مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٩) العدد (٩) ٢٠٢٥
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (9) No. (9) 2025

تأثير بعض أنواع البكتيريا المحفزة لنمو النبات في فطر الفيوزاريوم على نبات الخس ضمن ظروف الزراعة المائية

د. كنوش محمد العلي*

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٥/٥/٥ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٥/٨/٦)

□ ملخّص□

هدف البحث إلى دراسة تأثير ثلاثة أنواع من البكتريا المحفزة لنمو النبات (*Frateuria aurantia*) و (*Rhizobium leguminosarum*) و(*Bacillus megaterium*) في فطر الفيوزاريوم(*F. oxysporum*)على نبات الخس ضمن ظروف الزراعة المائية من خلال: دور البكتيريا PGPR في تخفيض أعراض الإصابة على نباتات الخس. وتقييم التلقيح ببكتيريا PGPR في الحد من تأثير فطر الذبول الفيوزاريومي في نباتات الخس ضمن الأصص, وذلك بقياس بعض مؤشرات النمو المورفولوجية والمؤشرات النوعية.

أظهرت النتائج خفض أعراض الإصابة بالفطر الممرض (*F. oxysporum*) لدى المعاملة (MF) وزادت مؤشرات النمو والمؤشرات النوعية لنبات الخس بالمقارنة مع الشاهدين C و F. وزيادة نمو نباتات الخس، وتخفيض تأثير الفطر الممرض في طول أطول جذر عدد الأوراق والوزن الرطب والجاف للمجموعين الخضري والجذري بالمقارنة مع الشاهد السليم والمعدى بالفطر غير المعاملين بالبكتيريا، وأدت المعاملة بالبكتريا المحفزة للنمو إلى زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل وبيتا كاروتين في جميع معاملات التجربة بالمقارنة مع الشاهدين السليم والمعدى بالفطر(*F. oxysporum*). وبالتالي إمكانية متابعة الدراسة لمعرفة تأثير البكتريا (PGPR)في أنظمة الزراعة المائية المختلفة وتأثيرها في تحفيز نمو النباتات وإنتاجيتها وتخفيض تأثير الفطر الممرض (*F. oxysporum*) وبقية الممرضات النباتية بإضافتها إلى شتول النباتات لتحسين نموها وإنتاجيتها ومقاومتها للممرضات النباتية ضمن نظام الزراعة المائية.

الكلمات المفتاحية: زراعة مائية، فطر الفيوزاريوم, بكتريا محفزة لنمو النبات , نبات الخس.

* مدرس، كلية الزراعة الثانية بالسويداء ، جامعة دمشق – سورية

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٩) العدد (٩) ٢٠٢٥
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (9) No. (9) 2025

The Effect of Some Species of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)in *Fusarium oxysporum* on Lettuce Plants under Hydroponic Systems

Kanosh Mohammad Alali *

(Received 5/5/2025 . Accepted 6/8/2025)

□ ABSTRACT □

The aim of the research was to study the effect of three species of plant growth-promoting bacteria *(Frateuria aurantia)*, (*Rhizobium leguminosarum*) and (*Bacillus megaterium*) on (*Fusarium oxysporum*) fungus on lettuce plants under hydroponic conditions through: the role of PGPR bacteria in reducing the symptoms of infection on lettuce plants. And evaluating inoculation with PGPR bacteria in reducing the effect of Fusarium wilt fungus on lettuce plants in pots, by measuring some morphological growth indicators and qualitative indicators. The results showed a reduction in the symptoms of infection with the pathogenic fungus *(F. oxysporum)* in the MF treatment, and an increase in the growth and qualitative indicators of lettuce plants compared to the two controls C and F. The growth of lettuce plants increased, and the effect of the pathogenic fungus on the length of the longest root, the number of leaves, and the wet and dry weight of the vegetative and root groups was reduced compared to the healthy control and the control infected with the fungus that were not treated with bacteria. The treatment with growth-stimulating bacteria led to an increase in the content of chlorophyll and beta-carotene in the leaves in all experimental treatments compared to the healthy control and the control infected with the fungus *(F. oxysporum)*. Thus, the study can be continued to determine the effect of PGPR bacteria in different hydroponic systems and their effect on stimulating plant growth and productivity and reducing the effect of the pathogenic fungus *(F. oxysporum)* and another plant pathogens by adding them to plant seedlings to improve their growth, productivity, and resistance to plant diseases within the hydroponic system.

Keywords: Lettuce, *Hydroponic Systems*, PGPR, *(F. oxysporum)*.

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

١- مقدمة:

تتميز الزراعة بدون تربة عن الزراعة التقليدية فى الأراضى الطبيعية بارتفاع كفاءة التغذية للنباتات، مع الكفاءة العالية فى استخدام الأسمدة والتسميد وزيادة كثافة النباتات. كل هذه المزايا تقود فى النهاية إلى زيادة الإنتاج فى الزراعة بدون تربة مقارنة بالزراعة التقليدية فى الأراضى الزراعية (أبو الروس وشريف، ١٩٩٥؛ يعقوب ومياسة، ٢٠٠٩) . يعتبر الخس (*Lactuca sativa*) من أهم محاصيل الخضر التي تزرع فى جميع المناطق المعتدلة فى العالم وهو من أهم محاصيل السلطة (Salad crops) وهو يتبع العائلة المركبة (Compositae). كلمة *Lactuca* مشتقة من اللفظ اللاتيني lac أي اللبن ويعني الجنس وسمي بذلك لأنه يفرز مادة لبنية عند كسر أي جزء منه, أما كلمة Sativa اللاتينية فتعني مزروع (Rbuatzky and Tamaguchi, 1997). لطالما كانت النباتات في تعايش مع ميكروبات التربة (البكتيريا والفطريات) أثناء نموها وتطورها. كما أن للكائنات الحية الدقيقة المتعايشة في التربة والتي تعيش في جذور العديد من الأنواع النباتية تأثيرات مفيدة متنوعة على النبات المضيف من خلال آليات مختلفة مثل تثبيت النيتروجين وتشكل العقد في الجذور، يشار إليها عموماً باسم البكتيريا المحفزة لنمو النبات(PGPR) Plant Growth Promoting Rhizobacteria تدافع البكتيريا عن صحة النباتات بطريقة صديقة للبيئة، يتم استغلال بكتيريا (PGPR) وتفاعلاتها مع النباتات تجارياً، ولها تطبيقات علمية في الزراعة المستدامة. تمت دراسة تطبيقات هذه الارتباطات في الشوفان وبذور اللفت وفول الصويا والبطاطس والذرة والبازلاء والطماطم والعدس والشعير والقمح والهندباء والخيار(Jeyanthi and Kanimozhi, 2018).

