استعمال الريزوبكتريا كأسمدة حيوية من أجل زراعة مستدامة

Using Rhizobacteria as Biofertilizers for Sustainable Agriculture

أكرم آدم [1] حامد صافية [1]

Hamid SAFIEH[1] Akram ADAM[1]

aadam@aec.org.sy

(1) قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية، هيئة الطاقة الذرية ، سورية.

(1) Atomic Energy Commission of Syria, Damascus, Syria.

الملخص

استخدمت بعض أنواع الريزوبكتريا المنشطة لنمو النباتات(PGPR) كأسمدة حيوية صديقة للبيئة، بهدف زيادة نمو النباتات وزيادة إنتاجيتها.

أظهرت دراسة سابقة أن السلالة البكتيرية (SCR17) *Bacillus megaterium* المعزولة من جذور القطن لها القدرة على حل الفوسفور الصخري، وتثبيت الآزوت الجوي، وإفراز حمض الإندول الخلي (IAA)، وقد أظهرت النتائج المخبرية التأثير الإيجابي لهذه السلالة في نباتات القطن من خلال زيادة معنوية في مؤشرات النمو (الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري للنبات، وطول النباتات وطول الجذور). أجريت في هذه الدراسة تجارب حقلية لتقييم قدرة هذه السلالة البكتيرية على تحفيز نمو نباتات القطن وتقييم الإنتاجية، وأظهرت النتائج قدرة هذه السلالة البكتيرية على تحفيز نمو نباتات القطن وزيادة إنتاجيتها تحت الظروف الحقلية عند استخدام نصف المعدلات السمادية (الآزوت والفوسفور)، وبنسبة وصلت إلى 59 % في متوسط وزن التيلة/النبات مقارنة بمثيلاتها من النباتات الشاهد.

تسلط هذه الدراسة الضوء على إمكانية استخدام الريزوبكتريا كأسمدة حيوية، وتوطين هذه التقانة في سورية، بما يسهم في تخفيض كميات الأسمدة الكيميائية المستخدمة من أجل نظام زراعة مستدامة.

الكلمات المفتاحية: القطن، أسمدة حيوية، حل الفوسفور، تثبيت الآزوت الجوي، ريزوبكتيريا، PGPR، *Bacillus megaterium*.

Abstract

Some of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) strains have been used as eco-friendly biofertilizers to increase plant growth and the productivity. A previous study showed that *Bacillus megagaterium* (SCR17) isolated from cotton roots had the ability to dissolve the rock phosphorous, nitrogen fixation (N_2) and secrete indole acetic acid (IAA). Laboratory results showed that SCR17 strain led to a significant increase in the values of growth indicators (wet and dry weight of plant shoot, plant height and root length) in cotton plants. In this study, field experiments (using half-chemical fertilizer rates N_2 and P) were conducted to evaluate the ability of this bacterial strain SCR17 to stimulate the growth of cotton plants and their productivity. The results showed

©2021 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved.

ISSN:2305 - 5243 ; AIF-181 (p:73 - 77)

there was a significant increase in growth of cotton plants and the average weight of the staple / plant by more than 59% in SCR17-treated plants compared to control plants under field conditions. This study highlights the possibility of using rhizobacteria as bio-fertilizers and the localization of this new bio-technology in Syria, which will contribute to reducing the huge quantities of chemical fertilizers used in order to develop a sustainable agriculture system.
Keywords: Cotton, Bio-fertilizers, Phosphorous solubilization, Nitrogen fixation, Rhizobacteria, PGPR, *Bacillus megaterium*.

المقدمة

نظراً للمشاكل البيئة والصحية والتكاليف العالية لاستخدام الأسمدة الكيميائية في الزراعة، فإن استخدام الأسمدة الحيوية يعد بديلاً مرغوبًا فيه، لأن استخدامها يجعل الزراعة أكثر استدامةً وأكثر أماناً على صحة الإنسان. تتكون الأسمدة الحيوية من بقايا النباتات والمواد العضوية والكائنات الحية الدقيقة الآمنة والمفيدة، وهي طبيعية وعضوية وقابلة للتحلل البيولوجي وصديقة للبيئة وفعالة من حيث التكلفة، وبالتالي تؤدي إلى زيادة الإنتاجية مع المحافظة على خصوبة التربة.

