دراسة تأثير تغير الحمل الهيدروليكي و الأس الهيدروجيني pH على مقدرة نبات عدس الماء لاستخلاص الكادميوم من الماء

الباحثة: شروق سعد – جامعة حمص– طالبة دكتوراه –قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية.

المشرف: د.نعيمة عجيب – جامعة حمص– كلية الهندسة المدنية – قسم الهندسة البيئية– اختصاص هندسة صحية.

المشرف المشارك: أ.د.سمير شمشم – جامعة حمص– كية الهندسة الزراعية– قسم التربة و استصلاح الأراضي – اختصاص علم أراضي

الملخص:

تم إجراء البحث في مخبر الهندسة البيئية بكلية الهندسة المدنية – جامعة حمص،حيث هدف البحث إلى دراسة كفاءة نبات عدس الماء في تخفيض تراكيز الكادميوم الموجود في المياه عند ثلاثة تراكيز(0.25–1–2 mg/l) لتحقيق هدف البحث تم تصميم حوضين بارتفاعين مختلفين (H_1=65cm, H_2=25cm) وباعتماد زمنين للمكث (T_1=7day–) T_2=15day تم تطبيق أحمال هيدروليكية سطحية عند زمني المكث،تم زراعة الحوضين بنبات عدس الماءوأخذ عينات عند درجتي للpH (pH_1=7.7, pH_2=4.7).بينت نتائج القياسات المخبرية التي تم الحصول عليها أن نسبة إزالة الكادميوم كانت بحدود80.43%عند العمق 25cm و زمن مكث قدره T=15day،وعند تحميل هيدروليكي $0.016m^3/m^2.d$،كما كانت كفاءة إزالة الكادميوم من المياه عندpH=7.7 كانت أعلى من المياه ذات درجة pH=4.7النتائج التي تم التوصل إليها

تبين أن طريقة المعالجة باستخدام نبات عدس الماء،طريقة ممكن اعتمادها لاستخلاص الكادميوم من المياه الملوثة به، وخاصة عند المعاملة الأفضل ($H=25cm- pH_1=7.7- T_2=15day$).

الكلمات المفتاحية: الاستخلاص – عدس الماء – الكادميوم– التحميل الهيدروليكي السطحي.

Study the effect of changing hydraulic load and pH on the ability of duckweed to Phytoextraction cadmium from water

Researcher: Shorouk Saad – University of Homs – PhD student – Department of Architectural Engineering – Faculty of Civil Engineering.

Supervisor: Dr. Naima Ajeeb – University of Homs – Faculty of Civil Engineering – Department of Civil Engineering – Sanitary Engineering Specialization.

Supervisor: Prof. Samir Shamsham – University of Homs – Faculty of Agricultural Engineering – Department of Agriculture and Land Reclamation Specialization – Judicial Science Specialization

The research was conducted in the Environmental Engineering Laboratory at the Faculty of Civil Engineering – Al-Homs University, where the main objective of the research was to study the efficiency of duckweed in reducing cadmium concentrations in water at three concentrations (0.25-1-2 mg/l). In order to conduct the research, two basins were designed with different heights (H1=65cm, H2=25cm) and with a residence time ((T1=7-

T2=15day). Surface hydraulic loads were applied at the residence time. After planting the two basins with the plant and taking samples at values of (pH1=7.7, pH2=4.7), the results of the laboratory measurements obtained showed that the cadmium removal rate was about 80.43% at a depth of 25cm and after a residence time of T=15day and at a hydraulic load of 0.016m3/m2.d, and the efficiency of removing cadmium from water was at pH=7.7 It was higher than water with pH=4.7, so the results proved that the plant treatment method using duckweed is an economical method that can be adopted.

Keywords: Phytoextraction – duckweed – cadmium – surface hydraulic loading.

1-المقدمة:

تمركزت المدن الصناعية في مناطق قريبة من مصادر مائية هامةورئيسة في سورية، كالمدينة الصناعية في حسياء – عدرا الصناعية في دمشق- الشيخ نجار في حلب وغيرها من المدن والمنشأت الصناعية الممتدة في مختلف مناطق القطر. تفتقر الجمهورية العربية السورية إلى الموارد المائية في كثير من مناطقها، لذا كان خيارالموارد غير التقليدية أمراً واجباً . من هنا كان لابد من معالجة مياه الصرف الصحي و الصناعي وإعادة استخدامها في مجالات مناسبة للاستفادة منها لدعم المصادر المائية التقليدية [3].تعد المعادن الثقيلة من أهم الملوثات التي يجب أن تدرس و تعالج بعناية، بسبب درجة ثباتها العالية و فترات بقائها غير المحدد، إذ يمكن أن تنتقل إلى مسافات بعيدة عن مناطق نشوئها ويمكن أن تتضاعف تراكيز هذه العناصر خلال السلسلة الغذائية، لتصبح

خطراً يهدد الكائنات الحية، ومصدراً لتسمم وخطراً كبيراً على الصحة [10]. انطلاقاً مما سبق لم يعد بالأمكان اختيار نظام معالجة مياه الصرف الصناعي على أساس الأهداف الأساسية للمعالجة،بل تعدى الأمر إلى ضرورة التدقيق في كفاية المعالجة، حسب الغرض من استخدام المياه بعد المعالجة.[3]

يعد الكادميومCdملوثاً خطيراً ،فهو ينتج بكميات كبيرة من صناعات متعددة (صناعة الخلايا الشمسية – السبائك –الطلاء الكهربائي – الصناعات البلاستيكية –صناعة البطاريات القابلة للشحن – صناعات الدباغة والأصباغ لقدرته على أنتاج اللون الأصفر والبرتقالي[17]. تشيرالدراسات أن ارتفاع نسبة الكادميوم في المياه يشكل خطراً على السلسة الغذائية.حيث يسبب أمراض في الكلية والرئتين والعظام [5].