تشارك (PGPR) في الأنشطة الاحيائية المختلفة للنظام البيئي للتربة لجعلها ديناميكية للدوران ومستدامة لإنتاج المحاصيل (Gupta *et al.*, 2015) . 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 (Liu *et al.*, 2018; Das *et al.,* 2017; Islam *et al.*, 2018; Jiao *et al.*, 2021)

تمت 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 و Khanna (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).

٢- مبررات وأهداف البحث:

تتميز الزراعة بدون تربة بكفاءتها العالية لاستخدام الماء كما أنها تقدم للنبات وسطاً خالياً من المسببات المرضية والأعشاب أضف الى ذلك تقديم المحلول المغذي المناسب لنمو النبات وبتراكيز مثالية ودرجة حموضة مدروسة لتتيح للنبات كل العناصر المغذية كماً ونوعاً, ولأهمية البكتريا المحفزة لنمو النبات (PGPR) في إتاحة العناصر الغذائية للنبات وتحفيز نموه وزيادة مقاومته للظروف الجوية والعوامل غير الحيوية والممرضات التي تصيب النبات ضمن ظروف الزراعة المائية. فقد هدفت هذه الدراسة إلى معرفة تأثير بعض أنواع البكتريا المحفزة للنمو (PGPR) في فطر الفيوزاريوم على نبات الخس ضمن ظروف الزراعة المائية من خلال: دور البكتيريا PGPR في تخفيض أعراض الإصابة على نباتات الخس. وتقييم التلقيح ببكتيريا PGPR في الحد من تأثير فطر الذبول الفيوزاريومي في نباتات الخس ضمن الأصص, وذلك بقياس بعض مؤشرات النمو المورفولوجية والمؤشرات النوعية.

٣- مكان تنفيذ البحث: جامعة دمشق – كلية الزراعة الثانية بالسويداء.

٤- مواد وطرائق البحث:

٤-١- المادة النباتية :

تم استخدام صنف أماني من الخس (*Lactuca sativa*), حيث تمت الزراعة في صواني إنبات تحتوي كل منها على ١٠٥ عيون ملئت بالبيتموس (peat moss) وتم خلالها توفير الرطوبة اللازمة للإنبات بالري بالكميات المناسبة من الماء وتأمين كافة الظروف الملائمة لذلك. نقلت الشتول الى الأصص المثقبة من الأسفل بارتفاع حوالي ١٥-٢٠ سم والتي تتسع إلى ١٠ لتر حجمي من الوسط عند وصولها لمرحلة أربع أوراق حقيقية اعتمدت على تقنية النظام المفتوح وكررت المعاملة ٣ مرات، ووزعت عشوائياً، وتم لصق بطاقة على كل أصيص كتب عليها رقم المعاملة ورقم المكرر وتم ري كل أصيص يدويا بـــ ٢٠٠ مل من المحلول المغذي وتتابعت عملية الري والعناية بالشتول المزروعة.

٤-٢-تحضير المحلول المغذي:

تم استخدام محلول مغذي كامل اعتمادا على تركيبه آلان كوبر (جدول ١)، لتحضير المحلول المغذي وقد استخدمت في هذه الدراسة مواد كيميائية نقية حيث تم تحضير محلولين أم (Stock Solution) محلول A ومحلول B وهما:

- **محلول أم A:** الذي يحتوي على نترات الكالسيوم والحديد المخلبي حيث أضيفت الكمية المشار إليها في الجدول ٢ من نترات الكالسيوم إلى 500 مل من الماء في كأس بيشر سعة 1000 مل بحيث أضيف الماء بشكل تدريجي مع التحريك جيداً حتى تمام الذوبان. أما كمية الحديد المخلبي (شيلات الحديد Fe – EDTA) فتم خلطه جيداً مع كمية قليلة من الماء في كأس بيشر ثم أكمل الحجم إلى 500 مل وبعد تمام الذوبان أضيف إلى محلول نترات الكالسيوم السابق.
- **محلول أم B:** الذي يحتوي على باقي الأملاح الأخرى المشار إليها في الجدول ٢ حيث أضيفت أملاح المغذيات للماء وتمت إذابتها جيداً في كمية من الماء ثم أكمل الحجم الى 1000 مل من الماء.

إن عملية فصل المكونات الى محلولي أم (A و B) حتى لا تتأثر بعض المكونات ببعضها وبالتالي لا تترسب (خصوصا عدم تشكيل فوسفات الكالسيوم) فتصبح غير قابلة للامتصاص من قبل النبات. أما تحضير محلول العمل النهائي فقد حضر في كل مرة مباشرة قبل الري حيث أخذ ١٠ مل من كل من المحلولين A و B الأم ثم أكمل الحجم الى ١ ليتر. ثم تم التأكد من أن حموضة المحلول المغذي (pH) حوالي ٦ – ٦.٥ وذلك باستخدام جهاز لقياس الحموضة وبالتالي المحلول الأم يكفي لتحضير ١٠٠ ليتر محلول عمل.

جدول١. يبين تركيز العناصر الغذائية فى محلول كوبر

العنصـــــــر	الرمز	التركيز جزء فى المليون (PPM)
النيتروجين (Nitrogen)	N	٢٠٠
الفوسفور (Phosphorous)	P	٦٠
البوتاسيوم (Potassium)	K	٣٠٠
الكالسيوم (Calcium)	Ca	١٧٠
المغنزيوم (Magnessium)	Mg	٥٠
الحديد (Ferrous-Iron)	Fe	١٢
المنغنيز (Manganese)	Mn	٢
النحاس (Copper)	Cu	٠.١
الزنك (Zinc)	Zn	٠.١
البورون (Boron)	B	٠.٣
الموليبدنم (Molybdenium)	Mo	٠.٢
الكبريت (Sulfur)	S	٦٩

(أبو الروس وشريف، ١٩٩٥)

جدول٢. يبين تركيز الأملاح المستخدمة لتحضير محلول كوبر المغذي والوزن المطلوب لعمل ١٠٠ ليتر محلول عمل.

