مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (37) العدد (3) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (37) No. (3) 2015

القدرة التراكمية لثلاثة أنواع نباتية (الأوكاليبتوس *Eucaleptus camaldulensis* والأكاسيا *Acacia cyanophylla* والخروع *Ricinus communis*) لعنصر الكادميوم

الدكتورة وفاء غندور*
الدكتور حسام الدين لايقة**
عامر دبرها***

(تاريخ الإيداع 6 / 4 / 2015. قُبِل للنشر في 30 / 6 /2015)

□ ملخّص □

تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة محتوى ثلاثة أنواع نباتية (الأوكاليبتوس *Eucaleptus camaldulensis L.* والأكاسيا *Acacia cyanophylla L.* والخروع *Ricinus communis L.*) من عنصر الكادميوم (Cd) الناتج عن مصادر التلوث المختلفة الموجودة في منطقة الدراسة (شارع عبد القادر الحسيني– اللاذقية) وبخاصة الناتجة عن الحركة المرورية. جمعت العينات من أجزاء مختلفة (أوراق ، خشب ، قلف) من الأنواع المذكورة بالإضافة لعينات من التربة، ثم جهّزت العينات وتم تحليلها بواسطة جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrophotometer).

أظهرت النتائج اختلافاً في محتوى عنصر الكادميوم في الأنواع المدروسة حيث تراوحت مابين (0.25 mg/kg و(0.42 mg/kg) بالوزن الجاف، حيث بلغ أعلى محتوى له في خشب الخروع (0.42 mg/kg) ومن ثم خشب الأوكاليبتوس (0.4 mg/kg) بينما بلغ أدنى محتوى (0.32 mg/kg) في خشب الأكاسيا. أظهر الخروع ومن ثم الأكاسيا قدرة عالية على مراكمة الكادميوم حيث بلغ معامل التركيز الحيوي للخروع (BF=1.33) وللأكاسيا (BF=1.13).

الكلمات المفتاحية: الأوكاليبتوس – الأكاسيا – الخروع – الكادميوم – المراكمات الحيوية.

* أستاذ مساعد – قسم علم الحياة النباتية– كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
** مدرس – قسم الكيمياء البحرية – المعهد العالي للبحوث البحرية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
*** طالب دراسات عليا (ماجستير) – قسم علم الحياة النباتية– كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (37) العدد (3) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (37) No. (3) 2015

The Accumulative Capacity of three plant species (*Eucaleptus camaldulensis L., Acacia cyanophylla L. and Ricinus communis L.*) to cadmium

Dr. Wafaa Gandour *
Dr. Hussam Eddin Laika
Amer Dabrha ***

(Received 6 / 4 / 2015. Accepted 30 / 6 /2015)

□ ABSTRACT □

This study aims to compare the ability of three plant species *(Eucaleptus camaldulensis L., Acacia cyanophylla L. and Ricinus communis L.*) on the accumulation of cadmium (Cd) resulting from the different existing pollution sources in the study area (Abdul Qader Al Husseini Street - Latakia) especially resulting from traffic. The samples were collected from different parts (leaves, wood, bark) of the species mentioned in addition to samples of the soil, then the samples were processed and analyzed by atomic absorption spectrophotometer.

The results showed a difference in the content of cadmium in the studied species, ranged between (0.25 mg/kg) and (0.42 mg/kg) dry weight, where the highest content in Ricinus wood (0.42 mg/kg) and then Eucalyptus wood (0.4 mg/kg) and minimum content in Acacia wood (0.32mg/kg). Ricinus and Acacia showed high ability to accumulate cadmium reaching Bioconcentration factor (BF=1.33) for Ricinus and (BF=1.13) for Acacia.

Keywords: Eucaleptus – Acacia – Ricinus –Cadmium –Bioaccumulators.

*Associate Professor, Department of Botany, Faculty of science, Tishreen University , Lattakia, Syria.
**Assistant Professor, Marine Chemistry Department, High Institute of Marine Research, Tishreen University, Lattakia, Syria.
***Postgraduate Student, Department of Botany, Faculty of science, Tishreen University , Lattakia, Syria.

مقدمة:

يعد التلوث البيئي من أهم المشكلات التي تواجه البشرية في العصر الحديث، حيث تزايدت تراكيز المواد الملوثة للغلاف الحيوي بشكل متصاعد منذ بداية الثورة الصناعية ومن ضمنها المعادن الثقيلة (Heavy metals) مسببة مشاكل بيئية وصحية عديدة (Gisbert *et al.*, 2003).

تعدّ العناصر الثقيلة من المكونات الطبيعية للقشرة الأرضية والسموم الأقدم التي عرفتها البشرية منذ آلاف السنين، وبالرغم من الدور الحيوي الهام لبعض هذه المعادن في النباتات إلا أنها تعد جميعها سامة في التراكيز العالية (Mishra and Sk, 2014). ينتشر التلوث بالعناصر الثقيلة في كل مكان من بيئتنا، وينتج عن النشاطات البشرية المتنوعة، كمخلفات المصانع والتعدين وصناعة الطلاء والسيارات، وطبيعياً من تجوية صخور القشرة الأرضية (Taiwo *et al.*, 2014). تكمن خطورة العناصر الثقيلة في إمكانية انتقالها إلى الإنسان عبر السلسلة الغذائية، بالإضافة لقدرتها على البقاء فترة طويلة في البيئة دون تفكك (Krishna *et al.*, 2014). حيث قدّرت تكلفة تخليص البيئة من هذه الملوثات الخطرة بالوسائل التقنية التقليدية بحوالي 200 بليون دولار وذلك للولايات المتحدة الأمريكية وحدها (Environmental Investments, 1990).

