African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)

Online ISSN: 2957-644X

Volume 3, Issue 1, January-March 2024, Page No: 258-267

Website: *https://aaasjournals.com/index.php/ajapas/index*

معامل التأثير العربي 2023: (1.55) **SJIFactor 2023: 5.689** **ISI 2022-2023: 0.557**

تقدير التراكم الحيوي لعنصري الرصاص والكادميوم في التربة وفي أشجار (*Eucalyptus gomphocephala* & *Ficus nitida*) المزروعة على جوانب الطرق في مدينة درنة

مسعود مصطفى زعطوط [1*]، سلمي أسماعيل جبريل [2]

[1،2] كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة درنة، درنة، ليبيا

Estimating the bioaccumulation of lead and cadmium in the Soil and *Eucalyptus gomphocephala* and *Ficus nitida* Trees on the roadsides of Derna City

Masoud Mostafa Zatout [1*], Salma Ismail Jibril [2]

[1,2] Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, Derna University, Libya

[*]*Corresponding author: marwan.zatout@gmail.com*

Received: January 03, 2024	Accepted: March 23, 2024	Published: March 26, 2024

الملخص

تهدف هدفت هذه الدراسة إلى تقدير التراكم الحيوي للعناصر الثقيلة (الرصاص- الكادميوم) في التربة والأوراق لأشجار Ficus وEucalyptus في ثلاث مناطق مختلفة في مدينة درنة، وإمكانية استخدامها في المراقبة الحيوية لتلوث الهواء بالعناصر الثقيلة في المناطق الحضرية. تمثلت المنطقة الأولى في وسط المدينة، والمنطقة الثانية في مصنع الإسمنت بالفتائح، أمّا المنطقة الثالثة ففي المحطة البخارية. أجريت تجربة بتصميم تام العشوائية بثلاثة عوامل. أوضحت النتائج أن هناك اختلافات معنوية بين مناطق الدراسة في محتواها من عنصر الرصاص بينما لا توجد اختلافات معنوية في عنصر الكادميوم. سجلت منطقة مصنع الإسمنت أعلي محتوي لعنصر الرصاص. أما فيما يتعلق بنوع الأشجار فقد ظهرت اختلافات معنوية بين أشجار Ficus وEucalyptus في محتواها من الرصاص، بينما لم تظهر اي اختلافات معنوية بين أشجار Ficus وEucalyptus في محتواها من الكادميوم. أما بخصوص نوع العينات، فلا توجد اختلافات معنوية بين الأوراق والتربة في محتواها من الكادميوم والرصاص. كذلك أظهرت النتائج ان تأثير التداخل بين مناطق الدراسة ونوع الأشجار لم يكن معنويا بالنسبة لمحتوى الرصاص والكادميوم، بينما التداخل بين نوع الأشجار ونوع العينات لم يكن معنويا بالنسبة لمحتوى عنصر الكادميوم، بينما كان معنويا بالنسبة لمحتوى عنصر الرصاص. أيضاً التداخل بين مناطق الدراسة ونوع الاشجار ومكان اخذ العينات لم يكن معنويا بالنسبة لمحتوى عنصر الكادميوم بينما عالي المعنوية بالنسبة لمحتوى عنصر الرصاص.

الكلمات المفتاحية: التراكم الحيوي، العناصر الثقيلة، *Ficus nitid*، *Eucalyptus gomphocephala*.

Abstract

The aim of this study was to assess the bioaccumulation of heavy elements (lead and cadmium) in soil and leaves of *Ficus nitida* and *Eucalyptus gomphocephala* trees in three different areas in Derna city, and to explore their potential use in biomonitoring air pollution with heavy elements in urban areas. The first area represented the city center, the second area was near the cement factory in Fataeh, and the third area was at the steam station. The experiment was conducted using a completely randomized design with three factors. Results indicated significant differences in lead content among the study areas, while no significant differences were observed in cadmium content. The cement factory area recorded the highest lead content.

Regarding tree species, significant differences were found in lead content between *Ficus nitida* and *Eucalyptus gomphocephala* trees, while no significant differences were observed in cadmium content. Concerning sample type, no significant differences were found between leaves and soil in cadmium and lead content. The results also showed that the interaction between study areas and tree species was not significant for lead and cadmium content, while the interaction between tree species and sample type was significant for lead content but not for cadmium content. Additionally, the interaction between study areas, tree species, and sample location was not significant for cadmium content, but it was significant for lead content.

Keywords: bioaccumulation, heavy metals, *E. gomphocephala*, *F. nitida* trees.

مقدمة

يعيش العالم اليوم واقع التطور الصناعي الهائل، وعينة على مستقبل الأرض وما ينتظرها من عواقب بيئية لا حصر لها نتيجة لهذه التنمية. أن القضايا البيئية الملحة، ومن أبرزها تلوث الهواء والتربة بالعناصر الثقيلة، تجد صدي واهتمام محلي، لما تشكله من خطورة علي حياة الكائنات الحية. إن فهم ورصد هذا التلوث يعد أمر أساسي في المناطق الحضرية، حيث تساعد المراقبة في تقييم مستوى التلوث فيما يتعلق بمعايير جودة الهواء المحيط، ومع ذلك، فإن الرصد التقليدي للملوثات في الهواء لا يقدم معلومات ذات علاقة بالآثار التي يمكن أن تحدثها على الكائنات الحية، وبالتالي فإن الرصد الحيوي لنوعية الهواء يكون أكثر فعالية [1]. لذا يجب مراقبة تركيز المعادن الثقيلة في الاوساط البيئية لأنها يمكن أن تؤثر على صحة الإنسان [2].وفي الوقت الراهن، فأن الأشجار هي الأكثر استخدامًا كمؤشرات حيوية في دراسات المراقبة الحيوية لجودة الهواء [3].

