جامعة الموصل
كلية الزراعة والغابات

الإكثار النسيجي لثلاثة أصول من الحمضيات واستجابتها لإضافة الحديد والزنك المخلبي النانوي والتقليدي لوسط الإكثار

أحمد عبد الرحيم محمد أحمد

أطروحة دكتوراه
البستنة وهندسة الحدائق

بإشراف

الدكتور عمار زكي امين قصاب باشي
أستاذ

الدكتور جاسم محمد علوان الاعرجي
استاذ

1445هـ
2023 م

الخلاصة

أُجريت الدراسة في مختبر زراعة الخلايا والأنسجة النباتية التابع لقسم علوم الغابات في كلية الزراعة والغابات بجامعة الموصل للمدة من آذار/2022 ولغاية أيار/2023 بهدف التوصل إلى أفضل الظروف لإكثار ثلاث أصول من الحمضيات هي النارنج *Citrus aurantium* L. وسوينكل ستروميللو Citrumelo 'swingle' وكاريزو سترنج 'Carrizo' Citrange (C_{35}) بتقنية الزراعة النسيجية.

نفذت عدة تجارب خلال كل مرحلة من مراحل الإكثار (النشوء والتضاعف والتجذير) وكما يأتي:

- **مرحلة النشوء:** تم خلالها اختبار مدى استجابة عقد الأصول الثلاثة للنمو عند زراعتها على وسط Murashige و Skoog (MS) او وسط Murashige و Tucker (MT) مجهزة بخمسة تراكيز من Benzyl adenine (BA) (0 و 1 و 2 و 3 و 4 ملغم لتر$^{-1}$). حضنت الزروعات خلال مرحلة النشوء في غرفة النمو على درجة حرارة 23–25°م وشد إضاءة 2000 لوكس لمدة 16 ساعة ضوء و 8 ساعات ظلام وبعد مرور 4 أسابيع من الزراعة اخذت النتائج والتي بينت مايأتي:

- فيما يخص العقد المزروعة على وسط MS، اظهرت النتائج تفوق اصل الكاريزو سترنج C_{35} في النسبة المئوية لاستجابة البراعم واطوال الافرع الذي اعطى (98% و1.98 سم على التوالي) معنوياً على اصل النارنج الذي بلغ (86% و0.83 سم على التوالي)، في حين ان إضافة BA بالتراكيز المختلفة حسنت من نسبة استجابة البراعم للتفتح إذ بلغت اعلى نسبة لاستجابة اصلي سوينكل ستروميلو والكاريزو سترنج C_{35} 100%، بينما بلغت اعلى نسبة استجابة لاصل النارنج 90% ، اما فيما يخص العقد المزروعة في وسط MT ، فيلاحظ تفوق اصلي النارنج والكاريزو سترنج C_{35} (86 و 84 %) معنوياً على اصل سوينكل ستروميلو (56%) في النسبة المئوية لاستجابة البراعم، في حين تفوق اصل سوينكل ستروميلو في إعطاء اكبر عدد افرع بلغ (2.18 فرع) معنوياً على اصل النارنج الذي اعطى (1.56 فرع)، من جهة أخرى، فإن اعلى نسبة استجابة للبراعم كانت في العقد المزروعة على الوسط المجهز بـ 2 ملغم لتر$^{-1}$ BA وللأصول الثلاثة المدروسة، اذ بلغت النسبة المئوية لاستجابة اصل النارنج وسوينكل ستروميلو و C_{35} (90 و 70 و 100 %) على التوالي، من خلال النتائج فقد تفوقت نتائج وسط MS على وسط MT لصفتي النسبة المئوية لتفتح البراعم وأطوال الافرع.

اما اكبر عدد افرع تم الحصول عليه من العقد المزروعة على وسط MS مجهز بـ 2 ملغم لتر$^{-1}$ BA وبلغ 1.41 فرع ، في حين أن اكبر عدد افرع تم الحصول عليه من زراعة العقد على وسط MT مجهز 1 ملغم لتر$^{-1}$ BA وبلغ 2.56 فرع وتفوقت معنوياً على معاملة المقارنة. اما اكبر اطوال للافرع تم الحصول عليها من العقد المزروعة على وسطي MS وMT المجهزة بـ 1 ملغم لتر$^{-1}$ BA وبلغت 1.93

و 1.11 سم على التوالي وتفوقت معنوياً على معاملة المقارنة. وقد تفوقت عقد اصل C_{35} المزروعة على وسط MS في صفة اطوال الافرع معنوياً على باقي الأصول.

