مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (39) العدد (3) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (39) No. (3) 2017

# The Effect of Applying Sewage Sludge on Chromium and Copper Accumulation in Soil and *Eucalyptus Camaldulensis* in Fedio Plantation (Lattakia)

**Dr. Haytham Shahin** [••]
**Dr.Ghaleb Shehada** [•••]
**Dr.Wael Ali** [••••]
**Dr.Susan Haifa** [•••••]
**Rose alkubaily** [•]

**(Received 1 / 2 / 2017. Accepted 11 / 5 /2017 )**

## □ ABSTRACT □

This study was carried out during 2013 – 2015 and aimed to assess the effects of applying dry sewage sludge on heavy metals accumulation (Chromium and Copper) in soil and plant tissues (leaf, trunk and litterfall) of *Eucalyptus camaldulensis* plantation established on sandy soil in Fedio plantation-Lattakia at April -2013.

Four experimental treatments were compared at age 22 months: SS1 (sewage sludge 3 kg/tree), SS2 (sewage sludge 6 kg/tree), MF (mineral fertilizer), and C (no fertilizer or sludge applications). Application of sewage sludge significantly increased Cu concentration in the different parts of *E. camaldulensis* (leaf, trunk and litterfall) and soil in comparison with C and MF treatments, while Cr concentration in leaf and litterfall in SS2 treatment was significant higher than in SS1, MF and C treatments.

**Key words**; Sewage sludge, *Eucalyptus camaldulensis*, Heavy metals, Chromium, Copper.

[••] **Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[•••] **Associate Professor, Department of Ecology and Foresty, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[••••] **Assistant Professor, Department of Ecology and Foresty, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[•••••] **Professor, Department of Soil and Water Science, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[•] **Postgraduate Student, Department of Ecology and Foresty, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (39) العدد (3) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (39) No. (3) 2017

# أثر تطبيق حمأة الصرف الصحي على تراكم الكروم والنحاس في التربة والأوكاليبتوس المنقاري في مزرعة فديو (اللاذقية)

**د. هيثم شاهين ••**
**د. غالب شحادة •••**
**د. وائل علي••••**
**د. سوسن هيفا •••••**
**روز القبيلي•**

**(تاريخ الإيداع 1 / 2 / 2017. قبل للنشر في 11 / 5 / 2017)**

## □ ملخّص □

أجريت هذه الدراسة بين عامي 2013 – 2015، وقد هدفت إلى تقييم الآثار الناتجة عن تطبيق حمأة الصرف الصحي الجافة على تراكم العناصر المعدنية الثقيلة (الكروم والنحاس) في كل من التربة والنبات (الأوراق، الجذع والفرشة الورقية) وذلك في مشجر للأوكاليبتوس المنقاري تم إنشاؤه على تربة رملية في مزرعة فديو (اللاذقية) في نيسان 2013.

قمنا بمقارنة أربع معاملات تجريبية عند عمر 22 شهراً وهي: SS1 (حمأة صرف صحي 3 كغ/غرسة)، SS2 (حمأة صرف صحي 6 كغ/غرسة)، MF (سماد معدني)، C (دون إضافة سماد أو حمأة). حيث أدى تطبيق حمأة الصرف الصحي إلى ازدياد في كمية النحاس في الأجزاء المختلفة للأوكاليبتوس المنقاري (الأوراق، الجذع والفرشة الورقية) والتربة في المعاملتين SS1 وSS2 وذلك بالمقارنة مع المعاملتين MF وC، بينما كان تركيز الكروم في الأوراق والفرشة الورقية في المعاملة SS2 أعلى بشكل ملحوظ من تركيزه في المعاملات SS1، MF وC.

**الكلمات المفتاحية:** حمأة الصرف الصحي، الأوكاليبتوس المنقاري، المعادن الثقيلة، النحاس، الكروم.

•• أستاذ، قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين، اللاذقية– سورية.
••• أستاذ مساعد ، قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة– جامعة تشرين، اللاذقية– سورية.
•••• مدرس، قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة– جامعة تشرين، اللاذقية– سورية.
••••• أستاذة، قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة– جامعة تشرين، اللاذقية– سورية.
• طالبة دراسات عليا (دكتوراه)، قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة– جامعة تشرين، اللاذقية– سورية.

## مقدمة

تعد وكالة حماية البيئة الأمريكية USEPA مصطلح المخلفات الحيوية الصلبة (Biosolids) المصطلح المناسب لتعريف حمأة الصرف الصحي(Sewage Sludge) [1]، فالحمأة عبارة عن مزيج شبه صلب من المواد العضوية المحملة بالبكتريا والفيروسات والمعادن الثقيلة والمواد الكيماوية بالإضافة إلى المواد الصلبة المترسبة والمزالة من مياه الصرف الصحي في محطات المعالجة [2]. تنتج يومياً كميات ضخمة من حمأة الصرف الصحي إثر التزايد المتسارع في الكثافة السكانية والتوسع العمراني والتطور الصناعي [3]، وتقدر كميتها في العالم بحدود (40-25) كغ/الشخص/العام دون حساب مياه الصرف الصناعي [4]، الأمر الذي يشكل مصدراً رئيسياً لتلوث البيئة [5].

تتنوع طرق التخلص من الحمأة بين ضخها في المطامر الصحية [6] أو ترميدها [7]، إلا أن إعادة استخدامها كسماد مخصب للتربة يعد الخيار الأفضل من وجهة نظر بيئية وزراعية [8, 9]، حيث تعد هذه المادة مصدراً جيداً للمادة العضوية والعناصر المغذية للنبات كالآزوت والفوسفور [10]، وسماداً محسناً لخواص التربة الفيزيائية والكيميائية [11]، فهي تلعب دوراً فعالاً في تحسين بناء التربة وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء وكذلك زيادة سعة التبادل الكاتيوني [12] ومسامية التربة واستقرار مجاميعها [13]، فضلاً عن دورها الإيجابي في زيادة إنتاجية المحاصيل [14, 15]، وبالتالي لها دور هام في خفض التلوث البيئي من خلال تقليل الاعتماد على الأسمدة المعدنية [16].

وعلى الرغم من هذه الفوائد الجمة فإن استخدام الحمأة في الزراعة ينطوي على العديد من المخاطر على صحة الإنسان والحيوان والنبات [17]، وتعد المعادن الثقيلة من أخطر الملوثات اللاعضوية التي تحويها الحمأة لأنها لا تتحطم بيولوجياً في التربة، وبالتالي تتراكم في البيئة لفترات طويلة من الزمن [18, 19]، فقد أوضح Nathalie *et al.,* 2002 أن استعمال الحمأة في الزراعة يؤدي لزيادة محتوى التربة من العناصر الكبرى والثقيلة [20]، وهذه العناصر سامة للإنسان و الحيوان وذلك عند وجودها بكميات كبيرة [21].

وكان لاكتشاف قدرة بعض الأنواع النباتية على امتصاص ومراكمة كميات كبيرة من المعادن الثقيلة في أجزائها المختلفة أهمية خاصة جداً، نظراً لأنها نباتات مقاومة لهذه المعادن بدون أن تؤثر على عملياتها الحيوية وتسمى في هذه الحالة بالمراكمات الحيوية (Bioaccumulators)، كما وتلعب دوراً هاماً في تنقية البيئات الملوثة ومن هنا أتت فكرة ما يسمى (Phytoremediation) [22].

وتعرف المعالجة باستخدام النباتات (Phytoremediation) بأنها استراتيجية تنظيف بيئية وذلك باستخدام النباتات الخضراء الطبيعية أو المعدلة وراثياً لإزالة أو لاحتواء الملوثات السامة، أو تحويلها إلى أشكال غير ضارة [23]، وهي تطبق لإزالة كل الملوثات العضوية واللاعضوية الموجودة في التربة أو الماء والرسوبيات أو الهواء [24]، وتعتبر كذلك تقنية هامة يجب أخذها بعين الاعتبار نظراً لفعاليتها من حيث الكلفة ، ومزاياها الجمالية و ضرورتها على المدى البعيد في إزالة المعادن الثقيلة، وتشكل الجذور والأوراق الطرق الرئيسية لامتصاص هذه الملوثات [25].

