مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (35) العدد (8) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (35) No. (8) 2013

مقارنة قدرة أربعة أنواع نباتية مزروعة على مراكمة عنصر الكادميوم (Cd) في مدينة اللاذقية (حديقة الفرسان)

ديانا حميدوش*
الدكتور إبراهيم نيصافي**

(تاريخ الإيداع 28 / 8 / 2013. قبل للنشر في 2 / 10 / 2013)

□ ملخّص □

تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة قدرة أربعة أنواع نباتية (*Bougainvillea glabra, Ficus benjamina L.* *Ligustrum vulgare L., Bauhinia variegate Linn*.) مزروعة في حديقة الفرسان في مدينة اللاذقية على امتصاص ومراكمة عنصر الكادميوم الصادر عن وسائل النقل بشكل رئيس. جمعت عينات الأوراق، القلف، الخشب والتربة، ثم جهزت (تجفيف- هضم- ترشيح) للتحليل باستخدام جهاز التحليل الطيفي بالإمتصاص الذري (atomic absorption spectrophotometer). وأظهرت النتائج أن أعلى تركيز للكادميوم وجد في قلف الجهنمية 4.4 ppm بالوزن الجاف (Dry weight)، يليه في أوراق الجهنمية 4.2 ppm ، ثم في قلف التين الباكي 3.93 ppm، وأخيراً في قلف خف الجمل 3.55 ppm. أما أقل تركيز له في خشب التين الباكي 1.66 ppm. وأشارت النتائج إلى أهمية الأنواع النباتية المدروسة وإمكانية امتصاص ومراكمة معدن الكادميوم، كما أكدت تفوق الجهنمية على كل من التين الباكي وخف الجمل واللغستروم وتصنيفه كنبات مراكم و مهم لتنقية البيئة من هذا العنصر وكدليل حيوي للتلوث به.

الكلمات المفتاحية: المعادن الثقيلة- عنصر الكادميوم- المراكمات- المعالجة النباتية

* طالبة دراسات عليا (ماجستير)- قسم الحراج والبيئة- كلية الزراعة - جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.
** مدرس- قسم الحراج والبيئة- كلية الزراعة- جامعة تشرين- اللاذقية - سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (35) العدد (8) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (35) No. (8) 2013

A Comparison of Four Planted Species Abilities to Accumulate Cadmium Element (Cd) in Lattakia City (Alfoursan Park)

Diana Hmaidosh[*]
Dr. Ebrahim Nisafi[**]

(Received 28 / 8 / 2013. Accepted 2 / 10 /2013)

□ ABSTRACT □

This study aims to compare the ability of four plant species (*Ficus benjamina L., Bougainvillea glabra, Ligustrum vulgare L., Bauhinia variegate Linn.*) to absorb and accumulate the cadmium element which is basically emitted by motor vehicles (transportation). The four species were planted in Alfoursan Park in Lattakia City. Samples of leaves, bark, wood and soil were collected, and then processed (drying, digesting and filtrating) for analysis using an atomic absorption spectrophotometer. The results showed that the highest concentration of cadmium was in the bark of *Bougainvillea glabra* 4.4 ppm (in dry weight), next in the leaves of *Bougainvillea glabra* 4.2 ppm, then in the bark of *Ficus benjamina L.* 3.93 ppm, and finally in the bark of *Bauhinia variegate Linn.* 3.55ppm. The lowest concentration, however, was in the wood of *Ficus benjamina L.* 1.66 ppm. The results show the importance of the four species and the potential of absorption and accumulation of the cadmium element. Results also showed the superiority of *Bougainvillea glabra* over *Ficus benjamina L., Ligustrum vulgare L.* and *Bauhinia variegate Linn. Bougainvillea glabra* is classified in the study as an accumulator plant important to purify the environment from the cadmium element.

Keywords: heavy metals, cadmium, accumulators, phytoremediation

[*]**Postgraduate student, Department of Ecology and Forestry, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria**
[**]**Assistant Professor, Department of Ecology and Forestry, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria**

مقدمة:

تُعدُّ المعادن الثقيلة من أهم وأخطر الملوثات اللاعضوية التي انتشرت في البيئة بشكل كبير منذ بداية الثورة الصناعية إذ لا يمكن تحطيمها بيولوجياً، وعلى العكس يمكن أن تراكم تدريجياً وتتحول إلى مركبات معدنية أكثر سمية وتتضخم عبر السلاسل الغذائية (التضخم البيولوجي) في مستويات الكائنات الحية كافة ، حيث تبقى لفترة طويلة من الزمن في البيئة مسببة اختلال في التوازن الطبيعي للنظام البيئي (تغيير تدفق الموارد الطبيعية والمواد الكيميائية، تدهور سريع للتربة والغطاء النباتي (Lone et al.,2008).

أشار Kord وآخرون عام (2010) إلى أن تلوث الهواء بالمعادن الثقيلة نتيجةً لزيادة النشاط البشري يشوه الجمالية الطبيعية ويؤثر على صحة الإنسان بشكل كبير، وكذلك يؤثر على النبات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة، يضاف إلى ذلك أن استخدام الماء الملوث بالمعادن الثقيلة يعرض الإنسان والحيوان للتسمم بهذه المعادن فعلى سبيل المثال، يؤثر التسمم بالمعادن الثقيلة على أكثر من 800 ألف طفل في أعمار تتراوح بين 1–5 سنة في الولايات المتحدة الأميركية فقط (Zhuang et al.,2009).

