ISSN: 2790-5306 (Print), 2790-5314 (Online)
مجلة الزراعة العراقية البحثية ـ وزارة الزراعة
متاح على الانترنت: www.ijarmoa.gov.iq
مجلد 27 العدد (1) 2023
IJAR
IRAQI JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH

تقويم تلوث التربة والنبات ببعض العناصر الثقيلة (Ni, Cd, Pb) وفق معايير التلوث العالمية

نور نزار طالب[1] كاظم مكي ناصر[1]
E-mail: nazarnoor712@gmil.com

الملخص

لغرض دراسة تقييم تلوث التربة والنبات ببعض العناصر الثقيلة (Ni , Cd , Pb) وفق معايير التلوث العالمية. اجريت تجربة اصص في البيت البلاستيكي باستعمال تربة ذات نسجة مزيجية باستعمال ثلاثة نباتات زينة هي المطاط الصيني (الفيكس) وعين البزون والكاريزيا، زرعت شتلات نباتات الزينة بعمر واحد (ثلاثة اشهر) وتم التسميد بعناصر NPK حسب التوصية السمادية ورويت بمياه الحنفية بعد استنفاذ 35% من الماء الجاهز واستمرت التجربة لمدة اربعة اشهر. نفذت التجربة عامليا وفق تصميم تام التعشية (CRD) باستعمال ثلاثة نباتات زينة وثلاثة مستويات من ثلاثة عناصر ثقيلة Pb و Cd و Ni هي 0 و 100 و 200 ملغم.لتر$^{-1}$ للرصاص و 0 و10 و15 ملغم.لتر$^{-1}$ للكادميوم و0 و50 و100 ملغم.لتر$^{-1}$ للنيكل بأربعة مكررات ليصبح عدد الوحدات التجريبية 108. اخذت عينات تربة قبل وبعد نهاية التجربة وتم تقدير العناصر الثقيلة الجاهزة والكلية، كما اخذت نماذج نباتية (الجذر والاوراق) بعد نهاية التجربة، وقدرت فيها تراكيز العناصر الثقيلة. بينت النتائج زيادة التراكيز الكلية للعناصر الثقيلة في التربة المزروعة وللنباتات كافة بعد نهاية التجربة طرديا مع زيادة مستويات العناصر الثقيلة المضافة، اذ بلغت التراكيز الكلية لعناصر الرصاص والكادميوم والنيكل (32.27 و28.62 و 33.56) و (1.593 و 1.009 و 1.326) و (12.17 و 8.41 و 10.61) ملغم.كغم$^{-1}$ للعناصر الثقيلة ولنباتات المطاط الصيني وعين البزون والكاريزيا على التوالي، وجود اعلى تلوثاً بيئياً في التربة المزروعة بنباتات الزينة جميعها، كما وجدت اعلى القيم لمؤشر الخطر البيئي في التربة. يمكن ترتيب النباتات من حيث كفاءها في امتصاص العناصر الثقيلة كما يلي: نبات عين البزون > الكاريزيا > المطاط الصيني، مما يشير الى قدرة النباتات العالية في نقل وتراكم العناصر الثقيلة من التربة الى النبات. اما العناصر الثقيلة فيمكن ترتيبها حسب الكمية الممتصة منها كما يأتي: –الكادميوم > النيكل > الرصاص.

الكلمات الدالة: التربة الملوثة، معايير التلوث العالمية، العناصر الثقيلة، نباتات الزينة.

المقدمة

تعد العناصر الثقيلة من المكونات الطبيعية لقشرة الأرض والمصدران الرئيسان لها في التربة هما الصخور الطبيعية للأرض والتلوث الناتج عن الأنشطة البشرية المختلفة مثل وسائل النقل المختلفة والممارسات الزراعية والأنشطة الصناعية وطرق التخلص من النفايات وغيرها [6]. التربة هي الحوض الرئيس للعناصر المنبعثة في البيئة من مجموعة واسعة من المصادر البشرية [27]. اوضح Chyad et al. [13] وجود نسبة عالية من العناصر الثقيلة كالرصاص والكادميوم والحديد

[1] كلية علوم الهندسة الزراعية، جامعة بغداد، بغداد، العراق.
تاريخ تسلم البحث: 10/كانون الثاني/2023.
تاريخ قبول البحث: 12/شباط/2023.

والمنغنيز في مياه الري بسبب تصريف المياه من المصانع والمستشفيات. ان التلوث بالعناصر الثقيلة هو إحدى صور التلوث البيئي وأخطرها، يعد تلوث التربة بالعناصر الثقيلة مثل Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr, Pb من أخطر المشاكل البيئية على مستوى العالم. بين Naser [24] ان الري بالمياه الملوثة بالعناصر الثقيلة يؤدي الى تراكم هذه العناصر في التربة ويجعلها ملوثة. أوضح كل من Abdul-hameed and Al-Juboury [7] ان التلوث هو واحد من اهم المشاكل البيئية عبر العالم Sherene [28]. بينت Al-Jubouri [8] المعايير الكمية المختلفة للتلوث بعناصر الكادميوم والرصاص والنيكل للترب والنباتات الموجودة على جوانب الطريق في بعض مناطق محافظة بغداد وقد اظهرت النتائج ان تركيز العناصر الثقيلة في ترب المواقع على امتداد الطريق السريع المحيط بمدينة بغداد وكان الترتيب كالتالي: Ni > Pb > Cd. أوضح Al-Ani et al. [2] زيادة التلوث بالعناصر الثقيلة وخاصة الرصاص لتربة مصانع البطاريات في الوزيرية قد تجاوز الحد المسموح به دولياً. تمتص العناصر الثقيلة وتتراكم في الأنواع والأصناف النباتية المختلفة، ويمكنها أن تتراكم في بعض النباتات بكمية كبيرة دون ان تظهر عليها أعراض السمية، بينما يدخل عنصر الرصاص في أنسجة النباتات بسرعة كبيرة ويتراكم في الأجزاء الخضراء منها[21]. بين Nasser and Odeh [26] ارتفاع قيم معامل الانتقال الموقعي (TF) للعنصرين Cd وNi من المجموع الجذري الى المجموع الخضري للنبات، الامر الذي يبين زيادة حركة هذه العناصر من المجموع الجذري الى المجموع الخضري في الترب الملوثة بهذه العناصر، كما بين Saleh and Nasser [25] زيادة التلوث بعنصر الرصاص والكادميوم والنيكل في التربة وانسجة النبات النامي في الترب الملوثة بهذه العناصر والقريبة من المنشأت الصناعية. تعد نباتات الكاريزيا (Carissa) وعين البزون (Catharanthus vinca) والمطاط الصيني او مايسمى الفيكس المطاط (Ficus elastic) من نباتات الزينة دائمة الخضرة.

يهدف البحث الى تقويم تلوث التربة والنبات ببعض العناصر الثقيلة (Ni , Cd , Pb) وفق معايير التلوث العالمية.

المواد وطرائق البحث

اجريت التجربة في بيت بلاستيكي، اخذت تربه كلسية ذات نسجة مزيجة (loam) وتم تلويثها بمحاليل العناصر الثقيلة الرصاص والكادميوم والنيكل، اذ اضيفت بالتراكيز(0 و100و200) للرصاص و(0 و10و15) للكادميوم و(0 و50 و100) للنيكل ملغم.لتر$^{-1}$ من احد املاحها (كبريتات هذه العناصر) بحجم ماء بحدود السعة الحقلية للتربة وتركت لمدة اسبوع لغرض الاتزان مع المحافظة على المحتوى الرطوبي للتربة بالطريقة الوزنية. ثم عبأت باصص سعة 20كغم ودكت عدة مرات للحصول على كثافة ظاهرية قريبة من تربة الحقل. زرعت شتلات نباتات المطاط الصيني وعين البزون والكاريزيا الفتية (بعمر واحد) بمعدل نبات.اصيص$^{-1}$ وسمدت بأسمدة العناصرN وP وK حسب التوصية السمادية. (التسميد بالرش 5 غم.لتر$^{-1}$) للمحلول الحاوي على السماد المركب NPK بنسبة 20:20:20 مرتين في الموسم وبفارق مدة زمنية مقدارها 20 يوماً بين الرشتين [5]. تم الري بمياه الحنفية بعد استنفاذ 35% من الماء الجاهز. اجريت التحاليل الفيزيائية والكيميائية المطلوبة للتربة حسب الطرق التي ذكرها Jackson [8] و.Black et al [11]، كما تم تقدير تراكيز العناصر الثقيلة Pb و Cd و Ni الجاهزة والكلية بعد هضمها باستعمال حامضي الكبريتيك والبيركلوريك بنسبة 2: 1 (الجدول 1). استعمل تصميم تام التعشية (CRD) لثلاث مستويات من العناصر الثقيلة وثلاث مكررات وبذلك يكون عدد الوحدات التجريبية: 3(عناصر)×3(مستويات) ×3 (نباتات)×4(مكررات)= 108 وحدة تجريبية. استخلصت العناصر الثقيلة الجاهزة في التربة بوساطة المركب المخلبي DTPA تبعاً لطريقة Quevauviller والقياس بجهاز الامتصاص الذري (AAS). تم تقدير العناصر (Pbو Cdو Ni) في النبات (الاوراق والجذور) بعد نهاية التجربة (بعد ثلاثة اشهر)

بعد هضم النبات بالطريقة الرطبة باستعمال حامضي الكبريتيك والبيركلوريك بنسبة 1:2 ثم القياس بجهاز الامتصاص الذري (AAS). تم تقدير العناصر الجاهزة والكلية (Pbو Cdو Ni) في التربة بعد نهاية التجربة.

