عزل وتشخيص فطر المايكورايزا واستعماله في الازالة الحيوية للتربة المعاملة بالحمأة ونمو نبات الذرة الصفراء

نريمان داود سلمان

قسم علوم التربة والموارد المائية-كلية الزراعة-جامعة بغداد، العراق (dr.nariman2006@yahoo.com)

المستخلص

نفذت تجربة اصص في الظلة الخشبية التابعة لقسم علوم التربة والموارد المائية - كلية الزراعة - جامعة بغداد الموسم الربيعي 2013، باستعمال تربة ذات نسجة رملية مزيجة، لدراسة عزل وتشخيص المايكورايزا والحمأة وتاثيرهما في في نمو نبات الذرة الصفراء وتركيز عنصري الكادميوم والرصاص. عوامل التجربة هي خمسة مستويات من الحمأة هي (0، 25، 50، 75، 100) ميكاغرام هـ$^{-1}$ ورمز لها (S_0و S_1 و S_2 و S_3 وS_4) ولقاح المايكورايزا (من دون لقاح والتلقيح بالمايكوررايزا *Gloums intraradices*) ورمز لهما (AM0، AM1). وبثلاثة مكررات وفق تصميم كامل التعشية (CRD). أظهرت نتائج تشخيص فطر المايكورايزا باستعمال تقنية الـ PCR لمستوى الجنس والنوع من خلال الخصائص المطابقة للفطر *G.intraradices* و*Glomus* mosseae. وبينت النتائج أن التلقيح بالمايكورايزا قلل معنوياً الآثار الضارة الناجمة عن العناصر الثقيلة ومنها Cd وPb وتسبب في زيادة المادة الجافة للمجموع الخضري والجذري. زيادة نسبة تراكم العناصر الثقيلة في الجذور بزيادة تركيز العناصر قياسا بالجزء الخضري الذي كانت تراكمه فيه اقل باربعة مرات من الجذور.

الكلمات المفتاحية: تشخيص، المايكورايزا، الحمأة، الذرة الصفراء.

المقدمة

يقصد بالاستصلاح الحيوي (Phytoremediation) استعمال النبات والأحياء لإعادة توازن البيئة وإزالة الملوث العضوي والمعدني من التربة (Hettiarachchi واخرون، 2012)، وهنالك توجه علمياً لاستعمال المايكورايزا في الاستصلاح الحيوي لمعالجة الترب الملوثة بالمعادن الثقيلة ويطلق عليه عندئذٍ Mycorrhizoremediation الذي يعبر عن استعمال النباتات المايكورايزية (Khan، 2006 و Gomathy واخرون، 2011). تزيد المايكورايزا من مقدرة النباتات على استخلاص المعادن الثقيلة من التربة أو تجميعها في أجزاء النبات كما في نبات زهرة الشمس المصابة بالمايكورايزا (Davies، 2005) ويشير مصطلح Phytotransformation الى امتصاص النبات للملوثات العضوية والمعدنية من التربة والماء الارضي، مثل: مركبات TNT و DNT والمبيدات الحاوية على الكلورين والرصاص والكادميوم والنترات (Bock واخرون، 2002)، وتعتمد هذه العملية على الامتصاص المباشر للملوثات وتجميع العناصر بعد تمثيلها في انسجة النبات وتحويلها الى صيغ مغايرة، ويعد هذا التطبيق مهماً في المجال البيئي لان المواد الناتجة التي سوف تتراكم في المواد الخضراء ستكون غير سامة أو على الاقل قليلة السمية بشكل كبير قياساً بأصل هذه المعادن التي جاءت منها. أظهرت الدراسات أن لفطر المايكورايزا الشجيرية مقدرة على تحمل تراكيز عالية من المعادن الثقيلة في البيئات الملوثة (Tahat واخرون، 2010) إذ تعمل على تخفيف تأثير العناصر السامة في النبات من خلال تحسين امتصاصه للمغذيات المعدنية الأخرى (El-Kherbawy، 1989)، ولحظ بعض الباحثين ان المايسيلم الخارجية هي المواقع الرئيسة لتوطين العناصر او الايونات السامة أو فصل المعادن المهمة بواسطة تكوينها لأملاح متعددة الفوسفات وتجميعها داخل الفطر ومن ثم الى النبات الذي يقلل من نقل العناصر السامة الى النبات ومن ثم سيقلل سميتها (Turnau واخرون، 1993)، وتحسن نمو النباتات المايكورايزية ومن ثم زيادة تحملها

استلام البحث: 2016/11/30
قبول النشر: 2017/5/29

للتأثير السمي للمعادن الثقيلة او الامتزاز على افرازات الكلومالين الناتجة من الهايفات الخارجية (Wright و Upoduyagu،1998)، ويعتقد أن الفطر يمتلك حاجزاً بايولوجياً ضد نقل المعادن الثقيلة الى المجموع الخضـري (Gaur وAdholeya،2004). تفرز خيوط المايكورايزا الداخلية مركبات كلايكوبروتينية ذات طبيعة لزجة تدعى الكلومالين (Glomalin) وتحرره الى محيط التربة (Mahmood وRizvi، 2010). يؤدي الكلومالين دورا" حيويا" في امتصاص وفصل العناصر السامة (الكادميوم والرصاص) والتقليل من تأثيرهما السمي، أي يعمل مثبتاً او مرشحاً للمعادن الثقيلة قبل دخولها الى النظام التعايشي بين الفطر والنبات (Gonzalez-Chavez واخرون،2004). تستعمل مخلفات المجاري سماداً للمحاصيل الزراعية وذلك لاحتوائها على كميات من النتروجين والفسفور والعناصر الصغرى الضرورية في تغذية المحاصيل مع الاخذ بالحسبان المخاطر التي قد تنجم من وجود بعض العناصر الثقيلة الضارة للنباتات مثل الرصاص، الكادميوم، النحاس، الزنك (Kelling واخرون، 1977). تركزت هذه الدراسة على عزل وتشخيص المايكورايزا المحلية ومستويات مختلفة من الحمأة لاستصلاح الترب الملوثة بالعناصر الثقيلة ومنها الكادميوم والرصاص في معالجة تقليلها في التربة، وتأثير المايكورايزا والحمأة في بعض مؤشرات نمو الذرة الصفراء.

المواد وطرائق البحث

نفذت التجربة في الظلة الخشبية التابعة لقسم علوم التربة والموارد المائية في كلية الزراعة – جامعة بغداد في أبي غريب الموسم االربيعي 2013، باستعمال تربة ذات نسجة رملية مزيجة، جمعت من الطبقة السطحية (0- 30 سم) من أحد المشاتل التابعة لجامعة بغداد. جففت التربة هوائيا وطحنت ومررت من منخل قطر فتحاته 2 مم، ومزجت التربة لتكون أكثر تجانسا وقدرت بعض اصفاتها الكيميائية والفيزيائية قبل الزراعة بحسب الطرائق الواردة في Page واخرون (1982) والموضحة في الجدول 1.

جدول1. بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لتربة الدراسة قبل الزراعة

Pb	Cd	N	K	P	pH	EC
ملغم كغم$^{-1}$					-	ديسي سمنز م$^{-1}$
5.00	0.04	39.10	80.20	4.54	7.78	1.22
الطين	الغرين	الرمل	النسجة	معادن الكاربونات	المادة العضوية	النتروجين الكلي
غم كغم$^{-1}$			-	غم كغم$^{-1}$		
90	80	830	LS	185	3.11	0.30

صممت التجربة وفق تصميم كامل التعشية (CRD)، وقد كانت المعاملات هي معاملة من دون لقاح ولقاح المايكورايزا *Glomus intraradices* المعزولة من التربة المحيطة بجذور النارنج ورمز لهما (AM0، AM1) وخمسة مستويات من الحمأة المعقمة (0 و25 و50 و75 و100) ميكاغرام هـ$^{-1}$ ورمز لها (S0 وS1 و S2 و S3 و S4) جمعت بطريقة عشوائية من احواض تجفيف الحمأة من مشروع معالجة مياه الصرف الصحي في الرستمية (والمبين صفاتها في الجدول 2)، وجففت هوائيا وطحنت ومررت من منخل قطر فتحاته 2 ملم وعُمل مستخلص 5:1 للمخلفات لتقدير كل من الأس الهيدروجيني والايصالية الكهربائية. اما التقديرات الاخرى فتمت مثل تقديرات النبات. نفذت التجربة بثلاثة مكررات وتضمنت 30 وحدة تجريبية، وتم اضافة السوبرفوسفات الكاليسيوم (P%20) بواقع 50 كغمPهـ$^{-1}$ خلطا مع التربة وسماد اليوريا (N% 46) بواقع 120 كغم Nهـ$^{-1}$ وكبريتات البوتاسيوم (K % 41.5) بواقع 100 كغم K هـ$^{-1}$. جمعت 5 عينات من التربة المحيطة بالجذور من حقول كلية الزراعة – ابو غريب

للنباتات الاتية: الذرة الصفراء N1 (*Zea mays* L.) والذرة البيضاء N2 (*Sorghum biocolor*) وحشيشة السودان N3 (*Sorghum sudanensis*) والنارنج N4 (*Citrus aurantium*) والجت N5 (*Medicago sativa*). وضعت عينات التربة والجذور في أكياس نايلون معقمة وسجلت عليها المعلومات الاتية: الموقع، ونوع العائل ونقلت العينات الى المختبر وحفظت بالثلاجة لحين استعمالها لعزل وتشخيص فطر المايكورايزا الشجيري.

