

دراسة حيوية لعزلات محلية من الفطر *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill. عند درجات حرارة مختلفة وطبيعة تأثيرها في إناث عثة درنات البطاطا/البطاطس *Phthorimaea operculella* (Zeller)

نسرين حسين السعود

قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة البعث، حمص، سورية، البريد الإلكتروني: nisreensoud@gmail.com

الملخص

السعود، نسرين حسين. 2019. دراسة حيوية لعزلات محلية من الفطر *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill. عند درجات حرارة مختلفة وطبيعة تأثيرها في إناث عثة درنات البطاطا/البطاطس *Phthorimaea operculella* (Zeller). مجلة وقاية النبات العربية، 37(3): 240-250.

تم في هذا البحث مقارنة خصائص ثلاث عزلات محلية سورية للفطر *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill. عزلت من مناطق جغرافية مختلفة وهي: العزلة B من اللاذقية، العزلة C من حلب، العزلة D من دمشق. تبين من خلال تتبع حيوية تلك العزلات تحت تأثير أربع درجات حرارة ثابتة 20، 25، 30 و 35 °س أن لدرجة الحرارة تأثيراً واضحاً في خصائصها من حيث النمو وإنتاجية الأبواغ والإنبات. أعطت كافة العزلات أفضل الخصائص عند حرارة 25 °س وأقلها عند 35 °س. لم تكن الفروق معنوية بين العزلات عند كافة درجات الحرارة المدروسة باستثناء العزلة C عند حرارة 35 °س التي تفوقت في خصائصها على باقي العزلات. اختبرت العزلات الثلاث عند حرارة 25 °س ورطوبة نسبية 60±5% واستخدام ثلاثة تراكيز 10^4 ، 10^5 و 10^6 بوغة/مل من الفطر الممرض على إناث عثة درنات البطاطا/البطاطس *Phthorimaea operculella* (Zeller) من حيث التأثير في معدلات الموت التراكمية والخصوبة. أبدت كافة العزلات فعالية عالية في تأثيرها في الإناث بالتركيز 10^6 بوغة/مل من خلال زيادة نسب النفوق وبفروق معنوية عن الشاهد في اليوم السادس بعد المعاملة حيث وصلت نسب النفوق لـ 100% عند الإناث للعزلات الثلاث مقابل 77.7% للشاهد. كانت العزلة B هي الأكثر شراسة حيث تفوقت على باقي العزلات في إحداث القتل. خفضت كافة العزلات المدروسة متوسط عدد البيض الذي وضعته الأنثى وازداد الانخفاض مع زيادة التركيز إلى 10^6 بوغة/مل فكان 3.00، 3.33 و 6.00 بيضة/أنثى بعد المعاملة بالعزلات B، C و D، على التوالي، مقابل 28.33 بيضة/أنثى للشاهد. تشجع هذه النتائج على استخدام العزلات المحلية للفطر *B. bassiana* في مكافحة عثة درنات البطاطا/البطاطس وتخفيض أعدادها في الحقل.

كلمات مفتاحية: عثة درنات البطاطا، مكافحة حيوية، *Beauveria bassiana*، *Phthorimaea operculella*.

المقدمة

الدرنات فتخربها وتتسبب بدخول الأحياء الدقيقة إليها، كما تحفر أنفاقاً في أوراق النبات وساقه (Kroschel, 2006؛ Sporleder et al., 2008). تمت الاستفادة من الفطور الممرضة للحشرات وبخاصة الفطر *Beauveria bassiana* لمكافحة العديد من الآفات في سورية بضمنها عثة درنات البطاطا (أحمد وآخرون، 2017؛ العيسى وآخرون، 2017؛ السعود وآخرون، 2017). تتأثر فعالية الفطور الممرضة عموماً في مكافحة الآفات بشكل كبير بالعوامل اللاحيوية مثل الحرارة والرطوبة والأشعة فوق البنفسجية (Mishra et al., 2015)، بالإضافة إلى دور العوامل الحيوية مثل شراسة العزلة الفطرية وحساسية العائل تجاهها وقدرة الفطر على التطور ضمن العائل (Vidal et Fargues et al., 1997؛ al., 1997). يتطلب التطبيق الناجح للفطر الممرض في مكافحة الآفات أن يكون متكيفاً مع الظروف البيئية المحيطة وبخاصة درجة الحرارة التي تعتبر عاملاً بيئياً مهماً ومؤثراً جداً في فعاليته، وهنا تكمن ضرورة أخذ

تعد البطاطا/البطاطس (*Solanum tuberosum* L.) من أهم المحاصيل التي تدعم الأمن الغذائي وبخاصة في الدول الفقيرة كونها مصدراً للكربوهيدرات والفيتامينات والأملاح (FAO, 2008). تحتل سورية المركز الرابع بين الدول العربية من حيث المساحة المزروعة، حيث تتركز زراعتها في منطقة الغاب وفي حماه وحمص وريف دمشق ودرعا (المجموعة الإحصائية، 2015). تعد عثة درنات البطاطا *Phthorimaea operculella* (Zeller) أهم آفة حشرية عالمية الانتشار يتعرض لها محصول البطاطا/البطاطس. تستطيع هذه الآفة في الظروف البيئية المناسبة، في المجال الحراري 25-32 °س أن تتكاثر باستمرار معطية أجيالاً متلاحقة مسببة أضراراً تزيد على 70% من المحصول (السعود، 2005)، حيث تحفر اليرقات أنفاقاً مبطنة في

السابقة المخبرية والحقلية عن فعالية العزلات المدروسة من الفطر على عثة البطاطا/البطاطس مما يعزز من تطبيقها على أرض الواقع في برنامج إدارة الآفة.

مواد البحث وطرائقه

تم العمل على ثلاث عزلات محلية مأخوذة من مناطق جغرافية مختلفة من سورية كما هو موضح في جدول 1. تم تحضير عزلات الفطر لأغراض العدوى ضمن غرفة العزل. حيث نمت العزلات على مستنبت آجار مستخلص المولت ضمن أطباق بتري بقطر 9 سم، ثم وضعت في حاضنة مظلمة عند 25°س. حُصدت الأبواغ من الأطباق بعد أسبوعين، وذلك بإضافة 5 مل ماء معقم لكل طبق ومن ثم تم ترشيح محتويات الطبق عبر 3 طبقات من الشاش. أضيف 5 مل ماء معقم إضافية فوق الشاش لضمان الحصول على الأبواغ بالكامل (Liu et al.; Lacey, 1997). واعتُبر الراشح الناتج هو المحلول الأساس الذي أُضيف له توين بمعدل 0.05%.

تم تحديد تركيز المحلول الأساس لكل عذلة في 1 مل بالطريقة التي وصفها Inglis et al. (1997) باستخدام شريحة عد الأبواغ Neubauer وضُبطت التركيزات في العزلات الثلاث لتكون 1×10^6 ، 1×10^5 و 1×10^4 بوعة/مل وأضيف إليها التوين بمعدل 0.05%. أما الشاهد فكان عبارة عن ماء معقم مع توين بمعدل 0.05%.

دراسة الصفات المزرعية الشكلية للعزلات

دُرست الصفات الشكلية للعزلات المحلية للفطر *B. bassiana* (نمو المستعمرات وإنتاجيتها وحيويتها) تحت تأثير أربع درجات حرارة ثابتة: 20، 25، 30 و 35°س.

درجة الحرارة المحيطة بعين الإعتبار عند تطبيقه في بيئة معينة. تعتمد سرعة تطور الميسيليوم وسرعة تطور العدوى بالفطور الممرضة عند درجة الحرارة في المختبر أيضاً (Samuels et al., 1989).

