تقييم كفاءة ثلاث عزلات محلية من النيماتودا الممرضة للحشرات ضدّ حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta*) مختبرياً وفي الأصص

ميّ علي*، ندى ألّوف ومحمد أحمد

قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سورية.

*البريد الإلكتروني للباحث المراسل: mai-a85@hotmail.com

الملخص

علي، ميّ، ندى ألّوف ومحمد أحمد. 2025. تقييم كفاءة ثلاث عزلات محلية من النيماتودا الممرضة للحشرات ضدّ حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta*) مختبرياً وفي الأصص. مجلة وقاية النبات العربية، 43(3):366–374. https://doi.org/10.22268/AJPP-001325

تمّ تقييم فاعلية عزلات محلية من النيماتودا الممرضة للحشرات ضمّت ثلاثة أنواع مختلفة (H) *Heterorhabditis bacteriophora*، (Fn) *H. indica* و (313) *Steinernema affine* ضدّ عذارى ويرقات العمر الثالث والرابع لحشرة حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*T. absoluta*) داخل وخارج الأنفاق عند درجة حرارة 25°س. اختُبرت كفاءة هذه العزلات مختبرياً على اليرقات خارج الأنفاق بتطبيق الجرعات 1، 5، 10، 15، 25 و 50 فرداً معدياً/يرقة. أظهرت النتائج حساسية هذه الأعمار للإصابة بالنيماتودا مع تباين واضح تبعاً للعزلة والجرعة والعمر اليرقي. حقّقت العزلة H أعلى معدلات للقتل في جميع المعاملات، وتلتها مباشرة وبفروق معنوية طفيفة العزلة Fn، بينما كانت العزلة 313 أقلّها كفاءةً. بلغت الجرعات النصفية القاتلة (LD_{50}) وفق الترتيب السابق لعزلات يرقات العمر الثالث والرابع على التوالي: 9.62 و 7.57 فرداً معدياً/يرقة؛ 12.33 و 8.24 فرداً معدياً/يرقة؛ 30.36 و 24.20 فرداً معدياً/يرقة. أظهرت العزلتان الأكثر فاعلية H و Fn عند تطبيق جرعاتها النصفية القاتلة على العذارى واليرقات داخل الأنفاق، قدرتها على الوصول إلى اليرقات داخل الأنفاق وقتلها دون تسجيل فروق معنوية بينهما، فكانت معدلات القتل ليرقات العمر الثالث والرابع والتي أحدثتها العزلة H 37.12 و 45.66%، بينما بلغت 34.33 و 41.12% بفعل العزلة Fn، على التوالي. بينما كانت فاعليتها على العذارى منخفضة وسجلّت العزلة H أعلى معدل للقتل (12.33%). نُفذت تجارب الأصص باستعمال العزلتين السابقتين عند التركيزين 500 و 1000 فرد معدي/مل، وأظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية واضحة بين العزلتين، مع التنويه بأن فاعليتها كانت محدودة على العذارى. أما على اليرقات فقد ازدادت الفاعلية بزيادة التركيز ومع تقدم العمر اليرقي، لتبلغ معدلات القتل ليرقات العمر الرابع عند التركيز الأعلى 94.27 و 83.87% خارج وداخل الأنفاق، على التوالي، بفعل العزلة H؛ 91.66 و 80.10%، على التوالي، بفعل العزلة Fn. بيّنت نتائج هذه الدراسة أن عزلات النيماتودا الممرضة للحشرات المتكّيفة مع درجات الحرارة المعتدلة الدافئة هي عوامل مكافحة حيوية فعّالة وواعدة لحشرة حافرة أوراق البندورة/الطماطم، وهذا يستدعي إجراء المزيد من الأبحاث المستقبلية المعمّقة وتطبيقها ضمن البيوت المحمية والزراعات المكشوفة.

كلمات مفتاحية: النيماتودا الممرضة للحشرات، مكافحة حيوية، *Heterorhabditis*، *Steinernema*، *Tuta absoluta*، LD_{50}.

المقدمة

تشكّل الآفات الغازية تهديداً حقيقياً للأنظمة الزراعية على مستوى العالم في ظلّ التواصل التجاري الكثيف بين مختلف البلدان في جميع القارات، وتعدّ حشرة حافرة أوراق البندورة/الطماطم *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelichiidae) واحدة من أخطر هذه الآفات عالمياً على إنتاج محصول البندورة/الطماطم (*Solanum lycopersicum* L.) بشكل خاص، ونباتات العائلة الباذنجانية (Solanaceae) بشكل عام (Biondi *et al.*, 2018). سُجلّت هذه الآفة لأول مرة في دولة بيرو في أمريكا الجنوبية عام 1917 من قبل العالم Meyrick لتتحول بعدها إلى آفة غازية في جميع دول أمريكا الجنوبية نتيجة لخصائصها الحيوية والبيئية المتمثّلة بخصوبتها العالية، وعدد أجيالها الكبير والذي قد يصل خلال العام إلى 10–12 جيلاً، وتعدد عوائلها، وقدرتها العالية على التكيف مع مدى واسع من درجات الحرارة، بالإضافة لإمكانية دخولها في التشتية بأطوار مختلفة (البيضة، العذراء والبالغة)، فضلاً عن قدرتها على الانتشار النشط جغرافياً (Desneux *et al.*, 2010). لذلك استمرت هذه الآفة بالانتشار السريع لتصل إلى القارة الأوروبية ودول حوض المتوسط والشرق الأوسط وأفريقيا لتصبح آفة رئيسية محدّدة لإنتاج

https://doi.org/10.22268/AJPP-001325
©2025 الجمعية العربية لوقاية النبات Arab Society for Plant Protection

البندورة/الطماطم في العالم (Loyani *et al*., 2021)، وقد أشارت الدراسات إلى أن هذه الآفة قد أصابت في السنوات العشرة الأخيرة ما نسبته 60% من البندورة/الطماطم المزروعة في العالم مع زيادة سنوية مستمرة في انتشارها الجغرافي تُقدر بـ 800 كم في نطاق المساحة المصابة (Santana *et al*., 2019).