يعد عنصر الكادميوم من أكثر العناصر سميّة للإنسان والحيوان، ويوجد هذا العنصر في جميع الترب الطبيعية بتراكيز منخفضة جداً لا تتعدى في حدها الأقصى الجزء بالمليون. وقد أدى التطور الصناعي ورمي الملوثات الحاوية على هذا العنصر دون معالجة إلى زيادة تركيزه في الأوساط البيئية المختلفة (التربة، المياه، الهواء والنباتات) (Selinus *et al.*, 2005)، كما بيّنت الكثير من الدراسات إمكانية ارتفاع تركيز الكادميوم في الترب القريبة من المنشآت الصناعية التي تطرح هذا العنصر إلى الوسط الخارجي، سواء تم ذلك من خلال فوهات المداخن أو كان متراكماً على الدقائق الغبارية.

تمتص النباتات الكادميوم عبر جذورها وأوراقها، ويعتبر ال *pH* وحالة الأكسدة من أهم العوامل المؤثرة على حركة أيون الكادميوم في التربة حيث يكون أكثر حركة في الأتربة الحامضية ضمن مجال *pH* يتراوح من 4.5 إلى 5.5 . وبشكل عام يتراوح المعدل الطبيعي للكادميوم في التربة بين (0.06 – 1.1ppm) وقد حددت السمية النباتية لعنصر الكادميوم بين (10 – 20 ppm) بالوزن الجاف (Kabata Pendias and Pendias, 2001)، بينما قدرت تراكيزه في النباتات الموجودة في بيئات طبيعية غير ملوثة بين (0.01 – 0.3 ppm) (Yilmaz *et al.*, 2006). يكمن خطر هذا العنصر على جسم الإنسان في أنه يتميز بخاصية التراكم في مراكز حيوية هامة كالكلية والجهاز العصبي حيث يؤدي إلى تلف مباشر للخلايا العصبية لأنه يمنع تكوين الأستيل كولين وينشط أنزيم الكولين أستيراز. و تكاد تكون عملية إطراحه معدومةً (Schumacher *et al.* 1991).

تمتص جميع النباتات العناصر الكيميائية من التربة، وتمتلك بعض النباتات قدرة كبيرة على امتصاص ومراكمة وتحمل تراكيز عالية من العناصر الثقيلة دون التأثر بسميتها وتدعى بالنباتات المراكمة (Fan *et al.*, 2011). وتعد تقنية تنقية الترب الملوثة بالعناصر الثقيلة باستخدام هذه النباتات (Phytoremediation) من الحلول الواعدة لمعالجة مشكلة تلوث التربة بهذه المواد الضارة (Mittal *et al.*, 2014).

أثارت ظاهرة التلوث بالعناصر الثقيلة القلق الشديد مؤخراً بعدما اكتشف بأن بعض النباتات التي تشكل غذاءً للحيوانات تراكم بعض العناصر الثقيلة بتراكيز عالية حيث تكون سامة لها وللحيوانات التي تتغذى عليها (Francis, 2009).

ميَّز بعض العلماء مجموعة النباتات التي يكون محتوى العنصر في داخل النبات عالياً وأطلق عليها المجمّعات أو المراكمات الفائقة (hyperaccumulators) (Anderson *et al.,* 1999)، وتم تعريفها بأنها النباتات التي تنمو في الترب ذات المحتوى المعدني العالي وتراكم تراكيز عالية من العناصر الثقيلة في مجموعها الخضري دون أن تظهر عليها أعراض سمية.

أجريت العديد من الأبحاث لاستكشاف الأنواع النباتية فائقة المراكمة للاستفادة منها في تنقية الترب الملوثة بالعناصر الثقيلة، ومنها دراسة أجريت لاختبار فعالية نبات الأكاسيا *Acacia mangium* في تنقية التربة الملوثة بمياه الصرف الصحي من خمسة عناصر ثقيلة وهي الزنك والرصاص والكادميوم والكروم والنحاس في مدينة Selangor في ماليزيا (Majid *et al*., 2012)، أظهرت النتائج وجود المحتوى الأعلى من الكادميوم والرصاص في نسيج الساق بينما كان المحتوى الأعلى للكروم والنحاس في الجذور أما المحتوى الأعلى من الزنك فقد وجد في الأوراق وبذلك أظهر هذا النوع أملا واعداً في تنقية الترب الملوثة بهذه العناصر، كما أجريت دراسة لمعرفة مدى تلوث الزيت المستخرج من بذور نبات الخروع *Ricinus communis* النامي على تربة مجاورة لأحد المناجم والتي تحتوي على تراكيز عالية من النحاس والزنك والمنجنيز والرصاص والكادميوم في مدينة سان فرانسيسكو في كاليفورنيا (,Olivares *et al*.), 2013 حيث تبين عدم وجود علاقة ارتباط بين محتوى العناصر في الزيت و تركيزها في تربة الجذور وبالتالي تبين أن هذا النبات يقوم بعملية تثبيت للملوثات في تربة الجذر ومنع انتقالها إلى النبات وذلك يعرف بظاهرة تقييد الملوثات (phytostabilization).

