

تأثير المعادن الثقيلة في المؤشرات الكيموحيوية لنخيل التمر *Phoenix dactylifera* L.

(مقال مراجعة)

*حسين محمد غباش مرتضى شنان عودة احمد زاير رسن

قسم البستنة وهندسة الحدائق - كلية الزراعة - جامعة البصرة-البصرة-العراق.

[*hassanain.gabash@uobasrah.edu.iq](mailto:hassanain.gabash@uobasrah.edu.iq)

الخلاصة

نخيل التمر *Phoenix dactylifera* L. هي شجرة فاكهة مهمة اقتصادياً تزرع على نطاق واسع في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. ومع ذلك وبسبب الأنشطة الصناعية والعوامل البشرية ، تتعرض مزارع نخيل التمر بشكل متزايد لتلوث المعادن الثقيلة في التربة. وقد تم تحديد المعادن الثقيلة مثل الرصاص والكاديوم كملوثات رئيسية تؤثر على البيئة وتشكل مخاطر محتملة على صحة الإنسان. تلخص المراجعة الحالية فهم لكيفية تأثير التعرض للمعادن الثقيلة على السمات الكيمائية الحيوية المختلفة في أوراق النخيل. يناقش تأثير المعادن الثقيلة على صبغات التمثيل الضوئي ، والإنزيمات المضادة للأكسدة ، واكسده دهون الاغشية، ومحتوى البروتين ، وغيرها من الصفات الكيموحيوية الرئيسية. يمكن أن يؤدي تراكم المعادن الثقيلة في أوراق نخيل التمر إلى تعطيل عمليات التمثيل الضوئي ، مما يؤدي إلى انخفاض محتوى الكلوروفيل والكاروتين. وعلاوة على ذلك، فإن المعادن الثقيلة تحفز الإجهاد التأكسدي عن طريق توليد أنواع الأوكسجين التفاعلية (ROS)، والتي بدورها تؤثر على أنشطة الانزيمات المضادة للأكسدة وزيادة اكسدة دهون الاغشية. يسلط المقال الضوء أيضاً على أهمية دراسة الاستجابات الكيموحيوية لأوراق النخيل لإجهاد المعادن الثقيلة كمؤشرات حيوية محتملة لرصد وتقييم التلوث البيئي. و الحاجة إلى دراسات شاملة لتحديد تراكيز عتبة المعادن الثقيلة التي تؤدي إلى تغييرات كيميائية حيوية كبيرة في أوراق النخيل و يمكن أن يساعد فهم هذه التأثيرات في تطوير استراتيجيات للتخفيف من تلوث المعادن الثقيلة وآثاره الضارة على زراعة نخيل التمر.

الكلمات المفتاحية: التلوث ، الكربوهيدرات ، الكلوروفيل ، أنواع الأوكسجين التفاعلية ، بيروكسيد الهيدروجين.

المقدمة

تتنمي نخلة التمر *Phoenix dactylifera* L. الى العائلة النخيلية *Arecaceae* وهي من أشجار الفاكهة تحت الاستوائية ، وتنتشر زراعتها في العراق وبعض مناطق الشرق الاوسط . (Barrevel,1993) تعد مشكلة التلوث البيئي بمكوناتها من تربة ومياه وهواء من أهم المشاكل التي تهدد الكائنات الحية ، بل تكاد تكون مشكلة العصر اذ يؤثر التلوث البيئي الذي يحدث كماً أو نوعاً في الصفات الكيميائية والفيزيائية والحيوية لعناصر البيئة وينعكس أثره على الكائنات الحية وذلك للمعيشية التكافلية بين عناصر البيئة والمملكتين النباتية والحيوانية (المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، 1999). هناك العديد من الأسباب التي تساهم وبشكل كبير في زيادة مستويات التلوث في أوراق أشجار النخيل والتي منها زيادة انبعاث عوادم السيارات ودقائق الدخان والأتربة والغبار والهيدروكربونات النفطية فضلاً عن المعادن الثقيلة التي تعد من بين أخطر هذه الملوثات حيث تكمن خطورتها كونها تميل إلى التراكم في التربة وانسجة الكائنات الحية بسبب عدم تحللها (Alloway, 1995; Dalman et al ., 2006) . إذ تعد المعادن الثقيلة الناتجة من المصادر البشرية المتنوعة مثل النفايات السائلة الصناعية والجريان السطحي لنفايات المدن ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي والجريان السطحي لمبيدات الآفات الزراعية وعمليات التعدين التي تجري بشكل متزايد قد أثرت بشكل تدريجي على النظم البيئية في جميع أنحاء العالم .(Wang et al., 2006) ولقد أصاب القطاع الزراعي نصيب كبير من آثار هذه المشكلة ولا سيما في المناطق المتأثرة بالمنشآت الصناعية والقريبة من مراكز المدن وشبكات النقل والتي تتركز فيها الملوثات عند انبعاث الغازات في الهواء ملوثة إياه ثم تعود لتستقر بتأثيراتها السامة في الماء والتربة والنبات والأجهزة التنفسية للإنسان والحيوان (الكواز ، 2003) . لا يوجد تعريف واضح للمعادن الثقيلة لكن اتخذت الكثافة في معظم الحالات لتكون هي العامل الحاسم. وبذلك تعرف على انها كافة المعادن التي تزيد كثافتها عن 5 غم سم⁻³ ، وما يقل عنها تسمى بالمعادن الخفيفة (Light metals) تؤدي بعض هذه المعادن دوراً مهماً في حياة الأحياء وفعاليتها البيولوجية المختلفة ، الا انها تشكل مصدراً أخطرًا للتلوث (Jarup,2003) لذلك قسمت المعادن الثقيلة على أساس دورها في الأنظمة الحيوية الى مجموعتين الضرورية وغير الضرورية. المعادن الضرورية هي تلك التي تحتاجها الكائنات الحية من اجل نموها وتمثيلها الغذائي وتطور وظائفها الفسيولوجية مثل الزنك ، النيكل ، المنغنيز ، الكروم ، النحاس ، الحديد وغيرها ولكن هذه العناصر يمكن أن تؤدي بسهولة إلى التسمم عندما يكون تركيزها أكبر من القيم المثلى. في حين أن المعادن غير الضرورية هي تلك التي لا تحتاجها الكائنات الحية و لا تؤدي أي وظيفة فسيولوجية معروفة كعناصر مغذية وانما تظهر سمية للنباتات والاحياء الدقيقة مثل الفضة ، الزئبق ، الكاديوم ، الرصاص ، الالمنيوم ، الزرنيخ وغيرها (Rascio ; Mertz ,1981, Ali et al.,2012; Izzo,2011 and

تهدف المراجعة الحالية لدراسة الاستجابات الكيموحيوية لأوراق النخيل لإجهاد المعادن الثقيلة كمؤشرات حيوية محتملة لرصد وتقييم التلوث البيئي