سُجلت هذه الآفة في الساحل السوري على نباتات البندورة/الطماطم لأول مرة من قبل Almatni (2010)، وقد تحولت تدريجياً إلى آفة مدّمرة لزراعات البندورة/الطماطم في البيوت المحمية والحقول المكشوفة في المنطقة الساحلية السورية. تهاجم الأعمار اليرقية لهذه الآفة المجموع الخضري والثمري للنبات في جميع أطواره الفينولوجية، إذ تتغذى بحفرها لأنفاق وممرات غير منتظمة تتحول لاحقاً إلى بقع جافة، مع الملاحظة بأن سلوك تغذية هذه الأعمار اليرقية غير متماثل. تحفر اليرقات بالعمر الأول أنفاقاً خطية رقيقة وعندما يصبح طولها حوالي 4–5 مم تبدأ بالتوسع عرضياً بالنفق، بينما اليرقات بالعمر الثاني تحفر أنفاقاً عرضية قد تغيرها ولكن تبقى على الورقة نفسها، بعكس يرقات العمر الثالث والرابع التي تغيّر أنفاقها متنقلةً على جميع أجزاء النبات، فينتج عن تغذيتها عدد كبير من الأنفاق في الأوراق والساق والبراعم القمية والثمار الخضراء والناضجة، ويؤدي هذا إلى انخفاض كمية الإنتاج ونوعيته، بالإضافة إلى الأضرار غير المباشرة التي تسببها والمتمثلة بدخول مسببات ممرضة ثانوية تؤدي إلى تعفن الثمار، وهذا يُفقد المحصول قيمته التجارية والتسويقية (Poudel & Kafle, 2021؛ Ragaeia, *et al*., 2013). في هذا السياق، أشارت دراسات عدّة إلى أنه في حال لم تُتخذ إجراءات المكافحة المناسبة وفي الوقت المناسب فإنّ نسبة الفقد في المحصول قد تبلغ من 80 إلى 100% (Loyani *et al*., 2021)، لذلك تم اللجوء إلى استعمال المبيدات الكيميائية بشكل مكّثف (كل 4–5 أيام) خلال الموسم أي بعدد رشات إجمالي يتراوح ما بين 8– 25 رشة (Frem *et al*., 2023)، إلّا أن هذا الاستعمال المفرط للمبيدات الكيميائية أدى إلى ظهور سلالات مقاومة من هذه الآفة، يضاف إلى ذلك التكاليف المادية العالية لهذه المكافحة والأضرار السلبية لآثار المبيدات في البيئة وعلى صحة الانسان والكائنات غير المستهدفة (Han *et al*., 2018؛ Ragaeia *et al*., 2013). جعلت هذه الأسباب جميعها من المكافحة الكيميائية خياراً غير فعّال بمفرده، وأصبحت هذه الحشرة من الآفات التي يصعب جداً السيطرة عليها من خلال اتباع استراتيجية واحدة في المكافحة (Gözel & Kasap, 2015).

لذا تم التوجه عالمياً نحو إيجاد وسائل مكافحة أخرى بديلة وإدخالها ضمن استراتيجيات الإدارة المتكاملة للحدّ من انتشار هذه الآفة وتقليل أضرارها، شملت عوامل المكافحة الحيوية بما تضم من مفترسات وطفيليات وممرضات (Biondi *et al*., 2018). وضمن هذا السياق تركزت الأبحاث في السنوات الأخيرة على دراسة إمكانية الاستفادة من النيماتودا الممرضة للحشرات (Entomopathogenic nematodes, EPNs) في مكافحة *T. absoluta* (Ragaeia *et al*., 2013؛ Tarasco *et al*., 2023)، فأجريت عدّة دراسات في هذا المجال وأعطت نتائج جيدة مع تباين في الفاعلية. ففي اسبانيا، استطاعت عزلات النيماتودا المُختبرة *Steinernema carpocapsae*، *S. feltiae* و *Heterorhabditis bacteriophora* خفض الإصابة بنسبٍ مئويةٍ تراوحت من 87 إلى 95% مُحدّثة نسب قتل تراوحت من 78.6 إلى 100% (Batalla-Carrera *et al*., 2010). بينما تمكّنت العزلة التركية للنوع *S. feltiae* من إحداث نسب قتل تراوحت من 90.7 إلى 94.3% (Gözel & Kasap, 2015). وفي مصر حققت عزلة للنوع *H. bacteriophora* نسب قتل تراوحت من 80 إلى 100% (Shamseldean *et al*., 2014)، وسُجلت نتائج مماثلة للعزلة المغربية للنوع *S. feltiae* (El Aimani *et al*., 2021). أما في سورية، محافظة الحسكة، بيّنت نتائج درويش وآخرون (2020) أن العزلة RST من النوع *S. carpocapsae* كانت أكثر العزلات المُستعملة فاعلية في قتل يرقات الحشرة مختبرياً وبنسب تراوحت في حدود 21.8–90%، وكانت العزلة DKH من النوع *H. bacteriophora* هي الأكثر كفاءة حقلياً بنسبة قتل بلغت 80.75%.

هدف هذا البحث الذي يُعدّ الأول من نوعه في المنطقة الساحلية السورية، والتي تنتشر فيها زراعة البندورة/الطماطم في البيوت المحمية على نطاق واسع، إلى تقييم فاعلية ثلاث عزلات محلية من النيماتودا الممرضة للحشرات من ثلاث أنواع مختلفة معزولة من أنظمة بيئية مختلفة في المنطقة الساحلية السورية، وكانت العزلات المُختبرة هي: *H. bacteriophora* (H)، *H. indica* (Fn)، *S. affine* (313) على العمر اليرقي الثالث والرابع، خارج وداخل الأنفاق، وطور العذراء لحشرة *T. absoluta* عند درجة حرارة 25°س في اختبارات مختبرية وفي تجارب ضمن الأصص.

مواد البحث وطرائقه

مصدر عزلات النيماتودا الممرضة للحشرات EPNs المُختبرة وإكثارها

استُخدمت في هذا البحث ثلاث عزلات محلية من النيماتودا الممرضة للحشرات (EPNs) تمّ الحصول عليها خلال بحث سابق أُجري لدراسة انتشارها الطبيعي في المنطقة الساحلية السورية بعد أن تمّ توصيفها وتصنيفها شكلياً وجزيئياً. وكانت العزلات المُختبرة هي: *H. bacteriophora* (H) (OP222020)، *H. indica* (Fn) (OP221994) (Ali *et al*., 2023)، *S. affine* (313) (OP350119) Ali *et al*., 2022. تمّ إكثار هذه العزلات والمحافظة عليها من خلال

تربيتها حيوياً (*in-vivo*) على يرقات العمر الأخير لفراشة الشمع الكبرى (*Galleria mellonella* L.) (Lepidoptera:Pyrilidae)، ومن ثمّ استُخدمت مصيدة وايت المائية (White trap) المعدّلة للحصول على معلّق نيماتودي للطور اليرقي المعدي (IJs) (White, 1927)، ولكل عزلة من العزلات المُختبرة بشكل منفصل. تمّ تنظيف كل معلّق ميكانيكياً بالتصفية بواسطة المناخل (50 مش) ومن ثم غُسل عدة مرات بالماء المقطر، ليُحفظ بعدها في البراد في عبوات خاصة لزراعة الأنسجة بحجم 25 مل عند حرارة 8–10°س. تمّ تجهيز المعلقات بالتراكيز المحددة قبل التطبيق بيوم واحد وتُركت عند درجة حرارة المختبر، ومن ثم تمّ التأكد من حيويتها من خلال فحص حركتها النشطة باستعمال المكبرة وذلك قبل استعمالها في الاختبارات (Kaya & Stock, 1997).

