مجلة زراعة الرافدين، المجلد (47)، عدد إضافي (3)،2019 وقائع المؤتمر الزراعي الدولي الثالث، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل وكلية علوم الهندسة الزراعية جامعة دهوك 2-3 تشرين الأول 2019
Mesopotamia Journal of Agriculture Vol. (47), Supplement III, 2019Proceedings of the 3rd International Agri. Conference, College of Agri. and Forestry, Univ. of Mosul and College of Agri. Engineering Sciences, Univ. of Duhok 2-3 October 2019

دور المعالجة النباتية Phytoremediation في ازالة الكادميوم من الترب المسمدة بالفوسفور والمروية بمياه مالحة

سلوى جمعة فاخر هيفاء جاسم حسين
قسم علوم التربة والموارد المائية / كلية الزراعة / جامعة البصرة
Email: jsalwa19@yahoo.com

الخلاصة

أجريت تجربة بيولوجية باستعمال تربة موقع كرمة علي-الجامعة مزيجة طينية غرينية, وثلاث مستويات من الفسفور (صفر و18 و36) ملغم فسفور كغم$^{-1}$ تربة على هيئة سماد سوبر فوسفات مركز (20.21% فسفور) خلطاً مع التربة, أضيف الكادميوم بأربعة مستويات (صفر و 1.25 و 2.5 و 5) ملغم كادميوم كغم$^{-1}$ تربة على هيئة ملح كلوريد الكادميوم مع مياه الري، كما استخدمت ثلاثة مستويات من ملوحة مياه الري هي (1 و3 و6) ديسيسمنز م$^{-1}$ على هيئة ملح كلوريد الصوديوم. زرعت بذور زهرة الشمس *Helianthus annuus* L. في أصص بلاستيكية حاوية 3 كغم تربة ضمن تجربة عامليه على وفق تصميم تام التعشية، رويت بالماء الى 75% السعة الحقلية، حصدت النباتات بعد 45 يوماً من الزراعة, أزيل الجزء الخضري من التربة وغسلت وجففت بالفرن على درجة حرارة 65 مْ حتى ثبوت الوزن وسجل وزنها الجاف وهضمت العينات النباتية الى اجراء التحاليل. توصلت الدراسة الى النتائج الآتية: سببت زيادة مستويات الكادميوم المضاف وملوحة مياه الري خفض الوزن الجاف والكمية الممتصة للكادميوم للمجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس في موقع الدراسة, بينما أدت زيادة مستويات السماد الفوسفاتي في التربة الى زيادة في تركيز الكادميوم في المجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس. نجد أن للسماد الفوسفاتي تأثيراً اكبر في تلوث النباتات بالكادميوم بنسب أعلى من مستويات ملوحة مياه الري.

الكلمات المفتاحية : Phytoremediation, اسمدة فوسفاتية, الكادميوم, ملوحة

تاريخ تسليم البحث:2019/6/25، تاريخ القبول:2019/9/30

المقدمة

إن عنصر الكادميوم من العناصر غير الضرورية للنبات, بل هو من العناصر السامة جداً للإنسان والحيوان والنبات، إذ يتجمع في مراكز حيوية مهمة في جسم الإنسان، وان عملية طرحه يمكن أن تكون معدومة تقريباً (Limei *et al*..2008). وبسبب تشابه الكادميوم مع عنصر الكالسيوم، فانه يترسب معه في العظام على شكل ثلاثي فوسفات الكادميوم, وهذا بدوره يؤدي الى هشاشة العظام وحدوث أضرار بالغة في العمود الفقري (ATSDR. 1999).

ازداد محتوى بعض الترب من الكادميوم في العقود الماضية بفعل التراكمات الناتجة من الفعاليات البشرية المتمثلة بالاستخدام المفرط للأسمدة الفوسفاتية والمبيدات. ومما يزيد من خطورة هذا العنصر هو قدرته على تكوين معقدات قوية مع الجزيئات الحيوية (biomolecular)، وهذه المعقدات يمكن أن تسبب خطراً على النظام الحيوي. وبسبب سميته العالية، فان دخوله الى الترب والمياه يمكن أن يؤدي الى خلق مشكلات بيئية إذا ما سمح له بالدخول الى السلسلة الغذائية (Bolt and Evans. 1996). كما أن شدة تلوث الترب بالكادميوم يمكن أن تسبب تنوعاً في المشكلات البيئية ليشمل تلوث الماء الأرضي وإحداث السمية في النظام البيئي (ecosystem) (El-Khatib *et al*..2001) .

تشهد الترب الزراعية بالعراق تزايداً وتكثيفاً للإنتاج لمقابلة الاحتياجات المتزايدة إلى المنتجات الزراعية، وهذا بدوره يتطلب إضافات متزايدة من الأسمدة الفوسفاتية، التي ربما تشكل مصدراً مهماً لإضافات العناصر الثقيلة الى التربة ولاسيما الكادميوم .

تشكل الترب ذات مستويات الملوحة العالية نسبة كبيرة من ترب وسط العراق وجنوبه، وأظهرت نتائج عدد كبير من الدراسات أن الأملاح ولاسيما أملاح الكلوريدات أدت إلى زيادة تركيز الكادميوم في محلول التربة وفي الجزء الخضري والجذري للنباتات. لذا توجهت الأنظار نحو استخدام تقنية Phytoremediation (الاستصلاح الحيوي) التي تستخدم فيها النباتات لإزالة الملوثات المعدنية والعضوية والمبيدات الحشرية والنظائر المشعة والمتفجرات والهيدروكربونات والمواد السامة من البيئة كافةً.

ونظراً لتعرض ترب البصرة بصورة عامة والترب الزراعية بصورة خاصة للتلوث، لذا نفذت الدراسة.

المواد وطرائق العمل

نفذت تجربة زراعة محصول زهرة الشمس *Helianthus annuus* L. في الظلة الخشبية التابعة لكلية الزراعة/جامعة البصرة في تربة موقع كرمة علي (الجامعة) ذات نسجة مزيجة طينية غرينية على وفق تصميم عشوائي كامل C.R.D بتجربة عاملية Factorial Experiment Design تضمنت التجربة استخدام ثلاثة مستويات من السماد الفوسفاتي (صفر و 18 و36)ملغم P كغم$^{-1}$ تربة, وملوحة مياه الري (1 و 3 و6) ديسيسمنز م$^{-1}$, وأربعة مستويات كادميوم (صفر و 1.25 و 2.50 و 5) ملغم Cd كغم$^{-1}$ تربة, والتداخل بينها أي بواقع 1 × 4 × 3 × 3 × 2 أي (تربة × مستوى الكادميوم × مستوى ملوحة مياه الري × مستوى السماد الفوسفاتي × مكرر) لتكون 72 وحدة تجريبية.

استخدمت أصص بلاستيكية بارتفاع 15 سم ومعدل قطر18 سم حاوية 3كغم تربة بعد أن جففت هوائياً ونخلت بمنخل سعة فتحاته 4 ملم, عوملت الترب بمستوى واحد من السماد النيتروجيني قدره 165 كغم N هكتار$^{-1}$ على هيئة سماد اليوريا (46% نيتروجين) وبما يعادل 0.54غم يوريا أصيص$^{-1}$ وقد أضيف على شكل دفعتين, الأولى عند الزراعة خلطاً مع التربة, والثانية بعد شهر من الزراعة مع ماء الري. كما أضيف الفسفور بثلاثة مستويات (صفر، 18 و36) ملغم P كغم$^{-1}$ تربة على هيئة سماد سوبر فوسفات مركز (20.21% فسفور) بما يعادل (صفر و0.27 و0.54) غم سماد أصيص$^{-1}$, والبوتاسيوم بمستوى 68 كغم K هكتار$^{-1}$ على هيئة سماد كبريتات البوتاسيوم (43% بوتاسيوم) بما يعادل (0.24غم سماد أصيص$^{-1}$) دفعة واحدة قبل الزراعة خلطاً مع التربة, وقد مثلت مستويات التسميد النتروجيني والفوسفاتي والبوتاسي المضافة توصيات وزارة الزراعة/الهيئة العامة للخدمات الزراعية (1991). أما الكادميوم فقد أضيف مع مياه الري بأربعة مستويات (صفر و1.25 و2.50 و5) ملغم Cd كغم$^{-1}$ تربة على هيئة ملح $CdCl_2$ بما يعادل (صفر و0.006 و0.012 و0.024)غم $CdCl_2$ مذاباً في السعة الحقلية لكل تربة. أضيفت المعاملات الملحية بثلاثة مستويات (1 و3 و6 ديسيسمنز م$^{-1}$) بما يعادل (0.64 و1.92 و 3.84غم NaCl في لتر من الماء المقطر) بشكل ماء ري.

