تأثير بعض أنواع بكتيريا محيط الجذور (الريزوبكتيريا) المحفزة لنمو النبات في نمو الفطر *Botrytis cinerea* المسبب لمرض العفن الرمادي مختبرياً

ياسر علي حماد[1]* ورامز محمد الشامي[2]

(1) قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سورية؛ (2) كلية الزراعة الثانية بالسويداء، جامعة دمشق، سورية.

*البريد الإلكتروني للباحث المراسل: Yaser.hammad@tishreen.edu.sy

الملخص

حماد، ياسر علي ورامز محمد الشامي. 2025. تأثير بعض أنواع بكتيريا محيط الجذور (الريزوبكتيريا) المحفزة لنمو النبات في نمو الفطر *Botrytis cinerea* المسبب لمرض العفن الرمادي مختبرياً. مجلة وقاية النبات العربية، 43(4):501–505. https://doi.org/10.22268/AJPP-001362

هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير ثلاثة أنواع من بكتيريا محيط الجذور (الريزوبكتيريا) المحفزة لنمو النبات (PGPRs) *Bacillus megaterium*، *Rhizobium leguminosarum* و *Frateuria aurantia* في نمو الفطر *Botrytis cinerea* مختبرياً، من خلال دراسة تأثير التضاد المباشر لهذه العزلات البكتيرية المستخدمة والمواد الطيارة المفرزة في منع نمو فطر العفن الرمادي على بيئة PDA. أظهرت النتائج أن جميع الأنواع البكتيرية المستخدمة ثبطت نمو مستعمرات الفطر *Botrytis cinerea* بالتضاد المباشر وبالمواد الطيارة التي أفرزتها، وتفوقت البكتيريا *Bacillus megaterium* بفروق معنوية على باقي الأنواع البكتيرية في الحالتين (تضاد مباشر للبكتيريا بمفرزاتها في البيئة، وبالمنتجات الطيارة)، حيث بلغ قطر مستعمرة الفطر الممرض (1.3 و 2.6 سم)، على التوالي، بالمقارنة مع الشاهد (8.4 سم)، وبنسب تثبيط بلغت 84.5 و 69.0%، على التوالي. أشارت النتائج إلى قدرة الأنواع البكتيرية المستخدمة على تثبيط نمو الفطر الممرض *Botrytis cinerea* وإمكانية استخدامها في المكافحة الحيوية لهذا الفطر.

كلمات مفتاحية: بكتيريا محفزة لنمو النبات، PGPR، *Botrytis cinerea*، PDA، تضاد، مواد طيارة.

المقدمة

يعدّ مرض العفن الرمادي أحد أهم وأخطر الأمراض الفطرية التي تسبب خسائر كبيرة، ناتجة عن تعفن الثمار أثناء النقل والتخزين، ولا تتكشف أعراضه إلا في حالة توفر الرطوبة العالية، وعادةً ما يظهر في المخزن أو أثناء الشحن مسبباً أضراراً كبيرة تؤثر على صلاحية الثمار سواء للاستهلاك المحلي أو التصدير أو إنتاج البذور (Elad *et al*., 2004).

يتسبب هذا المرض عن الفطر *Botrytis cinerea*، عائلة Sclerotiniaceae، رتبة Helotiales، صف Leotiomycetes، تحت شعبة Pezizomycotina، وشعبة الفطور الأسكية (Ascomycota)، يكوّن في طوره الجنسي أجساماً ثمرية طبقية الشكل (Apothecia) (Prins *et al*., 2000)، جميع أنواعه رمية التغذية، ويصيب مجموعةً كبيرة من العوائل النباتية المختلفة (Schoonbeek *et al*., 2001).