تجهيز وضبط تراكيز المعلقات النيماتودية للعزلات المُختبرة

اتُبعت طريقة التخفيف المتسلسل (Glazer & Lewis, 2000)، حيث رجّ المعلق النيماتودي جيداً ومن ثم أُخذ منه حجم مقداره 50 ميكروليتر باستعمال الماصة الميكروليترية ووضع في طبق بتري (5 سم) مع 15 مل من الماء المقطر وتمّ عدّ أفراد IJs تحت المكبرة. كرّرت هذه العملية ثلاث مرات. ومن ثم طُبقت المعادلة التالية:

$$Va= V\times [1-(i/c)]$$

حيث: Va= كمية الماء (مل) الواجب إضافتها (في حال كانت القيمة إيجابية) أو إنقاصها (في حال كانت القيمة سلبية) من المعلّق الأساسي، V= حجم المعلّق النيماتودي الأساسي، i= التركيز الأولي في 50 ميكروليتر، c= التركيز النهائي المطلوب في 50 ميكروليتر. في حال كان التركيز أعلى من القيمة المحددة يترك المعلّق 60 دقيقة لتتجمع النيماتودا في قعر الكأس الزجاجي ومن ثم يُزال الحجم المحدّد من الماء الزائد باستخدام الماصة. بالنسبة للتراكيز المنخفضة (أقل من 50 فرداً معدياً) تم عدّها تحت المكبرة إفرادياً.

التربية المختبرية لحشرة حافرة أوراق البندورة/ الطماطم (*Tuta absoluta*)

جُمعت يرقات الحشرة من بيوت محمية موبوءة في منطقة بانياس الساحلية التابعة لمحافظة طرطوس، ومن ثمّ نُقلت إلى المختبر وتمت العدوى على نباتات بندورة/طماطم، صنف ماندلون، والذي اعتُمد في جميع الاختبارات، بعمر شهرين مزروعة في أصص (50 أصيص) موضوعة في غرف تربية خشبية كبيرة (120 × 240 × 210 سم)، عند درجة حرارة 25±2°س ورطوبة نسبية 45-88%، وفترة ضوئية 16 ساعة ضوء: 8 ساعات ظلام (Ben Husin & Port, 2021). تمّ إدخال نباتات جديدة من غرفة التربية السليمة إلى غرفة التربية للحشرة كل 15–20 يوم لتكثيف التربية والحصول على أكبر عدد من البالغات. وللحصول على الأعمار اليرقية اللازمة للاختبارات، تم إدخال 30 أصيص إلى غرفة التربية الخشبية وتُركت مدة 24 ساعة لتقوم الإناث البالغة بوضع بيوض بعمر واحد نسبياً، ومن ثم أُخرجت بعد هزها والتأكد من عدم وجود بالغات عليها، ووضعت في أقفاص خشبية ضمن الظروف السابقة نفسها لحين فقس البيوض وتطور الأعمار اليرقية لتصل إلى الأطوار المستهدفة في الاختبار، حيث تُركت لمدة 7–9 أيام للحصول على اليرقات بالعمر الثالث ومن 10– 15 يوم للحصول على اليرقات بالعمر الرابع، والعذارى.

التجارب المختبرية

اختبرت شراسة العزلات الثلاثة المحلية مختبرياً على اليرقات بالعمر الثالث والرابع داخل وخارج الأنفاق وعلى العذارى. نُفذت التجارب باستعمال أطباق لها 24 حجرة (3.14 سم^2/حجرة)، بمعدل طبق لكل معاملة. وضع في كل حجرة من حجرات الطبق ورق ترشيح معقّم ووضع فوقها قطاعات ورقية دائرية من أوراق البندورة/طماطم الطازجة. تكونت كل معاملة من 4 مكررات بمعدل 6 يرقات لكل مكرر (N=24). اعتُمد لكل معاملة في كل تركيز 4 مكررات كشاهد وعوملت بالماء المقطر المعقم فقط. أُغلقت الأطباق بإحكام بالبارافيلم، ونُفذت التجارب عند درجة حرارة 25°س.

بالنسبة لاختبارات الشراسة ضدّ الأعمار اليرقية خارج الأنفاق، نُقلت اليرقات بشكل إفرادي باستعمال فرشاة ناعمة إلى كل حجرة من حجرات الطبق. أضيفت النيماتودا مباشرةً لكل عزلة من العزلات الثلاثة المختبرة، كلٌّ على حدة، عند الجرعات 1، 5، 10، 15، 25 و 50 فرداً معدياً/يرقة الحشرة. أما الاختبارات على اليرقات داخل الأنفاق فقد تم تنفيذها باتباع الخطوات السابقة ذاتها، ولكن بعد النقل تُركت اليرقات حوالي 15–20 دقيقة لتقوم بحفر الأنفاق ضمن القطاعات الورقية للبندورة/ للطماطم الموضوعة في الأطباق. تمت بعدها معاملة هذه الأطباق بالجرعة النصفية القاتلة (LD_{50}) للعمر اليرقي الثالث والرابع خارج الأنفاق للعزلتين H و Fn بناءً على نتائج الاختبار السابق. أمّا العذارى فقد تمّ نقلها إفرادياً إلى الأطباق بعد أن تمّ وضع رمل مرطّب بالماء المقطر المعقم داخل كلّ حجرة من حجرات الطبق، ومن ثم عُوملت بشكل منفرد بالجرعة النصفية القاتلة للعمر اليرقي الثالث خارج الأنفاق للعزلتين السابقتين. أُخذت قراءات جميع المعاملات في جميع الاختبارات بعد 48 ساعة، من خلال التشريح تحت المكبرة لليرقات الميتة خارج وداخل الأنفاق، بعد أن فتحت الأنفاق باستعمال أبر التشريح وأُخرجت اليرقات الميتة منها، والعذارى والتي ظهرت عليها أعراض الموت بفعل النيماتودا المتمثلة بشكل أساسي بالتغيرات اللونية (اللون القرمزي بفعل أنواع *Heterorhabditis* واللون البني الفاتح بفعل *S. affine*) والتأكد من وجود النيماتودا بداخلها.

