مجلة الدراسات التربوية والعلمية - كلية التربية - الجامعة العراقية
العدد السابع والعشرون - المجلد الثالث - علوم الحياة - آذار 2026 م
doi.org/10.52866/esj.2026.03.27.01

تاثير مساحيق أوراق نباتات الدفلة *Nerium oleander* واليوكالبتوس *Eucalyptus camaldulensis* على بالغات خنفساء الدقيق الصدئية *Tribolium castaneum*

ازل حسن علوان // جامعة تكريت/ كلية التربية للعلوم الصرفة - قسم علوم حياة
parisstar1996@tu.edu.iq

مستخلص:

تتناول هذه الدراسة تقييم تأثير مساحيق أوراق نباتي الدفلة واليوكالبتوس Eucalyptus camaldulensis في بالغات خنفساء الدقيق الصدئية Tribolium castaneum، وهي من أخطر الآفات الحشرية التي تصيب المواد الغذائية المخزونة وتسبب خسائر اقتصادية كبيرة. أُجريت التجارب في مختبرات قسم علوم الحياة – كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة تكريت، بهدف البحث عن بدائل طبيعية وآمنة للمبيدات الكيميائية التقليدية.

تمت معاملة الحشرات في أوساط غذائية (دقيق) أضيفت إليها تراكيز مختلفة من مساحيق أوراق النباتين بلغت (5 و10 غم)، مع اعتماد معاملة سيطرة خالية من المسحوق لغرض المقارنة. جُمعت بيانات الوفيات أسبوعيًا ولمدة أربعة أسابيع متتالية، ثم خضعت النتائج للتحليل الإحصائي للكشف عن الفروق المعنوية بين المعاملات.

أظهرت النتائج تفوق مسحوق أوراق نبات الدفلة على مسحوق اليوكالبتوس في فعاليته السمية تجاه بالغات الحشرة، إذ لوحظت زيادة معنوية في نسب الوفيات بزيادة التركيز وطول مدة التعرض. بلغ متوسط عدد الوفيات في معاملة الدفلة (1.63 فردًا) مقارنة بـ(1.00 فرد) في معاملة اليوكالبتوس. كما بينت التحليلات الإحصائية وجود فروق معنوية تعزى إلى نوع النبات وتركيز المسحوق وفترة التعرض، مع وجود تفاعل واضح بين هذه العوامل في تحديد مستوى السمية.

تشير نتائج الدراسة إلى أن استخدام مساحيق أوراق النباتات المحلية، ولاسيما الدفلة، يُعد خيارًا واعدًا في مكافحة آفات المخازن الحشرية، لما تتميز به من توفر محلي، وقلة التكلفة، وانخفاض التأثيرات البيئية السلبية. وتوصي الدراسة بإجراء أبحاث مستقبلية موسعة لتقييم تأثير هذه المساحيق أو مستخلصاتها في الأطوار الحياتية الأخرى للحشرة، وتحديد التراكيز والجرعات المثلى بما يدعم تطبيقها العملي ضمن برامج المكافحة الحيوية الصديقة للبيئة.

الكلمات المفتاحية: **الدفلة** *Nerium oleander* ، **الكالبتوس** *Eucalyptus* ، **بالغات خنفساء الدقيق الصدئية** *Tribolium castaneum* ، **مساحيق**.

Effect of Leaf Powders of *Nerium oleander* and *Eucalyptus camaldulensis* on Adults of the *Tribolium castaneum*

Azal Hassan Alwan // Tikrit University / College of Education for Pure Sciences, Department of Life Sciences
parisstar1996@tu.edu.iq

Abstract:

This study investigates the effect of leaf powders of oleander (*Nerium oleander*) and eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*) on adults of the *Tribolium castaneum*, one of the most serious insect pests infesting stored food products and causing significant economic losses. The experiments were conducted in the laboratories of the Department of Life Sciences, College of Education for Pure Sciences, Tikrit University, with the aim of exploring natural and safe alternatives to conventional chemical pesticides.

The insects were treated in food media (flour) to which different concentrations of plant leaf powders (5 and 10 g) were added, alongside an untreated control for comparison. Mortality data were recorded weekly for four consecutive weeks, after which the results were subjected to statistical analysis to determine significant differences among treatments.