استخدام أوراق نخيل التمر كمراقب حيوي للتلوث بالمعادن الثقيلة

يعرف المراقب الحيوي Biomonitor أنه الاستخدام المنتظم للكائنات الحية أو استجاباتها لتحديد حالة أو حدوث تغيرات بيئية (Ram et al., 2015). وتعتبر مراقبة البيئة باستخدام النباتات تقنية فعالة من حيث التكلفة ولأنها صديقة للبيئة وتوفر معلومات كافية عن المخاطر المرتبطة بالتعرض ومن ناحية أخرى، تسمح الطرق البيولوجية بالتقييم المباشر للمخاطر من التعرض (Joshi et al. 2009) فضلاً عن كونها كائنات ثابتة (غير متحركة) وأكثر حساسية للملوثات في الجو (Balasooriya et al., 2009). ويجب توفر بعض الشروط في النباتات المختارة كمراقبات حيوية بحيث يمكن معرفتها وتشخيصها بسهولة في الميدان، ولديها استجابات مميزة قادرة على التنبؤ بكيفية استجابة الأنواع أو النظام البيئي للإجهاد، موزعة على مدى واسع في النطاق الجغرافي للتلوث، من السهل أخذ عينات بشكل متكرر على مدار العام من أجل معالجة التقلبات الزمنية وفضلاً عن كونها ميسورة التكلفة (Joshi et al. 2009 ; Wolterbeek, 2002). أن تراكم المعادن الثقيلة في التربة وارتفاع تراكيزها في محلولها يؤدي إلى امتصاصها من قبل النباتات إذ تتميز بمقدرتها على مراكمة الملوثات الموجودة في اجزائها الهوائية عن طريق نقلها بواسطة المجموع الجذري فضلاً عن مراكمة الملوثات عن طريق الترسيب الجاف أو الرطب تبعاً للعوامل الجوية المؤثرة من حيث الرياح والرطوبة والأمطار (Mulgrew and Williams, 2000 ; Guo et al., 2013) هناك العديد من الدراسات التي اهتمت باستخدام النباتات ومنها اشجار نخيل التمر كمراقب حيوي للتلوث بالمعادن الثقيلة، ففي دراسة (Aksoy and Ozturk (1996 استخدمت اشجار نخيل التمر كمراقب حيوي Biomonitor للتلوث بالمعادن الثقيلة (الرصاص و الكاديوم و الزنك و النحاس) في مدينة انطاليا التركية ووجدت نتائجها ان تراكم جميع المعادن المدروسة في محتوى الأوراق كان عالياً في المواقع القريبة من جوانب الطرق في المدنية، بينما كان التراكم قليلاً في أوراق الأشجار المأخوذة من المواقع القريبة من القرى (الريف). كما استخدم (Bu-Olayan and Thomas 2002) أشجار النخيل كمراقب حيوي في 12 موقعاً في مدينة الكويت-الكويت شملت مواقع الصناعية و طرق سريعة والمدنية، وظهرت نتائجها زيادة في تراكم الرصاص في العينات التي جمعت من المواقع الصناعية، بينما سجلت العينات التي جمعت من المدن أقل تراكم للرصاص، وكذلك بينت دراسة (Divriki et al. (2006 التي استخدمت أشجار النخيل كمراقب حيوي للتلوث بالمعادن الثقيلة (الحديد، النحاس، الزنك، الرصاص، الكاديوم، النيكل، الكروم والمنغنيز) أثناء موسم الجفاف وجود تراكيز عالية من المعادن الثقيلة في أوراق الأشجار القريبة من المواقع ذات حركة المرور الكثيفة مع تأثير وجود علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية بين حجم حركة المرور الكثيفة وتراكيز المعادن الثقيلة في أوراق الاشجار. كما أكد بلاسم واخرون (2009) عند دراستهم تأثير الرصاص على بساتين النخيل المزروعة بالصنفين (الزهدي والخستاوي) المحيطة بمصفاى الدورة النفطى في بغداد-العراق والتي تبعد مسافات تبلغ (1، 2، 3 كم) من المصفاى وجود تراكم عال من الرصاص وبتراكيز معنوية في أوراق الأشجار القديمة والحديثة المأخوذة على بعد (1 كم) ولكلا الصنفين بالمقارنة مع موقع السيطرة والذي يبعد (50 كم) من المصفاى اذ سجل أقل تراكم للرصاص في الأوراق القديمة والحديثة ولكلا الصنفين. اما الدراسة التي قام بها (Al-Khashman et al (2011 لبيان اهمية استخدام أوراق أشجار النخيل كمراقب حيوي لتقييم التلوث الجوي بالمعادن

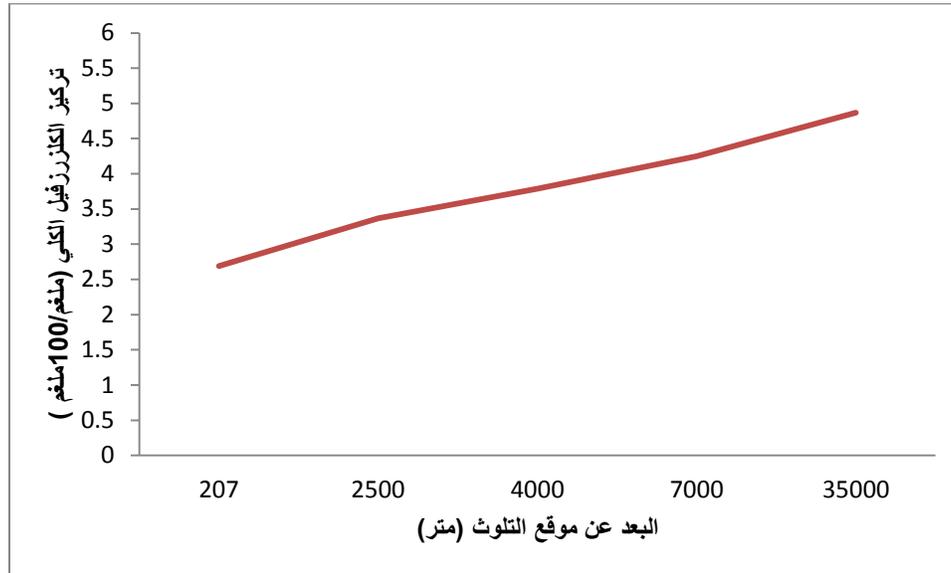
الثقيلة في البيئات الجافة وشبه الجافة ولتحديد تراكيز بعض المعادن الثقيلة (الرصاص ، الحديد ، الزنك ، النحاس ، النيكل والكروم) المتراكمة في أوراق الاشجار ولسته مواقع في مدينة معان الاردنية، لوحظ ان الأوراق المأخوذة من الأشجار القريبة من الطرق السريعة العامة كانت ذات تراكمات عالية جداً من الرصاص والنحاس والنيكل ، فيما كانت أوراق الأشجار المأخوذة من المواقع الصناعية أعلى تراكم من الزنك والكروم والحديد ، بينما كانت أوراق الأشجار في موقع السيطرة والذي يقع خارج المدينة ذات تراكمات قليلة للمعادن الثقيلة في جميع المعادن الثقيلة المدروسة. واطهرت نتائج (Abass et al (2015) أن تراكم معادن الرصاص والكاديوم والكوبلت والكروم كانت اعلى في عينات اوراق اشجار نخيل التمر التي جمعت من جوانب احد الطرق السريعة في مدينة البصرة-العراق عن تلك التي جمعها من موقع ريفي وان تركيز الرصاص كان أعلى عن بقية المعادن المدروسة، وتشير نتائج هذه الدراسة الى ان الحركة المرورية تعد المصدر الرئيس للتلوث بالرصاص في الموقع المدروس. تشير الدراسات السابقة إلى أن عوامل مثل القرب من مصادر التلوث والحركة المرورية المزدحمة، بالإضافة إلى العوامل البيئية الموجودة في الموقع، تلعب دوراً فعالاً في زيادة تراكم الملوثات. وانه يمكن استخدام اوراق اشجار نخيل التمر كمراقب حيوي للتلوث بالمعادن الثقيلة

