

التنبؤ بأجيال حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta* (Meyrick)) باستخدام نموذج درجات الحرارة اليومية المتراكمة

شادي فسحه*، ربيع درويش وعلي ديوب

مركز البحوث العلمية الزراعية في طرطوس، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.

*البريد الإلكتروني للباحث المراسل: Shadifaskha5@gmail.com

الملخص

فسحه، شادي، ربيع درويش وعلي ديوب. 2202. التنبؤ بأجيال حافرة أوراق البندورة (*Tuta absoluta* (Meyrick)) باستخدام نموذج درجات الحرارة اليومية المتراكمة. مجلة وقاية النبات العربية، 40(4): 299-306. <https://doi.org/10.22268/AJPP-40.4.299306>

درُس التغير الموسمي لتعداد حافرة أوراق البندورة/الطماطم وعلاقته بدرجات الحرارة اليومية المتراكمة باستخدام مصادم فيرمون الجنس، وذلك في بيت بلاستيكي في محافظة طرطوس، سورية خلال الموسم الربيعي لعامين متتاليين 2020 و2021. أظهرت النتائج أن نشاط ذكور حافرة أوراق البندورة امتد من أواخر شهر شباط/فبراير وحتى نهاية الموسم في تموز/يوليو. سُجّلت أعلى كثافة صيد للذكور في شهر أيار/مايو حيث بلغت 207 و213 ذكر/مصيدة في الموسمين كليهما، على التوالي. بيّن حساب درجات الحرارة اليومية المتراكمة أنّ للحشرة خمسة أجيال بثابت حراري بلغ في الموسم الأول 516.95، 510.24، 512.2، 563.44 و 565.94 درجة/يوم (Day-degree) لكلّ جيل على التوالي، و554.52، 533.06، 557.21 و 502.55 و 508.22 درجة-يوم لكل جيل، على التوالي في الموسم الثاني، وذلك دون وجود فروق معنوية بين الموسمين ($x^2=6.02$ ، $p=0.2$ و $x^2=4.94$ ، $p=0.29$). وبناءً على النموذج المتبع، تمّ اقتراح جدول مبسّط لحساب درجات الحرارة اليومية المتراكمة بدلاً من استخدام النماذج الرياضية، والذي يستلزم فقط معرفة درجات الحرارة اليومية القصوى والدنيا.

كلمات مفتاحية: حافرة أوراق البندورة، *Tuta absoluta*، درجات الحرارة اليومية المتراكمة، عدد الأجيال، طرطوس، سورية.

المقدمة

وقدرة على تطوير المقاومة تجاه المبيدات الحشرية (Desneux et al., 2010؛ Roditakis et al., 2015).

ومن المعروف أن درجة الحرارة تعدّ أحد العوامل غير الحيوية المهمة التي تؤثر على تطور وبقاء وتكاثر الحشرات (Liu et al., 1995)؛ Zhang et al., 2008). وفي ظلّ ما يشهده المناخ العالمي من تغيرات جراء ظاهرة الاحتباس الحراري، فإنّه من المتوقع أن تؤثر بشكل كبير على نشاط الحشرات ومعدل تطورها وانتشارها وعدد أجيالها (Sharma, 2014؛ Paaijmans et al., 2010). على الرغم من قدرة الحشرة على التطور ما بين درجتي حرارة 15 و35°س، إلا أن درجة الحرارة بحدود 25-30°س تعتبر الأكثر ملاءمة (Sarswati et al., 2020). يبلغ عدد أجيال هذه الحشرة 10-12 جيلاً سنوياً (EPPO, 2005)، وسُجّل في مصر 11-13 جيلاً في السنة تبعاً للمنطقة (Abolmaaty et al., 2010). وفي المنطقة الوسطى من سورية، سُجّل لها جيلان في العروة المبكرة وجيل في العروة المتأخرة (Ibrahim et al., 2011). وأشار Zalom & Wilson (1982) إلى أن معدل التطور يعتمد على الحرارة المتراكمة المرتبط بفسولوجية الحشرة وليس على

تُعدّ حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta* (Meyrick)) (Lepidoptera, Gelechiidae) آفة غازية موطنها الأصلي أمريكا الجنوبية. سُجّلت هذه الآفة لأول مرة خارج موطنها في إسبانيا عام 2006 (Urbaneja et al., 2008)، وخلال أقلّ من ثلاث سنوات وصلت إلى البرتغال، إيطاليا، فرنسا، مالطا، اليونان وباقي دول حوض المتوسط (Bech, 2009). رُصدت هذه الحشرة في سورية خلال عام 2010 (Ibrahim et al., 2011). تُشكل هذه الحشرة تهديداً خطيراً لإنتاج البندورة، وقد تؤدي الإصابة بها إلى خسائر كبيرة في الإنتاج قد تصل إلى 80-100% في البيوت المحمية والحقول المكشوفة في حال غياب عمليات مكافحة (Desneux et al., 2010). اعتمدت عمليات مكافحة هذه الحشرة على المكافحة الكيميائية بشكل رئيسي، ووصل عدد الرشاش أحياناً إلى 14 معاملة خلال الموسم الواحد (Luna et al., 2012). تتسم هذه الحشرة بكونها من الآفات صعبة المكافحة نظراً لأنّ إبقائها تعيش داخل أنفاق تحدثها في القمم النامية وفي الأوراق والثمار، إضافة إلى ما تتميز به من قدرة عالية على التكاثر، وسرعة استثنائية في الانتشار،

1 كانون ثاني/يناير نقطة البدء بحساب التراكم الحراري بهدف تحديد بدء الصيد المستمر (biofix). امتد موسم الزراعة من شباط/فبراير وحتى منتصف تموز/يوليو.

