تأثير بعض أنواع الريزوبكتريا المحفزة لنمو النبات في الحد من الإصابة بفطر *Fusarium solani* على نبات الكوسا

* د. ياسر علي حماد د. رامز محمد الشامي**

(الإيداع: 4 آب 2024، القبول: 31 تشرين الأول 2024)

الملخّص:

هدف البحث إلى دراسة تأثير ثلاثة أنواع من الريزوبكتيريا المحفزة لنمو النبات PGPR (*Bacillus circulans* *Azotobacter chroococcum, Bacillus megaterium,*) في الحد من تأثير الفطر *Fusarium solani* وأعراضه على نباتات الكوسا المزروعة في أكياس، وقياس بعض مؤشرات النمو الخضري المتعلقة بعدد الأوراق على النبات والوزن الطازج للمجموعين الخضري والجذري.

أظهرت النتائج خفض أعراض الإصابة بالفطر الممرض *F. solani* على النباتات الملقحة بالأنواع البكتيرية المدروسة، وتباينت نسبة خفض الإصابة بين المعاملات، وكانت المعاملة F+Bc هي الأفضل تليها المعاملة F+Bm ثم المعاملة F+Az. كما تبين زيادة نمو نباتات الكوسا وتخفيض تأثير الفطر الممرض في عدد الأوراق والوزن الطازج للمجموعين الخضري والجذري بالمقارنة مع الشاهد السليم والمعدى بالفطر وغير الملقحين بالبكتيريا. مع تفوق النوع البكتيري *B. circulans* في الحد من تأثير الفطر *F. solani* في نباتات الكوسا يليه النوع البكتيري *B. megaterium* ثم النوع البكتيري *A. chroococcum* في جميع المؤشرات المدروسة. وهذا يشير إلى إمكانية استخدام التلقيح البكتيري بالأنواع البكتيرية *B.circulans* و*B. megaterium* و*A. chroococcum* بإضافتها إلى شتول النباتات لتحسين نموها وإنتاجيتها ومقاومتها للممرضات النباتية.

الكلمات المفتاحية: ريزوبكتريا محفزة لنمو النبات (PGPR)،Fusarium solani ، تلقيح، عدوى، نبات الكوسا.

* أستاذ مساعد، قسم علوم التربة والمياه، كلية الهندسة الزراعية– جامعة تشرين.

** مدرس، كلية الزراعة الثانية بالسويداء ، جامعة دمشق.

Effect of Some Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Reducing the Infection of *Fusarium solani* on Zucchini Plants

* Dr. Yaser A. Hammad** Dr. Ramez M. Al Shami

(Received: 4 Augast 2024, Accepted: 31 October 2024)

Abstract:

The research aimed to study the effect of three types of plant growth promoting rhizobacteria PGPR (*Bacillus circulans, Bacillus megaterium*, and *Azotobacter chroococcum*) in reducing the effect of the fungus *Fusarium solani* and its symptoms on zucchini plants grown in bags, and to measure some vegetative growth indicators related to the number of leaves on the plant and the fresh weight of the two groups vegetative and root .The results showed a reduction in the symptoms of infection with the pathogenic fungus *F. solani*, and the F+Bc treatment was the best, followed by the F+Bm treatment, then the F+Az treatment. They also showed an increase in the growth of zucchini plants and a reduction in the effect of the pathogenic fungus on the number of leaves and the fresh weight of the shoot and root systems compared to the healthy control, and the fungus infected control not treated with bacteria. The bacterial species *B. circulans* was superior in reducing the effect of the fungus *F. solani* on zucchini plants, followed by the bacterial species *B. megaterium* and then the bacterial species *A. chroococcum* in all the indicators studied. Therefore, it is possible to use bacterial inoculation with the bacterial species *B. circulans, B. megaterium*, and *A. chroococcum* by adding them to plant seedlings to improve their growth, productivity, and resistance to plant diseases.

Keywords: PGPR, Fusarium solani, pathogenic, inoculum, infection, zucchini plant

**Associated Professor, Department of soil and water sciences, Faculty of Agriculture Engineering, Tishreen University

*Assistant, second faculty of agriculture in suwayda, Damascus university.

المقدمة:

يعتبر محصول الكوسا .*Cucurbita pepo* L أحد أهم محاصيل الخضر التابعة للجنس *Cucurbita*، الفصيلة القرعية Cucurbitaceae، وتعود جميع أصناف الكوسا للنوع *C. pepo* إلا أنها تنتمي إلى طرز مختلفة، وتزرع في معظم الأراضي الزراعية والبيوت المحمية لما لها من فوائد صحية وغذائية كبيرة (Ainsworth and Lovatt, 1991). يزرع محصول الكوسا بشكل واسع في سوريا، وبلغ إجمالي المساحة المزروعة بالكوسا لعام 2022 (4818 هكتاراً)، وبإنتاج إجمالي 87929 طناً (المجموعة الإحصائية الزراعية، 2022). يصاب محصول الكوسا بالعديد من الأمراض الفطرية تحت الظروف الطبيعية للحقل، والعامل المحدد لنجاح زراعته هو المناخ المناسب (Tuquero and Chargualaf, 2019)

