



تأثير أنواع وتراكيز هرمون الأوكسين في تجذير عقل الحور الفراتي باستخدام تقانة زراعة الأنسجة النباتية

Effect of Different Types and Connections of Auxins on in Vitara Rooting Formation of Populus (*Populus Euphratica Olive*)

م. أحمد النقشبندي⁽¹⁾ د. زياد الحسين⁽²⁾ د. عبد الرحمن الشيخ⁽²⁾ د. عامر مجيد 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-19.1.159169>

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 في مختبر زراعة الأنسجة النباتية التابع لكلية الزراعة في جامعة الفرات بدير الزور، خلال الفترة الواقعة بين عام 2022 حتى عام 2024. بهدف دراسة تقييم تأثير أنواع وتراكيز مختلفة من الأوكسينات (أندول حمض البيوتريك IBA - أندول حمض الخليك IAA - نفتالين حمض الخليك NAA) في تحفيز التجذير لنبات الحور الفراتي. استُخدم وسط (MS) مُدعم بتراكيز مختلفة من الأوكسينات (0.1 و 1 ملغ/ليتر) من الأوكسينات (IBA، NAA، IAA). أظهرت النتائج أن المعاملة بـ IBA بتراكيز 1 ملغ/ليتر كانت الأكثر كفاءة في تحفيز تكوين الجذور (43.3%) مقارنةً بـ IAA و NAA. كما سُجل أعلى متوسط لعدد الجذور وطولها عند استخدام IBA أو NAA بتراكيز 1 ملغ/ليتر. وعند اختبار تراكيز مختلفة من IBA، تبين أن التركيز 2.0 ملغ/ليتر حقق أعلى نسبة لتكوين الجذور حيث بلغت 59.9%. كما أدت التراكيز 2 و 3 ملغ/ليتر من IBA إلى زيادات معنوية في عدد الجذور وطولها. إلا أن زيادة التركيز إلى أكثر من 3 ملغ/ليتر أسفر عن تأثير سلبي، حيث لم تُسجل فروق معنوية في نمو الجذور، مما يشير إلى حدوث تثبيط ناتج عن التراكيز العالية من الأوكسين.

الكلمات المفتاحية: الحور، التجذير، الأوكسينات.

Abstract

The experimental study was conducted in the Plant Tissue Culture Laboratory at the Faculty of Agriculture, Euphrates University, Deir ez-Zor, during the period from 2022 to 2024. The primary objective was to investigate the effects of different types and concentrations of auxins (IBA, NAA, and IAA) on root induction in *Populus euphratica*. Murashige and Skoog (MS) medium supplemented with two concentrations (0.1 and 1 mg/L) of IBA, NAA, and IAA was employed. The results demonstrated that IBA at 1 mg/L was the most effective treatment, inducing the highest rooting percentage (43.3%) compared to NAA and IAA. Moreover, the maximum mean values for root number and root length were obtained with 1.0 mg/L of either IBA or NAA. Further analysis with higher concentrations of IBA revealed that MS medium supplemented with 2 mg/L IBA resulted in the highest rooting percentage (59.9%). Additionally, 2 and 3 mg/L IBA treatments significantly enhanced both root number and length. However, concentrations exceeding 3.0 mg/L exhibited an inhibitory effect, with no significant improvements in root growth, indicating potential auxin toxicity at elevated levels.

Key words: *Populus*, Rooting, Culture Media, Auxins.

المقدمة

تنتمي أشجار الحور الفراتي (*Populus euphratica* Oliv.) إلى العائلة الصفصافية (Salicaceae)، وهي شجرة شديدة محبة جداً للضوء من أجل النمو الطبيعي، ويعدُّ الحور الفراتي من أكثر أنواع الحور المتحملة للاجهادات اللاحيوية. فالشجرة يمكن أن تنمو في الظروف القاسية مثل الفيضانات، الظروف الجافة، درجات الحرارة القارية حيث تتحمل حتى (+54 م) وانخفاض درجات الحرارة حتى (-54 م)، وتتحمل العواصف الرملية. وتتطلب الشجرة للنمو الملائم تربة طميية عميقة جيدة التهوية وجيدة الصرف وتربة زائدة الرطوبة، وعالية الملوحة (2-5%) ولا تتحمل التربة الثقيلة سيئة الصرف (Gu and Pei, 2005). تمتاز شجرة الحور الفراتي بسرعة النمو والإنتاج المرتفع من الخشب والكتلة الحيوية ويسمح نوع خشب الحور المميز بطيف واسع من الاستعمالات في صناعة الورق وإنتاج أنواع مختلفة من الخشب، بالإضافة لاستخدامه كمصدر للطاقة (Luo and Zhou, 2002).