المحلول الأم	الملح المستخدم فى التحضير ورمزه	الوزن الجزيئي	التركيز (غ/ل)	الوزن لـ ١٠٠ ل
A	نترات الكالسيوم $(Ca(NO_3)_2.\ 4H_2O)$	٢٣٦	١.٠٠٣	١٠٠.٣
	حديد مخلبي (Fe-EDTA)	٣٦٧	٠.٠٧٩	٧.٩
B	نترات البوتاسيوم (KNO_3)	١٠١	٠.٥٨٣	٥٨.٣
	فوسفات أحادى البوتاسيوم (KH_2PO_4)	١٣٦	٠.٢٦٣	٢٦.٣
	كبريتات المغنزيوم $(MgSO_4.\ 7H_2O)$	٢٤٦.٥	٠.٥١٣	٥١.٣
	كبريتات منغنيز$(MnSO_4.\ H_2O)$	١٦٩	٠.٠٠٦١	٠.٦١
	حامض بوريك (H_3BO_3)	٦٢	٠.٠٠١٧	٠.١٧

	كبريتات نحاس ($CuSO_4 . 5H_2O$)	١٤٩.٧	٠.٠٠٠٣٩	٠.٠٣٩
	موليبدات أمونيوم ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$)	١٢٣٦	٠.٠٠٠٣٧	٠.٠٣٧
	كبريتات زنك ($ZnSO_4 . 7H_2O$)	٢٨٧.٦	٠.٠٠٠٤٤	٠.٠٤٤

(أبو الروس وشريف، ١٩٩٥)

٤-٣-عزلة من الفطر *(F. oxysporum)*:

استخدمت عزلة من العزلات الفطرية المعرفة والموصوفة من قبل (المغربي وآخروزن، ٢٠١٦). حيث كان نمو الغزل الفطري لمستعمرات هذه العزلات على مستنبت PDA قطنياً، وتراوحت ألوانها على السطح العلوي بين الأبيض والأبيض المشوب باللون الوردي والكريمي، وعلى السطح السفلي بين اللون الكريمي والكريمي المشوب باللون الأصفر والوردي والبني المشوب باللون الأصفر كما يظهر في الشكل (١).

الشكل ١. عزلة (*F. oxysporum*)

٤-٥- العزلات البكتيرية المستخدمة في الدراسة:

استخدمت ثلاث عزلات بكتيرية تعود لأنواع بكتيرية مختلفة من البكتيريا (PGPR) موصفة ومعرفة ومحفوظة في مخير أبحاث علوم التربة والمياه في كلية الهندسة الزراعية بجامعة تشرين (حماد والشامي، ٢٠١٧؛ المغربي وآخروزن، ٢٠١٦) وهي: عزلة من البكتريا(*Frateuria aurantia*) (ميسرة للبوتاسيوم)، وعزلة من البكتريا(*Bacillus megaterium*) (مذيبة للفوسفور) وعزلة من بكتريا (*Rhizobium leguminosarum*) (مثبتة للآزوت الجوي)، نشطت الأنواع البكتيرية بتنميتها على بيئات غذائية خاصة بكل منها (حماد والشامي، ٢٠١٧)، وحُضّنت الأطباق عند درجة حرارة ٢٨ مْ لمدة ثلاثة أيام. حُضّر اللقاح البكتيري ، باستخدام بيئة غذائية سائلة Tryptic Soy Broth (TSB)، معبأة في وحدات تنمية خاصة /BIOGEN/ سعة ٢ ل، تسمح بالتحريك وتأمين التهوية الملائمة للنمو. لقحت البيئة السائلة بالعزلة البكتيرية بعد تنشيطها والحصول على مزارع حديثة، وضعت على هزاز بسرعة ١٠٠ دورة بالدقيقة وحضنت على درجة حرارة ٢٨ درجة مئوية، لمدة ٤٨ ساعة, تم استخدام شريحة العد Bürker لتقدير كثافة البكتيريا وضبطها في المعلق وفق التركيز المطلوب 10^9 خلية/مل.

٤-٦-طريقة تلقيح نباتات الخس بالبكتريا والفطر الممرض:

١- **التلقيح بالبكتريا:** أضيفت اللقاحات البكتيرية المحضرة من الأنواع البكتيرية المختلفة (معلقات بتركيز $١٠^{٩}$ خلية/مل) إلى نباتات التجربة بعد ١٥ يوماً من الإنبات, وفق المعاملات المدروسة بإضافة اللقاح البكتيري (معلق بكتيري تركيزه $١٠^{٩}$ خلية/ مل) وذلك بريّ الشتول بمعدل ٢٠ مل لكل نبات، وجزئت كمية اللقاح البكتيري عند مزج نوعين بكتيريين أو ثلاثة بحيث تبقى الكمية ذاتها ٢٠ مل حسب كل معاملة. وأضيف ٢٠ مل ماء مقطر للشاهد حسب المعاملات.

٢-الإعداء بالعزلة الفطرية الممرضة *(F. oxysporum)*:

تم تحضير المعلق الفطري من العزلة الفطرية *(F. oxysporum)* بإضافة طبق بتري نمت عليه العزلة الفطرية الممرضة على بئية أغار البطاطا دكستروز PDA وأضيف الطبق إلى ١ لتر ماء معقم وتمت عملية المزج على هزاز دوراني. تم إعداء نباتات الخس بالمعلق الفطري بمعدل 20مل من المعلق لكل نبات، حسب المعاملات المدروسة. وأضيف ٢٠ مل ماء مقطر للشاهد الغير معدى بالفطر فقط وللشواهد الملقحة بالأنواع البكتيرية المدروسة, حسب تصميم التجربة.

٥-تصميم البحث :

اعتمد في تصميم البحث نظام العشوائية الكاملة, بواقع ٧ معاملات بثلاث مكررات لكل معاملة و3 نباتات لكل مكرر وبلغ عدد النباتات الكلي ٦٣ نباتاً. وكانت المعاملات وفق الاتي : **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 بالبكتريا *(Frateuria aurantia)* ورمز لها بالرمز Fra. **المعاملة الرابعة:** نباتات ملقحة بالبكتريا *(Rhizobium leguminosarum)* ورمز لها بالرمزRh. **المعاملة الخامسة:** نباتات ملقحة بالبكتريا *(Bacillus megaterium)* ورمز لها بالرمز Bm. **المعاملة السادسة:** نباتات ملقحة بمزيج من الأنواع البكتيرية الثلاثة المستخدمة ورمز لها بالرمز M. **المعاملة السابعة:** نباتات ملقحة بالأنواع البكتيرية الثلاثة المستخدمة ومعداة بفطر الفيوزاريوم ورمز لها بالأحرف MF.

