

تحديد تركيز العناصر المعدنية الثقيلة (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) في أوراق شجيرات الليغستروم *Ligustrum ovalifolium* Hassk. المزروعة في مدينة جبلة (سورية)

الدكتورة هاجر ناصر

الدكتور كامل خليل

سليم محمود

(تاريخ الإيداع 2021 /12/30 - تاريخ النشر 2022 /2 /20)

□ ملخص □

هدفت هذه الدراسة إلى تحديد تركيز بعض العناصر المعدنية الثقيلة: الرصاص (Pb) والكاديوم (Cd) والنحاس (Cu) والنيكل (Ni) والزنك (Zn) في أوراق شجيرات الليغستروم *Ligustrum ovalifolium* المزروعة في مدينة جبلة خلال فصلي الربيع والخريف لعام 2020. جمعت عينات الأوراق من خمسة مواقع متباينة (S1, S2, S3, S4, S5) حسب الكثافة المرورية. حدد تركيز هذه العناصر بواسطة جهاز الامتصاص الذري في المعهد العالي لبحوث البيئة. أظهرت النتائج أن ترتيب تراكيز العناصر (متوسط عام) مقدرة بـ ppm في أوراق شجيرات الليغستروم كانت على النحو الآتي: في فصل الربيع: [Cd (0.8) > Pb (8.43) > Cu (9.93) > Ni (37.45) > Zn (0.08)] وفي فصل الخريف [Cd (0.12) > Pb (1.36) > Ni (12.09) > Cu (19.39) > Zn (29.26)] وكان تركيز العناصر أعلى في فصل الخريف مقارنة بفصل الربيع ما عدا الزنك. كما أظهرت النتائج أن قيم العناصر كانت ضمن الحدود الطبيعية ما عدا عنصر النيكل والنحاس وقد تميز الموقع S3 (كراجات) بقيم عالية لكل العناصر بشكل عام وخاصة في فصل الخريف. كما سجلت علاقة ارتباط معنوية موجبة بين عنصري الرصاص والكاديوم في فصل الربيع وبين الرصاص والنحاس وبين الزنك والنيكل في فصل الخريف. وسجل معامل تراكم المعادن Mineral Accumulation Index (MAI) في فصل الخريف قيمة (6.46) وهذا يدعم اقتراح اعتماد شجيرة الليغستروم كمراكم حيوي لتقدير التلوث الناتج عن العناصر المعدنية الثقيلة في مدينة جبلة.

الكلمات المفتاحية: الليغستروم *Ligustrum ovalifolium* - المراكم الحيوي - المعادن الثقيلة - معامل تراكم المعادن (MAI) - جبلة (سورية).

* أستاذ - قسم الكيمياء - كلية العلوم جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. hajar.n.nasser@gmail.com

** أستاذ - قسم الوقاية البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. kamel.khalil@hotmail.com

*** طالب دراسات عليا (ماجستير) قسم الكيمياء البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

slyml7084@gmail.com

Determination the concentration of heavy metal elements (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) in the leaves of *Ligustrum ovalifolium* Hassk. Shrubs Planted in the city of Jableh (Syria)

Dr. Hajar Nasser *
Dr. Kamel khalil **
Salim Mahmoud ***

(Received 30/12/2021. Accepted 20/2/2022)

□ ABSTRACT □

This study aimed to determinate the concentration of some heavy metal elements: lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), nickel (Ni) and zinc (Zn) in the leaves of *Ligustrum ovalifolium* shrubs planted in Jableh during the spring and autumn seasons of 2020. Leaves samples were collected from five varying locations (S1, S2, S3, S4, S5), according to the traffic density. The concentration of the elements was determinated by an atomic absorption spectrophotometer at the Higher Institute for Environmental Research. The results showed that the order of the concentrations of elements (general average) determinated in ppm in the leaves of *Ligustrum ovalifolium* shrubs was as follows: In the spring: Zn (37.45) > Ni (9.93) > Cu (8.43) > Pb (0.8) > Cd (0.08) and in the autumn: Zn (29.26) > Cu (19.39) > Ni (12.09) > Pb (1.36) > Cd (0.12) and the concentration of elements was higher in autumn compared to spring except for Zn.

The results also showed that the values of the elements were within the normal limits, except for the element Ni and Cu. The site S3 (parking) was distinguished by high values for all elements in general, especially in the autumn season. A significant positive correlation was also recorded between Pb and Cd in the spring, between Pb and Cu, and between Zn and Ni in the autumn season. The Mineral Accumulation Index (MAI) in the autumn season recorded a value of (6.46), and this supports the proposal to adopt the *Ligustrum ovalifolium* shrub as a bioaccumulator to estimate the pollution resulting from heavy metal elements in the city of Jableh.

Key words: *Ligustrum ovalifolium*. - Bioaccumulator - Heavy metals - Metal accumulation Index (MAI)- Jableh (Syria)

* Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

hajar.n.nasser@gmail.com

** Professor, Department of Environmental Prevention, Higher Institute for Environmental Research, Tishreen University, Lattakia, Syria. kamel.khalil@hotmail.com

*** Postgraduate Student, Department of Environmental Chemistry, Higher Institute for Environmental Research, Tishreen, University, Lattakia, Syria. slyml7084@gmail.com

مقدمة:

ينتج التلوث في الغلاف الجوي Atmospheric pollution من عدة مصادر ناتجة عن النشاط البشري مثل الصناعة، حرق الوقود الأحفوري في وسائل المواصلات ومحطات الطاقة وتعد وسائل النقل Transportation المصدر الأهم لملوثات الهواء في مناطق المدن وبشكل خاص العناصر المعدنية الثقيلة Heavy metals حيث ينطلق كل من الرصاص والكاديوم والزنك من غازات العادم (مواد مضافة للوقود)، الكاديوم والنيكل والزنك (تآكل الإطارات)، النحاس والنيكل (بطانة الفرامل وسبائك المحرك) (Ayan et al. 2021). يكتسب التلوث بالعناصر المعدنية الثقيلة أهمية خاصة نظراً لخطورتها على الصحة العامة وكذلك كونها تبقى في الوسط المحيط لفترة طويلة نتيجة عدم تحللها بسهولة (Agrahaari et al. 2018) يجب الإشارة إلى أن بعض المعادن الثقيلة مفيدة للنباتات، فالحديد والنحاس والزنك والمنغنيز والموليبيدوم والكوبالت والنيكل ضروري لنمو النبات، غير أن التراكيز العالية من المعادن الثقيلة لها تأثير سام على كل من النباتات والكائنات الحية الأخرى (Daghan et al. 2013). تتعرض الأشجار باستمرار لتلوث الهواء ويمكن أن تراكم الأشجار الملوثات عبر الترسيب بشكل مباشر من الغلاف الجوي على الأوراق والقف وبشكل غير مباشر عبر الترسيب في التربة وبالتالي تؤخذ الملوثات عبر الجذور وتنقل إلى الأوراق عبر خشب الساق xylem (Onder and Dursun, 2006; Verbruggen et al., 2009). إذ يُمتص كل من الرصاص والكروم مباشرة عبر الأوراق وليس عن طريق الجذور، بينما الكاديوم يؤخذ عن طريق الجذور. حيث تساهم الأشجار في تخفيض نسبة التلوث بطريقتين: إزالة الملوثات بشكل مباشر من الهواء وبشكل غير مباشر من خلال خلق ملوثات ثانوية وبذلك تساهم في إزالة كميات كبيرة من الجزيئات الملوثة الموجودة في الجو مما يساعد على تحسين نوعية الهواء الذي يعكس إيجاباً على الصحة العامة (Samara et al. 2020). وتعد الأشجار وخاصة في مناطق المدن من أكثر النباتات التي تستخدم كدليل حيوي Bioindicator لرصد وتقييم نوعية الهواء وبشكل خاص لتقدير العناصر المعدنية الثقيلة باعتبارها مراكم حيوي Bioaccumulator واكتسبت أهميتها من خلال سهولة تصنيفها، حياتها الطويلة وانتشارها الواسع ورخص تكاليف أخذ العينات (أوراق، قلف)، حيث يمكن تكرار الدراسة بعد بضعة سنوات وبالتالي قدرتها على توفير بيانات دقيقة عن التغيرات في تراكيز هذه العناصر مع الزمن (Miri et al. 2017). تكمن أهمية استخدام استراتيجية الرصد الحيوي Biomonitoring كونها طريقة سهلة، وغير مكلفة ويمكن من خلالها الحصول على معلومات مرتبطة بتعرض السكان لملوثات الهواء كما تسمح في نفس الوقت بتقييم التلوث في عدة مناطق تفتر تماماً لشبكة كشف الملوثات فيها (Mahfoud et al. 2018).

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية هذا البحث من خلال أهمية الرصد الحيوي عبر استخدام أوراق شجيرات الليغستروم *Ligustrum ovalifolium* Hassk. كمراكم حيوي لتحديد تراكيز بعض المعادن الثقيلة في مدينة جبلة نظراً لغياب شبكة رصد الملوثات فيها ولما يقدمه من أهمية في تقييم تلوث الهواء بالمعادن الثقيلة وأثرها على الصحة العامة وتتجلى أهداف هذا البحث في:- تحديد تراكيز العناصر الكيميائية الآتية: الرصاص (Pb)، الكاديوم (Cd)، الزنك (Zn)، النيكل (Ni)، النحاس (Cu) في عدة مواقع من مدينة جبلة خلال فصلي (الربيع والخريف).

- تبيان علاقات الارتباط بين العناصر المعدنية المدروسة.

- حساب معامل تراكم المعادن (MAI) Mineral Accumulation Index.

مواد البحث وطرائقه:

المنطقة المدروسة (مدينة جبلة):

تعد مدينة جبلة مدينة ومركز منطقة في محافظة اللاذقية وتقع في شمال غرب سورية، تطل المدينة على البحر المتوسط، وتبعد مسافة ٢٥ كم جنوب اللاذقية. تتمتع بمناخ متوسطي ماطر شتاءً وجاف صيفاً تسود فيها الرياح الغربية والجنوبية الغربية، يظهر الشكل (١) صورة فضائية لمدينة جبلة.



الشكل (١) صورة فضائية لمدينة جبلة موضحاً عليها المواقع المختارة لجمع أوراق اللبغستروم

نوع الأشجار المدروسة:

تعد اللبغستروم *Ligustrum ovalifolium* Hassk. شجيرة تزيينه دائمة الخضرة من عائلة Oleaceae من أصل شرق آسيا، تكون غالباً مزروعة في المتنزهات والحدائق العامة وعلى طول الشوارع في المدن يمكن أن يصل ارتفاعها إلى ٥ أمتار، قطر الساق يتراوح بين ٢.٥-٢.٥ سم، اللحاء أبيض مائل إلى البني وناعم الملمس، الأوراق بيضاوية الشكل إلى مستطيلة الشكل بطول ٣-٦ سم، حادة عريضة، لونها أخضر داكن لامع من الأعلى، أخضر مصفر من الأسفل (Vermeulen, 1997).

مواقع جمع عينات أوراق شجيرات اللبغستروم:

جمعت أوراق اللبغستروم ووضعت في أكياس بلاستيكية محكمة الإغلاق من عدة مواقع (جدول ١) في مدينة جبلة متباينة في شدة حركة المواصلات كما هو موضح في الخريطة (شكل ١)، خلال فصلين مختلفين وتوافقت عملية الجمع في الفترة الأولى (النصف الثاني من شهر أيار ٢٠٢٠) مع فترة الحظر التي فرضتها الحكومة في سورية على الحركة نتيجة جائحة كورونا لعام ٢٠٢٠ ممثلاً لفصل الربيع والفترة الثانية في شهر تشرين أول لعام ٢٠٢٠ ممثلاً لفصل الخريف.

جدول (١) مواقع أخذ العينات (الرمز، الاحداثيات)

اسم الموقع	الرمز	الاحداثيات
دوار الفيض	S1	35° 55' 29" E 35° 21' 21" N
حديقة القلعة	S2	35° 55' 29" E 35° 21' 48" N
الكرجات	S3	35° 56' 29" E 35° 27' 50" N
حديقة الطلائع	S4	35° 55' 21" E 35° 28' 8" N
مدخل جبلة الشمالي	S5	35° 55' 35" E 35° 22' 26" N

تحضير العينات وقياس العناصر المعدنية الثقيلة:

جففت عينات الأوراق المجموعة من المواقع المختلفة حوالي 12 ساعة في المجففة على درجة حرارة 70 C° حتى ثبات الوزن طحنت ثم غربلت في منخل ٢ ملم ومن ثم تم وزن ١ غ من كل عينة (بثلاث مكررات) (Estefan et al., 2013). هضمت العينات بإضافة (8 ml HNO₃ + 2 ml HCl) بواسطة جهاز ميكروويف 3000 نو قرص دوار يحوي ١٦ أنبوب MF سعة ١٠٠ مل تحت ضغط ٢٠ بار من صنع شركة Anton Paar النمساوية ثم أضيف ٣ مل ماء أوكسجيني (H₂O₂) ٣٠% وذلك لتحطيم المادة العضوية الموجودة حتى تصبح العينة شفافة بدون شوائب أو رواسب ثم أكمل الحجم بواسطة ماء ثنائي التقطير ليصبح الحجم النهائي ٢٥ مل (Lamble and hill, 1998). تم قياس تراكيز العناصر الثقيلة باستخدام جهاز الامتصاص الذري Atomic absorption spectrometer ماركة Shimadzu (٦٨٠٠) وذلك بمخابر المعهد العالي لبحوث البيئة في جامعة تشرين مع الأخذ بعين الاعتبار تحضير عينات الشاهد (Blank) الخاصة بالجهاز.