تعددت الأساليب المتبعة لمعالجة المواقع الملوثة بالمعادن الثقيلة ومن ضمنها الأساليب التقليدية الفيزيائية والكيميائية، لكنها تؤثر بشكل غير عكوس على خصائص التربة وتدمر التنوع الحيوي وقد يؤدي الأمر إلى جعل التربة عديمة الفائدة كوسط لنمو النبات. إضافة لأنها أساليب مكلفة للغاية إذ تتراوح الكلفة بين 50– 500 دولار / طن من التربة (Lasat, 2000)، فكان لابد من استخدام تقنيات أخرى مثل تقنيات المعالجة الحيوية التي تركز على استخدام الكائنات الحية كعامل تنقية أو تنظيف حلاً بديلاً وجيداً يمكن تحمل أعباء تكلفته المادية لإصلاح المواقع الملوثة وهذا ما قاد إلى مفهوم الـ Phytoremediation والذي يُعرف أنه استيراتيجية تنظيف بيئية باستخدام النباتات الخضراء الموجودة طبيعياً أو المهندسة وراثياً لإزالة أو احتواء الملوثات السامة أو تحويلها إلى أشكال غير ضارة، ويمكن تطبيق هذه التقنية على الملوثات العضوية والمعدنية الموجودة في التربة أو الماء أو الهواء (Ghosh and Singh, 2005).

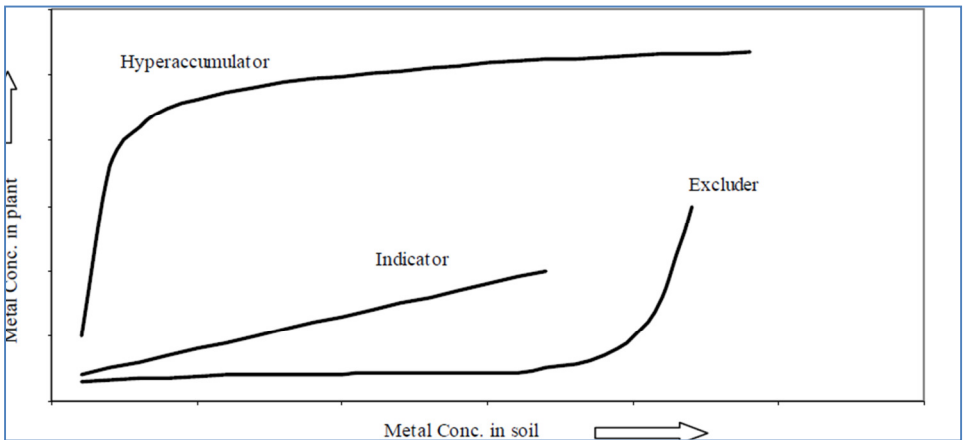
بينت الدراسة التي قام بها Vitoria وآخرون عام 2001 مقدرة بعض النباتات على التكيف مع الخصائص الكيميائية للوسط المحيط، إذ تتمكن من امتصاص كميات كبيرة من المعادن الثقيلة ومن ثم تراكمها في أنسجتها بتراكيز عالية. إذ تتميز المعادن الثقيلة بنماذج مختلفة من السلوك والحركة ضمن النبات فالرصاص والكروم والنحاس تميل لأن تتراكم وتتثبت بشكل أساسي في الجذور، بينما يتحرك كل من الكادميوم، الزنك والنيكل بشكل أكثر سهولة لتتوضع في الأنسجة الهوائية (Pulford and Watson,2003). ويرى Baker عام 1981 أن بعض النباتات طورت قدرتها على النمو بوجود كميات كبيرة من المعادن الثقيلة في بيئتها وذلك بثلاث طرق رئيسة:

1. **Exclusion (الصد– الاستبعاد):** إذ تقيد النباتات حركة المعادن الثقيلة وانتقالها وتحافظ على تراكيز ثابتة (التركيز الحدي) منها في أجزائها مهما تغيرت تراكيز هذه المعادن في التربة، والتقييد الأساس يكون في منطقة الجذور.

2. **Indication**: تعكس تراكيز المعادن الثقيلة في النبات تلك الموجودة في محلول التربة وذلك بعلاقة خطية، وتسمى النباتات بهذه الحالة المؤشرات الحيوية Bioindicators.

3. **Bioaccumulation**: تتراكم المعادن الثقيلة في الجذور والأجزاء الهوائية للنبات وذلك في حال التراكيز العالية والمنخفضة في التربة دون أن تؤثر على عملياتها الحيوية، وتتبع هذه الطريقة مجموعة المراكمات الحيوية Bioaccumulators، وبشكل عام تدعى النباتات ذات القدرة العالية على مراكمة المعادن الثقيلة بالمراكمات الفائقة

(Hyperaccumulators)، وتعرف بأنها النباتات النامية طبيعياً في الترب المعدنية والقادرة على امتصاص المعادن الثقيلة بمستويات عالية و بالتالي مراكمتها اما في الأوراق، الجذور أو الأغصان بتراكيز تُعدُّ سامة جداً و ضمن حدود 50- 500 مرة مقارنة مع مقدرة نباتات أخرى بالمتوسط، و هذه الصفة هي التي تعطي تلك الأنواع صفة التنافسية، وقد سجل حتى الآن أكثر من 500 نوع نباتي كأنواع Hyperaccumulators تعود لـ 101 فصيلة نباتية، تُعدُّ أنواع الأجناس (الصفصاف والكرنب) من أكثر الأنواع فائقة المراكمة المدروسة (Prasad and Freitas, 2003). تمتاز نباتات الـ Hyperaccumulators بمعامل تركيز حيوي (Bioaccumulation Factor) أكبر من الواحد ويرمز له (BF) وهو النسبة بين تركيز المعدن في النبات إلى تركيزه في التربة (Kabata-Pendias and Pendias, 2001) ويوضح المخطط رقم (1) استراتجيات الاستجابة لتراكيز المعادن الثقيلة في قمم النباتات بالعلاقة مع زيادة تركيزها في التربة (Bert et al., 2003).



المخطط (1). استيراتجيات الاستجابة لتراكيز العناصر الثقيلة في قمم النباتات بالعلاقة مع زيادة تركيزها في التربة.

أهمية البحث وأهدافه:

تختلف مصادر المعادن الثقيلة في المناطق الحضرية بدءاً من المخلفات المنزلية والدهانات إلى الصناعات الكيميائية، عمليات التعدين، إنتاج الوقود والطاقة وعمليات النقل (Lone et al., 2008).

