وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ديالى
كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم علوم الحياة

الكشف عن بعض المعادن الثقيلة في الترب الزراعية لمحافظة ديالى ومعالجتها بأنواع مختلفة من النباتات

إطروحة مقدمة إلى
مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة ـ جامعة ديالى
وهي جزء من متطلبات نيل درجة الدكتوراه فلسفة في علوم الحياة
من قبل

سعاد خيري عبدالوهاب

ماجستير علوم حياة /كلية التربية للعلوم الصرفة /جامعة ديالى 2008

بإشراف

الأسُتاذ الدكتور

وسام مالك داود

1441 هـ **2020 م**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَإِذَا تَوَلَّى سَعَى فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفَسَادَ

صدَقَ الله العَظِيم

(البقرة: الآية، 205)

الإهداء

الى خالقي

يا ذا الجلال والاكرام

اضع عملي بين يدي رحمتك فاغفر اللهم خطيئتي وارحمني في الدنيا والاخرة

الشكر والثناء

الحمد لله وحده الذي أنعم علينا بالعلم والهداية والصلاة والسلام على سيدنا محمد بن عبد الله سيد الخلق كافة وعلى اله وأصحابه وبعد....

يسعدني أنْ اتقدم بجزيل الشكر ووافر الآمتنان الى أُستاذي المشرف الأُستاذ الدكتور وسام مالك داود لما قدمهُ من نصحٍ وإرشادٍ لهُ الاثر الكبير في إنجاز الأُطروحة .

ويسرني أنْ اتقدم بالشكر والآمتنان الى الأَخوات وجدان جاسم محمد وماجدة احمد عبد ونغم ياسين كاظم وأسماء حسيب وأسيل عدنان وأسيل كاظم هادي وزينة غني فاضل وفاتن علي أحمد وخنساء سلمان .

وأتقدم بشكري وثنائي الى الأُستاذ الدكتور أَشرف شوقي رئيس قسم البساتين / كلية الزراعة / جامعة الفيوم لما ابداه من مساعدة وتوجيه علمي.

وأَتقدم بالشكر والتقدير الى نور احمد حميد واسماء محمد جاسم وميثاق محمد جاسم وفرح قاسم لما قدموهُ من مساعدةٍ .

ولا يفوتني أنْ أُسدي آحترامي وَآعتزازي لأَفراد عائلتي جميعهم ولكل من قدم يد العون والنصح والإرشاد .

الباحثة

الخلاصة

تضمنت هذه الدراسة الكشف عن بعض العناصر الثقيلة في الترب الزراعية لمحافظة ديالى، بهدف تحديد تراكيز كل من الكادميوم Cd والنحاس Cu والنيكل Ni والرصاص Pb في التربة لغرض التعرف على مستويات تلوث التربة بهذه العناصر، ومعالجة التربة الملوثة بأستخدام نباتات لها القابلية على سحب هذه العناصر.

تضمنت الدراسة جزئين الأّول نمذجة وتحليل 51 عينة مركبة من الترب الزراعية و6 عينات مركبة من الاراضي البكر. وتم قياس تراكيز العناصر الثقيلة للكادميوم Cd والنحاس Cu والنيكل Ni والرصاص Pb وقياس الاس الهيدروجيني pH وتحديد مؤشر التلوث PI ومؤشر التراكم الأّرضيI_{geo} . والجزء الثاني هو دراسة حقلية لأربع انواع من النباتات هي زهرة الشمس *Helianthus annuus* L. والشلغم *Brassica rapa* L. و الجزر *Daucus carota* L. والخردل الهندي *Brassica juncea* L.، وتحديد بعض الصفات البيئية وهي تراكيز العناصر الثقيلة المدروسة في المجموع الجذري والخضري، ومعامل التركيز الحيوي BCF، ومعامل الانتقال TF، ومعامل التراكم الحيوي BAC، والصفات فسيولوجية مثل الكلوروفيل والجلوتاثيون والكتاليز والصفات التشريحية .

أّظهرت نتائج الدراسة الحالية أنّ المعدلات العامة لتركيز عنصر الكادميوم Cd تراوحت بين 1.70–3.10 ملغم.كغم$^{-1}$ ، وكانت جميع الترب الزراعية ملوثة بعنصر الكادميوم Cd ، أما عنصر النحاس Cu فقد تراوح بين 21.40–58.60 ملغم.كغم$^{-1}$، اذ ان نسبة التلوث بلغت 90.196% من العينات المدروسة ، أما عنصر النيكل Ni فقد تراوح بين 41.00–116.20 ملغم.كغم$^{-1}$، اذ ان نسبة التلوث بلغت 68.627 % من العينات المدروسة، اما عنصر

الرصاص Pb فقد تراوح بين 43.10–112.30 ملغم.كغم$^{-1}$، اذ وجد ان جميع عينات الترب الزراعية ملونة بعصر الرصاص Pb .

سجلت النتائج إرتفاعا في مؤشر التلوث لعنصر الكادميوم Cd والرصاص Pb ، إذ كانت الترب الزراعية ملوثة بشدة عالية ، اما مؤشر التلوث في عينات الترب الزراعية لعنصر النحاس Cu تراوح من غير ملوثة– معتدله التلوث ، ومؤشر التلوث لعنصر النيكل Ni تراوح بين غير ملوثة – ملوثة قليلا.

ويلاحظ من مؤشر التراكم الارضي لعينات الترب ، ان عنصر الرصاصPb تراوح بين 4.733–6.115 والكادميوم Cd تراوح بين 2.180–3.047 والنحاس Cu تراوح (0.697–)– 0.756 والنيكل Ni تراوح بين(1.470–)– (0.031).

أَظهرت نتائج الصفات البيئية لتراكيز العناصر الثقيلة في المجموع الجذري، أن نبات الخردل الهندي معاملة بدون تسميد اعلى تركيز بلغ 0.466 ملغم.كغم$^{-1}$ لعنصر الكادميوم، اما عنصر النحاس فقد سجل نباتات الشلغم معاملة بدون تسميد اعلى تركيز بمقدار 19.750 ملغم.كغم$^{-1}$ ، فيما سجل نباتات زهرة الشمس معاملة بدون تسميد اعلى تركيز لعنصري النيكل والرصاص بلغ 35.133 و33.666 ملغم.كغم$^{-1}$ على التوالي.

سجلت النتائج لتراكيز العناصر الثقيلة في المجموع الخضري، إن نباتات الشلغم معاملة بدون تسميد سجلت أعلى تركيز لعنصر الكادميوم Cd بلغ 0.766 ملغم. كغم$^{-1}$ اما عنصر النحاس Cu والنيكل Ni فقد سجلت نباتات زهرة الشمس معاملة بدون تسميد أعلى تركيز بلغ 32.466 ملغم.كغم$^{-1}$ و4.900 ملغم.كغم$^{-1}$ على التوالي، اما عنصر الرصاص فقد سجلت نباتات الخردل الهندي معاملة بدون تسميد اعلى تركيز بلغ 3.900 ملغم.كغم$^{-1}$.

ت

يلاحظ من النتائج أن معامل التركيز الحيوي لعناصر الكادميوم Cd والنحاس Cu والنيكل Ni والرصاص Pb، بلغت اعلى قيمة لمتوسط معامل التركيز الحيوي بمقدار 0.242±0.02 لنباتات الخردل الهندي و 0.908 ± 0.061 لنباتات الشلغم و 0.230 ±0.11 لنباتات الجزر و 0.279 ±0.08 لنباتات زهرة الشمس على التوالي.

أوضحت نتائج معامل الأنتقال أَنّ عنصر النحاس Cu هو أَعلى العناصر وله القابلية على الانتقال من المجموع الجذري الى المجموع الخضري في نباتات زهرة الشمس، ثم عنصر الرصاص Pb في نبات الخردل الهندي، وعنصر الكادميوم Cd في نباتات زهرة الشمس، وعنصر النيكل Ni في نباتات الخردل الهندي .

بينت النتائج عدم وجود فروق معنوية بين اختلاف الانواع النباتية ومعاملتي التسميد، وبلغ اعلى قيمة لمتوسط معامل التراكم الحيوي لعنصر الكادميوم Cd 0.781±0.38 لنباتات الشلغم ، اما عنصر النحاس Cu سجلت فروق معنوية بين معاملات الانواع النباتية، فقد بلغ اعلى متوسط لمعامل التراكم الحيوي 0.660±0.06 لنباتات الجزر، اما عنصر النيكل Ni اظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين معاملات انواع النباتية اذ بلغ اعلى متوسط لمعامل التراكم 0.063±0.00 لنباتات الشلغم ، اما عنصر الرصاص Pb لم تظهر النتائج وجود فروق معنوية بين متوسطات النباتات وبلغ اعلى متوسط لمعامل التراكم 0.090 ±0.03 لنبات زهرة الشمس .

سجلت النتائج وجود فروق معنوية بين الأَنواع النباتية ومعاملتي التسميد وبدون تسميد في محتوى الكلوروفيل، اذ سجل نباتات زهرة الشمس أعلى متوسط للكلوروفيل بلغ 0.960±0.02 ملغم.غم$^{-1}$ ، كذلك أظهرت النتائج تفوق معاملات التسميد على معاملات بدون تسميد بنسبة مقدارها 17.8% .

أوضحت النتائج وجود فروق معنوية بين الأَنواع النباتية ومعاملتي التسميد للجلوتاثيون ، اذ بلغ أعلى متوسط للجلوتاثيون 717.277±21.35 نانومول .كغم$^{-1}$ لنباتات الخردل الهندي، بينما أظهرت معاملات التسميد تفوقا عن معاملات بدون تسميد اذ بلغت 572.172±15.10 نانومول.كغم$^{-1}$.

بينت النتائج وجود فروق معنوية بين الأَنواع النباتية ومعاملتي التسميد اذ بينت النتائج ان اعلى متوسط لأنزيم الكتاليز كان في نباتات الخردل الهندي وقد بلغ 9.498±0.51 نانومول.غم$^{-1}$ ، بينما تفوقت معاملات التسميد على معاملات بدون تسميد بنسبة مقدارها 49.9% .

بينت النتائج ان اعلى متوسط لسمك الجدار واقطار وحدات الأَوعية الناقلة في الأَوراق بلغت 5.099 ± 0.4 و34.974 ± 1.50 مايكرومتر على التوالي لنباتات الخردل الهندي، اما وحدات الأَوعية الناقلة في الجذر فقد سجلت أعلى متوسط لسمك الجدار بلغ 6.664 ± 0.6 مايكرومتر لنباتات الشلغم ، بينما سجلت اقطار وحدات الأَوعية الناقلة في الجذر أعلى متوسط بلغ 63.794 ± 4.60 مايكرومتر لنباتات الخردل الهندي .

قائمة المحتويات

التسلسل	الموضوع	الصفحة
	الخلاصة	أ- ث
1	المقدمة	4-1
2	آستعراض المراجع	5
1-2	التربة ومفهوم تلوث التربة الزراعي	6-5
1-1-2	تركيز العناصر الثقيلة	10-6
2-1-2	مؤشر التلوث	12-11
3-1-2	مؤشر التراكم الارضي	14-12
2-2	مفهوم المعالجة النباتية	14
3-2	اليات المعالجة النباتية	15
1-3-2	الأستخراج النباتي	15
2-3-2	الترشيح الجذري	16-15
3-3-2	تقيد الملوثات نباتيا	16
4-3-2	التحلل او التحطيم النباتي	17
5-3-2	التحلل او التحطيم الجذري	17
6-3-2	التخلص من الاملاح عن طريق النباتات	17
4-2	استخدام النباتات في المعالجة النباتية	18
1-4-2	نبات زهرة الشمس	19-18
2-4-2	نبات الشلغم	20-19
3-4-2	نبات الجزر	22-21
4-4-2	نبات الخردل الهندي	23-22

5-2	الصفات البيئية	24
1-5-2	معامل التركيز الحيوي	24-26
2-5-2	معامل الأنتقال	26-27
3-5-2	معامل التراكم الحيوي	27-28
6-2	الصفات الفسلجية	28
1-6-2	الكلوروفيل	28-30
2-6-2	الجلوتاثيون	30-32
3-6-2	أنزيم الكتاليز	32-34
7-2	الصفات التشريحية	34-35
3	المواد وطرائق العمل	36
1-3	الأَجهزة والمواد المستعملة	36
1-1-3	الأَجهزة المستعملة	36
2-1-3	المواد الكيميائية	37
2-3	وصف منطقة الدراسة	38
3-3	جمع العينات	39
4-3	طريقة تقييم التلوث في التربة	39
1-4-3	تقدير العناصر الثقيلة في ترب الزراعية	39
2-4-3	مؤشر التلوث	40
3-4-3	مؤشر التراكم الأرضي	40
5-3	العمل الحقلي	41
1-5-3	جمع عينات التربة بعد الزراعة	42
2-5-3	جمع العينات النباتية	42

3-5-3	تحضير العينات	42
1-3-5-3	تقدير العناصر في التربة	42
1-3-5-3	تقدير العناصر في النبات	43
4-5-3	الصفات البيئية	43
1-4-5-3	معامل تركيز الحيوي	43
2-4-5-3	معامل الأنتقال	44
3-4-5-3	معامل التراكم الحيوي	44
5-5-3	الصفات الفسلجية	44
1-5-5-3	محتوى الأَوراق من الكلوروفيل	45-44
2-5-5-3	قياس الجلوتاثيونِ	45
3-5-5-3	قياس أنزيم الكتاليز	46
6-5-3	الصفات التشريحية	47-46
7-5-3	التحليل الإِحصائي	47
1-7-5-3	تحليل البيانات إِحصائيا وفقا للتصميم المتبع في هذه الدراسة	47
2-7-5-3	إيجاد قيم معاملات الارتباط البسيط بين الصفات المدروسة	47
4	النتائج والمناقشة	50
1-4	مسح الترب الزراعية في محافظة ديالى	50
1-1-4	تراكيز العناصر الثقيلة في عينات الترب الزراعية	54-50
2-1-4	مؤشر التلوث	56-54
3-1-4	مؤشر التراكم الأرضي	58-56
2-4	الصفات البيئية	58
1-2-4	تركيز العناصر الثقيلة في نباتات الدراسة	58

4-2-1-1	تركيز العناصر الثقيلة في المجموع الخضري	58
4-2-1-2	تركيز العناصر الثقيلة في الجذر	60-61
4-2-2	معامل التركيز الحيوي	61-65
4-2-2	معامل الانتقال	65-69
4-2-3	معامل التراكم الحيوي	69-73
4-3	الصفات الفسلجية	73
4-3-1	الكلوروفيل	73-74
4-3-2	الجلوتاثيون	74-75
4-3-3	أَنزيم الكتاليز	75-77
4-4	الصفات التشريحية	77
4-4-1	الورقة	77
4-4-1-1	سمك جدران وحدات الأَوعية الناقلة	77
4-4-1-2	أقطار جدران وحدات الأَوعية الناقلة	78
4-4-2	الجذر	79
4-4-2-1	سمك جدران وحدات الأَوعية الناقلة	79
4-4-2-2	أقطار وحدات الأَوعية الناقلة	80
5	الأستنتاجات والتوصيات	86
5-1	الأستنتاجات	86
5-2	التوصيات	87
	المصادر العربية	88-90
	المصادر الأَجنبية	91-108
	الملاحق	

قائمة الجداول

الجدول	الموضوع	الصفحة
1	الأَجهزة المستعملة في الدراسة	36
2	المواد الكيميائية المستعملة في هذه الدراسة	37
3	تصنيف مستويات تلوث التربة بالعناصر الثقيلة على اساس pl وlgeo	41
4	تراكيز العناصر الثقيلة (ملغم .كغم$^{-1}$) في عينات الترب الزراعية لمحافظة ديالى	51
5	الوفرة الطبيعة لتراكيز العناصر الثقيلة (ملغم.كغم$^{-1}$) في مواقع مختلفة من الاراضي البكر لمحافظة ديالى	54
6	الحد الأَدنى و الأَعلى لمؤشرات التلوث (PI) ومستويات التلوث في عينات الترب الزراعية لمحافظة ديالى	55
7	قيم معامل الإِرتباط البسيط بين عامل التركيز ومؤشر التلوث لعناصر الكادميوم والنحاس والنيكل والرصاص	56
8	الحد الأدنى والحد الأعلى لمؤشرات التراكم الأرضي (I_{geo}) لعدد من العناصر الثقيلة ومستويات التلوث لعينات من الترب الزراعية في محافظة ديالى	57
9	قيم معامل الارتباط البسيط بين عامل التركيز ومؤشر التراكم الأرضي لعناصر الكادميوم والنحاس والنيكل والرصاص	58
10	تراكيز العناصر الثقيلة (ملغم .كغم$^{-1}$) في الجذر للأنواع النباتية قيد الدراسة	59
11	تراكيز العناصر الثقيلة (ملغم .كغم$^{-1}$) في المجموع الخضري للأنواع النباتية قيد الدراسة	61
12	قيم معامل التركيز الحيوي لعنصر الكادميوم في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة	62
13	قيم معامل التركيز الحيوي لعنصر النحاس في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة	63

14	قيم معامل التركيز الحيوي لعنصر النيكل في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة	64
15	قيم معامل التركيز الحيوي لعنصر الرصاص في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة	65
16	قيم معامل الانتقال لعنصر الكادميوم في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة	66
17	قيم معامل انتقال لعنصر النحاس في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة	67
18	قيم معامل انتقال لعنصر النيكل في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة.	68
19	قيم معامل انتقال عنصر الرصاص في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغيرمسمدة	69
20	قيم معامل التراكم الحيوي لعنصر الكادميوم في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة	70
21	قيم معامل التراكم الحيوي لعنصر النحاس في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة	71
22	قيم معامل التراكم الحيوي لعنصر النيكل في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة	72
23	قيم معامل التراكم الحيوي لعنصر للرصاص في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة	73
24	محتوى الكلوروفيل ملغم/غم في اوراق الأنواع النباتية المزرعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة	74
25	محتوى الاوراق من للجلوتاثيون (نانومول.كغم$^{-1}$) في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة	75
26	تركيز انزيم الكتاليز (نانومول.غم$^{-1}$) في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة	76

27	معامل ارتباط بين الكلوتاثيون والكتاليز والكلورفيل الكلي	77
28	متوسطات سمك جدران وحدات الأوعية الناقلة في العرق الوسطي لأوراق الأنواع النباتية	78
29	متوسطات أقطار وحدات الأوعية الناقلة في العرق الوسطي لأوراق الأنواع النباتية	79
30	متوسطات سمك جدران وحدات الأوعية الناقلة لجذور الأنواع النباتية المدروسة	80
31	متوسطات اقطار وحدات الأوعية الناقلة لجذور الأنواع النباتية المدروسة	81

قائمة الأَشكال

ت	الموضوع	الصفحة
1	خارطة تبين مواقع الدراسة في محافظة ديالى	39
2	مخطط التجربة للعمل الحقلي	43
3	مقاطع عرضية في العرق الوسطي لأوراق الانواع النباتية المدروسة	83
4	مقاطع عرضية في جذور الأنواع النباتية المدروسة	85

قائمة الملاحق

1	تحليل التباين للصفات البيئية المدروسة ممثلة بمتوسطات المربعات	101
2	تحليل التباين للصفات الفسلجية المدروسة ممثلة بمتوسطات المربعات	101
3	تحليل التباين للصفات التشريحية المدروسة ممثلة بمتوسطات المربعات	102

قائمة المختصرات

List of abbreviations	Key
ICP-OES	Induetively Coupled Plasma-Optical Emisson Spectroscopy
GSH	Glutathione
EDTA	Ethylenediaminetetraacetate
MPA	Metaphosphoric acid
PVPP	Polyvinyl-PolyPyrrolidone
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
CAT	Catalase
AOAC	Association of Official Chemists
EPA	Environmental Protection Agency

1_ المقدمة Introduction

التربة هي أَحد مكونات البيئة الأَساسية مع الماء والهواء ، وهي المكان الطبيعي لنمو النبات والإنتاج الزراعي، فاستمرارية حياة الانسان تتوقف على الغذاء الناتج من التربة والنبات (الخطيب، 1989).

إنّ الاستغلال الأمثل لأي مورد طبيعي والتحكم في تلوثه يقتضي الوقوف على طبيعة هذه الملوثات وكيفية ادارتها والتخلص منها، ولكي نتمكن من توجه هذا المورد المهم للفائدة القصوى المرجوة منه وحمايته من التلوث (يوسف ،2005).

إنّ تلوث التربة الزراعية يعتبر مشكلة خطيرة يمكن أن تودي بحياة الجميع ، فإذا تلوثت التربة الزراعية بالنفايات سوف تنتقل الأَمراض الى الإنسان ، وإذا تلوثت الاراضي الزراعية بالأسمدة الكيميائية والمبيدات فستنتقل هذه الملوثات الى السلسلة الغذائية من خلال المنتجات الزراعية والمحاصيل (زغلول ،2019).

تتلوث التربة بالعديد من المركبات الكيميائية غير العضوية ، وعند دخول هذه المركبات الى التربة تصبح جزء منها وبالتالي تؤثر على جميع صور الحياة، وهذه المركبات غير العضوية تكون سامة للانسان والحيوان عند تواجدها في التربة بتراكيز عالية ، وتختلف سمية هذه المركبات تبعا لنوع العنصر الموجود بها (الخطيب ،2004).

إنّ أَهم مصادر تلوث التربة الزراعية بالعناصر الثقيلة تأتي من الأَسمدة المستخدمة في تنشيط حياة النباتات عندما يكون استخدامها مخالفا للقواعد والنظم المنصوص عليها عالميا، ومن المبيدات المستخدمة بشكل مفرط في الزراعة ، ونواتج الاحتراق مثلا الفحم ومخلفات المحاصيل ، وأيضا استخدام جزء من طمي محطات المعالجة (صديق ويسري،2010).

يشير مصطلح العناصر الثقيلة الى تلك العناصر التي تزيد كثافتها على خمسة اضعاف كثافة الماء 5 ملغم .سم$^{-3}$ وترتبط عادة بالتلوث والسمية على الرغم من ان بعض هذه العناصر هي عناصر اساسية تتطلبها الكائنات الحية بتراكيز منخفضة (Adriano ، 2001) مثال على ذلك عنصر النحاس Cu ، اذ يساهم في العديد من العمليات الفسيولوجية في النباتات كالبناء الضوئي والتنفس وتوزيع الكربوهيدرات واستقلاب النتروجين وانتاج البذور فضلا عن ذلك مقاومة الامراض، الأ إنها في التركيزات العالية تظهر هذه العناصر تأثيرات سامة على الكائنات الحية (Jadia، 2008).

يرجع الضرر الناتج عن التلوث بالعناصر الثقيلة لكونها غير متحللة بالوسط ولتأثيرها الضار على الصحة وما تتسبب فيه من اجهاد على الكائن الحي تحت التركيز العالي، وقد تتواجد العناصر الثقيلة بتركيزات عالية في التربة والمجاري المائية ومناطق الاختناقات المرورية وغيرها مما ينتج عنه التلوث (الرمادى وآخرون، 2016)، ومن العناصر الثقيلة عنصر الكادميوم Cd عدده الذري 48 يوجد في الغالب بشكل مرافق للخارصين Zn في الطبيعة نظرا للتشابه الكبير في تركيبهما وخصائصهما الكيميائية ، وهو من العناصر السامة على نطاق واسع في الطبيعة وان كان بكميات صغيره، وهو شائع التلوث في الاسمدة الفوسفاتية مما يسبب تلوث التربة بهذه العنصر (الجوراني ،2013).

أَما عنصر النحاس فانه يتواجد في التربة على صورة كاتيون ثنائي Cu^{+2} ، وتعتبر الكميه الكبيرة من النحاس ضارة للنبات ، وذلك بسبب دخول العنصر عن طريق تداخله في تفاعلات البناء والهدم مما يسبب تعطيل تفاعلات انزيمية (عبد المنعم والتركي ،2012). في المقابل عنصر النيكل Ni الذي يتواجد في التربة في حالة مؤكسدة Ni^{+2} وهي الصورة الوحيدة الثابته في التربة ، ان وجود مستويات عالية من المادة العضوية في الاتربة الغنية بالنيكل يمكن ان تزيد من

ذائبية النيكل وذلك عن طريق تكوين معقدات عضوية عند درجات pH عالية ، ويعد عنصر النيكل من العناصر شديدة السميه ويبلغ سميته اضعاف سميه النحاس (الخطيب،1989).

من العناصر الثقيلة الأُخرى عنصر الرصاص Pb يتواجد العنصر في التربة في حالة مؤكسدة Pb^{+2} عدده الذري 82 ، وله تأثيرات سلبية على الكائنات الحية حتى في تراكيزه الواطئة جدا وذلك بسبب سمية العنصر (الخطيب 2004).

ٱستجابة للحاجة المتزايدة لمعالجة التلوث البيئي تم تطوير العديد من التقنيات لمعالجة التربة الملوثة (Roberts– Riser ،1998) ، إذ ان الطرق العلاجية اساسها ميكانيكي او فيزيائي وتكون هذه التقنيات باهظة الثمن ، او قد تلحق الضرر بالتربة مما يجعل الارض عديمة الفائدة في بعض الاحيان لنمو النبات (Smits – Pilon،2005).

أَما تقنيات المعالجة النباتية فانها تستفيد من العمليات الطبيعية التي يقوم بها النبات والكائنات المجهرية الجذرية إذ تقوم بحجز الملوثات او تحليلها او شلها لتنظيف التربة من العناصر الثقيلة او الملوثات العضوية وتستخدم هذه التقنية ايضا في المياه (Marques وآخرون 2009).

يمكن لتقنيات المعالجة القائمة على النبات أن تعمل بأقل قدر من الصيانة بعد انشائها، لأَن تكاليف زراعة النباتات تكون ضئيلة مقارنة بتكاليف ازالة التربة واستبدالها، نظرا لان العمليات البيولوجية تعتمد في نهاية المطاف على الطاقة الشمسية ، لذا فان المعالجة النباتية ارخص بعشرة أَضعاف من العمليات الهندسية مثل حفر أو غسل التربة (Glass ،1999)، تعتمد كفاءة امتصاص النبات للعناصر الثقيلة على نوع التربة وأنواع النباتات (Arthur وآخرون ،2005) .

ولأهمية هذا الموضوع نتيجة التلوث البيئي الحاصل وتراكم العناصر الثقيلة في التربة فأن الدراسة الحالية تهدف الى مايأتي :-

1- تحديد الوفرة الطبيعية للعناصر الثقيلة كالكادميوم والنحاس والنيكل والرصاص في ترب الأراضي البكر لمحافظة ديالى .

2- تحديد مستويات عناصر الكادميوم والنحاس والنيكل والرصاص في الترب الزراعية ومقارنة الحدود القصوى لهذه العناصر مع حدود الوفرة الطبيعية لهذه العناصر في المحافظة .

3- تقييم كفاءة بعض النباتات المراكمة المستخدمة في الدراسة من خلال دراسة الصفات البيئية .

4- دراسة الصفات الفسلجية لنباتات الدراسة ومدى علاقتها بتراكم العناصر الثقيلة .

5- دراسة الصفات التشريحية لنباتات الدراسة وارتباطها بتراكم العناصر الثقيلة .

2_ استعراض المراجع Literatures review

2-1:التربة ومفهوم تلوث التربة الزراعية Soil and agricultural soil pollution concept

من بين كل هبات الله عز وجل لا يوجد اهم من التربة والماء ، فالنبات يعتمد في غذائه على كل من التربة والماء والهواء والطاقة الضوئية ،والحيوان يعتمد بدوره على النبات وغيره من الكائنات، وبموت النبات والحيوان تقوم الكائنات الدقيقة بتحليل البقايا النباتية والحيوانية، فالحياة تبدأ من الارض وتنتهي أيضا فيها.

تعرف التربة على انها الطبقة السطحية الهشة التي تغطي سطح الارض ، وتتكون من مواد صخرية مفتتة خضعت من قبل للتغيير بسبب تعرضها للعوامل البيئية منها التجوية والتعرية والبيولوجية والكيميائية (الموصلي والخفاجي، 2014)، وتعرف ايضا بأنها فتات صخري تكون بفعل عوامل وعمليات تكوين الارض المختلفة حتى نشأت بها الحياة ونمت المجموعات الميكروبية المختلفة من بكتريا وطحالب وفطريات وغيرها (الرمادى وآخرون، 2016).

ان التربة هي المكان الطبيعي لنمو النبات والإنتاج الزراعي، فاستمرارية حياة الانسان تعتمد على الغذاء الناتج، اذ ان خواص التربة الكيميائية هي التي تنظم وتتحكم في صلاحية العناصر الغذائية الضرورية سواء الكبرى Macronutrients او الصغرى Micronutrients، وتزداد اهمية دراسة التربة بزيادة الكثافة السكانية وقلة نصيب الفرد من الرقعة الزراعية (الخطيب ،2004 ويوسف ،2005) .

لذا فمن المهم التعرف على مستويات العناصر الثقيلة في الترب، وميكانيكية التحكم في ذوبانها والمعادن التي تحكم حركتها وصورها وتيسرها في التربة، وكذلك سلوكها داخل النباتات التي يمكنها ان تنمو في الترب الملوثة (الفراج وآخرون ،2009).

2-1-1: تركيز العناصر الثقيلة Concentration of heavy elements

تتعرض التربة الزراعية للتلوث بالعناصر الثقيلة Heavy elements، وتلك الملوثات التي تختلط بالتربة الزراعية تفقدها خصوبتها، اذ تسبب قتل البكتريا المسؤولة عن تحليل المواد العضوية الموجودة فيها والمسؤولة عن تثبيت نتروجين التربة. فضلا عن ذلك فان النباتات تمتص هذه العناصر الموجودة في التربة لتصل بعد ذلك الى الانسان من خلال السلسلة الغذائية Food chain (عبد المنعم والتركي ،2012).

ترجع خطورة العناصر الثقيلة الى كونها من العناصر الانتقالية ، ولها القدرة على تكوين معقدات ثابتة مع مجموعة كبيرة من المركبات العضوية وغير العضوية الموجودة في اجسام الكائنات الحية (السيد، 2007)

لاحظ خويدم وآخرون (2009) وجود زيادة في تركيز بعض العناصر الثقيلة المدروسة في غرب محافظة البصرة – العراق خصوصا عناصر الرصاص Pb والكروم Cr والكادميوم Cd والكوبالت Co وذلك لقربها من المنشات النفطية، وتبين ايضا ازدياد تركيز بعض العناصر في وسط مدينة البصرة و التي تعد منطقة تجارية، في حين كان تركيز العناصر المدروسة اقل في المناطق الزراعية لكونها تمتاز بغطاء نباتي جيد .