جدول 2. بعض الصفات الكيميائية للحمأة المستعملة في التجربة

الصفة	وحدة القياس	القيمة
EC	ديسي سمنز م$^{-1}$	3.51
pH	-	6.94
المادة العضوية	غم كغم $^{-1}$	369.80
النتروجين الكلي		15.26
الفسفور الكلي		12.23
البوتاسيوم الكلي		6.37
الكبريت الكلي		8.00
السعة التبادلية الكاتيونية	سنتي مول شحنة كغم $^{-1}$	134.81
المنغنيز الكلي	ملغم كغم $^{-1}$	375.85
الزنك الكلي		378.00
الرصاص الكلي		207.30
الكادميوم الكلي		9.89
النحاس الكلي		126.00
الكاربون العضوي	غم كغم $^{-1}$	267.36
C/N	-	17.52

تم عزل 5 عزلات من المنطقة المحيطة بجذور النباتات انفا وتنقيتها على أساس بوغ المفرد اذ أعطت الأرقام 1 -5 أرقام العينة، وتضمنت الدراسة عزل وتنقية المايكورايزا بطريقة النخل الرطب التي تتلخص بأخذ 100 غم من التربة المحيطة بالجذور للنباتات قيد الدراسة ووضعت في كاس زجاجي سعة لتر من الماء المقطر خلطت ورجت جيدا وتركت لمدة 20 دقيقة حتى تترسب دقائق التربة تاركاً الابواغ والغزل الفطري عالقاً. مرر عالق التربة عبر مجموعة من المناخل ذات فتحات اقطارها مرتبة تنازلياً 500، 250، 125، 106، 75، 50 ، 35 مايكروميترا على التوالي. جمع ماء الغسل فوق كل منخل من المناخل السابقة في انابيب اختبار ونبذ مركزيا بسرعة 5000 دورة دقيقة$^{-1}$ لمدة 10 دقائق. سكب الراشح وأضيف الى الجزء المترسب محلول الكليسرول 50% (Hosny واخرون، 1996). رجت الانابيب باليد ثم نبذت مركزيا بسرعة 5000 دورة دقيقة$^{-1}$ لمدة 10 دقائق. أخذ المعلق ورشح خلال ورقة ترشيح واتمان رقم (1)، مع اضافة الماء المقطر لغسل الابواغ. فحصت ورقة الترشيح بالمجهر التشريحي تحت قوة تكبير ×40 لملاحظة الابواغ وعددها لتستعمل كلقاح بهدف تكوين مزارع نقية (Al-yahya′ei واخرون، 2011)، واستخدم المجهر الضوئي للتعرف على الصفات المورفولوجية والتشريحية للابواغ لغرض تشخيصها. شخصت الأجناس والأنواع التابعة لفطر المايكورايزا الحويصلية الشجيرية بحسب المفتاح التصنيفي المذكور من قبل Oehl واخرون (2011)، وشخصت العزلات لمستوى الجنس والنوع على أساس لون الابواغ وشكلها وحجمها وطبيعة ارتباطها بالهايفا وعدد جدرانها وسمكها بعد ظهور النموات الفطرية اعتماداً على خصائص وطبيعة الغزل الفطري وتكوينة للجسم الثمري وشكل وحجم

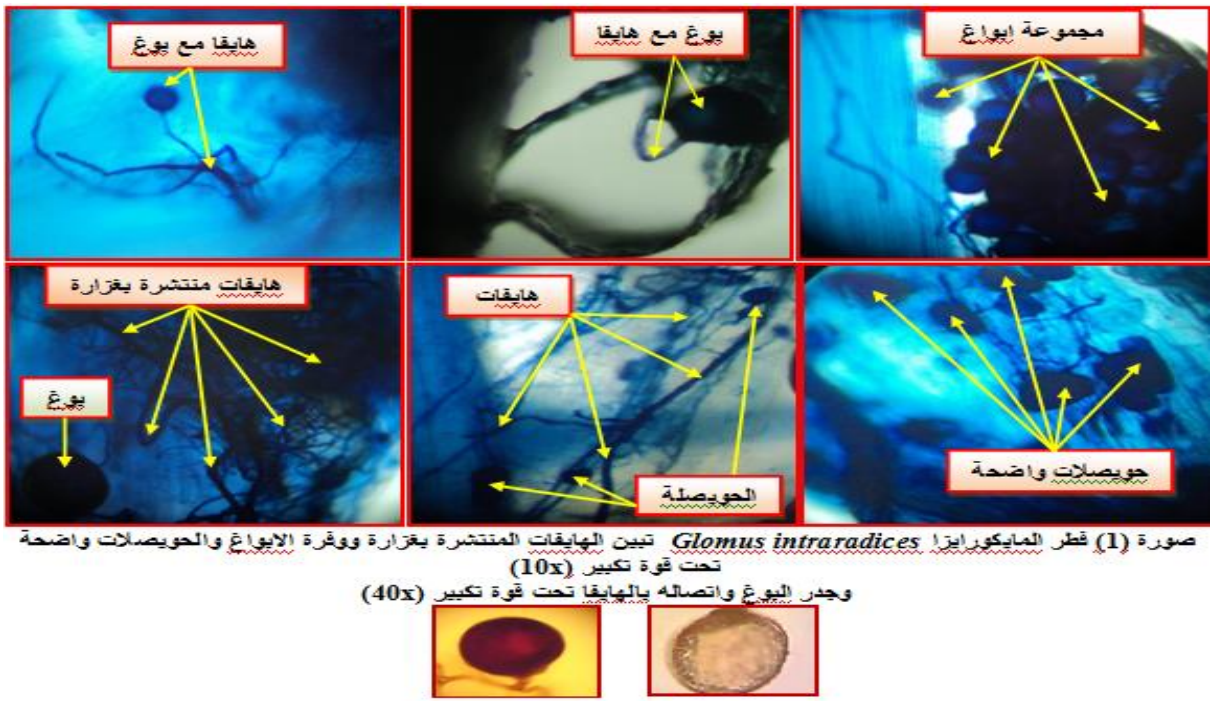
ولون البوغ الكلاميدي وعدد أغلفته وطريقة تكونه الفطري والتراكيب التي تكونها وأعتماداً على الصفات التصنيفية المعتمدة للمصدر انفاً. شخصت العزلة *Glomus intraradices* من تربة جذور اشجار النارنج وحشيشة السودان وتم الحصول على سبوراتها وأعطيت لها احرف تمييزية ورمز لها (NFI). اما العزلة *Glomus* mosseae شخصت من تربة جذور الذرة الصفراء والبيضاء والجت وتم الحصول على سبوراتها ورمز لها (NFM). فحصت الجذور تحت المجهر للتأكد من إصابة الجذور بالمايكورايزا بتصبيغها بصبغة Trypan blue بحسب Philips و Hayman (1970) وحساب اعداد الابواغ بحسب Gerdmann وNicolson (1963)، وقد احتوى اللقاح على ابواغ الفطر وجذور مصابة وتربة معقمة جافة. تم أختبار كفاءة العزلات بزراعة بذور الشعير المعقمة في اصص سعة 5 كغم تربة معقمة بجهاز المؤصدة على درجة 121 ْم وضغط 1.2 كغم سم$^{-2}$ لمدة ساعة و لثلاثة ايام متتالية (Louis و Lime، 1988)، وبواقع عشرة بذور للأصيص الواحد فقد تم تلقيحها بلقاح كل عزلة (أبواغ وغزل فطري وجذور مصابة وتربة) وبعد اكتمال الإنبات خفت النباتات الى ثلاثة نباتات لكل أصيص وبعد ثلاثة أشهر من الزراعة تم حساب كل من ارتفاع النبات والوزن الجاف لكل من المجموع الخضري والجذري والكلوروفيل والنسبة المئوية للجذورالمصابة بالمايكورايزا (Daft و Nicolson، 1972) وحساب اعداد الابواغ، إذ تم حساب معدل عدد الابواغ في 10غم من عالق الابواغ باستخدام شريحة عد خاصة، والتي تم على اساسها اختيار العزلة الاكفأ (N4) واضيفت كلقاح للتجربة من خلال مؤشرات نمو النبات في نتائج الجدول 3 لاجراء الدراسة لهذا البحث.

