

دراسة تراكم الرصاص والكاديوم من مياه الصرف الصحي باستخدام نبات دوار

الشمس

سلمى عمائري^{(1)*} و ريتا منصور⁽²⁾⁽³⁾ و رامي وطفة⁽¹⁾ و ندى غيبة⁽⁴⁾

(1). قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، سورية.

(2). قسم العلوم الأساسية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، سورية.

(3). جامعة قاسيون للعلوم والتكنولوجيا، سورية.

(4). الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية

(* للمراسلة: م. سلمى عمائري، بريد الإلكتروني: Salmaamaery9@gmail.com، هاتف: 0988834946).

تاريخ القبول: 2023/07/10

تاريخ الاستلام: 2023/01/23

الملخص:

نفذت التجربة في مزرعة أبي جرش، كلية الزراعة، جامعة دمشق خلال الموسم الدراسي 2020-2021، بهدف دراسة كفاءة نبات دوار الشمس في تنقية مياه الصرف الصحي من المعادن الثقيلة ومراكمتها في أجزائه ومقارنة تركيز رشاحة المياه الناتجة من المؤشرات الكيميائية مع المواصفة القياسية السورية لاستعمال المياه المعالجة لأغراض الري رقم (2752) لعام 2008. صممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، وتم زراعة 20 حوضاً بنبات دوار الشمس، ووزعت على 5 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)، حيث تم الحصول على مياه الصرف الصحي من المياه المنصرفة إلى نهر يزيد. أظهرت نتائج تحاليل رشاحة المياه أن تراكيز كلا من (Pb, Cd) انخفضت عما كانت عليه في مياه الري وأصبحت المعاملات T3 و T4 في نهاية طور النمو صالحة للري حيث بلغت قيمة كل من Cd, Pb للمعاملة T3 (3.00, 0.032) مغ/ل على التوالي وللمعاملة T4 (4.00, 0.041) مغ/ل على التوالي بينما زاد تركيز Na^+ , K^+ في رشاحة المياه عما كانت عليه في المياه المستخدمة للري. تبين من النتائج: وجود فروق معنوية واضحة بين المعاملة T1 و T5 في مراكمة النبات لعنصر الكاديوم حيث بلغ أعلى تركيز لعنصر الكاديوم في أوراق النبات في المعاملة T5 (0.0647) مغ/كغ وأدنى قيمة في الجذر في المعاملة T1 (0.005) مغ/كغ، تبين أيضاً وجود فروق معنوية واضحة بين جميع المعاملات لمراكمة الرصاص حيث بلغ أعلى تركيز في الجذور في المعاملة T5 (17.00) مغ/كغ وأقل تركيز في الساق في الشاهد (2.00) مغ/كغ. يتضح من النتائج أن تراكم عنصر الكاديوم في الأوراق كان أعلى منه في الجذر بينما تركيز عنصر الرصاص في الأجزاء السفلية للنبات، وانخفض امتصاص الصوديوم والبوتاسيوم في الجذر والساق والأوراق عند تراكم العناصر الثقيلة في هذه الأجزاء النباتية.

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

المقدمة

تعاني كثير من مصادر المياه السطحية والجوفية في سورية من تسارع وتيرة التلوث الجرثومي والكيميائي بنفايات الصرف المنزلية والصناعية ومخلفات الأسمدة. ونظراً لوقوع 71.3% و 23.1% من مساحة القطر ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة على التوالي، وقلة انتظام هطول الأمطار وتوزعها خلال العام فإن توفر الموارد المائية لا يتناسب مع حجم الطلب الفعلي عليها، لذلك كان لا بد من البحث عن مصادر مائية رديفة تدعم الموازنة المائية الحالية وتهدف لوضع استراتيجية مهمة لتوفير الماء العذب للشرب وتحسين نوعية المياه السطحية عبر إعادة استعمال مياه الصرف الصحي (المياه العادمة) Wastewater بعد معالجتها في سقاية بعض المحاصيل

تعد مياه الصرف الصحي، أحد أخطر التهديدات للنظام البيئي، لذلك يجب معالجة مياه الصرف الصحي معالجة مناسبة قبل أن يتم إطلاقها في البيئة (USGS، 1998)، وتم تطبيق عدد من التقنيات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لإزالة المعادن الثقيلة من البيئة لكن هذه التقنيات مكلفة (Hou وزملاؤه، 2007)، وتكون أكثر تكلفة إذا تم استخدام هذه التقنيات لكميات كبيرة من المياه الملوثة أو للترب ذات التراكيز المنخفضة من المعادن الثقيلة وعند متطلبات التنظيف بمستويات عالية (Obek و Sasmaz، 2012)؛ وفقاً لذلك هناك حاجة إلى تقنيات بديلة للتغلب على هذه السلبيات وتحقيق نسبة عالية من التخلص من الملوثات، فتعد المعالجة النباتية من التقنيات الفعالة لإزالة الملوثات السامة من التربة والمياه.