جدول 1: بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لتربة الدراسة قبل الزراعة

الصفة		وحدة قياس	القيمة
الايصالية الكهربائية EC 1:1		dSm^{-1}	0.80
pH 1:1		----------	7.25
النتروجين الجاهز N		ملغم.كغم$^{-1}$ تربة	18.00
الفسفور الجاهز P			1.02
البوتاسيوم الجاهز K			59.23
الرصاص الكلي			12.63
الكادميوم الكلي			0.43
النيكل الكلي			18.8
الرصاص الجاهز			0.28
الكادميوم الجاهز			0.10
النيكل الجاهز			0.65
المادة العضوية OM		غم. كغم$^{-1}$	5.20
كاربونات الكالسيوم $CaCo_3$			295.2
الايونات الموجبة الذائبة	الكالسيوم Ca^{+2}	ملي مكافئ.لتر$^{-1}$	4.21
	المغنيسيوم Mg^{+2}		1.65
	الصوديوم Na^{+}		1.45
	البوتاسيوم K		0.33
الايونات السالبة الذائبة	البيكاربونات HCO_3		0.60
	الكبريتات SO_4^{-2}		0.41
	الكلور Cl		5.95
مفصولات التربة	الرمل	غم.كغم$^{-1}$ تربة	380
	الغرين		420
	الطين		200

حساب مؤشرات التلوث البيئي للتربة

1-عامل التلوث Contamination Factor (CF) [17].

$$CF = Ci / Si$$

اذ ان:

CF: عامل التلوث، **Ci**: تركيز العنصر في العينة الملوثة (ملغم.كغم$^{-1}$)

Si: تركيز العنصر في عينة المقارنة (ملغم.كغم $^{-1}$)

2- درجة التلوث(C_{deg}) Contamination Degree [17].

$$Cdeg= \sum CF_1+CF_2+CF_3+\ldots\ldots$$

اذ ان:

C_{deg}: درجة التلوث ، CF_1: عامل التلوث للعنصر الأول، CF_2: عامل التلوث للعنصر الثاني وهكذا

3- مؤشر الخطر البيئي Ecological Risk Index (RI)

$$RI=\sum E_{i1}+E_{i2}+CF_3+\ldots\ldots\ldots$$

$$E_i=T_i \times C_i$$

اذ ان:

E_i: مؤشر الخطر البيئي للعنصر **KRI**: مؤشر الخطر البيئي الكلي، C_i: عامل التلوث

T_i: عامل الاستجابة السمية للعنصر الملوث المفرد وهو يختلف باختلاف العنصر

وكما يلي:**Cu=Co=Pb=5**

حساب معايير التلوث للنبات:

1 – عامل التركيز الحيوي Bio Contamination Factor(BCF)[32].

$$BCF = (Metal)_{Root}/(Metal)_{soil}$$

اذ ان:

BCF: عامل التركيز الحيوي.

$(Metal)_{Root}$: تركيز العنصر في الجزء الجذري (ملغم كغم $^{-1}$ مادة جافة) (اخذت عينة التربة حسب انتشار المجموع الجذري للنبات).

$(Metal)_{soil}$: التركيز الكلي للعنصر في التربة (ملغم كغم $^{-1}$).

اذا كانت قيمهBCF اكبر من واحد فهذا يدل على قدرة النبات العالية لامتصاص وتراكم العنصر الثقيل في انسجته، اما اذا كانت القيمة اقل من واحد فهذا يدل على عدم قابلية النبات على امتصاص العنصر الثقيل من التربة بالكمية الكافية [14].

2– معامل الانتقال الموقعي Translocation Factor (TF)

$$TF= (Metal)_{leaves}/(Metal)_{root}$$

اذ ان:

TF: معامل الانتقال الموقعي.

$(Metal)_{leaves}$: تركيز العنصر في الاوراق (ملغم.كغم $^{-1}$ مادة جافة).

$(Metal)_{root}$: تركيز العنصر في الجزء الجذري (ملغم.كغم $^{-1}$ مادة جافة)

جدول **2**. قيم مؤشرات التلوث للتربة

Contamination Factor Value			
CF<1	Low contamination		
1≤ CF <3	Moderate contamination		
3≤ CF<6	Considerable contamination		
CF≥ 6	Very high contamination		
Contamination Degree			
C_{deg}<8	Low degree of contamination		
8< C_{deg}<16	A moderate degree of contamination		
16< C_{deg}<32	Considerable degree of contamination		
C_{deg} > 32	A very high degree of contamination		
Ecological risk index			
Ei value	Of ecological risk of single metal	Total ecological risk index(RI)	
Ei<40	Low risk	RI Value grade of potential	Ecological risk of environment
40< Ei <80	Moderate risk	RI<150	Low risk
80< Ei <160	Considerable risk	150 < RI< 300	Moderate risk
160< Ei< 320	High risk	300< RI<600	Considerable risk
Ei >320	Very high risk	RI >600	Very high risk

النتائج والمناقشة

العناصر الثقيلة في التربة بعد نهاية التجربة

1:1 عنصر الرصاص الكلي في التربة

تبين نتائج جدول 3 وجود اختلافات عالية المعنوية بين المعاملات المختلفة للنبات الواحد، ان اعلى التراكيز كانت في التربة المزروعة بنبات الكاريزيا، اذ بلغت **68.41** ملغم.كغم$^{-1}$ للمعاملة**T2**، يليها التربة المزروعة بنبات المطاط الصيني بلغت **61.10**ملغم **PB**كغم$^{-1}$ تربة واخيرا التربة المزروعة بنبات عين البزون بلغت **59.95** ملغم **Pb.**كغم$^{-1}$ تربة للمعاملة لنفسها، من هذا يتبين ان اكثر النباتات امتصاصا لعنصر الرصاص هو نبات عين البزون ثم المطاط الصيني واخيرا الكاريزيا. وهذا ينسجم مع ما أشار اليه **.Karim et al [19]** الذين بينوا أن أضافة عنصر الرصاص للتربة يزيد من تركيزه الكلي في التربة وحسب مستويات الإضافة.

جدول3: تركيز عنصر الرصاص (**Pb**) الكلي في التربة (ملغم.كغم$^{-1}$ تربة) المزروعة بالنباتات المختلفة للمعاملات المختلفة بعد نهاية التجربة

النبات	تركيز الرصاص			المتوسط
	0 mg kg $^{-1}$ (T0)	100 mg kg $^{-1}$ (T1)	200 mg.kg $^{-1}$ (T2)	
المطاط الصيني	2.68	33.03	61.10	32.27
عين البزون	2.02	23.89	59.95	28.62
الكاريزيا	2.45	29.83	68.41	33.56
LSD 5%	3.54**			2.04**
المتوسط	2.38	28.91	63.15	
LSD 5%	3.54**			

2:1 عنصر الكادميوم الكلي

اشارت النتائج في جدول 4 الى وجود اختلافات عالية المعنوية بين المعاملات المختلفة للنبات الواحد، ان اعلى التراكيز كانت في التربة المزروعة بنبات المطاط الصيني، اذ بلغت**3.190** ملغم.كغم$^{-1}$ للمعاملة **T2** يليها التربة المزروعة بنبات الكاريزيا بلغت **2.638** ملغم **Cd.**كغم$^{-1}$ تربة واخيراً التربة المزروعة بنبات عين البزون بلغت **1.968** ملغم **Cd.**كغم$^{-1}$ تربة للمعاملة نفسها، من هذا يتبين ان اكثر النباتات امتصاصا لعنصر الرصاص هو نبات عين البزون ثم الكاريزيا واخيرا المطاط الصيني.

