دراسة المؤشرات الحياتية لخنفساء زهرة النيل المرقشة Neochetina eichhorniae على نبات زهرة النيل (Eichhornia crassipes)

غسان ابراهيم* عبد النبي بشير**

سها الحاج كسار*** حازم زيلع****

الملخص

تمت دراسة المؤشرات الحياتية لخنفساء زهرة النيل المرقشة Neochetina eichhorniae (Coleoptera: Curculionidae) مخبرياً على 4 درجات حرارة (15، 20، 25، 30) سْ، حيث تم الحصول على النبات العائل (زهرة النيل) والحشرة من مركز دراسات وبحوث المكافحة الحيوية، في كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، ونفذت الدراسة في موسم 2017. أظهرت النتائج أن متوسط طول مدة الجيل GT (225.9، و57.37، و43.3، و40.33 يوم)، على درجات الحرارة السابقة على التوالي، كما بيّنت النتائج أنّ معدّل التعويض الصافي R_0 يتناقص عند درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة على حد سواء، وأن الدرجة 30 سْ هي الدرجة التي يتضاعف عندها المجتمع بشكل جيد حيث بلغت قيم R_0 (0.33، و5.9، و24.7، و39.3) أنثى /إناث/ جيل على درجات الحرارة السابقة على التوالي، وكانت المدة اللازمة لتضاعف

*أستاذ – قسم وقاية النبات– كلية الزراعة – جامعة دمشق

**أستاذ – قسم وقاية النبات– كلية الزراعة – جامعة دمشق.

***مهندسة – باحثة في مركز بحوث ودراسات المكافحة الحيوية– جامعة دمشق.

****مهندس – مديرية وقاية النبات – وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.

المجتمع DT (82.407، و2.576، و0.464، و0.271) يوم على درجات الحرارة السابقة على التوالي. كان معدل الزيادة الفعلية r_m 0.0038، و0.269، و1.493، و 2.55 فرد/ أنثى/يوم على درجات الحرارة 15، و20، و25، و30 سْ. اختلفت العتبة الحرارية الدنيا لأطوار الحشرة المختلفة ولكامل الجيل وكانت (9.252، و9.3، و10.4، و12.3) على التوالي، ولم يختلف الأمر بالنسبة للثابت الحراري الذي كان 93.457 درجة/يوم لطور البيضة، و384.6 درجة/ يوم لطور اليرقة، و256.4 درجة/يوم لطور العذراء، و714.285 درجة/يوم لطور الحشرة الكاملة،769.23 درجة/يوم للجيل الكامل (من البيضة حتى انبثاق الحشرة الكاملة). نشير إلى أن هذا البحث مموّل كلّيا من قبل صندوق دعم البحث العلمي والتطوير التقاني في وزارة التعليم العالي.

الكلمات المفتاحية: خنفساء، زهرة النيل المرقشة، الزيادة الفعلية، يرقة، عذراء.

Biological studies of the mottled water hyacinth weevil, Neochetina eichhorniae on the Common water hyacinth Eichhornia crassipes

Ghassan Ibrahim[*] **Abdulnabi Basheer**[**]
Suha Hajj Kassar[***] **Hazem Zila**[****]

Abstract

Life parameters of the Mottled water hyacinth weevil Neochetina eichhorniae (Coleoptera: Curculionidae) were studied at 4 temperature (15, 20, 25, 30°c). The host plant was obtained from the Biological Control Studies and Research Centre at the Faculty of Agriculture-University of Damascus. The study was carried out during the 2017 season. The results showed that the Mean generation time GT was (225.9, 57.37, 43.3 and 40.33 days) at previous temperatures respectively, the Net reproductive rate R_0 takes decreasing at high and low temperatures, and the temperature of 30 ° C is the optical degree while the population reproduction at this degree increased well, and the values of R_0 were (0.33, 5.9, 24.7, 39.3) female / female / generation at the previous temperatures respectively, and the Doubling time of the community DT was (82.407, 2.576, 0.464 and 0.271) on the previous consecutive temperatures. The Intrinsic rate of increase (r_m) was 0.0038, 0.269, 1.493, and 2.55 (individual / female / day) at temperatures 15, 20, 25 and 30 ° C. The Lower Developmental Threshold (LDT) for the different stages of

[*]**Dept. of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Damascus University, Damascus; Syria.**
[**]**Dept. of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Damascus University, Damascus; Syria.**
[***]**Biological Control Studies and Research Center, Faculty of Agriculture, Damascus University.**
[****]**Engineer - Plant Protection Directorate - Ministry of Agriculture and Agrarian Reform.**

the insect was different (9.252, 9.3, 10.4, and 12.3), respectively. The Sum of Effective Temperatures (SET) was 93.457 degrees / day for the egg stage and 384.6 ° / day for Larvae, 256.4 degrees / day for pupa, 714,285 degrees / day for complete insect phase, 769.23 degrees / day for whole generation (from egg to adult).

Key words: weevil, water hyacinth, Mottled, Intrinsic rate, larva, pupa.

المقدمة:

يعد نبات زهرة النيل Water hyacinth (Eichhornia crassipes) من النباتات المائية الأكثر ضررا والتي تصيب المياه نظراً لسرعة تكاثره وانتشاره، حيث تتضاعف أعداد النباتات في الظروف المناسبة كل 11 يوماً. بدأ التفكير في برامج التحكم بنمو نبات زهرة النيل في معظم البلدان التي ينتشر فيها هذا النوع الغازي، وتم استخدام طرق المكافحة الكيميائية والميكانيكية في العديد من البلدان، ولكن هذه الأساليب التي توفر السيطرة بشكل مؤقت على هذا النوع مرتفعة التكلفة الاقتصادية، إضافة إلى ذلك فقد تؤدي الطرق الميكانيكية إلى ارتفاع مستوى التلوث في المسطحات المائية، ولذلك كانت تكاليف المكافحة مرتفعة وأغلب هذه الطرق ليست أمنة بيئياً ومستدامة اقتصادياً (Jimenze وزملاؤه، 2009). لهذا السبب بدأ التفكير في المكافحة الحيوية Biological control لنبات زهرة النيل، وتعد المكافحة الحيوية الطريقة الوحيدة الممكنة للسيطرة على زهرة النيل E. crassipes والتي يمكن أن تغطي مناطق كبيرة يصعب الوصول إليها . وتعتمد المكافحة الحيوية على استخدام الأعداء الحيوية للأعشاب الموجودة في الطبيعة لتثبيط نموها ومع ذلك فإن السيطرة البيولوجية تتطلب الوقت لتقييم تأثيرها، ولكن بعد أن يتم تأسيسها تبقى الأعداء الحيوية الطبيعية موجودة وتصبح تكاليف السيطرة الحيوية أقل من تكاليف الطرق الأخرى وأقل ضرراً على البيئة وتحقيق سيطرة على المدى الطويل (Gore، 2017). تم إدخال العديد من عوامل المكافحة الحيوية إلى أكثر من 35 بلد من البلدان التي توجد لديها مشاكل مع E. crassipes وساهمت في مكافحة هذا النبات في العديد من مناطق العالم وخاصة حشرات: Neochetina bruchi و Neochetina eichhorniae المتخصصة على عشبة زهرة النيل، وكان هذان العدوان هما الأكثر نجاحاً في السيطرة على E. crassipes (Jimenze وزملاؤه، 2001). تؤثر بعض العوامل البيئية ومنها درجة الحرارة على نجاح المكافحة الحيوية لنبات زهرة النيل، ومنها درجة الحرارة التي تؤثر على مختلف المؤشرات الحياتية للحشرات التي تتغذى على

الأعشاب . وبينت بعض الأبحاث تأثير درجة الحرارة في الكثير من المؤشرات الحياتية للحشرات، ومن هذه المؤشرات: مدة التطور period of development، معدل التطور اليومي Daily development rate، معدل التعويض الصافي Net reproductive rate(R_0)، متوسط طول مدة الجيل Generation time mean (GT)، معدل البقاء Survival rate(lx)، معدل الإنتاج الإجمالي Gross reproduction rate (GRR)، معدل الزيادة الفعلية Intrinsic rate of increase(r_m)، المعدل النهائي للتزايد The finite increase rate (λ) بالإضافة إلى العديد من القياسات البيومترية الخاصة بمجتمع الحشرة (Banks وزملاؤه،2006؛ Birch،1948؛ Deevy،1974).

هدف هذا البحث إلى دراسة المؤشرات الحياتية لخنفساء زهرة النيل المرقشة Neochetina eichhorniae (Coleoptera: Curculionidae) لمعرفة ديناميكية مجتمع هذه الحشرة ونموها وتطورها، ومعرفة الحدود المناخية لتوزيعها وانتشارها واستخدامها في برامج إدارة نبات زهرة النيل في مناطق انتشارها في سورية.

نشير إلى أن هذا البحث مموّل كلّيا من قبل صندوق دعم البحث العلمي والتطوير التقاني في وزارة التعليم العالي.

مواد وطرق العمل: Materials and Methods

تم الحصول على نبات زهرة النيل وعلى خنفساء زهرة النيل المرقشة من مركز دراسات وبحوث المكافحة الحيوية في كلية الهندسة الزراعية جامعة دمشق.

إعداد جداول الحياة/الموت للفئات العمرية:

تمت دراسة جداول الحياة للحشرة على 4 درجات حرارة ثابتة (15، 20، 25، 30) سْ في 4 حاضنات جهزت لهذه الغاية. حيث تم اختيار 75 بيضة بثلاث مكررات لكل درجة حرارة (كل مكرر 25 بيضة) تم اختيارها من أنثى واحدة وحديثة الوضع. تم الحصول على بيض الحشرة وذلك بتشريح النسيج النباتي للسويقة تحت المكبرة ورفع

البيض مع جزء من النسيج النباتي المحيط بالبيضة لتجنب تلفه (قرص من النسيج حوالي 3 مم2) لتجنب تعريض البيض للتلف ووضعت داخل طبق بتري على ورق ترشيح مبلل بالماء وأحكم إغلاقه بالبارافيلم. ووضعت الأطباق في الحاضنة التي تتفق ودرجة الحرارة، سجل على الطبق البتري تاريخ الإدخال إلى الحاضنة، تم مراقبة البيض بشكل يومي لتحديد موعد الفقس ونسبة الفقس وسجلت النتائج في جداول مناسبة. الجدول (1)

الجدول (1) تعريف ومعادلات لحساب مؤشرات المجتمع

استناداً إلى جداول الحياة/الموت للفئات العمرية.

المؤشر	التعريف	المعادلة
X	**المرحلة العمرية**	
n_x	**عدد الأفراد الحية عند المرحلة العمرية x**	
n_0	**عدد الأفراد الحية في بداية المرحلة العمرية x**	
I_x	**معدل البقاء للأفراد الحية عند المرحلة العمرية x**	$I_x = n_x / n_0$
d_x	**عدد الأفراد الميتة عند المرحلة العمرية x**	
نسبة الموت الظاهرية % Apparent mortality %	$100 \times \frac{\text{عدد الأفراد الميتة عند المرحلة العمرية } x}{\text{عدد الأفراد الحية لنفس المرحلة}}$	$\frac{dx}{nx} x100$
نسبة الموت الحقيقية % Real mortality %	$100 \times \frac{\text{عدد الأفراد الميتة عند المرحلة العمرية } x}{\text{عدد البيوض عند بداية الجيل}}$	$\frac{dx}{E0} x100$

إعداد جداول القدرة التكاثرية ذات الفئات العمرية:

تم دراسة القدرة التكاثرية للسوسة المرقشة N. eichhorniae على 4 درجات حرارة ثابتة (15، 20، 25، 30) سْ في 5 حاضنات جهزت لهذه الغاية. حيث تم وضع 50 زوج (ذكر وأنثى) حديثة الانبثاق بشكل مفرد في علب بلاستيكية (500 مل) وأضيفت ورقة نبات زهرة النيل مع السويقة الكاملة داخل العلبة للتغذية، ووضع البيض في الحاضنات على درجات الحرارة المذكورة. تم وضع قاعدة الورقة داخل القطن المرطب، وأغلقت العلبة بقطعة من قماش الموسلين ووضعت داخل المخبر. تمت مراقبة الحشرات داخل العلبة وعد البيض الموضوع يومياً بدءً من تسجيل وضع أول بيضة ثم الاستمرار بالعد يومياً وذلك بفحص كامل السويقة والورقة تحت المكبرة. استمرت عملية المراقبة حتى توقف الحشرات عن وضع البيض أو موتها.