تأثير المعادن الثقيلة في بعض صفات الأوراق الكيموحيوية

1. تأثير المعادن الثقيلة في محتوى أوراق أشجار النخيل من الصبغات النباتية

يعد تأثير المعادن الثقيلة على عملية البناء الضوئي من التأثيرات السامة والضارة للمعادن الثقيلة على النباتات، ويكون هذا التأثير أما بصورة مباشرة من خلال تأثيرها في تفاعلات الضوء والظلام مثل تثبيط عمل بعض الانزيمات الضرورية المشاركة في دورة كالفن مثل أنزيم Rubisco وأنزيم PEP carboxylase أو بصورة غير مباشرة من خلال تثبيط تخليق صبغات البناء الضوئي الكلوروفيل والكاروتين، على الرغم من أنها تؤثر على إنتاج الكلوروفيل أكثر من إنتاج الكاروتينات أو التأثير في عملية غلق وفتح الثغور (Mysliwa – Kurdziel et al., 2004). أوضحت الدراسة التي قام بها (Zouari et al. (2016 a) على فساتل من نخيل التمر حصول انخفاض معنوي في محتوى اوراق النخيل من صبغتي الكلوروفيل a و b عند المعاملة بالكاديوم بالتركيز (30 ملغم كغم⁻¹) وبفارق معنوي وبنسبة 17 % للكلوروفيل a و 39 % للكلوروفيل b بالمقارنة مع معاملة السيطرة. كما بينت دراسة (Zouari et al. (2016 b) حول تأثير إضافة الكاديوم بالتركيزين (10 و 30 ملغم كغم⁻¹) الى التربة النامية فيها فساتل من نخيل التمر، الى وجود انخفاض معنوي في محتوى الأوراق من صبغة الكاروتين في الأوراق في معاملة الكاديوم (30 ملغم كغم⁻¹) بالمقارنة مع معاملة السيطرة كذلك أظهرت نتائج دراسة الجابري (2017) إن المعاملة بالرصاص والكاديوم سيما التراكيز العالية أدت إلى خفض محتوى اوراق نخيل التمر صنف البرحي من صبغتي الكلوروفيل والكاروتين، بينما أدت إلى زيادة المحتوى من صبغة الانثوسيانين. كما أظهرت دراسة (Gabash et al (2020) حول تأثير التلوث بالمعادن الثقيلة الناتجة عن احتراق الوقود في أبار استخراج النفط على أشجار النخيل صنف الحلاوي في خمسة مواقع مختلفة في محافظة البصرة / العراق الى حصول انخفاض معنوي في محتوى أوراق اشجار النخيل من صبغة

الكلوروفيل الكلي في عينات الاوراق التي جمعت من الموقع القريب من مصدر التلوث مقارنة مع المواقع البعيدة عن مصدر التلوث كما يوضح الشكل (1).



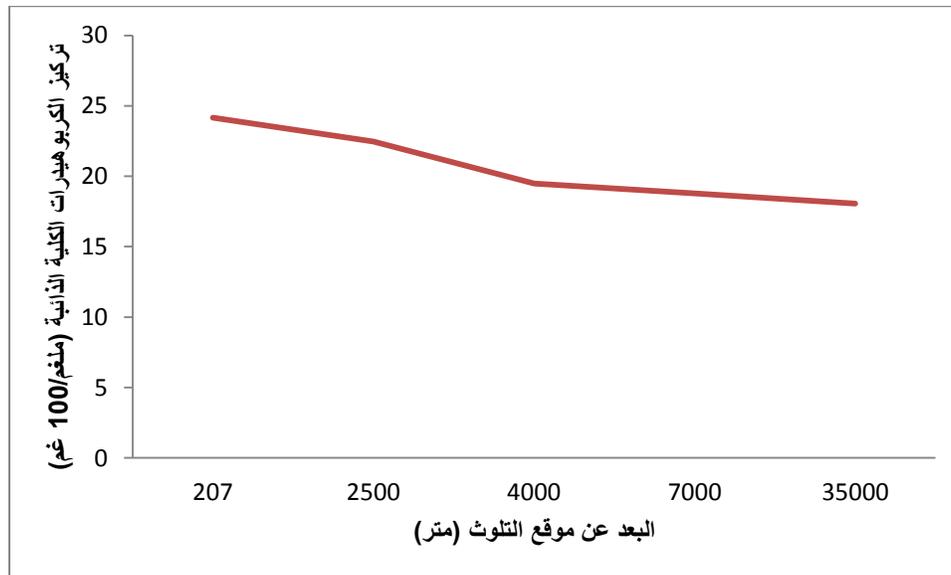
الشكل (1) تأثير البعد عن موقع التلوث في محتوى أوراق نخيل التمر من صبغة الكلوروفيل الكلي (ملغم 100غم⁻¹).

ان تعرض أشجار نخيل التمر الى المعادن الثقيلة سواء كان بالمعاملة أو تواجدها بالقرب من مصادر التلوث ونتيجة لزيادة عمليات الترسيب الجوي سواء كان جافا او رطبا بفعل العوامل الجوية المتمثلة بدرجات الحرارة و الامطار واتجاه الرياح في المواقع المدروسة بالمقارنة مع المواقع البعيدة عن مصدر التلوث أدى الى حصول انخفاض معنوي في محتوى الأوراق من الصبغات النباتية، سبب الانخفاض في محتوى صبغتي الكلوروفيل والكاروتين يعود الى تثبيط عملية البناء الضوئي نتيجة تعرضها الى المعادن الثقيلة والتي أثرت بصورة كبيرة خصوصاً في التراكيز العالية ، بينما ازداد تركيز صبغة الانثوسيانين لكونها تلعب دوراً مهماً بوصفها مضاداً للأكسدة عند تعرض النباتات للإجهادات الحيوية وغير الحيوية .

