

دراسة تأثير إضافة حمأة الصرف الصحي في الخواص الكمية والنوعية للمادة الدبالية في التربة

د. أمجد بدران *

د. مازن أشرم **

د. حسان درغام ***

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٠/٩/١٤. قُبل للنشر في ٢٠٢٠/١١/٤)

□ ملخّص □

نفذ البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية بحمص وتمت التحاليل في مركز البحوث العلمية الزراعية باللاذقية - محطة بحوث الهنادي- في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية خلال موسمي (٢٠١٣-٢٠١٤) و(٢٠١٤-٢٠١٥)، بهدف دراسة تأثير إضافة حمأة الصرف الصحي إلى التربة الزراعية بمعدل (٠، ١٠، ٢٠، ٤٠ طن/هكتار مادة جافة) ولسنتين متتاليتين على حالة المادة الدبالية في التربة من حيث محتوى الدبال ونوعه ودرجة التبدل في التربة.

استخدم تصميم القطاعات العشوائية الكاملة وبثلاث مكررات لكل معاملة، أضيفت الحمأة للتربة في بداية كل موسم شتوي وزرعت في عام ٢٠١٣ بمحصولي البقية العلفية (الموسم الشتوي)، والذرة الصفراء (الموسم الصيفي). أما في عام ٢٠١٤ فلقد تمت زراعة محصولي القمح (الموسم الشتوي)، والذرة الصفراء (الموسم الصيفي). بينت النتائج أن الحمأة المستخدمة تتصف بدرجة تفاعل متعادلة ويكونها غنية نسبياً بالازوت، وأدت إضافة الحمأة للتربة إلى زيادة معنوية في محتوى المادة العضوية في التربة مقارنة بالشاهد، ولم يلاحظ فرق في محتوى المادة العضوية في التربة في المعاملتين ٢٠، ٤٠ طن/هكتار مادة جافة. لوحظ ازدياد محتوى المادة الدبالية في المعاملة ١٠ طن/هكتار وفي معاملة التسميد المعدني بدون حمأة مقارنة بالشاهد وبالمعاملتين ٢٠، ٤٠ طن/هكتار مادة جافة، لوحظ تغير في نوع الدبال مع ازدياد إضافة الحمأة من دبال فولفاتي إلى دبال فولفاتي هيوميني ومن ثم دبال هيوميني، ولوحظ أن درجة التبدل كانت ضعيفة في الشاهد والمعاملات ١٠، ٢٠، ٤٠ طن/هكتار في حين كانت ضعيفة جداً في معاملة التسميد المعدني، ولوحظ أيضاً انخفاض درجة التبدل مع ازدياد كمية الحمأة المضافة.

الكلمات المفتاحية: حمأة الصرف الصحي، الدبال، أحماض فولفية، أحماض هيومينية، درجة التبدل.

* مهندس زراعي - علوم تربة ومياه، مديرية زراعة اللاذقية.

** باحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية- كيمياء التربة -مركز اللاذقية.

*** باحث في اكساد - كيمياء التربة- دمشق .

Effect of sludge application in some quality and quantity properties of humus in soil

Dr.Amjad Badran*

Dr.Mazen Ashraf**

Dr. Hassan Dargham***

(Received 14 /9 /2020. Accepted 4/ 11 /2020)

□ABSTRACT □

The research was conducted at both Homs Research Centre and Hanadi Research Station of Lattakia Research Centre, General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR) in (2013-2014) and (2014-2015) with the objective of studying the effect of applying sewage sludge to agricultural soil at a rate of (0, 10, 20, 40) t/ha dry matter for two successive years on the state of humus in soil in terms of content and type of humus, and humification in soil. Complete random block design with three replicates each treatment was used. The sludge was applied to soil at the beginning of each winter season. In 2013, the plots were grown with fodder vetch (winter crop) and maize (summer crop). In 2014, wheat (winter crop) and maize (summer crop) were grown. The results showed that the applied sludge is characterized by neutral reaction and relatively rich nitrogen. Sludge application to soil resulted in a significant increase in the content of organic matter in soil compared to the control. No difference in the content of organic matter in soil for both treatments 20 and 40 t/ha dry matter. An increase in the content of humus was observed in treatment 10 t/ha and mineral fertilization treatment without sludge as compared to the control and both 20 and 40 t/ha dry matter treatments. A change in the type of humus was found by increasing sludge application from fulvichumus to humic -fulvichumus, and then to humic humus. Humification was low for treatments 10, 20 and 0 t/ha and very low in the mineral fertilization treatment. Low humification was also noticed by increasing applied sludge.

