

## تأثير درجات الحرارة الثابتة في المؤشرات البيولوجية لحافرة أوراق البندورة/الطماطم *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) على البندورة/الطماطم في حالة التكاثر البكري

نبيل أبو كفا<sup>1</sup>، روعة يوسف<sup>1,2</sup> ورفيق عبود<sup>2</sup>

(1) قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية، البريد الإلكتروني: nabil.abokaf@tishreen.edu.sy

(2) مركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقية - سورية.

### الملخص

أبو كفا، نبيل، روعة يوسف ورفيق عبود. 2021. تأثير درجات الحرارة الثابتة في المؤشرات البيولوجية لحافرة أوراق البندورة/الطماطم *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) على البندورة/الطماطم في حالة التكاثر البكري. مجلة وقاية النبات العربية، 39(2): 135-145.

حافرة أوراق البندورة/الطماطم *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) آفة عالمية الانتشار، تصيب محاصيل العائلة الباذنجانية وعائلتها الرئيس هو نبات البندورة/الطماطم *Lycopersicon esculentum* (Miller). أجري هذا البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقية، سورية، لتحديد المؤشرات البيولوجية لحافرة أوراق البندورة، وحساب مدد الأطوار المختلفة، ومدة حياة البالغات وخصوبتها عند درجات حرارة ثابتة (10، 20 و 30°س)، ورطوبة نسبية 60-65%، وفترة إضاءة 8:16 ساعة (ضوء: ظلام)، وتحديد تأثير ظاهرة التكاثر البكري عند الحافرة. حسبت المؤشرات البيولوجية باستخدام جداول الحياة بالاعتماد على المرحلة العمرية ثنائي الجنس باستخدام البرنامج TWOSEX-MSChart. بلغت قيمة معدل الزيادة الفعلي (r)، ومعدل الزيادة النهائي (λ) أعلى قيمة لهما عند حرارة 20°س وكانت 0.0028±0.0439 أنثى/أنثى/يوم و 0.0029±1.0449 يوم، على التوالي. وبلغت أعلى قيمة لمعدل التكاثر الصافي  $R_0 = 0.8705 \pm 7.01$  أنثى/أنثى/جيل عند حرارة 20°س وأقل قيمة 0.1250±0.92 أنثى/أنثى/جيل عند حرارة 30°س، وكان متوسط طول مدة الجيل T الأطول عند حرارة 20°س 0.203±44.3 يوم، تناقصت مع ارتفاع درجة الحرارة حيث بلغت 1.156±26.38 يوم عند حرارة 30°س، أي أن العلاقة كانت عكسية بين درجة الحرارة ومدة الجيل. أكملت الحافرة تطورها على جميع درجات الحرارة الثابتة المدروسة، وبينت النتائج تأثير درجات الحرارة في تطور الحافرة من البيضة إلى البالغة، حيث قصرت مدد الأطوار المختلفة مع ارتفاع درجة الحرارة وكانت مدة حضانة البيض، اليرقة، العذراء 0.149±3.95، 0.075±11.97 و 0.086±4.95 يوم، على التوالي، عند حرارة 30°س. وكان زمن التطور من البيضة إلى البالغة 20.8±1.151 يوم وهو الأقصر عند حرارة 30°س، وبلغ 0.127±34.51 يوم عند حرارة 20°س، وكان الأطول 1.211±125.4 (يوم) عند حرارة 10°س. وبلغت أطول مدة حياة للإناث 0.25±61.35 يوم عند حرارة 20°س. وكانت أعلى قيمة للخصوبة 1.072±12.98 بيضة/أنثى عند حرارة 20°س، وأقل قيمة 0.152±2.19 بيضة/أنثى عند حرارة 30°س، في حين لم تضع الإناث غير الملقحة بيضاً عند حرارة 10°س، كما أن البيض الموضوع لا جنسياً عند حرارة 20 و 30°س الناتج من تلك الإناث غير الملقحة لم يفقس، وتراوح متوسط فترة قبل وضع البيض (APOP) للإناث غير المتزاوجة بين 0.1368±2.57 يوم عند حرارة 20°س و 0.2629±4.31 يوم عند حرارة 30°س، وتراوح متوسط فترة وضع البيض الكلية (TPOP) للإناث غير المتزاوجة بين 0.1844±36.86 يوم عند حرارة 20°س و 0.3039±24.21 يوم عند حرارة 30°س.

كلمات مفتاحية: حافرة أوراق البندورة/الطماطم، جداول الحياة، التكاثر البكري، اللاذقية، سورية.

### المقدمة

السعودية وفلسطين والعراق (Abdul Razzak et al., 2010) وتركيا (EPPO, 2010؛ Potting, 2009)، وفي الأردن عام 2010 (العنتري والشعلان، 2011) وإيران (Baniameri & Cheraghian, 2012)، وسجلت في سورية مطلع 2010 (Almatni, 2010)، في محافظة حمص (Ibrahim et al., 2012)، وفي المنطقة الساحلية (مفلح وآخرون، 2014).

لهذه الآفة مدى عوالم واسع، تهاجم معظم نباتات العائلة الباذنجانية وتعد البندورة/الطماطم *Solanum lycopersicum* Mill (Solanales: Solanaceae) العائل المفضل لها. تتغذى أطوارها الأربعة

تعد حافرة أوراق البندورة/الطماطم (نافقة أوراق البندورة العريضة) *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) آفة هامة ورئيسة على البندورة/الطماطم في سورية، انتشرت بسرعة من موطنها الأصلي أمريكا الجنوبية إلى أوروبا حيث سجلت في إسبانيا عام 2006 ثم إيطاليا، وفرنسا واليونان ثم بقية دول حوض البحر المتوسط (Tropea Garzia et al., 2010؛ Nel, 2009؛ Desneux et al., 2010). في عام 2009 سجلت في البحرين والكويت والمملكة العربية

ثم وضعت في دفيئة زجاجية، وعند وصول النباتات إلى طول 40-30 سم استخدمت في عملية التربية.

### تربية حافرة أوراق البندورة/الطماطم

جُمِعَت يرقات وعدارى الحافرة من حقول ودفيئات بلاستيكية مزروعة بالبندورة في منطقة اللاذقية، سورية، خلال عام 2019، وربيت عند درجة حرارة المختبر، حيث حفظت في علب بلاستيكية أبعادها 25×19×5 سم ذات فتحة من الأعلى قطرها 4 سم للتهوية مغطاة بقماش ناعم، تحتوي أوراقاً طازجة من نباتات البندورة كمصدر للتغذية وتم تغييرها كل يومين بأخرى طازجة لحين انبثاق البالغات. وضعت الحشرات بعد الانبثاق في أقفاص أبعادها 150×150×150 سم مزودة بباب صغير قابل للفتح مغطى بقماش ناعم (موسلين) للتهوية ولمنع هروب الحشرات، ومزودة بقطعة قطن مشبعة بمحلول مائي سكري 10% لتغذية العثة الموضوعة في طبق بلاستيكي قطر 4 سم. وضع في كل قفص ثلاثة أصص لنباتات بندورة لوضع البيض ثم نقلت الأوراق مع البيض، وبُدلت النباتات كل ثلاثة أيام لتوضع نباتات بندورة جديدة بدلاً عنها. وللحفاظ على التنوع الوراثي لمستعمرة الحافرة المرباة أُضيف إليها باستمرار أفراد جُمِعَت من الحقل. استمرت عملية التربية مدة ثلاثة أشهر، للحصول على ثلاثة أجيال قبل استخدامها في التجارب (Krechemer & Foerster, 2015).