2. تأثير المعادن الثقيلة في محتوى أوراق أشجار النخيل من الكربوهيدرات الذائبة الكلية

تعد الكربوهيدرات احد الجزيئات الحيوية التي تنتجها النباتات بعملية البناء الضوئي ، ومن أهم الوظائف الأساسية لها انها تساهم في بناء الهياكل الكربونية للمركبات العضوية فضلاً عن كونها شكل من اشكال الطاقة المخزونة بالإضافة إلى ذلك اصبحت الوظيفة المحورية لها أنها تعمل كجزيئات ناقلة للإشارات بطريقة مشابهة لعمل الهرمونات ; Sheen et al., 1999 . Rolland et al., 2006) كما وتساهم الكربوهيدرات في اليات استجابة النبات للإجهادات المختلفة إذ لوحظ وجود علاقة ارتباط موجبة بين تراكم السكريات الذائبة في انسجة النباتات ومدى تحملها لسمية المعادن الثقيلة (Karimi et al.,2012) اشارت نتائج دراسة Zouari et al. (2016 b) حول تأثير إضافة أكاديميوم بالتركيزين (10 و 30 ملغم كغم⁻¹) الى

التربة النامية فيها فسانل نخيل التمر، الى وجود زيادة في محتوى الاوراق من السكريات الذائبة في معاملة الكاديوم ذات التركيز (30 ملغم كغم⁻¹) بالمقارنة مع معاملة السيطرة ومعاملة الكاديوم ذات التركيز (10 ملغم كغم⁻¹). بينما لوحظ انخفاض محتوى الاوراق من النشا في معاملي الكاديوم مقارنة مع معاملة السيطرة. أما دراسة الجابري (2017) فقد بينت أن المعاملة بالكاديوم بالتركيز (9 ملغم كغم⁻¹) على اشجار نخيل التمر صنف البرحي قد أدت الى زيادة محتوى الأوراق من الكربوهيدرات الكلية وبفارق معنوي عن معاملات السيطرة والكاديوم بالتركيز (3 ملغم كغم⁻¹) ومعاملي الرصاص بالتركيزين (100 و 276 ملغم كغم⁻¹). كما توصلت نتائج دراسة (Gabash et al. (2020) الى زيادة محتوى أوراق أشجار نخيل التمر من الكربوهيدرات الذائبة الكلية في الموقع القريب من مصدر التلوث معنوياً على بقية المواقع في هذه الصفة فيما كانت العينات التي تم جمعها من موقع السيطرة البعيد عن مصدر التلوث أقل محتوى للكربوهيدرات الذائبة الكلية في الأوراق الشكل (2).

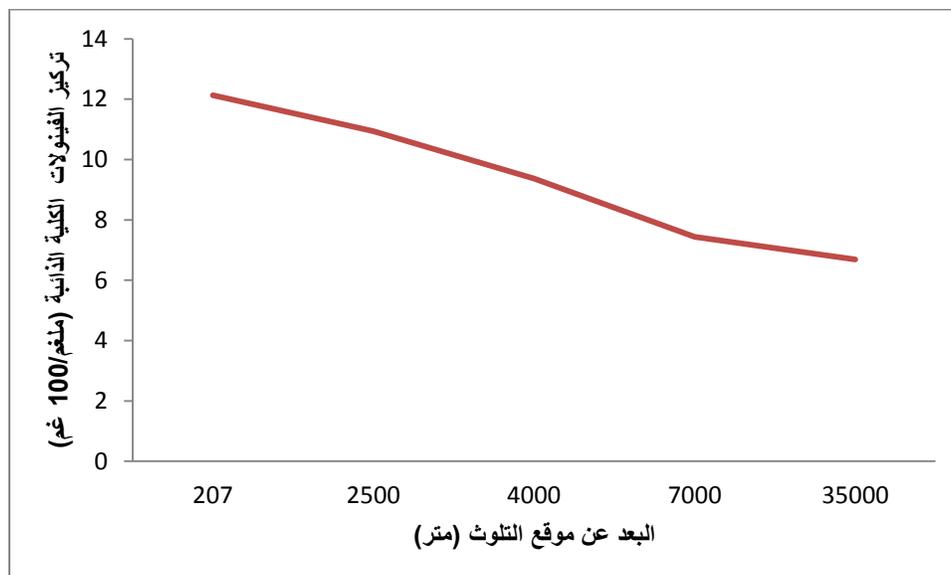


الشكل (2) تأثير البعد عن موقع التلوث في محتوى أوراق نخيل التمر من الكربوهيدرات الكلية الذائبة (ملغم 100غم⁻¹)

ويرجع سبب زيادة محتوى الأوراق من الكربوهيدرات الكلية في اشجار نخيل التمر النامي تحت ظروف إجهاد المعادن الى ان المعادن الثقيلة تعمل على زيادة تراكمها في الأوراق لكونها احد الميكانيكيات المهمة التي تستخدمها النباتات لاستجابتها لظروف الاجهادات المختلفة ، حيث تعمل النباتات على زيادة مراكمة الكربوهيدرات في انسجتها لغرض توفير الطاقة الكافية لمقاومة الإجهادات المختلفة.

3. تأثير المعادن الثقيلة في محتوى أوراق أشجار النخيل من المركبات الفينولية الكلية

تعد المركبات الفينولية أحد نواتج النبات الثانوية لعملية التمثيل الغذائي في النباتات ، وهي توجد في أنسجة نباتية معينة أو تنتشر في نباتات معينة ضمن العائلة الواحدة أو تتواجد بشكل واسع في نباتات أخرى (Cheynier, 2012) ولهذه المركبات أهمية فسيولوجية ومورفولوجية كبيرة للنباتات حيث تلعب دوراً مهماً في النمو والتكاثر فضلاً عن دورها الوقائي كمضادات أكسدة مع ميلها العالي لخلب المعادن الثقيلة التي تسبب تكوين الجذور الحرة ، لدى تقوم النباتات بإنتاج المركبات الفينولية لكي تمنع أكسدة الدهون عن طريق تطويق جذور الكوكسيل Alkoxy radical تحت ظروف إجهاد المعادن الثقيلة الأمر الذي يؤدي الى زيادة تراكم المركبات الفينولية في أنسجة النباتات (Balasundram *et al.* 2006 ; Michalak, 2006). اشار Abass et al. (2016) الى ان تعرض اشجار نخيل التمر صنف البرحي الى الكادميوم بتركيز (9 ملغم كغم⁻¹) ادى الى زيادة محتوى المواد الفينولية في اوراقها بمقدار 42 % مقارنة بالنباتات غير المعاملة. كما بينت دراسة (Zouari et al. 2016b) أن محتوى أوراق أشجار النخيل من الفينولات الكلية قد ارتفعت في المعاملات الملوثة بالكادميوم للتركيزين (10 و 30 ملغم كغم⁻¹) بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي سجلت أقل محتوى في أوراق أشجار النخيل. كذلك أظهرت نتائج الدراسة التي اجراها الموالي (2021) الى وجود فروق معنوية بين المواقع المختلفة في محتوى أوراق أشجار النخيل من الفينولات الكلية اذ تفوق الموقع القريب من مصدر التلوث على بقية المواقع باستثناء الموقع فيما أعطى الموقع البعيد من مصدر التلوث أقل محتوى من الفينولات الكلية في أوراق أشجار النخيل الشكل (3).