Keywords: sewage sludge, humus, fulvic acids, humic acids, humification

*agricultural engineer-Soil and water sciences-latakia directorate of agriculture.

** Aresearcher at general authority for scientific agricultural research- soil chemistry-latakia center.

***Aresearcher at Acsad-soil chemistry-damascus.

المقدمة :

تعد حمأة الصرف الصحي من أهم المنتجات الثانوية الناتجة عن معالجة مياه الصرف الصحي، وهي آخذة في الزيادة عاماً بعد آخر نتيجة تصاعد عدد السكان وزيادة عدد محطات المعالجة المنتشرة في معظم الدول، حيث تقدر كميات الحمأة المنتجة في العالم بـ ٢٥ . ٤٠ كغ /سنة لكل مواطن، واللافت في الأمر حالياً إقدام المزارعين وبشكل كبير على استخدام هذه الحمأة في الزراعة نظراً لرخصتها مقارنة بالأسمدة الكيماوية ولتأثيراتها الملحوظة في زيادة المحصول على ما في ذلك من أخطار على الصحة العامة والبيئة والمياه الجوفية.

ينظر إلى حمأة الصرف الصحي في العديد من دول العالم كسماد غير تقليدي نظراً لغناها بالعناصر الغذائية الأساسية اللازمة لنمو النبات، حيث تستخدم حمأة الصرف الصحي من قبل المزارعين كسماد عضوي بغية أغناء التربة بالمادة العضوية .

أظهرت الدراسات أن احد أهم الطرائق لاستثمار المخلفات العضوية الناتجة عن الصرف الصحي هو الاستخدام الزراعي، حيث يستخدم في دول العالم وبشكل وسطي ٣٢.٤% من هذه المخلفات، فتستخدم مدينة لوكسمبورغ مثلاً ٩٠% من مخلفات صرفها الصحي في الزراعة في حين أن سويسرا تستخدم ٧٠%، والمانيا ٣٨%، وفرنسا ٢٣%، وبلجيكا ١٠%، أما في الولايات المتحدة وبعد ٢٥ عام زادت كمية الحمأة المضافة للتربة من ٠.٩٣ إلى ٤ مليون طن (مادة جافة)، واستخدم لهذا الغرض مخلفات مدن شيكاغو، وميديسون، وكولومبوس و مدن أخرى (Matthews, 1996).

وفي عام ١٩٩٣ نشرت وكالة الحفاظ على البيئة قواعد لتنظيم استخدام المخلفات والتي تقود إلى أقل مخاطرة أو مجازفة على حياة الإنسان، هذه القواعد زادت من استخدام المخلفات كأسمدة (Lue-Hing *et al.*, 1993). تحتوي حمأة الصرف الصحي الجافة على ٤٠-٧٠% مادة عضوية، ١-٣% آزوت، ١.٥ - ٦% فوسفور، ٠.١٥-٠.٣٥% بوتاسيوم، و ٣-٥% كالسيوم، و كذلك مغنيزيوم، وكبريت و معادن أخرى ضرورية لتغذية النبات (Михайлов, 1996).

تمتاز الحمأة بمحتوى مرتفع من الفوسفور وذلك يعود لوجود مخلفات مستحضرات التنظيف، ومن الممكن أن تصبح الحمأة المصدر الأساسي للفوسفور المتاح للنبات و ذلك عن طريق إضافة جرعات أكبر من ٣٠ طن/هكتار والتي قد تحل محل التسميد المعدني (Пахненко, 2007).

يترواح محتوى الأزوت الكلي في الحمأة من ٤٠-٤٦ كغ/طن، ولكن جزء صغير من هذا الأزوت يتواجد بشكل متاح للنبات، فإثناء عملية التمدن والتي تعتمد على عوامل عديدة (الرطوبة، الحرارة، الحموضة، مخزون الدبال الكلي) يتحول الأزوت إلى الشكل المتاح للنبات (Sims and Boswell, 1980)، (Orlov *et al.*, 1997).

تحتوي الحمأة على البوتاسيوم بكمية أقل بكثير مما هو عليه في السماد العضوي التقليدي، ويعود ذلك إلى أن الجزء الأكبر من محتواها من البوتاسيوم يتوضع في الجزء السائل، ولذلك يمكن أن يتم غسله أثناء معالجة البقايا والتخزين، وهذه الخسارة قد تصل إلى ٥٠-٨٠% (Касатикова и касатиков, 1988)، (Хакимов, 2001).

