تأثير الوسط المغذي والفحم النشط والإظلام في تجذير عقل الحور الفراتي باستخدام تقانة زراعة الأنسجة النباتية

Effect of Nutrient Medium Composition, Activated Charcoal, and Dark Incubation on Root Induction in Euphrates Poplar (*Populus Euphratica* Olive) Cuttings Using Plant Tissue Culture Techniques

م. أحمد النقشبندي [1] أ. د. زياد الحسين [2] أ. د. عبد الرحمن الشيخ [2] أ. د. عامر آغا [3]

Eng. Ahmad Alnakshbandi [1] Dr. Ziad Alhussin [2] Dr. Abdulrahman chikh [2] Dr. Amer Majid Agha [3]

ahmadal3ze@gmail.com

https://doi.org/10.66805/AAE-19.1.170182

Received 25 May 2025; Accepted 15 July 2025

(1) طالب دكتوراه، قسم البساتين، كلية الزراعة، جامعة الفرات، سورية.

(1) Ph.D. student, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Al-Furat University, Syria.

(2) قسم البساتين، كلية الزراعة، جامعة الفرات، سورية.

(2) Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Al-Furat University, Syria.

(3) قسم البيئة والحراج، كلية الزراعة، جامعة الفرات، سورية.

(3) Department of Environment and Forestry, Faculty of Agriculture, Al-Furat University, Syria.

الملخص

نفذ البحث ضمن مختبر زراعة الأنسجة النباتية بكلية الزراعة - جامعة الفرات (دير الزور) خلال الفترة الممتدة من عام 2022 حتى عام 2024. بهدف تقييم تأثير تراكيز من العناصر المعدنية الكبرى ضمن الوسط الغذائي Murashige and Skoog (MS)، شملت التركيز MS (كامل، MS $^{1/2}$، MS $^{1/4}$، بالإضافة إلى وسط MS كامل باستثناء تقليل تركيز نترات الأمونيوم NH_4NO_3 إلى النصف)، وذلك بهدف دراسة تجذير الحور الفراتي (*Populus Euphratica* Olive) بتقية زراعة الأنسجة. وقد جرت المعاملة بالأوكسين IBA أندول حمض البيوتريك بتركيز 1 ملغ/ليتر في جميع هذه الأوساط. بالإضافة إلى دراسة تأثير إضافة الفحم المنشّط بتركيز 0.2 غ/ل، وظروف الإظلام لمدة أسبوع، على عملية التجذير عند استخدام الأوكسينات (أندول حمض البيوتريك IBA - نفتالين حمض الخليك NAA) كل على حدة بتركيز 1 ملغ/ليتر، وذلك ضمن أوساط غذائية MS. أظهرت النتائج أن الوسط MS بتركيز نصف العناصر المعدنية أعطى أعلى نسبة تجذير للعقل (61.1%). كما تفوقت معاملة نترات الأمونيوم بنصف التركيز (54.4%) على التركيز الكامل (50.2%)، والربع (42.9%). أما بالنسبة إلى تأثير الفحم النشّط والإظلام، فقد تبين

©2026 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands. **ISSN: 2305-5243/ EISSN: 3005-6438. (p: 170-182)**

أن تطبيق ظروف الإظلام مع الوسط المحتوي على IBA بتركيز 1 ملغ/ليتر أعطى أعلى نسبة تجذير (54.6%)، تليها معاملة NAA تحت ظروف مماثلة (41.1%). كما ارتبطت ظروف الإظلام بزيادة عدد الجذور، بينما سجل أطول متوسط لطول الجذور عند استخدام الفحم النشّط في الوسط الغذائي المحتوي على IBA)2.44 شم) وNAA (2.9 سم) مقارنةً مع بقية المعاملات.

الكلمات المفتاحية: الحور، التجذير، زراعة الأنسجة، الفحم النشط.

Abstract

This study was conducted in the Plant Tissue Culture Laboratory of the Faculty of Agriculture at Al-Furat University (Deir ez-Zor) between 2022 and 2024. The objective was to assess the effects of varying macronutrient concentrations in the Murashige and Skoog (MS) basal medium on in vitro rooting of Populus euphratica cuttings. The treatments included full-strength MS medium, half-strength MS (½ MS), quarter-strength MS (¼ MS), and full-strength MS with the ammonium nitrate (NH_4NO_3) concentration reduced by 50%. All media were supplemented with 1 mg/L indole-3-butyric acid (IBA). In addition, the study investigated the impact of incorporating activated charcoal at 0.2 g/L and applying a one-week dark incubation period on root formation when cuttings were treated separately with IBA or naphthalene acetic acid (NAA), each at 1 mg/L, in MS-based media. The results demonstrated that the half-strength MS medium achieved the highest rooting percentage (61.1%). The treatment with reduced ammonium nitrate concentration also outperformed the full-strength (50.2%) and quarter-strength (42.9%) (%54.4) media. Regarding the influence of activated charcoal and dark incubation, dark conditions combined with IBA yielded the highest rooting percentage (54.6%), followed by NAA under the same conditions (41.1%). Dark incubation was associated with an increased number of roots, whereas the longest mean root lengths were recorded in media containing activated charcoal supplemented with IBA (2.44 cm) and NAA (2.9 cm), compared to the other treatments.

