تأثير المعاملة بلقاح من الميكوريزا الداخلية Endo-mycorrhizae في مؤشرات النمو والإنتاج لنبات البندورة

Effect of Endomycorrhizal Inoculum Treatment on Growth and Production Parameters in Tomato Plants.

م. محمد عماد خريبة (4-1)　د. ابتسام غزال (1)　أ.د. محمد فواز العظمة (4-2)　أ. د. وفاء شومان (3-1)

M. I. Khrieba　I. Ghazal　M. F. Azmeh　W. Choumane

(1) قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية. Imadkhrieba@gmail.com

(2) قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية.

(3) مركز التقانات الحيوية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(4) الهيئة العامة للتقانة الحيوية، دمشق، سورية.

الملخص

هدف هذا البحث إلى تجهيز لقاح من فطور الميكوريزا الداخلية (Endo-mycorrhizae)، واختبار كفاءته من خلال تقدير أثره في تحسين نمو نبات البندورة. نُفذت التجربة في مركز تجارب شركة سليمان الزراعية في مدينة جبلة (سورية)، في موسم 2013، بثلاثة مكررات، وفق تصميم العشوائية الكاملة Complete Randomized Design (CRD). تم تحضير لقاح ميكوريزي خليط من ستة أنواع من فطور الميكوريزا الداخلية أغلبها تابعة للجنس *Glomus* ، تم عزلها من المحيط الجذري لنبات البندورة في المنطقة الساحلية، وبلغ تركيز الأبواغ في اللقاح 87.9±9.7 بوغ/100غ لقاح. أضيف اللقاح الميكوريزي لنباتات البندورة، وتم تقدير أثره بمقارنة معايير النمو المختلفة بين نباتات البندورة المعاملة باللقاح وغير المعاملة. أظهرت النتائج التأثير الإيجابي للقاح الميكوريزي في الصفات المدروسة، إذ ازداد ارتفاع النباتات الملقحة بنسبة 8 %، وعدد الأوراق بنسبة 13.5 %، وعدد العناقيد الزهرية بنسبة 10.2 %، ووزن الثمار وقطرها بنسبة 6.56% و 9.57 % على التوالي، وعدد الثمار بنسبة 42.1 %، وحجم المجموع الجذري بنسبة 153.4 %، والوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري (179.32%، و 152.2 % على التوالي)، والوزن الرطب والجاف للمجموع الجذري (312 % و 366 % على التوالي)، وذلك مقارنةً بالنباتات غير الملقحة، كما بلغت نسبة الاعتماد الميكوريزي 58.59 % في العينات المعاملة باللقاح الميكوريزي.

الكلمات المفتاحية: لقاح فطور الميكوريزا الداخلية، الاعتماد الميكوريزي، البندورة.

Abstract

The research aimed to prepare an Endo-mycorrhizal fungi inoculum and to analyse its impact on tomato plant growth. The experiment was carried out in Suliman Agricultural Company in the center of Jableh city (Syria), in the 2013 season. The inoculum was prepared using spores of six Endomycorrhizal fungi, mostly belonging to *Glomus*, and its concentration was 87.9 ± 9.7 spores/100g. The tomato plants were treated with the prepared inoculum to evaluate its effect on plant growth in comparison with the infected plants. The experiment was implemented with three replicates using the randomized complete block design. The treatment of tomato plants with the mycorrhizal inoculum showed a positive impact on the studied traits. The increments in the treated plants were 8% for plant height, 13.5% for leaves number, 10.2% for flower clusters number, 6.56% and 9.57% for fruit weight and fruit diameter, respectively, 42.1% for fruit number, 153.4% for

©2016 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved. ISSN:2305 - 5243 ; AIF(NSP)-316

roots volume, 179.32% and 152.2% for wet and dry total vegetative biomass, respectively, and 312% and 366% for wet and dry total root biomass, respectively. The percentage of mycorrhizal dependence in the treated plants was 58.59%.
Key words: Inoculum, Endomycorrhizal fungi, Mycorrhizal dependence, Tomato.

المقدمة

تُعد البندورة *Solanum lycopersicom* L. من أهم محاصيل الخضار عالمياً لقيمتها الغذائية العالية، ولاستساغتها الكبيرة من قبل المستهلك، كما يشغل هذا المحصول مركزاً مهماً في القطاع الزراعي السوري، إذ تنتشر وتتوسع زراعته في البيوت المحمية، فبلغ عدد البيوت المحمية في عام 2013 نحو 37789 بيتاً (المجموعة الإحصائية الزراعية، 2013).

تُعدّ الميكوريزا من الكائنات المفيدة في التربة والتي تتفاعل مع النبات، وتؤثر في صفاته الفيزيولوجية، بما في ذلك الإنتاج ونوعيته، ويمد النبات العائل بالأملاح المعدنية، ولاسيما الفوسفور، كما تساعده على زيادة تحمل ظروف الإجهادات البيئة والأحيائية (Meyer وزملاؤه، 2010؛ Pawaar و Kakde، 2012). تتعايش مع جذور نبات البندورة أنواع عديدة من فطور الميكوريزا الداخلية الحويصلية الشجيرية Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza(MAV)، فتحسن من نموه، وتعمل على زيادة الإزهار والإثمار، كما تُحدث تغيرات فيزيولوجية تؤثر في نوعية وجودة المحصول (Smith و Read، 2008). وتختلف النباتات بدرجة استجابتها للتعايش مع فطور الميكوريزا الحويصيلة الشجيرية (VAM)، ومدى استفادتها منها، وهذا ما يعرف بالاعتماد الميكوريزي (Mycorrhizal Dependency)، الذي يُقيّم من خلال معرفة نسبة تحسن نمو النبات بفعل الميكوريزا (Khalil وزملاؤه، 1994).