تسهم حركة المرور الكثيفة في تحرير عديد من المعادن الثقيلة في الغلاف الجوي، بالتالي تُعدُّ من المصادر الرئيسة لتلوث هواء المدن والتربة من خلال العلاقة المتبادلة بين التلوث الجوي وتلوث التربة، إضافة إلى مقدرة بعض المعادن الموجودة في التربة على توليد جسيمات عالقة في الهواء والغبار تؤثر على نوعية الهواء. لذلك تلعب التربة دور المستودع المخزن للتلوث مباشرة من وسائل النقل، إلا أن الأنواع النباتية المراكمة للمعادن الثقيلة تلعب دوراً جزئياً في الحد من انتشار التلوث من خلال امتصاصها ومراكمتها في أجزائها المختلفة (أوراق، قلف، خشب) بتراكيز تفوق تراكيزها في البيئة المحيطة، وهذا يقود إلى ضرورة دراسة الأنواع النباتية المزروعة في حديقة الفرسان لتحديد أكثرها كفاءة في الامتصاص والمراكمة لتوسيع زراعتها، إضافة إلى نشر الوعي فيما يتعلق بالتأثيرات السلبية للتلوث بالمعادن الثقيلة في تربة الحدائق على صحة الإنسان إذ يختلف حجم التلوث في الحدائق مع التقدم بالعمر، فأكثر المنتزهات جاذبية تعاني أكبر قدر من حركة الإنسان الأمر الذي يزيد بدوره من مستوى التلوث بعناصر Pb-Cu، كذلك يعتبر موقع الحدائق أحد العوامل المهمة في تحديد مدى تراكم المعادن الثقيلة خاصة Pb-Cu، والمدخلات من المعادن إلى

التربة له آثار سلبية على صحة الإنسان عند التعرض المتكرر خاصة الأطفال هم الأكثر عرضة للآثار الصحية السلبية الناجمة عن المعادن وذلك بسبب الحجم الصغير للجسم، تطور الجهاز العصبي والسلوك المشترك لوضع المواد الضارة واليدين داخل الفم (Madrid et al., 2002).

بناء على ذلك كان الهدف من البحث: مقارنة قدرة أربعة أنواع نباتية مزروعة في حديقة الفرسان وهي (Ficus benjamina L., Bougainvillea glabra, Ligustrum vulgare L., Bauhinia variegate Linn) على مراكمة معدن الكادميوم وتوزعه في الأجزاء النباتية المدروسة وبالتالي تحديد النوع الأكفأ في المراكمة وإمكانية تصنيفه كنبات مراكم يسهم في تنقية البيئة المحيطة من هذا العنصر.

طرائق البحث و مواده:

1- موقع الدراسة

يقع الموقع المدروس (حديقة الفرسان) في مدينة اللاذقية التي تقع في الطابق البيوميناخي (الحراري السفلي) والخاضعة لتأثير المناخ المتوسطي بمعدل أمطار سنوية 600-800 mm والرياح غربية بشكل عام، وتقدر مساحة الحديقة بنحو 35 دونم.

وقد تم اختيار حديقة الفرسان نظراً:

- تتميز المنطقة بوصفها منخفضة وبالتالي صعوبة التنقية الذاتية للهواء.
- الكثافة المرورية العالية لقربه من الكراج ومرور مختلف وسائط النقل (بدءاً من الدراجات النارية حتى الشاحنات الكبيرة)
- كذلك الكثافة البشرية العالية فيها نظرا لتواجد أماكن للعب الأطفال وقربها من الملعب البلدي.
- التنوع النباتي العالي من حيث عدد الأنواع وعدد الأشجار، وتتراوح أعمار الأنواع النباتية بالمتوسط بين (15-30 سنة) ، إضافة إلى زراعتها بطريقة مختلطة. وتُعدُّ تربة الحديقة واحدة لكل الأنواع.

2- الأنواع النباتية المدروسة:

2-1- خف الجمل (*Bauhinia variegate Linn*) التابعة لفصيلة Fabaceae

شجرة متساقطة الأوراق يتراوح ارتفاعها بين 5-8m ، موطنها الأصلي المناطق الاستوائية. تُعدُّ من النباتات المستخدمة للزراعة في الحدائق والمنتزهات نظراً لجمال أزهارها وامتدت زراعتها إلى تزيين جوانب الطرقات. لهذه الشجرة فوائد علاجية عديدة إضافة إلى استخراج الأصبغة من اللحاء. لا تتحمل الصقيع و الرياح وتفضل المواقع المشمسة وينصح بزراعتها في المناطق الساحلية (شبلي وآخرون، 2007).

2-2- التين الباكي (*Ficus benjamina L.*) التابع لفصيلة Moraceae

شجرة مستديمة الخضرة يصل ارتفاعها في الظروف الطبيعية إلى 3m، موطنها الأصلي جنوب وجنوب شرق آسيا واستراليا. تُعدُّ شجرة شعبية جداً تناسب في المناطق المعتدلة بسبب نموها الأنيق والتسامح بالظروف الصعبة. تستخدم لتزيين جوانب الطرقات والمنتزهات (شبلي وآخرون، 2007).

2-3- الجهنمية (*Bougainvillea glabra*) التابعة لفصيلة Nyctaginaceae

نبات متسلق أو معرش مستديم الخضرة يصل ارتفاعها إلى 5-10m ، الأزهار متعددة الألوان يعود لونها إلى لون القنابات. تمتاز بقدرتها على تحمل الملوحة العالية مما يجعلها الخيار المناسب في المناطق الساحلية، لكنها مثالية في الجو الدافئ وتقاوم الجفاف (شبلي وآخرون، 2007).

2-4- اللغستروم (*Ligustrum vulgare L.*) التابع لفصيلة Oleaceae

شجيرة دائمة الخضرة يصل ارتفاعها إلى 8m وأوراقها قلبية جلدية داكنة، موطنها الأصلي وسط وجنوب اوروبا وشمال افريقيا. تقاوم البرد ويفضل تقليمها سنويا عند بداية الإزهار للتخلص من الرائحة المحسسة وهي قابلة للقص والتشكيل لذلك يتم استخدامها للزراعة على جوانب الطرقات أو ضمن الحدائق كأسيجة (شبلي وآخرون، 2007).