يحدث التلوث بالمعادن الثقيلة بسبب الأنشطة البشرية وما يتخلف عنها من نفايات صناعية وبلدية وأسمدة زراعية، ومبيدات، ومياه صرف الصحي، وتعدين وحرق الوقود في محطات توليد الطاقة والمركبات وغيرها [4] [5].كذلك تعتبر تجوية الصخور أهم مصدر للمعادن الثقيلة [6] . حيث تدخل الملوثات التي تحتوي على معادن ثقيلة إلى التربة بطرق مختلفة، وتتأثر تركيزات المعادن الثقيلة في التربة في المناطق بعدة عوامل منها المادة الأم للتربة وأيضًا الأنشطة البشرية [7]. حيث تكمن خطورة المعادن الثقيلة في انها غير قابلة للتحلل ومعظمها له تأثيرات سامة وضارة على صحة الإنسان والبيئة المحيطة، خصوصا عند التركيزات العالية [8]. وتميل المعادن الثقيلة الموجودة في التربة من المصادر البشرية إلى أن تكون متاحة حيويا وبالتالي لها قدرة أكثر على الحركة من المعادن ذات المنشأ الصخري[9] [10]. ويعد تلوث التربة بالمعادن الثقيلة مشكلة بيئية خطيرة بسبب تأثيرها على ميكروبات التربة وخصائص التربة وصحة الإنسان [11] . ومن جهة أخري، فأن دراسة تراكم المعادن الثقيلة وتوزيعها على أجزاء النبات لها أهمية خاصة لأن النباتات هي القاعدة الأساسية في السلسلة الغذائية، وبالتالي فإن أي تأثير سام عليها سيشكل خطرا على الكائنات الحية الأخرى، وعلى رأسها الأنسان [12] .

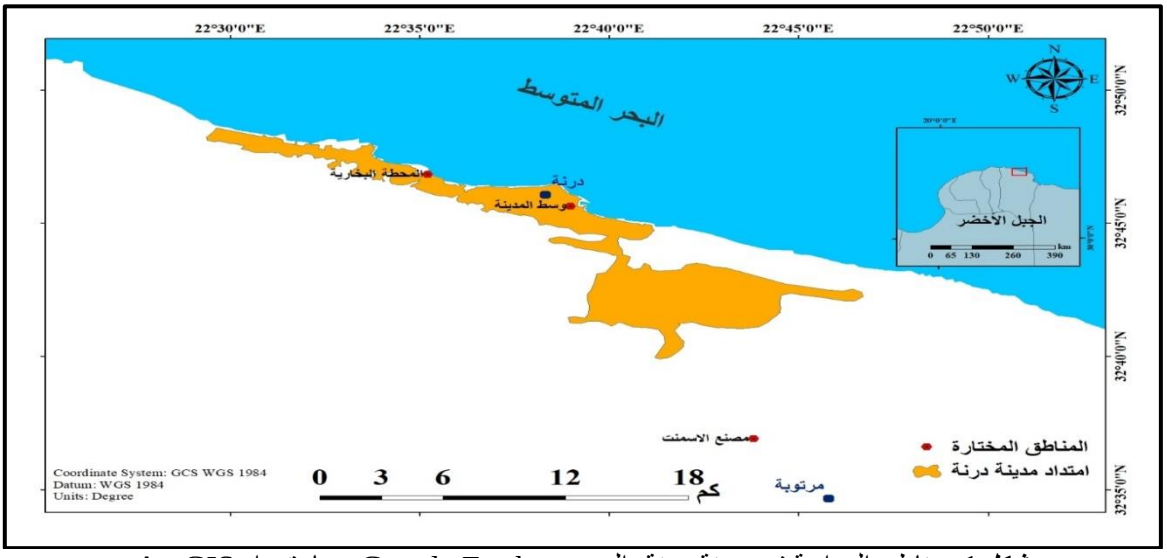
ذكر [13] أن "العناصر النادرة" تشير إلى المواد الكيميائية التي يحتاجها النباتات في كميات صغيرة نسبيًا مقارنة بالعناصر الأخرى. وتشمل هذه العناصر المهمة الحديد والزنك والنحاس والبورون والموليبدينوم والمنغنيز والكوبالت والكروم والنيكل والسيلينيوم والفلور واليود والفاناديوم والأرسنيك والكادميوم والرصاص والزئبق والألومنيوم والتيتانيوم والفوسفور والكالسيوم والكبريت والمغنيسيوم والنتروجين. وبشكل عام، تعتبر بعض المعادن الثقيلة ضرورية للكائنات الحية ولكن بكميات صغيرة مثل الحديد والزنك، بينما بعض المعادن، مثل الزئبق والرصاص والكادميوم تكون سامة حتى بكميات صغيرة [14] . وتعتمد سمية المعادن الثقيلة على عدة عوامل منها الجرعة وطريقة التعرض [15]. وفي حالة زيادة تركيز المعادن الثقيلة في النباتات تؤثر سلبًا على التمثيل الغذائي. علاوة على ذلك، بعض المعادن الثقيلة مثل الزئبق والزرنيخ تغير من نشاط البروتينات والإنزيمات مباشرة، وتعمل على تثبيط التمثيل الضوئي [16]. وقد يؤدي ارتفاع الرصاص في التربة إلى انخفاض إنتاجية التربة، بينما انخفاض تركيزه في التربة يؤدي إلى إعاقة بعض العمليات النباتية الحيوية [17]. كما يسبب التركيز العالي من الرصاص عددًا من الأعراض السامة في النباتات التي قد تكون مثبطة للنمو[18]، أيضا الرصاص يمكن أن يسبب مشاكل صحية خطيرة، حتى أن بعضها يؤدي إلى الوفاه[19] . علاوة على ذلك، يؤدي امتصاص الكادميوم إلى ظهور العديد من الأعراض مثل تقزم النمو والذبول وأخيراً موت النبات [20] [21].

لقد تم إدخال أشجار *Eucalyptus gomphocephala* و *Ficus nitida* إلى عدة مدن في ليبيا، وزرعت على نطاق واسع، حيث زرعت على جوانب الطرق في مدينة درنة، حيث نهدف من خلال هذا البحث لاستكشاف قدرة هذه الأنواع على تراكم وتحمل العناصر الثقيلة في أوراقها وفي التربة التي حولها. وهكذا، تم تقييم تركيزات الكادميوم والرصاص في الأوراق والتربة التي تم جمعها من ثلاثة مناطق، من أجل تسليط الضوء على فائدة استخدام هذا النوع كمؤشر حيوي لتلوث الهواء .

طرق البحث

منطقة الدراسة

تم اختيار ثلاث مناطق مختلفة في مدينة (درنة)، المنطقة الأولي هي وسط المدينة والثانية بمحيط مصنع الإسمنت والذي يقع شرق مدينة درنة والثالثة بمحيط المحطة البخارية عند المدخل الغربي للمدينة الشكل (1).



شكل 1: مناطق الدراسة في مدينة درنة، المصدر: Google Earth، وباستخدام ArcGIS

أنواع الاشجار

تم اختيار نوعين من الأشجار باعتبارهما من الأشجار التي استوطنت الجبل الأخضر وهي:

أشجار *Eucalyptus gomphocephala* هي نوع من الأشجار المستوردة التي زرعت في منطقة الجبل الأخضر منذ ثلاثينيات القرن الماضي على نطاق واسع لحماية التربة من الانجراف وعلى جوانب الطرق وكشجرة ظل [22].

