

تأثير الري بالمياه الممغنطة في بعض صفات النمو لنبات دوار الشمس ومحتواه من الكاديوم في الترب الملوثة بالكاديوم

سمير محمد شمش⁽¹⁾ وفاتن الياس رزوق^{(1)*}

(1). قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الزراعة، جامعة البعث، حمص، سورية.
(* للمراسلة: م. فاتن الياس رزوق. البريد الإلكتروني: fatenrazouk1979@gmail.com).

تاريخ القبول: 2018/06/07

تاريخ الاستلام: 2018/04/20

الملخص

تعد تقنية الاستخلاص النباتي من الطرائق الواعدة في مجال استصلاح الترب الملوثة بالمعادن الثقيلة بواسطة النبات، ويعد نبات دوار الشمس من النباتات المستخدمة في استصلاح الترب الملوثة بالكاديوم. ويهدف اختبار كفاءة هذه التقنية أجريت تجربة أصص لدراسة بعض مؤشرات النمو (الطول، والوزن الطازج، والوزن الجاف) والكمية الممتصة من الكاديوم من قبل نبات دوار الشمس الزيتي، *Helianthus annus L.* باستخدام ستة تراكيز من الكاديوم (0، 1، 25، 50، 100، 200) (mg/Kg)Cd، والري بنوعين من المياه (مياه الممغنطة، ومياه عادية). تبين بالنتيجة انخفاض كافة المؤشرات المدروسة لنبات دوار الشمس الزيتي بارتفاع التركيز المضاف من الكاديوم، كما لوحظ ارتفاع معنوي للكاديوم الممتص من قبل النبات عند الري بالمياه الممغنطة، مقارنة مع النبات المروي بمياه الصنبور عند التراكيز المتماثلة لإضافة الكاديوم، لتبلغ أقصى قيمة له عند التركيز (50 mg/kg) في معاملة الري بمياه الصنبور، وعند التركيز (100 mg/kg) في معاملة المياه الممغنطة. كما تظهر النتائج التأثير الإيجابي المعنوي للمياه الممغنطة في معظم المؤشرات المدروسة عند التراكيز المختلفة للكاديوم مقارنة مع المياه العادية.

الكلمات المفتاحية: الكاديوم، مياه ممغنطة، دوار الشمس، صفات النمو.

المقدمة:

يبلغ معدل تركيز الكاديوم في القشرة الأرضية 0.1 مغ/كغ، وهو يترافق مع الزنك، وغالباً ما يكون تركيزه أعلى في الصخور الرسوبية بالمقارنة مع غيرها (Alloway, 1995)، ويعد الكاديوم واحداً من أكثر المعادن السامة بيئياً، وذلك لتأثيره السلبي على العمليات الحيوية للإنسان والحيوان والنبات، ويظهر هذا التأثير السلبي الكامن في البيئة وفي نوعية الغذاء، ومن النادر أن يتواجد الكاديوم في الطبيعة بصورة نقية، وإنما يترافق مع رواسب الزنك والرصاص الخام، وهو يمتلك الخواص الأيونية المماثلة للزنك، هذا ويمكن للكاديوم أن يحل محل الكالسيوم في مركباته لأنه يمتلك التكافؤ نفسه ونصف القطر ذاته (Kabata-Pendias, 2011).

يعد التلوث الصناعي المصدر الرئيس للكاديوم الذي ينتج عن صناعات مختلفة تلقي مخلفاتها إلى الوسط المحيط دون معالجة مثل: الدباغات، الصناعات البلاستيكية والمطاطية، صناعة الأصبغة، والدهانات، ومحطات الوقود، ومصافي البترول، والصناعات الكهربائية والإلكترونية، والطباعة، ومصانع الأسمدة وخاصة الأسمدة الفوسفاتية، ومصانع البطاريات الجافة (Barghoth et al., 2006)، وقد ازداد إنتاج الكاديوم في العالم من 11000 طن في عام 1960 إلى 20200 طن عام 1990 (Alloway, 1995).

من التأثيرات العامة لزيادة تركيز عنصر الكاديوم، تثبيط نمو الجذور وخفض الوزن الرطب والمحتوى المائي في المجموعين الجذري والخضري في النبات، لكن في نبات دوار الشمس أدت المعاملة بكلوريد الكاديوم (100ppm) إلى إحداث أضرار تمثلت بتثبيط نمو الجذور وخفض الوزن الرطب والمحتوى المائي في المجموعين الجذري والخضري، والتي فسرت أنها نتيجة لزيادة نشاط بعض الإنزيمات المؤكسدة، ويصاحب هذه الأضرار انخفاض في المحتوى الكلوروفيلي للنبات (Al-Wahaibi, 2006).

نالت قدرة النبات على امتصاص المعادن الثقيلة من التربة والمياه اهتماماً كبيراً من قبل الباحثين لأهمية استخدامها في استصلاح التربة الملوثة بواسطة النباتات (phytoremediation)، وتعد تقنية الاستخلاص النباتي (phytoextraction) أحد طرائقها. وقد أثبتت الكثير من التجارب في هذا المجال تراكم المعادن الثقيلة (ومن ضمنها الكاديوم) بدرجة أعلى في الجذور مما هي عليه في الأوراق، وزيادة الامتصاص من قبل النبات بزيادة تركيز المعدن الثقيل (Christensen, 1984; Al-Wahaibi, 2006).

