مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٨) العدد (٦) ٢٠٢٤
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (8) No. (6) 2024

تأثير التلقيح بأنواع من بكتريا الجذور المحفزة لنمو النبات (PGPR) في بعض خواص التربة ونمو نبات الحمص

د. ياسر علي حمّاد*

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٣/١١/٢٠ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٤/٦/٢٤)

□ ملخّص □

تلعب الأحياء الدقيقة المحيطة بجذور النبات دوراً هاماً في تحسين خواص التربة، وتحفيز نمو النبات، وزيادة الإنتاج، ما يشجع استخدامها كمخصبات حيوية بإضافة أنواع بكتيرية فعالة في تثبيت الآزوت الجوي واتاحة العناصر الغذائية للنبات.

هدف البحث إلى تحديد فعالية التلقيح ببعض أنواع بكتريا الجذور المحفزة لنمو النبات (PGPR) ومزائجها في نمو نبات الحمص وتشكل العقد الجذرية، صممت التجربة بطريقة القطاعات العشوائية الكاملة، (سبع معاملات بثلاث مكررات وأربع نباتات في كل مكرر)، لقحت بذور نباتات الحمص بأربعة أنواع بكتيرية بشكل مفرد ومختلط، تم قياس مؤشرات النمو (ارتفاع النبات، والوزن الطازج والجاف للمجموع الخضري والجذري، وعدد العقد الجذرية الفعالة وغير الفعالة)، وتم تحديد قوام التربة ودرجة الـ pH وتقدير محتواها من المادة العضوية، الآزوت الكلي، الفوسفور والبوتاسيوم المتاحين، نفذ البحث في موسم ٢٠٢٢/٢٠٢١ في مشتل كلية الهندسة الزراعية في جامعة تشرين.

أظهرت النتائج أن التلقيح بالبكتريا بشكل مفرد أو مختلط أدى إلى زيادة معنوية في قيم معايير النمو لجميع المعاملات المدروسة بالمقارنة مع الشاهد غير الملقح بالبكتريا، وكانت أفضل النتائج عند معاملة التلقيح بمزيج من الأنواع الأربعة (المخصب M4) وبفروق معنوية، إذ بلغت نسبة الزيادة في ارتفاع النبات (٧٤,٩%)، وطول الجذر (٨١,٩%)، والوزن الطازج والجاف للمجموع الخضري (٢١٨,٦ و ٢٠٤,٧%) على التوالي، والوزن الطازج والجاف للمجموع الجذري(٢٢٩ و ١٩٠,٣%) على التوالي، ووصلت نسبة الزيادة في عدد العقد الجذرية إلى ١٠٠%، وبلغت نسبة الزيادة في محتوى التربة من الآزوت الكلي (٤٥,٩%)، والفوسفور المتاح (١٠٠,٢%)، والبوتاسيوم المتاح (٤٧,٨%) بالمقارنة مع الشاهد. تشير هذه النتائج إلى فعالية الأنواع البكتيرية المدروسة وأهمية استخدامها في تحسين خصوبة التربة وتحفيز نمو النبات وتشكل العقد الجذرية الفعالة في تثبيت الآزوت الجوي، ما يسهم في زيادة إنتاج نبات الحمص.

الكلمات المفتاحية: بكتريا محفزة لنمو النبات (PGPR)، مخصبات حيوية، حمص، عقد جذرية، تربة.

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

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٨) العدد (٦) ٢٠٢٤
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (8) No. (6) 2024

Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on some soil properties and chickpea plant growth

Dr. Yaser A. Hammad*

(Received 20/11/2023 . Accepted 24/6/2024)

□ ABSTRACT □

Microorganisms surrounding plant roots play an important role in improving soil properties, stimulating plant growth and increasing yield, which encourage their use as biofertilizers by adding effective bacterial species that fix atmospheric nitrogen and increase nutrients availability to plants.

The research aimed to determine the effectiveness of different inoculations using some types of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and their mixtures on the growth of chickpea plants and the formation of root nodules. The experiment was designed using a completely randomized block method (seven treatments with three replicates and four plants in each replicate). Seeds of chickpea plants were treated with four bacterial species, either individually or in a mixture. Growth parameters including plant height, fresh and dry weight of shoot and root shoots, number of effective and ineffective root nodules were measured. The soil texture, pH, organic matter content, total nitrogen, available phosphorus and potassium were also estimated. The research was carried out in the 2021/2022 season in the nursery of the Faculty of Agriculture Engineering at Tishreen University.

The results revealed that the inoculation with single bacterial species or their mixtures significantly improved plant and soil parameters in the all treatments as compared to the control. Among the treatments,M4 mixture was superior to all other treatments, and significantly increased plant height (74.9%), root length (81.9%), fresh and dry weight of the shoot (218.6%, 204.7% respectively), fresh and dry weight of the root system (229% and 190.3% respectively), and the number of root nodules (100%) as compared to control. In addition, M4 treatment increased soil content of total nitrogen by 45.9%, available phosphorus by 100.2%, and available potassium by 47.8% as compared to the control. These results indicate the importance of used bacterial species in improving soil fertility, stimulating plant growth and nodules formation which ultimately increased plant yield.

Keywords: Rhizobacteria, PGPR, Biofertelizer, chickpea, root nodes, soil.

* Associated Professor, Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture Engineering, University of Tishreen, Lattakia, Syria.

١- المقدمة Introduction:

يُعد الحمص (*Cicer arietinum* L.) ثالث محصول بقولي بعد الفاصولياء والبازلاء من حيث الأهمية على مستوى العالم، بإنتاج سنوي يزيد عن ١١,٥ مليون طن (Merga *et al.*, 2019). وبلغت المساحة الإجمالية المزروعة بالحمص في سورية ٧١٨٦٤ هتكاراً لموسم ٢٠٢٠، وكان الإنتاج الإجمالي لنفس الموسم ٦٣٥٨٩ طناً، (المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، ٢٠٢٠).

يلعب الحمص دورًا رائدًا في سلامة الأغذية في العالم من خلال تغطية العجز في البروتينات في الحصص الغذائية اليومية، كونه مصدرًا جيدًا للطاقة والبروتين والمعادن والفيتامينات والألياف، ويحتوي أيضًا على مواد كيميائية نباتية مغذية ومفيدة للصحة (Wood and Grusak, 2007). إن استخدام الحمص كمصدر مشترك للكربوهيدرات والبروتين يجعله أكثر اقتصاداً للمستهلك، وبأسعار معقولة بالنسبة للبلدان النامية دون المساس بجودة التغذية (Grasso *et al.*, 2022).

تعد الزراعة واحدة من الأنشطة البشرية التي تساهم في زيادة كمية الملوثات الكيميائية، نتيجة الاستخدام المفرط للأسمدة الكيميائية والمبيدات الحشرية، ما يسبب أضراراً بيئية، تنعكس سلباً على صحة الإنسان. لذلك تم التوجه لاستخدام تقنيات زراعية حديثة تحقق التنمية المستدامة (Ubertino *et al.*, 2016)، وتسمح بتحفيز آليات مقاومة المحاصيل ضد الأمراض المختلفة، وزيادة تحمل اجهادات الملوحة والجفاف ما يسمح بزيادة الغلة وخفض تكاليف الإنتاج (Goswami *et al.*, 2016 ; Mei and Flinn, 2010).

