مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (37) العدد (5) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (37) No. (5) 2015

تأثير الحمأة المضافة إلى التربة في حركية عنصري الزنك والكادميوم وتراكمهما في الشعير *Hordeum vulgare L.*

الدكتور سهيل نادر*
ربيعة توفيق زحلان**

(تاريخ الإيداع 22 / 6 / 2015. قبل للنشر في 20 / 9 / 2015)

□ ملخّص □

شاع مؤخراً استعمال حمأة الصرف الصحي في العمليات الزراعية كسماد عضوي، ولمعرفة أثر إضافتها في حركية عنصري الزنك والكادميوم بين التربة والنبات وضمن النبات، تمت زراعة الشعير *Hordeum vulgare L.* بإضافة كميات متزايدة من الحمأة إلى التربة وفق أربع معاملات 20، 40، 60 طن/هكتار ومعاملة رابعة دون إضافة الحمأة واعتبرت شاهداً، وبمعدل 5 مكررات لكل معاملة ولموسمين متتاليين، وتم حساب تركيز عنصري الزنك والكادميوم في التربة وفي جذر وقش وحب النبات في جميع المعاملات.

أظهرت النتائج أن إضافة الحمأة أدت لتحسين بعض خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية، وكان تركيز الزنك في التربة 164.66 ميكروغرام/غ (مادة ورقية جافة) وتركيز الكادميوم 0.32422 ميكروغرام/غ للمعاملة 60 طن/هكتار.

أما في الشعير، فقد زاد تركيز الزنك معنويا في أجزاء النبات وبطريقة طردية مع كمية الحمأة المضافة، وكان أعلى تركيز له في الجذر مقارنة مع باقي أجزاء النبات في كافة المعاملات حيث بلغ تركيزه في الجذر 69.3 ميكروغرام/غ مقابل 45.15، 38.2 ميكروغرام/غ للقش والحب على الترتيب في المعاملة 60 طن/هكتار، ولوحظت زيادة معنوية في تركيز عنصر الكادميوم في المعاملة 60 طن/هكتار مقارنة بالشاهد، بينما كان أعلى تركيز له في الجذر مقارنة مع باقي أجزاء النبات في جميع المعاملات، بناءً على ذلك يعد نبات الشعير غير مراكم لعنصري الزنك والكادميوم لأن تركيزهما في المجموع الجذري للنبات كان أعلى من تركيزهما في الجملة الإعاشية.

كما بينت النتائج أن تراكيز عنصري الزنك والكادميوم بقيت ضمن الحدود المسموح بها في التربة كما في نباتات الشعير بجميع المعاملات، مما يشجع على استخدام الحمأة بطريقة آمنة في تسميد مزارع الشعير.

الكلمات المفتاحية: *Hordeum vulgare L.*، الحمأة، الزنك، الكادميوم، تراكم.

* **أستاذ مساعد، قسم علم الحياة النباتية ، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.**
** **طالبة دراسات عليا (دكتوراه) ، قسم علم الحياة النباتية، جامعة دمشق، سورية.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (37) العدد (5) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (37) No. (5) 2015

The adding sludge effect on soil during the moving Zinc and Cadmium elements and there accumulation in Barley *Hordeum vulgare L.*

Dr. Souhel Nader*
Rabia Zahalan**

(Received 22 / 6 / 2015. Accepted 20 / 9 /2015)

□ ABSTRACT □

The sludge of wastewater used in agriculture processes, in order to knew the effect of its application on soil and plant contents from zinc and cadmium, *Hordeum vulgare L.* was planted by using graded amounts of sludge to the soil for two years, four treatments were used: o kg/pot (control), 2, 4, 6 ton/ha (with 5 erplicates for each treatment), concentrations of zinc and cadmium in soil, roots, straw, and grain in all treatments were measured.

Results showed that the application of sludge improve the physical and chemical properties of the soil, the concentration of zinc and cadmium in the soil were 164.66 µg/g, 324.22 ng/g, respectively, in 60 ton/ha treatment.

Concentration of Zn increased significantly and showed positive correlation with the amount of sludge, the highest concentration of Zn was in root of plant in comparison with other parts of plant, in all treatments, it was 69.3 µg/g in the root while it was 45.15, 38.2 µg/g in straw and grain respectively, in 0.6 kg/pot treatment.

Concentration of cadmium increased significantly in 0.6 kg/pot treatment in comparison with control, the highest concentration was in the root of plant in comparison with other parts of plant.

This study showed that *Hordeum vulgare L.* doesn't accumulate zinc and cadmium because it´s concentration in roots was higher than in straw and grain.

Concentration of Zn and Cd still within permissible limits in the soil and plants in all treatments.

Key wards: *Hordeum vulgare L.*, sludge, Zinc, Cadmium, Accumulation.

*Associate Professor, Department of Plant Biology - faculty of since- Damascus University- Syria.
**Postgraduate Student, Department of Plant Biology - faculty of since- Damascus University- Syria.

مقدمة:

تواجه الحمأة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي مشكلة كبيرة تتعلق في تراكمها في أرض المحطة إضافة إلى إيجاد طريقة آمنة لتصريفها، و قد كثر في الآونة الأخيرة الحديث عن استعمالها في الزراعة من أجل زيادة خصوبة التربة ورفع إنتاجية النباتات بالرغم من المحاذير العديدة المرافقة من لهذا الاستعمال ولا سيما بخصوص العوامل الممرضة ومحتواها من العناصر الثقيلة.

