

حساب معامل تراكم المعادن الثقيلة لكل من أشجار السرو دائم
الخضرة *Cupressus sempervirens* والأوكالبتوس المنقاري *Eucalyptus*
camaldulensis في مدينة بانياس (سورية)

كامل خليل (1)* ونزار معلا (2) وغفران الأحمد (1)

- (1). قسم الوقاية البيئية، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية
(2). قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.
(*) المراسلة: د. كامل خليل: البريد الإلكتروني: -d.kamelkhalil@tishreen.edu.sy
[\(kamel.khalil@hotmail.com\)](mailto:kamel.khalil@hotmail.com).

تاريخ القبول: 2024/01/10

تاريخ الاستلام: 2023/11/25

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقدير تركيز المعادن الثقيلة: الرصاص (Pb) والكاديوم (Cd) والنيكل (Ni) والزنك (Zn) في أوراق أشجار السرو دائم الخضرة والأوكالبتوس المنقاري المزروعة في مدينة بانياس. جمعت عينات الأوراق من أربعة مواقع ضمن المدينة (St2, St3, St4, St5) متباعدة حسب الكثافة المرورية وموقع الشاهد (St1) في موقع الدريكية (15 كم عن مدينة بانياس) قدر تركيز العناصر بواسطة جهاز الامتصاص الذري في المعهد العالي لبحوث البيئة. أظهرت النتائج أن ترتيب تراكيز المعادن (متوسط عام) مقدرة ب ppm في أوراق أشجار السرو كانت على النحو الآتي: [Zn (0.13) > Pb (1.12) > Ni (9.38) > Cd (23.96)] وفي أوراق أشجار الأوكالبتوس: [Zn (0.15) > Pb (1.40) > Ni (12.48) > Cd (35.20)]. كما أظهرت النتائج أن قيم المعادن كانت ضمن الحدود الطبيعية ما عدا النيكل. كما أظهرت النتائج أن قيم معامل تراكم المعادن (MAI) عند أشجار السرو كانت (4.56) وعند أوراق أشجار الأوكالبتوس كانت (6.49) وهذا يدعم اقتراح شجرة الأوكالبتوس كمراكم حيوي فعال لتقدير التلوث الناتج عن المعادن الثقيلة في مدينة بانياس.

الكلمات المفتاحية: السرو دائم الخضرة *Cupressus sempervirens* - الأوكالبتوس المنقاري *Eucalyptus camaldulensis* - المراكم الحيوي - المعادن الثقيلة - معامل تراكم المعادن (MAI) - بانياس (سورية).

المقدمة

أدت زيادة النشاطات الصناعية industrial activities وكثافة المواصلات في السنوات الأخيرة إلى زيادة التلوث بالمعادن الثقيلة heavy metals في النظم البيئية ecosystems. وأن زيادة تراكيز المعادن الثقيلة في الغلاف الجوي atmosphere والماء والتربة فوق مستوى معين يسبب مشاكل خطيرة للكائنات الحية ويؤدي إلى تدهور نوعية التربة soil quality وانخفاض في الإنتاج production والإضرار بصحة الكائنات الحية (Kilic, 2019). يعد التلوث بالمعادن الثقيلة ذو أهمية خاصة في مناطق المدن نظراً لأخطارها الأكيدة على الصحة العامة وطبيعتها الثابتة persistent nature وعدم قابليتها للتحلل non-biodegradable (Patel et al., 2015). تتبعث المعادن الثقيلة من عدة مصادر ناتجة عن نشاطات الإنسان مثل وسائل النقل، محطات الطاقة،

عمليات الاحتراق غير الكامل (Miri et al., 2017) وتعد وسائل المواصلات المصدر الأهم لهذه المعادن ومن بين المعادن الثقيلة المرتبطة بحركة المواصلات (Cd, Cu, Fe, Ba, Sb, Ca, Pb, Zn, Cr, Ni) حيث ينطلق من غازات العادم exhaust emissions كل من الرصاص والكاديوم والزنك (مواد مضافة للوقود)، الكاديوم والزنك (تآكل الإطارات وزيوت التشحيم)، النحاس والنيكل (بطانة الفرامل وسبائك المحرك) (Padmavathiamma and Li, 2007; Hu et al., 2014; Ayan et al., 2021). تعد الأشجار Trees وخاصة في مناطق المدن من أكثر النباتات التي تستخدم كدليل حيوي Bioindicator لرصد وتقييم جودة الهواء Air quality واكتسبت أهميتها من خلال سهولة تصنيفها، حياتها الطويلة وانتشارها الواسع (Patel et al., 2015; Molnar et al., 2020)، حيث تعمل أوراق leaves الأشجار على مراكمة الملوثات الجوية وبشكل خاص المعادن الثقيلة (Mirecki et al., 2015) حيث تحليل أنسجة الأوراق tissues أظهر وجود علاقة ارتباط بين تراكيز الملوثات في النبات وتلك في الجو، وهكذا استخدمت أوراق الأشجار لتقدير المعادن الثقيلة كمراكمت حيوية bioaccumulators حيث أن عملية جمع الأوراق عملية سهلة وقليلة التكاليف (Mahfoud et al., 2018; Salih and Aziz, 2019; Sahli and Belhiouani, 2021). من هنا جاءت فكرة استخدام أوراق نوعين من الأشجار (السرو *Cupressus sempervirens* والأكاليبتوس *Eucalyptus camaldulensis*) هما الأكثر انتشاراً وتكراراً في المواقع المدروسة في مدينة بانياس لتقدير تراكيز المعادن الثقيلة (Cd, Pb, Ni, Zn) بهدف معرفة القدرة التراكمية لهذين النوعين من خلال حساب معامل تراكم المعادن Metal Accumulation Index (MAI).

مواد البحث وطرقه:

المنطقة المدروسة:

تقع مدينة بانياس غرب سورية في منتصف المسافة تقريباً بين مدينتي طرطوس واللاذقية، تطل المدينة على البحر المتوسط، تتمتع بمناخ متوسطي ماطر شتاءً وجاف صيفاً تسود فيها الرياح الغربية والجنوبية الغربية، حيث يظهر الشكل (1) صورة فضائية لمدينة بانياس.