❖ **مرحلة التضاعف:** تم خلالها إجراء ثلاث تجارب متتالية أعتمد في تنفيذ كل منها على النتائج الأفضل للتجربة التي سبقتها ، حضنت الزروعات في نفس ظروف مرحلة النشوء وشملت التجارب ما يأتي:

التجربة الأولى: دراسة تأثير اصول الحمضيات وتراكيز BA في تضاعف اطراف الأفرع على وسط MS: دُرسَ في هذه التجربة تأثير إضافة خمسة تراكيز من BA (0، 1، 2، 3، 4 ملغم لتر$^{-1}$) الى وسط MS في تضاعف اطراف افرع أصول الحمضيات النارنج و سوينكل سترومیلو و C_{35} ، وبعد مرور 8 أسابيع من الزراعة أوضحت النتائج تفوق أصل سوينكل سترومیلو في صفتي عدد الافرع وعدد الأوراق المتكونة على الافرع معنوياً على أصلي النارنج و C_{35}، اذ اعطى 2.68 فرع و11.50 ورقة جزء نباتي$^{-1}$ على التوالي، في حين تفوق اصل C_{35} معنوياً في صفة طول الافرع على اصل النارنج والتي بلغت1.01 و0.85 سم لكلا الأصلين على التوالي، أما فيما يخص تأثير BA ، فإن اطراف الأفرع المزروعة على وسط مجهز بـ 4 ملغم لتر$^{-1}$ BA أعطت اعلى عدداً للأفرع والأوراق (3.43 فرع و11.47 ورقة جزء نباتي$^{-1}$)وتفوقت معنوياً على معاملة المقارنة، بينما تفوقت اطراف الافرع المزروعة على وسط معاملة المقارنة (الخالية من BA) معنوياً على جميع المعاملات في صفة اطوال الافرع (1.27 سم). بينما اظهر التداخل بين الأصول وتراكيز BA، بأن اكبر عدد للافرع والأوراق بلغ 4.50 فرع و 13.80 ورقة على التوالي تم الحصول عليه من تداخل اصل سوينكل سترومیلو مع إضافة 4 ملغم لتر$^{-1}$ BA وتفوقت معنوياً على جميع معاملات التداخل في صفة عدد الافرع وعلى جميع معاملات تداخل اصلي النارنج والكاريزو C_{35} في صفة عدد الأوراق.

التجربة الثانية: دراسة تأثير نوع الوسط الغذائي و تراكيز الـ Kin وتداخلهما في تضاعف اطراف الأفرع: دُرسَ في هذه التجربة إضافة تراكيز مختلفة من Kin (0، 2، 4، 6، 8 ملغم لتر$^{-1}$) الى وسط MS ووسط MT المجهزين بـ 2 ملغم لتر$^{-1}$BA (التركيز المنتخب الأفضل من تجربة التضاعف السابقة)، وبعد مرور 8 أسابيع من الزراعة أخذت النتائج والتي بينت عدم وجود اختلافات معنوية بين اطراف الافرع المزروعة على كلا الوسطين في جميع الصفات المدروسة لاصل النارنج، أما في حالة الأصل سوينكل سترومیلو، فقد تفوقت اطراف الافرع المزروعة على وسط MT معنوياً على اطراف الافرع المزروعة على وسط MS في إعطاء أكبر طول للافرع (1.12 سم و0.69 سم) لكلا الوسطين على التوالي ، وفي حالة الأصل C_{35} تفوقت اطراف الافرع المزروعة على وسط MT معنوياً على اطراف الافرع المزروعة على وسط MS في جميع الصفات المدروسة ، من جهة أخرى تفوقت اطراف الافرع المزروعة على وسط مجهز بـ 2 ملغم لتر$^{-1}$ Kin معنوياً على معاملة المقارنة في صفة عدد الافرع في الأصول الثلاثة ، والتي بلغت 2.91 و 5.15 و 4.65 فرع جزء نباتي$^{-1}$ لاصول النارنج وسوينكل سترومیلو وC_{35} على التوالي، كما تفوقت هذه المعاملة في الأصلين النارنج و C_{35} على معاملة المقارنة في صفة عدد الأوراق والتي بلغت 13.86 و16.05 ورقة جزء

نباتي$^{-1}$ للأصلين على التوالي، في حين لم تظهر فروقات معنوية فيما بين المعاملات في الاصل سوينكل سترومیلو. من خلال نتائج التجربة يتضح بأن الوسط MT اعطى اعلى النتائج ولجميع الصفات للأصول الثلاثة المدروسة، بينما لوحظ تفوقاً معنوياً لمعاملة إضافة 2 ملغم لتر$^{-1}$ Kin لاغلب الصفات المدروسة مقارنة بتراكيز الـKin الأخرى.

