تأثير تلويث التربة بمستويات مختلفة من العناصر الثقيلة (Pb , Cd , Ni) في محتوى نباتي الفجل الابيض والجزر*

مروان محمود عودة كاظم مكي ناصر

وزارة الزراعة – دائرة وقاية المزروعات كلية الزراعة – جامعة بغداد

المستخلص

أجريت تجربة اصص في البيت البلاستيكي التابعة لحقل قسم علوم التربة والموارد المائية في كلية الزراعة – جامعة بغداد في الجادرية إذ تم استعمال تربة ذات نسجه مزيجيه (Loam) لتقييم كفاءة نباتي الفجل الابيض والجزر في امتصاص وتراكم كل من عنصر الكادميوم والرصاص والنيكل في انسجتها ومعرفة الاكفأ منها في عملية الاستصلاح الحيوي اضافة الى تقييم تلوث النباتين بهذه العناصر اعتماداً على التركيز وفق المعايير العالمية للتلوث.

اخذت نماذج نباتية للجزئين الخضري والجذري بعد الحصاد وقدرت فيها العناصر الثقيلة المذكورة، كما جرى حساب معامل التركيز الحيوي (BCF) ومعامل الانتقال الموقعي (TF). اظهرت النتائج تفوق نبات الفجل الابيض على نبات الجزر معنويا في زيادة معامل التركيز الحيوي (BCF) للجزئين الجذري والخضري للعناصر Ni , Cd , Pb .اما بالنسبة لمعامل الانتقال الموقعي (TF) والذي يمثل حركة وانتقال العنصر من المجموع الجذري الى المجموع الخضري فلوحظ ارتفاع قيم العناصر Ni , Cd الامر الذي يبين زيادة حركة هذه العناصر من المجموع الجذري الى المجموع الخضري كانت حركة عنصر الرصاص من المجموع الجذري الى المجموع الخضري منخفضة. وقد تفوق نبات الجزر على نبات الفجل الابيض في ارتفاع الوزن الجاف. اما بالنسبة لتراكيز العناصر الثقيلة في الاجزاء الخضرية والجذرية فلوحظ تفوق نبات الفجل الابيض معنويا على نبات الجزر في زيادة تراكيز عنصر الرصاص والكادميوم والنيكل فيها.

Effect of Soil Contamination with Different Levels Some heavy metals (Pb, Cd, Ni) on Content of Elements in white Radish and Carrots Plants

M.M . Ouda **K. M. Naser**

Ministry of Agric. **College. of Agric.**

Plant Protection Director **University. of Baghdad**

ABSTRACT

A pot experiment was carried out in a plastic house which belongs to soil and water resources Department , College of Agriculture, University of Baghdad, Al-Jadiriya campus, using Loam soil texture to evaluate efficiency of white radish and carrots plants contents of cadmium, lead, and nickel in their tissues and recognizing which most efficient in phytoremediation, besides evaluation is one of them is contamination of these plants with these elements depending on the value of concentration index according to the international parameters of pollution. Root and shoot samples were taken, to determine the concentrations of these element, bio concentration factor (BCF) and translocation factor (TF).

The results showed that White radish was Superior than carrot increase of bio – concentration in shoot and root parts of plants (BCF) of Pb, Cd, Ni. TF represents the translocation of element from the root to the shoot system and it was high with Cd, Ni elements and this increase translocation of these elements from root to shoot indicates plants, while

* البحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الاول.

تاريخ استلام البحث 4/ 1 / 2018. تاريخ القبول للنشر 16/ 4 / 2018.

Pb movement was reduced compared with the other elements , concentrations of Pb, Cd and Ni in the shoot and root plants of white radish significantly higher than this Conant rations in carrot plants.

المقدمة

لقد حظيت دراسة تلوث التربة والنبات باهتمام الباحثين والمختصين وكثرت الدراسات التي تهتم بقضايا التلوث ومشكلاتها وخاصة بعدما أصبحت مكونات البيئة من (التربة والنبات) ملوثة بسبب الملوثات الطبيعية والكيمياوية والبيولوجية مما أدى الى حدوث خلل في مكونات البيئة، ويعد الإنسان العامل الأساس في إخلال التوازن في مكونات وعناصر البيئة من حيث النشاط الصناعي والتوسع السكاني واتساع المدن التي لها اثر مدمر في البيئة (حسين،2000). ونتيجة للتطور الهائل الذي يشهده العالم والثورة الصناعية أدى ذلك الى الكثير من الإضرار في مكونات البيئة نتيجة تلوثها بالكثير من الملوثات ومن بينها العناصر الثقيلة (زعلان وآخرون ،2006) ، وتعد العناصر الثقيلة من اخطر الملوثات المطروحة للبيئة وتزاد خطورتها عند بقائها في التربة أو تجرى عليها أي تغيرات كيميائية، ومن ثم تؤدي الى تلوث النباتات والثمار والخضروات التي يتناولها الإنسان وممـا ينعكس ذلك على صحته (Shetwey,2002).

ان تراكم العناصر الثقيلة تعد ظاهرة طبيعية في النباتات التي لها القدرة على تراكم العناصر الثقيلة في انسجتها دون ظهور اي اعراض للسمية عليها ، وتسمى بالنباتات المراكمة وتتميز بان نسبة تراكم العنصر في المجموع الخضري الى المجموع الجذري اكبر من واحد بينما هي للنباتات غير المراكمة اقل من واحد. اشار Mohammad *et al.* (2010) الى أن النباتات المراكمة والمستعملة في المعالجة الحيوية (Phytoremediation) تمتلك قابلية عالية على سحب العناصر الثقيلة بواسطة جذورها ولها القدرة العالية على تجميع هذه العناصر في جذورها وتمتلك متوسط نمو عالي فضلاً على زيادة قابليتها على تكوين كتلة حية كبيرة الوزن ونقل وتحويل العناصر الثقيلة الى الجزء العلوي من النبات (المجموع الخضري).

تعد العناصر الثقيلة من الملوثات البيئية الخطرة وتكمن خطورتها في صفاتها التراكمية في أجسام الكائنات الحية وتسبب اضرارا للإنسان عند تناوله الغذاء الملوث بهذه العناصر إذ تعد العناصر الثقيلة كالرصاص والكادميوم والنيكل من اخطر المواد الملوثة للتربة والماء والهواء ومن اهم مصادر هذا التلوث مخلفات ونفايات المصانع واحتراق الوقود وعوادم السيارات ويؤدي تلوث التربة الى انخفاض انتاجية المحاصيل الزراعية نتيجة لرداءة نوعية التربة (صالح ،2012). يهدف البحث الى :-

1. تقييم كفاءة نباتي الفجل الابيض والجزر في تراكم الكادميوم والرصاص والنيكل في انسجتها (الجزء الخضري والجذري) وتقييم تلوث النباتين بهذه العناصر باعتماد التركيز وفق المعايير العالمية.
2. المقارنة بين النباتين لتقييم الأكفأ منهما في عملية تراكم العناصر الثقيلة.