الشكل (1): صورة فضائية لمدينة بانياس موضحاً عليها المواقع المختارة لجمع العينات الورقية.

الأنواع النباتية المدروسة:

– الأكاليبتوس المنقاري *Eucalyptus camaldulensis*:

يتبع هذا النبات الجنس *Eucalyptus* والفصيلة الأسية *Myrtaceae* (الريحانية) الموطن الأصلي لأشجار الأوكالبتوس هو استراليا وهو عبارة شجرة كبيرة يمكن أن يصل ارتفاعها حتى 30 م وقطره إلى مترين، التاج كبير وكروي، الفروع والأوراق متهدله وخفيفة (نحال، 2002) (شكل 2).

- السرو دائم الخضرة *Cupressus semperviens*:

يتبع هذا النبات الجنس *Cupressus* والفصيلة السروية (*Cupressaceae*) وهو نبات شجري دائم الخضرة، موطنه حوض البحر المتوسط، ينتشر طبيعياً في إيران وتركيا وسورية ولبنان والأردن وقبرص واليونان وإيطاليا وليبيا وتونس والمغرب، وهو شجرة تزيينة أسطوانية قائمة التفريع ولها تاج هرمي، ويضم جنس السرو حوالي (15) نوعاً نباتياً، وخشب السرو عطري، ويصل ارتفاع شجر السرو إلى 30 م، الأوراق حشفية. تنمو الشجرة جيداً في الأراضي الجيرية وتستخدم كمصد رياح (نحال، 2002) (شكل 2).



أوراق الأوكالبتوس



أوراق السرو

الشكل (2): العينات الورقية لشجر السرو والأوكالبتوس

مواقع جمع عينات الأوراق:

تم جمع أوراق السرو والأوكالبتوس ووضعها في أكياس بلاستيكية محكمة الإغلاق من عدة مواقع (جدول 1) في مدينة بانياس متباعدة في كثافة حركة المواصلات كما هو موضح في الخريطة (شكل 1)

الجدول (1): مواقع أخذ العينات.

اسم الموقع	المواصفات	الرمز	الإحداثيات	
الدريكية	شاهد (غابة)	St1	36° 0.1' 47.1'' N	35° 10' 40.3'' E
المحطة الحرارية	منطقة صناعية مع حركة مرور	St2	35° 55' 41'' N	35° 10' 11.6'' E
البلدية	حركة مرور كثيفة إلى متوسطة	St3	35° 56' 54.3'' N	35° 11' 9.2'' E
مصفاة بانياس	منطقة صناعية مع حركة مرور	St4	35° 58' 58.8'' N	35° 13' 16.6'' E
أوتوستراد	حركة مرور كثيفة	St5	35° 58' 9.5'' N	35° 11' 20.7'' E

تحضير العينات وقياس المعادن 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 2 ملم، تم وزن 2 غ من كل عينة (بثلاث مكررات)، وضعت العينة في أنبوب الهضم وأضيف لها (10 ml) من حمض الآزوت المركز (HNO_3) وتركت العينات حوالي الساعة في جو المخبر ثم سخنت العينات بعد ذلك على حمام مائي لمدة ثلاث ساعات حتى تمام الهضم. تركت بعدها العينات حتى تبرد ثم رشحت ومددت بالماء ثنائي التقطير حتى حجم 25ml (AOAC, 2005) تم قياس تراكيز المعادن الثقيلة باستخدام جهاز الامتصاص الذري Atomic absorption spectrometer

ماركة Shimadzu (6800) وذلك في مخبر المعهد العالي لبحوث البيئة في جامعة تشرين. تم استخدام الشروط الآلية والحرارية وفق الشروط المرجعية لعمل الجهاز، وكما هو موضح في الجدول 2.

الجدول (2): شروط التحليل باستخدام جهاز الامتصاص الذري.

العنصر	نوع المصباح	طول الموجة (nm)	شدة تيار المصباح (mA)	فتحة الشق (nm)	نوع اللهب
Cd	HCL	228.8	4	0.5	هواء-استيلين
Pb	HCL	217	10	1	هواء-استيلين
Ni	HCL	232	4	0.2	هواء-استيلين
Zn	HCL	213.9	5	1	هواء-استيلين

معامل تراكم المعادن:

تمتاز أنواع الأشجار المختلفة بقدرة متفاوتة على تجميع ومراكمة العناصر المعدنية الثقيلة من الغلاف الجوي، لذلك تم استخدام معامل تراكم المعدن (MAI) Metal Accumulation Index بهدف تقييم الأداء العام وقدرة كلاً من السرو والأوكاليتوس على مراكمة العناصر المعدنية وتم حساب MAI حسب المعادلة التالية:

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

حيث: n: عدد العناصر المعدنية المدروسة. IJ: معامل المتغير J، ونحصل عليه من قسمة القيمة المتوسطة (X) لكل معدن على انحرافه المعياري (Sd). (Liu et al., 2007; Hu et al., 2014; Khalid et al., 2019; Sahli and Belhiouani, 2021).

التحليل الإحصائي:

حسب المتوسط الحسابي Mean / 3 مكررات/ مع الانحراف المعياري Standard deviation للعناصر المعدنية المدروسة لكل موقع ثم حسب المتوسط العام والانحراف المعياري للعنصر من قيم المتوسط لجميع المواقع. واجري اختبار فرق التباين (Anova- one-way analysis of variance) طريقة Fisher لمعرفة الفروقات المعنوية بين المواقع حسب تراكيز العناصر (النتائج عرضت على شكل أحرف مختلفة في أعلى الأشكال البيانية). وحسبت أيضاً علاقات الارتباط (Pearson's simple correlation coefficients "r") بين العناصر المدروسة، كل التحاليل الإحصائية تمت 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 النقل والمواصلات، والأنشطة الصناعية التي تنتج 95% من التلوث الجوي بالرصاص (Aksoy et al., 2012; Ristic et al., 2013). إن المدى الطبيعي لتركيز الرصاص في النباتات (0.1-10 ppm) وأن المستويات بين (30-300 ppm) تعد سامة (Altay et al., 2010) يبين الجدول (3) القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري للرصاص في أوراق أشجار السرو والأوكاليتوس حسب المواقع المدروسة.