لقد زاد الاهتمام في الآونة الأخيرة بدراسة استجابة النباتات للعناصر الثقيلة السامة، حيث تختلف استجابة النبات للتركيز المرتفع من المعادن الثقيلة تبعاً للنوع النباتي فمنها النباتات المستبعدة (Excluders) التي يحافظ فيها النبات على تراكيز العنصر في المجموع الخضري عند التركيز الحدي ويظل منخفضاً في مدى واسع من تراكيز العنصر في التربة، في حين هناك مجموعة أخرى من النباتات يكون محتوى أنسجتها يتناسب طردياً مع تركيز المعدن الثقيل (Indicators)، أما المجموعة الثالثة فهي النباتات المراكمة (Accumulators) وهي تلك النباتات التي يكون محتوى أنسجتها من المعادن الثقيلة أعلى بكثير من محتوى التربة من هذا المعدن (Al wahibi, 2007) وقد تم تفسير ذلك بأن بعض النباتات تقاوم سمية بعض العناصر في محلول التربة عن طريق تكوين مركبات مخيلية لذلك العنصر مع بعض البيبتيدات البسيطة، والتي يستحث بناؤها بوجود تراكيز عالية من العناصر الثقيلة، كما أطلق على هذه البيبتيدات «المخيليات النباتية» phytochelatin (Christopher, 2000; Daghan, 2004).

أثبتت بعض التجارب في ظروف البيت الزجاجي، أن الري بالمياه الممغنطة أدى إلى زيادة في امتصاص نبات الفليفلة للعناصر الأساسية (K, P, N) بالمقارنة مع النباتات التي تروى بمياه عادية، ويعود السبب في ذلك إلى قدرة الماء الممغنط على زيادة إتاحة العناصر المغذية. لذلك فقد يمكن استخدام الري بالمياه الممغنطة كتقنية من التقنيات الحديثة للمساعدة في تعزيز النمو، والامتصاص. (Rawabdeh et al., 2014). وجد (Hilal et al., 2013) في تجربة غسل أعمدة للتربة أن المياه الممغنطة أدت إلى بعض التغيرات في الخواص الفيزيائية للتربة، كما أدت المياه الممغنطة إلى زيادة معنوية في البوتاسيوم المتاح عند جميع أعماق عمود التربة، كما زاد الفوسفور القابل للإفادة بشكل معنوي مقارنة مع استخدام الماء العادي في تجربة الغسل.

أشارت نتائج دراسة التأثيرات البيولوجية للمياه المعالجة مغناطيسياً تحت أنظمة الري الناقص المختلفة (70، 50، و 30%) من السعة الحقلية على العلاقات المائية، والأصباغ التمثيلية ومحتوى نبات الجوجويا (*Simmondsia chinensis* L.) من العناصر المغذية تحت ظروف المختبر، إلى أن المياه المعالجة مغناطيسياً وخاصة عند 50 و 30% من السعة الحقلية كان لها تأثيراً إيجابياً على زيادة صبغة الكلوروفيل مقارنة مع الشاهد. كما ازدادت كفاءة استخدام المياه (من حيث الكتلة الحيوية المنتجة نسبةً لكمية المياه المستهلكة) في النباتات المروية بالمياه الممغنطة بالمقارنة مع معاملة الشاهد. كما لوحظ زيادة العناصر الأساسية باستثناء الصوديوم بشكل معنوي ($P \leq 0.01$) في النباتات المروية بالمياه الممغنطة مقارنة مع الشاهد، وبالتالي يمكن القول بأن الري بالمياه الممغنطة يعد واحداً من التقنيات الحديثة الأكثر أهمية التي يمكن أن تساعد في توفير مياه الري بنسبة قد تصل إلى 50% من مقنن الري والحد من تراكم الأملاح في النباتات (Al-Khazan, et al., 2011).

قام (Orlando *et al.*, 2016) بدراسة مرجعية لكافة قواعد البيانات للعلوم الزراعية والعلوم الأساسية للثمانين سنة الأخيرة بهدف التركيز على مزايا العلاج المغناطيسي للمياه في الزراعة، واستخدامها التكميلي للممارسات التقليدية في إنتاج المحاصيل، وبالنتيجة ظهر للماء المعالج مغناطيسياً تأثيرات مباشرة وغير مباشرة في نمو وإنتاجية المحاصيل، وزيادة كفاءة الري واستخدام المياه، وتعديل خصائص رطوبة التربة وتوافر المواد الغذائية المثلى فيها. وكذلك وجد أن المجالات المغناطيسية المطبقة على البذور تحفز إنبات البذور، والنشاط، ومعدل نمو النبات، مما يؤثر في النهاية على صافي الإنتاج والمحصول.

أجريت دراسة لتأثير الري بالماء الممغنط بجهاز معالجة مغناطيسية على النمو وحركة الأيونات في نباتات *Populus euramericana* عمرها سنة واحدة. أظهرت النتائج ازدياد محتوى النبات من K^+ ، Mg^{2+} ، Ca^{+2} عند الري بالمياه الممغنطة، في حين كان محتوى Na^+ أقل وكانت نسبة $Na: K$ أعلى، كما أدت مغنطة المياه إلى ازدياد طول وقطر الورقة وزيادة طول النبات، ومساحة المسطح الورقي، وعدد الشعيرات الجذرية مقارنة مع النباتات المروية بالمياه غير المعالجة (Xiumei Liu *et al.*, 2017).

أجريت تجربة بهدف دراسة تأثير المياه الممغنطة على محصول الخس، من حيث نشاط التمثيل الضوئي ومحتوى نبات الخس من العناصر المغذية في إطار نظم مختلفة للري الناقص. وأشارت النتائج إلى وجود زيادة معنوية في الغلة، وفي الكلوروفيل الكلي وتركيز بعض العناصر المغذية الصغرى والكبرى في النباتات المروية بالمياه الممغنطة إضافة لاستخدام كميات مياه أقل بكثير من مياه الري غير المعالجة. بالإضافة إلى ذلك، لعبت المياه الممغنطة دوراً مضاداً لتأثير تراكم الصوديوم الضار في النباتات، وذلك نتيجة استخدام كميات أقل من مياه الري (Zlotopolski, 2017). كما وجد (Al-Khazan *et al.*, 2011) أن الري بالمياه الممغنطة هو إحدى الطرق المستخدمة في توفير مياه الري حيث زادت سعة الاحتفاظ بالماء إلى 30% مقارنة بالري بالماء العادي.