ولتحقيق هذه الخصائص في المحاصيل، تم استخدام الكائنات الحية الدقيقة المفيدة الموجودة في التربة كمخصبات حيوية (Suhag, 2016 ; Kamkar, 2016 ; Vejan *et al.*, 2016) تحفز نمو النبات وتدافع عن صحتة بطريقة صديقة للبيئة (Goswami *et al.*, 2016 ; Akhtar *et al.*, 2012)، ولها تطبيقات علمية في الزراعة المستدامة (Gonzalez *et al.*, 2015)، ومن أهم الكائنات الحية الدقيقة المستخدمة، كانت البكتيريا المحفزة لنمو النبات (Plant Growth Promoting Rhizobacteria: PGPR) التي تنشط في المنطقة المحيطة بالمجموع الجذري للنبات (Rhizosphere)، وتشارك في الأنشطة الإحيائية المختلفة للنظام البيئي للتربة لجعلها ديناميكية ومستدامة لإنتاج المحاصيل(Gupta *et al.*, 2015).

ترتبط البكتيريا (PGPR) مع النبات بعلاقات تبادل منفعة تعاونية أو تعايشية (Kundan *et al.*, 2015)، وتعمل على تحفيز نوعي وكمي للنبات بشكل مباشر عن طريق إنتاج مواد محفزة لنمو النبات، فضلاً عن إتاحة وتسهيل امتصاص النبات للعناصر الغذائية الموجودة في التربة (Bhardwaj *et al.*, 2014)، أما التأثير غير المباشر، يتم بتحييد أو منع تأثير المسببات المرضية في النبات، من خلال قدرتها على إنتاج أو تعديل تركيز منظمات النمو(Damam *et al.*, 2016)، مثل (الأوكسينات، والجبرلينات، والسيتوكينينات، والاثيلين)، إضافة إلى قدرة بعض أنواع البكتيريا (PGPR) على تثبيت الآزوت الجوي (Glick, 2012)، وإذابة الفوسفات المعدنية المثبتة (Sharma *et al.*, 2003) وتيسير البوتاسيوم (Liu *et al.*,2012) والعناصر المغذية الأخرى (Singh, 2013 ; Saharan and Nehra, 2011).

تنشأ بين الميكروبات والنباتات البقولية علاقة تكافلية، من خلال التمعدن الحيوي والتطور التآزري، بإمكانيات كبيرة لتحفيز نمو النبات وتحسين جودة التربة وخصوبتها (Paredes and Lebeis, 2016 ; Rosenberg and Zilber-Rosenberg, 2016 ; Agler *et al*., 2016).

بينت دراسة قام بها Karnwal وKumar (2012) أن تلقيح نباتات الحمص بـ ٦ عزلات من البكتيريا(PGPR)، حفزت نمو النبات وحققت زيادة معنوية في طول الساق والجذر وإنتاج المادة الجافة للأوراق والجذور، حيث زاد طول المجموع الخضري بنسبة ٩٢% والمادة الجافة بنسبة ٤٣%، وطول الجذر بنسبة ٣٥%، والوزن الجاف للجذر بنسبة ٤٠% مقارنة مع الشاهد. كما لوحظ أن النباتات الملقحة أدت إلى تحسين نسبة الإنبات، فضلاً عن تحفيز النمو والتبكير في الإزهار، وبالتالي زيادة في الوزن الجاف لكل من الجذر وأجزاء النبات العليا، وزيادة عدد العقد الجذرية، وكفاءة امتصاص الآزوت والفوسفور(Yadav and Verma, 2014 ; Gravel. *et al*., 2007 ; Kozdroja *et al*., 2004).

يعد تعاون ميكروبات التربة مع النباتات أمرًا حيويًا للاستجابة للبيئات اللاإحيائية، ما يؤدي إلى إنتاج منظمات النمو وتحسين خصوبة التربة، وزيادة تحمل النبات للإجهادات ما يحقق الجدوى الاقتصادية، والاستدامة البيئية (Khan *et al*., 2016 ; Compant *et al*., 2016). إن أفضل طريقة لتفسير ارتباط النباتات بالميكروبات هي البكتيريا الجذرية المحفزة لنمو النبات (PGPR)، والتي أظهرت تفاعلات مضادة وتآزرية نتج عنها تحفيز لنمو النبات (Bhardwaj *et al*., 2014 ; Rout and Callaway, 2012).

٢- أهمية البحث وأهدافه importance of the research and its objectives:

تأتي أهمية البحث من الأهمية الاقتصادية والغذائية لنبات الحمص في سورية، وانخفاض انتاجيته في وحدة المساحة، ونظراً لزيادة تكاليف الإنتاج بسبب ارتفاع أسعار الأسمدة الكيميائية، وما لاستخدامها الزائد من آثار سلبية على البيئة وصحة الإنسان، وبما أن التوجه الحديث نحو الزراعة النظيفة، والتقليل من إضافة الأسمدة الكيميائية واستخدام المبيدات ضد الآفات الزراعية المختلفة. كان من الضروري إيجاد بدائل أو مكملات للأسمدة المعدنية أقل كلفة وصديقة للبيئة، باستخدام تقانات زراعية حديثة، تعتمد على استخدام الكائنات الحية الدقيقة في تلقيح البذار أو إضافتها إلى التربة، كمخصبات حيوية آمنة بيئياً، تحتوي على نوع أو أكثر من البكتيريا المحفزة لنمو النبات (PGPR)، التي تنشط في محيط الجذور وتنتج منظمات نمو، وتحول العناصر الغذائية إلى الشكل المتاح للنبات، ما يحسن خصوبة التربة ويحفز نمو النبات وبالتالي زيادة الإنتاج لتلبية الطلب المتزايد على الحمص في السوق، والتقليل من استخدام الأسمدة الكيميائية وخفض تكاليف الانتاج، ما ينعكس إيجاباً على الناحية الاقتصادية للمزارع.

هدف البحث إلى اختبار فعالية التلقيح بأنواع من البكتيريا PGPR في:

- تحسين بعض خواص التربة وإتاحة العناصر الغذائية وتسهيل امتصاصها من قبل النبات من خلال تحليل التربة قبل وبعد الزراعة وتحديد محتواها من الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم.

- تحفيز نمو نبات الحمص وتشكل العقد البكتيرية الفعالة في تثبيت الآزوت الجوي على الجذور، من خلال دراسة بعض مؤشرات النمو (ارتفاع النبات وطول الجذر والوزن الطازج والجاف للمجموعين الخضري والجذري وعدد العقد الجذرية).

٣- مواد البحث وطرائـــقه Materials and Methods:

موقع الدراسة: نفذ البحث في الساحل السوري موسم ٢٠٢٢/٢٠٢١ في مشتل ومخابر أبحاث علوم التربة والمياه، ومخبر الأحياء الدقيقة، في كلية الهندسة الزراعية – جامعة تشرين، في اللاذقية.

المادة النباتية: نبات الحمص (*Cicer arietinum* L.)، استخدمت بذور صنف شتوي غاب٤، يمتاز بموسم طويل، متحمل للصقيع ومقاوم لمرض الأسكوكايتا، تم الحصول على البذور من مركز البحوث العلمية الزراعية.

التربة المستخدمة: استخدمت تربة من مشتل كلية الزراعة، أخذت عينة للتحليل قبل الزراعة وأظهرت النتائج الموضحة في الجدول (١) أنها طميية رملية، ودرجة pH (٨,١) قلوية خفيفة، ومحتواها منخفض نسبياً من المادة العضوية والعناصر الغذائية، لذلك أضيف لها مادة عضوية لتحسين خصوبتها.

جدول (١). نتائج التحليل الميكانيكي والكيميائي للتربة قبل الزراعة

التحليل الميكانيكي			التحليل لكيميائي				
رمل %	طين %	سلت %	pH	% OM	N كلي %	P متاح مغ/كغ	K متاح مغ/كغ
37.59	21.03	41.38	8.1	1.11	0.121	9.14	١٣٣,٢

حضرت خلطة ترابية مكونة من تربة وسماد عضوي بقري متخمر (١:٦ حجماً)، عبئت في أصص (سعة 5 كغ)، وزعت وفق مخطط تصميم البحث جدول (٢)، في ظروف محمية من الهطول المطري للحد من الإنغسال والتحكم بالري حسب الحاجة وفق السعة الحقلية للتربة.