التجربة الثالثة: دراسة تأثير أصول الحمضيات ونوع الحديد والزنك في تضاعف اطراف الافرع:

تم في هذه التجربة دراسة استجابة اطراف افرع الأصول الثلاثة للتضاعف على وسط MT القياسي او المحور بإضافة الحديد المخلبي التقليدي Fe-EDDHA الحاوي على (Fe%6) بإضافة 96.66 ملغم لتر$^{-1}$ من المركب او الحديد المخلبي النانوي Fe-EDDHA nano الحاوي على (Fe %9) بإضافة 64.44 ملغم لتر$^{-1}$ من المركب بكميات تحقق تركيز الحديد الأصلي في وسط MT (5.8 ملغم Fe لتر$^{-1}$) او إضافة الزنك المخلبي التقليدي Zn-EDTA (Zn %12) او الزنك المخلبي النانوي Zn-EDTA nano (Zn %12) بمقدار 16.26 ملغم لتر$^{-1}$ بما يحقق تركيز الزنك الأصلي في وسط MT (1.956 ملغم Zn لتر$^{-1}$) والمجهزة بـ 2 ملغم لتر$^{-1}$ BA متداخلاً مع 2 ملغم لتر$^{-1}$Kin (المعاملة الأفضل من التجربة السابقة)، وبعد مرور 8 أسابيع من الزراعة اخذت النتائج والتي يمكن تلخيصها كما يأتي: ففيما يخص تأثير وسط MT القياسي وتحويراته، فيلاحظ من النتائج تفوق وسط MT المحور بإضافة الزنك المخلبي النانوي Zn-EDTA معنوياً على باقي الأوساط في عدد الافرع وعدد الأوراق والوزن الرطب والجاف للنبيتات (4.23 فرع جزء نباتي$^{-1}$ و 18.33 ورقة جزء نباتي$^{-1}$ و0.33 غم و 0.049 غم) على التوالي، من جانب آخر تفوق وسط MT المحور بإضافة الحديد المخلبي التقليدي Fe-EDDHA معنوياً على باقي الاوساط في محتوى الكوروفيل a والكوروفيل الكلي واقل درجة اصفرار للنبيتات (3.66 ملغم غم$^{-1}$ وزن رطب و 5.44 ملغم غم$^{-1}$ وزن رطب و1.56 درجة) على التوالي، اما فيما يخص تأثير الأصول أوضحت النتائج تفوق اصل النارنج في تركيز المنغنيز (9.39 ملغم كغم$^{-1}$ وزن جاف) معنوياً على الأصلين الآخرين، بينما لوحظ تفوق اصل سوينكل سترومیلو في عدد الافرع واقل درجة اصفرار للنبيتات (4.12 فرع و1.52 درجة) على التوالي معنوياً على اصلي النارنج و C_{35}، بينما تفوق اصل C_{35} معنوياً على الأصلين الآخرين في محتوى كلوروفيل a و b والكلي والوزن الجاف للنبيتات وتركيز الحديد في النبيتات ، إذ بلغت قيم هذه الصفات على التوالي 3.84 ملغم غم$^{-1}$ وزن رطب و 1.79 ملغم غم$^{-1}$ وزن رطب و 5.63 ملغم غم$^{-1}$ وزن رطب و 0.043 غم و 17.41 ملغم Fe كغم$^{-1}$ وزن جاف .

من ناحية أخرى لوحظ تفوق وسط MT المحور بإضافة الزنك المخلبي التقليدي Zn-EDTA والنانوي Zn-EDTA nano معنوياً في تركيز الاوكسين IAA في الأجزاء النباتية والتي سجلت 11.83 و 11.98 مايكروغرام غم$^{-1}$ وزن رطب مقارنة بوسط MT القياسي و تحويراته بإضافة الحديد المخلبي التقليدي والنانوي.

