دراسة فعالية بعض أنواع البكتريا (PGPR) في فطر العفن الرمادي *Botrytis cinerea* على نباتات البندورة

* د. رامز محمد الشامي

* د. محمد سلمان ابراهيم

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٤/٥/١٧ . قُبل للنشر في ٢٠٢٤/٦/٢٧)

□ ملخص □

هدف البحث لدراسة فعالية التلقيح بمزيج من البكتيريا المحفزة لنمو النبات PGPR وتأثيرها في نمو نباتات البندورة ومعرفة فاعليتها في مقاومة فطر العفن الرمادي *Botrytis cinerea*. وذلك من خلال دراسة ارتفاع نباتات البندورة وعدد الاوراق والوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري والجذري. نفذ البحث في موسم ٢٠٢٠/٢٠٢١ ضمن بيت محي في محافظة اللاذقية.

أظهرت النتائج أن التلقيح بمزيج البكتريا المحفزة للنمو (PGPR) أدى إلى زيادة معنوية في جميع المعاملات المدروسة بالمقارنة مع الشاهد السليم والشاهد والمعدى بالفطر غير الملقح بالبكتريا بالنسبة لارتفاع نباتات البندورة وعدد الاوراق والوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري والجذري، وأظهرت معاملة التلقيح بالأنواع البكتيرية الثلاثة والمعدة بالفطر (MB) زيادة في متوسط ارتفاع النبات بنسبة زيادة بلغت (٤,٤ و ٦٣,٨%) ومتوسط عدد الاوراق (٢٥ و ٦٦,٦%) ومتوسط الوزن الرطب للمجموع الخضري (١٤,١ و ٣٢,٨%) ومتوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري (١٨٣,٣ و ٣٢٥%)، ومتوسط الوزن الرطب للمجموع الجذري (١٢,٤ و ٢٧,٦%) ومتوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري (١٤,٢ و ٦٠%)، على التوالي، مقارنة مع الشاهدين السليم والمعدى بالفطر. تشير هذه النتائج لإمكانية استخدام التلقيح بمزيج الانواع البكتيرية الثلاثة لشتول نباتات البندورة لتحسين نمو نباتات البندورة وزيادة إنتاجها وتحفيز المقاومة الجهازية ضد فطر العفن الرمادي *Botrytis cinerea*.

الكلمات المفتاحية: بكتريا محفزة لنمو النبات (PGPR)، فطر العفن الرمادي، بندورة، تلقيح

*مدرس، كلية الهندسة الزراعية الثانية في السويداء، جامعة دمشق - سورية

** دكتور، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية - سورية

Study of the effectiveness of some types of bacteria (PGPR) in *Botrytis cinerea* on tomato plants

Dr. Ramez M. Alshami *

Dr. Mohammad S. Ibrahim **

(Received 7/5/2024 . Accepted 27/6/2024)

□ ABSTRACT □

The research aimed to study the effectiveness of inoculation with a mixture of plant growth promoting bacteria (PGPR) and its effect on the growth of tomato plants and to know its effectiveness in resisting the *Botrytis cinerea* . This is done by studying the height of tomato plants, the number of leaves, and the wet and dry weight of the shoot and root. The research was carried out in the 2020/2021 season within greenhouse in Latakia Governorate. The results showed that inoculation with the mixture of growth-promoting bacteria (PGPR) led to a significant increase in all the studied treatments compared to the healthy control, the control, and the control infected with the fungus not inoculated with the bacteria in relation to the height of tomato plants, the number of leaves, and the wet and dry weight of the shoot and root. The inoculation treatment with the three bacterial species and the fungus (MB) showed an increase in the average plant height by an increase of (4.4 and 63.8%), the average number of leaves (25 and 66.6%), the average wet weight of the shoot (14.1 and 32.8%), and the average dry weight of the shoot. (183.3 and 325%), the average wet weight of the root (12.4 and 27.6%) and the average dry weight of the root system (14.2 and 60%), respectively, compared with the healthy and fungus-infected controls. These results indicate the possibility of using inoculation of tomato seedlings with a mixture of three bacterial species to improve the growth of tomato plants, increase their production, and stimulate systemic resistance against the gray mold fungus *Botrytis cinerea* .

Keywords: plant growth promoting bacteria (PGPR), *Botrytis cinerea*, tomato.

*second faculty of agriculture in suwayda, Damascus universityAssistant

**Doctor, Ministry of Agriculture and Agrarian Reform, Tartous Agriculture Directorate, Syria

1- مقدمة:

ينتمي نبات البندورة *Solanum lycopersium* إلى الفصيلة الباذنجانية Solanaceae وتحتل المرتبة الثانية بين محاصيل الخضار، وتعتبر من الخضروات المزروعة على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم (Georgé et al., 2011; Tonon et al., 2005). ويعزى انتشارها الواسع لقيمتها الغذائية وأهميتها التصنيعية حيث تستعمل في التعليب والتجميد وصناعة رب البندورة والكاتشب، وكمنتج يستخرج منه مركبات دوائية (Rao and Rao 2007; ٢٠٠٢)، وهي ذات قيمة غذائية عالية حيث يحتوي كل ١٠٠ غ منها على: ٧٤ كيلو جول من الطاقة، و ٣,٩ غ كربوهيدرات، و ٢,٦ غ سكريات، و ١,٢ غ ألياف، و ٠,٢ غ دهون، و ٠,٩ غ بروتينات، و ٩٤,٥ غ ماء، و ٤٢ ميكرو غرام فيتامين A، و ١٤ ملغ فيتامين C، و ٠,٥٤ ملغ فيتامين E و ٢٣٧ ملغ بوتاسيوم (FAOSTAT, 2011).