لذلك كان لابد من وضع المعايير الناظمة لهذا الاستعمال، فقد وضعت هيئة المواصفات والمقاييس السورية معايير مشددة من أجل استعمال الحمأة في الزراعة وأكدت ضرورة إيجاد طريقة آمنة للتخلص من الحمأة التي أخذت كمياتها تزداد بشكل كبير في محطات معالجة الصرف الصحي. تستعمل الحمأة إما بفرشها على سطح التربة أو بخلطها معها، وقد أكدت الدراسات أن خلط الحمأة مع التربة يقلل من العوامل الممرضة التي يمكن أن تحملها(علي نظام وآخرون، 2008)، ويبقى خطر العناصر الثقيلة قائما لما يمكن أن يسببه من سمية وإعاقة للنمو في بعض الأحيان، من ناحية أخرى تُظهر بعض النباتات قدرة على تمثيل هذه العناصر الثقيلة وتجميعها في نسجها الداخلية دون أضرار أو علائم ظاهرية دالة على ذلك (Hanson, et.al., 2003). من هذه العناصر ما هو معروف بدوره الفيزيولوجي في النبات مثل النحاس والحديد والزنك ومنها ما لم يعرف له وظيفة فيزيولوجية مثل الكادميوم والرصاص والكوبالت والسيلينيوم والألمنيوم وغيرها (KABATA; PENDIAS, A., et al. 1992) (Alkortai et.al.,2004).

لهذا الأمر تم اختيار نبات الشعير الذي يزرع على نطاق واسع في سورية مروياً أو بعلاً ، لدراسة حركية عنصري الزنك والكادميوم من التربة إلى النبات بعد إضافة الحمأة كسماد عضوي إلى التربة.

الدراسة المرجعية:

نفذت معظم الحكومات العربية العديد من الدراسات والأبحاث المتعلقة بإعادة استعمال المياه الناتجة عن محطات معالجة الصرف الصحي ومخلفاتها الصلبة (الحمأة) في الزراعة وتأثيراتها البيئية، بهدف الاستفادة من المياه الناتجة كمصدر غير تقليدي في ري المحاصيل العلفية والصناعية والحراجية وتخفيف العبء عن المياه التقليدية، وتعميم الاستعمال الآمن للمخلفات العضوية الصلبة (الحمأة) في الزراعة (أكساد، 2008).

أصدرت هيئة المواصفات والمقاييس السورية معايير ناظمة لاستخدام الحمأة الناتجة عن المحطات المعالجة لمياه الصرف الصحي بشكل آمن في الزراعة تحت الرقم 2665 بتاريخ 2002 (هيئة المواصفات والمقاييس السورية ،2002)، تشترط المواصفة مجموعة من الإجراءات لإنتاج وتوزيع الحمأة ومعايير تركيز المعادن الثقيلة فيها، من أجل الاستخدام الآمن لها في أغراض الزراعة، تضع المواصفة خيارين لمعالجة الحمأة لإزالة الأمراض والعصيات الكولونية وبكتريا السالمونيلا وبويضات الديدان الشريطية يتضمن الخياران معالجة متقدمة وأخرى تقليدية، وتصنف الحمأة تبعا لمحتواها من العناصر الثقيلة إلى أربع فئات كما يبينه الجدول (1)

وتعتبر الفئة A غير مقيدة الاستعمال ويمكن استعمالها على نطاق واسع في الزراعة والتحريج والمساحات الخضراء، بينما تعتبر الفئات D,C,B مقيدة الاستعمال وتستخدم على نطاق أضيق بمعايير ناظمة؛ تحظر الهئة استخدام الحمأة في زراعة الخضروات التي تؤكل نيئة بصرف النظر عن مستويات المعالجة التي تخضع لها الحمأة.

الجدول (1) تصنيف الحمأة تبعاً للتركيز الكلي للعناصر الثقيلة (هيئة المواصفات والمقاييس السورية ، 2002)

العنصر	فئات الحمأة حسب تركيز العناصر الثقيلة (مغ/كغ)			
	A	B	C	D
الزرنيخ	20	20	20	30
الكادميوم	3	5	20	32
الكروم	100	250	500	600
النحاس	100	375	2000	2000
الرصاص	150	150	420	500
الزئبق	1	4	15	19
النيكل	60	125	270	300
السيلينيوم	5	8	50	90
الزنك	200	700	2500	8500

تتميز الحمأة الناتجة عن محطة عدرا لمعالجة مياه الصرف الصحي بدمشق بكونها من النوع مقيد الاستخدام ولكن يمكن إضافتها إلى التربة الزراعية والحراجية من أجل استصلاحها لأن تراكيز العناصر الثقيلة أقل بكثير من القيم المسموح بها في المواصفات السورية(علي نظام وآخرون، 2008)، كما أن الحمأة تحسن من خواص الترب الفقيرة فتزداد المادة العضوية والعناصر المغذية وتقلل من الحاجة الماسة للتسميد المعدني كما تخفف من صور فقدان العناصر الغذائية تحت ظروف الري المكثف.(Abou Seeda, 1997).