تجارب الأصص

نُفذت هذه التجارب باستعمال أصص بلاستيكية (قطر 10 سم) مزروعة بنباتات بندورة/طماطم سليمة أُدخلت إلى غرفة تربية الآفة وتُركت لمدة 24 ساعة. نُقلت بعد ذلك الأصص إلى مجموعة من الأقفاص الخشبية (70×90×120 سم) وتُركت للحصول على اليرقات بالعمرين الثالث والرابع. نُقلت الأعمار اليرقية بعد ذلك، كلّ على حدة، إلى نباتات بندورة جديدة بعمر شهرين باستعمال فرشاة ناعمة بمعدل 12 يرقة من كل عمر لكل نبات، ومن ثم وضعت النباتات في الأقفاص الخشبية وتُرك قسم منها لمدة زمنية قصيرة (15– 20 دقيقة) لتقوم اليرقات بحفر الأنفاق في أوراق النباتات، أما القسم الآخر تمت معاملته بالنيماتودا مباشرة. تمّ رش النباتات بمعلقات نيماتودية للعزلة H والعزلة Fn باستعمال التركيزين 500 و 1000 فرد معدي/مل. بالنسبة لاختبار العذارى، نُقلت اليرقات بالعمر الرابع إلى نباتات بندورة/طماطم سليمة ووضعت في الأقفاص وتُركت لمدة يومين، ومن ثم رُشت المعلقات النيماتودية بالتراكيز السابقة على النباتات وعلى سطح التربة، وأُخذت القراءات بعد 48 ساعة. بلغ عدد النباتات لكل معاملة في كل اختبار 5 نباتات (N=60).

التحليل الإحصائي

لتقييم فاعلية عزلات النيماتودا المختبرة على يرقات العمر الثالث والرابع داخل وخارج الأنفاق والعذارى مخبرياً وفي تجارب الأصص، استعمل برنامج Genstat. تم حساب معدلات موت الأطوار المستهدفة في كل معاملة كنسب مئوية وصُحّحت باستعمال معادلة أبوت (Abbott, 1925). تم تحليل معدلات الموت باستخدام تحليل التباين ANOVA، تلاه استخدام اختبار Tukey honestly significant difference (HSD)لإجراء المقارنات المتعددة بين المتوسطات، وتم اعتبار الاختلافات ذات دلالة احصائية عند مستوى احتمال 1% للاختبارات المختبرية و5% لتجارب الأصص. حُسبت الجرعة النصفية القاتلة بإجراء تحليل Probit analyses باستخدام العلاقة بين لوغاريتم التركيز والنسبة المئوية للموت باستخدام معادلة الارتباط.

النتائج

الاختبارات المخبرية على يرقات *T. absoluta* خارج الأنفاق

أظهرت النتائج قدرة العزلات المحلية الثلاث المُختبرة من النيماتودا الممرضة للحشرات على إصابة وقتل يرقات العمرين الثالث والرابع لحشرة حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*T. absoluta*) عند درجة حرارة 25°س (جدول 1).

تباينت شراسة العزلات تبعاً للنوع النيماتودي والجرعة المُختبرة والعمر اليرقي المستهدف. على الرغم من الارتفاع التدريجي لمعدل القتل بزيادة الجرعة المطّبقة إلاّ أن عزلتي النوعين *H. bacteriophora* (H) و *H. indica* (Fn) قد تفوقتا معنوياً على عزلة النوع *S. affine* (313)، عند جميع الجرعات. مع العلم أن الفروق بين العزليتن المذكورتين كانت طفيفة جداً لصالح العزلة H التي حققت أعلى معدل قتل في حدود 16.66–100% و 25–100% ليرقات العمر الثالث والرابع، على التوالي، بينما استطاعت العزلة Fn تحقيق معدل قتل في حدود 12.5–100% و 20.33–100% ليرقات العمر الثالث والرابع، على التوالي.

جدول 1. معدل قتل يرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta*) مختبرياً بفعل جرعات مختلفة لثلاث عزلات محلية مختلفة من النيماتودا الممرضة للحشرات (العدد= 24).

Table 1. Mean mortality rate of 3rd and 4th instar larvae of *Tuta absoluta* outside the leaves under laboratory conditions at different doses for three different native entomopathogenic nematodes isolates (N=24).

عزلة النيماتودا	الجرعة X فرد معدي/يرقة الحشرة Dose of X IJ/insect larva					
Nematode isolate	1	5	10	15	25	50
العمر اليرقي الثالث						
H. bacteriophora H	16.66 a	35.50 a	47.61 a	75.00 a	94.83 a	100.00 a
H. indica Fn	12.50 ab	29.16 ab	41.45 ab	70.33 ab	91.50 a	100.00 a
S. affine 313	0.00 b	8.33 b	16.66 b	29.16 b	38.79 b	45.83 b
الشاهد Control	0.00 b	0.00 c	0.00 c	0.00 c	0.00 c	0.00 c
العمر اليرقي الرابع						
H. bacteriophora H	25.00 a	41.66 a	58.33 a	79.16 a	100.00 a	100.00 a
H. indica Fn	20.33 ab	37.50 ab	54.16 a	75.83 a	100.00 a	100.00 a
S. affine 313	8.33 b	16.66 b	29.16 b	37.50 b	45.33 b	52.16 b
الشاهد Control	0.00 c	0.00 c	4.17 c	4.17 c	4.17 c	4.17 c

القيم التي تتبعها الأحرف نفسها في العمود ذاته لا يوجد بينها فرق معنوي عند مستوى احتمال 1 %.

Means followed by the same letters in the same column are not statistically different at P=0.01.

تجدر الإشـارة إلى أنّ الفروق تقلصـت بين هاتين العزلتين بزيادة الجرعة المستعملة من جهة ومع تقدم العمر اليرقي المُستهدف من جهة أخرى، لتختفي عند الجرعة 25 فرداً معدياً/يرقة ليرقات العمر الثالث، و 15 فرداً معدياً/يرقة ليرقات العمر الرابع. بالمقابل، فإن شـراسـة العزلة 313 كانت أقل وسـجلّت أدنى معدل للقتل لكلا العمرين المسـتهدفين حتى عند تطبيق الجرعة الأعلى 50 فرداً معدياً/يرقة حشـرة والذي بلغ 45.83% و 52.16% للعمرين الثالث والرابع، على التوالي.