تراوح مجال تراكيز الرصاص المتوسطة بين (0.77-1.49 ppm) في أوراق شجر السرو وبمتوسط عام لجميع المواقع (1.12 ppm) مع انحراف معياري (0.27) وكان مجال القيم المتوسطة في أوراق شجر الأوكاليتوس (0.88-1.65 ppm) بمتوسط عام للمواقع المختلفة (1.40 ppm) مع انحراف معياري (0.31). لوحظ من الجدول (3) أن قيم تراكيز الرصاص كانت مختلفة في أوراق شجر السرو والأوكاليتوس حسب الموقع تدل الأحرف المختلفة على وجود فرق معنوي حسب اختبار Anova باتجاه واحد حيث لوحظ

ارتفاع تركيز المعدن في الموقع St2 (المحطة الحرارية) على بقية المواقع وهذا يُفسر بكونه موقع صناعي يتم فيه حرق كميات كبيرة من الوقود الأحفوري يليه موقع St5 (الأوتستراد) الذي يتميز بكثافة مرورية عالية وبشكل عام لوحظ أن قيم الرصاص ضمن الحد الطبيعي لوجوده في النبات (1-13 ppm) (Nagajyoti et al., 2010).

الجدول (3): القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري لتراكيز الرصاص مقدرة ب ppm في أوراق أشجار السرو والأوكالبتوس في المواقع المدروسة.

أوراق شجر السرو					
المواقع	St1	St2	St3	St4	St5
مكرر 1	0.79	1.49	1.00	1.15	1.23
مكرر 2	0.77	1.48	0.96	1.15	1.22
مكرر 3	0.75	1.50	0.96	1.16	1.25
المتوسط	0.77 ^e	1.49 ^a	0.97 ^d	1.15 ^c	1.23 ^b
الانحراف المعياري	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
LSD _{0.05}	0.02570				
المتوسط العام مع الانحراف المعياري	1.12±0.27				
أوراق شجر الأوكالبتوس					
مكرر 1	0.88	1.64	1.36	1.53	1.60
مكرر 2	0.87	1.65	1.35	1.54	1.59
مكرر 3	0.88	1.65	1.37	1.52	1.59
المتوسط	0.88 ^e	1.65 ^a	1.36 ^d	1.53 ^c	1.59 ^b
الانحراف المعياري	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
LSD _{0.05}	0.014				
المتوسط العام مع الانحراف المعياري	1.40±0.31				
الحدود الطبيعية	0.1-10 ppm				

* الأحرف المختلفة تدل على فرق معنوي حسب اختبار فرق التباين (Anova) عند مستوى المعنوية ($p < 0.05$).

لوحظ أن قيم الرصاص كانت أقل مما ورد في بعض الدراسات فيما يخص أوراق السرو، في مدينة مدريد - إسبانيا (2.78 ppm) (Rucandio et al., 2011)، في مدينة دمشق (4.64-9.95 ppm) (Mansour, 2014)، في حرم المصفاة في مدينة بانياس (30.33 ppm) (نيسافي وإبراهيم، 2013) أما فيما يخص أوراق أشجار الأوكالبتوس فكانت أقل من القيم المسجلة في شارع الشاطئ الأزرق في اللاذقية (3.66 ppm) (نيسافي وآخرون، 2015)، بجانب معمل لإنتاج الحديد في العراق (138.92 ppm) (Salih and Aziz, 2019)، ومن قيم الرصاص في أوراق الأوكالبتوس في مدينة كركوك (العراق) (3.4 ppm) (Al-Dabbas et al., 2015) وتقاربت مع تلك في مدينة كوربا- الهند (1.7 ppm) (Patel et al., 2015) وكانت أكبر من قيم الرصاص في أوراق الأوكالبتوس في مدينة الناصرية (العراق) (0.195 ppm) (Hlail, 2019) وهذا طبيعي إذ يختلف تراكم المعادن الثقيلة حسب الموقع (اختلاف شدة المواصلات ومقدار الترسيب الجوي والظروف المناخية) (Kilic, 2019).

الكاديوم Cd:

يُصنف الكاديوم على أنه معدن مسرطن للإنسان، وهو يتواجد بشكل طبيعي في البيئة مع الزنك والرصاص والنحاس (Cook and Marrow, 1995). إن المدى الطبيعي لتركيز الكاديوم في النباتات (0.1-2.4 ppm) (Nagajyoti et al., 2010). كما قدرت الحدود الطبيعية Normal limits للكاديوم في النباتات بين (0.2-0.8 ppm) والقيم السامة Toxic منه (5-30 ppm) (Ross,).

1994; Kabata-Pendias, Pendias, 2001) أو (5-10 ppm) حسب (Alloway, 2013). يبين الجدول (4) القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري للكاميوم في أوراق السرو الأوكاليتوس حسب المواقع المدروسة. الجدول (4): القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري لتراكيز الكاديوم مقدرة ب ppm في أوراق أشجار السرو والأوكاليتوس في المواقع المدروسة.

أوراق شجر السرو					
المواقع	St1	St2	St3	St4	St5
مكرر 1	0.08	0.17	0.11	0.15	0.14
مكرر 2	0.09	0.17	0.12	0.15	0.14
مكرر 3	0.08	0.18	0.11	0.16	0.14
المتوسط	0.08 ^e	0.17 ^a	0.11 ^d	0.16 ^b	0.14 ^c
الانحراف المعياري	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LSD _{0.05}	0.003816				
المتوسط العام مع الانحراف المعياري	0.13±0.04				
أوراق شجر الأوكاليتوس					
مكرر 1	0.10	0.19	0.14	0.16	0.17
مكرر 2	0.10	0.19	0.14	0.16	0.17
مكرر 3	0.10	0.20	0.14	0.16	0.17
المتوسط	0.10 ^e	0.19 ^a	0.14 ^d	0.16 ^c	0.17 ^b
الانحراف المعياري	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LSD _{0.05}	0.002				
المتوسط العام مع الانحراف المعياري	0.15±0.04				
الحدود الطبيعية	0.2-0.8 ppm				

* الأحرف المختلفة تدل على فرق معنوي حسب اختبار فرق التباين (Anova) عند مستوى المعنوية ($p < 0.05$).