تعد الفصيلة الصليبية (Brassicaceae) من أكثر الفصائل التي تضم أنواعا نباتية مراكمة للعناصر الثقيلة، فهي تضم 11 جنساً و87 نوعاً منها 7 أجناس و 72 نوعاً تراكم عنصر النيكل، و3 أجناس تضم 20 نوعاً تراكم الزنك (Prasad and Freitas, 2003). تقاوم النباتات سمية العناصر الثقيلة بعدة طرق مختلفة منها تثبيت تلك العناصر immobilization في النبات أو استبعادها من الخلايا أو إدخالها في مركبات مخلبية chelating compounds أو إظهار أنواع مقاومة للإجهاد بتكوين الإيثيلين أو بروتينات الإجهاد؛ من هنا فبعض الأنواع النباتية يمتص كمية محدودة من العنصر، والبعض الآخر يبقى العنصر في المجموع الجذري ولا ينتقل إلا القليل منه إلى المجموع الخضري وهذه ظاهرة الصد (الاستبعاد) (الوهيبي، 2006)، بينما في أنواع أخرى يوجد العنصر في جميع أجزاء النبات وهي النباتات المتحملة الحقيقية (Szalai *et al*., 2002).

أهمية البحث و أهدافه:

توجد العديد من التقنيات لإعادة إصلاح ومعالجة البيئات الملوثة بالعناصر الثقيلة من ضمنها التقنيات الفيزيائية–الكيميائية كالترسيب بواسطة تعديل درجة ال *pH* و الترشيح و التكتل و الإدمصاص بواسطة المركبات العضوية، ولكن هذه التقنيات مكلفة من جهة، وقصيرة الأمد من جهة أخرى، بالإضافة لكونها قد تسبب اختلالاً في التوازن البيئي (Yoon *et al.,* 2006). تمتاز بعض النباتات بقدرتها على امتصاص كميات كبيرة من العناصر الثقيلة و مراكمتها في أنسجتها بتراكيز عالية (Khan *et al.,* 2000). لذا ازداد الاهتمام بهذه الظاهرة لما لها من تطبيقات في مجال التقانة الحيوية (Assuncao *et al.,* 2003)، حيث إنه من الممكن استغلال هذه النباتات المراكمة واستخدام مورثاتها للاستخلاص النباتي (Phytoextraction) لملوثات الترب والمياه من المعادن الثقيلة وغيرها أي المعالجة النباتية (Phytoremediation).

يهدف هذا البحث إلى تحديد محتوى عنصر الكادميوم Cd في أجزاء نباتية مختلفة (أوراق، قلف، خشب) لأنواع نباتية عدة (الأوكاليبتوس *Eucaleptus camaldulensis L.* والأكاسيا *Acacia cyanophylla L.* والخروع *Ricinus communis L.*) لمعرفة النوع الأكثر قدرة على احتجاز ومراكمة هذا العنصر وإمكانية الاستفادة منه في التنقية البيئية، و تحديد معامل التركيز الحيوي BF للأنواع النباتية وبالتالي تحديد النوع كمراكم حيوي.

طرائق البحث ومواده:

1- موقع الدراسة

يقع شارع عبد القادر الحسيني في الجنوب الشرقي لمدينة اللاذقية (الشكل 1) المتأثرة بمناخ متوسطي معتدل والمتميز بفصوله الأربعة ذات الشتاء الماطر والصيف الجاف المعتدل الحرارة (Chalabi ,1980). تتميز منطقة الدراسة بحركة مرورية كثيفة جداً على مدار العام كونها تمثل أحد مداخل مدينة اللاذقية و بوجود تنوع نباتي على جانبي الطريق.

شكل (1) موقع الدراسة (شارع عبد القادر الحسيني – اللاذقية)

2- الأنواع النباتية المدروسة

2-1-الأوكاليبتوس *Eucaleptus camaldulensis L.* : يتبع الفصيلة الآسية Myrtaceae وهي شجرة دائمة الخضرة (الشكل 2) تزرع من أجل أخشابها وظلها وجمالها، أوراقها متقابلة جلدية كاملة الحواف، زهرتها خنثوية ذات أسدية منفصلة عددها كبير جداً، الثمرة فيها بشكل العلبة (لايقة، 1995).

شكل (2) نبات الأوكاليبتوس *Eucaleptus camaldulensis L.* في منطقة الدراسة.

2-2- الأكاسيا *Acacia cyanophylla L.*: تتبع للفصيلة Mimosaceae شجيرة دائمة الخضرة (الشكل 3) تستخدم كمصدات للرياح وتثبيت الكثبان الرملية، أوراقها ريشية زهرتها خنثوية ذات أسدية عديدة والثمرة قرنية، تتجمع حبات الطلع في رباعيات (لايقة، 1995).