تعتبر التربة وسط حي وهي ليست فقط مورد طبيعي للأمن الزراعي والغذائي، ولكنها أيضاً تحافظ على جميع أشكال الحياة الموجودة فيها، والمتبادلة بين التربة والنبات، وقد ظهر في السنوات الأخيرة مفهوم الريزوبكتيريا المحفزة لنمو النبات (Plant Growth Promoting Rhizobacteria: PGPR) كأداة مهمة وواعدة للزراعة المستدامة، حيث أن البكتيريا PGPR تعيش في التربة وحول أو على سطح الجذور، وتشارك بشكل مباشر أو غير مباشر في تعزيز نمو النبات وتطوره، إما عن طريق إطلاق الهرمونات النباتية أو غيرها من المواد المنشطة بيولوجياً، وتغيير مستوى الهرمونات النباتية، وتعزيز امتصاص المعادن المغذية في التربة، أو تقليل الآثار الضارة للكائنات الحية الدقيقة الممرضة، فضلاً أنها طريقة اقتصادية وصديقة للبيئة (Kumar *et al.*, 2018). وأصبح تطبيق استخدام الريزوبكتيرياPGPR مهماً للمحافظة على جودة التربة وزيادة غلة المحاصيل في أجزاء كثيرة من العالم (Chen *et al.*, 2007 ; Gupta *et al.*, 2015; Finkel *et al.*, 2017).

تتمتع البكتريا PGPR'S بالكثير من المزايا في الإنتاج النباتي والأنظمة الزراعية، حيث تم اكتشاف أن بكتيريا PGPR لها تأثيرات إيجابية على إنبات البذور ونمو الشتول والنباتات ومكونات المحصول، وتعتمد فعاليتها على التركيب الوراثي للنبات والسلالة البكتيرية المستخدمة وجرعات التلقيح والبيئة (Kumar *et al.*, 2021). يمكن تطبيق بكتيريا PGPR على بذور القرعيات عن طريق نقع البذور، ويتم تطبيق البكتريا الجذرية على الشتول عن طريق غمس الجذور أو الرش الورقي حيث تؤمن بكتيريا PGPR نمو كبير لشتول القرعيات وزيادة في قطر الساق وعدد الأوراق (Bashan 2014 ; Glick, 2005)، وبالمثل فقد بين Kokalis–Burelle وزملاؤه (2003) أن بكتيريا PGPR's زادت من جودة شتول الشمام والبطيخ من حيث (وزن النبات، طول النبات، وقطر الساق). كما وجد في دراسة أخرى على الخيار أن التلقيح بالبكتيريا *Azotobacter chroococcum* و *Bacillus megaterium* و *B .mucilaginosus* أدى إلى زيادة في معدل إنبات ونمو نباتات الخيار والكتلة الحيوية للبراعم وعدد الجذور الجانبية (Sokolova *et al.*, 2011)، ونتيجة تطبيق استخدام الريزوبكتريا المحفزة لنمو النبات على نباتات الكوسا كالأنواع: *B. subtilis* و*B . amyloliquefaciens* و*B. pumilus* و*B. licheniformis* زاد الوزن الجاف للجذور والمجموع الخضري للنبات، كما ازداد عدد الأوراق وطول الساق وقطرها ولوحظ زيادة في عدد الأفرع على النباتات الملقحة بهذه البكتريا. وعند تطبيق أنواع الريزوبكتيريا *Panibacillus polymyxa* و*B. megaterium* على نبات الكوسا وجد تبكير في نضج المحصول وتحسين في نوعية الثمار وزيادة في الإنتاج الكلي وحسنت من امتصاص نبات الكوسا للعناصر المعدنية الأساسية في التربة N,P,K (Kumar *et al.*, 2021). كما تبين عند دراسة أثر بكتريا *A. brasilense* AC1 وبكتريا *B. subtilis* AC2 على نبات الكوسا لوحظ زيادة في كمية المحصول، وزيادة في وزن الثمرة، وزيادة ملحوظة في نمو نباتات الكوسا، وتحسن في امتصاص النبات لكل من عنصري الفوسفور والآزوت (Elwan and Abd El–Azeem, 2015).

يتبع الفطر *Fusarium solani* الجنس *Fusarium* والفصيلة Tuberculariaceae، والرتبة Moniliales وصف الفطريات الناقصة Deuteromycetes طوره الجنسي من صف الفطريات الزقية (الأسكية) Ascomycetes (حالياً شعبة Ascomycota)، وهو جنس عالمي الانتشار، إذ يصيب العديد من المحاصيل الزراعية المهمة مسبباً لها عدة أمراض كثيرة كالذبول، والتعفنات والتقرحات لكثير من الأشجار المثمرة والمحاصيل الحقلية ونباتات الزينة وأشجار الغابات (Nelson *et al.*, 1983).

تعدّ آليات المقاومة الحيوية ضد فطر الذبول الفيوزاريومي معقده، وعملت هذه الكائنات الحية على مقاومة فطر الفيوزاريوم حيوياً باستخدام آليات مختلفة مثل: المنافسة على المغذيات في التربة، أو الحديد، أو المنافسة على المواقع التي يصيب بها الفطر الجذور، أو عن طريق انتاج المضادات الحيوية ضد الفطريات الممرضة (Arfaoui *et al.*, 2006; Das *et al.,* 2017; Liu *et al.*, 2018; Islam *et al.*, 2018; Jiao *et al.*, 2021).

تم دراسة تأثير البكتيريا المحفزة لنمو النبات (PGPR) كعوامل تحفيز للمقاومة الجهازية المستحثة (ISR) ضد العديد من الممرضات ومنها دراسات مؤخراً حول تأثيرها في فطر الفيوزاريوم *F. oxysporum*، حيث أشار Kumari وKhanna (2014) إلى أن العزلة البكتيرية المحفزة للنمو *Pseudomonas* sp. قد ثبطت من نمو فطر الذبول الفيوزاريومي. إذ قام الباحثون في هذه الدراسة بتلقيح سوق النباتات بالفطر الممرض بعد إضافة بكتريا (PGPR) المحفزة للنمو إلى الجذور. ولتحديد آلية حدوث المقاومة الجهازية المستحثة (ISR) حيوياً ضمن النبات لمقاومة المرض، لابد من استخدام نظام يكون فيه الممرض والبكتيريا المحفزة للنمو (PGPR) منفصلين مكانياً، وإلا لن نستطيع تفسير آلية التضاد والمنافسة بينهما، كما يجب الأخذ بعين الاعتبار التداخل ما بين الممرض والعوامل الطبيعية(Bhattacharya and Jha, 2012).