بناءً على تحليل نتائج الاختبار السـابق لمعدلات قتل اليرقات خارج الأنفاق، بلغت الجرعة النصـفية القاتلة (LD_{50}) ليرقات العمر الثالث 9.62 فرداً معدياً/يرقة للعزلة H و12.33 فرداً معدياً/يرقة للعزلة Fn و 30.36 فرداً معدياً/يرقة للعزلة 313. أمّا على يرقات العمر الرابع، فقد بلغت 7.57 فرداً معدياً/يرقة، و8.24 فرداً معدياً/يرقة و 24.20 فرداً معدياً/يرقة للعزلات الثلاث، على التوالي.

الاختبارات المختبرية على يرقات *T. absoluta* داخل الأنفاق

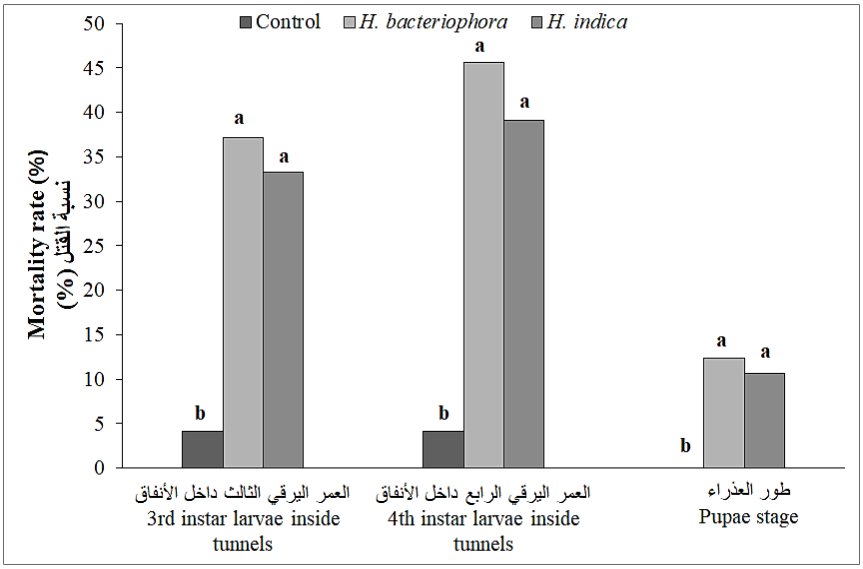
أظهرت العزلتان H و Fn الأكثر فاعلية، حسـب الاختبار السـابق، قدرتها عند تطبيق الجرعة النصـفية القاتلة على الوصـول إلى اليرقات بالعمر الثالث والرابع داخل الأنفاق وإحداث الموت بكفاءة جيدة (شـكل 1). لم تُلاحظ أي فروق معنوية بين هاتين العزلتين في معدل القتل مع تفوق معنوي على الشـاهد في جميع المعاملات. حققت العزلة H معدل قتل داخل الأنفاق بلغ 37.12% ليرقات العمر الثالث و 45.66% ليرقات العمر الرابع، بينما حققت العزلة Fn معدلات قتل بلغت 34.33 و 41.12%، على التوالي.

الاختبارات المختبرية على عذارى *T. absoluta*

بيّنت النتائج انخفاض معدلات قتل العذارى المتسـببة عن العزلتين H و Fn، والتي بلغـت 12.33 و 10.66%، على التوالي، من دون تسجيل فروق معنوية بينهما ولكن مع تفوق معنوي على الشاهد.

تجارب الأصص

أظهرت تجارب الأصص عند التركيزين المطبقين (500 فرد معدي/مل و 1000 فرد معدي/مل) كفاءةً عالية للعزلتين المستعملتين في إحداث القتل لليرقات بالأعمار المُستهدفة مع تفوق معنوي على الشاهد في جميع المعاملات (جدول 2). أشارت النتائج إلى ارتفاع معدل القتل عند المعاملة بالتركيز الأعلى وبشكل خاص مع العزلة H، إذ بلغ عندها معدل القتل خارج وداخل الأنفاق ليرقات العمر الثالث 85.26 و 71.66%، ولليرقات العمر الرابع 94.27 و 83.87%، على التوالي. من جهة أخرى وبالرغم من عدم وجود فروق معنوية تُذكر بين العزلتين، فقد كانت معدلات القتل التي حققتها العزلة Fn أقل بشكل طفيف من العزلة H، حيث بلغت خارج وداخل الأنفاق 81.66 و 68.66% ليرقات العمر الثالث؛ 91.66 و 80.10% ليرقات العمر الرابع، على التوالي. كما سُجلت معدلات قتل متدنية على العذارى حتى عند تطبيق التركيز الأعلى حيث بلغت 24.19 و 21.42% للعزلتين H و Fn، على التوالي.



شكل 1. معدل القتل للعمر اليرقي الثالث والرابع داخل الأنفاق ولطور العذراء لحشرة *T. absoluta* بعد المعاملة بالجرعة النصفية القاتلة LD_{50} للعزلتين المحليتين *H. bacteriophora* (H) و*H. indica* (Fn) (العدد=24). تشير الأحرف المتشابهة فوق الأعمدة إلى عدم وجود فرق معنوي في معدلات القتل بين العزلات ضد العمر/الطور المُستهدف للحشرة عند مستوى احتمال 1%.

Figure 1. Mean mortality rates of 3rd and 4th instar larvae inside the leaf tunnels and pupae of *T. absoluta* were treated with LD_{50} concentration of *H. bacteriophora* (H) and *H. indica* (Fn) isolates (N=24).

جدول 2. معدل القتل ليرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta*) بالعمرين الثالث والرابع خارج وداخل الأنفاق في تجارب الأصص باستعمال تركيزين مختلفين للعزلتين المحليتين *H. bacteriophora* (H) و *H. indica* (Fn) (العدد=60).

Table 2. Mean mortality rates of 3rd and 4th instar larvae and pupae of *T. absoluta* observed inside and outside leaf tunnels in pot experiments conducted at 25°C, using two different concentrations of native isolates *H. bacteriophora* (H) and *H. indica* (Fn) (n=60).

