Alq J Sci. 2026;2(1):1-15
https://doi.org/10.69667/ajs.26101
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

تأثير سلالات المايكوريزا في المجموع الجذري على العناصر الكبرى – N.P.K في تربة مدينة سرت

أحلام حسن الساعدي[1]*, سالمة عمر جادالله[2]

[1]كلية الآداب والعلوم زمزم، جامعة سرت، سرت، ليبيا
[2]قسم النبات، كلية العلوم، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا
sirt15304@gmail.com

المستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير التلقيح بسبع سلالات مختلفة من فطريات المايكوريزا الشجيرية بالتداخل مع مستويات مختلفة من التسميد الفوسفاتي على امتصاص العناصر الكبرى (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم) في المجموع الجذري لنبات الذرة الصفراء Zea mays في ظروف مدينة سرت. أجريت التجربة باستخدام تصميم القطاعات المنشقة مرة واحدة في ثلاث مكررات، حيث وزعت السلالات الفطرية في القطع الرئيسية ومستويات السماد الفوسفاتي (0، 50، 100 كجم/P_2O_5 هـ) في القطع الثانوية. أظهرت النتائج أن التلقيح بفطريات المايكوريزا أدى إلى تحسين معنوي في امتصاص العناصر الغذائية الكبرى مقارنة بمعاملة الشاهد، حيث سجلت سلالة Rhizophagus intraradices أعلى معدلات للامتصاص عبر جميع مستويات التسميد الفوسفاتي. كما أظهر التداخل بين التلقيح بالمايكوريزا والتسميد الفوسفاتي تأثيراً تآزرياً واضحاً في زيادة كفاءة امتصاص العناصر الغذائية، مما يعكس أهمية هذه التقنية الحيوية في تحسين إنتاجية المحاصيل في الظروف البيئية لمنطقة سرت.

الكلمات المفتاحية. المايكوريزا الشجيرية، الذرة الصفراء، النيتروجين، الفوسفور، البوتاسيوم، التسميد الفوسفاتي، مدينة سرت.

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of inoculation with seven different strains of arbuscular mycorrhizal fungi, in combination with varying levels of phosphate fertilization, on the uptake of macronutrients (nitrogen, phosphorus, and potassium) in the root system of maize (Zea mays) under the environmental conditions of Sirte City. The experiment was conducted using a split-plot design with three replicates, where fungal strains were assigned to the main plots and phosphate fertilizer levels (0, 50, and 100 kg P_2O_5/ha) to the subplots. The results demonstrated that inoculation with mycorrhizal fungi significantly enhanced the uptake of macronutrients compared with the control treatment. Among the tested strains, Rhizophagus intraradices recorded the highest uptake rates across all phosphate fertilization levels. Furthermore, the interaction between mycorrhizal inoculation and phosphate fertilization exhibited a clear synergistic effect in improving nutrient absorption efficiency, underscoring the importance of this biotechnological approach in enhancing crop productivity under the environmental conditions of Sirte.

Keywords. *Arbuscular Mycorrhiza, Maize, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Phosphate Fertilization, Sirte City*

1. المقدمة

تعد فطريات المايكوريزا الشـــجيرية Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) من أهم الكائنات الحية الدقيقة التي تكون علاقات تكافلية مع جذور معظم النباتات الزراعية، حيث تلعب دوراً محورياً في تحســين امتصــاص العناصــر الغذائية وخاصــة تلك قليلة الحركة في التربة مثل الفوسفور والعناصر الصغرى. تمتد خيوط الفطر الميسيليومية خارج منطقة الجذور لتصل إلى مناطق أبعد في التربة، مما يزيد من المساحة السطحية المتاحة لامتصاص المغذيات ويعزز قدرة النبات على الاستفادة من العناصر الموجودة في صور غير ميسرة (عبد، 2013؛ خريبة، 2019). في المقابل، يحصل الفطر على المواد الكربوهيدراتية من النبات العائل، مما يشكل علاقة منفعة متبادلة تساهم في تحسين نمو النبات وإنتاجيته.

تواجه الزراعة في منطقة ســرت تحديات بيئية عديدة، من أهمها الطبيعة الرملية للتربة وانخفاض محتواها من المادة العضــوية والعناصــر الغذائية الميســرة، بالإضافة إلى الظروف المناخية الجافة وشبه الجافة. هذه الظروف تجعل من الضروري البحث عن حلول مستدامة لتحسين خصوبة التربة وزيادة كفاءة استخدام الأسمدة. أشارت دراسات عديدة إلى أن استخدام فطريات المايكوريزا يمكن أن يقلل من الحاجة إلى الأسمدة الكيماوية بنسبة تصل إلى 25–50%، مما يساهم في تقليل التكاليف الزراعية والأثر البيئي السلبي للاستخدام المفرط للأسمدة (عبود وآخرون، 2018؛ المديني والعمران، 2011).

Copyright *Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0*
Received*: 30-10-2025 -* ***Accepted****: 29-12-2025 -* ***Published****: 05-01-2026*

Alq J Sci. 2026;2(1):1-15
https://doi.org/10.69667/ajs.26101
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

محصـول الذرة الصـفراء .Zea mays L يعتبر من أهم المحاصـيل الحبوبية عالمياً ومحلياً، حيث يسـتخدم في التغذية البشـرية والحيوانية والصـناعات المختلفة. يتطلب هذا المحصول كميات كبيرة من العناصر الغذائية، وخاصة النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم، لتحقيق إنتاجية عالية. تشير الأبحاث إلى أن الذرة تستجيب بشكل إيجابي للتلقيح بفطريات المايكوريزا، حيث تساعد هذه الفطريات في تحسين امتصاص الفوسفور بشكل خاص، وهو عنصر حيوي لنمو الجذور وتطور النبات (سهيل، 2000؛ بدران، 2008).

أظهرت دراسات حديثة أن فطريات المايكوريزا الشجيرية لا تقتصر فائدتها على تحسين امتصاص الفوسفور فحسب، بل تمتد لتشمل العناصر الأخرى مثل النيتروجين والبوتاسيوم والعناصر الصغرى. فقد أثبتت دراسة Lu وآخرون (2023) أن التلقيح بالمايكوريزا يعزز امتصاص الفوسفور ويغير من تركيب المجتمعات البكتيرية في منطقة الجذور لنبات الذرة، مما يؤدي إلى تحسين شامل في التغذية المعدنية للنبات. كما أكدت دراسة Buzo وآخرون (2023) أن استخدام المايكوريزا في الظروف الحقلية يحسن من كفاءة التسميد الفوسفاتي ونمو الذرة بشكل ملحوظ، مما يدعم استخدام هذه التقنية في الزراعة المستدامة.

تتنوع سـلالات فطريات المايكوريزا في فعاليتها وقدرتها على التكافل مع النباتات المختلفة، وتتأثر هذه الفعالية بعوامل عديدة منها نوع التربة والظروف البيئية ومسـتوى التسـميد. أشـارت دراسـة Bouzeriba وآخرون (2021) إلى أن اسـتجابة نبات الذرة للتلقيح بالمايكوريزا تختلف باختلاف مستويات الفوسفور في التربة والرطوبة الأرضية، حيث كانت الاستجابة أعلى في الترب الفقيرة بالفوسفور. هذا يؤكد على أهمية دراسة التداخل بين التلقيح بالمايكوريزا والتسميد الفوسفاتي لتحديد المعاملات المثلى لكل ظرف بيئي.

في منطقة الجبل الأخضر بليبيا، تم عزل وتوصيف عدد من سلالات فطريات المايكوريزا المحلية التي تتكيف مع الظروف البيئية الليبية. هذه السلالات تم تسـجيلها في بنك الجينات GenBank وتشـمل أنواعاً مختلفة مثل Rhizophagus intraradices و Claroideoglomus etunicatum و Gigaspora spوغيرها، والتي أظهرت قدرة عالية على التكافل مع النباتات المحلية (محمد، 2020). اسـتخدام هذه السلالات المحلية قد يوفر ميزة تنافسية في التكيف مع الظروف البيئية القاسية لمنطقة سرت مقارنة بالسلالات التجارية المستوردة.

تكمن أهمية هذه الدراسة في تقييم فعالية سبع سلالات مختلفة من فطريات المايكوريزا المعزولة محلياً في تحسين امتصاص العناصر الكبرى (النيتروجين والفوسـفور والبوتاسـيوم) في المجموع الجذري لنبات الذرة تحت الظروف البيئية لمدينة سـرت. كما تهدف إلى دراسـة التداخل بين التلقيح بالمايكوريزا ومستويات مختلفة من التسميد الفوسفاتي، لتحديد المعاملات الأمثل التي تحقق أعلى كفاءة في امتصاص العناصر الغذائية. نتائج هذه الدراسة ستساهم في تطوير استراتيجيات زراعية مستدامة تعتمد على التقنيات الحيوية لتحسين إنتاجية المحاصيل في المنطقة مع تقليل الاعتماد على الأسمدة الكيماوية.

