مقارنة قدرة ثلاثة أنواع نباتية مزروعة في مدينة اللاذقية (أتوستراد الثورة) على مراكمة عنصري الكادميوم والزنك

Comparison of Three Planted Species in Lattakia (Althawra highway) to Accumulate Cadmium and Zinc Elements

د. ابراهيم نيصافي (1) د. أسامة رضوان (1) م. لانا صالح (2)

Dr. Ibrahim Nisafi (1) Dr. Osama Radwan (1) Eng. Lana Saleh (2)

(1) قسم الحراج والبيئة- كلية الزراعة- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

(1) Department of Forestry and Environment - Faculty of Agriculture - Tishreen University - Lattakia - Syria.

(2) طالبة ماجستير، قسم الحراج والبيئة- كلية الزراعة- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

(2) Master's student in the Department of Forestry and Environment - Faculty of Agriculture - Tishreen University - Lattakia - Syria.

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى مقارنة قدرة ثلاثة أنواع نباتية هي: الدفلة (*Nerium oleander* L.)، ونخيل الواشنطونيا (*Washingtonia filifera* H. Wendl.) والجاكرندا (*Jacaranda mimosaefolia* D. Don.) مزروعة في منصف وأرصفة أوتوستراد الثورة في مدينة اللاذقية/سوريا، على امتصاص عنصري الكادميوم والزنك الصادرين بشكل رئيس عن وسائل النقل إضافة إلى الأنشطة البشرية الأخرى، ومراكمتهما في أجزائها المختلفة. حيث جُمعت العينات النباتية بتاريخ 2010/10/27 من الأوراق والقلف والخشب للأنواع المدروسة إضافة إلى عينات التربة، وتم تقدير تراكيز العناصر فيها باستخدام جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري.

أظهرت النتائج أن تراكيز الزنك كانت أكبر من تراكيز الكادميوم في كل من التربة والأجزاء النباتية للأنواع المدروسة، كما أظهرت الجاكرندا قدرة فائقة على مراكمة عنصر الكادميوم، ولاسيما في خشبها (0.20 ppm) حيث كان معامل التراكم الحيوي Bioaccumulation Factor (BF >1)، كما تميزت الدفلة بقدرتها العالية على مراكمة عنصر الزنك في أوراقها (137.42 ppm) وقلفها (334.87 ppm)، في حين راكمت أوراق كل من الجاكرندا ونخيل الواشنطونيا عنصر الزنك بتراكيز عالية تمكن من اعتمادها كمراكم حيوي وكدليل حيوي جيد لهذا العنصر.

الكلمات المفتاحية: المعادن الثقيلة، الكادميوم، الزنك، المراكم الحيوي، الدليل الحيوي.

Abstract

This study aimed to compare the ability of three plant species *Nerium oleander* L., *Washingtonia filifera* H. Wendl., *Jacaranda mimosaefolia* D. Don) planted in the sidewalks of Althwra highway in Lattakia city/Syria, on Cadmium and Zinc absorption and

©2022 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved. **ISSN: 2305-5243; AIF-23 (p: 151 - 163)**

accumulation which basically exhausts from transportation and other anthropogenic activities. the samples of leaves, bark, wood and soil were collected in 27/10/2010, then analyzed using an Atomic Absorption Spectrophotometer. The results showed that the concentrations of Zn was bigger than Cd in each soil and plant parts of the studied species, while *Jacaranda mimosaefolia* showed a hyper capacity to accumulate cadmium specially in its wood (0.20 ppm) where (BF>1), *Nerium oleander* is also characterized by high ability to accumulate zinc in its leaves (137.42 ppm) and bark (334.87 ppm), finally the leaves of *Washingtonia filifera* and *Jacaranda mimosaefolia* accumulated zinc element at high concentrations that makes it as a good bioaccumulator and bioindicator to this element.

Keywords: Heavy metals, Cadmium, Zinc, Bioaccumulator, Bioindicator.

المقدمة

تشير الكثير من الأبحاث إلى الازدياد الهائل في مصادر المعادن الثقيلة (Heavy metals) في المدن والمرتبط بشكل مباشر مع تزايد عدد السكان وأنشطتهم معاً. حيث تصدر هذه المعادن عن الفضلات البلدية، والصناعات الكيميائية والمواصلات (Chen وزملاؤه، 2010).

تُعد المعادن الثقيلة من أخطر الملوثات اللاعضوية على الوسط المحيط نظراً لعدم تحطمها بيولوجياً من جهة، وبالتالي قدرتها على البقاء لفترة طويلة في البيئة (Lone وزملاؤه، 2008)، ولتأثيرها السلبي في الإنسان والنبات والحيوان من جهة أخرى (Azevedo و Azevedo، 2006).

تُعد المواصلات في المدن أحد أهم مصادر تلوث ترب جوانب الطرقات والتي تشكل بدورها مستودعاً خطيراً للملوثات المنبعثة من وسائل النقل، ومما لا شك فيه أن تلوث ترب المدن بتراكيز عالية من المعادن الثقيلة يُعد قضية بيئية وحيوية وصحية توجب التعامل معها باهتمام وحذر (Chen وزملاؤه، 2010)، ولاسيما أن تراكيز بعضها قد وصلت إلى مستويات سامة (Sarma، 2011)، لذلك جاءت الكثير من الأبحاث ضمن إطار الحلول المقترحة للتخفيف من هذه الظاهرة. لقد كان للشق النباتي دورٌ بارزٌ في هذا المجال، حيث ساعدت الدراسات المستمرة على اكتشاف أنواع نباتية مقاومة قادرة على النمو في ترب ملوثة بالمعادن الثقيلة وكذلك مراكمتها في أجزائها المختلفة وبتراكيز عالية دون أن تؤثر في عملياتها الحيوية، وقد سميت هذه الأنواع بالمراكمات الحيوية (Bioaccumulators). وبشكل عام عند تصنيف النباتات القادرة على النمو بوجود المعادن الثقيلة يُستخدم ثلاثة مصطلحات: النباتات المتحملة (Tolerant) وهي التي تنمو في ترب تحتوي على تراكيز عالية من معادن معينة تكون سامة بالنسبة لنباتات أخرى، والنباتات الدالة (Indicator) و المراكمات الفائقة (Hyperaccumulator) والتي تُعدُّ متحملة للمعادن الثقيلة (Bert وزملاؤه، 2003).

وتعرف المراكمات الفائقة (Hyperaccumulator) بأنها النباتات النامية طبيعياً في الأتربة المعدنية والقادرة على امتصاص المعادن الثقيلة بمستويات عالية، وبالتالي مراكمتها إما في جذورها أو أوراقها أو أغصانها بتراكيز عالية جداً مقارنة بالنباتات الأخرى (Azevedo وAzevedo، 2006). هذا وتتأثر عملية المراكمة الفائقة Hyperaccumulation بعدة عوامل أهمها النوع النباتي حيث تختلف من نوع لآخر، ومن جزء لآخر ضمن النبات نفسه، وخصائص التربة (pH ، ومحتواها من المادة العضوية، وسعة التبادل الكاتيوني) وخصائص وأشكال المعادن الثقيلة (Sarma، 2011). وتتميز المراكمات الفائقة بمعامل تركيز حيوي Bioaccumulation Factor (BF) أكبر من الواحد، وهو النسبة بين تركيز العنصر في النبات إلى تركيزه في التربة (Kabata-Pendias و Pendias، 2001)، حيث تظهر هذه النباتات انتقالاً فعالاً ومرتفعاً للمعادن من الجذور إلى الأوراق.