أشجار *Ficus nitida* تزرع على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم [23].

طرق أخذ العينات والتحليل

لتقدير التراكم الحيوي للعناصر الثقيلة (الرصاص- الكادميوم) في التربة والأوراق لأشجا Ficus وEucalyptus، جمعت العينات الأوراق النباتية من أشجار Ficus وEucalyptusوالتربة بتاريخ 26 نوفمبر 2021 وأخذت ثلاث مكررات من أوراق Ficus وأوراق Eucalyptus وكذلك من التربة لكليهما، وأخذت عينات الأوراق من أربعة جوانب لكل من أشجار Ficus وEucalyptusكذلك، تم جمع عينات التربة من أربعة جوانب لكل مكررة على عمق 0-20 سم وخلطها معًا لتشكيل عينة ممثلة.

تم تعبئة العينات التي تم جمعها في أكياس نايلون محكمة الإغلاق ومُرقمة ونقلت للمعمل لإجراء قياسات العناصر المدروسة باستخدام طريقة[26] [25] [24] . تم تقدير التركيزات الإجمالية للمعادن الثقيلة المختبرة (Pb, Cd) عن طريق الهضم الرطب للتربة وفقًا لـ [27] وتم تقدير التركيز الكلي للمعادن الثقيلة في التربة، تم قياس تركيز كل عنصر باستخدام جهاز الامتصاص الذري على أطوال موجية محددة: الرصاص (217.0 نانوميتر) - الكادميوم (228.8 نانوميتر) .

التحليل الإحصائي

تم تحليل التجربة العامليه بتصميم CRD بثلاث عوامل للدراسة وذلك باستخدام برنامج(SAS) ، إصدار 2008. تم استخدام اختبارات المدى المتعدد من Duncans للمقارنة بين متوسطات المعاملات وفقًا لـ[28].

النتائج والمناقشة

الرصاص هو أحد أكثر العناصر سمية وله تأثير سلبي على نمو النباتات وتمثيلها الضوئي [29] . حيث أجريت العديد من الدراسات في مناطق مختلفة في العالم بخصوص استخدام أوراق أشجار*Ficus nitida* كمراكم حيوي للعناصر الثقيلة، حيث ذكر [30] أن نبات *Ficus retusa* يمتلك القدرة على امتصاص وتراكم المعادن الثقيلة في أنسجته، وبالتالي، يمكن استخدامه كمؤشر لتقييم مستوى التلوث المعدني في البيئة، حيث ذكرو ان واحدة من المعادن الثقيلة الشائعة التي يمكن امتصاصها بواسطة نبات الفيكس ريتوسا هي الرصاص، والذي يعتبر من المعادن الثقيلة الخطيرة التي يمكن أن تسبب تأثيرات سلبية على الصحة البشرية والبيئة، بالإضافة إلى الرصاص، يمكن لنبات الفيكس ريتوسا أن يمتص أيضًا عناصر معدنية أخرى مثل الكادميوم والنحاس والزنك. وتعتبر هذه المعادن الثقيلة أيضًا مؤشرات مهمة لتلوث الهواء المعدني.

نتائج مراكمة العناصر الثقيلة بين مناطق الدراسة ونوع الأشجار

يوضح الجدول (1) تراكم العناصر الثقيلة من (الرصاص- الكادميوم) في مناطق الدراسة (وسط المدينة، مصنع الإسمنت، المحطة البخارية) وفي محتوى الأوراق والتربة لأنواع الأشجار Ficus و Eucalyptusحيث تبين النتائج ان هناك فروق معنوية بين مناطق الدراسة الثلاثة في محتواها من الرصاص بينما لم تظهر أي فروق معنوية بين مناطق الدراسة في محتواها من الكادميوم .

فقد أظهرت النتائج ان هناك اختلافات عالية المعنوية عند مستوى 0.001 بين مناطق الدراسة، حيث سجلت منطقة مصنع الإسمنت أعلى محتوى من الرصاص بمعدل (1.36 مجم/ لتر) يليها منطقة وسط المدينة بمعدل (0.31 مجم/ لتر) ثم منطقة المحطة البخارية بمعدل (0.24 مجم/ لتر). وفي هذا السياق فقد ذكر الباحث [31] في دراسته لتراكم العناصر الثقيلة كالرصاص والكادميوم في أوراق الأشجار في الساحل السوري كانت مرتفعة في المناطق الصناعية كمحطات الطاقة ومصانع الإسمنت والمناطق المرورية. حيث تعتبر الجسيمات والغازات الناتجة أثناء معالجة وطحن وتعبئة الإسمنت من الملوثات الرئيسية في البيئة [32]، كما تحتوي الغازات العادمة الناتجة عن مصنع الإسمنت على المعادن الثقيلة مثل الكادميوم والرصاص [33] وتترسب هذه المعادن الثقيلة في التربة على مسافات مختلفة اعتمادًا على سرعة الرياح وحجم الجسيمات [34]. والمعادن الأخرى الناتجة من مصانع الإسمنت والتي لها تأثير سام على التربة بالإضافة للكادميوم والرصاص، الزئبق والنحاس والمنجنيز والنيكل والزنك[35] . كذلك ذكر [36] أن التربة السطحية القريبة من مصنع الإسمنت يرتفع محتواها من عناصر الرصاص والزنك والكروم والكادميوم والزئبق. في المقابل، لوحظ أن محتوى الرصاص في تربة الأحزمة الخضراء على جانب الطريق كان أعلى من محتوى الأحزمة الخضراء للمنطقة الصناعية، مما يشير إلى أن حركة المركبات هي مصدر رئيسي لتلوث التربة بالرصاص[37] . كذلك ذكر [39] [38]أن تركيز الرصاص مرتفع في التربة على جوانب الطرق بسبب استخدام الوقود المحتوي على الرصاص، وأن حوالي 40% من الرصاص يتم الاحتفاظ به في التربة [40]. والجدير بالذكر انه وبرغم عدم وجود اختلافات معنوية بين مناطق الدراسة في محتواها من عنصر الكادميوم إلا أن هناك زيادة طفيفة في منطقة وسط المدينة مقارنة بالمناطق الأخرى. وفي المعتاد فأن التركيزات القليلة لعنصر الكادميوم مصدرها نشاط البشر، لذلك، فإن حرق الوقود الأحفوري، والنفايات الصلبة البلدية، وإطارات المركبات، وحرق زيوت المركبات هي المصادر الرئيسية للكادميوم في تلوث الهواء [41]. وفي المقابل أستنتج الباحث [7]. أن تأثير الانبعاثات المرورية على تراكم المعادن الثقيلة في التربة على جانب الطريق في المناطق الحضرية كان طفيفا وأن خصائص التربة كانت من العوامل الحاسمة التي تؤثر على احتباس المعادن الثقيلة في التربة.