تصميم البحث:

اتبع في تصميم البحث نظام القطاعات العشوائية الكاملة حيث تضمن البحث: ٧ معاملات، بثلاث مكررات لكل معاملة، و4 نباتات لكل مكرر، وبلغ عدد النباتات الكلي ٨٤ نباتاً جدول (2)،

جدول (٢): تصميم البحث وتوزيع المعاملات والمكررات في القطاعات

	المعاملات والمكررات							
القطاعات	قطاع١	C	R	Azo	Fr	Bm	M3	M4
	قطاع٢	M3	M4	C	R	Azo	Fr	Bm
	قطاع٣	Azo	Fr	Bm	M3	M4	C	R

M3= [*Azotobacter chroococcum* (Azo)+ *Bacillus megaterium* (Bm)+ *Frateuria aurantia* (Fr)**]**. **M4= [***Azotobacter chroococcum* (Azo)+ *Bacillus megaterium* (Bm)+ *Frateuria aurantia* (Fr)+ *Rhizobium leguminosarum* (R)**]**, Control (C).

الأنواع البكتيرية المدروسة:

تم استخدام أربعة أنواع من البكتيريا المحفزة لنمو النبات(PGPR)، موصفة ومحفوظة في مخبر أبحاث علوم التربة والمياه في كلية الهندسة الزراعية بجامعة تشرين وهي:

النوع (Azo) *Azotobacter chroococcum*: بكتيريا مثبتة للآزوت الجوي بشكل حر (Hammad, ٢٠٢٠)،

النوع (Fr) *Frateuria aurantia*: بكتيريا ميسرة للبوتاسيوم (حماد والشامي، ٢٠١٧)،

النوع (Bm) *Bacillus megaterium*: بكتيريا مذيبة وميسرة للفوسفور (حماد والشامي، ٢٠١٧)،
النوع (R) *Rhizobium leguminosarum*: بكتيريا مثبتة للآزوت تكافلياً (المغربي وآخرون، ٢٠١٦).

تنشيط الأنواع البكتيرية المستخدمة في الدراسة:

تم تنشيط الأنواع البكتيرية المستخدمة بإعادة زراعتها على بيئات متخصصة للحصول على خلايا حديثة في أوج نشاطها الحيوي(حماد والشامي، ٢٠١٧)، وحضّر معلق من الأنواع البكتيرية كل على حده، باستخدام بيئة غذائية سائلة Tryptic Soy Broth (TSB)، وذلك في زجاجات خاصة بتنمية البكتريا (BIOGEN) سعة ٢ ليتر تسمح بالتحريك وتأمين التهوية الملائمة للنمو، استخدمت وحدة تنمية لكل نوع بكتيري، ولقحت البيئة السائلة بالأنواع البكتيرية بعد تنشيطها للحصول على خلايا نشيطة، وضعت على هزاز بسرعة ١٠٠ – ١٥٠ دورة بالدقيقة، وحضنت على درجة حرارة ٢٨ درجة مئوية، لمدة ٤٨ ساعة، استخدمت طريقة العد تحت المجهر (بوساطة شريحة Bürker) لضبط كثافة البكتريا في المعلقات البكتيرية وفق التركيز المطلوب 10^9 خلية/مل عند تحضير اللقاح.

تحضير اللقاح البكتيري:

حضرت أربع لقاحات مفردة من كل نوع بكتيري على حدا (Fr ,Bm, Azo, R)، ولقاحين مختلط بمزيج من الأنواع البكتيرية وبنسب متساوية، المزيج الأول(M3) مكون ثلاثة أنواع (Fr + Bm + Azo)، والمزيج الثاني (M4) يضم أربعة أنواع (Fr + Bm + Azo + R).

التلقيح بالبكتريا وإضافة اللقاح:

تم التلقيح باستخدام اللقاحات البكتيرية المحضرة من الأنواع البكتيرية المختلفة (معلقات بتركيز 10^9خلية بكتيرية/مل) وفق المعاملات المدروسة، بطريقة نقع البذور بالمعلقات البكتيرية المحضرة لمدة ٣ ساعات، ونقعت بذور الشاهد بالماء المقطر والمعقم، تركت البذور في الظل مدة كافية للتخلص من الرطوبة واللقاح الزائد، قبل الزراعة، وأضيف ١٥ مل من اللقاحات البكتيرية إلى التربة بعد الزراعة (Jarak *et al.*, 2010).

الزراعة وعمليات الخدمة:

تمت الزراعة في مشتل كلية الهندسة الزراعية، بتاريخ ١٨ كانون أول ٢٠٢١ حتى ٥ نيسان ٢٠٢٢، بعد تلقيح البذور وضعت بذرة واحدة في الأصيص، وقدمت للنباتات كافة العمليات الزراعية اللازمة من ري وإزالة الأعشاب.

نقلت الأصص مع نباتات الحمص إلى المخبر عند بلوغ مرحلة الإزهار الأعظمي وتشكل العقد الجذرية الفعالة في تثبيت الآزوت، لأخذ القراءات المطلوبة على النبات وتحليل التربة بعد الزراعة.

المؤشرات المدروسة:

– **ارتفاع النبات وطول الجذر (سم):** تم استخدام مسطرة مدرجة لقياس ارتفاع كل نبات بدءاً من منطقة التاج وحتى قمة الساق الرئيسة في النبات، وتم قياس طول الجذر من منطقة التاج وحتى نهاية الجذر.

– **الوزن الطازج للمجموع الخضري والجذري للنبات (غ/نبات):** تم استخدم ميزان إلكتروني حساس لقياس الوزن الطازج للمجموع الخضري والجذري، بعد قلع النبات الأخضر في أوج الإزهار، فُصل المجموع الخضري

عن الجذر عند منطقة التاج، وغسلت الجذور بالماء لتنظيفها من التربة، ونشفت قبل وزنها بوضعها على ورق نشاف.

– **الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري للنبات (غ/نبات):** الجاف للمجموع الخضري والجذري، بعد أخذ الوزن الطازج للعينات، وضعت في فرن التجفيف على درجة حرارة ٧٠مْ لمدة ٧٢ ساعة حتى ثبات الوزن، باستخدم ميزان إلكتروني حساس.

– **عدد العقد الجذرية (الفعالة/غير الفعالة):** غسلت الجذور جيداً بالماء ونظفت من الأتربة، و تم أخذ عدد العقد الجذريةالموجودة على الجذور، استخدمت مكبرة يدوية للتمييز بين العقد الجذرية (الفعّالة ذات لون وردي، غير الفعالة تكون بلون أبيض أو بني).

– **تحليل التربة قبل الزراعة وبعد قلع المحصول:**

نفذت التحاليل في مخابر كلية الهندسة الزراعية بجامعة تشرين، حيث جففت التربة هوائياً في المختبر، بعد تنقيتها من الشوائب: ونخلت بمناخل قطر (٢ مم)، أخذت عينات من كل مكرر وتم استخدام وزن محدد لإجراء الاختيارات الآتية:بـ:

- قياس درجة الـ pH بطريقة pH–meter، بتحضير بمعلق تربة : ماء(١:٥)،
- تقدير المادة العضوية (Organic Matter: OM) بطريقة الهضم الرطب (Walkley, 1947)
- تقدير الفوسفور المتاح (P) بطريقة أولسن (Olsen and Sommers, 1982)
- تقدير البوتاسيوم المتاح (K) بجهاز اللهب بعد الاستخلاص بخلات الأمونيوم(١N) (Richards, 1954)،
- تقدير الأزوت الكلي في التربة (N) باستخدام جهاز كلداهل بعد الهضم بحمض الكبريت المركز (Bremner and Mulvany, 1982)
- تحديد قوام التربة: تم باجراء التحليل الميكانيكي للتربة بطريقة الهيدروميتر (Day, 1965).