### دراسة جداول الحياة

بعد الحصول على ثلاثة أجيال من تربية حافرة أوراق البندورة في المختبر، وللحصول على مدة نمو الأطوار المختلفة للحافرة عند درجات حرارة مختلفة (10، 20 و 30°س)، ورطوبة نسبية 60-65%، وفترة إضاءة 8:16 ساعة (ضوء: ظلام)، نقل 20 زوجاً بعد انبثاق البالغات إلى قفص آخر يحوي أيضاً نباتات بندورة ومحلول سكري 10% تركت للتزاوج ووضع البيض. جمعت 100 بيضة (sexually produced eggs) عن النباتات التي وضع عليها البيض من قبل الإناث المتزاوجة (mated females) بوساطة فرشاة ناعمة مبللة قليلاً، ووضعت كل بيضة في طبق بتري قطره 6 سم مفتوح من الأعلى (2 سم) مغطى بالموسلين الناعم للتهوية ولمنع الهروب المحتمل. وضعت ورقة البندورة فوق ورقة ترشيح ووضع بيضة واحدة على ورقة البندورة التي تم معاملتها بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم الممدد وأغلق الطبق بالبارافيلم. ربطت أوراق الترشيح يومياً ببضع قطرات من الماء وبُدلت الورقة النباتية كل يومين، عندما تستهلك اليرقات 70% من الورقة أو عندما تبدل الورقة تبدل بأخرى خضراء. وضعت الأطباق في الحاضنات عند درجات حرارة مختلفة ثابتة (10، 20 و 30°س) ورطوبة نسبية 60-65% وفترة إضاءة 8:16 ساعة (إضاءة: ظلام)، تمت مراقبتها وسجلت حياتية الأطوار المختلفة للحشرة. بعد الوصول إلى طور البالغة عند كل درجة حرارة تترك

على الساق والأغصان والأوراق والنسيج الميزوفيللي للورقة وتسبب نتيجة لذلك خسائر تصل إلى 100% في محصول البندورة (Biondi et al., 2018؛ Desneux et al., 2010). أسهمت الصفات البيولوجية للأفة في انتشارها بنجاح منها: قدرتها التكاثرية العالية، عدد أجيالها في العام، وقصر مدة الجيل (Biondi et al., 2018؛ Desneux et al., 2010)؛ وتؤثر العوامل غير الحية (الحرارة والرطوبة النسبية) تأثيراً هاماً في تطورها وسرعة انتشارها وفي مؤشرات البيولوجية (Guimapi et al., 2016؛ Liu et al., 1995).

درست جداول حياة هذه الحشرة في مناطق مختلفة من العالم من قبل عديد من الباحثين (Erdogan & Babaroglu, 2014؛ Miranda et al., 1998؛ Pereyra & Sanchez, 2006). تُنظَّم جداول الحياة للحصول على معلومات تتعلق بزمن التطور، ونسبة الأفراد الباقية على قيد الحياة في كل طور، وللتنبؤ بحجم الجماعة والتركيبية العمرية (Southwood & Henderson, 2000). وتستخدم مؤشرات مختلفة في دراسات جداول الحياة تشمل: معدل الزيادة الحقيقية ( $r_m$ ) ومعدل الزيادة النهائي ( $\lambda$ ) ومعدل التكاثر الصافي ( $R_0$ ) ومتوسط طول مدة الجيل ( $T$ ) (Gharekhani & Salek-Ebrahimi, 2014). تجاهل الباحثون في دراسات سابقة بيانات عن الأفراد الذكور، لذا نتجت أخطاء في تحليل جداول الحياة (Huang & Chi, 2012)، وبناء عليه طور العمر والمرحلة والجنس وأُخذ معدل تطور جماعات الذكور بعين الاعتبار.

تعتبر الدراسات المنفذة على تأثير درجة الحرارة في المؤشرات البيولوجية لهذه الحشرة في سورية قليلة بالرغم من أهميتها، وهذه المعلومات هامة جداً للتخطيط لإدارة ناجحة لهذه الآفة الخطيرة، وبخاصة فيما يتعلق باستخدام الفيرمونات الجنسية كأحد الطرائق المستخدمة في مكافحتها (Caparros Megido et al., 2012). ونتيجة نقص المعلومات حول بيولوجية هذه الآفة كان لابد من دراستنا هذه التي تهدف إلى تحديد تأثير درجة الحرارة في حياتية وتطور وتكاثر حافرة أوراق البندورة في حالة التكاثر البكري (اللاجنسي Parthenogenesis)، حيث أثبت Caparros Megido et al. (2012) وجود هذه الظاهرة مخبرياً.

### مواد البحث وطرائقه

#### زراعة نباتات البندورة/الطماطم

تستلزم تربية حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*T. absoluta*) وتجاربها استخدام أوراق ونباتات البندورة، لذلك زُرِعَت بذور البندورة في صواني تحوي تورب فقط، وبعد 21 يوم نقلت الشتول إلى أصص (3 كغ) تحوي خليط تورب: تراب (1:1)، وسُمِدَت بالسماز المتوازن NPK كل 30 يوماً،

وفق المعادلة التالية:

$$T = \frac{\ln R_0}{r}$$

قدرت قيم المتوسطات والخطأ المعياري SE لمدة التطور (Development time)، والخصوبة (Fecundity)، ومؤشرات جداول الحياة (Life tables parameters) باستخدام تقنية البوتسترايب (Huang & Chi, 2012) (bootstrap) وحسب متوسط تكرارات (B=100,000) على النحو التالي:

$$s(\cdot) = \frac{\sum_{b=1}^B S(x^*b)}{B}$$

حيث قدر المؤشر  $S(x^*b)$  من  $b$  والتي تمثل عينة bootstrap، وحُسبت قيمة الخطأ المعياري SE للمؤشرات على النحو التالي:

$$SE_{boot} = \frac{\sqrt{\sum_{b=1}^B [S(x^*b) - s(\cdot)]^2}}{B - 1}$$

## النتائج والمناقشة

### مدة التطور عند درجات حرارة مختلفة

أكملت الحافرة تطورها تحت جميع درجات الحرارة المختبرة، ويبين جدول 1 تأثير درجات الحرارة في حياتية وتطور حافرة أوراق البندورة، حيث انخفضت مدة تطور الأطوار المختلفة مع ارتفاع درجة الحرارة، أي احتاجت حافرة أوراق البندورة مدة أطول لتطورها عند درجات الحرارة المنخفضة. بلغ متوسط مدة طور البيض  $0.151 \pm 27.4$  يوم، واليرقة  $0.103 \pm 59.4$  يوم، والعذراء  $0.112 \pm 39.8$  يوم عند حرارة  $10^\circ\text{C}$ ، وكانت  $0.128 \pm 5.89$ ،  $0.084 \pm 17.77$ ،  $0.111 \pm 11.18$  يوم، على التوالي، عند حرارة  $20^\circ\text{C}$ ، وبلغ  $0.149 \pm 3.95$ ،  $0.075 \pm 11.97$ ،  $0.086 \pm 4.95$  يوم، على التوالي، عند حرارة  $30^\circ\text{C}$  (جدول 1).

تأثير درجة الحرارة في الأعمار اليرقية عند الدرجات المنخفضة للعمر اليرقي الأول  $L_1$  ( $0.029 \pm 17.98$  يوم)، والعمر اليرقي الثاني  $L_2$  ( $0.069 \pm 14.31$  يوم)، والعمر اليرقي الثالث  $L_3$  ( $0.045 \pm 10.38$  يوم)، والعمر اليرقي الرابع  $L_4$  ( $0.071 \pm 19.29$  يوم) عند حرارة  $10^\circ\text{C}$ ، وكانت أقصر لدى  $L_1$  ( $0.117 \pm 5.97$  يوم)، و  $L_2$  ( $0.085 \pm 3.87$  يوم)، و  $L_3$  ( $0.089 \pm 3.1$  يوم)، و  $L_4$  ( $0.083 \pm 4.83$  يوم) عند حرارة  $20^\circ\text{C}$ ، وكانت الأقصر لدى  $L_1$  ( $0.07 \pm 3.41$  يوم)، و  $L_2$  ( $0.069 \pm 2.62$  يوم)، و  $L_3$  ( $0.055 \pm 2.22$  يوم)، و  $L_4$  ( $0.099 \pm 3.65$  يوم) عند حرارة  $30^\circ\text{C}$ . وبلغ إجمالي مدة الاطوار  $1.211 \pm 125.4$  و  $0.127 \pm 34.51$  و  $1.151 \pm 20.4$  يوم لدرجات الحرارة الثلاث، على التوالي. وكان طول عمر الإناث  $0.25 \pm 61.35$  يوم وطول العمر الإجمالي  $1.972 \pm 50.53$  يوم عند حرارة

في الأطباق نفسها وتزود بورقة بندورة لوضع البيض وكرة قطن صغيرة مشبعة بمحلول سكري للتغذية (لم يتم وضع الذكور مع الإناث للتزاوج لدراسة التكاثر البكري (اللاجنسي Parthenogenesis). سجلت أعداد البيض الموضوع (asexually produced eggs) لكل أنثى يومياً، وحسبت فترة ما قبل الإباضة (Preoviposition)، والإباضة (oviposition) والخصوبة (Fecundity) ومدة حياة البالغة (Longevity) ومعدلات البقاء في جداول خاصة (Chi & Liu, 1985).

