مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (33) العدد (4) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (33) No. (4) 2011

مقارنة قدرة ثلاثة أنواع نباتية مزروعة في أتوستراد الثورة (مدينة اللاذقية) على امتصاص عنصر الرصاص ومراكمته (Pb)

الدكتور ابراهيم نيصافي *
الدكتور أسامة رضوان**
لانا صالح **

(تاريخ الإيداع 15 / 6 / 2011. قبل للنشر في 7 / 8 / 2011)

□ ملخّص □

هدفت هذه الدراسة إلى مقارنة قدرة ثلاثة أنواع نباتية تضم: الدفلة (*Nerium oleander* Linn.)، ونخيل الواشنطونيا (*Washingtonia filifera* H. Wendl.) والجاكرندا (*Jacaranda mimosaefolia* D. Don.) مزروعة في منصف وأرصفة أوتوستراد الثورة في مدينة اللاذقية، على امتصاص ومراكمة عنصر الرصاص الناتج بشكل رئيسي عن غازات عوادم السيارات. جُمعت العينات النباتية من الأوراق والقلف والخشب للأنواع المدروسة إضافة إلى عينات التربة، وتم تقدير تراكيز عنصر الرصاص فيها باستخدام جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري. أظهرت النتائج أن كميات الرصاص المتراكمة في الأجزاء المختلفة للأنواع النباتية المدروسة تراوحت بين (47.76- 6.36 ppm) بالوزن الجاف، إذ كان أعلى تركيز له في قلف وأوراق الدفلة 47.76 ppm و 42.60 ppm على التوالي، يليه في قلف نخيل الواشنطونيا 18.49 ppm، بينما كان أدنى تركيز له في أوراق الجاكرندا 6.36 ppm. نستنتج مما سبق تفوق نبات الدفلة في امتصاص هذا العنصر ومراكمته (خاصة في القلف والأوراق) مقارنة بالأنواع الأخرى المدروسة (الجاكرندا ونخيل الواشنطونيا)، إضافة إلى أهميتها كمراكم حيوي للرصاص.

الكلمات المفتاحية: المعادن الثقيلة– عنصر الرصاص– المراكمات الحيوية– المعالجة النباتية.

* مدرس، قسم الحراج والبيئة– كلية الزراعة– جامعة تشرين، اللاذقية– سوريا.
**مدرس، قسم الحراج والبيئة– كلية الزراعة– جامعة تشرين، اللاذقية– سوريا.
***طالبة دراسات عليا (ماجستير)، قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة– جامعة تشرين، اللاذقية– سوريا.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (33) العدد (4) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (33) No. (4) 2011

Comparison of the Ability of Three Planted Species in Althawra highway(Lattakia city) to absorb and accumulate Lead Element (Pb)

Dr. Ibrahim Nisafi [*]
Dr. Osama Radwan [**]
Lana Saleh [**]

(Received 15 / 6 / 2011. Accepted 7 / 8 /2011)

□ ABSTRACT □

The objective of this study was to compare the ability of three plant species (*Nerium oleander* Linn., *Washingtonia filifera* H. Wendl., *Jacaranda mimosaefolia* D. Don) planted in the sidewalks of Althwra highway in Lattakia city, regarding lead absorption and accumulation resulting mainly from transportation exhausts. Samples of leaves, bark, wood and soil were collected, then analyzed using an atomic absorption spectrophotometer. Results showed that the accumulated amounts of lead in different parts of the studied plants species ranged between (47.76- 6.36 ppm) in dry weight (DW), and the highest concentration of lead was in the bark and leaves of *Nerium oleander* 47.76 ppm, 42.60 ppm respectively, followed by bark of *Washingtonia filifera* 18.49 ppm. The lowest concentration was in leaves of *Jacaranda mimosaefolia* 6.36 ppm. The final result showed the superiority of *Nerium oleander* in absorption and accumulation of lead element (specially in bark and leaves) in comparison with *Washingtonia filifera* and *Jacaranda mimosaefolia*, in addition to it's importance as a bioaccumulator of lead.

Keywords: Heavy metals, Lead element, Bioaccumulators, Phytoremediation.

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

مقدمة:

أدى تزايد الأنشطة البشرية بمختلف أشكالها خصوصاً بعد الثورة الصناعية إلى تغيير في الدورة البيوجيوكيميائية (Biogeochemical cycling) للمعادن الثقيلة (heavy metals)، مسببة زيادة مستمرة في انبعاث الملوثات (pollutants) إلى الغلاف الجوي (Dogan *et al*., 2010). أدى ذلك إلى خلل في التوازن البيئي وتلوث البيئة المحيطة (Appel and Ma, 2002)، حيث تعتبر المعادن الثقيلة من أخطر الملوثات اللاعضوية على الوسط المحيط نظراً لعدم تحطمها بيولوجياً وبالتالي تراكمها في البيئة لفترات طويلة. وعلى الرغم من أنها مكونات طبيعية في البيئة إلا أن تزايد تراكيز بعضها إلى مستويات سامة جعل منها هدف الكثير من الدراسات، كما حثت الباحثين على التفكير بطرق معالجة أفضل للبيئات الملوثة وأقل كلفة من الطرق التقليدية (الفيزيائية والكيميائية) (Lone *et al*., 2008).

وكان لاكتشاف قدرة بعض الأنواع النباتية على امتصاص (absorption) ومراكمة (accumulation) كميات كبيرة من المعادن الثقيلة في أجزائها المختلفة أهمية خاصة جداً، نظراً لأنها نباتات مقاومة لهذه المعادن من جهة، ومن جهة أخرى تفيد في تقدير الكمية الكلية لملوث ما في النبات خلال فترة زمنية معينة بدون أن يؤثر هذا الملوث على عملياتها الحيوية وتسمى في هذه الحالة بالمراكمات الحيوية (Bioaccumulators)، كما وتلعب أيضا دوراً هاماً في تنقية البيئات الملوثة (Baker, 1981). وبشكل عام تدعى النباتات ذات القدرة العالية على مراكمة المعادن الثقيلة بالمراكمات الفائقة (Hyperaccumulators)، وهي النباتات النامية طبيعياً في الأتربة المعدنية والقادرة على امتصاص المعادن الثقيلة بمستويات عالية وبالتالي مراكمتها إما في جذورها وإما في أوراقها أو أغصانها بتراكيز عالية جداً مقارنة بالنباتات الأخرى (Azevedo and Azevedo, 2006). هذا وتتأثر عملية الـ Hyperaccumulation بعدة عوامل أهمها النوع النباتي، وكذلك الجزء النباتي ضمن نفس النبات، خصائص التربة (pH ، محتواها من المادة العضوية، سعة التبادل الكاتيوني) وخصائص المعادن الثقيلة وأشكالها (Sarma, 2011). وتتميز المراكمات الفائقة بمعامل تركيز حيوي (Bioaccumulation Factor) أكبر من الواحد، يرمز له (BF) وهو النسبة بين تركيز العنصر في النبات إلى تركيزه في التربة (Kabata-Pendias and Pendias, 2001)، حيث تظهر هذه النباتات انتقالاً فعالاً ومرتفعاً للمعادن من الجذور إلى الأوراق، وتعتبر أنواع الأجناس (*Salix* sp., *Arapidopsis* sp., *Thlaspi* sp., *Brassica* sp., *Alyssum* sp.) من أكثر الأنواع المراكمة التي درست من قبل العلماء، ويعرف بأن الجنس *Thlaspi* يراكم أكثر من معدن ثقيل واحد مثل النوع *T.caerulescens* الذي يراكم بكثرة المعادن (Zn, Pb, Ni, Cd) (Prasad and Freitas, 2003).