Key word: Populus, Rooting, Activated Charcoal, Tissue Culture

المقدمة

تنتمي أشجار الحور الفراتي (*Populus euphratica* olive) إلى العائلة الصفصافية (Salicacae)، وتنتشر في نصف الكرة الشمالي من خط عرض 45 شمالًا وحتى خط الاستواء. توجد في أوروبا وآسيا وشمال أفريقيا وبعض المناطق تحت المدارية (Karrenberg *et al.*, 2002). ويعد الحور من أهم الأنواع الشجرية التي تمتاز بسرعة النمو والإنتاج المرتفع من الخشب والكتلة الحيوية ويسمح خشب الحور المميز بطيف واسع من الاستعمالات كصناعة الورق وإنتاج أنواع مختلفة من الخشب، بالإضافة إلى استخدامه كمصدر للطاقة (Luo and Zhou, 2002).

يزرع الحور في سورية منذ العصور القديمة، لاسيما على ضفاف الأنهار الكبرى مثل الفرات، الخابور، العاصي، بردى وغيرها، حيث كانت غابات الحور الفراتي تشكل نظمًا بيئية كثيفة شبه نقية (آغا، 2002). ويجري إكثار أنواع الحور بوسيلتين؛

الإكثار الجنسي أو الإكثار الخضري، يتصف الإكثار الجنسي بحدوث انعزالات وراثية، كما يتطلب الإنبات ظروفًا محددة، إذ يتأثر بقصر فترة النشاط الحيوي للبذور، والحاجة الفورية بعد النضج إلى تربة رطبة وإضاءة كافية (Gonzalez *et al.*, 2010). أما الإكثار الخضري فيمكن تنفيذه باستخدام العقل الساقية أو النموات القاعدية، إلا أن هذه الطرائق غالبًا ما تكون غير مجدية اقتصاديًّا نتيجة صعوبة عملية التجذير (Ahmadloo *et al.*, 2018). وتبقى طريقة استخدام السرطانات محدودة الفعالية بسبب قلة توفر المصدر. في حين يُعد إكثار الحور بالعقل الساقية الطريقة الأكثر شيوعًا في المشاتل لإنتاج الشتول، غير أن هذه الطريقة تواجه تحديات في بعض الأنواع التي تتميز بانخفاض أو تدني القدرة على تكوين الجذور (Polle *et al.*, 2013; Hall *et al.*, 1989). في هذا الخصوص يؤكد (Confalonieri *et al.*, 2003) أن إكثار عدة أنواع وهجن باستخدام العقلة الساقية كانت وسيلة سهلة ولكن تحتاج إلى جهد ووقت ونتائج بعض الأنواع والهجن غير مرضية. ويرجع سبب اختلاف تجذير الأنواع لسببين؛ الأول هو التباين الوراثي القوي بين الأنواع وما ينعكس على صفات العقلة (خارجية - فسيولوجية)، والثاني العلاقة بين العوامل البيئة والوراثية وتأثيرها في إمكانية التجذير. وبالمقابل استخدمت تقنية إكثار الأنسجة كأحد الطرائق الخضرية وذلك لما تتميز به من السرعة والحصول على نباتات خالية من الأمراض ولا تحتاج لمساحات كبيرة (بك، 2024).

أصبحت تقانة إكثار الأنسجة في الوقت الحاضر من أهم الطرق الشائعة والعملية لإكثار العديد من الأنواع الخشبية والمخروطيات ومن ضمنها أنواع وطرز مختلفة من الحور، التي تجري بأساليب وطرق مختلفة بهذه التقنية (Aggarwal *et al.*, 2015; Shahrazad and Eman, 2012) ويعتمد نجاحها على عدد من العوامل في مقدمتها النوع النباتي وصفات الجزء النباتي المستخدم ونوع وتركيب البيئة الغذائية، ونوع وتركيز منظمات النمو، ونوع وتركيز السكر والظروف الفيزيائية في غرفة النمو (Martonfi *et al.*, 2010).

يعدُّ نوع وتركيب البيئة الغذائية من العوامل ذات الأهمية في تكوين وتطور الأعضاء النباتية الخضرية والجذرية لأن الأملاح المعدنية في البيئة يمكن أن تؤثر في توازن وحركه الأيونات والضغط الأسموزي وبالتالي التأثير في العمليات الاستقلابية للخلية، لذلك تستخدم بزراعة الأنسجة عدة أنواع من البيئات الغذائية، ولكن الأكثر شيوعا هي بيئة (Murashige and Skoog, 1962) وذلك لتوازن عناصرها وتلائمها لطيف واسع من الأنواع النباتية (Aggarwal *et al.*, 2015). إلا أن التراكيز المرتفعة من الأملاح يمكن أن تزيد من تدهور نمو الخلايا نتيجة أكسدة المواد الفينولية المثبطة، وبالتالي عرقلة نمو الأنسجة وموتها، ويؤكد (Han *et al.*, 2010) أن الحاجة لأنواع وتراكيز العناصر المعدنية في البيئة الغذائية تختلف باختلاف الأنواع والأصناف النباتية وصفات الجزء النباتي ومراحل تطوره لذلك يساعد أحيانًا تخفيض تركيز الأملاح المعدنية الكبرى في البيئة الغذائية في دعم نمو وتطور الجذور (Al-Amery and Salman, 2016).

بين (Chalak and Elbitar, 2006) أن تخفيض تراكيز الأملاح المعدنية في بيئة التجذير يساعد في تطور البداءات الجذرية نتيجةً لتحسين امتصاص المواد الغذائية. حيث توصل (Garcia *et al.*, 2024) إلى أن تخفيض تراكيز العناصر الكبرى في بيئة (MS) إلى النصف أعطت أفضل مؤشرات تجذير في صنفين من العنب مقارنة بالتركيز الكامل.

