

ISSN: 1608-9391
e-ISSN: 2664-2786

Received:10/2/2021
Accepted:9/5/2021

فطريات المايكورايزا

هبة هادي طه

قسم علوم الحياة/ كلية العلوم/ جامعة الموصل
E-mail: hibahadi@uomosul.edu.iq

الملخص

المايكورايزا فطريات ذات علاقة تكافلية، تتكون بين جذور معظم انواع النباتات الوعائية Vascular plant والفطريات، تتصف هذه التكافلات بحركة ثنائية الاتجاه للمغذيات بحيث تأخذ الفطريات الكاربون بينما تنتقل المغذيات الى النبات، وبذلك يتوفر ارتباط بين جذر النبات والتربة في الترب غير الخصبة اذ ان نمو المايكورايزا في الجذور النباتية يزيد من مساحة سطح الامتصاص الخارجية للجذر كثيرا، يؤدي امتصاص المواد المغذية بواسطة فطريات المايكورايزا الى تحسين نمو النبات ونتاجه وبناء على هذا تكون نباتات المايكورايزا اكثر قدرة في تحملها للاجهادات البيئية مقارنة بكثير من النباتات غير المايكورايزية وتتنوع المايكورايزا من حيث الشكل والوظيفة منها فطريات المايكورايزا الخارجية Ectomycorrhiza والمايكورايزا الداخلية Endomycorrhiza اعتمادا على اختراق الفطريات لخلايا الجذر أو عدم اختراقها مع العديد من الانواع الاخرى، فضلا عن زيادة مناعة النبات ويساعد على التقليل من مسببات الامراض والكائنات الضارة (على سبيل المثال، الفطر فعال ضد النيما تودا وبعض أنواع الفطريات، يمكنها كبح ما يصل الى 60 نوعا من مسببات الامراض التي تسبب التعفن والجرب) ويساعد على تسريع عملية الازهار ويسرع عملية بقاء المحاصيل ويؤثر على نمو الكتلة الخضراء.

الكلمات الدالة: فطريات، تربة، مايكورايزا.

المقدمة

المايكورايزا هي علاقة تكافلية بين فطريات التربة وجذور النباتات الراقية، وتوجد أنواع مختلفة من المايكورايزا تتميز شكلياً وفلسجياً، كلمة المايكورايزا أول ما استخدمت بواسطة الباحث الألماني Albert Bernard Frank في 1885 بدراسة على علاقات (مايكروبات التربة - نبات) وأصلها الإغريقي *Mycos* والتي تعني فطر و *rhiza* تعني جذر، وهكذا فإنها تعني فطريات جذر (Willis et al., 2013).

فطريات المايكورايزا تكون علاقات تكافلية مع جذور النباتات في أسلوب مشابه لبكتريا العقد الجذرية للبقوليات، وتسبب هذه العلاقات التكافلية استفادة كلا العضوين من هذا الارتباط التكافلي، حيث أن هذه الفطريات تأخذ الكربوهيدرات (السكريات) وعوامل النمو من النبات وتقدم العديد من الفوائد المتضمنة زيادة امتصاص المغذيات (Khanday et al., 2016). وتعمل على نقل الماء والمغذيات المعدنية من التربة إلى النبات (Turk et al., 2006)، وتقدم تحسينات لقابلية النبات ليتعامل مع الجفاف، وخرن الكربوهيدرات (Conrad, 2009)، وتتكاثر الفطريات مع مايكروبات التربة الأخرى المفيدة مثل البكتريا المثبتة للنترجين والبكتريا المذبذبة للفسفور، وكذلك فإن علاقات بين جذور النباتات وفطريات المايكورايزا الحويصلية *Arbuscular Mycorrhiza* غالباً تؤدي إلى تعزيز نمو النبات بسبب زيادة الحصول على الفسفور والمغذيات المعدنية القليلة بالتربة (Turk et al., 2006)، فضلاً عن تحمل النبات للجهد المائي، تحافظ على صحة النبات خلال تأثيرات التضاد والتنافس مع الحشرات والممرضات Zolfaghari (et al., 2013).

تعريف المايكورايزا: المايكورايزا هي علاقة تكافلية بين فطريات التربة وجذور النباتات الراقية، وتعمل على تحسين نمو النبات وإنتاجه وبناء على هذا تكون نباتات المايكورايزا أكثر قدرة في تحملها للجهادات البيئية مقارنة بكثير من النباتات غير المايكورايزية، (Quilambo, 2003) كما في الشكل (1).

أنواع المايكورايزا:

تقسم المايكورايزا إلى:

1- المايكورايزا الحويصلية الشجيرية *Vesicular- arbuscular M.*

2- المايكورايزا الخارجية *Ectomycorrhizae*.

3- المايكورايزا الخارجية الداخلية *Ectendomycorrhizae*.

4- المايكورايزا الأريدتويدية *Arbutoid Mycorrhizae*.

5- المايكورايزا المونوتروبويدية *Monotropoid Mycorrhiza*.

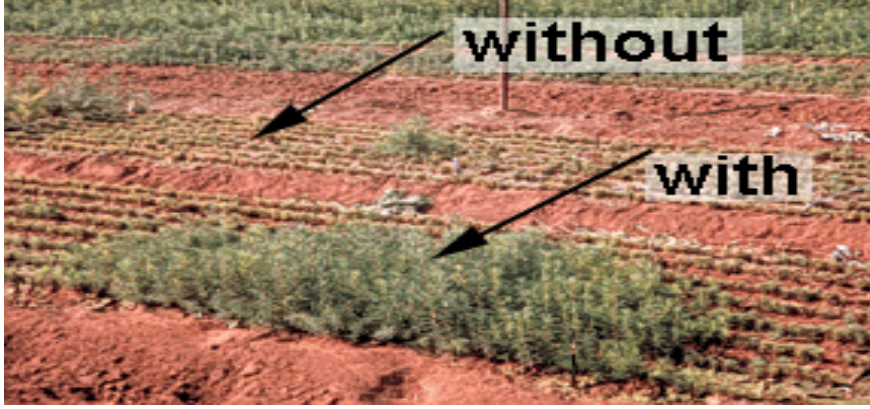
6- المايكورايزا الأريكويدية *Ericoid Mycorrhiza*.