مبررات البحث وأهدافه:

تأتي أهمية البحث من الأضرار الإقتصاية التي تسببها الأمراض الفطرية التي تصيب محاصيل الخضار الزراعية ولاسيما أمراض الذبول الوعائي منها، ولدور البكتيريا المحفزة لنمو النبات في تعزيز مقاومة أمراض النبات ومنها أمراض الذبول الفيوزاريومي والحد من تأثيرها إضافة لتحفيزها لنمو النباتات. وبالتالي خفض استخدام المبيدات الفطرية والأسمدة الكيميائية ما ينعكس إيجاباً على إنتاجية النبات ونوعيته وتقليل التكاليف المادية على المزارع.

هدف البحث إلى: دراسة تأثير بعض أنواع الريزوبكتريا (PGPR) في بعض مؤشرات النمو وتخفيض أعراض الإصابة بفطر الفيوزاريوم *Fusarium solani* على نبات الكوسا والمقارنة بين المعاملات وتحديد المعاملة الأفضل.

مواد البحث وطرائقه:

مكان تنفيذ البحث: تم إجراء البحث عام 2023 في مخبر الأحياء الدقيقة، ومخبر أبحاث علوم التربة والمياه – في كلية الهندسة الزراعية– جامعة تشرين، اللاذقية، سورية. ووضعت أكياس التجربة ضمن مزرعة الكلية.

التربة المستخدمة: استخدمت تربة زراعية ذات قوام طيني بعد تنقيتها من الحجارة، أضيف لها سماد عضوي متخمر ومعقم بنسبة(1:5) حجماً، تم تغطيتها بالبلاستيك الشفاف وعقمت شمسياً لمدة 60 يوماً، بعد ذلك عبئت الخلطة الزراعية ضمن أكياس بلاستيكية أبعادها 30×40 سم (قطر 30سم) سعتها 25 لتر، ثم وضعت ضمن مزرعة الكلية.

النبات المدروس: استخدت بذور كوسا بلدية غير هجينة /صنف غوطة/، (مصدرها مركز البحوث الزراعية في اللاذقية)، وزرعت مباشرة ضمن الأكياس الزراعية، بمعدل بذرتين لكل كيس حيث تم استبعاد إحدى الشتول بعد الانبات من كل كيس، وقدمت لنباتات التجربة جميع العمليات الزراعية اللازمة من ري ورش دوري بالمبيدات الحشرية والفطرية والأكاروسية.

الأنواع الميكروبية المستخدمة في البحث:

استخدمت عزلة من الفطر *Fusarium solani* المسبب للذبول، موصفة ومعرفة في كلية الزراعة – جامعة حلب. واستخدمت ثلاث عزلات بكتيرية تعود لأنواع بكتيرية مختلفة من الريزوبكتيريا (PGPR) موصفة ومعرفة ومحفوظة في مخير أبحاث علوم التربة والمياه في كلية الهندسة الزراعية بجامعة تشرين (حماد والشامي، 2017 ؛ Hammad, 2020) وهي عزلة من البكتريا *Bacillus circulans* (ميسرة للبوتاسيوم)، وعزلة من البكتريا *Bacillus megaterium* (مذيبة للفوسفور) وعزلة من البكتريا *Azotobacter chroococcum* (مثبتة للآزوت الجوي)، نشطت الأنواع البكتيرية بتنميتها على بيئات غذائية خاصة بكل منها (حماد والشامي، 2017)، حُضّنت الأطباق عند درجة حرارة 28 مْ لمدة ثلاثة أيام.

تحضير اللقاحات البكتيرية: حُضّر اللقاح البكتيري باستخدام بيئة غذائية سائلة Tryptic Soy Broth (TSB)، معبأة في وحدات تنمية خاصة /BIOGEN/ سعة 2 ليتر تسمح بالتحريك وتأمين التهوية الملائمة للنمو. لقحت البيئة السائلة بالعزلة البكتيرية بعد تنشيطها والحصول على مزارع حديثة، ووضعت على هزاز بسرعة 100 دورة بالدقيقة وحضنت عند درجة حرارة 28 درجة مئوية، لمدة 48 ساعة، تم استخدام شريحة العد Bürker لتقدير كثافة البكتيريا وضبطها في المعلق وفق التركيز المطلوب 10^9 خلية/مل (حماد والشامي، 2017).

إضافة اللقاح البكتيري: أضيفت اللقاحات البكتيرية المحضرة من الأنواع البكتيرية المختلفة (معلقات بتركيز 10^9 خلية/مل) إلى نباتات التجربة بعد 15 يوماً من الإنبات، وفق المعاملات المدروسة بطريقة ريّ الشتول بمعدل 20 مل لكل نبات، وجزئت كمية اللقاح البكتيري عند مزج نوعين بكتيريين أو ثلاثة بحيث تبقى الكمية ذاتها 20 مل حسب كل معاملة. وأضيف 20 مل ماء مقطر للشاهد حسب المعاملات.