❖ **مرحلة التجذير:** دُرس خلالها مقدرة وسط MT القياسي والمحور الأفضل من التجربة السابقة (وسط MT المحور بإضافة الحديد المخلبي التقليدي لاصل سوينكل ستروميلو و وسط MT المحور بإضافة الزنك المخلبي النانوي لأصلي النارنج و C_{35}) بنصف تركيز املاحهم ومجهزة بتراكيز مختلفة من IBA (0 و 0.5 و 1 و 1.5 و 2 ملغم لتر$^{-1}$) في تجذير الأفرع ، وبعد مرور 6 أسابيع من الزراعة أظهرت النتائج مايأتي : في حالة اصل النارنج ، فان اعلى نسبة مئوية لتجذير الافرع واكبر طول للجذور (45% و 9.3 سم) على التوالي تم الحصول عليه من الوسط المجهز بـ 2 ملغم لتر$^{-1}$ IBA ، ولكن هذه المعاملة تفوقت معنوياً على معاملة المقارنة في معدل اطوال الجذور فقط ، في حين أن اعلى عدد للجذور واقل عدد أيام لتكون الجذور تم الحصول عليه من الافرع المزروعة على الوسط المجهز بـ 1.5 ملغم لتر$^{-1}$ IBA وبلغت 1.2 جذر و24.6 يوم ، اما بخصوص تأثير الوسط، فيلاحظ ان زراعة الافرع على وسط MT القياسي فقد تفوق معنوياً في تكوين اكبر طول للجذور واقل عدد أيام له ا(9.17 سم و28.39 يوم) على التوالي.

بينت نتائج تجذير اصل سوينكل ستروميلو، ان اعلى نسبة مئوية لتجذير الافرع واكبر طول للافرع تم الحصول عليها من الزراعة على وسط مجهز بـ 1.5 ملغم لتر$^{-1}$ IBA وبلغت 70% و 10.29 سم على التوالي متفوقةً معنوياً عن معاملة المقارنة (بدون إضافة IBA) ، كما أعطت هذه المعاملة أعلى عدد للجذور (4.28 جذر) واقل عدد أيام لظهور الجذور (17.1 يوم) وتفوقت معنوياً على معاملة المقارنة.

اما فيما يخص نتائج تجذير اصل C_{35}، أكدت النتائج بأن زراعة الافرع على وسط مجهز بـ 2 ملغم لتر$^{-1}$ IBA أعطت اعلى نسبة مئوية للاستجابة (80%) وتفوقت معنوياً على معاملة المقارنة كما أعطت اكبر عدد للجذور بلغت (2.34 جذر)، بينما اكبر طول للجذور واقل عدد أيام للتجذير(15.06 سم و16.59 يوم) على التوالي تم الحصول عليها من الافرع المزروعة على وسط مجهز بـ 1.5 ملغم لتر$^{-1}$ IBA وتفوقت معنوياً على معاملة المقارنة، من جهة أخرى تفوق وسط MT المحور معنوياً في عدد الجذور واطوالها واقل عدد أيام للتجذير (1.97 جذر و 12.13 سم و 20.83 يوم) على التوالي على وسط MT القياسي والذي بلغت فيه قيم هذه الصفات على التوالي 1.43 جذر و 9.75 سم و 25.8 يوم.

ولوحظ في مرحلة الاقلمة، ان جميع النبيتات المجذرة لجميع الأصول والمعاملات في تجربة التجذير والمنقولة الى البيت البلاستيكي أعطت نسبة نجاة 100% بعد مرور شهر من نقلها الى ظروف الحقل الخارجي.

Summary

This study was conducted in the laboratory of tissue culture and plant cells, Department of Forestry Sciences, College of Agriculture and Forestry, University of Mosul during the period from March 2022 to May 2023 to reach the best conditions for the reproduction of three citrus rootstocks, sour orange *Citrus aurantium* L., *Citrumelo swingle* and 'Carrizo' Citrange(C_{35}) with tissue culture technology. Several experiments were carried out during each stage of reproduction (Initiation, multiplication, and rooting) as follows:

Initiation stage: during which the responsiveness of the three rootstocks nodes to growth was tested when grown on Murashige and Skoog medium (MS) or Murashige and Tucker medium (MT) equipped with concentrations of Benzyl adenine (BA) (0, 1, 2, 3, 4 mg L^{-1}). The explants were incubated in the growing room at a temperature of 23-25 ° C and an illumination intensity of 2000 lux for 16 hours of light and 8 hours of darkness, and after 4 weeks of Culturing, the results were taken. In the nodes cultured on the MS medium, the results showed that the addition of BA in different concentrations improved the rate of bud response to growth, as the highest response percentage of the original *Citrumelo swingle* and Carrizo C_{35} reached 100%, while the highest percentage of response to the sour orange rootstock was 90%. As well, in the nodes cultured in the MT medium, the highest percentage of response to No. of shoots was in the nodes cultured on the media equipped with 2 mg L^{-1} BA and for all rootstocks which achieved for sour orange, *Citrumelo swingle,* and Carrizo C_{35} rootstocks (90, 70, 100%), respectively. On the other hand, the results of the MS medium surpassed the MT medium in the percentage of bud response and shoot lengths.