بهدف إمكانية استعمال مخلفات الصرف الصحي (الحمأة) في الزراعة بشكل آمن بيئياً وصحياً، بدأت سورية بتنفيذ دراسة حقلية حول تأثير إضافة الحمأة في إنتاجية محاصيل القطن والذرة الصفراء والبيقية العلفية وتراكم العناصر المعدنية الثقيلة في التربة والنسج النباتية لتلك المحاصيل وقد أظهرت النتائج زيادة معنوية في إنتاجية تلك المحاصيل مقارنة بالشاهد وارتفاع غير معنوي في محتوى التربة والنسج النباتية للمحاصيل المزروعة من العناصر المعدنية الثقيلة مقارنة بالشاهد، غير أن تراكيز تلك العناصر المعدنية بقيت ضمن حدود المحتوى الطبيعي لهذه المحاصيل وبعيدة عن الحدود الضارة بصحة الإنسان والحيوان حسب المعايير القياسية العالمية(أكساد، 2008).

تميل النباتات لمراكمة بعض العناصر المعدنية ومنها العناصر الثقيلة دون ظهور أعراض السمية عليها ، تختلف النباتات في قدرتها على ذلك وبالتالي في كمية العنصر المراكم؛ يمكن تقدير كمية العنصر الذي يراكمه النبات بحساب معامل الامتصاص الأحيائي Biological absorption coefficient (BAC) أو ما يُعرف بمعامل التركيز: عامل الامتصاص الأحيائي BAC = تركيز العنصر في النبات/ تركيز العنصر في التربة.

يحاول العلماء اليوم الاستفادة من قدرة بعض النباتات على تجميع بعض العناصر المعدنية ولاسيما الثقيلة منها لإطلاق تقنية بيولوجية جديدة على غرار المؤشرات الحيوية للبيئة، بهدف تنظيف الترب الملوثة بالمعادن الثقيلة.

تقسم النباتات حسب مفهوم التراكم (McGrath, et.al. 2002) إلى ثلاث فئات:

* المستبعدات Excluders : هي النباتات التي تحافظ على تركيز حدي للعنصر في المجموع الخضري ويظل هذا التركيز منخفضا لكنه واقعاً ضمن المجال الواسع لتغيرات تراكيز هذا العنصر في التربة.

* المراكمات Accumulators : هي النباتات التي يتركز فيها العنصر (يتراكم) في المجموع الخضري سواء كان تركيزه في التربة عالياً أو منخفضاً.

* المؤشرات Indicators: هي النباتات التي يكون تركيز العنصر داخل النبات مكافئاً تقريباً لتركيزه في التربة.

إن مصدر الزنك المتاح للنبات في محلول التربة هو الهواء المحيط بمصانع صهر المعادن أو المياه الملوثة بخامات الزنك أو المصروفة بعد استخدامها في المصانع وكذلك مياه الصرف الصحي بالإضافة إلى المخصبات الإضافية والمبيدات وغيرها (Assuncao et.al., 2003). يعتبر الزنك مادة مغذية أساسية لنمو النبات بالرغم من أن تراكيزه العالية تعرقل النمو وتسبب نوعاً من السمية وذلك لتدخله في بعض العمليات الاستقلابية؛ ونظراً لأهمية العناصر المعدنية في الصحة والتغذية، تتجه الأنظار الآن لاستخدام النباتات المراكمة لهذه العناصر في تحسين القيمة الغذائية للوجبات النباتية وخاصة لمن يعانون نقصا في عنصر معين مثل الزنك أو غيره.

أما الكادميوم فيوجد في التربة العادية بتركيز ضئيل (0.5 جزء في المليون أو أقل) لكنه يزداد في التربة الرسوبية حتى 25 جزء في المليون؛ من مصادر التلوث بالكادميوم بعض خامات الفوسفور والمغذيات الصغرى واستخدام المخصبات التجارية وعمليات تعدين الزنك وماينتج عن استعماله في صناعة الألواح الكهربائية والبطاريات والأصباغ والأنابيب البلاستيكية والمطاطية (Satarug et al., 2003).

تُعد معظم الترب ملوثة بالكادميوم بسبب الأسمدة الفوسفاتية، وحركية الكادميوم سريعة بين التربة والنبات ويدخل بسهولة وسرعة في السلسلة الغذائية، تتحمل النباتات تراكيز منخفضة من الكادميوم ولكن في التراكيز العالية يمكن أن يموت بعضها خلال أسبوعين، حيث يؤثر الكادميوم سلبا في عملية التركيب الضوئي بتخريبه للصانعات وبتأثيره في المحتوى المعدني اللازم للعمليات الحيوية الأخرى (Singh et al., 2009).

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في تحديد مدى إمكانية استخدام الحمأة في التسميد لتحسين مواصفات التربة الفيزيائية والكيميائية دون إلحاق الضرر بالتربة والنبات والناتج عن ما تتضمنه الحمأة من عناصر ثقيلة وعوامل ممرضة، انطلاقاً من ذلك يمكن تحديد أهداف البحث بما يلي:

- دراسة حركية عنصري الزنك والكادميوم بين التربة ونبات الشعير وأجزائه بعد تسميد التربة بكميات مختلفة من الحمأة.
- تحديد نمط النبات فيما لو كان مراكماً أو مؤشراً أم محايداً لوجود عنصري الزنك والكادميوم.
- تحديد كمية الحمأة المضافة والمتوافقة مع ظاهرة التراكم عند النبات المدروس.

تصميم التجربة

صممت التجربة تصميما عشوائيا كاملا Completely Randomized Design حيث وزعت المعاملات على القطع التجريبية بطريقة المصادفة البحتة أي الطريقة العشوائية.