7- المايكورايزا الأوركيدية *Orchidaceous Mycorrhiza*. (Tyub et al., 2016)

يوجد نوعان رئيسيان من المايكورايزا بالاعتماد على اختراق الفطريات لخلايا الجذر أو عدم اختراقها إلى:

المايكورايزا الخارجية *Ectomycorrhizae*.

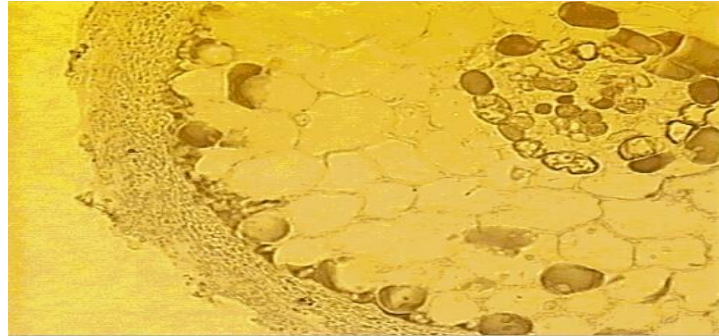
المايكورايزا الداخلية *Endomycorrhizae*. (Brundrett, 2004)



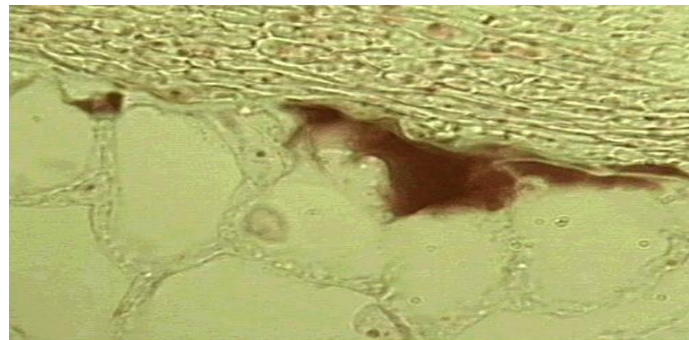
الشكل 1: مقارنة بين النبات المايكورايزية والنباتات الغير مايكورايزية

المايكورايزا الخارجية *Ectomycorrhizae*

تتميز بواسطة غمد خارجي من الخلايا الفطرية تحيط بطرف الجذر بالكامل وغالباً ما تتغلغل بين خلايا البشرة وخلايا قليلة من الطبقة الأولى للقشرة (Deckmyn *et al.*, 2014)، ولكن لا تدخل داخل خلايا القشرة لجذور العائل وهذه تكون شبكة من الخيوط الفطرية داخل القشرة يطلق عليها Hartignet تكريماً لروبرت هارتج الذي يعتبر كأب لعلم أحياء الغابات. (Peter *al.*, 2005) *set* كما موضح في الشكل (2،3).



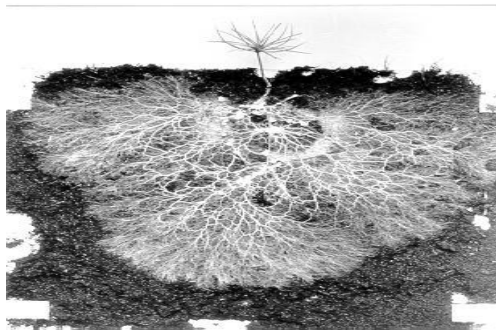
الشكل 2: يبين مقطع عرضي من جذر نبات مايكورايزي، يظهر الغمد الفطري (يسار الصورة)، اختراق Hartig بين الخلايا اللحائية الخارجية



الشكل 3: يبين تكبير جزء الغمد وشبكة Hartig للشكل (2)

وتكون خيوط فطرية ممتدة إلى التربة وهذه الشبكة تزيد من قابلية الجذور على امتصاص المغذيات بـ 3 طرق (Tedersoo *et al.*, 2012):

- 1- المناطق السطحية بتماس مع جزيئات التربة بصورة أكبر.
 - 2- الخيوط الفطرية تستطيع اختراق الشقوق في جزيئات التربة الصغيرة جداً.
 - 3- هذه الفطريات تفرز أنزيمات تسمح بإذابة المغذيات الموجودة في التربة بطريقة أخرى غير متوفرة للجذور.
- هذه الفطريات تزيد من حياة الامتصاص الجذري في أيام قليلة إلى سنتين أو أكثر، هي فطريات تعود الى صنف *Ascomycota* و *Basidiomycota* وتكون هذه الفطريات مرئية بالعين المجردة في بعض الحالات لغزارة الخيوط الفطرية التي تمتد من الجذور إلى التربة والتي تزيد من مساحة السطح الفعال من النظام الجذري (zaki *et al.*, 2008)، كما موضح في الشكل (4).



الشكل 4: شبكة من هايفات المايكورايزا الخارجية لجذور نبات (*Larix*).

المايكورايزا الخارجية قصيرة ومتشعبة وفي بعض الأوقات تظهر بشكل عناقيد وتنتج المشروم وتستطيع إنتاجها في الأوساط الزراعية في المختبر هايفات الفطر تصيب جذور أشجار الغابات في المناطق المعتدلة (Selvaraj and Chellappan, 2006)، مثل أشجار الصنوبر والأشجار النفضية وأشجار الصفصاف وأشجار البلوط وأشجار الزان وأشجار التنوب (Conrad, 2009). كما موضح في الشكل (5).