2. مواد وطرق البحث

2.1 موقع الدراسة وخصائص التربة

أجريت الدراسة في منطقة مدينة سرت بليبيا، وهي منطقة تتميز بمناخ جاف وشبه جاف وتربة رملية. تم جمع عينات من التربة قبل بدء التجربة لتحليل خصـائصـها الفيزيائية والكيميائية في مختبر قسـم التربة. أظهرت نتائج التحليل أن التربة ذات قوام رملي بنسـبة رمل عالية بلغت 77%، في حين بلغت نسبة السلت 15% والطين 8%. سجلت الكثافة الظاهرية للتربة 1.63 جم/سم^3 والسعة الحقلية 18.60%. بالنسبة للخصائص الكيميائية، بلغ الرقم الهيدروجيني 7.7 مما يشير إلى تربة قلوية قليلاً، بينما سجل التوصيل الكهربائي 5.4 ديسيسمنز/متر. كانت نسبة المادة العضوية منخفضة جداً عند 0.8%، وبلغت نسـبة كربونات الكالسـيوم 3.75%، أما النيتروجين الكلي فكان منخفضـاً جداً عند 0.0034%. هذه الخصـائص تعكس الطبيعة الفقيرة للتربة من حيث الخصوبة والمادة العضوية، مما يبرر الحاجة إلى استخدام تقنيات حيوية مثل المايكوريزا لتحسين خصوبتها.

Copyright *Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0*
Received*: 30-10-2025 -* ***Accepted****: 29-12-2025 -* ***Published****: 05-01-2026*

Alq J Sci. 2026;2(1):1-15
https://doi.org/10.69667/ajs.26101
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

جدول 1. الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة موضع الدراسة

الخاصية	القيمة
الكثافة الظاهرية (جم/سم^3)	1.63
السعة الحقلية(%)	18.60
الطين(%)	8
السلت(%)	15
الرمل(%)	77
القوام	رملي
الرقم الهيدروجيني	7.7
التوصيل الكهربائي (ديسيسمنز/متر)	5.4
المادة العضوية(%)	0.8
كربونات الكالسيوم(%)	3.75
النيتروجين الكلي(%)	0.0034

2.2 المادة النباتية

استخدمت في هذه الدراسة بذور نبات الذرة الصفراء Zea mays L. من صنف محلي متكيف مع الظروف البيئية لمنطقة سرت. تنتمي الذرة إلى العائلة النجيلية Graminae، وهي من المحاصيل الاقتصادية المهمة التي تتطلب كميات كبيرة من العناصر الغذائية لتحقيق إنتاجية عالية. تم اختيار الصنف المحلي لضمان التكيف الجيد مع الظروف المناخية والبيئية للمنطقة، ولكونه شائع الاستخدام بين المزارعين المحليين، مما يجعل نتائج الدراسة أكثر قابلية للتطبيق العملي.

2.3 اللقاح الفطري

تم استخدام سبع سلالات من فطريات المايكوريزا الشجيرية المعزولة سابقاً من غابات الجبل الأخضر بليبيا. هذه السلالات تم توصيفها مورفولوجياً ووراثياً وتسجيلها في بنك الجينات GenBank، مما يضمن دقة التعريف وجودة اللقاح المستخدم. السلالات المستخدمة في الدراسة هي: Rhizophagus intraradices (MF599223)، Claroideoglomus etunicatum (MF599211)، Archaeospora trappei (MF599213)، Scutellospora sp. (MF599226)، Gigaspora sp.، Entrophospora infrequens (MF599211)، Funneliformis mosseae (MF599221). تم إكثار اللقاح الفطري باستخدام نباتات عائلة في ظروف معقمة للحصول على كمية كافية من الأبواغ والميسيليوم اللازم للتلقيح. يمثل استخدام سلالات محلية معزولة من بيئة مشابهة ميزة هامة من حيث التكيف والفعالية في الظروف البيئية المحلية.

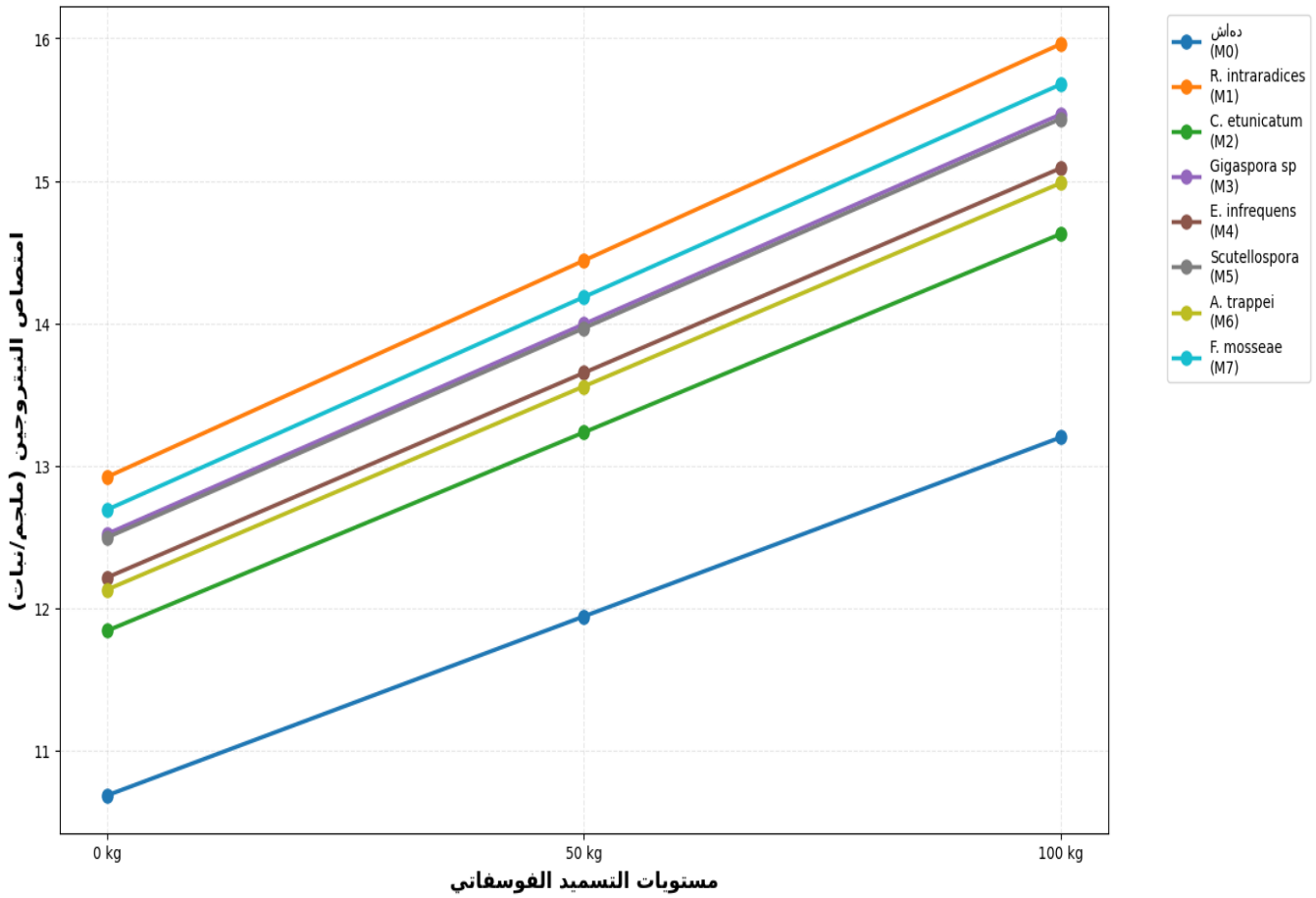
2.4 التصميم التجريبي والمعاملات

صممت التجربة وفق تصميم القطاعات المنشقة مرة واحدة Split-plot Design في ثلاث مكررات. وزعت معاملات التلقيح بفطريات المايكوريزا في القطع الرئيسية وشملت ثماني معاملات: معاملة الشاهد بدون تلقيح(M0) ، والسلالات السبع سالفة الذكر (M1إلى M7). أما

Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 30-10-2025 - Accepted: 29-12-2025 - Published: 05-01-2026

Alq J Sci. 2026;2(1):1-15
https://doi.org/10.69667/ajs.26101
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

مستويات التسميد الفوسفاتي فوزعت في القطع الثانوية وشملت ثلاث معاملات: بدون إضافة فوسفور(P0) ، و50 كجم/P_2O_5 هكتار(P1) ، و100 كجم/P_2O_5 هكتار(P2) . تم استخدام سماد السوبر فوسفات الثلاثي كمصدر للفوسفور. بلغ العدد الإجمالي للوحدات التجريبية 72 وحدة (8 معاملات تلقيح × 3 مستويات فوسفور × 3 مكررات). تم تطبيق معاملات التلقيح عند الزراعة بإضافة اللقاح الفطري المحتوي على الأبواغ والميسيليوم إلى منطقة الجذور، بينما أضيف السماد الفوسفاتي قبل الزراعة مباشرة وخلط جيداً مع التربة. أضيفت جميع المعاملات التسميدية الأخرى (النيتروجين والبوتاسيوم) بشكل متساوٍ لجميع الوحدات التجريبية حسب التوصيات الزراعية للمحصول



شكل 1 .توزيع مستويات النيتروجين في الجذور عبر معاملات المايكوريزا المختلفة

2.5 إجراءات الزراعة والخدمة

تمت الزراعة في أصص بلاستيكية بسعة 10 كجم تربة، حيث زرعت ثلاث بذور في كل أصيص ثم خفت إلى نبات واحد بعد أسبوعين من الإنبات. تم تطبيق برنامج ري منتظم للحفاظ على رطوبة التربة عند مستوى السعة الحقلية تقريباً. أجريت عمليات الخدمة الزراعية الروتينية من إزالة الحشائش ومكافحة الآفات حسب الحاجة. استمرت فترة النمو لمدة ثلاثة أشهر حتى وصلت النباتات إلى مرحلة النمو الخضري الكامل، وهي المرحلة المناسبة لتقييم تأثير المعاملات على النمو وامتصاص العناصر الغذائية.