تظهر الدراسات المتعددة أن استخدام الحمأة كسماد عضوي زاد في محتوى التربة من المادة العضوية، والآزوت، والفوسفور، والعناصر الصغرى والكبرى، وسبب انخفاضاً في درجة حموضة التربة وازدياد في سعتها المائية وتحسن النظام الحراري والهوائي لها (Пьянкова et al., 2001)، (Чеботарев, 1997). وبالرغم من ملاحظة تحسن خواص التربة باستخدام هذه المواد العضوية لكن يرى بعض الباحثين انه لكي يتم المحافظة على تأثير الحمأة بشكل مستمر فيجب إضافتها بفواصل 3-4 سنوات (Анциферова, 2003)، (Пахненко, 2007).

أهمية البحث وأهدافه:

تؤدي المادة العضوية في التربة وظائف عديدة وهامة تتجسد في تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لها، وهذا يعني أن أي تدهور في كمية ونوعية هذه المكون ينعكس سلباً على دوره في القيام بهذه الوظائف، الأمر الذي يستوجب المراقبة والتقييم المستمر لحالة هذه المادة وخصوصاً مع ما نشهده اليوم من سوء استنزاف لهذا المادة نتيجة للممارسات الزراعية الخاطئة. تعتبر إضافة الأسمدة العضوية طريقة من طرائق تعويض الاستنزاف المستمر للمادة العضوية في التربة غير إن النقص الحاصل في كمية هذه الأسمدة جعلت الحاجة ملحة للبحث عن مصادر بديلة للسماد العضوي وتم طرح إمكانية استخدام حمأة الصرف الصحي كسماد عضوي بديل. نفذت الكثير من الأبحاث والتي تتناول تأثير الحمأة في زيادة الإنتاجية وفي الخواص الفيزيائية والكيميائية والبيئية للتربة، إلا أن الحاجة تبدو ماسة إلى معرفة أثر هذه الإضافات في حالة المادة الدبالية في التربة وذلك لمعرفة كيف أثرت هذه الإضافات في كمية ونوعية الدبال. يهدف البحث الى دراسة تأثير إضافة حمأة الصرف الصحي لعدة مواسم زراعية في الخواص الكمية والنوعية للمادة الدبالية في التربة.

مواد وطرائق البحث:

وفقاً لـ Орлов (1985) يتم تشخيص حالة المادة الدبالية في التربة بمجموعة من الدلائل (الجدول 1) حيث تعكس هذه الدلائل مستوى تراكم الدبال في التربة، وتوزعه في أفق التربة، والمحتوى النوعي له، وتشكل المعقدات العضوية المعدنية وقدرة المواد الدبالية على الهجرة في أفق التربة، ويتم اختيار الدلائل المحددة لتقييم حالة الدبال في التربة وفقاً للمهام المطلوبة من هذا التقييم.

الجدول (١): دلالات الحالة الدبالية للتربة

القيمة	المستوى ، طبيعة الظهور	الدليل ووحدة قياسه
>١٠	عالي جدا	محتوى الدبال في الآفاق الدبالية %
١٠-٦	عالي	
٦-٤	متوسط	
٤-٢	منخفض	
<٢	منخفض جدا	
<٥	عالية جدا	درجة غنى الدبال بالازوت C/N
٨-٥	عالية	
١١-٨	متوسطة	
١٤-١١	منخفضة	
>١٤	منخفضة جدا	
>٤٠	عالية جدا	درجة تدبيل المادة العضوية $C_{HA}/C_{TOTAL} \times 100 \%$
٤٠-٣٠	عالية	
٣٠-٢٠	متوسطة	
٢٠-١٠	ضعيفة	
<١٠	ضعيفة جداً	
>٢	هيومي	نوع الدبال C_{HA}/C_{FA}
٢-١	فولفاتي هيومي	
١-٠.٥	هيومي فولفاتي	
<٠.٥	فولفاتي	
>٨٠	عالية جداً	محتوى الأحماض الهيوميية الحرة كنسبة مئوية من المحتوى الكلي للأحماض الهيوميية
٨٠-٦٠	عالية	
٦٠-٤٠	متوسطة	
٤٠-٢٠	منخفضة	
<٢٠	منخفضة جدا	

نفذ البحث في محطة معالجة مياه الصرف الصحي بحمص والتي تقع شمال غرب مدينة حمص على بعد ٥ كم من مركز المدينة. بمعدل هطول مطري سنوي ٤٢٥ مم، تم أخذ عينات تربة من العمق ٠-٣٠ سم من الموقع، وأجريت التحاليل في محطة بحوث الهنادي في اللاذقية، وتم تصميم التجربة باختيار القطاعات العشوائية الكاملة وبلغ عدد المعاملات المستخدمة خمس معاملات بثلاث مكررات لكل معاملة هي :

T1 شاهد، T2 حمأة صرف صحي (١٠ طن/هـ مادة جافة)، T3 حمأة صرف صحي (٢٠ طن/هـ مادة جافة)، T4 حمأة صرف صحي (٤٠ طن/هـ مادة جافة) ، T5 تسميد معدني (حسب التوصية السمادية لوزارة الزراعة).

