تقييم كفاءة نوعين من النباتات المائية الغاطسة في إزالة عنصري النيكل والرصاص ومعالجة المياه العادمة

رسالة مقدمة إلى

مجلس كلية العلوم- جامعة البصرة

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير

في علوم الحياة (معالجة نباتية)

تقدمت بها

إينـاس عونـي مهـدي

بكالوريـوس هندسة بيئة وتلوث 2002

الكلية التقنية الهندسية / البصرة

بإشراف

ا.م.د. دنيا علي حسين

محرم 1440 أيلول 2018

بسم الله الرحمن الرحيم

وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ

وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ

صدق الله العلي العظيم

التوبة : 105

توصية الأستاذ المشرف

اشهد أن إعداد هذه الرسالة جرى تحت إشرافي في قسم علوم الحياة - كلية العلوم - جامعة البصرة ، كجزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في علوم الحياة – معالجة نباتية

التوقيع :
الاسم : أ.م. د. دنيا علي حسين
اللقب العلمي: أستاذ مساعد
التاريخ: ٢٠١٨ /٩/٢٦

توصية السيد رئيس قسم علوم الحياة

بناءً على التوصية المقدمة من قبل الأستاذ المشرف أحيل هذه الرسالة إلى لجنة المناقشة .

التوقيع:
الاسم: ا.د. مناف جودة عبد العباس
اللقب العلمي : أستاذ
التاريخ : ٢٠١٨ / ٩ / ٢٦

إقـــرار لجنـــة المناقشـــة

نحن أعضاء لجنة المناقشة الموقعين أدناه نشهد بأننا اطلعنا على الرسالة الموسومة " **تقييم كفاءة نوعين من النباتات المائية الغاطسة في إزالة عنصري النيكل والرصاص ومعالجة المياه العادمة**" المقدمة من قبل الطالبة **إيناس عوني مهدي** وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الحيـــاة / **معالجـــة نباتية** وبعد إجراء مناقشة الطالبة في محتوياتها وجدت الرسالة مستوفية لمتطلبات الشهادة المذكورة وعليه توصي اللجنة بقبول الرسالة وبتقدير امتياز.

رئيس اللجنة

التوقيع :

الاسم : د. باسم يوسف ذياب الخفاجي

المرتبة العلمية : استاذ

العنوان : كلية العلوم / جامعة ذي قار

التاريخ : 2019 /1/20

عضو اللجنة

التوقيع :

الاسم : د. إيمان محمد عبد الزهرة

المرتبة العلمية : استاذ مساعد

العنوان : كلية العلوم / جامعة البصرة

التاريخ : 2019 /1/20

عضو اللجنة

التوقيع :

الاسم : د. فراس مصطفى حسن

المرتبة العلمية : مدرس

العنوان : كلية العلوم / جامعة البصرة

التاريخ : 2019 /1/20

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع :

الاسم : د. دنيا علي حسين

المرتبة العلمية : استاذ مساعد

العنوان : كلية العلوم / جامعة البصرة

التاريخ : 2019 /1/20

مصادقة عميد كلية العلوم

أصادق على ما جاء في إقرار لجنة المناقشة في أعلاه

التوقيع :

الاسم : د. زكي عبدالله احمد

المرتبة العلمية : استاذ

العنوان : كلية العلوم / جامعة البصرة

التاريخ : 17 / 2 / 2019

الإهـــداء

إلـــى :

والـــــدي العزيز ، يا من علمتنـي العطاء من غير انتظـــار ...

أمـــــي الغالية ، حنانـــك ودعاؤك هما ســـــر وجودي...

زوجـي الحبيب ، لولا تشجيعك ودعمك لما كانت هذه الدراسة...

أولادي علي وسيف و سمـــا ، وأنتم الأمـــل بالغـــــادم ...

أخواتـــــــــــي ، الحاضرات معي في الشـدة والرخاء...

إلـــــى كـــــل من شجعنـــــــــي وساعدنـــــي ...

إليكـــــــــــم أهـــــــدي ثمـــــرة جهـــــدي ...

إيناس

شكـــر وتقديـــر

ربي اشكر فضلك ونعمتك التي أنعمت بها علي لإتمام هذا العمل المتواضع ولا يسعني إلا وأنا أضع اللمسات الأخيرة إلا أن أتقدم بوافر الشكر والتقدير وعظيم الامتنان إلى مشرفتي الأستاذ المساعد الدكتور دنيا علي حسين لمساعدتي وتقديم النصائح القيمة والدعم المعنوي طوال فترة البحث متمنية لها دوام التوفيق والتألق.

وأقدم شكري الجزيل إلى عمادة كلية العلوم ورئاسة قسم علوم الحياة لدعمها وتشجيعها للدراسات العليا كما وأقدم شكري إلى الأستاذ المساعد الدكتور نايف محسن عزيز على توجيهاته ونصائحه والى الاستاذ المساعد الدكتور رياض عدنان في كلية الزراعة لإرشاداته في التحليل الإحصائي لنتائج الدراسة الحالية واشكر الأستاذ الدكتور عقيل عبد الحسين لإرشاداته فيما يخص بعض المفردات اللغوية أثناء كتابة الرسالة ولا يفوتني أن أتقدم بالشكر الجزيل إلى الدكتور رشاد عمران في كلية الزراعة لمساهمته في فحص عيناتي بجهاز مطياف الامتصاص الذري اللهبي.

كما أقدم امتناني إلى كل من سعى إلى تذليل صعوبات العمل ومنهم المدرس مهنا قاسم حبيب والمدرس محمد سالم مويل والمدرس المساعد عادل فاضل عباس وصديقتي وأختي ورفيقة دربي في رحلة الماجستير شيماء عبد الأمير والى زملائي في الماجستير سكينة منتصر وضرغام عباس .

ولا يفوتني أن أتوجه بشكري الجزيل إلى زوجي الحبيب وعائلتي التي ساندتني وتحملتني طيلة فترة دراستي وختاماً اقدم شكري وعرفاني والى كل من قدم لي يد المساعدة وأدعو من الله تعالى أن يوفق الجميع.

إيناس

الخلاصة

أجريت هذه الدراسة مختبرياً بهدف تطبيق تقنية المعالجة النباتية Phytoremediation لأجل التعرف على كفاءة نباتي الشمبلان .*Ceratophyllum demersum* L والشويجة.*Najas marina* L في إزالة عنصري النيكل والرصاص من المحاليل المائية وبتراكيز معلومة بتجارب استمرت 21 يوماً وقدرت بعض التأثيرات السمية على النباتين مقارنة مع أحواض السيطرة للنبات النامي في محلول مائي، اجريت تجربتان لدراسة قدرة النباتين على المعالجة بتجربتي خلط للعنصرين وتجربتين لمعرفة قدرة النباتين على معالجة وتحسين نوعية المياه العادمة المعالجة (الخارجة من حوض الترسيب الثانوي) لمحطة تصفية مجاري حمدان .

تضمنت الدراسة إجراء فحوصات أسبوعية لعينات المياه والنبات ، إذ شملت فحوصات المياه في تجارب العناصر الثقيلة قياس الأس الهيدروجيني وتركيز عنصري النيكل والرصاص المتبقي بالمحلول المائي وحساب كفاءة الإزالة فضلا عن فحوصات النبات الأسبوعية لقياس التركيز داخل النبات وحساب معامل التركيز الحيوي Bioconcentration factor (BCF) وقياس الوزن الطري والجاف وحساب معدل النمو النسبي ونسبة دليل التحمل Tolerance index rate (TIR) وتركيز الكلوروفيل الكلي والنسبة المئوية للبروتين لكل من أحواض التراكيز وأحواض السيطرة .

أظهرت التجارب ارتفاعاً في قيم الأس الهيدروجيني في مياه أحواض النباتين خلال فترة التجربة اذ تراوحت بين 7.8- 8.5 ي أحواض التراكيز لكلا العنصرين مقارنة مع 8.6- 8.9 في أحواض السيطرة لنبات الشمبلان، بينما كانت قيم الأس الهيدروجيني لنبات الشويجة في أحواض التراكيز وأحواض السيطرة بين 7.3-7.4 و7.6-7.7 على التوالي. وبينت النتائج استمرار الانخفاض في تركيز العنصرين المتبقي في المحلول المائي لكلا التجارب المفردة وتجربتي الخلط بزيادة فترة التعرض وكان نبات الشمبلان الأكثر كفاءة في خفض تركيز العنصرين في المحلول المائي ، وان نبات الشويجة لم يتحمل التراكيز العالية لعنصر الرصاص 20 و30 ملغم/لتر بل استمر لمدة 14 يوما فقط ، وبحساب كفاءة الإزالة اتضح إن نبات الشمبلان كان الأكفأ في إزالة عنصري النيكل والرصاص ، اذ تراوحت كفاءة إزالة عنصر النيكل بين 58.11- 79.07 % لكل التراكيز في نهاية التجربة ، بينما كانت كفاءة نبات الشويجة بين 48.34- 57.40 % ، أما كفاءة إزالة عنصر الرصاص كانت بين 52.66- 77 % و59- 68 % لنباتي الشمبلان والشويجة على التوالي، وبينت نتائج تجربتي خلط العنصرين (للكفاءة

الأعلى من التجارب **الأولى)** أن نبات الشمبلان كان الأكفأ في إزالة عنصري النيكـــل والرصـــاص أيضا، اذ كانت 64.90 **و** 63.06 % لنبات الشمبلان بينما كانت 54.98 **و** 60.9 % لنبات الشويجة على التوالي . وأظهرت النتائج إن تركيز العنصرين داخـــــل النبـــات قد ازداد بزيادة فترة التعرض أيضا، وكان نبات الشمبلان الأكثر مراكمةً لعنصري النيكل والرصاص، وعند حساب معامل التركيز الحيوي BCF تراوحت القيم بين 575.5-744 **و** 525.85-738 لعنصري النيكل والرصاص لنباتي الشمبلان والشويجة على التوالي ، بينما كانت 481.51-569.75 **و** 584.93-657.5 لعنصري النيكل والرصاص في نبات الشويجة على التوالي أيضا . وكانت قيم التركيز الحيوي **الأعلى** لنبات الشمبلان أيضاً فقد بلغت 611.16 **و**627 لعنصري الرصاص والنيكل في تجربتي خلط العنصرين .

عند دراسة بعض التأثيرات السمية للعنصرين في نباتي الدراسة وشملت الوزن الطري والنمو النسبي تبين أن نبات الشمبلان كان الأكثر تأثرا بعنصر الرصاص، إذ بلغ معدل النمو النسبي 0.53-0.78 مقارنةً مع أحواض السيطرة بينما كان الشويجة الأكثر تأثرا بعنصر النيكل إذ تراوح 0.72-0.79 مقارنة مع 0.97 في أحواض السيطرة. أما في تجربتي خلط العنصرين فكان نبات الشويجة الأكثر تأثراً في معدل النمو النسبي ، إذ كان 0.67 مقارنة مع 0.96 في أحواض السيطرة ، أما عن نسبة دليل التحمل فكان نبات الشمبلان الأكثر تحملاً في معظم التجارب المفردة وتجربتي خلط العنصرين. كما بينت نتائج الكلوروفيل الكلي والبروتين ان القيم قد انخفضت في أحواض التراكيز للعنصرين لكلا النباتين مقارنة مع أحواض السيطرة للتجارب كلها بتأثير سمية العنصرين .

وأوضحت تجربتي استعمال نباتي الشمبلان و الشويجة لمعالجة وتحسين نوعية المياه العادمة الخارجة من محطة تصفية مجاري حمدان وبعد قياس الصفات الفيزيائية والكيميائية الأولية لنوعية المياه وتعريض النباتين للمياه العادمة الخام (غير المخففة) والتخافيف 1:1 **و**3:1 وبتجربتين مختبرتين استمرت 21 يوما ، بينت النتائج أن نبات الشويجة لم يتحمل نوعية المياه العادمة على عكس نبات الشمبلان الذي تحمل 21 يوما وأزال الملوثات بكفاءة إزالة مختلفة وكانت الكفاءة الأعلى عند التخفيف 3:1، إذ كانت قيم الإزالة للمتطلب الحيوي للأوكسجين 90 % ي أحو اض النبات مقارنة مع 50% في أحواض السيطرة من دون نبات. بينما كانت كفاءة إزالة المتطلب الكيميائي للأوكسجين 47.37 % مقارنة مع 15.79% في أحواض السيطرة. سجلت كفاءة إزالـــة أملاح النترات والفوسفـات الفعـال 50.65 % **و**48.51 % مقارنةً مع 16.30% **و** 13.86% في أحواض السيطرة ، واختزلت العسرة الكلية بكفاءة

وصلت إلى 55.84 %مقارنة مع 17.65 %في أحواض السيطرة دون نبات، وكذلك انخفض تركيز ايوني الكلورايد والصوديوم بكفاءة 40.24 % و15.77 % في كلا أحواض المياه العادمة المحتوية على نبات ومن دون نبات على التوالي. وكانت التأثيرات السمية هي الأكثر عند استعمال نبات الشمبلان لمعالجة المياه الخام غير المخففة مقارنة مع التخفيفين (1:1 و 3:1) وذلك بتأثر الوزن الطري والنمو النسبي والكلوروفيل الكلي والبروتين والتحمل .

وعند تقييم المياه المعالج للطرح للمسطحات المائية باستعمال النموذج الكندي WQI تبين ان التخفيفين كانا جيدان للطرح بينما كانت قيمته حافي marginal للمياه العادمة غير المخففة ، بينما كانت نتائج استعمال النموذج المحور من النموذج المحور WWQI ان المياه المعالجة بنبات الشمبلان لكلا التخفيفين كانتا قليلة الشدة مقارنة مع المياه الخام المعالجة بنبات الشمبلان التي كانت متوسطة الشدة للطرح للمسطحات المائية .

المحتويـــــــــات

الرقم	العنوان	الصفحة
.1	لمقدمة واستعراض المراجع	1
:1.1	مقدمة عامة	1
:2.1	العناصر الثقيلة	3
:1 .2.1	مصادر العناصر الثقيلة	3
:2.2.1	سمية العناصر الثقيلة للنبات	4
:3.2.1	طرائق معالجة المياه الملوثة بالعناصر الثقيلة	5
:1 .3 .2.1	المعالجة التقليدية	5
:2 .3 .2 .1	المعالجة النباتية Phytoremediation	6
:4.2.1	النباتات المائية أداةً للمعالجة النباتية	6
:5.2.1	ميكانيكيات المعالجة النباتية	8
:6.2.1	ميكانيكيات النبات لإزالة العناصر الثقيلة	9
:7.2.1	الرصاص مصادره وسميته	10
:8.2.1	النيكل مصادره وسميته	11
:9.2.1	الدراسات المحلية	12
:10.2.1	الدراسات العالمية	13
:3.1	المياه العادمة Wastewater	19
:1 .3.1	الدراسات المحلية	21
:2 .3.1	الدراسات العالمية	22
.2	مواد العمل وطرائقه	25
:1 .2	الاختبارات الأولية Preliminary test	25
:2.2	جمع النباتات وأقلمتها	25
:3.2	عينات الدراسة	25
:1.3.2	نبات الشمبلان *Ceratophyllum demersum*	25
:2 .3.2	نبات الشويجة *Najas marina*	26
:4.2	العناصر الثقيلة	27
:5.2	تجربتا خلط العنصرين	27

:6.2	المياه العادمة Wastewater	30
:7.2	قياس الصفات الفيزيائية والكيميائية للمياه العادمة	32
:1.7.2	قياس درجة الحرارة والأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية	32
:2.7.2	قياس الأوكسجين المذاب Dissolve oxygen	32
:3.7.2	قياس البيكاربونات HCO_3^-	32
:4.7.2	قياس ايون الكلورايد Cl^-	32
:5.7.2	قياس لنترات NO_3^{-2}	33
:6.7.2	قياس الفوسفات الفعال PO_4^{-3}	33
:7.7.2	قياس ايون الصوديوم Na^+	33
:8.7.2	قياس العسرة الكلية total hardness	33
:9.7.2	قياس ايون الكالسيوم Ca^{+2}	
:10.7.2	قياس ايون المغنيسوم Mg^{+2}	34
:11.7.2	قياس المتطلب الحيوي للأوكسجين BOD_5	34
:12.7.2	قياس المتطلب الكيميائي للأوكسجين COD	34
:13.7.2	هضم عينات المياه لاستخلاص العناصر الثقيلة	35
14:7.2.	حساب كفاءة الإزالة Removal Efficiency	35
:8.2	فحوصات النبات	35
:1.8.2	قياس تركيز العنصر في النبات	35
:2.8.2	حساب معامل التركيز الحيوي Bioconcentration factor	36
:3.8.2	قياس الكتلة الحية (الوزن الطري fresh weight)	36
:4.8.2	قياس الوزن الجاف (Dry weight)	36
:5.8.2	حساب معدل النمو النسبي Relative growth	36
:6.8.2	حساب نسبة دليل التحمل Tolerance Index Rate	36
:7.8.2	قياس المحتوى الكلوروفيل الكلي في الأوراق	37
:8.8.2	قياس نسبة البروتين	37
:9.2	تطبيق دليل نوعية المياه الكندي (Water Quulity Index) و المحور Wastewater Quality Index لتقييم المياه المعالجة بنبات الشمبلان لأغراض الطرح إلى المسطحات المائية	37
:10.2	التحليل الإحصائي	39

.3	النتائج	40
:1.3	العناصر الثقيلة	40
:1.1.3	الأس الهيدروجيني Ph	40
:2.1.3	تركيز عنصري النيكل والرصاص المتبقي بالمحلول المائي	42
:3.1.3	كفاءة الإزالة (%) Removal Efficiency	44
:4.1.3	تركيز عنصري النيكل والرصاص في النبات	45
:5.1.3	معامل التركيز الحيوي Bioconcentration factor (BCF)	47
:6.1.3	الوزن الطري Fresh Weight	48
:7.1.3	النمو النسبي Relative Growth	49
:8.1.3	نسبة دليل التحمل % Tolerance Index Rate (TIR)	50
:9.1.3	الكلوروفيل الكلي Total Chlorophyll	51
:10.1.3	البروتين %	52
:2.3	المياه العادمة	54
:1.2.3	الصفات الفيزيائية والكيميائية للمياه العادمة	54
:2.2.3	كفاءة الإزالة %	57
:3.2.3	التأثيرات السمية	59
:4 .2 .3	دليل نوعية المياه	59
.4	المناقشة	61
:1.4	تجارب معالجة العناصر الثقيلة	61
:2.4	المياه العادمة Wastewater	65
:1.2.4	لتغيرات في الصفات الفيزيائية والكيميائية وكفاءة الإزالة	65
:2.2.4	التأثيرات السمية في النبات	69
:3.2.4	تطبيق دليل نوعية المياه Water Quality Index	70
	الاستنتاجات	72
	التوصيات	73
	المصادر	74
	الملاحق	91

قائمـــــــة الأشكـــــال

الرقم	العنوان	الصفحة
1.	سمية العناصر الثقيلة للنبات	5
2.	النباتات المائية أداةً فعالة في إزالة الملوثات المختلفة	7
3.	مخطط عمل تجارب العناصر الثقيلة	28
4	مخطط عمل تجربتي المياه العادمة	31
5.	معدل الأس الهيدروجيني في احواض التجربة والسيطرة لنبات الشمبلان *C. demersum* بوجود عنصر النيكل	40
6.	معدل الأس الهيدروجيني في احواض التجربة والسيطرة لنبات الشويجة *N. marina* بوجود عنصر النيكل	40
7.	معدل الأس الهيدروجيني في احواض التجربة والسيطرة لنبات الشمبلان *C. demersum* بوجود عنصر الرصاص	41
8.	معدل الأس الهيدروجيني في احواض التجربة والسيطرة لنبات الشويجة *N. marina* بوجود عنصر الرصاص	41
9.	معدل الأس الهيدروجيني في احواض التجربة والسيطرة لنباتي *C. demersum* و *N. marina* بوجود عنصر ي النيكل والرصاص	42
10.	معدل تركيز عنصر النيكل المتبقي بالمحلول المائي في تجربة نبات الشمبلان *C. demersum*	42
11.	معدل تركيز عنصر النيكل المتبقي بالمحلول المائي في تجربة نبات الشويجة *N. marina*	43
12.	معدل تركيز عنصر الرصاص المتبقي بالمحلول المائي لنبات الشمبلان *C. demersum*	43
13.	معدل تركيز عنصر الرصاص المتبقي بالمحلول المائي لنبات الشويجة *N. marina*	43
14.	معدل تركيز عنصر ي الرصاص و النيكل المتبقي بالمحلول المائي لتجربتي نباتي *C. demersum* و *N. marina*	44
15.	معدل تركيز عنصر النيكل في نبات الشمبلان *C. demersum*	45

.16	معدل تركيز عنصر النيكل في نبات الشويجة *N. marina*	46
.17	معدل تركيز عنصر الرصاص في نبات الشمبلان *C. demersum*	46
.18	معدل تركيز عنصر الرصاص في نبات الشويجة *N. marina*	46
.19	عدل تركيز عنصر ي الرصاص و النيكل في نبات الشمبلان *C. demersum*	47
.20	معدل كيز عنصر ي الرصاص و النيكل في نبات الشويجة *N. marina*	47
.21	معامل التركيز الحيوي لعنصر النيكل في نبات الشمبلان *C.demersum* ونبات الشويجة *N. marina*	47
.22	معامل التركيز الحيوي لعنصر الرصاص في نبات الشمبلان *C. demersum* ونبات الشويجة *N. marina.*	48
.23	معامل التركيز حيوي لعنصر ي الرصاص و النيكل في نبات *C. demersum* ونبات *N. marina*	48
.24	معدل درجة الحرارة في بداية التجربة ونهايتها	55
.25	معدل الاس الهيدروجيني في بداية التجربة ونهايتها	55
.26	معدل التوصيلية الكهربائية في بداية التجربة ونهايتها	55
.27	معدل المتطلب الحيوي للاوكسجين في بداية التجربة ونهايتها	55
.28	معدل المتطلب الكيميائي للاوكسجين في بداية التجربة ونهايتها	55
.29	معدل ايون الكلورايد في بداية التجربة ونهايتها	55
.30	معدل املاح النترات في بداية التجربة ونهايتها	56
.31	معدل املاح الفوسفات الفعال في بداية التجربة ونهايتها	56
.32	معدل ايون الصوديوم في بداية التجربة ونهايتها	56
.33	معدل ايون البيكاربونات في بداية التجربة ونهايتها	56
.34	معدل العسرة الكلية في بداية التجربة ونهايتها	56
.35	معدل ايون الكالسيوم في بداية التجربة ونهايتها	56
.36	معدل تركيز ايون المغنيسيوم في بداية التجربة ونهايتها	57
.37	معدل تركيز الرصاص في بداية التجربة ونهايتها	57

قائمـــــــة الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
1.	فئات مقياس دليل نوعية المياه WQI	38
2.	فئات مقياس دليل نوعية المياه WWQI المحور من النموذج الكندي	39
3.	معدل كفاءة إزالة %عنصر النيكل لتجربتي نبات الشمبلان *C. demersum* ونبات الشويجة *N. marina*	44
4.	معدل كفاءة إزالة % عنصر الرصاص لتجربتي نبات الشمبلان *C. demersum* و نبات الشويجة *N. marina*	45
5.	معدل كفاءة الإزالة % لتجربتي نصر ي النيكل والرصاص بوجود نبات *C. demersum* ونبات *N. marina*	45
6.	معدل الوزن الطري بالغرام لتجارب نباتي الشمبلان والشويجة بوجود عنصري النيكل والرصاص بعد 21 يوما من التعرض	49
7.	معدل الوزن الطري لتجربتي نباتي الشمبلان والشويجة بوجود عنصر ي النيكل والرصاص	49
8.	معدل النمو النسبي لتجربتي نباتي *C. demersum* ونبات *N. marina* بعد 21 يوما من التعرض لعنصري النيكل والرصاص	50
9.	معدل النمو النسبي لتجربتي نباتي الشمبلان والشويجة بعد 21 يوما من التعرض لعنصري النيكل والرصاص بتجربتي الخلط	50
10.	معدل نسبة دليل التحمل لتجارب نباتي الشمبلان والشويجة بعد 21 يوما من التعرض لتراكيز عنصري النيكل والرصاص	51
11.	معدل نسبة دليل التحمل % لتجربتي نباتي الشمبلان *C. demersum* والشويجة *N. marina* بوجود عنصر ي الرصاص و النيكل	51
12.	معدل الكلوروفيل الكلي لنباتي الشمبلان *C. demersum* والشويجة *N. marina* بوجود عنصر النيكل والرصاص بالتجارب المنفردة بعد 21 يوما من التعرض للعنصرين	52
13.	معدل الكلوروفيل الكلي لتجربتي نباتي الشمبلان *والشويجة* بوجود عنصر ي النيكل والرصاص	52

14.	معدل البروتين % لتجارب نباتي الشمبلان والشويجة بعد 21 يوما من التعرض لتراكيز عنصري النيكل والرصاص	53
15.	معدل البروتين % في تجربتي نباتي الشمبلان *C.demersum* و الشويجة *N. marina* بوجود عنصري النيكل والرصاص	53
16.	المواصفات الأولية للمياه العادمة الخارجة من محطة حمدان المستعملة بالتجارب	54
17.	كفاءة الإزالة % لملوثات المياه العادمة الخام (بدون تخفيف) بعد 21 يوما من تعريضها لنبات الشمبلان *C. demersum*	57
18.	كفاءة الإزالة % لملوثات المياه العادمة للتخفيف 1:1 بعد 21 يوما من التعريض لنبات الشمبلان *C. demersum*	58
19.	كفاءة الإزالة % لملوثات المياه العادمة للتخفيف 3:1 بعد 21 يوما من تعريضها لنبات الشمبلان *C. demersum*	58
20.	معدل التأثيرات السمية في النبات عند انتهاء تجربة معالجة المياه العادمة	59
21.	نتائج قيم دليل نوعية المياه الكندي وتصنيفها بعد المعالجة بنبات الشمبلان	59
22.	نتائج قيم دليل نوعية المياه الكندي المحور WWQI لتقييم المياه العادمة وتصنيفها بعد المعالجة بنبات الشمبلان	60

قائمـــــــة الصـــور

الرقم	العنوان	الصفحة
1.	نبات الشمبلان *C. demersum*	26
2.	نبات الشويجة *N. marina*	26
3. أ و ب	توضح أحواض تجربة تعريض نبات الشمبلان لعنصر النيكل واحواض السيطرة	29
4.	توضح أحواض تجربة تعريض نبات الشمبلان لعنصر الرصاص ومقدار التأثر الحاصل عليه	29
5. أ و ب	جانب من العمل المختبري يتضمن استخلاص الكلوروفيل قياس الأس الهيدروجيني لأحواض التجربة	29
6. أ و ب	مكان جمع عينات المياه العادمة من حوض الترسيب الثانوي لمحطة تصفية مجاري حمدان	30

المقدمـــــة واستعراض المراجـــع

Introduction and Literature Review

1. المقدمة واستعراض المراجع

1.1: مقدمة عامة

يُعد الماء أهم مقومات الحياة على كوكب الأرض و أهم عوامل استمرارها، ويلعب دوراً مهما في تكوين الترب وتطورها، لذا اكتسب الماء أهمية عظيمة جعلت منه أول العوامل المحددة للحياة وللإنتاج الزراعي والصناعي فقد كان لتوافر المياه العذبة في أرجاء الأرض سبباً في نشوء الحضارات وازدهارها نتيجة قربها من مصادر المياه واندثار العديد منها نتيجة شح المياه وانحسارها(سلامة، 2010).

إن زيادة الكثافة السكانية واتساع العمليات الصناعية والزراعية والتجارية والتقدم التقني والاستعمال غير الرشيد لموارد البيئة ، أدت إلى زيادة كمية الملوثات المطروحة إلى البيئة وهي لا تؤثر على المصادر الطبيعية فقط ولكن تسبب ضرراً كبيرا للأنظمة البيئية التي أصبحت من أكبر التحديات التي يواجهها العالم اليوم(Danh *et al.*, 2009).

عُرف التلوث بأنه أي تغيير في المكونات البيئية الحية واللاحية مما يؤدي إلى الإخلال بتوازنها الطبيعي عن طريق إدخال المواد الملوثة سواء أكانت مواد صلبة أم سائلة أم غازية أم كائنات حية دقيقة أم إشعاعات أم حرارة أم هتزازات تجعل البيئة غير صحية (Stavrianou , 2007).

تمثل مشكلة تلوث المياه واحدة من اخطر المشاكل حول العالم وهي في زيادة مستمرة نتيجة طرح العديد من الملوثات التي تجد طريقها إلى البيئة المائية وتسبب تأثيرات ضارة على البيئة الإنسان و الصحة العامة (سلامة ، 2010).

تتطلب المعالجات التقليدية للعناصر الثقيلة والمياه العادمة عمليات ضخ ومعالجة وحفر وتخلص فضلاً عن إنشاء العديد من الوحدات لإزالة الملوثات المختلفة ، إذ تعد هذه المعالجات مكلفة وغير اقتصادية وتتطلب عملية نصب وصيانة وأيدي عاملة ومتابعة مستمرة فضلاً عن إنتاجها للمخلفات الثانوية الخطرة على البيئة والتي تتطلب معالجتها قبل طرحها إلى البيئة (Mandakini *et al.*, 2016) ، ولذا التجأ الباحثون للبحث عن وسائل بديلة صديقة للبيئة واقتصادية ومفضلة للناس كونها توفر مساحات خضراء و قد تزيل عدة ملوثات باستعمال نبات واحد واقل ضررا واقل إنتاجاً للمخلفات الثانوية وتسمى هذه التقنية المعالجة النباتية التي تساهم في معالجة وتخفيف أو إعادة تأهيل المواقع

الملوثة والمحافظة على استقرارها ، كما يمكن استعمالها لمعالجة المياه السطحية أو الجوفية معاً فضلاً عن معالجة الترب الملوثة (ITRC, 2003).

طُبقت فكرة استعمال النباتات المراكمة للملوثات لأول مرة عام 1983؛ والتي تستعمل نباتات مختلفة تنمو طبيعياً في إزالة أو حجز أو تكسير الملوثات. وبدأ الباحثون باستعمال النباتات المائية والأرضية المختلفة ودراسة قابلية بعض النباتات المائية لعدها مؤشراً حيوياً للملوثات البيئية و واحدة من وسائل المعالجة (Narain *et al.*, 2011).

تمتاز المعالجة النباتية بكونها تقنية طبيعية صديقة للبيئة قليلة التكلفة ؛ إذ توفر 50- 80 % من تكاليف المعالجة التقليدية، وتستعمل طاقة ضوء الشمس ، ولا تحتاج إلى عمليات صيانة وإدامة ومختصين كما وتنتج مخلفات أقل ويمكن إعادة تدويرها فضلاً عن إمكانية استعمال نبات واحد يزيل أكثر من نوع من الملوثات وتتطلب مساحة أصغر مقارنةً مع مساحة وحدات المعالجة التقليدية وتقلل من عمليات التعرية للتربة وتوفر مساحات خضراء(Doty,2008).

أما عن محدداتها فإنها مخصصة لإزالة الملوثات ذات التراكيز القليلة أو المتوسطة وتكون محددة بعمق الجذر وتحتاج إلى وقت أطول من المعالجات التليدية وتتأثر بالعوامل الجوية وإن استعمال النباتات الدخيلة للمعالجة يؤثر على التنوع الحيوي للبيئة (Ghosh and Singh, 2005).

لذا هدفت هذه الدراسة إلى :

1- اختبار كفاءة نباتي الشمبلان والشويجة لإزالة عنصري الرصاص والنيكل من محاليلها المائية المحضرة مختبريا بتراكيز معلومة وإختبار كفاءة النباتين عند خلط العنصرين وقياس نسبة التراكم الحيوي والتحمل.

2- دراسة بعض التأثيرات السمية للعنصرين في النباتين.

3- تقييم كفاءة نباتي الشمبلان *Ceratophyllum demersum* ونبات الشويجة *Najas marina* لمعالجة وتحسين نوعية المياه العادمة المعالجة المطروحة من حوض الترسيب الثانوي من محطة تصفية مجاري حمدان وتقدير كفاءتها في إزالة عنصري الرصاص والنيكل بوجود الملوثات الأخرى.

4- تقييم صلاحيتها لأغراض الطرح للمسطحات المائية والأنهار بعد المعالجة.

2.1: العناصر الثقيلة

يعد التلوث بالعناصر الثقيلة مشكلة بيئية خطيرة فعند وجودها في المياه السطحية كالأنهار والبحيرات والبرك والمستنقعات تؤثر سلباً في الإنسان والبيئة ؛ اذ تسبب العناصر الثقيلة مشاكل صحية للإنسان تتمثل في الإصابة بفقر الدم وتلف الكلى والكبد والدماغ ،والأمراض السرطانية واحتمالية الوفاة عند التعرض لجرعات كبيرة فضلا عن التأثيرات في الأحياء الأخرى والنباتات (Axtell *et al.*, 2003)، وتكمن خطورتها في أنها مواد لا عضوية غير قابلة للتحلل وتتراكم مع الزمن في السلسلة الغذائية وينتج الإسراف في استعمالها و طرحها للبيئة بكميات كبيرة زيادة اهتمام الباحثين والمنظمات لإيجاد السبل الكفيلـة بمعالجتها والسيطـرة على مستوياتها قبل طرحها إلى البيئة (Aboud and Nandini, 2009 و Ruiz *et al.*, 2009 و Wang *et al.*, 2009).

إذ يوجد 90 عنصراً بالطبيعة ، 21 عنصراً منها غير معدنياً و 16 عنصراً منها عنصر خفيف (Light metal) و 53 عنصراً منها عناصر ثقيلة، **وعُرفت** العناصر الثقيلة بأنها عناصر معدنية لها عدد ذري أكبر من 20 وكثافة خمس مرات أعلى من كثافة الماء. وتكون على نوعين ضرورية (Essential) اما كمغذيـات كبرى (Macro nutrient) مثـل النتروجين N ،والبوتاسيـوم K ،والكالسيوم Ca والمغنيسوم Mg أو مغذيات صغرى (Micro nutrient) التي تكون مهمة للعمليات الايضية للنبات ويؤدي نقصانها أو غيابها إلى تقليل الإنتاج والنمو مثل النحـاس Cu و الحديـد Fe ،والمنغنيز Mn و النيكل Ni، والخارصين Zn ،والنوع الآخر غير ضروري(Non essential) للعمليات الايضية للأحياء مثل Cd و Hg و Pb وتكون سامة لها حتى بتراكيزها القليلة (Kunze *et al.*, 2001 و Dushenkov, 2003 و Nagajyoti *et al.*, 2010 و Sood *et al.*, 2011).