3-3- جمع العينات وتحضيرها وتحليلها

تم جمع العينات بتاريخ 2012/10/30، من الأنواع النباتية المذكورة سابقاً، وتم أخذ أربع مكررات من كل نوع ومن كل مكرر تم أخذ عينات تربة (soil) – أوراق (leaves)– قلف (bark) – خشب (wood)، حيث جمعت العينات من الجهات الأربع لكل مكرر (نبات) وخلطت معاً لتشكل عينة واحدة (عينة مركبة)، وكذلك جمعت عينات التربة من الجهات الأربع حول كل مكرر على عمق (0-20 cm) وخلطت معاً لتشكل عينة واحدة.

3-3-1- طريقة تحضير عينات النبات

تمت تنقية عينات الأوراق والقلف والخشب من الشوائب (غسيلها بماء الصنبور أولا ثم بالماء المقطر) ومن ثم تخفيفها على ورق مقوى (تجفيف هوائي) وبعدها وضعت العينات في أكياس ورقية ثم جففت بالمجفف على درجة حرارة (60 Cº) لمدة حوالي 72 ساعة حتى ثبات الوزن ثم طحنت، بعد ذلك تم أخذ حوالي (3 g) من كل عينة ووضعت في المجفف على حرارة (105 C°) لمدة 24 ساعة بهدف حساب الرطوبة، وأخيراً تم تجهيز الرشاحة بوزن(1 g) من كل عينة (العينات المجففة على درجة حرارة 60 Cº والمطحونة) وضعت في جفنات وجففت بالمرمدة على درجة حرارة (550 Cº) لمدة 3 ساعات حتى أصبح لونها أبيض تماماً، ثم أضفنا (2 ml) من حمض HNO_3(5 mol) ووضعت على السخان لمدة ساعة مع التحريك من فترة لأخرى بقضيب زجاجي، ثم رطبت بالماء المقطر (3-2) قطرات، ثم أضفنا (2 ml) من حمض HCL وجففت على السخان لمدة ساعة كاملة ثم أضفنا (2.5 ml) من حمض HNO_3 (2 mol)، ثم رشحت العينة بنقلها من الجفنة إلى دورق معياري سعة 25 ml وأكملت بالماء المقطر إلى (25 ml).

3- 2-طريقة تحضير عينات التربة

تمت تنقية عينات التربة من الحجارة وغيرها من الشوائب، ثم وضعت في أكياس ورقية وجففت بالمجفف على درجة حرارة (40 Cº) أيضا لمدة 72 ساعة، ومن ثم نخلت بمنخل قطر ثقوبه 2 mm. ثم تم وزن 1g من كل عينة ووضعت في أنابيب زجاجية ثم أضيف لها 21 ml من حمض HCL و 7 ml من حمض HNO_3 وتركت طوال الليل، ثم وضعت في جهاز الهضم ورفعت درجة الحرارة تدريجياً خلال ساعتين إلى درجة الحرارة 175Cº تحت الضغط الطبيعي، ثم تركت على هذه الدرجة لمدة ثلاث ساعات ولاحقاً بردت ورشحت وأكملت الرشاحة بالماء المقطر حتى 50 ml وحفظت في عبوات بلاستيكية.

وأخيراً حللت العينات باستخدام جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري (atomic absorption spectrophotometer)، أما التحليل الإحصائي تم باستخدام برنامج (SPSS) وذلك من خلال تحليل التباين

(ANOVA) إذ تمت مقارنة الفروق المعنوية بين المتوسطات بحساب قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5%، فعندما تكون (P> 0.05) دليل عدم وجود فروق معنوية في حين(P< 0.05) يعني وجود فروق معنوية.

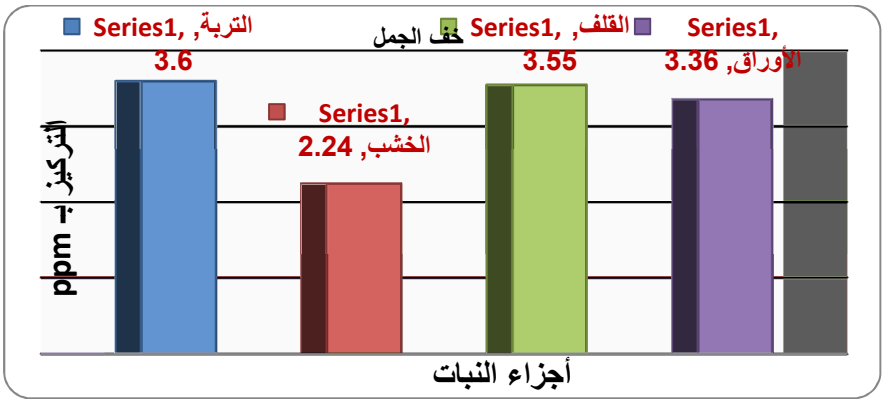
النتائج والمناقشة:

تُعدُّ الأنشطة البشرية بمختلف أشكالها من وسائل النقل- صهر المعادن الخام وتكريرها- الأسمدة الفوسفاتية أهم مصادر التلوث بالكادميوم (Lone et al, 2008). تكمن التأثيرات الخطيرة على النبات من خلال تثبيط النشاط الانزيمي وضعف في نمو النبات واصفرار الأوراق، وقد حددت السمية النباتية لمعدن الكادميوم بين (10-20ppm) بالوزن الجاف (بينما قدرت تراكيزه في النباتات الموجودة في بيئات طبيعية غير ملوثة بين (0.01-0.3 ppm) (Kabata- Pendias and Pendias, 2001). ولدى تحليل العينات المأخوذة في دراستنا كانت تراكيز الكادميوم كمتوسطات بالوزن الجاف كالآتي:

1- مقارنة تراكيز الكادميوم بين أجزاء النوع الواحد

1-1- خف الجمل (*Bauhinia variegate*)

تراوحت تراكيز الكادميوم في أجزاء خف الجمل وسطياً بين (2.24 – 3.55 ppm)، حيث وجد التركيز الأعلى له في القلف (3.55 ppm) يليه في الأوراق (3.36 ppm) وأخيراً في الخشب (2.24 ppm)، وقدر في التربة بـ (3.6 ppm). وباستخدام تحليل ANOVA لوحظ وجود فرق معنوي في تركيز الكادميوم بين القلف والخشب (p< 0.05)، ولم نجد أي فرق معنوي في تركيز الكادميوم بين الأوراق والقلف وكذلك بين الأوراق والخشب (P> 0.05). وقد تفوق القلف في مراكمته لعنصر الكادميوم على كل من الخشب والأوراق الشكل رقم (1). وبشكل عام كانت قيمة معامل التراكم الحيوي أقل من الواحد (BF=0.85).