تأثرت غابات الحور الفراتي في سورية بالتقطع والتحول إلى أراضي زراعية، وهي تعتبر مهددة حالياً من الأنظمة الحراجية. وزراعة الحور في سورية معروفة منذ القدم لا سيما على ضفاف الأنهار في الفرات والخابور والعاصي وبردو وغيرها. وكانت تنظم غابات الحور الفراتي ضمن طرز الغابات الكثيفة شبه النقية (مجيد آغا، 2002). تشير المراجع إلى أن المساحات التي تغطيها غابات الحور الفراتي في سورية أكبر بكثير مما هي عليه الآن. ويعزى ذلك لأسباب مختلفة أهمها القطع العشوائي وغير المنتظم للأشجار، وتحويل هذه الغابات إلى أراضي زراعية مروية. وبحسب التقرير القطري عن حالة التنوع الحيوي في سورية (2016).

يعد الإكثار الخضري للحوار هو الطريقة الشائعة حيث يمكن الإنتاج غالبًا من خلال السرطانات أو العقل الساقية، ولكن المشكلة في هذه الوسائل هو أن نسبة تجذير الحوار منخفضة وتختلف من نوع لآخر (Xi yang *et al.*, 2014)، وفي هذا الخصوص يؤكد (Fatemeh *et al.*, 2018) أن الحوار الفراتي يتميز بنسب تجذير منخفضة بالرغم من جميع المعاملات لتحسين وتشجيع تجذير العقل. وتبعًا لصعوبات ومشاكل طرق الإكثار الخضري التقليدية يمكن لتقنية الإكثار بزراعة الأنسجة أن تفتح آفاق واسعة في إنتاج الحوار الفراتي ليتلاءم مع الحاجة الماسة لهذا النوع في سورية. في العقود الأخيرة، أصبحت تقنية إكثار الأنسجة من الطرق الشائعة والعملية لإكثار العديد من الأنواع الخشبية، وذلك لما تتميز به من سرعة في الإنتاج وإمكانية الحصول على نباتات خالية من الأمراض ولا تحتاج لمساحات كبيرة (بك، 2024).

تُعد مرحلة تجذير الأجزاء النباتية التي تلي مرحلة التضاعف مرحلة حساسة وصعبة في معظم النباتات الخشبية، حيث تؤدي دورًا حاسمًا في تحديد كفاءة بقاء النباتات وقدرتها على التأقلم لاحقًا في ظروف النمو الخارجي. ويعتمد نجاح هذه المرحلة بدرجة كبيرة على القدرة على تكوين الجذور العرضية وتطورها، حيث تُعد هذه الخطوة ضرورية وتختلف إمكانية تكوينها باختلاف الأنواع النباتية، وتتأثر بعدة عوامل داخلية وخارجية، أبرزها: المصدر الوراثي، وتركيب البيئة الغذائية، وتركيزات هرمونات النمو (Saida, 2005).

تُعد الأوكسينات من أهم الهرمونات المستخدمة في زراعة الأنسجة، حيث تؤدي دورًا رئيسيًا في تنظيم التكوين الحيوي للأعضاء النباتية، لا سيما الجذور. ومن أكثر الأوكسينات استخدامًا في هذا السياق: IAA، IBA، NAA، وD-2,4، ويعتمد تأثيرها على نوع النبات، وتركيز الأوكسين، وآلية توزيعه داخل الأنسجة (Khalil *et al.*, 2019).

يستخدم لتجذير أجزاء من نبات التوت (Fouad *et al.*, 2023) عدة أنواع من الأوكسينات في بيئة MS (1962)، وأكدت نتائج الدراسات أن إضافة الأوكسين كانت ضرورية لعملية التجذير، ولكن الأنواع اختلفت في تأثيرها، فقد أظهرت الأوكسينات نسبة تجذير متساوية، ولكن إضافة IBA بتركيز 1 ملغ /ليتر أعطت أفضل متوسط لطول الجذور بينما إضافة NAA بتركيز 1 ملغ /ليتر شكلت أعلى متوسط لعدد الجذور. كما استخدم (Rout *et al.*, 2008) أن استخدام عدة أنواع من الأوكسينات وبتراكيز مختلفة في بيئة MS لتجذير أجزاء من الأكاسيا وتوصل الباحث إلى أن أفضل نسبة تجذير كانت عند إضافة IBA أو IAA بتركيز 1 ملغ / ليتر مقارنة بـ NAA بالتركيز نفسه 1 ملغ /ليتر. كذلك في تجذير الحوار الأبيض اختبر (Abo-Elfadi, 2022) ثلاثة أنواع من الأوكسين ووجد أن أفضل نسبة تجذير كانت مع إضافة IBA أو IAA ولكن أفضل نوعية (متوسط- طول- عدد الجذور) كانت مع وجود IBA. النتيجة نفسها توصل إليها (De-klerk, 2002) حيث وجد أن استخدام IBA بتركيز 1 ملغ/ليتر أعطى أفضل مؤشرات التجذير من حيث النسبة والنوعية وتكوين الجذور الجانبية مقارنة ببقية الأوكسينات الأخرى. كما يشير (Badar-Elden, 2013) بأن أفضل مؤشرات التجذير كانت عند إضافة IBA (0.5 ملغ /ليتر) لبيئة MS مقارنة ببقية الأوكسينات عند التركيز نفسه. من ناحية أخرى يؤكد (Li *et al.*, 2023) في تجذير الحوار الرمادي أن إضافة الأوكسينات للبيئة الغذائية كانت مهمة وضرورية وأن أفضل مؤشرات التجذير كانت مع إضافة NAA بتركيز 1 ملغ/ليتر مقارنة ببقية الأوكسينات. كذلك يشير (Selvaraj *et al.*, 2022) إلى أن إضافة NAA 1 ملغ /ليتر أعطت أفضل مؤشرات التجذير وبفروق معنوية مقارنة بـ IBA