التحليل الإحصائي

حُدِّثت العلاقة بين عدد الذكور التي تم اصطيادها ومتوسط كل من العوامل المناخية (درجة الحرارة والرطوبة النسبية) من خلال الانحدار البسيط والارتباط، كما تمت مقارنة الفروقات بين درجات الحرارة اليومية المتراكمة اللازمة لإتمام كل جيل من خلال اختبار مربع كاي (χ^2) Chi-Square، وذلك باستخدام البرنامج SPSS v.17، عند مستوى احتمال 5%.

النتائج والمناقشة

التغيرات العددية لذكور حافرة أوراق البندورة/الطماطم

بيّنت نتائج قراءات مصيدة الفرمون الجنسي أن نشاط الذكور بدأ بتاريخ 20 شباط/فبراير ويتراكم حراري بلغ 266.85 درجة-يوم اعتباراً من بداية كانون الثاني/يناير، والذي يمثل بداية الصيد المستمر (biofix) في الموسم الزراعي الأول 2020؛ أما في الموسم الزراعي الثاني 2021، فقد كان الـ biofix بتاريخ 26 شباط/فبراير ويتراكم حراري بلغ 272.32 درجة-يوم من بداية كانون الثاني/يناير، واستمر النشاط حتى نهاية الموسم في شهر تموز/يوليو. سجلت أعلى كثافة بتاريخ 12 آذار/مارس، 7 أيار/مايو و2 تموز/يوليو بكثافة بلغت 142، 207 و185 ذكر/مصيدة في الموسم الأول، على التوالي. أما في الموسم الثاني فقد كانت بتاريخ 19 آذار/مارس، 7 أيار/مايو و25 حزيران/يونيو وبعدها 80، 213 و190 ذكر/مصيدة، على التوالي (الشكلين 1 و2).



شكل 1. التعداد الموسمي لذكور حافرة أوراق البندورة/الطماطم باستخدام مصيدة الفرمون الجنسي داخل بيت بلاستيكي في طرطوس خلال الموسم الأول (2020).

Figure 1. Seasonal population density of male *Tuta absoluta* caught by sex pheromone trap in plastic house in Tartous during first season (2020).

التسلسل الزمني؛ وأطلق Chiang (1985) عليها مصطلح "النطاق الأمثل" والذي يتراوح ما بين الحد الأدنى والحد الأعلى لعتبة النمو، حيث يتناسب التطور فيه بشكل مباشر مع درجة الحرارة، وأما خارج هذا النطاق، فينخفض النشاط تدريجياً وقد ينتهي بالموت أو الدخول في طور السكون.

تُشكّل درجات الحرارة اليومية المتراكمة (DD) degree-days أداة قيمة في تنفيذ برامج الإدارة المتكاملة للآفات الحشرية سواء استخدمت في التنبؤ أو رصد عدد الأجيال أو المراحل الحياتية في دورة الحياة أو في توقيت تطبيق إجراءات مكافحة كالمبيدات أو مواعيد إطلاق الأعداء الحيوية (Zalom et al., 1983). لذلك فقد هدفت هذه الدراسة لتحديد التغيرات العددية لحافرة أوراق البندورة/الطماطم تحت ظروف الزراعة المحمية في محافظة طرطوس، وتحديد الوحدات الحرارية اللازمة للتنبؤ بعدد أجيالها في موسم الزراعة الربيعي.

مواد البحث وطرائقه

نفذت الدراسة في بيت بلاستيكي (مساحته 320 م²)، مزروع بشتول البندورة/الطماطم، صنف هدى، في محطة بحوث الجماسة (الارتفاع عن سطح البحر: 20 م)، مركز البحوث العلمية الزراعية في طرطوس، خلال الموسم الربيعي، ولعامين متتاليين 2020 و2021. تمت زراعة الشتول بتاريخ 14 شباط/فبراير، ونفذت العمليات الزراعية المناسبة من ري وتسميد وتعشيب بدون تطبيق أي مبيد. ولتحديد تعداد الحشرة، تم استخدام مصيدة فرمونية نوع دلتا تحتوي شريط لاصق مزود بكبسولة فيرمون جنسي (QLure-TUA, Russell IPM, UK). غلقت المصيدة على ارتفاع 1.5 م في منتصف البيت قبل الزراعة بأسبوع. تم استبدال الشريط اللاصق كل 15 يوم والكبسولة كل شهر. روقبت المصيدة في البداية يومياً حتى بداية تسجيل الصيد المستمر أو ما يُعرف بالتأثير الحيوي biofix (نقطة بدء حساب درجات الحرارة اليومية المتراكمة الفعالة). بعد ذلك أخذت قراءة المصيدة بعد الحشرات الكاملة للذكور مرة واحدة أسبوعياً. وللحصول على بيانات العوامل المناخية (درجة الحرارة والرطوبة النسبية) غلّق جهاز رقمي (Thermo® MAX-MINTHERMO HYGRO) في منتصف البيت البلاستيكي. خضعت البيانات المتحصل عليها للتحليل الإحصائي لتوضيح العلاقة بين ديناميكية عشيرة الحشرة مع كل عامل من العوامل المدروسة. تم حساب درجات الحرارة اليومية المتراكمة، اعتماداً على أدنى وأقصى درجة حرارة يومية مسجلة، وذلك لتحديد عدد الأجيال وتوقع تواريخ ظهور الفراشات باستخدام نموذج حاسوبي (Snyder, 2002) DegDay وذلك بالاعتماد على الحد الأدنى والحد الأعلى لعتبة نمو الحشرة، وهي 8 و37.3°س، على التوالي (Krechemer & Foerster, 2015). تم اعتبار

