

## دراسة تأثير مساحة الوحدة التجريبية في فعالية البحث للمفترس

### *Scymnus syriacus* عند التربية على حشرة من القطن *Aphis gossypii* مخبرياً

محمد أحمد \*

نبيل أبو كف \*\*

شادي فسحة \*\*\*

ماريا دلول \*\*\*\*

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٥/١١/١٣ . قُبل للنشر في ٢٠٢٦/١/٢٧)

□ ملخص □

أجري هذا البحث خلال عام ٢٠٢٤، في مخبر مكافحة الحويبة في كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، حيث درست فعالية البحث ( $a$ ) المرتبطة بمساحة الوحدة التجريبية للبالغة الأنتى للمفترس *Scymnus syriacus* عند التربية على حوريات من القطن *Aphis gossypii*، باستخدام ٦ كثافات مختلفة (٥، ١٠، ٢٠، ٤٠، ٨٠، ١٦٠ حورية/ وحدة تجريبية) و باستخدام خمس وحدات تجريبية مختلفة المساحة (١٣٦، ٢٣٤، ٣٩٠، ٥٢٥، ٦٥٠ سم<sup>٢</sup>). أبدت إناث المفترس *S. syriacus* استجابة وظيفية من النمط الثاني II، وبينت النتائج أن فعالية البحث  $a$  أبدت ارتباطاً عالياً مع المساحة التي يبحث فيها المفترس ( $R^2 = 0.984$ )، وكان هذا الارتباط عكسياً ( $R = -0.97$ )، إذ أن فعالية البحث انخفضت مع زيادة مساحة الوحدة التجريبية وكانت الأعلى عند أصغر وحدة تجريبية ( $a = 0.209$  ساعة<sup>-١</sup>). كما لوحظ عند جميع الوحدات التجريبية انخفاض المساحة الممسوحة من قبل المفترس مع زيادة كثافة الفريسة، وزيادتها بزيادة مساحة الوحدة التجريبية عند نفس الكثافة حيث بلغت ١٠٨,٨٥، ١٧٨,٥٢، ٢٧٩,٥، ٣٠٤,٩٣ و ٣٣٤,٧٥ سم<sup>٢</sup> عند الوحدات التجريبية من الأصغر إلى الأكبر على التوالي، وبالتالي يمكن القول أن كلاً من مساحة الوحدة التجريبية و كثافة الفريسة لعب دوراً أساسياً في السلوكية الغذائية والبحث عن الفريسة للمفترس *S. syriacus*.  
**كلمات مفتاحية:** استجابة وظيفية، *Scymnus syriacus*، من القطن، *Aphis gossypii*، كثافة الفريسة، فعالية البحث ( $a$ )، وحدة تجريبية.

\* أستاذ في قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة طرطوس، سورية.

\*\* أستاذ في قسم وقاية النبات، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، سورية.

\*\*\* باحث، مركز البحوث العلمية الزراعية في طرطوس، سورية.

\*\*\*\* طالبة دراسات عليا دكتوراه، قسم وقاية النبات، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، سورية.

## Studying the effect of arena size on the search efficiency of *Scymnus syriacus* rearing on *Aphis gossypii* under laboratory conditions

Mohamed Ahmad \*

Nabil Abokaf \*\*

Shadi Faskha \*\*\*

Maria Dalloul \*\*\*\*

(Received 13/11/2025 . Accepted 27/1/2026)

□ ABSTRACT □

The experiment was conducted in 2024 at the Biological Control Laboratory, Faculty of Agricultural Engineering, University of Latakia to study the search efficiency related to the experimental unit area of the adult female predator *Scymnus syriacus* when reared on cotton aphid *Aphis gossypii* nymphs, using six different densities (5, 10, 20, 40, 80 and 160 nymphs/experimental unit), and five different experimental arena sizes (136, 234, 390, 525, and 650 cm<sup>2</sup>). The female predator exhibited a type II functional response. The results indicated that the search efficiency ( $a$ ) was highly correlated with the predator's search area ( $R^2 = 0.985$ ) and this correlation was negative ( $R=-0.97$ ), as search efficiency decreased with increasing experimental arena size and was highest at the smallest arena ( $a = 0.209 \text{ hour}^{-1}$ ). Across all arenas, the area swept by the predator decreased with increasing prey density and increased with larger arena size at the same density, reaching 108.85, 178.52, 279.5, 304.93, and 334.75 cm<sup>2</sup> from the smallest to the largest arena, respectively. Thus, both experimental arena size and prey density played a fundamental role in the feeding and searching behavior of the predator *S. syriacus*.

**Keywords:** Functional response, *Scymnus syriacus*, Cotton aphid, *Aphis gossypii*, prey density, searching efficiency ( $\alpha$ ), experimental unit.

---

\*Professor, Faculty of Science, Tartous University, Tartous, Syria.

\*\*Professor, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University, Latakia, Syria.

\*\*\*Researcher, Agricultural Research Center, Tartous, Syria. Shadifaskha5@gmail.com

\*\*\*\*PhD student, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University, Latakia, Syria.

## 1- المقدمة

يعد الفهم الصحيح للتفاعلات ما بين الكائنات الحية أمراً بالغ الأهمية لفهم أنماط الاستقرار والتنوع الحيوي للمجتمعات البيئية بشكل كامل (McCann *et al.*, 2000) بالإضافة إلى أنه يسمح للباحثين بوضع توقعات أقرب ما تكون للواقع حول المجتمعات الحشرية التي يتم دراستها و اختبارها (Schneider *et al.*, 2012) لذا كان من الضروري الاعتماد على طرق موثوقة لقياس قوة التفاعلات بين الكائنات خاصة ما بين المفترسات و فرائسها. يمكن القول بأن دراسة الاستجابة الوظيفية تعتبر واحدة من أهم الطرق التي تستخدم لتقييم التفاعل ما بين المفترس و الفريسة (Holling, 1959؛ Novak and Wootton, 2010)، من خلال توصيف العلاقة بين معدل الافتراس و كثافة الفريسة، حيث مازالت الاستجابة الوظيفية من أكثر المفاهيم الرياضية شيوعاً في التجارب البيولوجية التي تدرس و توصف العلاقة ما بين المفترس و الفريسة وذلك خلال الفترة التي امتدت من منتصف القرن الماضي و حتى الوقت الحالي. بشكل عام يوجد ثلاثة أنماط أساسية للاستجابة الوظيفية: النمط الأول I، النمط الثاني II و النمط الثالث III (Holling, 1961)، حيث يمتاز كل نمط بشكل مميز للخط البياني الذي يوضح العلاقة ما بين كثافة الفريسة و معدل الافتراس (Petchey *et al.*, 2010)، حيث تكون العلاقة خطية في النمط الأول I؛ أي أن معدل الهجوم للمفترس الذي يبدي هذا النمط من الاستجابة يكون مرتبطاً بكثافة الفريسة، في النمط الثاني II يظهر المنحني البياني بمعدل متباطئ يؤدي لعلاقة عكسية بين معدل الافتراس وكثافة الفريسة، بينما يبدي النمط الثالث III خطأً بيانياً بشكل حرف S.

للوصول إلى فهم أشمل للاستجابة الوظيفية و مؤشرات التي تتضمن فعالية البحث searching efficiency ( $\alpha$ ) و زمن المعالجة  $(T_h)$ ، أجريت العديد من الدراسات التي اهتمت بتقييم تأثير عوامل مختلفة عليها، مثل تأثير طور المفترس (Li *et al.*, 2024؛ Davoudi dehkordi *et al.*, 2023)، جنس المفترس (Emami *et al.*, 2014)، نوع الفريسة (Moradi *et al.*, 2020)، طور الفريسة (Shahpouri *et al.*, 2019)، توزيع الفريسة (Feng *et al.*, 2018)، توفر الأغذية المكملة (Li and Zhang, 2020)، نوع العائل النباتي (Emami *et al.*, 2014؛ Jafarian *et al.*, 2022)، الحرارة (Sabaghi *et al.*, 2020؛ Hassanpour *et al.*, 2023؛ Reeves *et al.*, 2023)، و مساحة الوحدة التجريبية (Sabaghi *et al.*, 2011). لم يحز تأثير التنوع في حجم الوحدة التجريبية المستخدمة لتقييم الاستجابة الوظيفية على وجه الخصوص على الكثير من الاهتمام من قبل الباحثين، و بقيت الدراسات حول هذا الموضوع محدودة حتى الوقت الحالي، و تنوعت النتائج التي توصل إليها الباحثون في هذه النقطة، حيث ذكر كل من Yaşar and Özger (2005)، Sabaghi *et al.* (2011) و Uiterwaal and Delong (2018) أن حجم الوحدة التجريبية قد يلعب دوراً هاماً في تقدير معدل فعالية البحث، بالمقابل نكر van Rijn *et al.* (2005) أن مساحة الوحدة التجريبية لم يكن لها أية أهمية في تقدير هذا المؤشر.