تم سنة (2023) استخدام الحمأة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصناعي والصحي في مقاطعة جيانغسو (الصين)،تبين النتائج وجود مستويات عالية من المعادن الثقيلة Zn > Cu > Cr > Ni > Pb > As > Hg > Cd، كانت قيم التلوث تتراوح بين 2970–154، 1150–28، 136–10، 262–9، 79–0، 41.6–12.1، 19.5–0.67، 2.77–0,21 mg/l على التوالي. توضح النتائج وجود الزئبق والزنك والنحاس بدرجة مرتفعة جداً في الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصناعي، في حين كان النيكل والكادميوم والرصاص والكروم أكثر توازناً. هذا يتبع لنوع الصناعات الناتجة عنها.[4]

أظهرت دراسة سنة (2020) في جنوب أفريقيا قيماً لمياه الصرف الصناعي لكل من الكادميوم والنيكل والرصاص على التوالي (30.14–7.1–0.81) mg/l.[13]

بينت نتائج تحليل مياه الصرف الصناعي سنة(2020) في أثيوبيا تجاوز كل من الكروم والكادميوم والرصاص الحدود المسموح بها (حسب مواصفات القياسية في أثيوبيا)وتراوحت القيم (1.04-30-0.08)على التوالي.[14]

اجريت في البرازيل عام (2010) دراسة حول كفاءة استزراع نبات عدس الماء باستخدام اربعة احواض مربوطة على التسلسل عمق كل حوض 0.9 متر ومساحته 2.57 متر مربع وحجمه 2.3 متر مكعب مع غزارة 2.9 م3/يوم اي بتحميل هيدروليكي 1.1 م3/م2. يوم كان زمن المكث يوم واحد لكل حوض،حيث وصلت ازالة فوسفات و النتروجين 51.8 %، 40.5 % على التوالي.[18]

تم اجراء دراسة سنة (2016) في محطة الجنديرية في اللاذقية واستزراع نبات عدس الماء بوزن جاف 2 kg/m^2 في حوض ابعاده 2.25x5.5x6.5 علماً ان عمق المياه في الحوض كان 1.75 m. وصلت كفاءة ازالة الفوسفور 34.73% وعزي سبب هذا الانخفاض الى ازدياد عمق الماء حيث اوردت المراجع أن العمق الأمثل لأحواض عدس الماء هي من 0.4 الى 0.9 متر وتنخفض الكفاءة مع ازدياد العمق [3].

تؤكد احدى الدراسات كفاءة المعالجة النباتية بشكل عام وتتاثر بالعوامل المناخية فيما يخص عدس الماء اوردت المراجع قدرته على التأقلم مع مختلف الظروف حيث يمتاز بسرعة نمو كبيرة ويمكنه مضاعفة الكتلة الناتية خلال 48 ساعة وبينت المراجع أنه يضاعف المساحة المغطاة في الحوض خلال اربع ايام[9] .

- ☒ الحدود المسموح بها لبعض المعدن الثقيلة في المياه المعالجة المسموح بصرفها إلى البيئة المائية حسب م.ق.س 2009/3474(تختص هذه المواصفة القياسية السورية بتحديد الاشتراطات والمتطلبات والقيود المفروضة على تصريف المياه المعالجة الصناعية،الخارجة من المنشآت الصناعية أومحطات المعالجة التابعة لها إلى البيئة المائية) [1],[2]

المؤشرات	الرمز	الواحدة	أنواع المستقبلات(البيئة المائية المستقبلة)			
			بحار	مسطحات مائية	الأنهار	قنوات الصرف الزراعية
الكادميوم	Cd	mg/l	0.05	0.05	0.05	0.05

2- أهداف البحث :

- دراسة تأثير تغير التحمل الهيدروليكي السطحي والأس الهيدروجيني في كفاءة المعالجة النباتية،باستخدام نبات عدس الماء،في معالجة المياه الملوثة بالكادميوم.
- دراسة مقدرة نبات عدس الماء في مراكمة الكادميوم الموجودة في مياه مشابهة بالتلوث لمياه الصرف الصناعي لمدينة حسياء الصناعية.

3-مواد البحث وطرائقه:

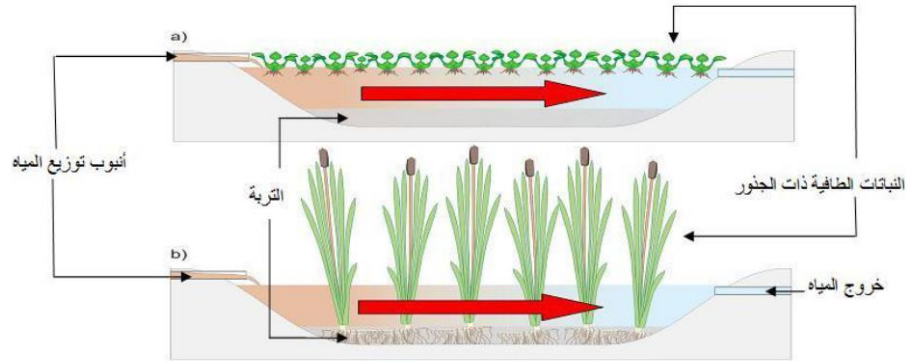
الأراضي الرطبة المصطنعة:

هي عبارة عن تصاميم هندسية تستخدم العمليات الطبيعية من النباتات والترب وتجمعاتها البكترية، وتعد مناسبة جداً للمعالجة في محطات المعالجة، بسبب اقتصاديتها وكلفة تشغيلها المنخفضة وفعاليتها،إضافة إلى زيادة المساحات الخضراء في المناطق المقامة بها، وتصنف أحواض النباتات المستخدمة في معالجة مياه الصرف بناءً على مسار التدفق عبر أنظمة CW،وهناك أربعة أنظمة مستعملة في معالجة المياه:

- الأحواض ذات الجريان السطحي الحر Free Water Surface (FWS)
- الأحواض ذات الجريان السطحي الأفقي Horizontal Flow (HF).

- الأحواض ذات الجريان السطحي الشاقولي Vertical Flow (VF).
- الأحواض ذات الجريان المتنوع (المهجن) "أفقي+ شاقولي"

والأحواض المستخدمة في البحث هي الأحواض ذات الجريان السطحي الحر: وهي أحواض ضحلة أو قنوات تحتوي على طبقة من التربة (بسماكة 30–40cm) تزرع فيها نباتات عدة، أكثر النباتات شيوعاً هي: (Duck weed, Typha)، ويوجد فوق طبقة التربة طبقة مائية (عمقها 20–40cm) يتعرض للغلاف الجوي والإشعاع الشمسي، يتدفق الماء عبر جذوع النبات ويتلامس مع الطبقة العليا من التربة وأجزاء النبات، مما يسمح بإزالة الملوثات من خلال مختلف العمليات الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية[15]، ويبين الشكل (1) حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر.



الشكل(1): حوض معالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر

a) : حوض معالجة بالنباتات طافية على سطح الماء وجذور حرة.

b) :حوض معالجة بالنباتات ذات السوق فوق السطح وجذور مزروعة ضمن تربة الحوض.

