المجلة الدولية لنشر البحوث والدراسات
International Journal of Research and Studies Publishing
ISSN: 2709-7064
المجلد 7 - الإصدار 80
تاريخ النشر: 20 يونيو 2026 م

دراسة تأثير معالجات التربة في بعض الصفات الكيمائية لفسائل نخيل التمر صنف الحلاوي تحت تأثير إجهاد الرصاص

Studying the Effect of Soil Treatments on Some Chemical Properties of Date Palm Offshoots of the Halawi Variety Under Lead Stress

إعداد:

المدرس الدكتور/عقيلة مهدي صالح[1]، المدرس الدكتور/ فراس مهدي عباس الحمود[2]، المدرس المساعد/ تغريد محمود خضير الفرجاوي[3]، الأستاذة الدكتورة/ منتهى عبد الزهرة عاتي*[4]، المدرس الدكتور/ منتهى جواد كاظم[5]

مركز أبحاث النخيل، جامعة البصرة، العراق [1،2،3،4،5]

*الباحث المراسل: أ.د. منتهى عبد الزهرة عاتي

*Email: muntaha.ati@uobasrah.edu.iq

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير بعض محسنات ومعالجات التربة مثل البولي أمين (البيوتريسين) وحامض الكومارك في تخفيف الأضرار والآثار السلبية الناجمة عن إجهاد التلوث بعنصر الرصاص، وبيان تأثيرها في تحسين بعض الصفات الكيميائية والكيموحيوية لأوراق فسائل نخيل التمر صنف الحلاوي. وأجريت الدراسة في منطقة الهارثة شمال محافظة البصرة في أحد البساتين الاهلية خلال موسمي النمو 2022- 2023، إذ انتخبت 36 شجرة من فسائل نخيل التمر صنف الحلاوي متجانسة قدر الإمكان من حيث قوة النمو الخضري والطول والعمر وكانت الأشجار بعمر 5-6 سنوات مزروعة في أرض مستديمة. أظهرت الدراسة تأثير التلوث واضافة المعالجات على الصفات الكيموحيوية للأوراق في فسائل نخيل التمر صنف الحلاوي وبينت النتائج تحسين آثار التلوث وزيادة محتوى الكلوروفيل الكلي في الاوراق، عند معاملة الرصاص بتركيز 300 ملغم.كغم$^{-1}$ مع حامض الكومارك والبيوتريسين كما سجلت معاملة الرصاص300 ملغم.كغم$^{-1}$ ومعاملة المقارنة أعلى معدل لمحتوى الوريقات من صبغة الكاروتينات كذلك تفوق معاملة المقارنة والبيوتريسين معنويا في إعطاء أعلى معدل لمحتوى الأوراق من الكربوهيدرات الكلية كما حسنت معاملة الرصاص بمعدل 300 ملغم كغم$^{-1}$ مع البيوتريسين وحامض الكومارك من آثار التلوث وزيادة محتوى الوريقات من الكربوهيدرات، أما بالنسبة للتداخل بين معاملة الرصاص300ملغم.كغم$^{-1}$ والمقارنة فقد كان له تأثير معنوي في محتوى الأوراق من الأحماض الأمينية والبرولين والفينولات وبفارق معنوي عن بقية التداخلات بالإضافة إلى ذلك أدى تداخل الرصاص بمعدل 100 ملغم كغم$^{-1}$ مع كل من البيوتريسين وحامض الكومارك إلى خفض مستويات الأحماض الأمينية الحرة والبرولين في الوريقات، في حين سجل تداخل الرصاص بمعدل 100 ملغم كغم$^{-1}$ مع كل من البيوتريسين وحامض الكومارك تأثير معنوي في خفض مستويات المواد الفينولية في الوريقات.

الكلمات المفتاحية: نخيل التمر، التلوث بالمعادن الثقيلة، محسنات التربة، حمض الكوماريك، البيوتريسين

المجلة الدولية لنشر البحوث والدراسات
International Journal of Research and Studies Publishing
ISSN: 2709-7064
المجلد 7 - الإصدار 80
تاريخ النشر: 20 يونيو 2026 م

Studying the Effect of Soil Treatments on Some Chemical Properties of Date Palm Offshoots of the Halawi Variety Under Lead Stress

Lecturer/ Dr. Aqeelh M. Saleh[1], Lecturer/ Dr. Firas M. A. Al-Hamoud[2], Assistant Lecturer/ Taghreed M. K. Alfarjawi[3], Prof. Dr. Muntaha Abdul-Zahra Ati[4], Lecturer / Dr. Muntaha J. Kadim[5]

Date Palm Research Centre, University of Basrah, Iraq[1,2,3,4,5]

* Corresponding Author: Prof. Dr. Muntaha Abdul-Zahra Ati

Corresponding author email: muntaha.ati@uobasrah.edu.iq

Abstract:

This research aims to study the effect of certain soil amendments and treatments, such as polyamine (butyricin) and coumaric acid, in mitigating the damage and negative effects caused by lead pollution stress, and to demonstrate their impact on improving some chemical and biochemical properties of the leaves of Halawi date palm offshoots. The study was conducted in the Al-Haritha area, north of Basra Governorate, in a private orchard during the 2022-2023 growing seasons. Thirty-six Halawi date palm offshoots, selected for their homogeneity in terms of vegetative growth vigor, height, and age, were chosen. The trees were 5-6 years old and planted in permanent soil. This study demonstrated the effect of pollution and the application of treatments on the biochemical characteristics of leaves in date palm offshoots of the Halawi variety. The results showed an improvement in the effects of pollution and an increase in total chlorophyll content in the leaves when treated with 300 mg/kg of lead, coumaric acid, and putrescine. The 300 mg/kg lead treatment and the control treatment also recorded the highest average carotenoid content in the leaves. Furthermore, the control and putrescine treatment significantly outperformed the other treatments in producing the highest average total carbohydrate content in the leaves. The 300 mg/kg lead treatment, along with putrescine and coumaric acid, also improved the effects of pollution and increased carbohydrate content in the leaves. The interaction between the 300 mg/kg lead treatment and the control treatment had a significant effect on the content of amino acids, proline, and phenols in the leaves, significantly more so than the other treatments. In addition, the interaction of lead at a rate of 100 mg kg^{-1} with both putrescine and coumaric acid had a significant effect in reducing the levels of free amino acids and proline in the leaflets. In addition, the interaction of lead at a rate of 100 mg kg^{-1} with both putrescine and coumaric acid had a significant effect in reducing the levels of phenolic substances in the leaflets.

Keyword: Date palm, heavy metal stress, Soil improvers, coumaric acid, putrescine

1. المقدمة:

لا يزال تلوث التربة الزراعية بالمعادن الثقيلة السامة محورًا للعديد من الدراسات البيئية، حيث يمكن أن تنتقل هذه المعادن من التربة وتتركز في أنسجة النباتات وتتراكم في السلسلة الغذائية ما يجعل مستوياتها فيها أعلى بكثير من مستوياتها في الهواء، وعادة ما تكون كثافتها أكثر من 5 غم/سم^3 والتي تعد من أخطر الملوثات وتكمن خطورتها كونها تميل إلى التراكم في التربة وانسجة الكائنات الحية بسبب عدم تحللها (الربيعي،2021). تقسم المعادن الثقيلة إلى عناصر ضرورية للكائنات الحية والتي تحتاجها بتراكيز قليلة وتكون سامة بالتراكيز العالية مثل الحديد والزنك والكروم والنحاس، وإلى عناصر غير ضرورية والتي لا يعرف لها اي دور حيوي إلى الأن وتكون سامة عند أي تركيز مثل الرصاص والكادميوم والزئبق فالرصاص من العناصر ذات التواجد الطبيعي في القشرة الأرضية ويبلغ معدل تركيزه حوالي 16 جزء بالمليون من التربة (Rahman *et al*.,2022). تعد النباتات أكثر انواع الكائنات الحية حساسية لتراكم المعادن الثقيلة، لكونها كائنات غير متحركة، ولمقدرتها على تراكم هذه المعادن من خلال امتصاصها من التربة او من خلال الترسيب الجوي اذ تُعتبر النباتات مؤشراً فعالاً على تأثير مصادر التلوث في محيطها،، مما يجعلها مرآة للحالة البيئية للمنطقة (Yassin *et al*.,2023; Li et al.,2023) يعتبر صنف الحلاوي من الاصناف التجارية المهمة في العراق وتنتشر زراعته في المنطقة الجنوبية من العراق ,وهومن الاصناف المبكرة التزهير والنضج تستهلك ثماره بشكل رطب وتمر وذلك لقلة المواد العفصية فيه (مطر، 1991).