عولجت النتائج وتم تحليلها إحصائياً باستخدام برنامج اكسل، تم في موسم ٢٠١٣-٢٠١٤ زراعة محصولي البيقية العلفية (الموسم الشتوي)، والذرة الصفراء (الموسم الصيفي). أما في موسم ٢٠١٤-٢٠١٥ فلقد تمت زراعة محصولي القمح (الموسم الشتوي)، والذرة الصفراء (الموسم الصيفي). حيث أضيفت الحمأة في بداية كل موسم شتوي وفق النسب المذكورة سابقاً، أما السماد الفوسفاتي والسماد البوتاسي وجزء من السماد الأزوتي فقد أضيف

للمعاملة (T5) قبل الزراعة، بينما أضيف الجزء المتبقي من السماد الأزوتي أثناء موسم نمو كل المحصول، وذلك حسب نتائج تحليل التربة والمعادلة السمادية لوزارة الزراعة. تمت دراسة الخصائص الأساسية لتربة موقع التجربة قبل إضافة الحمأة والأسمدة، حيث يتضح من الجدول (٢) أن تربة موقع التجربة يتصف عموماً بقوام طيني في الطبقات السطحية وتحت السطحية.

الجدول (٢): التحليل الميكانيكي لتربة موقع التجربة

القوام (Texture)	التحليل الميكانيكي %			العمق (سم)
	Clay	Silt	Sand	
طيني	58	12	30	0-20
طيني	55	12	33	20-40
طيني	61	12	27	40-60

كما يبين الجدول (٣) أن التربة تتصف بدرجة تفاعل (pH) خفيف القلوية وبمحتوى منخفض من الأملاح الكلية الذائبة ومتوسط من المادة العضوية، وتحتوي على كميات مرتفعة نسبياً من الكربونات الكلية والكلس الفعال، وجيدة المحتوى بالبوتاسيوم القابل للإفادة، لكنها فقيرة عموماً بالنيتروجين الكلي والفسفور القابل للإفادة.

الجدول (٣): الخصائص الكيميائية والخصوبة الأساسية لتربة موقع التجربة

Av. P	Av. K	Active Lime	T N	OM	ESP	CEC meq/100 g	CaCO ₃ %	EC (1:5) dS/m	pH (1:2.5)	العمق (سم)
مغ/كغ		%			%		%			
13	420	7.75	0.06	2.36	1.04	45	23.05	0.13	8.1	0-20
9	300	9.75	0.04	1.8	0.09	47	25.82	0.22	8.02	20-40
3	220	10.25	0.02	1.32	0.04	45.5	29.05	0.16	8.12	40-60

يبين الجدول (٤) بعض الخصائص الكيميائية للحمأة التي تم استخدامها في التجربة والتي أخذت من محطة معالجة الصرف الصحي بمدينة حمص.

الجدول (٤): الخصائص الكيميائية لحمأة الصرف الصحي المستخدمة في التجربة

C/N	Mg	Ca	P	K	T N	OC	OM	EC (1:10) dS/m	pH 1:10
	g.100g ⁻¹								
11.42	3.2	9	0.43	0.17	1.48	16.91	29.15	1.00	7.46

تم تحديد محتوى المادة العضوية في الحمأة والتربة بطريقة (Walkley and Black) وكما تم تحديد محتوى الأحماض الفولفية والهيومينية بطريقة (Kononova and Bel'chikova, 1961) وذلك في مخبر فيزياء وكيمياء التربة بمحطة بحوث الهنادي بمركز البحوث العلمية الزراعية باللاذقية.

النتائج و المناقشة :

يبين الجدول (٥) الخصائص الكيميائية والخصوبة للتربة بعمق ٠-٣٠سم وذلك بعد انتهاء الموسم الزراعي، حيث يلاحظ انخفاض في درجة حموضة التربة التي أضيف لها حمأة الصرف الصحي مقارنة بالشاهد وبالتسميد المعدني، ويلاحظ أيضاً ازدياد في محتوى كل من المادة العضوية، والازوت المعدني والفوسفور المتاح وذلك مع ازدياد كمية الحمأة المضافة، وتتطابق هذه النتائج مع ما توصل له (Михайлов, 1996)، (Пьянкова et al., 2001)، (Чеботарев, ١٩٩٧)، وتشير نتائج تحليل البوتاسيوم المتاح إلى عدم ازدياد في كميته مع ازدياد كمية الحمأة المضافة.