2.1. 1: مصادر العناصر الثقيلة

تنتج العناصر الثقيلة من المصادر الطبيعية وبنسبة 80% من مصدرين أساسين هما : عمليات التجوية weathering لقشرة الأرض والفعالية البركانية التي تطلق مستويات عالية من الخارصين Zn^{+2} والرصاص Pb^{+2} والنيكل Ni^{+2} والنحاس Cu^{+2} والزئبق Hg^{+2} وغازات ضارة وسامة أخرى فضلاً عن 10 % تنطلق من حرائق الغابات و10 % للمصادر الطبيعية الاخرى مثل موت الكائنات الحية وبعدها تنطلق بعيدا عن أماكن إنتاجها بفعل عمليات التعرية مثل الرياح وغيرها (Callender, 2003) .

كما تنتج من المصادر البشرية (Anthropogenic Sources) مثل العمليات الصناعية والتعدينية عمليات الصهر والتعدين والفعاليات العسكرية وإنتاج الوقود والمواد الكيميائية والزراعية فضلا عن عمليات حرق الوقود ونواتج محطات توليد الطاقة الكهربائية والنووية كالنحاس والكادميوم والخارصين والنيكل (Jadia and Fulekar, 2009).

كما تلعب المصادر الزراعية دوراً مهماً في تلوث الترب بالعناصر الثقيلة كالكادميوم والنحاس والخارصين والقصدير نتيجة استعمالها المفرط للمخصبات ومبيدات الأعشاب(Zarcinas *et al.*, 2004)، فضلاً عن المخصبات اللاعضوية والفوسفاتية التي تحتوي على تراكيز من الكادميوم والكروم والنيكل والخارصين. وتغني الأسمدة الحيوانية التربة بالمنغنيز والخارصين والنحاس والكوبلت، كما تضيف الحمأة تراكيز من الخارصين والكروم والرصاص والنيكل والكادميوم والنحاس (Nagajyoti *et al.*, 2010) .

2.2.1: سمية العناصر الثقيلة للنبات

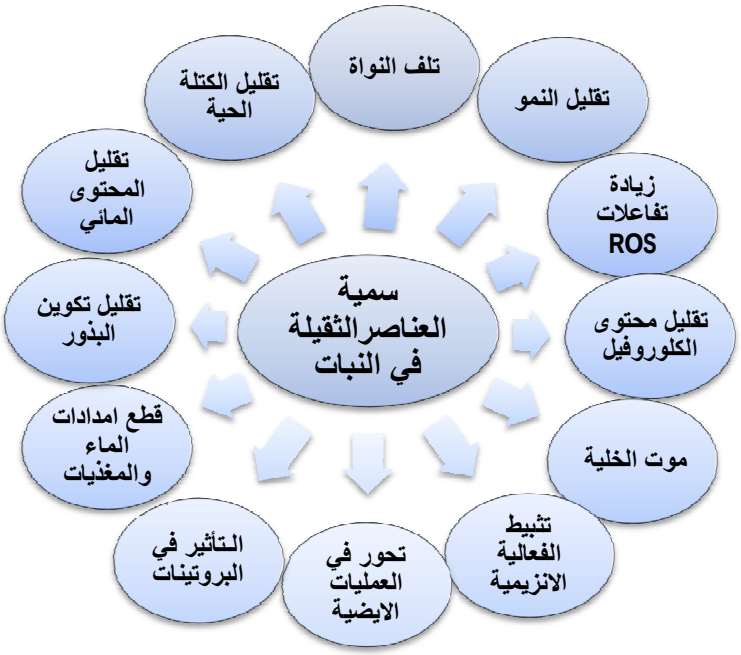
تسبب العناصر الثقيلة تأثيرات سمية وصحية خطيرة للكائنات الحية، تدخل العناصر الثقيلة إلى أنسجة الإنسان والحيوان بواسطة استنشاق الهواء والبلع والتلامس بالجلد (Rajeswari and Sailaja, 2014).

يؤثر العنصر الثقيل في النبات بعد امتصاصه من خلال ثلاث ميكانيكيات تشمل أولاً: المشاركة في التفاعلات الفسيولوجية والبايوكيميائية مما يؤدي إلى التأثير سلباً في النبات من خلال إعاقة النمو الطبيعي عن طريق التأثير على عمليات الامتصاص والنقل وعمليات التصنيع داخل النبات. وثانيا: الاتحاد مع الجزيئات الكبيرة مثل النواة والبروتينات والإنزيمات مما يؤدي إلى الإخلال بالعملية الايضية للنبات ويسبب تثبيط النمو وموت النبات وثالثاً : التداخل مع الفعالية الوظيفية للمكون النباتي كالإنزيم والبروتين مما يؤدي إلى الإخلال بالعملية الايضية أيضاً (Wei and Zhou, 2008).

ترتبط سمية العنصر للنبات بعدة عوامل منها نوع العنصر تركيزه و فترة الزمنية للتعرض و الجزء النباتي المتعرض للعنصر الثقيل وعمر النبات(Dubey, 2011) . ومن ابرز أعراض السمية للعناصر الثقيلة للنبات تثبيط معدل النمو والتأثير على النظام الجذري و اصفرار وتنخر الأوراق وانهيار وتقليل شعيرات الجذر وتغير لونها الى البني الغامق ومن ثم تقلل امتصاص الماء وتقليل الكتلة الحية والتأثير

على عملية البناء الضوئي و التحورات في وظيفـــة الغشاء البلازمي (Heckathorn *et al.*,2004 و Sharma and Dubey 2007 و Dubey, 2011)، وفيما يخص سمية العنصر على المستوى الخلوي هو إنتاج ROS (Reactive oxygen species) التي تعد من التفاعلات الكيميائية تسبب انتاج الجذور الحرة مثل OH و H_2O_2 و O_2 مؤديـــةً إلى إنتاج membrane lipid peroxidation أكسدة البروتينات وتثبيط الفعالية الإنزيمية وتحطيم النـواة وموت الخلية (Gill and Tuteja, 2010 و Gill *et al.*, 2011 و Anjum *et al.*, 2012)

ويوضح الشكل في ادناه التأثيرات السمية للعناصر الثقيلة في النبات



شكل 1 : التأثيرات السمية للعناصر الثقيلة في النبات

1. 2. 3: طرائق معالجة المياه الملوثة بالعناصر الثقيلة

1. 2. 3. 1: المعالجة التقليدية

تشمل عملية إزالة العناصر الثقيلة من المياه عدة تقنيات فيزيائية وكيميائية مثل الترسيب والتبادل الأيوني وجهد الأكسدة والاختزال والترشيح والاستخلاص بالمذيبات والتناضح العكسي والادمصاص بالكاربون المنشط . وتعد هذه المعالجات مكلفة وغير اقتصادية وتتطلب عمالة وتنصيباً وصيانة ومتابعة مستمرة وتنتج ملوثات ثانوية يجب إيجاد وسائل آمنة للتخلص من آثارها الضارة وتكون محددة بإزالة تراكيز معينة من العناصر ذات القيم الواطئة (Mandakini *et al.*, 2016).

1. 2. 3. 2: المعالجة النباتية Phytoremediation

عمد الباحثون إلى إيجاد وسائل جديدة للمعالجة وصديقة للبيئة ورخيصة ومنها تطبيق تقنية المعالجة النباتية لإزالة الملوثات البيئية .

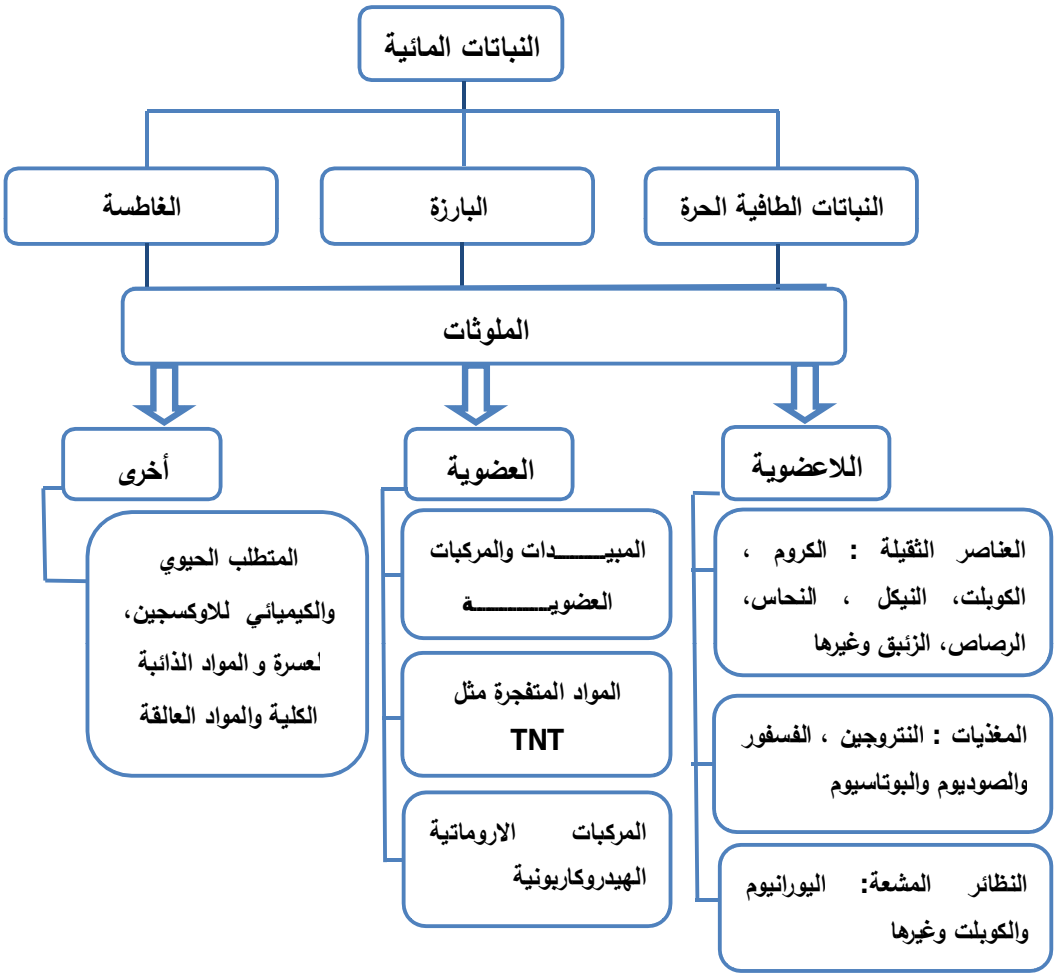
تُعرف العملية بأنها تقنية استعمال النباتات والأحياء المجهرية المرافقة لها في إزالة أو حجز أو تكسير الملوثات من الترب والمياه والرواسب معتمدة على قدرة النبات الفريدة في اخذ الملوثات من قبل النظام الجذري أو أجزاء النبات الأخرى، إذ تضم عمليات النقل والتراكم الحيوي والقابلية على تحليل الملوثات اذ يقسم مصطلح phytoremediation إلى جزئين هما : phyto تعني نبات، والمقطع الثاني remediation تعني معالجة(Stephenson and Black 2014 و Sharma and pandey, 2014)

2.1. 4: .: النباتات المائية أداةً للمعالجة النباتية

تُعرف النباتات المائية بأنها النباتات التي تعيش في الماء أو بالقرب منه، وتقسم إلى نباتات مائية غاطسة وطافية وبارزة. تعد النباتات المائية أداةً فعالة في المعالجة النباتية لإزالة العناصر الثقيلة كونها عوامل حية (bio agent) متوافرة في المسطحات المائية تمتاز بسهولة نقلها و جمعها فضلا عن تماسها المباشر مع الماء لذا تزداد قابلية امتصاصها للملوثات المختلفة (Rai, 2008). ويتميز النبات المستعمل في المعالجة النباتية بكونه متحملاً للظروف البيئية لجوية ويتحمل التراكيز الضارة وبأنه ذو معدل عالٍ من البناء الضوئي ومقاوم للأمراض والآفات وسهل الحصاد والازالة ,ان يكون متوطناً في البيئة .

(Baker and Whiting,2002 و Rajakarunam *et al.,* 2006 و2014 ,. Roy *et al.*).

يوضح الشكل 2 إمكانية النباتات المائية لتخليص البيئة من مختلف الملوثات .



شكل 2: النباتات المائية أداةً فعالة في إزالة الملوثات المختلفة (Dhir (2013

و تقسم النباتات حسب سلوكها التراكمي إلى أربع مجاميع اعتماداً على Rascio and Navari-Izzo (2010):

1- غير المتخصص (Non Specialist أو Ordinary)

نبات يمكنه البقاء في البيئة الملوثة بالعناصر الثقيلة وقادر على تحمل المستويات القليلة من العنصر ولكنه لا يمتلك الميكانيكية المتخصصة لإزالته أو التقليل منه عند زيادة تركيزه في البيئة.

2- المؤشر الحيوي Bioindicator

نبات شديد الاحتمال يمكنه تحمل مستويات أكبر مقارنةً مع غير المتخصص ويعكس تراكم العنصر في أنسجته ويعطي إشارة لوجود أو عدم وجود التلوث .

3- مانعات العنصر Metal Excluder

نبات مقاوم لتلوث العنصر الثقيل يمتلك ميكانيكيات يمنع من خلالها دخول ووصول ايون العنصر الثقيل إلى عملياته الايضية حتى وان كانت ضمن المستويات السامة .

4- المراكم المفرط Hyperaccumulators

نبات يمكنه امتصاص كميات كبيرة من العناصر الثقيلة في أنسجته دون ظهور أعراض السمية وبذلك يعد النبات المثالي للمعالجة النباتية ,الذي لا يعتمد على توافر العناصر الثقيلة في البيئة و الصفات الجينية داخل النبات نفسه فقط ولكن يعتمد على الأحياء المجهرية المرافقة له أيضا كالفطريات والبكتريا المتواجدة في المنطقة الجذرية، ويمتاز النبات المراكم المفرط بإمكانية مراكمة العناصر مئة مرة أكثر من النباتات غير المراكمة وبكميات قد تكون سامة للنبات غير المتخصص والمؤشر الحيوي ومانعات العنصر.

2.1. 5: ميكانيكيات المعالجة النباتية

1- الانتزاع النباتي Phytoextraction : ميكانيكية يستعملها النبات لإزالة الملوثات اللاعضوية كالعناصر والنظائر المشعة من الترب والرواسب والحمأة من خلال الامتصاص بواسطة النبات وحجزها وانتقالها وتراكمها في الأجزاء العليا ويتم التخلص منها بحصاد النبات لإزالة الكتلة الحية الملوثة وتعالج بالحرق والطمر الصحي أو باستخلاص العناصر من النبات. وتمتاز بكونها اقتصادية وغير مكلفة (Van Nevel *et al.*, 2007 و Yanai *et al.*, 2006).

2- التكسير النباتي Phytodegredation : هي تقنية استعمال النبات والأحياء المجهرية المرافقة لها لامتصاص وتكسير المركبات العضوية بمساعدة الجذر لإزالة سمية ملوثات التربة العضوية والحمأة والرواسب والمياه الجوفية والسطحية بفعل الإنزيمات المنتجة داخل النبات(Pivetz, 2001 و Garbisu and Alkorta, 2001).

3- **التكسير الجذري Rhizodegredation** : ميكانيكية تكسر وتحلل الملوثات العضوية في التربة أما بواسطة الادمصاص على سطح الجذور أو الامتصاص من قبل الجذور وفيها تتكسر الملوثات العضوية عن طريق زيادة فعالية الأحياء المجهرية في المنطقة الجذرية التي تعد غذاءً لها ونواتج التكسير مصيرها

أما التطاير أو تتأيض داخل الأحياء المجهرية في المنطقة الجذرية(Saxena and Mishra, 2010).

4- **التطاير النباتي Phytovolatilization** : طريقة تُمتص فيها ملوثات التربة القابلة للتطاير مثل الزئبق Hg والسلينيوم Se من قبـــل النبات وتنطلق الى الغلاف الجوي بعمليات نتح النبات (Karami and Shamsuddin, 2010)، هدفها إزالة الملوثات من التربة وتكسيرها وانتقالها إلى داخل النبات وتحويلها الى مركبات قابلة للتطاير (USEPA, 2000) ومن مميزاتها تحول الملوثات إلى مركبات أقل خطورة ومحدداتها يبقى جزء من الملوثات داخل النبات .

5-**التثبيت النباتي Phytostablization** : ميكانيكية تحجز أو تقلل توافر الملوثات من الترب والرواسب من خلال ترسيبها أو تقييدها وشل حركتها وحجزها بالتربة في المنطقة الجذرية أما على سطحه أو داخله ومنع ترشحها إلى المياه الجوفية . ومميزاتها إنها لا تحتاج إلى حصاد النبات وإن وجود النبات يقلل تعرية التربة وهي فعالة عندما يكون الهدف حماية المياه الجوفية والسطحية من التلوث. ومحدداتها إنها تبقي الملوثات في التربة وتتطلب المتابعة المستمرة لمعرفة مستويات الملوثات فيها.

(Ahmadpour *et al*., 2012 وJadia and fulekar , 2009)

6-**الترشيح الجذري Rhizofilteration**: تقنية تمتص وتركز وتزيل الملوثات اللاعضوية كالعناصر من المياه الملوثة السطحية والعادمة ذات التراكيز الواطئة بواسطة النباتات وبهذه الطريقة تمتص وتدمص الملوثات بواسطة جذور النباتات وقليلا ما تنتقل إلى أجزاء النبات الأخرى وتمتاز بأنها يمكن تطبيقها داخل الموقع Insitu أو خارجه Exsitu ومحدداتها يحتاج النبات الى النمو بظروف البيت الزجاجي وضبط الأس الهيدروجيني إلى القيمة المناسبة لنمو النبات (Ensley, 2000 و Ghosh and Singh,2005).

1. 2. 6: ميكانيكيات النبات لازالة العناصر الثقيلة

يستعمل النبات ميكانيكيات الإزالة الآتية اعتمادا على Revathi and Venugopal (2013):

1- الادمصاص adsorption : يعد سطح الجذر هو الأساس بأنه يمتص المغذيات و العناصر التي تربط الملوثات إذ يحصل تفاعل بين جذور النبات والوسط الذي توجد فيه الملوثات مما يؤدي إلى امتصاصها بواسطة الجذر .

2- **التراكم والنقل Accumulation and transportation :** تلعب البروتينات والببتيدات الناقلة دورا في هذه العملية التي تزيد من ربط العنصر بالنبات ويمكن أن تحسن تحمل العنصر والتراكم وهناك بعض العوامل المساعدة مثل المواد الكلابة chelating agent المضافة إلى الماء أو التربة التي تساهم وتزيد من التوافر الحيوي والامتصاص والنقل للعناصر الثقيلة .

3- **النقل Translocation :** بعد امتصاص خلايا الجذر العناصر الأيونية تنقلها إلى الأجزاء العليا من النبات وللغشاء الناقل دور أساسي في هذه العملية.

4- **إزالة السمية Detoxification :** تمتلك النباتات المراكمة خاصية كبيرة وفعالة لإزالة السمية ولحجز الملوثات دون إظهار السمية نتيجة لادمصاص كميات كبيرة من العناصر الثقيلة وحجزها في الفجوات التي تمثل المكان لخزن العناصر الثقيلة داخل انسجة النبات وهذا الحجز هو الطريقة الأولى للسيطرة لأجل مقاومة تأثيرات العنصر الضارة والحفاظ على أجزاء النبات الأخرى والطريقة الثانية في إزالة السمية هي التطايرية أي تحول العناصر داخل النبات إلى أشكال اقل خطورة وسمية وتطرح بعمليات نتح النبات إلى الغلاف الجوي.

5- **التراكم المفرط Hyperaccumulation :** يتركز العنصر في الكتلة الحية للنبات .

1. 7.2: : الرصاص مصادره وسميته :

هو عنصر معدني عدده الذري 82 وكتلته الذرية 207.2 وكثافته 11.4 غرام/سم^3 ويتحد مع الكبريت لينتج كبريتيد الرصاص PbS وكبريتات الرصاص $PbSO_4$ ، ويتحد مع الاوكسجين ليعطي كاربونات الرصاص $PbCO_3$ وهو مكون من مكونات قشرة الأرض بمعدل 10-30 غرام/ كغم، وتعد اكاسيد وهيدروكسيد الرصاص أهم أشكال ايون الرصاص الثنائي Pb^{+2} الأساسية التي تنطلق من التربة والمياه الجوفية والمياه السطحية وتمثل الأشكال المستقرة له، كما ويعد اوكسيد الرصاص PbO_2 من العوامل المؤكسدة القوية (WHO, 2001 و Tangahu *et al.* ,2011).

ينبعث الرصاص من العديد من المصادر كعمليات صهر وتعدين العناصر وصناعات الأصباغ والسمكرة وكمحسن للبنزين والكازولين، وعمليات تكرير النفط ومن الحمأة المنشطة للمياه العادمة وتغليف الأسلاك العنصرية والذخيرة الحربية وأنابيب المياه PVC وصناعة الخزف وفي صناعة البطاريات وكثقل لإبقاء شبكة صيد الأسماك تحت الماء (Rajeswari and Sailaja, 2014).

يعد الرصاص من العناصر السامة على التربة والماء ويؤثر سلباً في الشكل المظهري والنمو وعمليات البناء الضوئي للنبات ويثبط تكوين البذور والتكاثر عن طريق تداخل الرصاص مع عمل الإنزيمات الضرورية، كما يثبط نمو الجذر والاستطالة للساق ويسبب تنخر (necrosis) واصفرار الأوراق (chlorosis) ويؤثر الرصاص سلباً في النمو إنتاج الكتلة الحية وفي عملية البناء الضوئي بتأثير تثبيط الفعالية الانزيمية للكاربوكسيل. وتسبب التراكيز العالية من الرصاص تثبيط الفعالية الانزيمية وتقليل المحتوى المائي داخل الخلايا النباتية والتحويرات على نفاذية الغشاء البلازمي ويعوق عمليات التغذية للنبات (Reddy *et al.*, 2005 و Sharma and Dubey 2007).

2.1. 8 : النيكل مصادره وسميته

عنصر انتقالي لونـــه فضي– أبيض عدده الذري 28 والوزن الذري لـه 58.71 وكثافته 8.9 غرام/ سم^3 ويوجد بصورة النيكل الثنائي Ni^{+2} ويعد من العناصر الأكثر وفرة بالبيئة في المياه السطحية كالجداول والأنهار والبحيرات وعنصر مهم لتغذية النبات عند التراكيز القليلة ويوجد في الغلاف الجوي ذائباً بصورة كبريتات النيكل $NiSO_4$ ،اوكسيد النيكل NiO ، قدرت منظمـــة الاوشا وجـود النيكل بقيمة 1 ملغم/ م^3 (Wani *et al.*,2017).

يستعمل النيكل في العديد من الفعاليات البشرية كالعمليات الصناعية والتعدينية مثل صناعة البطاريات والأصباغ والسيراميك ،الطلاء الكهربائي ،المخصبات الزراعية الفوسفاتية والمبيدات وينتج من حرق الفحم والنفط والحمأة ومن عمليات التآكل للغوارق البحرية والنهرية (Nagajyoti *et al.*, 2010).

يؤثر النيكل في أنواع النباتات المختلفة بشكل سلبي يتمثل في تقليل محتوى الكلوروفيل والنتيروجين والفعالية الإنزيمية، فضلاً عن تأثيراته الأخرى كالاصفرار وتنخر الأوراق والتأثير في النمو الجذري وتقليل الكتلة الحية والوزن الطري والجاف (Singh and Pandey,2011 و Kazemi *et al.*, 2010).

2.1. 9: الدراسات المحلية

درس المياح والاسدي (2012) قدرة بعض النباتات المائية على مراكمة الملوثات داخل أنسجتها بعد تعرضيها لتراكيز مختلفة من عناصر الكادميوم Cd و الكوبلت Co والحديد Fe ولمدة خمسة أسابيع باستعمال نباتي الشمبلان *Ceratophyllum demersum* وزعتر الماء *Hydrilla verticillata* .بينت النتائج أن نبات *H. verticillata* كان أكثر كفاءة في سحب ومراكمة العناصر الثقيلة داخل أنسجته مقارنةً مع نبات *C. demersum* ، كما أن نبات الشمبلان كان أكثر تأثرا في معدل النمو ومحتوى الكلوروفيل و البروتين والكتلة الحية.

بينت Al-Saadi *et al*. (2013) تأثير عنصري النحاس Cu والفضة Ag في بعض أنواع نبات *Potamogeton* عند تعرضه لتراكيز مختلفة من العنصرين مدة 21 يوماً، وأشارت النتائج أن التراكم الحيوي لعنصري النحاس والفضة ازداد طردياً مع زيادة فترة التعرض وشمل التأثير كل من محتوى الكلوروفيل والبروتين والكتلة الحية، كما بينت المقاطع التشريحية تغيرات في الأوراق والسيقان.

كرت صالح و حمود (2014) تأثير عنصر الزئبق في الحالة الفسلجية لبعض النباتات المائية الشمبلان *C. demersum* وذيل العتوي *Myriophyllum verticillatum* والقصب *Phragmites australis* وذيل الفرس *Potamogeton perfoliatus* في تجربة مختبرية استمرت مدة 13 يوماً؛ بتعريض النباتات الى تراكيز مختلفة من عنصر الزئبق الممزوجة مع المياه العادمة الصناعية المطروحة من شركة الفرات العامة للصناعات الكيميائية، أظهرت النتائج ارتفاعا في تركيز عنصر الزئبق في أنسجة النباتات وبشكل متباين فضلا عن ظهور التأثيرات في النباتات ومنها تقليل محتوى الكلوروفيل والبروتين والكاروتين مقارنة مع عينة السيطرة .

شار ت Al-Rubaie and Al-Kubaisi (2015) إلى قابلية نباتي زهرة النيل *Eichhornia crassipes* والشمبلان *C. demersum* في إزالة الرصاص Pb عند تراكيز مختلفة وبتجربة مختبرية استمرت 28 يوما وقدرت كفاءة الإزالة من المحلول المائي وبينت النتائج كفاءة النباتين في معالجة المياه الملوثة بالرصاص.

اكدت Abdul-Alghaffar and Al-Dhamin (2016) كفاءة نبات زعتر الماء *Hydrilla verticillata* في مراكمة عنصري الكروم Cr والنحاسCu ولمدة 14 يوما لكلا المحلولين، بينت النتائج أن نبات زعتر الماء كان أكثر كفاءة في إزالة عنصر الكروم.

2.1. 10: الدراسات العالمية

درس Miretzky *et al.* (2004) قابلية نباتات خس الماء (water lettuce) *Pistia stratiotes* وعدس الماء *Spirodela intermedia* وعدس الماء *Lemna minor* في إزالة عناصر الحديد Fe و النحاس Cu والخارصين Zn والمنغنيز Mn والكروم Cr والرصاص Pb في تجربة مختبرية استمرت مدة 15 يوماً بتعريض النباتات إلى تراكيز مختلفة من العناصر، وأظهرت النتائج أن كفاءة الإزالة لكل النباتات كانت بنسب عالية ، كما أظهرت أن نبات *L. minor* لم يستطع البقاء تحت ظروف التجربة إلى نهاية التجربة.

درس Sridhar *et al.* (2005) دور نبات الخردل الهندي *Brassica juncea* في امتصاص ومراكمة عنصري الخارصين Zn الكادميوم Cd بتجربة مختبرية استمرت مدة 16 يوماً ، فقد درسوا التراكم الحيوي و التغيرات التشريحية باستعمال المجهر الضوئي والالكتروني ، ولوحظ ازدياد التراكم للعنصرين في أجزاء النبات مع زيادة مدة التعرض ، وأظهر المجهر الالكتروني التغيرات في الجذور والسيقان وتحطيم الخلايا البرنكيمية وتقليل محتوى النشا Starch عند التراكيز العالية من الخارصين. وتمثلت التغيرات المظهرية والفسيولوجية للنبات المعرض لتراكيز الخارصين بتقليل المحتوى المائي والوزن الجاف ومعدل ارتفاع النبات. بينما أظهرت لتراكيز العالية من الكادميوم تغيرات في الجذور والسيقان فقط .

درس Mishra and Tripathi (2008) قابلية ثلاثة أنواع من النباتات المائية خس الماء *Pistia stratiotes* وعدس الماء *Spirodela polyrrhiza* وزهرة النيل *E. crassipes* في إزالة عناصر الحديد Fe والخارصين Zn والنحاس Cu والكروم Cr والكادميوم Cd عند تعريضها لتراكيز مختلفة من محاليلها المائية، وأظهرت النتائج أن نبات زهرة النيل كان أكثر كفاءة لإزالة العناصر الثقيلة يليه *P. stratiotes* وبعدها *S. polyrrhiza* و كان التراكم داخل النبات دون ظهور أعراض سمية أو تقليل معدل النمو .

بين Umebese and Motajo (2008) كفاءة نبات الشمبلان في مراكمة وتحمل تأثيرات عناصر الالمنيوم والنحاس والخارصين في تجربة استمرت 15 يوما وباستعمال تراكيز مختلفة من هذه العناصر، أظهرت النتائج أن عنصر الألمنيوم عزز المحتوى الكلوروفيلي في الأيام الستة الأولى بينما المعاملات الأخرى بالعناصر أظهرت انخفاضاً في محتوى الكلوروفيل كما وضحت النتائج ان هذه النباتات ليست مراكمات مفرطة للعناصر المدروسة .

وضح Dogan *et al.* (2009) تأثير تراكم عنصر الرصاص Pb في محتوى الكلوروفيل والبروتينات وحامض الاسكوربك والبروتين باستعمال نبات *Elodea canadensis* ، بينت النتائج ان تراكم عنصر الرصاص ازداد طردياً مع زيادة تركيز العنصر وازداد جهد الأكسدة oxidative stress كما تأثر محتوى الكلوروفيل والبروتين بشكل ملحوظ كرد فعل لتقليل إزالة سمية الرصاص.

درس Singh *et al.* (2010) قدرة نبات *Najas indica* على مراكمة عنصر الرصاص عند تعريضه لتراكيز مختلفة في تجربة مختبرية استمرت 7 يوم. وأظهرت النتائج زيادة في (MDA) Malondialdehyde والتوصيلية الكهربائية ومحتوى بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 استجابة لاجهاد العنصر وكذلك التأثير في فعالية الإنزيمات والبرولين وظهرت أعراض السمية بعد 4 يوم للتركيز 5 µm/l واصفرار الأوراق واثبت قدرته على تراكم وتحمل سمية العنصر.

بين Aisien *et al.* (2010) قدرة نبات زهرة النيل *Echhornia crassipes* في إزالة عنصر الكادميوم Cd والرصاص Pb والخارصين Zn عند تعريضه لتركيز 5 ملغم/لتر عند اس هيدروجيني مختلف في تجربة مختبرية استمرت 6 أسابيع وبحصاد نبات أسبوعي ، بينت النتائج أن كفاءة الإزالة كانت أسرع وأكبر في الأسبوعين الأول والثاني واستمرت لحين وصول النبات إلى حالة الإشباع وان التراكم في الجذور ازداد مع زيادة الأس الهيدروجيني باتجاه القاعدية.

وفي دراسة أجراها Khellaf and Zerdaoui (2010) لتقدير كفاءة إزالة وتأثير عنصر النحاس في نمو نبات عدس الماء *Lemna minor* عند تعريض النبات لتركيزين مختلفين، وضبط الأس الهيدروجيني عند 6.1 كونه الملائم لنمو عدس الماء ، أظهرت النتائج أن نمو النبات تأثر سلباً وسبب تثبيط نموه عند تركيز اكبر من 0.3 ملغم/ لتر وعند 0.2 ملغم/ لتر كانت إنتاج الكتلة الحية أكبر أربعة أضعاف عن الكتلة الحية الابتدائية. وبينت نتائج تحليل العنصر أن النبات أزال 26% فقط من النحاس مسبباً تقليل النتح بينما ازدادت عملية البناء الضوئي.

أشار Dhabab (2011) إلى كفاءة نبات عدس الماء *Lemna* minor في إزالة بعض العناصر الثقيلة كالحديد Fe والنحاس Cu والخارصين Zn والرصاص Pb بتعريض النبات الجاف إلى تراكيز محضرة مختبرياً ، وضبط قيمة الاس الهيدروجيني ومعدل البقاء والتركيز . وأوضحت النتائج أن قابلية الإزالة تزداد عند أس الهيدروجيني بتراوح من 2 إلى 8 وبزمن من 60- 90 دقيقة وبوزن 1.5 غرام من النبات في خليط بتركيز 50 ملغم/ لتر .

بين Shaikh and Bhosle (2011) التركيز الحيوي لعنصر الكروم Cr باستعمال نباتي زعتر الماء *Hydrilla sp.* ونبات الطحالب الكارية *Chara sp.* بتجربة مختبرية استمرت سبعة أيام ، إذ بينت النتائج كفاءة النباتين في أعلاه في إزالة عنصر الكروم بنسب عالية .

وضحت Abdallah (2012) دور النباتات المائية في معالجة العناصر الثقيلة في الأراضي الرطبة الطبيعية والمصنعة من خلال دراسة قابلية نباتي الشمبـــلان *Ceratophyllum demersum* وعدس الماء *Lemna gibba* في إزالة عنصري الرصاصPb والكروم Cr عند تعريض النباتين إلى أربعة تراكيز مختلفة لكل عنصر في تجربة مختبرية استمرت 12 يوماً . أوضحت النتائج أن نبات *L. gibba* كان الأكثر كفاءة في إزالة العنصرين ودون إظهار آثار سمية.

أوضح Khang *et al.* (2012) قدرة نبات الشمبلان *C. demersum* على إزالة عنصر الارسنك As عند تعريضه لتراكيز مختلفة محضرة مختبريا ، وأوضحت النتائج أن النبات يتحمل تركيز العنصر لمدة 24 و48 ساعة دون ظهور أعراض سمية وبعدها بدأت الكتلة الحية تقل بوضوح وظهرت أعراض اصفرار نتج عنه تقليل قابلية التراكم .

أكد Chorom *et al.* (2012) إزالة عنصر النيكل باستعمال نبات الشمبلان *C. demersum* عند تعريض النبات لتراكيز مختلفة، في تجربة استمرت أسبوعين. أظهرت النتائج انه نبات فعال يمكن استعماله في معالجة المياه العادمة الصناعية.