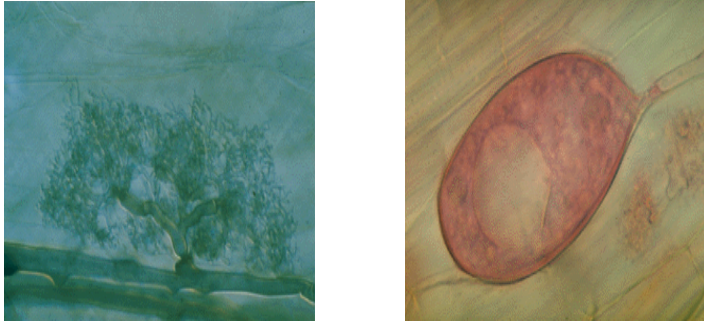
الشكل 5: جذر الأشجار - مغلقة بالغمد متعدد الطبقات من فطريات المايكورايزا وتفتقر للشعيرات الجذرية

المايكورايزا الداخلية *Endomycorrhizae*

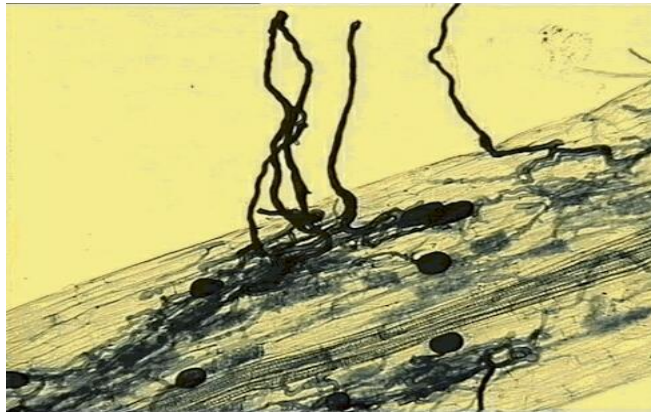
هي المايكورايزا الشجيرية الحويصلية AM، الفطر لا يكون غمداً حول طرف الجذر، هايفات هذا الفطر تخترق الخلايا الفردية وتكون شجيرات داخل الخلية وحوصلات خارج خلايا العائل التي قادت لهذا الاسم. (Turk *et al.*, 2006)

فطريات AM هي إجبارية التكافل تنتمي لشعبة Glomeromycota (Zaki *et al.*, 2008)، هذه العلاقة التكافلية قدرت بأكثر من 80% من النباتات البرية من هذه الأنواع من العلاقات تتضمن العديد من أنواع المحاصيل المهمة بالبستنة والزراعة مثل البقوليات و النجيليات و الطماطم و التفاح و الفراولة و الخوخ. تكافل الـ AM تمثل التكافلات القديمة، الخيوط والشجيرات لها تقارير في متحجرات عزلت من حجر الصوان، وهذا دليل يبرهن وجود تكافل AM في العصر الديفوني المبكر، حيث نشأت 350-460 مليون سنة بالعمر وهذه التكافلات كانت مفيدة للاستعمار الناجح لليابسة من قبل النباتات (Varma, 2008).

إن الصفة المميزة للمايكورايزا الحويصلية AM هو تطويرها تفرعات شجيرية داخل خلايا الجذر، عادة تنمو الفطريات بين خلايا الجذر ولكنها سرعان ما تخترق جدار خلية العائل وتنمو داخل الخلية، ومن التراكيب الأخرى التي تنتجها AM هي الحوصلات تكون رقيقة الجدار تتكون بين الخلايا. وكما كوضح في الشكل (6 و 7).



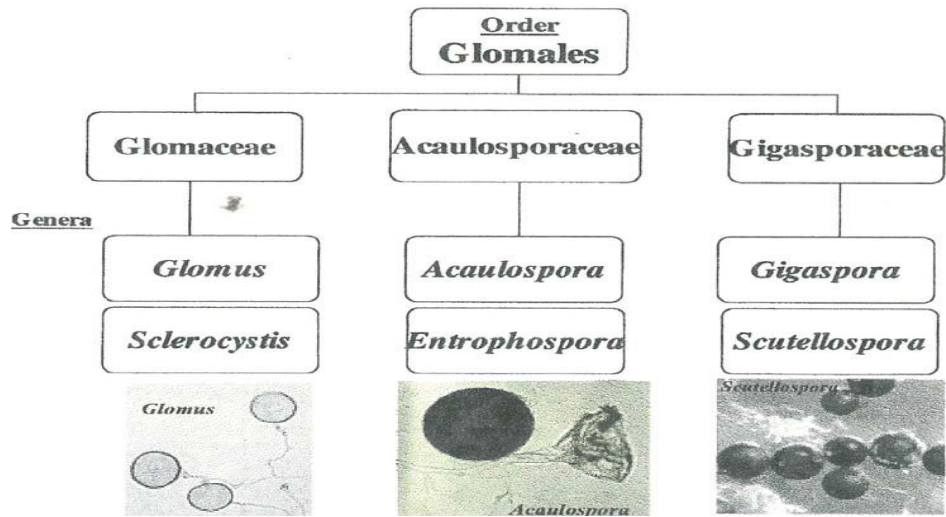
الشكل 6: يوضح حويصلة - شجيرية



الشكل 7: يوضح المايكورايزا الشجيرية- الحويصلية، يُرى شجيرات وحوصلات ضمن لحاء الجذر، وإشعاع hyphae من سطح الجذر

وظيفتها الأساسية الخزن وكذلك تكون خلايا ثانوية في التربة وقد تظهر ملفوفة أو على شكل عقد، وتكون أيضاً سبورات لاجنسية تكاثرية إما في الجذر أو في التربة، التعايش التكافلي يتم بوساطة كل الفطريات التابعة لرتبة *Glomales*، قسمت رتبة الـ

Glomales إلى عوائل وأجناس حسب طريقة تكون البوغ (Bodner *et al.*, 2014) كما في الشكل (8)، إن أبواغ فطريات AM مميزة جداً حيث تتراوح أقطارها بين 10mm لـ *Glomus tenue* إلى أكثر من 1,000 mm لبعض أنواع *Scutellospora spp* وتتغير ألوان الأبواغ من اللون الشفاف (النقي) إلى الأسود، كذلك يتغير تركيبها السطحي من الناعم إلى عالية الزخرفة، تقوم *Glomus* بتكوين الأبواغ على فطريات الخيوط الفطرية، بينما تقوم *Acaulospora* بتكوين ابواغ جانبية من عنق أطراف الخيوط المنتفخة، و *Entrophospora* تكون الأبواغ ضمن العنق الطرفي للخيوط الفطرية (Tedersoo, 2017).