أجريت تجربة بهدف دراسة تأثير مغنطة المياه المالحة في بعض مؤشرات النمو عند نبات الذرة الصفراء، فأظهرت النتائج أن استعمال مياه الصرف المالحة أدى إلى انخفاض معنوي في صفات طول النبات والوزن الجاف للمجموع الخضري والامتصاص الكلي من عناصر النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم مقارنة بالماء العادي، في حين زاد الماء الممغنط من تلك المؤشرات معنوياً مقارنة بالماء غير الممغنط وبنسب زيادة وصلت إلى 28.4% (Mahmood, 2007).

إن تركيز عدد كبير من الصناعات في محافظة حمص والتي تطرح مخلفاتها إلى الوسط المحيط بشكل مباشر أو غير مباشر على شكل أدخنة أو غبار، أو تصريف مباشرة إلى مياه الري، كما أن وجود الكاديوم في الفوسفات السوري وفي المشتقات النفطية (Barghoth *et al.*, 2006) جعل من الأهمية دراسة التلوث بهذا المعدن وكيفية الحد منه بالطرق المختلفة.

كما تعد تقنية الاستخلاص النباتي (phytoextraction) إحدى الطرائق المستخدمة في استصلاح التربة الملوثة بواسطة النباتات (phytoremediation) ويصنّف نبات دوار الشمس الزيتي (*Helianthus annus L.*) من ضمن النباتات المستخدمة في هذا المجال. كما أن استخدام المياه الممغنطة يمكن أن يحسن من ظروف امتصاص الكاديوم من التربة ويقال من التأثيرات السمية على النمو النباتي، من خلال تأثير المياه الممغنطة على زيادة المتاح من بعض العناصر المغذية الكبرى والصغرى وبالتالي يزيد من كفاءة الاستخلاص النباتي وزيادة قدرة النبات على مراكمة كميات أكبر الكاديوم. ولهذا يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير الري بالمياه الممغنطة لتربة ملوثة بالكاديوم بتركيز (0، 1، 25، 50، 100، 200) (mg/Kg) Cd في بعض مؤشرات النمو (الوزن الطازج، والوزن الجاف، والطول) وفي محتوى نبات دوار الشمس الزيتي (*Helianthus annus L.*) من الكاديوم.

مواد البحث وطرائقه:

تحضير التربة: استخدم في كافة معاملات البحث تربة من قرية الدمينة الشرقية، محافظة حمص، من أرض مزروعة بأشجار الزيتون، وغير مروية وغير معرضة لأي مصدر من مصادر التلوث بالكاديوم. ويبين الجدول (1) بعض الخصائص الأساسية للتربة. حيث يتضح أن التربة المستخدمة خفيفة القلوية وغير متملحة وهي فقيرة بكل من المادة العضوية والكربونات الكلية والفوسفور القابل للإفادة، والتربة ذات قوام طيني لومي.

الجدول 1. بعض الخصائص الأساسية للتربة المستخدمة في البحث

Clay	Loam	Sand	P (ppm)	CaCO ₃ %	Active Lime%	OM%	EC μS/cm	pH
37	30	33	7.9	0.5	0.15	1.03	178	7.8

استخدم في البحث أصص بلاستيكية، حيث تم نقل 5 كغ من التربة إلى كل أصيص، وتم تحضير التربة الملوثة عن طريق خلطها بكلوريد الكاديوم بالمستويات المحددة (0، 1، 25، 50، 100، 200) Cd (mg/Kg)، كي نضمن توزيعاً متجانساً للكاديوم في كامل الأصص، وذلك قبل شهر من الزراعة مع التقليب والترطيب المستمرين.

المعاملات المستخدمة:

1- معاملة الري بالمياه العادية: ورمزها (NTW).

2- معاملة الري بالمياه الممغنطة: ورمزها (MTW): تم الحصول على المياه الممغنطة بتمرير الماء من خلال جهاز ممغنطة شدته 0.57 تسلا وتم الري بهذه المياه منذ بدء التجربة وحتى الحصاد، بحيث تتناسب فعالية المياه الممغنطة المستخدمة طرداً مع شدة الجهاز المستخدم في المعالجة.

3- ستة مستويات لتركيز الكاديوم في التربة: (0، 1، 25، 50، 100، 200) Cd (mg/Kg)، تقابلها الرموز Cd6.

Cd1، Cd2، Cd3، Cd4، Cd5،

الجدول 2. معاملات الري المطبقة عند كافة تراكيز الكاديوم ورموزها.

treatment Cd(mg/Kg)	NTW	MTW
Cd1(control)	Cd1+ NTW	Cd1+ MTW
Cd2	Cd2+ NTW	Cd2+ MTW
Cd3	Cd3+ NTW	Cd3+ MTW
Cd4	Cd4+ NTW	Cd4+ MTW
Cd5	Cd5+ NTW	Cd5+ MTW
Cd6	Cd6+ NTW	Cd6+ MTW

بلغ عدد الوحدات التجريبية $36=3 \times 6 \times 2$ وحدة تجريبية.

النبات المزروع والعمليات الزراعية:

تمت زراعة بذور نبات دوار الشمس الزيتي *Helianthus annus* L. في الأصص بمعدل 8 بذور/أصيص، بتاريخ 2015/6/1، وأجري التفريد بعد اكتمال الانبات، وتم الإبقاء على 4 نبات/أصيص حتى نهاية التجربة. تم ري كافة الأصص بحجم متماثل من الماء وذلك حسب الحاجة للحفاظ على حوالي 70% من السعة الحقلية.

