دراسة تأثير درجات الحرارة في تغذية ونمو يرقات خنفساء زهرة النيل المرقشة *Neochetina eichhorniae* Warner, 1970. على نبات زهرة النيل (*Eichhornia crassipes*)

غسان ابراهيم* عبد النبي بشير أريج صقور*** فهر المشرف****

الملخص

نفذ البحث في مركز دراسات وبحوث المكافحة الحيوية في كلية الهندسة الزراعية جامعة دمشق، خلال موسم 2017. هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير أربع درجات حرارة ثابتة (15و20 و25 و30 سْ) على تغذية ونمو يرقات خنفساء زهرة النيل المرقشة (:Coleoptera) Curculionidae *Neochetina eichhorniae* على نبات زهرة النيل *Eichhornia crassipes* للإسهام في إدارة هذا النبات الغازي و مكافحته والحد من انتشاره. أظهرت النتائج وجود تأثير لدرجات الحرارة في فعالية يرقات حشرة *N. eichhorniae* بالتغذية على نباتات زهرة النيل، حيث بينت النتائج ازدياد معدل الضرر مع ارتفاع درجة الحرارة. وكانت أقل قيمة للوزن الرطب (نبات/يرقة/ يوم) في المعاملات (0.01) غ على درجة حرارة 15 °س، وأعلاها 0.11 غ على درجة الحرارة 30 °س. بينما لم تختلف النتائج بالنسبة إلى طول السويقة، إذ أن أعلى ضرر

*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.

على السويقة نتيجة تغذية يرقات حشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة *N. eichhorniae* كانت على درجة حرارة 30 °س، وأقلها على درجة حرارة 15 °س. كما كانت درجات الحرارة المرتفعة الأكثر ملائمة لنمو اليرقات من درجات الحرارة المنخفضة فقد كانت اليرقات الموجودة عند 30 °س (في العمر الثالث) ذات أعلى قيمة في عرض كبسولة الرأس (0.69 ملم)، بينما كانت اليرقات عند درجة حرارة 15 درجة مئوية (في العمر الأول) ذات عرض أقل لكبسولة الرأس (0.26 ملم). بينت الدراسة وجود تأثير لدرجة الحرارة على الوزن الرطب والجاف ليرقات الخنفساء المرقشة، حيث كان متوسط الوزن الرطب لليرقة بعمر 17 يوماً، 1.1، 1.7، و 2.2، و 4.8 ملغ على درجات الحرارة 15 و20 و25 و30 على التوالي. كما كانت النتائج متشابهة بالنسبة للوزن الجاف ، حيث ازداد الوزن الجاف لليرقة بعمر 17 يوماً مع ارتفاع درجة الحرارة، وكان هذا الوزن 0.10 و 0.15 و0.25 و 0.55 ملغ على درجات الحرارة 15 و20 و25 و30 على التوالي. نشير إلى أن هذا البحث مموّل كلّيا من قبل صندوق دعم البحث العلمي و التطوير التقاني في وزارة التعليم العالي .

الكلمات المفتاحية: تغذية، نمو، يرقات، حشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة *N. eichhorniae*، زهرة النيل، *Eichhornia crassipes*.

Effect of temperature on feeding and development of *Neochetina eichhorniae* larvae on water hyacinth (*Eichhornia crassipes*)

Abstract

The research was conducted at the Biological Control Studies and Research Center, Faculty of Agriculture Engineering, Damascus University, during the 2017 season. The aim of this study was to study the effect of four fixed temperatures (15, 20, 25 and 30 °Celsius) on the feeding and growth of the larvae of Mottled water hyacinth weevil, *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera : Curculionidae on Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) to contribute to the future management of water hyacinth. The results showed that the effect of temperature on the effectiveness of *N. eichhorniae* larvae in feeding on the water hyacinth plant showed an increase in the rate of damage at high temperature. The lowest value of wet weight / Larva / day) (0.01) g at a temperature of 15 °c, and the results did not differ for the length of the petiole. The results showed that the highest damage to the petiole due to the feeding of *N. eichhorniae* larvae was at 30 °C, and the lowest was at 15 °C.

High temperature was the most suitable for larval growth than at the low temperatures. The larvae presented at 30 ° C (third instar) where with the highest width of head capsule (0.69 mm), while larvae presented at temperature of 15 ° C (first instar) were with the lowest width of head capsule (0.26 mm). The study proved the effect of temperature on dry and wet weight of the beetle larvae. The average wet weight of larvae at 17 days age, was 1.1, 1.7, 2.2 and 4.8 mg at temperature degree 15, 20, 25 and 30 °c respectively. For dry weight, the results were similar, the average dry weight of larvae a 17-day age was 0.10, 0.15, 0.25 and 0.55 mg at 15, 20, 25 and 30 °c, respectively**.**

Key words: Feeding, Growth, larvae, *Neochetina eichhorniae*, Water hyacinth. *Eichhornia crassipes*,

المقدمة

يُعد نبات زهرة النيل (Water hyacinth) *Eichhornia crassipes* (Martius) Solms-Laubanch 1833 مثالاً على النباتات الغازية الغريبة التي تهدد الأنظمة البيئية في جميع أنحاء العالم، وذلك للآثار السلبية الناجمة عن انتشار هذا النبات في بقاع مختلفة من العالم، لقد تم تنفيذ العديد من تدابير السيطرة . لإدارة هذا النبات الضار، والتي تشمل المكافحة الميكانيكية، والتحكم الكيميائي والتحكم البيولوجي، لكن في السنوات الأخيرة، تحول التركيز نحو الأعداء الطبيعية من أجل المكافحة البيولوجية على نبات زهرة النيل وذلك لما تقدّمه هذه الطريقة من مزايا في السيطرة على النبات وحماية البيئة من التلوث. يوجد الكثير من الأعداء الحيوية الطبيعية التي استخدمت في مكافحة نبات زهرة النيل، وأهمها : خنفساء زهرة النيل المرقشة (Coleoptera: Curculionidae) *Neochetina eichhorniae* Warner 1970 وخنفساء زهرة النيل المبرقشة (البنية) *Neochetina bruchi* Hustache (Deloach و Cordo ،1976)، وأشار Jones و Cilliers (1999) إلى نجاح مكافحة نبات زهرة النيل باستخدام هاتين الحشرتين في مناطق مختلفة من العالم مثل : جنوب أفريقيا، أمريكا، السودان وغيرها. و بيّن Bokotomba (2017) أن هناك بعض العوامل التي تؤثر على نجاح المكافحة الحيوية لنبات زهرة النيل باستخدام الخنفساء المرقشة والخنفساء المبرقشة، وأهمها درجة الحرارة، فقدرة العدو الحيوي الطبيعي على تحمل نطاق درجة حرارة واسع هو عامل حاسم في تقييم مدى ملاءمته كعنصر مكافحة حيوية (Jalali، وزملاؤه، 2010). تعدّ درجة الحرارة السائدة من أهم العوامل البيئية التي تؤثر في جميع العمليات والوظائف البيولوجية للكائنات ذوات الحرارة المتغيرة، مثل

الحشرات (Huey وBerrigan، 2001). كما تشكل درجة الحرارة عاملاً مهماً في العمليات الفيزيولوجية والاستقلابية الحشرية (Huey وBerrigan، 2001 ؛ Sanford، 2002). تتزايد المطالب الاستقلابية خطياً مع درجة الحرارة وكذلك نوع الطعام (Gillooly و زملاؤه،2001؛ O'Connor،2009؛ Lemoine وزملاؤه،2013)، ومعدلات استهلاك الطعام (Hillebrand و زملاؤه،2009؛ Vucic–Pestic و زملاؤه،2011). تشير العديد من الدراسات إلى أن نشاط الحشرات التي تتغذى على الأعشاب يزداد مع ارتفاع درجة الحرارة (Pakyari وزملاؤه،2011؛ Jamiesonوزملاؤه، 2012).