وتفضل النباتات الخشبية كأنواع الأوكاليبتوس (خاصة *Eucalyptus camaldulensis*) في المعالجة النباتية لأنها نباتات سريعة النمو وذات كتلة حيوية عالية يمكن استخدامها كمصدر متجدد للطاقة من جهة، ومن جهة أخرى تجعلها قادرة على المراكمة الحيوية لتراكيز عالية من المعادن الثقيلة في التربة [26]، وهي تعد مراكمات فعالة للملوثات العضوية وغير العضوية بآن واحد [27]، كما وتتميز بمجموع جذري غزير وعميق يجعلها قادرة على البقاء خلال فترات الجفاف المتطرفة [28, 29, 30]، فضلاً على قدرتها على تحمل الترب الطينية [31] ومستويات عالية من الملوحة [32, 33]. هذا وتنتشر أنواع الأوكاليبتوس عالمياً في بيئات مختلفة من الصحاري إلى الغابات المطيرة

وجبال الألب، وبالتالي فهي قادرة على التكيف بشكل كبير مع الظروف البيئية المتنوعة وتتميز بتباين وراثي كبير وقيمة اقتصادية عالية، ورغم أنها لا تراكم مستويات عالية من المعادن الثقيلة مقارنةً مع المراكمات الفائقة، إلا أن استخدامها يعد أقل خطراً وذلك لعدم دخولها في السلسة الغذائية وندرة استهلاكها من قبل الحيوانات مما يزيد جاذبيتها لأغراض الاستخدام لمعالجة البيئات الملوثة [34].

وحيث أن الدراسات الخاصة بالحمأة لا تزال قليلة في سوريا، فقد وجدنا أنه من الضروري والمفيد دراسة تأثير هذه المادة على تراكم العناصر المعدنية الثقيلة في التربة وأنسجة النبات.

## أهمية البحث وأهدافه

تتجلى أهمية هذا البحث في الاستفادة من الحمأة الناتجة عن محطات التهوية المديدة المشيدة في المنطقة الساحلية في تسميد المشاجر الغابوية ذات الدورات الحراجية القصيرة، مما يحد من تراكمها من جهة ويقلل الاعتماد على الأسمدة المعدنية من جهة أخرى، الأمر الذي يسمح بإعادة تدويرها بشكل آمن ويقلل أيضاً من التكلفة الإجمالية لاستخدام ومعالجة حمأة الصرف الصحي، إضافةً إلى ذلك إمكانية الاستفادة من هذه المشاجر في تأمين مصادر متجددة للطاقة وإنتاج العجائن الورقية وغيرها من المنتجات التي لا تدخل في السلسلة الغذائية.

كان الهدف من هذا البحث تقييم الآثار الناتجة عن إضافة مستويين من حمأة الصرف الصحي الجافة على تراكم المعادن الثقيلة (Cr, Cu) في التربة وفي أنسجة النبات (أوراق، جذع، فرشة ورقية)، وذلك في مشجر للأوكاليبتوس المنقاري تم تشجيره على تربة رملية لومية في مزرعة فديو، ومن ثم مقارنة النتائج مع معاملة السماد المعدني ومعاملة الشاهد بدون إضافة مغذيات.

## طرائق البحث و مواده

### – موقع البحث

مركز فديو للإنتاج الحيواني التابع لجامعة تشرين، ويقع جنوب شرق مدينة اللاذقية على مسافة /8/كم، وعلى بعد /2.5/كم عن البحر. وإحداثيات الموقع هي 11" 29` 35° 35° 52` 25"

### – الظروف المناخية للموقع المدروس

حصلنا على البيانات المناخية اليومية (الحرارة الجافة والعظمى والصغرى، الأمطار، الرطوبة النسبية) من محطة الباسل وذلك للفترة الممتدة من عام 1985 وحتى 2010، والجدول (1) يبين متوسطات القيم الشهرية للبارامترات السابقة الذكر.

**جدول (1) متوسطات القيم الشهرية لبعض العناصر المناخية في محطة الباسل**

| العنصر / الشهر | الحرارة الجافة (م) | الرطوبة النسبية % | الأمطار (مم) | التبخر نتح (مم) |
|---|---|---|---|---|
| كانون الثاني | 11.9 | 66 | 144 | 83 |
| شباط | 12.3 | 66 | 132 | 85 |
| آذار | 14.4 | 66 | 82 | 95 |
| نيسان | 17.5 | 67 | 39 | 107 |
| أيار | 20.3 | 69 | 30 | 115 |
| حزيران | 23.3 | 71 | 9.4 | 122 |
| تموز | 25.9 | 72 | 0.2 | 131 |
| آب | 26.7 | 71 | 4.5 | 139 |
| أيلول | 25.1 | 66 | 11.8 | 154 |
| تشرين الأول | 22.4 | 63 | 60.6 | 150 |
| تشرين الثاني | 17.7 | 62 | 95.5 | 125 |
| كانون الأول | 13.3 | 66 | 160 | 89 |
| المعدل | 19.2 | 67 | 769 | 1395 |

## 3-3- تربة الموقع المدروس

قمنا بجمع عينات مركبة من التربة قبل الزراعة، وأخذت العينات على عمقين (0-25) سم و (25-50) سم، ومن خلال التحليل الميكانيكي تبين أنها تربة رملية لومية معتدلة التفاعل الـ pH حوالي 7.1، كما أظهرت التحاليل فقر التربة بالمادة العضوية والمغذيات المختلفة، والجداول (2) و(3) تبين أهم خصائص تربة المشجر المدروسة.

**جدول (2) التحليل الميكانيكي لتربة الموقع قبل التشجير**

| العمق / النسبة | العمق الأول (0 – 25) cm | العمق الثاني (25 – 50) cm |
|---|---|---|
| الرمل % | 77.88 | 81.95 |
| الطين % | 18.48 | 16.46 |
| السلت % | 3.64 | 1.6 |
| القوام | رملية لومية | رملية لومية |

**جدول (3) التحليل الفيزيائي والكيميائي لتربة الموقع قبل التشجير**

| K مغ/كغ | P مغ/كغ | N % | CEC (meq/100g) | OM % | E.C (µs/cm) | pH | الرطوبة % | العنصر / العمق cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 140 | 32 | 0.15 | 9.485 | 1.28 | 80 | 7.1 | 2 | 0 – 25 |
| 120 | 28 | 0.06 | 7.729 | 0.87 | 67.5 | 7.25 | 2.1 | 25 – 50 |

## – النوع النباتي والحمأة

استخدمنا في تجربتنا غراس الأوكاليبتوس المنقاري *Eucalyptus camaldulensis* من مشتل الهنادي للغراس الحراجية، في حين كان مصدر حمأة الصرف الصحي محطة مرج معيربان في القرداحة والتي تعتمد طريقة التهوية المديدة، والجدول رقم (4) يوضح مواصفات الحمأة المستخدمة.

**جدول (4) التحليل الفيزيائي والكيميائي للحمأة المطبقة في التجربة**

| العنصر | القيمة | العنصر | القيمة |
|---|---|---|---|
| الرطوبة % | 7.1 | N % | 1.2 |
| E.C (µs/cm) | 1746 | Cu مغ/كغ | 85 |
| OM % | 25.7 | Cd مغ/كغ | 0.12 |
| C % | 14.9 | Zn مغ/كغ | 469 |
| CEC (meq/100g) | 52 | Pb مغ/كغ | 52.3 |
| K % | 0.1 | Ni مغ/كغ | 30.5 |
| P % | 0.78 | Cr مغ/كغ | 79 |

## – تصميم التجربة والمعاملات

**كانت** مدة التجربة عامين بدءاً من موعد الزراعة في نيسان 2013، وتضمنت أربع معاملات، لكل معاملة 3 مكررات ومساحة كل مكرر 28 م$^2$ وزعت المكررات على أرض الموقع باتباع طريقة القرعة لتحقيق العشوائية الكاملة، وأما مسافة الزرع المتبعة فكانت 1*1 م، واعتمدنا نظام الري بالتنقيط، وحددنا كمية مياه السقاية بالاعتماد على قيم التبخر نتح والهطول المطري والسعة الحقلية الصغرى لتربة الموقع، بحيث نضمن وصول كمية من المياه تعادل 3 ليتر / الغرسة يومياً، والجدول (5) يبين لنا معاملات التجربة.