المواد وطرائق العمل

نفذت تجربة إصص سعة 15 كغم في البيت البلاستيكي التابع لقسم التربة والموارد المائية جامعة بغداد كلية الزراعة / الجادرية مقابل الاقسام العلمية في الموسم الشتوي 2016- 2017 إذ استعملت تربة ذات نسجه متوسطة (Loam) اخذت من الطبقة السطحية بعمق 0- 30 سم تم امرارها من خلال منخل قطر فتحاته 4 ملم ثم وضع 14 كغم تربة في كل اصيص وبعدها تم اضافة العناصر الثقيلة للتربة بصورة كبريتات (كبريتات الرصاص وكبريتات الكادميوم وكبريتات النيكل) وبشكل محاليل بعد حساب الكمية المضافة حسب التراكيز المستخدمة واذابتها بالماء المقطر واضافتها للتربة قبل الزراعة وتركت اكثر من (20) يوم لغرض التوازن، بعدها اضيفت الاسمدة للتربة و لكل نبات حسب التوصية السمادية (N120 و120 P_2O_5 و K_2O40) كغم هكتار$^{-1}$ (علي،2012)، تم الري بمياه الحنفية وبعد استهلاك

50 % من الماء الجاهز بالطريقة الوزنية. أستعمل تصميم تام التعشية (CRD) باستعمال نوعين من النباتات وخمسة مستويات مختلفة من العناصر الثقيلة (Cd – Pb – Ni) وبثلاث مكررات ليصبح عدد الوحدات التجريبية 30 وحدة تجريبية وكالتالي:-

العامل الاول:- تراكيز العناصر الثقيلة المضافة للتربة كالتالي:

1. Cd_0 ، Pb_0 ، Ni_0 تمثل (0، 0,0 ملغم كغم$^{-1}$) وبثلاثة مكررات ويرمز لها T1 وتمثل معاملة المقارنة .
2. Cd_1، Pb_1 ، Ni_1 تمثل (25 ، 50 ، 5 ملغم كغم$^{-1}$) و بثلاثة مكررات ويرمز لها T2.
3. Cd_2، Pb_2 ، Ni_2 تمثل (50، 100، 10 ملغم كغم$^{-1}$) و بثلاثة مكررات ويرمز لها T3 .
4. Cd_3، Pb_3 ، Ni_3 تمثل (100، 200 ،20 ملغم كغم$^{-1}$) و بثلاثة مكررات ويرمز لها T4.
5. Cd_4، Pb_4 ، Ni_4 تمثل (200، 400، 30 ملغم كغم$^{-1}$) و بثلاثة مكررات ويرمز لها T5 .

العامل الثاني :- نوع النبات

1. نبات الفجل الابيض
2. نبات الجزر

الزراعة وتحليل التربة والنبات

زرعت بذور الفجل الابيض صنف لونغ وايت (صنف ياباني ذو نقاوة 99% ونسبة أنبات 85% وبذور الجزر صنف نانتش – كاسل (صنف اجنبي ذو نسبة نقاوة 99% وانبات 85%) في دايات لضمان انبات البذور وتم نقل 5 نباتات لكل اصيص وخفت الى ثلاث نباتات .

أخذت نماذج تربة قبل الزراعة وجففت وطحنت بواسطة مطرقة خزفية ومررت من منخل قطر فتحاته 2 ملم وحفظت بعلب بلاستيكية لأجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية المطلوبة للتربة (جدول 1) حسب ما ورد في Black *et al.*(1965) و Page *et al.*(1982).

اخذت نماذج نباتية بعد نهاية الموسم (الجزء الخضري والجذري) وغسلت اولا بماء الحنفية لغرض ازالة الترسبات والاتربة الموجودة على سطح النبات ثم بالماء المقطر وجفف في فرن على درجة حرارة 65 م° لمدة 48 ساعة، وتم طحن النماذج النباتية ووضعت في علب بلاستيكية لغرض تحليلها . قدر المحتوى الكلي للعناصر الثقيلة (Ni وpb وCd) بعد هضم العينات بخليط الحامضين المركزين ($HCLO_4$ – H_2SO_4) بنسبة 1:2 وقدرت العناصر بواسطة جهاز الامتصاص الذري Atomic Absorption Spectrometer نوع AA- 7000 Shimadzu (Jones,2001). وتم تحليل البيانات احصائياً بمستوى أحتمال 0.05 وأستعمل البرنامج (2001) SAS قورنت النتائج مع المحددات العالمية لمنظمة الغذاء والصحة العالمية (2007) لتراكيز العناصر الثقيلة الكلية في النبات والجاهزة في التربة لمعرفة اي النباتين (الفجل الابيض و الجزر) افضل في عملية الاستصلاح الحيوي.

المعايير المستخدمة في الدراسة

معامل التركيز الحيوي Biological Concentration Factor (BCF)

حسبت جميع المعادلات وفق معادلة (Li *et al.* 2007) و (Cui *et al.* (2007)

$$BCF = {[Metal]_{Plant}}/{[Metal]}$$

يقصد به تركيز العنصر الثقيل في النبات مقسوم على تركيز العنصر الثقيل في التربة.

معامل الانتقال الموقعي Translocation Factor (*TF*)

$$TF = {[\mathbf{Metals}]_{\mathbf{Shoot}}}/{[\mathbf{Metals}]_{\mathbf{Root}}}$$

يقصد به معامل الانتقال الموقعي لتركيز العنصر الثقيل من الجذور الى المجموع الخضري.

جدول 1. بعض الصفات الكيميائية و الفيزيائية لتربة الدراسة قبل الزراعة

الصفة		القيمة	وحدة القياس
درجة تفاعل التربة 1:1		7.20	-
الايصالية الكهربائية (EC) 1 : 1		1.50	ديسي سيمنز م$^{-1}$
المادة العضوية		0.70	%
الجبس		0.34	%
كاربونات الكالسيوم		20.32	%
السعة التبادلية الكاتيونية		18.30	سنتي مول. شحنة كغم$^{-1}$ تربة
الايونات الذائبة في محلول التربة 1:1	Ca^{++}	5.60	سنتي مول لتر$^{-1}$ تربة
	Mg^{++}	3.30	
	Na^{+}	6.31	
	K^{+}	1.21	
	SO_4^{-2}	1.88	
	Cl^{-}	12.60	
	HCO_3	2.30	
	CO_3	Nil	
العنصر الجاهز	النتروجين	23.00	ملغم كغم$^{-1}$ تربة
	الفسفور	8.67	
	البوتاسيوم	51.30	
	الكادميوم	0.004	
	الرصاص	0.674	
	النيكل	0.154	
العنصر الكلي	الكادميوم	0.009	
	الرصاص	15.47	
	النيكل	7.91	
الكثافة الظاهرية		1.40	ميكاغرام م$^{-3}$
الماء الجاهز		15.10	(%)
مفصولات التربة	الطين	188	غم كغم$^{-1}$ تربة
	الغرين	396	
	الرمل	416	
النسجه		مزيجه Loam	-

النتائج والمناقشة

العناصر الثقيلة في المجموع الخضري

عنصر الرصاص

يوضح جدول 2 تركيز عنصر الرصاص في المجموع الخضري لنباتي الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة، إذ بينت النتائج وجود اختلافات معنوية بين متوسطات تراكيز عنصر الرصاص في المجموع الخضري لنباتي الفجل الابيض والجزر إذ كانت اعلى القيم في نباتات الفجل الابيض بلغت 35.87 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة مقارنة مع تركيز الرصاص في نباتات الجزر البالغة 31.16 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة، وتبين النتائج تفوق نباتات الفجل الابيض على نباتات الجزر في امتصاص وتراكم عنصر الرصاص في مجموعها الخضري وهذا ينسجم مع ما اشار اليه حميدوش (2014) الذي بين قابلية بعض النباتات الكبيرة على امتصاص وتراكم كميات كبيرة من الرصاص في كتلتها الحية تصل الى مايقارب 2300 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة.