خُلطت التربة المستخدمة مع كميات من الحمأة الجافة المأخوذة من محطة عدرا لمعالجة مياه الصرف الصحي وفق ما يلي : تربة زراعية دون إضافة الحمأة وعدت شاهدا.

تربة زراعية مضاف إليها حمأة بمعدل 20 طن/هكتار أو ما يعادل 0.2 كغ /أصيص.

تربة زراعية مضاف إليها حمأة بمعدل 40 طن/هكتار أو ما يعادل 0.4 كغ /أصيص.

تربة زراعية مضاف إليها حمأة بمعدل 60 طن/هكتار أو ما يعادل 0.6 كغ /أصيص؛ يُذكر أن سعة الأصيص الواحد نحو 20 كغ تربة.

زُرعت البذور السليمة والمتجانسة شكلاً على عمق 1–2 سم عن سطح التربة ووضعت جميع الأصص في أرض مكشوفة ورويت التربة عند الحاجة، وكان موعد الزراعة في السابع من نيسان و موعد الحصاد في السابع من حزيران ولموسميين متتاليين، وقد خصص لكل معاملة خمسة مكررات.

النبات : تم اختيار الشعير العادي *Hordeum vulgare L.* شكل (1) لهذه الدراسة نظراً لسهولة زراعته ولأهميته الاقتصادية والعلفية ولعدم تناوله أخضراً؛ ينتمي إلى الفصيلة الكلئية Poaceae، تتألف الساق من سلاميات تفصل بينها عقد، الثمرة برّة وهي أكينة التحم فيها الغلاف الثمري بالبذرة كما تلتحم الحراشف الزهرية مع غلاف البرّة (بابوجيان والقاضي ،2011).

الشكل (1) *Hordeum vulgare L.*

المكان : اختيرت منطقة صحنايا الواقعة إلى الجنوب الغربي من دمشق مكانا للدراسة، خلال موسمين زراعيين متتاليين والمناخ مماثل لمساحات واسعة من المناطق الزراعية المحيطة .

التربة : استخدمت كميات من تربة المنطقة وهي من ترب المناطق الجافة Aridisol.

البيانات :

1– التحاليل الميكانيكية والكيميائية للتربة والحمأة:

حيث جمعت عينات التربة من جميع المعاملات ووضعت في أكياس من النايلون، جففت العينات هوائيا وطحنت ومررت من منخل قطر فتحته 2 مم وتم تعبئتها في عبوات بلاستيكية وتم أجراء التحاليل التالية: التحليل الميكانيكي لتحديد قوام التربة باستخدام الهيدرومتر (FAO, 1970–a)؛ أما بالنسبة للتحاليل الكيميائية فبعد الحصول على عجينة مشبعة تم حساب الناقلية الكهربائية باستخدام جهاز التوصيل الكهربائي و pH التربة باستخدام جهاز

لقياس pH، أما بالنسبة للمادة العضوية فحسبت بإضافة حمض الكبريت وديكرومات البوتاسيوم والمعايرة بسلفات الحديدوز بوجود دليل فروئين.

وبعد الاستخلاص حسب البرتوكول المعتمد من قبل هيئة الطاقة الذرية تم حساب تراكيز كل من الفسفور والآزوت باستخدام جهاز السبكترومتر (جهاز التقدير اللوني)، كما حُسب البوتاسيوم باستخدام جهاز اللهب الفلامومتر وذلك بعد هضم العينة بحمض الكبريت المركز؛ كما تم إجراء تحليل كيميائي لعينة الحمأة .

2- حسب الوزن الجاف الكلي لنبات الشعير عند الحصاد باستخدام ميزان حساس.

3- تم قياس تركيز عنصري الزنك والكادميوم في الجذور والقش والحب في جميع المعاملات باستخدام جهاز البولاروغراف شكل (2).

شكل(2) جهاز البولاروغراف

(المعالج Metrohm 693 VA وحامل خلية التحليل Metrohm Stand 694VA)

حيث أُخذ 3 غرام من كل عينة جافة وترميدها عند الدرجة 450 م° لمدة كافية ووضعت في بيشر سعته 250 مل وأضيف إليها 25 مل من حمض الآزوت المركز 65 % وقطرات من حمض فوق الكلور للمساعدة في أكسدة المركبات العضوية المنحلة؛ هضمت العينة لمدة خمس ساعات تقريباً (حسب الطريقة المتبعة في هيئة الطاقة الذرية)، ومن ثم بخرت لقرب الجفاف، أذيب الراسب المتشكل بإضافة حمض الآزوت الممدد 25 % وضبط حجم العينة السائلة بمحلول ممدد من حمض الآزوت ليصبح الحجم الكلي 25 مل بذلك أصبحت العينة جاهزة للقياس بجهاز البولاروغراف (Metrohm 693 VA).

جرى ضبط جودة التحاليل والقياسات بجهاز البولاروغراف، عن طريق استعمال عينة مرجعية Reference sample جدول (2)؛ بالإضافة إلى تمرير عينة شاهد Blank sample مع كل دفعة تحاليل؛ كما أن جميع المواد الكيميائية المستخدمة في تحضير المحاليل اللازمة لإجراء التحاليل بدرجة GR (Grad Reagent).