تشير المعادن الثقيلة إلى عدد من العناصر ذات العدد الذري الأكبر (< 20) ولها كثافة نسبية عالية (< 4 غ/سم³) وأكثر المعادن الثقيلة شيوعاً هي الرصاص (Pb) والكاديوم (Cd) والنيكل (Ni) والكوبالت (Co) والزنك (Zn) والكروم (Cr) والحديد (Fe) والزرنيخ (As)، تتراكم المعادن الثقيلة بمرور الوقت في التربة والنباتات ويمكن أن يكون لها تأثير سلبي على الأنشطة الفسيولوجية للنباتات (مثل التركيب الضوئي والتبادل الغازي وامتصاص المغذيات) (Yan et al., 2020)، مما يؤدي إلى الانخفاض في نمو النبات وتراكم المادة الجافة وغلة المحصول، يمكن تصنيف المعادن الثقيلة وفقاً لآثارها في النظم البيولوجية على أنها أساسية وغير أساسية؛ المعادن الثقيلة الأساسية مثل النحاس والحديد والمغنيز والنيكل والزنك مطلوبة للعمليات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية خلال دورة حياة النبات (Fasani وزملاؤه، 2018) (Nikle و Cempel، 2006)؛ ومع ذلك، فإنها قد تصبح سامة عند وجودها بكميات زائدة، المعادن الثقيلة غير الأساسية مثل الرصاص، الكاديوم، الزرنيخ، والزرنيق وتعرف بأنها شديدة السمية مع أنه لا توجد وظيفة معروفة لها في النباتات (Nikle و Cempel، 2006)؛

إن إزالة المعادن الثقيلة بطرائق المعالجة التقليدية مثل الترسيب، والامتزاز، والطرائق المتقدمة الأخرى تنطوي على تكلفة كبيرة (Devkota et al., 2000, Baker, 1981, Mansour, 2014).

لذلك كان لا بد من إيجاد حلول تسهم في إزالة المعادن الثقيلة من البيئة (التربة والمياه السطحية والمياه الجوفية) بالشكل الأمثل، وذلك عن طريق المعالجة النباتية وهي تقنية فعالة ومرضية من الناحية الجمالية وفعالة في التكلفة وصديقة للبيئة. تعتمد المعالجة النباتية على إزالة الملوثات من خلال جذور النبات ثم نقل هذه الملوثات إلى الجزء العلوي من النبات، وهذا ما يسمى التراكم النباتي، وبمجرد الانتهاء من الاستخلاص النباتي، يمكن حصاد النبات وحرقة لاكتساب الطاقة وإعادة تدوير المعادن إذا لزم الأمر من الرماد. لذلك يعد الاستخلاص النباتي في الآونة الأخيرة أهم تقنيات المعالجة النباتية لاستخلاص المعادن الثقيلة والفلزات من التربة الملوثة.

(Aliet al., 2020, Jutsz and Gnida, 2015, Hejnaet al., 2021, Kadlecet al., 2000, Seth, 2012),

أثبتت الدراسات التي أجريت في عام 2008 في الهند عند زراعة دوار الشمس في تربة ملوثة بالمعادن الثقيلة (كاديوم - النيكل - النحاس - الرصاص - الزنك) أنه يملك القدرة على النمو وتحمل التراكيز المرتفعة من هذه الملوثات وكذلك يسهم في الحد من تلوث التربة من خلال قدرته على امتصاص تلك المعادن الثقيلة ومراكمتها في جذوره وساقه وأوراقه (Chhotu وزملاؤه، 2008). أثبت Solhi وزملاؤه (2005) في دراسة لمقارنة قدرة نبات دوار الشمس والكانولا لإزالة المعادن الثقيلة من التربة الملوثة، أن قدرة نبات دوار الشمس أعلى منها عند الكانولا (*Brassica napus*) في امتصاص الزنك والرصاص. (Solhi et al, 2005) أشار Usha وزملاؤه (2011) في دراسة أجراها حول امتصاص الرصاص من مياه الصرف الصحي بواسطة دوار الشمس، أدت سقاية النباتات بتراكيز 5، 10، 15، 25، 30ppm من مياه الصرف الصحي لمدة 1، 2، 3، 4، 5 أسابيع إلى زيادة في الصفات الفيزيائية والبيولوجية جنباً إلى جنب مع تراكم المعدن في النبات مع زيادة الريبمياة الصرف حتى تركيز 15ppm ثم تلاها انخفاض مع زيادة تركيز المعدن. (Usha et al, 2011) وضح Aslam وزملاؤه (2014) في تجربة لفحص آثار التلوث بالكروم حول امتصاص العناصر الغذائية المعدنية وبعض الصفات الشكلية والفيزيولوجية لنوعين من دوار الشمس (*Helianthus annuus*L) هجينين (FH-259 و FH-331) في وجود وغياب EDTA المستخدم عامل مخلب إلى انخفاض الوزن الجاف والرطب في الجذور والبراعم وانخفاض امتصاص الصوديوم والبوتاسيوم والنيتروجين والفوسفور في الجذور والبراعم، وأدت إضافة EDTA إلى الوسط إلى زيادة سمية الكروم. (Aslam et al , 2014)

مواد البحث وطرائقه

موقع تنفيذ التجربة :

نفذت التجربة في مزرعة أبي جرش التي تقع على خط الطول (36.3°) وخط العرض (33.5°)، ارتفاعها عن سطح البحر 720م ، يبلغ معدل الهطول السنوي 186.7 ملم/سنة ، مصدر المياه المستعملة:

مياه الصرف الصحي المنصرفة إلى نهر يزيد إحدى فروع نهر بردى.