الشكل 8: يبين علم تصنيف الانواع الحالي لـ (Am) امثلة للبوغيات الكبيرة للانواع المختلفة في التربة (Quilambo, 2003).

فطريات Am تستعمر الجذر بطريقتين:

النوع الاول بالاستعمار Arum type: انتشار داخل خلوي للهايفات حتى تصل القشرة الداخلية عند اختراق الجدار الخلوي وتنتشعب على نطاق واسع لتكون الشجيرات المايكرايزية.

النوع الثاني Paris Type: تطور الفطريات خارج الخلايا وتكون الشجيرات من الهايفات اللولبية، العديد من التحويرات قد تلاحظ في خلايا العائل الشجيري العناصر الخلوية الاساسية يعاد ترتيبها، زيادة الانوية بالحجم البلاستيدات يعاد انتظامها، تجمع بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 ، حدوث تغيرات بالنظام الغشائي للخلايا الحاوية على الفطريات الشجيرية جهاز كولجي بفعالية عالية والغشاء البلازمي للنبات يكون امتدادات طويلة تكون غشاء حول الشجيرات الفطرية Periarbuscular Membrane احاطة مغلقة للهايفات الفطر، زيادة فعالية انزيم ATPase (Timonen *et al.*, 2002).

المايكورايزا الخارجية الداخلية *Ectendomycorrhizae*

تمتلك صفات من كلا فطريات *ECM* والـ *AM* مثلاً مع *ECM*، لهما تراكيب شبكية Hartig والغلاف على الرغم من أن الغلاف قد يختزل مقارنة مع *ECM*.

تعريف شبكة الـ Hartig: هي اتجاه نمو الخيوط نحو الداخل التي تخترق تركيب الجذر، الاختراق بين الخلوي من خلايا النباتات السليمة، الصفة التي لا تشبه الـ *ECM* ولكن متوافقة مع *AM*, *Ectendomycorrhizae* تستطيع أن تكون مع جذور عدد من أنواع مغطاة البذور وعارية البذور، تعايشات فطرية تتضمن أعضاء من الـ *Basidiomycota*، *Ascomycota* أو *Zygomycota*

في الحقيقة، نفس الأنواع الفطرية تستطيع أن تكون إما *ECM* أو *Ectendomycorrhizae* بالاعتماد على الأنواع النباتية التي تكون العلاقة معها (Finlay, 2008).

المايكورايزا الأربوتويدية *Arbutoid Mycorrhizae*

تمتلك صفات من كلا فطريات *ECM* و *AM*، هي متطورة الغلاف والـ *hartignet* والمايسليوم الخارجي الوفير جداً، بالإضافة إلى حدوث اختراق داخل الخلايا والتفاف الخيوط المنتجة في خلايا ذاتية التغذية هذه المايكورايزا مرتبطة مع أعضاء من الـ *Ericales*، أي يعني بالتحديد أنواع *Arbutus*، *Arctostaphylos*، تكافلات الفطريات هي مقتصرة على أنواع الـ *Basidiomycete*، التي قد تكون *ECM* مع عائل ذاتي التغذية (Kühdorf et al., 2016).

المايكورايزا الأريكويدية *Orchid* و المونوتروبويدية *Monotropoid*

هي مايكورايزا تكون بين فطريات *Basidiomycete*، وأنواع نباتية غير كلوروفيلية مايكورايزا *Monotropoid* هي متكونة بين نباتات من عائلة *Orchid*، *Monotropoaceae* مايكورايزا موجود فقط في علاقة مع أنواع *Basidiomycete* في نباتات أخرى متكافلة مع المايكورايزا عادة ومرتبطة مع عدد واسع من الأنواع الفطرية، في المقابل نباتات تشترك في علاقات مايكورايزية من *Orchid* والـ *Monotropoid* هي عالية الخصوصية مرتبطة فقط مع مدى ضيق من الأنواع الفطرية (Herrera et al., 2020).

المايكورايزا الأريكويدية *Ericoid*

هي مايكورايزا تكون بين ذاتية التغذية في الـ *Ericaceae* والفطريات في الـ *Ascomycota* حدوث اختراق داخل خلوي لخلايا الجذر وهي غير محتوية على غلاف أو شبكة هارتيج. (Zaki et al., 2008).

الفعاليات المفيدة لفطريات المايكورايزا الشجرية الحويصلية:

1- امتصاص المغذيات الفسفورية:

الدور الأساسي لفطريات *AM* هو تجهيز جذور النبات المصاب بالفسفور بسبب كون الفسفور عنصراً غير متحرك بالتربة حتى لو أضيف بشكل ذائب إلى التربة بوقت قريب يصبح الفسفور عضواً ثابتاً، مثل فوسفات الكالسيوم أو غيرها من الأشكال الثابتة (Turk et al., 2006)، الفسفور هو أحد المغذيات الكبيرة لنمو وأيض النبات يؤدي دوراً مهماً بنقل الطاقة خلال تكوين ملح استر الفوسفات غني بالطاقة وأيضاً الفسفور مكون ضروري للجزئيات الكبيرة مثل النكليوتيدات، الدهون المفسفرة، السكريات الفوسفاتية، النباتات المايكورايزية تمتص الفسفور أكثر من النباتات غير المايكورايزية من نفس الفسفور الذائب الراكد، التلقيح مع الأحياء المجهرية المذيبة للفوسفات *Phosphate Solubilizing Microorganism*، تساعد على إذابة الفسفور الأصلي الموجود في التربة، الفسفور المتحرر من إذابة الصخور الفوسفاتية بواسطة فعالية الأحياء المجهرية المذيبة للفوسفات *Psm* يؤخذ بواسطة الجذور المايكورايزية، نسبة امتصاص الفوسفات بواسطة الجذور النامية أكثر من نسبة الفوسفات المنتشر في التربة الذي يؤدي إلى تشكيل منطقة نضوب الفوسفات في مستوى النظام الجذري ويحدد تجهيز الفسفور للنبات، المايسليوم المشع خارجياً للفطريات المايكورايزا الشجرية النامية مساحة أبعد من منطقة نضوب الفوسفات ويصل إلى منطقة جديدة للفسفور الراكد. الوظيفة الأساسية لفطريات *AM* هي امتصاص الفوسفات بسبب تشفيرها لجينات نقل الفوسفات. Harrison and Van Burren. تحروا عن عملية نقل الفوسفات بواسطة تحقيق تحول الـ (DNA) شفرات لنقل الفوسفات عبر النقل الغشائي مثل *Gvpt* من *G. Versiform* وظيفة بروتين الـ *Gvpt* تتحقق بواسطة التحول في الخمائر، الطفرات الناقلة للفوسفات *Gvpt* موقعها على الهيافات