### مؤشرات جداول الحياة وتحليل البيانات

حسبت المعدلات التالية: معدل الحياتية المرتبط بالعمر والمرحلة ( $S_{xj}$ ) (وهي احتمالية بقاء فرد جديد حياً إلى العمر  $x$  والمرحلة  $j$ )، الخصوبة المرتبطة بالعمر والمرحلة ( $f_{xj}$ )، معدل الحياتية المرتبط بالعمر ( $l_x$ )، والخصوبة المرتبطة بالعمر ( $m_x$ )، المؤشرات البيولوجية التالية: معدل الزيادة الفعلي ( $r$ )، معدل الزيادة النهائي ( $\lambda$ )، معدل التكاثر الصافي ( $R_0$ )، متوسط طول مدة الجيل ( $T$ )، فترة ما قبل وضع البيض (APOP)، فترة وضع البيض الكلية (TPOP)، باستخدام جداول الحياة المعتمدة على العمر والمرحلة والجنس وفق Chi & Liu (1985) باستخدام TWSEX-MSChart المتاح في الموقع التالي <http://140.120.197.173/ecology/> (Chi, 2019).

حسبت المعدلات والمؤشرات المذكورة وفق المعادلات التالية: حُسب معدل الحياتية المرتبط بالعمر لجدول الحياة وفق المعادلة التالية (Chi & Liu, 1985):

$$l_x = \sum_{j=1}^k S_{xj}$$

حيث  $k$  هي عدد المراحل. حسبت الخصوبة المرتبطة بالعمر وفق المعادلة التالية:

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^k S_{xj} \cdot f_{xj}}{\sum_{j=1}^k S_{xj}}$$

قُدِّر بعد ذلك معدل الزيادة النهائي ( $\lambda$ ) بطريقة التكرار من المعادلة التالية:

$$\sum_{x=0}^1 e^{-r(x+1)} l_x \cdot m_x = 1$$

بدءاً من العمر 0، حُسب معدل التكاثر الصافي ( $R_0$ ) من المعادلة:

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x \cdot m_x$$

وعرف متوسط طول مدة الجيل (T) Generation time بأنه الفترة التي تتطلبها الجماعات لزيادة أعدادها لتصل إلى ( $R_0$ ) حيث تصبح الجماعات أضعاف حجمها بمرور الوقت إلى نهاية دورة الحياة، وتحسب

20°س، وكانت 0.2±30.81 يوم و1.144±20.4 يوم، على التوالي، عند حرارة 30°س (جدول 1). أكملت الحافرة تطورها حتى طور البالغة عند حرارة 10°س، لكن لم تتمكن من وضع البيض، كما أن البيض الموضوع عند حرارة 20 و30°س من إناث غير ملقحة لم يفقس.

كانت النتائج التي حصلنا عليها في هذه الدراسة مقارنة مع ما نشره Krechmer & Foester (2015)، فقد بلغ متوسط إجمالي مدة الأطوار غير الكاملة 0.2±18.3 يوم عند حرارة 30°س، و0.2±34.8 يوم عند حرارة 20°س وكانت المدة الأطول (1.3±115.4 يوم) عند حرارة 10°س. وكانت النتائج مقارنة أيضاً مع ما توصل إليه Torres et al. (2001)، حيث بلغت مدة طور البيض 4-5 أيام ومدة طور اليرقة 12-16 يوماً ومدة العذراء 7-9 أيام عند حرارة 27°س. وحسب نتائج Pereyra & Sanches (2006) بلغت مدة طور اليرقة 12-14 يوماً عند حرارة 25±1°س. كما أشارت دراسة مماثلة في تشيلي (Barrientos et al., 1998) نتائج مقارنة، حيث كانت مدة التطور 23.8 يوم عند حرارة 27.1°س وكانت في دراسة أخرى 35 يوماً عند حرارة 35°س (Cuthbertson et al., 2013).

تراوحت متوسط فترة قبل وضع البيض للإناث غير المتزاوجة بين 2.57 يوم عند حرارة 20°س و 4.31 يوم عند حرارة 30°س وتراوح متوسط فترة وضع البيض الكلية للإناث غير المتزاوجة بين 36.86 يوم عند حرارة 20°س و 24.21 يوم عند حرارة 0°س. وبلغ طول العمر الإجمالي أقصر مدة له (30.8 يوم) عند حرارة 30°س، وأطول مدة

(50.53 يوم) عند حرارة 20°س (جدول 1).

#### معدل الحياتية المرتبط بالعمر والمرحلة (S<sub>ij</sub>)

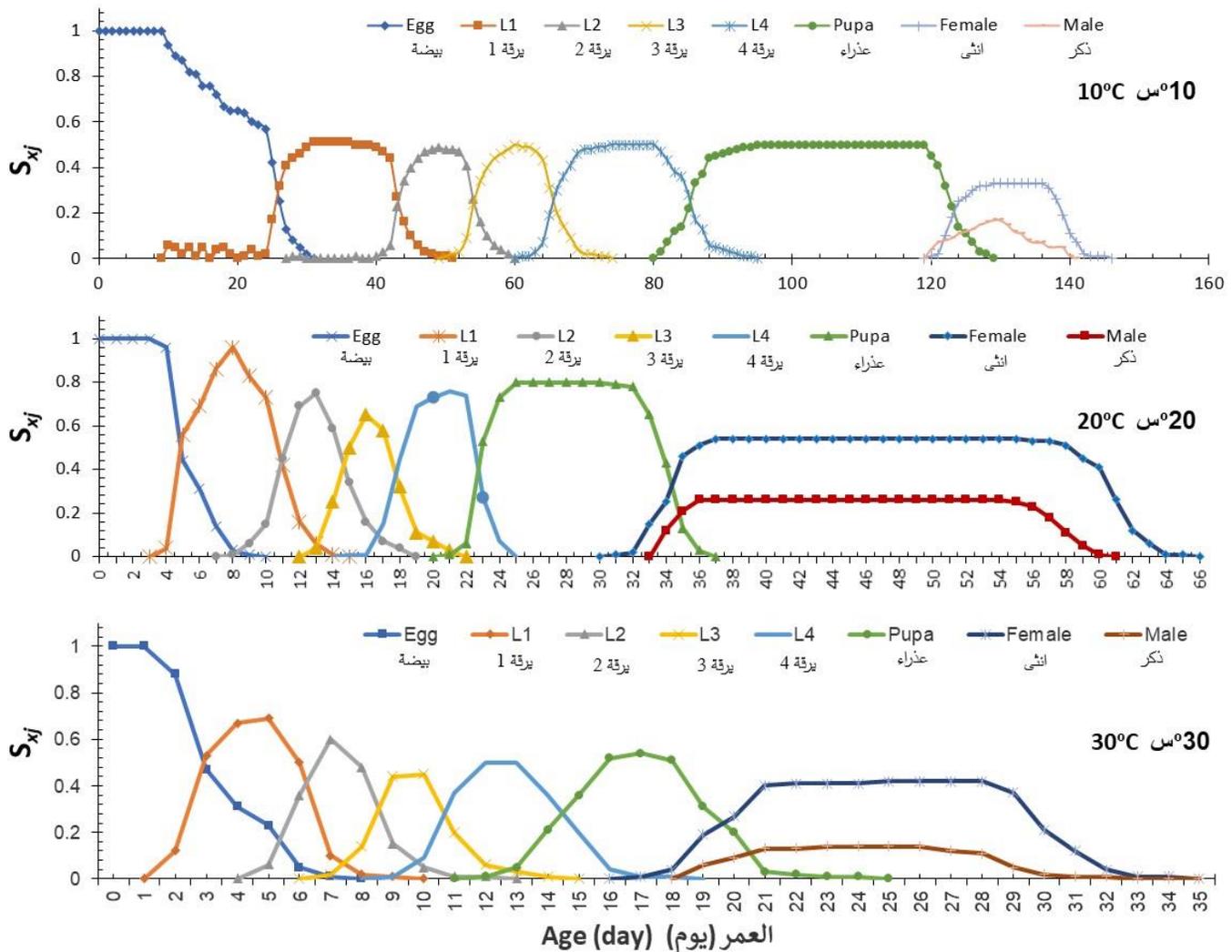
يبين شكل 1 انخفاض زمن التطور من البيضة إلى البالغة مع ارتفاع درجة الحرارة، حيث بلغ متوسط إجمالي مدة الأطوار غير الكاملة (بيضة، يرقة، عذراء) 20.4 يوم عند حرارة 30°س و 34.51 يوم عند حرارة 20°س، وكانت المدة الأطول (125.4 يوم) عند حرارة 10°س (جدول 1).