درس Thilakar *et al.* (2012) التراكم الحيوي لعنصري الكروم والنحاس باستعمال نبات خس الماء *Pistia stratiotes* والغزيزة *Salvinia natans* بتعريض النبات لتراكيز مختلفة من العنصرين في تجربة مختبرية استمرت عشرة أيام و أثبتت النتائج كفاءة استعمال النباتين في المعالجة النباتية للمياه الملوثة.

أشار Abdussalam *et al.* (2013) إلى استجابة وقابلية تراكم نبات *Boerhavia diffusa* للعناصر الثقيلة كالكادميوم Cd والكروم Cr والزئبق Hg والرصاص Pb في تجربة مختبرية استمرت 21 يوماً في محلول مغذي يحتوي على التراكيز المطلوبة من هذه العناصر، مع ملاحظة التغيرات المظهرية في النمو والبقاء وطول الجذر والساق وحساب دليل التحمل Tolerance index بين المعاملات. وأظهرت النتائج كفاءة النبات في إزالة العناصر بنسب مختلفة .

أشار Andresen *et al.* (2013) في دراسته إلى استراتيجيات وميكانيكيات تحمل ومقاومة نبات الشمبلان *Ceratophyllum demersum* لعنصر الكادميوم بتراكيز مختلفة وباستعمال تقنية X ray لمعرفة نمط توزيع عنصري الكادميوم والخارصين، وأظهرت النتائج أن بعض التراكيز كان ذات سمية معتدلة وبعضها الأخر كان ذا سمية عالية وأثرت في العمليات الايضية.

وضح Abubakar *et al.* (2014) فعالية نبات خس الماء *Pistia stratiotes* كأداةً معالجة عند تعريضها لتراكيز مختلفة من عنصر الكروم Cr والرصاص Pb و النيكل Ni في تجربة مختبرية استمرت ثلاثة أسابيع، بينت النتائج أن هناك فروقاً معنوية بين التراكيز، وأن امتصاص النيكل كان الأعلى ودون ظهور أعراض سمية واضحة.

درس Basile *et al.* (2014) قابلية الإراكم والتغيرات والتأثيرات السامة في الخلايا نتيجة لتعرض للكادميوم والرصاص والخارصين والنحاس لنباتي *Leptodictyum riparium* وعدس الماء *Lemna minor* فضلا عن اختبار قابلية هذه النباتات في امتصاص العناصر من الماء تحت الظروف المختبرية. وبينت النتائج أن النباتات أثبتت فعالية في مراكمة العناصر وأن *L. riparium* هو الأكثر مقاومة وتحمل وأكثر فاعلية في تراكم النحاس والخارصين والرصاص، بينما عدس الماء *Lemna minor* هو الأكثر فاعلية في تراكم الكادميوم، وأن عنصر الكادميوم كان الأكثر سمية يليه الرصاص ثم النحاس ثم الخارصين.

أشار El-Khatib *et al.* (2014) في دراستهم إلى قابلية التحمل وتراكم عنصر الرصاص Pb في نباتي الشمبلان *Ceratophyllum demersum* وذيل العتوي *Myriophyllum spicatum* بتأثير تعريض النباتين لتراكيز مختلفة في تجربة مختبرية استمرت 7 أيام مقارنة مع حوض السيطرة المحتوي على نبات دون تركيز ، وأظهرت النتائج أن التراكم الأعلى كان لنبات الشمبلان *C. demersum* مع ظهور علامات السمية في تصنيع الصبغة والتأثيرات المظهرية كالاصفرار بعد 7 أيام. كما بينت النتائج تقليل في محتوى الكلوروفيل والبرولين عند التراكيز الواطئة ، كما أظهرت البروتينات مدى تحمل النباتات تحت إجهاد عنصر الرصاص ، وأثبتت فاعلية النباتين لتراكم عنصر الرصاص مع قابلية التحمل إمكانية عدها مؤشراً حيوياً للتلوث بعنصر الرصاص .

أكد Das *et al.* (2014) في دراستهم كفاءة نبات خس الماء Water Lettuce *Pistia stratiotes* في ازالة عنصر الكادميوم Cd عند تعريض النباتين لتراكيز مختلفة من العنصر

الثقيل في تجربة مختبرية استمرت 21 يوماً، وقدرت تراكيز الكادميوم في الجذور و لجزء الخضري وحُسب معامل التركيز الحيوي Bioconcentration factor (BCF) ومعامل الانتقال translocation factor وكفاءة الانتقال translocation efficiency. بينت النتائج أن النباتين تحملا التراكيز العالية ولكن لوحظ انحدار في الكتلة الحية للجذور والأجزاء الخضرية كما أوضحت النتائج كفاءة النبات في إزالة الكادميوم .

اكد Swain *et al.* (2014) دور نبات زهرة النيل *Eichhornia crassipes* في معالجة عنصري النحاس Cu و الكادميوم Cd عند تعريض النبات لتراكيز مختلفة من العنصرين في تجربة مختبرية استمرت 25 يوماً. وأظهرت النتائج أن النبات تأثرت كتلته الحية، وأزيلت التراكيز بنسب عالية وصلت إلى 90% وكانت الأسرع عند الأيام الخمسة الأولى، وازداد تراكم العنصرين في الجذور والسيقان فكان التراكم الأعلى للكادميوم بالجذور وكان التراكم الأعلى للنحاس في السيقان. وكان معامل التراكم الحيوي Bioconcentration factor (BCF) للنحاس أعلى من الكادميوم خلال مدة التعرض نفسها لذا استنتجت التجربة أن قابلية تراكم النحاس كانت أكثر من الكادميوم لذا يمكن استعماله في معالجة المياه الملوثة بالعنصرين في التراكيز الواطئة.

في دراسة أجراها Syuhaida *et al.* (2014) اشاروا الى قابليـــــة نباتي water mimosa و water hyacinth في معالجة إزالة عناصر الرصاص Pb والنحاس Cu والكادميوم Cd عند تعريض النباتين إلى تراكيز مختلفة في تجربة مختبرية استمرت 10 أيام. بينت النتائج أن نبات water mimosa كان الأقل في امتصاص ومراكمة هذه العناصر، وكان التراكم أعلى في منطقة الجذر ولكلا النباتين .

وأشار Chen *et al.* (2015) إلى قابلية التراكم الحيوي وتحمل نبات الشمبلان *C. demersum* تراكيز مختلفة من عنصر الرصاص في تجربة مختبرية استمرت 21 يوما، وأظهرت النتائج زيادة تراكم الرصاص مع زيادة التراكيز وزيادة فترة التعرض كما بينت النتائج تأثر محتوى البروتين والكتلة الحية استجابة لإجهاد العنصر. وأشارت النتائج إلى ميكانيكيات دفاع النبات لإجهاد عنصر الرصاص للفعالية الإنزيمية وقدرته على التحمل أيضا .

درس Shafi *et al.* (2015) كفاءة نبات *Azolla pinnata* لإزالة عناصر النحاس والرصاص والكروم والكادميوم والخارصين بعد تعريض النبات لتراكيز مختلفة في تجربة مختبرية استمرت عشرة أيام وأشارت النتائج إلى أن نبات *A. pinnata* كفوء في مراكمة العناصر الثقيلة ويمكن استعماله في معالجة المياه العادمة الملوثة بالعناصر الثقيلة.

وضح Dogan *et al*. (2015) قابليـــة نباتات الشمبـلان *Ceratophyllum demersum* ،البربين البري *Bacopa monnieri* و*Rotala rotundifolia* في مراكمة عنصر الكادميوم عند تعريضهم لتراكيز مختلفة محضرة في تجربة مختبرية استمرت 12 يوماً. أظهرت النتائج أن نبات *R. rotundifolia* هو الأكثر مراكمة لعنصر الكادميوم يليه الشمبلان وبعده *B. monnieri* .

أشار Phukan *et al*. (2015) إلى إزالة الكروم Cr الكادميوم Cd باستعمال نبات زعتر الماء *Hydrilla verticillata* عند تعريض النبات لتراكيز مختلفة، بينت النتائج أن التعرض الطويل للعناصر أثر على المحتوى الكلورفيلي وتغير شكلياً morphology إلى اللون البني الغامق متأثراً بسمية العنصر.

درس Pandharipande and Gadpayle (2016) إزالة عنصري النحاس Cu والكروم Cr باستعمال نباتي *Azolla pinnata* وWater Hyacinth بتعريض النباتين إلى تراكيز مختلفة في تجربة مختبرية استمرت 28 يوماً. ،أظهرت النتائج أن نبات زهرة النيل قادر على البقاء في المحلول مدة 15 يوماً في كلا المحلولين وبنسب إزالة مختلفة للعنصرين بينما استمر نبات *Azolla pinnata* مدة 28 يوماً وأزال العنصرين بكفاءة مختلفة .

بين Motankar *et al*. (2016) كفاءة نباتات زهرة النيل *Echhorina crassipes* و*Salvinia molesta* و *Azolla pinnata* في إزالة بعض العناصر الثقيلة كالنحاس Cu والحديد Fe ،والرصاص Pb ،المنغنيز Mn ،النيكل Ni والخارصين Zn من محاليلها المائية المحضرة في تجربة مختبرية استمرت 10 و21 يوماً فضلاً عن قابليتها في معالجة المياه الملوثة بالمواد التعدينية بعد تقدير خواصها قبل بداية التجربة وعند نهايتها ، وأظهرت النتائج أن نبات زهرة النيل *E. crassipes* يمكنه مراكمة عناصر الحديد والخارصين ،والمنغنيز والنيكل بكميات كبيرة ويليه نبات *S. molesta* ومن ثم *A. pinnata* بكونه يراكم عنصري النحاس والرصاص.

أوضح Olkhovych *et al.* (2016) قدرة سبعة انواع من النباتات المائية شملت *Elodea canadensis* و *Najas guadelupensis* ،الخويصة *Vallisneria spiralis* و *Riccia fluitans* و*Limnobium laevigatum* و*Pistia stratiotes* و*Salvinia natans* على امتصاص العناصر الثقيلة كالمنغنير Mn ،النحاس Cu ،الخارصين Zn ،الفضة Ag من المحلول المائي المحتوي على خليط من المواد الغروية كجزيئات نانوية . وأظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية بين استعمال النباتات المائية الطافية والغاطسة وهناك فروق معنوية لمحتوى الصبغة بين أنواع النباتات المستعملة في التجارب.

3.1 : المياه العادمة Wastewater

تعد المياه العادمة بأنواعها المختلفة مشكلة بيئية خطيرة تحتاج إلى طرائق فعالة لمعالجتها وبالرغم من تطبيق ما يقارب اثنتي شر ة تقنية لمعالجتها منها :طر ائق الفيزيائية كالغربلة والترسيب وغرف إزالة حصى والطر ائق الكيميائية كالتخثير والتعويم والتبادل الأيوني ، كذلك المعالجة الحيوية أي استعمال الأحياء المجهرية لتكسير الملوثات القابلة للتحلل، إلا إنها وبالرغم من كفاءتها لكنها تحتاج الى طاقة عالية ومكلفة، تطلب عمليات تنصيب وصيانة وإدامة ومتابعة مستمر ة ، فضلاً عن إنتاج ملوثات ثانوية خطرة تحتاج إلى ا ر ائق آمنة للتخلص منها (Debusk, *et al.*, 1989 و Welch , 1996).

تُعرف مياه المجاري العادمة بأنها عبارة عن سائل عكر يحتوي على مواد عالقة ناتجة من مخلفات الإنسان ومخلفات الأغذية وما يلقيه الناس في شبكة المياه العادمة كالورق والأخشاب وتكون رمادية اللون عند بداية تشكلها وذات رائحة كريهة تشبه رائحة الخردل ومع مرور الوقت يتحول لونها إلى الرمادي أو الأسود وتصبح ذات رائحة كريهة منفرة وتبدأ حينها المواد الصلبة السوداء بالطفو على سطحه ويطلق عليها مياه المجاري العفنة (Amoah, 2008).

تتألف المياه العادمة المنزلية من ما يقارب 99.9% ماء و0.1 % مواد صلبة تشكل المواد العضوية 70% منها ،وتكون بشكل عالق أو ذائب وقابلة للتحلل بواسطة الأحياء المجهرية التي تستعملها كغذاء ولا تزال بالترسيب ، كما تشكل البروتينات 65% من مكونات المياه العادمة و25 % اربوهيدر ات و10% دهون وشحوم، وتمثل المواد اللاعضوية 30% من مكونات المياه العادمة تشمل أملاحاً ومعادن ورواسب وهذه المكونات كلها تضاف نتيجة الاستعمال ويكون مصدرها أما إنسانيا أو حيوانياً أو نباتيا (Amoah, 2008).

وتُقسم شبكات المياه العادمة الى ثلاث أنواع رئيسة الأولى شبكات المياه العادمة المنزلية التي تجمع وتنقل المياه العادمة من المنازل والمصانع والمحلات التجارية والمطاعم والثانية شبكات مياه الأمطار التي تجمع مياه الأمطار من الشوارع وأسطح المنازل والبنايات والثالثة شبكات صرف مشتركة تشمل جمع ونقل المياه العادمة ومياه الأمطار معاً في شبكة واحدة مشتركة (Raschid and Jayakody, 2008).

تُعالج المياه العادمة قبل الطرح لعدة أهداف أهمها: الحفاظ على مواقع تجهيز مياه شرب خاليةً من التلوث ومنع انتشار الأوبئة والأمراض والآفات ،الحفاظ على صلاحية المياه للاستعمالات السياحية والترفيهية كالسباحة وصيد الأسماك والاستجمام ولتربية وتكاثر الأسماك وللأغراض الزراعية والصناعية وتفادي ترسب وتراكم الملوثات في القنوات الملاحية (Raschid and Jayakody, 2008).

تتكون محطات معالجة المياه العادمة من ثلاث مراحل أساسية المرحلة الأولى تمثل المعالجة التمهيدية preliminary treatment لإزالة المواد العالقة الكبيرة كبقايا الورق والمواد الطافية والحصى والخشب وبقايا الحيوانات الميتة وتزال بالمناخل والمرحلة الابتدائية primary treatment وتشمل غرفة إزالة الحصى grit champers وحوض الترسيب الأولي primary sedimentation tank والمرحلة الثانوية secondary treatment وتشمل حوض الترسيب الثانوي secondary sedimentation tank لإزالة المواد العضوية وحوض التعقيم وبعض المحطات تحتوي وحدة المعالجة الثالثية tertiary treatment لإزالة المغذيات قبل طرحها الى البيئة (Obuobie *et al*., 2006).

تشمل خصائص المياه العادمة الصحية والصناعية خصائص فيزيائية مثل درجة الحرارة والعكارة التوصيلية الكهربائية و اللون والرائحة والمواد الصلبة الكلية وتستعمل هذه الخواص لتقييم قابلية المياه لإعادة الاستخدام وتحديد الوحدات المطلوبة للمعالجة فضلاً عن الصفات الكيميائية كالمواد اللاعضوية مثل الملوحة والعسرة والأس الهيدروجيني و القاعدية و العناصر الثقيلة و الايونات الذائبة كالكلورايد والكبريتات والنترات والفوسفات والمواد العضوية كالمتطلب الحيوي والكيميائي للأوكسجين والكاربون العضوي الكلي TOC ،الزيوت والشحوم كما تحتوي على المواد الغازية مثل الأوكسجين والميثان وكبريتيد الهيدروجين ، أما الخصائص البيولوجية فتشمل البكتيريا والطحالب ،غيرها (Obuobie *et al*., 2006).

3.1. 1: الدراسات المحلية

بينت الصابونجي (2002) كفاءة نبات القصب في إزالة ملوثات مياه المجاري العادمة الخارجة من محطة حمدان في البصرة بتطبيق أسلوب الجريان السطحي ، وأشارت إلى فعالية نبات القصب في تقليل المواد العالقة الكلية TSS والمتطلب الحيـــــوي والكيميائي لأوكسجين و المغذيات .

أشار جاسم (2008) في دراسته تقييم كفاءة ستة أنواع من النباتات المائية تضمنت القصب *Phragmites australis* والبردي *Typha domingensis* والشمبلان *Ceratophyllum demersum* والخويصة *Vallisneria spiralis* وعدس الماء *Lemna minor* والغزيزة *Salvinia natans* في تحسين نوعية مياه هوري الحويزة وشرق الحمار ومياه القنوات الداخلية في محافظة البصرة ، إذ أظهرت النتائج فاعلية هذه النباتات في معالجة المياه بنسب إزالة مختلفة .

أجرى Azeez and Sabbar (2012) تقييماً لكفاءة نبات عدس الماء في تحسين نوعية المياه العادمة الصناعية المطروحة من مصفى البصرة بتجربة مختبرية استمرت لمدة شهر ، بينت النتائج قابلية عدس الماء على ازالة بعض العناصر الثقيلة واختزال قيم العكارة والنترات والمتطلب الحيوي والكيميائي للاوكسجين والمواد الصلبة الكلية ومحتوى الزيوت والشحوم والقاعدية والكبريتات والفوسفات الفعالة.

درس الخفاجي وجماعته (2016) المعالجة النباتية لمياه المجاري العادمة باستعمال نبات القصب *Phragmites australis* لمياه حوض التجميع الداخلي والمياه الخارجة من المحطة في مدينة الناصرية وأظهرت النتائج كفاءة نبات القصب في تحسين نوعية المياه الملوثة من خلال تقليل تراكيز المواد الصلبة الكلية والمتطلب الحيوي والكيميائي للأوكسجين والنترات والفوسفات الفعال والعناصر الثقيلة كالكاديوم والخارصين والنيكل والرصاص.

3.1. 2: الدراسات العالمية

وضح Gürtekin and Sekerdag (2008) قابلية نبات عدس الماء *Lemna minor* في تحسين نوعية المياه الخارجة من حوض الترسيب الثانوي مقارنة بنوعية المياه من دون وجود النبات وبينت الدراسة الفعالية العالية لعدس الماء في إزالة المغذيات من المياه العادمة وتقليل الحاجة إلى استعمال المعالجة الثالثية.

أشار Pillai (2010) الى قدرة نبات عدس الماء *Lemna minor* على إزالة بعض العناصر الثقيلة من المياه العادمة ودراسة بعض التأثيرات مثل التغير في محتوى الكلوروفيل والبروتين في النبات في تجربة مختبرية استمرت مدة 30 يوماً، وبينت النتائج فاعلية نبات عدس الماء في معالجة المياه الملوثة.

بين Abdul Aziz *et al*. (2011) قدرة نبات القصب *Phragmites australis* على معالجة عنصري الخارصين Zn و الكروم Cr من المياه المترشحة من مواقع الطمر الصحي ، إذ قُدرت تراكيز هذين العنصرين قبل وبعد التجربة وأظهرت النتائج أن نبات القصب كفوء في إزالة عنصر الخارصين بكفاءة أعلى من عنصر الكروم.

درس Iram *et al*. (2012) تقنية المعالجة الحيوية باستعمال نبات عدس الماء *Lemna minor* في معالجة المياه العادمة بقياس بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية و العناصر الثقيلة قبل وبعد التجربة واختبار كفاءة المياه المعالجة في تربية الأسماك وري المحاصيل الزراعية. أظهرت النتائج قدرة نبات عدس الماء على البقاء والتحمل والنمو إنتاج الكتلة الحية خلال فترة التجربة.

ذكر Singh *et al*. (2012) قابلية نبات عدس الماء *Lemna minor* في إزالة عنصر الرصاص من المياه العادمة بتأثير اس هيدروجيني مختلف وأظهرت النتائج أن النبات أكثر في المراكمة عند أس هيدروجيني يساوي 9.

بين Abu Bakar *et al.* (2013) قدرة بعض النباتات المائية الغاطسة *Cabomba piauhyensis* و *Egeria densa* و *Hydrilla verticillata* على إزالة عنصر الزرنيخ As والألمنيوم Al والخارصين Zn من المياه العادمة لعمليات التعدين في تجربة مختبرية استمرت 14 يوماً، بينت النتائج أن نباتي *E. densa* و *H. verticillata* قادران على مراكمة تراكيز عالية من العناصر بينما كان نبات *C. piauhensis* أكفأ في إزالة نسبة عالية من الألمنيوم مقارنة مع النباتات الاخرى .

درس Aurangzeb *et al*. (2014) كفاءة نباتي *Pistia stratiotes* و *Eichhornia crassipes* في ازالة بعض العناصر الثقيلة من مياه مطروحات مصنع الحديد وأظهرت النتائج أن نبات *P. stratiotes* قادر على إزالة بعض العناصر الثقيلة كالرصاص والنحاس، بينما نبات *E. crassipes* كفوء في إزالة الكادميوم والنحاس و الألمنيوم والرصاص بنسب مختلفة .

وضح Loveson *et al*. (2013) كفاءة استعمال نبات عدس الماء *Spirodela polyrrhiza* في معالجة مياه الأراضي الرطبة الملوثة (polluted wetland) وتحسين نوعيتها في تجربة مختبرية استمرت مدة 8 أيام . أثبتت النتائج قابلية النبات في تقليل محتوى بعض العناصر الثقيلة والعوامل

الاخرى مثل الأس الهيدروجيني والمتطلب الحيوي والكيميائي ،النترات الفوسفات الفعالة والكبريتات والمواد الصلبة الكلية والمواد الذائبة الكلية والعكارة

تناول Sudani *et al.* (2014) قدرة نباتات زهرة النيل Water Hyacinth ،والشمبلان *C. demersum* و *Azolla pinnata* في دراسة مختبرية استمرت 21 يوماً لمعالجة المتطلب الكيميائي للأوكسجين COD لمياه المجاري العادمة. أظهرت النتائج قدرة النباتات على تقليل المتطلب الكيميائي للأوكسجين بنسب مختلفة.

وضح Kulasekaran *et al.* (2014) قدرة نبات الشمبلان *C. demersum* في إزالة الملوثات العضوية وبعض المغذيات من مياه المجاري العادمة. بينت النتائج أن نبات الشمبلان قادر على تخفيض تراكيز المغذيات والمواد العضوية .

درس Sudjarwo *et al.* (2014) قدرة نباتي *Eichhornia crassipes* و *Pistia stratiotes* في معالجة المياه العادمة المنزلية تحت الظروف اللاهوائية في تجربة استمرت 14 يوماً . أظهرت النتائج أن نبات *E. crassipes* كان الأكثر تحملاً وقدرةً على إنتاج الكتلة الحية فضلاً عن التغيرات في محتوى الكلورفيل كانت هي الأعلى .

اشار Zhou *et al.* (2015) الى كفاءة ثلاثة أنواع من النباتات المائية الغاطسة *Myriophyllum verticillatum* و *Potamogeton perfoliatus* و *Najas minor* في معالجة المياه وقيست المغذيات كالنتروجين الكلي والفسفور الكلي والامونيوم والمتطلب الكيميائي للأوكسجين والاوكسجين المذاب لمعرفة قدرة النباتات على التحمل وكانت كفاءة ازالة النتروجين الكلي والفسفور الكلي مختلفة بين النباتات اذ كانت لنبات *N. minor* 55 و 93% على التوالي ومن ثم إمكانية استعماله في معالجة المياه الملوثة .

بين Vimal *et al.* (2015) كفاءة النبات الطافي *Ipomeas aquatica* (Water spinach) في معالجة المياه المطروحة من عمليات تصنيع المطاط في إزالة عنصر النحاس وتراكمه داخل النسيج النباتي. أظهرت النتائج قدرة النبات في أعلاه على مراكمة العنصر داخل أنسجته بكفاءة عالية.

ذكر Rezania *et al.* (2015) قابلية نبات زهرة النيل *Echhornia crassipes* لمعالجة المياه العادمة المنزلية بعد قياس الصفات الفيزيائية والكيميائية قبل وبعد التعريض للنبات ولمدة اسبوعين

ومقارنتها مع مواصفات نوعية المياه القياسية الماليزية ومؤشرات نوعية المياه (water quality index-WQI) ، وأظهرت النتائج قابلية نبات زهرة النيل على تحسين نوعية المياه .

درس Ranjitha *et al.* (2016) قابلية نبات *Salvinia molesta* في إزالة تراكيز بعض أنواع العناصر الثقيلة في المياه العادمة الصناعية. بينت النتائج كفاءة النبات في مراكمة أنواع من العناصر الثقيلة ذات التراكيز الأقل من 10 ملغم/ لتر .

بين Mohamad *et al.* (2016) كفاءة نبات *Azolla pinnata* في مراكمة عناصر الرصاص والنحاس والكادميوم في المياه العادمة الصناعية وأشارت النتائج أن النبات كان أكثر كفاءة في مراكمة ومعالجة المياه الملوثة بعنصري الرصاص والنحاس مقارنةً بعنصر الكادميوم.

مواد العمـــــل وطرائقـــــه

Materials and Methods

2. مواد العمل وطرائقه

2. 1: الاختبارات الأولية Preliminary test

أجريت تجارب أولية (Preliminary test) لتحديد تراكيز العناصر الثقيلة للتجارب لكلا النباتين ، ففي البداية تم اختيار تراكيز 2 و 4 و 6 و 8 و 10 ملغم/ لتر ووضع أحواض سيطرة تحتوي على تركيز العنصر دون نبات وأحواض سيطرة فيها نبات نامٍ في محلول مائي لمقارنة التغيرات الحاصلة على النبات طيلة فترة التجربة والتغيرات التي تطرأ على تركيز العنصر الأولي، فقد لوحظ عند نهاية التجربة عدم التأثر الواضح على النباتين كون التراكيز متقاربة فضلاً عن عدم حصول إي تغير في قيمة الأس الهيدروجيني في أحواض السيطرة من دون نبات وعدم حدوث تغير واضح في التركيز الأولي في الأحواض من دون نبات لذا و لأجل بيان قابلية النبات لتحمل هذين العنصرين ودراسة بعض التأثيرات السمية فضلا عن نسبة الإزالة والتراكم تم زيادة التراكيز لتصبح 2 و 5 و 10 و 15 و 20 و 30 ملغم/لتر مع وضع أحواض سيطرة.

2. 2: جمع النباتات وأقلمتها :

جُمع نباتي الشمبلان *Ceratophyllum demersum* والشويجة *Najas marina* من هور شرق الحمار مع مراعاة كون النباتات متقاربة بالعمر. غُسلت النباتات بماء الهور عدة مرات، ووضعت في أكياس بلاستيكية مُعلمة ذُكر عليها مكان وتاريخ الجمع. نُقلت النباتات إلى المختبر وغُسلت بماء الحنفية بعناية عدة مرات لإزالة المواد العالقة وبقايا الأحياء، ثم وضعت في حوض بلاستيك بسعة 20 لتر لأقلمة النباتات لمدة أسبوع في المختبر ثم اختيار النبات الصحي الملائم للتجربة.

3.2: عينات الدراسة

3.2. 1: نبات الشمبلان *Ceratophyllm demersum* L.

الشمبلان نبات مائي غاطس بلا جذور ينتمي إلى النباتات البذرية صنف مغطاة البذور وذوات الفلقتين يعود لعائلة قرنيات الورق *Ceratophyllaceae* وهو من النباتات العشبية خضراء اللون طولها من 20- 100 سم يحتوي أوراقاً طولها 1- 2.5 سم تتجمع لتعطي شكلاً أشبــه بنهاية ذنب القط (صورة 1)، ينمو في الأماكن الضحلة الموحلة والمسطحات الهادئة ذات شدة إضاءة وعكارة قليلة ويفضل

ينمو في المياه الغنية بالمغذيات ويمتاز بكونه قليل التحمل للملوحة ولديه القدرة على الانتشار وإنتاج كتلة حية حتى وان كانت ظروف التغذية متوسطة ،ويعد عنصراً مهماً في تزويد المسطحات المائية بالأوكسجين ومرشحاً فعالاً في إزالة العديد من الملوثات مثل العناصر الثقيلة كالكاديوم والرصاص والنيكل (Chorom *et al.,* 2012 و DiTomaso and Kyser, 2013).

صورة 1 : نبات الشمبلان ***Ceratophyllm demersum***

3.2. 2: نبات الشويجة *Najas marina* L.

الشويجة نبات شوكي غاطس في الماء يعود لعائلة Najadaceae ،ينمو عادةً في البحيرات والبرك والجداول والمستنقعات وفي الأماكن قليلة التدفق في الأنهار (صورة 2) ويوجد في الأماكن التي قد يصل عمق الماء فيها أكثر من 6 متر وفي المياه القلوية والمالحة والأماكن ذات درجات حرارة ،اس هيدروجيني منخفض (حامضي) ومحتوى ضوي عالٍ أيضاً (DiTomaso and Kyser , 2013).

صورة 2: نبات الشويجة *Najas marina*

2. 4: العناصر الثقيلة

حضرت المحاليل القياسية باستعمال محلول قياسي (stock solution) ذي تركيز 1000 ملغم/ لتر من إذابة أملاح نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$ وكلوريد النيكل $NiCl_2 . 6H_2O$ واعتماداً على المعادلة الموصوفة في دراسة عباس وجماعته (2014)

$$\text{الوزن (بالغرام)} = \frac{\text{ملغم/لتر}}{1000} X \frac{\text{الوزن الجزيئي للمركب}}{\text{الوزن الذري للعنصر X عدد ذراته}} X \frac{\text{الحجم المطلوب بالملي لتر}}{1000}$$

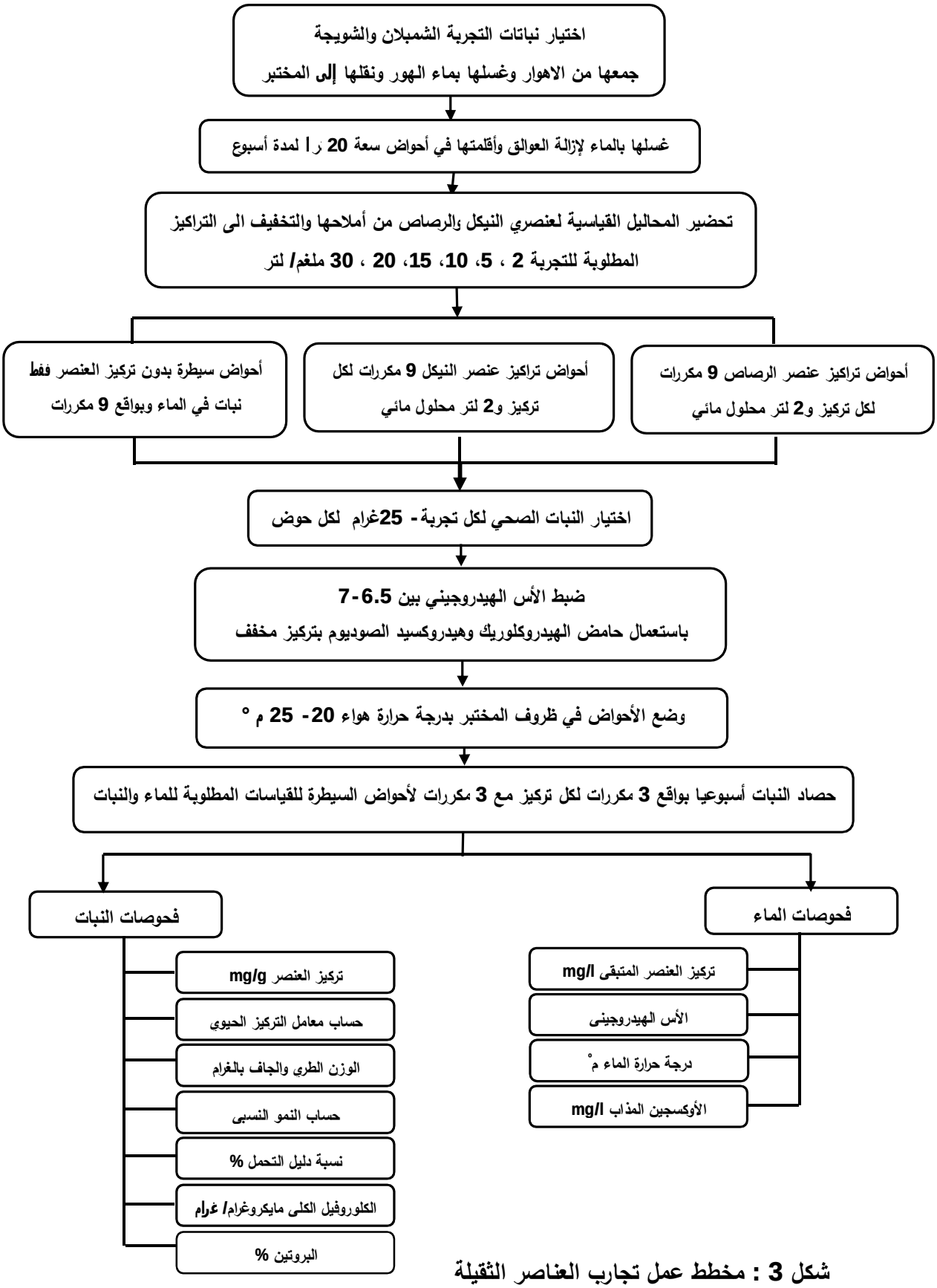
وحُضرت التراكيز المطلوبة 2 و 5 و 10 و 15 و 20 و 30 ملغم/ لتر باستعمال قانون التخفيف:

$$. (C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2)$$

استعملت أحواض التجربة البلاستيكية سعة 5 لتر وبواقع 9 مكررات لكل تركيز ووضع في كل حوض 2 لتر من المحلول المائي للعنصر و25 غم من النبات و 9 أحواض سيطرة تحتوي على نباتات نامية في مياه غير حتوٍ على تركيز العنصر (صورة 3 و 4) وضُبط الاس الهيدروجيني بين 6.5 – 7 في بداية التجربة باستعمال حامض HCl ذي عيارية 0.01 وهيدروكسيد الصوديوم ذي عيارية 0.01 لتوفير الظروف المثلى لنمو النبات. استمرت التجربة 21 يوماً في ظروف المختبر بدرجة حرارة هواء بين 20 – 25 م°، وتم تعويض النقص الحاصل في المياه في أحواض التراكيز وأحواض السيطرة بإضافة الماء المقطر إلى العلامة الموضوعة التي تبين ارتفاع الماء في الأحواض، قيست درجة حرارة الماء والأس الهيدروجيني والأوكسجين المذاب أسبوعيا فضلاً عن اخذ عينات ماء ونبات وبواقع ثلاث مكررات أسبوعيا لكل تركيز لقياس تركيز العنصر فضلاً عن عينات نبات من أحوض السيطرة لتقدير لوزن الطري والجاف ومعدل النمو النسبي ومحتوى الكلوروفيل الكلي والبروتين(صورة 5 ب) ونسبة دليل التحمل مع تسجيل الملاحظات على التغيرات المظهرية طيلة مدة التجربة .