استخدم (Tawfik and Ahmad, 2022) خمسة تراكيز للأملاح المعدنية الكبرى في بيئة (MS)، فوجد أن أفضل مؤشرات التجذير كانت عند تخفيض الأملاح إلى (2/1، 4/1، 8/1)، ولكن أهمية تأثير كل تركيز في تكوين البداءات الجذرية

يتعلق بنوع وتركيز الأوكسين. وأهمية تخفيض العناصر المعدنية في بيئة MS لتشجيع تكوين البداءات الجذرية أكدها كل من (Farhan and Sekhi, 2024) في القبار (*Capparis spinosa*)، و(النائب وزملاؤه، 2022) عند خف الجمل(*Bauhinia purpurea*)، بينما توصل (Donmez *et al.*, 2022) في تجذير (Spathiphyllum) إلى أن استخدام تراكيز مختلفة من الأملاح المعدنية الكبرى (كامل، 2/1، 4/1) في بيئة (MS) لم تظهر أي فروق معنوية في نسبة التجذير بين التراكيز الثلاثة. كما لاحظ (Ruzic and Gerovic, 2008) عند استخدام أربعة تراكيز من العناصر الكبرى لبيئة MS (مضاعف، كامل، 2/1، 4/1) أن تأثير التراكيز المختلفة في النمو والتطور ارتبط بنوع الطراز من الكرز الحلو. من ناحية أخرى تبين بعض الدراسات أن استخدام التركيز الكامل للأملاح المعدنية الكبرى لبيئة (MS) باستثناء تخفيض (NH_4NO_3) إلى (4/1) شجع وحسن تجذير بعض أصناف التفاح (Sriskandarjah *et al.*, 1990). ويؤكد (Wojtania *et al.*, 2015) أن تخفيض تراكيز الأزوت فقط من الأملاح الكبرى أثر معنويًا في تحسين تجذير المغنوليا وخفض المحتوى من الفينولات.

تعدُّ مرحلة تجذير الأجزاء النباتية بعد مرحلة التضاعف مرحلة حساسة وصعبة في أغلب النباتات الخشبية ولا سيما في تحديد قدرة النبات على الحياة والتأقلم فيما بعد. ويتوقف نجاح هذه المرحلة أساسًا على إمكانية تكوين الجذور العرضية وتطورها، وتكون الجذور العرضية هي خطوة ضرورية وتختلف إمكانية تكوينها باختلاف الأنواع النباتية، وتتأثر بعوامل داخلية وخارجية أهمها المصدر الوراثي وتركيب البيئة الغذائية، ومنظمات النمو وغيرها. بينت الدراسات دور منظمات النمو في تنظيم إجراءات وخطوات تكون الأعضاء النباتية والجذور، وهنالك العديد من منظمات النمو التي تستخدم بشكل واسع في مرحلة التجذير بتقنية زراعة الأنسجة التي تشمل أنواع مختلفة من الأوكسينات (2,4- Dichlorophenoxyacetic acid- أندول حمض البيوتريك IBA - أندول حمض الخليك IAA - نفتالين حمض الخليك NAA)، التي يرتبط تأثيرها بنوع وتركيز الأوكسين وآلية انتقاله في الجزء النباتي (Khalil *et al.*, 2019)، وكذلك بالأنواع النباتية والأصناف (Saida, 2005).

هناك مجموعة من المعاملات التي يمكن أن تحسن عملية التجذير في تقانة زراعة الأنسجة النباتية كالإظلام أو إضافة الفحم النشط للبيئة الغذائية لتخفيف إجهادات الأكسدة وذلك لقدرة الفحم على امتصاص المركبات المثبطة والسامة مما يحسن من نمو الخلايا وتطورها (Mao *et al.*, 2018). وقد توصل (Khalil *et al.*, 2019) إلى أن إضافة الفحم النشط لبيئة تجذير الفريز (0.5 مغ/ل) نشط حسن من تكوين الجذور ونوعيتها. هذا ويرتبط التأثير الملائم للفحم النشط بتركيزه وتركيز منظمات النمو والعناصر العضوية والفيتامينات والعناصر المعدنية بالبيئة ولا سيما النحاس والزنك (Van winkle *et al.*, 2003). والفحم النشط عبارة عن حبيبات ناعمة بمساحة سطح داخلي كبيرة تمتص مواد عديدة وتؤدي دورًا جوهريًا في التجذير من خلال توفير ظروف مظلمة تشابه ظروف التربة (Dumas and Monteuuis, 1995)، كما يمكن أن تتشجع بعض العمليات الفيسيولوجية كاستقلاب هدم الأوكسينات بحيث يصبح أقل وأبطأ مقارنة بالضوء (Norton and Boe, 1982).