الجدول (٥): الخصائص الكيميائية والخصوبة للتربة في نهاية الموسم الزراعي ٢٠١٤-٢٠١٥ للمعمق ٠-٣٠سم

المعاملة	PH	كلس كلي %	الكربون العضوي %	مادة عضوية %	أزوت معدني p.p.m	فوسفور متاح p.p.m	بوتاسيوم متاح p.p.m
T1	٨.١	17	0.82	1.42	16	7	386
T2	7.89	14.4	0.85	1.46	16	10	470
T3	7.7	20.3	1.39	2.39	18	16	378
T4	7.7	18.6	1.37	2.35	20	19	392
T5	٨.١	15.6	1.11	1.90	10.3	8	470

يشير الجدول (٦) إلى وجود زيادة معنوية عند مستويي الثقة ١% و ٥% لمحتوى الكربون العضوي في التربة التي أضيفت لها الحمأة بمعدل ٢٠ و ٤٠ طن/هكتار مادة جافة مقارنة بالشاهد، ويلاحظ أيضاً زيادة معنوية لمحتوى الكربون العضوي في المعاملتين السابقتين وعند مستويي الثقة مقارنة بالمعاملة ١٠ طن/هكتار مادة جافة، وهذا يؤكد ازدياد محتوى الكربون العضوي مع ازدياد كمية الحمأة المضافة، وتتطابق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Пьянкова et al., 2001).

الجدول (٦): محتوى الكربون الكلي العضوي C_{TOT}

المعاملة	مكرر ١	مكرر ٢	مكرر ٣	المتوسط
T1	١.٠٨	٠.٧٧	٠.٦٢	٠.٨٢
T2	١.٠١	١.٠١	٠.٥٤	٠.٨٥
T3	١.٤٧	١.٣٩	١.٣١	١.٣٩
T4	١.٢٤	١.٣١	١.٥٥	١.٣٧
T5	١.٠٨	١.٢٤	١.٠١	١.١١

الجدول (٦ب): نتائج التحليل الاحصائي للجدول (٦)

T5	T4	T3	T2	T1	
.	##	##	.	.	T1
.	##	##	.	.	T2
.	T3
.	T4
.	T5
0.34					L.S.D _{5%}
0.48					L.S.D _{1%}

يشير الجدول (٧) الى محتوى كربون المادة الدبالية في التربة في مختلف المعاملات، حيث يلاحظ وجود فروق معنوية وعند مستوي الثقة بين محتوى الكربون الدبالي في المعاملة ١٠ طن / هكتار مادة جافة ومحتواها في كل من المعاملتين ٢٠ و ٤٠ طن/ هكتار مادة جافة، حيث انخفض كربون المادة الدبالية في المعاملتين الأخيرتين مقارنة بالمعاملة ١٠ طن/ هكتار مادة جافة. تدل النتائج الواردة في الجدول (٧) إلى وجود فرق معنوي وعند مستوي الثقة ١% و ٥% في محتوى الكربون الدبالي بين الشاهد والمعاملة ١٠ طن /هكتار مادة جافة، حيث لوحظ ازدياد محتوى الكربون الدبالي في المعاملة ١٠ طن/هكتار مقارنة بالشاهد. تبين هذه النتائج أن المعاملة ١٠ طن /هكتار حسنت من عملية التبدل، وكان لها أثر ايجابي في زيادة محتوى الدبال. في حين أن زيادة كمية الحمأة المضافة كان لها أثر سلبي في دبال التربة وتسببت بانخفاض محتواه، ومن الممكن أن يكون مرد ذلك إلى أن إضافة الحمأة وبكميات كبيرة نشطت الأحياء الدقيقة في التربة نظراً لما تحويه من مواد مغذية تساعد على ذلك، الأمر الذي سبب تحطيم دبال التربة وانخفاض كميته.