التحليل الإحصائي:

حللت النتائج إحصائياً باستخدام برنامج Genstat–12، واختبار One–way ANOVA (no Bloking)، ومقارنة الفروق بين المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي $LSD_{0.05}$ واختبار دانكان.

٤– النتائج والمناقشة Results and Discussion:

أولاً: تأثير التلقيح البكتيري في بعض معايير نمو نبات الحمص:

متوسط ارتفاع النبات وطول الجذر (سم):

تبيّن من خلال النتائج الموضحة في الجدول (٣) أن جميع المعاملات المدروسة والملقحة بالبكتيريا (بشكل مفرد، ومختلط)، حققت زيادة واضحة في ارتفاع النبات وطول الجذر، وبفروق معنوية بالمقارنة مع الشاهد غير الملقح بالبكتريا، حيث بلغ متوسط ارتفاع النبات(٢٥,٥سم) وطول الجذر(٢١ سم)، وكان أعلى ارتفاع للنبات بين المعاملات المفردة (الملقحة بنوع بكتيري واحد)، لدى المعاملة (Fr) *Frateuria aurantia* حيث وصل ارتفاع النبات إلى (٣٦ سم) بالمقارنة مع المعاملات (Bm) *Bacillus megaterium* و(Azo) *Azotobacter chroococcum* والشاهد غير الملقح بالبكتريا، وبنسبة زيادة (٤١,١٤ %) عن الشاهد، في

حين أعطت المعاملة المفردة (Bm) *Bacillus megaterium* أعلى زيادة في طول الجذر(٣٢,٥) سم، وبنسبة زيادة وصلت(٥٤,٧ %) مقارنة بالشاهد.

جدول (٣). متوسط ارتفاع النبات وطول المجموع الجذري لنباتات الحمص الملقحة بالأنواع البكتيرية المدروسة

المعاملات	ارتفاع النبات (سم)	نسبة الزيادة %	طول الجذر(سم)	نسبة الزيادة %
R	٣٢,٢^{b}	٢٦,٢	٢٧,٦^{b}	٣١,٤
Azo	٣٤,٢^{c}	٣٤,١	٢٦^{b}	٢٣,٨
Fr	٣٦^{d}	٤١,١	٣١,٥^{c}	٥٠
Bm	٣٢,٣^{b}	٢٦,٦	٣٢,٥^{c}	٥٤,٧
M3	٣٨^{e}	٤٩	36.2^{d}	٧٢,٣
M4	٤٤,٦^{f}	٧٤,٩	38.2^{e}	٨١,٩
Control	.٢٥٥^{a}		٢١^{a}	
L.S.D $_{0.05}$	1.751		1.751	

M3= [*Azotobacter chroococcum* (Azo)+ *Bacillus megaterium* (Bm)+ *Frateuria aurantia* (Fr)**]**.

M4= **[***Azotobacter chroococcum* (Azo)+ *Bacillus megaterium* (Bm)+ *Frateuria aurantia* (Fr)+ *Rhizobium leguminosarum* (R)**]**, Control (C).(الأحرف المختلفة= وجود معنوية، الأحرف المتشابهة= عدم وجود معنوية).

أما فيما يخص المعاملات المختلطة، تفوقت المعاملة M4 (تلقيح مختلط رباعي) على المعاملة M3 (تلقيح مختلط ثلاثي)، وبفروق معنوية في ارتفاع النبات وطول الجذر، إذ بلغ متوسط ارتفاع نبات الحمص فيها(٤٤,٦سم)، وبنسبة زيادة (٧٤,٩ %)، وطول الجذر(٣٨,٢ سم)، بنسبة زيادة (٨١,٩ %) بالمقارنة مع الشاهد.

تعزى هذه الزيادة في ارتفاع نباتات الحمص وطول الجذر إلى التأثير الإيجابي للتلقيح بالأنواع البكتيرية المدروسة (PGPR) ولتآزرها مع بعضها، في تحفيز نمو النبات عن طريق إفراز منظمات النمو، وتزويد النبات بالعناصر الغذائية وإذابة بعض العناصر الغذائية في التربة وإتاحتها للنبات (Zehnder *et al*., 2000). وهذا يتوافق مع دراسة على نباتات الحمص، أكدت أن التلقيح المختلط باستخدام ٦ عزلات من بكتريا PGPR، زاد بشكل كبير ومعنوي من نمو النبات، وطول الساق والجذر وإنتاج المادة الجافة للأوراق والجذر، حيث زاد طول المجموع الخضري بنسبة ٩٢%، وطول الجذر بنسبة ٣٥%، مقارنة مع الشاهد غير المعامل (Karnwal and Kumar, 2012).

متوسط الوزن الطازج والجاف للمجموع الخضري لنبات الحمص(غ/نبات):

وجد من خلال النتائج الموضحة في الجدول(٤)، أن التلقيح البكتيري (المفرد أو المختلط) لنباتات الحمص زاد من الوزن الطازج والجاف للمجموع الخضري لدى جميع المعاملات المدروسة، وبفروق معنوية مقارنة بالشاهد غير الملقح بالبكتريا، وكانت أكبر زيادة لدى المعاملة المختلطة(M4) مع تفوقها معنوياً على جميع المعاملات المدروسة، إذ بلغ متوسط الوزن الطازج والجاف للمجموع الخضري (١٩,٦ و ٦,٤ غ/نبات)، وبنسبة زيادة قدرها (٢١٨,٦ و ٢٠٤,٧%) مقارنة مع الشاهد (٦,١٥ و ٢,١ غ/نبات) على التوالي.

جدول (٤). متوسط الوزن الطازج والجاف للمجموع الخضري لنبات الحمص وفق المعاملات المدروسة

المعاملات	متوسط وزن المجموع الخضري (غ/نبات)			
	الوزن الجاف	نسبة الزيادة %	الوزن طازج	نسبة الزيادة %
R	٣,١^{b}	٤٧,٦	٩,٨^{b}	٥٩,٣
Azo	٣,٨^{d}	٨٠,٩	١١,٣^{d}	٨٣,٧
Fr	٥,١^{e}	١٤٢,٨	١٣,٤^{e}	١١٧,٨
Bm	٣,٤^{c}	٦١,٩	١٠,٦^{c}	٧٢,٣

M3	٥,٥^{f}	١٦١,٩	١٦,٢^{f}	١٦٣,٤
M4	٦,٤^{g}	٢٠٤,٧	١٩,٦^{g}	٢١٨,٦
C	٢,١^{a}		٦,١٥^{a}	
L.S.D ٠,٠٥	0.1751		0.1751	

M3= [*Azotobacter chroococcum* (Azo)+ *Bacillus megaterium* (Bm)+ *Frateuria aurantia* (Fr)**]** . **M4= [***Azotobacter chroococcum* (Azo)+ *Bacillus megaterium* (Bm)+ *Frateuria aurantia* (Fr)+ *Rhizobium leguminosarum* (R)**]**, Control (C). (الأحرف المختلفة= وجود معنوية، الأحرف المتشابهة= عدم وجود معنوية)

في حين أن أعلى زيادة في وزن المجموع الخضري الطازج والجاف بين معاملات التلقيح المفرد كانت لدى المعاملة المفردة (Fr) *Frateuria aurantia*، إذ بلغ متوسط الوزن الطازج والجاف (١٣,٤ ، ٥,١ غ/نبات)، وبنسبة زيادة (١١٧,٨ و١٤٢,٨ %)على التوالي، تلتها المعاملة (Azo) *Azotobacter chroococcum* حيث بلغ متوسط المجموع الخضري الطازج والجاف لنبات الحمص(١١,٣ ، ٣,٨ غ/نبات)، وبنسبة زيادة (٨٣,٧ ، ٨٠,٩%)، على التوالي.