تبين لكل من الانباري وجمعة (2010)عند دراستها لـ 12 نموذجا˝ من مياه نهر ديالى و12 نموذجا˝ من التربة وعلى عمقين 0-20 و20-50 سم و12 نموذجا من نباتات الاراضي الزراعية لمنطقة جسر ديالى، اذ وجد ارتفاع في معدل تركيز النيكل Ni 109.87 ملغم .كغم$^{-1}$ متجاوزا بذلك محددات منظمة الصحة العالمية (WHO) في عينات التربة، ومن ناحية اخرى كانت معدلات التراكيز لأغلب عناصر الطبقة السطحية من التربة اعلى من تراكيز طبقات التربة الاخرى.

اوضحت دراسة كاظم وزراك (2013) والتي تضمنت اجراء تحاليل جيوكيميائية لثمانية مواقع في شمال ووسط وجنوب مدينة تكريت لتحديد تراكيز العناصر الثقيلة كالكادميوم Cd والرصاص Pb والنحاس Cu والحديد Fe والزنك Zi والنيكل Ni والكوبالت Co لغرض معرفة مدى تلوث التربة بهذه العناصر، اذ بينت الدراسة وفرة كبيرة في عنصر النيكل Ni لمعظم النتائج اما عنصر النحاس Cu فكان أعلى من التركيز الطبيعي في قشرة الارض .

حصل الجوراني (2013) عند فحصه لـ 51 عينة من ترب المناطق الصناعية والسكنية والزراعية وجوانب الطريق لمدينة بعقوبة وضواحيها مركز محافظة ديالى، على ارتفاع تراكيز عنصر الرصاص Pb في التربة مقارنة بالمحددات العالمية، غير ان عنصر الكادميوم Cd سجل انخفاضا في التركيز مقارنة بالمحددات العالمية .

لاحظ الخفاجي والدليمي (2017) عند دراستهما كل من مخمور والحمدانية والشيخان وزاخو من محافظتي نينوى ودهوك في شمال العراق وعلى عمق 0–20 و20–40 و40–60 سم في دراسة لتوزيع بعض العناصر الثقيلة الملوثة للتربة وتقييمها باستخدام بعض معايير التلوث شمالي العراق و قياس كل من الكادميوم Cd والكوبلت Co والمولبيدنوم Mo والنحاس Cu الزنك Zn والنيكل Ni والرصاص Pb ، اذ وجد ارتفاع بتركيز عنصري الكادميوم Cd والنيكل Ni مقارنة مع معدل المحددات العالمية ،اما عنصري النحاس Cu والرصاص Pb اظهرا ارتفاعا بالتركيز في كل من مناطق زاخو والشيخان والحمدانية مقارنة مع معدل المحددات العالمية .

بينت الدراسات في بعض من الدول العربية ومنها دراسة Al–Farraj وآخرون (2009) في المملكة العربية السعودية واعتمادا على بعض المقاييس الدولية لتركيز العناصر الثقيلة في التربة أذ اظهرت النتائج وجود تركيز عال في محتوى العناصر الثقيلة في التربة ،اذ كان تركيز كل من

الزرنيخ As ،الكادميوم Cd،النحاس Cu،الرصاص Pb والزنك Zn 30 و6.8 و479 و355 و1481 ملغم .كغم $^{-1}$ على التوالى .

اوجد Rashed (2010) في دراسته لـ 13 عنصرا من العناصر الثقيلة الملوثة للتربة وبعض النباتات البرية في جنوب شرق مصر منها الكادميوم Cd والنحاس Cu والنيكل Ni والرصاص Pb باستخدام تقنية الـ ICP–AES وذلك لدقة التحليل الكيمائي لهذه العناصر ان اعلى مستويات لتركيز العناصر كانت في موقع رقم 1 من مجموع 8 مواقع ،اذ تراوح متوسط تركيز كل من الكادميوم Cd والنحاس Cu والنيكل Ni والرصاص Pb 0.125 ±0.046 و37.2± 16 و119 ± 60 و8.62 ± 0.3 ملغم .كغم–1 على التوالي .

اوضحت الدراسة التي قام بها Al Rashdi وآخرون (2015) عند جمعهم لـ 57 عينة من الرواسب في المناطق الساحلية التابعة لمنطقة ابو ظبي ،الامارات العربية المتحدة زيادة في التلوث بالعناصر الثقيلة ، وذلك بتحليل 11 عنصرا باستخدام تقنية التحليل الطيفي للبلازما والكتلة المزدوجة ICP–MS اذ تراوح معدل تركيز كل من النحاس Cu والرصاصpb والنيكل Ni والكادميوم Cd 3.8 و1.9 و25.3 و0.1 جزء بالمليون لكل عنصر على التوالي .

بينت دراسة Hashim وآخرون (2017) تقييم لمستويات تلوث الطبقة السطحية 0–15 سم من الاراضي الزراعية المجاورة للطريق الزراعي السريع ومدى انتقال تلك الملوثات الى الطبقة تحت السطحيه 15–40 سم ، في سبعة مواقع للدراسة على كل جانب من الطريق السريع عند مدينة طوخ محافظة القليوبية / جمهورية مصر العربية ، ويبتعد كل موقع عن الاخر مسافة 50 م وتبين من ذلك ان الاراضي موضع الدراسة ملوثة بالرصاصPb والنيكل Ni والكادميوم Cd وهذه الملوثات انتقلت الى الطبقات التحت سطحية من التربة وبتراكيز مرتفعة .

وجد Ghemmit-Doulache (2018) تجاوز تركيز الكادميوم Cd لحدود المعايير المقبولة عند المقارنة بين الترب المروية بالمياه العادية والمياه المعالجة في ولاية بومرداس الجزائرية بعد قياسه لتركيز كل من العناصر الثقيلة النيكل Ni والرصاص Pb والنحاس Cu والكروم Cr والكادميوم Cd والزنك Zn والزئبق Hg.

سجل Muhammad وآخرون (2011) تلوثا بالعناصر الثقيلة عن دراستهم للتربة والنباتات البرية في موقعين من اقليم كوهشان شمال باكستان وهي Lahor وPazang، بعد تحليل مجموعة من العناصر الثقيلة ومنها الكوبلت Co والنيكل Ni والكروم Cr والنحاس Cu والكادميوم Cd والزنك Zn والرصاص Pb باستخدام تقنية مطياف الامتصاص الذري، اذ كان تركيز كل من النيكل Ni والنحاس Cu في الموقع الاول 158 و 68 ملغم . كغم$^{-1}$ اما تركيز الرصاص Pb والكادميوم Cd في الموقع الثاني فكان 70 و 2.8 ملغم.كغم$^{-1}$ على التوالي .

اظهرت نتائج Kelepertzis (2014) عند جمعه لـ 132 عينة مركبة من الترب الزراعية في الجزء الجنوبي من اليونان ، ان تراكيز كل من النحاس Cu والرصاص Pb والزنك Zn والكادميوم Cd والمنغنيز Mn كانت متوسطة وبلغت 74.68 و19.74 و74.88 و0.54 و1020.5 ملغم.كغم$^{-1}$ على التوالي، غير ان تراكيز النيكل Ni والكروم Cr والكوبلت Co كانت تمثل المستويات المرتفعة أذ بلغت 146.8 و 83.12 و 21.99 ملغم.كغم$^{-1}$ على التوالي.

بينت دراسة Kayastha (2014) لمنطقة Bhaktapur وهي واحدة من اصغر المناطق في النيبال، وجود نمط غير منتظم لتوزيع العناصر في عينات التربة ، اذ تم دراسة سبعة مواقع من الاراضي الزراعية ، وعلى عمق 0–20 سم ، وعند مقارنة تراكيز العناصر مع المحددات العالمية وجد تلوث في عينات التربة ،اذ تراوح تراكيز النحاس Cu والزنك Zn والرصاص Pb والكادميوم

Cd 13.76–60.56 و58.67–180.62 و4.67–67.43 و0.08–1.52 ملغم.كغم$^{-1}$على التوالي .

ذكر Toth وآخرون (2016) عند دراسته للعناصر الثقيلة في الترب الزراعية في الاتحاد الاوربي واثاره على السلامة الغذائية أن 5.5 % من العينات لها تركيز اعلى من قيم المحددات العالمية ، وان المناطق الزراعية في اوربا آمنة من التلوث بعنصر الكادميوم Cd، في حين سجلت النسبة الاعلى من العينات تراكيز عالية لعنصر النحاس Cu مقارنة مع المحددات العالمية ، اما عنصر الرصاص Pb فقد سجل تراكيز عالية في كل من وسط ايطاليا وفرنسا والمملكة المتحدة، كذلك سجل الاتحاد الاوربي عموما تلوث بعنصر النيكل Ni الى حد ما .

بينت دراسة Liu وآخرون (2015) وجود تراكم للعناصر الثقيلة عند جمعهم 151 عينة من الترب الزراعية، اذ تراوحت تراكيز كل من الرصاص Pb والزئبق Hg وكادميوم Cd والكروم Cr 0.10 – 4.64 و 0.01 – 1.46 و 7.64 – 127.56 و13.52 – 231.02 ملغم . كغم $^{-1}$ على التوالي .

2-1-2 : مؤشر التلوث Pollution index

تم اقتراح العديد من المؤشرات وطرائق الحساب مثل مؤشر التراكم الجيولوجي Geological Ige accunlation index، موشر التلوث PI Pollution Index ومؤشر التلوث المتكامل IPI Integrated Pollution Index لتقدير درجة تلوث التربة (Sun وآخرون 2010. ؛ Abanuz .2011) ،ويعرف مؤشر التلوث هو النسبة بين تركيز العنصر في العينة الى تركيز العنصر في الخلفية الجيوكيميائية (Chen وآخرون ،2005) ،ويمكن تصنيف مؤشر

التلوث اصغر او مساوي 1 على انه منخفض ومن 1–3 معتدل ،اما اذا كان اكبر من 3 فيعتبر مؤشر التلوث عالي (Lu وآخرون ،2009).

بينت دراسة Benhaddya و Hadjel (2014)، عند اخذ 58 عينة من التربة السطحية في منطقة حاسي مسعود في الجزائر، ان معدل قيمة مؤشر التلوث بعنصر النيكل Ni 1.08 وتم تصنيفها على انه منخفضة التلوث .مما يدل على عدم وجود تلوث بهذا العنصر، اما مؤشر التلوث للنحاس Cu فبلغت قيمته 1.32 وتم تصنيف التربة على انها منخفضة او ملوثة بشكل معتدل ، وبلغت قيمة مؤشر التلوث لعنصر الرصاص Pb 5.64 وتم تصنيفها على انها شديدة التلوث.

اظهرت نتائج بحث Khalilova وMammadov (2016) عند جمع لـ 42 عينة من منطقتين ، الاولى قرب ابار النفط ، والثانية قرب الطريق السريع في اذربيجان، ان مؤشر التلوث لعنصري الكادميوم Cd والرصاص Pb منخفضا وبلغ 0.18 و0.9 على التوالي، اما مؤشر التلوث لعنصر النحاس Cu فبلغ 12.7 مما يشير الى تلوث التربة بشكل عال في المنطقة الاولى ، اما المنطقة الثانية فقد سجل مؤشر التلوث للكادميوم Cd والنحاس Cu والرصاص Pb قيما بلغت 4.5 و 191 و 16 على التوالي مما يشير لحدوث تلوث عال بالتربة.

بينت دراسة Roudposhti وآخرون (2016) في 58 عينة من الترب الزراعية في محافظة همدان/ايران انخفاض تلوث الترب الزراعية ، أذ سجل مؤشر التلوث لعناصر الزرنيخ As والكادميوم Cd والكوبلت Co قيم بلغت 0.539 ،0.591 ،0.287 على التوالي.

بين Hu وآخرون (2017) في دراستهم 822 عينة من الترب في منطقة جنوب الصين عند قياس تراكيز كل من النيكل Ni والكروم Cr والزنك Zn والكادميوم Cd والزرنيخ As والنحاس Cu والزئبق Hg والرصاص Pb ، ان المؤشرات لجميع العناصر في مستوى غير ملوث.

بينت دراسة Alshahri و El-Taher (2018) عند قياس العناصر الثقيلة في 34 عينة تربة في مدينة راس التنورة ،شرق المملكة العربية السعودية، ان قيمة معدل مؤشر التلوث لعنصر الكادميوم Cd بلغ 130 مما يدل على تلوث التربة بشدة، اما مؤشر التلوث لعنصري النيكل Niوالرصاص Pb فقد سجل 0.03 و0.08 على التوالي مما يدل على عدم تلوث التربة

2_1_3: مؤشر التراكم الأرضي (I_{geo}) Geoaccumulation index

تم اقتراح مؤشر التراكم الارضي من قبل Muller (1969) اذ تم تطبيقه في دراسات التلوث الحديثة لتقييم تلوث الترب بالعناصر الثقيلة (Abanuz ،2011)، أذ أن الـ Cn هو تركيز العنصر الكلي في عينة التربة والـ Bn هو تركيز العنصر المعدني في قشرة الارض و 1.5 هو ثابت يعوض عن التقلبات الطبيعية للعنصر(Loska وآخرون، 2004).

صنف Muller (1969) مؤشر التراكم الأرضي الى سبعة اقسام هي ≤ من الصفر وتعني غير ملوثة وأكبر من 0 الى 1 ملوثة قليلا وأكبر من 1 الى 2 معتدلة التلوث وأكبر من 2 الى3 معتدلة الشدة وأكبر من 3 الى 4 عالية التلوث وأكبر من 4 الى 5 عالية الى شديدة التلوث وتعتبر 5 شديدة التلوث، ومن ضمن الدراسات التي تناولت مؤشر التراكم الارضي دراسة Rabee وآخرون (2011)، اذ تم اختيار ست محطات على طول نهر دجلة في محافظة بغداد لغرض جمع وتقييم تلوث الرواسب بكل من المنغنيز Mn والنيكل Ni والرصاص Pb والنحاس Cu والكادميوم Cd باستخدام مؤشر التلوث ومؤشر التراكم الأرضي ، وأظهر مؤشر التراكم الأرضي

الى ان الرواسب في اغلب محطات الدراسة تعد ذات تلوث خفيف بعنصري الرصاص Pb والكادميوم Cd ، بينما كانت كل المحطات غير ملوثة بعناصر المنغنيز Mn والنحاس Cu والنيكل Ni.

ومن الدراسات التي تناولت مؤشر التراكم الأرضي دراسة Massas وآخرون (2013)، اذ تم دراسة تلوث التربة في سهل Thriassio غرب مدينة أثينا، عاصمة اليونان، وتم فيها جمع عينات التربة من 90 موقع وتقدير 9 عناصر من ضمنها النيكل Ni والرصاص Pb والنحاسCu، وتقييم تلوث التربة باستخدام مؤشر التراكم الأرضي عامل التخصيب وعامل الاثراء كمؤشرات لتلوث التربة، اذ اظهرت النتائج ان مؤشر التراكم الأرضي للنحاس Cu والنيكل Ni والزنك Zn والكوبلت Co تراوحت بين 1–2 ملوثة بشكل معتدل ، وتشير قيمة مؤشر التراكم الأرضي لعنصر الرصاص Pb الى تلوث التربة بشكل متوسط في بعض المناطق وفي مناطق اخرى شديدة التلوث . اما دراسة Kayastha (2014) والتي اجريت في النيبال لتقييم تلوث الترب الزراعية بالعناصر الثقيلة للنحاس Cu والزنك Zn والرصاص Pb والكادميوم C ، فقد بينت ان مؤشر التراكم الأرضي في الترب الزراعية يشير الى انها ملوثة بشكل معتدل بعنصر الكادميوم Cd، في حين ان عنصري النحاس Cu والرصاص Pb هما اقل العناصر تلوث للتربة في جميع الترب الزراعية بينما عنصر الزنك Zn يظهر عدم وجود تلوث.

تشير نتائج Al–Anbari وآخرون (2015)عند جمع 20 عينة من من التربة في منطقة مصفى الدورة ، ان مؤشر التراكم في عينات التربة كانت عالية التلوث بالكادميوم Cd، ومعتدلة الى عالية التلوث بالرصاص Pb ، ومعتدلة التلوث بالنيكل Ni، بينما اظهرت النتائج ان التربة غير ملوثة الى معتدلة التلوث بالكروم Cr والزنك Zn .

بينت دراسة Balakrishnan وآخرون (2015)، عند حساب مؤشر التراكم الأرضي لعناصر الحديد Fe والكروم Cr والمنغنيز Mn والنيكل Ni والكادميوم Cd والرصاص Pb والزنك Zn والنحاسCu ، أن الرواسب كانت شديدة التلوث لكل من الحديد 8.18 والنيكل 7.34 والمنغنيز 7.20 والنحاس 7 والكروم 6.87 والزنك 6.06 والرصاص 5.21، في حين سجل مؤشر التراكم الأرضي تلوث عال للكادميوم وبلغ 3.44 .

2-2: مفهوم المعالجة النباتية phytoremediation concept

يعتبر مفهوم المعالجة النباتية من المفاهيم الحديثة نسبيا إذ اول من استخدام هذا المصطلح هو Ilya Raskin وذلك عام 1989 ،ان اصل كلمة المعالجة النباتية ترجع الى مقطعين الاول يعبر عن النبات ماخوذ من الكلمة اليونانية الـ phyto ،اما المقطع الثاني فهو الـ remedium ويحمل معنى العلاج او ينظف (Pandey وآخرون ،2016).

يمكن تعريف المعالجة النباتية على انها النظام المتكامل الشامل الذي من خلاله يمكن علاج الاراضي والمناطق الملوثة على نطاق واسع وذلك باسخدام النباتات (الرمادى وآخرون ،2016) . ويتم تصنيف النباتات وفقا لقدراتها على تراكم العناصر الثقيلة الى مجموعتين هما المستثنيات والتي تتميز بالتراكم التفضلي للعناصر الثقيلة في الجذور، ويكون نقل العناصر منخفض الى مجموعها الخضري ، وفرط التراكمات وهي الانواع القادرة على تراكم وتحمل مستويات كبيرة من العناصر الثقيلة في مجموعها الخضري (Pajevic وآخرون ،2016) . وهنالك العديد من التقنيات المتضمنة في استراتيجيات المعالجة النباتية، وفقا لعمليات التمثيل الغذائي المختلفة في تعبئة واستيعاب الايونات المعدنية من التربة ، والكفاءة في نقل العناصر الى المجموعة الخضري عبر المكون الحيوي Symplast والمكون غير الحيوي Apoplast ، وعزل العناصر الثقيلة داخل

الخلايا والانسجة ، وتحويل العناصر المراكمة الى اشكال اقل ضررا (Marchiol وآخرون ،2004 ؛ Dickinson وآخرون ،2009) .

2-3: اليات المعالجة النباتية Phytoremediation mechanisms

تعبر الاليات او طرائق المعالجة النباتية عن مجموعة الطرائق التي من خلالها يمكن للنباتات ان تتخلص من الملوثات البيئية التي تتواجد بها ويمكن تقسيمها الى عدة انواع:

2-3-1: الاستخراج النباتي phytoaccumulation، phytoabsorption

تشير عملية الاستخراج النباتي الى حدوث امتصاص ثم انتقال ثم تراكم للملوثات المعدنية بالمجموع الخضري للنباتات المزروعة بالتربة ، ثم حصاد المجموع الخضري او الكتلة الحية بما تحتويه هذه النباتات من ملوثات (Sheoran وآخرون ،2016)، ويتم تحديد كفاءة الاستخراج النباتي بعاملين رئيسين يجب ان يكون لهما قيم عالية في انتاج الكتلة الحيوية ودرجة تركيز التلوث (McGrath وZhao ،2003).

2-3-2: الترشيح الجذري Rhizofilteration

تعتمد تقنية الترشيح الجذري على قدرة بعض النباتات على امتصاص او تركيز او ترسيب الملوثات ، وخاصة العناصر الثقيلة او العناصر المشعة ،من وسط مائي من خلال نظام الجذر الخاص بالنبات او المجموع الخضري المغمور بالوسط المائي (Favas و Pratas ،2016)

2-3-3: الفقد بالتطاير عن طريق النباتات Phytovolatilization.

يتضمن فقد التطاير عملية تاخذ فيها النباتات الملوثات من التربة وتطلقها بصورة اشكال كيميائية متطايرة في الغلاف الجوي من خلال عملية النتح (Kotrba ،2013).يعد التحول

الكيميائي للعناصر السامة الى مركبات اقل سمية وبالتالي تطايرها استراتيجية ممكنة لازالة سموم ايونات العناصر مما يؤدي الى ازالة عناصر متطايرة ضارة مثل عنصري الزئبق Hg والسيلينيوم Se من التربة الى اوراق النبات ثم الى الغلاف الجوي (Marques وآخرون ،2009).

بينت نتائج دراسة Lin وآخرون ، (2000) وMeaghre وآخرون ،(2000) ان الملوثات كانت مخففة الى حد ان التطاير لم يعد يشكل تهديدا.

2-3-4: تقيد الملوثات نباتيا Phytostabilization or phytoimmobilization

بعض الترب تكون ملوثة بشدة ، لذلك توجد وسائل بديلة لتقليل المخاطر البيئية التي تشكلها هذه الترب، وان استخدام نباتات معينة لتثبيت سطح التربة مما يقلل من التعرية والرشح للعناصر الى الطبقات العميقة للترب ، ويسمى هذا الخيار بالتثبيت النباتي وتكون لهذه النباتات القابلية لتحمل العنصر الثقيل وشل حركته تحت الارض مما يقلل من حركة العنصر والتقليل من احتمالية دخوله الى السلسلة الغذائية Food chain (Wong، 2003).

2-3-5: التحلل او التحطيم النباتي Phytodegradation or phytotransformation

التحلل النباتي هو تكسير الملوثات العضوية بواسطة انزيمات نباتية مثل oxygenase وdehalogenase ، يقتصر التحلل النباتي على الملوثات العضوية فقط، لان العناصر الثقيلة غير قابلة للتحلل الحيوي ،وقد اهتم العلماء في الاونة الاخيرة بدراسة التحلل النباتي لمختلف الملوثات العضوية بما في ذلك مبيدات الاعشاب (Doty وآخرون ،2003).

2-3-6: التحلل او التحطيم الجذري Rhizodegradation or phytostimulation

يشير التحلل الجذري الى تحلل الملوثات العضوية في التربة عن طريق الكائنات الحية الدقيقة في منطقة الجذور او داخل النبات (Mukhopadhyay وMaiti ،2010)، اذ ان منطقة

انتشار الجذور تخضع لتأثير النبات من خلال تحفيز النشاط الميكروبي من 10–100 مرة في المنطقة الجذرية عن طريق الافرازات التي تحتوي على كربوهيدرات واحماض امينية وفلافونويدات مما يهيء بيئة غنية بالمواد المغذية لاحياء التربة المجهرية ، وبالتالي فان العلاقة بين النبات والأحياء المجهرية هي التي تحكم عملية التكسير لهذه الملوثات ،فضلا عن ذلك فان النباتات تطلق بعض الانزيمات لتحطيم الملوثات العضوية في التربة (Kuiper وآخرون، 2004؛ Yadav وآخرون، 2010؛ الرمادى وآخرون ،2016).

2–3–7: التخلص من الاملاح عن طريق النباتات Phytodesalination

تعاني الأراضي المتأثرة بالأملاح من مشاكل عديدة مما يؤثر على انتاجية التربة ،ولعل اهم واخطر اضرار الملوحة انها تسبب في حدوث اجهاد ملحي Salt stress على النباتات، اذ يزيد الجهد الاسموزي مما يعيق امتصاص النبات للماء والعناصر الغذائية ، وغيرها من المشاكل ،لذا فان عملية التخلص من الاملاح بواسطة النباتات تسمى بالـ phytodesalination (الرمادى وآخرون ،2016) ويعرف phytodesalination هو استخدام النباتات المحبة للأملاح من اجل ازالة الاملاح من التربة المتأثرة بها للحصول على دعم طبيعي لنمو النباتات (Sakai وآخرون ، 2012).

2-4:استخدام النباتات في المعالجة النباتية The use of plants in phytoremediation

لقد تم استخدام العديد من النباتات في المعالجة ومنها :

2-4-1: نبات زهرة الشمس *Helianthus annuus* L.

ينتمي نبات زهرة الشمس Sunflower الى العائلة المركبة Compositae وهي اضخم عائلة في النباتات الوعائية قاطبة ، ويقدر عدد الاجناس التي تضمها نحو 950 جنس ، وقد يصل عدد انواعها الى 20000 نوع موزعة في اكثر بقاع العالم ، ويوجد في العراق 342 نوع بري و58 نوع مزروع (الكاتب، 2000).

Kingdom : Plantae

Phylum : Angiosperms

Class : Dicotyledonae

Order : Asterales

Family : Compositae

Genus : *Helianthus*

Species : *annuus* L.

أظهرت دراسة Jadia وFulekar (2008) عند زراعة نبات زهرة الشمس في اصص تحتوي على تربة مسمدة بسماد عضوي وملوثة بالعناصر الثقيلة النحاس Cu والزنكZn والرصاص Pb والزئبق Hg والزرنيخ As والكادميوم Cd والنيكل Ni وبالتراكيز 5 و10 و20 و40 و50 جزء بالمليون على التوالي، ان العناصر الثقيلة قد تم سحبها بكفاءة في جميع التراكيز، و اعطى نبات

زهرة الشمس كتلة حيوية عالية ، وبالنتيجة فإن تقنية المعالجة النباتية ستساعد على خفض التراكيز العالية من العناصر الثقيلة من خلال استخدام السماد العضوي كسماد طبيعي في التربة .

بينت دراسة Lotfy و Mostafa (2014) عند زراعة زهرة الشمس مع 4 انواع اخرى من النباتات في اصص تحتوي على نوعين مختلفين من التربة الاولى طينية مروية بالمياه الملوثة لأكثر من 30 عام والثانية رملية مروية بالمياه الملوثة لأكثر من 50 عام، وتبين من ذلك ان نبات زهرة الشمس سجل اعلى تركيز عن باقي نباتات التجربة من حيث سحبه لعنصري الكوبلت Co والكروم Cr، اذ تراوح بين 36.3–57.7 ملغم .كغم$^{-1}$و 61.6–75.8 ملغم .كغم$^{-1}$.

اثبتت نتائج دراسة Sewalem وآخرون (2014) ان المعالجة النباتية تعتبر منهج عملي لتنظيف الترب الملوثة بالعناصر الثقيلة، وأن لنبات زهرة الشمس القابلية والدور المهم لامتصاص عنصري الكادميوم Cd والرصاص Pb ، واظهرت النتائج ان تأثير الكادميوم Cd كان اقوى على نمو الجذور، بينما كان الرصاص Pb اقوى تأثيراً على المجموع الخضري، أذ كان اجمالي الكادميومCd الممتص 88.84 % وقد تراكم في الجذور، في حين تم تحويل كمية عالية من اجمالي الرصاص Pb الممتص 71.39 ملغم .كغم$^{-1}$ الى المجموع الخضري .

2-4-2:نبات الشلغم *Brassica rapa* L.

ينتمي نبات الشلغم الى العائلة الصليبية Brassicaceae وهي احدى اهم الفصائل ألنباتية ، اذ يبلغ عدد الانواع حوالي 3000 نوع ، وتعد جميع نباتات هذه العائلة اعشاب حولية وبعضها ثنائية الحول او معمر (الكاتب، 2000).

Kingdom : Plantae

Phylum : Angiosperms

Class : Dicotyledonae

Order : Brassicales

Family : Brassicaceae

Genus : *Brassica*

Species : *rapa* L.

تشير دراسة Kos وآخرون (2003) عند استخدام بعض النباتات ومنها نبات الشلغم ان له القابلية على استخلاص عنصري الرصاص Pb والكادميوم Cd بمقدار 56.72 و3.42 ملغم .كغم$^{-1}$ على التوالي من الكتلة الحيوية الجافة.

اظهرت دراسة Chen وآخرون ،(2010) عند زراعة نبات الشلغم *Brassica rapa* L. في تربة ملوثة بعنصري الكادميوم Cd والرصاص Pb في تايوان، قابلية النبات على تراكم عنصر الكادميوم Cd بشكل مرتفع مقارنة مع خضروات اخرى، اذ كان تركيز الكادميوم Cd في المجموع الخضري 4.27 ملغم .كغم$^{-1}$، ووجدوا في هذه الدراسة ان للرصاص Pb له تأثير تآزري على تعزيز امتصاص الكادميوم Cd من قبل هذا نبات .

بينت دراسة Ahmad وآخرون (2014) تراكم العناصر الثقيلة في منطقتين من المناطق المحيطة بمدينة خوشاب في باكستان والمروية بمياه الصرف الصحي ، اذ تم قياس اثنتا عشر عنصراً في عينات التربة ونبات *Brassica rapa* L.، اذ سجل ارتفاع في تركيز عنصر النيكل Ni في كلا الموقعين 7.64 و9.95 ملغم .كغم$^{-1}$ مقارنة مع الحد الاقصى المسموح ،اما عنصر النحاس Cu كان من ضمن الحد المسموح به، وسجل الكادميوم Cd والرصاص Pb ارتفاعاً في التركيز لكلا الموقعين 0.58 و0.66 ؛ 7.26 و12.6 ملغم .كغم$^{-1}$ على التوالي مقارنة مع الحد الأقصى المسموح .

2-4-3: نبات الجزر *Daucus carota* L.

ينتمي نبات الجزرCarrot الى العائلة المظلية Apiaceae ، وهو نبات ثنائي حول، تشمل العائلة على 200 جنس وحوالي 3000 نوع ،لها في العراق 130 نوعا بريا وتزرع 9 انواع (الكاتب ،2000).

Kingdom : Plantae

Phylum : Angiosperms

Class : Dicotyledonae

Order : Apiales

Family : Apiaceae

Genus : *Daucus*

Species **:** *Carota* L.

