تأثير إضافة الحمأة في إنتاجية القطن والقمح والذرة الصفراء وفي تراكم بعض المعادن الثقيلة في التربة والمحاصيل المدروسة

The Effect of Adding Sewage Sludge on the Productivity of Cotton, Wheat, and Corn and the Accumulation of some Heavy Metals in Studied Soil and Crops

م.عمر جزدان[1] و أ.د. الجيلاني عبد الجواد[1] و د. أواديس أرسلان[1,2]

د.منهل الزعبي[2] و م. ناديا بيجون[2] و م. محمد طباع[2]

1. المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة / أكساد. ص.ب 2440، دمشق، الجمهورية العربية السورية.

2. إدارة بحوث الموارد الطبيعية – الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. دمشق – سورية.

المُلَخَّص

نفذت هذه الدراسة في محطة بحوث الكماري بمحافظة حلب بالتعاون بين المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، والهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في سورية، درس خلالها تأثير إضافة الحمأة في خصائص التربة وفي إنتاجية محاصيل القطن، والقمح، والذرة الصفراء، ورصد تراكم بعض العناصر المعدنية الثقيلة (Cd ,Cr Ni Pb,) في التربة وفي النسج النباتية للمحاصيل المزروعة خلال ثلاثة مواسم زراعية.

أضيفت الحمأة للتربة بمعدلات تراوحت بين 6 و15 طن/هـ، بما يتوافق واحتياجات المحصول إلى الآزوت، وكان محتوى الحمأة أقل من حدود كل المعادن الثقيلة، حيث قورنت نتائج إضافة الحمأة بالسويات المضافة بتلك الناتجة عن إضافة الأسمدة الكيميائية اللازمة، وكلتاهما بالشاهد الذي لم تضف إليه أي من الحمأة أو الأسمدة الكيميائية.

أظهرت نتائج الدراسة وجود زيادة معنوية في إنتاجية المحاصيل المزروعة في التربة المضافة إليها الحمأة، قدرت بنحو 15 % في القطن، و36 % في القمح من الحب، و16 % من القش، و47 % في الذرة الصفراء من البذار مقارنة بالشاهد، وزيادة في إنتاجية المحاصيل 2 % في القطن، و16 % في القمح من الحب و10 % من القش، و36 % في الذرة الصفراء مقارنة بمعاملة التسميد الكيميائي. وكان هناك ارتفاع في تركيز العناصر المعدنية الثقيلة (Cd, و Cr,و Ni,و Pb) بمعدل (0.13، و92، و122، و8.44) مغ/كغ على التوالي في التربة المضافة إليها الحمأة حتى 15 طن/هـ مقارنة بالشاهد (0.07، 95، 116، 5.42) مغ/كغ، إلا أن تركيز تلك العناصر في التربة كان ضمن حدود المحتوى الطبيعي (0.01-2 مغ/كغ من الكادميوم، و10-150 مغ/كغ من الكروم، و5-500 مغ/كغ من النيكل، و-2 200مغ/كغ من الرصاص). ولم يظهر ارتفاع معنوي في محتوى النسج النباتية من العناصر المعدنية الثقيلة للمحاصيل المزروعة في التربة المعاملة بالحمأة بمعدل 15 طن/هـ مقارنة بالشاهد.

وبقيت تراكيز العناصر الثقيلة المدروسة ضمن حدود المحتوى الطبيعي لهذه المحاصيل (0.05-1.2 مغ/كغ من الكادميوم، و1-5 مغ/كغ من الكروم، و-0 4 مغ/كغ من النيكل، و0.1-30 مغ/كغ من الرصاص)، وبعيدة عن الحدود السامة والضارة بصحة الإنسان حتى الآن حسب المعايير والمواصفات القياسية العالمية.

الكلمات المفتاحية: القطن، القمح، الذرة الصفراء، الحمأة، المخلفات العضوية الصلبة، العناصر المعدنية الثقيلة.

©2009 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved.

ABSTRACT

This study was conducted at Al-Kamary station in the Aleppo province collaboratively between the Arab Center (ACSAD) and the General Commission for scientific Agricultural Research in Syria to study the effect of adding sewage sludge on soil properties and on the productivity of cotton, wheat, and corn. The accumulation of heavy metals, namely Cd, Cr, Ni, and Pb was monitored in the soil and plant tissue of the studied crops during three subsequent seasons.

Sewage sludge was added to the soil at rates ranging between 6 and 15 ton/ha according to crop N requirement and when its content of heavy metals are less than the thresholds. Yields from the applied sewage treatments were compared with the treatment received chemical fertilizers, and both of them were compared with the control which did not receive fertilizers or sewage sludge.

The results indicated significant increases in the productivity of some crops grown in the soil that received sewage sludge, and these increases reached 15% in cotton, 36% in wheat grain, 16% in wheat straw and 47% in corn seeds compared with control. The increase in productivity also reached 2% in cotton, 16% in wheat grain, 10% in wheat straw and 36% in corn compared with chemical fertilizer application. Increases in the concentrations of heavy metals Pb, Ni, Cr, and Cd were 8.44, 122, 92, and 0.13 mg/kg, respectively in the soil which received up to 15 ton/ha sewage sludge compared with the control (5.42, 116, 95, 0.07) mg/kg. However, these concentrations remain within the natural limits (0.1–2) mg/ka of Cd, (10-150) mg/kg Cr, (5-500) mg/kg Ni, and (2-200) mg/kg Pb. No significant increase was found in the concentrations of the heavy metals in plant tissues of the crops cultivated in the soil that received sewage sludge at a rate of 15 ton/ha.

The concentration of the heavy metals in plant tissues remained within the natural range of concentration (0.05-1.20) mg/kg Cd, (1-5) mg/kg Cr, (0-4) mg/kg Ni, and (0.1-30) mg/kg Pb, and far from toxic and harmful effects on human health according to the international standards.

المقدمة

تقدر الكميات المنتجة يومياً من الحمأة، والتي هي الناتج النهائي المترسب عن عملية معالجة مياه الصرف الصحي، بآلاف الأمتار المكعبة التي لا يستفاد منها إلا بشكل محدود في مجال استصلاح الأراضي، علماً أن كمياتها في زيادة عالية مستمرة نظراً للزيادة السكانية والتوسع في محطات معالجة مياه الصرف الصحي.

تعد إضافة الحمأة للأراضي الزراعية تطبيقاً شائع الاستعمال في العديد من الدول التي تسمح بإعادة استعمال المخلفات العضوية الصلبة الفائضة بسبب كونها مصدراً جيدا وغنياً بعناصر الخصوبة اللازمة لنمو النبات، وغناها بالمادة العضوية التي تعد ثروة سمادية للعديد من المحاصيل الزراعية، إلاَ أن استعمالها بشكل سيئ وغير علمي يسبب ضرراً خطيراً على نمو النبات، وغذاء الحيوان، وعلى صحة الإنسان (Champion ، 1980, DeHaan ، McLaughlin and ،1987 ،Gerzabec، وزملاؤه ، 1998، Weggler-Beatonet وزملاؤه ، 2003، المزيني، 2004).

إن الزيادة في إنتاجية بعض المحاصيل جراء إضافة الحمأة يشجع على تطبيق استعمالها لتحسين الأراضي الزراعية إلاَ أن المحاصيل الزراعية، تختلف في استجابتها لكميات الحمأة المضافة وذلك حسب مصدرها، ونوع النبات، ومعدل إضافتها، ونوع التربة، والظروف المناخية السائدة إضافة لإدارة تطبيقها، علماً أن هذه المخلفات الصلبة تحتوي على العديد من العناصر المعدنية الثقيلة كالكادميوم الذي يمكن أن تكون له تأثيرات ضارة ومناوئة لصحة الحيوان والإنسان عندما يتواجد بكميات عالية ضمن السلسلة الغذائية (Rabie وزملاؤه، 1996، McLaughlin وزملاؤه، 2000).

