

عزل وتعريف أجناس الفطور الجذرية الميكوريزا المتعايشة مع جذور وترب عوائل نباتية مختلفة في سورية

شعلة العبود الخاروف

قسم وقاية النبات، كلية الهندسة الزراعية، جامعة الفرات، دير الزور، سورية؛ الهيئة العامة للتقانة الحيوية، دمشق، سورية.

*البريد الإلكتروني للباحث المرسل: shoula_kharouf@yahoo.com

الملخص

الخاروف، شعلة العبود. 2024. عزل وتعريف أجناس الفطور الجذرية الميكوريزا المتعايشة مع جذور وترب عوائل نباتية مختلفة في سورية. مجلة

وقاية النبات العربية، 42(4): 424-435. <https://doi.org/10.22268/AJPP-001277>

جمعت 36 عينة جذور لعوائل نباتية مختلفة مع التربة المحيطة بها، خلال موسم 2021-2022، شملت كلاً من محافظات: الحسكة (5 مواقع)، ديرالزور (3 مواقع)، الرقة (موقعين)، اللاذقية (3 مواقع)، طرطوس (موقعين)، حمص (موقع واحد)، حماه (3 مواقع) ودمشق (موقع واحد). جمعت العينات خلال ثلاثة أشهر (شباط/فبراير، آذار/مارس ونيسان/أبريل)، وشملت العينات التربة وأجزاء من جذور النباتات. حدّدت أنواع الميكوريزا بتصنيفها حسب الجنس ومعرفة مقدار المكروزة بها، وصفت شكلياً وصنفت وفقاً لمفاتيح التصنيف المعتمدة عالمياً. تمّ تحديد خمسة أجناس من فطور الميكوريزا المتعايشة مع جذور النباتات المدروسة في مناطق الدراسة، وهي: الجنس *Acoulospora* sp. كانت نسبة المكروزة 56% وعزلت من محيط نباتات الفول، بينما في موقع القامشلي كانت نسبة المكروزة 20%؛ أما الجنس *Paraglomus* sp. فقد عزل من نباتات الفصيلة الخيمية وكانت نسبة المكروزة 20.8%؛ أما الجنس *Glomus* sp. والذي كان أكثر الأجناس تردداً في أغلب المناطق مما يدلّ على انتشاره الواسع، وتميز بنسبة مكروزة وصلت إلى 80%؛ بالنسبة للجنس *Gigaspora* بلغت نسبة المكروزة 62%، بينما كانت نسبة المكروزة للجنس *Septoglomus* قليلة نسبياً (20%)؛ في حين كانت نسبة المكروزة عند الجنس *Entrophospora* هي الأقل بين كل الأجناس حيث بلغت 11.9%. تبين من هذه الدراسة أنه على الرغم من تفاوت نسبة المكروزة حسب الأجناس التي تمّ عزلها ومدى تأثيرها على الفصائل النباتية المختلفة، إلا أنها تدل على وجود الميكوريزا في كل أنواع الترب، والتي تلعب دوراً في تنشيط وزيادة كفاءة النباتات مما يحقق نسبة نمو وإنتاج أعلى.

كلمات مفتاحية: الفطور الجذرية، الميكوريزا، سورية.

المقدمة

الخارجية عن فطريات تعود إلى صنف الفطريات البازيدية (Basidiomycetes) والكيسية (Ascomycetes) والتي تصيب أشجار الغابات ومنها نباتات الصنوبر والبلوط والكيينا (Peterson et al., 2004). وتضمّ الميكوريزا الداخلية الميكوريزا الحويصلية التشجيرية (Vesicular Arbuscular Mycorrhiza, VAM) التي تسببها فطور تعود إلى Zygomycetes (Pérez et al., 2019) والتي تصيب معظم محاصيل الخضر والحبوب والأعشاب (Abdalla et al., 2000؛ Janeeshma et al., 2020).

تتكاثر فطور الميكوريزا بعدة طرائق منها إنتاج الأبواغ وهي وحدات تكاثرية دقيقة ذات أشكال وألوان وأحجام مختلفة، يتراوح قطرها في حدود 10-100 ميكرومتر (Toh et al., 2018)، تنتشر الأبواغ بوساطة الرياح أو الغبار أو الماء أو الحشرات أو حيوانات أخرى وتكون عاملاً لتوطين الفطور في مواقع جديدة (Arul & Nelson, 2016)، وخلال دورة حياة الفطر تنتج عادة أبواغاً لا جنسية بأعداد كبيرة ولها المقدرة على الانبات عند وجود العائل والظروف المناسبة. وقد عزلت أجناس من فطور

يعبر مصطلح الميكوريزا (Mycorrhizae) عن نمط التعايش بين الفطر والجذور وهو نمط نافع لكليهما، حيث تقوم هذه الفطور بعلاقة تكافلية مع جذور العديد من النباتات وتكون علاقات مفيدة غير مرضية وليست شاذة (Mosse, 1977)، وتلعب دوراً مهماً في تغذية النبات وتحسين امتصاص المغذيات، وهي علاقة يستجيب لها النبات العائل فيتحسن نموه وتزداد مقاومته للأمراض (Haas et al., 2005؛ Trappe, 1962)، وتستمر حالة التعايش المذكورة طوال حياة النبات. وبالتالي، إنّ حالات الميكوريزا حالات طبيعية وليست حالات شاذة وإن حوالي 95% من النباتات الراقية تمتلك هذه العلاقة (البغدادي، 1991). كما تزيد الميكوريزا المحتوى الرطوبي للنبات ومقاومته لإجهادات جفاف التربة (العسافي وآخرون، 2017). هناك أنواع كثيرة من الميكوريزا وهي الميكوريزا الخارجية والميكوريزا الداخلية (Dodd et al., 2000). تنتج الميكوريزا

الكزبرة (*Coriandrum sativum*)، الفليفلة (*Capsium annuum*)، البندورة (*Lycopersicon esculentum*)، الثوم (*Allium sativum*)، الذرة الصفراء (*Zea mays*)، الذرة البيضاء (*Sorghum doura*)، البطيخ (*Citrullus vulgaris*)، الحمص (*Cicer arietinum*) والكمون (*Foeniculum vulgare*).

جمع عينات التربة

جمعت 36 عينة جذور نباتات مع التربة المحيطة بها، في موسم 2021، شملت خمسة مواقع في محافظة الحسكة (عاموداء، المالكية، القامشلي، تل بيدر وتل براك)، ثلاثة مواقع في محافظة دير الزور (بحوث سلعو، المريعية والبوليل)، موقعين في محافظة الرقة (الخميسية ومعदान)، ثلاثة مواقع في محافظة اللاذقية (بانياس، محطة صنوبر والحفة)، موقعان في محافظة طرطوس (صافيتا وديريكيش)، موقع واحد في محافظة حمص (المشرفة)، ثلاثة مواقع في محافظة حماه (صوران، سقيلية وبحوث الغاب)، موقع واحد في محافظة دمشق (حقول الهيئة العامة للتقانة الحيوية). جمعت العينات خلال ثلاثة أشهر، هي شباط/فبراير، آذار/مارس ونيسان/أبريل، وشملت التربة وأجزاء من جذور النباتات على عمق 10-30 سم من المحيط الجذري للنبات. أخذت 4 عينات تربة مع الجذور من كل موقع بمقدار 250 غ، تم خلطها بشكل جيد لتمثل عينة مركبة ممثلة لكامل الموقع. وضعت العينات الترابية في أكياس بولي إيثيلين نظيفة ومعقمة ودونت عليها المعلومات الخاصة بكل عينة (اسم العينة، الموقع، تاريخ أخذ العينة والمحصول النباتي الذي تمثله). درست خواص التربة من المواقع الممثلة للعينات (جدول 1)، بينما حفظت عينات الجذور بمحلول فورمالين أسيتون الكحول (FAA)، ثم نقلت عينات التربة والجذور إلى مختبرات الهيئة العامة للتقانة الحيوية بدمشق وذلك لفحصها ومعرفة مقدار المكرزة بها. جففت التربة الرطبة هوائياً على درجة حرارة الغرفة قبل التخزين ثم حفظت العينات عند حرارة 5°س لحين استخدامها.