شكل (3) نبات الأكاسيا *Acacia cyanophylla L.* في منطقة الدراسة.

2-3- الخروع *Ricinus communis L.* : يتبع للفصيلة الافوربية Ephorbiaceae. شجيرة دائمة الخضرة، (الشكل 4) أوراقه كفية كبيرة مفصصة، وحيد مسكن، وحيد جنس، زهرته منتظمة ويلاحظ غياب التويج بينما يتكون الكأس من خمس قطع خضراء، الثمرة كبسولة منشقة إلى ثلاث ثميرات (لايقة، 1995).

شكل (4) نبات الخروع *Ricinus communis L.* في منطقة الدراسة.

3- جمع العينات

تم أخذ عينات التربة والنبات اللازمة لإجراء هذا البحث بتاريخ 2014/1/19 من أربعة نقاط موزعة على طول منطقة الدراسة الممتدة على طول 1200 م تقريباً من شارع عبد القادر الحسيني، حيث تم أخذ أربع مكررات من كل نوع يبعد كل مكرر (نبات) عن الآخر حوالي 400 م. والشكل (1) يوضح نقاط أخذ العينات، حيث تم أخذ عينات النبات من ثلاثة أنواع (الأوكاليبتوس *Eucaleptus camaldulensis L.* والأكاسيا *Acacia cyanophylla L.* والخروع *Ricinus communis L.*) جميعها متوضعة على جانبي الطريق في التربة المجاورة للرصيف (الأشكال 2,3,4) حيث أخذت عينات الأوراق القديمة من الجهات الأربع لكل نبات وخلطت معاً لتشكل عينة واحدة (عينة مركبة) و بالطريقة نفسها أخذت عينات القلف والخشب من الجهات الأربع بكميات قليلة لتجنب إلحاق ضرر كبير بالأشجار. أماعينات التربة فقد أخذت من منطقة الجذور مباشرة و من الجهات الأربع حول كل نبات وعلى عمق (0-20 cm) وخلطت معاً لتشكل عينة واحدة. بلغ عدد العينات التي جمعت ثمان وأربعون عينة مركبة.

4- هضم العينات النباتية

تم غسل عينات الأوراق والقلف والخشب بالماء المقطر ثم جففت بالفرن عند الدرجة $60\ ^0C$ لمدة 72 ساعة حتى ثبات الوزن، ثم طحنت العينات النباتية المجففة بواسطة مطحنة كهربائية، ثم تم أخذ 1g (وزن جاف) من كل عينة ووضعت في أنابيب زجاجية، ثم أضيف لكل أنبوب مزيج الماء الملكي المكون من حمض كلور الماء وحمض الآزوت عاليا النقاوة بنسبة (3:1). وضعت الأنابيب في حمام مائي (100 ºC) لمدة أربع ساعات حتى تمام هضم العينات، ومن ثم رشحت العينات و وضعت الرشاحة في عبوات وأكمل الحجم بالماء المقطر إلى 50ml (IAEA, 2006). ثم وزنت بقايا كل عينة ووضعت في الفرن بدرجة 105^0C لمدة 24 ساعة ثم وزنت مرة أخرى ليتم بعدها حساب الرطوبة النسبية في العينات النباتية.

5- هضم عينات التربة

تم تجفيف عينات التربة عند الدرجة حرارة $40\ ^0C$ لمدة 72ساعة حتى ثبات الوزن، ثم تم أخذ 1g (وزن جاف) من كل عينة ووضعت في أنابيب من البولي بروبلين ثم أضفنا لكل أنبوب مزيج الماء الملكي المكون من حمض كلور الماء وحمض الآزوت عاليا النقاوة بنسبة (3:1). ووضعت الأنابيب في حمام مائي (100C °) لمدة أربع ساعات ثم أضفنا لكل أنبوب حمض الفلور حيث تم هضم العينات بشكل كامل، ثم رشحت العينات و وضعت الرشاحة في عبوات

وأكمل الحجم بالماء المقطر الى 50ml (IAEA, 2006). ثم وزنت بقايا كل عينة ووضعت في الفرن بدرجة ^0C 105 لمدة 24 ساعة ثم وزنت مرة أخرى ليتم بعدها حساب الرطوبة النسبية في عينات التربة.

6- تحليل العينات

تم تقدير محتوى عنصر الكادميوم في عينات النبات والتربة باستخدام جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrophotometer) موديل (Varian 220) الموجود في المعهد العالي للبحوث البحرية والذي يعمل بتقنيتي طيف اللهب والفرن الغرافيتي حيث تم استخدام تقانة الفرن الغرافيتي في عملية الكشف عن هذا العنصر.

7- التحليل الإحصائي للبيانات

تمت الدراسة الإحصائية وتحليل النتائج بواسطة برنامج SPSS حيث تم إجراء تحليل التباين (ANOVA) لمقارنة الفروق المعنوية بين المتوسطات بحساب قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5% من خلال مقارنة قيمة F الجدولية مع قيمة F المحسوبة من خلال تحليل التباين فعندما تكون قيمة F المحسوبة أكبر من قيمة F الجدولية عند درجة ثقة 95% يدل ذلك على وجود فرق معنوي بين المتوسطين.

