مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (34) العدد (1) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (34) No. (1) 2012

تأثير إضافة مستويات مختلفة من حمأة الصرف الصحي على محتوى التربة الكلسية ونبات الشعير من بعض المعادن الثقيلة في منطقة المخرم من محافظة حمص

الدكتورة سوسن عبد الله هيفا*
الدكتور عبد الإله العبدو**
أسامه أحمد خنسه***

(تاريخ الإيداع 13 / 12 / 2011. قبل للنشر في 26 / 2 / 2012)

□ ملخّص □

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير إضافة مستويات مختلفة من حمأة الصرف الصحي على محتوى التربة الكلسية ونبات الشعير من بعض المعادن الثقيلة(Cu, Zn, Ni, Cd, Pb, Cr) في منطقة المخرم من محافظة حمص.

نفذت التجربة في حقل تربته كلسية في قرية أبو العلايا من منطقة المخرم، حيث تمت دراسة تأثير إضافة معدلات مختلفة من حمأة الصرف الصحي Sewage Sludge (66 & 44- 22- 11 – 0) طن / هكتار.

أشارت النتائج إلى زيادة معنوية واضحة في محتوى التربة الكلسية ونبات الشعير من المعادن الثقيلة المدروسة، لكن، وعلى الرغم من إضافة المستوى الخامس (66 طن/ هكتار) من الحمأة بقيت جميع تراكيز المعادن الثقيلة المدروسة أقل من الحد المسموح به في التربة وذلك حسب المواصفات القياسية السورية /2002/ والمعايير الألمانية /2002/، وتحت الحد السام بشكل واضح في النبات المزروع .

الكلمات المفتاحية: حمأة، تربة كلسية، نبات الشعير، معادن ثقيلة.

* أستاذ – قسم علوم التربة والمياه –كلية الزراعة – جامعة تشرين– اللاذقية – سورية.
** أستاذ – قسم التربة واستصلاح الأراضي –كلية الزراعة – جامعة البعث– حمص– سورية.
***طالب دراسات عليا (دكتوراه)– قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة تشرين– اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (34) العدد (1) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (34) No. (1) 2012

Effect of The Application of Different Levels of Sewage Sludge on Heavy Metals Content of Calcareous Soil and Barley Plants in The AL-Mukharam Region From of Homs

Dr. Sawsan Hayfa*
Dr. Abd- Alalah Alabdo**
Osama Ahmad Khansah***

(Received 13 / 12 / 2011. Accepted 26 / 2 /2012)

□ ABSTRACT □

This research aims to study the effect of applying different levels of sewage sludge on some heavy metals(Cu, Zn, Ni, Cd, Pb, Cr) in the calcareous soil and Barley plant content in the AL-mukharam region from of Homs. The Experiment was carried out in a calcareous soil field in the village of Abu Alallaya in the AL-mukharam region, where the effect of adding different rates of Sewage Sludge (0 - 11 - 22 -44 - & 66 tons / ha)

The results showed a significant increase in heavy metals studied in the calcareous soil and barley plant content in spite of adding the fifth level (66 tons / ha) of the sludge ,all concentrations of studied heavy metals remained less than the permissible limit in the soil, according to the Syrian standards / 2002 / and German standards / 2002 /, and clearly under the toxicity limit in the grown plant.

Key words: sludge, calcareous soil, Barley plant, heavy metals.

*Professor, Department of Soil and Water Science ,Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.
**Professor, Department of Soil and Land Reclamation, Faculty of Agriculture, Al Baath University, Homs, Syria.
***Postgraduate Student, Department of Soil and Water Science, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

أصبحت في الوقت الحاضر مشكلة المخلفات الصلبة مشكلة عالمية سواء في الدول المتقدمة صناعياً أو في الدول النامية، وأخذت هذه الدول على عاتقها إيجاد الحلول الكفيلة بحل هذه المشكلة عن طريق التعاون مع خبراء حماية البيئة والاقتصاديين والساسة، والتي تتمثل في ضرورة التخلص الآمن من هذه المخلفات وكيفية الاستفادة منها (السلمان،2009 الفايز 2003، أبو شريحة 2004).