الخارجية خلال علاقات المايكورايزا، هكذا يكون الموقع الإنشائي الأول لامتماص الفوسفات من التربة. Chellappan عزل جين نقل الفوسفات من *G. deserticola* يبين دور فطريات AM في امتصاص الفوسفات. (veriap, 2007).

2- إنتاج هرمونات النمو النباتية:

الجذور المستعمرة بواسطة فطريات AM غالباً تكون سميكة وتحمل شعيرات جذرية قليلة، مثل هذه التغيرات في الشكل تقع تحت سيطرة الهرمونات النباتية، Abscisic Acid وجوده يعتبر معزز للجذور والنباتات الحاوية على المايكورايزا التي تخرجها مقارنة مع نباتات السيطرة الغير مايكورايزية، هرمونات Abscisic Acid المستخرجة من الفطريات تسيطر على شكل الجذور وتشارك في تنظيم الذائبات بالنباتات التي تحدث أيضاً في تكافلات الفطريات، أيضاً زيادة مستوى *Indole acetic acid* ومستوى الجبرلين والساييتوكاينين يلاحظ في النباتات الملقحة بـ *G. Fasciculatum* فطريات المايكورايزا تنتج الأوكسين والساييتوكاينين والجبرلين التي تؤدي دوراً في تحفيز نمو النبات. (Foo et al., 2013).

3- حماية جذور العائل في العوامل المرضية:

زيادة تجمع الفينولات بالجذور النباتية تسبب مقاومة الممرض في النباتات الملقحة بفطريات AM، هناك تقارير حول زيادة الفينولات بجذور *Arachis hypogea* المستعمرة بفطر *G. Fasciculatum*. بعض الباحثين وجدوا أن زيادة مستوى الفينولات في *A. porrum* الملقحة بـ *G. versiform* ، زيادة مستوى orthodihydric Phenol له علاقة بمقاومة المرض.

هناك تقارير حول المحتوى الكلي للفينول و orthodihydric Phenol يلاحظ زيادتها في جذور وأوراق النباتات المايكورايزية، الزيادة الكلية للفينولات في النباتات الملقحة بـ AM يرجع إلى طرق تحفيز التخليق الحيوي للمواد الأروماتية. (Selvaraj and Chellappan, 2006).

الميكانيكيات الممكنة لاختزال الإصابة بالمرضات بواسطة المايكورايزا (Berdeni et al., 2018).

- أ- إنتاج مضادات حيوية بواسطة الفطريات المتكافلة.
- ب- خلق عائق ميكانيكي بواسطة الغطاء الفطري.
- ج- مثبطات كيميائية منتجة بواسطة النباتات الراقية.
- د- افرازات كيميائية من المايكورايزا .
- هـ- حماية المايكورايزا لمجتمعات الرايزوسفير.

4- العلاقة التكافلية مع البكتريا المثبتة للنترجين *Rhizobium*

البقوليات مفيدة لتكوين غطاء نباتي جديد في الانظمة البيئية قليلة المياه وتمتلك محتوى قليلاً من P, N والمغذيات الاخرى. قلة وفرة الفسفور وعدم توازن المعادن الاثرية في الانظمة البيئية الصحراوية وبذلك حقيقة ثابتية البقوليات وتثبيت النترجين محدودة ولكن بعلاقتها مع المايكورايزا حيث بوجودها تزداد ثبوتية البقوليات فضلا عن ذلك البقوليات تعزز بدرجات معتبرة بالاعتماد على ازدهار المايكورايزا في وضاع الإجهاد.

بعد تكوين العلاقات التكافلية مع جذور البقوليات مايسليوم فطريات AM يصبح مشعاً خارجياً يكون روابط بين الجذور والتربة وتساعد النباتات لاستعمال أكثر مغذيات التربة المفيدة، هذه الجزيئات تنتشر ببطئ تجاه سطح الجذر مثل الفوسفات والعناصر الاثرية، بالإضافة الى ان التكافل يعزز قابلية النبات على التثبيت ويكافح وضع الاجهاد (قلة المغذيات، جفاف، عدم توازن العناصر الاثرية، وعكورة التربة) مثل الانواع الموجودة في البيئات الصحراوية (Selvaraj and Chellappan, 2006).

5- امتصاص المعادن الثقيلة:

بين العديد من الأحياء المجهرية بالتربة، فطريات المايكورايزا هي الوحيدة التي تشكل اتصالاً مباشراً بين التربة والجذور، لذلك لها أهمية عظيمة في وفرة المعادن الثقيلة وسميتها للنباتات، سمية المعادن تعتمد على وفرتها الحيوية في التربة وقابلية انتقالها من جزيئات التربة إلى الكائنات الحية. (Dhalaria et al., 2020)

وجد أن نباتات الحمضيات الموجودة في ترب الغابات الحامضية مع PH واطئ والمعاملة مع cd وzn وpb محتواها من الملوثات الصناعية وحتى الاستعمار المايكورايزي أكثر مما في الترب الغير معاملة ، في الحقيقة وجود الاستعمار المايكورايزي يتحمل المعادن، للنباتات المايكورايزية فائدة كبيرة في ارتباطها بالمعادن وتحديد انتقالها إلى المجموع الخضري، فطريات المايكورايزا توضح حماية النباتات ضد المعادن الثقيلة السامة ومن الناحية الأخرى النبات العائل قد يعطي الفطريات فائدة العيش الاختياري في مواقع الملوثات، النباتات المثبتة للمعادن بسبب سرعة تعايشها المايكورايزي وعند استعمارها بالفطريات المايكورايزية المثبتة للمعادن سوف تكون شكل كبير لإصلاح الترب الملوثة بالمعادن (Selvaraj and Chellappan, 2006).