تعد خنافس أبو العيد (Coleoptera: Coccinellidae) واحدة من المفترسات التي يشيع استخدامها كأعداء حيوية لتنظيم العديد من مجاميع الآفات الحشرية التي تصيب عدداً كبيراً من المحاصيل الاقتصادية الهامة (Evans, 2004)، حيث أنها تقوم بالتغذية على مدى عوائل واسعة يشمل المن، الأكاروسات و بيض الفراشات (Dixon, 2000) وهذا ما يعطيها أهميتها كعناصر في برامج مكافحة المختلفة. تمت دراسة الكثير من الأجناس التابعة لهذه العائلة الهامة و تقييم فعاليتها كأعداء حيوية، بشكل خاص الخنافس ذات الأحجام

الكبيرة مثل: Coccinella (Ahmad, 2015) ؛ Omkar and Minoretti and Walfgang, 2000 ؛ Harmonia (Omkar and Srivastava, 2001 ؛ Srivastava, 2003 ؛ Li et al., 2024) ؛ Feng et al., 2018) ؛ Adalia (Francis et al., 2000) ؛ Hippodamia (Dehkordi et al., 2012) ؛ Cheilomenes (Morosso et al., 2013) وغيرها. من جهة أخرى فإن الإضاءة على دور و فعالية الأجناس الأصغر حجماً بقيت محدودة، بكل الأحوال برز دور الجنس Scymnus بشكل خاص كمفترس للمن (Işikber, 2005 ؛ Allawi, 2006 ؛ Atlihan and Guldal, 2009 ؛ Moradi et al., 2020)، إذ أنه و على الرغم من فعاليته المنخفضة كعدو حيوي تبعاً لصغر حجمه و انخفاض شراسته مقارنة بخنافس أبو العيد الأكبر حجماً إلا أنه يبدي قدرة على الاستمرارية عند كثافات منخفضة من الفريسة بالإضافة لدورة حياته الطويلة وهذا ما يمنحه ميزة هامة عن غيره من المفترسات (Borges, 2013) حيث أن هذه الخنافس الصغيرة تكون قادرة على استكشاف مستعمرات المنّ في بداية انتشارها أو في مراحلها الأخيرة (Agarwala and Yasuda, 2001) ولمدة أطول من الزمن، وهذا ما يمنحها إمكانية استثمار العديد من مواقع الإصابة خاصة المؤقتة منها مقارنة بالخنافس الأكبر حجماً (Sebastiao, 2013).

يعد النوع *Scymnus syriacus* (Marsuel) واحداً من الأنواع واسعة الانتشار في منطقة شرق المتوسط مثل سوريا حيث تم تسجيل انتشاره على آفات الحور في منطقة حوض الفرات (Arab, 2003)، كما تم تسجيل انتشاره في المنطقة الجنوبية من سوريا (Khalil et al., 2021)، أيضاً قام Najajrah (2018) بتسجيل انتشار هذه الدعسوقة في منطقة الضفة الغربية من فلسطين. كما سجل انتشار هذا المفترس في المناطق المحيطة مثل مصر (Drder et al., 2024)، السعودية (Abdel-dayem et al., 2017) وصولاً لإيران (Sakaki and Sahragard, 2011)، وعلى الرغم من انتشاره المحلي إلا أن هذا المفترس لم يحز الاهتمام الكافي حتى الوقت الحالي.

تبدي كل من بالغات و يرقات *S. syriacus* فعالية عالية في البحث عن المنّ و خاصة منّ القطن *Aphis gossypii* (Moradi et al., 2020)، حيث يبلغ متوسط عدد أفراد المنّ التي تتغذى عليها يرقة واحدة خلال مدة حياتها ٩٥ و ١٣٠ فرد عند درجة حرارة ٢٥ و ٣٠ °س على التوالي (Allawi, 2006). يعتبر منّ القطن (*Aphis gossypii* (Glover, 1877) والذي يسمى أيضاً بمنّ البطيخ أحد الآفات الزراعية الهامة على العديد من المحاصيل الزراعية بشكل أساسي القطن، الحمضيات، القرعيات، والخضار المزروعة ضمن البيوت المحمية في أوروبا (Yoldas et al., 2011)، وبشكل خاص الخيار (Eid et al., 2018). سجل منّ القطن *A. gossypii* على الحمضيات في سوريا كنوع سائد في محافظتي طرطوس واللاذقية (أبو كف، ٢٠٠٢؛ أبو كف وراعي، ٢٠١٣)، كما تم تسجيله كأفة رئيسية على البطاطا (Fujiie et al., 2008)، وكأحد الآفات المهمة على القطن (جمعة وآخرون، ٢٠٢٢) و الخيار (شاهر وآخرون، ٢٠٢٠).

## ٢- أهمية البحث وأهدافه:

تكتسب هذه الدراسة أهميتها من كونها من الأبحاث المحلية الأولى التي تتناول تقييم تأثير مساحة الوحدة التجريبية كعامل لحيوي على فعالية البحث والاستجابة الوظيفية للمفترس المحلي *S. syriacus* تجاه آفة زراعية هامة هي منّ القطن *A. gossypii*، حيث يأتي هذا البحث في إطار التركيز والإضاءة على كفاءة هذا المفترس،

والذي لم يحظ باهتمام كافٍ رغم توثيق انتشاره في سوريا والدول المجاورة، كما تظهر الأهمية التطبيقية للدراسة من خلال مساهمتها في تطوير برامج مكافحة الحويبة المستدامة بتوفير قاعدة أساسية لهذه البرامج، خاصة في محاصيل اقتصادية حيوية مثل الحمضيات والخيار التي يعتبر من القطن آفة رئيسية عليها في المنطقة الساحلية السورية.

انطلاقاً من هذه الأهمية، هدف البحث إلى:

- تحديد نمط الاستجابة الوظيفية لإناث المفترس *S. syriacus* تجاه حوريات من القطن.
- دراسة العلاقة بين مساحة الوحدة التجريبية ومؤشرات الاستجابة الوظيفية الرئيسية مثل فعالية البحث ( $\alpha$ ) وزمن المعالجة ( $T_h$ ).
- تقييم أثر كثافة الفريسة والمساحة المتاحة على السلوك الغذائي ومساحة البحث للمفترس.
- تقديم إطار نظري وتوصيات عملية تدعم التخطيط للإطلاقات الحقلية لهذا العدو الحيوي الواعد.

### 3- مواد البحث وطرقه:

#### 3-1 تربية المفترس *S. syriacus* و حشرة من القطن *A. gossypii*:

جمعت أطوار مختلفة من المفترس *S. syriacus* من الطبيعة من بستان حمضيات مصاب بالمن في بانياس، محافظة طرطوس في الفترة الممتدة بين منتصف شهر آذار و شهر نيسان لعام 2024، تم تعريف البالغات التي تم جمعها والتأكد من أنها النوع المطلوب من خلال المفتاح التصنيفي الذي وضعه Ali et al. (2015)، و ربيت تربية جماعية على من القطن *A. gossypii* ضمن الظروف المخبرية من حرارة ورطوبة وإضاءة.

كما جمعت حوريات بأعمار مختلفة لمن القطن *A. gossypii* من نباتات خيار مزروعة ضمن بيت محمي مصاب بمن القطن *A. gossypii* في ريف بانياس، وتم التأكد من أنه النوع المطلوب من خلال المفتاح التصنيفي الذي وضعته Stuetzel et al. (1996)، و ربيت على نباتات خيار (*Cucumis sativus* L.) صنف Super Max F1 ضمن أقفاص صغيرة أبعادها 45x50x50 سم تحت الظروف المخبرية من حرارة ورطوبة وإضاءة.

#### 3-2 تصميم التجربة:

صممت تجربة وفق ما ذكره Sabaghi et al. (2011) لدراسة فعالية البحث المرتبطة بالمساحة للمفترس *S. syriacus* وتقييم الاستجابة الوظيفية للبالغات الإناث بعمر 48 ساعة، حيث تم تجويعها لمدة 24 ساعة قبل بدء تنفيذ التجربة، إذ تمت تغذيتها على خليط من العمر الثالث والرابع لحوريات حشرة من القطن *A. gossypii*. استخدمت 6 كثافات مختلفة لحوريات من القطن لتغذية المفترسات (5، 10، 20، 40، 80 و 160 حورية/ وحدة تجريبية)، و 5 وحدات تجريبية مختلفة المساحة (136، 234، 390، 525 و 650 سم<sup>2</sup>) حيث تم تصميم الوحدات التجريبية بالمساحات المطلوبة باستخدام كرتون مقوى و غطيت باستخدام شبك ناعم ثبتت حوافه بشكل جيد لمنع هروب الحوريات. تم عدّ الحوريات ونقلها إلى الوحدة التجريبية وتركها مدة ساعتين لتستقر على ورقة خيار وذلك قبل إدخال المفترسات التي تركت لتتغذى على الحوريات لمدة 24 ساعة ثم تم إخراجها، و عدت الحوريات المتبقية من المن. كررت كل تجربة 5 مرات عند كل كثافة فريسة، وإجمالي 30 مكرر لكل وحدة تجريبية. أجريت التجربة خلال شهر أيار لعام 2024، في مخبر مكافحة الحويبة في كلية

الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، تحت الظروف المخبرية عند حرارة ٢٥ °س و رطوبة جوية ٦٥٪، حيث تم تسجيل درجة الحرارة و الرطوبة باستخدام مقياس حرارة ورطوبة الكتروني (HTC-1).