2. 5: تجربتا خلط العنصرين

جمعت النباتات وأُقلمت مختبريا حسب الطريقة أعلاه وبعد قياس كفاءة الإزالة لكل تركيز أُخذ لتركيز ذو كفاءة الإزالة الأعلى لكل نبات لعنصري النيكل والرصاص وخلطا معاً لمعرفة تأثير التداخل والتنافس وأجريت التجربة لمدة 21 يوماً أيضاً وبواقع 9 مكررات تحتوي على تركيز العنصرين لكل نبات فضلاً عن 9 أحواض سيطرة تحتوي على نبات في محلول مائي غير حتوٍ على تركيز العنصر وطُبقت الخطوات والقياسات نفسها.



شكل 3 : مخطط عمل تجارب العناصر الثقيلة

صورة 3 : أحواض تجربة تعريض نبات الشمبلان لعنصر النيكل وأحواض السيطرة

صورة 4 : احواض تجربة تعريض نبات الشمبلان لعنصر الرصاص

أ

ب

صورة 5 أ و ب: جانب من العمل المختبري يتضمن ياس الأس الهيدروجيني و استخلاص الكلوروفيل في أحواض التجربة

6.2 : المياه العادمة Wastewater

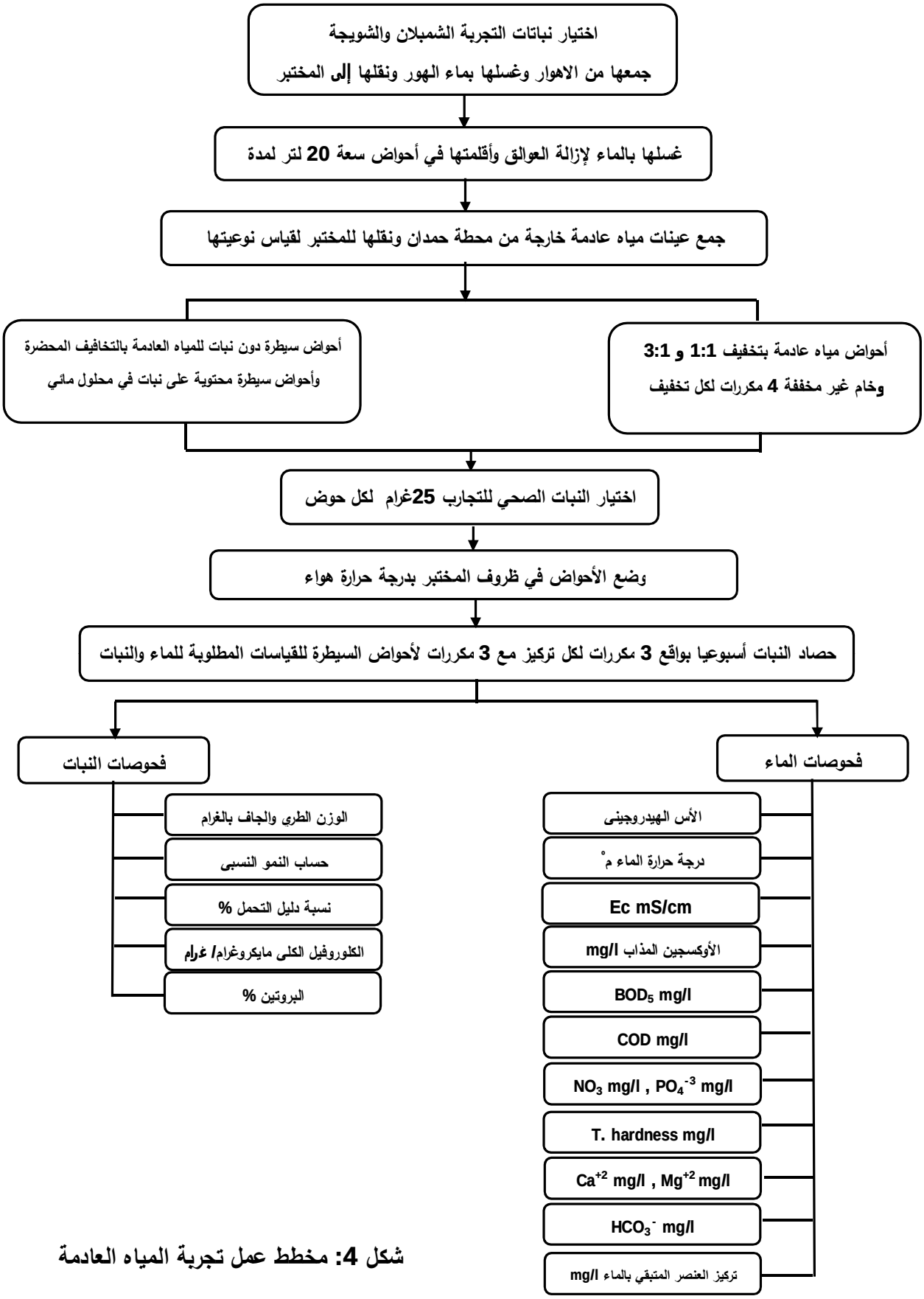
أجريت تجربتين تطبيقية مختبرية لمعرفة قدرة الشمبلان *Ceratophyllum demersum* والشويجة *Najas marina* على المعالجة النباتية للمياه العادمة الخارجة من محطة تصفية مجاري حمدان (صورة 6 أ و ب) التي تحتوي على وحدات معالجة أولية كالمناخل وغرف إزالة الحصى وأحواض الترسيب الأولية ووحدات معالجة ثانوية تتمثل بأحواض الترسيب الثانوي قبل طرحها إلى البيئة وتحسين صفاته وتقييمه لأغراض الطرح للمسطحات المائية، إذ قيست صفات المياه العادمة الفيزيائية والكيميائية المستعملة في التجربة لغرض معرفة نوعيتها، وأضيف النبات إلى أحواض المياه العادمة لمعرفة قدرته على المعالجة في تجربة استمرت مدة 21 يوماً وبتخفيفين 1:1 و3:1 ومياه خام غير مخففة مع وضع أحواض سيطرة غير محتوية على نبات وأحواض سيطرة فيها نبات نامي في محلول مائي، وأخذت العينات في نهاية التجربة (اليوم D_{21}) وقيست الصفات لأحواض النبات وأحواض السيطرة.

1:1 : تخفيف المياه العادمة (جزء ماء عادم وجزء ماء مقطر)

3:1 : تخفيف المياه العادمة (جزء ماء عادم وثلاثة أجزاء ماء مقطر)

مياه خام (بدون تخفيف)

صورة 6 أ و ب : مكان جمع عينات المياه العادمة من حوض الترسيب الثانوي لمحطة تصفية مجاري حمدان



شكل 4: مخطط عمل تجربة المياه العادمة

2. 7 : قياس الصفات الفيزيائية والكيميائية للمياه العادمة

2. 7. 1: قياس درجة الحرارة والاس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية

قيست درجة الحرارة والاس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية للمياه العادمة قبل التخفيف وبعده بنسبة 1: 3 و 1:1 وباستعمال جهاز Hana موديل HI 9813-6 ايطالي الصنع وعبر عن درجة حرارة الماء كدرجة مئوية وعن التوصيلية الكهربائية بوحدات mS/cm.

2. 7. 2: قياس الأوكسجين المذاب Dissolved oxygen

قيس تركيز الاوكسجين المذاب باستعمال جهاز الاوكسجين المذاب موديل Extech الامريكي الصنع طيلة فترة التجارب لمراقبة مستويات الاوكسجين المذاب في احواض التجارب وعبر عن الناتج بوحدات ملغم/ لتر.

2. 7. 3: قياس البيكاربونات HCO_3^-

قدرت ايونات البيكاربونات حسب الطريقة الموصوفة في APHA (2005) بأخذ حجم معين من العينة والتسحيح مقابل حامض الهيدروكلوريك ذي عيارية 0.01 باستعمال صبغة المثيل البرتقالي وعُبر عن الناتج بوحدات ملغم/ لتر.

2. 7. 4 : قياس ايون الكلورايد Cl^-

قُدر ايون الكلورايد بطريقة التسحيح الموصوفة في APHA (2005) وذلك بتسحيح حجم معين من العينة مع محلول قياسي من نترات الفضة ذي عيارية 0.0141 وباستعمال دايكرومات البوتاسيوم كدليل وعبر عن الناتج بوحدات ملغم/ لتر.

$$\text{ايون الكلورايد (ملغم/ لتر)} = \frac{(A-B)\times N \times 35450}{\text{حجم العينة (مل)}}$$

A : حجم محلول نترات الفضة المستعملة لتسحيح العينة بالمللتر

B: حجم محلول نترات الفضة المستعملة لتسحيح الماء المقطر

N: عيارية نترات الفضة 0.0141 N

2. 7. 5: قياس النترات NO_3^{-2}

قدرت النترات باعتماد الطريقة المذكورة في APHA (2005) بعد ترشيح العينة وتحضير المحاليل القياسية وتحضير العينة للقياس باستعمال جهاز المطياف الضوئي spectrophotometer موديل T80 UV/VIS المصنع من قبل شركة PG Instrument Ltd وعلى الطولين الموجيين 220 و275 نانوميتر .

2. 7. 6: قياس الفوسفات الفعال PO_4^{-3}

اعتمدت طريقة Strickland and Parsons (1972) لتقدير الفسفور الفعال باستعمال جهاز المطياف الضوئي spectrophotometer وعلى الطول الموجي 885 نانوميتر وعبر عن الناتج بوحدات ملغم/ لتر.

2. .7. 7: قياس ايون الصوديوم Na^+

قيس ايون الصوديوم للعينة المرشحة باستعمال جهاز الطيف اللهبي flame photometer موديل JENWAY pfp7 flame photometer الانكليزي المنشأ في المختبر المركزي في قسم علم البيئة وبعد تحضير المحاليل القياسية وقياس الامتصاصية لكل من التراكيز القياسية المحضرة والعينة وبرسم المنحني القياسي تم إيجاد تركيز الصوديوم وعبر عن الناتج بوحدات ملغم/ لتر .

2. 7. 8: قياس العسرة الكلية Total Hardness

قدرت العسرة الكلية حسب الطريقة الموصوفة في Lind (1979) ، اذ سحح حجم معين من العينة مع محلول Na_2EDTA (0.01M) وباستعمال دليل Eriochrom black T وعبر عن الناتج بوحدة ملغم كاربونات الكالسيوم/ لتر من المحلول باستعمال المعادلة الاتية :

$$\text{العسرة الكلية} = \frac{A\ X\ B\ X\ 1000}{\text{حجم العينة(مل)}}$$

A: حجم المحلول القياسي Na_2EDTA المستعمل في التسحيح بالملغم/ لتر

B: ملغم كاربونات الكالسيوم المكافئة الى 1 مل من Na_2EDTA المستعمل في التسحيح .

2. 7. 9: الكالسيوم Ca^{+2}

اتبعت طريقة التسحيح باستعمال صبغة الميروكساید الموصوفة في Lind (1979) ، إذ اخذ حجم معين من العينة وسُحح مقابل Na_2EDTA ذو عيارية 0.01 M وباستعمال دليل الميروكساید وعُبر عن النتائج بوحدات ملغم/ لتر.

$$\text{ايون الكالسيوم} = \frac{A \times B \times 400.8}{\text{حجم العينة(مل)}}$$

A : حجم محلول Na_2EDTA المستعملة لتسحيح العينة بالمللتر

B: عيارية Na_2EDTA

2. 7. 10: قياس ايون المغنيسوم Mg^{+2}

قيس ايون المغنيسوم حسب المعادلة المذكورة في Lind (1979) وعبر عن الناتج بوحدات ملغم/لتر كالآتي :

$$\text{meq hardness/l} = \text{mg hardness /l} \times 0.01998$$

$$\text{meq } Ca^{+2} = \text{mg } Ca^{+2} \text{ /l} \times 0.0499$$

$$\text{Mg } Mg^{+2}\text{/ l} = 12.16 \times (\text{ meq hardness/l} - \text{meq } Ca^{+2} \text{ / l})$$

meq/l : ملي مكافئ / لتر

2. 7. 11: قياس المتطلب الحيوي للاوكسجين BOD_5

قدر المتطلب الحيوي للاوكسجين في بداية ونهاية التجربة حسب الطريقة المذكورة في APHA (2005) باستعمال قناني BOD_5 ومدة حضن خمسة أيام وعبر عن الناتج بوحدة ملغم/ لتر .

2. 7. 12: قياس المتطلب الكيميائي للاوكسجين COD

قدر المتطلب الكيميائي للاوكسجين في بداية ونهاية التجربة حسب الطريقة المذكورة في APHA (2005) وباستعمال جهاز الهاضم نوع WTW CR 2200 وجهاز قياس المتطلب الكيميائي للاوكسجين نوع Lovibond وعبر عن الناتج بوحدة ملغم/ لتر .

2. 7. 13: هضم عينات المياه لاستخلاص العناصر الثقيلة :

اتبعت طريقة APHA (2005) في قياس العناصر بالمياه إذ تم اخذ 100 مل من العينة وأضيف إليها 5 مل من حامض النتريك المركز وسُخن على الصفيحة الساخنة (hot plate) قرب الجفاف ثم أضيف إليه 5 مل أخرى من حامض النتريك المركز وتعاد للصفيحة الساخنة قرب الجفاف لضمان هضم العينة تماما ثم تركت لتبرد ووضعت في دورق حجمي وأكمل الحجم الى 100 مل بالماء المقطر وقيست العينات في المختبر المركزي في كلية الزراعة بجهاز مطياف الامتصاص الذري اللهبي (Flame atomic absorption spectrometer) (FAAS) وعُبر عن الناتج بوحدة ملغم/ لتر.

2. 7. 14: حساب كفاءة الإزالة Removal Efficiency

قدرت نسبة الإزالة من المعادلة المذكورة في Khan *et al*. (2009) بعد قياس التراكيز طيلة فترة التجربة وعبر عن الناتج كنسبة مئوية .

$$\text{كفاءة الإزالة } \% = \frac{\text{التركيز الاولي(ملغم/لتر)} - \text{التركيز النهائي(ملغم/لتر)} \times 100}{\text{التركيز الاولي(ملغم/لتر)}}$$

2. 8: فحوصات النبات

2. 8. 1: قياس تركيز العنصر في النبات

قُدر تركيز العنصر في النبات حسب الطريقة المذكورة في ROPME (1982) وذلك بأخذ 0.5-1غرام من النبات الجاف المطحون ونُقل إلى أنابيب الهضم وأضيف له 10 مل من خليط حامضي النتريك والبيروكلوريك بنسبة 1:4 واستمر هز النموذج مدة 4-6 ساعات، ثم نُقلت الأنابيب الى الهاضم لمدة 2-3 ساعات وعلى درجة حرارة 70 م. بعدها نُقلت محتويات الأنبوبة إلى دورق بسعة 100 مل وغُسلت الأنبوبة ثلاث مرات بالماء المقطر وأُضيف ماء الغسل إلى الدورق وسُخن على المسخن الحراري على درجة حرارة 70- 80 م قرب الجفاف، بعدها أُضيف 5 مل من حامض النتريك المركز ونُقل إلى دورق حجمي 25 مل وغسل الدورق ثلاث مرات وأُضيف إلى الدورق الحجمي وأُكمل الحجم إلى 25 مل باضافة 5% حامض النتريك ونُقل إلى حافظة بلاستيكية cap بسعة 30 مل لحين القياس في المختبر المركزي في كلية الزراعة بجهاز مطياف الامتصاص الذري اللهبي Flame atomic absorption spectrophotometer (FAAS) وعُبر عن الناتج بوحدة ملغم/ غرام.

2. 8. 2: حساب معامل التركيز الحيوي Bio Concentration factor

قُدر معامل التركيز الحيوي BCF باستعمال المعادلة الموصوفة في Abdallah (2012)

$$\text{معامل التركيز الحيوي BCF} = \frac{\text{تركيز العنصر داخل النسيج النباتي}}{\text{التركيز الاولي للعنصر في المحلول}}$$

2. 8. 3: قياس الكتلة الحية (الوزن الطري fresh weight) :

اخذ 25 غم من النبات وغسل بالماء المقطر عدة مرات لإزالة المواد العالقة ووضع على ورقة نرشيح لإزالة الماء الزائد ثم وزن وسُجل الوزن بالغرام.

2. 8. 4: قياس الوزن الجاف (Dry weight)

اخذ 25 غم من النبات وجفف لمدة 48 ساعة بالفرن عند درجة حرارة 70 مْ لحين ثبات الوزن ككتلة جافة بالغرام.

2. 8. 5: حساب معدل النمو النسبي Relative growth

قُدر معدل النمو النسبي طيلة فترة التجربة باستعمال المعادلة الموصوفة في *Xiaomei et al.*, (2004)

$$\text{النمو النسبي} = \frac{\text{الوزن الطري النهائي بالغرام}}{\text{الوزن الطري الاولي بالغرام}}$$

2. 8. 6: حساب نسبة دليل التحمل Tolerance Index Rate

حُسبت نسبة دليل التحمل حسب المعادلة المذكورة في Wilkins (1978) وعبر عن الناتج كنسبة مئوية .

$$\text{نسبة دليل التحمل \%} = \frac{\text{الوزن الجاف للنبات المعرض للعنصر} \times 100}{\text{الوزن الجاف للنبات في حوض السيطرة دون تركيز}}$$

2. 8. 7: قياس المحتوى الكلوروفيل الكلي في الأوراق

قدر الكلوروفيل بالأوراق حسب طريقة (Arrnon, (1949 إذ اخذ 0.2 غرام من الأوراق الطرية وسحقت بالهاون الخرفي باستعمال 20 مل من الأسيتون بتركيز 80% ثم رشح المحلول باستعمال جهاز

الطرد المركزي على سرعة 5000 دورة/ الدقيقة لمدة 5 دقائق وبعدها قدر باستعمال جهاز spectrophotometer على الطولين الموجيين 645 و 663 نانومتر

$$\text{Total Chlorophyll } \mu g/g = (12.7 \times OD\ 663) + (16.8 \times OD\ 645)$$

OD: الكثافة الضوئية على الطولين الموجيين 645 و 663.

2 .8. 8: قياس نسبة البروتين

قُدر البروتين في النبات وذلك بقياس النتروجين الكلي فيه وضرب بمعامل 6.25 وقدر الناتج كنسبة مئوية وتم هضم النبات كالتالي :

وزن 0.2 غرام من النبات الجاف ووضع في دورق 100 مل وأضيف 5 مل من حامض الكبريتيك المركز مع تحريك الدورق لمدة 20 دقيقة ، سُخن الدورق لمدة 5 دقائق على درجة 120م° وسُخن مرة أخرى على درجة 90 م° مدة 30 دقيقة ، ثم أضيف 1 مل من الخليط الحامضي 4 % (من 4 مل حامض البيروكلوريك مع 96 مل من حامض الكبريتيك المركز)، وسُخن مرة أخرى مدة 10 دقائق ليصبح رائقاً عديم اللون وبُرد وكمل الحجم الى 50 مل بالماء المقطر ونُقل إلى حافظة بلاستيكية cap سعة 50 مل لحين القياس بجهاز كلدال في المختبر المركزي في كلية الزراعة في جامعة البصرة.

وقيس اوزن الطري والجاف ومعدل النمو و الكلوروفيل الكلي ونسبة البروتين ونسبة دليل التحمل لنبات الشمبلان في تجربة المياه العادمة كما في الطرائق السابقة.

2. 9: تطبيق دليل نوعية المياه الكندي (Water Quulity Index) بالمحور Wastewater Quality Index لتقييم المياه المعالجة بنبات الشمبلان لأغراض الطرح إلى المسطحات المائية

يعد دليل نوعية المياه **Water Quality Index** (WQI) عنصرا فعالاً في تقييم نوعية المياه لسطحية والجوفية لأغراض الشرب والاستعمالات الزراعية وتقييم المياه العادمة لاغراض الطرح للمسطحات المائية ، إذ قورنت النتائج مع المواصفات القياسية الأردنية والسورية لعدم توفر مواصفات عراقية لتقييم المياه العادمة المطروحة للمسطحات المائية .

اذ استعمل برنامج (CCME WQI 1.0) لحساب دليل نوعية المياه الكندي WQI والموصوف في (CCME, 2001b) و والنموذج المحور من النموذج الكندي WWQI لتقييم المياه المعالجة ويعتمد على ثلاثة عوامل رئيسة هي :

1- المدى (Scope F1): يشير إلى قيم العوامل المقاسة التي لا تتطابق مع المواصفات الموضوعة للموديل وتحسب من المعادلة :

$$F1 = \frac{\text{Number of failed variables}}{\text{Total number of variables}} \times 100$$

2- التردد (Frequency F2) : وتمثل نسبة الاختبارات التي لا تتطابق قيمها مع المواصفات الموضوعة للنموذج وتحسب من المعادلة التالية:

$$F2 = \frac{\text{Number of failed tests}}{\text{Total number of tests}} \times 100$$

3- السعة (Amplitude F3) : وتشير إلى كمية قيم الاختبارات الفاشلة التي لا تتطابق مع المواصفات الموضوعة للنموذج وتحسب بثلاث خطوات :

أ- حساب الانحراف (Excursion) : وتشير الى عدد المرات التي تبتعد فيها قيمة الاختبار اعلى من قيمة المعيار الموضوع ويحسب كالآتي :

$$Excursion = \frac{\text{Failed Test Value}}{\text{Objective}} - 1$$

ب- أو تبتعد اقل من المعيار فتحسب كالآتي :

$$Excursion = \frac{\text{Objective}}{\text{Failed Test Value}} - 1$$

4- حساب مجموع الانحرافات المعيارية (nse) : لتي تمثل كمية الاختبارات المتراكمة الفردية التي لا تتفق مع المعايير الموضوعة وتحسب عن طريق قسمة مجموع الانحرافات على مجموع الاختبارات الكلي كما هو موضح في أدناه :

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^{n} Excursion}{\text{Number of tests}}$$

وبذالك يمكن حساب F3 كالآتي :

$$F3 = \frac{nse}{0.01\, nse + 0.01}$$

وبذلك يمكن حساب دليل نوعية المياه من المعادلة الآتية :

$$WQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^{\,2} + F_2^{\,2} + F_3^{\,2}}}{1.732} \right)$$

وان اختبار القسمة على 1.732 هي لإبقاء قيمة الدليل بين 1- 100 ويعبر عن حالة المياه عن طريق ربط القيم بمقياس عددي (جدول 1) مقسم الى فئات على أساس قيم دليل نوعية المياه من ناحية صلاحيتها كونها جيدة أو رديئة .

جدول1 : فئات مقياس دليل نوعية المياه WQI

تصنيف الفئات	قيمة WQI	المواصفات
ممتاز Excellent	100-95	المياه بعيده عن التلوث ومحمية وتقترب من المثالية
جيد Good	94 -80	المياه نادرا ما تبتعد مواصفاتها عن المثالية ومحمية بشكل أقل
مقبول Fair	79-65	المياه تبتعد عن المثالية أحيانا ومحمية ولكن قد تتعرض للتلوث
حافي Marginal	64 -45	مياه مبتعدة عن المثالية ومتعرضة للتلوث بشكل مستمر
ضعيف Poor	44 -0	مياه متعرضة للتلوث بشكل مستمر وبعيدة عن المثالية تماما

جدول 2 : فئات مقياس دليل نوعية المياه العادمة WWQI المحور من النموذج الكندي

قيمة WWQI	تصنيف المياه العادمة
35-0	مياه عادمة قليلة الشدة Low strength waste water
55 -36	مياه عادمة متوسطة الشدة Medium strength waste water
100-56	مياه عادمة عالية الشدة High strength waste water

2. 10 : التحليل الإحصائي

اعتمد البرنامج الإحصائي SPSS (Statistical Package for Social Science) موديل 23 تحت مستوى معنوية 0.05 . إذ طُبق الإحصاء الوصفي (Descriptive statistics) للنتـــائج و تحليل التباين باتجاه واحد (ANOVA) بين أحواض تجارب تراكيز العناصر الثقيلة وأحواض السيطرة لمعرفة الفروق المعنوية بين التراكيز المستعملة بالتجارب عند مستوى معنوية 0.05 وكذلك طُبق تحليل التباين باتجاه واحد (ANOVA) بين أحواض تجربة المياه العادمة وأحواض السيطرة لفحوصات الماء والنبات .

النتـــــــائج

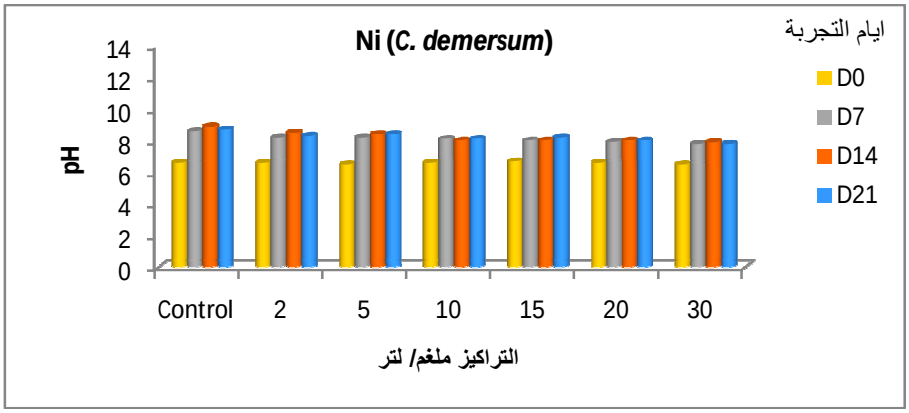
Results

3. النتائج Results

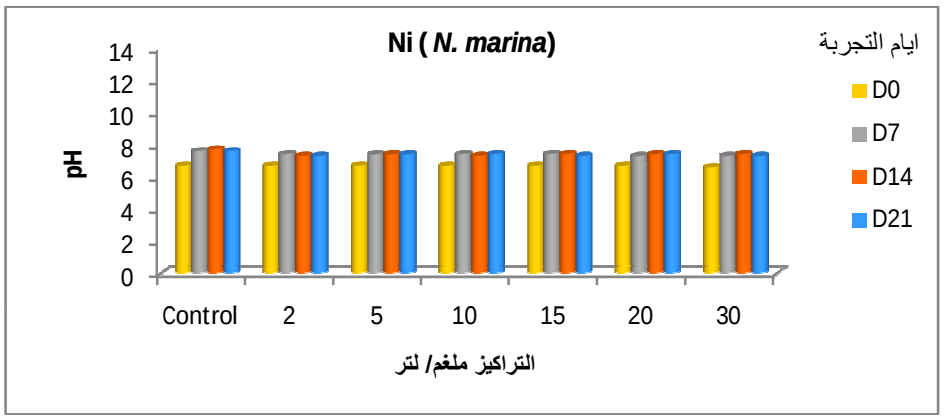
3. 1: العناصر الثقيلة

3. 1.1: الأس الهيدروجيني pH

تبين الأشكال 5- 9 معدل الأس الهيدروجيني لتجار ب نباتي الشمبـلان *Ceratophyllum demersum* والشويجة *Najas marina* نتيجة التعرض للتراكيز المختلفة من عنصري النيكل والرصاص وتجربتي خلط العنصرين، إذ ضُبط الأس الهيدروجيني بداية التجارب بين 6.5- 7 وأظهرت النتائج ارتفاع قيم الأس الهيدروجيني خلال 21 يوماً كما في الشكلين 5 و6، إذ سجل أعلى أس هيدروجيني في أحواض تجربة نبات الشمبلان تراوح بين 7.8- 8.5 قار نة مع 8.6- 8.9 في أحواض السيطرة، بينما كان معدل الأس الهيدروجيني لنبات الشويجة تراوح بين 7.3-7.4 في أحواض التجربة مقارنة مع 7.6-7.7 في أحواض السيطرة. وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية (p <0.05) بين أحواض التجربة وأحواض السيطرة لكلا النباتين .

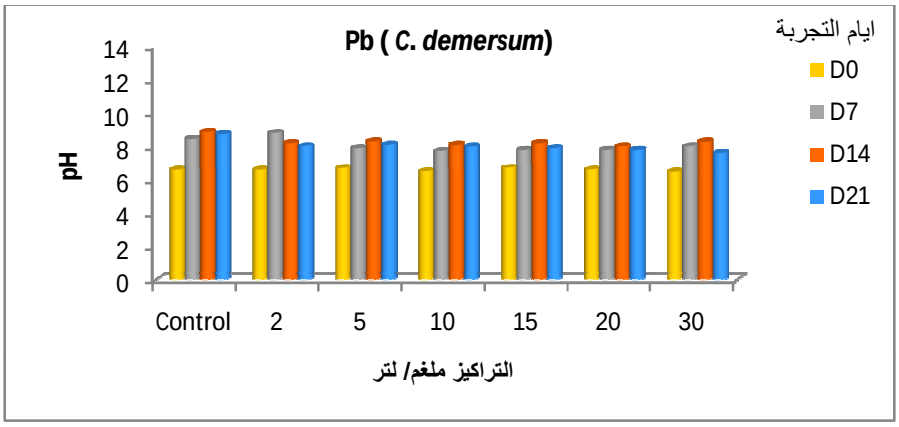


شكل 5 : معدل الأس الهيدروجيني في أحواض التجربة والسيطرة لنبات الشمبلان *C. demersum* بوجود عنصر النيكل

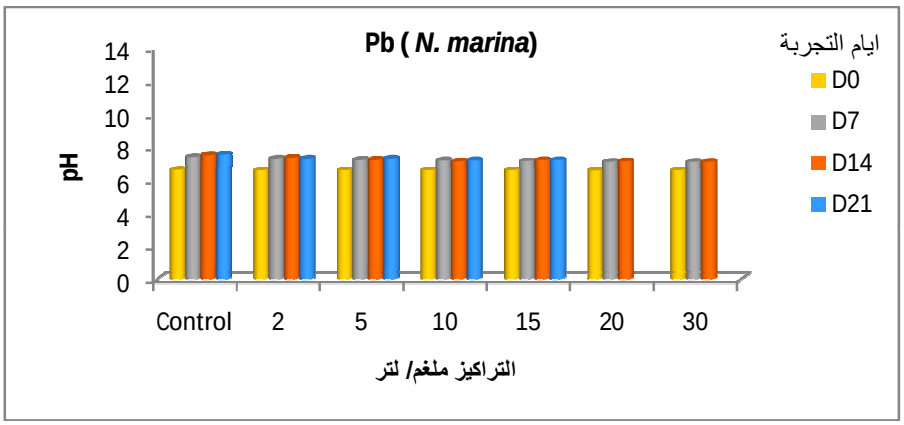


شكل 6 : معدل الأس الهيدروجيني في أحواض التجربة والسيطرة لنبات الشويجة *N. marina* بوجود عنصر النيكل

وكذلك يوضح الشكلان 7 و 8 ارتفاعا ملحوظا في قيم الأس الهيدروجيني لأحواض تجارب عنصر الرصاص لنبات الشمبلان في أحواض التراكيز والمقارنة وكانت 7.8- 8.3 و 8.4-8.8 على التوالي، بينما تراوحت القيم بين 7.1- 7.3 في أحواض التجربة و7.4-7.6 في أحواض السيطرة لنبات الشويجة وسجلت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية (p <0.05) بين أحواض السيطـــة و أحواض التجربتين.



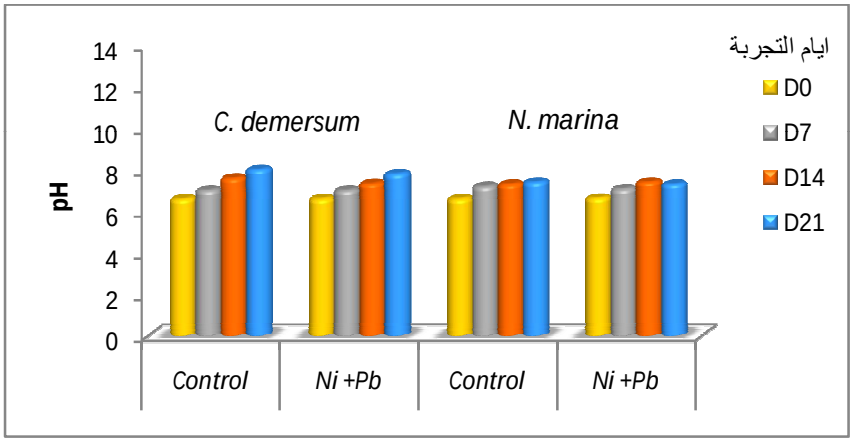
شكل 7 : معدل الأس الهيدروجيني في أحواض التجربة والسيطرة لنبات الشمبلان *C. demersum* بوجود عنصر الرصاص



شكل 8: معدل الأس الهيدروجيني في أحواض التجربة والسيطرة لنبات الشويجة *N. marina* بوجود عنصر الرصاص

أما نتائج تجربتي خلط عنصري النيكل والرصاص وتعريض نبات الشمبلان لهما فقد بينت نتائج التجارب المنفردة إن كفاءة الإزالة الأعلى كانت تركيز 2 ملغم/ لتر لكلا العنصرين جدول 3 و 4 ، اذ ارتفعت قيم الأس الهيدروجيني من 7-7.8 في حوض الخلط بينما كانت بين 7- 8 في حوض السيطرة ، فيما كان معدل الارتفاع في الأس الهيدروجيني لنبات الشويجة نتيجة تعريضـه إلى 5 ملغم/ لتر من

عنصر النيكل و2 ملغم/ لتر من الرصاص بين 7.1-7.4 مقارنة مع 7.2-7.4 في حوض السيلـــر ة (الشكل 9).