الجدول (2) نتائج تحليل العينة المرجعية V10 (أعشاب) والعينة من الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

العنصر	التركيز النظري	مجال الثقة	التركيز المقيس
Cd	30 نانو غرام/غرام	20-50 نانوغرام/غرام	36±9 نانوغرام/غرام
Zn	24 ميكرو غرام/غرام	21-27 ميكروغرام/غرام	22.12±0.30 ميكروغرام/غرام

4- حسب المتوسط والانحراف المعياري ومخطط الأعمدة للمتغيرات الكمية المدروسة، وأجري اختبار التباين وحيد الاتجاه one way ANOVA لمعرفة مدى معنوية الفروق بين المتوسطات لمختلف لمعاملات المدروسة، استعمل لذلك البرنامج الإحصائي SPSS وتم استخدام طريقة اختبار أقل فرق معنوي LSD (Least Significant Difference) عند مستوى ثقة 0.05.

النتائج والمناقشة:

1 - تحاليل الحمأة والتربة قبل وبعد التسميد:

يبين الجدول (3) التحليل الكيميائي لعينة الحمأة الناتجة عن معالجة مياه الصرف الصحي بمحطة عدرا وما تحويه من العناصر السمادية والمادة العضوية ؛ حيث أدت إضافتها في بداية كل موسم إلى تغيرات في الخصائص الكيميائية للتربة الجدول (4) إذ ارتفعت الناقلية الكهربائية من 1.33 ميليموز/سم في الشاهد إلى 1.53، 2.46 ، 3.21 ميليموز/سم للإضافات 0.2، 0.4، 0.6 كغ /أصيص على التوالي، وزادت المادة العضوية بنسب 129% ،200%، 415% للإضافات 0.2، 0.4، 0.6 كغ /أصيص على الترتيب مقارنة بالشاهد؛ كما تلاحظ أيضا زيادة تركيز العناصر السمادية NPK حيث زاد الآزوت الكلي بنسبة 416.67 % للإضافة 0.6 كغ /أصيص مقارنة مع الشاهد، وزاد البوتاسيوم بنسبة 58.62 % للإضافة 0.6 كغ /أصيص مقارنة مع الشاهد ،وارتفع تركيز الفسفور من 10.5 ppm في الشاهد إلى 60، 92، 111 ppm للإضافات 0.2، 0.4، 0.6 كغ /أصيص على التوالي؛ أما انخفاض الكربونات فيعود إلى دور العناصر المعدنية الموجودة في الحمأة وعمليات الإزاحة التي تقوم بها.

الجدول (3) التحليل الكيميائي للحمأة

pH	EC	آزوت كلي %	P كلي %	K كلي %	Na كلي %	الرطوبة للوزن الرطب %	الرطوبة للوزن الجاف %	الرماد %
7.01	3.65	2.074	1.105	2.46	1.393	5.7	6.1	58.698

الجدول (4) التحاليل الكيميائية والميكانيكية للتربة في جميع المعاملات

التربة	عجينة مشبعة		غ/100 غ من التربة		PPm		التحليل الميكانيكي %		
	PH	EC ميليموز/سم	مادة عضوية	آزرت كلي	K	P	رمل	طين	سلت
الشاهد	7.99	1.33	0.844	0.042	145	10.5	40	41	19
20 طن/هـ	7.87	1.53	1.931	0.097	145	60	40	41	19
40 طن/هـ	7.65	2.46	2.534	0.127	230	92	42	40	18
60 طن/هـ	7.46	3.21	4.345	0.217	230	111	42	39	19

تتفق هذه النتائج مع نتائج دراسات Kumazaw(1997) و Epstein (2003) والزعبي وآخرون(2010) التي تؤكد أن الحمأة تزيد من الناقلية الكهربائية للتربة ومن كمية المادة العضوية والعناصر السمادية.

2 – الوزن الجاف للنبات

يبين الجدول 5 زيادة في الوزن الجاف للقش في الموسم الأول بنسبة 30%، 57%، 154%، للإضافات 20، 40، 60 طن/هـ على الترتيب؛ وزيادة بالوزن الجاف للحب بنسبة 159%، و 188%،148% للإضافة 20، 40، 60 طن/هـ على الترتيب.

أما في الموسم الثاني فيبين الجدول (6) زيادة في الوزن الجاف للقش بنسبة 72% للإضافة 20 طن/هـ وحوالي الضعفين للإضافتين 40 و 60 طن/هـ؛ بالنسبة للوزن الجاف للحب لوحظت زيادة بنسبة 36%، 18%، 24%، للإضافات 20، 40، 60 طن/هـ على الترتيب. هذا ما يتفق مع دراسات كثيرة تؤكد أن الحماة تزيد من إنتاجية النباتات من خلال إمداد التربة بالعناصر الغذائية الأساسية والمادة العضوية (زحلان ونادر، 2015/ أ + ب)، (He et al., 2000) ويلاحظ تحسن في الإنتاج في الموسم الثاني وذلك لزيادة المخصبات N–P–K ولزيادة المادة العضوية (Wei &Liu, 2005).