تميل هذه الأحواض إلى جذب البعوض، خاصةً عندما يظل الماء شبه راكد، كما تتطلب مساحة أعلى مقارنة بأنواع أخرى بخصائص مياه الصرف الصحي نفسها. يعمل هذا النظام بشكلٍ جيد في إزالة المواد الصلبة العالقة (TSS)، والطلب الكيميائي الحيوي للأوكسجين BOD_5 وإزالة النتروجين N ومسببات الأمراض، وإزالة نسبة كبيرة من المعادن الثقيلة وإزالة الفوسفور[9].

نبات عدس الماء (Lemna minor):

ينتمي للعائلة اللمينية (Lemnaceae) من رتبة Arales ذوات الفلقة الواحدة،واسمه بالإنكليزية (Duck weed)،هونبات صغير طافٍ،يتجمع في مجموعات تتكون 2–5 نباتات، قطره من 3–6

mm شبه كروي أواهليلجي مسطح على الوجهين،يتنشر في المياه العذبة الراكدة في دمشق وحمص والقنيطرة واللاذقية[3]، ويبين الشكل (2) نبات عدس الماء.

الشكل (2): نبات عدس الماء

يعتمد نمو عدس الماء على عوامل عدة:

- درجة الحرارة المثالية للنمو(25-15) درجة مئوية ولكن ممكن أن ينمو في درجة حرارة أقل من 7 درجة مئوية.
- ينمو ضمن مجال [9-4]= pH .
- يؤدي الحصاد دوراً كبيراً في كفاءة الإزالة والنمو، حيث يزداد النمو مع الحصاد اليومي و بالتالي تزداد كفاءة المعالجة.والوقت المثالي للحصاد كل أربع أيام حتى لا يتموت النبات ويترسب.

4-الدراسة التجريبية: تم أخذ عينات من مياه الصرف الصناعي والصحي من محطة الصرف الصحي الناتج عن المدينة الصناعية بحسياء في حمص.

تحاليل عينات المياه و النبات الملوثة:

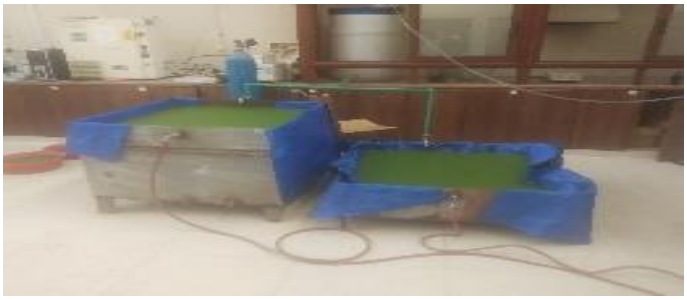
- تم تقدير الكميات الكلية للمعادن الثقيلة في مخبر الهندسة البيئية في كلية الهندسة المدنية حيث تم هضم عينات النبات باستخدام الماء الملكي، ثم استعمال المستخلص في تقدير الكادميوم Cd بواسطة جهاز الامتصاص الذري اللهبي نوع (SHimadza AA 6800)وعبر عن النتائج بوحدات جزء بالمليون.

- تقدير pH باستخدام جهاز pH METER. يبين الجدول(1) نتائج قياس عينات مياه صرف من محطة صرف المدينة الصناعية في حسياء

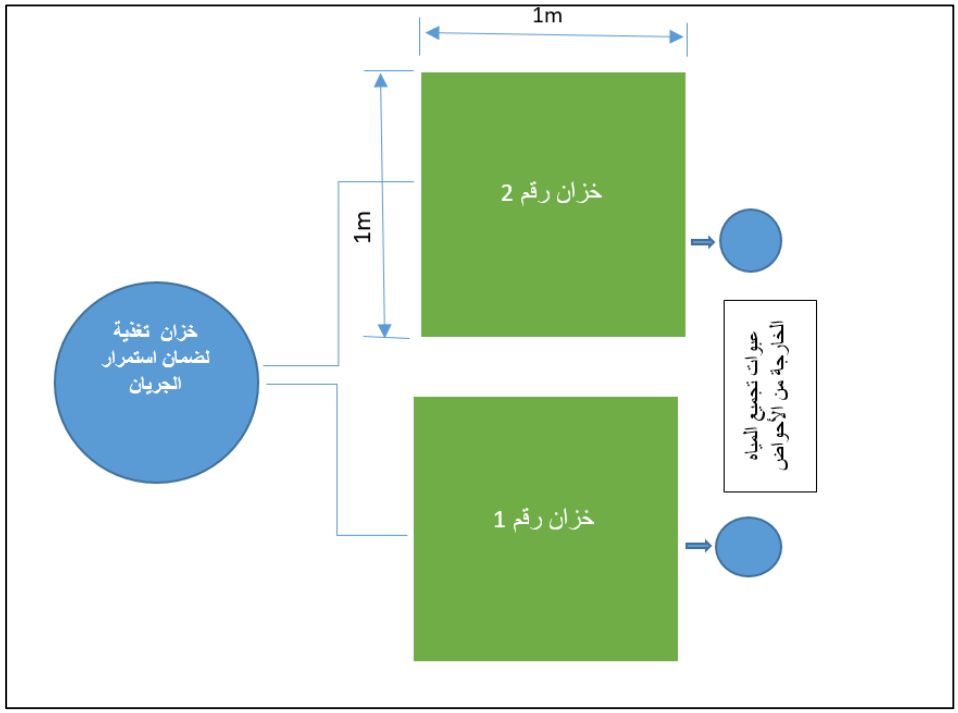
الجدول(1) نتائج قياس عينات مياه صرف من محطة صرف المدينة الصناعية في حسياء

المؤشر	الواحدة	مياه صرف صحي	مياه صرف صناعي	المواصفة القياسية السوريةرقم 2009\3474	المواصفة القياسية السوريةرقم 2008/2580
pH	–	7.6	7.8	9–6	9.5–6.5
Cd	mg\l	0. 22	0.25	0.05	0.05