يؤكد (Adak *et al.*, 2009) أن تأثير الفحم النشط في تشجيع تكون التجذير يختلف بحسب التراكيز المستخدمة، فمع زيادة التركيز (1-5 غ/ل) تحسنت نوعية جذور الفريز بشكل فعال ومعنوي. ويجد (النائب وزملاؤه، 2022) أن إضافة الفحم النشط (3 غ/ل) بجميع تراكيز الأوكسين أعطى نتائج أفضل في تجذير خف الجمل وبشكل معنوي بالمقارنة بالشاهد. تُظهر الدراسات أن تعريض الأجزاء النباتية للإظلام لمدة أسبوع خلال مرحلة التجذير يعزز بشكل فعال تكون الجذور وتطورها،

ويساعد في تجنب تشوهات الجذور. فقد أكد (Charri-Rkhis, 2011; Dirlik *et al.*, 2022) على أن هذه الفترة من الإظلام في بداية مرحلة التجذير تشجع بشكل معنوي على تكوين البداءات الجذرية، سواء في الجوز أو في نباتات أخرى. كما أظهرت دراسة (Mohamed and Saif, 2023) أن التداخل بين تأثير الإظلام والأوكسينات بتراكيز منخفضة يؤدي إلى تحسين مؤشرات التجذير، مما يعزز أهمية تطبيق الإظلام كعامل محفز في عملية التجذير النباتي.

أهدف البحث

- دراسة قابلية الحور الفراتي للتجذير باستخدام تقانة زراعة الأنسجة النباتية.
- تحديد تركيز العناصر المعدنية الملائمة للتجذير في البيئة الغذائية.
- تأثير الفحم النشط والإظلام في نجاح تجذير الحور الفراتي بالأنسجة.

مواد وطرائق البحث

مكان إجراء البحث

نفذ البحث في مخبر زراعة الأنسجة في كلية الزراعة بدير الزور- جامعة الفرات وذلك خلال الأعوام (2022-2024).

المادة النباتية

جرى تأمين المادة النباتية للزراعة التأسيسية من أشجار الحور الفراتي الموجودة على ضفاف نهر الفرات بعمر (5 سنوات).

طريقة العمل

أُخذت نموات مخبرية نسيجية ناتجة عن مرحلة التضاعف (الإكثار) وزرعت على البيئة الغذائية نفسها ولكن بدون منظمات النمو لمدة أسبوعين. بعدها تم فصل نموات بطول (10-7 سم) تحتوي على الأقل زوج من البراعم الجانبية حيث زرعت في بيئات غذائية مختلفة (حسب الاختبارات)، وتُركت تحت ظروف التحضين في غرفة النمو (حاضنات الاستنبات) على درجة حرارة (25 ± 2 م°) وإضاءة بشدة (3000 لوكس) لمدة 16 ساعة والظلام لمدة 8 ساعات ورطوبة نسبية (50-70%) (الحسين وبدران، 2017).

البيئة الغذائية

استخدمت بيئة غذائية أساسية في جميع اختبارات المرحلة التأسيسية والإكثار والتجذير التي تتكون من العناصر المعدنية لبيئة (MS) لعام (1962) مضافًا إليها:

- myo-Inositol ($C_6H_{12}O_6$) (100mg/L).
- Thiamine hydrochloride ($C_{12}H_{17}ClN_4OS{\cdot}HCl$) (0.5 mg/L).
- Glutamine ($C_5H_{10}N_2O_3$) (2mg/L).
- Pyridoxine hydrochloride ($C_8H_{11}NO_3{\cdot}HCl$) (0.5 mg/L).
- Biotin ($C_{10}H_{16}N_2O_3S$) (0.2 mg/L).
- Calcium pantothenate ($C_{18}H_{32}CaN_2O_{10}$) (0.4 mg/L).
- Sucrose.($C_{12}H_{22}O_{11}$) (30g/L)
- Agar $(C_{12}H_{18}O_9)_n$ (7 g/L).

بالإضافة إلى منظمات النمو وضبط الرقم الهيدروجيني (pH) على (5.6) قبل التعقيم بالأوتوغلاف على درجة حرارة (121 مْ) وضغط (1.4 كغ/سم^2) ولمدة (15) دقيقة. (الحسين وبدران، 2017).

المعاملات

- تراكيز مختلفة من العناصر المعدنية الكبرى لبيئة MS (100% - 50% - 25%- 50% نترات الأمونيوم). بوجود 1 مغ/ل (IBA).
- تأثير الفحم النشط (0.2 غ/ل) والإظلام لمدة أسبوع بوجود 1مغ/ل من IBA أو NAA في أفضل تركيز من العناصر المعدنية الكبرى لبيئة MS.

المؤشرات المدروسة

بعد 30 يوم من الزراعة في بيئة التجذير جرى تدوين المؤشرات والقياسات التالية (الحسين وبدران، 2017):

- نسبة التجذير: عدد النموات المجذرة /العدد الكلي المزروع× 100
- متوسط عدد الجذور في النمو الواحد.
- متوسط طول الجذور (مم).

التحليل الإحصائي

نفذت التجربة على مرحلتين:

أولاً: دراسة تأثير تراكيز مختلفة من العناصر المعدنية الكبرى لبيئة MS في تجذير عقل الحور الفراتي، حيث جرى تطبيق أربع معاملات مختلفة، بحيث بلغ إجمالي الأجزاء النباتية (30*4= 120جزءًا نباتيًا) بواقع (10) أجزاء لكل مكرر.

ثانيًا: دراسة تأثير إضافة الفحم النشط، والإظلام، وتحفيز التجذير، حيث نفذت 9 معاملات مختلفة، بلغ إجمالي الأجزاء النباتية (30*9= 270جزءًا نباتيًا) بواقع (10) أجزاء لكل مكرر.