The results showed that oleander leaf powder was more effective than eucalyptus leaf powder in its toxic activity against adult beetles, as a significant increase in mortality rates was observed with increasing concentration and longer exposure periods. The mean number of deaths reached 1.63 individuals in the oleander treatment compared to 1.00 individual in the eucalyptus treatment. Statistical analyses also revealed significant differences attributable to plant species, powder concentration, and exposure period, with a clear interaction among these factors in determining toxicity levels.

The findings indicate that the use of leaf powders of local plants, particularly oleander, represents a promising option for controlling insect pests of stored products due to their local availability, low cost, and reduced negative environmental impacts. The study recommends conducting further extensive research to evaluate the effects of these powders or their extracts on other life stages of the insect and to determine optimal concentrations and doses to support their practical application within environmentally friendly biological pest control programs.

Keywords: Oleander (*Nerium oleander*), Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*), adults of (*Tribolium castaneum*), powders.

المقدمة

تُعَدّ المنتجات المخزونة ذات الأصل النباتي من أكثر المواد عرضةً للإصابة بآفات المخازن الحشرية، والتي تُسبِّب خسائر اقتصادية كبيرة على المستويين الكمي والنوعي. فقد تم تسجيل أكثر من (600) نوع من العث و(70) نوعًا من الخنافس التي تهاجم المواد المخزونة مسببةً تلف مكوناتها وتدهور جودته (Sriranjini and Rajendran, 2008).

تُعَدّ خنفساء الدقيق الصدئية الحمراء من أهم الآفات الحشرية العالمية التي تصيب المواد الغذائية المخزونة، إذ تنتشر في أكثر من (150) دولة بفضل قدرتها العالية على التكيف وسهولة انتقالها عبر الأنشطة البشرية. وتكمن خطورتها في اتساع نطاق عوائلها وسرعة تكاثرها، مما يؤدي إلى خسائر اقتصادية مباشرة ناتجة عن تلف المواد، وأخرى غير مباشرة بسبب انخفاض الجودة (Campbell واخرون، 2022).

ونظرًا للأضرار الاقتصادية والبيئية الناجمة عن استخدام المبيدات الكيميائية التقليدية المعتمدة مثل الفوسفين وبروميد الميثايل تتمثّل في تلوث الهواء والتربة والمياه وتأثيره السلبي في التنوع الحيوي، إضافةً إلى ما ينتج عنه من خسائر اقتصادية كرفض المنتجات الملوثة وارتفاع تكاليف المعالجة ومخاطر السمّية على العاملين.، اتجهت الأبحاث الحديثة نحو إيجاد بدائل طبيعية آمنة وفعّالة في مكافحة آفات المخازن (Mustafa and Al-khazraji , ; 2004 Mustafa, 1999).

تُعَدّ المستحضرات النباتية ولعطرية من أبرز المصادر الطبيعية للمركبات الكيميائية ذات النشاط السُّمي ضد الحشرات، ومن أهمها نباتا اليوكالبتوس والدفلة. إذ يحتوي اليوكالبتوس على مركبات فعّالة تنتمي إلى مجموعتي التربين والسيمين، وخاصة مركب Eucalyptol الذي يشكّل نحو (70٪) من زيوته الطيّارة، في حين تحتوي الدفلة على مركبات سامة طبيعية مثل Oleandrin و Neriadtin و Neri-folin ذات تأثير بيولوجي قوي ضد الحشرات.

تنبع أهمية هذه الدراسة من توافر نباتَي اليوكالبتوس والدفلة في البيئة المحلية وسهولة الحصول عليهما وانخفاض تكلفتهما، مما يجعلهما خيارين مناسبين لمكافحة الحشرات الضارة بالمخازن بطريقة آمنة وصديقة للبيئة. ويهدف هذا البحث إلى تقييم تأثير تراكيز مختلفة من مساحيق أوراق هذين النباتين في نسب وفيات بالغات خنفساء الدقيق الصدئية.

المواد وطرائق العمل

جمع وتربية الحشرة المستخدمة في الدراسة

تم جمع الأفراد الكاملة من خنفساء الدقيق الصدئية الحمراء من مطاحن محلية في قضاء العلم – محافظة صلاح الدين / العراق، والتي كانت تحتوي على حبوب مصابة. نُقلت العينات إلى مختبر الأحياء في كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة تكريت لإجراء عمليات التربية تحت ظروف مختبرية مناسبة.