جدول1: تأثير مناطق الدراسة (وسط المدينة، مصنع الإسمنت، المحطة البخارية) ونوع الأشجار Ficus وEucalyptus ونوع العينة على محتوى الأوراق والتربة من (الرصاص- الكادميوم بالمجم /لتر)

المعاملات	الرصاصPb (مجم /لتر)	الكادميومCd (مجم /لتر)
A) المناطق		
وسط المدينة	0.31^{b}±0.006	0.016^{a}±0.003
مصنع الإسمنت	1.36^{a}±0.007	0.014^{a}±0.0004
المحطة البخارية	0.24^{c}±0.005	0.015^{a}±0.0004
Duncan's	0.01323	ns
المعنوية	0.001***	0.881
نوع الأشجارB)		
Ficus	0.65^{a}±0.071	0.015^{a}±0.0018
Eucalyptus	0.63^{b}±0.069	0.015^{a}±0.0004
المعنوية	0.001***	0.833 ns
نوع العينةC)		
الأوراق	0.64^{a}±0.072	0.016^{a}±0.0018
التربة	0.63^{a}±0.068	0.014^{a}±0.0003
المعنوية	0.056 ns	0.249 ns
(A×B)	0.156 ns	0.342 ns
(B×C)	0.021*	0.494 ns
(A×C)	0.001***	0.223 ns
(A×B×C)	0.001***	0.162 ns
± الخطأ المعياري Standard Error (SE)		

كما بين الجدول (1) فيما يتعلق بنوع الأشجار اختلافات معنوية (0.001) بين أشجار Ficus و Eucalyptus في محتواها من الرصاص. حيث أظهرت النتائج ان أشجار Ficus قد سجلت محتوى تراكمي من الرصاص أعلى بقليل، وبمعدل (0.65

مجم /لتر) مقارنة بأشجار Eucalyptus بمعدل (0.63 مجم/ لتر). حيث وجد الباحث [42] من خلال تقييم تلوث الهواء باستخدام أشجار *Eucalyptus globulus* و *Ficus nitida* في مصر، أن استجابة أشجار *Ficus nitida* لتراكم المعادن أعلى من استجابة أشجار *Eucalyptus globulus*. كذلك درس [43] التغيرات الفسيولوجية وإمكانية تحمل الكادميوم والرصاص والنحاس في نوعين من أشجار Eucalyptus واشجار *Ficus nitida* ، حيث وجد أن المعادن الثقيلة يمكن أن تمنع نموها. كما أظهر نبات Eucalyptus قدرة تحمل أفضل للكادميوم والرصاص والنحاس بالمقارنة مع Ficus. إن قدرة Eucalyptusعلى تراكم المعادن الثقيلة وتحملها تجعل هذا النوع مرشحًا جيدًا لمعالجة التلوث بالمعادن الثقيلة. في المقابل قام الباحث [44] بتقدير تركيز المعادن الثقيلة: الرصاص، الكادميوم، النحاس، النيكل والزنك في أوراق اشجار *Ficus nitida*، حيث وجد أنه يمكن اعتماد أشجار *Ficus nitida* كمراكم حيوي. على الرغم ان محتويات الرصاص والكادميوم في هذه الدراسة كانت أقل بكثير من تلك المذكورة في دراسة الباحثان [30]على أوراق أشجار Ficus المزروعة في مدينة القسطنطينية في الجزائر. ومن الممكن أن يخترق الرصاص المنبعث في الغلاف الجوي من عوادم السيارات الفراغات بين الخلايا للأوراق ويتراكم في النبات [40] [41]. وطبقاً لدراسة [13] ، يمكن أن يتراوح تركيز الرصاص الطبيعي في النباتات بين 5 - 10 مجم/ كجم وتركيزاته السامة من 30 - 300 مجم/ كجم.

ومن ناحية اخرى لم تظهر اي اختلافات معنوية بين أشجار Ficus وEucalyptus في محتواها من الكادميوم. وفيما يتعلق بالكادميوم (Cd) فهو عنصر ضئيل ويمكن امتصاصه بسهولة عن طريق جذور النباتات ونقله إلى للأوراق، كما ان التركيزات المعتادة من الكادميوم في النباتات أقل من 10 مجم/كجم [45]. وقد أوضح الباحث [46] أن اشجار Eucalyptus لها قدرة على امتصاص المعادن الثقيلة وخاصة الكادميوم من التربة الملوثة ولها إمكانات كبيرة للمعالجة النباتية.

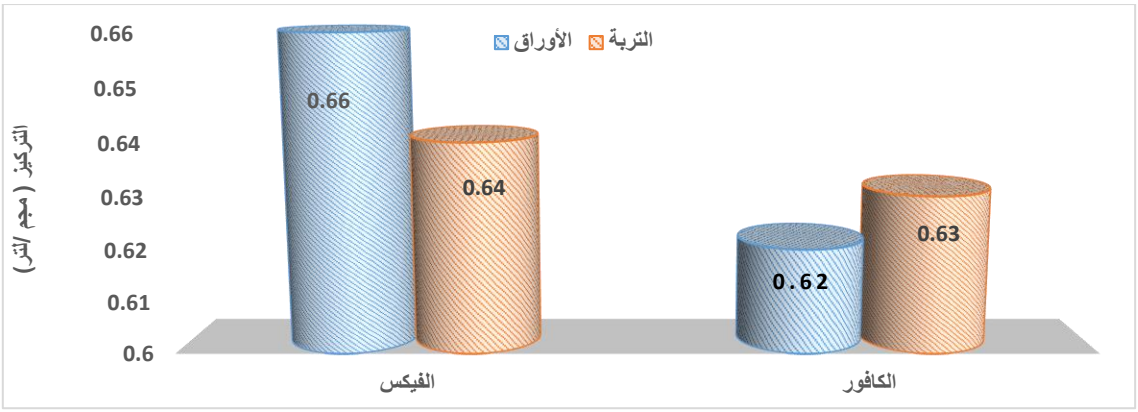
اما بخصوص نوع العينة، فقد أظهرت النتائج في الجدول (1) عدم وجود اختلافات معنوية بين الأوراق والتربة في محتواها من الرصاص والكادميوم. بينما أظهرت النتائج ان تأثير التداخل بين مناطق الدراسة ونوع الأشجار لم يكن معنويا على محتوى الرصاص والكادميوم. في حين تبين النتائج في الجدول (1) إن تأثير التداخل بين نوع الأشجار ونوع العينة لم يكن معنويا على محتوى عنصر الكادميوم بينما كان معنويا على محتوى عنصر الرصاص. كذلك أظهرت النتائج في الجدول (1) إن تأثير التداخل بين مناطق الدراسة ونوع العينة لم يكن معنويا على محتوى عنصر الكادميوم بينما كان تأثير التداخل عالي المعنوية على محتوى عناصر الرصاص. عموما نباتات التراكم المفرط قادرة على تجميع كمية كبيرة من المعادن الثقيلة في أجزائها الهوائية [47] والتي تتميز عن الأصناف غير المتراكمة بنتقل المعادن الثقيلة من منطقة الجذور إلى الأنسجة النباتية [48]. وقد ذكر الباحث [31] في دراسته لتراكم العناصر الثقيلة كالرصاص والكادميوم في أوراق الأشجار في الساحل السوري، ان نوع الأوراق لا يلعب دور ذا أهمية في انخفاض او ارتفاع تركيز هذه العناصر.