بلغت المساحة الإجمالية المزروعة بالبندورة في سورية ١٣٣٩٤ هكتاراً لموسم ٢٠٢٢، وكان الإنتاج الإجمالي للموسم نفسه ٦٥٠٠٥٦ طناً، حيث قدرت المساحة المزروعة بالبندورة في محافظة طرطوس واللاذقية ٢٦٦ و ٢٧٩ هكتار، أعطت ٢٧٢٥ و ٧٥٥٠ طناً، على التوالي، وبلغت عدد البيوت البلاستيكية في طرطوس ٨٢٧٤٩ واللاذقية ٦٦٠٠، بمساحة قدرت ٣٥١٦ و ٢٦٤ هكتار، على التوالي، أعطت إنتاجاً بلغ ٣٠٠٠٠٠ و ٣٣٠٠٠ طن، على التوالي. (المجموعة الإحصائية السنوية، ٢٠٢٢).

ومع ذلك، هناك عدد من الأمراض التي تؤثر على نمو وإنتاجية البندورة. يعد العفن الرمادي، الناجم عن الفطريات النخرية المحمولة جواً *Botrytis cinerea*، أحد أكثر الأمراض المدمرة التي تصيب البندورة (Asselbergh et al., 2007; Toral et al., 2018) وهذه الفطريات قادرة على مهاجمة أكثر من ٢٠٠ نوع مسببة آفات، وتتكاثر بكثرة على الأجزاء الهوائية من النباتات (Boddy, 2016). في الوقت الحالي، يعد رش مبيدات الفطريات المكثفة المتكررة ضرورياً للسيطرة على هذا العامل الممرض خاصة في المناخ المعتدل والرطب (Rupp et al., 2017)، وذلك بسبب عدم وجود أصناف ذات مقاومة. ولذلك، هناك حاجة ماسة إلى أساليب بديلة، أقل اعتماداً على المواد الكيميائية وأكثر ملائمة للبيئة، للسيطرة على العفن الرمادي (Soylu et al., ٢٠١٠).

ومن هنا كان الاتجاه الى استخدام البكتريا المحفزة لنمو النبات Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) في تلقيح نباتات البندورة، حيث تعرف بوصفها مجموعة متعددة من البكتريا المتواجدة في المنطقة المحيطة بالمجموع الجذري للنبات Rhizosphere، والتي تعمل على تحفيز نوعي وكمي للنبات بشكل مباشر عن طريق تزويد النبات بمواد محفزة لنموه أو تسهيل امتصاص النبات للمواد الموجودة في التربة من خلال القدرة على تحسين إنتاج منظمات النمو مثل حمض الأندول الخلي وحمض الجبرلين والسايونوكينينات والاثيلين وتثبيت الأزوت الجوي وإذابة الفوسفات المعدنية والبوتاسيوم والعناصر المغذية الأخرى (Singh, 2013; Saharan and Nehra, 2011). ويظهر التحفيز غير المباشر لنمو النباتات من خلال قدرة هذه البكتريا على الحد من تأثير ممرضات النبات وذلك بالتضاد وإنتاج بعض المركبات مثل Siderophores والأجسام المضادة وغاز السيانيد (Bouizgarne, 2013).

٢- أهمية البحث

تأتي أهمية البحث من الأهمية الاقتصادية والغذائية لنبات البندورة في سورية ومن التأثير الكبير والواعد لبكتيريا PGPR كبديل أو متمم للتسميد المعدني على البيئة والإنسان وزيادة إنتاج البندورة، كذلك لدور هذه البكتيريا في تخفيف المقاومة الجهازية المستحثة لدى النبات، بالتالي زيادة مقاومتها لعدد كبير من الآفات كالعفن الرمادي ذو الضرر الكبير على المحاصيل سنويا ما ينعكس إيجاباً على زيادة غلة المحصول وتخفيض التكاليف ورفع المستوى المعيشي للمزارع كذلك تخفيض الأثر الضار لمتبقيات المبيدات والأسمدة في النبات.

٣- أهداف البحث:

دراسة فعالية بعض أنواع البكتيريا المحفزة للنمو (PGPR) في فطر العفن الرمادي على نبات البندورة من

خلال:

- ١- دور البكتيريا PGPR في تخفيض أعراض الإصابة على نباتات البندورة.
- ٢- تقييم التلقيح ببكتيريا PGPR الحد من تأثير فطر العفن الرمادي في نباتات البندورة ضمن الأصص، وذلك بقياس بعض مؤشرات النمو الخضري المتعلقة بارتفاع نباتات البندورة وعدد الأوراق على النبات والوزن الطازج والجاف للمجموعين الخضري والجذري.

٤- مواد وطرائق البحث:

٤-١- مكان تنفيذ البحث:

تم إجراء البحث في مخبر الأمراض ومخبر ابحاث علوم التربة والمياه في كلية الهندسة الزراعة في

اللاذقية

٤-٢- إنتاج الشتول:

زرعت بذور البندورة صنف بلدي (بذو المعرفة) في صواني إنبات من الستريور ذات ٢٢٠ حفرة. تمت تعبئة الحفر بالتورب الزراعي المعقم. قدمت للبادرات الخدمات الزراعية المطلوبة كما تمت تغطيتها بشبك ناعم لمنع دخول الحشرات.

٤-٣- الزراعة وعمليات الخدمة:

استخدمت تربة زراعية جيدة الخواص ذات قوام طينية، ومحتوى جيد من المادة العضوية، ومحتوى منخفض نسبياً من الأزوت الكلي، ومحتوى جيد من الفوسفور والبوتاسيوم جدول (١)، وهي تربة ملائمة لزراعة البندورة وأضيف لها سماد عضوي متخمّر بنسبة ٤/١ حجماً، وغطيت بشريحة من البلاستيك الشفاف للتعقيم الشمسي لمدة ثلاثة اشهر، ثم عبئت ضمن اصص بلاستيكية سعة ٥ كغ.