تعد الريزوبكتريا المنشطة لنمو النبات (PGPR) Plant growth Promoting Rhizobacteria (Kumar وزملاؤه، 2015) من أهم عوامل الأسمدة الحيوية، فهي تستوطن منطقة الريزوسفير وجذور النبات، وتضم أعداداً كبيرة من البكتريا الحرة التي تتعايش مع جذور النبات، وتحسن من نموه وإنتاجيته، وهي تحفز نمو النباتات من خلال إنتاج هرمونات نباتية، مثل حمض الإندول الخلي IAA، وتزيد تثبيت الآزوت الجوي (Hanif وزملاؤه، 2010)، ومكافحة الأمراض، وتحفيز المقاومة الجهازية (Lugtenberg وKamilova، 2009؛ Pérez- Montaño وزملاؤه، 2013) وغيرها.

تعد البكتريا المذيبة للفوسفات من الأنواع المهمة جداً لأنها تحسن من إنحلالية فوسفور التربة المعقد، وتزود النباتات بالفوسفور المتاح، مما يؤدي لزيادة إنتاجية المحاصيل (Yadav وDadarwal، 1997). ويتم هذا التحول من خلال تفاعلات كيميائية وخفض حموضة التربة (Maliha وزملاؤه، 2004)، إذ تقوم أحياء دقيقة محلة للفوسفات (PSM) بإنتاج حموض عضوية؛ مثل: Oxalic acid، Tartaric acid، Citric acid ، مما يخفض درجة pH والارتباط مع كاتيونات الكالسيوم والحديد والألمنيوم (Halder وزملاؤه، 1991؛ Souchie وزملاؤه، 2006).

تؤدي هذه الأحياء الدقيقة المحلة للفوسفات (PSM) دورا مهماً في تزويد الفوسفور للنبات، والسماح باستخدام مستدام للأسمدة الفوسفاتية. إن تطبيق هذه اللقاحات البكتيرية يعزز من تعداد الأحياء الدقيقة النشطة والفعالة حول منطقة نشاط الجذور، وبالتالي يزيد من قدرة النبات على امتصاص العناصر الغذائية (Mehrvarz و Chaichi، 2008).

هدف البحث:

تعد الأسمدة الحيوية من أكثر العناصر الطبيعية مواءمة لتعزيز نشاط الكائنات الحية الدقيقة في التربة، وبالتالي دعم التنمية الزراعية المستدامة، وفي هذا الإطار قمنا في دراسة سابقة بعزل وتوصيف لبعض السلالات الريزوبكتيرية من تربة وجذور نباتات القطن من البيئة المحلية، ودراسة قدرتها على حل الفوسفور، وتثبيت الآزوت الجوي، وإنتاج الهرمونات النباتية. وقد أظهرت السلالة SCR17 نتائج جيدة في تحفيز نمو نباتات القطن المزروعة ضمن أصص مخبرياً. لذلك يهدف هذا البحث إلى دراسة استجابة نباتات القطن المعاملة بالسلالة البكتيرية SCR17 تحت الظروف الحقلية، من خلال دراسة بعض مؤشرات النمو والإنتاجية لتقييم قدرتها كسماد حيوي من أجل زراعة مستدامة.

مواد البحث و طرائقه

تجارب استجابة نباتات القطن للسلالة البكتيرية *Bacillus megaterium* SCR17

لتقييم قدرة السلالة البكتيرية على تحفيز نمو نباتات القطن، استخدمت في هذه الدراسة السلالة البكتيرية *Bacillus megaterium* (SCR17) المعزولة من البيئة المحلية من ريزوسفير نباتات القطن. تم إكثار هذه البكتريا على أطباق بيتري تحوي بيئة LB صلبة على درجة حرارة 28+2 °م. زرعت البكتريا في وسط LB سائل لمدة يومين على حرارة 28±2°م من أجل تحضير المعلق البكتيري بتركيز نهائي 10^{-8} خلية بكتيرية/مل. غمست بذور القطن بالمعلق البكتيري (أو بالماء المقطر والمعقم للبذور الشاهد السلبي والإيجابي) لمدة 2-3 ساعات قبل الزراعة. زرعت البذور ضمن جور (بذرتان في كل جورة)، على خطوط (كل خط يشكل معاملة)، متباعدة عن بعضها مسافة قدرها 70 سم، والمسافة بين البذور 25 سم ضمن الخط الواحد. تم استخدام 25 نباتاً لكل معاملة وبثلاثة مكررات. تم الري بوساطة شبكة ري بمعدل ريتين أسبوعياً. تم تسميد نباتات الشاهد الإيجابي (سماد كيميائي آزوتي وفوسفوري كامل، دون بكتريا) بالسماد الفوسفوري دفعةً واحدةً قبل الزراعة وبالسماد الآزوتي على 3 دفعات حسب الكمية الموصى بها من قبل وزارة الزراعة السورية (100 كغ سوبرفوسفات /هكتار و300 كغ يوريا /هكتار). تم