فقد بين Chaney وزملاؤه (1975) أن تركيز Cd، وCu ، وMn ، وZn في أوراق فول الصويا ازداد مع زيادة تركيز الحمأة، بينما نقص تركز الرصاص، ولم يتغير تركيز عنصر النيكل. ووجد El-Keiy (1983) أن أوزان القمح والفاصولياء الرطبة ازدادت مع زيادة كمية الحمأة المضافة حتى 50غ/كغ تربة. وأشار Ismail وزملاؤه (1996) إلى ارتفاع محتوى التربة من العناصر الثقيلة عند إضافة الحمأة إليها، وإلى تراكم تلك العناصر الثقيلة بزيادة معدل إضافة المخلفات العضوية، كما أدت هذه الإضافات إلى زيادة معدل نمو نباتات الذرة الصفراء الذي ترافق بتراكم العناصر الثقيلة في المجموع

الخضري لهذه النباتات. وبين بدوي وزملاؤه (1999) أن إضافة مخلفات الصرف الصحي الصلبة إلى نوعين من الترب (حيرية ورملية) أدى إلى ارتفاع محتوى الأراضي الكلسية والرملية من المادة العضوية وزيادة السعة التبادلية والناقلية الكهربائية والنتروجين والفوسفور والبوتاسيوم، وإلى نقص في محتوى الكربونات الكلية وخفض رقم الحموضة والكثافة الظاهرية لهاتين التربتين. كما أدى ذلك إلى زيادة المحتوى الكلي لعناصر الأثر (Fe، Mn، Cu، Zn) في الترب المستعملة، وارتفاع محتوى أوراق البندورة وثمارها من عناصر الأثر الآنفة الذكر، وزيادة في المحصول ومحتوى السكر الكلي والحموضة الكلية.

ووجد Tsadilas وزملاؤه (1999) أن إضافة حمأة الصرف الصحي إلى التربة المزروعة بالقطن أدت إلى زيادة المردود وارتفاع تركيز البوتاسيوم و الفوسفور في أوراق القطن بالإضافة إلى انخفاض رقم الحموضة عند الإضافة العالية من الحمأة وارتفاع قيمة الناقلية الكهربائية والآزوت الكلي والفوسفور المتاح بشكل معنوي. وكانت الزيادة في تركيز Cu، وPb، وZn طفيفة بينما كانت الزيادة في تركيز Zn، وCu، و Mn المتاح والمستخلص بمحلول DTPA معنوية. أما Christopher وزملاؤه (2000)، فقد أظهروا أن 78 % من الزرنيخ الكلي المستخلص من حمأة الصرف الصحي يكون مرتبطاً بأكاسيد الحديد المائية، وأن محتوى المواد الصلبة العالقة كان أكبر بنحو 220 مرة من تركيز الزرنيخ الذائب.

وفي دراسة تأثير الري بالمياه العادمة المعالجة وغير المعالجة، فقد أوضح حزدان (2002) تأثر بعض الخصائص الفيزيائية للتربة وارتفاع ملوحتها وزيادة تركيز العناصر الخصوبية والمادة العضوية فيها، إضافة إلى زيادة إنتاجية المحاصيل المزروعة والمروية بتلك المياه، مع ارتفاع تركيز بعض العناصر الثقيلة As، وCd، وCr، وPb في التربة وفي مكونات النسج النباتية للمحاصيل المزروعة، إلا أنها كانت ضمن الحدود المسموح بها ودون حدود السمية.

وتوصل Weggler وزملاؤه (2004) إلى أن تركيز الكادميوم في النبات ومحلول التربة قد زاد بزيادة كمية الحمأة المضافة للتربة حتى 40غ/كغ، ولكن انخفض هذا التركيز بشكل طفيف في المعاملة التي أضيف إليها 80غ/كغ من تلك المخلفات العضوية، كما أوضح أيضاً أن تركيز الكادميوم في كل من محلول التربة والنباتات المزروعة كان مرتبطاً بشكل إيجابي بتركيز الكلوريد في محلول التربة. ووجد Tsadilas وزملاؤه (2005) في نهاية المدة ارتفاع نسبة الكربون العضوي في التربة، وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء، وارتفاع معدل الرشح، في حين انخفضت قيمة الكثافة الظاهرية للتربة حين إضافة الحمأة إليها.

الأهداف

بدأت هذه الدراسة في عام 2004 في محطة بحوث الكماري في حلب ولمدة ثلاثة مواسم متتالية، وذلك بالتعاون بين أكساد، والهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية ضمن اتفاقية تعاون وبحث علمي مشترك بهدف:

1. توصيف الحمأة وتحديد خصائصها: الفيزيائية، والكيميائية، والخصوبية، والسمية، والميكروبية.
2. تأثير الحمأة في إنتاجية بعض المحاصيل.
3. تأثير الحمأة في خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية.
4. تأثير الحمأة في تراكم العناصر المعدنية السامة في التربة والنبات.

مواد البحث وطرائقه

نفذت هذه الدراسة في محطة بحوث الكماري التي تقع جنوبي غرب مدينة حلب، وعلى مسافة 25 كم على خط طول ˚36 .َ56 وخط عرض ˚36 .َ20، ويبلغ ارتفاعها عن سطح البحر 285 م، أما معدل الهطول المطري في المنطقة فيبلغ 335مم/سنة، حيث تقع في منطقة الاستقرار الثانية، وتتراوح درجات الحرارة بين 6.6˚–15.8˚ شتاءً، و20.5˚ – 30.3˚ صيفاً، أما رطوبة الهواء النسبية فتتراوح بين 62 % – 75 % شتاءً وتنخفض صيفاً إلى 46 % - 58% .

أولاً- طرائق التحليل والقياس:

1- التحاليل الفيزيائية والهيدروفيزيائية للتربة والحمأة:

أجري التحليل الحبيبي للتربة باتباع طريقة الهيدرومتر، وجرى تعيين الكثافة الظاهرية للحمأة الناعمة والتربة باستعمال إسطوانة معلومة الحجم، وقدرت الكثافة الحقيقية للتربة بطريقة دورق الكثافة (Pycnometer)، كما قدرت المسامية الكلية حسابياً، وجرى تعيين السعة الحقلية حقلياً.

2- التحليل الكيميائي لكل من التربة والمياه والحمأة المستعملة في الدراسة :

قدر pH الخاص بمعلق التربة، ومعلق الحمأة بنسبة (1: 5) باستعمال جهاز قياس درجة الحموضة (pH meter) ±0.01 %، كما قدر pH المياه المستعملة مباشرة وبالجهاز نفسه. وجرى تعيين الناقلية الكهربائية (E.C) في مستخلص العجينة المشبعة للتربة ومعلق الحمأة (5:1)، وللمياه بوساطة جهاز قياس الناقلية الكهربائية (Electrical conductivity meter)، وقدرت الأيونات الذائبة في كل من مستخلص التربة المائي (5:1)، وفي المياه مباشرة على النحو التالي :

قدر الكلور (Cl^-) بالمعايرة بمحلول $AgNO_3$، والكبريتات (SO_4^{--}) بطريقة العكارة Verma Turbidimetry، (1977)، والكربونات (CO_3^{--}) والبيكربونات (HCO_3^-)بالمعايرة بحمض الكبريت، أما الكالسيوم (Ca^{++}) والمغنزيوم (Mg^{++}) فقدرا بطريقة المعايرة بالفيرسينات (EDTA)، كما قدر كلٌ من الصوديوم (Na^+)، والبوتاسيوم (K^+)، باستعمال جهاز اللهب (Flame-photometer). وجرى تعيين كربونات الكالسيوم والكلس

الفعال والبورون بالطرائق القياسية المعتمدة من قبل الجمعية الأمريكية لعلوم التربة، أما الفوسفور القابل للإفادة (Available P) فقد جرى تقديره بطريقة أولسن (Olsen وSommers، 1982)، وتم تقدير الآزوت الكلي (N) بطريقة كلداهل (Premner وMulvaney ، 1982). بينما قدرت المادة العضوية بطريقة Jackson (1958)، وقدرت سعة التبادل الكاتيوني (C.E.C) بطريقة أسيتات الصوديوم (Polemio و Rhoades، 1977).

3- التحاليل الكيميائية المتعلقة بالمعادن الثقيلة:

جرى تعيين المحتوى الكلي من المعادن الثقيلة والنادرة (Cd، وCr، و Ni، وPb، وCu، وFe، وMn، وMo، وZn) في المياه المستعملة في الري باستعمال جهاز الامتصاص الذري (GPC، Atomic Absorption 932 AA)، كما عين المحتوى الكلي من تلك العناصر في التربة المأخوذة من القطع التجريبية كافة في نهاية الموسم، ولأربعة آفاق بعمق 20 سم لكل أفق، حيث جففت عينات التربة هوائياً ثم طحنت بشكل ناعم، وجرى نخلها بمنخل أقطاره أقل من 0.5 مم. جرى ترميد 1غ من التربة السابقة على الدرجة 800° م لمدة ساعتين، ثم هضمت العينة بمزيج من 5 مل HNO_3 65 % و10 مل من 38HCl % وذلك بتسخين العينة على حمام مائي حتى قرب الجفاف، وأخيراً رشح المعلق بشكل جيد ومدد الحجم إلى 100 مل بالماء المقطر، ثم قدرت العناصر الثقيلة بوساطة جهاز الامتصاص الذري المذكور (Han وBanin، 1995).