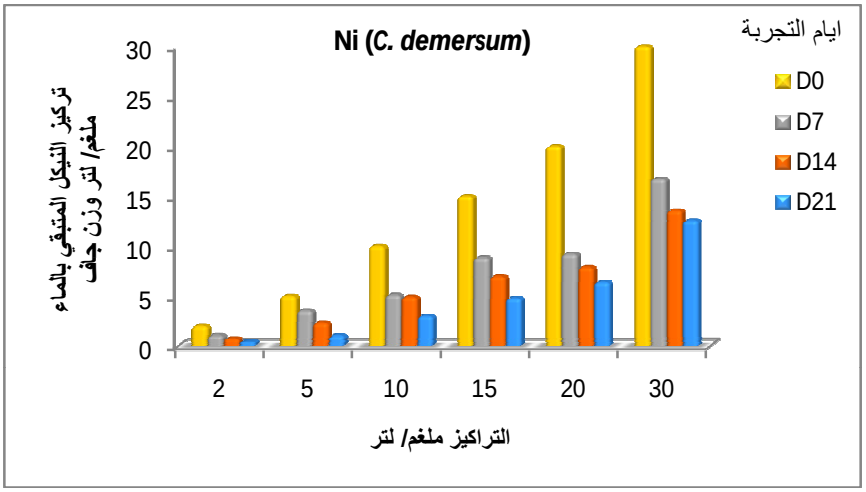


شكل 9 : معدل الأس الهيدروجيني في أحواض التجربة والسيطرة لنباتي *C. demersum* و *N. Marina* بوجود عنصري النيكل والرصاص

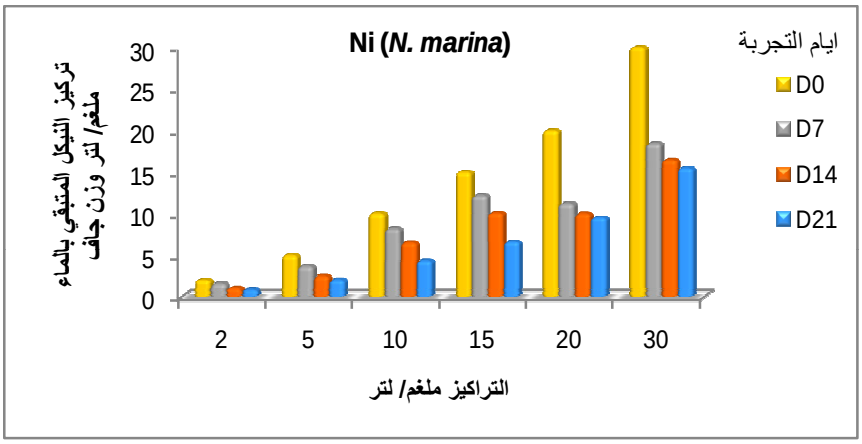
3. 1. 2 : تركيز عنصري النيكل والرصاص المتبقي بالمحلول المائي

تُبين الأشكال 10-14 معدل تراكيز عنصري النيكل والرصاص المتبقي بالمحلول المائي في تجارب نباتي الشمبلان والشويجة خلال 21 يوماً. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية بين أحواض التجارب بين التراكيز عند مستوى معنوية ($p < 0.05$) .

إذ بينت نتائج تجربتي تعريض نباتي الشمبلان والشويجة لتراكيز عنصر النيكل استمرار الانخفاض في التركيز المتبقي بالمحلول المائي بزيادة الفترة الزمنية للتعرض (الشكل 10 و11)، إذ كان تركيز عنصر النيكل المتبقي في تجربة نبات الشمبلان أقل من نبات الشويجة .

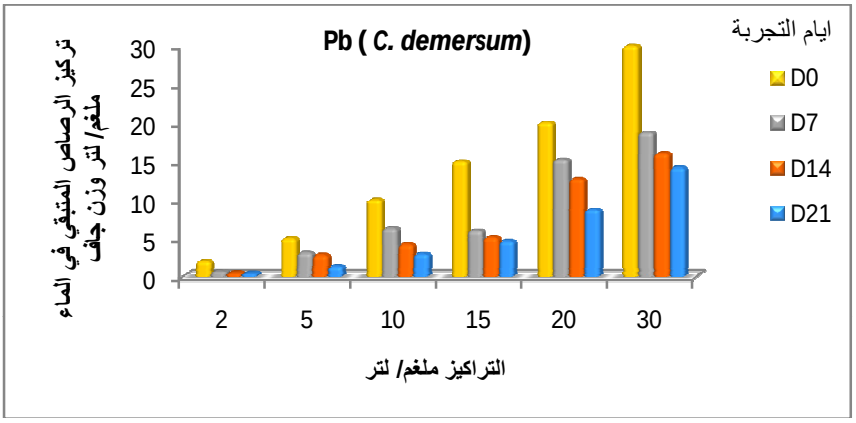


شكل 10 : معـــدل تركيز عنصر النيكل المتبقي بالمحلول المائي في تجربـــــة نبـــات الشمبلان *C. demersum*

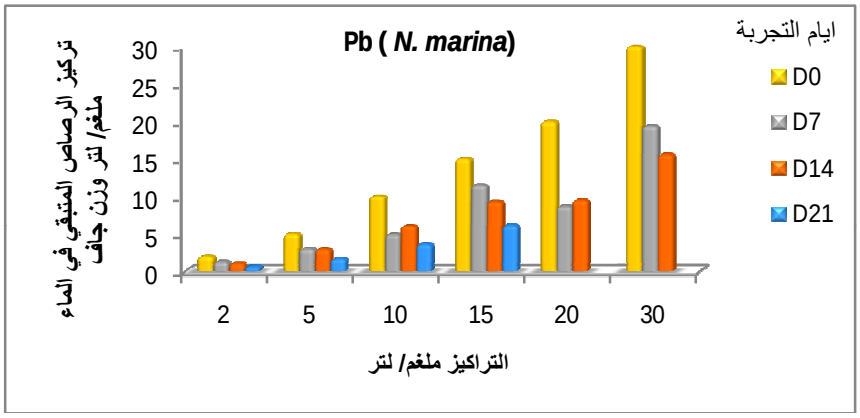


شكل 11 : معدل تركيز عنصر النيكل المتبقي بالمحلول المائي في تجربة نبات الشويجة *N. marina*

فيما وضحت نتائج تعريض نباتي الشمبلان والشويجة لتراكيز عنصر الرصاص في الشكلين 12 و13 نقصان التركيز في المحلول المائي بزيادة فترة تعرض النباتين أيضا ، وكان تحمل نبات الشمبلان للتراكيز العالية أكثر من نبات الشويجة الذي استمر مدة 14 يوما للتركيزين 20 و30 ملغم/لتر.

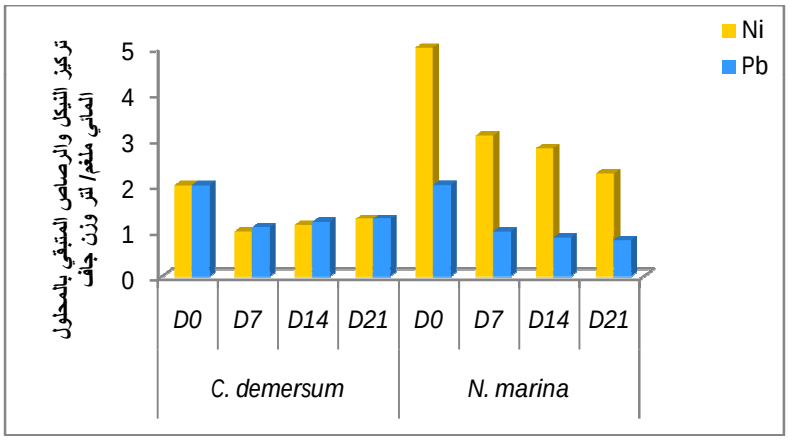


شكل 12 : معدل تركيز عنصر الرصاص المتبقي بالمحلول المائي لنبات الشمبلان *C. demersum*



شكل 13 : معدل تركيز عنصر الرصاص المتبقي بالمحلول المائي لنبات الشويجة *N. marina*

كما بينت نتائج تعريض نبات الشمبلان والشويجة في تجربتي خلط عنصري النيكل والرصاص إن تركيز العنصرين المتبقي بالمحلول كان أقل مما هو عليه في نتائج التجارب الأولى ذات العنصر المنفرد.



شكل 14 : معدل ريز عنصر ي النيكـل والرصاص المتبقي بالمحلول المائي لتجربتـــي نباتـــي *C. demersum* و *N. marina*

3. 1. 3 : كفاءة الإزالة (%) Removal Efficiency

تبين الجداول 3-5 معدل كفاءة إزالة عنصري النيكل والرصاص، إذ أظهرت النتائج إن نبات الشمبلان كان الأكثر كفاءة في إزالة عنصر النيكل عند تركيز 2 ملغم/ لتر بينما كانت نسبة الإزالة الأعلى لنبات الشويجة عند التركيز 5 ملغم/ لتر للعنصر نفسه. وسجلت نتائج التحليل الإحصائي فروقاً معنوية عند مستوى معنوية ($p < 0.05$) بين أحواض التراكيز لكل التجارب المنفردة .

جدول 3 : معدل كفاءة إزالة % عنصر النيكل لتجربتي نبات الشمبلان *C. demersum* و نبات الشويجة *N. marina*

Plant species	Day	كفاءة الإزالة %					
		Concentrations (mg/l)					
		2	5	10	15	20	30
C. demersum	D_{21}	79.07 ± 0.62 **a**	75.14 ± 0.44 **b**	70.11 ± 0.80 **c**	66.07 ± 0.17**d**	64.92 ± 0.03 **e**	58.11± 0.45 **f**
N. marina	D_{21}	57.4 ± 2.80 **a**	58.91± 3.72 **a**	56.66± 0.92 **a**	56.24± 2.89 **ab**	52.53± 0.98 **b**	48.34± 0.77 **c**

الأحرف المختلفة (لكل عمود) تشير الى وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية ($p < 0.05$)

كما بينت النتائج أيضاً أن نبات الشمبلان سجل أعلى نسبة مئوية في كفاءة إزالة عنصر الرصاص مقارنة مع نبات الشويجة عند تركيز 2 ملغم/ لتر كما موضح في الجدول 4. كما سجلت فروقاً معنوية ($p <0.05$) عند بعض التراكيز .

جدول 4 : معدل كفاءة إزالة % عنصر الرصاص لتجربتي نبات الشمبلان *C. demersum* و نبات الشويجة *N. marina*

Plant species	Days	كفاءة الازالة %					
		Concentrations (mg/l)					
		2	5	10	15	20	30
C. demersum	D_{21}	77.00 ± 1.0 **a**	73.00 ± 2.64 **b**	70.66 ± 1.15 **c**	69.00 ± 0.01 **c**	56.01 ± 0.57 **b**	52.66 ± 0.58 **c**
N. marina	D_{21}	68.00 ± 2.50 **a**	66.30 ± 1.64 **ab**	63.63 ± 0.52 **b**	59.00 ± 1.85 **c**		

الأحرف المختلفة (لكل عمود) تشير الى وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية ($p < 0.05$)

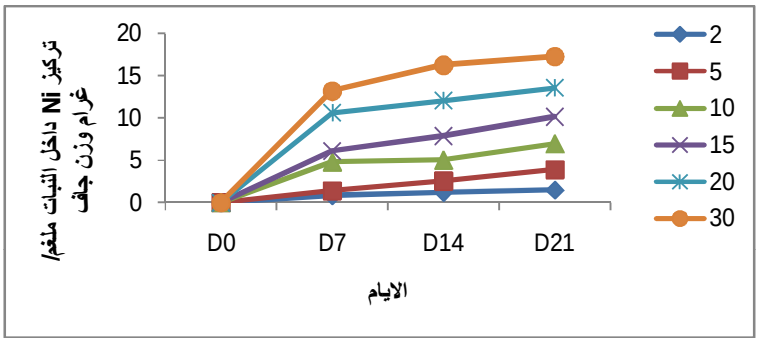
بينما أظهرت نتائج تجربتي خلط عنصري النيكل والرصاص للتراكيز ذات كفاءة الإزالة الأعلى (الجدول5) إن نبات الشمبلان يمتلك كفاءة أعلى في إزالة عنصري الرصاص والنيكل مقارنة بنبات الشويجة.

جدول 5 : معدل كفاءة الإزالة % لتجربتي عنصري النيكل والرصاص بوجود نباتي الشمبلان *C. demersum* و *N. marina*

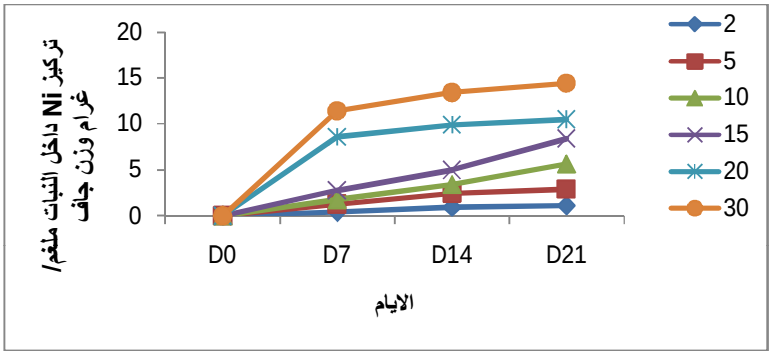
Plant species	Heavy element	كفاءة الإزالة %
		D_{21}
C. demersum	**Ni**	64.90± 0.95
	Pb	63.06± 5.93
N. marina	**Ni**	54.98± 0.20
	Pb	60.90± 0.95

3. 1. 4 : تركيز عنصري النيكل والرصاص في النبات

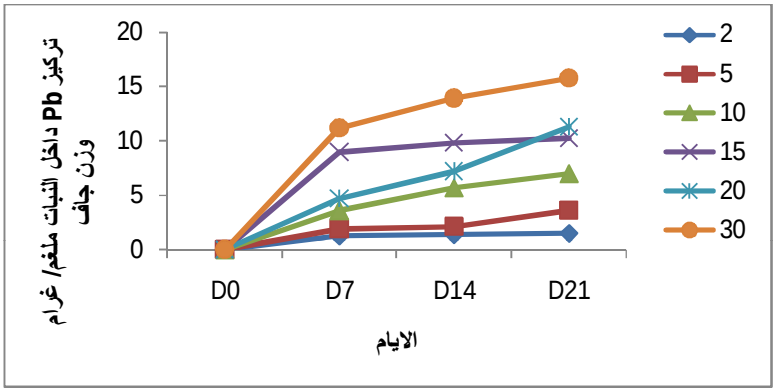
تُبين الأشكال 15-20 معدل تركيز عنصر النيكل والرصاص في النباتين، إذ أظهرت النتائج أن تركيز العنصر ازداد داخل النبات بزيادة الفترة الزمنية للتعرض، إ ن نبات الشمبلان كان الأكثر مراكمة لعنصر النيكل من نبات الشويجة. وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية ($p < 0.05$) للتجارب كلها.



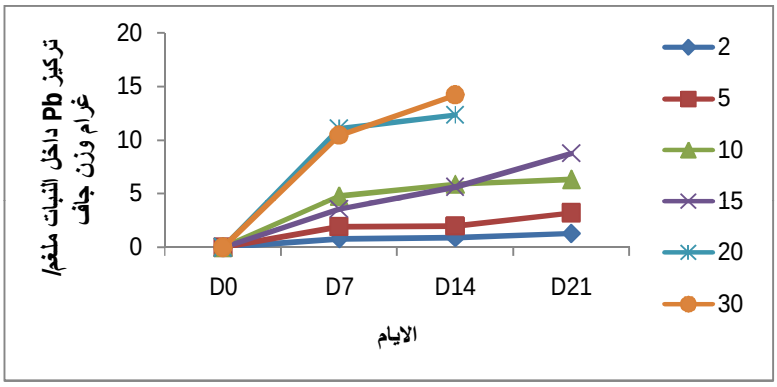
شكل 15 : معدل تركيز عنصر النيكل في نبات الشمبلان *C. demersum*



شكل 16 : معدل تركيز عنصر النيكل في نبات الشويجة *N. marina*

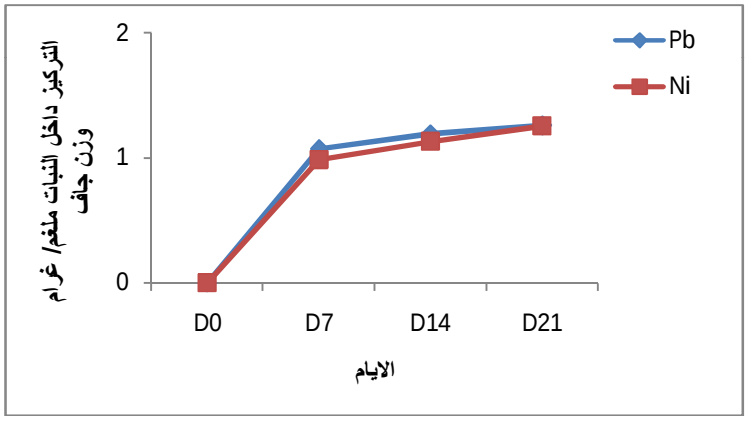


شكل 17 : معدل تركيز عنصر الرصاص في نبات الشمبلان *C. demersum*

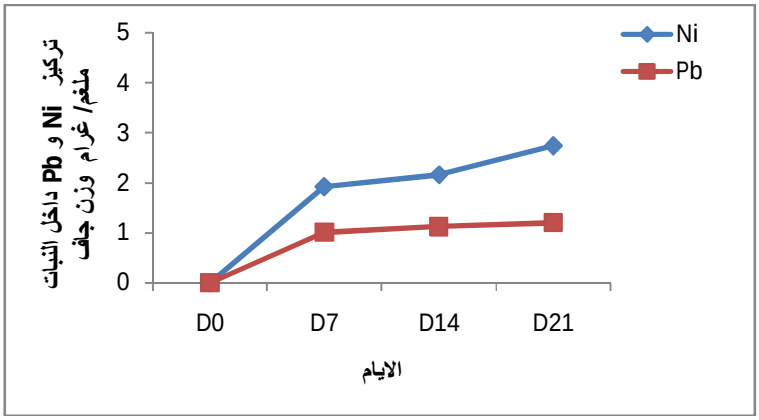


شكل 18 : معدل تركيز عنصر الرصاص في نبات الشويجة *N. marina*

أما نتائج تجربة خلط عنصري النيكل والرصاص لنبات الشمبلان عند تركيز 2 ملغم/لتر فكانت أكثر مراكمة لعنصر الرصاص من نبات الشويجة، أما مراكمة العنصرين في النباتين فكانت القيم أقل من كل عنصر لوحده (الشكلين19 و 20).



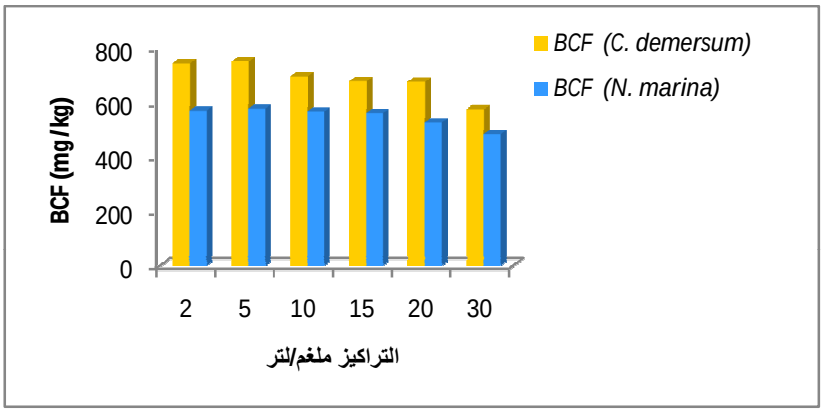
شكل 19 : معدل تركيز نصر ي النيكل والرصاص نبات الشمبلان *C. demersum*



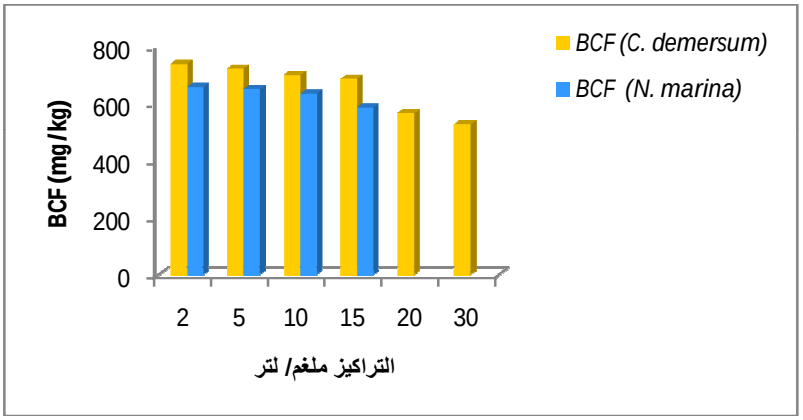
شكل 20 : معدل تركيز نصر ي النيكل ِ الرصاص في نبات الشويجة *N. marina*

3. 1. 5 : معامل التركيز الحيوي Bioconcentration factor (BCF)

تبين الأشكال 21- 23 معدل معامل التركيز الحيوي لعنصري النيكل والرصاص في النباتين،إذ أظهرت تجربتي التعريض لتراكيز عنصر النيكل والرصاص أن قيمة معامل التركيز الحيوي لنبات الشمبلان كانـــــــت الأعلى . وسجلت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية (p <0.05) في كل التجارب بين التراكيز المستعملة بالتجارب ولكلا العنصرين والنباتين .

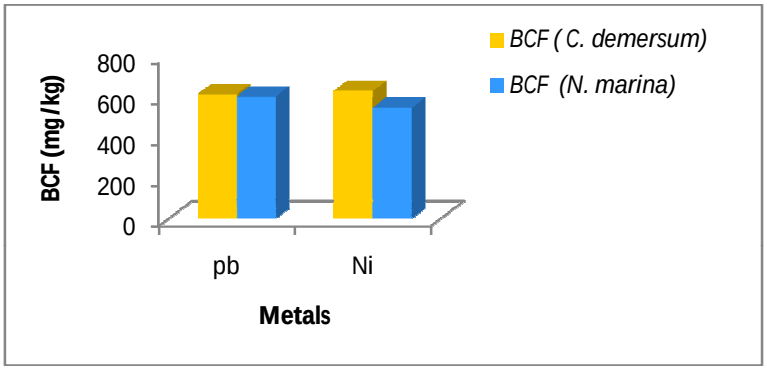


شكل 21 : معامل التركيز الحيوي لعنصر النيكل في نبات الشمبلان *C. demersum* ونبات الشويجة *N. marina*



شكل 22 : معامل التركيز الحيوي لعنصر الرصاص في نبات الشمبلان *C. demersum* ونبات الشويجة *N. marina*

أما تجربة خلط عنصري النيكل والرصاص فكان معامل التركيز الحيوي لعنصر الرصاص لنبات الشمبلان هو الأعلى مقارنة مع نبات الشويجة ، بينما كان معامل التركيز الحيوي لعنصر النيكل داخل نباتي الشمبلان والشويجة أقل من قيمته عند تعريض النباتين المذكورين لعنصر النيكل لوحده(شكل 23).



شكل 23 : معامل التركيز حيوي لعنصر ي النيكل ـ الرصاص في نبات *C. demersum* ونبات الشويجة *N. marina*

3. 1. 6 : الوزن الطري Fresh Weight

يوضح الجدولان 6 و7 معدل الوزن الطري بالغرام، إذ بينت النتائج أن معدل الوزن الطري لنبات الشويجة كان الأكثر تأثرا بوجود عنصر النيكل بينما كان نبات الشمبلان الأكثر تأثرا بوجود عنصر الرصاص. وأظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية واضحة بين أحواض التجارب وأحواض السيطرة عند مستوى معنوية (p <0.05) في كل التجارب المنفردة والخلط.

جدول 6: معدل الوزن الطري بالغرام لتجارب نباتي الشمبلان والشويجة بوجود عنصري النيكل والرصاص بعد 21 يوما من التعرض

Concentration mg/l	معدل الوزن الطري (غرام)			
	Ni		Pb	
	C. demersum	*N. marina*	*C. demersum*	*N. marina*
Control	24.24 ±0.01 **a**	24.32± 0.01 **a**	24.24± 0.01 **a**	24.32± 0.10 **a**
2	22.42 ± 0.21 **b**	19.80± 0.005 **b**	19.68± 0.09 **b**	21.06± 0.05 **b**
5	22.17 ± 0.19 **b**	19.36± 0.07 **c**	19.00± 0.01 **c**	20.93± 0.05 **b**
10	21.68 ± 0.09 **c**	19.12 ± 0.12 **d**	17.77± 0.08 **d**	20.67± 0.10 **c**
15	20.98± 0.01 **d**	18.92± 0.04 **e**	15.02± 0.009 **e**	20.49± 0.17 **c**
20	19.54 ± 0.46 **e**	18.43± 0.09 **f**	14.20± 0.08 **f**	-
30	19.02 ± 0.14 **f**	18.18± 0.10 **g**	13.30± 0.19 **g**	-

الأحرف المختلفة (لكل عمود) تشير إلى وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية (p < 0.05)

أما نتائج تجربتي الخلط للعنصرين فكان نبات الشويجة الأكثر تأثرا في معدل الوزن الطري كما في الجدول 7.

جدول7 : معدل الوزن الطري بالغرام لتجربتي نباتي *C. demersum* ونبات *N. marina* بوجود نصر ي النيكل والرصاص

Concentrations mg/l	معدل الوزن الطري (غرام)	
	C. demersum	*N. marina*
Control	24.25± 1.02 **a**	24.23± 0.01 **a**
Ni + pb	18.59± 0.177 **b**	16.83± 0.34 **b**

الأحرف المختلفة (لكل عمود) تشير الى وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية (p < 0.05)

3. 1. 7 : النمو النسبي Relative Growth

يُبين الجدولان 8 و9 معدل النمو النسبي عند انتهاء التجارب، إذ أوضحت النتائج أن معدل نمو نبات الشويجة كان الأكثر تأثرا بوجود عنصر النيكل بعد 21 يوماً، بينما بينت النتائج أن نبات الشمبلان كان الأكثر تأثراً بعنصر الرصاص وأن نبات الشويجة لم يتحمل التراكيز 20 و30 ملغم/ لتر لمدة 21

يوماً. **وأظهرت** نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية بين أحواض السيطرة وأحواض التجربة بعد 21 يوما من التعرض للعنصرين عند مستوى معنوية ($p < 0.05$)

جدول 8: معدل النمو النسبي لنباتي الشمبلان والشويجة بعد 21 يوما من التعرض لعنصري النيكل والرصاص

Concentration mg/l	معدل النمو النسبي			
	Ni		Pb	
	C. demersum	*N. marina*	*C. demersum*	*N. marina*
Control	0.96± 0.01 **a**	0.97± 0.01 **a**	0.96±0.015 **a**	0.97± 0.01 **a**
2	0.89± 0.008 **b**	0.79± 0.02 **b**	0.78±0.03 **b**	0.84± 0.002 **b**
5	0.88± 0.009 **b**	0.77± 0.03 **c**	0.75± 0.01 **c**	0.83± 0.02 **b**
10	0.86±0.003 **c**	0.76± 0.005 **d**	0.70± 0.03 **d**	0.82± 0.04 **c**
15	0.83± 0.05 **d**	0.75± 0.02 **e**	0.59± 0.005 **e**	0.81± 0.006 **d**
20	0.78±0.18 **e**	0.73± 0.03 **f**	0.56±0.002 **f**	-
30	0.75±0.05 **f**	0.72± 0.004 **g**	0.53± 0.08 **g**	-

الأحرف المختلفة (لكل عمود) تشير الى وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية ($p < 0.05$)

كما بينت نتائج تعريض نباتي الشمبلان والشويجة لعنصري النيكل والرصاص في تجربتي الخلط للعنصرين في الجدول 9 أن نبات الشمبلان كان الأقل تأثرا في أحواض التراكيز مقارنة مع أحواض السيطرة.

جدول 9: معدل النمو النسبي لتجربتي نباتي الشمبلان والشويجة بعد 21 يوما من التعرض لعنصري النيكل والرصاص بتجربتي الخلط

Concentrations mg/l	معدل النمو النسبي	
	C. demersum	*N. marina*
Control	0.96± 0.10 **a**	0.97± 0.01 **a**
Ni + pb	0.74± 0.007 **b**	0.67± -0.01 **b**

الأحرف المختلفة (لكل عمود) تشير إلى وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية ($p < 0.05$)

8 .1 .3 : نسبة دليل التحمل % Tolerance Index Rate (TIR)

يبين الجدولان 10 و11 معدل نسبة دليل التحمل لنباتي الشمبلان والشويجة نتيجة التعرض للتراكيز المختلفة من عنصري النيكل والرصاص وتجربتي خلط العنصرين للنباتين بعد 21 يوماً. وأوضحت نتائج تجربتي تعريض نباتي الشمبلان والشويجة لتراكيز عنصر النيكل خلال 21 يوما كما في

الجدولين 10 و11 إن نبات الشمبلان كان الأكثر تحملا في معظم التراكيز ، كما اظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاً معنوية بين التراكيز عند مستوى معنوية (p <0.05).

جدول 10 : معدل نسبة دليل التحمل % لتجارب نباتي الشمبلان والشويجة بعد 21 يوما من التعرض لتراكيز عنصري النيكل والرصاص

Concentration mg/l	معدل نسبة دليل التحمل %			
	Ni		Pb	
	C. demersum	*N. marina*	*C. demersum*	*N. marina*
2	97.76± 0.1 **a**	91.99± 0.08 **a**	96.20± 0.1 **a**	89.49± 0.1 **a**
5	96.80± 0.1 **b**	88.11± 0.11 **b**	94.59± 0.2 **b**	88.74± 0.2 **b**
10	94.37± 0.20 **c**	86.84± 0.10 **c**	85.00± 0.1 **c**	83.24± 0.13 **c**
15	91.42± 0.1 **d**	83.42± 0.10 **d**	72.85± 0.01 **d**	80.54± 1.0 **d**
20	84.816± 0.12 **e**	81.09± 0.10 **e**	67.52± 0.1 **e**	-
30	82.647± 0.21 **f**	78.66± 0.10 **f**	64.04± 0.21 **f**	-

الأحرف المختلفة (لكل عمود) تشير الى وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية 0.05 (p < 0.05)

أظهرت نتائج تجربتي تعريض نباتي الشمبلان والشويجة للتراكيز ذات كفاءة الإزالة الأعلى للتجربة الأولى أي بتركيز 2 ملغم/لتر نيكل و2 ملغم/ لتر رصاص لنبات الشمبلان و5 ملغم/لتر نيكل و2 ملغم/ لتر رصاص ان نسبة دليل التحمل% لنبات الشمبلان عند نهاية التجربة هو الأعلى كما في الجدول 11 .

جدول11 : معدل نسبة دليل التحمل % لتجربتي نباتي الشمبلان *C. demersum* والشويجة *N. marina* بوجود عنصري النيكل والرصاص

Concentrations mg/l	معدل نسبة دليل التحمل %	
	C. demersum	*N. marina*
Ni + pb	81.69± 0.12	72.34± 34

3. 1. 9 : الكلوروفيل الكلي Total Chlorophyll

يبين الجدولان 12 و13 معدل الكلوروفيل الكلي لنباتي الشمبلان والشويجة نتيجة التعرض للتراكيز المختلفة من عنصري النيكل والرصاص وتجربتي خلط العنصرين للنباتين خلال 21 يوماً. وسجلت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية بين أحواض التجربة واحواض السيطرة عند مستوى معنوية (p < 0.05) في التجارب المنفردة وتجارب خلط العنصرين.

إذ بينت نتائج تجارب تعريض نباتي الشملان والشويجة لتراكيز عنصر ي النيكل والرصاص في التجارب المنفردة أن تركيز الكلوروفيل الكلي انخفض في أحواض لتراكيز في اليوم 21 مقارنةً مع قيمة الانخفاض أحواض السيطرة لكلا النباتين وكما في الجدول 13، بعدما كان التركيز الأولي لنبات الشمبلان 7.830 مايكروغرام/ غرام ولنبات الشويجة 8.800 مايكروغرام/ غرام فضلا عن أن نبات الشويجة لم يتحمل التراكيز العالية لعنصر الرصاص لنهاية التجربة بل استمر مدة 14 يوما وكانت قيم الانخفاض في المحتوى الكلوروفيلي في اليوم 14 لتركيزي 20 و 30 ملغم/ لتر 7.087 و6.880 على التوالي.

جدول 12: معدل الكلوروفيل الكلي µg/g لنباتي الشمبلان *C. demersum* والشويجة *N. marina* بوجود عنصر النيكل والرصاص بالتجارب المنفردة بعد 21 يوما من التعرض للعنصرين

Concentrationmg/l	معدل الكلوروفيل الكلي µ g/g			
	Ni		Pb	
	C. demersum	*N. marina*	*C. demersum*	*N. marina*
Control	7.30± 0.10 **a**	8.12± 0.10 **a**	7.30± 0.10 **a**	8.14± 0.03 **a**
2	7.07± 0.01 **b**	7.99± 0.01 **a**	6.98± 0.02 **b**	7.41± 0.03 **b**
5	6.85± 0.005 **c**	7.54± 0.10 **b**	6.30± 0.001 **c**	7.24± 0.01 **c**
10	5.64± 0.1 **d**	7.16± 0.14 **c**	6.12± 0.1 **d**	7.11± 0.05 **d**
15	5.59± 0.1 **d**	6.60± 0.12 **d**	5.67± 0.32 **e**	6.75± 0.01 **e**
20	5.11± 0.21 **e**	6.07±0.03 **e**	5.16± 0.05 **f**	-
30	4.54± 0.21 **f**	4.84± 0.11 **f**	4.10± 0.08 **g**	-

الأحرف المختلفة (لكل عمود) تشير إلى وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية ($p < 0.05$)

أشارت نتائج تجربتي تعريض نباتي الشمبلان والشويجة لعنصري النيكل والشمبلان للتراكيز ذات كفاءة الإزالة الأعلى في التجارب المنفردة أي بتركيز 2ملغم/ لتر نيكل و2 ملغم/ لتر رصاص لنبات الشمبلان إن معدل تركيز الكلوروفيل الكلي كان الأكثر تأثرا في تركيز الكلوروفيل الكلي بعد 21 يوما من التعرض كما في الجدول 13 بعدما كان التركيز الأولي للكلوروفيل الكلي لنباتي الشمبلان والشويجة 7.640 و 7.870 مايكروغرام/ غرام على التوالي .

جدول 13: معدل الكلوروفيل الكلي µg/g لتجربتي نباتي لشمبلان والشويجة بو.ود عنصر ي النيكل والرصاص

	معدل الكلوروفيل الكلي µ g/g	
Concentration mg/l	*C. demersum*	*N. marina*
Control	7.63 ± 0.09 **a**	7.52± 0.12 **a**
Ni + pb	6.49± 0.01 **b**	7.04± 0.02 **b**

الأحرف المختلفة (لكل عمود) تشير الى وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية ($p < 0.05$)

3. 1. 10 : البروتين %

يبين الجدولان 14و 15 معدل البروتين % في نباتي الشمبلان والشويجة بعد التعرض لتراكيز ختلفة من عنصر ي النيكل والرصاص وتجربتي الخلط خلال 21 يوماً **وأظهرت** نتائج التحليل الاحصائي وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية ($p < 0.05$) عند معظم التجارب ولم تسجل فروق معنوية بين أحواض التراكيز وأحواض السيطرة لتجربة تعريض نبات الشمبلان لعنصر النيكل عند مستوى معنوية ($p > 0.05$). بينما اظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقاً معنوية لباقي التجارب لنباتي الشمبلان والشويجة عند مستوى معنوية ($p < 0.05$)

أظهرت نتائج تعريض نباتي الشمبلان والشويجة لتراكيز عنصر النيكل والرصاص كما في الجدول 14 أن نسبة البروتين انخفضت في أحواض التراكيز مقارنة مع الانخفاض في أحواض السيطرة في كلا النباتين بعدما كان التركيز **الأولي** لنسبة البروتين لنباتي الشمبلان والشويجة (35 و30.19)% على التوالي .