النتائج والمناقشة:

1- مقارنة محتوى الكادميوم بين أجزاء النوع النباتي الواحد

1-1- الأوكاليبتوس *Eucaleptus camaldulensis L.*

تراوح محتوى الكادميوم وسطياً في مختلف أجزاء نبات الأوكاليبتوس بين (0.25 mg/kg – 0.40). تشير النتائج إلى أن أعلى محتوى وجد في الخشب (0.40 mg/kg) يليها الأوراق (0.38 mg/kg) وفي المرتبة الأخيرة القلف (0.25 mg/kg) (الشكل 5). بينما بلغ محتواه (0.38 mg/kg) في التربة. أظهر تحليل التباين ANOVA وجود فرق معنوي واضح في قيم الكادميوم بين الأوراق والقلف وكذلك بين الخشب والقلف عند مستوى معنوية 5% بينما لم يوجد أي فرق معنوي في قيم الكادميوم بين الأوراق والخشب وبذلك نلاحظ تفوق كل من الأوراق والخشب على القلف في مراكمة الكادميوم. بلغت قيمة معامل التركيز الحيوي (BF=0.9).

شكل (5) متوسط محتوى الكادميوم في أجزاء الأوكاليبتوس وفي تربة الموقع المدروس

بالمقارنة مع الدراسة التي أجرتها صالح عام 2011 على ثلاثة أنواع نباتية تضم الدفلة ونخيل الواشنطونيا والجاكراندا المزروعة في منصف وأرصفة أوتوستراد الثورة في مدينة اللاذقية نلاحظ ارتفاع نسبة التلوث بعنصر الكادميوم في المنطقة المدروسة حيث وصل إلى 1mg/kg وربما يعود ذلك للازدحام المروري الذي كان يتميز به ذلك الشارع ووجود بعض الأنشطة البشرية كورشات إصلاح السيارات بينما لم تتجاوز النسبة 0.38 mg/kg في منطقة دراستنا حيث لم تتجاوز الحدود الطبيعية العالمية (Kabata Pendias and Pendias, 2001) وقد يعود ذلك لاختلاف مصادر التلوث، والاختلاف في درجة تلوث الوسط المحيط (هواء وتربة) (Alloway, 1999).

1-2- الأكاسيا *Acacia cyanophylla L.*

تراوح محتوى الكادميوم وسطياً بين 0.29 mg/kg – 0.34 في مختلف أجزاء نبات الأكاسيا. تشير النتائج تسجيل أعلى محتوى في القلف (0.34 mg/kg)، يليه الخشب (0.32 mg/kg)، بينما كان أقل محتوى في الأوراق (0.29 mg/kg) متقاربا مع محتواه في التربة (0.28 mg/kg) (الشكل 6). أظهر تحليل التباين ANOVA وجود فرق معنوي واضح في محتوى الكادميوم بين الأوراق والقلف عند مستوى معنوية 5%، بينما لم يوجد أي فرق معنوي في محتوى الكادميوم بين الأوراق والخشب من جهة، وبين الخشب والقلف من جهة أخرى، حيث أبدت هذه الأجزاء قدرة متقاربة على مراكمة الكادميوم، وكان محتوى الكادميوم في كافة أجزاء النبات أعلى منه في التربة، وقد يعزى ذلك إلى سهولة امتصاص ونقل الكادميوم وقدرة المراكمة الجيدة لدى هذا النبات أيضاً، حيث بلغت قيمة معامل التركيز الحيوي (BF=1.13) وبذلك يعد نبات الأكاسيا مراكماً جيداً للكادميوم.

شكل (6) متوسط محتوى الكادميوم في أجزاء الأكاسيا وفي تربة الموقع المدروس

بالمقارنة مع نتائج دراسات أخرى كالدراسة التي قامت بها ابراهيم عام 2014 على ثلاثة أنواع نباتية هي الصنوبر البروتي *Pinus brutia* و السرو دائم الاخضرار *Cupressus sempervirens* و الأكاسيا *Acacia cyanophylla lind* المزروعة ضمن مصفاة بانياس على امتصاص ومراكمة أربعة عناصر ثقيلة من ضمنها الكادميوم أظهر السرو دائم الاخضرار قدرة عالية على مراكمة هذا العنصر في قلفه حيث بلغ 1.45 mg/kg، أما محتوى الكادميوم في التربة فقد تجاوز محتوى الأتربة غير الملوثة والمسموح بها في الأتربة الزراعية حيث وصل الى 4.11 mg/kg. بينما كانت نتائج دراستنا تشير إلى وجود تراكيز عالية من هذا العنصر في الأجزاء النباتية تفوق تركيزه في التربة بالرغم من عدم تجاوز التربة للتراكيز الطبيعية و يعود ذلك لاختلاف مصادر الملوثات.