تحضير المعلق الفطري (لقاح العدوى): تم تحضير المعلق الفطري من العزلة الفطرية *F. solani* باستخدام طبق بتري نمت عليه العزلة الفطرية الممرضة على بيئة أغار البطاطا دكستروز (PDA) بإضافة طبق واحد إلى 1 لتر ماء معقم، وتمت عملية المزج على هزاز دوراني، ضبط تركيز المعلق البوغي للفطر الممرض عند 10^6 بوغة/مل باستخدام شريحة مالاسيه. تم إعداء نباتات الكوسا بالمعلق البوغي للفطر بمعدل 20 مل لكل نبات بعد الزراعة مباشرة، حسب المعاملات المدروسة. وأضيف 20 مل ماء مقطر للشاهد والمعاملات الملقحة بالبكتيريا وغير المعداة بالفطر.

تصميم البحث والتحليل الإحصائي:

اعتمد في تصميم البحث نظام العشوائية الكاملة، بواقع 6 معاملات، بثلاث مكررات لكل معاملة، و3 نباتات لكل مكرر، وبلغ عدد النباتات الكلي 54 نباتاً. وكانت المعاملات وفق الآتي:

المعاملة الأولى: نباتات غير معاملة (شاهد سليم) ورمز لها بالحرف C، المعاملة الثانية: نباتات معداة بفطر الفيوزاريوم ورمز لها بالحرف F، المعاملة الثالثة: نباتات ملقحة بالأنواع البكتيرية الثلاثة المستخدمة ورمز لها بالأحرف Az+Bm+Bc. المعاملة الرابعة: نباتات معداة بالفطر وملقحة بالبكتريا المثبتة للآزوت الجوي *Azotobacter chroococcum* ورمز لها بالأحرف F+Az، المعاملة الخامسة: نباتات معداة بالفطر وملقحة بالبكتريا المحلة للفوسفور *Bacillus megaterium* , ورمز لها بالحرف F+Bm، المعاملة السادسة: نباتات معداة بالفطر وملقحة بالبكتريا المحلة للبوتاسيوم *Bacillus circulans* ورمز لها بالأحرف F+Bc.

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

المؤشرات المدروسة:

– **أعراض الإصابة بفطر الفيوزاريوم:** تم تسجيل أعراض الإصابة بفطر الفيوزاريوم على نباتات الكوسا حسب المعاملات المدروسة بعد 30 يوماً من العدوى بالفطر والتلقيح بالبكتريا.

– **عدد الأوراق الكلية على النبات:** تم تسجيل عدد الأوراق المتشكلة في نباتات التجربة

– **الوزن الطازج للمجموعين الخضري والجذري مقدر بالغرام (غ):** استخدم ميزان إلكتروني حساس لقياس الوزن الطازج للمجموعين الخضري والجذري، بعد قلع النبات الأخضر وفصل المجموع الخضري عن الجذر عند منطقة التاج، حيث غسلت الجذور بالماء لتنظيفها من التربة ونشفت هوائياً قبل وزنها.

النتائج والمناقشة:

1– تأثير البكتريا المحفزة لنمو النبات في أعراض الإصابة بفطر الفيوزاريوم:

بدأت الأعراض بالظهور بعد 15 يوماً من العدوى الاصطناعية بفطر الفيوزاريوم، ولوحظ ضعف في النمو وكانت الأعراض عبارة عن اصفرار خفيف للأوراق السفلية وتهدلها، ومتفاوتة باختلاف المعاملات المدروسة بالمقارنة مع الشاهد السليم والشاهد المعدى بالفطر *F. solan*، تطورت الأعراض بعد 30 يوماً من العدوى الإصطناعية بالعزلة الفطرية، إذ شوهد اصفرار كامل للنبات وجفاف الأوراق وسقوطها، ثم موت النبات في معاملة الشاهد المعدى بالفطر فقط (F). في حين كانت الأعراض أقل تكشفاً في المعاملات الأخرى، مع وجود تلون بني في ساق النباتات المصابة وتعفن للجذور والتلون البني سببه أن ميسليوم فطر الفيوزاريوم اخترق جذور النبات ونما ضمن الأوعية الخشبية الناقلة، وأغلق هذه الأوعية بالمواد الصمغية والهلامية التي تتشكل نتيجة تراكم وأكسدة منتجات الخلايا النباتية المهاجمة بأنزيمات الفطر الممرض، وإن أكسدة بعض هذه المنتجات المتهدمة هي المسؤولة عن التلون البني للأنسجة الوعائية (Agrios, 2005)، ولدى مقارنة الأعراض بين المعاملات بالمقارنة مع الشاهد المعدى F كانت المعاملة F+Bc هي الأقل تكشفاً لأعراض الإصابة بفطر الفيوزاريوم تليها المعاملة (F+Bm)، ثم المعاملة (F+Az).

تتوافق هذه النتائج مع دراسات سابقة (الطائي وآخرون، 2010؛ Boukerma *et al.*, 2017) أكدت أن للعزلة البكتيرية *Bacillus circulans* تأثير مهم في تخفيض أعراض الإصابة بالفطر الممرض *F. solani* على نباتات البندورة بالمقارنة مع العزلتين الأخريين، وقد يعود ذلك إلى قدرتها على تيسير البوتاسيوم في التربة وامتصاصه من قبل النبات، حيث يلعب دوراً مهماً في انتقال وتبادل العناصر الغذائية من جهه، فضلاً عن دوره في تحولات الطاقة والاستقلاب داخل النبات (Rajapati and Modi, 2012).