٦-المؤشرات المدروسة:

أثناء الدراسة تم تسجيل القراءات التالية:

*** القراءات المورفولوجية:**

١. **أعراض الإصابة بفطر الفيوزاريوم:**

تم تسجيل أعراض الإصابة بفطر الفيوزاريوم على نباتات الخس, حسب المعاملات المدروسة بعد ٣٠ يوماً من العدوى بالفطر والتلقيح بالبكتريا.

٢. **طول أطول جذر:** أخذ طول أطول جذر في النبات وقدرت بـــ سم/نبات.

٣. **عدد الأوراق/نبات:** عدت الأوراق على النبات وقدرت بـــ ورقة/نبات.

٤. **الوزن الرطب للأوراق:** أخذ الوزن الرطب لكل أوراق النبات مباشرة بعد الحصاد وقدرت بـــ غ/نبات.

٥. **الوزن الرطب للمجموعة الجذرية:** أخذ الوزن الرطب لكل جذور النبات مباشرة بعد الحصاد وقدرت بـــ غ/نبات.

٦. **الوزن الرطب لرأس الخس (المجموع الخضري):** أخذ الوزن الرطب للمجموع الخضري مباشرة بعد الحصاد وقبل إزالة الأوراق عن الساق وقدرت بـــ غ/نبات.

٧. **الوزن الجاف للأوراق:** أخذ الوزن الجاف لكل أوراق النبات مباشرة بعد ثبات الوزن في المجففة وقدرت بـــ غ/نبات.

٨. **الوزن الجاف للمجموع الجذري:** أخذ الوزن الجاف للجذور في كل معاملة مباشرة بعد ثبات الوزن في المجففة وقدرت بـــ غ/نبات.

*** القراءات النوعية:**

١. **محتوى الأوراق من الكلورفيل وبيتا كاروتين (ملغ/غ وزن رطب):** أخذ ٠.٥ غ من الأوراق الطازجة وطحنت جيداً في هاون خزفي بإضافة القليل من الكحول الإيتيلي (الإيتانول). رشح المستخلص باستخدام ورقة ترشيح ثم أكمل حجم المستخلص في جميع أنابيب إلى ١٠ مل. أخذ قراءات الكثافة الضوئية (OD) باستخدام جهاز المطياف الضوئي (السبكتروفوتوميتر) على الموجات الضوئية ٤٧٩، ٦٤٥، ٦٦٣ نانومتر. ثم حسب محتوى الكلورفيل الكلي و β كاروتين بالاعتماد على المعادلات التالية:

$$\text{Chlorophyl a} = \{(12.7\times OD_{663}) - (2.69\times OD_{645})\}\{V/(W*1000)\}$$

$$\text{Chlorophyl b} = \{(22.9\times OD_{645}) - (4.68\times OD_{663})\}\{V/(W*1000)\}$$

$$\text{Total Chlorophyl} = \{(8.02\times OD_{663}) + (20.2\times OD_{645})\}\{V/(W*1000)\}$$

$$\beta\text{-carotene} = \{(0.854\times OD_{479}) - (0.312\times OD_{645}) + (0.039\times OD_{663}) - 0.005\}\{V/(W*1000)\}$$

حيث: OD_{663}: قراءة الكثافة الضوئية للعينة عند طول موجة ٦٦٣ نانومتر.

OD_{645}: قراءة الكثافة الضوئية للعينة عند طول موجة ٦٤٥ نانومتر.

OD_{479}: قراءة الكثافة الضوئية للعينة عند طول موجة 479 نانومتر.

V: حجم المستخلص النباتي النهائي (١٠ مل).

W : وزن النسيج النباتي الغض المستخدم (٠.٥ غ).

٧-التحليل الإحصائي:

نفذت التجربة باستخدام تصميم القطاعات الكاملة العشوائية بسبع معاملات حيث كررت كل معاملة ثلاث مرات. تم دراسة تحليل التباين ما بين المعاملات المدروسة باستخدام البرنامج الإحصائي GenStat-12. فصلت متوسطات المعاملات باستخدام اختبار Duncan بعد أن تم التأكد من وجود فروق معنوية ما بين المعاملات عند مستوى ثقة ٥٪.

٧- النتائج والمناقشة:

٧-١-تأثير البكتريا المحفزة لنمو نبات الخس في أعراض الإصابة بفطر الذبول الفيوزاريومي:

بدأت الأعراض بالظهور بعد ٧ أيام من العدوى الاصطناعية بفطر الذبول الفيوزاريومي *(F. oxysporum)*, وكانت عبارة تعفن اسفل الساق واصفرار الأوراق السفلية مع ظهور النموات الفطرية عليها,

ولوحظ ضعف في النمو وكانت الاعراض متفاوتة باختلاف المعاملات المدروسة بالمقارنة مع الشاهد السليم والشاهد المعدى بالفطر, وتطورت الأعراض بعد ٣٠ يوماً من العدوى الإصطناعية بالعزلة *(F. oxysporum)*. إذ شوهد موت كامل للنبات وجفاف الأوراق في معاملة الشاهد المعدى بالفطر فقط (F). في حين كانت الأعراض أقل تكشفاً في المعاملة (MF). كما تبين أن البكتريا حفزت من نمو النبات في المعاملات الملقحة بالأنواع البكتيرية الثلاثة كل على حدة ومع وجود نمو خضري قوي لنباتات الخس في معاملة التلقيح بالأنواع البكتيرية الثلاثة معاً (M) وغير المعداة بالفطر الممرض بالمقارنة مع الشاهد السليم غير المعدى (C) , شكل (٢).

تتوافق هذه النتائج مع دراسات سابقة ومن خلال النتائج تبين أن للسلالة البكتيرية *(Frateuria aurantia)* تأثير هام في تخفيض أعراض الإصابة بالفطر الممرض*(F. oxysporum)* بالمقارنة مع السلالتين الأخريين, وقد يعود ذلك إلى قدرتها 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 (Wanger *et al.*, **2006**; Amini, **2009**).