وجد Parkyari وزملاؤه (2011) أن الاستهلاك الكلي من قبل الحورية في العمر الأول للتربس *Scolothrips longicornis* زاد خطياً عندما ارتفعت درجات الحرارة من 15 درجة مئوية إلى 37 درجة سيليسيوس. ذكر Bernays (1997) أيضا أن معدلات استهلاك الحشرات للأغذية تزداد مع درجات الحرارة التي تتراوح بين 20 درجة و 30 درجة مئوية، ولكنها تنخفض مع زيادة إلى درجة الحرارة أكثر من 30 . لا يزال معدل أكل العديد من الحشرات غير معروف (Bernays، 1997) على الرغم من هذه الدراسات، ولهذا السبب فقد تم إجراء هذا البحث لدراسة تأثير درجة الحرارة في تغذية يرقات *Neochetina eichhorniae* على نبات زهرة النيل ودراسة تأثير درجات الحرارة الثابتة في المؤشرات الحياتية لهذا العدو الحيوي على نبات زهرة النيل، للمساهمة في إدارة مستقبلية للسيطرة البيولوجية على نبات زهرة النيل. نشير إلى أن هذا البحث مموّل كلّيا من قبل صندوق دعم البحث العلمي و التطوير التقاني في وزارة التعليم العالي .

مواد وطرائق العمل

تربية وإكثار نباتات زهرة النيل

تم جمع نباتات زهرة النيل من نهر الكبير الجنوبي في طرطوس و تمّ إزالة الجذور والأوراق التالفة ونقلت إلى مركز بحوث ودراسات المكافحة الحيوية في كلية الزراعة في جامعة دمشق، ووضعت في بحيرة المركز الداخلية (طول 6 م وعرض 3)، وتم إضافة الماء بشكل دوري وكذلك إضافة السماد الذواب الذي يتكون من 2.8 ملغ/لتر نتروجين و0.4 ملغ/ لتر فوسفور (15 غرام/م2 من المسطح المائي). جرى تغيير الماء كل 3 أيام للمحافظة على ماء نظيف وغني بالأوكسجين، كما يحقق ذلك التخلص من بقايا النباتات ومنعها من التعفن مع الإشارة إلى أن التربية تمت في ظروف ضوئية 12:12 (ضوء: ظلام).

جمع حشرات خنفساء زهرة النيل المرقشة *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae)

تم جمع عدد من الحشرات (100 حشرة) من الخنفساء المرقشة *N. eichhorniae* من بحيرة سد محرده. وضعت الحشرات في أوعية بلاستيكية كبيرة الحجم (5 ليتر) يوضع في داخل الوعاء ثلاثة أوراق من نبات زهرة النيل، مع تأمين التهوية المناسبة بتثقيب غطاء الوعاء بثقوب دقيقة. نقلت الحشرات داخل الأوعية إلى مركز بحوث ودراسات المكافحة الحيوية في كلية الهندسة الزراعية في جامعة دمشق.

تم تربية حشرة الخنفساء المرقشة لعدة أجيال على نبات زهرة النيل في بحيرة مركز بحوث ودراسات المكافحة الحيوية في كلية الزراعة بجامعة دمشق للحصول على سلالات مخبرية استخدمت في الدراسة.

– دراسة تأثير درجات الحرارة في التغذية والمؤشرات الحياتية لحشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة *Neochetina eichhorniae*

لدراسة تأثير درجة الحرارة على التغذية والمؤشرات الحياتية ليرقات حشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة *N. eichhorniae*، أجريت التجارب في أربع درجات حرارة ثابتة (15 و 20 و 25 و 30 درجة مئوية) في الفترة من أيلول إلى نهاية تشرن أول من عام2017.

تقييم ضرر التغذية

تضمنت الدراسة 22 دلواً سعة الدلو خمسة لترات (11 دلو معاملة و11 دلو شاهد) لدرجات الحرارة 20 و25 و30 °س، و44 دلواً (22 دلو معاملة و22 دلو معاملة) على درجة الحرارة 15 °س، ويرجع ذلك إلى حقيقة أنه كان من المتوقع أن يكون النمو أبطأ على درجة حرارة 15 °س (King،2011). جهزت النباتات لمدة سبعة أيام على درجات الحرارة والمشار إليها سابقاً. احتوى كل دلو على نبات واحد من زهرة النيل، وعلى 3 ليتر من محلول مغذي (2.8 ملغ/لتر نترات و0.4 ملغ/لتر فوسفات، وتم استخدام المواد التالية كعناصر غذائية كبرى وصغرى وهي : $MgSO_4$، وH_3BO_3 ، و$ZnSO_4$ ، و $CuSO_4$ ، وH_2MoO_4 ، وشلات الحديد والماء المقطر كما هو موصى به من قبل (Hoagland و Arnon ،1950). استخدم ما مجموعه نحو 110 دلواً، و110 نباتاً (زهرة النيل)، (نصفها معاملة أضيف إليها 55 شفعاً من حشرات الخنفساء المرقشة، ونصفها شاهد). وضعت علامة على كل نبات وسجل وزنه الرطب في بداية التجربة، وتم وضع كل نبات على صينية مثقبة (مصفاة) لمدة ثلاث دقائق على الأقل لتصريف الماء قبل أخذ الوزن، ثم تم وضع النبات على ميزان حساس وتم تسجيل وزن كل نبات.

تم تسجيل المؤشرات المتعلقة بالنباتات المختبرة أسبوعياً مثل : الوزن الرطب، وعدد الأوراق، وعدد الإشطاءات، وطول الأعناق لجميع النباتات. تم تبديل المحتوى المائي أسبوعيا. تم مقارنة

الوزن الرطب بين المعاملات بعضها مع بعض، وبين المعاملات والشاهد لتحديد حجم الضرر الناتج عن يرقات الخنافس.