**جدول (5) معاملات التجربة**

| ton/ha | الكمية kg/ha | | | ملاحظات | الرمز | المعاملة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| حمأة | K | P | N | | | |
| _ | _ | _ | _ | بدون إضافة المغذيات | C | معاملة الشاهد |
| _ | 200 | 200 | 300 | إضافة سماد معدني | MF | معاملة السماد المعدني |
| 30 | _ | _ | _ | إضافة الحمأة | $SS_1$ | معاملة الحمأة الأولى |
| 60 | _ | _ | _ | إضافة ضعف الحمأة | $SS_2$ | معاملة الحمأة الثانية |

**- طرائق العمل**

- **جمع العينات:** جمعت عينات التربة والنبات خلال الفترة الممتدة بين 1/20 وحتى 2015 /2/1، حيث خلطت معاً لتشكيل عينات مركبة لكل مكرر، تضمنت هذه العينات: التربة على عمقين (25 - 0) سم، (50 - 25) سم، أنسجة النبات (الأوراق، الجذع والفرشة الورقية).
- **طريقة تحضير وهضم عينات التربة:** جففت عينات التربة هوائياً ثم نخلت بمنخل (2) مم، ثم تم وزن (1)غ من كل عينة ووضعت في أنابيب زجاجية ثم أضيف لها 21 مل من حمض HCL و7 مل من حمض $HNO_3$ وتركت طوال الليل، ثم وضعت في جهاز الهضم (كالداهل) ورفعت درجة الحرارة تدريجياً خلال ساعتين إلى 175°م تحت الضغط الطبيعي، وبعدها تركت على ذات الدرجة ولمدة ثلاث ساعات، ثم بردت ورشحت وأكملت الرشاحة الناتجة باستخدام الماء المقطر حتى 50 مل، وحفظت بعد ذلك في عبوات بلاستيكية [35].
- **طريقة تحضير وهضم عينات النبات:** تمت تنقية عينات النبات المأخوذة (الأوراق، الجذع والفرشة الورقية) من الشوائب وجففت هوائياً، ثو وضعت ضمن أكياس ورقية وذلك ضمن المجفف على درجة حرارة 65°م لمدة 72 ساعة أو حتى ثبات الوزن، بعد ذلك طحنت العينات ووزن (1)غ من كل عينة ووضعت في جفنات وهضمت بالمرمدة على درجة حرارة 550°م لمدة 3 ساعات حتى أصبح لونها أبيض تماماً، ثم أضفنا 2 مل من حمض $HNO_3$ (5mol) ووضعت على السخان لمدة ساعة مع التحريك من فترة لأخرى بقضيب زجاجي، ثم رطبت بالماء المقطر (2-3) قطرات، ثم أضفنا 2 مل من حمض HCl وجففت على السخان لمدة ساعة كاملة ثم أضفنا 2.5 مل من حمض $HNO_3$ (2mol)، ورشحت العينات بنقلها من الجفنة إلى دورق معياري سعة 25 مل وأكملت بالماء المقطر إلى 25 مل [35].
- **تحليل العينات:** قدرت كميات الكروم والنحاس في محاليل الهضم باستخدام جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectro Photometer).

**-التحليل الإحصائي**

تم إجراء تحليل التباين(ANOVA) لمقارنة الفروق المعنوية بين المتوسطات بحساب أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5%، فعندما تكون ($p>0.05$) دليل عدم وجود فروق معنوية في حين ($p<0.05$) يعني وجود فروق معنوية، وتكون الفروق معنوية جداً عندما تكون ($p<0.01$)، وتم ذلك باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS (Statistical Program for Social Science).

## النتائج والمناقشة

تعتبر العناصر الثقيلة في الحمأة أحد المحددات الرئيسية لإعادة استعمال الحمأة في الزراعة، وبخاصة إذا كانت مياه الصرف الصناعي تصرف في الشبكة العامة، وقد أظهرت التحاليل أن تركيز المعادن الثقيلة في الحمأة الناتجة عن محطات المعالجة في سورية منخفض وبعضها يماثل تركيزها في التربة [36, 37]، وكانت أقل بكثير من التركيز المعتمد في المواصفات القياسية السورية [38] وكذلك لمعظم بلدان العالم [8]، كما هو الحال في الحمأة المطبقة في تجربتنا هذه والتي يعود مصدرها لمياه صرف صحي فقط (جدول 6).

**جدول (6) محتوى الحمأة مقارنةً مع المواصفات القياسية السورية وبعض بلدان العالم**

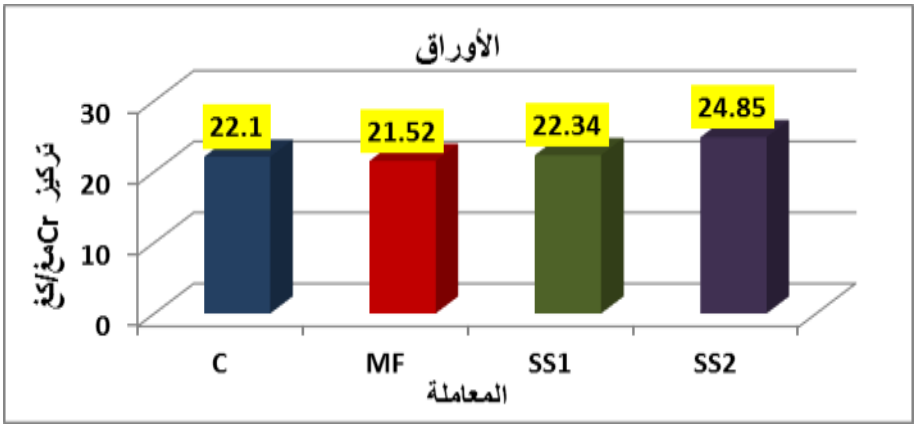
| العنصر (مغ/كغ) | | Cu | Cd | Zn | Pb | Ni | Cr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الحمأة | | 85 | 0.12 | 469 | 52.3 | 30.5 | 79 |
| المواصفات القياسية السورية | A | 100 | 3 | 200 | 150 | 60 | 100 |
| | B | 375 | 5 | 700 | 150 | 125 | 250 |
| الاتحاد الأوروبي 2015 | | 800 | 5 | 2000 | 1000 | 200 | 800 |
| USA | | 1500 | 39 | 2800 | 300 | 420 | 1200 |
| كندا | | 1700 | 34 | 4200 | 1100 | 420 | 2800 |

A: غير مقيدة الاستعمال، B: مقيدة الاستعمال

### – الكروم (Cr)

يبلغ المحتوى العالمي للكروم في التربة حوالي 60 مغ/كغ، وتعود زيادة تلوث سطح التربة بالكروم لمصادر مختلفة أهمها معالجة مياه الصرف الصحي (الحمأة)، الأصباغ، الدباغة، النفايات البلدية والصناعات التحويلية [39]، وتتراوح قيم الكروم في الحمأة السورية (مغ/كغ وزن جاف) بين 60 في حمص، 87.3 في حماة و127 في دمشق [37]، وفي تجربتنا فكان تركيز الكروم في الحمأة 79 مغ/كغ وزن جاف وتقع ضمن المواصفات القياسية السورية (جدول 6). يعتبر الكروم من العناصر البطيئة الحركة في التربة وعادةً ما يتراكم في الطبقة السطحية (20–40) سم ويكون متاحاً للنبات بشكل منخفض، ولا يتم انتقاله بسهولة داخل النبات حيث يتركز في الجذور بشكل رئيسي، ومن المعروف أن محتوى الكروم المرتفع في التربة هو المسؤول عن النمو الضعيف لأشجار الغابات [39].

