تأثير المبيد الفوسفوري العضوي Diazinon في نمو برغوث الماء العذب *Daphnia magna* وبقائه

مي معين عاقل * ، أديب حسن زيني ** ، طارق عراج عراج ***

ملخص البحث

يُعد مبيد ديازينون من المبيدات الفوسفورية العضوية واسعة الاستخدام، مما يشكل خطراً محتملاً على النظم البيئية المائية. هدفت هذه الدراسة إلى تقييم السمية الحادة والمزمنة للديازينون على القشريات المائية برغوث الماء العذب *Daphnia magna*، مع التركيز على التأثيرات تحت المميتة التي قد تسبق النفوق.

تم تعريض أفراد *D. magna* حديثة الفقس لتراكيز متدرجة من مبيد ديازينون (200–1000 نانوغرام/لتر لتقييم السمية الحادة، و1–100 نانوغرام/لتر لتقييم السمية المزمنة). تم قياس معدلات النفوق لتحديد LC_{50}، وتقييم التغيرات في النمو (الطول، العرض، الوزن) ومعدل البقاء للأنثى خلال فترة التعرض المزمن.

أظهرت النتائج حساسية عالية للكائن تجاه المبيد، حيث بلغت قيمة التركيز القاتل النصفي للمبيد LC_{50} بعد 48 ساعة 0.4 ميكروغرام/لتر. كما أدت التراكيز تحت المميتة (1–100 نانوغرام/لتر) إلى انخفاض معنوي في معدلات النمو (وصلت إلى 72%) وتناقص في متوسط العمر المتوقع للأنثى مقارنة بالمجموعة الضابطة. بينت هذه الدراسة أن التأثيرات الضارة للديازينون على *D. magna* تظهر عند تراكيز منخفضة جداً.

كلمات مفتاحية: القشريات، *Daphnia magna* ، المبيدات الفوسفورية العضوية، ديازينون، السمية الحادة والمزمنة.

*) طالبة دكتوراه –قسم علم الحياة الحيوانية – كلية العلوم – جامعة اللاذقية – اللاذقية – سوريا.
**) أستاذ –قسم علم الحياة الحيوانية – كلية العلوم – جامعة اللاذقية – اللاذقية – سوريا.
***) مدرس–قسم الكيمياء البيئية–المعهد العالي لبحوث البيئة–كلية العلوم–جامعة اللاذقية – اللاذقية – سوريا.

The Effect of the Organophosphorus Pesticide Diazinon on the Growth and Survival of the Freshwater Flea *Daphnia magna*

Mai Moeen Akel * , Adib Hassan Zeini ** , Tareq Araaj Araaj ***

Abstract

Diazinon is one of the most widely used organophosphate pesticides, posing a potential threat to aquatic ecosystems.
This study aimed to evaluate the acute and chronic toxicity of diazinon on the aquatic crustacean *Daphnia magna*, focusing on sub-lethal effects that may precede mortality.

Newly hatched *D. magna* individuals were exposed to graded concentrations of pesticide diazinon (200–1000 ng/L for acute toxicity assessment, and 1–100 ng/L for chronic toxicity assessment).
Mortality rates were measured to determine LC_{50}, and changes in growth (length, width, weight) and female survival rate were evaluated during chronic exposure.

The results showed high sensitivity of the organism to the pesticide, with an LC_{50} value after 48 hours of 0.4 µg/L.
Sub-lethal concentrations (1–100 ng/L) caused a significant reduction in growth rates (up to 72%) and a decrease in life expectancy of the female compared to the control group.

This study demonstrated that diazinon exerts adverse effects on *D. magna* at very low concentrations.

Keywords: Crustacea , *Daphnia magna*, organophosphorous pesticides, diazinon, acute and chronic toxicity.

*) PhD student, Department of zoology, Faculty Of Sciences, Latakia University, Latakia ,Syria.

**) Professor, Department of zoology, Faculty Of Sciences, Latakia University, Latakia ,Syria .

***) Lecturer, Department of environmental chemistry, higher institute for environmental research, Latakia University, Latakia, Syria.

1. مقدمة:

تعد متفرعات القرون Cladocera أحد أهم مكونات العوالق الحيوانية القشرية في المياه العذبة، تشكل حلقة مهمة في السلاسل الغذائية، إذ تمثل جزءاً أساسياً من المستهلكات الأولية والثانوية **[1]**.تتحمل العديد من أنواعها تغيرات الشروط البيئية فهي واسعة السكن إلى حد كبير Eurybionts، إذ تعيش أفرادها في جميع أوساط المياه العذبة كالبحيرات والأنهار وخزانات السدود والبرك المؤقتة وأحواض تربية الأسماك والجداول خاصة في المناطق الشاطئية الغنية بالنباتات. تعد فصيلة Daphniidae إحدى الفصائل المهمة لمتفرعات القرون، وتمتلك خصائص مميزة تتجسد في قدرتها على التوالد البكري Parthenogenesis **[2]**، وتتغذى بطريقة الترشيح Filter Feeding وقدرتها على التغيرات الشكلية الدورية Cyclomorphosis التي تطرأ على أفرادها كرد فعل تجاه شروط الوسط المحيط وخاصة درجات الحرارة، كما لها القدرة الجيدة على السباحة بفضل ضربات قرون استشعارها **[3]**.

تستخدم بعض أفراد فصيلة Daphniidae كمؤشرات حيوية Bioindicators على نوعية المياه **[4]**، كما يتم تربية بعضها بكميات كبيرة بهدف الحصول على غذاء حي ليرقات الأسماك وصغارها**[5]**، وتكمن أهميتها من خلال دورها في تحديد حالة البيئة في المسطحات المائية ومدى صلاحيتها للاستثمار **[6]**.

