

تقدير الكمية الكلية والشكل المتبادل من عنصر النحاس في تربة سد معين الصليب (حماة) وعلاقتها بالخصائص الأساسية للتربة

أ.د. سوسن هيفا*

د. ابراهيم نيسافي**

م. محمد حداد***

(تاريخ الإيداع 30 / 5 / 2021 . قُبل للنشر في 23 / 9 / 2021)

□ ملخص □

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم درجة التلوث بعنصر النحاس في ترب حوض سد معين الصليب (حماة - مصياف)، ودراسة بعض خصائص الترب الفيزيائية والكيميائية ومعرفة علاقتها بكمية النحاس الكلية والمتبادل. جُمعت عينات التربة من عمقين الأول (0 - 20 سم) والثاني (20 - 40 سم) من تربة حوض السد وعلى أبعاد مختلفة من جسم السد تراوحت في أقصاها 3 كم.

أظهرت نتائج الدراسة أن الترب المدروسة متباينة القوام، درجة تفاعلها معتدلة مائلة للقاعدية، أما ملوحة التربة فكانت ضمن الحدود الطبيعية، وكانت الترب جيدة المحتوى العضوي. كما أظهرت النتائج أن محتواها من كربونات الكالسيوم الكلية مرتفع.

تراوح متوسط كمية النحاس الكلية في كلا الطبقتين بين (30.25 – 57.49 mg/kg) والمتبادل بين (4.11 – 13.16 mg/kg)، وقد تراكم النحاس في التربة السطحية في جميع مواقع الدراسة، وكانت أعلى قيمة له في التربة الأقرب لمصادر التلوث حيث تجاوزت القيمة الطبيعية المقدرة بـ (50 mg/kg) ، بينما كانت دون الحد الحرج في باقي المواقع المدروسة. تشير نتائج البحث إلى وجود علاقة قوية بين كلاً من الكمية الكلية والشكل المتبادل من النحاس وعلاقة إيجابية متوسطة القوة تربط الكمية الكلية للنحاس مع كل من المادة العضوية ونسبة الطين، كما تظهر معادلات الانحدار وجود علاقة ارتباط جيدة يظهرها معامل الارتباط R^2 بين الكمية الكلية للنحاس والشكل المتبادل مع خصائص التربة المدروسة.

الكلمات المفتاحية: عناصر ثقيلة، نحاس، سد معين الصليب، تلوث بيئي.

* أستاذ في قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.
** أستاذ مساعد في قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.
*** طالب دراسات عليا (دكتوراه) في قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

Evaluation of Total and Exchangeable Copper Concentration in Soils of Marren Alsaleb Dam (Hamah) and its Relation with Principal Soil Characteristics

Dr. Sawsan Hayfa*
Dr. Ibrahim Nisafi**
Mohammad Haddad***

(Received 30 / 5/ 2021 . Accepted 23 / 9 / 2021)

□ ABSTRACT □

The objective of this study was to determine the contamination degree of Marren Alsaleb dam's soils (Hama - Masyaf) and the relation between total and exchangeable Copper with physical and chemical properties of soils. Soil samples were collected from two depths (0-20 cm) and (20-40 cm) along 3 km.

The study indicates that soils had different textures. Soil pH was neutral to alkaline. Soil salinity was within the normal range. Soils organic content were good, Results also showed that total calcium carbonate content was medium to high content.

Average a total amount of copper in the both layer ranged between (30.25 – 57.49 mg/kg), and exchangeable form was between (4.11 – 13.16 mg/kg). Copper accumulated in the topsoil in all sampled sites. The highest concentration of Copper was in samples locate near the pollution source and it exceeds the critical limit (50 mg/kg).

The results also indicate that There was a positive strength relationship between total amount was found with Exchangeable copper. Positive medium-strength relationship between total amount of copper with both organic matter and clay content of soils. Linear regression equation showed the significant R^2 between the Cu fractions(Total, Exchangeable) with studied soil properties in soils of Marren Alsaleb dam.

Keywords: heavy metals, copper, Ma'reen Alsaleb dam, environmental pollution.

* Professor, Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Assistant Professor, Department of Forestry and Environment, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria

***Prostgraduate Student(PhD), Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria

1- المقدمة

تلعب السدود السطحية دوراً هاماً في التنمية الزراعية والبيئية من خلال توفير مياه الري للمحاصيل الزراعية، إضافةً لرفد مخزون المياه الجوفية خلال أشهر الجفاف (Hahn *et al.*, 2018)، لذلك يعتبر الحفاظ على جودة مياه هذه السدود أمراً ضرورياً وغاية في الأهمية، لقد حظيت دراسة مصادر المياه باهتمام متزايد من المختصين في ضوء الحاجة المتزايدة لتأمين مستلزمات النهوض الزراعي والاقتصادي وضمان الأمن الغذائي.