كان تأثير درجة الحرارة في حياتية الأطوار المختلفة والأعمار اليرقية لحافرة أوراق البندورة واضحاً. يبين شكل 1 أعلى معدل حياتية للأعمار اليرقية L<sub>1</sub> 0.96 يوم، L<sub>2</sub> 0.75 يوم، L<sub>3</sub> 0.65 يوم، L<sub>4</sub> 0.76 يوم، العذراء 0.80 يوم، الإناث 0.54 يوم والذكور 0.26 يوم عند حرارة 20°س، وانخفض معدل الحياتية للأطوار المختلفة عند حرارة 30°س إلى 0.69، 0.6، 0.45، 0.5، 0.54، 0.42، 0.14 يوم، على التوالي. كما اختلفت مدة حياتية الأطوار والأعمار حسب درجة الحرارة وكانت 10 أيام للبيض، 12 يوماً للعمر اليرقي الأول L<sub>1</sub>، 10 أيام للعمر اليرقي L<sub>2</sub>، 10 أيام للعمر اليرقي L<sub>3</sub>، 11 يوماً للعمر اليرقي L<sub>4</sub>، 17 يوماً للعذراء، 36 يوماً للإناث و 28 يوماً للذكور عند حرارة 20°س، وكانت 10 أيام للبيض، 9 أيام للعمر اليرقي الأول L<sub>1</sub>، 9 أيام لـ L<sub>2</sub>، 9 أيام لـ L<sub>3</sub>، 11 يوماً لـ L<sub>4</sub>، 14 يوماً للعذراء، 19 يوماً للإناث و 17 يوماً للذكور عند حرارة 30°س.

**جدول 1.** مدة تطور (يوم) (متوسط±الخطأ القياسي) المراحل المختلفة لحافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta*) المرباة على نباتات البندورة عند درجات حرارة مختلفة ثابتة (10، 20 و 30°س)، ورطوبة نسبية 65±5%، وفترة إضاءة 16:8 ساعة (ضوء:ظلام) في حالة التكاثر البكري.

**Table 1.** Developmental time (days) (Mean±SE) of different life stages of *Tuta absoluta* on tomato plants at three constant temperatures (10, 20 and 30°C) and 65±5% relative humidity under long daylight duration (16L:8D) and asexual reproduction.

درجات الحرارة (°س) (Temperature (°C))			Developmental stage and its duration	طور النمو ومدته
30	20	10		
0.149±3.95	0.128±5.89	0.151±27.40	Egg	طور البيضة
0.070±3.41	0.117±5.97	0.029±17.98	L <sub>1</sub>	العمر اليرقي الأول
0.069±2.62	0.085±3.87	0.069±14.31	L <sub>2</sub>	العمر اليرقي الثاني
0.055±2.22	0.089±3.10	0.045±10.38	L <sub>3</sub>	العمر اليرقي الثالث
0.099±3.65	0.083±4.83	0.071±19.29	L <sub>4</sub>	العمر اليرقي الرابع
0.075±11.97	0.084±17.77	0.103±59.40	L <sub>4</sub> - L <sub>1</sub>	طور اليرقة الإجمالي
0.086±4.95	0.111±11.18	0.112±39.80	P	طور العذراء
1.151±20.40	0.127±34.51	1.211±125.40	Stages Total duration of immature	إجمالي مدة الأطوار غير الكاملة
0.263±4.31	0.137±2.57	-	APOP of virgin females	فترة قبل وضع البيض للإناث غير المتزاوجة
24.210±0.30	0.184±36.86	-	TPOP of virgin females	فترة وضع البيض الكلية للإناث غير المتزاوجة
1.144±20.40	1.972±50.53	-	Total longevity	إجمالي الحياتية (طول العمر الإجمالي)
0.200±30.81	0.250±61.35	-	Female adult longevity	حياتية البالغات (متوسط طول عمر الأنثى)
0.410±29.29	0.200±58.19	-	Male adult longevity	حياتية الذكر (متوسط طول عمر الذكر)



شكل 1. معدل حياتية ( $S_{xj}$ ) الأطوار المختلفة لحافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta*) عند درجات حرارة ثابتة (10، 20 و 30°س).  
**Figure 1.** The survival rate ( $S_{xj}$ ) of different stages of *Tuta absoluta* at three constant temperatures (10, 20 and 30°C).

الخصوبة ( $m_x$ ) عند درجات حرارة مختلفة في حالة التكاثر البكري تبين من البحث تأثير درجات الحرارة في خصوبة الحافرة في حالة التكاثر البكري، حيث بلغت أعلى قيمة للخصوبة 12.98 بيضة عند حرارة 20°س وأقل قيمة 2.19 بيضة عند حرارة 30°س (جدول 2). وضعت الإناث غير الملقحة بيوضاً غير مخصبة عند حرارة 20 و 0°س، ولكن هذا البيض لم يفقس، وهذا لا يتوافق مع نتائج Caparros Megido *et al.* (2012) الذين أشاروا إلى أن البيوض غير المخصبة (Parthenogenetic eggs) الناتجة عن الإناث تعطي ذكوراً وإناثاً. بلغت عند حرارة 20°س أقصى خصوبة إجمالية (23 بيضة)، وأقصى خصوبة يومية (13 بيضة) والعدد الإجمالي (الكلي) للبيض الموضوع (Parthenogenetic eggs) للجماعة بالكامل 701 بيضة. وبلغت أقصى خصوبة إجمالية عند حرارة 30°س 5 بيضات، وأقصى خصوبة يومية 2 بيضة والعدد الإجمالي (الكلي) للبيض الموضوع

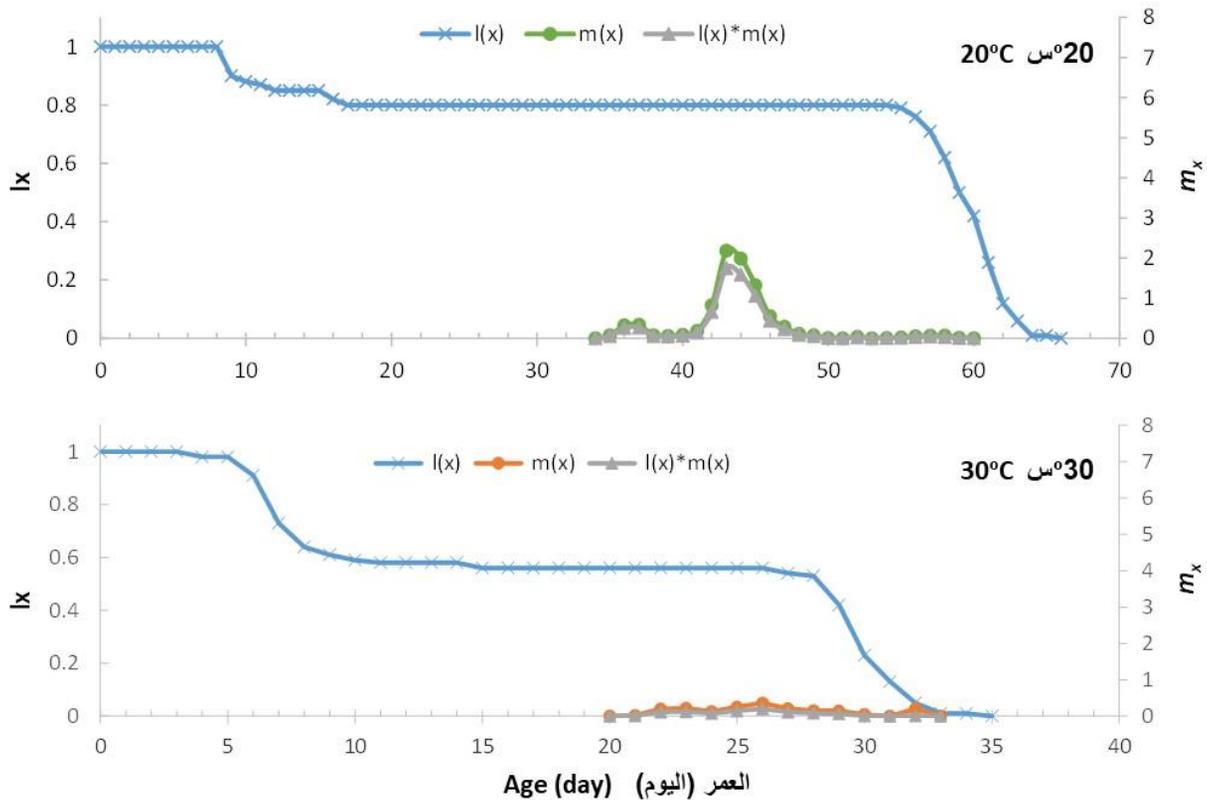
تأثر إجمالي مجموع حياتية (مدة طول العمر الاجمالية Total Longevity) بدرجة كبيرة على درجات الحرارة، حيث بلغت أطول مدة إجمالية 50.53 يوم عند حرارة 20°س، وبلغت 20.4 يوم عند حرارة 30°س (جدول 1). بدأت مرحلة الأنثى البالغة عند حرارة 20°س في اليوم 30 من عمرها وانتهت في اليوم 66 أي احتاجت الأنثى 36 يوماً لإكمال نموها، في حين بدأت مرحلة الأنثى البالغة عند حرارة 30°س في اليوم 16 وانتهت في اليوم 35، أي أن الأنثى احتاجت لفترة أقل (19 يوماً) لإكمال نموها (شكل 1). وصلت حياتية الأنثى (طول عمر البالغة) 61.35 يوم وحياتية الذكر (طول عمر البالغ) 58.19 يوم عند حرارة 20°س، وكانت أقصر مع ارتفاع درجة الحرارة حيث بلغ عمر البالغة الأنثى 30.81 يوم وطول عمر الذكر البالغ 29.29 يوم عند حرارة 30°س (جدول 1).

