Vermicomposting for Treating Household Organic Solid Waste, Agricultural Waste and Sewage Sludge

Dr. Haitham Shaheen*
Dr. Jinan Esman**
Mohamed Ahmed***

(Received 22 / 8 / 2023. Accepted 9 / 1 / 2024)

□ ABSTRACT □

The current trend in the waste management and disposal field focuses on transforming waste into useful materials or energy using various recycling and reusing methods. Using composting methods on organic solid waste have reduced the amounts of solid biological waste significantly. Therefore, research efforts are being made to develop sustainable and efficient techniques to treat organic waste and sewage sludge. In the past decades, vermicomposting have become a popular technique to produce high-quality composts, higher in nutrients than traditional composts and chemical fertilizers.

The aim of this research is to produce a safe and nutritious compost using the vermicomposting technique on organic solid household waste, agricultural waste, and sewage sludge. The studied worm species is the Eisenia Fetida, also known as the Red Wiggler worms.

The results showed that the compost obtained using the vermicompost process is rich in nutrients and conforming to the Syrian Standard Specifications for Organic Fertiliezers, (OM%:49.48 ،C%:28.7 ،N%:1.27 ،K%:0.21 ،P%:0.21 ،EC:1.75). The studied worm species demonstrated high efficiency in decaying organic waste transforming it into a stable material, rich in nutrients, which can be used as an alternative to chemical fertilizers to enhance the soil nutritional levels.

Keywords: vermicomposting, organic fertilizer, organic waste.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Professor, Department of Environment, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria**
** **Doctor - Department of Horticulture - Faculty of Agricultural Engineering - Tishreen University - Lattakia - Syria**
** **Postgraduate Student (Master) - Department of Environment - Faculty of Civil Engineering - Tishreen University - Lattakia – Syria. mohamedahmed@gmail.com**

استخدام تقنية التسميد الدودي لمعالجة المخلفات المنزلية الصلبة العضوية والمخلفات الزراعية وحمأة الصرف الصحي

د هيثم شاهين*

د. جنان عثمان**

محمد احمد***

(تاريخ الإيداع 22 / 8 / 2023. قُبِل للنشر في 9/ 1 / 2024)

□ ملخّص □

يركز الاتجاه الحالي في مجال إدارة الموارد الحيوية على تحويل النفايات إلى مواد جديدة أو طاقة من خلال تقنيات إعادة التدوير والاسترداد. إن تحويل المخلفات العضوية الصلبة إلى سماد له تأثير إيجابي على البيئة عبر تقليل حجم النفايات الحيوية الصلبة. لهذا السبب، تركز الأبحاث على إيجاد طرق مستدامة وفعالة واقتصادية وآمنة بيئياً من أجل معالجة النفايات العضوية وحمأة الصرف الصحي. في العقود القليلة الماضية، برزت طريقة التسميد الدودي للنفايات العضوية الصلبة كخيار فعال لإنتاج السماد العضوي عالي القيمة الغذائية، متفوقاً على السماد العضوي التقليدي والأسمدة الكيماوية.

يهدف هذا البحث إلى إنتاج سماد عضوي مغذّ وآمن للاستخدام الزراعي من المخلفات العضوية المنزلية والزراعية وحمأة الصرف الصحي باستخدام تقنية التسميد الدودي. نوع الديدان المستخدمة هو ديدان السماد الحمراء (Eisenia Fetida).

بينت نتائج البحث أن السماد الناتج عن التسميد الدودي غني بالعناصر المغذية ومطابقاً للموصفات القياسية السورية للسماد العضوي (OM%:49.48، C%:28.7، N%:1.27، K%:0.21، P%:0.21، EC:1.75). أظهر نوع الديدان المدروس كفاءة عالية في تحليل المخلفات العضوية وتحويلها لمادة مستقرة غنية بالمغذيات، يمكن استخدامها كبديل عن الأسمدة الكيماوية لتحسين خصائص التربة.