2– تأثير بكتريا PGPR في عدد الأوراق الكلية على النبات بوجود وغياب العدوى بالفطر الممرض:

أظهرت النتائج الموضحة في الجدول (1)، وجود اختلافات كبيرة في عدد الأوراق على النبات بين المعاملات المدروسة ومعاملتي الشاهد السليم والمعدى بالفطر *F. solani*، وتفوقت جميع المعاملات معنوياً على الشاهد السليم C غير الملقح بالبكتريا والشاهد المعدى بالفطر *F. solani*. ووجد أن المعاملات المعداة بالفطر *F. solani* والملقحة بالبكتريا المحفزة للنمو زادت من عدد الأوراق الكلية على النبات بالمقارنة مع الشاهدين السليم والمصاب بالرغم من وجود العدوى بالفطر الممرض، كما تبين تفوق المعاملة (F+Bc) على جميع المعاملات المعداة بالفطر *F. solani* بنسبة (12.59%. ، 63.44%) مقارنة بالشاهد السليم والمعدى على التوالي، إذ بلغ متوسط عدد الأوراق الكلية على النبات 15.2 ورقة/نبات في حين بلغ عدد الأوراق الكلية في معاملة الشاهد السليم C 13.5 ورقة/ نبات، وبلغ لدى معاملة الشاهد المعدى بالفطر *F. solani* 9.3 ورقة/نبات. ووجد أن معاملة نباتات الكوسا بالأنواع البكتيرية الثلاثة حفزت من نمو النبات ومن عدد الأوراق الكلية على النبات ومن حجمها، إذ بلغ عدد الاوراق الكلية على النبات في المعاملة (Az+Bm+Bc)18.7 ورقة/ نبات وبنسبة زيادة (38.51% ، 101.07%) مقارنة بالشاهد السليم والمعدى على التوالي مع تفوقها وبفروق معنوية على المعاملات المدروسة، لكن لوحظ عدم وجود فروق معنوية بين المعاملة بالأنواع البكتيرية الثلاثة وبين المعاملة F+Bc مما

يدل على التأثير الكبير للبكتيريا *Bacillus circulans* في عدد الأوراق مقارنة مع تأثير باقي الجراثيم كما يوضح الجدول (1).

الجدول رقم (1): متوسط عدد الأوراق الكلية على نباتات الكوسا والنسبة المئوية للزيادة وفق المعاملات المدروسة.

المعاملات	عدد الأوراق/نبات	النسبة المئوية للزيادة مقارنة بالشاهد %	
		السليم	المعدى
C	**13.5^{b}**	0	45.16
F	**9.3^{a}**	−31.11	0
Az+Bc+Bm	**18.7^{d}**	038.51	101.07
Az+F	**13.8^{bc}**	2.22	48.38
Bm+F	**14.6^{c}**	8.14	56.98
Bc+F	**15.2^{d}**	12.59	63.44
$LSD_{5\%}$	**0.8**		

C= control ; Az= *A. chroococcum* ; Bc= *B. circulans* ; Bm=*B. megaterium* ; F= *F.solani*

الأحرف المتشابهة(a,b,c,d) ضمن العمود تعني عدم وجود فروق معنوية، والأحرف المتباينة تعني وجود فرق معنوي ($P\leq 0.05$).

يعود تأثير الفطر 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 (Agrios, 2005).

3- تأثير بكتريا PGPR في الوزن الطازج للمجموع الخضري بوجود وغياب العدوى بالفطر الممرض *F. solani*:

بينت النتائج الموضحة في الجدول (2) تفوق جميع المعاملات معنوياً في الوزن الطازج للمجموع الخضري على معاملتي الشاهد السليم C (غير الملقحة بالبكتريا) والشاهد المصاب (المعدى بالفطر *F. solani*). ووجد أن الوزن الطازج للمجموع الخضري لدى المعاملات المعداة بالفطر *F. solani* والملقحة بالبكتريا المحفزة للنمو متفوقة معنوياً على معاملتي الشاهدين السليم والمصاب بالرغم من وجود العدوى بالفطر الممرض، كما تبين تفوق المعاملة (F+Bc) على جميع المعاملات المعداة بالفطر *F.solani*، وبنسبة زيادة بلغت 109.61% مقارنة بالشاهد المعدى. وكان متوسط الوزن الطازج للمجموع الخضري لنباتات الكوسا 654 غ/نبات، في حين بلغ متوسط الوزن الطازج للمجموع الخضري في معاملة الشاهد السليم C 453 غ/نبات، وبلغ لدى معاملة الشاهد المعدى بالفطر *F.solani* 312 غ/ نبات.

ووجد أن معاملة نباتات الكوسا بالأنواع البكتيرية الثلاثة حفزت من نمو النبات وزاد متوسط الوزن الطازج للمجموع الخضري وحجمه، وهذا ينعكس على انتاجية نباتات الكوسا إذ بلغ متوسط الوزن الطازج للمجموع الخضري في المعاملة (Az+Bm+Bc) 827 غ/ نبات وبنسبة زيادة (82.56%، 165.06%) مقارنة بالشاهد السليم والمعدى على التوالي. مع تفوقها المعنوي على جميع معاملات التجربة، ما عدا المعاملة F+Bc فقد كان التفوق ظاهري وليس معنوي.

يعزى سبب انخفاض الوزن الطازج للمجموع الخضري في الشاهد المعدى بالفطر لكونه يسبب انسداداً في الأوعية الخشبية ما يعيق امتصاص النبات للعناصر الغذائية والماء، أما الزيادة في النباتات الملقحة بالبكتيريا تعود إلى فعالية البكتريا المحفزة لنمو النبات على زيادة مقاومة النباتات للفطر الممرض *F. oxysporum* (Fatima *et al.*, 2022).