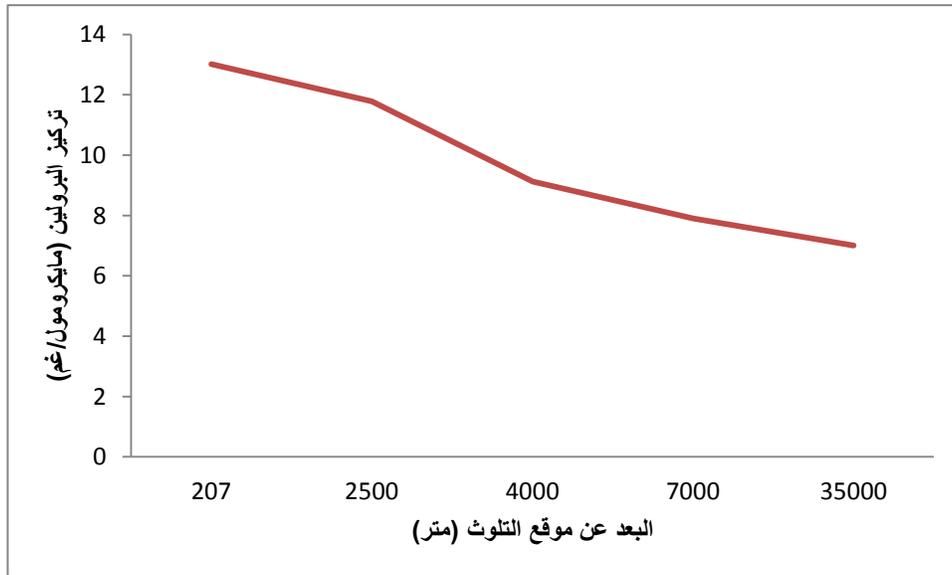
الشكل (3) تأثير البعد عن موقع التلوث في محتوى أوراق نخيل التمر من الفينولات الكلية الذاتية (ملغم 100غم⁻¹)

يعود السبب في زيادة محتوى أوراق أشجار النخيل تحت إجهاد المعادن نتيجة الزيادة في تراكم الكميات الإضافية من المركبات الفينولية المرافقة لزيادة فعالية انزيم البيروكسيداز الذي يسهم في بناء هذه المركبات ، فضلاً عن ذلك فإن النباتات تميل الى

زيادة انتاج المركبات الفينولية لكونها مركبات مضادة للاكسدة بديلة ، نتيجة لتنشيط بعض مكونات النظام الانزيمي المضاد للاكسدة مثل Glutathione أو الانزيمي مثل أنزيم *Glutathione reductase*

4. تأثير المعادن الثقيلة في محتوى أوراق أشجار النخيل من الحامض الاميني البرولين

يعد البرولين أحد الاحماض الامينية الذي يعمل كمضاد اكسدة ويلعب دوراً اساسياً ومهماً في أزاله الجذور الحرة عند تعرض النباتات للإجهادات الحيوية وغير الحيوية عن طريق تسهيل ربط المعادن الثقيلة مع البروتينات الخالبة *Phytochelatin synthase (PCS)* بالإضافة الى ذلك فان التراكيز العالية للبرولين تلعب دوراً في تنظيم التعبير الجيني للميلاتونين واختزال الكلوتاثيون (Ahmad and Gupta,2013 ; Emamverdian et al., 2015) بينت نتائج دراسة (Zouari (2016 a) *et al* وجود ارتفاع في محتوى أوراق فسانل النخيل من البرولين عند إضافة الكاديوم الى التربة بالتركيزين (10 و 30 ملغم كغم⁻¹) بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي أعطت أقل محتوى للحامض الاميني البرولين في أوراق أشجار النخيل. كذلك أشارت نتائج دراسة (Abass et al.(2016) على نخيل التمر صنف البرحي الى حصول زيادة معنوية في محتوى أوراق أشجار النخيل صنف البرحي من البرولين المعامل بالرصاص بالتركيز (276 ملغم كغم⁻¹) والكاديوم بالتركيز (9 ملغم كغم⁻¹) بالمقارنة مع معاملة السيطرة . اما الدراسة التي قام بها الموالي (2021) فقد اظهرت تفوق الموقع القريب من مصدر التلوث معنوياً على بقية المواقع في محتوى أوراق أشجار النخيل من الحامض الاميني البرولين.



الشكل (2) تأثير البعد عن موقع التلوث في محتوى أوراق نخيل التمر من البرولين (مايكرومول غم⁻¹)

5. تأثير المعادن الثقيلة في اكسدة الدهون ومؤشر ثبات الاغشية في أوراق أشجار النخيل

يعد تلف نظام الغشاء الخلوي وخاصة الغشاء البلازمي هو أحد الأضرار الرئيسية الناتجة من التأثيرات السامة للمعادن الثقيلة في النباتات بسبب زيادة تراكم انواع الأكسجين التفاعلية (ROS) والذي يعمل على اكسدة الدهون المكونة للأغشية سيما الدهون غير المشبعة ، وأن زيادة انتاج المركب Malondialdehyde (MDA) يعد مؤشر لعملية اكسدة دهون الاغشية وحجم الضرر والذي يعد من المركبات السامة التي تكون مسؤولة عن احداث التلف للأغشية عن طريق التأثير في سيولة الاغشية والنقل الايوني وتثبيط فعالية الانزيمات والبروتينات الموجودة في الاغشية ويعد تركيز هذا المركب مؤشر عن مستوى اكسدة الدهون في الاغشية. (Devi and Prasad, 1999 ; Singh et al., 2010 ; Sharma et al., 2012). كما أن مؤشر ثبات الاغشية (Membrane Stability Index (MSI) يستعمل بوصفه دليلاً على سلامة الاغشية الخلوية عند تعرض النباتات لإجهاد المعادن الثقيلة حيث تدل انخفاض قيمة هذا المؤشر على حدوث ضرر أكبر للأغشية. (Howladar,2014) بينت نتائج دراسة Doganlar et al. (2012) حول تأثير التلوث بالمعادن الثقيلة على نخيل التمر ان محتوى الأوراق من MDA قد ازداد معنوياً في العينات التي جمعت من مناطق ملوثة بالمعادن الثقيلة بالمقارنة مع العينات التي جمعت من مناطق قليلة التلوث. كما وجد Zouari et al (2016a) ان محتوى أوراق أشجار النخيل المعاملة بالكاديوم بالتركيزين (10 و 30 ملغم كغم⁻¹) ازداد معنوياً من المركب MDA بالمقارنة مع معاملة السيطرة. وشارت نتائج دراسة الجابري (2017) ان المعاملة بالرصااص بتركيز (276 ملغم كغم⁻¹) قد أدت الى رفع محتوى أوراق نخيل التمر صنف البرحي من المركب MDA بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي أعطت أقل محتوى في أوراق نخيل التمر من المركب MDA. بينت نتائج دراسة Zouari et al (2016b) أن إضافة الكاديوم الى تربة فسائل نخيل التمر أدى الى خفض مؤشر ثباتيه الاغشية من 78% في معاملة السيطرة الى 55 % في المعاملة (30 ملغم كغم⁻¹) وإلى 70% في معاملة الكاديوم بتركيز (30 ملغم كغم⁻¹). اما نتائج دراسة الجابري (2017) فقد اشارت الى ان تعريض فسائل نخيل التمر صنف البرحي للكاديوم والرصااص لمدة 180 يوماً أدت إلى خفض قيمة هذا مؤشر ثباتية الاغشية معنوياً مقارنة مع النباتات غير المعاملة، حيث أدت معاملة الرصاص (276 ملغم كغم⁻¹) الى خفض قيمة هذا المؤشر من 78.30 % في معاملة السيطرة الى 60.90 % وان هذا الانخفاض كان معنوياً مقارنة مع معاملة التركيز العالي من الكاديوم (9 ملغم كغم⁻¹) والذي بلغ 66.17 %.

