

دراسة مخبرية لإمكانية استخدام عزلات محلية من الفطر *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil. في تثبيط نمو الفطر الممرض للبندورة *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

* د. ابتسام غزال

** د. لبنى رجب

(تاريخ الإيداع ١١/١١/٢٠٢٤ . قبل للنشر في ٢٣/٣/٢٠٢٥)

□ ملخص □

نُفذ البحث لتقييم قدرة عزلتين من الفطر الممرض للحشرات B4) *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. وB2) على تثبيط نمو عزلتين من الفطر الممرض لنبات البندورة *F.oxysporum* f.sp.*lycopersici* (FO6 وFO7) مخبرياً. اتبعت طرائق مختلفة لتنفيذ التصاد بين الفطرين، وهي الزراعة المزدوجة ضمن طبق البتري في نفس الوقت، والزراعة المزدوجة ضمن طبق البتري بزراعة عزلات الفطر *B. bassiana* قبل يومين من زراعة الفطر *F.oxysporum* f.sp.*lycopersici*، كما طبق الفطر *B. bassiana* باستخدام المعلق البوغي بعدة تراكيز وهي، 10^5 ، 10^6 ، 10^7 ، و 10^8 بوغ/مل.

أظهرت نتائج هذه الدراسة قدرة العزلتين المستخدمتين من الفطر *B. bassiana* على تثبيط نمو الفطر المسبب للذبول الوعائي في نبات البندورة *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* مخبرياً باستخدام جميع الطرائق المدروسة، مع تفوق طريقتي الزراعة المزدوجة بزراعة الفطر *B. bassiana* قبل يومين من زراعة الفطر فيوزاريوم وطريقة استخدام المعلق البوغي بالتراكيز العليا (10^7 و 10^8 بوغ/مل) مع نسب تثبيط وصلت إلى ٧١,٩٢ و ٧١,٤٦ % عند استخدام العزلة B2 في تثبيط نمو العزلتين FO6 وFO7، بعد ١٠ أيام من التحضين، على التوالي.

الكلمات المفتاحية: التصاد، الفطور الممرضة للحشرات، الذبول الوعائي، الزراعة المزدوجة، المعلق البوغي، *Beauveria bassiana*.

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

** قائم بالأعمال، قسم وقاية النبات، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سورية. lobnarajabbassiana@gmail.com

In vitro study of the possibility of using local isolates of the fungus *Beauveria bassiana* to inhibit the growth of tomato pathogenic fungus *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

Dr.Ibtisam Ghazal *

Dr.Lobna Rajab **

(Received 11/11/2024 . Accepted 23/3/2025)

□ ABSTRACT □

This research was conducted to evaluate, in the laboratory, the ability of two local isolates of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (B2 and B4) to inhibit the growth of two isolates of the phytopathogenic fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FO6 and FO7). Different methods were followed to assay the antagonism, dual planting in the same plate on the same day, and dual planting by planting *B. bassiana* isolates before two days of planting *F. oxysporum* isolates at the same plate. In addition, the fungus *B. bassiana* was applied using the spore suspension in several concentrations (10^5 , 10^6 , 10^7 , and 10^8 spore/ ml).

Results demonstrated the ability of the used isolates of the fungus *B. bassiana* to inhibit the growth of the vascular wilt fungus *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* in all followed methods with significantly superior of the method of planting *B. bassiana* isolates two days of *F. oxysporum* isolates planting and the spore suspension method by the highest concentrations (10^7 and 10^8 spore suspension). Inhibition rates of isolate B2 reached 71.92 and 71.46 % after 10 days of treatment against the growth of FO6 and FO7, respectively.

Keywords: Antagonism, Entomopathogenic Fungi, vascular wilt, Dual planting, spore suspension, *Beauveria bassiana*.

* Assistance Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University, Latakia, Syria.

** Lecturer, Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University, Latakia, Syria

✉ lobnarajabbassiana@gmail.com

المقدمة

عُرف الفطر (*Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil. (Hypocreales: Cordycipitaceae) منذ تعريفه كفطر ممرض لمجال واسع من الحشرات ومفصليات الأرجل (Vega and Blackwell, 2005; Meyling and Eilenberg, 2007), إذ سُجّل كعدو طبيعي لأكثر من ٧٠٠ نوع من مفصليات الأرجل تضمّنت حشرات عديدة تنتمي لـ ١٥ رتبة حشرية مختلفة وأكاروسات تنتمي لست عائلات مختلفة (Inglis et al., 2001; Imoulan et al., 2017; Mwamburi, 2020). بالإضافة لامتلاكه مدىً عوائلياً واسعاً، فهو يمتلك مجالاً جغرافياً واسعاً وانتشاراً عالمياً (Roberts, 1989). ولكن في الفترة الأخيرة برز دورٌ بيئي جديد للفطر *B. bassiana* في مجال مكافحة ممرضات النبات الفطرية، ومن أهمها الفطور التابعة للأجناس الآتية: *Fusarium* Link و *Pythium* Pringsheim و *Rhizoctonia* D.C. و *Penicillium* Link (Griffin, 2007; Ownley et al., 2008; Ownley et al., 2010; Tomilova et al., 2020; Picciotti et al., 2023; Russo et al., 2023). ونظراً للتوّع الوراثي الكبير ضمن النوع *B. bassiana* والسمية العالية لنواتج استقلابه الثانوية، لم يكن مفاجئاً ظهور قدرته على حماية النباتات من الممرضات النباتية بالإضافة إلى خصائصه الممرضة للحشرات. وظهرت أدلة تشير لإمكانية استخدامه كعامل حيوي ثنائي الغرض ضد الآفات الحشرية والممرضات النباتية (Ownley et al., 2010; Jaber and Ownley, 2018). بالعموم تختلف الآلية التي يستطيع فيها عامل المكافحة الحيوية كبح ممرض التربة، وتشمل التضاد، والمنافسة على المكان والغذاء (الإبعاد/ الإقصاء المكاني)، والتطفل/ الإقتراس، وتخليق استجابة دفاعية في النبات (Chin- A- Woeng et al., 2003). وحتى الآن، تعد معظم الأبحاث المتعلقة بإمكانية استخدام الفطر *B. bassiana* كعامل مكافحة ضد الممرضات النباتية محدودة بالدراسات المخبرية للنمو وتحلل الخلايا.

