مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 39 العدد 4 (2023): 173-184

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vol. 39 No.4 (2023): 173-184

كفاءة أوراق دوار الشمس *Helianthus annuus* L. في تنقية مياه الصرف الصحي من المعادن الثقيلة

سلمى أحمد عمايري[1]، د. فتحي حسين بغدادي[2]، أ.د. ريتا صبري منصور[3]

[1] طالبة ماجستير – قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة – كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق.

[2] أستاذ مساعد – قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة – كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق.

[3] أستاذ – قسم العلوم الأساسية – كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق.

reta.mansour@damascusuniversity.edu.sy

الملخص:

نفذت التجربة في مزرعة أبي جرش كلية الزراعة جامعة دمشق عام 2020 وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، تم زراعة 20 حوض ببذور دوار الشمس ووزعت على5 معاملات مائية بمعدل أربع مكررات للمعاملة الواحدة: الشاهد T1 (100%مياه عذبة)، T2 (75% مياه عذبة + 25% مياه صرف صحي)، T3 (50% مياه عذبة + 50% مياه صرف صحي)، T4 (25% مياه عذبة + 75% مياه صرف صحي)، T5(100% مياه صرف صحي). حللت المياه قبل الري وأخذت رشاحة المياه بعد السقاية في طوري نمو النبات الزهري والنضج ومقارنتها مع المواصفة القياسية السورية لاستعمال المياه المعالجة لأغراض الري رقم (2752) لعام 2008، وقدرت المؤشرات الكيميائية (Pb, Ni, Cr, Na^+, K^+, EC)، أظهرت نتائج تحليل رشاحة المياه انخفاض تراكيز (Pb, Ni, Cr) في رشاحة المياه عند الانتقال من الطور الزهري

إلى طور النضج، وأصبحت كلا المعاملتين (T3, T2) في طور نضج البذور صالحة للري وبلغت قيمة كل من (Pb, Ni) للمعاملة T2 (0.76، 0.9) مغ/ل، وللمعاملة T3 (1.133، 3.00) مغ/ل. بينما ازدادت تراكيز (Na^+, K^+, EC) في رشاحة المياه عند الانتقال من الطور الزهري إلى النضج في جميع المعاملات نتيجة التنافس بينها وبين المعادن الثقيلة على مواقع الامتصاص في النبات، وبلغت المعاملة T5 أعلى تراكيز لكل من (Na^+, K^+, EC) وسجلت (1600، 92.01، 107.14) على التوالي. حللت عينات أوراق دوار الشمس في طوري النمو الزهري والنضج وقدرت المؤشرات الكيميائية (Pb, Ni, Cr, Na^+, K^+)، أوضحت نتائج تحليل الأوراق قدرة نبات دوار الشمس على امتصاص (Pb, Ni, Cr) حيث كانت أعلى قيمة للنيكل في المعاملة T5 في طور النضج (0.81) مغ/ل. بينما انخفضت تراكيز الصوديوم والبوتاسيوم بشكل ملحوظ مع زيادة تراكيز العناصر الثقيلة في أوراق النبات.

الكلمات المفتاحية: دوار الشمس، مياه الصرف الصحي، العناصر الثقيلة، المؤشرات الكيميائية.

تاريخ الايداع: 2022/4/19
تاريخ القبول: 2022/5/26

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

Efficiency of *Helianthus annuus* L. Leaves in Purification Wastewater from Heavy Metals

Salma Ahmad Amairi [1], Dr. Fathe Housin Bagdadi[2], Prof. Rita Sabry Mansour[3]

[1] Master student - Department of renewable natural resources and environment - Faculty of Agricultural Engineering - University of Damascus – Syria .

[2] Assist. Professor - Department of renewable natural resources and environment - Faculty of Agricultural Engineering - University of Damascus – Syria .

[3] Professor - Department of Basic Sciences - Faculty of Agriculture - Damascus University - Damascus – Syria. reta.mansour@damascusuniversity.edu.sy

Abstract:

Experiment carried out at the Abo Jarash Farm, Faculty of Agriculture, Damascus University in 2020 according to Randomized Block Design Complete, 20 basins were planted with sunflower seeds and distributed to 5 water treatments at a rate of four replications per treatment: Control T1 (100% freshwater) Fresh), T2 (75% freshwater + 25% wastewater), T3 (50% freshwater + 50% wastewater), T4 (25% freshwater + 75% wastewater), T5 (100% wastewater). The water was analyzed before irrigation and filtrate of water was taken after watering in the flowering and maturation stages of the plant and comparing them with the Syrian standard Treated wastewater for irrigation purposes No. (2752) for 2008. The chemical parameters were estimated in water filtration (Pb, Ni, Cr, Na^+, K^+, EC), The results of water filtration analysis showed a decrease in (Pb, Ni, Cr) concentrations in the water filtrate when moving from the flowering stage to the maturation stage. Both treatments (T3, T2) in the seed ripening phase became suitable for irrigation and the value of (Pb, Ni) for the treatment T2 (0.76, 0.9) mg/l, and for treatment T3 (1.133, 3.00) mg/l. While the concentrations of (Na^+, K^+, EC) increased in the water filtrate when moving from flower to maturity in all treatments as a result of competition between them and heavy metals for absorption sites in the plant. Treatment T5 had the highest concentrations (Na^+, K^+, EC) were recorded (1600, 92.01, 107.14). The samples of sunflower leaves were analyzed in the flowering and maturity phases and the chemical indicators were estimated (Pb, Ni, Cr, Na^+, K^+),The results showed the ability of *Helianthus annuus* leaves to absorb (Pb, Ni, Cr), where the highest value of nickel was in the treatment T5 in the maturation stage (0.81) mg/l, while the concentrations of sodium and potassium decreased significantly with the increase in the concentrations of heavy metals in the leaves of the plant.