الميكوريزا في المناطق الجافة وشبه الجافة ولها دور مهم في زيادة مقاومة النباتات للجفاف (De Souza et al., 2016). تأتي أهمية دراسة الميكوريزا من فاعليتها في زيادة إنتاج النباتات الممكرزة وصولاً إلى تحقيق نسبة عالية من الإنتاج بأقل التكاليف، وخصوصاً في حالة المحاصيل الحقلية (خربية وزنكته، 2019) التي تزرع على مساحات واسعة حيث تبرز أهميتها في توفير كميات لا بأس بها من الأسمدة الكيميائية، مما يقلل من الأضرار البيئية والتكاليف الاقتصادية الناجمة عن الاستخدام الكبير لهذه الأسمدة (الأشقر، 2000)، كما تزيد من فرص نجاح الزراعة في المناطق ذات الترب الفقيرة (Bonfante et al., 2010). نشير هنا إلى أهمية التلقيح بفطريات ممكرزة فعالة بدءاً من المشتل بطرائق العدوى المختلفة، مما يسهل نشرها في مواقع الزراعة ويسهم بنجاح المشروع وديمومته، ومن خلال التشجيع للنمو المشترك للمحاصيل الحقلية والفطريات الميكوريزية غير المتخصصة في تعايشها مع نوع نباتي واحد أي تكون قابلة للتعايش مع أنواع نباتية مختلفة، واستثمار التأثيرات المفيدة لها في تحسين النمو والإنتاج كماً ونوعاً.

هدف هذا البحث إلى تعريف لأجناس الميكوريزا الحويصلية الشجرية الداخلية (VAM) على عوائل نباتية مختلفة وتحديد نسبة المكرزة وإظهار حالة التعايش بينها وبين عوائلها في مواقع مختلفة في سورية.

مواد البحث وطرائقه

جمعت العينات النباتية بشكل عشوائي من ثمانية مواقع، وهي عبارة عن جذور النباتات المدروسة مع التربة المحيطة بها. اشتملت الدراسة على 10 نباتات من عوائل نباتية مختلفة: القمح (*Triticum aestivum*)، الشعير (*Hordeum vulgare*)، الفول (*Vicia faba*)، البصل (*Allium cepa*)، العدس (*Lens culinaris*)، حبة البركة (*Nigella sativa*).

جدول 1. بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة في المناطق المدروسة.

Table 1. Some physical and chemical characteristics of the soil in the studied areas.

تركيب التربة			كبريتات الكالسيوم CaSO ₄ (g/Kg)	التوصيل الكهربائي EC (Dcmns/m)	درجة الحموضة pH	Soil type	نوع التربة
الطينية Clay	الطينية Loamy	الرملية Sandy					
25.3	43.5	58.2	76.5	3.50	7.30	Sandy loamy clay	رملية طينية
16.5	68.1	23.4	20.0	2.26	7.81	Loamy	طينية
18.1	27.4	49.0	37.0	1.10	6.70	Loamy sandy	رملية طينية
2.2	7.4	74.0	51.0	2.90	7.10	Sandy	رملية
29.5	9.2	61.8	210.0	2.25	7.40	Sandy clay	رملية طينية
32.6	76.4	22.5	235.0	3.60	7.60	Clay	طينية

استخراج أبواغ الميكوريزا من التربة

القياسات وكافة المواصفات التي تخص كل بوغة (شكل البوغة، لونها، قطرها، سماكة الجدار، عدد طبقات الجدار، لون الجدار وطبقاته، وجود أو غياب الحامل البوغي وشكله وطريقة اتصاله بالبوغة). أخذت صور للأبواغ المختلفة باستخدام كاميرا رقمية، عرفت هذه الأبواغ على مستوى الجنس بناءً على المفاتيح التصنيفية المعتمدة عالمياً (Schenck & Perez, 1990).

تقدير نسب المكروزة في المقاطع الجذرية

اختيرت 3 نباتات من كل عينة من العينات المدروسة بشكل عشوائي، ومن كل نبات اختيرت 5 جذور (كل منها بطول 10 سم)، وتم تقسيم كل جذر إلى 10 قطع بطول 1 سم. صيغت القطع الجذرية بمحلول تريبان الأزرق، وضعت على شرائح زجاجية (5 قطع على الشريحة) وغطيت بساترة، وتم فحصها بالمجهر الضوئي المزود بكاميرا رقمية موصولة مع الحاسوب (ماركة OPTIKA)، وبرنامج لعرض الصور الملتقطة لمشاهدة درجات الإصابة بفطور الميكوريزا الداخلية، حيث أن مشاهدة هيفات الفطر أو الحويصلات الفطرية أو التفرعات الشجرية داخل المقاطع الجذرية يعني وجود إصابة بفطور الميكوريزا الداخلية (Habte & Osorio, 2001). قُدرت نسب المكروزة من خلال النسبة المئوية لانتشار فطور الميكوريزا الداخلية وفق المعادلة (Gerdemann *et al.*, 1975):

$$\text{النسبة المئوية للجذور المستعمرة (PRC \%)} = \frac{\text{عدد القطع الجذرية المستعمرة}}{\text{العدد الكلي للقطع الجذرية المدروسة}} \times 100$$

النتائج والمناقشة

توصيف فطور الميكوريزا الشجرية

عند فحص العينات المستخدمة في الدراسة، عرفت الأجناس التابعة لفطور الميكوريزا الحويصلية الشجرية، وعرفت الأجناس على أساس لون الأبواغ وشكلها وحجمها وطبيعتها ارتباطها بالخيوط الفطرية وعدد جدران الأبواغ وسمكها. تبين وجود أبواغ تابعة لستة أجناس من فطور الميكوريزا بناءً للخصائص النموذجية المميزة، وذلك حسب المفتاح التصنيفي المعتمد (Oehl *et al.*, 2011) (جدول 2).

توضح الجداول 3 و 4 عدد أبواغ أجناس فطور الميكوريزا (VAM) المختلفة المعزولة من منطقة جذور النباتات المزروعة على اختلاف فصائلها النباتية ومواقع زراعتها، نسبة إصابة العائل النباتي بها ونسب وجودها. وتتفق هذه النتائج مع ما نشر سابقاً (Al-Kartani *et al.*, 2012؛ Al-Taie, 2010) بأن أبواغ الميكوريزا تنتشر في كثير من الترب وأن اختلاف أعدادها قد يعود إلى نوع النبات العائل

استخدمت طريقة المناخل الرطبة والتثقيب بالسكرور لاستخراج أبواغ الميكوريزا من التربة (Quilambo, 2003). تم خلط 200 غ من كل عينة تربة مركبة مع لتر واحد من الماء بواسطة خلاط كهربائي لمدة 10 دقائق تقريباً، وتمت إضافة Tween 80 بنسبة 0.5% لتجنب حدوث الرغوة. تركت العينات حتى ترسبت الأجزاء الثقيلة من التربة، ثم مرر معلق التربة المائي عبر سلسلة من المناخل المعدنية، أقطار فتحاتها متباينة، تبدأ بـ 750 ميكرومتر، لإزالة الأجزاء الكبيرة من المادة العضوية والسماح للأبواغ بالمرور عبرها. مررت الرشاحة والبقايا المحتجزة عبر منخل بفتحات 250 ميكرومتر، ثم 100 ميكرومتر، بعد ذلك مرر الطمي والأبواغ الصغيرة الباقية عبر منخل بفتحات 50 ميكرومتر. جمعت كافة البقايا والرشاحة الناتجة عن المناخل المختلفة وتم تثقيبها عند سرعة 2000 دورة/د، لمدة 5 دقائق. أضيف لأنابيب الطرد المحتوية على الراسب محلول بتركيز 50% من السكرور وعرض للتثقيب مرة ثانية بسرعة 2000 دورة/د. استبعد السائل وغسل الراسب بالماء فوق منخل 50 ميكرومتر، ووضعت نواتج كل أنبوب في طبق بترتي تمهيداً لفحصها تحت عدسة مكبرة (Schenck & Perez, 1990).