وبجميع التراكيز المستخدمة (0.5 و 1 و 2 ملغ/ليتر) في نبات إكليل الجبل بينما توصل (Garcia *et al.*, 2024) أن أفضل تجذير (نسبة ونوعية) في صنفين من الكرمة (Pinot Noir و Cabernet Franc)، كانت عند إضافة 1 ملغ/ليتر من IAA. أكدت الدراسات المنشورة أن عملية التجذير بزراعة الأنسجة لا تتأثر فقط بنوع الأوكسين وإنما بالتراكيز المستخدمة، حيث بين (Nand *et al.*, 2004) أن تكون الجذور وتطورها مختلفة باختلاف الأنواع (IBA- NAA-IAA) والتراكيز المستخدمة (0.5، 1، 1.5، 2 ملغ/ليتر) في نبات البرقوق. ويؤكد (Towfik and Ahmad, 2022) أن إضافة IBA أو NAA كانت فعالة في حث وتطور الجذور ولكن تأثيرها في نسبة ونوعية الجذور عند نبات الحور الأبيض اختلف باختلاف التراكيز المستخدمة (0.5، 1، 2 ملغ/ليتر). وبخصوص تراكيز الأوكسينات في عملية التجذير، كما توصل (Cai *et al.*, 2015) في تجذير الحور الفراتي إلى أن أفضل مؤشرات التجذير كانت عند إضافة (1.5 ملغ/ليتر) من IBA، ومع زيادة التراكيز انخفضت نسبة التجذير ونوعية الجذور. كما أكد (Selvaskanth and Eswara, 2024) أن استخدام IBA أو NAA بالتراكيز المنخفضة (1-0.5 ملغ/ليتر) أعطت أفضل النتائج للتجذير ومع زيادة التركيز (2-3 ملغ/ليتر) تكونت جذور قصيرة وسميكة ومع زيادة التركيز إلى 4 ملغ/ليتر توقفت تشكل الجذور في نبات العود السيلاني. كما توصل (Modgil *et al.*, 2010) إلى أن استخدام IBA أو NAA بالتراكيز المنخفضة 0.5 ملغ/ليتر أعطت أعلى نسبة تجذير لنبات التفاح، ولكن مع زيادة التركيز إلى 4 ملغ/ليتر و2-5 ملغ/ليتر انخفضت نسبة التجذير وزادت كميته الكالوس في قاعدة العقلة.

يهدف البحث إلى دراسة تأثير ثلاثة أنواع من الأوكسينات (أندول حمض البيوتريك IBA - أندول حمض الخليك IAA - نفتالين حمض الخليك NAA) بتركيزين مختلفين (0.1 و 1.0 ملغ/ليتر) على تجذير الحور الفراتي مخبريًا في بيئة MS. يشمل ذلك تقييم نسبة التجذير، وعدد الجذور، وطولها. كما يهدف إلى تحديد النوع والتركيز الأمثل لتحقيق أفضل تجذير.

مواد وطرائق البحث

مكان إجراء البحث وتاريخه

نُفذ البحث في مخبر زراعة الأنسجة بكلية 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

أخذت عينات نباتية من مرحلة التضاعف (الإكثار) وزرعت ضمن شروط البيئة الغذائية نفسها ولكن خالية من منظمات النمو لمدة أسبوعين. بعدها تم فصل عقل من العينات النباتية بطول (7-10 سم) وتحتوي على الأقل زوج من البراعم الجانبية. أخذت هذه العقل وزرعت في بيئات غذائية مختلفة (حسب الاختبارات)، وتركت تحت ظروف التحضين في غرفة النمو (حاضنات الاستنبات) على درجة حرارة (25 ± 2 م) وإضاءة بشدة (3000 لوكس) لمدة (16) ساعة والظلام لمدة (8) ساعة ورطوبة نسبية (50-70%) (الحسين وبدران، 2017).