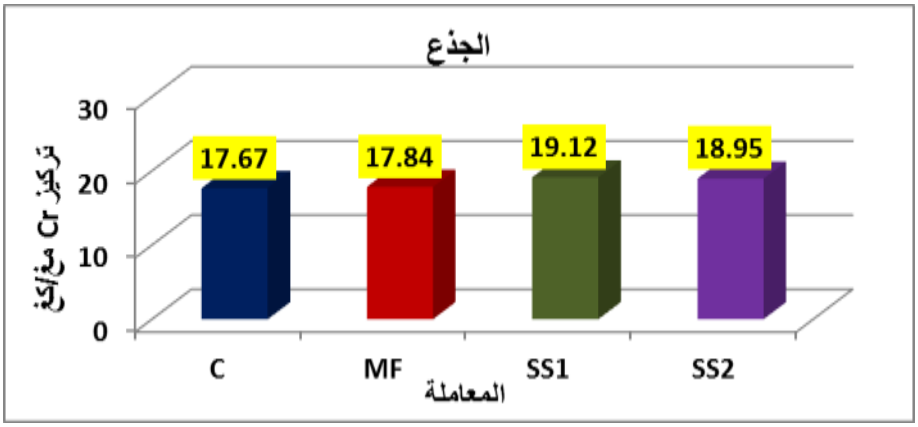
– **مقارنة تراكيز الكروم في الأوراق بين المعاملات:** تراوحت قيم الكروم وسطياً (مغ/كغ وزن جاف) في الأوراق بين المعاملات الأربعة بين 21.52– 24.85 (شكل 1)، وتشير النتائج إلى أن أعلى قيمة للكروم في الأوراق سجلت في المعاملة SS2 (24.85)، تليها في المعاملة SS1 (22.34). بينما كانت أقل قيمة مقاسة (21.52) في المعاملة MF. وأظهر تحليل التباين باستخدام ANOVA تفوقاً معنوياً ($P<0.05$) في تركيز الكروم في المعاملة SS2 على باقي المعاملات، في حين لم يوجد أي فروق معنوية ($P>0.05$) بين المعاملات SS1 وC وMF (شكل 1).




**شكل(1): تراكيز الكروم في الأوراق كقيم متوسطة في المعاملات مقدرةً بـ مغ/كغ وزن جاف**

**- مقارنة تراكيز الكروم في الجذع بين المعاملات**

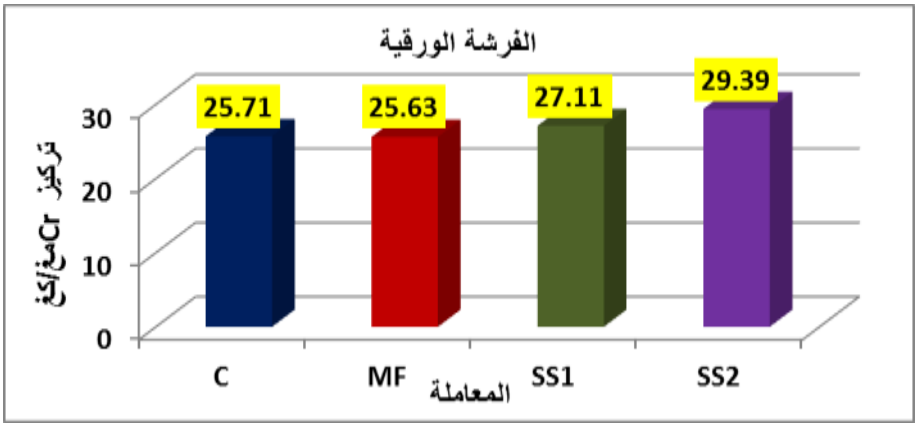
بلغت قيم الكروم وسطياً في الجذع حوالي 18.95، 19.12، 17.67 و17.84 مغ/كغ وزن جاف في المعاملات SS2، SS1، C وMF تواليًا، و لم تسجل أية فروق معنوية (P>0.05) بين المعاملات الأربعة (شكل 2).




**شكل(2) تراكيز الكروم في الجذع كقيم متوسطة في المعاملات مقدرةً بـ مغ/كغ وزن جاف**

**- مقارنة تراكيز الكروم في الفرشة الورقية بين المعاملات**

عند مقارنة تراكيز الكروم (مغ/كغ وزن جاف) في الفرشة الورقية بين المعاملات الأربعة، وجدنا أن القيمة الأعلى كانت في المعاملة SS2 وبلغت 29.39، ثم في SS1 27.11، وكانت أدنى القيم 25.71 و25.63 في المعاملتين C وMF على التوالي(شكل 3). وباستخدام تحليل ANOVA تبين وجود تفوق معنوي ملحوظ للمعاملة SS2 على باقي المعاملات، مع عدم وجود فروق معنوية واضحة بين المعاملات SS1 وC وMF (شكل 3).

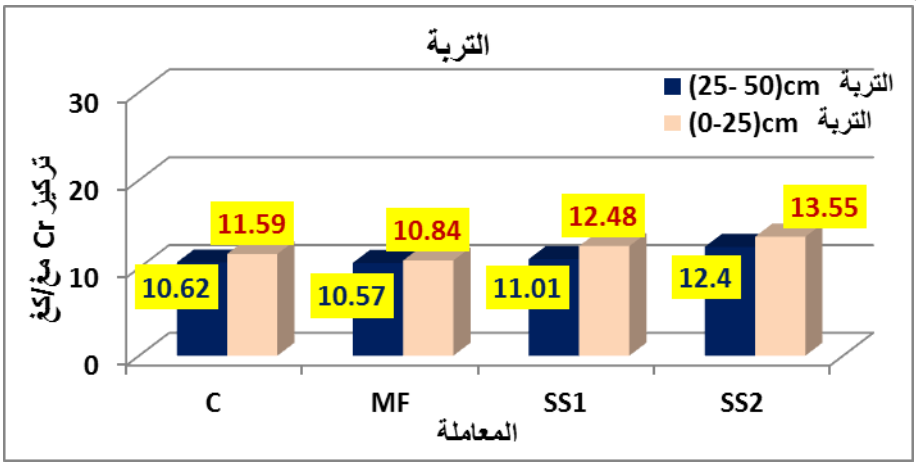



**شكل(3) تراكيز الكروم في الفرشة الورقية كقيم متوسطة في المعاملات مقدرةً بـ مغ/كغ وزن جاف**

**- مقارنة تراكيز الكروم في التربة بين المعاملات**

تشير النتائج إلى أن إضافة حمأة الصرف الصحي لم يكن لها ذلك الأثر الكبير في زيادة كمية الكروم في كلا العمقين، ويظهر الشكل (4) قيم الكروم في المعاملة SS2 12.4 و13.55 مغ/كغ في العمقين (25-50) سم و(0-25) سم على التوالي، وفي المعاملة SS1 بلغت 11.01 و12.48 مغ/كغ ضمن العمقين (25-50) سم و(0-25) سم تواليًا. وأظهر تحليل التباين ANOVA تفوقاً معنوياً للمعاملة SS2 (P>0.05) على المعاملتين MF

وC في العمق (0–25) سم، مع عدم وجود فروق معنوية ملحوظة بين المعاملات SS1 وC وMF وذلك في كلا العمقين (شكل 4).