زرعت بذور زهرة الشمس بعد نقعها بالماء المقطر لمدة يومين بواقع 10 بذرة لكل أصيص, ثم رويت الترب المزروعة بالماء المقطر بما يعادل75% من السعة الحقلية لمدة عشرة أيام حتى نجاح الانبات، بعدها رويت بمستويات مياه الري المالحة. رتبت الأصص جميعها للمعاملات المختلفة ترتيباً عشوائياً وغطيت بالبلاستك لتشجيع الإنبات. بعد إنبات البذور خفت إلى 5 نباتات لكل أصيص واستمر الري السطحي بمستويات المياه المالحة خلال مدة الزراعة بعد انخفاض مستوى الترب الرطوبي إلى اقل من السعة الحقلية التي استدل عليها من خلال الفرق في الوزن بين الوزن عند السعة الحقلية للأصيص وبعد انخفاض الوزن بالفقد.

حصدت النباتات بعد 45 يوماً من الزراعة وعلى ارتفاع 1.5 سم من سطح التربة تجنباً لتلوث الجزء الخضري، وغسل بالماء العادي أولاً ثم بالماء المقطر لإزالة الأتربة العالقة بها. وجففت بالفرن على درجة حرارة 65 مْ حتى ثبوت الوزن الجاف للنبات. سجل الوزن الجاف للجزء الخضري وقطعت وطحنت ونخلت بمنخل سعة فتحاته 1 ملم وحفظت في أوعية بلاستيكية نظيفة إلى حين إجراء التحاليل المطلوبة, هضمت العينات النباتية الجافة (الجزء الخضري) بوساطة الخليط الحامضي (HNO_3 : $HClO_4$) (حامض النتريك : حامض البيركلوريك) بنسبة (1:3) بحسب الطريقة الموصوفة في Kalra (1998) ، ثم قدر في محلول الهضم الكادميوم في جهاز الامتصاص الذري (AAS) ثم بعد تسجيل الوزن الجاف وتركيز الكادميوم للعينات النباتية ، حسبت الكمية الممتصة للكادميوم والتي تمثل:

الكمية الممتصة = وزن المادة الجافة × التركيز (محتوى العنصر من النبات)

قدرت الخصائص الكيميائية والفيزيائية لتربة الدراسة حسب Page et al (1982) Black (1965) Jackson (1958) (جدول 1).

الجدول (1): الخصائص الكيميائية والفيزيائية لتربة الدراسة

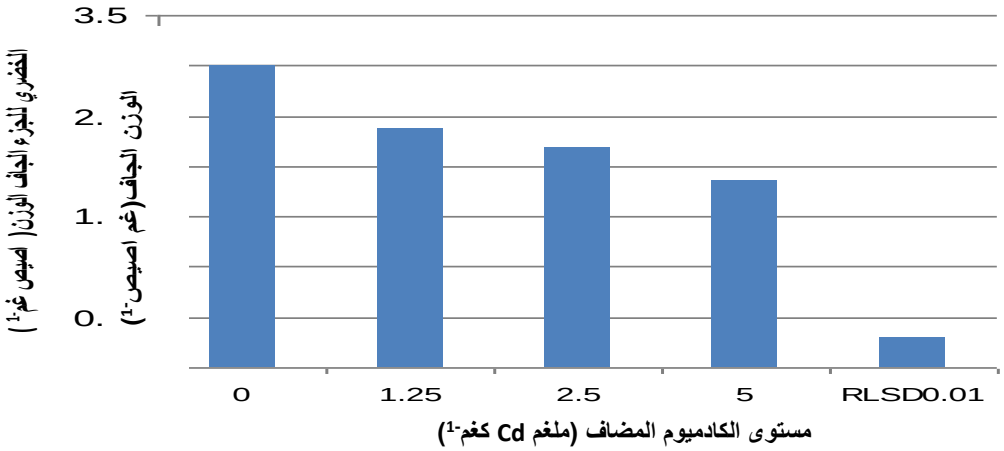
الصفة	القيمة	وحدة القياس
درجة تفاعل التربة pH	7.5	
الايصالية الكهربائية Ec	4.1	ديسيسمنز.م$^{-1}$
السعة التبادلية للأيونات الموجبة	16.18	سنتيمول. شحنة $^{+}$. كغم$^{-}$
المادة العضوية	13.12	^{1} تربة
الكاربونات الصلبة الكلية .	410.00	غم.كغم$^{-1}$ تربة
		غم.كغم$^{-1}$ تربة
الايونات الذائبة في محلول التربة		
الكالسيوم Ca^{++}	8.00	
المغنسيوم Mg^{++}	9.62	ملي مول. لتر $^{-1}$
البوتاسيوم K^{+}	2.07	ملي مول. لتر $^{-1}$
الصوديوم Na^{+}	14.57	ملي مول. لتر $^{-1}$
الكلور Cl^{-}	28.75	ملي مول. لتر $^{-1}$
البيكاربونات $HCO_3^{=}$	4.25	ملي مول. لتر $^{-1}$
الكبريتات $SO_4^{=}$	16.89	ملي مول. لتر $^{-1}$
الكاربونات $CO_3^{=}$	0	ملي مول. لتر $^{-1}$
		ملي مول. لتر$^{-1}$
مفصولات التربة		
الرمل	48.4	
الغرين	566.0	غم. كغم $^{-1}$
الطين	385.6	غم. كغم $^{-1}$
نسجة التربة		غم. كغم $^{-1}$
		مزيجة طينية غرينية

النتائج والمناقشة

تأثير مستويات الكادميوم والملوحة والتسميد الفوسفاتي في مفردات نمو محصول زهرة الشمس