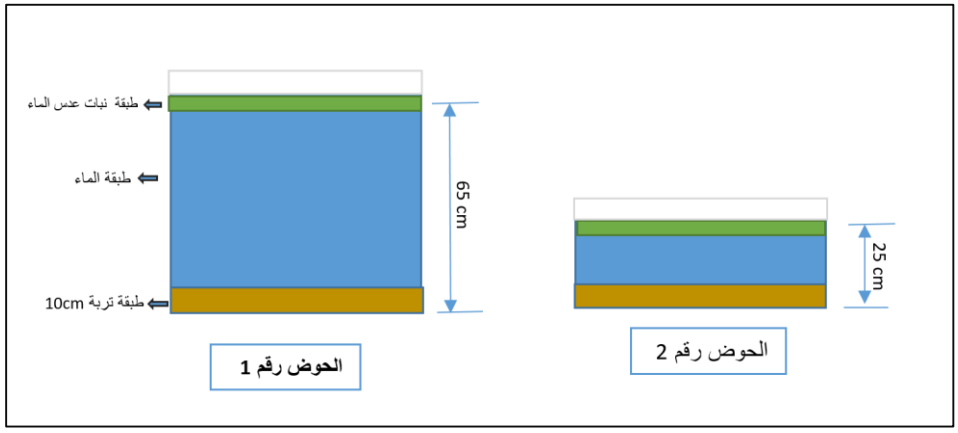
سيتم تلويث المياه مخبرياً بمقادير تلوث تحاكي التلوث الموجود في مياه الصرف الصناعي في حسياء، ثم زيادة تركيزه بقيم أكبر (0.25–1–2 mg\l)، ودراسة تأثير التلوث في نظام عمل معالجة المياه باستخدام نبات عدس الماء(Duckweeds). تمت الدراسة بواسطة محطة تجريبية عبارة عن خزانين ماء بارتفاعات مختلفة (ارتفاع الأول 65cm – ارتفاع الثاني 25cm) بمساحة سطح $1m^2$ يدخل الماء إلى الخرانات بواسطة انابيب تغذية وتتم التغذية من خزان تجميع لضمان استمرارية الجريان وعند المخرج تم وضع سكور عند ارتفاع الماء المطلوب للدراسة.كما في الشكل(3,4,5).يبين الشكل(3) النموذج التجريبي في مخبر الهندسة البيئية،يبين الشكل(4) مسقط أفقي للأحواض المستخدمة في التجربة،يبين الشكل(5) مقطع طولي في الأحواض



الشكل(3) النموذج التجريبي في مخبر الهندسة البيئية



الشكل(4) مسقط أفقي للأحواض المستخدمة في التجربة



الشكل(5) مقطع طولي في الأحواض

-تصميم الأحواض:

تم تصميم الأحواض وفق العوامل التصميمية التالية :

التحميل الهيدروليكي السطحي	**$q=Q/A$**
الغزارة	**$Q=V/T$**
أبعاد الحوض الأول	**(1*1*0,65) m**
حجم الحوض	**$0.65m^3$**
بفرض زمن المكث	**$T_1=7day$**
غزارة الحوض	**$Q=V/T=0.65/7=0.093m^3/d$**
التحميل الهيدروليكي السطحي	**$q=Q/A=0.093/1=0.093\ m^3/m^2.d$**
أبعاد الحوض الأول	**(1*1*0,65) m**
حجم الحوض	**$0.65m^3$**
بفرض زمن المكث	**$T_2=15day$**
غزارة الحوض	**$Q=V/T=0.65/15=0.043m^3/d$**
التحميل الهيدروليكي السطحي	**$q=Q/A=0.043/1=0.043\ m^3/m^2.d$**
أبعاد الحوض الثاني	**(1*1*0,25) m**
حجم الحوض	**$0.25m^3$**
بفرض زمن المكث	**$T_1=7day$**
غزارة الحوض	**$Q=V/T=0.25/7=0.036m^3/d$**
التحميل الهيدروليكي السطحي	**$q=Q/A=0.036/1=0.036m^3/m^2.d$**
أبعاد الحوض الثاني	**(1*1*0,25) m**

حجم الحوض	$0.25m^3$
بفرض زمن المكث	$T_2=15day$
غزارة الحوض	$Q=V/T=0.25/15=0.016m^3/d$
التحميل الهيدروليكي السطحي	$q=Q/A=0.016/1=0.016\ m^3/m^2.d$
كفاءة إزالة الكادميوم E%	[(قيمة الكادميوم عند المدخل – قيمة الكادميوم عند المخرج)/قيمة الكادميوم عند المدخل]*100
عامل التراكم الحيوي BF(Bioaccumulation Factor) لنباتات المزروعة	عامل التراكم الحيوي = تركيز العنصر في أنسجة النباتية (الأوراق)/تركيز العنصر في المياه المزروعة فيها

يبين الجدول(2) العوامل التصميمية للأحواض عند زمن مكث $T_1=7day$

الجدول(2) العوامل التصميمية للأحواض عند زمن مكث $T_1=7day$

رقم الحوض	حجم الماء m^3	الغزارة الداخلة للحوض m^3/d	زمن المكث day	التحميل الهيدروليكي السطحي $m^3/m^2.d$	جرعة البدار من نبات عدس الماء gr
1	0.65	0.093	7	0.093	500
2	0.25	0.036	7	0.036	500

يبين الجدول(3) العوامل التصميمية للأحواض عند زمن مكث $T_1=15day$

الجدول(3) العوامل التصميمية للأحواض عند زمن مكث T_2=15day

رقم الحوض	حجم الماء m^3	الغزارة الداخلة للحوض m^3/d	زمن المكث day	التحميل الهيدروليكي السطحي $m^3/m^2.d$	جرعة البدار من نبات عدس الماء gr
1	0.65	0.043	15	0.043	500
2	0.25	0.016	15	0.016	500

5- نتائج التجارب:

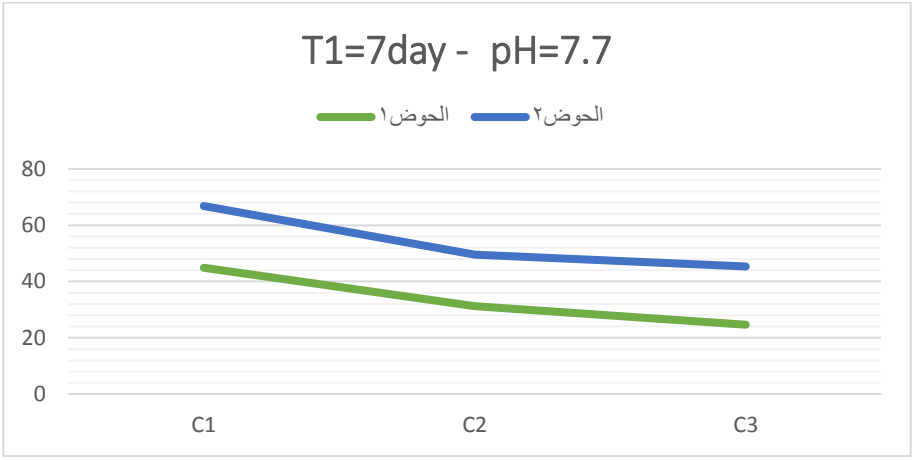
(التجربة الأولى): تمت زراعة عدس الماء في مياه ملوثة بالكادميوم بثلاث تراكيز (0.25-1.02- 2.05)mg\L وكان زمن المكث T_1=7day و pH=7.7 وتم تسميد المياه باستخدام سماد عضوي،يبين الجدول(4) نتائج تحليل المياه لعنصر الكادميوم مع زمن مكث T_1=7day و pH=7.7وكفاءة الإزالة E%.