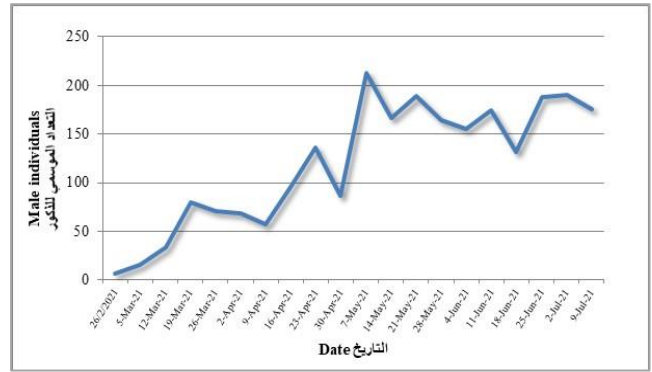
التنبؤ بأجيال حافرة أوراق البندورة/الطماطم باستخدام درجات الحرارة اليومية المتراكمة

تم حساب درجات الحرارة اليومية المتراكمة بناءً على أعلى وأدنى درجة حرارة يومية مسجلة، وبالاكتفاء على الحد الأدنى لنمو الحشرة (8°س) والحد الأعلى (37.3°س) وباستخدام برنامج DegDay. بينت العلاقة بين تراكم درجات الحرارة اليومية والنسبة المئوية لصيد الذكور أن للحشرة 5 أجيال خلال كل موسم (الشكلين 3 و4). في الموسم الأول، احتاج الجيل الأول فترة 6 أسابيع، من 20 شباط/فبراير إلى 26 آذار/مارس، وأما بقية الأجيال الثاني والثالث والرابع والخامس، فقد استغرق كل منها 4 أسابيع. بلغت قيم الثابت الحراري: 516.95، 510.24، 512.2، 563.44 و 565.94 درجة-يوم لكل جيل، على التوالي، دون وجود فروق معنوية بين هذه الاحتياجات الحرارية ($\chi^2=6.02, p=0.2$).

أما في الموسم الثاني، احتاج الجيل الأول فترة 6 أسابيع، من 26 شباط/فبراير إلى 2 نيسان/أبريل، واحتاج كل من الجيل الثاني والثالث إلى 4 أسابيع، أما الجيلان الرابع والخامس فقد استغرق كل منهما 3 أسابيع. وبلغت قيم الثابت الحراري لكل جيل من الأجيال الخمسة: 554.52، 533.06، 557.21، 502.55 و 508.22 درجة-يوم، على التوالي، دون وجود فروق معنوية بين القيم ($\chi^2=4.94, p=0.29$).

ربما تكون الاختلافات الطفيفة في عتبات النمو والثوابت الحرارية لحشرة *T. absoluta* التي تم تسجيلها بالمقارنة مع الدراسات السابقة منوطةً بالاختلافات في الطقس، والتجمعات الجغرافية، والنواحي الوراثية للحشرة، والظروف التجريبية، والغذاء المستخدم كاختلاف أصناف البندورة/الطماطم المدروسة (Honek, 1996؛ Ghaderi *et al.*, 2017؛ Trudgill؛ Pitcairn *et al.*, 1992؛ Kipyatkov & Lopatina, 2014؛ *et al.*, 2005).

وجد سابقاً بأن إجمالي التراكم الحراري اللازم للجيل الواحد كان 459.6 درجة-يوم (Barrientos *et al.*, 1998). وفي المقابل، وَجَدَ Krechmer & Foerster (2015) أن اكتمال التطور احتاج 416.7 درجة-يوم. كما ذكر Polat *et al.* (2016) أن المتطلبات الحرارية الحقلية اللازمة لإكمال التطور كانت 468.13 درجة-يوم عند 28°س، و 463.54 درجة-يوم عند 29°س، و 461.02 درجة-يوم عند 26°س.



شكل 2. التعداد الموسمي لذكور حافرة أوراق البندورة/الطماطم باستخدام مصيدة الفيرمون الجنسي داخل بيت بلاستيكي في طرطوس خلال الموسم الثاني (2021).

Figure 2: Seasonal population density of male *Tuta absoluta* caught by sex pheromone trap in plastic house in Tartous during the second season (2021).

حَدَّدت دراسة سابقة أجريت خلال العروة المبكرة (25-30 نيسان/أبريل) في محافظة حمص، سورية، وجود جيلين للحشرة خلال موسم 2010 على محصول البندورة/الطماطم في الحقول المكشوفة، بدأ الأول من الأسبوع الرابع لشهر حزيران/يونيو، واستمر إلى الأسبوع الثالث من تموز/يوليو، ومدته 5 أسابيع؛ وبدأ الجيل الثاني من الأسبوع الثالث لشهر تموز/يوليو، واستمر إلى الأسبوع الثالث من آب/أغسطس، ومدته 5 أسابيع (Ibrahim *et al.*, 2011).