طور اليرقة:

تم في هذه الدراسة قطع سويقة ورقة نبات زهرة النيل بالمشرط عن النبات الأم. تلف قاعدة السويقة المقطوعة بقطعة من القطن وتوضع داخل وعاء بلاستيكي شفاف. تم عمل شق صغير في وسط سويقة النبات وتم إدخال يرقة حديثة الفقس باستعمال فرشاة دقيقة مرطبة بالماء إلى داخل السويقة بعمق 2–3 مم ويترك النسيج النباتي حتى يغلق بهدوء على اليرقة. تم متابعة نمو اليرقات عند كل درجة حرارة مختبرة حتى نهاية التطور اليرقي، تفحص اليرقة يومياً بتشريح النسيج النباتي تحت المكبرة و يسجّل أي تغيير في اللون أو وجود كبسولة الرأس الساقطة عند الانتقال إلى العمر اليرقي التالي، ثم تنقل اليرقة فوراً إلى سويقة جديدة وتترك إلى اليوم الثاني، حيث تم تسجيل مدة العمر اليرقي، ونسب الموت الظاهرية والحقيقية.

العذراء:

تم متابعة حركة وسلوك اليرقات وتنقلها على الجذور والبدء بتشكيل الشرنقة على جذور النبات العائل داخل الماء من ألياف الجذور على درجات الحرارة المختلفة المختبرة. وتم تزويد الوعاء بالماء الدافئ وليس من ماء الصنبور البارد.

طور الحشرة الكاملة: تم جمع الحشرات من الحاضنات وفور خروجها من طور العذراء، وضعت نباتات زهرة النيل الحاملة للعذارى على جذورها في أحواض خاصة. وضعت الحشرات الكاملة للخنافس لكل درجة حرارة مع بعضها البعض في علب بلاستيكية صغيرة 30،15x20x وتم إدخالها إلى الحاضنة المناسبة، كما وتم تسجيل موعد التزاوج وفصلت الحشرات خلال عملية التزاوج حيث وضع كل شفع في علبة خاصة مزودة بعدة أوراق من زهرة النيل استعداداً لتطبيق المعاملات المختلفة عليه. سجلت جميع البيانات السابقة في جداول حياتية خاصة تم بناؤها بالاعتماد على عدة مراجع مختصة بهذا الأمر (1, 4, 22). حيث تم بناء جدول حياة خاص بالحشرة ومعتمد على المرحلة، حيث أن الحشرة المدروسة هي حشرة تمر بعدة مراحل لإكمال دورة حياتها من النوع التطور التام أو الكامل. يعطي وهذا النوع من جداول الحياة معلومات بيولوجية من خلال تسجيل البيانات التي تم الحصول عليها مخبرياً، وتضمن الجدول (3) الأعمدة الأساسية التالية:

الجدول (2). التعاريف والمعادلات لحساب مؤشرات مجتمع حشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة استناداً إلى جداول القدرة التكاثرية .

المؤشر	التعريف	المعادلة
x	المدة العمرية، طول عمر الإناث (يوم)	–
n_x	عدد الإناث الحية عند المرحلة العمرية x	–
n_0	عدد الإناث الحية في بداية المرحلة العمرية x	–
F_x	مجموع عدد البيض الموضوع عند المرحلة العمرية x	–
I_x	معدل بقاء الإناث عند المرحلة العمرية x	$I_x= n_x/n_o$
E_x	متوسط عدد البيض المنتج من كل أنثى أم عند كل مرحلة عمرية x	$E_x= F_x/n_x$
m_x	متوسط عدد الذرية (الإناث) الناتجة من الأنثى الأم عند كل مرحلة عمرية (عدد المواليد الإناث) S: نسبة الذرية (البيوض) التي تكوّن الإناث، وكون النسبة الجنسية هي تقريباً 1:1 فتكون: $m_x= E_x/2$	$m_x= E_x S$
GRR	معدل الإنتاج الإجمالي للإناث Gross reproduction rate مجموع عدد الإناث الناتجة من جميع الإناث الأمهات خلال مدة حياتها لجيل واحد (إناث/إناث/جيل).	$GRR= \Sigma m_x$
R_0	معدل التعويض الصافي Net reproductive rate الإناث التي تحل محل الأنثى الأم لجيل واحد (إناث/أنثى/جيل).	$R_0= \Sigma l_x m_x$
GT	متوسط طول مدة الجيل Mean generation time وهو الوقت اللازم لكي يعيد الجيل نفسه بالأيام.	$GT= \Sigma xl_x mx / \Sigma l_x m_x$
r_m	معدل الزيادة الفعلية Intrinsic rate of increase متوسط عدد الإناث الناتجة لكل أنثى أم في اليوم. ويقاس (إناث/أنثى/يوم) =ln (Loge) الأساس الطبيعي للوغاريتمات وتساوي تقريباً2.6183	$r_m= \ln R_0/GT$
λ	المعدل النهائي للتزايدThe finite rate of increase عدد المرات التي سوف يتضاعف فيها مجتمع الحشرة نفسه لكل وحدة زمنية. ويقاس (إناث/أنثى/يوم).	$\lambda = e^{rm}$
Dt	المدة اللازمة لتضاعف المجتمع Doubling time الوقت اللازم لسكان المجتمع لمضاعفة أعداده. (يوم)	$DT = \ln 2/r_m$
F:M	النسبة الجنسية	F/F+M

دراسة العلاقة ما بين معدل التطور ودرجات الحرارة الثابتة (15، و20، و25، و30 سْ) وتحديد العتبة الحرارية الدنيا والثابت الحراري للأطوار المختلفة لحشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة.