تستخدم براغيث الماء كحيوانات تجربة في الدراسات المتعلقة بالسمية وتلوث المياه، وتعد عينات حيوية مناسبة لإجراء التجارب المخبرية عليها لتمتعها بخصائص مهمة مثل: **الخصوبة العالية، والنضج الجنسي المبكر، والنمو السريع**، التكيف الجيد مع الوسط المحيط، سهولة الحركة، والقدرة على الحياة في ظروف الكثافة السكانية العالية، إضافة إلى التركيب الكيميائي وقيمتها الغذائية العالية، وأبعادها التي تتناسب مع فتحة فم الأسماك ويرقاتها وسهولة استزراعها والحفاظ عليها في المختبر **[7]**.

أيضاً تعد مناسبة للدراسة وللتجارب المخبرية نظراً لصغر حجمها، وقصر دورة حياتها، وتوفر جميع فئاتها العمرية على مدار السنة، وهي نموذجية لدراسة علم الجينوم المقارن بسبب بنيتها البسيطة وتركيبها الشفاف **[8]**.

تُعد حلقة وصل غذائية بين المستويين الأول والثالث في السلسلة الغذائية. لذلك اتجه كثير من الباحثين لتربيتها في المختبر ضمن شروط خاصة لاستعمالها كغذاء حي ليرقات الأسماك **[9]**.

تعد الملوثات الكيميائية من أهم العوامل السلبية المؤثرة في حياة برغوث الماء العذب وتكاثره، فهي حساسة للملوثات السامة وتعتبر دليلاً بيئياً لاختبار سمية المواد الكيميائية، أو معرفة الحدود المسموح بها من المبيدات الحشرية Insecticides، إذ تؤثر هذه المواد بالتراكيز الضئيلة على

برغوث الماء، من خلال تأثيرها على النمو الطولي والعرضي والزيادة في الوزن ومعدل البقاء وعلى الصفات التكاثرية كزمن النضج الجنسي وعدد الحضنات وعدد الأفراد لكل أنثى وغيرها **[10]**.

تستخدم المبيدات الفوسفورية العضوية بكثرة في مكافحة الآفات الحشرية بسبب تفككها السريع وقلة تراكمها في البيئة **[11]**، لذا تستعمل على نطاق واسع من قبل المزارعين لكن هذا الاستخدام يؤدي لتلوث البيئة ووصولها للماء حيث أنها تنحل بشكل كبير في الماء وهذا يؤثر بشكل سام على المتعضيات الموجودة في البيئة المائية **[12, 13]**.

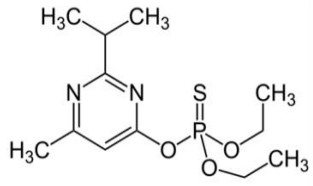
تعمل المبيدات الفوسفورية كمثبطات للأستيل كولين أستيراز (أنزيم هام لعمل الأعصاب)، مما يؤدي إلى تراكم الناقل العصبي أستيل كولين في الكائن و للتنبيه الشديد للجملة العصبية مسبباً أعراض سمية عصبية عند الكائنات المتعرضة لهذه المبيدات، كما أظهرت الدراسات تأثيرات متعددة على أجسام المتعضيات كانخفاض تركيز البروتين في جسم الكائن **[14]**، وتشكيل جذور حرة مؤكسدة في أنحاء الجسم **[15]**، وأعراض سمية جينية **[16]** وآخرى مناعية **[17]**.

إن الاستخدام الكبير والغير مرشد لهذه المبيدات في سوريا يزيد من احتمالية وصولها للتربة والأحواض المائية وتلوثها **[18]**، لذلك من الضروري تحديد وتقييم الأثر السمي لها على الكائنات وما تسببه من آثار سلبية على البيئة.

تتأثر البيئات المائية بالمبيدات من خلال الانجراف بالرياح والجريان السطحي بفعل الأمطار ومياه الري ومياه الصرف الصحي، فتصل إلى الأنهار والمحيطات وتؤثر على الكائنات الحية فيها كالقشريات والأسماك الصغيرة التي تتغذى على الهائمات الحيوانية ويرقات الحشرات والمفصليات الصغيرة الأخرى، وهي بدورها تصبح غذاء للأسماك الكبيرة والطيور التي تشكل جزءاً رئيسياً من غذاء الانسان، وهكذا تنتقل المبيدات إلى قمة الهرم الغذائي **[19]**.

تتأثر أيضا الكائنات المائية مباشرة بالمبيدات الأمر الذي يؤدي لانخفاض أعدادها ويهدد البعض الآخر بالانقراض **[20, 21]**، ومن هذه المبيدات الفوسفورية العضوية مبيد ديازينون وهو مبيد حشري غير جهازي واسع الاستخدام في مكافحة الحشرات الزراعية والمنزلية**[22]** شديد السمية للأسماك **[23, 24]** و أكثر سمية وحساسية للقشريات والعوالق الحيوانية **[25]**، له قدرة على التلوث المائي نتيجة الجريان السطحي من الأراضي الزراعية **[26]**، لا يسمح حالياً باستخدامه في عدة دول بسبب سميته العالية للإنسان والحيوانات، حيث تصنفه منظمات البيئة مثل (EPA و WHO) كمبيد عالي السمية للإنسان والكائنات المائية **[27]**. يظهر الجدول (1) بعض الخصائص الكيميائية للمبيد **[28]**.

الجدول (1): بعض الخصائص الكيميائية للمبيد Diazinon.

