Evaluation of the cadmium content in some soils of Lattakia Governorate fertilized with phosphate fertilizers.

Dr. Sawsan Haifa*
Dr .Aziz Assad**
Leila Salman***

(Received 24 / 12 / 2024. Accepted 16 / 1 /2025)

□ ABSTRACT □

This study was conducted with the aim of evaluating the degree of cadmium contamination in the four study sites (Al-Muzaira'a site - Two sites in the village of Al-Quwaiqa, the first was fertilized and the second was not fertilized - Ain Al-Bayda site.) Some physical and chemical properties of the soil were studied and the relationship between the total and available concentration of cadmium and some soil properties was determined. Soil samples were collected from the surface layer (0-20 cm) and the subsurface layer (20-40 cm). the study indicates that soils had different textures. Soil pH was neutral to alkaline. The soils were not saline and the electrical conductivity values were within normal limits, and the studied soils had a medium content of organic matter. The average amount of total cadmium in the four sites ranged between (0.30-0.56 mg/kg) in the surface layer and (0.29-0.48 mg/kg) in the subsurface layer. The average concentration of the available form of cadmium ranged between (0.01-0.015 mg/kg) in the surface layer, and from(0.007-0.013) mg/kg in the subsurface layer. SPSS was used to access the parameters of the regression model. The concentration of the total form of cadmium was correlated with the pH of the soil solution by a medium-strength correlation (r=0.68). The results of the statistical analysis did not show any correlations between the other studied variables and the two studied forms of cadmium.

Keywords: Environmental pollution, heavy metals, cadmium, phosphate fertilizers.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Professor, Faculty of Agricultural Engineering, Tishreen University, Lattakia. Syria sawsan.hayfa@tishreen.edu.sy**
****Doctor, Faculty of Agricultural Engineering, Tishreen University, Lattakia. Syria aziz.assad@ tishreen.edu.sy.**
*****Postgraduate Student, Faculty of Agricultural Engineering, Tishreen University, Lattakia. Syria leila.salman@tishreen.edu.sy.**

تقييم محتوى عنصر الكادميوم في بعض ترب محافظة اللاذقية المسمدة بالأسمدة الفوسفاتية

د. سوسن هيفا*

د. عزيز أسعد**

ليلى سلمان***

(تاريخ الإيداع 24 / 12 / 2024. قبل للنشر في 16 / 1 / 2025)

□ ملخّص □

أجريت هذه الدراسة بهدف تقييم درجة التلوث بعنصر الكادميوم في مواقع الدراسة الأربعة (موقع المزيرعة- موقعين في قرية القويقة الاول مسمد والثاني غير مسمد- موقع عين البيضا)، وتم دراسة بعض خصائص الترب الفيزيائية والكيميائية ومعرفة العلاقة بين التركيز الكلي والمتاح لعنصر الكادميوم وبعض خصائص التربة . جمعت عينات التربة من الطبقة السطحية (0-20 cm) ومن الطبقة تحت السطحية (20-40cm). أظهرت نتائج الدراسة أن الترب المدروسة متباينة في قوامها، تمتلك درجة pHمتعادلة مائلة للوسط القاعدي، كما أنّ الترب غير مالحة كانت قيم الناقلية الكهربائية ضمن الحدود الطبيعية، والترب المدروسة ذات محتوى متوسط من المادة العضوية . تراوح متوسط كمية الكادميوم الكلي في المواقع الأربعة بين (0.30-0.56 mg\kg) في الطبقة السطحية ومن (0.29-0.48 mg\kg) في الطبقة تحت السطحية، أما متوسط تركيز الشكل المتاح من عنصر الكادميوم تراوح بين(0.01-0.015 mg\kg) في الطبقة السطحية، ومن (0.007-0.013mg\kg) في الطبقة تحت السطحية . تم استخدام برنامج SPSS للوصول إلى معالم نموذج الانحدار، ارتبط تركيز الشكل الكلي من عنصر الكادميوم مع pH محلول التربة بعلاقة ارتباط متوسطة القوة (r=0.68)، ولم تظهر نتائج التحليل الإحصائي علاقات ارتباط بين المتغيرات الأخرى المدروسة والشكلين المدروسين من عنصر الكادميوم.

الكلمات المفتاحية: تلوث بيئي- عناصر ثقيلة- الكادميوم- الأسمدة الفوسفاتية.

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

*أستاذ- كلية الهندسة الزراعية-جامعة تشرين-اللاذقية-سوريا - sawsan.hayfa@tishreen.edu.sy.

**دكتور - كلية الهندسة الزراعية-جامعة تشرين- اللاذقية- سوريا aziz.assad@ tishreen.edu.sy

***طالبة ماجستير- كلية الهندسة الزراعية-جامعة تشرين- اللاذقية- سوريا leila.salman@tishreen.edu.sy

مقدمة:

يعد التلوث الناجم عن العناصر الثقيلة أحد المخاوف البيئية المهمة التي تواجه العالم اليوم، تلعب الانشطة البشرية، مثل التعدين والزراعة و الصناعة، دوراً رئيساً في تلوث البيئة، بسبب ما تنتجه من ملوثات ضارة ذات أثر سلبي على المحاصيل الزراعية، حيث أن فترة بقاءها في التربة تستمر لزمن طويل مع عمر نصف يزيد عن 20سنة (Hadia& Ambreen,2018)، وبالتالي تتراكم في الانسجة النباتية وتُحدث تغُّير في السلسة الغذائية وخلل في التوازن الحيوي وينتج عن ذلك قلة الكائنات الحية الدقيقة في التربة وتعرض صحة الإنسان للخطر.

أصبح التلوث بالعناصر الثقيلة مشكلة واسعة النطاق تؤثر على ملايين الهكتارات من الأراضي في جميع أنحاء العالم، ونظراً لأهمية التربة ودورها كمكون أساسي للنظام البيئي الأرضي بما تحويه من أنشطة زراعية عديدة مختلفة وكائنات حية دقيقة (Beiyuan, J.et al .,2021) ومن المنطق ان يكون الهدف الأساسي هو تجنب التلوث بهذه العناصر الضارة على البيئة والأحياء(Devi P& Kumar P,2020).