تشير دراسة قام بها Zhuang وآخرون (2009) ، لأربعة مواقع في جنوب الصين، تم فيها جمع عينات من التربة والخضراوات ومنها الجزر، اذ تراوح فيه تركيز كل من النحاس Cu والزنك Znوالرصاص Pb والكادميوم Cd 0.85-1.33 و5.70- 6.97 و0.09 -0.18 و0.14 - 0.38 ملغم .كغم $^{-1}$على التوالي.

بينت دراسة Rafique وآخرون ،(2011) عند جمعهم لعينات التربة وعينات لنباتي الجزر والبصل من ثلاثة حقول في اسلام اباد في باكستان لقياس تركيز ستة عناصر هم النحاس Cu وكروم Cr وكادميوم Cd ورصاص Pb ونيكل Ni والزنك Zn وقد اظهرت النتائج في كلا النباتين ان تراكيز النحاس Cu والكروم Cr والرصاص Pb والكادميوم Cd كان اعلى في عينات الجذر من الاجزاء الاخرى ،اما عنصري الزنك Zn والنيكل Ni كان تركيزهما في الاوراق اعلى في النباتين.

أوضحت دراسة Tasrina وآخرون (2015)، التي جمع فيها عينات تربة والخضراوات من 6 مواقع لاربع مناطق في بنغلاديش ،اذ تم قياس تراكيز النيكل Ni والكادميوم Cd والكروم Cr والنحاس Cu والزرنيخ As والزئبق Hg والكوبلت Co والحديد Fe والمنغنيز Mn والزنك Zn والرصاص Pb،اذ اظهرت النتائج لنبات الجزرعدم وجود تلوث بكل من النيكل Ni والكادميوم Cd والنحاس Cu، وسجل عنصر الرصاص تراكم قيمته 0.304 ملغم .كغم$^{-1}$.

2-4-4: نبات الخردل الهندي *Brassica juncea* L.

ينتمي نبات الخردل الهندي الى العائلة الصليبية Brassicaceae الخردلية وتعتبر من العوائل الكبيرة ، لها في العراق 75 نوع بري و18 نوع مزروع لإغراض الطعام والزينة ، وهو من النباتات الحولية (الكاتب، 2000).

Kingdom :Plantae

Phylum : Anpergiosms

Class : Dicotyledonae

Order: Brassicales

Family: Brassicaceae

Genus : *Brassica*

Species : *juncea* L.

أن الاهتمام الاكبر بالعائلة الصليبية في الحقيقة يأتي من الابحاث التي اجريت على هذه الانواع في وقت مبكر، الى جانب قابلية هذه العائلة بتراكم تراكيز مثيره للأهتمام وخاصه بالنسبة لنبات الخردل الهندي، وقد تم وصفه بأنه نبات مفرط التراكم لمختلف العناصر مثل الكادميوم والكروم والرصاص والزنك (Vamerali وآخرون، 2010).

يعتبر نبات الخردل الهندي من النباتات الفعالة المستخدمة في المعالجة ألنباتية ، أذ انخفض تركيز كل من العناصر الثقيلة التالية النحاس Cu من 36 ملغم.كلغم$^{-1}$ الى 31 ملغم.كلغم$^{-1}$

والرصاص Pb من 1.94 ملغم.كلغم$^{-1}$ الى 1.48 ملغم.كلغم$^{-1}$ والكادميوم Cd من 1.6 ملغم.كلغم$^{-1}$ الى 0.86 ملغم.كلغم$^{-1}$، في التربة (Clemente وآخرون، 2006).

وجد Purakayastha وآخرون (2008) عند دراسة الاستخلاص النباتي للزنك Zn والنحاس Cu والنيكل Ni والرصاص Pb من الترب الملوثة باستخدام خمسة أنواع من نبات الخردل وهي السلجم *B.napus* والخردل الهندي *B.juncea* وخردل الحقل *B.campestris* والخردل الحبشي *B.carinata* والخردل الاسود *B.nigra* ، اذ بينت النتائج ان الخردل الهندي هو الأفضل من باقي الانواع الاخرى في قابليته على استخلاص عنصر النحاس، وسجل مجموعه الخضري 22.4 ملغم .كغم$^{-1}$ مقارنة مع الخردل الحقل والخردل الحبشي والسلجم والخردل الأسود والذي بلغ 14.2 ، 8.6 ، 6.1 ، 10.1 ملغم .كغم$^{-1}$ على التوالي .

بينت دراسة John وآخرون (2009) عند زراعة نبات الخردل الهندي في اصص ، وبعد الانبات تم تلويث النباتات بالعناصر الثقيلة وبستة تراكيز لعنصري الكادميوم Cd والرصاص Pb،اذ تم اخذ العينات للقياس في ثلاث فترات ولوحظ ان اعلى تركيز للكادميوم Cd بلغ 116.32 عند تركيز 750 مايكروليتر بعد 60 يوم من الزراعة، اما عنصر الرصاص فقد سجل اعلى تركيز 85.97 عند تركيز 1200 مايكروليتر بعد 60 يوم من الزراعة .

2-5: الصفات البيئية : Environmental taits

2-5-1: معامل التركيز الحيوي : Bioconcentration factor (BCF)

يشير معامل التركيز الحيوي BCF الى كفاءة النبات في سحب او استخلاص العناصر الثقيلة من التربة وتجميعها في انسجته (Sajad وآخرون، 2019)، وعرفه Yoon وآخرون (2006) بأنه النسبة بين تركيز العنصر في الجذر الى تركيز العنصر في التربة، وكلما زادت قيمة الـ BCF كان النبات ملائم للاستخلاص النباتي (Blaylock وآخرون، 1997).

أشار Subhashini وSwamy (2013) ان معامل التركيز الحيوي اذا كان اكبر من 2 دل على ان النبات له القابلية على الاستخلاص النباتي.

بين Mohebbi وآخرون (2012) ان معامل التركيز الحيوي للنحاس كان معنويا اذ سجل نبات زهرة الشمس اعلى نسبة 57.42 وكان الحد الادنى للبرسيم 27.46، اما عامل التركيز الاحيائي للكادميوم فقد سجل البرسيم معدل 1.03 وكان الحد الادنى لنبات الذرة الصفراء اذ سجل 0.29 اما معامل التركيز الحيوي لعنصر الرصاص كان معنوي.

بينت دراسة Islam وآخرون (2013) عند زراعة ثلاثة نباتات في تربة ملوثة طبيعيا مأخوذه من ثلاثة مواقع في بنغلادش وتربة ملوثة صناعيا تم تلويثها بتراكيز 30 و50 و70 و100 بمادة Soudium arsenite ($NaAsO_2$) ،اذ سجل اعلى قيمة لمعامل التركيز الحيوي هي 2300 في جذر نبات *Echinochloa crusgalli* L. ،واقل قيمة كانت 293.6 في المجموع الخضري لنبات *Eichhornia crassipes* L. في التربة ملوثة طبيعياً، اما الترب الملوثة صناعيا فقد سجل عامل التركيز الاحيائي اعلى قيمة بلغت 1475 في جذر نبات *Eichhornia crassipes* L. ، واقل قيمة 440 في المجموع الخضري لنبات *Monochoria hastate* L. .

اظهرت دراسة Caunii و آخرون (2015) اذ تم جمع 50 عينة من نباتين عطريين هما الشبت *Anethum graveolens* L. والكاشم *Levisticum officinale* L. من اربعة مواقع في رومانيا ، ارتفاع في معامل التركيز الحيوي في الموقع الرابع (حقول زراعية) لكل من الكادميوم Cd والنحاس Cu والرصاص Pb بلغ 2.07 و 6.72 و25.05 على التوالى في نبات *Levisticum officinale* L. ، في حين سجل نبات *Anethum graveolens* L. ارتفاع في معامل التركيز الحيوي لعنصر النيكل في الموقع الاول ،اذ بلغ 3.04 مقارنة مع المواقع الثلاث الاخرى.

سجلت الدراسة التي قام بها Sajad وآخرون (2019)، الحد الادنى لمعامل التركيز الحيوي وبلغت 1.86 في نبات *Erigeron canadensis* L. ، فيما سجل نبات *Marrybium vulgare* L. اعلى قيمة لهذا العامل والبالغة 193.33. عند جمعهم لعينات التربة والنبات من 61 موقع في احدى المقاطعات الباكستانية لـ 61 نوع من النباتات المنتمية الى 30 عائلة نباتية لتقدير عنصر الرصاص في العينات المدروسة.

2-5-2 : معامل الانتقال Translocation factor (TF)

معامل الانتقال هو نسبة تركيز العنصر في المجموع الخضري الى تركيزه في مجموع الجذري، اذ ان قدرة النباتات على تحمل ومراكمة العناصر الثقيلة مفيدة لغرض الاستخراج النباتي phytoextraction وتقييد الملوثات نباتياً *Phytostabilization* (Yoon وآخرون ،2006)، وتستخدم النباتات في الاستخراج النباتي اذا كان معامل التركيز الحيوي(BCF) ومعامل الانتقال (TF) اكبر من واحد (Blaylock وآخرون، 1997).

أشار الفراج وآخرون (2009)عند جمع عينات تربة ونبات العلندار *Ochradenus baccatus* L. النامي بشكل طبيعي في المملكة العربية السعودية، وفي منطقة مهد الذهب، وقياس تراكيز مجموعة من العناصر الثقيلة، وسجل معامل الانتقال للزرنيخ ارتفاع بلغ 1.88 ، في حين كان معامل الانتقال للكادميوم Cd والنحاس Cu والرصاص Pb مساوي 0.44 و0.27 و0.24 على التوالي.

بينت دراسة Subhashini وSwawy (2013)، والتي تم فيها زراعة نبات عين البزون في اصص، وسقيها باستخدام محاليل ملوثة للتربة بعنصري الرصاص Pb والنيكل Ni ، وقدر التركيز عند الفترات 20 و40 و60 يوما، اذ سجل معامل الانتقال لعنصر الرصاص Pb والنيكل Ni 0.14 و1.31على التوالي، واكدت النتائج على استخدام نبات عين البزون في الاستخراج النباتي (phytoextraction) لعنصر النيكل Ni .

أشار Oseni وآخرون (2018) عند دراسة نباتي شجرة عيد الميلاد *Chromolaena odorata* L. ومكنسة الاعشاب *Sida acuta* L. في حدائق احدى الجامعات النيجرية، عند اضافة عنصر الرصاص Pb وبخمس مستويات هي 0 و200 و400 و800 و1000 جزء بالمليون، الى زيادة في معامل الانتقال TF مع الزيادة في تركيز الملوثات، اذ سجل اعلى قيمة 0.9 في *Sida acuta* L. واقل قيمة كانت 0.7 في *Chromolaena odorata* L. بدون استخدام الاسمدة، أما مع استخدام الاسمدة العضوية كان الـ TF مساوي الى 0.9 في *Sida acuta* L. و0.7 في *Chromolaena odorata* L..

واشار Sajad وآخرون (2019) ،عند دراسة 61 نوع من النباتات الى اعلى قيمة لـ TF بلغت 8.3 في نبات حشيشة الجبل *Erigeron canadensis* L. في حين سجل الـ TF اقل قيمة بلغت 0.05 في نبات البكورية الحقلية *Calendula arvensis Boiss* .

2-5-3 معامل التراكم الحيوي Bioaccumulation coefficient

هو النسبة بين تركيز العناصر الثقيلة في المجموع الخضري الى تركيزها في التربة (Li وآخرون، 2007 وCui وآخرون، 2007).اذ اوضح Malayeri وآخرون (2008) ان معامل التراكم الحيوي الذي يتراوح بين 1- 10 للانواع النباتية تعرف بانها نباتات عالية التراكم ، واذا تراوح بين 0.1 – 1 يعرف بأنها نباتات معتدلة التراكم، واذا تراوح بين 0.01- 0.1 يشار الى انها نباتات منخفضة التراكم، اما اذا كان المعامل اصغر من 0.01 دل على انها نباتات غير مراكمة.

بين Malik وآخرون (2010)، عند دراسة ستة مواقع لجمع عينات نباتية وتربة من المناطق القريبة من المنطقة الصناعية في اسلام اباد – باكستان ، اذ تم دراسة 16 نوع من النباتات . وتبين ان معامل التراكم الحيوي في النباتات المدروسة عالي بالنسبة للرصاص Pb ثم النحاس Cu والزنك Zn والكوبلت Co ، وسجل اعلى معامل تراكم حيوي لعنصر الرصاص Pb والبالغة قيمته 14 في نبات براشاريا *Brachiaria reptans* L. احد اجناس الاعشاب العلفية .

اشار MM وآخرون (2013) عند دراسة تراكيز خمسة عناصر في عينات تربة ونبات في المنطقة الصناعية الثانية بمدينة الرياض – المملكة العربية السعودية ،اذ تم جمع ستة انواع من النباتات السائدة في موقع الدراسة هي الخباز والداتورة والحنظل والدفلة والبردي والعوسج ، اذ اوضحت النتائج ان قيمة معامل التراكم الحيوي كانت اصغر من 1 لجميع النباتات المدروسة، باستثناء نبات البردي اذ بلغ معامل التراكم الحيوي 1.19 لعنصر الكادميوم .

بين Huma-Khan وآخرون (2016) عند دراستهم للعناصر الثقيلة في التربة ومحصول الحنطة وانتقالها الى السلسلة الغذائية ، اذ سجل معامل التراكم الحيوي لعنصر الكادميوم Cd

ارتفاعاً في حبوب الحنطة تراوح بين 0.24 الى 0.25 ، كذلك اشارت النتائج الى ارتفاع معامل التراكم الحيوي BAF لكل من الكادميوم Cd ومن ثم عنصري النيكل Ni والكروم Cr.

اكدت دراسة Bravo وآخرون (2017) على تأثير حموضة التربة في سحب وتراكم العناصر الثقيلة لاوراق العنب عند جمع 101 عينة من التربة واوراق العنب من مناطق زراعية في اسبانيا لدراسة عشرة عناصر، وسجل اعلى معامل تراكم حيوي النحاس Cu مقارنة مع العناصر الاخرى وبلغ 2.24 للترب الحامضية و 1.8 للترب القاعدية .

2-6 : الصفات الفسلجية Physiological Traits

2-6-1: الكلوروفيل Chlorophyll

تعد البلاستيدات الخضر Chloroplasts هي مركز وجود الصبغات النباتية الكلوروفيلات والكاروتينات والفيكوبيلينات، وتعتبر هذه الصبغات هي المكون الرئيسي الذي يعطي لهذه الجسيمات اهميتها ووظيفتها.ويعتبر الكلوروفيل من الصبغات الرئيسية في عملية البناء الضوئي ، لانه أكثر أفراد الصبغات انتشارا في المملكة النباتية (خليل، 2013) .

الكلوروفيل اصطلاح يعبر عن صبغات الكلوروفيلات الخضر اللون بحسب تعريف المجمع اللغوي للغة العربية ،اما الكلوروفيل فهو كلمة لاتنية تعني في مقطعها الاول chlro الاخضر الضوئي ،اي الساطع ومقطعها الثاني phyll يعني الورقة (هلالي، 2016).

العناصر الثقيلة تؤثر سلبا على البلاستيدات الخضر، وبالتالي تسبب تغير في انتاج الكلوروفيل وقد وجد انه تحت اجهاد النحاس Cu والزئبق Hg ، زادت نسبة الكلوروفيل b/a ، اما تحت اجهاد الكادميوم Cd والرصاص Pb كان هنالك انخفاض في نسبة الكلوروفيل b/a (Ul Hassan وآخرون ، 2017) .

بينت دراسة Ghani و آخرون (2010) عند زراعة صنفين من نبات الذرة الصفراء هما Neelam وDesi ومعاملتهم بثلاثة تراكيز من عنصر الرصاص Pb وهي 10و 20 و30 جزء بالمليون ، وجود فروق ذات دلالة احصائية بين الصنفين ،اذ حصل انخفاض حاد في المحتوى الكلي للكلوروفيل في الصنف Neelam ، بينما حافظ الصنف Desi على محتوى الكلوروفيل الكلي.

درس Yildiz وآخرون (2011) العلاقة بين ضرر الكلوروفيل وكمية العناصر الثقيلة الموجودة في الاشنات ، وذلك لتقدير مستويات التلوث في الهواء ،اذ تم زرع الاشنات التي تم جمعها من مناطق غير ملوثة في عشرة محطات لمنطقة الدراسة ، وظهرت علاقة عكسية بين تركيز العناصر الثقيلة ومحتوى الكلوروفيل.

وجد Son وآخرون (2014) اثر العناصر الثقيلة على محتوى الكلوروفيل ،اذ اظهرت النتائج انخفاض الكلوروفيل تحت اجهاد عنصري الكادميوم Cd والنحاس Cu مقارنة مع معاملة السيطرة، بينما زاد محتوى الكلوروفيل تحت اجهاد الزنك Zn مقارنة مع السيطرة .

أشار Kalaji وآخرون (2016) عند دراستهم لتأثير عنصر الكادميوم Cd على نبات *Brassica napus* L. الى عدم وجود تغييرات كبيرة في محتوى الكلورفيل a وb لكن له تأثير سلبي على كفاءة الكيميائية الضوئية .

2-6-2: الجلوتاثيون Glutathione

الجلوتاثيون هو ببتيد مكون من ثلاثة احماض امينية هي حامض الجلوتامين والسيستين والجليسين ويرمز له بالرمز GSH عندما يكون مختزلا ويرمز له GSSG عندما يكون مؤكسدا ويعمل كمرافق

انزيمي ومضاد اكسدة لحماية الخلايا من ضرر الجذور الحرة . وهو ثيول وزنه الجزيئي منخفض ومسؤول عن مجموعة واسعة من عمليات التمثيل الغذائي ويشكل نظام مهم للدفاع عن النبات ضد الاجهادات البيئية، بما في ذلك العناصر الثقيلة (Hossain وآخرون ،2010)،

ان سمية العناصر الثقيلة هي واحدة من الأجهادات اللأحيائية الرئيسة التي تؤدي الى اثار خطرة في النباتات ، اذ تؤدي سمية هذه العناصر الى تراكم شقائق الاوكسجين الفعالة Reactive ROS oxygen species و MG Methylglyoxal مما يسببان اكسدة البروتين وتعطيل الانزيمات وضرر في DNA او التفاعل مع مكونات حيوية اخرى في خلايا النبات (Das وJayalekshmy ،2015) .

تتكون سمية العناصر الثقيلة بعدة طرائق عندما تتراكم في الخلايا النباتية بمستويات عالية ،ويمكن تقسيم العناصر الثقيلة الى مجموعتين عناصر الاكسدة النشطة الكوبلت Co والكروم Cr والنحاس Cu والحديد Fe وعناصر الاكسدة غير النشطة الالمنيوم Al والنيكل Ni والزنك Zn والكادميوم Cd . تشارك عناصر النشطة في الاكسدة بشكل مباشر في تفاعلات الاكسدة في الخلايا وتؤدي الى تكوين O_2 وH_2O_2 وOH (Schutzendubel و Polle ،2002) .

عند تعرض النباتات الى العناصر الثقيلة غير النشطة تؤدي ايضا الى اجهاد غير مباشر مثل التفاعل مع نظام الدفاعات المضادة للأكسدة ،او تعطيل سلسلة نقل الإلكترون، او تكوين بيروكسيد الدهون ، وهذا الاخير يمكن ان يكون بسبب الزيادة في نشاط انزيمات الاكسدة الشحمية الناتجة عن زيادة العناصر الثقيلة ،وهنالك آلية هامة اخرى لسمية العناصر الثقيلة هي قدرتها على الارتباط بقوة بذرات الاوكسجين والنتروجين والكبريت (Nieboer و Richardson ،1980)، من بين مضادات الاكسدة غير الانزيمية الجلوتاثيون أذ يعتبر هو الدفاع الاكثر اهمية داخل الخلايا

ضد الاضرار الموكسدة الناتجة عن تفاعلات شقائق الاوكسجين الفعالة في النباتات (Gill وTuteja ،2010).

اشارت دراسة Freeman وآخرون (2004) الى الزيادة في التخلق الحيوي للجلوتاثيون والدور الذي يلعبه في تراكم النيكل في نبات *Thlaspi* ،اذ يحتوي هذا النبات على نسبة عالية من النيكل تصل الى 3% من المجموع الخضري من الوزن الجاف، ولوحظ من الدراسة ايضا ان تركيز الجلوتاثيون ارتبط ارتباطاً وثيقا بالقدرة على زيادة تراكم النيكل ، اذ ان تراكيز الجلوتاثيون تزداد بقوة مع زيادة المقاومة لكل من التاثيرات المثبطة للنمو والتأكسد التي يسببها النيكل .

لاحظ Zeng وآخرون (2009) عند معاملة بذور نبات *Arabis paniculata* بأربعة تراكيز لعنصر الكادميوم Cd هي 0 و50 و 100 و 250 µM تم معاملة النباتات بعد شهر من الزراعة ولمدة 2–3 اسبوع ، اذ ادت زيادة التعرض لعنصر الكادميوم Cd من 2–3 اسبوع الى زيادة تراكم GSH بنسبة من 1.3–5.1 في الجذور ،وبعد 3 اسابيع من النمو زاد تركيز GSH عند تركيز 50 و250 µM لعنصر الكادميوم .

بينت دراسة Gupta وآخرون (2010) عند جمع النباتات ذات النمط البيئي المراكم من بيئة ملوثة بالرصاص والزنك ، ونباتات ذات نمط بيئي غير مراكم من حديقة شاي في مقاطعة صينية ،اذ تم استزراع هذه النباتات الصغيرة في البيت النباتي ومعاملة هذه النباتات بتراكيز مختلفة من $Pb(NO_3)_2$ هي 0 و 5 و 25 و 100 و 200 مايكرومل ، وقد زاد مستوى الـ GSH في كلا النمطين ، وكان اعلى مستوى للـ GSH في جذور النمط المراكم ، اذ بلغ 1.561 نانومول. كغم$^{-1}$ مقارنة مع السيطرة ، اما المجموع الخضري فكان تركيز الـ GSH عالي جدا في كلا النمطين .

2-6-3: انزيم الكتاليز Catalase

هو احد انزيمات الاكسدة والاختزال، ينتشر انتشارا كبيرا في جميع الخلايا ألنباتية ويدخل في تركيبه عنصر الحديد ،يعمل الانزيم كعامل مانح ،وسطي ومستقبل في نفس الوقت.ويساعد في تحليل وأكسدة بيروكسيد الهيدروجين الى ماء وأكسجين (هلالي ،2015).

من المعروف ان ضغوط الاجهاد البيئي مثل ملوحة التربة والجفاف ودرجات الحرارة المرتفعة والعناصر الثقيلة تسبب اضرارا مؤكسدة للنباتات ، اما بشكل مباشر او غير مباشر عن طريق زيادة مستوى انتاج انواع الاوكسجين التفاعلية ROS (Verma و Dubey ،2003).

حيث تشمل الـ ROS على $O_2^{\cdot-}$ و$OH^{\cdot}$ وH_2O_2 التي يتم انتاجها اثناء انشطة نقل الالكترون المرتبطة بالأغشية ، فضلاً عن عدد من مسارات التمثيل الغذائي ، وهذا بدوره يسبب اضرارا للجزيئات الحيوية مثل الدهون الغشائية والبروتينات والبلاستيدات والأنزيمات والأحماض النووية. ولكبح الاضرار المؤكسدة للنباتات يوجد لديها نظام دفاعي هو مضادة الاكسدة الذي يضم الانزيمات CAT و SOD وgpx (Shah وآخرون ،2001).

ان انزيم الكتاليز هو انزيم مؤكسد يوجد في البيروكسيسوم وظيفته هدم بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 عندما يوجد في تراكيز عالية فيحولها الى ماء واكسجين، فضلا عن ذلك فان الانزيم لا يحتاج الى مادة مختزلة لينقل اليها القوة المؤكسدة من بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 (Khanna-Chopra و Selote ،2007).

يتميز انزيم الكتاليز عن باقي الانزيمات بحصوله على اعلى معدلات استقلاب ،اذ ان جزئية واحدة منه تستطيع تحويل 6 مليون جزيئة من بيرو كسيد الهيدروجين H_2O_2 الى ماء وأكسجين في الدقيقة (Gill وTuteja ،2010). كذلك يتفاعل انزيم الكتاليز ايضا مع بعض الهيدروبيروكسيدات مثل Methyl hydrodan peroxide _MHP_ (Ali وAlqurainy،2006).

اظهرت نتائج Touisserkani و Haddad (2012) عند دراسة ثلاثة اصناف من نبات السلجم .*Brassica napus* L هي Mohican وReg.Cob و Okapi عند معاملة النباتات بثلاثة تراكيز من كلوريد الكادميوم $CdCl_2$ هي 0.75 و 1.5 و 2.25 Mm ، وجد زيادة في فعالية انزيم الكتاليز في صنف Okapi عند تركيز 0.75 Mm .

بينت دراسة Ali وآخرون ،(2015) عند دراسة تأثير عنصر الكادميوم على صنفين من نبات السلجم .*Brassica napus* L هما Zheda 619 وZS 758 ،و بخمسة تراكيز هي 0 و100 و 200 و 300 و 500 مايكرو مول، واظهر من ذلك ان فعالية انزيم الكتاليز في صنف Zheda 619 كانت اعلى مقارنة مع الصنف ZS 758 ، اذ سجلت اعلى فعالية لأنزيم الكتاليز والبالغة 0.23 ± 0.01 عند تركيز 300 مايكرومول.

بينت دراسة Oudah وآخرون (2017) عند دراسة انزيمات الكتاليز والبيروكسيديز والحامض الاميني البرولين في نباتي الفجل والرشاد عند تعرض الشتلات لعنصر الرصاص وبتراكيز 0 و10 و20 و30 و50 جزء بالمليون ، اذ اظهرت النتائج ارتفاع في فعالية انزيم الكتاليز في نباتي الفجل والرشاد 56.52 و46.25 وحدة / مول على التوالي بعد 30 يوم من الزراعة .

2-7: الصفات التشريحية : Anatomical traits

تتأثر النباتات بالعناصر الثقيلة من خلال الاعراض البصرية مثل الذبول و انخفاض النمو،اما التغيرات التشريحية فعند نمو الجذور في تربة ملوثة بالعناصر الثقيلة تنتقل العناصر في الغالب وتتراكم في نظام الجدار الخلوي،اذ تشكل طبقة البشرة الخارجية وطبقة البشرة الداخلية عائق امام حركة الايونات (Gomes وآخرون،2011) ،ايضا تساعد دراسة التغييرات في انسجة الاوراق على فهم عملية تراكم العناصر ،حيث ان امتصاص هذه الايونات من محلول التربة يرتبط ارتباط وثيق بمعدل النتح في أوراق النبات (Cosio وآخرون ،2006).

اظهرت دراسة اولية باستخدام مطياف الاشعة السينية Energy Dispersive X-Ray Spectrometer _EDX_ مدى جدوى هذه التقنية لأجراء تحليلات فورية لرصد الملوثات المعدنية، اذ تتطلب تقنية EDX الحد الادنى من الوقت لأعداد العينة ، ويتم التحليل الكمي للتركيب الاولي للعنصر حسب الوزن على اساس خمس عمليات مسح متتالية، ويشير الى انه تم حساب حوالي 95% من وزن العينة بالنسبة لذرات N,O,C وتم حساب 5% لبقية العناصر(Qi وآخرون ،2003) .

بينت دراسة Sridhar وآخرون (2005) التغيرات التشريحية عند امتصاص وتراكم عنصري الزنك والكادميوم في الخردل الهندي *Brassica juncea* L.، اذ اظهرت صور المجهر الماسح انخفاض في خلايا البشرة مقارنة مع مجموعة السيطرة وايضا فقدان في شكل الخلايا الاسفنجية مما ادى الى انخفاض في المساحات بين الخلايا مقارنة مع نباتات السيطرة .

أشارت دراسة Al-Saadi واخرون (2013) تأثير بعض العناصر الثقيلة على الخصائص الفسيولوجية والتشريحية لبعض نباتات Potamogeton عند معالجتها بعنصري النحاس , Cu الزئبق Ag لمدة ثلاثة اسابيع ، وجد تغيرات تدريجية في تركيب الاوراق والسيقان مع زيادة تعرض النباتات لتركيز هذين العنصرين مقارنة مع نباتات السيطرة .

بينت Jesus واخرون (2016) عند دراسة التغييرات التشريحية في الأوراق والجذور لنبات دوار الشمس المعامل بعنصر الالمنيوم ، وجد تلف في بنية نسيج الخشب فضلا عن الى زيادة في سمك الاوعية الناقلة وطبقات البرنكيما.