الصيغة الجزيئية	$C_{12}H_{21}N_2O_3PS$	304.34 الكتلة الجزيئية
اسم المركب	الاسم الكيميائي بحسب IUPAC	الصيغة البنيوية
Diazinon	***O,O*-Diethyl *O*-[4-methyl-6-(propan-2-yl) pyrimidin-2-yl] phosphorothioate**	

2- هدف البحث وأهميته:

تكمن أهمية هذا البحث في كونه يُقدم تقييماً دقيقاً وشاملاً للمخاطر البيئية المترتبة على استخدام مبيد ديازينون الفوسفوري العضوي، أحد المبيدات واسعة الاستخدام، وذلك من خلال التركيز على الكائن الحي برغوث الماء العذب (*Daphnia magna*)، وفي تقييم التأثير السمي لهذا المبيد على *D.magna* باعتبارها مؤشراً حيوياً، حيث سيساهم في تحديد مدى خطورة التراكيز المتزايدة من هذا المبيد على الخصائص البيولوجية والحيوية لهذا النوع.

يقدم البحث معطيات حيوية لحماية البيئة المائية من خلال الكشف المبكر عن التلوث ووضع سياسات رقابية فعّالة تستند إلى أدلة علمية.

يهدف البحث الى:

دراسة أهم الخصائص البيولوجية لبرغوث الماء العذب *D. magna* عند تعريضها لتراكيز مختلفة من المبيد الحشري الفوسفوري العضوي (ديازينون).

تقييم السمية الحادة والمزمنة لهذا المبيد وتحديد حساسية *D. magna* تجاهه.

3-الجزء العملي:

3-1- الدراسة التصنيفية Classification:

ينتمي برغوث الماء العذب *Daphnia magna* إلى شعبة مفصليات الأرجل Arthropoda، تحت شعبة القشريات Crustacea، رتبة متفرعات القرون Cladocera، التي تضم حالياً نحو 840 نوعاً وهي واسعة الانتشار في مختلف أنحاء العالم **[29]**.

3-2- تربية الدافنيا Cultivation of Daphnia:

على الرغم من أن تربية الدافنيا لا تعد أمراً صعباً، إلا أن يتوقف نجاح هذه العملية على شروط عديدة منها تصميم أحواض التربية، ونوع الغذاء المقدم، ودرجة الحرارة، ودرجة حموضة الوسط وتركيز الملوحة **[30]**.

تم استخدام حوض كبير مملوء بمياه أُخذت من الصنبور، بعد تركها لترقد لعدة أيام قبل استعمالها بهدف التخلص من الكلور المنحل إن وجد. عُرض الحوض لفترات من الإضاءة والظلام 10/14 ض/ظ، بوجود ضوء صنعي في المختبر، ودرجة حرارة 2±20 مْ، وحموضة الوسط تراوحت بين pH 8-6.5، مع تأمين التهوية الجيدة حيث تراوح تركيز الأوكسجين المنحل في الماء بين 5-7 ملغ/ل. وتم تغذيتها بالطحالب حيث أن يُعد خليط من الطحالب الخضراء *Scenedesmus* و *Chlorella* بتركيز 0.2±3 مليون خلية/مل، مع الخمائر هو أفضل الأوساط لاستزراع وتنمية النوع *D. magna* في المختبر **[31]**.

3-3- تصميم التجارب Experiments design :

أجري هذا البحث في مخابر قسم علم الحياة الحيوانية، كلية العلوم، جامعة اللاذقية، استخدم المبيد بشكله التجاري تحت اسم Biocimadol 60، المادة الفعالة ديازينون 60%، وتم حفظه في الثلاجة 4°C .

تمت دراسة التركيز القاتل النصفي (LC_{50}- 24 h، LC_{50}- 48 h) من خلال إجراء سلسلة من التجارب لعدد من التراكيز وهي (200, 400, 500, 600, 800, 1000 ng/L) وضعت هذه التراكيز بتطبيق قانون مور للتمديد N1.V1=N2.V2، ومن هذه التجارب حُدد كل من LC_{50} 24h، LC_{50} 48h، وهما التراكيزان المسؤولان عن نفوق 50% من حيوانات التجربة ضمن ظروف قياسية مقدراً بـ ng/L خلال 24 و48 ساعة على (التوالي) **[32,33]**، حيث عُزل 50 فرد حديث الفقس (أقل من 24 ساعة) وتم توزيع الأفراد على مجموعات حيث وضع كل 10 أفراد في حوجلة مع ترك حوجلة ضابطة (حيث يعتبر الحيوان نافقاً إذا لم يبدي أية حركة داخلية أو خارجية خلال 10 ثوانٍ) **[34]**.

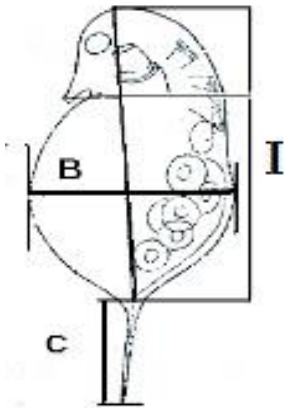
أما بالنسبة لدراسة تأثير السمية المزمنة (Chronic toxicity) في المؤشرات الحيوية فقد أجريت تجربة تمهيدية بتركيز ng/L (0.05)، لم تكن ذات تأثير معنوي ولم يلحظ فيها أي تغيرات محسوسة على الكائنات واستناداً إلى ذلك بالإضافة للدراسات المرجعية والتراكيز الموجودة في البيئة المحلية تم تحديد عدة تراكيز لدراستها وهي (1,10, 40, 60, 80, 100 ng/L)، أُستخدمت 10