البيئة الغذائية

استُخدمت بيئة غذائية أساسية في جميع اختبارات المرحلة التأسيسية والإكثار والتجذير وهي البيئة التي تتكون من العناصر المعدنية لبيئة Murashige and Skoog (MS) لعام (1962) ويضاف إليها:

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

ثم أُضيفت منظمات النمو للوسط المغذي (حسب الاختبارات) وضُبطت الحموضة (pH) على درجة (5.6) قبل التعقيم بالأوتوغلاف على درجة حرارة (121 م) وضغط (4.1 كغ/سم²) ولمدة (15) دقيقة.

اختبارات البحث

تضمن البحث في مرحلة التجذير دراسة تأثير العوامل التالية:

- أنواع مختلفة من الأوكسينات (أندول حمض البيوتريك IBA، أندول حمض الخليك IAA، نفتالين حمض الخليك NAA) بتركيزين (1-0.1 ملغ/ليتر).

- تأثير تراكيز مختلفة من الأوكسين الأفضل في مرحلة تجذير الحور الفراتي في بيئة MS.

القراءات والملاحظات

بعد زراعة الجزء النباتي لمدة 30 يومًا في بيئة التجذير الملائمة ضمن شروط البحث جرى تدوين الملاحظات والقياسات

التالية (الحسين وبدران، 2017):

1. نسبة التجذير: عدد العقل المجذرة / العدد الكلي للعقل المزروعة * 100.

2. متوسط عدد الجذور في العقلة الواحدة.

3. متوسط طول الجذور في العقلة الواحدة (سم).

تصميم التجارب والتحليل الإحصائي

نفذت التجربة على مرحلتين:

أولاً: تأثير أنواع مختلفة من الأوكسينات في تجذير الحور الفراتي في بيئة MS، جرى تطبيق سبع معاملات مختلفة، بحيث بلغ إجمالي الأجزاء النباتية ($7 \times 30 = 210$ جزءًا نباتيًا) بواقع (10) أجزاء لكل مكرر.

ثانياً: تأثير تراكيز مختلفة من IBA في مرحلة تجذير الحور الفراتي في بيئة MS، نفذت خمس معاملات مختلفة، بحيث بلغ إجمالي الأجزاء النباتية ($5 \times 30 = 150$ جزءًا نباتيًا) بواقع (10) أجزاء لكل مكرر.

أجريت جميع المعاملات تحت ظروف مخبرية باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RDBC) لكل عامل

على حدا. ونظرًا لإمكانية ضبط الظروف البيئية نسبيًا في المختبر وتقليل التباين غير المرغوب فيه الناتج عن المعاملات: تم

استخدام 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%. (الحسين وبدران، 2017). وقد أُجري التحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS.

النتائج والمناقشة

أولاً: تأثير أنواع الأوكسينات

تعدُّ مرحلة التجذير من أصعب مراحل إكثار النباتات الخشبية بزراعة الأنسجة، وفي الغالب تحتاج إلى وسائل مساعدة لتحسين تكوين الجذور على الأجزاء النباتية. وتبين نتائج البحث العمل أن إضافة الأوكسين كانت ضرورية لحث وتشجيع تكوين وتطور الجذور على أجزاء الحور الفراتي، ولكن مؤشرات التجذير اختلفت باختلاف نوع وتركيز الأوكسين المضاف للبيئة الغذائية MS (1962).

تُظهر البيانات الواردة في الجدول (1) أن إضافة الأوكسينات بأنواعها المختلفة (IBA، NAA، IAA) إلى الوسط الغذائي MS كانت ضرورية لتحفيز عملية التجذير في عقل الحور الفراتي، حيث لم تُسجل أية مؤشرات تجذير في معاملة الشاهد (بدون أوكسين). ومع ذلك، اختلفت فعالية التجذير باختلاف نوع وتركيز الأوكسين، كما هو موضح فيما يلي:

نسبة التجذير (%)

سجلت أعلى نسبة تجذير عند استخدام IBA بتركيز 1 ملغ/ليتر (43.27%)، متفوقة معنوياً على جميع المعاملات الأخرى. تلتها معاملة NAA بتركيز 0.1 ملغ/ليتر (41.33%). بينما كانت أقل نسبة تجذير عند استخدام IAA بتركيز 0.1 ملغ/ليتر (7.04%)، ثم IAA بتركيز 1 ملغ/ليتر (14.93%) (Rani *et al.*, 2021; Kaviani *et al.*, 2024; Lakho *et al.*, 2023). من ناحية أخرى، فإن IAA، رغم كونه أوكسيناً طبيعياً، يتعرض لتفكك سريع عبر الأكسدة، مما يقلل من تأثيره في عملية التجذير (Harahap *et al.*, 2021). هذه النتائج تتفق مع ما ورد في دراسات (Khalil *et al.*, 2019; Soni *et al.*, 2011) (نصور وزملاؤه، 2020).