استخراج أبواغ الميكوريزا من الجذور

أجريت مقاطع تشريحية لجذور النباتات المدروسة، أخذت جذور النباتات بعد تقطيعها إلى أجزاء صغيرة (1 سم) ونظفت بالماء بهدوء، ثم وضعت في وعاء يحتوي محلول 10% هيدروكسيد البوتاسيوم ووضعت في حمام مائي لمدة 30 دقيقة عند حرارة 90°س. نظفت الجذور مرة أخرى بالماء ثم وضعت في وعاء يحوي 1% حمض كلور الماء لمدة 4 دقائق، ثم صيغت بمحلول تريبان الأزرق 5% (Trypan blue 0.05%)، وتركت المقاطع الجذرية لمدة 12 ساعة في محلول الصبغة. غسلت الجذور المصبوغة بالماء عدة مرات ووضعت في طبق بترتي يحوي مادة اللاكتيك كمادةحافظة (Phillips & Hayman, 1970؛ Vierheilig *et al.*, 2005). فحصت العينات تحت المجهر لمشاهدة البنى الداخلية المميزة لفطور الميكوريزا في الجذر (التفرعات الشجرية، الحويصلات) (Phillips & Hayman, 1970).

التوصيف الشكلي لأبواغ الميكوريزا

بعد استخراج أبواغ فطور الميكوريزا، وضعت في زجاجة ساعة تحوي ماء مقطر. التقطت الأبواغ بواسطة ماصة باستور، ووضعت على شريحة زجاجية ضمن قطرة من الغليسرين وغطيت بساترة وثبتت بغية دراستها لاحقاً بواسطة المجهر الضوئي، للتعرف عليها وتوصيفها شكلياً/مورفولوجياً. فحصت الأبواغ بواسطة المجهر الضوئي وسجلت

على عدة محاصيل (بصل، ذرة صفراء، حمص، بندورة/طماطم، قمح، ثوم، شعير، ذرة بيضاء وكمون)، وكان أكثر الأجناس تردداً في أغلب المواقع وعلى أغلب النباتات المختبرة. بينت نتائج الفحص المجهرى للعينات وجود أبواغ هذا الجنس بشكل منفرد (Pérez et al., 2019)، وبلون بني إلى بني مصفر، وبشكل كروي، وذات سطح أملس، وبلغ متوسط أبعادها 212.6×231 ميكرومتر، ويمكن أن تتفصل الخيوط الفطرية عن البوغعة مع تقدمها بالعمر (Alguacil et al., 2016). وقد سجل هذا الجنس لأول مرة عام 1985 في أمريكا (Berch & Trappe, 1985) حيث تم عزله من محيط جذور نبات الذرة الصفراء، كما عزل من محيط جذور النباتات في الغابات ومن الترب الرملية (Greipesson et al., 2002) (شكل 1).

(Liu et al., 2017) وجنس الفطر وخواصه الفيزيائية والكيميائية والحيوية (خريبة وزنكنه، 2019؛ Damodaran et al., 2012؛ Frank, 1888)، كما أن أبواغ فطور الميكوريزا تنتشر في جميع مناطق زراعة النباتات وخصوصاً في المناطق الأكثر جفافاً (Arul & Nelson, 2016). أظهرت نتائج الفحص المجهرى للعينات المستخدمة في الدراسة وجود أبواغ تابعة لستة أجناس من فطور الميكوريزا والتي تملك الخصائص النموذجية المميزة للأجناس وهي كما يلي:

الجنس *Glomus*

عزلت أبواغ أنواع من الميكوريزا تتبع الجنس *Glomus* من كافة العينات الترابية المجموعة من مواقع الدراسة (القامشلي، تل براك، عامودا، المالكية، سفيرة، البوليل، الخريطة، بانياس وحقول التقانة الحيوية بدمشق)

جدول 2. تحديد أجناس الميكوريزا التي تم عزلها من مناطق المسح الحقلية في سورية.

Table 2. Identification of the Mycorrhiza genera isolated from surveyed areas in Syria.

المناطق التي تم عزل الميكوريزا منها	Genus	الجنس
الحسكة (القامشلي، تل براك، عامودا والمالكية)، حلب (سفيرة)، دير الزور (البوليل والخريطة)، اللاذقية (بانياس)، دمشق (حقول الهيئة العامة للتقانة الحيوية) وحمص (المشرفة)	<i>Glomus</i>	
Al-Hasakeh (Qamishli, Tell Brak, Amuda, Al-Malikiyah), Aleppo (Safira), Deir Ezzor (Al-Boulil, Al Kharita), Latakia (Baniyas), Damascus (NCPT fields) and Homs (Al-Mushrifah)		
الحسكة (تل بيدر)، حلب (سفيرة)، الرقة (الخميسية)، حماه (صوران) والغاب (السقيلية).	<i>Septoglomus</i>	
Al-Hasakeh (Tel Baidar), Aleppo (Safira), Raqqa (Al-Khamisiyyah), Hama (Soran) and Al-Ghab (Saqlbiyya)		
الحسكة (المالكية)، اللاذقية (بانياس)، دير الزور (البوليل)، حلب (سفيرة) ودمشق (حقول الهيئة العامة للتقانة الحيوية)	<i>Paraglomus</i>	
Al-Hasakeh (Al-Malikiyah), Latakia (Baniyas), Deir -Zor (Al-Bulil), Aleppo (Safira), Damascus (fields of the NCBT)		
دمشق (حقول الهيئة العامة للتقانة الحيوية)، طرطوس (صافيتا)، اللاذقية (بانياس) وحلب (سفيرة)	<i>Entrophospora</i>	
Damascus (NCBT fields), Tartous (Safita), Latakia (Baniyas) and Aleppo (Safira)		
الحسكة (تل بيدر والقامشلي)، دير الزور (بحوث سلو) واللاذقية (محطة صنوبر)	<i>Gigaspora</i>	
Al-Hasakeh (Tell Baidar, Al-Qamishli), Deir Ezzor (Salou Research), Latakia (Sanwbar Station)		
الحسكة (المالكية، القامشلي)، الرقة (الخميسية)، حمص (المشرفة) والغاب (السقيلية)	<i>Acoulospora</i>	
Al-Hasakeh (Al-Malikiyah, Al-Qamishli), Al-Raqqa (Al-Khamisiyyah), Homs (Al-Mushrifah) and Al-Ghab (Saqlbiyya)		

جدول 3. عدد أبواغ فطور الميكوريزا (VAM) المعزولة من منطقة الجذور للنباتات المزروعة في المواقع المختلفة.

Table 3. Number of ospores of the mycorrhizal fungi (VAM) isolated from the root zone of plants grown in different locations.

عدد الأبواغ في 10 غ تربة	Genus	الأجناس	Soil type	نوع التربة
60	<i>Glomus, Acoulospora, Entrophospora</i>		Sandy Loamy Mud	رملية طميية طينية
40	<i>Septoglomus, Glomus, Gigaspora</i>		Loamy	طميية
40	<i>Glomus, Entrophospora, Septoglomus</i>		Loamy Sandy	رملية طميية
20	<i>Entrophospora, Glomus</i>		Sandy	رملية
30	<i>Gigaspora, Acoulospora, Glomus</i>		Sandy Mud	رملية طينية
30	<i>Acoulospora, Glomus</i>		Mud	طينية

جدول 4. عدد أبواغ فطور الميكوريزا (VAM) المعزولة من منطقة جذور النبات العائل ونسبة الإصابة ونسبة وجودها.