تراوح مجال قيم تراكيز الكاديوم المتوسطة بين (0.08-0.17 ppm) في أوراق شجر السرو وبمتوسط عام لجميع المواقع (0.13 ppm) مع انحراف معياري (0.04) وكان مجال القيم المتوسطة في أوراق شجر الأوكاليتوس (0.10-0.19 ppm) بمتوسط عام للمواقع المختلفة (0.15 ppm) مع انحراف معياري (0.04). لوحظ من الجدول (4) أن تراكيز الكاديوم كانت مختلفة في أوراق شجر السرو والأوكاليتوس حسب الموقع تدل الأحرف المختلفة على وجود فرق معنوي حسب اختبار Anova باتجاه واحد حيث لوحظ ارتفاع تركيز المعدن في الموقع St2 (المحطة الحرارية) على بقية المواقع وهذا يفسر بكونه موقع صناعي يتم فيه حرق كميات كبيرة من الوقود الأحفوري بشكل عام لوحظ أن تراكيز الكاديوم كانت ضمن الحد الطبيعي لوجوده في النباتات. لوحظ أن قيم الكاديوم كانت أعلى مما أوردته بعض الدراسات فيما يخص أوراق السرو في مدينة مدريد - إسبانيا (0.05 ppm) (Rucandio et al., 2011)، في مدينة دمشق (0.066-0.072 ppm) (Mansour, 2014)، وأقل من القيم المسجلة في حرم المصفاة في مدينة بانياس (0.89 ppm) (نيسافي وإبراهيم، 2013).

أما فيما يخص أوراق أشجار الأوكاليتوس فقد كانت أقل عما سُجل في مدينة كوربا - الهند (1.2 ppm) (Patel et al., 2015) ومن القيم المسجلة في شارع عبد القادر الحسيني (اللانقية) (0.38 ppm) (غندور وآخرون، 2015) ومن القيم في أوراق الأوكاليتوس في مدينة كركوك (العراق) (12 ppm) (Al-Dabbas et al., 2015). وهذا طبيعي إذ يختلف تراكم المعادن الثقيلة حسب الموقع (اختلاف شدة المواصلات ومقدار الترسيب الجوي والظروف المناخية) (Kilic, 2019).

الزنك Zn:

يعد الزنك عنصر أساسي لجميع الكائنات الحية وضمن تراكيز مثلى، ولكن التراكيز العالية منه تصبح سامة. المصادر الأساسية لانبعاثات الزنك في الغلاف الجوي هي حركة المركبات والأنشطة الصناعية (Bargagli, 1998; Al-Khashman, 2007;) (Chen *et al.*, 2012). إن المدى الطبيعي لتركيز الزنك في النباتات (8-100 ppm) (Nagajyoti *et al.*, 2010). يبين الجدول (5) القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري للزنك في أوراق السرو والأوكالبتوس حسب المواقع المدروسة.

الجدول (5): القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري لتراكيز الزنك مقدرة بـ ppm في أوراق أشجار السرو والأوكالبتوس في المواقع المدروسة.

أوراق شجر السرو					
المواقع	St1	St2	St3	St4	St5
مكرر 1	26.50	21.76	28.16	19.44	23.86
مكرر 2	26.43	21.83	28.52	19.53	23.92
مكرر 3	26.45	21.31	28.50	19.38	23.75
المتوسط	26.46 ^b	21.63 ^d	28.39 ^a	19.45 ^e	23.84 ^c
الانحراف المعياري	0.04	0.28	0.20	0.08	0.08
LSD _{0.05}	0.2953				
المتوسط العام مع الانحراف المعياري	23.96±3.59				
أوراق شجر الأوكالبتوس					
مكرر 1	35.74	33.91	38.21	36.82	31.26
مكرر 2	35.52	34.00	38.37	36.72	31.33
مكرر 3	35.69	33.85	38.26	36.81	31.48
المتوسط	35.65 ^c	33.92 ^d	38.28 ^a	36.78 ^b	31.36 ^e
الانحراف المعياري	0.11	0.08	0.08	0.06	0.11
LSD _{0.05}	0.043				
المتوسط العام مع الانحراف المعياري	35.20±2.97				
الحدود الطبيعية	8-100 ppm				

* الأحرف المختلفة تدل على فرق معنوي حسب اختبار فرق التباين (Anova) عند مستوى المعنوية ($p < 0.05$).

تراوح مجال قيم الزنك المتوسطة بين (19.45-28.39 ppm) في أوراق شجر السرو وبمتوسط عام لجميع المواقع (23.96 ppm) مع انحراف معياري (3.59) وكان مجال القيم المتوسطة في أوراق شجر الأوكالبتوس (31.36-3.28 ppm) بمتوسط عام للمواقع المختلفة (35.20 ppm) مع انحراف معياري (2.67). لوحظ من الجدول (5) أن تراكيز الزنك كانت مختلفة في أوراق شجر السرو والأوكالبتوس حسب الموقع تدل الأحرف المختلفة على وجود فرق معنوي حسب اختبار Anova باتجاه واحد حيث لوحظ ارتفاع تركيز المعدن في الموقع St3 (البلدية) على بقية المواقع وهذا يفسر بكونه موقع في مركز المدين وهناك نشاط مروري بشكل عام لوحظ أن قيم الزنك ضمن الحد الطبيعي لوجوده في النبات.

لوحظ أن تراكيز الزنك كانت أعلى مما أوردته بعض الدراسات فيما يخص أوراق السرو في مدينة مدريد - إسبانيا (14.5 ppm) (Rucandio *et al.*, 2011)، في مدينة دمشق (14.09-18.05 ppm) (Mansour, 2014)، وأقل من القيم المسجلة في حرم المصفاة في مدينة باناس (59.86 ppm) (نيسافي وإبراهيم، 2013) وفي مدينة أصفهان-إيران (59.29 ppm) (Amini *et al.*, 2011).

أما فيما يخص أوراق أشجار الأوكالبتوس فقد كانت أقل عما سجل في مدينة كوربا- الهند (184 ppm) (Patel et al., 2015) وبجانب معمل لإنتاج الحديد في العراق (879.52 ppm) (Salih and Aziz, 2019). وهذا طبيعي إذ يختلف تراكم المعادن الثقيلة حسب الموقع (اختلاف شدة المواصلات ومقدار التوضع "الترسب" الجوي والظروف المناخية) (Kilic, 2019).