جدول (١) يوضح التحليل الكيميائي والميكانيكي للتربة قبل الزراعة

التحليل الميكانيكي			N	P	K	pH
طين	سلت	رمل				
٤٦	٢٠	٣٤	٠,١٢٣	٢٤,١٢	٢١٢,١	٧,٦

وزعت الاصص ضمن البيت المحمي حسب المعاملات والمكررات على ٦ خطوط منفردة بحيث كان البعد بين النبات والأخر ضمن الخط نفسه ٤٠ سم وبين الخط والأخر ١٠٠ سم، كانت المسافة بين المكرر والأخر ٨٠ سم

وذلك لمنع تلامس النباتات بين معاملتين مختلفتين، وبلغ عدد نباتات التجربة ١٢٠، وقدم للنباتات كافة العمليات الزراعية اللازمة من ري بالتنقيط، ورش دوري بالمبيدات الحشرية، والمبيدات الفطرية، والأكاروسية. ربيت النباتات تربية عمودية قصيرة على ساق واحدة ثم أزيلت الفروع الجانبية النامية في آباط الأوراق على الساق الرئيسية بشكل دوري.

٤-٤-٤ - عزلة الفطر المستخدمة في الدراسة:

استخدمت عزلة من فطر العفن الرمادي (*Botrytis cinerea*) معزولة وموصفة في مخبر أبحاث وعلوم التربة والمياه - جامعة تشرين، تم تنشيط العزلة الفطرية على بيئة PDA، وأجريت الاختبارات عليها بعد أسبوع من نموها على البيئة الغذائية.

٤-٤-٥ - تحضير المعلق الفطري:

تم تحضير المعلق الفطري من العزلة الفطرية *Botrytis cinerea* بإضافة طبق بتري نمت عليه العزلة الفطرية الممرضة على بيئة أغار البطاطا دكستروز PDA وأضيف الطبق إلى ١ لتر ماء معقم وتمت عملية المزج على هزاز دوراني.

٤-٤-٦ - الأنواع البكتيرية المستخدمة في الدراسة:

- بكتريا *Frateuria aurantia*: بكتيريا ميسرة للبتواس (حماد والشامي، ٢٠١٧)
- بكتريا *Bacillus megaterium*: بكتيريا ميسرة للفوسفور (حماد والشامي، ٢٠١٧)
- بكتريا *Rhizobium leguminosarum*: بكتريا مثبتة للأزوت الجوي ومنشطة لنمو النبات (المغربي وآخرون، ٢٠١٦)

٤-٤-٧ - تنشيط البكتريا وتحضير اللقاح البكتيري:

نشطت الأنواع البكتيرية المستخدمة بإعادة زراعتها على بيئات متخصصة للحصول على خلايا حديثة في أوج نشاطها (حماد والشامي، ٢٠١٧)، وتحقق من نقاوتها ومطابقتها للمواصفات المزرعية بتميتها على بيئات تخصصية.

وحضر المعلق باستخدام بيئة غذائية سائلة Tryptic Soy Broth (TSB)، وذلك في زجاجات خاصة بتمية البكتريا (BIOGEN) سعة ٢ لتر تسمح بالتحريك وتأمين التهوية الملائمة للنمو، تم استخدام وحدة تنمية لكل نوع بكتيري، وتلقيح البيئة السائلة بالأنواع البكتيرية بعد تنشيطها للحصول على مزارع حديثة، ثم وضعت على هزاز بسرعة ١٠٠ - ١٥٠ دورة بالدقيقة، ومن ثم إجراء التحضين على درجة حرارة ٢٨ درجة مئوية لمدة ٤٨ ساعة (١٢- C)، لحين الوصول إلى التركيز 10^9 خلية/مل، واستخدم شريحة العد Bürker لتقدير كثافة البكتريا ميكروسكوبياً وضبطها في المعلق وفق التركيز المطلوب 10^9 خلية/مل بالتخفيف أو زيادة التركيز حسب الحاجة.

٤-٤-٨ - طريقة تلقيح نباتات البندورة بالبكتريا والفطر الممرض:

٤-٨-١ - التلقيح بالبكتريا:

أضيفت اللقاحات البكتيرية المحضرة من الأنواع البكتيرية المختلفة (معلقات بتركيز 10^9 خلية/مل) إلى نباتات التجربة بعد ٧ أيام من الشتيل في الأصص، وفق المعاملات المدروسة بإضافة اللقاح البكتيري (معلق بكتيري تركيزه 10^9 خلية/مل) وذلك برّي الشتول بمعدل ٢٠ مل لكل نبات، وجزئت كمية اللقاح البكتيري عند مزج الأنواع

البكتيرية الثلاثة بحيث تبقى الكمية ذاتها ٢٠ مل حسب كل معاملة. وأضيف ٢٠ مل ماء مقطر للشاهد حسب المعاملات.

٤-٨-٢- إعداد بالعزلة الفطرية الممرضة:

تم إعداد نباتات البندورة بالمعلق الفطري بمعدل ٢٠ مل من المعلق لكل نبات، حسب المعاملات المدروسة. وأضيف ٢٠ مل ماء مقطر للشاهد الغير معدي بالفطر فقط وللمعاملات الملقحة بالأنواع البكتيرية المدروسة، حسب تصميم التجربة.