Table 4. The number of conidia of mycorrhizal fungi (VAM) isolated from the root zone of the host plant, infection and distribution rate (%).

نسبة تواجد الفطر Distribution rate of Mycorrhiza	عدد الأبواغ في 100 غ تربة Number of conidia per 100 g of soil	نسبة المكرزة % Mycorrhizati on rate (%)	نبات عائل Host Plant	الجنس Genus
40	60	80	بصل، ذرة صفراء، حمص، بندورة/طماطم، قمح، ثوم، شعير، ذرة بيضاء، كمون Onion, maize, chickpea, tomato, wheat, garlic, barley, sorghum and fennel	<i>Glomus</i>
20	20	22.3	حمص، عدس، ذرة صفراء، شعير وفول Chickpea, lentil, maize, barley and faba bean	<i>Septoglomus</i>
15.3	15	20.8	بقونس، بصل، ثوم، فول وفليفلة Parsely, onion, garlic, faba bean and bell pepper	<i>Paraglomus</i>
9.9	40	11.9	ذرة صفراء، بصل، شعير، قمح، فول، بطيخ وكزبرة Maize, onion, barley, wheat, faba bean, watermelon and coriander	<i>Entrophospora</i>
13.3	30	62	حبة بركة، شعير، كمون، فول، بندورة/طماطم وفليفلة Black cumin, barley, fennel, faba bean, tomato and bell pepper	<i>Gigaspora</i>
20	30	56	ذرة، بصل، شعير، فول، ثوم و قمح maize, onion, barley, faba bean, garlic and wheat	<i>Acoulospora</i>

البنية (شكل 3)، وتبقى أبواغ هذا الجنس بمظهر شفاف وذات لمعان طول فترة حياتها. وغالباً ما يتمزق جدار البوغة وقد تنفصل طبقتة الخارجية تماماً حتى في الأبواغ غير الناضجة، ولها شكل اسطواني وتصيق تدريجياً بسبب سماكة الطبقة الداخلية مع تقدم الأبواغ بالعمر (Rajaram *et al.*, 2014)، وقد تكون منحنية أو مستقيمة. عزلت أبواغ هذا الجنس لأول مرة من نباتات الباذنجان في ريف دمشق (حيدر وآخرون، 2011) وقد توافقت نتائجنا مع ما نشر سابقاً (Morton & Beeny, 1990؛ Sharma *et al.*, 2008).

الجنس *Entrophospora*

وجدت أبواغ أنواع الجنس *Entrophospora* في العينات الترابية والجذرية المجموعة من الأراضي المزروعة بمحاصيل مختلفة (بندورة/طماطم، ذرة صفراء، بصل، شعير، قمح، فول و بطيخ) في كل من دمشق، طرطوس، اللاذقية وحلب. أظهر الفحص المجهرى وجود أبواغ هذا الجنس بشكل منفرد في التربة، وكان لون البوغ بنياً، شكله كروي غير منتظم، وسطحه خشن يحتوي سطح جداره الخارجي على نتوءات دقيقة. قطر البوغ 50 ميكرومتر (شكل 4)، ويتوافق ذلك مع ما نشر سابقاً (Toh *et al.*, 2018).

الجنس *Septoglomus*

عزلت أبواغ الجنس *Septoglomus* من عينات التربة المأخوذة من المحيط الجذري لجذور وتربة نباتات حمص، عدس، ذرة صفراء، شعير وفول في مواقع منطقة تل براك، سفيرة، البوليل والغاب. بين الفحص المجهرى وجود أبواغ هذا الجنس بشكل منفرد في الجذور والتربة، ذات لون أصفر داكن، كروية الشكل سطحها خشن (الأشقر، 1999) وتشكل مكان اتصال البوغة بحاملها ما يشبه القمع (شكل 2) (خريبة وزنكنه، 2019). وقد توافقت مواصفات هذا الجنس مع ما هو موجود في ترب وجذور نباتات الغابات في بولندا (Blaszkowski *et al.*, 2001).

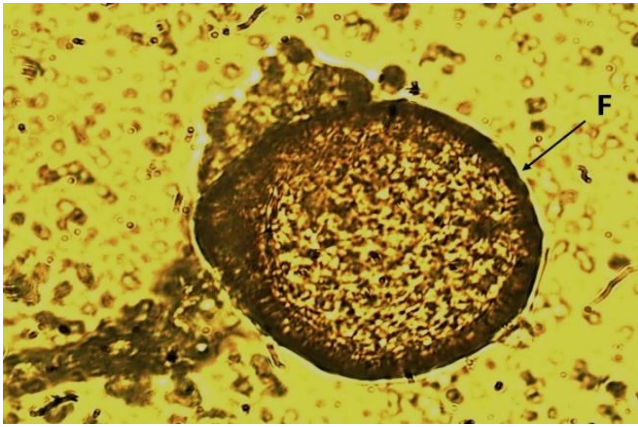
الجنس *Paraglomus*

عزلت أبواغ أنواع تتبع الجنس *Paraglomus* من عينات التربة المأخوذة من محيط وجذور وتربة نباتات مختلفة (بندورة/طماطم، بقونس، بصل، ثوم وفول) في مواقع منطقة المالكية، بانياس، البوليل وحلب فقط، وتميزت بمظهر شفاف يميل إلى اللون البني، وبشكل كروي إلى نصف كروي، أو بيضوي أحياناً، وبلغت أبعادها بالمتوسط 56.8×59.5 ميكرومتر. تكون جدار البوغة من ثلاث طبقات شفافة اللون بلون أصفر يميل إلى



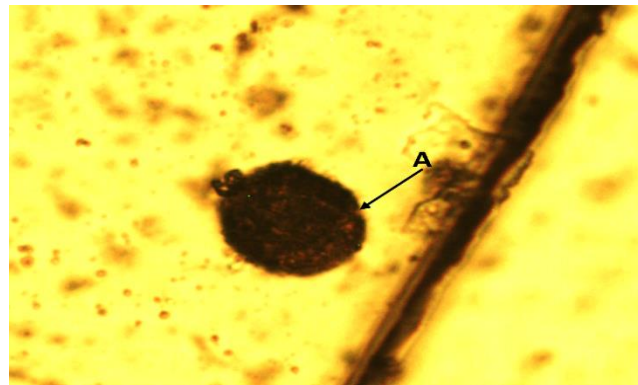
شكل 2. أبواغ الميكوريزا جنس *Septoglosum* تحت قوة تكبير 40x. G: مكان اتصال حامل البوغة مع البوغة يشكل ما يشبه القمع.

Figure 2. Conidia of the mycorrhiza genus *Septoglosum* with 40x magnification. G: The place where the sporangium connects with the sporophyte to form a funnel.



شكل 3. أبواغ الميكوريزا جنس *Paraglosum* تحت قوة تكبير 40x. F: جدار البوغة المكون من ثلاث طبقات شفافة، بلون أصفر يميل للبني.

Figure 3. Conidia of the mycorrhiza genus *Paraglosum* with 40x magnification. F: The spore wall which consists of three transparent layers, yellow to brown in color.



شكل 4. بوغ الميكوريزا من جنس *Entrophospora* تحت قوة تكبير 40x. A: شكل البوغ كروي غير منتظم، سطحه خشن، يحتوي سطح جداره الخارجي على نتوءات دقيقة.