تسهم خصائص العزلات من نمو وإنتاجية وإنبات بدور مهم في قدرة تلك العزلات على إحداث المرض على الآفة المستهدفة وبالتالي فعالية الفطر في مكافحة الآفات، حيث تبدأ العدوى بالفطر بتماس الأبواغ والتصاقها بسطح الكيوتيكل، وتتوقف العدوى على قدرة تلك الأبواغ على الإنبات بسرعة على الكيوتيكل واختراقه وصولاً إلى الهيموليمف من خلال آليات ميكانيكية وأنزيمية (Ortiz-Urquiza؛ Halouane et al., 2013؛ Keyhani, 2013)، حيث يبدأ إنتاج الأبواغ البلاستية في الهيموليمف وإفراز السموم، وتنتهي العدوى بموت العائل وانتقال الفطر إلى الحالة الرمية ومن ثم تنمو هيفات وأبواغ الفطر على سطح العائل الميت (Wraight et al., 1998).

أظهرت العديد من الدراسات انخفاض خصوبة إناث الحشرات المعاملة بالفطر *B. bassiana* كما هو الحال عند خنفساء جنور الذرة *Diabrotica virifera* وخنفساء الكولورادو *Leptinotarsa decemlineata* (Mulock & Chandler؛ Fargues et al., 1997)، وهناك إناث لم تضع بيض نهائياً نتيجة الإصابة مثل ذبابة الملفوف (*Delia radicum* L. (Diptera: Anthomyiidae) (Meadow et al., 2000) ويؤدي هذا، بالإضافة إلى موت عدد كبير من الأفراد المصابة بالمرض، إلى تخفيض أعداد الأفراد الناتجة في الجيل اللاحق.

تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة الصفات الحيوية الشكلية لثلاث عزلات محلية من الفطر *B. bassiana* تحت تأثير أربعة مستويات حرارة مختلفة واختبارها بثلاثة تراكيز مختلفة من الأبواغ على خصوبة إناث عثة درنات البطاطا وطول فترة حياة الإناث. تعد هذه الدراسة مكملة للدراسات

جدول 1. العزلات المحلية من الفطر الممرض للحشرات *B. bassiana* ومصادرها وأماكن عزلها.

Table 1. Native isolates of the entomopathogenic fungus *B. bassiana* and their sources and isolation sites.

اسم العزلة Isolate name	رمز العزلة Isolate code	المصدر Source	مكان العزل Isolation site
اللاذقية Lattakia	B	مركز الأعداء الحيوية، اللاذقية Natural Enemies Center	من تربة بستان حمضيات في اللاذقية Citrus orchard soil, Lattakia
حلب Aleppo	C	إيكاردا، حلب ICARDA, Aleppo	من حشرات سونة جمعت في حلب From sunni bugs collected in Aleppo
دمشق Damascus	D	مركز التقانة الحيوية، دمشق Biotechnology Center, Damascus	من حشرات السونة جمعت في دمشق From sunni bugs collected in Damascus

الفحص بالأسلوب نفسه بعد 24 ساعة لحساب نسبة الإنبات بعد 24 ساعة.

تربية الآفة الحشرية واختبار العزلات

جمع الحشرات وتربيتها - جمعت درنات بطاطا مصابة بعثة درنات البطاطا من الأسواق المحلية، ووضعت ضمن أقفاص تربية زجاجية 30×45 سم مفروشة بالرمل الناعم ومزودة بفتحات تهوية عند حرارة المختبر 28±2°س، ورطوبة نسبية 50±5%. تمت تربية الحشرة وإنتاج البالغات ضمن الأقفاص بأعداد كبيرة، وغذيت بمحلول سكري 90%. زودت الأقفاص باستمرار بدرنات جديدة بعضها سليم وبعضها الآخر مصاب للمحافظة على استمرارية تربية الحشرات في المختبر.

عدوى البالغات بأبواغ الفطر - وزعت 180 عثة بعمر 1-3 أيام على 30 وعاء زجاجي 15×7 سم بسعة ليتر بمعدل 6 فراشات (3 ذكور+ 3 إناث)/وعاء الزجاجي. خصص لكل عذلة 9 أوعية زجاجية وزعت على ثلاث مجموعات بمعدل 3 أوعية زجاجية لكل تركيز مدروس 10⁴، 10⁵ و 10⁶ بوغة/مل، كما خصص 3 أوعية للشاهد. تم رش الحشرات ضمن البرطمانات بمعدل 3 مل من كل تركيز بحسب المعاملة بوساطة مرشحة يدوية أما الأفراد في مكررات الشاهد فقد رُشّت بـ 3 مل من الماء المعقم وتوین بتركيز 0.05%. بعد إجراء المعاملات بمحاليل الرش غُطيت الأوعية الزجاجية بالموسلين الناعم، وأُحکم إغلاقها بالمطاط. يعلو القماش ورقة عادية سوداء يمكن من خلالها جمع البيض يومياً دون فتح الحجرة (Maharjan, 2011). تم تغذية الفراشات باستمرار عن طريق حقن كرة قطنية معلقة داخل الأوعية الزجاجية بمحلول سكري 90%. حُفظت الأوعية الزجاجية في الحاضنة عند حرارة 25±2°س، ورطوبة نسبية 60±5% ويتوزع عشوائي كامل.

تم تسجيل عدد البالغات النافقة بدءاً من اليوم الثاني من المعاملة ولغاية نفوق آخر حشرة وتمت متابعة الأفراد النافقة وتطهيرها سطحياً عن طريق تغطيتها بالكحول 75% ثم بمحلول من هيبوكلوريت الصوديوم 0.7% لمدة دقيقة ثم بالماء المعقم لمدة دقيقة (Lacey, 1997)، و تم وضعها ضمن طبق بتري يحتوي على ورقة ترشيع رطبة بغرض مشاهدة تبوغ الفطر على الأفراد النافقة والتأكد من أن الفطر هو السبب في نفوقها. كما تم عد البيض الموضوع على الورقة في كل يوم بدءاً من اليوم الثاني من المعاملة ولغاية نفوق أفراد المكرر.

تم تحليل البيانات باستخدام برنامج التحليل الاحصائي SPSS ومقارنة المتوسطات بتحليل ANOVA واختبار معنوية الفروق باختبار LSD.

النمو عند درجات حرارة مختلفة - اختبرت سرعة نمو كل عذلة من العزلات المحلية التي سبق ترميتها على مستنبت آجار مستخلص المولت، عند كل درجة من درجات الحرارة المدروسة، من خلال تطبيق 5 ميكروليتر من المحلول الأساس إلى قرص معقم من ورقة ترشيع قطره 6 مم موضوع وسط طبق بتري قطره 9 سم فيه مستنبت آجار مستخلص المولت، وتم تحضير ثلاثة أطباق لكل عذلة عند كل درجة حرارة. وُضعت الأطباق في الظلام ضمن الحاضنة عند درجات الحرارة المحددة وبتوزيع عشوائي كامل. تم تعليم محيط المستعمرة على المحاور الأربعة على السطح السفلي لطبق البتري لتقدير النمو الشعاعي عند الأيام 5، 10، 15، 20 والقراءة النهائية المسجلة في النتائج أخذت لكل عذلة بعد اليوم 20.