الشكل ٢. أعراض الإصابة بالفطر *(F. oxysporum)* على نبات الخس

٧-٢-تأثير بكتريا PGPR في طول أطول جذر لنبات الخس بوجود وغياب العدوى بالفطر الممرض:

أظهرت النتائج الموضحة في الجدول (٣), أن هناك اختلافات كبيرة بين المعاملات المدروسة ومعاملتي الشاهد السليم والمعدى بالفطر , وأظهرت المعاملات جميعها تفوقاً معنوياً بالمقارنة مع معاملتي الشاهد السليم C وغير الملقح بالبكتريا والشاهد المعدى بالفطر*(F. oxysporum)*. ووجد أن المعاملات المعداة بالفطر *(F. oxysporum)* والملقحة بالبكتريا المحفزة للنمو زادت من متوسط أطول جذر لنبات الخس على النبات بالمقارنة مع الشاهدين السليم والمصاب بالرغم من وجود العدوى بالفطر الممرض, كما تبين تفوق المعاملة MF على معاملة الشاهد المعدى F *(F. oxysporum)* والسليم C, إذ بلغ متوسط طول أطول جذر لنبات الخس ١٦.٣سم, في حين بلغ في معاملة الشاهد السليم C ١١.٤ سم, ولدى معاملة الشاهد المعدى بالفطر *(F. oxysporum)* ٨.٦ سم. ووجد أن معاملة نباتات الخس بالأنواع البكتيرية الثلاثة كل على حده ومزيجها مع بعضها حفزت من نمو النبات وزادت من طول أطول جذر لنبات الخس إذ بلغ متوسط طول أطول جذر لنبات الخس في المعاملة M ٢٣.٨ سم, مع تفوقها المعنوي على معاملات التجربة جميعها ومنها معاملة النباتات بكل نوع بكتيري لوحده (Fra) (Rh) (Bm).

جدول ٣. متوسط طول أطول جذر لنبات الخس بـــ (سم)

المعاملات	C	F	Fra	Rh	Bm	M	MF
متوسط طول أطول جذر لنبات الخس	11.4^{b}	8.6^{a}	13.6^{c}	17.5^{e}	18.1^{f}	23.8^{g}	16.3^{d}
LSD٥%	0.8						

C= control; F= *(F. oxysporum)* .(Fra)= *Frateuria aurantia* . (Rh)= *Rhizobium leguminosarum*.
(M)=*Rhizobium leguminosarum+ Frateuria aurantia +Bacillus* (Bm)= *Bacillus megaterium*.
.(MF)= *Rhizobium leguminosarum+ Frateuria aurantia +Bacillus megaterium megaterium+ (F. oxysporum)*

٧-٣-تأثير بكتريا PGPR في عدد الأوراق/نبات لنبات الخس بوجود وغياب العدوى بالفطر الممرض:

بينت النتائج الموضحة في الجدول (٤), أن الفطر (*F. oxysporum*) أثر على نمو نباتات الخس سلباً بالمقارنة مع الشاهد السليم وأن الأنواع البكتيرية الثلاثة قد حفزت من نمو نباتات الخس في جميع المعاملات المعداة وغير المعداة بالفطر, وأظهرت المعاملات جميعها تفوقاً معنوياً بالمقارنة مع معاملتي الشاهد السليم C وغير الملقح بالبكتريا والشاهد المعدى بالفطر (*F. oxysporum*). ووجد أن المعاملات المعداة بالفطر(*F. oxysporum*) 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 (MF) على معاملتي الشاهدين المعداة بالفطر *(F. oxysporum)* والسليم, إذ بلغ متوسط عدد الأوراق الكلية على النبات ١٩ ورقة/نبات, في حين بلغ عدد الأوراق الكلية في معاملة الشاهد السليم C ١٦ ورقة/ نبات, ولدى معاملة الشاهد المعدى بالفطر *(F. oxysporum)* ١٤ ورقة/ نبات. ووجد أن معاملة نباتات الخس بالأنواع البكتيرية الثلاثة حفزت من نمو النبات ومن عدد الأوراق الكلية على النبات ومن حجمها مما ينعكس على انتاجية نباتات الخس إذ بلغ عدد الاوراق الكلية على النبات في المعاملة M ٢٤ ورقة/ نبات مع تفوقها المعنوي على معاملات التجربة جميعها.

جدول ٤. متوسط عدد الأوراق على نبات الخس بـــ ورقة/نبات

المعاملات	C	F	Fra	Rh	Bm	M	MF
متوسط عدد الأوراق على نبات الخس	16^{b}	14^{a}	17^{c}	20^{e}	16^{b}	24^{f}	19^{d}
LSD٥%	1						

C= control; F= *(F. oxysporum)* .(Fra)= *Frateuria aurantia* . (Rh)= *Rhizobium leguminosarum*.
(M)=*Rhizobium leguminosarum+ Frateuria aurantia +Bacillus* (Bm)= *Bacillus megaterium*.
.(MF)= *Rhizobium leguminosarum+ Frateuria aurantia +Bacillus megaterium megaterium+ (F. oxysporum)*

٧-٤-تأثير بكتريا PGPR في الوزن الرطب لأوراق نبات الخس بوجود وغياب العدوى بالفطر الممرض:

بينت النتائج الموضحة في الجدول (٥), المعاملات جميعها تفوقت معنوياً على معاملتي الشاهد السليم C وغير الملقحة بالبكتريا والشاهد المعدى بالفطر*(F. oxysporum)* بالنسبة للوزن الرطب لأوراق نبات الخس. ووجد أن الوزن الرطب لأوراق نبات الخس لدى المعاملات المعداة بالفطر *(F. oxysporum)* والملقحة بالبكتريا المحفزة للنمو متفوقة معنوياً على معاملتي الشاهدين السليم والمصاب بالرغم من وجود العدوى بالفطر الممرض, إذ بلغ متوسط الوزن الرطب لأوراق نبات الخس في المعاملة MF ٦١.٣ غ/نبات, في حين بلغ متوسط الوزن الطازج للمجموع الخضري في معاملة الشاهد السليم C ٥٥.٣ غ/نبات, ولدى معاملة الشاهد المعدى بالفطر *(F. oxysporum)* ٤٧.١ غ/ نبات. ووجد أن معاملة نباتات الخس بالأنواع البكتيرية الثلاثة حفزت من نمو النبات وزاد متوسط الوزن الرطب لأوراق نبات الخس, إذ بلغ متوسط الوزن الرطب لأوراق نبات الخس في المعاملة M 73.4 غ/ نبات مع تفوقها المعنوي على معاملات التجربة جميعها.