الجدول(4) نتائج تحليل المياه لعنصر الكادميوم مع زمن مكث T_1=7day و pH=7.7 وكفاءة الإزالة E%

تاريخ زراعةالعينة	تاريخ أخذ العينة	مدخل الأحواض التجريبية	مخرج الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي ($0.093\ m^3.m^2\backslash d$)		مخرج الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي ($0.036\ m^3.m^2\backslash d$)	
		(Cd)mg\l	(Cd)mg\l	E%	(Cd)mg\l	E%
29-10-2023	5-11-2023	0.24	0.1322	44.91	0.080	66.67
			0.1321	44.91	0.078	67.5

66.25	0.081	44.91	0.1321			
66.80	–	44.91	–	–	Efficiency%	
49.60	0.514	31.26	0.7011	1.02	20-12-2023	13-12-2023
49.59	0.515	31.26	0.7012			
49.6	0.514	31.26	0.7011			
49.60	–	31.26	–	–	Efficiency%	
45.32	1.110	24.63	1.5311	2.03	6-2-2024	30-1-2024
45.27	1.111	24.63	1.5310			
45.32	1.110	24.63	1.5309			
45.29	–	24.63	–	–	Efficiency%	

يبين الشكل(6) كفاءة إزالة الكادميوم من مياه الصرف عند ثلاث تراكيز للتلوث.



الشكل(6) كفاءة إزالة الكادميوم من مياه الصرف عند ثلاث تراكيز للتلوث

يبين المخطط أن كفاءة إزالة الكادميوم من المياه تنخفض كلما زادت نسبة الكادميوم حيث بلغت أعلى قيمة لكفاءة الإزالة 44.91% عند التحميل الهيدروليكي السطحي (0.093 $m^3.m^2\backslash d$)

وبلغت كفاءة الإزالة 66.80% عند التحميل الهيدروليكي السطحي ($0.036\ m^3.m^2\backslash d$) عند التركيز الأدنى.

يبين الجدول(5) نتائج تحليل النبات لعنصر الكادميوم Cd مع زمن مكث T_1=7day و pH=7.7ومعامل التراكم الحيوي BF.

الجدول(5) نتائج تحليل النبات لعنصر الكادميوم Cd مع زمن مكث T_1=7day و pH=7.7ومعامل التراكم الحيوي BF

تاريخ زراعةالعينة	تاريخ أخذ العينة	مخرج الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي ($0.093\ m^3.m^2\backslash d$)		مخرج الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي ($0.036\ m^3.m^2\backslash d$)	
		(Cd)mg\Kg	BF	(Cd)mg\Kg	BF
29-10-2023	5-11-2023	0.107	0.4	0. 149	0.62
		0.105	0.4	0.150	0.6
		0.107	0.4	0.151	0.6
Average BF		–	0.4	–	0.6
13-12-2023	20-12-2023	0.305	0.3	0.492	0.5
		0.305	0.3	0.495	0.55
		0.301	0.28	0.491	0.49
Average BF		–	0.29	–	0.53
30-1-2024	6-2-2024	0.495	0.24	0.901	0.4
		0.492	0.22	0.900	0.4
		0.491	0.22	0.898	0.4
Average BF		–	0.22	–	0.4

يبين الجدول (5) أن قيم معامل التراكم الحيوي BF لعينات النبات كانت مرتفعة، عند التحميل الهيدروليكي السطحي ($0.036\ m^3.m^2\backslash d$)، وبالتالي كلما قل ارتفاع الماء في الحوض كلما زادت مقدرة النبات على مراكمة الكادميوم بشكل أفضل.

التجربة الثانية:

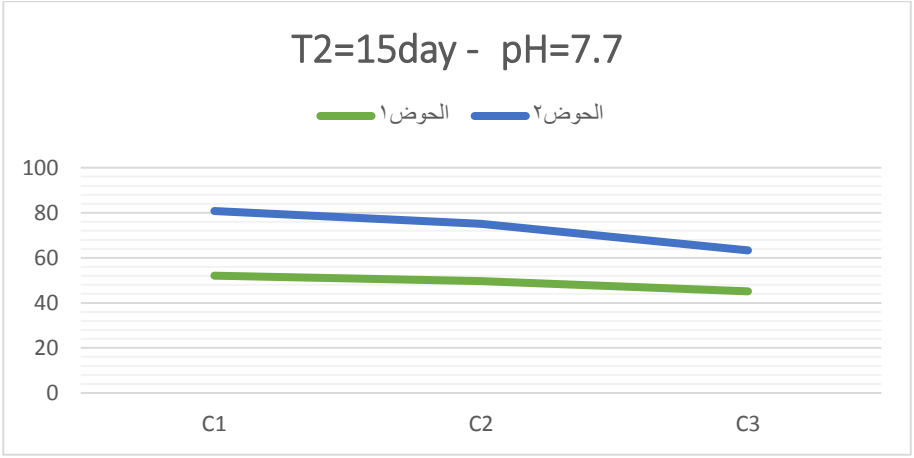
تمت زراعة عدس الماء في مياه ملوثة بالكادميوم بثلاث تراكيز (0.25–1.02–2.05) وكان زمن المكث T_2=15day و pH=7.7. يبين الجدول(6)نتائج تحليل المياه لعنصر الكادميومCd مع زمن مكث T_2=15day و pH=7.7 وكفاءة الإزالة E%.