الجدول (2): متوسط الوزن الطازج للمجموع الخضري لنباتات الكوسا والنسبة المئوية للزيادة

المعاملات	متوسط الوزن الطازج للمجموع الخضري غ/نبات	النسبة المئوية للزيادة مقارنة بالشاهد %	
		السليم	المعدى
C	**453**^{b}	0	45.19
F	**312**^{a}	−31.12	0
Az+Bc+Bm	**827**^{d}	82.56	165.06
Az+F	**487**^{bc}	7.50	56.08
Bm+F	**571**^{c}	26.04	83.01
Bc+F	**654** ^{d}	44.37	109.61
$LSD_{5\%}$	79		

C= control ; Az= *A. chroococcum* ; Bc= *B. circulans* ; Bm=*B. megaterium ;* F= *F.solani*

الأحرف المتشابهة (a,b,c,d) ضمن العمود تعني عدم وجود فروق معنوية، والأحرف المتباينة تعني وجود فرق معنوي ($P\leq 0.05$).

كان للنوع البكتيري *Bacillus circulans* تأثير مهم في زيادة المجموع الخضري بالرغم من وجود الإصابة الفطرية بالمقارنة مع النوعين الآخريين، وقد يعود ذلك إلى قدرتها على تيسير البوتاسيوم في التربة وامتصاصه من قبل النبات، حيث يكون للبوتاسيوم دور في انتقال وتبادل العناصر الغذائية من جهة، إضافة إلى دوره في تحولات الطاقة والاستقلاب داخل النبات (Rajapati and Modi, 2012).

4- تأثير بكتريا PGPR في الوزن الطازج للمجموع الجذري بوجود وغياب العدوى بالفطر الممرض:

أظهرت النتائج الموضحة في الجدول (3) لدى أخذ قراءات الوزن الطازج للمجموع الجذري، وجود تباين بين المعاملات المدروسة وحققت تفوقاً معنوياً على معاملتي الشاهد السليم والمعدى بالفطر *F. solani*، وأظهرت جميع المعاملات تفوقاً معنوياً على معاملتي الشاهد السليم C غير الملقح بالبكتريا والشاهد المعدى بالفطر *F. Solani*. كما تبين أن المعاملات المعداة بالفطر *F. solani* والملقحة بالبكتريا المحفزة للنمو زادت من متوسط الوزن الطازج للمجموع الجذري بالمقارنة مع الشاهدين السليم والمصاب بالرغم من وجود العدوى بالفطر الممرض *F.solani*، كما تبين تفوق المعاملة بالفطر الممرض والبكيتريا *Bacillus circulans* (F+Bc) على المعاملات المعداة بالفطر *F. solani* والملقحة بالنوعين البكتيريين *Bacillus megaterium* و *Azotobacter chroococcum* جميعها، إذ بلغ متوسط الوزن الطازج للمجموع الجذري 76غ/نبات، في حين بلغ متوسط الوزن الطازج للمجموع الجذري في معاملة الشاهد السليم 43غ/نبات، وبلغ لدى معاملة الشاهد المعدى بالفطر *F.solani* 21 غ/ نبات. تبين أن معاملة نباتات الكوسا بالأنواع البكتيرية الثلاثة زادت من حجم ووزن المجموع الجذري مما ينعكس على زيادة كفاءة امتصاص العناصر الغذائية من التربة وانتاجية نباتات الكوسا إذ بلغ متوسط الوزن الطازج للمجموع الجذري في المعاملة Az+Bm+Bc 82 غ/ نبات مع تفوقها المعنوي على جميع معاملات التجربة.

تتوافق نتائج دراستنا مع دراسات أخرى مشابهه (El-Sersawy *et al.*, 2021; Hmissi *et al.,* 2011; Arfaoui *et al.*, 2007) حيث تعمل البكتيريا المحفزة لنمو النبات على الحد من فعالية الممرضات النباتية كونها تملك آليات عديدة تسمح لها بمكافحة الممرضات، كالمنافسة على الحديد والغذاء، وإنتاج مضادات حيوية، وزيادة نمو النبات، وحث آليات الدفاع في النبات (Arfaoui *et al.*, 2005)، وتحث المقاومة في النبات بتراكم مركبات الفينول وتنشيط أنزيمات الكيتيناز والجلوكوناز والبيروكسيداز وبولي فينول أوكسيداز (Cherif *et al.*, 2007).

الجدول (3): متوسط الوزن الطازج للمجموع الجذري لنباتات الكوسا والنسبة المئوية للزيادة

المعاملات	متوسط الوزن الطازج للمجموع الجذري غ/نبات	النسبة المئوية للزيادة مقارنة بالشاهد	
		السليم	المعدى
C	**43^{b}**	0	104.76
F	**21^{a}**	−51.16	0
Az+Bc+Bm	**82^{d}**	90.89	290.47
Az+F	**48^{bc}**	1.16	128.57
Bm+F	**64^{c}**	48.83	204.76
Bc+F	**76 ^{d}**	76.74	261.90
$LSD_{5\%}$	**22.6**		

C= control ; Az= *A. chroococcum* ; Bc= *B. circulans* ; Bm=*B. megaterium* ; F= *F.solani*

الأحرف المتشابهة (a,b,c,d) ضمن العمود تعني عدم وجود فروق معنوية، والأحرف المتباينة تعني وجود فرق معنوي ($P\leq 0.05$).