يمكن تحفيز نمو بعض أنواع النباتات عن طريق التأثير غير المباشر لبكتيريا محيط الجذور (الريزوبكتيريا) المحفزة لنمو النبات (PGPR) من خلال عدة آليات مثل إذابة الفوسفات العضوي الذي يلعب دوراً في تحسين التغذية وتعزيز صحة النبات (Walpola & Yoon, 2012) وتحفيز المقاومة الجهازية للنبات (Choudhary & Johri, 2009) والتضاد مع مسببات الأمراض المختلفة (Beneduzi *et al*., 2012) والحدّ من تأثيراتها عن طريق إنتاج مضادات حيوية (Antibiotics) تؤثر في نمو الكائنات الحية الدقيقة وعملياتها الاستقلابية (Parke, 1991؛ Weller, 1988)، وتمنع نمو الكائنات الممرضة للنبات (Glick *et al*., 2007؛ Keel *et al*., 1992). كما يملك بعضها القدرة على انتاج غاز السيانيد HCN (Keel *et al*., 1989) وهو مركب مضاد للفطور واسع الطيف، يلعب دوراً مهمّاً في المقاومة الحيوية للأمراض الفطرية كما أشارت العديد من الدراسات (Ali *et al*., 2020؛ Attia *et al*., 2020؛ Gorai *et al*., 2021؛ Ramette *et al*., 2003) وإفراز أنزيمات مثل (الكيتيناز والجلوكوناز) التي تلعب دوراً مهمّاً في المكافحة الحيوية للفطور الممرضة للنبات عن طريق منع اصطناع الجدر الخلوية للفطور الممرضة للنبات (Kobayashi *et al*., 2002). كما يمكن أن تكون عوامل مكافحة حيوية مثالية، تقوم بحماية الجذور من مهاجمة الممرضات، وتحفز نمو النبات مثل عزلات أنواع بكتيرية مختلفة من

https://doi.org/10.22268/AJPP-001362
© 2025 الجمعية العربية لوقاية النبات Arab Society for Plant Protection

الأجناس *Psuedomonas*، *Bacillus* و *Rhizobium* حيث وجدت عزلات فعالة منها في مكافحة الفطور الممرضة (Hemissi *et al*., 2011).

أكدت دراسات سابقة أن البكتيريا *Rhizobium leguminosarum bv. trifolii* تُفرِز المضاد Trifolitoxin، أما البكتيريا *Rhizobium japonicum* فتفرز مادة رايزوبيوتوكسين (Rhizobiotoxine) التي أعاقت نمو فطر تفحّم الجذور *Macrophomina phaseolina* (Deshwal *et al*., 2003a; 2003b)، كما وجد Arfaoui *et al.* (2006) أن ستّ عزلات من بكتيريا *Rhizobium* spp. أنتجت غاز السيانيد، كما أكد Manasa *et al.* (2017) أن 53% من عزلات *Rhizobium* spp. المدروسة كانت منتجة لغاز السيانيد. كذلك وجد Jiang *et al.* (2018) أن معاملة النباتات ببكتيريا *Bacillus velezensis* عملت كعامل تحكم حيوي فعال ضد فطر العفن الرمادي كمثبط للنمو وتكون أبواغ الفطر عن طريق إفراز المستقلبات الثانوية أو اطلاق عدد من المركبات العضوية الطيارة (VOCs). كما أشار Pang *et al.* (2009) إلى أن العزلة البكتيرية *Serratia plymuthica* المحفزة لنمو النبات قادرة على مكافحة فطر العفن الرمادي على نباتات الخيار والبندورة وتخفيض شدة الإصابة من خلال إفرازها لأنزيم الكيتيناز الذي يعمل على حلّ الجدر الخلوية للفطر الممرض *Botrytis cinerea*.

تأتي أهمية هذا البحث من حجم الأضرار الكبيرة التي تسببها الأمراض الفطرية التخزينية التي تصيب المحاصيل الزراعية ولاسيما أمراض الأعفان، ولدور البكتيريا المحفزة لنمو النبات في مكافحة أمراض النبات، ومنها مرض العفن الرمادي المتسبب عن الفطر *Botrytis cinerea* والحدّ من تأثيرها. لذلك هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير النشاط المضاد لثلاثة أنواع من الريزوبكتيريا (PGPR) ومنتجاتها المتطايرة في نمو الفطر الممرض *Botrytis cinerea*.