اما مراحل تنفيذ التجربة فقد اضيف لقاح المايكورايزا (*Glomus inraradies*) المكون من (رمل + سبورات + جذور مصابة) بشكل طبقتين (pad)، اذ وضع 50 غم من اللقاح على عمق 5 سم من سطح التربة وخلطت 50 غم اخرى من اللقاح واضيفت الحمأة خلطا مع الطبقة السطحية للتربة لضمان التجانس والتوزيع بحسب المعاملات المختلفة، مع مراعاة اضافة كمية اللقاح نفسها وهي 100 غم من الرمل المعقم الى الاصص غير المشمولة بالتلقيح الفطري. زرعت عشرة بذور من الذرة الصفراء في اصص بلاستيكية سعة 7 كغم تربة ذات نسجة رملية مريجة وذلك بعد تعقيمها سطحيا باستعمال كلوريد الزئبق ($HgCl_2$) والكحول الاثيلي 95% ومن ثم غسلت بالماء المقطر والمعقم مرات عدة لازالة أي اثر للمادة المعقمة في اذار 2013. حفظت رطوبة التربة في الاصص الى حد 75% من السعة الحقلية وعوض الفقد في الرطوبة باضافة الماء يوميا على اساس الوزن، وخفت البادرات بعد اسبوع عن موعد الانبات الى نباتين اصيص$^{-1}$، وبعد ثلاثة أشهر من الزراعة حصدت النباتات من قرب سطح التربة، وتم قياس الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري لكل معاملة، وقدر الكادميوم والرصاص في النبات باستعمال جهاز الامتصاص الذري.

النتائج والمناقشة

أظهرت نتائج عزل وتشخيص فطر المايكورايزا *G. intraradices* و لمستوى الجنس والنوع والذي تميز بالخصائص الآتية: ظهر بان لون البوغ اصفر شاحب الى رمادي داكن، كروي الشكل، سطحه خشن، وعند فحصه بالمجهر التشريحي تحت قوة التكبير 40x تبين بان قطر البوغ 50 مايكروميترا، وكان اتصاله بالخيط الفطري جانبي وقطره 3 مايكرومترا مع وجود مفصل بين الحامل البوغي والخيط الفطري، له 3 جداران؛ الاول يتكون منه الحامل البوغي، والثاني اسمك من الاول، والثالث رقيق جدا وشفاف. وجد البوغ بشكل مفرد في التربة، والابواغ الناضجة لاتحاط بأغلفة، وهذه الخصائص مطابقة لصفات النوع *G. intraradices* وفقاً لما ذكره Oehl واخرون (2011)، وصفاتها مطابقة للمفتاح التصنيفي والذي يعتمد على لون البوغ وحجمه وعدد جدران البوغ، وسمك الجدران

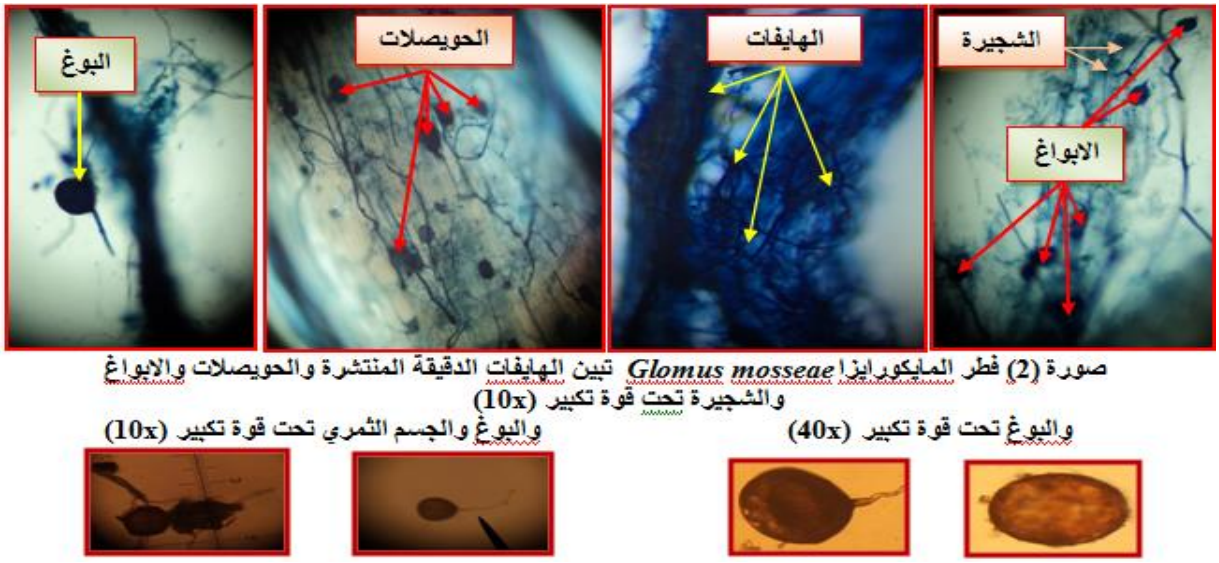
والشكل الخارجي للبوغ ومحتوياته ومنطقة التقاء الحامل بالبوغ وشكله وتجمع الابواغ في التربة وشكل الاصابة بالجذر كما في الصورة 1.



صورة (1) قطر المايكورايزا *Glomus intraradices* تبين الهايفات المنتشرة بغزارة ووفرة الابواغ والحويصلات واضحة تحت قوة تكبير (10x)
وجدر البوغ واتصاله بالهايفا تحت قوة تكبير (40x)

ان الاختلافات في حجم ولون الابواغ قد يعود لاختلاف مراحل تطور الابواغ، اذ يزداد حجمها ويتغير لونها من صفراء شاحبة الى بنية رمادية تدريجياً بتقدم عمرها. يظهر وجود اصابة غزيرة في جذر النبات المصاب بفطر المايكورايزا جنس *Glomus intraradecs* تحت قوة التكبير 10x مع انتشار الخيوط الفطرية بغزارة والتراكيب الشجيرية والحويصلات تنتشر داخل قشرة الجذر بشكل واضح. وتظهر الاصابة في الجذر بشكل خيوط فطرية منفردة وسمك الهايفا 3 مايكرومتر مع وجود مجموعة ابواغ داخل الجذر بشكل تجمعات. ويبين شكل وحجم البوغ قياسا بالخيط الفطري، الاغلفة المتعددة للبوغ ومنطقة الاتصال البسيطة، الخيط الفطري ومجموعة من الابواغ للفطر.

ظهر عند تشخيص *Glomus* mosseae ان لون البوغ اصفر الى بني غامق، كروي الى بيضوي الشكل ذو سطح أملس شبكي عند فحصه بالمجهر التشريحي تحت قوة التكبير 40x تبين بان قطر السبور 90 مايكروميترا، والخيط الفطري الملاصق مع البوغ يكون على شكل قمع قطره 18 مايكروميترا وتكون مجاميع الابواغ Sporocarps أو تكون الابواغ مفردة لها جدار واحد سمكه 4 مايكروميترا، سمك جدار الخيط الفطري في منطقة الاتصال 2 مايكرومترا فضلاً عن المايكورايزا الداخلية تكوينها للحويصلات وتظهر الاصابة في الجذر بشكل خيوط فطرية دقيقة وانتشار الشجيرات Arbuscule مع وجود الحويصلات والابواغ المبينة في الصورة 2.