2.6 القياسات والتحليلات

تم حصاد النباتات بعد ثلاثة أشهر من الزراعة، حيث فصل المجموع الجذري عن المجموع الخضري بعناية. غسلت الجذور جيداً بالماء الجاري لإزالة ما علق بها من التربة، ثم شطفت بالماء المقطر. سجلت الأوزان الطازجة للجذور والمجموع الخضري، ثم جففت العينات في فرن تجفيف على درجة حرارة

Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 30-10-2025 - **Accepted**: 29-12-2025 - **Published**: 05-01-2026

Alq J Sci. 2026;2(1):1-15
https://doi.org/10.69667/ajs.26101
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

70°م حتى ثبات الوزن، وسـجلت الأوزان الجافة. تم طحن عينات الجذور الجافة باسـتخدام طاحنة كهربائية للحصـول على مسـحوق ناعم صـالح للتحليل الكيميائي.

قدر محتوى النيتروجين في الجذور باستخدام طريقة كلداهلKjeldahl method ، حيث تم هضم العينات بحمض الكبريتيك المركز في وجود عامل مساعد، ثم تم التقطير والمعايرة لحساب نسبة النيتروجين. أما الفوسفور فقدر باستخدام طريقة الفانادوموليبدات الطيفية بعد الهضم الرطب للعينات، حيث تم قياس الامتصـاصـية عند طول موجي 470 نانومتر باسـتخدام جهاز المطياف الضـوئي. قدر البوتاسـيوم باسـتخدام جهاز قياس اللهب Flame photometerبعد استخلاصه من العينات المهضومة. تم حساب كمية العنصر الممتص بضرب تركيز العنصر في الوزن الجاف للجذور للحصول على الكمية بالملليجرام لكل نبات.

قدرت نسـبة الإصـابة بالفطر في الجذور باسـتخدام طريقة الصـبغ والفحص المجهري، حيث تم تثبيت عينات من الجذور الدقيقة في محلول KOH ثم صبغها بصبغة تريبان الزرقاء Trypan blue . فحصت العينات تحت المجهر الضوئي وحسبت نسبة الإصابة باستخدام طريقة الشبكة Grid-line intersect method.

جدول 2. تأثير التلقيح بسلالات المايكوريزا على متوسط امتصاص النيتروجين (ملجم/نبات) في الجذور

معاملة المايكوريزا	متوسط النيتروجين الممتص
بدون تلقيح (M0)	a 12.57
Rhizophagus intraradices (M1)	h 15.20
Claroideoglomus etunicatum (M2)	cdefg 13.93
Gigaspora sp (M3)	fgh 14.73
Entrophospora infrequens (M4)	defgh 14.37
Scutellospora sp. (M5)	fgh 14.70
Archaeospora trappei (M6)	defgh 14.27
Funneliformis mosseae (M7)	gh 14.93

لاحظ :الأحرف المختلفة تشير إلى فروق معنوية عند مستوى احتمال 5% حسب اختبار دنكن.

2.7 التحليل الإحصائي

تم إجراء التحليل الإحصـــائي للبيانات باســـتخدام برنامج التحليل الإحصـــائي، حيث أجري تحليل التباين Analysis of Variance (ANOVA) لتصميم القطاعات المنشقة. استخدم اختبار دنكن متعدد المدى Duncan's Multiple Range Test لمقارنة المتوسطات عند مستوى احتمال 5%. تم عرض النتائج في جداول ورسوم بيانية توضيحية لتسهيل فهم وتفسير البيانات.

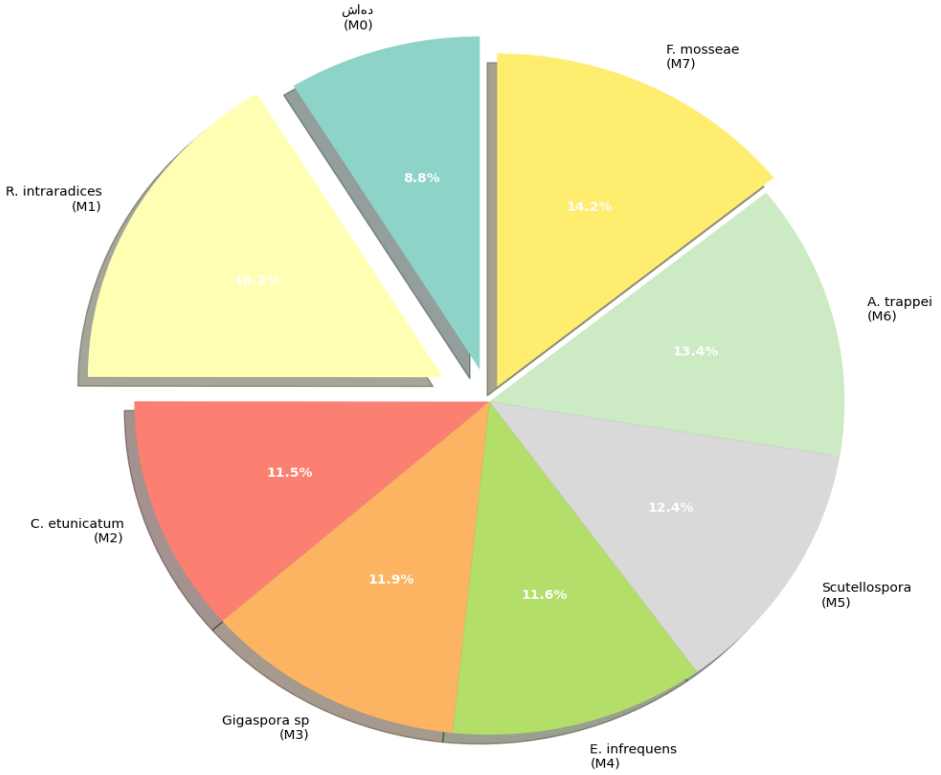
Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 30-10-2025 - **Accepted**: 29-12-2025 - **Published**: 05-01-2026

Alq J Sci. 2026;2(1):1-15
https://doi.org/10.69667/ajs.26101
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

3. النتائج والمناقشة

3.1 تأثير التلقيح بالمايكوريزا على امتصاص النيتروجين

أظهرت النتائج تأثيراً معنوياً واضـحاً للتلقيح بسـلالات المايكوريزا المختلفة على امتصـاص النيتروجين في المجموع الجذري لنبات الذرة. سـجلت معاملة التلقيح بسـلالة Rhizophagus intraradices أعلى متوسـط لامتصـاص النيتروجين بلغ 15.20 ملجم/نبات، متفوقة معنوياً على جميع المعاملات الأخرى بما فيها معاملة الشـاهد التي سـجلت 12.57 ملجم/نبات. هذه الزيادة تمثل تحسـناً بنسـبة 21% تقريباً مقارنة بالشـاهد. تلتها سلالة Funneliformis mosseae بمتوسط 14.93 ملجم/نبات، ثم سلالة Gigaspora sp بمتوسط 14.73 ملجم/نبات. هذه النتائج تتفق مع ما توصل إليه عبود وآخرون (2018) الذين أكدوا أن التلقيح بفطر Glomus mosseae (المعروف حالياً بـــ Funneliformis mosseae) أدى إلى زيادة معنوية في محتوى النيتروجين في نبات الذرة الصـفراء، حيث تسـاهم الفطريات في تحسـين امتصـاص النيتروجين من خلال زيادة المساحة السطحية للامتصاص وتحسين استخدام النيتروجين المعدني والعضوي في التربة.