وُضعت الحشرات في أوعية زجاجية نظيفة سعة (250) غم مغطاة بقطع من القماش المثبّتة بواسطة شريط مطاطي، وذلك للسماح بالتهوية ومنع خروج الحشرات. استُخدم الدقيق الأبيض النظيف كغذاء ووسط للتربية، وتم حفظ الأوعية داخل حاضنة من نوع Fisher Scientific بدرجة حرارة ثابتة (30±2)°م ورطوبة نسبية (55±5) ٪.

تُركت الحشرات لتتكاثر حتى الحصول على مزرعة نقية من الأفراد البالغة، لكي يتم استُخدامها لاحقًا في التجارب الخاصة بتقييم تأثير مساحيق أوراق نباتي الدفلة واليوكالبتوس.

جمع وتحضير النباتات المستخدمة في الدراسة

تم جمع أجزاء النبات المستعمل في الدراسة الحالية من محافظة صلاح الدين / قضاء العلم خلال شهري تموز آب من العام 2024 وهو أوراق اليوكالبتوس ونبات الدفلة وصنفت من قبل اساتذة اختصاص النبات في قسم علوم الحياة/ كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة تكريت . ثم بعدها غسلت الأجزاء النباتية وتم تنظيفها من الأتربة والأوساخ التي كانت عالقة في النبات ومن ثم جففت في الظل داخل المختبر بدرجة حرارة 25–20مْ و وضعت أوراق النباتات المجففة في قنينة زجاجية نظيفة وجافة محكمة الغلق ثم تم خزنها لحين بدء عملية الاستخلاص (Riose وآخرون، 1987).

تحضير تراكيز مسحوق نباتي الدفلة واليوكالبتوس

تم تحضير تراكيز مسحوق نباتي الدفلة واليوكالبتوس وذلك بوزن مساحيق أوراق نباتي الدفلة واليوكالبتوس بوزنين مختلفين (5) غم و10))غم للحصول على تراكيز متفاوتة. أُضيفت هذه المساحيق إلى أطباق البتري المحتوية على (20) غم من الدقيق، وجرى خلطها جيدًا لضمان تجانس المكونات. خُصص لكل تركيز 5 تكرارات ، في حين استُخدمت اطباق آخرى تحوي الدقيق فقط دون أي إضافة من المساحيق كنموذج سيطرة (Con-trol).

أُضيفت إلى كل طبق بتري (10) أفراد بالغة من خنفساء الدقيق الصدئية التي تم تربيتها مسبقًا في المختبر، ثم أُغلقت الأطباق بغطاء مثقوب للسماح بمرور الهواء ومنع تكاثف الرطوبة. وُضعت جميع الأطباق، بما فيها أطباق السيطرة، داخل الحاضنة الكهربائية على درجة حرارة ثابتة قدرها (30 ± 2)م، ورطوبة نسبية قدرها (55 ± 5) ٪ . تم تسجيل نسبة الوفيات بين أفراد الخنافس بعد مرور(7) أيام من المعاملة، واستمرت الملاحظات لمدة شهر كامل لتقييم التأثير التراكمي لمساحيق النباتات في الحشرة.

التحليل الإحصائي

تم تحليل البيانات الناتجة عن التجارب باستخدام البرنامج الإحصائي (Minitab الإصدار 17). استُخدم اختبار تحليل التباين الأحادي (One-way ANOVA) للكشف عن الفروق المعنوية بين المعاملات المختلفة. وبعد ذلك، تمت مقارنة المتوسطات الحسابية باستخدام اختبار دنكن متعدد الحدود (Duncan's Multiple Range Test) عند مستوى معنوية ($P \leq 0.05$).

كما تم تصحيح نسب الوفيات باستخدام معادلة أبوت (Abbott , 1925) وفق المعادلة الآتية:

النسبة المصححة للوفيات= (وفيات المعاملة– وفيات الكونترول)/ (وفيات الكونترول –100) × 100

النتائج والمناقشة

1– تأثير تراكيز مسحوق نبات الدفلة في بالغات خنفساء الدقيق الصدئية *Tribolium castaneum*

تُظهر النتائج الموضّحة في **الجدول (1)** أن مسحوق أوراق نبات الدفلة كان له تأثير معنوي في زيادة عدد الوفيات بين بالغات خنفساء الدقيق

الصدئية ، إذ ارتبط ارتفاع تركيز المسحوق ومدة التعرض بزيادة واضحة في معدلات الوفيات خلال الأسابيع التجريبية الأربعة.