وبشكل عام فإن لقدرة النباتات على امتصاص (Absorption) ومراكمة (Accumulation) الملوثات في أجزائها المختلفة أهمية خاصة جداً، لأنها وفي الوقت ذاته الذي تلعب فيه دوراً مهماً كدليل حيوي (Bioindicator) لتلوث الوسط المدروس (تربة وماء وهواء) (خليل والعجيلي، 2005) تقوم بتنقية البيئات الملوثة. وقد استخدمت أوراق النباتات وقلفها وخشبها وجذورها، بالإضافة إلى كائنات حية أخرى (الطحالب والشيبيات والفطريات) للكشف عن ترسيب المعادن الثقيلة وتراكمها وتوزيعها منذ النصف الثاني من القرن العشرين (Lone وزملاؤه، 2008).

أهمية البحث وأهدافه:

يُعد أوتوستراد الثورة من أكثر الشوارع ازدحاماً مرورياً في محافظة اللاذقية/ سورية، بالتالي تشكل وسائل النقل أحد أهم مصادر تلوثه بالمعادن الثقيلة، حيث تنتج هذه المعادن بشكل رئيس عن المحركات والفرامل وزيوت التشحيم مثل (Cd و Cuو Zn) وأهمها (Zn-dithiophosphate) الذي يضاف كمانع أكسدة، وانبعاثات العوادم مثل Pb، كما يسبب احتكاك وتآكل الإطارات انبعاث الـ Zn (Padmavathiamma و Li، 2007)، وحسب الأبحاث البيئية فإن أي معدن يسبب مشكلة بيئية لا يمكن أن تعالج بيولوجياً يجب اعتباره معدناً ثقيلاً (Sarma، 2011)، إلا أن وجود أنواع نباتية محددة في منصفات الشوارع وعلى جوانبها يشكل حلاً جزئياً للمشكلة لأنها تؤدي دور فلتر طبيعي ومستودع للمعادن المنبعثة، عدا عن دورها الجمالي والتزييني.

وبناءً على ذلك فقد هدف البحث إلى مقارنة قدرة ثلاثة أنواع نباتية مزروعة منذ عام 2000 في منصف وأرصفة أوتوستراد الثورة على مراكمة عنصري الكادميوم والزنك المنبعثين بشكل أساس عن وسائل النقل، وبالتالي تحديد النوع الأنسب بينها وإمكانية اعتماده كمراكم حيوي.

مواد البحث وطرائقه

1- موقع الدراسة

يقع أوتوستراد الثورة في مدينة اللاذقية الموجودة في الطابق البيومناخي (الحراري السفلي) والخاضعة للمناخ المتوسطي بمعدل أمطار سنوية يترواح بين 600 و 800 مم، ويمتد من نفق جامعة تشرين حتى دوار الأزهري بطول يبلغ 3800 م. وقد تم اختيار هذا الأوتوستراد نظراً للكثافة المرورية العالية ومرور مختلف وسائل النقل (من الدراجات النارية حتى الشاحنات الكبيرة)، وقُدرت كثافته المرورية عام 2007 بـحوالي 650 مركبة/ساعة، إضافةً للتنوع النباتي العالي من حيث عدد الأنواع وعدد الأشجار(21 نوعاً و 2272 شجرةً).

2- الأنواع النباتية المدروسة

دُرست الأنواع النباتية التالية:

- الدفلة *Nerium oleander* L. (*Apocynaceae*) وهي شجيرة دائمة الخضرة، ارتفاعها 2 إلى 4 م، تنجح زراعتها في الطوابق البيومناخية كافةً بجميع متغيراتها ما عدا البارد، وتُعد من النباتات الناجحة والمتأقلمة مع الظروف البيئية كافةً، وتُعدُّ بلدان حوض البحر الأبيض المتوسط الموطن الأصلي لها (شلبي وزملاؤه، 2007).
- نخيل الواشنطونيا *Washingtonia filifera* H. Wendl. (*Arecaceae*) وهي شجرة قوية وضخمة، منتصبة دائمة الخضرة، يصل ارتفاعها إلى حوالي 25م، تنجح زراعتها في جميع الطوابق البيومناخية، أما موطنه الأصلي فهو كاليفورنيا وأريزونا (شلبي وزملاؤه، 2007).
- الجاكرندا *Jacaranda mimosaefolia* D. Don. (*Bignoniaceae*) وهي شجرة نصف متساقطة أو شبه دائمة الخضرة، ارتفاعها 15 إلى 20م، تنجح زراعتها في المناطق الواقعة في الطوابق البيومناخية نصف الجافة وشبه الرطبة والرطبة، والبرازيل هي الموطن الأصلي لها (شلبي وزملاؤه، 2007).

3- جمع وتحضير العينات

تم جمع العينات بتاريخ 2010/10/27، من الأنواع النباتية الثلاثة المذكورة سابقاً، حيث أُخذت أربعة مكررات من كل نوع. وأُخذ من كل مكرر عينات من التربة (Soil)، والأوراق (Leaves)، والقلف (Bark)، والخشب (Wood) (أما بالنسبة للنخيل فقد تم أخذ عينات من قواعد الأوراق القديمة المتخشبة لأنه من أحاديات الفلقة). ثم جُمعت العينات من الجهات الأربع لكل مكرر (نبات)، وخُلطت معاً لتشكل عينةً واحدةً (عينة مركبة)، كذلك جُمعت عينات التربة من الجهات الأربع حول كل مكرر على عمق 0 إلى 20 سم وخُلطت معاً لتشكل عينة واحدة.

أ- طريقة تحضير وهضم عينات النبات

تمت تنقية عينات الأوراق والقلف والخشب من الشوائب (وذلك بغسيلها بماء الصنبور أولاً ثم بالماء المقطر) ومن ثم جُففت على ورق مقوى (تجفيف هوائي) بعدها وُضعت في أكياس ورقية ثم جففت بالمجفف على درجة حرارة 60 م° لمدة 72 ساعة حتى ثبات الوزن. بعد ذلك طُحنت وأخذ حوالي 3غ من كل عينة ووضعت في المجفف على حرارة 105م° لمدة 24 ساعة بهدف حساب الرطوبة. ثم هُضمت العينات بالأحماض (HNO_3 و HCl)، وأخيرا رُشحت كل عينة بنقلها من الجفنة إلى دورق معياري سعة 25 مل وأكملت بالماء المقطر إلى حجم 25 مل (Rowell، 1997).

ب- طريقة تحضير وهضم عينات التربة

وضعت عينات التربة في أكياس ورقية وجففت بالمجفف على درجة حرارة 40 م° أيضاً لمدة 72 ساعة حتى ثبات الوزن، ومن ثم نُخلت بمنخل قطر فتحاته 2 مم، ثم تم وزن 1غ من كل عينة ووضعت في أنابيب زجاجية ثم أضيف لها 21 مل من حمض HCl و 7 مل من حمض HNO_3 وتُركت طوال الليل، ثم وضعت في جهاز الهضم (كالداهل) ورفعت درجة الحرارة تدريجياً خلال ساعتين إلى 175م° تحت الضغط الطبيعي، وبعدها تركت على هذه الدرجة لمدة ثلاث ساعات، ثم بُردت ورُشحت وأُكملت الرشاحة بالماء المقطر حتى حجم 50 مل، ثم وُضعت في عبوات بلاستيكية (Rowell، 1997). تم تحضير العينات بدءاً من غسلها وحتى الحصول على الرشاحة في مخابر كلية الهندسة الزراعية في جامعة تشرين/ اللاذقية/ سورية.

ت- تحليل العينات

قُدرت كميات الكادميوم والزنك في محاليل الهضم باستخدام جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrophotometer) في مديرية الموارد المائية في اللاذقية، حيث تم تقدير التراكيز بـ ppm (Part per million) على أساس الوزن الجاف للعينة (Dry weight).

