

تأثير التلقيح الحيوي ببكتيريا *Azospirillum brasilense* التسميد النيتروجيني المتفاوت في امتصاص العناصر الغذائية ومحتوى البروتين والألياف في نبات الكرنب (*Brassica oleracea var capitata* L)

باسم خليفة قفة^{1*}، أبو بكر حركات بريك²، عبدالله عبدالسلام أبوجناح³،

أمير عمر المغربي⁴، صبرية محمد مولود⁵

^{3,1} كلية هندسة الموارد الطبيعية بئر الغنم، جامعة الزاوية، الزاوية، ليبيا

^{4,2} كلية الطب البيطري و الزراعة، جامعة الزاوية، الزاوية، ليبيا

⁵ كلية العلوم، جامعة الزاوية، الزاوية، ليبيا

*B.guffa@zu.edu.ly

المستخلص

نُفذت تجربة حقلية خلال الموسم الزراعي 2025 – 2026، بهدف تقييم تأثير التلقيح الحيوي ببكتيريا "*Azospirillum brasilense*" بالتزامن مع مستويات متفاوتة من السماد النيتروجيني (20-20-20) NPK في امتصاص العناصر المعدنية (الحديد، الماغنيسيوم، البوتاسيوم، الكالسيوم، الصوديوم) ومحتوى البروتين والألياف في نبات الكرنب. استُخدم تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) بخمس معاملات وستة مكررات لكل معاملة، وهي (T1 = بكتيريا فقط)، (T2 = 50% سماد NPK مع بكتيريا)، (T3 = 75% NPK مع بكتيريا)، (T4 = 100% NPK مع بكتيريا)، (T5 = بدون سماد وبدون بكتيريا). أظهرت النتائج تفوقاً معنوياً واضحاً للمعاملات المدعمة بالبكتيريا والسماد معاً، حيث سجلت المعاملة T4 أعلى القيم في جميع المؤشرات المدروسة (الحديد 1.115 ملغ، الماغنيسيوم 10.750 ملغ، البوتاسيوم 120.8 ملغ، الكالسيوم 37.44 ملغ، الصوديوم 19.213 ملغ، البروتين 1.26%، الألياف 11.50%)، بينما سجلت معاملة الشاهد أدنى القيم. كما أظهرت المعاملة T3 قيمةً مقارنة مع المعاملة الكاملة، خاصة في محتوى الألياف (10.50%)، مما يشير إلى إمكانية خفض التسميد النيتروجيني بنسبة 25% عند دمج التلقيح الحيوي دون خسارة معنوية في جودة المحصول. وتؤكد النتائج أن التلقيح الحيوي ببكتيريا "*A. brasilense*" يعمل كمعزز لكفاءة امتصاص العناصر الغذائية، ويوصى باستخدام معاملة T3 مع البكتيريا كخيار متوازن اقتصادياً وبيئياً.

الكلمات المفتاحية: *Azospirillum brasilense*، التلقيح الحيوي، NPK، الكرنب.

Submitted: 20/09/2026

Accepted: 22/10/2026

Abstract

A field experiment was conducted during the 2025–2026 growing season to evaluate the effect of bio-inoculation with "*Azospirillum brasilense*" combined with varying levels of NPK nitrogen fertilizer (20-20-20) on the uptake of mineral elements (iron, magnesium, potassium, calcium, sodium) and the protein and fiber content of cabbage. A completely randomized design (RCBD) was used with five treatments and six replicates per treatment, namely: (T1 = bacteria only), (T2 = 50% NPK + bacteria), (T3 = 75% NPK + bacteria), (T4 = 100% NPK + bacteria), and (T5 = no fertilizer and no bacteria). The results showed a clear significant superiority for the treatments supplemented with both bacteria and fertilizer, where the T4 treatment recorded the highest values for all studied parameters (iron 1.115 mg, magnesium 10.750 mg, potassium 120.8 mg, calcium 37.44 mg, sodium 19.213 mg, protein 1.26%, fiber 11.50%), while the control treatment recorded the lowest values. The T3 treatment (75% NPK + bacteria) also

showed values close to those of the full treatment, especially in fiber content (10.50%), indicating the possibility of reducing nitrogen fertilization by 25% when combined with bio-inoculation without a significant loss in crop quality. The results confirm that bio-inoculation with “*A. brasilense*” acts as an enhancer of nutrient uptake efficiency, and the T3 treatment is recommended as an economically and environmentally balanced option.