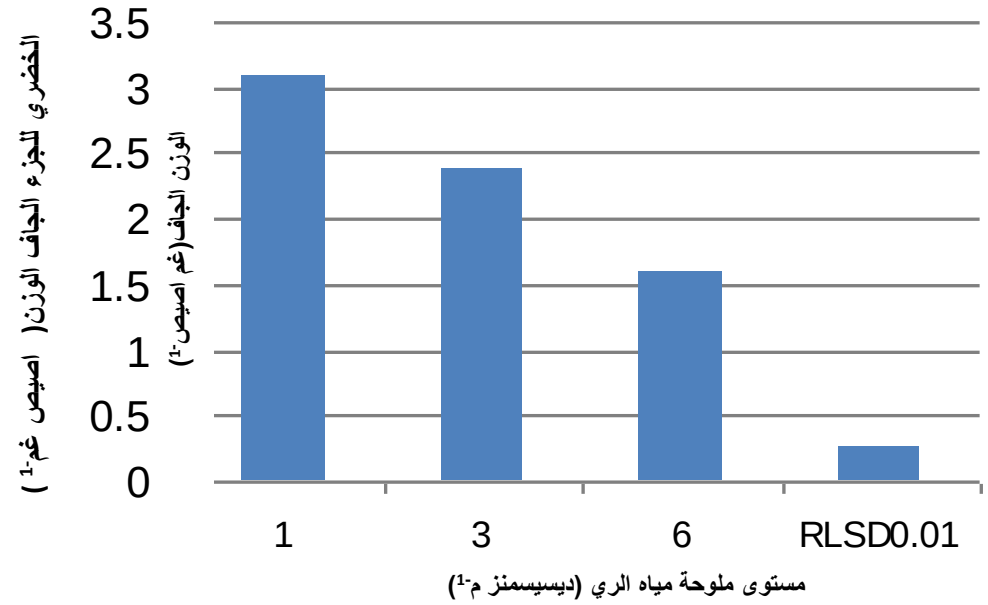
الوزن الجاف للمجموع الخضري

تبين النتائج الموضحة في الاشكال (1 و 2 و 3) تأثير مستويات الكادميوم (صفر و 1.25 و 2.5 و5)ملغم Cd كغم$^{-1}$ تربة, وملوحة مياه الري (1 و 3 و6) ديسيسمنز م$^{-1}$, والتسميد الفوسفاتي (صفر و18 و36) ملغم P كغم$^{-1}$ تربة, في الوزن الجاف للمجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس (*Helianthus annuus* L.) المزروعة في تربة موقع كرمة علي-الجامعة. وقد بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية عند مستوى احتمال 0.01 لمستويات الكادميوم المضاف في الوزن الجاف للمجموع الخضري (شكل1), إذ سببت زيادة مستويات الكادميوم المضاف انخفاض معدلات الوزن الجاف لتصل إلى(3.011 و2.371 و2.184 و 1.856)غم أصيص$^{-1}$ عند المستوى (صفر و1.25 و2.5 و5) ملغم كغم$^{-1}$ تربة على التوالي، وبنسب انخفاض قدرها(21.26 و27.47 و38.36)% على التوالي، إزاء معاملة المقارنة. تتشابه نتائج الدراسة الحالية في الاتجاه العام مع Hammami *et al.*(2004) الذي عزا انخفاض معدل النمو لمحصول زهرة الشمس النامية في تربة طينية في تونس إلى زيادة مستويات تلوث الترب بالكادميوم إلى انخفاض تمثيل ثنائي اوكسيد الكربون وتكوين الكلوروفيل. في حين عزا Malkowski *et al.*(2005) انخفاض الوزن الجاف لمحصول الذرة الصفراء مع زيادة مستويات الكادميوم إلى تأثيره في تركيز الكالسيوم في جدار خلايا النبات وتأثيره في العمليات الفسلجية من امتصاص الماء والعناصر الغذائية من النباتات. كما حصل Zadeh *et al.*(2008) على انخفاض معنوي عند مستوى احتمال 0.01 في الوزن الجاف للجزء الخضري لمحصول زهرة الشمس المزروعة في تربة مزيجة ناعمة في طهران/إيران عند زيادة مستويات الكادميوم المضاف (صفر و50 و100 و200) ملغم Cd كغم$^{-1}$ تربة، وقد عزوا سبب ذلك إلى تأثير عنصر الكادميوم في عمليات تمثيل الغذاء والنشاط الأنزيمي.



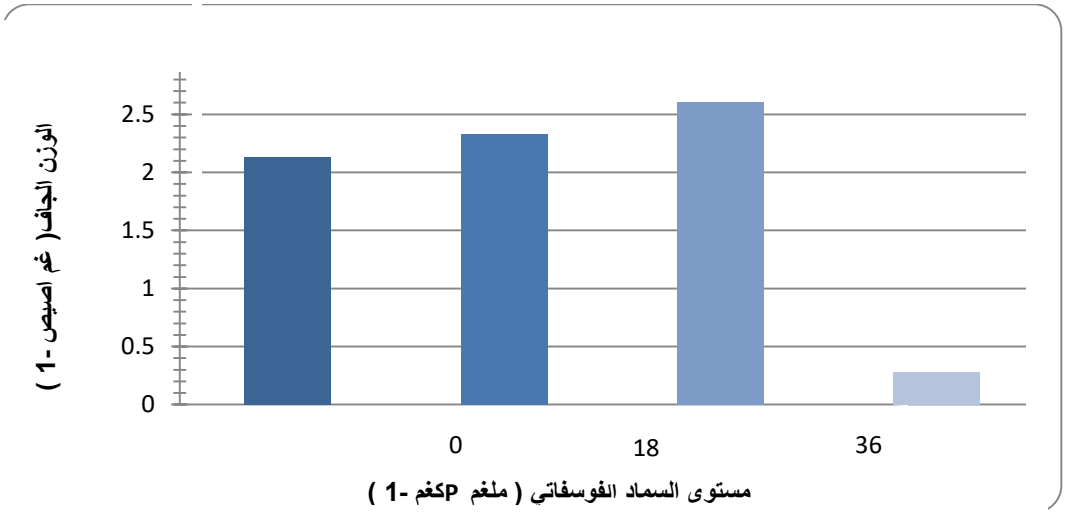
الشكل (1): تأثير مستويات الكادميوم في الوزن الجاف للمجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس في تربة موقع الدراسة

أشارت نتائج التحليل الإحصائي في الشكل (2) وجود انخفاض معنوي عند مستوى احتمال 0.01 في الوزن الجاف للمجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس المزروعة في تربة كرمة علي-الجامعة مع زيادة مستويات ملوحة مياه الري (1 و3 و6) ديسيسمنز م-1 إذ بلغت معدلاته (3.099 و2.377 و1.590) غم أصيص-1على التوالي. فقد أشار Bajehbaj (2010) إلى تأثير مستوى ملوحة مياه الري (5 و10 و15 و20 و25) ديسيسمنز م-1 وعلى شكل ملح كلوريد الصوديوم في أنبات بادرات محصول زهرة الشمس ونموه. وتوصل إلى انخفاض الوزن الجاف لكل من المجموع الخضري والجذري للمحصول مع زيادة المستويات الملحية المستخدمة. اتفقت هذه النتائج مع ما توصل إليه Kaya and Ipek (2003) عند زراعة محصول زهرة الشمس عند مستويات مختلفة من ملوحة التربة (0.8 و2.5 و5.1 و8.7 و13.0 و15.2 و23.0) ديسيسمنز م-1، وتوصلا إلى أن معدل أنبات البذور والوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري قد تأثر معنوياً بزيادة مستويات الملوحة, وأن المجموع الجذري أكثر حساسية للملوحة من المجموع الخضري.



الشكل (2): تأثير مستويات ملوحة مياه الري في الوزن الجاف للمجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس في تربة موقع الدراسة

أدت زيادة مستويات السماد الفوسفاتي المضاف (18 و36) ملغم P كغم$^{-1}$ تربة إلى زيادة معنوية عند مستوى احتمال 0.01 في الوزن الجاف للمجموع الخضري لنبات زهرة الشمس المزروع في تربة موقع الدراسة (شكل 3)، إذ بلغت معدلاتها(2.327 و2.610)غم أصيص$^{-1}$ قياساً بمعاملة المقارنة 2.130غم أصيص$^{-1}$وبزيادة قدرها (9.25و22.54)% عن معاملة المقارنة. فقد أشار Gunes ar d Inal (2008) إلى أهمية السماد الفوسفاتي في زيادة مفردات نمو محصول زهرة الشمس من خلال زيادة نشاط أنزيم Phosphatase من ثم زيادة كفاءة السماد وانعكاسه الايجابي على نمو النبات.