4- التحليل الإحصائي للبيانات

تم إجراء تحليل التباين (ANOVA) لمقارنة الفروق المعنوية بين المتوسطات بحساب قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5%، فعندما تكون ($p> 0.05$) فهو دليل عدم وجود فروق معنوية في حين ($p< 0.05$) فهذا يعني وجود فروق معنوية، وتكون الفروق معنوية جداً عندما تكون ($p< 0.01$)، وتم التحليل باستخدم برنامج (SPSS).

النتائج والمناقشة

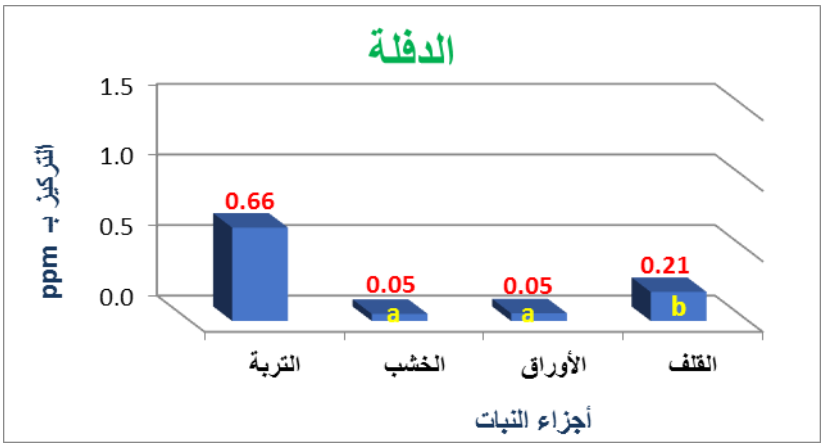
أولاً- عنصر الكادميوم (Cd)

تمتص النباتات الكادميوم عبر جذورها وأوراقها، حيث يُعد عنصراً ساماً للنباتات ويكمن السبب الرئيس لسميته في تثبيط النشاط الإنزيمي، وقد حُددت حدود السمية النباتية لعنصر الكادميوم بين 10 و20 ppm (Kabata-Pendias و Pendias، 2001)، حيث يمتلك سمية أعلى بـ 2 إلى 20 مرة من العناصر الثقيلة الأخرى (Ghosh و Singh، 2005)، بينما قدرت تراكيزه في النباتات الموجودة في بيئات طبيعية غير ملوثة بين 0.01 و 0.3 ppm (Yilmaz وزملاؤه، 2006)، وتؤكد الدراسات أنه يحتل المركز الرابع كعنصر سام للنباتات الوعائية وتسبب سميته ضعفاً في نمو النبات بشكل عام واصفراراً للأوراق (Chlorosis)، وعندما تنمو النباتات في أتربة ملوثة بالكادميوم فإن هذا العنصر يميل للتراكم في الجذور (Ghosh و Singh، 2005).

1. تراكيز الكادميوم في الدفلة:

تراوحت تراكيز الكادميوم في أجزاء الدفلة وسطياً بين 0.05 و 0.21 ppm، في حين كان تركيزه في التربة 0.66 ppm ضمن الحدود الطبيعية 0.06 إلى 1 ppm (Kabata-Pendias و Pendias، 2001) أي أن الموقع غير ملوث بالكادميوم، وكما يظهر من الشكل 1 فإن الجزء الذي راكمته الدفلة في أجزائها المختلفة بالنسبة إلى تركيزه في التربة كان منخفضاً نوعاً ما باستثناء القلف (قد يكون للترسب الهوائي دورٌ في ارتفاع الكادميوم في هذا الجزء). أظهر التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي في تركيز الكادميوم بين القلف والخشب، وكذلك بين القلف والأوراق ($P < 0.05$) حيث

تفوق القلف في مراكمة هذا العنصر على كل من الخشب والأوراق اللذين راكماه بنفس التركيز، وكانت قيمة معامل التراكم الحيوي منخفضة (BF= 0.16).



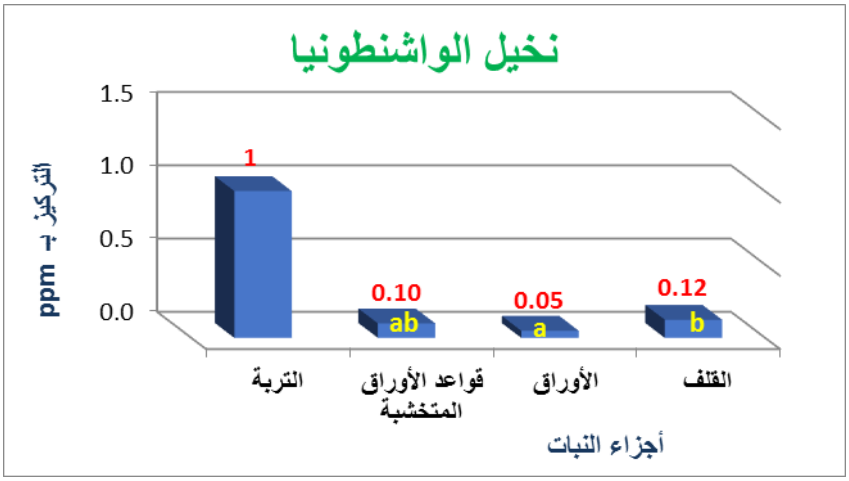
(القيم المشتركة بحرف واحد على الأقل لا توجد بينها فروق معنوية عند مستوى معنوية 5%)

الشكل 1. تراكيز الكادميوم كقيم متوسطة في الأجزاء النباتية للدفلة وفي التربة.

وبشكل عام يعود السبب الرئيس في انخفاض الكادميوم على مستوى النبات إلى خصائص هذا العنصر الذي يميل إلى التراكم في الجذور، وهذا ما أثبتته نتائج Kadukova وزملاؤه (2006) حول امتصاص Cd من قبل الدفلة Nerium oleander حيث أن معظم الكادميوم قد تراكم في الجذور، في حين أن جزءاً صغيراً جداً فقط (3.5%) من الكادميوم الكلي المتراكم قد انتقل وتراكم في الأوراق. كما درس كل من Aksoy و Ozturk (1997) محتوى أوراق الدفلة من الكادميوم في مدينة أنطاليا التركية وكان بين 0.02 و 0.72 ppm في حين بلغ في التربة بين 1.1 و 3.83 ppm واعتمدت كدليل حيوي للتلوث بالمعادن الثقيلة، بالتالي بناءً على نتائج هذه الدراسة وعلى مقارنتها بنتائج أخرى يمكن اعتماد قلف الدفلة كدليل حيوي للتلوث بالكادميوم في هذا الموقع حيث راكم هذا العنصر بتركيز مرتفع نوعاً ما.

2. تراكيز الكادميوم في نخيل الواشنطونيا:

تراوحت تراكيز الكادميوم في الأجزاء النباتية للنخيل بين 0.12 و 0.05 ppm وبشكل عام كانت هذه التراكيز أقل بكثير من تركيزه في التربة (1 ppm)، وكانت جميعها ضمن الحدود الطبيعية وهي بين 0.01 و 0.3 ppm بالنسبة للنبات و بين 0.06 و 1.1 ppm للتربة (الشكل 2). ولدى تحليل التباين لم يُلاحظ أي فرق معنوي في تركيز الكادميوم بين قواعد الأوراق المتخشبة والقلف، وكذلك بين قواعد الأوراق المتخشبة والأوراق، في حين تفوق القلف على الأوراق معنوياً ($P < 0.05$) في مراكمة الكادميوم، وكانت قيمة معامل التراكم الحيوي منخفضة جداً (BF= 0.09).