تأثير التداخل بين نوع الأشجار ونوع العينة عند تحليل عنصر الرصاص (Pb)

توضح النتائج في الجدول (2) والشكل (2) أنه لا توجد فروق معنوية بين أوراق وتربة شجرة Ficus في محتواها من عنصر الرصاص في حين توجد فروق معنوية بين أوراق وتربة شجرة Eucalyptus. حيث ذكر الباحث [49] ان تركيز الرصاص في الأوراق كان أقل من تلك الموجودة في التربة. كما وجد ان أوراق شجرة Ficus سجلت أعلى محتوي لعنصر الرصاص (0.66 مجم/ لتر)، بينما سجلت أوراق شجرة Eucalyptus اقل محتوي (0.62 مجم/ لتر). حيث ذكر الباحث [50] ان محتوى الرصاص في أوراق Eucalyptus، أقل من محتواها بالنسبة للنباتات الأخرى والتي قام بدراستها. وبشكل عام، يتم امتصاص المعادن الثقيلة وانتقالها للنباتات من خلال الجذور والأسطح المكشوفة كالأوراق [13] [51]. ويعتمد تركيز المعادن الثقيلة في أجزاء النبات المختلفة على كمية المعادن الثقيلة في الهواء والتربة، وهو يختلف داخل أنواع النباتات وفيما بينها [52]. كذلك يمكن أن تؤدي خشونة سطح الورقة إلى زيادة قدرتها على التقاط الملوثات المحمولة جواً [53]. حيث تحتوي أوراق الشجر والأغصان والفروع على مساحة سطح كبيرة فعالة، كما تختلف قدرة النباتات على امتصاص المعادن الثقيلة عبر الثغور، كما تعتمد على عدة عوامل مثل حجم الأوراق وطبيعتها وأشكالها، فالمعادن الثقيلة على أسطح الأوراق قد يتم الاحتفاظ بها بواسطة الشموع الجلدية، ولذلك يمكن أن تكون الأوراق مرشح مهم لإزالة الجسيمات المحمولة في الهواء وبالتالي تحسين جودة الهواء في المناطق الملوثة [54] [55] [56] [57].

جدول 2: التداخل بين نوع الأشجار ونوع العينة B*C عند تحليل عنصر الرصاص (Pb) (مجم /لتر)

نوع الأشجار / نوع العينة	Ficus	Eucalyptus
الأوراق	0.66^{a}	0.62^{b}
التربة	0.64^{a}	0.63^{a}
Duncan's	*0.0397	



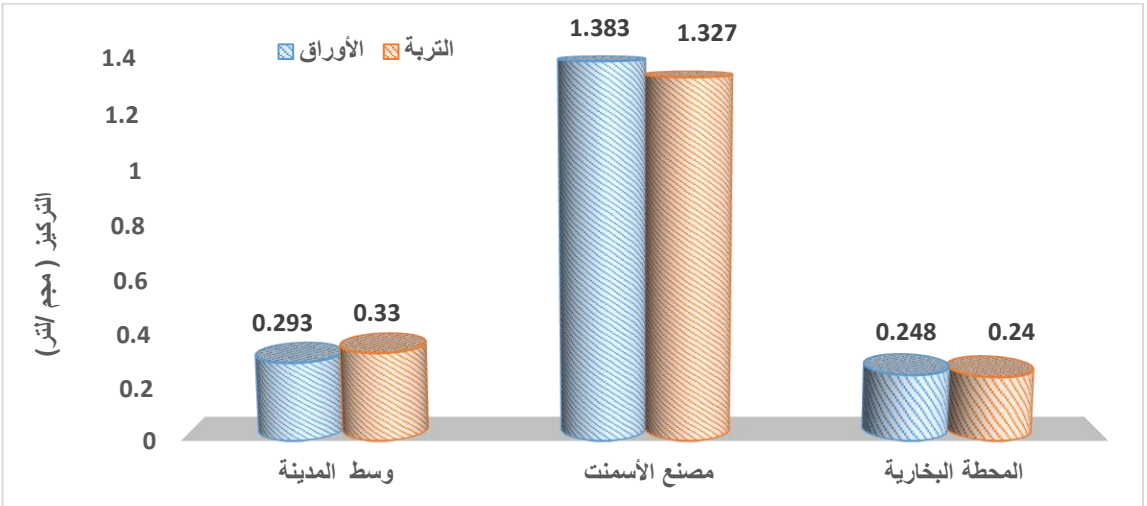
شكل 2: التداخل بين نوع الأشجار ونوع العينة B*C عند تحليل عنصر الرصاص (Pb).