تم من خلال حساب مدة التطور period of development حساب معدل التطور اليومي Daily development rate وهو عبارة عن مقلوب مدة التطور (DR: day-1) وتتراوح قيمته من 0 إلى 1 (Medeiros وزملاؤه،2004)، ويكتمل تطور الكائنات الحية عندما يصل مجموع معدل تطورهم إلى القيمة /1/، (Curry و Feldman،1987).

إن العلاقة ما بين معدل التطور (DR) ودرجة الحرارة (t) تحسب باستعمال معادلة الانحدار الخطي التالية:

$$DR= a+bt$$

حيث أن:

DR: معدل التطور، D: مدة التطور (بالأيام) عند درجة الحرارة t

a: المعامل الثابت، قيمة الجذع المقطوع من المحور الـ DR

b: ميل الانحدار.

تقدير عتبة التطور الدنيا (LDT) التي لا يحدث دونها تطور (t= LDT, 0= DR) والتي تساوي:

$$LDT = - a/b$$

التي يمكن تمثيلها بيانياً بأنها النقطة التي يتقاطع فيها خط الانحدار مع محور درجات الحرارة t وتعرف هذه النقطة بصفر النمو.

تم حساب الثابت الحراري The Sum of Effective Temperatures (SET) وهو عدد الوحدات الحرارية (الدرجات اليومية) التي تقع فوق العتبة الحرارية الدنيا التي تحتاجها الحشرة لإكمال مرحلة معينة من النمو (0=a, t= SET, 1= DR)، والذي يساوي مقلوب ميل الانحدار b (Campbell وزملاؤه،1974).

$$SET= 1/b$$

النتائج والمناقشة:

تأثير درجات الحرارة الثابتة (15 و20 و25 و30 سْ) في بعض المؤشرات الحياتية لخنفساء زهرة النيل المرقشة:

يبين الجدول (3) أن لدرجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة تأثيرات مختلفة في الأطوار المختلفة لخنفساء زهرة النيل المرقشة N. eichhorniae، وبينت النتائج أن أعلى متوسط لمدة التطور الجنيني 21.5 يوماً، بمدى يتراوح ما بين 20–23 يوماً عند درجة حرارة 15 سْ، والذي اختلف ظاهرياً عن متوسط مدة التطور الجنيني (16.1 يوم) على درجة الحرارة 20 سْ، ومعنوياً مع متوسط مدة التطور الجنيني (10 أيام) على درجة الحرارة 25 سْ، ومتوسط مدة التطور الجنيني (7.55 يوماً) على درجة حرارة 30 سْ، حيث كان أقل فرق معنوي (LSD) 6.3 على مستوى 0.01.

وكانت أعلى نسبة مئوية لموت البيض 46.66% على درجة حرارة 15 مْ، وأقلها 8% على درجتي الحرارة 25 سْ و30 سْ، وكان أعلى معدل لبقاء البيض 92% على درجتي الحرارة 25 سْ و30 سْ، وأقلها 53.34% على درجة الحرارة 15 سْ. تتوافق هذه النتائج مع Abjar وBashir (2009) حيث تبين في هذه الدراسة التي أجريت في السودان أن المجال الحراري 25–30 سْ هو الأمثل للتطور الجنيني للخنفساء Neochetina bruchi، واختلفت من حيث مدة حضانة البيضة حيث بلغت 7.3 و5.8 يوماً في الشتاء والصيف على التوالي. وكانت النسبة المئوية لفقس البيض 91.3% في الشتاء، و96.1% في الصيف، ويعود هذا الاختلاف إلى أن درجة الحرارة في الشتاء في السودان هي أعلى من 25 سْ، من جهة، وإلى اختلاف الحشرتين المدروستين. لقد وجد Firehun وزملاؤه (2015) أن فترة حضانة البيض كانت 4–10 يوم ووجدوا أيضا أن البيض لا يفقس دون درجة حرارة 15 ° س. وجد Stark وGoyer (1983) أن فترة الحضانة استمرت من 7–14 يوماً في الأرجنتين على درجة حرارة 25 سْ، بينما استمرت 10 أيام في أوغندة على درجة حرارة 20– 24 سْ بحسب Ogwang وMolo

(1997)، وكانت في كينيا 14 يوماً عند درجة حرارة 21-24°س (Njoka، وزملاؤه 2001). أكد Martínez (2005) أن الحرارة المثلى لفقس البيض هي من 20-25 سْ، بينما كانت في الدراسة الحالية 25-30 سْ.

بينت النتائج التي تم التوصل إليها في الجدول 3 إلى اختلاف مدة الطور اليرقي لحشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة باختلاف درجات الحرارة المدروسة، فكان أعلى متوسط لمدة الطور اليرقي 56.8 يوماً عند درجة حرارة 15 سْ، وكانت أقصر مدة 33.38 يوماً على درجة حرارة 30 سْ. بلغت قيمة أقل فرق معنوي (LSD) 10.01، لذلك كان الفارق معنوياً ما بين متوسط مدة تطور اليرقة على درجة الحرارة 15 سْ ودرجات الحرارة الأخرى على مستوى 0.01، وظاهريا ما بين درجات الحرارة 20 و25 و30 سْ. إن انخفاض درجة الحرارة عن 20 سْ يؤدي إلى بطء تطور الطور اليرقي لحشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة.