يعتمد سلوك النحاس في التربة على خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية وبخاصة المادة العضوية ونسبة ونوع معادن الطين، حيث يعد من العناصر الكيميائية المتوسطة الحركة في التربة بسبب ارتباطه مع مكونات التربة العضوية واللاعضوية مشكلاً معقدات (Allowy, 2013)، ويدمص النحاس بشكلٍ أساسي على سطح معادن الطين السليكاتية والمادة العضوية وأكاسيد الحديد و الألمنيوم والمنغنيز، حيث يعتبر ادمصاص النحاس من أقوى الكاتيونات الثنائية على أكاسيد وهيدروكسيدات الحديد و الألمنيوم (Allowy, 2013).

يتلقى سد معين العديد من الملوثات المتعددة المصادر والتي تنتشر على طول امتداد النهر وتتمثل بمياه الجفت الصادرة عن معاصر الزيتون المنتشرة في المنطقة ومخلفات بعض المنشآت الصناعية كمعمل أحذية مصيايف وورش تصليح المركبات إضافةً لوجود مياه وحماة صرف صحي ومخلفات الأنشطة الزراعية في الحقول المجاورة كالمبيدات الزراعية وخاصةً الفطرية منها والأسمدة الكيميائية المتنوعة.

يعد النحاس من العناصر الصغرى الهامة في تغذية النبات وله وظائف فيزيولوجية أساسية ومتعددة حيث يدخل في تشكيل غبار الطلع والجدر الخلوية وكذلك في تركيب العديد من الأنزيمات مثل: Cytochrome Oxidase - Superoxide Dismutase - Ascorbic Oxidase، يبلغ متوسط النحاس في القشرة الأرضية 60 mg/kg ويتراوح متوسط تركيزه في التربة بين 2 - 50 mg/kg (Allowy, 2013)، كما أشار Kabata-Pendias و Pendias عام (2001) إلى أن النحاس الكلي في التربة يتراوح بين 25 - 75 mg/kg.

يصنف النحاس كأحد المعادن الثقيلة والتي بدورها تعتبر من أخطر الملوثات البيئية اللاعضوية نظراً لعدم تحطمها بيولوجياً وتراكمها في الأوساط البيئية إلى مستويات تفوق الحدود الطبيعية (Allowy, 2013)، حيث تتعدد مصادر النحاس وتعتبر مياه الصرف الصحي والمواد الكيميائية الزراعية كالأسمدة والمبيدات هي المسؤولة عن غالبية مدخلات النحاس إلى التربة الزراعية، فقد تم استخدام المبيدات الفطرية النحاسية بشكل مكثف منذ بداية القرن التاسع عشر، كما لوحظ ارتفاع تركيز النحاس في تربة مزارع العنب (Wang *et al.*, 2018).

2- أهداف البحث

هدفت هذه الدراسة إلى:

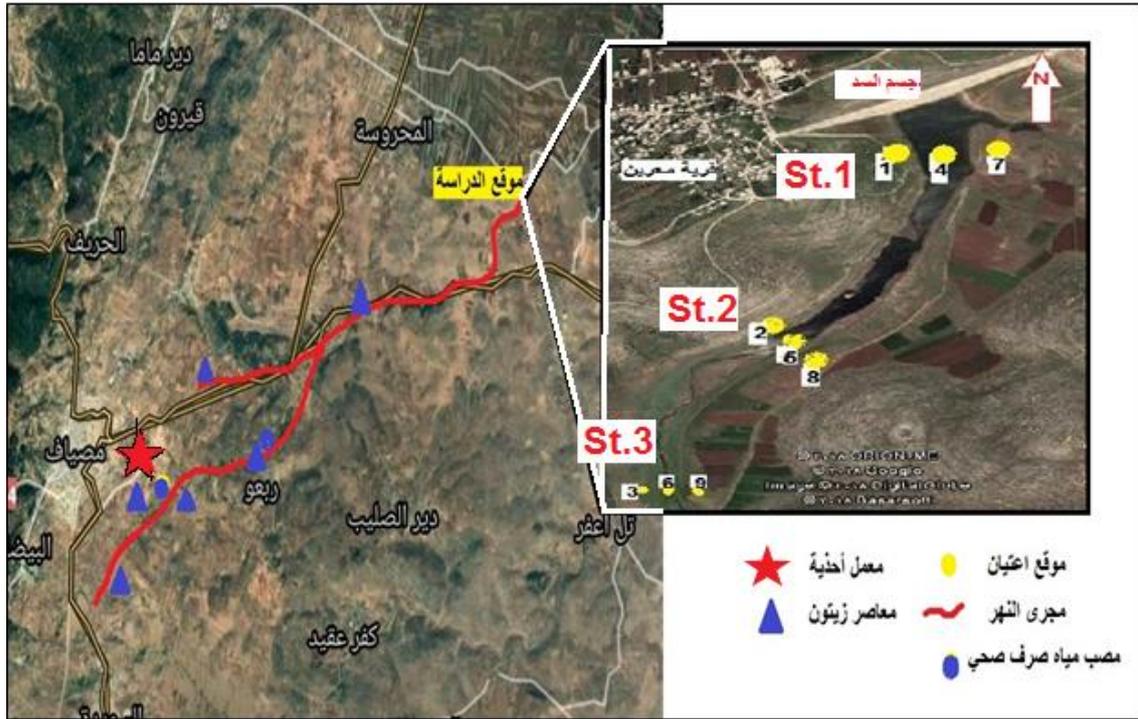
1. تقدير الكمية الكلية من عنصر النحاس في الطبقة السطحية (0-20 cm) وتحت السطحية (20-40 cm) لتربة حوض سد معين وعلى أبعاد مختلفة من جسم السد.
2. تقدير كمية الشكل المتبادل من عنصر النحاس في الأعماق المدروسة.
3. تحديد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الموقع المدروس.
4. دراسة العلاقة بين كمية النحاس في الترب مع بعض خصائصها المدروسة (% الطين، حموضة التربة، المادة العضوية، سعة التبادل الكاتيونية، كربونات الكالسيوم).