حوجلات سعة 50 مل لكل تركيز ووضع في كل حوجلة 3 أفراد حديثة الفقس معلومة الأبعاد مع ترك حوجلة شاهد دون مبيد لكل تركيز، تم إضافة ترموستات للمياه وتثبيت الحرارة على 20 م^{o} وأخذ قياسات الأفراد ومراقبتها وتسجيل الملاحظات بشكل يومي حيث تم أخذ أبعادها وقياساتها (الطول، العرض، الوزن، مدة الحياة) الشكل(1)، اعتمدت الصيغة التالية في معرفة أوزان الأفراد (W) من خلال معرفة متوسطات قياس أطوالها، $W = q . l^{b}$ حيث أن:

l طول الفرد بـ ملم من قمة الرأس حتى بداية تشكل الشوكة الذيلية.

b ثابت لكل نوع وهي تساوي 3 بالنسبة لمتفرعات القرون عموماً.

q ثابت لكل نوع قشري وهو (0,052) للنوع *Daphnia magna*، حسب **[35]**.



الشكل (1): يوضح كيفية قياس الأفراد حيث: l = طول الفرد بدون شوكة الدرقة وB= عرض الدرقة وC= طول شوكة الدرقة.

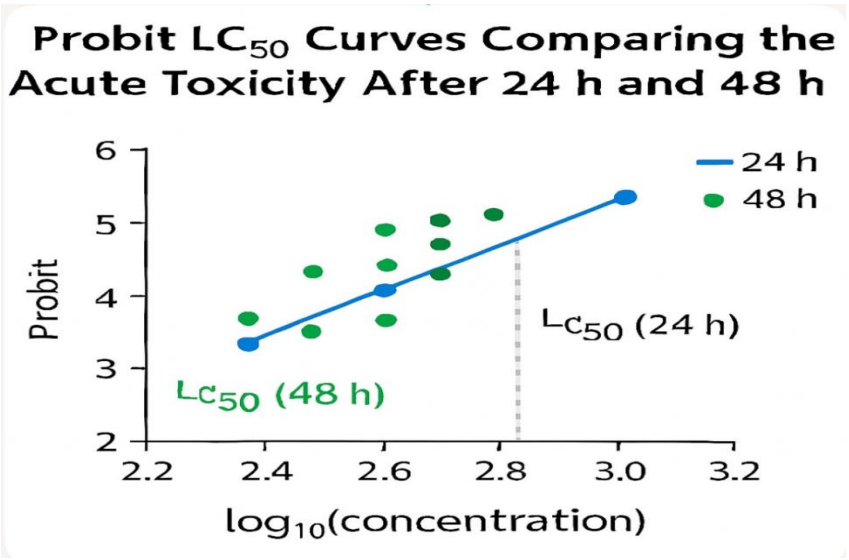
4-النتائج والمناقشة :

بلغت نتائج الدراسة الحالية للتركيز القاتل النصفي للمبيد ديازينون على أفراد برغوث الماء العذب المختبرة قيمتي (LC_{50} – 24h=0.8 µg/L و LC_{50} – 48h=0.4 µg/L)، تشير النتائج إلى

أن سمية المبيد تتزايد مع زيادة تركيز المبيد المستخدم وزمن التعرض مما يدل على أن التأثير تراكمي للعلاقة بين السمية والزمن، كما هو موضح في الشكل (2).

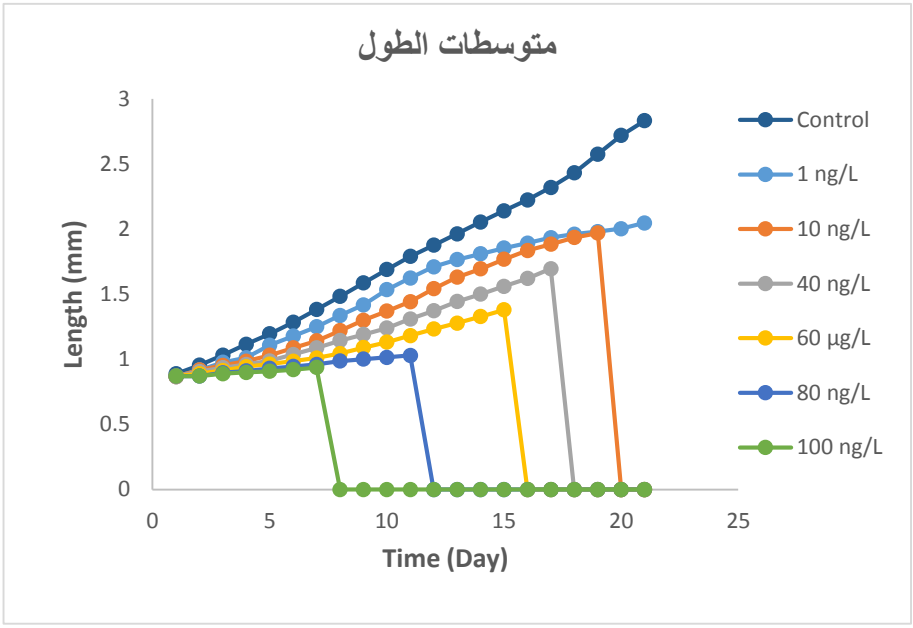
وقد كانت هذه النتائج متقاربة مع ما أوردته دراسات سابقة؛ حيث سجل **[36, 37]** قيماً تتراوح بين 0.5–1.2 ميكروغرام/لتر، كما أشار **[38]** إلى أن برغوث الماء يُعد من الكائنات المائية شديدة الحساسية للديازينون حيث تقل قيمة LC_{50} عن 1 ميكروغرام/لتر، وهو ما يتوافق مع نتائج هذه الدراسة.