شكل 2. توزيع تركيزات الفوسفور في الجذور حسب معاملات التسميد

يمكن تفسـير التفوق الملحوظ لسـلالة Rhizophagus intraradices في تحسـين امتصـاص النيتروجين بقدرتها العالية على تكوين شـبكة ميسيليومية كثيفة تمتد لمسافات بعيدة عن الجذور، مما يزيد من كفاءة استكشاف التربة والوصول إلى مصادر النيتروجين المختلفة. كما أن هذه السلالة قد تحفز نشاط البكتيريا المثبتة للنيتروجين في منطقة الجذور، مما يزيد من تثبيت النيتروجين الجوي وإتاحته للنبات. أشار Lu وآخرون (2023) إلى أن فطريات المايكوريزا الشـجيرية تغير من تركيب المجتمعات البكتيرية في منطقة الجذور، وهذا التغيير قد يشـمل زيادة في أعداد وفعالية البكتيريا النافعة التي تساهم في دورة النيتروجين في التربة.

Copyright *Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0*
Received: *30-10-2025* - ***Accepted***: *29-12-2025* - ***Published***: *05-01-2026*

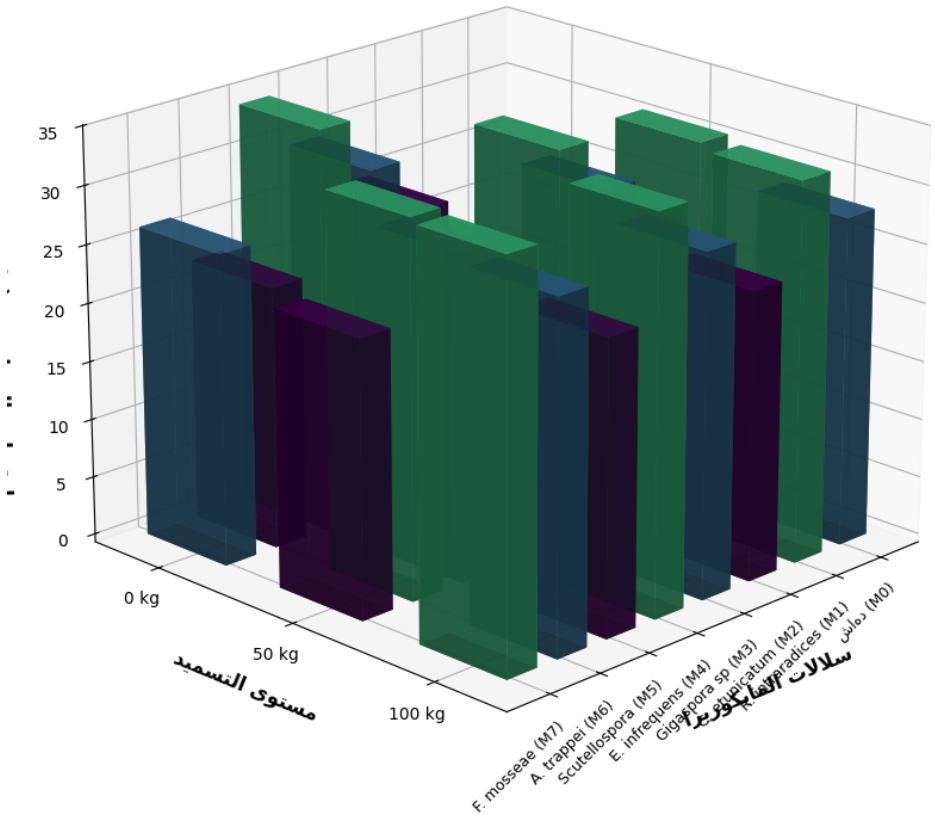
Alq J Sci. 2026;2(1):1-15
https://doi.org/10.69667/ajs.26101
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

الســلالات الأخرى أظهرت أيضــاً تحســناً معنوياً في امتصــاص النيتروجين مقارنة بالشــاهد، وإن كان بدرجات متفاوتة. هذا التفاوت في الفعالية بين الســلالات المختلفة يعكس الاختلافات في القدرة التكافلية والتكيف مع ظروف التربة والنبات العائل. تشــير هذه النتائج إلى أهمية اختيار الســلالة المناسبة للحصول على أفضل استجابة في امتصاص العناصر الغذائية في كل ظرف بيئي محدد، وهو ما أكده سهيل (2000) في دراسته حول دور فطريات المايكوريزا في نمو نباتي الحنطة والذرة الصفراء.

3.2 تأثير التلقيح بالمايكوريزا على امتصاص الفوسفور

يعتبر الفوسفور من أكثر العناصر الغذائية التي تتأثر إيجابياً بالتلقيح بفطريات المايكوريزا، وقد أكدت نتائج هذه الدراسة هذه الحقيقة بشكل واضح. أظهرت البيانات أن جميع معاملات التلقيح بالمايكوريزا حققت زيادة معنوية في امتصــاص الفوســفور مقارنة بمعاملة الشــاهد. ســجلت ســلالة Rhizophagus intraradices أعلى متوســط لامتصــاص الفوســفور بلغ 40.90 ملجم/نبات، تلتها ســلالة Funneliformis mosseae بمتوســط 38.87 ملجم/نبات، بينما ســجلت معاملة الشــاهد أدنى متوســط عند 22.17 ملجم/نبات. هذا يعني أن ســلالة Rhizophagus intraradices حققت زيادة في امتصاص الفوسفور بنسبة تقارب 84% مقارنة بالشاهد، وهي نسبة تحسن كبيرة ومهمة اقتصادياً وزراعياً.

تتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه المديني والعمران (2011) في دراستهما حول تأثير التلقيح بفطر المايكوريزا على كفاءة التسميد الفوسفاتي في الترب المستزرعة بنخيل التمر، حيث وجدا أن التلقيح أدى إلى زيادة معنوية في محتوى النبات من الفوسفور وتحسين كفاءة استخدام السماد الفوسفاتي. كما تؤكد دراسة Buzo وآخرون (2023) أن المايكوريزا تحسن بشكل كبير من كفاءة التسميد الفوسفاتي ونمو الذرة تحت الظروف الحقلية، حيث تعمل الخيوط الفطرية على استكشاف حجم أكبر من التربة والوصول إلى مصادر الفوسفور غير الميسرة للجذور النباتية.



شكل 3. مقارنة ثلاثية الأبعاد لامتصاص البوتاسيوم بين المعاملات المختلفة

Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 30-10-2025 - **Accepted**: 29-12-2025 - **Published**: 05-01-2026

Alq J Sci. 2026;2(1):1-15
https://doi.org/10.69667/ajs.26101
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

الآلية الرئيسية لتحسين امتصاص الفوسفور بواسطة المايكوريزا تكمن في قدرة الخيوط الفطرية على الامتداد خارج منطقة استنزاف الفوسفور حول الجذور، وإفراز إنزيمات الفوسفاتيز التي تحلل المركبات الفوسفورية العضوية وتحررها في صورة ميسرة، بالإضافة إلى إفراز أحماض عضوية تساعد في إذابة الفوسفات المعدني المترسب في التربة. أكد بدران (2008) في دراسته حول فاعلية فطريات المايكوريزا في إتاحة الفوسفور من مسحوق الصخر الفوسفاتي لنبات الذرة الصفراء أن هذه الفطريات لها القدرة على إذابة الفوسفات الصخري وتحويله إلى صورة ميسرة للنبات، مما يقلل من الحاجة إلى الأسمدة الفوسفاتية المصنعة.

التفاوت في كفاءة السلالات المختلفة في تحسين امتصاص الفوسفور يرتبط بعدة عوامل منها كثافة الشبكة الميسيليومية، وقدرة السلالة على إفراز الإنزيمات والأحماض العضوية، ومدى توافقها مع النبات العائل. الملاحظ أن سلالات Rhizophagus intraradices و Funneliformis mosseae أظهرتا الكفاءة الأعلى، وهو ما يتفق مع العديد من الدراسات التي أشارت إلى أن هذه الأجناس من بين أكثر أنواع المايكوريزا فعالية في تحسين امتصاص الفوسفور لدى مجموعة واسعة من النباتات المزروعة.

3.3 تأثير التلقيح بالمايكوريزا على امتصاص البوتاسيوم

أظهرت النتائج أن التلقيح بفطريات المايكوريزا أدى أيضاً إلى تحسين معنوي في امتصاص البوتاسيوم في المجموع الجذري لنبات الذرة، وإن كان هذا التحسين أقل وضوحاً مقارنة بالنيتروجين والفوسفور. سجلت سلالة Rhizophagus intraradices أعلى متوسط لامتصاص البوتاسيوم بلغ 31.23 ملجم/نبات، تلتها سلالة Archaeospora trappei بمتوسط 30.73 ملجم/نبات، بينما سجلت معاملة الشاهد 18.93 ملجم/نبات. تمثل هذه الزيادة تحسناً بنسبة 65% تقريباً مقارنة بالشاهد، وهي نسبة جيدة خاصة أن البوتاسيوم يعتبر عنصراً متحركاً نسبياً في التربة مقارنة بالفوسفور.