6. تأثير المعادن الثقيلة في محتوى أوراق أشجار النخيل من البروتينات الذائبة الكلية

البروتينات هي جزيئات حيوية كبيرة مسؤولة عن غالبية الأدوار الحيوية (أحياناً مع الجزيئات الحيوية الأخرى) في الخلية ، تتكون من سلسلة من الاحماض الامينية المرتبطة مع بعضها بواسطة أواصر ببتيدية وتلعب عديد الأدوار الأنزيمية والهيكلية والوظيفية (التمثيل الضوئي ، التخليق الحيوي ، النقل) كما أنها تعمل كوسائط تخزين لتلبية متطلبات النمو والتغذية لنمو النبات (Rasheed et al., 2020). اشارت دراسة الجابري (2017) على نخيل التمر صنف البرحي أن تعريض النباتات الى تراكيز مختلفة من الرصاص والكاديوم أدت الى خفض محتوى أوراق الأشجار من البروتينات الذائبة

الكافية خصوصاً عند المعاملة بالتراكيز العالية اذ انخفضت بنسبة 50% بالمقارنة مع معاملة السيطرة والتراكيز المنخفضة. وذلك لكون المعادن الثقيلة تؤدي الى تثبيط التخليق الحيوي للبروتينات أو الى تحطيم البروتينات نتيجة لتراكم هذه المعادن في الانسجة النباتية .

7. تأثير المعادن الثقيلة في محتوى أوراق أشجار النخيل من بيروكسيد الهيدروجين

ينتج بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 غالباً في الخلايا النباتية أثناء عملية البناء الضوئي والتنفس الضوئي ، وبدرجة أقل في عمليات التنفس . وبعد أكثر أنواع الأكسجين التفاعلية ثباتاً Reactive Oxygen Species ، ويلعب دوراً مهماً كجزيء ناقل للإشارات في العمليات الفسيولوجية المختلفة. تزداد مستويات H_2O_2 داخل وخارج الخلايا أثناء الإجهادات البيئية (Slesak et al., 2007). أشار (Zouari (2016 a ,b) إلى زيادة تركيز بيروكسيد الهيدروجين في أوراق نخيل التمر صنف المجهول المعرضة لإجهاد المعادن ، وأن هذه الزيادة قد تناسبت طردياً مع تركيز الكاديوم ، إذ أدت المعاملة بالكاديوم بالتركيز 30 ملغم كغم⁻¹ الى رفع تركيز بيروكسيد الهيدروجين في أوراقها بنسبة 204% عن معاملة السيطرة ، كما تفوقت معنوياً عن معاملة الكاديوم بالتركيز 10 ملغم كغم⁻¹ التي تفوقت بدورها عن معاملة السيطرة. كذلك أظهرت نتائج دراسة الجابري (2017) ان معاملة أشجار النخيل صنف البرحي بالكاديوم بالتركيز 9 ملغم كغم⁻¹ أدى إلى رفع محتوى الأوراق من بيروكسيد الهيدروجين معنوياً عن بقية المعاملات وبنسبة 64%، بينما المعاملة بالرصاص بالتركيز 276 ملغم كغم⁻¹ أدت الى رفع النسبة إلى 40% . ان الزيادة في محتوى الأوراق من بيروكسيد الهيدروجين هو بسبب تراكمه في انسجة النباتات نتيجة الاستجابة الى إجهاد المعادن الثقيلة التي تحفز تكوين أنواع الأكسجين التفاعلية .

8. تأثير المعادن الثقيلة في محتوى أوراق أشجار النخيل من الانزيمات المضادة للأكسدة

تتعرض النباتات إلى مجاميع مختلفة من الاجهادات البيئية ، وهناك عدد من الإنزيمات المضادة للأكسدة المختلفة التي تساعد النباتات على التعامل مع هذه الإجهادات تحت ظروف الشد ، حيث يحفز الأنزيم Superoxide dismutase (SOD) إزالة الايون السالب من الاوكسجين (O_2^-) عن طريق تفكيكه إلى O_2 و H_2O_2 ويقوم انزيم (CAT) Catalase بتحويل H_2O_2 إلى ماء و O_2 ويعمل أنزيم Peroxidase (POD) خارج الخلية النباتية Scavenging لإزالة H_2O_2 ويعمل Glutathione Peroxidase (GPX) على تقليل H_2O_2 و جذر الهيدروكسيل (HO^-) (Rajput et al., 2021). بينت الدراسة التي قامت بها Doganlar et al. (2012) عن فعالية انزيم البيروكسيداز في أوراق سبعة أنواع من الأشجار منها نخيل التمر معرضة لإجهاد المعادن ، وأشارت النتائج إلى أن فعالية انزيم البيروكسيداز قد ازدادت في خمسة أنواع من الأشجار بزيادة تراكيز المعادن الثقيلة في أوراقها ، ومنها أشجار نخيل التمر التي ارتفعت فعالية الانزيم فيها بمقدار 7.8 ضعف في الموقع الأكثر تلوثاً و 5.3 ضعف في الموقع المتوسط التلوث قياساً بفعاليتها في الأوراق التي جمعت من موقع السيطرة. كما توصلت دراسة (Zouari (2016 b) إلى أن معاملة أشجار النخيل صنف دقلة نور بالكاديوم بالتركيز 30 ملغم كغم⁻¹ أدت الى زيادة فعالية الانزيمات POD و SOD و GPX و CAT

بالمقارنة مع معاملتها بالكاديوم بالتركيز 10 ملغم كغم⁻¹ ومعاملة السيطرة. وأشار الجابري (2017) الى ارتفاع فعالية أنزيم البيروكسيداز في معاملة الكاديوم بالتركيز 9 ملغم كغم⁻¹ وبفارق معنوي ونسبة 47.5% ، بينما المعاملة بالرصاص بالتركيز 276 ملغم كغم⁻¹ أدت الى رفع النسبة إلى 32% مقارنة مع باقي المعاملات.