الجدول (5) تأثير إضافة الحمأة إلى التربة في الوزن الجاف (غ/م²) للشعير في الموسم الأول

الإضافة كغ/أصيص	القش	الحب	زيادة القش مقارنة بالشاهد		زيادة الحب مقارنة بالشاهد	
			غ/م^2	%	غ/م^2	%
شاهد	a361.2	a222.1	–	–	–	–
20 طن/هـ	b470.3	b574.1	109.1	%30	352	%159
40 طن/هـ	c565.4	b638.5	204.2	%57	416.4	%188
60 طن/هـ	d915.8	b550.1	554.6	%154	328	%148
LSD	94.5	168.9	*			

الجدول (6) تأثير إضافة الحمأة إلى التربة في الوزن الجاف(غ/م²) للشعير في الموسم الثاني

الإضافة كغ/أصيص	القش	الحب	زيادة القش مقارنة بالشاهد		زيادة الحب مقارنة بالشاهد	
			غ/م^2	%	غ/م^2	%
شاهد	a380.8	a457.6	–	–	–	–
20 طن/هـ	b655.8	b620.9	275	%72	163.3	%36
40 طن/هـ	c798.7	b539.7	417.9	%110	82.1	%18
60 طن/هـ	c816.8	b567	436	%115	109.4	%24
LSD	138.7	80.9	*			

**: المتوسطات المتبوعة بأحرف مختلفة ضمن العمود الواحد مختلفة معنوياً طبقاً لاختبار LSD عند ثقة 0.05.*

3 - تركيز عنصر الزنك:

أكدت دراسة Wei & Liu (2005)، أن تركيز الزنك في التربة قد ازداد طرداً مع زيادة كمية الحمأة المضافة والمستخدمة في التسميد لثلاثة مواسم متتالية ؛ولكن تركيز الزنك في التربة الشاهد والترب المضاف إليها كميات مختلفة من الحمأة بقي أقل من تركيزه في الحمأة و ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفة القياسية السورية الجدول (7)، أما بالنسبة لتركيز الزنك في النباتات وفي المعاملات كافة يبين الجدول 8 أن تركيز الزنك في النبات ازداد مع زيادة كمية الحمأة المضافة وكان تركيزه في جذور نباتات الإضافات 20، 40، 60 طن/هكتار أعلى معنويا من تركيزه في جذر نبات الشاهد، ولم تكن الفروق معنوية بين تركيزه في جذور نباتات الإضافتين 0.2 و 0.6 كغ/أ. وكانت الفروق معنوية بين تركيز الزنك في قش وحب نباتات الشاهد وبين تركيزه في قش وحب نباتات الإضافات 20، 40، 60 طن/هكتار؛ وبمقارنة تركيز الزنك ضمن أجزاء النبات في المعاملة الواحدة يبين الجدول (9) أن الفروق معنوية بين تركيزه في الجذر وتركيزه في الحب والقش، حيث كان أعلى في الجذر منه في المجموع الخضري، مع العلم أن جميع التراكيز كانت ضمن الحدود المسموح بها؛ وبالتالي لا يعد نبات الشعير مراكما لعنصر الزنك لأن تركيزه في المجموع الخضري أقل من تركيزه في المجموع الجذري (الوهيبي، 2007).

الجدول (7) تركيز عنصر الزنك (ميكروغرام/غ) في الحمأة وترب المعاملات والحدود المسموح بها (المواصفة القياسية السورية، 2002)

التربة الشاهد	تربة مع 20 طن/هـ	تربة مع 40 طن/هـ	تربة مع 60 طن/هـ	الحمأة	التركيز المسموح في التربة الزراعية	التركيز المسموح في التربة الحراجية
49.90±2.99	86.59±5.20	123.44±7.41	164.66±9.89	1514.43±90.86	200	700

الجدول (8) تركيز عنصر الزنك في الأجزاءالمختلفة للنبات (ميكروغرام/غ) بجميع المعاملات

المعاملة / جزء النبات	الجذر	القش	الحب
الشاهد	30.6 ±6.04 a	6.4±0.67 a	13.4 ±1.71 a
20 طن/هـ	80.2±11.78 B	15.96±3.89b	22.1 ±2.11 b
40 طن/هـ	96.6± 3.06C	30.1±2.51 c	27.7 ±1.75 c
60 طن/هـ	69.3±14.32b	45.15±10.66d	38.2±0.75 d
التركيز الطبيعي في النبات*	27 - 100	حسب (Kabata et al., 1992)	
التركيز السام*	أكثر من 100		
المتوسطات المتبوعة بأحرف مختلفة تختلف معنويا عن بعضها طبقا لاختبار LSD عند مستوى ثقة 0.05			

الجدول(9) مقارنة تركيز عنصر الزنك (ميكروغرام/غ) في أجزاء النبات وحسب كافة المعاملات

الجزء النباتي	الشاهد	20 طن/هـ	40 طن/هـ	60 طن/هـ
الجذر	30.6±6.04a	80.2±11.78a	96.6 ± 3.06a	69.3± 14.32a
القش	6.4± 0.67b	15.96 ±3.89 b	30.1±2.51b	45.15 ±10.66 b
الحب	13.4± 1.71c	22.1±2.11b	27.7±1.75b	38.2±0.75b
المتوسطات المتبوعة بأحرف مختلفة هي مختلفة معنويا حسب اختبار LSD عند مستوى ثقة 0.05				

4 – تركيز الكادميوم : يبين الجدول (10) أن تركيز الكادميوم في التربة في جميع المعاملات بقي ضمن الحدود المسموح بها وكان أقل من تركيزه في الحمأة.