وفي هذا الصدد، يُعد مرض الذبول الفيوزاريومي *Fusarium Wilt* المتسبب عن الفطر *Fusarium* (Hypocreales: Nectriaceae) *oxysporum* f.sp. *lycopersici* W.C. Snyder & H.N. Hansen أحد أهم الأمراض الفطرية التي تُسبب خسائر اقتصادية كبيرة على محصول البندورة عالمياً (Srinivas et al., 2019; Adhikai et al., 2020)، وهو من الأمراض الصعبة المكافحة، ويحظى بأولوية لدى المزارعين والباحثين. يبقى هذا الفطر في التربة على شكل ميسليوم مترمم أو أبواغ كلاميديّة، والتي تنبت بتحريض المواد المفرزة من جذور العائل. تخترق الخيوط الفطرية جذور العائل، وتتمو في الأوعية الناقلة للنبات منقولة في الساق باتجاه الأعلى، مما يسبب انسداداً في الأوعية الناقلة وتعطيلاً لتيار النسغ الناقص، وبالتالي تنقطع التروية المائية عن النبات مسببة الذبول (Stephen and Andre, 2003). يفرز الفطر توكسينات داخل الأنسجة النباتية أهمها حمض الفيوزاريك، والتي تنتقل مع نسغ النبات فتؤثر على النفاذية الخلوية للأغشية، وتؤدي لزيادة معدل النتح، فيتخرب الكلوروفيل وتصفّر أوراق النبات (Agrios, 2005). وقد ظهر مؤخراً اهتمام عالمي في استخدام عوامل مكافحة حيوية بما فيها الفطور في محاولة السيطرة على هذا المرض وتقليل استخدام المبيدات الكيميائية السامة للعديد من عناصر ومكونات البيئة (Haque et al., 2023; Swett et al., 2023).

أهمية البحث وأهدافه

تُعدت هذه الدراسة نظراً لانتشار الذبول الفيوزاريومي على البندورة في منطقة الساحل السوري بشكل واسع وصعوبة مكافحته، والحاجة إلى إيجاد بدائل للمبيدات الكيميائية، ومن جهةٍ أخرى لمعرفة إمكانية الاستفادة من الكائنات الدقيقة المحلية الموجودة في بيئتنا والمتأقلمة مع ظروفنا ومن أهمها الفطر *B. bassiana* في مكافحة هذا المرض مخبرياً للانتقال لاحقاً إلى التطبيق الحقل في حال نجاحه. ولتحقيق ذلك هدف هذا البحث إلى تقييم قدرة عزلتين محليتين من الفطر *B. bassiana* (B2 و B4) مخبرياً على تثبيط نمو عزلتين محليتين من الفطر المسبب لذبول البندورة الفيوزاريومي من خلال الزراعة المزدوجة ضمن طبق البتري ومن خلال استخدام المعلق البوغي بتركيز مختلفة.

طرائق البحث ومواده

نفذ البحث في مختبر الأمراض الفطرية-قسم وقاية النبات في كلية الهندسة الزراعية بجامعة اللاذقية خلال العام ٢٠١٧.

١-العزلات الفطرية المستخدمة

استُخدمت عزلتان من الفطر *B. bassiana*، وهما العزلتان B2 و B4 المعزولتان من ترب لوزيات وبقدونس على التوالي من محافظة طرطوس (أحمد وآخرون، ٢٠١٦)، واستُخدمت عزلتان من الفطر *F. oxysporum. lycopersici*، وهما العزلتان FO6 و FO7 المعزولتان من نباتات بندورة مصابة بالمرض مزروعة في بيوت محمية من محافظة طرطوس (المغربي وآخرون، ٢٠١٦). حُفظت العزلات الفطرية على مستنبت ديكستروز آغار البطاطا (PDA) Potato Dextrose Agar في البراد عند الدرجة ٤ °س لحين الاستخدام.

٢- الزراعة المزدوجة في طبق البتري في نفس الوقت

دُرِس التضاد بين الفطرين المدروسين من خلال الزراعة المزدوجة ضمن طبق البتري بزراعة قرص من كل فطر بقطر ٥ ملم على بعد ١ سم من حافة الطبق (٩ سم) الحاوي على مستنبت ديكستروز آغار البطاطا PDA. تم تنفيذ معاملة لكل عذلة من *F. oxysporum. lycopersici* مع كل عذلة *B. bassiana*، وزرعت أطباق الشاهدين FO6 و FO7 بغياب الفطر *B. bassiana* باتباع نفس الطريقة (الجدول ١). حُصِر ثلاثة أطباق بتري لكل معاملة، وحُصِنَت الأطباق في الظلام عند درجة حرارة ٢٥ ± ١ °س لمدة ١٠ أيام (Taechowisan et al., 2009).

فُحصت الأطباق بعد ٣ و ٧ و ١٠ أيام من التحضين بقياس القطر الشعاعي لمستعمرات الفطر *F. oxysporum. lycopersici*. حُسبت قدرة الفطر *B. bassiana* على تثبيط نمو الفطر *F. oxysporum. lycopersici* بالمقارنة مع الشاهد باستخدام المعادلة الآتية: نسبة التثبيط (%) = ١٠٠ - (نصف قطر المستعمرة في الشاهد - نصف قطر المستعمرة في المعاملة) / نصف قطر المستعمرة في الشاهد (Bora and Özaktan, 1998).

الجدول (١): المعاملات المنقّدة لدراسة التضاد بين عزلتين من الفطر *Beauveria bassiana* (B2 و B4) وعزلتين من الفطر *Fusarium oxysporum lycopersici* (FO6 و FO7) من خلال الزراعة المزدوجة على مستنبت PDA ضمن طبق البتري

المعاملة	رمز المعاملة
B2 + FO6	T1
B2 + FO7	T2
B4 + FO6	T3
B4 + FO7	T4
الشاهد FO6	T5
الشاهد FO7	T6

٣- الزراعة المزدوجة في طبق البتري بزراعة عزلات الفطر *B. bassiana* قبل عزلات الفطر *F. oxysporum. lycopersici*

نُفذت التجربة كما في الفقرة السابقة وبنفس المعاملات، باستثناء أنّ زراعة أقراص الفطر *B. bassiana* لكل من العزلتين B2 و B4 تمت قبل يومين من زراعة أقراص الفطر *F. oxysporum* (العزلتين FO6 و FO7) ضمن نفس طبق البتري.