### ٣-٣ التحليل الإحصائي:

تم تحليل نتائج تجربة الاستجابة الوظيفية للمفترس *S. syriacus* باتباع خطوتين أساسيتين: تحديد نمط الاستجابة، ثم حساب قيم المؤشرات الخاصة بالاستجابة الوظيفية.

تم تحديد نمط الاستجابة باستخدام معادلة انحدار لوجستي (Logistic regression) (معادلة ١) التي

وضعها Juliano (٢٠٠١) :

$$\frac{Ne}{N_0} = \frac{EXP(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}{1 + EXP(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)} \quad (1)$$

حيث يعبر كل من  $\frac{Ne}{N_0}$  معدل الافتراس،  $N_e$  عدد الفرائس المستهلكة،  $N_0$  الكثافة الأولية للفريسة،

$P_0$  المعامل الثابت (intercept)،  $P_1$  المعامل الخطي (linear)،  $P_2$  المعامل التربيعي (quadratic)،

$P_3$  المعامل التكعيبي (cubic)، حيث تدل القيمة الموجبة للمعامل الخطي ( $P_1 > 0$ ) و القيمة السالبة للمعامل

التربيعي ( $P_2 < 0$ ) على استجابة من النمط الثالث III، بينما تدل القيمة السالبة للمعامل الخطي ( $P_1 < 0$ ) على

استجابة من النمط الثاني II (Juliano, 2001).

بعد تحديد نمط الاستجابة تم حساب كل من: مؤشر فعالية البحث  $\alpha$  search efficiency

(Sabaghi et al., 2011) الذي يتحكم بشكل رئيسي في الزيادة الأولية للافتراس عند الكثافات المنخفضة

(Rosenbaum and Rall, 2018) والذي يعرف أيضاً بمعدل الهجوم attack rate (Li et al., 2024) أو

معدل الالتقاط capture rate (Kalinkat et al., 2011) أو معدل تنظيف المساحة من الفريسة space

clearance rate (Uiterwaal et al, 2018)، حيث يعبر عن قدرة المفترس على الافتراس خلال مدة زمنية

معينة (Li et al., 2024)، و مؤشر زمن المعالجة ( $T_h$ ) الذي يتحكم في الافتراس عند الكثافات العالية عندما

يصل منحنى التغذية لدرجة الإشباع (Rosenbaum and Rall, 2018)، و يعبر عن الزمن الذي يقضيه

المفترس في التعامل مع الفريسة متضمناً التعرف والسيطرة عليها، من ثم مهاجمتها وافتراسها وهضمها (Li

et al., 2024)، وذلك باستخدام معادلة روجرز للافتراس العشوائي Rogers random equation (معادلة 2)

(Rogers, 1972) والتي تعبر عن الاستجابة الوظيفية للمفترسات من النمط الثاني II وفق ما يلي :

$$Ne = N_0 \{1 - \exp[a(T_h Ne - T)]\} \quad (2)$$

حيث يعبر كل من  $N_e$  عدد الفرائس المتغذى عليها،  $N_0$  الكثافة الأولية للفريسة،  $\alpha$  فعالية البحث،

$T_h$  زمن المعالجة،  $T$  مدة التجربة والتي تبلغ هنا ٢٤ ساعة، وذلك من خلال إجراء تحليل انحدار لاخطي

(Nonlinear regression). تم حساب المؤشر  $T/T_h$  (The theoretical maximum predation )

(rate) والذي يعبر عن أعلى قيمة نظرية لمعدل الافتراس خلال ٢٤ ساعة (Jafari et al., 2012)، و

$\alpha/T_h$  (Functional response ratio) التي تعبر عن نسبة الاستجابة الوظيفية وتسمى اختصاراً FRR

(Cuthbert et al., 2019).

استخدمت معادلة O'Neil (١٩٩٧) لتقدير جزء النبات الذي يقوم المفترس بمسحها (معادلة ٣):

$$SA^{-1} = Ne \cdot N_0^{-1} \quad (3)$$

حيث يعبر كل من  $S$  عن المساحة المحتملة من النبات والتي يقوم المفترس بمسحها،  $A^{-1}$  هي

مساحة النبات (في تجربتنا تعبر عن مساحة الوحدة التجريبية)،  $N_e$  عدد الفرائس المتغذى عليها،  $N_0$  الكثافة الأولية للفريسة، و بإعادة ترتيب المعادلة (٣) نحصل على المعادلة (٤) التي نحسب من خلالها مساحة البحث التي يقوم المفترس بمسحها.

$$S = (N_e \cdot N_0^{-1}) A \quad (٤)$$

كما تم حساب قيمة تأثير عملية البحث search effect لبالغات المفترس بالنسبة لكل وحدة تجريبية من خلال معادلة Ding (١٩٩٤) المعادلة (٥)

$$S = a/(1 + aThN_0) \quad (٥)$$

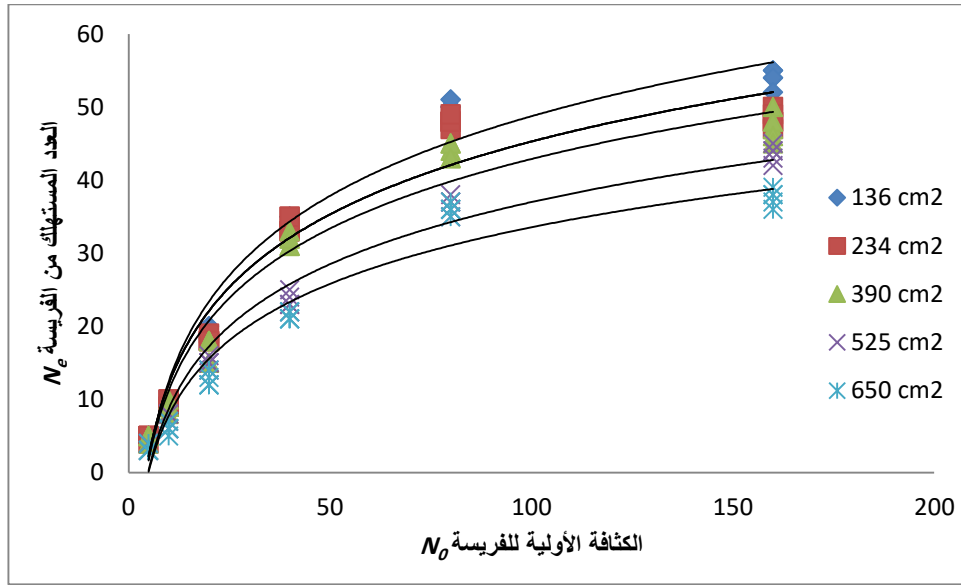
حيث يمثل  $S$  تأثير عملية البحث،  $a$  فعالية البحث،  $T_h$  زمن المعالجة و  $N_0$  الكثافة الأولية للفريسة.

تم تحليل النتائج لاختبار معنوية الفروق بالنسبة لمعدلات الافتراض خلال 24 ساعة عند كل كثافة فريسة وذلك بالنسبة للوحدات التجريبية المختبرة، وبسبب عدم تحقق شرطي التوزيع الطبيعي (اختبار Shapiro-Wilk) و تجانس التباين (اختبار Levene) تم تحليل النتائج باستخدام تحليل Kruskal-Wallis اللامعلمي البديل لاختبار ANOVA (Xue et al., 2009)، تم إجراء جميع الاختبارات باستخدام برنامج SPSS V.22.