Key Words: *Helianthus Annuus* L, Wastewater, Heavy Metals, Chemical Indicators.

Received:19/4/2022
Accepted: 26/5/2022

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

1. المقدمة Introduction:

تتزايد أهمية المياه يوماً بعد يوم وبشكل خاص مياه الشرب لأن مصادر المياه العذبة محدودة، وهي ضرورية لوجود وبقاء النظم البيئية والإنسان وكافة الأنشطة المرتبطة بها من زراعة وصناعة وترفيه (Hong *et al*., 2010). وبدون توفر كميات كافية من المياه العذبة ذات النوعية الجيدة لن يستطيع الإنسان الاستفادة من المياه بالشكل الأمثل.

إن استخدام مياه الصرف الصحي يؤدي إلى آثار بيئية ضارة على كل من التربة والمحاصيل الزراعية والمياه السطحية والجوفية والصحة العامة والبيئة بشكل عام ,وقد تكون سامة للإنسان والنبات والحيوان ومنها العناصر المعدنية الثقيلة، والمواد العضوية وغير العضوية (الزعبي وآخرون، 2014)، وتعد العناصر الثقيلة من الملوثات التي تصل إلى مياه الصرف الصحي من الجريان السطحي الزراعي الناتج عن مبيدات الآفات والأسمدة (Megateli *et al*., 2009; Hou *et al*., 2007)، بالإضافة لصرف مخلفات الصرف الصناعي في المجرى الصرف الصحي الرئيسي. يتم نقل هذه المعادن الثقيلة إلى البيئة المائية من خلال السلسلة الغذائية (Parlak *et al*., 2013)، ويمكن نقلها بسهولة وتراكمها في الأنسجة، وخاصة الكائنات الحية (Barakat, 2011; Wan Nagh and Hanafiah, 2008)، لذلك لا بد من اللجوء إلى معالجتها باستخدام طرائق المعالجة الممكنة، وتعد تكنولوجيا المعالجة النباتية أكثر ملائمة نظراً لإمكاناتها في تنظيف البيئة من التلوث (Chen and Cutight, 2002) فيمكن حل محنة التربة والمياه الملوثة من خلال تطبيق المعالجة النباتية.

تعد المعادن الثقيلة من العناصر ذات العدد الذري الأكبر (< 20) ولها كثافة نسبية عالية (4 غ/ سم^3) وأكثر المعادن الثقيلة شيوعًا هي الرصاص (Pb) والكادميوم (Cd) والنيكل (Ni) والكوبالت (Co) والحديد (Fe) والزنك (Zn) والكروم (Cr) والزرنيخ (As) والفضة (Ag). للمعادن الثقيلة سمية على الكائنات الحية بما في ذلك الإنسان، وعلى الرغم من تراكيزها المنخفضة (Nagajyoti *et al*., 2010) فهي غير قابلة للتحلل بأي عملية بيولوجية أو فيزيائية لذلك تبقى المعادن الثقيلة ثابتة في التربة لفترة طويلة، مما يشكل تهديدًا طويل الأمد للبيئة (Suman *et al*., 2018).

إن إزالة المعادن الثقيلة بطرق المعالجة التقليدية مثل الترسيب، والامتزاز، والطرق المتقدمة الأخرى تنطوي على تكلفة كبيرة (Lara *et al*., 2014)، لذلك كان لا بد من إيجاد حلول تساهم في إزالة المعادن الثقيلة من البيئة مثل التربة، المياه السطحية بما في ذلك المياه الجوفية بالشكل الأمثل، وذلك عن طريق المعالجة النباتية وهي تقنية فعالة ومرضية من الناحية الجمالية وفعالة من حيث التكلفة وصديقة للبيئة لمعالجة المعادن التي يحتمل أن تكون سامة في البيئة، حيث النباتات بهذه التقنية تراكم الملوثات من خلال جذورها ثم تنقل هذه الملوثات إلى الجزء العلوي من النبات (Sharma *et al*., 2015; Ashraf *et al*., 2018)

إن استخدام الغطاء النباتي والتربة والنباتات الدقيقة جنباً إلى جنب مع الممارسات الكيميائية الزراعية الأخرى يجعل المعالجة النباتية تقنية صديقة للبيئة جذابة لتراكم المعادن الثقيلة المختلفة (Helmisaari *et al*., 2007; Mahar *et al* 2016) ، يعد نبات دوار الشمس من النباتات المقترحة لاستخدامه في المعالجة النباتية. حيث أظهرت النتائج التي توصل إليها (Alaboudi *et al*., 2018) قدرة *Helianthus annuus* على إزالة الرصاص والكادميوم من التربة الملوثة ومراكمتهما في أنسجته (الهوائية و الأرضية). لذلك **هدف البحث** إلى تقدير كفاءة أوراق دوار الشمس في تنقية مياه الصرف الصحي من المعادن الثقيلة من خلال تعيين كمية المعادن الثقيلة وبعض المؤشرات الكيميائية لمياه الصرف الصحي قبل وبعد إضافته للنبات لمعرفة كفاءة

التنقية خلال طوري النمو (الزهري والنضج). و دراسة العلاقة بين كمية المعادن الثقيلة والمؤشرات الكيميائية للنبات وكمية المعادن الثقيلة والمؤشرات الكيميائية لماء الصرف الصحي خلال طوري النمو (الزهري والنضج).