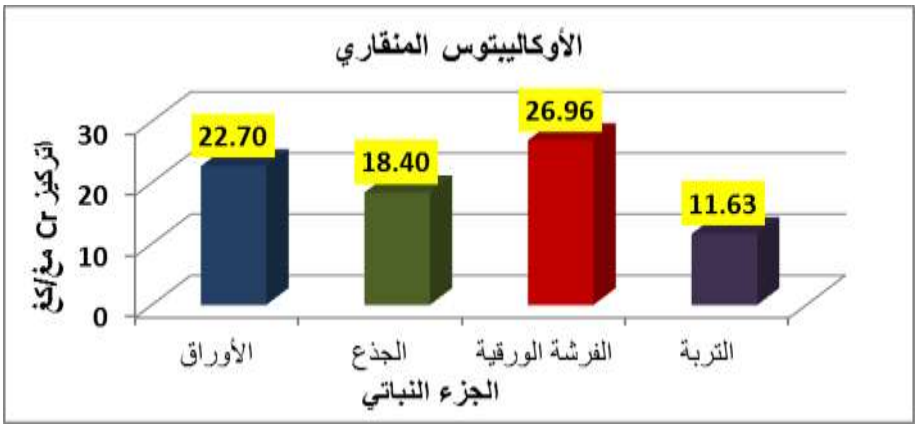



**شكل(4): تراكيز الكروم في التربة كقيم متوسطة في المعاملات مقدرةً بـ مغ/كغ وزن جاف**

لم تثبت الدراسات حتى الآن أي دور هام للكروم في التمثيل الغذائي للنبات، حيث لوحظت آثار إيجابية على نمو النبات عند محتوى منخفض للكروم القابل للذوبان، ويتراوح تركيزه الطبيعي في النبات بين (0.1–0.5) مغ/كغ أما تركيزه السمي (5–30) مغ/كغ [39]. أدت إضافة الحمأة في تجربتنا إلى زيادة معنوية في تركيز الكروم في الأوراق والفرشة الورقية في المعاملة SS2 مقارنةً مع المعاملات الأخرى، في حين لم يكن لها تأثير ملحوظ على تركيزه في الجذع، وكانت جميع قيم الكروم في مختلف أجزاء الأوكاليبتوس المنقاري ضمن حدود السمية مما يظهر قدرة الأوكاليبتوس المنقاري العالية على مراكمة هذا المعدن وخاصةً في الأوراق. وفيما يتعلق بالتربة فكان تركيز الكروم الأعلى في SS2 على العمق (0–25) سم، وبقيت جميع التراكيز في التربة أدنى من المواصفات القياسية السورية لتركيز الكروم في الترب الزراعية والحراجية 100، 250 مغ/كغ على التوالي [38]، في حين كانت أعلى من المعايير التنظيمية للتلوث في الترب الزراعية تبعاً لوكالة حماية البيئة الأمريكية 11 مغ/كغ [40].وبقيت جميع قيم الكروم في التربة والنبات أقل من العتبة البيئية المحددة بـ 50 مغ/كغ [41].

**– مقارنة تراكيز الكروم بين أجزاء الأوكاليبتوس المنقاري**

تراوحت قيم الكروم وسطياً في مختلف أجزاء الأوكاليبتوس المنقاري بين 11.63 و26.96 مغ/كغ وزن جاف (شكل 5)، وسجلت أعلى قيمة في الفرشة الورقية 26.96 ثم في الأوراق 22.70، في حين كانت قيم الكروم في كل من الجذع والتربة 18.40 و11.63 مغ/كغ على التوالي. حيث لوحظ تفوق معنوي ملحوظ للفرشة الورقية على كل من الأوراق، التربة والجذع ($P<0.05$)، وللأوراق على التربة والجذع في مراكمة الكروم، كما كانت هناك فروق معنوية واضحة بين الجذع والتربة (شكل 5).




**شكل(5): تراكيز الكروم في كقيم متوسطة في أجزاء الأوكاليبتوس المنقاري والتربة مقدرةً بـ مغ/كغ وزن جاف**

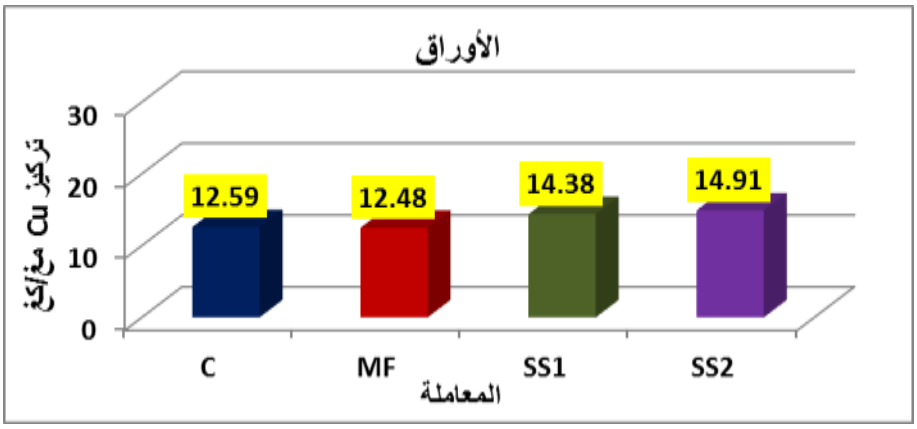
تشابهت نتائج دراستنا مع دراسة أخرى أجريت في نيجيريا عام 2012 فوق أتربة ملوثة بالمعادن الثقيلة نتيجة عمليات التعدين، حيث سجلت تراكيز الكروم في مختلف أنسجة الأوكاليبتوس المنقاري قيماً أعلى مقارنةً مع التربة فكانت 188.13، ، 182.72، 102.83 مغ/كغ في الأوراق، الجذور والتربة على التوالي، وجميع هذه التراكيز كانت أعلى من العتبة البيئية لهذا المعدن [42]. وأشار Stephen وآخرون (2012) إلى أنه مع ازدياد تركيز الكروم في التربة يزداد تركيزه في أنسجة الأوكاليبتوس المنقاري حيث بلغ في الجذور والبراعم 132، 23 مغ/كغ بالترتيب مع تركيز 11 مغ/كغ في تربة ملوثة، في حين كان تركيزه 40، 4 مغ/كغ في الجذور والبراعم تتابعاً فوق أتربة غير الملوثة 2.9 تركيز الكروم فيها مغ/كغ [43]. نتائج معاكسة لدراستنا بينت أن الكروم يستقر في التربة (98 مغ/كغ) في حين لم تتجاوز تراكيزه 1.29، 1.50 مغ/كغ في أوراق وجذع الأوكاليبتوس المنقاري على التوالي [44]

**- النحاس (Cu)**

ويتراوح المعدل العالمي لتركيز النحاس في الأتربة المختلفة بين (14- 109) مغ/كغ، وتتنوع مصادره بين الأسمدة، حمأة الصرف الصحي، النفايات الزراعية والصناعية ومناطق المناجم والتعدين [39]، ويبلغ تركيزه في الحمأة السورية حوالي 285، 156 و143 مغ/كغ وزن جاف في دمشق، حمص وحماة على التوالي [37]، أما في بحثنا فكان 85 مغ/كغ وزن جاف وهو يقع ضمن المواصفات القياسية السورية (جدول 6). عادةً ما يتراكم النحاس في الطبقة العليا من التربة لكنه يمكن أن يتراكم أيضاً في الطبقات العميقة ، كما أن تحلل المخلفات النباتية والحيوانية، فضلاً عن حمأة الصرف الصحي يزيد وبشكل كبير من إتاحة النحاس للنباتات، وتتميز أنسجة الجذور بقدرة قوية على ربط النحاس وبالتالي منعه من الانتقال إلى الأجزاء الشابة من النبات في ظل ظروف نقص النحاس في التربة أو زيادته على حد سواء [39].

**- مقارنة تراكيز النحاس في الأوراق بين المعاملات**

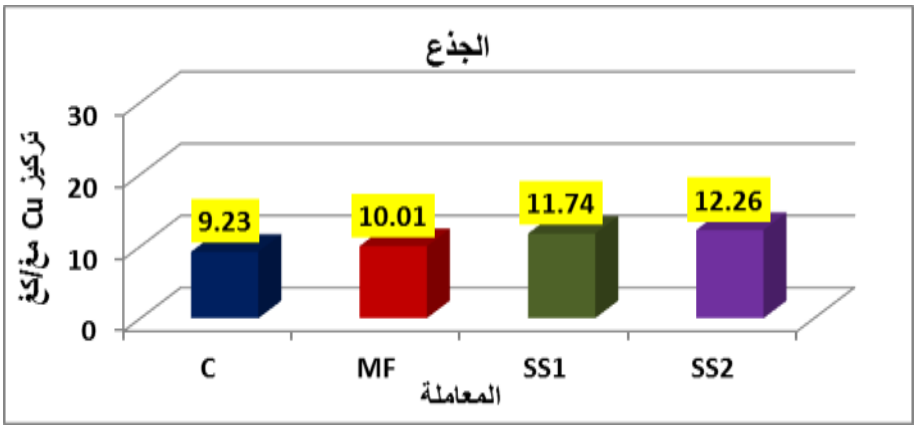
تراوحت قيم النحاس مغ/كغ وسطياً في الأوراق في المعاملات الأربعة بين 12.48- 14.91 (شكل 6)، وتشير النتائج إلى أن أعلى قيمة للنحاس في الأوراق سجلت في المعاملة SS2 14.91، تليها في المعاملة SS1 14.38، بينما كانت متقاربة في المعاملتين C و MF 12.59، 12.48 على التوالي. وأظهر تحليل التباين باستخدام ANOVA تفوقاً معنوياً ($P<0.05$) في تركيز الكروم في المعاملة SS2 على المعاملتين C و MF، وتفوقت المعاملة SS1 معنوياً على المعاملة MF، في حين لم يوجد أي فروق معنوية ($P>0.05$) بين المعاملتين C و MF (شكل 6).