#### ٤- النتائج والمناقشة:

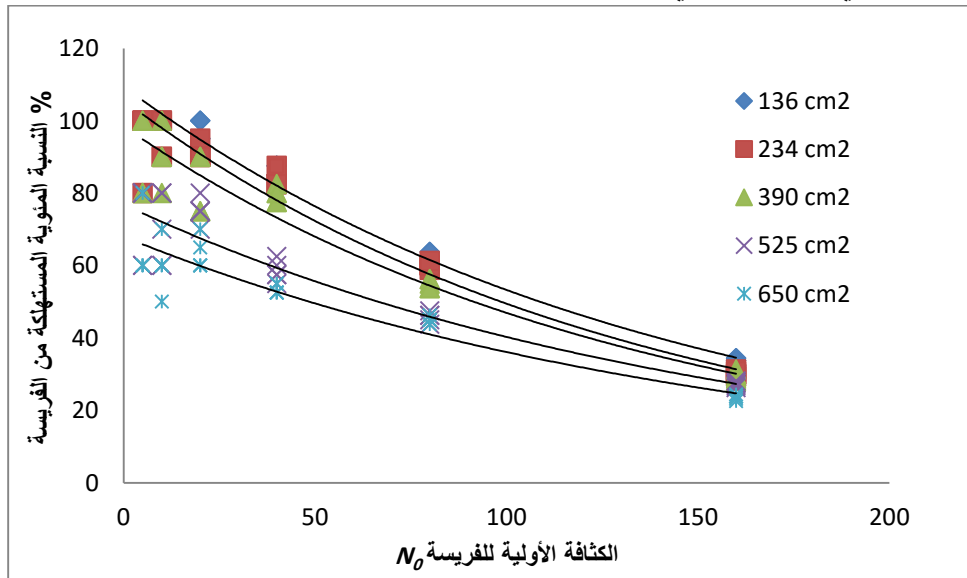
##### ٤-١ نمط الاستجابة الوظيفية بالنسبة لمساحة الوحدة التجريبية:

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها تبين أن نمط الاستجابة الوظيفية التي أبدتها إناث *S. syriacus* كانت من النمط الثاني II في جميع الوحدات التجريبية المختبرة، يبين الشكل (١) بأن عدد الفرائس المستهلكة ازداد مع ازدياد الكثافة الأولية للفريسة، وكان الأعلى في أصغر وحدة تجريبية، بالمقابل تناقصت النسبة المئوية للافتراض مع تزايد كثافة الفريسة (شكل ٢)، و هذا ما يعبر عن الاستجابة الوظيفية من النمط الثاني II (Ge et al., 2019)، بكل الأحوال فإن كلاً من منحيي العدد المستهلك من الفريسة، و النسبة المئوية للافتراض كان الأعلى عند أصغر وحدة تجريبية وهذا ما يعني أن فعالية المفترس كانت أعلى في المساحات الصغيرة وذلك بسبب تقييد حركة الفريسة والحد من قدرتها على الهرب، وبالتالي زيادة احتمالية احتكاك المفترس مع الفريسة، كما قد يلعب الاختلاف في الحجم بين المفترس والفريسة أيضاً دوراً في ارتفاع معدل الافتراض فكلماً كان الفرق واضحاً بين حجم المفترس والفريسة كانت سرعته أكبر مقارنة بها (Wilson وآخرون، ٢٠٢٠).



شكل ١: الاستجابة الوظيفية من النمط الثاني II للبالغة الأنثى للمفترس *S. syriacus* عند التغذية على حوريات حشرة من القطن *A. gossypii* عند مساحات مختلفة من الوحدات التجريبية

بعد تطبيق معادلة الانحدار اللوجستي (معادلة ١) بطريقة أقصى احتمال (maximum likelihood) للجزء المستهلك من الفريسة كتابع للكثافة الأولية للفريسة وذلك بالنسبة للبالغة الأنثى للمفترس *S. syriacus*، وحساب قيم المعاملات  $P_0, P_1, P_2, P_3$  بالنسبة للوحدات التجريبية المختبرة، تبين أن المعامل الخطي أبدى قيمة سالبة ( $P_1 < 0$ ) في جميع المعاملات لجميع الوحدات التجريبية، وهذا ما يفترض أن الاستجابة الوظيفية هي من النمط الثاني II (Juliano, 2001) (جدول ١).



شكل ٢: النسبة المئوية المستهلكة من قبل البالغة الأنثى للمفترس *S. syriacus* لحوريات من القطن *A. gossypii* عند مساحات مختلفة من الوحدات التجريبية

جدول ١: القيم المحسوبة للمعاملات  $P_0, P_1, P_2$  و  $P_3$  بطريقة أقصى احتمال للعدد المستهلك من الفريسة كتابع للكثافة الأولية للفريسة للبالغة الأنثى للمفترس *S. syriacus* عند مساحات مختلفة للوحدات التجريبية

مساحة الوحدة التجريبية (سم <sup>٢</sup> )	المؤشرات	قيمة المؤشرات	الخطأ المعياري S.E
١٣٦	$P_0$	-0.684	0.007
	$P_1$	-0.00033	0.001
	$P_2$	-9.900E-005	0.00001
	$P_3$	3.645E-007	0.00000
٢٣٤	$P_0$	0.731	0.025
	$P_1$	-0.0002	0.002
	$P_2$	-9.720E-005	0.00004
	$P_3$	3.326E-007	0.00000
٣٩٠	$P_0$	-0.778	0.039
	$P_1$	-0.001	0.004
	$P_2$	-8.696E-005	0.00006
	$P_3$	3.174E-007	0.00000
٥٢٥	$P_0$	-1.009	0.051
	$P_1$	-0.0002	0.005
	$P_2$	0.0001	0.0008
	$P_3$	4.627E-007	0.0000
٦٥٠	$P_0$	-1.132	0.044
	$P_1$	-0.003	0.004
	$P_2$	-1.336E-005	0.00007
	$P_3$	-3.201E-008	0.0000

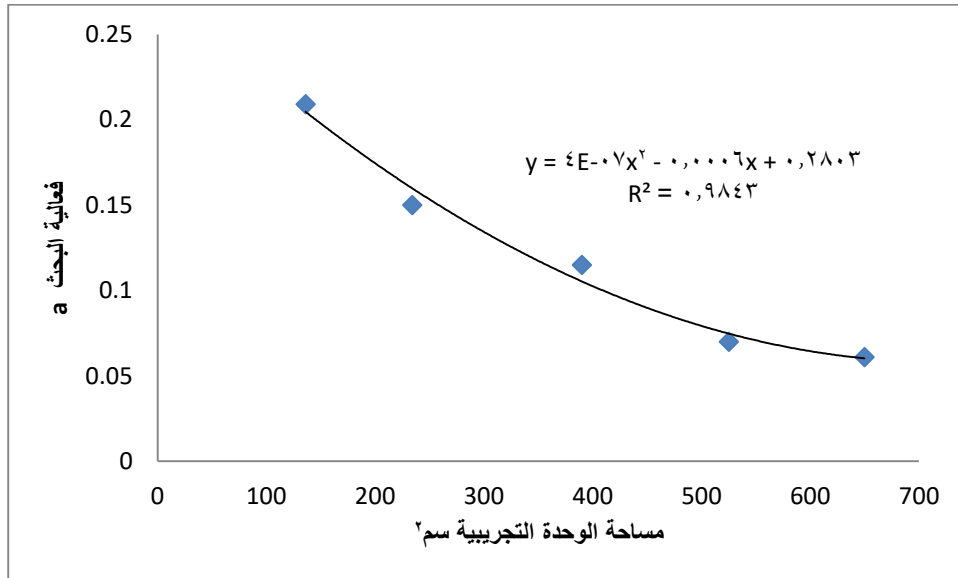
٤-٢ مؤشرات الاستجابة الوظيفية بالنسبة لمساحة الوحدة التجريبية:

تم حساب قيم كل من فعالية البحث  $\alpha$  و زمن المعالجة  $T_h$  والخطأ المعياري و حدود الثقة الخاصة بكل منهما (جدول ٢)، باستخدام معادلة Rogers للافتراض العشوائي (معادلة ٢) والتي تعتبر الأنسب لتصميم التجربة التي قمنا بها إذ تفترض عدم القيام باستبدال الفريسة أثناء القيام بالتجربة وبالتالي حدوث استفاد لأعدادها مقارنة بمعادلة Holling القرصية التي تفترض إجراء استبدال للفريسة خلال التجربة (Hassell et al., 1976)، و تم تقييم الفروق المعنوية بين المؤشرات من خلال حدود الثقة، إذ أن التداخل في حدود الثقة يدل على فروق غير معنوية (Li et al., 2024).

جدول ٢: القيمة المحسوبة للمؤشرات  $\alpha$  (ساعة<sup>-١</sup>) و  $T_h$  (ساعة) باستخدام معادلة روجرز للافتراض العشوائي، للبالغة الأنثى للمفترس *S. syriacus* عند تغذيته على حوريات من القطن *A. gossypii* عند مساحات مختلفة للوحدات التجريبية

$a/T_h$	$T/T_h$	معامل التحديد $R^2$	حدود الثقة ٩٥%		الخطأ المعياري	القيمة المحسوبة	المؤشر	مساحة الوحدة التجريبية (سم <sup>٢</sup> )
			الحد الأدنى	الحد الأعلى				
0.52	59.41	0.913	0.269	0.148	0.030	0.209	$a$	١٣٦
			0.417	0.391	0.006	0.404	$T_h$	
0.35	55.30	0.732	0.240	0.060	0.044	0.150	$a$	٢٣٤
			0.473	0.395	0.019	0.434	$T_h$	
0.26	55.30	0.832	0.155	0.076	0.019	0.115	$a$	٣٩٠
			0.462	0.406	0.014	0.434	$T_h$	
0.16	54.18	0.965	0.080	0.061	0.005	0.070	$a$	٥٢٥
			0.461	0.425	0.009	0.443	$T_h$	
0.12	48.00	0.823	0.083	0.038	0.011	0.061	$a$	٦٥٠
			0.557	0.444	0.028	0.500	$T_h$	