يتسبب التلوث بالمعادن الثقيلة في تثبيط نمو النبات من خلال التأثير في عمليات الانقسام والاتساع الخلوي والتنظيم الهرموني لنمو النبات وتكوينه لذلك تضطرب الفعاليات الأيضية المختلفة مثل البناء الضوئي والتنفس وبناء الحوامض النووية والبروتين ونشاط الانزيمات وغير ذلك من العمليات الحيوية التي تؤثر سلبًا على نمو النباتات وتطور إنتاجيتها. ونظراً لتزايد معدلات التلوث بالعناصر الثقيلة اتجهت الكثير من الدراسات الى استخدام البولي أمينات لدورها في تخفيف الإجهادات اللاحيائية مثل الجفاف، والملوحة، وسمية المعادن الثقيلة، للحفاظ على النمو الطبيعي والإنتاجية (Idhi and Khan,2025). كما يعد الCoumaric acid بمثابة مقدمة للمركبات الفينولية ويوجد أما بشكل حر أو مترافق في النباتات تزايد الاهتمام بدراسته في السنوات الأخيرة بسبب نشاطه الحيوي كذلك يقوي الى حدا كبير الأنشطة البيولوجية بما في ذلك مضادات الأكسدة (Pei *et al*., 2016).

تساهم المعالجات الطبيعية في تحسين الخواص الفيزيائية وخصوبة الطبقة السطحية للتربة، مما يوفر بيئة نمو مناسبة للنباتات من خلال زيادة المحتوى الرطوبي وتوفير العناصر الغذائية، كما أن معاملة النباتات بال(putrescine) و (Coumaric acid) تحسن من نشاط مضادات الأكسدة الإنزيمية وغير الإنزيمية كذلك حسنت من تركيزات الواقيات الأسموزية مثل السكريات والبرولين وغيرها (Zaid *et al*., 2023). يعد البولي أمين (Putrescine) من مجموعة الأمينات الاليفاتية Aliphatic amino وله أهمية في نمو النبات ولاسيما الانقسام الخلوي والتمايز والتكوين الشكلي وتنظيم الجهد الأسموزي عند تعرض النبات للإجهاد (Wang et al.,2023). ونتيجة للارتفاع في معدل درجات التلوث (التربة والهواء) في السنوات الأخيرة وتأثيرها السلبي على نمو وإنتاجية فسائل نخيل التمر جاءت هذه الدراسة لتخفيف الاضرار الناجمة عن إجهاد التلوث نتيجة اضافة مركبات البولي أمينات وتأثيرها في بعض الصفات الكيميائية لفسائل نخيل التمر صنف الحلاوي.

1.1. مشكلة البحث

نظرا لزيادة معدلات التلوث البيئي الناتجة عن تلوث التربة والهواء بالمعادن الثقيلة السامة وخاصة عنصر الرصاص الذي يعد من أخطر الملوثات بسبب عدم تحلله وميله للتراكم في التربة وأنسجة الكائنات الحية مما يتسبب في تثبيط نمو الفسائل رغم إمكانية تحمل

نخيل التمر لمعظم ظروف التلوث الا انه يتسبب في اضطراب الفعاليات الأيضية المختلفة كالبناء الضوئي والبروتينات وبناء الأحماض النووية ونشاط الانزيمات مما يؤثر سلبا على نموه وتطور انتاجيته.

2.1. الهدف من الدراسة:

دراسة تأثير بعض محسنات ومعالجات التربة مثل البولي أمين (البيوتريسين) وحامض الكومارك في تخفيف الأضرار والآثار السلبية الناجمة عن إجهاد التلوث بعنصر الرصاص، وبيان تأثيرها في تحسين بعض الصفات الكيميائية والكيموحيوية لأوراق فسائل نخيل التمر صنف الحلاوي.

3.1. أهمية الدراسة:

إيجاد حلول بيئية والحفاظ على الامن الغذائي والصحي من خلال تقليل تركم المعادن السامة في انسجة النبات بما يضمن حماية السلسلة الغذائية من اخطار التراكم الحيوي للرصاص لنخيل التمر صنف الحلاوي الذي يعتبر من الأصناف التجارية المهمة والمرغوبة بالعراق لتميزه بالتبكير في التزهير والنضج وقلة المواد العفصية.

2. المواد وطرائق العمل:

أجريت الدراسة في منطقة الهارثة شمال محافظة البصرة في أحد البساتين الاهلية خلال موسمي النمو 2022- 2023، إذ انتخبت 36 شجرة من فسائل نخيل التمر صنف الحلاوي متجانسة قدر الإمكان من حيث قوة النمو الخضري والطول والعمر وكانت الأشجار بعمر 5-6 سنوات مزروعة في أرض مستديمة، أجريت التجربة بعمل بيئة ملوثة بالعناصر الثقيلة وذلك من خلال الري بمياه ملوثة بالعناصر الثقيلة (الرصاص Pb) بتركيزين 100، 300 ملغم كغم$^{-1}$ فضلا عن معاملة المقارنة. تمت المعاملة ببعض مركبات البولي أمينات (معالجات التربة) Putrescine 500ملغم لتر$^{-1}$ و coumaric acid 500ملغم لتر$^{-1}$ فضلا عن معاملة المقارنة بشكل اضافة ارضية لتربة الفسائل .

تمت معاملة الفسائل بالملوثات ومعالجات التلوث من 2022/11/2 الى 2023/8/2 ولمدة تسعة أشهر بشكل شهري وأجريت عمليات الخدمة لجميع أشجار الدراسة وترك نفس العدد من الأوراق لكل نخلة 35 ورقة وتم عمل أحواض للري لكل معاملة (شجرة نخيل)، وأحيط حوض الري بكتف ارتفاعه 40 سم بعدها صممت شبكة الري بالتنقيط بما يتلاءم مع تصميم التجربة الحقلية، نصبت المنظومة لكي تغطي جميع المساحة المعدة للتجربة وبالشكل الذي يضمن وصولها الى جميع المعاملات (أشجار النخيل)، تم نصب مضخة الماء وربطت منظومة الري وملحقاتها بها.

ـ الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الدراسة:

أخذت عينة تربة مركبة موزعة بشكل عشوائي لتمثل تربة البستان وعلى عمق 0-30 و30-60 سم لدراسة صفات التربة قبل البدء بالدراسة، جففت هوائياً وأزيل منها الشوائب والحصى ثم طحنت ونخلت بمنخل سعة فتحاته 2 ملم وحفظت في وعاء بلاستيكي لغرض دراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لها تم تحليل بعض عينات التربة حيث قدرت العناصر الثقيلة في التربة (الرصاص) وبعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة قبل البدء بالدراسة وكما مبين في الجدول أدناه:-

جدول (1) بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لتربة البستان قبل بداية الدراسة

الخصائص	الوحدة	القيمة
المادة العضوية	غم كغم$^{-1}$	13.6

الاس الهيدروجيني		----------	7.9
الايصالية الكهربائية		ديسيسمنز م$^{-1}$	5.5
النتروجين الجاهز		g kg^{-1}	65.7
البوتاسيوم الجاهز		mg kg^{-1}	233
الفسفور الجاهز		mg kg^{-1}	12.9
الايونات الموجبة والسالبة الذائبة	Ca^{+2}	مليمول لتر$^{-1}$	13.6
	Mg^{+2}		10.206
	K^{+1}		0.193
	Na^{+1}		2.291
	CO_3^{-2}		0
	HCO_3^{-1}		3.60
	Cl^{-1}		41.251
	SO_4^{-2}		1.794
	Pb الكلي	**ملغم كغم$^{-1}$**	**0.5**

- عوامل التجربة:

تضمنت التجربة العوامل الآتية

1- تركيز عامل ملوثات التربة ويشمل المعاملات التالية:

أ – معاملة المقارنة (بدون أي أضافة)

ب- معاملة الرصاص Pb بتركيز 100ملغم كغم$^{-1}$

ت- معاملة الرصاص بتركيز 300 ملغم كغم$^{-1}$

2- تركيز عامل معالجات التربة ويشمل المعاملات التالية:

أ- معاملة المقارنة (بدون أي أضافة)

ب- معاملة البيوتريسين Putrecin بتركيز500ملغم لتر$^{-1}$

ت- معاملة الكومارك coumaric acid 500ملغم لتر$^{-1}$

- الصفات الكيمو حيوية للأوراق:

1- محتوى الكلوروفيل الكلي للأوراق (ملغم غم$^{-1}$)

قدر محتوى نسيج الأوراق من الكلوروفيل الكلي حسب الطريقة الموصوفة من قبل (Porra.,2002) وذلك بأخذ 0.5غم من وريقات فسائل نخيل التمر وبواقع 3 مكررات لكل معاملة إذ أضيف للعينة 15سم^3 من الأسيتون المخفف 80% وهرست الوريقات بواسطة الهاون الخزفي التي سحقت جيدا ثم وضعت العينة في جهاز الطرد المركزي ولمدة 10 دقائق بعدها اخذ الرائق وقدرت الامتصاصية بواسطة جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer وعلى طول موجي663 645 نـأنَّومتر ثم قدرت كمية الكلوروفيل حسب المعادلة التالية:-

الكلوروفيل الكلي ملغم.لتر$^{-1}$= 20.2 × الكثافة الضوئية على طول موجي645 + 8.02 × الكثافة الضوئية على طول موجي663

حولت كمية الكلوروفيل من ملغم لتر$^{-1}$ إلى ملغم. 100 غم$^{-1}$ وحسب المعادلة التالية:

ملغم 100غم$^{-1}$ = (ملغم لتر$^{-1}$ / 1000 سم^3) × (100 / وزن العينة (غم))

2- محتوى الكاروتين للأوراق (ملغم غم$^{-1}$)

تم تقدير محتوى الكاروتين حسب طريقة Holden والموصوفة من قبل (Howertiz ., 1975) اذ تم اخذ 0.5 غم من الأوراق الطرية الناتج من إضافة المعالجات والملوثات و قطعت الى قطع صغيرة بواسطة مقص وطحنت في هاون خزفي مع 15 مل اسيتون تركيز 80% ثم فصل الراشح عن الراسب باستخدام جهاز الطرد المركزي Centrifuge بسرعة 1600 دورة لمدة 10 دقائق وكررت عملية الاستخلاص حتى اصبح لون الراسب خاليا من الصبغة ثم جمع المستخلص في انابيب اختبار زجاجية مغطاة بورق معتم وذلك لحجب الضوء منعا لاكسدة الصبغة ضوئيا واكمل الحجم الى 15 مل بإضافة الاستون وقيست الكثافة الضوئية للراشح بواسطة جهاز الطيف الضوئي Spectrophotometer على الطول الموجي (480) نانومتر و بالاستعانة بالمعادلة الاتية :

$$x = \frac{EY}{e\ 100} \times 100\ mg$$

حيث أن:

E = قراءة الجهاز على الطول الموجي 470 نانومتر.