إنتاجية الأبواغ عند درجات حرارة مختلفة - تم حساب إنتاجية كل عذلة من العزلات المحلية عند كل مستويات الحرارة المدروسة بعد تسجيل قراءات سرعة النمو بعد 20 يوماً. حيث تمت إزالة أربعة أقراص قطرها 6 مم من كل مستعمرة بغرض حساب إنتاجية العذلة من الأبواغ الكونيدية. وضعت تلك الأقراص في أنبوب اختبار مع 10 مل ماء معقم يحتوي توین 80 تركيز 0.1% حضرناه مسبقاً و0.6% من أزرق الفطن. تم رج المعلقات باليد، ثم حُففت معلق الأبواغ حتى أصبح قريباً من الشفاف. وضعت قطرة على شريحة العد وتم عد الأبواغ باستخدام شريحة العد Neubauer مباشرة أو بعد دقيقة أو دقيقتين لأن الجفاف سيؤدي الى نقص الحجم وبالتالي الخطأ في العد.

استخدمت عدسة التكبير X40. استخدمت المعادلة المناسبة للشريحة لحساب عدد الأبواغ في 1 مل وحسبت إنتاجية الأبواغ في 1 سم² بالمعادلة التالية:

$$\text{التركيز} = \frac{10 \times \text{عدد الكونيدية الأبواغ}}{9\pi}$$

اختبار حيوية الأبواغ - جرى اختبار حيوية الأبواغ لتحديد الأبواغ الحية بغية معرفة نسبة التركيز الفعال من الأبواغ قبل استخدامها لإجراء التجارب أو التطبيق الحقلية. حيث تم تحضير طبق بتري صغير فيه مستنبت آغار-آغار خاص بكل عذلة من العزلات الثلاث. لُقح الطبق بتركيز منخفض من أبواغ العذلة لسهولة العد، ثم حُصنت الأطباق لمدة 20 ساعة. تمت إزالة غطاء طبق البتري وغطيت ثلاثة مناطق عشوائية من كل طبق بساترة زجاجية. تم عد الأبواغ المنتشة من كل 100 بوغة تحت كل ساترة على التكبير X40 من أجل حساب نسبة الأبواغ المنتشة بعد 20 ساعة. وتم اعتبار البوغة منتشة عندما أصبح طول أنبوبة الإنبات يساوي قطر البوغة المنتجة أو يزيد عنها (Liu et al., 2015). أُعيد

النتائج

دراسة الصفات المزرعية الشكلية للعزلات

أظهرت النتائج (جدول 2) أن متوسطات محيطات مستعمرات الفطر *B. bassiana* عند حرارة 20 °س تراوح ما بين 10.47 سم (العزلة B وD) و12.56 سم (العزلة C)، وازدادت متوسطات المحيطات مع ارتفاع الحرارة إلى الدرجة 25 °س بشكل واضح فكانت 24.07، 25.12 و23.03 سم لكل من العزلات B، C وD، على التوالي، لتعود وتتخفص عند حرارة 30 °س إلى 8.27، 12.98 و14.34 سم لكل من العزلات B، C وD، على التوالي. وكان أقل متوسط لتلك المحيطات عند حرارة 35 °س حيث كانت متوسطات المحيطات 6.91، 8.16 و8.58 سم للعزلات B، C وD، على التوالي.

لم تظهر أية فروق معنوية في متوسطات محيطات المستعمرات بين العزلات المدروسة عند مستوى حرارة الاختبار نفسه، في حين كانت هناك فروق واضحة بين مستوى حرارة 25 °س وباقي المستويات المدروسة.

كانت إنتاجية عزلات الفطر *B. bassiana* من الأبواغ عند حرارة 20 °س: 10×1.86 ، 10×9.2 و 10×7.08 بوغة/سم² للعزلات B،

C وD، على التوالي، وازدادت عند حرارة 25 °س إلى 10×6.37 ، 10×3.98 و 10×6.55 بوغة/سم² للعزلات B، C وD، على التوالي. وانخفضت الإنتاجية مع ارتفاع درجة الحرارة فكانت عند حرارة 30 °س 10×1.86 ، 10×8.85 و 10×1.86 بوغة/سم² للعزلات B، C وD، على التوالي، و 10×2.65 ، 10×2.12 و 10×2.65 بوغة/سم² عند حرارة 35 °س للعزلات نفسها، على التوالي، حيث أعطت العزلة C أعلى إنتاجية بالمقارنة مع باقي العزلات عند حرارة 35 °س (جدول 2، شكل 1). أظهرت متوسطات النسب المئوية لإنبات أبواغ العزلات بعد 20 ساعة أن أقل تلك النسب كانت عند حرارة 35 °س حيث كانت 2.75، 44.67 و60.00% للعزلات B، C وD، على التوالي. ثم تلتها النسب عند حرارة 30 °س والتي كانت 7.5، 42.5 و32.5% للعزلات نفسها، على التوالي. أما أعلى النسب فكانت 70.25، 69.5 و80.5% عند حرارة 25 °س للعزلات B، C وD، على التوالي، ثم تلك النسب عند حرارة 20 °س التي بلغت 46.5، 66.5 و46.4% لتلك العزلات، على التوالي. لم تظهر أية فروق معنوية في نسب إنبات العزلات المدروسة بعد 20 ساعة، باستثناء العزلة C عند حرارة 35 °س حيث أظهرت تفوقاً على باقي العزلات في نسب الإنبات.

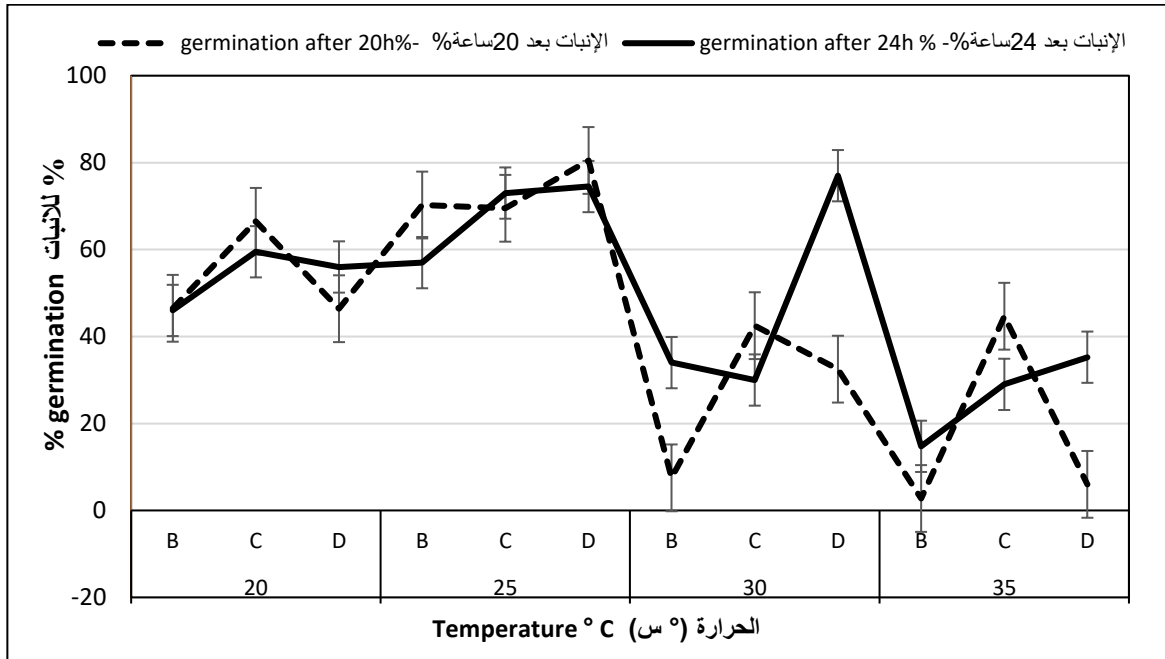
جدول 2. محيطات المستعمرات وإنتاجية الأبواغ ونسب إنباتها لثلاث عزلات محلية للفطر *B. bassiana* عند درجات الحرارة المدروسة.