كما جرى تعيين المحتوى الكلي من العناصر الثقيلة والنادرة المدروسة في كل من الحمأة قبل إضافتها للتربة وفي النسج النباتية للمحاصيل المزروعة والمضاف إليها الحمأة بالسويات المختلفة، وذلك في نهاية كل موسم، حيث جرى غسل العينات النباتية بالماء العادي وبالماء المقطر، ثم جففت بالفرن على الدرجة 50 ْم لمدة 48 ساعة، وجرى طحنها بشكل ناعم ثم رمد 1غ من العينة النباتية على الدرجة 1000 ْم لمدة ساعة واحدة، ثم هضمت هذه العينة المرمدة بـ 10مل من حمض الآزوت المركز مع التسخين الهادئ على حمام مائي، ورشح الناتج ثم مدد بالماء المقطر إلى 100مل، وقدرت تراكيز العناصر المعدنية الثقيلة باستعمال جهاز الامتصاص الذري السابق ذكره.

ثانياً- مواد الدراسة:

1- التربة:

جرى اعتيان التربة من القطع التجريبية كافة (المكررات) على عمق المقطع الأرضي من 0-80 سم والذي قسم إلى أربع شرائح يبلغ عمق كل شريحة منها 20سم، وذلك لتحديد خصائص وصفات التربة قبل الزراعة، ولرصد التغيرات الحاصلة في خصائص هذه التربة بعد الزراعة في نهاية كل موسم.

توضح الجداول 1 و2 و3 مجمل الخصائص والصفات الفيزيائية والكيميائية والمحتوى من المعادن الثقيلة لآفاق تربة موقع التجربة على عمق المقطع الأرضي من 0–80 سم، والتي تظهر بأنها تربة طينية بكثافة ظاهرية قدرها 1.12 غ/سم^3 وكثافة حقيقية قدرها 2.65 غ/سم^3، وذات مسامية تقدر بنحو 58 %، بينما كانت السعة الحقلية بحدود 22.33 %.

وهي ذات pH قاعدي خفيف حوالي 7.8 وتعتبر من الترب غير المالحة، إذ بلغ متوسط قيمة الناقلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة بنحو 0.41dS/m، ومحتوى منخفض من كل من الفوسفور القابل للإفادة (5) مغ/كغ، والآزوت الكلي (0.04)%، وتعتبر فقيرة بالمادة العضوية (0.8)%، أما محتواها من كربونات الكالسيوم فهو متوسط (25)%، وبلغ الكلس الفعال بنحو (9.5)%، بينما محتواها من البوتاسيوم المتاح فقد كان عالياً (338) مغ/كغ.

2- الحمأة :

وهي المخلفات الصلبة الجافة الناتجة عن المعالجة الثانوية لمياه الصرف الصحي لمدينة حلب، حيث أضيفت هذه المادة إلى التربة قبل الزراعة حسب

الجدول 1. الصفات الفيزيائية والهيدروفيزيائية للتربة قبل الزراعة (2004).

الموقع	العمق (سم)	التحليل الحبيبي %			القوام (Texture)	الكثافة الظاهرية (غ / سم^3)	الكثافة الحقيقة (غ /سم^3)	المسامية الكلية (%)	السعة الحقلية (%)
		Clay	Silt	Sand					
الكماري في حلب	20 – 0	54	26	20	طيني	1.04	2.67	61	25.54
	40 -20	56	25	19	-	1.13	2.63	57	23.18
	60 – 40	55	24	21	-	1.18	2.62	55	20.75
	80 – 60	56	22	22	-	1.12	2.67	58	19.85
	المتوسط	55	24	21	طيني	1.12	2.65	58	22.33

الجدول 2. الخصائص الكيميائية والخصوبية لآفاق التربة قبل الزراعة (2004).

العمق (سم)	pH	EC_e dS/m	cmol$_c$/Kg									$CaCO_3$	Active Lime	O. M	T.N	Av. P	Av. K	آزوت معدني
			HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	SAR	CEC	%				مغ/كغ		
20 – 0	7.7	0.40	0.91	0.22	2.42	1.89	0.80	0.90	0.22	2.39	44	23.3	8.28	1.23	0.06	7.50	469	12.6
40 – 21	7.7	0.42	0.73	0.25	2.97	1.91	0.68	0.88	0.47	2.32	43	24.7	8.78	0.91	0.05	5.50	387	14.4
60 – 41	7.8	0.45	0.81	0.22	2.06	1.61	0.39	0.67	0.45	2.15	42	25.0	9.90	0.73	0.04	4.00	260	9.8
80 - 61	7.9	0.36	0.74	0.27	3.28	2.23	0.43	0.97	0.47	2.63	38	25.9	11.02	0.35	0.02	3.25	237	8.5
المتوسط	7.8	0.41	0.80	0.24	2.68	1.91	0.58	0.86	0.40	2.37	42	24.7	9.50	0.81	0.04	5.06	338	11.3

الجدول 3. المحتوى الكلي من المعادن الثقيلة السامة والعناصر النادرة في التربة قبل الزراعة (2004).

العمق (سم)	مغ/كغ									
	Cd	Cr	Ni	Pb	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
20-0	آثار	98	71	69	0.17	39.8	196	890	آثار	188
40-21	=	101	71	72	0.18	31.8	192	885	=	283
60-41	=	102	71	63	0.21	31.5	197	923	=	225
80-61	=	101	71	64	0.17	33.3	198	933	=	253
المتوسط	آثار	101	71	67	0.18	34.1	196	908	آثار	237
المحتوى الطبيعي	2 -0.01	150-10	500-5	200-2	-	250-2	-	10000-20	5-0.2	900-1

Adriano (1985) .

المواصفة القياسية السورية رقم 2665 تاريخ 2002 بعد حساب الكمية اللازمة من المعادلة التالية :

$$\text{معدل إضافة الحمأة للتربة (طن/هـ)} = \frac{\text{متطلبات النبات من الآزوت (كغ/هـ)}}{\text{الآزوت المتيسر بالحمأة (كغ/طن)}}$$

$$\text{الآزوت المتاح في الحمأة} = \frac{\text{الأمونيوم الكلي}}{5} + \text{النترات} + \text{النتريت} + \text{الآزوت العضوي المتمعدن}$$

$$\text{الآزوت العضوي المتمعدن} = (\text{الآزوت الكلي} - \text{الأمونيوم}) \times \text{معدل التمعدن في السنة الأولى (25 \%)}$$

عند تقدير كمية الحمأة الواجب إضافتها للتربة لا بد من معرفة وتحديد كمية الآزوت العضوي بالحمأة والتي يمكن حسابها من المعادلة التالية:

$$No = T.N - Ni$$

حيث : No الآزوت العضوي.

T.N الآزوت الكلي .

Ni الآزوت المعدني (NO_3+NH_4)

كما حسبت كمية الآزوت المعدني المنطلقة والمتحررة من الآزوت العضوي المتبقي في التربة خلال السنوات السابقة للإضافات، حيث أضيفت هذه الكمية إلى كمية الآزوت المتيسرة للنبات في الحمأة (الجدول 4).

الجدول 4. كمية الآزوت المعدني المتحررة من الآزوت العضوي خلال سنوات إضافة الحمأة للتربة.

سنوات إضافة الحمأة للتربة	نسبة الآزوت العضوي في الحمأة %						
	كمية الآزوت المعدني المتحررة كغ/طن						
	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
1	0.45	0.60	0.64	0.77	0.86	1.00	1.10
2	0.41	0.55	0.64	0.73	0.82	0.95	1.10
3	0.41	0.50	0.60	0.68	0.77	0.91	1.00

الجيلاني والشتيوي، 1998.

جرى تحليل الحمأة المستعملة في هذه الدراسة في مختبرات إدارة الموارد الطبيعية في حلب، حيث يبين الجدولان 5 و6 أهم الصفات الفيزيائية والكيميائية للحمأة المستعملة ومحتواها من المعادة الثقيلة، والتي تشير إلى أنها ذات كثافة ظاهرية منخفضة وpH معتدل مائل للحموضة الخفيفة، وذات

الجدول 5. الخصائص الفيزيائية والكيميائية للحمأة.

مصدرالحمأة	الكثافة الظاهرية غ / سم^3	pH	EC_e dS/m	O.M	T.N	C/N	K_2O	P	أزوت معدني	% للرطوبة
				%				مغ/كغ		
محطة معالجة حلب	0.86	6.99	4.19	45.5	3.70	7.13	0.14	132	849	6.5

الجدول 6. المحتوى الكلي من العناصر النادرة والمعادن الثقيلة في الحمأة المستعملة.