إن الزيادة في قيم مؤشرات النمو (عدد الأوراق والوزن الطازج للمجموعين الخضري والجذري) في نباتات الكوسا الملقحة بالبكتيريا المحفزة للنمو(PGPR) قد يعود لدورها في إنتاج أو تغيير تركيز منظمات النمو مثل الأوكسينات (IAA) والجبرلينات وحمض والسيتوكينينات والأثيلين، التي 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 وإنتاج النبات وهذا ما أكدته دراسات عديدة (Arshad and Frankenberger, 1998; Ortiz Castro *et al*., 2008; Nihorimbere *et al*. 2011; Khan *et al*., 2016; Selvakumar *et al*., 2016; Meena *et al*., 2018).

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- خفض أعراض الإصابة بالفطر الممرض *F. solani* وكانت المعاملة F+Bc هي الأفضل تليها المعاملة F+Bm ثم المعاملة F+Az.
- لوحظ زيادة نمو نباتات الكوسا، وتخفيض تأثير الفطر الممرض في عدد الأوراق والوزن الطازج للمجموعين الخضري والجذري بالمقارنة مع الشاهد السليم والمعدى بالفطر غير المعاملين بالبكتيريا.
- تفوق النوع البكتيري *B. circulans* في الحد من تأثير الفطر *F. solani* في نباتات الكوسا يليها النوع البكتيري *B. megaterium* ثم النوع البكتيري *A. chroococcum* في جميع المؤشرات المدروسة.

التوصيات:

- استخدام التلقيح البكتيري بالأنواع البكتيرية *Bacillus circulans* و*Bacillus megaterium* و *Azotobacter chroococcum* بإضافتها إلى شتول النباتات لتحسين نموها وإنتاجيتها ومقاومتها للممرضات النباتية.
- استخدام النوع الجرثومي *Bacillus circulans* في الحد من تأثير الفطر *F. solani* في نباتات الكوسا بشكل معلقات بتركيز 10^{9} خلية/مل، وبمعدل 20 مل للنبات.
- متابعة الدراسة لمعرفة تأثير البكتريا PGPR حقلياً في الفطر الممرض *F. solani* وبقية الممرضات النباتية.

المراجع:

1. حماد، ياسر والشامي، رامز (2017). توصيف بعض أنواع بكتريا الرايزوسفير المحفزة لنمو النبات من بعض الأسمدة الحيوية والتربة. مجلة جامعة البعث، 39: 1-25.
2. الطائي، محمد ابراهيم، والمولى، زكريا سامي (2010). دراسة تأثير بكتيريا *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae* على نمو مجموعة من الفطريات. *مجلة تكريت للعلوم الصرفة*، 15(1): 20-25.
3. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي (2022). المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية (2022). مديرية الإحصاء والتخطيط، الجمهورية العربية السورية. 233 ص، جدول 74.
4. Agrios, G.N. (2005) Plant Pathology, 5th Edition, Elsevier Academic Press Inc. New York. p. 922.
5. Ainsworth, N., and Lovatt, J. (1991). Growing Zucchinis, Button Squash and Cucumbers in Queensland. Queensland Department of Primary Industries. V. R. Ward, Government Printer, Queensland-1991. p33.
6. Arfaoui, A., Sifi, B., El Hassan, M., Boudabbous, A., and Cherif, M. (2005). Biochemical analysis of protection against Fusarium wilt afforded by two Rhizobium isolates. Plant Pathology Journal, 4(1):35-42.
7. Arfaoui, A., Sifi, B., Boudabous, A., El Hadrami, I., and Cherif, M. (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.
8. Arfaoui, A., El Hadrami, A., Mabrouk, Y., Sifi, B., Boudabous,A., El Hadrami, I., Daayf, F., and Cherif, M. (2007). Treatment of chickpea with Rhizobium isolates enhances the expression of phenylpropanoid defense-related genes in response to infection by Fusarium oxysporum f. sp. ciceris. Plant Physiology and Biochemistry, 45(6-7):470-479
9. Arshad, M., and Frankenberger, W.T. (1998). Plant growth-regulating substances in the rhizosphere: Microbial production and functions. Advances in Agronomy, 62: 46–152.
10. Bashan, Y.; de-Bashan, L.E.; Prabhu, S.R.; and Hernandez, J.P. (2014). Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: Formulations and practical perspectives (1998–2013). Plant Soil, 378: 1–33.
11. Bhattacharya P.N., Jha D.K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 28: 1327–1350.
12. Boukerma, L., Benchabane, M., Charif A., Khélifi, L. (2017). Activity of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) in the biocontrol of tomato Fusarium wilt. Plant Protection Science, 53: 78–84.

13. Chen, J.H.; Wu, J.T.; Young, C.C. (2007). The Combined Use of Chemical, Organic Fertilizers and/or Biofertilizer for Crop Growth and Soil Fertility. Agricultural and Food Sciences, Environmental Science, 101(2): 1–12.

14. Chérif, M.,A. Arfaoui, and Rhaiem, A. (2007). Phenolic compounds and their role in bio-controland resistance of chickpea to fungal pathogenic attacks. Tunisian Journal of Plant Protection, 2: 7-21.

15. Das, K., Prasanna, R., Saxena, A.K. (2017). Rhizobia: a potential biocontrol agent for soilborne fungal pathogens. Folia Microbiologica, 62: 425–435.

16. El-Sersawy. M.M, El-Din Hassan, S., Abbas, A., El-Ghamry, A. M., and Abd El-Gwad, A. F. 2021. Implication of plant growth-promoting rhizobacteria of Bacillus spp. as biocontrol agents against wilt disease caused by Fusarium oxysporum Schlecht. In *Vicia faba* L. Biomolecular concepts, 12: 197–214.