تسميد نباتات الشاهد السلبي (نصف سماد كيميائي، ودون بكتريا)، وكذلك نباتات المعاملة البكتيرية بنصف كمية السماد الموصى بها، أما نباتات الشاهد صفر فلم تعط أية جرعة سمادية.

أخذت 5 نباتات عشوائياً عند اكتمال النمو وقبل تفتح الجوزات من كل معاملة لتسجيل مؤشرات النمو والإنتاجية (متوسط الوزن الرطب والوزن الجاف للنبات، عدد الجوزات في النبات، متوسط الوزن الثمري/النبات، متوسط وزن التيلة/النبات، ومتوسط المساحة الورقة). عند اكتمال تفتح الجوزات، سجل متوسط وزن التيلة لـ 10 جوزات، وكذلك متوسط وزن التيلة/ النبات.

التحليل الاحصائي:

حللت النتائج إحصائيا باستخدام برنامج STATITCF (Anonymous، 1988)، واختبار تحليل التباين (Newman-Keuls Test) لحساب التباين، وتحديد الفروق المعنوية.

النتائج والمناقشة

مؤشرات النمو:

أظهرت النتائج زيادةً معنويةُ واضحةُ في مؤشرات النمو (الوزن الرطب والوزن الجاف للنبات، والمساحة الورقية، وعدد الجوزات، وكذلك الوزن الرطب والوزن الجاف للجوزات) عند النباتات المعاملة بالسلالة البكتيرية بنسبة بلغت 51، 51، 7.5، 25، 92 و95 % على التوالي، مقارنة بمثيلاتها عند نباتات الشاهد السلبي (الجدول 1).

الجدول 1. مؤشرات النمو تحت الظروف الحقلية عند نباتات القطن المعاملة بالسلالة البكتيرية SCR17، والشاهد الإيجابي (تسميد كامل +C)، والشاهد السلبي (تسميد نصفي -C).

المعاملة	وزن رطب (غ/نبات)	وزن جاف (غ/النبات)	المساحة الورقية (سم2)	عدد الجوزات /النبات	وزن الجوزات (غ/النبات)	وزن جوزات جاف (غ/النبات)
C+	216 b	108 b	5330.2 ab	7.8 ab	151.4 a	75.7 a
C-	169 c	84.5 c	4810.5 ab	5.8 c	109.3 c	54. 9 c
SCR17	256.4 a	128.2 a	5172.4 ab	7.4 ab	210.3 a	107.4 a

مؤشرات الإنتاجية:

أظهرت النتائج زيادةً معنويةً واضحةً في مؤشرات الإنتاجية (متوسط وزن التيلة/الجوزة، ومتوسط وزن التيلة/النبات) عند النباتات المعاملة بالسلالة البكتيرية بنسبة بلغت 25، و59.5 % على التوالي، مقارنة بمثيلاتها عند نباتات الشاهد السلبي (الجدول 2).

الجدول 2. مؤشرات الإنتاجية تحت الظروف الحقلية عند نباتات القطن المعاملة بالسلالة البكتيرية SCR17، والشاهد الإيجابي (تسميد كامل +C)، والشاهد السلبي (تسميد نصفي -C).