تعد الحمأة من أهم المنتجات الثانوية الناتجة عن معالجة مياه الصرف الصحي، وتقدر كميتها، في العالم، بـ 25–40 كغ / شخص/ سنة، وقد تصل في سوريا في نهاية هذا العقد إلي 200 ألف طن/ سنه من الحمأة الجافة (هيئة الطاقة الذرية،2007)، وتشكل هذه الكميات المتزايدة من الحمأة باستمرار، والذي يجب أن يكون بشكل آمن بيئياً، أحد المشاكل البيئية الحالية، في حين يعدّ استخدامها في المجال الزراعي أحد الحلول الأساسية، ولكن يجب أن يتم ذلك وفقاً لظروف محددة وقيود صارمة تحددها كل دولة، ومما تجدر الإشارة إليه إلى أن الحمأة الناتجة عن مياه الصرف المنزلية تمثل أقل من 2% من النفايات المستخدمة في الزراعة في حين تمثل المخلفات الحيوانية 94% منها (اللاذقاني، 2006).

عرفت الحمأة في المواصفة القياسية السورية رقم2665 لعام 2002 على أنها الناتج النهائي المترسب من خلال عمليات معالجة مياه الصرف الصحي.

تحتوي الحمأة على العناصر الغذائية الكبرى المفيدة للنباتات Plant nutrients، كالآزوت والفوسفور والبوتاسيوم، إضافة إلى العناصر المعدنية الصغرى كالنحاس والزنك والحديد وغيرها، وتحتوي أيضاً على عدد من المعادن الثقيلة كالكادميوم، والرصاص،والنيكل،والكروم، والزئبق، والزرنيخ وغيرها (العودات والبشير، 2007).

وقد وجد من خلال تجربة للباحث (Denis,2008) أن حمأة الصرف الصحي المعاد تدويرها واستخدامها في زراعة المحاصيل الزراعية لها فوائد عديدة كتأمين كميات وافرة من المواد العضوية والفوسفورية،ولكن تطبيق كميات كبيرة هذه الحمأة يزيد من محتوى الترب من المعادن الثقيلة وخاصة الكادميوم.

كما أظهرت دراسة الباحث (Onal،2004) زيادة ملحوظة في تراكيز المعادن الثقيلة (Cu, Zn, Ni, Pb) في جذور نباتات الشوندر السكري مع ازدياد المستوى المضاف من الحمأة إلى التربة المزروعة، في حين لم يلاحظ ارتفاع ملحوظ في تركيز(Cr)، وقد توافقت هذه الدراسة مع نتائج دراسة الباحث(Topcuoglu, 2004) التي هدفت إلى استخدام معدلات مختلفة من حمأة الصرف الصحي (75–150 طن/هكتار) لتحديد تأثير تراكم المعادن الثقيلة (Cu, Zn, Ni, Cd, Pb, Cr) على محتوى نبات الشوندر السكري، وتبين ازدياد في محتوى النباتات من المعادن الثقيلة المدروسة، ولكن تركيزها بقي ضمن الحدود المسموح بها، باستثناء عنصر الرصاص الذي ارتفع تركيزه عن الحد المسموح به عند استخدام المعاملة 150 طن/هكتار.

وقد بينت دراسة للباحثين (Jackowska and Olesiejuk,2004) احتواء الحمأة الناتجة عن معالجة الصرف الصحي في مدينة لوبارتو في بولنداعلى كميات قليلة من المعادن الثقيلة، وغناها بالأزوت والفوسفور والكالسيوم والمغنزيوم، وعدم احتوائها على الكائنات الدقيقة المسببة للمرض، ولذلك يمكن استخدام هذه الحمأة كمصدر بديل للمادة العضوية وبعض العناصر الغذائية، بالإضافة إلى تحسينها لبعض خواص التربة.

وفي دراسة للباحثين (Nascimento et al.,2004) هدفت إلى تقدير تأثير زيادة معدلات حمأة الصرف الصحي على الخصائص الكيميائية للتربة، وعلى تركيز المعادن الثقيلة في التربة والنبات، وعلى نمو

نباتات الذرة الصفراء والفاصولياء المزروعة في أصص، حيث تم تطبيق ست معاملات للحمأة المضافة (0–10–20–30–40–60) طن /هكتار، وقد تبين من خلالها وجود انخفاض في درجة الـ pH التربة، وزيادة في تراكيز الأزوت الكلي والفوسفور والبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والمغنزيوم، علاوة عن ذلك فإن معاملات الحمأة قد زادت من الوزن الجاف للنباتات المزروعة، وإن تركيز المعادن الثقيلة (Cu, Zn, Mn, Pb) الموجودة في حمأة الصرف الصحي والتربة والنباتات كانت أقل من الحدود المسموح بها في الاستخدام الزراعي، وأنه من الآمن السماح باستخدام هذه الحمأة بدون إحداث أية مخاطر رئيسية للبيئة.