يتم الاعتماد على الفحص المجهري للتعرف على وجود فطر الميكوريزا في جذور النباتات، وللتأكد من وجود هيفاته وحويصلاته الشجيرية داخل الأنسجة، وهذا ما يعبر عنه بالاستعمار الميكوريزي (المكرزة) (Mychorrzation) (Habte و Osorio، 2001). يصعب تقييم إسهام فطور الميكوريزا في تحسين نمو النباتات ضمن ظروف الحقل الطبيعية، إذ أن التركيز المحدود للفطور والموجود بشكل طبيعي في التربة غير قادر على إحداث تأثير قوي يمكن ملاحظته بسهولة، لذلك يتم اللجوء في الأبحاث لاستخدام لقاح ميكوريزي يؤمن مصدراً طبيعياً لأبواغها وبكميات مناسبة، ويتم تقييم إسهامها ضمن أصص (Sonika وزملاؤه، 2013).

تتصف أبواغ هذه الفطور عموماً بعدم قدرتها على الإنبات إذا وجدت بعيدةً عن جذور العائل، وهنا تكمن صعوبة إنتاج مادة اللقاح بهذه الفطور لكونها أحياء إجبارية التعايش وتتطلب وجود العائل النباتي المناسب لإكثارها ونموها (Smith وRead، 2008). تم إنجاز العديد من الأبحاث لاختيار المضيف الأفضل والطريقة المثلى لتحضير أفضل خليط من اللقاح الميكوريزي، وقد استُخدمت أساليب مختلفة لإنتاج كميات كبيرة منه، باستخدام نظم الزراعة الهوائية دون تربة (Aeroponic)، والزراعة المائية (Hydroponic) (Jarstfer و Sylvia، 1995)، بالإضافة إلى تقانة زراعة الأصص (Pot culture) التي تعدّ الأكثر استخداماً وانتشاراً في العالم لإنتاج اللقاح الميكوريزي (Habte و Osori، 2001)، إذ يستعمر اللقاح الأولي للميكوريزا جذور شتول النبات العائل، وتكون هذه الشتول بمثابة ركائز لإنتاج اللقاح الميكوريزي (Dalpe و Monreal، 2004). من أهم الخصائص المطلوبة للعائل المستخدم لإنتاج اللقاح الميكوريزي هو إمكانيته العالية للتعايش مع فطور الميكوريزا وتعزيز نموها وتبوغها. تُعد الذرة الصفراء *Zea mays*، والذرة الرفيعة *Sorghum bicolor*، والبصل *Allium cepa*، والقمح الطري *Triticum aestivum* من أهم العوائل المستخدمة لإنتاج اللقاح الميكوريزي (Parmar وزملاؤه، 2013؛ Sonika وزملاؤه، 2013)، وقد أنجزت معظم الدراسات على فطور الميكوريزا الداخلية في ظروف الزراعة المحمية، في حين كانت الدراسات الحقلية قليلة (Smith و Read، 2008). يتم حالياً في بعض دول العالم تجهيز مستحضرات تجارية من فطور الميكوريزا الداخلية الحويصلية الشجيرية (VAM) تحتوي على هيفات وأبواغ الفطر، بهدف تنميتها على جذور عوائل نباتية مناسبة في ظروف الزراعة المحمية (Dalpe و Monreal، 2004).

أهداف البحث: يهدف البحث إلى تحضير لقاح خليط من فطور الميكوريزا الداخلية يشمل خمسة أنواع تابعة للجنس *Glomus*، ونوع واحد تابع للجنس *Paraglomus*، ومن ثم اختبار فعالية اللقاح، ودراسة أثره في نمو وإنتاج نبات البندورة ضمن البيوت المحمية، كخطوة أولى للإنتاج الكمي للقاح الميكوريزي.

مواد البحث وطرائقه

موقع تنفيذ التجربة:

أجريت التجربة عام 2013 في موقع بستان الباشا الذي يبعد نحو 5 كم عن شاطئ البحر، و 8 كم إلى الشمال من مدينة جبلة (محافظة اللاذقية / سورية)، وذلك في مركز تجارب شركة سليمان الزراعية.

تحضير اللقاح الميكوريزي:

تم جمع وعزل فطور الميكوريزا الداخلية من عينات مكونة من جذور نباتات البندورة التي تحتوي على البنى الداخلية للميكوريزا والتربة المحيطة بها، والتي جُمعت من خمسة مواقع لزراعة البندورة، اثنان من محافظة اللاذقية (البرجان وسيانو)، وثلاثة من محافظة طرطوس (حريصون، ميعار شاكر ومجدلون البحر). تم التعرف على أنواع فطور الميكوريزا الموجودة وفق المفاتيح التصنيفة المعتمدة عالمياً (Schenck و Perez، 1990)، وبمساعدة خبراء من مركز بحوث وقاية النبات في طهران، وتبين وجود ستة أنواع من فطور الميكوريزا الداخلية: *Paraglomus laccaltum* ،*Glomus fasciculatum* ،*Glomus hoi* ،*Glomus etunicatum* ،*Glomus constrictum* و *Glomus clarum* (خربيه وزملاؤه، 2013).

نُفذت تجربة تحضير اللقاح الميكوريزي الخليط في مركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقية، إذ خلطت جميع العينات الترابية مع بعضها بما تحويه من أنواع فطور الميكوريزا الستة لاستخدامها في تحضير اللقاح الميكوريزي باستخدام تقانة زراعة الأصص بالاعتماد على نباتات الذرة الصفراء *Zea mays* كعائل، لكونه من أكثر العوائل استجابةً للتعايش مع فطور الميكوريزا الداخلية (Brundrett وJuniper، 1995؛ Sonika و زملاؤه، 2013).