الأجهزة المستعملة:

● ميزان الكتروني نموذج (Sartorius CP 16001 S. Max=1000 g).

● مجفف كهربائي (شركة Memmert).

● جهاز الامتصاص الذري لتعيين المعادن الثقيلة+Spectrometer UV/VisT80+ من شركة PG-Instruments Ltd مزود بمثبت درجة حرارة PTC-2 Peltier Temperatre Controller مربوط بحاسب ألي مزود ببرنامج UV WIN Spectrometer software Ver 5.1.1.

● جهاز مطيافية اللهب(Flamephotometer(PFP7) لتعيين أيونات الصوديوم والبوتاسيوم (شركة Jenway).

● مرمدة كهربائية تصل درجة حرارتها إلى $550 \pm 15^\circ$ م نموذج (LentonFurnaces) شركة (LentonThaermalDesings).

تصميم التجربة:

صممت التجربة بطريقة القطاعات العشوائية الكاملة(Complete Randomized Block Design)(CRBD) حيث: عدد القطع التجريبية: 5معاملات مائية $4 \times$ مكررات=20 قطعة تجريبية

20 قطعة تجريبية $4 \times$ نباتات = 80 نباتاً

القطعة التجريبية: حوض أبعاده (66×22.2×30) سم مليء بثلاث طبقات من الأسفل حتى الأعلى (5سم طبقة حصى، 15سم تربة، 5سم حصى) وضع تحت كل حوض وعاء لأخذ المياه الراشحة بعد السقاية.

الجدول (1): المعاملات المائية المدروسة

الرمز	المعاملات
T1(شاهد)	مياه عادية
T2(25%)	25% مياه صرف صحي + 75% مياه عادية
T3(50%)	50% مياه صرف صحي + 50% مياه عادية
T4(75%)	75% مياه صرف صحي + 25% مياه عادية
T5(100)	100% مياه صرف صحي

زرعت الأحواض ببذور نبات دوار الشمس حيث تم زراعة 8 بذور في كل حوض وتم التخفيف إلى 4 نباتات بعد أسبوعين من النمو، سقيت المعاملة الأولى بمياه عادية، والمعاملات 2,3,4,5 سقيت بمياه الصرف الصحي بتركيز 25%، 50%، 75%، 100% على التوالي. جُمعت عينات المياه الراشحة وعينات النبات عند طور النضج (الجذور، السيقان، الأوراق) تحضير عينات مياه الصرف الصحي قبل وبعد الري .

رشحت العينات المائية لتخليصها من الشوائب، ثم نقل حوالي 40 مل من عينة المياه إلى دورق زجاجي ثم أضيف لها 0.04 مل من حمض الآزوت الممدد (5) نظامي، حفظت العينات لحين إجراء التحاليل (Gupta، 2000).

تحضير العينات النباتية

تم جمع العينات النباتية (الأوراق، السيقان والجذور) في طور النضج ، وتم تجفيفها هوائياً في جو المخبر ، ومن ثم وضعت العينات في الفرن على درجة حرارة 60-70م° لمدة حوالي 24 ساعة حتى ثبات الوزن (Hanson، 1993).

مرحلة الترميد والهضم:

عملية الترميد:وزنت الجففات وهي فارغة ثم وزن 1 غ من عينات النبات المجففة مسبقاً ووضعت في الجففات، ثم وضعت العينات في المرمدة على درجة حرارة 550م° لمدة لا تقل عن 24 ساعة حتى أصبح لون رماد العينات أبيضاً، أخذت العينات مباشرة بعد الترميد.. (Onder et al., 2007), (Toma et al., 2004)

عملية الهضم: رُطب الرماد ب 2 مل ماء مقطر ثم أضيف له 2 مل حمض كلور الماء المركز وسخن على سخانة كهربائية حتى الجفاف، أضيف بعد ذلك 2.5 مل حمض الآزوت (2) نظامي، تم التسخين حتى الجفاف، ثم أضيف 5 مل ماء مقطر وسخن حتى الغليان، تم ترشيح ناتج الهضم للحصول على الرشاخة وذلك بنقلها إلى دورق معياري سعة 100 مل، غُسلت ورقة الترشيح ب 10 مل ماء مقطر، وأكمل الحجم بالماء المقطر إلى 100 مل، ثم وُضعت في عبوات زجاجية نظيفة وأحكام الإغلاق وحفظت في البراد لحين إجراء التحاليل. (Manzoor and Rukhsana 2012, Iqbal et al ., 2008).