X = عدد ملغرامات الكاروتين في 1 سم3 من المحلول.

Y = حجم المحلول النهائي بعد التخفيف بالاستون .

e = ثابت الكاروتين 2300

3- محتوى الكربوهيدرات الذائبة الكلية (ملغم .غم -^{1})

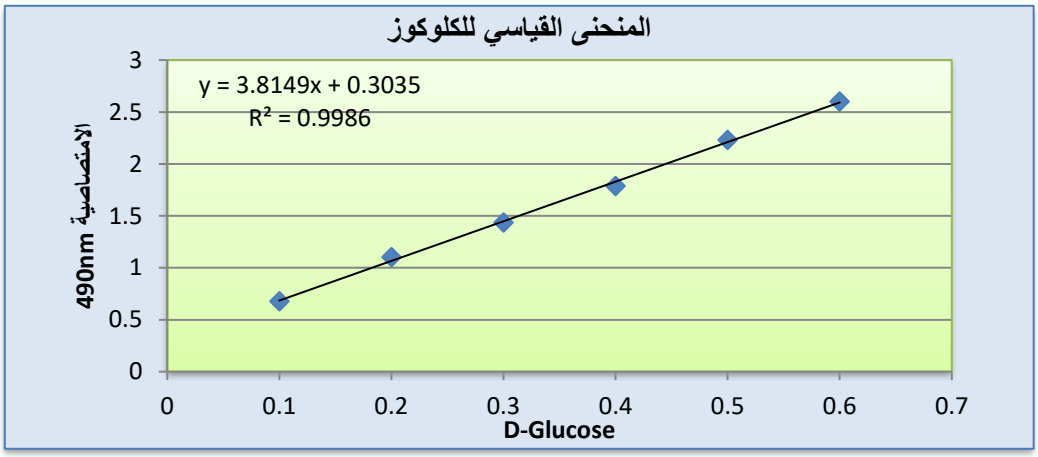
قدرت الكربوهيدرات الذائبة للأوراق الناتجة في مختبر الفاكهة التابع لقسم البستنة في كلية الزراعة حيث استعملت طريقة فينول – حامض الكبريتيك استنادا الى (1956)., Dobois *et al* والتي تتلخص كالاتي:

أخذ 0.5 ملغم من نسيج الأوراق الجاف المطحون جيدا في هاون خزفي ووضع في انابيب اختبار سعة 90 مل. ثم اضيف اليها 75 مل ماء مقطر ووضعت في حمام مائي على درجة حرارة 90 م° ولمدة ساعة لغرض استخلاص الكربوهيدرات ثم بردت الانابيب بدرجة حرارة الغرفة. بعد ذلك رشح المستخلص بواسطة ورق ترشيح واخذ حجم 5 مل من الراشح وأضيف إليه 25 مل ماء مقطر، وبعد ذلك اخذ 1 مل منه وأضيف إليه 1 مل من الفينول 5 %مع 5 مل من حامض الكبريتيك المركز وترك الى ان يبرد بدرجة حرارة الغرفة. أذ تم قياس الضوء الممتص للعينات على الطول الموجي 490 نانوميتر باستعمال جهاز المطياف Spectrophtometer نوع Shimadzo UV – 1700 حيث قدرت الكاربوهيدرات الذائبة الكلية في الأوراق اعتمادا على منحنى قياسي استعمل فيه الجلوكوز وعبر عن التركيز بوحدة ملغم.غم-^{1}مادة جافة.

لتحديد المنحنى القياسي للكلوكوز اذيب 200 ملغم من سكر الجلوكوز في 1 لتر من الماء المقطر كمحلول أساسي لسكر الكلوكوز ومنه تم تحضير سبعة تراكيز (0، 0.1، 0.2، 0.3، 0.4، 0.5، 0.6) ملغم لتر-^{1}. اخذ 1مل من كل تركيز واضيف له 1مل من كاشف الفينول 5% ومزج جيدا ثم اضيف 5مل من حامض الكبريتيك المركز ومزج جيدا، ثم حضنت الانابيب في حمام مائي عند درجة حرارة 25 – 30 م° لخفض درجة حرارة التفاعل مع ضمان التجانس ولمدة 20 دقيقة. بعد ذلك قيست الامتصاصية للون الناتج من

تلك التفاعلات باستعمال جهاز المطياف Spectrophotometer نوع Shimadzo UV – 1700 عند الطول الموجي 490 نانوميتر، وكان شكل المنحنى القياسي للكلوكوز كما هو موضح في الشكل (1). وتم الحصول على معادلة الخط المستقيم بدلالة قيم الامتصاصية إزاء التركيز بالاستعانة بأحد أنظمة Microsoft Excel، وكما يأتي:

الشكل (1) المنحنى القياسي للكلوكوز

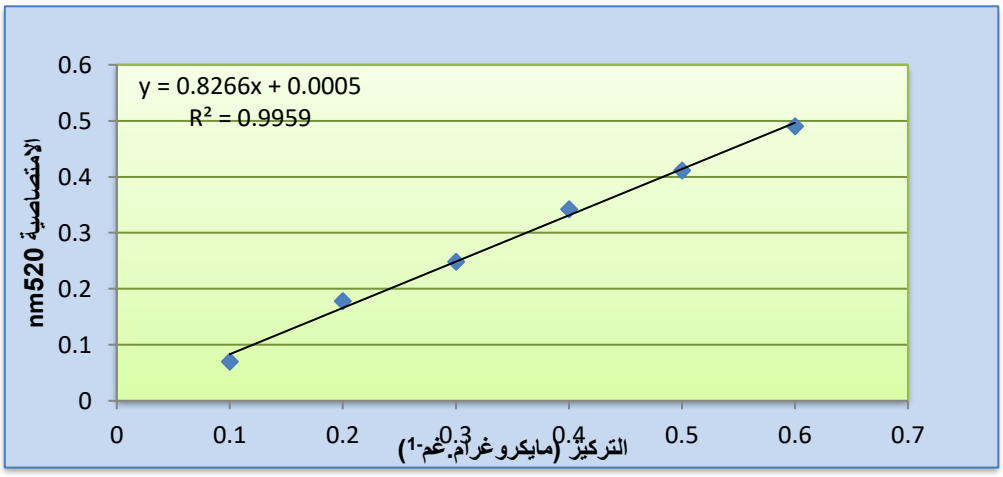


4- محتوى البرولين (مايكروغم .غم مادة جافة)

قدر حامض البرولين في الأوراق حسب الطريقة الموصوفة في (Troll and Lindesly , 1955) وذلك بأخذ 0.2 مادة جافة مطحونة وأضيف إليها 5 مل من الكحول الأثيلي بتركيز 95 %، وأجري على المستخلص طرد مركزي ثم اخذ الجزء الرائق وبخر حتى الجفاف التام واضيف 2 مل من الماء المقطر الى الجزء المتبقي وأجريت له عملية الطرد المركزي واخذ الجزء الرائق وتمت قراءة الضوء الممتص على الطول الموجي 520 نانوميتر باستعمال جهاز المطياف Spectrophotometer، ثم قدر محتوى الأوراق من البرولين اعتمادا على منحنى قياسي استعمل فيه الحامض الأميني البرولين وعبر عن النتائج بوحدة مايكرو غرام .غرام-1مادة جافة وتم حساب كمية البرولين في العينات حسب المعادلة الاتية : -

$$\text{محتوى العينة من البرولين (مايكروغم-}^{1}\text{ وزن جاف)} = \frac{\text{القراءة من المنحنى}}{\text{وزن العينة}} \times \text{التخفيف}$$

الشكل (2) المنحنى القياسي للحامض الأميني البرولين



5- الأحماض الأمينية الحرة (ملغم غم$^{-1}$)

استعملت طريقة الاستخلاص تبعا لما ورد في (Moore and Stein ., 1954) عند تقدير الأحماض الأمينية الحرة في الأوراق يتم سحق 0.2 غم من العينة الجافة مع الايثانول بتركيز 95 % في هاون خزفي بعدها وضع المستخلص في جهاز الطرد المركزي بسرعة 6000 دورة لمدة 15 دقيقة ثم اخذ الجزء الرائق الذي بخر حتى الجفاف التام ثم اضيف له 2 مل من الماء المقطر و أجري له طرد مركزي بعد ذلك أخذ 1 مل من الجزء الرائق الناتج بعد عملية الطرد المركزي واضيف له 1 مل من كاشف Ninhydrin ثم وضع في الحمام مائي بدرجة 70 م°لمدة 20 دقيقة بعدها بردت العينات . ثم اضيف 5 مل ماء مقطر للعينات بعد تبريدها ثم قيست الامتصاصية على طول موجي قدره 570 نانوميتر كما قيست امتصاصية الحامض الاميني ليوسين وبعدة تخافيف وهي (0، 50، 100، 150، 200) ملغم . لتر-^{1}على الطول الموجي نفسه لغرض عمل المنحنى القياسي.