جدول ٥. متوسط الوزن الرطب لأوراق نبات الخس بـــ (غ/نبات)

المعاملات	C	F	Fra	Rh	Bm	M	MF
متوسط الوزن الرطب لأوراق نبات الخس	55.3[b]	47.1[a]	64.3[e]	71.2[f]	58.9[c]	73.4[g]	61.3[d]
LSD٥%	3.6						

C= control; F= *(F. oxysporum)* .(Fra)= *Frateuria aurantia* . (Rh)= *Rhizobium leguminosarum*. (Bm)= *Bacillus megaterium.* (M)=*Rhizobium leguminosarum+ Frateuria aurantia +Bacillus megaterium* .(MF)= *Rhizobium leguminosarum+ Frateuria aurantia +Bacillus megaterium+ (F. oxysporum)*

ويعود سبب انخفاض الوزن الطازج للمجموع الخضري في الشاهد المعدى بالفطر لكونه يسبب انسدادا في الأوعية الخشبية مما يعيق امتصاص النبات للعناصر الغذائية والماء , وعملت البكتريا المحفزة لنمو النبات على زيادة مقاومة النباتات للفطر الممرض *(F. oxysporum)* (El- Khallal, 2007) وتتوافق هذه النتائج مع (المغربي وآخرون ٢٠١٦).

٧-٥-تأثير بكتريا PGPR في الوزن الرطب للمجموعة الجذرية لنبات الخس بوجود وغياب العدوى بالفطر الممرض:

أظهرت النتائج الموضحة في الجدول (٦), لدى أخذ قراءات الوزن الرطب للمجموع الجذري, أن هناك اختلافات كبيرة بين المعاملات المدروسة ومعاملتي الشاهد السليم والمعدى بالفطر*(F. oxysporum)*, وأظهرت المعاملات جميعها تفوقاً معنوياً بالمقارنة مع معاملتي الشاهد السليم C وغير الملقح بالبكتريا والشاهد المعدى بالفطر*(F. oxysporum)* . كم تبين أن المعاملة المعداة بالفطر *(F. oxysporum)* والملقحة بالأنواع البكتيرية المحفزة للنمو زادت من متوسط الوزن الرطب للمجموع الجذري بالمقارنة مع الشاهدين السليم والمصاب بالرغم من وجود العدوى بالفطر الممرض *(F. oxysporum)*, إذ بلغ متوسط الوزن الرطب للمجموع الجذري ٩.٦غ/نبات, في حين بلغ متوسط الوزن الرطب للمجموع الجذري في معاملة الشاهد السليم C ٨.٣غ/نبات, ولدى معاملة الشاهد المعدى بالفطر *(F. oxysporum)* ٥.٨ غ/ نبات. كما تبين أن معاملة نباتات الخس بالأنواع البكتيرية الثلاثة زادت من حجم ووزن المجموع الجذري، مما ينعكس على زيادة كفاءة امتصاص العناصر الغذائية من التربة وانتاجية نباتات الخس إذ بلغ

متوسط الوزن الرطب للمجموع الجذري في المعاملة M ١٤.١ غ/ نبات مع تفوقها المعنوي على معاملات التجربة جميعها.

جدول ٦٠ متوسط الوزن الرطب للمجموعة الجذرية لنبات الخس بـــ (غ/نبات)

المعاملات	C	F	Fra	Rh	Bm	M	MF
متوسط الوزن الرطب للمجموعة الجذرية لنبات الخس	8.3^{b}	5.8^{a}	10.1^{d}	$13,5^{f}$	11.3^{e}	14.1^{g}	9.6^{c}
LSD٥%	1.5						

C= control; F= *(F. oxysporum)* .(Fra)= ***Frateuria aurantia*** . (Rh)= ***Rhizobium leguminosarum***. (M)=***Rhizobium leguminosarum+ Frateuria aurantia +Bacillus*** (Bm)= ***Bacillus megaterium.*** .(MF)= ***Rhizobium leguminosarum+ Frateuria aurantia +Bacillus megaterium megaterium+ (F. oxysporum)***

تتوافق نتائج دراستنا مع دراسات أخرى مشابهه (Arfaoui *et al.*, **2008**; Hmissi *et al.*, 2011) 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), وتحث المقاومة في النبات بتراكم مركبات الفينول وتنشيط أنزيمات الكيتيناز والجلوكوناز والبيروكسيداز وبولي فينول. إن الزيادة في مؤشرات النمو (عدد الأوراق والوزن الرطب للمجموعين الخضري والجذري) في نباتات الخس الملقحة بالبكتيريا المحفزة للنمو(PGPR) قد يعود لدورها في إنتاج أو تغيير تركيز منظمات النمو مثل الأوكسينات (IAA) والجبرلينات 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; Meena *et al.,* 2018).

٧-٦-تأثير بكتريا PGPR في الوزن الجاف لأوراق نبات الخس بوجود وغياب العدوى بالفطر الممرض:

بينت النتائج الموضحة في الجدول (٧). وجود فروقات بين معاملات التجربة جميعها وعمل الفطر الممرض على تخفيض الوزن الجاف لأوراق نبات الخس بالمقارنة مع المعاملات الملقحة بالبكتريا المحفزة لنمو النبات المعداة وغير المعداة بالفطر *(F. oxysporum)*, وتفوقت المعاملة المعداة بالفطر وبالأنواع البكتيرية الثلاثة معنوياً على معاملتي الشاهد السلم والمعدى بالفطر غير الملقحين بالبكتريا المحفزة للنمو, إذ بلغ متوسط الوزن الجاف لأوراق نبات الخس في المعاملة MF ٦.٢ غ/نبات في حين بلغ ٣.٤ و ٦.٠٨ غ/نبات في معاملتي الشاهد السليم والشاهد المعدى, على التوالي. كما تفوقت معاملة التلقيح بالأنواع البكتيرية الثلاثة من دون العدوى بالفطر معنوياً على معاملات التجربة جميعها, إذ بلغ متوسط الوزن الجاف لأوراق

نبات الخس ٩.٥٧ غ/نبات, تليها المعاملة Bm ٨.٢ غ/نبات ثم المعاملة Fra ٧.٣ غ/نبات ثم المعاملة Rh ٧.٠١ غ/نبات.