3- مواد وطرائق البحث

3-1 موقع الدراسة

تعتبر معرين الصليب إحدى قرى محافظة حماة تتبع إدارياً لمنطقة مصياف، حيث تشكل امتداداً طبيعياً لسهل الغاب كما هو واضح في الشكل (1)، وتقع على ارتفاع 230 - 250 م عن سطح البحر في منطقة الاستقرار الأولى حيث تتجاوز أمطارها 600 ملم/عام، وتعتبر من المناطق النشطة زراعياً حيث تمتاز بسهولة الواسعة والتي تزرع على مدار العام، شتاءً بالقمح والشعير والقطن والشوندر السكري والبطاطا وغيرها من المحاصيل الاستراتيجية الهامة وصيفاً بالخضار والمحاصيل الصيفية. أُقيم سد تجميحي إلى الجنوب الشرقي من قرية معرين بهدف درء مياه الفيضانات ورفع منسوب المياه الجوفية وذلك على مجرى نهر أبو بكرة الممتد من شرق مدينة مصياف ولمسافة تزيد عن 15 كم وصولاً إلى سهول قرية معرين وعقيرية.

يمتد حوض التخزين نحو الجنوب بمسافة 2 - 3 كم ويمثل مصب نهائي لمياه النهر والتي بدورها تحمل أنواع عديدة من الملوثات العضوية والمعدنية صادرة عن المنشآت الصناعية وورش تصليح المركبات وبعض معاصر الزيتون على طول مجرى النهر والتي تصب معظم مخلفاتها فيه، كما أن النهر كان سابقاً مصب لمياه الصرف الصحي لبعض القرى المجاورة فضلاً عن إمكانية وصول مخلفات وبقايا الأنشطة الزراعية المختلفة في الحقول المجاورة إلى مجرى النهر نتيجة السيول شتاءً.



الشكل (1) صورة فضائية لمنطقة الدراسة يوضح مواقع الاعتيان

3-2 جمع العينات وتحضيرها

تم جمع العينات في نهاية صيف 2019 وذلك قبل بدء موسم الأمطار، حيث جفت مياه السد تماماً وأصبح بالإمكان أخذ العينات من جميع النقاط المحددة.

تم تحديد ثلاث أبعاد من جسم السد وهي كالاتي (200 - 1500 - 3000) م وتم ترميزها على التوالي (St.1 - St.2 - St.3)، وفي كل بعد تم تحديد ثلاث مواقع اعتيان، تقع المواقع المختارة في حوض السد وسرير النهر من كلا الجانبين كما في الشكل (1).

حيث قمنا بإجراء مقطع طولي في تربة كل موقع اعتيان على عمق 50 سم، وأخذنا أولاً عينات تربة من الطبقة السطحية (0 - 20 cm) وبعد ازاحة الطبقة السطحية أخذنا عينات من التربة تحت السطحية حيث بلغ أدنى انخفاض عن سطح التربة تم فيه أخذ عينات (40 cm)، وذلك بمعدل ثلاث مكررات من كل عمق. أخذت عينات التربة بوزن 0.5 كغ من كل موقع اعتيان، ووضعت في أكياس بلاستيكية مرفقة ببطاقات تعريف ونقلت إلى المخبر حيث تم تنقيتها من الشوائب (الحصى والبقايا النباتية غير المتحللة) ثم وضعت في أكياس ورقية وجففت في الفرن على درجة 40°C حتى ثبات الوزن، وتم طحنها وتنخيلها بمنخل 2 مم بحسب Hseu وآخرون (2000)، لإجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية.