1-3- الخروع *Ricinus communis L.*

تراوح محتوى الكادميوم وسطياً في الأجزاء المختلفة لهذا النبات بين 0.32 mg/kg – 0.42 مع تسجيل أعلى محتوى في الخشب (0.42 mg/kg) والقلف (0.38 mg/kg)، في حين كان الأقل في الأوراق (0.32 mg/kg) وفي التربة (0.28 mg/kg) (الشكل 7). أظهر تحليل التباين ANOVA، وجود فرق معنوي واضح في محتوى الكادميوم بين الأوراق والقلف عند مستوى معنوية 5% بينما لم يوجد أي فرق معنوي في محتوى الكادميوم بين الأوراق والخشب أو بين الخشب والقلف. بلغت قيمة معامل التركيز الحيوي (BF=1.33) وبذلك يعد نبات الخروع مراكماً جيداً للكادميوم.

شكل (7) متوسط محتوى الكادميوم في أجزاء الخروع وفي تربة الموقع المدروس

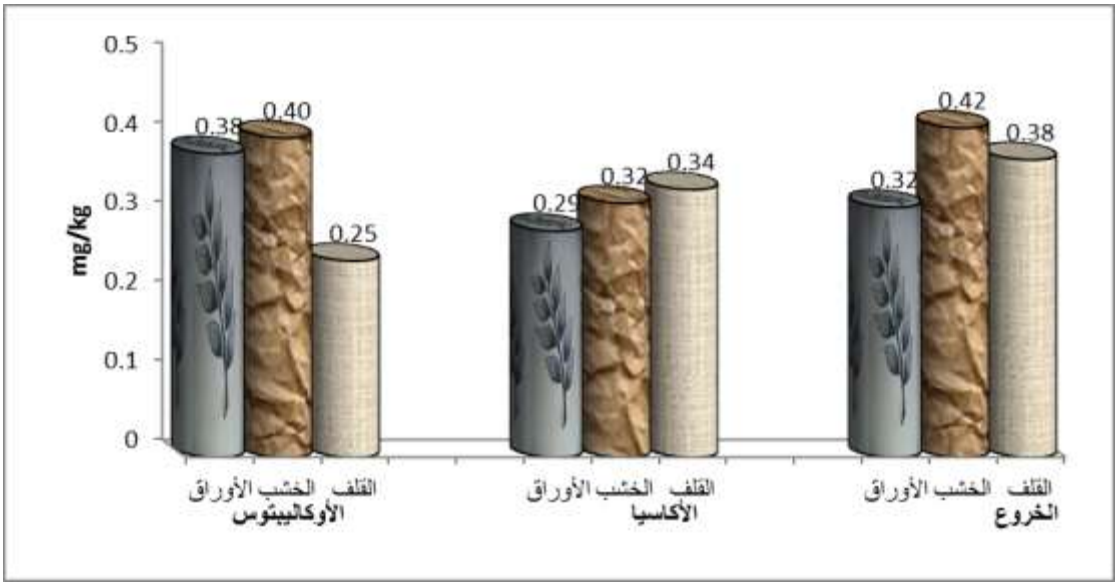
بالمقارنة مع نتائج بعض الأبحاث السابقة نلاحظ ارتفاع تركيز الكادميوم في تربة حديقة الفرسان في مدينة اللاذقية في الدراسة التي أجرتها حميدوش عام 2013 على أربعة أنواع نباتية (*Ficus benjamina L.* , *Bougainvillea glabra* ، *Bauhinia variegate Linn.* ، *Ligustrum vulgare L.*) مزروعة في تلك الحديقة حيث أظهرت النتائج أن أعلى محتوى للكادميوم وجد في قلف الجهنمية 4.4 mg/kg يليه في أوراق الجهنمية 4.2 mg/kg ثم في قلف التين الباكي 3.93 mg/kg وأخيراً في قلف خف الجمل 3.55 mg/kg أما محتواه في التربة فقد تراوح بين 3.3–3.9 mg/kg وبالتالي وجد أن الموقع المدروس ملوث بعنصر الكادميوم.

2- مقارنة محتوى الكادميوم بين أجزاء الأنواع النباتية الثلاثة

عند مقارنة محتوى عنصر الكادميوم بين أوراق الأنواع النباتية الثلاثة وجد فرق معنوي واضح في التركيز بين أوراق الأوكاليبتوس والأكاسيا من جهة، وبين أوراق الأوكاليبتوس والخروع من جهة أخرى، في حين لم يوجد فرق معنوي بين أوراق الأكاسيا والخروع حيث تفوقت أوراق الأوكاليبتوس على أوراق كل من الأكاسيا والخروع في مراكمة عنصر الكادميوم، بينما كانت مقدرة أوراق الأكاسيا والخروع متقاربة في مراكمة هذا العنصر بدليل عدم وجود فرق معنوي واضح بينهما في محتواه.