وقد سجل حتى تاريخه أكثر من 500 نوع نباتي كمراكمات فائقة تعود لـ 101 فصيلة نباتية أهمها (*Asteraceae- Brassicaeae- Caryophyllaceae- Cyperaceae- Cunouniaceae- Euphorbiaceae- Fabaceae- Flacourtiaceae- Lamiaceae- Poaceae- Salicaceae- Violaceae*) (Cornara *et al*., 2007)، وهي تمثل أقل من 0.2% من مجموع مستورات البذور (Sarma, 2011)، وتعد *Brassicaceae* العائلة التي تضم أكبر عدد من الأنواع المراكمة إذ قدر عددها بـ 87 نوعاً من 11 جنساً (Baker and Brooks, 1989).

وفي عام 1983 اقتُرِح استخدام المراكمات الفائقة في المعالجة النباتية للمناطق الملوثة للمرة الأولى، وذلك بعد أن جُربت النباتات عملياً في معالجة المياه الملوثة (صرف صحي) (Lasat, 2000)، ولقبت هذه الفكرة بـ Phytoremediation.

يتألف مصطلح Phytoremediation من البادئة اللاتينية Phyto والتي تعني نباتا، والمتبوعة بالجذر اللاتيني remedium أي المعالجة أو إزالة الضرر، ويصبح معنى المصطلح (المعالجة باستخدام النباتات) (Ghosh and Singh, 2005b)، وتعرف بأنها استراتيجية تنظيف بيئية وذلك باستخدام النباتات الخضراء الطبيعية أو المعدلة وراثياً لإزالة أو لاحتواء الملوثات السامة، أو تحويلها إلى أشكال غير ضارة (Pulford and Watson, 2003) عبر مكونين أساسيين أولهما المستعمرات الميكروبية المتعايشة مع الجذور وثانيهما النباتات بحد ذاتها. وتتميز المعالجة النباتية بأنها طريقة مركبة ومترابطة لمعالجة الترب والمياه الملوثة، فهي تجمع بين فيزيولوجيا النبات– كيمياء التربة– ميكروبيولوجيا التربة (Cunningham and Ow, 1996)، وبأنها تطبق لإزالة كل من الملوثات العضوية واللاعضوية الموجودة في التربة أو الماء أو الهواء (Ghosh and Singh, 2005b).

وبشكل عام تتميز النباتات المستخدمة في معالجة التلوث البيئي بأنها سريعة النمو وذات كتلة حيوية عالية ومجموع جذري غزير، وبأنها تمتص العناصر الثقيلة بكميات عالية وتتحمل تراكيز عالية من العناصر الثقلية وغيرها، كما تتصف بأنها تتحمل ظروفاً بيئية مختلفة كالمناخ (ظروف الجفاف المتطرفة– نقص الإمداد المائي الخ....)، والتربة (pH المرتفع– الملوحة)، وتحتوي على مواد تمنع الحيوانات العاشبة من التغذي عليها، وبالتالي منع عبور المعادن الثقيلة إلى السلاسل الغذائية (Ghosh and Singh, 2005a).

تعتبر الجذور والأوراق الطرق الرئيسية التي تُمتص عبرها الملوثات، حيث تتم معالجة التلوث البيئي باستخدام تقنية المعالجة النباتية (**Phytoremediation**) بعدة طرق رئيسية من أهمها:

Phytoextraction : وتسمى أيضاً Phytoaccumulation حيث تمتص جذور النباتات المعادن الثقيلة من التربة وتراكمها في أجزائها الهوائية القابلة للحصاد (Pulford and Watson, 2003)، ومن ثم تحصد هذه الأجزاء لإزالة الملوثات من التربة بشكل نهائي (Cluis, 2004).

Phytodegradation: وتدعى أيضاً Phytotransformation حيث يقوم النبات بامتصاص الملوثات العضوية من (التربة أو الماء أو الرسوبيات) عبر جذوره وينقلها إلى أجزائه الهوائية، ومن ثم يحللها (يحطمها) إلى جزيئات أبسط من خلال عمليات الاستقلاب داخله (Ghosh and Singh, 2005b)، أو يحطمها خارجياً (Rhizodegradation) من خلال تأثير نشاط منطقة انتشار الجذور (Rhizosphere) (Pulford and Watson, 2003).

Rhizofiltration : وهي تقنية معالجة باستخدام النباتات المائية والأرضية التي تقوم بامتصاص المعادن الثقيلة من المصادر المائية الملوثة (المياه السطحية والأرضية) وتركزها في جذورها (Pulford and Watson, 2003)، حيث أن لتغيرات pH منطقة انتشار الجذور وكذلك المواد التي تفرزها الجذور دور أساسي في ترسيب المعادن على سطح الجذور (Prasad and Freitas, 2003).

Phytostabilization : وتسمى أيضاً Phytorestoration، و Phytoimmobilization، وفيها تقوم النباتات بتقليل حركة الملوثات وإتاحتها الحيوية في الوسط المحيط وذلك إما بشل حركتها (تثبيتها) ضمن الموقع وإما بمنع هجرتها (بواسطة الرياح والتعرية المائية) (Pulford and Watson, 2003)، حيث تحرر الجذور مواد كيميائية إلى التربة تقوم بتثبيت الملوثات وبالتالي تقلل من إتاحتها في البيئة المحيطة.

Phytovolatilization : تقوم النباتات بامتصاص الملوثات من التربة أو الماء (أهمها Hg, As, Se) وتحولها إلى صيغة أقل سمية بواسطة عمليات الاستقلاب، ومن ثم تطرحها إلى الغلاف الجوي على شكل مركبات عضوية طيارة (غازات) عن طريق النتح (Pulford and Watson, 2003).