تعيين تركيز أيونات البوتاسيوم والصوديوم:

تم تعيين تركيز أيونات الصوديوم والبوتاسيوم في الرشاخة الناتجة بعد الهضم باستخدام جهاز مطيافية اللهب Flamephotometer. حضر محلول قياسي لكلور البوتاسيوم والصوديوم بتركيز 1000مغ/ل ثم حضرت السلسلة العيارية

لأيونات البوتاسيوم والصوديوم بتركيز 10-20-30-40مغ/ل. وتم تعيين تركيز أيونات البوتاسيوم والصوديوم في العينات اعتماداً على معادلة السلسلة العيارية. (AOAC، 1990)

تعيين تركيز المعادن الثقيلة:

قدرت كمية العناصر المدروسة في الرشاحة باستخدام جهاز الامتصاص الذري وتم قبل إجراء التحاليل ضبط الجهاز وتحديد التراكيز الحدية ومجال القياس وطول الموجة لكل عنصر، حيث تختلف حساسية الجهاز لتركيز العناصر من عنصر لآخر، فكل عنصر له مجال محدد تكون النتائج ضمن هذا المجال دقيقة، كذلك تختلف حساسية الجهاز حسب العنصر المقاس (Uzoukwu, 1992 و Kerber و Issac، 1971)

التحليل الاحصائي : حلت 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 للمؤشرات المدروسة عند مستوى ثقة 0.05.

النتائج والمناقشة:

تحليل عينات المياه الصرف الصحي قبل السقاية

الجدول(2): المؤشرات الكيميائية لمعاملات المياه المستعملة قبل الري

الحدود المسموح بها حسب المواصفة السورية لعام 2008	L.S.D (5%)	T5	T4	T3	T2	T1	المؤشر الكيميائي
-	2.204	16.66 _b	16.36 ^b	14.54 ^b	11.82 ^a	10.75 ^a	K ⁺ (مغ/ل)
300	10.78	52.86 ^c	45.71 ^b	41.37 ^{al}	32.86 ^a	30.83 ^a	Na ⁺ (مغ/ل)
0.05	0.034 ₂	0.081 ^c	0.063 ^b	0.059 ^b	0.039 ^{al}	0.010 ^a	Cd (مغ/ل)
5	1.238	9.00 ^c	7.00 ^b	6.00 ^b	3.00 ^a	2.10 ^a	Pb (مغ/ل)

*تشير الحروف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة 0.05

يوضح الجدول (2) نتائج تحليل مياه الصرف الصحي في كافة المعاملات. كان تركيز أيون الصوديوم أقل من الحدود المسموح بها وفق المواصفة القياسية السورية (300 مغال) وذلك في كافة المعاملات ، في حين تجاوز تركيز كلا من الكاديوم والرصاص الحدود المسموح فيها وفقاً للمواصفة السورية في المعاملات T3,T4,T5 حيث بلغ تركيز الكاديوم في تلك المعاملات على التوالي (0.059,0.063,0.081) مغ ل و تركيز الرصاص على التوالي (6.0,7.0,9.0) مغ ل. وهكذا يمكن القول أن مياه المعاملات T3,T4,T5 غير صالحة للري . كما يشير الجدول إلى وجود فروق معنوية بين الشاهد وباقي المعاملات وذلك لكافة العناصر المدروسة.

تحليل عينات المياه الصرف الصحي بعد السقاية (المياه الرشحة).

الجدول (3) : نتائج تحليل عينات مياه الصرف بعد السقاية (المياه الراشحة)

المؤشر الكيميائي	T1	T2	T3	T4	T5	L.S.D (5%)	الحدود السورية المسموحة
Cd (مغ/ل)	0.003 ^a	0.031 ^b	0.032 ^b	0.041 ^b	0.063 ^c	0.01507	0.05
Pb (مغ/ل)	1.00 ^a	1.133 ^a	3.00 ^b	4.00 ^c	5.00 ^d	0.6486	5
K ⁺	64.54	78.89 ^b	81.20 ^c	84.23 ^d	92.01 ^e	0.0862	-
Na ⁺	52.58	65.71 ^{al}	70.00 ^b	86.19 ^c	107.14 ^d	16.84	300

• تشير الحروف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة 0.05

أيونات الصوديوم والبوتاسيوم :

يوضح الجدول (3) وجود فروق معنوية بين الشاهد والمعاملات T3,T4,T5 لأيون الصوديوم ، وفروق معنوية بين الشاهد وكافة المعاملات لأيون البوتاسيوم . كما نلاحظ من الجدول ازدياد في تركيز أيون الصوديوم والبوتاسيوم مع زيادة تركيز المعادن الثقيلة الرصاص والكاديوم في المعاملات ، حيث ازداد تركيز أيون الصوديوم من 52.58 مغ/ل في الشاهد T1 إلى (65.71,70.0,86.19,107.14) مغ/ل في المعاملات T2,T3,T4,T5 على التوالي . وازداد تركيز البوتاسيوم من 64.54 مغ/ل في الشاهد T1 إلى (78.89,81.20,84.23,92.01) مغ/ل في المعاملات T2,T3,T4,T5 على التوالي .

معادن الرصاص والكاديوم :

يوضح الجدول(3) وجود فروق معنوية بين الشاهد وكافة المعاملات بالنسبة لكل من الرصاص والكاديوم . وقد انخفضت قيم تركيز الرصاص والكاديوم في مياه الري بعد السقاية في كافة المعاملات عما كانت عليه قبل السقاية (في الجدول 3) . حيث بلغ تركيز الرصاص في المعاملات T2,T3,T4,T5 على التوالي (1.133,3.0,4.0,5.0) مغ/ل وهي ضمن الحدود المسموح بها وفق المواصفة القياسية السورية (5) مغ/ل ، في حين كان تركيز الكاديوم في المعاملات T2,T3,T4,T5 على التوالي (0.031,0.032,0.041,0.063) مغ/ل وهذه القيم أقل من الحدود المسموح بها وفق المواصفة القياسية السورية (0.05) مغ/ل ما عدا المعاملة T5(0.063) مغ/ل . ان انخفاض تركيز الرصاص والكاديوم في مياه الري بعد السقاية يدل على قدرة نبات تباع الشمس على امتصاص هذه الملوثات حيث يمتلك جذور عديدة طويلة وذات سطح كبير ليفي .