في تونس، وخلال الفترة من منتصف كانون الثاني/يناير إلى أوائل أيار/مايو، تم تسجيل ثلاث قمم لنشاط ذكور حافرة أوراق البندورة/الطماطم في الزراعة المحمية، وسجلت أعلى كثافة في الربيع (Cherif *et al.*, 2013).

دلّت نتائج الدراسة الحالية، عند تحديد العلاقة بين الكثافة الأسبوعية لحافرة أوراق البندورة/الطماطم مع متوسط درجات الحرارة والرطوبة الأسبوعية وحساب معامل الارتباط والانحدار لها في كل موسم، أنّ هناك ارتباطاً إيجابياً معنوي مع متوسط الحرارة، أما مع الرطوبة النسبية فكان الارتباط إيجابياً وغير معنوي (جدول 1)، وتتوافق هذه النتائج مع ما أشار إليه Ata & Megahed (2014) بأنّ الارتباط بين العوامل المناخية (المدى اليومي، المتوسط اليومي لدرجة الحرارة والرطوبة النسبية اليومية) وتعداد الحشرة كان إيجابياً ولكنه غير معنوي، إلا في حالة متوسط درجة الحرارة اليومية، حيث كان معنوياً وإيجابياً. واتفقت هذه النتائج أيضاً مع ما ذكره Lacordaire & Feuvrier (2010) اللذان أفادا بأن تعداد *T. absoluta* يتأثر بالعوامل اللاحيائية.

جدول 1. العلاقة بين عدد ذكور حافرة أوراق البندورة/الطماطم التي تم اصطيادها بواسطة المصيدة الفرمونية ومتوسط درجة الحرارة والرطوبة النسبية الأسبوعية خلال موسمي 2020 و2021.

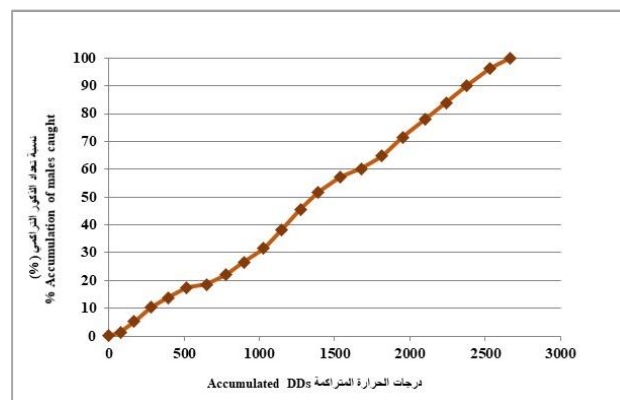
Table 1. Simple correlation and regression coefficients between males of *T. absoluta* caught in pheromone trap and averages of temperature and relative humidity, during 2020 and 2021 seasons.

الارتباط والانحدار					العامل	
R ²	P-value	F	B	r	الموسم	Factor
0.4	0.002*	13.09	8.96	0.63	First season	متوسط الحرارة (°س)
0.60	0.0001*	27.23	10.57	0.78	Second season	Mean temperature (°C)
0.1	0.16	2.09	3.62	0.31	First season	متوسط نسبة الرطوبة (%)
0.024	0.49	0.5	2.52	0.16	Second season	Mean relative humidity (%)