3- المواد وطرائق العمل Material and Methods

3-1: الاجهزة والمواد المختبرية Laboratory devices and materials

3-1-1: الاجهزة المستعملة في الدراسة Devices that used in this study

جدول (1) الاجهزة والأدوات المستعملة في الدراسة

ت	اسم الجهاز	الشركة المجهزة	المنشأ
1	جهاز التحليل الطيفي بتنشيط البلازما Inductively coupled plasma-optical emission spectrometry	Jobin yvon	France
2	جهاز قياس درجة الاس الهيدروجيني pH meter	Walk lab	Malaysia
3	Fume hood (Chamber)	Kojair	Finland
4	منخل 2 ملم	Haan	Germany
5	صفيحة تسخين Hot plat	Heidolph	U.S.A
6	هاون خزفي		
7	كروماتوجراف السائل عالي الكفاءة High Performance Liquid Chromatography	Shimadzu 10AV-LC	Japan
8	جهاز الطرد المركزي centrifuge	Beckmam	U.S.A
9	جهاز قياس الطيف الضوئي Spectrophotometer	Shimadzu	Japan
10	مجهر الالكتروني الماسح Scanning Electron Microscope	Carl zeiss sigma 500 VP	Germany
11	ميزان حساس sensitive balance	Sartorius	Germany
12	فرن كهربائي oven	Memmert	Germany
13	جهاز تقطير الماء Water Distillator	Gallenkamp	England
14	Branson sonifier	Gallenkamp	USA
15	طاحونة ستيل Steel mill		Germany
16	ورق ترشيح filter pepar	Whattman	USA
17	زجاجيات Glasses		Germany

3-1-2 المواد الكيميائية Chemical materials

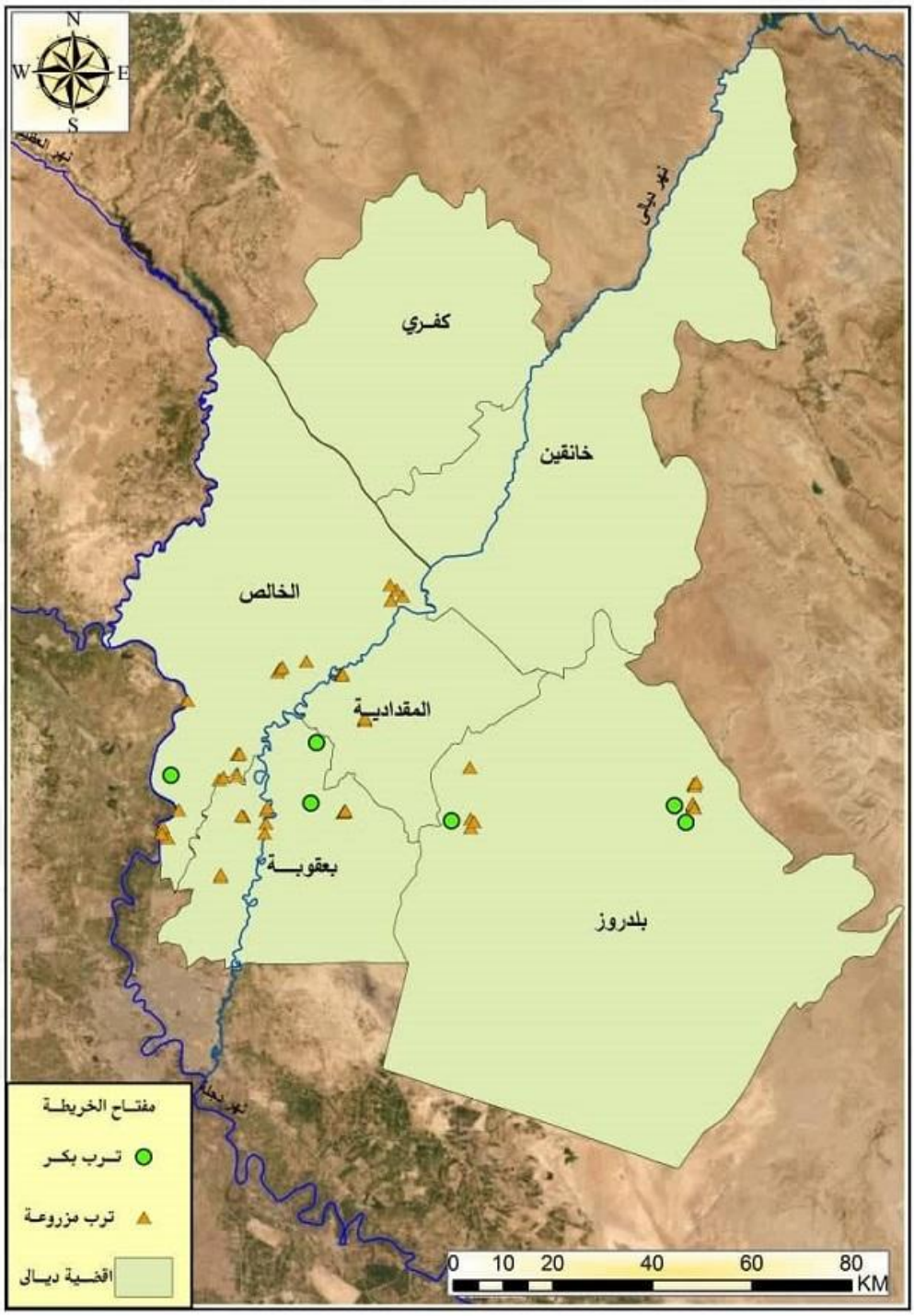
جدول (2) المواد الكيميائية المستعملة في هذه الدراسة

ت	اسم المادة	الرمز الكيميائي	المنشأ
1	حامض النتريك Nitric acid	HNO_3	England
2	حامض الهيدروكلوريك Hydrochloric acid	HCl	England
3	حامض الكبريتيك Sulfuric acid	H_2So_4	England
4	حامض البيركلوريك Perchloric acid	$HClO_4$	England
5	نتروجين سائل Liquid N2	LN_2	China
6	الميتافسفوريك Metaphosphoric acid	HPO_3	England
7	Ethylenediaminetetraacetate EDTA	$C_{10}H_{16}N_2O_8$	England
8	حامض الفورميك Formic acid	CH_2O_2	India
9	بولي فاينيل- بولي بيرليدون Polyvinyl-Polypyrrolidone	$(C_6H_9NO)_n$	China
10	اسيتون Acetone	C_3H_6O	India
11	الايثانول Ethanol	C_2H_6O	India
12	حامض الخليك الثلجي Glacial acetic acid	$C_2H_4O_2$	India
13	فورمالين Formalin	CH_2O	India

2-3 : وصف منطقة الدراسة Description of the studied area

محافظة ديالى هي احدى محافظات العراق الثمان عشرة ، مركزها مدينة بعقوبة ، تشكل محافظة ديالى 4.1% من مساحة العراق ، وتقدر مساحتها حوالي 17685 كم² ، تقع في قسم الاوسط من شرق العراق ، والواقعة بين دائرتي عرض ˚33.3 _ ˚35.6 شمال خط الاستواء بين خطي طول ˚44.22 _ ˚45.56شرق خط كرينج ، وبذلك فهي تمثل الحدود الدولية بين العراق وايران من الشرق ، وتحدها محافظة صلاح الدين ومحافظة بغداد من الغرب ، ومحافظة السليمانية من الشمال ومحافظة واسط من الجنوب .

تشكل الأَراضي الصالحة للزراعة نسبة 76% من مجموع مساحة المحافظة ، وتزرع بأنماط زراعية هي الحبوب والمحاصيل الصناعية والعلفية والخضراوات والبساتين، وتاتي زراعة الخضراوات بالمرتبة الثالثة من حيث المساحة ، أذ تشكل نسبة مقدارها 7.8 % من مجموع المساحة المزروعة في المحافظة (مديرية زراعة محافظة ديالى ، 2011). ويوضح شكل 1 مواقع الدراسة في محافظة ديالى .



شكل 1 خارطة تبين مواقع الدراسة في محافظة ديالى

3-3: جمع العينات Sampling

جمعت عينات الترب من الأَراضي الزراعية والأراضي البكر بواقع 57 عينة مركبة من 4 اقضية هي بعقوبة والخالص وبلدروز والمقدادية التابعة لمحافظة ديالى ، بتاريخ 2018/3/25 ولغاية 2018/4/7 وعلى عمق 5-30 سم، وضعت العينات في اكياس البولي اثيلين وكتب عليها رقم العينة واسم الموقع ،ونقلت الى المختبر، وجففت هوائياً، وطحنت ثم مررت من خلال منخل 2 ملم وجمعت في علب بلاستيكية لارسالها الى مركز البحوث الزراعية بحوث/وحدة الاراضي والمياه والبيئة في القاهرة لاجراء الفحوصات المختبرية الخاصة بها .

3- 4: طريقة تقييم التلوث في التربة Soil pollution assessment method

3- 4 -1: تقدير العناصر الثقيلة في ترب الزراعية Estimation of heavy elements in agricultural soils

قدرت أَيونات الكادميوم والنحاس والنيكل والرصاص في عينات التربة وحسب طريقة Cottenie وآخرون (1982) ،اذ اخذ 1 غم من عينات التربة ، وتم اضافة 3:1 مل من حامضي النتريك والهيدروكلوريك وترك لمدة 24 ساعة ، بعدها وضع الخليط على Hot Plate لمدة 45 دقيقة، تمت هذه الخطوات داخل جهاز Fume hood (Chamber) نوع VK-15 Fe ثم نقل المحلول كميا الى دورق حجمي وتم اكمال الحجم الى 100 مل باضافة الماء المقطر الخالي من الايونات، وبعدها تم قياس العناصر بأستخدام جهاز ICP-OES نوع JY Ultima 2 حسب طريقة (EPA،1991) .

3- 4 -2: مؤشر التلوث Pollution index (PI)

تم حسابه وفقا للمعادلة الأتية : PI = Ci/Si، أذ ان Ci تركيز العنصر في العينة، Si تركيز العنصر اي القيمة الاساسية في التربة البكر (Khalilova و Mammadov، 2016)، اذ يتم تصنيف التربة حسب جدول 3 لمؤشر التلوث (Alshahri وEl-Taher،2018) .

3- 4 – 3: مؤشر التراكم الأرضي Geoaccumulation index (I_{geo})

تم حسابه وفقا للمعادلة الأتية : $I_{geo}=\log_2 [Cn/ (1.5\ Bn)]$ ، اذ ان Cn تركيز العنصر في العينة، Bn تركيز العنصر في قشرة الارض، ثابت 1.5 لتقليل تأثيرات الاختلافات المحتملة في القيم الخلفية التي يمكن ان تعزى الى الاختلافات الحجرية في التربة (Benhaddya و Hadjel، 2014) .

جدول(3) تصنيف مستويات تلوث التربة بالعناصر الثقيلة على اساس pI وI_{geo}

مستويات التلوث	قيمة مؤشر التلوث PI	مستويات التلوث	شدة التلوث	قيمة مؤشر I_{geo}
غير ملوثة	PI≤1	غير ملوثة	0	$I_{geo} \leq 0$
ملوثة قليلا	1< PI≤2	غير ملوثة/معتدلة التلوث	1	$0<I_{geo}<1$
معتدلة التلوث	2< PI≤3	معتدلة التلوث	2	$1<I_{geo}<2$
ملوثة بشدة	3< PI≤5	معتدلة/ ملوثة بشدة	3	$2<I_{geo}<3$
ملوثة بشدة عالية	PI>5	ملوثة بشدة	4	$3<I_{geo}<4$
		ملوثة بشدة/ملوثة للغاية	5	$4<I_{geo}<5$
		ملوثة للغاية	6	$5 < I_{geo}$

Alshahri وEl-Taher (2018)

3- 5: العمل الحقلي Field work

نفذت هذه الدراسة في احد الحقول بمساحة 400 م2 في ناحية خان بني سعد التابعة لقضاء بعقوبة للموسم الخريفي 2018 ، أذ كان الحقل من ضمن الدراسة المسحية للأراضي الزراعية ، قسمت الارض الى 4 اقسام لزراعة 4 انواع من النباتات ، كل قسم تضمن 6 معاملات بواقع 3 معاملات مسمدة و3 معاملات بدون تسميد.

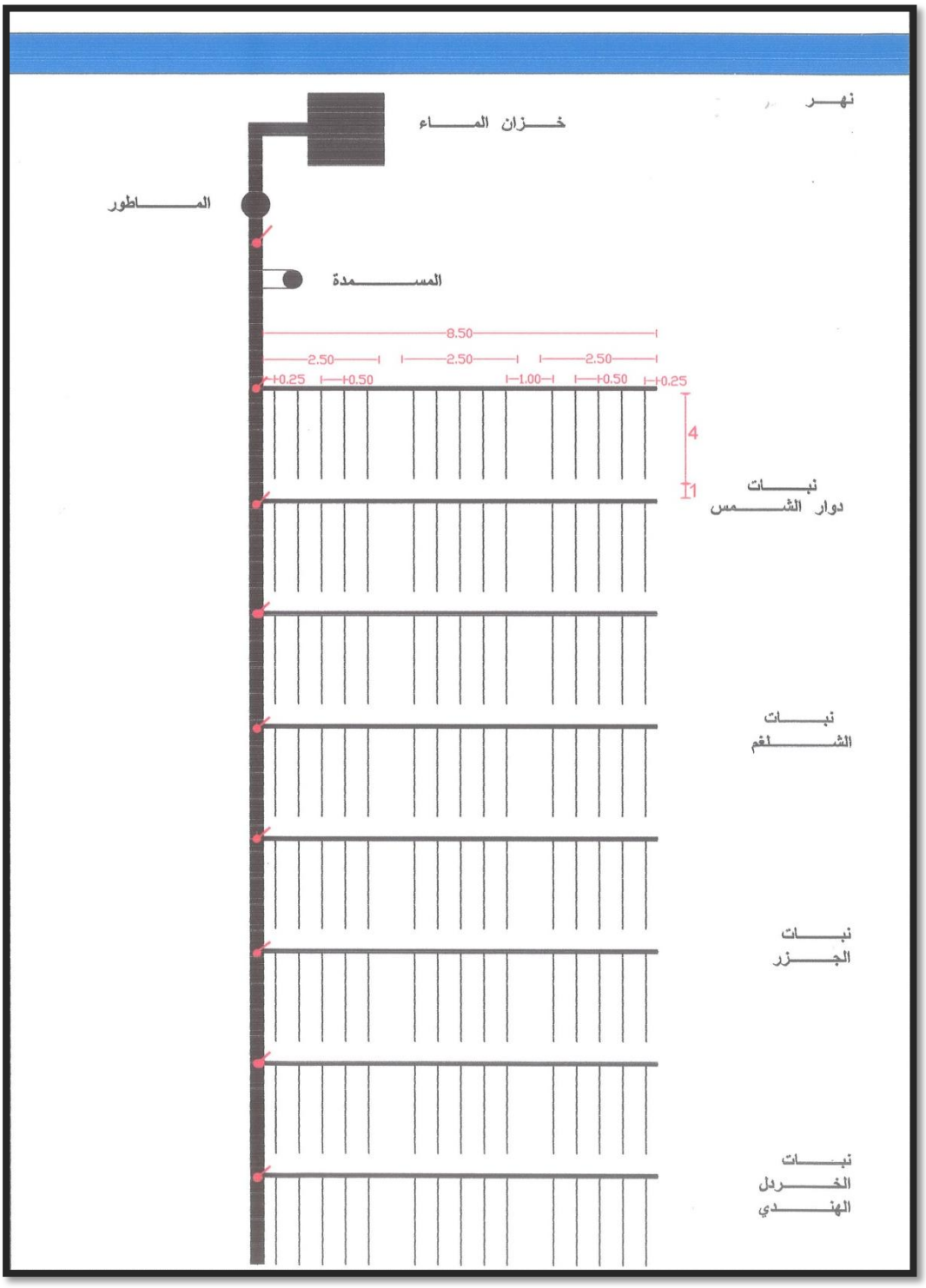
حرثت أَرض التجربة حراثتين متعامدتين بوساطة المحراث المطرحي القلاب ونعمت باستعمال الامشاط القرصية وقسمت الارض الى الواح بابعاد 4 × 8.5 م .

زرعت بذور كل من زهرة الشمس (R5×A14) *Helianthus annuus* بتاريخ 2018/7/9، الشلغم .*Brassica rapa* L والجزر .*Daucus carota* L بتاريخ 18 /2018/8 الخردل .*Brassica juncea* L بتاريخ 2018/9/7 يدويا وذلك بوضع 3 بذرات في كل جورة.

رويت أَرض التجربة بعد الزراعة مباشرة، وكانت الريات الثلاث الأُولى متقاربة وبمعدل ريه واحدة كل يومين، وبعدها استمر الري بمعدل ريتين في الاسبوع حتى مرحلة النضج الفسيولوجي.

خفت النباتات إلى نبات واحد في الجورة عند وصولها الى ارتفاع 20 سم، وعشبت الوحدات التجريبية كلما دعت الحاجة لذلك.

أضيفت الجرعة الأُولى من السماد السائل نوع Alga seaweed بعد 30 يوم من الانبات، اما الجرعة الثانية فقد اضيفت بعد 15 يوم من الجرعة الاولى. ويوضح شكل 2 مخطط التجربة .



شكل 2 مخطط التجربة للعمل الحقلي

3- 5- 1: جمع عينات التربة بعد الزراعة Collecting soil samples after planting

تم جمع عينات التربة بعد انتهاء موسم الزراعة بواقع ثلاث عينات من كل معاملة في منطقة الشعيرات الجذرية ووضعت في اكياس البولي اثيلين ، بعدها تم تجفيف العينات هوائيا ، وتم ارسال العينات الى مركز البحوث الزراعية /مختبر الاراضي والمياه والبيئة /القاهرة .

3- 5-2: جمع العينات النباتية Collection of plant samples

تم جمع العينات النباتية (الجذر،الساق،الاوراق) بواقع ثلاث نباتات من كل معاملة وتم غسلها وتنظيفها ومن ثم تجفيفها بالفرن على درجة حرارة 60 م° وبعدها تم طحن باستخدام طاحونة استيل نوع الماني، ومن ثم ارسلت العينات الى المركز البحوث الزراعية /معهد بحوث الاراضي والمياه والبيئة /القاهرة .

3-5-3: تحضير العينات Preparation of samples

3-5-3-1: تقدير العناصر في التربة Estimate elements in the Soil

تم أستخدام طريقة Cottenie وآخرون (1982) اذ اخذ 1 غم من عينات التربة ،وتم اضافة 3:1 مل من حامضي النتريك و الهيدروكلوريك وترك لمدة 24 ساعة بعدها وضع الخليط على Hot Plate لمدة 45 دقيقة تمت هذه الخطوات في جهاز Fume hood (Chamber) نوع VK- 15 Fe ثم نقل المحلول كميا الى دورق حجمي وتم اكمل الحجم الى 100 مل باضافة الماء المقطر الخالي من الايونات الى المحلول وتم قياس العناصر بأستخدام جهاز ICP – OES نوع JY Ultima 2 حسب طريقة (EPA،1991) .

3-5-3-2: تقدير العناصر في النبات Estimate elements in the plant

تم هضم العينات النباتية حسب طريقة AOAC (1995)، باخذ 0.5 غم من العينات المطحونة وتم اضافة 10 مل من حامض الكبريتيك وترك لمدة 24 ساعة ، وبعدها وضع على Hot plate لمدة ساعة واحدة وعلى درجة حرارة 150م°، وبعدها تم اضافة 0.5 مل من حامض البيركلوريك ، وتم رفع درجة الحرارة الى 250 م° لمدة نصف ساعة . تمت هذه الخطوات في جهاز (Chamber) Fume hood نوع VK-15 Fe ، وبعدها نقل المحلول الى دورق حجمي 50 مل وتم اكمال الحجم باستخدام الماء الخالي من الايونات، ومن ثم تم قياس العناصر الكادميوم والنحاس والنيكل والرصاص بأستخدام جهازICP-OES نوع JY Ultima 2 حسب طريقة (EPA،1991) .

3-5-4: الصفات البيئية Environmental traits

تم دراسة الصفات البيئة الآتية :

3-5-4-1: معامل تركيز الحيوي BioConcentration factor (BCF)

يستخدم معامل التركيز الحيوي لتحديد كمية العنصر الثقيل الذي يمتصه النبات من التربة، وهو مؤشر يبين قدرة النبات على تجميع العنصر الثقيل في انسجته ويتم حسابه باستخدام

المعادلة الاتية : BCF = (Metals) root / (Metals) soil

(Yoon وآخرون، 2006)

3-5-4-2: معامل الانتقال (TF) Translocation factor

هو مؤشر على قدرة النبات على نقل العنصر من الجذور الى الأَجزاء الهوائية من النبات ويتم حسابه باستخدام المعادلة الاتية :

TF = (Metals) shoot / (Metals) root

(Marchiol وآخرون ،2004).

3-5-4-3: معامل التراكم الحيوي (BAC) Bioaccumulation Coefficient

هو نسبة تركيز العنصر في المجموع الخضري الى تركيز العنصر في التربة ويتم حسابه باستخدام المعادلة الاتية :

BAC = (Metals) shoot / (Metals) soil

(Li وآخرون ،2007)

3-5-5: الصفات الفسلجية Physiological traits

تم دراسة الصفات الفسلجية الاتية :

3-5-5-1: محتوى الاوراق من الكلوروفيل The leaf content of chlorophyll

تم قياس محتوى الكلوروفيل في الأَوراق الغضة لكل من نباتات زهرة الشمس والشلغم والجزر والخردل الهندي وحسب طريقة Howrtiz (1975) لاستخلاص الكلوروفيل وذلك بهرس 1 غم من الأوراق النباتية الغضة في هاون خزفي مع 20 مل من الاستون تركيز 80% لحين ازالة الصبغة لإتمام استخلاص الصبغات وبعد ذلك وضع المستخلص في جهاز الطرد المركزي لمدة 5 دقائق

على سرعة 1000 دورة . دقيقة$^{-1}$ ، واخذ الرائق وتم تقدير الكلوروفيل الكلي بعد تكملة حجم الرائق الى 50 مل باستخدام الاسيتون وبنفس التركيز.

تم حساب المحتوى باستخدام جهاز قياس الطيف الضوئيٍ Spectrophotometer على الطولين الموجيين 645 و663 نانوميتر باستخدام المعادلة الاتية:

الكلورفيل الكلي (ملغم .غم −1) = [(20.2× القراءة على 645 −4.6× القراءة على 645 +8.02 × القراءة على 663 × حجم المحلول] ÷ (1000× وزن العينة النباتية الطازجة) .

3-5-5-2: قياس الجلوتاثيونِ Glutathione measurement

تم تحضير ٱستخلاص الانسجة بواسطة اخذ 1 غم من الاوراق التي جففت بالنتروجين السائل وطحنها بالهاون والمدقة ، و تم استخلاص الجلوتاثيون مع 50 مل من محلول (5% وزن:حجم) MPA (حامض الميتافسفوريك + 1 مليمولاري من EDTA في 0.1 % من حامض الفورميك)، استكمل قبل الاستعمال ب 5 مل ، 1% من مادة بولي فاينيل_ بولي بيرليدون PVPP (ملغم / مل) ، وتمت المجانسة في جهاز لطرد المركزي عند قوة 15.000g لمدة 20 دقيقة عند درجة حرارة 4 مئوية ، وفي حين تم جمع المحلول الرائق (الطافي) فقد تم اعادة معاملته المحلول المترسب مع 150 مل محلول المستخلص مع اعادة نبذه مركزيا" تحت نفس الظروف . كل المراحل اجريت في حجرة (غرفة) باردة وتحت الضوء الاخضر الامن لتجنب انحلال الجلوتاثيون . تم استخلاص التراكيز القليلة من العينات بدون مشتقات (استخلاص مادة خام)، تم امرار الخليط خلال ورقة ترشيح ذات قطر 2.5 مليمايكروميتر ، وتم حفظ العينات بعدها في درجة حرارة 4 م° للتحليل المستقبلي . سحب 20 مليمايكروليتر من العينة وحقنها في جهاز HPLC تحت الظروف المثالية.

3-5-5-3: قياس انزيم الكتاليز Measurement of catalase enzyme

انزيم الكاتليز (CAT;EC 1.11.1.6) هو إنزيم فلزي منتشر بصورة واسعة في عالم النبات والكائنات المجهرية الهوائية، تمت التنقية الجزيئية لانزيم الكاتليز لنبات زهرة الشمس باخذ 5 ملغم وتمت مجانستها مع دارئ الفوسفات ، أذ وضع المعلق في الترا سيلكون Branson sonifier USA عند 60% من عمل الجهاز ولمدة 10 دقائق وعند درجة حرارة 4 م˚ ، ثم نبذت مركزيا" عند 7.500 دورة ولمدة 10 دقائق، تم ترسيب المعلق الصافي لكل عينة تحتوي الانزيم المستخلص مع دارئ الفوسفات والمنبوذ مركزيا بواسطة 5 ملغم فوسفات الامونيوم، لتحضير الانزيم وتنقيته خفف المستخلص وتم تحميله في العمود Sephadex G-200 مع دارئ الفوسفات ، ثم تم جمع الأَنزيم المنقى ، تم الفصل السريع في درجة حرارة 4 م˚والمذكورة خلال عملية التنقية والاستخلاص.

الظروف المثالية لجهاز HLPC من حيث الاس الهيدروجيني = 8 ودرجة الحرارة 25-30 درجة مئوية وكما هو محدد للانزيم ، تم امرار الخليط في ورقة ترشيح ذات قطر قطر 2.5 مليمايكروميتر، وتم حفظ العينات بعدها في درجة حرارة 4 م˚ للتحليل المستقبلي، سحب 20 مليمايكروليتر من العينة وحقنها في نظام جهاز HPLC وفقا" الظروف المثالية .

3-5-6: الصفات التشريحية Anatomical traits

تم دراسة الصفات التشريحية لكل من الجذور والاوراق ،اذ جمعت عينات الجذور والاوراق لثلاث نباتات من كل معاملة واجريت عليها عملية التثبيت في محلول F.A.A مكون من 50 مل كحول الايثانول تركيزه 95% مع 5 مل حامض الخليك الثلجي مع 10 مل فورمالين مع 35 مل ماء مقطر لمدة 48 ساعة ،غسلت النماذج مرتين بكحول الايثانول تركيزه 70 % لإزالة اثار

المثبت وحفظت في كحول الايثانول 70%، ثم تم تقطيع العينات تقطيع يدوي بسمك 12 مايكروميتر ، بعدها تم ارسال العينات الى كلية العلوم /جامعة الفيوم ، اذ تم استخدام المجهر الماسح نوع Carl Zeiss Sigma 500 VP وتطبيق ij152-win java8 لقياس سمك جدران وحدات الاوعية الناقلة في الاوراق والجذور وحسب طريقة (نصار والسحار،1998).

3-5-7: التحليل الاحصائي Statistical analysis

بعد جمع وتويب البيانات المتحصل عليها لجميع الصفات المدروسة تم ما ياتي :

3-5-7-1: تحليل البيانات احصائيا وفقا للتصميم المتبع في هذه الدراسة

حللت البيانات المتحصل عليها طبقا لطريقة تحليل التباين Analysis of Variance للتجارب العاملية في تصميم القطاعات الكاملة المعشاة باستخدام البرنامج الاحصائي SPSS تم اختيار اقل فرق معنوي (أ.ف.م) للمفاضلة بين المتوسطات الحسابية للمعاملات وكذلك التدخلات المعنوية وعند مستوى احتمال 0.05 (Steel وToeei ، 1980) .

3-5-7-2: ايجاد قيم معاملات الارتباط البسيط بين الصفات المدروسة

استخرجت قيم معاملات الارتباط البسيط لبيان العلاقات بين عامل التركيز للعناصر ومؤشر التلوث ومؤشر التراكم وبين الصفات الفسلجية .

4- النتائج والمناقشة Results and discussions

4-1 : مسح الترب الزراعية في محافظة ديالى Agricultural soil survey in Diyala province

4-1-1: تراكيز العناصر الثقيلة في عينات الترب الزراعية

Concentrations of heavy elements in agricultural soil samples

بينت النتائج في الجدول 4 ان تركيز عنصر الكادميوم في الترب الزراعية لمحافظة ديالى تراوح بين 1.70-3.10 ملغم.كغم$^{-1}$ في الموقعين S4 و S41 بمتوسط بلغ 2.323 ملغم.كغم$^{-1}$، وعند مقارنة التراكيز مع متوسط الوفرة الطبيعية لنفس العنصر في الجدول رقم 5 والبالغة 0.25 ملغم.كغم$^{-1}$، وجد ان جميع عينات الترب ملوثة بعنصر الكادميوم، ومن النتائج يلاحظ ان هناك ارتفاعا في تركيزه بلغ 4 مرات تقريبا عن المعدلات العالمية للترب غير الملوثة، اما تركيز عنصر النحاس فقد تراوح بين 21.40-58.60 ملغم.كغم$^{-1}$ في الموقعين S48 و S2 بمتوسط بلغ 33.009 ملغم.كغم$^{-1}$، وعند مقارنة تراكيز عنصر النحاس مع متوسط الوفرة الطبيعية لنفس العنصر في الجدول رقم 5 والبالغة 23.131 ملغم.كغم$^{-1}$ ، وجد ان نسبة التلوث في الترب الزراعية للمحافظة بلغت 90.196% من العينات المدروسة، واظهرت نتائج جدول 4 ان تركيز عنصر النيكل تراوح بين 41.00 – 116.20 ملغم.كغم$^{-1}$ في الموقعين S25 و S1 بمتوسط بلغ 79.700 ملغم.كغم$^{-1}$، وعند مقارنة تراكيز عنصر النيكل مع متوسط الوفرة الطبيعية لنفس العنصر في الجدول رقم 5 والبالغة 75.77 ملغم.كغم$^{-1}$، وجد ان نسبة التلوث في الترب المحافظة بلغت نسبة 68.627 % من العينات ألمدروسة ، وعند مقارنة تراكيز العينات والوفرة الطبيعية مع المتوسط العالمي لترب غير الملوثة والبالغة 34 ملغم.كغم$^{-1}$، وجد ان ترب المحافظة تحتوي على تراكيز عالية من عنصر النيكل وقد ارجع السبب الى طبيعة الصخور المكونة لتربة المحافظة، اما عنصر الرصاص فقد تراوح تركيزه بين 43.10-112.30 ملغم.كغم$^{-1}$ في الموقعين S26 و S1 بمتوسط بلغ 74.713 ملغم.كغم$^{-1}$، وعند المقارنة مع متوسط الوفرة الطبيعية لنفس العنصر في الجدول رقم 5 والبالغة 1.08 ملغم.كغم$^{-1}$، وجد ان جميع عينات الترب ملوثة بعنصر الرصاص، وعند مقارنة تراكيز العينات مع المحددات العالمية والبالغة 44 ملغم.كغم$^{-1}$ وجد ان معظم العينات ملوثة بعنصر الرصاص، واتفقت هذه النتائج مع ما جاء به كل من الانباري وجمعة (2010) وكاظم وزراك (2013) ولا تتفق مع الجوراني (2013)، وربما ترجع الزيادة في تراكيز العناصر الى العديد من الاسباب منها استخدام المخلفات الحيوانية وتشمل مخلفات الابقار والاغنام والدواجن غير المعالجة ، وكذلك الري بمياه نهري ديالى و دجلة الملوثين بالعناصر الثقيلة .