جدول **4**: تركيز عنصر الكادميوم (**Cd**) الكلي في التربة (ملغم.كغم$^{-1}$ تربة) المزروعة بالنباتات المختلفة للمعاملات المختلفة بعد نهاية التجربة

النبات	تركيز الكادميوم			المتوسط
	0 Mg.kg $^{-1}$ (T0)	100 Mg.kg $^{-1}$ (T1)	200 Mg.kg $^{-1}$ (T2)	
المطاط الصيني	0.002	1.588	3.190	1.593
عين البزون	0.001	1.058	1.968	1.009
الكاريزيا	0.001	1.338	2.638	1.326
LSD 5%	0.449*			0.260**
المتوسط	0.001	1.328	2.599	
LSD 5%	0.449**			

3:1 عنصر النيكل الكلي في التربة

اشارت النتائج في جدول 5 الى وجود اختلافات عالية المعنوية بين المعاملات المختلفة للنبات الواحد، فقد كانت اعلى التراكيز في التربة المزروعة بنبات المطاط الصيني، اذ بلغت **22.69** ملغم.كغم$^{-1}$ للمعاملة **T2**، يليها التربة

المزروعة بنبات الكاريزيا بلغت.19.47ملغم Ni. كغم$^{-1}$ تربة واخيرا التربة المزروعة بنبات عين البزون بلغت 15.31ملغم Ni.كغم$^{-1}$ تربة لنفس المعاملة، من هذا يتبين ان اكثر النباتات امتصاصا لعنصر النيكل هو نبات عين البزون ثم الكاريزيا واخيرا المطاط الصيني.

جدول 5: تركيز عنصر النيكل (Ni) الكلي في التربة (ملغم.كغم$^{-1}$ تربة) المزروعة بالنباتات المختلفة للمعاملات المختلفة بعد نهاية التجربة

النبات	تركيز النيكل			المتوسط
	0 mg.kg $^{-1}$ (T0)	100 mg. kg $^{-1}$ (T1)	200 mg.kg $^{-1}$ (T2)	
المطاط الصيني	1.22	12.60	22.69	12.17
عين البزون	0.95	8.98	15.31	8.41
الكاريزيا	1.11	11.25	19.47	10.61
LSD 5%	2.26**			1.30**
المتوسط	1.09	10.94	19.15	
LSD 5%	2.26**			

2- العناصر الثقيلة في النباتات

1:2 العناصر الثقيلة في جذور النباتات

1:1:2 عنصر الرصاص

دلت نتائج جدول 6 الى وجود اختلافات معنوية بين المعاملات المختلفة للنبات الواحد، كانت اعلى التراكيز في المجموع الجذري لنبات عين البزون بلغت 78.47 ملغم.كغم$^{-1}$ للمعاملة T2 يليها في جذر نبات الكاريزيا بلغت 74.20 ملغم Pb.كغم$^{-1}$ مادة جافة واخيرا في المجموع الجذري لنبات المطاط الصيني بلغت 70.96 ملغم Pb .كغم$^{-1}$ مادة جافة للمعاملة نفسها، وهذا يدل ان نباتي عين البزون والكاريزيا لهما قدرة امتصاص اعلى لعنصر الرصاص من التربة مقارنة بنبات المطاط الصيني، ويعود سبب ذلك الى زيادة المجموع الجذري لنباتات عين البزون والكاريزيا مقارنة بجذور نباتات المطاط الصيني الأمر الذي يساعد في زيادة عملية امتصاص الرصاص الجاهز في التربة وتجمعه في جذور النباتات وهذا ينسجم مع ما توصل اليه Nasser and Saleh [25]و.Evans et al [15] الذين أوضحوا ان زيادة المجموع الجذري للنبات وتحسين نموه يعمل على زيادة الإفراز الجذري التي تعمل على خفض درجة تفاعل التربة (pH) وزيادة جاهزية الرصاص في التربة وإمكانية حصول زيادة كبيرة في كميات الرصاص الممتصة من قبل النبات وتجمعها في الجذور.

عند مقارنة تراكيز الرصاص في المجموع الجذري مع التراكيز العالمية المسموح بها في النباتات من قبل منظمة الغذاء والزراعة الدولية والصحة العالمية FAO، WHO [31] البالغة 5 ملغم.كغم$^{-1}$ مادة جافة نجد ان جميع النباتات قد تجاوزت الحدود المسموح بها الا ان هذه النباتات لم تظهر عليها اعراض تسمم او نقص في النمو، لذلك تعد جميعها من النباتات المراكمة للرصاص.

جدول6: تركيز عنصر الرصاص(Pb) في الجذر (ملغم.كغم$^{-1}$ مادة جافة) للنباتات المختلفة وللمعاملات المختلفة بعد نهاية التجربة

النبات	تركيز الرصاص			المتوسط
	0 mg.kg $^{-1}$ (T0)	100 mg.kg $^{-1}$ (T1)	200 mg.kg $^{-1}$ (T2)	
المطاط الصيني	4.26	40.18	70.96	38.46
عين البزون	4.58	44.05	78.47	42.36
الكاريزيا	4.32	41.48	74.20	40.00
LSD 5%	2.73*			1.58**
المتوسط	4.38	41.90	74.54	
LSD5%	2.73**			

2:1:2 عنصر الكادميوم

توضح نتائج جدول 7 عدم وجود اختلافات معنوية بين المعاملات المختلفة للنبات الواحد، ان اعلى التراكيز كانت في جذر نبات عين البزون نبات الكاريزيا بلغت 4.21 ملغم .كغم$^{-1}$ للمعاملة T2 تربة واخيرا جذر نبات المطاط الصيني بلغت 3.90 ملغم Cd. كغم$^{-1}$ مادة جافة لنفس المعاملة، من هذا يتبين ان اكثر النباتات امتصاصا لعنصر الكادميوم هو نبات عين البزون والكاريزيا واخيرا نبات المطاط الصيني، لا توجد فروقات معنوية بين متوسطات تراكيز الكادميوم في جذور النباتات كافة وهذا يدل ان هذه النباتات لها قدرة متقاربة لامتصاص الكادميوم من التربة، وهذا ينسجم مع ما أشار إليه Mostafa et al. [23] إذ أوضحوا أن الزيادة في حجم ووزن المجموع الجذري والخضري للنبات وإمكانية توفير العناصر الجاهزة في التربة يسبب زيادة قدرة النبات على امتصاص وتراكم العناصر في أنسجة النبات.

جدول7: تركيز عنصر الكادميوم (Cd) في الجذر (ملغم. كغم$^{-1}$ مادة جافة) للنباتات المختلفة وللمعاملات المختلفة بعد نهاية التجربة

النبات	تركيز الكادميوم			المتوسط
	0 mg.kg $^{-1}$ (T0)	100 mg.kg $^{-1}$ (T1)	200 mg.kg $^{-1}$ (T2)	
المطاط الصيني	0.002	2.800	3.900	2.234
عين البزون	0.002	2.910	4.210	2.374
الكاريزيا	0.002	2.840	4.210	2.351
LSD 5%	NS			NS
المتوسط	0.002	2.850	4.107	
LSD 5%	0.532**			

وقد تجاوزت تراكيز الكادميوم في النباتات كافة (المجموع الجذري) التراكيز العالمية المسموح بها من قبل منظمة الغذاء والزراعة الدولية ومنظمة الصحة العالمية FAO، WHO [31] البالغة 0.2 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة، الا انها لم تظهر عليها اعراض تسمم او نقص في النمو ، لذلك فان نباتات الزينة المدروسة كافة تعد من النباتات المراكمة لعنصر الكادميوم.