النكل Ni

يعد النكل من العناصر المعدنية الأساس لتغذية النبات والكميات التي يحتاجها النبات لنموه قليلة جداً حيث يعد مكون لبعض الأنزيمات ويساهم في العديد من عمليات استقلاب النبات (Chen et al., 2009; Ahmad and Erum, 2010)، تشمل المصادر الطبيعية للنكل البراكين، حرائق الغابات، الغبار الناتج عن الرياح والنيازك ومن رذاذ البحر (Cempel and Nickel, 2006). تعد وسائل المواصلات والنقل بشكل عام المصدر الأساسي للنكل في العديد من مناطق المدن (Teju et al., 2012; Mansour, 2014). ويضاف إلى الوقود (الديزل) المستخدم في المصانع وأنظمة التدفئة السكنية (Yadav, 2010). يقدر المدى الطبيعي للنكل في النباتات (0.05-5 ppm) والتركيز السمي للنبات الحساسة 10 ppm (Brown, 2006). يبين الجدول (6) القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري للنكل في أوراق السرو والأوكالبتوس حسب المواقع المدروسة.

الجدول (6): القيم المتوسطة مع الانحراف المعياري لتركيز النكل مقدرة بـ ppm في أوراق أشجار السرو والأوكالبتوس في المواقع المدروسة.

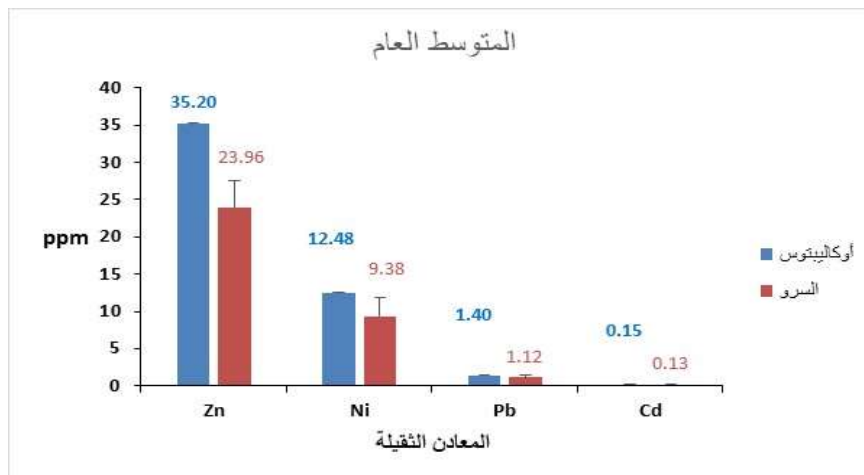
أوراق شجر السرو					
المواقع	St1	St2	St3	St4	St5
مكرر 1	5.73	10.83	8.59	9.36	12.38
مكرر 2	5.79	10.76	8.61	9.39	12.42
مكرر 3	5.70	10.79	8.59	9.32	12.36
المتوسط	5.74 ^e	10.79 ^b	8.60 ^d	9.36 ^c	12.39 ^a
الانحراف المعياري	0.04	0.03	0.01	0.03	0.03
LSD _{0.05}	0.05892				
المتوسط العام مع الانحراف المعياري	9.38±2.49				
أوراق شجر الأوكالبتوس					
مكرر 1	7.84	13.83	10.93	15.18	14.58
مكرر 2	7.84	13.85	10.95	15.23	14.61
مكرر 3	7.86	13.79	10.89	15.21	14.59
المتوسط	7.85 ^e	13.82 ^c	10.92 ^d	15.21 ^a	14.59 ^b
الانحراف المعياري	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02
LSD _{0.05}	0.043				
المتوسط العام مع الانحراف المعياري	12.48±12.48				
الحدود الطبيعية	0.05-5 ppm				

* الأحرف المختلفة تدل على فرق معنوي حسب اختبار فرق التباين (Anova) عند مستوى المعنوية ($p < 0.05$).

تراوح مجال قيم النكل المتوسطة بين (5.70-12.39 ppm) في أوراق شجر السرو وبمتوسط عام لجميع المواقع (9.38 ppm) مع انحراف معياري (2.49) وكان مجال القيم المتوسطة في أوراق شجر الأوكالبتوس (7.85-14.59 ppm) بمتوسط عام للمواقع المختلفة (12.48 ppm) مع انحراف معياري (3.07). لوحظ من الجدول (6) أن قيم النكل كانت مختلفة في أوراق شجر السرو والأوكالبتوس حسب الموقع تدل الأحرف المختلفة على وجود فرق معنوي حسب اختبار Anova باتجاه واحد حيث لوحظ ارتفاع تركيز المعدن في الموقع St5 (الأوتستراد) بالنسبة للسرو والموقع St4 (المصفاة) بالنسبة للأوكالبتوس على بقية المواقع وهذا يفسر

بالنشاط المروري والترسب الجوي (Bingol et al., 2008, Hassan and basahi, 2012) وبشكل عام لوحظ أن تراكيز النيكل كانت أعلى من الحد الطبيعي لوجوده في النبات (كمتوسط عام) حتى تجاوزت الحدود المسموح بها من قبل منظمة الصحة العالمية وخاصة عند أشجار الأوكالبتوس (10 ppm) (FAO/WHO, 2003). أن وجود المنشآت النفطية في بانياس قد يفسر سبب ارتفاع النيكل (Stamenkovic et al., 2013).

لوحظ أن قيم النيكل كانت أعلى مما أوردته بعض الدراسات فيما يخص أوراق السرو في مدينة مدريد - إسبانيا (0.89 ppm) (Rucandio et al., 2011)، في مدينة دمشق (0.11-0.14 ppm) (Mansour, 2014)، وأقل من قيم النيكل في أوراق الأوكالبتوس بجانب معمل لإنتاج الحديد في العراق (24.26 ppm) والشاهد (14.24 ppm) (Salih and Aziz, 2019). وأكبر من قيم النيكل في أوراق الأوكالبتوس في مدينة كركوك (العراق) (6.1 ppm) (Al-Dabbas et al., 2015). وهذا طبيعي إذ يختلف تراكم المعادن الثقيلة حسب الموقع (اختلاف شدة المواصلات ومقدار الترسب الجوي والظروف المناخية) (Kilic, 2019). يمكن تلخيص النتائج (شكل 3) أن ترتيب تراكيز المعادن (متوسط عام لكل المواقع) مقدرة بـ ppm في أوراق أشجار السرو كانت على النحو الآتي: [Zn (35.20) > Ni (9.38) > Pb (1.12) > Cd (0.13)] وفي أوراق أشجار الأوكالبتوس: [Zn (35.20) > Ni (12.48) > Pb (1.40) > Cd (0.15)]. كما أظهرت النتائج أن قيم المعادن كانت ضمن الحدود الطبيعية ما عدا معدن النيكل.