مصدر الحمأة	مغ/كغ									%
	Cd	Cr	Ni	Pb	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	للرطوبة
محطة معالجة حلب	2.30	238	78.4	71.6	117	294	1500	234	30	1025	6.5
الحدود المسوح بها (مغ/كغ)	20	1000	200	800	-	1000	-	-	30	3000	-

عن هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، 2002.

ملوحة منخفضة وهي غنية جداً بالمادة العضوية وذات محتوى مرتفع من كل من الآزوت الكلي والفوسفور القابل للإفادة والبوتاسيوم المتبادل، وأن محتواها من بعض العناصر النادرة والثقيلة يقع جميعها ضمن الحدود المسموح بها في المخلفات العضوية الصلبة (الحمأة) حسب هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، [2002].

3- المياه:

هي عبارة عن المياه الجوفية المتوافرة في موقع الدراسة والمستعملة في الري الزراعي، والمأخوذة من بئر على عمق 75م، حيث يوضح الجدولان 7 و8 الصفات الكيميائية والمحتوى الكلي من العناصر المعدنية الثقيلة والنادرة في مياه الري المستعملة خلال فترة الدراسة.

4- - المحاصيل الزراعية:

أ - القطن:

زرع محصول القطن صنف حلب 90 في أواسط أيار/مايو 2004 بعد أن أضيفت الحمأة بمعدل 6 طن/هـ، وضعفها 12 طن/هـ، وقدرت إنتاجية المحصول وجمعت العينات النباتية من كل من المجموع الخضري والتيلة لرصد وتقدير العناصر الثقيلة (Cd، وCr، وPb، وNi) إضافة لشاردة النترات في النسج النباتية لهذا المحصول.

الجدول 7. الخصائص الكيميائية للمياه المستعملة في الري.

pH	EC dS/m	$mmol_c/L$								مغ/ل		
		HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	SAR	NO_3	PO_4	NH_4
7.42	0.47	2.97	1.35	0.95	0.96	0.01	2.41	1.89	0.65	13.3	-	-

الجدول 8. متوسط المحتوى الكلي من العناصر المعدنية الثقيلة والنادرة في المياه المستعملة في الري.

الموقع	مغ/ل						
	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Fe	Mn
الكماري- حلب	0.006	0.006	0.019	0.024	0.16	0.11	-
الحدود العليا المسموح بها	0.01	0.10	0.20	5	0.20	5	0.20

إدارة البيئة الكندية، 1987، Pescod، 1991، EPA، 1992.

ب - القمح:

جرت زراعة القمح صنف شام 5 بتاريخ 2004/12/26. وأضيفت الحمأة بمعدل 15ط/هـ، وضعفها 30 ط/هـ، استناداً إلى تركيز الآزوت المعدني في كل من التربة والحمأة وكمية الآزوت المعدني المتحررة من الآزوت العضوي بعد سنة من إضافة الحمأة للتربة وبناءً على متطلبات محصول القمح من الآزوت حسب التوصية السمادية الموصى بها.

ج - الذرة الصفراء:

زرعت الذرة الصفراء صنف غوطة 1 في الأسبوع الأول من شهر أيلول/ سبتمبر 2005، حيث أضيفت كمية 17طن/هـ من الحمأة الجافة الناتجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي في حلب وذلك للمعاملة الثالثة، ومثلي الكمية (34 ط/هـ) للمعاملة الرابعة، وذلك بعد تقدير كمية الآزوت المعدني المتيسرة في كل من التربة والحمأة ومعدل تحرر الآزوت المعدني من المادة العضوية بعد السنة الثانية من إضافة الحمأة للتربة، إضافة لمتطلبات محصول الذرة الصفراء من الآزوت حسب التوصية السمادية لهذا المحصول، حيث أضيفت كمية 133 كغ N/هـ، 80 كغ P_2O_5 /هـ لمعاملة التسميد المعدني (المعاملة الثانية) وذلك حسب التوصية السمادية الموصى بها من قبل وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.

أجريت عمليات الخدمة اللازمة للمحصول (تفريد، وترقيع، وتعشيب، وعزيق.....الخ)، وفي نهاية الموسم قدرت إنتاجية كل قطعة تجريبية من البذار.

5- تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:

صممت التجربة على أساس القطع العشوائية الكاملة Randomized Complete Block Design (RCBD) بحيث تكونت من المعاملات التالية:

1- المعاملة الأولى (T1): الشاهد.
2- المعاملة الثانية (T2): تسميد معدني (حسب توصيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي).
3- المعاملة الثالثة (T3): إضافة الحمأة حسب احتياجات المحصول إلى الآزوت.
4- المعاملة الرابعة (T4): إضافة ضعف كمية الحمأة.

وبمعدل أربعة مكررات لكل معاملة، إذ بلغت مساحة القطعة التجريبية (المكرر) 50م^2، وجرى استعمال نظام MSTATC إضافة لنظامي Excel وWord عند تنفيذ عملية التحليل الإحصائي وإدخال البيانات ورسم الخطوط البيانية المناسبة.

النتائج والمناقشة

1- محصول القطن:

زرع محصول القطن صنف حلب 90 بتاريخ 2004/5/15 وذلك بعد إضافة الحمأة بمعدل 6 طن/هـ للمعاملة الثالثة و12 طن/هـ للمعاملة الرابعة، وذلك اعتماداً على تركيز الآزوت المعدني في التربة والحمأة إضافة لمتطلبات محصول القطن من السماد الآزوتي، أما معاملة التسميد المعدني (المعاملة الثانية) فقد أضيفت إليها الأسمدة التالية: 380كغ يوريا 46%/هـ، و150كغ P_2O_5/هـ حسب التوصية السمادية الموصى بها من قبل وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.

أجريت عمليات الخدمة اللازمة من تفريد وترقيع وتعشيب.....إلخ، وقدر متوسط عدد الجوزات على النبات ونسبة تفتح كل منها، كما قدرت الإنتاجية (طن/هـ) كما هو مبين في الجدول 9.

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود أية فروق معنوية بين متوسطات إنتاج المعاملات كافة، حيث كانت الفروق المشاهدة فروقاً ظاهرية تفوقت فيها المعاملة الثالثة (المسمدة بالحمأة) على باقي المعاملات بما فيها الشاهد.

الجدول 9. متوسط إنتاجية محصول القطن (طن/هـ) وعدد الجوزات ونسبة تفتحها للمعاملات كافة.

المعاملة	الإنتاجية (طن/هـ)	متوسط عدد الجوزات على النبات	نسبة تفتحها
T1 الشاهد	4.80	26	97
T2 تسميد معدني	5.40	35	96
T3 إضافة الحمأة	5.47	36	97
T4 ضعف كمية الحمأة	4.60	34	97
$LSD_{5\%}$	2.818	11.029	1.763

ويبين الجدول 10 تركيز بعض العناصر المعدنية المقيسة في كل من التيلة والمجموع الخضري لمحصول القطن، حيث تظهر النتائج أن تركيز تلك العناصر كان أعلى في المجموع الخضري عنه في التيلة وللمعاملات كافة بما فيها الشاهد، كما تبين النتائج أن تراكيز تلك العناصر المدروسة تقع ضمن حدود المحتوى الطبيعي لتركيزها في النسيج النباتي (Adriano، 1986؛ Prost، 1997؛ Kalra، 1998).

الجدول 10. متوسط تركيز بعض العناصر المعدنية الثقيلة والنترات في المجموع الخضري والتيلة لمحصول القطن.

المعاملات	الجزء النباتي	العنصر (مغ/كغ)				
		Cd	Cr	Ni	Pb	NO_3
T1 الشاهد	التيلة	0.079	0.135	0.082	0.256	0
	المجموع الخضري	0.275	0.275	0.115	1.187	0
T2 تسميد معدني	التيلة	0.082	0.148	0.119	0.178	0
	المجموع الخضري	0.343	0.310	0.145	1.358	0
T3 إضافة الحمأة	التيلة	0.091	0.810	0.123	0.374	0
	المجموع الخضري	0.385	1.315	0.155	1.283	0
T4 ضعف كمية الحمأة	التيلة	0.056	0.985	0.175	0.341	0
	المجموع الخضري	0.355	1.437	0.210	1.222	0
المحتوى الطبيعي (مغ/كغ)		1.2 - 0.05	5 - 1	4 - 0	30 - 0.1	-

أظهرت نتائج التحليل المخبري ارتفاع تراكيز العناصر المعدنية الثقيلة والنادرة في أفق التربة في نهاية الموسم الأول 2004، مع زيادة كمية الحمأة المضافة مقارنة بمعاملة التسميد المعدني والكل مقارناً بالشاهد، إلا أن تراكيز جميع العناصر المعدنية المدروسة كانت ضمن الحدود الطبيعية لتراكيزها في التربة (Adriano، 1986) . وسنتوقف عند تراكيز العناصر المعدنية الثقيلة في التربة في نهاية الموسم الثالث باعتباره المحصلة النهائية لتراكم تلك المعادن في التربة.