الجدول (٧): محتوى الكربون الدبالي

المعاملة	مكرر ١	مكرر ٢	مكرر ٣	المتوسط
T1	٠.٢٨	٠.٢٨	٠.٢٠	٠.٢٦
T2	٠.٣٨	٠.٤٢	٠.٣٧	٠.٣٩
T3	٠.٢٩	٠.٢٣	٠.٢٢	٠.٢٥
T4	٠.٢١	٠.٢٥	٠.٢٧	٠.٢٥
T5	٠.٣٤	٠.٣١	٠.٢٩	٠.٣١

الجدول (٧ب): نتائج التحليل الاحصائي للجدول (٧)

T5	T4	T3	T2	T1	
-	-	-	##	-	T1
-	-	-	-	-	T2
-	-	-	##	-	T3
#	-	-	##	-	T4
-	-	-	#	-	T5
0.06					L.S.D 5%
0.09					L.S.D 1%

يشير الجدول (٨) الى محتوى كربون الأحماض الهيومية في التربة في مختلف المعاملات، حيث يلاحظ فروق معنوية وعند مستويي الثقة ١% و ٥% في محتوى كربون الأحماض الهيومية في المعاملتين ٢٠ و ٤٠ طن حمأة/هكتار مادة جافة مقارنة بالتسميد المعدني، حيث لوحظ ازدياد في محتوى هذه الأحماض مقارنة بمحتواها في معاملة التسميد المعدني، ويلاحظ أيضاً وجود فرق معنوي عند مستوى الثقة ٥% بين محتوى كربون الأحماض الهيومية في المعاملة ٤٠ طن/هكتار مادة جافة ومحتواها في المعاملة ١٠ طن/هكتار مادة جافة، حيث يلاحظ ازدياد محتوى كربون الأحماض الهيومية في المعاملة ٤٠ طن/هكتار مقارنة بالمعاملة ١٠ طن/هكتار مادة جافة.

الجدول (٨): محتوى الكربون الهيومي C_{HA}

المعاملة	مكرر ١	مكرر ٢	مكرر ٣	المتوسط
T1	٠.١١	٠.١٥	٠.١٢	٠.١٣
T2	٠.١٠	٠.١٣	٠.١٢	٠.١٢
T3	٠.١٢	٠.١٨	٠.١٨	٠.١٦
T4	٠.١٥	٠.١٥	٠.٢٢	٠.١٧
T5	٠.١٠	٠.٠٨	٠.٠٧	٠.٠٨

الجدول (٨ب): نتائج التحليل الاحصائي للجدول (٨)

T5	T4	T3	T2	T1	
-	-	-	-	-	T1
-	#	-	-	-	T2
-	-	-	-	-	T3
-	-	-	-	-	T4
-	##	##	-	-	T5
٠.٠٥					L.S.D 5%
٠.٠٨					L.S.D 1%

يوضح الجدول (٩) محتوى كربون الأحماض الفولفية في التربة لمختلف المعاملات، وتدل النتائج على وجود فروق معنوية عند مستويي الثقة ١% و ٥% في محتوى كربون الأحماض الفولفية بين ١٠ طن/هكتار مادة جافة والشاهد وكذلك بين المعاملة ١٠ طن/هكتار مادة جافة والمعاملتين ٢٠ و ٤٠ طن/هكتار مادة جافة، حيث يلاحظ زيادة في كربون الأحماض الفولفية للمعاملة ١٠ طن/هكتار مقارنة بالشاهد في حين يلاحظ

انخفاض في محتوى كربون الأحماض الفولفية للمعاملتين ٢٠ و ٤٠ طن /هكتار مادة جافة مقارنة بالمعاملة ١٠ طن/هكتار مادة جافة.

ويلاحظ أيضاً وجود فروق معنوية عند مستويي الثقة ١% و ٥% في محتوى كربون الأحماض الفولفية بين معاملة التسميد المعدني والمعاملتين ٢٠ و ٤٠ طن /هكتار مادة جافة حيث لاحظ انخفاض في محتوى كربون الأحماض الفولفية في المعاملتين ٢٠ و ٤٠ طن /هكتار مادة جافة مقارنة بمعاملة التسميد المعدني.

الجدول (٩): محتوى الكربون الفولفي C_{FA}

المعاملة	مكرر ١	مكرر ٢	مكرر ٣	المتوسط
T1	0.18	0.13	0.09	0.13
T2	0.28	0.30	0.24	0.27
T3	0.18	0.06	0.04	0.09
T4	0.07	0.11	0.05	0.08
T5	0.23	0.23	0.22	0.23

الجدول (٩ب): نتائج التحليل الاحصائي للجدول (٩)

T5	T4	T3	T2	T1	
#	-	-	##	-	T1
-	-	-	-	-	T2
##	-	-	##	-	T3
##	-	-	##	-	T4
-	-	-	-	-	T5
0.08					L.S.D 5%
0.11					L.S.D 1%

يبين الجدول (١٠) نوع الدبال في الترب لمختلف المعاملات ووفقاً لتصنيف Орлов (١٩٨٥) لنوع الدبال والوارد في الجدول (١) فإن إضافة الحمأة بمعدل ١٠ طن/هكتار مادة جافة أدى إلى تحول الدبال من فولفاتي هيوميني إلى دبال فولفاتي، ويعود السبب في ذلك إلى أن إضافة الحمأة أدت إلى زيادة في محتوى الأحماض الفولفية والتي يكون تشكلها أسرع خلال عملية التدبيل مقارنة بالأحماض الهيومية التي تحتاج إلى وقت أطول كي تتشكل.