أما بالنسبة لتركيز الكادميوم في النباتات في المعاملات المختلفة فقد زاد تركيزه معنويا في جذور نباتات الإضافات 20، 40، 60 طن/هكتار مقارنة مع تركيزه في جذور نباتات الشاهد، ولم تكن الزيادة معنوية في تركيزه في جذور نباتات المعاملتين 20، 40 طن/هكتار الجدول (11).

الجدول (10) تركيز الكادميوم (نانوغرام/غ) في الحمأة والتربة والحدود المسموح بها (هيئة المواصفات القياسية السورية، 2002)

التربة الشاهد	تربة مع 0.2 كغ /أ	تربة مع 0.4 كغ/أ	تربة مع 0.6 كغ/ أ	الحمأة	التركيز المسموح به في التربة الزراعية	التركيز المسموح به في التربة الحراجية
170.51	336.72	329.41	324.22	1231.22	1000	5000

الجدول (11) تركيز عنصر الكادميوم في أجزاء النبات المختلفة (نانوغرام/غ) بجميع المعاملات

المعاملة/جزء النبات	الجذر	القش	الحب
الشاهد	74.5±14.99 a	<10	<10
20 طن/هـ	130.9±9.68 B	18.2±8.8 a	13±4.72 a
40 طن/هـ	121.8± 33.78 b	24.8±0.61a	36.9±6.15 b
60 طن/هـ	169.8 ±8.24 c	43.7±9.73b	23.5±8.98 c
التركيز الطبيعي في النبات*	0.05–0.2 مغ/كغ ما يعادل 50– 200 نانوغرام/غ		
التركيز السام*	5 3θ مغ/كغ ما يعادل 5000– 30000 نانوغرام/غ		
* حسب (Kabata et al., 1992)			
المتوسطات المتبوعة بأحرف مختلفة هي مختلفة معنويا حسب اختبار LSD عند مستوى ثقة 0.05			

وبمقارنة تركيز الكادميوم في أجزاء النبات ضمن المعاملة الواحدة تبين أن أعلى تركيز له كان في الجذور في جميع المعاملات وكانت الفروق معنوية بين تركيزه في الجذور وباقي أجزاء النبات في المعاملات 0.2، 0.4، 0.6

كغ/أ، كان تركيز الكادميوم قليلا جدا ودون 10 نانوغرام /غ في القش والحب لمعاملة الشاهد، ولم تكن الفروق معنوية بتركيز الكادميوم في القش والحب بين المعاملتين 0.2 و 0.4 كغ /أ، وكانت معنوية في المعاملة 0.6 كغ /أ مقارنة بالشاهد الجدول (12). يلاحظ أن انتقال الكادميوم من الجذور إلى المجموع الخضري ضعيف وبالتالي لا يعد الشعير مراكما لعنصر الكادميوم؛ في دراسة لـ Vassilev (2002) تبين أن تركيز الكادميوم في جذور نبات الشعير أعلى من تركيزه في أوراقه بعد إضافة الكادميوم للتربة، وفي دراسة أخرى للعيد وآخرون (2002) تبين أن بعض المحاصيل يكون تركيز الكادميوم في المجموع الخضري أقل منه في المجموع الجذري كما في نبات البندورة بينما في محاصيل أخرى يكون تركيزه أعلى في المجموع الخضري كما في نبات الفجل.

الجدول(12) تركيز عنصر الكادميوم (نانوغرام/غ) في أجزاء النبات المختلفة في كل معاملة

	الشاهد	0.2 كغ/أصيص	0.4 كغ/أصيص	0.6كغ/أصيص
الجذر	74.5±14.99	130.9±9.68 a	121.8 ± 33.78 a	169.8±8.24 a
القش	<10	18.2±8.8 b	24.8±0.61 b	43.7±9.73 b
الحب	<10	13±4.72 b	36.9±6.15 b	23.5±8.98 c
المتوسطات المتبوعة بأحرف مختلفة هي مختلفة معنويا حسب اختبار LSD عند مستوى ثقة 0.05				

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

كان تركيز عنصري الزنك والكادميوم في المجموع الجذري أعلى منه في المجموع الخضري لنبات الشعير بعد إضافة الحمأة.

لا يعتبر نبات الشعير مراكما لعنصري الزنك والكادميوم.

بقيت تراكيز الزنك والكادميوم في التربة وأجزاء النبات بجميع المعاملات ضمن الحدود المسموح بها.

التوصيات:

يمكن استعمال الحمأة في تسميد نبات الشعير بعيداً عن خطر المعادن الثقيلة وبخاصة النيكل والكادميوم، وأن الجزء المستخدم من الشعير هو القش والحب.

المراجع:

1- أكساد .(2008). *الموارد المائية غير التقليدية وإستراتيجيتها في المنطقة العربية* ، جامعة الدول العربية، المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة ACSAD. ص6.

2- بابوجيان، جورجيت. القاضي، عماد.(2011) *أساسيات التصنيف النباتي (الفصائل النباتية) الجزء النظري*، منشورات جامعة دمشق، ص 468-477.

3- زحلان، ربيعة. نادر، سهيل.(a/2015) *تأثير إضافة الحمأة إلى التربة في إنتاجية نبات الفصة Medicago sativa* L. *وقدرته التجميعية لعنصر الزنك* . مجلة بحوث جامعة حلب سلسلة العلوم الأساسية، العدد 103.