2- مواد البحث وطرائقه:

2-1 موقع تنفيذ التجربة:

نفذت التجربة في مزرعة أبي جرش التي تقع على خط الطول (°36.3) وخط العرض (°33.5)، ارتفاعها عن سطح البحر 742م ، يبلغ معدل الهطول السنوي 218 ملم، وهي ضمن المناطق الجافة حسب معدل امبرجيه. تتميز التربة في موقع تنفيذ التجربة بأنها لومية عالية المحتوى من الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم والمادة العضوية، والوسط قلوي ضعيف، والناقلية الكهربائية (EC) طبيعية .كما هو موضح في الجدول (1) (غنام، 2017).

الجدول(1): خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية في موقع تنفيذ التجربة:

المؤشر	الخصائص الفيزيائية			الخصائص الكيميائية					
	رمل (%)	سلت (%)	طين (%)	N (%)	P_2O_5 (PPM)	K_20 (PPM)	pH	EC (ds.m-1)	المادة العضوية(%)
القيمة	43.28	32.5	23.62	0.13	28.6	315	8.6	0.28	2.03
الوصف	تربة لومية			عالي	عالي	عالي	قلوي	طبيعية	عالية

2-2 المادة النباتية:

استخدم في تقنية المعالجة النباتية للمياه الملوثة نبات دوار الشمس.*Helianthus annuus* L، **وهو** محصول سريع النمو، ذو جذور عميقة تتغلغل داخل التربة، قادر على إنتاج الزيت ويملك كتلة حيوية كبيرة، وهو نبات حولي، جذوره وتدية، ساقه قائمة، نورته الزهرية قرصية و تلقيحها خلطي، بذوره كبيرة و يتأقلم مع بيئات مختلفة، غير حساس لطول المدة الضوئية، يتحمل مدى حرارياً واسعاً، يحتاج إلى ري غزير، يزرع شهري آذار و نيسان، يمكن أن يستخدم كسيلاج (نمر وعزام،2012).

2-3 مصدر مياه الصرف الصحي المستعملة:

نهر يزيد إحدى روافد نهر بردى.

2-4 تصميم التجربة:

الجدول(2): المعاملات المائية المستخدمة

الرمز	المعاملات
T1(شاهد)	تربة + 100% مياه عذبة + نبات دوار الشمس
T2(25%)	تربة + 75%مياه عذبة +25% مياه صرف صحي + نبات دوار الشمس
T3(50%)	تربة + 50% مياه صرف صحي + 50%مياه عذبة + نبات دوار الشمس
T4(75%)	تربة + 25%مياه عذبة + 75% مياه صرف صحي + نبات دوار الشمس
T5(100)	تربة + 100% مياه صرف صحي + نبات دوار الشمس

زرعت الأحواض ببذور نبات دوار الشمس بحيث تحتوي كل معاملة على 4 أحواض كل حوض يعتبر مكرر، سقيت المعاملة الأولى بمياه عذبة، والمعاملات (5, 4, 3, 2) سقيت بمياه الصرف الصحي بتراكيز مختلفة (25%، 50%، 75%، 100%) على التوالي. أخذت عينات الماء الناتج عن التنقية وعينات النبات (الأوراق) عند كل مرحلة نمو (الطور الزهري، طور النضج) ومن ثم حللت وتم تعيين كمية المعادن الثقيلة والمؤشرات الكيميائية فيها. واعتمد تصميم القطاعات العشوائية الكاملة Randomaized Block Desigen Complete حيث:

عدد القطع التجريبية: 5 معاملات مائية × 4 مكررات= 20 قطعة تجريبية

20 قطعة تجريبية × 4 نباتات = 80 نبات

القطعة التجريبية: عبارة عن حوض أبعاده (20×23×60) سم ملئ بثلاث طبقات من الأسفل حتى الأعلى (10سم طبقة حصى، 30سم تربة، 10سم حصى) وضع تحت كل حوض وعاء لأخذ المياه الراشحة بعد السقاية. وزرعت بذور دوار الشمس في 1/6/2020 بزراعة 8 بذور في كل حوض وتم التخفيف إلى 4 بذور بعد اسبوعين من النمو، وتم الحصاد في 3/9/2020.

5-2 التحاليل المختبرة:

قيست الناقلية الكهربائية EC بجهاز التوصيل الكهربائيElectrical conductivity meter)). **والصوديوم والبوتاسيوم** بتقدير نسبة البوتاسيوم والصوديوم في العينة بالتعويض في معادلة المستقيم للمحلول المعياري الناتجة بالقياس حسب (AOAC، 1990). **والمعادن الثقيلة (Cr, Pb, Ni)** باستخدام جهاز الامتصاص الذري (atomic absorption spectrophotometer) حسب (Gupta، 2000).

التحليل الإحصائي

حللت البيانات إحصائياً باستخدام تحليل التباين للتجربة المصممة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة وبوساطة برنامج Genstat 12th edition مع حساب أقل فرق معنوي L.S.D بين متوسطات القيم المدروسة عند مستوى دلالة 0.05 .