تُعرّف العناصر الثقيلة: بأنها معادن أو اشباه معادن (فلزات) ذات عدد ذري ووزن ذري أعلى من العناصر الأخف مثل (الكربون، الاوكسجين ، النتروجين) وتمتاز بكثافة (الوزن النوعي) أكبر من ($5\ g/cm^3$) وسماكة تتجاوز حداً معيناً (Kumar B et al.,2017).

يعتبر الكادميوم(Cd) عنصر من العناصر النادرة يوجد في البيئة على نطاق واسع. و يعد أحد أكثر العناصر الثقيلة سمية وحركية في البيئة (e.g., Alloway and Jackson, 1991; Nies, 1999, 2003)، حيث تبلغ كثافته $8.69g/cm^3$. يعطي التركيز الكلي للعنصر الثقيل مؤشر جيد لدرجة تلوث التربة لأن قيمته لا تتأثر بخصائص التربة الفيزيائية و الكيميائية، أما من أجل تقدير خطورته في السلسة الغذائية للأحياء يتم بقياس الشكل المتاح (De Temmerman et al.,1984) . متوسط محتوى عنصر الكادميوم في القشرة الأرضية ($0.2\ mg/kg$) (Gong et al., 1977)، ويتواجد الكادميوم في التربة بتراكيز تتراوح ($0.01-1\ mg/kg$) مع قيمة متوسطة عالمياً تبلغ ($0.36\ mg/kg$). نتيجة لعملية التجوية تصل تراكيز الكادميوم إلى ($5\ \mu g/L$) في محلول التربة و ($1\ \mu g/L$) في المياه الجوفية. في المحاليل المائية، يوجد الكادميوم بصورة عامة في الشكل ثنائي التكافؤ(Cd^{+2}) وتتم حركته بشكل أساسي تحت الظروف الحامضية المؤكسدة. وتتأثر حركته بدرجة pH محلول التربة، حالة الأكسدة والاختزال، والقوة الأيونية لمحلول التربة (Kubier et al.,2019). يمكن لكل من المصادر الجيولوجية والانشطة البشرية المختلفة أن تزيد من تركيز الكادميوم في التربة والمياه الجوفية، قد يؤدي ارتفاع تراكيز عنصر (Cd) إلى إصابة الإنسان بالسرطان، هناك مساران رئيسيان تنتقل فيها العناصر الثقيلة نتيجة التسميد الفوسفاتي وتتراكم في جسم الإنسان (Dissanayake& Chandrajith.,2009)

1) الصخر الفوسفاتي – السماد– التربة– النبات– الغذاء– جسم الإنسان.

2) الصخر الفوسفاتي– السماد–الماء– جسم الإنسان.

من أهم مصادر الكادميوم ذات المنشأ البشري : التعدين (خاصة معالجة الرصاص والزنك الخام) (Hutton,1983)، الانبعاثات الناتجة عن الاحتراق والمترسبة في الغلاف الجوي، واستخدام الاسمدة الحاوية على عنصر الكادميوم خاصة الأسمدة الفوسفاتية لأنه معدن ثانوي مرتبط بالصخر الفوسفاتي .واستناداً لدراسات عالمية، فقد تم توثيق العديد من حالات التلوث بعنصر الكادميوم، لذلك من المهم تحديد وفهم مصادر ومسارات الكادميوم في البيئة وخاصة في المياه الجوفية بسبب احتمالية وصولها لمياه الشرب. يتحكم بتراكيز الكادميوم في التربة والمياه الجوفية انحلال المعادن

الحاوية عليه مثل الكبريتدات sulfides ، الادمصاص sorption والتحرير ، النقل وتكوين مقعدات Cd المائية (He et al. 2005) .

تحتوي الأسمدة الفوسفاتية بطبيعتها على عنصر الكادميوم بكميات متفاوتة ، ويختلف محتواها من الكادميوم تبعاً للمصدر الخام، ففي الصخور الرسوبية يتراوح محتوى الكادميوم من (1–150) mg cd\kg p (p_2o_5) أما في الصخور النارية (البركانية) فإن مستويات الكادميوم أقل حيث تتراوح من (1 – 5 mg Cd/kg P_2O_5) (L,2014 Terry) وبالتالي تشكل مصدراً لتلوث التربة بهذا العنصر، حيث تتلقى ترب محافظة اللاذقية الخاضعة للتسميد الفوسفاتي كميات من عنصر الكادميوم أثناء عملية التسميد.

أهمية البحث وأهدافه:

يعد التلوث البيئي من أخطر المشكلات البيئية التي واجهت الإنسان في الآونة الأخيرة ، وقد تزايد التلوث البيئي بشكل كبير منذ بداية القرن التاسع عشر وحتى اليوم، وخاصةً منذ قيام الثورة الصناعية، وتعد العناصر الثقيلة واحدة من أخطر الملوثات البيئية بسبب الخطر الذي تشكله على الأحياء نتيجة دخولها في السلسة الغذائية للأحياء، لذلك الهدف الأساسي هو تجنب التلوث بهذه العناصر الضارة على البيئة والأحياء، وبالتالي تبرز أهمية البحث في معرفة درجة تلوث التربة بعنصر الكادميوم كخطوة اولى في معالجة هذه المشكلة البيئية لأن الملوثات ستنتقل حتما إلى النباتات عن طريق المياه الجوفية المستخدمة في الري و منها إلى الإنسان حيث تسبب العديد من الأمراض المزمنة .