معامل تراكم المعادن:

تمتاز الأشجار المختلفة بقدرة متفاوتة على تجميع ومراكمة العناصر المعدنية الثقيلة من الغلاف الجوي، لذلك تم استخدام معامل تراكم المعدن (MAI) بهدف تقييم الأداء العام وقدرة شجيرة الليغستروم على مراكمة العناصر المعدنية وحسب المعامل MAI وفقاً للمعادلة التالية:

$$MAI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n IJ \quad (1)$$

حيث: n: عدد العناصر المعدنية المدروسة و J_a هو المؤشر الفرعي للمتغير، الذي تم الحصول عليه بقسمة متوسط تركيز (x) لكل معدن على انحرافه المعياري (sd) (Liu et al. 2007).

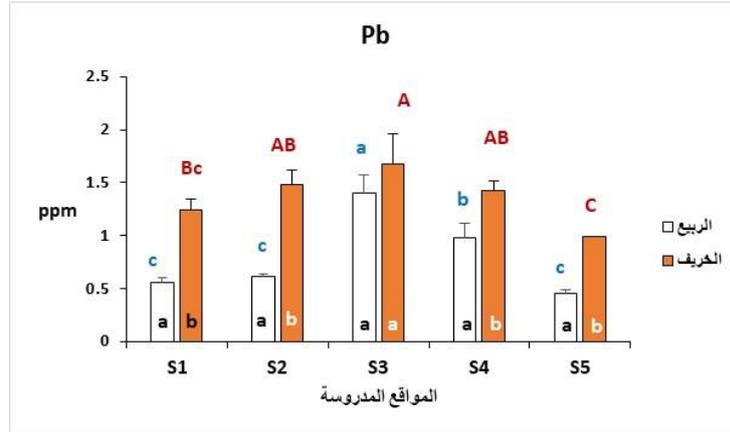
التحليل الإحصائي:

حسب المتوسط الحسابي Mean / ٣ مكررات/ والانحراف المعياري Standard deviation للعناصر المعدنية الثقيلة المدروسة. وتم إجراء اختبار فرق التباين (Anova- one-way analysis of variance) حسب طريقة Fisher لمعرفة الفروقات المعنوية بين المواقع حسب تراكيز العناصر (النتائج عرضت على شكل أحرف مختلفة في أعلى الأشكال البيانية) وإجري اختبار t (t-test) لتحديد معنوية فروقات الموقع الواحد بين فصلي الربيع والخريف (النتائج عرضت على شكل أحرف مختلفة في أسفل الأشكال البيانية) وحسبت أيضاً علاقات الارتباط ونكرت قيم معامل الارتباط (Pearson's simple correlation coefficients "r") بين العناصر المدروسة، تمت كل التحاليل الإحصائية عند مستوى معنوية p<0.05 بالاستعانة بالبرنامج الإحصائي Minitab 16 ورسمت الأشكال البيانية باستخدام Excel.

النتائج والمناقشة:

الرصاص Pb:

تتنوع المصادر البشرية المسببة لزيادة تركيز الرصاص في البيئة منها: وسائل المواصلات، الأنشطة الصناعية التي تنتج 95% من التلوث الجوي بالرصاص (Ristic et al. 2013). إن المدى الطبيعي لتركيز الرصاص في النباتات (1-13 ppm) (Nagajyoti et al. 2010). بين الشكل (٢) القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري للرصاص في أوراق شجيرة الليغستروم حسب المواقع المدروسة وحسب الفصل.

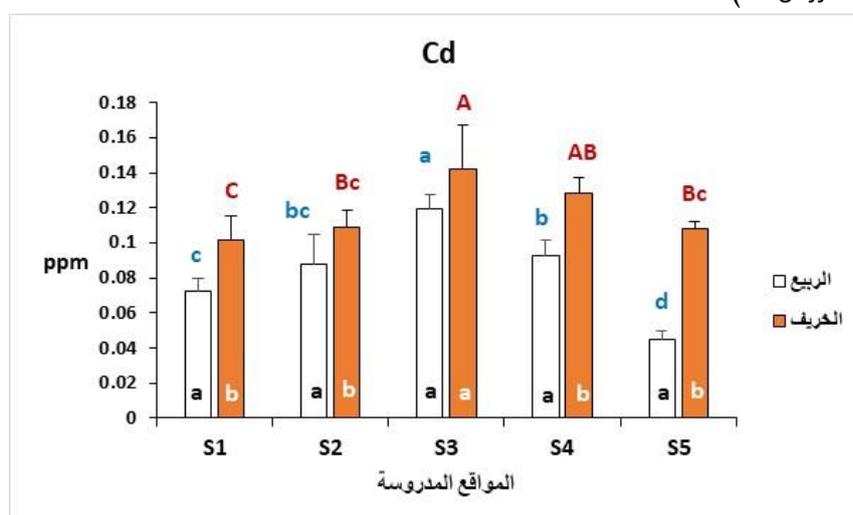


الشكل (٢) القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري لتراكيز الرصاص مقدرة بـ ppm في أوراق الليغستروم المجمع من عدة مواقع في مدينة جبلة خلال فصلي (الربيع والخريف). الأحرف المختلفة تدل على فرق معنوي حسب اختبار فرق التباين (Anova) و (t-test) عند مستوى المعنوية ($p < 0.05$)