* = Significant difference at P=0.05

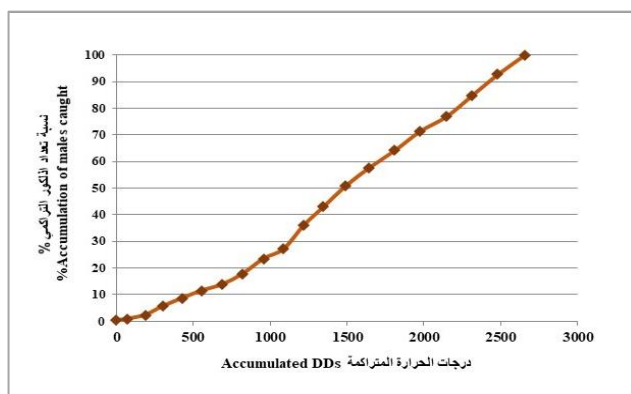
* = الفرق معنوي عند مستوى احتمال 5%

وفي السياق نفسه، أشار Salama *et al.* (2019) إلى أنّ اختلاف الظروف المناخية بين المحافظات المصرية أثر بالتأكيد على تطوّر الحشرة، والذي أفضى إلى اختلاف في أجيال الحشرة، وبلغ الثابت الحراري للجيل مخبرياً 799.1 درجة-يوم عند صفر نمو عند 5.268°س. وبلغ 468 درجة-يوم و 471 درجة-يوم تبعاً للمنطقة المدروسة بحسب Abolmaaty *et al.* (2010)، في حين سجل 526.32 درجة-يوم بحسب Dong *et al.* (2019)، و544.64 إلى 551.86 درجة-يوم وفقاً لـ Ghaderi *et al.* (2020). أما عند عتبة نمو 7.5°س فقد بلغ الثابت الحراري 500 درجة-يوم (Sarswati *et al.*, 2020). في سورية، أظهرت نتائج اختبار PCR- RAPD لعينات من حافرة أوراق البندورة/الطماطم مأخوذة من عدّة مناطق في محافظة حلب، وجود تباين وراثي كبير بين العينات المدروسة، حيث لم تتجاوز نسبة التشابه بين معظم الأفراد 0.40 (العيسى، 2017). حدّدت العلاقة بين درجات الحرارة اليومية المتراكمة والتغيرات العددية للحشرة أهم المراحل الحياتية في نشاطها، والتي لها دور كبير في برامج مكافحة هذه الحشرة. بيّنت النتائج أن بداية ظهور الحشرات الكاملة للجيل الأول تطلّبت 266.85 درجة-يوم في الموسم الأول، و272.32 درجة-يوم في الموسم الثاني. أما ذروة نشاط البالغات فقد تطلّبت 280.21 درجة-يوم للموسم الأول و304.25 درجة-يوم للموسم الثاني. بالنسبة للجيل الثاني، احتاجت بدايته 648.2 درجة-يوم في الموسم الأول، و690.45 درجة-يوم للموسم الثاني. أما ذروة النشاط فقد استلزمت 1027.19 درجة-يوم للموسم الأول، و957.29 درجة-يوم للموسم الثاني. أما بالنسبة للجيل الثالث، فقد تطلّبت بداية الجيل 1146.07 درجة-يوم للموسم الأول، و1218.7 درجة-يوم للموسم الثاني. استلزمت ذروة الكثافة العددية 1272.9 درجة-يوم للموسم الأول و1492.33 درجة-يوم للموسم الثاني. بالنسبة للجيل الرابع، بلغ التراكم الحراري المطلوب لبدايته 1676.87 درجة-يوم في الموسم الأول، و1810.57 درجة-يوم في الموسم الثاني، وتطلّبت ذروة النشاط



شكل 3. المنحنى التراكمي البياني لتعداد ذكور حافرة أوراق البندورة/الطماطم المصطادة بمصيدة فرمونية وعلاقته بدرجات الحرارة المتراكمة خلال الموسم الأول 2020.

Figure 3. Curve of cumulative *T. absoluta* caught with pheromone trap and its relationship with accumulated degree-days, during the first season (2020).



شكل 4. المنحنى التراكمي البياني لتعداد ذكور حافرة أوراق البندورة/الطماطم المصطادة بمصيدة فرمونية وعلاقته بدرجات الحرارة المتراكمة خلال الموسم الثاني 2021.

Figure 4. Curve of cumulative *T. absoluta* caught with pheromone trap and its relationship with accumulated degree-days, during the second season (2021).

مهم في برامج الإدارة المتكاملة واتخاذ قرار التدخل وتطبيق إجراءات مكافحة المطلوبة.

ذكر Hassan & Alzaidi (2009) أن المراقبة باستخدام المصائد الفرمونية يمكن أن توفر في وقت مبكر التحذير من الإصابة. كما أشار Desneux *et al.* (2010) إلى أن الرصد باستخدام المصائد الفرمونية والمراقبة المباشرة تعدّ من الإجراءات الصارمة التي يجب اعتمادها في برامج إدارة هذه الآفة. ومن ناحية أخرى، تم اقتراح جدول يتضمّن الوحدات الحرارية (DD) المقابلة لمتوسط درجة الحرارة اليومية الدنيا والعليا، مما سيجعل الإرشاد الزراعي أو المزارع قادرين على حساب DD التراكمية بمجرد حصولهم على بيانات درجة الحرارة اليومية من أقرب محطة أرصاد جوية أو من خلال استخدام ميزان حرارة داخل البيت البلاستيكي (جدول 3).

1953.62 درجة-يوم و 1976.11 درجة-يوم في الموسمين الأول والثاني، على التوالي. أما الجيل الخامس، تطلّبت بدايته في الموسم الأول تراكمًا حراريًا قدره 2240.04 درجة-يوم، واحتاجت ذروة النشاط إلى 2379.43 درجة-يوم؛ أما في الموسم الثاني، فقد تطلّبت بداية الجيل 2311.77 درجة-يوم، وذروة النشاط 2477.9 درجة-يوم.

تعدّ هذه النتائج مفيدة جداً لاتخاذ القرار بشأن السيطرة على هذه الآفة من حيث أنها: (1) توفر معلومات حول تحديد بداية ظهور الحشرة و (2) تمكننا من اكتساب المعرفة حول تحديد فترات النشاط المكثفة (ذروة نشاط الذكور في كل جيل)، فالمراقبة مطلوبة بشدة لتجنب إصابة المحصول. حيث يبلغ التزاوج ذروته في اليوم الأول (عندما يكون عمر الذكور أقلّ من يوم واحد)، وتبلغ ذروة وضع البيض بعد 2-3 يوم من التزاوج لتتخفّف بعد ذلك تدريجياً، حيث يتمّ وضع 72% من البيض خلال أول 7 أيام (Lee *et al.*, 2014). ولهذا دور

جدول 2. درجات الحرارة اليومية المترجمة (درجة-يوم DD) اللازمة لكل جيل من أجيال حافرة أوراق البندورة/الطماطم وأهم المراحل التطورية، في البندورة/الطماطم المزروعة تحت الظروف المحمية بطرطوس، خلال موسمي 2020 و 2021.

Table 2. Cumulative degree-day (DD) needed for each generation of *T. absoluta* and the most important life phenomena, under plastic house conditions, Tartous, during 2020 and 2021 seasons.