تشير النتائج في الجدول (١٠) إلى أن إضافة الحمأة بمعدل ٢٠ و ٤٠ طن/هكتار أدت إلى تحول نوع الدبال من دبال فولفاتي هيوميني إلى دبال هيوميني، ويعود سبب ذلك إلى أن إضافة الحمأة بهذه المعدلات الكبيرة أدت إلى نشاط كبير للأحياء الدقيقة مما سبب تحطيم للأحماض الفولفية ذات الوزن الجزيئي المنخفض والأسهل للتفكيك مقارنة بالأحماض الهيومية ذات الأوزان الجزيئية العالية والبنية المعقدة. وسبب هذا التحطيم والتفكيك انخفاض في محتوى الأحماض الفولفية مقارنة بالأحماض الهيومية مما سبب هذا التحول في نوع الدبال.

الجدول (١٠): نوع الدبال C_{HA}/C_{FA}

المعاملة	مكرر ١	مكرر ٢	مكرر ٣	المتوسط
T1	0.61	1.20	1.29	1.03
T2	0.37	0.42	0.50	0.43
T3	0.64	3.01	4.41	2.69
T4	2.10	1.36	4.28	2.58
T5	0.44	0.32	0.30	0.35

الجدول (١٠ب): نتائج التحليل الاحصائي للجدول (١٠)

T5	T4	T3	T2	T1	
-	-	-	-	-	T1
-	#	#	-	-	T2
-	-	-	-	-	T3
-	-	-	-	-	T4
-	#	#	-	-	T5
2.01					L.S.D 5%
2.86					L.S.D 1%

يشير الجدول (١١) الى درجة تدبيل المادة العضوية في التربة ولمختلف المعاملات، حيث تشير النتائج ووفقاً لتقييم Орлов (١٩٨٥) والوارد في الجدول (١) إلى أن درجة تدبيل المادة العضوية كانت ضعيفة في مختلف المعاملات في حين أنها كانت ضعيفة جداً في معاملة التسميد المعدني ويلاحظ أيضاً انخفاض درجة التدبيل مع ازدياد كمية الحمأة المضافة.

الجدول (١١): درجة التدبيل $C_{HA}/C_{TOTAL} \times 100 \%$

المعاملة	مكرر ١	مكرر ٢	مكرر ٣	المتوسط
T1	9.91	19.90	18.72	16.18
T2	10.11	12.52	22.49	15.04
T3	8.00	12.63	13.90	11.51
T4	11.73	11.11	14.30	12.38
T5	9.46	6.06	6.70	7.41

الجدول (١١ب): نتائج التحليل الاحصائي للجدول (١١)

T5	T4	T3	T2	T1	
-	-	-	-	-	T1
-	-	-	-	-	T2
-	-	-	-	-	T3
-	-	-	-	-	T4
-	-	-	-	#	T5
7.66					L.S.D 5%
10.90					L.S.D 1%

الاستنتاجات :

- أدت الزيادة في كمية الحمأة المضافة للتربة إلى ارتفاع في محتوى المادة العضوية والآزوت المعدني والفوسفور المتاح في التربة، في حين لم يلاحظ ازدياد في محتوى البوتاسيوم المتاح.
- لوحظ ازدياد محتوى المادة العضوية في التربة تحت تأثير إضافة كميات إضافية من الحمأة، غير أن تأثير إضافة الحمأة على محتوى المادة العضوية المتدبلة كان مغايراً، حيث تناقص محتواها مقارنة بالشاهد عند إضافة الحمأة بمعدل ٢٠ و ٤٠ طن/هكتار، في حين كان لإضافة الحمأة بمعدل ١٠ طن/هكتار دور ايجابي في تحسين عملية التدبيل وزيادة محتوى المادة العضوية المتدبلة.
- أزداد محتوى الأحماض الهيومية في دبال التربة تحت تأثير إضافة الحمأة بمعدل ٢٠-٤٠ طن/هكتار مقارنة بالتسميد المعدني، في حين لوحظ انخفاض في محتوى الأحماض الفولفية تحت تأثير هذه المعاملات، وبشكل مغاير للمعاملتين السابقتين ازداد محتوى الأحماض الفولفية تحت تأثير إضافة الحمأة بمعدل ١٠ طن/هكتار مقارنة بالشاهد.
- تحول نوع الدبال في المعاملة ١٠ طن/هكتار من دبال فولفاتي هيوميني إلى دبال فولفاتي، في حين أدت في كلا المعاملتين ٢٠-٤٠ طن/هكتار تحول الدبال من دبال فولفاتي هيوميني إلى دبال هيوميني.
- كانت درجة تدبيل المادة العضوية ضعيفة في كل المعاملات، ولوحظ انخفاضها بازدياد كمية الحمأة المضافة.