تراوح مجال قيم الرصاص المتوسطة بين (0.45–1.4 ppm) في فصل الربيع بمتوسط عام (0.8 ppm) لجميع المواقع مع انحراف معياري (0.39) وكان مجال القيم المتوسطة الممتدة لفصل الخريف (0.99–1.68 ppm) بمتوسط عام للمواقع المختلفة (1.36 ppm) مع انحراف معياري (0.26). يلاحظ من الشكل (٢) أن قيم الرصاص كانت مختلفة في أوراق الليغستروم حسب الموقع وحسب الفصل والأحرف المختلفة (من الأعلى) تدل على وجود فرق معنوي حسب اختبار تحليل التباين Anova باتجاه واحد حيث نلاحظ تفوق الموقع S3 على بقية المواقع في فصل الربيع وفي فصل الخريف حيث سجل أعلى قيمة لتركيز الرصاص ولكن بدون فرق معنوي مع الموقعين (S2, S4) وهذا يعود لكثافة حركة المواصلات (كرجات)، كما نلاحظ عدم وجود فروق معنوية بين المواقع (S1, S2, S5) في فصل الربيع. أيضا الأحرف المختلفة (من الأسفل) تدل على فرق معنوي حسب الفصل لكل موقع على حدة حسب اختبار (t-test) عند مستوى المعنوية ($p < 0.05$) حيث نلاحظ وجود فروق معنوية بين المواقع حسب الفصل ما عدا الموقع (S3) وبشكل عام نلاحظ أن قيم الرصاص في أوراق الليغستروم لفصل الخريف كانت أعلى منها في فصل الربيع وهذا يتوافق مع نتائج (Baycu et al. 2006، الصفواي وآخرون، ٢٠١٤) ولكنها ضمن الحدود الطبيعية لوجود الرصاص في النبات (1–13 ppm) (Nagajyoti et al. 2010). أظهرت نتائج هذه الدراسة بأن قيم الرصاص كانت أقل من القيم المسجلة في مدينة بلغراد – صربيا (3.5–4.2 ppm) (Gajic et al. 2009). ومن القيم المسجلة في مدينة دمشق (5.34–7.12 ppm) في فصل الشتاء و(5.77–7.67 ppm) في فصل الصيف (Mansour, 2014)، وأقل من القيم المسجلة في مدينة شاهركورد (إيران) حيث كانت القيم في أواخر فصل الربيع (4.65 ppm) وفي أواخر فصل الصيف (4.47 ppm) (Mostafavi et al. 2020). بالطبع قد يعود ذلك إلى مرحلة الحظر التي فرضت على المدينة كما يعود أيضاً إلى اختلاف شدة المواصلات والأنشطة الصناعية والظروف المناخية لكل مدينة.

الكاديوم Cd:

تعد الأنشطة البركانية وحرائق الغابات من المصادر الطبيعية للكاديوم أما المصادر الناتجة عن نشاط الإنسان تتمثل في قطاع الطاقة، الصناعات المعدنية، الصناعات الكيماوية، معالجة النفايات ومياه الصرف، البطاريات كما تعد الانبعاثات الناتجة عن وسائل المواصلات من أهم المصادر لتلوث ترب جوانب الطرقات (Dinis and Fiuza, 2011). إن المدى الطبيعي لتركيز الكاديوم في النباتات (0.1–2.4 ppm) (Nagajyoti et al. 2010) وبين الشكل (٣) القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري للكاديوم في أوراق اللبغستروم حسب المواقع المدروسة وحسب الفصل. حيث تراوحت قيم الكاديوم المتوسطة بين (0.045–0.12 ppm) في فصل الربيع بمتوسط عام (0.08 ppm) لجميع المواقع مع انحراف معياري (0.03) وكانت القيم المتوسطة الممتلئة لفصل الخريف تتراوح بين (0.1–0.14 ppm) بمتوسط عام (0.12 ppm) للمواقع المختلفة مع انحراف معياري (0.02). يلاحظ من الشكل (٣) وجود فروق معنوية بين المواقع (حسب اختبار Anova) مع تفوق الموقع S3 على بقية المواقع ولكن بدون فرق معنوي مع الموقع S4 وهذا يفسر بكثافة المواصلات (كراجات) ونلاحظ أيضاً زيادة التركيز في فصل الخريف بشكل عام مقارنة بفصل الربيع ولكن بقيت التراكيز ضمن الحدود الطبيعية لوجود الكاديوم في النبات (0.1–2.4 ppm) (Nagajyoti et al. 2010).

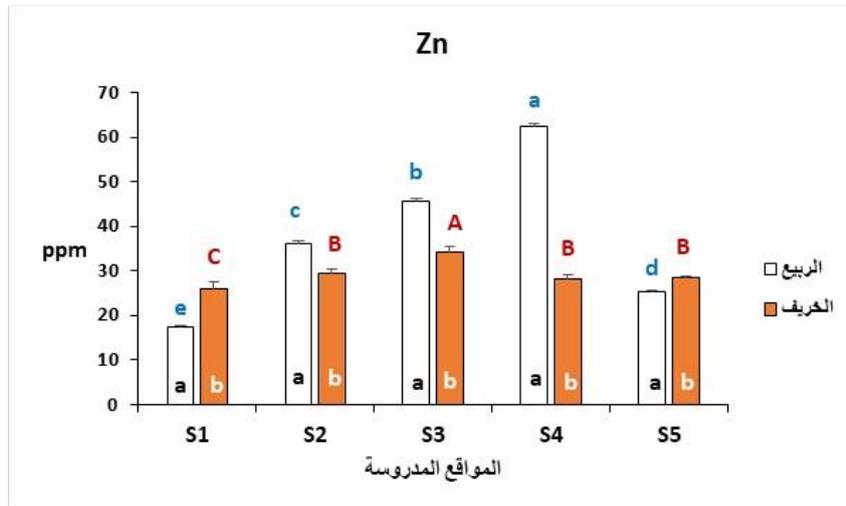


الشكل (٣) القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري لتراكيز الكاديوم مقدرة ب ppm في أوراق اللبغستروم المجمعة من عدة مواقع في مدينة جبلة خلال فصلي (الربيع والخريف). الأحرف المختلفة تدل على فرق معنوي حسب اختبار فرق التباين (Anova) و (t-test) عند مستوى المعنوية ($p < 0.05$)

كانت نتائج هذه الدراسة أقل من القيم المسجلة في مدينة اللاذقية (2.92 ppm) (حميدوش ونيصافي، ٢٠١٣) وفي مدينة دمشق (0.18–0.33 ppm) في فصل الشتاء و(0.18–0.37 ppm) في فصل الصيف (Mansour, 2014) وقيم الكاديوم المسجلة في مدينة شاهر كورد (إيران) حيث كانت القيم في أواخر فصل الربيع (1.70 ppm) وفي أواخر الصيف (1.12 ppm) (Mostafavi et al. 2020). قد تكون فترة الحظر قد أثرت في انخفاض قيم الكاديوم أيضاً واختلاف شدة المواصلات ومقدار التوضع (الترسب) الجوي والظروف المناخية لكل منطقة.