الكلمات المفتاحية: تسميد دودي، سماد عضوي، مخلفات عضوية.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* **أستاذ- قسم البيئة – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

** **دكتور – قسم البساتين – كلية الهندسة الزراعية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

*** **طالب دراسات عليا(ماجستير) – قسم البيئة – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**
mohamedahmed@gmail.com

مقدمة:

تتفاقم مشكلة التخلص من النفايات الصلبة المنزلية وذلك بسبب زيادة نسبة تشكلها وخاصة في البلدان النامية في ظل التضخم السكاني وتطور المستوى المعيشي وتصنف هذه النفايات إلى قسمين: نفايات عضوية قابلة للتخمر مثل بقايا الطعام ومخلفات الحدائق، ونفايات غير عضوية، ويوجد نقص في التكنولوجيا الصالحة لإعادة تدويرها اقتصاديًا. على الرغم من أن العديد من الاستراتيجيات قد تم اقتراحها وتنفيذها للإدارة السليمة للنفايات الصلبة ، بما في التقليل من المصدر، وإعادة التدوير، واستعادة المواد ، وتحويل النفايات إلى طاقة ، وطمر النفايات ، والحرق ، والتسميد[1] ، فإن بعض طرق المعالجة والتخلص يمكن أن تسبب مشاكل بيئية خطيرة. في العديد من الدراسات[2، 3]، إن النفايات المتراكمة في مكبات النفايات العشوائية تسببت تلوث المياه الجوفية بسبب الرشاحة الناتجة عن المركبات العضوية بشكل خاص، وغير العضوية الموجودة في النفايات وبالمثل ، فإن المعالجة بالترميد غير محبذة بسبب قيمتها الطاقية المنخفضة والتكلفة الزائدة.

أيضاً تحتوي الحمأة الناتجة عن معالجة مياه الصرف الصحي على كمية كبيرة من المواد الضارة (المعادن الثقيلة والبكتيريا، بيوض الطفيليات المختلفة، عدد كبير من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض) لذلك، فإن إيجاد طرق مناسبة لمعالجة الحمأة والتخلص منها والاستفادة الكاملة من الموارد الموجودة في الحمأة وإعادة تدويرها ضرورة ملحة.

ونتيجة لذلك قد تم التوجه فعليا نحو عملية التسميد الدودي (vermicomposting) وهي تقنية حيوية منخفضة التكلفة تسمح بإعادة تدوير العديد من الفضلات المنزلية العضوية وروث الأبقار والنفايات الزراعية و حمأة الصرف الصحي باستخدام الفعل المشترك لديدان الأرض والكائنات الدقيقة وتحويلها إلى سماد غني بالمغذيات وبنسبة دبال أعلى من طرائق التسميد التقليدية[4] ، حيث يمكن لديدان الأرض هضم كل أنواع المواد العضوية التي توجد عادة في مادة التسميد، ويمكنها تحويل فضلات بوزن يساوي وزن جسمها كل يوم وتكون المواد الناتجة غنية بالعناصر الغذائية (النترات، الفوسفور، البوتاسيوم، الكالسيوم، المغنيزيوم) وتكون بديلا للسماد الكيمائي ذو التكلفة العالية والأثر الضار على البيئة في العمليات الزراعية وخاصة في ظل الظروف الاقتصادية الصعبة التي تمر بها الدول النامية وازدياد الاعتماد على قطاع الزراعة، حيث يحسن وجود السماد الدودي من امتصاص المغذيات النباتية والنمو الخضري. و يرجع ذلك إلى مساهمته في زيادة الكربون العضوي للتربة، والقدرة على الاحتفاظ بالمياه ، والتهوية ، ومسامية التربة [5، 6]. من ناحية أخرى ، تعتبر مكونات السماد الدودي السائلة (شاي الفيرمي) فعالة للغاية في تحلل مبيدات الآفات العضوية وبقايا المنتجات الصيدلانية في التربة الملوثة [7، 8] لذلك تعتبر تقنية التسميد الدودي هي الخيار الأفضل لمعالجة المخلفات العضوية فهي تتسم بالكفاءة والفعالية ومنخفضة التكلفة وتمتلك فائدة اقتصادية اضافية من خلال بيع ديدان الأرض وهي عملية إعادة استفادة من النفايات الصديقة للبيئة.