Table 2. Colonies perimeters, spore production and germination rates of the three native isolates of *B. bassiana* at four temperature regimes.

اسم العزلة Isolate name	الحرارة (°س) Temperature (°C)	محيط المستعمرة (سم) ± الانحراف المعياري Colony perimeter (cm) ± SD	إنتاجية الأبواغ (بوغة/سم ²) Spore production (spore/cm ²)	% إنبات الأبواغ بعد 20 ساعة Germination rate after 20 hours	% إنبات الأبواغ بعد 24 ساعة Germination rate after 24 hours
B	20	10.47±0.91 a	10×1.86	46.5±15.78 a	46.00±8.16 a
C		12.56±0.00 a	10×9.2	66.5±13.70 a	59.5±16.76 a
D		10.47±3.27 a	10×7.08	46.4±26.10 a	56.00±22.57 a
LSD		3.39	-	23.84	35.34
B	25	24.07±1.81 a	10×6.37	70.25±10.40 a	57.00±28.5 a
C		25.12±0.00 a	10×3.98	69.5±7.72 a	73.00±14.65 a
D		23.03±1.81 a	10×6.55	80.5±13.30 a	74.50±6.4 a
LSD		7.66	-	4.16	24.02
B	30	8.27±5.35 a	10×1.86	7.5±9.98 a	34.00±16.1 a
C		12.98±0.73 a	10×8.85	42.5±18.86 a	30.00±20.85 a
D		14.34±1.27 a	10×1.86	32.5±27.73 a	77.00±5.29 b
LSD		4.7	-	25.80	21.79
B	35	6.91±0.63 a	10×2.65	2.75±0.96 a	14.75±7.37 a
C		8.16±0.94 a	10×2.12	44.67±9.01 b	29.00±21.1 a
D		8.58±1.45 a	10×2.65	6.0±9.41 a	35.25±11.18 b
LSD		1.57	-	19.59	19.16

المتوسطات التي يتبعها أحرف صغيرة متشابهة في العمود نفسه لا تختلف عن بعضها معنوياً عند مستوى احتمال 5%.

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



شكل 1. النسب المئوية لإنبات أبواغ العزلات المحلية للفطر *B. bassiana* تحت تأثير مستويات الحرارة 20، 25، 30 و 35 °س.
Figure 1. Germination rate for three native isolates of *B. bassiana* at constant temperatures of 20, 25, 30 and 35 °C.

المختلفة باستثناء العزلة B التي تفوقت على باقي العزلات بالتركيز ¹⁰ بوغة/مل.

ظهرت زيادة واضحة في نسب النفوق في اليوم الرابع عن اليوم الثاني في أغلب المعاملات حتى في معاملة الشاهد. فعند التركيز ¹⁰ بوغة/مل كانت نسب النفوق 0، 66.66، 11.11 و 66.67% للعزلات B، C، D والشاهد، على التوالي. ولم تظهر فروق معنوية بين المعاملات في ذلك اليوم باستثناء العزلة B التي بدت ضعيفة التأثير بالتركيز المنخفض. ارتفعت نسب النفوق التراكمية المقابلة للتركيز ¹⁰ بوغة/مل في اليوم الرابع بعد المعاملة عما هو عليه في التركيز الأقل وكانت 55.55، 55.55، 33.33 و 66.67% للعزلات B، C، D والشاهد على التوالي. لم تظهر أية فروق معنوية بين العزلات عند ذلك التركيز لا بين العزلات ولا بين العزلات والشاهد. وكانت أعلى نسب نفوق تراكمي عند الأفراد في اليوم الرابع بعد المعاملة بالتركيز ¹⁰ بوغة/مل حيث كانت 88.89، 66.66، 77.7 و 66.67% للعزلات B، C، D والشاهد على التوالي. لم تسجل فروق معنوية بين العزلات من جهة وبين العزلات والشاهد.

حققت العزلات في اليوم السادس بعد المعاملة أعلى الفروق عن الشاهد بعد المعاملة بالتركيز ¹⁰ بوغة/مل حيث كانت معدلات النفوق 100، 100، 100 و 77.77% للعزلات B، C، D والشاهد، على التوالي. تفوقت كل العزلات معنوياً على الشاهد.

كانت نسب النفوق المقابلة للتركيز ¹⁰ بوغة/مل 100، 88.89، 88.89 و 77.77% للعزلات B، C، D والشاهد، على التوالي. ولم تكن

كانت النسب المئوية لإنبات الأبواغ بعد 24 ساعة بأقل معدلاتها عند حرارة 35 °س، حيث كانت 14.75، 29، 35.25% للعزلات B، C و D، على التوالي، بينما كانت عند حرارة 30 °س 34، 30 و 77% للعزلات نفسها، على التوالي. وكانت أعلى معدلات إنبات الأبواغ عند حرارة 25 °س 57، 73 و 74.5% للعزلات B، C و D، على التوالي، تلتها المعدلات عند حرارة 20 °س حيث كانت 46، 59.5 و 56% لتلك العزلات، على التوالي.

النفوق اليومي التراكمي

تمت مشاهدة إناث ناقعة بدءاً من اليوم الثاني بعد المعاملة بالعزلات المحلية للفطر *B. bassiana*. بينما نفقت كافة الأفراد في اليوم العاشر بعد المعاملة، بما في ذلك الأفراد في معاملة الشاهد. من خلال استعراض نتائج نسب النفوق في كل يوم من أيام أخذ القراءات على حدة، كانت في اليوم الثاني بعد المعاملة عند التركيز ¹⁰ بوغة/مل 0، 11.11، 0 و 33.33% للعزلات B، C، D والشاهد، على التوالي. أما عند التركيز ¹⁰ بوغة/مل فكانت 22.22، 22.22، 11.11 و 33.33% على التوالي. أما عند التركيز ¹⁰ بوغة/مل فقد ازدادت تلك النسب بشكل واضح عند العزلات B و D حيث كانت النسب 77.7، 22.22، 66.66 و 33.33% للعزلات B، C، D والشاهد، على التوالي.

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروق معنوية بين العزلات في نسب النفوق التراكمي في اليوم الثاني بعد المعاملة بالتركيزات

سجل متوسط عدد البيض الذي وضعته أنثى عثة درنات البطاطا بعد المعاملة بالتركيزات المدروسة انخفاضاً واضحاً مع ارتفاع التركيز المطبق عند كل العزلات تقريباً وبدرجات متفاوتة. كانت العلاقة ما بين عدد البيض الموضوع والتركيز قريبة من الخطية بحيث يمكن القول من خلال $R^2=0.6701$ بأن 67% من التغيرات في عدد البيض الموضوع من قبل الأنثى يمكن أن يعود إلى التركيزات المطبقة. مما يساعد على إعطاء تقدير تقريبي لعدد البيض المتوقع أن تضعه الأنثى بناءً على معادلة خط الانحدار الموضحة في هذا الشكل $Y = -2.5252x + 26.487$ حيث تمثل Y عدد البيض وتمثل X التركيز المطبق (شكل 3).



شكل 2. زوج من عثة درنات البطاطا *P. operculella* نافقة بوضعية تزواج بعد إصابتها بأبواغ الفطر *B. bassiana*.