جدول (4) تراكيز العناصر الثقيلة (ملغم .كغم$^{-1}$) في عينات الترب الزراعية لمحافظة ديالى

المنطقة	العينات	كادميوم	نحاس	نيكل	رصاص	pH
الخالص – جيزاني الجول	S1	2.9	56.3	116.2	112.3	8.15
الخالص – الاسود	S2	2.1	58.6	91.4	78.8	8.42
الخالص – الاسود	S3	1.9	34.4	83.3	73.8	8.73
الخالص – الاسود	S4	1.7	38.6	81.2	71.0	8.58
الخالص – السلام	S5	2.9	37.7	100.5	87.7	8.82
الخالص – السلام	S6	2.9	35.4	86.2	80.6	8.75
الخالص – السلام	S7	1.8	33.5	86.8	78.4	8.61
الخالص – العجيمي	S8	2.1	35.4	90.6	89.6	8.8
الخالص – هبهب	S9	1.9	33.4	85.2	68.4	8.78
الخالص – هبهب	S10	2.7	34.1	79.3	67.7	8.72
الخالص – هبهب	S11	2.2	37.4	77.7	71.8	8.52
الخالص – هبهب	S12	2.8	31.9	76.6	71.1	8.53
الخالص – جديدة الشط	S13	2.2	33.7	95.6	89.1	8.51
الخالص – جديدة الشط	S14	2.5	30.2	72.4	68.2	8.66
الخالص – جديدة الشط	S15	2.1	35	107.1	92.5	8.65
الخالص – جديدة الشط	S16	2.2	36.2	99.7	84.0	8.72

المنطقة	العينات	كادميوم	نحاس	نيكل	رصاص	pH
المقدادية – زهيرات	S17	1.9	29.8	71.6	67.5	8.71
المقدادية – زهيرات	S18	2.1	34.3	88.6	84.5	8.74
المقدادية – زهيرات	S19	2.3	35.5	92.5	84.4	8.48
المقدادية – الوجيهه	S20	2.6	31.2	78.7	66	8.74
المقدادية – الوجيهية	S21	2.3	33.8	77.2	73.3	8.50
المقدادية – الوجيهية	S22	2.2	30.3	68.7	61.6	8.52
المقدادية – الوجيهية	S23	2.6	30.5	69.4	67.8	8.37
خانقين – حمرين	S24	2.4	25.8	97.2	89.1	8.44
خانقين – حمرين	S25	2.0	23.8	41.0	43.6	8.27
خانقين – حمرين	S26	2.4	23.8	43.7	43.1	8.31
خانقين – حمرين	S27	2.3	23.2	52.7	47.7	8.44
بعقوبة – بهرز	S28	2.1	27.2	62.5	57.1	8.71
بعقوبة – بهرز	S29	2.2	31.9	76.6	75.5	8.32
بعقوبة – بهرز	S30	2.2	31.2	85	82.5	8.58
بعقوبة – بهرز	S31	2.8	33.5	84.8	78.7	8.61
بعقوبة – المرادية	S32	2.8	36.3	102.4	97.2	8.81
بعقوبة – المرادية	S33	2.3	37.0	111.3	110.5	8.64
بعقوبة – خان بني سعد	S34	3.0	36.0	90.7	85.1	8.64

المنطقة	العينات	كادميوم	نحاس	نيكل	رصاص	pH
بعقوبة – خان بني سعد	S35	2.1	42.3	87.3	78.9	8.80
بعقوبة– كنعان	S36	2.1	34.4	102.2	102.8	8.60
بعقوبة– كنعان	S37	2.1	35.1	79.2	74.7	8.55
بعقوبة– كنعان	S38	2.8	35.9	89.0	86.1	8.62
بعقوبة– كنعان	S39	2.1	33.7	89.6	82.1	8.44
بلدروز– بلدروز	S40	2.3	37.5	94.0	82.2	8.44
بلدروز– بلدروز	S41	3.1	34.1	82.7	80.6	8.49
بلدروز– بلدروز	S42	2.5	33.1	86.0	82.4	8.56
بلدروز– بلدروز	S43	2.3	30.1	87.0	81.9	8.50
بلدروز– مندلي	S44	2.5	23.2	63.7	67.8	8.52
بلدروز– مندلي	S45	2.2	22.5	57.0	50.3	8.46
بلدروز– مندلي	S46	2.1	22.0	52.6	54.9	8.56
بلدروز– مندلي	S47	2.1	26.1	57.3	60.8	8.35
بلدروز– قزانية	S48	2.4	21.4	57.4	60.8	8.46
بلدروز– قزانية	S49	2.5	22.3	56.5	53.4	8.25
بلدروز– قزانية	S50	1.9	50.7	48.0	54.3	8.32
بلدروز– قزانية	S51	2.0	22.1	50.8	56.2	8.56

جدول (5) الوفرة الطبيعة لتراكيز العناصر الثقيلة (ملغم.كغم$^{-1}$) في مواقع مختلفة من الاراضي البكر لمحافظة ديالى

المنطقة	العينات	الكادميوم	النحاس	النيكل	الرصاص
بعقوبة – كنعان	B1	0.25	25.49	78.03	1.08
بلدروز – بلدروز	B2	0.25	23.65	66.05	1.08
خالص – هبهب	B3	0.25	23.10	88.30	1.08
بلدروز – مندلي	B4	0.25	27.00	79.80	1.08
مقدادية – الوجيهية	B5	0.25	24.95	86.54	1.08
بلدروز – قزانية	B6	0.25	14.60	55.90	1.08
المتوسط		0.25	23.131	75.77	1.08
المتوسط العالمي للترب غير الملوثة		0.53	24	34	44

Kabata-Pendias وPendias (2001)

4-1-2: مؤشر التلوث Pollution index (PI)

يوضح جدول 6 تقييما لمستوى التلوث لكل عنصر في التربة ،والذي تم حساب مؤشر تلوث كل عنصر (PI) وفقا لتركيز العنصر في العينة الى قيمة الوفرة الطبيعة للعنصر في التربة. وتم تقييم درجة تلوث التربة بالعناصر الثقيلة بناء على تصنيف مستويات التلوث بالاعتماد على PI . ومن ملاحظة الحد الأدنى والحد الأعلى لمؤشر التلوث في جميع عينات التربة، اذ تراوحت قيمته لعنصر الكادميوم من 6.80 الى 12.40 مما يدل على ان الترب ملوثة بشدة عالية، اما عنصر النحاس فقد تراوحت قيمة المؤشر بين 0.925 و2.53، وبناءً على تصنيف مستويات التلوث فهذا يعني ان الترب تتراوح من غير ملوثة الى معتدلة التلوث، بينما تراوح مؤشر التلوث بعنصر النيكل

من 0.56 الى 1.83 مما يدل على ان عينات ترب المحافظة غير ملوثة الى ملوثة قليلا بهذا العنصر، كذلك تراوح مؤشر التلوث بعنصر الرصاص بين 39.907 و103 مما يدل ان عينات الترب ملوثة بشدة عالية بهذا العنصر، ان سبب التلوث بعنصر الرصاص يرجع الى الاستخدام المفرط للأسمدة والمبيدات والسقي بمياه ملوثة بهذا العنصر.

جدول (6) الحد الأدنى و الأعلى لمؤشرات التلوث (PI) ومستويات التلوث في عينات الترب الزراعية لمحافظة ديالى

العناصر	الحد الادنى – الحد الاعلى	مستوى التلوث
الرصاص	103-39.907	ملوثة بشدة عالية
الكادميوم	12.40-6.80	ملوثة بشدة عالية
النحاس	2.53-0.925	غير ملوثة – معتدلة التلوث
النيكل	1.83-0.56	غير ملوثة- ملوثة قليلا

يبين الجدول 7 علاقة الارتباط العالية المعنوية عند مستوى دلالة 0.01 بين عامل التركيز ومؤشر التلوث والبالغة 0.99 ، و0.99 ، و0.93 ، و0.99 لعناصر كل من الكادميوم والنحاس والنيكل والرصاص على التوالي، وهذا يتفق مع نتائج Alshahri وEl-Taher (2018) والتي اشارت الى ان التربة ملوثة بعنصر الكادميوم وعدم وجود تلوث بعنصر النيكل عند دراستهما لمؤشر التلوث، وربما يرجع سبب ذلك الى استخدام المواد والكيماويات في الزراعة بالممارسات الزراعية غير الرشيدة والمتمثلة بالأسمدة الكيمياوية الحاوية على الشوائب والعناصر الثقيلة والمبيدات الكيميائية (زغلول،2019).

جدول (7) قيم معامل الارتباط البسيط بين عامل التركيز ومؤشر التلوث لعناصر الكادميوم والنحاس والنيكل والرصاص

الصفات المرتبطة		قيم معامل الارتباط البسيط-r
عامل التركيز للكادميوم	مؤشر التلوث للكادميوم	0.99 **
عامل التركيز للنحاس	مؤشر التلوث للنحاس	0.99 **
عامل التركيز للنيكل	مؤشر التلوث للنيكل	0.93 **
عامل التركيز للرصاص	مؤشر التلوث للرصاص	0.99 **

**علاقة ارتباط عالية المعنوية عند مستوى احتمال 0.01

4-1-3: مؤشر التراكم الأرضي Geoaccumulation index (I_{geo})

يوضح جدول 8 الحدين الأعلى والأدنى لمؤشر التراكم الأرضي لعينات التربة، اذ تراوح الحد الادنى والحد الاعلى حسب هذا المؤشر لعنصر الكادميوم بين 2.18- 3.05، مما يشير الى ان عينات التربة معتدلة/ عالية التلوث. بينما تراوح هذا المؤشر لعنصر النحاس بين -0.697 و0.756، وهذا دليل على ان تصنيف التربة غير ملوثة الى غير ملوثة / معتدلة التلوث ، اما المؤشر التراكمي الأرضي لعنصر النيكل فقد تراوح بين -1.470 و0.031 للحدين الادنى والأعلى على التوالي، وهذا يعني ان تصنيف عينات التربة هوغير ملوثة الى غير ملوثة /معتدلة التلوث بهذا العنصر، واخيرا سجل المؤشر التراكمي الأرضي لعنصر الرصاص قيما تراوحت بين 4.733 و6.115، وهذا يعني ان تصنيف عينات التربة يقع ضمن الترب الملوثة بشدة / ملوثة للغاية – ملوثة للغاية. وتتفق نتائج هذه الدراسة مع ما حصل عليه Massa وآخرون (2013) و Kayastha (2014) .

يرجح ان يكون السبب هو المغالاة في استخدام الاسمدة النتروجينية او الفسفورية، اذ تحتوي بشكل دائم على اثار الكادميوم، فضلا عن عمليات الحرق المنتظمة للأعشاب وحرق النفايات الصلبة بهدف التخلص منها وغالبا ما يكون الهواء الناتج من هذه العمليات مشبعا بالعناصر الثقيلة المختلفة، والتي تصل الى التربة اما عن طريق التلامس المباشر او عن طريق الرطوبة المشبعة بالمعادن (صديق و يسري،2010) .

جدول (8) الحد الأدنى والحد الأعلى لمؤشرات التراكمي الأرضي (I_{geo}) لعدد من العناصر الثقيلة ومستويات التلوث لعينات من الترب الزراعية في محافظة ديالى

العناصر	الحد الادنى – الحد الاعلى	مستوى التلوث
الرصاص	6.115 -4.733	ملوثة بشدة / ملوثة للغاية – ملوثة للغاية
الكادميوم	3.05-2.18	معتدلة / قوية التلوث
النحاس	0.756-(-0.697)	غير ملوثة – غير ملوثة /معتدلة التلوث
النيكل	(0.031) -(-1.470)	غير ملوثة – غير ملوثة /معتدلة التلوث

ويوضح جدول رقم 9 علاقة الارتباط الموجبة العالية المعنوية عند مستوى دلالة 0.01 بين عامل التركيز ومؤشر التراكمي الأرضي لعناصر الكادميوم والنحاس والنيكل والرصاص والبالغ قيم معامل ارتباطها البسيط 0.99 و 0.98 و0.99 و 0.99 على التوالي .

جدول (9) قيم معامل الارتباط البسيط بين عامل التركيز ومؤشر التراكمي الأرضي لعناصر الكادميوم والنحاس والنيكل والرصاص

الصفات المرتبطة		معامل الارتباط-r
عامل التركيز للكادميوم	مؤشر التراكم للكادميوم	0.99 **
عامل التركيز للنحاس	مؤشر التراكم للنحاس	0.98**
عامل التركيز للنيكل	مؤشر التراكم للنيكل	0.99**
عامل التركيز للرصاص	مؤشر التراكم للرصاص	0.99**
** (P<0.01)،		

**علاقة ارتباط عالية المعنوية عند مستوى احتمال 0.01

4-2: الصفات البيئية Environmental traits

4-2-1: تراكيز العناصر الثقيلة في نباتات الدراسة Concentration of heavy elements in study plants

4-2-1-1: تركيز العناصر الثقيلة في الجذر Concentration of heavy elements in the root

أظهرت نتائج جدول 10 ان متوسط تركيز عنصر الكادميوم في الجذر تراوح بين 0.100 - 0.466 ملغم .كغم$^{-1}$، اذ سجل نبات الخردل الهندي بدون تسميد اعلى تركيز، يلي ذلك نبات الشلغم وبدون تسميد ايضا ثم باقي النباتات ، وهذه النتيجة لا تتفق مع ما جاءت به نتائج Mohebbi وآخرون (2012) ، اذ اشارت دراستهم الى ارتفاع امتصاص الكادميوم من قبل الجذور نبات دوار الشمس، اما متوسط تركيز عنصر النحاس فقد تراوح بين 3.700 - 19.750 ملغم . كغم$^{-1}$، اذ سجل نبات الشلغم للمعاملة بدون تسميد اعلى تركيز، في حين سجل نبات الخردل الهندي لمعاملة التسميد اقل تركيز.وهذه النتيجة لا تتفق مع ما وجده Purakayastha وآخرون (2008) ، اذ اشارت دراستهم ان متوسط تركيز عنصر النحاس بلغ 52.2 ملغم.كغم$^{-1}$ لنبات الخردل الهندي. وقد يرجع ذلك لانتقال عنصري الكادميوم و النحاس من الجذر الى المجموع

الخضري لذلك كان تركيز العنصرين قليل في الجذر، وبينت النتائج ايضا ان متوسط عنصر النيكل تراوح بين 3.233 – 35.133 ملغم.كغم$^{-1}$ ، اذ سجل نبات زهرة الشمس للمعاملة بدون تسميد اعلى تركيز، في حين سجل نبات الخردل الهندي للمعاملة بدون تسميد اقل تركيز، وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل اليه Purakayastha وآخرون (2008)، اما بالنسبة لمتوسط تركيز عنصر الرصاص فقد تراوح بين 1.733 – 33.666 ملغم.كغم$^{-1}$، اذ سجلت نباتات زهرة الشمس للمعاملة بدون تسميد اعلى تركيز، في حين سجلت نباتات الخردل الهندي لمعاملة التسميد اقل تركيز. وهذه النتيجة تتفق مع ماتوصل اليه Ahmad وآخرون (2014) ولاتتفق مع نتائج Purakayastha وآخرون (2008)، اذ بينت دراستهم ان تركيز عنصر الرصاص سجل 17.9 ملغم.كغم$^{-1}$ لنباتات الخردل الهندي، ويرجع سبب ذلك لتلوث تربة بشكل كبير بعنصر الرصاص ، وهذا التلوث ناتج من استخدام الاسمدة بشكل مفرط مما ادى زيادة في امتصاص العنصر.

جدول (10) تراكيز العناصر الثقيلة (ملغم .كغم$^{-1}$) في الجذر للأنواع النباتية قيد الدراسة

الانواع النباتية	معاملات التسميد	تراكيز العناصر الثقيلة			
		كادميوم	نحاس	نيكل	رصاص
زهرة الشمس	تسميد	0.00± 0.100	0.23± 5.800	24.0± 34.066	23.1± 31.866
	بدون تسميد	0.00± 0.100	0.88± 5.166	23.9± 35.133	23.1± 33.666
الشلغم	تسميد	0.00± 0.100	0.77± 4.966	5.42± 25.233	6.11± 24.033
	بدون تسميد	0.03± 0.133	8.97± 19.750	4.56± 6.866	4.47± 6.433
الجزر	تسميد	0.00± 0.100	1.76± 8.433	2.23± 4.733	2.30± 4.100
	بدون تسميد	0.00± 0.100	10.3± 17.233	9.96±25.600	9.92± 24.933
الخردل الهندي	تسميد	0.00± 0.100	0.00 ± 3.700	5.50± 8.133	0.77± 1.733
	بدون تسميد	0.31± 0.466	0.97± 4.766	1.93± 3.233	1.95± 3.000

4-2-1-2:تراكيز العناصر الثقيلة في المجموع الخضري Concentration of heavy elements in the shoots

اظهرت نتائج جدول 11 ان متوسط تركيز عنصر الكادميوم في المجموع الخضري تراوح بين 0.766 – 0.200 ملغم .كغم$^{-1}$، اذ سجلت معاملة نبات الشلغم بدون تسميد اعلى تركيز، يلي ذلك نباتات الخردل الهندي المعاملة بدون تسميد ، ثم باقي الانواع النباتية وهذه النتيجة تتفق مع ما جاء به كل من Zhuang وآخرون (2009) وBrunetti وآخرون (2011)، وقد يرجع ذلك الى ان عنصر الكادميوم لا يحتاج الى مادة مخلبية مثل الاسمدة العضوية، اما متوسط تركيز عنصر النحاس فقد تراوح بين 32.466 – 12.166 ملغم.كغم$^{-1}$ ، اذ سجلت نباتات زهرة الشمس للمعاملة بدون تسميد اعلى تركيز، في حين سجلت نباتات الشلغم المعاملة بدون تسميد اقل تركيز. وهذه النتيجة لا تتفق مع Jadia وFulekar (2008)، اذ اشارت دراستهما ان متوسط تركيز عنصر النحاس تراوح بين 1.613– 13.162 ملغم.كغم$^{-1}$ النباتات زهرة الشمس. وقد يرجع ذلك لطبيعة نباتات زهرة الشمس لنقل عنصر النحاس من المجموع الجذري الى المجموع الخضري كما في معامل الانتقال لنباتات زهرة الشمس في جدول 17 ، اما انخفاض تركيز عنصر النحاس في المجموع الخضري لنباتات الشلغم يرجع الى تراكم العنصر في المجموع الجذري كما في جدول 10 . بينت النتائج ان متوسط عنصر النيكل تراوح بين 2.906 – 4.900 ملغم.كغم$^{-1}$ ، اذ سجلت نباتات زهرة الشمس بدون تسميد اعلى تركيز، في حين سجل نبات خردل الهندي معاملة تسميد اقل تركيز.وهذه النتيجة تتفق مع Jadia وFulekar (2008). اما بالنسبة لمتوسط تركيز عنصر الرصاص فقد تراوح بين 1.966– 3.900 ملغم.كغم$^{-1}$، اذ سجلت نباتات الخردل الهندي بدون تسميد اعلى تركيز، في حين سجل نبات الشلغم بدون تسميد اقل تركيز. وهذه النتيجة لا تتفق مع كل من Jadia وFulekar (2008) وZhuang وآخرون (2009)، قد يرجع سبب ذلك لتلوث تربة بشكل كبير بعنصر الرصاص ، وهذا التلوث ناتج من استخدام الاسمدة بشكل مفرط مما ادى

الى زيادة في امتصاص العنصر، يتضح من النتائج ان جميع العناصر تم امتصاصها من قبل نباتات الدراسة وحسب الترتيب الأتي النحاس بعده النيكل ثم الرصاص وأخيراً الكادميوم .

جدول (11) تراكيز العناصر الثقيلة (ملغم.كغم$^{-1}$) في المجموع الخضري للانواع النباتية قيد الدراسة

الانواع النباتية	معاملات التسميد	تراكيز العناصر الثقيلة			
		كادميوم	نحاس	نيكل	رصاص
زهرة الشمس	تسميد	0.00± 0.200	4.08± 27.366	0.26± 3.600	0.06± 2.766
	بدون تسميد	0.00± 0.200	1.40± 32.466	1.60± 4.900	0.68± 3.366
الشلغم	تسميد	0.00± 0.200	3.01± 12.400	0.53± 4.333	0.49± 3.733
	بدون تسميد	0.56± 0.766	2.55±12.166	0.35 ±4.000	0.33± 1.966
الجزر	تسميد	0.00± 0.200	3.55± 31.266	0.40± 3.800	0.20± 2.700
	بدون تسميد	0.00± 0.200	1.54± 24.166	0.21± 4.366	0.23± 2.900
الخردل الهندي	تسميد	0.03± 0.233	1.48± 15.133	0.10± 2.906	0.49± 2.466
	بدون تسميد	0.05± 0.300	2.14± 16.033	0.37± 4.166	0.70± 3.900

4-2-2: معامل التركيز الحيوي Bioconcentration factor (BCF)

يلاحظ من تحليل التباين ملحق 1 والجدول 12 عدم وجود فروقات معنوية ذات دلالة إحصائية بين متوسطات التسميد العضوي وعدم التسميد، غير أن الاختلافات بين متوسطات الانواع النباتية كان معنويا لمتوسط عامل التركيز الحيوي، إذ بلغت اعلى قيمة لمتوسط هذا المعامل لعنصر الكادميوم لنبات الخردل 0.242 ± 0.02 ، وسجل نبات زهرة الشمس اقل قيمة لمتوسط معامل التركيز الحيوي والبالغة 0.123 ± 0.02، وهذه النتائج تختلف مع ما وجده Mohebbi وآخرون (2012) وAhmad وآخرون (2014)، اذ اشارت نتائج دراساتهم الى ان

عامل التركيز الحيوي لعنصر الكادميوم في نبات زهرة الشمس تراوح بين 2.62_ 11.93، اما لنبات الشلغم فقد تراوح بين0.03 و 0.066 . أن ارتفاع متوسط معامل التركيز الحيوي لنبات الخردل الهندي يمكن ان يعزى سبب ذلك الى ارتفاع تركيز عنصر الكادميوم في المجموع الجذر لنبات الخردل الهندي مقارنة مع النباتات المستخدمة في الدراسة(جدول 10) ، اما بالنسبة لعدم وجود فروق معنوية بين معاملات التسميد وبدون تسميد فيدل على ان عنصر الكادميوم لا يحتاج لوجود مادة مخلبية اثناء دخوله الى النبات .

جدول (12) قيم معامل التركيز الحيوي لعنصر الكادميوم في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	غير مسمدة	مسمدة	
زهرة الشمس	0.03 ± 0.136	0.03 ± 0.109	0.02 ± 0.123
الشلغم	0.03 ± 0.189	0.03 ± 0.233	0.02 ± 0.212
الجزر	0.03 ± 0.161	0.03 ± 0.142	0.02 ± 0.152
الخردل الهندي	0.03 ± 0.955	0.03 ± 0.172	0.02 ± 0.242
المتوسط	0.01 ± 0.202	0.01 ± 0.162	---
قيم LSD	للنباتات: 0.087	للتسميد : غ.م	للتداخل : غ.م

*(P < 0.05) ،غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

أظهرت نتائج تحليل التباين في الملحق 1 والجدول 13، عدم وجود فروق معنوية بين متوسطات معاملات الأنواع النباتية ومعاملات التسميد لعامل التركيز الحيوي لعنصر النحاس ، اذ بلغت اعلى قيمة لمتوسط معامل التركيز الحيوي في نبات الشلغم 0.908 ± 0.61 ، في حين سجل نبات زهرة الشمس اقل قيمة لهذا العامل والبالغة 0.099 ± 0.01 ، وهذه النتائج لا تتفق مع نتائج Mohebbi و اخرون (2012) ، اذ اشارت دراستهم الى تسجيل نبات زهرة الشمس

متوسط تراوحت قيمته 46.78- 51.67 لعامل التركيز الحيوي لعنصر النحاس وقد يرجع ذلك للعديد من الاسباب منها ارتفاع قيمة الـ pH والمساوية الى 8.72، الذي يؤدي الى قلة صلاحية العنصر للنبات، ويؤدي الى زيادة قوة ادمصاص النحاس على السطوح الغروية لحبيبات التربة، فضلا عن الاستعمال المفرط للاسمدة الفوسفاتية والنتروجينة والتي تعمل على تقليل الكميات الممتصة من النحاس

جدول (13) قيم معامل التركيز الحيوي لعنصر النحاس في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	غير مسمدة	مسمدة	
زهرة الشمس	0 .02 ± 0.078	0 .01 ± 0.121	0.01 ± 0.099
الشلغم	1.13 ± 1.68	0 .01 ± 0.132	0.61 ± 0.908
الجزر	0 .11± 0.338	0 .07 ± 0.206	0.06 ± 0.272
الخردل الهندي	0 .03 ± 0.144	0 .01 ± 0.118	0.02 ±0.131
المتوسط	0.20 ± 0.561	0 .02 ± 0.144	---
قيم LSD	للنباتات: غ.م	للمعاملة: غ.م	للتداخل: غ.م

*($P < 0.05$) ،غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

كذلك بين تحليل التباين ملحق 1 والجدول 14 عدم وجود فروق معنوية بين متوسطات معاملات الأنواع النباتية ومعاملتي التسميد لعامل التركيز الحيوي لعنصر النيكل، اذ بلغت اعلى قيمة لمتوسط معامل التركيز الحيوي لعنصر النيكل 0.230 ± 0.11 لنبات الجزر، وسجل نبات الخردل الهندي اقل قيمة لمتوسط معامل التركيز الحيوي والبالغة 0.095 ± 0.04 . وهذه النتائج لا تتفق مع Ahmad وآخرون (2014) اذ بينت دراستهم ان معامل التركيز الحيوي لنبات الشلغم

تراوح بين 2.68_ 3.90، ويمكن ان يعزى سبب انخفاض امتصاص عنصر النيكل من قبل جذور النباتات وذلك لحدوث امتصاص النيكل على الاكاسيد وسيليكات الالمونيوم غير المتبلورة وكذلك معادن الطين السليكاتية عند الـ pH الأعلى من 6، ولان ذائبية النيكل تقل عند درجات الـ pH العالية فان حركة النيكل تعتبر ضعيفة في الترب القلوية والمتعادلة (الخطيب، 1998).

جدول (14) قيم معامل التركيز الحيوي لعنصر النيكل في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	غير مسمدة	مسمدة	
زهرة الشمس	0.13 ± 0.369	0.03 ± 0.084	0.09 ± 0.226
الشلغم	0.06 ± 0.099	0.05 ± 0.327	0.06 ± 0.213
الجزر	0.13 ± 0.410	0.02 ± 0.050	0.11 ± 0.230
الخردل الهندي	0.03 ± 0.049	0.08 ± 0.140	0.04 ± 0.095
المتوسط	0.06 ± 0.231	0.06 ± 0.150	---
قيم LSD	للنباتات: غ.م	للمعاملة: غ.م	للتداخل: غ.م

*($P < 0.05$) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

بينت نتائج جدول 15 عدم وجود فروق معنوية بين متوسطات معاملات النباتات ومعاملات التسميد لعامل التركيز الحيوي لعنصر الرصاص ، وان اعلى قيمة لمتوسطات معامل التركيز الحيوي لعنصر الرصاص بلغت 0.279 ± 0.08 لنبات زهرة الشمس ، بينما سجل نبات الخردل اقل قيمة لمتوسط معامل التركيز الحيوي ، اذ بلغت 0.039 ± 0.02، وهذه النتائج تتفق مع ما وجده Ahmad وآخرون، (2014)، اذ اشارت دراستهم الى ان عامل التركيز الحيوي لعنصر الرصاص بلغ 0.274_ 0.374. ويرجع سبب ذلك الى وجود الرصاص في حالة موكسدة ويصبح

اقل ذائبية عند الـ pH العالي ، إذ يزيد امتصاص الرصاص على سطوح الاكاسيد ومعادن الطين السليكاتية وكذلك ترسبه على صورة كربونات وهيدروكسيد وفوسفات عند درجات الـ pH العالية (الخطيب ، 1998).

جدول (15) قيم معامل التركيز الحيوي لعنصر الرصاص في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	غير مسمدة	مسمدة	
زهرة الشمس	0.11 ± 0.480	0.03 ± 0.078	0.08 ± 0.279
الشلغم	0.06 ± 0.092	0.06 ± 0.301	0.06 ± 0.197
الجزر	0.11 ± 0.411	0.02 ± 0.044	0.08 ± 0.228
الخردل الهندي	0.03 ± 0.046	0.01 ± 0.032	0.02 ± 0.039
المتوسط	0.08 ± 0.257	0.03 ± 0.114	---
قيم LSD	للنباتات: غ.م	للمعاملة: غ.م	للتداخل: غ.م

*($P < 0.05$) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

4-2-2: معامل الانتقال Transfer factor (TF)

يتضح من تحليل التباين ملحق 1 والنتائج في الجدول 16 عدم وجود فروق معنوية بين متوسطات معاملات الأنواع النباتية ومعاملتي التسميد، وبينت النتائج ان اعلى متوسط لمعامل الانتقال لعنصر الكادميوم بلغت 2.000 ± 0.21 لنباتي زهرة الشمس والجزر، بينما سجل معامل الانتقال لنفس العنصر 1.879 ±0.21 لنبات الخردل الهندي وهذه النتائج لا تتفق مع Liang وآخرون (2011) وTasrina وآخرون (2015) وAlaboudi وآخرون (2018)، اذ اشارت نتائج بحوثهم ان معامل الانتقال لعنصر الكادميوم لنباتات زهرة الشمس بلغت 0.08 ولنباتات

الجزر 0 وربما يرجع ذلك الى وجود علاقة قوية بين الكمية الممتصة من آيونات الـ Cu^{+2} والـ Cd^{+2} بواسطة جذور النبات وتركيز الكاتيونات الحرة في المحلول الارضي (الخطيب، 1998).

يتم تصنيف النباتات على انها مراكمة بشكل كبير Hyperaccumulator اذا توفرت اربعة معايير، منها ان مستوى العناصر الثقيلة في المجموع الخضري الى مستوى العناصر الثقيلة في الجذر تكون اكبر من 1 (Subhashini وSwamy، 2013)، ايضا امكانية استخدام النباتات بالاستخراج النباتي التي لها معامل انتقال اكبر من الواحد ايضا (Blaylock وآخرون، 1997)، ومن خلال نتائج هذه الدراسة تبين ان النباتات المستخدمة فيها من النباتات المراكمة لعنصر الكادميوم ويمكن استخدامها في المعالجة النباتية .