4- زحلان، ربيعة. نادر، سهيل.(b/2015) أثر تسميد الشعير *Hordeum vulgare* L. بكميات متزايدة من الحمأة في نموه وإنتاجيته. موافقة على النشر في مجلة جامعة دمشق للغلوم الأساسية رقم 735/ص، تاريخ 2015./5/24

5- الزعبي، محمد منهل. أرسلان، أويديس. عصفور، زياد. أمين، يوسف. عطري، مازن. جزدان،عمر .(2010). *دراسة الأثر التراكمي للعناصر الثقيلة في النبات والتربة المسمدة بحمأة الصرف الصحي في ظروف محافظة إدلب*. المؤتمر العلمي الثامن للهيئة العامة للبحوث الزراعية.

6- علي نظام، عدنان. إبراهيم، وفيقة. معلا، عبيرة.(2008) *تأثير حمأة محطة عدرا لمعالجة المخلفات السائلة المنزلية بدمشق في نمو نبات الرشاد المزروع وإنتاجيته* ، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية. سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (30) العدد 3، 2008.

7- العيد، محمد بن عبد الرحمن. الجرواني، محمد محمد. حمايل، علي فتحي. (2002) *دراسة تأثير التسميد بالأسمدة الفوسفاتية على تراكم عنصر الكادميوم في التربة وفي الأجزاء النباتية لبعض محاصيل الخضر* . كلية العلوم، جامعة الملك فيصل، المملكة العربية السعودية، التقرير النهائي ص 32 .

8- هيئة المواصفات والمقاييس السورية (2002). *المعايير الناظمة لاستخدام الحمأة الناتجة عن محطات المعالجة لمياه الصرف الصحي في الزراعة* . المواصفة رقم 2665 تاريخ 2002/10/28. وزارة الصناعة . الجمهورية العربية السورية.

9- الوهيبي ، محمد بن حمد (2007). *ظاهرة تراكم العناصر الثقيلة في النباتات* ، قسم علم الأحياء الدقيقة، كلية العلوم، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

Saudi Journal of Biological Sciences vol.14 n.2, P. 2-9 2007

10- ABOU SEEDA, M. *Use of sewage sludge for sustainable agriculture and pollution preservation. III treatment of sewage sludge and its effect on chemical characteristics of sludge, soil and some nutrients uptake by Radish Spanish and Lettuce plants*. Agric. sci. Mansoura Univ. 22(10), 1997, 3424-3450.

11- ALKORTAl, I., HERNQNDEZ-ALLICCA, J., BECERRIL, J.M., AMEZAGA, I., ALBIZU, I. and GARBISU, C. *Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic*. Environmental Science and Bio/Technology. 3, 2004, 71–90.

12- ASSUNCAO, A. G. L., TEN BOOKUM, W.M., NELISSEN, H.J.M., VOOIJS, R., SCHAT, H., WILFRIED, H.O.E., *Acosegregation analysis of zinc (Zn) accumulation and Zn tolerance in the Zn hyper accumulator Thlaspi caerulescens*. New phytologist.159 ,2003, 383-390.

13- EPSTEIN, E. *Land application of sewage sludge and biosolids*. Lewis publishers, CRC press company. Washington, D. C.,2003.

14- FAO. *physical and chemical methods of soil and water analysis*. Soils Bulletin No. 10, FAO,1970, Rome.

15- HANSON, B., GARIFULLINA, G.F., LINDBLOM, S.D., WANGELINE, A.,ACKLEY, A., KRAMER, K., NORTON, A.P., LAWRENCE, C.B.,and PILON-SMITS, E.A.H. *Selenium accumulation protects Brassica juncea from invertebrate herbivory and fungal infection.* New Phytologist 159, 2003, 461–469.

16- He, Z. L., Alva, A. K., Yan, P. Li, Y. C., Calverat, D. V., Stoffella, P. J., Banks, D.J. (2000). Nitrogen mineralization and transformation from composts and biosolids during field incubation in sandy soil. Soil Sci.165,161-169. -3.

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

18- KUMAZAW, K. *Use of sewage sludge for agriculture in Japan. In: Sewage Sludge and Waste Water for Use in Agriculture*. Proceedings of consultant meeting. IAEA.Vienna,1997,pp.3-127.

19- McGRATH, S.P., ZHAO, F.J. and LOMBI, E. *Phytoremediation of metals, metalloids, and radionuclides*. Adv. Agronomy75,2002, 1–56.

20- SATARUG, S. , BAKER, J.R., URBENJAPOL, S., HASWELL-ELKINS, M., REILLY, P.E.B., WILLIAMS, D.J. and MOORE, M.R. *A global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population*, Toxicol. Lett. 137,2003, 65–83.

21- SINGH, A. EAPEN, S. FULEKAR, M.H. *Potential of Medicago sativa for uptake of cadmium from contaminated environment*. Romanian Society of Biological Sciences, Vol. 14, No. 1, 2009, pp. 4164 – 4169.

22- VASSILEV, A. *Physiological and Agro-ecological Aspects of Cadmium Interactions with Barley Plants:* an Overview, Journal of European Agriculture, Vol 4, 2002, N°.1, 66-72.

23- WEI, Y. LIU, Y. *Effects of sewage sludge compost application on crops and cropland in 3 year field study* .Ministry of Education, College of Environmental Sciences, Department of Environment Engineering,PekingUniversty,Beijing100871,China.WWW.elsevier.com //ocate/chemosphere 59, 2005,1257-1265.