6- الفينولات الكلية (ملغم غم$^{-1}$)

استخدم جهاز المطياف الضوئي Spectrophtometr في تقدير الفينولات وفقا لطريقة (Mello *et al* ,. 2005) و كما يلي: - أخذ 0.5 غم من النسيج الجاف وأضيف إليه 75 مل من الماء المقطر ثم وضع في حمام مائي حتى الغليان لمدة 30 دقيقة، وبعد استخراج العينات من الحمام المائي هرست جيدا ثم رشح المستخلص باستعمال ورق ترشيح ثم أكمل الحجم إلى 100 مل ماء مقطر، وقدرت الفينولات الكلية من المستخلص المائي باستعمال طريقة Folin Ciocateu والموضحة من قبل Slinkard and Singlelton (1997) . اخذ 0.1 مل من المستخلص (الراشح) وأضيف له 7.5 مل من الماء المقطر و0.5 مل من كاشف فولن و 1 مل من كاربونات الصوديوم Na2Co3 تركيز 2 % واكمل الحجم الى 10 مل ماء مقطر خلط المزيج وترك مدة ساعتين في حرارة الغرفة. وبعد ذلك قراءة الامتصاصية على الطول الموجي 760 نانوميتر بواسطة جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer مع استعمال حامض الجاليك Callic acid كمحلول قياسي.

- التحليل الإحصائي:

تم تصميم الدراسة كتجربة عامليه ذو عاملين. **العامل الاول**: التلوث وفيه ثلاث مستويات الاول المقارنة والثاني التلوث بالرصاص 100ملغم.كغم $^{-1}$ والثالث التلوث بالرصاص300ملغم.كغم$^{-1}$. **العامل الثاني**: المعالجات بثلاث مستويات، الاول المقارنة والثاني putrescine 500ملغم .لتر$^{-1}$ والثالث coumaric acid 500 ملغم.لتر$^{-1}$ وبثلاث مكررات فيكون عدد الوحدات التجريبية 27 وحدة تجريبية. حللت النتائج باستخدام تحليل التباين للتأكد من وجود اختلافات معنوية بين الصفات المدروسة بواسطة البرنامج الإحصائي SPSS كما تحلل المتوسطات وتختبر المعنوية بحسب اختبار اقل فرق معنوي LSD عند مستوى احتمال 0.05 (بشير، 2003).

3. النتائج والمناقشة:

1- الكلوروفيل الكلي ملغم100 غم$^{-1}$

أظهرت نتائج الدراسة الموضحة في الجدول (2) تأثير التلوث وإضافة المعالجات والتفاعل بينهما على تركيز الكلوروفيل الكلي في وريقات فسائل نخيل التمر من صنف الحلاوي. تبين أن الملوثات كان لها تأثير معنوي واضح على محتوى الكلوروفيل في الوريقات، حيث تفوقت معاملة المقارنة وسجلت أعلى معدل بلغ 5.188 ملغم100غ$^{-1}$. في المقابل، سجلت معاملة الرصاص بتركيز 100 ملغم.كغم$^{-1}$ أدنى معدل لمحتوى الكلوروفيل، حيث بلغ 3.303 ملغم.100 غم$^{-1}$، بينما كان معدل التلوث بالرصاص بتركيز 300 ملغم.كغم$^{-1}$ 3.763 ملغم.100 غم$^{-1}$. كما لوحظ أن محتوى الكلوروفيل في الوريقات قد زاد مع إضافة المعالجات، حيث تفوقت معاملة البيوتريسين بشكل معنوي وسجلت أعلى معدل بلغ 4.382 ملغم.100 غم$^{-1}$، بينما كانت معاملة المقارنة أقل بمعدل 3.565 ملغم.100

غم$^{-1}$. وسجلت معاملة حامض الكومارك معدلًا بلغ 4.307 ملغم.100 غم$^{-1}$. أما بالنسبة لتأثير التفاعل بين الملوثات والمعالجات، فقد كان له تأثير معنوي كبير، حيث تفوق التفاعل بين معاملة المقارنة والبيوتريسين بأعلى معدل لمحتوى الكلوروفيل، والذي بلغ 5.611 ملغم.100 غم$^{-1}$، بفارق معنوي عن بقية التفاعلات. بينما سجل التفاعل بين معاملة الرصاص بتركيز 100 ملغم.كغم$^{-1}$ والمقارنة أقل معدل بلغ 2.980 ملغم.100 غم$^{-1}$. أخيرًا، أدى تداخل الرصاص بتركيز 300 ملغم.كغم$^{-1}$ مع حامض الكومارك والبيوتريسين إلى تحسين آثار التلوث وزيادة محتوى الكلوروفيل الكلي في الوريقات، حيث بلغ 4.106 و4.028 ملغم.100 غم$^{-1}$ على التوالي، مقارنةً بالتداخل بين معاملة الرصاص بتركيز 300 ملغم.كغم$^{-1}$ والمقارنة الذي سجل اقل قيمة بلغت 3.155 ملغم.100 غم$^{-1}$.

جدول (2) تأثير التلوث بالعناصر الثقيلة ومعالجات التلوث في محتوى الوريقات من الكلوروفيل الكلي (ملغم 100غم$^{-1}$وزن طري)

الملوثات	المعالجات			معدل الملوثات
	المقارنة	البيوتريسين	حمض الكوماريك	
المقارنة	4.560	5.611	5.393	5.188
الرصاص100ملغم.كغم$^{-1}$	2.980	3.508	3.421	3.303
الرصاص300ملغم.كغم$^{-1}$	3.155	4.028	4.106	3.763
معدل المعالجات	3.565	4.382	4.307	للتداخل=0.3115
LSD	للملوثات=0.1799		للمعالجات= 0.1799	

2- الكاروتينات ملغم.100غم$^{-1}$

أظهرت نتائج الدراسة الموضحة في الجدول (3) تأثير التلوث وإضافة المعالجات والتداخل بينهما على تركيز الكاروتينات في وريقات فسائل نخيل التمر من صنف الحلاوي. تبين أن محتوى الكاروتينات في الوريقات قد ازداد بشكل معنوي مع إضافة الملوثات، حيث سجلت معاملة الرصاص300ملغم.كغم$^{-1}$ أعلى تركيز بمعدل 3.393 ملغم 100غم$^{-1}$، متفوقةً بذلك على بقية المعاملات. في المقابل، سجلت معاملة المقارنة أدنى تركيز بلغ 1.477 ملغم .100غم$^{-1}$. كما كانت للمعالجات تأثيرات معنوية على محتوى الكاروتينات، حيث تفوقت معاملة المقارنة على بقية المعاملات بمعدل 3.28 ملغم .100غم$^{-1}$، بينما كانت معاملة البيوتريسين الأقل تركيزًا، حيث سجلت 2.014 ملغم .100غم$^{-1}$. أما بالنسبة للتداخل بين عاملي الملوثات والمعالجات، فقد سجل التداخل بين الرصاص300ملغم.كغم$^{-1}$ ومعاملة المقارنة أعلى معدل لمحتوى الوريقات من صبغة الكاروتينات، حيث بلغ 4.223 ملغم.100 غم$^{-1}$، مع فارق معنوي عن بقية التداخلات. في المقابل، سجل التداخل بين معاملة المقارنة والبيوتريسين أقل معدل، حيث بلغ 1.193 ملغم.100 غم$^{-1}$.