وبشكل عام يعتبر التراكم ظاهرة هامة ومفيدة في تكوين دليل واضح عن مدى تلوث الوسط المدروس (تربة– ماء– هواء)، فقد استخدمت أوراق النباتات وقلفها وخشبها وجذورها، بالإضافة إلى كائنات حية أخرى (الشيبيات والفطريات) للكشف عن ترسيب المعادن الثقيلة وتراكمها وتوزيعها منذ النصف الثاني من القرن العشرين، فمثلاً قام Höllworth (1982) بدراسة محتوى الأوراق الإبرية للنوع *Taxus baccata* L. الموجود على جوانب الطرق العامة في تركيا، فوجد مستويات عالية من (Cu, Zn, Pb) آتية من انبعاثات وسائل النقل. وقد أثبت Jenkis (1987) بأن الطحالب والشيبيات تشكل المؤشرات الأكثر دلالة على التلوث، كما أظهرت الكثير من الدراسات أهمية الجنس *Pteris* sp. من السراخس (Ferns) في عملية المعالجة النباتية، ففي الدراسة التي أجراها Ma وآخرون (2001) على السرخس *Pteris vittata* تبين أنه يتحمل بتركيز يفوق الـ 1500 ppm من الزرنيخ، وتجمع أوراقه المعدن السام حتى 22,630 ppm في ستة أسابيع، إذ إن كفاءة امتصاص الجذور وكفاءة انتقال المواد من الجذور إلى الأوراق وقدرة التحمل العالية داخل خلايا السراخس تجعلها نباتات عالية الامتصاص للمواد المعدنية واللامعدنية، ما يدعو لترشيحها كمراكمات فائقة تستخدم في معالجة الترب الملوثة (Lone *et al*., 2008).

أهمية البحث وأهدافه:

تشكل الطرقات أهم البنى التحتية التي تحفز النشاطات الاجتماعية والاقتصادية، في الوقت الذي تعتبر فيه وسائل النقل والأنشطة البشرية المختلفة في المدن من أهم مصادر التلوث بالمعادن الثقيلة، التي تنطلق بدايةً إلى الهواء ثم تترسب وتتراكم في أتربة جوانب الطرقات العامة لتمتص أخيراً من قبل النباتات النامية فيها. يتم انبعاث المعادن بشكل رئيسي عن المحركات والفرامل مثل (Cd, Cu, Ni)، وتؤدي زيوت التشحيم لانبعاث (Cd, Cu, Zn) أهمها (Zn-dithiophosphate) الذي يضاف كمانع أكسدة، أما انبعاثات العوادم فتطلق Pb، وأخيراً يسبب احتكاك وتآكل الإطارات إلى انبعاث الـ Zn (Padmavathiamma and Li, 2007)، وبسبب قدرة المعادن الثقيلة على التراكم بتراكيز عالية وكذلك على الاستمرار لفترات طويلة في البيئة فإنها تشكل تهديداً حقيقياً لكافة أشكال الحياة بسبب التماس المباشر معها، إلا أن وجود أنواع نباتية محددة يشكل حلاً جزئياً للمشكلة نظراً لما تتمتع به من قدرة فائقة على امتصاص ومراكمة العديد من المعادن الثقيلة السامة في أجزائها الهوائية والأرضية وبتراكيز مرتفعة تتجاوز تلك الموجودة في التربة. لذلك لا بد من الاهتمام بدراسة الأنواع الأكثر استخداماً في منصفات الشوارع وعلى جوانبها وتحديد أكثرها قدرة على الامتصاص والمراكمة لتطويرها والتوسع بزراعتها، لأنها تلعب دور فلتر طبيعي ومستودعاً للملوثات عدا عن دورها الجمالي والتزييني.

وبناءً على ذلك فقد هدف البحث إلى: مقارنة قدرة ثلاثة أنواع نباتية مزروعة عام (2000) في منصف وأرصفة أوتوستراد الثورة وهي الدفلة (***Nerium oleander* Linn.**)، نخيل الواشنطونيا (***Washingtonia filifera* H. Wendl.**) والجاكرندا (***Jacaranda mimosaefolia* D. Don.**) على مراكمة عنصر الرصاص المنبعث بشكل أساسي عن وسائل النقل، وبالتالي تحديد النوع الأنسب بينها وإمكانية اعتماده كمراكم حيوي.

طرائق البحث ومواده:

1- موقع الدراسة

يقع أوتوستراد الثورة في مدينة اللاذقية (صورة 1) الموجودة في الطابق البيومناخي (الحراري السفلي) والخاضعة للمناخ المتوسطي بمعدل أمطار سنوية يتراوح بين 600-800 mm، ويمتد من نفق جامعة تشرين حتى دوار الأزهري بطول (3800 m). وقد تم اختيار هذا الأوتوستراد نظراً للكثافة المرورية العالية ومرور مختلف وسائل النقل (من الدرجات النارية حتى الشاحنات الكبيرة)، وقدرت كثافته المرورية عام 2007 بحوالي 650 مركبة /ساعة، وللتنوع النباتي العالي من حيث عدد الأنواع وعدد الأشجار (21 نوع و 2272 شجرة).

صورة (1): صورة فضائية توضح امتداد أوتوستراد الثورة

2- الأنواع النباتية المدروسة

- الدفلة ***Nerium oleander* Linn.** (***Apocynaceae***)

شجيرة دائمة الخضرة، ارتفاعها 2-4m، تنجح زراعة الدفلة في كافة الطوابق البيومناخية بجميع متغيراتها ما عدا البارد، وتعتبر من النباتات الناجحة والمتأقلمة مع كافة الظروف البيئية. تستعمل بكثرة بالمنتزهات العامة، وامتدت زراعتها لتزيين جوانب الشوارع وتحديد خلفيات الحدائق بجوار الأسوار (شلبي وآخرون، 2007).

- نخيل الواشنطونيا ***Washingtonia filifera* H. Wendl.** (***Arecaceae***)

شجرة قوية وضخمة، منتصبة دائمة الخضرة، يصل ارتفاعها إلى حوالي 25m، تنجح زراعتها في جميع الطوابق البيومناخية. وتتميز بأنها شجرة حدائقية، وينصح بزراعتها لأغراض بيئية- حراجية- تزينية (شلبي وآخرون، 2007).

- الجاكرندا ***Jacaranda mimosaefolia* D. Don.** (***Bignoniaceae***)

شجرة نصف متساقطة أو شبه دائمة الخضرة، ارتفاعها 15-20m، تنجح زراعتها في المناطق التابعة للطوابق البيومناخية نصف الجافة وشبه الرطبة والرطبة، حيث تشكل شجرة شوارع متميزة في المناطق المدارية وشبه المدارية (شلبي وآخرون، 2007).