جدول 14 : معدل البروتين % في تجارب نباتي الشمبلان والشويجة بعد 21 يوما من التعرض لتراكيز عنصري النيكل والرصاص

Concentration mg/l	معدل البروتين %			
	Ni		Pb	
	C. demersum	*N. marina*	*C. demersum*	*N. marina*
Control	34± 1.0 **a**	28.32± 0.1 **a**	34± 0.20 **a**	29.45± 0.10 **a**
2	32± 1.12 **a**	27.65± 0.12 **b**	31± 1.0 **b**	27.12± 0.12 **b**
5	30± 1.02 **a**	25.42± 0.13 **c**	28.2± 0.1 **c**	25.58± 0.10 **c**
10	26± 1.0 **a**	22.32± 0.15 **d**	24.4± 1.0 **d**	23.48± 0.08 **d**
15	24± 1.01 **a**	20.35± 0.10 **e**	21.1± 0.1 **e**	22.76± 0.005 **e**
20	20± 1.0 **a**	18.10± 0.10 **f**	17.13± 0.25 **f**	-
30	18± 1.03 **a**	17.19± 0.10 **g**	13.30± 0.20 **g**	-

الأحرف المختلفة (لكل عمود) تشير الى وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية ($p < 0.05$)

بينما كانت نتائج تجربتي تعريض نباتي الشمبلان والشويجة لعنصري النيكل والرصاص بتركيز 2 ملغم لتر نيكل و2 ملغم/ لتر رصاص لنبات الشمبلان الأثر في انخفاض نسبة البروتين مقارنة مع الانخفاض في أحواض لسيطرة وكذلك الحال مع نبات الشويجة بعدما كان نسبة البروتين الاولي لنباتي الشمبلان والشويجة 35 و 30.19 % على التوالي في بداية التجربة .

جدول 15: معدل البروتين % في تجربتي نباتي الشمبلان *C.demersum* و الشويجة *N. marina* بوجود عنصري النيكل والرصاص

Concentration mg/l	معدل البروتين %	
	C. demersum	***N. marina***
Control	33.23± 0.10 **a**	28.13±0.08 **a**
Ni + pb	20.10± 1.05 **b**	21.08± 0.06 **b**

الأحرف المختلفة (لكل عمود) تشير الى وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية ($p < 0.05$)

3. 2. : المياه العادمة

3. 2. 1: الصفات الفيزيائية والكيميائية للمياه العادمة

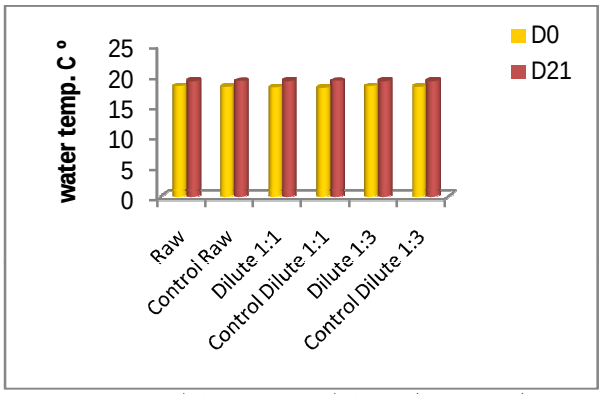
قيست الصفات الفيزيائية والكيميائية للمياه العادمة المطروحة من حوض الترسيب الثانوي لمحطة تصفية مجاري حمدان التي جمعت في كانون الثاني 2018 كما في الجدول 16. ولم يسجل تركيز يذكر لعنصر النيكل لنوعية المياه المستعملة في التجربة .

جدول 16 : المواصفات الأولية للمياه العادمة الخارجة من حوض الترسيب الثانوي لمحطة تصفية مجاري حمدان والمستعملة بالتجربة

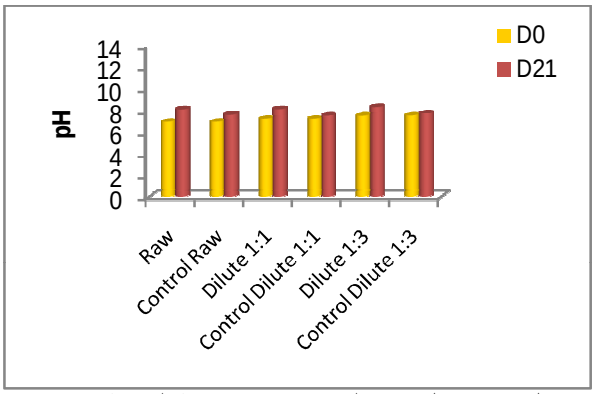
المعامل Parameter	الوحدة Unit	بدون تخفيف خام	تخفيف 1:1	تخفيف 3:1
pH	-	6.9± 0.1	7.2± 0.05	7.5± 0.10
W.temp.	درجة مئوية م°	17.88± 0.05	17.56± 0.32	18.2± 0.02
Ec	mS/cm	5.20± 0.01	2.55± 0.10	1.77± 0.11
TDS	mg/l	3392.1± 2.05	1632± 2.0	1132.8± 2.0
HCO_3^-	mg/l	50.6± 3.10	26± 2.01	13± 1.0
Cl^-	mg/l	1999.23± 0.84	999.24± 1.06	499± 0.99
NO_3^{-2}	mg/l	24.03± 0.95	14.9± 0.95	9.30± 0.17
PO_4^{-3}	mg/l	3.88± 0.01	1.92± 0.01	1.01± 0.01
BOD_5	mg/l	40 ± 0.26	20± 1.0	10 ± 1.02
COD	mg/l	134.03 ± 1.13	76± 2.00	38 ± 2.01
Total hardness	mg/l	1350 ± 0.20	650.1± 0.1	370.02± 0.02
Ca^{+2}	mg/l	240.48 ± 0.02	124.22± 0.02	60.12± 0.10
Mg^{+2}	mg/l	182.12± 0.06	82.45± 0.11	46.12± 0.02
Na^+	mg/l	1292.5± 0.20	727.50± 2.02	465.83± 0.98
Pb^{+2}	mg/l	0.04	0.018	0.0
Ni^{+2}	mg/l	0.0	0.0	0.0

تم تعريض نباتي الشمبلان والشويجة للمياه العادمة الخام والمخففة بنسبة1:1 و3:1 وأظهرت التجربة عدم تحمل نبات الشويجة لنوعية المياه المستعملة بالتجربة على عكس نبات الشمبلان الذي تحمل إلى نهاية التجربة وأزال الملوثات بنسب إزالة مختلفة فبينت الأشكال 24- 29 أدناه معدل التغير في درجة الحرارة و الأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية والمتطلب الحيوي والكيميائي للأوكسجين وايون الكلورايد في كلا أحواض تجربة نبات الشمبلان وأحواض السيطرة للمياه العادمة الخام غير المخففة والتخافيف 1:1 و3:1 ، إذ كانت درجة الحرارة متقاربة بين بداية ونهاية التجربة من 18- 19.2 ، بينما

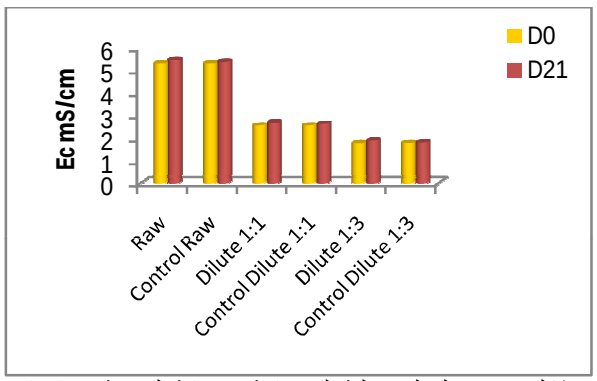
ارتفعت قيم التوصيلية الكهربائية بأحواض النباتات إلى قيم أعلى من أحواض السيطرة ولم تُظهر فروقاً معنوية عند مستوى معنوية ($p< 0.05$) لكلا المؤشرين بين أحواض النبات وأحواض السيطرة دون نبات ، وأشارت النتائج إلى انخفاض قيم المتطلب الحيوي والكيميائي للأوكسجين وايون الكلورايد أيضاً وكان الانخفاض الأكبر عند نسبة التخفيف 1:3 إذ وصل إلى 1 و 44 و 298.11 ملغم/ لتر على التوالي. وقد بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية($p < 0.05$) بين أحواض المياه العادمة المحتوية على نبات وأحواض السيطرة دون نبات ولكلا التخفيفين والمياه العادمة الخام غير المخففة للمتغيرات المقاسة .



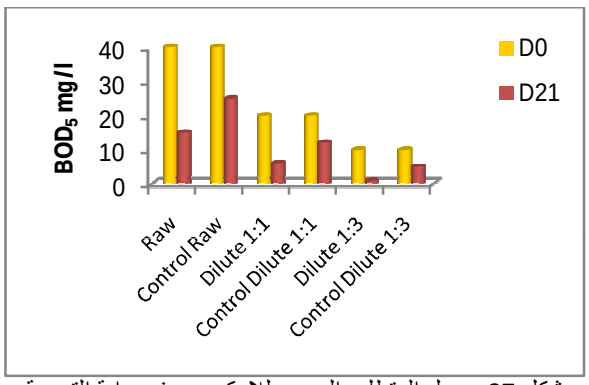
شكل 24 : معدل درجة الحرارة في بداية التجربة ونهايتها



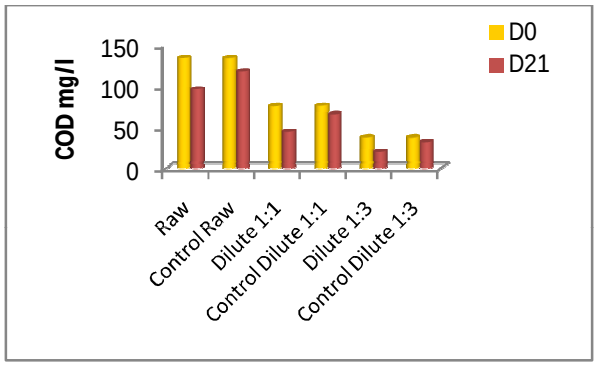
شكل 25 : معدل الاس الهيدروجيني في بداية التجربة ونهايتها



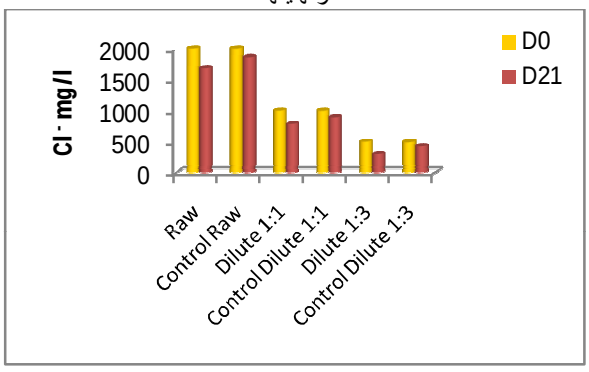
شكل 26: معدل التوصيلية الكهربائية في بداية التجربة ونهايتها



شكل 27 :معدل المتطلب الحيوي للاوكسجين في بداية التجربة ونهايتها

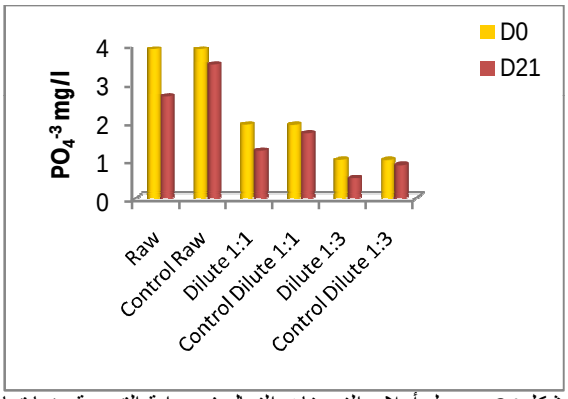


شكل 28:معدل المتطلب الكيميائي للأوكسجين في بداية التجربة ونهايتها

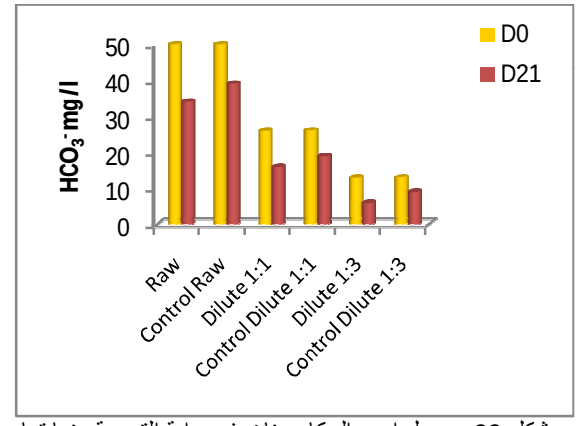


شكل 29: معدل ايون الكلورايد في بداية التجربة ونهايتها

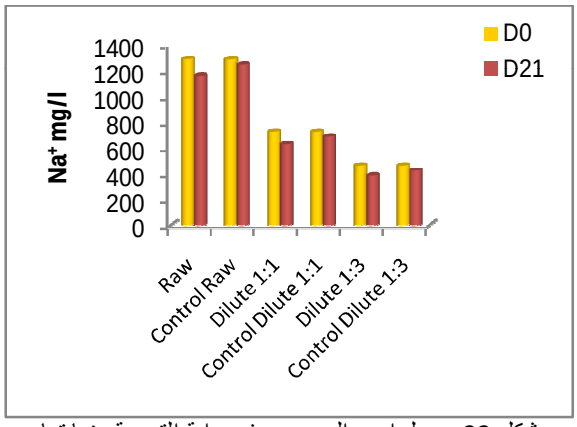
وبينت النتائج أيضا انخفاضاً في أملاح نترات والفوسفات الفعال والصوديوم و البيكاربونات والعسرة الكلية والكالسيوم في أحواض النبات مقارنة مع أحواض السيطرة كما في الأشكال 30- 35 .



شكل 30 : معدل املاح النترات في بداية التجربة ونهايتها

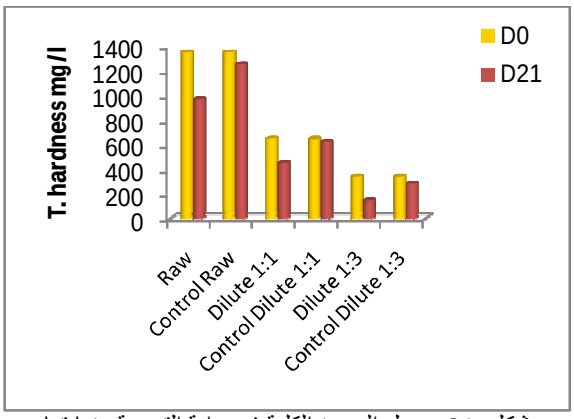


شكل31 : معدل أملاح الفوسفات الفعال في بداية التجربة ونهايتها

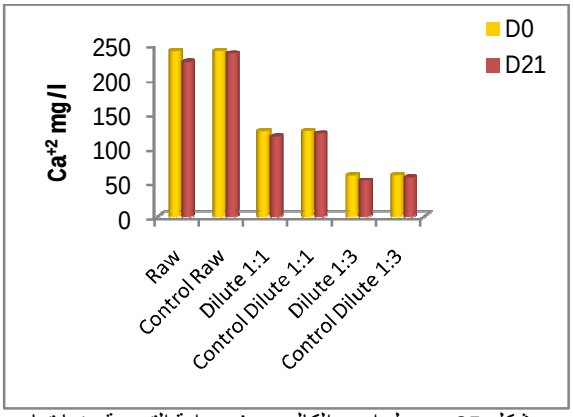


شكل 32: معدل ايون الصوديوم في بداية التجربة ونهايتها

شكل 33 : معدل ايون البيكاربونات في بداية التجربة ونهايتها



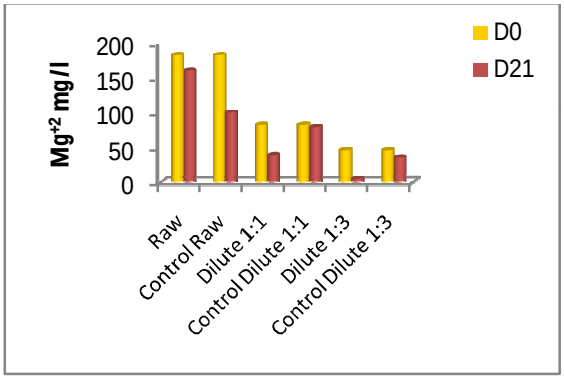
شكل 34: معدل العسرة الكلية في بداية التجربة ونهايتها



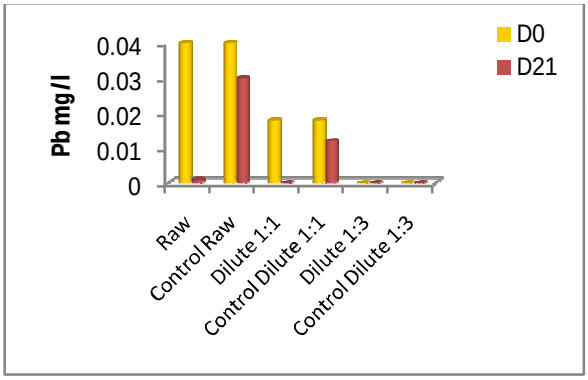
شكل 35 : معدل ايون الكالسيوم في بداية التجربة ونهايتها

كما أظهرت النتائج في الأشكال 36 و37 انخفاضا في تركيز ايون المغنيسوم اذ وصلت في التخفيف 3:1 إلى 4.8 ملغم/ لتر.

اما تركيز الرصاص فقد وصلت القيمة إلى 0 ملغم/ لتر في أحواض التخفيف 1:1 مقارنة مع 0.012 ملغم/ لتر في أحواض السيطرة في التخفيف نفسه.



شكل 36: معدل تركيز ايون المغنيسيوم في بداية التجربة ونهايتها



شكل 37: معدل تركيز الرصاص في بداية التجربة ونهايتها

2.2.3: كفاءة الإزالة %

يوضح الجدول 17 كفاءة إزالة % لملوثات المياه العادمة بعد 21 يوما من التعريض لنبات الشمبلان، إذ أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية بين المتغيرات المقاسة بين أحواض التجربة وأحواض السيطرة دون نبات عند مستوى معنوية ($p< 0.05$).

جدول17 : كفاءة الإزالة % لملوثات المياه العادمة الخام (غير المخففة) بعد 21 يوما من تعريضها لنبات الشمبلان *C. demersum*

Parameter	Units	كفاءة الإزالة %	
		خام غير مخففة بوجود نبات	سيطرة خام غير مخففة عدم وجود نبات
BOD_5	mg/l	62.5± 2.50 **a**	37.5± 2.25 **b**
COD	mg/l	28.35± 0.74 **a**	11.94±2.50 **b**
Cl^-	mg/l	15.92± 0.05 **a**	6.96± 0.1 **b**
HCO_3^-	mg/l	32± 2.02 **a**	22.0± 2.02 **b**
Total hardness	mg/l	28.14± 0.07 **a**	7.40± 0.15 **b**
Ca^{+2}	mg/l	6.68± 0.04 **a**	1.66± 0.045 **b**
Mg^{+2}	mg/l	45.35± 0.005 **a**	12.01± 0.005 **b**
NO_3^{-2}	mg/l	32.01± 0,40 **a**	13.88± 0.01 **b**
PO_4^{-3}	mg/l	31.44± 2.83 **a**	9.79± 0.25 **b**
Na^+	mg/l	9.93±0.001 **a**	3.35± 0.07 **b**
Pb^{+2}	mg/l	94.44±0.25 **a**	25.00± 0.25 **b**

الأحرف المختلفة (لكل عمود) تشير الى وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية ($p < 0.05$)

جدول18 : كفاءة الإزالة % لملوثات المياه العادمة للتخفيف 1:1 بعد 21 يوما من التعريض لنبات الشمبلان *C. demersum*

Parameter	Units	كفاءة الإزالة %	
		تخفيف 1:1 بوجود نبات	سيطرة تخفيف 1:1 عدم وجود نبات
BOD_5	mg/l	70 ± 5.0 **a**	40± 5.0 **b**
COD	mg/l	42.10± 1.32 **a**	13.16± 1.31 **b**
Cl^-	mg/l	21.45± 0.1 **a**	19.93 0.005 **b**
HCO_3	mg/l	38.33± 4.04 **a**	26.92± 0.77 **a**
Total hardness	mg/l	30.75± 0.01 **a**	10.11± 0.36 **b**
Ca^{+2}	mg/l	6.30± 0.12 **a**	3.13± 0.01 **b**
Mg^{+2}	mg/l	53.48± 0.49 **a**	16.98± 0.48 **b**
NO_3^{-2}	mg/l	37.31± 1.01 **a**	19.55± 0.77 **b**
PO_4^{-3}	mg/l	35.75± 0.52 **a**	14.40± 0.51 **b**
Na^+	mg/l	13.34± 0.13 **a**	5.22± 0.27 **b**
Pb^{+2}	mg/l	100± 0.001 **a**	33.89± 4.40 **b**

الأحرف المختلفة (لكل عمود) تشير الى وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية ($p < 0.05$)

جدول19 : كفاءة الإزالة % لملوثات المياه العادمة للتخفيف 3:1 بعد 21 يوما من تعريضها لنبات الشمبلان *C. demersum*

Parameter	Units	كفاءة الإزالة %	
		تخفيف 3:1 بوجود نبات	سيطرة تخفيف 3:1 عدم وجود نبات
BOD_5	mg/l	90±10.0 **a**	50± 10.0 **b**
COD	mg/l	47.37± 2.63 **a**	15.79± 2.64 **b**
Cl^-	mg/l	40.24± 0.02 **a**	15.77 ± 0.04 **b**
HCO_3	mg/l	53.84± 7.69 **a**	30.77± 7.70 **b**
Total hardness	mg/l	55.88± 0.59 **a**	17.65± 0.59 **b**
Ca^{+2}	mg/l	13.27± 0.16 **a**	5.43± 0.58 **b**
Mg^{+2}	mg/l	89.55± 0.04 **a**	27.31± 0.3 **b**
NO_3^{-2}	mg/l	50.65± 0.22 **a**	16.30± 1.08 **b**
PO_4^{-3}	mg/l	48.51± 2.97 **a**	13.86± 0.99 **b**

Na^{+}	mg/l	16.28± 0.21 **a**	8.73± 0.22 **b**
Pb^{+2}	mg/l	ND	ND

الأحرف المختلفة (لكل عمود) تشير إلى وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية ($p < 0.05$)

ND: (Not detected) : قراءة غير محسوسة بجهاز مطياف الامتصاص الذري اللهبي

3. 2. 3 : التأثيرات السمية

أظهرت نتائج تعريض نبات الشمبلان إلى المياه العادمة الخام والمخففة بنسب1:1 و3:1 تأثر الوزن الطري للنبات والنمو النسبي ومحتوى الكلوروفيل الكلي والبروتين % ونسبة دليل تحمل النبات % وكان التأثير أكبر في النبات المعرض للمياه الخام غير مخففة مقارنة مع التخافيف المستعملة وأحواض السيطرة المحتوية على نبات نامي في محلول مائي . وأظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية ($p < 0.05$) كما في الجدول 20.

جدول 20: معدل التأثيرات السمية في نبات الشمبلان عند انتهاء تجربة معالجة المياه العادمة

Parameter	Control سيطرة بوجود نبات	خام غير مخففة	تخفيف 1:1	تخفيف 3:1
Fresh weight	24.13± 0.02 **a**	11.33± 0.04 **d**	14.81± 0.06 **c**	18.91± 0.08 **b**
Relative growth	0.97±0.02 **a**	0.45± 0.01 **d**	0.59±0.09 **c**	0.75±0.02 **b**
T. chlorophyll	8.10±0.01 **a**	6.73± 0.03 **d**	7.05± 0.013 **c**	7.47± 0.06 **b**
Protein %	33.23± 0.28 **a**	20.68± 0.25 **d**	25.70± 0.06 **c**	30.37± 0.05 **b**
Tolerance index rate %	-	44.67± 0.38 **c**	59.75± 0.37 **b**	76.82± 0.06 **a**

الأحرف المختلفة (لكل صف) تشير إلى وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية 0.05 ($p < 0.05$)

3. 2. 4: دليل نوعية المياه

استعمل دليل نوعية المياه الكندي (CCME, 2001) لتصنيف نوعية المياه العادمة المعالجة بنبات الشمبلان في حال تصريفها للمسطحات المائية والأنهار، إذ استعملت متغيرات درجة الحرارة والأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية والأملاح الذائبة الكلية والمتطلب الحيوي والكيميائي للأوكسجين وأملاح النترات والفوسفات الفعال وايونات الكلورايد والصوديوم والكالسيوم والمغنيسوم والبيكاربونات وعنصري النيكل والرصاص في عملية التصنيف وذلك بمقارنتها مع المواصفات الأردنية والسورية لعدم وجود مواصفة عراقية للمياه العادمة المسموح تصريفها للأنهار والمسطحات المائية (ملحق 1 و2). واعتمادا على قيم الدليل صنفت المياه المعالجة غير المخففة على إنها مياه متوسطة التلوث أو حافية Marginal بينما صنفت المياه المعالجة المخففة بنسبة 1:1 و3:1 بأنها جيدة كما في الجدول 21.

جدول 21 : قيم دليل نوعية المياه الكندي بعد المعالجة بنبات الشمبلان

المياه العادمة المعالجة	قيمة CWQI	تصنيفه
الخام بدون تخفيف	59	حافية (Marginal)
تخفيف 1: 1	80	جيدة (Good)
تخفيف 1: 3	89	جيدة (Good)

كما تم استعمال دليل نوعية المياه العادمة (Wastewater Quality Index) والمحور من الدليل الكندي (Vijayan *et al.*, 2016) في عملية تصنيف المياه العادمة، فقد أظهرت قيم دليل نوعية المياه العادمة (WWQI) أن المياه العادمة الخام غير المخففة كانت متوسطة الشدة بينما صنفت المياه العادمة المخففة بنسبة 1:1 و3:1 على أنها مياه قليلة الشدة كما موضح في الجدول 22.

جدول 22 : قيم دليل نوعية المياه الكندي المحور WWQI لتقييم المياه العادمة بعد المعالجة بنبات الشمبلان

المياه العادمة المعالجة	قيمة WWQI	تصنيفه
الخام بدون تخفيف	41	مياه عادمة متوسطة الشدة
تخفيف 1: 1	20	مياه عادمة قليلة الشدة
تخفيف 1: 3	11	مياه عادمة قليلة الشدة

المناقشـــــــــــــة

Discussion

4. المناقشة

1.4 : تجارب معالجة العناصر الثقيلة

تؤدي النباتات المائية دوراً رئيساً في معالجة الملوثات ومنها العناصر الثقيلة، إذ تمتلك أنسجة برنكيمية هوائية وفجوات متخصصة لمراكمة العديد من الملوثات العضوية واللاعضوية فضلاً عن قابلية هذه النباتات على النمو السريع وانتشارها الواسع في البيئة وسهولة التعامل معها والتخلص منها (Parveen and Arjun, 2011 و Mielcarek and Krzemieniewski, 2013).

اظهرت نتائج الدراسة الحالية ارتفاعاً في قيم الأس الهيدروجيني وصل إلى 8.5 في أحواض تجارب التراكيز وقد يعزى سبب الارتفاع إلى قيام النبات بعملية البناء الضوئي مما سبب استهلاك غاز ثنائي اوكسيد الكاربون CO_2 المذاب بالماء ورفع قيمة الأس الهيدروجيني باتجاه القاعدية (Van der valk, 2006). إذ يعد الاس الهيدروجيني أحد أهم العوامل المسيطرة على التوافر الحيوي للعنصر الثقيل، وقد ذكر الكثير من الباحثين قيمة الأس الهيدروجيني الملائم لنمو النبات والمناسب في امتصاص العنصر الثقيل الذي يسبب تراكمه الحيوي داخل أنسجته، فعندما تكون قيم الاس الهيدروجيني أعلى من 8.5 تكون الايونات بشكل أكاسيد غير ذائبة وهيدروكسيدات يصعب على النبات امتصاصها، وكذلك الحال عندما تكون قيمة الأس الهيدروجيني اقل من 3 (Li and Luan, 2015) .

تعد ميكانيكية الترشيح الجذري تقنية فعالة تعمل على امتصاص وتركيز وترسيب العنصر الثقيل من المياه الملوثة بواسطة جذور أو أجزاء النبات، وبين العديد من الباحثين قدرة العديد من النباتات كمراكمات مفرطة للعناصر الثقيلة، إذ استعملت العديد من النباتات المائية الطافية في إزالة العناصر الثقيلة من المياه الملوثة كما أثبتت النباتات الغاطسة قدرتها على إزالة العناصر الثقيلة من المياه الملوثة أيضا. توصلت نتائج تجارب عنصري النيكل والرصاص المنفردة وتجربتي خلط العنصرين إن قيم العناصر الثقيلة المتبقية في المحلول المائي استمرت بالانخفاض بزيادة فترة التعرض وان كفاءة إزالة العنصرين كانت في التراكيز الواطئة ولكلا النباتين بينما ظهرت حالة التشبع والتسمم بالتراكيز العالية من هذه العناصر. وتتفق نتائج الدراسة الحالية مع دراسة Phukan *et al.*(2015) الذي توصل إلى قدرة نبات زعتر الماء *Hydrilla verticillata* لى إزالة عنصر ي الكروم والكادميوم من المحلول المائي

بكفاءة عالية بينما سببت التراكيز العالية تأثيرات السمية في النبات أدت إلى تثبيط معدل نموه وتقليل قابليته في متصاص العنصر ين.

إن النباتات عندما تمتص العناصر الثقيلة تتحفز لتكوين مركبات نباتية تعرف بالمخلبيات النباتية تعمل على الإحاطة بذرات العناصر الملوثة وتراكمها داخل الفجوات الموجودة في خلايا الأنسجة النباتية (الوهيبي ، 2006). فقد أوضحت نتائج التجارب قدرة نباتي الشمبلان والشويجة على امتصاص عنصري النيكل والرصاص داخل أنسجتها ولكن بكفاءة امتصاص مختلفة، فقد بينت النتائج أن التركيز داخل النبات ازداد بزيادة الفترة الزمنية للتعرض وقل امتصاص عنصر ين بالتراكيز العالية وقد يعزى السبب إلى وصول النبات إلى حالة الإشباع والتسمم وبالتالي يصعب على النبات الاستمرار في امتصاص العنصر وان نبات الشمبلان كان الأكثر امتصاصا لعنصري النيكل والرصاص في التجارب المنفردة وتجارب خلط العنصرين، وبمقارنة امتصاص نبات الشويجة لعنصري النيكل والرصاص بينت النتائج أن نبات الشويجة كان أكثر امتصاصا لعنصر النيكل مقارنةً بالرصاص، وانه لم يتحمل التراكيز العالية لعنصر الرصاص مدة 21 يوماً وتتفق نتائج هذه الدراسة مع دراسة Mohamad (2016) الذي بين ان التراكم داخل لنبات يزداد مع زيادة فترة التعرض والتراكيز العالية تسبب السمية والتشبع للنبات وتقل قابلية استمرارية امتصاصها للعنصر الثقيل .

عد معامل التر كيز الحيوي (BCF) أداة فعالة في تقييم قابلية النباتات على مراكمة العناصر الثقيلة وتُحسب على أساس تركيز العنصر داخل النسيج النباتي كوزن جاف، يعرف معامل التركيز الحيوي بأنه القدرة الكامنة التي يتم من خلالها امتصاص المادة الكيميائية بواسطة الكائن الحي من البيئة عن طريق مساحته السطحية، إذ يعطي معلومات عن مخاطر المواد الكيميائية التي يتعرض لها الانسان والكائنات الحية الاخرى والبيئة، وبشكل عام يتأثر تراكم العنصر الثقيل داخل النبات بتأثير تركيز العنصر في الماء (Christian *et al.*, 2010). ويعد تركيز العنصر الأولي العامل الرئيس في معرفة كفاءة النبات في امتصاص العنصر ومراكمته، إذ عند زيادة تركيز العنصر في الماء تزداد الكمية المتراكمة في النبات بينما تقل قيمة معامل التركيز الحيوي (BCF) يادة تركيز ه (Wang and Lewis, 1997 و2014 ,.Swain *et al*) وهذا ما بينته نتائج الدراسة الحالية إذ أظهرت أن تراكم عنصر ين (النيكل والرصاص) ازداد بزيادة الفترة الزمنية للتعرض وعند حساب قيمة معامل التركيز الحيوي أشارت النتائج أن

أعلى قيمة لمعامل التراكم الحيوي كانت في نبات الشمبلان في التجارب المنفردة لعنصر النيكل إذ وصلت إلى 744.00 ملغم/ كغم عند التركيز 2 ملغم/لتر، بينما كانت أعلى قيمة لنبات الشويجة 578.50 ملغم/ كغم عند التركيز 5 ملغم/لتر، كما وصلت قيمة BCF الأعلى لنباتي الشمبلان والشويجة المعرضين لعنصر الرصاص 738 و 657.5 ملغم/ كغم عند التركيز 2 ملغم/ لتر لكلا النباتين علي التوالي، ونظراً لكون قيم BCF لكلا النباتين المعرضين لعنصر النيكل كانت أعلى من قيم BCF لعنصر الرصاص تحت الظروف نفسها، فإن قابلية النباتين على مراكمة عنصر النيكل اكبر من قابليتهما على مراكمة عنصر الرصاص وإن نبات الشمبلان كان الأكفأ في مراكمة العنصرين من نبات الشويجة. وان نبات الشويجة كان اكفأ في مراكمة عنصر النيكل أكثر من عنصر الرصاص، أما في تجربتي خلط العنصرين فإن قيمة BCF الأعلى كانت لنبات الشمبلان إذ وصلت إلى 627 و 611.17 ملغم/ كغم لعنصري النيكل والرصاص على التوالي، بينما كانت قيمة BCF لنبات الشويجة 576.5 و 538.8 ملغم/ كغم لعنصري الرصاص والنيكل ومن ثم يعد نبات الشمبلان هو الأكفأ في مراكمة العنصرين أيضا، واعتماداً على قيم BCF لكلا النباتين في التجارب المنفردة وتجارب خلط العنصرين التي كانت اقل من 1000 ملغم/لتر لذا يعد النباتان من النباتات المراكمة المعتدلة لعنصري النيكل والرصاص (Xiaomei *et al*, 2004). واتفقت نتائج الدراسة الحالية مع دراسة Das *et al*. (2016) الذي توصل الى ان التراكم الحيوي لعنصر النيكل داخل النسيج النباتي في نبات زهرة النيل ازداد بزيادة فترة التعرض فضلا عن قلة التراكم الحيوي بزيادة التركيز (Syuhaida *et al*., 2014 و Mandakini *et al*., 2016) .