جدول (3) تأثير التلوث بالعناصر الثقيلة ومعالجات التلوث في محتوى الوريقات من الكاروتينات (ملغم.100 غم$^{-1}$)

الملوثات	المعالجات			معدل الملوثات
	المقارنة	البيوتريسين	حمض الكوماريك	
المقارنة	1.769	1.193	1.470	1.477
الرصاص100ملغم.كغم$^{-1}$	3.848	2.070	2.532	2.816

الرصاص300ملغم.كغم$^{-1}$	4.223	2.780	3.177	3.393
معدل المعالجات	3.28	2.014	2.393	للتداخل=0.1143
LSD	للملوثات=0.0660		للمعالجات= 0.0660	

يوثر الرصاص على نمو النبات من خلال تأثيره على عملية البناء الضوئي، حيث ان المعاملة بالرصاص 100 و300 ملغم.كغم$^{-1}$ قللت من محتوى الوريقات من الكلورفيل، وذلك بسبب تأثير الرصاص على بناء صبغة الكلوروفيل أما بالنسبة للكاروتينات فقد أدى الى زيادة الكاروتينات وذلك لأنها تدخل في النظام الدفاعي فنلاحظ زيادة لكن تعرضها لظروف الشد بعنصر الرصاص 100 و300 ملغم.كغم$^{-1}$، كما ساهم البيوتريسين و حمض الكوماريك في الحفاظ على مستويات الكاروتين مقارنة مع معاملة المقارنة، كما ان محتوى صبغة الكلوروفيل تقل بسبب نقص امتصاص العناصر الاساسية وقلة تواجدها كما في جدول NPK (4و5و6)، ويحدث تحلل للكلوروفيل بسبب زيادة انزيم chlorophyllase، اذ ان الرصاص يوثر بشكل كبير على كلورفيل B قياسا بتأثيره على كلوروفيل A (Nas and Ali., 2018)،وتتفق نتائج الدراسة الحالية مع العديد من الدراسات (Zouari *et al*., 2016 a; Zhang *et al* ., 2014; Gomes *et al.*, 2016 . ادت المعاملة بالمعالجات الطبيعية الى تحسين نمو النبات وزيادة محتوى الوريقات من الصبغات، وهذا حسن من امتصاص الماء والعناصر المعدنية وبالتالي يؤدي إلى زيادة كفاءة عملية البناء الضوئي وتحسين نمو النبات (Di Giuseppe *et al*.;2015).

اوضحت النتائج أن تعرض أشجار نخيل التمر إلى تراكيز عالية من الرصاص ادت إلى زيادة محتواها من صبغة الكاروتين مقارنة بالنباتات غير المعاملة على عكس ما توصلت إليه العديد من الدراسات حول تأثير إجهاد بعض المعادن الثقيلة على نباتات مختلفة، مثل إجهاد النحاس على نبات الذرة (Prasad *et al*.,1999) وعدد من المعادن الثقيلة على نبات Medicago Sativa (Chen *et al*.,2015) ويعزى هذا الاختلاف إلى نوع المعدن المدروس وتركيزه ونوع النبات ومدة التعرض وطريقة التعرض (Baek *et al*.,2012).

3- محتوى الوريقات من الكاربوهيدرات الكلية (ملغم غم$^{-1}$ وزن جاف)

بينت نتائج التحليل الإحصائي الموضحة في الجدول (4) تأثير الملوثات ومعالجات التلوث والتداخل بينهما على محتوى وريقات فسائل نخيل التمر من صنف الحلاوي من الكربوهيدرات. وقد أظهرت النتائج أن تأثير الملوثات كان معنويًا في محتوى الوريقات من الكربوهيدرات، حيث تفوقت معاملة المقارنة معنويًا وسجلت أعلى معدل بلغ 14.44 ملغم غم$^{-1}$، بينما سجلت معاملة الرصاص بمعدل 100 ملغم كغم$^{-1}$ أقل معدل بلغ 9.18 ملغم غم$^{-1}$، في حين كان تركيز الرصاص بمعدل 300 ملغم كغم$^{-1}$ يساوي 11.31 ملغم غم$^{-1}$،كما كان لمعالجات التلوث تأثير معنوي على محتوى الوريقات من الكربوهيدرات، إذ تفوقت معاملة البيوتريسين معنويًا على بقية المعاملات مسجلةً أعلى معدل بلغ 13.40 ملغم غم$^{-1}$بينما سجلت معاملة المقارنة أقل معدل بلغ 9.87 ملغم غم$^{-1}$.

أما بالنسبة للتداخل بين عاملي الملوثات ومعالجات التلوث، فقد سجل التداخل بين معاملة المقارنة والبيوتريسين أعلى معدل لمحتوى الوريقات من الكربوهيدرات، حيث بلغ 16.01 ملغم غم$^{-1}$، بفارق معنوي عن بقية التداخلات بينما سجل التداخل بين الرصاص بمعدل 100 ملغم كغم$^{-1}$ والمقارنة أقل معدل بلغ 7.91 ملغم غم$^{-1}$ بالإضافة إلى ذلك، أدى التداخل بين الرصاص بمعدل 300 ملغم كغم$^{-1}$ مع البيوتريسين وحامض الكومارك إلى تحسين آثار التلوث وزيادة محتوى الوريقات من الكربوهيدرات، حيث بلغ 13.50 و11.61 ملغم غم$^{-1}$ على التوالي.

جدول (4) تأثير التلوث بالعناصر الثقيلة ومعالجات التلوث في محتوى الوريقات من الكربوهيدرات (ملغم غم$^{-1}$)

الملوثات	المعالجات			معدل الملوثات
	المقارنة	البيوتريسين	حمض الكوماريك	
المقارنة	12.87	16.01	14.44	14.44
الرصاص100ملغم.كغم$^{-1}$	7.91	10.68	8.94	9.18
الرصاص300ملغم.كغم$^{-1}$	8.83	13.50	11.61	11.31
معدل المعالجات	9.87	13.40	11.66	للتداخل=1.008
LSD	للملوثات=0.582		للمعالجات= 0.582	

لقد حصل انخفاض في محتوى وريقات نخيل التمر من الكربوهيدرات بسبب المعاملة بالعناصر الثقيلة، وقد يعزى سبب ذلك الى التأثيرات السلبية لعنصر الرصاص حيث أن انخفاض محتوى الكربوهيدرات يعود الى انخفاض كفاءة البناء الضوئي نتيجة اختزل محتوى الوريقات من صبغات الكلوروفيل تحت تأثير المعاملة بالعناصر الثقيلة كما في جدول الكلوروفيل رقم (2) او يعود الى تأثير العناصر الثقيلة على الانزيمات المشاركة في دورة كالفن وتثبيت Co_2، اذ ان سمية العناصر الثقيلة او الإجهاد الناتج عن التلوث بالمعادن الثقيلة يعطل وظائف النبات الأساسية من خلال إضعاف العمليات الفسيولوجية والأيضية الرئيسية بما في ذلك التمثيل الضوئي وامتصاص الماء والمغذيات والنشاط الانزيمي مما ينتج عنه إجهادا تأكسدي يسبب تلف الانسجة الخلوية وانخفاض كبير في محتواها الغذائي (Jarin et al.,2025) . وتتفق نتائج الدراسة الحالية مع دراسة Zouari *et al* (2016 b) على نخيل التمر ومع Namuq) (2022 على نباتي الزيتون والدفلة. أدت المعاملة بمعالجات النمو الى زيادة محتوى الوريقات من الكربوهيدرات بسبب دورها في زيادة نمو وتطور النبات باعتبارها منظمات للنمو وتعمل كرسل هرمونية (Galston and Kaur-Sawhney.,1990).

أشارت الكثير من الدراسات الى دور البيوتريسين (Put) في التخفيف من ظروف الإجهاد المختلفة وخاصة عند المعاملة ببعض العناصر الثقيلة (Panahirad *et al*.,2023)، كما ان المعاملة بالبيوتريسين يحسن من كفاءة عملية البناء الضوئي ويحافظ على محتوى الكلوروفيل وبالتالي زيادة المواد المصنعة داخل الورقة (Gohari *et al*.,2021) وتتفق النتائج لهذه الدراسة حول تأثيرات البيوتريسين مع دراسة الشريفي (2022) على اشجار نخيل التمر صنف حلاوي و دراسة Alahe *et al* (2023) على اشجار التفاح صنف الكوفي.كما أن المعاملة بالعناصر الثقيلة تحفز النباتات على التخليق الحيوي لمركبات الأيض الثانوي وخاصة الفينولات، حيث ان المعاملة بحامض الكومارك يعمل على ازالة العناصر الثقيلة والتقليل من آثرها الضار وهذا يقلل من جذر الهيدروكسيل في النبات (Kumar *et al*.,2023).

4- محتوى الوريقات من الأحماض الأمينية الحرة الكلية (ملغم غم$^{-1}$مادة جافة)

بينت نتائج التحليل الإحصائي الموضحة في الجدول (5) تأثير الملوثات ومعالجات التلوث والتداخل بينهما على محتوى وريقات فسائل نخيل التمر من صنف الحلاوي من الأحماض الأمينية الحرة وقد أظهرت النتائج أن الملوثات كان لها تأثير معنوي في محتوى الوريقات من الأحماض الأمينية، حيث تفوقت معاملة الرصاص بمعدل 300 ملغم كغم$^{-1}$ معنويًا وسجلت أعلى معدل بلغ 4.735 ملغم غم$^{-1}$، بينما سجلت معاملة المقارنة أقل معدل بلغ 1.980 ملغم غم$^{-1}$.كما كان لمعالجات التلوث تأثير معنوي على محتوى الوريقات من الأحماض الأمينية الحرة، إذ تفوقت معاملة المقارنة معنويًا على بقية المعاملات، مسجلةً أعلى معدل بلغ 4.218 ملغم غم$^{-1}$،

في حين سجلت معاملة البيوتريسين أقل معدل بلغ 2.860 ملغم غم$^{-1}$.أما بالنسبة للتداخل بين عاملي الدراسة، فقد كان له تأثير معنوي، حيث تفوق التداخل بين معاملة الرصاص300ملغم.كغم$^{-1}$ والمقارنة بمعدل 5.313 ملغم غم$^{-1}$، بفارق معنوي عن بقية التداخلات بينما سجل التداخل بين معاملة المقارنة والبيوتريسين أقل معدل بلغ 1.783 ملغم غم$^{-1}$ بالإضافة إلى ذلك، أدى تداخل الرصاص بمعدل 100 ملغم كغم$^{-1}$ مع كل من البيوتريسين وحامض الكومارك إلى تأثير معنوي في خفض مستويات الأحماض الأمينية الحرة في الوريقات، حيث بلغت المعدلات 2.715 و3.356 ملغم غم$^{-1}$.