3-3 التحاليل المخبرية

تم إجراء التحاليل المخبرية لتحديد بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة المدروسة، إضافةً لتقدير كمية النحاس الكلية والمتبادلة في كلاً من التربة السطحية وتحت السطحية، وقد أجريت جميع التحاليل في مخابر كلية الزراعة في جامعة تشرين، ذلك تبعاً للطرق التالية بحسب (راين وآخرون، 2003):
التحليل الميكانيكي: بطريقة الهيدرومتر وذلك لمعرفة نسب مكونات التربة (رمل - سلت - طين) وتحديد قوام التربة.

تفاعل التربة (pH): حضر مستخلص مائي (1 : 2.5) (تربة : ماء) وتم القياس بجهاز pH meter.
الناقلية الكهربائية للتربة (EC): تم بواسطة جهاز قياس الناقلية الكهربائية Electrical conductivity meter بتحضير معلق (1 : 2.5) (تربة : ماء).
السعة التبادلية الكاتيونية للتربة (CEC): باتباع طريقة خلاص الصوديوم وباستخدام جهاز التحليل الطيفي باللهب flame photometer.

المادة العضوية للتربة (OM): بإرجاع ثاني كرومات البوتاسيوم بواسطة مركبات الكربون العضوي ثم المعايرة بمحلول سلفات الحديد النشارية 0.5 M.
تقدير كربونات الكالسيوم الكلية %: بالطريقة الحجمية بإضافة كمية زائدة من حمض كلور الماء معلوم النظامية إلى وزن معين من التربة، فيتفاعل جزء منه مع الكربونات ويعاير الجزء الزائد عن التفاعل بواسطة محلول معلوم النظامية من هيدروكسيد الصوديوم.

كربونات الكالسيوم الفعالة: بطريقة Drouineau - Galet (Drouineau, 1942) حيث يتم معاملة التربة بكمية زائدة من أوكزالات الأمونيوم يتفاعل جزء منها مع كربونات الكالسيوم الفعالة ويعاير الجزء الزائد بمحلول معروف النظامية من برمنغنات البوتاسيوم.

تقدير الكمية الكلية من عنصر النحاس: تم هضم العينات بالماء الملكي حيث أخذنا (1 g) تربة من كل عينة تربة ووضعت ضمن ارلينماير زجاجي سعة 250 ml وأضيف إليها (7 ml) و(2.5 ml) من محلول HCl (37%)

ومحلول HNO_3 (65%) على التوالي، تركت لمدة (24) ساعة لكي تتم عملية الهضم الأولي، بعد ذلك سُخنت العينات تدريجياً حتى الوصول لدرجة حرارة (175°C) وتُركت لتبرد في ظروف المخبر، ثم رُشحت بورق ترشيح ($0.45 \mu\text{m}$) وحُفظت الرشاحة لتقدير التركيز الكلي للعناصر الثقيلة باستخدام جهاز الامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrophotometer) AAS (Aljaboobi *et al.*, 2014).

تقدير تركيز النحاس المتبادل: تم استخلاصه بمحلول $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ (1N) بإضافة (50 ml) من المحلول على (10 g) تربة ضمن دورق زجاجي، ثم وضعت للخض لمدة ساعتين ونصف، رشحت العينات ثم وضعت في عبوات بلاستيكية جافة، وأضيف إليها عدة نقاط من حمض الآزوت (1N) لمنع إعادة ارتباط المعادن الثقيلة في المحلول بالمواد العضوية، وأكمل الحجم بالماء المقطر إلى (50 ml) حفظت للقياس بواسطة جهاز الامتصاص الذري (Soltanpour and Workman, 1979; Kabata-Pendias and) (Pendias, 2001).

3-4 التحليل الإحصائي

تم تحليل النتائج المخبرية احصائياً بواسطة برنامج SPSS (Statistic Program for Social Sciences) للتحليل الاحصائي، حيث أُجري تحليل ANOVA لنتائج البحث. كما فصلت المتوسطات وحساب قيم أقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية 5%، وتم إيجاد العلاقات التالية:

1. علاقات الارتباط بين كلاً من الكمية الكلية للنحاس وشكله المتبادل في التربة مع خواص التربة الفيزيائية والكيميائية.
2. إيجاد معادلات الانحدار المتعدد لمعرفة مدى تأثير خواص التربة على كمية النحاس الكلية والمتبادلة في المواقع المدروسة.

4- النتائج والمناقشة

4-1 الخصائص الفيزيائية للتربة المدروسة

تلعب التربة دوراً هاماً في ربط المعادن الثقيلة مع مكوناتها وتحديد حركتها ضمن قطاع التربة وامكانية انغسالها أو اتاحتها للنبات.