جدول 2 يبين تراكيز عنصر الرصاص (Pb) في المجموع الخضري لنباتات الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة)

المعاملات	T1	T2	T3	T4	T5	المتوسط
نبات الفجل الابيض	0.21	12.84	30.98	56.43	78.91	35.87
نبات الجزر	0.19	10.93	27.27	50.84	71.60	32.16
المتوسط	0.20	11.88	29.12	53.63	75.25	LSD(T)= 3.25
LSD(T) = 14.47						
LSD(P*T) = 18.95						

إذ ان :

P : تمثل النباتات المزروعة

T : تمثل المعاملات المختلفة

P*T : تمثل التداخل بين العوامل

إما بالنسبة لتأثير المعاملات المختلفة في تراكيز عنصر الرصاص في المجموع الخضري لنباتات الفجل الابيض والجزر، دلت النتائج بوجود اختلافات معنوية بين المعاملات فقد كانت اعلى القيم في المعاملات T5 وT4و T3 واخيراً T2 إذ بلغت 75.25 و53.63 و 29.12 و11.88 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة على التوالي مقارنة بمعاملة القياس T1 البالغة 0.20 ملغم Pb كغم $^{-1}$ مادة جافة، بسبب زيادة تراكيز الرصاص المضافة للتربة قبل الزراعة مما أدى الى زيادة جاهزيته في التربة وانتقاله من التربة الى الأوراق بواسطة النبات وكانت الزيادة في تركيز الرصاص في الأوراق طرديه مع زيادة مستويات عنصر الرصاص المضاف للتربة قبل الزراعة وحسب ترتيب المعاملات، وينسجم هذا مع جاء به (2008) Azita and Seidاللذان بينا ان الزيادة في تركيز العناصر الثقيلة في التربة كان نتيجة تلوثها بالعناصر الثقيلة السامة أو مخلفات المعامل والمصانع ومخلفات الصرف الصحي مما ادى الى زيادة جاهزية العناصر الثقيلة في التربة وامتصاصها وتراكمها في المجموع الخضري.

بينت نتائج التداخل بين المعاملات المختلفة وتأثيرها في تراكيز الرصاص في المجموع الخضري لنباتات الفجل الابيض والجزر وجود اختلافات معنوية بين المعاملات إذ كانت اعلى القيم في المعاملة T5 لنباتات الفجل الابيض والبالغة 78.91ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة وتلتها T5 لنباتات الفجل الابيض البالغة 71.60 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة ثم المعاملة T4 لنباتات الفجل الابيض والجزر البالغة 56.43 و50.84 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة بالتعاقب مقارنة مع اقل قيمة لمعاملة القياس T1 البالغة 0.19 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة لنبات الجزر، ان الزيادة في تركيز عنصر الرصاص الممتص من قبل الاجزاء الخضرية تتناسب طردياً مع كميه الرصاص الجاهز في التربة المزروعة وهذا يتفق مع (Garcia *et al.*) 2004 الذين بينوا ان هناك زيادة طردية لتركيز عنصر الرصاص في المجموع الخضري للنباتات مع زيادة تركيزه في الوسط الذي تنمو فيه النباتات. ويلاحظ ان جميع تراكيز الرصاص المذكورة في الجدول أعلاه ولجميع المعاملات قد تجاوزت الحدود المسموح بها حسب منظمة الغذاء والزراعة والصحة العالمية (WHO/FAO،2007) البالغة 5 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة، وبما ان الرصاص من العناصر السامة والخطرة على صحة الإنسان والحيوان لذلك فان وجودها في هذه النباتات وانتقالها الى المستهلك عبر السلسلة الغذائية يسبب خلل في الوظائف الحيوية للكائنات الحية.

عنصر الكادميوم

يبين جدول 3 تراكيز عنصر الكادميوم في المجموع الخضري لنباتات الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة، إذ تشير النتائج الى وجود فروقات معنوية بين متوسط تراكيز الكادميوم في المجموع الجذري لنباتات الفجل الابيض والجزر إذ كانت اعلى القيم في نبات الفجل الابيض بلغت 5.24 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة مقارنةً بتركيز الكادميوم

في نباتات الجزر والبالغة 4.27 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة، ويعزى السبب الى كون نباتات الفجل الابيض تمتاز بمجموع خضري اكبر حجما من نباتات الجزر مما يزيد من متوسط امتصاص عنصر الكادميوم وهذا يتلائم مع ما ذكره Mostafa *et al.*(1996) الذين أوضحوا ان الزيادة في حجم المجموع الخضري للنبات وإمكانية تواجد العناصر الجاهزة في الوسط الذي ينمو فيه النبات يؤدي الى زيادة مقدرة النباتات على امتصاصها وتراكمها في المجموع الخضري. وان الزيادة الحاصلة في تركيز الكادميوم في أوراق نباتي الفجل الابيض والجزر قد تجاوزت المستويات المسموح بها البالغة 0.2 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة (WHO/FAO,2007) وذلك بسبب زيادة تركيز الكادميوم الجاهز في التربة الناتج من إضافة تراكيز مرتفعة من العنصر قبل الزراعة.

إما فيما يخص تأثير المعاملات المختلفة في تراكيز عنصر الكادميوم في المجموع الخضري لنباتات الفجل الابيض والجزر، فقد اشارت النتائج الى وجود اختلافات معنوية بين تراكيز الكادميوم وحسب التراكيز المستخدمة في كل معاملات وكانت اعلى القيم في المعاملة T5 و T4 و T3 و T2 إذ بلغت 10.27 و6.89 و4.11 و2.52 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة بالتعاقب وهذه القيم اختلفت معنويا عن قيمة معاملة المقارنة T1 البالغة 0.002 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة، وان زيادة تركيز عنصر الكادميوم في المجموع الخضري للنباتات بسبب زيادة تراكيز عنصر الكادميوم الجاهز في التربة المزروعة مما ادى الى زيادة امتصاصه من التربة وتجمعه داخل النبات وهذا يتلائم مع ماجاء به Aslam *et al.*(2012) الذين بينوا زيادة محتوى الكادميوم في النباتات النامية في تربة ملوثة بعنصر الكادميوم.