تم تطهير 100غ من بذور الذرة بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم 1.5 % لمدة 3 دقائق، ثم غُسلت جيداً بالماء للتخلص من آثاره. زُرعت بذور الذرة في أصص تحتوي مزيجاً من الرمل البحري وتربة العينات المجموعة بنسبة 3 رمل بحري معقم:1 تربة عينات. تم غسل وتعقيم الرمل البحري مرتين بالأوتوكلاف على درجة حرارة 121م° لمدة 30 دقيقة قبل استخدامه بالزراعة. بعد 20 يوماً من الزراعة، أي في مرحلة ظهور 3 إلى 4 أوراق أولية لنباتات الذرة، تم التأكد من استعمار الجذور من قبل الميكوريزا بأخذ عينات من الجذور وتلوينها بصبغة تريبان الأزرق (TB)، ثم فحصها مجهرياً لمشاهدة البنى الداخلية المميزة لفطور الميكوريزا في الجذر. بعد التأكد من وجود الفطر في الجذور، قُلعت النباتات بهدوء مع المحافظة على المجموع الجذري بشكل كامل، حيث غُسل بالماء للتخلص من التربة العالقة به، ونُقلت النباتات إلى أصص جديدة تحتوي وسطاً زراعياً معقماً محضراً بنسبة 3 رمل بحري:1 تورب، وذلك للحصول على لقاح نقي خالٍ من المرضات. تُركت نباتات الذرة لمدة أربعة أشهر في الوسط الجديد، مع إضافة محلول Hoagland الغذائي خلال فترة حياة نبات الذرة (Hoagland و Arnon، 1950)، بمعدل 100 مل كل 15 يوماً، وفي نهاية دورة حياة نباتات الذرة، تم إيقاف عملية ريها لمدة أسبوعين، لتحريض فطور الميكوريزا الداخلية على إنتاج ونشر أبواغها في التربة المحيطة بالجذر. بعد جفاف نباتات الذرة، تم قطع واستبعاد المجموع الخضري، والاحتفاظ بالمجموع الجذري مع التربة المحيطة به كلقاح ميكوريزي، حيث تم تقطيع الجذور وخلطها مع التربة وتعبئتها ضمن أكياس بلاستيكية، وحُفظت بدرجة حرارة 4م° لحين الاستخدام. علماً بأنه يمكن حفظها بهذه الحرارة لمدة عام (Jarstfer و Sylvia، 1993).

تقدير نسب المكرزة (Mychorrzation) في القطع الجذرية لنباتات الذرة ضمن اللقاح الميكوريزي:

تم اختيار 10 نباتات ذرة بشكل عشوائي من أصل 40 نباتاً، اختير من كل نبات 5 جذور، بطول 10سم، وتم تقسيم كل جذر إلى 10 قطع بطول 1 سم للقطعة (50 مقطعاً جذرياً من كل نبات). نُظفت بالماء ثم صُبغت بمحلول تريبان الأزرق (TB) (Phillips و Hayman، 1970؛ Vierheilig وزملاؤه، 2005).

وضعت كل 5 قطع جذرية مصبوغة على شريحة زجاجية وغُطيت بالساترة، وفُحصت بالمجهر الضوئي المزود بكاميرا رقمية ماركة Olympus، موصولة بالحاسوب وبرنامج لعرض الصور الملتقطة لمشاهدة درجات التعايش بفطور الميكوريزا الداخلية. من المعروف أن مشاهدة هيفات الفطر أو الحويصلات الفطرية أو التفرعات الشجيرية داخل المحضرات الجذرية يعني تعايشها مع فطور الميكوريزا الداخلية (Habte و Osorio، 2001)، واعتماداً على ذلك قُدرت نسب الاستعمار الميكوريزي (المكرزة) من خلال عدة معايير هي:

1 ـ النسبة المئوية لاستعمار جذور نباتات الذرة بفطور الميكوريزا الداخلية (Percentage Root Colonization) (PRC %):

حُسبت النسبة المئوية (%) لاستعمار جذور نباتات الذرة بفطور الميكوريزا الداخلية وفق المعادلة التالية (Phillips و Hayman، 1970):

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

2 - النسبة المئوية لطول جذور نباتات الذرة المستعمرة بفطور الميكوريزا الداخلية (Root length Colonization) (RLC %):

حُسبت النسبة المئوية (%) لطول جذور نباتات الذرة المستعمرة بفطور الميكوريزا من خلال المعادلات التالية (McGonigle وزملاؤه، 1990):

$$RLC\% = (G-N)/G \times 100$$
$$HC\% = H/G \times 100$$
$$AC\% = A/G \times 100$$
$$VC\% = V/G \times 100$$

حيث:

N: لايوجد شيء، **A**: تفرع شجيري، **V**: الحويصلة (جسم ادخاري)، **H**: خيوط فطرية.

%HC: النسبة المئوية للاستعمار الهيفي للجذور.

%AC: النسبة المئوية للاستعمار بالتفرعات الشجيرية.

%VC: النسبة المئوية للاستعمار بالأجسام الادخارية.

G: مجموع وجود البنى الداخلية لفطور الميكوريزا الداخلية أو عدم وجودها، حيث (**G= N+A+V+H**).

3 - عدد أبواغ فطور الميكوريزا الداخلية في 100غ من اللقاح الميكوريزي المحضر:

أُخذت 10 عينات من اللقاح الميكوريزي المحضر المتمثل بالمجموع الجذري لنباتات الذرة والتربة المحيطة به، بحيث تحوي كل عينة 100غ، واستُخرجت الأبواغ من كل عينة على حدة بطريقة المناخل الرطبة، وتم عدها تحت المكبرة، وفحصها تحت عدسة المجهر الضوئي 40X (McGonigle وزملاؤه، 1990؛ Djuuna وزملاؤه، 2010)، وحسب المتوسط لعشر عينات.