التداخل بين مناطق الدراسة ونوع العينة A*C عند تحليل عنصر الرصاص (Pb)

توضح النتائج في الجدول (3) والشكل (3) ان أعلى محتوى لعنصر الرصاص قد تم تسجيله في أوراق وتربة الأشجار بمصنع الإسمنت بمعدل (1.383، 1.327 مجم/ لتر) على التوالي برغم انه لم يظهر اختلاف معنوي في محتوى الرصاص بين الأوراق والتربة بمصنع الإسمنت. وبينت النتائج وجود اختلافات معنوية طفيفة جدا في محتوى الرصاص بين أوراق وتربة منطقة وسط المدينة (0.293،0.330 مجم/ لتر) على التوالي. من ناحية اخرى، لم تظهر اختلافات معنوية في محتوى الرصاص في أوراق وتربة منطقة المحطة البخارية بمعدل (0.248، 0.240 مجم/ لتر)، على التوالي، والتي تعتبر اقل محتوى لعنصر الرصاص مقارنة بأوراق وترب المناطق الأخرى. وعلي الرغم من ان منطقة مصنع الإسمنت بعيدة عن الطريق الرئيسي نوعا ما، مقارنة بمنطقة وسط المدينة ومنطقة المحطة البخارية، نجد ان أعلى تركيز للرصاص تم تسجيله حول مصنع الإسمنت، ربما قد يكون بسبب وجود الرصاص أثناء عملية إنتاج الإسمنت، من خلال حرق الوقود [58]. وفي المقابل، معظم الدراسات أشارت الي انبعاثات حركة المرور باعتبارها العامل الأكثر أهمية الذي من شأنه أن يؤدي إلى كميات كبيرة من المعادن المترسبة في التربة على جوانب الطرق [59] [60]. لقد حققت دراسات أخرى في العلاقة بين المسافة من حركة المرور ومستويات تركيز المعدن الثقيل في التربة على جانب الطريق وأظهرت أن التركيز يتناقص مع زيادة المسافة من الطريق [61].

جدول 3: التداخل بين مناطق الدراسة ونوع العينة A*C عند تحليل عنصر الرصاص (Pb) (مجم /لتر).

المناطق / نوع العينة	وسط المدينة	مصنع الإسمنت	المحطة البخارية
الأوراق	0.293^{bc}	$^{a}1.383$	$^{c}0.248$
التربة	0.330^{b}	$^{a}1.327$	$^{c}0.240$
Duncan's	***0.05614		



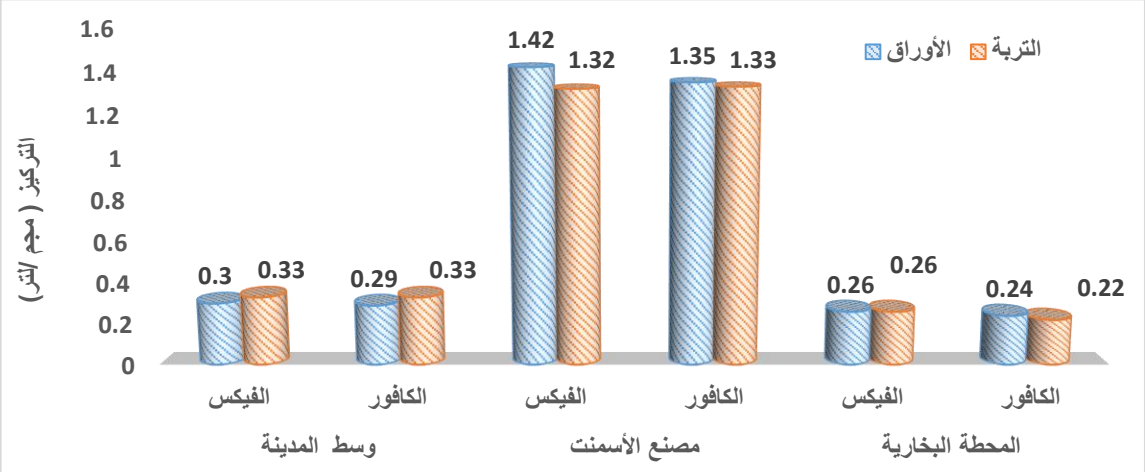
شكل 3: التداخل بين مناطق الدراسة ونوع العينة A*C عند تحليل عنصر الرصاص (Pb).

التداخل بين مناطق الدراسة ونوع الأشجار ونوع العينة A*B*C عند تحليل عنصر الرصاص (Pb)

توضح النتائج في الجدول (4) والشكل (10) أن أعلى محتوى لعنصر الرصاص قد تم تسجيله في أوراق شجرة Ficus بمنطقة مصنع الإسمنت بمعدل (1.42 مجم/ لتر) بينما اقل محتوى لعنصر الرصاص كان في تربة شجرة Eucalyptus بمنطقة المحطة البخارية بمعدل (0.22 مجم/ لتر).

جدول 4: التداخل بين مناطق الدراسة ونوع الأشجار ونوع العينة A*B*C لعنصر الرصاص (Pb) (مجم /لتر)

المناطق / نوع الاشجار / نوع العينة	وسط المدينة		مصنع الإسمنت		المحطة البخارية	
	Ficus	Eucalyptus	Ficus	Eucalyptus	Ficus	Eucalyptus
الأوراق	0.30^{c}	0.29^{c}	1.42^{a}	1.35^{b}	0.26^{d}	0.24^{e}
التربة	0.33^{c}	0.33^{c}	1.32^{b}	1.33^{b}	0.26^{d}	0.22^{e}
Duncan's	***0.04584					



شكل 4: التداخل بين مناطق الدراسة ونوع الاشجار ونوع العينة A*B*C عند تحليل عنصر الرصاص (Pb).

الخاتمة

أظهرت النتائج وجود اختلافات معنوية بين مناطق الدراسة في محتواها من عنصر الرصاص، بينما لا يوجد اختلاف معنوي في عنصر الكادميوم. حيث سجلت منطقة مصنع الإسمنت أعلي محتوي لعنصر الرصاص. فيما يتعلق بنوع الأشجار وجد اختلافات معنوية بين أشجار Ficus وEucalyptus في محتواها من الرصاص. من ناحية اخرى لم تظهر اي اختلافات معنوية بين أشجار Ficus وEucalyptus في محتواها من الكادميوم. اما بالنسبة لنوع العينة أظهرت النتائج عدم وجود اختلافات معنوية بين الأوراق والتربة في محتواها من الكادميوم والرصاص.

المراجع:

[1] Allajbeu, S., Qarri, F., Marku, E., Bekteshi, L., Ibro, V., Frontasyeva, M., Sta lov, T., Lazo, P., 2017. Contamination scale of atmospheric deposition for assessing air quality in Albania evaluated from most toxic heavy metal and moss biomonitoring. Air Qual Atmos Health. 10, 587-599.

[2] Sarwar, N., Imran, M., Shaheen, M.R., Ishaque, W., Kamran, M.A., Matloob, A., Rehim, A. & Hussain, S. (2017). Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals:Modifications and future perspectives. Chemosphere, 171: 710-721.