الاستنتاجات

تلخص الدراسات السابقة والمراجعة الحالية استنتاجات مهمة حول تأثير التلوث بالمعادن الثقيلة على نخيل التمر. منها، يُعتبر نخيل التمر شجرة فاكهة ذات أهمية اقتصادية كبيرة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، ولكنه يتعرض بشكل متزايد لتلوث المعادن الثقيلة نتيجة الأنشطة الصناعية والتأثيرات البشرية. وتشير الدراسات إلى أن المعادن الثقيلة مثل الرصاص والكاديوم يُعدان من الملوثات الرئيسية التي تؤثر على نخيل التمر وتشكل خطرًا على البيئة وصحة الإنسان. ويظهر تأثير هذه المعادن الثقيلة على السمات الكيميائية الحيوية في أوراق نخيل التمر، بما في ذلك صبغات التمثيل الضوئي والإنزيمات المضادة للأكسدة وأكسدة دهون الأغشية ومحتوى البروتين. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤدي تراكم المعادن الثقيلة في أوراق نخيل التمر إلى تعطيل عمليات التمثيل الضوئي وانخفاض محتوى الكلوروفيل والكاروتين. وتسبب المعادن الثقيلة الإجهاد التأكسدي عن طريق توليد أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS)، وبالتالي تؤثر على أنشطة الإنزيمات المضادة للأكسدة وتزيد من أكسدة دهون الأغشية. يؤكد المقال أيضًا على أهمية دراسة الاستجابات الكيميائية والحيوية لأوراق نخيل التمر لإجهاد المعادن الثقيلة كمؤشرات حيوية لرصد وتقييم التلوث البيئي. ويشدد على الحاجة الملحة لإجراء دراسات شاملة لتحديد تراكيز عتبة المعادن الثقيلة التي تؤدي إلى تغييرات كيميائية حيوية كبيرة في أوراق نخيل التمر، مما يساعد في تطوير استراتيجيات فعالة للتخفيف من تلوث المعادن الثقيلة وحماية زراعة نخيل التمر من التأثيرات الضارة.

References

المصادر

- بلاسم ، زياد طارق وسلمان و عدنان حميد واحمد و ندى عباس والصفار ، ضياء عزيز (2009). تأثير التلوث في بساتين النخيل المحيطة بمصفاى الدورة . مجلة الزراعة العراقية (عدد خاص) ، 14(6) 35 - 46.
- الجابري ، خير الله موسى عواد . (2017) . التباين الموسمي للتلوث بالمعادن الثقيلة وتأثير معاملة الكاديوم والرصاص في بعض الصفات الكيموحيوية والتشريحية والوراثية للنخيل *Phoenix dactylifera* L. صنف البرحي . اطروحة دكتوراه ، كلية العلوم ، جامعة البصرة ، العراق . 191 صفحة .
- الكواز، صباح سليم ، فؤاد طه وسدخان حميد وعلي ماضي(2003). دراسة تأثير عوادم وسائل النقل في أشجار الغابات. مجلة الزراعة العراقية ، (8) 5.
- المنظمة العربية للتنمية الزراعية (1999). دراسة تقويم الاثار البيئية المترتبة على تلوث وتدهور الاراضي في الوطن العربي . الخرطوم (239) صفحة.

- الموالي ، حسنين محمد غياش (2021). تأثير التلوث ببعض العناصر الثقيلة والهيدروكربونات النفطية في بعض صفات ثمار وأوراق نخيل التمر صنف الحلاوي. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة البصرة.
- Abass, M.H., Hassan, Z.K. and Al-Jabary, K.M.A. (2015). Assessment of Heavy metals pollution in soil and date palm (*Phoenix dactylifera* L.) leaves sampled from Basra/Iraq governorate. *AES Bioflux*. 7 (1):52-59.
- Abass, M.H.,Neama,J.D.and Al-Jabary, K.M.A. (2016). Biochemical responses to cadmium and lead stresses in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) plants, *AAB Bioflux*, 8 (3): 92- 110.
- Ahmad, M.A. and Gupta, M.(2013). Exposure of *Brassica juncea* (L) to arsenic species in hydroponic medium: comparative analysis in accumulation and biochemical and transcriptional alterations. *Environ Sci Pollut Res*. 20 (11):8141-8150.
- Aksoy, A. and Ozturk M. (1996). *Phoenix dactylifera* L. as a Biomonitor of heavy metal pollution in Turkey. *J. Trace and Microprobe Tech*.14(3): 605-614.
- Ali, H.; Naoer,M. and Sajad, M.A.(2012). Phytoremediation of heavy metals by *Trifolium alexandrinum* .*Int.J. Environ. Sci.*,2:1459-1469.
- Alloway, B.J. (1995). Soil processes and the behavior of heavy metals. In: Alloway B. (ed.). *Heavy metals in soils*. Chapman and Hall. New York NY. Pp:11-37.
- Al-Khashman, O.A., Al-Muhtaseb, A.H. and Ibrahim K. A. (2011). Date palm *Phoenix dactylifera* L. leaves as biomonitors of atmospheric metal pollution in arid and semi-arid environments. *Environ. Pollut*. 159:1635-1640.
- Balasoorya B.I.W.K., Samson R., Mbikwa F., Vitharana U.W.A., Boeckx P. and Van Meirvenne M. (2009). Biomonitoring of urban habitat by anatomical and chemical leaf characteristics. *Environ. Exp. Bot*. 65: 386-394.
- Balasundram, N., Sundram, K., Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chem* 99:191-203.
- Barreveld,W.H.(1993). Date palm products, *FAO Agricultural services Bulletin* No.101.
- Bu-Olayan, A.H.and Thomas B.V. (2002). Bio-monitor studies on the effect of lead in date palm (*Phoenix dactylifera* L.)in the arid ecosystem of Kuwait .*Journal of Arid Environment*, 51:133-139.
- Cheynier, V. (2012). Phenolic compounds: from plants to foods. *Phytochem Rev* 11:153-177.