تأثير فطور الميكوريزا الداخلية في تحسين نمو نبات البندورة (معايير النمو، الاعتماد الميكوريزي):

1 - تأثير فطور الميكوريزا الداخلية في معايير النمو المختلفة:

اتبع في تنفيذ البحث تصميم العشوائية الكاملة Complete Randomized Design (CRD) بوجود معاملتين (نباتات ملقحة بالميكوريزا ونباتات غير ملقحة بالميكوريزا)، وثلاثة مكررات لكل معاملة، تضمن كل مكرر 5 نباتات (15 نباتاً لكل معاملة). زُرعت بذور البندورة (هجين جلنار) ضمن حفر في صينية خاصة بإنتاج الشتول تحوي تورباً معقماً، أضيف لكل حفرة 10 غ من اللقاح الميكوريزي المجهز في مرقد البذرة، قُدمت للعينات عمليات الخدمة كافةً لمدة 30 يوماً.

نُقلت الشتول بعد 30 يوماً إلى أكياس بلاستيكية، سعة كل منها 5 ليترات، تحوي تربة معقمة، أضيف اللقاح الميكوريزي إلى 15 كيساً من أكياس الزراعة حول المجموع الجذري للبادرة تحت الطبقة السطحية للتربة بعمق 3 إلى 5 سم، بمعدل 200 غ لقاح لكل كيس، يحوي الـ 100 غ من اللقاح 87.9±9.7 بوغاً، بالإضافة إلى قطع ممكرزة من جذور نبات الذرة التي تحوي البنى الداخلية لفطور الميكوريزا (هيفات الفطر والحويصلات) (الشكل 1).

قُدمت عمليات الخدمة كافةً لنباتات البندورة المزروعة من ري، وإجراء رشات وقائية لحماية النباتات من الإصابات المرضية والحشرية دون أية إضافات سمادية. أُخذت قراءات أسبوعية لمعايير النمو المختلفة (ارتفاع النبات، عدد الأوراق، عدد العناقيد الزهرية، عدد الثمار العاقدة، وزن الثمار وقطر الساق)، وقُدر في نهاية التجربة الوزن الرطب والجاف لكل من المجموعين الخضري والجذري، إذ جففت النباتات ضمن فرن على درجة حرارة 70°م لمدة 24 ساعة.

2 - حساب النسبة المئوية للاعتماد الميكوريزي Mycorrhizal Dependency (%M.D):

حُسبت النسبة المئوية للاعتماد الميكوريزي وفق المعادلة التالية (Gerdemann، 1975):

$$\text{الاعتماد الميكوريزي } (M.D\%) = \frac{\text{الوزن الجاف للنباتات الملقحة بالميكوريزا - الوزن الجاف للنباتات غير الملقحة بالميكوريزا}}{\text{الوزن الجاف للنباتات الملقحة بالميكوريزا}} \times 100$$

التحليل الإحصائي:

حُللت نتائج التجربة إحصائياً باستخدام البرنامج الإحصائي CO-STAT 6.4 (http://www.cohort.com). وحُسب الفرق بين المتوسطات الحسابية باستخدام اختبار ستودنت Student's t-test لنباتين مستقلين عند مستوى معنوية 0.05.

النتائج والمناقشة

اللقاح الميكوريزي:

عدد أبواغ فطور الميكوريزا الداخلية في اللقاح المجهّز:

بلغ متوسط عدد الأبواغ في اللقاح الميكوريزي المحضر 87.9 ± 9.7 بوغ/100غ لقاح (الجدول 1)، مع التذكير أن اللقاح المحضر يحتوي بالإضافة للأبواغ على جذور نبات الذرة الصفراء المستعمرة بالتفرعات الشجيرية وحويصلات فطور الميكوريزا (الشكل 1). تقاربت النتائج التي تم الحصول عليها مع نتائج دراسة أجريت في مصر، استُخدمت فيها نباتات الذرة لتحضير لقاح ميكوريزي باستخدام تقانة زراعة الأصص،

إذ تراوح متوسط عدد الأبواغ بين 35 و 100 بوغ/100 غ لقاح (Almagrabi و Abdelmoneim، 2012)، كما تراوح بين 80 و 290 بوغ/100غ لقاح في دراسة أخرى لتحضير اللقاح الميكوريزي في إيران، عند استخدام نباتات من فصائل نباتية مختلفة مثل نباتات العائلة النجيلية والخيمية (Khakpour و Khara، 2012)، وعليه فإن عدد الأبواغ ضمن اللقاح الميكوريزي يختلف باختلاف النبات العائل، ووسط الزراعة، ورطوبة التربة والإضافات السمادية (Habte و Osorio، 2001).

الجدول 1. عدد الأبواغ في 100غ من تربة اللقاح الميكوريزي باستخدام الذرة عائلاً نباتياً.

رقم العينات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	المتوسط
عدد الأبواغ/100 غ لقاح	96	93	73	98	87	96	89	91	69	87	9.7 ± 87.9

نسبة الاستعمار الميكوريزي (المكرزة) ضمن اللقاح الميكوريزي:

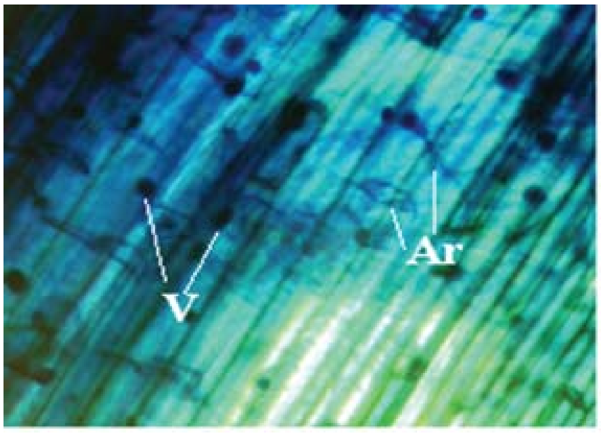
1 - النسبة المئوية لطول جذور نباتات الذرة المستعمرة (RLC%) بفطور الميكوريزا الداخلية:

بلغ متوسط النسبة المئوية لطول جذور نباتات الذرة المستعمرة بفطور الميكوريزا الداخلية 51.76 %، وبلغ متوسط النسب المئوية لتواجد الهيفات (HC) 25.46 %، والتفرعات الشجيرية (AC) 25.20 %، والأجسام الادخارية (VC) 12.6 % (الجدول 2). وتتفق نتائج هذه الدراسة مع نتائج Damodaran وزملائه (2012) في دراسة أُجريت في الهند على نبات القطن، إذ تراوحت نسبة الجذور المستعمرة بفطور الميكوريزا (RLC%) بين 36.52 % و 73.5 %.

الجدول 2. النسبة المئوية (%) لطول جذور نباتات الذرة المستعمرة (RLC) بفطور الميكوريزا الداخلية.

نبات الذرة*	N	H	V	A	G	%HC	%VC	%AC	%RLC
1	30	15	6	14	65	23	9.2	21.53	53.84
2	36	6	0	12	54	11.11	0	22.22	33.3
3	22	10	21	18	71	14	29.5	25.3	69
4	34	27	13	24	98	27.5	13.2	24.4	65.3
5	25	11	9	12	57	19.3	15.7	21	56.14
6	41	17	0	10	68	25	0	14.7	39.7
7	12	54	25	43	134	56.3	18.6	32	91
8	21	21	13	17	72	29.2	18	23.6	70.08
9	11	47	34	64	156	30	21.8	41	92.94
10	31	11	0	15	57	19.2	0	26.3	45.61
المتوسط	26.3	21.9	21.1	22.9	71.14	**25.46**	**12.6**	**25.20**	**51.76**

*العدد الكلي للقطع الجذرية 50 قطعة لكل نبات، حيث N= لايوجد أي نمو للفطر، A= تفرع شجيري، V= جسم ادخاري، H= خيوط فطرية، G: مجموع البنى الداخلية للميكوريزا حيث (G= N+A+V+H). HC%= النسبة المئوية للاستعمار الهيفي للجذور. AC%= النسبة المئوية للاستعمار بالتفرعات الشجيرية. VC%= النسبة المئوية للاستعمار بالأجسام الادخارية. RLC= طول الجذور المستعمرة بالميكوريزا.



الشكل 1. مقطع تشريحي في جذر نبات الذرة المتعايش مع فطور الميكوريزا (التفرعات الشجيرية Ar، الحويصلات V).

2 - النسبة المئوية لاستعمار جذور الذرة بفطور الميكوريزا الداخلية (PRC%):

تراوح عدد القطع الجذرية المستعمرة من جذور نباتات الذرة بالميكوريزا بين 9 قطع وبنسبة استعمار بلغت 18 % في النبات رقم 6 و 39 قطعة، بنسبة استعمار ميكوريزي قدرها 78 % في النبات رقم 9، بمتوسط قدره 45.4 % كنسبة استعمار جذور الذرة الصفراء بفطور الميكوريزا الداخلية (الجدول 3). تختلف جذور النبات العائل بطبيعة التعايش مع فطور الميكوريزا، إذ تتعلق بطبيعة النبات المورفولوجية والفيزيولوجية، والتي يمكن أن تتبدل وفق المغذيات المتاحة في التربة، ولاسيما عنصر الفوسفور، كذلك شروط الحرارة والإضاءة والرطوبة، وكلها تؤثر في درجة تعايش فطور الميكوريزا مع جذور النبات العائل (Orats، 2010)، و تتفق هذه النتائج مع نتائج دراسة أجريت في مصر استُخدم فيها نبات الذرة عائلاً لتحضير لقاح ميكوريزي، إذ تراوحت نسبة الاستعمار الميكوريزي (المكرزة) في هذه الدراسة على نباتات الذرة بين 50.5 % و 80.3 % (Almagrabi و Abdelmoneim، 2012)، وفي دراسة أخرى أجريت في إيران بلغت نسبة الاستعمار الميكوريزي بين 24.3 % عند نباتات العائلة الخيمية و67.2 % عند نباتات العائلة النجيلية (Khakpour و Khara، 2012).

الجدول 3. نسبة (%) استعمار فطور الميكوريزا الداخلية لجذور نبات الذرة الصفراء المستخدمة لتحضير اللقاح الميكوريزي.

عينات جذور نبات الذرة *	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	المتوسط
عدد القطع المستعمرة	20	14	28	16	25	9	38	19	39	19	22.7
نسبة الاستعمار(%)	40	28	56	32	50	18	76	38	78	38	45.4%

* العدد الكلي للقطع المدروسة 50 قطعة.

أثر اللقاح الميكوريزي في معايير النمو المختلفة لنبات البندورة:

- **أثر اللقاح في ارتفاع النبات:** أظهرت النتائج تبايناً واضحاً بين أطوال النباتات الملقحة بالفطر الميكوريزي وتلك غير الملقحة، إذ لوحظت زيادة في ارتفاع النباتات الملقحة، ووصل متوسط ارتفاعها إلى 163.7 سم مقارنةً بالنباتات غير الملقحة (150.73 سم)، أي بنسبة زيادة تقدر بـ 8.6 %، ولم تظهر فروق معنوية بين النباتات الملقحة بالميكوريزا وغير الملقحة (P>0.05) (الجدول 4).