مواد البحث وطرائقه

العزلة الفطرية

استخدمت عزلة من الفطر *B. cinerea* عزلت ووصفت سابقاً في مختبر أبحاث وعلوم التربة والمياه في جامعة اللاذقية، سورية. تم تنشيط العزلة الفطرية على بيئة PDA، وأجريت الاختبارات بعد أسبوع من نموها على البيئة الغذائية.

العزلات البكتيرية

استخدمت ثلاثة أنواع من الريزوبكتيريا (PGPR) وهي: عزلة من البكتيريا *Bacillus megaterium* وعزلة من البكتيريا *Frateuria aurantia* (حماد والشامي، 2017)، وعزلة من بكتيريا *Rhizobium leguminosarum* (المغربي وآخرون، 2016). تم تنشيط الأنواع البكتيرية بتنميتها على بيئات غذائية خاصة بكل منها (حماد والشامي، 2017)، وحُضّنت الأطباق عند درجة حرارة 28°س لمدة ثلاثة أيام.

دراسة النشاط المضاد للبكتيريا ضد الفطر *Botrytis cinerea*

تمّت دراسة النشاط المضاد للعزلات البكتيرية الثلاثة ضدّ الفطر *Botrytis cinerea* وذلك حسب طريقة الزراعة الثنائية (Hoque *et al*., 2015)، حيث وزرعت البكتيريا على كامل طبق بتري يحوي وسط مغذي (مستنبت PDA). ثم أخذ قرص بقطر 5 مم من مستعمرة فطرية بعمر ثمانية أيام، ووضع في منتصف الطبق، وفي معاملة الشاهد تم وضع القرص الفطري على مستنبت PDA بدون بكتيريا، وحضرت أربعة مكررات لكل معاملة، وتمّ التحضين عند درجة حرارة 28°س لمدة سبعة أيام، وأخذ بعدها قطر نمو المستعمرة الفطرية وحسبت النسبة المئوية لمنع النمو بالمعادلة التالية (Islam *et al*., 2009):

$$\text{نسبة منع النمو (\%)} = \frac{\text{قطر نمو الشاهد} - \text{قطر نمو المعاملة}}{\text{قطر نمو الشاهد}} \times 100$$

دراسة تأثير المنتجات المتطايرة للبكتيريا في نمو الفطر *Botrytis cinerea*

تمّت دراسة تأثير المنتجات المتطايرة للبكتيريا المدروسة في نمو الفطر *Botrytis cinerea* باستخدام طريقة الطبق المغلق. تم زرع البكتيريا على كامل طبق البتري الذي يحوي مستنبت PDA، وتم تحضين البكتيريا عند درجة حرارة 28°س لمدة 24 ساعة، وبعد ذلك وضع قرص فطري قطره 5 مم في منتصف طبق بتري يحوي مستنبت PDA، وتمّ وضع الطبق المحتوي على القرص الفطري بشكل مقلوب فوق الطبق المحتوي على البكتيريا، ثم لصق الطبقان بالبارافيلم، أما الشاهد فلم يحتوي على البكتيريا، وحضرت أربعة مكررات لكل معاملة. تمّ التحضين لمدة خمسة أيام عند درجة حرارة 25°س، ثم أخذ قطر نمو المستعمرة الفطرية (Hemissi *et al*., 2011)، وتم حساب النسبة المئوية لمنع النمو بالمقارنة مع الشاهد حسب المعادلة المذكورة سابقاً.

تصميم التجارب والتحليل الإحصائي

تم إجراء 4 معاملات بواقع 4 مكررات لكل معاملة و6 أطباق بتري لكل مكرر. حللت النتائج إحصائياً باستخدام برنامج Genstat-12، واختبار ANOVA (One-way no blocking)، وتحديد معنوية الفروق بين المتوسطات باستخدام اختبار دنكان .