تمّ تقسيم متوسط الضرر للوزن الرطب لليرقات على طول مدة الطور اليرقي لحساب الضرر اليومي في الوزن الرطب لكل يرقة (Hauptfleisch،2015).

$$\text{الفقد في الوزن الرطب} = \frac{\text{إجمالي مجموع الوزن الرطب للشاهد– إجمالي مجموع الوزن الرطب للمعاملة/ حجم العينة}}{\text{عدد اليرقات الموجودة} \times \text{الزمن (يوم)}}$$

$$\text{الضرر في السويقة} = \frac{\text{إجمالي طول السويقة في الشاهد – إجمالي طول السويقة في المعاملة / حجم العينة}}{\text{عدد اليرقات الموجودة} \times \text{الزمن (يوم)}}$$

التطور اليرقي

تمت دراسة التطور اليرقي للحشرة على عدد من النباتات (11 دلو معاملة لدرجات الحرارة 20 و25 و30 °س، و22 دلواً على درجة حرارة 15 °س)، و تمّ وضع نبات واحد في كل دلو، وزود كل دلو بزوج أو بحشرتين من الحشرات الكاملة. و تم في كل أسبوع من زمن الدراسة فحص نبات واحد من نباتات المعاملة وتشريح هذا النبات للعثور على اليرقات، كما تم قياس عرض كبسولة الرأس باستخدام مكبرة عينية مجهرية، و حدّد كل عمر من أعمار اليرقة الثلاث اعتماداً على قياس كبسولة الرأس وفقاً لدراسة Deloach وCordo (1976)، حيث حدّدت الأعمار اليرقية على النحو التالي: عرض كبسولة الرأس للعمر اليرقي الأول 0.34 مم، وللعمر

اليرقي الثاني 0.48 مم، وللعمر اليرقي الثالث أكثر من 0.49 مم. بعد تسجيل عرض الرأس، تم حساب الوزن الرطب لليرقات. و تمّ أيضا" حساب الوزن الجاف عن طريق وضع يرقة واحدة في أنبوب صغير و جفّفت اليرقات ليوم واحد عند 40 درجة مئوية في الفرن.

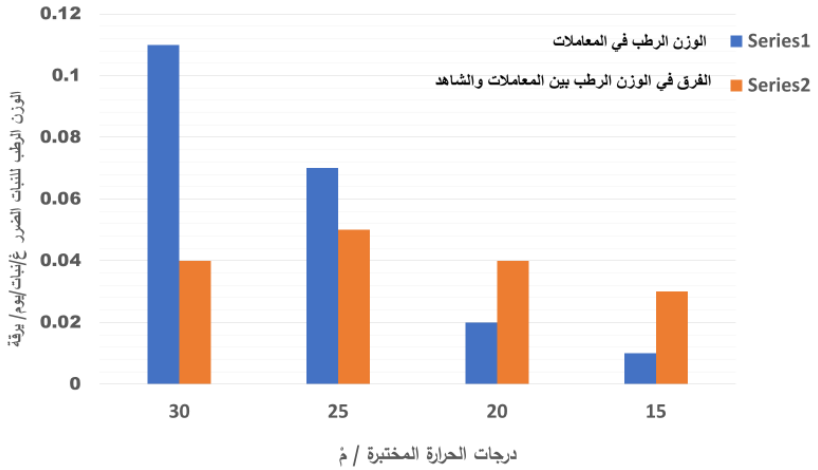
التحليل الإحصائي

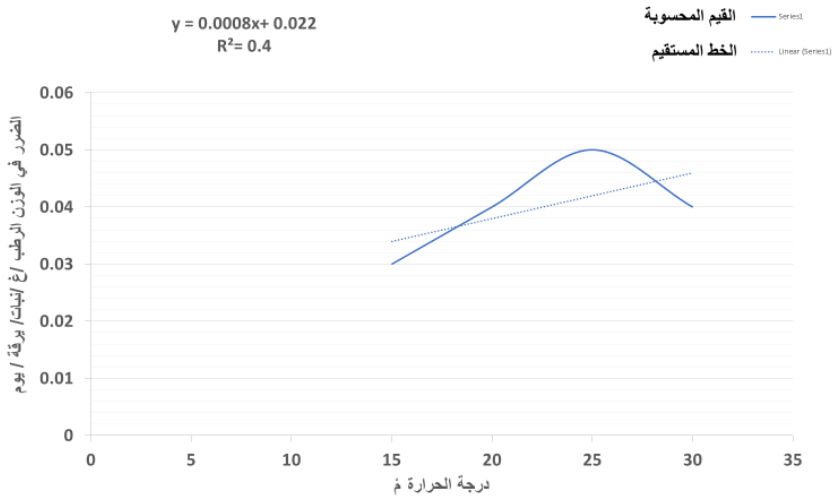
استعمل التحليل العشوائي الكامل Complete Randomized Design (CRD) في تصميم التجارب، تم تحليل النتائج باستعمال طريقة تحليل التباين ONE-WAY ANOVA للمقارنة بين تغذية يرقات الحشرة ونمو النبات (المعاملات والشاهد) على درجات الحرارة المختلفة؛ واستخدم اختبار t–test لمقارنة نمو النبات في المعاملات والشاهد عند درجات الحرارة المختلفة، واستخدمت معادلات الانحدار الخطي ومعاملات الارتباط لتحديد العلاقة بين ضرر التغذية ومؤشرات النمو لمعرفة العلاقة بينها. استخدم في الدراسة البرنامج الإحصائي (SPSS, 2011).

النتائج والمناقشة

أظهرت النتائج وجود تأثير لدرجات الحرارة في فعالية يرقات حشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة *N. eichhorniae* في التغذية على نبات زهرة النيل، وعلى معدل نمو الأعمار المختلفة ليرقة الحشرة، حيث بينت النتائج ازدياد معدل الضرر ومعدل نمو اليرقات مع ارتفاع درجة الحرارة، وبينت النتائج الاختلاف في الوزن الرطب بين المعاملات والشاهد. يبين الشكل (1) الوزن الرطب لنبات زهرة النيل عند أربع درجات حرارة والشاهد لكل درجة مختبرة، وكانت أقل قيمة للوزن الرطب في المعاملات (0.01) غ على درجة حرارة كانت 15 °س، ثم 0.02 غ على درجة حرارة 20 °س، و 0.07 غ على درجة حرارة 25 °س، وأخيراً 0.11 غ على درجة الحرارة 30 °س، وبينت النتائج اختلاف الفرق في الوزن الرطب ما بين المعاملات والشاهد على درجات

الحرارة المختبرة، وكان الفرق في الوزن الرطب ما بين المعاملة والشاهد على درجة الحرارة 15 °س 0.03 غ، و0.035 على درجة حرارة 20 °س، و0.12 على درجة حرارة 25 °س، و0.14 غ على درجة حرارة 30 °س.