الشكل (3): تأثير مستويات السماد الفوسفاتي في الوزن الجاف للمجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس في تربة موقع الدراسة

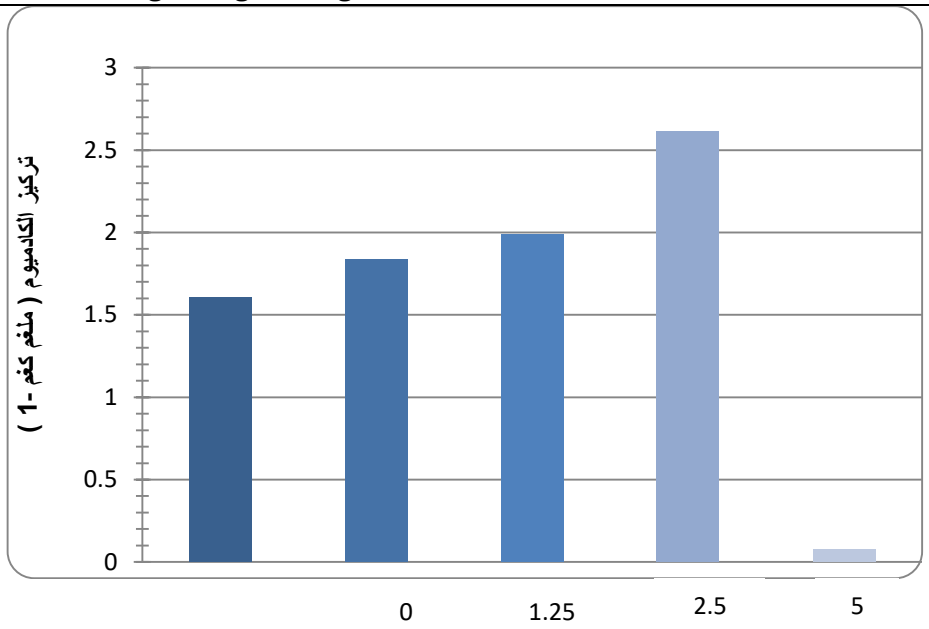
بينت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروقات معنوية للتداخل الثنائي والثلاثي بين مستويات الكادميوم وملوحة مياه الري أو مستويات الكادميوم مع السماد الفوسفاتي أو ملوحة مياه الري مع السماد الفوسفاتي أو مستويات الكادميوم وملوحة مياه الري والتسميد الفوسفاتي في الوزن الجاف للمجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس المزروعة في تربة موقع الدراسة. ويمكن تفسير سبب ذلك بتوافق تأثير الزيادة في الوزن الجاف نتيجة إضافة السماد الفوسفاتي مع الانخفاض في الوزن الجاف نتيجة مستويات الكادميوم أو ملوحة مياه الري.

تركيز الكادميوم في المجموع الخضري

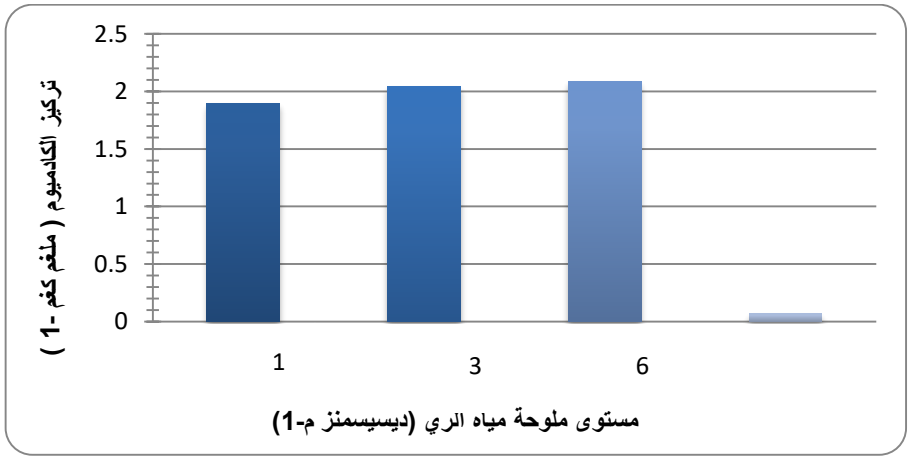
بينت نتائج التحليل الإحصائي في الشكل (4) وجود فروقات معنوية عند مستوى احتمال0.01 لمستويات الكادميوم المضاف(صفر و 1.25 و2.5 و5) ملغم Cd كغم$^{-1}$ تربة في تركيزه داخل الجزء الخضري لمحصول زهرة الشمس ، والتي بلغت معدلاتها في تربة موقع الدراسة(1.604 و1.836 و 1.989 و2.611) ملغم Cdكغم$^{-1}$ مادة جافة للمستويات المستخدمة على التوالي. ويتضح من النتائج أن زيادة مستويات التلوث بالكادميوم سببت زيادة في تركيز الكادميوم في المجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس.

وجد البواردي (2003) أن زيادة تلوث ترب المنطقة الوسطى بالمملكة العربية السعودية (صفر و 0.5 و 2.5 و 12.5) ملغم كغم$^{-1}$ تربة سبب زيادة في تراكم تركيز الكادميوم في المحاصيل المزروعة في المنطقة. كما حصل Mathew *et al.*(2002) على زيادة معنوية في تركيز الكادميوم في الجزء الخضري لمحصول زهرة الشمس والرز والسمسم مع زيادة مستويات الكادميوم المضاف (صفر و5 و15 و25) ملغم كغم$^{-1}$ تربة وقد اختلفت التراكيز مع اختلاف نوع النبات وطبيعة أنتشار الجذور.

أسهمت زيادة مستويات ملوحة مياه الري (1 و3 و6) ديسيسمنز م$^{-1}$ في زيادة تركيز الكادميوم في المجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس عند مستوى احتمال0.01 (الشكل 5)، إذ بلغت معدلاتها في التربة (1.895 و2.045 و2.090) ملغمCd كغم$^{-1}$مادة جافة للمستويات الملحية المستخدمة على التوالي. وعزا Kirkham (2006) ارتفاع تركيز الكادميوم في المجموع الخضري 20 ملغم كغم$^{-1}$ لنبات زهرة الشمس المزروعة في تربة مزيجة طينية غرينية إلى ملوحة مياه الري الغنية بأملاح الكلورايد.



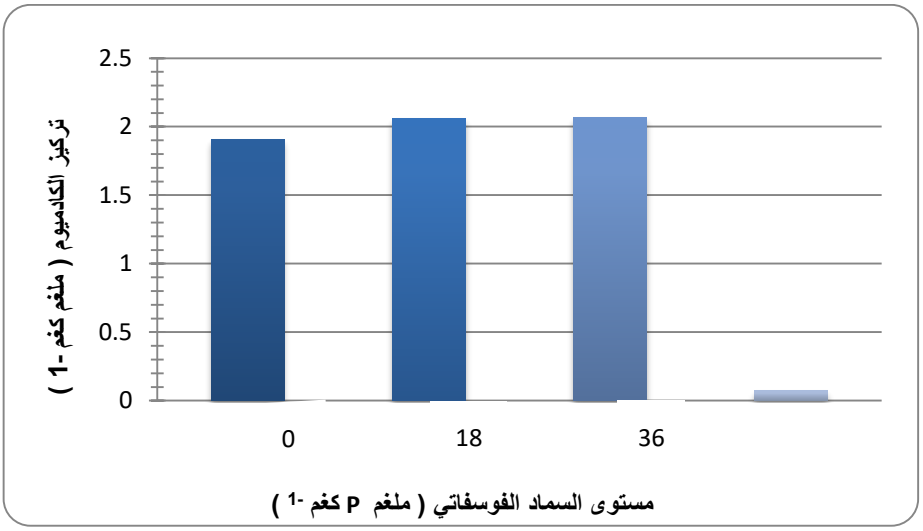
الشكل (4): تأثير مستويات الكادميوم في تركيز الكادميوم للمجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس في تربة موقع الدراسة



الشكل (5): تأثير مستويات ملوحة مياه الري في تركيز الكادميوم للمجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس في تربة موقع الدراسة

وجد Degryse *et al.*(2004) زيادة كمية الكادميوم المستخلصة من الترب الملحية قياساً بالترب غير الملحية بوساطة محلول1 مولاري $CaCl_2$, وقد عزا سبب ذلك إلى تفاعلات التعقيد (Complexation) بين الكادميوم والكلورايد (Chloro - Complexed) من ثم قلل من فرصة امتزازه على السطوح. وجد Smolders and Mclaughlin (1996) أن الكلورايد يكون مع الكادميوم معقدات قوية نسبياً على شكل ($CdCl_2^o$. $CdCl^+$) التي تقلل من فرصة امتزاز الكادميوم من غرويات التربة المعدنية وترسيبه من ثم يزداد تركيزه في أجزاء النبات المختلفة قياساً بايون الكادميوم الحر Cd^+. تبين النتائج الموضحة في الشكل (6) وجود فروقات معنوية عند مستوى احتمال 0.01 في تركيز الكادميوم في المجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس المزروع في تربة موقع الدراسة عند إضافة مستويات مختلفة من السماد الفوسفاتي (صفر و 18 و 36) ملغم P كغم$^{-1}$ تربة على هيئة سماد السوبر فوسفات المركز(CSP) التي بلغت معدلاتها في التربة (1.907 و2.058 و2.064) ملغم Cd كغم$^{-1}$ مادة جافة بمعدلات زيادة قدرها 7.92 و 8.23 %عن معاملة المقارنة على التوالي . ويمكن تفسير سبب تلك الزيادة في تركيز الكادميوم في المجموع الخضري لمحصول

زهرة الشمس مع زيادة مستويات سماد السوبر فوسفات المركز المضاف بالمحتوى العالي للسماد من الكادميوم.