أظهرت نتائج مقارنة محتوى عنصر الكادميوم بين خشب الأنواع النباتية المدروسة وجود فرق معنوي واضح في التركيز بين خشب الأوكاليبتوس والأكاسيا في حين لم يوجد فرق معنوي بين خشب الأوكاليبتوس والخروع حيث تفوق خشب الأوكاليبتوس على كل من الأكاسيا والخروع في مراكمة عنصر الكادميوم، بينما كانت مقدرة خشب الأكاسيا والخروع متقاربة في مراكمة هذا العنصر بدليل عدم وجود فرق معنوي واضح بينهما في تركيزه. إن لتراكم عنصر الكادميوم في خشب الأوكاليبتوس والخروع أهمية كبيرة في احتجاز هذا العنصر وتقليل احتمال وصوله إلى التربة كما في حالة تراكمه في الأوراق والقلف التي تتساقط على التربة وتتحلل من جديد.

في حين بينت نتائج مقارنة محتوى عنصر الكادميوم بين قلف الأنواع النباتية الثلاثة وجود فرق معنوي واضح في التركيز بين قلف الأوكاليبتوس و الأكاسيا والخروع. إن ارتفاع نسبته في قلف الخروع يظهر مراكمة لعنصر الكادميوم مقارنة مع كل من الأكاسيا والأوكاليبتوس.



شكل (8) متوسط محتوى الكادميوم في أجزاء الأنواع المدروسة

3- مقارنة بين الأنواع المدروسة بشكل عام في قدرتها على مراكمة عنصر الكادميوم

أظهرت مقارنة محتوى الكادميوم بين الأنواع النباتية المدروسة بشكل عام باستخدام التحليل الإحصائي (ANOVA) وجود فروق معنوية واضحة بين هذه الأنواع. فقد تفوق الخروع على الأكاسيا في مراكمة هذا العنصر كما تفوق الخروع على الأوكاليبتوس بينما لم يوجد فرق معنوي واضح بين الأكاسيا والخروع فقد راكما هذا العنصر بتراكيز مرتفعة بدون وجود فروق معنوية بينهما.

من خلال مقارنة قيم معامل التركيز الحيوي للأنواع المدروسة والمرفقة في الجدول (1) نلاحظ تفوق الخروع ومن ثم الأكاسيا على نبات الأوكاليبتوس في المقدرة على مراكمة عنصر الكادميوم، وقد يكون لاختلاف أطوال هذه النباتات دور في اختلاف هذه القيم فكلما كان النبات أقصر طولا كالخروع كان أكثر عرضة لترسب الملوثات (الناتجة عن عوادم السيارات خاصةً) على أجزائه الهوائية مباشرة كما أن لاتساع مساحة سطح الورقة عند الخروع دوراً واضحاً في زيادة تعرضها لترسب الملوثات.

جدول (1) يمثل قيم معامل التركيز الحيوي للأنواع المدروسة

الأوكاليبتوس	الأكاسيا	الخروع
BF=0.9	BF=1.13	BF=1.33

الاستنتاجات والتوصيات:

1. نلاحظ انخفاض فيم الكادميوم في تربة منطقة الدراسة بشكل عام حيث لم تتجاوز الحدود الطبيعية، وقد يعود ذلك لوجود حركة تيارات هوائية مستمرة في هذه المنطقة تعمل على تبديد وكنس الملوثات.

2. يمكن اعتبار الأكاسيا والخروع من المراكمات الجيدة لعنصر الكادميوم حيث تجاوز معامل التركيز الحيوي (BF) الواحد لكل منهما.

المراجع:

1. إبراهيم، دينا. *دراسة إمكانية مراكمة بعض الأنواع النباتية المزروعة في حرم مصفاة بانياس للعناصر الثقيلة*، رسالة ماجستير في الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، كلية الزراعة، 2014، 58.

2. حميدوش، ديانا، *مقارنة قدرة أربعة أنواع نباتية مزروعة على مراكمة عنصر الكادميوم في مدينة اللاذقية (حديقة الفرسان)*. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (35) العدد (8) 2013، 161–173.

3. صالح، لانا. *مقارنة قدرة عدة أنواع نباتية مزروعة على تنقية الوسط المحيط من بعض العناصر الثقيلة في مدينة اللاذقية (أوتوستراد الثورة)*، رسالة ماجستير في الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، كلية الزراعة، 2011، 79.

4. لايقة، سرحان. الفصائل النباتية. مطبعة المدينة بدمشق، جامعة تشرين، مديرية الكتب والمطبوعات 1994 –1995.

5. الوهيبي، محمد بن حمد. *المخلبيات النباتية والعناصر الثقيلة*، المجلة السعودية للعلوم البيولوجية، 13 (2) 2006، 43–53.

6. ALLOWAY, B. J. *Schwermetalle in Boden Analytik*, Konyentration, Wechselwirkungen. Springer- Verlag Berlin, Heidelberg New York.ISBN 3-540-62086-9 , 1999 ,p 540.

7. ANDERSON, C.W.N.؛ BROOKS, R.R.؛ CHIARUCCI, A.؛ LACOSTE, C.J.؛ LEBLANC, M.؛ ROBINSON, B.H.؛ SIMCOCK, R. ؛ TEWART, R.B. *Phytomining for nickel, thallium and gold*. Journal of Geochemical Exploration 67, 1999, 407–415.

8. ASSUNCAO, A.G.L.؛ SCHAT, H. ؛ ARTS, M.G.M. *Thlaspi caerulescens, an attractive model species to study heavy metal hyperaccumulation in plants*. New Phytologist. 159,2003: 351–360.