3- النتائج والمناقشة:

3-1 تحاليل المؤشرات الكيميائية لمعاملات المياه المستعملة في الري

يبين الجدول (3) المؤشرات الكيميائية لمعاملات المياه المستعملة في الري ومقارنتها مع الحدود المسموح بها في المواصفة القياسية السورية لاستعمال المياه المعالجة لأغراض الري رقم (2752) لعام 2008. حيث

تشير تركيز القيم Cr و Na^+ و EC بأنها أدنى من الحدود المسموحة في المواصفة في جميع المعاملات، بينما تجاوزت المؤشرات التالية الحدود المسموحة مثل Ni في المعاملات (T5, T4, T3, T2) والتي بلغت (1.10، 1.30، 1.40، 1.60) مغ/ل على التوالي، وكان عنصر Pb في المعاملات (T5, T4, T3) بقيم بلغت (9.00, 7.00, 6.00) مغ/ل على التوالي، ووفقاً لمواصفة الري تعتبر في كل من المعاملات T5, T4, T3, T2 غير صالحة للري، مع ملاحظة وجود فروق معنوية بين الشاهد و المعاملات الأخرى مما يدل على أن زيادة مياه الصرف الصحي أثرت في نوعية المياه وجعلها غير قابلة للري لارتفاع قيم المؤشرات وتجاوزها الحدود السورية المسموحه.

الجدول(3): المؤشرات الكيميائية لمعاملات المياه المستعملة في الري

المؤشر الكيميائي	T1	T2	T3	T4	T5	LSD 5%	الحدود السورية المسموحة
Na^+	30.83^a	32.86^a	41.37^{ab}	45.71^{bc}	52.86^c	10.78	300 مغ/ل
K^+	10.75^a	11.82^a	14.54^b	16.36^b	16.66^b	2.204	–
Cr	0.30^a	0.59^{ab}	0.68^{bc}	0.86^{bc}	0.90^c	0.3082	1 مغ/ل
Ni	0.93^a	1.10^{ab}	1.30^{bc}	1.40^{cd}	1.60^d	0.2835	1 مغ/ل
Pb	2.10^a	3.00^a	6.00^b	7.00^b	9.00^c	1.238	5 مغ/ل
EC	740^a	765^a	866.7^b	910^{bc}	950^c	71.06	1500-2000 µs/cm

- تشير الحروف المتشابه في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية في مستوى ثقة 0.05

2-3 نتائج المؤشرات الكيميائية لرشاحة الأحواض في الطورين الزهري والنضج

يبين الجدول (4) نتائج المؤشرات الكيميائية لرشاحة الأحواض في الطورين الزهري والنضج **حيث يلاحظ على** وجود فروق معنوية في رشاحة الماء لأيون Na^+ في جميع المعاملات في الطور الزهري، بينما لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين T1 و T2 وبين T2و T3 وبين T3 و T4 في طور النضج. إن تراكيز الصوديوم قد ازدادت في المياه الراشحة من أحواض نبات دوار الشمس عند الانتقال من الطور الزهري إلى طور النضج عما كانت عليه في المياه المستعملة للري وتراوحت متوسطات التراكيز بين (42.86، 107.14) مغ/ل وبلغت التراكيز في الطور الزهري للمعاملات (T5, T4, T3, T2, T1) (42.86، 57.14، 62.14، 70.13، 88.57) مغ/ل على التوالي بينما بلغت في طور النضج التراكيز في المعاملات (T5, T4, T3, T2, T1) (52.58، 65.71، 70.00، 86.19، 107.14) مغ/ل على التوالي.

الجدول(4): المؤشرات الكيميائية لرشاحة الأحواض في الطورين الزهري والنضج

المؤشر الكيميائي	أطوار النمو	T1	T2	T3	T4	T5	LSD5%	الحدود السورية المسموح بها
Na^+	الزهري	42.86^a	57.14^b	62.14^c	70.13^d	88.57^e	0.01945	300مغ/ل
	النضج	52.58^a	65.71^{ab}	70.00^{bc}	86.19^c	107.14^d	16.84	
K^+	الزهري	51.75^a	56.75^a	58.81^a	64.83^a	68.42^a	18.89	–
	النضج	64.54^a	78.89^b	81.20^c	84.23^d	92.01^e	0.0862	
EC	الزهري	870^a	900^a	930^a	1010^b	1100^C	65.49	µs/cm 1500-2000
	النضج	910^a	950^{ab}	1020^{ab}	1167^b	1600^c	233.7	
Cr	الزهري	0.20^a	0.32^b	0.39^c	0.73^d	0.75^d	0.05669	1مغ/ل
	النضج	0.103^a	0.31^b	0.32^b	0.42^{bc}	0.557^c	0.2062	
Ni	الزهري	0.6^a	0.83^{ab}	1.1^{bc}	1.18^{cd}	1.4^d	0.2819	1مغ/ل
	النضج	0.4^a	0.76^{ab}	0.9^{bc}	1.12^{bc}	1.2^c	0.3967	
Pb	الزهري	1.50^a	2.00^a	3.00^b	5.97^c	7.00^d	0.6091	5مغ/ل
	النضج	1.00^a	1.133^a	3.00^b	4.00^c	5.00^d	0.6486	

- تشير الحروف المتشابه في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية في مستوى ثقة 0.05

أما قيمة أيون k^+ في الرشاحة فلم يلاحظ على وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات في الطور الزهري، بينما في طور النضج لوحظ وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات، مما يدل على أن زيادة تركيز المياه العادمة أثرت معنوياً في تركيز البوتاسيوم حيث ازدادت تراكيز البوتاسيوم في المياه الراشحة من أحواض النبات وذلك في جميع المعاملات في الطورين الزهري والنضج بالمقارنة مع المياه المستخدمة وبلغت أدنى قيمة لتركيز البوتاسيوم في الشاهد (51.75) مغ/ل بينما بلغت أعلى قيمة في طور النضج في المعاملة T5 (92.01) مغ/ل.