الشكل (6): تأثير مستويات التسميد الفوسفات في تركيز الكادميوم للمجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس في تربة كرمة علي-الجامعة

توصل Alloway (1995) إلى أن تركيز الكادميوم في الأسمدة الفوسفاتية المستخدمة في أندونيسيا يتراوح بين (135 إلى 255) ملغم Cd كغم$^{-1}$سماد، وأن تلوث التربة والنبات بعنصر الكادميوم يعتمد على خصائص التربة وقابلية النبات على تجمع الكادميوم، ويعد محصول زهرة الشمس من المحاصيل التي لها القابلية على تجمع الكادميوم (Hyperaccumlation) في أجزائه الخضرية والجذرية من دون أنتقالها إلى البذور. ونظراً للمخاطر الناجمة عن تلوث التربة والمحاصيل بعنصر الكادميوم من إجراء استخدام الأسمدة الفوسفاتية, فقد في حين فرضت الحكومة السويدية ضريبة على مصانع الأسمدة الفوسفاتية الحاوية كادميوم بتركيز أعلى من 5 ملغم Cd كغم$^{-1}$سماد وعدم شراء الأسمدة الفوسفاتية الحاوية كادميوم بتركيز يفوق 100 ملغم كغم$^{-1}$ (Gunilla.2002) .

من خلال نتائج التحليل الأولي لصخر الفوسفات (Rock Phosphate) العراقي (منطقة عكاشات/محافظة الأنبار) تبين انه كان يحتوي كادميوم كلي بتركيز 65.30 ملغم كغم$^{-1}$ وكادميوم ذائباً بتركيز 9.525 ملغم لتر$^{-1}$ الذي يعد اقل قياساً بالمصادر السمادية العالمية الأخرى. أن المشكلة الأساسية من استخدام سماد السوبر فوسفات المركز هو أنتقاله إلى النبات ولاسيما عند المستويات العالية من السماد مع توفر عوامل التربة المساعدة على امتصاصه وأنتقاله إلى النبات. فقد وجد Loganathan *et al.*(1995) أن استخدام الأسمدة الفوسفاتية لمدة طويلة زاد من تركيز الكادميوم في التربة وكان تأثيره واضحاً على النباتات المزروعة. كما أوضحت نتائج العيد وآخرين (2007) أن الأجزاء النباتية المختلفة لمحاصيل الخضر المزروعة في منطقة الإحساء في المملكة العربية السعودية قد ازداد تركيز الكادميوم فيها مع زيادة مستويات سماد السوبر فوسفات المركز.

لقد كان لطبيعة التداخل الثنائي بين (مستويات الكادميوم وملوحة مياه الري) و (مستويات الكادميوم والتسميد الفوسفاتي) و (ملوحة مياه الري ومستويات السماد الفوسفاتي) والثلاثي (مستويات الكادميوم وملوحة مياه الري والسماد الفوسفاتي) تأثير معنوي عند مستوى احتمال 0.01 في تركيز الكادميوم في المجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس المزروع في تربة موقع الدراسة (جدول2) بالنسبة لتداخل مستويات الكادميوم وملوحة مياه الري اعطت المعاملة 5 ملغم Cd كغم$^{-1}$ وملوحة 6 ديسيسمنز م$^{-1}$ اعلى القيم وبلغت 2.776 ملغم Cd كغم$^{-1}$مادة جافة, بينما اعطت معاملة صفر ملغم Cd كغم$^{-1}$ وملوحة1 ديسيسمنز م$^{-1}$ اقل القيم وبلغت 1.543 ملغم Cd كغم$^{-1}$مادة جافة. اما بالنسبة لتداخل مستويات الكادميوم والسماد الفوسفاتي فقد اعطت اعلى قيمة 2.731 ملغم Cd كغم$^{-1}$مادة جافة عند المعاملة 5 ملغم Cd كغم$^{-1}$ و18 ملغمP كغم$^{-1}$ واقل قيمة 1.479 ملغم Cd كغم$^{-1}$مادة جافة عند معاملة صفر ملغم Cd كغم$^{-1}$ وصفر ملغمP كغم$^{-1}$. اما بالنسبة لتداخل

مستويات ملوحة مياه الري و السماد الفوسفاتي فقد اعطت اعلى قيمة 2.869 ملغم Cd كغم$^{-1}$مادة جافة عند المعاملة 6 ديسيسمنز م$^{-1}$ و36 ملغمP كغم$^{-1}$ واقل قيمة 1.330ملغم Cd كغم$^{-1}$مادة جافة عند معاملة 1 ديسيسمنز م$^{-1}$وصفر ملغمP كغم$^{-1}$.اما التداخل الثلاثي فقد اعطت اعلى قيمة 2.869ملغم Cd كغم$^{-1}$مادة جافة عند المعاملة 5 ملغم Cd كغم$^{-1}$ 6 ديسيسمنز م$^{-1}$ 36 ملغمP كغم$^{-1}$ واقل قيمة 1.330 ملغم Cd كغم$^{-1}$مادة جافة عند المعاملة صفر ملغم Cd كغم$^{-1}$ 1 ديسيسمنز م$^{-1}$ صفر ملغمP كغم$^{-1}$. ويمكن تفسير سبب حالة التداخل الايجابي بين كل من السماد الفوسفاتي والملوحة بزيادة محتوى الأسمدة الفوسفاتية من الكادميوم وإسهام ملوحة مياه الري من خلال زيادة القوة الأيونية Ionic Strength وزيادة تركيز ايونات الكلورايد التي تمنع من ترسيب الكادميوم أو امتزازه وامتصاصه من النبات ما أوضحته الدراسات العديدة ، ولكن لظروف التربة وخصائصها دوراً مهماً في تحديد نشاط سلوك ايونات الكلورايد والكادميوم والفوسفات في المحلول. أشار Mangkoedihardjo and Surahmaida (2008) إلى قابلية بعض النباتات في إزالة العناصر الثقيلة من التربة ومنها محصول زهرة الشمس، ويعد من المحاصيل المنظفة للبيئة (Clean-up) كما أنه محصول مقاوم لتركيز العناصر الثقيلة في التربة.