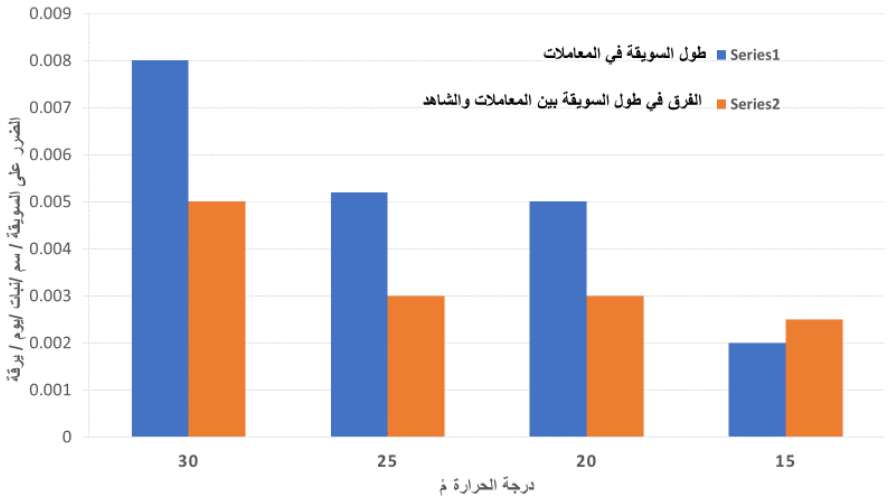


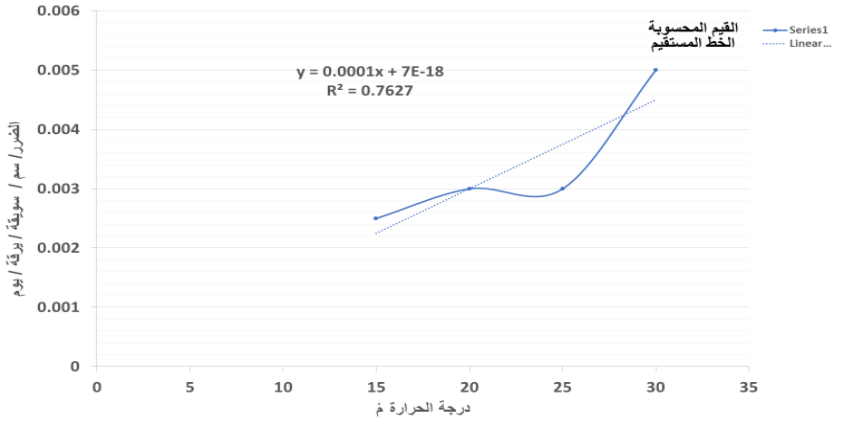


الشكل (1) الوزن الرطب لنبات زهرة النيل عند أربع درجات حرارة والشاهد لكل درجة مختبرة

بينت نتائج التحليل الإحصائي أن أقل فرق معنوي (LSD) على مستوى 0.01 في الوزن الرطب ما بين المعاملات 0.46، فقد كان هناك فرق معنوي بين الوزن الرطب للنبات عند درجة الحرارة 30 °س ودرجات الحرارة 15 و20 °س، وكان الفارق ظاهري مع درجة الحرارة 25 °س، وكان الفارق معنوي بين درجة الحرارة 25 °س ودرجتي الحرارة 15 و20 °س والذي كان الفارق بينهما ظاهرياً. وكان الفارق معنوياً بين الوزن الرطب للنبات في المعاملات المختلفة والشاهد في كل معاملة. حيث كانت قيمة LSD بين المعاملة والشاهد على درجة حرارة 15 °س (0.21)، وعلى درجة حرارة 20 °س (0.028)، وعلى درجة حرارة 25 °س (0.035)، وعلى درجة حرارة 30 °س (0.028).

لم تختلف النتائج بالنسبة لطول السويقة، حيث بينت النتائج أن أعلى ضرر على طول السويقة كان نتيجة تغذية يرقات حشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة N. eichhorniae على درجة حرارة 30 °س، وأقلها على درجة حرارة 15 °س، وكانت متقاربة على درجتي الحرارة 20 و25 °س الشكل (2). كانت الفروق في الفقد في طول السويقة ما بين المعاملات الأربعة ظاهرية على مستوى 0.01 (LSD =0.001).

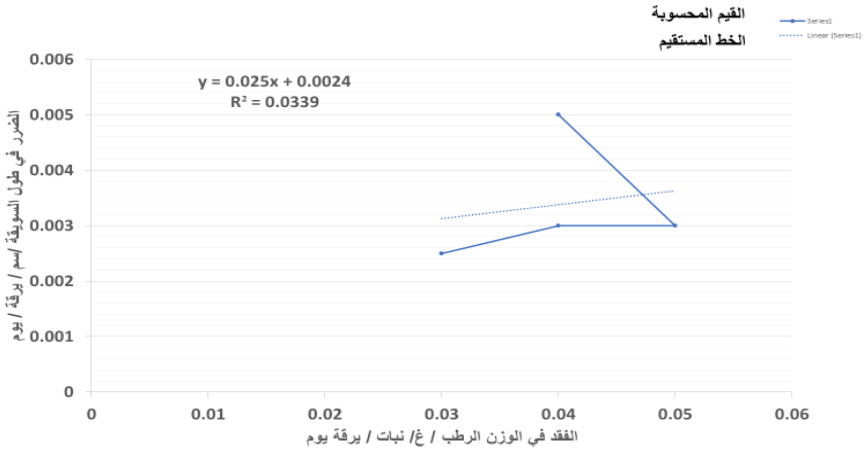




الشكل2. طول سويقة نبات زهرة النيل في المعاملات المختلفة.

بينت النتائج وجود ارتباط ايجابي ما بين الضرر في طول السويقة (سم) ودرجة الحرارة، حيث كان معامل الارتباط r = 0.0.873، ويبين الشكل الارتباط بين درجات الحرارة والضرر اليومي في طول السويقة.

بينت دراسة الارتباط ما بين معدل الفقد اليومي في الوزن الرطب (غ) والضرر اليومي لطول السويقة (سم) أن الارتباط ضعيف بينهما عند درجات الحرارة الأربعة (15 و20 و25 و30 °س)، وكانت قيمة معامل الارتباط r = 0.184، ومعادلة خط الانحدار موضحة في الشكل (3).



الشكل3. الارتباط بين معدل الفقد اليومي في الوزن الرطب وطول السويقة.

تتوافق هذه النتائج مع نتائج Bokotomba (2017) الذي أشار إلى أن لدرجة الحرارة تأثير على مقدار الضرر الذي تسبّبه يرقات خنفساء زهرة النيل المرقشة *N. eichhorniae* ، وكان ضررها أكبر ما يمكن على درجة الحرارة 30 °س وأقلها على درجة حرارة 15 °س. بين King (2011) أن متوسط عدد البقع/ حشرة كاملة/ يوم 8.42 بقعة على درجة حرارة 20 °س، وأشار Hauptfleisch (2015) إلى أن الحشرة الكاملة الواحدة تستهلك يومياً ما يقدر بـ 0.007 غرام على درجة الحرارة 20 °س، وكانت في هذه الدراسة وعلى نفس درجة الحرارة أقل من 0.03/غ/ يرقة/يوم.