الزنك Zn:

تعد حركة المركبات والأنشطة الصناعية المصادر الأساسية لانبعاثات الزنك في الغلاف الجوي (Al- Khashman, 2007; Chen et al. 2012). إن المدى الطبيعي لتركيز الزنك في النباتات (8-100 ppm) (Nagajyoti *et al.*, 2010). بين الشكل (٤) القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري للزنك في أوراق الليغستروم حسب المواقع المدروسة وحسب الفصل. تراوحت قيم الزنك المتوسطة بين (17.50-62.50 ppm) في فصل الربيع بمتوسط عام (37.45 ppm) لجميع المواقع مع انحراف معياري (17.57) وكانت القيم المتوسطة الممثلة لفصل الخريف تتراوح بين (28.15-34.20 ppm) بمتوسط عام (29.26 ppm) للمواقع المختلفة مع انحراف معياري (3.09). ولكن هي ضمن الحد الطبيعي لوجود الزنك في النبات (8-100 ppm) (Nagajyoti *et al.* 2010). يلاحظ من الشكل (٤) أنه في فصل الربيع كانت قيم الزنك مختلفة في أوراق الليغستروم حسب المواقع مع تفوق لقيم الزنك في الموقع S4 بينما بالنسبة لفصل الخريف نلاحظ تفوق الموقع S3 على بقية المواقع مع عدم وجود فروق معنوية بين المواقع (S2, S4, S5). كما نلاحظ تفوق المواقع (S2, S3, S4) في فصل الربيع عنه في فصل الخريف وهذه الظاهرة سجلت عند أشجار المران *Fraxinus excelsior* المزروعة في بودابست (هنغاريا) حيث كانت قيم الزنك في الربيع (30.60 ppm) أعلى من قيم فصل الخريف (22.70 ppm) (Hrotko *et al.* 2021) وعند المقارنة بين فصل الربيع والخريف لكل موقع نلاحظ وجود فروق معنوية (حسب اختبار t) بين قيم الزنك في الفصلين لكل المواقع المدروسة.

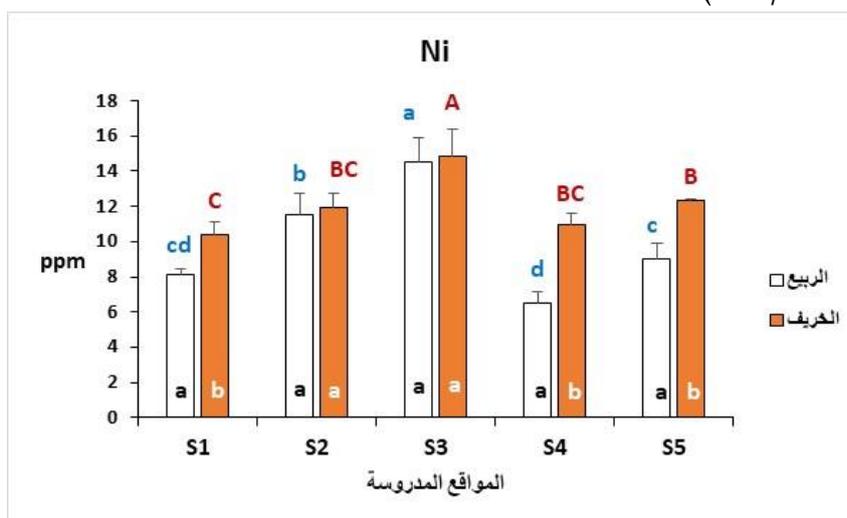


الشكل (٤) القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري لتراكيز الزنك مقدرة ب ppm في أوراق الليغستروم المجمعة من عدة مواقع في مدينة جبلة خلال فصلي (الربيع والخريف). الأحرف المختلفة تدل على فرق معنوي حسب اختبار فرق التباين (Anova) و (t-test) عند مستوى المعنوية ($p < 0.05$)

أظهرت نتائج هذه الدراسة بأن قيم الزنك كانت أقل من النتائج المسجلة في مدينة اصفهان - إيران (44.81 ppm) (Amini *et al.* 2011) وتتقارب من تلك المسجلة في مدينة دمشق (30.27-38.79 ppm) (Mansour, 2014) وأعلى من النتائج المسجلة في مدينة شاهر كورد - إيران (19.53-32.68 ppm) (Mostafavi *et al.* 2020). بالطبع هذه الاختلافات تعود إلى الاختلاف في شدة المواصلات ومقدار التوضع (الترسب) الجوي والظروف المناخية لكل منطقة.

النیکل Ni

تعد وسائل النقل بشكل عام المصدر الأساسي للنیکل في العديد من مناطق المدن (Lakhdari and Benabdeli, 2012) ويضاف إلى الديزل المستخدم في المصانع وأنظمة التدفئة السكنية (Yadav, 2010). يقدر المدى الطبيعي للنیکل في النباتات (0.05–5 ppm) والتركيز السمي للنبات الحساسة < ١٠ ppm (Brown, 2006). بين الشكل (٥) القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري للرصاص في أوراق الليغستروم حسب المواقع المدروسة وحسب الفصل. تراوحت قيم النیکل المتوسطة بين (6.50–14.50 ppm) في فصل الربيع بمتوسط عام (9.96 ppm) لجميع المواقع مع انحراف معياري (3.13) وكانت القيم المتوسطة الممثلة لفصل الخريف تتراوح بين (10.35–14.85 ppm) بمتوسط عام (12.09 ppm) للمواقع المختلفة مع انحراف معياري (1.73). ويلاحظ من الشكل (٥) أن قيم النیکل كانت مختلفة في أوراق الليغستروم حسب المواقع (اختبار Anova) وحسب الفصل (اختبار t)، حيث تفوق الموقع S3 على بقية المواقع في كلا الفصلين. بشكل عام هناك ارتفاع في قيم النیکل في المنطقة المدروسة حيث أنها في بعض المواقع تجاوزت القيم الحد الطبيعي وحتى السام ونلاحظ ارتفاع القيم في فصل الخريف مقارنة مع فصل الربيع. كما يلاحظ أن بعض القيم تجاوزت الحد المعتمد من قبل منظمة الصحة العالمية (10 ppm) (FAO/WHO, 2003).

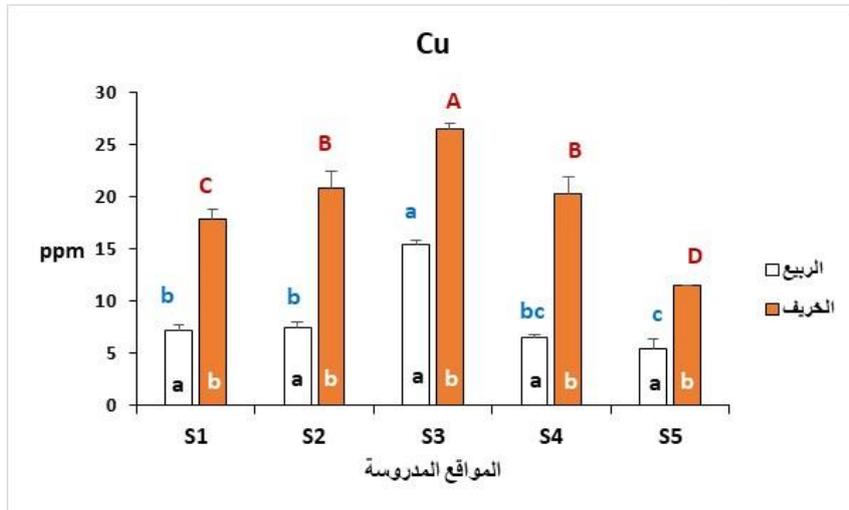


الشكل (٥) القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري لتراكيز النیکل مقدرة ب ppm في أوراق الليغستروم المجمع من عدة مواقع في مدينة جبلة خلال فصلي (الربيع والخريف). الأحرف المختلفة تدل على فرق معنوي حسب اختبار فرق التباين (Anova) و (t-test) عند مستوى المعنوية ($p < 0.05$)