في المقابل، سجلت دراسة **[39]** قيماً أعلى لـ LC_{50} (تجاوزت 1.5–2.0 ميكروغرام/لتر)، يمكن تفسير هذا الاختلاف بتباين في الظروف التجريبية مثل: درجة الحرارة، نوع الوسط الغذائي، ووفرة الغذاء، أو حتى بسبب اختلاف السلالات المدروسة ضمن جنس *Daphnia*. بشكل عام، يشير انخفاض قيم LC_{50} المسجلة في هذه الدراسة مقارنة بدراسات أخرى إلى أن السلالة المحلية من برغوث الماء العذب المستخدم في هذه التجربة أظهرت حساسية أكبر، مما يعزز الحاجة إلى تشديد الرقابة على وجود بقايا هذا المبيد في البيئات المائية، نظراً لآثاره السامة الحادة والمزمنة حتى عند التراكيز المنخفضة جداً.



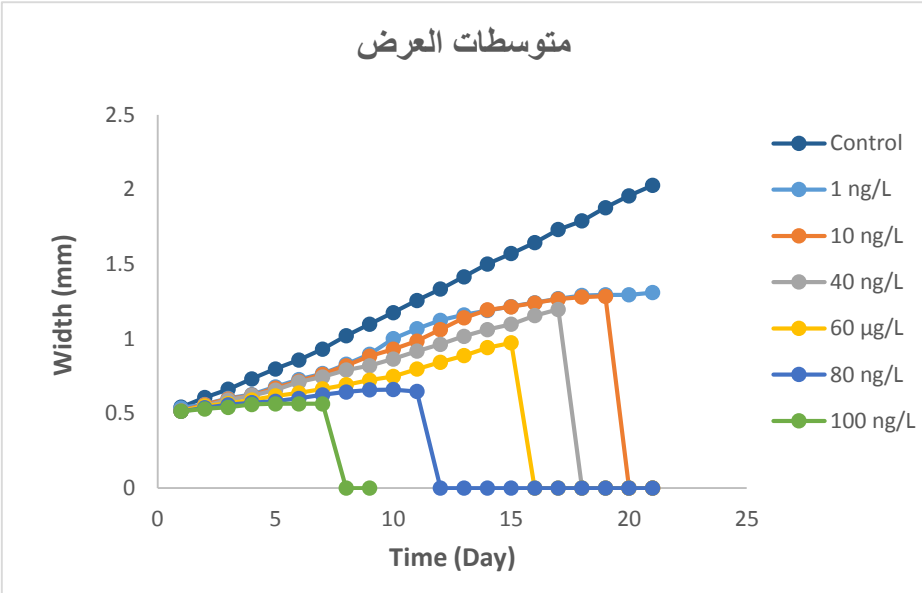
الشكل(2): منحنى بروبيت لمقارنة LC_{50} لمبيد ديازينون على *Daphnia magna* بعد 24 و 48 ساعة.

تبين من خلال تجارب السمية المزمنة طويلة الأمد، عند تعريض أفراد الدافنيا حديثة الفقس لتراكيز متدرجة من مبيد ديازينون، أن أطوال الأفراد البالغة تناقصت بشكل طردي مع ازدياد تركيز المبيد ، وقد كانت النتائج متقاربة عند التركيزين 10 ng/L و 1 ، حيث بلغ متوسط أطوال الافراد (1.97ملم و1.98 ملم على التوالي)، ثم تناقصت الأطوال تدريجياً مع ارتفاع التركيز إلى 60, 40, 80, 100 ng/L حيث وصل متوسط الطول عند التركيز 100 ng/L إلى 0.93 mm، وبالمقارنة مع المجموعة الضابطة، كان الاختلاف واضحاً وتأثير المبيد جلياً، إذ بلغ متوسط طول الفرد غير المعرض للمبيد حوالي 3.36 ملم، كما هو موضح بالشكل التالي (3).



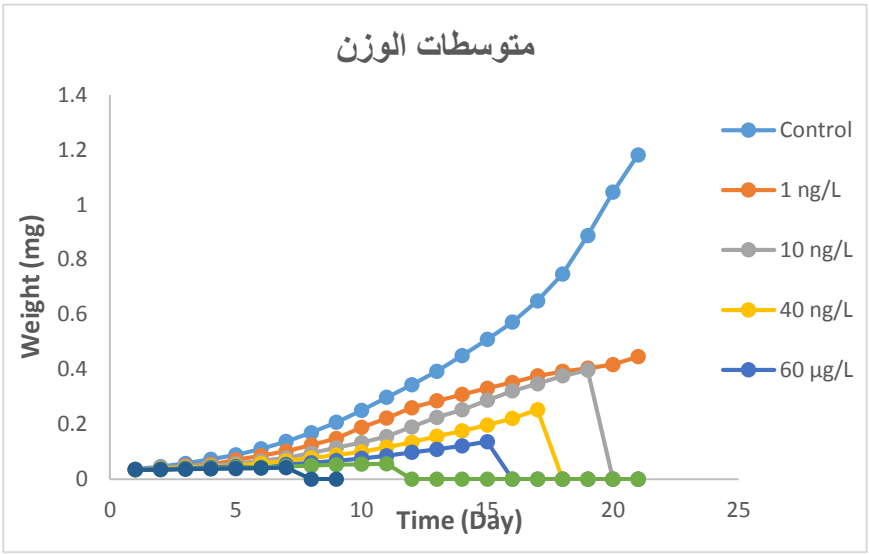
الشكل (3): النمو الطولي لأفراد *D.magna* تحت تأثير تراكيز مبيد ديازينون المستخدم.