لذلك كان لا بد من دراسة كفاءة عملية التسميد الدودي في البيئة المحلية في تحويل المخلفات المنزلية الصلبة العضوية والمخلفات الزراعية وحمأة الصرف الصحي الى سماد عضوي.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في المساعدة في إدارة المخلفات المنزلية العضوية الصلبة والزراعية وحمأة الصرف الصحي وذلك من خلال معالجتها وتحويلها الى سماد عضوي ذي مواصفات جيدة وتكلفة منخفضة للاستخدام الزراعي كبديل للسماد الكيميائي.

ويهدف البحث الى:

دراسة عملية التسميد الدودي وسلوك الديدان المستخدمة في عملية التسميد والعوامل المؤثرة على عملية التسميد الدودي والظروف المثالية لعملية التشغيل.

- دراسة خصائص السماد الناتج عن عمليات التسميد وإمكانية استخدامه للأغراض الزراعية.

طرائق البحث ومواده:

- مكان تنفيذ البحث:

مركز تكنولوجيا معالجة المياه والنفايات الصلبة التابعة لقسم هندسة النظم البيئية في المعهد العالي لبحوث البيئية في جامعة تشرين ضمن الحرم الجامعي في المدينة السكنية الجامعية لجامعة تشرين بين الوحدتين السكنيتين السابعة عشر والثامنة عشر.

- الديدان المستخدمة:

تم استخدام ديدان السماد الحمراء (Red Wiggler) من فصيلة الديدان (Eisenia Fetida).

- حمأة الصرف الصحي المستخدمة

تم الحصول على حمأة الصرف الصحي من محطة المعالجة في خربة المعزة وهي محطة تقع محافظة طرطوس على بعد 211 م شرق الأوتوستراد الدولي حمص – طرطوس وقد بدأت بالعمل عام 2019.

تعمل المحطة بنظام الحمأة المنشطة Activated Sludge(AS) بتقنية التهوية المديدة Extended Aeration(EA).

- المخلفات المنزلية الصلبة العضوية المستخدمة

تمّ الحصول على المخلفات المنزلية الصلبة العضوية من المخلفات الناتجة عن الوحدات السكنية السابعة عشر والثامنة عشر الكائنتان ضمن حرم المدينة الجامعية لجامعة تشرين.

- المخلفات الزراعية المستخدمة

تمّ الحصول عليها من بقايا تقليم الأشجار وقص المروج والأعشاب في الحرم الجامعي لجامعة تشرين محافظة اللاذقية.

النتائج والمناقشة:

تحضير حوض التسميد:

تم تجهيز حوض بلاستيكي بأبعاد (100*150) سم كما هو مبين في الشكل (1) وتم تجهيزه بفرشة من الكربون بسماكة (5) سم لتوضع الديدان فيها حيث تعتبر فرشة الديدان من أهم شروط تنفيذ عملية التسميد الدودي حيث تعتبر هذه الفرشة الملاذ الآمن للديدان والتي تلجأ اليها في حال وجود خطر عليها من المواد المضافة او في حال التكاثر، كما تمّ تجهيز هذا الحوض بنظام تصريف للسوائل وجمعها وذلك من أجل الحصول على شاي الفيرمي والتحكم بالرطوبة الزائدة في الحوض، ومن ثم تم تغطية الحوض بغطاء يؤمن نفاذية الهواء ويقلل من مرور الضوء قدر الإمكان فالديدان تحتاج الى بيئة عمل مظلمة.