Sig	df	Chi-Square	الثابت الحراري للجيل Generation biofix		Phenomenon	التراكم الحراري (درجة-يوم) Cumulative DD	
			2021	2020		2021	2020
0.25	1	1.35	G1 الأول 554.52	G1 الأول 516.95	بدء ظهور ذكور الجيل الأول beginning of male emergence of 1 st generation	272.32	266.85
					ذروة تعداد الذكور-جيل أول Peak adult emergence	304.25	280.21
0.48	1	0.51	G2 الثاني 533.06	G2 الثاني 510.24	بدء الجيل الثاني First emergence of 2 nd generation adults	690.45	648.2
					ذروة تعداد الذكور-جيل ثاني Peak emergence of 2 nd generation adults	957.29	1027.19
0.17	1	1.89	G3 الثالث 557.21	G3 الثالث 512.20	بدء الجيل الثالث First emergence of 3 rd generation adults	1218.7	1146.07
					ذروة تعداد الذكور-جيل ثالث Peak emergence of 3 rd generation adults	1492.33	1272.9
0.06	1	3.49	G4 الرابع 502.35	G4 الرابع 563.44	بدء الجيل الرابع First emergence of 4 th generation adults	1810.57	1676.87
					ذروة تعداد الذكور-جيل رابع Peak emergence of 4 th generation adults	1976.11	1953.62
0.08	1	3.13	G5 الخامس 508.22	G5 الخامس 565.94	بدء الجيل الخامس First emergence of 5 th generation adults	2311.77	2240.04
					ذروة تعداد الذكور-جيل خامس Peak emergence of 5 th generation adults	2477.9	2379.43
			0.44±532.05	0.49±534.96	متوسط ± الخطأ المعياري Mean ±SE		
			4.94 (0.29)	6.02 (0.20)	مربع كاي (P≥) Chi-Square		

جدول 3. جدول مقترح لحساب درجات الحرارة اليومية المترجمة اعتماداً على أدنى وأقصى درجة حرارة يومية (عتبة النمو الدنيا لحافرة أنفاق أوراق البندورة/الطماطم 8°س والعتبة العليا 37.3°س، باستخدام برنامج درجة-يوم) في البيوت البلاستيكية، محافظة طرطوس، سورية، 2021.

Table 3. Suggested table to calculate DD accumulated according to the daily minimum and maximum temperatures (*T. absoluta*: lower threshold 8°C, upper threshold 37.3°C, Method: Single Sine, by DegDay program), under plastic house condition, Tartous Governorate, Syria, 2021.

Maximum Temp. °C	Minimum temperatures °C											
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
14	2.8	2.9	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
15	3.2	3.4	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
16	3.7	3.8	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
17	4.1	4.3	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5
18	4.5	4.7	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
19	5.0	5.1	6	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5
20	5.4	5.6	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0
21	5.9	6.0	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5
22	6.3	6.5	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0
23	6.7	6.9	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5
24	7.2	7.4	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0
25	7.6	7.8	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5
26	8.1	8.3	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0
27	8.5	8.7	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5
28	9.0	9.1	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0
29	9.4	9.6	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5
30	9.8	10.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0
31	10.3	10.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
32	10.7	10.9	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0
33	11.2	11.4	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5
34	11.6	11.8	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0
35	12.1	12.2	14	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5
36	13.9	14.0	15.8	16.2	16.6	17.1	17.5	18.0	18.4	18.9	19.3	19.7
37	14.0	14.1	15.9	16.4	16.8	17.3	17.7	18.2	18.6	19.0	19.5	19.9
38	14.1	14.2	16.1	16.6	17.0	17.4	17.9	18.3	18.8	19.2	19.6	20.1
39	14.2	14.4	16.3	16.7	17.2	17.6	18.0	18.5	18.9	19.4	19.8	20.2
40	14.3	14.5	16.4	16.9	17.3	17.8	18.2	18.6	19.1	19.5	20.0	20.4
41	14.4	14.6	16.6	17.0	17.5	17.9	18.3	18.8	19.2	19.7	20.1	20.5
42	14.5	14.7	16.7	17.2	17.6	18.1	18.5	18.9	19.4	19.8	20.2	20.7
43	14.6	14.7	16.9	17.3	17.8	18.2	18.6	19.1	19.5	19.9	20.4	20.8
44	14.7	14.8	17.0	17.5	17.9	18.3	18.8	19.2	19.6	20.1	20.5	20.9
45	14.8	14.9	17.2	17.6	18.0	18.5	18.9	19.3	19.8	20.2	20.6	21.0

Maximum Temp. °C	Minimum temperatures °C											
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
14	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0
15	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5
16	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0
17	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5
18	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0
19	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
20	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0
21	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5
22	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0
23	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5
24	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0
25	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5
26	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0
27	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5
28	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0
29	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0	21.5
30	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0	21.5	22.0
31	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5
32	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0
33	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5
34	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0
35	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5
36	20.2	20.6	21.1	21.5	22.0	22.4	22.9	23.3	23.7	24.2	24.6	25.1
37	20.4	20.8	21.3	21.7	22.1	22.6	23	23.5	23.9	24.3	24.8	25.2
38	20.5	21.0	21.4	21.9	22.3	22.7	23.2	23.6	24.0	24.5	24.9	25.4
39	20.7	21.1	21.6	22.0	22.4	22.9	23.3	23.7	24.2	24.6	25.0	25.5
40	20.8	21.3	21.7	22.1	22.6	23	23.4	23.9	24.3	24.7	25.2	25.6
41	21.0	21.4	21.8	22.3	22.7	23.1	23.6	24	24.4	24.8	25.3	25.7
42	21.1	21.5	22	22.4	22.8	23.3	23.7	24.1	24.5	24.9	25.4	25.8
43	21.2	21.7	22.1	22.5	22.9	23.4	23.8	24.2	24.6	25.0	25.5	25.9
44	21.3	21.8	22.2	22.6	23.1	23.5	23.9	24.3	24.7	25.1	25.5	25.9
45	21.5	21.9	22.3	22.7	23.2	23.6	24.0	24.4	24.8	25.2	25.6	26.0