٥- تصميم البحث والتحليل الإحصائي:

اعتمد في تصميم البحث نظام العشوائية الكاملة، بواقع ٤ معاملات بخمس مكررات لكل معاملة و٦ نباتات لكل مكرر وبلغ عدد النباتات الكلي ١٢٠ نباتاً. وكانت المعاملات وفق الآتي جدول (٢):

جدول (٢): تصميم ومعاملات البحث

المعاملات		
1	C	نباتات غير معاملة (شاهد سليم)
2	B	نباتات معدة بفطر العفن الرمادي <i>Botrytis cinerea</i>
3	M	نباتات ملقحة بالأنواع البكتيرية الثلاثة فقط
4	MB	نباتات ملقحة بالأنواع البكتيرية الثلاثة المستخدمة ومعداة بفطر العفن الرمادي <i>Botrytis cinerea</i>

حللت النتائج إحصائياً باستخدام برنامج Genstat-12، واختبار One-way ANOVA (no Blocking)، ومقارنة الفروق بين المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي LSD 5% واختبار Duncan's.

٦- المؤشرات المدروسة:

تم أثناء الدراسة تسجيل القراءات التالية:

- أعراض الإصابة بفطر العفن الرمادي: تم تسجيل أعراض الإصابة بفطر العفن الرمادي على نباتات البندورة، حسب المعاملات المدروسة بعد ٣٠ يوماً من العدوى بالفطر والتلقيح بالبكتريا
- عدد الأوراق الكلية على النبات: تم تسجيل عدد الأوراق المتشكلة في نباتات التجربة ورقة/نبات .
- ارتفاع النبات: تم قياس ارتفاع النباتات في معاملات التجربة اعتباراً من منطقة التاج إلى قمة النبات بسم.
- الوزن الطازج للمجموع الخضري ب غ: استخدم ميزان إلكتروني حساسيته ٠,١ غ لقياس الوزن الطازج للمجموع الخضري، بعد قلع النبات الأخضر وفصل المجموع الخضري عن الجذر عند منطقة التاج.
- الوزن الطازج للمجموع الجذري ب غ: استخدم ميزان إلكتروني حساسيته ٠,١ غ لقياس الوزن الطازج للمجموع الجذري، بعد قلع النبات الأخضر وفصل المجموع الخضري عن الجذر عند منطقة التاج، غسلت الجذور بالماء لتنظيفها من التربة ونشفت هوائياً قبل وزنها.
- الوزن الجاف للمجموع الخضري: جفف المجموع الخضري لنباتات التجربة هوائياً لمدة يوم ثم وضع ضمن فرن على درجة حرارة ٦٥ م° حتى ثبات الوزن.
- الوزن الجاف للمجموع الجذري: جفف المجموع الجذري لنباتات التجربة هوائياً لمدة يوم ثم وضع ضمن فرن على درجة حرارة ٦٥ م° حتى ثبات الوزن.

٧- النتائج والمناقشة:

- تأثير البكتريا المحفزة لنمو نبات البندورة في أعراض الإصابة بفطر العفن الرمادي:

بدأت الأعراض بالظهور بعد ٧ أيام من العدوى الاصطناعية بفطر العفن الرمادي *Botrytis cinerea*، وكانت عبارة تعفن واصفرار الوريقات والبتلالات والسيقان، ولوحظ ضعف في النمو النباتات وكانت الاعراض متفاوتة باختلاف المعاملات المدروسة بالمقارنة مع الشاهد السليم والشاهد المعدى بالفطر، وتطورت الأعراض بعد ٣٠ يوماً من العدوى الاصطناعية بالعزلة *Botrytis cinerea*. إذ شوهد موت كامل للنبات وجفاف الأوراق في معاملة الشاهد المعدى بالفطر فقط (B). في حين كانت الأعراض أقل تكشفاً في المعاملة (MB)، كما تبين أن البكتريا حفزت من نمو النبات في المعاملة (M) الملقحة بالأنواع البكتيرية الثلاثة وغير المعدة بالفطر الممرض بالمقارنة مع الشاهد السليم غير المعدى (C).

حيث بينت دراسة قام بها (Agrios, 2005) أن تأثير الفطر يعود إلى أن سموم الفطر التي يتم إفرازها في الأوعية تنتقل إلى الأوراق وتسبب نقصاً في تركيب الكلوروفيل، وتخفض من عملية التركيب الضوئي، وتعرقل من نفاذية أغشية الخلايا الورقية وقدرتها على التحكم بفقدان الماء، ونتيجة لذلك تذبل الورقة وتتلون باللون البني وتموت. في حين بينت النتائج أن تلقيح نباتات البندورة ببكتريا *Bacillus cabrialesii* BH5 حفزت المقاومة الجهازية المستحثة ISR داخل النبات عن طريق تحفيز مسار إشارات الجاسمونيك اسيد JA من خلال إنتاج مركب fengycin H وهو مركب شحمي مضاد للفطريات يثبط الفطريات الخيطية ويسبب تلفاً كبيراً في غشاء البلازما مما أدى إلى موت الخلايا، وهذا بدوره اخر من ظهور اعراض الإصابة على أوراق نباتات البندورة الملقحة بالبكتريا والمعدة بالفطر وظهرت الاعراض بعد ٦ ايام من العدوى، في حين ظهرت الاعراض على نباتات الشاهد المعدى بعد يومين من العدوى بالفطر وتجلت على شكل اصفرار بالاوراق مع وجود بقع نخرية عليها، حيث بلغت كفاءة المكافحة الحيوية عند المعاملة ببكتريا BH5 حوالي ٧١,٤ % (Zhou et al., 2021). يمكن ان يعود التأثير المضاد للفطور الممرضة الذي تمتلكه بعض انواع الجنس *Bacillus* الى عدة مركبات مثل: المضادات الحيوية، والمواد الطيارة والانزيمات الحالة للكيتين، حيث تنتج هذه البكتريا انزيمات الكايتيز التي تحلل الكيتين الذي يعد المركب الرئيس في تركيب الجدار الخلوي لمعظم الفطور (Sadfi et al., 2001). حيث اظهرت السلالة *B. licheniformis* B307 أعلى كفاءة في إنتاج الكايتيز والذي ترافق مع فعالية تضادية عالية اتجاه الفطر *B. cinerea* وانخفضت الإصابة في نباتات البندورة المعاملة بالبكتريا بمقدار ٤٨,٩ – ٥٦,٩% مقارنة مع الشاهد (عقيد وآخرون، ٢٠١٩) وقد يعود الانخفاض في اعراض الإصابة ايضا إلى قدرة البكتريا على تيسير البوتاسيوم في التربة وامتصاصه من قبل النبات، وما للبوتاسيوم من دور هام في انتقال وتبادل العناصر الغذائية من جهة، ودوره في التحولات الطاقية والاستقلابية داخل النبات (Rrajapati and Modi, 2012).