3:1:2 عنصر النيكل

يوضح جدول 8 عدم وجود اختلافات معنوية بين المعاملات المختلفة للنبات الواحد. ان اعلى التراكيز كانت في جذر نبات عين البزون، اذ بلغت 27.00 ملغم.كغم$^{-1}$ للمعاملة T2وجذر نبات الكاريزيا بلغت 25.50 ملغم Ni. كغم$^{-1}$ تربة واخيرا الجذر لنبات المطاط الصيني بلغت 24.51ملغم Ni. كغم$^{-1}$ مادة جافة للمعاملة نفسها، من هذا يتبين ان اكثر النباتات امتصاصا لعنصر النيكل هو نبات عين البزون والكارزيا واخيرا نبات المطاط الصيني، لا توجد فروق معنوية بين متوسطات تراكيز النيكل في جذر نباتات المطاط الصيني وعين البزون والكاريزيا وهذا يدل ان هذه النباتات لها قدرة امتصاص متقاربة للنيكل من التربة. وقد يعزى السبب الى امتلاك نباتات المطاط الصيني وعين البزون والكاريزيا مجموع جذري كبير مما يزيد من كمية النيكل الممتص والمتراكم في جذور النباتات ويتماشى هذا مع ما توصل اليه Barrutia et al. [9] الذين بينوا ان الزيادة في نمو النباتات غير المجمعة والكتلة الحيوية ومجموعها الجذري والخضري في التربة التي تحتوي على تراكيز عالية من العناصر الملوثة لاسيما النيكل تعمل على زيادة امتصاص هذه العناصر، ثم انتقالها الى المجموع الجذري وباقي أجزاء النبات الأخرى. ولم تتعد تراكيز النيكل في النباتات كافة الحدود المسموح بها عالميا من قبل WHO/FAO [30] البالغة 67.00 ملغم. كغم$^{-1}$ مادة جافة، وقد يعزى هذا الى قلة التركيز المضاف للتربة من عنصر

النيكل نجد انها لم تتمكن من امتصاص كمية كبيرة منه بسبب عدم توفيره في التربة، اذن قد يترسب في التربة بصورته الكلية وخاصة في الترب الكلسية وتقل كميتة الجاهزة للامتصاص من قبل النبات.

جدول8: تراكيز عنصر النيكل (Ni) في الجذر (ملغم .كغم$^{-1}$ مادة جافة) للنباتات المختلفة وللمعاملات المختلفة بعد نهاية التجربة

النبات	تركيز النيكل			المتوسط
	0 mg.kg $^{-1}$ (T0)	100 mg.kg $^{-1}$ (T1)	200 mg.kg $^{-1}$ (T2)	
المطاط الصيني	1.41	14.50	24.51	13.47
عين البزون	1.48	16.00	27.00	14.82
الكاريزيا	1.44	14.90	25.50	13.94
LSD 5%	Ns			ns
المتوسط	1.44	15.13	25.67	
LSD 5%	3.14**			

3-العناصر الثقيلة في اوراق النباتات

1:3 عنصر الرصاص

يوضح جدول 9 وجود اختلافات معنوية بين المعاملات المختلفة للنبات الواحد، ان اعلى التراكيز كانت في اوراق نبات عين البزون، اذ بـلغت 59.18 ملغم كغم$^{-1}$ للمعاملة T2، يليها اوراق نبات الكاريزيا بلغت 56.60ملغم Pb. كغم$^{-1}$ تربة واخيرا لنبات المطاط الصيني بلغت 51.98 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة للمعاملة نفسها. من هذا يتبين ان اكثر النباتات امتصاصاً لعنصر الرصاص هو نبات عين البزون والكاربزيا واخيراً نبات المطاط الصيني. وقد تجاوزت تراكيز الرصاص في الاوراق و النباتات جميعها الحدود المسموح بها دوليا من قبل WHO/FAO [30].

جدول9: تراكيز عنصر الرصاص في الاوراق (ملغم. كغم$^{-1}$ مادة جافة) للنباتات المختلفة وللمعاملات المختلفة بعد نهاية التجربة

النبات	تركيز الرصاص			المتوسط
	0 mg.kg $^{-1}$ (T0)	100 mg.kg $^{-1}$ (T1)	200 mg.kg $^{-1}$ (T2)	
المطاط الصيني	3.20	28.06	51.98	27.74
عين البزون	3.45	32.12	59.18	31.58
الكاريزيا	3.31	29.61	56.60	29.84
LSD 5%	2.88*			1.66**
المتوسط	3.32	29.93	55.92	
LSD 5%	2.88**			

2:3 عنصر الكادميوم

تشير نتائج جدول 10 الى وجود فروق معنوية بين المعاملات المختلفة للنبات الواحد، كانت اعلى التراكيز في اوراق نبات عين البزون، بلغت 5.680 ملغم. كغم$^{-1}$ للمعاملة T2، يليها اوراق نبات الكاريزيا بلغت 5.210 ملغم Cd . كغم$^{-1}$ تربة واخيرا لنبات المطاط الصيني بلغت 5.000 ملغم Cd .كغم$^{-1}$ مادة جافة لنفس المعاملة، لا توجد فروق معنوية بين متوسطات تراكيز الكادميوم في ساق النباتات كافة وهذا يدل ان هذه النباتات لهم قدرة متشابهة لامتصاص الكادميوم من التربة. ان الزيادة الحاصلة في تركيز الكادميوم في أوراق نباتات الدراسة قد تجاوزت المستويات المسموح بها عالميا البالغة

0.2 ملغم Cd. كغم $^{-1}$ مادة جافة [30]. بسبب ارتفاع تركيز الكادميوم الجاهز بالتربة والناتج من إضافة تراكيز عالية للعنصر قبل الزراعة.

جدول 10: تركيز عنصر الكادميوم (**Cd**) في الاوراق (ملغم.كغم$^{-1}$ مادة جافة) للنباتات المختلفة وللمعاملات المختلفة بعد نهاية التجربة

النبات	تركيز الكادميوم			المتوسط
	0 mg.kg $^{-1}$ (T0)	100 mg.kg $^{-1}$ (T1)	200 mg.kg $^{-1}$ (T2)	
المطاط الصيني	0.003	3.700	5.000	2.901
عين البزون	0.003	3.940	5.680	3.208
الكاريزيا	0.003	3.830	5.210	3.014
LSD 5%	NS			NS
المتوسط	0.003	3.823	5.297	
LSD 5%	0.608**			

3:3 عنصر النيكل

يوضح جدول 11 عدم وجود اختلافات معنوية بين المعاملات المختلفة للنبات الواحد، ان اعلى التراكيز كانت في اوراق نبات عين البزون، اذ بلغت 40.910 ملغم.كغم$^{-1}$ للمعاملة T2، يليها اوراق نبات الكاريزيا بلغت 39.240 ملغم Ni.كغم$^{-1}$ تربة واخيرا لنبات الفيكس بلغت 38.110 ملغم Ni.كغم$^{-1}$ مادة جافة للمعاملة نفسها، من هذا يتبين ان اكثر النباتات امتصاصا لعنصر النيكل هو نبات عين البزون والكارزيا واخيرا نبات المطاط الصيني. وهذا ينسجم مع ما ذكره Garcia et al. [16] الذين أوضحوا ان زيادة العناصر الثقيلة والمتراكمة في أوراق النباتات تتناسب طردياً مع الزيادة في تراكيز تلك العناصر في التربة التي تعيش وتنمو فيها هذه النباتات. ولم تتجاوز تراكيز النيكل في الاوراق النباتات كافة الحدود المسموح بها دوليا من قبل WHO/FAO [30].

جدول11: تركيز عنصر النيكل (**Ni**) في الاوراق (ملغم .كغم$^{-1}$ مادة جافة) للنباتات المختلفة وللمعاملات المختلفة بعد نهاية التجربة

النبات	تركيز النيكل			المتوسط
	0 mg. kg $^{-1}$ (T0)	100 mg. kg $^{-1}$ (T1)	200 mg.kg $^{-1}$ (T2)	
المطاط الصيني	2.61	19.73	38.11	20.15
عين البزون	1.50	21.06	40.91	21.15
الكاريزيا	2.63	20.50	39.24	20.79
LSD 5%	NS			NS
المتوسط	2.24	20.43	39.42	
LSD 5%	3.12**			

4– معايير التلوث البيئي للتربة

1:4 عامل التلوث (CF) Contamination Factor

1:1:4 عامل التلوث للرصاص (CF - Pb):

يوضح جدول 12 وجود اختلافات في قيم عامل التلوث للترب المزروعة بنبات المطاط الصيني والكاريزيا وعين البزون فكانت اعلى القيم في المعاملة T2 البالغة 29.80 و 27.92 و 22.79 التي تقع ضمن المدى $CF \geq 6$ التلوث العالي جداً (Very high contamination) لنبات عين البزون والكاريزيا والمطاط الصيني بالتعاقب. ويعود

سبب ارتفاع عامل التلوث لعنصر الرصاص الى زيادة تراكيز عنصر الرصاص في التربة وينسجم هذا مع ما توصل اليه Chen [12] الذي بين ان تلوث التربة الزراعية بالعناصر الثقيلة يؤدي الى ارتفاع مستويات الجاهز منها وبالتالي يؤثر في ارتفاع قيم عامل التلوث مقارنة بالتربة غير الملوثة.