جدول (5) تأثير التلوث بالعناصر الثقيلة ومعالجات التلوث في محتوى الوريقات من الأحماض الأمينية الحرة (ملغم غم$^{-1}$)

الملوثات	المعالجات			معدل الملوثات
	المقارنة	البيوتريسين	حمض الكوماريك	
المقارنة	2.306	1.783	1.850	1.980
الرصاص100ملغم.كغم$^{-1}$	5.033	2.715	3.356	3.701
الرصاص300ملغم.كغم$^{-1}$	5.313	4.081	4.810	4.735
معدل المعالجات	4.218	2.860	3.339	للتداخل=0.2009
LSD	للملوثات=0.1160		للمعالجات= 0.1160	

هناك مجموعة كبيرة من النباتات المتحملة او الحساسة لإجهادات العناصر الثقيلة تمتلك نظام دفاعي يحميها مثل Phytochelates PCs و Metallothioneins MTs، وذلك بسبب القدرة على إزالة السمية للمعدن أو بسبب التوازن الخلوي والتي تتحد بشكل مباشر أو غير مباشر مع مضادات الأكسدة في النبات وبالتالي يقل تراكم المعدن الثقيل عند امتصاصه من قبل الجذور (Emamverdian,2015).

يعتبر الارتباط بالأحماض الأمينية من طرق استبعاد العناصر الثقيلة، اذ ازدادت الأحماض الأمينية الحرة الكلية عند معاملة نخيل التمر بالعناصر الثقيلة، اذ ان افراز الأحماض الأمينية يعتبر من آليات مقاومة النبات لتراكم العناصر الثقيلة، فهي تعمل على ربط Ligand لتكوين مركبات مخلبية مع أيونات العناصر الثقيلة، عند التعرض الى إجهاد العناصر الثقيلة يزداد تراكم الحوامض الأمينية Glycine, Threonine, Tyrosine Lysine التي لها دور فعال في زيادة تراكم المعدن وازالة سميته (Kocaman,2022)، تتفق هذه الدراسة مع دراسة الجابري (2017) على نخيل التمر المعامل بالرصاص .كما أظهرت نتائج الدراسة أن تركيز الأحماض الأمينية الحرة في وريقات نخيل التمر قد ارتفع بشكل واضح في النباتات المعرضة لإجهاد الرصاص300ملغم.كغم$^{-1}$ لأن إجهاد التلوث قد يسبب في رفع الأحماض الأمينية الكلية نتيجة لتحطيم البروتينات من جهة ومن جهة أخرى تعتبر كوسيلة دفاعية من قبل النبات ضد الإجهاد ويمكن أن يعزى ارتفاع الأحماض الأمينية الحرة إلى تحطيم البروتينات Protein degradation في النباتات او عدم قدرة النباتات على بناء البروتين تحت إجهاد العناصر الثقيلة، إذ أشارت عدد من الدراسات إلى ارتفاع فعالية بعض الانزيمات المحللة للبروتين مثل انزيم Protease في النباتات المعرضة لإجهاد العناصر الثقيلة وفضلاً عن دور الأحماض الأمينية الحرة في استجابة النبات لإجهاد العناصر الثقيلة فهي تلعب دورا مهما كجزيئات اشارة وتنظيم الأسموزية وإزالة السمية وعوامل خلب (Xue , 2013) *et al* وأن إضافة معالجات الإجهاد قد سببت انخفاض ملحوظ في مستويات الأحماض الأمينية في الوريقات مقارنة بالنباتات غير المعاملة بمعالجات التلوث.

5- محتوى الوريقات من البرولين (مايكروغم غم$^{-1}$ مادة جافة)

أوضحت نتائج الدراسة الموضحة في الجدول (6) تأثير الملوثات ومعالجات التلوث والتداخل بينهما على محتوى وريقات فسائل نخيل التمر من صنف الحلاوي من الحامض الأميني البرولين. وقد أظهرت النتائج أن الملوثات كان لها تأثير معنوي في محتوى الوريقات من الحامض الأميني البرولين، حيث تفوقت معاملة الرصاص بمعدل 300 ملغم كغم$^{-1}$ معنويًا على معاملة الرصاص بمعدل 100 ملغم كغم$^{-1}$ والمقارنة، مسجلةً أعلى معدل بلغ 9.955 مايكروغم غم$^{-1}$، بينما سجلت معاملة المقارنة أقل معدل بلغ 4.221 مايكروغم غم$^{-1}$، كما كان لإضافة المعالجات أثر واضح في محتوى الوريقات من الحامض الأميني البرولين، حيث تفوقت معاملة المقارنة معنويًا على بقية المعاملات، مسجلةً أعلى معدل بلغ 9.102 مايكروغم غم$^{-1}$، في حين سجلت معاملة البيوتريسين أقل معدل من الحامض الأميني البرولين، حيث بلغ 5.926 مايكروغم غم$^{-1}$.

أما بالنسبة للتداخل بين عاملي الدراسة، فقد سجل التداخل بين الرصاص بمعدل 300 ملغم كغم$^{-1}$ والمقارنة أعلى معدل لمحتوى الوريقات من الحامض الأميني البرولين، حيث بلغ 11.255 مايكروغم غم$^{-1}$، بفارق معنوي عن بقية التداخلات. بينما سجل التداخل بين معاملة المقارنة والبيوتريسين أقل معدل لمحتوى الوريقات من الحامض الأميني البرولين، حيث بلغ 3.221 مايكروغم غم$^{-1}$. بالإضافة إلى ذلك، كان لتداخل معاملة الرصاص بمعدل 100 ملغم كغم$^{-1}$ مع كل من البيوتريسين وحامض الكومارك تأثير معنوي في خفض مستويات الحامض الأميني البرولين في الوريقات، حيث بلغت المعدلات 5.658 و8.632 مايكروغم غم$^{-1}$ على التوالي.

جدول (6) تأثير التلوث بالعناصر الثقيلة ومعالجات التلوث في محتوى الوريقات من الحامض الاميني البرولين (مايكروغم غم$^{-1}$)

الملوثات	المعالجات			معدل الملوثات
	المقارنة	البيوتريسين	حمض الكوماريك	
المقارنة	5.070	3.221	4.372	4.221
الرصاص100ملغم.كغم$^{-1}$	10.980	5.658	8.632	8.423
الرصاص300ملغم.كغم$^{-1}$	11.255	8.900	9.710	9.955
معدل المعالجات	9.102	5.926	7.571	للتداخل=0.2679
LSD	للملوثات=0.1547		للمعالجات= 0.1547	

يؤدي البرولين أدوار مهمة في تكييف النباتات والتغلب على ظروف الإجهاد عن طريق إرسال اشارات معينة، ويزداد تراكم البرولين في حالة الإجهاد بالعناصر الثقيلة بسبب انخفاض استخدامه او حصول التحلل المائي للبروتينات وهذا بدوره يساعد على استقرار الخلايا وإزالة الجذور الحرة وتقليل الأكسدة والاختزال وخلب العناصر الثقيلة وتنظيم عمل الوظائف الخلوية وتحفيز عملية التعبير الجيني(Kaur and Asthir,2015). وكذلك يزداد محتوى البرولين لغرض التعديل الازموزي وتحسين المحتوى المائي للنبات. بينت نتائج الدراسة أن المعاملة بالعناصر الثقيلة (الرصاص) زاد من محتوى الوريقات من البرولين. يتغير المسار الفسيولوجي والكيمائي والحيوي عند تعرض النباتات لأنواع الشد اللاحيوي، لذلك طورت النباتات العديد من الآليات التي تقلل من انواع الشد المختلفة وأهمها تراكم الحامض الأميني البرولين الذي يعتبر من المنظمات الأزموزية، ويزداد تراكم البرولين تحت ظروف الشد الذي بسبب زيادة المحتوى المائي في الانسجة النباتية وحماية النشاط الانزيمي لعملية البناء الضوئي وازالة للجذور الحرة المتكونة (Ahanger *et al.*,2013). يختلف محتوى النبات من البرولين حسب المعدن الثقيل والعضو النباتي، حيث أن تراكم البرولين يعتبر أحد آليات تكييف

النبات Adaptation Response من خلال قدرة البرولين على خلب المعدن وارتباطه به، كما يزداد تكون مضادات الأكسدة وزيادة محتوى MDA عند زيادة محتوى لنبات من البرولين (Hassan *et al*.,2021)، تتفق مع دراسة الجابري (2017).