وبذلك هدف البحث إلى:

1. تحديد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية في الطبقة السطحية (0–20cm) وفي الطبقة تحت السطحية (20–40cm) لترب المواقع المدروسة.
2. تقدير محتوى الترب المدروسة من عنصر الكادميوم في الطبقة السطحية (0–20 cm) وفي الطبقة تحت السطحية (20–40cm) في مواقع الدراسة .
3. دراسة العلاقة بين كمية عنصر الكادميوم في ترب مواقع الدراسة مع بعض خصائصها المدروسة (%الطين، درجة حموضة التربة (pH)، المادة العضوية، الناقلية الكهربائية للتربة، السعة التبادلية الكاتيونية، الكربونات الكلية والفعالة).

طرائق البحث ومواده:

تم أخذ أربع مواقع للدراسة ثلاثة مواقع تابعة لناحية المزيرعة والموقع الرابع تابع لمنطقة مشقيتا.

1 – مواقع الدراسة:

الموقع الاول المزيرعة : تقع ناحية المزيرعة التابعة إدارياً لمنطقة الحفة شرق محافظة اللاذقية ، وترتفع عن مستوى سطح البحر حوالي 200 متر ، ويعد الزيتون والحمضيات من اهم المحاصيل المزروعة في هذه المنطقة. **الموقع الثاني : قرية القويقة** هي إحدى قرى ناحية المزيرعة وتبعد عنها حوالي 6 كم، أما **الموقع الثالث في قرية القويقة** التابعة لناحية المزيرعة حيث التربة غير مسمدة منذ زمن طويل. **الموقع الرابع قرية عين البيضا** التابعة لبلدة مشقتيا.

الجدول(1) يوضح مواقع الدراسة وعمليات الخدمة الزراعية المطبقة

المواقع	تاريخ أخذ العينة	المحصول المزروع	عمليات الخدمة الزراعية المطبقة
المزيرعة	2022/9/ 19	زيتون	الأسمدة المستخدمة في الموقع الأول : السماد الأرضي سماد مركب من اجل الحمل كل شهر 2كغ في شهر كانون الاول مع الفلاحة وأيضاً جرعة سمادية ثانية في شهر شباط 2 كغ للشجرة الواحدة وسماد مركب 46% يوريا.
القويقة مع إضافة سمادية	2022/9/ 19	ليمون	الأسمدة المستخدمة : السماد الارضي 2كغ لكل شجرة + 2 كغ سماد عضوي تعطى أول جرعة سمادية يشهر تشرين، أما الأسمدة الأخرى المضافة : سماد مركب في شهر كانون الثاني ، السماد الازوتي تعطى أول جرعة سمادية في فصل الربيع. عمليات الخدمة المطبقة: الفلاحة في شهر نيسان.
القويقة بدون إضافة سمادية	2022/9/ 19	غير مزروع	غير خاضع للتسميد منذ زمن طويل
عين البيضا	2022/10/6	زيتون	الأسمدة المستخدمة وعمليات الخدمة المطبقة: نحاس+ ديمتوات (مبيد فوسفوري عضوي جهازي)+بورون +سماد عضوي وذلك قبل العقد، ديمتوات + دسيس (مبيد حشري غير جهازي) + سماد عضوي + سماد عالي البوتاسيوم وذلك في شهر حزيران، ديمتوات + ديسيس + سماد عضوي في شهر اب

الشكل (1) صورة فضائية لمناطق الدراسة توضح مواقع الاعتيان

2- جمع العينات و تحضيرها:

تم جمع العينات خلال شهري أيلول وتشرين الأول، ويظهر الشكل(1) مواقع الاعتيان ، تم اخذ ثلاثة مكررات من كل نقطة اعتيان من طبقة التربة السطحية (0–20cm) وتحت السطحية (20–40cm).

أخذت عينات مركبة بوزن 1كغ ووضعت بأكياس يلاستيكية مرفقة ببطاقات تعريفية لكل عينة وتم نقلها إلى المخبر حيث جففت هوائياً وبعد ذلك تم تنقيتها من الشوائب (الحصى والحجارة وبقايا النباتات غير المتحللة) ثم وضعت في

جفنات بورسلان وجففت على حرارة 40°C بواسطة المجففة حتى ثبات الوزن وتم جرشها وتنخيلها بمنخل 2مم حسب Hseu و آخرون (2000)، من اجل إجراء بعض التحاليل الفيزيائية والكيميائية المطلوبة.

3 – التحاليل المخبرية:

تم إجراء العديد من التحاليل المخبرية لتحديد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لترب المواقع المدروسة، إضافةً لتقدير كمية عنصر الكادميوم بشكليه الكلي والمتاح في كلاً من التربة السطحية والتربة تحت السطحية ، وقد نفذت جميع التحاليل في مخابر كليه الهندسة الزراعية في جامعة تشرين، ذلك تبعاً للطرق التالية حسب (Ryan *et al.*,2001):

❖ التحليل الميكانيكي: بطريقة الهيدرومتر وذلك لمعرفة نسب مكونات التربة (رمل – سلت – طين) وتحديد قوام التربة.(Bouyoucos,1962;Day,1965;FAO,1974)

❖ درجة حموضة التربة (pH): تم تحضير مستخلص مائي (1:2.5) (تربة : ماء) تم القياس بجهاز pH meter (Mckeague,1978; Mclean,1982)

❖ الناقلية الكهربائية للتربة (EC): باستخدام جهاز الناقلية الكهربائية Electrical conductivity meter بتحضير معلق (1:2.5) (تربة : ماء) (Richards,1954)

❖ السعة التبادلية الكاتيونية (CEC): تم اتباع طريقة أسيتات الصوديوم واستخدام جهاز اللهب Flame photometer .

❖ المادة العضوية (OM)% : إرجاع ثاني كرومات البوتاسيوم بواسطة مركبات الكربون العضوي ثم المعايرة بمحلول سلفات الحديدوز والامونيوم (0.5M) (Walkly and Black,1943)

❖ تقدير كربونات الكالسيوم الكلية والفعالة %: بطريقة المعايرة (FAO,1974).