6- تحمل الملوحة:

في الترب المالحة، الملوحة المتجمعة على سطح التربة له تأثير عكسي لنمو النبات، تطبيق فطريات AM من الطرق الطبيعية التي تحسن بقاء الحياة النباتية، لأن هذه الكائنات هي مكونات مهمة لإطالة فترة صحة واستقرار الكثبان الرملية المالحة. فطريات AM في الأنظمة الرملية تشارك بربط الحبيبات الرملية في تجمعات كبيرة وبذلك تحسن من تركيب التربة، من الملاحظات على *P.juliflora* النامية على الترب المالحة الملقحة بفطريات مختلفة من AM، وجد ان فطريات AM من نوع *G.macrocarpum* فعالة لتحمل الملوحة، بالإضافة إلى ان البقوليات *P.juliflora* بالخصوص لها فائدة إعادة الحياة النباتية للبيئات قليلة الماء والمغذيات، بسبب قابلية تكوين نسبة عالية من العلاقات التكافلية مع بكتريا الرايزوبيا وفطريات AM أي تحسينات في اكتساب المغذيات ومساعدة النباتات لكي تصبح راسخة ومكافحة وضع الجفاف. (Wu et al., 2013).

7- امتصاص الأشعة النووية:

في موقع القوة الذرية، منتجات تفاعلات الانشطار النووي مثل السيزيوم ^{37}Cs ، والسترونسيوم ^{90}Sr ، محررة بانتظام إلى البيئة نتيجة تجربات الأسلحة، عند إنتاج القوة النووية والوقود النووي، فإن النباتات تمتص ^{90}Sr و ^{137}Cs بفعالية أقل من مغذيات نظائر البوتاسيوم والكالسيوم على التوالي، عند تفسيرها بواسطة (White and Bradley) K^+ ونظير الـ ^{137}Cs يتحرك إلى الجذور بواسطة طرق التكافل و Ca^{+2} ، ونظير ^{90}Sr يتحرك إلى الجذور بواسطة طرق apoplatic (هو طريق النقل عبر جدران خلايا الجذر النباتي) تفسير كل من ^{90}Sr و ^{137}Cs للأخذ من محلول التربة بواسطة النبات البوتاسيوم والكالسيوم متشابهة بمحتوياتها من الجزيئات الكيميائية، فطريات AM مفيدة لامتصاص المغذيات وخدمات أخرى للنباتات وتنتشر بالترب حتى بعد مواقع الإشعاع النووي.

في التجارب على نوعين من النباتات *Phyllanthus niruri* و *Eelipta alba* تمت ملاحظة زيادة امتصاص K^+ و Ca^{+2} في جذور النباتات الملقحة بـ AM تصرف ^{137}Cs و ^{90}Sr مثل البوتاسيوم والكالسيوم على التوالي، خواص التربة لوحظ فعالية في مسك الإشعاع النووي وتوضح الفعالية المشعة فرصاً كبيرة لفطريات AM لامتصاص ونقل K^+ للإشعاع النووي السيزيوم و Ca^{+2} للسترونسيوم مثل امتصاص ونقل البوتاسيوم والكالسيوم الاعتيادي، من خلال مساعدة فطريات AM التربة الطبيعية على مسك الإشعاع النووي يمنع إظهار الفعالية المشعة، فرصة كبيرة لبقاء النمو الخضري في النظام البيئي العكر في أحسن الطرق (Selvaraj and Chellappan, 2006).

8- فعالية الأنزيمات:

زيادة انزيم البيروكسيديز هي واحدة من الفعاليات البايوكيميائية الواسعة الانتشار في النبات المريض والتالف، للبيروكسيديز وظيفة مهمة في البناء الحيوي للجدار الثانوي بواسطة بلمرة الـ hydroxy وكحولات Methoxy cinnamic إلى اللكتين وعلاقات إضافية مع مواقع السوبرين بالنبات (Garcia – Garrido *et al.*, 2002)، تزداد الفعالية الأنزيمية زيادة مثلى في مرحلة نشوء الإصابة الفطرية ونقل بزيادة استعمار الجذور.

درس Pacovsky *et al.*، فعالية البيروكسيديز و وجدوا أن فعالية البيروكسيديز زادت في النباتات المايكورايزية الفوسفاتيز من المايكورايزا مهم وينتج بوجود كتلة من السبورات والحساسة لمستوى الفوسفات بالبيئة. وجد بسبب التلقيح بفطريات AM من نوع *G. fasciculatum* فعالية حامض الفوسفاتيز تزداد في أوراق وجذور نبات الـ *Juliflora*. ولاحظ زيادة فعالية أنزيم اختزال النترات في *G. fasciculatum* التي يلحق بها جذور نبات *P. juliflora* (Zhao *et al.*, 2010).

9- العلاقة مع الماء:

على الرغم من أن معظم العمل مع فطريات AM يركز على التأثيرات في تغذية النباتات وقد تزايد الاهتمام أيضاً على مقاومة النباتات المايكورايزية للجفاف، الإصابة بفطريات (AM) تعد لزيادة امتصاص المغذيات في الجهد المائي للنباتات، يمكن النبات من استعمال المزيد من المياه وزيادة التوصيل الهيدروليكي للجذر (Muchovej, 2004).