كما أظهرت نتائج التحليل الكيميائي لآفاق تربة المعاملات كافة ارتفاع تراكيز معظم الأيونات والشوارد وكذلك المادة العضوية إضافة إلى الـ NPK والملوحة في تربة المعاملات التي أضيفت إليها الحمأة مقارنة بمعاملة التسميد المعدني والشاهد.

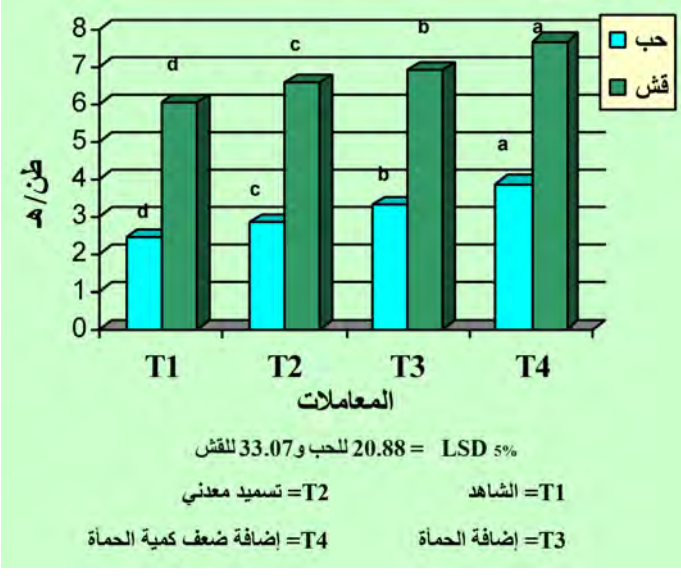
2- محصول القمح:

جرى تقدير إنتاجية محصول القمح من الحب والقش، حيث أظهرت النتائج (الشكل1) وجود فرق معنوي (P<0.05) بين متوسط إنتاجية كل من معاملات الحمأة، والتسميد المعدني، وضعف كمية الحمأة من الحب والقش مقارنة بالشاهد، ووجود فرق معنوي على المستوى ذاته بين متوسط إنتاجية كل من معاملتي التسميد المعدني والحمأة مقارنة بمعاملة إضافة ضعف كمية الحمأة، وقد تفوقت معاملة التسميد بضعف كمية الحمأة في إنتاجيتها من الحب والقش على باقي المعاملات بما فيها الشاهد.

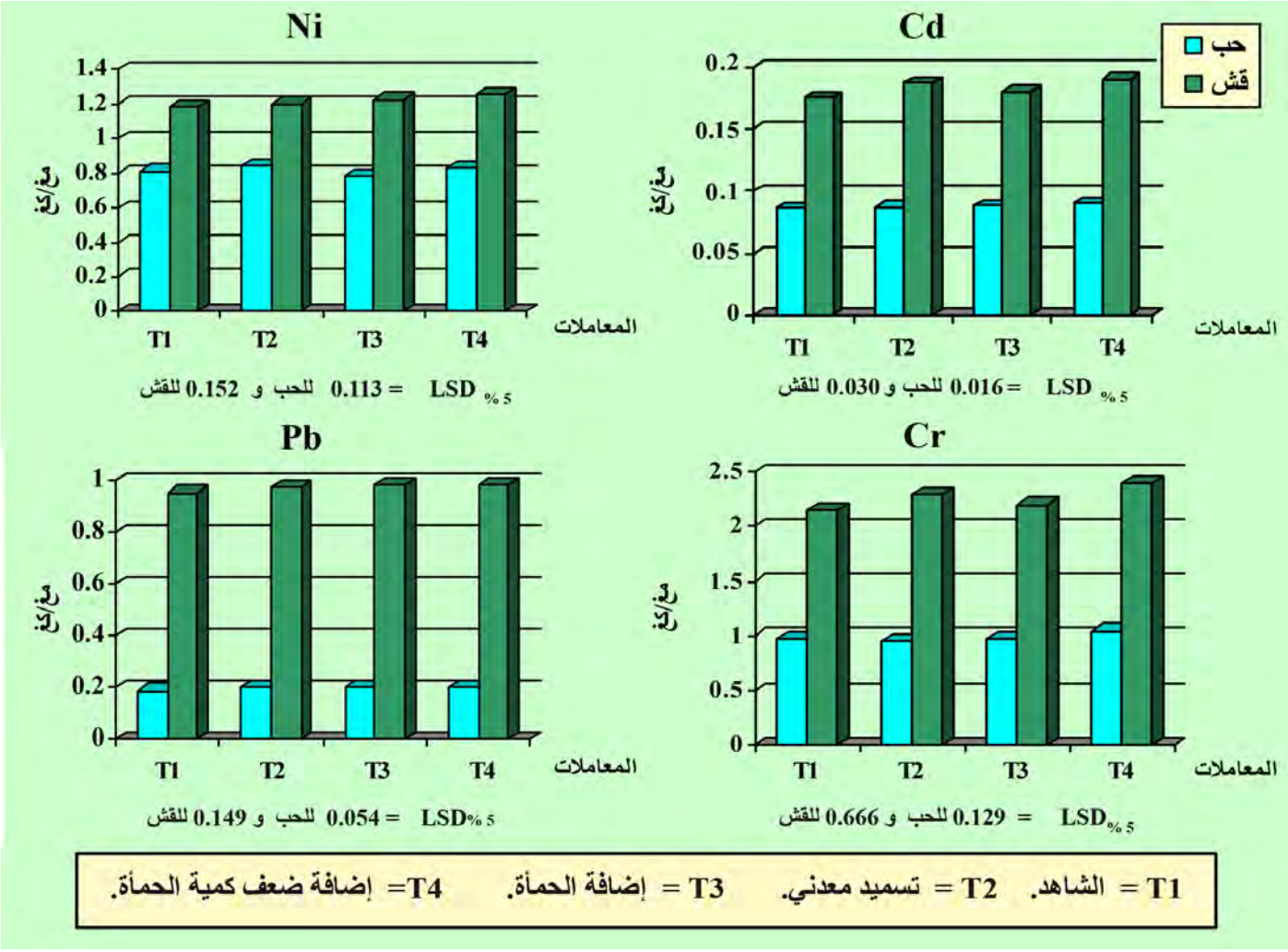
أما الشكل 2 فيوضح محتوى كل من الحب والقش من المعادن الثقيلة المدروسة (Pb, Ni, Cr, Cd)، حيث أظهرت النتائج ارتفاع تراكيز تلك العناصر في القش عنه في الحب وللمعاملات كافة، وأن تلك العناصر المدروسة ازداد تراكمها في النسج النباتية للقمح في الحب والقش على حد سواء وذلك في معاملات التسميد المعدني والحمأة مقارنة بالشاهد، إلا أن هذه التراكيز تقع ضمن الحدود الطبيعية والمدى الآمن لتراكيزها في النسيج النباتي، ولكن هذه مؤشرات السنة الأولى، علماً أن الدراسة مستمرة مدة عشر سنوات.

3- محصول الذرة الصفراء:

يبين الشكل 3 متوسط إنتاجية محصول الذرة الصفراء من البذار مقدراً بالكغ/دونم للمعاملات كافة، وقد أظهرت النتائج وجود فرق معنوي (P<0.05) بين متوسط إنتاجية المعاملة الرابعة (إضافة ضعف كمية الحمأة) مع باقي المعاملات بما فيها الشاهد، حيث وجد عودة، (2002) أن إنتاجية الذرة الصفراء قد ازدادت مع زيادة إضافة الحمأة، كما أظهر التحليل وجود فرق معنوي على المستوى ذاته بين متوسط كل من T2 وT3



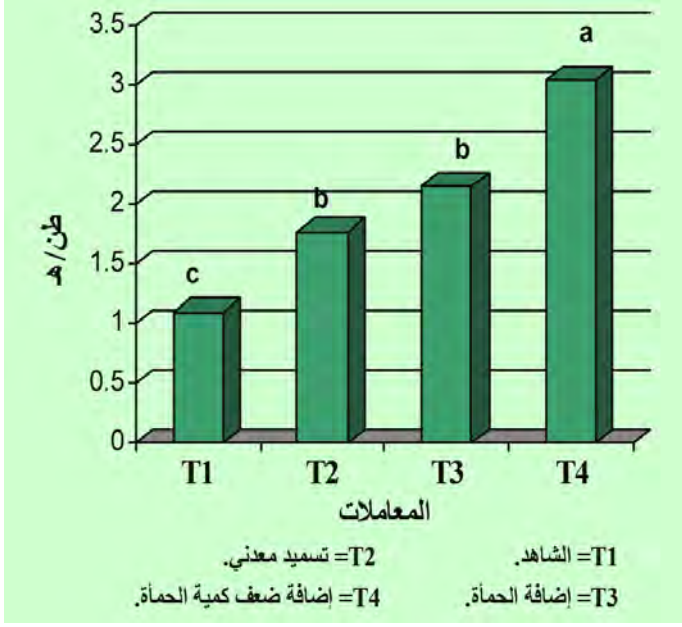
الشكل 1. متوسطات إنتاجية محصول القمح من الحب والقش.