The largest number of shoots obtained from the nodes cultured on the MS medium equipped with 2 mg L^{-1} BA and amounted to 1.41 shoots, while the largest number of shoots obtained from nodes cultured on medium equipped with 1 mg L^{-1} BA amounted to 2.56 shoots and was significantly superior to the control treatment. The largest lengths of shoots were obtained from the nodes planted on the MS and MT mediums equipped with 1 mg L^{-1} BA and amounted to 1.93 and 1.11 cm, respectively, and were significantly superior to the control treatment. The nodes of the rootstock Carrizo C_{35} cultured on the medium of the MS in the characteristic of shoot lengths differed significantly from the other rootstocks.

Multiplication stage: During these three consecutive experiments were conducted, each of which was based on the best results of the previous experiment, the explants were incubated in the same conditions as the initiation stage and the experiments included the following:

The first experiment: **studying the effect of citrus roots and BA concentrations in the multiplication of apical shoots on the MS medium:** in this experiment, the effect of adding five concentrations of BA was studied (0, 1, 2, 3, 4 mg L^{-1}) to the medium of MS in the multiplication of the apical shoots of citrus rootstocks, after 8 weeks of culturing, the results showed that the rootstock of the *Citrumelo swingle* in the qualities of the number of shoots and the number of leaves formed on the shoots was overcome the other rootstocks, achieved 2.68 shoot and 11.50 leaves, respectively, while the Carrizo C_{35} rootstock superior in the length of the shoots in comparison with sour orange (1.01 and 0.85 cm), respectively. On the other hand, the apical shoots cultured on media equipped with 4 mg L^{-1} BA gave the highest number of shoots and the number of leaves, which amounted to 3.43 shoots and 11.47 leaves $plantlet^{-1}$, respectively, and differed significantly from the comparative treatment. While the apical shoots cultured in comparison treatment (free of BA) were significantly outperformed in shoot lengths (1.27 cm).

The second experiment: studying the effect of the type of nutrient medium and Kin concentrations and their interactions in the multiplication of apical shoots: in this experiment, the addition of different concentrations of Kin was studied (0, 2, 4, 6, 8 mg L^{-1}) to the MS medium or MT medium equipped with 2 mg L^{-1} BA (the better-selected concentration from the previous multiplication experiment). After 8 weeks of culturing, the results showed that there were no significant differences between the apical shoots planted on the nutrient media in all the studied qualities of the sour orange rootstock, while the apical shoots cultured on the MT medium were observed to be significantly superior to apical shoots cultured on the MS medium in achieving the largest length of shoots (1.12 CM and 0.69 cm), respectively, for the *Citrumelo swingle* rootstock, while the apical shoots that cultured on the MT medium were significantly superior to the apical shoots cultured on the MS medium in all the qualities studied of the rootstock Carrizo C_{35}. On the other hand, the apical shoots cultured on media equipped with 2 mg L^{-1} Kin significantly outperformed the in comparison with comparative treatment in the capacity of the number of shoots, achieving 2.91, 5.15, and 4.65 shoots of the sour orange,

Citrumelo swingle, and Carrizo C_{35}, respectively. There were also significant differences in the quality of the number of leaves of the sour orange and Carrizo C_{35} rootstocks compared to the comparison treatment, achieving 13.86, and 16.05 leaves of the plantlet^{-1}, respectively, while there was no significant difference in the rootstock of the *Citrumelo swingle*.