Abstract

Faskha, S.M., R. Darwish and A. Dayoub. 2022. Prediction of *Tuta absoluta* (Meyrick) Generations Using Cumulative Degree-Days Model. Arab Journal of Plant Protection, 40(4): 299-306. <https://doi.org/10.22268/AJPP-40.4.299306>

The seasonal changes in the population density of tomato leafminer, *Tuta absoluta*, and its relationship to cumulative degree-days was studied using a sex pheromone trap in a plastic house located in Tartous Governorate, Syria during the spring season of two successive years 2020 and 2021. The results obtained showed that the male *T. absoluta* activity extended from late February to the end of the season in July. The highest density for males recorded in May was 207 and 213 males/trap in both seasons, respectively. The calculation of the cumulative degree-days showed that the insect has five generations with a thermal constant that reached in the first season: 516.95, 510.24, 512.2, 563.44, 565.94 DD for each generation, respectively, and in the second season 554.52, 533.06, 557.21, 502.55, 508.22 DD for each generation, respectively, without significant differences between the two seasons ($x^2 = 6.02$, $p = 0.2$ and $x^2 = 4.94$, $p = 0.29$). However, according to the model followed, a simplified table was proposed to calculate the cumulative degree-day instead of using mathematical models, based only on the daily maximum and minimum temperatures.

Keywords: *Tuta absoluta*, degree-days, generations, Tartous, Syria.

Affiliation of authors: S.M. Faskha*, R. Darwish and A. Dayoub, Tartous Center for Agricultural Scientific Research, General Commission for Scientific Agricultural Research, Syria. *Email address of corresponding author: Shadifaskha5@gmail.com

References

المراجع

- Tuta absoluta*: Ecology, geographic expansion and prospects for biological control. Journal of Pest Science, 83: 197-215.
<https://doi.org/10.1007/s10340-010-0321-6>
- Dong, L., L. Xiao-Wei, M. Lin, F. Kai-Yun, D. Xin-Hua, G. Wen-Chao and L. Yao-Bin. 2019. Effects of temperature on the growth, development and reproduction of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Acta Entomologica Sinica, 62(12): 1417-1426.
<https://doi.org/10.16380/j.kcxb.2019.12.008>
- EPPO. 2005. EPPO datasheets on quarantine pests: *Tuta absoluta*. EPPO Bulletin, 35: 434-435.
- Ghaderi, S., Y. Fathipour, M.A. Mirhosseini and S. Asgari. 2020. Field-based thermal requirements study to improve *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) management. Journal of Crop Protection, 9(4):591-599.
- Ghaderi, S., Y. Fathipour and S. Asgari. 2017. Susceptibility of seven selected tomato cultivars to the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): implications for its management. Journal of Economic Entomology, 110: 421-42. <https://doi.org/10.1093/jee/tow275>
- Hassan, M.N. and S. Alzaidi. 2009. *Tuta absoluta* a serious pest advancing in the Mediterranean region. Role of pheromones in management strategies. International Pest Control, 51: 85-87.
- Honek, A. 1996. Geographical variation in thermal requirements for insect development. European Journal of Entomology, 93(3): 303-312.
- Ibrahim, M., I. Mehrez, I. Al-Gouri, M. Idris and B. Odeh. 2011. The primary record, seasonal activity and possibility of controlling tomato leaf miner *Tuta absoluta* (povolny) at Homs region-Syria. Al-Furat University Journal for Research and Scientific Studies, 3(12): 51-71.
- Kipyatkov, V.E. and E.B. Lopatina. 2014. Comparative study of thermal reaction norms for development in ants. Entomological. Science, 18: 174-192.
<https://doi.org/10.1111/ens.12098>
- العيسى، زياد. 2017. التنوع الوراثي لحافرة أوراق البندورة وإمكانية مكافحتها بالفطور الممرضة للحشرات. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة حلب. 104 صفحة.
- [Al Eisa, Z. 2017. Genetic Diversity of Tomato leaf miner and Possibility of Control by Entomopathogenic Fungi. M. Sc. thesis, Faculty of Agriculture, Aleppo University. 104 pp. (In: Arabic)].
- Abolmaaty, S.M, M.K. Hassanein, A.A. Khalil and A.F. Abou-Hadid. 2010. Impact of climatic changes in Egypt on degree day's units and generation number for Tomato Leaf miner moth *Tuta absoluta*, (Meyrick) (Lepidoptera Gelechiidae). Nature and Science, 8(11): 122-129.
- Ata, T.E. and M.M.M. Megahed. 2014. Population density of Tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under protected cultivation in Egypt. Middle East Journal of Agriculture Research, 3(4): 1242-1247.
- Barrientos, Z.R., H.J. Apablaza, S.A. Norero and P.P. Estay. 1998. Threshold temperature and thermal constant for development of the South American tomato moth, *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae). Ciencia e Investigacion Agrarian, 25:133-137 (In Spanish).
- Bech, R.A. 2009. Federal order for tomatoes from countries where *Tuta absoluta* is known to occur. Plant Protection and Quarantine, USDA-APHIS, 3 pp.
- Cherif, A., R. Mansour and K. Grissa-Lebdi. 2013. Biological aspects of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in conditions of Northeastern Tunisia: possible implications for pest management. Environmental and Experimental Biology, 11: 179-184.
- Chiang, H. 1985. Insects and their environment. Pages. 128-161. In: Fundamentals of Applied Entomology R.E. Pfadt (ed.). MacMillan Publishing Company, NY, USA. 693 pp.
- Desneux, N., E. Wajnberg, K.A.G. Wyckhuys, G. Burgio, S. Arpaia, C.A. Narváez-Vasquez, J. González-Cabrera, D.C. Ruescas, E. Tabone and F. Frandon. 2010. Biological invasion of European tomato crops by