3- جمع العينات

تم جمع العينات بتاريخ 2010/10/27، من الأنواع النباتية الثلاثة المذكورة سابقاً، وتم أخذ أربع مكررات من كل نوع. وأخذ من كل مكرر عينات من التربة (Soil)، الأوراق (leaves)، القلف (bark)، والخشب (wood) (بالنسبة للنخيل تم أخذ عينات من قواعد الأوراق القديمة المتخشبة لأنه من أحاديات الفلقة). ثم جمعت العينات من الجهات الأربعة لكل مكرر(نبات) وخلطت معاً لتشكل عينة واحدة (عينة مركبة)، وكذلك جمعت عينات التربة من الجهات الأربع حول كل مكرر على عمق 0-20cm وخلطت معاً لتشكل عينة واحدة.

3-1- طريقة تحضير وهضم عينات النبات

تمت تنقية عينات الأوراق والقلف والخشب من الشوائب (غسيلها بماء الصنبور أولاً ثم بالماء المقطر) ومن ثم تجفيفها على ورق مقوى (تجفيف هوائي) وبعدها وضعت في أكياس ورقية ثم جففت بالمجفف على درجة حرارة (65C°) لمدة 72 ساعة حتى ثبات الوزن. بعد ذلك طحنت وأخذ حوالي 3g من كل عينة ووضعت في المجفف على حرارة 105C° لمدة 24 ساعة بهدف حساب الرطوبة. لهضم العينات والحصول على الرشاحة تم وزن 1g من كل عينة (العينات المجففة على درجة حرارة 60C°) ومن ثم وضعت العينات في جفنات وجففت بالمرمدة على درجة حرارة 550C° لمدة 3 ساعات حتى أصبح لونها أبيض تماماً، ومن ثم أضيف 2ml من حمض HNO_3 (5 mol) ووضعت على السخان لمدة ساعة مع التحريك من فترة لأخرى بقضيب زجاجي، ثم رطبت بالماء المقطر (2-3) قطرات، ثم أضيف 2ml من حمض HCl وجففت على السخان لمدة ساعة كاملة ثم أضفنا 2.5ml من حمض HNO_3 (2 mol) ثم رشحت العينة بنقلها من الجفنة إلى دورق معياري سعة 25ml وأكملت بالماء المقطر إلى 25ml (Rowell, 1997).

3-2- طريقة تحضير وهضم عينات التربة

وضعت عينات التربة في أكياس ورقية وجففت بالمجفف على درجة حرارة (40 C°) أيضاً لمدة 72 ساعة حتى ثبات الوزن، ومن ثم نخلت بمنخل قطر فتحاته 2mm، ثم تم وزن 1g من كل عينة ووضعت في أنابيب زجاجية ثم أضيف لها 21ml من حمض HCl و 7ml من حمض HNO_3 وتركت طوال الليل، ثم وضعت في جهاز الهضم (كالداهل) ورفعت درجة الحرارة تدريجياً خلال ساعتين إلى 175C° تحت الضغط الطبيعي، وبعدها تركت على هذه الدرجة لمدة ثلاث ساعات، ثم بردت ورشحت وأكملت الرشاحة بالماء المقطر حتى 50ml، ووضعت في عبوات بلاستيكية (Rowell, 1997).

3-3- تحليل العينات

قدرت كميات الرصاص في محاليل الهضم باستخدام جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري (atomic absorption spectrophotometer).

3-4- 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 ($p> 0.05$) دليل عدم وجود فروق معنوية على حين

($p< 0.05$) يعني وجود فروق معنوية، وتكون الفروق معنوية جداً عندما تكون ($p< 0.01$) وتم ذلك باستخدم برنامج (SPSS).

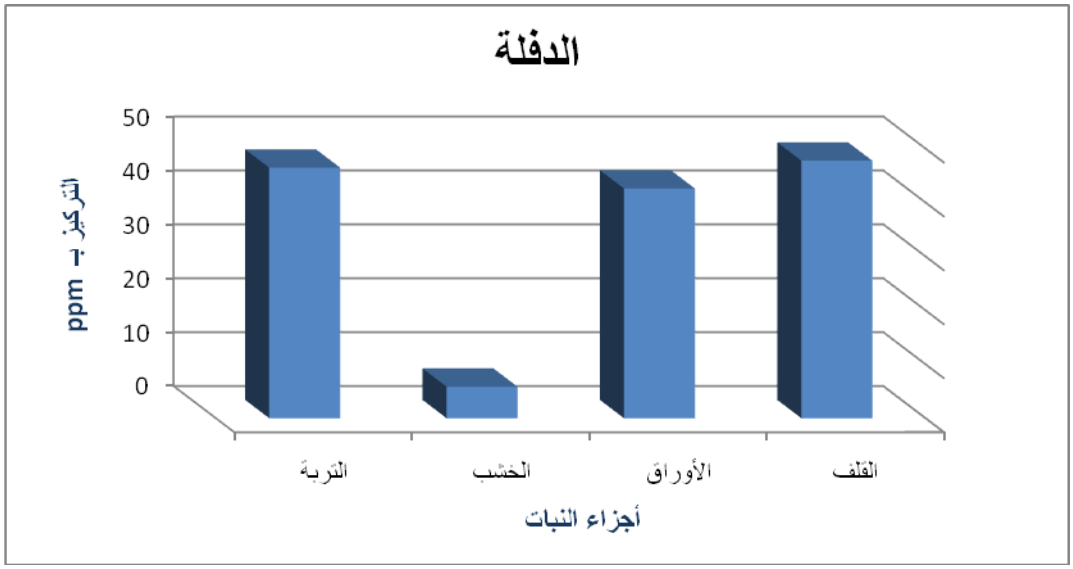
النتائج والمناقشة:

لقد تزايد الاهتمام بعنصر الرصاص بسبب انتشاره الواسع خلال العقود الأخيرة من قبل الباحثين كملوث كيميائي للبيئة وعنصر سام للنبات والإنسان والحيوان خصوصاً بعد الثورة الصناعية. هذا وتعتبر فضلات الصرف الصحي والفضلات الصناعية، واستخراج وصهر المعادن الخام، واحتراق البنزين المرصص (Leaded fuel)، ومناجم الفحم البني والحجري والدهانات المصادر الرئيسية للتلوث بالرصاص (Nesafi, 2007).

1- مقارنة تراكيز الرصاص بين أجزاء النوع الواحد

1-1- الدفلة *Nerium oleander* Linn.