Figure 2. Couple of potato tuber moth *P. operculella* were dead during mating after infection with the entomopathogenic fungus *B. bassiana*.

الفروق معنوية بين العزلات من جهة وبين الشاهد والعزلات من جهة أخرى. كانت أقل نسب للنفوق التراكمي هي تلك النسب المقابلة للتركيز 10^4 بوغة/مل حيث كانت 44.44، 55.55، 66.66 و 77.77% ولم تظهر أية فروق معنوية بين العزلات من جهة وبين العزلات والشاهد من جهة أخرى عند هذا التركيز.

ارتفعت نسب النفوق التراكمي في اليوم الثامن بشكل كبير بعد المعاملة بكافة التركيزات من العزلات والشاهد وبلغت 100% للإناث في كل العزلات لم تكن الفروق معنوية في نسب النفوق لا بين العزلات ولا بين العزلات والشاهد اعتباراً من اليوم الثامن بعد المعاملة نظراً لنفوق أغلبية الأفراد في كافة المعاملات بما فيها الشاهد حيث بلغت نسب النفوق 100% في كل المعاملات في اليوم العاشر بعد المعاملة.

من خلال متابعة تبوغ الفطر على الأفراد الناتجة عن التطهير السطحي للأفراد الناتجة عن المعاملة بعزلات الفطر تمت مشاهدة أفراد مغطاة بأبواغ الفطر وأخرى نافقة وهي في وضعية تزواج وقد تبوغ الفطر على نهاية بطنها (شكل 2).

تأثير الفطر في خصوبة الإناث

تمت مقارنة عدد البيض الذي وضعته الإناث المعاملة بالتركيزات الثلاثة من العزلات المحلية للفطر *B. Bassiana* لاختبار تأثيرها في الخصوبة وبالتالي التأثير في عدد الأفراد التي يمكن أن تنتج عنها في الجيل الثاني للأفة (شكل 2).

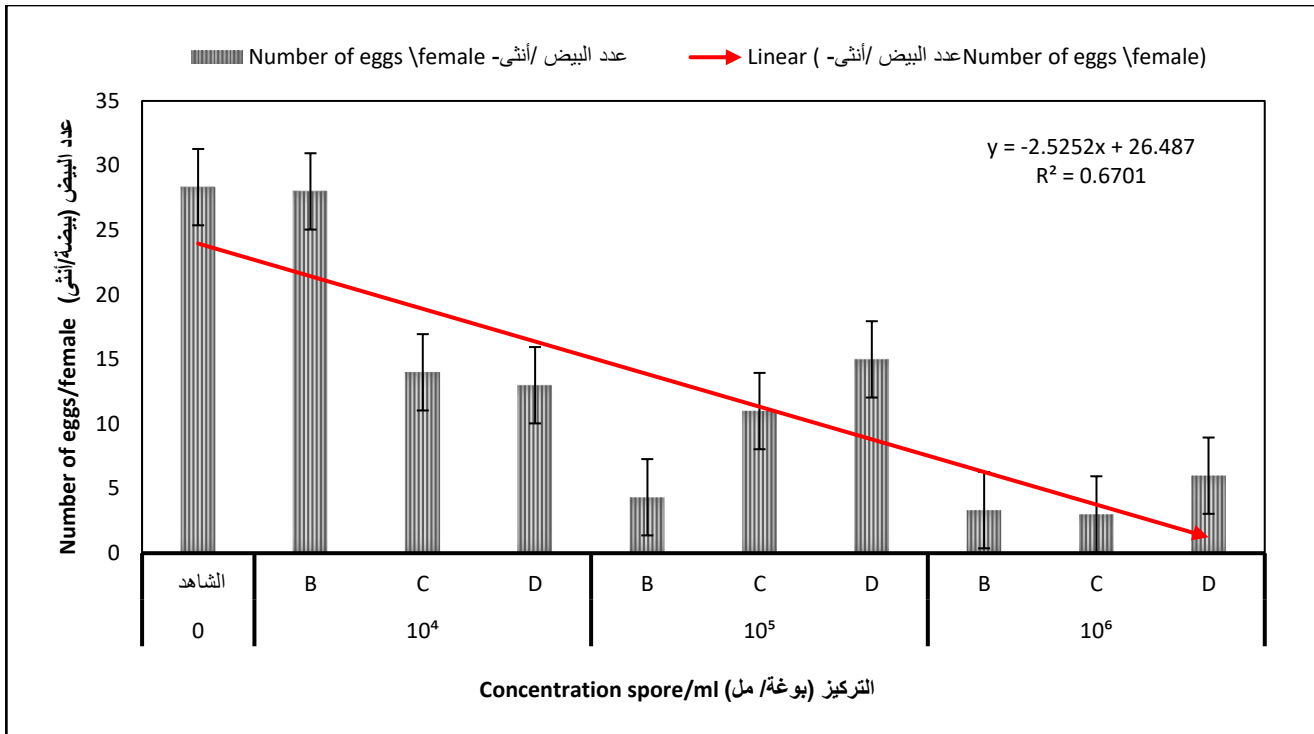
جدول 3. النسب المئوية للنفوق اليومي التراكمي عند إناث عثة درنات البطاطا *P. operculella* بعد المعاملة بالتركيز المدروسة من العزلات المحلية للفطر *B. bassiana*.

Table 3. Cumulative mortality for potato tuber moth *P. operculella* females after treatment with different spore concentrations of native isolates of *B. bassiana*.

Accumulative mortality % النفوق اليومي التراكمي					التركيز Concentration	العزلة Isolate
اليوم العاشر Tenth day	اليوم الثامن Eighth day	اليوم السادس Sixth day	اليوم الرابع Fourth day	اليوم الثاني Second day		
100.00 a	100.00 a	77.77 a	66.67 a	33.33 a	0	الشاهد Control
88.89 a	88.89 a	44.44 a	00.00 b	00.00 a	10^4	B
100.00 a	100.00 a	55.55 a	66.66 a	11.11 a		C
100.00 a	100.00 a	66.66 a	11.11 ab	00.00 a		D
18.12	18.12	54.35	65.32	36.23		LSD
100.00 a	100.00 a	100.00 a	55.55 a	22.22 a	10^5	B
100.00 a	100.00 a	88.89 a	55.55 a	22.22 a		C
100.00 a	100.00 a	88.89 a	33.33 a	11.11 a		D
-	-	31.39	74.7	44.37		LSD
100.00 a	100.00 a	100.00 b	88.89 a	77.77 b	10^6	B
100.00 a	100.00 a	100.00 b	66.66 a	22.22 a		C
100.00 a	100.00 a	100.00 b	77.70 a	66.66 a		D
-	-	18.12	60.09	51.24		LSD

المتوسطات التي يتبعها أحرف صغيرة متشابهة في العمود نفسه لا تختلف عن بعضها معنوياً عند مستوى احتمال 5%.

Means followed by the same small letters in the same column have not significantly different at $P=0.05$.



شكل 3. متوسط عدد البيض الذي وضعته أنثى عثة درنات البطاطا/البطاطس *P. operculella* بعد معاملتها بكل تركيز من التركيزات الثلاث المدروسة من العزلات المحلية للفطر *B. bassiana*.

Figure 3. Mean number of eggs per female of potato tuber moth *P. operculella* after treatment with three native isolates of *B. bassiana*.