التطور اليرقي

عرض كبسولة الرأس

بينت نتائج هذه الدراسة تأثير درجات الحرارة في نمو وتطور يرقات خنفساء زهرة النيل المرقشة *N. eichhorniae*، حيث كان تطور اليرقات أسرع على درجات الحرارة المرتفعة، ويجب الإشارة إلى أن اليرقات تواجدت في قاعدة السويقات على درجتي الحرارة 25 و30 °س، بينما تواجدت اليرقات غالباً في منتصف السويقات على درجتي الحرارة 15 و20 °س. تم جمع بعض اليرقات من محلول التغذية، والسبب في ذلك هو إما أن اليرقات تحاول الهرب من السويقات المصابة، أو قد تكون سقطت في أثناء انتقالها من الأوراق نحو السويقات، وهذا يتشابه مع ما ذكره (Bokotomba،2017).

يمكن القول بشكل عام أن لدرجات الحرارة تأثيرا" في عرض كبسولة الرأس لخنفساء زهرة النيل المرقشة، فيرقات الحشرة الموجودة عند درجة حرارة 30 °س، كان متوسط عرض كبسولة رأسها نحو 0.69 ملم بعد نحو 17 يوم، ما يشير إلى أن اليرقة هي في العمر الثالث . بينما كان متوسط عرض كبسولة رأس اليرقات عند درجة حرارة 15 °س 0.26 مم، وهذا عرض كبسولة الرأس لليرقة في العمر الأول، وكان متوسط عرض كبسولة رأس اليرقة عند درجة الحرارة 20 °س 0.38 ملم وربما كانت هذه اليرقات في العمر الثاني، وعلى درجة الحرارة 25 °س كانت نحو 0.47 ملم أي في بداية العمر الثالث، ما يشير إلى أن لدرجات الحرارة تأثير على سرعة نمو يرقات الحشرة وعلى عرض كبسولة الرأس (Bokotomba، 2017).

اكتمل نمو اليرقات الموجودة عند درجة حرارة 30 °س بفترة زمنية نحو 21– 25 يوماً، 23– 30 يوماً على درجة حرارة 25 °س، و 28– 33 على درجة الحرارة 20 °س، وأكثر من 40 يوماَ على درجة الحرارة 15 °س.

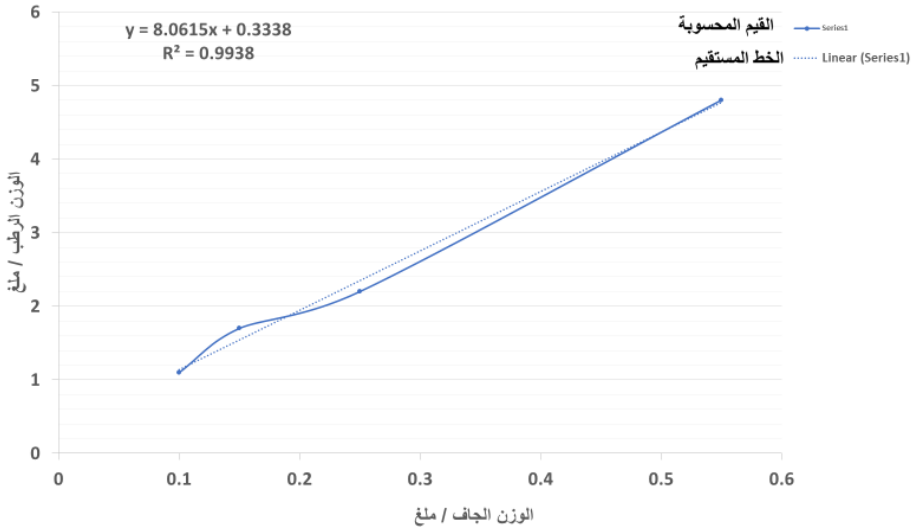
لا تتوافق هذه النتائج مع (Bokotomba،2017) الذي أشار إلى أن نمو اليرقات التي وضعت عند درجة حرارة 30 °س اكتمل خلال 17 يوماً، وتتوافق من حيث أن طول مدة الطور اليرقي لحشرة خنفساء زهرة النيل المرقشة يكون أقصر على درجات الحرارة الأعلى ضمن المجال الحراري (15–30 °س).

الوزن الرطب والجاف ليرقات الخنفساء المرقشة

بينت الدراسة وجود تأثير لدرجة الحرارة في الوزن الرطب والجاف ليرقات خنفساء زهرة النيل المرقشة، حيث كان متوسط الوزن الرطب ليرقة بعمر 17 يومأ، 1.1، 1.7، و 2.2، و 4.8 ملغ على درجات الحرارة 15، و20، و25، و30 على التوالي، و يشير هذا إلى تأثير درجة الحرارة في الوزن الرطب لليرقة، حيث يزداد الوزن مع ارتفاع درجة الحرارة.

كانت النتائج متشابهة بالنسبة للوزن الجاف ، حيث ازداد الوزن الجاف ليرقة بعمر 17 يوماَ مع ارتفاع درجة الحرارة، وكان هذا الوزن 0.10، و 0.15، و0.25، و 0.55 ملغ على درجات الحرارة 15، و20، و25، و30 على التوالي و يشير هذا إلى تأثير درجة الحرارة في الوزن الجاف لليرقة، حيث يزداد الوزن مع ارتفاع درجة الحرارة.

بينت الدراسة علاقة الارتباط بين الوزن الرطب والوزن الجاف ليرقات خنفساء زهرة النيل المرقشة تحت تأثير درجات الحرارة المختلفة (15،و20، و25، و30 °س)، وجود ارتباط ايجابي (r= 0.997)، وتزداد هذه الأوزان بارتفاع درجة الحرارة. الشكل (4).



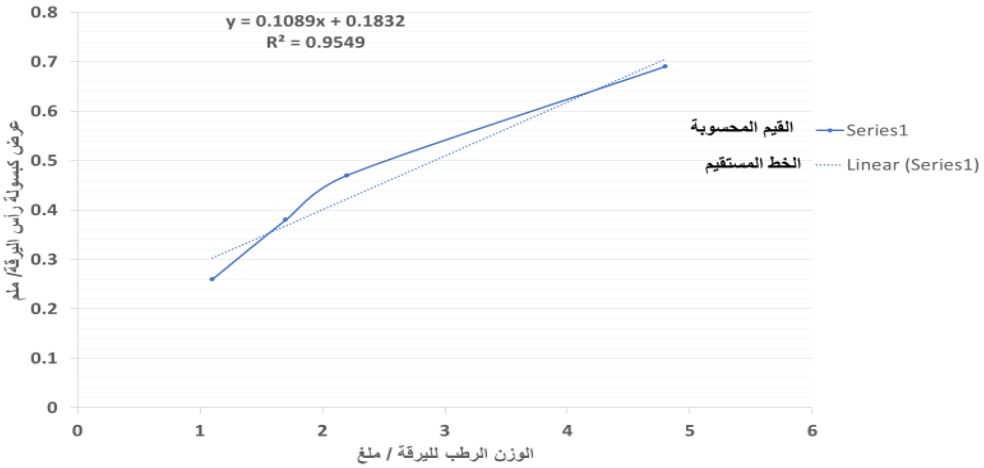
الشكل4. علاقة الارتباط بين الحرارة ووزن اليرقات.