جدول 12: قيم عامل التلوث (CF) لعنصر الرصاص في التربة للمعاملات المختلفة وللنباتات المختلفة بعد نهاية التجربة

نوع النبات	المعاملات	القيمة	التصنيف
المطاط الصيني (F)	T0	1.00	تلوث منخفض
	T1	12.32	تلوث عالي جدا
	T2	22.79	تلوث عالي جدا
نبات عين البزون (E)	T0	1.00	تلوث منخفض
	T1	11.82	تلوث عالي جدا
	T2	29.80	تلوث عالي جدا
نبات الكاريزيا (K)	T0	1.00	تلوث منخفض
	T1	12.17	تلوث عالي جدا
	T2	27.92	تلوث عالي جدا

2:1:4 عامل التلوث للكادميوم (CF – Cd):

يوضح جدول 13 ارتفاع قيم عامل التلوث للتربة بعنصر الكادميوم للمعاملات المختلفة والمزروعة بنباتات المطاط الصيني وعين البزون والكاريزيا، ان اعلى القيم كانت في المعاملة T2 النباتات كافة، إذ بلغت 1781.81 و1753.33 لنباتات عين البزون والكاريزيا والمطاط الصيني على التوالي، تصنف التربة ذات تلوث عالي جدا (very high condition) مقارنة بمعاملة القياس T0 البالغة 1.00 والتي تقع ضمن حدود قليلة التلوث1 > CF.

والسبب في ذلك يعود الى الكمية الكبيرة للكادميوم الموجودة في التربة قبل الزراعة وحسب المعاملات المختلفة التي اثرت في تراكم الكادميوم الجاهز في التربة الامر الذي ادى الى الزيادة الطردية لقيم التلوث مع تراكيز الكادميوم المضاف للتربة، وهذا يتلاءم مع ما جاء به Al-Asadi et al. [3] الذين اوضحوا ان الزيادة في تراكيز العناصر الثقيلة في التربة الزراعية نتيجة تعرضها للتلوث من مصادر مختلفة والتي تزيد من جاهزية تلك العناصر في التربة الامر الذي ادى الى ارتفاع قيم معامل التلوث CF. ان ارتفاع قيم عامل التلوث للكادميوم للنباتات كافة يدل على ان النباتات كافة مراكمة لعنصر الكادميوم ويمكن ترتيبها بالشكل التالي: نبات عين البزون> الكاريزيا> المطاط الصيني.

جدول 13: قيم عامل التلوث (CF) لعنصر الكادميوم في التربة للمعاملات المختلفة وللنباتات المختلفة بعد نهاية التجربة

نوع النبات	المعاملات	القيمة	التصنيف
المطاط الصيني (F)	T0	1.00	تلوث منخفض
	T1	752.38	تلوث عالي جدا
	T2	1519.04	تلوث عالي جدا
نبات عين البزون (E)	T0	1.00	تلوث منخفض
	T1	954.54	تلوث عالي جدا
	T2	1781.81	تلوث عالي جدا
نبات الكاريزيا (K)	T0	1.00	تلوث منخفض
	T1	954.54	تلوث عالي جدا
	T2	1753.33	تلوث عالي جدا

3:1:4 عامل التلوث للنيكل (CF - Ni)

يوضح جدول 14 ارتفاع جميع قيم عامل التلوث للتربة بعنصر النيكل للمعاملات المختلفة والمزروعة بنباتات المطاط الصيني وعين البزون والكاريزيا، T2 لجميع النباتات، إذ بلغت18.59 و 17.54 و16.11 لنباتات المطاط الصيني والكاريزيا وعين البزون والكاريزيا بالتعاقب .ان هذه القيم تقع ضمن الحدود 6 <CF وتصنف التربة ذات تلوث عالي جدا حسب هذا المعيار (very high condition) مقارنة بمعاملة القياس T1 البالغة 1.00.

جدول 14: قيم عامل التلوث (CF) لعنصر النيكل في التربة للمعاملات المختلفة وللنباتات المختلفة بعد نهاية التجربة

نوع النبات	المعاملات	القيمة	التصنيف
المطاط الصيني	T0	1.00	تلوث منخفض
	T1	10.32	تلوث عالي
	T2	18.59	تلوث عالي
نبات عين البزون	T0	1.00	تلوث منخفض
	T1	9.45	تلوث معتدل
	T2	16.11	تلوث عالي
نبات الكاريزيا (K)	T0	1.00	تلوث منخفض
	T1	10.13	تلوث معتدل
	T2	17.54	تلوث عالي

يعود سبب ارتفاع قيم عامل التلوث في التربة المزروعة بنباتات المطاط الصيني وعين البزون والكاريزيا يعود الى زيادة التراكيز المضافة من عنصر النيكل للتربة قبل الزراعة الامر الذي ادى الى زيادة جاهزيته الى التربة ويتماشى هذا مع ما ذكره Mohsen وMohsen [22] اللذان اشارا الى حصول زيادة في عنصر النيكل في التربة والناتج من التلوث الحاصل بفعل النشاطات البشرية والصناعية الامر الذي ادى الى ارتفاع تراكيز الجاهز منه وبالتالي ارتفاع عامل التلوث للتربة.

2:4 درجة التلوث البيئي

اشارت نتائج جدول 15 الى حدوث اعلى درجة تلوث في التربة للمعاملات النباتات كافة، الا ان قيم درجة التلوث اختلفت حسب مستويات الاضافة لكل معاملة فكانت اعلى القيم في التربة المزروعة بنباتات المطاط الصيني بلغتا 1563.41و 775.02 وفي تربة عين البزون 1827.72و 975.81 وفي تربة الكارزيا 1798.79 و976.84 للمعاملات T2و T1 على التوالي، بدرجة تلوث عالية جدا مقارنة بمعاملة القياس T1 والبالغة 3.00 للترب كافة.

جدول 15: قيم درجة التلوث في التربة للمعاملات المختلفة وللنباتات المختلفة بعد نهاية التجربة

نوع النبات	المعاملات	القيمة	التصنيف
المطاط الصيني (F)	T0	3.00	درجة تلوث منخفضة
	T1	775.02	درجة تلوث عالية جدا
	T2	1563.41	درجة تلوث عالية جدا
نبات عين البزون (E)	T0	3.00	درجة تلوث منخفضة
	T1	975.81	درجة تلوث عالية جدا
	T2	1827.72	درجة تلوث عالية جدا
نبات الكاريزيا (K)	T0	3.00	درجة تلوث منخفضة
	T1	976.84	درجة تلوث عالية جدا
	T2	1798.79	درجة تلوث عالية جدا

3:4 مؤشر الخطر البيئي

اوضحت نتائج جدول 16 ان جميع قيم المعاملات كافة المستعملة للتربة المزروعة بنباتات المطاط الصيني وعين البزون والكاريزيا ادت الى حدوث اعلى مؤشر خطر بيئي، وقد اختلفت قيم مؤشر الخطر البيئي حسب مستويات الاضافة لكل معاملة فكانت اعلى القيم في التربة المزروعة بنباتات المطاط الصيني بلغت 45778.10 و22684.60 وفي التربة المزروعة بنباتات عين البزون 28742.55 و53683.85 في التربة المزروعة بنباتات الكاريزيا 52827.20 و 28747.70 للمعاملات T2و T1 على التوالي مقارنة بمعاملة القياس T1 والبالغة 40.00.

جدول16: قيم مؤشر الخطر البيئي في التربة للمعاملات المختلفة وللنباتات المختلفة بعد نهاية التجربة

نوع النبات	المعاملات	القيمة	التصنيف
المطاط الصيني	T0	40.00	مدى منخفض من التلوث
	T1	22684.60	تلوث عالي جدا
	T2	45778.10	تلوث عالي جدا
نبات عين البزون	T0	40.00	مدى منخفض من التلوث
	T1	28742.55	تلوث عالي جدا
	T2	53683.85	تلوث عالي جدا
نبات الكاريزيا	T0	40.00	مدى منخفض من التلوث
	T1	28747.70	تلوث عالي جدا
	T2	52827.20	تلوث عالي جدا