٤- التضاد من خلال إضافة المعلق البوغي للفطر *B. bassiana* إلى المستنبت الغذائي

حُضِر المعلق البوغي لكل من العزلتين B2 و B4 باستخدام مستعمرات بعمر ١٤ يوماً. حُصِدت الأبواغ الكونيدية لكل مستعرة بإضافة ماء مقطر معقم إلى طبق البتري وكُشِط سطح المستعمرة بلطف باستخدام إبرة معقمة. رُشِح المعلق الناتج بواسطة طبقتين من الشاش المعقم ووضع المعلق الناتج بعد إضافة ٠,٠٥% محلول توين ٨٠ على رجاج كهربائي لمدة ١٠ دقائق لتحقيق تجانس توزع الأبواغ. حُسِب تركيز المعلقات البوغية الناتجة باستخدام شريحة مالاسييه، وحُضِرَت عدّة تراكيز لكل عذلة وهي 10^8 ، 10^7 ، 10^6 ، و 10^5 بوغ/مل وذلك من خلال التخفيف من المعلق الأساسي باستخدام الماء المقطر المعقم (Inglis et al., 2012).

أُضيف ١ مل من كل تركيز لكل عذلة إلى أطباق بتري تحوي المستنبت PDA المتصلّب (قطر ٩ سم) بمعدّل ١ مل لكل طبق. ثم زُرِع قرص بقطر ٥ مم من مستعمرات كل من العزلتين FO6 و FO7 (كل على حده) في وسط كل طبق بتري بشكل مباشر بعد إضافة المعلق البوغي للفطر *B. bassiana*. نُفذت معاملة الشاهد لكل عذلة فيوزاريوم بدون المعلق البوغي للفطر *B. Bassiana*. حُصِنَت الأطباق في الظلام عند الدرجة 25 ± 1 °س لمدة ١٠ أيام، ونُفذت التجربة بمعدّل ٣ مكررات لكل تركيز لكل عذلة. حُسِبَت قدرة الفطر *B. bassiana* على تثبيط نمو الفطر *F. oxysporum. lycopersici* بالمقارنة مع الشاهد في اليوم العاشر من التحضين كما في الفقرة (٢).

٥- التحليل الإحصائي

استُخدم البرنامج GenStat لتحليل البيانات إحصائياً. خضعت البيانات لاختبار التباين أحادي العوامل One Way-ANOVA، وفُصِلت المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية ٥%. حُسِب الانحراف المعياري SD للمتوسطات.

النتائج

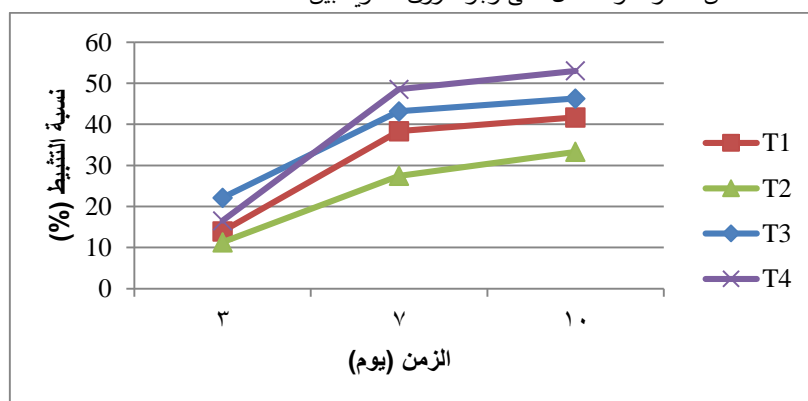
١- الزراعة المزدوجة في طبق البتري في نفس الوقت

أظهرت النتائج قدرة واضحة للفطر *B.bassiana* على تثبيط نمو الفطر *F.oxysporum* مخبرياً مع ازدياد نسب التثبيط مع الزمن (الشكل ٢، ١)، ويوضح الجدول (٢) وجود فروق معنوية في النمو بين عزلي الفطر *B.bassiana* مع تقوّق العزلة B4 على العزلة B2 في قدرتها على تثبيط نمو الفطر المسبب لذبول نبات البندورة في الزراعة المزروجة ضمن طبق البتري، ومع ملاحظة وجود فروق معنوية في نمو عزلي الفطر فيوزاريوم في معاملات كلتا العزلتين (B2 و B4) مقارنةً مع النمو في الشاهد. بالعموم لم تكن نسب التثبيط مرتفعة في معظم المعاملات، ولم تتجاوز ٥٥%. بلغت أعلى نسبة تثبيط ٥٣,٠١% عند التضاد بين العزلة B4 والعزلة FO7 بعد ١٠ أيام من المعاملة. بينما كانت نسبة تثبيط نمو العزلة FO7 عند التضاد مع العزلة B2 ٣٣,٣٣% بعد ١٠ أيام من المعاملة. وبلغت نسب تثبيط نمو العزلة FO6 ٤١,٦٨ و ٤٦,٢٧% عند التضاد مع كل من العزلتين B2 و B4، على التوالي (الشكل ١، ٢).

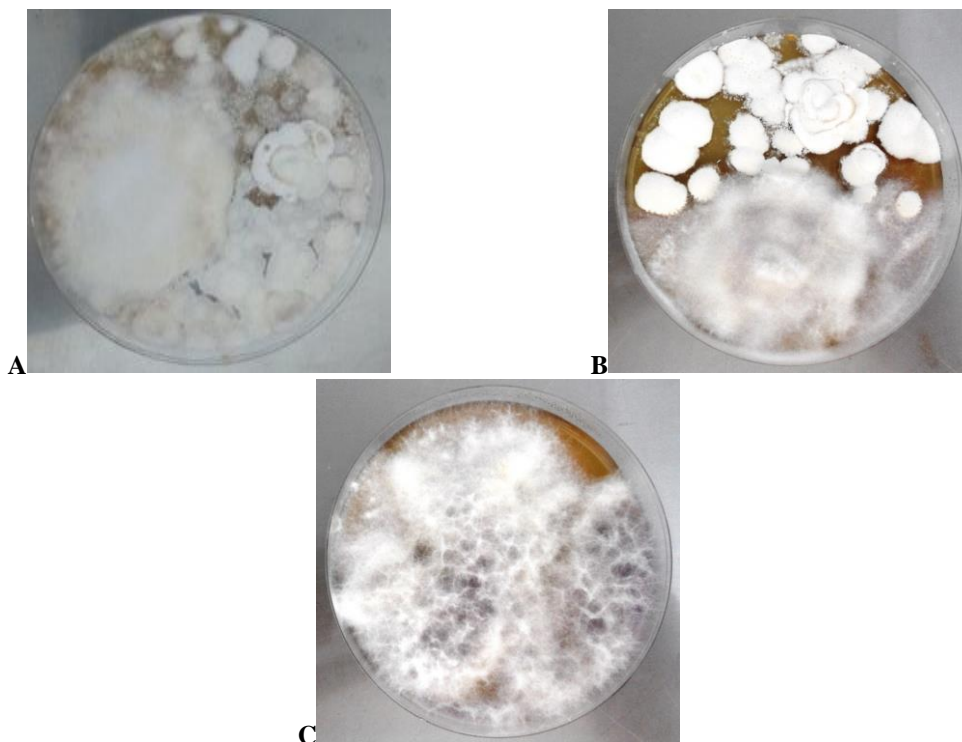
الجدول (٢): تأثير عزلتين من الفطر *B. bassiana* في نمو عزلتين من الفطر *F. oxysporum* من خلال التضاد ضمن طبق البتري مخبرياً