عدد الجذور/عقلة

سُجل أعلى متوسط لعدد الجذور عند NAA بتركيز 1 ملغ/ليتر (1.93 جذر/عقلة)، تلاه IBA بتركيز 1 ملغ/ليتر (1.77 جذر/عقلة). ولم تكن هناك فروق معنوية بينهما. أما أقل عدد جذور فكان مع IAA بتركيز 0.1 ملغ/ليتر (1.01 جذر/عقلة). تشير هذه النتائج إلى أن كلاً من IBA وNAA فعّالان في تحفيز تكوّن عدد أكبر من الجذور مقارنة بـ IAA، لكن NAA أظهرت تفوقاً طفيفاً من حيث الكمية. قد يكون هذا مرتبطاً بقدرة NAA على تنشيط الانقسام الخلوي في منطقة قاعدة العقل بشكل فعال، مما يعزز من عدد المواقع الجذرية. ومع ذلك، لا بد من ملاحظة أن الزيادة في عدد الجذور لا تترافق دائماً مع زيادة في الطول أو الجودة.

متوسط طول الجذر (سم)

أطول جذور تشكّلت في المعاملات التي تحتوي على NAA بتركيز 1 ملغ/ليتر (2.12 سم) و IBA بتركيز 1 ملغ/ليتر (1.93 سم)، مع فروق معنوية لصالح المعاملتين. بينما سجلت أقل أطوال للجذور مع IAA بتركيز 0.1 ملغ/ليتر (1.17 سم) و IAA بتركيز

1 ملغ/ليتر (1.46 سم). طول الجذور يُعد مؤشراً على جودة التجذير واستطالة الخلايا الجذرية، ويبدو أن كل من IBA و NAA ساعدا على تحفيز نشاط الخلايا المرستيمية واستطالة الأنسجة بشكل فعال. أما انخفاض الأطوال مع IAA فقد يُعزى إلى ضعف تأثيره في تنشيط استطالة الخلايا الجذرية، وربما أيضاً إلى عدم استقراره داخل الوسط أو سرعة تفككه.

وبشكل عام يمكن أن نلاحظ أن زيادة تركيز IBA من 0.1 إلى 1 ملغ/ليتر زادت من نسبة التجذير وطول الجذور، لكنها لم تؤثر بشكل ملحوظ على عدد الجذور. بينما في NAA كانت النتيجة على العكس، لوحظ أن زيادة تركيز NAA أدت إلى تحسين عدد الجذور وطولها، ولكنها خفضت نسبة التجذير. في المقابل IAA أظهر أضعف النتائج في كل المؤشرات، سواء عند التركيز المنخفض أو العالي. وإن تفوق IBA و NAA في التجذير يعود إلى بطء تحللها الحيوي داخل الأنسجة النباتية مقارنة بـ IAA، مما يسمح بتأثير أطول وأقوى على الانقسام والاستطالة الخلوية (Sosnowski *et al.*, 2023). والأوكسينات الصناعية (IBA و NAA) تظهر عادة فعالية أعلى من الطبيعية، وهذا ما أكدته العديد من الدراسات (Kaviani *et al.*, 2024; Li *et al.*, 2023; Bader-Elden, 2013).

الجدول 1. تأثير أنواع مختلفة من الأوكسينات في تجذير الحور الفراتي في بيئة MS

متوسط طول الجذر في العقلة (سم)	عدد الجذور في العقلة (جذر/عقلة)	نسبة التجذير %	الأوكسينات (ملغ/ليتر)
0 f	0 c	0 g	الشاهد
1.7600 c	1.3400 b	30.3000 d	IBA (0.1)
1.9300 a	1.7700 b	43.2700 a	IBA (1)
1.9120 b	1.4600 b	41.33 b	NAA (0.1)
2.1200 a	1.9300 a	32.000 c	NAA (1)
1.1730 e	1.0100 b	7.0400 f	IAA (0.1)
1.4590 d	1.1700 b	14.3900 e	IAA (1)
0.1986	0.2386	1.3237	LSD _{0.05}
8.63%	12.36%	3.54%	C.V%

ثانياً: تأثير تركيز الأوكسين

تتوافق نتائج البحث مع دراسات أكدت أن نوع الأوكسين يُعد عاملاً حاسماً في نجاح مرحلة التجذير لدى النباتات الخشبية، لا سيما في أنظمة زراعة الأنسجة. حيث أظهرت النتائج الواردة في الجدول (2) أن استجابة عقل الحور الفراتي لتراكيز مختلفة من IBA كانت متفاوتة بشكل واضح، مما يؤكد أن تركيز الأوكسين يُعد عاملاً حاسماً في نجاح التجذير.