تراوحت قيم الرصاص وسطياً في مختلف أجزاء هذا النبات بين 5.48 ppm –47.76 بالوزن الجاف (شكل 1). وتشير النتائج إلى أن أعلى قيمة للرصاص وجدت في القلف (47.76 ppm) ومن ثم في الأوراق (42.60 ppm)، بينما كانت أقل قيمة مقاسة في الخشب (5.84 ppm). على حين كانت كمية هذا العنصر في التربة قريبة من الكمية المقاسة في قلف هذا النبات (46.47 ppm). وأظهر تحليل التباين باستخدام ANOVA، وجود فرق معنوي واضح في تراكيز الرصاص بين الخشب والأوراق وكذلك بين الخشب والقلف ($p< 0.05$)، بينما لم يوجد أي فرق معنوي في تركيز الرصاص بين الأوراق والقلف ($p> 0.05$) حيث تفوقا في مراكمة الرصاص على الخشب، وكان تركيزه في هذين الجزأين قريباً جداً من تركيزه في التربة (شكل 1).



شكل (1): تركيز الرصاص كقيم متوسطة في خشب، أوراق ولحاء الدفلة وفي التربة مقدرة بـ ppm (DW)

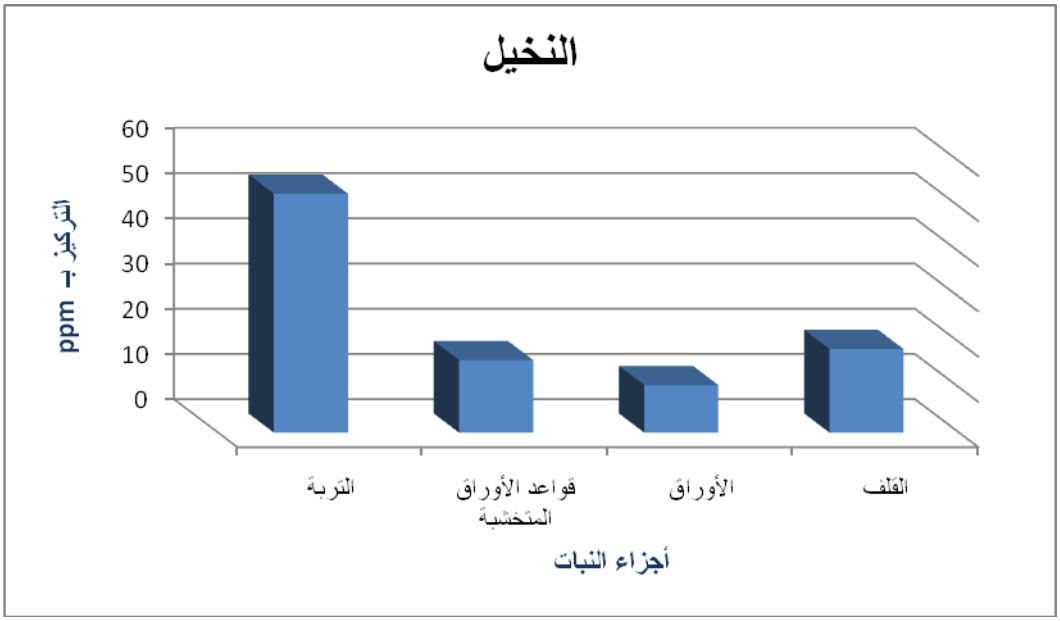
ولدى مقارنة هذه النتائج مع نتائج بعض الأبحاث الأخرى نلاحظ ارتفاع كمية الرصاص وبشكل خاص في التربة والأوراق في موقع دراستنا، فقد وجد Karol و Murin (1998) بأن كمية الرصاص في أوراق نوع من الدفلة *Nerium odorum* (Oleander) في سلوفاكيا لم تتجاوز 7.2 ppm، بينما بينت الدراسة التي قام بها

Bu-Olayan و Thomas (2000) على مستويات الرصاص في (الغاف) *Prosopis juliflora* في الكويت (المناطق الصناعية– الأوتوسترادات– المدن)، بأن تركيز الرصاص كان (3.86 ppm) في الأوراق، و (3.22 ppm) في القلف وكانت أقل قيمة في الثمار (2.57 ppm)، أما تركيزه في التربة السطحية فكان (6.86 ppm) وهو أعلى منه في العينات النباتية. كما تشير نتائج دراسة Shams و Ali Beg (2000) على نبات *Ficus religiosa* (Peepul tree) في باكستان إلى أن كمية هذا العنصر لم تتجاوز (3.12 ppm) في الأوراق و(30 ppm) في التربة. بالتالي، وبعد المقارنة مع النتائج السابقة الذكر، نستنتج وجود تلوث أتربة الموقع المدروس بهذا العنصر الناتج بشكل أساسي عن انبعاثات وسائل النقل وأنشطة بشرية أخرى، حيث تقدر الحدود الطبيعية للرصاص بـ 32ppm في أنواع مختلفة من الأتربة (Kabata- Pendias and Pendias, 2001)، من جهة أخرى تشير الدراسات المرجعية إلى أن كمية الرصاص في النباتات النامية على أتربة غير ملوثة لم تتجاوز2ppm (Kabata- Pendias and Pendias, 2001)، كما تؤكد على وجود الرصاص بشكل طبيعي في النبات إلا أنه لم يكتشف له أي دور أساسي في عمليات التمثيل الغذائي حتى الآن، واستنتج الباحثون بأنه إذا كان الرصاص ضرورياً للنبات فإن وجوده بتركيز (2-6 ppb) سيكون كافياً (Kabata- Pendias and Pendias, 2001).

بناءً على النتائج المتحصل عليها نستنتج بأن الدفلة مراكم حيوي جيد للرصاص إضافة إلى ميله لمراكمة هذا العنصر في القلف والأوراق مقارنة بالخشب، وقد يعود ذلك إلى خصائص هذا النبات (حيث تتميز بقدرة أوراقها وقلفها على امتصاص الرصاص عبر الثغور والمسامات، وهذا ما أكدته العديد من الدراسات على أن الترسب الهوائي وامتصاص الأوراق للرصاص يساهمان بشكل هام في تركيزه في النبات) (Yilmaz *et al*., 2006)، كما يجعلها ارتفاعها المنخفض على تماس مباشر مع انبعاثات وسائل النقل، إضافة إلى الشكل المتوفر لعنصر الرصاص في التربة (بشكل ذائب وقابل للإمتصاص بسهولة من قبل النبات) وإلى مصدره في هذه الدراسة والمتمثل بوسائط النقل بشكل أساسي (فالرصاص الناتج عن الأنشطة البشرية أسهل حركةً وأكثر إتاحةً من الرصاص الطبيعي المصدر) (Nesafi, 2007)، وبالتالي يمكن اعتماد قلف وأوراق الدفلة كمراكم حيوي للرصاص وكدليل حيوي للتلوث بهذا العنصر.