جدول 3 يبين تراكيز عنصر الكادميوم (Cd) في المجموع الخضري لنباتات الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة)

المعاملات	T1	T2	T3	T4	T5	المتوسط
نبات الفجل الابيض	0.001	2.950	4.320	7.680	11.270	5.244
نبات الجزر	0.002	2.090	3.910	6.110	9.270	4.270
المتوسط	0.002	2.520	4.115	6.895	10.270	LSD(P)= 0.81
LSD(T) = 1.25						
LSD(P*T) = 2.14						

كما أظهرت النتائج وجود اختلافات معنوية للتداخل بين العوامل المختلفة لتراكيز عنصر الكادميوم في المجموع الخضري لنباتي الفجل الابيض والجزر فقد كانت اعلى القيم في المعاملة T5 لنبات الفجل الابيض والبالغة 11.27 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة وتلتها المعاملة T5 لنباتات الجزر والبالغة 9.27 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة وتأتي بعدها المعاملة T4 لنباتي الفجل الابيض والجزر والبالغة 7.68 و6.11 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة بالتعاقب مقارنة بأقل قيمة المتمثلة بمعاملة القياس T1 لنبات الفجل الابيض البالغة 0.001 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة، بسبب مستوى الكادميوم المضاف الى التربة قبل الزراعة ادى الى تراكمه وزيادة جاهزيته في التربة ومن ثم امتصاصه من قبل النبات، وهذا يتماشى مع ما وجده عبد اللطيف (2016) الذي بين ان زيادة مستويات عنصر الكادميوم في التربة الملوثة أدى الى زيادة جاهزيته في التربة وزيادة تركيزه الممتص والمتراكم في أنسجة النبات، وكلما زاد حجم التلوث في التربة ازداد متوسط تراكم الكادميوم في النباتات. نلاحظ من النتائج المذكورة أنفاً ارتفاعاً واضحا في تراكيز عنصر الكادميوم الكلي في أوراق النبات المزروعة في تربة ملوثة وقد تجاوزت الحدود المسموح بها حسب منظمة الغذاء والصحة الدولية (WHO/FAO,2007) والبالغة 0.2 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة، لذا تعد هذه النباتات مراكمة لعنصر الكادميوم ولها القدرة على امتصاص وتراكم الكادميوم في أنسجتها ويمكن ان

تستخدم هذه النباتات في عملية الاستصلاح الحيوي (phytoremedation).

عنصر النيكل

يبين جدول 4 تراكيز عنصر النيكل في المجموع الخضري لنباتات الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة، إذ بينت النتائج الى وجود فروق معنوية بين متوسطات تراكيز النيكل في النباتات فقد كانت اعلى قيمة في أوراق نباتات الفجل الابيض البالغة 20.16 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة مقارنة مع نباتات الجزر والبالغة 17.50 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة. وقد يعود السبب في زيادة قابلية نباتات الفجل الابيض في امتصاص وتراكم النيكل في مجموعها الخضري اكثر من نباتات الجزر، وعند مقارنة هذه التراكيز مع الحدود المقترحة من قبل منظمة الصحة والغذاء العالمية (WHO/FAO،2007)، نلاحظ عدم تجاوزها الحدود المسموح بها البالغة 67 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة. وقد يعود السبب الى تعرض عنصر النيكل في التربة الى عملية امتزاز وترسيب بفعل غرويات التربة المعدنية والذي بدوره يقلل من جاهزية النيكل في التربة ومن ثم تقل حركته من التربة الى النبات.

وبينت النتائج وجود اختلافات معنوية بين المعاملات المختلفة لتراكيز عنصر النيكل في المجموع الخضري لنباتي الفجل الابيض والجزر، فقد كانت اعلى القيم في المعاملة T5 وتلتها T4 و T3 واخيراً T2 إذ بلغت 41.39 و 26.46 و 16.64 و9.60 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة بالتعاقب مقارنة بمعاملة القياس T1 البالغة 0.065 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة، ان الزيادة الحاصلة في تراكيز عنصر النيكل في المجموع الخضري للنباتات تتناسب طردياً مع التراكيز المضافة والجاهزة للعنصر في التربة. وهذا ينسجم مع ما ذكره Garcia *et al.* (2004) 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.

جدول 4 يبين تراكيز عنصر النيكل (Ni) في المجموع الخضري لنباتات الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة)

المعاملات	T1	T2	T3	T4	T5	المتوسط
نبات الفجل الابيض	0.07	10.67	18.59	27.42	44.05	20.16
نبات الجزر	0.06	8.53	14.70	25.51	38.73	17.50
المتوسط	0.06	9.60	16.64	26.46	41.39	LSD(P) = 2.35
LSD(T) = 3.71						
LSD(P*T) = 5.05						

أما بالنسبة لتأثير التداخل بين المعاملات المختلفة في تراكيز عنصر النيكل في المجموع الخضري لنباتات الفجل الابيض والجزر، فقد كانت هناك اختلافات معنوية بين قيم عنصر النيكل بين نباتات الفجل الابيض والجزر وكانت اعلى القيم في المعاملة T5 لنباتات الفجل الابيض والبالغة 44.05 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة وتليها المعاملة T5 لنباتات الجزر والبالغة 38.73 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة على التعاقب وتلتها معاملة T4 التابعة لنباتات الفجل الابيض والجزر والبالغة 27.42 و25.51 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة على التوالي مقارنة بأقل قيمة التابعة لمعاملة القياسT1 لنبات الجزر البالغة 0.06 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة، ان الزيادة الحاصلة في تركيز عنصر النيكل في أوراق النباتات تعود الى زيادة التلوث وإضافة مستويات عالية من عنصر النيكل الى التربة الزراعية مما ادى الى زيادة امتصاص النيكل من التربة وانتقاله الى النبات ويتلائم هذا مع ما أشار اليه Mohsen and Mohsen(2008) اللذان بينا ان زيادة تراكيز عنصر النيكل في التربة المزروعة يؤدي الى زيادة امتصاص النبات لهذا العنصر ويزيد من قدرة النبات على تجميعه في داخل انسجته. ان جميع تراكيز عنصر النيكل في أوراق النباتات

وللمعاملات المختلفة لم تتعدى الحدود الحرجة المسموح بها حسب منظمة الغذاء والزراعة والصحة العالمية (WHO/FAO،2007) والبالغة 67 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة.

العناصر الثقيلة في جذور النباتات

عنصر الرصاص

يبين جدول 5 تراكيز عنصر الرصاص في جذور نباتات الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة، إذ دلت النتائج الى وجود اختلافات معنوية لنباتي الفجل الابيض والجزر بالنسبة لمتوسطات تراكيز عنصر الرصاص في جذور النباتات وقد كانت اعلى القيم في جذور نباتات الفجل الابيض إذ بلغت 55.12 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة مقارنة بتركيز الرصاص في جذور نباتات الجزر البالغة 42.44 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة، ويعود ذلك الى زيادة المجموع الجذري لنباتات الفجل الابيض مقارنة بجذور نباتات الجزر الأمر الذي يساعد في زيادة عملية امتصاص الرصاص الجاهز في التربة وتجمعه في جذور النباتات وهذا ينسجم مع ما توصل اليه Evans *et al.* (2003) 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.