المعاملة	متوسط نصف قطر مستعمرة <i>F. oxysporum</i> (سم) \pm SD		
	اليوم الثالث	اليوم السابع	اليوم العاشر
T1	0.1 \pm 1.05ab*	0.15 \pm 2.3bc	1.04 \pm 2.42b
T2	0.18 \pm 1.02ab	0.32 \pm 2.72b	0.26 \pm 2.88b
T3	0.13 \pm 0.95b	0.11 \pm 2.12c	0.17 \pm 2.23c
T4	0.08 \pm 0.96b	0.26 \pm 1.93c	0.31 \pm 2.03c
T5	0.15 \pm 1.22a	0.17 \pm 3.73a	0.08 \pm 4.15a
T6	0.23 \pm 1.15ab	0.62 \pm 3.75a	0.19 \pm 4.32a
LSD 5%	0.247	0.558	0.467

*: الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية بين المعاملات المختلفة.



الشكل (١): نسب تثبيط نمو الفطر *F. oxysporum* من خلال التضاد مع الفطر *B.bassiana* مخبرياً



الشكل (٢): التضاد بين الفطر *B. bassiana* والفطر *F. oxysporum* (من خلال الزراعة المزدوجة ضمن طبق البتري في نفس اليوم) بعد ١٠ أيام من التحضين (A: طبق من أطباق المعاملة B، B4 + FO7، طبق من أطباق المعاملة اليسار: طبق من أطباق المعاملة B2 + FO7، C: شاهد FO7).

٢- الزراعة المزدوجة في طبق البتري بزراعة عزلات الفطر *B. bassiana* قبل عزلات الفطر *F. oxysporum*

oxysporum. lycopersici

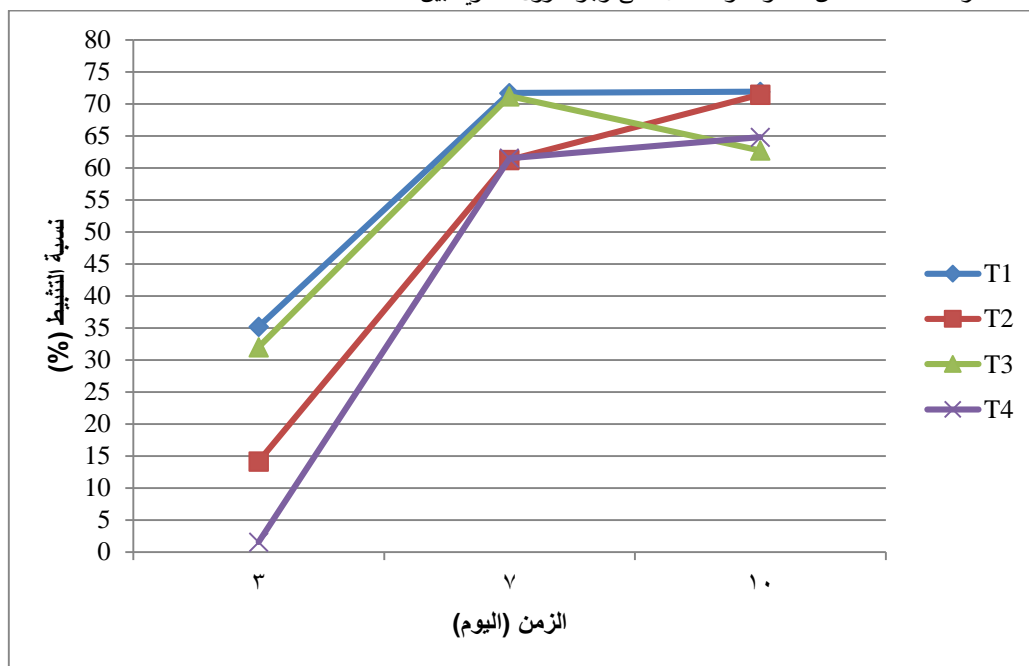
أظهرت نتائج زراعة الفطر *B. bassiana* على المستنبت الغذائي قبل زراعة الفطر *F. oxysporum* مخبرياً بالمقارنة مع الزراعة المزدوجة في نفس اليوم، إذ لوحظ في اليوم العاشر من التحضين أن جميع نسب تثبيط النمو قد تجاوزت الـ ٦٠% بدون فروق معنوية بين العزلتين B2 و B4 (الجدول ٣، الأشكال ٣، ٤). بلغت نسب تثبيط نمو العزلة FO6 ٧١,٩٢ و ٦٢,٧٣% عند التضاد مع كل من العزلتين B2 و B4 على التوالي؛ في حين بلغ تثبيط نمو العزلة FO7 ٧١,٤٦ و ٦٤,٨١% على التوالي (الشكل ٣). ويوضح الجدول (٣) وجود فروق معنوية كبيرة في متوسط نصف قطر مستعمرة نمو الفطر *F. oxysporum* بين الشاهد وبين أطباق التضاد مع الفطر *B. bassiana*.

الجدول (٣): تأثير عزلتين من الفطر *B. bassiana* في نمو عزلتين من الفطر *F. oxysporum* من خلال التضاد ضمن طبق البتري مخبرياً بزراعة عزلات الفطر *B. bassiana* قبل عزلات الفطر *F. oxysporum* بيومين