-تأثير بكتريا PGPR في متوسط ارتفاع نباتات البندورة وعدد الاوراق والوزن الرطب والجاف للمجموع

الخضري والجذري بوجود وغياب العدوى بالفطر:

بينت النتائج الموضحة في الجدول (٣)، زيادة في متوسط ارتفاع نباتات البندورة وعدد الاوراق والوزن الطازج والجاف للمجموع الخضري والجذري في معاملات التجربة كافة بالمقارنة مع معاملي الشاهد السليم والمعدى بالفطر. وتوقفت المعاملة (M) الملقحة بالأنواع البكتيرية الثلاثة وبدون عدوى بالفطر معنوياً في كافة المعايير المدروسة على معاملي الشاهد السليم والشاهد المعدى بالفطر *Botrytis cinerea* إذ بلغ متوسط ارتفاع نباتات البندورة ٣٩,٦ سم/نبات، ومتوسط عدد الاوراق ١٢ ورقة/نبات، والوزن الطازج والجاف للمجموع الخضري ٧٣,٧

و ٣,٩ غ/نبات، على التوالي، والوزن الطازج والجاف للمجمع الجذري ٢٢,٧ و ١,١ غ/نبات، على التوالي، مقارنة مع الشاهدين السليم والمعدى.

حيث بلغت نسبة الزيادة في متوسط ارتفاع نباتات البندورة ، ومتوسط عدد الاوراق ١٢ ورقة/نبات، والوزن الطازج والجاف للمجموع الخضري ٧٣,٧ و ٣,٩ غ/نبات، على التوالي، والوزن الطازج والجاف للمجمع الجذري ٢٢,٧ و ١,١ غ/نبات، على التوالي، مقارنة مع الشاهدين السليم والمعدى.

ووجد أن ارتفاع نباتات البندورة وعدد الاوراق ومتوسط الوزن الطازج والجاف للمجموع الخضري والجذري لدى

المعاملة المعداة بالفطر *Botrytis cinerea* والملقحة بالبكتريا المحفزة للنمو (MB) متفوقة معنوياً على معاملي

الشاهدين السليم والمعدى بالرغم من وجود العدوى بالفطر الممرض، إذ بلغ متوسط ارتفاع نباتات البندورة ٣٤,٩

سم/نبات ، ومتوسط عدد الاوراق ١٠ ورقة/نبات، في حين بلغ متوسط الوزن الطازج والجاف للمجموع الخضري

٦٦,٨ و ٣,٤ غ/نبات، على التوالي، والوزن الطازج والجاف للمجمع الجذري ٢٠,٨ و ٠,٨ غ/نبات، على التوالي،

مقارنة مع الشاهدين السليم والمعدى.

جدول (٣) متوسط ارتفاع نباتات البندورة وعدد الاوراق والوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري والجذري وفق المعاملات المدروسة

بوجود وغياب العدوى بفطر *Botrytis cinerea*

المعاملات	ارتفاع النبات (غ/نبات)	عدد الأوراق (ورقة/نبات)	الوزن الطازج للمجموع الخضري (غ/نبات)	الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ/نبات)	الوزن الطازج للمجموع الجذري (غ/نبات)	الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ/نبات)
b	21.3 ^a	6 ^a	50.3 ^a	0.8 ^a	16.3 ^a	0.5 ^a
m	39.6 ^d	12 ^d	73.7 ^d	3.9 ^d	22.7 ^d	1.1 ^d
bm	34.9 ^{bc}	10 ^{bc}	66.8 ^{bc}	3.4 ^{bc}	20.8 ^{bc}	0.8 ^{bc}
c	33.4 ^b	8 ^b	58.5 ^b	1.2 ^b	18.5 ^b	0.7 ^b
LSD^o%	5.3	2	٧,١	0.4	2.1	0.2

C= control; B= (M)=*Rhizobium leguminosarum*+ *Frateuria aurantia* +*Bacillus megaterium*
Botrytis cinerea

قد يعود ذلك إلى تآزر مزيج الأنواع البكتيرية الثلاثة في تأمين احتياجات النبات من المواد الغذائية NPK

وتحفيز نمو النبات، عن طريق إفراز منظمات نمو، وتزويد النبات بالعناصر الغذائية، وإذابة بعض العناصر الغذائية

في التربة وإتاحتها للنبات، أو بسبب تحفيز المقاومة الجهازية بفعل البكتيريا أو بفعل الاثنين معاً (Zehnder *et al.*,

٢٠٠١، ٢٠٠٠)، ولم يُظهر مزيج الأنواع البكتيرية الثلاثة المستخدمة أي تضاد وقد يعزى ذلك لاختلاف احتياجاتها

وتخصصها في تحسين امتصاص العناصر الغذائية NPK، أو لوجود ترابط وتآزر فيما بينها (Jetiyanon *et al.*,

٢٠٠٤ ; Kloeper *et al.*, ٢٠٠٢).