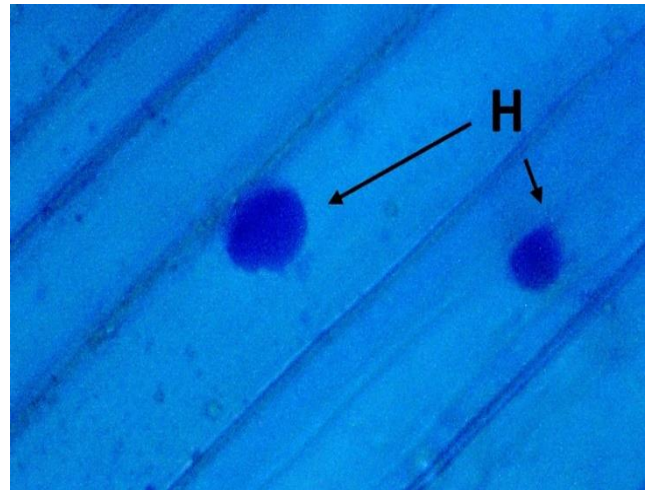
Figure 4. Conidia of the mycorrhiza genus *Entrophospora* with 40x magnification. A: The conidiospore spore is spherical, irregular, with a rough surface, and its outer wall contains fine protrusions.

الجنس *Gigaspora*

عزلت أبواغ أنواع الجنس *Gigaspora* من عينات التربة والجذور المأخوذة من المحيط الجذري لنباتات مختلفة (بندورة/طماطم، حبة البركة، شعير، كمون، فول وكزبرة) في مواقع الحسكة، القامشلي، دير الزور، البوليل واللاذقية. بيّن الفحص المجهرى وجود أبواغ هذا الجنس بشكل منفرد في الجذور والتربة، وتميز الجنس بأن لون أبواغه أبيض شفاف، كروية الشكل، تميزت بوجود انتفاخ في منطقة اتصال البوغ بالحامل البوغي. سطح البوغ أملس شفاف، قطره 60 ميكرومتر. يمتد أنبوب الإنبات مباشرة من الجدار الخارجي قرب قاعدة البوغ، له جدار واحد رقيق وشفاف (Verbruggen *et al.*, 2013)، كما وجد البوغ بشكل مفرد في التربة (شكل 5)، وهذا ما أكدته نتائج فحص عينات ترب وجذور نباتات بقولية في اسبانيا (Oehl *et al.*, 2011).

الجنس *Acoulospora*

عزلت أبواغ أنواع الجنس *Acoulospora* في العينات الترابية والجذرية المجموعة من الأراضي المزروعة بنباتات مختلفة (ذرة، بصل، شعير، فول، ثوم وقمح) في مواقع مختلفة (المالكية، القامشلي، الحسكة، الخميسية، الرقة، حمص والغاب). بيّن الفحص المجهرى وجود أبواغ هذا الجنس بشكل منفرد، كما أظهر أن لون البوغ بني غامق، وهو قصير جداً، وشكل كروي، يتوضع أنبوب الإنبات بشكل عمودي في منطقة التقاء البوغ بالخيط الفطري (شكل 6) وتوافقت هذه النتائج مع نتائج نشرت سابقاً (Kariman *et al.*, 2005).

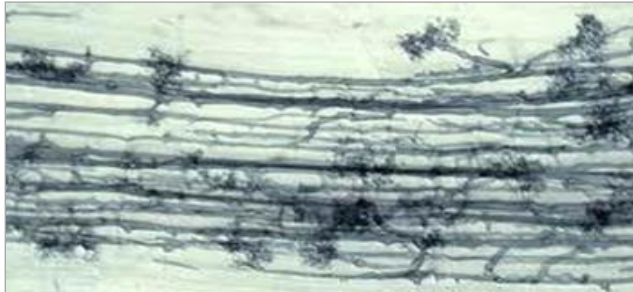


شكل 1. أبواغ الميكوريزا من جنس *Glomus* تحت قوة تكبير 40x. H: أبواغ هذا الجنس بشكل منفرد وكروي، وذات سطح أملس.

Figure 1. Conidia of the mycorrhiza genus *Glomus* with 40X magnification. H: Single and spherical conidia with smooth surface.

هذه البكتيريا وزيادة كفاءتها مما يحقق نسبة نمو وإنتاج أعلى. ويبين شكل 7 شكل وكثافة شجيرات الميكوريزا المعزولة من نبات العدس، ويبين الشكل 8 مدى غزارة الحويصلات في جذور نبات الفول (Pérez *et al.*, 2019).

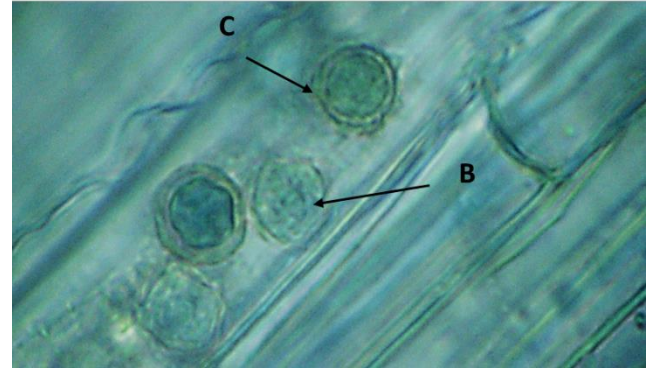
فصيلة النجيليات (Graminaceae) - أبدت نباتات الفصيلة النجيلية، وبخاصة القمح، تبايناً في نسبة المكرزة، فالعينات التي جمعت من منطقة عامودا وكانت مأخوذة قبل مرحلة التسنبل لوحظ أن نسبة الميكوريزا في جذورها قليلة جداً (بلغت 10% فقط)، أما العينات التي أخذت بعد مرحلة التسنبل فكانت نسبة المكرزة فيها 60%، وكانت الحويصلات فيها واضحة، ويتوافق هذا مع ما نشر سابقاً (Janeeshma *et al.*, 2020)، وعلى غرار ذلك، كانت نسبة المكرزة 10% في العينات التي أخذت قبل التسنبل في منطقة تل براك، وقابلتها فيها نسبة مكرزة وصلت إلى 40% في العينات التي أخذت بعد التسنبل من المنطقة نفسها (جدول 6)، وكانت الحويصلات واضحة وكبيرة (شكل 9). بينما أبدت العينات المأخوذة من جذور الشعير المزروع ميكراً رد فعل متوسط حيث كانت نسبة المكرزة 25%، وهذا يدل على أنه كلما تقدم عمر النبات فإن فطور الميكوريزا تصبح أكثر فاعلية (Crossay *et al.*, 2017).



شكل 7. شكل وكثافة شجيرات الميكوريزا المعزولة من نبات العدس.
Figure 7. Form and density of arbuscules of mycorrhizae isolated from *Lens culinaris*.

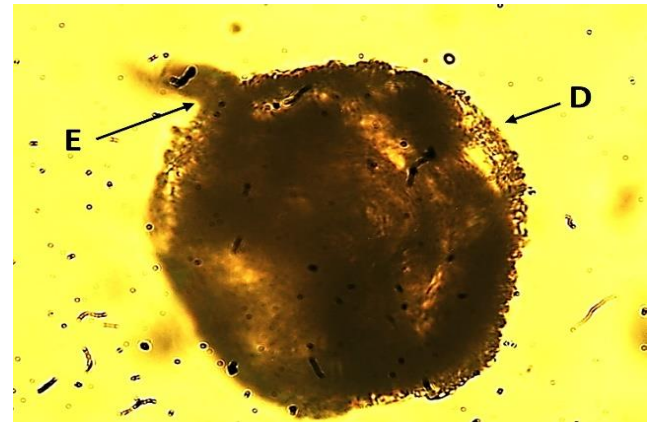


شكل 8. مدى غزارة الحويصلات في جذور نبات الفول.
Figure 8. The abundance of vesicles in the roots of a *Vicia faba* plant



شكل 5. أبواغ الميكوريزا جنس *Gigaspora* تحت قوة تكبير 40x. B: لون البوغ أبيض شفاف، كروي الشكل، C: جدار البوغ مكون من طبقة واحدة، رقيق وشفاف.