[3] Allahabadi, A., Ehrampoush, M.H., Miri, M., Ebrahimi, Aval, H., Yousefzadeh, S., Ghaffari, H.R., Ahmadi, E., Talebi, P., Abaszadeh Fathabadi, Z., Babai, F., Nikoonahad, A., Shara , K., Hosseini-Bandegharaei, A., 2017. A comparative study on capability of different tree species in accumulating heavy metals from soil and ambient air. Chemosphere. 172:459-467.

[4] Kabata, P. & Pendias, H. (1985). Trace Metals in Soils and Plants, 2nd Edition, CRC Press, Boca Raton.

[5] Ali, H., Khan, E. & Ilahi, I. (2019). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: environmental persistence, toxicity and bioaccumulation. J. Chem., 1-15.

[6] Abdu, N., Abdulkadir, A., Agbenin, J. O. & Buerkert, A. (2011). Vertical distribution of heavy metals in waste water irrigated vegetable garden soils of three West Afri. cities. Nutr. Cycl. Agroecosyst., 89: 387–397.

[7] Wang, M. & Zhang, H. (2018). Accumulation of Heavy Metals in Roadside Soil in Urban Area and the Related Impacting Factors Int. J. Environ. Res. Public Health, 15(1064): 1-11.

[8] Mmolawa, K. B., Likuku, A. S. & Gaboutloeloe, G. K. (2011). Assessment of heavy metal pollution in soils major roadside areas in Botswana. Afri. J. Environ. Sci. Tech., 5: 186-196.

[9] Mahurpawar, M. (2015). Effects of heavy metals on human health. Int. J. Res.- Granthaalayah, 1-7.

[10] Wuana, R. A. & Okieimen, F. E. (2011). Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. Article ID 402647, 20 pages.

[11] Huang, Q. & Shindo, H. (2000). Effects of copper on the activity and kinetics of free and immobilized acid phosphatase Soil Biol. Bioch., 32: 1885–1892.

[12] Baker, A. J. M. & Brooks, R. R. (1989). Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements: A review of their distribution, ecology and phytochemistry. Biorecovery, 1:81-126.

[13] Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (2001) Trace Elements in Soils and Plants. 3rd Edition, CRC Press, Boca Raton, 403 p.

[14] Jyothi, N. R. (2020). Heavy Metal Sources and Their Effects on Huma Health. Intech Open,UK.DOI: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90333.

[15] Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K. & Sutton, D. J. (2012). Heavy metals toxicity and the environment. Exs., 101: 133–164.

[16] Riyazuddin, R., Nisha, N., Ejaz, B., Khan, M.I.R., Kumar, M., Ramteke, P.W. & Gupta, R. A. (2022). Comprehensive review on the heavy metal toxicity and sequestration in plants. Biomolecules, 12: 43.

[17] Bhattacharyya P., Chakrabarti, K., Chakraborty, A., Tripathy, S. & Powell, M.A. (2008). Fractionation and bioavailability of Pb in municipal solid waste compost and Pb uptake by rice straw and grain under submerged condition in amended soil. Geosciences J., 12 (1): 41 –45.

[18] Nas, F. S. & Ali, M. (2018). The effect of lead on plants in terms of growing and biochemical parameters: a review. MOJ. Eco Environ. Sci., 3(4): 265–268.

[19] Debnath, B., Singh, W. S. & Manna, K. (2023). Sources and toxicological effects of lead on human health., IP: 10.232.74.27.

[20] Mohanpuria, P., Rana, N.K. & Yadav, S.K. (2007). Cadmium induced oxidative stress influence on glutathione metabolic genes of Camellia sinensis (L.) O. Kuntze. Environ Toxicol., 22: 368–374.

[21] Shaaria, N. E. M., Tajudina, M. T. F., Khandakera, M. M. M., Majrashib, A., Alenazic, M. M., Abdullahia, U. A. & Mohda, K. S. (2021). Cadmium toxicity symptoms and uptake mechanism in plants: a review. Brazilian J. Biol., 2024(84): 1-17.

[22] Zunni, S.A. & Bayoumi, A.M. (2006). Important local and exotic trees and shrubs in Jabal el-Akhdar, Libya (In Arabic). Aldar Academy for printing, authoring, translation and publishing. Tripoli, Libya.

[23] El-Etre, A. & El-Tantawy, Z. (2006). Inhibition of metallic corrosion using Ficus extract. Portugaliae Electrochimica Acta 24(3):347–356.

[24] Lin, Q., Chen, Y.X., Chen, H.M., Yu, Y.L., Luo, Y.M. & Wong, M.H. (2003). Chemical behavior of Cd in rice rhizosphere. Chemosphere, 50: 755–761.

[25] Liu, X., Gao, Y., Khan, S., Duan, G., Chen, A., Ling, L., Zhao, L., Liu, Z. & Wu, X. (2008). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on contaminated sites and their potential accumulation capacity in Heqing, Yunnan. J. Environ. Sci.,20 (12): 1469–1474.

[26] Rowell, D.L. (1997). Bodenkunde Untersuchungsmethoden und ihre Anwendungen. Springer-Verlag. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. Germany, 607.

[27] Page, A. L., Miller, R. H. & Keeny, D. R. (1982). Methods of soil analysis part 2 Amer. Soc. Agric. Inc. Madison, W19:595.

[28] Gomez, K.A. and A.A. Gomez, (1984). Statistical procedures for agricultural research (2 ed.). John wiley and sons, NewYork, 680p.

[29] Nagajyoti, P.C., Lee, K.D. & Sreekanth, T.V.M. (2010). Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: A review. Environ. Chem. Lett., 8: 199-216.

[30] Sahli, L. and Belhiouani, H. Ficus retusa L. as possible indicator of air metallic Pollution in urban environment. Int. J. Phytoremediation. Nov 10, 2021, 1-10.

[31] Asaad Muhammad, Ghayath Abbas, Ibrahim Nisafi and Osama Radwan. (2014). Determining the trace of some mineral elements in the dusty swimming pool on the leaves of some trees on the Syrian coast. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (36) No. (5).

[32] Zari, M. P. (2014). The importance of urban biodiversity – an ecosystem services approach Int. J. Sustain. Built Environ., 4: 1248.

[33] Marlowe, I. & David, M. (2002). Toward a Sustainable Cement Industry Substudy 10: Environment, Health & Safety Performance Improvement, December, an Independent Study Commissioned by WBCSD

[34] Schuhmacher, M., Nadal, M. & Domingo, J.L. (2009). Environmental monitoring of PCDD/F and metals in the vicinity of a cement plant after using sewage sludge as a secondary fuel. Chemosphere, 74: 1502-5108.

[35] Addo, M.A & Darko, E.O. (2012). Evaluation of heavy metals contamination of soil and vegetation in the vicinity of a cement factory in the Volta region, Ghana. Int. J. Sci. Tech., 2: 1.