أبدت فعالية البحث  $a$  ارتباطاً عالياً مع المساحة التي يبحث فيها المفترس من خلال قيمة معامل التحديد ( $R^2 = 0,984$ ) وبينت قيمة معامل الارتباط ( $R = -0,97$ ) أن الارتباط كان عكسياً (شكل ٣)، إذ أن فعالية البحث انخفضت مع زيادة مساحة الوحدة التجريبية وكانت الأعلى ( $a = 0.209$  ساعة<sup>-١</sup>) عند أصغر وحدة تجريبية (جدول ٢، شكل ٣)، وهذا يتوافق مع ما ذكره Sabaghi et al. (2011) الذي درس فعالية البحث للمفترس *S. syriacus* بالنسبة لوحدات تجريبية مختلفة المساحة عند التغذية على من البقوليات *Aphis craccivora*، لكنه لا يتوافق مع ما ذكره Yaşar and Özger (2005) الذي درس الاستجابة الوظيفية للمفترس *Oenopia conglobata* ضمن وحدات تجريبية مختلفة المساحة عند التغذية على من الخوخ الدقيقي *Hyalopterus pruni* و وجد بأن فعالية البحث ازدادت مع زيادة مساحة الوحدة التجريبية، قد يعود تنوع النتائج نتيجة اختلاف ظروف التجارب أو النوع المختبر والفريسة، ومن خلال حدود الثقة تبين أن الفروق كانت معنوية بين أصغر وحدة تجريبية (١٣٦ سم<sup>٢</sup>) و أكبر وحدتين (٥٢٥ و ٦٥٠ سم<sup>٢</sup>)، أي أن فعالية البحث اختلفت بشكل معنوي عندما كانت الفواصل واضحة و كبيرة بالنسبة للمساحة، ولم تختلف عند المساحات المتقاربة.



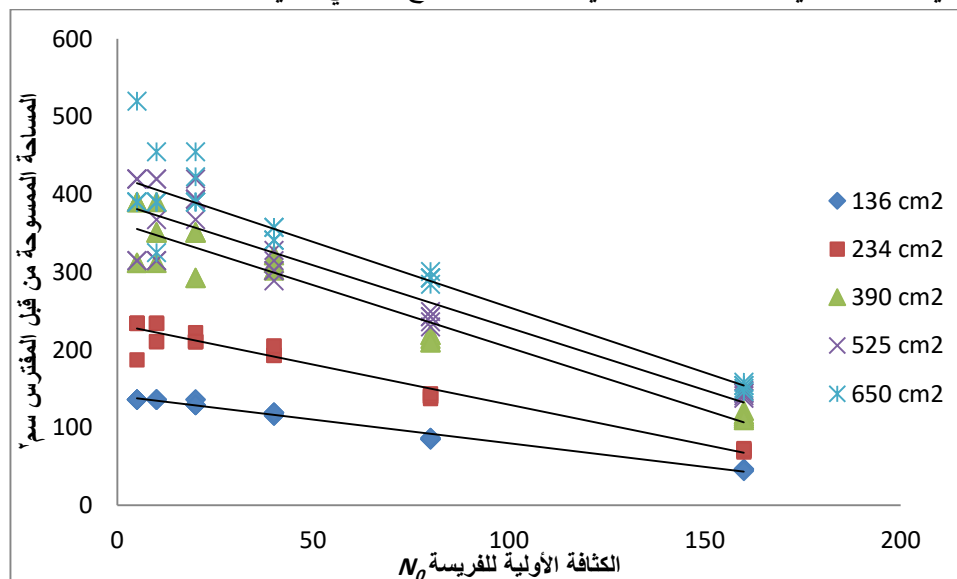
شكل ٣: العلاقة ما بين فعالية البحث ( $a$ ) للبالغة الأنثى للمفترس *S. syriacus* و مساحة الوحدة التجريبية (سم<sup>٢</sup>) بينت النتائج أن قيمة زمن المعالجة  $T_h$  ازدادت مع زيادة مساحة الوحدة التجريبية إذ بلغت 0.404 ساعة و 0.500 ساعة عند أصغر و أكبر وحدة تجريبية على التوالي، و هذا يتوافق مع ما ذكره كل من Yaşar and Özger (٢٠٠٥) و Sabaghi et al. (٢٠١١)، لكن حدود الثقة لقيم زمن المعالجة دلت على أن الفروق كانت معنوية فقط ما بين أصغر وحدة تجريبية (١٣٦ سم<sup>٢</sup>) و أكبر وحدتين (٥٢٥ و ٦٥٠ سم<sup>٢</sup>).

اختلفت القيمة النظرية لمعدل الافتراس  $T/T_h$  للبالغة الأنثى للمفترس *S. syriacus* باختلاف مساحة الوحدة التجريبية (جدول ٢)، وكانت أعلى قيمة له عند أصغر وحدة تجريبية (١٣٦ سم<sup>٢</sup>) 59.41 حورية / يوم ، بالمقابل أصغر قيمة له كانت عند أكبر وحدة تجريبية (٦٥٠ سم<sup>٢</sup>) 48.00 حورية / يوم، أي أن معدل الافتراس أبدى علاقة عكسية مع المساحة التي يتحرك فيها المفترس، حيث انخفضت فعالية المفترس بازدياد مساحة الوحدة التجريبية، وهذا يتوافق مع ما ذكره Sabaghi et al. (٢٠١١).

يعتبر مؤشر نسبة الاستجابة الوظيفية ( $FRR$ )  $\alpha/T_h$  هاماً في تقدير نسب الإطلاق المثلى ما بين المفترس والفريسة في الإطلاق التلقائية (Wang *et al.*, 2019) inoculative releases، ومن خلال النتائج التي تم الحصول عليها لوحظ أن نسبة الاستجابة الوظيفية انخفضت مع زيادة مساحة الوحدة التجريبية، إذ انخفضت من 0.52 إلى 0.12 بالمقارنة ما بين أصغر وحدة تجريبية (١٣٦ سم<sup>٢</sup>) و أكبر وحدة تجريبية (٦٥٠ سم<sup>٢</sup>) على التوالي، أي هناك حاجة أساسية لزيادة نسب الإطلاق للمفترسات بالتوافق مع زيادة المساحة التي نريد تغطيتها حقلياً (جدول ٢).

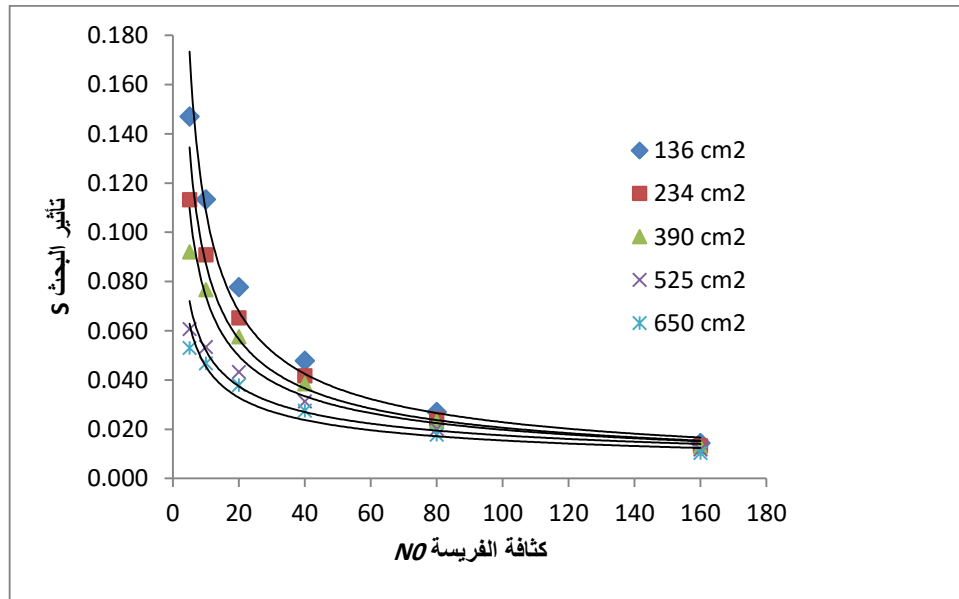
#### ٤-٣ المساحة الممسوحة و تأثير عملية البحث للمفترس بالنسبة لكثافة الفريسة و مساحة الوحدة التجريبية:

تم تقدير المساحات التي يمكن أن يقوم المفترس بمسحها (سم<sup>٢</sup>) بالتوافق مع كثافة الفريسة من خلال معادلة O'Neil (١٩٩٧) (معادلة ٤)، حيث لوحظ انخفاض في المساحة الممسوحة من قبل المفترس مع زيادة كثافة الفريسة وذلك عند جميع الوحدات التجريبية المختبرة (شكل ٤) وهذا يتوافق مع ما ذكره كل من Garcia and O'Neil (٢٠٠٠) الذي درس فعالية البحث للمفترس *Cryptolaemus montrouzieri* تجاه *Planococcus citri* بالنسبة لعدة أحجام من نبات السجاد *Solenostemon scutellarioides* و مع ما ذكره Sabaghi *et al.* (٢٠١١)، حيث أن وفرة الفريسة تسمح للمفترس بالحصول على احتياجاته الغذائية اليومية من خلال البحث في مساحة صغيرة دون الحاجة لتوسيع رقعة البحث. بالمقابل ازدادت المساحة الممسوحة من قبل المفترس بزيادة مساحة الوحدة التجريبية عند كثافة فريسة واحدة، إذ بلغ متوسط المساحات المقدرة والتي يمكن للمفترس أن يقوم بمسحها عند كثافات مختلفة للفريسة: ١٠٨،٨٥ ، ١٧٨،٥٢ ، ٢٧٩،٥ ، ٣٠٤،٩٣ و ٣٣٤،٧٥ سم<sup>٢</sup> وذلك بالنسبة للوحدات التجريبية الخمس المختبرة من الأصغر إلى الأكبر على التوالي، يمكن تفسير هذا الأمر بأن المفترس يحتاج لتوسيع رقعة البحث مع زيادة الحيز الذي يتواجد فيه نتيجة زيادة احتمالية التوزع المكاني للفريسة.