التركيز 1000 فرد معدي/مل Concentration of 1000 IJs/ ml		التركيز 500 فرد معدي/مل Concentration of 500 IJs/ml		عزلة النيماتودا Nematode isolate
داخل الأنفاق inside tunnels	خارج الأنفاق outside tunnels	داخل الأنفاق inside tunnels	خارج الأنفاق outside tunnels	
				العمر اليرقي الثالث لحشرة *T. absoluta* 3rd larval stage of *T. absoluta*
71.66 a	85.26 a	59.99 a	70.66 a	*H. bacteriophora* (H)
68.66 ab	81.66 ab	53.32 b	66.89 ab	*H. indica* (Fn)
8.33 b	16.66 b	16.66 c	8.33 b	الشاهد Control
				العمر اليرقي الرابع لحشرة *T. absoluta* 4th larval stage of *T. absoluta*
83.87 a	94.27 a	71.66 a	81.66 a	*H. bacteriophora* (H)
80.10 a	91.66 a	68.66 ab	79.38 a	*H. indica* (Fn)
16.66 b	16.66 b	16.66 b	16.66 b	الشاهد Control
				طور العذراء لحشرة *T. absoluta* Pupal stage of *T. absoluta*
	24.19 a	19.66 a		*H. bacteriophora* (H)
	21.42 a	16.51 a		*H. indica* (Fn)
	0.00 b	8.33 b		الشاهد Control

المتوسطات التي تتبعها الأحرف نفسها في العمود ذاته لا يوجد بينها فرق معنوي عند مستوى احتمال 5%.

Means followed by the same letters in the same column are not statistically different at P=0.05.

المناقشة

أظهرت نتائج الدراسة قدرة العزلات المحلية الثلاثة المُختبرة، وبخاصةٍ العزلتان *H. bacteriophora* (H) و *H. indica* (Fn)، على إصابة وقتل يرقات حافرة أوراق البندورة داخل وخارج الأنفاق عند درجة حرارة 25ºس، وهذا يتوافق مع ما توصلت إليه دراسات سابقة (Batalla-Carrera *et al.*, 2010؛ Samie *et al*., 2023). من جهة أخرى، تباينت معدلات القتل المُحققة بفعل العزلات المدروسة باختلاف عزلة النيماتودا والتركيز المُستعمل والعمر اليرقي المُستهدف من الحشرة، إذ استطاعت العزلة H تحقيق أعلى معدلات قتل عند جميع التراكيز المستعملة للعمرين اليرقيين المدروسين في الاختبارات المختبرية وتجارب الأصص، تلاها مباشرةً وبفروق طفيفة العزلة Fn، بينما كانت معدلات القتل التي حققتها العزلة 313 منخفضة. تتوافق هذه النتائج مع نتائج دراسات أخرى اختبرت فيها عزلتان للنوعين *H. bacteriophora* و *S. affine* ضدّ يرقات وعذارى *T. absoluta*، وخلُصت إلى أنّ النوع الأول حقق أعلى معدلات قتل مخبرياً وحقلياً مقارنةً بالنوع الثاني الذي كانت فاعليته محدودة وبخاصةٍ عند درجة حرارة 25ºس (Gözel ؛Gozel and Gozel, 2016 & Kasap, 2015)، بالمقابل فإن نتائجنا تتفق جزئياً مع نتائج درويش وآخرون (2020) إذ توصلت نتائجهم إلى أن العزلة DKH من النوع *H. bacteriophora* هي الأكثر فاعلية حقلياً، بينما كانت العزلة RST من النوع *S. carpocapsae* الأكثر كفاءة مختبرياً وأقلها حقلياً ويمكن أن يُعزى هذا الاختلاف في النتائج إلى نوع العزلة النيماتودية المختبرة وشراستها أو/واختلاف الظروف التجريبية في كلتي الدراستين. وهنا لابدّ من الإشارة إلى أنّ معدل القتل المنخفض للعائل لا يعني بالضرورة عدم فاعلية العزلة المُختبرة، إذ تتأثر شراسة النيماتودا بمجموعة العوامل من أهمها درجة الحرارة، والتي تلعب دوراً مؤثراً في حركة ونشاط النيماتودا وقدرتها على إحداث العدوى (Ebssa *et al*., 2004)، وهذا ما تؤكده أيضاً نتائج دراسة سابقة (Ali *et al.,* 2023) أُجريت لتقييم فاعلية نفس العزلات من النيماتودا وعلى الأعمار اليرقية نفسها من *T. absoluta* ولكن عند درجة حرارة 18ºس، وتبين بنتيجتها أن العزلة 313 كانت الأكثر كفاءة وفاعلية، والعزلة H الأقل كفاءة. يمكن القول أن العزلات المحلية كانت متكّيفة مع درجات حرارة متباينة، وانعكس هذا بشكل كبير على كفاءتها في إحداث القتل خلال الاختبارات، ففي هذه الدراسة تفوقت العزلات التي تكيفت مع درجات الحرارة المعتدلة أي عزلات *Heterorhabditis*، وهنا لابدّ من التنويه إلى وجود اختلاف في الظروف الحرارية السائدة للموائل الأصلية التي أُخذت منها العزلات الثلاثة المُختبرة، فالعزلتان H و Fn عزلتا من مناطق معتدلة بينما عُزلت العزلة 313 من موقع يزيد ارتفاعه

عن 700 م فوق سطح البحر، وهذا ما يمكن اعتباره مؤشراً لدرجات الحرارة الملائمة لكل من هذه العزلات.

بيّنت نتائج هذه الدراسة حساسية يرقات العمر الثالث والرابع لحشرة *T. absoluta* للإصابة بالنيماتودا الممرضة للحشرات في جميع الاختبارات، خارج وداخل الأنفاق على حدّ سواء، إذ استطاعت النيماتودا إصابة اليرقات داخل الأنفاق وقتلها، وربما يعود هذا لكون يرقات هذه الحشرة تُنشئ أنفاقاً للتغذية بين بشرتي الورقة تاركةً فتحات دخول كبيرة تُمكّن النيماتودا من الدخول وتحقيق الإصابة. وهذا يتفق مع دراسات عدّة أشارت أيضاً إلى أن هذه الأنفاق تؤمن الظروف المناسبة لأفراد الطور المعدي لإحداث الإصابة من خلال حمايتها من العوامل البيئة المُحددّة لحيويتها مثل الجفاف والأشعة فوق البنفسجية (Batalla-Carrera *et al*., 2010؛ Gözel & Kasap, 2015). حققت عزلات النيماتودا المُختبرة معدلات قتل أعلى نسبياً ليرقات العمر الرابع في جميع الاختبارات مقارنة بيرقات العمر الثالث، وهذا يتفق مع عدة دراسات سابقة لعدة أنواع حشرية من رتبة Lepidoptera بما فيها *T. absoluta* (Gözel & Kasap, 2015؛ Gümüşsoy *et al*., 2022؛ Yüksel *et al*., 2022)، ويمكن تفسير ذلك كما أشار Van Damme *et al.* (2016) بأنه كلما كان حجم العائل أكبر فإنّ حجم الفتحات الطبيعية سيكون أكبر وستصبح الكمية المنبعثة من غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 أكثر، والتي بدورها تعدّ من أهم عوامل الجذب لأفراد الطور المعدي من النيماتودا مساعدةً إيّاها في تحديد موقع العائل واختراقه. وعلى النقيض من نتائج الاختبارات على اليرقات، كان تأثير العزلات النيماتودية المُختبرة على العذارى ضعيفاً ومحدوداً في الاختبارات المختبرية وتجارب الأصص وهذا يتوافق مع ما أشارت إليه أبحاث سابقة (Gozel & Gozel, 2016؛ Samie *et al*., 2023).