شكل (1). تركيز الكادميوم في خشب، أوراق وقلف خف الجمل وفي التربة.

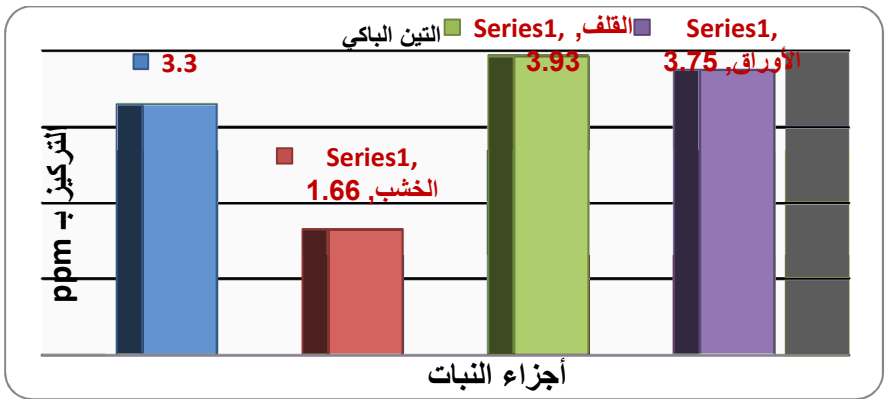
يظهر من النتائج ارتفاع تراكيز الكادميوم في الأجزاء النباتية كافة خاصة في القلف والأوراق اللذين يمكن وصفهما وخاصة القلف كدليل حيوي للتلوث بالكادميوم في هذا الموقع، ويعود السبب لارتفاع تركيزه في التربة إلى عمليات الترسب الهوائي خاصة لقرب الحديقة من الكراج ومرور مختلف وسائل النقل بكثافة عالية، إضافة إلى تحلل الأوراق المتساقطة من النباتات.

وبمقارنة نتائج دراستنا مع دراسات مماثلة، Rafati و آخرون (2011) أكدوا على إمكانية اعتماد نبات الحور الأبيض *Populus alba* كمراكم ودليل حيوي للتلوث في إيران من خلال تحديد تراكيزه ونسبة تراكمه في أجزاء مختلفة (أوراق خضراء – أوراق متساقطة) وذلك بعد زراعته في الهواء الطلق لمدة شهرين ومعالجته بالمحاليل المناسبة، إذ سجل أعلى تركيز للكادميوم في عينات الأوراق المتساقطة (13.97 ppm)، وتراوح تركيزه في عينات التربة وسطياً بين (18.58 ppm – 0.34). كذلك أوضحت الدراسة التي قام بها كل من Aksoy و Sahin (1999) حول إمكانية الاعتماد على نبات الزيزفون Elaeagnus angustifolia كدليل حيوي للتلوث بمعدن الكادميوم في مدينة Kayseri في تركيا, حيث جمعت عينات الأوراق والتربة من خمس مناطق (صناعية, جوانب الطرقات, ضمن المدينة, الضواحي, المناطق الريفية) وتم التركيز على تواجد المعدن في عينات الأوراق والتربة المأخوذة من جوانب الطرق, وجاءت النتائج كالآتي: في التربة (2.15 ppm) في حين كانت في الأوراق (0.66 ppm), بالتالي يمكن وصفه أن الموقع ملوث بمعدن الكادميوم.

1-2-التين الباكي (*Ficus benjamina L.*)

تراوحت قيم الكادميوم في هذا النوع وسطياً بين (1.66-3.93 ppm)، وجد التركيز الأعلى له في القلف (3.93 ppm) يليه في الأوراق (3.75 ppm) وأخيراً في الخشب (1.66 ppm)، وكان تركيزه في التربة (3.3 ppm).

تبين لدى تحليل التباين وجود فرق معنوي واضح بين الأوراق والخشب، كذلك بين القلف والخشب ($P<0.05$) ولم نجد أي فرق معنوي بين الأوراق والقلف ($P< 0.05$)، حيث تفوق القلف في مراكمته للكادميوم على الأوراق والخشب الشكل رقم (2) . وكانت قيمة معامل التراكم الحيوي (BF= 0.94).



شكل (2). تركيز الكادميوم في خشب، أوراق وقلف التين الباكي وفي التربة.

في دراسات مماثلة، كالدراسة التي قام بها Olowoyo وآخرون (2010) لتقدير فاعلية قلف نبات الجاكرندا *Jacaranda mimosifolia* كدليل حيوي للتلوث الجوي بالمعادن الثقيلة في مدينة Tashwane جنوب افريقيا، وجد أن كميات الكادميوم تراوحت بين (0.12-1.34 ppm) وبالتالي يمكن استخدام قلف هذا النوع كدليل حيوي للتلوث بعنصر الكادميوم. كذلك أكد الباحثون Akguc و آخرون (2008) امكانية اعتماد نبات زعرور الزينة *Pyracantha coccinea Roem.* التابع إلى فصيلة Rosaceae كمؤشر حيوي للتلوث بالمعادن الثقيلة في مقاطعة Mugla التركية، حيث جمعت العينات النباتية من 34 موقعاً وأظهرت النتائج أن المعدل الأعلى لمراكمة