The third experiment: studying the effect of citrus rootstocks and the type of iron and zinc in the multiplication of the apical shoots: in this experiment, the response of apical shoots to the multiplication of rootstocks cultured on the standard MT medium or its Modified was studied by adding ordinary chelated iron (Fe-EDDHA) or nano chelated iron (Fe-EDDHA nano) or ordinary chelated zinc (Zn-EDTA) or nano chelated zinc (Zn-EDTA nano), equipped with 2 mg L^{-1} BA interacted with 2 mg L^{-1} kin (better treatment of the previous experience) after 8 weeks of culturing, the results were taken. As for the rootstocks, the results showed the superiority of the sour orange in manganese concentration (9.39 mg kg^{-1} dry weight) over the other rootstocks, while the superiority of the *Citrumelo swingle* rootstock in the number of shoots and the lowest degree of yellowing of the plantlets (4.12 shoots and 1.52 degrees) was observed, respectively, over the sour orange and Carrizo C_{35} rootstocks. While the Carrizo C_{35} significantly exceeded the other rootstocks in the content of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, dry weight of plantlets, and iron concentration in plantlets, which amounted to 3.84 mg g^{-1} wet weight, 1.79 mg g^{-1} wet weight, 5.63 mg g^{-1} wet weight, 0.043 g, 17.41 mg kg^{-1} dry weight, respectively.

As for the effect of the MT medium and its modifications, it is noted from the results that the MT medium with the addition of zinc nano-chelated Zn-EDTA is significantly superior to the other media in the number of shoots, the number of leaves, the wet weight of plantlets and the dry weight of shoots (4.23 shoots, 18.33 leaves, 0.33 g, 0.049 g), respectively. On the other hand, the modified MT medium with the addition of ordinary chelated iron Fe-EDDHA significantly exceeded the other media in the content of chlorophyll a, total chlorophyll, and the lowest degree of yellowing of plantlets (3.66 mg g^{-1} Wet weight, 5.44 mg g^{-1} wet weight and 1.56 degrees), respectively.

Rooting stage: the ability of the standard MT medium and the selected media was studied, which is better from the previous experiment (the modified MT medium by adding ordinary chelated iron to the rootstock *Citrumelo swingle* and the MT modified medium by adding nano chelated zinc to the rootstocks

of the sour orange and Carrizo C_{35}) with half concentration of their salts and equipped with different concentrations (0, 0.5, 1, 1.5, 2 mg L^{-1}) of IBA in the rooting of shoots. After 6 weeks of culturing, the rooting results of the sour orange showed that the highest percentage of rooting shoots and the largest root Length (45% and 9.3 cm), respectively, were obtained from media equipped with 2 mg L^{-1} IBA, and this treatment was significantly superior in comparison with the comparative treatment in root lengths. The highest number of roots and the lowest number of days for root formation were obtained from shoots that were cultured on media equipped with 1.5 mg L^{-1} IBA and amounted to 1.2 roots and 24.6 days. As for the effect of the media, it is noted that the culturing of shoots on the standard MT medium was significantly superior in giving the largest root lengths and the least number of days for root formation (9.17 cm and 28.39 days), respectively.

While the results of rooting rootstock of the *Citrumelo swingle* showed that the highest percentage of rooting of shoots and the largest length of shoots was obtained from culturing on media equipped with 1.5 mg L^{-1} IBA amounted to 70% and 10.29 cm, respectively, significantly superior to the comparison treatment (without the addition of IBA). As for the best number of roots 4.28 roots and the least number of days for the formation of the root, 17.1 days were obtained from the shoots cultured on mediums equipped with 1.5 mg L^{-1} IBA and significantly outperformed the comparative treatment.

As for the rooting results of the Carrizo rootstock, it is noted that the shoots cultured on media equipped with 2 mg L^{-1} IBA achieved the highest percentage of response 80% superior to the comparison treatment, and the largest number of roots 2.34 roots, while the largest length of roots and the least number of rooting days (15.06 cm and 16.59 days), respectively, were obtained from shoots cultured on media equipped with 1.5 mg L^{-1} IBA and significantly superior to the comparison treatment. On the other hand, the medium of the modified MT in the number of roots, root lengths, and the least number of days for rooting (1.97 roots, 12.13 CM, and 20.83 days), respectively, significantly exceeded the standard medium of MT, which amounted to 1.43 roots, 9.75 cm and 25.8 days, respectively.

The acclimation stage showed that all rooted plants transferred to the greenhouse gave a 100% survival rate after a month of being transferred to outdoor field conditions.

University of Mosul
College of Agriculture and Forestry

Micropropagation of three citrus rootstocks and its response for chelated nano and conventional Fe and Zn added to propagation media

Ahmed Abd-Al Raheem Mohammed Ahmed

Ph. D. Thesis

Horticulture and Landscape Design

Supervised By:

Dr. Ammar Zeki Kassab Bashi
Professor

Dr. Jassim Mohammed Al-A'raji
Professor

2023 A. D. **1445 A. H.**