أجريت جميع المعاملات تحت ظروف مخبرية باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) لكل عامل على حدا. ونظرًا لإمكانية ضبط الظروف البيئية نسبيًّا في المختبر وتقليل التباين غير المرغوب فيه الناتج عن المعاملات. استخدم تحليل التباين الثنائي (Two-Way ANOVA) لقياس تأثير المعاملات، مع اعتبار التكرارات كمصدر ثانٍ للتباين. ولتحديد اتجاه الفروق بين المعاملات، استُخدم اختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5%. وقد أُجري التحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS.

النتائج والمناقشة

أولاً: تأثير تراكيز الأملاح المعدنية

نسبة التجذير (%)

أظهرت النتائج أن تخفيض تركيز الأملاح المعدنية الكبرى في بيئة MS إلى النصف أدى إلى تحقيق أعلى نسبة تجذير بلغت 61.11% (الجدول 1)، وقد تفوقت هذه المعاملة معنويًّا على جميع التراكيز الأخرى. في المقابل سجلت المعاملة التي خُفضت

فيها التراكيز إلى الربع أقل نسبة تجذير بلغت 42.98%، ما يشير إلى التأثير السلبي لتقليل الأملاح المعدنية إلى مستويات منخفضة جدًّا على النسبة الكلية للتجذير. وتتوافق هذه النتائج مع ما توصلت إليه دراسات سابقة، حيث أكد (Lee and Paek, 2012; Garcia *et al.*, 2024) أن خفض تركيز العناصر الكبرى للنصف يسهم بشكل واضح في زيادة نسبة التجذير مقارنة بالتراكيز الكاملة أو المنخفضة جدًا.

عدد الجذور في العقلة (جذر/عقلة)

فيما يخص عدد الجذور المتكونة في العقلة، فقد بينت النتائج أن أعلى متوسط عدد للجذور بلغ 3.621 جذر/عقلة في بيئة تحتوي على نصف تركيز الأملاح المعدنية الكبرى (MS 2/1)، تلتها باقي المعاملات بقيم متقاربة تراوحت بين 3.21 و3.0 جذر/عقلة. ومع ذلك، لم تسجل فروق معنوية واضحة بين التراكيز المختلفة في هذا المؤشر. وتتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه (Donmez *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2023) من أن خفض تركيز الأملاح المعدنية الكبرى في بيئة MS لا يؤدي بالضرورة إلى تأثير معنوي معتبر في عدد الجذور المتكونة لدى أنواع الحور.

متوسط طول الجذور (سم)

فيما يتعلق بمتوسط طول الجذور المتكونة، فقد أظهرت النتائج أن القيم تراوحت بين 2.87 سم في بيئة الأملاح الكاملة و2.412 سم في بيئة التراكيز المنخفضة (MS 4/1)، من دون تسجيل فروق معنوية بين المعاملات المختلفة. يشير ذلك إلى أن خفض تركيز الأملاح لم يكن له تأثير معنوي في طول الجذور المتكونة. وقد أرجع (حسام، 2011) ذلك إلى أن التوازن بين تركيز الأزوت والكربوهيدرات (C/N) في أنسجة العقل يؤدي دورًا أكبر في تحديد طول الجذور، إضافة إلى تداخل تأثير نوع وتركيز الأوكسين المضاف (Tawfik and Ahmed, 2022). يفسر (Al-Amery and Salman, 2016) تأثير تخفيض الأملاح المعدنية الكبرى في عملية التجذير على أن تخفيض تركيز الأملاح يساعد في دعم التأثير القوي للكربوهيدرات وبالتالي دعم تكوين ونمو الجذور. كما أكدت نتائج البحث أن تخفيض تراكيز الأملاح المعدنية الكبرى لبيئة MS لم تؤثر معنويًّا في متوسط عدد الجذور أو طولها.

الجدول 1. تأثير تركيز العناصر المعدنية الكبرى لبيئة MS في تجذير الحور الفراتي بوجود 1مغ/ل من IBA في البيئة

تركيز العناصر المعدنية (MS, 1962)	نسبة التجذير (%)	متوسط عدد الجذور	متوسط طول الجذر (سم)
كامل (100%)	50.2100 [c]	3.2100 [a]	2.8700 [a]
النصف (50%)	61.1100 [a]	3.62100 [a]	2.4380 [a]
الربع (25%)	42.9800 [d]	3.000 [a]	2.4120 [a]
كامل عدا نترات الأمونيوم (50%)	54.4000 [b]	3.0800 [a]	2.6600 [a]
L.S.D. (0.05)	**1.8826**	**1.6969**	**0.5169**
%C.V	**2.03**	**%29.57**	**%11.20**

ثانيًا- تأثير الإظلام والفحم النشط

نسبة التجذير (%)

تشير النتائج إلى أن الإظلام لمدة أسبوع في بداية التجذير أدى الدور الأكبر في زيادة نسبة التجذير بشكل معنوي. فقد بلغت أعلى نسبة تجذير عند معاملة الإظلام بوجود IBA، حيث وصلت إلى 54.6% التي تفوّقت على معاملة الإضاءة بفروق معنوية، وتلتها معاملة إضافة الفحم النشط بوجود IBA أيضًا بنسبة 49.1% (الجدول 2).

أما في وجود NAA، فقد أعطت معاملة الإظلام أيضًا أعلى نسبة تجذير بلغت 41.1%، تلتها معاملة الفحم النشط بنسبة 38.5%، مقارنة بمعاملة الإضاءة التي سجلت النسبة الأدنى وهي 28.7%. توضح هذه النتائج أن الإظلام، يليه الفحم النشط، قد حسّنا بشكل ملحوظ كفاءة التجذير بالمقارنة مع الإضاءة المستمرة.