يبين الجدول (1) متوسط نتائج التحاليل المخبرية للمكررات الثلاث المتحصل عليها من التحاليل المخبرية، ومن خلالها يتضح أن نوع الترب المدروسة تراوح بين ترب طينية ورملية طينية وطينية لومية حسب مثلث قوام التربة USDA (راين وآخرون، 2003).

الجدول (1) متوسط الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة المدروسة

عمق التربة	الموقع	التوزع الحجمي لمكونات التربة			نوع التربة	pH	EC ms/cm	CEC mq/100g	%OM	%CaCO ₃	%A. CaCO ₃
		%Silt	%Clay	%Sand							
0 - 20 cm	St. 1	23.58	45.22	31.2	طينية	7.5	2.16	31.93	0.88	33.53	8.66
	St. 2	18.76	53.5	27.65	طينية	7.43	1.69	30.93	2.64	22.7	7.5
	St. 3	14.1	41.03	44.85	رملية طينية	7.57	1.36	31.86	1.04	42.29	7.94
20 - 40 cm	St. 1	28.17	43.91	27.91	طينية	7.42	0.96	33.12	0.71	28.74	8.66
	St. 2	20.79	38.39	40.82	طينية لومية	7.66	0.86	25.75	1.95	36.2	5.5
	St. 3	26.61	39.94	33.44	طينية لومية	7.71	0.62	33.7	0.95	44.17	10.03

وتراوحت نسبة الطين في كلا الطبقتين بين (38.39 - 53.5 %)، أما نسبة الرمل فتراوحت بين (44.85 - 27.65 %)، في حين كانت نسبة السلت بين (14.1 - 28.17 %).

2-4 الخصائص الكيميائية للتربة المدروسة

تظهر نتائج البحث أن التربة المدروسة هي تربة معتدلة مائلة للوسط القاعدي (الجدول 1)، حيث تراوح متوسط قيم الـ *pH* فيها بين (7.42 - 7.71)، وقد كانت الفروقات بين المواقع وبين الأعماق طفيفة.

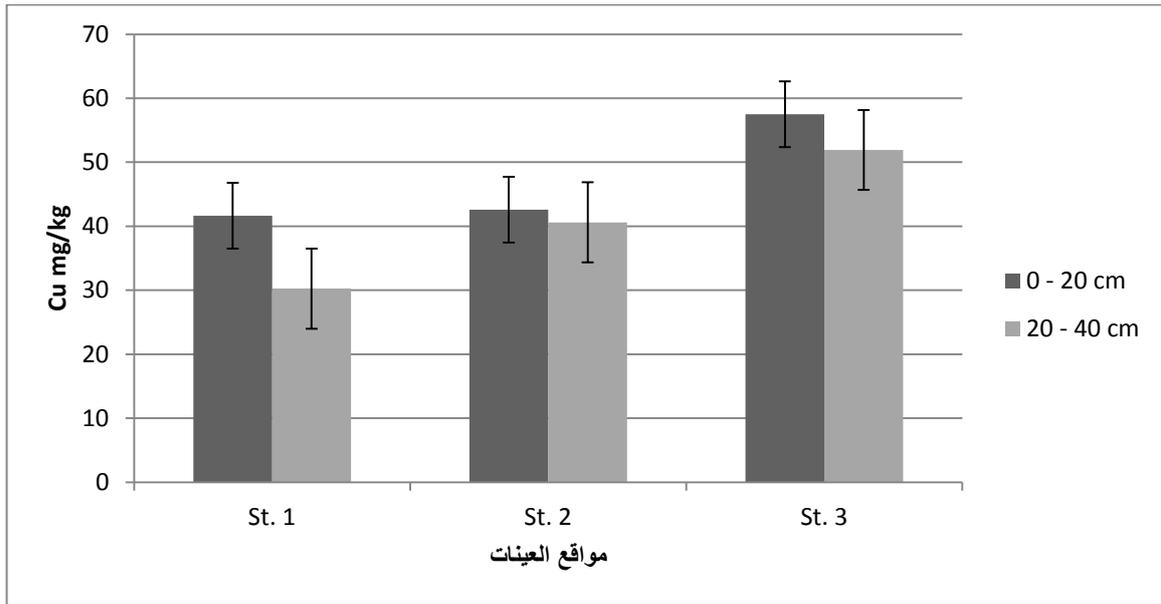
أما المادة العضوية تراوحت بين (0.71 - 2.64 %)، وكانت بعض المواقع ضعيفة المحتوى العضوي أي أقل من 1.5 % (Alloway, 2005)، كما نلاحظ ارتفاع المحتوى العضوي في التربة السطحية مقارنةً بالتربة تحت السطحية ويعود ذلك إلى ارتفاع نسبة الملوثات العضوية (Shahid, 2017). في حين كانت الناقلية الكهربائية ضمن الحدود الطبيعية وقد بلغت أعلى قيمة لها (2.16 ميليوس/سم).