صورة (2) فطر المايكورايزا *Glomus mosseae* تبين الهايفات الدقيقة المنتشرة والحويصلات والابواغ والشجيرة تحت قوة تكبير (10x)

يعد انتخاب العزلات المحلية المستوطنة من فطر المايكورايزا من الاساليب الكفوءة في زيادة وتحسين انتاج المحاصيل الزراعية، فقد وجد Camprubi و Calvet (1996) ان افضل عزلات المايكورايزا هي التي تعود للجنس Glomus، وان افضل عزلاتها هي *Glomus mosseae* واكثرها تواجدا على جذور المحاصيل والعزلة *Glomus intraradices* اكثرها تواجدا على جذور الحمضيات والحشائش. كما اكد Sylvia (1994) ان اختيار العزلة المؤثرة من فطر المايكورايزا وتقدير الكمية اللقاحية المقررة وتلقيح الشتلات في مراحلها الاولى من مقومات البحث الناجح . شخصت الجذور النباتية المصابة وغير المصابة بفطر المايكورايزا جزيئيا بتقنية الـ PCR وذلك بالتحري عن جين 18S rDNA للفطر في جذور نباتات الشعير عن طريق أستخلاص وتنقية الحامض النووي (DNA) للجذور والكشف عن وجود الحامض النووي للفطر (Simon واخرون، 1999). أستخلص الدنا الجيني لفطر المايكورايزا من جذور نباتات الشعير المصابة قيد الدراسة. اجريت عملية الترحيل الكهربائي لعينات الدنا المستخلصة على هلام الاكاروز1%. وان استخدام البادئ للعينات قيد الدراسة الى ظهور حزمة دنا بحجم جزيئي مقداره 550 زوج قاعدي نتروجيني مثل حجم جين 18S rDNA لفطر المايكورايزا. تعد المنطقة المضخمة مميزا لفطرالمايكورايزا من الانواع *Glomus mossea* و*G. intradeces* ومن خلال النتائج فان الباديء النكليوتيدي يعد دقيقاً جداً في تشخيص الاصابة بفطر المايكورايزا في جذور نباتات الشعير وعلى اساسها يمكن تمييز جذور النباتات المصابة بالفطر عن غير المصابة (Lee واخرون, 2008). وبذلك تتطابق نتائج التشخيص الجزيئي لفطر المايكورايزا مع نتائج التشخيص المظهري. وكانت اعلى زيادة في نسبة اصابة الجذور لفطر المايكورايزا نوع *G.intraradicse* وهذا يمكن ان يعود الى كفاءة اللقاح والتي تتضمن عدد الابواغ في الغرام الواحد وسلالة الفطر ومدة خزن اللقاح و نشاط ابواغ الفطر.

اظهرت النتائج في الجدول 3 اختلاف العزلات في قابليتها على تحفيز نمو نباتات الشعير ألا انها جميعا" تفوقت على معاملة المقارنة من دون تلقيح وتفوقت العزلة N4 في الصفات جميعا، إذ اعطت العزلة اعلى معدل ارتفاع النبات والوزن الجاف للمجموعين الخضري والجذري بلغ مقداره 62.00 سم و 30.18غم نبات$^{-1}$ و 15.12 غم نبات$^{-1}$ على التوالي. تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه Zaefarian واخرون (2011) الى زيادة معنوية في ارتفاع النبات والوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري عند تلقيح نبات الشعير بالفطر *Glomus intraradices*. اعطت اعلى معدل عدد الابواغ ونسبة الاصابة بمقدار 127.00 بوغ 10غم$^{-1}$ تربة و89.00 % على التوالي، وهذا يؤكد نشاط العزلة N4 في تحفيز نمو

نباتات الشعير. تؤكد هذه النتائج ما توصل إليه Sharif واخرون (2010) الى زيادة نسبة إصابة الجذر للمايكورايزا الشجيرية بنسبة 45% مع 32 كثافة الابواغ لكل 20 غرام تربة في محصول الدخن و محصول اللوبيا. اتفقت هذه النتائج مع ما وجده Diaz و Garza (2007) في دراسة حول كفاءة AMF نوع *Glomus intraradices* على نمو نبات الذرة البيضاء زيادة معنوية في نسبة استيطان المايكورايزي بمعدل 67.5 % قياسا" بنباتات المقارنة.

جدول 3. تقييم كفاءة عزلات فطر المايكوريزا في بعض معايير نمو نبات الشعير

LSD 0.05	N5 الجت	N4 النارنج	N3 حشيشة السودان	N2 الذرة البيضاء	N1 الذرة الصفراء	C0 المقارنة	رقم العزلة / الصفة
4.47	45.00	62.00	55.00	57.00	53.00	29.00	ارتفاع النبات
2.36	19.21	30.18	26.53	27.14	21.98	12.98	الوزن الخضري الجاف
1.62	11.18	15.12	13.72	13.94	12.88	7.34	الوزن الجذري الجاف
12.38	50.50	127.00	80.80	90.51	66.30	0.00	اعداد الابواغ
5.76	64.00	89.00	76.60	81.00	77.00	0.00	نسبة الاصابة للجذور
0.70	35.77	38.46	37.40	36.65	37.27	30.71	دليل الكلوروفيل

اما بالنسبة لدليل الكلوروفيل فقد اعطت العزلة N4 قيمة مقدارها 38.46 Spade unit وقد يعزى دور المايكورايزا في زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل إلى مساهمتها في تشجيع نمو النبات وزيادة تجهيز النبات بالمغذيات الضرورية لبناء وتركيب جزئية الكلوروفيل وفي مقدمتها النتروجين والمغنسيوم وتفرز الجذور المصابة بالمايكورايزا هرمونات النمو كالأوكسينات والسايتوكاينينات والجبرلينات، فجذور النباتات المصابة بفطر المايكورايزا تتميز بكثافتها العالية (Selvaraj، 1998). مما يساعد للحصول على نبات سليم ذو جذر نموه يكون كثيفا ومحتوى عالٍ من الكلوروفيل (Beltrano وآخرون 2013)، وهذا يساعد في امتصاص العناصر المغذية وزيادة محتوى الصبغات في النسيج النباتي (Utobo وآخرون 2011).

اظهرت النتائج في الجدول 4 ان اضافة المايكورايزا أدت الى زيادة معنوية في تراكم المادة الجافة لنبات الذرة الصفراء اذ بلغ متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري 37.41 غم نبات$^{-1}$ في حين بلغ 26.93 غم نبات$^{-1}$ عند عدم اضافة اللقاح وبنسبة زيادة بلغت 38.9%، وهذا ربما يعود الى ان المايكورايزا ساعدت في زيادة امتصاص العناصر المغذية وتحسين العلاقات المائية وزيادة المساحة السطحية للجذور (Smith و Read ، 2008). تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه Tahat واخرون (2010) في دراستهم لاستجابة الطماطة لفطر المايكورايزا *Glomus mosseae* فوجدوا زيادة في الوزن الجاف للمجموع الخضري. ادت اضافة مستويات الحمأة الى حصول زيادة معنوية في متوسط الوزن الجاف اذ بلغ اعلى قيمة عند المستوى S3 بمقدار 35.87 غم نبات$^{-1}$ وانخفض عند المستوى S4 بنسبة انخفاض 3.9%. وقد يعزى ذلك الى دور المادة العضوية في تحسين الصفات الفيزيائية والكيميائية تنتج عنه زيادة في جاهزية العناصر المغذية مما انعكس ايجابيا على زيادة حاصل المادة الجافة وهذا يتفق مع ما حصل عليه Kelling واخرون (1977) من زيادة في حاصل الذرة الصفراء نتيجة لإضافة مستويات مختلفة من مخلفات المجاري (15، 30، 60، 90 ميكاغرام هـ$^{-1}$) ولحظوا انخفاض الحاصل عند المستويات العالية، وفسر ذلك على اساس زيادة تراكم الاملاح الذائبة في منطقة الجذور. وجد Garcia واخرون (1979) ان اضافة 40 ميكاغرام هـ$^{-1}$ مخلفات مجاري لنبات الذرة الصفراء اعطت

زيادة في وزن المادة الجافة اكثر من اربع مرات قياسا بغير المعاملة، وحقق التداخل بين التلقيح بالمايكورايزا واضافة الحمأة أعلى وزن خضري جاف بلغ 41.56 غم نبات$^{-1}$ عند المعاملة بالمستوى S3 والتلقيح بالمايكورايزا متفوقاً بذلك على معاملة المقارنة التي اعطت وزناً بلغ 23.67 غم نبات$^{-1}$ بزيادة مقدارها 75.6% ، ربما يعود الى ان وجود المادة العضوية حسن من انتاح الكتلة الحيوية للنباتات وزاد من نسبة الاصابة بالمايكورايزا من خلال تحسين بيئة نمو الجذور وفطر المايكورايزا على حد سواء، او ترجع إلى التأثير الايجابي لعوامل التداخل في تحسين بناء التربة وسعة الاحتفاظ بالماء والكثافة الظاهرية والغيض والايصالية المائية المشبعة ومحتوى التربة الرطوبي (Githinji، 2014) وزيادة جاهزية المغذيات وكذلك تشجيع المايكورايزا امتصاص الماء والمغذيات المختلفة مما ينعكس ايجاباً على نمو النبات.

