(1): 110-118.
39. Samule, M.,V. Sivaram,V.& Oliver,W.M.(2014). Efficacy of chloroform extract of *Acacia nilotica* pods against red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2(5):304-308.
40. Singh, R., Tiwari.S. & Tripathi,A. K.(2018). Bioefficacy of plant extracts against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 77. 137-143.
41. Sokoloff, A., Saylor ,L.W. & LaBrecque, G. C.(1960). A simplified medium for rearing *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera:Tenebrionidae). *Annals of the Entomological Society of America* . 53(5): 622-657.
42. Tripathi, A. K., Upadhyay, S., Bhuiyan, M. & Bhattacharya, P. R. (2005). A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. *Journal of pharmacognosy and phytochemistry*. 1(1): 52-63.
43. Tripathi, A.K., Prajapati, V., Aggarwal, K. K. & Khanuja, S.P.S. (2009). Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, 31, . 64–70.

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **JLABW** and/or the editor(s). **JLABW** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.