انطلاقاً من أهمية وضع نهج مستدام لإدارة حشرة حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*T. absoluta*)، كان لابدّ من توجيه الجهود لاختبار بعض عوامل المكافحة الحيوية وإدخالها مع استراتيجيات المكافحة الأخرى لمواجهة هذه الآفة الخطيرة في سورية. بناءً على نتائج هذا البحث، أظهرت العزلات المحلية للنيماتودا الممرضة للحشرات أنها عوامل حيوية فعّالة وواعدة لمكافحة هذه الآفة شريطة انتقاء العزلات المناسبة من ناحية التكيف مع درجة الحرارة السائدة وقت التطبيق. لذلك لابدّ من المتابعة في إجراء المزيد من الأبحاث المتعلقة بتطبيق النيماتودا ضد *T. absoluta* ضمن ظروف الزراعة المحمية، وكذلك لابدّ من اختبار كفاءتها ضد آفات اقتصادية أخرى بعد النتائج الواعدة التي حققتها في هذه الدراسة.

Abstract

Ali, M., N. Allouf and M. Ahmad. 2025. Evaluation of the Efficacy of Three Native Isolates of Entomopathogenic Nematodes Against *Tuta absoluta* Under Laboratory Conditions and in Pot Experiments. Arab Journal of Plant Protection, 43(3):366-374. https://doi.org/10.22268/AJPP-001325

The efficacy of three native isolates of entomopathogenic nematodes: *Heterorhabditis bacteriophora* (H), *H. indica* (Fn) and *Steinernema affine* (313) was assessed against 3rd and 4th instar larvae (both outside and inside leaf tunnels) and pupae of *Tuta absoluta*, a destructive pest in Syria, at 25°C. In the laboratory, the isolates were tested on larvae outside leaf tunnels, at different doses 1, 5, 10, 15, 25 and 50 infective juveniles IJs/larva. The results obtained showed the susceptibility of larval instars to nematode infection, with variation according to the isolate, the concentration, and the larval instar stage inoculated. The isolate H exhibited the highest mortality rates across all treatments, followed by the isolate Fn, while the isolate 313 had the least virulence. The 50% lethal doses (LD_{50}) for the three isolates against the 3rd and 4th larval instars, were 9.62 and 7.57 IJs/larva for isolate H; 12.33 and 8.24 for isolate Fn; 30.36 and 24.20 for isolate 313, respectively. The two most efficient isolates from the previous experiment, H and Fn, demonstrated the capability to access and kill larvae within the leaf tunnels with no significant difference between them. The H isolate exhibited mortality rates of 37.12 and 45.66%, whereas the Fn isolate produced mortality rates of 34.33 and 41.12% for 3rd and 4th instar larvae, respectively. Nevertheless, their efficacy on pupae was comparatively lower, with the H isolate displaying the highest mortality rate of 12.33%. In pot experiments, two concentrations (500 and 1000 IJs/ml) of H and Fn isolates were applied, with no significant differences observed between the two isolates. Although their efficacy was limited on pupae, the virulence on larvae instars was evident and increased with heightened concentrations and instar progression, achieving mortality rates for the 4th instar of 94.27 and 83.87% outside and inside leaf tunnels of the H isolate, and 91.66 and 80.10% for the Fn isolate, respectively. These findings suggest that entomopathogenic nematodes adapted to moderately warm temperatures are considered promising effective biological control agents against *Tuta absoluta*. Further in-depth research and practical applications within greenhouses are needed.

Keywords: Biological control, entomopathogenic nematodes, *Heterorhabditis*, *Steinernema*, *Tuta absoluta*, LD_{50}.

Affiliation of authors: *M. Ali*, N. Allouf and M. Ahmad, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Latakia University, Syria.*
**Email address of the corresponding author: mai-a85@hotmail.com*

المراجع

درويش، علي، عبد النبي بشير وخالد العسس. 2020. تحديد فعالية بعض العزلات المحلية للنيماتودا الممرضة للحشرات ضد حافرة أوراق البندورة/الطماطم (Meyrick) *Tuta absoluta* في الحقل وتحت ظروف المختبر. مجلة وقاية النبات العربية، 38(4):318-326. https://doi.org/10.22268/AJPP-38.4.318326

References

*[**Darwish, Ali, A. Basheer and K. Al-Asass.** 2020. Effectiveness of some local isolates of entomopathogenic nematodes against the tomato leaf miner Tuta absoluta (Meyrick) in the field and under laboratory conditions. Arab Journal of Plant Protection, 38(4):318-326. (In Arabic)].*

Frem, M., R. Sfeir, E. Choueiri and V. Verrastro. 2023. Biocontrol of *Tuta absoluta* for sustainable tomatoes production in Lebanon. HSOA Journal of Agronomy & Agricultural Science, 6(48):1-9. https://doi.org/10.24966/AAS-8292/100048

Glazer, I. and E.E. Lewis. 2000. Bioassays for Entomopathogenic Nematodes. Pp. 229-247 In*:* Bioassays of Entomopathogenic Microbes and Nematodes. A. Navon and K.R.S. Ascher (eds.). CABI Publishing, UK.