جدول 5 يبين تراكيز عنصر الرصاص (Pb) في جذور نباتات الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة)

المعاملات	T1	T2	T3	T4	T5	المتوسط
نبات الفجل الابيض	0.30	24.41	48.41	87.25	115.25	55.12
نبات الجزر	0.27	18.21	40.30	68.70	84.75	42.44
المتوسط	0.28	21.31	44.35	77.97	100.00	LSD(P) = 5.74
LSD(T) = 9.56						
LSD(P*T) = 17.25						

أما فيما يخص تأثير المعاملات المختلفة في تراكيز عنصر الرصاص في جذور النباتات فتشير النتائج الى وجود زيادة معنوية لجميع المعاملات، فكانت اعلى القيم في المعاملة T5 وT4 و T3 واخيرا T2 إذ بلغت 100.00 و77.97 و44.35 و21.31 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة على التوالي مقارنة بمعاملة القياس T1 البالغة 0.28 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة، وقد يعود سبب زيادة تراكيز عنصر الرصاص في جذور النباتات الى العلاقة الطردية بين تراكيز العنصر الممتص والمتراكم داخل المجموع الجذري للنباتات وكمية الرصاص المضاف للتربة وهذا يتماشى مع ما توصل اليه Olge *et al.*(2009) إذ بينوا ان الزيادة في تراكيز عنصر الرصاص في المجموع الجذري يزداد مع الجاهز في التربة إذ وجد الباحثين اختلافات معنوية بين المعاملات المختلفة في تركيز الرصاص في المجموع الجذري للنباتات مقارنة مع النباتات المزرعة بتربة غير ملوثة بعنصر الرصاص.

إما بالنسبة لنتائج التداخل بين العوامل المختلفة للنباتين فقد تبين وجود فروق معنوية بين المعاملات مقارنة مع معاملة القياس لكلا النباتين وكانت اعلى القيم في جذور نباتات الفجل الابيض للمعاملات T5وT4 إذ بلغت 115.25 و87.25 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة على التعاقب وتليها معاملة T5 و T4 التابعة لنبات الجزر والبالغة 84.75 و 68.70 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة على

التوالي مقارنة باقل قيمة والمتمثلة بمعاملة القياس T1 البالغة 0.27 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة لنباتات الجزر. وقد يعود ذلك الى زيادة تراكيز عنصر الرصاص المضاف التربة قبل الزراعة، ويتلائم هذا مع ماجاء به Preeti and Tripath, 2010 الذين أوضحوا ان الزيادة في تجمع الرصاص مع زيادة تركيز الجاهز منه في التربة قبل الزراعة يؤدي الى تجمع الرصاص في جذور النباتات، ان تركيز الرصاص في المجموع الجذري يتزايد تبعا لزيادة تركيز الرصاص المضاف للتربة قبل الزراعة وقد تفوق المجموع الجذري عن الخضري في تراكيز الرصاص وذلك يعود الى ترسيب الرصاص في جذور النباتات وقلة حركته وانتقاله للأوراق وان لأيونات الرصاص القابلية على الارتباط مع الخلايا الجذرية مما يعمل على تقييد حركته داخل جذور النباتات. بينت النتائج تفوق نباتات الفجل الابيض على نباتات الجزر بمراكمة عنصر الرصاص في المجموع الجذري، ويلاحظ من النتائج السابقة ان تراكيز عنصر الرصاص في الجدول اعلاه ولجميع المعاملات في المجموع الجذري للنباتي الفجل الابيض والجزر قد تجاوزت الحدود الحرجة البالغة 5 ملغم Pb كغم$^{-1}$ مادة جافة حسب ما جاءت به منظمة الغذاء والزراعة والصحة العالمية (WHO/FAO، 2007).

عنصر الكادميوم

يبين جدول 6 تراكيز عنصر الكادميوم في جذور نباتات الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة، تشير النتائج الى وجود أختلافات معنوية بين متوسطات تراكيز الكادميوم في جذور نباتات الفجل الابيض والجزر فقد كانت اعلى القيم في جذور نبات الفجل الابيض إذ بلغت 4.17 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة مقارنة مع تركيز عنصر الكادميوم في جذور نبات الجزر والبالغة 3.07 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة وان سبب الزيادة في تركيز عنصر الكادميوم في جذور نباتات الفجل الابيض تعود الى امتلاك الفجل الابيض جذر وتدي ومجموع خضري كبير ومساحة سطحية عالية مقارنة بنبات الجزر الأمر الذي يعمل على امتصاص الكادميوم وتراكمه في المجموع الجذري، وهذا ينسجم مع ما توصل اليه Alexander *et al.*(2008) الذين بينوا ان بعض محاصيل الخضر لها مجموع جذري كبير ومساحة سطحية عالية تعمل على زيادة الافرازات الجذرية مما تساعد على خفض درجة تفاعل التربة وزيادة جاهزية العناصر الثقيلة وثم امتصاصها وتراكمها في جذور النباتات.

إما بالنسبة لتأثير المعاملات المختلفة في تراكيز عنصر الكادميوم في جذور النباتي الفجل الابيض والجزر فتشير النتائج الى وجود فروقات معنوية بين المعاملات المختلفة وكانت اعلى القيم في المعاملة T5 و تلتها T4 و T3 و T2 إذ بلغت القيم 7.84 و 5.07 و 3.28 و 1.94 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة بالتعاقب مقارنة بمعاملة القياس T1 البالغة 0.002 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة، يعزى ذلك الى زيادة تراكيز الكادميوم المضاف للتربة قبل الزراعة ويتلائم هذا مع ما ذكره البواردي (2003) الذي اوضح ان زيادة تلوث التربة بالعناصر الثقيلة في المنطقة الوسطى التابعة للمملكة العربية السعودية والناتج من إضافة تراكيز مختلفة من العناصر الثقيلة للتربة سببت زيادة في تراكيز العناصر الثقيلة في المجموع الجذري للنباتات المزروعة في المنطقة ولاسيما عنصر الكادميوم ، كما ذكر Yobouet *et al.* (2011) الذين اوضحوا ان الزيادة في مستويات عنصر الكادميوم الممتص من التربة يعود الى زيادة جاهزيته في التربة ومن ثم امتصاصه من النبات وتراكمه في المجموع الجذري. إما بالنسبة للتداخل بين العوامل المختلفة فتشير النتائج الى وجود اختلافات معنوية بين المعاملات فقد كانت اعلى القيم لنباتات الفجل الابيض في المعاملة T5 والبالغة 8.98 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة على وتلتها T5 لنباتات الجزر والبالغة 6.79 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة مقارنة مع معاملة القياس T1 لنباتات الجزر البالغة 0.001 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة، ان عملية تراكم العناصر الثقيلة في جذور النباتات تعتمد على نوع النباتات المزروعة ودرجة تحملها للعناصر الثقيلة وكفاءة النبات لامتصاص العناصر الثقيلة من التربة وهذا يتماشى مع ما توصل اليه كل من (Rattan *et* al. 2005) الذين لاحظوا ان تراكم العناصر الثقيلة في أنسجة النباتات ومن ضمنها المجموع الجذري تعتمد

على عدة أمور ومنها نوع النبات و كفاءة امتصاص العنصر من قبل النبات وكذلك عامل نقله من التربة الى النبات وهذا التراكم له مخاطر كبيرة على صحة الإنسان والحيوان لارتباطها بالسلسلة الغذائية. ومن الملاحظ ان قيم الكادميوم المذكورة أنفا ولجميع المعاملات ولكلا النباتين كانت اعلى من القيم المسموح بها البالغة 0.2 ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة من قبل منظمة الغذاء والزراعة والصحة العالمية (WHO/FAO,2007).