كانت نتائج هذه الدراسة أعلى من القيم المسجلة في مدينة اللاذقية (6.51 ppm) (نيسافي، ٢٠١٣) وفي مدينة دمشق (0.32–0.43 ppm) في فصل الشتاء و(0.37–0.43 ppm) في فصل الصيف (Mansour, 2014) نلاحظ من القيم المسجلة في هذه الدراسة أن قيم النیکل كانت مرتفعة عن الحد الطبيعي. وقد يعود سبب هذا التلوث إلى محتوى التربة من هذا العنصر نتيجة إضافة بعض الفضلات أو الأسمدة أو الناتج عن التوضع (الترسب) الجوي أو عن حركة السيارات حيث لوحظ زيادة التركيز في فصل الخريف مع زيادة النشاط المروري (علي وحمودي، ٢٠٠٨)، كما أشير إلى أن المصدر الرئيس لكل من النیکل والرصاص هو حركة المركبات ويمكن أن يحمل هذان العنصران لمسافة تزيد عن ١٠٠ كم (Bingol *et al.*, 2008) وهذا ما يدعو للاستنتاج أن مدينة جبلة قد تأثرت بالمنشآت النفطية الموجودة في بانياس.

النحاس (Cu):

ينتج التلوث الجوي بالنحاس من عمليات حرق النفط في مصافي تكرير النفط refineries وحركة المواصلات road traffic (Austruy *et al.*, 2019). نذكر بأن قيم متوسط محتوى النحاس في الأجزاء فوق أرضية للنبات في مناطق غير ملوثة عادة تقع ضمن مجال (5-20 ppm) وأنه لتغطية الاحتياجات الفيزيولوجية للنباتات يكفي تركيز النحاس في الأوراق ضمن مجال (4-5 ppm) (Parzych *et al.*, 2017) ويمكن أن تظهر أعراض السمية عند النباتات إذا كان التركيز ضمن المجال (20-100 ppm) (Padmavathiamma and Li, 2007) بين الشكل (٦) القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري للنحاس في أوراق الليغستروم حسب المواقع المدروسة وحسب الفصل.



الشكل (٦) القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري لتركيز النحاس مقدرة بـ ppm في أوراق أشجار الليغستروم المجموعة من عدة مواقع في مدينة جبلة خلال فصلي (الربيع والخريف). الأحرف المختلفة تدل على فرق معنوي حسب اختبار فرق التباين (Anova) و (t-test) عند مستوى المعنوية ($p < 0.05$)

تراوحت قيم النحاس المتوسطة بين (5.50-15.50 ppm) في فصل الربيع بمتوسط عام (8.43 ppm) لجميع المواقع مع انحراف معياري (4.02) وكانت القيم المتوسطة الممثلة لفصل الخريف تتراوح بين (11.50-26.45 ppm) بمتوسط عام (19.39 ppm) للمواقع المختلفة مع انحراف معياري (5.42). يلاحظ من الشكل (٦) أن قيم النحاس كانت مختلفة في أوراق الليغستروم حسب الموقع وحسب الفصل وقد سجل الموقع S3 أعلى قيمة في كلا الفصلين وقد تجاوزت عتبة 20 ppm في عدة مواقع (S2, S3, S4) في فصل الخريف وقد يعود ذلك إلى عودة حركة المواصلات في فصل الخريف وأن هذه المواقع تقع ضمن نطاق مركز المدينة. كانت نتائج هذه الدراسة أعلى من القيم المسجلة في مدينة اصفهان - إيران (14.55 ppm) (Amini *et al.*, 2011) وايضاً في مدينة دمشق (6.05-7.87 ppm) في فصل الشتاء و (6.75-8.68 ppm) في فصل الصيف (Mansour, 2014) بالطبع هذه الاختلافات في التراكيز عائدة إلى الاختلاف في النشاطات البشرية وكثافة الحركة المرورية والظروف المناخية بين منطقة وأخرى.

العلاقة بين العناصر المعدنية:

درست علاقات الارتباط (جدول ٢) بين متوسط تركيز العناصر للمواقع مجتمعة حسب الفصل حيث لوحظ في فصل الربيع وجود علاقة ارتباط معنوية موجبة بين الرصاص والكاديوم بينما اختلفت هذه العلاقات خلال فصل الخريف حيث لوحظ وجود علاقة ارتباط معنوية موجبة بين الرصاص والنحاس وبين الزنك والنيكل ووجود علاقة بين هذه العناصر يدل أن لها مصادر مشتركة فيما بينها (Alaimo and Varrica, 2020).

جدول (٢) قيم معامل الارتباط (r) بين قيم العناصر المعدنية مقدرة بـ ppm في كل من فصلي الربيع والخريف، * تعني وجود علاقة معنوية عند $p < 0.05$

الفصل	الربيع				الخريف			
	Pb	Cd	Zn	Ni	Pb	Cd	Zn	Ni
Cd	0.907	1			0.721	1		
p-value	0.034*				0.169			
Zn	0.674	0.626	١		0.667	0.813	1	
p-value	0.212	0.259			0.219	0.094		
Ni	0.536	0.560	-0.018	١	0.494	0.706	0.971	1
p-value	0.352	0.326	0.977		0.397	0.183	0.006*	
Cu	0.864	0.813	0.248	0.841	0.989	0.733	0.664	0.507
p-value	0.059	0.095	0.687	0.074	0.001*	0.159	0.221	0.383

معامل تراكم المعادن (MAI):

بينت النتائج أن قيمة MAI حسب تطبيق المعادلة (١) كانت في فصل الربيع (2.50) وفي فصل الخريف (6.4٦) وأنها أقل من القيمة المسجلة لأشجار *Ficus retusa* في الجزائر (9.57) (Sahli and Belhiouani, 2021)، وأعلى من القيمة المسجلة عند أشجار *Ficus nitida* في مصر (5.93) (El-Amier and Alghanem, 2018)، وضمن القيمة المسجلة عند أشجار *Azdirachta indica* في الهند (5.21-9.98) (karmakar and Padhy, 2019). نستنتج بأن النباتات ذات MAI عالي القيمة يمكن أن تكون اختيار جيد للزراعة في مناطق حيث يتواجد تلوث بالمعادن الثقيلة (Liu et al., 2007) كما يمكن أن تستخدم كحواجز طبيعية ضد التلوث خاصة في المناطق الحساسة مثل الحدائق، المدارس، المناطق السكنية (Zhai et al., 2016). بالنتيجة يمكن اعتماد هذا النوع من الأشجار ذات القدرة التراكمية الجيدة للمعادن الثقيلة في عمليات الرصد الحيوي للتلوث وفي تشجير المناطق الخضراء ضمن المدن.