5- معايير التلوث البيئي للنبات

1:5 معامل التركيز الحيوي في جذور النباتات BCF

1:1:5 عنصر الرصاص BCF-Pb

يلاحظ من جدول 17 وجود فروق معنوية بين متوسطات قيم عامل التركيز الحيوي للنباتات المختلفة، فقد تفوق نبات عين البزون معنويا عن باقي النباتات المستعملة في عملية الاستصلاح الحيوي، اذ بلغت قيمة العامل 1.82 ثم يأتي نبات الكاريزيا الذي تفوق معنوياً على نبات المطاط الصيني، اذ بلغت قيمة العامل 1.39 و1.31 للنباتين على التوالي. من هذه النتائج يتبين ان كفاءة نبات عين البزون في امتصاص وتراكم عنصر الرصاص في مجموعه الجذري أكبر من نبات الكاريزيا الذي تفوق على نبات المطاط الصيني. ان اختلافات النباتات فيما بينها في قابليتها لامتصاص الرصاص من التربة قد يعزى الى نوع النبات وحجم مجموعه الجذري. اما بالنسبة للمعاملات المستعملة في الدراسة، فتشير النتائج ان معاملة المقارنة T0 اعلى قيمة لعامل التركيز الحيوي مقارنة بالمعاملات الاخرى، اذ بلغ متوسط قيمة العامل 1.85 وقد تفوقت معنويا عن المعاملة T1 التي تفوقت بدورها معنويا عن المعاملة T2. ان تفوق المعاملة T0 يأتي بسبب عدم اضافة الرصاص الى التربة وان العامل هو نتيجة قسمة تركيز العنصر في الجذر على تركيز العنصر في التربة، لذلك فما موجود من رصاص في التربة بصورته الجاهزة قد امتصها النبات وتراكمها في مجموعه الجذري ولم يبقى منه الا القليل في التربة لذلك زادت قيمه العامل، وهكذا للمعاملتين T1 وT2. عند ملاحظة القيم كافة في الجدول 17 تبين انها تجاوزت قيمة الواحد، لذلك تعد جميع النباتات المستعملة ذات قدرة عالية لأمتصاص وتراكم الرصاص في انسجتها الداخلية ويمكن ترتيب النباتات من حيث كفاءتها في المعالجة الحيوية كالاتي:- نبات عين البزون > الكاريزيا > المطاط الصيني. ان ارتفاع قيم العامل عن الواحد يعزى الى قدرة النباتات المستعملة في امتصاص وتراكم الرصاص في مجموعها الجذري، ينسجم هذا مع ما اشار اليه Al-Otaibi

[9] الذي اوضح ان غالبية النباتات لها القدرة على امتصاص عنصر الرصاص من التربة الملوثة به بسهولة وتجمعه في المجموع الجذري للنباتات، ثم ينتقل الى اجزاء النباتات الاخرى.

جدول 17: قيم عامل التركيز الحيوي لعنصر الرصاص في التربة للمعاملات المختلفة وللنباتات المختلفة بعد نهاية التجربة

النبات	تركيز الرصاص			المتوسط
	0 mg kg $^{-1}$ (T0)	100 mg kg $^{-1}$ (T1)	200 mg kg $^{-1}$ (T2)	
المطاط الصيني	1.58	1.21	1.16	1.31
عين البزون	2.26	1.90	1.30	1.82
الكاريزيا	1.72	1.39	1.08	1.39
LSD 5%	0.09**			0.05**
المتوسط	1.85	1.50	1.18	
LSD 5%	0.05**			

2:1:5 عنصر الكادميوم BCF-Cd

بينت نتائج جدول 18 وجود فروق معنوية بين متوسطات قيم عامل التركيز الحيوي للنباتات المختلفة، اذ تفوق نبات عين البزون معنويا عن باقي النباتات المستعملة في عملية الاستصلاح الحيوي، وبلغت قيمة العامل 2.29، ثم يأتي نبات الكاريزيا الذي تفوق معنوياً على نبات المطاط الصيني، اذ بلغت قيمة العامل 1.69و1.29 للنباتين على التوالي، من هذا تبين ان كفاءة نبات عين البزون في امتصاص وتراكم عنصر الكادميوم في مجموعه الجذري أكبر من نبات الكاريزيا الذي تفوق على نبات المطاط الصيني. قد يعزى اختلافات النباتات فيما بينها في قابليتها لامتصاص الكادميوم من التربة الى نوع النبات وحجم مجموعه الجذري. اما المعاملات المستعملة في الدراسة، فتشير النتائج ان معاملة المقارنة T1 اعلى قيمة لعامل التركيز الحيوي مقارنة بالمعاملات الاخرى، اذ بلغ متوسط قيمة العامل 2.18 وقد تفوقت معنوياً عن المعاملة T2 التي تفوقت معنوياً عن المعاملة T0. يأتي سبب تفوق المعاملة T1 من اضافة الكادميوم الى التربة وان العامل هو نتيجة قسمة تركيز العنصر في الجذر على تركيز العنصر في التربة، لذلك فما موجود من كادميوم في التربة بصورته الجاهزة قد امتصها النبات وتراكمها في مجموعه الجذري ولم يبقى منه الا القليل في التربة لذلك زادت قيمه العامل، وهكذا للمعاملتين T0 و T2. تجاوزت جميع القيم في الجدول الواحد، وبهذا تعد جميع النباتات المزروعة لها قدرة عالية في امتصاص وتراكم الكادميوم في انسجتها الداخلية ويمكن ترتيب النباتات من حيث كفاءتها في المعالجة الحيوية كالاتي :- نبات عين البزون > الكاريزيا > المطاط الصيني. يعزى ارتفاع قيم العامل عن الواحد الى قدرة النباتات المستعملة في امتصاص وتراكم الكادميوم في مجموعها الجذري، ينسجم هذا مع ما اشار اليه Somart and Weer akoon [29] اللذان اوضحا ان غالبية النباتات لها القدرة على امتصاص عنصر الكادميوم من التربة الملوثة به بسهولة وتجمعه في المجموع الجذري للنباتات ومن ثم ينتقل الى اجزاء النباتات الاخرى.

جدول **18**: قيم عامل التركيز الحيوي لعنصر الكادميوم في التربة للمعاملات المختلفة وللنباتات المختلفة بعد نهاية التجربة

النبات	تركيز الكادميوم			المتوسط
	0 mg.kg $^{-1}$ (T0)	100 mg.kg $^{-1}$ (T1)	200 mg.kg $^{-1}$ (T2)	
المطاط الصيني	1.00	1.67	1.22	1.29
عين البزون	2.00	2.75	2.13	2.29
الكاريزيا	1.40	2.12	1.55	1.69
LSD 5%	NS			0.04**
المتوسط	1.46	2.18	1.63	
LSD 5%	0.04**			

3:1:5 عنصر النيكل BCF-Ni

يبين جدول **19** وجود فروق معنوية بين متوسطات قيم عامل التركيز الحيوي للنباتات المختلفة، فقد تفوق نبات عين البزون معنويا على باقي النباتات المستعملة في عملية الاستصلاح الحيوي، إذ بلغت قيمة العامل **1.69** ثم يأتي نبات الكاريزيا الذي تفوق معنوياً على نبات المطاط الصيني، الذي بلغت قيمة العامل فيه **1.30**و**1.13** للنباتين على التوالي.

توضح النتائج المذكورة آنفاً زيادة كفاءة نبات عين البزون في امتصاص تراكم عنصر النيكل في مجموعه الجذري مقارنة بنبات الكاريزيا الذي تفوق بدوره على نبات المطاط الصيني. ان اختلافات النباتات فيما بينها في قابليتها على أمتصاص النيكل من التربة قد يعزى الى نوع النبات وحجم مجموعه الجذري وافرازات الجذور. ان جميع القيم في الجدول قد تجاوزت قيمة الواحد ، لذلك تعد جميع النباتات المزروعة ذات قدرة عالية لأمتصاص وتراكم النيكل في المجموع الجذري ويمكن ترتيب النباتات من حيث كفاءتها في المعالجة الحيوية كالاتي:– نبات عين البزون > الكاريزيا > المطاط الصيني. ان ارتفاع قيم العامل عن الواحد يعزى الى قدرة النباتات المستعملة في امتصاص وتراكم النيكل في مجموعها الجذري، وهذا يدل على وجود انتقال وحركة لهذا العنصر من التربة الى المجموع الجذري وبذلك تعد هذه النباتات مراكمة لعنصر النيكل وهذا يتماشى مع ما ذكره **Al-Eryani [4]** الذي بين ان النباتات المزروعة بالترب الملوثة بالعناصر الثقيلة لها القدرة على امتصاص العناصر من التربة وتراكمها في المجموع الجذري للنبات ثم ينقل الى اجزاء النبات الاخرى فيمكن عد هذه النباتات مجمعة لعنصر النيكل.

جدول **19**: قيم عامل التركيزالحيوي لعنصر النيكل في التربة للمعاملات المختلفة وللنباتات المختلفة بعد نهاية التجربة.