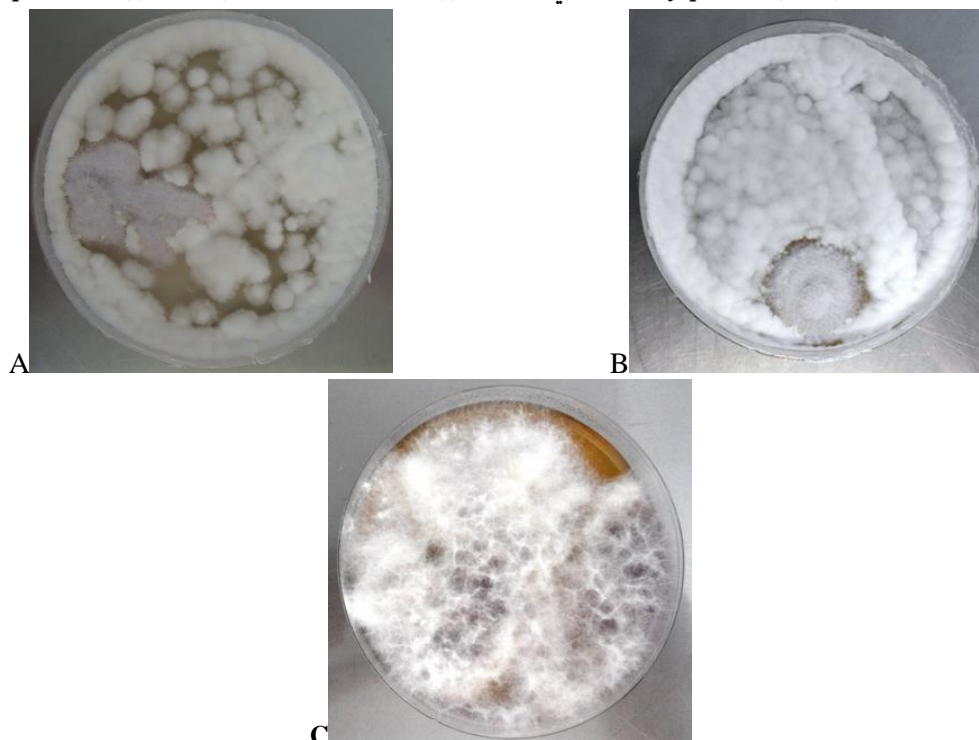
متوسط نصف قطر مستعمرة <i>F. oxysporum</i> (سم) \pm SD			المعاملة
اليوم العاشر	اليوم السابع	اليوم الثالث	
0.16 \pm 1.23b	0.11 \pm 1.1b	0.15 \pm 0.81b*	T1
0.14 \pm 1.61b	0.12 \pm 1.46b	0.35 \pm 1.09ab	T2

0.13 ± 1.25b	0.01 ± 1.12b	0.12 ± 0.85b	T3
0.22 ± 1.52b	0.3 ± 1.45b	0.26 ± 1.25a	T4
0.1 ± 4.38a	0.33 ± 3.89a	0.02 ± 1.25a	T5
0.13 ± 4.32a	0.3 ± 3.77a	0.11 ± 1.27a	T6
0.405	0.54	0.325	LSD 5%

*: الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية بين المعاملات المختلفة.



الشكل (٣): نسب تثبيط نمو الفطر *F. oxysporum* مخبرياً من خلال زراعة *B. bassiana* قبل يومين من زراعة *F. oxysporum*



الشكل (٤): التضاد بين الفطر *B. bassiana* والفطر *F. oxysporum* (من خلال زراعة عزلات *B. bassiana* قبل عزلات *F. oxysporum*)

oxysporum بيومين ضمن طبق البتري) بعد ١٠ أيام من التحضين (A: طبق من أطباق المعاملة B4 + FO7، B: طبق من أطباق المعاملة اليسار: طبق من أطباق المعاملة FO7 + B2، C: شاهد FO7).

٣- التضاد من خلال إضافة المعلق البوغي للفطر *B. bassiana* إلى المستنبت الغذائي

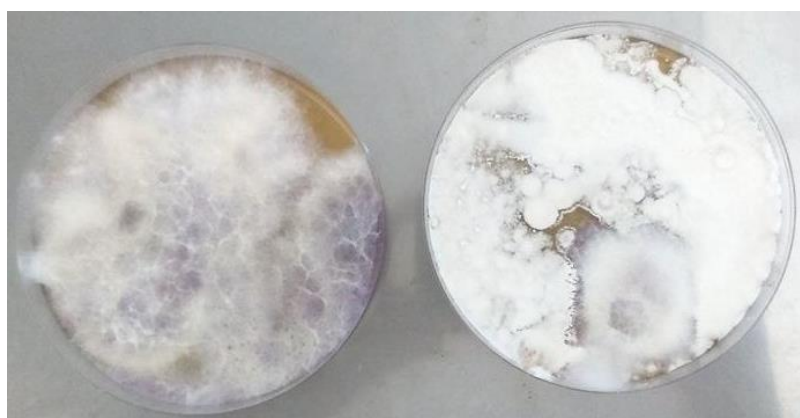
أظهرت نتائج هذه التجربة أن الفطر *B. bassiana* كان قادراً على تثبيط نمو عزلتي الفطر *F. oxysporum* بجميع التراكيز المستخدمة بالمقارنة مع الشاهد، مع ملاحظة زيادة نسب التثبيط بزيادة التركيز لكل من العزلتين B2 و B4 (الجدول ٤، الشكل ٥).

وجدت فروق معنوية بين التراكيز المستخدمة لكل عذلة من الفطر *B. bassiana* مع تفوق معنوي للتركيز الأعلى (10^7 و 10^8 بوغ/مل) في تثبيط نمو الفطر *F. oxysporum* مع تفوق معنوي للعذلة B4 في معظم المعاملات. وصل أعلى تثبيط لنمو الفطر فيوزاريوم في هذه التجربة إلى ٦٢,٢ و ٦١,٠٥% في المعاملة T4 عند استخدام التركيزين 10^7 و 10^8 بوغ/مل، على التوالي. وكانت نسب التثبيط الأقل عند استخدام التركيز الأدنى (10^5 بوغ/مل)، إذ لم تتجاوز الـ ٥٠% (الجدول ٤).

الجدول (٤): تأثير عزلتين من الفطر *B. bassiana* في تثبيط نمو عزلتين من الفطر *F. oxysporum* مخبرياً من خلال إضافة المعلق البوغي للفطر *B. bassiana* إلى المستنبت الغذائي بعد ١٠ أيام من المعاملة

LSD 5%	متوسط نسب تثبيط نمو الفطر <i>F. oxysporum</i> (%) \pm SD				المعاملة
	التركيز 10^8 (بوغ/مل)	التركيز 10^7 (بوغ/مل)	التركيز 10^6 (بوغ/مل)	التركيز 10^5 (بوغ/مل)	
4.27	2.42 \pm 59.02Ba	3.8 \pm 58.2Ba	2.05 \pm 55.2Aa	0.86 \pm 49.2Ab*	T1
2.75	1.22 \pm 58.03Ba	1.75 \pm 57Ba	2.25 \pm 55.4Aa	1.11 \pm 50.15Ab	T2
3.66	1.73 \pm 60ABa	1.25 \pm 59.44ABa	0.57 \pm 52.25Bb	1.23 \pm 46.72Ac	T3
4.81	2.66 \pm 62.2Aa	0.8 \pm 61.05Aa	3.4 \pm 55.35Ab	0.63 \pm 50.04Ac	T4
	2.725	2.65	2.605	3.85	LSD 5%

*: الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن السطر الواحد تدل على وجود فروق معنوية بين التراكيز المختلفة لكل معاملة، والأحرف الكبيرة المختلفة ضمن العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية بين المعاملات المختلفة لكل تركيز.