بينت الدراسة أيضا" وجود ارتباط خطي ما بين عرض كبسولة الرأس والوزن الرطب ليرقة خنفساء زهرة النيل المرقشة على درجات الحرارة المختبرة، وكانت قيمة معامل الارتباط r= 0.9549، وكانت هذه القيم تزداد بارتفاع درجة الحرارة.

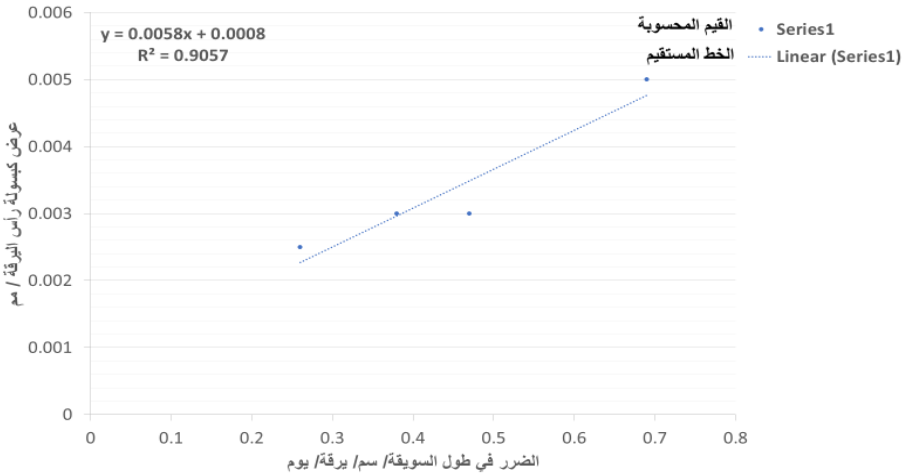
العلاقة ما بين النمو اليرقي وضرر التغذية على درجات الحرارة المختبرة

و سجل أكبر ضرر في تغذية اليرقات عند درجة الحرارة 30 °س، حيث كانت اليرقات في مراحل متقدمة من عمرها (أكبر عمراً)، وبالتالي ازداد الضرر بسبب تغذية اليرقات مع ارتفاع درجة الحرارة، وبالتالي حفّز ارتفاع درجة الحرارة نمو اليرقة، وهذا يدل على أن هناك تأثير مباشر لدرجة الحرارة في نمو وتغذية يرقات خنفساء زهرة النيل المرقشة على نبات زهرة النيل.

توجد بشكل عام، هناك علاقة ارتباط ايجابية ما بين الضرر الناجم عن تغذية يرقات خنفساء زهرة النيل المرقشة على نبات زهرة النيل (نقص الوزن الرطب، والتأثير على طول السويقة) وتطور اليرقات (عرض كبسولة الرأس)، كما هو موضح في الشكلين (5–6)، ويزداد الضرر مع ارتفاع درجة الحرارة، حيث كان عرض كبسولة رأس اليرقة يزداد مع ارتفاع درجة الحرارة. و تبيّن هذا مبين بوضوح من خلال علاقة الارتباط الإيجابية بين عرض كبسولة رأس اليرقة والوزن الرطب (r = 0.977)، وعرض كبسولة الرأس والضرر في طول السويقة (r = 0.952).



الشكل 5. علاقة الارتباط بين الوزن الرطب لليرقة مع عرض كبسولة الرأس.



الشكل 6. علاقة الارتباط بين طول السويقة وعرض كبسولة الرأس.

تعد درجة الحرارة من أهم العوامل البيئية الرئيسية التي تؤثر على دورة حياة الحشرات (Stark وGoyer، 1983). وقد أظهر العديد من الباحثين ازدياد العمليات الحيوية لدى الحشرات مع ارتفاع درجات الحرارة (O'Connor، 2009؛ Lemoine وزملاؤه،2013).

كان من المتوقع بالتالي وبناءً على ذلك، أن نمو يرقات الخنفساء المرقشة سيزداد ضررها كذلك عند التعرض إلى درجة حرارة أعلى (Cofranscesco وزملاؤه، 1984)، والذي تم حسابه من : أضرار التغذية، عرض كبسولة الرأس، الوزن الرطب والجاف لليرقة، وقد بين Lemoine وزملاؤه (2014) أن نمو الحشرات يزداد مع ارتفاع درجة الحرارة، حيث يرتبط علم وظائف الأعضاء ارتباطاً مباشراً بدرجة الحرارة الخارجية ومنها الحشرات التي تتغذى على الأعشاب.

تظهر نتائج هذه الدراسة تأثير درجة الحرارة في تغذية وتطوير يرقات خنفساء زهرة النيل المرقشة *N. eichhorniae* ، حيث ازداد متوسط تغذية اليرقات اليومي في ارتفاع درجة الحرارة ضمن المجال (15 و20، و25 و30 °س)، علاوة على ذلك ارتبطت الزيادة في استهلاك اليرقات مع زيادة درجة الحرارة ارتباطًا إيجابيًا بتطورها، وقد أشارت دراسات سابقة إلى هذه العلاقة ما بين تغذية اليرقات وتطورها (Bokotomba، 2017؛ Stamp و Bowers ، 1990؛ Beck،1983).

إن معرفة تأثير درجات الحرارة في نمو ونشاط الحشرات التي تتغذى على الأعشاب سوف يبين للباحثين بأن تغذية هذه الحشرات على عوائلها النباتية سوف يكون أسرع من إنتاج الأنسجة النباتية للعائل، و سيؤثر هذا على الكتلة الحيوية للعائل (Gillooly وزملاؤه،2001؛ O'Connor،2009؛ O'Connor وزملاؤه،2011؛Marlin وزملاؤه،2013).

بيّن King (2011) في دراسته على خنافس *Neochetina* على نبات زهرة النيل عند أربع درجات حرارة ثابتة (5، و12، و15، و20 °س) أن لدرجة الحرارة تأثير في تغذية *Neochetina*، وسجل أكبر ضرر على درجة الحرارة 20 °س، وبين Deloach و Cordo(1976)، و Hauptfleisch (2015) ان درجة الحرارة المناسبة لنمو وتطور الخنفساء المرقشة *N. eichhorniae* هي 25 °س. أشار King (2011) إلى أن الضرر النتاج عن يرقات الحشرة عند درجة حرارة 20 °س هو ضعف ما تسببه الحشرة من أضرار على درجة الحرارة 15 °س، وبين Bashir وزملاؤه (1984) و أن الضرر الناتج عن السوسة كان أعظم ما يمكن على درجة الحرارة 25 °س (نسبة الضرر على نبات زهرة النيل 30%).