النبات	تركيز النيكل			المتوسط
	0 mg.kg $^{-1}$ (T0)	100 mg.kg $^{-1}$ (T1)	200 mg.kg $^{-1}$ (T2)	
المطاط الصيني	1.16	1.15	1.08	1.13
عين البزون	1.55	1.78	1.76	1.69
الكاريزيا	1.29	1.32	1.31	1.30
LSD5%	0.07**			0.04**
المتوسط	1.33	1.41	1.38	
LSD5%	0.04**			

2:5 معامل الانتقال الموقعي TF

1:2:5 عنصر الرصاص

يبين جدول **20** ان قيم معامل الانتقال الموقعي **TF** للمعاملات والنباتات كافة لم تتجاوز قيمة الواحد، مما يدل قلة حركة وانتقال عنصر الرصاص من المجموع الجذري الى المجموع الخضري، ويعود السبب في ذلك لقلة حركة عنصر الرصاص داخل النباتات لأنه عنصر شبه متحرك في النبات وذلك بسبب ارتفاع وزنه الذري الامر الذي أدى الى تراكمه في المجموع

الجذري مقارنة بالمجموع الخضري وهذا يتماشى مع ما توصل اليه **Abdel-Baqi [1]** الذي بين ان حركة عنصر الرصاص من المجموع الجذري الى الخضري تكون بشكل بطيء جدا ويصل الى نسبة **3%** من تركيزه في المجموع الجذري الامر الذي ادى الى تجميع عنصر الرصاص في الجذور وبالتالي انخفاض قيم **TF**.

جدول **20**: قيم معامل الانتقال الموقعي (**TF**) لعنصر الرصاص في التربة للمعاملات المختلفة وللنباتات المختلفة بعد نهاية التجربة

النبات	تركيز الرصاص			المتوسط
	0 mg.kg $^{-1}$ (T0)	**100 mg.kg $^{-1}$ (T1)**	**200 mg.kg $^{-1}$ (T2)**	
المطاط الصيني	**0.75**	**0.69**	**0.73**	**0.72**
عين البزون	**0.75**	**0.72**	**0.75**	**0.74**
الكاريزيا	**0.77**	**0.71**	**0.76**	**0.74**
LSD 5%	**NS**			**NS**
المتوسط	**0.75**	**0.70**	**0.74**	
LSD 5%	**0.03***			

2:2:5 عنصر الكادميوم TF-Cd

بينت نتائج جدول **21** وجود فروق معنوية بين متوسطات قيم عامل الانتقال الموقعي للنباتات المختلفة، فقد تفوق نبات عين البزون معنويا عن باقي النباتات المستعملة اذ بلغت قيمة العامل **1.33** ثم يأتي نبات الكاريزيا الذي تفوق معنويا بدوره على نبات المطاط الصيني، اذ بلغت قيمة العامل**1.31** و**1.27** للنباتين على التوالي.

جدول **21**: قيم معامل الانتقال الموقعي(**TF**) لعنصر الكادميوم في التربة للمعاملات المختلفة وللنباتات المختلفة بعد نهاية التجربة

النبات	تركيز الكادميوم			لمتوسط
	0 mg.kg $^{-1}$ (T0)	**100 mg.kg $^{-1}$ (T1)**	**200 mg.kg $^{-1}$ (T2)**	
المطاط الصيني	**1.23**	**1.32**	**1.28**	**1.27**
عين البزون	**1.31**	**1.35**	**1.34**	**1.33**
الكاريزيا	**1.33**	**1.34**	**1.27**	**1.31**
LSD 5%	**0.02****			**0.01****
المتوسط	**1.29**	**1.33**	**1.29**	
LSD 5%	**0.01****			

كانت معاملة **T1** اعلى قيمة لعامل الانتقال الموقعي مقارنه بالمعاملات الاخرى، اذ بلغ متوسط قيمة العامل **1.33** وقد تفوقت معنويا عن المعاملة (**T2**) التي تفوقت بدورها معنويا عن المعاملة (**T0**)، اذ بلغت القيم **1.29** لكلا المعاملتين. بلغت اعلى القيم في المعاملة **T1**لجميع النباتات **1.32** و**1.34** و**1.35** لنباتات المطاط الصيني وعين البزون والكاريزيا بالتعاقب وقد تجاوزت جميع القيم قيمة الواحد وحسب هذا المعامل فان النتائج تدل على وجود حركة وانتقال للكادميوم داخل النبات، من المجموع الجذري الى المجموع الخضري. وهذا يتماشى مع ما جاء به **Abdel-Baqi [1]** و**Al-Otaibi [9]** اللذان بينا امكانية النباتات المختلفة النامية في التربة الملوثة من القيام بعملية الامتصاص للعناصر الثقيلة بواسطة جذورها المنتشرة في التربة ومن ثم نقلها الى اجزاء النباتات العليا وتعتمد عملية الانتقال هذه على طبيعة العنصر وكذلك نوع النبات المزروع وقابليته على تحمل تراكيز عالية من العناصر الثقيلة.

3:2:5 عنصر النيكل TF-Ni

يوضح جدول **22** وجود فروق معنوية بين متوسطات قيم عامل الانتقال الموقعي للنباتات المختلفة، فقد تفوق نبات المطاط الصيني معنويا عن باقي النباتات المستعملة اذ بلغت قيمة العامل **1.59** ثم يأتي نبات الكاريزيا الذي تفوق

معنويا على نبات عين البزون، اذ بلغت قيمة العامل1.57 و1.28 للنباتين بالتعاقب. عند ملاحظة جميع القيم في الجدول تبين انها تجاوزت قيمة الواحد، لذلك تعد جميع النباتات المستعملة ذات قدرة عالية لانتقال عنصر النيكل من الجذر الى مجموعه الخضري وهذا يتلاءم مع ما توصل اليه كل من Odeh and Nasser [26] و.Khan et al [20] اللذان ذكرا ان عنصر النيكل من العناصر المتحركة داخل النبات، إذ ينتقل من المجموع الجذري الى الاجزاء العليا للنبات ويزداد تراكمه في الاجزاء العليا مقارنة بالمجموع الجذري مع زيادة مستويات المضافة منه للتربة وحسب المعاملات المستخدمة، وبين Khan et al. [20] ان عنصر النيكل من العناصر المتحركة داخل النبات إذ ينتقل من المجموع الجذري الى المجموع الخضري ويزداد تراكمه في النباتات مع زيادة مستوياته في التربة الملوثة. ويمكن ترتيب النباتات من حيث كفاءتها في عملية الانتقال الموقعي لعنصر النيكل:- نبات المطاط الصيني > الكاريزيا > عين البزون من هذه تبين ان كفاءة نبات المطاط الصيني في عملية الانتقال الموقعي لعنصر النيكل من مجموعة الجذري الى مجموعه الخضري اكبر من نبات الكاريزيا الذي تفوق على نبات عين البزون.

جدول 22: قيم معامل الانتقال الموقعي TF لعنصر النيكل في التربة للمعاملات المختلفة وللنباتات المختلفة بعد نهاية التجربة

النبات	تركيز النيكل			المتوسط
	0 mg.kg $^{-1}$ (T0)	100 mg.kg $^{-1}$ (T1)	200 mg.kg $^{-1}$ (T2)	
المطاط الصيني	1.85	1.36	1.55	1.59
عين البزون	1.01	1.31	1.51	1.28
الكاريزيا	1.82	1.37	1.53	1.57
LSD 5%	0.09			0.05
المتوسط	1.56	1.35	1.53	
LSD 5%	0.05			

المصادر

1- Abdel-Baqi, A. (2000). Pollution of the environment, land and plants. Universities publishing house, Egypt.

2- Al-Ani, N. H.; B. K. Al-Talib and A. I. Suha (2016). Evaluation of Radiological Activity Levels and the Radiation Doses of Soil OF Babylon Batteries Plant in Waziriya.Irqi journal of Science , 57:1B 414-422

3- Al-Asadi, A. M.; B. Y. Al-Khafaji and H. Y. Al-Rikabi (2011). Some Focus Trace elements in air and soil particulate matter in the vicinity of brick-making factories in Al-Islah district - Dhi Qar; Dhi Qar Science Journal. 3 (1).88-76.

4- Al-Eryani, A. Q. A. (2005). Determination of some minor and heavy elements in water and soil and sewage plants in the city of Mosul, and determining the efficiency of sunflowers in removing them. PhD thesis, faculty Science - University of Mosul.

5- Al-Falahi, T. H. R. and A. M. I. Al-Janabi (2016). The effect of treatment with prasiolanide and spraying with foliar fertilizer on an agricultural plant on some growth characteristics of local grafts. Diyala Journal of Agricultural Sciences. 8 (2): 28-40.