Figure 5. Conidia of the mycorrhiza genus *Gigaspora* with 40x magnification. B: The color of the spore is white, transparent, and spherical in shape. C: Single layer wall of the spore, thin and transparent.



شكل 6. بوغ الميكوريزا من جنس *Acoulospora* تحت قوة تكبير 40x. D: لون الأبواغ بني غامق ونقطة التقاء حامل البوغ، E: منطقة التقاء البوغ بالخيط الفطري.

Figure 6. Conidia of the mycorrhiza genus *Acoulospora* with 40x magnification. D: Dark brown spore, E: The area where the spore meets the fungal hyphae.

نسبة المكرزة في الأصناف المختبرة

من خلال الدراسة المجهرية للعينات وجدنا أن نسبة كبيرة من النباتات التي تتبع فصائل مختلفة كانت مكرزة، مما يؤكد وجود الميكوريزا في 93% من ترب مناطق جمع العينات، وهذا ما تمت الإشارة إليه سابقاً (Frank, 1892؛ Trappe, 1962).

فصيلة البقوليات (Fabaceae) - عند دراسة النباتات البقولية (الفول والعدس) وجد أنها مكرزة بنسبة تتفاوت ما بين 30% في العدس و 65% في الفول (جدول 5)، ويمكن أن تدل هذه النسبة المرتفعة على وجود علاقة طردية بين بكتيريا *Rhizobium* المثبتة للأزوت الجوي وفطور الميكوريزا، حيث يمكن أن يكون للميكوريزا دورٌ في تنشيط عمل

جدول 5. التراكيب التي أظهرتها فطور الميكوريزا الحويصلية الشجرية المعزولة من منطقة جذور نباتات العائلة البقولية والمواقع التي عزلت منها ونسبة المكرزة.

Table 5. Vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) structures are isolated from the root zone of leguminous plants, location of isolation, and mycorrhization rate.

التراكيب التي أظهرها فطر الميكوريزا VAM structures							
نسبة المكرزة % Mycorrhization rate %	الحويصلات Vesicles	الشجيرات Arbuscule	الخيوط الهيفية Hypha	المكرزة Mycorrhization	الفصيلة Family	النبات العائل Host plant	الموقع Location
65	غزيرة Abundant	-	متوسطة الغزارة Moderate Abundance	+	Fabaceae	فول Faba bean	المالكية Al-Malikiyah
70	غزيرة Abundant	قليلة Few Abundance	جيدة الغزارة Highly abundant	+	Fabaceae	فول Faba bean	القامشلي Qamishli
30	-	كثيفة Dense Abundance	متوسطة الغزارة Moderate abundance	+	Fabaceae	عدس Lentil	تل برارك Tel Barak
75	نادرة Rare	متوسطة الغزارة Moderate Abundance	كثيفة الغزارة جداً Very highly abundant	+	Fabaceae	فول قبرصي Cypriot bean	دمشق/ الهيئة العامة للتقانة الحيوية Damascus/ NCBT
50	غزيرة Abundant	نادرة Rare	واضحة Clear	+	Liliaceae	بصل Onion	القامشلي/حديقة منزلية Qamishli/Home garden
50	غزيرة جداً Very abundance	قليلة Few	واضحة Clear	+	Liliaceae	ثوم Garlic	القامشلي/هيمو Qamishli/Hemo
75	متوسطة الغزارة Moderate Abundance	قليلة Few	واضحة Clear	+	Liliaceae	بصل Onion	الحسكة/كلية الزراعة Hasakah/Faculty of Agriculture
85	-	متوسطة الغزارة Moderate abundance	كثيفة جداً Very Dense	+	Apiaceae	كزبرة Coriander	المالكية Al- Malikiyah
70	غزيرة Abundant	قليلة Few	متوسطة الغزارة Moderately abundant	+	Apiaceae	حبة البركة Black cumin	المالكية Al-Malikiyah
55	نادرة Rare	متوسطة Moderate	كثيفة Dense	+	Cucurbita ceae	بطيخ Watermelon	المالكية Al-Malikiyah

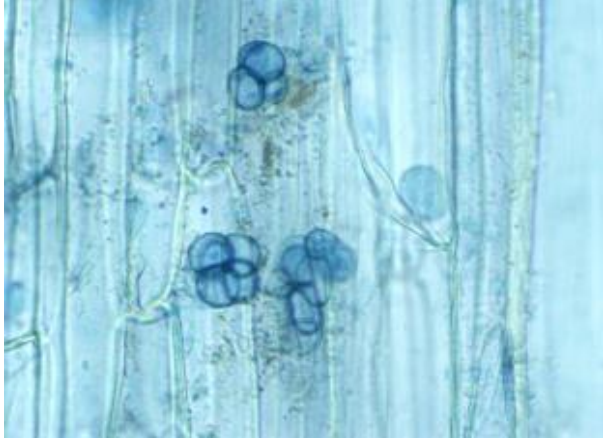


شكل 9. شكل الحويصلات في جذور نبات القمح.

Figure 9. Vesicles shape in wheat roots.

الفصيلة الثومية (Liliaceae) - وصلت نسبة المكرزة في عينات البصل المأخوذة من موقع في محافظة الحسكة (كلية الزراعة) إلى 75%، بينما كانت نسبة المكرزة في نبات البصل المأخوذة من عينة القامشلي 50%، كذلك على نباتات الثوم في منطقة هيمو بالقامشلي وصلت نسبة المكرزة إلى 50% وكانت الحويصلات غزيرة جداً (جدول 7) وتتوافق هذه النتائج مع ما نشر سابقاً (البغدادي، 1999). كما لوحظ وجود علاقة عكسية بين غزارة الشجيرات والحويصلات فكلما ارتفعت نسبة الحويصلات انخفضت نسبة الشجيرات (شكل 10 و 11) (Gomes et al., 2015)؛ (Sharma et al., 2008).

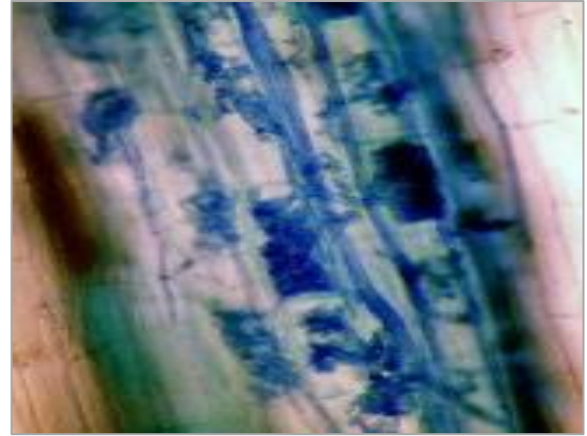
مرتفعة (جدول 9) مما يزيد من قدرة النباتات على تحمل ظروف الزراعة الصيفية ويزيد من الإنتاج ويقلل من الإصابات بالإجهادات الاحيائية والظروف غير المناسبة في التربة (Kagan et al., 2014).
 مما تقدم فإن وجود الميكوريزا في معظم الترب وعلى مختلف النباتات المدروسة في الأراضي السورية، يزيد من قدرة تلك النباتات على تحمل كل الظروف غير المناسبة بالتربة، ومنها فقد العناصر، وبخاصة النتترات التي تعدّ وحدة البناء الأساسية للمجموع الخضري في النبات، لفترة أطول من باقي النباتات غير الممكزة.



شكل 11. شكل وكثافة الحويصلات للميكوريزا المعزولة من نبات الثوم
Figure 11. Shape and density of vesicles of mycorrhiza in garlic plants.