النتائج والمناقشة

دراسة نشاط البكتيريا المثبط لنمو الفطر *Botrytis cinerea*

أشارت النتائج (جدول 1) أن العزلات البكتيرية استطاعت أن تحدّ من نمو عزلة الفطر *Botrytis cinerea* بنسب مختلفة، وأظهرت أن العزلة البكتيرية *Bacillus megaterium* (Bm) تفوقت على العزلتين البكتيريتين الأخريين وبفروق معنوية من حيث تأثيرها في نمو الفطر *Botrytis cinerea*(B) وأعطت أعلى نسبة منع لنمو الفطر تلتها معاملات العزلة *Frateuria aurantia* (Fr) ثم معاملات العزلة *Rhizobium leguminosarum* (Rh)، حيث كان قطر المستعمرة الفطرية للمعاملة (B+Bm) 1.3 سم، بالمقارنة مع متوسط قطر المستعمرة الفطرية لشاهد العزلة *Botrytis cinerea* (B) 8.4 سم، في حين بلغ متوسط قطر المستعمرة الفطرية لدى المعاملتين (B+Fr) و (B+Rh) 1.8 سم و 2.7 سم، على التوالي. وبلغ متوسط النسبة المئوية لمنع نمو الفطر للمعاملة (B+Bm) 84.5% تلتها المعاملتان (B+Fr) و (B+Rh) 78.5% و 67.8%، على التوالي. وتوافقت هذه النتائج مع نتائج دراسات سابقة (Arfaoui *et al*., 2006؛ Devi & Hoque *et al*., 2015؛ El-Batanony *et al*., 2007؛ Chhetry, 2014؛ Kumari & Khanna, 2014).

تعود فعالية الأنواع البكتيرية الثلاثة المحفزة لنمو النبات في تثبيط نمو مستعمرات الفطر الممرض *Botrytis cinerea* إلى إفراز البكتيريا لمواد أيضية في الوسط الغذائي والتي تتضمن مضادات حيوية وأنزيمات حالَّة للجدار الخلوي (Altaee & Almolla, 2010)، كما قد تفرز البكتيريا المحفزة لنمو النبات مضادات حيوية ومركبات محلّلة لهيفات الفطر كما تنافس الفطر على المكان والغذاء (Malajezuk *et al*., 1984).

تأثير المنتجات المتطايرة للبكتيريا في نمو الفطر *Botrytis cinerea*

أظهرت النتائج (جدول 1) أن المنتجات المتطايرة للعزلات البكتيرية المدروسة كان لها تأثير في الحدّ من نمو عزلة الفطر *B. cinerea*، إذ خفضت من قطر المستعمرة الفطرية النامية، وزادت النسبة المئوية لمنع نمو الفطر في المعاملات كافة بالمقارنة مع شاهد العزلة الفطرية. ووجد أن المعاملة B+Bm تفوقت على جميع المعاملات المدروسة وبفروق معنوية. حيث بلغ متوسط قطر المستعمرة الفطرية 2.6 سم بالمقارنة مع معاملة الشاهد *B. cinerea* التي بلغ متوسط قطر مستعمرات الفطر فيها 8.4 سم. في حين بلغ متوسط قطر المستعمرة الفطرية لدى المعاملتين الأخريين B+Fr و B+Rh 3.2 و 4.8 سم، على التوالي. كانت النسبة المئوية لمنع نمو العزلة الفطرية *B. cinerea* لدى المعاملة B+Bm هي 69%، في حين بلغت النسبة المئوية لمنع نمو المستعمرة الفطرية لدى المعاملتين الأخريين B+Fr وB+Rh 61.9 و 42.85%، على التوالي. ومن خلال النتائج، لوحظ تفوق العزلة البكتيرية *Bacillus megaterium* (Bm) على العزلتين *Frateuria aurantia* (Fr) و *Rhizobium leguminosarum* (Rh) في تثبيط ومنع نمو العزلة الفطرية المدروسة *B. cinerea*. تتوافق هذه النتائج مع عدد من الدراسات التي أشارت إلى أن البكتيريا المحفزة لنمو الجذور قادرة على تثبيط نمو العديد من الفطور بإفرازها مواد طيارة، ومن ضمنها غاز السيانيد (Arfaoui *et al*., 2006; Hemissi *et al*., 2011؛ Kumari & Khanna, 2014). يعدّ غاز السيانيد من المنتجات الثانوية لعديد من الكائنات الدقيقة، وقد وجد أنّ له تأثير في الممرضات الحيوية (Deshwal *et al*., 2013).