حيث تتوافق نتائج دراستنا مع دراسات أخرى مشابهة (Arfaoui *et al.*, 2006; Hmissi *et al.*,

2004; Singh *et al.*, ٢٠١١) حيث تعمل البكتيريا المحفزة لنمو النبات على الحد من فعالية الممرضات النباتية،

لكونها تملك آليات عديدة تسمح لها بمكافحة الممرضات، وتشمل المنافسة على الحديد والغذاء، وإنتاج مضادات حيوية

وزيادة في نمو النبات، وحث آليات الدفاع في النبات (Arfaoui *et al.*, 2005). وإن الزيادة في مؤشرات النمو (

ارتفاع النبات وعدد الأوراق والوزن الطازج للمجموعين الخضري والجذري) في نباتات البندورة الملقحة بالبكتيريا المحفزة

لنمو (PGPR) قد يعود لدورها في إنتاج أو تغيير تركيز منظمات النمو مثل الأوكسينات (IAA) والجبرلينات وحمض

والسايتوكينينات والأثيلين، والتي تساعد في إنبات البذور، وزيادة حجم الخلايا وانقسامها وتمايز الأنسجة، ونضج

الثمار، وتحفز نمو المجموع الجذري وتطوره، ما ينعكس على زيادة امتصاص المغذيات من التربة وبالتالي زيادة نمو

النبات وإنتاجه (Arshad, M., and Frankenberger, 1998; Ortiz Castro *et al.*, 2008;

Nihorimbere, *et al.* 2011 ; Figueiredo *et al.*, 2016; Khan *et al.*, 2016; Selvakumar *et al.*,

201٨; Meena *et al.*, ٢٠١٦).

حيث اظهرت معاملة نباتات البندورة الملقحة بـ *Paenibacillus terrae* AY-38 والمعدة بفطر *B. cinerea* زيادة في نمو النباتات وفي ارتفاع النبات ومساحة المسطح الورقي، عن طريق إنتاج كمية كبيرة من IAA (حمض الإندول -٣ أسيتيك) و siderophores والجلوكاناز، حيث يرتبط siderophores الذي تنتجه البكتريا بالحديد وبالتالي يمنع استخدامه من قبل مسببات الأمراض، بينما من المعروف أن الجلوكاناز يرتبط بمسببات الأمراض المقاومة لأنه يؤدي إلى تحلل مكونات جدران الخلايا الفطرية، مما يؤدي إلى الحد من الاصابات الفطرية وبالتالي نمو أفضل للمحاصيل وزيادة في الانتاج (Sayed et al. 2005; Hong & Meng 2003) وان التلقيح بـ *Paenibacillus terrae* AY-38 قلل من حدوث الاعراض الفطرية على أوراق وثمار نباتات البندورة وعزز من نمو النبات عن طريق تعديل الاستجابات الدفاعية للهرمونات الداخلية، منها الجاسمونيك والساليسيليك (Kim et al., 2017)

تشير النتائج أن بكتريا *Bacillus cabrialesii* BH5 تنتج مركب fengycin H وهو مركب شحمي مضاد للفطريات يثبط الفطريات الخيطية ويسبب تلفاً كبيراً في غشاء البلازما في العامل الممرض الفطري *B. cinerea* مما يؤدي إلى موت الخلايا، وأن كلا من BH5 و fengycin H يعملان على تحفيز المقاومة الجهازية المستحثة ISR في نباتات البندورة عن طريق تحفيز مسار إشارات الجاسمونيك اسيد JA وهذا ينعكس على تحفيز نمو النباتات (Zhou et al., 2021).

في حين أدت سلالة *Araburkholderia* sp. GD17 إلى تحسين نمو نبات البندورة عن طريق زيادة كفاءة التمثيل الضوئي ومن خلال تعزيز تنظيم التمثيل الغذائي للكربوهيدرات. وحفزت من نمو النباتات عن طريق زيادة المقاومة الجهازية داخل النبات ضد الاعراض التي يسببها *Botrytis cinerea* (Gu et al., 2023) اذت معاملة جذور وأوراق نباتات البندورة بسلالتين من بكتريا *Bacillus amyloliquefaciens* إلى انخفاض كبير في شدة العدوى بفطر *B. cinerea* عن طريق افراز مركبات تشبه البيبتيدات الدهنية تعمل على تغييرات في هيكل مسليوم الفطر، وحفز التلقيح بالسلالتين نمو نباتات البندورة من خلال إنتاج حمض الإندول أسيتيك (IAA) و٣،٢-بوتانيدول، مما يشير إلى وجود تأثير تآزري بين السلالتين ضد فطر *B. cinerea* عن طريق تحريض المقاومة الجهازية في النبات (Salvatierra-Martinez et al., 2018).

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- لدى تلقيح نباتات البندورة بالأنواع البكتيرية الثلاثة (*Rhizobium leguminosarum* و *Bacillus megaterium* و *Fratureuria aurantia*) بوجود العدوى بالفطر الممرض *Botrytis cinerea* وغيابها أدت إلى:
- ١- خفض أعراض الإصابة بالفطر الممرض *Botrytis cinerea* لدى المعاملة MB وزادت مؤشرات النمو والمؤشرات النوعية لنبات البندورة بالمقارنة مع الشاهدين C و B.
 - ٢- زيادة نمو نباتات البندورة، وتخفيض تأثير الفطر الممرض في ارتفاع نباتات البندورة وعدد الأوراق الكلية والوزن الرطب والجاف للمجموعتين الخضري والجذري بالمقارنة مع الشاهد السليم والمعدى بالفطر غير المعاملين بالبكتيريا.