تم إنهاء التجربة عند اكتمال النمو الخضري وتشكل الأقراص الزهرية، حيث تم قياس طول النباتات قبل حصادها، ومن ثم تم قص النباتات على ارتفاع 1م من سطح التربة ووزنها وهي طازجة، ثم جرى تجفيفها على درجة حرارة 65 درجة مئوية، وتم وزنها بعد التجفيف للحصول على الإنتاجية من المادة الجافة، كما تم هضم العينات النباتية بالماء الملكي وتقدير الكاديوم فيها بجهاز الامتصاص الذري من النوع shimadzo AA6800 صنع شركة شيمادزو اليابانية، باستخدام لهب الهواء؛ استلين عند طول موجة 228.8 نانومتر.

التحليل الإحصائي:

استخدم في التجربة تصميم القطاعات العشوائية الكاملة وأجري التحليل الإحصائي باستخدام برنامج Spss v24، وتمت المقارنات Multiple Comparisons باستخدام اختبار Scheffe بين المعاملتين عند ثبوت معنوية (F)، واختبار Dunnett t للمقارنة مع الشاهد (عند مستوى المعنوية 5%).

النتائج والمناقشة:

توضح قيم معامل الاختلاف في جداول الإحصاء الوصفي كافة دقة التجربة العملية المطبقة في الدراسة وذلك لكافة المعاملات المستخدمة، كما تظهر قيم الانحراف المعياري أن معظم قيم المعاملة المدروسة تتوزع حول المتوسط الحسابي وهذا يعني انخفاض تشتت البيانات وبالتالي دقة التجربة (الجدول 3، 6، 9).

1- تأثير المعاملات المستخدمة في الوزن الطازج (غ):

يتضح من الجدول (3) انخفاض متوسط الوزن الطازج للنبات بارتفاع تركيز الكاديوم المضاف، كما يبين الجدول نفسه ارتفاع متوسط الوزن الطازج عند التراكيز المرتفعة من الكاديوم (Cd3، Cd4، Cd5، Cd6) وذلك عند معاملة الري بالمياه الممغنطة مقارنة بمعاملة الري بالمياه العادية.

الجدول 3. الإحصاء الوصفي للوزن الطازج (غ) عند المعاملات المستخدمة

treatment	concentrate	Mean	Std. Deviation	C. V %	treatment	Mean	Std. Deviation	C. V %
NTW	Cd1	69.07	4.30	6.2	MTW	63.14	9.51	15.1
	Cd2	65.38	4.48	6.9		64.03	1.33	2.1
	Cd3	57.81	0.18	0.3		59.24	3.47	5.9
	Cd4	52.64	7.40	14.1		58.67	1.53	2.6
	Cd5	43.67	16.97	38.9		56.52	8.25	14.6
	Cd6	8.74	2.42	27.7		28.61	7.97	27.8

كما ويتضح من الجدول (4) الذي يبين فروق متوسطات الوزن الطازج لنبات دوار الشمس المروي بمياه الصنبور، انخفاض الوزن الطازج للنبات مع ارتفاع تركيز الكاديوم المضاف حيث ازداد الفرق زيادة غير معنوية عند التراكيز (25، 50، 100) في حين أصبح الفرق في متوسط الوزن الطازج معنويًا عند التركيز 200 ppm مقارنة بباقي التراكيز، حيث وصل الفرق إلى 56.64 غ في الوزن الطازج بين التركيز 1 ppm و 200 ppm.

ولدى مقارنة متوسط الوزن الطازج وفق نتائج اختبار Dunnett t عند التراكيز المضافة ومقارنتها بالشاهد (NTW Cd1)، يلاحظ ارتفاع الفرق في متوسط الوزن الطازج عند زيادة المستوى المضاف من الكاديوم ارتفاعاً غير معنوي عند التراكيز المنخفضة ليصبح الفرق معنوياً عند التراكيز المرتفعة (100،200) ppm، حيث وصل الفرق في متوسط الوزن الطازج إلى 60.33، 25.39 غ بين الشاهد والتركيزين ppm100,200 على التوالي.

الجدول 4. نتائج اختبار Scheffe لفرق متوسطات الوزن الطازج داخل معاملة الري بالمياه العادية (نبات دوار الشمس)

التركيز Cd(mg/Kg)	1	25	50	100	200
1	-	7.56	12.74	21.7	*56.64
25	7.56-	-	5.17	14.14	*49.07
50	12.74-	5.17-	-	8.96	*43.9
100	21.7-	14.14-	8.96-	-	*34.93
200	*56.64-	*49.07-	*43.9-	*34.93-	-
نتائج اختبار Dunnett t					
Control (NTW Cd1)	3.69	11.26	16.43	*25.39	*60.33

يتضح من الجدول (5) الذي يبين نتائج اختبار Scheffe لفرق متوسطات الوزن الطازج داخل معاملة الري بالمياه الممغنطة لنبات دوار الشمس، ارتفاع الفرق بشكل غير معنوي في متوسط الوزن الطازج للنبات مع ارتفاع التركيز المضاف من الكاديوم حتى التركيز 100 ppm، في حين أصبح الفرق معنوياً عند التركيز 200 ppm، ليصل إلى 35.42 غ بين التركيزين 1، 200 ppm، مع ملاحظة أن الفرق في متوسط الوزن الطازج انخفض عند كافة التراكيز عند استخدام المياه الممغنطة مقارنة باستخدام مياه الصنبور (Zlotopolski, 2017) وهذا يدل على دور المياه الممغنطة في مقاومة التأثير السام للكاديوم على النبات.