- **أثر اللقاح في عدد الأوراق:** تفوقت النباتات الملقحة بالميكوريزا في عدد الأوراق التي تحملها مقارنةً بالنباتات غير الملقحة، إذ بلغ متوسط عدد الأوراق 15.9 ورقةً في النباتات الملقحة و 14 ورقةً في النباتات غير الملقحة، وبلغت نسبة الزيادة المئوية 13.6 % قياساً على النباتات غير الملقحة، ولم تكن هذه الفروقات معنوية بين النباتات الملقحة بالميكوريزا وغير الملقحة (P>0.05) (الجدول 4).

- **أثر اللقاح في عدد العناقيد الزهرية:** أشارت النتائج إلى التأثير الإيجابي لفطور الميكوريزا في عدد العناقيد الزهرية، إذ بلغ متوسط عدد العناقيد الزهرية 4.3 في النباتات الملقحة مقابل 3.9 في النباتات غير الملقحة، وبلغت نسبة الزيادة في عدد العناقيد الزهرية للنباتات الملقحة 10.26 % مقارنة بالنباتات غير الملقحة، وكانت الفروق غير معنوية (P>0.05) بين النباتات الملقحة بالميكوريزا وغير الملقحة (الجدول 4).

- **أثر اللقاح في عدد الثمار ووزنها وقطرها:** أظهرت النتائج الأثر الإيجابي للقاح الميكوريزي في ثمار البندورة، إذ ازداد عددها بنسبة 42.1 %، وازداد وزنها بنسبة 6.56 %، كما ازداد قطرها بنسبة 9.57 % في النباتات الملقحة بالميكوريزا مقارنة بالنباتات غير الملقحة بالميكوريزا، وكانت جميع الفروقات بين النباتات الملقحة بالميكوريزا وغير الملقحة غير معنوية (P>0.05) (الجدول 4).

- **أثر اللقاح في الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري:** حققت إضافة فطور الميكوريزا زيادةً معنويةً في الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري، وبلغت النسبة المئوية للزيادة 179.32 % (للوزن الرطب) و 152.2 % (للوزن الجاف) قياساً على النباتات غير الملقحة بالميكوريزا، وقد بلغ متوسط الوزن الرطب للنباتات الملقحة 438.15 غ (للوزن الرطب) و 117.56غ (للوزن الجاف) مقابل 156.86 غ (للوزن الرطب) و 46.6 غ (للوزن الجاف) للنباتات غير الملقحة (الجدول 4). وكانت جميع هذه الفروقات بالنسبة للوزنين الرطب والجاف للمجموع الخضري معنويةً (P<0.05) بين النباتات الملقحة بالميكوريزا وغير الملقحة (الجدول 4).

- **أثر اللقاح في الوزن الرطب والجاف للمجموع الجذري:** كان أثر إضافة اللقاح الميكوريزي واضحاً في الوزن الرطب والجاف للمجموع الجذري، إذ بلغ 24.25 غ (للوزن الرطب) و 2.47 غ (للوزن الجاف) في النباتات الملقحة، و 5.88 غ (للوزن الرطب) و 0.53 غ (للوزن الجاف) في النباتات غير الملقحة (الجدول 4)، وحققت النباتات المعاملة بالميكوريزا زيادةً معنويةً بنسبة بلغت 312.4 % (للوزن الرطب) و 366 % (للوزن الجاف) قياساً على النباتات غير الملقحة بالميكوريزا. وكانت جميع هذه الفروقات بالنسبة للوزنين الرطب والجاف للمجموع الخضري معنويةً (P<0.05) بين النباتات الملقحة بالميكوريزا وغير الملقحة (الجدول 4).

- **أثر الميكوريزا في حجم المجموع الجذري:** ازداد حجم المجموع الجذري في النباتات الملقحة بالميكوريزا بنسبة 153.4% مقارنةً بالنباتات غير

الملقحة بالميكوريزا، وبلغ متوسط حجم المجموع الجذري في النباتات الملقحة 37.58 مل مقابل 14.83 مل في النباتات غير الملقحة، وكان الفرق معنوياً (P<0.05) بالنسبة لحجم الجذر بين النباتات الملقحة بالميكوريزا وغير الملقحة (الجدول 4).

الجدول 4. تأثير فطور الميكوريزا الداخلية في معايير النمو ضمن معاملتي النباتات المعاملة وغير المعاملة باللقاح الميكوريزي.

معاملة النباتات	متوسط ارتفاع النبات (سم)	متوسط عدد الأوراق (ورقة/نبات)	متوسط عدد العناقيد الزهرية (عنقود/نبات)	متوسط عدد الثمار (ثمرة/نبات)	متوسط وزن الثمار (غ)	متوسط قطر الثمار (سم)	متوسط الوزن الرطب للمجموع الخضري (غ)	متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ)	متوسط الوزن الرطب للمجموع الجذري (غ)	متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ)	متوسط حجم المجموع الجذري (مل)
غير ملقحة بالميكوريزا	150.73[ab]	14[a]	3.9[ab]	7[ab]	264.8[a]	4.73[b]	156.86[c]	46.6[b]	5.88[b]	0.53[b]	14.83[c]
ملقحة بالميكوريزا	163.7[a]	15.9[a]	4.3[a]	9.95[a]	282.2[a]	5.15[ab]	438.1[b]	117.56[a]	24.25[a]	2.47[a]	37.58[b]

تشير الأحرف المشتركة في العمود نفسه إلى عدم وجود فرق معنوي بين المتوسطات (50.0<P).

النسبة المئوية للاعتماد الميكوريزي (M.D %):

حُسبت النسبة المئوية للاعتماد الميكوريزي بالاعتماد على الوزن الجاف لنباتات التجربة كافةً (الجدول 5)، إذ بلغت 58.59 % في النباتات المعاملة باللقاح الميكوريزي.

الجدول 5 . متوسطات الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري للنباتات الملقحة وغير الملقحة بالميكوريزا والنسبة المئوية للاعتماد ăRŸþNjIŸDŽIIƐ.