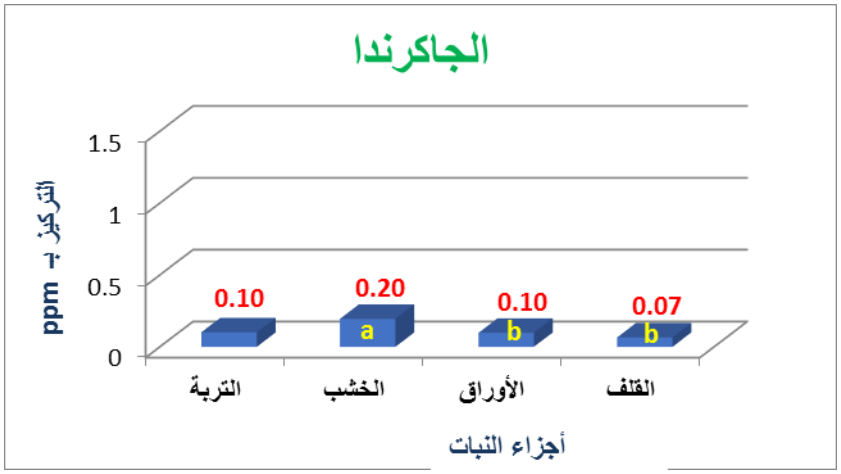


الشكل 2. تراكيز الكادميوم كقيم متوسطة في الأجزاء النباتية لنخيل الواشنطونيا وفي التربة.

وبشكل عام لم يكن النخيل مراكماً جيداً لهذا العنصر، وإنما يمكن اعتماده كدليل حيوي للتلوث بالكادميوم، ولاسيما قلفه وقواعد أوراقه المتخشبة، وقد ثبت ذلك عند مقارنة نتائج هذا البحث مع دراسات أخرى كتلك التي قام بها كل من Aksoy و Sahin (1999) حول الاعتماد على نبات الزيزفون *Elaeagnus angustifolia* كدليل حيوي للتلوث بـ (Pb و Cd و Zn) في مدينة Kayseri في تركيا، وبالنسبة للكادميوم كانت تراكيزه في التربة (2.15 ppm) و في الأوراق (0.66 ppm). من الملاحظ بأن تراكيز الكادميوم في موقع الدراسة كانت منخفضة وضمن الحدود الطبيعية، وهذا ما يؤكد أن الموقع آمن وغير ملوث، ويعود هذا الاختلاف بين نتائج هذه الدراسة ونتائج الدراسات الأخرى بشكل عام إلى اختلاف النوع النباتي وربما إلى اختلاف الكثافة المرورية في مواقع الدراسة في تركيا وفي اللاذقية (موقع الدراسة).

3. تراكيز الكادميوم في الجاكرندا:

تراوحت تراكيز الكادميوم في مختلف أجزاء الجاكرندا وسطياً بين 0.07 و 0.20 ppm حيث بلغ التركيز الأعلى لعنصر الكادميوم في الخشب، بينما كان تركيزه 0.1 ppm في التربة (الشكل 3). وكان هناك فرقٌ معنويٌ واضحٌ ($P < 0.05$) في تركيزه بين الخشب والأوراق وبين الخشب والقلف، في حين لم يلاحظ أي فرق معنوي في تركيزه بين الأوراق والقلف، حيث تفوق الخشب على كل من الأوراق والقلف في مراكمة الكادميوم. وكانت قيمة معامل التراكم الحيوي BF >1 ، وتؤكد هذه النتيجة بأن الجاكرندا مراكم حيوي ممتاز لعنصر الكادميوم، وكان الخشب هو الجزء النباتي الأفضل في مراكمته، ولاسيما أن تركيز هذا العنصر في الخشب أعلى مما هو عليه في التربة.



الشكل 3. تراكيز الكادميوم كقيم متوسطة في الأجزاء النباتية للجاكرندا وفي التربة.

وعند مقارنة نتائج هذا البحث مع نتائج دراسات أخرى كالدراسة التي قام بها كل من Olowoyo وزملائه (2010) لتقدير فاعلية قلف النوع *Jacaranda mimosifolia* كدليل حيوي للتلوث الجوي بالمعادن الثقيلة في مدينة Tashwane في جنوبي إفريقيا، وجد بأن كميات الكادميوم تراوحت بين 0.12 و 1.34 ppm وقد أكدت النتائج السابقة أن انبعاثات وسائل النقل هي المصدر الرئيس للكادميوم، إضافة إلى أن الأشجار ذات القلف الخشن مثل *J. mimosifolia* يمكن أن تراكم المعادن الثقيلة في قلفها، وبالتالي تؤكد إمكانية استخدام قلف هذا النوع كدليل حيوي للتلوث الجوي بالمعادن الثقيلة.

بشكل عام كانت تراكيز الكادميوم في هذه الدراسة ضمن الحدود الطبيعية حتى ضمن الخشب الذي أظهر أهميةً كبيرةً في مراكمته نظراً لطول عمر هذا الجزء مقارنة ببقية الأجزاء المدروسة، ولاسيما أنها شجرة متساقطة الأوراق، وبناءً على ذلك فإن الجاكرندا نبات مهم جداً كمراكم وكدليل حيوي للتلوث بالكادميوم.

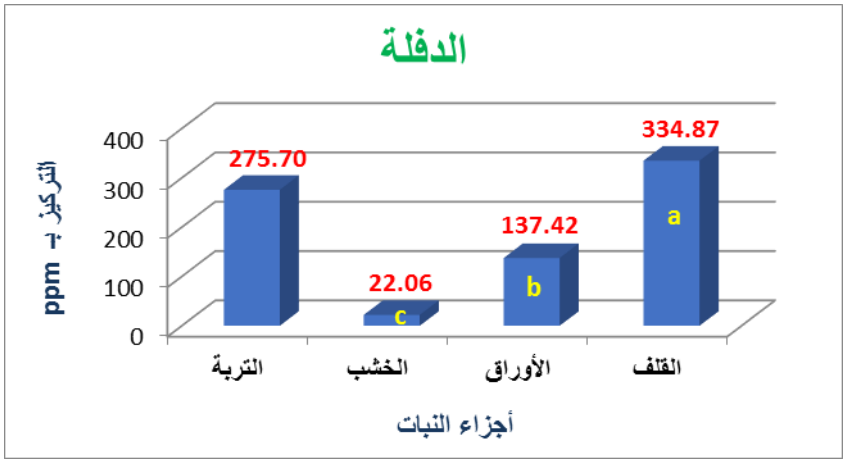
ثانياً- عنصر الزنك (Zn)

يُظهر ميزان الزنك في الترب السطحية في الأنظمة البيئية كافةً أن كميته المضافة من الجو تتجاوز تلك الخارجة من التربة بسبب عمليات الإنغسال وإنتاج الكتلة الحية (Lone وزملاؤه، 2008)، ويقدر محتوى الزنك في الترب السطحية في مختلف البلدان بين 17 و 125 ppm (Kabata- Pendias و Pendias، 2001). وتكون الأشكال الذوابة من الزنك متاحةً وبسهولة لامتصاصها من قبل النباتات، أما معدل امتصاصه فيختلف بشكل كبير تبعاً للنوع النباتي ووسط النمو. وبشكل عام يقدر المحتوى الطبيعي للنباتات من الزنك بين 15 و 100 ppm في حين سجل تراجع النمو لدى الأنواع

النباتية الحساسة عندما تحتوي أنسجتها من 150 إلى 200 ppm من الزنك، أما المستوى الأعلى للتسمم بالزنك في مختلف النباتات يتراوح بين 100 و 500 ppm (Kabata- Pendias و Pendias، 2001).