البوتاسيوم يلعب دوراً حيوياً في العديد من العمليات الفسيولوجية في النبات بما في ذلك التنظيم الأسموزي، وفتح وإغلاق الثغور، وتنشيط العديد من الإنزيمات، ونقل السكريات. التحسن في امتصاص البوتاسيوم بواسطة المايكوريزا يمكن أن يعزى إلى زيادة المساحة السطحية للامتصاص من خلال الشبكة الميسيليومية الواسعة، وتحسين الوصول إلى مصادر البوتاسيوم الموجودة في المسام الدقيقة للتربة والتي لا تستطيع الجذور النباتية الوصول إليها. كما أن بعض الدراسات أشارت إلى أن المايكوريزا قد تساعد في تحرير البوتاسيوم المثبت في المعادن الطينية من خلال إفراز بعض الأحماض العضوية.

جدول 3. تأثير التداخل بين التلقيح بسلالات المايكوريزا والتسميد الفوسفاتي على امتصاص الفوسفور (ملجم/نبات)

معاملة المايكوريزا	0 كجم P_2O_5/هـ	50 كجم P_2O_5/هـ	100 كجم P_2O_5/هـ	المتوسط
بدون تلقيح (M0)	a 22.17	ab 23.97	abc 24.80	a 23.65
Rhizophagus intraradices (M1)	ij 34.17	l 40.77	l 40.90	g 38.61
Claroideoglomus etunicatum (M2)	bcde 27.43	de 29.00	efghi 30.34	d 28.92
Gigaspora sp (M3)	defg 29.20	efghi 30.47	efghi 30.47	e 30.05
Entrophospora infrequens (M4)	cde 28.03	defgh 29.67	fghij 30.10	29.27 de

Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 30-10-2025 - **Accepted**: 29-12-2025 - **Published**: 05-01-2026

Alq J Sci. 2026;2(1):1-15
https://doi.org/10.69667/ajs.26101
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

M5)) .Scutellospora sp	defgh 29.57	efghi 30.47	ij 34.17	f 31.40
Archaeospora trappei (M6)	defg 29.23	jk 36.13	jk 36.20	f 33.85
Funneliformis mosseae (M7)	efghi 30.34	kl 38.43	kl 38.87	g 35.88
متوسط التسميد	a 28.77	b 32.36	b 33.23	

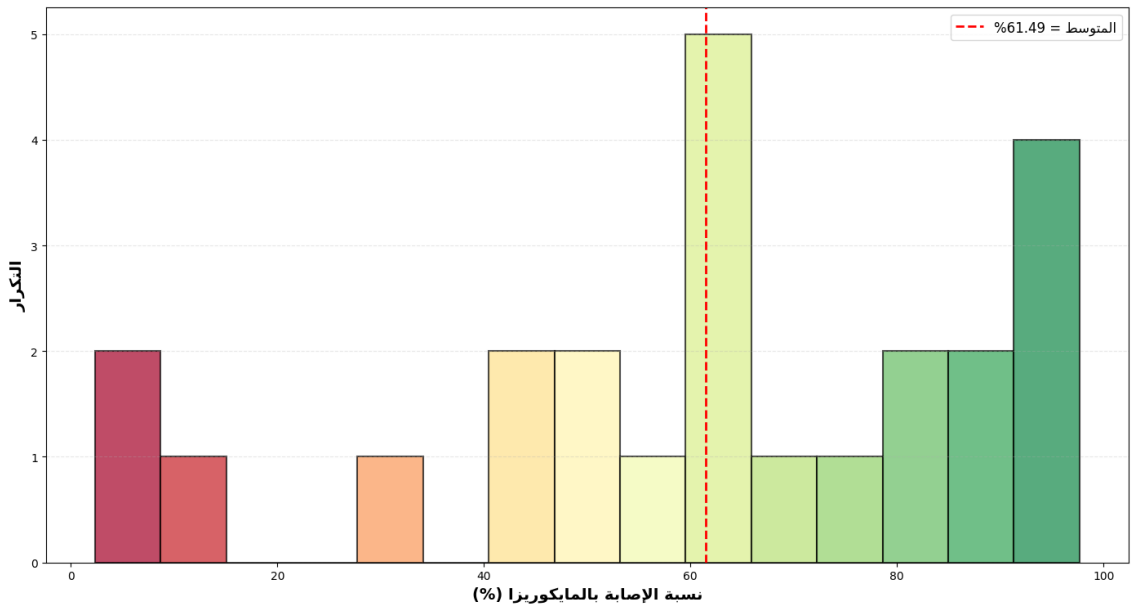
لاحظ :الأحرف المختلفة تشير إلى فروق معنوية عند مستوى احتمال 5% حسب اختبار دنكن.

رغم أن البوتاسيوم لا يحظى بنفس القدر من الاهتمام في دراسات المايكوريزا مقارنة بالفوسفور والنيتروجين، إلا أن نتائج هذه الدراسة تؤكد أهمية دور المايكوريزا في تحسين التغذية بالبوتاسيوم. هذا يتفق مع ما أشار إليه عبد (2013) في مراجعته حول وظائف المايكوريزا في تغذية النبات وتحسين امتصاص المغذيات، حيث أكد أن فوائد المايكوريزا تمتد لتشمل معظم العناصر الغذائية الكبرى والصغرى. قبة وأرسلان (2015) أشارا أيضاً إلى أهمية التوازن بين العناصر الغذائية المختلفة في تحقيق إنتاجية عالية، وأن تحسين امتصاص البوتاسيوم يساهم في تحسين كفاءة استخدام النيتروجين والفوسفور.

3.4 تأثير التسميد الفوسفاتي على امتصاص العناصر الغذائية

أظهرت النتائج تأثيراً معنوياً لمستويات التسميد الفوسفاتي على امتصاص العناصر الغذائية الثلاثة. بالنسبة للنيتروجين، ارتفع متوسط الامتصاص من 12.83 ملجم/نبات في معاملة عدم الإضافة إلى 14.60 ملجم/نبات في معاملة 50 كجم/P_2O_5 هـ، ثم إلى 14.36 ملجم/نبات في معاملة 100 كجم/P_2O_5 هـ. هذه الزيادة في امتصاص النيتروجين نتيجة التسميد الفوسفاتي يمكن تفسيرها بأن تحسن التغذية بالفوسفور يعزز من نمو الجذور وتطورها، مما يزيد من قدرتها على استكشاف حجم أكبر من التربة وامتصاص المزيد من النيتروجين.

بالنسبة للفوسفور، كان التأثير الإيجابي للتسميد واضحاً وقوياً، حيث ارتفع متوسط الامتصاص من 28.77 ملجم/نبات في معاملة عدم الإضافة إلى 32.36 ملجم/نبات في معاملة 50 كجم/P_2O_5 هـ، ثم إلى 33.23 ملجم/نبات في معاملة 100 كجم/P_2O_5 هـ. هذا يؤكد أن زيادة مستوى الفوسفور المضاف تؤدي إلى زيادة تركيزه وكميته الممتصة في النبات، وهو أمر متوقع ومنطقي. أما البوتاسيوم فقد أظهر أيضاً استجابة إيجابية للتسميد الفوسفاتي، وإن كانت أقل وضوحاً، حيث ارتفع المتوسط من 27.90 ملجم/نبات إلى 28.30 ملجم/نبات ثم إلى 29.50 ملجم/نبات مع زيادة مستوى التسميد.



شكل 4. التوزيع التكراري لقيم نسبة الإصابة الفطرية في الجذور

Copyright *Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0*
Received: *30-10-2025* - ***Accepted***: *29-12-2025* - ***Published***: *05-01-2026*

Alq J Sci. 2026;2(1):1-15
https://doi.org/10.69667/ajs.26101
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

الملاحظ من هذه النتائج أن الاستجابة للتسميد الفوسفاتي لم تكن خطية تماماً، حيث أن الفرق بين مستوى 50 و100 كجم P_2O_5/هـــ كان أقل من الفرق بين مستوى 0 و50 كجم P_2O_5/هـــ، وهذا يشير إلى وجود ما يشبه قانون تناقص الغلة أو الاستجابة المتناقصة مع زيادة التسميد. هذا يتفق مع المبادئ الزراعية المعروفة ويؤكد أهمية تحديد المستوى الأمثل من التسميد الذي يحقق أفضل عائد اقتصادي دون إسراف في استخدام الأسمدة. أشار الحديثي والعزاوي (2014) إلى أهمية التوازن بين التلقيح بالمايكوريزا والتسميد الفوسفاتي لتحقيق أفضل جاهزية للفوسفور في التربة والنبات.