يعد التأثير في الوزن الطري إحدى استجابات سمية العناصر الثقيلة في النباتات، إذ توصلت الدراسة الحالية الى تأثر الوزن الطري والنمو النسبي في تجارب تعريض النباتين لكلا العنصرين في التجارب المنفردة وتجربتي خلط العنصرين وكان تأثر النباتين في لتراكيز العالية اكبر مقارنةً مع التراكيز الواطئة ، وقد يعزى سبب تثبيط معدل النمو النسبي إلى عدة أسباب أولها التأثير في مكونات الغشاء البلازمي وتثبيط مرور السوائل من خلاله وبالتالي إحداث تغيير في حالته الوظيفية والتركيبية، كما تشمل أيضا زيادة إنتاج الجذور الحرة والتي تسبب تسرب الـ lipid peroxidation للغشاء البلازمي. والثالثة تُحدث تغيرات في الفعالية الأنزيمية نتيجة التعرض النبات لإجهاد العنصر (Prasad and Hagmeyer , 1999). واتفقت نتائج الدراسة الحالية مع دراسة Thilakar *et al*. (2012) الذي

توصل إلى أن تراكم عنصري الكروم والنحاس أثـــر في الوزن الطـري في نبات *Pistia stratiotes* و*Salvinia natans* بعد مرور 10 أيام، واتفقت نتائج هذه الدراسة مع دراسة Farnese *et al.* (2014) أيضاً.

كما أن تقليل محتوى الكلوروفيل الكلي يعد من أعراض سمية النبات بعد تعرضها لتراكيز مختلفة من العناصر الثقيلة ، و هو أهم مؤشر حيوي لإجهاد العنصر للنبات، فقد بينت نتائج الدراسة الحالية انخفاض قيمة محتوى الكلوروفيل بزيادة التركيز مقارنة مع أحواض السيطرة لكلا النباتين وقد ادى التعرض المستمر لتراكيز العناصر الثقيلة إلى اصفرار الأوراق نتيجة التأثير في عملية تصنيع البروتين وارتباط العنصر بقوة مع البروتين مسبباً تقليل تراكم بروتين الصبغة lipo protein وكذلك تثبيط فعالية الإنزيمات الضرورية في بناء جزيئة الكلوروفيل نتيجة لاستجابة النبات لإجهاد العنصر (Cenkci *et al.,* 2010 و Parmar *et al.,* 2013 و Elloumi *et al.,* 2014) وهذا يتفق مع دراسة أجراها المياح والاسدي (2012) و Al-Saadi *et al.* (2013) .

وتعد البروتينات من المكونات الخلوية المهمة والعمود الفقري لاي خلية نباتية التي سرعان ما تتأثر بإجهاد العنصر الثقيل تؤدي الى ارتباط العنصر مع البروتين والتداخل مع عمليات تصنيع وتجميع البروتينات الضرورية وبالتالي يؤثر على ثباتية الخلية واستقرارها (Wu *et al.,* 2010) ، وقد بينت نتائج الدراسة الحالية انخفاضاً في المحتوى البروتيني في نباتي الشمبلان والشويجة بزيادة تراكيز العنصر وبزيادة الفترة الزمنية للتعرض، وقد يعزى السبب إلى أن التعرض للعنصر الثقيل يسبب زيادة حدوث تفاعلات ROS (reactive oxygen species) مسبباً زيادة إنتاج Lipid peroxidation والتي تؤدي إلى تدمير الدور الوظيفي للأغشية كما يؤثر في البروتينات والأحماض النووية (Pitzschke *et al.* 2006). وقد يعزى السبب أيضا إلى أن تراكم العنصر الثقيل يؤدي إلى تثبيط عملية تصنيع البروتين أو قد يسبب تحطيم البروتين نتيجة التراكم في الأنسجة النباتية (Wang *et al.,* 2009) وتتفق نتائج الدراسة الحالية مع دراسة Das *et al.* (2016) التي أشاروا فيها إلى تأثر المحتوى البروتيني لنبات زهرة النيل قد ازداد بزيادة تركيز عنصر الكادميوم .

يعد دليل التحمل مقياساً لقابلية تحمل النبات للمعادن الثقيلة ، إذ أوضحت نتائج الدراسة الحالية ان مقدار التحمل لنبات الشمبلان كان الأكثر في معظم التراكيز عند تعرضه لعنصري النيكل والرصاص

وقد يعزى السبب الى ان نبات الشمبلان يمتلك مساحة سطحية اكبر من نبات الشويجة ومن ثم تسبب زيادة قابليته على امتصاص ومراكمة العناصر الثقيلة داخل أنسجته بشكل اكبر وتتفق هذه الدراسة مع دراسة Umebese and Motajo, (2008).

4. 2: المياه العادمة Wastewater

4. 2. 1: التغيرات في الصفات الفيزيائية والكيميائية وكفاءة الإزالة

تقاس الصفات الفيزيائية والكيميائية للمياه العادمة المعالجة لتقييم نوعيتها للاستعمالات المختلفة أو طرحها في البيئة المائية وقد قيست الصفات درجة الحرارة والأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية والأوكسجين المذاب والمتطلب الحيوي والكيميائي للأوكسجين والعسرة الكلية وايوني الكالسيوم والمغنيسوم والصوديوم و الكلورايد و أملاح النترات والفوسفات الفعال والبيكاربونات قبل وبعد التعرض لنبات الشمبلان بتجربة مختبرية استمرت 21 يوما ومقارنة قيم الانخفاض للعوامل المقاسة مع المواصفات القياسية الاردنية والسورية (ملحق 1 و2) لطرح المياه العادمة المعالجة للانهار لأنها مقاربة لبيئتنا وليس لدينا مواصفات قياسية لطرح المياه العادمة المعالجة في محطات المعالجة إلى المسطحات المائية .

أثبتت التجربتان مختبريتان عند تعريض نباتي الشمبلان *Ceratophyllum demersum* والشويجة *Najas marina* للمياه العادمة المعالجة الخارجة من حوض الترسيب الثانوي من محطة تصفية مجاري حمدان قدرة نبات الشمبلان في إزالة العديد من الملوثات بكفاءة إزالة مختلفة بينما لم يتحمل نبات الشويجة نوعية المياه المستعملة في التجربة وقد يعود السبب الى التركيز العالي لايون الكلورايد والملوحة العالية مما نتج عنه عدم تحمله وفق مقوماته كنبات بعد يومين من التعرض للمياه العادمة الخام والمخففة .

تعد درجة الحرارة عاملاً مهماً في المعالجتين الكيميائية والبايولوجية ، إذ تؤثر على ذائبية الايونات وفعالية الأحياء المجهرية، كما تؤثر في كمية الأوكسجين المذاب وسرعة التفاعلات الكيميائية أيضاً (Drinan and Whiting, 2001) ، أظهرت نتائج التجارب المنفردة وخلط العنصرين ان درجة الحرارة كانت متقاربة في كل من أحواض التراكيز وأحواض البسيطرة اذ تراوحت بين 18- 20 م^{o} ومن

دون أي فروق معنوية عند مستوى معنوية ($p > 0.05$) لكون التجارب اجريت تحت الظروف المختبرية.

أظهرت نتائج تجربة تعريض نبات الشمبلان للمياه العادمة الخارجة من محطة تصفية مجاري حمدان بالتخافيف3:1 و1:1 فضلاً عن المياه الخام غير المخففة أن قيمة الأس الهيدروجيني في الأحواض المحتوية على النبات كانت أعلى مقارنة مع أحواض السيطرة (دون نبات)، وقد يعزى ذلك إلى قيام النبات بعملية البناء الضوئي وان قيم الأس الهيدروجيني تتأثر بوجود CO_2 و HCO_3 ، ن بعض النباتات تسلك سلوك عامل منظم من خلال طرح واخذ الايونات الموجبة والسالبة للوصول الى حالة التوازن البيئي . (Ji *et al.,* 2006).

أشارت النتائج الى ارتفاع قيمة التوصيلية الكهربائية في أحواض النبات المعرض للمياه العادمة مقارنة مع أحواض السيطرة نتيجة لارتفاع قيمة الأس الهيدروجيني ، وقد يعزى السبب إلى أن قيمة التوصيلية الكهربائية تعتمد على تراكيز الأملاح الذائبة وتعد مواصفات المياه العادمة الخام ذات قيم أملاح عالية كالصوديوم والكلورايد وغيرها وقد يعزى السبب إلى زيادة في كمية بعض الأملاح غير المقاسة بالتجربة .

بينت نتائج تعريض نبات الشمبلان إلى المياه العادمة المخففة وغير المخففة أن قيم الأوكسجين المذاب قد ارتفعت في الأحواض الحاوية على النبات لقيم أكثر من 5 ملغم/ لتر مقارنة بأحواض السيطرة التي كانت اقل من هذه القيم ويعزى السبب إلى قيام النبات بعملية البناء الضوئي أي استهلاك غاز ثنائي اوكسيد الكاربون وتوفر الأوكسجين المذاب كناتج لهذه العملية. ، اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع دراســـة El- Kheir *et al.* (2007) إذ توصل إلى أن تركيز الأوكسجين المذاب يزداد تدريجيا في جميع تخافيف المياه العادمة المعالجة بنبات عدس الماء *L. gibba* .

يعد المتطلب الحيوي للأوكسجين من العوامل المهمة التي يجب قياسها في المياه العادمة المنزلية كون احتواءها على كميات كبيرة من المواد العضوية القابلة للتحلل فضلا عن أن طرحها إلى البيئة يؤدي إلى تقليل كمية الأوكسجين للمياه مما يسبب في قتل الأسماك والتأثير في الأحياء المائية وحصول تغيرات في التوازن البيئي ، كما يعد المتطلب الكيميائي للأوكسجين مؤشراً لكمية المواد العضوية القابلة للتأكسد ومقياساً لكمية الأوكسجين المكافئ للمواد العضوية في المياه التي تتأكسد كيميائياً.

أوضحت نتائج التجربة قدرة نبات الشمبلان على اختزال قيم المتطلب الحيوي والكيميائي للأوكسجين ، إذ كانت كفاءة إزالة المتطلب الحيوي للأوكسجين 90 و 70 و 62.50 % للتخافيـــف 3:1 و1:1 والمياه الخام غير المخففة على التوالي مقارنة مع 50 و 40 و 37.50 % في أحواض السيطرة دون نبات بينما كانت كفاءة إزالة المتطلب الكيميائي للأوكسجين 47.37 و42.11 و 28.36 % على التوالي مقارنة القيم في أحواض السيطرة ، والفرق بين الاثنين هو دور النبات في إزالة المواد العضوية وقد يعزى السبب إلى أن وجود النبات في المياه العادم يستهلك غاز ثنائي اوكسيد الكاربون خلال قيامه بعملية البناء الضوئي ويزيد كمية الأوكسجين المذاب كناتج عرضي لهذه العملية وهذا يؤدي الى توفر ظروف هوائية في المياه العادمة تزيد من فعالية البكتريا الهوائية في تحلل المواد العضوية وتقليل محتوى هذه المياه من المتطلب الحيوي للأوكسجين (Cooper *et al.*, 1996 و Reddy ,1981) ،الانخفاض في قيم المتطلب الحيوي للأوكسجين مقارنة بأحواض السيطرة يشير إلى قدرة النبات على أكسدة المواد العضوية الموجودة في المياه العادمة، بينما انخفاض قيم المتطلب الحيوي للاوكسجين في أحواض السيطرة قد يعزى إلى قيام الأحياء المجهرية باستهلاك المواد العضوية كغذاء لها. واتفقت هذه الدراسة مع دراسة Azeez and Sabbar (2012) و Kulasekaran *et al.* (2014) .

تعد املاح النترات من العوامل المهمة التي يجب قياسها للمياه العادمة لتحديد مدى مطابقتها مع مواصفات القياسية لان زيادة طر حها تسبب ظاهرة الاثراء الغذائي في المسطحات المائية ، أشارت نتائج التجربة إلى أن النبات الشمبلان كانت له القدرة على خفض قيم أملاح النترات والفوسفات الفعال ، إذ كانت كفاءة الإزالة لاملاح النترات 50.65 و 32.89 و 29.17 % في احواض التخافيف 1 : 3 و 1:1 والمياه الخام غير المخففة على التوالي مقارنة مع 16.30 و 12.75 و 10.42 % في احواض السيطرة دون نبات ، بينما كانت كفاءة الإزالة لأملاح الفوسفات الفعالة 48.51 و 35.42 و 31.44 % على التوالي مقارنة مع 13.86 و 11.88 و 10.05 % على التوالي في أحواض السيطرة دون نبات ، والفرق بين الاثنين هو دور النبات في إزالة أملاح النترات والفوسفات الفعال ، و قد يعزى السبب إلى امتصاصها من قبل النباتات المائية والأحياء المجهرية لاستعمالها في عملياته الايضية ،إذ يحتاج النبات إلى النتروجين بشكل نترات لبناء البروتين والعمليات الايضية الثانوية وبناء DNA وجزيئات الكلوروفيل (Givens *et al.*, 2008)، كما يعد الفوسفات الفعال PO_4^{-3} نصر اً مغذياً مهماً للنبات للقيام بالعديد

من الفعاليات الايضية ، وتتفق نتائج الدراسة مع دراسة الصابونجي (2003) وجاسم (2008) و Azeez and Sabbar (2012).

أشارت النتائج أيضا أن قيم العسرة الكلية انخفضت في أحواض النباتات مقارنة مع أحواض السيطرة دون نبات، وقد يعزى السبب إلى أن العسرة الكلية تعتمد على تركيز ايونات الكالسيوم والمغنيسوم والبوتاسيوم والكلورايد والكبريتات وان النبات يقوم بامتصاص بعض هذه الايونات للقيام بالعمليات الايضية. وتتفق هذه الدراسة مع دراسة Deval *et al*. (2012) و Azarpira *et al*. (2014).

فيما أوضحت نتائج التجربة أن نبات الشمبلان ساهم في خفض تراكيز ايون الكالسيوم وبكفاءة إزالة 13.27 و 6.30 و 6.68)% على التوالي في أحواض النبات للتخافيف 1: 3 و 1:1 والمياه الخام غير المخففة مقارنة مع 5.39 و 3.14 و 1.67 % في أحواض السيطرة دون نبات، وقد يعزى السبب لامتصاص ايون الكالسيوم لاستعماله في عملياته الايضية ، بينما كانت كفـــــــاءة إزالة ايون المغنيسوم 89.59 و 53 و 45.35 % مقارنة مع 27.34 و 4.50 و 12.01 % وقد يعزى السبب إلى أن ايون المغنيسوم يعد من العناصر المغذية وعنصرٌ فعالٌ لإنزيمات البناء الضوئي والمكون الأساسي لجزيئات الكلوروفيل ولكن ضمن تراكيز قليلة، وان التراكيز العالية تسبب الضرر للنبات واتفقت نتائج هذه لدراسة مع دراسة Azarpira *et al.* (2014)

يعد وجود ايون الكلورايد في المياه العادمة واحدة من المشاكل الرئيسة للمياه المطروحة في البيئة، وأوضحت النتائج أن كفاءة إزالة ايون الكلورايد كانت هي الأكثر في أحواض النباتات للتخافيف مقارنة مع أحواض السيطرة دون نبات ، وقد يعزى السبب في أن ايون الكلورايد يميل إلى التراكم في الأنسجة النباتية وخصوصاً الأوراق ولكن ضمن تراكيز قليلة لا تسبب السمية للنبات (Hajrasuliha, 1979). وهذا يتفق مع دراسة Sood *et al*. (2011).

أشارت النتائج إلى أن الأحواض المحتوية على نبات الشمبلان قد اختزلت فيها قيم البيكاربونات بكفاءة إزالة كانت أعلى في أحواض النبات مقارنة مع أحواض السيطرة دون نبات ، وقد يعزى السبب إلى أنه بالرغم من أن ثنائي اوكسيد الكاربون هو الشكل الأمثل للنباتات للقيام بعملية البناء الضوئي ، ولكن معظم النباتات قادرة على استعمال البيكاربونات HCO_3^- لتعويض النقص الحاصل في CO_2 اللازم

للقيام بعملية البـناء الضوئي ، لذا يقوم النبات بامتصاصه مسبباً قلته في المياه العادمة بكمية اكبر مقارنة مع أحواض السيطرة.

وأشارت نتائج التجربة إلى أن الأحواض المحتوية على نبات الشمبلان أزالت عنصر الرصاص بكفاءة عالية في أحواض النباتات ، إذ كانت 97.50 و 100 % مقارنة مع قيم الإزالة في أحواض السيطرة التي كانت 25 و 33.33 % للمياه غير المخففة الخام والمخففة بنسبة 1:1 على التوالي ، بينما لم يتحسس جهاز مطياف الامتصاص الذري اللهبي تركيز الرصاص عند التخفيف3:1 في بداية التجربة، وقد يعزى سبب كفاءة الإزالة العالية لتركيز الرصاص لكون نبات الشمبلان قادر على امتصاص ومراكمة العنصر الثقيل في أنسجته وهذا يتفق مع دراسة Azeez and Sabbar (2012) .

4. 2. 2: التأثيرات السمية في النبات

أظهرت نتائج تجربة تعريض نبات الشمبلان إلى المياه العادمة غير المخففة الخام والمخففة بنسبة 1: 1 و 1: 3 لمدة 21 يوماً ، أن الوزن الطري قد تأثر في أحواض النبات وكانت قيم الانخفاض في الوزن الطري 11.337و 14.817 و18.917 غرام على التوالي مقارنة مع 24.20 غرام في أحواض السيطرة المحتوية على نبات نامي في محلول مائي. وقد يعزى السبب إلى تعرض النبات إلى تقليل المحتوى المائي (dehydration) لخلايا من خلال التأثيرات السامة والعالية للكلورايد وهذا يتفق مع دراسة Sooknah and Wilkie (2004) الذي توصل إلى أن تأثر الوزن الطري ومعدل النمو النسبي الأكبر كان لنبات water hyacinth بتأثير المياه العادمة غير المخففة .

بينت نتائج التجربـــة التأثير السلبي في معدل النمـو النسبي أيضاً، إذ كان (0.775 و0.591 و0.452) في أحواض النبات المحتوي على المياه العادمة للتخافيف 3:1 و1:1 والخام غير المخففة مقارنة مع 0.962 في أحواض السيطرة، وقد يعزى السبب إلى التأثيرات السامة لزيادة ايون الكلورايد في المياه العادمة إذ يميل الكلورايد الى التراكم في الأنسجة النباتية وخاصةً الأوراق ولكن ضمن التراكيز المسموح بها، إذا جاوز ت هذه القيم سببت التأثرات السامة، كتثبيط نقل وحركة الماء الكافي إلى الخلايا المتجاورة وهذه الإعاقة لمرور الماء يمكن أن تسبب dehydration للخلايا ويتداخل مع العمليات الايضية مسبباً ظهور أعراض السمية من خلال احتراق أطراف الأوراق وتساقطـها defoliation

واستهلاك طاقة النبات لواجب توفرها لاستمرار عملية النمو للنبات (Fenn *et al.,* 1968) وهذا يتفق مع دراسة Sooknah and Wilkie (2004) و Poklonov (2017).

أظهرت نتائج تجربة تعريض نبات الشمبلان الى المياه العادمة المخففة وغير المخففة أن تركيز الكلوروفيل الكلي قد تأثر بشكل أكبر في أحواض النبات من دون تخفيف، إذ كانت قيم الانخفاض للمياه غير المخففة والمخففة بنسبة 1:1 و3:1 بمقدار 6.737 و7.050 و7.470 مايكروغرام /غرام مقارنة مع 8.101 مايكروغرام/ر ام في أحواض السيطرة للنبات النامي في محلول مائي، وقد يعزى سبب الانخفاض في محتوى الكلوروفيل الكلي إلى الملوحة العالية إذ لوحظ زيادة الانخفاض مع زيادة الملوحة في المياه العادمة وسببها أن الملوحة المرتفعة أدت إلى التأثير سلبا في فعالية الإنزيمات إ عاقة عملها لتكوين الصبغات الخضراء. وتتفق نتائج الدراسة مع دراسة (كاطع ، 2009) على نبات البردي .

بينت نتائج تعريض نبات الشمبلان إلى تخافيف من المياه العادمة إلى التأثير السلبي في النسبة المئوية للبروتين مقارنة مع أحواض السيطرة للنبات النامي في محلول مائي، وكان التأثر الأكبر عند المياه الخام غير المخففة ، وقد يعزى السبب إلى أن الملوحة العالية أثرت في محتوى الخلايا من الأحماض الامينية ، إذ سببت الملوحة خفض امتصاص العناصر الضرورية لبناء الأحماض الامينية الحرة مثل النتروجين والفسفور وانخفاض بناء RNA و DNA في المجموع الخضري (Lacerda *et al,* 2003 و Gaballah and Gomaa, 2004) وقد يرجع السبب أيضا إلى أن الملوحة العالية تؤدي إلى زيادة فعالية إنزيم البروتيز المسؤول عن تحلل البروتين. وتتفق هذه الدراسة مع نتائج دراسة Singh *et al.* (2012).

وأظهرت نتائج التجربة أن نسبة دليل التحمل تأثر بين أحواض النباتات المحتوية على المياه العادمة وكان التأثر الأكبر للمياه غير المخففة فقد وصلت إلى44.67 % مقارنة مع 76.82 و59.76% للتخفيفين3:1 و1:1، وقد يعزى السبب إلى تأثر الوزن الجاف ومن ثم تأثر النمو النسبي نتيجة الملوحة العالية وزيادة تركيز ايون الكلورايد في المياه العادمة .

4. 2. 3: تطبيق دليل نوعية المياه Water Quality Index

يعد دليل نوعية المياه اداةً فعالة في تقييم المياه السطحية والمعالجة ، اذ عند تطبيق النموذج الكندي (CWQI) والنموذج الكندي المحور بينت نتائج الدليلين ان عملية المعالجة للمياه العادمة الخارجة من حوض الترسيب الثانوي في محطة تصفية مجاري حمدان بنبات الشمبلان كانت كفوءة في تحسين نوعية المياه العادمة وخاصةً المياه العادمة المخففة بنسبة 1:1 و3:1 وقد يعزى السبب إلى انخفاض في معظم القيم لتراكيز المتغيرات المقاسة الداخلة بالتصنيف بسبب استعمال نبات الشمبلان بالمعالجة ، إذ ساهم نبات الشمبلان في تقليل قيم تراكيز المتغيرات المقاسة إلى اقل من القيم القياسية ، بينما كانت نتيجة دليل نوعية المياه للمياه العادمة غير المخففة انه ذات قيمة حافية (Marginal) وقد يعزى السبب إلى رتفاع تراكيز المتغيرات الداخلة بالتجربة مثل الملوحة وايون الكلورايد التي سببت السمية للنبات وتأثره مما قللت من قابليته على تحسين نوعية المياه العادمة المستعملة بالتجربة ومن ثم انخفاض قيمة دليل نوعية المياه الى الحافي .

بينما أشارت النتائج باستعمال دليل نوعية المياه العادمة المحور WWQI أيضا إلى قدرة نبات الشمبلان على تحسين نوعية المياه العادمة وكانت قيم الدليل عند التخافيف 1:1 و3:1 أفضل، إذ أصبحت نوعية المياه المعالجة قليلة الشدة عند طرحها إلى المسطحات المائية مسبباً تقليل آثاره الضارة على البيئة المائية ، فيما كانت نتائج دليل نوعية المياه للمياه العادمة الخام غير المخففة وبعد استعمال نبات الشمبلان لتحسين نوعيتها متوسط الشدة للطرح للمسطحات المائية لمساهمة نبات الشمبلان في خفض العديد من المتغيرات الداخلة بتقييم المياه مثل تقليل المتطلب الحيوي والكيميائي للأوكسجين وبعض الايونات المقاسة ولكن بقيت بعض القيم للمتغيرات فوق الحدود المسموحة عند مقارنتها مع المواصفات القياسية الأردنية والسورية المستعملة بالتقييم ومنها قيم التوصيلية الكهربائية والأملاح الذائبة الكلية وايون الصوديوم والكلورايد وسببت كل هذه القيم في التأثير على النبات وقللت قابليته في معالجة وتحسين نوعية المياه .

الاستنتاجـــات والتوصيـــات

Conclusions and Recommendations

الاستنتاجـــــات

1. يعد نباتي الشمبلان *Ceratophyllum demersum* والشويجة *Najas marina* من النباتات القادرة على إزالة عنصري النيكل والرصاص من المحلول المائي وكان نبات الشمبلان الأكثر كفاءة في مراكمة , زالة العنصرين، بينما كانت كفاءة نبات الشويجة أكثر في إزالة عنصر النيكل مقارنة مع عنصر الرصاص.
2. كان نبات الشويجة الأقل تأثراً في معدل الوزن الطري والنمو النسبي نتيجة التعريض لعنصر النيكل، بينما لم يتحمل التراكيز العالية لعنصر الرصاص.
3. إن نبات الشمبلان كان الأكثر تأثرا في معدل الوزن الطري والنمو النسبي لعنصر الرصاص .
4. يمكن تصنيف نباتي الشمبلان والشويجة حسب سلوكهما التراكمي بأنهما من النباتات المائية المراكمة المعتدلة في البيئة وليست مراكمات جيدة او مفرطة .
5. أكدت الدراسة المختبرية كفاءة نبات الشمبلان في إزالة الملوثات من المياه العادمة الخارجة من محطة تصفية مجاري حمدان، وكان التخفيف 3:1 الأكثر كفاءة في معالجة وتحسين نوعية المياه العادمة.
6. لا يصلح استعمال نبات الشويجة في معالجة المياه العادمة .
7. اثبت استعمال دليل نوعية المياه الكندي أن نبات الشمبلان قد حسن من مواصفات المياه العادمة التي تطرح للمسطحات المائية استنادا إلى المواصفات القياسية لأردنية و السورية وكان تقييم نوعية المياه لكلا التخفيفين (1:1 و3:1) جيدة اما المياه الخام غير المخففة فقد كانت حافية (Marginal)، بينما صنف دليل نوعية المياه المحور من النموذج الكندي WWQI نوعية المياه المعالجة بالتخفيفين السابقين بأنهما مياه عادمة معالجة قليلة الشدة للطرح والمياه الخام غير المخففة بأنها متوسطة الشدة للطرح في المسطح المائي والأنهار .

التوصيـات

1. تطبيق تقنية المعالجة النباتية لازالة الملوثات من المياه كونها صديقة للبيئة وقليلة التكلفة ، اذ يمكن تطبيقها بعد تخفيف المياه الملوثة لزيادة كفاءة النبات في المعالجة.
2. إجراء تجارب مختبرية لتقييم كفاءة النباتين في إزالة عناصر ثقيلة أخرى .
3. خلط النباتين معاً ودراسة كفاءتهما في إزالة عنصري النيكل والرصاص مختبريا.
4. إجراء تجارب حقلية ووضع حوض معالجة باستعمال نباتات مائية منها نبات الشمبلان يلي حوض الترسيب الثانوي لمحطة تصفية مجاري حمدان بعد تخفيف المياه العادمة .
5. وضع مواصفة عراقية للمياه العادمة المطروحة إلى المسطحات المائية من قبل وزارة الموارد المائية .
6. دراسة تأثير العناصر الثقيلة والمياه العادمة في التشريح الداخلي للنبات وعلى الإنزيمات النباتية.

المصـــــــــــــادر

References

المصادر العربية

جاسم ، عادل قاسم (**2008**). تقييم مدى كفاءة النباتات المائية في تحسين نوعية مياه الاهوار الجنوبية وبعض القنوات الداخلية في مدينة البصرة ، أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة ، جامعة البصرة 157ص.

الخفاجي، باسم يوسف و كاظم، دنيا عذاب و نغيمش، رزاق غازي (**2016**). استخدام نبات القصب في تنقية مياه فضلات المجاري في مدينة الناصرية . مجلة علوم ذي قار، المجلد 5(4) :3-12.

سلامة، لينا حسن (**2010**). استخدام نبات الايكورنيا في تخفيض المعادن الثقيلة من مياه الصرف الصناعي . رسالة ماجستير ، قسم الكيمياء البيئية ، المعهد العالي لبحوث البيئة ، جامعة تشرين، 96 ص.

الصابونجي، أزهار علي والمرعشي، علي محسن (**2002**). استخدام نبات القصب في معالجة مياه المجاري . مؤتمر رئاسة الجمهورية، www.ieps.info/front.

صالح، ميسون مهدي و حمود ، قاسم عمار (**2014**). دراسة تأثير تراكيز من الزئبق على المحتوى البروتيني والكلوروفيل الكلي والكاروتين في بعض النباتات المائية. مجلة جامعة بابل/ العلوم الصرفة والتطبيقية. 22(8): 2040-2050.

عباس، مؤيد فاضل ؛ العيداني، طه ياسين و محمد، احمد رزاق (2014). المعالجة النباتية لتربة ملوثة بالرصاص بواسطة الخردل الهندي *Brassica juncea* (L.) Czern. مجلة علوم ذي قار ، المجلد 5. العدد 1: 38- 45.

كاطع ، هناء جاسم (**2009**) دراسة الصفات المظهرية والمحتوى الكيميائي لنبات البردي(*Typha domingensis* Pers.) . رسالة ماجستير ، كلية التربية ، جامعة ذي قار ، العراق .

المواصفة القياسية الأردنية- رقم 893- (**2006**). لمياه الصرف الصحي المنزلية المستصلحة.
http://www.google.com/url?url=http://gis.nacse.org/rewab/docs/JS893_Reclaimed_Domestic_Wastewater_2006_ar.pdf&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ved=0ahUKEwiAuLa8_IjeAhVeFMAKHasyAtcQFggTMAA&usg=AOvVaw06Tm2iH9MnX2ia05Cb35Rt

المواصفة القياسية السورية رقم 3474- (**2009**) الخاصة بالمياه المعالجة المسموح بصرفها الى البيئة المائية.

http://www.google.com/url?url=http://www.sasmo.org.sy/ar/draft_standards/file/sasmo_ffa51126772febb4fb8b4e5fac7c79d9Wastewater.pdf&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ved=0ahUKEwisslepgYneAhUN66QKHWgnBQwQFggTMAA&usg=AOvVaw0qqS QAxQgLRBgt4YtcOH0

المياح ، عبد الرضا أكبر و الاسدي، وداد مزبان طاهر (**2012**). القـــدرة التراكميـة للنباتي *Hydrilla verticillata* و *Ceratophyllum demersum* لبعض العناصر الثقيلة مختبرياً. مجلة أبحاث البصرة العلميات ، الجزء 2. العدد 38: 72-85.

الوهيبي, محمد بن حمد (**2006**) . ظاهرة تراكم العناصر الثقيلة في النباتات . مجلة علوم الحياة السعودية ، 14 (2): 1- 28.

References

Abdallah, M. A. M. (**2012**). Phytoremediation of heavy metals from aqueous solutions by two aquatic macrophytes, *Ceratophyllum demersum* and *Lemna gibba* L., journal of Environmental Technology, 33(14): 1609 – 1614.

Abdul Alghaffar, H. N. and Al -Dhamin, A. S.(**2016**). Phytoremediation of Chromium and Copper from Aqueous Solutions Using *Hydrilla verticillata*. Iraqi Journal of Science, 57(1A): 78-86.

Abdul Aziz, R. ;Kamarudzaman, A. N. ; Kamaruddin, N. A. and Salleh, M. N. (**2011**). Study on Phytoremediation Performance and Heavy Metals Uptake in Leachate by Reed Beds Plant. International Conference on Environmental, Biomedical and Biotechnology, Vol. 16 .

Abdussalam, A.K.; Ratheesh, C. P.; koorimannil, H and Salim, N. (**2013**). Response and Bioaccumulation Potential of *Boerhavia diffusa L*. Towards Different Heavy Metals. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 9(3): 23-36.

Aboud, S. J. and Nandini, N. (**2009**). Heavy metals analysis and sediment quality values in urban lakes. American journal of Environmental Sciences: 5(6): 678- 687.

Abu Bakar, A. F.; Yusoff, Ismail; F ., N. T.; Othman, F. and Ashraf, M. A. **(2013)**. Arsenic, Zinc, and Aluminium Removal from Gold Mine Wastewater Effluents and Accumulation by Submerged Aquatic Plants (*Cabomba piauhyensis, Egeria densa,* and *Hydrilla verticillata*). BioMed Research International ,Vol. 22: 1-7.

Abubakar, M. M.; Ahmad, M. M. and Getso, B. U. **(2014).** Rhizofiltration of Heavy Metals from Eutrophic Water Using *Pistia Stratiotes* in a Controlled Environment. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, 8 (6): 01-03.

Ahmadpour P, Ahmadpour F; Mahmud T ., A. A. H; Soleimani M. and Hosseini T. F. (**2012**) . Phytoremediation of heavy metals: A green technology. African J . of Biotechnology.11(76): 14036 -14043.

Aisien, F. A. ; Faleye, O. and Aisien E. T. (**2010**). Phytoremediation of Heavy Metals in Aqueous Solutions. Leonardo Journal of Sciences, 17 : 37 -46.

Al-Rubaie, A. S. A. and Al-Kubaisi, A.R. A. (**2015**). Removal of Lead from Water by Using Aquatic Plants (*Ceratophyllum demersum* and *Eichhornia crassipes*). International journal of Current Microbiology and applied Science, 4(11): 45-51.

Al-Saadi, S.A.A.M.; AL-Asaadi, W.M. and AL-heeb, 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.

Amoah, P., (**2008**). An Analysis of the Quality of Wastewater Used to Irrigate Vegetables in Accra , Kumasi and Tamale, Ghana. Chapte r 6. Agriculture in Urban Planning.

Andresen, E., Mattusch, J.; Wellenreuther, G.; Thomas, G.; Abad, U.A. and Küpper, H. (**2013**). Different strategies of cadmium detoxification in the submerged macrophyte *Ceratophyllum demersum* L., Metallomics 5(10), 1377-1386.