كانت أعلى نسبة مئوية للموت لليرقة 42.5 % على درجة الحرارة 15 سْ، وأقلها 5.79% على درجة الحرارة 30 سْ، وكانت على هذه الدرجة أعلى نسبة مئوية لمعدل بقاء اليرقات 94.21%، وكانت أقل نسبة لمعدل بقاء اليرقات 57.5% على درجة الحرارة 15 سْ. أشار Ogwang و Molo (1997) أن مدة الطور اليرقي 58 يوماً وهو أطول من مدة الطور اليرقي المسجل في هذه الدراسة على أقل درجة حرارة 15 سْ (56.8 يوماً). وقد يعود هذا إلى اختلاف في ظروف الدراستين، وإلى اختلاف سلالة الخنفساء المدروسة. بكما بيّن Bokotomba (2017) أن درجة الحرارة المثلى لنمو وتطور يرقة خنفساء زهرة النيل المرقشة 25-30 سْ، ويتوافق هذا مع هذه الدراسة.

لم يختلف الأمر بالنسبة لعذراء الحشرة، حيث كانت أطول فترة تطور على درجة الحرارة 15 سْ (38 يوماً)، وأقلها (22 يوماً) على درجة الحرارة 30 سْ. وبلغت قيمة أقل فرق معنوي لمتوسط مدة طور العذراء 7.37 وعلى مستوى معنوي 0.01، لذلك كان الفارق معنوياً ما بين متوسط نمو العذراء (38 يوماً) على درجة حرارة 15 سْ، وبين

متوسط نمو العذراء على درجات الحرارة 20 و25 و30 سْ والتي كانت (28.5، و22.8، و22 يوماً) على التوالي.

كانت أعلى نسبة لبقاء العذراء 92.3% على درجة الحرارة 30 سْ، وأقلها 39.13% على درجة الحرارة 15 سْ. سجل Njoka، وزملاؤه (2001) مدة 25 يوماً لطور العذراء في كينيا عند درجة حرارة 21– 24 ° س. بينما سجل John (2005) مدة 15– 20 يوم للعذراء في دراسته. وأشار Firehun وزملاؤه (2015) إلى أن طور العذراء استمر مدة 25 يوماً في الهند، وسجّل كذلك Ogwang و Molo (1997) أن طور العذراء استمر 28 يوماً عند درجة حرارة 21– 25 ° س. و قد بيّن Abjar و Bashir (2009) في دراستهم للمؤشرات الحياتية للخنفساء Neochetina bruchi في السودان أن نمو اليرقات والعذارى تتطلب 140.2 يوماً في فصل الشتاء، و59 يوماً في فصل الصيف، وفي هذه الدراسة كانت أطول فترة لنمو اليرقات والعذارى 94.8 يوم على درجة حرارة 15 سْ، وأقصرها 55.38 يوم على درجة الحرارة 30 سْ، ويعود هذا الاختلاف إلى اختلاف في ظروف الدراستين، من جهة، ولاختلاف الحشرة المدروسة.

الجدول (3) جدول الحياة / الموت لخنفساء زهرة النيل المرقشة على درجات حرارة ثابتة ضمن التربية المخبرية.

درجة الحرارة	الطور	العمر/يوم	n_x	d_x	نسبة الموت الظاهرية% Apparent mortality%	نسبة الموت الحقيقية% Real mortality%
15	البيضة	24.8	75	35	46.66	46.66
	اليرقة	98.7	40	17	42.5	69.3
	العذراء	102.4	23	14	60.87	88
	الحشرة الكاملة	24	14	7	50	97.3
20	البيضة	6.77	75	26	34.66	34.66
	اليرقة	28.8	49	11	22.4	49.3
	العذراء	21.8	38	11	28.9	64
	الحشرة الكاملة	33	27	5	18.5	70
25	البيضة	5.9	75	6	8	8
	اليرقة	21.8	69	9	13.04	20
	العذراء	15.6	60	11	18.3	34.66
	الحشرة الكاملة	43.5	49	3	6.1	38.66
30	البيضة	5.73	75	6	8	8
	اليرقة	19.7	69	4	5.79	13.33
	العذراء	14.9	65	5	7.7	20
	الحشرة الكاملة	47.1	60	3	4.6	24

جداول القدرة التكاثرية ذات الفئات العمرية لخنفساء زهرة النيل المرقشة

احتاجت الحشرة الكاملة لخنفساء زهرة النيل من طور البيضة وحتى بداية طور الحشرة الكاملة (225.9، و57.37، و43.3، و40.33 يوم) على درجات الحرارة 15، و20، و25، و30 سْ، وبلغت قيمة أقل فارق معنوي 23.45 على مستوى 0.01، لذلك كان الفارق في متوسط نمو الجيل الواحد عند درجة حرارة 20 و25 و30 سْ ظاهرياً، ومعنوياً مع درجة الحرارة 15 سْ.

وبلغ متوسط حياة الحشرة الكاملة (24، و33، و43.5، و47.1 يوماً) على درجات الحرارة 15، و20، و25، و30 سْ. وبلغت قيمة أقل فارق معنوي 10.475 على مستوى

0.01، لذلك كان الفارق ظاهرياً في متوسط حياة الحشرة الكاملة عند درجتي الحرارة 15 و20 سْ، وبين درجتي الحرارة 25 و30 سْ.

بينت النتائج أن عدد إناث حشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة كان 2 حشرة من أصل 40 بيضة خصبة على درجة حرارة 15 سْ، 12 حشرة من أصل 49 بيضة خصبة على درجة حرارة 20 سْ، و 21 حشرة من أصل 69 بيضة خصبة على درجة الحرارة 25 سْ، 28 حشرة من أصل 69 بيضة خصبة على درجة حرارة 30 سْ.