يمكننا أن نستنتج مما سبق أن العزلات البكتيرية المدروسة (*B. megaterium*، *F. aurantia* و *R. leguminosarum*) ثبّطت من نمو مستعمرات الفطر *B. cinerea* بنسب مختلفة، وحدّت من نموه ضمن أطباق بتري نتيجة لمفرزاتها في البيئة وللمواد المتطايرة الناتجة عنها. وأظهرت البكتيريا *B. megaterium* تفوقاً معنوياً على *F. aurantia* و *R. leguminosarum* في تثبيط نمو مستعمرات الفطر على البيئة الغذائية بشكل مباشر وبوساطة مركباتها الطيارة وبنسبة 84.5 و 63%، على التوالي. أكدت هذه الدراسة تأثير الريزوبكتيريا المحفزة لنمو النبات (PGPR) في تثبيط نمو وتطور الفطر الممرض *B. cinerea* وإمكانية استخدامها كأحد عناصر المكافحة الحيوية على النباتات والثمار المخزنة.

جدول 1. متوسط قطر المستعمرة لعزلة الفطر *B. cinerea* (سم) والنسبة المئوية لتثبيط النمو بالعزلات البكتيرية والمواد المتطايرة المدروسة.

Table 1. The average colony diameter of the fungal isolate *B. cinerea* (cm) and the growth inhibition rate (%) caused by the studied bacterial isolates and volatile substances.

نسبة تثبيط نمو الفطر % Fungal growth inhibition rate %		متوسط قطر المستعمرة الفطرية (سم) Average fungal colony diameter (cm)		
المواد المتطايرة Volatile substances	بالعزلات البكتيرية Bacterial isolates	المواد المتطايرة Volatile substances	بالعزلات البكتيرية Bacterial isolates	المعاملة* Treatment*
69.0 d	84.5 d	2.6 d	1.3 d	B+Bm
42.9 b	67.8 b	4.8 b	2.7 b	B+Rh
61.9 c	78.5 c	3.2 c	1.8 c	B+Fr
0.0 a	0.0 a	8.4 a	8.4 a	شاهد+B Control+B

* Bm= *B. megaterium*, Fr= *F. aurantia*, Rh= *R. leguminosarum*, B= *Botrytis cinerea.*

القيم التي يتبعها الحروف نفسها في العمود نفسه لا يوجد بينها فرق معنوي عند احتمال 1% بالإعتماد على اختبار دنكان.

Values followed by the same letters in the same column are not significantly different at P=0.01 according to Duncan's multiple range test.

Abstract

Hammad, Y.A. and R.M. Al Shami. 2025. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Inhibiting the Growth of *Botrytis cinerea in vitro*. Arab Journal of Plant Protection, 43(4):501-505. https://doi.org/10.22268/AJPP-001362