ويمكن أن يعزى ذلك إلى زيادة التجمعات الميكروبية في التربة القادرة على إذابة الأحماض العضوية منخفضة الذوبان وإذابة الفوسفور المعدني غير الذواب، وإنتاج بعض الهرمونات مثل الأوكسينات، الجبريليك الأمر الذي يؤدي إلى تحسين ظروف النمو وزيادة في الوزن الطازج والجاف للمجموع الخضري(Zaki *et al.*, 2012 ; Murphy *et al.*, 2003). حيث زاد كل من الوزن الطازج والجاف للنباتات الملقحة بشكل مفرد أو مختلط بعزلات من بكتريا *Azotobacter chroococcum* و *Frateuria aurantia* و *Bacillus megaterium* و*Rhizobium leguminosarum* مع تفوق واضح وبفروق معنوية للمعاملة المختلطة مقارنة مع الشاهد غير الملقح (ابراهيم وآخرون، ٢٠١٨).

متوسط الوزن الطازج والجاف للمجموع الجذري (غ/نبات):

نلاحظ من النتائج الموجودة في الجدول (٥) تفوق جميع المعاملات الملقحة بالبكتريا وبفروق معنوية في الوزن الطازج والجاف للمجموع الجذري على معاملة الشاهد(C)، وتباين تأثير معاملات التلقيح المفرد (R, Azo,Bm, Fr)، في زيادة الوزن الطازج والجاف للمجموع الجذري لنباتات الحمص، وتفوقت المعاملة المفردة (Bm) الملقحة بالبكتيريا(*Bacillus megaterium*)، اذ بلغ الوزن الطازج والجاف للجذر(٦,٦ و ١,٢٢ غ/نبات)، وبنسبة زيادة وصلت إلى (١١٢,٩ و ٩٦,٧ %)مقارنة مع الشاهد (٣,١ و ٠,٦٢ غ/نبات)، على التوالي.

جدول (٥): متوسط الوزن الطازج والجاف للمجموع الجذري لنباتات الحمص وفق المعاملات المدروسة

المعاملات	متوسط وزن المجموع الجذري (غ/نبات)			
	جاف	نسبة الزيادة %	رطب	نسبة الزيادة
R	٠,٩١^{b}	٤٦,٧	٣,٨^{b}	٢٢,٥
Azo	١,١^{c}	٧٧,٤	٥,١^{c}	٦٤,٥
Fr	١,٢١^{c}	٩٥,١	٦,٢^{d}	١٠٠
Bm	١,٢٢^{c}	٩٦,٧	٦,٦^{e}	١١٢,٩
M3	١,٥^{d}	١٤١,٩	٨,٩^{f}	١٨٧
M4	١,٨^{e}	١٩٠,٣	١٠,٢^{g}	٢٢٩
C	٠,٦٢^{a}		٣,١^{c}	
L.S.D	0.1483		٠,١٧٥١	

M3= [*Azotobacter chroococcum* (Azo)+ *Bacillus megaterium* (Bm)+ *Frateuria aurantia* (Fr)**]**. **M4**= **[***Azotobacter chroococcum* (Azo)+ *Bacillus megaterium* (Bm)+ *Frateuria aurantia* (Fr)+ *Rhizobium leguminosarum* (R)**]**, Control (C). (الأحرف المختلفة= وجود معنوية، الأحرف المتشابهة= عدم وجود معنوية)

وكذلك نلاحظ من الجدول (٥) أن المعاملات المختلطة (M3 و M4) تفوقت وبفروق معنوية على كافة المعاملات المفردة والشاهد، وتفوقت المعاملة M4 معنوياً على المعاملة (M3) في متوسط الوزن الطازج والجاف للمجموع الجذري، وصل إلى (١٠,٢ و ١,٨ غ/نبات)، وبنسبة زيادة (٢٢٩ و ١٩٠,٣%)، على التوالي، بالمقارنة مع الشاهد (٣,١ و ٠,٦٢ غ/نبات). وتعزى هذه الزيادة في الوزن الطازج والجاف للمجموع الجذري إلى دور البكتريا في إنتاج حمض الأندول الخلي (Indol Acetic Acid) وحوامل الحديد (Siderophore) (Dastager *et al.*, 2011) وبعض الهرمونات مثل الأوكسينات والجبريلينات والفيتامينات فضلاً عن إذابة الفوسفور المعدني المثبت في التربة (غير الذائب) وتحويله إلى الشكل المتاح وقابل للامتصاص من قبل النبات (Singh, 2013 ; Saharan and Nehra, 2011) الذي يدخل في تطور المجموع الجذري وتفرعاته، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة حجم الجذر ومساحة انتشاره وعدد الشعيرات الجذرية وهذا يزيد من الكتلة الحيوية للجذر(Paul and Sarma, 2006). كما أدى تلقيح نباتات الحمص بـ ٦ عزلات من بكتريا PGPR ، إلى زيادة بشكل كبير من نمو النبات والوزن الجاف للمجموع الجذري، وإنتاج المادة الجافة للأوراق والجذر، حيث زادت المادة الجافة بنسبة ٤٣%، والوزن الجاف للجذر بنسبة ٤٠% مقارنة مع الشاهد غير الملقح (Karnwal and Kumar, 2012).

متوسط عدد العقد الجذرية الفعالة وغير الفعالة:

تبيّن النتائج الموضحة في الجدول (٦) أن جميع المعاملات المدروسة والملقحة بالبكتريا تفوقت معنويا في عدد العقد الجذرية الفعالة مقارنة بالشاهد غير الملقح. نلاحظ عند مقارنة معاملات التلقيح المفرد (R, Azo, Bm, Fr)، تفوق المعاملة (Fr) في متوسط عدد العقد الجذرية الفعالة المتشكلة على النبات، حيث بلغت ٣٢ عقدة جذرية بنسبة زيادة (٥٢,٣ و)، تلتها المعاملة (R) بمتوسط (٣٠) عقدة جذرية فعالة، وبنسبة زيادة بلغت (٤٢,٨%) على التوالي، مقارنة مع الشاهد غير الملقح (٢١)عقدة جذرية فعالة.

جدول (٦): متوسط عدد العقد الجذرية لنباتات الحمص الملقحة بالأنواع البكتيرية المدروسة

المعاملات	متوسط عدد العقد الجذرية		
	الفعالة	نسبة الزيادة %	غير الفعالة
R	30^{b}	٤٢,٨	٠
Azo	29^{b}	٣٨	٠
Fr	32^{c}	٥٢,٣	٠
Bm	29^{b}	٣٨	٠
M3	38^{d}	٨٠,٩	٠
M4	42^{e}	١٠٠	٠
C	21^{a}	-	١١
L.S.D ٠,٠٥	1.751		

M3= [*Azotobacter chroococcum* (**Azo**)+ *Bacillus megaterium* (**Bm**)+ *Frateuria aurantia* (**Fr**)**]**. **M4**= **[***Azotobacter chroococcum* (**Azo**)+ *Bacillus megaterium* (**Bm**)+ *Frateuria aurantia* (**Fr**)+ *Rhizobium leguminosarum* (**R**)**]**, Control (**C**). (الأحرف المختلفة= وجود معنوية، الأحرف المتشابهة= عدم وجود معنوية)

أما فيما يخص تأثير المعاملات المختلطة(M4 و M3) في عدد العقد الجذرية الفعالة المتشكلة على جذور نبات الحمص، فقد تفوقت معنوياً على كافة المعاملات المفردة والشاهد، وكانت المعاملة (M4) هي الأفضل وتفوقت على المعاملة (M3)، إذ بلغ متوسط عدد العقد الجذرية الفعالة (٤٢) ، وبنسبة زيادة وصلت (١٠٠ %)، تلتها المعاملة (M3 بمتوسط (٣٢)عقدة جذرية فعالة، وبنسبة زيادة (٨٠,٩%) قياساً بمعاملة الشاهد غير الملقح. كما لم يلاحظ وجود عقد جذرية غير فعالة عند جميع المعاملات الملقحة بالبكتريا مقارنة مع الشاهد غير الملقح (١١) عقدة غير فعالة.