الاستنتاجات:

- ١- كان ترتيب تراكيز العناصر مقدر بـ ppm في أوراق شجيرات اللبغستروم على النحو الآتي:
-فصل الربيع: (0.08) Cd > (0.8) Pb > (8.43) Cu > (9.93) Ni > (37.45) Zn
-فصل الخريف: (0.12) Cd > (1.36) Pb > (12.09) Ni > (19.39) Cu > (29.26) Zn
- ٢- تركيز العناصر أعلى في فصل الخريف مقارنة بفصل الربيع ما عدا الزنك.
- ٣- قيم العناصر ضمن الحدود الطبيعية ما عدا عنصر النيكل والنحاس حيث سجلت قيم مرتفعة في بعض المواقع.
- ٤- تميز الموقع S3 (كراجات) بقيم عالية لكل العناصر بشكل عام وبشكل خاص في فصل الخريف.
- ٥- سجلت علاقة ارتباط معنوية موجبة بين عنصري الرصاص والكاديوم في فصل الربيع وبين الرصاص والنحاس وبين الزنك والنيكل في فصل الخريف.
- ٦- إمكانية اقتراح اعتماد شجيرة اللبغستروم كمراكم حيوي لتقدير التلوث الناتج عن العناصر المعدنية الثقيلة في مدينة جبلة حيث معامل تراكم المعادن MAI لفصل الخريف (٦.٤٦).

التوصيات:

اختبار أنواع نباتية أخرى بهدف اعتمادها كمراكمات حيوية لتقدير العناصر المعدنية الثقيلة في مناطق أخرى ومتباينة في درجات التلوث لما لهذا النوع من الدراسات من أهمية تطبيقية في مجال تقييم جودة الهواء (الصحة العامة) وإمكانية اعتماد نتائجها في توجيه تشجير المسطحات الخضراء والحوجز الشجرية حول المناطق الحساسة (مدارس، مناطق سكنية...) في المدن.

المراجع:

١. الصفاوي، عبد العزيز؛ القاضي، فائزة؛ الصائغ، خالد، (٢٠١٤)، التراكم الحيوي لعنصر الرصاص في المجموعة الخضرية لبعض النباتات النامية في مدينة الموصل-العراق، مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية- عدد خاص بوقائع المؤتمر التخصصي الثالث / الانتاج النباتي، ص ص ٦١-٧٠.
٢. نيسافي، إبراهيم، (٢٠١٣)، دراسة دور بعض الأنواع النباتية كمراكمات حيوية لعنصر النيكل. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العليا، سلسلة العلوم البيولوجية، ٥(٨)، ص ص ٩٩-١١٠.
٣. حميدوس، ديانا؛ نيسافي، إبراهيم، (٢٠١٣)، مقارنة قدرة أربعة أنواع نباتية مزروعة على مراكمة عنصر الكاديوم (Cd) في مدينة اللاذقية (حديقة الفرسان) مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العليا، سلسلة العلوم البيولوجية، ٣٥(٨)، ص ص ١٦١-١٧٣.
٤. علي، فائزة؛ حمودي، أنوار، (٢٠٠٨)، تحديد كميات بعض العناصر الثقيلة في بعض النباتات البقولية المزروعة في تربة ملوثة. مجلة التربية والعلوم، 21(٣)، ص ص ٥٣-٦٥.

5. Agrahari, P.; Richa, S.; Wati, K.; Rai, S.; Singh, V.K.; Singh, D.K. (٢٠١٨). *Ficus religiosa Tree Leaves as Bioindicators of Heavy Metals in Gorakhpur City, Uttar Pradesh, India*. Pharmacog. J. Volume10(Number 3). PP 416-20.
6. Alaimo, M.G.; Varrica, D. (2020). *Recognition of Trace Element Contamination Using Ficus macrophylla Leaves in Urban Environment*. Int. J. Environ. Res. Public Health. 17. 881.
7. Al-Khashman, O.A. (2007). *Determination of metal accumulation in deposited street dusts in Amman Jordan*. Environ. Geochem. Hlth. 29. PP 1-10.
8. Amini, H.; Hoodaji, M.; Najafi, P. (2011). *Evaluation of some tree species for heavy metal biomonitoring and pollution tolerance index in Isfahan urban zone*. African Journal of Biotechnology. Volume 10(Namber 84). PP 19547-19550.
9. Austruy, A.; Yung, L.; Ambrosi, J.P.; Girardclosm, O.; Keller, C.; Angeletti, B.; Dron, J.; Chamaret, P.; Chalot, M. (2019). *Evaluation of historical atmospheric pollution in an industrial area by dendrochemical approaches*. Chemosphere. 220. PP 116–126.
10. Ayan, S.; Sarsekova, D.; Kenesaryuly, G.; Yilmaz, E.; Gülseven, O.; Şahin, I. (2021). *Accumulation of heavy metal pollution caused by traffic in forest trees in the park of Kerey and Janibek Khans of the city of Nur-Sultan, Kazakhstan*. J. For. Sci. 67. PP 357–366.
11. Baycu, G.; Tolonay, D.; Ozden, H.; Gunebakan, S. (2006). *Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul*. Environmental Pollution. 143. PP 545-554.
12. Bingol, U., Geven, F.; Guney, K. (2008). *Heavy Metal (Pb and Ni) Accumulation in the Branch and Bark Tissues of Street Tree Sophora japonica L*. Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty. Volume 8(Number 1). PP 93-96.
13. Brown, P.H. (2006). "Nickel." In *Handbook of Plant Nutrition*, Barker A.V.; Pilbeam D.J. (Eds.). PP 395–410. Boca Raton. FL: CRC Press Taylor & Francis Groups.
14. Chen, X.; Lu, X.; Yang, G. (2012). *Sources identification of heavy metals in urban topsoil from inside the Xi'an Second Ringroad, NW China using multivariate statistical methods*. Catena. 98. PP 73-78.
15. Dağhan, H.; Uygur, V.; Koleli, N.; Arslan, M.; Eren, A. (2013). *Effect of heavy metal applications on nitrogen, phosphorus and potassium intake in transgenic and non-transgenic tobacco plants*. Journal of Agricultural Sciences. 19. PP 129–139.
16. Dinis, M.L.; Fiuza, A. (2011). *Exposure assessment to heavy metals in the environment: measures to eliminate or reduce the exposure to critical receptors*. In: Simeonov, L.I., Kochubovski, M.H.; Simeonova, B.G (Eds.) *Environmental heavy metal pollution and effects on child mental development*. Springer. PP 27–50.
17. El-Amier, Y.A.; Alghanem, S.M. (2018). *Tree leaves as bioindicator of heavy metal pollution from soil and ambient air in urban environmental*. Plant Archives. Volume 18(Number 2). PP 2559-2566.
18. Estefan, G.; Sommer, R.; Rya, J. (2013). *Methods of Soil, Plant, and Water Analysis: A manual for the West Asia and North Africa region*. -Third Edition- 2013 ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas). PP 243.
19. FAO/WHO (2003). *Codex Alimentarius International Food Standards Codex Stan-179, Codex Alimentarius commission*.
20. Gajic, G.; Mitrovic, M.; Pavlovic, P.; Stevanovic, B.; Djurdjevicm, L.; Kostic, O. (2009). *An assessment of the tolerance of Ligustrum ovalifolium Hassk. to traffic-*