نسبة التجذير %

تأثرت نسبة التجذير بشكل واضح بتراكيز أندول حمض البيوتيريك IBA المختلفة. حيث لوحظ أن أعلى نسبة تجذير سجلت عند 2 ملغ/ليتر (56.91%)، وكانت متفوقة معنوياً على باقي التراكيز. وبزيادة التركيز إلى 3 ملغ/ليتر، انخفضت النسبة إلى (40.59%)، بينما سجل التركيز 4 ملغ/ليتر أدنى نسبة تجذير (17.7%). بينما في معاملة الشاهد (بدون IBA) لم تسجل أي تجذير.

إن زيادة تركيز IBA حتى 2 ملغ/ليتر أدى إلى تحفيز تكوّن البداءات الجذرية، إلا أن زيادة التركيز بعد هذا الحد أدت إلى تثبيطها. وقد يُعزى هذا الانخفاض إلى تراكم الإيثيلين في الأنسجة، الذي يُعرف بدوره المثبط لتكوين الجذور وهذا ما أكدته (Gianguzzi *et al.*, 2020). وأكدت نتيجة البحث بأن زيادة التراكيز أكثر من المطلوب أدت تخفيض نسبة التجذير وسوء نوعيه الجذور وزيادة تشكل الكالوس وهذا ما أكدته نتائج دراسات مختلفة (Farhan and Sekhi, 2024) عند نبات القبار، و (Adak *et al.*, 2009) عند نبات الفريز، و (Cai *et al.*, 2015) عند نبات الحور الفراتي.

عدد الجذور/عقلة

أكدت نتائج بحثنا أن أعلى متوسط لعدد الجذور سُجل عند تركيزي 2 ملغ/ليتر (2.42 جذر/عقلة) و 3 ملغ/ليتر (2.02 جذر/عقلة)، مع عدم وجود فروق معنوية بينهما. بينما انخفض عدد الجذور بشكل واضح عند التركيز 4 ملغ/ليتر (1.16). كما لم تُسجل أية جذور في معاملة الشاهد (0 ملغ/ليتر). كما تُشير النتائج إلى أن التراكيز (1-2 ملغ/ليتر) كانت فعالة في تحفيز انقسام الخلايا وتكوين عدد جيد من الجذور، بينما أدت التركيزات العالية (4 ملغ/ليتر) إلى تأثير سلبي نتيجة الإجهاد الفسيولوجي أو التأثيرات السمية. وقد لاحظ (Harugade *et al.*, 2014; Nand *et al.*, 2004) تأثيرات مماثلة على نباتات خشبية أخرى عند استخدام تراكيز مرتفعة من IBA.

متوسط طول الجذور (سم)

سُجل أعلى متوسط لطول الجذور عند تركيز 3 ملغ/ليتر (3.83 سم)، متفوقاً معنوياً على باقي التراكيز. تلاه تركيز 1 ملغ/ليتر (3.10 سم)، ثم 1 ملغ/ليتر (1.83 سم). وانخفض المتوسط إلى 2.8 سم عند التركيز 4 ملغ/ليتر. أما في معاملة الشاهد، فلم يُلاحظ أي نمو جذري. حيث تشير النتائج إلى أن زيادة تركيز IBA حتى 3 ملغ/ليتر كان له تأثير إيجابي على استطالة الجذور، وذلك بسبب تعزيز نشاط الأوكسين في تنشيط استطالة الخلايا الجذرية. لكن عند التركيز 4 ملغ/ليتر، لوحظ انخفاض في الطول وظهور أعراض سمية كاصفرار الأوراق وتكوّن الكالوس، مما ينعكس سلباً على جودة ونمو الجذور. التأثير المثبط للتراكيز العالية يؤكد ضرورة ضبط التركيز بدقة لتفادي التأثيرات السمية وتقليل تراكم الإيثيلين. هذه النتائج تتفق مع ما أورده (Harugade *et al.*, 2014) بأن التأثير الإيجابي للأوكسين له حد معين، وبعده تنعكس الآثار بشكل مثبط.