Gözel, Ç. and İ. Kasap. 2015. Efficacy of entomopathogenic nematodes against the Tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato fields. Turkish Journal of Entomology, 39(3):229-237. https://doi.org/10.16970/ted.84972

Gozel, U. and C. Gozel. 2016. Entomopathogenic Nematodes in Pest Management. Pp. 55-69. In*:* Integrated Pest Management (IPM): Environmentally Sound Pest Management. H.K. Gill and G. Goyal (eds.). IntechOpen, Croatia. https://doi.org/10.5772/61693

Gümüşsoy, A., E. Yüksel, G. Özer, M. İmren, R. Canhilal, M. Amer and A.A. Dababat. 2022. Identification and biocontrol potential of entomopathogenic nematodes and their endosymbiotic bacteria in apple orchards against the codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). Insects, 13:2-15. https://doi.org/10.3390/insects13121085

Han, P., Y. Bayram, L. Shaltiel-Harpaz, F. Sohrabi, A. Saji, U.T. Esenali, A. Jalilov, A. Ali, P.R. Shashank, K. Ismoilov, Z. Lu, S. Wang, G. Zhang, F. Wan, A. Biondi and N. Desneux. 2018. *Tuta absoluta* continues to disperse in Asia: damage, ongoing management and future challenges. Journal of Pest Science, 92:1317-1327. https://doi.org/10.1007/s10340-018-1062-1

Kaya, H.K. and P. Stock. 1997. Techniques in insect nematology. pp. 281-324 In*:* Manual of Techniques in Insect Pathology. L.A. Lacey (ed.). Academic Press, New York, USA. https://doi.org/10.1016/B978-012432555-5/50016-6

Loyani, K., K. Bradshaw and D. Machuve. 2021. Segmentation of *Tuta absoluta's* damage on tomato plants: A computer vision approach. Applied Artificial Intelligence, 35(14):1107-1127. https://doi.org/10.1080/08839514.2021.1972254

Poudel, A. and K. Kafle. 2021. *Tuta absoluta*; A devastating pest of tomato: A review. International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology, 8(35):193-197. https://doi.org/10.31033/ijrasb.8.5.29

Ragaeia, M., A. Sabrya and A. El-Rafeib. 2013. Towards using new and safe materials against tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Mayrick). Archives of Phytopathology and Plant Protection, 46(20):2450-2458. https://doi.org/10.1080/03235408.2013.796699

Samie, F., H. A. Pour and A. Saeedizadeh. 2023. Efficacy of three local isolates of entomopathogenic nematodes against the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick). https://doi.org/10.22268/AJPP-38.4.318326

Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology, 18:265-267. https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a

Ali, M., N. Allouf and M. Ahmad. 2022. First report of entomopathogenic nematode *Steinernema affine* (Nematoda: Steinernematidae) in Syria and its virulence against *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 32:101. https://doi.org/10.1186/s41938-022-00602-x

Ali, M., N. Allouf and M. Ahmad. 2023. Isolation, identification of entomopathogenic nematodes with insights into their distribution in the Syrian coast regions and virulence against *Tuta absoluta*. Journal of Nematology, 55(1):1-29. https://doi.org/10.2478/jofnem-2023-0056.

Almatni, W. 2010. Tomato leaf miner *Tuta absoluta* invades east Mediterranean countries. Arab and Near East Plant Protection Newsletter, 50:29.

Batalla-Carrera, L., A. Morton and F. García-del-Pino. 2010. Efficacy of entomopathogenic nematodes against the tomato leafminer *Tuta absoluta* in laboratory and greenhouse conditions. BioControl, 55:523-530. https://doi.org/10.1007/s10526-010-9284-z

Ben Husin, T.O. and G.R. Port. 2021. Efficacy of entomopathogenic nematodes against *Tuta absoluta*. Biological Control, 160:1-10. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104699

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*: past, present, and future. Annual Review of Entomology, 7(63):239-258. https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-034933

Desneux, N., E. Wajnberg, K.A.G. Wyckhuys, G. Burgio, S. Arpaia, C.A. Narváez-Vasquez, J. González-Cabrera, D.C. Ruescas, E. Tabone, J. Frandon, J. Pizzol, C. Poncet, T. Cabello and A. Urbaneja. 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. Journal of Pest Science, 83(7):197-215. https://doi.org/10.1007/s10340-010-0321-6

Ebssa, L., C. Borgemeister and H.M. Poehling. 2004. Effectiveness of different species/strains of entomopathogenic nematodes for control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) at various concentrations, host densities, and temperatures. Biological Control, 29:145-154. https://doi.org/10.1016/S1049-9644(03)00132-4

El Aimani, A., F. Mokrini, A. Houari, S.E. Laasli, M. Sbaghi, R. Mentag, D. Iraqi, S.M. Udupa, A.A. Dababat and R. Lahlali. 2021. Potential of indigenous entomopathogenic nematodes for controlling tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under laboratory and field conditions in Morocco. Physiological and Molecular Plant Pathology, 116:101710. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101710

Van Damme, V.M., B.K.E. G. Beck, E. Berckmoes, R. Moerkens, L. Wittemans, R. De Vis, D. Nuyttens, H.F. Casteels, M. Maes, L. Tirry and P. De Clercq. 2016. Efficacy of entomopathogenic nematodes against larvae of *Tuta absoluta* in the laboratory. Pest Management Science, 72(9):1702-1709. https://doi.org/10.1002/ps.4195

White, G.F. 1927. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. Science, 66:302-303.

Yüksel, E., M. Imren, E. Özdemir, R. Bozbuğa and R. Canhilal. 2022. Insecticidal effect of entomopathogenic nematodes and the cell-free supernatants from their symbiotic bacteria against different larval instars of *Agrotis segetum* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Noctuidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 32(54):1-7. https://doi.org/10.1186/s41938-022-00555-1

Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 82(1):24-30. https://doi.org/10.25085/rsea.820103

Santana Jr., P.A., L. Kumar, R.S. Da Silva and M.C. Picanço. 2019. Global geographic distribution of *Tuta absoluta* as affected by climate change. Journal of Pest Science, 92:1373-1385. https://doi.org/10.1007/s10340-018-1057-y

Shamseldean, M.S.M., N.A. Abd-Elbary, H. Shalaby and H.I.H. Ibraheem. 2014. Entomopathogenic nematodes as biocontrol agents of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato plants. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 24(2):503-513.

Tarasco, E., E. Fanelli, C. Salvemini, Y. El-Khoury, A. Troccoli, A. Vovlas and F. De Luca. 2023. Entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria: from genes to field uses. Frontiers in Insect Science, 3:1-13. https://doi.org/10.3389/finsc.2023.1195254

Received: April 12, 2024; Accepted: May 3, 2024

تاريخ الاستلام: 2024/4/12؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2024/5/3