الفصيلة الخيمية (Apiaceae) - وصلت نسبة المكزة في الفصيلة الخيمية إلى 85% في نبات الكزبرة و 70% في نبات حبة البركة وهي نسبة مرتفعة (جدول 8) تحقق زيادة قدرة النبات على مقاومة الظروف غير المناسبة في التربة وتمكنه من تحمل نقص العناصر، وبخاصة النتترات التي تعدّ وحدة البناء الأساسية للمجموع الخضري في النبات، لفترة أطول من باقي النباتات غير الممكزة (Kagan et al., 2014).

فصيلة القرعيات (Cucurbitaceae) - في الفصيلة القرعية وصلت نسبة مكزة النباتات فيها إلى 55% في نبات البطيخ الأصفر وهي نسبة



شكل 10. شكل وكثافة الشجيرات والحويصلات للميكوريزا المعزولة من نبات البصل.
Figure 10. Shape and density of arbuscules and vesicles of mycorrhiza in onion plants.

جدول 6. التراكيب التي أظهرتها فطور الميكوريزا الحويصلية الشجيرية المعزولة من منطقة جذور نباتات العائلة النجيلية والمواقع التي عزلت منها ونسبة المكزة.

Table 6. Vesicular arbuscular mycorrhizal structures isolated from the root zone of Graminae plant, locations and mycorrhization rate.

التراكيب التي أظهرها فطر الميكوريزا							
Vesicular arbuscular mycorrhizal structures							
نسبة المكزة % Mycorrhization rate %	الحويصلات Vesicles	الشجيرات Arbuscules	الخيوط Hypha	المكزة Mycorrhization	المرحلة Stage	النبات Plant	الموقع Location
10	قليلة Few	-	قليلة الغزارة Lightly abundant	+	قبل التسنبل Before heading	قمح Wheat	تل براك Tel Barak
40	واضحة Clear	نادرة Rare	متوسطة الغزارة Moderately Abundant	+	بعد التسنبل After heading	قمح Wheat	
10	قليلة Few	-	قليلة الغزارة Lightly abundant	+	قبل التسنبل before heading	قمح Wheat	عامودا Amuda
60	واضحة Clear	-	غزيرة Abundant	+	بعد التسنبل after heading	قمح Wheat	

Abstract

Al-Kharoof, Sh.A. 2024. Isolation and Identification of Mycorrhizal Fungi Associated with Roots and Soils of Different Plant Hosts in Syria. Arab Journal of Plant Protection, 42(4): 424-435. <https://doi.org/10.22268/AJPP-001277>

Thirty-six samples of plant roots with the surrounding soil were collected during the period 2021-2022, which included 5 sites in Al-Hasakeh Governorate, 3 sites in Deir Ezzor Governorate, 2 sites in Al-Raqqa Governorate, 3 sites in Latakia Governorate, 2 sites in Tartous Governorate, one site in Homs Governorate, 3 sites in Hama Governorate and one site in Damascus Governorate. Samples were collected during three months, namely February, March, and April. The types of mycorrhizae were identified by classifying them to the genus level based on internationally approved classification keys. Mycorrhization level in host plants was also determined. Five genera of mycorrhizal fungi were identified to be associated with the roots of the studied plants in the studied areas, namely: the genus *Acoulospora*, with general mycorrhization rate of 56%, isolated from the vicinity of plants of the leguminous family (faba bean), whereas mycorrhization rate in the Qamishli site was 20%, the genus *Paraglomus* was isolated from plants of the Apiaceae family with mycorrhization rate of 20.8%, the genus *Glomus* was the most frequent genus in most regions surveyed, with a mycorrhization rate of 80%, the genus *Gigaspora* with mycorrhization rate of 62%, the genus *Septoglomus* with mycorrhization rate of 20%, the genus *Entrophospora* with mycorrhization rate of 11.9%. The survey showed that mycorrhizae appeared in all soil types, and they played a role in enhancing plant growth and production.

Keywords: Mycorrhiza, locations, host plant species, Syria.

Affiliation of author: Sh.A. Al-Kharoof, Plant Protection Department, Faculty of Agricultural Engineering, Furat University, Deir Azzor, Syria; General Authority of Biotechnology, Damascus, Syria. Email address of the corresponding author: shoula_kharouf@yahoo.com

References

المراجع

- خريبة، محمد عماد وسيماء زكنه. 2019. عزل وتعريف أجناس الفطور الجذرية (الميكوريزا) المتعايشة مع جذور نبات الذرة الصفراء (*Zea mays*) في الساحل السوري. المجلة السورية للبحوث الزراعية، 6(1):402-408.
- [Khriebe, I. and S. Zangeneh. 2019. Isolation and identification of root-fungi (Mycorrhizae) genera symbiotic with corn (*Zea mays*) roots in the Syrian coast. Syrian Journal of Agricultural Research, 6(1):402-408. (In Arabic)]
- Abdalla, M.E. and G.M. Abdel-Fattah. 2000. Influence of the endo-mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* on the development of peanut pod rot disease in Egypt. Mycorrhiza, 10:29-35. <https://doi.org/10.1007/s005720050284>
- Alguacil, M.D.M., M.P. Torres, A. Montesinos-Navarro and A. Roldán. 2016. Soil characteristics driving arbuscular mycorrhizal fungal communities in semiarid Mediterranean soils. Applied and Environmental Microbiology, 82(11):3348-3356. <https://doi.org/10.1128/AEM.03982-15>
- Al-Kartani, A.O.S., A.A. Hasan and N.S.R. Al-Taie. 2012. Isolation and identification of the mycorrhizal vesicle fungi associated with different plant hosts in different environments in Salah al-Din Governorate. Tikrit Journal of Pure Sciences, 18(1):103-109.
- Al-Taie, N.S.R. 2010. Isolation and diagnosis of mycorrhizal fungi from different environmental sites in Salah al-Din Governorate and selection of an effective vaccine for the growth and yield of soybean *Glycine max*. M.Sc. thesis, College of Agriculture, Tikrit University, Iraq. 123 pp.
- Arul, A. and R. Nelson. 2016. Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in the cement dust polluted sites of Ariyalur District, Tamil Nadu. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences, 3(1):215-219.
- الأشقر، كمال. 2000. دراسة أولية للفطريات الجذرية Mycorrhizas في سورية، مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية، 16(2): 59-70.
- [Al-Ashqar, K. 2000. Preliminary study of mycorrhizae in Syria, Damascus University Journal of Basic Sciences, 16:59-70. (In Arabic)]
- الأشقر، كمال. 1999. دراسة أولية لفطريات الميكوريزا. أطروحة دكتوراه، جامعة دمشق، سوريا. 202 صفحة.
- [Al-Ashqar, K. 1999. A preliminary study of mycorrhizal fungi. Ph.D. thesis, University of Damascus, Syria. 202 pp. (In Arabic)].
- البغدادى، وفاء. 1999. تصنيف الفطريات. رسالة دكتوراه، كلية العلوم، جامعة دمشق، سوريا. 164 صفحة.
- [Baghdadi, W. 1991. Fungi Classification. Ph.D. thesis, Faculty of Science, University of Damascus, Syria. 164 pp. (In Arabic)]
- العسافي، ادهام علي عبد، بسام رمضان سرهيد واوس علي صالح. 2017. تنشيط وانتاج لقاح المايكورايزا *Glomus mosseae* محليا تحت ظروف الأراضي الجافة. المجلة العراقية لدراسات الصحراء، 7(1):8-13.
- [Alassaffi, A.A.I., R. Serhead and A.A. Saleh. 2017. Activated and reproduction the inoculum Mycorrhiza – *Glomus Mosseae* locally under the conditions of the drylands. Iraqi Journal of Desert Studies, 7(1): 150-163. (In Arabic)]
- حيدر، أسما، خالد العسس وكمال الأشقر. 2011. تأثير التفاعل التضادي بين نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* والفطر الميكوريزي *Glomus mosseae* في تحفيز نمو نبات الباذنجان. المجلة الأردنية للعلوم الزراعية، 7(3):589-601.
- [Haider, A., K. Al-Asas and K. Al-Ashqar. 2011. The effect of the antagonistic interaction between the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* on stimulating eggplant growth. Jordan Journal of Agricultural Sciences, 7:589-601. (In Arabic)].