من خلال ما تقدم استخدم في تجربتنا تربة كلسية، وتعرف الترب الكلسية على أنها الترب التي تحتوي على نسبة عالية من الكربونات الكلية ، يكون معظمها على شكل كربونات الكالسيوم، ويختلف محتوى الترب من الكربونات الكلية باختلاف المناخ السائد والصخور الأم المكونة للتربة وعوامل عديدة أخرى، وتحتوي بعض الترب كترب المناخات الرطبة على نسبة قليلة من كربونات الكالسيوم، في حين قد تصل نسبتها في البعض الأخر إلى 50% أو أكثر من وزن التربة الجافة كما في ترب المناخات الجافة، (عودة وشمشم ،2007)، وتتراوح درجة الـ pH الترب الكلسية بين منخفضة القلوية إلى متوسط القلوية وتؤثر درجة الـpH المرتفعة لهذه الترب على صعوبة تيسر العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات، (الشيمى، 2001).

أهمية البحث وأهدافه:

تتصف معظم ترب محافظة حمص المستثمرة في الزراعة، والمنتظر استصلاحها بأنها كلسية، سيئة في بعض خصائصها الفيزيائية والكيميائية، وبافتقارها إلى المادة العضوية والعديد من العناصر الغذائية وخاصة عنصري الفوسفور والآزوت، لذلك فأن إضافة الحمأة إلى هذه الترب الكلسية يعتبر من طرائق الاستصلاح لهذه الترب، نظراً لاحتواء الحمأة على نسبة مرتفعة من المادة العضوية والتي تحسّن الخصائص الفيزيائية للتربة مثل الكثافة الظاهرية، الكثافة الحقيقية، بناء التربة ومقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء.

ونظراً لقلة الدراسات المحلية حول تأثير استخدام الحمأة في الزراعة، خاصة في الترب الكلسية في محافظة حمص، فقد تم اختيار الترب الكلسية في هذا البحث مع استخدام نبات الشعير(محصول منتشر في المنطقة) كدليل أو مؤشر لدراسة تراكم بعض المعادن الثقيلة الناتجة عن إضافة الحمأة في التربة الكلسية، وأيضاً في حبوب وقش نبات الشعير.

طرائق البحث و مواده:

التربة: أجريت التجربة في قرية أبو العلايا في منطقة المخرم شرقي مدينة حمص بحوالي 75 كم، معدل أمطارها 200–250 ملم/ سنة، تربتها خفيفة القوام، درجة الـ pH 8، نسبة كربونات الكالسيوم الكلية حوالي (30–35)%، ومنشأ التربة من صخور كلسية، يزرع في المنطقة الزيتون واللوز والبطاطا إضافة إلى بعض المحاصيل العلفية كالشعير وتستخدم بقايا المحاصيل لتغذية الحيوانات.

الحمأة: الحمأة المستخدمة في هذا البحث هي جافة تم إنتاجها عام /2009/ من محطة الدوير لمعالجة الصرف الصحي بحمص ومأخوذة من المكب الموجود في منطقة الفرقلس.

ويبين الجدول رقم (1) التحليل الفيزيائي والكيميائي للحمأة المستخدمة في هذا البحث، حيث تم إجراء التحاليل من قبل إدارة المركز في محطة الدوير لمعالجة الصرف الصحي في حمص .

الجدول رقم (1): بعض المواصفات الفيزيائية والكيميائية للحمأة المستخدمة والمحللة في محطة الدوير لمعالجة الصرف الصحي في حمص

C%	26.30
N%	3.15
Pt%	0.85
K%	0.15
OM%	47.50
EC µS/cm	780
pH (1:1)	7.1
CaCO3%	7.65
الكثافة الحقيقية غ/سم^3	1.65
الكثافة الظاهرية غ/سم^3	0.82
mg/kg	
Cu	121.0
Zn	667.0
Pb	39.30
Ni	51.70
Cr	52.50
Cd	2.60

كما يبين الجدول رقم (2) مقارنة بين تركيز بعض المعادن الثقيلة في الحمأة المستخدمة في هذا البحث، ومواصفات الحمأة المسموح استخدامها بالزراعة تبعاً للمعايير الألمانية (2002) و المواصفات السورية في الزراعة (هيئة المواصفات و المقاييس العربية السورية، 2002).