أما قيمة الناقلية الكهربائية (EC) في الرشاحة فقد أظهرت نتائج التحليل الإحصائي على وجود فروق معنوية واضحة بين الشاهد والمعاملة T4 و T5 في الطورين الزهري والنضج، حيث ازدادت قيم EC في المياه الراشحة من أحواض دوار الشمس في جميع المعاملات وربما يعود هذا الارتفاع إلى ازدياد الصوديوم والبوتاسيوم في المياه نتيجة التنافس بينهما وبين المعادن الثقيلة على مواقع الامتصاص في النبات، حيث بلغت متوسط تراكيز القيم من 870 إلى 1600 µs/cm وسجلت أعلى قيمة في المعاملة T5 في الطور النضج (1600) µs/cm تلاها المعاملة T4 وبلغت 1167 µs/cm في ذات الطور وأقل قيمة في الشاهد في الطور الزهري وبلغت (870) µs/cm، وهذا لا يتوافق مع (المحمد، 2016) في دراسته على قدرة نبات القصب والصفصاف على تراكم بعض العناصر الثقيلة لنهر العاصي حيث انخفضت الناقلية الكهربائية في المياه الراشحة عما كانت عليه في النهر وقد فسر انخفاض قيمة الناقلية الكهربائية إلى أن النباتات المزروعة تحتاج إلى بعض الأملاح الذائبة كعناصر أساسية لمكونات النبات ومنها الكالسيوم والمغنيزيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكربونات والبيكربونات.

أما قيم الكروم في الرشاحة فقد أظهرت انخفاض معنوياً في تركيز الكروم في الطور الزهري بين جميع المعاملات باستثناء بين المعاملتين T4 و T5 وسجلت تراكيز الكروم للشاهد و T5 في الطور الزهري (0.20، 0.75) مغ/ل، أما في طور النضج لوحظ وجود انخفاض معنوي بين الشاهد والمعاملات الأخرى بينما لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين المعاملات T2 و T3 و T4 وبين T4 و T5، وسجلت التراكيز في طور النضج للمعاملات (T5, T4, T3, T2, T1) على التوالي (0.103، 0.31، 0.32، 0.42، 0.557) مغ/ل، بمقارنة نتائج الكروم المتحصل عليها من رشاحة المياه في طور النضج (نهاية موسم نمو النبات) بعد السقاية مع المواصفة القياسية السورية تبين أنها بقيت أقل من الحدود المسموح بها في جميع المعاملات، وهذا يتوافق مع (الصفاوي & السنجري، 2019) حيث لاحظا انخفاض تراكيز عنصري الرصاص والزنك في مياه وادي الخرازي بسبب امتصاصهما من قبل النباتات المائية (نبات القصب).

وكانت قيمة النيكل في الرشاحة منخفضة معنوياً في الطورين الزهري والنضج بين الشاهد والمعاملات T3 و T4 و T5 ، وبين المعاملتين T3 و T5 في الطور الزهري، وبين T2 وT5 في طور النضج. وبمقارنة النتائج المتحصل عليها مع الحدود السورية المسموح بها تبين أن المعاملتين T4 (1.12) مغ/ل و T5 (1.2) مغ/ل في طور النضج بقيت أعلى من الحدود السورية المسموح بها، بينما في T2 (0.76) مغ/ل و T3 (0.9) مغ/ل أصبحت أدنى من الحد المسموح به والبالغ (1) مغ/ل، وهذا يتوافق مع (Fulekar, 2016)حيث بين أن نبات دوار الشمس قد عالج Cd 79-90% و Pb 77-89% و Zn 81-92% بتركيزات 5-50% ppm من البيئة المائية

كما يلاحظ بأن قيم الرصاص في رشاحة المياه كانت الفروق معنوية بين جميع المعاملات باستثناء المعاملة (T1 و T2) في الطورين الزهري والنضج، ويلاحظ انخفاض تركيز الرصاص في رشاحة المياه الناتجة من أحواض نبات دوار الشمس عند الانتقال

من الطور الزهري إلى طور النضج في جميع المعاملات، ويرجع هذا الانخفاض في تركيز الرصاص إلى قدرة نبات دوار الشمس على امتصاص العناصر الثقيلة، وبمقارنة نتائج عنصر الرصاص المتحصل عليها مع المواصفة القياسية السورية تبين أنه في المعاملة T5 (7.00) مغ/ل و T4 (5.97) مغ/ل في الطور الزهري أعلى من الحد المسموح به الذي يبلغ (5.00) مغ/ل، بينما في طور النضج جميع المعاملات (T5, T4, T3, T2, T1) والتي سجلت (1.00، 1.133، 3.00، 4.00، 5.00) مغ/ل أقل وضمن الحد المسموح به والبالغ (5.00) مغ/ل، وهذا يتوافق مع (الجريان، 2009) في دراسته إزالة معدن الرصاص من المياه باستخدام نبات الشمبلان مختبرياً، إذ وجد أن نسبة الإزالة الحيوية تزداد بزيادة تركيز الرصاص في المياه.