9. CHALABI, M.N. *Analyse phytosociologique, phytoécologique dendrometrique et dendroclimatolgique des forêts de Quercus cerris et contribution a l'etude taxonomique du genre Qurecus en Syria*, these es – scince. Univ,. Aix – marseille III, FAC,ST.JérÔme , 1980 , 382.

10. ENVIRONMENTAL INVESTMENTS. *The Cost of a Clean Environment*. US Environmental Protection Agency (EPA). (ed. EPA-230-11-90-083) 5 (US Government Printing Office, Washington, DC. 1990.

11. FAN, K. C. ; HSI, H. C. ; CHEN, C. W. ; LEE, H. L. ; HSEU, Z. Y. *Cadmium accumulation and tolerance of mahogany (Swietenia macrophylla) seedlings for phytoextraction applications*. Journal of Environmental Management Taiwan Vol. 92, 2011, 2818-2822.

12. FRANCIS, U. U. *Conventional and new ways of remediating soils polluted with heavy metals*, Ufumes SCHOLARS, Nigeria, 2009.

13. GISBERT, C.; ROS, R.; DE HARO, A.; WALKER, D.J.; PILAR BERNAL, M.; SERRANO, R.; AVINO, J.N. *A plant genetically modified that accumulates Pb is especially promising for phytoremediation*. Biochem Biophys Res Commun. 303(2): 2003 ,440–445.

14. IAEA. LABORATORY PROCEDURE BOOK. Marine Environment Laboratory, Monaco. 2006 , P: 45.

15. 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.

16. KHAN, A.G.; KUEK, C.; CHAUDHRY, T.M.; KHOO, C.S.; HAYES, W.J. *Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavymetal contaminated land remediation.* Chemo. 21: 2000 . 197 -207.

17. KRISHNA, P.V.؛ JYOTHIRMAYI, V. ؛ MADHUSUDHANA, K. *Human health risk assessment of heavy metal accumulation through fish consumption, from Machilipatnam Coast, Andhra Pradesh.* International Research Journal of Public and Environmental Health, India, Vol.1 (5), 2014 , 121-125.

18. MAJID, N. M. ؛ ISLAM, M.M. ؛ MATHEW, L. *Heavy metal uptake and translocation by mangium (Acacia mangium) from sewage sludge contaminated soil.* Australian Journal of Crop Science, Malaysia, AJCS 6(8), 2012 , 1228-1235.

19. MISHRA, A.؛ SK, S. *Heavy Metal Toxicity: A Blind Evil*. J Forensic Res India, (2014) 5:2.

20. MITTAL, N ؛ SRIVASTAVA, A. K. ؛ BHUPENDRA ؛ KIRAN. *Accumulation of heavy metals (cadmium and hexavalent chromium) in accessions of Hordeum Vulgare*, IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, India, Vol. 8, Issue 5, 2014 , 79-82.

21. OLIVARES, R. A. ; GONZALEZ, C. R.; CHAVEZ, M.D.C.A.; HERNANDEZ, R.M. *Potential of castor bean (Ricinus communis L.) for phytoremediation of mine tailings and oil production*. J. Environ. Manage. 114, 2013 , 316–323.

22. PRASAD, M.N.V. ; FREITAS, H. O. *Metal hyperaccumulation in plants-Biodiversity prospecting for phytoremediation technology*. Electronic Journal of Biotechnology. Vol. 6 No. 3, 2003 , 285-321.

23. SCHUMACHER, M. ; BOSQUE, M.A. ; DOMINGO J.L. ; CORBELLA J. *Dietary intake of lead and cadmium from foods in Tarragona Province*, Spain. Bulletin of Environmental Contaminant and Toxicology 1991 , 46, 320–328.

24. SELINUS, O. ; ALLOWAY, B. ; CENTENO, J. A. ; FINKELMAN, R. B. ; FUGE, R., ; LINDH, U. ; SMEDLEY, P. *Essentials of Medical Geology*, impacts of the natural environment on public Health 144, 2005 , 890-891.

25. SZALAI, G. ; JANDA, T. ; GOLAN-GOLDHIRSH, A.; PALDI, E. *Effect of Cd treatment on phytochelatin synthesis in maize*. *Acta Biol Szeged* 46(3-4) ,2002,121-122.

26. TAIWO, I. E.؛HENRY, A. N. ؛ IMBUFE, A.P. ؛ ADETORO, O. O. *Heavy metal bioaccumulation and biomarkers of oxidative stress in the wild African tiger frog, Hoplobatrachus occipitalis.* African Journal of Environmental Science and Technology Nigeria, Vol. 8(1), 2014 ,6-15.

27. YILMAZ, R. ; SAKCALI, S. ; YARCI, C. ; AKSOY, A. ; OZTURK, M. Use of *Aesculus hippocastanum L. as a biomonitor of heavy metal pollution.*Pak. J. Bot. 38(5); 2006 , (1519-1527).

28. YOON, J. X. ; CAO, Q. ; Zhou, L.Q. *Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site*. Science of the Total Environment, 368: 2006 , 456–464.