[36] Arpita, M. & Mitko, V. (2011). Heavy metals in soils around the cement factory in Rockfort, Kingston, Jamaica. Int. J. Geosciences, 2: 48-54.

[37] Zheng, J., Wei, X., Liu, Y., Liu, G., Wang, W. & Liu, W. (2016). Review of regional carbon counting methods for the Chinese major ecological engineering programs. J. Fore. Res., 27: 727–738.

[38] Ayrault, S., Roy-Barman, M., Le Cloarec, M.F., Priadi, C.R., Bonté, P. & Göpel, C. (2012). Lead contamination of the Seine River, France: geochemical implications of a historical perspective. Chemosphere, 87:902–910

[39] Bakirdere, S. & Yaman, M. (2008). Determination of lead, cadmium and copper in roadside soil and plants in Elazig, Turkey. Environ. Monit. Assess., 136: 401- 410.

[40] Turer, D., Maynard, J.B. & Sansalone, J.J. (2001). Heavy metal contamination in soils of urban highways comparison between runoff and soil concentrations at Cincinnati, Ohio. Water, Air Soil Pollution, 132: 293-314.

[41] Hu, Y., Wang, D. Wei, L., Zhang, X. & Song, B. (2014). Bioaccumulation of heavy metals in plant leaves from Yan × an city of the Loess Plateau, China. Ecotoxicology and Environmental Safety, 110: 82-88.

[42] Sarhan, Y., Badawy, W., Frontasyeva, M., Arafa, W., Hussein, A. & El-Samman, H. (2019). Neutron activation analysis to probe the air pollution using plant biomonitoring in Egypt RAP. Conf. Proceed., 4: 125–130.

[43] El-Khatib, A. A., Youssef, N. A., Barakat, N. A. & Samir, N. A. (2020). Responses of Eucalyptus globulus and Ficus nitida to different potential of heavy metal air pollution. Int. J. Phytoremed., 22(10): 986-999.

[44] Nasser, H., Khalil, K. & Mahmoud, S. (2022). Study of the cumulative ability of Ficus nitida trees for some heavy metal elements in the city of Jableh (Syria) Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies – Biol. Sci., (44): 2.

[45] Tomasevic, M., Rajsic, S., Dordevic, D., Tasic, M., Krstic, J. & Novakovic, V. (2004). Heavy metals accumulation in tree leaves from urban areas. Environ. Chem. Lett., 2: 151-154.

[46] Luo, J., Qi, S., Peng, L. & Wang, J. (2016). Phytoremediation efficiency OF CD by Eucalyptus globulus transplanted from polluted and unpolluted sites. Int. J. Phytoremediation, 18(4): 308-14.

[47] Pasricha, S., Mathur, V., Garg, A., Lenka, S., Verma, K. & Agarwal, S. (2021). Molecular mechanisms underlying heavy metal uptake, translocation and tolerance in hyperaccumulators-an analysis: heavy metal tolerance in hyperaccumulators. Environmental Challenges, 4:100-197.

[48] DalCorso, G., Fasani, E., Manara, A., Visioli, G. & Furini, A. (2019). Heavy metal pollutions: state of the art and innovation in phytoremediation. Int. J. Mol. Sci., 20(3412): 1-17.

[49] Subramanian, R., Gayathr, S., Rathnavel, C. & Raj, V. (2012). Analysis of mineral and heavy metals in some medicinal plants collected from local market. Asian Pacific J. Trop. Biomed., S74-S78

[50] Taghred, A., Hashim, H. H., Abbas, I. M., Farid, O. H., El-Husseiny, M. & Abbas, M. H. H. (2017). Accumulation of some heavy metals in plants and soils adjacent to Cairo-Alexandria Agricultural Highway. Egyptian J. Soil Sci., 2: 215-232.

[51] Youning, H., Dexiang, W., Lijing, W., Xinping, Z. & Bin, S. (2014). Bioaccumulation of heavy metals in plant leaves from Yan'an city of the loess plateau, China. Ecotoxicology and Environ. Safety, 110: 82–88.

[52] Ipeaiyeda, A.R. & Dawodu, M. (2014). Assessment of toxic metal pollution in soil, leaves and tree barks: bio-indicators of atmospheric particulate deposition within a University community in Nigeria. Adv. Environ. Sci. Bioflux, 6(2): 101- 106.

[53] Sawidis, T., Breuste, J., Mitrovic, M., Pavlovic, P. & Tsigaridas, K. (2011). Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities. Environ. Poll., 159: 3560-3570.

[54] Tomašević, M., Vukmirović, Z., Rajšić, S., Tasić, M. & Stevanović, B. (2005). Characterization of trace metal particles deposited on some deciduous tree leaves in an urban area. Chemosphere, 61: 753.

[55] Uzu, G., Sobanska, S., Sarret, G., Munoz, M. & Dumat, C. (2010). Foliar lead uptake by lettuce exposed to atmospheric fallouts. Environ. Sci. Tech., 44: 1036.

[56] Fourati, R., Scopa, A., Ben Ahmed, C., Ben Abdallah, F., Terzano, R., Gattullo, C.E., Allegretta, I., Galgano, F., Caruso, M.C. & Sofo, A. (2017). Leaf biochemical responses and fruit oil quality parameters in olive plants subjected to airborne metal pollution. Chemosphere, 168: 514-522.

[57] Divan, A.M., Oliveira, P.L.D., Perry, C.T., Atz, V.L., Azzarini-Rostirola, L.N. & Raya-Rodriguez, M.T. (2009). Using wild plant species as indicators for the accumulation of emissions from a thermal power plant, Candiota, South Brazil. Ecol. Indicator, 9: 1156-1162.

[58] Al-Khashman, O.A. & Shawabkeh R.A. (2006). Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan. Environ. Pollut., 140: 387.

[59] Guney, M., Onay, T.T. & Copty, N.K. (2010). Impact of overland traffic on heavy metal levels in highway dust and soils of Istanbul, Turkey. Environ Monit Assess, 164:101–1107.

[60] Kadıoğlu, Y.K., Üstündağ, Z., Solak, A.O. & Karabıyıkoğlu, G. (2010). Sources of environmental pollution in Ankara (Turkey): geochemistry and Karachi, Pakistan. Ecol. Ind., 48: 358–364.

[61] Chen, X., Xia, X., Zhao, Y. & Zhang, P. (2010). Heavy metal concentrations in roadside soils and correlation with urban traffic in Beijing, China. J. Hazard Mater, 181: 640–646.