الجدول رقم (2): مقارنة بين مواصفات الحمأة المستخدمة والمواصفات السورية والعالمية

Cd	Cr	Ni	Pb	Zn	Cu	المعدن / المعايير
ppm (mg/kg)						
2.60	52.5	51.70	39.30	667.0	121.0	الحمأة المستخدمة
10	900	200	900	2500	800	الحدود المسموح بها حسب المعايير الألمانية (2002)
20	1000	200	800	3000	1000	الحدود المسموح بها حسب المعايير السورية (2002)

يتبين لنا من الجدول رقم (1) مدى إمكانية الاستفادة من الحمأة في الزراعة من حيث غناها بالمادة العضوية (47.50 %) والآزوت والفوسفور والبوتاسيوم (3.15، 0.85، 0.15) % على الترتيب، أيضاً تبين القيم المبينة في الجدول رقم (2) والخاصة بتركيز المعادن الثقيلة في الحمأة المستخدمة أن هذه القيم أقل بكثير من القيم المسموح بها تبعاً للمواصفات العالمية المبينة في هذا الجدول.

تم اختيار نبات الشعير(موسم شتوي) وذلك لملائمة زراعة الشعير في الظروف البيئية قليلة الأمطار نسبياً، وتم اختيار صنف فرات4.

جهزت التربة المعدّة للزراعة وزرعت بمحصول الشعير، وطبقت خمس معاملات من الحمأة، وبمعدل أربع مكررات لكل معاملة، ولقد خضعت جميع النتائج التي تم الحصول عليها للتحليل الإحصائي ،حيث استخدمت طريقة تحليل التباين (ANOVA) لحساب قيمة أقل فرق معنوي عند مستوى دلالة 5% (LSD 0.05).

المعاملات المدروسة للحمأة :

- المعاملة الأولى S1 : بدون أي إضافة وهي الشاهد .
- المعاملة الثانية S2: أضيفت الحمأة بمعدل 11 طن/هـ .
- المعاملة الثالثة S3: أضيفت الحمأة بمعدل 22 طن/هـ .
- المعاملة الرابعة S4: أضيفت الحمأة بمعدل 44 طن/هـ .
- المعاملة الخامسة S5: أضيفت الحمأة بمعدل 66 طن/هـ .

زرعت التربة بتاريخ 2010/11/13 ،حيث أضيفت الحمأة إلى القطع التجريبية بعد وزنها على ميزان إلكتروني وحسب الكميات المخصصة لكل قطعة تجريبية ولمرة واحدة فقط ، ووزعت على كامل سطح القطعة المحددة .

تم جمع عينة مركبة من القطع التجريبية المخصصة، ومن المستويات المحددة للحمأة، حيث جمع حوالي 5 كغ تربة من كل مكرر، ومن العمق المدروس (0 – 30)سم و استبعدت الحصى والجذور والبقايا النباتية ومن ثم تم تجفيف العينات هوائياً، ونخلت التربة المأخوذة بمنخل أبعاد ثقوبه /2mm/، ووضعت في أوعية مرفقة بجميع المعلومات الخاصة المتعلقة بها.

أجريت التحاليل المخبرية التالية على عينات التربة المدروسة، وذلك قبل وبعد إضافة الحمأة :

- التحليل الميكانيكي والحبيبي: وفق طريقة الهيدرومتر
- الكثافة الحقيقية: قيست بدورق الكثافة (بكنومتر) .
- الكثافة الظاهرية: أجريت حقلياً بطريقة الاسطوانة الحجمية.
- المسامية الكلية(porosity): حسبت باستخدام القانون التالي :

المسامية الكلية % = {(الكثافة الحقيقية – الكثافة الظاهرية) / الكثافة الحقيقية} × 100

- قياس الناقلية الكهربائية (EC): تم تقديرها في مستخلص مائي للتربة (1:1)، بواسطة جهاز الناقلية الكهربائية Conductivity meter
- تقدير pH التربة: تم قياسه في معلق مائي للتربة (1:1) باستخدام جهاز قياس الـ pH meter (Mclean,1982).
- تقدير المادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة بديكرومات البوتاسيوم في وسط شديد الحموضة (Walkly and Black , 1943) .