شكل ٤: المساحة الممسوحة حسب معادلة O'Neil من قبل البالغة الأنثى للمفترس *S. syriacus* عند التغذية على كثافات مختلفة لحوريات من القطن *A. gossypii* بالنسبة لمساحات مختلفة من الوحدات التجريبية

يبين الشكل (٥) تأثير عملية البحث search effect للبالغات الإناث للمفترس *S. syriacus* عند كثافات مختلفة لحوريات من القطن *A. gossypii* وذلك بالنسبة للوحدات التجريبية المختلفة، إذ تبين أن تأثير عملية البحث أبدى علاقة عكسية مع مساحة الوحدة التجريبية عند نفس الكثافة، أي أن قيمة تأثير عملية البحث ازدادت مع تناقص مساحة الوحدة التجريبية، و كان المنحنى البياني للوحدة التجريبية الأصغر هو الأعلى، إذ أن الأنثى تكون قادرة على البحث في كامل المساحة عندما تكون صغيرة و محدودة، ومع زيادة المساحة تحتاج لوقت أطول في التنقل بين الفرائس لاحتمالية توزيعها عن بعضها البعض، وهذا ما يقلل الوقت المخصص للبحث الفعلي و التعامل مع الفريسة وبالتالي انخفاض تأثير عملية البحث. كما تبين أن قيمة هذا المؤشر كانت أعلى عند الكثافات المنخفضة و تناقصت بشكل تدريجي مع تزايد كثافة الفريسة من ٥ إلى ١٦٠ حورية/ وحدة تجريبية وذلك عند جميع الوحدات التجريبية وكانت نتائجنا متوافقة مع ما ذكره كل من Zhang et al. (٢٠٢١)، Li et al. (٢٠٢٤) و Fu et al. (٢٠٢٥)، إذ أن الأنثى تصطاد عدداً أكبر من الفرائس مع زيادة كثافة الفريسة، وبالتالي تقضي وقتاً أطول في التعامل مع الفرائس و ينخفض بالمقابل الزمن الذي تقضيه في البحث عن فرائس جديدة و بالتالي ينخفض تأثير عملية البحث.



شكل ٥: تأثير البحث للبالغات الإناث للمفترس *S. syriacus* عند مساحات مختلفة من الوحدة التجريبية

يبين الجدول ٣ متوسط عدد الفرائس المستهلكة بالنسبة للكثافة الأولية للفريسة عند الوحدات التجريبية الخمسة المختبرة، حيث تم تقييم الفروق المعنوية للبيانات باستخدام اختبار Kruskal-Wallis لأن البيانات أبدت توزيعاً غير طبيعي، بينت النتائج أنه لا توجد فروق معنوية في عدد الفرائس المستهلكة بالنسبة لاختلاف مساحة للوحدات التجريبية (Kruskal-Wallis:  $\chi^2 = 6.281$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.179$ )، أي أن اختلاف مساحة الوحدة التجريبية لم يكن لها أي أثر على معدل استهلاك الفرائس وهذا يتوافق مع ما ذكره من Özger و Yaşar (٢٠٠٥)، ولكن بكافة الأحوال انخفض معدل الافتراض عند نفس

الكثافة مع زيادة مساحة الوحدة التجريبية، بمتوسط استهلاك  $0.16 \pm 4.2$  حورية/ يوم عند أقل كثافة (٥)، و  $1,13 \pm 6,16$  حورية/ يوم عند أعلى كثافة (١٦٠)، وهذا يتوافق مع ما ذكره Sabaghi *et al.* (2011).  
جدول ٣: متوسط العدد المستهلك  $\pm S.E$  من حوريات من القطن *A. gossypii* من قبل البالغات الأثني للمفترس

*S. syriacus* عند مساحات مختلفة من الوحدات التجريبية

٦٥٠	٥٢٥	٣٩٠	٢٣٤	١٣٦	مساحة الوحدة التجريبية سم <sup>٢</sup> كثافة الفريسة
٠,٢±٣,٢	٠,٢٤±٣,٦	٠,١٦±٤,٢٤	<b>0.2±4.8</b>	٠,٠٠±٥	٥
٠,٣١±٦	٠,٤٤±٧	٠,٣٤±٨,٣٢	<b>0.24±9.6</b>	٠,٠٠±١٠	١٠
٠,٤±١٢,٦	٠,٣١±١٥	٠,٥١±١٦,٤	<b>0.44±18.2</b>	<b>0.24±١٩,٤</b>	٢٠
٠,٢٤±٢١,٤	٠,٥±٢٣,٤	١,١٣±٢٩	<b>0.48±33.8</b>	<b>0.24±34.6</b>	٤٠
٠,٣١±٣٦	٠,٥±٣٦,٦	١,٢±٤٣	<b>0.31±48</b>	<b>0.24±50.4</b>	٨٠
٠,٥±٣٧,٦	٠,٥±٤٣,٦	١,١٣±٤٦,١	<b>0.5±48.4</b>	٠,٥٤±٥٤	١٦٠

بينما كانت الفروق معنوية لمعدل الافتراض بالنسبة للكثافة الأولية للفريسة (Kruskal-Wallis):  $\chi^2 = 140.947$ ,  $df = 5$ ,  $P > 0.000$  بكل الأحوال الفروق كانت غير معنوية ما بين أقل كثافتين (٥ و ١٠) و ما بين أعلى كثافتين (٨٠ و ١٦٠)، بمتوسط استهلاك  $٠,٠٠ \pm ٥$  حورية/ يوم و  $٠,٢ \pm ٣,٢$  حورية/ يوم عند أقل كثافة (٥) بالنسبة لأصغر وحدة تجريبية و أكبر وحدة تجريبية على التوالي، و  $٠,٥٤ \pm ٥٤$  حورية/ يوم و  $٠,٥ \pm ٣٧,٦$  حورية/ يوم عند أعلى كثافة (١٦٠) بالنسبة لأصغر وحدة تجريبية و أكبر وحدة تجريبية على التوالي (جدول ٣)، وبالتالي يمكن القول أن الكثافة ٨٠ حورية هي كثافة فريسة كافية لبالغات المفترس *S. syriacus* للحصول على تغذية يومية كافية.

## ٥- الاستنتاجات والتوصيات:

### ١-٥ الاستنتاجات:

يمكن تلخيص النتائج ضمن النقاط التالية:

- تأثر السلوك الغذائي للمفترس *S. syriacus* بكل من المساحة التي يقوم المفترس بمسحها بالإضافة لكثافة الفريسة، إذ أبدت فعالية البحث  $a$  ارتباطاً عالياً مع المساحة التي يبحث فيها المفترس ( $R^2 = 0,984$ ) وكان هذا الارتباط عكسياً ( $R = -0,97$ )، حيث أبدت أعلى قيمة لها عند أصغر وحدة تجريبية ( $a = 0.209$  ساعة<sup>-١</sup>).
- ازداد تأثير عملية البحث مع تناقص مساحة الوحدة التجريبية عند نفس الكثافة، بينما انخفض مع زيادة كثافة الفريسة عند نفس الوحدة التجريبية.
- ازدياد كثافة الفريسة أدى لانخفاض مساحة البحث للمفترس عند نفس الوحدة التجريبية، من ناحية أخرى اتسعت مساحة بحث المفترس بزيادة مساحة الوحدة التجريبية وذلك عند كثافة واحدة، إذ بلغت  $١٠٨,٨٥$ ،  $١٧٨,٥٢$ ،  $٢٧٩,٥$ ،  $٣٠٤,٩٣$  و  $٣٣٤,٧٥$  سم<sup>٢</sup> عند الوحدات التجريبية من الأصغر إلى الأكبر على التوالي، وهذا ما يشير إلى أن نمط البحث قد يتأثر بمختلف العوامل الحيوية وغير الحيوية.

- كانت الفروق غير معنوية ما بين الوحدات التجريبية المتقاربة في المساحة بينما كانت معنوية بين الوحدات التجريبية ذات الفرق الواضح في المساحة (مثل ١٣٦ سم<sup>2</sup> مقابل ٦٥٠ سم<sup>2</sup>).