المختبرة حتى حرارة 10°س لكن لم يتم وضع بيض غير مخصب، وهذا يتوافق مع ما أشار إليه Bentancourt *et al.* (1996) في عدم وضع الإناث البيض، ولا يتفق مع Cuthbertson *et al.* (2013) الذين أشاروا إلى فشل الحافرة في إكمال تطورها حتى البالغة، أي أنهم أخفقوا في الحصول على البالغات عند حرارة 10°س، ووجدوا أيضاً انخفاض في انبثاق البالغات عند درجات الحرارة العالية، ويعود اختلاف تأثير درجة الحرارة في حياتية الحافرة إلى أن للجماعات المختلفة من النوع نفسه مؤشرات تطور مختلفة (Lee & Elliott, 1998; Gomi *et al.*, 2003) فالجماعات المدروسة هي من أمريكا الجنوبية والمملكة المتحدة، لم تذكر هذه الدراسات عدد أجيال الحافرة التي تم الحصول عليها (للحصول على سلالة نقية وراثياً) قبل البدء بالتجارب، ونوعية الغذاء الذي تم تزويد الفراشات به، والظروف المختبرية (فترة الإضاءة والرطوبة)، ونوع الصنف النباتي المستخدم والتي يمكن أن تؤثر جميعها في نتائج الأبحاث. وقد أشار Gharekhani & Salek-Ebrahimi (2014) أنه يمكن نوع الصنف النباتي المستخدم أن يؤثر في مدة التطور وحجم البالغة.

للجماعة بالكامل 92 بيضة، أي أن معدل تكاثر الإناث ينخفض مع ازدياد درجة الحرارة.

بدأت الإناث بوضع البيض غير المخصب (Parthenogenetic eggs) عند حرارة 20°س في اليوم 35 وهذه القيمة قريبة من متوسط فترة وضع البيض الكلية (36.86 يوم) (جدول 2). انتهت فترة الخصوبة ( $m_x$ ) في اليوم 59 وهذه القيمة مرتبطة بمرحلة الإناث البالغة، ويتراوح نطاق الخصوبة بين العمر 35-59 يوماً (شكل 2). وبدأت الإناث بوضع البيض غير المخصب عند حرارة 30°س في اليوم 21 وهذه القيمة قريبة من متوسط فترة وضع البيض غير المخصب الكلية (24.21 يوم) (جدول 2). وانتهت فترة الخصوبة ( $m_x$ ) في اليوم 32 وهذه القيمة مرتبطة بمرحلة الإناث البالغة وتراوح نطاق الخصوبة بين العمر 21-32 يوماً (شكل 2).

بلغت أعلى خصوبة عمرية 3.555 للعمر 44 يوماً عند حرارة 20°س، أما عند حرارة 30°س فقد بلغت أعلى خصوبة عمرية 0.523 للعمر 26 يوماً، ولم تضع البالغات البيض عند حرارة 10°س، أي إن درجة الحرارة المثلى لوضع البيض في حالة التكاثر البكري كانت 20°س. أكملت الحافرة تطورها حتى طور البالغة عند كل درجات الحرارة



شكل 2. حياتية ( $l_x$ )، وخصوبة ( $m_x$ )، وتكاثر ( $l_x * m_x$ ) حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta*) عند درجات حرارة ثابتة (20 و 30°س) في حالة التكاثر البكري.

**Figure 2.** The age-related survival rate ( $l_x$ ), fecundity ( $m_x$ ), reproduction ( $m_x * l_x$ ), oviposition period and number of eggs of unmated females of *Tuta absoluta* at constant temperatures (20 and 30°C) in asexual reproduction (parthenogenesis).

**جدول 2.** المؤشرات البيولوجية (معدل  $\pm$  الخطأ القياسي) لحافرة أوراق البندورة/الطمطم (*Tuta absoluta*) المرباة على نباتات البندورة/الطمطم عند درجات الحرارة الثابتة (20 و 30°س)، والرطوبة النسبية 5±65%، وفترة إضاءة 8:16 ساعة (ضوء:ظلام) في حالة التكاثر البكري.

**Table 2.** Biological parameters (Mean $\pm$ SE) of *Tuta absoluta* on tomato plants at constant temperatures (20 and 30°C) and 65 $\pm$ 5% relative humidity under long daylight (16 hr L: 8 hr D) in asexual reproduction (parthenogenesis).

Temperature الحرارة		Biological Parameters	المؤشرات البيولوجية
30 °C	20 °C		
100	100	Cohort size (N)	حجم الجماعة
42	54	Female adults (Nf)	البالغات الإناث
0.0052 $\pm$ 0.0031	0.0028 $\pm$ 0.0439	Intrinsic rate of increase (r)	معدل الزيادة الفعلي
0.0052 $\pm$ 0.9968	0.0029 $\pm$ 1.0449	Finite rate of increase ( $\lambda$ )	معدل الزيادة النهائي
0.1250 $\pm$ 0.92	0.8705 $\pm$ 7.01	Net reproductive rate (R <sub>0</sub> )	معدل التكاثر الصافي
1.156 $\pm$ 26.378	0.203 $\pm$ 44.3	Generation time (T)	متوسط طول مدة الجيل
0.258 $\pm$ 1.9	0.997 $\pm$ 8.8	Gross reproduction rate (GRR)	معدل العدد الكلي للبيض/أنثى
0.152 $\pm$ 2.19	1.072 $\pm$ 12.98	Fecundity (F)	الخصوبة
0.0492 $\pm$ 0.42	0.05 $\pm$ 0.54	Female%=Nf/N	النسبة المئوية للإناث
0.0	15.768	Doubling time (DT)	المدة اللازمة لتضاعف الجماعة

30°س، أي أن العلاقة عكسية بين درجة الحرارة وطول مدة الجيل حيث قلت مدة الجيل مع ارتفاع درجة الحرارة، وهي نتائج قريبة لما توصل إليه Barrientos *et al.* (1998)، حيث كانت مدة الجيل 23.8 يوم عند حرارة 27.1°س وكذلك أشار Cuthbertson *et al.* (2013) أن زمن التطور من البيضة إلى البالغة استغرق 35 يوماً عند حرارة 35°س. بلغ معدل العدد الكلي للبيض/أنثى (GRR) 0.997 $\pm$ 8.8 بيضة/أنثى عند حرارة 20°س، وبلغت 1.9 بيضة/أنثى عند حرارة 30°س. وبلغت أعلى قيمة لمدة تضاعف الجماعة (DT) (الوقت اللازم لجماعة الحافرة لمضاعفة أعدادها) 15.768 يوم عند حرارة 20°س، وبلغت 0.0 عند حرارة 30°س، أي أن عند هذه الحرارة لم تضاعف الجماعة نفسها. فالعلاقة بين درجات الحرارة والمدة اللازمة لتضاعف الجماعة كانت عكسية أيضاً، حيث انخفضت هذه المدة مع ارتفاع درجة الحرارة.

#### العمر المتوقع ( $e_{xj}$ ) والقيمة التكاثرية للمرحلة العمرية ( $v_{xj}$ ) في حالة التكاثر البكري

حُسب العمر المتوقع لكل مرحلة عمرية اعتماداً على معدل الحياتية للتنبؤ بمستقبل جماعة حافرة أوراق البندورة، ونظراً لعدم وجود عوامل موت أخرى تحت الظروف المختبرية ماعدا التقدم في العمر، انخفضت منحنيات العمر المتوقع ( $e_{xj}$ ) مع التقدم في العمر، كما تبين أن العمر المتوقع ( $e_{xj}$ ) كان عالياً عند الحرارة المنخفضة 10°س وصلت إلى 120 يوم، وانخفضت مع ارتفاع الحرارة إلى 50 يوماً عند حرارة 20°س، ووصلت إلى 25 يوماً عند حرارة 30°س. وكانت المدة المتوقعة طويلة

#### العلاقة بين الخصوبة (F) ومعدل التكاثر الصافي Net reproductive rate (R<sub>0</sub>)

تمثل المعادلة التالية:  $R_0 = F(Nf/N)$  العلاقة بين الخصوبة (F) ومعدل التكاثر الصافي (R<sub>0</sub>) حيث أنه عند حرارة 30°س كانت الخصوبة  $F = 2.19$  وعدد الإناث البالغة  $Nf = 42$  والعدد الكلي للأفراد  $N = 100$  فيكون معدل التكاثر الصافي  $R_0 = 0.92$ ، وعند حرارة 20°س كانت الخصوبة  $F = 12.98$  وعدد الإناث البالغة  $Nf = 54$  والعدد الكلي للأفراد  $N = 100$  فيكون معدل التكاثر الصافي  $R_0 = 7.01$  (جدول 2).