تعتبر إضافة المعالجات الطبيعية أحد الاستراتيجيات المهمة المستخدمة للتقليل من الآثار السمية بالعناصر الثقيلة بسبب أدوارها الفسيولوجية التي توثر على عمليات النمو، إذ تستخدم المعالجات لزيادة امتصاص العناصر الغذائية من قبل النبات وتحسين العمليات الفسيولوجية وتحمل ظروف الإجهادات وبالتالي المساعدة في نمو وتطور النبات (Drobek *et al*.,2019)

6- محتوى الوريقات من الفينولات ملغم غم$^{-1}$

تشير نتائج التحليل الإحصائي الموضحة في الجدول (7) إلى تأثير الملوثات ومعالجات التلوث والتداخل بينهما على محتوى وريقات فسائل نخيل التمر من صنف الحلاوي من الفينولات. وقد أظهرت النتائج أن الملوثات كان لها تأثير معنوي في محتوى الوريقات من الفينولات، حيث تفوقت معاملة الرصاص بمعدل 300 ملغم كغم$^{-1}$ معنويًا على بقية المعاملات، مسجلةً أعلى معدل بلغ 8.488 ملغم غم$^{-1}$، بينما سجلت معاملة المقارنة أقل معدل لمحتوى الوريقات من الفينولات، حيث بلغ 5.174 ملغم غم$^{-1}$، كما كان لمعالجات التلوث تأثير معنوي على محتوى الوريقات من الفينولات، إذ تفوقت معاملة المقارنة معنويًا على بقية المعاملات، مسجلةً أعلى معدل بلغ 8.315 ملغم غم$^{-1}$، في حين سجلت معاملة البيوتريسين أقل معدل بلغ 6.055 ملغم غم$^{-1}$.أما بالنسبة للتداخل بين عاملي الدراسة، فقد سجل التداخل بين الرصاص بمعدل 300 ملغم كغم$^{-1}$ والمقارنة أعلى معدل لمحتوى الوريقات من الفينولات، حيث بلغ 9.807 ملغم غم$^{-1}$، بفارق معنوي عن بقية التداخلات. بينما سجل التداخل بين معاملة المقارنة والبيوتريسين أقل معدل لمحتوى الوريقات من الفينولات، حيث بلغ 4.785 ملغم غم$^{-1}$، بالإضافة إلى ذلك، كان لتداخل الرصاص بمعدل 100 ملغم كغم$^{-1}$ مع كل من البيوتريسين وحامض الكومارك تأثير معنوي في خفض مستويات المواد الفينولية في الوريقات، حيث بلغت المعدلات 5.946 و6.543 ملغم غم$^{-1}$ بالتتابع.

جدول (7) تأثير التلوث بالعناصر الثقيلة ومعالجات التلوث في محتوى الوريقات من الفينولات (ملغم غم$^{-1}$)

الملوثات	المعالجات			معدل الملوثات
	المقارنة	البيوتريسين	حمض الكوماريك	
المقارنة	5.693	**4.785**	5.043	5.174
الرصاص100ملغم.كغم$^{-1}$	9.445	5.946	6.543	7.312
الرصاص300ملغم.كغم$^{-1}$	9.807	7.435	8.224	8.488
معدل المعالجات	8.315	6.055	6.603	**للتداخل**=0.1882
LSD	**للملوثات=0.1087**		**للمعالجات= 0.1087**	

تستخدم النباتات أنواع مختلفة من مضادات الأكسدة غير الأنزيمية عند التعرض لظروف الإجهادات المختلفة وأهمها المركبات الفينولية، تحتوي المركبات الفينولية على نواتج ايضية مختلفة تعمل كمضادات للأكسدة مثل الفلافوندات والتانينات واللكنين إذ تحافظ على الخلايا النباتية من اضرار الأكسدة عن طريق ازالة انواع الاوكسجين الحرة وتكوين مخالب لأيونات الفلزات وتثبيط بيروكسيد الهيدروجين عن طريق كسر تفاعلات السلسلة المكونة له بارتباطها بجذر Alkoxyl، يزداد البناء الحيوي للفينولات في حالات الإجهاد وخاصة الإجهاد بالعناصر الثقيلة، فقد بينت النتائج ارتفاع محتوى الوريقات من الفينولات عند المعاملة بالرصاص 100 و300

ملغم.كغم$^{-1}$ وقد يعود السبب بسبب قدرتها على أعطاء النباتات مقاومة ضد الإجهادات، إذ تعتبر مضاد للأكسدة بسبب منحها لأيونات الهيدروجين وإنتاج جزيئات مضادة للأكسدة قادرة على إزالة أنواع ROS. تؤدي المعاملة بعنصر الرصاص100 و300 ملغم.كغم$^{-1}$ الى زيادة تراكم PAL (Phenylalamino ammonia – lyase) و TAL (tyrosine ammonia – lyase) وهي انزيمات مهمة تساعد في زيادة التخليق الحيوي للـ Phenylpropanoid (Fraser and Chapple,2011)، حيث أن مسار Phenylpropanoid يشجع من زيادة تخليق مركبات غير انزيمية مثل الفلافونويدات، الكومارين، واللكنين التي تحمي النبات من إجهادات الأكسدة (Vogt,2010). تزداد المواد الفينولية عند المعاملة بعنصر الرصاص وذلك بسبب الدور الفعال للعنصر في بناء ونقل وأيض المركبات الفينولية وايضا الدور الفعال لأنزيم phenylalanine ammonia- lyase (PAL) المسؤول عن زيادة تركيزها (Kovacik *et al*.,2006). وتتفق نتائج الدراسة الحالية مع Kisa *et al* (2016) في دراستهم على نبات الذرة الصفراء المعاملة بالرصاص.

للمعالجات دور في تنظيم إنتاج مركبات الأيض الثانوي بما في ذلك البولفينول والتي تعمل في النباتات كإشارات تؤدي إلى حصول استجابة للدفاع ضد أنواع الشد اللاحيوي (Drobek *et al*.,2019). تستخدم المعالجات للتقليل من الآثار الضارة للعناصر الثقيلة.

4. الخاتمة:

أثبتت مركبات البولي أمينات (البيوتريسين) وحامض الكومارك كفاءة عالية كمحسنات تربة ومضادات إجهاد، حيث ساهمت بشكل مباشر في دعم المنظومة الدفاعية والتمثيلية لفسائل نخيل التمر صنف الحلاوي تحت ظروف الإجهاد بسمية الرصاص.

5. التوصيات:

توصي الدراسة بالتوسع في استخدام البيوتريسين وحامض الكومارك كتقنية واعدة وصديقة للبيئة في استصلاح الترب الملوثة بالعناصر الثقيلة، لحماية بساتين النخيل في المناطق الجنوبية وتأمين إنتاجيتها الاقتصادية والغذائية.

6. المصادر:

1.6. المصادر العربية:

بشير، سعد زغلول. (2003). دليلك إلى البرنامج الإحصائي . SPSS الإصدار العاشر. المعهد العربي للتدريب والبحوث الإحصائية: ص 159 – 170.

الجابري، خير الله موسى عواد (2017). التغاير الموسمي للتلوث بالمعادن الثقيلة وتأثير معاملة الكادميوم والرصاص في بعض الصفات الكيميوحيوية والتشريحية والوراثية لنخيل التمر (*Phoenix dactylifera* L .) صنف البرحي. أطروحة دكتوراه -كلية العلوم -جامعة البصرة – العراق –ص 206.

الشريفي، أسيل علي فرهود عودة (2022). تأثير الرش بالكلوتاثيون والبيوتريسين في بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لنخيل التمر صنف الحلاوي رسالة ماجستير. كلية الزراعة، جامعة البصرة. العراق. ص 108

الربيعي، باقر جلاب هادي. (2021). المعادن الثقيلة وتأثيرها على النبات. كلية الزراعة، جامعة المثنى، الطبعة الأولى الجزء الأول: ص. 878

مطر، عبد الأمير مهدي (1991). زراعة النخيل وانتاجه. مطبعة دار الحكمة. جامعة البصرة: ص 420.

2.6. المصادر الأجنبية:

Ahanger, M. A., Tyagi, S. R., Wani, M. R., & Ahmad, P. (2013). Drought tolerance: role of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. In *Physiological Mechanisms and Adaptation Strategies in Plants Under Changing Environment: Volume 1* (pp. 25-55). New York, NY: Springer New York.

Alah, A. E. S., & Al Aareji, J. M. A. (2023, July). Effect of Phosphorus and Polyamine Fertilizers on Leaves N, P, K, Chlorophyll, Protein and Carbohydrates Concentrations of Kufi Apple Transplants. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1213, No. 1, p. 012059). IOP Publishing.

Baek S., Han T., Ahn S., Kang H., Cho M. R., Lee S. and Im K. (2012). Baek, S. A., Han, T., Ahn, S. K., Kang, H., Cho, M. R., Lee, S. C., & Im, K. H. (2012). Effects of heavy metals on plant growths and pigment contents in Arabidopsis thaliana. *The Plant Pathology Journal*, *28*(4), 446-452.