المعاملة	عدد الجوزات/ نبات	متوسط وزن التيلة (غ/الجوزة)	وزن التيلة (غ/نبات)
C+	7.8 ab	3.6 ab	28.08 ab
C-	5.8 c	3.2 c	18.56 c
SCR17	7.4 ab	4 ab	29.6 ab

أظهرت دراسة سابقة قدرة السلالة البكتيرية SCR17 على حل الفوسفور الصخري، وتثبيت الآزوت الجوي، وإنتاج حمض الإندول الخلي IAA، والتي تعد من أهم الخصائص المهمة لتصنيف البكتريا ضمن مجموعة البكتريا المنشطة لنمو النبات PGPR (Shaikh وزملاؤه، 2016؛ Mushtaq وزملاؤه، 2021؛ Riaz وزملاؤه، 2021)

استخدمت بعض أنواع البكتريا التي تنتمي لجنسي *Bacillus* و*Pseudomonas* كبكتريا محلة للفوسفات وكان لها أثر إيجابي واضح في تحفيز نمو النباتات تحت ظروف نقص الأسمدة الفوسفورية الكيميائية، وقد عدت هذه البكتريا كأسمدة حيوية، وبديلاً مناسباً للأسمدة الكيميائية في أنظمة الزراعة العضوية والمستدامة (Kadiri وزملاؤه، 2013؛ Tiwari وزملاؤه، 2019).

في هذه الدراسة، أظهرت تجارب تحفيز نمو نباتات القطن باستخدام السلالة البكتيرية *Bacillus megaterium* (SCR17) تحت الظروف الحقلية، وباستخدام نصف المعدلات السمادية الموصى بها من قبل وزارة الزراعة قدرةً عاليةً على تحفيز نمو نباتات القطن وزيادة إنتاجيتها بنسبة تجاوزت 59 %، مقارنة بمثيلاتها من الشاهد السلبي. وأكدت هذه النتائج التجارب المخبرية التي أظهرت قدرة هذه السلالة البكتيرية على تحفيز نمو نباتات القطن (طول النبات، وطول الجذر، والوزن الرطب والجاف) إلى أكثر من 50 % عند النباتات المعاملة بالبكتريا مقارنة بنباتات الشاهد.

وتتوافق هذه النتائج مع دراسات عديدة أجريت على المحاصيل؛ مثل: القمح، والرز، والقطن، والذرة ، ودوار الشمس والبطاطا وغيرها، وقد أظهرت جميعها كفاءة استخدام الريزوبكتريا PGPR كأسمدة حيوية من أجل تحفيز نمو النباتات وزيادة إنتاجيتها (Ahemad وKibret، 2014؛ Hanif وزملاؤه، 2015؛ Majeed وزملاؤه، 2015؛ Majeed وزملاؤه، 2018a؛ Tiwari وزملاؤه، 2019)

وأخيراً، يعد استخدام الأسمدة الحيوية ذو أهمية كبيرة وواعدة في الزراعة المستدامة، لأن الريزوبكتريا المستخدمة تمتلك إمكانيات كبيرة في زيادة نمو النبات، ودعم تغذيته، وتحسين خصوبة التربة، بالإضافة إلى كونها صديقة للبيئة، وتسهم في خفض كميات الأسمدة الكيميائية بشكل كبير (Kumar وزملاؤه، 2015؛ Mushtaq وزملاؤه، 2021)، ولكن عامل الأمان الحيوي، وإجراءات الحجر الزراعي بشأن استخدام كائنات حية دقيقة مدخلة كان يحد كثيراً من استخدام مثل هذه الكائنات الحية في الكثير من البلدان، لذلك يعد هذا البحث من الأبحاث المهمة جداً، لأنه يسلط الضوء على أهمية استعمال السلالات البكتيرية المعزولة محلياً بشكل آمن وفعال لتحفيز نمو النباتات وزيادة إنتاجيتها. وقد أشارت كثير من الدراسات إلى إمكانية استبدال الأسمدة الكيميائية ،أو جزء منها بالأسمدة الحيوية الآمنة ورخيصة الثمن والصديقة للبيئة، وبما يخدم الزراعة المستدامة، لكن لايزال من الضروري إجراء المزيد من التجارب والبحوث من أجل أمثلة هذه السلالات تحت الظروف الحقلية، من أجل تقييم فعاليتها على أصناف نباتية مختلفة، ودراسة الجدوى الاقتصادية منها.