#### ٢-٥ التوصيات:

عند إسقاط نتائج هذه الدراسة حقلياً من خلال الإطلاق الكمي لهذا المفترس تجاه آفة من القطن، فيجب الأخذ بعين الاعتبار المساحة التي نريد تغطيتها بالمفترس، بالإضافة لمعدل الإصابة، إذ يجب زيادة كمية المفترسات المطلقة تبعاً مع زيادة المساحة لضمان تحقيق سيطرة فعالة على الآفة، مع أخذ معدلات الإصابة بعين الاعتبار، حيث أن الشدة العالية للإصابة تستلزم استخدام أعداد أكبر من المفترسات لضمان تغطية كامل المحصول المصاب بأعداد كافية من المفترسات تكون قادرة على الحد من انتشار حشرة من القطن، أخيراً توصي الدراسة بإجراء اختبارات حول تأثير فعالية البحث لمختلف أطوار المفترس مع اختيار مجال أكبر بين المساحات التجريبية المختبرة، مع إمكانية اختبار عدة درجات حرارة وذلك للحصول على معلومات أشمل و أوضح حول فعالية البحث للمفترس *S. syriacus* تحت ظروف مختلفة.

#### ٦- المراجع:

- ١- أبو كف، نبيل. ٢٠٠٢. تغير أعداد المنّ (Aphididae: Homoptera) على بعض أصناف الحمضيات/المواالح في المنطقة الساحلية السورية. مجلة وقاية النبات العربية، ٢٠(٢): ٩٩-١٠٥.
- ٢- أبو كف، نبيل، سليم راعي. ٢٠١٣. تعريف بعض أنواع المن المنتشرة في حقول الفول و بساتين الحمضيات في اللاذقية وإمكانية نقلها لعزلة محلية لفيروس مُوزاييك الخيار. مجلة جامعة تشرين لدراسات والبحوث العلمية-سلسلة العلوم البيولوجية، ٣٥(٦): ٧٥-٨٧.
- ٣- الجمعة، أحمد، جميلة درباس و رانيا الناصر. ٢٠٢٢. الدليل الفني لأصناف القطن السوري. النشرة ١٥. مديرية الإرشاد الزراعي. وزارة الزراعة و الإصلاح الزراعي ، دمشق، سورية. ٢٦ صفحة.
- ٤- عبد اللطيف، شاهر، سليم النابلسي، إسماعيل السودان، كفاح الحلاوي، عبدالعزيز ديوب، إسراء المشهور و عبدالله العاروض. ٢٠٢٠. الدليل الإرشادي لزراعة الخيار في سورية. منظمة التنمية المحلية. ١٢٠ صفحة.

#### References

- 5- ABDEL-DAYEM, M. S., FAD, H. H., EL-TORKEY, A. M., ELGHARBAWY, A. A., ALDRYHIM, Y. N., KONDRATIEFF, B. C., ANSI, A. N. A., ALDHAFER, H. M., PENSOFT. 2017. The beetle fauna (Insecta, Coleoptera) of the Rawdhat Khorim National Park, Central Saudi Arabia, ZooKeys, 653, 1-78.
- 6- AGARWALA, B. K. AND YASUDA, H. 2001. Larval interactions in aphidophagous predators: effectiveness of wax cover as defence shield of *Scymnus* larvae against predation from syrphids. Entomologia Experimentalis et Applicata 100: 101-107.
- 7- AHMAD, E.M. 2015. A study of some important biological parameters of *Coccinella septempunctata* L (Coleoptera : Coccinellidae) and its predation efficiency against *Aphis fabae* (Homoptera :Aphididae), Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series ,37(6): 143-152.
- 8- ALI, M., PERVEEN, R., NAQVI, A.U.N., AHMED, KH., RAZA, GH. AND HUSSAIN, I. 2015. The Tribe Scymnini (Coccinellidae: Coleoptera) From Sindh Province, Pakistan. Insect Sci. 15(1): 146.

- 9- ALLAWI, T.F. 2006. Biological and ecological studies on *Scymnus syriacus* and *Scymnus levaillanti* (Coleoptera: Coccinellidae). Eur. J. Entomol. 103: 501–503.
- 10- ARAB, A. 2003. Preliminary Survey of Economic Insects and their Insect Predators on Poplar Trees at Euphrates Region in Syria. Arab J. Pl. Prot. 21: 39-42.
- 11- ATLIHAN R. AND GUIDAL, H. 2009. Prey density dependent feeding activity and life history of *Scymnus subvillosus* Goeze (Coleoptera: Coccinellidae). Phytoparasitica 37: 35–41.
- 12- BORGES, I., HEMPTINNE, J.L. AND SOARES, A.O. 2013. Contrasting population growth parameters of the aphidophagous *Scymnus nubilus* and the coccidophagous *Nephus reunioni*. BioControl 58: 351–357.
- 13- CUTHBERT, R.N., DICKEY J.W.E, COUGHLAN, N.E., JOYCE, P.W.S. AND DICK, J.T.A. 2019. The functional response ratio (FRR): advacing comparative metrics for predicting the eological impacts of invasive alien species. Biological Invasions, 21: 2543-2547.
- 14- DAVOUDI DEHKORDI S. , SAIEDI, Z. AND BABAEI, GH. 2023. Foraging behavior of different developmental stages of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) on *Hyalopterus amygdali* (Hemiptera: Aphididae), J. Crop Prot. 2023, 12 (3): 241-252.
- 15- DEHKORDI, S. D.; SAHRAGARD, A. AND HAJIZADEH, J. 2012. Comparison of functional response of two and one individual female predator, *Hippodamia variegata* Goeze (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. Munis Entomology & Zoology, 7 (2): 998-1005.
- 16- DING, Y. 1994. Mathematical Ecology of Insects; Science Press: Beijing, China, 303–304.
- 17- DIXON, A. F. G. 2000. Insect predator-prey dynamics: Ladybird beetles and biological control. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 257 pp.
- 18- Drder M.F., Mohanny K.M., Attia A.R. and Mohamed Gh.S. 2024. Survey of mealybugs and their natural enemies at Qena Governorate, Egypt, SVU-International Journal of Agricultural Sciences, 6 (2): 163-168.
- 19- EID, A.E., EL-HENEIDY A.H., HAFEZ,A.A., SHALABY F.F. AND ADLY, D. 2018. On the control of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) on cucumber in greenhouses. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 28:64.
- 20- EMAMI, M.S., SHISHEHBOR, P. AND ESFAHANI, J.K. 2014. Functional response of *Anthocoris nemoralis* (Hemiptera: Anthocoridae) to the pear psylla, *Cacopsylla pyricola* (Hemiptera: Psyllidae): effect of pear varieties. J Crop Prot, 3(5):597-609.
- 21- EVANS, E. W. 2004. Habitat displacement of North American ladybirds by an introduced species. Ecology, 85, 637–647.
- 22- FENG, Y., ZHOU, Z. X., AN, M. R., YU, X. L. AND LIU, T. X. 2018. The effects of prey distribution and digestion on functional response of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). Biological control, 119: 81-87.
- 23- FRANCIS, F., ERIC, H. AND CHARLES , G. 2000 , Influence of host plant on specialist \ generalist aphids and the development of *Adalia bipunctata* (Coccinellidae: Coleoptera) .Eur. J. Entomol. 97:481-485.
- 24- FU, Z.; CHENG, Y.; CUI, Y.; XIONG, C.; CAO, Z.; WANG, Y.; ZHANG, R.; LIU, C.; SUN, W.; BAN, L.; TAN, Y. AND WEI, S. 2025. An Evaluation of the Predatory Function of *Orius strigicollis* (Poppus) (Hemiptera: Anthocoridae) on *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) (Thysanoptera: Thripidae). Insects, 16(2): 236-245.