3-3 تحليل العناصر المعدنية في أوراق نبات دوار الشمس في الطورين الزهري والنضج:

يبين الجدول (5) تحليل العناصر المعدنية في أوراق نبات دوار الشمس في الطورين الزهري والنضج حيث يلاحظ على وجود فروق معنوية في مؤشر الصوديوم بين (T2 و T3) في الطور الزهري وبين (T2 و T5) في ذات الطور، ووجود فروق معنوية بين جميع المعاملات في طور النضج باستثناء T1 و T2، ويظهر الجدول انخفاض تركيز الصوديوم في جميع المعاملات عند الانتقال من الطور الزهري إلى طور النضج، وبلغت أدنى قيمة لتركيز الصوديوم في الشاهد (6.04) مغ/ل في طور النضج بينما أعلى قيمة كانت في T5 وبلغت (13.75) مغ/ل في الطور الزهري، ويعزى سبب الانخفاض إلى أن تعرض النباتات للتلوث بالمعادن الثقيلة يؤدي الى تغيرات في تركيب الأغشية الخلوية ووظائفها وهذا يتفق مع ما توصل إليه (Kastori *et al*., 1998). وقد فسر ذلك أيضاً من قبل (McCall and Antherton 1995) بأن الأغشية السيتوبلازمية يعود ضررها إلى التراكيز العالية من النيكل إذ تؤدي إلى حدوث خلل في الأحماض الدهنية للأغشية بسبب حصول تغيرات في فعالية انزيم مضاد الأكسدة Suproxide dismutase إذ تؤدي المعادن الثقيلة إلى حدوث زيادة في الأوكسجين الجزيئي (O_2) الذي يعد نسبياً غير فعال، وبذلك تنتج أنواع من الأوكسجين السمي ذات الفعالية الشديدة مثل (O)، (H_2O_2) و (OH^-) وتتفاعل مع الحوامض غير المشبعة لإحداث عملية ال Peroxidation لدهون كل من الغشاء السيتوبلازمي أو العضيات الخلوية مسببة ارتشاحاً للمحتويات الخلوية ثم جفافاً سريعاً وموت الخلية، وهذا ما أكد عليه (Aslam *et al*., 2014) حيث انخفض امتصاص الصوديوم والبوتاسيوم والنيتروجين والفوسفور من خلال الجذور والأوراق بشكل ملحوظ مع زيادة تركيز الكروم.

أما البوتاسيوم في أوراق النبات فقد لوحظ على وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات في الطور الزهري وبلغت أدنى قيمة في الشاهد (143.3) وأعلى قيمة في T5 في الطور الزهري وسجلت (176.6)، ووجود فروق معنوية بين T1 (135.4) و T5 (166.5) في طور النضج وانخفض امتصاص البوتاسيوم من قبل أوراق نبات دوار الشمس في جميع المعاملات عند الانتقال من الطور الزهري إلى طور النضج إن الانخفاض بتركيز البوتاسيوم في أوراق نبات دوار الشمس وقد يكون بسبب تدفق أيونات البوتاسيوم خارج الخلايا بسبب فقد الغشاء البلازمي لوظيفته الأساسية نتيجة إضافة العناصر الثقيلة (Andon *et al*., 2005)، وهذا يتوافق مع (صالح، 2012) حيث أدى إضافة الصوديوم والكادميوم إلى التربة إلى انخفاض امتصاص البوتاسيوم من قبل أوراق نبات دوار الشمس. حيث أشار (Heidari and Sarani, 2011) بإن عملية امتصاص البوتاسيوم والمنغنيزيوم والكالسيوم تعتمد على تركيز العناصر الثقيلة إذ كلما زاد تركيزها في التربة قلت عملية امتصاص المغذيات من قبل النبات.

الجدول (5): تحليل العناصر المعدنية في أوراق نبات دوار الشمس في الطورين الزهري والنضج

المؤشر الكيميائي	أطوار النمو	T1	T2	T3	T4	T5	LSD 5%	الحدودالمسموح بها مغ/ل
Na^+	الزهري	7.85^a	8.57^a	10.95^b	12.14^{bc}	13.57^c	2.063	–
	النضج	6.04^a	6.43^a	8.57^b	10.00^c	11.42^d	0.4861	
K^+	الزهري	143.3^a	149.6^b	152.3^c	164.1^d	176.6^e	0.2199	–
	النضج	135.4^a	142.3^a	147.1^{ab}	152.7^{ab}	166.5^b	20.88	
Cr	الزهري	0.10^a	0.23^b	0.29^c	0.31^c	0.38^d	0.05156	0.5-2
	النضج	0.14^a	0.3^b	0.32^b	0.36^c	0.4^d	0.02425	
Ni	الزهري	0.35^a	0.41^{ab}	0.45^{bc}	0.54^c	0.74^d	0.0902	0-4
	النضج	0.43^a	0.46^{ab}	0.55^{bc}	0.62^c	0.81^d	0.1186	
Pb	الزهري	2.00^a	9.00^b	10.00^c	11.00^d	12.00^e	0.964	3-20
	النضج	3.50^a	10.00^b	10.57^c	12.00^d	12.00^d	0.5093	

– تشير الحروف المتشابه في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية في مستوى ثقة 0.05 .

بينت النتائج لقيم الرصاص في أوراق النبات على جود فروق معنوية بين جميع المعاملات في الطور الزهري وسجلت أعلى قيمة في هذا الطور في T5 (12.00) مغ/ل يليها في T4 (11.00) مغ/ل وأدنى قيمة سجلت في الشاهد (2.00) مغ/ل، بينما في طور النضج تبين وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات باستثناء T4 وT5، حيث يلاحظ امتصاص أوراق النبات لعنصر الرصاص من مياه الصرف الصحي، وهذا يتوافق مع (Usha *et al*., 2011) في دراسة أجروها حول امتصاص الرصاص من مياه الصرف الصحي بواسطة دوار الشمس حيث تراكم الرصاص في الجذور ثم الأوراق والسيقان.