جدول 4. تاثير المايكورايزا ومستويات الحمأة في الوزن الجاف للمجموع الخضري للذرة الصفراء (غم نبات$^{-1}$)

المايكورايزا AM	مستويات الحمأة (ميكاغرام هـ$^{-1}$)					المتوسط AM
	S0	S1	S2	S3	S4	
AM0	23.67	25.41	26.46	30.18	28.95	26.93
AM1	32.80	35.33	37.38	41.56	39.98	37.41
المتوسط S	28.24	30.37	31.92	35.87	34.47	-
$LSD_{0.05}$	المايكورايزا AM		مستويات الحمأة S		المايكورايزا x مستويات الحمأة	
	4.37		2.68		5.96	

تبين النتائج في الجدول 5 ان اضافة المايكورايزا ادت الى زيادة معنوية في تراكم المادة الجافة للجذور اذ بلغ اعلى متوسط للوزن الجاف 19.85غم نبات$^{-1}$، في حين بلغ اقل متوسط 17.29غم نبات$^{-1}$ عند عدم اضافة اللقاح وبنسبة زيادة بلغت 14.8%، وقد يعود هذا إلى ان فطر المايكورايزا يزيد من سطح الجذور المعرضة للتربة مما يؤدي إلى زيادة امتصاص العناصر المغذية والماء وتحسين حالة التغذية للنبات من خلال زيادة امتصاص العناصر المغذية قليلة الحركة في التربة لاسيما الفسفور والعناصر الصغرى مثل الزنك والنحاس ومن ثمّ تحسين نمو وتطور النبات من خلال تحسين نمو الجذور والنمو الخضري للنبات. ربما يعود الى ان المايكورايزا ساعدت في زيادة امتصاص العناصر المغذية وتحسين العلاقات المائية وزيادة المساحة السطحية للجذور (Smith و Read، 2008)، وهذا يتفق مع ما توصل إليه Zaefarian اخرون (2011) اذ وجدوا زيادة معنوية في الوزن الجاف للمجموع الجذري عند تلقيح نبات الشعير وبالفطر *Glomus intraradices*. ادت اضافة مستويات الحمأة الى حصول زيادة معنوية في متوسط الوزن الجاف اذ بلغ اعلى قيمة عند المستوى S3 بمقدار 20.13 غم نبات$^{-1}$ وانخفض عند المستوى S4 بنسبة انخفاض 5.6%، وقد يعزى الى دور المادة العضوية من خلال تحسين العلاقات المائية في التربة وتزويد النباتات بالعناصر المغذية وتقليل pH وسط نمو الجذور مما يزيد من جاهزية العناصر المغذية، وهذه النتيجة تتفق مع ما وجده Walling واخرون (1975) عن دور المادة العضوية في زيادة الوزن الجاف الجذري للنباتات، كذلك فإن للمادة العضوية دورا مهما في مساعدة جذور النبات على اختراق مقد التربة وذلك من خلال تحسين مسامية التربة وتمكن الجذور وتغلغلها الى مسافات أبعد وبذلك تزداد مساحة الامتصاص للعناصر المغذية (Dinel وآخرون، 1991). حقق التداخل بين اللقاح المايكورايزا والحمأة أعلى وزن جذري جاف بلغ 21.31 غم نبات$^{-1}$ عند المستوى S3 متفوقاً بذلك على معاملة المقارنة التي اعطت بدورها وزناً بلغ 15.77غم نبات$^{-1}$ بزيادة مقدارها 35.1%. وقد يعود ذلك إلى ان فطر المايكورايزا يزيد من سطح الجذور المعرضة للتربة مما يؤدي إلى زيادة

امتصاص العناصر المغذية والماء وتحسين حالة التغذية للنبات من خلال زيادة امتصاص العناصر المغذية قليلة الحركة في التربة لاسيما الفسفور والعناصر الصغرى مثل الزنك والنحاس ومن ثمّ تحسين نمو وتطور النبات من خلال تحسين نمو الجذور والنمو الخضري للنبات بوجود المادة العضوية. ان العلاقة المتداخلة بين المايكورايزا والمادة العضوية تعمل في تحسين امتصاص وجاهزية المغذيات وتحسين قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء.

جدول 5. تاثير المايكورايزا ومستويات الحمأة في الوزن الجاف للجموع الجذري للذرة الصفراء (غم نبات$^{-1}$)

المايكورايزا AM	مستويات الحمأة (ميكاغرام هـ$^{-1}$)					المتوسط AM
	S0	S1	S2	S3	S4	
AM0	15.77	16.56	17.31	18.95	17.84	17.29
AM1	19.11	19.20	19.45	21.31	20.16	19.85
المتوسط S	17.44	17.88	18.38	20.13	19.00	-
$LSD_{0.05}$	المايكورايزا AM		مستويات الحمأة S		المايكورايزا x مستويات الحمأة	
	2.12		1.07		2.34	

تشير النتائج في الجدول 6 الى ان اضافة المايكورايزا ادت الى زيادة معنوية في تركيز الكادميوم في الاورق اذ بلغ متوسط التركيز 0.28 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة في حين بلغ 0.12 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة عند عدم اضافة اللقاح وبنسبة زيادة بلغت 133%. ويعود السبب الى الجاهزية العالية للكادميوم الذي يتصف بذوبانية عالية في محلول التربة وزيادة امتصاصه من قبل النبات بوجود المايكورايزا ويشير ذلك الى ان انتقال العنصر من التربة الى الجذر والجزء الخضري بسبب وجود ناقلات جينية خاصة تنقل الكادميوم وتجمعه في الفجوات الغذائية في الجزء الخضري او الاوراق (Hall و Williams، 2003). وهذا ما توصل اليه Joner و Leyval (1997) فقد وجدا ان الغزل الفطري الخارجي للمايكورايزا هو المسؤول عن نقل الكادميوم من التربة الى النبات عند التلقيح بالمايكورايزا. ادت اضافة مستويات الحمأة الى حصول زيادة معنوية في متوسط تركيز الكادميوم اذ بلغ اعلى قيمة عند المستوى S4 بمقدار 0.33 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة واقل قيمة عند المستوى S0 بمقدار0.11 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة. ادت اضافة المخلفات الى زيادة تركيز الكادميوم في النبات عند الحدود المسموح بها في النبات بحسب (Andranio، 1986) والتي هي (0.05–1.2 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة). حقق التداخل بين االتلقيح بالمايكورايزا ومستويات الحمأة أعلى تركيز بلغ 0.51 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة عند المستوى S4 والتلقيح بالمايكورايزا متفوقاً على معاملة المقارنة التي اعطت اقل تركيزا بلغ 0.10 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة.