الجدول (2): تأثير مستويات الكادميوم وملوحة مياه الري والتسميد الفوسفات في تركيز الكادميوم في المجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس (ملغم كغم$^{-1}$) في تربة موقع الدراسة

مستوى الكادميوم المضاف (ملغم Cd كغم$^{-1}$)	ملوحة مياه الري (ديسيسمنز م$^{-1}$)	مستوى السماد الفوسفات (ملغم P كغم$^{-1}$)			
		صفر	18	36	المعدل
صفر	1	1.330	1.620	1.680	1.543
	3	1.518	1.638	1.688	1.615
	6	1.590	1.676	1.692	1.653
	المعدل	1.479	1.645	1.687	1.604
1.25	1	1.520	1.878	1.924	1.774
	3	1.702	1.892	1.954	1.849
	6	1.762	1.910	1.978	1.883
	المعدل	1.661	1.893	1.952	1.835
2.5	1	1.856	1.949	1.992	1.932
	3	1.889	1.963	2.112	1.988
	6	1.940	1.980	2.220	2.047
	المعدل	1.895	1.964	1.824	1.989
5	1	2.469	2.694	2.835	2.329
	3	2.629	2.720	2.869	2.728
	6	2.681	2.778	2.868	2.776
	المعدل	2.593	2.731	2.509	2.611

RLSD قيمة اقل فرق معنوي معدل عند مستوى احتمال 0.01

الكادميوم والملوحة	الكادميوم والسماد	الملوحة والسماد	الكادميوم والملوحة والسماد
0.164	0.164	0.143	0.282

تقييم تلوث نبات زهرة الشمس بالكادميوم

بادر عديد من الباحثين والمؤسسات العلمية ذات العلاقة في وضع مديات وحدود عليا (Maximum Concentration level) لتركيز الكادميوم في النبات، وكما موضح في الجدول (3). ومن خلال مقارنة نتائج دراستنا الحالية لتركيز الكادميوم في الجزء الخضري لمحصول زهرة الشمس المزروع في تربة موقع الدراسة (جداول2 و3) نجد أن النباتات جميعها ملوثة بالكادميوم بالاعتماد على التصأنيف عدا تصنيف Indian Standard Limit (2000) و Lin Zon *et al.* (1978) بما فيها معاملة المقارنة. ما يؤكد أن

الترب أصلاً ملوثة بالكادميوم من مصادر أخرى غير المصادر المدروسة والمتمثلة بمستويات الكادميوم والملوحة والتسميد الفوسفاتي ، فقد تلوثت الترب من مصادر أخرى مثل الهواء وعوادم السيارات أو المخلفات العضوية وغيرها.

من خلال نسب الزيادة التي حققتها المعاملات المستخدمة في الدراسة في تركيز الكادميوم في المجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس لتربة الدراسة التي بلغت في مستويات السماد الفوسفاتي في المجموع الخضري (7.92 و8.23)% وعند المستوى (18 و36) ملغم P كغم$^{-1}$ تربة على التوالي. وفي مستويات ملوحة مياه الري (1 و3 و6) ديسيسمنز م$^{-1}$ التي بلغت للمجموع الخضري (7.92 و10.29)% على التوالي. في حين حققت مستويات الكادميوم (صفر و1.25 و2.5 و5.0) ملغم كغم$^{-1}$ تربة نسب زيادة في المجموع الخضري قدرها (14.46 و24.00 و62.78)% على التوالي.

نجد أن للسماد الفوسفاتي تأثيراً اكبر في تلوث النباتات بالكادميوم بنسب أعلى من مستويات ملوحة مياه الري وهذا يعود إلى ما يضيفه سماد السوبر فوسفات المركز من كادميوم إلى التربة بسبب محتواه من الكادميوم. فقد ذكر Williams and David (1973) أن مصدر الكادميوم الرئيس في سماد السوبر فوسفات المركز هو حامض الفوسفوريك المصنع من صخر الفوسفات الحاوي ترسبات من معادن الكادميوم (31-90) ملغم Cd كغم$^{-1}$ صخر فوسفات, وفي سماد السوبر فوسفات المركز (27-48) ملغم كغم$^{-1}$ سماد. كما ذكر Wakefield (1980) أن(60-70)% من الكادميوم الموجود في سماد السوبر فوسفات المركز مصدره صخر الفوسفات, وأن تركيز الكادميوم في السماد يعتمد على نوع صخر الفوسفات ومصدره ، إذ تجرى عمليات عدة لإزالة الكادميوم من حامض الفوسفوريك قبل تحويله إلى سماد فوسفاتي.

الجدول (3): الحد الأعلى لتركيز الكادميوم في النبات

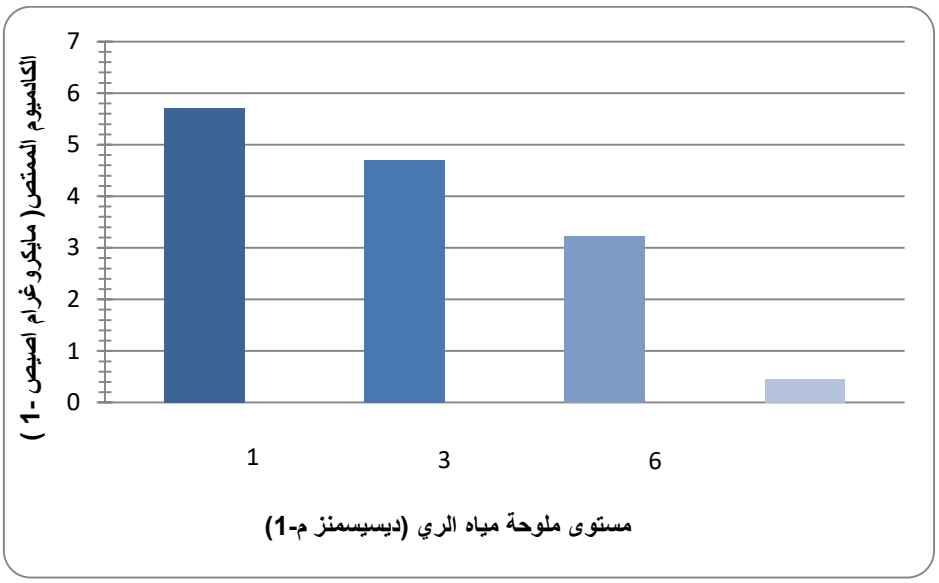
المصدر Reference	الحد الأعلى لتركيز Cd في النبات (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة)
Kirkham (1977)	0.20
Lin Zon (1978)	8.00
Kabata-Pendias and Pendias (1984)	0.20 –0.05
Brooks (1998b)	0.10
Fifield and Haines (2000)	0.05 –0.02
Indian Standard Limit (Awashthi. 2000)	1.50
Commission Regulation (Eu. 2006)	0.20
WHO/FAO (2007)	0.20
Behbahaninia and Mirbagheri (2008)	0.10

كمية الكادميوم الممتصة في المجموع الخضري

بينت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروقات معنوية بين مستويات الكادميوم المضاف في الكمية الممتصة من الكادميوم في تربة موقع الدراسة, وقد يعزى السبب في ذلك إلى ارتفاع الوزن الجاف للمجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس وتركيز الكادميوم في تربة موقع الدراسة. كما وجد Mahdy *et al.*(2007) زيادة الكمية الممتصة من الكادميوم المضاف من محصول زهرة الشمس المزروع في ثلاث ترب مصرية Clay (Typic torrifluvents) و Sandy (Typic torripsa-mment) و Calcareous (Typic calciorthids) مع زيادة مستويات التلوث بالكادميوم (40 و80 و120) ملغم كغم$^{-1}$تربة، وأن الكمية الممتصة من الكادميوم اتبعت الترتيب الآتي Clay > Calcareous > Sandy Soil.