جدول ٧. متوسط الوزن الجاف لأوراق نبات الخس بـــ (غ/نبات)

المعاملات	C	F	Fra	Rh	Bm	M	MF
متوسط الوزن الجاف لأوراق نبات الخس	6.08^{b}	3.4^{a}	7.3^{e}	7.01^{d}	8.2^{f}	9.57^{g}	6.2^{c}
LSD٥%	0.29						

C= control; F= *(F. oxysporum)* .(Fra)= *Frateuria aurantia* . (Rh)= *Rhizobium leguminosarum*. (Bm)= *Bacillus megaterium*. (M)=*Rhizobium leguminosarum*+ *Frateuria aurantia* +*Bacillus megaterium* .(MF)= *Rhizobium leguminosarum*+ *Frateuria aurantia* +*Bacillus megaterium*+ *(F. oxysporum)*

٧-٧-تأثير بكتريا PGPR في الوزن الجاف لجذور نبات الخس بوجود وغياب العدوى بالفطر الممرض:

أظهرت النتائج الموضحة في الجدول (٨). اختلاف متوسط وزن الجذر الجاف لجذور نبات الخس بين المعاملات المدروسة. وأدت المعاملة بالأنواع البكتيرية الثلاثة وبوجود الفطر الممرض إلى زيادة مقاومة النبات للعدوى الفطرية وتفوقت المعاملة MF على معاملتي الشاهد السليم والشاهد المعدى بالفطر *(F. oxysporum)* إذ بلغ متوسط الوزن الجاف لجذور نبات الخس لديها ١.٧١ غ/نبات بالمقارنة مع معاملتي الشاهد السليم والشاهد المعدى وغير الملقحين بالبكتريا المحفزة للنمو إذ بلغ متوسط الوزن الجاف لجذور نبات الخس في معاملة الشاهد السليم C ٠.٨٦ غ/نبات ولدى معاملة الشاهد المعدى بالفطر الممرض ٠.٦٥ غ/نبات. كما لوحظ تفوق معاملة التلقيح بالأنواع البكتيرية الثلاثة وغير المعداة بالفطر M على معاملات التجربة جميعها إذ بلغ متوسط الوزن الجاف لجذور نبات الخس ١.٧١ غ/ نبات.

جدول ٨. متوسط الوزن الجاف لجذور نبات الخس بـــ (غ/نبات)

المعاملات	C	F	Fra	Rh	Bm	M	MF
متوسط الوزن الجاف لجذور نبات الخس	0.86^{b}	0.65^{a}	1.3^{e}	1.24^{d}	1.4^{f}	1.71^{g}	1.12^{c}
LSD٥%	0.16						

C= control; F= *(F. oxysporum)* .(Fra)= *Frateuria aurantia* . (Rh)= *Rhizobium leguminosarum*. (Bm)= *Bacillus megaterium*. (M)=*Rhizobium leguminosarum*+ *Frateuria aurantia* +*Bacillus megaterium* .(MF)= *Rhizobium leguminosarum*+ *Frateuria aurantia* +*Bacillus megaterium*+ *(F. oxysporum)*

٧-٨- تأثير بكتريا PGPR في محتوى الأوراق من الكلورفيل وبيتا كاروتين (ملغ/غ وزن رطب) لنبات الخس بوجود وغياب العدوى بالفطر الممرض:

يظهر الجدول (٩) أن المعاملات الملقحة بالبكتيريا قد تفوقت معنوياً على معاملتي الشاهد السليم والمعدى بالفطر غير الملقحين بالبكتريا, إذ بلغت كمية الكلوروفيل في الأوراق لدى المعاملة الملقحة بالأنواع البكتيرية الثلاثة والمعداة بالفطر MF ١.٠٩ ملغ/غ وزن رطب, متفوقة معنوياً على معاملتي الشاهد السليم والشاهد المعدى غير الملقحين بالبكتريا المحفزة للنمو إذ بلغ متوسط محتوى الأوراق من الكلوروفيل في معاملة الشاهد السليم C ٠.٩٩

ملغ/ غ وزن رطب ولدى معاملة الشاهد المعدى بالفطر *(F. oxysporum)* (F) ٠.٦١ ملغ/غ وزن رطب. كما بينت النتائج تفوق المعاملة بالأنواع البكتيرية الثلاثة وغير المعداة بالفطر معنوياً على معاملات التجربة جميعها إذ بلغ محتوى الأوراق من الكلوروفيل ١.٤٨ ملغ/غ وزن رطب. ولدى مقارنة كمية الكلوروفيل لدى معاملات التلقيح المفرد بالأنواع البكتيرية الثلاثة، تبيّن زيادته في معاملة التلقيح بالبكتيريا المثبتة للآزوت الجوي *Rhizobium leguminosarum* على النوعين الأخريين, وقد يعود ذلك لدور هذه البكتيريا الفعال في تثبيت الآزوت الجوي ما ينعكس إيجاباً على تطور المجموع الخضري وتخليق اليخضور.

كما أظهرت النتائج الموضحة في الجدول (٩), تفوق المعاملة MF معنوياً على معاملتي الشاهد السليم C والشاهد المعدى بالفطر(F) *(F. oxysporum)* بالنسبة لمحتوى الأوراق من بيتا كاروتين, إذ بلغ ٢.٤٣ ملغ/غ وزن رطب , في حين بلغ محتوى بيتا كاروتين في معاملة الشاهد السليم C ٢.٢ ملغ/غ وزن رطب ولدى معاملة الشاهد المعدى بالفطر *(F. oxysporum)* بلغ ١.٩٩ ملغ/غ وزن رطب. وتفوقت المعاملة بالأنواع البكتيرية الثلاثة وغير المعداة بالفطر الممرض (M)على معاملات التجربة كافةً, إذ بلغ محتوى الأوراق من بيتا كاروتين ٣.٠١ ملغ/غ وزن رطب.

جدول ٩. محتوى الأوراق من الكلورفيل وبيتا كاروتين (ملغ/غ وزن رطب) لنبات الخس

المعاملات	C	F	Fra	Rh	Bm	M	MF
محتوى الأوراق من الكلورفيل الكلي لنبات الخس	0.99	0.61	1.21	1.38	1.01	1.48	1.09
محتوى الأوراق من وبيتا كاروتين لنبات الخس	2.2	1.99	2.25	2.3	2.13	3.01	2.43
%٥LSD	0.6, 0.24						

C= control; F= ***(F. oxysporum)*** **.(Fra)=** ***Frateuria aurantia*** **. (Rh)=** *Rhizobium leguminosarum.*
(M)=*Rhizobium leguminosarum+ Frateuria aurantia +Bacillus* (Bm)= *Bacillus megaterium.*
.(MF)= *Rhizobium leguminosarum+ Frateuria aurantia +Bacillus megaterium megaterium+ (F. oxysporum)*

إن الزيادة في محتوى الأوراق من الكلوروفيل وبيتاكاروتين تعمل على الزيادة في النمو والإنتاج، لدورها الأساسي في الاصطناع الحيوي للمواد الغذائية (Malkin and Niyogi, 2000)، وهذا يتوافق مع نتائجنا، إذ زادت صبغات التركيب الضوئي بوجود البكتيريا المحفزة لنمو النبات، مع وبدون العدوى بالفطر الممرض *(F. oxysporum)*. وأشار Park وآخرون (2006) إلى أن الزيادة في محتوى الأوراق من الكلوروفيل في نباتات البطاطا المعاملة بسلالة البكتيريا *Bacillus vallismortis* EXTN-1 ، أدى إلى زيادة في كمية المحصول، و تفعيل مسارات المقاومة الجهازية داخل النباتات المعاملة بالبكتيريا.