الجدول 2. تأثير تراكيز مختلفة من IBA في مرحلة تجذير الحور الفراتي في بيئة MS

متوسط طول الجذر في العقلة (سم)	عدد الجذور في العقلة (جذر/عقلة)	نسبة التجذير %	تركيز الأوكسين (ملغ/ليتر)
0 d	0 c	0 e	0
1.8300 c	1.8560 a	45.5000 b	1
3.1030 b	2.4200 a	56.9100 a	2
3.8290 a	2.0200 a	40.5910 c	3
2.8000 b	1.1600 b	17.701 d	4
0.3543	0.7186	1.6269	LSD 0.05
11.49%	36.14%	3.80%	C.V%

الاستنتاجات والتوصيات

- أهمية الأوكسينات في عملية تجذير الحور الفراتي، وأن IBA أعطى أعلى نسبة للتجذير، بينما أعطى IBA أو NAA أعلى متوسط لعدد الجذور وطولها.
- أن أفضل تركيز من IBA لتجذير الحور الفراتي عند (2 ملغ /ليتر)، بينما أعلى متوسط لعدد الجذور وطولها كان بوجود (3-2 ملغ /ليتر)، ولكن مع زيادة التركيز انخفضت المؤشرات.
- ومما سبق توصي الدراسة بإجراء المزيد من الاختبارات مثل دراسة تأثير منظمات نمو أخرى ومصدر وتركيز الكربوهيدرات ومواصفات الجزء النباتي المستخدم بغرض الوصول إلى معدل تجذير ونوعية جذور أفضل.

المراجع

- التقرير القطري عن حالة التنوع الحيوي في سورية. (2016).
- 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، 46(13): 43-72.
- 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.
- الحسين، زياد، بدران، رداح. (2017). تأثير منظمات النمو في نمو صنف التفاح الديري بظروف زراعة الأنسجة - المجلة العربية للبيئات الجافة (أكساد).
- نصور، مازن، محفوض، حافظ، رضوان، ثروت. (2020). الإكثار الخضري الدقيق لبعض طرز الوردة الدمشقية. *Damascena Rosa Mill* المنتشرة في اللاذقية. مجلة جامعة تشرين. المجلة البيولوجية للعلوم. 42(3): 85-97.
- Abo El-Fadl, R. (2022). Factors affecting micropropagation of white poplar (*Populus alba* L.). Journal of Agriculture and Veterinary Science. Volume 15, Issue 6 Ser. I (June 2022), PP 24-36.
- Adak, A., L. Kaynak, M. Pekmezci and H. Gubbuk. (2009). The Effect of Various Hormone Types on In Vitro Propagation of Strawberry. Acta Hort. 829, ISHS 2009: 305-308.
- Badr-Elden, A.M. (2013). An effective protocol for in vitro storage and ex vitro re-growth of strawberry capsules. Atlas J. Chem. and Biochem., 1: 30 - 38.
- Cai, Z., X. Jing, X.Tian, J. Jiang, F. Liu, and X. Wang. (2015). Direct and indirect in vitro plant regeneration and the effect of brassinolide on callus differentiation of *Populus euphratica* Oliv. South African Journal of Botany 97 (2015) 143-144.
- De Klerk, G.J. (2002). Rooting of micro cuttings: theory and practice. In Vitro Cell Dev Plant 38: 415-422.
- Farhan, T.F. and Y. S. Sekhi. (2024). Effect Of Plant Growth Regulators And Explants On The Micropropagation Of *Capparis Spinosa* L.. Anbar J. Agric. Sci., Vol. (22) No. (1), 2024: 750-762.