أما قيم الكروم في أوراق النبات فقد لوحظ على وجود فروق معنوية واضحة بين جميع المعاملات في الطورين الزهري والنضج باستثناء المعاملتين T3 (50%مياه عذبة + 50% مياه صرف صحي) و T4 (25%مياه عذبة + 75% مياه صرف صحي) في الطور الزهري، وبين المعاملتين T2 (75%مياه عذبة + 25% مياه صرف صحي) و T3 (50%مياه عذبة + 50% مياه صرف صحي) في طور النضج، حيث كانت قيمة الكروم في أوراق النبات تزداد كلما ازدادت قيمته في مياه الصرف الصحي وعند زيادة نمو النبات وكانت أعلى كمية امتصاص في طور النضج في المعاملة T5 (100% مياه صرف صحي) حيث بلغت (0.4) مغ/ل وأقل قيمة في الشاهد T1 في الطور الزهري وبلغت (0.10) مغ/ل وهذا يتوافق مع (Aslam *et al*., 2014) في دراسة أجروها لتأثير العناصر الثقيلة على امتصاص المغذيات في دوار الشمس تبين تراكم الكروم في أوراق وجذور وسيقان النبات وكانت نسبة التراكم الأكبر في الأوراق.

كما بينت نتائج قيم النيكل في أوراق النبات على وجود فروق معنوية بين الشاهد والمعاملات T3 و T4 و T5 في الطورين الزهري والنضج بينما لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين الشاهد والمعاملة T2 في الطورين، وبلغت قيم النيكل للشاهد في الطورين الخضري والزهري (0.35، 0.43) مغ/ل وللمعاملة T5 (0.74، 0.81) مغ/ل، وكانت قيم النيكل في النبات ضمن الحد المسموح به

(0–4) مغ/ل (Karla, 1998)، وهذا يتوافق مع (Mukhtar *et al*., 2010) في تجربة لتقييم فعالية نبات دوار الشمس في معالجة المياه الملوثة بالرصاص والنيكل في غياب ووجود EDTA حيث أظهرت النتائج تراكم النيكل في أوراق وجذور نبات دوار الشمس في حين كانت نسبة التراكم في الأوراق أعلى من الجذور، ويعود هذا الارتفاع للنيكل في الأجزاء العلوية للنبات لسهولة امتصاصه وحركته ضمن النبات.

4- الاستنتاجات:

1. بينت النتائج انخفاض تراكيز الكروم والنيكل والرصاص في جميع المعاملات لكافة الرشاحات المحللة.
2. أظهرت النتائج زيادة تراكيز الناقلية الكهربائية والبوتاسيوم والصوديوم في رشاحة المياه مع انخفاض تراكيز العناصر الثقيلة .
3. بينت النتائج قدرة نبات دوار الشمس على امتصاص العناصر الثقيلة في أجزائه النباتية (الأوراق) وازدادت نسبة تراكم العناصر عند الانتقال من طور إلى الطور الذي يليه نتيجة الري المتكرر بمياه الصرف الصحي.
4. انخفض امتصاص المغذيات من البوتاسيوم والصوديوم من قبل النبات نتيجة التنافس بينهما وبين العناصر الثقيلة لكافة مراحل نمو النبات.

التمويل : هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

المراجع References:

1. الجريان، عبد الجبار جاسم.(2009). إزالة معدن الرصاص من المياه باستخدام نبات الشمبلان *Ceratophyllum demersum* مختبرياً. رسالة ماجستير، كلية العلوم/ الجامعة المستنصرية. 98 صفحة.
2. الزعبي محمد منهل، جزدان عمر، مجر أحمد، حبوب محمد ناصر، درويش هالا، حقون محمد.(2014). استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة. منشورات الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.
3. الصفاوي، عبد العزيز؛ السنجري، وفاء.(2019). التراكم الحيوي لعنصري الرصاص والزنك في المجموعة الخضرية لنبات القصب*Phragmatis australis* النامي في وادي الخرازي في مدينة الموصل، العراق مجلة علوم الرافدين، المجلد 28، ص 35-44.
4. عزام، حسن؛ نمر، يوسف.(2012). انتاج المحاصيل الحقلية. الجزء العلمي، منشورات جامعة دمشق.
5. غنام، علا؛ بغدادي، فتحي؛ منصور، ريتا.(2017). دراسة كفاءة دوار الشمس (*Helianthus annus* L.) في تنقية المياه العادمة وتأثر بعض مؤشرات نموه بها.رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة دمشق.
6. صالح، فرح.(2012). تأثير تلوث التربة بتراكيز مختلفة من الكادميوم والرصاص على تركيز الكاربوهيدرات والبروتينات وبعض العناصر المعدنية في نبات زهرة الشمس *Helianthus annuus* L.
7. المحمد، خالد؛ بلدية، رياض؛ قاسم، عبد الرحمن.(2016). قدرة بعض الأنواع النباتية الضفية على مراكمة بعض العناصر الثقيلة لنهر العاصي في حماه. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة دمشق.
8. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية. (2008). المواصفة السورية القياسية لمياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري(2752).المراجعة الأولى، وازرة الصناعة، دمشق، سورية.
9. AOAC.(1990). "Official Method Of Analysis"، 15th edition، Association of Official Analytical Chemists.
10. Alaboudi, kh. Ahmeda, B. and Brodiec, G.(2018). Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (*Helianthus annuus*) plant. *Annals of Agricultural Sciences*. Volume 63, Issue 1, Pages 123-127.
11. Andon ,V.; Malgozata, B.; Nevena, S.; and Zlatko, Z.(2005). Chronic Cd toxicity of bean plants can be partially reduced by supply of ammonium sulphate. *J. Cent. Euro. Agri* . 6(3), 397-404.
12. Ashraf, S.; Afzal, M.; Naveed, M.; Shahid, M.; and Zahir, Z.A.(2018). Endophytic bacteria enhance remediation of tannery effluent in constructed wetlands vegetated with Leptochloa fusca. *Int. J. Phytoremediat*. 20, 121–128.
13. Aslam, U.; Ahmad, I.; Khan, A.; Hussain, M.; Ameer, Kh.; Ghani A.; Mustafa, I.; Jalal, S.; Aqeel, M.; Asif, S.; and Ahmed, H.(2014). Effect of Heavy Metal Pollution on Mineral Absorption in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids Article *in Acta Physiologiae Plantarum*
14. Barakat, M.A.(2011). New trends in removing heavy metals from industrial wastewater. *Arabian Journal of Chemistry*, 4(4), 361-377.
15. Chen, H. and Cutright, T.J.(2002). The interactive effects of chelator, fertilizer, and rhizobacteria for enhancing phytoremediation of heavy metal contaminated soil. J. Soils Sedi., 2: 203-210.