**شكل(6) تراكيز النحاس في الأوراق كقيم متوسطة في المعاملات مقدرةً بـ مغ/كغ وزن جاف**

**– مقارنة تراكيز النحاس في الجذع بين المعاملات**

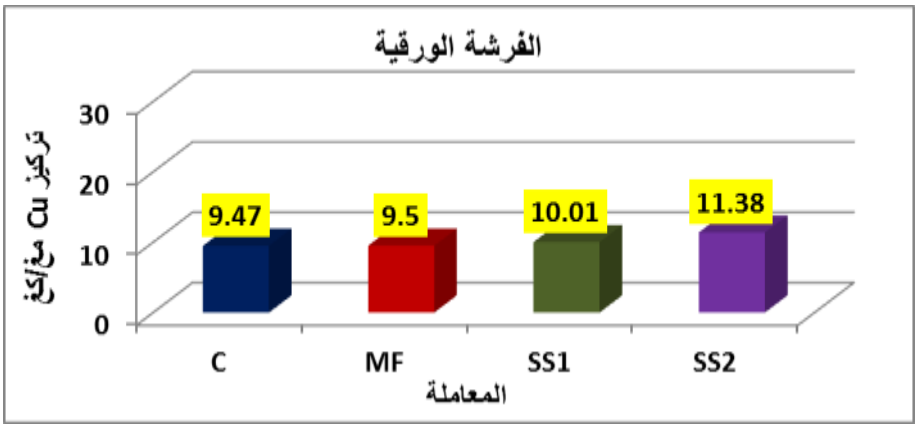
بلغت قيم النحاس وسطياً في الجذع حوالي 12.26، 11.74، 10.01 و9.23 مغ/كغ وزن جاف في المعاملات SS2، SS1، MF، C تواليا (شكل 7)، وتفوقت المعاملة SS2 معنوياً ($P<0.05$) على المعاملتين MF وC، كما تفوقت المعاملة SS1 على معاملة الشاهد، في حين لم توجد فروق معنوية ($P>0.05$) بين معاملتي الشاهد والسماد المعدني (شكل 7).




**شكل(7) تراكيز النحاس في الجذع كقيم متوسطة في المعاملات مقدرةً بـ مغ/كغ وزن جاف**

**– مقارنة تراكيز النحاس في الفرشة الورقية بين المعاملات**

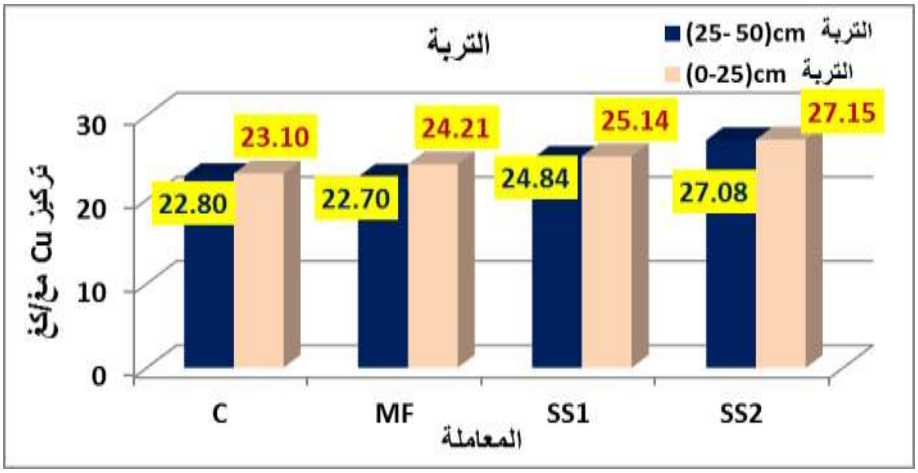
عند مقارنة تراكيز النحاس مغ/كغ وزن جاف في الفرشة الورقية بين المعاملات الأربعة، وجدنا أن القيمة الأعلى كانت في المعاملة SS2 وبلغت 11.38، ثم في SS1 10.01، وكانت أدنى القيم 9.5 و9.47 في المعاملتين MF وC على التوالي (شكل 8). وباستخدام تحليل ANOVA تبين وجود تفوق معنوي ملحوظ ($P<0.05$) للمعاملة SS2 على المعاملة C فقط، مع عدم وجود فروق معنوية واضحة ($P>0.05$) بين المعاملات SS1 وC وMF (شكل 8).




**شكل(8) تراكيز النحاس في الفرشة الورقية كقيم متوسطة في المعاملات مقدرةً بـ مغ/كغ وزن جاف**

**- مقارنة تراكيز النحاس في التربة بين المعاملات**

تشير النتائج إلى أن إضافة حمأة الصرف الصحي ساهمت وبشكل ملحوظ زيادة نسبة النحاس في كلا العمقين، ويظهر الشكل (9) قيم النحاس الأعلى في المعاملة SS2 27.08 و27.15 مغ/كغ في العمقين (25-50) سم و(0-25) سم على التوالي، ثم تلتها المعاملة SS1 وبلغت التراكيز 24.84 و25.14 مغ/كغ ضمن العمقين (25-50) سم و(0-25) سم تواليًا. وأظهر تحليل التباين ANOVA تفوقاً معنوياً ملحوظاً ($P< 0.05$) للمعاملة SS2 على المعاملات الثلاثة الأخرى في كلا العمقين، كما تفوقت المعاملة SS1 على المعاملة C في العمق (25-50) وعلى المعاملتين MF وC في العمق (0-25) سم، مع عدم وجود فروق معنوية ملحوظة ($P>0.05$) بين المعاملتين C وMF وذلك في كلا العمقين (شكل 9).



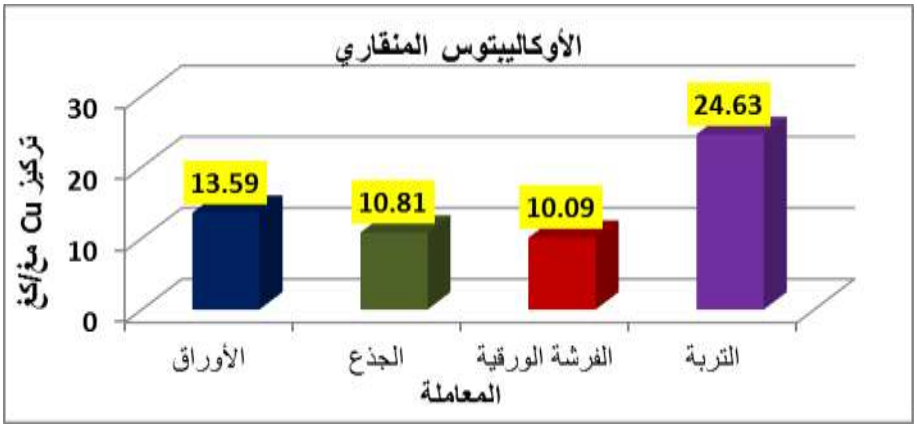

**شكل(9) تراكيز النحاس في التربة كقيم متوسطة في المعاملات مقدرةً بـ مغ/كغ وزن جاف**

يلعب النحاس وظائف هامة في العمليات الفسيولوجية للنبات كالتمثيل الضوئي والتنفس وعمليات الاستقلاب والتكاثر ومقاومة الأمراض، وهو يتواجد طبيعياً في النبات بحدود (5-30) مغ/كغ، أما تركيزه السمي (20-100) مغ/كغ ويعتبر شديد السمية في حال زيادته [39]. وقد أدت إضافة الحمأة في تجربتنا إلى زيادة معنوية ملحوظة في تركيز النحاس في مختلف أجزاء الأوكاليبتوس المنقاري وخاصةً في المعاملة SS2، وبشكل عام كانت جميع التراكيز ضمن الحدود الطبيعية للنبات، وفيما يتعلق بالتربة فازداد تركيز النحاس مع إضافة الحمأة في المعاملتين SS2 و SS1

في كلا العمقين، ومع ذلك بقيت أقل من المواصفات القياسية السورية لتركيز النحاس في الترب الزراعية والحراجية 100، 375 مغ/كغ على التوالي [38]، والمعايير التنظيمية للتلوث في الترب الزراعية تبعاً لوكالة حماية البيئة الأمريكية 270 مغ/كغ [40]. وكانت جميع قيم النحاس في التربة والنبات أدنى من العتبة البيئية المحددة بـ 60 مغ/كغ [41].