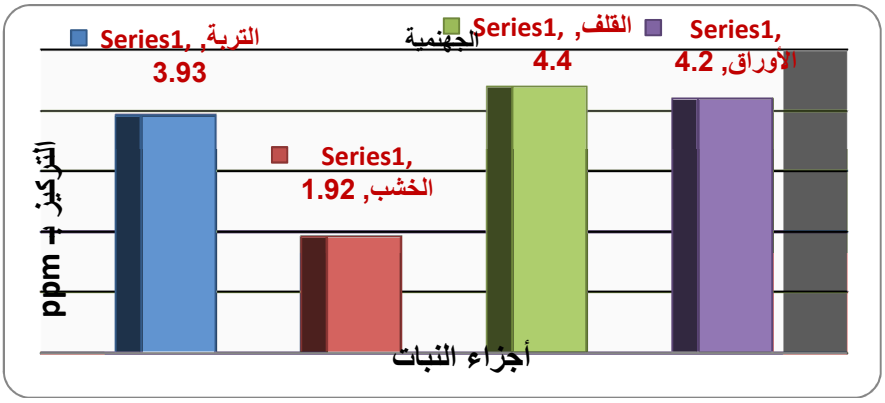
الكادميوم وجد في عينات الأوراق المجموعة من جوانب الطريق السريع (0.36 ppm)، في حين كانت القيمة الأدنى وسطياً في عينات الأوراق المجموعة من المناطق الصناعية (0.16 ppm).

من الملاحظ أن تراكيز الكادميوم في موقع دراستنا كانت مرتفعة وأعلى من الحدود الطبيعية لكنها أقل من حدود السمية النباتية لمعدن الكادميوم التي تتراوح بين 10 –20 ppm (Kabata– Pendias and Pendias, 2001)، ويعود ذلك إلى الكثافة المرورية العالية لموقع دراستنا إذ تُعدُّ انبعاثات وسائل النقل من أهم المصادر الأساسية للكادميوم، وربما يعود إلى اختلاف النوع النباتي، إضافة إلى وصف قلف النوع المدروس كدليل حيوي للتلوث بعنصر الكادميوم.

1-3- الجهنمية (*Bougainvillea glabra*)

كانت تراكيز الكادميوم في مختلف الأجزاء النباتية بين (1.92–4.4 ppm)، كان أعلى تركيز له في القلف (4.4 ppm) ويليه (4.2 ppm) وأخيراً في الخشب (1.92 ppm)، وكان تركيزه في التربة (3.6 ppm).

عند مقارنة الفروق المعنوية وجد فرق معنوي واضح في تركيز الكادميوم بين القلف والخشب وبين الأوراق والخشب ($P< 0.05$)، في حين لم نجد أي فرق معنوي في تركيزه بين الأوراق والقلف ($P> 0.05$) حيث تفوق القلف على كل من الأوراق والخشب في مراكمة الكادميوم الشكل رقم (3) وكانت قيمة معامل التراكم الحيوي (BF= 0.89).



شكل (3). تركيز الكادميوم في خشب، أوراق وقلف الجهنمية وفي التربة.

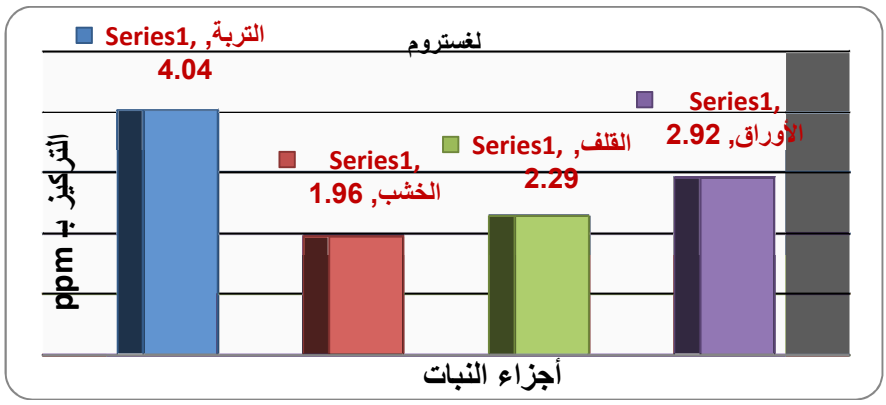
كما يظهر من النتائج ارتفاع تركيز الكادميوم في الأوراق والقلف بشكل خاص وبالتالي يمكن وصف القلف دليل حيوي للتلوث بعنصر الكادميوم في هذا الموقع.

بالمقارنة مع نتائج دراسات سابقة، بينت الدراسة التي أجراها Aksoy وآخرون (2000) حول إمكانية استخدام نبات الروبينيا *Robinia pseudoacacia L.* كدليل حيوي للتلوث بالمعادن الثقيلة في مدينة Kayseri التركية، جمعت عينات التربة والأوراق من مواقع عدة في المدينة وضواحيها وتمت ملاحظة وجود علاقة ارتباط وثيقة بين تراكيز المعادن في الأوراق وتراكيزها في التربة وبلغت تراكيز الكادميوم في عينات التربة و الأوراق المجموعة من جوانب الطرقات كالآتي: في الأوراق (0.65 ppm) وفي التربة (2.05 ppm) وبالتالي شكلت الروبينيا دليلاً حيوياً جيداً للتلوث بهذا المعدن في تركيا. اضافة إلى الدراسة التي قام بها Madejon وآخرون (2004) لإمكانية اعتماد شجرة الحور الأبيض *Populus alba* كمؤشر على التلوث بالمعادن الثقيلة في جنوب إسبانيا وبلغت تراكيز معدن

الكادميوم في الأوراق كمتوسط (3.82 ppm) وفي الأغصان (3.18 ppm) بالتالي يمكن استخدام أوراق الحور كمؤشر حيوي bio–indicator لمستويات التلوث بالكادميوم في الترب المتضررة.

4–1– اللغستروم (*Ligustrum vulgare*)

تراوحت تراكيز الكادميوم في أجزاء اللغستروم وسطياً بين (1.96–2.92 ppm)، وكان التركيز الأعلى في الأوراق (2.92 ppm) يليه في القلف (2.29 ppm) وأخيراً في الخشب (1.96 ppm) وفي التربة كان التركيز (4.04 ppm). ولدى تحليل التباين لم نجد أية فروق معنوية بين الأوراق والقلف وبين القلف والخشب ($P> 0.05$)، في حين وجد فرق معنوي بين الأوراق والخشب ($P< 0.05$) إذ تفوقت الأوراق في مراكمة الكادميوم على كل من الخشب والقلف الشكل رقم (4)، وكانت قيمة معامل التراكم الحيوي (BF= 0.59).