الشكل (3): ترتيب تراكيز المعادن المدروسة مقدرة بـ ppm (متوسط عام).

العلاقة بين العناصر المعدنية:

درست علاقات الارتباط (جدول 7) بين متوسط تركيز العناصر للمواقع مجتمعة حسب النوع الشجري المدروس حيث لوحظ عند أشجار السرو وجود علاقة ارتباط معنوية موجبة بين الرصاص والكاديوم والنيكل وبين النيكل والكاديوم في حين كانت علاقة معنوية سالبة بين كل من الرصاص والزنك والكاديوم والزنك. أما عند أشجار الأوكالبتوس لوحظ وجود علاقة ارتباط معنوية موجبة بين الرصاص والكاديوم والنيكل وبين النيكل والكاديوم والزنك والنيكل بينما لم تسجل علاقة معنوية سالبة بين العناصر. وهذا يعني أن وجود علاقة ارتباط معنوية بين هذه العناصر دليل أن لها مصادر مشتركة فيما بينها (Alaino and Varrica, 2020).

الجدول (7): قيم معامل الارتباط (r) بين قيم العناصر المعدنية مقدرة بـ ppm في كل من أوراق السرو والأوكالبتوس

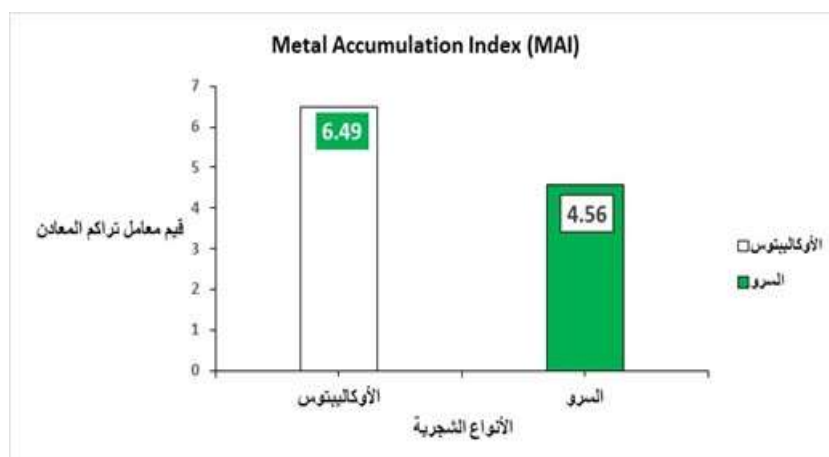
النوع الشجري	السرو				الأوكالبتوس			
العنصر	Pb	Cd	Zn	Ni	Pb	Cd	Zn	Ni
Cd	*0.948	1			*0.968	1		
p-value	0.000				0.000			
Zn	*-0.953	*-0.799	1		-0.361	-0.386	1	

p-value	0.000	0.000			0.187	0.155		
Ni	*0.828	*0.744	-0.448	1	*0.934	*0.860	*0.793	1
p-value	0.000	0.001	0.094		0.000	0.000	0.000	

* تعني وجود علاقة معنوية عند $p < 0.01$

معامل تراكم المعادن (MAI):

تم حساب قيمة هذا المعامل لكل من شجرة السرو دائم الخضرة والأوكالبتوس المتقاري في بعض المواقع ضمن مدينة بانياس وكانت قيمته 4.56 لشجر السرو و 6.49 عند شجر الأوكالبتوس (الشكل 4).



الشكل (4): قيم معامل تراكم المعادن للسرو والأوكالبتوس.

بالتوافق مع ما ذكره الباحث Liu وآخرون (2007) بأن النباتات ذات معامل تراكم المعادن عالي القيمة يمكن أن تكون اختيار جيد للزراعة في مناطق حيث يتواجد تلوث بالمعادن الثقيلة. في الحقيقة، أن هذا النوع من الأشجار يمكن أن يستخدم كحواجز طبيعية ضد التلوث خاصة في المنطق الحساسة مثل الحدائق، المدارس، المناطق السكنية (Hu et al., 2014; Zhai et al., 2016). بالنسبة يمكن اعتماد الأوكالبتوس كنوع من الأشجار ذات القدرة الفائقة لمراكمة المعادن الثقيلة ويمكن أن يكون مستخلص نباتي جيد phytoextractor في عمليات الرصد الحيوي monitoring للتلوث ومفضل في زراعة المناطق الخضراء ضمن المدن (Karmakar and Padhy, 2019).

الاستنتاجات:

1. كان ترتيب تراكيز المعادن (متوسط عام) مقدرة بـ ppm في أوراق أشجار السرو على النحو الآتي: $Zn (23.96) > Ni [(9.38) > Pb (1.12) > Cd (0.13)]$.
2. كان ترتيب تراكيز المعادن (متوسط عام) مقدرة بـ ppm في أوراق أشجار الأوكالبتوس: $[Zn (35.20) > Ni (12.48) > Pb (1.40) > Cd (0.15)]$.
3. كانت قيم المعادن ضمن الحدود الطبيعية ما عدا النيكل.
4. كانت قيمة معامل تراكم المعادن (MAI) لشجر الأوكالبتوس (6.49) أعلى من قيمة معامل تراكم المعادن لشجر السرو (4.56) بالنسبة يمكن اقتراح اعتماد شجر الأوكالبتوس كنوع نباتي فعال في عمليات الرصد الحيوي للتلوث بالمعادن الثقيلة في مدينة بانياس.