This study aimed to evaluate the effect of three species of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPRs): *Frateuria aurantia, Rhizobium leguminosarum* and *Bacillus megaterium* on the growth of the fungus *Botrytis cinerea in vitro*. The antagonism effect between the bacterial isolates used and the volatile substances secreted in preventing the growth of the gray mold fungus, *Botrytis cinerea* was assessed on PDA medium. The results obtained showed that all bacterial species used were able to inhibit the growth of colonies of the fungus *Botrytis cinerea* by producing compounds in the medium or secreting volatile substances. The bacteria *Bacillus megaterium* achieved superiority in inhibiting significantly the growth of the fungus over the other bacterial species using the two approaches (antagonism with bacterial secretions directly in the medium, and with volatile products), where the diameter of the colony of the pathogenic fungus reached 1.3. and 2.6 cm, respectively, compared with 8.4 cm for the control, and the inhibition rate reached 84.5 and 69.0%, respectively. The results obtained confirmed the ability of the PGPR bacteria used in inhibiting the growth of the pathogenic fungus *Botrytis cinerea* and its potential to be used as a biological control component in the management of this fungus.

Keywords: PGPR, *Botrytis cinerea,* PDA, Antagonism, volatile compounds.

Affiliation of authors: *Y.A. Hammad[1*] and R.M. Al Shami[2]. (1) Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Latakia University, Latakia, Syria; (2) Second Faculty of Agriculture in Suwayda, Damascus University, Syria. [*]Email address of the corresponding author: Yaser.hammad@tishreen.edu.sy*

References

Alternaria solani-causing early blight disease in tomato plant. Scientia Horticulturae, 266:109289. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109289

Beneduzi, A., A. Ambrosini and L.M.P. Passaglia. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. Genetics and Molecular Biology, 35(4):1044-1051. https://doi.org/10.1590/S1415-47572012000600020

Choudhary, D.K. and B.N. Johri. 2009. Interactions of *Bacillus* spp. and plants–with special reference to induced systemic resistance (ISR). Microbiological Research, 164(5):493-513. https://doi.org/10.1016/j.micres.2008.08.007

Deshwal, V.K., P. Pandy, S. Kang and D. Masheshwari, 2003a. Rhizobia as a biological control agent against soil borne plant pathogenic fungi. Indian Journal of Experimental Biology, 41(10):1160-1164.

Deshwal, V.K., R.C. Dubey and D.K. Maheshwari. 2003b. Isolation of plant growth promoting strains of Bradyrhizobium Arachis sp. with biocontrol potential against *Macrophomina phaseolina* causing charcoal rot of peanut. Current Science. 84(3):443-448.

Deshwal, V.K., S.B. Singh, A. Chubey and P. Kumar. 2013. Isolation and characterization of *Pseudomonas* strain from potatoes rhizosphere at Dehradun valley, India. International Journal of Basic and Applied Science. 2(2):53-55.

Devi, T. and G.K.N. Chhetry. 2014. Evaluation of *Rhizobium* and biopesticides against Fusarium wilt of pigeonpea. International Journal of Innovative Research and Development, 3(7):245-249.

Elad, Y, B. Williamson, P. Tudzynski and N. Delen. 2004. *Botrytis* spp. and diseases they cause in agricultural systems – An introduction. Pp. 1-8. *In:* Botrytis: Biology. Y. Elad (ed.). Pathology and Control, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2626-3_1

El-Batanony, N.H., O.N. Massoud, M.M. Mazen, and M.M.A. El-Monium. 2007. The inhibitory effects of cultural filtrates of some wild *Rhizobium* spp. on some faba bean root rot pathogens and their antimicrobial

المراجع

المغربي، صباح، ياسر حماد، بشرى رزق. 2016. دراسة تأثير بكتيريا *Rhizobium leguminosarum* في نمو الفطر *Fusarium* oxysporum f. sp. l*ycopersici* مخبرياً. مجلة وقاية النبات العربية، 34(2):135-141.

*[**Al-Maghribi, S., Y. Hammad and B. Rezk.** 2016. Effect of Rhizobium leguminosarum on growth of Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici in vitro. Arab Journal of Plant Protection, 34(2): 135-141. (In Arabic)].*

حماد، ياسر ورامز الشامي 2017. توصيف بعض أنواع بكتريا الرايزوسفير المحفزة لنمو النبات من بعض الأسمدة الحيوية والتربة. مجلة جامعة البعث، 39:25 .