- Dalman O., Demirak A. and Balci A. (2006) . Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace element (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. Food Chem., 95: 157-162.
- Devi SR, Prasad M.NV. (1999). Membrane lipid alterations in heavy metal exposed plants. In: Prasad MNV, Hagemeyer J, eds. Heavy metal stress in plants. From molecules to ecosystems. Berlin: Springer, 99 -116.
- Divrliki, U., Durali, M., Mustafa, T., Mustafa, S. and Latif, E. (2006). Trace metal pollution from traffic in Denizli- turkey during dry season . Biomedical and Environmental Sciences, 19:254-261.
- Doganlar Z.B.; Doganlar O.; Erdogan S. and Onal Y. (2012). Heavy metal pollution and physiological changes in the leaves of some shrub, palm and tree species in urban areas of Adana, Turkey. Chem. Speciation Bioavailability, 24(2): 65-78 .
- Emamverdian, A., Ding, Y., Mokhberdorani, F. and Xie, Y. (2015). Heavy metal stress and some mechanisms of plant defense response. Sci. World J. 2015, Article ID 756120, 18 pages .
- Gabash, H.M., Attaha, A.H.M. and Sabti, M.Z. (2020). Studying the pollution with heavy elements resulting from fuel combustion from oil wells in the pigment of total chlorophyll and some chemical traits of date palm leaves (Phoenix dactylifera L.) Hilawi cultivar growing in Basra province, IRAQ, Plant Archives 20 (2): 5151-5157.
- Guo Y., Feng H., Chen C., Jia C., Xiong F. and Lu L. (2013). Heavy metal concentrations in soil and agriculture products near an industrial district. Polish J. Environ. Stud. 22(5): 1357-1362.
- Howladar S. M. (2014). A novel Moringa oleifera leaf extract can mitigate the stress effects of salinity and cadmium in bean (Phaseolus vulgaris L.) plants. Ecotoxicol. Environ. Saf. 100(1):69 -75.
- Jarup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. British Medical Bulletin, (68) 167–182.
- Joshi, N., Chauhan A. and P.C. Joshi, P.C. (2009). Impacts of industrial air pollutants on some biochemical parameters and yield in wheat and mustard plants. Environmentalist. Vol. 29: 98-104.
- Karimi, L.N., Khanahmadi, M. and Moradi, B. (2012). Accumulation and Phytotoxicity of Lead in Cynara scolymus. Ind. J. Sci. Technol. 5:3634-3641.
- Michalak, A. (2006). Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. Pol J Environ Stud 15:523-530.

- Mulgrew, A. and Williams, P. (2000). Biomonitoring of air quality using plants. Air Hygiene report No. 10. WHO collaborating center for air quality management and air pollution control. Germany, pp. 171 .
- Mysliwa-Kurdziel, B., Prasad, M.N.V.and Stralka,K.(2004).Photosynthesis in heavy metal stress plants. In: Prasad M.N.V. (ed.) Heavy metal stress in plants, 3rd ed. Springer, Berlin, pp: 146-181.
- Rajput,V.D., Harish, Singh,R.K., Verma,K.K., Sharma,L., Quiroz-Figueroa,F.R., Meena,M., Gour,V.S.,Minkina,T., Sushkova,S. and Saglara Mandzhieva,S.(2021). Recent Developments in Enzymatic Antioxidant Defence Mechanism in Plants with Special Reference to Abiotic Stress, *Biology (Basel)*., 10(4): 267.
- Ram, S.S., Majumder,S., Chaudhuri,P.,Chanda,S.,Santra,S.C.,Chakraborty,A. and Sudarshan.M. (2015). A review on air pollution monitoring and management using plants with special reference to foliar dust adsorption and physiological stress responses. *Critical Reviews in Environ. Sci. and Technol*,1-58.
- Rascio, N. and Izzo F.N.(2011) . Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? *Plant Science*, 180 : 169 -181 .
- Rolland, F., Baena-Gonzalez, E., and Sheen, J. (2006). Sugar sensing and signaling in plants: conserved and novel mechanisms. *Annu. Rev. Plant Biol.* 57, 675–709.
- Rasheed,F., Markgren, J., Hedenqvist, M. and Johansson,E. (2020). Modeling to Understand Plant Protein Structure-Function Relationships Implications for Seed Storage Proteins, *Molecules*, 25, 873: 1-17.
- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S. and Pessarakli, M. (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *J. Bot.* Vol. 2012, Article ID 217037. 26 pages.
- Sheen, J., Zhou, L. and Jang, J. C. (1999). Sugars as signaling molecules. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2, 410 - 418.
- Singh, N.K., Rai, U.N., Tewari, A. and Singh, M. (2010). Metal accumulation and growth response in *Vigna radiata* L. inoculated with chromate tolerant rhizobacteria and grown on tannery sludge amended soil. *Bull, Environ. Contam. Toxicol.* 84:118 -124.
- Slesak,I., Libik,M., Karpinska,B., Karpinski,S. and Zbigniew Miszalski,Z. (2007). The role of hydrogen peroxide in regulation of plant metabolism and cellular signalling in response to environmental stresses, *Acta Biochim Pol.*, 54(1):39 -50 .

- Wang, Z., Zhang, Y., Deng, J., Li, Z.(2006). Enrichment and toxicity effect of heavy metals in soil ecosystem. J. Appl. Ecol. 17: 48 - 52.
- Wolterbeek, B.(2002). Biomonitoring of Trace Element Air Pollution: Principles, Possibilities and Perspectives Proceedings of an international workshop organized by the International Atomic Energy Agency. Portugal.89-93.
- Zouari, M.; Ben Ahmed, C.; Zorrig, W.; Elloumi, N.; Rabhi, M.; Delmail, D.; Ben Rouina, B.; Labrousse, P. and Ben Abdallah, F. (2016 a). Exogenous proline mediates alleviation of cadmium stress by promoting photosynthetic activity, water status and antioxidative enzymes activities of young date palm *Phoenix dactylifera* L. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 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 enhance growth mineral uptake, antioxidant defense and reduced cadmium induced oxidative damage in young date palm(*Phoenix dactylifera* L.) *Ecol. Eng.*, 86: 202-209.

Effect of heavy metals on biochemical parameters of date palm *Phoenix dactylifera* L. (review article)

*Hassanain M. Gabash Murtada S. Auda Ahmed Z. Resan

Department of Horticulture, College of Agriculture, Basrah University, Basrah, IRAQ

*hassanain.gabash@uobasrah.edu.iq

Abstract

This article presents a comprehensive review of the effects of heavy metals on biochemical features in palm leaves. The date palm *Phoenix dactylifera* L. is an economically important fruit tree that is widely cultivated in arid and semi-arid regions. However, due to industrial activities and human factors, date palm plantations are increasingly exposed to heavy metal pollution in the soil. Heavy metals such as lead and cadmium have been identified as major pollutants affecting the environment and posing potential risks to human health. The review summarizes the current understanding of how exposure to heavy metals affects different biochemical features in palm fronds. It discusses the effect of heavy metals on photosynthetic pigments, antioxidant enzymes, membrane lipid oxidation, protein content, and other major biochemical characteristics. The accumulation of heavy metals in date palm leaves can disrupt photosynthetic processes, which leads to a decrease in the content of chlorophyll and carotene. Moreover, heavy metals induce oxidative stress by generating reactive oxygen species (ROS), which in turn influence the activities of antioxidant enzymes and increase membrane lipid peroxidation. The article also highlights the importance of studying the biochemical responses of palm leaves to heavy metal stress as potential biomarkers for monitoring and evaluation. Environmental pollution. It stresses the need for comprehensive studies to determine the threshold concentrations of heavy metals that lead to significant biochemical changes in palm fronds. Understanding these effects can help develop strategies to mitigate heavy metal pollution and its adverse effects on date palm cultivation.

Keywords: Pollution, Carbohydrates, Chlorophyll, Reactive Oxygen Species, Hydrogen peroxide.