1. تراكيز الزنك في الدفلة:

تراوحت تراكيز الزنك في الدفلة بشكل وسطي بين 22.06 و 334.87 ppm، حيث كان التركيز الأعلى له في القلف 334.87 ppm، يليه في الأوراق 137.42 ppm وأخيراً في الخشب 22.06 ppm، وبلغ في التربة كان وسطياً 275.70 ppm. وقد أكد اختبار ANOVA وجود فروق معنوية واضحة بين تراكيز الكادميوم في كل الأجزاء النباتية المدروسة، حيث تفوق القلف على الأوراق والخشب ($P < 0.05$) بفروق معنوية كبيرة، كما تفوقت الأوراق على الخشب أيضا بفرق معنوي واضح (الشكل 4)، وكانت قيمة معامل التراكم الحيوي لهذا العنصر (BF= 0.6).



الشكل 4. تراكيز الزنك كقيم متوسطة في الأجزاء النباتية للدفلة وفي التربة.

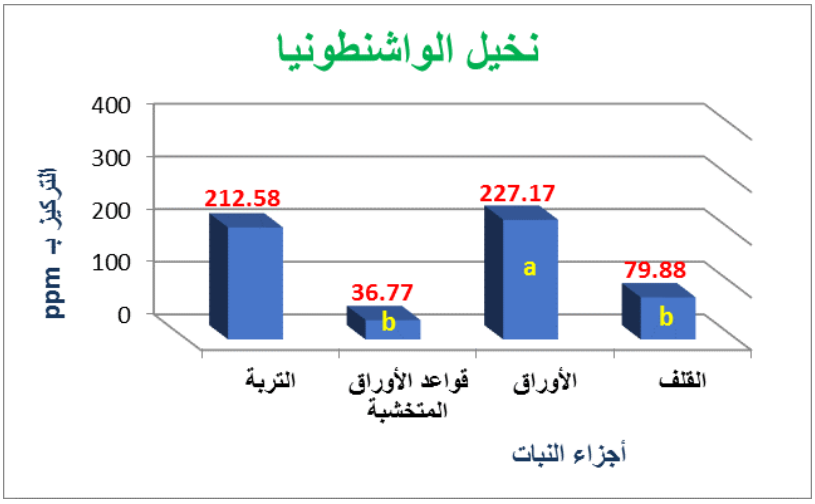
بينت النتائج بأن تراكيز الزنك قد تجاوزت الحد الأعلى الطبيعي في كل من التربة وأجزاء الدفلة والتي تُقدر بـ 17 إلى 125 ppm و 15 إلى 100 ppm على التوالي مما يؤكد تلوث شارع الثورة بهذا العنصر، فهو من جهة يتميز بارتفاع تركيزه في الترب بشكل طبيعي، ومن جهة أخرى ينتج بشكل كبير عن زيوت التشحيم واحتكاك إطارات وسائل النقل بالشوارع (Padmavathiamma و Li، 2007)، كما تُظهر النتائج أن قلف الدفلة هو الجزء النباتي الأكفأ في مراكمة عنصر الزنك وبتركيز أعلى مما هو عليه في التربة، وقد يكون لصغر حجم نبات الدفلة وسهولة حركة الزنك دور مهمٌ في تركيزه المرتفع في القلف، فمصدر الزنك في هذا الجزء بشكل أساس هو عن طريق مسامات القلف نفسه، كذلك عن طريق النسغ الكامل القادم من الأوراق (ولاسيما الأوراق الناضجة) والمحمل بالزنك الذي تراكمه إما عبر ثغورها أو من التربة عن طريق الجذور(Kabata- Pendias و Pendias، 2001)، أما بالنسبة للخشب فلم يكن له أي دور مهم في مراكمة الزنك مقارنةً بالقلف والأوراق.

وبالاطلاع على نتائج دراسات مشابهة أُجريت في مدينة Ilorin في نيجيريا قام كل من Adekola و Afolayan (2000) بتقدير تراكيز عناصرعدة ومن بينها Zn في قلف عدة أنواع شجرية مزروعة على جوانب الطرقات، ففي قلف النوع *Albizia zygia* تراوحت تراكيز الزنك بين 6.65 و 80.20 ppm، وفي قلف النوع *Acacia moniliforme* تراوحت بين 4.03 و 55.65 ppm.

ومن الواضح تفوق الدفلة في هذا البحث بقلفها وأوراقها في مراكمة الزنك على الأنواع التي تناولها المثال السابق، وهذا ما يؤكد أهميتها كمراكم حيوي فعال لعنصر الزنك إضافة لإمكانية اعتمادها كدليل حيوي ممتاز للتلوث بهذا العنصر.

2. تراكيز الزنك في نخيل الواشنطونيا

تم تسجيل فرق معنوي واضح في تركيز الزنك بين الأوراق وقواعد الأوراق المتخشبة وكذلك تركيزه بين الأوراق والقلف ($P < 0.05$) حيث تفوقت الأوراق في مراكمة الزنك على كل من قواعد الأوراق المتخشبة والقلف، في حين لم يُلاحظ أي فرق معنوي في تركيز الزنك بين قواعد الأوراق المتخشبة والقلف (الشكل 5)، وقدرت قيمة معامل التراكم الحيوي بـ (BF= 0.54).



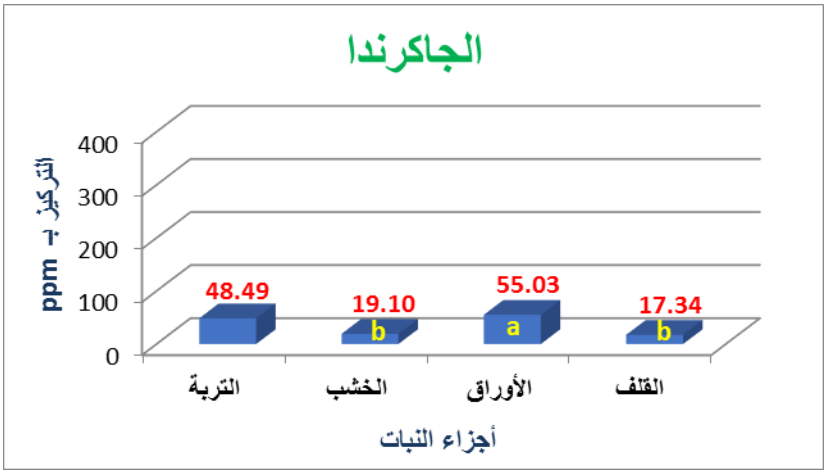
الشكل 5. تراكيز الزنك كقيم متوسطة في الأجزاء النباتية لنخيل الواشنطونيا وفي التربة.

تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن تراكيز الزنك في كل من القلف (79.88 ppm) وقواعد الأوراق المتخشبة (36.77 ppm) كانت ضمن الحدود الطبيعية والتي تقدر بين 15 و 100 ppm، في حين تجاوزت الحد الأعلى الطبيعي في كل من التربة 17 إلى 125 ppm والأوراق وبشكل كبير، حيث أظهرت الأوراق قدرة مميزة على مراكمة الزنك بكمية كبيرة ولاسيما عند المقارنة مع نتائج دراسات أخرى كالتي قام بها كل من Yilmaz وزملائه (2006) في تركيا لاختبار مراكمة النوع Aesculus hippocastanum L. لعدة عناصر ثقيلة وبالتالي إمكانية استخدامه كدليل حيوي للتلوث بها وكانت تراكيز الزنك في الأوراق كالتالي (0.391 إلى 0.594 ppm) وفي القلف (0.660 إلى 0.406 ppm) بينما بلغت تراكيزه في التربة (4.598 إلى 2.196 ppm)، في حين تراوحت تراكيزه في قلف النوع Pinus sylvestris (Scots pine) شمالي أوروبا بين 4.5 و 189 ppm (Baslar وزملاؤه، 2009)، حيث يُستنتج بعد المقارنة بالأمثلة السابقة أن النخيل تميز بأوراقه كمراكم حيوي مميز للزنك إضافة إلى إمكانية اعتماد أوراقه وقلفه كدليل حيوي جيد للتلوث بهذا العنصر.