عدد الجذور في العقلة (جذر/عقلة)

أظهرت النتائج كذلك أن متوسط عدد الجذور المتكونة في العقلة ارتفع بوجود الإظلام أو الفحم النشط مقارنةً بالإضاءة فقط. في وجود IBA، كان أعلى متوسط لعدد الجذور قد تحقق عند معاملة الإظلام، حيث بلغ 2.84 جذر/عقلة، تلاها معاملة الفحم النشط التي بلغ متوسط عدد الجذور فيها 2.10 جذر/عقلة. أما في وجود NAA، فقد أظهرت معاملة الإظلام والفحم النشط نتائج متقاربة ومتفوقة على الإضاءة، حيث بلغ متوسط عدد الجذور 2.44 جذر/عقلة للإظلام و2.36 جذر/عقلة للفحم النشط، مقابل قيم أقل للإضاءة. تبيّن هذه النتائج الدور التحفيزي للإظلام والفحم النشط في زيادة عدد الجذور على العقلة مقارنة بالإضاءة المستمرة.

ثالثًا – متوسط طول الجذور (سم)

فيما يخص متوسط طول الجذور، فقد ساهمت كل من معاملة الإظلام ومعاملة الفحم النشط في زيادة طول الجذور المتكونة مقارنة بالإضاءة فقط. في وجود IBA، أعطت معاملة الفحم النشط أعلى متوسط لطول الجذور بلغ 2.44 سم، تلتها معاملة الإظلام بمتوسط 2.44 سم أيضًا مع تفوق معنوي على الإضاءة، التي سجلت أطوالًا أقل. بينما في وجود NAA، تفوقت معاملة الفحم النشط بوضوح، حيث بلغ متوسط طول الجذور 2.92 سم وهو أعلى المتوسطات المسجلة على الإطلاق في هذا الجانب، وتلتها معاملة الإظلام بمتوسط 2.481 سم، في حين أعطت الإضاءة أقل متوسط طول للجذور.

تؤكد هذه النتائج الدور الإيجابي للإظلام وإضافة الفحم النشط في زيادة متوسط طول الجذور، مما يعكس أثرهما في تحسين جودة وكفاءة التجذير في عقل الحور الفراتي. وهذه الملاحظة بتأثير الإظلام في تحسين مؤشرات التجذير تتفق مع (Chaari-Rkhis, 2002; Dirlik *et al.*, 2002)، ودور الإظلام في بداية التجذير في تحسين تكون وتطور البداءات الجذرية يمكن أن يرجع لدوره في زيادة امتصاص الأوكسين الصناعي المضاف، بالإضافة إلى الحفاظ على تركيز الأوكسين الطبيعي (IAA) بالشكل الحر أو المرتبط، ومنع أكسدته (Caboni and Damiano, 2006) ويضيف (Deklerk *et al.*, 1999) أن الإضاءة في بداية التجذير تُحسّن تركيب المركبات الفينولية التي تقود لتثبيط نقل الأوكسين أو تغير في نشاط أنزيمات الأكسدة أو تركيب الأوكسين. كما تشير نتائج البحث لأهمية إضافة الفحم النشط في تحسين مؤشرات التجذير، ولا سيما طول الجذور. وهذه النتيجة تتفق مع نتائج عدة دراسات (Kaviani *et al.*, 2024; Selvaskanthan and Eeswara, 2024). ويمكن أن يرجع تأثير

الفحم النشط في نمو وتطور الجذور لأكسدة الفينولات، وامتصاص المواد المثبطة من بيئة التجذير (Teixeria *et al.,* 1994) وإمكانية تغيير الرقم الهيدروجيني (PH) في البيئة لمستوى مثالي لتكون وتطور الأعضاء خلال فترة تكوّن البداءات الجذرية (Owen *et al.,* 1991). ويعتقد (Fridborg *et al.,* 1978) أن تأثير الفحم في التجذير يرجع لتأثيره في نشاط وثبات منظمات النمو من خلال حجب الإضاءة عن بيئة التجذير، وتثبيط المواد الفينولية التي تحرّرها الأنسجة نفسها في الوسط، كمركبات الفينول والميلانين والمواد السامة الأخرى.

الجدول 2. تأثير الفحم النشط والإظلام في تجذير الحور الفراتي بوجود 1مغ/ل IBA أو NAA

الأوكسين	إضاءة	إظلام	فحم	نسبة التجذير %	متوسط عدد الجذور في العقلة	متوسط طول الجذور (سم)
الشاهد	+	-	-	0	0	0
الشاهد	-	+	-	0	0	0
الشاهد	-	-	+	0	0	0
IBA	+	-	-	47.7000 ^{b}	1.9300 ^{b}	1.7680 ^{c}
IBA	-	+	-	54.6000 ^{a}	2.8400 ^{a}	2.1920 ^{bc}
IBA	+	-	+	49.1020 ^{b}	2.1000 ^{ab}	2.4400 ^{ab}
NAA	+	-	-	28.7200 ^{e}	1.9200 ^{b}	2.1110 ^{bc}
NAA	-	+	-	41.1300 ^{c}	2.4400 ^{ab}	2.4810 ^{ab}
NAA	+	-	+	38.5200 ^{d}	2.3600 ^{ab}	2.9290 ^{a}
L.S.D. (0.05)				**1.6212**	**0.4239**	**0.3625**
%C.V				**%1.71**	**%8.53**	**%7.05**

الاستنتاجات والتوصيات

- إن الوسط المحضّر بتركيز نصف الأملاح الكبرى في بيئة MS حقق أعلى نسبة تجذير، تلاه الوسط الذي يحتوي على نصف تركيز نترات الأمونيوم فقط.
- إن إظلام البيئة بداية التجذير يساعد في الحصول على أفضل نسب التجذير ومتوسط عدد الجذور، بينما إضافة الفحم النشط يحسن من متوسط طول الجذور.
- توصي الدراسة باختبار تركيز منظمات نمو أخرى ومصدر وتركيز الكربوهيدرات للوصول إلى معدل تجذير ونوعية جذور أفضل.