6- **Al-Ghalabi, D. M. S. (2016). The role of some industrial facilities in the city of Baghdad in pollution Soil, water and plants contain some heavy metals. Master Thesis. College of Agriculture - University of Baghdad.**
7- **Al-Jubory, M. and H. Abdul-hameed (2019). Using of activated carbon derived from agriculre waste coting by layered double hydroxide for copper adsorption .Iraqi Journal of Agricultural Sciences.50(5):1446-54.**
8- **Al-Jubouri, D. A. A. (2016). Studying different quantitative standards for elemental contamination Cadmium, Plumbum, nickel and zinc for roadside soils and plants in Baghdad province. Thesis Ph.D. College of Agriculture - University of Baghdad.**
9- **Al-Otaibi, J. M. N. (2007). Behavior and transport of cadmium and selenium in some Soils of the southern region. Kingdom of Saudi Arabia, Master Thesis, Department of Soil Sciences, College of Science Food and Agriculture - King Saud University.**
10- **Barrutia, O.; L. Epelde; J. I. GarcíaPlazaola; C. Garbisu and J. M. Becerril (2009). Phytoextraction potential of two Rumex acetosa L. accessions collected from metalliferous and nonmetalliferous sites: Effect of fertilization. Chemosphere 74: 259-264.**
11- **Black, C. A. (1965). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbilogical properties. Amer. Soc. Agron. Inc. Bublisher Madison. Wisconsin. U.S.A.-**
12- **Chen, H. M. (2002). Behaviors and environmental quality of chemical substances in the soil. Science Press. Beijing, china.**
13- **Chyad, A. A.; A. M. Saeed and S. A. Alhendi (2022). Determination of heavy Metals in Irrigation Water, Soil, Paddy, and Produced Rice of Some Pddy Field of Iraq. Iraqi journal of Sci., 63(11):4637-4649.**
14- **Cui, S.; Q. Zhou and L. Chao (2007). Potential hyper-accumulation of Pb, Zn, Cu and Cd in endurant plants distributed in pldsmelters, northeast China. Environmental Geology, 51:1043-1048.**
15- **Evans, L. J.; S. Boua; D. G. Lumsdon and D.A. Stanbury.2003. Cadmium adsorption by an organic soil: a comparison of some humic-metals complexation models. Chemical Speciation and Bioavailability, 15(4). 93- 100.**
16- **Garcia, G.; A. FaZ and M. Cunhe (2004). Performance of pip tatherum miliaceum (Smilo grass) in edaphic pb and Zn Phy to remediation over a short growth period. Int. Biodeter and Biodey 54:245-250.**
17- **Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control.Asediment- logical approach, Water Res.14. pp 975-1001.Doi: 10.116/043- 1354(80)90143-8.**
18- **Jackson, M. L. (1958). Soil chemical analysis. Prrentic- Hall. Inc. Engelwood. Cliffs N.J. Jones, J. Beton.2001. Labotory gaide for conducting soil test and plant analysis CRC Press LLC.**
19- **Karim, M. K. A.; K. M. Naser and S. L. Assi (2022). Use of phytoremidation technique in reclamation of soil contaminated with some heavy metals (Co, Cu, Pb) by cultivating Canna generalis plant. International Journal of Health Sciences, 6(S8):3896-3908.**

20- Khan, S.; L. Aijun; S. Zhang; Q. Hu; Y. Zhu (2007). Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in lettuce grown in the soils contaminated with long-term wastewater irrigation. J Hazard Mater. 152(2):506-515.

21- Lehoczky. E.; L. Loth and Zs. Kiss (2002). Cadmium and Plumbum uptake by white mustard (Sinapis alba L) grown in different soils. Commn. In soil sci. plant anal. 33, (15-18): 3167-3176.

22- Mohsen, B. and S. Mohsen (2008). Investigation of metals accumulation in some vegetables irrigated with wastewater in share Rwy-lran and toxicological application. American – Euras- ian. J. Agric. Environ. Sci. 4 (1): 86-92.

23- Mostafa, M. M.; E. H. El-Haddad and M. A. Amer (1996). Effectiveness of foliar nutrition with some micro-elements of chrysanthemum plants. Alex. J. of Agric. Res., 42(1): 81-93

24- Naser, K. M. (2017). Effect of the Diyala River irrigation water in the accumulation of Cadmium and Plumbum in the soil plant and some of chemical properties of the soil Research Journal of pharmaceutical , Biological and Chemical Scinces.8.p823

25- Nasser, K. M. and D. M. Saleh (2016). Impact of Dora Refinery and Power Plan The course in soil, plant and water pollution of some heavy metals. Pb, Cd, Zn, Ni. the magazine Iraqi soil sciences.16(1).

26- Odeh, M. M. and K. M. Nasser (2018). The effect of soil pollution with different levels of Heavy elements (Ni, Cd, Pb) in the content of white radish and carrots. Iraqi Journal For Soil Sciences. 18(1).

27- Salem, M. O. and S. M. Al-Walid (2019). Evaluation of some properties Physiochemistry and the concentration of some heavy metals in agricultural soils fertilized with chemical fertilizers During the seasons for a long period at the Brak Agricultural Project, Libya. A special issue of the annual conference The third, on theories and applications of basic and vital sciences: 259-274; Misrata University, Libya.

28- Sherene, T. (2010). Mobility and transport of heavy metals in polluted soil environment. Biological forum – An International Journal. 2(2): 112-121.

29- Soodan, R. K.; Y. B. Pakade; A. Nagpal and J. K. Katnoria (2014). Analytical techniques for estimation of heavy metals in soil ecosystem: A tabulated review. Talanta, http:// dx.doi.org/ 10.1016/ j.t alanta.02-033.

30- Somaratne, S. and S. R. Weerakoon (2012). A Comprehensive Study on Phytoextractive Potential of Sri Lankan Mustard (Brassica Juncea (L.) Czern. and Coss) Genotypes. World Academy of Science, Eng. Technol. Int. Sci. Index (6)1:1102-1106.

31- WHO/FAO (2007). Joint WHO/FAO. Food standard programme codex Alimentarius commission 13th session.

32 Yoon, J.; X. Cao; Q. Zhou and L. Q. Ma. (2006). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. Science of the Total Environment, 368:456-464.

ISSN: 2790-5306 (Print), 2790-5314 (Online)
IRAQI JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH - Ministry of Agriculture
Available online at: www.ijarmoa.gov.iq
VOL. 27 NO. (1) 2023
IJAR
IRAQI JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH

EVALUATION OF SOIL AND PLANT CONTAMINATION WITH SOME HEAVY METALS (Ni, Cd, Pb) ACCORDING TO INTERNATIONAL POLLUTION STANDARDS

N. N. Talib[1] **K. M. Naser[1]**

E-mail: nazarnoor712@gmil.com

ABSTRACT

A potting experiment was carried out in the plastic house using soil with a loam texture, for the purpose of studying the process of phytoremidation of soil contaminated with some heavy metals (Plumbum**, Cadmium, and Nickel) using three ornamental plants: Ficu elastica (Fix) and Catharanthus vinca and Carissa, to evaluate the efficiency of above ornamental plants in absorbing and accumulating heavy metals from soil contaminated with them. Evaluation of soil and plant contamination with heavy metals based on concentration according to international standards. Seedlings of ornamental plants were planted at the same age and were fertilized with NPK elements according to the fertilizer recommendation. It was irrigated with tap water after depleting 35% of the prepared water. The experiment continued for four months and was carried out according to a completely randomized design (CRD) using three ornamental plants and three levels of three heavy metals Pb, Cd, and Ni are 0, 100, and 200 mg L^{-1} for Plumbum, 0, 10 and 15 mg L^{-1} for Cadmium, and 0, 50 and 100 mg L^{-1} for Nickel with four replications to make a number of experimental units 108. Soil samples were taken and after the end of the experiment, available and total heavy metals were estimated. Plant samples (leaves) were also taken after the end of the experiment, and concentrations of heavy metals were estimated. Results showed an increase in total and available concentrations of heavy metals in cultivated soil for all plants after the end of the experiment, directly with an increase in levels of added heavy metals. Plumbum, Cadmium, and Nickel (32.27, 28.62, and 33.56), (1.593, 1.009, 1.326) and (12.17, 8.41, and 10.61) mg kg^{-1} for heavy metals, respectively, for Ficus elastica (Fix) and Catharanthus vinca and Carissa, respectively. Plants can be arranged in terms of their efficiency in absorbing heavy metals as follows: Catharanthus vinca > Carissa > Ficus elastica, which indicates the high ability of plants to transport and accumulate heavy metals from soil to plant. Heavy elements can arrange according to the amount absorbed from them as follows: - Cadmium > Nickel > Plumbum.**

Keywords: polluted soil, heavy elements, biological reclamation, ornamental plants

[1]**College of Agricultural Engineering Sciences – University of Baghdad, Baghdad, Iraq.**
Received: January 10, 2023.
Accepted: February 12, 2023.