جدول 6. تاثير المايكورايزا ومستويات الحمأة في تركيز الكادميوم في اوراق الذرة الصفراء (ملغم كغم $^{-1}$)

المايكورايزا AM	مستويات الحمأة (ميكاغرام هـ$^{-1}$)					المتوسط AM
	S0	S1	S2	S3	S4	
AM0	0.10	0.11	0.12	0.14	0.15	0.12
AM1	0.12	0.18	0.24	0.34	0.51	0.28
المتوسط S	0.11	0.15	0.18	0.24	0.33	-
$LSD_{0.05}$	المايكورايزا AM		مستويات الحمأة S		المايكورايزا x مستويات الحمأة	
	0. 04		0.07		0.09	

يبين الجدول 7 ان اضافة المايكورايزا ادت الى زيادة معنوية في تركيز الكادميوم في الجذوراذ بلغ متوسط التركيز 0.95 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة في حين بلغ 0.50 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة عند عدم اضافة اللقاح وبنسبة زيادة بلغت 90%. هناك علاقة تعايشية بين النبات وفطر المايكورايزا تحت تأثير مستويات الكادميوم بزيادة معدلات الجذور الملقحة قياسا بالنباتات غير الملقحة، وزيادة الكتلة الحيوية للنبات مشيرا الى ان التلقيح بالمايكورايزا ساعد النبات لينمو بشكل طبيعي بوجود تركيز الكادميوم وللمايكورايزا دور اضافي في زيادة تراكم العناصر الثقيلة ومنها الكادميوم في الفجوات داخل خلايا الجذر (Liu واخرون، 2011). ادت اضافة مستويات الحمأة الى حصول زيادة معنوية في متوسط تركيز الكادميوم اذ بلغ اعلى قيمة عند المستوى S3 بمقدار 0.97 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة وانخفض عند المستوى S4 بنسبة انخفاض 35.1% واقل قيمة عند المستوى S0 بمقدار 0.52 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة.

جدول 7. تاثير المايكورايزا ومستويات الحمأة في تركيز الكادميوم في جذور الذرة الصفراء (ملغم كغم$^{-1}$)

المايكورايزا AM	مستويات الحمأة (ميكاغرام هـ$^{-1}$)					المتوسط AM
	S0	S1	S2	S3	S4	
AM0	0.40	0.44	0.50	0.57	0.60	0.50
AM1	0.64	0.88	1.24	1.36	0.65	0.95
المتوسط S	0.52	0.66	0.87	0.97	0.63	-
$LSD_{0.05}$	المايكورايزا AM		مستويات الحمأة S		المايكورايزا x مستويات الحمأة	
	0.23		0.16		0.27	

حقق التداخل بين اللقاح المايكورايزا والحمأة أعلى تركيز بلغ 1.36 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة عند المستوى S3 والتلقيح بالمايكورايزا وانخفض عند المستوى S4 بنسبة انخفاض 53.7% وكان اقل متوسط عند معاملة المقارنة التي اعطت تركيزا بلغ 0.40 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة. ان زيادة تراكم الكادميوم في الجذور يزداد مع مستويات الحمأة سيما المستوى S3 في الجذور المصابة بالمايكورايزا، وقد يعود ذلك لوجود عوامل جينية ناقلة له عن طريق الغشاء البلازمي ومنها IRT1 و TcZNT1 فضلا عن ناقلات جينية AtNramp3 التي تنقل الكادميوم وتجمعه في الفجوات الغذائية داخل خلايا الجذر وكذلك ناقلات TgMIP1 التي تنقل الكادميوم الى فجوات الاوراق وناقلاتTcZNT1 التي تنقل الكادميوم الى الجزء الخضري ولكن بكمية اقل من المتراكم في الجذور (Hall وWilliams، 2003). تتفق هذه النتائج مع ما وجده Rivera-Becerril واخرون (2002) في دراستهم للمايكورايزا *G. intraradices*، فالكادميوم يتراكم في الجذور اكثر من 20 مرة من المجموع الخضري، وفسر ذلك بوجود استراتيجيات عدة لتحمل الملوثات منها انواع نباتية عدة تقف امام نقل الكادميوم الى الجزء الخضري.

تبين النتائج في الجدول 8 ان اضافة المايكورايزا ادت الى زيادة معنوية في تركيز الرصاص في الاورق اذ بلغ متوسط التركيز 0.48 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة في حين بلغ 0.22 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة عند عدم اضافة اللقاح وبنسبة زيادة بلغت 118.2%. وتؤدي المايكورايزا دورا اضافيا في زيادة تراكم العناصر الثقيلة ومنها الرصاص في النبات وهذا ما توصل اليه Joner و Leyval (1997). يختلف تأثير اللقاح الفطري المايكورايزي في تراكم المعادن حسب الأنواع النباتية وعلى سبيل المثال لحظ Malcova واخرون (2003) أن تلقيح الذرة الصفراء بعزلتين من *Glomus intraradices* يقلل من تركيز الرصاص في النبات، في حين يزداد أو لا يتغير تركيز الرصاص في النبات *Agrostis* عند تلقيحه بالعزلتين. بَيّنَ أيضا Diaz واخرون (1996) أن تركيز الرصاص في المجموع الخضري للنباتات الملقحة بالمايكورايزا الشجيرية من نوع *Glomus mosseae* والمعزولة من الترب الملوثة كان أقل من

تركيزه في المجموع الخضري لنباتات الملقحة بالمايكورايزا من نوع *Glomus macrocarpum* والمعزولة من الترب غير الملوثة.

جدول 8. تاثير المايكورايزا ومستويات الحمأة في تركيز الرصاص في اوراق الذرة الصفراء (ملغم كغم $^{-1}$)

المايكورايزا AM	مستويات الحمأة (ميكاغرام هـ$^{-1}$)					المتوسط AM
	S0	S1	S2	S3	S4	
AM0	0.20	0.21	0.22	0.22	0.23	0.22
AM1	0.23	0.25	0.28	0.50	1.15	0.48
المتوسط S	0.22	0.23	0.25	0.36	0.69	-
$LSD_{0.05}$	المايكورايزا AM		مستويات الحمأة S		المايكورايزا x مستويات الحمأة	
	0.18		0.10		0.21	

ادت اضافة مستويات الحمأة الى حصول زيادة معنوية في متوسط تركيز الرصاص اذ بلغ اعلى قيمة عند المستوى S4 بمقدار0.69 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة واقل قيمة عند المستوى S0 بمتوسط 0.22 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة. حقق التداخل بين اللقاح المايكورايزا والحمأة أعلى تركيز بلغ 1.15 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة عند المستوى S4 والتلقيح بالمايكورايزا متفوقاً بذلك على معاملة المقارنة التي اعطت تركيزا بلغ 0.20 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة.

تبين النتائج في الجدول 9 ان اضافة المايكورايزا ادت الى زيادة معنوية في تركيز الرصاص في الجذور اذ بلغ متوسط التركيز 1.65 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة في حين بلغ 0.83 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة عند عدم اضافة اللقاح وبنسبة زيادة بلغت 98.8%. ويعتقد أن الفطر يمتلك حاجزاً بايولوجياً ضد نقل المعادن الثقيلة الى المجموع الخضري (Gaur و Adholeya، 2004).

جدول 9. تاثير المايكورايزا ومستويات الحمأة في تركيز الرصاص في جذور الذرة الصفراء (ملغم كغم $^{-1}$)

المايكورايزا AM	مستويات الحمأة (ميكاغرام هـ$^{-1}$)					المتوسط AM
	S0	S1	S2	S3	S4	
AM0	0.80	0.82	0.83	0.84	0.86	0.83
AM1	0.92	1.20	1.23	1.90	2.98	1.65
المتوسط S	0.86	1.01	1.03	1.37	1.92	-
$LSD_{0.05}$	المايكورايزا AM		مستويات الحمأة S		المايكورايزا x مستويات الحمأة	
	0.20		0.34		0.40	

ادت اضافة مستويات الحمأة الى حصول زيادة معنوية في متوسط تركيز الرصاص اذ بلغ اعلى متوسط عند المستوى S4 بمقدار1.92 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة واقل متوسط عند المستوى S0 بمقدار 0.86 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة .ادت اضافة المخلفات الى زيادة تركيز الرصاص في النبات عند الحدود المسموح بها في النبات بحسب (Andranio، 1986) والتي هي (0.1 – 30 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة). تمتص العديد من النباتات الرصاص بوساطة الجذور ونحو 95 % منه يتراكم فيها وكميات قليلة جدا تنتقل الى اجزاء النبات الاخرى (Shahid، 2011). حصل Leep وEardly (1978) لنبات الذرة الصفراء على زيادة تركيز الرصاص بزيادة مستويات مخلفات المجاري المضافة الى التربة. حقق التداخل بين اللقاح المايكورايزا والحمأة أعلى تركيز بلغ 2.98 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة عند المستوى S4 والتلقيح بالمايكورايزا متفوقاً بذلك على معاملة المقارنة التي اعطت تركيزا بلغ 0.80 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة. وجد الباحث Roberts واخرون (1974) بان الرصاص له قابلية تراكمية عالية في الانسجة

النباتية واعطى اعلى كمية تراكمية للعنصر في اوراق الخضروات التي تنمو في بيئة ملوثة او معرضة للتاوث اذ وصلت الى 0.15 % ون الوزن الجاف.