جدول 6 يبين تراكيز عنصر الكادميوم (Cd) في جذور نباتات الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة)

المعاملات	T1	T2	T3	T4	T5	المتوسط
نبات الفجل الابيض	0.002	2.170	3.800	6.030	8.890	4.178
نبات الجزر	0.001	1.720	2.760	4.120	6.790	3.078
المتوسط	0.002	1.945	3.280	5.075	7.840	LSD(T) = 0.91
LSD(T) = 1.33						
LSD(P*T) = 2.01						

عنصر النيكل

يبين جدول 7 تراكيز عنصر النيكل في جذور نباتات الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة، أشارت النتائج الى وجود فروق معنوية بين متوسطات عنصر النيكل في جذور نباتي الفجل الابيض والجزر كانت اعلى القيم في نباتات الفجل الابيض إذ بلغت 16.09 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة مقارنة بمتوسط تركيز النيكل في جذور نباتات الجزر البالغة 12.41 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة. قد يعزى السبب الى امتلاك نباتات الفجل الابيض مجموع جذري اكبر من مجموع جذري لنباتات الجزر مما يزيد من كمية النيكل الممتص والمتراكم في جذور النباتات ويتماشى هذا مع ما توصل اليه Barrutia *et al.*(2009) الذين بينا ان الزيادة في نمو النباتات غير المجمعة والكتلة الحيوية ومجموعها الجذري والخضري في التربة التي تحتوي على تراكيز مرتفعة من العناصر الملوثة ولاسيما النيكل تعمل على زيادة امتصاص هذه العناصر ومن ثم انتقالها الى المجموع الجذري وباقي أجزاء النبات الأخرى.

جدول 7 يبين تراكيز عنصر النيكل (Ni) في جذور نباتات الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة)

المعاملات	T1	T2	T3	T4	T5	المتوسط
نبات الفجل الابيض	0.05	7.11	14.85	21.35	37.13	16.09
نبات الجزر	0.04	6.45	10.38	20.96	24.24	12.41
المتوسط	0.04	6.78	12.61	21.15	30.68	LSD(T) = 3.10
LSD(T) = 5.69						
LSD(P*T) = 8.47						

أوضحت النتائج تأثير المعاملات المختلفة في تراكيز النيكل في جذور النباتات فأشارت النتائج الى وجود اختلافات معنوية بين المعاملات، فقد كانت اعلى القيم في المعاملة T5 وثم T4 وT3 واخيراً T2 إذ بلغت 30.68 و21.15 و12.61 و 6.78 ملغمNi كغم$^{-1}$ مادة جافة بالتعاقب مقارنة بمعاملة القياس T1 لنباتات الجزر والبالغة 0.04 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة. يعزى ذلك الى الزيادة في تركيز عنصر النيكل في التربة قبل الزراعة إذ كانت العلاقة طردية بين ما مضاف وما ممتص من العنصر من قبل الجذور وهذا يتماشى مع ما توصل اليه صادق وآخرون، (2008 و2004).Garcia *et al* الذين اوضحوا ان الزيادة الطردية في تراكيز العناصر الملوثة في أنسجة النباتات تتناسب مع زيادة تركيزها في الوسط الذي تنمو فيه هذه النباتات الأمر الذي يؤدي الى زيادة الجاهز والممتص للعنصر من قبل النبات.

إما بالنسبة للتداخل بين العوامل المختلفة فتشير النتائج الى وجود فروق معنوية بين المعاملات المختلفة، فقد كانت اعلى النتائج في المعاملة T5 التابعة لنبات الفجل الابيض والبالغة 37.13 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة وتلتها T5 لنبات الجزر والبالغة 24.24 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة، ويعود السبب الى زيادة تراكيز عنصر النيكل المضاف للتربة قبل الزراعة الأمر الذي أدى الى زيادة جاهزيته في التربة وامتصاصه من قبل النبات وينسجم هذا مع ما توصل اليه Singh *et al.(2010)* الذين أشارت نتائجهم الى ان قسم من النباتات النامية في تربة ملوثة بعناصر ثقيلة لها القدرة على امتصاص بعض العناصر دون الأخرى إذ تتمتع تلك النباتات بقابلية حيوية عالية على سحب وتراكم العناصر الثقيلة في أنسجتها. ومن الملاحظ ان تركيز عنصر النيكل في جذور نباتات الفجل الابيض والجزر في الجدول اعلاه ولجميع المعاملات لم تتجاوز المستويات المسموح بها حسب منظمة الغذاء والزراعة والصحة العالمية WHO/FAO,2007) والبالغة 67 ملغم Ni كغم$^{-1}$ مادة جافة.

معامل التركيز الحيوي في النباتات (المجموع الجذري + الخضري) BCF

عنصر الرصاص Pb – BCF

يبين جدول 8 معامل التركيز الحيوي BCF لعنصر الرصاص في نباتي الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة ويمثل هذا المعامل العلاقة بين تركيز العنصر في النبات (المجموع الخضري والجذري) مقسوم على تركيز نفس العنصر في التربة، إذ تشير النتائج الى وجود حركة وانتقال لعنصر الرصاص من التربة الى المجموع الجذري والخضري لنباتات الفجل الابيض والجزر فقد تراوحت القيم BCF3 ما بين 3.64 – 6.58 لنباتات الفجل الابيض و4.04–6.27 بالنسبة لنباتات الجزر. ويلاحظ ان القيم BCF لعنصر الرصاص لجميع المعاملات ولكلا النباتين قد تعدت قيمة الواحد وهذا يشير الى وجود انتقال لعنصر الرصاص من التربة الى النبات وتراكم داخل المجموع الجذري اعلى من المجموع الخضري ويتماشى هذا مع العلي (1996) التي بينت ان العناصر المعدنية البطيء الحركة مثل الرصاص يزداد تركيزها في المجموع الجذري مقارنة مع العناصر المتحركة نسبيا والتي يزداد تركيزها في المجموع الخضري.

جدول 8 يبين معامل التركيز الحيوي BCF لعنصر الرصاص (Pb) في نباتي الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة

المعاملات	معامل التركيز الحيوي BCF للرصاص (Pb)	
	F	J
T1	3.64	4.60
T2	4.76	4.20
T3	6.23	6.27
T4	6.58	5.91
T5	4.75	4.04

عنصر الكادميوم BCF – Cd

يبين جدول 9 معامل التركيز الحيويBCF لعنصر الكادميوم في نباتي الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة، إذ بينت النتائج ارتفاع معامل الانتقال الحيوي لنباتات الفجل الابيض وتراوحت القيم 3.50– 4.63 واما بالنسبة لمعامل التركيز الحيوي BCF لنباتات الجزر فتراوحت القيم 2.25– 3.87.