*[**Hammad, Y. and R. Al-Shami**. 2017. Characterization of some types of rhizosphere bacteria that stimulate plant growth from some biofertilizers and soil. Al-Baath University Journal, 39:25. (In: Arabic)].*

Arfaoui A., B. Sifi, A. Boudabous, I. El-Hadrami and M. Cherif. 2006. Identification of *Rhizobium* isolates possessing antagonistic activity against *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris*, the causal agent of *Fusarium* wilt of Chickpea. Journal of Plant Pathology, 88(1):67-75.

Ali, S., S. Hameeda, M. Shahida, M. Iqbala, G. Lazarovitse and A. Imrana. 2020. Functional characterization of potential PGPR exhibiting broad-spectrum antifungal activity. Microbiological Research, 232:126389. https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.126389

Altaee M.I. and Z.S. Almolla. 2010. Effect study of *Rhizobium leguminosarum* bv. Viciae on some fungi groups growth. Tikrit Journal of Pure Sciences, 15(1):20-25.

Arfaoui, A., B. Sifi, A. Boudabous, I. El Hadrami and M. Cherif. 2006. Identification of rhizobium isolates possessing antagonistic activity against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, the causal agent of Fusarium wilt of chickpea. Journal of Plant Pathology, 88(1):67-75.

Attia, M.S., G.S El-Sayyed, M.A. Elkodous and A.I. El-Batal. 2020. The effective antagonistic potential of plant growth-promoting rhizobacteria against

ciceris on control of fusarium wilt in chickpea (*Cicer arietinum* L.). African Journal of Microbiology Research, 8(12):1255-1265. https://doi.org/10.5897/AJMR2013.6481

Malajezuk, N., M. Pearce and R.T. Litchfield. 1984. Interaction between *Phytophthora cirmcannii* and Rhizobium isolates. Transactions of the British Mycological Society, 82(3):491-500. https://doi.org/10.1016/S0007-1536(84)80014-5

Manasa, K, R. Subhash Reddy and S. Triveni. 2017. Characterization of potential PGPR and antagonistic activities of Rhizobium isolates from different rhizosphere soils. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 6(3):51-54.

Pang, Y., X. Liu, Y. Ma, L. Chernin, G. Berg and K. Gao. 2009. Induction of systemic resistance, root colonization and biocontrol activities of the rhizospheric strain of *Serratia plymuthica* are dependent on N-acyl homoserine lactones. European Journal of Plant Pathology, 124(2):261-268. https://doi.org/10.1007/s10658-008-9411-1

Parke, J.L. 1991. Root colonization by indigenous and introduced microorganisms. Pp. 33-42. *In*: The Rhizosphere and Plant Growth. Beltsville Symposia in Agricultural Research, vol 14. D.L. Keister and P.B. Cregan (eds). Springer, Dordrecht, The Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3336-4_4

Prins, T.W, P. Tudzynski, A. von Tiedemann, B. Tudzynski, A. ten Have, M.E. Hansen, K. Tenberge and J.A.L. van Kan. 2000. Infection strategies of *Botrytis cinerea* and related necrotrophic pathogens. Pp. 33-64. *In*: Fungal Pathology. W.J. Kronstad (ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9546-9_2

Ramette, A., M. Frapolli, G. Defago and Y. Moenne-Loccoz. 2003. Phylogeny of HCN synthase-encoding hcnBC genes in biocontrol *pseudomonads fluorescent* and its relationship with host plant species and HCN synthesis ability. Molecular Plant-Microbe Interactions, 16(6):525-535. https://doi.org/10.1094/mpmi.2003.16.6.525

Schoonbeek, H., G. Del Sorbo and M.A. De Waard. 2001. The ABC transporter BcatrB affects the sensitivity of *Botrytis cinerea* to the phytoalexin resveratrol and the fungicide fenpiclonil. Molecular Plant-Microbe Interactions, 14(4):562-571. https://doi.org/10.1094/MPMI.2001.14.4.562

Walpola, B.C. and M.H. Yoon. 2012. Prospectus of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus availability in agricultural soils: A review. African Journal of Microbiology Research, 6(37):6600-6605. https://doi.org/10.5897/AJMR12.889.