أما بالنسبة لمتوسط عرض الأفراد، فقد تناقص عرضها بشكل تدريجي مع زيادة تراكيز المبيد. وقد كان الفرق واضحاً عند مقارنة النتائج مع المجموعة الضابطة، حيث بلغ متوسط عرض الأفراد في المجموعة الضابطة 2.25 mm ، بينما كانت النتائج متقاربة عند التركيزين 1 , 10 ng/L ، حيث سجلت (1.28 mm, 1.29 mm) على التوالي، بينما انخفض متوسط العرض إلى 0.56 mm عند التركيز الأعلى 100 ng/L، كما هو موضح في الشكل (4).



الشكل (4): النمو العرضي لأفراد *D.magna* تحت تأثير تراكيز مبيد ديازينون المستخدم.

يوضح الشكل (5) متوسط أوزان الأفراد المعرضة لتراكيز متدرجة من المبيد، حيث كانت الفروقات واضحة بين أفراد المجموعة الضابطة التي سجلت متوسط وزن نهائي بلغ 1.97 mg، بينما بلغ متوسط وزن الأفراد المعرّضة لأقل تركيز (1 نانوغرام/لتر) 0.44 ملغم وكان الفرق واضحاً بين تأثير التركيز المنخفض والتركيز المرتفع (100 نانوغرام/لتر)، حيث انخفض متوسط وزن الأفراد عند هذا التركيز إلى 0.04 ملغم. علماً أن متوسطات الأوزان قد تم حسابها استناداً إلى متوسطات الأطوال.

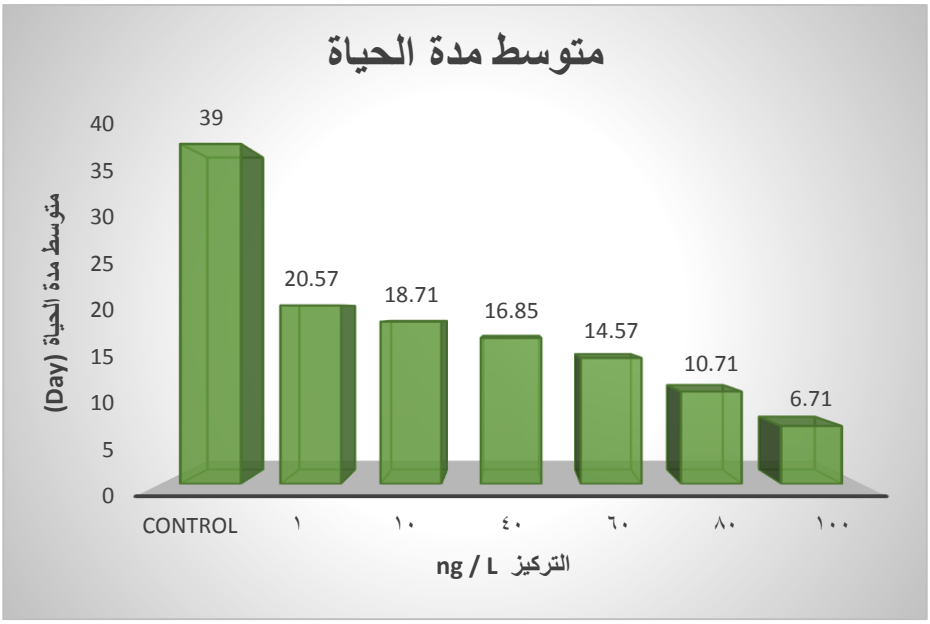


الشكل (5): النمو الوزني لأفراد *D.magna* تحت تأثير تراكيز مبيد ديازينون المستخدم.

أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن التعرض لتراكيز متزايدة من ديازينون (1–100 نانوغرام/لتر) أدى إلى انخفاض تدريجي في النمو الطولي والعرضي والوزني لبرغوث الماء العذب، وذلك حتى عند التراكيز تحت المميتة. تتفق هذه النتائج مع ما أشارت إليه دراسات **[40, 41]** من أن التغيرات في مقاييس النمو تعد مؤشرات حيوية حساسة للتأثيرات السامة للمبيدات، وغالباً ما تظهر قبل حدوث النفوق. كما أكد **[42]** أن المبيدات الفوسفورية العضوية قد تُحدث خللاً في عمليات النمو والتطور نتيجة تأثيرها المثبط على النشاط العصبي والوظائف الحيوية، وهو ما يتفق مع هذه الدراسة. كما أشار **[43]** إلى أن التأثيرات التراكمية طويلة الأمد للمبيدات قد تكون أكثر خطورة من التأثيرات الحادة، حيث تؤدي التراكيز تحت المميتة إلى إعاقة النمو وتقليل فرص التكاثر على المدى البعيد، وهو ما لوحظ أيضاً في هذه الدراسة عند التعرض المزمن للتراكيز المنخفضة. من جهة أخرى، قدّم **[44]** وصفاً دقيقاً لسمية ديازينون العالية تجاه الكائنات المائية الصغيرة، مبيناً أن

تأثيراته السامة لا تقتصر على معدلات البقاء فقط، بل تشمل النمو والتكاثر، مما يدعم النتائج الحالية حول تراجع القياسات الحيوية مع زيادة التعرض للمبيد.

كما كشفت النتائج عن تأثير كبير لتركيز المبيد على طول عمر الأفراد، حيث تناقص متوسط العمر المتوقع وازدادت معدلات النفوق تدريجياً مع ارتفاع التركيز، كما هو موضح في الشكل (6).