Keywords: *Azospirillumbrasilense*, bio-inoculation, NPK, cabbage.

المقدمة

الأسمدة الحيوية هي من أفضل لتقنيات الحيوية المستخدمة في الزراعة، وهي عبارة عن كائنات حية دقيقة تحسن من نمو العائل ودورها مهم في الحفاظ على خصوبة التربة، وتستعمل مع الأسمدة العضوية والمعدنية جنباً إلى جنب، وتقلل من استخدام الأسمدة الكيميائية، وهي أقل تكلفة اقتصادية وصديقة للبيئة، بل وهي وسيلة من وسائل الحفاظ على البيئة، لذلك تم التوجه إلى استعمالها (Rajput, 2022). أن مشكلة بقايا الأسمدة في المنتجات الزراعية ومنها النترات ذات أهمية قصوى لارتباطها بالصحة العامة للإنسان والحيوان وما تتركه من آثار سلبية على البيئة، إن التوجه العالمي نحو التقنيات الزراعية النظيفة مع التقليل قدر الإمكان من التلوث بالإمكان تحقيقه باستعمال مواد طبيعية مثل الأسمدة العضوية والحيوية كبديل مناسب عن الأسمدة الكيميائية (Kumaret al., 2014).

بكتيريا (*Azospirillum*) هو جنس مدروس جيداً من البكتيريا الجذرية المحفزة لنمو النبات وهو أكثر الاجناس التي تم البحث فيها بشكل موسع من بين الأنواع المثبتة للنيتروجين، يمكن لهذا الجنس استعمار تربة منطقة الجذور وتعزيز نمو النبات وإنتاجيته من خلال توفير العناصر الغذائية الأساسية للمضيف، تتضمن تفاعلات بكتيريا (*Azospirillum*) مع نباتات متعددة بما في ذلك تثبيت النيتروجين وإنتاج الهرمونات النباتية (الأوكسينات، السيتوكاينينات، وحمض الإندول، والجبريلينات، ومنظمات نمو النباتات، وإنتاج السايدوافو، وتحلل الفوسفات وتخليق جزيئات حيوية نشطة متنوعة مثل والفلافونويدات، والكتاليز) (Murumkaret al., 2013).

تعتبر بكتيريا (*Azospirillum*) من المحفزات النمو لنبات الكرنب (Cabbage) هو العضو الأكثر أهمية في جنس (*Brassica*) من عائلة (*Brassicaceae*)، ويعتبر محصول ينمو في المناطق المعتدلة ولكنه يزرع على نطاق واسع في كل من المناطق الشبه الاستوائية (kaliaandSingh 2020). وتهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير كفاءة التلقيح الحيوي في امتصاص نبات الكرنب للعناصر الغذائية من التربة في منطقة صبراتة بليبيا.

المواد وطرق البحث

تصميم التجربة:

تم تصميم التجربة حقلياً باستخدام تصميم عشوائي كامل (RCBD)، حيث اشتملت الدراسة على خمس معاملات وكل معاملة تحتوي على ستة مكررات (شتلات) وأجريت التجربة تحت ظروف متجانسة من حيث التربة ونظام الري في حقل مكشوف يقع في مدينة صبراتة الواقعة غرب مدينة طرابلس للموسم النمو 2026، وكانت المعاملات كالآتي:

- T1 = بكتيريا (*A. brasilense*) فقط
- T2 = 50% سماد NPK مع بكتيريا (*A. brasilense*)
- T3 = 75% NPK مع بكتيريا (*A. brasilense*)
- T4 = 100% NPK مع بكتيريا (*A. brasilense*)
- T5 = بدون سماد وبدون بكتيريا (معاملة الشاهد)

عزل البكتيريا:

تم أخذ عينة تربة من منطقة صبراتة غرب طرابلس بعمق 15 سم بجوار جذور نبات الفول، وتم نقلها في أكياس معقمة إلى مختبر الأحياء الدقيقة / المختبر المركزي بمدينة الزاوية. بعد تعقيم الأدوات، أخذ وزن 1 غرام من التربة وأضيف إلى 10 مل محلول ملحي، ثم رُجّت لمدة ساعة، وأُجري تخفيف تسلسلي (10^{-1} إلى 10^{-3}). زُرعت 0.1 مل من التخفيف المناسب على أطباق بتري بوسط خالٍ من النيتروجين، وحُضنت عند $28-30^{\circ}\text{C}$ لمدة 3-7 أيام. لوحظ نمو بكتيري بمستعمرات دائرية لزجة مخاطية، بيضاء تميل إلى الأبيض المصفر، متوسطة النمو، برائحة رطوبة، وذات أشكال عصوية منحنية تحت المجهر. أظهرت الاختبارات نتائج موجبة للأوكسيداز والكاتاليز، وسالبة لصبغة جرام، مما أكد وجود بكتيريا *A. Brasilense*. بعد ذلك جُمعت الكتلة البكتيرية من الأطباق وحُضرت معلق بكتيري بحجم 500 مل (El Sayed & Althubiana (2015).

زراعة الشتلات

في منتصف ديسمبر تم تجهيز الحقل حيث قسم إلى خمسة قطع بمساحة (1م^2)، وبواقع 6 شتلات لكل قطعة، كما تم تجهيز طريقة الري المناسبة، التي كانت بالتنقيط، وفي نهاية شهر ديسمبر 2025 تمت الزراعة شتلات الكرنب بحجم لا يتجاوز 10 سم وقبل عملية الزراعة وغرس الشتلات، وتم غسل جذور الشتلات بالماء المقطر، ومن ثم نقعها لمدة 15 دقيقة في المعلق البكتيري الذي تم تحضيره في نفس اليوم حيث تم غمس جميع المعاملات ما عدا معاملة الشاهد، وبعد انتهاء وقت الغمس تم غرس الشتلات في الحقل الذي تم تجهيزه لهذا الغرض. تم بدء عملية السقي لمدة قصيرة وحتى لا يتم غسيل التربة، وتم الاستمرار في عملية الري يوميا في الأسبوع الأول للمحافظة على الرطوبة، ومن بعد ذلك كان الري حسب رطوبة التربة.

عملية التسميد:

بعد مرور 12 يوم من زراعة شتلات الكرنب تم البدء في عملية التسميد بسماط NPK المتوازن (20-20-20) وبما أن الجرعة الموصى بها على النشرة الخاصة بالمنتج هي 250 كجم/هكتار، إذاً نحتاج للمتر المربع الواحد 25 جم خلال التسميد الأول (أي بعد زيادة نمو الشتلات)، قمنا بإضافة سماء NPK على النحو الآتي:

- 1- إضافة 2 جم لكل شتلة من سماء NPK لمعاملة 50% NPK مع بكتيريا بإجمالي 12 جم للمعاملة.
 - 2- إضافة 3 جم لكل شتلة من سماء NPK لمعاملة 75% NPK مع بكتيريا بإجمالي 18 جم للمعاملة.
 - 3- إضافة 4 جم لكل شتلة من سماء NPK لمعاملة 100% NPK مع بكتيريا بإجمالي 25 جم للمعاملة.
- وبعد الانتهاء من عملية التسميد تم القيام بعملية الري للمساعدة على امتصاص السماء.