3. تراكيز الزنك في الجاكرندا

تم تسجيل فروق معنوية في تركيز الزنك بين الخشب والأوراق وبين الأوراق والقلف ($P < 0.05$)، بينما لم يُلاحظ أي فرق معنوي بين الخشب والقلف (الشكل 6)، وقدرت قيمة معامل التراكم الحيوي بـ (BF= 0.63).

كانت تراكيز الزنك ضمن الحدود الطبيعية في أجزاء الجاكرندا كافةً 15 إلى 100 ppm وفي التربة 17 إلى 125 ppm، في حين تميزت الأوراق بمراكمة الزنك بتركيز أعلى مما هو عليه في التربة وفي الأجزاء الأخرى.



الشكل 6. تراكيز الزنك كقيم متوسطة في الأجزاء النباتية للجاكرندا وفي التربة.

وبالمقارنة مع دراسات مماثلة كالدراسة التي قام بها Olowoyo وزملاؤه (2010) لتقدير فاعلية قلف نفس النوع المدروس *Jacaranda mimosifolia* كدليل حيوي للتلوث الجوي بالمعادن الثقيلة في مدينة Tashwane في جنوبي إفريقيا، وجد بأن كميات الزنك تراوحت بين 68.4 و 490 ppm، حيث يُلاحظ بشكل عام اختلافٌ واضحٌ بين نتائج هذه الدراسة والنتائج الأخرى وهذا يعود إلى اختلاف أماكن الدراسة وكثافتها المرورية (أي مستوى التلوث)، عدا عن اختلاف الأنواع وأجزائها المدروسة، وبكل الأحوال أثبتت نتائج هذه الدراسة إمكانية اعتماد أوراق الجاكرندا كدليل حيوي للتلوث بالزنك.

ثالثاً- مقارنة تراكيز الكادميوم بين الأجزاء النباتية للأنواع المدروسة

1- في الخشب

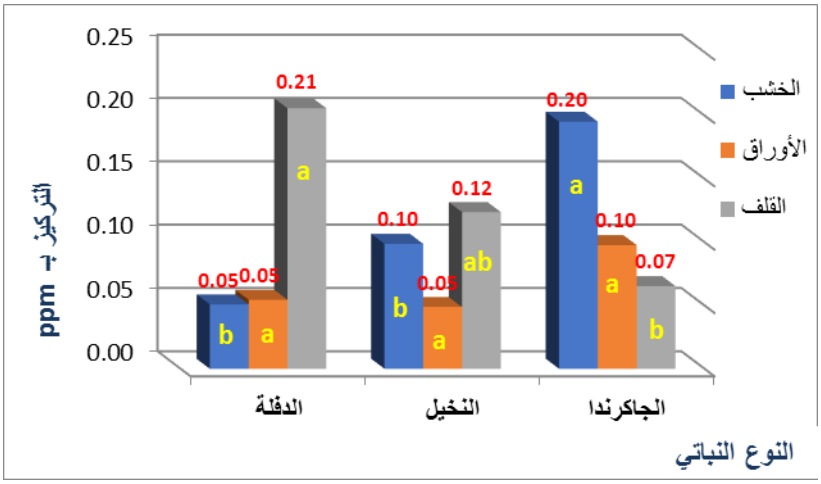
وجدت فروق معنوية بالنسبة لتراكيز الكادميوم في خشب الأنواع الثلاثة (الشكل 7)، حيث تفوق خشب الجاكرندا في مراكمة الكادميوم على كل من خشب الدفلة و قواعد الأوراق المتخشبة للنخيل، في حين لم يُلحظ أي فرق معنوي في تركيزه بين خشب الدفلة و قواعد الأوراق المتخشبة للنخيل ($P > 0.05$).

2- في الأوراق

لم تُلاحظ أية فروق معنوية بين تراكيزه في أوراق الأنواع الثلاثة، حيث تقاربت أوراق هذه الأنواع في مراكمة عنصر الكادميوم (الشكل 7).

3- في القلف

تشير نتائج التحليل الاحصائي إلى وجود فرق معنوي واحد في تراكيز الكادميوم بين قلف الدفلة وقلف الجاكرندا ($P < 0.05$) حيث تفوق قلف الدفلة في مراكمته على قلف الجاكرندا، في حين لم يُلاحظ أي فرق معنوي في تركيزه بين قلف النخيل وقلف الجاكرندا، وكذلك بين قلف الدفلة وقلف النخيل (الشكل 7).



الشكل 7. تراكيز الكادميوم كقيم متوسطة في الأجزاء النباتية للدفلة والنخيل والجاكرندا.

ويُلاحظ من خلال المقارنة أنه على الرغم من تفوق قلف الدفلة على قلف الجاكرندا في مراكمة الكادميوم، إلا أن لقدرة خشب الجاكرندا على مراكمة الكادميوم بكمية أكبر من خشب الأنواع الأخرى أهمية كبرى نظراً لديمومة هذا الجزء النباتي، وبشكل عام أكدت النتائج أن الجاكرندا مراكم فائق لعنصر الكادميوم.

رابعاً- مقارنة تراكيز الزنك بين الأجزاء النباتية للأنواع المدروسة

1- في الخشب

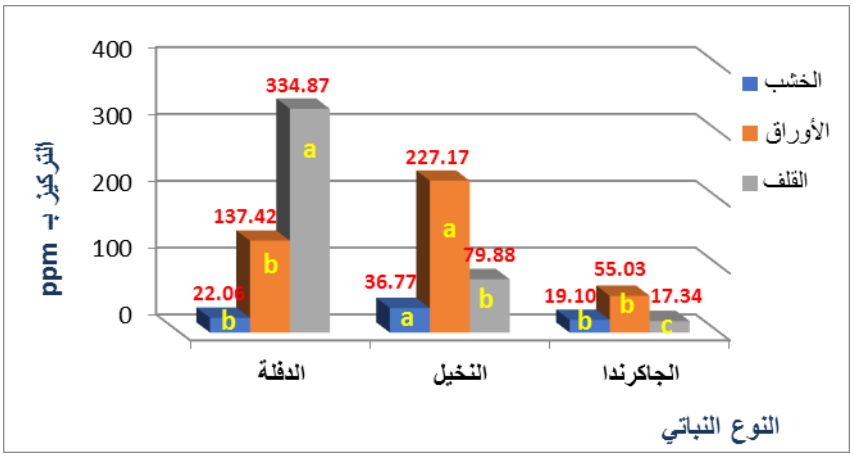
عند مقارنة الفروق المعنوية بين تراكيز عنصر الزنك في خشب الأنواع المدروسة (الشكل 8) وجدت فروق معنوية في تركيزه بين خشب الدفلة وقواعد الأوراق المتخشبة للنخيل، كذلك بين خشب الجاكرندا وقواعد الأوراق المتخشبة للنخيل ($P < 0.05$)، حيث تفوقت قواعد الأوراق المتخشبة للنخيل على كل من خشب الدفلة والجاكرندا، في حين لم يُلاحظ أي فرق معنوي في تركيز الزنك بين خشب الدفلة والجاكرندا.