شكل (1) حوض التسميد الدودي

تحضير الخلطة المناسبة:

تم تجهيز خليط من المخلفات المنزلية الصلبة العضوية والمخلفات الزراعية وحمأة الصرف الصحي بحيث تكون نسبة ال C/N في الخليط 35 كما هو مبين في الجدول (1)، وهي النسبة المثالية لبدء عملية التسميد الدودي حيث تم حسابها باستخدام برنامج (Compost Mix Calculator)، يعمل برنامج حاسبة مزيج السماد على حساب نسبة إجمالي الكربون إلى النيتروجين ل مزيج مكون من أربع مواد او أقل بالاعتماد على الوزن الرطب لكل مادة ونسبة الرطوبة والنسبة المئوية للنتروجين والنسبة المئوية للكربون في كل مادة من الخليط حيث يتضمن البرنامج جدول يحتوي على جميع القيم الخاصة بالفضلات المستخدمة بعملية التسميد، نقوم بإضافة وزن العينات و قيمة رطوبتها الى البرنامج ليقوم بحساب نسبة الC/N ويوضح الشكل (2) القيم الخاصة بالخليط المستخدم.

جدول 1 نتائج التحاليل لحمأة الصرف الصحي وفضلات الطعام وحمأة الصرف الصحي

نوع المادة	C/N	الرطوبة %	الوزن (كغ)
حمأة الصرف الصحي	13	% 70	4
فضلات الطعام	15	% 40	6
مخلفات زراعية	127	% 0	10
الخليط	34	%26	20

شكل(2) الخليط المستخدم في عملية التسميد الدودي

مراقبة عملية التسميد:

تمت عملية التسميد على مدار 45 يوم بدءاً من تاريخ 2023/6/10 حيث تم الحفاظ على درجة الحرارة المناسبة لعمل الديدان وهي 25 درجة مئوية [9، 10] وذلك من خلال تحريك المزيج يدويا خلال فترات متباعدة من أجل تأمين التهوية ومنع ارتفاع درجة الحرارة، كما انه تم الحفاظ على درجة الرطوبة المثالية لعملية التسميد الدودي وهي (80) % [11] من خلال رش المياه على الخليط ومراقبة التغيرات الطارئة على الخليط. ويبين الشكل (3) عمل الديدان في وسط الخليط بعد مرور شهر على بدء عملية التسميد.

شكل(3) عمل الديدان في الخليط بعد شهر من عملية التسميد

مراقبة تكاثر الديدان.

تم مراقبة تكاثر الديدان وزيادة عددها حيث تم مشاهدة عملية التكاثر المؤلفة من:

1- التصاق دودتين في الحوض من اجل عملية التكاثر كما هو مبين في الشكل (4)

2- وضع الشرانق الذهبية اللون في الصندوق كما هو مبين في الشكل (5)

شكل 4 التصاق الديدان لاجراء عملية التكاثر

شكل 5 تشكل شرانق الديدان

3- فقس الديدان من الشرنقة ومرورها بمراحل عمرية مختلفة حتى البلوغ كما هو مبين في الشكل (6).

شكل 6 مرور الديدان بمراحل عمرية مختلفة

فرز السماد الناتج

بعد نهاية عملية التسميد بتاريخ 2023/7/25 تم فرز السماد الناتج عن الديدان وإعادة الديدان الى الحوض لبدء تجربة جديدة حيث تمت عملية الفرز باستخدام سلوك الديدان الذي تم استنتاجه أثناء عملية التسميد حيث تم تجميع السماد في جهة واحدة من الصندوق وتم إضافة خليط جديد في النصف الاخر من الحوض مع الحفاظ على رطوبة الخليط الجديد حيث تهاجر الديدان من السماد بعد نضوجه الى أماكن وجود الغذاء الجديد بالإضافة الى حبها للرطوبة وبذلك نكون قد حصلنا على سماد عضوي جاهز لإجراء التحاليل المخبرية.