التوصيات:

- ١- متابعة الدراسة لمعرفة تأثير البكتيريا PGPR حقلياً في الفطر الممرض *Botrytis cinerea* على نباتات البندورة وبقية الممرضات النباتية.
- ٢- إمكانية استخدام التلقيح البكتيري بالأنواع الثلاثة (*Bacillus* و *Rhizobium leguminosarum* و *Frateriuria aurantia* و *megaterium*) بإضافتها إلى شتول النباتات لتحسين نموها وإنتاجيتها ومقاومتها للممرضات النباتية.

٧- المراجع:

١. حماد، ياسر و رامز الشامي. (٢٠١٧). توصيف بعض أنواع بكتيريا الرايزوسفير المحفزة لنمو النبات من بعض الأسمدة الحيوية والتربة. مجلة جامعة البعث. سورية. المجلد ٣٩. ص ٢٥.
٢. المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. (٢٠٢٢). مديرية الإحصاء والتخطيط، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، الجمهورية العربية السورية.
٣. المغربي، صباح؛ رزق ، بشرى؛ حماد، ياسر. دراسة تأثير بكتيريا *Rhizobium leguminosarum* في نمو الفطر *Fusarium oxysporum* f.sp.lycopersici. مجلة وقاية النبات العربية، ٢٠١٦، عدد ٢. المجلد ٣٤، ١٤ - ١٣٥.
٤. عقيد، ياسر، فائزة الأطرش ووليد نفاع. ٢٠١٩. فعالية البكتيريا *Bacillus licheniformis* B307 في مكافحة الأحيائية لمرض العفن الرمادي في الندورة/الطماطم المتسبب عن الفطر *Botrytis cinerea*. مجلة وقاية النبات العربية، ٣٧(٤): ٣٣٤-٣٢٧.

٨- المراجع لاجنبية:

٥. Agrios, G.N.(2005). Plant pathology, 5thed. Elsevier., 922p.
٦. Arfaoui,A.,B.Sifi,A.Boudabous,I.El Hadrami,and M.Charif.2006. Identification of Rhizobium isolates possessing antagonistic activity against Fusarium oxysporum f.sp. ciceris, the causal agent of Fusarium wilt of chick. Journal of Plant Pathology, 88 (1), 67-75.
٧. FAO Statistical Database FAOSTAT. (2011). Agriculture data, URL: <http://http://faostat.fao.org/site/567>.
٨. Hmissi,I.,S.Gargouri.,and B.Sifi.2011. Attempt of wheat protection against *Fusarium culmorum* using *Rhizobium* isolates. Tunisian Journal of Plant Protection 6,2011, 75-86.
٩. Jetiyanon., Kanchalee and W. K. Joseph. (2002). Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria for induction of systemic resistance against multiple plant diseases. Biological Control 24: 285–291.
١٠. Zhou, L., Song, C., Muñoz, C. Y., & Kuipers, O. P. (2021). *Bacillus cabrialesii* BH5 protects tomato plants against *Botrytis cinerea* by production of specific antifungal compounds. *Frontiers in Microbiology*, 12, 707609.
١١. Gu, A., Zhao, D., Liu, H., Fu, W., Li, G., & Hao, L. (2023). P araburkholderia sp. GD17 improves tomato plant growth and resistance to *Botrytis cinerea*-induced disease. *Plant and Soil*, 486(1), 487-502.