Anjum, N. A.; I. Ahmad, I. ; Mohmood M.; Pacheco, A. C. and Duarte, E. Pereira (**2012**). Modulation of glutathione and its related enzymes in plants' responses to toxic metals and metalloids: A review. Environmental and Experimental Botany, 75: 307–324.

APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (**2005**) 21st ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA.

Arnon D.I. (**1949**) . Copper enzymes in isolated chloroplasts , polyphenoxidase in *Beta vulgaris* .Plant Physiology 24: 1-15.

Aurangzeb, N.; Nisa, S.; Bibi, Y.; Javed, F. and Hussain, F **.(2014).** Phytoremediation potential of aquatic herbs from steel foundry effluent. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 31(4): 881-886.

Axtell, N.R.; Sternberg, S.P.K. and Claussen, K. (**2003**). Lead and nickel removal using *Microspora* and *Lemna minor*. Bio resource Technology,89 (1):41-48.

Azarpira H. ; Beharvand P. ; Dhumal, K. and Pondhe G. (**2014**). Waste water remediation by using *Azolla* and *Lemna* for selective of mineral nutrients . International Journal of Biosciences , 4(3):66-73.

Azeez N.M. and Sabbar A.A. (**2012**). Efficiency of Duckweed (*Lemna minor* L.) in Phytotreatment of Wastewater Pollutants from Basrah Oil Refinery. Journal of Applied Phytotechnology in Environmental Sanitation, 1 (4): 163-172.

Baker A.J.M. and Whiting S.N. (**2002**). In search of the Holy Grail –a further step in understanding metal hyperaccumulation. New Phytologist, 155: 1–4

Basile,A. ; Sorbo, S. ; Conte, B.; Cobianchi, R. Castaldo; Trinchella, F. ; Capasso, C. and Carginale, V. (**2014**). Toxicity, Accumulation & Removal of Heavy metals By three aquatic Macrophytes. International Journal of Phytoremediation, 14: 374-387.

Callender, E. (**2003**). Heavy metals in the environment: Historical trends. Treat. Geochem., 9, 67–105.

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) (**2001b**). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User's Manual. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment. 5pp.

Cenkci S. ; Cigerci I. ; Yildiz M.; Ozay C.; Bozdag A. and Terzi H. (**2010**). Lead contamination reduces chlorophyll biosynthesis and genomic template stability in *Brassica rapa* L., Environ. Exp. Bot. 67(3): 467-473.

Chen, M. ; Zhang, L.-L.; Li, J. ; He, X..J. and Cai, J.-C. (**2015**). Bioaccumulation and tolerance characteristics ofa submerged plant (*Ceratophyllum demersum* L.) exposed to toxic metal lead. Ecotoxicology and Environmental Safety, 122: 313–321

Chorom, M. ; Parnian, A. and Jaafarzadeh, N. (**2012**). Nickel Removal by the Aquatic Plant (*Ceratophyllum demersum* L.). International Journal of Environmental Science and Development, 3(4): 372-375.

Christian, D. ; Wong, E. ; Crawford, R. L. ; Cheng, I. F. and Hess, T.F. (**2010**). Heavy metals removal from mine runoff using compost Bioreactors. J. of Environ. Technol. 31 : 1533–1546

Cooper, P.F., Job, G.D., Green, M.B., and Shutes, R.B.E., (**1996**). Reed Beds and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, WRc Publications, Medmenham, Marlow, UK; pp 184.

Danh, LT, Trong P. ; Mammucari R.; Tran T. and Foster N. (**2009**). Vetiver grass , Vetiveria zizanioides : a choice plant for phytoremediation of heavy metals and organic wastes. International journal of phytoremediation. 11(8):664-691.

Das, S. ; Goswami, S. and and Talukdar, A. D. (**2014**). A Study on Cadmium Phytoremediation Potential of Water Lettuce, *Pistia stratiotes* L. Bull Environ Contam Toxicol. , 92: 169-174.

Das, S. ; Goswami, S. and Talukdar, A. D. (**2016**). Physiological responses of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, to cadmium and its Phytoremediation potential. Turkish Journal of Biology, 40: 84-94

Debusk, T.A. ; Reddy, K.R. ; and Clough K. S. (**1989**) . effectiveness of mechanical aeration in floating aquatic macrophytes-based wastewater treatment systems. Hurnal of Environmental Quality, 18(3), 349-354.

Deval C.G; Mane A.V; Joshi N.P; and Saratale G.D. (**2012**) . Phytoremediation potential of aquatic macrophyte *Azolla caroliniana* with references to zinc plating effluent. Emir, Journal of Food Agriculture 24, 208-223.

Dhabab, J. M. (**2011**). Removal of some heavy metal ions from their aqueous Solutions by duckweed. Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences, 3(6): 164-170.

Dhir, B. (**2013**). Phytoremediation: Role of Aquatic Plants in Environmental Clean-Up . Springer New Delhi Heidelberg New York Dordrecht London : (1-109).

DiTomaso, J.M and Kyser G.B. (**2013**) . Weed Control in Natural Areas in the Western United States. Weed Research and Information Center, University of California, 544pp.

Dogan, M.; Akgul, H. ; Inan, O.G. and Zeren H.(**2015**). Determination of cadmium capacities of aquatic macrophytes *Ceratophyllum demersum* , *Bacopa monnieri* and *Rotala rotundifolia*. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 14(4): 1010-1017.

Dogan, M.; Saygideger, S. D. and Colak, U. (**2009**). Effect of Lead Toxicity on Aquatic Macrophyte *Elodea Canadensis* Michx. Bull Environ Contam. Toxicol. 83:249–254.

Doty, S.L. (**2008**) . Enhancing phytoremediation through the use of transgenics and endophytes. New phytologist, 179: 318-333.

Drinan and Whiting (**2001**). Water and Wastewater Treatment: A Guide for the Non engineering Professional, Technomic Pub Co, 240p

Dubey, R. S. (**2011**). Metal toxicity, oxidative stress and antioxidative defense system in plants. In S. D. Gupta (Ed.), Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants (177–203). Boca Raton: CRC Press.

Dushenkov, S. (**2003**). Trends in Phytoremediation of radio nuclides. Plant and Soil. Kluwer academic publisher. 249. 167-175.

El-Khatib, A. A.; Hegazy, A. K. and Abo-El-Kassem, A. M. (**2014**). Bioaccumulation potential and physiological response of aquatic macrophytes to pb pollution. International Journal of Phytoremediation, 16: 16-45.

EL-Kheir, W.A; Gahiza, I. F.; Abou EL-Nour, T. T. and Doaa H. (**2007**). Assessment of the efficiency of Duckweed (*Lemna gibba*) in wastewater treatment, International Journal of agriculture and Biology:5:681-687.

Elloumi N.; Zouari M.; Chaari C.; Jomni C.; Ben R. B. and Ben Abdallah F. (**2014**). Ecophysiological responses of almond (*Prunus dulicis*) seedlings to cadmium stress. Biologia Journal. 69(5): 604-609.

Ensley BD. (**2000**). "Rationale for the use of phytoremediation." phytoremediation of toxic metals: using plants to clean-up the environment. John Wiley Publishers: New York.

Farnese, F.S. ; Oliveira, J.A.; , Lima, F.S.; Leão, G.A.; Gusman, G.S.; and Silva, L.C. (**2014**) . Evaluation of the potential of *Pistia stratiotes* L.

(water lettuce) for bioindication and phytoremediation of aquatic environments contaminated with arsenic . Braz. J. Biol.,74(3):103-112

Fenn, L. B.; Bingham, F. T. and Oertli, J.J. (**1968**). On the mechanism of Chloride toxicity . California Avocado Society textbook. 52:113 -116.

Gaballah , M . S .and Gomaa , A . M . (**2004**) Performance of Faba bean varieties grown under salinity stress and bio fertilized with yeast . Journal of Applied Science ., 4 (1) : 93 – 99 .

Garbisu C. and Alkorta I. (**2001**). Phytoextraction: A cost-effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. Bio resource . Technology, 77(3): 229-236.

Ghosh, M. and Singh S. P. (**2005**). A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its by products. Applied Ecology and Environmental Research 3(1): 1-18

Gill, S. S., and Tuteja N. (**2010**). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry, 48, 909–930.

Gill, S. S.; Khan, N. A. and Tuteja. N. (**2011c**). Differential cadmium stress tolerance in five Indian mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars: An evaluation of the role of antioxidant machinery. Plant Signaling and Behaviour, 6: 293–300.

Givens D. I.; Minihane A. M. and Shaw E. (**2008**). Health Benefits of Organic Food: Effects of the Environment

Gürtekin, E. and Sekerdag, N. **(2008).** The Role of Duckweed (*Lemna minor* L.) in secondary clarifer tanks. SAU dern Bilimleri Dergisi, 12(1): 28-31.

Hajrasuliha, S. (**1979**): Accumulation and toxicity of chloride in bean plants, Plant and Soil, 55(1).

Heckathorn, S. A.; Mueller J. K.; Guidice S. La ; Zhu B., T. Barrett; Blair, B. and Dong Y. (**2004**). Chloroplast small heat-shock proteins protect photosynthesis during heavy metal stress. American Journal of Botany, 91, 1312–1318.

Iram, S.; Ahmad, I.; Riaz, Y. and Zahra, A. **(2012)**. Treatment Of Waste Water By *Lemna minor*. Pak. Journal of Botany, 44(2): 553-557.

ITRC. (**2003**). Technical and Regulatory Guidance Document for Constructed Treatment Wetlands. (www.itrcweb.org.).

Jadia D.C and Fulekar, M.H. (**2009**). Phytoremediation of heavy metals. Recent techniques. African Journal of Biotechology 8: 921-928.

Ji, G. D. ; Sun, T.H. and Ni, J. R. (**2006**). Surface Flow Constructed Wetland for Heavy Oil – produced water treatment. Bio. Technology ,98:336-441.

Karami A. and Shamsuddin Z. H. (**2010**). Phytoremediation of heavy metals with several efficiency enhancer methods. Afr. J. Biotechnol. 9(25): 3689-3698.

Kazemi, N., R. A.; Khavari-Nejad H. F.; Saadatmand S.; and Nejad-Sattari T. (**2010**). Effects of exogenous salicylic acid and nitric oxide on lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in leaves of *Brassica napus* L. under nickel stress. Scientia Horticulturae, 126: 402–407.

Khan, S.; Ahmad, I.; Shah, M. T.; Rehman, Sh. and Khaliq, A. (**2009**) . "Use of constructed wetland for the removal of heavy metals from industrial wastewater". Journal of Environmental Management, 90 : 3451–3457.

Khang, H. V.; Hatayama, M. and Inoue, C. (**2012**). Arsenic accumulation by aquatic macrophyte coontail (*Ceratophyllum demersum L.)* exposed to arsenite, and the effect of iron on the uptake of arsenite and arsenate. Environmental and Experimental Botany 83: 47– 52.

Khellaf , N. and Zerdaoui, M. **(2010**). Growth , photosynthesis And respiration response to Copper in *Lemna minor:* A potential use of duckweed in biomonitoring. Iran journal of health, Science and Engineering,7(2): 299-306.

Kulasekaran, A.; Gopal, A. and Alexander J. J. **(2014)**. A study on the removal efficiency of organic load and some nutrients from sewage by *Ceratophyllum demersum*-L.. J. Mater. Environmental Sconce, 5 (3): 859-864.

Kunze, R.; Rrommer, W. and Flugge U.I. (**2001**). Metabolic engineering in plants: the role of membrane transport . Metab. Eng., (4), pp 57-66.

Lacerda , C . F . ; Cambraia , J . ; Olira , M . A .and Ruiz , H . A . (**2003**) Osmotic adjustment in roots and leaves of two sorghumgenotypes under NaCl stress .Brazilin .Journal of Plant Physiology ., 15 (2) : 1 – 11 .

Li , J. h. Y. and Luan, Y. (**2015**). Meta- Analysis of the Copper and Cadmium absorption capacities of aquatic plants in heavy metal polluted water . International journal of Environmental Research and Public Health. 12: 14958-14973.

Lind, O.T. (**1979**). Handbook of Common Methods in Limnology 2nd ed. The C.V. Mosby Company. St. Louis, London. 199p.

Loveson, A.; Sivalingam, R. and Syamkumar, R. **(2013)**. Aquatic Macrophyte *Spirodela polyrrhiza* as a Phytoremediation Tool in Polluted Wetland Water from Eloor, Ernakulam District, Kerala. Journal of Environmental and Analytical Toxicology, 3(5):2 - 7.

Mandakini, L. l. U.; Bandra , N.J.G.J and Gunawardana, D. (**2016**). A study on the phytoremediation potential of *Azolla pinnata* under laboratory conditions. Jour. Of tropical foresty and environment, 6(1): 36-49.

Mielcarek, A. and Krzemieniewski M. (**2013**). Research on the use of selected macrophytes in the process of methane fermentation. Rocznik Ochrona Ârodowiska 15: 2611-2624 (in Polish).

Miretzky, P. ; Saralegu, A. and Cirelli, A. F.´N. (**2004**). Aquatic macrophytes potential for the simultaneous removal of heavy metals (Buenos Aires, Argentina). Chemosphere journal 57 : 997–1005.

Mishra, V. K. and Tripathi, B.D. (**2008**). Concurrent removal and accumulation of heavy metals by the three aquatic macrophytes. Bioresource Technology 99: 7091–7097.

Mohamad, El- Sh. R.; Ahmed, M. S.; Tantawy, A. A.; Gomaa, N. H. and Mahmoud, H. A. **(2016)**. Phytoremediation of Pb^{+2}, Cd^{+2} and Cu^{+2} by an Aquatic Macrophyte *Azolla pinnata* from Industrial Wastewater in Egypt. Middle East Journal of Applied Sciences 6(1):27-39.

Motankar, M. M.; Chattopadhyay, A. and Oliveira, Ch. L. (**2016**). Bioaccumulation Of Heavy Metals Using Hydrophytes. International Journal of Advanced Research in Engineering Technology and Sciences, 3(4): 59-64.

Nagajyoti, P.C.; Lee, K.D.; and Sreekanth T. V. M. (**2010**). Heavy metals occurrence and toxicity for plants: a review . Environmental Chemistry letters, 8(3): 199-26.

Narain, S.; Ojha, C.S.P; Mishra, S.K.; Chaube, U.C. and Sharma, P.K. (**2011**). Cadmium and Chromium removal by aquatic plant. International Journal of Environmental Sciences, 1(6): 1298-1304.

Obuobie E.; Keraita B.; Danso G.; Amoah P.; Cofie O.; Raschid-Sally L. and Drechsel P. (**2006**). Irrigated Urban Vegetable Production in Ghana: Characteristics, Benefits and Risks. IWMI - RUAF – CPWF

Olkhovych, O. ; Svietlova, N. ; Konotop, Y.; Karaaushu, O. and Hrechishkina, S. (**2016**). Removal of Metal Nano particles Colloidal Solutions by water plants. Nano scale Research letters, 11 (518) : 1-7.

Pandharipande, Sh. and Gadpayle, P. (**2016**). Phytoremediation Studies for Removal of Copper and Chromium Using *Azolla Pinnata* and Water Hyacinth. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 5(5): 7078-7083.

Parmar P. , Kumari N. and Sharma V.(**2013**). Structural and functional alteration in phytosynthesis apparatus of plants under cadmium stress .Botany. studies . 54:1-6.

Parveen S and Arjun B.(**2011**). Bioaccumulation of chromium by aquatic macrophytes *Hydrilla sp*. and *Chara sp*., Pelagia Research Library. 2(1):214-220.

Phukan, P. ; Phuka, R. and Phukan, S.N. (**2015**). Heavy metal uptake capacity of *Hydrilla verticillata*: A commonly available Aquatic Plant. International Research Journal of Environment Sciences, 4(3): 35-40.

Pillai, P. **(2010)**. Accumulation of Heavy Metals from Contaminated Wastewater by Aquatic Plant *Lemna minor* and Their Biochemical Effects on it. Nature Environment and Pollution Technology, 9(4): 767-774.

Pitzschke A.; Forzani C. and Hirt H. (2006). Reactive oxygen species signaling in plants. Antioxid Redox Sign 8: 1757–1764.

Pivetz B.E. (**2001**) . Ground Water Issue: Phytoremediation of contaminated soil and ground water at hazardous waste sites: 1-36.

Poklonov, V.A. (**2017**). Removal of aluminum by aquatic plants *Ceratophyllum demersum* and *Chara Fragilis* from water of experimental system. Russian journal of General Chemistry, 86(13):2978-2982.

Prasad, M.N.V. and Hagmeyer J. (**1999**) Heavy metal stress in plants. Springer, Berlin, : 16–20.

Rai P. K. (**2008**). Phytoremediation of Hg and Cd from industrial effluent using an aquatic plant free floating macrophyte *Azolla pinnata*. International jornal of phytoremediation. 10: 430-439.

Rajakarunam N. ; Tompkins K.M. Pavicevic P.G. (**2006**). Phytoremediation: An affordable green technology for the clean-up of metal- contaminated sites in Sri Lanka .Ceylon Journal Science (biological Sciences), 35: 25 - 39.

Rajeswari, T. R. and Sailaja, N. (**2014**). Impact of Heavy Metals on Environmental Pollution . National Seminar on impact of toxic Metals, Minerals and Solvents leading to environmental pollution . 144-151.

Ranjitha, J.; Raj, A.; Kashyap, V. S. and Donatus, M. **(2016)**. Removal of heavy metals from Industrial Effluent using *Salvinia molesta* . International Journal of ChemTech Research 9(5): 608-613.

Raschid, S. L. and Jayakody, P. (**2008**) Drivers and characteristics of wastewater agriculture in developing countries: Results from a global assessment, Colombo, Sri Lanka‟, IWMI Research Report 127, International Water Management Institute, Colombo).

Rascio, N. and Navari-Izzo F. .(**2010**). Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? Plant Science 2:169-181.

Reddy, A.M.; Kumar, S.G.; Jyothsnakumari, G.; Thimmanaik, S. and Sudhakar, C. (**2005**) . Lead induced changes in antioxidant metabolism of horsegram (Macrotyloma uniflorum (Lam.) Verdc.) and bangalgram (*Cicer arietinum* L.). Chemosphere 60: 97–104.

Reddy, K.R., (**1981**) . Diel variations in physio-chemical parameters of water in selected aquatic systems. Hydrobiologia 85 (3), 201–207.

Revathi, S. and Venugopal, S.(**2013**). Physiological and biochemical mechanisms of heavy metal tolerance. International Journal of Environmental Science, 3(5):1339-1354.

Rezania, S.; Ponraj, M.; Talaiekhozani, A.; Mohamad, S. E.; Din, M. F. M.; Taib, S. M; Sabbagh, F. and Sairan, F. M. **(2015)**. Perspectives of phytoremediation using water hyacinth for removal of heavy metals,

organic and inorganic pollutants in wastewater. Journal of Environmental Mangement, 163(2015): 125-133.

ROPME (**1982**). Manual of oceanographic observation and pollution analyses methods ROPME/ P.O. Box 16388. Blzusafa Kuwait.

Roy, S. ; Biswas, J.K., and Kumar, S. (**2014**). Nutrient removal from waste water by Macrophytes – An Eco-Friendly Approach to waste water treatment and management. Energy and envoi. Research. 4(2).

Ruiz, J. M; Blasco B.; Rios,J.J; Cervilla L.M., Rosales M.A., Rubio-Wilhelmi M. M; Ssnchez- Rodriguez E. ; Castellano R. and Romero L. (**2009**). Distribution and efficiency of the phytoextraction of cadmium by different organic chelates. Terra Latino Americana 27(4): 296 -301.

Saxena, P. and N. Mishra. (**2010**). Remediation of heavy metal contaminated tropical land. In I. Sherameti, and A. Varma (Eds.), Soil heavy metals, Soil Biology, 19 (430–477). Dordrecht: Springer.

Shafi, N.; Pandit, A. K.; Kamili, A. N. and Mushtaq, B. (**2015**). Heavy Metal Accumulation by *Azolla pinnata* of Dal Lake Ecosystem, India. Journal of Environment Protection and Sustainable Development, 1(1): 8-12 .

Shaikh, P. R. and Bhosle, A.. B. (**2011**). Bioaccumulation of Chromium by Aquatic Macrophytes *Hydrilla sp*. & *Chara sp*.. Pelagia Research Library, 2(1): 214-220.

Sharma, P. and Dubey R. S. (**2007**). Involvement of oxidative stress and role of antioxidative defense system in growing rice seedlings exposed to toxic levels of aluminium. Plant Cell Reports, 26: 2027–2038.

Sharma, P. and Pandey, S. (**2014**). Status of Phytoremediation in World Scenario. International Journal of Environmental Bioremediation and Biodegradation, 2(4): 178-191.

Singh, D; Gupta, R and Tiwari, A. **(2012)** . Potential of Duckweed (*Lemna minor*) for Removal of Lead from Wastewater by Phytoremediation. Journal of Pharmacy Research, 5(3): 1578-1582 .

Singh, K., and Pandey, S. N. .(**2011**). Effect of nickel-stresses on uptake, pigments and antioxidative responses of water lettuce, *Pistia stratiotes* L. Journal of Environmental Biology, 32: 391–394.

Singh, R. ; Tripathi, R.D. ; Dwivedi, S. ; Kumar, A. A.; Trivedi, P.K. and Chakrabarty, D. (**2010**). Lead bioaccumulation potential of an aquatic macrophyte *Najas indica* are related to antioxidant system. Journal of Bioresource Technology , Vol. 101: 3025 –3032 .

Sood , A.; Uniyal, P.L., Prasanna, R. and Ahluwalia , A.S. (**2011**). Phytoremediation potential of aquatic macrophyte, Azolla , Royal Swedish Academy of Sciences, Springer, 41: 122-137.

Sooknah, R. and Wilkie, A. (**2004**). Nutrient removal by floating aquatic macrophytes cultured anaerobically digested flushed dairy manure wastewater. Journal of Ecological Engineering, 22,27-42.

Sridhar, B.B. M.; Diehl, S.V. ; Han, F.X. ; Monts, D.L. and S,Y. (**2005**). Anatomical changes due to uptake and accumulation of Zn and Cd in Indian mustard (*Brassica juncea*). Environment and experimental Botany, 54: 131-141.

Stavrianou W. (**2007**). The Western Australian Contaminated Sites Act 2003: The Applicability of Risk Assessment as a basis for the Assessment and Management of site Contamination. www.awn.edu.au : 1-92

Stephenson C. and Black CR. (**2014**). One step, two step back: The evolution of Phytoremediation into commercial technologies, Bioscience Horizons.

Strickland, J. D. H. and Parsons, T. R. (**1972**). A practical handbook of sea water analysis. Bull. Fish Res., Bord 167: 1- 311.

Sudani, B. R.; Thummar, D. M.; Sojitra, K. M.; Gajera, A. D. and Bavriya, S. S. **(2013)**. Lab Scale Study of Water Hyacinth for Bioremediation of Waste Water. International Journal of Research in Advent Technology 2(5):pp 372-376.

Sudjarwo, T.; Nisyawati, N. R. and Mangunwardoyo, W. **(2014)**. The growth of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* Mart.) Solms and water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) in domestic wastewater in Wastewater treatment plant (WWTP) bojongsoang, Bandung, Indonesia. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES), 5(4): pp 393-401.

Swain, G.; Adhikari, S. and Mohanty, P. (**2014**). Phytoremediation of Copper and Cadmium from water using Water Hyacinth , *E. crassipes*. International journal of agricultural Science and Technology, 2(1): 1 -6.

Syuhaida, A. W. A.; Norkhadijah, S. I. S.; Praveena, S. M. and Suriyani, A. **(2014)**. The Comparison of Phytoremediation Abilities of Water Mimosa and Water Hyacinth. ARPN Journal of Science and Technology, 4(12).

Tangahu, B. V.; Abdullah, S.R.S.; Basri, H.; Idris, M.; Anuar, N. and Mukhlisin, M. (**2011**). A review on heavy Metals (As, Pb and Hg) Uptake by plants through phytoremediation. International Journal of Chemical Engineering: 1-32.

Thilakar, R. J.; Rathi, J. J. and Pillai, P. M. (**2012**). Phytoaccumulation of Chromium and Copper by *Pistia stratiotes* L. and *Salvinia natans* (L.) All. J. Nat. Prod. Plant Resour., 2 (6): 725-730.

Umebese, C.E. and Motajo A.F. (2008). Accumulation, tolerance and impact of aluminium, copper and zinc on growth and nitrate reductase activity of *Ceratophyllum demersum* (Hornwort). Journal of Environmental Biology, 29(2): 197-200

USEPA (United States Protection Agency) (**2000**). Introduction to Phytoremediation. EPA 600/R-99/107. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Cincinnati, OH.

Van der Valk, A.G. (**2006**). The biology of freshwater wetlands. Oxford University Press. 173pp**.**

Van Nevel L.; Mertens J. ; Oorts K. and Verheyen K. (**2007**). Phytoextration of metals from soils: How far from practice? . Enviro. Pollut. 150(1): 34-40.

Vijayan, G. A. ; Saravanane, R. and Sundarajan T. (**2016**). Wastewater Quality Index – A Tool for Categorization of the wastewater and its influence on the performance of sequencing Batch reactor. International Journal of Environmental Engineering and Mangement , 7(1): 69-88.

Vimal, J. Benrit; Jones, R. D. S. and Angelin, J. A. **(2015)**. Phytoremediation of rubber wood processing factory effluent using *Ipomeas aquatic*a . International Journal of Multidisciplinary Research and Development, 2(1): 472-475.

Wang, W.C. and Lewis, M.A. (**1997**). Metal accumulation by aquatic macrophytes. In: Plants for Environment Studies (Eds. Wang, W.C., Gorsuch, J.W. and Hughes, J.S.) pp. 367-416, 1997. Lewis Publishers, New York.

Wang, X. C.; Feng, H. and Ma, H. Q. (**2009**). Assessment of metal contamination in surface sediments of Jiaozhou Bay . china :. 62-70.

Wani, R. Ara; Ganai, B. A.; Shah, M. A. and Uqab, B. (**2017**). Heavy Metal Uptake Potential of Aquatic Plants through Phytoremediation Technique - A Review. Journal of Bioremediation & Biodegradation, 8(4): 1-5.

Wei, S. and Zhou, Q. (**2008**). Trace elements in agro-ecosystem. In M. N. V. Prasad (Ed.), Trace elements as contaminants and nutrients: Consequences in ecosystems and human health (55–79). Hoboken: Wiley.

Welch , E.B. (**1996**). Ecological effects of wastewater: Applied limnology and pollutant effects. London: Chapman and Hall.

WHO. (**2001**) . Air Quality Guidelines, Chapter 6.7, Lead. 2nd ed, Regional office for Europe, Copenhagen, Denmark : 1-17.

Wilkins, D.A. (**1978**). The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth. New Phytol., 136, 481-488.

Wu K.; Jones R.; Dannaeberger L. and Scolnik P.A. (**2010**). Detection of microsatellite polymorphisms without cloning. Nucleic Acids Res. 22:3257-3258.

Xiaomei, L.; Maleeya, K.; Prayad, P. and Kunaporn, H. (**2004**). Removal of cadmium and zinc by Water Hyacinth, *Eichhornia crassipes*. ScienceAsia, 30: 93-10.

Yanai J.; Zhao F.J; McGrath S.P and Kosaki T. (**2006**). Effect of soil characteristics on Cd uptake by the hyper accumulator *Thlaspi caerulescens*. Journal of Environmental Pollution . 39(1): 167-175.

Zarcinas, B.; Ishak, C.; McLaughlin, M. and Cozens, G. (**2004**) . Heavy metals in soils and crops in Southeast Asia. Environ. Geochem. Health 26:343-357.

Zhou, F. ;Wang, J. ; Yang, N. (**2015**). Growth Response ,Antioxidant Enzyme Activities and lead Accumulation of *Sophora japonica* and *Platycladus Orientalis* Seedling under Pb and water stress. Plant Growth Regulatory. 75: 383- 389.

الملاحق

Appendixes

ملحق 1 : المواصفات القياسية الأردنية للمياه العادمة المنزلية المسموح بطرحها للمسطحات المائية والأنهار

المؤشرات	الوحدة	مسطحات مائية وانهار
درجة الحرارة	درجة مئوية	35
الأس الهيدروجيني pH	-	9-6
المتطلب الحيوي للأوكسجين BOD_5	ملغم/ لتر	50
المتطلب الكيميائي للأوكسجين COD	ملغم/ لتر	200
المواد الذائبة الكلية TDS	ملغم/ لتر	2000
الفوسفات الفعال PO_4^{-3}	ملغم/ لتر	15
النترات NO_3^{-2}	ملغم/ لتر	50
الكلورايد Cl^-	ملغم/ لتر	350
البيكاربونات HCO_3^-	ملغم/ لتر	520
الصوديوم Na^+	ملغم/ لتر	230
المغنيسوم Mg^{+2}	ملغم/ لتر	60
الكالسيوم Ca^{+2}	ملغم/ لتر	400

ملحق 2 : المواصفات القياسية السورية للمياه العادمة المسموح بطرحها للمسطحات المائية والأنهار

المؤشرات	الوحدة	مسطحات مائية	انهار
الأس الهيدروجيني pH	-	9-6	9-6
المتطلب الحيوي للأوكسجين BOD_5	ملغم/ لتر	20	40
المتطلب الكيميائي للأوكسجين COD	ملغم/ لتر	40	80
المواد الذائبة الكلية TDS	ملغم/ لتر	800	1200
الفوسفات الفعال PO_4^{-3}	ملغم/ لتر	1	15
النترات NO_3^{-2}	ملغم/ لتر	30	50
الرصاص pb^{+2}	ملغم/ لتر	0.2	0.2
النيكل Ni^{+2}	ملغم/ لتر	0.3	0.3

Summary

The present study was carried in the laboratory to apply the Phytoremediation technology to investigate the efficiency of two submerged aquatic plants *Ceratophyllum demersum* and *Najas marina* for removal of Nickel and lead from aqueous solution. Known concentrations in experiments were prepared for 21stdays. The study also aimed to estimate some toxic effects on two aquatic plants compared with control treatments. Two experiments were also done with mixing two metals to evaluate the efficiencies of plants too; finally, two experiments were done to estimate the ability of two aquatic macrophytes for improving the quality of wastewater discharging from secondary sedimentation tank of Hamdan sewage water treatment plant in Basrah city.

The sampling of water and plants were weekly taken for heavy elements experiments, the measured parameters were (pH, metal concentration in solution and calculation of the efficiency removal) and for plant sample estimate (metal concentration in plant tissue, calculation of the bioconcentration factor (BCF), fresh and dry weight, relative growth, total chlorophyll, protein, and tolerance index rate).

The result showed that the pH raised for both aquatic plants and control aquariums, it recorded 7.8- 8.5 in metal containers with metal concentrations compare with 8.6-8.9 in control treatments for *C. demersum*. It recorded 7.3- 7.4 and 7.6- 7.7 for metal and control aquariums for *N. marina* respectively. The result also indicated that the metal concentration in treatment aquarium with plants decreased with increasing period of exposure for all experiments, and the *C. demersum* were more efficient to absorb, decreased metals remaining in solution for separately, and mixed metals experiments. The *N. marina* did not tolerate high concentration of lead to the end of the experiment but continuing for 14th days only. The result showed that the *C. demersum* is more efficient for removal of two metals, it recorded between 58.11- 79.07% and 52.66-77 % for Pb, while it reached from 48.34– 57.40 % and 59- 68 % for Ni and Pb using *N. marina* respectively.

The mixed metal experiments showed that the *C. demersum* was also more efficient to remove metals, it recorded 64.90 and 63.06 % compared with 54.98- 60.9 % for Ni and Pb for *N. marina*. The result indicated that the metals accumulation in plant tissue increased with increasing period of experiments. The plant *C. demersum* was more efficient to accumulate both metals, the bioconcentration factor recorded 575.5- 744 and 525.85- 738 for Ni and Pb

respectively, while it recorded 481.51- 569.75 and 584.93- 657.5 for *N. marina*. Mixed metal experiments also recorded the highest value for *C. demersum* (611.16 and 627) for Pb and Ni respectively.

The toxicological effects indicated that both plants had a negative impact on fresh weight, relative growth, indicated that the *C. demersum* were more affected by Pb, it recorded 0.53- 0.78, while the *N. marina* was more affected by Ni, it recorded 0.72- 0.79 compared with control treatments. The tolerant index rate indicated that the *C. demersum* was more tolerate for all experiments. The experiments also showed that the total chlorophyll and protein decreased with increasing concentrations for both plants comparing with control treatments because of toxicity of metals.

The last two experiments were done for study the ability of the two plants improving the quality of wastewater effluent from secondary sedimentation tank of Hamdan treatment plant discharged to river. The quality of wastewater were calculated at the beginning of experiments , the plants exposed to raw and diluted 1:1 and 1:3 wastewater in laboratory experiments for 21 days. The results indicated that *N. marina* did not tolerate the wastewater used, while *C. demersum* was able to remove the pollutants with different efficiency levels. The highest capabilities found in 1:3 diluted that recorded 90 and 50 % for BOD_5 in plant and control aquarium respectively, while it showed a reduction in COD with efficiency 47.37% compared with 15.79 % in control. The efficient removal of NO_3 and PO_4 were 50.65 and 48.51 % compared with 16.30 and 13.86% in control respectively. The total hardness also reduced with efficiency 55.88% compared with 17.65% in control. Chloride and sodium ions reduced with efficiency removal 40.24 and 15.79 % respectively.

The toxicological effects of wastewater on plants also recorded, it showed that the plant exposed to raw wastewater was more negatively affected on fresh and dry weight, relative growth, total chlorophyll, protein content, and tolerance index rate than diluted wastewater.

Canadian water quality index (WQI) indicated that the dilution 1:1 and 1:3 of treated wastewater with *C. demersum* were had a good quality for discharging to river, but the raw wastewater treated showed marginal quality. The assessment of treated wastewater using the modified wastewater quality index classified the diluted 1:1 and 1:3 treated wastewater with *C. demersum* were low strength to discharge to river compared with medium strength for raw wastewater treated with *C. demersum* .

Evaluation of Two Submerged Aquatic Plants Efficiency for Removal of Nickel, Lead and Treated Wastewater

A thesis

Submitted to the Council College of Science - University of Basrah in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science in Biology - Phytoremediation

By

Enas Awni Mahdi

B.Sc in Environmental and Pollution Engineering 2002

Technical College of Basrah

Supervised by

Assist. Prof. Dr. Dunya A. Hussain

September 2018 **Muharram 1440**