لدى مقارنة متوسط الوزن الطازج وفق نتائج اختبار Dunnett t عند التراكيز المضافة ومقارنتها بالشاهد نلاحظ ارتفاع الفرق مع زيادة التركيز المضاف من الكاديوم بصورة غير معنوية عند التراكيز المنخفضة ليصبح الفرق معنوياً عند التركيز 200 ppm (34.52 غ)، مع ملاحظة انخفاض هذه الفروق عند كافة التراكيز عند الري بالمياه الممغنطة عند مقارنتها مع الفروق لدى الري بمياه الصنبور (Xiumei Liu *et al.*, 2017)

الجدول 5. نتائج اختبار Scheffe لفرق متوسطات الوزن الطازج داخل معاملة MTW.

التركيز Cd(mg/Kg)	1	25	50	100	200
1	-	4.79	5.37	7.51	*35.42
25	4.79-	-	0.57	2.72	*30.63
50	5.37-	0.57-	-	2.15	*30.05
100	7.51-	2.72-	2.15-	-	*27.9
200	*35.42-	*30.63-	*30.05-	*27.9-	-
نتائج اختبار Dunnett t					
Control (MTW Cd1)	0.89-	3.89	4.47	6.62	*34.52

* تشير إلى معنوية الفروق بين المتوسطين عند مستوى المعنوية 5%. المصدر: نتائج التحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS

2- تأثير المعاملات المستخدمة في الوزن الجاف (غ):

يبين الجدول (6) الإحصاء الوصفي للوزن الجاف (غ) عند المعاملات المستخدمة، حيث يتضح ارتفاع متوسط الوزن الجاف للنبات عند الري بالمياه الممغنطة مقارنة بمتوسط الوزن الجاف عند الري بمياه الصنبور، وذلك عند التراكيز 1، 25، 100، 200 Cd(mg/Kg).

الجدول 6. الإحصاء الوصفي للوزن الجاف (غ) عند المعاملات المستخدمة

treatment	concentrate	Mean(gr)	Std. Deviation	C.V %	treatment	Mean(gr)	Std. Deviation	C.V %
NTW	Cd1	17.52	0.45	2.6	MTW	15.68	1.99	12.7
	Cd2	16.70	0.38	2.3		17.49	0.95	5.4
	Cd3	13.80	0.42	3.1		14.38	0.71	4.9
	Cd4	15.12	2.42	16		13.62	0.39	2.9
	Cd5	9.89	5.41	54.7		13.32	3.10	23.2
	Cd6	1.97	0.49	25		5.99	1.87	31.2

يتضح من الجدول (7) الذي يبين فروق متوسطات الوزن الجاف لنبات دوار الشمس المروي بمياه الصنبور، انخفاض الوزن الجاف للنبات مع ارتفاع تركيز الكاديوم المضاف حيث ازداد الفرق زيادة غير معنوية عند التراكيز (100، 25، 50) مقارنة بالتركيز 1 ppm، في حين أصبح هذا الفرق معنوياً بين التركيز 200 ppm مقارنة بباقي التراكيز، حيث وصل الفرق إلى 14.73 غ في متوسط الوزن الجاف بين التركيز 1 ppm و التركيز 200 ppm.

ولدى مقارنة متوسط الوزن الجاف وفق نتائج اختبار Dunnett t عند التراكيز المضافة بما فيها الشاهد، يلاحظ وجود فرق معنوي في متوسط الوزن الجاف عند التراكيز 100، 200 mg/Kg مقارنة بالشاهد (7.63، 15.55 غ) على التوالي، في حين كانت الفروق في متوسط الوزن الجاف غير معنوية عند التركيز المتبقية (1، 25، 50) Cd(mg/Kg).

الجدول 7. نتائج اختبار Scheffe لفروق متوسطات الوزن الجاف عند معاملة NTW (غ)

التركيز Cd(mg/Kg)	1	25	50	100	200
1	-	2.9	1.58	6.82	*14.73
25	2.9-	-	1.32-	3.91	*11.83
50	1.58-	1.32	-	5.24	*13.15
100	6.82-	3.91-	5.24-	-	*7.91
200	*14.73-	*11.83-	*13.15-	*7.91-	-
نتائج اختبار Dunnett t					
Control (Cd1 NTW)	0.82	3.72	2.39	*7.63	*15.55

* تشير إلى معنوية الفروق بين المتوسطين عند مستوى المعنوية 5%. المصدر: نتائج التحليل الإحصائي باستخدام برنامج Spss

تبين نتائج اختبار Scheffe لفروق متوسطات الوزن الجاف داخل معاملة الري بالمياه الممغنطة لنبات دوار الشمس وجود فروق غير معنوية في متوسط الوزن الجاف بين التراكيز 1، 25، 50، 100 ppm، في حين كان الفرق معنوياً بين التركيز 200 ppm من جهة وباقي التراكيز من جهة أخرى، مع ملاحظة زيادة الفرق في الوزن الجاف مع ارتفاع مستوى الكاديوم في التربة، كما تبين نتائج اختبار Dunnett t عند التراكيز المضافة ومقارنتها بالشاهد إلى وجود فروق غير معنوية بين الشاهد وكل من التراكيز 1، 25، 50، 100 ppm، في حين كانت هذه الفروق معنوية عند التركيز 200 ppm ووصلت إلى 9.69 غ.

لدى المقارنة بين الري بالمياه الممغنطة والري بمياه الصنبور نلاحظ انخفاض في كافة الفروق في متوسط الوزن الجاف عند كافة مستويات الكاديوم في التربة عند الري بالمياه الممغنطة مما يدل على التأثير الايجابي للمياه الممغنطة في التخفيف من سمية الكاديوم للنبات.