جدول (16) قيم معامل الانتقال لعنصر الكادميوم في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	بدون سماد	سماد	
زهرة الشمس	0.30 ± 2.000	0.30 ± 2.000	0.21 ± 2.000
الشلغم	0.30 ± 1.900	0.30 ± 2.000	0.21 ± 1.950
الجزر	0.30 ± 2.000	0.30 ± 2.000	0.21 ± 2.000
الخردل الهندي	0.30 ± 1.424	0.30 ± 2.333	0.21 ± 1.879
المتوسط	0.153 ± 1.831	0.153 ± 2.083	---
قيم LSD	للنباتات: غ.م	للمعاملة: غ.م	للتداخل: غ.م

*($P < 0.05$) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

أظهرت نتائج تحليل التباين في الملحق 1 والجدول 17 ان متوسطات معاملات الأنواع النباتية كانت معنوية اما معاملات التسميد كانت غير معنوية،. كذلك اظهرت النتائج ان اعلى

متوسط لمعامل الانتقال لعنصر النحاس بلغ 5.666 ± 0.63 لنباتات زهرة الشمس، في حين سجل نباتات الشلغم اقل متوسط لمعامل الانتقال اذ بلغ 1.743 ± 0.63 . وظهر من النتائج ان النباتات المستخدمة في هذه التجربة من النباتات المراكمة لعنصر النحاس ويمكن استخدامها في المعالجة النباتية، وهذه النتائج تختلف مع حصل عليه Rahman وآخرون (2013) اذ بينت نتائج دراستهم ان معامل انتقال عنصر النحاس في نبات زهرة الشمس والخردل الهندي تراوح بين 0.2 و0.4، ويرجع سبب ذلك لقابلية الانواع النباتات المستخدمة في عملية نقل عنصر النحاس من المجموع الجذري الى المجموع الخضري للنبات ودليل ذلك هي النتائج المتحصل عليها .

جدول (17) قيم معامل الانتقال لعنصر النحاس في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة.

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	بدون سماد	سماد	
زهرة الشمس	0.89 ± 6.552	0.89 ± 4.779	0.63 ± 5.666
الشلغم	0.55 ± 0.820	0.89 ± 2.665	0.63 ± 1.743
الجزر	0.89 ± 2.669	0.89 ± 4.192	0.63 ± 3.431
الخردل الهندي	0.31 ± 3.472	0.89 ± 4.089	0.63 ± 3.781
المتوسط	0.44 ± 3.378	0.44 ± 3.93	---
قيم LSD	للنباتات: 1.918	للمعاملة: غ.م	للتداخل: غ.م

*(P < 0.05) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

ولم تظهر نتائج تحليل التباين ملحق 1 وجود فروق معنوية بين متوسطات معاملات الأنواع النباتية ومعاملتي التسميد وعدم التسميد من خلال قيمة الـ p.value، واوضح الجدول 18 ان اعلى متوسط لمعامل انتقال عنصر النيكل بلغ 1.466 ± 0.55 لنباتات الخردل الهندي، في

حين سجلت نباتات زهرة الشمس اقل متوسط لمعامل الانتقال والبالغ 0.480 ± 0.26 ، واتفقت هذه النتائج مع ما وجده Malik وآخرون (2010) و Brunetti وآخرون (2011)، واختلفت مع النتائج التي ذكرها Tasrina وآخرون (2015)، اذ بينت دراسة الاخير ان قيمة معامل الانتقال لنباتات الجزر كانت مساوية للـ 0 .

جدول (18) قيم معامل الانتقال لعنصر النيكل في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة.

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	بدون سماد	سماد	
زهرة الشمس	0.34 ± 0.676	0.13 ± 0.285	0.26 ± 0.480
الشلغم	0.61 ± 1.700	0.11 ±0.191	0.57 ± 0.945
الجزر	0.16 ± 0.294	0.45 ± 1.224	0.30 ± 0.759
الخردل الهندي	0.61 ± 1.812	0.61 ± 1.120	0.55 ± 1.466
المتوسط	0.30 ± 1.121	0.23 ± 0.704	---
قيم LSD	للنباتات: غ.م	للمعاملة: غ.م	للتداخل: غ.م

*($P < 0.05$) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

يلاحظ من نتائج تحليل التباين ملحق 1 والنتائج في الجدول 19 الفروق غير المعنوية باختلاف الأنواع النباتية وكذلك بين معاملتي التربة المسمدة وغير المسمدة، واشارت نتائج الدراسة الى الاتفاق مع ما حصل عليه Oseni وآخرون (2018)، والتي اظهرت ان معامل الانتقال لعنصر الرصاص لم يتغير بين معاملتي التسميد وبدونه، وان أعلى متوسط لمعامل الانتقال بلغ 2.817 ± 0.76 لنباتات الخردل الهندي، في حين سجلت نبات زهرة الشمس اقل متوسط لمعامل الانتقال والبالغ 0.364 ± 0.17 واتفقت هذه النتائج مع Rahman وBoyce (2013) وAlaboudi وآخرون (2018) .

جدول(19) قيم معامل الانتقال عنصر الرصاص في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغيرمسمدة .

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	بدون سماد	سماد	
زهرة الشمس	0.34 ± 0.459	0.15 ± 0.269	0.17 ± 0.364
الشلغم	1.08 ± 1.639	0.05± 0.121	0.69 ± 0.910
الجزر	0.12 ± 0.213	0.44 ± 1.115	0.29 ± 0.664
الخردل الهندي	0.93 ± 2.410	1.08 ± 3.225	0.76 ± 2.817
المتوسط	0.54 ± 1.180	0.54 ± 1.198	---
قيم LSD	للنباتات: غ.م	للمعاملة: غ.م	للتداخل: غ.م

*($P < 0.05$) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

من خلال النتائج الموضحة سابقا لدراسة معامل الانتقال للعناصر الاربعة تبين ان عنصر النحاس هو اعلى العناصر وله القابلية على الانتقال من المجموع الجذري الى المجموع الخضري في نباتات زهرة الشمس ثم عنصر الرصاص في نباتات الخردل الهندي وعنصر الكادميوم في نباتات زهرة الشمس والنيكل في نباتات الخردل الهندي.

4-2- 3 : معامل التراكم الحيوي Bioaccumulation coefficient (BAC)

لم يؤدي اختلاف الانواع النباتية ومعاملتي التسميد الى وجود فروق معنوية، وبلغت اعلى قيمة لمتوسط معامل التراكم الحيوي لعنصر الكادميوم 0.781 ± 0.38 للشلغم، في حين سجلت نباتات زهرة الشمس اقل متوسط لمعامل التراكم الحيوي والبالغة قيمته 0.247 ± 0.02، وهذه النتائج تتفق مع ما وجده Zhuang وآخرون (2009) عند دراستهم انواع من نباتات العائلة

الصليبية ومنها الخردل الهندي، ان معامل التراكم الحيوي تراوح من 0.6 الى 2.1 لعنصر الكادميوم، ويمكن تفسير انتقال الكادميوم الى المجموع الخضري راجع لاسباب منها خصائص التربة والـ pH لمحلول التربة، وربما يرتبط الكادميوم بالأنزيمات بدلا من الزنك عندما يدخل العنصران في وقت واحد الى الخلايا النباتية ،اذ ان الزنك والكادميوم يؤثر على ايض الاحماض النووية بأسلوب متشابه (Gu وآخرون 2005) .

جدول(20) قيم معامل التراكم الحيوي لعنصر الكادميوم في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	بدون سماد	سماد	
زهرة الشمس	0.01 ± 0.273	0.04 ± 0.220	0.02 ± 0.247
الشلغم	0.30 ± 1.095	0.03 ± 0.467	0.38 ± 0.781
الجزر	0.03 ± 0.323	0.11 ± 0.285	0.02 ± 0.304
الخردل الهندي	0.19 ± 0.644	0.16 ± 0.428	0.12 ± 0.536
المتوسط	0.15 ± 0.584	0.04 ± 0.350	---
قيم LSD	للنباتات: غ.م	للمعاملة: غ.م	للتداخل: غ.م

*($P < 0.05$) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

بينت نتائج تحليل التباين الملحق 1 والجدول 21 الفروق معنوية بين معاملات الانواع النباتية ، إذ زاد معامل التراكم الحيوي للنحاس معنويا وبنسب مقدارها 6.2 و 36.3 83.8 % عن الانواع زهرة الشمس والخردل الهندي والشلغم على التوالي، وعدم وجود فروق معنوية بين معاملات التسميد من خلال قيمة p.value، واظهرت النتائج اعلى متوسط لمعامل التراكم الحيوي للجزر فقد بلغ 0.660 ± 0.06، في حين سجلت نباتات الشلغم اقل متوسط لمعامل التراكم الحيوي اذ بلغ 0.359 ± 0.06، وهذه النتائج لا تتفق مع حصل عليه كل من Purakayastha وآخرون

(2008) وMohebbi وآخرون (2012) اذ بينت دراستهم ان معامل التراكم الحيوي لعنصر النحاس في الخردل الهندي بلغ 5.12 وفي نباتات زهرة الشمس بلغ 28.02 على التوالي، وربما يرجع السبب الى خصائص التربة والـ pH لمحلول التربة المنفذة فيها الدراسة ونوع الأنواع النباتية المستخدمة.

جدول (21) قيم معامل التراكم الحيوي لعنصر النحاس في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	بدون سماد	سماد	
زهرة الشمس	0.09 ± 0.648	0.09 ± 0.594	0.06 ± 0.621
الشلغم	0.09 ± 0.380	0.09 ± 0.339	0.06 ± 0.359
الجزر	0.09 ± 0.653	0.09 ± 0.667	0.06 ± 0.660
الخردل الهندي	0.09 ± 0.482	0.09 ± 0.485	0.06 ± 0.484
المتوسط	0.04 ± 0.541	0.04 ± 0.521	---
قيم LSD	للنباتات: 0.199	للمعاملة: غ.م	للتداخل: غ.م

*(P < 0.05) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

بين الملحق 1 الفروق المعنوية بين معاملات الانواع النباتية في متوسطات معامل التراكم الحيوي لعنصر النيكل، اذ زاد متوسط هذا المعامل معنويا لنباتات الشلغم وبنسبة مقدارها 26.0 و26.0 و96.8% عن كل من الجزر والخردل الهندي وزهرة الشمس على التوالي، كذلك بينت النتائج جدول 22 ان اعلى متوسط لمعامل التراكم الحيوي قد بلغ 0.063 ± 0.00 لنباتات الشلغم، في حين سجلت نباتات زهرة الشمس اقل متوسط لمعامل التراكم الحيوي اذ بلغ 0.032 ± 0.00، بينما تفوقت المعاملات بدون التسميد على معاملات التسميد، اذ بلغ متوسط معامل التراكم لها

0.057 ± 0.00. وهذه النتائج اتفقت مع Huma-Khan وآخرون (2016) لدراسة معامل التراكم الحيوي لعنصر النيكل وأختلفت مع Purakayastha وآخرون (2008) اذ سجل أعلى معامل تراكم حيوي لعنصر النيكل في الخردل الهندي 3.40 .

جدول (22) قيم معامل التراكم الحيوي لعنصر النيكل في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة

النبات	المعاملة		المعدل
	بدون سماد	سماد	
زهرة الشمس	0.02 ± 0.049	0.01 ± 0.015	0.00 ± 0.032
الشلغم	0.01 ± 0.069	0.01 ± 0.057	0.00 ± 0.063
الجزر	0.01 ± 0.064	0.01 ± 0.037	0.00 ± 0.050
الخردل الهندي	0.02 ± 0.047	0.01 ± 0.053	0.00 ± 0.050
المعدل	0.00 ± 0.057	0.00 ± 0.040	---
قيم LSD	للنباتات: 0.000	للمعاملة: 0.00	للتداخل: غ. م

*(P < 0.05) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

لم تظهر نتائج تحليل التباين وجود فروق معنوية بين متوسطات الأنواع النباتية، زهرة الشمس والشلغم والجزر والخردل الهندي ومعاملتي التسميد من خلال معرفة قيم الـ p.value و ملحق 1، وبينت النتائج في الجدول 23 ان اعلى متوسط لمعامل التراكم الحيوي لعنصر الرصاص بلغ 0.090 ± 0.03 لنباتات زهرة الشمس، في حين سجلت نباتات الجزر اقل متوسط لمعامل التراكم الحيوي والبالغة قيمته 0.035 ± 0.01، وهذه النتائج لا تتفق مع وجده Mohebbi وآخرون (2012) عند المقارنة مع معامل التراكم الحيوي لعنصر الرصاص في نباتات زهرة الشمس، ويرجح سبب ذلك ان آيونات الرصاص الموجبة تحت ظروف الاكسدة تصبح اقل ذوبان عند الـ

pH العالي حيث يزيد امتصاصها على سطوح الاكاسيد ومعادن الطين، ويعتبر الرصاص اقل العناصر الثقيلة حركة في الترب تحت الظروف المختزلة وغير الحامضية (الخطيب 1998).

جدول(23) قيم معامل التراكم الحيوي لعنصر للرصاص في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	بدون سماد	سماد	
زهرة الشمس	0.05 ± 0.168	0.01 ± 0.011	0.03 ± 0.090
الشلغم	0.01 ± 0.027	0.01 ± 0.048	0.01 ± 0.037
الجزر	0.01 ± 0.044	0.01 ± 0.027	0.01 ± 0.035
الخردل الهندي	0.02 ± 0.050	0.01 ± 0.040	0.01 ± 0.045
المتوسط	0.03 ± 0.072	0.01 ± 0.032	---
قيم LSD	للنباتات: غ.م	للمعاملة: غ.م	للتداخل: غ.م

*($P < 0.05$) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

4-3: الصفات الفسلجية Physiological traits

4-3-1: محتوى الاوراق من الكلوروفيل The leaf content of chlorophyll

اختلفت متوسطات محتوى الكلوروفيل في الانواع النباتية ومعاملتي التسميد وظهرت فروق معنوية بين الانواع النباتية ، وكذلك بين التسميد وعدم التسميد ملحق 2 ، ويلاحظ من الجدول 24 تسجيل نباتات زهرة الشمس لأعلى متوسط للكلوروفيل والبالغة قيمته 0.960 ± 0.02. ملغم.غم$^{-1}$، بينما سجل نبات الخردل الهندي اقل متوسط وقدره 0.278 ± 0.02 ملغم.غم$^{-1}$، وهذه النتائج تتفق مع ما حصل عليه John وآخرون (2009)، اذ بينت دراستهم الى انخفاض محتوى الكلوروفيل كلما زاد تعرض نباتات الخردل الهندي لعنصري الكادميوم والرصاص، ويرجع سبب الى انخفاض صبغة الكلوروفيل الى تراكم العناصر الثقيلة في انسجة الاوراق مما يوثر على آليات

تكوين صبغات الكلوروفيل، كما اظهر الجدول 24 تفوق معاملات التسميد على معاملات بدون تسميد بنسبة مقدارها 17.8%،اذ حصلت معاملة التسميد على متوسط لمحتوى الكلوروفيل مقداره 0.514 ± 0.02 ملغم .غم$^{-1}$ ولعدم التسميد 0.436 ± 0.02 ملغم .غم$^{-1}$.

جدول(24) محتوى الكلوروفيل ملغم/غم في اوراق الأنواع النباتية المزرعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	بدون سماد	سماد	
زهرة الشمس	0.03 ± 0.910	0.03 ± 1.010	0.02 ± 0.960
الشلغم	0.03 ± 0.207	0.03 ± 0.393	0.02 ± 0.300
الجزر	0.03 ± 0.349	0.03 ± 0.373	0.02 ± 0.361
الخردل الهندي	0.03 ± 0.276	0.03 ± 0.281	0.02 ± 0.278
المتوسط	0.02 ± 0.436	0.02 ± 0.514	
قيم LSD	للنباتات:0.087	للمعاملة: 0.061	للتداخل: غ.م

*($P < 0.05$) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

4-3-2: الجلوتاثيون Glutathione

أدت الاختلافات في الأنواع النباتية ومعاملتي التسميد الى ظهور فروق معنوية بين الانواع النباتية وكذلك بين التسميد وعدم التسميد ملحق 2، ويلاحظ من الجدول 25، ان اعلى متوسط للجلوتاثيون بلغ مقداره 717.277± 21.35 نانومول . كغم$^{-1}$ لنبات الخردل الهندي، بينما سجل نبات الشلغم اقل متوسط للجلوتاثيون قدره 261.840 ± 21.35 نانومول . كغم$^{-1}$ ، بينما اظهرت معاملات التسميد تفوقاً عن المعاملات بدون تسميد اذ بلغت 572.172 ± 15.10 نانومول.كغم$^{-1}$، وهذه النتائج تتفق مع ما وجد كل من Gupta وآخرون(2010) و Wójcik وTukiendorf (2011) ، وعند الرجوع الى الصفات البيئية لمعامل الانتقال يظهر

ارتفاع في متوسطات معاملات التسميد لجميع العناصر، وهذا يفسر زيادة الجلوتاثيون في معاملات التسميد عن المعاملات بدون تسميد ، وان زيادة الجلوتاثيون ضروري للتوازن المعدني ، اذ يعمل كمستقبل مخلبي فضلا عن كونه مضاد للاكسدة مهم لازالة السموم من الاجهاد التاكسدي الناجم عن العناصر الثقيلة (Seth وآخرون ،2012) . ولم يكن التداخل الثنائي بين الانواع النباتية ومعاملتي التسميد معنويا، وهذا يعني ان سلوك هذين العاملين مستقلا في تأثيرهما على متوسطات الصفة المدروسة الجلوتاثيون .

جدول(25) محتوى الاوراق من للجلوتاثيون (نانومول.كغم$^{-1}$) في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة

النباتات	المعاملة		المتوسط
	بدون سماد	سماد	
زهرة الشمس	30.19 ±518.387	30.19±725.080	21.35±621.733
الشلغم	30.19±185.980	30.19±337.700	21.35±261.840
الجزر	30.19±291.838	30.19±411.184	21.35±351.511
الخردل الهندي	30.19±619.820	30.19±814.723	21.35±717.277
المتوسط	15.10±404.006	15.10±572.172	
قيم LSD	للنباتات:64.777	للمعاملة:45.804	للتداخل: غ.م

*($P < 0.05$) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

4 – 3– 3: انزيم الكتاليز Catalase

اتخذت هذه الصفة سلوكا مشابها للصفة السابقة الكلوتاثيون في معنوية الفروق، اذ ادت الاختلافات في الانواع النباتية ومعاملتي التسميد الى وجود فروق معنوية بين متوسطات محتوى انزيم الكتاليز للأنواع النباتية ، وبين معاملة التسميد و بدون التسميد، ولم يكن التداخل الثنائي بين

العاملين معنويا، وهذا يعني ان سلوك هَذين العاملين مستقلا في تأثيرهما على متوسطات الصفة المدروسة (الكتاليز).

بينت النتائج ان اعلى متوسط لأنزيم الكتاليز بين الأنواع النباتية في الخردل الهندي وقد بلغ 9.498± 0.51 نانومول.غم$^{-1}$، في حين سجلت زهرة الشمس اقل متوسط وقدره 5.212 ± 0.51 نانومول.غم$^{-1}$. واظهر الجدول 26 تفوق معاملات التسميد على معاملات بدون التسميد بنسبة مقدارها 49.9%،اذ حصلت معاملة التسميد على متوسط لمحتوى الكتاليز مقداره 9.366 ± 0.36 نانومول.غم$^{-1}$ ولعدم التسميد 6.245 ± 0.36 نانومول.غم$^{-1}$ وهذه النتائج تتفق مع توصل اليه Ali وآخرون (2015) . ان الفروق المعنوية بين الأنواع النباتية قد يرجع الى طبيعة العائلة التي ينتمي لها النوع النباتي ، اما الفروق بين معاملات التسميد وبدون التسميد فقد يرجع الى الاستخدام المفرط للأسمدة ، اذ عملت كمادة مخلبية للعناصر الثقيلة من التربة .

جدول (26) تركيز انزيم الكتاليز (نانومول.غم$^{-1}$) في الأنواع النباتية المزروعة في تربتين مسمدة وغير مسمدة

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	بدون سماد	سماد	
زهرة الشمس	0.73 ± 4.820	0.73 ± 5.604	0.51 ± 5.212
الشلغم	0.73 ± 5.860	0.73 ± 8.893	0.51± 7.377
الجزر	0.73 ± 6.869	0.73 ± 11.401	0.51± 9.135
الخردل الهندي	0.73 ± 7.430	0.73 ± 11.567	0.51 ± 9.498
المتوسط	0.36 ± 6.245	0.36 ± 9.366	
قيم LSD :	للنباتات:1.570	للمعاملة: 1.110	للتداخل: غ.م

*($P < 0.05$) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

عند دراسة معامل الارتباط بين الصفات الفسلجية، اظهر جدول 27 عدم وجود علاقة ارتباط بين الجلوتاثيون والكتاليز، اذ بلغت قيمة المعامل 0.195، بينما اظهر الجدول نفسه وجود علاقة ارتباط موجبة معنوية بين الجلوتاثيون والكلورفيل، اذ بلغت قيمة معامل الارتباط البسيط *0.347 عند مستوى احتمال 0.05، اما علاقة الارتباط بين الكتاليز والكلورفيل فقد كانت سالبة وعالية المعنوية، بلغت قيمة معامل الارتباط البسيط **0.502- وهي علاقة ارتباط سالبة قوية عند مستوى احتمال 0.01 ، وهذا يعني زيادة احدهما ادى الى نقص في الأخر

جدول (27) معامل ارتباط بين الكلوتاثيون والكتاليز والكلورفيل الكلي

الصفات الفسلجية	الجلوتاثيون	الكتاليز	الكلورفيل (الكلي)
الجلوتاثيون	1		
الكتاليز	0.195	1	
الكلورفيل (الكلي)	*0.347	- 0.502**	1

*معامل ارتباط عند مستوى 0.05، **معامل ارتباط عند مستوى 0.01

4-4 الصفات التشريحية Anatomical traits

4-4-1 الورقة Leaf

4-4-1-1 سمك جدران وحدات الاوعية الناقلة The thickness of the transport vessels unit walls

بينت نتائج جدول 28 وشكل 3 عدم وجود فروق معنوية بين متوسطات معاملات الأنواع النباتية ومعاملتي التسميد، واظهرت النتائج ان اعلى متوسط لسمك جدران الوحدات بلغ 5.099 ± 0.4 مايكرومتر لنباتات الخردل الهندي، في حين سجلت نباتات الجزر اقل متوسط لسمك جدران

وحدات الاوعية الناقلة وبلغ 3.900 ± 0.4 مايكرومتر. وهذه النتائج تتفق مع حصل عليه Gostin (2009) . وعند الرجوع الى نتائج الصفات البيئية المتمثلة بتركيز العناصر في المجموع الخضري وجد ان نباتات الخردل الهندي سجل اعلى تركيز لعنصر الرصاص وجاء بالمرتبة الثانية لعنصر الكادميوم ، اما الصفات الفسلجية فقد سجلت نباتات الخردل الهندي اعلى تركيز للجلوتاثيون وأنزيم الكتاليز. ويرجع سبب ذلك لتراكم العناصر في جدران الخلايا، والتي تعتبر احدى آليات استبعاد العناصر السامة عن مكونات الحية للخلايا .

جدول (28) متوسطات سمك جدران وحدات الاوعية الناقلة في العرق الوسطي لاوراق الأنواع النباتية

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	بدون سماد	سماد	
زهرة الشمس	0.61 ± 5.299	0.61 ±3.497	0.4 ± 4.398
الشلغم	0.61 ± 4.460	0.61 ±3.632	0.4 ± 4.046
الجزر	0.61 ± 2.865	0.61 ±4.934	0.4 ± 3.900
الخردل هندي	0.61 ±4.378	0.61 ±5.820	0.4 ±5.099
المتوسط	0.30 ± 4.251	0.30 ± 4.471	---
قيم LSD	للنباتات:غ.م	للمعاملة : غ.م	للتداخل : 1.770

*(P < 0.05) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

4-4-1-2 :أقطار جدران وحدات الاوعية الناقلة

Dimeter of the transport vessels unit walls

بينت نتائج جدول 29 وشكل 3 وجود فروق معنوية بين متوسطات معاملات الأنواع النباتية ومعاملتي التسميد، واظهرت النتائج ان اعلى متوسط لأقطار جدران الوحدات بلغ 34.974 ± 1.50 مايكرومتر لنباتات الخردل الهندي، في حين سجلت نباتات زهرة الشمس اقل متوسط لأقطار

جدران وحدات الاوعية الناقلة وبلغ 21.592± 1.50 مايكرومتر. وان اتساع اقطار الاوعية الناقلة قد يكون سبب في تراكم العناصر الثقيلة في جدران الاوعية الناقلة .

جدول (29) متوسطات أقطاروحدات الاوعية الناقلة في العرق الوسطي لاوراق الأنواع النباتية

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	بدون سماد	سماد	
زهرة الشمس	2.10 ± 27.865	2.10 ± 15.320	1.50 ± 21.592
الشلغم	2.10 ± 33.862	2.10 ±20.983	1.50 ±27.422
الجزر	2.10 ±29.146	2.10 ±32.166	1.50 ±30.657
الخردل هندي	2.10 ±34.146	2.10 ±35.803	1.50 ±34.974
المتوسط	1.06 ± 31.255	1.06 ±26.066	---
قيم LSD	للنباتات: 4.371	للمعاملة : 3.091	للتداخل : 6.182

*(P < 0.05) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

4-4-2 : الجذر Root

4-4-2-1: سمك جدران وحدات الاوعية الناقلة The thickness of the transport vessels unit walls

بينت نتائج جدول 30 وشكل 4 وجود فروق معنوية بين متوسطات معاملات النباتات ومعاملتي التسميد وبدون التسميد ، اذ بلغ متوسطي المعاملتين 6.460 ± 0.4 و4.509 ± 0.4 مايكرومتر على التوالي . وبينت النتائج ان اعلى متوسط لسمك جدران وحدات الاوعية الناقلة للجذور بلغ 6.664 ± 0.6 لنباتات الشلغم، في حين سجلت نباتات الخردل الهندي اقل متوسط لسمك جدران وحدات الاوعية الناقلة وبلغ 3.683 ± 0.6 مايكرومتر . وعند الرجوع الى نتائج الصفات البيئية لتركيز العناصر في المجموع الجذري لعناصر النحاس والنيكل والرصاص، وجد ان

نباتي زهرة الشمس والشلغم تفوقا عن النوعين النباتين المدروسين ، وهذا يفسر زيادة سمك جدران خلايا الاوعية الناقلة في الجذر .

جدول (30) متوسطات سمك جدران وحدات الاوعية الناقلة لجذور الأنواع النباتية المدروسة

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	بدون سماد	سماد	
زهرة الشمس	0.9 ± 4.876	0.9 ± 7.329	0.6 ± 6.102
الشلغم	0.9 ± 6.265	0.9 ± 7.063	0.6 ± 6.664
الجزر	0.9 ±5.242	0.9 ± 5.735	0.6 ± 5.489
الخردل هندي	0.9 ±1.653	0.9 ± 5.714	0.6 ± 3.683
المتوسط	0.4 ± 4.509	0.4 ± 6.460	---
قيم LSD	للنباتات:1.879	للمعاملة :1.329	للتداخل : غ. م

*(P < 0.05) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي

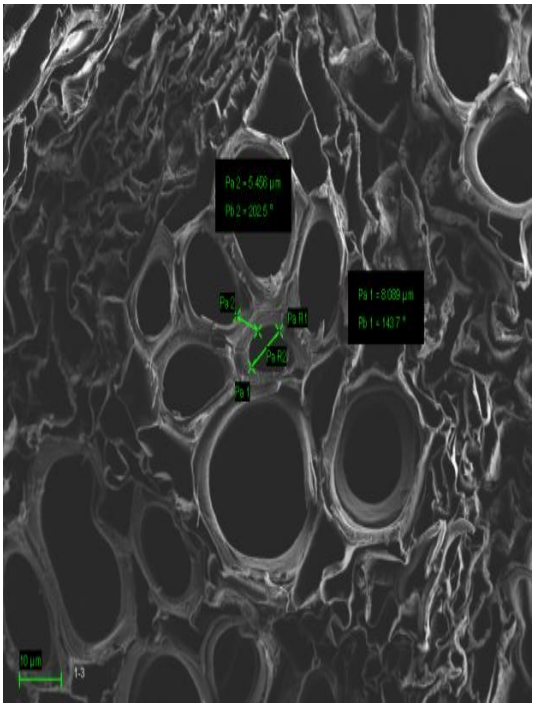
4-4-2-2: أقطار جدران وحدات الاوعية الناقلة Dimeter of the transport vessels unit walls

بينت نتائج جدول 31 وشكل 4 عدم وجود فروق معنوية بين متوسطات معاملتي التسميد، بينما وجد فرق معنوي بين متوسطات معاملات الأنواع النباتية . وبينت النتائج كذلك ان اعلى متوسط لأقطار جدران الوحدات بلغ 63.794± 4.60 مايكرومتر للخردل الهندي، في حين سجل الجزر اقل متوسط لقطر جدران وحدات الاوعية الناقلة وبلغ 44.007 ± 4.60 مايكرومتر، اذ ان اتساع قطر وحدات الاوعية الناقلة يساعد على نقل الماء والعناصر الغذائية من التربة الى المجموع الخضري وبالتالي تعمل على تراكم العناصر الثقيلة في المجموع الخضري .