- Roditakis, E., E. Vasakis, M. Grispou, M. Stavrakaki, R. Nauen, M. Gravouil and A. Bassi.** 2015. First report of *Tuta absoluta* resistance to diamide insecticides. *Journal of Pest Science*, 88(1): 9-16.
<https://doi.org/10.1007/s10340-015-0643-5>.
- Sarswati, N., P.L. Sharma, S.C. Verma and R.S. Chandel.** 2020. Thermal requirements of *Tuta absoluta* (Meyrick) and influence of temperature on its population growth on tomato. *Journal of Biological Control*, 34(1): 73-81.
<https://doi.org/10.18311/jbc/2020/23249>
- Salama, H.S., I.E. Shehata, I.M. Ebada, M. Fouda and I.A.E. Ismail.** 2019. Prediction of annual generations of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* on tomato cultivations in Egypt. *Bulletin of the National Research Centre*, 43:93.
<https://doi.org/10.1186/s42269-019-0123-9>
- Sharma, H.C.** 2014. Climate change effects on insects: Implications for crop protection and food security. *Journal of Crop Improvement*, 28(2): 229-259.
<https://doi.org/10.1080/15427528.2014.881205>
- Snyder, R.L.** 2002. DegDay v. 1.01 [online]. Available in <http://biomet.ucdavis.edu/DegreeDay/DEGDAY.xls>
- Trudgill, D.L., A. Honek, D. Li and N.M. Van Straalen.** 2005. Thermal time concepts and utility. *Annals of Applied Biology*, 146(1): 1-14.
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.04088.x>
- Urbaneja, A.R., V. Vercher, F. Navarro, G. Mari and J.L. Porcuna.** 2008. La polilla del tomate, *Tuta absoluta*. *Phytoma Espana*, 194:16- 23. (In Spanish)
- Zalom, F.G., P.B. Goodell, L.T. Wilson, W.W. Barnett and W.J. Bentley.** 1983. Degree-days: The calculation and use of heat units in pest management. University of California Division of Agriculture and Sciences Leaflet Publication No. 21373.
- Zalom, F.G. and L.T. Wilson.** 1982. Degree-days in relation to an integrated pest management program. University of California Extension Leaflet, 21301.
- Zhang, G., L. Zong, H. Duan, J. Xiong, R. Lu and F. Lu.** 2008. Spatial distribution of the flower bug, *Orius similis* and its interaction with the pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* in cotton fields. *International Journal of Pest Management*, 40: 309-312.
<https://doi.org/10.1080/09670879409371905>
- Krechemer, F.D. and L.A. 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>
- Lacordaire A.I. and E. Feuvrier.** 2010. Tomato, traquer *Tuta absoluta*. *Phytoma*, 632: 40-44.
- Lee, M., R. Albajes and M. Eizaguirre.** 2014. Mating behaviour of female *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): polyandry increases reproductive output. *Journal of Pest Science*, 87: 429-439.
<https://doi.org/10.1007/s10340-014-0576-4>
- Liu S.S., G.M. Zhang and J.Z. 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: 107-119.
<https://doi.org/10.1093/aesa/88.2.107>
- Luna, M.G., N.E. Sanchez, P.C. Pereyra, E. Nieves, V. Savino and E. Luft.** 2012. Biological control of *Tuta absoluta* in Argentina and Italy: Evaluation of indigenous insects as natural enemies. *EPPO Bulletin*. 42: 260-267.
<https://doi.org/10.1111/epp.2564>.
- Paaijmans, K.P., S. Blanford, A.S. Bell, J.I. Blanford, A.F. Read and M.B. Thomas.** 2010. Influence of climate on malaria transmission depends on daily temperature variation. *PNAS*, 107(34): 15135-15139.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1006422107>
- Pitcairn, M.J., F.G. Zalom and R.E. Rice.** 1992. Degree-day forecasting of generation time of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) populations in California. *Environmental Entomology*, 21(3): 441-446.
<https://doi.org/10.1093/ee/21.3.441>
- Polat, B., A. Ozpinar and A.K. Sahin.** 2016. Studies of selected biological parameters of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under natural conditions. *Phytoparasitica*, 44:195-202.
<https://doi.org/10.1007/s12600-016-0511-8>

Received: November 4, 2021; Accepted: June 21, 2022

تاريخ الاستلام: 2021/11/4؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2022/6/21