التأثيرات على فطريات المايكورايزا:

1. تأثير تعديل الترب بالفضلات العضوية على استعمار المايكورايزا:

المواد التي تشير إليها كفضلات عضوية مجرد تلك التي لا تستخدم في نظام وجودنا التكنولوجي وعند البدء باستعمالها سوف لا يطلق عليها فضلات وهي مطلوبة لزيادة الإنتاج، تاريخياً المزارعون طبقوا السماد الحيواني وفضلات الإنسان على الأرض لإنتاج المحاصيل المعاملة وغير المعاملة.

فضلات الحيوانات ونباتات المحاصيل تكون مختلفة في تركيبها البيولوجية والكيميائية وفقاً لمصدر هذه المواد، وجد أن المايكورايزا في جذور المحاصيل الصيفية حوالي 2.85% في الترب المستقبلة للمحفزات الكيماوية مقارنة مع 10% في التربة مع نصف الجرعة المطلوبة للمحفزات الكيماوية والمادة العضوية المعدلة.

التلقيح مع فطريات (AM) لا يؤثر بشكل مهم على إنتاج بذور نبات البزاليا في التربة الغنية بالمادة العضوية والفسفور على العكس من ذلك إنتاج البذور تعزز بصورة مهمة بالتلقيح مع فطريات (AM) في التربة الفقيرة بالمادة العضوية والفسفور.

ملاحظة تثبيط الإصابة المايكورايزية بشكل مستمر وظاهري بفعل كبت فطريات المايكورايزا بالمستوى السام لـ NH_4 (Zhu *et al.*, 2016).

2. تأثير تعقيم التربة والمعاملات بالمبيد الفطري على الإصابة المايكورايزية:

أ- المعاملة بمبيدات الفطر:

تأثيرات استخدام المبيدات الحيوية على الكائنات غير المستهدفة مثل فطر (AM) مهمة بالزراعة لأن تثبيط الكائنات المفيدة ناتج من مواجهة ومكافحة الآفات والأمراض معظم مبيدات الفطريات التي كانت تستخدم وجد لها تأثير ضار بصحة فطريات المايكورايزا ولكن بعضها يتوافق مع فطريات المايكورايزا (AM). قاموا بدراسة تأثير 9 مبيدات فطرية على الجذور المستعمرة بفطريات (AM) دلت على انخفاض النسبة المئوية من 10-20% للإصابات الجذرية عند استخدام المبيدات الفطرية بالمستوى الموصي به، بينما بعض المبيدات الفطرية المهمة تزيد من نسبة استعمار الجذور بنصف المستوى الموصي به. في تجارب دراسة

تأثير مبيدات فطرية مختلفة على الإصابة الفطرية المايكورايزية حيث ان تطبيق المبيد الفطري على التربة يقلل من تكوين السبورات ويقلل من طول استعمار الجذور بواسطة فطريات المايكورايزا الشجرية، على الرغم من تفاعل فطريات (AM) مع المبيد الفطري عند ملاحظة الاعتماد الكبير على الفطريات بجمع المبيدات الفطرية تحت الظروف البيئية المناسبة (Channabasava *et al.*, 2015).

ب- المعاملة ببروميد الميثيل:

على الرغم من التأثير الخطير المتعلق بالبيئة حول تطبيق بروميد الميثيل وتأثيره السام على اللبائن ولكنه يبقى ضد إصابات التربة. انخفاض كبير أو قضاء تام على جميع الكائنات الحية في التربة بعد التبخير بغاز بروميد الميثيل، منع إصابة التربة بواسطة التبخير ببروميد الميثيل أو البخار المضغوط تستعمل غالباً للقضاء على ممرضات النبات بالتربة ولكن مثل هذه المعاملات سوف تختزل فطريات المايكورايزا دراسات عديدة دلت على تقزم النبات بمعاملة الترب بالبخار قد يسبب القضاء على المايكورايزا الشجرية (Turk *et al.*, 2006).

المصادر

- Berdeni, D.; Cotton, T.E.A.; Daniell, T.J.; Bidartondo, M.I.; Cameron, D.D.; Evan, K.L. (2018). The effects of arbuscular mycorrhizal fungal colonisation on nutrient status, growth, productivity, and canker resistance of apple (*Malus Pumila*). *Microbiol.*, **9**,1461-1475.
- Bhat, P.R.; Kaveriappa, K.M. (2007). "Effect of AM Fungi on the Growth and Nutrition Uptake in some Endemic Myristicaceae Members of the Western Ghats, India". In: Tiwari, M.; Sati, S.C. (eds) *The mycorrhizae: diversity, ecology and application*. Daya Pub. House, Delhi, pp. 295–309
- Bodner, G.; Leitner, D.; Kaul, H.P. (2014). Coarse and fine root plants affect pore size distributions differently. *Plant Soil.*, **380**, 133-151.
- Brandrett, M.C. (2004). Diversity and classification of mycorrhizal association. *Biol. Rev.*, **79**, 473-495.
- Channabasav, A.; Lakshman, H.C.; Jorquera, M.A. (2015). Effect of fungicides on association of arbuseular mycorrhiza fungus *Rhizopagus fasciculatus* and growth of Proso millets (*Panicum miliaceum* L.). *Soil Sci. and Plant Nutrit.*, **15**(1), 35-45.
- Conrad, R. (2009). "Mycorrhiza". 3th ed. Springer. pp.1-200.
- Deckmyn, G.; Meyer, A.; Smits, M.M.; Ekblad, A.; Grebenc, T.; Komatov, A.; Kraigher, H. (2014). Simulating ectomycorrhizal fungi and their role in carbon and nitrogen cycling in forest ecosystems. *Canadian J. Forest Research*, **44**(6), 535–553.
- Dhalaria, R.; Kumar, D.; Kumar, H.; Nepovimova; E.Islam, M.T.; Verma, R. (2020). Arbuscular mycorrhizal fungi as potential agents in ameliorating heavy metal stress in Plants. *Agronomy.*, **10**, 815-837.
- Finlay, R.D. (2008). Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. *J. Experimental Botany*, **59**(5), 1115-1126.
- Foo, E.; Ross, J.J.; Jones, W.T.; Reid, J.B. (2013). Plant hormones in arbuscular mycorrhizal symbioses: an emerging role for gibberellins. *Ann. Bot.*, **111**, 769–779.
- Garcia-Garrido, J.M.; Ocampo, J.A.; Garcia-Romera, I. (2002). "Enzymes in the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis". In: Burns, R.; Dick. R. (eds) *Enzymes in the environment: activity, ecology and application*. Marcel Dekker, New York, pp. 125–151