اختبار السماد الناتج

تم اجراء تحاليل على عينات السماد على مرحلتين المرحلة الأولى بعد مرور 30 يوم على عملية التسميد والمرحلة الثانية عند انتهاء عملية التسميد بعد 45 يوم وتم اجراء التحاليل في مركز البحوث الزراعية في الهنادي حيث تم قياس قيم ال PH و EC باستخدام الأجهزة الخاصة المتوفرة في مركز البحوث الزراعية وتم قياس المادة العضوية والكربون الكلي C% باستخدام طريقة الترميد من خلال العلاقة:

$x=(y-z)/(y-m)$ حيث : X المادة العضوية %، Y وزن الجفنة مع العينة قبل الترميد بالغرام ، Z وزن الجفنة مع العينة المرمدة بالغرام، M وزن الجفنة فارغة بالغرام.

و تم حساب نسبة الكربون الكلي باستخدام العلاقة:

$C= X * 0.58$ حيث: C الكربون الكلي %، X المادة العضوية %.

وتم قياس الآزوت الكلي باستخدام جهاز سكالر و وتم قياس الفوسفور بالطريقة اللونية بطريقة ازرق المولوبيدات عند طول موجي ٨٨٣ على جهاز .Spectrophotometer وتم قياس البوتاسيوم بطريقة طيف اللهب على جهاز طيف اللهب (Flame photometer) وأدرجت النتائج في الجدول (2).

جدول 2 نتائج تحليل العينات

العينة	عمر العينة (يوم)	PH	EC (ms/cm)	OM%	C%	N%	C/N	K%	P%
1	30	8.09	2.6	34.95	20.27	0.81	25.02	0.21	0.13
2	45	7.62	1.75	49.48	28.7	1.27	22.6	0.22	0.15

إن السماد الناتج بعد انتهاء عملية التسميد يحتوي على عناصر غذائية قيمة تمثل إضافة جيدة للتربة الزراعية وأن هذا السماد مطابق للمواصفات القياسية السورية ويتميز بالخصائص التالية:

1- الحموضة (PH)

أظهرت نتائج التحاليل أن قيمة ال PH للسماد الناتج 7.62 وهي تقع ضمن المجال المعتدل والمقبول وهو (6-8) [12] وهذا يتوافق مع العديد من الدراسات [13، 14].

2- الناقلية الكهربائية (EC)

أظهرت نتائج التحاليل أن قيمة ال EC للسماد الناتج 1.75 ms/cm وهي ضمن الحدود المسموحة (2.5) ms/cm حسب المواصفات القياسية السورية.

3- المحتوى من الكربون (C) والمادة العضوية (OM)

يلاحظ من الجدول 2 ارتفاع لنسبة المادة العضوية والكربون العضوي في الكومبوست وهذا طبيعي، لأن مكونات الخليط معظمها فضلات عضوية نباتية [15].

4- نسبة الكربون الى الآزوت (C/N)

من الجدول 2 نلاحظ أن نسبة C/N هي (22.6/1) وهي نسبة جيدة وتقع ضمن المجال الجيد للنمو وانتشار الجذور وهو (30/1-20/1) [12] وهي قيمة جيدة لنمو الجذور وانتشارها حسب [16] حيث يمكن القول أن النسبة C/N هي دليل نضج واستقرار الكومبوست معاً.

الاستنتاجات والتوصيات:

- أظهرت عملية التسميد الدودي كفاءة عالية في تحويل النفايات المنزلية العضوية والنفايات الزراعية وحمأة الصرف الصحي الى سماد عضوي ذي مواصفات جيدة للاستخدام الزراعي.
- السماد الناتج عن عملية التسميد الدودي ذي مواصفات جيدة ومطابقة للمواصفات القياسية السورية.
- تتوفر في النفايات المنزلية نسبة عالية من المكونات العضوية القابلة للتحلل البيولوجي، بتدابير غير مكلفة، مما يتيح إمكانية تحويلها إلى محسنات للتربة.
- تحتاج التربة، في المنطقة الساحلية، محافظتي اللاذقية وطرطوس، إلى الأسمدة، وخصوصاً الأسمدة العضوية، بسبب فقر التربة بالمركبات العضوية، وهذا من أحد أهم الدوافع لعمليات الأسمدة للنفايات المنزلية وبقايا النباتات وحمأة الصرف الصحي.