فقد سجّل التركيز المنخفض (5 غم) أقل عدد من الوفيات، حيث تراوح عددها بين (0–2) حالة وفاة طوال مدة التجربة، وبلغ متوسط عدد الوفيات (0.75) حشرة، مما يشير إلى محدودية التأثير السمي عند هذا التركيز. في المقابل، أظهر التركيز الأعلى (10 غم) فعالية أكبر، إذ ارتفع عدد الوفيات تدريجيًا من وفاة واحدة في الأسبوع الأول إلى أربع وفيات في الأسبوع الرابع، وبلغ متوسط الوفيات (2.5) حشرة، وهو ما يدل على وجود علاقة طردية واضحة بين تركيز مسحوق الدفلة وعدد الوفيات المسجلة.

كما أوضحت النتائج وجود تأثير تراكمي بمرور الزمن، إذ ارتفع متوسط عدد الوفيات من (0.5) في الأسبوع الأول إلى (3.0) في الأسبوع الرابع، كما هو مبين في الجدول (1)، مما يدل على أن التأثير السمي لمسحوق الدفلة يزداد مع زيادة مدة التعرض. وقد أظهرت التحليلات الإحصائية وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى احتمالية ($P\leq0.05$)، حيث إن القيم التي تحمل الحرف نفسه لا تختلف معنويًا، في حين يشير اختلاف الحروف الإحصائية إلى وجود فروق معنوية حقيقية، وقد تميّز الأسبوع الرابع ومعاملة التركيز العالي باختلاف معنوي عن بقية المعاملات.

ويُعزى هذا التأثير السمي المرتفع لمسحوق أوراق الدفلة إلى احتوائه على مركبات كلايكوسيدية فعّالة، مثل Oleandrin و Neriine، التي تؤثر في الجهاز العصبي والعضلي للحشرات من خلال تعطيل إنزيمات نقل الأيونات عبر الأغشية الخلوية، مما يؤدي إلى اختلال الجهد الغشائي، وفقدان القدرة الحركية، ثم حدوث الشلل والموت. كما قد تتداخل هذه المركبات مع إنزيمات الهضم والعمليات الأيضية داخل القناة الهضمية للحشرة، مما يزيد من فعاليتها السمية، ولا سيما عند التعرض المستمر (Agrawal, 2017).

وتتفق نتائج هذه الدراسة مع ما أشار إليه Sehgal وآخرون (2012) أن جميع أجزاء نبات الدفلة تحتوي على مركبات سامة، وأن شدة تأثيرها تعتمد على التركيز ومدة التعرض، كما تتوافق مع ما أوضحه Ojiako (2014) من أن مستخلصات الدفلة تؤدي إلى ارتفاع معنوي في معدلات الوفيات عند تجاوز جرعات معينة، نتيجة التراكم التدريجي للكلايكوسيدات القلبية داخل الأنسجة الحيوية.

وتعكس الزيادة التدريجية في معدلات الوفيات مع مرور الوقت الطبيعة التراكمية لتأثير مسحوق الدفلة، حيث إن الجرعات المنخفضة قد لا تُحدث تأثيرًا قاتلًا فوريًا، إلا أن استمرار التعرض يؤدي إلى تراكم المركبات الفعالة داخل جسم الحشرة، وينتهي بحدوث النفوق. وبناءً على ذلك، تؤكد نتائج الدراسة الحالية أن سمية نبات الدفلة ذات طبيعة تراكمية، تزداد بزيادة التركيز وطول مدة التعرض، مما يبرز أهمية توخي الحذر عند استخدامه في البيئات الزراعية ومخازن الحبوب وتحديد الجرعات الآمنة للتعامل معه.

جدول (1) يبين تأثير تراكيز مسحوق و نبات الدفلة في بالغات خنفساء الدقيق الصدئية خلال 4 اسابيع من المعاملة.

تركيز مسحوق الدفلة	عدد الوفيات				متوسط التركيز
	الاسبوع				
	1	2	3	4	
(5) غم	0 d	1 Cd	0 d	2 bc	0.75 b
(10) غم	1 cd	2 Bc	3 ab	4 a	2.5 a
متوسط الاسابيع	0.5 c	1.5 B	1.5 b	3.0 a	

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات ضمن العمود الواحد، في حين تشير الأحرف الكبيرة المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات ضمن الصف الواحد، وذلك عند مستوى احتمالية ($P \leq 0.05$) حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

2- تأثير تراكيز مسحوق نبات اليوكالبتوس في بالغات خنفساء الدقيق الصدئية .