المراجع

- Ahemad, M. and M. Kibret, M. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. Journal of King Saud University –Science, 26: 1-20.
- Anonymous .1988. STAT-ITCF, Programme, MICROSTA, realized by ECOSOFT 2nd Ver. Institut Technique des Cereals et des Fourrages Paris, France:.
- Halder, A.k., A.K. Mishra and P.K. Chakarbarthy. 1991. Solubilization of inorganic phosphate by Bradyrhizobium. Indian Journal of Experimental Biology, 29: 28-31.
- Hanif, K., S. Hameed, A. Imran, T. Naqqash, M. Shahid and J.D.Van Elsas. 2015. Isolation and characterization of a β-propeller gene containing phosphobacterium *Bacillus subtilis* strain KPS-11 for growth promotion of potato (*Solanum tuberosum* L.). Frontiers in Microbiology, 6: 583.
- Kadiri, D.D., N. Gorle, K.V.R. Peetala and S. Peela. 2013. Isolation, screening and identification of phosphate Solubilizing bacteria from different regions of Visakhapatnam and Araku Valley. International Journal of Advanced Biotechnology and Research, 4(3): 518-526.
- Kumar, A.,S. Guleria, P. Mehta, A. Walia, A. Chauhan and C.K. Shirkot. 2015. Plant growth-promoting traits of phosphate solubilizing bacteria isolated from *Hippophae rhamnoides* L. (Sea-buckthorn) growing in cold desert Trans-Himalayan Lahul and Spiti regions of India. Acta Physiologiae Plantarum, 37(3): 47-59.
- Lugtenberg, B. and F. Kamilova. 2009. Plant-growth-promoting rhizobacteria. Annual Review of Microbiology, 63: 541-556.
- Majeed1, A., M.K. Abbasi1, S. Hameed, A. Imran, T. Naqqash, and M.K. Hanif. 2018$_a$. Isolation and characterization of sunflower associated bacterial strain with broad spectrum plant growth promoting traits. International Journal of Biosciences, 13(2): 110-123.
- Majeed, A., M. Abbasi, S. Hameed, A. Imran and N. Rahim. 2015. Isolation and characterization of plant growth-promoting rhizobacteria from wheat rhizosphere and their effect on plant growth promotion. Frontiers in Microbiology, 6: 198.

- Maliha, R., K. Sarmina, A. Najma, and A. Sadia. 2004 .Organic acid production and phosphate solubilization by phosphate solubilizing microorganisms under *in vitro* conditions. Pakistan journal of biological sciences, 7: 187 - 196.
- Mehrvarz, S. and M.R. Chaichi. 2008. Effect of Phosphate Solubilizing Microorganisms and Phosphorus Chemical Fertilizer on Forage and Grain Quality of Barely (*Hordeum vulgare* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 3(6): 855-860.
- Mushtaq, Z., S. Faizan and A. Hussain. 2021. Role of Microorganisms as Biofertilizers. In. Hakeem, K.R. (eds), Microbiota and Biofertilizers.
- Pérez-Montaño, F., C. Alías-Villegas, R.A. Bellogín, P.D. Cerro, M.R. Espuny and I. Jiménez-Guerrero. 2013. Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: from microorganism capacities to crop production. Microbiological Research, 169: 325–336.
- Riaz, U., G. Murtaza, W.Anum, T. Samreen and M. Sarfraz. 2021. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) as Biofertilizers and Biopesticides .In. Hakeem K.R., *et al.* (eds), Microbiota and Biofertilizers. Springer, Cham; pp.181-196.
- Shaikh , S.S., R.Z. Sayyed, and M.S. Reddy. 2016. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Sustainable Approach to Agroecosytstem. In. Hakeem K.R., *et al.* (eds), Plant, Soil and Microbes. Springer International Publishing Switzerland:181-201.
- Souchie, E.L., R. Azcon, J.M. Barea, O.J. Saggin-Junior, and E.M.R. Silva. 2006. Phosphate solubilization and synergism between P–solubilizing and arbuscular mycorrhizal fungi. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Barasilia, 41(9): 1405 – 1411.
- Tiwari, S., V. Prasad and C. Lata. 2019. *Bacillus*: Plant Growth Promoting Bacteria for Sustainable Agriculture and Environment. In. (eds), New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering. Elsevier B.V.; pp.43-55. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64191-5.00003-1.
- Yadav, K.S. and K.R. Dadarwal. 1997. Phosphate solubilization and mobilization through soil microorganisms. In. Dadarwal, K.R. (eds), Biotechnological Approaches in Soil Microorganisms for Sustainable Crop Production. Scientific Publishers, Jodhpur; :293-308.

N°. Sp Ref: 0007