تحليل عينات النبات

تركيز أيون الصوديوم في أجزاء النبات (الأوراق، الساق، الجذر): يلاحظ من الجدول(4) وجود فروق معنوية في تركيز الصوديوم بين جميع المعاملات بالنسبة للأوراق والساق والجذور باستثناء ما بين المعاملتين T1 و T2 في الأوراق عند مستوى ثقة 0.05، وتراوحت تراكيز الصوديوم في أجزاء نبات دوار الشمس وسطياً بين مغ/كغ في الشاهد (أوراق) و 78.21 مغ/كغ في T5 (جذور). كما تظهر النتائج أن تركيز الصوديوم في الجذر كان أعلى منه في الساق والأوراق.

تركيز أيون البوتاسيوم في أجزاء النبات (الأوراق، الساق، الجذر):

يلاحظ من الجدول(4) وجود فرق معنوي في تركيز البوتاسيوم بين الشاهد والمعاملة T5 في الأوراق والجذور، ووجود فروق معنوية بين جميع المعاملات في الساق عند مستوى ثقة 0.05، ومن خلال النتائج تبين أن تركيز البوتاسيوم في الأوراق أعلى منه في الساق بنسبة قليلة وأعلى منه في الجذور بحوالي الضعف تقريباً وبلغت قيم تركيز البوتاسيوم في الأوراق (135.4 ،

142.3، 147.1، 152.7، 166.5) مغ/كغ في المعاملات T1، T2، T3، T4، T5 على التوالي، بينما في الساق (120.8، 142.3، 146.2، 147.1، 165.5) مغ/كغ في المعاملات السابقة على التوالي. إن الانخفاض في تركيز البوتاسيوم في أجزاء نبات دوار الشمس قد يكون بسبب تدفق أيونات البوتاسيوم خارج الخلايا بسبب فقد الغشاء البلازمي لوظيفته الأساسية نتيجة إضافة العناصر الثقيلة (Andon وزملاؤه، 2005)، قد تؤدي إضافة الكاديوم والرصاص إلى انخفاض امتصاص العناصر الغذائية، فضلاً عن تثبيط نشاط عديد من الإنزيمات وتحفيز الإجهاد التأكسدي. كما أنه يغير نظام الدفاع عن إنزيمات الأنثوكسينات، مما يؤثر على عديد من فعالية الإنزيمات الرئيسية المهمة في عمليات التمثيل الغذائي، حيث أدى إضافة الرصاص والكاديوم إلى التربة إلى انخفاض امتصاص البوتاسيوم من قبل أوراق نبات دوار الشمس، كما أشار Sarani و Heidari (2011) إلى إن عملية امتصاص البوتاسيوم والمغنيزيوم والكالسيوم تعتمد على تركيز العناصر الثقيلة إذ كلما زاد تركيزها في التربة قلت عملية امتصاص المغذيات من قبل النبات.

تركيز الكاديوم في أجزاء النبات (الأوراق، الساق، الجذر):

يلاحظ من الجدول (4) وجود فروق معنوية في تركيز الكاديوم في الأوراق بين جميع المعاملات باستثناء ما بين T3 و T4، أما في الساق والجذور وجد فروق معنوية بين الشاهد و المعاملات الأخرى جميعها. كما تظهر النتائج إن تركيز الكاديوم كان في الأوراق والساق أكثر منه في الجذور، ويرتفع تركيز الكاديوم في الأجزاء النباتية المرورية بنسبة 100% مياه صرف صحي (T5) عن تركيز الكاديوم في المعاملات الأخرى يليها في المعاملة T4 وأقل تركيز كان في الشاهد. يعود هذا الارتفاع إلى قدرة دوار الشمس على امتصاص الكاديوم من مياه الصرف الصحي فتقوم جذور دوار الشمس بامتصاص الكاديوم ونقله عبر الأنسجة النباتية وتخزينه في الساق والأوراق. حيث أشار Tamoutsides وزملاؤه (2009) إلى أن الكاديوم يعد من العناصر الثقيلة كثيرة الحركة ضمن النسيج النباتي، وفي دراستهم حول أثر استخدام مياه الصرف الصحي على تركيب النسيج النباتي ومحتواه من العناصر الثقيلة ونتاجية الذرة والبرسيم، تبين أن هذا العنصر يمكن له الوصول إلى الأجزاء العلوية للنبات. تشر معطيات الجدول إلى أن عنصر الكاديوم في الأجزاء النباتية كان ضمن الحدود الطبيعية المسموح بها (حسب Adriano، 1986).