اختلف متوسط عدد البيض التي تم وضعها من قبل الحشرة باختلاف درجة الحرارة، حيث كان 132 بيضة/ أنثى على درجة الحرارة 30 سْ، و 126 بيضة/ حشرة على درجة الحرارة 25 سْ، و102 بيضة/ حشرة على درجة الحرارة 20 سْ، 63 بيضة/حشرة على درجة الحرارة 15 سْ. بلغت قيمة أقل فرق معنوي لمتوسط عدد البيض ما بين المعاملات 31.3، لذلك كان الفارق معنويا فقط بين درجة الحرارة 15 سْ وبقية درجات الحرارة الأخرى.

وكانت النسبة المئوية لمتوسط عدد البيض الخصب Fertility 51.5% على درجة الحرارة 15 سْ، و66% على درجة حرارة 20 سْ، و92% على درجتي الحرارة 25 و30 سْ.

يبين الجدول (4) أن معدل الإنتاج الإجمالي لإناث خنفساء زهرة النيل المرقشة (3.15 و6.65، و32.87، و51.65) على درجات الحرارة 15، و20، و25، و30 سْ.

اختلف معدل بقاء إناث حشرة سوسة زهرة النيل المرقشة باختلاف درجة الحرارة المختبرة، حيث كان على درجة الحرارة 15 سْ 0.2، و0.36 على درجة حرارة 20 سْ، 0.7 على درجة حرارة 25 سْ، و0.8 على درجة حرارة 30 سْ. كان معدل التعويض الصافي (R_0) (0.33، و5.9، و24.7، و39.3) أنثى/إناث/ جيل على درجات الحرارة (15، 20، 25، 30 سْ) على التوالي. يعني هذا أن نمو المجتمع الحشري في تزايد على درجات الحرارة 20 و25 و30 سْ لأن $R_0 \geq 1$، ويتفق هذا مع (Deevy،1974). بينت النتائج أيضا أن معدل الزيادة الفعلية (r_m) (0.0038، و0.269، و1.493، و 2.55

) فرد/ أنثى/يوم على درجات الحرارة 15، و20، و25، و30 سْ. والمعدل النهائي للتزايد (λ) (0.0038، و1.3، و1.45، و2.807) مرة على درجات الحرارة (15، 20، 25، 30) على التوالي. الجدول 4.

الجدول (4). دلالات جدول القدرة التكاثرية لخنفساء زهرة النيل المرقشة تحت تأثير درجات الحرارة المختبرة.

دلالات الجدول الحياتي	درجة الحرارة (سْ)			
	15	20	25	30
معدل التعويض الصافي R_0 (أنثى/أنثى/ جيل)	0.33	5.9	24.7	39.3
متوسط طول مدة الجيلGT (يوم)	225.9	57.37	43.3	40.33
معدل الزيادة الفعليةr_m (فرد/أنثى/يوم)	0.0038	0.269	1.493	2.55
المعدل النهائي للتزايد (مرّة)	0.0038	1. 3	1.45	2.807
المدة اللازمة لتضاعف المجتمعDT(يوم)	82.407	2.576	0.464	0.271
معدل الإنتاج الإجمالي للإناث GRR	3.15	6.65	32.87	51.65
النسبة الجنسية F:M	0.29:1	1:1	0.84:1	0.97:1

بينت النتائج اختلاف النسبة الجنسية باختلاف درجات الحرارة حيث كانت (0.29:1 و1:1 و0.84:1 و0.97:1) على درجات الحرارة 15، و20، و25، و30 سْ على التوالي.

دلت النتائج في الدراسة التي أجريت في السودان لدراسة المؤشرات الحياتية لخنفساء N. bruchi أن معدل التعويض الصافي، وطول الجيل الواحد، ومعدل الزيادة الفعلية، المدة اللازمة لتضاعف المجتمعDT (يوم)، 85.3، و188.5 يوم، و0.023، و29.4 يوماً على التوالي للجيل الشتوي، و40.0، و94.3 يوم،0.039، و17.7 على التوالي للجيل الصيفي (Abjar وBashir،2009). بينت دراسة Deloach و Cordo (1976) ان انثى خنفساء زهرة النيل المرقشة تضع 7.3 بيضة/يوم على درجة حرارة 30 سْ، وأن معدل الزيادة الفعلية لخنفساء Neochetina bruchi 0.05675، ومدة الجيل الواحد 96 يوم، والمدة اللازمة لتضاعف السكان 12.2 يوماً. يمكن القول أن المجال الحراري لنمو ونشاط حشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة هو بين 25 و30 سْ من خلال ارتفاع قيمة

معدل الزيادة الفعلية في أعداد مجتمعات سوسة زهرة النيل المرقشة وانخفاض قيمة الزمن اللازم لتقوم الحشرة بمضاعفة أعداد مجتمعاتها وارتفاع معدل التعويض الصافي على درجات الحرارة 25 و30سْ.

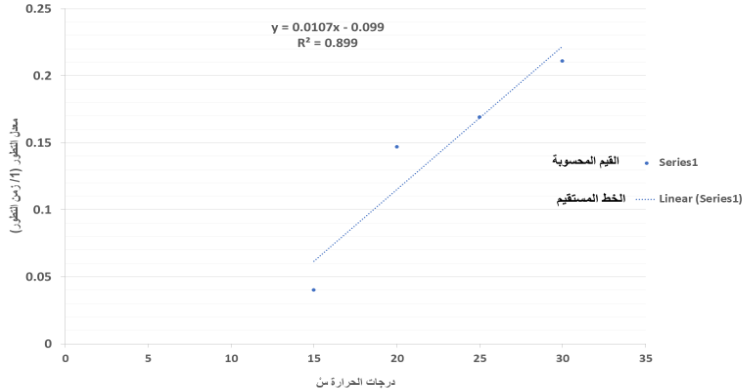
دراسة العلاقة بين معدل التطور ودرجات الحرارة الثابتة (15، و20، و25، و30) وتحديد العتبة الحرارية الدنيا والثابت الحراري لأطوار حشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة

بينت النتائج أن معدل التطور اليومي للبيضة، واليرقة، العذراء، والحشرة الكاملة، والجيل الكامل (بيضة–حشرة كاملة) 0.04، و0.021، و0.035، و0.041، و0.004 على التوالي على درجة حرارة 15 سْ، وعلى درجة الحرارة 20 سْ، 0.147، و0.034، و0.045، و0.030، و0.017 على التوالي، و0.169، و0.045، و0.064، و0.022 و0.023 على التوالي على درجة الحرارة 25 سْ، و0.211، و0.050، و0.067، و0.021 ، و0.024 على التوالي على درجة حرارة 30 سْ. توضح المخططات (1 و2 و3 و4 و5) العلاقة بين مُعدل التطور اليومي للبيضة، واليرقة، والعذراء، والحشرة الكاملة لحشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة ودرجات الحرارة (15 و20 و25 و30 سْ).