التوصيات:

تعميم هذا النوع من الدراسات في مناطق أخرى باستخدام أنواع نباتية جديدة بهدف معرفة قدرتها التراكمية والاستفادة منها في عمليات الرصد الحيوي Biomonitoring للتلوث بالمعادن الثقيلة بهدف تشجيع زراعتها في البيئات الحضرية urban.

المراجع:

- غندور، وفاء؛ لايقة، حسام الدين، دبرها، عامر (2015). المقدرة التراكمية لثلاث أنواع نباتية للأوكاليفتوس المنقاري *Eucalyptus camaldulensis* والاكاسيا *Acacia cyanophylla* والخروع *Ricinus communis* لعنصر الكاديوم. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية. سلسلة العلوم البيولوجية. 37(3): 245-233.
- نحال، ابراهيم. (2002). علم البيئة الحراجية، كتاب جامعي، كلية الزراعة، منشورات جامعة حلب، 576 صفحة.
- نيسافي، ابراهيم؛ ابراهيم، دينا (2013). المقدرة التراكمية عند السرو دائم الاخضرار (*Cupressus sempervirens*) والصنوبر البروتي (*Pinus brutia*) لعنصري الرصاص Pb والزنك Zn. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية. سلسلة العلوم البيولوجية. 37(3): 214-201.
- نيسافي، ابراهيم؛ رضوان، أسامة، ديب، سارة (2015). المقدرة التراكمية للأوكاليفتوس المنقاري *Eucalyptus camaldulensis* والعفص *Biota orientalis* لكل من الرصاص والنحاس في شارع الشاطئ الأزرق - مدينة اللاذقية. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية. سلسلة العلوم البيولوجية. 37(1): 245-233.
- Ahmad, S., and S. Erum (2010). Integrated assessment of heavy metals pollution along motorway M-2. Soil and Environment. 29, 110, 2010.
- Aksoy, A.; E. Osma; and Z. Leblebıci (2012). Spreading Pellitory (*Parietaria Judaica* L.): A Possible Biomonitor Of Heavy Metal Pollution. Pak. J. Bot., 44: 123-127.
- Alaimo, M.G.; and D. Varrica (2020). Recognition of Trace Element Contamination Using *Ficus macrophylla* Leaves in Urban Environment. Int. J. Environ. Res. Public Health. 17. 881.
- Al-Dabbas, M.A., L.A. Ali and A.H. Afaj (2015). The Chemistry Of The Leaves Of Plant *Eucalyptus camaldulensis* As Environmental Contamination Indicator Of Selected Locations At Kirkuk – Iraq. Bull. Iraq nat. Hist. Mus. 13(2): 39-50.
- Al-Khashman, O.A., (2007). Determination of metal accumulation in deposited street dusts in Amman Jordan. Environ. Geochem. Hlth. 29: 1-10.
- Alloway, B.J., (2013). Heavy metals and metalloids as micronutrients for plants and animals, in Heavy Metals in Soils. White knights: Springer. 195-209.
- Altay, V., I.I. Ozyigit; and C. Yarci (2010). Urban ecological characteristics and vascular wall flora on the Anatolian side of Istanbul, Turkey. Maejo. Int. J. Sci Technol. 4(3): 483-495.
- Amini, H.; M. Hoodaji and P. Najafi (2011). Evaluation of some tree species for heavy metal biomonitoring and pollution tolerance index in Isfahan urban zone. African Journal of Biotechnology. 10(84): 19547-19550.
- AOAC- Association of Official Analytical Chemists- Official Methods of Analysis of AOAC International (2005) 18th Ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, official method 2005.08.
- Ayan S., D. Sarsekova; G. Kenesaryuly; E. Yilmaz; O. Gülseven; and İ. Şahin (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: 357-366.

- Bargagli, R., (1998). Trace elements in terrestrial plants: An ecophysiological approach to Biomonitoring and biorecovery. Springer, Berlin, 324 Pp.
- Bingol, U., F. Geven; and K. Guney (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. 8(1): 93-96.
- Brown, P.H., (2006). "Nickel." In Handbook of Plant Nutrition, A. V. Barker and D. J. Pilbeam (Eds.) 395–410. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Groups.
- Cempel, M., and G. Nikel (2006). Nickel: A Review of Its Sources and Environmental Toxicology. Polish Journal of Environmental Studies. 15: 375-382.
- Chen, C., D. Huang; and J. Liu (2009). Functions and Toxicity of Nickel in Plants: Recent Advances and Future Prospects. Clean. 37(4–5): 304 – 313.
- Chen, X., X. Lu; and G. Yang (2012). Sources identification of heavy metals in urban topsoil from inside the Xi'an Second Ringroad, NW China using multivariate statistical methods. Catena. 98: 73-8.
- Cook, M.E., and H. Marrow (1995). Anthropogenic sources of cadmium in Canada. National Workshop on Cadmium Transport into Plants. Canadian Network of Toxicology Centres, Ottawa, Ontario, Canada. June 20–21.
- FAO/WHO (2003). Codex Alimentarius International Food Standards Codex Stan-179, Codex Alimentarius commission.
- Hassan, I.A., and J.M. Basahi (2013). Assessing roadside conditions and vehicular emission using roadside lettuce plants. Pol. J. Environ. Stud. 22(2): 287-393.
- Hlail, S. H., (2019). Heavy Metals Accumulation in Trees Grown in Urban and Rural Areas. Journal of Geoscience and Environment Protection. 7: 69-75.
- Hu, Y., D. Wang, L. Wei, X. Zhang, and B. Song (2014). Bioaccumulation of heavy metals in plant leaves from Yan'an city of Loess Plateau, China. Ecotoxicol. Environ. Saf. 110: 82-88.
- Kabata-Pendias, A., and H. Pendias (2001). Trace elements in soils and plants. Boca Raton: CRC Press; 2001. 73–98 Pp.
- Karmakar, D., and P.K. Padhy (2019). Air pollution tolerance, anticipated performance, and metal accumulation indices of plant species for greenbelt development in urban industrial area. Chemosphere. 237, 124522.
- Khalid, N.; A. Masood; A. Noman; M. Aqeel; and M. Qasim (2019). Study of the responses of two biomonitors plant species (*Daturaalba* and *Ricinus communis*) to roadside pollution. Chemosphere. 235: 832-841.
- Kilic, D.D., (2019). Investigation of heavy metal accumulation and biomonitoring of *Calepinair regularis* species growing in Amasya (Turkey) province. Anatolian Journal of Botany. 3(2): 44-50.
- Liu, Y.J.; Y.G. Zhu; and H. Ding (2007). Lead and cadmium in leaves of deciduous trees in Beijing, China: development of a metal accumulation index (MAI). Environ. Pollut. 145(2): 387-390.
- Mahfoud, A.; K. Khalil; and C. Moustapha (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. 2514-2531.
- Mansour, R., (2014). The pollution of tree leaves with heavy metal in Syria. International Journal of Chem. Tech. Research. 6(4): 2283-2290.