❖ تقدير الكمية الكلية من عنصر الكادميوم: تم هضم العينات بالماء الملكي (Aljaboobi *et al*., 2014) حيث أخذنا (1 g) من كل عينة تربة ووضعت ضمن دورق زجاجي سعة 250 ml وأضيف لها (7 ml) و(2.5 ml) من محلول HCl (37%) ومحلول HNO_3 (65%) على التوالي، وتركت لمدة (24) ساعة لكي تتم عملية الهضم الأولي، بعد ذلك سُخنت العينات تدريجياً حتى الوصول لدرجة حرارة (175° C) ثم تُركت لتبرد في ظروف المخبر، ثم رُشحت بورق ترشيح (0.45 µm) وحُفظت لتقدير التركيز الكلي للعناصر الثقيلة باستخدام جهاز الامتصاص الذري AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer).

❖ تقدير الشكل المتاح من عنصر الكادميوم: تم استخلاصه بمحلول 0.01M + 0.1M TEA+ 0.005M DTPA $CaCl_2$ (تم ضبط pH محلول الاستخلاص على 7.3بإضافة حمض كلور الماء 1:1) حيث تم إضافة 20ml من المحلول على 10g تربة ضمن دورق زجاجي ، ومن ثم وضعت على الخض لمدة ساعتين على سرعة 180RPM بعد ذلك رشحت العينات ووضعت في عبوات بلاستكية نظيفة وجافة ، وأكمل الحجم بالماء المقطر الى 15 ml وحفظت العينات للقياس بواسطة جهاز الامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrophotometer)

4 – التحليل الإحصائي :

تم تحليل النتائج المخبرية إحصائياً باستخدام برنامج Statistical SPSS 26) (package for Social Sciences، حيث تم ادخال البيانات وفق نموذج Enter، لمعرفة معالم نموذج الانحدار لتبيان قوة وصلاحية نموذج الانحدار للوصول إلى العلاقات المتعلقة بالارتباط الآتية:

1. العلاقة بين كمية عنصر الكادميوم بشكله الكلي في التربة و بعض خصائص التربة الفيزيائية و الكيميائية المدروسة.

2. العلاقة بين كمية عنصر الكادميوم بشكله المتاح في التربة و بعض خصائص التربة الفيزيائية و الكيميائية المدروسة.

النتائج والمناقشة:

1 – الخصائص الفيزيائية للترب المدروسة

تشمل العوامل المؤثرة على وجود وتوزع العناصر الثقيلة في التربة (تركيب الصخر الأم ، درجة التجوية ، الخواص الفيزيائية والكيمائية والحيوية للتربة ، وكذلك الظروف المناخية) (K. K. I. U et al .,2013) وتختلف قدرة الترب على ربط وتعقيد العناصر الثقيلة تبعاً لخواصها الفيزيائية والكيميائية (Fijałkowski k et al.,2012) . كما تختلف المعادن ومركباتها الموجودة في أجزاء التربة بقدرتها على الحركة ضمن قطاع التربة و تصبح هذه المعادن متاحة لأحياء التربة بواسطة العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية والتفاعلات بينها،

تعتمد طريقة ربط العناصر الثقيلة وبالتالي إمكانية إتاحتها للأحياء الدقيقة على العديد من خواص التربة التي تتضمن : التركيب الحبيبي ، محتوى المادة العضوية في التربة ، درجة pH التربة ، السعة التبادلية الكاتيونية ، ظروف الأكسدة والاختزال ، نشاط الكائنات الحية الدقيقة ، مقاومة التربة (Nouri, J et al.,2009)

تم دراسة بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لعينات الترب المأخوذة من الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية لمواقع الدراسة ، وذلك من أجل فهم وتفسير حركية عنصر الكادميوم ، يعد التركيب الميكانيكي للتربة أحد العوامل المهمة التي تحدد مدى تلوث الترب بالعناصر الثقيلة ومحتواها في الأنسجة النباتية (Fijałkowski, K et al.,2012)

يظهر الجدول(2)متوسط نتائج المكررات الثلاثة للتحاليل المخبرية الفيزيائية والكيمائية للطبقة السطحية(0–20cm) وتحت السطحية(20–40 cm) لترب المواقع المدروسة . تراوح قوام الترب بين (طينية لومية وطينية وسلتية لومية) حسب مثلث قوام التربة USDA (Ryan et al.,2003) .

جدول (2) يبين بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للطبقة السطحية وتحت السطحية للترب المدروسة

عمق التربة	الموقع	التوزع الحجمي لمكونات التربة			قوام التربة	*pH*	EC ms\cm	CEC mq\100g	%OM	$\%CaCO_3$	$\%A.CaCO_3$
		%Sand	%Clay	%Silt							
0-20cm	1	35.46	34.04	30.50	طينية لومية	7.5	0.236	21.34	2.13	39.00	21.99
	2	22.39	54.98	22.63	طينية	7.9	0.287	20.26	1.00	38.17	25.3
	3	18.23	51.77	30.00	طينية	7.9	0.316	22.54	1.70	34.48	15.3
	4	10.06	12.79	77.15	سلتية لومية	8	0.294	23.49	1.25	41.81	11.33
20-40cm	1	34.50	37.20	28.30	طينية لومية	7.6	0.183	18.64	1.66	33.16	27.31
	2	22.30	55.00	22.70	طينية	8.1	0.208	16.77	0.58	41.13	23.3
	3	16.30	53.60	30.10	طينية	8.04	0.244	15.79	1.23	41.14	15.32
	4	10.00	13.50	76.50	سلتية لومية	7.8	0.358	9.69	0.74	41.32	5.33

2 – الخصائص الكيميائية للترب المدروسة

يعتبر pH التربة أحد أهم العوامل المحددة لتراكيز المعادن في محلول التربة وحركتها وتوافرها للنبات(Alkorta I et al.,2004;) تتميز الترب الحامضية بانخفاض pH محلول التربة وهذا ينعكس على حموضة محلول التربة حيث تراكيز أيون الهيدروجين مرتفعة في محلول التربة ، تصبح حركية العناصر المعدنية أعلى مما هي عليه في الترب القاعدية او المائلة للتعادل . تكون حركة العناصر في الترب ذات pH المنخفض بهذا الترتيب: الكادميوم > النيكل >الزنك> المنغنيز> النحاس >الرصاص . ومع ذلك ، لوحظ ان تأثير درجة ال pH على حركة العناصر في التربة يتغير بدرجة كبيرة اعتماداً على نوع ومحتوى المادة العضوية فيها .