تركيز الرصاص في أجزاء النبات (الأوراق، الساق، الجذر):

يلاحظ من الجدول (4) وجود فروق معنوية في تركيز الرصاص في الأوراق بين جميع المعاملات باستثناء ما بين T4 و T5، ووجود فروق معنوية في الساق والجذور بين جميع المعاملات، وتراوح متوسط تركيز الرصاص في الأجزاء النباتية بين 2.50 و 17.00 مغ/كغ، وكان أعلى تركيز في الجذور في المعاملة T5 (17.00 مغ/كغ) يليها في المعاملة T4 (15.20 مغ/كغ) وكان أقل تركيز (2.50 مغ/كغ) في الساق في الشاهد.

من خلال النتائج يتبين أن تركيز الرصاص في الجذور أعلى منه في الساق والأوراق، مما يدل على أنه عنصر قليل الحركة في الأجزاء النباتية ويميل للتراكم والترسيب في الجذور وانتقال القليل منه إلى الأجزاء العلوية للنبات (Barlow وزملاؤه، 2000). وهذا يتوافق مع Usha وزملائه (2011) في دراسة أجروها حول امتصاص الرصاص من مياه الصرف الصحي وكان أعلى تركيز للرصاص في الجذور يليها الأوراق ثم الساق.

تشر معطيات الجدول إلى أن عنصر الرصاص في الأجزاء النباتية (الأوراق + الساق + الجذور) أعلى من الحدود الطبيعية المسموح بها (حسب Adriano، 1986)

الجدول (4): المؤشرات الكيميائية في أجزاء النبات (الأوراق, الساق, الجذر) في طور نضج النبات

المؤشر كيميائي	الأجزاء النباتية	T1	T2	T3	T4	T5	L.S.D (5%)	الحدود المسموح بها في النسيج النباتي
Na ⁺ (مغ/كغ)	أوراق	6.04 ^a	6.43 ^a	8.57 ^b	10.00 ^c	11.42 ^d	0.4861	-
	ساق	15.86 ^a	18.18 ^b	18.73 ^c	23.92 ^d	28.73 ^e	0.094	-
	جذور	53.06 ^a	58.56 ^b	59.5 ^c	70.03 ^d	78.21 ^e	0.1977	-
K ⁺ (مغ/كغ)	أوراق	135.4 ^a	142.3 ^b	147.1 ^a b	152.7 ^a	166.5 ^b	20.88	-
	ساق	120.8 ^a	142.3 ^b	146.2 ^c	147.1 ^d	165.5 ^e	0.2624	-
	جذور	79.39 ^a	84.82 ^b	93.61 ^a	95.35 ^a	112.62 ^b	16.67	-
Cd (مغ/كغ)	أوراق	0.007 ^a	0.030 ^b	0.041 ^c	0.048 ^c	0.065 ^d	0.0092 6	1.20 - 0.02
	ساق	0.006 ^a	0.020 ^b	0.039 ^c	0.041 ^c	0.043 ^c	0.0108 5	1.20 - 0.02
	جذور	0.005 ^a	0.022 ^b	0.023 ^b	0.028 ^b	0.035 ^c	0.0092 6	1.20 - 0.02
Pb (مغ/كغ)	أوراق	3.50 ^a	10.00 ^b	10.57 ^c	12.00 ^d	12.00 ^d	0.5093	20 - 3
	ساق	2.50 ^a	6.00 ^b	7.50 ^c	9.00 ^d	10.33 ^e	1.104	20 - 3
	جذور	9.00 ^a	12.07 ^b	13.00 ^c	15.20 ^d	17.00 ^e	0.4987	20 - 3

• تشير الحروف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة 0.05

الاستنتاجات:

1. تعتبر مياه الصرف الصحي لنهر يزيد (أحد أفرع نهر بردى) غير صالحة للري حيث تجاوزت تراكيز المعادن الثقيلة (الرصاص، الكاديوم) في المعاملات (T5, T4, T3) الحدود المسموحة بها وفق المواصفة القياسية السورية، فقد بلغت التراكيز في المعاملة T5 على التوالي 9.00، 0.081 مغ/ل، وللمعاملة T4 على التوالي 7.00، 0.063، 0.059 مغ/ل، وللمعاملة T3 على التوالي 6.00، 0.059 مغ/ل.
2. رشاحة المعاملة T5 في طور النضج غير صالحة للري لتجاوز تركيز الكاديوم الحدود المسموحة حيث بلغ تركيزه في طور النضج 0.063 مغ/ل.
3. بينت النتائج قدرة نبات دوار الشمس على امتصاص العناصر الثقيلة في أجزائه النباتية.
4. تفوقت الجذور في مراكمة عنصر الرصاص عن الأوراق والساق، بينما تفوقت الأوراق في مراكمة عناصر الكاديوم يليها الساق والجذور.

المراجع:

- Adriano., D.C.(1986). "Trace Elements in the Terrestrial Environment" Springer -Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 536p.
- Ali, S.; Z. Abbas;M. Rizwan; I.E.Zaheer; S.I.Yava; A.Ünay; M.M.Abdel-Daim; M.Bin-Jumah; M.Hasanuzzaman; and D.Kalderis(2020) Application of Floating Aquatic Plants in Phytoremediation of Heavy Metals Polluted Water: A Review. Sustainability , 12, 1927.