2- في الأوراق

وجدت فروق معنوية في تركيز الزنك بين أوراق النخيل وأوراق الدفلة، كذلك بين أوراق النخيل وأوراق الجاكرندا ($P < 0.05$) حيث تفوقت أوراق النخيل على أوراق النوعين الآخرين في مراكمة الزنك، في حين لم يُلاحظ فرق معنوي في تركيز الزنك بين أوراق الدفلة وأوراق الجاكرندا (الشكل 8).

3- في القلف

أظهر تحليل التباين وجود فروق معنوية واضحة في تركيز الزنك بين قلف الأنواع المدروسة ($P < 0.05$)، فقد تفوق قلف الدفلة في مراكمة الزنك على قلف النخيل والجاكرندا وبشكل معنوي، كما تفوق قلف النخيل على قلف الجاكرندا (الشكل 8).



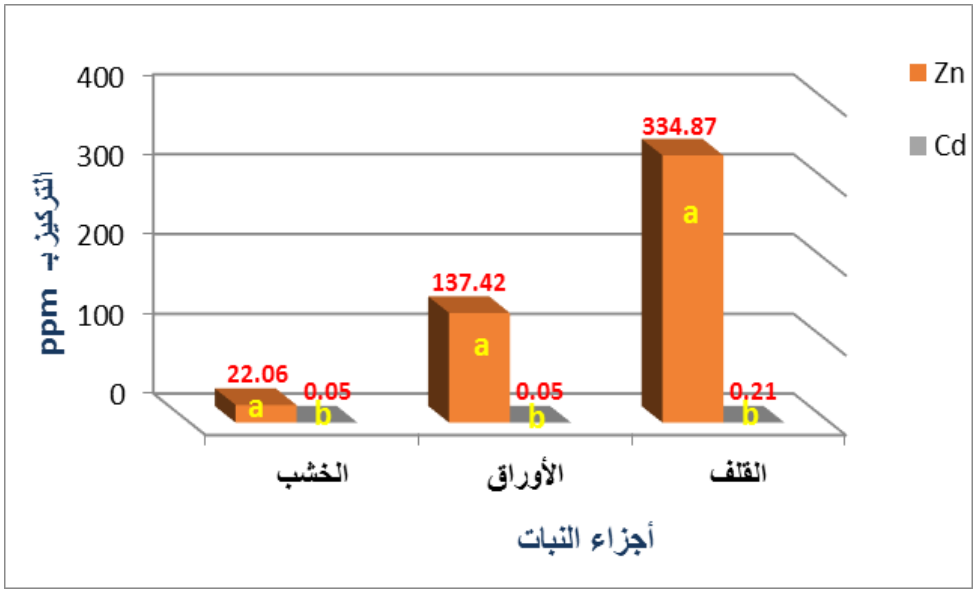
الشكل 8. تراكيز الزنك كقيم متوسطة في الأجزاء النباتية للدفلة والنخيل والجاكرندا.

يتضح مما سبق وبعد مقارنة الفروق المعنوية بأن الدفلة هي المراكم الأفضل للزنك بقلفها وأوراقها مقارنة بالنوعين الآخرين، كما تميزت أوراق كل من النخيل والجاكرندا بمراكمة الزنك وبتراكيز عالية تمكّن من الاعتماد عليها كأدلة حيوية للتلوث بهذا العنصر.

خامساً- مقارنة تراكيز الكادميوم والزنك بين الأجزاء النباتية لكل نوع

1- مقارنة تراكيز المعادن بين الأجزاء النباتية للدفلة

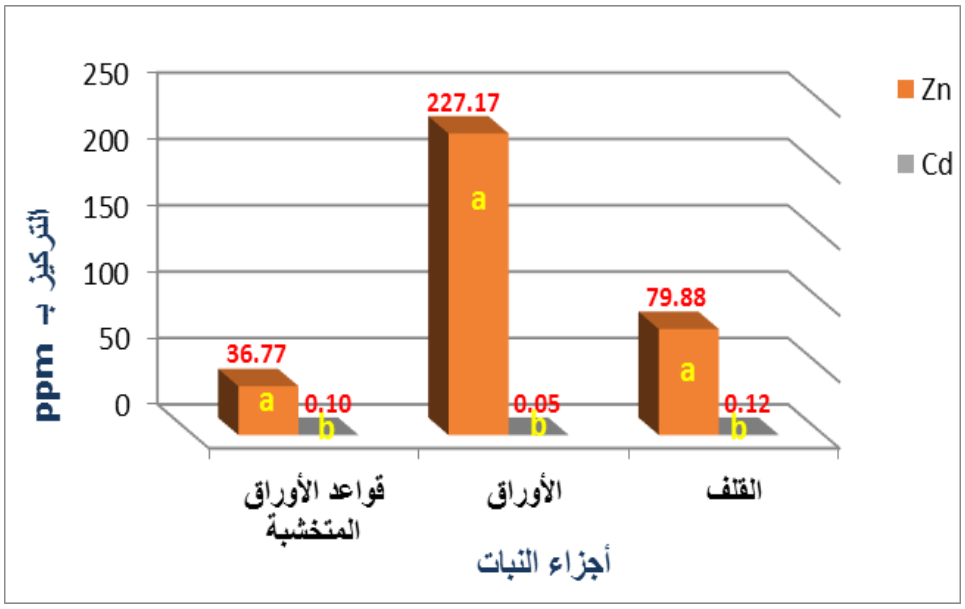
لدى مقارنة تراكيز العنصرين في كل جزء نباتي على حدة وجد أن تركيز الزنك في الخشب تفوق على تركيز الكادميوم وبفروق معنوية واضحة ($P < 0.05$)، وجاءت النتائج مماثلة في كل من الأوراق والقلف (الشكل 9).



الشكل 9. تراكيز الكادميوم والزنك كقيم متوسطة في أجزاء الدفلة.

2- مقارنة تراكيز المعادن بين الأجزاء النباتية لنخيل الواشنطونيا

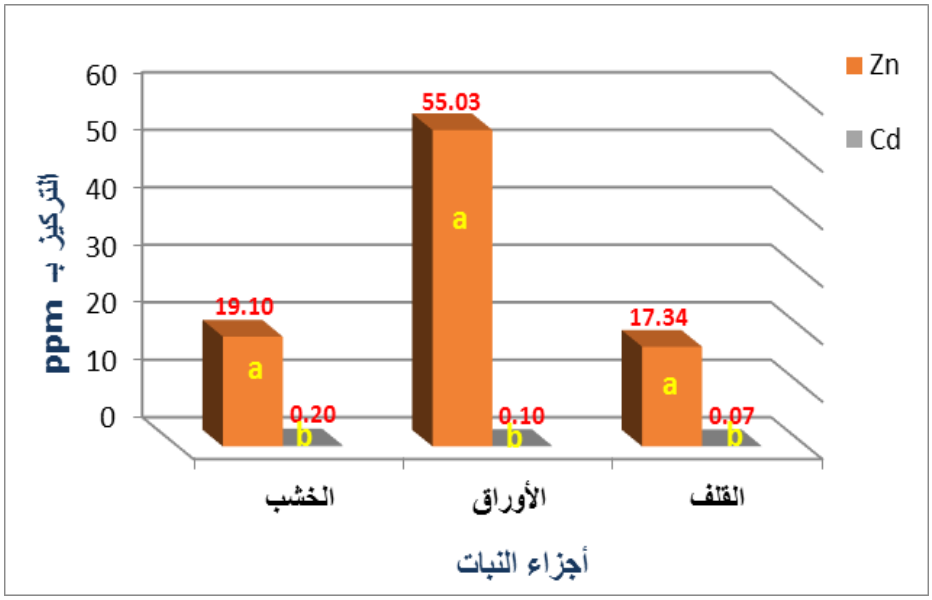
وُجدت فروق معنوية واضحة في تراكيز المعدنين الثقيلين في قواعد الأوراق المتخشبة فقد تفوق الزنك على الكادميوم (P < 0.05)، وجاءت النتيجة مماثلة في الأوراق والقلف (الشكل 10).