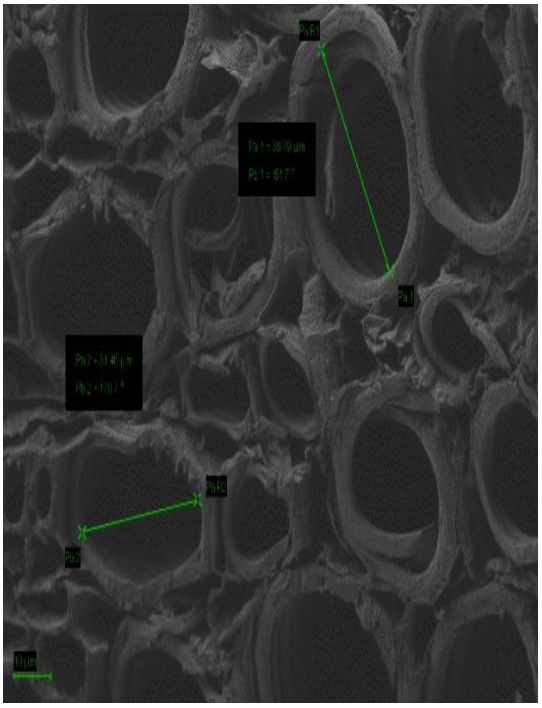
جدول (31) متوسطات اقطار وحدات الاوعية الناقلة لجذور الأنواع النباتية المدروسة

النباتات المراكمة	المعاملة		المتوسط
	بدون سماد	سماد	
زهرة الشمس	6.50 ± 44.678	6.50 ±68.984	4.60 ± 56.831
الشلغم	6.50 ±38.770	6.50 ±51.096	4.60 ±44.933
الجزر	6.50 ±55.335	6.50 ±32.679	4.60 ±44.007
الخردل هندي	6.50 ±62.053	6.50 ±65.534	4.60 ±63.794
المتوسط	3.25 ±50.209	3.25 ± 54.733	---
قيم LSD	للنباتات: 13.336	للمعاملة : غ. م	للتداخل : 18.861

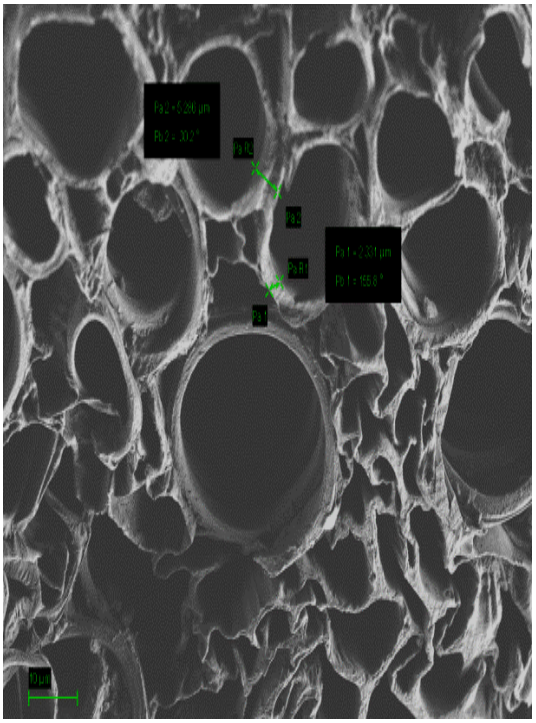
*(P < 0.05) ، غ.م :غير معنوي ، م : معنوي



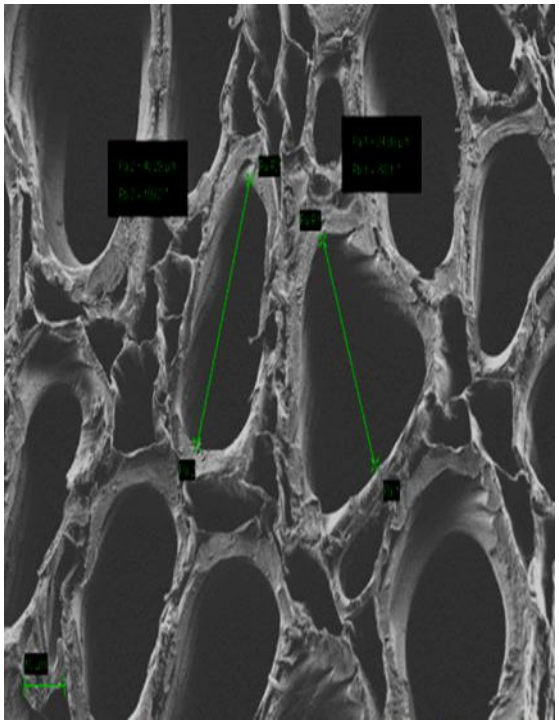
(A)1/ ورقة زهرة الشمس معاملة التسميد



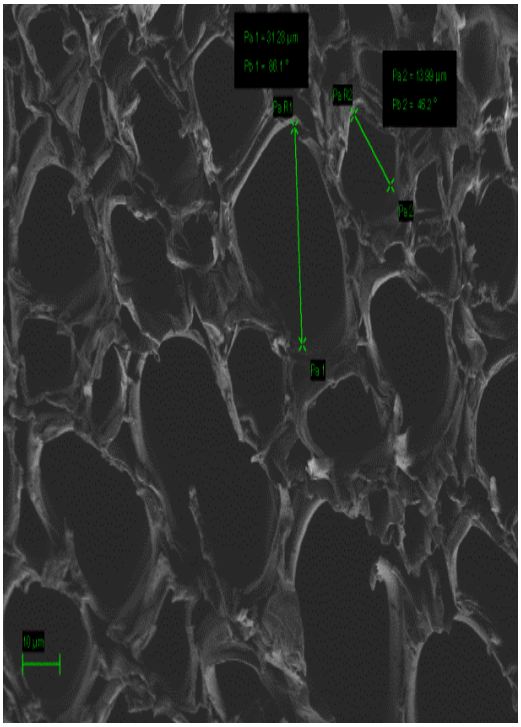
2/ ورقة زهرة الشمس بدون تسميد



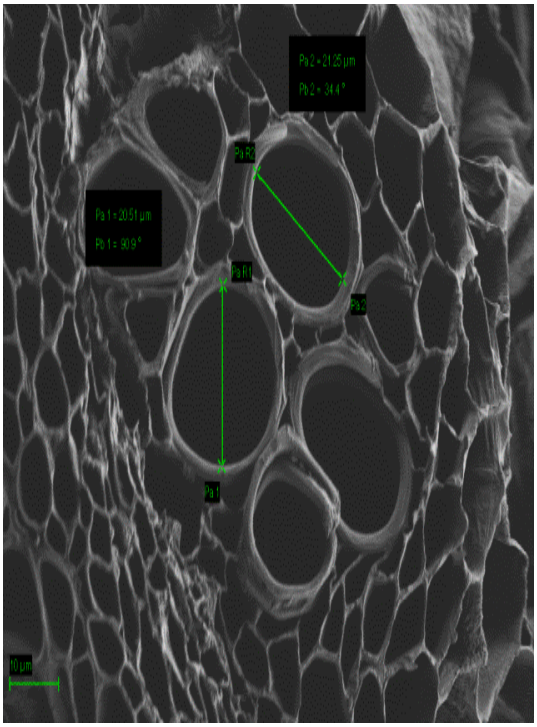
(B)1/ ورقة الشلغم معاملة التسميد



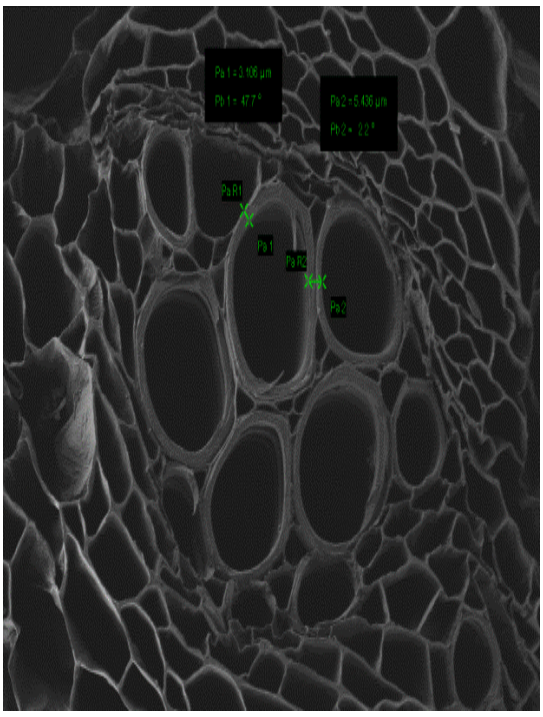
2/ ورقة الشلغم بدون تسميد



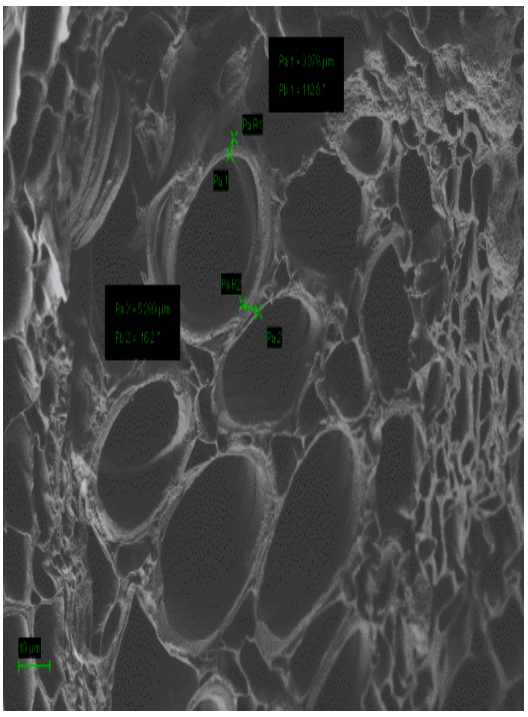
(C) 1/ ورقة الجزر معاملة التسميد



2/ ورقة الجذر بدون تسميد

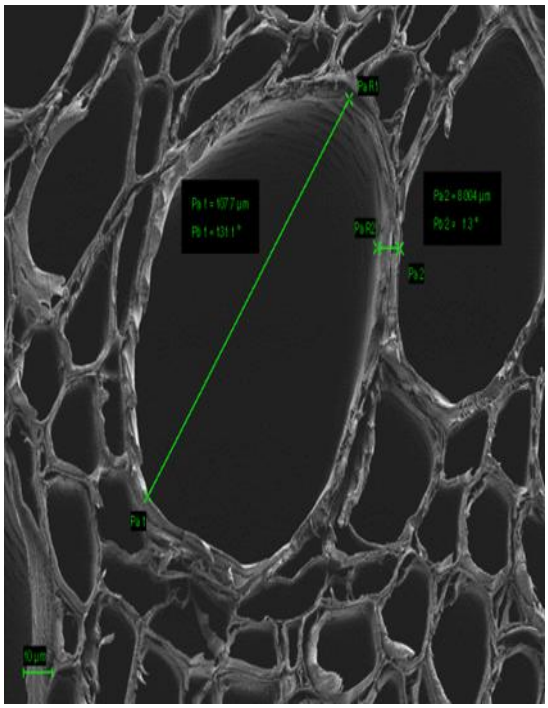


(D) 1/ ورقة الخردل الهندي معاملة التسميد

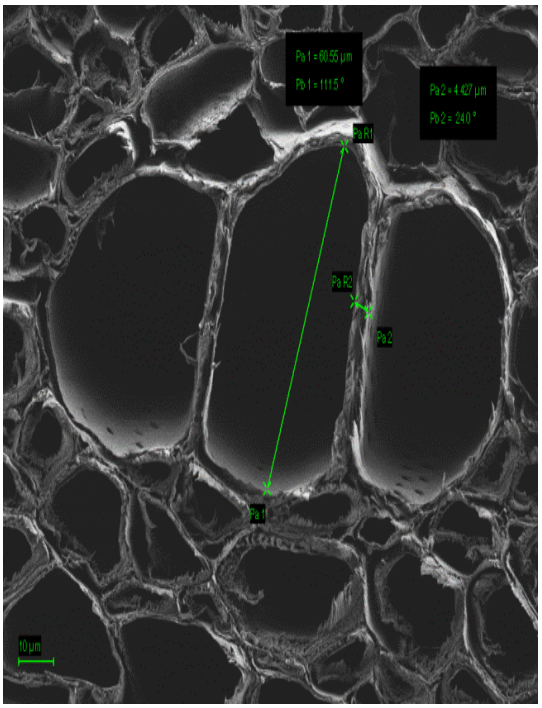


2/ ورقة الخردل الهندي بدون تسميد

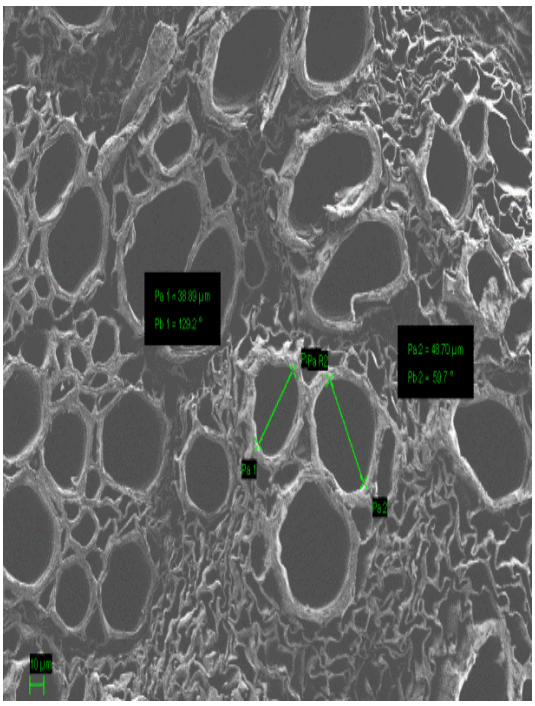
شكل (3) مقاطع عرضية في العرق الوسطي لأوراق الانواع النباتية المدروسة



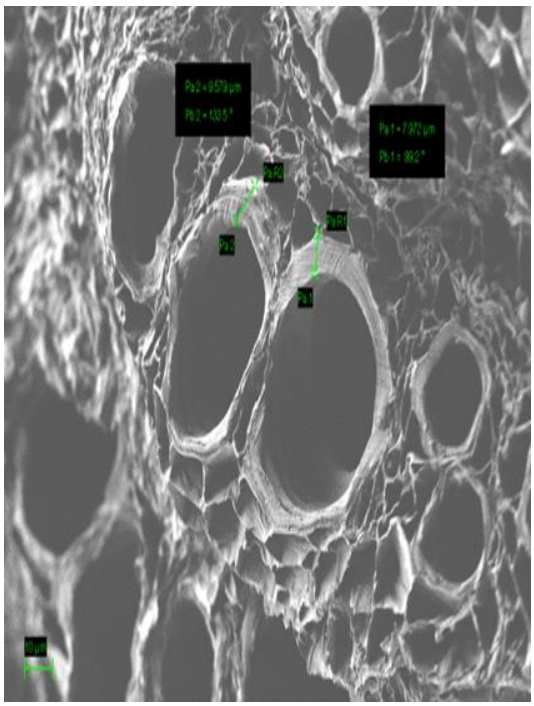
1(A)/ جذر زهرة الشمس معاملة التسميد



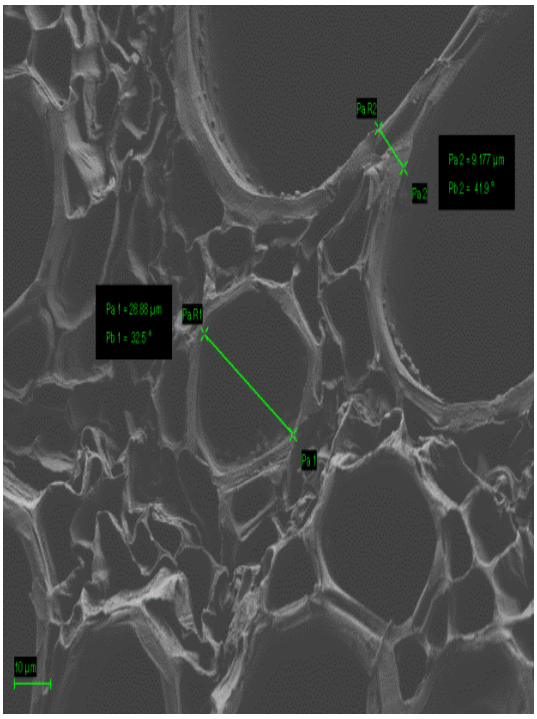
2/ جذر زهرة الشمس بدون تسميد



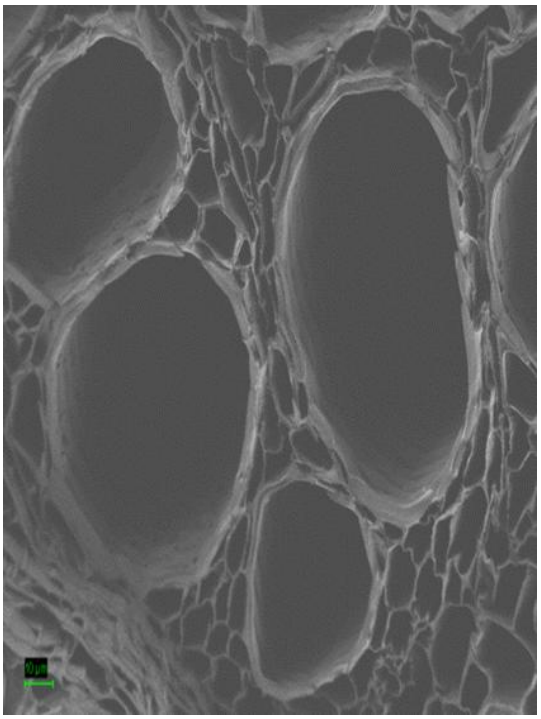
1(B)/ جذر الشلغم معاملة التسميد



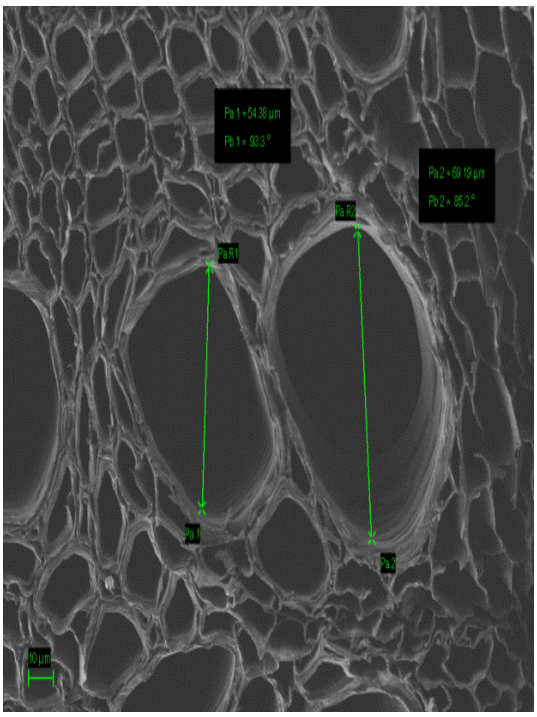
2/ جذر الشلغم بدون تسميد



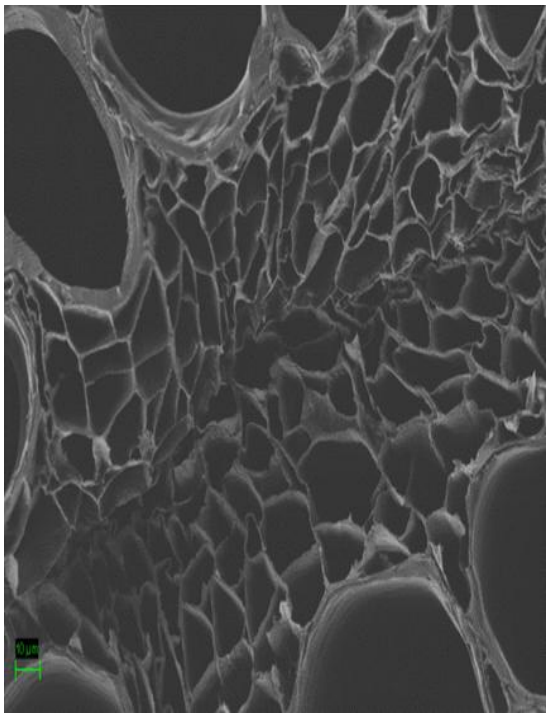
(C) 1/ جذر الجزر معاملة التسميد



2/ جذر الجزر بدون تسميد



(D) 1/ جذر الخردل الهندي معاملة التسميد



2/ جذر الخردل الهندي بدون تسميد

شكل (4) مقاطع عرضية لجذور الانواع النباتية المدروسة

5-الاستنتاجات والتوصيات Recommendations and Conclusions

5-1: الاستنتاجات Conclusions

في ضوء ما تقدم في نتائج الدراسة الحالية يمكن ان نستنتج :-

1- أشارت نتائج المسح لعينات ترب الزراعية ان العينات ملوثة بشدة عالية بعنصري الكادميوم والرصاص ومعتدله التلوث بالنسبة لعنصر النحاس اما عنصر النيكل فان نسبة التلوث للعينات غير ملوثة – ملوثة قليلا .

2- تبين ان معامل الانتقال لعنصر النحاس هو اعلى العناصر وله القابلية على الانتقال من المجموع الجذري الى المجموع الخضري في نباتات زهرة الشمس ، ثم عناصر الرصاص في نبات الخردل الهندي والكادميوم في نباتات زهرة الشمس والنيكل في نباتات الخردل الهندي .

3- أن أفضل النباتات المراكمة للعناصر الثقيلة تختلف باختلاف العنصر فمن خلال النتائج تبين ان نباتات زهرة الشمس افضل من النباتات المدروسة لتراكم عنصري الكادميوم والنحاس ، ونباتات الخردل الهندي قادرة على تراكم عنصري النيكل والرصاص .

4- أظهرت الصفات الفسلجية ارتفاع في كل من الجلوتاثيون والكتاليز وانخفاض في الكلورفيل لنباتات الخردل الهندي .

5- بينت الصفات التشريحية ان أعلى متوسط لسمك جدارن وحدات الاوعية الناقلة في الاوراق واقطار وحدات الاوعية الناقلة في الاوراق والجذر لنباتات الخردل الهندي .

5-2 : التوصيات Recommendations

1- من الضروري اجراء دراسات اخرى لمعرفة تلوث التربة بعناصر ثقيلة اخرى

2- أجراء دراسات دورية على التربة ومتابعة مدى تلوثها بالعناصر الثقيلة

3- ترشيد في استخدام الاسمدة الكيمياوية وخصوصا الاسمدة الفوسفاتية والنتروجينية، والمبيدات بأنواعها ، وضرورة التحول الى التسميد الاخضر أو التسميد الحيوي .

4- زراعة نبات الخردل الهندي لمعالجة الترب الملوثة بالعناصر الثقيلة .

5- من الضروري اجراء دراسات جديدة على انواع نباتية مراكمة محلية اخرى .

6- أجراء دراسات تشريحية لانواع النباتات المراكمة باستخدام الاشعة السينية للكشف عن العناصر الثقيلة .

المصادر العربية

الانباري، رياض حسن وجمعة غفران فاروق.(2010). تقييم التلوث بالعناصر الثقيلة في الاراضي الزراعية الواقعة في منطقة جسر ديالى. المجلة العراقية لبحوث السوق وحماية المستهلك.مجلد 2 العدد 3: 104-116 .

الجوراني، أحمد هاشم ابراهيم .(2013). دراسة التلوث البيئي بالرصاص والكادميوم في مدينة بعقوبة وضواحيها.رسالة ماجستير .كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة ديالى .

الخطيب، السيد احمد (1998).الكيمياء البيئية للأراضي . منشاة المعارف بالاسكندرية _ جمهورية مصر العربية . ص: 454 .

الخطيب، السيد احمد. (2004). تلوث التربة .المكتبة المصرية للطباعة والنشر والتوزيع .الاسكندرية _ جمهورية مصر العربية . ص:140 .

الخفاجي، قحطان درويش عيسى والدليمي، اياد عبدالله خلف.(2017) . توزيع بعض العناصر الثقيلة الملوثة للتربة وتقييمها باستخدام بعض معايير التلوث شمالي العراق. مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية.17(2):231-241.

الرمادى، حسن رجب وشحاته، سعيد عبد الله و رجب، محمد امام وابو والي، محمد السعيد.(2016).التلوث بالنيكوتين والمعالجة النباتية المستدامة . الطبعة الاولى. مصر . ص:261.

السيد، جمال عويس .(2007).الملوثات الكيميائية للبيئة .دار الفجر للنشر والتوزيع .القاهرة – مصر . ص:379 .

الفراج، عبدالله بن سليمان و الوابل، محمد بن ابراهيم و الشهراني، ثبيت بن سفر و مغربي، سالم العزب عبدالله و السويلم، محمد بن سليمان .(2009).تلوث التربة والنبات بالعناصر الثقيلة في منطقة مهد الذهب وتاثرها بالبعد عن المنجم . قسم علوم التربة – مركز البحوث الزراعية .

الكاتب، يوسف منصور .(2000).تصنيف النباتات البذرية . دار الكتب للطباعة والنشر. الطبعة الثانية. جامعة الموصل . العراق . ص: 584 .

الموصلي، مظفر احمد والخفاجي، قحطان درويش (2014) .اساسيات التربة العامة. دار الوضاح للنشر .المملكة الاردنية الهاشمية . ص: 297 .

خليل، محمود عبد العزيز ابراهيم .(2013).فسيولوجيا نباتات الخضر.منشاة المعارف – الاسكندرية .جمهورية مصر العربية . ص:709 .

خويدم، كريم حسين والانصاري، حبيب رشيد والبصام، خلدون صبحي .(2009). دراسة توزيع بعض العناصر الثقيلة في تربة مدينة البصرة– جنوب العراق .المجلة العراقية للعلوم .المجلد 50 .العدد 4 . ص : 533–542 .

زغلول، راشد عبد الفتاح .(2019).التلوث البيئي ...مشكلات وحلول . مطبعة مركز الهدي للكمبيوتر والتصوير. القاهرة– مصر. ص: 379 .

صديق، حسان ويسري، نائل. (2010). كيمياء البيئة. مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية . .منشورات جامعة حلب_كلية العلوم . سوريا .323.

عبد المنعم، عصام محمد والتركي، احمد بن ابراهيم .(2012).العناصر الثقيلة مصادرها واضرارها على البيئة .اصدار مركز الابحاث الواعدة في المكافحة الحيوية والمعلومات الزراعية – جامعة القصيم –الممكلة العربية السعودية . ص: 24 .

كاظم، لفته سلمان وزراك ، غازي عطية. (2013). دراسة تلوث التربة بالعناصر الثقيلة في منطقة تكريت .مجلة تكريت للعلوم الصرفة .18(5) 1813–1662.

مديرية زراعة محافظة ديالى ، قسم الاحصاء (2011) . بيانات غير منشورة . ص47.

نصار، محمد عبد العزيز والسحار، قاسم فؤاد(1998) . التحضيرات النباتية والفحص المجهري . المكتبة الاكاديمية .كلية الزراعة – جامعة القاهرة . ص:221 .

هلالي، محمد نصر الدين مسعد (2015). المنظمات الحيوية النباتية الانزيمات – مواد النمو والتزهير– الفيتامينات .المكتبة العصرية للنشر والتوزيع . المنصورة – جمهورية مصر العربية .ص:939 .

هلالي، محمد نصر الدين مسعد (2016). مبادىء وأسس علم وظائف أعضاء النبات .المكتبة العصرية للنشر والتوزيع .المنصورة _جمهورية مصر العربية .ص:636 .

يوسف، احمد فوزي .(2005) .اجهزة وطرق تحليل التربة والمياه . الطبعة الاولى . جامعة الملك سعود بالرياض .المملكة العربية السعودية . ص:558 .

المصادر الاجنبية

Abanuz GY, (2011), Heavy metal contamination of surface soil around Gebze industrial area. Turk Microchem J. 99:82–92.

Adriano D.C., (2001), Trace Elements in Terrestrial Environments; Biochemistry, Bioavailability and Risks of Metals, Springer-Verlag, New York. affected soil with four halophytes in China. J Arid Land Stud. 22, 1–20.

Ahmad, K., Khan, Z. I., Yasmin, S., Ashraf, M., & Ishfaq, A., (2014), Accumulation of metals and metalloids in turnip (Brassica rapa L.) irrigated with domestic wastewater in the peri-urban areas of Khushab city, Pakistan. Pak J Bot, 42(2): 511-514 .

Alaboudi, K. A., Ahmed, B., & Brodie, G., (2018), Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (Helianthus annuus) plant. Annals of Agricultural Sciences, 63(1): 123-127.

Al-Anbari R, Al Obaidy AH, Ali FH.,(2015), Assessment of heavy metals pollution in soil affected by industrial activities. Engineering and Technology Journal. 33(3 Part (A) Engineering):526-534.

Ali, A. A., & Alqurainy, F., (2006), Activities of antioxidants in plants under environmental stress. The lutein-prevention and treatment for diseases, 187-256.

Ali, B., Deng, X., Hu, X., Gill, R. A., Ali, S., Wang, S., & Zhou, W. ,(2015), Deteriorative Effects of Cadmium Stress on Antioxidant System and Cellular Structure in Germinating Seeds of Brassica napus L. L.j.Agr.sci.Tech.Vol.17:63-74 .

Al-Farraj, A.S., Al-Otabi, T.G. & Al-Wabel, M.I.,(2009), Accumulation Coefficient and translocation factor of heavy metals through Ochradenus baccatus plant grown on mining area at Mahad AD'Dahab, Saudi Arabia. WIT Transactions on Ecology and the Environment,122: .459-468.

Al Rashdi S, Arabi AA, Howari FM, Siad A.,(2015), Distribution of heavy metals in the coastal area of Abu Dhabi in the United Arab Emirates. Marine pollution bulletin. Aug 15;97(1-2):494-498.

Al-Saadi, S. A. A. M., Al-Asaadi, W. M., & Al-Waheeb, A. N. H., (2013), The effect of some heavy metals accumulation on physiological and anatomical characteristic of some *Potamogeton*. L. plant. Journal of Ecology and Environmental Sciences, 4(1): 100-108.

Alshahri, F., & El-Taher, A., (2018), Assessment of heavy and trace metals in surface soil nearby an oil refinery, Saudi Arabia, using geoaccumulation and pollution indices. Archives of environmental contamination and toxicology, *75*(3): 390-401.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), (1995), Official methods of Analysis of the AOAC. W. Hortwitz (ed.), 15 edn. Washington: D.C., AOAC, 858 p.

Arthur E. L., Rice P.J., Rice P.J., Anderson T.A., Baladi S.M., Henderson K.L.D., Coats J.R., (2005), Phytoremediation-An overview, Critical Reviews in Pants Sciences., 24: 109-122.

Balakrishnan T, Sundaramanickam A, Shekhar S, Balasubramanian T.,(2015), Distribution and seasonal variation of heavy metals in sediments of muthupet lagoon, Southeast Coast of India. Journal of Ecological Engineering. 16(3):49-60.

Benhaddya ML, Hadjel M ,(2014), Spatial distribution and contamination assessment of heavy metals in surface soils of Hassi Messaoud, Algeria. Environ Earth Sci 71(3):1473–1486.

Blaylock, M. J., Salt, D. E., Dushenkov, S., Zakharova, O., Gussman, C., Kapulnik, Y., Ensley, B. D. & Raskin, I. ,(1997), Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soilapplied chelating agents. Environ. Sci. Tech., 31: 860–865.

Bravo, S., Amorós, J.A., Pérez-De-Los-Reyes, C., García, F.J., Moreno, M.M., Sánchez-Ormeño, M. & Higueras, P.,(2017), Influence of the soil pH in the uptake and bioaccumulation of heavy metals (Fe, Zn, Cu, Pb and Mn) and other elements (Ca, K, Al, Sr and Ba) in vine leaves, Castilla-La Mancha (Spain). Journal of Geochemical Exploration, 174: 79-83.