كما تراوحت السعة التبادلية الكاتيونية بين (25.75 - 33.7 ميلي مكافئ / 100 غرام تربة) وهي ضمن الحدود الطبيعية للتربة الزراعية. وأظهرت التحاليل المخبرية أن نسبة كربونات الكالسيوم الكلية بين (22.7 - 44.17 %)، وبالتالي تعتبر التربة المدروسة عالية المحتوى بالكربونات.

3-4 كمية النحاس الكلية

تراوح متوسط كمية النحاس الكلي بين (41.64 - 57.49 mg/kg) في العمق الأول من التربة المدروسة، وبين (30.25 - 51.92 mg/kg) في العمق الثاني كما في الشكل (2)، وكانت جميع القيم باستثناء الموقع St.3 دون الحد الحرج لتركيز النحاس في التربة والبالغ (50 mg/kg) حسب معايير منظمة الصحة العالمية (WHO, 2011)، ونلاحظ ازدياد كمية النحاس تدريجياً بالابتعاد من جسم السد حيث كان أعلى كمية في الموقع St.3 لكلا العمقين وذلك بسبب القرب من مصادر التلوث (المنشآت الصناعية والأراضي الزراعية وغيرها)، حيث تتلقى كميات كبيرة من الملوثات مقارنةً بالمواقع الأخرى، في حين وجدت أقل كمية في الموقع St.1 وهو الأبعد عن مصادر التلوث. نلاحظ تراكم النحاس في العمق الأول المدروس 0 - 20 سم بسبب ميله للارتباط مع المواد العضوية المتركة في الطبقة السطحية من التربة (Alloway, 2013)، وتتناقص كمية النحاس مع العمق وهذا يعود لكون النحاس من العناصر متوسطة الحركة ضمن قطاع التربة (Aydinalp and Marinova, 2003). وهذا يتفق مع ما أوجده Ballabio وآخرون 2018 بأن التأثير المتبادل لخصائص التربة مثل ارتفاع *pH* ونسبة الطين مع ظروف الرطوبة

يؤدي إلى تراكم النحاس في التربة، وفي حال عدم توفر هذه الظروف لارتفعت نسبة النحاس الذائب في المياه المسامية وانتقلت إلى المياه الجوفية والنباتات والأحياء الأخرى. تظهر نتائج تحليل التباين عند مستوى معنوية (5%) وجود فروق معنوية في محتوى الأعماق المدروسة من النحاس حيث تركز النحاس في الطبقة السطحية، وهذا يفسر بارتباط النحاس بالمادة العضوية في التربة والتي تراكمت في الطبقة السطحية حيث كان ($P < 0.05$)، كما وجدت فروق معنوية في محتوى المواقع المدروسة من النحاس وهذا دليل على تأثير البعد عن مصادر التلوث على كمية النحاس في المواقع المدروسة. (Allowy, 2013).