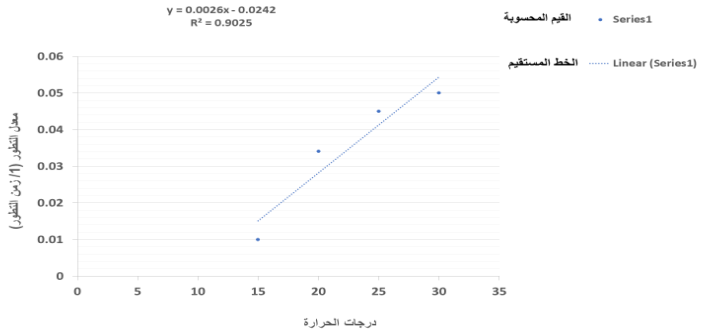
أثبتت معادلة خط الانحدار لمعدل التطور للبيضة (شكل1)، واليرقة (شكل2)، والعذراء (شكل3)، والحشرة الكاملة (شكل4)، وكان معامل الارتباط (r)، 0.94 و0.95 و0.934 و0.948 و0.926 للأطوار أعلاه والجيل الكامل على التوالي. وأظهرت النتائج أن العتبة الحرارية الدنيا Lower Developmental Threshold (LDT)، أو صفر النمو المحسوب من معادلة خط الانحدار لأطوار البيضة، واليرقة، والعذراء، والحشرة الكاملة، هو لطور البيضة 9.252 سْ، ولطور اليرقة 9.3 سْ، ولطور العذراء 10.4 سْ، ولطور الحشرة الكاملة 12.3، وللجيل الكامل 9.69 سْ.

بالنسبة للثابت الحراري Sum of Effective Temperatures (SET)، فهو 93.457 درجة/ يوم لطور البيضة، و384.6 درجة/ يوم لطور اليرقة، و256.4

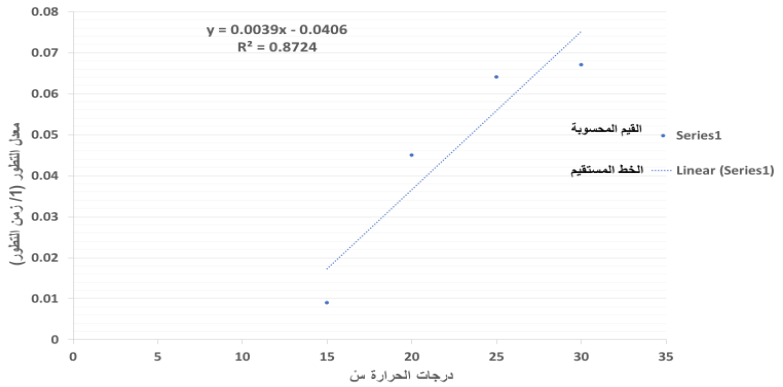
درجــة/يوم لطــور العــذراء، و714.285 درجــة/يوم لطــور الحشــرة الكاملــة،769.23 درجة/يوم للجيل الكامل (من البيضة حتى انبثاق الحشرة الكاملة).



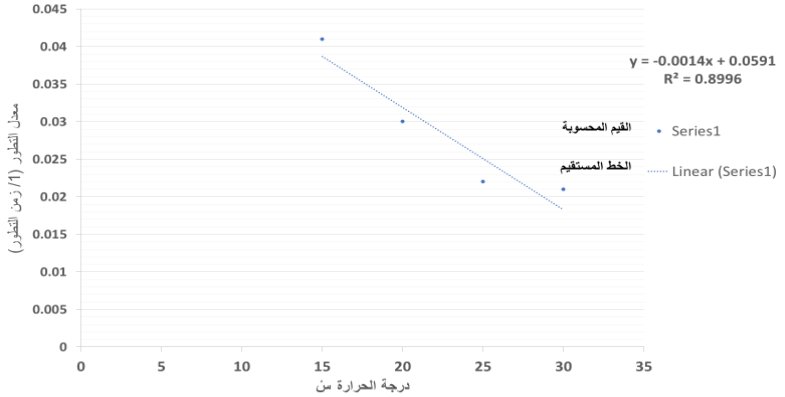
الشكل (1). العلاقة ما بين متوسط معدل التطور اليومي لبيضة حشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة مع درجات الحرارة الثابتة.



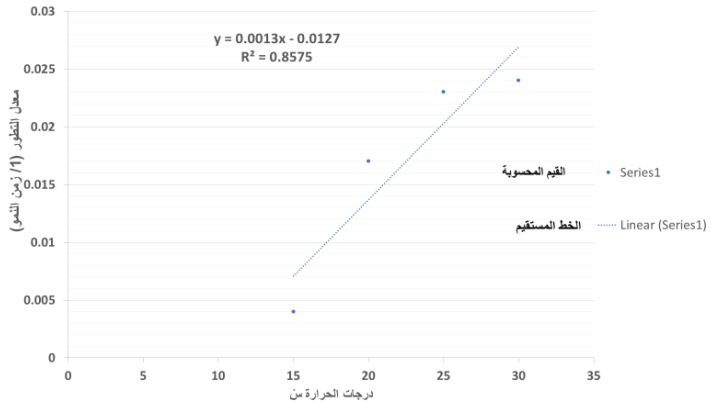
الشكل (2). العلاقة ما بين متوسط معدل التطور اليومي ليرقة حشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة مع درجات الحرارة الثابتة.