المراجع

- آغا، عامر مجيد. (2002). غابات الحور الفراتي في منطقة حوض الفرات الأدنى - نظام بيئي متكامل بحاجة إلى حماية، 1- 6 أيلول، جامعة الفرات حلب - المؤتمر العربي للبيولوجيين.
- بك، رشا الأحمد، الحسين، زياد، العيسى، أسعد؛ وجراد، علاء الدين. (2024). تأثير الموسم ومصدر النبات وطريقة التعقيم واستخدام مضادات الأكسدة في إكثار الزيتون صنف صوراني بزراعة الأنسجة، مجلة جامعة حمص، سلسلة العلوم الزراعية والتقانة الحيوية، المجلد (46) العدد (13): 72-43.
- الحسين، زياد، بدران، رداح. (2017). تأثير منظمات النمو في نمو صنف التفاح الديري بظروف زراعة الأنسجة - المجلة العربية للبيئات الجافة (اكساد).
- النائب، عبد الكريم جمعة، نعيمة، محمد بن خليفة، زهير مصطفى بن سعد. (2022). تأثير نوع الوسط الغذائي ومنظمات النمو على الإكثار الدقيق لنبات خف الجمل *Bauhinia purpurea* L.، المجلة الليبية للعلوم الزراعية، المجلد (27)، العدد (2): 20-12.
- Adak, A., Kaynak, L., Pekmezci, M., & Gubbuk, H. (2009). The effect of various hormone types on in vitro propagation of strawberry. Acta Horticulturae, 829, 305-308.
- Aggarwal, G., Gaur, A., & Srivastava, D. K. (2015). Establishment of high frequency shoot regeneration system in Himalayan poplar (*Populus ciliata* Wall. ex Royle) from petiole explants using thidiazuron cytokinin as plant growth regulator. Journal of Forestry Research, 26 (3), 651-656.
- Ahmadloo, F., Calagari, M., Salehi, A., & Goodarzi, G. R. (2018). Investigation of rooting and growth characteristics of poplar clones in hydroponic and soil cultures. Journal of Forest Science, 64 (5), 207-215.
- Al-Amery, L. K. J., & Salman, B. I. (2016). Study the effect of cytokinins and auxins in the composition and production of in vitro plantlets Hippeastrum hybridum. Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 47 (6), 1392-1403.
- Caboni, E., & Damiano, C. (2006). In vitro propagation of walnut (*Juglans regia* L.): Critical factors for the induction of the rooting response. Acta Horticulturae, 705, 329-333.
- Chaari-Rkhis, A., Chelly-Chaabouni, A., Maalej, M., & Drira, N. (2002). Meski olive variety propagated by tissue culture. Acta Horticulturae, 586, 871-874.
- Chaari-Rkhis, A., Maalej, M., Drira, N., & Standardi, A. (2011). Micropropagation of olive tree Olea europaea L. Oueslati. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 35 (4), 403-412.
- Chalak, L., & Elbitar, N. (2006). Micropropagation of *Capparis spinosa* L. subsp. rupestris Sibth. & Sm. by nodal cuttings. Indian Journal of Biotechnology, 5 (4), 555-558.

- Confalonieri, M., Balestrazzi, A., Bisoffi, S., & Carbonera, D. (2003). In vitro culture and genetic engineering of Populus spp.: Synergy for forest tree improvement. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 72(2), 109-138.
- De Klerk, G.-J., van der Krieken, W., & de Jong, J. (1999). The formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant, 35 (3), 189-199.
- Dirlik, C. H., Kandemir, N., Çetin, S., Şen, B., Guler, B., & Gurel, A. (2022). Effects of different culture media compositions on in vitro micropropagation from Paradox walnut rootstock nodes. GU Journal of Science Part A, 9 (4), 500-515.
- Donmez, D., Erol, M. H., Biçen, B., Simsek, O., & Kacar, Y. (2022). The effects of different strength of MS media on in vitro propagation and rooting of Spathiphyllum. Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 37 (3), 583-592.
- Dumas, E., & Monteuuis, O. (1995). In vitro rooting of micropropagated shoots from juvenile and mature Pinus pinaster explants: Influence of activated charcoal. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 40 (3), 231-235.
- Farhan, T. F., & Sekhi, Y. S. (2024). Effect of plant growth regulators and explants on the micropropagation of Capparis spinosa L. Anbar Journal of Agricultural Sciences, 22 (1), 750-762.
- Fridborg, G., Pedersen, M., Landstrom, L.-E., & Eriksson, T. (1978). The effect of activated charcoal on tissue cultures: Adsorption of metabolites inhibiting morphogenesis. Physiologia Plantarum, 43 (1), 104-106.
- García, Y., González, E. A., Gutiérrez, M., Fernández, E., Quiroga, A., & Pedranzani, H. (2024). Micropropagation of two varieties of Vitis vinifera Cabernet Franc and Pinot Noir: Comparison of physiological and production parameters. Asian Journal of Microbiology and Biotechnology, 9 (2), 29-37.
- González, E., Comín, F. A., & Muller, E. (2010). Seed dispersal, germination and early seedling establishment of *Populus alba* L. under simulated water table declines in different substrates. Trees, 24 (1), 151-163.
- Hall, R. B., Colletti, J. P., Schultz, R. C., Faltonson, R. R., Kolison, S. H., Hanna, R. D., Hillson, T. D., & Morrison, J. W. (1989). Commercial-scale vegetative propagation of aspens. In Proceedings of the Aspen Symposium (pp. 211-219). USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station.
- Han, M.-L., Gleave, A. P., & Wang, T.-C. (2010). Efficient transformation of Actinidia arguta by reducing the strength of basal salts in the medium to alleviate callus browning. Plant Biotechnology Reports, 4 (2), 129-138.