Weller, D.M. 1988. Biological control of soil borne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. Annual Review of Phytopathology, 26(1):379-407. https://doi.org/10.1146/annurev.py.26.090188.002115

Received: January 30, 2024; Accepted: August 29, 2024

synergetic effect when combined with Arbuscular mycorrhiza (Am), World Journal of Agricultural Sciences, 3(6): 21-730.

Glick, B.R., Z. Cheng, J. Czarny and J. Duan. 2007. Promotion of plant growth by ACC deaminase-producing soil bacteria. European Journal of Plant Pathology, 119:329-339. https://doi.org/10.1007/s10658-007-9162-4

Gorai, P.S., R. Ghosh, S. Mandal, S. Ghosh, S. Chatterjee, S.K. Gond and N.C. Mandal. 2021. *Bacillus siamensis* CNE6-a multifaceted plant growth promoting endophyte of *Cicer arietinum* L. having broad spectrum antifungal activities and host colonizing potential. Microbiological Research, 252:126859. https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126859

Hemissi, I., S. Gargouri and B. Sifi. 2011. Attempt of wheat protection against *Fusarium culmorum* using Rhizobium isolates, Tunisian Journal of Plant Protection, 6:75-86.

Hoque, S., N. Sultana, A.N. Faruq, M.Z.R. Bhuiyan and N. Islam. 2015. *In-vitro* evaluation of selected bio-control agents against foot and root rot pathogens of lentil. Scholarly Journal of Agricultural Science, 5(1):8-15.

Islam, R., Y.T. Jeong, Y.J. Ryu, C.H. Song, and Y. S. Lee. 2009. Isolation, identification and optimal culture conditions of *Streptomyces albidoflavus* C247 producing antifungal agents against *Rhizoctonia solani* AG2-2. Mycobiology, 37(2):114-120. https://doi.org/10.4489/MYCO.2009.37.2.114

Jiang, C.H.; M.J. Liao, H.K. Wang, M.Z. Zheng, J.J. Xu and J.H. Guo. 2018. *Bacillus velezensis*, a potential and efficient biocontrol agent in control of pepper gray mold caused by Botrytis cinerea. Biological Control, 126:147-157. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.07.017

Keel, C., C. Voisard, C. Berling, G. Kahr and G. Défago. 1989. Iron sufficiency, a prerequisite for the suppression of tobacco black root rot by *Pseudomonas fluorescens* strain CHAO under gnotobiotic conditions. Phytopathology, 79(5):584-589. https://doi.org/10.1094/Phyto-79-584

Keel, C., U. Schnider, M. Maurhofer, C. Voisard, J. Laville, U. Burger, P. Wirthner, D. Haas and G. Défago. 1992. Suppression of root diseases by *Pseudomonas fluorescens* CHAO: importance of the bacterial secondary metabolite 2,4–diacetylphloroglucinol. Molecular Plant-Microbe Interactions, 5(1):4-13. https://doi.org/10.1094/MPMI-5-004

Kobayashi, D.Y., R.M. Reedy, J. Bick and P.V. Oudemans. 2002. Characterization of a chitinase gene from *Stenotrophomonas maltophilia* strain 34S1 and its involvement in biological control. Applied and Environmental Microbiology, 68(3):1047-1054. https://doi.org/10.1128/AEM.68.3.1047-1054.2002

Kumari, S. and V. Khanna. 2014. Effect of antagonistic Rhizobacteria coinoculated with *Mesorhizobium*

تاريخ الاستلام: 2024/1/30؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2024/8/29