- Fatemeh Ahmadloo., Mohsen Calagari, Azadeh Salehi, Gholam Reza Goodarzi. (2018). Investigation of rooting and growth characteristics of poplar clones in hydroponic and soil cultures. *Journal of Forest Science*, 64, 2018 (5): 207-215.
- Fouad H. Mohamed, F. and M. Saif. (2023). Influence of Plant Growth Regulators and Dark Pretreatment on Shoot Proliferation, Rooting and Acclimatization of Thorny Blackberry. *Egypt. J. Hort.* Vol. 50, No. 2, pp. 135-148.
- García, Y., E. A. González, M. Gutiérrez, E. Fernández, A. Quiroga and H. Pedranzani. (2024). Micropropagation of Two Varieties of *Vitis vinifera* Cabernet Franc and Pinot Noir, Comparison of Physiological and Production Parameters. *Asian J. Microb. Biotech*, vol. 9, no. 2, pp. 29-37.
- Gu Ruisheng and Pei Dong. (2005). *Populus euphratica*, a Tolerant Model but Endangered Arborescent Species. *SCIENCE FOUNDATION IN CHINA* Vol. 13, No. 1, 2005: 51-54.
- Gianguzzi, AND., Barone, E., and Sottile, F. (2020). In vitro rooting of *Capparis Spinosa* L. as affected by genotype and by the proliferation method adopted during the multiplication phase. *Plants*, 9(3): 2-11.
- Harahap, F., Afva, A., Jannah, M. and Prasetya, E. (2021). ISSR based analysis of genetic variability of plantlets culture of pineapple (*Ananas comosus* L.) from Sipahutar, North Sumatera, Indonesia. *Biog. J. Ilm. Biol.* 9, 35-41.
- Harugade, S., R.H. Tabe and S. Chaphalkar. (2014). Micropropagation of Strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch.). *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 3: 344 - 347.
- Kaviani, B., Deltalab, B., D.Kulus , , A. Khoddamzadeh and C. Roque-Borda. (2024). In Vitro Shoot Multiplication and Rooting of 'Kashan' and 'Hervy Azerbaijan' Damask Rose (*Rosa damascena* Mill.) Genotypes for Cosmetic and Ornamental Applications. *Plants* 2024, 13, 1364:1-24.
- Khalil, H-A., M.A.I. Khalil, H. Arisha and M.E. El-Denari. (2019). effect of cultivars, auxins and activated charcoal on in vitro roots formation of strawberry plantlets. *J. Agric. Res.*, Vol. 46 No. (3) 2019 609.
- Lakho, M., M. Jatoi, N. Solangi, A. Abul-Soad, M. Qazi and Gh. Abdi. (2023). Optimizing in vitro nutrient and ex vitro soil mediums-driven responses for multiplication, rooting, and acclimatization of pineapple. *Scientific Reports* | (2023) 13:1275: 10 P.
- Li, H., H. Wang, L. Guan, Z. Li, H. Wang and J. Luo (2023). Optimization of High-Efficiency Tissue Culture Regeneration Systems in Gray Poplar. *Life* 2023, 13, 1896: 1-12.
- Luo, J.; Zhou, J.-J. (2002). Growth performance, photosynthesis, and root characteristics are associated with nitrogen use efficiency in six poplar species. *Environ. Exp. Bot.* 2019, 164, 40-51.
- Modgil, M., R. Gupta and M. Thakur (2010). In Vitro Rooting and Hardening in Apple Rootstock EMLA111- Influence of Some Factors. *Acta Hort.* 865, ISHS 2010: 339-345.

- Murashige, T. and Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15:473-.794.
- Nand, N.; Drew, R.A.; Ashmore, S. (2004). Micropropagation of two Australian native fruit species, *Davidsonia pruriens* and *Davidsonia jerseyana* G. Harden and J.B. Williams. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 2004, 77, 193-201.
- Rani, K.; Groach, R.; Sharma, J. and Singh, N. (2021). In vitro direct multiplication of *Viola canescens* Wall. ex Roxb.: An important medicinal plant. *Ann. Phytomed.*, 10(2):200-207.
- Rout, G.R., S. K. Senapati, S. Aparajeta. (2008). Micropropagation of *Acacia chundra* (Roxb.) DC. *Hort. Sci. (Prague)*, 35, 2008 (1): 22-26.
- Saida, S., P. Chatelet, O. Noureddine, F. Dosba and B. Ilham. (2005). Micropropagation of eight Moroccan and French olive cultivars. *J. Hort. Sci.*, 40(1): 193-196.
- Selvaraj, K.V.; Sivakumar, P.; Shalom, S.V.; Bharathi, A.; Velayutham, A. and Prabha, T. (2022). A review on the in vitro regeneration of the timeless panacean medicinal and aromatic herb: *Rosmarinus officinalis* (L.). *Ann. Phytomed.*, 11(1):247-252.
- Selvaskanthan, S. and J.P. Eeswara. (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.
- Soni, M., Thanker, M. and m. modgil. (2011). In vitro multiplication of MORTON 1-713-An apple rootstock suitable for replantation, *Indian J. Biotech.* 10:362-368.
- Sosnowski, J.; Truba, M.; Vasileva, V. (2023). The Impact of Auxin and Cytokinin on the Growth and Development of Selected Crops. *Agriculture* 2023, 13, 724.
- Tawfik, E. and M. Ahmed. (2022). Genetic Stability Assessment of in Vitro Rooted *Populus Alba* L. Micro-Shoots in Different Media compositions. *Plant Biol Crop Res.* 2022; 5(1): 1061: 1-6.
- Xi yang, Zhao., Huiquan Zheng., Shanwen Li, Chuanping Yang. , Jing Jiang. (2014). The rooting of poplar cuttings: a review. *New Forests* (2014) 45:21-43.

N° Ref: 1203