3.5 تأثير التداخل بين التلقيح بالمايكوريزا والتسميد الفوسفاتي

كشفت نتائج تحليل التباين عن وجود تأثير معنوي للتداخل بين التلقيح بالمايكوريزا ومستويات التسميد الفوسفاتي على امتصاص العناصر الغذائية الثلاثة، وهو ما يعكس التأثير التآزري synergistic effect بين هذين العاملين. في حالة امتصاص الفوسفور، سجلت معاملة التداخل بين سلالة Rhizophagus intraradices ومستوى 100 كجم P_2O_5/هـــ أعلى قيمة بلغت 40.90 ملجم/نبات، في حين سجلت معاملة الشاهد بدون تلقيح وبدون تسميد فوسفاتي أدنى قيمة عند 22.17 ملجم/نبات. هذا يعني أن التداخل بين العاملين أدى إلى زيادة في امتصاص الفوسفور بنسبة تقارب 84%، وهي زيادة كبيرة جداً ومهمة من الناحية العملية.

الملاحظ أن استجابة معاملات التلقيح بالمايكوريزا للتسميد الفوسفاتي كانت أكبر من استجابة معاملة الشاهد، وهذا يدل على أن وجود الفطر يعزز من كفاءة استخدام السماد المضاف. على سبيل المثال، في حالة سلالة Rhizophagus intraradices، كانت الزيادة في امتصاص الفوسفور عند رفع مستوى التسميد من 0 إلى 100 كجم P_2O_5/هـــ حوالي 19.7%، بينما في معاملة الشاهد كانت الزيادة فقط 11.9%. هذا يؤكد أن المايكوريزا لا تحل محل التسميد الكيماوي بالكامل، بل تعمل على تحسين كفاءته وتقليل الكمية المطلوبة منه لتحقيق نفس المستوى من الإنتاجية.

جدول 4. تأثير التداخل بين التلقيح بالمايكوريزا والتسميد الفوسفاتي على نسبة الإصابة الفطرية (%)

معاملة المايكوريزا	0 كجم P_2O_5/هـ	50 كجم P_2O_5/هـ	100 كجم P_2O_5/هـ	المتوسط
بدون تلقيح (M0)	a 2.33	ab 4.33	b 9.00	a 5.22
Rhizophagus intraradices (M1)	lmn 86.67	no 92.00	o 97.67	f 92.11
Claroideoglomus etunicatum (M2)	gh 48.33	i 63.67	ij 65.67	c 59.22
Gigaspora sp (M3)	i 63.67	jk 71.33	lm 82.33	d 72.44
Entrophospora infrequens (M4)	ef 41.00	i 64.33	lm 83.67	c 63.00
Scutellospora sp. (M5)	h 51.33	k 75.33	no 92.00	d 72.89
Archaeospora trappei (M6)	d 33.67	fg 42.67	h 53.33	b 43.22
Funneliformis mosseae (M7)	i 64.33	mn 89.67	o 97.33	e 83.78
متوسط التسميد	a 48.92	b 62.92	c 72.63	

لاحظ :الأحرف المختلفة تشير إلى فروق معنوية عند مستوى احتمال 5% حسب اختبار دنكن.

هذه النتائج تتفق تماماً مع دراســة Bouzeriba وآخرون (2021) التي أظهرت أن تأثير المايكوريزا على نمو الذرة وامتصــاص الفوســفور يختلف باختلاف مستويات الفوسفور في التربة، حيث كانت الفائدة أكبر في الترب الفقيرة بالفوسفور، ولكن حتى في الترب ذات المستويات المتوسطة والعالية

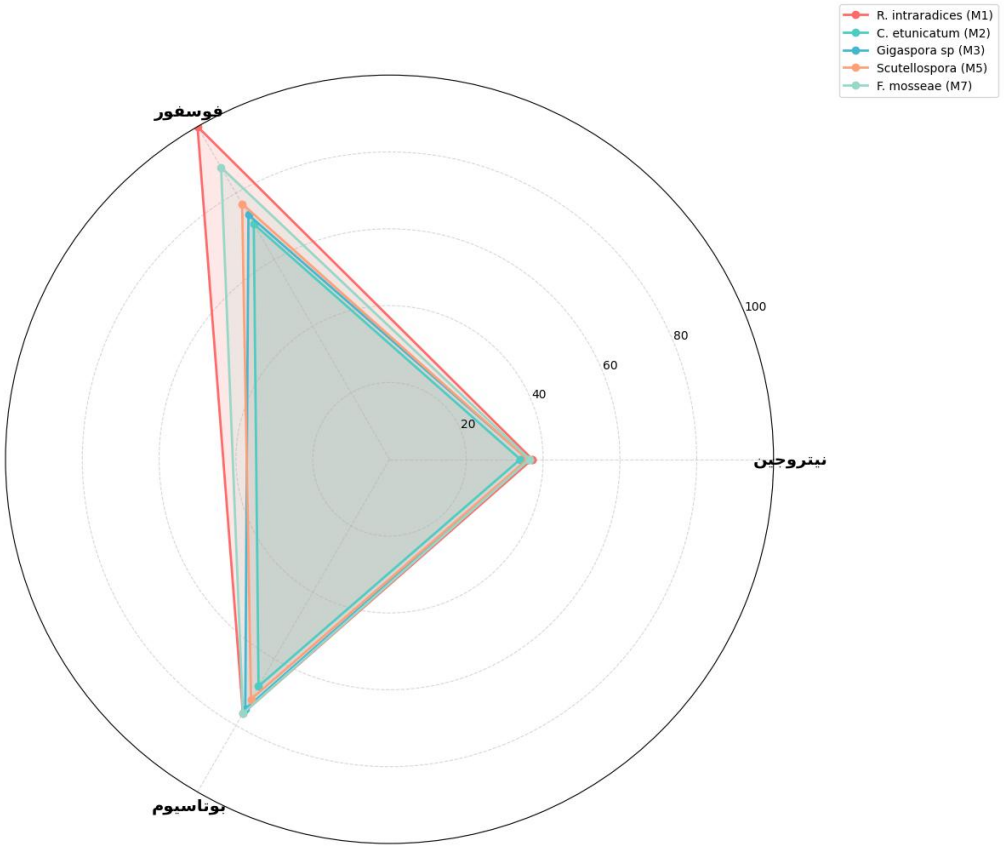
Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 30-10-2025 - **Accepted**: 29-12-2025 - **Published**: 05-01-2026

Alq J Sci. 2026;2(1):1-15
https://doi.org/10.69667/ajs.26101
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

من الفوســـفور، كان هناك تأثير إيجابي للمايكوريزا. دراســـة Buzo وآخرون (2023) أكدت أيضـــاً على أهمية التداخل بين المايكوريزا والتســـميد الفوسفاتي في الظروف الحقلية، حيث أدى هذا التداخل إلى تحسين كفاءة استخدام الأسمدة الفوسفاتية وزيادة إنتاجية الذرة بشكل معنوي.

3.6 نسبة الإصابة الفطرية في الجذور

تعتبر نســبة الإصــابة الفطرية في الجذور مؤشــراً مهماً على نجاح عملية التلقيح وقوة العلاقة التكافلية بين الفطر والنبات. أظهرت النتائج تبايناً كبيراً في نسب الإصابة بين السلالات المختلفة ومستويات التسميد الفوسفاتي. سجلت سلالة Rhizophagus intraradices أعلى متوسط لنسبة الإصابة بلغ 92.11%، تلتها سلالة Funneliformis mosseae بمتوسط 83.78%، بينما سجلت معاملة الشاهد نسبة إصابة طبيعية منخفضة جداً بلغت 5.22% ناتجة عن وجود أبواغ طبيعية في التربة. هذه النسب العالية من الإصابة في معاملات التلقيح تؤكد نجاح عملية التلقيح وتكوين علاقة تكافلية قوية بين الفطر والجذور.



شكل 5. الرسم الراداري لمقارنة أداء السلالات المختلفة عبر العناصر الغذائية الثلاثة

الملاحظ أن نسبة الإصابة ازدادت بشكل معنوي مع زيادة مستوى التسميد الفوسفاتي، وهو أمر قد يبدو متناقضاً مع بعض الدراسات التي أشارت إلى أن زيادة الفوسفور في التربة قد تثبط تكوين المايكوريزا. ولكن في هذه الدراسة، يبدو أن المستويات المستخدمة من التسميد الفوسفاتي لم تكن عالية بما يكفي لإحداث تأثير تثبيطي، بل على العكس، ساعدت على تحسين نمو النبات بشكل عام مما انعكس إيجابياً على تطور العلاقة التكافلية. ارتفع متوسط نسبة الإصابة من 48.92% في معاملة عدم الإضافة إلى 62.92% في معاملة 50 كجم/P_2O_5 هـ، ثم إلى 72.63% في معاملة 100 كجم/P_2O_5 هـ.