تُبيّن النتائج الموضّحة في الجدول (2) أن مسحوق أوراق نبات اليوكالبتوس أظهر تأثيرًا سامًا محدودًا إلى متوسط الشدة في بالغات خنفساء الدقيق الصدئية ، مقارنةً بالتأثير العالي الذي سجّلته بعض النباتات الأخرى، إلا أن عدد الوفيات ازداد طرديًا مع زيادة تركيز المسحوق وطول مدة التعرض.

فقد أظهرت معاملة التركيز المنخفض (5 غم) انخفاضًا واضحًا في عدد الوفيات، إذ كانت حالات النفوق شبه معدومة خلال الأسابيع الأربعة، وبلغ متوسط عدد الوفيات (0.25) حشرة فقط، مما يدل على ضعف التأثير السمي عند هذا التركيز. في المقابل، بدأت الوفيات بالظهور عند استخدام التركيز الأعلى (10 غم)، حيث سُجّلت حالتا وفاة في الأسبوع الثالث، وارتفع العدد إلى أربع وفيات في الأسبوع الرابع، ليبلغ متوسط عدد الوفيات (1.75) حشرة، مما يشير إلى وجود علاقة طردية واضحة بين تركيز مسحوق اليوكالبتوس وعدد الوفيات المسجّلة، كما هو موضح في الجدول (2).

كما أظهرت النتائج تأثيرًا تراكميًا بمرور الزمن، إذ ارتفع متوسط عدد الوفيات من (0.5) في الأسبوعين الأول والثاني إلى (2.0) في الأسبوع الرابع، مما يدل على أن التأثير السمي لمسحوق اليوكالبتوس يزداد مع استمرار مدة التعرض. وقد أكدت الحروف الإحصائية المرافقة للقيم وجود فروق معنوية حقيقية بين الأسابيع والتراكيز المختلفة عند مستوى احتمالية ($P \leq 0.05$) ، حيث تميّز الأسبوع الرابع بالحرف (a)، مما يشير إلى تفوقه المعنوي في إحداث الوفيات، ولا سيّما عند التركيز الأعلى.

ويُعزى التأثير السمي المتوسط لمسحوق أوراق اليوكالبتوس إلى طبيعة المركّبات الكيميائية الفعالة الموجودة في أوراقه، إذ يحتوي على زيوت طيّارة ومركّبات فينولية وتربينية، مثل Eucalyptol و α-pinene و Cineole، والتي تُحدث اضطرابًا

تدريجيًا في العمليات الحيوية للحشرة. إذ تؤدي هذه المركّبات إلى اختلال في التوازن الأيوني والإنزيمي داخل جسم الحشرة، مما يسبب ضعف الحركة والشلل التدريجي، ثم الموت عند تراكم الجرعات بمرور الوقت.

تشير الزيادة التدريجية في عدد الوفيات خلال الأسابيع المتأخرة من فترة التجربة إلى أن تأثير نبات اليوكالبتوس يتسم بطبيعة تراكمية، إذ إن التعرض المستمر للمركبات الطيّارة يؤدي إلى تراكمها في الوسط المحيط بالحشرة، وزيادة تركيزها داخل أنسجتها، مما يعزز من فعاليتها السمية بمرور الوقت.

ويتوافق هذا النمط من التأثير مع نتائج دراسات سابقة، من بينها دراسة Mahdi and Saleh (2021) ودراسة (2021) ،Al-Zubaidy and Mah-mood اللتين أوضحتا أن المستخلصات الورقية لليوكالبتوس تمتلك فعالية حشرية تعتمد على تركيز المستخلص ومدة التعرض، إلا أن حدّة تأثيرها تبقى أقل مقارنة بالنباتات التي تحتوي على مركبات ذات سمّية عالية.

كما تُظهر المقارنة بين نتائج اليوكالبتوس والدفلة تفاوتًا واضحًا في مستوى السمية، إذ بلغ متوسط عدد الوفيات في معاملة الدفلة (1.63) مقارنةً بـ(1.00) في معاملة اليوكالبتوس، ويُعزى هذا الاختلاف إلى التباين في طبيعة المركّبات الفعالة وآلية تأثيرها؛ ففي حين تعتمد الدفلة على كلايكوسيدات قلبية عالية السمية تُحدث تأثيرًا مباشرًا وسريعًا في الجهاز العصبي والعضلي للحشرة، يعتمد اليوكالبتوس على زيوت طيّارة ذات تأثير أبطأ وأكثر اعتدالًا، وتتطلب زمنًا أطول لإظهار تأثيرها السام.