وتتفق هذه النتائج مع دراسات عديدة بينت بأن التلقيح البكتيري أدى إلى زيادة في إجمالي عدد العقد الجذرية في النبات، ووزن ١٠٠ بذرة وإنتاجية المحصول من الحبوب (٧٠-٧٢%)، ومحتوى حبوب الحمص من البروتين وامتصاص الآزوت وإنتاج ونمو نبات الحمص. كما أن تلقيح البذور قد أدى إلى زيادة محصول الحمص من الحبوب وتحسين النوعية بنسبة ٥٠% (Rudresh *et al*., 2005 ; Sogut, 2006 ; Erman El-Hadi and El-Sheikh, 1999 ; *et al*., 2011 ; Namvar *et al*., 2011)، وفي دراسة لتلقيح نباتات الحمص ببكتريا *Rhizobium leguminosarum* و *Pseudomonas aeruginosa* بشكل مفرد أو مختلط، أدى التلقيح إلى زيادة معنوية في عدد العقد الجذرية على النبات وتحسين امتصاص الحديد من قبل النبات، وكان التلقيح المختلط أكثر فعالية في معايير النمو وعدد العقد الجذرية وإنتاجية الحبوب بالمقارنة مع التلقيح المفرد والشاهد غير الملقح بالبكتيريا (Yadav and Verma, 2014).

ثانياً: تأثير التلقيح البكتيري في بعض خصائص التربة:

تشير النتائج في الجدول (٧) أن المعاملة بالأنواع البكتيرية بشكل مفرد أو مختلط أدت إلى زيادة في بعض خواص التربة لدى المعاملات المدروسة جميعها وبفروق معنوية بالمقارنة مع تربة الشاهد غير الملقح بالبكتريا.

جدول(٧) نتائج التحليل الكيميائي للتربة بعد قلع المحصول

المعاملات	pH	المادة العضوية %	الآزوت الكلي %	الفوسفور المتاح مغ/كغ	البوتاسيوم المتاح مغ/كغ
R	٧,٣	١,٥٩b	٠,١٦٦d	١٣,٣٣b	١٦٨,٢b
Azo	٧,٢١	١,٦٢c	٠,١٧٣e	١٥,١٠c	١٧١,٤bc
Fr	٧,١	١,٧٢d	٠,١٦٢c	١٧,٢١d	١٨٠,٣c
Bm	٧,٢٢	١,٦٠b	٠,١٥٢b	١٩,٠١e	١٧٢,١bc
M3	٧,٠٣	١,٨٨e	٠,١٩١f	٢١,٣٠f	٢٠٠,٣d
M4	٧,٠٠	٢,٠٥f	٠,٢٠٠g	٢٤,٣٥g	٢١٥,٢e
C	٧,٧	١,٣٢a	0.137a	١٢,١٥a	١٤٥,٦a
L.S.D ٠,٠٥		0.01751	0.00175	0.01751	8.64

M3= [*Azotobacter chroococcum* (Azo)+ *Bacillus megaterium* (Bm)+ *Frateuria aurantia* (Fr)**]**. **M4**= **[***Azotobacter chroococcum* (Azo)+ *Bacillus megaterium* (Bm)+ *Frateuria aurantia* (Fr)+ *Rhizobium leguminosarum* (R)**]**, Control (C). (الأحرف المختلفة= وجود معنوية، الأحرف المتشابهة= عدم وجود معنوية)

حيث نلاحظ انخفاض درجة pH التربة لجميع المعاملات الملقحة بالبكتيريا بالمقارنة مع الشاهد، وكان أعلى انخفاض في معاملات التلقيح المفرد عند المعاملة (Fr)، حيث بلغت درجة الـ pH (٧,١) بالمقارنة مع الشاهد (7.7). ويمكن تفسير انخفاض قيمة الـ pH لدى الشاهد عنه قبل الزراعة (٨,١) إلى إضافة المادة العضوية، كما أعطت المعاملة (Fr) أعلى قيمة في نسبة المادة العضوية حيث بلغت (١,٧٢%) بالمقارنة مع

الشاهد (١,٣٢%)، وفي محتوى التربة من البوتاسيوم حيث وصلت (١٨٠,٣ مغ/كغ) بالمقارنة مع الشاهد(١٤٥,٦ مغ/كغ) وقد تعود الزيادة لدور هذه البكتريا في تيسير البوتاسيوم (حماد والشامي، ٢٠١٧)، في حين أعطت المعاملة *Azotobacter chroococcum* أكبر زيادة في محتوى التربة من الآزوت الكلي إذ بلغ (٠,١٧٣ %) بالمقارنة مع الشاهد (٠,١٣٧ %). ويمكن أن تعزى الزيادة لدور هذه البكتريا بتثبيت الآزوت الجوي (Hammad. 2020)، وسجلت المعاملة (Bm) أكبر زيادة في نسبة الفوسفور المتاح بلغت(١٩,٠١ مغ/كغ) بالمقارنة مع الشاهد(١٢,١٥ مغ/كغ) وهنا تعزى الزيادة لكون هذه البكتريا محلة للفوسفور (حماد والشامي، ٢٠١٧) وبالتالي تسمح بزيادة كميته في محلول التربة، وبالتالي زيادة كفاءة امتصاص العناصر من قبل النبات ما انعكس إيجابا على خصائص النمو المدروسة (ارتفاع النبات، الوزن الطازج، والجاف للمجموعيين الخضري والجذري، وعدد العقد الجذرية الفعالة) جدول (٣، ٤، ٥، ٦) حيث زادت القيم وبفروق معنوية مقارنة مع الشاهد غير الملقح بالبكتيريا.

وأعطت المعاملات المختلطة بالأنواع البكتيرية أعلى القيم في جميع المؤشرات المدروسة، وسجلت المعاملة M4 أعلى انخفاض في درجة الـ pH حيث بلغت (٧) بالمقارنة مع الشاهد (٧,٧)، وأكبر زيادة في متوسط محتوى التربة من المادة العضوية وصل إلى (٢,٠٥%) بالمقارنة مع الشاهد (١,٣٢%)، وفي محتوى التربة من الفوسفور والبوتاسيوم المتاحين حيث بلغ (٢٤,٣٥ و٢١٥,٢ مغ/كغ)، بالمقارنة مع الشاهد (١٢,١٥ و١٤٥,٦ مغ/كغ)، على التوالي، حيث ازدادت إتاحة العناصر مع انخفاض الـ pH، ويمكن تفسير إذابة وتمعدن العناصر الغذائية بقدرة البكتيريا PGPR على إنتاج أحماض عضوية ذات وزن الجزيئي منخفض تعمل على خفض ال إذابة وإتاحتها (Sharma *et al.*, 2003).