- Janeeshma, E. and J.T. Puthur.** 2020. Direct and indirect Influence of arbuscular mycorrhizae on enhancing metal tolerance of plants. Archives of Microbiology, 202(1):1–16.
<https://doi.org/10.1007/s00203-019-01730-z>
- Kagan-Zur, V., N. Roth-Bejerano, Y. Sitrit and A. Morte.** 2014. Desert Truffles: Phylogeny, Physiology, Distribution and domestication. Soil Biology, Springer Science & Business Media, Berlin Heidelberg. 397 pp.
- Kariman, K.H., E.M. Goltapeh and V. Minassian.** 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi from Iran. Journal of Agricultural Technology, 1(2):301-313.
- Liu, C.Y., A.K. Srivastava and Q.S. Wu.** 2017. Mycorrhizal fungi regulate root responses and leaf physiological activities in trifoliolate orange. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 45(1):1-17. <https://doi.org/10.15835/nbha45110658>
- Morton, J.B. and G.L. Benny.** 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. Mycotaxon, 37:471–491.
- Mosse, B.** 1977. plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. New Phytologist, 78(2):277–288.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1977.tb04831.x>
- Oehl, F., E. Sieverding, J. Palenzuela, K. Ineichen and G.A. da Silva.** 2011. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. IMA Fungus, 2:191-199.
<https://doi.org/10.5598/imafungus.2011.02.02.10>
- Pérez, M., A.U. Gómez, M. Ramírez, S. Ordoñez, D.P. Peñaranda, M.A. Rolón, O. Wilches, A.W.L. Ramírez and E.A.G. Rengifo.** 2019. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) as a strategy to reduce the absorption of cadmium in cocoa (*Theobroma cacao*) plants. Terra Latinoamericana, 37(2):121-130.
<https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.479>
- Peterson, R.L., H. Massicotte and L.H. Melville.** 2004. Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology. CABI Publishing Series, Wallingford, UK. 173 pp.
- Phillips J.M. and D.S. Hayman.** 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and VAM fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society, 55(1):158-161.
[https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)
- Quilambo, O.A.** 2003. The vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. African Journal of Biotechnology, 2(12):539-546.
<https://doi.org/10.5897/AJB2003.000-1105>
- Rajaram, S., M.A. Patton, S.R. Chowdhuri and S.N. Kumar.** 2014. Studies on mass multiplication of *Glomus mosseae* [Arbuscular mycorrhizal fungus] for phosphofert, biofertilizer production, it is efficacy on phosphatic fertilizer saving and productivity in high yielding mulberry garden under west Bengal conditions. International Journal of Engineering and Science, 4(3):25-35.
- Berch, S.M. and J.M. Trappe.** 1985. A new species of Endogonaceae, *Glomus hoi*. Mycologia, 77:645- 657.
- Blaszkowski, J., M. Tadych and T. Madej** 2001. *Glomus arenarium*, a new species in Glomales (Zygomycetes). Acta Societatis Botanicorum Poloniae 70(2):97-101.
<https://doi.org/10.5586/asbp.2001.013>
- Bonfante, P. and A. Genre,** 2010. Mechanisms underlying beneficial plant – fungus interactions in Mycorrhizal symbiosis. Nature Communication, 1:48.
<https://doi.org/10.1038/ncomms1046>
- Crossay, T., C. Antheaume, D. Redecker, L. Bon, N. Chedri, C. Richert, L. Guentas, Y. Cavaloc and H. Amir.** 2017. New method for the identification of arbuscular mycorrhizal fungi by proteomic-based biotyping of spores using MALDI-TOF-MS Scientific Reports, 7:14306.
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-14487-6>
- Damodaran, P.N., K. Udaiyan and K.S. Roh.** 2012. Mycorrhizal dependency in certain Indian cotton cultivars. Research in Plant Biology, 2(4):55-66.
- De Souzaa, A.F., R.E. Susana, A. Leonaldo and F. Helena.** 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi in *Mimosa tenuifolia* (Willd.) Poir from Brazilian semi-arid. Brazilian Journal of Microbiology, 4(7):359-366.
<https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.01.023>
- Dodd, J.C., C.L. Boddington, A. Rodriguez, C. Gonzalez-Chavez, and I. Mansur.** 2000. Mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) from different genera: form, function and detection. Plant and Soil, 226:131-151.
<https://doi.org/10.1023/A:1026574828169>
- Frank, A.B.** 1888. New communications on the mycorrhiza of trees and the *Monotropa hypopitys*. Deutschen Botanischen Gesellschaft, 6:248-269.
- Frank, A.B.** 1892. Sur l'importance des mycorrhizes dans la nutrition des plants humicoles. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 9:351–361.
- Gerdemann, J.W., J.G. Torrey and D.T. Clarkson.** 1975. Vesicular-arbuscular mycorrhizal. Agricultural Sciences, 8(11):575-591.
- Gomes, E.A., C.A. Oliveira, U.G.P. Lana, R.W. Noda, I.E. Marriel and F.A. De Souza.** 2015. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in the roots of maize lines contrasting for Al tolerance grown in limed and non-limed Brazilian oxisoil. Journal of Microbiology and Biotechnology, 25(7):978-987.
<https://doi.org/10.4014/jmb.1408.08002>
- Greipsson, S., H. El-Mayas, M. Vestberg and C. Walker.** 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi in sandy soils in Iceland. Arctic, Antarctic, and Alpine Research, 34(4):419-427.
<https://doi.org/10.1080/15230430.2002.12003512>
- Haas, D. and G. Defago.** 2005. Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. National Review of Microbiology, 3(4):307-319.
<https://doi.org/10.1038/nrmicro1129>
- Habte, M. and N.W. Osorio.** 2001. Arbuscular Mycorrhizas: Producing and Applying Arbuscular Mycorrhizal Inoculum. Hawaii University, Honolulu. 47 pp.

- Trappe, J.M.** 1962. Fungus associated of ectotrophic mycorrhiza. *The Botanical Review*, 28:538-606. <https://doi.org/10.1007/BF02868758>
- Verbruggen, E., M.G.A. Van, D. Heijden, M.C. Rillig and E.T. Kiers.** 2013. Mycorrhizal fungal establishment in agricultural soils: factors determining inoculation success. *New phytologist*, 197(4):1025-1026. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04348.x>
- Vierheilig, H., P. Schweiger and M. Brundrett.** 2005. An overview of methods for the detection and observation of arbuscular mycorrhizal fungi in roots. *Physiologia Plantarum*, 125(4):393-404. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2005.00564.x>
- Schenck, N.C. and Y. Perez.** 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. 3rd edition. Synergistic Publications, Gainesville, Florida, USA. 286 pp.
- Sharma, S., V. Parkash and A. Aggarwal.** 2008. *Glomales I: a monograph of Glomus spp. (Glomaceae) in the sunflower rhizosphere of Haryana, India.* *Helia*, 31(49):13-18.
- Toh, S.C., B.C.W. Yong, R. Abdullahi, S. Lihan and R. Edward.** 2018. Isolation and characterisation of Arbuscular mycorrhizal (AM) fungi spores from selected plant roots and their rhizosphere soil environment. *Malaysian Journal of Microbiology*, 14(4):335-343. <https://doi.org/10.21161/mjm.144187>

Received: September 11, 2023; Accepted: November 29, 2023

تاريخ الاستلام: 2023/9/11؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2023/11/29