الشكل 2. تراكيز العناصر الثقيلة المدروسة في حب وقش محصول القمح.

(التسميد المعدني وإضافة الحمأة على التوالي) مع الشاهد، بينما كان الفرق ظاهرياً بين المعاملتين T2 وT3 مع ملاحظة انخفاض مستوى الإنتاجية لهذا المحصول بشكل عام وللمعاملات كافة، حيث يعود السبب لموت كثير من النباتات في مرحلة البادرات، وعدم مواكبة النباتات المرقعة لبقية نباتات المحصول.

تشير معطيات الجدول11 إلى ارتفاع تراكيز العناصر المعدنية الثقيلة المدروسة في المجموع الخضري عنه في البذور وللمعاملات كافة بما فيها الشاهد، وزيادة تراكيز تلك العناصر في بذور ونباتات معاملات التسميد المعدني والحمأة مقارنة بالشاهد، إلا أن التحليل الإحصائي أثبت عدم وجود أي فروق معنوية بين تراكيز تلك العناصر في المعاملات كافة مقارنة بالشاهد، كما أن محتوى كل من البذور والمجموع الخضري في المعاملات كافة كانت ضمن حدود المحتوى الطبيعي لتراكيزها في النسيج النباتي وبعيدة عن عتبة السمية الضارة بصحة الإنسان والحيوان.



الشكل 3. متوسط إنتاجية الذرة الصفراء من الحب 45.58 - $LSD_{5\%}$.

الجدول 11. متوسط تركيز العناصر الثقيلة في البذور والمجموع الخضري لمحصول الذرة الصفراء.

المعاملات	الجزء النباتي	العنصر (مغ/كغ)			
		Cd	Cr	Ni	Pb
T1 الشاهد	البذور	0.07	3.82	0.27	5.73
	المجموع الخضري	0.19	4.73	0.21	11.10
T2 تسميد معدني	البذور	0.09	3.91	0.31	6.28
	المجموع الخضري	0.22	4.67	0.25	11.10
T3 إضافة الحمأة	البذور	0.08	4.03	0.16	6.20
	المجموع الخضري	0.20	3.58	0.37	12.00
T4 ضعف كمية الحمأة	البذور	0.12	4.07	0.16	4.45
	المجموع الخضري	0.21	3.82	0.17	12.18
$LSD_{5\%}$ للبذور		0.021	0.150	0.018	0.855
$LSD_{5\%}$ للمجوع الخضري		0.011	0.852	0.095	0.711
المحتوى الطبيعي في النسيج النباتي (مغ/كغ)		1.2 – 0.05	5 - 1	4 - 0	30 – 0.1

يبين الجدول 12 وجود فرق معنوي على المستوى 5 % بين متوسط تركيز الفوسفور المتاح في تربة كل من معاملات الشاهد والتسميد المعدني والحمأة مقارنة بمعاملة ضعف الحمأة، وكان الفوسفور المتاح يزداد مع زيادة إضافة الحمأة، وهذا يبين دور هذه المادة في زيادة الفوسفور المتاح، حيث وجد Hernandes وزملاؤه، (1991) أن إضافة الحمأة قد زادت محتوى التربة من الآزوت والفوسفور المتاح للنبات بشكل ملموس، كما بين عودة، (2002) أنه مع زيادة المعدل المستعمل من الحمأة تزداد الكميات المتاحة من الآزوت والفوسفور.

الجدول 12. تأثير الحمأة في بعض الخصائص الخصوبية للتربة.

المعاملة	EC_e	OM	T N	Av. P	Av. K
	dS/m	%		مغ/كغ	
T1 الشاهد	0.80	1.15	0.055	b 3.96	504
T2 تسميد معدني	0.83	1.17	0.060	b 6.89	541
T3 إضافة الحمأة	0.97	1.36	0.070	b 8.33	544
T4 إضافة ضعف الحمأة	1.12	1.41	0.070	a 19.10	591
$LSD_{0.05}$	-	-	-	8.03	-

كما يبين الجدول السابق ارتفاع نسبة المادة العضوية في التربة مع زيادة إضافة الحمأة نظراً لاحتواء هذه المادة على نسبة عالية من المادة العضوية (الجدول 5)، حيث ازدادت نسبة المادة العضوية في المعاملة المضاف إليها فقط احتياج المحصول من الآزوت على شكل حمأة 18 % مقارنة بالشاهد، بينما كانت الزيادة في المعاملة المضاف إليها ضعف احتياج المحصول من الآزوت على شكل حمأة 23 % مقارنة بالشاهد.

و قد ذكر Sopper، (1994) أن استعمال الحمأة في الزراعة يؤدي إلى إغناء التربة بالمادة العضوية بالإضافة إلى العناصر المغذية التي لها تأثيرات إيجابية في خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية.

كما أوضحت نتائج التحليل الكيميائي لآفاق تربة المعاملات في نهاية الموسم الثالث (الجدول 13) عدم وجود فروق معنوية بين متوسطات قيم كل من الناقلية الكهربائية والآزوت الكلي إضافة إلى البوتاسيوم المتاح مقارنة بالشاهد حيث كانت الفروق ظاهرية.

ويوضح الجدول 14 النسبة المئوية للزيادة في تراكيز العناصر الخصوبية في ترب المعاملات المختلفة مقارنة بالشاهد.

جرى في نهاية الموسم الثالث تقدير تركيز العناصر المعدنية الثقيلة والنادرة في آفاق تربة المعاملات كافة بما فيها الشاهد (الجدول 15)، وذلك على طول المقطع الأرضي الذي قسم إلى أربع شرائح يبلغ عمق كل شريحة منها 20 سم.

الجدول 13. الخصائص الكيميائية والخصوبية لمتوسط آفاق التربة بعد الزراعة للموسم الثالث [(الذرة الصفراء)، 2005] ، وللمعاملات كافة.