- Andon ,V. ; B.Malgozata ; S. Nevena ; and Z. Zlatko (2005). Chronic Cd toxicity of beanplants can be partially reduced by supply of ammonium sulphate. *J. Cent. Euro. Agri.* 6(3), 397-404.
- AOAC,(1990). "Official Method Of Analysis",15th edition, Association of Official Analytical Chemists.
- Aslam, U.;I. Ahmad.; M.Hussain.;A. Khan.; A.Ghani ; I.Mustafa ; S.Jalal.; M. Aqueel; S.Asif ; and Ahmed, H.(2014). Effect of heavy metal pollution on mineral absorption in sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids Article in *ActaPhysiologiaePlantarum*. DOI: 10.1007/s11738-013-1390-y.
- Baker, A.J.M.(1981) Accumulator and excluders: Strategies in response of plant to heavy metals. *J. Plant .Nutr.*3, 643-654.
- Barlow, R., N. J. Bryant , and S. Sahi. (2000). Lead Hyperaccumulation By *SesbaniaDrummondii*. Proceedings Of The 2000 Conference On Hazardous Waste Research. (112-114).
- Cempel, M.; and G .Nikel (2006). a review of its sources and environmental toxicology. *Pol. J. Environ. Stud.* 15, 375–382.
- Chhotu, D.; J. Madhusudan ; and H. Fulekar, H.(2008). Phytoremediation: The application of vermicompost to remove zinc, cadmium, copper, nickel and lead by sunflower plant. 551-556, Environmental Biotechnology Laboratory, Department of Life Sciences, University of Mumbai, Santacruz (E), Mumbai - 400098, Mumbai, India.
- Devkota, B.; and G.H.Schmidt (2000) Accumulation of heavy metals in food plants and grasshoppers from the Taigetos Mountains, Greece. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 78(1), 85-91.5.
- Fasani, E.;A. Manara, ;F. Martini;A. Furini; and G. DalCorso (2018). The potential of genetic engineering of plants for the remediation of soils contaminated with heavy metals. *Plant Cell Environ.* 41, 1201–1232. doi: 10. 1111/pce.12963.
- Gupta, P.K.(2000). Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios(India), Jodhpur, New Delhi, India. p.438.
- Hanson, R. 1993. Sampling plant tissue and soil for analysis. Department of Agronomy, University of Missouri Extension.
- Heidari, M. ; and S.Sarani (2011). Effect of lead and cadmium on seed germination, seedling growth and antioxidant enzymes activities of mustard (*Sinapis arvensis* L.). *ARPN . J. Agric. and Biolo. Sci.*, 6 (1), 44-47.
- Hejna, M.;E. Onelli; A. Moscatelli;M. Bellotto; C.Cristiani; N.Stroppa; and L.Rossi(2021) Heavy-Metal Phytoremediation from Livestock Wastewater and Exploitation of Exhausted Biomass. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 18, 2239.<https://doi.org/10.3390/ijerph18052239>.
- Hou, W.; X. Chen.; G.Song ; Q.Wang; and C.C.Chang.(2007). Effects of copper and cadmium on heavy metal polluted waterbody restoration by duckweed (*Lemna minor*). *Plant physiology and biochemistry*, 45(1), 62- 69.<https://www.researchgate.net/publication/268435748>
- Iqbal, H .;B. M.Khan; andA. Naveed (2008).Profile of heavy metals in selected medicinal plants. *Pak. J. Weed Sci. Res.* 14(1-2): 101-110.
- Isaac, R.A. and J.D. Kerber.(1971). Atomic absorption and flame photometry: Techniques and uses in soil, plant and water analysis, pp. 17-37. In: Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue (Ed. Walsh, L.M.), Soil. Sci. Soc. of Amer., Madison, WI. pp. 17-37.