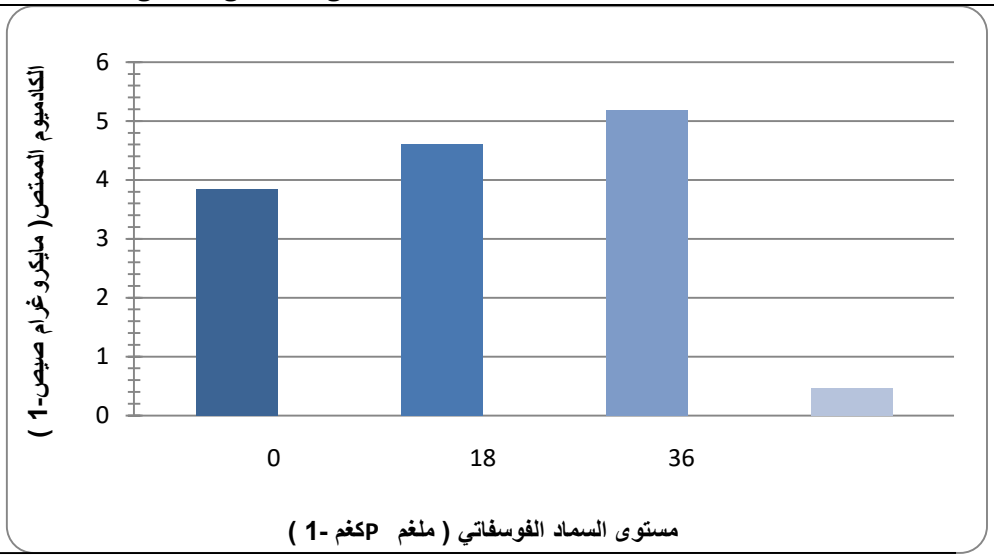
تبين النتائج الموضحة في الشكل (7) التأثير المعنوي عند مستوى احتمال 0.01 لملوحة مياه الري (1 و3 و6) ديسيسمنز م$^{-1}$ في الكمية الممتصة من الكادميوم في الجزء الخضري لمحصول زهرة الشمس المزروع في تربة موقع الدراسة، اذ فقد بلغت معدلات الكمية الممتصة من الكادميوم عند المستوى(1 و3 و6) ديسيسمنز م$^{-1}$ في التربة(5.715 و4.694 و3.226) مايكروغرام أصيص$^{-1}$ على التوالي، وحقق المستوى 1 ديسيسمنز م$^{-1}$ أعلى زيادة في كمية الكادميوم الممتصة التي تفوقت على المستوى 3 و6 ديسيسمنز م$^{-1}$ زيادة قدرها (21.75 و77.15)% على التوالي، ويعزى السبب في ذلك إلى زيادة القوة الأيونية Ionic strength

لمحلول التربة وتكوين المعقدات الأيونية مع ايونات الكلورايد Chloro-Complexes التي تسبب أنخفاضاً في تركيز ايونات الكادميوم الحرة في محلول التربة. كما بين Kirkham (2006) تأثير ملوحة التربة (على أساس تركيز ايونات الكلورايد في المحلول) في جاهزية الكادميوم للنبات، وتوصل إلى انخفاض كمية الكادميوم الممتصة، وعزا سبب ذلك إلى تكوين معقدات أيونية بين الكادميوم والكلورايد التي تقلل من الكمية الممتصة التي تكون اقل نشاطاً وحركة، قياساً بالأيونات الحرة. ولكن في ضوء نتائج دراستنا الحالية نجد أن تركيز الكادميوم في الجزء الخضري لنبات زهرة الشمس قد ازداد مع زيادة مستويات ملوحة مياه الري, ولكن الوزن الجاف للنبات قد أنخفض مع زيادة مستويات الملوحة وكما هو معروف أن الكمية الممتصة هي حاصل ضرب الوزن الجاف للنبات مضروباً بالتركيز، لذا فأن الانخفاض في الكمية الممتصة قد حصل بسبب الانخفاض في الوزن الجاف وليس بسبب انخفاض تركيز الكادميوم. تتفق نتائج دراستنا مع ما توصل إليه Lefevre *et al.*(2009), إذ وجدوا تفوق تركيز المعقدات الأيونية للكلورايد مع الكادميوم $CdCl^{+}$ قياساً بالايونات الحرة Cd^{2+} مع زيادة تراكمه في بعض أنواع النباتات الملحية *Atriplex halimus* L. .



الشكل (7): تأثير مستويات ملوحة مياه الري في كمية الكادميوم الممتصة في المجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس في تربة موقع الدراسة

أدت زيادة مستويات السماد الفوسفاتي (18 و36) ملغم P كغم$^{-1}$تربة إلى زيادة معنوية عند مستوى احتمال 0.01 في الكمية الممتصة من الكادميوم في المجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس المزروع في التربة (الشكل 8). إذ بلغ معدل الامتصاص عند المستويات الثلاثة (صفر و18 و36) ملغم P كغم$^{-1}$ تربة في تربة موقع الدراسة(3.839 و4.611 و5.185) مايكروغرام Cd أصيص$^{-1}$, وبنسب زيادة قدرها(20.11 و35.06)% عن معاملة المقارنة على التوالي. ويمكن تفسير الكمية الممتصة من الكادميوم مع زيادة مستويات السماد الفوسفاتي بما يضيفه سماد السوبر فوسفات المركز من كادميوم إلى التربة (22.5مايكروغرام Cd كغم$^{-1}$) ومن ثم زيادة تركيزه في داخل النبات وكذلك زيادة الوزن الجاف بزيادة الفسفور. درس Chien *et al.*(2001) تأثير الأسمدة الفوسفاتية في امتصاص الكادميوم في محصولي الرز وفول الصويا، وتوصلوا إلى زيادة تراكم الكادميوم في كلا النباتين مع زيادة مستويات الاضافة للأسمدة الفوسفاتية, في حين سبب السماد النتروجيني انخفاضاً في الكمية الممتصة من الكادميوم وذلك عن طريق تكوين معقدات بين الكادميوم والبروتين في جذور النبات (Metal-Binding proteins) وتعد هذه الطريقة إحدى طرائق مقاومة النبات لسمية الكادميوم.



الشكل (8): تأثير مستويات التسميد الفوسفاتي في كمية الكادميوم الممتصة في المجموع الخضري لمحصول زهرة الشمس في تربة كرمة علي-الجامعة

الاستنتاجات:

إن تراكيز نسب الكادميوم في التربة المدروسة كانت أعلى من معدلات وجودها في القشرة الأرضية (0.2 ملغم كغم$^{-1}$).

1- إن إضافة الأسمدة الفوسفاتية بصورة مستمرة عند الزراعة يسبب زيادة تراكيز الكادميوم في التربة والنبات.
2- تسهم الأملاح ولاسيما أملاح الكلوريدات في زيادة تركيز الكادميوم داخل النبات ولاسيما في الجزء الجذري لمحصول زهرة الشمس.
3- إن لمحصولي زهرة الشمس القابلية على تجمع الكادميوم وتركيزه Hyperaccumlation في أجزائه الخضرية, ولذا يمكن استعمال هذا المحصول في ازالة الكادميوم او تقليل الكادميوم من التربة بما يسمى الاستصلاح بالنبات Phytoremediation.

التوصيات :

1- عدم زراعة الترب القريبة من المصادر الصناعية ومحطات توليد الطاقة الكهربائية والشوارع العامة وغيرها من مصادر التلوث بالمحاصيل المستعملة بالغذاء.
2- عدم الإسراف في استخدام الأسمدة الفوسفاتية ولاسيما سماد السوبر فوسفات المركز (CSP) واستخدام أسمدة ذات تراكيز منخفضة من العناصر الثقيلة .
3- زراعة نباتات مجمعة للعناصر الثقيلة في أجزائها النباتية التي لا تؤكل (Hyperaccumlation) قبل زراعة المحاصيل الاقتصادية في المناطق التي تعاني تلوثاً بالكادميوم.