المعاملة	العمق (سم)	pH 1:5	EC_e dS/m	$cmol_c/Kg$								$CaCO_3$	Active Lime	O.M	T.N	Av.P	بوتاس متاح	آزوت معدني
				HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	SAR	(%)				(مغ/كغ)		
T1 الشاهد	20 – 0	7.25	0.70	0.64	0.31	0.18	0.24	0.014	0.55	0.25	0.38	22.10	13.2	2.19	0.09	4.42	615	13.63
	40 – 21	7.38	0.78	0.64	0.30	0.14	0.22	0.017	0.61	0.24	0.34	23.97	13.9	1.41	0.07	3.68	498	14.72
	60 – 41	7.45	0.82	0.58	032	0.20	0.23	0.032	0.57	0.28	0.35	24.91	17.9	0.90	0.05	3.68	458	11.09
	80 - 61	7.48	0.89	0.71	0.34	0.29	0.23	0.008	0.69	0.41	0.31	28.14	18.1	0.08	0.01	1.62	445	12.42
	المتوسط	7.39	0.80	0.64	0.32	0.20	0.23	0.018	0.61	0.30	0.35	24.78	15.78	1.15	0.055	3.35	504	12.97
T2 تسميد معدني	20 – 0	7.60	1.06	0.66	0.34	0.01	0.23	0.014	0.51	0.25	0.37	19.68	12.1	1.97	0.10	6.90	600	15.15
	40 – 21	7.60	1.13	0.67	0.33	0.07	0.22	0.014	0.49	0.21	0.37	21.97	14.6	1.33	0.07	4.65	555	17.72
	60 – 41	7.60	1.20	0.69	0.35	0	0.22	0.010	0.50	0.20	0.37	22.65	17.0	1.09	0.05	3.89	515	15.10
	80 - 61	7.63	1.08	0.66	0.33	0	0.21	0.010	0.47	0.23	0.35	24.32	18.6	0.30	0.02	3.02	493	13.92
	المتوسط	7.61	1.12	0.67	0.34	0.02	0.22	0.012	0.49	0.22	0.36	22.16	15.58	1.17	0.06	4.62	541	15.47
T3 إضافة الحمأة	20 – 0	7.48	0.90	0.63	0.32	0.15	0.28	0.014	0.54	0.27	0.44	19.74	13.68	2.07	0.11	6.01	633	16.36
	40 – 21	7.33	0.92	0.61	0.26	0.21	0.27	0.017	0.52	0.27	0.43	21.20	14.15	1.77	0.09	4.15	570	15.97
	60 – 41	7.33	1.05	0.67	0.30	0.18	0.22	0.026	0.61	0.29	0.33	23.38	16.00	1.10	0.06	2.51	540	14.19
	80 - 61	7.43	1.02	0.63	0.33	0.12	0.18	0.011	0.55	0.34	0.27	23.86	17.65	0.49	0.03	1.43	433	17.77
	المتوسط	7.39	0.97	0.64	0.30	0.17	0.24	0.017	0.56	0.29	0.38	22.05	15.37	1.36	0.07	3.53	544	16.07
T4 ضعف كمية الحمأة	20 – 0	7.4	0.82	0.83	0.29	0	0.19	0.017	0.58	0.30	0.29	19.33	15.17	2.13	0.11	12.47	658	16.46
	40 – 21	7.4	0.79	0.64	0.33	0.14	0.19	0.012	0.65	0.26	0.28	20.67	15.47	1.86	0.09	11.90	643	16.07
	60 – 41	7.5	0.83	0.68	0.39	0.07	0.18	0.017	0.68	0.30	0.26	21.92	16.06	1.14	0.06	7.98	543	14.84
	80 - 61	7.5	0.87	0.65	0.25	0.15	0.17	0.011	0.51	0.36	0.26	22.86	16.70	0.49	0.02	4.89	518	14.96
	المتوسط	7.50	0.83	0.70	0.32	0.09	0.18	0.014	0.61	0.31	0.27	21.20	15.85	1.41	0.07	9.31	591	15.58

الجدول 14. النسبة المئوية للزيادة في تراكيز بعض العناصر الخصوبية في التربة مقارنة مع الشاهد.

المعاملة	EC_e	OM	T N	Ave P	Ave K
	%				
T1 الشاهد	0	0	0	0	0
T2 تسميد معدني	4	2	9	73	7
T3 إضافة الحمأة	21	18	27	110	8
T4 إضافة ضعف الحمأة	40	23	30	380	17

كما يبين الجدول 16 متوسط تراكيز العناصر الثقيلة المدروسة في تربة المعاملات في نهاية الموسم الثالث وبعد حصاد الذرة الصفراء.

تبين نتائج التحليل ومحتويات الجدول 16 وجود تراكم لعنصر الكادميوم في التربة مع زيادة إضافة الحمأة، حيث ازداد تركيز هذا العنصر في المعاملة المضاف إليها الحمأة حسب احتياج المحصول من الآزوت بنحو 85 % مقارنة بالشاهد، بينما بلغت الزيادة في المعاملة المضاف لها ضعف احتياج المحصول من الآزوت على شكل حمأة 157 % مقارنة بالشاهد. كما كانت الزيادة في تركيز الكادميوم في تربة المعاملة الرابعة 38 % مقارنة بالمعاملة الثالثة، ولوحظ أن معاملة السماد المعدني أدت إلى تراكم معنوي في عنصر الكادميوم مقارنة بالشاهد، حيث يعود ذلك لاحتواء الأسمدة الفوسفاتية على تراكيز عالية من هذا العنصر (3 مغ/كغ)، وبالمقارنة بين المعاملة المسمدة بضعف

الجدول 15. تركيز العناصر المعدنية الثقيلة والنادرة في التربة في نهاية الموسم الثالث لمحصول الذرة الصفراء.

المعاملة	العمق (سم)	مغ/كغ									
		Cd	Cr	Ni	Pb	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
T1 الشاهد	20-0	0.12	96	125	7.88	0.11	36.3	33900	693	3.93	89
	40-21	0.11	95	124	7.25	0.13	34.8	33700	689	3.70	86
	60-41	0.08	93	122	6.75	0.12	34.3	33800	701	3.03	86
	80-61	0.14	94	91	6.68	0.09	33.5	34200	693	2.25	94
	المتوسط	0.11	95	116	7.14	0.11	34.85	33900	694	3.23	88.8
T2 تسميد معدني	20-0	0.15	96	145	4.73	0.14	32	33900	733	3.40	75
	40-21	0.15	95	122	5.58	0.12	32	34500	738	2.33	74
	60-41	0.15	95	122	5.30	0.12	31	34500	725	2.38	74
	80-61	0.15	97	122	6.08	0.11	31	35100	735	3.00	71
	المتوسط	0.15	96	128	5.42	0.12	31.5	34500	733	2.78	74
T3 إضافة الحمأة	20-0	0.13	93	124	8.33	0.03	31	34000	718	4.35	73
	40-21	0.12	92	123	8.03	0.03	30	33300	695	4.31	74
	60-41	0.12	91	122	8.26	0.02	30	33375	694	3.41	71
	80-61	0.13	91	121	9.13	0.02	31	33755	685	2.80	72
	المتوسط	0.13	92	122	8.44	0.03	31	33608	698	3.72	72.5
T4 ضعف كمية الحمأة	20-0	0.18	97	125	10.35	0.21	33.3	34125	718	5.75	80
	40-21	0.15	97	124	9.83	0.20	32	34625	730	4.83	80
	60-41	0.16	95	124	9.63	0.19	31.5	34425	728	4.05	81
	80-61	0.18	94	123	10.33	0.16	30.5	34325	733	3.20	75
	المتوسط	0.17	96	124	10.04	0.19	31.8	34375	727	4.46	79
الحدود المسموح بها مغ/كغ		2-0.01	150-10	500-5	200-2	-	250-2	60-30 ألف	10000-20	5-0.2	900-1

كمية الحمأة والمسمدة بالسماد الكيميائي يلاحظ ارتفاع كمية الكادميوم في تربة المعاملة الرابعة بنسبة 20 % مقارنة بالمعاملة المسمدة بالسماد الكيميائي.

إلا أن هذا التراكم لعنصر الكادميوم هو ضمن الحدود المسموح بها، حيث يوجد هذا العنصر في التربة ضمن التراكيز 2-0.01 مغ/كغ (Adriano، 1986).

الجدول 16. نتائج التحليل الإحصائي لمتوسط تراكيز العناصر الثقيلة في التربة في نهاية الموسم الثالث.

المعاملة	Cd	Cr	Ni	Pb
	مغ/كغ			
T1 الشاهد	b 0.07	95	116	5.42
T2 تسميد معدني	a 0.15	96	128	7.14
T3 إضافة الحمأة	ab 0.13	92	122	8.44
T4 إضافة ضعف الحمأة	a 0.18	96	124	10.04
$LSD_{0.05}$	0.07	-	-	-
الحدود المسموح بها مغ/كغ حسب Adriano، 1986	2-0.01	150-10	500-5	200-2

لم يلحظ وجود أي تأثير لهذه المادة في زيادة كل من عناصر الكروم، والنيكل، والرصاص في التربة (الجدول 16)، حيث بقيت تراكيزها ضمن الحدود الطبيعية المسموح بها في التربة (Adriano, 1986)، وذلك لغاية الموسم الثالث من الدراسة المستمرة لمدة عشر سنوات.

ومن خلال ذلك كله نستنتج مايلي:

1. أسهمت إضافة الحمأة في زيادة إتاحة بعض العناصر كالآزوت والفسفور وفي زيادة محتوى التربة من المادة العضوية ما انعكس إيجاباً على إنتاجية المحاصيل المزروعة.
2. أدى استعمال الحمأة إلى تقارب في الإنتاج مع معاملة السماد المعدني مما يعنى إمكان الاستغناء عن إضافة الأسمدة الكيميائية.
3. ازداد تراكم العناصر الثقيلة في التربة مع زيادة إضافة الحمأة، ولاسيما الكادميوم والرصاص مقارنة بالشاهد.
4. تراكم عنصر الكادميوم في التربة مع انتقاله إلى النسيج النباتي.
5. بقي عنصر الرصاص متراكماً في التربة ولم ينتقل إلى النبات.
6. إن التراكم في العناصر الثقيلة سواء في التربة أو النبات كان ضمن الحدود المسموح بها ولكن هذا التراكم قد يتجاوز الحدود المسموح بها في المواسم القادمة مع زيادة معدل الإضافة.