الجدول 8. نتائج اختبار Scheffe لفروق متوسطات الوزن الجاف (غ) داخل معاملة MTW

التركيز Cd(mg/Kg)	1	25	50	100	200
1	-	3.11	3.87	4.17	*11.5
25	3.11-	-	0.76	1.06	*8.39
50	3.87-	0.76-	-	0.3	*7.64
100	4.17-	1.06-	0.3-	-	*7.34
200	*11.5-	*8.39-	*7.64-	*7.34-	-
نتائج اختبار t Dunnett					
Control (Cd1 MTW)	1.81-	1.29	2.05	2.35	*9.69

* تشير إلى معنوية الفروق بين المتوسطين عند مستوى المعنوية 5%. المصدر: نتائج التحليل الإحصائي باستخدام برنامج Spss

3- تأثير المعاملات المستخدمة في طول النبات (سم):

يبين الجدول (9) انخفاض طول النبات بازدياد تركيز الكاديوم المضاف للتربة في كلا المعاملتين مع ملاحظة أن طول النبات عند الري بالمياه الممغنطة أعلى مما هو عليه عند الري بمياه الصنبور وذلك عند معظم المستويات المتماثلة للكاديوم.

الجدول 9. الإحصاء الوصفي لطول النبات (سم) عند المعاملات المستخدمة

treatment	concentrate	Mean(cm)	Std. Deviation	C.V %	treatment	Mean(cm)	Std. Deviation	C.V %
NTW	Cd1	51.78	5.70	11.00	MTW	50.25	2.46	4.90
	Cd2	47.00	2.41	5.13		44.33	0.80	1.81
	Cd3	40.58	2.90	7.14		44.00	1.98	4.51
	Cd4	37.21	3.13	8.41		42.50	3.13	7.37
	Cd5	34.25	5.38	15.71		39.67	5.34	13.46
	Cd6	15.81	2.55	16.16		26.75	2.18	8.15

يبين الجدول (10) نتائج اختبار Scheffe لفروق متوسطات الطول داخل معاملة الري بمياه الصنبور NTW لنبات دوار الشمس حيث يتضح وجود فروق غير معنوية بين التراكيز 1,25,50 ppm في حين أصبح الفرق في متوسط الطول معنويًا عند التراكيز 100، 200 ppm (12.75 سم – 31.19 سم) على التوالي، مع ملاحظة وجود فروق معنوية في متوسط طول النبات عند التراكيز 200 ppm وباقي تراكيز الكاديوم المضاف. أما نتائج اختبار Dunnett t تبين وجود فروق غير معنوية بين الشاهد من جهة وكل من التراكيز 1 و 25 ppm لتصبح الفروق في متوسط الطول معنوية بين الشاهد وكل من التراكيز 50، 100، 200 ppm وصلت إلى 14.56، 17.52، 35.97 سم على التوالي.

الجدول 10. نتائج اختبار Scheffe لفروق متوسطات الطول (Cm) داخل معاملة NTW

التركيز Cd(mg/Kg)	1	25	50	100	200
1	-	6.41	9.79	*12.75	*31.19
25	6.41-	-	3.37	6.33	*25.77
50	9.79-	3.37-	-	2.96	*21.4
100	*12.75-	6.33-	2.96-	-	*18.44
200	*31.19-	24.77-	21.4-	*18.44-	-
نتائج اختبار Dunnett t					
Control (Cd1 NTW)	4.77	11.19	*14.56	*17.52	*35.97

* تشير إلى معنوية الفروق بين المتوسطين عند مستوى المعنوية 5%. المصدر: نتائج التحليل الإحصائي باستخدام برنامج Spss
تبين نتائج اختبار Scheffe لفروق متوسطات الطول داخل معاملة الري بالمياه الممغنطة لنبات دوار الشمس (الجدول 11) وجود فروق غير معنوية في متوسط الطول بين التراكيز 1، 25، 50، 100 ppm في حين كان الفرق معنوياً بين التركيز 200 ppm من جهة وباقي التراكيز من جهة أخرى، مع ملاحظة زيادة الفرق في متوسط طول النبات مع ارتفاع مستوى الكاديوم في التربة، كما تبين نتائج اختبار Dunnett t عند التراكيز المضافة ومقارنتها بالشاهد إلى وجود فروق غير معنوية بين الشاهد وكل من التراكيز (1، 25، 50، 100 ppm) في حين كانت هذه الفروق معنوية عند التركيزين 100، 200 ppm مقارنة بالشاهد وصلت إلى 10.58، 23.5 سم على التوالي. لدى المقارنة بين الري بالمياه الممغنطة والري بمياه الصنبور نلاحظ انخفاض في كافة الفروق في متوسط الطول عند كافة مستويات الكاديوم في التربة عند الري بالمياه الممغنطة مما يدل على التأثير الإيجابي للمياه الممغنطة في زيادة مقاومة النبات لسمية الكاديوم.

الجدول 11. نتائج اختبار Scheffe لفروق متوسطات الطول (سم) داخل معاملة MTW

التركيز Cd(mg/Kg)	1	25	50	100	200
1	-	0.33	1.83	4.66	*17.58
25	0.33-	-	1.5	4.33	*17.25
50	1.83-	1.5-	-	2.83	*15.75
100	4.66-	4.33-	2.83-	-	*12.91
200	*17.58-	*17.25-	*15.75-	*12.91-	-
نتائج اختبار Dunnett t					
Control (Cd1 MTW)	5.91	6.25	7.75	*10.58	*23.5

* تشير إلى معنوية الفروق بين المتوسطين عند مستوى المعنوية 5%. المصدر: نتائج التحليل الإحصائي باستخدام برنامج Spss
وتبين الصورة (1) مقارنة في طول نبات دوار الشمس عند الري بالمياه العادية والممغنطة التركيز 200 mg/Kg



الصورة 1. مقارنة في طول نبات دوار الشمس عند التراكيز 200 mg/Kg.