النتائج والمناقشة:

تم حساب المتوسط الحسابي (Mean) والانحراف المعياري (Standard Deviation) لكل معاملة ولكل متغير، وذلك لوصف البيانات إحصائياً وتم استخدام تحليل التباين الأحادي (One-way ANOVA) لدراسة تأثير المعاملات المختلفة على المتغيرات التابعة، وتحديد ما إذا كانت الفروق بين المتوسطات ذات دلالة إحصائية. عند ثبوت وجود فروق معنوية، تم تطبيق اختبار Tukey للمقارنات المتعددة (Tukey's HSD Test) للمقارنة بين متوسطات المعاملات وتحديد اتجاه الفروق بينها.

الجدول (1): تأثير المعاملات المختلفة على تركيز العناصر المعدنية (الحديد، الماغنيسيوم، البوتاسيوم، الكالسيوم، الصوديوم) والمكونات الغذائية (البروتين والألياف) في النبات

المعاملة	حديد	ماغنيسيوم	بوتاسيوم	كالسيوم	بروتين	ألياف	صوديوم
(ملغ)	(%)	(%)	(ملغ)	(ملغ)	(%)	(%)	(ملغ)
بكتيريا فقط	0.303 ^d	7.115 ^d	99.15 ^c	30.115 ^d	0.80 ^c	8.025 ^c	15.205 ^c
NPK 50% مع بكتيريا	0.343 ^c	8.100 ^c	100.1 ^c	33.20 ^c	1.005 ^b	9.500 ^b	16.115 ^b
NPK 75% مع بكتيريا	0.950 ^b	9.200 ^b	110.1 ^b	35.30 ^b	1.083 ^b	10.50 ^a	17.113 ^b
NPK 100% مع بكتيريا	1.115 ^a	10.750 ^a	120.8 ^a	37.44 ^a	1.26 ^a	11.50 ^a	19.213 ^a
الشاهد	0.210 ^e	6.205 ^e	95.30 ^d	29.11 ^e	0.60 ^d	7.000 ^d	14.210 ^d
مستوى المعنوية	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.05	< 0.05

*مستويات الدلالة الإحصائية: $P \leq 0.05$ فروق معنوية, $P \leq 0.01$ فروق معنوية عالية

تُظهر نتائج التحليل الإحصائي المجمعة في الجدول (1) تفوقاً معنوياً واضحاً ($P\text{-value} < 0.01$) لمعظم العناصر، و ($P\text{-value} < 0.05$) للصوديوم والألياف، وللمعاملات التداخل بين التسميد النيتروجيني والتلقيح الحيوي، ويمكن استقراء النتائج وفق النقاط التالية:

1. حققت معاملة NPK 100% مع بكتيريا أعلى القيم في جميع العناصر المعدنية المقدر، الحديد 1.115، الماغنيسيوم 10.750، البوتاسيوم 120.8، الكالسيوم 37.44، الصوديوم 19.213، وكذلك أعلى محتوى بروتين 1.26% وألياف 11.50%. بينما سجلت معاملة الشاهد أقل القيم في جميع المؤشرات، الحديد 0.210، الماغنيسيوم 6.205، البوتاسيوم 95.30، الكالسيوم 29.11، البروتين 0.60، الألياف 7.00، الصوديوم 14.210، مما يؤكد الدور السلبي لغياب التلقيح والتسميد معاً وتوافق هذه النتائج مع الدراسة التي أجراها *Anushrutiet al., (2022)* في قسم البستنة في الهند خلال 2018-2019 لتقييم تأثير الاستخدام المتكامل للنيتروجين والاسمدة الحيوية (*A. brasilense*) و (*Azotobacter*) على نمو الكرنب.

2. يوضح الجدول تدرجاً واضحاً في جميع الصفات، حيث جاءت معاملة NPK 75 % مع بكتيريا في المرتبة الثانية في معظم العناصر، الحديد 0.950، الماغنيسيوم 9.200، البوتاسيوم 110.1، الكالسيوم 35.30، البروتين 1.083، الألياف 10.50، تليها معاملة NPK 50 % مع بكتيريا، ثم معاملة بكتيريا فقط، وأخيراً الشاهد. هذا التدرج يعكس العلاقة الطردية بين مستوى التسميد النيتروجيني وتركيز العناصر الغذائية.