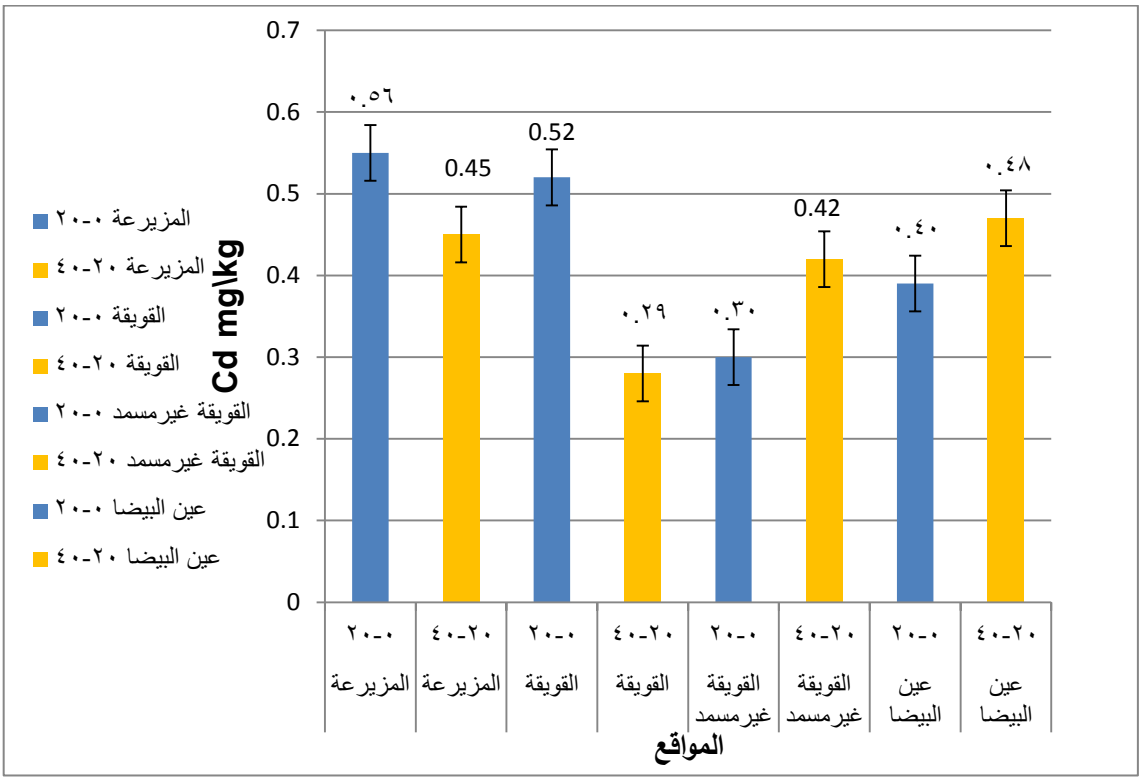
(Gworek B et al.,2000; Alkorta I et al .,2004; Vamerali T et al.,2010)

من خلال الجدول (2) نجد أن الترب في الطبقة السطحية لمواقع الدراسة هي ترب متعادلة مائلة للوسط القاعدي ، تراوحت قيمة ال pH فيها بين(8– 7.5) , ونجد أيضاً أن الترب غير مالحة تراوحت قيم الناقلية الكهربائية فيها من (0.236–0.316mm/cm) (Rayn et al,2003) .أما نسبة المادة العضوية كانت بين (% 2.13–1) وبالتالي الترب المدروسة ذات محتوى جيد من المادة العضوية (Alloway,2005) . وتراوحت السعة التبادلية الكاتيونية من 100\mq(20.26–23.49)بلغت أعلى قيمة لها في الموقع الرابع 100g\mq (23.49) بسبب إضافة أسمدة عالية البوتاسيوم في هذا الموقع حيث يدمص البوتاسيوم على السطوح الغروية . ونجد من الجدول(2) أن النسبة المئوية لكربونات الكالسيوم الكلية كانت عالية في جميع مواقع الدراسة وأيضاً بلغت أعلى قيمة لها في الموقع الرابع (41.81%) .وفيما يتعلق بالطبقة تحت السطحية لمواقع الدراسة يظهر الجدول (2) أيضاً أن الترب في الطبقة تحت السطحية لمواقع الدراسة هي ترب متعادلة مائلة للوسط القاعدي ، تراوحت قيمة الpH فيها بين (8.1–7.6)، أما بالنسبة لملوحة الترب غير مالحة تراوحت قيم الناقلية الكهربائية بين (0.358mm/cm–0.183) ، بلغت أعلى قيمة للمادة العضوية في الطبقة تحت السطحية (1.66%) في الموقع الأول (قرية المزيرعة) وأقل قيمة (0.57%) في الموقع الثاني (قرية القويقة التابعة لناحية المزيرعة) وفي الموقع الثالث (1.22%) في قرية القويقة حيت التربة غير مسمدة منذ مدة من الزمن وفي الموقع الرابع (0.57%) في قرية عين البيضا . وتراوحت السعة التبادلية الكاتيونية من 100g\mq (18.64 –9.69).ونجد من الجدول(2) أن النسبة المئوية لكربونات الكالسيوم الكلية كانت عالية في جميع مواقع الدراسة وأيضاً بلغت أعلى قيمة لها في الموقع الرابع (41.32%)