4- تأثير المعاملات المستخدمة في الكاديوم الممتص من قبل النبات (مليغرام/أصيص):

تظهر قيم الانحراف المعياري في الجدول (12) أن معظم قيم المعاملة المدروسة تتوزع حول المتوسط الحسابي وهذا يعني انخفاض تشتت البيانات وبالتالي دقة التجربة، كما يتضح من الجدول نفسه قدرة النبات المتزايدة على امتصاص كميات أكبر من الكاديوم بازدياد تركيزه في التربة فقد وصلت الكمية الممتصة من نبات دوار الشمس عند استخدام المياه الممغنطة إلى 0.335 مليغرام/أصيص عند التركيز 100 (mg/Kg)، أي ما يعادل 174.2 غرام Cd ممتص من الهكتار الواحد.

الجدول 12. الإحصاء الوصفي للكاديوم الممتص (مليغرام/أصيص) عند المعاملات المستخدمة

treatment	concentration	Mean (meg/pot)	Std. Deviation	C.V %	treatment	Mean (meg/pot)	Std. Deviation	C.V %
NTW	Cd1	0.007	0.001	18.8	MTW	0.003	0.003	83.1
	Cd2	0.025	0.003	12		0.039	0.015	39.5
	Cd3	0.194	0.007	3.5		0.213	0.033	15.5
	Cd4	0.280	0.052	18.6		0.271	0.029	10.6
	Cd5	0.184	0.094	51.3		0.335	0.093	27.7
	Cd6	0.141	0.023	16.2		0.242	0.064	26.6

كما يبين الجدول (13) نتائج اختبار Scheffe لفروق متوسطات الكاديوم الممتص داخل معاملة NTW (مليغرام/أصيص)، حيث يتضح من الجدول ارتفاع الفروق متوسط الممتص من الكاديوم من قبل النبات بشكل معنوي بين التركيز 1 (mg/Kg) من جهة، وكل من التراكيز 25، 50، 100 (mg/Kg) من جهة أخرى، في حين نلاحظ أن هذا الفرق أصبح غير معنوياً عند التركيز 200 (mg/Kg) وقد يعزى ذلك لانخفاض الكتلة الحيوية للنبات عند هذا التركيز وبالتالي انخفاض الكمية الكلية الممتصة من قبل النبات. أما نتائج اختبار Dunnett t تبين ارتفاع الكمية الممتصة من الكاديوم بشكل معنوي عند كافة التراكيز المضافة من الكاديوم مقارنة بالشاهد ليصل هذا الفرق أعلى قيمة له عند التركيز 50 (mg/Kg).

الجدول 13. نتائج اختبار Scheffe لفروق متوسطات الكاديوم الممتص داخل معاملة NTW (ميلغرام/أصيص)

التركيز Cd(mg/Kg)	1	25	50	100	200
1	-	*0.16-	*0.26-	*0.16-	0.12-
25	*0.16	-	0.09-	0.01	0.05
50	*0.26	0.09	-	0.09	0.14
100	*0.16	0.01-	0.09-	-	0.04
200	0.12	0.05-	0.14-	0.04-	-
نتائج اختبار t Dunnett					
Control (Cd1 NTW)	0.12-	*0.19-	*0.27-	*0.18-	*0.13-

* تشير إلى معنوية الفروق بين المتوسطين عند مستوى المعنوية 5%. المصدر: نتائج التحليل الإحصائي باستخدام برنامج Spss

يبين الجدول (14) نتائج اختبار Scheffe لفروق متوسطات الكاديوم الممتص داخل معاملة MTW (ميلغرام/أصيص)، حيث يتضح من الجدول ارتفاع الفروق متوسط الممتص من الكاديوم من قبل النبات بشكل معنوي بين التركيز (mg/Kg) 1 من جهة، وكافة التراكيز البقية من جهة أخرى، في حين نلاحظ أن هذه الفروق أصبحت غير معنوية بين التراكيز المرتفعة. أما نتائج اختبار Dunnett t تبين ارتفاع الكمية الممتصة من الكاديوم بشكل معنوي عند كافة التراكيز المضافة من الكاديوم - عدا التركيز 1mg/Kg - مقارنة بالشاهد، ليصل هذا الفرق أعلى قيمة له عند التركيز 100 (mg/Kg)، وهذا ما يؤكد قدرة النباتات المروية بالمياه الممغنطة على مقاومة التراكيز المرتفعة من الكاديوم.

الجدول 14. نتائج اختبار Scheffe لفروق متوسطات الكاديوم الممتص لمعاملة MTW (ميلغرام/أصيص)

التركيز Cd(mg/Kg)	1	25	50	100	200
1	-	*0.17-	*0.23-	*0.29-	*0.2-
25	*0.17	-	0.06-	0.12-	0.03-
50	*0.23	0.06	-	0.06-	0.03
100	*0.29	0.12	0.06	-	0.09
200	*0.2	0.03	0.03-	0.09-	-
نتائج اختبار t Dunnett					
Control (Cd1 MTW)	0.04-	*0.21-	*0.27-	*0.33-	*0.24-

* تشير إلى معنوية الفروق بين المتوسطين عند مستوى المعنوية 5%. المصدر: نتائج التحليل الإحصائي باستخدام برنامج Spss

الاستنتاجات والتوصيات:

في ظروف التجربة المنفذة تم التوصل إلى النتائج التالية:

- انخفاض كل من الوزن الطازج والوزن الجاف وطول نبات دوار الشمس الزيتي بارتفاع التركيز المضاف من الكاديوم. وازدياد الكمية الممتصة من الكاديوم بارتفاع التركيز المضاف من الكاديوم، لتبلغ أقصى كمية لها عند التركيز (50 mg/kg) في معاملة الري بمياه الصنبور، في حين كانت الكمية الممتصة من الكاديوم هي الأعلى عند التركيز (100 mg/kg) في معاملة المياه الممغنطة، ويعزى ذلك لطريقة امتصاص الكاديوم بالطريقة المباشرة والطريقة الفعالة من قبل النبات.
- التأثير الإيجابي للمياه الممغنطة في معظم المؤشرات المدروسة عند التراكيز المختلفة للكاديوم، كما قللت المياه الممغنطة من الآثار السمية للكاديوم عند كافة المستويات المستخدمة مقارنة بمياه الصنبور وبخاصة عند التراكيز المرتفعة (100، 200) Cd mg/kg، ويعزى ذلك إلى قدرة المياه الممغنطة على زيادة المتاح من بعض العناصر المغذية الكبرى والصغرى.