**– مقارنة تركيز النحاس بين أجزاء الأوكاليبتوس المنقاري**

تراوحت قيم النحاس وسطياً في مختلف أجزاء الأوكاليبتوس المنقاري بين 10.09 و 24.63 مغ/كغ وزن جاف (شكل 10)، وسجلت أعلى القيم في التربة 24.63 ثم في الأوراق 13.59، في حين كانت القيم في كل من الجذع والفرشة الورقية 10.81 و10.09 مغ/كغ على التوالي. حيث أظهر تحليل التباين ANOVA تفوقاً معنوياً ملحوظاً للتربة ($P<0.05$) على كل من الأوراق، الفرشة الورقية والجذع، وتفوقاً للأوراق على كل من الفرشة الورقية والجذع، بينما لم توجد فروق معنوية واضحة ($P>0.05$) بين الجذع والفرشة الورقية (شكل10).




**شكل(10) تراكيز النحاس كقيم متوسطة في أجزاء الأوكاليبتوس المنقاري والتربة مقدرةً بـ مغ/كغ وزن جاف**

في نتائج مشابهة لدراستنا في نيجيريا (2012) حول استخدام الأوكاليبتوس المنقاري فوق أتربة ملوثة بالمعادن الثقيلة، سجلت تراكيز النحاس (مغ/كغ) قيماً أعلى في التربة 24.55، ثم في الأوراق والجذور 15، 9.56 على التوالي، وبشكل عام كانت هذه القيم منخفضة [42]، وفي دراسة أخرى أجريت في بيئات البحر الأبيض المتوسط كانت تراكيز النحاس 52، 16.2، 9 مغ/كغ في التربة، الأوراق والأفرع بالترتيب، وعزي سبب انخفاض تركيزه في الأوراق إلى الامتصاص الانتقائي للمعادن الثقيلة من قبل النباتات [44]، وذات النتائج سجلها كل من الباحثين Ali Salahi و Franz Gruber (2002) حيث كانت في التربة أعلى ثم الأوراق فالجذع ثم الجذور [45]، وأشار Stephen وآخرون (2012) أنهعلى الأتربة ذات المحتوى من النحاس (26 مغ/كغ) وصل تركيزه في براعم وجذور الأوكاليبتوس 17 و80 مغ/كغ على التوالي، بينما فوق تربة (25 مغ/كغ) كان في البراعم والجذور 13 و87 مغ/كغ [43]. نتائج معاكسة لدراستنا بينت ارتفاع قيمة النحاس في أوراق الأوكاليبتوس المنقاري حيث كانت 186، 139، 65 مغ/كغ في الجذور، الجذع والأوراق بالترتيب، وفسر ارتفاع نسبته في الأوراق لظروف الـ pH الأساسية (7.6) [46].

## الاستنتاجات والتوصيات

- يتميز الأوكاليبتوس المنقاري بقدرته على مراكمة الكروم بكميات جيدة وخاصةً في الأوراق.
- لوحظ أيضاً تراكم جيد للنحاس في أجزاء الأوكاليبتوس المنقاري المختلفة وفي كافة المعاملات.
- ساهم استخدام الحمأة بارتفاع بسيط في محتوى التربة من النحاس والكروم عند إضافتها خاصةً في المعاملة SS2، وبقيت جميع القيم ضمن الحدود القصوى المسموح بها في المواصفات القياسية السورية.
- يشكل الأوكاليبتوس المنقاري متاحاً خياراً لمعالجة البيئات الملوثة بالمعادن الثقيلة كنتيجة لإضافة حمأة الصرف الصحي من جهة ومن جهة أخرى أهميته في إنتاج الكتلة الحيوية والحصول على الطاقة المتجددة، ولذلك لا بد من إجراء مزيد من الدراسات والأبحاث حول هذا الموضوع.

## المراجع


1- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY USEPA. *A Plain English Guide to the EPA part 503 Biosolids Rule*. office of waste water management, Washington. D.C.Rep.No. EPA/832/R-93/003, U.S. 1994.

2- عبد المنعم، ص؛ غفران، ل. *مدى صلاحية الحمأة الجافة الناتجة عن محطات الصرف الصحي بدولة الكويت في أغراض الزراعة من الناحية الميكروبيولوجية خلال الفترة من 2003-1998*. المؤتمر الإقليمي الأول حول تقنيات إدارة حمأة مياه الصرف الصحي، مجلد (2)، الأوراق العلمية العربية. 2003 .ص(128-117).

3- HARRISON, E.Z., OAKES, S.R., HYSELL, M. and HAY, A. *Organic Chemicals in Sewage Sludges*. Science of the Total Environment, vol. 367, no. 2, 2006, 481-497.

4- KOFOED, A. *Sources of Ground Water Pollution*. Ground water pollution microbiology, 1984, pp: 39-64.

5- EL-MOTAIUM, R.A. and ABO EL-SEOUD, M.A. *Irradiated Sewage Sludge for Production of Fennel Plants in Sandy Soil*. Nutr Cycl Agroecosyst, vol. 78, 2007, 133-142.

6- SILVA, P.H.; POGGIANI, F. and LACLAU, J.P. *Applying Sewage Sludge to Eucalyptus grandis Plantations: Effects on Biomass Production and Nutrient Cycling through Litterfall*. Applied and Environmental Soil Science, vol. 2011, 2011, 11 pages.

7- NILSSON, C. and DAHISTROM, H. *Treatment and Disposal Methods for Wastewater Sludge in the Area of Beijing, China*. PhD Thesis, Lund University, 2005.

8- EPSTEIN, E. *Land Application of Sewage Sludge and Biosolids*. Lewis Publishers, Boca Raton, 2003, FL.p.201.

9- ROIG, N.; SIERRA, J.; MARTI, E.; NADL, M.; SCHUHMACHER, M. and DOMINGO, J.L. *Long-Term Amendment of Spanish Soils with Sewage Sludge: Effects on Soil Functioning*. Agriculture, Ecosystems and Environment, vol. 158, 2012, 41-48.

10- MARTINEZ, F.; CUEVAS, G.; CALVO, R. and WALTER, I. *Biowaste Effects on Soil and Native Plants in a Semiarid Ecosystem*. J. Environ. Qual, vol. 32, 2003, 472–479.

11- CARAVACA, F.; GARCIA, C.; HERNANDES, M.T. and ROLDAN, A. *Aggregate Stability Changes after Organic Amendment and Mycorrhizal Inoculation in the Afforestation of a Semiarid Site with Pinus halepensis*. Appl. Soil Ecol, vol. 19, 2002, 199–208.

12- GONZALES, R.M. SOSEBEE, R.E. and WAN, C. *Physiological Impacts of Biosolids Application in Desert Grasses*. Environmental and Experimental Botany, vol. 48, 2002, 139–148.

13- PAGLIAI, M. and ANTISARI, L.V. *Influence of Waste Organic Matter on Soil Micro- and Macrostructure*. Bioresour Technol, vol. 43, 1993, 205–213.

14- EL-SETTAWY, A. and EL-HARIRY, M.F.M. *Study on the Effect of Sewage Sludge Amendment on Growth and Yield of Some Woody Trees, Dynamic of am Fungi and Bioextraction-Remediation of Trees*. Journal of Agricultural Sciences, Mansoura University , vol. 34, no. 6, 2009, 7435-7453.