1-2- نخيل الواشنطونيا *Washingtonia filifera* H. Wendl.

تراوحت كمية الرصاص في أجزاء هذا النبات بين (10.52 ppm – 18.49) (شكل 2). هذا وكانت أعلى قيمة مقاسة في القلف (18.49 ppm)، ثم في قواعد الأوراق المتخشبة (16.05 ppm) على حين كانت أقل قيمة في الأوراق (10.52 ppm)، وبلغت القيمة المقاسة في التربة وسطياً (52.85 ppm). أظهر تحليل التباين وجود فرق معنوي واضح في تركيز الرصاص بين الأوراق والقلف ($p < 0.05$) حيث تفوق القلف على الأوراق في مراكمة الرصاص، على حين لم توجد أية فروق معنوية بين (قواعد الأوراق المتخشبة، الأوراق) وبين (قواعد الأوراق المتخشبة، القلف)، وبشكل عام كانت تراكيز الرصاص في كافة أجزاء النخيل منخفضة نسبياً بالمقارنة مع تركيزه في التربة.

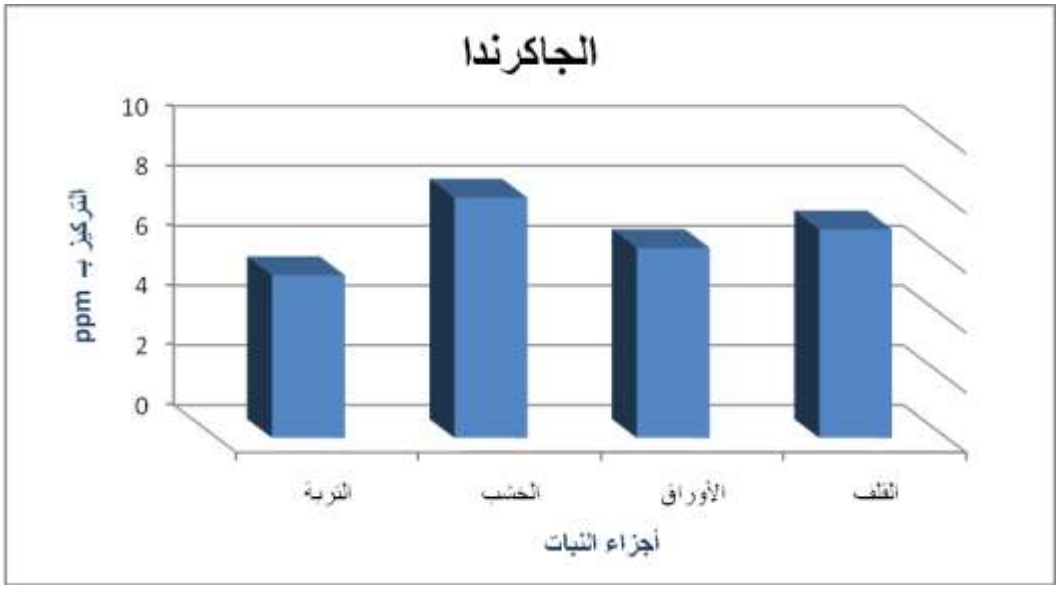


شكل (2): تركيز الرصاص كقيم متوسطة في قواعد الأوراق المتخشبة، أوراق ولحاء نخيل الواشنطونيا وفي التربة مقاسة بـ (DW) ppm.

تتقارب هذه النتائج مع نتائج بعض الدراسات الأخرى المشابهة، فقد بينت نتائج دراسة Al-Sahyeb وآخرون (1995) على نخيل البلح *Phoenix dactylifera* في السعودية بأن كميات الرصاص قد تراوحت بين (1-31.83 ppm) في الأوراق، بينما وجد Aksoy و Ozturk (1996) أن تركيزه في أوراق نفس النوع في تركيا تراوح بين (1.96-14.48 ppm) وفي التربة (32.50-155.07 ppm)، وخلصوا إلى نتيجة اعتبار أوراق نخيل البلح *Phoenix dactylifera* في مدينة أنطاليا (تركيا) كمراكم حيوي للتلوث بالعناصر الثقيلة (Cd، Pb، Cu، Zn) وكانت تراكيز هذه العناصر على ارتباط وثيق بالكمية الكلية الموجودة في الهواء المحيط، وبناءً على المقارنة وعلى نتائج دراستنا يمكن اعتبار نخيل الواشنطونيا بكافة أجزائه النباتية المدروسة كدليل حيوي للتلوث بالرصاص.

1-3- الجاكرندا *Jacaranda mimosaefolia* D. Don.:

كانت كمية الرصاص في أجزاء هذا النبات منخفضة مقارنة بالأنواع النباتية الأخرى، فقد تراوحت بين (8.04 ppm – 6.36 ppm)، وكانت 5.44 ppm في التربة. وقد كانت أعلى قيمة مقاسة لهذا العنصر في الخشب (8.04 ppm)، بينما كانت في القلف (6.98 ppm) وأقل قيمة في الأوراق (6.36 ppm) (شكل 3). ويدل ذلك على ميل هذا النبات إلى مراكمة الرصاص في الخشب أكثر من باقي الأجزاء الأخرى المدروسة. وأظهرت مقارنة قيم الرصاص في الأجزاء المختلفة باستخدام تحليل التباين (ANOVA) عدم وجود أية فروق معنوية في تركيزه بين كل الأجزاء النباتية المدروسة ($p> 0.05$)، على حين كانت تراكيز الرصاص في أجزاء الجاكرندا أعلى وبشكل واضح من تركيزه في التربة.



شكل(3): تركيز الرصاص كقيم متوسطة في خشب، أوراق ولحاء الجاكرندا وفي التربة مقاسة بـ (DW) ppm.