بينت النتائج في الجدول 10 ان متوسط نسبة تركيز الكادميوم في الجزء الخضري الى تركيزه في الجزء الجذري زاد معنويا لمعاملة المايكورايزا بمقدار 0.30 قياسا بمعاملة المقارنة 0.25 وكانت نسبة الزيادة 20.0%. ادت اضافة مستويات الحمأة الى حصول زيادة معنوية في متوسط نسبة تركيز الكادميوم في الجزء الخضري الى تركيزه في الجزء الجذري، اذ بلغ اعلى متوسط عند المستوى S4 بمقدار 0.52 ,واقل نسبة عند المستوى S3 بمقدار 0.18 وبنسبة زيادة 188.9%. ان التداخل بين المايكورايزا ومستويات الحمأة تحققت أفضل قيمة للمستوى S4 وصلت الى 0.79 متفوقةً على مستوى S3 التي اعطت 0.10 بنسبة زيادة 690 % . ايضا في الجدول (10) يشير الى ان نسبة تركيز العنصر للرصاص في الجزء الخضري الى تركيز العنصر في الجزء الجذري زادت معنويا لمعاملة المايكورايزا 0.27 قياسا بمعاملة المقارنة 0.26 وكانت نسبة الزيادة 3.9%. ادت اضافة مستويات الحمأة الى حصول زيادة معنوية في متوسط نسبة تركيز العنصر للرصاص في الجزء الخضري الى تركيز العنصر في الجزء الجذري اذ بلغ اعلى قيمة عند المستوى S4 بمقدار 0.33 واقل نسبة عند المستوى S1 بمقدار 0.24 وبنسبة زيادة 37.5%. ان التداخل بين المايكورايزا ومستويات الحمأة تحققت أفضل قيمة للمستوى S4 وصلت الى 0.39 متفوقةً على مستوى S1 التي اعطت 0.21 بنسبة زيادة 85.7 % . بما ان النسبة للعنصرين كانت اقل من واحد فهذا يعني ان العنصر امتص من التربة وتجمع في المجموعة الجذرية وان هدف الدراسة هو استصلاح وسحب العناصر الثقيلة من التربة بوساطة المايكورايزا وليس نمو النبات. وقد يعزى السبب للعلاقة التعايشية بين فطر المايكورايزا وجذر النبات فهنا ساعدت المايكورايزا في امتصاص الجزء الاكبر من العناصر الثقيلة وعملت حماية للجذر من هذه العناصر فتركزت فيها ، اذ تمتلك حاجزاً بايولوجياً ضد نقل المعادن الثقيلة الى المجموع الخضري.

جدول 10. تاثير المايكورايزا ومستويات الحمأة في نسبة تركيز العنصر في الجزء الخضري: تركيز العنصر في الجزء الجذري

المتوسط AM	مستويات الحمأة S (ميكاغرام هـ$^{-1}$)					المايكورايزا AM
	الكادميوم (Cd)					
	S4	S3	S2	S1	S0	
0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	AM0
0.30	0.79	0.10	0.19	0.21	0.19	AM1
-	0.52	0.18	0.22	0.23	0.22	المتوسط S
المايكورايزا x مستويات الحمأة		مستويات الحمأة S		المايكورايزا AM		$LSD_{0.05}$
0.18		0.10		0.04		
المتوسط AM	الرصاص (Pb)					المايكورايزا AM
0.26	0.27	0.26	0.27	0.26	0.25	AM0
0.27	0.39	0.26	0.23	0.21	0.25	AM1
-	0.33	0.26	0.25	0.24	0.25	المتوسط S
المايكورايزا x مستويات الحمأة		مستويات الحمأة S		المايكورايزا AM		$LSD_{0.05}$
0.16		0.08		0.01		

يستنتج ان زيادة تركيز العناصر الثقيلة ومنها الكادميوم والرصاص في النبات تزداد بزيادة مستويات الحمأة وكانت التراكيز ضمن الحدود المسموح بها في النبات. تستعمل الحمأة كوسيلة للتخلص

منها وبأقل الاضرار واعطاء مردود اقتصادي كبير وزيادة الانتاج ولتحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية وزيادة جاهزية العناصر المغذية والممتص منها من قبل النبات مما ينعكس ايجابيا على الصفات الخصوبية للتربة وزيادة نمو النبات وانتاجه ويمكن الحصول عليه بسهولة وبكلفة واطئة مما يشجع على استعمال الحمأ في المجال الزراعي. ومن طرائق ازالة العناصر الثقيلة من التربة قيد الدراسة هي اضافة المايكورايزا والتقليل من خطر التلوث البيئي.

المصادر

Adriano, D. C. 1986. Trace element in the terrestrial environment.Spring-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Al–yahya'ei, N. M., F. Oehl, M. Vallino, E. Lumini, D. Redecker, A. Weimken and P. Bonfante .2011. Unique arbuscular mycorrhizal fungal ommunities uncovered in date palm plantations and surrounding desert habitats of Southern Arabia. Mycorrhiza, 21: 195–209.

Beltrano, J., M. Ruscitti, M. C. Arango and M. Ronco .2013. Effects of arbuscular mycorrhiza inoculationon on plant growth, biological and physiological parameters and mineral nutrition in pepper grown. *J. of Soil Science and Plant Nutrition.* 13(1): 123-141.

Bock, C., M. Kolb, M. Bokern, H. Harms, M. Mackova, L. Chroma, T. Macek, J. Hughes, C. Just and J. Schnoor. 2002. Advances in Phytoremediation: Phytotransformation approaches to possible removal from the environment. (Reible D. and Demnmerova K., eds.), NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 115-140.

Camprubi, A. and C. Calvet. 1996. Isolation and screening of mycorrhizal host. *Science*, 31(3): 366-369.

Daft, M. J. and T. H. Nicolson. 1972. Effect of Endogane mycorrhiza on plant growth IV. Quantitative relationship between the growth of the host and the develobment of the endophyte in tomato and maize. *New phytol.*, 71: 287-295.

Davies, F. T. 2005. Texas A & M University. http://aggiehorticultureedu/ facultv/davies/index.html.

Diaz, F. A. and I. Garza. 2007. Growth of Sorghum and safflower genotypes associated with arbuscular mycorrhizal colonization in low fertility soil. *Universidad Ciencia.* 23(1): 15 – 20.

Diaz, G., C. Azcón-Aguilar and M. Honrubia. 1996. Influence of arbuscular mycorrhiza on heavy metal (Zn and Pb) uptake and growth of *Lygedum Spartum* and *Anthyllis Cytisoides*. *Plant Soil*, 180: 241- 249.

Dinel, H., M. Levesque and G. R. Mehugs. 1991. Effect of long chain aliphatic compounds on the aggergation stability a lacustrine silty clay. *Soil Sci.* 151: 228-239.

El-Kherbawy, M., J. S. Angle, A. Heggo and R. L. Chaney. 1989. Soil pH, rhizobia and vesicular arbuscular mycorrhizae inoculation effects on growth and heavy metal uptake of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Bio. Fert. Soils*, 8: 61-65.

Garcia, W. J., C. W. Blessin, H. W. Sandyford and G. E. Englett. 1979. Translocation and accumulation of seven heavy metal in tissues of corn plants grown on sewages sludge treated stripmined soil. *J. Agric. Food Chem.* 27: 1088-1094.

Gaur, A. and A. Adholeya. 2004. Prospects of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Current Science*, 86: 528-534.

Gomathy, M., K. G. Sabarinathan, M. Thangaraju, K. S. Subramanian, T. S. Devi, and K. Ananthi. 2011. The effect of mycorrhizae inoculated maize root exudates in alleviation of chromium toxicity in chromium polluted environments. *Insight Microbiology*, 1(2): 20-30.