١٢. Salvatierra-Martinez, R., Arancibia, W., Araya, M., Aguilera, S., Olalde, V., Bravo, J., & Stoll, A. (2018). Colonization ability as an indicator of enhanced biocontrol capacity—An example using two *Bacillus amyloliquefaciens* strains and *Botrytis cinerea* infection of tomatoes. *Journal of Phytopathology*, 166(9), 601-612.
١٣. Kim, A. Y., Shahzad, R., Kang, S. M., Khan, A. L., Lee, S. M., Park, Y. G., ... & Lee, I. J. (2017). *Paenibacillus terrae* AY-38 resistance against *Botrytis cinerea* in *Solanum lycopersicum* L. plants through defence hormones regulation. *Journal of plant interactions*, 12(1), 244-253.
١٤. Sayyed RZ, Badgajar MD, Sonawane HM, Mhaske MM, Chincholkar BB. ٢٠٠٥. Production of microbial iron chelators (siderophores) by fluorescent *Pseudomonads*. *Indian J Biotechnol*. 4:484–490.
١٥. Hong TY, Meng M. 2003. Biochemical characterization and antifungal activity of an endo-1, 3-β-glucanase of *Paenibacillus* sp. Isolated from garden soil. *Appl Microbiol Biotechnol*. 61:472–478
١٦. Asselbergh, B., Curvers, K., França, S. C., Audenaert, K., Vuylsteke, M., Van Breusegem, F., et al. (2007). Resistance to *Botrytis cinerea* in sitiens, an abscisic acid-deficient tomato mutant, involves timely production of hydrogen peroxide and cell wall modifications in the epidermis. *Plant Physiol*. 144, 1863–1877. doi: 10.1104/pp.107.099226
١٧. Toral, L., Rodriguez, M., Bejar, V., and Sampedro, I. (2018). Antifungal activity of lipopeptides from *Bacillus* XT1 CECT 8661 against *Botrytis cinerea*. *Front. Microbiol*. 9:1315. doi: 10.3389/fmicb.2018.01315
١٨. Boddy, L. (2016). “Pathogens of autotrophs,” in *The Fungi 3rd Edn.* (eds.) C. S. Watkinson, L. Boddy and N. P. Money (London: Academic Press), 245-292. 245–292
١٩. Rupp, S., Weber, R. W., Rieger, D., Detzel, P., and Hahn, M. (2017). Spread of *Botrytis cinerea* strains with multiple fungicide resistance in German horticulture. *Front. Microbiol*. 7:2075. doi: 10.3389/fmicb. 2016.02075
٢٠. Soyly, E. M., Kurt, Ş., and Soyly, S. (2010). *In vitro* and *in vivo* antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. *Int. J. Food Microbiol*. 143, 183–189. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.08.015
٢١. SINGH.,JAY SHANKAR. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria Potential Microbes for Sustainable Agriculture*. (Central) University, Raibarely Road, Lucknow ٢٢٦٠٢٥ Uttar Pradesh, India, ٢٠١٣, pp٧.
٢٢. SAHARAN., BS and V NEHRA. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review*. Life Sciences and Medicine Research, 2011, Volume: LSMR-21.
٢٣. BOUIZGARNE.,BRAHIM. *Bacteria for Plant Growth Promotion and Disease Management*. Springer, 2013, 454p 40 illus. hardcover.
٢٤. ZEHNDER., G. W.; CHANGBIN YAO, JOHN F. MURPHY, EDWARD R. SIKORA AND JOSEPH W. KLOPPER. *Induction of Resistance in Tomato Against Cucumber mosaic virus by Plant Growth- Promoting Rhizobacteria*. Printed in the Netherlands Biocontrol, 2000, 45: 127-137.
٢٥. ZEHNDER., G. W.; MURPHY, J F.; J. S. EDWARD, AND J. W. KLOPPER. *Application of rhizobacteria for induced resistance*. *European Journal of Plant Pathology*, 2001, 107:39-50.
٢٦. Kloepper JW, C.M. Ryu and S.A. Zhang. (2004). Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology* 94: 1259-1266

٢٧. SINGH, D.P.; MOORE, C.A.; GILLILAND, A. AND CARR, J.P. *Activation of multiple antiviral defense mechanisms by salicylic acid*. *Molecular Plant Pathology*, ٢٠٠٤, ٥, ٥٧-٦٣.
٢٨. Georgé, S., Tourniaire, F., Gautier, H., Goupy, P., Rock, E. and Caris-Veyrat, C. (٢٠١١). Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilization of red and yellow tomatoes. *Food Chemistry*, 124, 1603-1611.
٢٩. Rao, A. V. (2002). Lycopene, tomatoes, and the prevention of coronary heart disease. *Experimental Biology and Medicine*, 227, 908-913.
٣٠. Rao, A. V. and Rao, L. G. (2007). Carotenoids and human health. Invited review. *Pharmacological Research*, 55, 207-216.
٣١. Arshad, M., & Frankenberger, W. T. (1998). Plant growth-regulating substances in the rhizosphere: *Microbial production and functions*. *Advances in Agronomy*, 62, 46-152.
٣٢. Ortiz Castro R, Valencia-Cantero E, Lopez-Bucio J. (2008). Plant growth promotion by *Bacillus megaterium* involves cytokinin signaling. *Plant Signal Behav* 3:263-265.
٣٣. Nihorimbere V, Ongena M, Smargiassi M, Thonart P. (2011). Beneficial effect of the rhizosphere microbial community for plant growth and health. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*. 15(2):327-337.
٣٤. Figueiredo MVB, Bonifacio A, Rodrigues AC, Araujo FF. (2016). Plant growth-promoting rhizobacteria: key mechanisms of action. In: Choudhary DK, Varma A (eds) *Microbial-mediated induced systemic resistance in plants*. *Springer Science + Business Media, Singapore*, pp 23-37.
٣٥. Khan AL, Halo BA, Elyassi A, Ali S, Al-Hosni K, Hussain J, Al-Harrasi A, Lee IJ. (2016). Indole acetic acid and ACC deaminase from endophytic bacteria improves the growth of *Solanum lycopersicum*. *Electron J Biotechnol* 21:58-64.
٣٦. Selvakumar G, Bindu GH, Bhatt RM, Upreti KK, Paul AM, Asha A, Shweta K, Sharma M. (2016). Osmotolerant cytokinin producing microbes enhance tomato growth in deficit irrigation conditions. *Proc Natl Acad Sci, India, Sect B Biol Sci*. doi:10.1007/s40011-016-0766-3.
٣٧. Meena, K. N., Nayan Tara and Baljeet Singh Saharan. (2018). Review on PGPR: An Alternative for Chemical Fertilizers to Promote Growth in *Aloe vera* Plants. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. Volume 7 Number 03. P6.
٣٨. Tonon, R V., Baroni, A. F., Hubinger, M.D. (2005). Mass Transfer Kinetics of smodehydrated Tomato Halves. In: 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering. *Rio das Pedras. Anais 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering*.
٣٩. Rajapati, K., and H.A. Modi. (2012). The Importance Of Potassium In Plant Growth – A Review. *Indian Journal of Plant Sciences*. Vol. 1(02-03) Jul.-Sept. & Oct.-Dec., pp.177-186.
٤٠. Sadfi, N., M. Cherif, I. Fliss, A. Boudabbous and H. Antoun. 2001. Evaluation of bacterial isolates from salty soils and *Bacillus thuringiensis* strains for the biocontrol of *Fusarium* dry rot of potato tubers. *Journal of Plant Pathology*, 83: 101-117.