#### المؤشرات البيولوجية عند درجات حرارة مختلفة في حالة التكاثر البكري

بدأت التجارب بحجم جماعة 100 فرد لكل درجة حرارة، وبلغ عدد البالغات الإناث 54 أنثى عند حرارة 20°س، و42 أنثى عند حرارة 30°س.

وصلت قيمة معدل الزيادة الفعلي ( $r$ )، ومعدل الزيادة النهائي ( $\lambda$ ) إلى أعلى قيمة لهما عند حرارة 20°س ووصلت إلى 0.0439 أنثى/أنثى/يوم و 1.0449 يوم، على التوالي. وبناء عليه فإن حرارة 20°س هي الحرارة المثلى لتطور ونمو جماعة الحافرة من ضمن درجات الحرارة المختبرة، وكانت أدنى قيمة لهما عند حرارة 30°س 0.0031 و 0.9968 يوم، على التوالي.

أشارت النتائج (جدول 2) إلى أن أعلى قيمة لمعدل التكاثر الصافي  $R_0$  كانت 7.01 أنثى/أنثى/جيل عند حرارة 20°س، وأقل قيمة كانت 0.92 أنثى/أنثى/جيل عند حرارة 30°س.

كان متوسط طول مدة الجيل (T) الأطول 44.3 يوم عند حرارة 20°س، وتناقصت مع ارتفاع الحرارة حيث بلغت 26.378 يوم عند حرارة

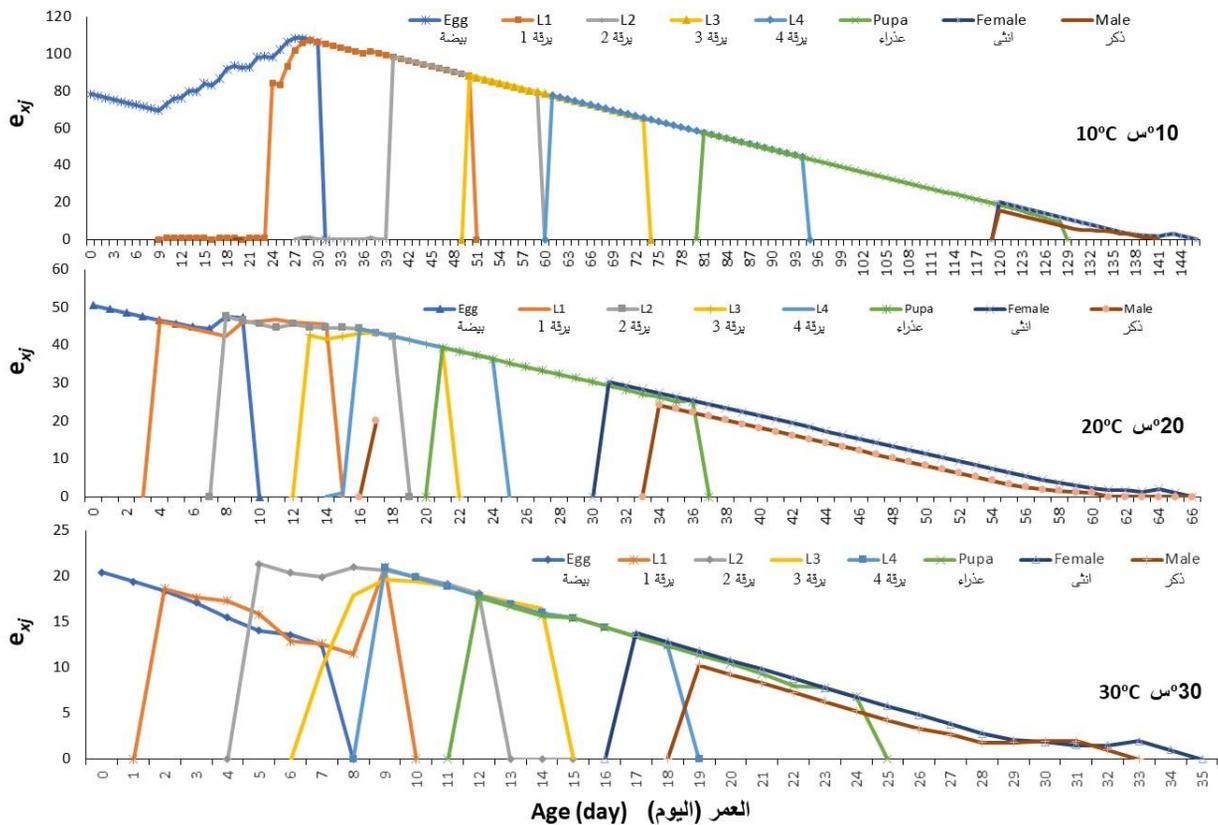
وبلغت 0.8، حيث بقي 60% من البالغات حياً (48 أنثى و12 ذكر)، أي أن النسبة الجنسية كانت 1:4 (أنثى:ذكر)، وبلغت عند حرارة 20°س 1.5:3 (أنثى:ذكر) وعند حرارة 30°س 1:3 (أنثى: ذكر)، وهذا يعني أن عدد الإناث كان الأكثر عند درجات الحرارة الثلاث (جدول 3). وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه Fernandez & Montagne (1990)، وتختلف ما نشره Erdogan & Babaroglu (2014) في دراسة أجريت عند حرارة 25±1°س ورطوبة 65±5% وإضاءة 8:16 ساعة (ضوء:ظلام)، حيث بلغت النسبة الجنسية 1:1. كما أشار Shiberu & Getu (2017) إلى أن عدد الذكور أكبر من عدد الإناث حقلياً وبلغت النسبة الجنسية 3:2 عند حرارة 32±2°س ورطوبة نسبية 4±40%، ويخالف ما توصل إليه Cuthbertson *et al.* (2013) في دراسة حقلية عند درجات حرارة مختلفة (13، 19، 23 و 25°س) ورطوبة نسبية 65% حيث كان عدد الذكور أيضاً يفوق عدد الإناث، وكانت النسب الجنسية (أنثى: ذكر) 1.5:1، 1.1:1، 1.3:1، 1.41:1، على التوالي.

عند الحرارة المنخفضة (10°س) وصلت إلى 146 يوماً، وكانت قصيرة (64 يوماً) عند حرارة 20°س، وكانت الأقصر (35 يوماً) عند حرارة 30°س، كما تبين أن العمر المتوقع للإناث البالغة أعلى من الذكور، وطول عمر الذكور البالغة أقصر من الإناث (شكل 3).

أظهرت النتائج بأن هناك زيادة في القيمة التكاثرية للمرحلة العمرية ( $v_{xj}$ ) (تعبير عن مساهمة الأفراد من العمر  $x$  والمرحلة  $z$  في زيادة عدد أفراد الجماعة) لحافرة أوراق البندورة بشكل واضح عند حرارة 20°س عندما ظهرت الأطوار غير الكاملة، وارتفعت مرة أخرى ارتفاعاً طفيفاً عند بدء الإناث بوضع البيض، وكانت قيمة  $v_{xj}$  الأعلى عند حرارة 20°س وهي درجة الحرارة المثلى لتطور ونمو جماعات الحافرة (شكل 4)، وكانت منخفضة عند حرارة 30°س، ولم تضع بيضاً عند حرارة 10°س.