وبناءً على ذلك، يمكن الاستنتاج أن مسحوق أوراق اليوكالبتوس يمتلك تأثيرًا سامًا متوسط الشدة ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدئية، وأن فعاليته تزداد بزيادة التركيز وطول مدة التعرض، إلا أنها تبقى أقل مقارنةً بالسمية العالية التي أظهرها نبات الدفلة. وتُعد هذه النتائج أساسًا علميًا مشجعًا لإدماج اليوكالبتوس ضمن برامج المكافحة الحيوية أو المتكاملة للآفات، نظرًا لطبيعته البيئية الآمنة نسبيًا وإمكانية استخدامه كبديل أو مكمل للمبيدات الكيميائية التقليدية.

جدول(2) يبين تأثير تراكيز مسحوق و نبات اليوكالبتوس في بالغات خنفساء الدقيق الصدئية خلال 4 اسابيع من المعاملة

تركيز مسحوق الدفلة	عدد الوفيات				متوسط التركيز
	الاسبوع				
	1	2	3	4	
(5) غم	1 bc	0 C	0 c	0 c	0.25 b
(10) غم	0 c	1 Bc	2 b	4 a	1.75 a
متوسط الاسابيع	0.5 B	0.5 B	1.0 ab	2.0 a	

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات ضمن العمود الواحد، في حين تشير الأحرف الكبيرة المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات ضمن الصف الواحد، وذلك عند مستوى احتمالية ($P \leq 0.05$) حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

3- مقارنة تأثير مسحوق نباتي الدفلة واليوكالبتوس في بالغات خنفساء الدقيق الصدئية *Tribolium castaneum*

تُظهر النتائج الموضّحة في الجدول (3) أن التأثير الحيوي لمسحوق أوراق نباتي الدفلة واليوكالبتوس في بالغات خنفساء الدقيق الصدئية تأثر بشكل واضح بكل من نوع النبات وتركيز المسحوق ومدة التعرض. وقد تفوّق نبات الدفلة في إحداث التأثير السمي مقارنة باليوكالبتوس عند جميع التراكيز وفترات التعرض، مما يدل على اختلاف فعالية المركبات الفعالة بين النباتين.

بالنسبة لنبات الدفلة، أدّى استخدام التركيز المنخفض (5 غم) إلى تسجيل قيم منخفضة نسبيًا خلال الأسابيع الأربعة، إذ تراوحت القيم بين (0–2)، وبلغ متوسط التركيز (0.75). في المقابل، أدى رفع التركيز إلى (10 غم) إلى زيادة ملحوظة في التأثير الحيوي، حيث ارتفعت القيم تدريجيًا من الأسبوع الأول حتى الأسبوع الرابع لتصل إلى أعلى قيمة مسجلة، وبلغ متوسط التركيز (2.5). كما أظهرت متوسطات الأسابيع في معاملة الدفلة زيادة واضحة بمرور الزمن، إذ ارتفعت من (0.5) في الأسبوع الأول إلى (3.0) في الأسبوع الرابع، كما هو مبين في الجدول (3)، مما يشير إلى تأثير تراكمي مرتبط بمدة التعرض.

أما في نبات اليوكالبتوس، فقد كانت القيم المسجلة أقل عمومًا مقارنة بالدفلة. إذ سجّل تركيز (5 غم) قيمًا متدنية خلال جميع فترات التعرض تراوحت بين (0–1)، وبلغ متوسط التركيز (0.25)، مما يعكس ضعف التأثير الحيوي عند هذا التركيز. في حين أظهر تركيز (10 غم) زيادة تدريجية في القيم بمرور الوقت، حيث ارتفعت من الأسبوع الأول حتى الأسبوع الرابع، وبلغ متوسط التركيز (1.75). كما ارتفعت متوسطات الأسابيع في معاملة اليوكالبتوس من (0.5) في الأسبوع الأول إلى (2.0) في الأسبوع الرابع، وهو ما يدل على أن تأثير اليوكالبتوس يعتمد بدرجة أكبر على طول مدة التعرض مقارنة بالدفلة.

وعند مقارنة متوسطات النباتين، سجّل نبات الدفلة متوسطًا أعلى بلغ (1.63) مقارنة باليوكالبتوس الذي بلغ متوسطه (1.00)، كما هو موضح في الجدول (3) مما يشير إلى وجود فروق واضحة تعزى إلى نوع النبات. وقد أكدت الحروف المختلفة المصاحبة للقيم وجود فروق معنوية بين المعاملات المختلفة عند مستوى دلالة ($P \leq 0.05$)، الأمر الذي يدعم موثوقية الفروق المسجلة إحصائيًا.