الشكل (٥): تأثير الفطر *B. bassiana* من خلال المعلق البوغي في تثبيط نمو الفطر *F. oxysporum* بعد ١٠ أيام من التحضين (اليمين: طبق من أطباق المعاملة B4 + FO7 بالتركيز الأعلى للفطر *B. bassiana*، اليسار: طبق من أطباق شاهد FO7).

المناقشة

تُظهر هذه الدراسة قدرة عزلتين محليتين من الفطر *B. bassiana* معزولتين من ترب محافظة طرطوس على تثبيط نمو الفطر المسبب للذبول الوعائي في نبات البندورة *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* مخبرياً باستخدام طرائق مختلفة وهي الزراعة المزروجة في طبق البتري، والزراعة المزروجة في طبق البتري بزراعة الفطر *B. bassiana* قبل يومين من زراعة الفطر *F. oxysporum*، واستخدام الفطر *B. bassiana* من خلال إضافة المعلق البوغي له بتركيز مختلفة إلى المستنبت الغذائي، مع ملاحظة وجود فروق معنوية بين الطرائق المختلفة والعزلات المستخدمة.

تفوّقت طريقتي الزراعة المزروجة بزراعة الفطر *B. bassiana* قبل يومين من زراعة الفطر فيوزاريوم وطريقة استخدام المعلق البوغي بالتركيز العليا (10^7 و 10^8 بوغ/مل) بشكل واضح على الزراعة المزروجة ضمن طبق البتري في نفس الوقت. وتعد هذه النتائج مشجعة على استخدام الفطر *B. bassiana* في مكافحة الفطر المسبب للذبول الوعائي لنبات البندورة من خلال تلقيح نبات البندورة به في مراحل مبكرة قبل الإصابة بالمرض لكي يتمكّن الفطر *B. bassiana* من السيطرة على المرض وإنتاج مستقلباته الثانوية التي تتميز بخواص مضادة للفطريات الممرضة للنبات عموماً بما فيها الفطر المسبب للذبول الوعائي.

وتعزى قدرة الفطر *B. bassiana* على تثبيط نمو الفطور الممرضة للنبات والحدّ من الإصابة بها إلى عدّة آليات، من أهمها إنتاج المستقلبات الثانوية للفطر (secondary metabolites) التي تكون متنوعة وعديدة بحسب العزلات والسلالات ومعظمها يمتلك خواص مضادة للفطريات والبكتيريا والفيروسات والحشرات، بالإضافة إلى التطفل الفطري المباشر (parasitism) والتضاد (antibiosis) والمنافسة (competition) واستحثاث مقاومة جهازية في النبات (induced systemic resistance) وتعزيز نمو النبات المصاب (plant growth enhancement) (Lee et al., 1999; Nagaoka et al., 2004; Ownley et al.,) (2010; Vimala Devi and Duraimurugam, 2013; Vega, 2018; El Koury et al., 2024).

ولا تزال دراسات دور الفطر الممرض للحشرات *B. bassiana* في الحدّ من إصابة النباتات بالأمراض الفطرية حديثة الدراسة والبحث، وأثبت العديد منها قدرة عزلات من الفطر *B. bassiana* على الحدّ من إصابة نبات البندورة بالفطر المسبب للذبول الوعائي الناتج عن الفطر *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*، ومنها دراسة López-López وآخرون (٢٠٢٣) التي نُفذت على نباتات البندورة ضمن ظروف الزراعة المحمية، ودراسة Perez-Robles وآخرون (٢٠٢٣) واللّتين أظهرتا دور الفطر *B. bassiana* في حماية محصول البندورة من الفطر المسبب لمرض الذبول الوعائي من خلال تعزيز وتحسين مؤشرات نمو النبات المختلفة ومن خلال استحثاث المقاومة الجهازية المكتسبة داخل النبات. كذلك بيّنت دراسة Nchu وآخرون (٢٠٢٢) دور الفطر *B. bassiana* في الحدّ من إصابة نبات البندورة بالفطر *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* من خلال تعزيز نمو النبات بشكل رئيس.

من ناحية أخرى أظهرت دراسة Culebro-Ricaldi وآخرون (٢٠١٧) أنّ زراعة الفطر *B. bassiana* قبل الفطر *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* على المستنبت الغذائي بيومين أدت إلى نسبة تثبيط وصلت إلى ٧٢%. وبرهن Bark وآخرون (١٩٩٦) بأنّ تثبيط الفطر *B. bassiana* لنمو كل من *F.*

Botrytis cinerea و *oxysporum* مخبرياً يختلف باختلاف البيئة المغذية، ولاحظوا بأن أعلى نسب تثبيط له كانت على مستنبت PDA، ومع ذلك لم تتجاوز نسب التثبيط في هذه الدراسة لبعض العزلات ١٣,٣% مشيرةً إلى اختلاف الفعالية باختلاف العزلة الفطرية أيضاً (Bark et al., 1996; Askary et al., 1998). ووجد Kumar و Chaubey (٢٠١٠) أن نسب تثبيط نمو الفطر *F. oxysporum* من خلال التضاد مع الفطر *B. bassiana* وصل إلى ٥٣,٩٣%. وعند إجراء تجارب حقلية ونصف حقلية لدراسة تأثير الفطر *B. bassiana* على نباتات البصل، وجد أن نسبة إنبات الأبصال المعاملة بالفطر *B. bassiana* أعلى، بالإضافة إلى أنها قلّت نسبة الأبصال المصابة بالفطر *F. oxysporum* f.sp. *cepaе* المسبب لمرض عفن القاعدة (Flori and Roberti, 1993). وعند معاملة بذور نبات البندورة بالعزلة *B. bassiana* 11-98، قلت نسبة النباتات المصابة بالفطر *Rizoctonia solani* والذي يسبب مرض سقوط البادرات، وحسنت من نمو النباتات (Ownley et al., 2004).