الجدول(6)نتائج تحليل المياه لعنصر الكادميومCd مع زمن مكث T_2=15day و pH=7.7 وكفاءة الإزالة E%

تاريخ زراعة العينة	تاريخ أخذ العينة	مدخل الأحواض التجريبية	مخرج الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي ($0.043\ m^3.m^2\backslash d$)		مخرج الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي ($0.016\ m^3.m^2\backslash d$)	
		(Cd)mg\l	(Cd)mg\l	E%	(Cd)mg\l	E%
6-11-2023	20-11-2023	0.25	0.115	52.08	0.046	80.83
			0.113	52.09	0.046	80.83
			0.115	52.08	0.047	80.84
Efficiency%		–	–	52.08	–	80.83
21-12-2023	4-1-2024	1.02	0.511	49.90	0.254	75.09
			0.511	49.90	0.255	75.10
			0.516	49.44	0.252	75.29

75.16	–	49.74	–	–	Efficiency%	
63.25	0.746	45.22	1.112	2.03	21-2-2024	7-2-2024
63.34	0.744	45.12	1.114			
63.34	0.744	45.12	1.114			
63.31	–	45.15	–	–	Efficiency%	

يبين الشكل(7) كفاءة إزالة الكادميوم من مياه الصرف عند ثلاث تراكيز للتلوث عند زمن مكث T_2=15day و pH=7.7.



الشكل(7) كفاءة إزالة الكادميوم من مياه الصرف عند ثلاث تراكيز للتلوث عند زمن مكث T_2=15day و pH=7.7

نستنتج من التجربة أنه كلما قل عمق المياه كلما زادت كفاءة الإزالة، وكلما زاد زمن المكث زادت كفاءة الإزالة ،وفي جميع المعاملات المدروسة انخفضت كفاءة الإزالة مع ارتفاع قيمة التلوث في المياه.وبالتالي مع زيادة التلوث نحتاج إلى زمن مكث أكبر للوصول إلى الكفاءة المطلوبة.باستثناء الحالة الأولى عند التلوث (0.25ppm(cd)) كان الزمن مثالي للوصول إلى الحدود المسموحة حسب المواصفة القياسية السورية. يبين الجدول(7) نتائج تحليل النبات لعنصر الكادميومCd مع زمن مكث T_2=15day و pH=7.7 ومعامل التراكم الحيوي BF.

الجدول(7) نتائج تحليل النبات لعنصر الكادميومCd مع زمن مكث T_2=15day و pH=7.7 ومعامل التراكم الحيوي BF

الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي (0.016 $m^3.m^2\backslash d$)		الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي (0.043 $m^3.m^2\backslash d$)		تاريخ أخذ العينة	تاريخ زراعة العينة
BF	(Cd)mg\Kg	BF	(Cd)mg\Kg		
0.8	0.202	0.5	0.134	20-11-2023	6-11-2023
0.79	0.199	0.5	0.132		
0.78	0.197	0.5	0.130		
0.9	-	0.5	-	Average BF	
0.75	0.763	0.5	0.506	4-1-2024	21-12-2023
0.73	0.761	0.52	0.508		
0.76	0.766	0.5	0.505		
0.74	-	0.5	-	Average BF	
0.6	1.283	0.45	0.915	21-2-2024	7-2-2024
0.6	1.281	0.44	0.910		
0.6	1.284	0.44	0.912		
0.6	-	0.44	-	Average BF	

بين الجدول(7) أن قيم معامل التراكم الحيوي للنبات في التجربة 2 عند التلوث 0.25ppm وارتفاع المياه بمقدار 25cm كانت قريبة من الواحد بالتالي فإن النبات كان مراكماً جيداً للكادميوم.

التجربة الثالثة:

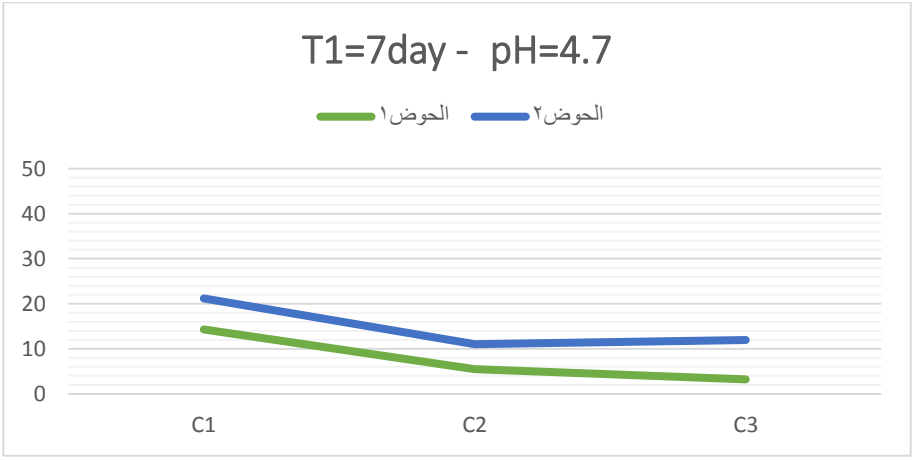
تمت زراعة عدس الماء في مياه ملوثة بالكادميوم بثلاث تراكيز (2.04-1.01-0.22) وكان زمن المكث T_1=7day و pH=4.7.

يبين الجدول(8) نتائج تحليل المياه لعنصر الكادميوم Cd مع زمن مكث T_1=7day و pH=4.7 وكفاءة الإزالة E%.

الجدول(8) نتائج تحليل المياه لعنصر الكادميوم Cd مع زمن مكث T_1=7day و pH=4.7 وكفاءة الإزالة E%

تاريخ زراعة العينة	تاريخ أخذ العينة	مدخل الأحواض التجريبية	مخرج الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي ($0.093\ m^3.m^2\backslash d$)		مخرج الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي ($0.036\ m^3.m^2\backslash d$)	
		(Cd)mg\l	E%	(Cd)mg\l	E%	(Cd)mg\l
21-11-2023	28-11-2023	0.22	14.09	0.189	20.45	0.175
			14.54	0.188	21.36	0.173
			14.09	0.189	21.81	0.172
Efficiency%		-	14.31	-	21.21	-
7-1-2024	14-1-2024	1.01	5.30	0.956	10.89	0.900
			5.64	0.953	11.48	0.894
			5.44	0.955	10.79	0.901
Efficiency%		-	5.46	-	11.05	-
21-2-2024	29-2-2024	2.04	3.08	1.977	11.81	1.799
			3.28	1.973	11.91	1.797

12.05	1.794	3.18	1.975			
11.92	–	3.18	–	–	Efficiency%	



الشكل(8) كفاءة إزالة الكادميوم من مياه الصرف عند ثلاث تراكيز للتلوث زمن مكث T_1=7day و pH=4.7

تبين النتائج انخفاض كفاءة إزالة الكادميوم من المياه،حيث بدأت النبات بتماوت في الوسط الحمضي بعد 6 أيام، وكان ذلك أكثر قوة في الحوض الثاني ذو الارتفاع 25cm حيث ماتت النباتات بشكل كامل،على الرغم من أن الدراسات المرجعية تشير إمكانية نبات عدس الماء قادر على النمو في الوسط الحمضي.