3 – كمية الكادميوم الكلية في الطبقة السطحية و تحت السطحية للترب المدروسة

وفقاً لمنظمة الصحة العالمية (WHO,2011) الحد الحرج الذي تعتبر عنده التربة ملوثة بعنصر الكادميوم يتراوح بين (3ppm–1) يظهر الشكل (2) تراكيز الشكل الكلي لعنصر الكادميوم في ترب مواقع الدراسة الأربعة في الطبقة السطحية وتحت السطحية. فيما يخص الطبقة السطحية ، كانت قيمة الكمية الكلية لعنصر الكادميوم في الموقع الاول (المزيرعة) 0.56 mg\ kg ، وفي الموقع الثاني (قرية القويقة) الخاضعة للتسميد 0.52 mg\kg ، اما في الموقع الثالث غير المسمد (قرية القويقة) 0.30 mg\kg، في حين بلغ تركيز الشكل الكلي من عنصر الكادميوم في الموقع الرابع (عين البيضا) 0.40 mg\kg، تراوحت الكمية الكلية في المواقع الأربعة بين (0.56 mg\kg–0.30) ، نجد من الشكل (2) أعلى قيمة كانت في الوقع الاول بلغ تركيز الكادميوم الكلي 0.56 mg\kg يعود السبب لتلقي هذا الموقع للجرعة من السماد الفوسفاتي المحتوي في تركيبه على عنصر الكادميوم (Terry L,2014) ولم يظهر تلوث في هذا الموقع بسبب غلاء أسعار السماد تمت الإضافة السمادية ولكن بشكل قليل، يليها الموقع الثاني 0.52 mg\kg

ثم الموقع الرابع 0.40 mg\kg وأقل قيمة كانت في الموقع الثالث 0.30 mg\kg ربما بسبب عدم تلقي هذا الموقع لأي نوع من الإضافات السمادية منذ فترة طويلة من الزمن، ونجد من خلال النتائج المتحصل عليها ان الترب في مواقع الدراسة غير ملوثة بعنصر الكادميوم. أيضاً يظهر الشكل (2) تركيز الشكل الكلي لعنصر الكادميوم في الطبقة تحت السطحية في المواقع الأربعة المدروسة ، تراوحت القيمmg\kg(0.48– 0.29) ، كانت أقل قيمة في الموقع الثاني (قرية القويقة) التابعة لناحية المزيرعة حيث بلغت الكمية الكلية من الكادميوم 0.29 mg\kg وأعلى قيمة في الموقع الرابع (قرية عين لبيضا) التابعة لبلدة مشيقتا بلغت 0.48 mg\kg، أما في الموقع الأول (قرية المزيرعة) بلغ تركيز الشكل الكلي لعنصر الكادميوم 0.45mg\kg، وفي الموقع الثالث (قرية القويقة) التابعة لناحية المزيرعة وهو غير خاضع لعملية التسميد منذ فترة من الزمن بلغ تركيز الكادميوم الكلي 0.42mg\kg . ونجد أيضاً أن الترب غير ملوثة بعنصر الكادميوم في الطبقة تحت السطحية .

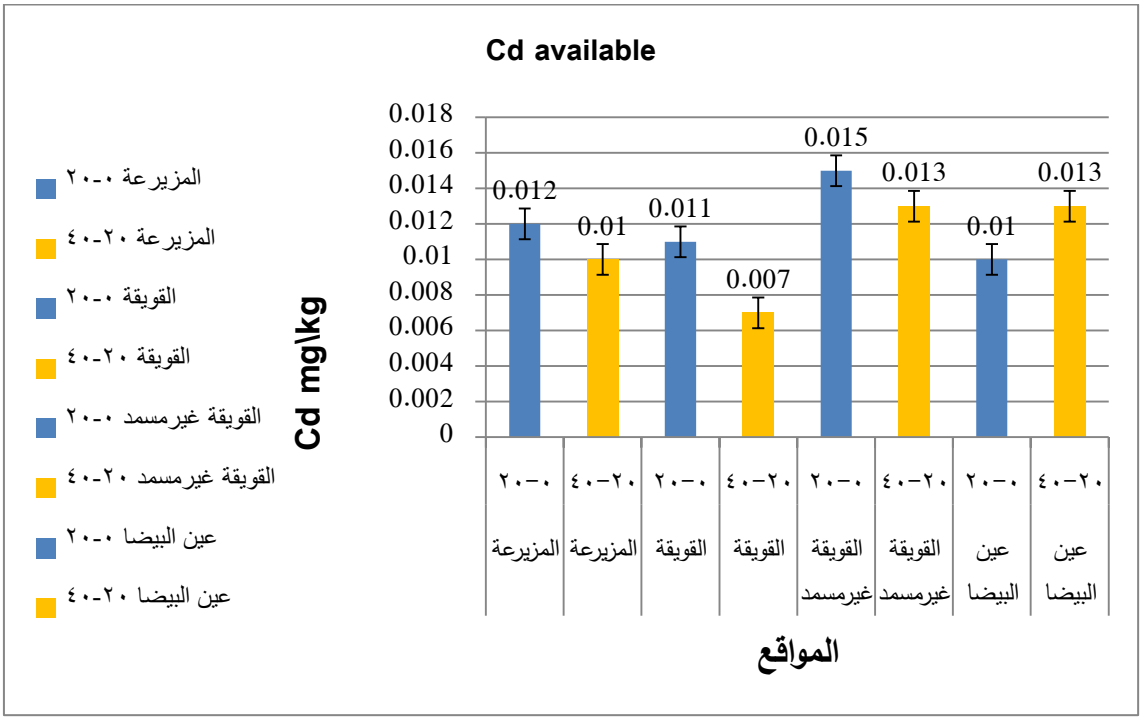


الشكل (2) مخطط يوضح تراكيز الشكل الكلي لعنصر الكادميوم في مواقع الدراسة

4 – تركيز الشكل المتاح من عنصر الكادميوم في الطبقة السطحية وتحت السطحية للترب المدروسة