يمكن تفسير الاختلاف في شدة التأثير الحيوي بين نباتي الدفلة Nerium oleander واليوكالبتوس Eucalyptus باختلاف التركيب الكيميائي للمركبات الثانوية في كل منهما. إذ تحتوي الدفلة على كلايكوسيدات قلبية فعّالة، مثل Oleandrin و-Neri ine، وهي مركبات معروفة بسمّيتها العالية وتأثيرها المباشر والسريع في الجهازين العصبي والعضلي للحشرات، مما يفسر الارتفاع الملحوظ في نسب الوفيات حتى عند التراكيز المنخفضة.

في المقابل، يحتوي نبات اليوكالبتوس على زيوت طيّارة ومركبات فينولية وتربينية أقل سمّية نسبيًا، إلا أنها تُحدث تأثيرات حيوية أبطأ وأقل حدّة، وهو ما أشار إليه Al-Zubaidy and Mahmood (2021)، حيث تعزى فعاليتها إلى التأثير التراكمي وطول مدة التعرض أكثر من التأثير السريع المباشر.

ويتوافق ازدياد التأثير الحيوي بزيادة التركيز مع مبدأ الاستجابة للجرعة (Dose–Response Relationship)، الذي ينص على أن ارتفاع كمية

المادة الفعالة يؤدي إلى تضخيم الأثر الحيوي حتى الوصول إلى حد الإشباع أو السمية (Chou ,2010) كما يُعزى ازدياد التأثير مع طول مدة التعرض إلى احتمالية تراكم المركبات الفعالة داخل الوسط الحيوي أو داخل أنسجة الحشرة، مما يعزز من فعاليتها السمية، وهو ما يتفق مع ما ذكره (Hasan وآخرون2021) حول دور الزمن في تعزيز التأثير الحيوي للمستخلصات النباتية.

وقد دعمت دراسات أخرى هذا التفسير، حيث أوضحت أن إطالة مدة التعرض تسهم في زيادة السمية نتيجة تراكم المركبات الفعالة أو تحفيز الاستجابات الفسيولوجية الداخلية للحشرة (Khalaf وآخرون، 2020).

ومن الناحية الكيميائية، يمكن تفسير التفوق الواضح لنبات الدفلة بامتلاكه مركبات عالية الفعالية حتى عند تراكيز منخفضة، في حين يعتمد اليوكالبتوس على الزيوت الطيّارة التي تتطلب تراكيز أعلى ومدة أطول لإحداث التأثير نفسه. كما قد تسهم عمليات التحول الكيميائي البطيئة، مثل الأكسدة أو التحلل الجزئي، في زيادة فعالية بعض المركبات بمرور الوقت (Noriega وآخرون، 2020).

وتتفق نتائج هذه الدراسة مع ما توصل إليه Kumar وآخرون (2017) من أن مستخلص الدفلة يُظهر تأثيرًا متزايدًا بزيادة التركيز وطول مدة التعرض، وكذلك مع دراسة Mahdi and Saleh (2021) التي أوضحت أن مستخلص أوراق اليوكالبتوس يتبع نمطًا طرديًا مشابهًا، ولكن بحدّة أقل. وبناءً على ذلك، يمكن الاستنتاج أن التأثير الحيوي للنباتات يعتمد بدرجة كبيرة على نوع المركبات الثانوية وتركيزها ومدة التعرض لها، مع تفوق واضح لنبات الدفلة مقارنة باليوكالبتوس، مما يبرز إمكانية الاستفادة من هذه النباتات ضمن برامج المكافحة الحيوية أو المتكاملة للآفات، مع ضرورة توخي الحذر عند التعامل مع نبات الدفلة نظرًا لسمّيته العالية.