يبين الجدول(9) نتائج تحليل النبات لعنصر الكادميوم Cd مع زمن مكث T_1=7day و pH=4.7 و معامل التراكم الحيوي BF.

الجدول(9)نتائج تحليل النبات لعنصر الكادميوم Cd مع زمن مكث T_1=7day و pH=4.7 و معامل التراكم الحيوي BF

تاريخ زراعة العينة	تاريخ أخذ العينة	الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي (0.093 $m^3.m^2$\d)		الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي (0.036 $m^3.m^2$\d)	
		(Cd)mg\Kg	BF	(Cd)mg\Kg	BF
21-11-2023	28-11-2023	0.030	0.13	0.043	0.2
		0.031	0.13	0.040	0.18
		0.033	0.15	0.041	0.18
Average BF		-	0.14	-	0.19
7-1-2024	14-1-2024	0.054	0.05	0.106	0.1
		0.051	0.05	0.103	0.1
		0.050	0.05	0.104	0.1
Average BF		-	0.05	-	0.1
21-2-2024	29-2-2024	0.063	0.03	0.242	0.1
		0.061	0.03	0.241	0.1
		0.060	0.03	0.241	0.1
Average BF		-	0.03	-	0.1

قيم معامل التراكم الحيوي كانت في التجربة 3 قليلة جدا وبالتالي،النبات غير قادر على مراكمة المعدن و النمو في الوسط الحمضي.

التجربة الرابعة:

تمت زراعة عدس الماء في مياه ملوثة بالكادميوم بثلاث تراكيز (2.01–1.02–0.22) وكان زمن المكث T_2=15day و pH=4.7.

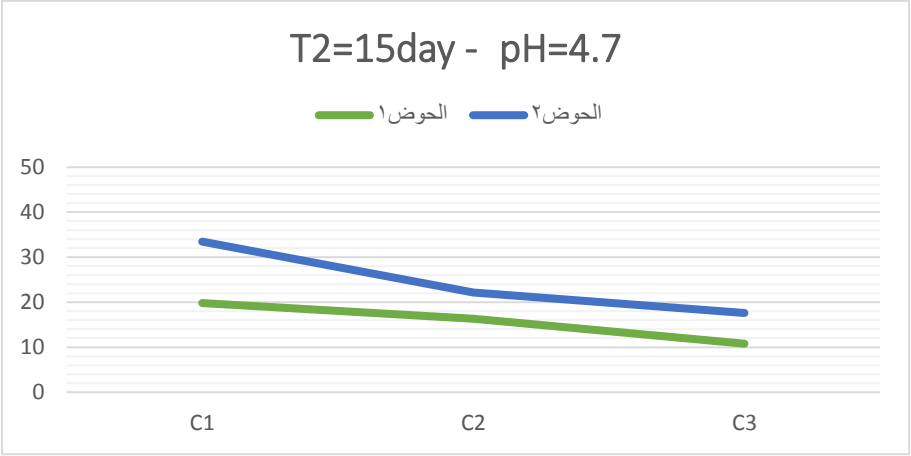
يبين الجدول(10) نتائج تحليل المياه لعنصر الكادميوم Cd مع زمن مكث T_2=15day و pH=4.7 وكفاءة الإزالة E%.

الجدول(10) نتائج تحليل المياه لعنصر الكادميوم Cd مع زمن مكث T_2=15day و pH=4.7 وكفاءة الإزالة E%

تاريخ زراعة العينة	تاريخ أخذ العينة	مدخل الأحواض التجريبية	مخرج الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي ($0.043\ m^3.m^2\backslash d$)		مخرج الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي ($0.016\ m^3.m^2\backslash d$)	
		(Cd)mg\l	(Cd)mg\l	E%	(Cd)mg\l	E%
29-11-2023	12-12-2023	0. 22	0. 174	20.90	0. 148	32.72
			0.177	19.54	0.144	34.54
			0.178	19.90	0.147	33.18
Efficiency%		–	–	19.84	–	33.48
15-1-2024	29-1-2024	1.02	0.855	16.17	0.794	22.15
			0.854	16.27	0.793	22.25
			0.852	16.47	0.795	22.05
Efficiency%		–	–	16.30	–	22.15
3-3-2024	17-3-2024	2.01	1.794	10.95	1.654	17.71
			1.799	10.49	1.655	17.66
			1.791	10.89	1.658	17.51

Efficiency%	–	–	10.77	–	17.62

يبين المخطط(4) كفاءة إزالة الكادميوم من مياه الصرف عند ثلاث تراكيز للتلوث زمن مكث T_2=15day و pH=4.7.



الشكل(9) كفاءة إزالة الكادميوم من مياه الصرف عند ثلاث تراكيز للتلوث زمن مكث T_2=15day و pH=4.7

تبين النتائج أن قيمة كفاءة الإزالة في التجربة الرابعة كانت أعلى من التجربة الثالثة بسبب زيادة مدة المكث مع استمرار الحصاد كل يومين،لكنها في أفضل الحالات لم تتجاوز33.5%. يبين الجدول(11) نتائج تحليل النبات من الكادميوم Cd مع زمن مكث T_2=15day و pH=4.7 وكفاءة الإزالة E%.

الجدول(11) نتائج تحليل النبات من الكادميوم Cd مع زمن مكث T_2=15day و pH=4.7 وكفاءة الإزالة E%

تاريخ زراعة العينة	تاريخ أخذ العينة	الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي ($0.043\ m^3.m^2\backslash d$)	الحوض ذو التحميل الهيدروليكي السطحي ($0.016\ m^3.m^2\backslash d$)

BF	(Cd)mg\Kg	BF	(Cd)mg\Kg		
0.3	0.07	0.2	0.042	12-12-2023	29-11-2023
0.3	0.08	0.2	0.42		
0.3	0.07	0.2	0.43		
0.3	-	0.2	-	Average BF	
0.22	0.224	0.16	0.166	29-1-2024	15-1-2024
0.22	0.224	0.16	0.164		
0.22	0.227	0.16	0.168		
0.22	-	0.16	-	Average BF	
0.1	0.220	0.09	0.200	17-3-2024	3-3-2024
0.1	0.222	0.1	0.205		
0.1	0.225	0.1	0.201		
0.1	-	0.1	-	Average BF	

قيم معامل التراكم الحيوي قليلة جدا وبعيدة عن الواحد،بالتالي كان نبات عدس الماء،ليس مراكماً جيداً في الوسط الحمضي.