16. Fulekar, M.(2016). Phytoremediation of Heavy Metals by *Helianthus annuus* in Aquatic and Soil environment *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences ISSN: 2319-7706* Volume 5 Number 7 (2016) pp. 392-404.

17. Gupta, P.K.(2000). Soil, plant, water and fertilizer analysis. *Agrobios (India), Jodhpur,. New Delhi, India*. p.438.

18. Heidari, M.; Sarani, S.(2011). Effect of lead and cadmium on seed germination, seedling growth and antioxidant enzymes activities of mustara (*Sinapis arvensis* L.). ARPN . *J. Agricu. and Biolo. Sci*., 6 (1), 44-47.

19. Helmisaari, H.S.; Salemaa, M.; Derome, J.; Kiikkilä, O.; Uhlig, C.; and Nieminen, T.(2007). Remediation of heavy metal–contaminated forest soil using recycled organic matter and native woody plants. *J. Environ. Qual.*, 36, 1145–1153.

20. Hong, S.; Tao, L.; Ren, X.; Zhuang, Y.; Feng, N.; and Wang, T.(2010). Study of the change of water quality for a lake in Central China. *Water and Environment Journal*, Vol. 24, 165–173

21. Hou, W., Chen, X., Song, G., Wang, Q., and Chang, C.C.(2007). Effects of copper and cadmium on heavy metal polluted waterbody restoration by duckweed (*Lemna minor*). *Plant physiology and biochemistry*, 45(1), 62-69.

22. Kalra, P.Y.(1998). *Reference Methods for Plant Analysis* CRC Press, Boca Raton , D.C.

23. Kastori, R., Plesnicar, M., Sakac Z., Pankovic, D. and Arsenijevic-Maksimovic I., J.(1998). "Effect of Excess Lead on Sunflower Growth and Photosynthesis*," Journal of Plant Nutrition*, Vol. 21, No. 1, 1998, pp. 75-85.

24. Lara, M. A. M., Blazquez, G., Trujillo, M. C., Perez, A. and Calero, M.(2014). New treatment of real electroplating wastewater containing heavy metal ions by adsorption onto olive stone. *Journal of Cleaner Production* 81, 120–129.

25. Mahar, A.; Wang, P.; Ali, A.; Awasthi, M.K.; Lahori, A.H.; Wang, Q.; and Zhang, Z.(2016). Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: A review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 126, 111–121.

26. McCall D. and Antherton J. G.(1995). Interactions between diurnal temperature fluctuations and salinity on expansion growth and water status of young tomato plants. *Ann. Appl. Biol*. 127, 191–200.

27. Megateli, S., Semsari, S., and Couderchet, M.(2009). Toxicity and removal of heavy metals (cadmium, copper, and zinc) by *Lemna gibba*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(6), 1774-1780.

28. Mukhtar, S.; Bhatti, H.; Khalid, M.; Anwar, M.; Anwar-ul-Haq, M.; and Shahzad, Sh.(2010). Potential of sunflower (*Helianthus annuus* l.) for phytoremediation of nickle (Ni) and lead (Pb) contaminated water Article *in Pakistan Journal of Botany*., 42(6): 4017-4026,

29. Nagjyoti, P.C., Lee, K.D. and Sreekanth, T.V. M.(2010). Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environmental Chemistry Letters* 8, 199–216.

30. Parlak, U., Kadiriye, Yilmaz, D., Dilek.(2013). Ecophysiological tolerance *of Lemna gibba* L. exposed to cadmium. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 91(0), 79-85.

31. Sharma, S.; Singh, B.; and Manchanda, V.(2015). Phytoremediation: Role of terrestrial plants and aquatic macrophytes in the remediation of radionuclides and heavy metal contaminated soil and water. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 22, 946–962.

32. Suman, J., Uhlik, O., Viktorova, J., and Macek, T. (2018). Phytoextraction of heavy metals: a promising tool for clean-up of polluted environment? *Front Plant Sci*. 9:1476.

33. Usha, R. Vasavi, A. thishya, K. Jhansi rani, S. and Supraja, P.(2011). Phytoextraction of Lead from Industrial Effluents by Sunflower (*Helianthus annuu*s L.) *rasāyan j. chem.* vol.4, no., 8-12.

34. Wan Ngah, W.S., Hanafiah, M.A.K.M. (2008). Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: A review. *Bioresource Technology*, 99(10), 3935-3948.