الشكل (3). العلاقة ما بين متوسط معدل التطور اليومي لعذراء حشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة مع درجات الحرارة الثابتة.



الشكل (4). العلاقة ما بين متوسط معدل التطور اليومي للحشرة الكاملة لحشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة مع درجات الحرارة الثابتة.



الشكل (5). العلاقة ما بين متوسط معدل التطور اليومي لجيل كامل (بيضة– حشرة كاملة) لحشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة مع درجات الحرارة الثابتة.

الاستنتاجات والتوصيات:

- يتراوح المجال الحراري الملائم لتربية خنفساء زهرة النيل المرقشة ما بين 25–30 سْ والذي يؤمن أقصى قابلية وقدرة تكاثرية لها.
- اتضح من خلال جداول القدرة التكاثرية أن حشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة لها مقدرة تكاثرية عالية عند تربيتها على درجتي الحرارة 25 سْ، و30 سْ، من خلال ارتفاع قيمة معدل الزيادة الفعلية في أعداد مجتمعات الحشرة (r_m) وانخفاض الزمن اللازم لتقوم الحشرة بمضاعفة أعدادها.
- اختلفت عتبة النمو الدنيا باختلاف طور الحشرة، وكانت عتبة النمو الدنيا لخنفساء زهرة النيل المرقشة من البيضة إلى الحشرة البالغة 12.3 سْ.
- ينصح باستخدام الحشرة في إدارة نبات زهرة النيل في مناطق انتشارها التي تتوفر فيها الظروف البيئية المناسبة (حرارة بين 25–30 سْ).
- إجراء دراسات حصرية تبين مناطق الانتشار الطبيعي لهذه الحشرة، واتخاذ كافة الإجراءات اللازمة لحماية وصيانة هذه الحشرة.

المراجع

- Abjar, Z. E. EL and M. Bashir. 2009. Biology and life tables of Neochetina bruchi Hustache (Coleoptera, Curculionidae) introduced to the White Nile, Sudan, for the biological control of water hyacinth Article. Journal of Applied Entomology 97(1-5):282-286.
- Banks, H.T., J.E. Banks, L.K. Dick and J.D. Stark. 2006. Estimation of dynamic rate parameters in insect populations undergoing sublethal exposure to pesticides. Center for Research in Scientific Computation, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, 44 pp.
- Birch, L.C. 1948. The intrinsic rate of increase of an insect population. Journal of Animal Ecology, 17: 15-26.
- Bokotomba, N. F. 2017. The effect of temperature on the feeding and development of Neochetina eichhorniae larvae on water hyacinth (Eichhornia crassipes). Master of Science. University of the Witwatersrand. 47 pp.
- Campbell, A., B.D. Frazer, N. Gilbert, A.P. Gutierrez, M. Mackauer. 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. Journal of Applied Ecology 11, 431-438.
- Curry, G.L, Feldman, R.M. 1987. Mathematical foundations of population Dynamics. TEES Monograph Series, College Station, Texas 249 pp.
- De Loach, C.J. and H.A. Cordo.1976. Life cycle and biology of Neochetina bruchi, a weevil attacking water hyacinth in Argentina with notes on N. eichhorniae; Ann Entomol. Soc. Am. 69: 643-652.
- Deevy, E.S. 1974. Life tables for natural population of animals. The Quarterly Review of Biology. 22, 283-314.
- Firehun, Y., P.C. Struik,, E.A. Lantinga and T. Taye. 2015. Adaptability of two insects Neochetina bruchi and Neochetina eichhorniae with potential to control water hyacinth in the Rift Valley of Ethiopia. Crop Protection, 76:75-81.
- Gore, P.2017. Management of Water Hyacinth, Eichhornia crassipes Mart. Solms Through Bio-Control Agents with Special Reference To Neochetina spp. at Raipur District C.G.. M.Sc. Thesis. Indira Gandhi Krishi Vishwavidyalaya, Raipur Chhattisgarh. 101 pp.

- Jimenze, M. M., E. G. Lopez, R. H. Delgadillo and E. R. Franco. 2001. Importation, rearing, releasing and establishment of Neochetina bruchi (Coleoptera, Curculionidae) for the Biological Control of Water hyacinth in Mexico. Journal of Aquatic Plant Management. 39, 140-143.
- John. 2005. Biological Control of Water Hyacinth, Eichhornia crassipes, in Chosen Ponds of Tamirabarani River Basin. Ph.D. thesis in Environmental Biotech. Manonmaniam Sundaranar University Sri Paramakalyani Centre for Environmental Sciences Aiwarkurichi - 627 412.
- Martinez, J. M. 2005. Manual para la cría masiva de Neochetina spp. utilizado en el control biologic de lirio acuático. IMTA. México. 45pp.
- Medeiros, R.S., F.S. Ramalho, J. Serrao and J.C. Zanuncio. 2004. Estimative of Podisus nigrispinus (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) development time with non linear models. Neo. Entomol. 33, 141-148.
- Njoka, S.W., G.R.S. Ochie, J.O. Manyalar and J.B. Okeyo-Owuor.2001. The life history and survival of Neochetina in Lake Victoria basin: Basis for biological weed control. Kenya Agricultural Research Institute / Lake 112 Victoria Environmental Management Project, KARI / LVEMP,pp 593- 599.
- Ogwang, J.A. and R. Molo.1997. Biological control of water hyacinth in Uganda. 6th East African Biennial Weed Science Conference Proceedings, 247–253.
- Stark, J. D. and R. A. Goyer. 1983. Biological Control Agent of Water hyacinth. Environmental Entomology, Volume 12, Pages 147–150 .