- تقدير الكربونات الكلية بالطريقة الحجمية .
- تقدير التركيز المتاح لبعض المعادن الثقيلة ppm(Cu. Zn. Ni , Cr , Cd , Pb) وذلك بالاستخلاص بـ DTPA وفق (Soltanpour and workman,1979) والقياس بجهاز الامتصاص الذري.

ويبين الجدول رقم (3) نتائج بعض التحاليل الفيزيائية والكيميائية المجراة للتربة المدروسة قبل إضافة الحمأة إليها.

الجدول رقم (3): نتائج بعض التحاليل الفيزيائية والكيميائية للتربة المدروسة قبل إضافة الحمأة إليها

Studied Soil	المواصفة	
العمق0-30 سم		
8.25	pH (H2O)	
315	EC µS/cm	
1.05	OM %	
30.4	CaCo3%	
39	Sand %	Mechanical Analysis
37	Silt %	
24	Clay %	
لومية	القوام	
سلتية لومية	التحليل الحبيبي	
1.39	الكثافة الظاهرية غ/سم^3	
2.75	الكثافة الحقيقية غ/سم^3	
49.5	المسامية الكلية %	

من خلال الجدول السابق يظهر التحليل الميكانيكي لعينة التربة المدروسة أنها تربة لومية ، أما درجة pH التربة فتظهر بأن التربة متوسطة القاعدية، وتعدّ هذه القيم طبيعية لمثل هذه الترب حيث إن درجة الـ pH التربة في الأفق المدروس كان 8.25.

أما بالنسبة لقيمة الناقلية الكهربائية(E.C) فكانت منخفضة نسبيا في العمق المدروس، حيث إن قيمة الـ EC للتربة كانت 315 µS/cm ، في حين تبين نتائج تحليل التربة أن النسبة المئوية لكربونات الكالسيوم كانت مرتفعة، حيث كانت في الأفق المدروس 30.4، وهذا يعود إلى أن التربة ناتجة عن أصل صخور كلسية.

بالنسبة للكثافة الحقيقية فقد بلغت 2.75 غ/سم3، والكثافة الظاهرية 1.39 غ/سم3، وقد يعود ذلك إلى انخفاض في محتوى التربة من المادة العضوية، وبلغت المسامية الكلية 49.5% .

تُظهر نتائج تحليل المادة العضوية للتربة المدروسة انخفاض نسبتها المئوية، حيث كانت في الأفق المدروس 1.05 % ، ويعدّ هذا سبباً في اختيار مثل هذا النوع من الأتربة للدراسة وذلك لمعرفة أثر إضافة الحمأة الغنية بالمادة العضوية على تحسين خواص التربة، لاسيما وأن الحمأة تحتوي على 50% تقريباً من المادة العضوية.

النتائج والمناقشة:

بمقارنة تركيز المعادن الثقيلة في الحمأة المضافة للتربة مع تراكيزها في التربة قبل إضافة الحمأة (جدول رقم 4) يتبين انخفاض تراكيزها في التربة المدروسة مقارنة مع تراكيزها في الحمأة المضافة.

الجدول رقم (4) : تركيز بعض المعادن الثقيلة في الحمأة المستخدمة و التربة المدروسة قبل إضافة الحمأة إليها

Cd	Cr	Ni	Pb	Zn	Cu	المعدن / المحتوى
ppm (mg/kg)						
2.60	52.50	51.70	39.30	667.0	121.0	الحمأة المستخدمة
0.12	15.3	10.9	11.3	87.6	20.2	التربة المدروسة قبل إضافة الحمأة