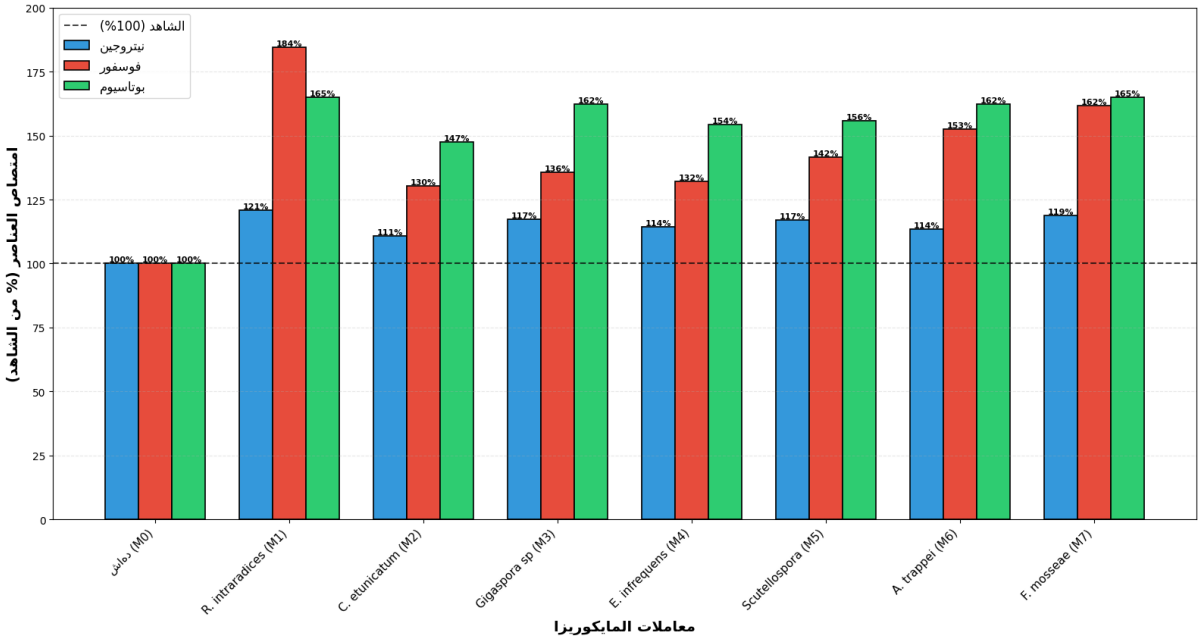
Copyright Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0
Received: 30-10-2025 - **Accepted**: 29-12-2025 - **Published**: 05-01-2026

Alq J Sci. 2026;2(1):1-15
https://doi.org/10.69667/ajs.26101
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

وجدت علاقة ارتباط إيجابية قوية بين نسبة الإصابة الفطرية وكمية العناصر الممتصة، حيث أن السلالات التي سجلت نسب إصابة أعلى كانت أيضاً الأكثر كفاءة في تحسين امتصاص العناصر الغذائية. هذا يتفق مع المبدأ الأساسي في بيولوجيا المايكوريزا والذي ينص على أن زيادة كثافة الإصابة وانتشار الميسيليوم في الجذور يؤدي إلى زيادة كفاءة امتصاص العناصر الغذائية. ومع ذلك، يجب الإشارة إلى أن العلاقة ليست دائماً خطية، حيث أن نسبة إصابة عالية جداً قد تكون مكلفة للنبات من حيث المواد الكربوهيدراتية المقدمة للفطر.

3.7 مقارنة بين السلالات المختلفة

عند المقارنة الشاملة بين السلالات السبع المستخدمة في الدراسة، يتضح أن سلالة Rhizophagus intraradices كانت الأفضل أداء عبر جميع المؤشرات المدروسة، حيث سجلت أعلى معدلات لامتصاص النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم، وأعلى نسبة إصابة فطرية. هذا يجعلها المرشح الأمثل للاستخدام في برامج التلقيح البيولوجي لمحصول الذرة في ظروف منطقة سرت. تليها في الأداء سلالة Funneliformis mosseae التي أظهرت أيضاً كفاءة عالية في تحسين امتصاص العناصر الغذائية، خاصة الفوسفور. السلالات الأخرى مثل Scutellospora sp. وGigaspora sp. وArchaeospora trappei أظهرت أداءً متوسطاً إلى جيداً، بينما كانت سلالة Claroideoglomus etunicatum الأقل كفاءة بين السلالات المختبرة.



شكل 6. المقارنة المجمعة لمتوسطات امتصاص العناصر الثلاثة حسب المعاملات

هذا التفاوت في الأداء بين السلالات يمكن أن يعزى إلى عدة عوامل بيولوجية وبيئية. فمن المعروف أن سلالات جنس Rhizophagus وFunneliformis تمتلك قدرة عالية على التكيف مع مدى واسع من الظروف البيئية وأنواع التربة، كما أنها تكون شبكة ميسيليومية كثيفة وواسعة الانتشار مما يزيد من كفاءتها في امتصاص العناصر الغذائية. بالمقابل، بعض الأجناس الأخرى قد تكون أكثر تخصصاً في ظروف بيئية معينة أو مع نباتات عائلة محددة. نتائج هذه الدراسة تؤكد على أهمية اختبار عدة سلالات محلياً قبل اعتمادها في برامج التلقيح التجارية، حيث أن الأداء قد يختلف من منطقة لأخرى حسب الظروف البيئية والتربة.

Copyright *Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0*
Received: *30-10-2025* - ***Accepted***: *29-12-2025* - ***Published***: *05-01-2026*

Alq J Sci. 2026;2(1):1-15
https://doi.org/10.69667/ajs.26101
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

4. الاستنتاجات والتوصيات

4.1 الاستنتاجات

من خلال هذه الدراسة التي أجريت لتقييم تأثير سبع سلالات من فطريات المايكوريزا الشجيرية بالتداخل مع مستويات مختلفة من التسميد الفوسفاتي على امتصاص العناصر الكبرى في المجموع الجذري لنبات الذرة في ظروف مدينة سرت، يمكن استخلاص الاستنتاجات التالية:

أولاً، أثبتت الدراسة بشكل قاطع أن التلقيح بفطريات المايكوريزا يحسن معنوياً من امتصاص العناصر الغذائية الكبرى الثلاثة (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم) في المجموع الجذري لنبات الذرة. كان التحسن الأكبر في امتصاص الفوسفور حيث وصل إلى 84% في أفضل المعاملات، يليه البوتاسيوم بنسبة 65%، ثم النيتروجين بنسبة 21%. هذا يؤكد الدور الحيوي للمايكوريزا في تحسين التغذية المعدنية للنباتات، وخاصة في الترب الرملية الفقيرة مثل تربة منطقة سرت.

ثانياً، أظهرت سلالة Rhizophagus intraradices تفوقاً واضحاً على جميع السلالات الأخرى في تحسين امتصاص العناصر الغذائية الثلاثة، مما يجعلها المرشح الأمثل للاستخدام في برامج التلقيح البيولوجي لمحصول الذرة في المنطقة. تلتها في الكفاءة سلالة Funneliformis mosseae ، بينما كانت سلالة Claroideoglomus etunicatum الأقل كفاءة. هذا التفاوت في الأداء بين السلالات يؤكد أهمية الانتقاء الدقيق للسلالة المناسبة حسب الظروف البيئية والمحصول المستهدف.

ثالثاً، أظهرت الدراسة أن التسميد الفوسفاتي يحسن من امتصاص العناصر الغذائية بشكل معنوي، ولكن الزيادة في مستوى التسميد من 50 إلى 100 كجم/P_2O_5 هـ لم تحقق زيادة مماثلة في الامتصاص، مما يشير إلى وجود استجابة متناقصة مع زيادة التسميد. هذا يؤكد على أهمية تحديد المستوى الأمثل من التسميد الذي يحقق أعلى كفاءة اقتصادية دون إسراف في استخدام الأسمدة.

رابعاً، كشفت الدراسة عن وجود تأثير تآزري معنوي بين التلقيح بالمايكوريزا والتسميد الفوسفاتي، حيث كانت استجابة معاملات التلقيح للتسميد أكبر من استجابة معاملة الشاهد. هذا يدل على أن المايكوريزا لا تحل محل التسميد الكيماوي بالكامل، بل تعمل على تحسين كفاءة استخدامه، مما يمكن أن يقلل من الكميات المطلوبة من الأسمدة بنسبة قد تصل إلى 25–30% دون التأثير سلباً على الإنتاجية.

خامساً، أظهرت نسب الإصابة الفطرية في الجذور علاقة ارتباط إيجابية قوية مع كفاءة امتصاص العناصر الغذائية، حيث سجلت السلالات الأكثر كفاءة في تحسين الامتصاص أعلى نسب إصابة فطرية. كما أن نسبة الإصابة ازدادت مع زيادة مستوى التسميد الفوسفاتي في المدى المستخدم في هذه الدراسة، مما يشير إلى أن التسميد المعتدل لا يثبط تكوين المايكوريزا بل قد يعززه.

سادساً، تؤكد نتائج هذه الدراسة على إمكانية استخدام السلالات المحلية من فطريات المايكوريزا المعزولة من غابات الجبل الأخضر بنجاح في تحسين إنتاجية المحاصيل في الظروف البيئية لمنطقة سرت. هذا يفتح المجال لتطوير صناعة محلية للقاحات البيولوجية تكون أكثر تكيفاً مع الظروف المحلية وأقل تكلفة من اللقاحات المستوردة.