6-النتائج و مناقشتها:

بينت نتائج قياس كفاءة إزالة الكادميوم من المياه مايلي :

1- حقق النبات نسبة إزالة للكادميوم 80.84% عند العمق 25cm ، مع زمن مكث T=15day عند تحميل هيدروليكي $0.016 m^3/m^2.d$.

2- كان نبات عدس الماء مراكم جيد للكادميوم،مع زمن مكث مناسب حيث وصلت قيمة معامل التراكم الحيوي إلى قيم قريبة من الواحد عند العمق 25cm ، مع زمن مكث T=15dayعند تحميل هيدروليكي $0.016m^3/m^2.d$.

3- كفاءة إزالة الكادميوم من المياه عند pH =7.7 كانت أعلى من المياه ذات pH =4.7.

7-الاستنتاجات والمقترحات:

- يمكن استخدام نبات عدس الماء في معالجة مياه صرف الصحية والصناعية في محطة المنطقة الصناعية في حسياء-حمص،حيث كانت النباتات قادرة على استخلاص الكادميوم وايصال تركيزه إلى الحدود المسموحة حسب المواصفات القياسية السورية.

- في حال زيادة تركيز الكادميوم ضمن مياه صرف الصناعي في حسياء يجب المشاركة مع طرق آخرى للوصول للحدود المطلوبة حسب المواصفة.

-عدم كفاية نبات عدس الماء لإزالة الكادميوم من الماء عند تلوث أعلى من 0.25mg\L، لزيادة مردود الاستخلاص لابد من زيادة زمن مكث الماء لمدة أكثر من 15 يوم.

- ممكن تحقيق مردود إزالة مثالي و موافق للمواصفة السورية لمياه الصرف الصحي لأحواض ذات زمن مكث 15 يوم و عمق 25cm.

المراجع:

[1] الجمهورية العربية السورية، وزارة الصناعة، هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، مياه الصرف الصحي المعالجة للبيئة المائية (2580) 2008.

[2] الجمهورية العربية السورية، وزارة الصناعة، هيئةالمواصفات والمقاييس العربية السورية، للمخلفات السائلة الصناعية، المسموح بطرحها إلى البيئة المائية (3474)2009.

[3] ديمة العقدة ، المعالجة الثالثية لمياه الصرف الصحي باستخدام نبت عدس الماء في محطة الجنديرية نموذجا– مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد 38، العدد(3)2016.

[4] Qin G, Niu Z, Yu J, Li Z, Ma J, Xiang P. Soil heavy metal pollution and food safety in China: Effects, sources and removing technology. Chemosphere. 2021; 267: 129205.

[5] Taleb R, Qasim B. Potassium Hydroxide Activated Peanut Shell as an Effective Adsorbent for the Removal of Zinc, Lead and Cadmium from Wastewater. J Ecol Eng. 2023; 24(1): 66–78.

[6] Khoshgoftarmanesh AH, Afyuni M, Norouzi M, Ghiasi S, Schulin R. Fractionation and bioavailability of zinc (Zn) in the rhizosphere of two wheat cultivars with different Zn deficiency tolerance. Geoderma. 2018; 309: 1–6.

[7] Khan AM, Nawaz I, Yousaf S, Ammar Sabir Cheema, Iqbal M. Soil amendments enhanced the growth of Nicotiana alata L. and Petunia hydrida L. by stabilizing heavy metals from wastewater. J Environ Manage. 2019; 242: 46–55.

[8] Taleb R, Qasim B. Adsorptive Removal of Potentially Toxic Elements from Wastewater Using Peanut Shells Biochar. IOP Conf Ser.: Earth Environ Sci. 2023; 1158(3): 032012.

[9] Ehsan Bnayyan Rasha. Abood Abood.Janet Mosaddak: Effect of Hydraulic Loading Rates Changes on Phosphorous Removal Efficiency

from Water by Using Duck Weed. Damascus University Journal of Engineering Sciences. 2021 ; 37(2) (97-103).

[10] Ibrahim, M. Samaher, Study of the forms and kinetics of some heavy metals in the (soil-plant) system when added at different levels. PhD thesis 2014. Faculty of Agriculture, Al-Baath University.

[11] Giuseppe Genchi, Maria Stefania Sinicropi, Graziantonio Lauria, Alessia Carocci, and Alessia Catalano. The Effects of Cadmium Toxicity.2020 17(11): 3782.

[12] Xiao, D. Li, H. Wang, Y. Wen, G.Wang, C. Distribution Characteristics of Typical Heavy Metals in Sludge from Wastewater Plants in Jiangsu Province (China) and Their Potential Risks. Water. 2023, (15) 313.

[13] A.Mojeed , O.Abiodun , O.Omobola : Heavy Metals in Wastewater and Sewage Sludge from Selected Municipal Treatment Plants in Eastern Cape Province, South Africa: Water .October 2020. 12(2746):2746.

[14] B. Dagne Bekele : Determination of Heavy Metals in Wastewater and Their Toxicological Implications around Eastern Industrial Zone, Central Ethiopia: Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology 12(2):72-79- November (2020).

[15] F. A. Tavares, F. Rubens L. R. Roubach, M. K. Jungles, D. M. Fracalossi, A .M Moraes .Use of Domestic effluent through duckweeds and red tilapia farming in integrated system. Pan-American Journal of Aquatic Sciences (2010): 5(1): 1-10.

[16] D. Al-Aqdah, Third Record of Sewerage Water Using Water Ltan Tabat at Al-Jundiriya Station as a model- Tishreen University Journal for

Research and Scientific Studies _ The Biological Science Series(2016) Volume, 38 Issue (3)

[17] Bashar Qasim . Simultaneous Determination of Lead and cadmium in Environmental Samples Using Zinc-diethyldithiocarbamates. Baghdad Science Journal(2024): 21(01): 3150 -3157 .

[18] Ahmed. Hashem, Taha. Nidal. Qasim. Thaer: Study of the nutritional value and heavy metals of Duck weed and its productivity in natural conditions throughout the seasons on different water bodies in the city of Baghdad. Al-Rafidain Agriculture Journal. (2010) Volume (38) Issue (2).