وإنباتها وزيادة إنتاجيتها. بينما كانت خصائص نمو كافة العزلات ضعيفة عند حرارة 35 °س ومتوسطة عند 20 °س و30 °س. تتفق هذه النتيجة مع دراسات سابقة تشير إلى أن الحرارة المثلى للفطر *B. bassiana* تراوحت ما بين 23-28 °س (Hallsworth & Magan, 1999). أظهرت نتائج مقارنة خصائص العزلات المحلية للفطر *B. bassiana* تشابه خصائص العزلات الثلاثة عند كل درجات الحرارة المدروسة باستثناء العزلة C عند حرارة 35 °س التي أعطت معدلات إنتاجية ونسبة إنبات تفوق باقي العزلات بعد 20 ساعة مما يدل على تحملها لدرجات الحرارة المرتفعة قياساً بباقي العزلات، تلتها العزلة D التي تفوقت في نسبة إنباتها بعد 24 ساعة إلا أن هذا يجعلها متأخرة في الإنبات عن العزلة C، التي يمنحها معدل إنباتها العالي عند حرارة 35 °س فرصة أكبر من باقي العزلات في إصابة الأفات المستهدفة في ظروف الحرارة العالية، فالأبواغ المنبثة هي الأبواغ التي تعتبر فعالة في المكافحة كونها تتسم بالحيوية الكافية مما يساعدها على اختراق كيونتيكل العائل (Boucias & Latgé, 1988) كما بين Pekrul & Grula (1979) أن سلالات الفطر *B. bassiana* ذات القدرة الإراضية العالية تنمو وتتنبت بسرعة في حين تستغرق السلالات ذات القدرة الإراضية المنخفضة وقتاً أطول (Pekrul & Grula, 1979). فقد سبق وذكر

وضعت الأنثى بالمتوسط 28، 4.33 و3.33 بيضة بعد المعاملة بالتركيزات 10⁴، 10⁵ و10⁶ بوغة/مل على التوالي من العزلة B مقابل 28.33 بيضة للشاهد. أما بعد المعاملة بالعزلة D فكانت المتوسطات 13، 15 و6 بيضة للتركيزات الثلاثة، على التوالي، وبالمقابل كانت المتوسطات 14، 11 و3 بيضة/أنثى بعد المعاملة بالعزلة C. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروق معنوية بين متوسطات عدد البيض الموضوع من قبل الأنثى بين العزلات بالتركيز 10⁴ بوغة/مل من جهة وبين العزلات والشاهد من جهة أخرى. كما تبين بعد المعاملة بالتركيز 10⁵ بوغة/مل عدم وجود فروق معنوية بين العزلات في حين كان الفرق معنوياً بين العزلة B والشاهد، بينما أصبحت الفروق معنوية بين الشاهد وكل العزلات بالتركيز 10⁶ بوغة/مل وبقيت الفروق بين العزلات الثلاث غير معنوية عند كل التركيزات المدروسة.

المناقشة

أظهرت نتائج مقارنة خصائص العزلات المحلية للفطر *B. bassiana* في هذه الدراسة تأثيراً قوياً لدرجة الحرارة في كافة الصفات المزعية المدروسة للعزلات بحيث كانت 25 °س أفضل مستوى حرارة لنمو كافة العزلات

السعود (2018) أن العزلة C توقفت على باقي العزلات في مكافحة عثة درنات البطاطا *P. operculella* في الحقل (الموسم الربيعي) والمخزن، وبالتالي من خلال نتائج هذا البحث يمكن القول أن تحملها للحرارة العالية قياساً بباقي العزلات قد يكون أحد أسباب تفوقها. أشارت العديد من الدراسات إلى اختلاف القدرة الإمراضية للفطر *B. bassiana* على الآفات باختلاف درجة الحرارة فكانت درجة الحرارة المثلى لإحداث المرض على حافرة قصب السكر *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) هي 26 °س ثم الدرجة 32 °س ثم الدرجة 20 °س (Svedese et al., 2013).

أشارت نتائج هذه الدراسة أن المعاملة بالعزلات المحلية للفطر *B. bassiana* أدت إلى نفوق الإناث وبدا التأثير واضحاً خلال الفترة 4-6 أيام بعد المعاملة ولم يظهر التأثير بعد ذلك بسبب نفوق كافة الأفراد بما فيها الشاهد في الأيام 8-10 بعد المعاملة. تتوافق هذه النتيجة مع دراسات سابقة تؤكد أن الفترة الزمنية من العدوى بالفطر التي تؤدي للنفوق تتراوح في أغلب الأحيان ما بين 5-8 أيام، وأن تلك الفترة ترتبط بعدة عوامل أهمها الحرارة والرطوبة والطور (MacLeod, 1963). تشير بعض الدراسات إلى زيادة حساسية إناث بعض الحشرات تجاه الفطور الممرضة للحشرات قياساً بذكورها مثل زيادة حساسية إناث بقعة القطن المبرقشة *Dysdercus peruvianus* عن ذكورها عند معاملتها بالفطر *Metarhizium anisopliae* (Lubeck et al., 2008)، ولكن في حالات أخرى حدث العكس حيث تكون الذكور أكثر حساسية من الإناث كما في ذبابة الخل *Drosophila melanogaster*، وهذا ما تم تفسيره بجين مسؤول عن تلك المقاومة مرتبط بالجنس والتي يتم حفظها عبر الأنواع (Wang et al., 2017).

يفسر نفوق الحشرات بعدة أسباب يمكن إيجازها بإفراز الفطر للأنزيمات بغرض تسهيل اختراقه لكيوتيكال العائل قبل وأثناء الاختراق مما يجعله رقيقاً (Halouane et al., 2013)، وإفراز الفطر للسموم مثل Bassiacridin، Bassianin و Oosporein التي تتهك الحشرة بعد غزو الفطر للهيموليمف (Jeffs & Khachatourians, 1997)، بالإضافة إلى الضرر الميكانيكي الناتج عن نمو هيفات الفطر على أجزاء جسم العائل مما يعيق الكثير من العمليات الحيوية كالتغذية (Cheung & Guala, 1982) والتكاثر (مهدي وعبد الله محمد، 2010).

إن الخصائص المتشابهة للعزلات المدروسة في هذا البحث عند حرارة 25 °س سيؤدي إلى تأثيرات محتملة متشابهة في خصوبة الإناث عند ذلك المستوى من الحرارة ما لم تؤخذ العوامل الأخرى بعين الاعتبار. فالفرق بين العزلات الثلاثة من حيث النمو والإنتاجية والإنبات كانت غير معنوية عند حرارة 25 °س، التي ظهرت مثالية لنمو كافة العزلات، إلا أنه بنتيجة هذا البحث تباينت العزلات في شدة تأثيرها في خصوبة

عثة درنات البطاطا حيث أعطت العزلة B عند حرارة 25 °س أعلى نسب نفوق عند تطبيق التركيز العالي، الأمر الذي يمكن تفسيره بعوامل أخرى غير خصائص العزلات وأهمها الشراسة النسبية العالية لهذه العزلة قياساً بباقي العزلات. تعبر الشراسة عن القدرة الإمراضية للفطر في الظروف المضبوطة التي تتيح له المجال للتعبير عن نفسه (Mandava & Morgan, 1985)، وتعود الاختلافات في درجة الشراسة بين العزلات إلى تنوعات وراثية تعطيها تخصصية أو توزع جغرافي معين خاص بالسلالة (Coates et al., 2002).