شكل (4): تركيز الكادميوم في خشب، أوراق وقلف اللغستروم وفي التربة.

تشير النتائج إلى تفوق الأوراق في مراكمتها لعنصر الكادميوم مقارنة بباقي الأجزاء والتي يمكن وصفها كدليل حيوي للتلوث بالكادميوم، إضافة إلى الارتفاع الملاحظ لهذا العنصر في التربة (4.04 ppm) ويعود السبب إلى اعادة توزيع المعدن من طبقات التربة العميقة إلى السطحية بالتالي زيادة تركيزه في سطح التربة عن طريق تحلل الأوراق المتساقطة.

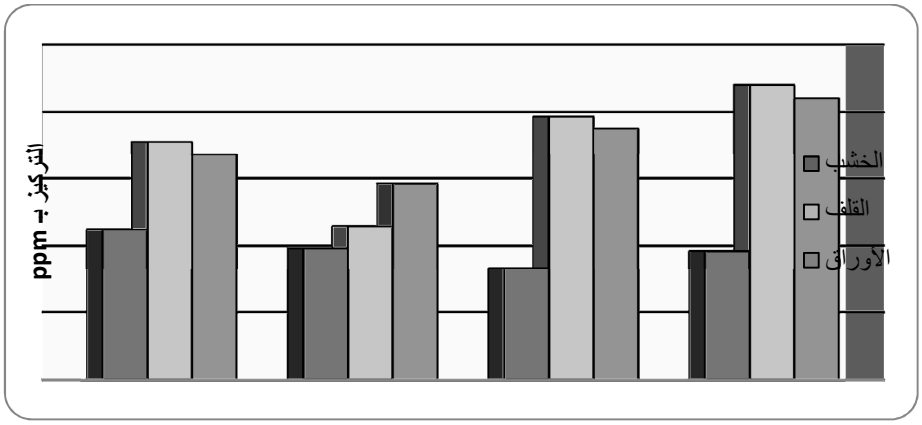
في دراسات مماثلة، أكد الباحثون Haung وآخرون (1989) مقدرة النباتات الخشبية على مراكمة الكادميوم إذ بلغ تركيزه في أغصان نبات الصفصاف *Salix matsudana* (8.72–22.67 ppm)، أما في أغصان نبات التوت الأبيض Morus alba (1.78–5.59 ppm). وفي دراسة اخرى على النوع النباتي ذو الأوراق العريضة *Ipomoea aquatic* من قبل You وآخرون (2000) لتحديد مقدرته التراكمية لعنصر الكادميوم، فقد سجل تركيزه في الأوراق (0.04 ppm) وفي الجذور (0.63 ppm) وذلك على وصف أن معدن الكادميوم يميل للتراكم في الجذور بشكل أساسي (Ghosh and Singh, 2005).

2– مقارنة تراكيز الكادميوم بين أجزاء الأنواع الأربعة:

عند مقارنة تركيز الكادميوم بين أوراق الأنواع الأربعة الشكل رقم (5). وجد فرق معنوي واضح في تركيزه بين أوراق الجهنمية وأوراق اللغستروم ($P< 0.05$)، في حين لم نجد أي فرق معنوي في تركيز الكادميوم بين أوراق النوعين الباقيين، حيث أظهرت أوراق الجهنمية تفوقاً في مراكمة الكادميوم (4.20 ppm) يليها أوراق التين الباكي (3.74 ppm) ثم أوراق خف الجمل (3.36ppm) أخيراً أوراق اللغستروم (2.92ppm).

وبالنسبة إلى تركيز الكادميوم في قلف الأنواع الأربعة (شكل 5)، تبين وجود فرق معنوي في تركيزه بين قلف الجهنمية واللغستروم وبين قلف التين الباكي و اللغستروم ($P< 0.05$) حيث تفوق قلف الجهنمية في مراكمته للكادميوم على قلف باقي الأنواع (4.40ppm)، بينما أظهر قلف اللغستروم أقل مقدرة على مراكمة الكادميوم وربما يعود السبب لقلة سماكة قلف هذا النوع مقارنة بالأنواع الأخرى، و لم نجد أي فرق معنوي بين قلف خف الجمل والتين الباكي وبين قلف خف الجمل و الجهنمية ($P> 0.05$).

وأخيراً عند مقارنة تراكيز الكادميوم في خشب الأنواع المدروسة الشكل رقم(5) ، لاحظنا عدم وجود أي فرق معنوي في قدرة الأنواع المدروسة على مراكمة الكادميوم في خشبها ($P> 0.05$)، ولكن أظهر خشب خف الجمل تفوق ملحوظ مقارنة بباقي الأنواع (2.24ppm).



شكل (5). تركيز الكادميوم في أجزاء خف الجمل، التين الباكي، اللغستروم و خف الجمل.

3- مقارنة تراكيز الكادميوم بين الأنواع المدروسة على مستوى كامل النبات

عند مقارنة تراكيز الكادميوم على مستوى كامل النبات في الأنواع المدروسة باستخدام ANOVA لاحظنا تفوق الجهنمية في مراكمة الكادميوم على الأنواع الثلاثة الأخرى كما تفوق خف الجمل والتين الباكي على اللغستروم ($P< 0.05$)، في حين لم نجد أي فرق معنوي في تركيز الكادميوم بين خف الجمل والتين الباكي حيث تقارباً نوعاً ما في مراكمته على مستوى النبات. بالتالي أثبتت النتيجة أهمية الجهنمية كمراكم جيد لعنصر الكادميوم، فقد تفوقت بأوراقها و قلفها على أوراق وقلف باقي الأنواع، على الرغم من تفوق خشب خف الجمل في تركيز الكادميوم على خشب الجهنمية الشكل رقم (5).