النباتات	الملقحة بالميكوريزا		غير الملقحة بالميكوريزا	
مؤشر النمو	متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ)	متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ)	متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ)	متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ)
نباتات التجربة كافةً (15) نباتاً	73.2	1.5	12	0.6
	125	5.5	46	1
	75.5	1.5	63	0.36
	70.5	1	53	0.5
	103	1.6	46	0.2
	168	2.8	36	0.1
	136	2.3	86	0.9
	125	2.2	50	0.4
	86	0.9	36	0.3
	115	1.6	49	0.7
	136	2.2	59	0.69
	85	8.6	36	0.4
	105	1.6	36	0.4
	113	1.9	46	0.8
	156	2.6	46	0.7
المجموع	1710 غ		708.05 غ	
الاعتماد الميكوريزي (%)	58.59			

يشير التحليل الإحصائي لنتائج معايير النمو المدروسة لنباتات التجربة إلى أن إضافة فطور الميكوريزا إلى وسط زراعة نبات البندورة، يؤدي إلى زيادة في الصفات المدروسة للنباتات الملقحة بالميكوريزا قياساً على النباتات غير الملقحة (الجدول 4)، وهذا يتفق مع نتائج بحث أجري في جمهورية التشيك هدف لدراسة تأثير إضافة ثلاثة مستويات من تركيز اللقاح الميكوريزي في تحسين معايير نمو وإنتاجية نبات البندورة ضمن الأصص (Nedorost و Pokluda، 2012). كما أظهرت دراسة أخرى أجريت على نبات الحمص (Zaidi وزملاؤه، 2003)، وأخرى على نبات التبغ (الكبيسي وسلمان، 2006) الدور الإيجابي الكبير للتلقيح بفطور الميكوريزا في تحسين نمو وإنتاجية هذه النباتات.

يمكن تفسير الأثر الإيجابي لفطور الميكوريزا في معايير النمو المختلفة للنباتات الملقحة بها من خلال إفرازها للعديد من منظمات النمو التي تشجع عملية التركيب الضوئي، وتوفير نظام جذري للنبات أكثر كفاءةً لامتصاص الماء (عباس، 2002؛ طه، 2006؛ Orats، 2010). وتعمل الميكوريزا على زيادة جاهزية العناصر الغذائية الكبرى والصغرى، وتشجع على زيادة امتصاصها من قبل النباتات (العاني، 1993)، ولا سيما الفوسفور والآزوت، مما ينشط أنزيمات نقل الطاقة التي تُسهم في زيادة ارتفاع النبات، وعدد الأوراق، وعدد العناقيد الزهرية، وعدد الثمار وقطرها ووزنها (عباس، 2002)، وتعمل الميكوريزا بشكل خاص ومميز على زيادة الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري، وحجم الجذر، وبالتالي زيادة المادة الجافة للمجموع الخضري والجذري، كما تقوم الميكوريزا بزيادة نمو الجذور من خلال استحداث عمليات تعويضية في المجموع الجذري للتغلب على أية خسارة في الكتلة الجذرية نتيجةً لعوامل عدة (Harrison و Van Buren، 1995)، وهذا يتفق مع نتائج Borie و Rubio (1999) اللذين بيّنا أن التلقيح بالميكوريزا أدى إلى زيادة في إنتاج المادة الجافة، وهذا ينعكس إيجاباً على إنتاجية النبات (عباس، 2002).

بلغت نسبة الاعتماد الميكوريزي لنباتات التجربة 58.59 %، وهي نسبة مقبولة ومماثلة للنسبة التي تم الحصول عليها في دراسة أجريت على نبات البندورة، إذ بلغت نسبة الاعتماد الميكوريزي فيها 59 % (Tawaraya، 2003)، وتراوحت نسبة الاعتماد الميكوريزي في دراسة أخرى أجريت أيضاً على نبات البندورة بين 39 و 65 %،(Nedorost و Pokluda، 2012). وتختلف نسبة الاعتماد الميكوريزي بشكل كبير من نوع نباتي لآخر، وحتى من صنف لآخر، أو ضمن الأنماط البيئية داخل النوع نفسه، ويمكن أن تتبدل نسبة الاعتماد الميكوريزي وفق المغذيات المتاحة في التربة (Khalil وزملاؤه، 1994).

الاستنتاجات والمقترحات:

تبين من خلال النتائج التي تم الحصول عليها الآتي:

- كفاءة وسهولة تقانة الزراعة بالأصص، واستخدام نبات الذرة الصفراء عائلاً لإنتاج اللقاح الميكوريزي.
- ارتفاع نسبة الأبواغ في اللقاح الميكوريزي المتحصل عليه (87.9 ± 9.7 بوغ/100غ لقاح).
- التأثير الإيجابي للقاح الميكوريزي في تحسين نمو نبات البندورة وزيادة انتاجيته.

وانطلاقاً مما سبق، ونظراً لأهمية الميكوريزا والنتائج الإيجابية التي تم الحصول عليها، تقترح الدراسة استمرار العمل والتجارب حول استخداماتها وتطبيقها على محاصيل أخرى ذات أهمية اقتصادية.