لم تؤدّ العزلة *B. bassiana* 11-98 في التجارب المخبرية على الفطرين *R. solani* و *Pythium myriotylum* إلى كبح النمو الخيطي للفطر *R. solani*، لكن شوهد ميسليوم العزلة ملتقاً حول ميسليوم الفطر *P. myriotylum* الأكبر حجماً، والذي قد يعني وجود ظاهرة التطفل عند الفطر *B. bassiana*، وعند إجراء التجارب الحقلية قلت نسبة الإصابة بمرض سقوط البادرات المتسبب عن الفطرين *R. solani* و *P. myriotylum* (Griffin, 2007).

بالخلاصة يتبين من هذه الدراسة الدور المحتمل لعزلات محلية من الفطر *B. bassiana* في حماية نبات البندورة من الإصابة بالفطر المسبب للذبول الوعائي وذلك من خلال التضاد على المستنبت الغذائي، وتُشجّع هذه النتائج على نقل التجارب إلى طور التجريب الحقلية على نباتات كاملة ضمن ظروف البيت المحمي للتقضي بشكل أدق عن هذا الدور.

الاستنتاجات والتوصيات

من النتائج التي توصل إليها البحث نستنتج قدرة العزلات المستخدمة من الفطر *B. bassiana* على تثبيط نمو وتطور الفطر *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* مخبرياً، مع اختلاف كفاءة الفطر *B. bassiana* باختلاف العزلة، إذ كانت العزلة B4 أكثر قدرة على تثبيط نمو وتطور الفطر *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

كما توصل البحث إلى اختلاف كفاءة الطرائق المستخدمة في تثبيط نمو الفطر *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*، إذ لوحظ زيادة في قدرة عزلات الفطر *B. bassiana* على تثبيط نمو الفطر الممرض عند استخدام طريقة المعلق البوعي، وعند زراعة الفطر *B. bassiana* قبل الفطر فيوزاريوم بيومين. وبناءً على ذلك، يوصي البحث بمتابعة البحث عن عزلات أخرى من الفطر *B. bassiana* تكون أكثر قدرة على تثبيط نمو الفطر *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* ونقل هذه التجارب إلى الحقل والبيت المحمي. كما يوصي البحث بالتعمق بدراسة الآليات التي يُحقّق من خلالها الفطر *B. bassiana* عملية التثبيط.

الشكر

الباحثين يتقدمون بالشكر لكل من الدكتورة بشرى رزق (الهيئة العامة للبحوث الزراعية، طرطوس) لتزويدنا بعزلات الفطر *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*، وللمهندسة رشا محفوظ (الهيئة العامة للبحوث الزراعية، اللاذقية) لمساهمتهما الأساسية في إنجاز البحث.

المراجع

1. أحمد محمد، وابتسام غزال ولبنى رجب. ٢٠١٦، عزل الفطر *Beauveria bassiana* (Bals.)Vuil. وتقييم فاعليته على يرقات وعذارى دودة ورق القطن (*Spodoptera littoralis* (Boisd.)) (Lepidoptera: Noctuidae). مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، سلسلة العلوم البيولوجية، ٣٨(٤).
2. المغربي صباح، وياسر حماد وبشرى رزق. ٢٠١٦، تأثير بعض عزلات الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* في نمو وإصابة هجين البندورة أرجوان. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم البيولوجية، ٣٨(٣).
3. ADHIKARI, T.B. GAO, A. INGRAM, T. and LOUWS, F.J. 2020, *Pathogenomics characterization of an emerging fungal pathogen, Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in greenhouse tomato production systems. *Frontiers in microbiology*, Vol.11, 1995.
4. AGRIOS, G.N. 2005, *Plant Pathology: Third edition*. Academic Press Inc. New York.
5. ASKARY, H. CARRIERE, Y. BELANGER, R.R. and BRODEUR, J. 1998, *Pathogenicity of the fungus Verticillium lecanii to aphids and powdery mildew*. *Biocontrol science and technology*, Vol.8, NO.1, 23-32.
6. BARK YOUNG GOO, B.Y. LEE DONG GYU, L.D. KIM YONG HEON, K.Y. and KANG SUN CHUL, K.S. 1996, *Antibiotic properties of an entomopathogenic fungus, Beauveria bassiana, on Fusarium oxysporum and Botrytis cinerea*.
7. B
ORA T ÖZAKTAN H. 1998, *Biological Control of Plant Disease*. Prizma Press, Izmir, Turkey 205 pp.
8. CHAUBEY, A.K. and KUMAR, S. 2010, *Bio-management of root knot nematode and root rot disease by antagonistic fungi and rhizobacteria*.
9. C
HIN-A-WOENG, T.F. BLOEMBERG, G.V. and LUGTENBERG, B.J. 2003, *Phenazines and their role in biocontrol by Pseudomonas bacteria*. *New phytologist*, Vol.157, NO.3, 503-523.
10. C
ULEBRO-RICALDI, J.M. RUÍZ-VALDIVIEZO, V.M. RODRÍGUEZ-MENDIOLA, M.A. ÁVILA-MIRANDA, M.E. MICELI, F.G. CRUZ-RODRÍGUEZ, R.I. DENDOOVEN, L. and MONTES-MOLINA, J.A. 2017, *Antifungal properties of Beauveria bassiana strains against Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 in tomato crop. *Journal of Environmental Biology*, Vol.38, NO. 5, 821.
11. E
L KHOURY, C. TOKAJIAN, S. NEMER, N. NEMER, G. RAHY, K. THOUMI, S.

AL SAMRA, L. SINNO, A. 2024, *Computational Applications: Beauvericin from a Mycotoxin into a Humanized Drug. Metabolites*, 14, 232.

12. FLORI, P. and ROBERTI, R. 1993, *Treatment of onion bulbs with antagonistic fungi for the control of Fusarium oxysporum f. sp. cepae. Difesa delle Piante*, 16,5–12

13. GRIFFIN, M.R. 2007, *Beauveria bassiana, a cotton endophyte with biocontrol activity against seedling disease*. PhD diss, University of Tennessee, Knoxville, 163p.

14. H AQUE, Z. PANDEY, K. and ZAMIR, S. 2023, *Bio-management of Fusarium wilt of tomato (Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici) with multifacial Trichoderma species. Discover Agriculture*, Vol. 1, NO. 1, 7.

15. IMOULAN, A. HUSSAIN, M. KIRK, P.M. EL MEZIANE, A. YAO, Y.-J. 2017, *Entomopathogenic fungus Beauveria: Host specificity, ecology and significance of morpho-molecular characterization in accurate taxonomic classification. Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20, 1204–1212.

16. INGLIS, G.D. ENKERLI, J. GOETTEL, M.S. 2012, *Laboratory techniques used for entomopathogenic fungi: Hypocreales. Manual of techniques in invertebrate pathology*, 2, 18–53.