4.2 التوصيات

بناءً على نتائج هذه الدراسة، يمكن تقديم التوصيات التالية:

أولاً، يوصى باستخدام سلالة Rhizophagus intraradices في برامج التلقيح البيولوجي لمحصول الذرة في منطقة سرت ومناطق مشابهة في ليبيا، نظراً لتفوقها الواضح في تحسين امتصاص العناصر الغذائية. يمكن إنتاج هذه السلالة تجارياً على نطاق واسع لتوفيرها للمزارعين بأسعار معقولة.

ثانياً، يوصى باستخدام مستوى 50 كجم/P_2O_5 هـ مع التلقيح بالمايكوريزا كمعاملة مثلى، حيث حققت هذه المعاملة توازناً جيداً بين الكفاءة الزراعية والاقتصادية. هذا المستوى من التسميد مع التلقيح يمكن أن يعطي نتائج مماثلة أو أفضل من استخدام مستويات أعلى من التسميد بدون تلقيح.

Copyright *Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0*
Received: *30-10-2025* - ***Accepted***: *29-12-2025* - ***Published***: *05-01-2026*

Alq J Sci. 2026;2(1):1-15
https://doi.org/10.69667/ajs.26101
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

ثالثاً، ينصح بإجراء دراسات حقلية موسعة على مستوى مزارع الإنتاج لتأكيد نتائج هذه الدراسة في ظروف الزراعة التجارية الفعلية. يجب أن تشمل هذه الدراسات تقييم التأثير على الإنتاجية النهائية للمحصول وجودة الحبوب، بالإضافة إلى التحليل الاقتصادي لعائد الاستثمار من استخدام التلقيح البيولوجي.

رابعاً، يوصى بتوسيع نطاق البحث ليشمل محاصيل أخرى مهمة في المنطقة مثل القمح والشعير والخضروات، لتحديد أفضل السلالات لكل محصول. كما يجب دراسة تأثير التلقيح بالمايكوريزا على مقاومة النباتات للإجهادات البيئية مثل الجفاف والملوحة، وهي ظروف شائعة في منطقة سرت.

خامساً، يوصى بإنشاء مختبرات متخصصة لإنتاج لقاحات المايكوريزا عالية الجودة في ليبيا، مع وضع معايير ضبط جودة صارمة لضمان فعالية اللقاحات المنتجة. يجب أن تشمل هذه المعايير فحص نقاوة اللقاح وحيوية الأبواغ والقدرة التكافلية.

سادساً، ينصح بتنظيم برامج توعية وتدريب للمزارعين حول أهمية المايكوريزا وطرق استخدامها الصحيحة في الزراعة. يجب أن تشمل هذه البرامج شرح آليات عمل المايكوريزا، وفوائدها البيئية والاقتصادية، والممارسات الزراعية التي تعزز من فعاليتها مثل تقليل الحراثة واستخدام الأسمدة العضوية.

سابعاً، يوصى بإجراء دراسات جزيئية وجينية أعمق على السلالات المحلية عالية الكفاءة لفهم الآليات الوراثية والبيوكيميائية المسؤولة عن تفوقها في الأداء. هذا يمكن أن يساعد في تطوير سلالات محسنة وراثياً ذات كفاءة أعلى في المستقبل.

ثامناً، يجب دمج استخدام المايكوريزا ضمن نهج متكامل لإدارة التغذية النباتية Integrated Nutrient Management يشمل أيضاً استخدام الأسمدة العضوية والكيماوية المتوازنة والبكتيريا المفيدة الأخرى. هذا النهج المتكامل يمكن أن يحقق أفضل النتائج من حيث الإنتاجية والاستدامة البيئية.

تاسعاً، يوصى بإجراء دراسات طويلة المدى لتقييم تأثير الاستخدام المتكرر للمايكوريزا على مدى عدة مواسم زراعية على خصوبة التربة وصحتها البيولوجية. يجب أن تشمل هذه الدراسات تقييم التغيرات في التنوع الميكروبي والخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة على المدى الطويل.

عاشراً، ينصح بتشجيع البحث العلمي في مجال التقنيات الحيوية الزراعية وتوفير الدعم المالي والفني اللازم للباحثين والمؤسسات البحثية. يجب إنشاء شراكات بين الجامعات ومراكز البحوث والقطاع الخاص لتسريع نقل التكنولوجيا من المختبر إلى الحقل وتحقيق الاستفادة العملية من نتائج الأبحاث.

المراجع

المراجع العربية:

1. بدران، أ. ح. (2008). عزل بعض فطريات الميكوريزا Mycorrhiza spp. واختيار فاعليتها في اتاحة الفسفور من مسحوق الصخر الفوسفاتي لنبات الذرة الصفراء (رسالة ماجستير). كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا. استرجع من https://search.mandumah.com/Record/590098
2. خريبة، م. ع. (2019). الميكوريزا والنبات. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29243.57121
3. سهيل، ف. م. (2000). دور فطريات المايكورايزا نوع Glomus mosseae في نمو نباتي الحنطة والذرة الصفراء (رسالة ماجستير). جامعة ديالى.
https://www.researchgate.net/publication/317344212_Glomus_mosseae_dwr_ftryat_al maykwrayza_nw_fy_nmw_nbaty_alhntt_waldhrt_alsfra
4. عبد، أ. ع. (2013). الميكورايزا: أنواعها ووظائفها في تغذية النبات وتحسين امتصاص المغذيات. https://www.uoanbar.edu.iq/eStoreImages/Bank/1026.pdf

Copyright *Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0*
Received: *30-10-2025* - ***Accepted***: *29-12-2025* - ***Published***: *05-01-2026*

Alq J Sci. 2026;2(1):1-15
https://doi.org/10.69667/ajs.26101
Alqalam Journal of Science
مجلـــة القلم للعلـوم
https://alqalam.utripoli.edu.ly/index.php/AR

5. عبود، ن. ط.، حناوي، م. ج.، وعبود، هـــ. م. (2018). تأثير استخدام فطر المايكورايزا Glomus mosseae والسماد الكيمياوي في بعض معايير نمو وإنتاجية محصـــول الذرة الصـــفراء Zea mays L. مجلة كلية التربية – جامعة واســـط، 1(16)، 413–435 . https://doi.org/10.31185/eduj.Vol1.Iss16.329
6. قبة، ر.، وأرسلان، أ. (2015، أكتوبر). تأثير معدلات التسميد الآزوتي والفوسفوري في إنتاجية القمح وفي عدد من خصائص التربة تحت نظام الزراعة الحافظة في منطقة الاستقرار الأولى. https://www.researchgate.net/publication/336669410
7. محمد، ط. م. (2020، نوفمبر). عزل الفطريات الممرضة لأشجار العرعر بمنطقة الجبل الأخضر. في عزل الفطريات الممرضة لأشجار العرعر بمنطقة الجبل الأخضر. جامعة بنغازي، سلوق، ليبيا. https://www.researchgate.net/publication/345457466
8. المديني، ع. م.، والعمران، أ. ع. (2011). تأثير التلقيح بفطر المايكورايزا على كفاءة التسميد الفوسفاتي في الترب المستزرعة بنخيل التمر المكاثر نسجياً. مجلة العلوم الزراعية والهندسية https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2011.152233 .
9. الحديثي، ب. ع.، والعزاوي، أ. م. (2014). تأثير التداخل بين فطر الميكورايزا وفطر Aspergillus niger في جاهزية فسفور الصخر الفوســـفاتي لنبـات الحنطـة (Triticum aestivum L.) في تربـة آليـة. مجلـة ديالى للعلوم الزراعيـة، 6(1)، 101–115. https://iasj.rdd.edu.iq/journals/uploads/2025/01/19/2bb0b280f67d2c2075bf0b5195fb303b.pdf

المراجع الأجنبية:

1. Bouzeriba TBA, Mehjin AMAA, Mikaeel YF, Dennis SA, Ahmed AAA, Peter DS. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and phosphorus uptake of maize (Zea mays L.) at different levels of soil phosphorus and soil moisture. J Dryland Agric. 2021;7(3):22-33. doi: 10.5897/JODA2020.0063.
2. Buzo FS, Garé LM, Garcia NFS, Silva MSRA, Martins JT, da Silva PHG, Meireles FC, de Souza Sales LZ, Nogales A, Rigobelo EC, Arf O. Effect of mycorrhizae on phosphate fertilization efficiency and maize growth under field conditions. Sci Rep. 2023;13:3527. doi: 10.1038/s41598-023-30128-7.
3. Lu Y, Yan Y, Qin J, Ou L, Yang X, Liu F, Xu Y. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance phosphate uptake and alter bacterial communities in maize rhizosphere soil. Front Plant Sci. 2023;14:1206870. doi: 10.3389/fpls.2023.1206870.

Copyright *Author (s) 2026. Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0*
Received*: 30-10-2025 -* ***Accepted****: 29-12-2025 -* ***Published****: 05-01-2026*