- Herrera, H.; Sanhueza, T.; Martiarena, R.; Valadares, R.; Fuentes, A.; Arriagada, C. (2020). Mycorrhizal fungi isolated from native terrestrial orchids from region of Araucanía, Southern Chile. *Microorganisms.*, 8-1120.
- Khanday, M.; Bhat, R.A.; Haq, S.; Dervash, M.A.; Bhatti, A.A.; Nissa, M.; Mir, M.R. (2016). "Arbuscular Mycorrhizal Fungi Boon for Plant Nutrition and Soil Health". In: Hakeem KR *et al.*, (eds) Soil science: agricultural and environmental prospective. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 317–332
- Kühndorf, K.; Münzenberger, B.; Begerow, D.; Gómez-Laurito, J.; Hüttl, R.F. (2016). Arbutoid Mycorrhizas of the genus Cortinarius from Costa Rica. *Springerlink.com.*, **26**, 497-513.
- Muchovej, R. M. (2004). "Importance of Mycorrhiza for Agricultural Sciences Crops". University of Floreida , "http://edis – ifas, ufl.edu".
- Peter, H. R.; Ray, F. E.; Susan, E.E. (2005). "Biology of Plants". 7th ed., England in Italy.
- Quilambo, O. A. (2003). The vesicular –arbuscular mycorrhizal Symbiosis. *African J. Biotechnol.*, **2**(12), 339-546.
- Selvarj, T.; Chellappan, P. (2006). Arbuscular mycorrhiza: Adverse personality. *J. Central European Agricult.*, **7** (2), 349-358.
- Tedersoo, L. (2017). "Biogeography of Mycorrhizal Symbiosis". Springer, pp, 557.
- Tedersoo, L.; Bahram, M.; Toots, M.; Diédhiou, A. G.; Henkel, T. W.; Kjølner, R.; Morris, M.H.; Nara, K.; Nouhra, E.; Peay, K.G.; Polme, S.; Ryberg, M.; Smith, M.E.; Kõljalg, U. (2012). Towards global patterns in the diversity and community structure of ectomycorrhizal fungi. *Molecular Ecol.*, **21**(17), 4160–4170.
- Timonen, S.; Peterson, R.L. (2002). Cytoskeleton in mycorrhiza symbiosis. *Plant Soil*, **244**, 199-210.
- Turk, M.A.; Assaf, T.A.; Hameed, K.M.; Tawaha, A.M. (2006). Significance of mycorrhizal. *J. Agricultural Sci.*, **2**(1),16-20.
- Tyub, S.; Kamili, A.N.; Reshi, Z.A.; Mearaj, S.S.; Mokhdomi, T.A.; Bukhara, S.; Wafai, A.H.; Amin, A.; Qadri, R.A. (2016). Ectomycorrhizae: activity and growth. *European Academic Research*. **4**(5), 4481-4505.
- Varma, A. (2008). "Mycorrhiza". 3th ed. Springer. pp. 271–303.
- Willis, A.; Rodriguesb, B.F.; Harrisa, P.J.C. (2013). The ecology of Arbuscular mycorrhizal fungi. *Crit. Rev. Plant Sci.*, **32**,1–20.
- Wu, Q.S.; Srivastava, A.K.; Zou, Y.N. (2013). AMF induced tolerance to drought stress in citrus: a review. *Sci. Hortic.*, **164**, 77–87.
- Zaki, A.S.; Mohd, S.A.; Kazuyoshi, F. (2008). "Mycorrhiza: Sustainable Agriculture and Forestry". Springer.
- Zhao, M.; Li, M.; Liu, R.J. (2010). Effect of Arbuscular mycorrhizae on microbial population and enzyme activity in explant soil used for watermelon production. *Int. J. Eng. Sci. Technol.*, **2**, 17–22.
- Zhu, C.; Ling, N.; Guo, J.; Wang, M.; Guo, S.; Shen, Q. (2016). Impacts of fertilization regimes on arbuscular mycorrhizal fungal (AMF) community composition were correlated with organic matter composition in maize rhizosphere soil. *Frontiers in Microbiol.*, **7**,1840-1852.
- Zolfaghari, M.; Nazeri, V.; Sefidkon, F.; Rejali, F. (2013). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and essential oil content and composition of *Ocimum basilicum* L. Iran. *J. Plant Physiol.*, **3**, 643–650.
-

Mycorrhizae Fungi

Hiba H. Taha

Department of Biology/ College of Science/ University of Mosul

ABSTRACT

Mycorrhizae is a symbiotic relationship between roots of the most types of Vascular plants and fungi. These symbionts are characterized by a two directional movement of nutrients, whereby the fungi take up carbon while the nutrients are transferred to the plant, and thus there is a link between the plant root and the soil in infertile soils, As the growth of the Mycorrhizae in the plant roots greatly increases the surface area of the root absorption, the absorption of nutrients by the mycorrhiza fungi leads to improve plant growth and production, according to this, Mycorrhizae plants are more able to withstand environmental stresses compared to non-mycorrhizal plants. Mycorrhizae vary in form and function, including the fungus Ectomycorrhiza, Endomycorrhiza with other type, as well as increasing plant immunity and helping to reduce pathogens and harmful organisms (for example, fungi are effective against nematodes and some types of fungi, they can elimination to 60 types of pathogens that cause rot and scab) and help accelerate the flowering process and accelerate the process of crop survival and it affects the growth of green mass.

Keywords: Fungi, Soil, Mycorrhizae.