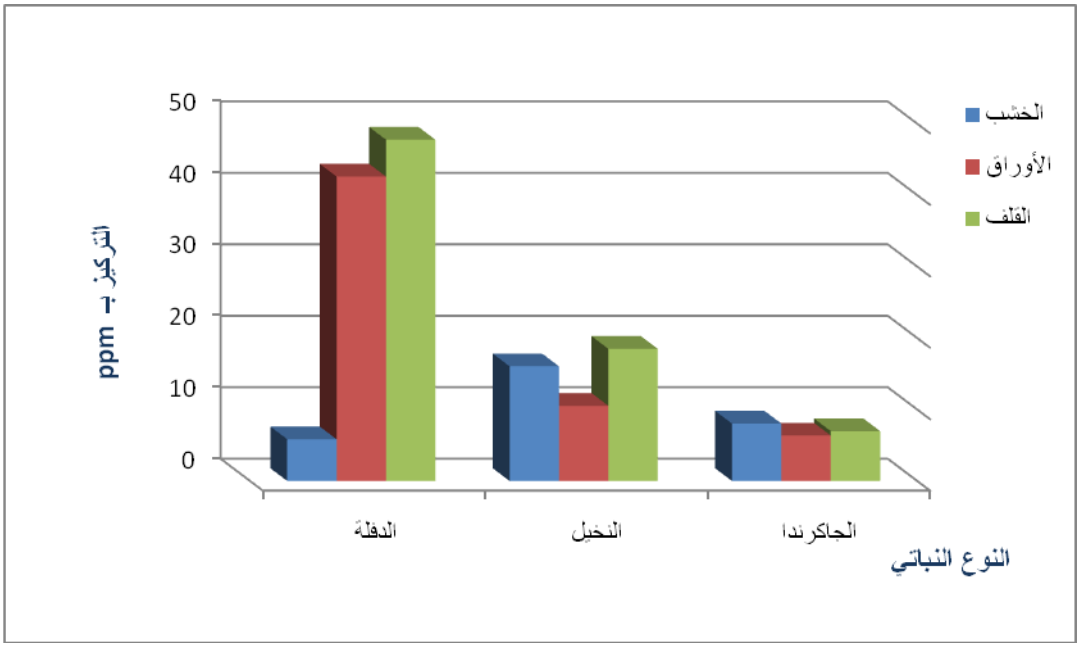
وبمقارنة هذه النتائج مع نتائج الدراسات الأخرى المشابهة نجد بأن كميات الرصاص المتراكمة في النبات وخصوصاً عند المقارنة مع نفس النوع كانت منخفضة. ففي دراسة قام بها Olowoyo وآخرون (2010) لتقدير فاعلية قلف النوع *Jacaranda mimosifolia* كدليل حيوي للتلوث الجوي بالمعادن الثقيلة في مدينة Tashwane في جنوب إفريقيا، وجد بأن كميات الرصاص تراوحت بين (33.2-1,795 ppm)، بينما قدر تركيزه بين (5.09-25 ppm) في قلف النوع *Bauhinia monandra* المزروع على جوانب الطرقات في مدينة Ilorin في نيجيريا (Adekola and Afolayan, 2000). من جهة أخرى تراوحت كميات الرصاص المتراكمة في أوراق النوع *Bauhina varigata* (Camel's foot tree) في Hong Kong بين (25-276 ppm) (Bu-Olayan and Thomas, 2002)، وفي أوراق النوع *Ficus religiosa* (Peepul tree) في باكستان قدر تركيزه بين (1.31-3.12 ppm) وفي التربة (5.60-30.0 ppm) (Shams and Ali-Beg, 2000). ويعود سبب هذا الاختلاف بين دراستنا والدراسات الأخرى إلى الكثافة المرورية لوسائل النقل والى قرب بعضها من المنشآت الصناعية التي تؤثر بدورها إضافة إلى عوامل أخرى على محتوى التربة من الرصاص. وقد يكون لزراعة الجاكرندا في حفر صغيرة في الرصيف مبرراً لقلة تراكم وتركيز الرصاص في التربة، على عكس الدفلة والنخيل المزروعين في المنصف حيث مساحة التربة أكبر، علماً أن عينات التربة أخذت على عمق موحد (0-20 cm). ورغم ذلك فقد راكمت الجاكرندا الرصاص في كافة أجزائها بتراكيز أعلى مما هو عليه في التربة، ما يدل على أنها مراكم حيوي جيد للرصاص الصادر بشكل أساسي عن وسائل النقل، وبأنها نبات مهم كدليل حيوي للتلوث بهذا المعدن.

2- مقارنة تراكيز الرصاص بين أجزاء الأنواع الثلاثة

عند مقارنة تركيز الرصاص بين خشب الأنواع الثلاثة (شكل 4)، وجد فرق معنوي واضح في تركيزه بين خشب الدفلة وقواعد الأوراق المتخشبة في النخيل وكذلك بين قواعد الأوراق المتخشبة في النخيل وبين خشب الجاكرندا ($P < 0.05$) حيث تفوقت قواعد الأوراق المتخشبة للنخيل على كل من خشب الدفلة وخشب الجاكرندا في مراكمة عنصر الرصاص، على حين لم نجد أي فرق معنوي في تركيز الرصاص بين خشب الدفلة وخشب الجاكرندا حيث أظهرا قدرة مماثلة على مراكمة الرصاص.

وبالنسبة لتركيز الرصاص في أوراق الأنواع الثلاثة (شكل 4)، تبين وجود فرق معنوي في تركيزه بين أوراق الدفلة والنخيل وكذلك بين أوراق الدفلة والجاكرندا ($P < 0.05$) حيث تفوقت أوراق الدفلة في مراكمة الرصاص على أوراق النخيل والجاكرندا، في حين لم نجد أي فرق معنوي في تركيز الرصاص بين أوراق النخيل والجاكرندا ($P > 0.05$).

وأخيراً بالنسبة لمقارنة تراكيز الرصاص في قلف الأنواع النباتية الثلاثة المدروسة (شكل 4)، لاحظنا وجود فروق معنوية في تركيزه بين قلف كافة الأنواع، حيث تفوق قلف الدفلة على قلف النخيل والجاكرندا، كما تفوق قلف النخيل على قلف الجاكرندا ($P < 0.05$) في مراكمة الرصاص.



شكل (4): تركيز الرصاص كقيم متوسطة في أجزاء الدفلة، النخيل والجاكرندا مقاسة بـ ppm (DW).

هذا ويعود اختلاف النباتات في مراكمة الرصاص بكميات مختلفة وبأجزاء معينة من النبات أكثر من الأجزاء الأخرى إلى خصائص كل نبات في امتصاص الرصاص وإلى مكان التخزين (Kabata- Pendias and Pendias, 2001).

3- مقارنة تراكيز الرصاص بين الأنواع المدروسة بشكل عام

أظهرت مقارنة تراكيز الرصاص بين الأنواع النباتية المدروسة بشكل عام باستخدام ANOVA وجود فروق معنوية واضحة بين هذه الأنواع. فقد تفوقت الدفلة في مراكمة الرصاص على النوعين الآخرين، كما تفوق النخيل على الجاكرندا ($P < 0.05$). نستنتج من ذلك أهمية الدفلة في امتصاص الرصاص ومراكمته، فقد تفوقت بقلفها وأوراقها على قلف وأوراق النخيل والجاكرندا، على الرغم من تفوق خشب الجاكرندا وقواعد الأوراق المتخشبة للنخيل في تركيز الرصاص على خشبها (شكل 4).