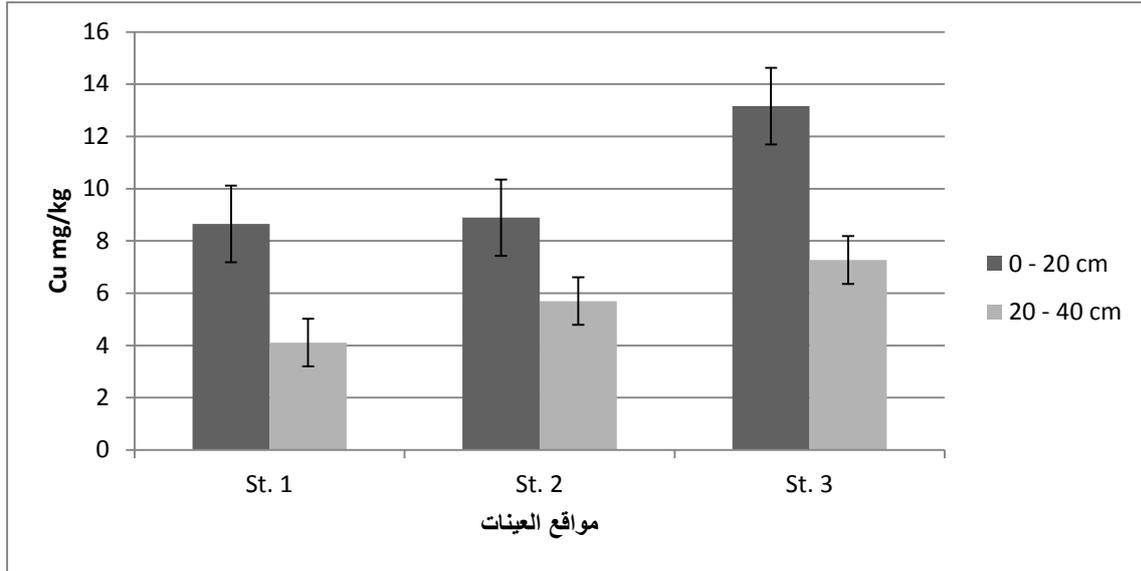


الشكل (2) متوسط كمية النحاس الكلية في الأعماق المدروسة

4-4 تركيز النحاس المتبادل

يظهر الشكل (3) تركيز الشكل المتبادل من النحاس في المواقع المدروسة، حيث تراوحت قيمته بين (8.65 – 13.16 mg/kg) في التربة السطحية، وبين (4.11 – 7.27 mg/kg) للتربة تحت السطحية، وبلغت نسبة النحاس المتبادل 18.98% من الكمية الكلية. وكانت أعلى كمية له في الموقع St.3، وأقل كمية في الموقع St.1 وذلك لكلا العمقين. كما لوحظ ارتفاع التركيز في التربة السطحية مقارنةً بالتربة تحت السطحية بسبب ارتباطه بالمحتوى العضوي في التربة (Allowy, 2013).

ومن خلال إجراء تحليل التباين عند مستوى معنوية (5%) تبين وجود تشابه في سلوك الشكل المتبادل والكمية الكلية حيث وجد فروق معنوية في تركيز النحاس المتبادل بين العمقين المدروسين ويفسر ذلك بارتفاع نسبة سطوح الادمصاص من مواد عضوية ومعادن طين في التربة السطحية مقارنةً بالتربة تحت السطحية، كما وجدت فروق معنوية في تركيز النحاس المتبادل بين المواقع المدروسة وهذا يعود لاختلاف كمية النحاس الكلية في ترب المواقع المدروسة (Yobouet, 2010).



الشكل (3) كمية النحاس المتبادل في الأعماق المدروسة

4-5 علاقات الارتباط لعنصر النحاس مع خصائص التربة المدروسة

يظهر الجدول (2) علاقات الارتباط لكلاً من الكمية الكلية للنحاس والشكل المتبادل مع خواص التربة المختلفة: الكمية الكلية للنحاس: ارتبطت الكمية الكلية للنحاس بعلاقة إيجابية قوية مع تركيز النحاس المتبادل ($r = 0.81$)، وعلاقة إيجابية متوسطة القوة مع المادة العضوية ($r = 0.51$) ونسبة الطين ($r = 0.69$)، وكانت العلاقة سلبية متوسطة القوة مع سعة التبادل الكاتيونية ($r = -0.64$) للتربة المدروسة وهذا يتفق مع نتائج دراسة أجراها Nascimento وآخرون عام 2003، وكانت العلاقة ضعيفة مع pH التربة بسبب ميل حموضة التربة للقاعدية في حين يتحرر النحاس من معقداته بشكل كبير في مجال $pH: 5 - 5.5$. بينما انعدمت العلاقة مع كل من الناقلية الكهربائية والكربونات الكلية والفعالة، ومن خلال دراسة معادلة الانحدار في الجدول (3) نجد أن حوالي 86% من تغيرات الكمية الكلية للنحاس ناتجة عن تغير الخواص المدروسة للتربة.

الجدول (2) علاقات الارتباط لعنصر النحاس (r) لكل العميقين

Exchangeable Cu	Total Cu	
0.06	0.41	pH
0.41	0.51	% OM
0.19	-0.08	EC
-0.34	-0.64	CEC
0.22	0.37	CaCO ₃
-0.08	-0.16	A.CaCO ₃
0.71*	0.69*	% Clay
	0.81**	Exchangeable Cu

* Correlation is significant at the 0.05 level ** Correlation is significant at the 0.01 level

الشكل المتبادل من النحاس: تظهر نتائج التحليل الاحصائي وجود علاقة ارتباط قوية موجبة مع نسبة الطين حيث كانت ($r = 0.71$) وعلاقة إيجابية متوسطة القوة مع المادة العضوية ($r = 0.41$)، بينما انعدمت العلاقة مع الخواص الأخرى المدروسة. ومن الجدول (3) تبين معادلة الانحدار أن 40% من تغيرات النحاس المتبادل في التربة تعود للتبدلات الطارئة على خواص التربة.