17. Elwan, M.W.M., and Abd El-Azeem, S.A.M. (2015). Effects of plant growth promoting rhizobacteria on summer squash growth, yield, nutrients uptake and availability under nitrogen and phosphorus fertilization levels. Arab Universities Journal of Agricultural Sciences, 23(2): 497-513.

18. Fatima, I., Hakim, S., Imran, A., Ahmad, N., Imtiaz, M., Ali, H., and Mubeen, F. (2022). Exploring biocontrol and growth-promoting potential of multifaceted PGPR isolated from natural suppressive soil against the causal agent of chickpea wilt. Microbiological Research, 260: 127015. Elsevier GmbH. P13.

19. Figueiredo, M.D.V.B., Bonifacio, A., Rodrigues, A.C., and de Araujo, F.F. (2016). Plant growth-promoting rhizobacteria: key mechanisms of action. Microbial-mediated induced systemic resistance in plants, pp23-37.

20. Finkel, O.M., Castrillo, G., Paredes, S.H., González, I.S., and Dangl, J.L. (2017). Understanding and exploiting plant beneficial microbes. Current opinion in plant biology, 38: 155-163.

21. Glick, B. R. (2005). The enhancement of plant growth by free living bacteria. Canadian Journal of Microbiology, 41: 109–117.

22. Gupta, G., Parihar, S.S., Ahirwar, N.K., Snehi, S.K., and Singh, V. (2015). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. Journal Microbial and Biochemical Technology, 7: 096–102.

23. Hammad, Y. (2020). Isolation and identification of some species of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) from some bio-fertilizers. The arab journal of arid environments, 13(1): 23 – 31.

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

25. Islam, M.A., Nain, Z., Alam, M.K., Banu, N.A., and Islam, M. R. (2018). In vitro study of biocontrol potential of rhizospheric *Pseudomonas aeruginosa* against *Fusarium oxysporum* f. sp. cucumerinum. Egyptian journal of Biological Pest control, 28: 1-11.

26. Jiao, X., Takishita, Y., Zhou, G., and Smith, D.L. (2021). Plant associated rhizobacteria for biocontrol and plant growth enhancement. Frontiers in plant science, 12: 634796.

27. Khan, A.L., Halo, B.A., Elyassi, A., Ali, S., Al-Hosni, K., Hussain, J., and Lee, I.J. (2016). Indole acetic acid and ACC deaminase from endophytic bacteria improves the growth of Solanum lycopersicum. Electronic Journal of Biotechnology, 21: 58-64.

28. Kokalis-Burelle, N, Vavrina, C.S, Reddy M.S. and Kloepper, J.W. (2003). Amendment of Muskmelon and Watermelon Transplant Mediawith Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Effects on SeedlingQuality, Disease and Nematode Resistance. HortTechnology, 13: 476–482.

29. Kumar, A.; Patel, J.S.; Meena, V.S. (2018). Rhizospheric Microbes for Sustainable Agriculture: An Overview. In Role of Rhizospheric Microbes in Soil; Springer: Singapore, pp 1–31

30. Kumar, M.; Giri, V.P.; Pandey, S.; Gupta, A.; Patel, M.K.; Bajpai, A.B.; Jenkins, S.; and Siddique, K.H.M. (2021). Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria Emerging as an Effective Bioinoculant to Improve the Growth, Production, and Stress Tolerance of Vegetable Crops. International Journal of Molecular Sciences, 22(22): 1-22.

31. Kumari, S., and V. Khanna. (2014). Effect of antagonistic Rhizobacteria coinoculated with Mesorhizobium ciceris on control of fusarium wilt in chickpea (*Cicer arietinum* L.). African Journal of Microbiology Research, 8(12): 1255-1265.

32. Liu, K., Mcinroy, J.A., Hu, C.-H., and Kloepper, J.W. (2018). Mixtures of plant-growth promoting rhizobacteria enhance biological control of multiple plant diseases and plant-growth promotion in the presence of pathogens. Plant Disease, 102(1): 67–72.

33. Meena, K.N., Tara, N., and Saharan, B.S. (2018). Review on PGPR: An Alternative for Chemical Fertilizers to Promote Growth in Aloe vera Plants. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7(03): 3546-3551.

34. Nelson, P.E., Toussoun, T.A. and Marasas, W.F. (1983). Fusarium species.The Pennsylvania State University Press. University Park. pp 139. Octa Journal of Biosciences, 1(1): 69-76.

35. Nihorimbere, V., Ongena, M., Smargiassi, M., and 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.

36. Ortiz Castro, R., Valencia-Cantero, E., and Lopez-Bucio, J. (2008). Plant growth promotion by *Bacillus megaterium* involves cytokinin signaling. Plant Signaling and Behavior 3(4):263–265.

37. Rajapati, K., and Modi, H.A. (2012). The importance of potassium in plant growth – a review. Indian journal of plant sciences, 1(02-03): 177-186.

38. Selvakumar, G., Bindu, G.H., Bhatt, R.M., Upreti, K.K., Paul, A.M., Asha, A., Shweta, K., and Sharma, M. (2016). Osmotolerant cytokinin producing microbes enhance tomato growth in deficit irrigation conditions. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences, 88: 459-465.

39. Sokolova, M.G.; Akimova, G.P.; and Vaishlia, O.B. (2011). Effect of phytohormones synthesized by rhizosphere bacteria on plants. Applied Biochemistry and Microbiology,: 47: 274-278.

40. Tuquero, j., and Gerard Chargualaf, R. (2019). Growing Zucchini Varieties on Guam Cucurbita pepo. Cooperative Extension and Outreach, College of Natural & Applied Sciences, University of Guam. FS017-19. p 5.