الشكل (6): متوسط مدة حياة الأفراد تحت تأثير تراكيز مبيد ديازينون المستخدم.

وتؤكد هذه النتائج ما توصلت إليه أبحاث **[45, 46]**، حيث أشارت إلى وجود علاقة طردية بين زيادة تركيز المبيد وارتفاع معدل النفوق. كما ركزت دراسة **[47]** على خطورة التأثيرات تحت المميتة(Sublethal Effects) ، التي يمكن أن تؤدي إلى تراجع تدريجي في معدلات البقاء على المدى الطويل. وهذا ما لوحظ في الدراسة الحالية، حيث أدت التراكيز المنخفضة النانوية من

ديازينون إلى خفض معدل بقاء الأفراد بشكل ملحوظ، حتى دون الوصول إلى قيم الـ LC_{50} المباشرة.

5- الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1) تتمتع قشريات *Daphnia magna* بحساسية فائقة تجاه مبيد ديازينون، حيث انخفضت قيم LC_{50} (0.8 ميكروغرام/لتر خلال 24 ساعة و0.4 ميكروغرام/لتر خلال 48 ساعة) إلى مستويات متدنية جداً، مما يجعلها مؤشراً حيوياً فعالاً للكشف عن التلوث بهذا المبيد.
2) أن التعرض للتراكيز تحت المميتة (100 – 1 نانوغرام/لتر) كان كافياً لإحداث انخفاض معنوي في النمو الطولي والعرضي والوزني للأفراد، مما يشير إلى أن التأثيرات الضارة لا تقتصر على الجرعات القاتلة فحسب.
3) أدى التعرض المزمن للديازينون إلى تقصير متوسط العمر المتوقع وزيادة معدلات النفوق بشكل طردي مع زيادة التركيز.

التوصيات:

1) استخدام مؤشرات النمو ومعدل البقاء في برامج **الرصد الحيوي** الدوري لتقييم الصحة العامة للنظام البيئي المائي والكشف المبكر عن التلوث.
2) إجراء دراسات عن السمّية والتنقية البيولوجية في الأوساط المائية العذبة باستخدام هذه الأنواع القشرية التي تُعدّ مؤشرات حيوية للتلوث.
3) إجراء دراسات باستخدام أنواع آخرى من المبيدات وتقييم سميتها وتأثيرها على برغوث الماء العذب.

6-المراجع:

[1] Frey G. The non-swimming Chydorid Cladocera of wet forests with description of a new genus and two new species. Int Rev Gesamten Hydrobiol. 1980;65(5):631–641.

[2] Ebert D, Little T, Carius HJ. The Daphnia parasite picture gallery: Endoparasites of Daphnia. 2004.

[3] Benzie AHJ. The genus *Daphnia* (Including Daphniopsis) (Anomopoda: Daphniidae). Leiden; 2005. 976 p.

[4] Duigan C. Cladocera: A short course. 2001.

[5] Clare J. Daphnia: An aquarist's guide. Version 3.2; 2002.

[6] Dalali BK, Al-Lami AA, Basim AN. Environmental features of Bahr Al-Najaf depression and its suitability for fish farming investment. Iraqi J Agric. 2000;5(4):68–78. (in Arabic).

[7] Zaini A. Biological study of *Daphnia magna* Straus 1820 under laboratory conditions. Tishreen University Publications; 2008. (in Arabic).

[8] Miller C. *Daphnia pulex* (Crustacea: Cladocera). University of Michigan Museum of Zoology; 2006. 10 p.

[9] Ivieva IV. Mass cultivation of invertebrates: Biology and methods. Moscow; 1969. p.119–125.

[10] Papchenkova GA, Makrushin AV. Effect of the insecticide Tanrec on reproduction and vital activity of *Daphnia magna* Straus in a 15-day test. Inland Water Biol. 2013;6(4):344–350.

[11] Wassouf N, Araaj T, Daees M. Study of the ability of Phragmites and Typha plants to degrade the organophosphorus pesticide Dimethoate. MSc thesis. Tishreen University; 2023. (in Arabic).

[12] Goncalves M. Ecotoxicological assessment and environmental risk of insecticides Temephose and Diflubenzuron to *Daphnia magna*, Lemna minor and fishes. 2012;34:29–38.

[13] Naddy RB, Johnson KA, Klaine SJ. Response of *Daphnia magna* to pulsed exposures of Chlorpyrifos. Environ Toxicol Chem. 2000;19(2):423–431.

[14] Jawish S, Qabaqibi MM, Al-Khatib S. Toxic effects of some organophosphorus pesticides on Calanoidae (Copepoda). Damascus Univ J Basic Sci. 2012;28(2). (in Arabic).

[15] Possamai FP, Foryunato JJ, Feier G, Agostinho FR, Quevedo J, Filho DW, Pizzol FD. Oxidative stress after acute and sub-chronic malathion intoxication in Wistar rats. Environ Toxicol Pharmacol. 2007;23:198–204.

[16] Arredondo ES, Heredia MJS, Garcia ER, Ochoa IH, Vega BQ. Sperm chromatin alteration and DNA damage by methyl-parathion, chlorpyrifos and diazinon. Reprod Toxicol. 2008;25:55–460.

[17] Yeh SP, Sung TG, Chang CC, Cheng W, Kuo CM. Effects of an organophosphorus insecticide, trichlorfon, on hematological parameters of the giant freshwater prawn Macrobrachium rosenbergii. Aquaculture. 2005;243:383–392.