الاستنتاجات والتوصيات:

- الاستنتاجات

1.الموقع ملوث بعنصر الكادميوم، وذلك بعد مقارنة تراكيزه مع المعدلات الطبيعية العالمية لتراكيزه ولكن أقل من حدود السمية النباتية لمعدن الكادميوم.

2. يمكن وصف قلف و أوراق الجهنمية مراكمان جيدان لعنصر الكادميوم.

3. يمكن وصف قلف التين الباكي وقلف خف الجمل كمؤشران حيويان على التلوث بالعناصر الثقيلة.

4. يمكن وصف أوراق خف الجمل كأدلة حيوية على التلوث بالكادميوم.

- التوصيات

1. التوسع بزراعة كل من الجهنمية وخف الجمل خصوصاً في الأماكن العالية التلوث بعنصر الكادميوم.
2. متابعة الدراسات في هذا المجال واختبار قدرة المراكمة لدى كل الأنواع المزروعة في حدائق المحافظة ليتم وضع مخطط تصنيفي للأنواع الأكثر قدرة على مراكمة العناصر الثقيلة والتوسع بزراعتها.
3. الاعتماد بشكل متزايد على النباتات كأدلة حيوية للتلوث بالعناصر الثقيلة.

المراجع:

1. شلبي، نبيل؛ الشمري، سعد؛ مسلاتي، كمال؛ نمازي، علي. *الأشجار والشجيرات الحدائقية في مدينة أبها*. معهد بحوث الموارد الطبيعية والبيئية– مطابع مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، المملكة العربية السعودية، الرياض، الطبعة الأولى،2007، 648 .
2. AKGUÇ, N., OZYIGIT, I., YARCI, C**.** *Pyracantha coccinea Roem. (ROSACEAE) as a Biomonitor for CD, PB and ZN in Mugla province*. Int. J. Environ. Sci. Tech. 2008, 427-434.
3. AKSOY, A.; SAHIN, U. *Elaeagnus angustifoliaL. As a Biomonitor of Heavy Metals Pollution.* Tr. J. of Botany. 1999, 83-87.
4. AKSOY, A.; SAHIN, U.; DUMAN, F. *Robinia pseudo-acacia L. as a Possible Biomonitor of Heavy Metal Pollution in Kayseri*. Turk. J. Bot, 2000, 279-284.
5. BAKER, A. J. M. *Accumulators and excluders – strategies in the response of plants to heavy metals*. J. Plant Nutr, 3, 1981, 643-654.
6. BERT, V.; MEERTS, P.; SAUMITOU-LAPRADE, P.; SALIS, P.; GRUBER, W.; VERBRUGGEN, N. *Genetic basis of Cd tolerance and hyperaccumulation in Arapidopsis halleri.* Plant Soil, 249, 2003, 9 -18.
7. GHOSH, M.; SINGH, S.P. *A Review On Phytoremediation Of Heavy Metals and Utilization Of Its Byproducts.* Applied Ecology and Environmental Research, 3(1), 2005, 1-18.
8. HAUNG, H.; JIANG, D.; ZHANG,C. *The uptake, accumulation and tolerance of woody plants on Cd from soil*. China Environmental Science, (5), 1989, 323-330.
9. KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. *Trace Elements in Soils and Plants*. ISBN 0-8493-1575-1. Boca Raton London New York Washington, D.C, 2001, 403.
10. KORD, B.; MATAJI, A.; BABAIE, S. *Pine (Pinus Eldarica Medw.) needles as indicator for heavy metals pollution***,** 2010**,** 79-84.
11. LASAT, M.M. *Phytoextraction of metals from contaminated soil: A review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinenet agronomic issues.* Journal of Hazardous Substance Research, Vol. 2, 2000, 5-25.
12. LONE, M. I., HE, Z.; STOFFELLA, P. J.; YANG, X. *Phytoremediation of heavy metal polluted soils and water: Progresses and perspectives*. Journal of Zhejiang University SCIENCE B, 9(3), 2008, 210-220.
13. MADEJON, P.; MARAÑÓN, T.; MURILLO J. M.; ROBINSON B. *White poplar (Populus alba) as a biomonitor of trace elements in contaminated riparian forests*. Environmental Pollution 132, 2004, 145-155.
14. MADRID, L.; DIAZ-BARRIENTOS, E.; MADRID, F. *Distribution of heavy metal contents of urban soils in parks of Seville.* Chemosphere 49, 2002, 1301–1308.

15. OLOWOYO, J. O.; HEERDEN, E.; FISCHER, J. L. *Investigating Jacaranda mimosifolia tree as biomonitor of atmospheric heavy metals*. Environ Monit Assess, 164, 2010, 435–443.
16. PRASAD, M. N. V.; FREITAS, H. M. D. O. *Metal hyperaccumulation in plants-Biodiversity prospecting for phytoremediation technology.* Electronic Journal of Biotechnology ISSN, Vol.6 No.3, 2003, 0717-3458.
17. PULFORD, I. D.; WATSON, C. *Phytoremediation of Heavy Metal-Contaminated Land by Trees- a Review.* Environment International, 29, 2003, 529– 540.
18. RAFATI, M.; KHORASANI, N.; MOAHAR, F.; SHIRNANY, A.; MORAGHEBI, F.; HOSSEINZADEH, S. *Phytoremediation Potential of Populus Alba and Morus alba for Cadmium, Chromuim and Nickel Absorption from Polluted Soil.* Int. J. Environ. Res., 5(4), 2011, 961-97.
19. VITORIA, A. P.; LEA, P. J.; AZEVEDO, R. A. *Antioxidant enzymes responses to cadmium in radish tissues*. Phytochemistry, 57, 2001, 701-710.
20. YOU, W.; LIU, S.; QIAN, X. *Astudy on polluted water pody purification with economical aquatic plants.* J East China Normal University (Natural Science), 1, 2000, 99-102.
21. ZHUANG, P.; MCBRIDE, M. B.; XIA, H.; LI, N.; LI, Z. *Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China.* Science of the Total Environment, 407, 2009, 1551–156.