الشكل 10. تراكيز الكادميوم والزنك كقيم متوسطة في أجزاء نخيل الواشنطونيا.

3- مقارنة تراكيز المعادن بين الأجزاء النباتية للجاكرندا

باستخدام تحليل التباين ANOVA لمعرفة الفروق المعنوية بين تراكيز الكادميوم والزنك في أجزاء الجاكرندا وجدت فروق معنوية واضحة بين تراكيز العنصرين في الخشب ($P < 0.05$)، حيث تفوق الزنك على الكادميوم، وكانت النتائج مماثلة في الأوراق والقلف (الشكل 11).



الشكل 11. تراكيز الكادميوم والزنك كقيم متوسطة في أجزاء الجاكرندا.

يُستنتج من الأشكال 9 و 10 و11 أن الزنك كان الأعلى تركيزاً في كل من التربة والأجزاء النباتية لكل الأنواع المدروسة يليه الكادميوم، وقد يعود السبب في ذلك إلى كثرة مصادر التلوث بالزنك إضافةً لكونه عنصر سهل الحركة وإلى وجوده بأشكال ذوابة في التربة وبالتالي فهو عنصر متاح وسهل الامتصاص من قبل النباتات، بالمقارنة مع الكادميوم الذي يميل للتراكم في الجذور (Kabata- Pendias و Pendias، 2001).

الاستنتاجات والمقترحات

أظهرت النتائج أن تركيز الزنك كان أعلى من تركيز الكادميوم في كل من التربة والأجزاء النباتية لكل الأنواع، حيث تميزت أوراق الدفلة وقلفها بقدرة عالية على مراكمة الزنك (بالتالي إمكانية اعتمادها كمراكم حيوي وكدليل حيوي للتلوث بهذا العنصر)، كما راكمت كل من أوراق نخيل الواشنطونيا وأوراق الجاكرندا عنصر الزنك بتراكيز أعلى مما هي عليه في التربة (ما يمكّن من اعتماد أوراق هذين النوعين كدليل حيوي للتلوث بعنصر الزنك). في حين لم يكن لخشب الدفلة أولقواعد الأوراق المتخشبة في النخيل أي دور مهم في مراكمة المعادن المدروسة، بينما تفوق خشب الجاكرندا في مراكمة الكادميوم بتراكيز عالية (BF > 1) وهذا ما أعطى للجاكرندا ميزة مهمة، نظراً لديمومة هذا الجزء النباتي مقارنة بالقلف والأوراق القابلين للتجدد. وبناءً على ما سبق يُنصح بالتوسع بزراعة الجاكرندا لاسيما في الأماكن عالية التلوث بالكادميوم، مع ضرورة توخي الحذر عند زراعتها كونها نوعاً مدخلاً، والتوسع بزراعة الدفلة في الأماكن عالية التلوث وعلى جوانب الشوارع الرئيسة والأوتوسترادات السريعة نظراً لكونها مراكماً حيوياً جيداً للعناصر الثقيلة المدروسة. إضافة إلى متابعة الدراسات في هذا المجال واختبار قدرة المراكمة لدى كل الأنواع المزروعة في شوارع وحدائق محافظات القطر المختلفة ليتم وضع مخطط تصنيفي للأنواع الأكثر قدرة على مراكمة العناصر الثقيلة، والتوسع بزراعتها، وأخيرا التوسع في مجال الاعتماد على النباتات كأدلة حيوية للتلوث بالعناصر الثقيلة.

المراجع

- **خليل، كامل و العجيلي، محمد صالح**. 2005. استخدام النباتات لكشف التلوث الجوي في المدن. مجلة الجغرافي العربي. (16): 105-123.
- **شلبي، نبيل و الشمري، سعد و مسلاتي، كمال و نمازي، علي**. 2007. الأشجار والشجيرات الحدائقية في مدينة أبها. معهد بحوث الموارد الطبيعية والبيئية، مطابع مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، المملكة العربية السعودية، الرياض، الطبعة الأولى، ص 648.

- **Adekola, F. A., and O. B. Afolayan**. 2000. Assessment of levels of some heavy metals in the bark of street trees in Ilorin city, Nigeria. Bioscience Research Communications. Vol. 12(2): 133-137.
- **Aksoy, A., and U. Sahin**. 1999. *Elaeagnus angustifolia* L. as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution. Tr. J. of Botany, 23: 83–87.
- **Aksoy, A., and M. Ozturk**. 1997. *Nerium oleander* L. as a biomonitor of lead and other heavy metal pollution in Mediterranean environment. Sci. Total Environ. 205: 145-150.
- **Azevedo, J. A., and R. A. Azevedo**. 2006. Heavy Metals and Oxidative Stress: Where Do We Go from Here? Commun. Biometry Crop Sci. 1(2):135-138.
- **Baslar, S., Y. Dogan, N. Durkan, and H. Bag**. 2009. Biomonitoring of zinc and manganese in bark of Turkish red pine of western Anatolia. Journal of environmental biology, 30(5), 831-834.
- **Bert, V., P. Meerts, P. Saumitou-Laprade, P. Salis, W. Gruber, and N. Verbruggen**. 2003. Genetic basis of Cd tolerance and hyperaccumulation in Arapidopsis halleri. Plant Soil, 249, 9-18.
- **Chen, X., X. Xia, Y. Zhao, and P. Zhang**. 2010. Heavy metal concentrations in roadside soils and correlation with urban traffic in Beijing, China. Journal of Hazardous Materials, 181: 640–646.
- **Ghosh, M., and S. P. Singh**. 2005. A comparative study of cadmium phytoextraction by accumulator and weed species. Environmental Pollution, 133: 365-371.
- **Kabata-Pendias, A., and H. Pendias**. 2001. Trace Elements in Soils and Plants. 3rd.ed., ISBN 0-8493-1575-1. Boca Raton London New York Washington, D.C, 403.
- **Kadukova, J., E. Manousaki, and N. Kalogerakis**. 2006. Lead and Cadmium Accumulation from Contaminated Soils By *Nerium Oleander*. Acta Metallurgica Slovaca, 12: 181 - 87.
- **Lone, M. I., Z. He, P. J. Stoffella, and X. Yang**. 2008. Phytoremediation of heavy metal polluted soils and water: Progresses and perspectives. Journal of Zhejiang University SCIENCE B, 9(3): 210-220.
- **Olowoyo, J. O., E. Heerden, and J. L. Fischer**. 2010. Investigating *Jacaranda mimosifolia* tree as biomonitor of atmospheric heavy metals. Environ Monit Assess, 164: 435–443.
- **Padmavathiamma, P. K., and L.Y. Li**. 2007. Phytoremediation Technology: Hyper-accumulation Metals in Plants. Water Air Soil Pollut, 184: 105–126.
- **Rowell, D. L**. 1997. Bodenkunde Untersuchungsmethoden und ihre Anwendungen. Springer-Verlag. ISBN 3- 540- 60825- 2 Springer-Verlag Berlin Heidelberg.Germany, 607.
- **Sarma, H**. 2011. Metal hyperaccumulation in plants: A review focusing on Phytoremediation technology. Journal of Environmental Science and Technology, 4(2): 118- 138.
- **Yilmaz, R., S. Sakcali, C. Yarci, A. Kasey, and M. Ozturk**. 2006. Use of *Aesculus hippocastanum* L. as a biomonitor of heavy metal pollution. Pak. J. Bot., 38(5): 1519-1527.

N° Ref: 513