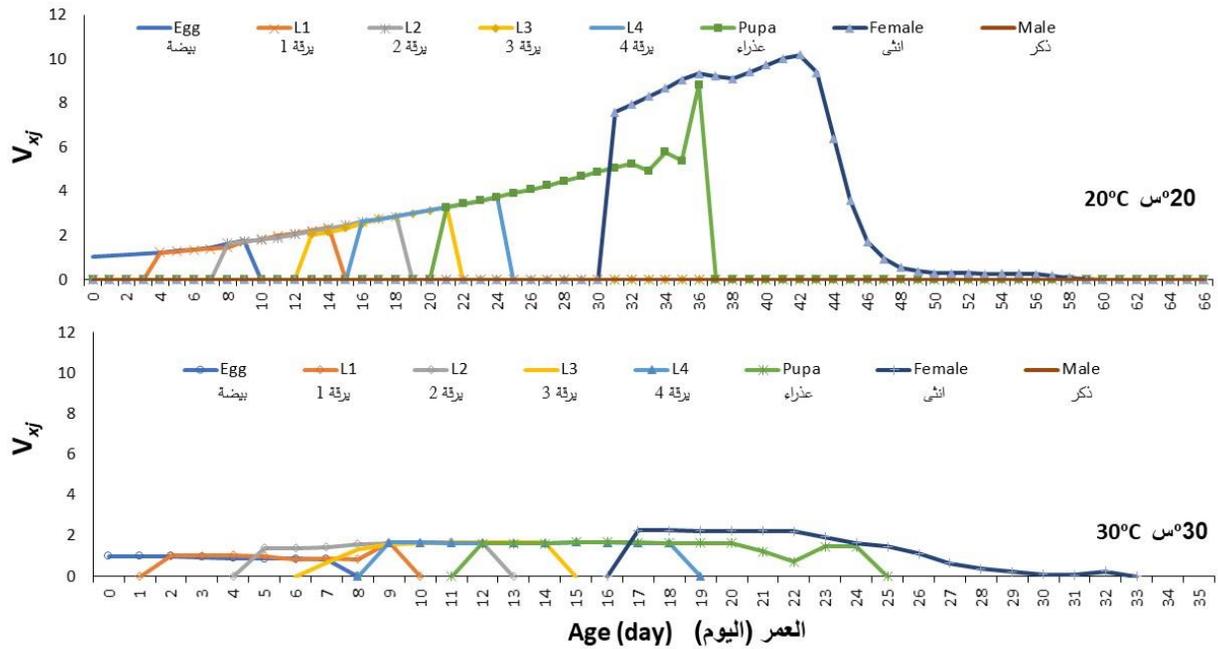
### تأثير درجة الحرارة الثابتة في النسبة الجنسية لحافرة أوراق البندورة/الطماطم

حسبت النسبة الجنسية لحافرة أوراق البندورة عند ثلاث درجات حرارة ثابتة مختبرياً (10، 20 و 30°س)، حيث كانت الأعلى عند حرارة 10°س



شكل 3. توقع حياة المرحلة العمرية ( $e_{xj}$ ) لحافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta*) عند درجات حرارة ثابتة (10، 20 و 30°س) في حالة التكاثر البكري.

Figure 3. The insect stage life expectancy ( $e_{xj}$ ) of *Tuta absoluta* at constant temperatures (10, 20 and 30°C) in asexual reproduction (parthenogenesis).



شكل 4. القيمة التكاثرية للمرحلة العمرية ( $V_{xj}$ ) لحافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta*) عند درجات حرارة ثابتة (20 و 30°س) في حالة التكاثر البكري.

Figure 4. The insect stage fecundity of unmated females of *Tuta absoluta* at constant temperatures (20 and 30°C) in asexual reproduction (parthenogenesis).

جدول 3. تأثير درجة الحرارة الثابتة (10، 20 و 30°س) في النسبة الجنسية لحافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta*).  
Table 3. Sex ratio of *Tuta absoluta* at three constant temperatures (10, 20 and 30°C).

احتمال الحصول على ذكور Probability from pupa to male	احتمال الحصول على إناث Probability from pupa to female	النسبة الجنسية أنثى: ذكر Sex ratio F:M	عدد الذكور Number of males	عدد الإناث Number of females	درجة الحرارة (°س) Temperature (°C)
0.20	0.8	1:4	12	48	10
0.33	0.66	1:2	27	54	20
0.25	0.75	1:3	14	42	30

الخصوبة، كما تبين أن درجة الحرارة الأفضل لنمو وتطور الآفة من

بين درجات الحرارة المختبرة كانت 20°س.

3- أظهرت قيم المؤشرات البيولوجية في حالة التكاثر البكري انخفاض القدرة التطورية لجماعات حافرة أوراق البندورة/الطماطم وختلفت باختلاف درجات الحرارة، حيث أكملت الحافرة تطورها عند كل درجات الحرارة المختبرة ولكن عند حرارة 20 و 30°س وضعت الإناث غير الملقحة بيوضاً غير مخصبة (Parthenogenetic eggs) وهذا البيض لم يفقس، أما عند حرارة 10°س فقد أكملت الحافرة تطورها حتى طور البالغة ولكن بدون وضع للبيض.

4- نوصي بمزيد من الأبحاث للتأكد من أن ظاهرة التكاثر البكري هي صفة مكتسبة وسلوك تأقلمي تلجأ إليها الأنثى في غياب الذكر.

ويمكننا مما تقدم أن نستنتج ما يلي:

1- أعطى استخدام جداول الحياة بالاعتماد على المرحلة العمرية للجنسين لدراسة حياتية حافرة أوراق البندورة/الطماطم بيانات أكثر دقة من جداول الحياة المخصصة للإناث فقط، واستخدمت طريقة Bootstrap لتقدير قيم المتوسطات والخطأ القياسي (SE) لمدة التطور، والخصوبة، ومؤشرات جداول الحياة، لأن الأساليب الإحصائية الشائعة تتألف في التباينات والخطأ القياسي الخاص بالجماعات.

2- بينت النتائج تأثير درجات الحرارة المختلفة في كل من مدة التطور والتكاثر وحياتية البالغات وجميع المؤشرات البيولوجية لحافرة أوراق البندورة في حالة التكاثر البكري، وتبين أنه مع ارتفاع درجات الحرارة قصرت مدة الأطوار غير الكاملة وقصر طول العمر الإجمالي وقلت

## Abstract

Abo Kaf, N., R. Youssef and R. Aboud. 2021. Effect of Constant Temperatures on Biological Parameters of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) on Tomato Plants in Case of Asexual Reproduction (Parthenogenesis). Arab Journal of Plant Protection, 39(2): 135-145.

Tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) is a key devastating pest worldwide, it has the capacity to develop on a wide range of Solanaceous plants but tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is considered to be its preferred host. This study was carried out at the Agricultural Scientific Research Centre in Latakia in 2019 to estimate biological parameters of *T. absoluta* and evaluate the effect of temperature in its development, longevity, reproduction in parthenogenesis. The experiments were carried out at constant temperatures (10, 20, 30 °C), 60-65% RH, and photoperiod (16L: 8D). Biological parameters were analyzed according to the theory of age-stage two-sex life table by using the computer program TWO-SEX MSChart. The highest value of intrinsic rate of increase ( $r$ ), the final increase rate ( $\lambda$ ), and net reproductive rate ( $R_0$ ) were  $0.0439 \pm 0.0028$  females/female/day,  $1.0449 \pm 0.0029$ , and  $7.01 \pm 0.8705$  females/female/generation, respectively, at 20 °C. The lowest value of net reproductive rate ( $R_0$ ) was  $0.92 \pm 0.1250$  females/female/generation at 30 °C. Generation time (T) was the longest ( $44.3 \pm 0.203$  days) at 20 °C and decreased to  $26.38 \pm 1.156$  days at 30 °C. *T. absoluta* completed its development at all these temperatures. The results obtained showed that the effect of temperature on the insect development from egg to adult decreased with increased temperature. The shortest development period on egg, larva and pupa development was  $3.95 \pm 0.149$ ,  $11.975 \pm 0.075$  and  $4.95 \pm 0.086$  days, respectively, at 30 °C. This means that the development time from egg to adult was shorter ( $20.8 \pm 1.151$  days) at 30 °C as compared to  $34.51 \pm 0.127$  days at 20 °C, and longest at 10 °C ( $125.4 \pm 1.211$  days). The female longevity was longer ( $61.35 \pm 0.25$  days) at 20 °C. The highest rate of fecundity was  $12.98 \pm 1.072$  eggs/unmated female, and the lowest was  $2.19 \pm 0.152$  eggs/unmated female at 30 °C. Moreover, the unmated females kept at 10 °C did not lay eggs, and unfertilized eggs (asexually produced eggs) laid by unmated females at 20 or 30 °C did not hatch. The adult pre-oviposition period (APOP) of unmated females was  $2.57 \pm 0.1368$  days at 20 °C and  $4.31 \pm 0.2629$  days at 30 °C, whereas the total APOP of females was  $36.86 \pm 0.1844$  days at 20 °C and  $24.21 \pm 0.3039$  days at 30 °C.