17. INGLIS, G.D. GOETTEL, M.S. BUTT, T.M. STRASSER, H. 2001, *Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests., in: Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential*. CABI publishing Wallingford UK, pp. 23–69.

18. J ABER, L.R. and OWNLEY, B.H. 2018, *Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens?. Biological control*, 116, 36-45.

19. LEE SANGMYEONG, L.S. Yeo WOONHONG, Y.W. Jee HYEONGJIN, J.H. SHIN SANGCHUL, S.S. and MOON YILSEONG, M.Y. 1999, *Effect of entomopathogenic fungi on growth of cucumber and Rhizoctonia solani*.

20. L ÓPEZ-LÓPEZ, H. RUIZ-LAU, N. MEZA-GORDILLO, R. RUIZ-VALDIVIEZO, V.M. ROBLEDO-LUCHETTI, J.G. LECONA-GUZMÁN, C.A. VILLALOBOS-MALDONADO, J.J. DENDOOVEN, L. and MONTES-MOLINA, J.A. 2023, *Antifungal potential of Beauveria bassiana on Solanum lycopersicum L. infected with Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*.

21. MEYLING, N.V. EILENBERG, J. 2007, *Ecology of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae in temperate agroecosystems: Potential for conservation biological control. Biological Control*, 43, 145–155. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.07.007>.

22. M WAMBURI, L.A. 2020, *Beauveria. Beneficial Microbes in Agro-Ecology*, 1st Edition, Elsevier, 727–748.

23. NAGAOKA, T. NAKATA, K. and KOUNO, K. 2004, *Antifungal activity of oosporein from an antagonistic fungus against Phytophthora infestans. Zeitschrift für Naturforschung C*, Vol.59, NO. 3-4, 302-304.

24. N CHU, F. MACUPHE, N. RHODA, I. NIEKERK, L.A. BASSON, G. KEYSTER, M.

and ETSASSALA, N.G. 2022, *Endophytic Beauveria bassiana induces oxidative stress and enhances the growth of Fusarium oxysporum-infected tomato plants. Plants*, Vol. 11, NO. 22, 3182.

25. OWNLEY, B.H. GRIFFIN, M.R. KLINGEMAN, W.E. GWINN, K.D. MOULTON, J.K. PEREIRA, R.M. 2008, *Beauveria bassiana: endophytic colonization and plant disease control. Journal of invertebrate pathology*, 98, 267–270.

26. OWNLEY, B.H. GWINN, K.D. Vega, F.E. 2010, *Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution. BioControl*, 55, 113–128.

27. OWNLEY, B.H. PEREIRA, R.M. KLINGEMAN, W.E. QUIGLEY, N.B. and LECKIE, B.M. 2004, *Beauveria bassiana, a dual purpose biocontrol organism, with activity against insect pests and plant pathogens. In: Lartey RT, Caesar A (eds) Emerging concepts in plant health management. Research Signpost, Kerala*, pp 256–269

28. EREZ-ROBLES, J., LECONA-GUZMÁN, C., RUÍZ-VALDIVIEZO, V. and MONTES-MOLINA, J. 2023, *Effects of plant extracts and Beauveria bassiana on the activity of defense-related enzymes in Solanum lycopersicum L. during interaction with Fusarium oxysporum F. sp. Lycopersici.*

29. ICCIOTTI, U. ARAUJO DALBON, V. CIANCIO, A. COLAGIERO, M. COZZI, G. De BELLIS, L. FINETTI-SIALER, M.M. GRECO, D. IPPOLITO, A. LAHBIB, N. and LOGRIECO, A.F. 2023, *“Ectomosphere”: Insects and microorganism interactions. Microorganisms*, Vol.11, NO. 2, 440.

30. ROBERTS, D.W. 1989, *World picture of biological control of insects by fungi. Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 84, 89–100.

31. USSO, A. WINKLER, J.B. GHIRARDO, A. MONTI, M.M. POLLASTRI, S. RUOCCO, M. SCHNITZLER, J.P. and LORETO, F. 2023, *Interaction with the entomopathogenic fungus Beauveria bassiana influences tomato phenome and promotes resistance to Botrytis cinerea infection. Frontiers in Plant Science*, 14, p.1309747.

32. RINIVAS, C. DEVI, D.N. MURTHY, K.N. MOHAN, C.D. LAKSHMEESHA, T.R. SINGH, B. KALAGATUR, N.K. NIRANJANA, S.R. HASHEM, A. ALQARAWI, A.A. and TABASSUM, B. 2019, *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity—A review. Saudi journal of biological sciences*, Vol. 26, NO. 7, 1315-1324.

33. TEPHEN, A.F. and ANDRE, K.G. 2003, *Fusarium oxysporum. Department of Plant Pathology, CTAHR University of Hawaii at Manoa, 2A-FUOXY*

34. WETT, C.L. Del CASTILLO MÚNERA, J. HELLMAN, E. HELPIO, E. GASTELUM, M. LOPEZ RAYMUNDO, E. JOHNSON, H. OGUCHI, R. HOPKINS, A. BEAULIEU, J. and RODRIGUEZ, F. 2023, *Monitoring for a new I3 resistance gene-breaking race of F. oxysporum f. sp. lycopersici (Fusarium wilt) in California processing tomatoes following recent widespread adoption of resistant*

(F3) cultivars: Challenges with race 3 and 4 differentiation methods. *Frontiers in Plant Science*, 14, p.1088044.

35.

T

AECHOWISAN, T. CHUAYCHOT, N. CHANAPHAT, S. WANBANJOB, A. and TANTIWACHWUTIKUL, P., 2009. *Antagonistic effects of Streptomyces sp. SRM1 on Colletotrichum musae*.

36.

T

OMILOVA, O.G. SHALDYAEVA, E.M. KRYUKOVA, N.A. PILIPOVA, Y.V. SCHMIDT, N.S. DANILOV, V.P. KRYUKOV, V.Y. and GLUPOV, V.V. 2020, *Entomopathogenic fungi decrease Rhizoctonia disease in potato in field conditions*. *PeerJ*, 8, p.e9895.

37. VEGA, F.E. 2018, *The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review*. *Mycologia*, 110, 4–30. <https://doi.org/10.1080/00275514.2017.1418578>.

38. VEGA, F.E. BLACKWELL, M. 2005, *Insect-fungal associations: ecology and evolution*. Oxford University Press.

39. VIMALA DEVI, P.S. and DURAIMURUGAN, P. 2013, *Exploitation of Nomuraea rileyi and Beauveria bassiana for the management of lepidopteran pests*. *Kavaka*, 41, pp.43-67.