15- MORENO-PEÑARANDA, R.; LLORET, F. and ALCAÑIZ, J.M. *Effects of Sewage Sludge on Plant Community Composition in Restored Limestone Quarries*. Restor. Ecol, vol. 12, 2004, 290–296.

16- GHAZY, M. DOCKHORN, T. and DICHTL, N. *Sewage Sludge Management in Egypt: Current Status and Perspectives towards a Sustainable Agricultural Use,* Engineering and Technology, World Academy of Science, vol. 33, 2009, 492-500.

17- LUDUVIECE, M. *Experiência da Companhia de Saneamento do Distrito Federal na Reciclagem Agrícola de Biossolido*. in Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto, vol. 5, 2000, 153–162.

18- WU, Q. T.; HEI, L.; WONG J. W. C.; SCHWARTZ, C. and MOREL, J.L. *Co–cropping for Phyto-separation of Zinc and Potassium for Sewage Sludge.* Chemosphere, vol. 68, no. 10,007, 1954-1960.

19- APPEL, C. and MA, L. *Concentration, pH, and Surface Charge Effects on Cadmium and Lead Sorption in Three Tropical Soils.* Florida, J. Environ. Qual, vol. 31, 2002, 581–589.

20- NATHALIE, K.; DUPOUYET, S. and BONIN, G. *Environmental Risks of Applying Sewage Sludge Compost to Vineyards*. *Journal of Environmental Quality*, vol. 31, 2002, 1522-1527.

21- BARKER, A.V. *Composition and Uses of Compost*. Am. Chem. Soc, vol. 66, 1997, 140–162.

22- BARKER, A. J. M. *Accumulators and Excluders – Strategies in the Response of Plants to Heavy Metals*. J. Plant Nutr, vol. 3, 1981, 643-654.

23- PULFORD, I. D.; and WATSON, C. *Phytoremediation of Heavy Metal-Contaminated Land by Trees- a Review*. Environment International, vol. 29, 2003, 529–540.

24- GHOSH, M. and SINGH, S. P. *A Comparative Study of Cadmium Phytoextraction Byaccumulator and Weed Species.* Environmental Pollution, vol. 133, 2005, 365-371.

25- WARANUSANTIGUL, P.; LEE, H.; KRUATRACHUE, M.; POKETHITIYOOK, P. and AUESUKAREE, C. *Isolation and Characterization of Lead Tolerant Ochrobactrum intermedium and its Role in Enhancing Lead Accumulation by Eucalyptus camaldulensis*. Chemosphere, vol. 85, 2011, 584-590.

26- FRENCH C.J.; DICKINSON, N.M. and PUTWAIN, P.D. *Woody Biomass Phytoremediation of Contaminated Brownfield Land*. Environ Pollut, vol. 141, 2006, 387–95.

27- GOODGER, Q.D.; CAO, B.; JAYALI, I.; WILLIAMS, S.J. and WOODRAW, I.E. *Non-Volatile Components of the Essential Oil Secretory Cavities of*

*Eucalyptus Leaves: Discovery of two Glucose Monoterpene Esters, Cuniloside B and Froggattiside A.* Phytochemistry, vol. 70, 2009, 1187-1194.

28- FRITZSCHE, F.; ABATE, A.; FETENE, M.; BECK, E.; WEISE, S. and GUGGENBERGER, G. *Soil-Plant Hydrology of Indigenous and Exotic Trees in an Ethiopian Montane Forest*. Tree Physiology, vol. 26, no. 8, 2006, 1043-1054.

29- KNIGHT, J.H. *Root Distributions and Water Uptake Patterns in Eucalyptus and Other Species*. In: Landsberg, J.J. (Ed.), The Ways Trees Use Water. Water and Salinity Issues in Agroforestry, No 5. Rural Industries Research and Development Corporation Publication NO 99/37, Barton, ACT, 1999, 55– 85.

30- DAWSON, T.E. and PATE, J.S. *Seasonal Water Uptake and Movement in Root Systems of Australian Phraeatophytic Plants of Dimorphic Root Morphology: a Stable Isotope Investigation*. Oecologia, vol. 107, 1996, 13–20.

31- MUGHINI, G.; GRAS, M.A. FACCIOTTO, G. *Eucalyptus Clones Selection in Central-South Italy for Biomass Production*. *In: Proceedings of the fifteenth European biomass conference and exhibition*, Berlin, 2007, p 3.

32- Marcar, N. *Waterlogging Modifies Growth, Water Use and Ion Concentrations in Seedlings of Salt-Treated Eucalyptus camaldulensis, E. tereticornis, E. robusta and E. globulus*. Aust J Plant Physiol, vol. 20, 1993, 1-13.

33- TOSSELL, R.W,; BINARD, K. and RAFFERTY, M.T. *Uptake of Arsenic by Tamarisk and Eucalyptus Under Saline Conditions*. Battelle Press, Columbus, 2000, 485–492.

34- KING, D.J.; DORONILA, A. I.; FEENSTRA, C.; BAKER, A. J. M. and WOODROW, I. E. *Phytostabilisation of Arsenical Gold Mine Tailings Using four Eucalyptus Species: Growth , Arsenic Uptake and Availability after Five Years*. science of the total environment, vol. 40, 2008, 35 – 42.

35- ROWELL, D. L. *Bodenkunde Untersuchungsmethoden und ihre Anwendungen.* Springer- Verlag, 1997, ISBN 3- 540- 60825- 2 Springer-Verlag Berlin Heidelberg.Germany, 607.

36- العودات، م؛ البشير، م. *الحمأة خصائصها وإمكانية استعمالها الآمن في الزراعة*. هيئة الطاقة الذرية، الجمهورية العربية السورية،2007، ص 140.

37- البشير، م؛ العودات، م؛ شما، م؛ زينو، ر؛ اصفري، ف؛ خميس، ا؛ سرحيل، أ؛ الصمل، ن؛ المرعي، ر؛ زيزفون، غ؛ الشمالي، ك؛ ابراهيم، س. *دراسة إمكانية استعمال الحمأة في الزراعة في سورية*. هـ ط ذ س – ش/ت د ع 386، 2001، 45 صفحة.

38- المواصفة القياسية السورية. *إعادة الاستخدام الآمن للحمأة الناتجة عن محطات المعالجة رقم 2665*. 2002.

39- KABATA- PENDIAS, A. *Trace Elements in Soils and Plants*. 4th ed.- CRC press. Taylor and Francis Group, Boca Raton. London, New York, 2011, 534 pages.

40- United States Environmental Protection Agency (USEPA). *Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites*. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, D.C. 2002.

41- ASH, R. and TRUONG, P. *The Use of Vetiver Grass Wetlands for Sewage Treatment in Australia*. In Proceedings of 3rd International Conference on Vetiver, Guangzhou, China, 2003, 132-141.

42- NENMAN, D.V.; NIMYEL, N.D. and EZEKIEL, D.I. *The Potentials of Eucalyptus camaldulensis for the Phytoextraction of Six Heavy Metals in Tin – mined Soils of*

*Barkin Ladi L.G.A. of Plateau State, Nigeria***.** International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)**,** vol. 2, no. 2, 2012, 346-349.

43- STEPHEN J.; SALLAMI, K. and GANJIAN, E. *Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soil Using Different Plant Species*. African Journal of Biotechnology, vol. 12, no. 43, 2013, 6185-6192.

44- MUGHINI, G.; ALIANIELLO, F.; BENEDETTI, A.; GRAS, L.M.; GRAS, M.A. and SALVATI, L. *Clonal Variation in Growth, Arsenic and Heavy Metal Uptakes of Hybrid Eucalyptus Clones in a Mediterranean Environment.* Agroforestry Systems, vol. 86, no. 3, 2013, 314 pp.

45- SALAHI, A. and GRUBER, F. *Cultivation on Polluted Areas with Heavy Metals and Naturally Enriched Areas.* Cropping systems to maintain soil quality and available soil moisture, 2002.

46- NIROLA, R.; MEGHARAJ, M.; PALANISAMI, T.; ARYAL, R.; VENKATESWARLU, K. and NAIDU, R. *Evaluation of Metal Uptake Factors of Native Trees Colonizing an Abandoned Copper Mine a Quest for Phytostabilization.* journal of sustainable mining, vol. 14, 2015, 115-123.