- 25- FUJIE, A., A.S. OMAR, A.B. SAWAS, A. ABBAS, M. ABDUL HADI, E. A. SAWAS, A. BARAKAT, M. NASER AND SH. TAKAHASHI. 2008. Survey of aphid infestation and viral infection of potatoes in Syria. *Journal of International Society of Southeast Asian Agricultural Sciences*, 14(1):46-59.
- 26- GARCIA, J. F. AND O'NEIL, R. J. 2000. Effect of Coleus size and variegation on attack rates, searching strategy, and selected life history characteristics of *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control* 18 (3): 225-234.
- 27- GE, Y., ZHANG, L., QIN, Z., WANG, Y., LIU, P., TAN, S., FU, Z., SMITH, O.M. AND SHI, W. 2019. Different predation capacities and mechanisms of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on two morphotypes of pear psylla *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae). *PLoS ONE* 14(4): e0215834.
- 28- GLOVER, T. 1877. Report of the Entomologist and Curator of the Museum. In: Report of the Commissioner of Agriculture for the Year 1876. Washington: Government Printing Office (GPO). 17-142.
- 29- HASSANPOUR, M., YAGHMAEE, A. , GOLIZADEH, A., RAFIEE-DASTJERDI, H. AND MOTTAGHINIA, L. 2020. Functional response and consumption rate of *Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae) feeding on the melon aphid *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) at three different temperatures. *J. Crop Prot.*, 9 (1): 101-113.
- 30- HASSELL, M.P., LAWTON, J.H. AND BEDDINGTON, J.R. 1976. The components of arthropod predation. *J. Anim. Ecol.* 45: 135-164.
- 31- HOLLING, C.S. 1959: Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Can. Entomol.* 91: 385–398.
- 32- HOLLING, C.S. 1961. Principles of insect predation. *Ann. Rev. Entomol.* 6: 163-183.
- 33- İŞIKBER, A.A., 2005. Functional response of two coccinellid predators, *Scymnus levaillanti* and *Cycloneda sanguinea*, to the aphid *Aphis gossypii*. *Turk. J. Agric. For.* 29: 347–355.
- 34- JAFARI, S., FATHIPOUR, Y. AND FARAJI, F. 2012. The influence of temperature on the functional response and prey consumption of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *J. Entomol. Soc. Iran.*, 31: 39-52.
- 35- JAFARIAN, F., JAFARI, SH. AND FATHIPOUR, Y. 2022. Functional response of the predatory mite *Typhlodromus bagdasarjani* (Acari: Phytoseiidae) to protonymphs of *Eotetranychus frosti* (Acari: Tetranychidae) on four apple cultivars. *Acarologia*, 62(2): 454-464.
- 36- JULIANO, S.A., 2001. Non-linear curve fitting: Predation and functional response curves. In Scheiner S.M. & Gurevitch J. (eds): Design and Analysis of Ecological Experiments. Chapman and Hall, New York, pp. 178–196.
- 37- KALINKAT, G., RALL, B. C., VUCIC-PESTIC, O. AND BROSE, U. 2011. The allometry of prey preferences. *PLoS ONE*, 6(10), e25937.
- 38- KHALIL N., MOURAD, A., KAROUM, M., ABU BAKER, M. AND AMR, Z. 2021. Fauna of the Ladybird Beetles (Coleoptera: Coccinellidae) and their Associated Host Plants from Southern Syria, *Jordan Journal of Biological Sciences*, 14(4): 825-846.
- 39- Li, G. and Zhang, Z. (2020). Can supplementary food (pollen) modulate the functional response of a generalist predatory mite (*Neoseiulus cucumeris*) to its prey (*Tetranychus urticae*)?. *BioControl*. 65(2): 223-232.
- 40- Li, C.; Yu, J.; Mao, R.; Kang, K.; Xu, L. and Wu, M. 2024. Functional and Numerical Responses of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) to *Rhopalosiphum nym-*

- phaeae* (Hemiptera: Aphididae) and Their Potential for Biological Control. *Insects*, 15(9): 633.
- 41- MCCANN, K. S. 2000. The diversity-stability debate. *Nature*, 405, 228–233.
- 42- MINORETTI N. AND WALFGANG W,W. 2000 , The impact of individual ladybirds *Coccinella septempunctata* (Coccinellidae: Coleoptera) on aphids colonies .*Eur.j.Entomol.* 97: 475-479.
- 43- MORADI, M.; HASSANPOUR, M.; FATHI, S. A. A. AND GOLIZADEH, A. 2020. Foraging behaviour of *Scymnus syriacus* (Coleoptera: Coccinellidae) provided with *Aphis spiraecola* and *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) as prey: Functional response and prey preference. *Eur. J. Entomol.* 117: 83–92.
- 44- MOROSSO, F. ; MWATAWALA, M. AND RWEASIRA, R. 2013. Functional response of *Cheilomenes propingua*, *C. Lunata* and *C. sulphurea* (Coleoptera :Coccinellidae) to predation on *Aphis gossypii* (Hemiptera :Aphidiidae) in Easter Tanzania. *Journal of Entomology* 10(12):76-85.
- 45- NAJAJRAH, M.H.S. 2018. Lady Beetles (Coccinellidae: Coleoptera) in the West Bank of Palestine: Survey of species, geographic distribution and ecological significance, MS Thesis, Birzeit University, Palestine, 137pp.
- 46- NOVAK, M., & WOOTTON, J. T. 2010. Using experimental indices to quantify the strength of species interactions. *Oikos*, 119: 1057–1063.
- 47- O'NEIL, R. J. 1997. Functional response and search strategy of *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) attacking Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology* 26: 1183-1190.
- 48- OMKAR AND SRIVASTAVA, S. 2001. Comparative predatory potential of a ladybird beetle, *Coccinella septempunctata* Linn, on six prey species. *Biol. Mem.* 27: 59-63.
- 49- OMKAR AND SRIVASTAVA, S. 2003. Functional response of the seven potted lady beetle, *Coccinella septempunctata* (Linnaeus) on the mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach). 2003. *Insect Sci. Applic.* 23(2): 149-152.
- 50- Petchey, O. L., Brose, U. and Rall, B. C. (2010). Predicting the effects of temperature on food web connectance. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365: 2081–2091.
- 51- REEVES, L.A., GARRATT, M.P.D., FOUNTAIN, M.T. AND SENAPATHI, D. 2023. Functional and Behavioral Responses of the Natural Enemy *Anthocoris nemoralis* to *Cacopsylla pyri*, at Different Temperatures. *J. Insect Behav.*, 36:222–238.
- 52- ROGERS, D.J. 1972. Random search and insect population models. *J. Anim. Ecol.* 41: 369–383.
- 53- ROSENBAUM, B. AND RALL, B.C. 2018. Fitting functional responses: Direct parameter estimation by simulating differential equations, *Methods Ecol Evol.* 9:2076–2090.
- 54- SABAGHI, R.; SAHRAGARD, A. AND HOSSEINI R. 2011. Area dependent searching efficiency of *Scymnus syriacus* (Col.: Coccinellidae) feeding on *Aphis craccivora* (Hem.: Aphididae). *J. Entomol. Soc. Iran* 31: 1–16.
- 55- SAKAKI, S. AND SAHRAGARD, A. 2011. A new method to study the functional response of *Scymnus syriacus* (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis gossypii*. *J. Asia-Pac. Entomol.* 14: 459–462.
- 56- SCHNEIDER, F. D., SCHEU, S. AND BROSE, U. 2012. Body mass constraints on feeding rates determine the consequences of predator loss. *Ecology Letters*, 15: 436–

- 443.
- 57- SEBASTIÃO, D.C.B. 2013. Effect of temperature and prey in the biology of *Scymnus subvillosus* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae), Msc Thesis, department of biology, University of Azores, Portugal, 34 pp.
- 58- SHAHPOURI, A., YARAHMADI, F. AND SOHANI, N. Z. 2019. Functional response of the predator species *Orius albidipennis* Reuter (Hemiptera: Anthocoridae) to two lifestages of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control 29(1):14.
- 59- STOETZEL, M. B., RUSSELL, L. M., & HALBERT, S. E. 1996. Aphids (Homoptera: Aphididae) on cotton in the United States: A key for species found on *Gossypium*, and discussion of the species most commonly collected. Journal of the Entomological Society of Washington, 98(3): 392-417.
- 60- UITERWAAL, S. F. AND DELONG, J. P. 2018. Multiple factors, including arena size, shape the functional responses of ladybird beetles. J. Appl. Ecol. 55:2429–2438.
- 61- VAN RIJN, P. C. J., BAKKER, F. M., VAN DER HOEVEN, W. A. D., AND SABELIS, M. W. 2005. Is arthropod predation exclusively satiation-driven? Oikos, 109: 101–116.
- 62- WANG, S., DI, N., CHEN, XU., ZHANG, F., BIONDI, A., DESNEUZ, N. AND WANG, SU. 2019. Life history and functional response to prey density of the flower bug *Orius sauteri* attacking the fungivorous sciarid fly *Lycoriella pleuroti*. J Pest Sci 92:715–722.
- 63- Wilson, R. S., Pavlic, T. P., Wheatley, R., Niehaus, A. C., & Levy, O. 2020. Modeling escape success in terrestrial predator-prey interactions. Integrative and Comparative Biology, 60(2), 497–508
- 64- XUE Y.; BAHALAI, C. A.; FREWIN, A.; SEARS, M.K.; SCHAAFSMA, A.W. AND HALLETT, R. H. 2009. Predation by *Coccinella septempunctata* and *Harmonia axyridi* (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae), Environ. Entomol. 38(3): 708-714.
- 65- YAŞAR, B. AND ÖZGER, S. 2005. Functional response of *Oenopia conglobata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) on *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) (Homoptera: Aphididae) in three different size arenas. *Türkiye Entomoloji Dergisi* 29, 91-99.
- 66- YOLDAS, Z., GUNCAN, A. AND KOCLU, T. 2011. Seasonal occurrence of aphids and their natural enemies in Satsuma mandarin orchards in Izmir, Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 35: 59-74.
- 67- ZHANG, Q.; ZHANG, R.; ZHANG, Q.; JI, D.; ZHOU, X. AND JIN, L. 2021. Functional Response and Control Potential of *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) on Tea Thrips (*Dendrothrips minowai* Priesner). *Insects*, 12, 1132.