حيث بينت دراسة Jamal وآخرون (2018) أن التلقيح ببكتريا *Bacillus amyloliquefaciens* أدى الى تحسين خواص التربة، حيث انتجت هذه البكتريا أحماض عضوية منها (السترات واللاكتات والسوكيونات) خفضت من pH التربة وبالتالي زادت نسبة المادة العضوية وحسنت من NPK و Ca وMg في التربة، وفي جانب أخر فإن بكتيريا PGPR تزيد من تحمل النبات للملوحة والجفاف، وتزيد من نسبة العناصر الغذائية المأخوذة من التربة، وبالتالي يقلل من الحاجة للتسميد المعدني، حيث أن الأسمدة الحيوية تلعب دوراً أساسياً في تحويل عنصر الفوسفور والبوتاسيوم الموجود بشكل مثبت في التربة إلى عناصر قابلة للامتصاص وجعلها أكثر امتصاصاً من قبل النبات (Dawa *et al.*, 2012 ; Yang *et al.*, 2009) وبالتالي يحمي من حدوث تراكم للنترات والفوسفات في الترب الزراعية، ويقلل من العبء الاقتصادي على المزارع.

٥- الاستنتاجات والتوصيات Conclusions and Recommendations:

أدى تلقيح نباتات الحمص بالأنواع البكتيرية PGPR بشكل مفرد أو مختلط إلى:

- تحسين خصائص التربة الخصوبية وزيادة محتواها من المادة العضوية العناصر الغذائية
- تحفيز نمو نبات الحمص وتحقيق زيادة معنوية في طول النبات والوزن الطازج والجاف للمجوع الخضري والجذري لدى جميع المعاملات الملقحة بالبكتريا وبفروق معنوية مقارنة بالشاهد غير الملقح .
- حقق التلقيح المختلط بمزيج من الأنواع البكتيرية الأربعة (M4) أفضل النتائج في زيادة محتوى التربة من العناصر الغذائية في تحسين نمو النبات وزيادة ارتفاع النبات وطول الجذر والوزن الطازج والجاف

للمجموع الخضري والجذري وزيادة في عدد العقد الجذرية الفعالة بلغت ١٠٠% مقارنة بالشاهد غير الملقح بالبكتيريا.

كما يمكن أن نقترح:

- استخدام المخصبات الحيوية المختلطة لتلقيح بذور الحمص لتحسين نموها وزيادة انتاجيتها.
- عزل أنواع بكتيرية أخرى من التربة والنباتات، ودراسة تأثيرها في تحسين خصوبة التربة وزيادة إنتاج المحاصيل وتحفيز مقاومتها الاجهادات الاحيائية واللاحيائية.

٦- المراجعReferences:

- المراجع العربية:

١. إبراهيم، محمد سلمان.، حماد، ياسر علي.، و راعي، سليم يونس، ٢٠١٨. تأثير بعض أنواع الرايزوبكتيريا المحفزة لنمو النبات (PGPR) في نمو وانتاج الفليفلة والإصابة بفيروس موزاييك الخيار (CMV). مجلة جامعة البعث. سورية، المجلد (٣٩).

٢. المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، 2020. مديرية الإحصاء والتخطيط، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، الجمهورية العربية السورية.

٣. المغربي، صباح.، حماد، ياسر.، و بشرى. رزق، ، ٢٠١٦. دراسة تأثير بكتيريا *Rhizobium leguminosarum* في نمو الفطر *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici مخبرياً. مجلة وقاية النبات العربية. عدد ٢ .المجلد ٣٤. 141 – 135

٤. حماد، ياسر ورامز الشامي، ٢٠١٧. توصيف بعض أنواع بكتريا الرايزوسفير المحفزة لنمو النبات من بعض الأسمدة الحيوية والتربة. مجلة جامعة البعث. سورية. المجلد ٣٩. ص٢٥.

- المراجع الاجنبية:

1. AGLER, M.T., RUHE, J., KROLL, S., MORHENN, C.M., KIM, S.T., WEIGEL, D., KEMEN, E.M., 2016. *Microbial hub Taxa link host and abiotic factors to plant microbiome variation. PLoS Biol*. 14 (1), 1–31.

2. AKHTAR, N., QURESHI, M.A., IQBAL, A., AHMAD, M.J., KHAN, K.H., 2012. Influence of Azotobacter and IAA on *symbiotic performance of Rhizobium and yield parameters of lentil. J. Agric. Res*. (50), 361–372.

3. BHARDWAJ, D., ANSARI, M.W., SAHOO, R.K., and N. TUTEJA, 2014. *Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. Microbial. Cell Fact*. 13 (66), 1–10.

4. BREMNER. JM AND C.S. MULVANEY, 1982. *Methods of soil analysis part2. Am. Soc. Agron. Madison WI,* USA. 595-624.

5. COMPANT, S., SAIKKONEN, K., MITTER, B., CAMPISANO, A., AND J.M. BLANCO, 2016. *Soil, plants and endophytes. Plant Soil*. (405), 1–11

6. DAMAM, M., KALOORI, K., GADDAM, B., AND R. KAUSAR, 2016. *Plant growth promoting substances (phytohormones) produced by rhizobacterial strains isolated from the rhizosphere of medicinal plants. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 37 (1), 130–136.

7. DASTAGER S., C. DEEPA., AND A. PANDEY, 2011.*Growth enhancement of black pepper (Piper nigrum) by a newly isolated Bacillus tequilensis NII-0943. Section Cellular and Molecular Biology*. India, Vol. 66(5), 801-806.

8. DAWA, K. K., A. ABD EL-NABI AND W. M. E. SWELAM. 2012. *perponse of sweet pepper plants (Vegetative growth and leaf chemical constituents) to organic, Biofertilizers and some foliar application treatments. J. Plant Production, Mansoura Univ*. Egypt, Vol. 3 (9), 2465 – 2478

9. DAY, P.R., 1965: *Methods of soil analysis, part1. Am. Soc. Agron. Madison Wi, QSA*. 545-566.

10. EL-HADI, E.A., AND E.A.E. EL-SHEIKH, 1999. *Effect of Rhizobium inoculation and nitrogen fertilization on yield and protein contents of six chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars in marginal soils under irrigation nutrient cycling in agro ecosystem.* 54(1), 57-63

11. ERMAN, M.; S. DEMIR; E. OCAK.; S. TUFENKCI; F .OGUZ; AND A. KKOPRU, 2011. *Effects of Rhizobium, arbuscular mycorrhiza and whey applications on some properties in chickpea (Cicer arietinum L.) under irrigated and rainfed conditions 1- Yield, yield components, nodulation and AMF colonization. Field Crops Research*. 122(1), 14-24.

12. Glick, B.R., 2012. *Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. Scientifica* 1–15.

13. GONZALEZ, A.J., LARRABURU, E.E., AND B.E. LLORENTE, 2015. *Azospirillum brasilense increased salt tolerance of Jojoba during in vitro rooting. Ind. Crops Products*. 76, 41–48.

14. GOSWAMI, D., THAKKER, J.N., AND P.C. DHANDHUKIA, 2016. *Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review. Cogent Food Agriculture*. 2, 1–19.

15. GRASSO, N., LYNCH, N. L., ARENDT, E. K., AND J. A. O'MAHONY, 2022. *Chickpea protein ingredients: A review of composition, functionality, and applications. Comprehensive reviews in food science and food safety*, 21(1), 435-452.

16. GRAVEL V., ANTOUN H., AND R.J. TWEDDELL, 2007. *Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with Pseudomonas putida or Trichoderma atroviride: Possible role of indole acetic acid (IAA). Soil Biology and Biochemistry*. 39(8), 1968–1977.