أشارت الدراسات أن يرقات خنفساء زهرة النيل المرقشة *N.eichhorniae* أكثر فعالية من الأفراد الكاملة في مكافحة نبات زهرة النيل من خلال التأثير على معدلات نمو النبات، وقد ينتج

عنها القضاء على النبات (Deloach و Cordo ،1976؛Center وزملاؤه،1999؛Center و Van،1989؛Center و Dray ،1992).

قد تكون الاختلافات في تأثير التغذية على النبات العائل ما بين الحشرة الكاملة واليرقة مرتبطة بسلوك التغذية: تتغذى الحشرات البالغة على البشرة، والندوب الناجمة عن تغذيتهم لا تخترق بعمق في الأنسجة النباتية المصابة (Deloach و Cordo ،1976).

تكون إصابات يرقات السوسة أكثر عمقاً على عكس الحشرات البالغة، لأن اليرقات تتغذى داخل سويقات النبات، ويمكن أن تخترق بعمق حتى التاج، و يكون بالتالي الضرر أكثر أهمية (Deloach و Cordo ، 1976)، وهكذا، فإن تحرك اليرقات نحو التاج يهدد المريستيم ويمكن أن يبطئ النمو الكلي، و تكون بالتالي اليرقات أكثر ضرراً للنباتات المضيفة. و لذلك ينصح بالتركيز على الطور اليرقي للحصول على نتائج أفضل في المكافحة الحيوية بواسطة أنواع *Neochetina*بشكل عام ، وخاصة النوع *N. eichhorniae*.

إنّ أي إزالة للكتلة الحيوية من الأعشاب الضارة هي ظاهرة إيجابية في المكافحة الحيوية، ولذا فإن السوسة تؤثر سلباً و بشكل دائم على حيوية نبات زهرة النيل، و قد تبيّن أن المستويات المنخفضة من تغذية السوسة يمكن أن يكون لها تأثير سلبي في نمو نباتات زهرة النيل. و في الدراسة الحالية، لاحظنا وجود ضرر لسويقات نبات زهرة النيل، وكان هذا الضرر يزداد مع ارتفاع درجة الحرارة.

و فيما يتعلّق بتطور اليرقة، فقد بيّنت الدراسة تأثير الحرارة في نمو يرقات سوسة زهرة النيل المرقشة، حيث كان تطور اليرقة في درجة الحرارة 30 درجة مئوية كان أسرع مما هو بالنسبة لباقي درجات الحرارة المختبرة، وكانت اليرقة في العمر 17 يوما في العمر اليرقي الثالث، وذلك

بناءً على عرض كبسولة الرأس، بينما كانت في العمر اليرقي الأول على درجة حرارة 15 °س. تم تسجيل الملاحظة نفسها بالنسبة لوزن جسم اليرقة (الرطب والطازج)، حيث كان أكثر وزن لليرقات بعمر 17 يوماً على درجة الحرارة 30 °س، والأقل وزناً على درجة الحرارة 15 °س، و يعني هذا أن تطور اليرقة على درجة حرارة 15 °س كان أبطأ مما كان على درجة الحرارة 30 °س، يمكن تفسير الفرق في تطور اليرقات تبعا" لدرجات الحرارة ، مع التطور السريع في درجات الحرارة المرتفعة ، من خلال تطبيق نفس المبادئ المستخدمة في تفسير الزيادة في التغذية عند درجات الحرارة العالية (تحفيز العمليات الحيوية عند درجات حرارة أعلى). تتطابق هذه النتائج مع (His،1989؛Douroudi وزملاؤه، 1999). علاوة على ذلك ، يمكن أن تؤثر درجة الحرارة على فعالية بعض الأنزيمات المشاركة في عملية التمثيل الحيوي (Corraze وزملاؤه،1999)، لذلك ، فإن استخدام السوسة كعامل بيولوجي سيكون أفضل إذا ما أخذنا بعين الاعتبار درجة الحرارة أو المكان (استوائي ، معتدل) حيث يتم تعزيز نمو اليرقات، لقد نجحت المكافحة الحيوية لنبات زهرة النيل في العديد من المناطق بدرجات حرارة دافئة. على سبيل المثال، أظهر Wangai (2004) فعالية السوسة في السيطرة على نبات زهرة النيل في بحيرة فيكتوريا. كما بين Bokotomba (2017) أنه حتى لو كانت درجة الحرارة المثلى لأداء يرقات الحشرة تبدو عند الدرجة 30 مئوية (مع وجود كمية كبيرة من إزالة الكتلة الحيوية)، فقد كان تأثير اليرقات عند درجة حرارة 25 درجة مئوية أفضل على نبات زهرة النيل (النمو عند 25 درجة مئوية كان أقل بـ 0.49 مرة من نمو الشاهد، وكان على درجة الحرارة في المعاملة أقل بنحو إلى 0.45 مرة من الشاهد، تكون لهذا السبب درجة الحرارة المثالية للمكافحة الحيوية لنبات زهرة النيل بيرقات الحشرة ما بين 25–30 درجة مئوية.

الاستنتاجات والتوصيات

– بينت الدراسة المخبرية أثر درجة الحرارة في نمو وتطور يرقات خنفساء زهرة النيل المرقشة *N. eichhorniae*. على نبات زهرة النيل.

– ازدادت تغذية اليرقات على نبات زهرة النيل مع ارتفاع درجات الحرارة ،كما تسارعت عملية نمو اليرقات.

– تساعد درجات الحرارة المرتفعة (25–30 °س) على حدوث أضرار عالية في تغذية اليرقات مقارنةً مع درجات الحرارة المنخفضة (15 – 20 °س)، وكان حجم اليرقات، عند درجات الحرارة المرتفعة، أكثر تطوّراً ومع حجم جسم أكبر من اليرقات التي تنمو عند درجات حرارة منخفضة.

– هناك ارتباط إيجابي ما بين حجم اليرقة والضرر الناتج عنها لنبات زهرة النيل.

– ينصح بأن يكون استخدام يرقات سوسة زهرة النيل المرقشة في مكافحة نبات زهرة النيل في المجال الحراري 25–30 °س.

– نظراً لعدم وجود تناظر ما بين دورة حياة خنفساء زهرة النيل المرقشة ونبات زهرة النيل، فمن المفضل أن يكون هناك أطلاقات لأعداد كبيرة للحشرة في وقت مبكر من موسم نمو نبات زهرة النيل لنجاح المكافحة الحيوية لهذا النبات الضار.

– يجب إجراء دراسات عميقة على خنفساء زهرة النيل المرقشة وذلك لمعرفة مدى الاختلاف أو التناظر في دورة حياة نبات زهرة النيل وهذه الحشرة.

المراجع

Bashir, M., El Abjar, Z., and Irving, N. 1984. Observations on the effect of the weevils *Neochetina eichhorniae* Warner and *Neochetina bruchi* Hustache on the growth of water hyacinth. *Hydrobiologia*. 110. pp. 95 -98.