ويوضح الجدول رقم (5) محتوى التربة المدروسة من المعادن الثقيلة بعد إضافة الحمأة إليها، حيث أظهرت النتائج المبينة في هذا الجدول فروقات معنوية بين المعاملات لتراكيز المعادن الثقيلة المدروسة باستثناء cd ، لكن، ورغم إضافة المستوى الخامس من الحمأة (66 طن / هـ) بقي تركيز هذه المعادن أقل من الحد المسموح به في التربة، وذلك تبعاً للمعايير الألمانية (2002) وأيضاً المعايير السورية (2002)، فمن الملاحظ أن إضافة المستوى الخامس 66 طن حمأة جافة /هـ وبعد انتهاء التجربة بقيت قيم تراكيز المعادن الثقيلة المدروسة دون الحد المسموح به حسب المواصفات القياسية المذكورة (النحاس 20.3ppm قبل الإضافة و25.6 ppm بعد إضافة المستوى الخامس، الزنك 86.8 ppm قبل الإضافة و100.6ppm بعد إضافة المستوى الخامس ، أما تركيز الكادميوم فقد كان 0.11 ppm قبل الإضافة وأصبح 0.21 ppm بعد إضافة المستوى الخامس إليها، أما بالنسبة للرصاص فقد كان 11.1 ppm قبل الإضافة وأصبح 18.3 ppm بعد إضافة المستوى الخامس إليها، وبالنسبة للكروم فقد كان 15.3 ppm قبل الإضافة وأصبح 32.6 ppm بعد إضافة المستوى الخامس إليها، وأخيراً بالنسبة للنيكل فقد كان 10.6 ppm قبل الإضافة وأصبح 22.2 ppm بعد إضافة المستوى الخامس إليها، هذا وتتطابق معظم هذه النتائج بخصوص زيادة تركيز هذه المعادن نتيجة إضافة الحمأة مع نتائج كثير من الأبحاث (هيئة الطاقة الذرية السورية 2001 و 2007) وأيضاً تتوافق مع دراسة الباحث (Onal،2004).

إذاً نلاحظ أن إضافة الحمأة إلى التربة الكلسية لم تؤد إلى زيادة تراكيز هذه المعادن إلى الحد الذي يصبح فيه استخدامها يشكل خطراً على التربة، و قد يعود ذلك إلى أن كمية الحمأة المضافة إلى التربة لا تزيد عن 3 % من وزن طبقة التربة السطحية (0–30) سم، وأيضاً ربما يعود كذلك إلى درجة الـpH للتربة الكلسية المرتفعة نسبياً، والتي تؤدي إلى انخفاض ذوبان المعادن الثقيلة قي التربة، وإلى أن تراكيز المعادن الثقيلة في الحمأة المستخدمة منخفض بشكل عام.

الجدول رقم (5): قيم محتوى التربة من المعادن الثقيلة نتيجة إضافة مستويات مختلفة من الحمأة إليها في الأفق / 0-30/سم

NI ppm	Cr ppm	Pb Ppm	Cd ppm	Zn ppm	Cu ppm	مستوى الإضافة طن/ هكتار
10.6	15.3	11.1	0.11	86.8	20.3	0
12.6	17.7	11.8	0.11	90.2	20.9	11
14.3	20.9	12.9	0.15	93.6	21.9	22
16.9	25.4	15.6	0.16	96.1	22.8	44
22.2	32.6	18.3	0.21	100.6	25.6	66
0.64	0.79	0.58	0.11	0.73	0.69	L.SD (0.05)
60	100	100	1	200	100	الحد المسموح به حسب المواصفة السورية/2002
50	100	100	1.5	200	60	الحد المسموح به حسب المعايير الألمانية/2002/

ويبين الجدول رقم (6) متوسط تركيز المعادن الثقيلة (مغ/كغ وزن جاف) في حبوب الشعير، حيث يلاحظ وجود فروقات معنوية لتراكيز المعادن الثقيلة المدروسة في حبوب الشعيرمع ازدياد معدل المستوى المضاف من الحمأة باستثناء cd ، فعلى سبيل المثال ازداد محتوى حبوب الشعيرمن النحاس من /4.32/ في الشاهد إلى /5.62/ عند مستوى الإضافة (66 طن/ هكتار) والزنك من /19.22/ في الشاهد إلى /33.65/ عند مستوى الإضافة (66 طن/ هكتار) والنيكل من /0.98/ في الشاهد إلى /2.14/ عند مستوى الإضافة (66 طن/ هكتار)، ولكن بقي تركيز المعادن الثقيلة المدروسة في حبوب الشعير ضمن التركيز الطبيعي باستثناء عنصر الكروم والكادميوم فقد ارتفعا بشكل طفيف جداً ولكن بقيت تراكيزهما تحت حدود التركيز السام، وهذا متوافق مع نتائج دراسة الباحث (Topcuoglu, 2004).

الجدول رقم (6): تركيز المعادن الثقيلة (مغ/كغ وزن جاف) في حبوب الشعير بعد إضافة الحمأة.