تقوم الدراسات الحديثة في مجال مكافحة الحيوية باستعمال ممرضات الحشرات على إعداد نماذج رياضية تساعد في تقدير احتمالية حدوث العدوى بالفطر وتأثيراتها المحتملة في الآفات، كما فعل Gougouli & Koutsoumanis (2012) عندما درس النموذج الرياضي لإنبات فطر *Aspergillus niger* و *Penicillium expansum* تحت تأثير درجات الحرارة لفهم ديناميكية الفطر. بنتيجة هذا البحث تم تتبع إنبات العزلات تحت تأثير درجات الحرارة الثابتة وتطبيق العزلات بتركيز مختلفة عند درجة الحرارة المفضلة لتلك العزلات وهي 25 °س، وتبين أن المعاملة بالعزلات المحلية للفطر *B. bassiana* خفضت خصوبة إناث عثة درنات البطاطا إلى درجة قريبة من العدم أحياناً، وازداد الانخفاض بازدياد التركيز كما ظهر من خلال خط الانحدار. تفيد المعادلة الرياضية لخط الانحدار في تقدير عدد البيض الذي تضعه الأنثى بناءً على التركيز المطبق. إن الاهتمام العلمي في فهم ديناميكية الأبواغ من خلال الخصائص المدروسة وإعطاء معادلة رياضية لعدد البيض المقابل لكل تركيز في هذا البحث يمكن أن تستعمل كأداة في برامج إدارة عثة درنات البطاطا/البطاطس.

يشير وجود الفطر على نهايات البطن عند الأفراد أثناء التزاوج في هذه الدراسة إلى الانتقال الأفقي للفطر من خلال التزاوج واحتمالية الانتقال العمودي (الرأسي) للفطر عند الأفراد عن طريق تماسه مع البيض الذي ستضعه الأنثى إن بقيت حية أو احتمالية أن تضع الأنثى المصابة بيضاً مصاباً، وبالتالي ستخفض معدلات الفقس أيضاً. عُرف عن بيض عثة درنات البطاطا حساسيتها للعزلات المحلية للفطر *B. bassiana* (السعود وآخرون، 2017) ولو جمعنا ما بين تأثير العزلات المحلية للفطر *B. bassiana* في تخفيض عدد البيض الذي تضعه أنثى عثة درنات البطاطا/البطاطس، كما وجدنا في هذا البحث، وما بين تأثيرها المحتمل في البيض الذي يمكن أن تضعه الأنثى المصابة سنجد فعالية عالية لتلك العزلات في تخفيض عدد أفراد الجيل الناتج. فالأنثى المصابة تضع أعداداً قليلة من البيض من جهة، ومن جهة أخرى فإن البيوض القليلة التي ستبقى لديها احتمال كبير بأن تصاب ولا تقف. وهنا تظهر الأهمية المباشرة وغير المباشرة للفطر *B. bassiana* في مكافحة عثة درنات

B. bassiana وديناميكيته بناءً على درجات الحرارة والتركيز على خصوبة الإناث الناتجة عن المعاملة بتلك العزلات. بنتيجة هذا البحث أظهرت العزلات المحلية للفطر *B. bassiana* كفاءة عالية في تخفيض خصوبة إناث عثة درنات البطاطا، مما يشجع على استخدامها في برامج مكافحة المتكاملة للأفة. كما أن الإنتاجية العالية والإنبات العالي للعزلة C يجعلها عزلة مرشحة للعمل على انتاجها الكمي وتطبيقها الحقلية حيث الحرارة العالية، والشراسة العالية للعزلة B تجعلها عزلة قوية أيضاً ضمن الظروف المتحكم بها.

البطاطا من خلال التخفيض المعنوي لأعداد أفراد الجيل الناتج عن الأفراد المصابة. توافقت هذه الدراسة مع دراسات سابقة عن انخفاض خصوبة الإناث المعاملة بالفطر *B. bassiana* كما هو حال عند خنفساء جنور الذرة *Diabrotica virifera* وخنفساء الكولورادو *Leptinotarsa decemlineata* (Fargues et al., 1997؛ Mulock & Chandler, 2001).

تعتبر هذه الدراسة داعمة لتلك الدراسات المحلية التي قام بها السعود (2018) لاستخدام العزلات المحلية للفطر في مكافحة عثة درنات البطاطا مع تركيز الاهتمام بخصائص العزلات المحلية للفطر

Abstract

Al-Saoud, N.H. 2019. A Biological study on native isolates of the fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill. at different constant temperatures and their effects on potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) females. Arab Journal of Plant Protection, 37(3): 240-250.

A comparative study among three native Syrian isolates of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill. collected from different geographical locations (isolate B from Latakia, isolate C from Aleppo, isolate D from Damascus) was carried out. Isolates' vitality was evaluated under four constant temperatures: 20, 25, 30 and 35°C. Effect of temperature on isolates characteristics (growth, spore production and germination) was also studied. The best performance for all isolates was at 25°C and the least at 35°C. Variation among the isolates were insignificant at all studied temperatures, except for isolate C at 35°C, which surpassed other isolates. The effect of three spore concentrations of the three isolates at 10⁴, 10⁵ and 10⁶ spore/ml was tested at 25°C and R.H 60%±5 on accumulative mortality and the fecundity of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller). All three isolates were effective in controlling the pest at the concentration of 10⁶ spore/ml, where the mortality of females was increased significantly in comparison with the control, on the 6th day after treatment, and reached 100% for females of all isolates, in contrast to 77.7% in the control. Isolate B was the most virulent one, it surpassed the other isolates in causing moth mortality. All three isolates caused a decrease in fecundity and was highest at the concentration of 10⁶ spore/ml, and reached 3.33, 3, 6 egg/female after treatment with isolates B, C, D, respectively, compared to 28.33 egg/female for the control. Results obtained suggest that using native isolates of *B. bassiana* is effective in controlling the potato tuber moth and decrease its population in the field.

Keywords: *Beauveria bassiana*, bio-control, *Phthorimaea operculella*, potato tuber moth.

Corresponding author: Nisreen Al-Saoud, Plant Protection Department, Baath University, Homs, Syria, Email: nisreensoud@gmail.com

References

- البنندورة/الطماطم *Tuta absoluta* Meyrick. مجلة وقاية النبات العربية، 35: 103-109.
<http://dx.doi.org/10.22268/AJPP-035.2.103109>
المجموعة الإحصائية. 2015. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق، سورية.
مهدي، فيحاء عبود وحسام الدين عبد الله محمد. 2010. استعمال الفطر الأحيائي *Beauveria bassiana* (Balsamo) في مكافحة عثة درنات البطاطا. مجلة الأنبار للعلوم الزراعية، 8: 341-334.
Boucias, D.G. and J.P. Latgé. 1988. Nonspecific induction of germination of *Conidiobolus obscurus* and *Nomuraea rileyi* with host and non-host cuticle extracts. Journal of Invertebrate Pathology, 51: 168–171. [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(88\)90077-8](https://doi.org/10.1016/0022-2011(88)90077-8)
Cheung, P.Y.K. and E.A. Grula. 1982. In vivo events associated with entomopathology of *Beauveria bassiana* for the corn earworm (*Heliothis zea*). Journal of Invertebrate Pathology, 39: 303–313. [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(82\)90054-4](https://doi.org/10.1016/0022-2011(82)90054-4)