3. في محتوى الألياف، تقاربت قيم معاملتي 75% و 100% NPK مع البكتيريا، 10.50% و 11.50%، مقارنة بمعاملة بكتيريا فقط، 8.025%، والشاهد، 7.00%، مما يشير إلى إمكانية الحصول على محتوى ليفي مرتفع بتخفيض التسميد النيتروجيني بنسبة 25% عند دمج مع التلقيح الحيوي.

4. أظهرت معاملة بكتيريا فقط تحسناً معنوياً عن الشاهد في معظم العناصر المعدنية، الحديد 0.303 مقابل 0.210، الماغنيسيوم 7.115 مقابل 6.205، البروتين 0.80% مقابل 0.60%، الألياف 8.025% مقابل 7.00%، لكنها بقيت أقل من جميع معاملات التسميد المدعومة بالبكتيريا، مما يؤكد أن البكتيريا وحدها تحسن امتصاص المعادن، لكنها تحتاج إلى دعم نيتروجيني لتحقيق قفزات نوعية في المحتوى البروتيني والغذائي و تتوافق مع نتائج *et al., khatkar* (2018) الذين أجروا دراسة حول تأثير الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية على أداء الكرب نفدت التجربة في الهند خلال 2017-2018 حيث تمت مقارنة 13 معاملة تضمنت تراكيب مختلفة من الاسمدة الكيميائية (NPK) مع مصادر عضوية مثل السماد العضوي بالإضافة الى التلقيح الحيوي ببكتيريا (*A. brasilense*).

الخلاصة

بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها، يمكن استنتاج أن التلقيح الحيوي يعمل كمعزز لكفاءة امتصاص العناصر الغذائية من التربة، حيث تبين ان اضافة البكتريا مع سماد NPK بمعدل 75% يعد خيار متوازن اقتصادياً وفنياً، خاصة أنها أعطت قيمةً متقاربة للمعاملة الكاملة في الألياف، علاوة على ذلك، كان لاستخدام الأسمدة NPK بنسبة 75% مع البكتريا تأثير إيجابي على معظم العناصر الغذائية مع توفير 25% من السماد النيتروجيني.

المراجع:

1. Anushruti, Singh, D., Yadav, S., & Maurya, S. K. (2022). Effect of integrated use of nitrogen and biofertilizer on growth of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). *The Pharma Innovation Journal*, 11(3), 942–944.
2. El Sayed, H. E. A., & Althubiani, A. S. (2015). Enhancement of plant growth by soil inoculation with *Azospirillum brasilense* HM1 isolated from soil of Saudi Arabia. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(10), 119–130.
3. Kalia, P., & Singh, S. (2020). Division of Vegetable Science, ICAR–Indian Agricultural Research Institute, New Delhi. In *Vegetable Science*. Springer.
4. Khatkar, J., Shadap, A., & Longkumer, T. (2018). Effect of integrated nutrient management on the performance of cabbage (*Brassica*

- oleracea* var. *capitata* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4), 225–228.
5. Kumar, A., Prasad, S., & Singh, S. K. (2014). Screening of free living rhizobacteria associated with wheat rhizosphere for plant growth promoting traits. *African Journal of Agricultural Research*, 9(13), 1094–1100.
 6. Murumkar, D., Borkar, S., & Chimote, V. (2013). Diversity for cell morphology, nitrogenase activity and DNA profile of *Azospirillum* species present in rhizosphere soils of six different physiographic regions of Maharashtra. *Research Journal of Biotechnology*, 8, 16–25.
 7. Rajput, M. (2022). Impact of organic, inorganic and biofertilizers on growth and yield attributes of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) in Bastar, Chhattisgarh. *Research Trend Journal of Agricultural Sciences*, 15(3), 112–125.