NI ppm	Cr ppm	Pb Ppm	Cd ppm	Zn ppm	Cu ppm	مستوى الإضافة طن/ هكتار
0.98	0.48	0.34	0.014	19.22	4.32	0
1.12	0.47	0.40	0.014	20.15	4.30	11
1.25	0.51	0.49	0.019	24.63	4.56	22
1.66	0.55	0.62	0.022	28.87	4.98	44
2.14	0.61	0.78	0.031	33.65	5.62	66
0.53	0.66	0.38	0.77	0.52	0.60	L.SD (0.05)
5 – 0.1	0.5-0.1	3-1	0.2-0.05	100-27	30-5	التركيز الطبيعي في النبات*
100 -10	30 -5	أكثر من 30	30-5	أكثر من 100	100 -30	التركيز السام *

(Kabata et al.,1992 و هيئة الطاقة الذرية،2007)

ويبين الجدول رقم(7) متوسط تراكيز المعادن الثقيلة (مغ/كغ وزن جاف) في قش الشعير، حيث يلاحظ وجود فروقات معنوية لتراكيز المعادن الثقيلة المدروسة في قش الشعيرمع ازدياد معدل المستوى المضاف من الحمأة فعلى سبيل المثال ازداد محتوى قش الشعيرمن النحاس من /10.39/ في معاملة الشاهد إلى /17.95/ في المعاملة المضاف لها(66 طن/ هكتار) والزنك من /31.88/ في معاملة الشاهد إلى /54.68/ في المعاملة المضاف لها (66 طن/ هكتار) والنيكل من /1.11/ في معاملة الشاهد إلى /1.88/ في المعاملة المضاف لها (66 طن/ هكتار)، أي بالنتيجة بقيت تراكيز المعادن الثقيلة المدروسة في قش الشعير ضمن التراكيز الطبيعية باستثناء عنصر الكروم فقد ارتفع بشكل طفيف جداً ولكن بقي تركيزه تحت حدود التركيز السام في المعاملة المضاف لها (66 طن/ هكتار)، وهذا متوافق مع نتائج دراسة الباحثين (Nascimento et al.,2004).

الجدول رقم(7): تراكيز المعادن الثقيلة (مغ/كغ وزن جاف) في قش الشعير بعد إضافة الحمأة.

مستوى الإضافة طن/ هكتار	Cu ppm	Zn ppm	Cd ppm	Pb Ppm	Cr ppm	NI ppm
0	10.39	31.88	0.016	1.21	0.42	1.11
11	10.97	33.14	0.015	1.45	0.41	1.14
22	12.12	33.25	0.017	1.52	0.46	1.27
44	14.36	38.52	0.022	1.89	0.57	1,51
66	17.95	54.68	0.029	2.43	0.69	1.88
L.SD (0.05)	0.49	0.51	0.71	0.81	0.62	0.48
التركيز الطبيعي في النبات*	30-5	100-27	0.2-0.05	3-1	0.5- 0.1	5-0.1
التركيز السام *	100- 30	أكثر من 100	30-5	أكثر من 30	30 -5	100 -10

(Kabata et al.,1992 و هيئة الطاقة الذرية،2007)

وقد يعود عدم زيادة تراكيز المعادن الثقيلة بشكل كبير في نبات الشعير، إلى الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، حيث تبين الدراسات انخفاض درجة انحلال المعادن الثقيلة في الترب ذات درجة الpH المرتفعة، ومن جهة أخرى أشار الباحثان (العودات والبشير،2007) ، إلى ظاهرة التضاد Antagonistic effects بين المعادن الثقيلة الموجودة في الحمأة، والتي ربما تكون من أسباب خفض سمية هذه المعادن.

الاستنتاجات والتوصيات:

- انخفاض محتوى الحمأة الناتجة عن محطة الصرف الصحي في حمص من المعادن الثقيلة، لدى مقارنتها مع المواصفات القياسية السورية والعالمية.
- على الرغم من إضافة مستويات عالية من الحمأة بقيت تراكيز المعادن الثقيلة المدروسة ضمن الحدود المسموح بها محلياً وعالمياً في التربة الكلسية المدروسة.

– لم يلاحظ زيادة تركيز المعادن الثقيلة بشكل كبير في حبوب وقش نبات الشعير عند إضافة مستويات عالية من الحمأة إلى التربة.

– من المفضل متابعة البحث على ترب كلسية ذات درجات pH مختلفة، وإضافة معدلات عالية من الحمأة، كي يتم تحديد المستوى الحرج من الحمأة المضافة.

– نقترح متابعة الأبحاث باستعمال الحمأة على أنواع مختلفة من الترب، وزراعتها بأنواع مختلفة من النباتات وتحت ظل ظروف مناخية مختلفة أيضاً بهدف مقارنة أفضل للنتائج المتحصل عليها.