أما المقترحات لذلك:

1. لابد قبل استعمال الحمأة في أي موقع من أن تحدد العناصر المعدنية الثقيلة والعناصر الغذائية (NPK) في التربة واعتمادها في تحديد إمكان استعمال الحماة وحساب الكمية التي يمكن إضافتها حسب المواصفة القياسية السورية للحمأة رقم /2665/.
2. التأكيد على عدم إضافة الحمأة إلى الترب التي تزرع بمحاصيل تؤكل نيئة.
3. التأكيد على أن تكون الحمأة المراد استعمالها في الزراعة جافة هوائياً (لاتزيد الرطوبة على 6%) وقد مضى على إنتاجها فترة لا تقل عن ستة أشهر.
4. تحديد محتوى تراكيز العناصر الثقيلة والعناصر الغذائية (NPK) والخصائص المرضة في الحمأة قبل استعمالها في الزراعة.
5. التأكيد على معالجة مخلفات الصرف الصناعي قبل صرفها إلى شبكة الصرف العامة.
6. تجنب صرف الحمأة إلى البحار والمجاري المائية في المناطق الساحلية.
7. التسريع بتغطية القطر بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي.
8. تفعيل دور وزارة الإدارة المحلية والبيئة في مراقبة البيئة وانعكاس استعمال الحمأة على البيئة.

المراجع

إدارة البيئة الكندية. 1987: نوعية مياه الري المستعملة في الزرعة.

الجيلاني عبد الجواد و المبروك شتيوي 1998. استخدام المخلفات الصلبة (المادة العضوية) الناتجة من معاملات المياه العادمة (مياه الصرف الصحي) في تحسين الخصائص الكيميائية (السمادية للتربة). مداولات الدورة التدريبية المحلية حول تحسين الخصائص الكيميائية و الفيزيائية للتربة بواسطة إضافة المحسنات العضوية و غيرالعضوية. مسقط- سلطنة عمان. المركز العربي لدراسات المناطق الجافة و الأراضي القاحلة (أكساد).

المواصفة القياسية السورية 2002– إعادة الاستخدام الآمن للحمأة الناتجة عن محطات المعالجة رقم 2665.

المزيني، صالح محمد.2004: إمكانية استخدام حمأة مياه الصرف الصحي في استصلاح الأراضي في دولة الكويت. مؤتمر البيئة والتنمية المستدامة. 22-25 تشرين الثاني/نوفمبر 2004. جامعة البعث- سورية.

بدوي، السيد أحمد وراوية عبد الغني المتيم.1996: تقييم إضافة مخلفات الصرف الصحي الصلبة المشعة وغير المشعة على محتوى بعض الفلزات الثقيلة في الأراضي ونباتات الطماطم، وقائع المؤتمر الأول للتقنيات الحديثة في الزراعة، 27–28 تشرين الثاني، 1999، كلية الزراعة، جامعة القاهرة، جمهورية مصر العربية.

جزدان ، عمر. 2002 : « دراسة تأثير الري بالمياه العادمة المعالجة وغير المعالجة في خصائص التربة الفيزيائية والهيدروفيزيائية والكيميائية، وفي إنتاجية بعض الخضر والمحاصيل، باستعمال الأحواض الليزيمترية ». رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في علم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

عودة، محمود. 2002. أثر الحمأة الناتجة عن محطة معالجة مدينة حمص في نمو نبات الذرة الصفراء وامتصاصه لبعض العناصر. المؤتمر الدولي الثاني للزراعة العضوية. الجزء الأول. 280-290.

وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA).1992: نوعية مياه الري المستعملة في الزراعة.

Adriano D. C. 1986. Trace elements in the terrestrial environment. Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 536p.

Chaney, R.L.,M.C.White and P.W.Simon.1975. Plant uptake of heavy metals from sewage sludge applied to land. P:16:78.In proc.2nd. Nat.Conf.Municipal sludge management .Information Transfer .Inc. Rockville .Md.

Christopher, R., B. Hubert and A. Fernandez .2000. Arsenic Speciation Involvement in Evaluation of Environmental Impact Caused by Mine Wastes. J .Environ, Qua l29:182 – 188.

DeHaan, S. 1980. Sewage sludge as phosphate fertilizer. Phosphorus Agric. 34:33-41.

El-Keiy, O. M. 1983. Effect of Sewage Sludge on Soil Properties and Plant Growth. Ph .D Dissertation. Fac.Agric.Allex.Univ. Egypt.

Gerzabec, M. H., E. Lombi and P. Herger. 1998. Use of sewage sludge-nitrogen availability and heavy metal uptake into rape .Boden-kulur 49:85-96.

Han, F. X. and A. Banin. 1995. Selective Sequential Dissolution Techniques for Trace Metals in Arid–Zone Soil: The carbonate Dissolution Step. In common .J. soil Sci .26 (3&4), 553-576.pp

Hernandes, T., J. I. Moreno and F. Costa. 1991. Influence of sewage sludge application on crop yields and heavy metal availability. Soil Sci. and Plant Nutr. 37:201-210.

Ismail, A. S., M. F. Abdel-Sabour and H.Abou-Naga. 1996.Accumulation of Heavy Metals by Plants as Affected by Application of Organic Wastes. Egypt J.Soil.Sci. 36.No.1-4 pp99-107.

Jackson, M. L. 1956. Soil chemical analysis. Prentice– Hall, Inc., Englewood. Cliffs, N. J.

Jouret, P., T. E. Schumacher, A. Boc and R. N. Reese. 2002. Rhizosphere acidification and cadmium uptake by strawberry clover. Journal of Environ, Quality. 31 (2): 627-633 pp.

Kalra, P.Y. 1998. Reference Methods for Plant Analysis CRC Press, Boca Raton , D.C.

McLaughlin, M. J. and L. Champion. 1987. Sewage sludge as phosphorus amendment for sesquioxic soils. Soil Sci.143:113-119.

McLaughlin, M. J., R. E. Hamon, R. G. McLaren, T. W. Spier and S. L. Rogers. 2000. Review: A bioavailability– based rational for controlling metal and metalloid contamination of agricultural land in Australia and New Zealand.Aust. J .Soil Res.38:1037-1086.

Olsen, S. R. and L. E.Sommers. 1982. Phosphorus. Part2. Agronomy, No.9. ASA. Madison, WI.

Pescod, M. B .1991. Wastwater treatment and use in agriculture. FAO, Irrigation and Drainage, paper No. 47, Rome.

Premner, J. M. and C. S. Mulvaneny. 1982. Nitrogen– total. P: 595–624 In: Page.(ed) Method of soil analysis. Agronomy, No.9. ASA, Madison, WI.

Influence of Biosolids Application on Some Soil Physical Properties.

Communications in Soil Science and Plant Analysis. 36, 4-6pp 709 - 716.

Tsadilas, C. D., Dimoyiannis, D. G. and Samaras, V. 1999. Sewage sludge usage in cotton crop: I. Influence on soil properties. *Pedosphere*. 9(2): 147-152.

Verma, BC. 1977. Unimproved turbidimetric procedure for the determination of sulfate in plants and soils. *Talanta* 24, 49-50.pp.

Weggler, Beaton, K., R. D. Graham and M. J. McLaughlin. 2003. The influence of low rates of air-dried Biosolids on yield and phosphorus and zinc nutrition of barley and wheat .Aust. J. Soil Res. 41:293-308.

Weggler, K., M. J. McLaughlin, R. D. Graham. 2004. Effect of Chloride in Soil Solution on the Plant Availability of Biosolide-Borne Cadmium. J. Environ. Qual. 33:496- 504.

Prost, R. 1997. *Contaminated Soils*, proceeding of the 3d International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, May 15-19, 1995. INRA. Paris, Versailles 78026- France.

Rabie, M. H., A. Y. Negm., M. E. Eleiwa and M.F.Abdel-Sabour. 1996. Influence of tow Sewage Sludge Sources on Plant Growth and Nutrient Uptake. Egypt.

Rhoades, J. D. and M. Polemio. 1977. Determining cation exchange capacity, A new procedure for calcareous and gypsiferous soils. *J.SSSA.* 41: 300-524.pp J.Agric.Res.

Rodier, J. 1978. *L'analyse de leau*, P. 146 – 148, 6 eme ed., Dunod techniques, Paris.

Sopper, W. E. 1994. Manual for the revegetation of mine lands in the Eastern United States municipal biosolids. Pub. National Mine Land Reclamation Center at West Virginia University. WVU National Research Center for Coal and Energy. Tech. Communication Division, Wv 26506, 36 p.

Tsadilas, C. D., I. K. Mitsios and E. Golia. 2005.