**Keywords:** Tomato leaf miner, Life tables, asexual reproduction, Parthenogenesis, Syria.

**Affiliation of authors:** Nabil Abo Kaf<sup>1</sup>, Rawa Youssef<sup>1,2</sup> and R. Aboud<sup>2</sup>. (1) Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria, Email: nabil.abokaf@tishreen.edu.sy; (2) Agricultural Scientific Research Center, Lattakia, Syria.

## References

## المراجع

- Barrientos, Z.R., H.J. Apablaza, S.A. Norero and P.P. Estay. 1998. Temperatura base y constante térmica de desarrollo de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Ciencia Investigación Agraria, 25: 133-137.
- Bentancourt, C.M., I.B. Scatoni and J.J. Rodríguez. 1996. Influencia de la temperatura sobre la reproducción y el desarrollo de *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). Revista brasileira de biologia, 56: 661-670.
- Biondi, A., R.N.C. Guedes, F.H. Wan and N. Desneux. 2018. Ecology, worldwide spread and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: pest present and future. Annual Review of Entomology 63: 239-258.  
<https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-034933>
- Caparros Megido, R., E. Haubruge and F.G. Verheggen. 2012. First evidence of deuterotokous parthenogenesis in the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Journal of Pest Science, 85: 409-412.  
<https://doi.org/10.1007/s10340-012-0458-6>
- Chi, H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. Environmental Entomology 17: 26-34.  
<https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26>
- Chi, H. 2019. TWSEX-MSChart: a computer program for the age stage, two sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, (<http://140.120.197.173/Ecology/Download/TwosexMSChart.zip>) (accessed 3/9/2019).
- مفلح، ماجدة، رفيق عبود، حنان حبق، عمر حمودي، فاضل القيم، لينا عدرة ومحمد أحمد. 2014. النشاط الموسمي لعثة أوراق البندورة *Tuta absoluta* (Meyrick) الأمريكية وأعدائها الحيوية ومكافحتها كيميائياً في المنطقة الساحلية من سورية. مجلة وقاية النبات العربية 32(2): 162-168.
- [Mofleh, M., R. Abboud, H. Habaq, O. Hammodi, F. Al-Quem, L. Adra and M. Ahmed. 2014. Seasonal activity of American tomato leaf moth *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and its natural enemies and its chemical control along the Syrian coast. Arab Journal of Plant Protection, 32(2):162-168. (In Arabic).]
- العنتري، توفيق وتيسير الشعلان. 2011. نافقة البندورة العريضة *Tuta absoluta* هل ستحد من زراعة البندورة في الأردن. مجلة المهندس الزراعي العربي، 88(2): 4-13.
- [Al-Antari, T. and T. El-Shaalan. 2011. Tomato leaf moth *Tuta absoluta*: Would it limit tomato production in Jordan. Arab Agriculture Engineers Journal, 88(2): 4-13. (In Arabic).]
- Abdul Razzak, A.S., I.I. Al-Yasiri and H.Q. Fadhil. 2010. First record of tomato borer (tomato moth) *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato crop in Iraq. Arab and Near East Plant Protection Newsletter, 51: 31.
- Almatni, W. 2010. Tomato leaf miner *Tuta absoluta* invades East Mediterranean countries. Arab and Near East Plant Protection Newsletter, 50: 29.
- Baniameri, V. and A. Cheraghian. 2012. The first report and control strategies of *Tuta absoluta* in Iran. EPPO Bulletin, 42 (2): 322-324.  
<https://doi.org/10.1111/epp.2577>

- Krechmer, F. and I. Foerster.** 2015. *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): Thermal requirements and effect of temperature on development, survival, reproduction and longevity. *European Journal of entomology* 112(4): 658-663.  
<https://doi.org/10.14411/eje.2015.103>
- Lee, J.H. and N.C. Elliott.** 1998. Comparison of developmental responses to temperature in *Aphelinus asychis* (Walker) from two different geographic regions. *Southwest. Entomology* 23: 77-82.
- Liu, S.S., G.M. Zhang and J. Zhu.** 1995. Influence of temperature variations on rate of development in insects: Analysis of case studies from entomological literature. *Annals of the Entomological Society of America* 88: 107-109.
- Miranda, M.M.M., M. Picanco, J.C. Zanuncio and R.N.C. Guedes.** 1998. Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Biocontrol Science and Technology*, 8: 597-606.  
<https://doi.org/10.1080/09583159830117>
- Nel, J.** 2009. Confirmation of the presence of the tomato pest *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) (Meyrick, 1917), in southern France. *Bull. Society Entomology de France* 114: 42-428.
- Pereyra, P.C. and N.E. Sanchez.** 2006. Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 35: 671-676.  
<https://doi.org/10.1590/s1519-566x2006000500016>
- Potting, R.** 2009. Pest risk analysis, *Tuta absoluta*, tomato leaf miner moth. Plant Protection service of the Netherlands, 24pp. [www.minlnv.nl](http://www.minlnv.nl).
- Shiberu, T. and E. Getu.** 2017. Biology of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under different temperature and relative humidity. *Journal of Horticulture and Forestry*, 9(8): 66-73.  
<https://doi.org/10.5897/JHF2017.0496>
- Southwood, R. and P.A. Henderson.** 2000. *Ecological Methods*, 3<sup>rd</sup> ed, Blackwell, Oxford, United Kingdom. p. 592.
- Torres, J. B., C.A. Faria, W.S. Evangelista and D. Pratisoli.** 2001. Within-plant distribution of the leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) immatures in processing tomatoes, with notes on plant phenology. *International Journal of Pest Management*, 47: 173-178.  
<https://doi.org/10.1080/02670870010011091>
- Tropea Garzia, G., A. Biondi and L. Zappala.** 2012. *Tuta absoluta*, a South American pest of tomato now in the EPPO region: biology, distribution and damage. *EPPO Bulletin*, 205-210.  
<https://doi.org/10.1111/epp.2556>
- Chi, H. and H. Liu.** 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Acad. Sin. Bull. Inst. Zoology*, 24: 225-240.
- Cuthbertson, A.G.C., J.J. Mathers, L.F.M. Blackburn, W.L. Korycinska, W. Luo, R.J. Jacobson and P. Northing.** 2013. Population development of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under simulated UK glasshouse conditions. *Insects* 4 (2): 185-197.  
<https://doi.org/10.3390/insects4020185>
- Desneux, N., E. Wajnberg, K.A.G. Wyckhuys, G. Burgio, S. Arpaia, C.A.N. Vasques, J.G. Cabrera, D.C. Ruescas, E. Tabone, J. Pizzol, G. Poncet, T. Cabullo and A. Urbaneja.** 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: Ecology geographic expansion and prospects for biological control. *Journal Pesticide Science*, 83: 197-215.
- EPPO.** 2010. First report *Tuta absoluta* in Bulgaria (2010/002). *EPPO Reporting Services* 1 (002).
- Erdogan, P. and N.E. Babaroglu.** 2014. Life Table of the Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*, 31(2): 80-89.  
<https://doi.org/10.13002/jafag723>
- Fernandez, S. and A. Montagne.** 1990. Biología del minador del tomate, *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bol Entomol Venez*, 5: 89-99.
- Gharekhani, G.H. and H. Salek-Ebrahimi.** 2014. Life table parameters of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on different varieties of tomato. *Journal of economic entomology* 107(5): 1765-1770.  
<https://doi.org/10.1603/EC14059>
- Gomi, T., M. Inudo and D. Yamada.** 2003. Local divergence in developmental traits within a trivoltine area of *Hyphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Arctiidae). *Entomological Science* 6(2): 71-75.  
<https://doi.org/10.1046/j.1343-8786.2003.00010.x>
- Guimapi, R.Y., S.A. Mohamed, G.O. Okeyo, F.T. Ndjomatchoa, S. Ekesi and H.E. Tonnang.** 2016. Modeling the risk of invasion and spread of *Tuta absoluta* in Africa. *Ecological Complexity*, 28, 77-93.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2016.08.001>
- Huang, Y.B. and H. Chi.** 2012. Assessing the application of the jackknife and bootstrap techniques to the estimation of the variability of the net reproductive rate and gross reproductive rate: A case study in *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). *Journal of Agriculture and Forest Entomology*, 61(1): 37-45.
- Ibrahim, M.Y., E.A. Mehrez, M.S. Edrees, B.I. Aodie and A.R. Al-masrey.** 2012. The first record to tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) at Homs Governorate, Syria. *Persian Gulf Crop Protection*, 1(1): 53-63.

Received: May 20, 2020; Accepted: April 8, 2021

تاريخ الاستلام: 2020/5/20؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2021/4/8