جدول 9 يبين معامل التركيز الحيوي BCF لعنصر الكادميوم (Cd) في نباتي الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة

المعاملات	معامل التركيز الحيوي BCF للكادميوم (Cd)	
	F	J
T1	3.50	3.00
T2	3.92	2.25
T3	4.16	2.60
T4	4.28	2.70
T5	4.63	3.87

ويلاحظ من النتائج المذكورة انفا ان جميع المعاملات ولكلا النباتين قد تجاوزت قيمة الواحد حسب هذا المعيار BCF فان هذه يدل على وجود حركة وانتقال لعنصر الكادميوم من التربة الى داخل النبات مما ادى الى تراكم الكادميوم في انسجة النباتات المختلفة وهذا ينسجم مع Ciecko *et al.*(2003) الذين بينوا اختلاف حركة وانتقال العناصر الثقيلة داخل انسجة النباتات حسب نوع العنصر وطبيعة النباتات فيعد عنصر الكادميوم من العناصر المتحركة بالتربة والنبات مقارنة بعنصر الرصاص وللنباتات القدرة على امتصاصه من التربة بسهولة وانتقاله الى الاجزاء النباتات الاخرى.

عنصر النيكل BCF – Ni

بين جدول 10 معامل تركيز الحيوي لعنصر النيكل في نباتات الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة، إذ اوضحت النتائج ارتفاع قيم BCF الى اكثر من الواحد لجميع المعاملات ولنباتي الفجل الابيض والجزر مما دل على وجود انتقال وحركة لهذا العنصر من التربة الى النبات وبذلك تعد هذه الانواع من النباتات متحملة لعنصر النيكل.

جدول 10 يبين معامل التركيز الحيوي BCF لعنصر النيكل (Ni) في نباتي الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة

المعاملات	معامل التركيز الحيوي BCF النيكل (Ni)	
	F	J
T1	6.00	5.00
T2	4.09	6.62
T3	5.59	4.10
T4	4.83	4.32
T5	4.90	4.16

وهذا يتماشى مع ما ذكره الارياني (2005) الذي بين ان لنباتات المزروعة بالترب الملوثة بالعناصر الثقيلة القدرة على امتصاص وسحب العناصر من التربة وانتقاله وتراكمها في الاجزاء النباتية الاخرى فيمكن اعتبار مثل هذه النباتات بنباتات المجمعة للعناصر الثقيلة.

معامل الانتقال الموقعي للنبات TF

عنصر الرصاص TF- Pb

يبين الجدول 11 معامل الانتقال الموقعي TF لعنصر الرصاص في نبات الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة والذي يمثل حركة وانتقال العنصر من المجموع الجذري الى المجموع الخضري، فتراوحت قيم TF لنباتات الفجل الابيض ما بين 0.53– 0.70 في حين تراوحت القيم لنباتات الجزر ما بين 0.60– 0.84.

يلاحظ من النتائج اعلاه ان قيم معامل الانتقال الموقعي TF ولجميع المعاملات ولكلا النباتين لم تتجاوز قيمة الواحد مما يدل قلة حركة او انتقال عنصر الرصاص من المجموع الجذري الى المجموع الخضري ويعود السبب في ذلك لقلة حركة عنصر الرصاص داخل النباتات لكونه عنصر شبه متحرك في النبات وذلك بسبب ارتفاع وزنه الجزيئي الامر الذي لدى الى تراكمه في المجموع الجذري مقارنة بالمجموع الخضري وهذا يتماشى مع ما توصل اليه عبد الباري (2000) 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 11 يبين معامل الانتقال الموقعي TF لعنصر الرصاص (Pb) في نباتي الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة

المعاملات	معامل الانتقال الموقعي TF للرصاص (Pb)	
	F	J
T1	0.70	0.70
T2	0.53	0.60
T3	0.64	0.68
T4	0.65	0.74
T5	0.68	0.84

عنصر الكادميوم TF - Cd

يبين الجدول 12 معامل الانتقال الموقعي TF لعنصر الكادميوم في نباتات الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة، إذ اشارت النتائج بوجود ارتفاع معامل الانتقال الموقعي TF لنباتات الفجل الابيض فكانت اعلى القيم في المعاملة T2 البالغة 1.36 مقارنة بمعاملة القياس T1 البالغة 0.75. اما بالنسبة لمعامل الانتقال الموقعي TF لعنصر الكادميوم لنباتات الجزر فقد تراوحت القيم ما بين 1.22 – 2.00 .

يلاحظ من النتائج المذكورة سابقا ولجميع المعاملات ولكلا النباتين ارتفاع قيم معامل الانتقال الموقعي لعنصر الكادميوم TF - Cd اعلى من قيمة الواحد وحسب هذا المعامل فان النتائج تدل على وجود حركة وانتقال لهذا العنصر داخل النبات إذ انتقل عنصر الكادميوم من المجموع الجذري باتجاه المجموع الخضري وهذا يتلائم مع ماجاء به عبد الباقي (2000) والعتيبي (2007) اللذان بينا امكانية النباتات المختلفة النامية في التربة الملوثة من القيام بعملية الامتصاص للعناصر الثقيلة بواسطة جذورها المنتشرة في التربة ثم نقلها الى اجزاء النباتات العليا الاخرى وتعتمد عملية الانتقال على طبيعة العنصر ونوع النبات المزروع وقابليه على تحمل تراكيز عالية من العناصر الثقيلة.

جدول 12 يبين معامل الانتقال الموقعي TF لعنصر الكادميوم (Cd) في نباتي الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة

المعاملات	معامل الانتقال الموقعي TF للكادميوم (Cd)	
	F	J
T1	0.75	2.00
T2	1.36	1.22
T3	1.14	1.42
T4	1.27	1.48
T5	1.27	1.37

عنصر النيكل Ni -TF

يبين جدول 13 قيم معامل الانتقال الموقعي TF لعنصر النيكل في نباتي الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة، اذ تراوحت قيم معامل الانتقال TF لنباتات الفجل الابيض ما بين 1.19– 1.50 في حين تراوحت القيم TF لنباتات الجزر ما بين 1.22– 1.60. ويلاحظ من النتائج المذكورة انفا لمعامل الانتقال الموقعي لعنصر النيكل ولجميع المعاملات ولكلا النباتين قد تعدت قيمة الواحد ماعدا معاملة القياس للنباتين T1 وهذا يدل على وجود حركة وانتقال لهذا العنصر داخل النبات إذ انتقل العنصر من المجموع الجذري باتجاه المجموع الخضري وهذا يتلائم مع ما توصل اليه Mazin(1995) الذي ذكر 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، كما ذكر Khan *et al.* (2007) ان عنصر النيكل من العناصر المتحركة داخل النبات إذ ينتقل من المجموع الجذري الى المجموع الخضري ويزداد تراكم عنصر النيكل في النباتات مع زيادة مستويات في التربة الملوثة.

جدول 13 يبين معامل الانتقال الموقعي TF لعنصر النيكل (Ni) في نباتي الفجل الابيض والجزر للمعاملات المختلفة

المعاملات	معامل الانتقال الموقعي TF النيكل (Ni)	
	F	J
T1	1.40	1.50
T2	1.50	1.32
T3	1.25	1.42
T4	1.28	1.22
T5	1.19	1.60

المصادر

- الارياني، عادل قائد علي. 2005. تقدير بعض العناصر الصغرى والثقيلة في مياه وترب ونباتات مجاري مدينة الموصل وتحديد كفاءة زهرة الشمس في ازالتها. اطروحة دكتوراه. كلية العلوم. جامعة الموصل.
- البواردي، محمد بن عبيد. 2003. مستويات الكادميوم في التربة ومحتواه في بعض محاصيل الخضر النامية في المنطقة الوسطى بالمملكة العربية السعودية. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة الملك سعود.