الاستنتاجات والتوصيات:

أكدت النتائج على إمكانية استخدام الدفلة كمراكم حيوي فعال لعنصر الرصاص الصادر بشكل أساسي عن وسائل النقل وغيرها من الأنشطة البشرية الأخرى، وبناءً على ما سبق نقترح التوسع بزراعة الدفلة خصوصاً في منصفات الشوارع والأتوسترادات السريعة وعلى جوانبها، لأنها وبالإضافة إلى قدرتها العالية على مراكمة الرصاص تلعب دور دليل حيوي ممتاز للتلوث بهذا العنصر. أما بالنسبة لسميتها فليست مسوغاً لاستبعادها من التشجير، فهناك عشرات الأنواع السامة في الفلورا الطبيعية لطالما استعملت كنباتات زينة، أو إنها تغزو بشكل غير محكوم الحدائق والمنتزهات كالخروع والحرمل والدفنباخيا وغيرها (شلبي وآخرون، 2007).

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 صفحة.
2. ADEKOLA, F. A.; AFOLAYAN, O. B. *Assessment of levels of some heavy metals in the bark of street trees in Ilorin city, Nigeria*. Bioscience Research Communications, BRC, 2000, 133-137.
3. AKSOY, A.; OZTURK, M. *Phoenix dactylifera L. as a biomonitor of heavy metals pollution in Turkey*. Journal of Trace and Microprobe Techniques, 14 (3), 1996, 605- 614.
4. AL-SHAYEB, S. M.; AL-RAJHI, M. A.; SEAWARD, M. R. D. *The date palm (Phoenix dactylifera) as a biomonitor of lead and other elements in arid environments*. The Science Of The Total Environment, 168, 1995, 1-10.
5. APPEL, C.; MA, L. *Concentration, pH, and Surface Charge Effects on Cadmium and Lead Sorption in Three Tropical Soils.* Florida, J. Environ. Qual, 31, 2002, 581–589.
6. AZEVEDO, J. A.; AZEVEDO, R. A. *Heavy Metals and Oxidative Stress: Where Do We Go From Here*? Commun. Biometry Crop Sci, 1 (2), 2006, 135-138.
7. BAKER, A. J. M. *Accumulators and excluders – strategies in the response of plants to heavy metals*. J. Plant Nutr, 3, 1981, 643-654.
8. BAKER, A. J. M.; BROOKS, R. R. *Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements- a review of their distribution, ecology and phytochemistry*. Biorecovery, 1, 1989, 811- 826.
9. BU-OLAYAN, A. H.; THOMAS, B. V. *Biomonitoring studies on the lead levels in mesquite (Prosopis juliflora) in the arid ecosystem of Kuwait*. Kuwait J. Sci. Eng, 29(1), 2002, 56-73.
10. CLUIS, C. *Junk-greedy Greens: phytoremediation as a new option for soil decontamination.* BioTeach Journal, Vol. 2, 2004, 1-7.
11. CORNARA, L.; ROCCOTIELLO, E.; MINGANTI, V.; DRAVA, G.; PELLEGRINI, R.D.; MARIOTTI, M.G. *Level Of Trace Elements In Pteridophytes Growing On Serpentine and Metalliferous Soils*. J. Plant Nutr. Soil Sci, 170, 2007, 781-787.
12. CUNNINGHAM, S. D.; OW, D. W. *Promises and prospects of phytoremediation*. Plant Physiol, 110, 1996, 715-719.
13. DOGAN, Y.; UGULU, I.; BASLAR, S. *Turkish Red Pine as a Biomonitor: A Comparative Study of the Accumulation of Trace Elements in the Needles and Bark*. Ekoloji, 19, 75, 2010, 88-96.
14. GHOSH, M.; SINGH, S. P. *A comparative study of cadmium phytoextraction by accumulator and weed species.* Environmental Pollution, 133, 2005a, 365-371.

15. GHOSH, M.; SINGH, S. P. *A Review On Phytoremediation Of Heavy Metals and Utilization Of Its Byproducts.* Applied Ecology and Environmental Research, 3(1), 2005b, 1-18.
16. HöLLWORTH, M. *Überwachung stätischer Schwerme-tallimmissionen mit Hilfe eines Bioindikators*. Stab-Reinhalt luft, 42, 1982, 373-378.
17. JENKIS, D. A. *Trace elements in saxicolous lichens, in Pollutant Transport and Fate in Ecosystems*. Blackwell Sci., Oxford, 1987, 249.
18. KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. *Trace Elements in Soils and Plants*. 3rd.ed., ISBN 0-8493-1575-1. Boca Raton London New York Washington, D.C, 2001, 403.
19. KAROL, M.; MURIN, G. *Three species of genus Pinus suitable as bio-indicatros of polluted environment*. Water, Air and Soil Pollution, 104, 1998, 413-422.
20. 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.
21. 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.
22. MA, L.Q.; KOMAR, K.M.; TU, C.; ZHANG, W.; GAI, Y.; KENNELLEY, E. D. *A fern that hyperaccumulates arsenic, a hardy, versatile, fast-growing plant helps to remove arsenic from contaminated soils*. Nature, 2001, 409, 579.
23. NESAFI, I. *Bindungsformen und Vorräte von Schwermetallen und Arsen in flugaschbelaststen Waldböden der Dubener Heide und der Oberlausitz*. Diss. TU-Dresden. Germany, 2007, 381.
24. 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.
25. PADMAVATHIAMMA, P. K.; LI, L.Y. *Phytoremediation Technology: Hyper-accumulation Metals in Plants*. Water Air Soil Pollut, 184, 2007, 105–126.
26. 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, 286-321.
27. PULFORD, I. D.; WATSON, C. *Phytoremediation of Heavy Metal-Contaminated Land by Trees- a Review.* Environment International, 29, 2003, 529– 540.
28. ROWELL, D. L. *Bodenkunde Untersuchungsmethoden und ihre Anwendungen*. Springer-Verlag. ISBN 3- 540- 60825- 2 Springer-Verlag Berlin Heidelberg.Germany,1997, 607.
29. SARMA, H. *Metal hyperaccumulation in plants: A review focusing on Phytoremediation technology*. Journal of Environmental Science and Technology, 4(2), 2011, 118- 138.
30. SHAMS, Z. I.; ALI BEG, M. A. *Lead in particulate deposits and in leaves of roadside plants, Karatchi, Pakistan*. The Environmentalists, 20, 2000, 63-76.
31. YILMAZ, R., SAKCALI, S., YARCI., C., KASEY, A. and OZTURK, M. *Use of Aesculus hippocastanum L. as a biomonitor of heavy metal pollution*. Pak. J. Bot., 38(5), 2006, 1519-1527.