يشمل الشكل المتاح من العنصر كلا الشكلين الذائب والمتبادل، يظهر الشكل (3) تراكيز الشكل المتاح من عنصر الكادميوم في المواقع الأربعة المدروسة وذلك في الطبقة السطحية وتحت السطحية. بالنسبة للطبقة السطحية تراوحت القيم بين(0.011–0.015 mg\kg) كانت قيمة الكادميوم المتاح في الموقع الاول المزيرعة (0.012 mg\kg) و في الموقع الثاني قرية القويقة التابعة لناحية المزيرعة كان تركيز الكادميوم المتاح (0.011 mg\kg) بلغت أعلى قيمة 0.015 mg\kg في الموقع الثالث التابع لقرية القويقة بالرغم من عدم تعرضه لأي إضافات سمادية لفترة زمنية طويلة ولكن كما يوضح الجدول(2) التربة في هذا الموقع طينية القوام وتحتوي على مادة عضوية بنسبة 1.70% وللمادة العضوية دور في تثبيت عنصر الكادميوم بسبب وجود مجموعات وظيفية مثل،

(مجموعات الهيدروكسيل والكربوكسيل والفينول) (Smolders and Mertens, 2013). أما في الموقع الرابع قرية عين البيضا التابعة لبلدة مشيقتا كان تركيز الشكل المتاح للكادميوم (0.010 mg\kg) ، ربما يعزى السبب لإضافة الأسمدة العضوية في هذا الموقع التي أدت إلى خفض تركيز عنصر الكادميوم. و أيضاً يظهر الشكل (3) تركيز الشكل المتاح لعنصر الكادميوم في الطبقة تحت السطحية في المواقع الأربعة المدروسة . تراوحت القيم(0.007–0.013)mg\kg ، كانت أقل قيمة في الموقع الثاني (قرية القويقة) التابعة لناحية المزيرعة حيث بلغت الكمية الكلية من الكادميوم 0.007 mg\kg وأعلى قيمة في الموقع الرابع (قرية عين لبيضا) التابعة لبلدة مشيقتا بلغت 0.013 mg\kg أما في الموقع الأول (قرية المزيرعة) بلغ تركيز الشكل الكلي لعنصر الكادميوم 0.010 mg\kg، وفي الموقع الثالث (قرية القويقة) التابعة لناحية المزيرعة وهو غير خاضع لعملية التسميد منذ فترة من الزمن بلغ تركيز الكادميوم الكلي 0.013 mg\kg .



الشكل (3) مخطط يوضح تراكيز الشكل المتاح لعنصر الكادميوم في مواقع الدراسة

5 –علاقات الارتباط لعنصر الكادميوم بشكليه الكلي والمتاح مع خصائص ترب مواقع الدراسة

من أجل معرفة علاقة الارتباط بين الشكل الكلي لعنصر الكادميوم في التربة وبين درجة pH محلول التربة، تم استخدام نموذج الانحدار الخطي البسيط الذي اعُتبر فيه متغير درجة pH محلول التربة متغير تفسيري مستقل وتركيز الشكل الكلي لعنصر الكادميوم في التربة متغير تابع، يظهر الجدول (3) قيمة معامل الارتباط (r) تساوي 0.68، وقيمة معامل التحديد(r^2) تساوي 0.46، أي أنّ 46% من التغيرات التي تطرأ على درجة pH محلول التربة (إنّ انخفاض درجة pH محلول التربة يؤدي لزيادة في درجة ذوبان عنصر الكادميوم في محلول التربة وهذا بدوره يؤدي لزيادة تركيزه في محلول التربة (Vamerali T et al.,2010)

الجدول (3) Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.682[a]	.465	.376	.07623

a. Predictors: (Constant), pH

الجدول (4) ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.030	1	.030	5.211	.04
	Residual	.035	6	.006		
	Total	.065	7			

a. Dependent Variable: TotalCd
b. Predictors: (Constant), pH

من الجدول(4) نجد أنّ قيمة (F) المحسوبة تساوي (5.211) أكبر من قيمة F الجدولية عند مستوى المعنوية 5% ودرجات الحرية (7) تساوي (0.292) وبالتالي هنالك فروق معنوية بين المتغيرين المدروسين (الشكل الكلي من عنصر الكادميوم، درجة pH محلول التربة) أي أنّ هناك ارتباط متوسط بالاعتماد على قيمة (r=0.68)، وما يعزز صحة هذا التحليل قيمة الدلالة الإحصائية (sig=0.04) أصغر من 0.05 وهذا ما يؤكد الارتباط بين المتغيرين.

الجدول (5) Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients B	Unstandardized Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
1	(Constant)	2.924	1.096		2.667	.037
	pH	-.319-	.140	-.682-	-2.283-	.04

a. Dependent Variable: TotalCd

من الجدول(5) نستطيع إيجاد معادلة الإنحدار الخطي البسيط بين المتغيرين المدروسين :

$$Y = 2.924 - 0.319pH$$

أي أنّ كل 1mg\kg من التركيز الكلي لعنصر الكادميوم في محلول التربة يخفض من درجة pH محلول التربة بمقدار 0.319 والارتباط طردي متوسط بلغت قيمة معامل ارتباط بيرسون (r)=0.682. أما بالنسبة لباقي المتغيرات الفيزيائية والكيميائية المدروسة مثل الناقلية الكهربائية (EC) وعلى الرغم من أن قيمة معامل الارتباط (r) تساوي 0.59 كما هو موضح في الجدول(6) إلاّ أنّ قيمتها لا تعبر عن وجود علاقة ارتباط بين الشكل المتاح من عنصر الكادميوم والناقلية الكهربائية لأنه تبين من خلال تحليل التباين أنّ الدلالة الإحصائية (sig) أكبر من 0.05 وهي أكثر دقة في تفسير علاقة الارتباط بين المتغير التابع والمتغير المستقل وبالتالي لا يوجد ارتباط بين المتغيرين المدروسين.