المراجع

- خريبه، محمد عماد؛ ابتسام غزال؛ فواز العظمة ووفاء شومان. 2013. عزل وتحديد فطور جذرية (ميكوريزا) متعايشة مع البندورة في الساحل السوري. مجلة جامعة تشرين للعلوم البيولوجية، المجلد 35، العدد 7.
- طه، آلاء جبار. 2006. تاثير فطر المايكوريزا *Gigaspora* spp. والفوسفور في نمو وإنتاجية القطن. مجلة العلوم الزراعية العراقية 9:1 - 17.
- العاني، محجن عزيز مصطفى. 1993. دور التقانة الحياتية في نمو محصولي الحنطة وفول الصويا باستخدام فطريات المايكوريزا. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل. ص211
- عباس، حافظ إبراهيم. 2002. تشجيع نمو نبات الطماطم *Lycoperesicom esculentum* بتلقيحها بنوعين من فطريات المايكوريزا. مجلة العلوم الزراعية العراقية 7: 74 - 82.
- الكبيسي، يونس منصور ونريمان داود سلمان. 2006. تأثير فطر المايكورايزا وصخر الفوسفات وكبريتات البوتاسيوم في نمو نبات التبغ. مجلة العلوم الزراعية العراقية 37: 6 - 11.
- المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. 2013. الجمهورية العربية السورية، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دائرة الشؤون الاقتصادية والزراعية، قسم الإحصاء.

- Almagrabi, O.A., and T.S. Abdelmoneim. 2012. Using of arbuscular mycorrhizal fungi to reduce the deficiency effect of phosphorous fertilization on Maize plants (*Zea mays* L.). Life Science Journal, 4: 1684 -1694.
- Borie, F., and R. Rubio. 1999. Effects of Arbuscular Mycorrhizae and liming on growth and mineral acquisition of Aluminum–Tolerant and Aluminum-sensitive Barley Cultivars, J. Plant Nutrition. 22: 121-137.
- Brundrett, M., and S. Juniper. 1995. Non-destructive assessment of spore germination of VAM fungi and production of pot cultures from single spores. Soil Biology and Biochemistry, 27: 85 - 91.
- Dalpe, Y., and M. Monreal. 2004. Arbuscular mycorrhiza inoculum to support sustainable cropping systems. Crop Management, 1 - 12.
- Damodaran, P.N., K. Udaiyan and K.S. Roh. 2012. Mycorrhizal Dependency in Certain Indian Cotton Cultivars. Research in Plant Biology, 2: 55 - 66.
- Djuuna, I.A.F., L. Abbott and V.K. Niel. 2010. Predicting infectivity of Arbuscular Mycorrhizal fungi from soil variables using Generalized Additive Models and Generalized Linear Models. Biodiversitas, 3: 145 -150.
- Gerdemann, J.W. 1975. Vesicular arbuscular mycorrhizal. In: Torrey DG, Clarkson DTC (eds.). The development and Function of roots, Academic Press, London, 575 - 591 .
- Habte, M., and N.W. Osorio. 2001. Arbuscular Mycorrhizas: Producing and Applying Arbuscular Mycorrhizal Inoculum. College of Tropical Agriculture and Human Resources (CTAHR), University of Hawaii at Manoa.
- Harrison, U.J., and U.L.A. Van Buren. 1995. Phosphate transporter from the mycorrhizal fungus *Glomus versiforme*, Nature, 378: 626 - 629.
- Hoagland, D.R., and D.I. Arnon. 1950. The water culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station Circular, 347: 1 - 32.
- http://www.cohort.com/DownloadCoStat.html.
- Jarstfer, A.G., and D.M. Sylvia. 1993. Inoculum production and inoculation strategies for vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. In: Metting FB Jr (ed) Soil microbial ecology applications in agriculture and environmental management. Dekker, New York: 349 - 377.
- Jarstfer, A.G., and D.M. Sylvia. 1995. Aeroponic culture of VAM fungi. In: Varma A, Hock B (eds.) Mycorrhiza – structure, function, molecular biology and biotechnology. Springer-Verlag Heidelberg: 427- 441.
- Khakpour, O., and J. Khara. 2012. Spore density and root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in some species in the northwest of Iran. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 3: 977 - 982.
- Khalil, S., T.E. Loynachan and M.T. Tabatabai. 1994. Mycorrhizal dependency and nutrient uptake by improved and unimproved corn and soybean cultivars. Agron. J, 86: 949 - 958.
- McGonigle, T.P., M.H Miller, D.G Evans, G.L Fairchild, and J.A Swan. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol, 115: 495 - 501
- Meyer, A., R. Grote, A. Polle, and K. Butterbech-bahl. 2010. Simulating mycorrhizal contribution to forest C and N cycling the Mycofon model. Plant and Soil, 327: 493 - 517.
- Nedorost, L., and R. Pokluda. 2012. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on tomato yield and nutrient uptake under different fertilization levels. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun, 8: 181 -186.
- Orats, I. 2010. Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under field conditions. Spanish Journal of Agricultural Research, 8: 116 - 122.
- Parmar, N., B. Gami, and B. Patel. 2013. Evaluation of soil compositions and hosts for sporulation of vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM). JASA, 2: 67 - 71.
- Pawaar, J.S., and U.B. Kakde. 2012. Study of Arbuscular Mycorrhiza associated with some important
- medicinal plants in suburban area of Mumbai. Online International Interdisciplinary Research Journal, 2: 116 - 127.

- Phillips J.M., and D.S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and VAM fungi for rapid assessment of infection, Trans. Brit. Mycol. Soc, 55: 158 - 161.
- Schenck, N.C., and Y. Perez. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. 3rd ed. Synergistic Publications, Gainesville, Fla. 286 Pp.
- Smith, S. E., and D.J Read. 2008. Mycorrhizal Symbioses. Academic Press, London, UK:245 - 286.
- Sonika, C,K., B, sunita and A. Neena ashok. 2013. Inoculum production of acaulospora laevis using fresh and decomposed apple pomace as substrate. International research journal of biological sciences, 8: 32 - 36.
- Tawaraya, K. 2003. Arbuscular mycorrhizal dependency of different plant species and cultivars. Soil Sci. Plant Nutr, 49: 655 - 668.
- 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: 393 - 404.
- Zaidi, A., M.S Khan and M. Amil. 2003. Interactive effect of rhizotrophic micro organisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Eur. J. Agron, 19: 15 - 21.

Nº Ref- 572