- Mirecki, N.; R. Agic; L. Šunic; L. Milenkovic; and Z. Ilic (2015). Transfer factor as indicator of heavy metals content in plants. Fresen. Environ. Bull. 2015, 24: 4212– 4219.
- Miri, M., M. H. Ehrampoush; H. R. Ghaffari; H. E. Aval; M. Rezai; F. Najafpour; Z. A. Fathabadi; M. Y., Aval; and A. Ebrahimi (2017). Atmospheric Heavy Metals Biomonitoring Using a Local *Pinus eldarica* Tree. Health Scope. 6(1): 1-9.
- Molnar, V.É., E. Simon; S. Ninsawat; B. Tóthmérész; and S. Szabó (2020). Pollution Assessment Based on Element Concentration of Tree Leaves and Topsoil in Ayutthaya Province, Thailand. Int. J. Environ. Res. Public Health. 17: 1-15.
- Nagajyoti, P.C., K.D. Lee; and T.V. Sreekanth (2010). Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. Environ. Chem. Lett. 8(3): 199–216.
- Padmavathiamma, P.K.; and L.Y. Li (2007). Phytoremediation technology: hyper-accumulation metals in plants. Water Air Soil Poll. 184: 05-126.
- Patel, K.S., R. Sharma, N.S. Dahariya, A. Yadav, B. Blazhev, L. Matini, and J. Hoinkis (2015). Heavy Metal Contamination of Tree Leaves. American Journal of Analytical Chemistry. 6: 687-693.
- Ristic, M., A. Peric-Grujic; D. Antanasijevic; M. Ristic; M.A Urosevic; and M. Tomasevic (2013). Plants as Monitors of Lead Air Pollution. In: Lichtfouse, E., J. Schwarzbauer; and D. Robert (Eds.). Pollutant Diseases, Remediation and Recycling. Environmental Chemistry for a Sustainable World. 4: 387-431.
- Ross, S.M., (1994). Sources and forms of potentially toxic metals in soil-plant systems. In: Ross S.M., (Eds.). Toxic metals in soil plant systems. Chicester: John Wiley; 3–25.
- Rucandio, M.I., M.D. Petit-Domínguez; C. Fidalgo-Hijano; and R. García-Giménez (2011). Biomonitoring of chemical elements in an urban environment using arboreal and bush plant species. Environ. Sci. Pollut. Res. 18: 51–63.
- Sahli, L., and H. Belhiouani, (2021). *Ficus retusa* L. as possible indicator of air metallic Pollution in urban environment. Int. J. Phytoremediation. 10: 1-10.
- Salih, Z., and F. Aziz (2019). Heavy Metals Accumulation in Leaves of Five Plant Species as a Bioindicator of Steel Factory Pollution and their Effects on Pigment Content. Pol. J. Environ. Stud. 28(6): 4351-4358.
- Stamenković, S. S., Mitrović, T. L., Cvetković, V.J., Krstić, N.S., Baošić, R.M., Marković, M.S., Nikolić, N.D., Marković, V.L., and M.V. Cvijan (2013). Biological indication of heavy metal pollution in the areas of Donje Vlake and Cerje (southeastern Serbia) using epiphytic lichens. Arch. Biol. Sci., Belgrade. 65(1): 151-159.
- Teju, E.; N. Megersa; B.S. Chandravanshi; and F. Zewge (2012). Determination of the levels of lead in the roadside soils of Addis Ababa, Ethiopia, SINET: Ethiopian Journal of Science. 35(2): 81–94.
- 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. 76(2): 167-179.
- Zhai, Y.; Q. Dai; K. Jiang; Y. Zhu; B. Xu; C. Peng; T. Wang; and G. Zeng (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. 23(13): 13368-13377.

Calculating the accumulation index of heavy metals for trees *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus camaldulensis* in the city of Baniyas (Syria).

Kamel Khalil ^{(1)*}, Nizar Moualla ⁽²⁾ and Affra Alahmad ⁽¹⁾

(1). Department of Environmental Prevention, Higher Institute for Environmental Researches, Tishreen University, Lattika, Syria.

(2). Department of Field Crops- Faculty of Agriculture, Tishreen University Lattika, Syria.

(*Corresponding author: Kamel Khalil. E-mail: d.kamelkhalil@tishreen.edu.sy).

Received: 25/11/2023

Accepted: 10/01/2024

Abstract:

This study aimed to determine the concentration of heavy metals: lead (Pb), cadmium (Cd), nickel (Ni), and zinc (Zn) in the leaves of evergreen cypress trees and beaked eucalyptus trees grown in the city of Baniyas. Leaf samples were collected from four sites within the city (St2, St3, St4, St5), varying according to traffic density and the control site (St1) in the Dreikiya site (15 km from the city of Baniyas). The concentration of elements was estimated using an atomic absorption device at the Higher Institute for Environmental Research. The results showed that the order of metal concentrations (general average) expressed in ppm in the leaves of cypress trees was as follows: [Zn (23.96) > Ni (9.38) > Pb (1.12) > Cd (0.13)] and in the leaves of eucalyptus trees: [Zn (35.20) > Ni (12.48) > Pb (1.40) > Cd (0.15)]. The results also showed that the values of metals were within normal limits, except for nickel. The results also showed that the values of the metal accumulation index (MAI) in cypress trees were (4.56) and in the leaves of eucalyptus trees were (6.49). This supports the proposal of the eucalyptus tree as an effective bioaccumulator for estimating pollution resulting from heavy metals in the city of Baniyas.

Keywords: *Cupressus sempervirens*, *Eucalyptus camaldulensis*, bioaccumulators, heavy metals, metal accumulation index (MAI), Baniyas (Syria).