الجدول (3) معادلات الانحدار المتعدد لتأثير الخصائص المدروسة على أشكال النحاس الكيميائية المدروسة

R ²	معادلة الانحدار	Cu
0.68*	$Y = - 134.6 + 23.74 (\text{pH}) + 2.35 (\text{OM}) + 2.56 (\text{EC}) - 0.54 (\text{CEC}) + 0.33 (\text{CaCO}_3) - 2.21 (\text{A. CaCO}_3) + 0.37 (\text{Clay})$	Total
0.42	$Y = - 33.04 + 4.64 (\text{pH}) + 0.64 (\text{OM}) + 1.4 (\text{EC}) - 0.1 (\text{CEC}) + 0.11 (\text{CaCO}_3) - 0.61 (\text{A. CaCO}_3) + 0.16 (\text{Clay})$	Exchangeable

* Correlation is significant at the 0.05 level

5- الاستنتاجات والمقترحات

الاستنتاجات

1. كان النحاس في أغلب ترب المواقع المدروسة على أعماق مختلفة ضمن الحدود المسموح بها، وبلغت النسبة المئوية من النحاس المتبادل (18.98%).
2. وجود علاقة ارتباط جيدة بين أشكال النحاس المدروسة ونسبة الطين والمادة العضوية في التربة.
3. تظهر معادلات الانحدار وجود معنوية بين الكمية الكلية للنحاس والشكل المتبادل مع خصائص التربة المدروسة.

المقترحات

1. متابعة دراسة تركيز عناصر ثقيلة أخرى في تربة حوض السد.
2. التوسع في الدراسة لتشمل مياه السد والنباتات المحيطة بالسد.

المراجع

1. راين، جون وجورج اسطفان وعبد الرشيد. تحليل التربة والنبات- دليل مخبري. المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا)، حلب، سورية، 2003، 172 صفحة.
2. AL-JABOBI, M; ZOUAHRI, A; TIJANE, M; ELHOUSNI, A; MENNANE, Z; YACHOU, H; BOUKSAIM, M. 2014, *Evaluation of heavy metals pollution in groundwater, soil and some vegetables irrigated*

with wastewater in the Skhirat region “Morocco”. J. Mater. Environ. Sci. Vol.5, N^o, 3, , 961- 966

3. ALLOWAY, B. J. 2005, *Bioavailability of Elements in Soil*. Essentials of Medical Geology, , 372.

4. ALLOWAY, J. 2013, *Heavy Metals in Soils. Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. Environmental Pollution, University of Reading, Germany, 22 : 614.

5. AYDINALP, C; AND MARINOVA, S. 2003, *Distribution and Forms of Heavy Metals in Some Agricultural Soils*. Polish Journal of Environmental Studies, 12 (5): 629-633.

6. BALLABIO, C; PANAGOS, P; LUGATO, E; HUANG, J; ORGIAZZI, A; JONES, A; FERNANDEZ-UGALDE, O; BORRELLI, P; MONTANARELLA, L. 2018, *Copper distribution in European topsoils: An assessment based on LUCAS soil survey*. 636, Science of the Total Environment, 282–298.

7. DROUINEAU, G. 1942, *Dosage rapid du calcire actif du col*. Nouvelles donnies sur la reportation de la nature des fractions calcaires, Ann Argon, (12): 411-450.

8. HAHN, J; OPP, C; EVGRAFOVA, A; GROLL, M; ZITZER, N; LAUFENBERG, G. 2018, *Impacts of dam draining on the mobility of heavy metals and arsenic in water and basin bottom sediments of three studied dams in Germany*. Science of the Total Environment, 10, (640): 1072–1081.

9. HSEU, Z. Y; CHEN, Z. S; TSAI, C. C; TSUI, C. C; CHENG, S. F; LIU, C. L; LIN, H. T. 2000, *Digestion Methods For Total Heavy Metals in Sediments and Soils*. Water, Air, and Soil Pollution Vol. 141, N^o, 5, 189–205.

10. KABATA– PENDIAS, A; AND PENDIAS, H. 2001, *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press LLC Boca Raton London New York Washington, D.C.,: 400.

11. NASCIMENTO, C; FONTES, R; MELICIO, A. 2003, *Copper Avallability as Related to Soil Copper Fractions in Oxisols Under Liming*. Scientia Agricola, v.60, 1, 167-173.

12. SHAHID, M. 2017, *Biogeochemical Behavior of Heavy Metals in Soil-Plant System*. HIGHER EDUCATION COMMISSION ISLAMABAD – PAKISTAN, 213.

13. SOLTANPOUR, P. N; AND WORKMAN, S. 1979, *Modification of the NaHCO₃ DTPA soil test to omit carbon black*. Soil sci. Plant Anal, (10): 1411 - 1420.

14. WANG, X; DENNG, C; YIN, J; TANG, X. 2018, *Toxic heavy metal contamination assessment and speciation in sugarcane soil*. 108, Earth and Environmental Science, 4, 9.

15. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 2011, *Report of WHO Expert Committee. Environmental pollution*. 170.

16. YOBOUET, Y. A; ADOUBY, K; TROKOUREY, A; YAO, B. 2010, *Cadmium, Copper, Lead and Zincspeciation in contaminated soils*, International Journal of Engineering Science and Technology, v 2, 5, 802-812.