٨- الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

لدى تلقيح نباتات الخس بالأنواع البكتيرية الثلاثة (*Rhizobium leguminosarum* و *Bacillus megaterium* و *Frateuria aurantia*) بوجود العدوى بالفطر الممرض *(F. oxysporum)* وغيابها خلال تجربة نصف حقلية (أصص) باستخدام تقنية الزراعة المائية أدت إلى:

١- خفض أعراض الإصابة بالفطر الممرض *(F. oxysporum)* لدى المعاملة MF وزادت مؤشرات النمو والمؤشرات النوعية لنبات الخس بالمقارنة مع الشاهدين C و F.

٢- زيادة نمو نباتات الخس، وتخفيض تأثير الفطر الممرض في طول أطول جذر عدد الأوراق والوزن الرطب والجاف للمجموعين الخضري والجذري بالمقارنة مع الشاهد السليم والمعدى بالفطر غير المعاملين بالبكتيريا

٣- أدت المعاملة بالبكتريا المحفزة للنمو إلى زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل وبيتا كاروتين في جميع معاملات التجربة بالمقارنة مع الشاهدين السليم والمعدى بالفطر*(F. oxysporum)* .

التوصيات:

١- متابعة الدراسة لمعرفة تأثير البكتريا PGPR في أنظمة الزراعة المائية المختلفة وتأثيرها في تحفيز نمو النباتات وانتاجيته وتخفيض تأثير الفطر الممرض *(F. oxysporum)* وبقية الممرضات النباتية.

٢- إمكانية استخدام التلقيح البكتيري بالأنواع البكتيرية *Frateuria aurantia* و *Bacillus megaterium* و*Rhizobium leguminosarum* بإضافتها إلى شتول النباتات لتحسين نموها وإنتاجيتها ومقاومتها للمرضات النباتية ضمن نظام الزراعة المائية.

المراجع:

١. أبو الروس، سمير عبد الوهاب ومحمد أحمد شريف، الزراعة وإنتاج الغذاء بدون تربة (دار النشر للجامعات المصرية، القاهرة ١٩٩٥).

٢. حماد, ياسر و رامز الشامي. (٢٠١٧). توصيف بعض أنواع بكتريا الرايزوسفير المحفزة لنمو النبات من بعض الأسمدة الحيوية والتربة. *مجلة جامعة البعث*. سورية. المجلد ٣٩. ص٢٥.

٣. المغربي، صباح، ياسر حماد، بشرى رزق. ٢٠١٦ . دراسة تأثير بكتيريا *Rhizobium leguminosarum*/في نمو الفطر *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* مخبرياً. مجلة وقاية النبات العربية، ٣٤ (٢ :) ١٣٥ - ١٤١.

٤. يعقوب، غسان ، وفاء مياسة ، دراسة الأهمية الاقتصادية للزارعة المائية. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدارسات العلمية – سلسلة العلوم البيولوجية ، مجلد (٣١) (العدد ٥) ٢٠٠٩.

5. Arfaoui,A.,B.Sifi, M.El Hassan,A.Boudabbous,and. M.Cherif 2005.Biochemical analysis of protection against *Fusarium* wilt afforded by two *Rhizobium* isolates. Plant Pathology Journal, 4(1):35-42.
6. 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 chick. Journal of Plant Pathology, 88 (1), 67-75.
7. Arshad, M., & Frankenberger, W. T. (1998). Plant growth-regulating substances in the rhizosphere: *Microbial production and functions. Advances in Agronomy*, 62, 46–152.
8. Bhattacharyya P. N., Jha D. K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 28 1327–1350. 10.1007/s11274-011-0979-9.
9. Das, K., Prasanna, R., Saxena, A.K., 2017. Rhizobia: a potential biocontrol agent for soilborne fungal pathogens. Folia Microbiol. 62, 425–435. https://doi.org/10.1007/ s12223-017-0513-z.
10. 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.
11. Gupta G, Parihar SS, Ahirwar NK, Snehi SK, Singh V. (2015). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. *J Microb Biochem Technol* 7:096–102.
12. 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.
13. Islam, M.A., Nain, Z., Alam, M.K., Banu, N.A., Islam, M.R., 2018. In vitro study of biocontrol potential of rhizospheric Pseudomonas aeruginosa against *Fusarium oxysporum* f.sp. cucumerinum. Egypt J. Biol. Pest Control 28, 90. https://doi.org/ 10.1186/s41938-018-0097-1.
14. Jeyanthi V, Kanimozhi S. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) – Prospective and Mechanisms: A Review. *J Pure Appl Microbiol*. 2018;12(2):733-749. doi: 10.22207/JPAM.12.2.34.
15. Jiao, X., Takishita, Y., Zhou, G., Smith, D.L., 2021. Plant associated rhizobacteria for biocontrol and plant growth enhancement. Front. Plant Sci. 12, 420. https://doi.org/ 10.3389/fpls.2021.634796.
16. 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.
17. 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.
18. Liu, K., Mcinroy, J.A., Hu, C.-H., Kloepper, J.W., 2018. Mixtures of plant-growthpromoting rhizobacteria enhance biological control of multiple plant diseases and plant-growth promotion in the presence of pathogens. Plant Dis. 102, 67–72. https:// doi.org/10.1094/PDIS-04-17-0478-RE.
19. Malkin, R., & Nyogi, K. (2000). Photosynthesis. In B.B. Buchanan, W. Gruissem, & R.L. Jones (Eds.), Biochemistry and Molecular Biology of Plants. (pp. 568-628). *Rockville, MD, USA: ASPP*.

٢٠. 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.

٢١. 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.

٢٢. 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.

٢٣. Park., Kyungseok, Diby Paul, Kyung Ryl Ryu, Eun Yung Kim and Yong Ki Kim. (2006). *Bacillus vallismortis* Strain EXTN-1 Mediated Systemic Resistance against *Potato virus Y* and *X* in the Field. *Plant Pathology Journal*. 22(4) : 360 – 363.

٢٤. Rubatzky, V.E. and M. Tamaguchi (1997). World vegetables , principles , production and nutritive values . Second edition. Chapman Hall International Thomson Publishing .New York , U.S.A. pp. 843 .