المراجع

- أحمد محمد، ابتسام غزال، لبنى رجب وأمل حاج حسن. 2017. فعالية عزلة محلية للفطر *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. في قتل يرقات حافرة أوراق البنندورة/الطماطم *Tuta absoluta* Meyrick. مجلة وقاية النبات العربية، 35: 1-5. <http://dx.doi.org/10.22268/AJPP-035.1.001005>
السعود، نسرين. 2005. دراسة بيولوجية وبيئية على فراشة درنات البطاطا وطرق مكافحتها في محافظة حمص. أطروحة ماجستير، جامعة دمشق. 113 صفحة.
السعود، نسرين، دمر نمور وعلي ياسين علي. 2017. حساسية بيض عثة درنات البطاطا *Phthorimaea operculella* لعزلات محلية من الفطر الممرض *Beauveria bassiana*. مجلة وقاية النبات العربية، 35: 110-116. <http://dx.doi.org/10.22268/AJPP-035.2.110116>
السعود، نسرين. 2018. اختبار كفاءة عزلات محلية من الممرضات الحشرية في مكافحة فراشة درنات البطاطا. أطروحة دكتوراه، جامعة البعث. 153 صفحة.
العيسى، زياد، عبد الناصر تريسي، فاتح خطيب ومصطفى البوحسيني. 2017. فعالية الفطر *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillumin الممرض للحشرات إزاء حشرة حافرة أوراق

- MacLeod, D.** 1963. 6-Entomophthorales Infections 1. Pages 189-231. In: Insect Pathology. Academic Press.
- Maharjan, R.** 2011. Rearing methods of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Korean Journal of Soil Zoology, 15: 53-57.
- Mandava, N.B. and E.D. Morgan.** 1985. Microbial insecticides. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA.
- Meadow, R., J. Vandenberg and A.M. Shelton.** 2000. Exchange of inoculum of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Hyphomycetes) between adult flies of the cabbage maggot *Delia radicum* L. (Diptera: Anthomyiidae). Biocontrol Science and Technology, 10: 479-485. <https://doi.org/10.1080/09583150050115061>
- Mishra, S., P. Kumar and A. Malik.** 2015. Effect of temperature and humidity on pathogenicity of native *Beauveria bassiana* isolate against *Musca domestica* L. Journal of Parasitic Diseases, 39: 697-704. <https://doi.org/10.1007/s12639-013-0408-0>
- Mulock, B.S. and L.D. Chandler.** 2001. Effect of *Beauveria bassiana* on the Fecundity of Western Corn Rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of Biological Control, 22: 16-21. <https://doi.org/10.1006/bcon.2001.0952>
- Ortiz-Urquiza, A. and N.O. Keyhani.** 2013. Action on the surface: entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. Insects, 4: 357-374. <https://doi.org/10.3390/insects4030357>
- Pekrul, S. and E.A. Grula.** 1979. Mode of infection of the corn earworm (*Heliothis zea*) by *Beauveria bassiana* as revealed by scanning electron microscopy. Journal of Invertebrate Pathology, 34: 238-247. [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(79\)90069-7](https://doi.org/10.1016/0022-2011(79)90069-7)
- Samuels, K.D.Z., J.B. Heale and M. Llewellyn.** 1989. Characteristics relating to the pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* toward *Nilaparvata lugens*. Journal of Invertebrate Pathology, 53: 25-31. [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(89\)90070-0](https://doi.org/10.1016/0022-2011(89)90070-0)
- Sporleder, M., O. Zegarra, E.M.R. Cauti and J. Kroschel.** 2008. Effects of temperature on the activity and kinetics of the granulovirus infecting the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae). Journal of Biological Control, 44: 286-295. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.10.021>
- Svedese, V.M., E.A. de Luna Alves Lima and A.L.F. Porto.** 2013. Horizontal transmission and effect of temperature in pathogenicity of *Beauveria bassiana* against *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). Brazilian Archives of Biology and Technology, 56: 413-419. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132013000300009>
- Vidal, C., J. Fargues and L.A. Lacey.** 1997. Intraspecific variability of *Paecilomyces fumosoroseus*: effect of temperature on vegetative Growth. Journal of Invertebrate Pathology, 70: 18-26. <https://doi.org/10.1006/jjpa.1997.4658>
- Coates, B.S., R.L. Hellmich and L.C. Lewis.** 2002. Allelic variation of a *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) minisatellite is independent of host range and geographic origin. Genome, 45: 125-132. <https://doi.org/10.1139/g01-132>
- FAO statistics.** 2008. <http://www.fao.org/potato-2008/ar/potato/TYP-6ar.pdf>
- Fargues, J., M.S. Goettel, N. Smits, A. Ouedraogo and M. Rougier.** 1997. Effect of Temperature on Vegetative Growth of *Beauveria bassiana* isolates from different origins. Mycologia, 89: 383-392. <https://doi.org/10.2307/3761032>
- Gougouli, M. and K.P. Koutsoumanis.** 2012. Modeling germination of fungal spores at constant and fluctuating temperature conditions. International Journal of Food Microbiology, 152: 153-161. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.030>
- Hallsworth, J.E. and N. Magan.** 1999. Water and temperature relations of growth of the entomogenous fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Paecilomyces farinosus*. Journal of Invertebrate Pathology, 74: 261-266. <https://doi.org/10.1006/jjpa.1999.4883>
- Halouane, F., F.Z. Bissaad, B. Doumandji-Mitiche, F. Benzina, N. Chahbar and S. Hamid.** 2013. Study of the effect of *Beauveria bassiana* (Vuil.) on the biochemistry and structure of the cuticle of *Schistocerca gregaria* (Forsk.). Annals of Biological Research, 4: 68-74.
- Inglis, G.D., D.L. Johnson and M.S. Goettel.** 1997. Effects of temperature and sunlight on mycosis (*Beauveria bassiana*) (Hyphomycetes: Symptodulosporae) of grasshoppers under field conditions. Environmental Entomology, 26: 400-409. <https://doi.org/10.1093/ee/26.2.400>
- Jeffs, L.B. and G.G. Khachatourians.** 1997. Toxic properties of *Beauveria* pigments on erythrocyte membranes. Toxicon, 35: 1351-1356. [https://doi.org/10.1016/S0041-0101\(97\)00025-1](https://doi.org/10.1016/S0041-0101(97)00025-1)
- Kroschel, J.** 2006. Management of the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera, Gelechiidae) – an invasive pest of global proportional. In: Proceedings of the Sixth World Potato Congress August 20-26, 2006. 20 August 2006 Boise, Idaho, USA.
- Lacey, L.A.** 1997. Manual of Techniques in Invertebrate Pathology. Second Edition. Academic Press, USA. 504pp. <https://doi.org/10.1016/C2010-0-66784-8>
- Liu, H., X. Zhao, M. Guo, H. Liu and Z. Zheng.** 2015. Growth and metabolism of *Beauveria bassiana* spores and mycelia. BMC Microbiology, 15, article No. 267. <https://doi.org/10.1186/s12866-015-0592-4>
- Lubeck, I., W. Arruda, B.K. Souza, F. Stanisçuaski, C.R. Carlini, A. Schrank and M.H. Vainstein.** 2008. Evaluation of *Metarhizium anisopliae* strains as potential biocontrol agents of the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* and the cotton stainer *Dysdercus peruvianus*. Fungal Ecology, 1: 78-88. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2008.09.002>

Wraight, S.P., R.I. Carruthers, C.A. Bradley, S.T. Jaronski, L.A. Lacey, P. Wood and S. Galaini-Wraight. 1998. Pathogenicity of the entomopathogenic fungi *paecilomyces* spp. and *Beauveria bassiana* against the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii*. Journal of invertebrate pathology, 71: 217–226. <https://doi.org/10.1006/jipa.1997.4734>

Wang, J.B., H.-L. Lu and R.J.S. Leger. 2017. The genetic basis for variation in resistance to infection in the *Drosophila melanogaster* genetic reference panel. PLoS Pathogens, 13(3): p.e1006260. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1006260>

Received: December 20, 2018; Accepted: August 6, 2019

تاريخ الاستلام: 2018/12/20؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2019/8/6