- Karrenberg, S., Edwards, P. J., & Kollmann, J. (2002). The life history of Salicaceae living in the active zone of floodplains. Freshwater Biology, 47 (4), 733-748.
- Kaviani, B., Deltalab, B., Kulus, D., Khoddamzadeh, A., & Roque-Borda, C. A. (2024). In vitro shoot multiplication and rooting of Kashan and Hervy Azerbaijan Damask rose (Rosa damascena Mill.) genotypes for cosmetic and ornamental applications. Plants, 13 (10), 1364.
- Khalil, H.-A., Khalil, M. A. I., Arisha, H., & El-Denary, M. E. (2019). Effect of cultivars, auxins and activated charcoal on in vitro roots formation of strawberry plantlets. Zagazig Journal of Agricultural Research, 46 (3), 609-616.
- Lee, E.-J., & Paek, K.-Y. (2012). Enhanced productivity of biomass and bioactive compounds through bioreactor cultures of Eleutherococcus koreanum Nakai adventitious roots affected by medium salt strength. Industrial Crops and Products, 36 (1), 460-465.
- Luo, J., & Zhou, J. (2002). Growth performance, photosynthesis, and root characteristics are associated with nitrogen use efficiency in six poplar species. Environmental and Experimental Botany, 164, 40-51.
- Mártonfi, K., Dobránszki, J., Teixeira da Silva, J. A., Bulley, S. M., & Hudák, I. (2010). The role of cytokinins in shoot organogenesis in apple. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 101 (3), 251-267.
- Mohamed, F. H., & Saif, M. (2023). Influence of plant growth regulators and dark pretreatment on shoot proliferation, rooting and acclimatization of thorny blackberry. Egyptian Journal of Horticulture, 50 (2), 135-148.
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum, 15 (3), 473-497.
- Norton, M. E., & Boe, A. A. (1982). In vitro propagation of ornamental Rosaceous plants. HortScience, 17 (2), 190-191.
- Owen, H. R., Wengerd, D., & Miller, A. R. (1991). Culture medium pH is influenced by basal medium, carbohydrate source, gelling agent, activated charcoal, and medium storage method. Plant Cell Reports, 10 (11), 583-586.
- Polle, A., Janz, D., Teichmann, T., & Lipka, V. (2013). Poplar genetic engineering: Promoting desirable wood characteristics and pest resistance. Applied Microbiology and Biotechnology, 97 (13), 5669-5679.
- Ruzic, D. V., & Vujovic, T. I. (2008). The effects of cytokinin types and their concentration on in vitro multiplication of sweet cherry cv. Lapins (*Prunus avium* L.). Horticultural Science, 35 (1), 12-21.
- Selvaskanthan, S., & Eeswara, J. P. (2024). In vitro rooting of Gyrinops walla in activated charcoal-containing semi-solid culture and filter paper-bridged liquid culture systems. Tropical Agricultural Research, 35 (4), 332-342.

- Shahrzad, S., & Eman, M. (2012). Micropropagation of *Populus euphratica* and *P. alba* hybrids by tissue culture. Iranian Journal of Range and Forest Plant Breeding and Genetic Research, 19 (2), 327-633.
- Sriskandarajah, S., Skirvin, R. M., & Abu-Qaoud, H. (1990). The effect of some macronutrients on adventitious root development on scion apple cultivars in vitro. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 21(3), 185-189.
- Tawfik, E., & Ahmed, M. (2022). Genetic stability assessment of in vitro rooted *Populus alba* L. micro-shoots in different media compositions. Plant Biology and Crop Research, 5(1), 1-6.
- Teixeira, J. B., Sondahl, M. R., & Kirby, E. G. (1994). Somatic embryogenesis from immature inflorescences of oil palm. Plant Cell Reports, 13(5), 247-250.
- Van Winkle, S. C., Johnson, S., & Pullman, G. S. (2003). The impact of gelrite and activated carbon on the elemental composition of two conifer tissue culture media. Plant Cell Reports, 21(12), 1175-1182.
- Wojtania, A., Skrzypek, E., & Gabryszewska, E. (2015). Effect of cytokinin, sucrose and nitrogen salts concentrations on the growth and development and phenolics content in Magnolia × soulangiana 'Coates' shoots in vitro. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 14 (3), 51-62.

N° Ref: 1204