الجدول(6) علاقات الارتباط لعنصر الكادميوم (r)بشكليه الكلي والمتاح

(r) Available Cd	(r) Total Cd	المتغيرات المستقلة
0.231	0.682	pH
0.598	0.04	EC
0.032	0.094	CEC
0.246	0.01	CaCO3
0.476	0.129	A.CaCO3
0.039	0.278	% Clay
0.122	0.065	%Silt
0.217	0.357	%Sand
0.425	0.325	%OM

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. لم يلاحظ ارتفاع تراكيز عنصر الكادميوم عن الحدود المسموح بها (1–3ppm) في جميع المواقع المدروسة المسمدة وغير المسمدة.

2. لوحظ ارتفاع تركيز الكادميوم في الطبقة السطحية في الموقع الاول التابع لناحية المزيرعة حيث كان تركيز الكادميوم الكلي 0.56mg\kg ، وربما يعود السبب لأنّه تم إضافة السماد الفوسفاتي المحتوي في تركيبه على عنصر الكادميوم، ولم يلاحظ ارتفاع في تراكيز الشكل المتاح من عنصر الكادميوم في مواقع الدراسة أيضاً.

3.أظهر الشكل الكلي من عنصر الكادميوم علاقة ارتباط متوسطة القوة معpH محلول التربة، بينما لم تظهر أي علاقة ارتباط بين عنصر الكادميوم والمتغيرات المدروسة الأخرى .

التوصيات:

1. دراسة عناصر ثقيلة أخرى يحتمل وجودها في منطقة الدراسة وتؤدي إلى تلوث البيئة.
2. التوسع في دراسة مناطق زراعية أخرى، من أجل زيادة الدقة في توصيف مشكلة التلوث البيئي.

References:

1. Alloway BJ, Jackson AP. The behaviour of heavy metals in sewage sludge-amended soils. Science of the Total Environment. 1991 Mar 1;100:151-176.

2. ALLOWAY, B. J. Bioavilability of Elements in Soil. Essentials of Medical Geology, 2005, 372

3. Arunakumara KK, Walpola BC, Yoon MH. Current status of heavy metal contamination in Asia's rice lands. Reviews in environmental science and bio/technology. 2013 Dec;12:355-377.

4. Beiyuan J, Fang L, Chen H, Li M, Liu D, Wang Y. Nitrogen of EDDS enhanced removal of potentially toxic elements and attenuated their oxidative stress in a phytoextraction process. Environmental Pollution. 2021 Jan 1;268:115719.

5. BOUYOUCOS.G.J. Hydrometer method improved for making particle-size analysis of soils. Agron.J.53:464-465.1962

6. Chandrajith R, Dissanayake CB. Phosphate mineral fertilizers, trace metals and human health. Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka. 2009 Sep 26;37(3).

7. De Temmerman LO, Hoenig M, Scokart PO. Determination of "normal" levels and upper limit values of trace elements in soils. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. 1984;147(6):687-694.

8. Devi P, Kumar P. Concept and application of phytoremediation in the fight of heavy metal toxicity. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2020 Jun 1;12(6):795-804.

9. FAO. The Euphrates pilot irrigation project. Methods of soil analysis, Gadeb Soil Laboratory (A Laboratory manual). Food and agriculture organization, Rome, Italy. 1974.

10. Fijałkowski K, Kacprzak M, Grobelak A, Placek A. The influence of selected soil parameters on the mobility of heavy metals in soils. Inżynieria i Ochrona środowiska. 2012;15:81-92.

11. Gong H, Rose AW, Suhr NH. The geochemistry of cadmium in some sedimentary rocks. Geochimica et cosmochimica acta. 1977 Dec 1;41(12):1687-1692.

12. Hadia-e-Fatima AA. Heavy metal pollution–A mini review. J Bacteriol Mycol Open Access. 2018;6(3):179-181.

13. He ZL, Xu HP, Zhu YM, Yang XE, Chen GC. Adsorption-desorption characteristics of cadmium in variable charge soils. Journal of Environmental Science and Health. 2005 Mar 9;40(4):805-822.

14. Hutton M. Sources of cadmium in the environment. Ecotoxicology and environmental safety. 1983 Feb 1;7(1):9-24.

15. Kubier A, Wilkin RT, Pichler T. Cadmium in soils and groundwater: A review. Applied Geochemistry. 2019 Sep 1;108:104388.

16. Kumar B, Smita K, Flores LC. Plant mediated detoxification of mercury and lead. Arabian Journal of Chemistry. 2017 May 1;10:S2335-S2342.

17. Kumar BK, Smita LC. Flores Plant mediated detoxification of mercury and lead Arab. J. Chem. 2017;10:S2335-S2342.

18. MCKEAGUE, J. A. Manual on soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science: 66- 68, 1978

19. Mclean, E.O. Soil pH and Lime Requirement. In: Page, A.L., Ed., Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, 1982,199-224.

20. Muamar A, Zouahri A, Tijane MH, El Housni A, Mennane Z, Yachou H, Bouksaim M. Evaluation of heavy metals pollution in groundwater, soil and some vegetables irrigated with wastewater in the Skhirat region "Morocco". J. Mater. Environ. Sci. 2014;5(3):961-966.

21. Nouri J, Khorasani N, Lorestani B, Karami M, Hassani AH, Yousefi N. Accumulation of heavy metals in soil and uptake by plant species with phytoremediation potential. Environmental earth sciences. 2009 Nov;59:315-323.

22. RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agric. Handbook 60. Washington, D. C, 1954

23. Roberts TL. Cadmium and phosphorous fertilizers: the issues and the science. Procedia engineering. 2014 Jan 1;83:52-59.

24. Ryan J, Estefan G, Rashid A. Soil and plant analysis laboratory manual, International Centre for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Aleppo and National Agricultural Research Centre (NARC), Islamabad, Pakistan. 2001;172.

25. Smolders E, Mertens JC, Alloway BJ. Heavy Metals in Soils Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability.2013,283-311.

26. Vamerali T, Bandiera M, Mosca G. Field crops for phytoremediation of metal-contaminated land. A review. Environmental Chemistry Letters. 2010 Mar;8:1-17.

27. WALKLEY , A , and C.A. BLACK. An examination of the degtjareff method for determination soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method . soil Sci,1943. 37: 29-38