Chen, F., Wang, S., Mou, S., Azimuddin, I., Zhang, D., Pan, X., ... & Mortuza, M. G. (2015). Physiological responses and accumulation of heavy metals and arsenic of Medicago sativa L. growing on acidic copper mine tailings in arid lands. *Journal of geochemical exploration*, *157*, 27-35.

Di Giuseppe, D., Faccini, B., Melchiorre, M., Ferretti, G., Coltorti, M., Ciuffreda, G., & Zago, A. (2015). Yield and quality of maize grown on a loamy soil amended with natural chabazite zeolitite. *EQA-International Journal of Environmental Quality*, *17*, 35-45.

Dobois, M.K.; Crills, K.A. ; Hamiltor, J.K. ; Rebers, D.A. & Smith,F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and substances. Anal. Chem., 28: 350-356.

Drobek, M., Frąc, M., & Cybulska, J. (2019). Plant biostimulants: Importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress—A review. *Agronomy*, *9*(6), 335.

Emamverdian, A., Ding, Y., Mokhberdoran, F., & Xie, Y. (2015). Heavy metal stress and some mechanisms of plant defense response. *The scientific world journal*, *2015*(1), 756120.

Fraser, C. M., & Chapple, C. (2011). The phenylpropanoid pathway in Arabidopsis. *The Arabidopsis Book/American Society of Plant Biologists*, *9*, e0152.

Galston, A. W., & Sawhney, R. K. (1990). Polyamines in plant physiology. *Plant physiology*, *94*(2), 406-410.

Gohari, G., Panahirad, S., Sadeghi, M., Akbari, A., Zareei, E., Zahedi, S. M., ... & Fotopoulos, V. (2021). Putrescine-functionalized carbon quantum dot (put-CQD) nanoparticles effectively prime grapevine (Vitis vinifera cv.'Sultana') against salt stress. *BMC Plant Biology*, *21*(1), 120.

Gomes, M. P., Le Manac'h, S. G., Maccario, S., Labrecque, M., Lucotte, M., & Juneau, P. (2016). Differential effects of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) on photosynthesis and chlorophyll metabolism in willow plants. *Pesticide biochemistry and physiology*, *130*, 65-70.

Hassan, M., Israr, M., Mansoor, S., Hussain, S. A., Basheer, F., Azizullah, A., & Ur Rehman, S. (2021). Acclimation of cadmium-induced genotoxicity and oxidative stress in mung bean seedlings by priming effect of phytohormones and proline. *Plos one*, *16*(9), e0257924.

Howrtiz, W. (1975). Official methods of Analysis. Association of official Analyticl chemists, Washington, D.C., U.S.A.

Idhi, Iqbal, N., & Khan, N. A. (2025). Polyamines Interaction with Gaseous Signaling Molecules for Resilience Against Drought and Heat Stress in Plants. *Plants*, *14*(2), 273. https://doi.org/10.3390/plants14020273

Jarin, A. S., Khan, M. A. R., Apon, T. A., Islam, M. A., Rahat, A., Akter, M., Anik, T. R., Nguyen, H. M., Nguyen, T. T., Ha, C. V., & Tran, L.-S. P. (2025). Plant Responses to Heavy Metal Stresses: Mechanisms, Defense Strategies, and Nanoparticle-Assisted Remediation. *Plants*, *14*(24), 3834. https://doi.org/10.3390/plants14243834.

Kaur, G., & Asthir, B. J. B. P. (2015). Proline: a key player in plant abiotic stress tolerance. *Biologia plantarum*, *59*(4), 609-619.

Kisa, Dursum; Elmastas, Mahfuz; Ozturk, Lokman and Kayir, Kayn. (2016). Responses of the Phenolic Compounds of Zea mays under Heavy Metal Stress. *Applied Biological Chemistry*, 59, 813-820.

Kocaman. A. (2022). Combined interactions of amino acids and organic acids in heavy metal binding in plants. Plant Signaling and Behavior. 18(1): (12 pages). https://doi.org/10.1080/15592324.2022.2064072

Kumar, K.; Debnath, P.; Singh, S and Kumar,N.(2023). An overview of plant phenolics and their involvement in abiotic stress tolerance, Stresses, 570–585. https://doi.org/10.3390/stresses3030040

Li, X., et al. (2023). Plants' molecular behavior to heavy metals: from criticality to toxicity. *Frontiers in Plant Science*, 14, 114-129.

Melo, E. A.; Filho, J. M. & Guerra, N. B. (2005). Characterization of antioxidant compounds in aqueous coriander extract. Lebensm. Wiss.u. – Techno., 38:15-19.

Moore, S. & Stein, W.H. (1954). In: Colowick, M.s. and Kaplan,N.O. (ed)Methods in Enzymology. Vol./T/. Academic Preos, New York.

Namuq, M.A. (2022). Effect of some heavy metals on carbohydrates, proteins compounds content in Olive and oleander leaves at three intersection of Tikrit streets. Rafidain Journal of Science.2(31): 10-21.

Nas, F. S., & Ali, M. (2018). The effect of lead on plants in terms of growing and biochemical parameters: a review. *MOJ Ecol. Environ. Sci*, *3*(4), 265-268.

Panahirad, S., Gohari, G., Mahdavinia, G., Jafari, H., Kulak, M., Fotopoulos, V., ... & Dadpour, M. (2023). Foliar application of chitosan-putrescine nanoparticles (CTS-Put NPs) alleviates cadmium toxicity in grapevine (Vitis vinifera L.) cv. Sultana: modulation of antioxidant and photosynthetic status. *BMC Plant Biology*, *23*(1), 411.

Pei, K., Ou, J., Huang, J., & Cao, S. (2016). *p-Coumaric acid and its conjugates: Dietary sources, pharmacokinetic properties and biological activities.* Journal of the Science of Food and Agriculture, 96(9), 2952-2962.

Porra, R. J. (2002). The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. *Photosynthesis research*, *73*(1), 149-156.

Prasad, K. V. S. K., Saradhi, P. P., & Sharmila, P. (1999). Concerted action of antioxidant enzymes and curtailed growth under zinc toxicity in Brassica juncea. *Environmental and experimental Botany*, *42*(1), 1-10.

Rahman H, Vikram P, Hammami Z and Singh RK (2022) Recent advances in date palm genomics: A comprehensive review. Front. Genet. 13:959266. doi: 10.3389/fgene.2022.959266

Shahid, M. A., et al. (2023). Heavy Metals Stress in Plants: A Comprehensive Review on Impact and Tolerance. *Plants*, 12(14), 2658. https://doi.org/10.3390/plants12142658

Troll, W., & Lindsley, J. (1955). A photometric method for the determination of proline. *Journal of biological chemistry*, *215*(2), 655-660.

Vogt, T. (2010). Phenylpropanoid biosynthesis. Mol. Plant, 3, 2–20.

Wang, Y., et al. (2023). Polyamines in Plants: Biosynthesis, Functions, and Their Role in Abiotic Stress Tolerance. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(10), 8532. https://doi.org/10.3390/ijms24108532.

Xue, Z. C., Gao, H. Y., & Zhang, L. T. (2013). Effects of cadmium on growth, photosynthetic rate and chlorophyll content in leaves of soybean seedlings. *Biologia Plantarum*, *57*(3), 587-590.

Yassin, M., et al. (2024). Urban Heavy Metal Pollution Monitoring Using Ficus nitida as a Bioindicator. Ecologies, 5(1), 2-15. (Originally conducted and presented in 2023

Zaid, A., et al. (2023). Synergistic effect of polyamines and phenolic acids in modulating antioxidant machinery and osmotic potential under heavy metal stress. Journal of Plant Growth Regulation, 42(5), 1102-1118.

Zhang, X., Zhang, X., Gao, B., Li, Z., Xia, H., Li, H., & Li, J. (2014). Effect of cadmium on growth, photosynthesis, mineral nutrition and metal accumulation of an energy crop, king grass (Pennisetum americanum× P. purpureum). *Biomass and Bioenergy*, *67*, 179-187.

Zouari, M., Ahmed, C. B., Zorrig, W., Elloumi, N., Rabhi, M., Delmail, D., ... & Abdallah, F. B. (2016). Exogenous proline mediates alleviation of cadmium stress by promoting photosynthetic activity, water status and antioxidative enzymes activities of young date palm (Phoenix dactylifera L.). *Ecotoxicology and environmental safety*, *128*, 100-108.

Zouari, M.; Elloumi, N.; Ben Ahmed, C.; Delmail, D.;Ben Rouina, B.;Ben Abdallah, F. and Labrousse P. (2016 b). Exogenous proline enhances growth mineral uptake, antioxidant defense and reduced cadmium induced oxidative damage in young date palm (Phoenix dactylifera L.) Ecol. Eng., 86: 202-209.

جميع الحقوق محفوظة © IJRSP (2026) (م.د/ عقيلة مهدي صالح، م.د/ فراس مهدي عباس الحمود، الباحثة/ تغريد محمود خضير الفرجاوي، أ.د/ منتهى عبد الزهرة عاتي، م.د/ منتهى جواد كاظم). تُنشر هذه الدراسة بموجب ترخيص المشاع الإبداعي (CC BY-NC 4.0).

This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Doi: https://doi.org/10.52133/ijrsp.v7.80.5