- generated Pb using physiological and biochemical markers. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 72. PP 1090–1101.
21. Hrotko, K.; Gyeviski, M.; Sutorine, D.M.; Magyar, L.; Meszaros, R.; Honfi, P.; Kardos, L. (2021). *Foliar dust and heavy metal deposit on leaves of urban trees in Budapest (Hungary)*. *Environ Geochem Health*. 43. PP 1927–1940.
 22. Karmakar, D.; Padhy, P.K. (2019). *Air pollution tolerance, anticipated performance, and metal accumulation indices of plant species for greenbelt development in urban industrial area*. *Chemosphere*. 237. 124522.
 23. Lakhdari, A. Benabdeli, K. (2012). *Determining the Heavy Metal Pollution in Mascara (Algeria) by Using Casuarina equisetifolia*. *Ecologia Balkanica*. Volume 4(Number 1). PP 1-7.
 24. Lamble, K.J.; Hill, S.J. (1998). *Microwave digestion procedures for environmental matrices*. *Analyst*, July. 123. (103R–133R).
 25. Liu, Y.J.; Zhu, Y.G.; Ding, H. (2007). *Lead and cadmium in leaves of deciduous trees in Beijing, China: development of a metal accumulation index (MAI)*. *Environ. Pollut.* Volume 145(Number 2). PP 387-390.
 26. Mahfoud, A.; Khalil, K.; Moustapha, C. (2018). *An Assessment Study of Usefulness of Using Olive (Olea europaea L.) Leaves in Biomonitoring the Air Pollution near Baniyas Oil Refinery, Syria: Estimating of Total Phenolic Compounds and Lead, Copper and Manganese in Olive Leaves*. *American Journal of Plant Sciences*. 9. PP 2514-2531.
 27. Mansour, R. (2014). *The pollution of tree leaves with heavy metal in Syria*. *International Journal of Chem. Tech. Research*. Volume 6(Number 4). PP 2283-2290.
 28. Miri, M.; Ehrampoush, M.H.; Ghaffari, H.R.; Aval, H.E.; Rezai, M.; Najafpour, F.; Fathabadi, Z.A.; Aval, M.Y.; Ebrahimi, A. (2017). *Atmospheric Heavy Metals Biomonitoring Using a Local Pinus eldarica Tree*. *Health Scope*. Volume 6(Number 1). PP 1-9.
 29. Mostafavi, F.; Bahmani, M.; Zamani-Ahmadmahmoodi, R.; Jafari, A. (2020). *Potential Uptake of Heavy Metals by Some Tree and Shrub Species Used in Shahrekord Landscape*. *J. of Envir. Sci. and Techn.* Volume 22(Number 4). PP 135-148.
 30. Nagajyoti, P.C.; Lee, K.D.; Sreekanth T.V. (2010). *Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review*. *Environ Chem Lett*. Volume 8(Number 3). PP 199–216.
 31. Onder, S.; Dursun, S. (2007). *Air borne heavy metal pollution of Cedrus libani (A. Rich) in the city centre of Konya (Turkey)*. *Atmospheric Environment*. 40. PP 1122-1133.
 32. Padmavathiamma, P.K.; Li, L.Y. (٢٠٠٧). *Phytoremediation technology: hyper-accumulation metals in plants*. *Water Air Soil Pollution*. 184. PP 105-126.
 33. Parzych, A.; Mochnacký, S.; Sobisz, Z.; Kurhaluk, N.; Polláková, N. (2017). *Accumulation of heavy metals in needles and bark of Pinus species*. *Folia Forestalia Polonica, series A – Forestry*. Volume 59(Number 1). PP 34–44.
 34. Ristic, M., Peric-Grujic, A.; Antanasijevic, D.; Ristic, M.; Urosevic, M.A.; Tomasevic, M. (2013). *Plants as Monitors of Lead Air Pollution*. In: Lichtfouse, E.; Schwarzbauer, J.; Robert, D. (Eds.). *Pollutant Diseases, Remediation and Recycling*. *Environmental Chemistry for a Sustainable World*. 4. PP 387-431.
 35. Sahli, L.; Belhiouani, H. (2021). *Ficus retusa L. as possible indicator of air metallic Pollution in urban environment*. *Int. J. Phytoremediation*. 10. PP 1-10.

36. Samara, T.; Spanos, I.; Platis, P.; Papachristou, T.G. (2020). *Heavy Metal Retention by Different Forest Species Used for Restoration of Post-Mining Landscapes, N. Greece*. Sustainability. 12. PP 4453-4462.
37. Verbruggen, N.; Hermans, C.; Schat, H. (2009) *Molecular mechanisms of metal hyperaccumulation in plants*. New Phytol. 181. PP 759–776.
38. Vermeulen, N. (1997). *Encyclopaedia of Trees and Shrubs*. REBO Production, Lisse, The Netherlands. PP 288.
39. Yadav, S.K. (2010). *Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants*. South African Journal of Botany. Volume ٧٦(Number ٢). PP 167-179.
40. Zhai, Y.; Dai, Q.; Jiang, K.; Zhu, Y.; Xu, B.; Peng, C.; Wang, T.; Zeng, G. (2016). *Traffic related heavy metals uptake by wild plants grow along two main highways in Hunan Province, China: effects of soil factors, accumulation ability, and biological indication potential*. Environ. Sci. Pollut. Res. Volume 23(Number 13). PP 13368-13377.