المراجع:

1- أبو شريحة، نبيل اسماعيل :إدارة النفايات المنزلية الصلبة في المناطق الريفية، الأردن، منشورات المؤتمر العربي الثالث للإدارة البيئية، الاتجاهات الحديثة في إدارة المخلفات الملوثة للبيئة، المنظمة العربية للتنمية الإدارية، جامعة الدول العربية،القاهرة،.2004

2- السلمان، عبد الله: نفايات المنازل والمصانع والمستشفيات.، كوارث بيئية أم ثروة اقتصادية، مجلة التطوع العربي . 2009 ، العدد32 ، 279 -.339

3- الشيمى، حسن:إدارة وصيانة الأراضي والمياه في الزراعات الصحراوية، كلية الزراعة، جامعة الإسكندرية،.2001

4- الفايز، خالد: المعالجة البيولوجية للنفايات الصلبة المنزلية (إنتاج الدبال)، منشورات وزارة البيئة الأردنية،2003 .

5- العودات، محمد والبشير، محفوظ: الحمأة(خصائصها وإمكانية استعمالها الأمن في الزراعة) هيئة الطاقة الذرية،2007 .

6- اللاذقاني، عدنان:دراسة وتحديد مواصفات الحمأة الصالحة للاستخدام في التسميد الحيوي، مؤتمر التنمية الزراعية المستدامة والأمن الغذائي، أسبوع العلم 46، 27-30 تشرين الثاني، جامعة تشرين،2006 .

7- عودة، محمود وشمشم، سمير: خصوبة التربة وتغذية النبات ، الجزء العملي، مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة البعث .2007، .290

8- هيئة الطاقة الذرية السورية: دراسة إمكانية استعمال الحمأة في الزراعة في سورية،هـ ط ذ س . ش/ ت د ع 386، 2001 .

9- هيئة الطاقة الذرية السورية: إمكانية استعمال الحمأة في الزراعة،2007 .

10- هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية : المواصفة رقم 2665 تاريخ 10/28 /2002 الصادرة عن السيد وزير الصناعة)، إعادة الاستخدام الآمن للحمأة الناتجة عن محطات المعالجة،2002 .

11- ABFKLAER,V.: *Klaerschlammverordnung, Bundesministerium der Justiz, Germany* , 2002.

12-DENIS,B.*: Cadmium in soils and cereal grains af*ter Sewage *Sludge application on French soils. INRA, UR0272,Science du sol , centre de recherché d Orleans, BP* 20619, 45166 *Olivet codex , France*,2008.

13- JACKOWSKA, I.; OLESIEJUK, A.: *Estimation of possible utilization of sewage sludge from Municipal Sewage, treatment Plant in lubartow in agriculture, Annales, Universitatis, Mariae, Curie, Skodowska, Sectio, E, Agricultura*, 59 (2), 2004, 1001-1006.

14- KABATA,P.; PENDIAS, A.; PENDIAS, H.: *Trace elements in soil and plants, 2nd ed., Boca Raton, FL, Lewis Publ,*1992,*Inc.* 365.

15- MCLEAN, E. O.: *Soil pH and lime requirement, In A. L. Page (ed.) Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties. Am. Soc. Agron., Madison, WI, USA,*1982, 199-224.

16- NASCIMENTO, C.W.;ABARROS, D.A.S.; MELO, E.E.C.; OLIVEIRA.A.B.: *Soil chemical alterations and growth of maize and bean plants after sewage sludge application- Revista-Brasileira-de-Ciencia-do-Solo,* 2004, 28(2): 385-392

17- ONAL, K.: *The effects of sewage sludge on the heavy metal contents of sugar beet plant, listy,cukrovarnicke,a,Reparske,*2004,120(5/6): 156-157

18-SOLTANPOUR,P. N.;WORKMAN, S.: *Modification of the $NaHCO_3$ DTPA soil test to omit carbon black. Commun. Soil Sci. Plant Ana*l. 10, 1979,1411-1420.

19-TOPCUOGLU, B.: *Heavy metal accumulation in sugar beet plants grown in soil enriched with sewage sludge and municipal solid waste compost-Listy-Cukrovarnicke-a-Reparske,* 120(9/10),2004, 263-265

20- WALKLEY, A.; BLACK,C.A.: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 .