Beck, S. 1983. Insect thermoperiodism. *Annual Review of Entomology*. 28. pp. 51-108.

Bernays, E. 1997. Feeding by Lepidopteran Larvae is Dangerous. *Ecological Entomology*. 22. pp. 121–123.

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.

Center, T. and Dray Jr., F. 1992. Associations between water hyacinth weevils (*Neochetina eichhorniae* and *N. bruchi*) and phenological stages of Eichhornia crassipes in Southern Florida. *The Florida Entomologist*. 75 (2). pp. 196-211

Center, T., and Van, T. 1989. Alteration of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) leaf dynamics and phytochemistry by insect damage and plant density. *Aquatic Botany*. 35. pp. 181-195.

Center, T., Dray, F Jr., Jubinsky, G., and Grodowitz, M. 1999. Biological Control of Water Hyacinth under Conditions of Maintenance Management: Can Herbicides and Insects be Integrated? *Environmental Management*. 23. pp. 241 – 256.

Cofrancesco, A., Stewart, R., and Sanders, D. 1984. The Impact of *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) on Water Hyacinth in Louisiana. *Proceedings of the VI International Symposium on Biological Control of Weeds.* Vancouver, Canada. pp. 525-535.

Corraze, G., Larroquet, L., and Médale, F. 1999. Alimentation et dépôts lipidiques chez la truite arc-en-ciel, effet de la température d'élevage. *INRA Productions Animales*. 12 (4). pp. 249-256.

DeLoach, C., and Cordo, H. 1976. Life cycle and biology of *Neochetina bruchi*, a weevil attacking water hyacinth in Argentina, with notes on *N. eichhorniae*. *Annals of the Entomological Society of America*. 69 (4). Pp. 643-652.

Douroudi, M., Southgate, P.S., and Mayer, R., 1999. The combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*. Aquaculture Research. 30. pp. 271 – 277.

Gillooly, J., Brown, J.H., West, G., Savage, V., and Charnov, E. 2001**.** Effects of size and temperature on metabolic rate. *Science.* 293. pp. 2247 -2252.

Hauptfleisch, K., 2015. A model for water hyacinth biological control. MSc Thesis, University of Witwatersrand, Johannesburg, South Africa.

Hillebrand, H., Borer, E.T., Bracken, M.E., Cardinale, B.J., Cebrian J., Cleland, E.E., Elser, J.J., Gruner, D.S., Harpole, W.S., Ngai, J.T., Sandin, S., Seabloom, E.W., Shurin, J.B., Smith J.E., and Smith, M.D. 2009**.** Herbivore metabolism and stoichiometry each constrain herbivory at different organizational scales across ecosystems. *Ecology Letters, USA.* 12. pp. 516-527.

His, E., Robert, R., and Dinet, A., 1989. Combined effects of temperature and salinity on fed and starved larvae of the Mediterranean mussel, *Mytilus galloprovincialis* and the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *Marine Biology*. 100. pp. 455-463.

Hoagland**,** D., and Arnon, D. 1950. The water culture method of growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station*. 347, University of California.

Huey, R., and Berrigan, D. 2001. Temperature, Demography, and Ectotherm Fitness. *The American Naturalist.* 158. pp. 204.

Jalali, A., Tirry, L., Arbab, A., and Patrick De Clercq, P. 2010.Temperature-dependent Development of the Two-spotted Ladybeetle, *Adailia bipunctata*, on the Green Peach Aphid, *Myzus persicae*, and a Factitious Food Under Constant Temperature. *Journal of Insect Science*. 10. pp. 124 - 138.

Jamieson, L., Chhagan, A., and Griffin, M. 2012. Temperature Development and Damage Rates of Onion Thrips. *New Zealand Plant Protection*. 65. pp. 126–132.

Jones, R, and Cilliers, C. 1999. Integrated Control of Water Hyacinths on the Nseleni/Mposa Rivers and Lake Nsezi in KwaZulu-Natal, South Africa. Hill MP, Julien, M.H., and Center, T.D. (Eds*). Proceedings of the first IOBC global working group meeting for the biological and integrated control of water hyacinth*. 16-19 November 1998. Harare. pp. 160- 167.

King, A. 2011. The effect of temperature on biological control of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) in South Africa. M.Sc. Thesis. University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa.

Lemoine**,** N., Burkepile**,** D., and Parker, J. 2014.Variable effects of temperature on insect herbivory. PeerJ.376. pp 1-2.

Lemoine, N., Drews W., Burkepile D., and Parker, J. 2013. Increased Temperature Alters Feeding Behavior of a Generalist Herbivore. *Oikos*. 122. pp.1669-1678.

Levesque, K., Fortin, M., and Mauffette, Y. 2002. Temperature and food quality effects on growth, consumption and post-ingestive utilization efficiencies of the forest tent caterpillar Malacosoma disstria (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Bulletin of Entomological Research*. 92. pp. 127-136.

Marlin, D., Hill, M., Ripley, B., Strauss, A., and Byrne, M. 2013. The Effect of Herbivory by the Mite *Orthogalumna terebrantis* on the Growth and Photosynthetic Performance of Water Hyacinth. *Aquatic Botany.* 104. pp. 60-69.

O'Connor, M., Gilbert, B. and Brown, C. 2011. Theoretical predictions for how temperature affects the dynamics of interacting herbivores and plants. *The American Naturalist*. 178. pp. 626-638.

O'Connor, M.I. 2009.Warming strengthens an herbivore-plant interaction. *Ecology.* 90. pp. 388–398.

Pakyari, H., Fathipour, Y., and Enkegaard, A. 2011. Effect of Temperature on Life Table Parameters of Predatory Thrips *Scolothrips longicornis* (Thysanoptera: Thripidae) Fed on Two Spotted Spider Mites (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*. 104. pp. 799-805.

Sanford, E .2002. Water temperature, predation, and the neglected role of physiological rate effects in rocky intertidal communities. *Integrative and Comparative Biology*. 42. pp. 881–891.

Stamp, N. and Bowers, M. 1990. Variation in food quality and temperature constrain foraging of gregarious caterpillars. *Ecology*. 71 (3). pp. 1031-1039.

Stark, J. and Goyer, R. 1983. Life cycle and behaviour of *Neochetina eichhorniae* Warner (Coleoptera: Curculionidae) in Louisiana: a biological control agent of water hyacinth. *Environmental Entomology*. 12. pp.147-150.

Vucic-Pestic, O., Ehnes, R.B., Rall, B.C., and Brose, U. 2011. Warming up the System: Higher Predator Feeding Rates but Lower Energetic Efficiencies. *Global Change Biology.* 17. pp. 1301-1310.

Wangai, S. 2004. The Biology and Impact of *Neochetina* Weevils on Water Hyacinth, *Eichhornia crassipes* in Lake Victoria basin, Kenya. PhD Thesis. Nairobi: Moi University.