- العتيبي، جمال محمد نواب النفعي. 2007 . سلوك وانتقال الكادميوم والسيلينيوم في بعض ترب المنطقة الجنوبية. المملكة العربية السعودية. رسالة ماجستير. قسم علوم التربة. كلية علوم الاغذية والزراعة . جامعة الملك سعود.
- العلي، فائزة عزيز محمود. 1996. تاثير المياه الملوثة في نمو ومحتوى النباتات من بعض العناصر الصغرى والثقيلة. اطروحة دكتوراه. كلية العلوم. جامعة الموصل.
- حسين، فلاح حسن.2000. الندوة العلمية الأولى عن التلوث البيئي لمحافظة بابل. كلية العلوم. جامعة بابل.
- حميدوش، ديانا حافظ .2014. دراسة مقدرة بعض الانواع النباتية المزروعة على مراكمة بعض العناصر الثقيلة في اللاذقية (حديقة الفرسان). رسالة ماجستير، كلية الزراعة – جامعة تشرين.
- زعلان، ليلى صالح وعباس. شيرين فاضل وعبد النبي. أنفال علوان.2006. تقدير نسب التلوث ببعض العناصر الثقيلة في نماذج من الخضروات في منطقة جنوب البصرة .مجلة البصرة للعلوم الزراعية 19 (2):89-98.
- صادق، علي حسين وكاظم مهند كامل. 2008. التغيرات الشهرية في تراكيز العناصر النزرة في قناة نهر الغراف الرئيسية لنهر دجلة. رسالة ماجستير. كلية الزراعة . جامعة البصرة.
- صالح، فرح صبحي. 2012. تاثير تلوث التربة بتراكيز مختلفة من الكادميوم والرصاص على تركيز الكربوهيدرات والبروتينات وبعض العناصر المعدنية في نبات زهرة الشمس Helianthus annuus L. مجلة علوم الرافدين. 23(4):41-55.
- عبد الباري، عبد الغفور السيد. 2000. تلوث البيئة، الارض والنبات. دار النشر للجامعات. مصر .
- عبد اللطيف، علي اكرم. 2016. تاثير اضافة الحمأة في تلوث التربة والنبات بعنصري الرصاص والكادميوم. رسالة ماجستير. جامعة القاسم الخضراء – كلية الزراعة.
- علي، نور الدين شوقي. 2012. تقانات الاسمدة واستعمالاتها. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، كلية الزراعة – جامعة بغداد.
- Alexander P.D; B.J. Alloway and A.M Dourado.2008. Genotypic variation in the accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn exhibited by six commonly grown vegetables. Environ. Pollut. 144:736–745.
- Aslam,M;D.K. Verma; R. Dhakerya; S, Rais; M. Alam and F.A. Ansari. 2012.Bioindicator:Acomparative study on uptake and accumulation of heavy metals in some plant,s leaves of M.G. road, Agra city, India, Research Journal of Environmental and Earth Scinces.4(12):1060-1070.
- Azita, B.H. and A.M.Seid. 2008. Investigation of heavy metals uptake by vegetable crops from metal–contaminated soil. World Academy of Science, Enginerring and Technology 43(1):56-58.
- 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.
- Black, C. A; D. D. Evans; L.E. Ensminger; J.L. White and F.E. Clark. 1965. (eds). Methods of soil analysis. Part 1 pp.545-566 American Society of Agronomy. Madison Wisconsin. USA.
- Ciecko,Z; Kalembasa; S. Wyszkowski and E. Rolka. 2003. Effect of soil cncentration by cadmium on potassium uptake by plant, Department of soil science and agricultural chemistry, Podlaskaa Academy Ul. B.P. Prusa, 14, 08,110 Siedlce Poland.
- Cui,S; Q. Zhou and L. Chao.2007. Potential hyper-accumulation of Pb, Zn, Cu and Cd in endurant plants distributed in an old smeltery, northeast China. Environmental Geology. 51: 1043-1048.

- **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.**
- **Olge, K; V.Shestivska M. Galiova; K. Novotny and J.K. aiser. 2009. Sunflower Plants as Bioindicators of Environmental Pollution with Lead (II) Ions Sensors 2009, 9, 5040-5058.**
- **Page, A. L; R.H. Miller and D. R. keeney.1982. Method of soil analysis, part 2, 2nd Agron. Madison Wisconsin, U.S.A.**
- **Preeti, P. and A.K. Tripathi .2010. Bioaccumulation of heavy metal in soil and different plant parts of Albiza Procera (ROXB.) seedling the Bioscan, 5(2):263-266.**
- **Rattan,R.K; S.P. Dutta;P.K. Chonkar; K. Suribabu and A.K. Singh. 2005. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soil.**
- **Shetwey, M. 2002. Effect of toxins on human health and safety. Assiut Univ. Bull. Environ. Res. 23:1-25.**
- **Singh,A;C.S.Kumar and A.A garwal. 2010. Phytotoxicity of cadmium and lead in Hydrilla verticillata (I.F). Royle. Journal of Phytology. 3(8):1-4.**
- **WHO/FAO. 2007. Joint WHO/FAO. Food standard programme codex Alimentarius commission 13th session.**
- **Yobouet Y.A;K. Adouby; A. Trokourey and B. Yao .2010. Cadmium, Copper, Lead and Zinc speciation in contaminated soils International Journal of Engineering Science and Technology. 2(5): 802-812.**
- **Evans, L.J; S.Boua; D. G. Lumsdon and D.A. Stanbury.2003. Cadmium adsorption by an organic soil: a comparsion of some humic-metals complexation models. Chemical Speciation and Bioavialability, 15(4). 93-100.**
- **Garcia,G;A.FaZ and M.Cunhe. 2004. Performance of pip tatherum miliaceum (Smilo grass) in edaphic pb and Zn Phy toremediation over a short growth period .Int. Biodeter and Biodey 54:245-250.**
- **Jones, J. Benton. 2001. Laboratory guide for condusting soil tests and plant analysis. CRC Press LLC.**
- **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.**
- **Li, M.S; Y.P. Luo and Z.Y. Su. 2007. Heavy metal concentrations in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, South China. Environmental Pollution, 147: 168-175.**
- **Mazin A.M.A.Qatar.1995. Sci.J. 15 (2): 353-359.**
- **Mohammad, G; J.Abbas and R. Mohammad. 2010. Effects of treated municipal waste water on soil chemical properties and heavy metals uptake by Sorghum. (Sorghum Bicolor L.) .J. Agri. sci. 2 (3).**
- **Mohsen, B and S. Mohsen. 2008. Investigation of metals accumulation in some vegetables irrigated with waste water in share Rwy-lran and toxicological application. American–Eurasian. J.Agric. Environ. Sci. 4(1): 86-92.**