- Jutsz, A.M.; and A. Gnida (2015) Mechanisms of stress avoidance and tolerance by plants used in phytoremediation of heavy metals. Arch. Environ. Prot. 41, 104–114.
- Kadlec, R.H.; R.L.Knight; J. Vymazal; H. Brix; P.Cooper, P; and R. Haberl (2000) Constructed Wetlands for Pollution Control: Processes, Performance, Design and Operation; Scientific and Technical Report; IWA Publishing: London, UK, Volume 8, pp.1–15.
- Mansour, R. (2014).The pollution of tree leaves with heavy metal in Syria International Journal of ChemTech Research CODEN (USA): IJCRGG Vol.6, No.4, pp 22832290 ISSN : 0974-4290.
- Manzoor I. K; and J. Rukhsana (2012). Detection of Heavy Metals in Leaves of Melia Azedarach And Eucalyptus citriodora as Biomonitring Tools in the Region of Quetta Valley. Pak. J. Bot., 44(2):675-681.
- Onder1, S. ;S.Dursun ; and A. Gezgin (2007) Determination of Heavy Metal Pollution in Grass and Soil of City Centre Green Areas (Konya, Turkey). Polish J. of Environ. Stud. Vol16, No. 1. 145 154.
- Saleh, F.(2012) Effect of Soil Pollution with Different Cadmium and Lead Concentration on Carbohydrates, Proteins and some Nutrient Metals in Sunflower (*Helianthus annuus*L.) Plants. Rafidain Journal of Science, , Volume 23, Issue 8, PP 41-55.
- Sasmaz, A.; and E. Obek .(2012). The accumulation of silver and gold in *Lemnagibba* L. exposed to secondary effluents. *Chemie der Erde - Geochemistry*, 72(2), 149-152.
- Seth, C.S.(2012) A Review on Mechanisms of Plant Tolerance and Role of Transgenic Plants in Environmental Clean-up. Bot. Rev. ,78, 32–62.
- Solhi, M.; M. Hajabbasi; and H. Shareatmadari (2005). Heavy Metals Extraction Potential of Sunflower (*Helianthus annuus*) and Canola (*Brassica napus*) *Caspian J. Env. Sci.* 2005, Vol. 3, No.1, pp.
- Syrian Arab Standards and Metrology Organization (2008). Standard Syrian specification for treated wastewater for irrigation purposes (2752). First revision, Ministry of Industry, Damascus, Syria.
- Tamoutsidis, E.;M. Lazaridou;L. papadopoulos;T. Spanos;F. Papathanasiou;M.amoutsidou;P. mitlianga; and G. Vasiliou (2009).The effect of treated urban wastewater on soil properties, plant tissue composition and biomass productivity in berseem clover and corn. Journal of Food, Agriculture & Environment, 7 (3&4), 782-786.
- Toma, M.;D. ord-ovic ;J.Tasic ; and V.Krstic (2004). Heavy metals accumulation in tree leaves from urban areas .Environ Chem Lett . 2:151–154.
- USGS.(1998). United States Geological Survey Ground, Water and Surface Water: A Single Resource, Circular, 1139.
- Usha, R. ;A. Vasavi ;K. Thishya ;S. Jhansi Rani ;and P. Supraja (2011) Phytoextraction of lead from industrial effluents by sunflower (*Helianthus annuus* L.) RASĀYAN J. Chem. Vol.4, No.1 8-12 ISSN: 0974-1496 CODEN: RJCABP 15-Gupta, P.K.(2000). Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios(India).,New Delhi, India. p.438.
- Uzoukwu, B.A (1992). Basic Analytical Chemistry, 1st edition. Published by Pam Unique Company Limited.
- Yan, A.;Y. Wang ; T. Yusof ;S. Ghosh ; and Z .Chen (2020) Phytoremediation: A Promising Approach for Revegetation of Heavy Metal Polluted Land. Front. Plant Sci. 11:359. doi: 10.3389/fpls.2020.00359.

Accumulation of cadmium and lead in wastewater by

*Helianthus annuus*L

Salma Amairi⁽¹⁾, Rita Mansour⁽²⁾⁽³⁾ Rami Watffa⁽¹⁾ and Nada Ghebeh⁽⁴⁾

(1). Department of renewable natural resources and environment, Faculty of Agricultural Engineering, University of Damascus, Syria.

(2). Department of Basic Sciences, Faculty of Agriculture, Damascus University-Damascus, Syria.

(3). Qasyoun University for Science & Technology, Faculty of Dentistry, Damascus, Syria.

(4). Natural Resource Research Department - General Commission for Scientific Agricultural Research – Damascus, Syria.

(*Corresponding author: Salma amairi. E-Mail: Salmaamaery9@gmail.com).

Accepted: 23/01/2023 Received: 10/07/2023

Abstract

The experiment was carried out at the Abi Jarash farm, Faculty of Agriculture, the University of Damascus in 2020- 2021. The experiment was conducted according to a Completely Randomized Block Design (CRBD) to calculate the Least Significant Difference (LSD) at a significance level of 0.05. Twenty crop beds were planted with *Helianthus annuus*L (common name sunflower) and irrigated by five kinds of water (five treatments) at a rate of four replicates per treatment: T1 (100% freshwater), T2 (25% wastewater + 75% freshwater), T3 (50% wastewater + 50% freshwater), T4 (75% wastewater + 25% freshwater) and T5 (100% wastewater). The content of cadmium (Cd), lead (Pb), sodium (Na⁺) and potassium (K⁺) in irrigated and filtration water, along with plant parts (root, stem, leaves) were measured at the maturity stage by atomic absorption spectrophotometer and flame spectroscopy. Results showed the concentration of Pb and Cd in filtrate were lower than its concentrations in irrigated water. According to the Syrian Standard for treated wastewater, the filtration water for treatments T3 and T4 is suitable for irrigation (the values of Cd and Pb were 0.032, 3.00 mg/l for T3 and 0.041, 4.00 mg/l for T4, respectively). Conversely, the concentration of K⁺ and Na⁺ increased in water filtrate when it was in irrigation water. The results also showed: significant differences between treatment of T1 and T5 in the plant's accumulation of Cd. The highest concentration of Cd in leaves were at T5 (0.0647 mg/Kg) and the lowest value in roots were at T1 (0.005 mg/Kg). In addition, there were obvious significant differences between all treatments for Pb accumulation; its highest concentration in the roots was in T5 (17.00 mg/Kg) and the lowest concentration in the stem was in the control (2.00 mg/Kg). Cd accumulation in the leaves was higher than in the roots, while Pb was concentrated in the lower parts of the plant. Absorption of Na⁺ and K⁺ in the root, stems, and leaves decreased when heavy metals accumulated in these plant parts.

Keywords: *Helianthus annuus*L, Wastewater, Heavy metals, Chemical indicators.