جدول (3) مقارنة تأثير مسحوق نباتي الدفلة واليوكالبتوس في بالغات خنفساء الدقيق الصدئية خلال 4 اسابيع

نوع النبات	تركيز المسحوق	1 أسبوع	2 أسبوع	3 أسبوع	4 أسبوع	متوسط التركيز	متوسط النبات
الدفلة	(5) غم	0 d	1 Cd	0 d	2 bc	0.75 C	1.63 A
	(10) غم	1 cd	2 Bc	3 ab	4 a	2.5 A	
متوسط الأسابيع في الدفلة		0.5 c	1.5 B	1.5 b	3.0 a		
اليوكالبتوس	(5) غم	1 bc	0 C	0 c	0 c	0.25 C	1.00 B
	(10) غم	0 c	1 Bc	2 b	4 a	1.75 B	
متوسط الأسابيع في اليوكالبتوس		0.5 b	0.5 B	1.0 ab	2.0 a		

تشير الأحرف الصغيرة المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات ضمن العمود الواحد، في حين تشير الأحرف الكبيرة المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات ضمن الصف الواحد، وذلك عند مستوى احتمالية ($P \leq 0.05$) حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

الاستنتاج

تُظهر نتائج هذه الدراسة أن مسحوق أوراق نبات الدفلة يمتلك فعالية سُمّية أعلى من اليوكالبتوس ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدئية، وأن هذه الفعالية تزداد بزيادة التركيز وطول فترة التعرض. توصي الدراسة بإجراء بحوث إضافية لتقييم تأثير هذه النباتات على الأطوار الأخرى للحشرة ودراسة إمكانية دمجها ضمن برامج المكافحة الحيوية الآمنة في المخازن.

المصادر

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology, 18*(2), 265–267. https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265
- Agrawal, A. A. (2017). Herbivory and the evolution of cardiac glycoside sequestration in insects. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 48, 111–133.
- Al-Zubaidy, A. S., & Mahmood, H. S. (2021). Allelopathic effect of Eucalyptus leaf extracts on germination and growth of selected plants. Iraqi Journal of Science, 62 (5), 1872–1882.
- Campbell, J. F., Athanassiou, C. G., Hagstrum, D. W., & Zhu, K. Y. (2022). Tribolium castaneum: A model insect for fundamental and applied research. Annual Review of Entomology, 67, 347–365. https://doi.org/10.1146/annurev-ento-040421-083931
- Chou, T. C. (2010). Drug combination studies and dose-response analysis. Pharmacological Reviews, 58 (3), 621–681. https://doi.org/10.1124/pr.58.3.10
- Dobler, S., et al. (2012). Convergent evolution of metabolic resistance in insects to cardiac glycosides. Proceedings of the Royal Society B
- Hasan, R., Al-Fartosi, K., & Majeed, S. (2021). Time-dependent effects of plant secondary metabolites on physiological responses in higher plants. Plant Physiology and Biochemistry, 163 , 24–33..
- Khalaf, N., Al-Fartosi, K., & Majeed, S. (2020). Effect of exposure period on plant extract activity against selected species. Journal of Biological Research, 25 (1), 56–65.
- Kumar, P., Singh, V., & Gupta, R. (2017). Effect of Nerium oleander extracts on seed germination and plant growth parameters. International Journal of Botany Studies, 2 (5), 33–39.
- Mahdi, L. H., & Saleh, Z. S. (2021). Influence of Eucalyptus leaf extracts on microbial activity and growth inhibition. *Iraqi Journal of Biotechnology, 20 (1), 122–130.
- Mustafa, M. A. (1999). Growth–regulating activity of Chinaberry tree (Melia azedarach L.) on the Khapra beetle. Rafidain Journal of Science, 10 (2), 1–5.
- Mustafa, M. A., & Al-Khazraji, A. L. (2004). Effect of root powder of soaproot on stored product beetles. Rafidain Jour-

nal of Science, 15 (5), 15–19.

- Noriega, A. L., Pérez, M. R., & Vargas, E. M. (2020). Chemical transformation of plant secondary metabolites under prolonged exposure. Journal of Natural Products Research, 8 (2), 145–153.
- Ojiako, O. A. (2014). The phytochemical and toxicological studies of Nerium oleander Linn. African Journal of Biotechnology, 13 (14), 1514–1520.
- Petschenka, G., & Agrawal, A. A. (2015). How insects evolve resistance to plant toxins . Current Opinion in Insect Science, 8, 8–14.
- Riose, J .L .; Recido , M . C. and Villar, A . (1987) .Antimicrobial activity of selected plants employed in the Spanish Mediterranean area . J. Ethnopharmacol.,Vol.21:139-152.
- Sehgal, R., Sharma, S., Chaturvedi, S., & Bhattacharya, S. (2012). Toxicity of Nerium oleander in animals and humans: A review. Toxicon, 59 (7–8), 638–643.