التوصيات:

- يوصى بإضافة حمأة الصرف الصحي الجافة والمطابقة للمواصفات القياسية السورية كسماد بديل بمعدل ١٠ طن/هكتار نظراً للتأثير الايجابي لهذه الإضافة على حالة الدبال في التربة والذي يعتبر أحد المصادر الرئيسية لخصوبة التربة.
- يوصى بتخمير حمأة الصرف الصحي لمدة ثلاثة أو أربعة أشهر قبل إضافتها للتربة وذلك لتجنب التأثير السلبي للمركبات العضوية سهلة التحلل والموجودة في الحمأة الطازجة غير المخمرة على محتوى الدبال في التربة وعلى نوعيته.
- إجراء المزيد من الدراسات حول تأثير إضافة الحمأة في خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والبيئية بغية الوصول إلى صورة واضحة ودقيقة لإمكانية استخدام حمأة الصرف الصحي كسماد بديل بدون أي آثار سلبية في التربة والمحيط الحيوي.

المراجع:

المراجع باللغة الانكليزية:

1. Kononova, M.M. and N.P. Bel'chikova. 1961. *Sov. Soil Sci.*,1112-1121.
2. Lue-Hing C., Zens D.R., Piets R.J., Granato T.S., *Encouraging the beneficial use of sewage sludge // American Society of Agronomy. Annual Report: Cincinnati, 1993. P. 322.*
3. Matthews. P. *A Global atlas of wastewater sludge and biosolids use and disposal— London: IAWQ, 1996. 197 p.*
4. Sims J.T., Boswell F.C. *The influence of organic wastes and inorganic nitrogen, yield and elemental composition of corn // Environmental Quality, 1980. Vol. 9. P. 512 – 518.*

المراجع باللغة الروسية:

1. Анциферова Е.Ю. *Эколого-агрохимическая оценка осадков сточных вод, используемых в качестве удобрения // Автореф. дисс. на соискание ученой степени к.б.н. – М., 2003. – 23 с.*
2. Касатиков В.А., Касатикова С.М. *Агрономическая эффективность и особенности применения систем удобрений на основе осадков городских сточных вод // Система применения удобрений в севооборотах для получения планируемых урожаев сельскохозяйственных культур. – Горький, 1988, С. 29-36.*
3. Михайлов Л.Н. *Научные основы применения осадков городских сточных вод в качестве удобрений и получения экологически безопасной растениеводческой продукции в условиях среднего Поволжья // Автореф. дис. д-ра с/х наук, Волгоград, 1996. – 39 с.*
4. Орлов Д.С., Амосова Я.М., Садовникова Л.К., Якименко О.С., Андропова Л.А., Бенедиктова А.И. *Удобрения из коры, лигнина и осадков сточных вод: получение, свойства, применение. Новости науки и техники. Серия Биология. – М.: ВИНТИ РАН, 1997. – 56 с.*
5. Орлов, Д.С. *Химия почв. / Д.С. Орлов М.: Изд-во МГУ, 1985. – 376 с.*
6. Пахненко Е. П. *Осадки сточных вод и другие нетрадиционные удобрения. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2007. 312 с.*
7. Пьянкова В.И., Москвитина Т.Б., Пантелеева Л.А., Павлова С.Ш. *Экологические аспекты действия химических загрязнителей. Часть I. Биосфера и химия углерода, азота, фосфора, кислорода, серы и галогенов. – Пермь, 2001. – 162 с*
8. Хакимов Ф.И., Севостьянов С.М. *Осадки очистных сооружений - восполняемый ресурс органического вещества // Материалы Международной научной конференции "Биологические ресурсы и устойчивое развитие". – Пущино: Изд-во НИИ-Природа, 2001, С. 235-236.*
9. Чеботарев Н.Т. *Влияние осадков сточных вод на плодородие дерново-подзолистой почвы [Внесение под картофель и ячмень] // Химия в сельском хозяйстве, 1997. № 6. С. 18-19.*