- اقتراح التوسع في استخدام المياه الممغنطة كطريقة لزيادة كفاءة الري وكفاءة الاستخلاص النباتي كأحدى الطرق المستخدمة لاستصلاح التربة الملوثة بالكاديوم. مع التركيز على عدم استخدام هذه النباتات المستخدمة في الاستخلاص في تغذية الحيوان أو الإنسان لما قد يسببه التركيز المرتفع للكاديوم من سمية وأمراض للإنسان والحيوان.

المراجع:

- Alloway, T. (1995). Heavy metals in soils. Environmental Pollution. Volume 22.
- Al-Khazan, M.; B. Abdullatif; and N. Al-Assaf (2011). Effects of magnetically treated water on water status, chlorophyll pigments and some elements content of Jojoba (*Simmondsia chinensis* L.) at different growth stages. Department of Biological Sciences, Faculty of Science, King Abdul Aziz University.
- Al-Whaibi, M. (2006). Phytochelatins and heavy metals. Saudi Journal of Biological Sciences. 13 (2): 43-53. (in arabic).
- Barghoth, G.; J. Youssef; A. Essam (2006). Cadmium contamination of soil in Qatina area and treatment. M.Sc. Al-Baath University, Homs, Syria.
- Christensen, T.H. (1984). Water, Air and Soil Pollution. 21:105-114.
- Christopher, S. (2000). Phytochelatins and their roles in heavy metal detoxification. American Society of Plant Physiologists. 123: 825–832.
- Daghan, H. (2004). Phytoextraction of heavy metal from contaminated soils using genetically modified plants Master of Science, Adana, Türkiye.
- Hilal, M.H.; Y.M. El-Fakhrani; S.S. Mabrouk; A.I. Mohamed; and B.M. Ebead (2013). Effect of magnetic treated irrigation water on salt removal from a sandy soil and on the availability of certain nutrients. International Journal of Engineering and Applied Sciences. 2(2).
- Kabata-Pendias, A. (2011). Trace elements in soils and plant .by Taylor and Francis Group, LLC.
- Mahmood, B. (2007). Effect of magnetic conditioning of saline water characteristics on corn plants growth (*Zea mays* L.) and up take of nitrogen phosphorus and potassium. College of Agriculture, University of Baghdad (in Arabic).
- Rawabdeh, H.; S. Shiyab; and R Shibli (2014). The effect of irrigation by magnetically water on chlorophyll and macro elements uptake of pepper (*Capsicum annuum* L.). Jordan Journal of Agricultural Sciences. 10(2).
- Xiumei, L.; F. Ma; H. Zhu; X. Ma; J. Guo; X. Wan; L. Wang; H. Wang; Y. Wang; X. Liu; F. Ma; H. Zhu; X. Ma; J. Guo; X. Wan; L. Wang; H. Wang; and Y. Wang (2017). Effects of magnetized water treatment on growth characteristics and ion absorption, transportation, and distribution in *Populus×euramericana* ‘Neva’ under NaCl stress, Canadian Journal of Forest Research. 47(6): 828-838.
- Zlotopolski, V. (2017) Magnetic Treatment Reduces Water Usage in Irrigation Without Negatively Impacting Yield, Photosynthesis and Nutrient Uptake in Lettuce. International Journal of Applied Agricultural Sciences. 3(5): 117-122.
- Zúñiga, O.; A. Jhony; D. Benavides; O. Cristian; A. Mauricio (2016). Magnetic treatment of irrigation water and seeds in agriculture. Ingeniería y Competitividad. 18(2): 217 - 232.

Effect of Magnetized Water Irrigation on Some Growth Traits of Sunflower and its Content of Cadmium in Cd-Contaminated Soil

Samir Shamsham⁽¹⁾ and Faten Razouk*⁽¹⁾

(1). Department of Soil and Land Reclamation, Faculty of Agriculture, AL Baath University, Homs, Syria.

(*Corresponding author: Eng. Faten Razouk. E-Mail: fatenrazouk1979@gmail.com).

Received: 20/04/2018

Accepted: 07/06/2018

Abstract

Phytoextraction technology is one of the most promising methods for reclamation of soils contaminated with heavy metals using plants, and sunflower is one of many plants that is used to reclaim cadmium contaminated soils. In order to test the efficiency of this technique, an experiment was conducted to study some growth indicators (length, fresh weight and dry weight) and the quantity of cadmium absorbed by the sunflower plant, *Helianthus annuus* L. using six concentrations of cadmium (0, 1, 25, 50, 100 and 200) (mg/kg) Cd, and irrigated with two types of water (magnetized water and tap water). As a result, there was a significant increase in cadmium uptake by the plant when irrigated with magnetized water compared with the tap water-irrigated plant at the same concentrations of cadmium contamination to reach a maximum value of 50 mg/kg in the treatment of tap water irrigation, and at concentration 100 mg/kg in the treatment of magnetized water. The results also showed that the positive effect of magnetized water on most of the studied traits at different concentrations of cadmium compared to tap water.

Key words: Cadmium, Magnetized water, Growth indicators.