Gerdemann, J. W. and T. H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal endogon species extracted from soil by wet-sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc*. 46: 235-239.

Githinji, Leonard. 2014. Effect of biochar application rate on soil physical and hydraulic properties of a sandy loam. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60(4): 457-470.

Hall, J. and L. E. Williams .2003. Transition metal transporters in plants. *J. Exp. Botany*, 54(393): 2601-2613.

Hettiarachchi, G. M., S. C. A. Arbelaez, N. O. Nelson and Y. A. Mulisa. 2012. Phytoremediation, Protecting the Environment with Plants. Kansas State University, United State Department of Agriculture.

Hosny, M. H., H. Dulieu and V. Gianinazzi-Pearson. 1996. A simple and rapid method for collecting Glomales spores from soil. *In:* Mycorrhizas in integrated systems: from genes to plant development. Edited by: C. Azcón-Aguilar and *J. M. Barea.* European Commission Ed. EUR16728, Luxembourg. pp. 541–542.

Gonzalez-Chavez, M. C., R. Carrillo-Gonzalez, S. F. Wright and K. Nichols. 2004. The role of glomalin: a protein produced by arbuscular mycorrhizal

fungi, in sequestering potentially toxic elements. *Environ. Pollution*, 130(3): 317- 323.

Joner, E. J. and C. Leyval. 1997. Uptake of Cd 109 by roots and hyphae of G. mosse, Trifolium subterraneum mycorrhiza from soil amended with high and low concentration of cadmium. *New Phytol.*, 135: 353-360.

Kelling, A. E. Peterson, L. M. Walch, J. A. Ryan and D. R. Keeny. 1977. A field study of the Agricultural use of sewage sludge. 1. Effect on crop yield and uptake of N and B. *J. Environ. Qual*., 6: 334 – 34.

Khan, A. G. 2006. Mycorrhizoremediation- an enhanced form of Phytoremediation. *J. of Zhejiange University Science*, 7(7): 503-514.

Lee, J., S. Lee, J. Peter and W. Young. 2008. Improved PCR Primers for the detection and identification of arbuscular mycorrhizal fungi. *FEMS Microbiol. Ecol*., 65: 339-349.

Leep, N. W. and G. T. Eardley. 1978. Growth and trace metal content of European Sycamore seedlings grown in soil amended with sewage sludge. *J. Environ. Qual.* 7(3): 413-416.

Liu, L. Z., Z. Q. Gong, Y. L. Zhang, P. J. Li. 2011. Growth, Cadmium accumulation and physiology of marigold (*Tagetes erecta* L.) as affected by arbuscular mycorrhiza fungi. *University of Agricultural, Shenyang, China*. 21(3): 319-327.

Louis, I. and G. Lime. 1988. Differential response in growth and mycorrhizal colonization of soybean to inoculation in soils of different availability. *Plant and Soil*, 112: 37 – 43.

Mahmood, I. and R. Rizvi. 2010. Mycorrhiza and organic farming. *Asian Journal of Plant Sciences*, 9(5): 241-248.

Malcova, R., M. Vosátka and M. Gryndler. 2003. Effects of inoculation with *Glomus intraradices* on lead uptake by *Zea mays* L. and *Agrostics capillaris* L. *Appl. Soil Ecol.*, 23: 55-67.

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.

Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1982. Methods of Soil Analysis. part 2: Chemical and Microbiological Properties. Argon. Series no. 9 Amer. Soc. Agron. Soil sic. Soc. Am. Inc. Madison USA.

Phillips, J. and DS. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55: 158-161.

Rivera-Becerril, F., C. Calantzis, K. Turnau, J. Caussanel, A. Belimov, S. Gianinazzi, R. J. Strasser and V. Gianinazzi-Pearson. 2002. Cadmium accumulation and buffering of Cadmium-induced stress by arbuscular mycorrhiza in three *Pisum sativum* L. genotypes. *J. Exp. Botany*, 53(371): 1177-1185.

Roberts, T. M., W. Gizyn and T. C. Huthinson. 1974. Lead contamination of air, soil, vegetation and people in the vicinity of secondary lead smelters. *Trace Substance Environ. Health*, Vol. 8. University of Missouri, Columbia. P.155.

Selvaraj, T. 1998. Studies on mycorrhizal and rhizobial symbioses on tolerance of tannery effluent treated *Prosopis juliflora*, Ph. D. Thesis, University of Madras, Chennai, India, p:209.

Shahid, M., E. Pinelli, B. Pourrut, J. Silvestre and C. Dumat. 2011. Lead-induced genotoxicity to *Vicia faba* L. roots in relation with metal cell uptake and initial speciation. *Ecotoxicol Environ*. 74(1): 78-84.

Sharif, M., E. Ahmed, M. S. Sarir and S. Perveen. 2010. Response of different crops to arbuscular mycorrhizal inoculation in phosphorus deficient soil. *Soil and Environ*., 29(2): 192–198.

Simon, L. M., T. D. Lalonde, T. D. Bruns. 1999. Specific amplification of 18S fungal ribosomal genes from vesicular-arbuscular endomycorrhizal fungi colonizing roots. *Appl. Environ. Microbiol.* 58: 291-295.

Smith, S. E. and D. J. Read. 2008. Mycorrhizal Symbiosis, 3rd Ed. Academic Press, London, P: 787.

Sylvia, D. M. 1994. Method of Soil Analysis, part 2. Microbial and Biochemical Properties. SSSA Book series, No. 5. Soil Sci. Soc. of America, 677 S. Segoe Rd. Madison, w1537, USA.

Tahat, M. M., S. Kamaruzaman and R. Othman. 2010. Mycorrhizal Fungi as a Biocontrol Agent. *Plant Pathology Journal*, 9(4): 198-207.

Turnau, K., I. Kottke and F. Oberwinkler. 1993. *Paxillus involutus*, *Pinus sylvestris* mycorrhizae from heavily polluted forest. 1. Element localization using electron energy loss spectroscopy and imaging. *Bot. Acta*., 106: 213-219.

Utobo, E. B., E. N. Ogbodo and A. C. Nwogbaga. 2011. Techniques for Extraction and Quantification of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Libyan agriculture research center journal internation*. 2(2): 68-78.

Walling, G. W., L. S. Murphy, W. L. Powers and H. L. Manages. 1975. Disposal of beaf feedlot manure: Effect on residual and yearly applications

on corn and soil chemical properties. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 39: 481-487.

Wright, S. F. and A. Upadhyaya. 1998. A survey of soils for aggregates glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, 198: 97–107.

Zaefarian, F., M. Rezvani, M. R. Ardakani and F. Rejali. 2011. Effect of different mycorrhizal inoculums on some physiological aspect of barley (*Hordeum vulgare* L.). *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 73: 699 – 700.

ISOLATION AND DIAGNOSIS OF MYCORRHIZA FUNGUS AND USED ON PHYTOREMEDIATION FOR SOIL TREATED WITH SEWAGE SLUDGE ANDGROWTH OF MAIZE PLANT

N. D. Salman
dr.nariman2006@yahoo.com
Prof., Dept. of Soil Sciences & Water Reso., College of Agric., University of Baghdad, Iraq

ABSTRACT

A pot experiment was conducted at the lath –house of the Department of Soil Sciences and Water Resources, College of Agriculture, University of Baghdad during 2013 spring season, using loamy sand texture soil to study isolation and diagnosis of mycorrhiza and sewage sludge and their effect on growth maize plant and Cd and Pb concentration. Treatments were five sewage sludge levels (0, 25, 50, 75 and 100 μg h^{-1}) coded as (S0, S1, S2, S3 and S4) with two treatments of mycorrhiza (without inoculation, with mycorrhiza, *Gloums intraradics*) coded as (AM0, AM1). This study was designed according to Complete Randomized Design (CRD) in three replicates. Results showed that a diagnosis of mycorrhiza fungus for genes level and species with use PCR through conformable properties for fungus *Gloums intraradics* and *Glomu*s mosseae. Results showed that an inoculated of mycorrhiza significant reduced Cd and Pb, while increase in shoot and root dry weight. Increase in accumulation rate of heavy metals (Cd and Pb) in root system, compared to shoot system, which showed rate of accumulation almost four times lower than the roots.

Key words: Diagnosis, Mycorrhiza, Sewage sludge, Maize.