ومن خلال ما تقدم فإن أهم المقترحات التي يمكن أن تخلص لها هذه الدراسة.

- ✓ دراسة إمكانية تصميم مفاعلات حديثة مؤتمتة تؤمن معالجة كميات كبيرة من المخلفات باستخدام تقنيات التسميد الدودي.
- ✓ تعميم تجربة التسميد الدودي على المزارعين السوريين من أجل الاستفادة من المخلفات الزراعية الناتجة لديهم في انتاج سماد عضوي بمواصفات جيدة للاستخدام الزراعي.

References:

1. Chang, N.-B. and E. Davila, *Municipal solid waste characterizations and management strategies for the Lower Rio Grande Valley, Texas.* Waste management, 2008. 28(5): p. 776-794.
2. Mor, S., et al., *Leachate characterization and assessment of groundwater pollution near municipal solid waste landfill site.* Environmental monitoring and assessment, 2006. 118: p. 435-456.
3. Tsai, S.-H., C.-P. Liu, and S.-S. Yang, *Microbial conversion of food wastes for biofertilizer production with thermophilic lipolytic microbes.* Renewable energy, 2007. 32(6): p. 904-915.
4. Fernández-Gómez, M.J., et al., *Role of vermicompost chemical composition, microbial functional diversity, and fungal community structure in their microbial respiratory response to three pesticides.* Bioresource technology, 2011. 102(20): p. 9638-9645.
5. Haque, M.M. and J.C. Biswas, *Emission factors and global warming potential as influenced by fertilizer management for the cultivation of rice under varied growing seasons.* Environmental Research, 2021. 197: p. 111156.
6. Liu, N., et al., *Characteristics of denitrification genes and relevant enzyme activities in heavy-metal polluted soils remediated by biochar and compost.* Science of the Total Environment, 2020. 739: p. 139987.
7. Delgado-Moreno, L., et al., *Innovative application of biobed bioremediation systems to remove emerging contaminants: Adsorption, degradation and bioaccesibility.* Science of the Total Environment, 2019. 651: p. 990-997.
8. Sanchez-Hernandez, J.C., X.A. Cares, and J. Domínguez, *Exploring the potential enzymatic bioremediation of vermicompost through pesticide-detoxifying carboxylesterases.* Ecotoxicology and Environmental Safety, 2019. 183: p. 109586.
9. Palsania, J., et al., *Effect of moisture content variation over kinetic reaction rate during vermicomposting process.* Applied Ecology and Environmental Research, 2008. 6(2): p. 49-61.
10. Meena, K. and B. Renu, *Vermitechnology for sewage sludge recycling.* Journal of Hazardous Materials, 2009. 161(2/3): p. 948-954.
11. Garg, V. and R. Gupta, *Effect of temperature variations on vermicomposting of household solid waste and fecundity of Eisenia fetida.* Bioremediation Journal, 2011. 15(3): p. 165-172.
12. Atalia, K., et al., *A review on composting of municipal solid waste.* Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, 2015. 9(5): p. 20-29.
13. Gabreala, A., *Physico-chemical and Microbiological Composition of Composts from Bucharest Municipal Waste.* 2010.
14. Jackson, M., *Soil chemical analysis prentice Hall.* Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1958. 498: p. 183-204.
15. Albaladejo Montoro, J., et al., *Effects of organic composts on soil properties: Comparative evaluation of source-separated and non source-separated composts.* 2009.
16. AlaaAddin, Hassan and Talal Amin (1998). Wood waste and its future prospects for use in forest nurseries as agricultural mediums. Tishreen University Journal for Scientific Studies and Research, Agricultural Sciences Series. 20(8): 105-120.