[18] Ali D, Nasser H, Araaj T. Determination of residual effects of some organophosphorus pesticides in soils of protected agriculture: Case study of Burj Islam, Lattakia. MSc thesis. Tishreen University; 2020 . (in Arabic).

[19] Hawat A, Araaj T, Qarah Ali A. Determination of concentrations of some organophosphorus pesticides in surface and groundwater in Burj Islam area, Lattakia. MSc thesis. Tishreen University; 2021. (in Arabic).

[20] Pan L, Sun J, Li Z, Zhan Y, Xu S, Zhu L. Organophosphate pesticide in agricultural soils from the Yangtze River Delta of China: Concentration, distribution, and risk assessment. Environ Sci Pollut Res. 2016;25(1):4–11.

[21] Katagi T. Bioconcentration, bioaccumulation, and metabolism of pesticides in aquatic organisms. Rev Environ Contam Toxicol. 2010;204:1–132.

[22] U.S. Environmental Protection Agency. IRED facts: Diazinon. Office of Pesticide Programs; 2004. Available from :https://archive.epa.gov/pesticides/reregistration/web/html/diazinon_ired_fs.html

[23] U.S. Environmental Protection Agency. Reregistration eligibility decision (RED): Diazinon (EPA 738-R-04-006). U.S. Government Printing Office; 2006.

[24] Sukjit N, Jirasatjanukul W. Acute toxicity of diazinon on tilapia (Oreochromis niloticus) and freshwater prawn (Macrobrachium sp.). Aquac Int. 2024;5(1):27–33.

[25] U.S. Environmental Protection Agency. Risks of diazinon use to the federally listed endangered Barton Springs salamander (Eurycea sosorum). U.S. Government Printing Office; 2007.

[26] National Pesticide Information Center. Diazinon technical fact sheet. Oregon State University Extension Services; 2009. Available from: https://www.npic.orst.edu/factsheets/archive/diazinontech.html

[27] PAN-UK. Pesticides Action Network-UK, Chemical pesticides database. 2010. Retrieved from: http://www.pesticideinfo.org

[28] FAO, WHO. Pesticide residues in food: Report 2019. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. Rome; 2020.

[29] Dole-Olivier MJ, Galassi DMP, Marmonier P, Creuze d'Ch. M. The biology and ecology of lotic microcrustaceans. Freshw Biol. 2000;44:63–91.

[30] Peters RH, De Bernardi R. Daphnia. Mem Ist Ital Idrobiol. 1987;45:502.

[31] Akel M, Zaini A. Effect of environmental factors and algal food type on growth and reproduction of *Daphnia magna*. MSc thesis. Tishreen University; 2020. (in Arabic).

[32] Yadav IC, Devi NL. Pesticides classification and its impact on human and environment. Environ Sci. 2017;6:20.

[33] Persoone G, Marsalek B, Blinova I, Törökne A, Zarina D, Manusadzianas L, et al. A practical and user-friendly toxicity classification system with microbiotests for natural waters and wastewaters. Wiley InterScience. 2003;395–402.

[34] Sanchez-Fortun S, Barahona MV. Comparative study on the environmental risk induced by several pyrethroids in estuarine and freshwater invertebrate organisms. Chemosphere. 2004;59:553–559.

[35] Betchen GA. Production of zooplankton (Cladocera) in lakes. Ph.D. Dissertation. Minsk; 1964.

[36] Fernández CA, Ferrando MD, Andreu ME. Chronic toxicity of diazinon to *Daphnia magna*: Effects on survival, reproduction and growth. Toxicol Environ Chem. 1995;49:25–32.

[37] Guilhermino L, Diamantino T, Ribeiro R, Gonçalves F. Acute toxicity test with *Daphnia magna*: Sensitivity to organophosphates. Ecotoxicol Environ Saf. 2000;46(3):357–362.

[38] Sanchez M, Ferrando MD, Sancho E, Andreu E. Physiological perturbations in several generations of *Daphnia magna* Straus exposed to diazinon. Ecotoxicol Environ Saf. 2000;46:87–94.

[39] Kim J. Chronic toxicity of diazinon to cladocerans under laboratory conditions. Bull Environ Contam Toxicol. 2007;79(4):405–410.

[40] Burkepile DE. Effects of pesticides on aquatic invertebrates: Growth and development impacts. Environ Toxicol. 2000;19(2):145–152.

[41] Jemec A, Tisler T, Drobne D, Sepcic K, Fournier D, Trebs P. Comparative toxicity of imidacloprid, its commercial formulation, and diazinon to *Daphnia magna*. Chemosphere. 2007;68(8):1408–1418.

[42] Lee SM, Choi J, Kim Y. Effects of organophosphorus insecticides on growth and development of Daphnia. J Environ Sci Health B. 1999;34(5):839–852.

[43] Pham T. Sublethal exposure to pesticides and its cumulative impacts on aquatic invertebrates. Aquat Ecol. 2018;52(3):419–428.

[44] Tomlin CDS. The pesticide manual: A world compendium. 11th ed. British Crop Protection Council; 1997.

[45] Stark JD, Banks JE, Vargas R. Effects of organophosphate insecticides on survival of *Daphnia magna*. Environ Toxicol Chem. 2003;22(2):305–310.

[46] Nagato E, Koide T, Kobayashi K. Comparative sensitivity of Daphnia to diazinon under different environmental conditions. Environ Sci Pollut Res. 2015;22(9):6895–6903.

[47] Kretschmann A, Braunbeck T, Hollert H. Long-term sublethal effects of organophosphates on Daphnia species. Ecotoxicology. 2011;20(7):1430–14 .