مجلة زراعة الرافدين، المجلد (47)، عدد إضافي (3)،2019 وقائع المؤتمر الزراعي الدولي الثالث، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل وكلية علوم الهندسة الزراعية جامعة دهوك 2-3 تشرين الأول 2019
Mesopotamia Journal of Agriculture Vol. (47), Supplement III, 2019Proceedings of the 3rd International Agri. Conference, College of Agri. and Forestry, Univ. of Mosul and College of Agri. Engineering Sciences, Univ. of Duhok 2-3 October 2019

ROLE OF PHYTOREMEDIATION IN REMOVAL OF CADMIUM FROM SOIL FERTILIZED WITH PHOSPHORUS AND IRRIGATED WITH SALINE WATER

Salwa J .Fakher Hayfaa J.H.AL-Tameemi
Dept. of Soil Sciences and Water Resources
College of Agriculture / Univ .of Basra / Iraq
Email: jsalwa19@yahoo.com

ABSTRACT

Biological experiment (Pot experiment) was conducted on the soils (Location Garmat Ali-Basrah University. Cadmium was added at four rates (0, 1.25, 2.5, 5.0) mg Cd kg^{-1} soil as $CdCl_2$ salt irrigation water. Phosphate fertilizer as concentrated superphosphate (20.21% P) was added with three rates (0, 18 and 36) mg P kg^{-1} soil. Three levels of irrigation water salinity were used (1, 3 and 6) dS m^{-1} as NaCl salt. Soils were irrigated to field capacity, sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeding were planted in factorial experiment with complete randomized design with the soils before planting. Plants were harvested after 45 days after planting and then oven dried at 65 C to constant weight. Plant tissues (shoots) dry weight was recorded and digested in order to determine cadmium and phosphate concentrations.. The results were summarized as follows: Increasing cadmium levels and salinity of irrigation water caused decreasing in dry weigh, uptake of shoots of sunflower plant for studied soil as compared with control treatment, while increasing phosphate fertilizing rate caused increasing dry weight of shoots of sunflower plant in studied soil.

Keyword: Phosphate fertilizer, *Helianthus annuus* L., Irrigation water

Received: 25/6/2019, Accepted: 30/9/2019

المصادر

البواردي، محمد بن عبيد (2003). مستويات الكادميوم في التربة ومحتواه في بعض محاصيل الخضر النامية في المنطقة الوسطى بالمملكة العربية السعودية. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود.

العيد، محمد بن عبد الرحمن و محمد محمد الجرواني و علي فتحي حمايل (2007). دراسة تأثير التسميد بالأسمدة الفوسفاتية على تراكم عنصر الكادميوم في التربة وفي الأجزاء النباتية لبعض محاصيل الخضر. محطة التدريب والأبحاث الزراعية والبيطرية، ممول من عمادة البحث العلمي، جامعة الملك فيصل.

Alloway, B. J. (1995). Heavy metals in soil. (Ed.). Blackie Academic and Professional, Glasgow. UK. PP. 122-151.

ATSDR (Agency for Toxic Substance and Disease Registry) (1999). Cadmium. U. S. Department of Health and Human Services. http://WWW.Atsdr.cdc.gov/toxfag.html

Bajehbaj, A. A. (2010). The effect of NaCl priming on salt tolerance in sunflower germination grown under salinity conditions. *African J. of Biotechnology. 9(12): 1764-1770.*

Black, G. A. (1965). Methods of soil analysis. Part 1. Physical properties, Am. Soc. Agron. Inc. Publisher, Modison, Wisconsin, U.S.A.

Bolt, K. A. and L. J. Evans (1996). Cadmium adsorption capacity of selected ontario soils. Can. J. Soil. Sci. 76: 183-189.

Chien, H.; J. Wang ; L. Chuanchi; C. Chinghuei; H. F. Kao; J. W. Wang; C. C. Lin and C. H. Kao (2001). Cadmium toxicity leaves is mediated through lipid peroxidation. Plant Growth Regul. 33: 205-213.

Degryse, F.; J. Bueker and E. Smolders (2004). Radio-labile cadmium and zinc in soils as affected by pH and source of contamination. European Journal of Soil Science. 55: 113-121.

El-khatib, E.A.; A.G. Thabet and A.M. Mahdy (2001). Phytoremediation of cadmium contamination soils: Role of organic complexion agents in cadmium phytoextraction. Land Contamination and Reclamation. Vol. 9. No. 4.

Gunes, A. and A. Inal (2008). Significance of intracellular and secreted acid phosphatase enzyme activities, and zinc and calcium interactions, on phosphorus efficiency in wheat, sunflower, chickpea, and lentil cultivars. *Australian Journal Agricultural Research. 59 (4): 339-347.*

Gunilla, J. (2002). Cadmium in arable crops. The influence of soil factors and liming. Doctoral thesis. Swedish Univ. of Agri. Sci.

Hammami, L. B.; L. A. Pasquini ; M. L. Tomaro and S. M. Gallego (2004). Proteolytic system in sunflower (*Helianthus annuus* L.). leaves under cadmium stress. Plant Sci. 171: 531-537.

Indian Standard Limit (2000). Heavy metal contamination of soil and bioaccumulation in vegetables irrigated with treated waste water in the tropical city of Varanasi, India. Toxicological and Environmental Chemistry. Vol. 90.

Jackson, M. L. (1958). Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood, Cliffs, N. J.

Kalra, Y. P. (1998). Hand book of reference methods for plant analysis-CRC Press, Washington, D.C.

Kaya, M. D. and A. Ipek (2003). Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Turk. J. Agric. For. 27: 221-227.

Kirkham, M. B. (2006). Cadmium in plant on polluted soils: Effects of soil factors hyperaccumulation and amendments. Geodema, 137: 19-32. Lin zon, G.; J. He ; W. Ling and H. Liu (1978). Effects of organic acid on copper and cadmium desorption from contaminated soils. Environment International. 29: 613-618.

Lefever, Isabell.; Geoffrey Marchal; Pierre Meerts; Enrique Correal and Stanley Lutts. (2009). Chloride salinity reduces cadmium accumulation by the Mediterranean halophyte species (*Atriplex holimus* L.). Env. and Exp. Botany. 65: 142-152.

Limei, Zhai.; Liao Xiaoyony; Chen Tongbin ;Yan Xiulan (2008). Regional assessment of cadmium pollution in agricultural land and the potential

health risk related to intensive mining active ties: a case study in Chenzhoncity, China. J. of Environmental Sci. 20: 696-703.

Lin zon, G.; J. He ; W. Ling and H. Liu (1978). Effects of organic acid on copper and cadmium desorption from contaminated soils. Environment International. 29: 613-618.

Loganthan, P.; A. D. Mackay; J. Lee and M. J. Hedley (1995). Cadmium distribution in hill pasture as influenced by 20 years of phosphate fertilizer application and sheep grazing. Aust. J. Soil. Sci. 33: 859-871.

Mahdy, A. M.; E. A. Elkhatib and N. O. Fathi (2007). Cadmium, capper, nickel and lead availability in bio- solids-amended alkaline soils. *Australian Journal of Basic and Applied Science. 1(4): 354-363.*

Malkowski, E.; R. Kurtyka; A. Kita and W. Karcz (2005). Accumulation of Pb and Cd and its effect on cadistrbution in maize seeding (*Zea mays* L.). *Polish J. of Environmental. Studies. 14(2): 203-207.*

Mangkoedihardjo, S and M. Surahmaida (2008). *Jatropha curcas* L. for phytoremediation of lead and cadmium polluted soil. *World Appl. Sci. J. 4(4): 519-522.*

Mathew, V. K.; J. Venugopa and P. Saraswathi (2002). Cadmium content of plants as affected by soil application of cadmium and farm yard manure. Journal Tropical agriculture. 40: 78-80.

Page, A. L.; R. H. Miller and D. R. Kenney (1982). Methods of soil analysis. Part 2 chemical and biological properties. Amer. Soc. Agron. Inc. Pnnblisher, Madison. Wisconsin.

Smolders, E. and M. J. McLaughlin (1996). Effect of Cl on Cd uptake by Swiss chard in un buffered and chelate buffered nutrient solution. Soil. Sci. Soc. Am. J. 60: 1443-1447.

Wakefield, Z. T. (1980). Distribution of cadmium and Selected heavy metals in phosphate fertilizer processing. Bull. Y-159-national fertilizer development center. Ten. Val. Auth. Mus. Shoals. Al.

Williams, C. H. and D. J. David (1973). The effect of superphosphate on the cadmium content of soil and plants. Australian J. of Soil. Res. 11: 43-56.

Zadeh, B. M.; G. R. Savaghebi-Firozabadi ; H. A. Alikhani and H. M. Hosseini (2008). Effect of sunflower and Amaranths culture and Application of Inoculants on phytoremediation of the soils contaminated with cadmium. *American-Eurasian J. Agric and Environ. Sci. 4(1): 93-103.*