17. GUPTA, G., PARIHAR, S.S., AHIRWAR, N.K., SNEHI, S.K., AND V. SINGH, 2015. *Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and future prospects for development of sustainable agriculture. J. Microbiol. Biochem*. 7, 96–102.

18. HAMMAD, Y., 2020. *Isolation and identification of some species of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) from some bio-fertilizers, the arab journal foe arid environment*, Vol. 13(1), 23 – 31.

19. JAMAL, Q.Y.S., LEE, H. D. JEON AND K. Y. KIM, 2018. *Effect of Plant Growth-Promoting Bacteria Bacillus amyloliquefaciens Y1 on Soil Properties, Pepper*

Seedling Growth, Rhizosphere Bacterial Flora and Soil Enzymes. *Plant Protect. Sci*. 54 (3), 129–137.

20. JARAK, M.N., S.S. DURIC and B.D.DORDEVIC, 2010. *Benefits Of inoculation with Azotobacter in the growth production of Tomato and Pepper. Proc. Nat. Sci, Matica Srpska Novi Sad*. Serbia, (119), 71-76.

21. KAMKAR, B., 2016. *Sustainable development principles for agricultural activities. Adv. Plant Agric. Res*. 3 (5), 1–2.

22. KARNWAL, A., AND V. KUMAR, 2012. *Influence of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the growth of chickpea (cicer arietinum l.). Ann. Food Sci and Technol.* 13 (2), 1-6.

23. KHAN, Z, RHO, H., FIRRINCIELI, A., HUNG, H., LUNA, V., MASCIARELLI, O., KIM, S.H., AND S.L., DOTY, 2016. *Growth enhancement and drought tolerance of hybrid poplar upon inoculation with endophyte consortia. Curr. Plant Biol.* (6), 38–47.

24. KOZDROJA, J., TREVORSB J.T., AND J. D VAN ELSASC, 2004. *Influence of introduced potential biocontrol agents on maize seedling growth and bacterial community structure in the rhizosphere. Soil Biology and Biochemistry*, 36(11), 1775–1784.

25. KUNDAN, R., PANT, G., JADO, N., AND P.K., AGRAWAL, 2015. *Plant growth promoting rhizobacteria: mechanism and current prospective. J. Fertilizers Pesticides*. 6(2), 9.

26. Liu, D., Lian, B., AND H. Dong, 2012. *Isolation of Paenibacillus sp. and assessment of its potential for enhancing mineral weathering. J. Geomicrobiol.* 29(5), 413–421.

27. MEI, C. AND B.S. FLINN, 2010. *The use of beneficial microbial endophytes for plant biomass and stress tolerance improvement, Recent Pat. Biotechnol*. (4), pp. 81-95

28. MERGA, B., HAJI, J., AND F. YILDIZ, 2019. *Economic importance of chickpea: Production, value, and world trade. Cogent Food and Agriculture*, 5 (1),

29. MURPHY, J. F., M. S. REDDY, C. M. RYU, J. W. KLOEPPER, AND R. LI, 2003. *Rhizobacteria-Mediated Growth Promotion of Tomato Leads to Protection Against Cucumber mosaic virus. Phytopathology*, 93(10), 1301-1307

30. NAMVAR, A.; R. S. SHARIFI; AND T. KHANDAN, 2011. *Growth analysis and yield of chickpea (Cicerarietinum L.) in relation to organic and in organic nitrogen fertilization.* Ekologija. 57(3):97–108.

31. OLSEN, S.R AND L.E. SOMMERS, 1982: *Methods of soil analysis, part2, Am. Soc. Agron. Madison* WI, USA, pp 403-430.

32. PAREDES, S.H., AND S.L. LEBEIS, 2016. *Giving back to the community: microbial mechanisms of plant–soil interactions. Funct. Ecol*. 30 (7), 1043–1052

33. PAUL, D., AND Y. R. SARMA, 2006. *Plant growth promoting rhizhobacteria (PGPR)-mediated root proliferation in black pepper (Piper nigrum L.) as evidenced through GS Root software. Journal Archives of Phytopathology and Plant Protection*, vol. 39(4), 311-314.

34. RICHARDS, L. A., 1954: *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. USDA Agric Handbook 60*, Washington DC.

35. ROSENBERG, E., AND I. Zilber-ROSENBERG, 2016. *Microbes drive evolution of animals and plants: the Hologenome concept. Microbial. Biol.* 7 (2), 1–8.

36. ROUT, M.E., AND R.M. CALLAWAY, 2012. *Interactions between exotic invasive plants and soil microbes in the rhizosphere suggest that everything is not everywhere.* Ann. Bot. 110, 213–222.

37. RUDRESH, D.L.; M.K. SHIVAPRAKASH AND R.D. PRASAD, 2005. *Effect of combined application of Rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and Trichoderma spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (Cicer aritenium L.). Applied Soil Ecology*. 28: 139-146.

38. SAHARAN, B.S AND V NEHRA, 2011. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review. Life Sciences and Medicine Research*. 21(1), 30..

39. SHARMA, A., JOHRI, B.N., SHARMA, A.K., AND B.R. GLICK, 2003. *Plant growth-promoting bacterium Pseudomonas sp. strain GRP3 influences iron acquisition in mung bean (Vignaradiata L. Wilzeck). Soil Biol. Biochem*. 35(7), 887–894.

40. SINGH, J. S., 2013. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria Potential Microbes for Sustainable Agriculture. Resonance*. 18(3), 275-281.

41. Sogut, T. 2006. *Rhizobium inoculation improves yield and nitrogen accumulation in soybean (Glycine max) cultivars better than fertilizer. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. (34), 115-120.

42. SUHAG, M., 2016. *Potential of biofertilizers to replace chemical fertilizers. Int. Adv. Res. J. Sci. Eng. Technol*. 3 (5), 163–167

43. UBERTINO, S., MUNDLER, P., AND L.D., TAMINI, 2016. *The adoption of sustainable management practices by Mexican coffee producers. Sustain. Agric. Res* 5 (4), 1–12.

44. VEJAN, P., ABDULLAH, R., KHADIRAN, T., ISMAIL, S., AND A.N. BOYCE, 2016. *Role of plant growth promoting Rhizobacteria in agricultural sustainability- a review. Molecules*. 21 (573), 1–17.

45. WALKLEY, A., 1947. *Acritical examination of a rapid method for determining of organic soil constituents. Soil. Sci*. 63, 251-263.

46. WOOD, J.A. AND M.A. GRUSAK, 2007. *Nutritional Value of Chickpea. In Chickpea Breeding and Management, CAB International, Wallingford*. 101-142.

47. YADAV, J. AND J. P.VERMA. 2014. *Effect of seed inoculation with indigenous Rhizobium and plant growth promoting rhizobacteria on nutrients uptake and yields of chickpea (Cicer arietinum L.). European Journal of Soil Biology*, Vol. 63, 70-77.

48. YANG, J., J.W. KLOEPPER AND C.M., Ryu, 2009. *Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. Trends in plant science*, 14(1), 1-4.

49. ZAKI, M.F., Z.F. FAWZY; A.A. AHMED AND A.S. TANTAWY, 2012. *Application of phosphate dissolving bacteria for improving growth and productivity of two sweet pepper (capsicum annuum l.) Cultivars under newly reclaimed soil. Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(3), 826-839.

50. ZEHNDER, GEOFFREY W., CHANGBIN YAO, JOHN F. MURPHY, EDWARD, R. S., AND J. W. KLOPPER, 2000. *Inducttion of Resistance in Tomato Against Cucumber mosaic virus by Plant Growth- Promoting Rhizobacteria. Printed in the Netherlands Biocontrol* 45, 127-137.