Brunetti, G., Farrag, K., Rovira, P. S., Nigro, F., & Senesi, N., (2011), Greenhouse & field studies on Cr, Cu, Pb and Zn phytoextraction by Brassica napus from contaminated soils in the Apulia region, Southern Italy. Geoderma, 160(3-4): 517-523.

Caunii, A., Negrea, A., Pentea, M., Samfira, I., Motoc, M. & Butnariu, M., (2015), Mobility of heavy metals from soil in the two species of the aromatic plants. Revista de Chimie, 66(3): 382-386.

Chen HL, Lai HY, Wang SM, Kuo YC, Lu CJ.,(2010), Effect of biosolids and Cd/Pb interaction on the growth and Cd accumulation of Brassica rapa grown in Cd-contaminated soils. Water, air, and soil pollution. Feb 1;206(1-4):385-394.

Chen TB, Zheng YM, Lei M, Huang ZC, Wu HT, Chen H, Fan KK, Yu K, Wu X, Tian QZ ,(2005), Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. Chemosphere 60:542–551.

Clemente, R., Almela, C. & Bernal, M.P., (2006), A remediation strategy based on active phytoremediation followed by natural attenuation in a soil contaminated by pyrite waste. Environmental Pollution, 143(3): 397-406.

Cosio, C., Vollenweider, P., & Keller, C., (2006), Localization and effects of cadmium in leaves of a cadmium-tolerant willow (Salix viminalis L.): I. Macrolocalization and phytotoxic effects of cadmium. Environmental and Experimental Botany, 58(1-3): 64-74.

Cottenie, A., Verloo, M., Kiekens, L., Velghe, G., & Camerlynck, R. ,(1982), Chemical Analysis of Plant and Soil, laboratory of analytical and Agrochemistry. State University Ghent, Belgium, 100-129.

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.

Das, R. & Jayalekshmy, V.G., (2015), Mechanism of heavy metal tolerance and improvement of tolerance in crop plants. J Glob Biosci, 4(7): 2678-2698.

Dickinson NM, Baker AJM, Doronila A, Laidlaw S, Reeves RD ,(2009), Phytoremediation of inorganics: realism and synergies. Int J Phytoremediation 11(2):97-114.

Doty, S. L., Shang, T. Q., Wilson, A. M., Moore, A. L., Newman, L. A., Strand, S. E., & Gordon, M. P.,(2003), Metabolism of the soil and groundwater contaminants, ethylene dibromide and trichloroethylene,

by the tropical leguminous tree, Leuceana leucocephala. Water Research, 37(2): 441-449.

EPA.,(1991), Methods for the detemination of metals in environmental samples, office of research and development wasshington DC: 20460 .

Favas, P. J., & Pratas, J. ,(2016), phytofiltration of Pb-, Cu-, and Zn-Contaminated water by native aquatic plants . International Multidisciplinary Scientific GeoConference : SGEM : Surveying Geology & mining Ecology Management, 1, 503-508.

Freeman, J.L., Persans, M.W., Nieman, K., Albrecht, C., Peer, W., Pickering, I.J. & Salt, D. E., (2004), Increased glutathione Biosynthesis plays a role in nickel tolerance in Thlaspi nickel hyperaccumulators . The Plant Cell, 16(8): 2176-2191.

Ghani, A., Shah, A. U., & Akhtar, U. ,(2010), Effect of lead toxicity on growth, chlorophyll and lead (Pb^). Pakistan Journal of Nutrition, 9(9): 887-891.

Ghemmit-Doulache, N.,(2018), Heavy Metals Detection in Soil Irrigated by STEP of Boumerdes–Algeria. Journal of Research in Green Chemistry. 1 (1):1-6.

Gill, S. S., & Tuteja, N. ,(2010), Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant physiology and biochemistry, 48(12): 909-930.

Glass, D.J. ,(1999), United States and international markets for phytoremediation, 1999–2000. Needham, Mass.: D. Glass AssociatesInc.

Gomes, M. P., Marques, T. C. L. L. D., e Melo, S., Nogueira, M. D. O. G., Castro, E. M. D., & Soares, Â. M. ,(2011), Ecophysiological and anatomical changes due to uptake and accumulation of heavy metal in Brachiaria decumbens. Scientia Agricola, 68(5): 566-573.

Gostin, I. N. ,(2009), Air pollution effects on the leaf structure of some Fabaceae species. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 37(2): 57-63.

Gu, J. G., Lin, Q. Q., Hu, R., Zhuge, Y. P., & Zhou, Q. X. ,(2005), Translocation Behavior of Heavy Metals in Soil-Plant System- A Case Study from Qingchengzi Lead-Zinc Mine in Liaoning Province. Journal of Agro-Environment Science, 24(4): 634-637.

Gupta, D.K., Huang, H.G., Yang, X.E., Razafindrabe, B.H.N. & Inouhe, M.,(2010), The detoxification of lead in Sedum alfredii H. is not related to phytochelatins but the glutathione. Journal of hazardous materials, 177(1-3): 437-444.

Hashim, T., Abbas, H.H., Farid, I.M., El-Husseiny, O. & Abbas, M.H., (2017), Accumulation of some heavy metals in plants and soils adjacent to Cairo–Alexandria agricultural highway. Egyptian Journal of Soil Science, 57(2): 215-232.

Hossain, M.A., Hasanuzzaman, M. & Fujita, M., (2010), Up-regulation of antioxidant and glyoxalase systems by exogenous glycinebetaine and proline in mung bean confer tolerance to cadmium stress. Physiology and Molecular Biology of Plants, 16(3): 259-272.

Howrtiz, W. (Ed.) ,(1975), Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemistry, Washington D.C., USA, p: 425.

Hu B, Jia X, Hu J, Xu D, Xia F, Li Y.,(2017), Assessment of heavy metal pollution and health risks in the soil-plant-human system in the Yangtze river delta, China. International journal of environmental research and public health.;14(9):1042.

Huma-Khan, N., Nafees, M. & Bashir, A., (2016), Study of heavy metals in soil and wheat crop and their transfer to food chain. Sarhad Journal of Agriculture, 32(2): 70-79.

Islam, M.S., Wahid-Uz-Zaman, M. & Rahman, M.M., (2013), Phytoaccumulation of Arsenic from Arsenic Contaminated Soils by Eichhornia Crassipes L., Echinochloa Crusgalli L. and Monochoria Hastata L. in Bangladesh. International Journal of Environmental Protection, 3(4): 17-27.

Jadia, C. D., & Fulekar, M. H. ,(2008), Phytoremediation: The application of vermicompost to remove zinc, cadmium, copper, nickel and lead by sunflower plant. Environmental Engineering & Management Journal ,7(5): 547-558.

Jesus, D. D. S. D., Martins, F. M., & Azevedo Neto, A. D. D. ,(2016), Structural changes in leaves and roots are anatomical markers of aluminum sensitivity in sunflower1. Pesquisa Agropecuária Tropical, 46(4): 383-390.

John, R., Ahmad, P., Gadgil, K., & Sharma, S. (2009), Heavy metal toxicity: Effect on plant growth, biochemical parameters and metal accumulation by Brassica juncea L. International Journal of Plant Production, 3(3): 65-76.

Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (2001). Trace elements in soils and plants CRC Press, p:413. Boca Raton, FL, USA .

Kalaji, H. M., Jajoo, A., Oukarroum, A., Brestic, M., Zivcak, M., Samborska, I. A., ... & Ladle, R. J. ,(2016), Chlorophyll a fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions. Acta physiologiae plantarum, 38(4): 102.

Kayastha, S. P. ,(2014), Heavy metal pollution of agricultural soils and vegetables of Bhaktapur district, Nepal. Scientific World, 12 (12): 48-55 .

Kelepertzis, E. (2014), Accumulation of heavy metals in agricultural soils of Mediterranean: insights from Argolida basin, Peloponnese, Greece. Geoderma, 221, 82-90.

Khalilova H, Mammadov V ,(2016), Assessing the anthropogenic impact on heavy metal pollution of soils and sediments in urban areas of Azerbaijan's oil industrial region. Pol J Environ Stud 25(1):159–166.

Khanna-Chopra, R., & Selote, D. S. ,(2007), Acclimation to drought stress generates oxidative stress tolerance in drought-resistant than-susceptible wheat cultivar under field conditions. Environmental and Experimental Botany, 60(2): 276-283.

Kos B, Greman H, & Lestan D.,(2003), Phytoextraction of lead, zinc and cadmium from soil by selected plants. Plant Soil and Environment, 49(12):548-553.

Kotrba, P. ,(2013), Transgenic approaches to enhance phytoremediation of heavy metal-polluted soils. In Plant-based remediation processes (pp. 239-271). Springer, Berlin, Heidelberg..

Kuiper, I., Lagendijk, E. L., Bloemberg, G. V., & Lugtenberg, B. J. (2004), Rhizoremediation: a beneficial plant-microbe interaction. Molecular plant-microbe interactions, 17(1), 6-15.

Li, M. S., Luo, Y. P., & Su, Z. Y. ,(2007), Heavy metal concentrations in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, South China. Environmental pollution, 147(1): 168-175.

Liang, J., Chen, C., Song, X., Han, Y., & Liang, Z. ,(2011), Assessment of heavy metal pollution in soil and plants from Dunhua sewage irrigation area. International journal of electrochemical science, 6(11): 5314-5324.

Lin, Z. Q., Schemenauer, R. S., Cervinka, V., Zayed, A., Lee, A., & Terry, N. (2000), Selenium volatilization from a soil—plant system for the remediation of contaminated water and soil in the San Joaquin Valley. Journal of Environmental Quality, 29(4), 1048-1056.

Liu, Z., Zhang, Q., Han, T., Ding, Y., Sun, J., Wang, F. & Zhu, C., (2015), Heavy metal pollution in a soil-rice system in the Yangtze river region of China. International journal of environmental research and public health, 13(1):1-16.

Loska, K., Wiechula, D., & Korus, I. ,(2004), Metal contamination of farming soils affected by industry. Environment International, 30(2): 159–165.

Lotfy, S. M., & Mostafa, A. Z. (2014), Phytoremediation of contaminated soil with cobalt and chromium. Journal of Geochemical Exploration, 144, 367-373.

Lu, X., Wang, L., Lei, K., Huang, J., & Zhai, Y. (2009), Contamination assessment of copper, lead, zinc, manganese and nickel in street dust of Baoji, NW China. Journal of hazardous materials, 161(2-3): 1058-1062.

Malayeri, B. E., Chehregani, A., Yousefi, N., & Lorestani, B. (2008), Identification of the hyper accumulator plants in copper and iron mine in Iran. Pakistan journal of biological sciences, 11(3), 490-492.

Malik, R.N., Husain, S.Z. &Nazir, I.,(2010), Heavy metal contamination and accumulation in soil and wild plant species from industrial area of Islamabad, Pakistan. Pak J Bot, 42(1): 291-301.

Marchiol, L., Sacco, P., Assolari, S., & Zerbi, G. (2004), Reclamation of polluted soil: phytoremediation potential of crop-related Brassica species. Water, Air, and Soil Pollution, 158(1), 345-356.

Marques, A. P., Rangel, A. O., & Castro, P. M. ,(2009), Remediation of heavy metal contaminated soils: phytoremediation as a potentially promising clean-up technology. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 39(8): 622-654.

Massas, I., Kalivas, D., Ehaliotis, C., & Gasparatos, D. ,(2013), Total and available heavy metal concentrations in soils of the Thriassio plain (Greece) and assessment of soil pollution indexes. Environmental Monitoring and Assessment, 185(8): 6751-6766.

McGrath, S. P., & Zhao, F. J. (2003), Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. Current opinion in biotechnology, 14(3): 277-282 .

Meagher, R. B. (2000), Engineered phytoremediation of mercury pollution in soil and water using bacterial genes. Phytoremediaiton of contaminated soil and water, 202-233.

MM, I., Alsahli, A., & El-Gaaly, G. (2013), Evaluation of phytoremediation potential of six wild plants for metal in a site

polluted by industrial wastes: a field study in Riyadh, Saudi Arabia. Pak. J. Bot, 42(2): 571-576.

Mohebbi, A.H., Harutyunyan, S. & Chorom, M.,(2012), Phytoremediation potential of three plant grown in monoculture and intercropping with date palm in contaminated soil. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4(20) :1523 -1530.

Muhammad, S., Shah, M. T., & Khan, S. (2011). Heavy metal concentrations in soil and wild plants growing around Pb–Zn sulfide terrain in the Kohistan region, northern Pakistan. Microchemical Journal, 99(1), 67-75.

Mukhopadhyay, S., Maiti, S.K. ,(2010), Phytoremediation of metal enriched mine waste: areview. Global J Environ Res. 4, 135–150.

Muller, G. ,(1969), Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. Geojournal, 2, 108-118.

Nieboer, E., & Richardson, D. H. ,(1980), The replacement of the nondescript term ‘heavy metals’ by a biologically and chemically significant classification of metal ions. Environmental Pollution Series B, Chemical and Physical, 1(1): 3-26.

Oseni, O. M., Dada, O. E., Okunlola, G. O., & Ajao, A. A. ,(2018), Phytoremediation Potential of Chromolaena odorata (L.) King and Robinson (Asteraceae) and Sida acuta Burm. f.(Malvaceae) Grown in lead-Polluted Soils. Jordan Journal of Biological Sciences, 11(4):355-360 .

Oudah, H. K., Jawad, M. M., & Abed, E. H. ,(2017), Role of enzymes catalase, peroxidase and amino acid (proline) in Raphanus sativus and

Lepidium sativus in exposure levels different water pollution of ion lead. Iraqi Journal of Science, 58(2A), 592-599.

Pajević S, Borišev M, Nikolić N, Arsenov DD, Orlović S, Župunski M.,(2016), Phytoextraction of heavy metals by fast-growing trees: a review. InPhytoremediation (pp. 29-64). Springer, Cham.

Pandey VC, Bajpai O, Singh N.,(2016), Energy crops in sustainable phytoremediation. Renewable and Sustainable Energy Reviews Feb 1;(54):58-73.

Pendergrass, A. & Butcher, D.J. ,(2006), Uptake of lead and arsenic in food plants grown in contaminated soil from Barber Orchard, NC. Microchemical Journal, 83(1): 14-16.

Pilon-Smits, E. ,(2005), Phytoremediation. Annual Revisions in Plant Biology, 56, 15–39 .

Purakayastha, T.J., Viswanath, T., Bhadraray, S., Chhonkar, P.K., Adhikari, P.P. & Suribabu, K. ,(2008), Phytoextraction of zinc, copper, nickel and lead from a contaminated soil by different species of Brassica . International journal of phytoremediation , 10(1): 61-72.

Qi, Y., Lian, K., Chin, K. L., & Ford, R. L. ,(2003), Using EDX/SEM to study heavy metal uptake and elemental composition in plant tissues. Microscopy and Microanalysis, 9(S02): 1486-1487.

Rabee AM, Al-Fatlawy YF, Nameer M.,(2011), Using Pollution Load Index (PLI) and geoaccumulation index (I-Geo) for the assessment of heavy metals pollution in Tigris river sediment in Baghdad Region. Al-Nahrain Journal of Science, 14(4):108-14.

Rafique, U., Kaukab, H. & Iqbal, S. ,(2011), Quantitative speciation of heavy metals in soil and crops of agricultural fields of Islamabad, Pakistan. Chemical Speciation & Bioavailability, 23(2): 110-117.

Rahman, M. M., Azirun, S. M., & Boyce, A. N. ,(2013), Enhanced accumulation of copper and lead in amaranth (Amaranthus paniculatus), Indian mustard (Brassica juncea) and sunflower (Helianthus annuus). PloS one, 8(5), e62941.

Rahman, M., & Boyce, A. N. ,(2013), Use of amaranth (Amaranthus paniculatus) and Indian mustard (Brassica juncea) for phytoextraction of lead and copper from contaminated soil. International Journal of Agriculture and Biology, 15(5):903-908.

Rashed MN.,(2010), Monitoring of contaminated toxic and heavy metals, from mine tailings through age accumulation, in soil and some wild plants at Southeast Egypt. Journal of Hazardous Materials;178(1-3):739-746.

Riser-Roberts, E. ,(1998), Remediation of petroleum contaminated soil: Biological, physical and chemical processes. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers.

Roudposhti GM, Karbassi A, & Baghvand A.,(2016), A pollution index for agricultural soils. Archives of Agronomy and Soil Science;62(10):1411-1424.

Sajad, M.A., Khan, M.S. and Ali, H. ,(2019), 42. Lead phytoremediation potential of sixty-one plant species: An open field survey. Pure and Applied Biology (PAB), 8(1), pp.405-419.

Sakai, Y., Ma, Y., Xu, C., Wu, H., Zhu, W., & Yang, J. ,(2012), Phytodesalination of a salt-affected soil with four halophytes in China. J Arid Land Stud, 22(1): 17-20.

Schutzendubel, A., & Polle, A. ,(2002), Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization. Journal of experimental botany, 53(372): 1351-1365.

Seth, C. S., Remans, T., Keunen, E., Jozefczak, M., Gielen, H., Opdenakker, K., ... & Cuypers, A. ,(2012), Phytoextraction of toxic metals: a central role for glutathione. Plant, cell & environment, 35(2): 334-346.

Sewalem, N., Elfeky, S. , & El-shintinawy, F.,(2014), Phytoremediation of lead and cadmium contaminated soils using sunflower plant. Journal of Stress Physiology & Biochemistry.;10(1):122-134.

Shah, K., Kumar, R. G., Verma, S., & Dubey, R. S. ,(2001), Effect of cadmium on lipid peroxidation, superoxide anion generation and activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. Plant Science, 161(6): 1135-1144.

Sheoran, V., Sheoran, A.S., & Poonia, P.,(2016), Factors affecting phytoextraction: a review. Pedosphere.;26(2):148-66.

Son, J. A., Narayanankutty, D. P., & Roh, K. S. ,(2014), Influence of exogenous application of glutathione on rubisco and rubisco activase in heavy metal-stressed tobacco plant grown in vitro. Saudi journal of biological sciences, 21(1): 89-97.

Sridhar, B. M., Diehl, S. V., Han, F. X., Monts, D. L., & Su, Y. ,(2005), Anatomical changes due to uptake and accumulation of Zn and Cd in

Indian mustard (Brassica juncea). Environmental and Experimental Botany, 54(2): 131-141.

Steel, Robert G.D., and Torrie, James H. ,(1980), Principles anld Procediures of Statistics (2nd ed.), New York: McGraw-Hill Book Co.,Inc.New York.

Subhashini, V. & Swamy, A.V.V.S.,(2013), Phytoremediation of Pb and Ni Contaminated Soils Using Catharanthus roseus (L.). Universal Journal of Environmental Research & Technology, 3(4): 465-472.

Sun, Y., Zhou, Q., Xie, X., & Liu, R. (2010), Spatial, sources and risk assessment of heavy metal contamination of urban soils in typical regions of Shenyang, China. Journal of hazardous materials, 174(1-3), 455-462.

Tasrina, R. C., Rowshon, A., Mustafizur, A. M. R., Rafiqul, I., & Ali, M. P. ,(2015), Heavy metals contamination in vegetables and its growing soil. J Environ Anal Chem, 2(142): 2380-2391.

Tóth, G., Hermann, T., Da Silva, M.R. & Montanarella, L.,(2016), Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. Environment international, 88, 299-309.

Touiserkani, T., & Haddad, R. ,(2012), Cadmium-induced stress and antioxidative responses in different Brassica napus cultivars.J.Agr.Sci.Tech.Vol.14:929-937.

ul Hassan, Z., Ali, S., Ahmad, R., Rizwan, M., Abbas, F., Yasmeen, T., & Iqbal, M. (2017), Biochemical and molecular responses of oilseed crops to heavy metal stress. Oilseed Crops: Yield and Adaptations under Environmental Stress, 236.

Usepa, E. ,(2006), Global anthropogenic Non-CO2 greenhouse gas emissions: 1990-2020. Appendix AD. Washington, DC, USA: United States Environmental Protection Agency. Electricity (heat) supply.

Vamerali, T., Bandiera, M., & Mosca, G. (2010), Field crops for phytoremediation of metal-contaminated land. A review. Environmental Chemistry Letters, *8*(1): 1-17.

Verma, S., & Dubey, R. S. ,(2003), Lead toxicity induces lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plants. Plant Science, 164(4): 645-655.

Wójcik, M., & Tukiendorf, A. ,(2011), Glutathione in adaptation of Arabidopsis thaliana to cadmium stress. Biologia plantarum, *55*(1): 125-132.

Wong, M. H. (2003), Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. Chemosphere, 50(6): 775-780.

Yadav, R., Arora, P., Kumar, S., & Chaudhury, A. (2010), Perspectives for genetic engineering of poplars for enhanced phytoremediation abilities. Ecotoxicology, 19(8): 1574-1588.

Yaylalı-Abanuz, G. (2011), Heavy metal contamination of surface soil around Gebze industrial area, Turkey. Microchemical Journal, 99(1): 82-92 .

Yildiz, A., Aksoy, A., Akbulut, G., Demirezen, D., Islek, C., Altuner, E. M., & Duman, F. ,(2011), Correlation between chlorophyll degradation and the amount of heavy metals found in Pseudevernia furfuracea in Kayseri (Turkey). Ekoloji, 20(78): 82-88.

Yoon, J. M., Van Aken, B. and Schnoor, J. L. ,(2006), Leaching of contaminated leaves following uptake and phytoremediation of RDX,

HMX, and TNT by poplar. International Journal of Phytoremediation., 8(1): 81-94.

Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., & Ma, L. Q. ,(2006), Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. Science of the total environment, 368(2-3): 456-464.

Zeng, X., Ma, L.Q., Qiu, R. & Tang, Y. ,(2009), Responses of non-protein thiols to Cd exposure in Cd hyperaccumulator Arabis paniculata Franch. Environmental and experimental botany, 66(2): 242-248.

Zhuang, P., McBride, M.B., Xia, H., Li, N. & Li, Z. ,(2009), Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China. Science of the total environment, 407(5): 1551-1561.

الملاحق

ملحق (1) : تحليل التباين للصفات البيئية المدروسة ممثلة بمتوسطات المربعات

مصادر الاختلاف S.O.V	d.f	معامل التراكم الاحيائي				معامل الانتقال				معامل التراكم الحيوي			
		كادميوم	نحاس	نيكل	رصاص	كادميوم	نحاس	نيكل	رصاص	كادميوم	نحاس	نيكل	رصاص
المكررات	2	0.008	0.416	0.009	0.006	0.104	1.356	1.218	3.764	0.164	0.128	0.001	0.008
انواع النباتات	3	0.018*	0.855	0.025	0.064	0.020	15.532*	1.036	7.370	0.357	0.113 *	0.001 *	0.004
التسميد	1	0.010	1.044	0.040	0.123	0.382	1.839	1.037	0.002	0.328	0.002	0.002 *	0.010
التسميدxالانواع	3	0.011	0.866	0.122	0.129	0.291	4.012	1.542	1.821	0.113	0.002	0.000	0.009
الخطأ	14	0.005	0.500	0.052	0.039	0.279	2.401	1.126	3.522	0.287	0.026	0.000	0.008

ملحق (2) : تحليل التباين للصفات الفسلجية المدروسة ممثلة بمتوسطات المربعات

مصادر الاختلاف S.O.V	d.f	الصفات الفسلجية		
		الكلوروفيل	الكلوتاثيون	الكاتاليز
المكررات	2	0.008	12453.907	1.672
انواع النباتات	3	0.635 *	280455.143 *	23.089 *
التسميد	1	0.037 *	169678.149 *	58.463 *
التسميدxالانواع	3	0.010	2426.552	4.247
الخطأ	14	0.005	2736.025	1.609

* معنوي ، ** عالي المعنويه

ملحق (3) : تحليل التباين للصفات التشريحية المدروسة ممثلة بمتوسطات المربعات

مصادر الاختلاف S.O.V	d.f	الورقة		الجذر	
		سمك جدران وحدات الاوعية الناقلة	قطر وحدات الاوعية الناقلة	سمك جدران وحدات الاوعية الناقلة	قطر وحدات الاوعية الناقلة
المكررات	4	1.766	21.300	2.456	63.134
انواع النباتات	3	2.858	317.808**	16.721**	918**
التسميد	1	0.485	269.034*	38.070**	190.467
التسميدxالانواع	3	8.418**	189.580**	6.796	993.276**
الخطأ	28	1.868	22.785	4.212	212.038

* معنوي ، ** عالي المعنويه

Summary

This study included the detection of heavy elements in agricultural soils in Diyala Province with treatment of contaminated soils using accumulated plants with the aim of identifying levels of pollution for elements of cadmium, copper, nickel and lead, and determining the concentrations of these elements in the soil and then treating contaminated soil using plants that have the ability to draft these elements.

The study included two parts, the first modeling and analysis of 51 Compound samples of agricultural soils and 6 compound samples from virgin lands. The concentrations of heavy elements of cadmium, copper, nickel, lead and pH, the pollution index, the geoaccumulation index were measured.

The second part is a field study included four plant genera were Sun flower *Helianthus annuus* L., Turnip *Brassica rapa* L. , Carrots *Daucus carota* L., and Indian mustard *Brassica juncea* L. , The identification of some environmental characteristics, which are the concentrations of heavy elements studied in the vegetative and root system and laboratories Bioconcentration and translocation factor, bioaccumulation factor, physiological characteristics such as chlorophyll, glutathione, catalase, and anatomical features.

The results of the current study showed that the general rates of cadmium concentration ranged between 1.70–3.10 $mg.Kg^{-1}$, all agricultural soils were contaminated with cadmium, while copper element ranged between 21.40–58.60 $mg.Kg^{-1}$, the contamination average reached to 90.196% of the studied samples. The nickel concentration ranged between 41.00–116.20 $mg.kg^{-1}$ with contamination rate was 68.627% of the studied samples, while the concentration of

lead element ranged between 43.10–112.30 mg.Kg^{-1} , it was found that all samples of agricultural soils were colored with the lead element.

The results recorded an increase in the pollution index of the cadmium and lead elements, the soils were highly polluted, while the pollution index in the agricultural soil samples of the copper element ranged from non-polluted - moderately polluted, the pollution index of the nickel element ranged from non-polluted - slightly polluted. It is also noticed from the Geoaccumulation index of soil samples, that the lead element ranged between 4.733 – 6.115, cadmium ranged between 2.18–3.05 and copper ranged from -0.697– 0.756, and nickel ranged between -1.470 – 0.031.

The results of the environmental characteristics of the concentrations of heavy elements in the root system, that the Indian mustard plant was treated without fertilizing the highest concentration of 0.466 mg.Kg^{-1} for cadmium, while the copper recorded in Turnip plants a highest fertilization treatment by 19.750 mg.Kg^{-1}, but the Sunflower plants treated without fertilizing the highest concentration of nickel and lead elements, it were 35,133 and 33,666 mg.Kg^{-1}, respectively.

The results recorded the concentrations of heavy elements in the shoot system showed that Turnip plants were treated without fertilizing have a highest concentration of cadmium by 0.766 mg. Kg^{-1}, but for copper and nickel elements, the sunflower plants recorded the highest concentration of fertilizing treatment at 32,466 mg.Kg^{-1} and 4.600 mg.Kg^{-1} respectively. The lead element, the Indian mustard plants recorded the highest concentration of fertilizer treatment by 3,900 mg.Kg^{-1}.

It is noted from the results that the bioconcentration factor of the elements cadmium, copper, nickel and lead reached the highest value of the average bioconcentration factor of 0.242 ± 0.02 in Indian mustard

plants, 0.908 ± 0.061 in Turnip plants, 0.230 ± 0.11 in carrot plants, and 0.279 ± 0.08 in sunflower plants, respectively.

The results recorded that the translocation factor of the four elements showed that the copper element is the highest element has the ability to transfer from the root system to the shoot system in sunflower plants.

The results showed that there were no significant differences between the difference of plant genera and the two fertilization treatments. The highest value of the average bioaccumulation factor for the cadmium element was 0.781 ± 0.38 for Turnip plants. Significant differences between the parameters of plant genera about copper element. The highest average factor for the bioaccumulation factor was 0.660 ± 0.06 in carrot plants, the nickel element, and the results showed significant differences between the treatments of plant genera, as the highest average accumulation coefficient was 0.063 ± 0.00 in Turnip plants. the lead element, the results did not show significant differences between plant averages and the highest average coefficient of accumulation was 0.095 ± 0.03 in the sunflower plant.

The results showed that there were significant differences between the plant genera with treatment of fertilization and without fertilization, sunflower plants recorded the highest average of chlorophyll reached 0.960 ± 0.02 mg. g^{-1}. Also, it's superiority of fertilization treatments onto treatments without fertilization with a percentage 17.8%.

The results recorded significant differences between plant genera and the two fertilization treatments for glutathione, as the highest average glutathione reached 717.277 ± 21.35 nmol. Kg^{-1} in Indian mustard plants, while fertilization treatments showed superiority onto non-fertilization treatments as it reached 572.172 ± 15.10 nmol. Kg^{-1}.

The results recorded significant differences between plant genera and the two fertilization treatments, the results showed that the highest mean of catalase enzyme in Indian mustard plants was 9.498 ± 0.51 nmol. g^{-1},

while fertilization treatments outperformed without fertilization by a rate of 49.9%.

The results showed that the highest mean wall thickness and diameters of the vessels in the leaves amounted to 5.099 ± 0.4 and 34.974 ± 1.50 μm, respectively in Indian mustard plants, while the vessels in the root only recorded the highest average wall thickness of 6.664 ± 0.6 μm in Turnip plants, while The diameters of the vessels in the root recorded the highest average of 63.794 ± 4.60 μm in Indian mustard plants.

Ministry of Higher Education
& Scientific Research
University of Diyala
College of education for pure science
Department of Biology

The Investigation of some Heavy Metals in the Agricultural Soil of Diyala Province and treating them with Different Types of Plants

A Dissertation Submitted to
The Council of College of Education for Pure Science
University Of Diyala in Partial Fulfillment for the Requirements
For the Degree of Doctorate of Philosophy in Biology

By
Suaad Khairy Abd Al-Wahab

M.Sc. Biology / College of Education for Pure Science
University of Diyala - 2008

Supervised by

Professo
Dr. Wisam Malik Dawood

2020 A.C **1441 A.H**