جامعـــة تشـــرين

كلية الهندسة المدنية

قسم الهندسة البيئية

التخمير المشترك للحمأة مع النفايات النباتية

رسالة علمية أعدت لنيل درجةالماجستير في الهندسة المدنية

اختصاص الهندسة البيئية

إعدادالطالبة:

نواره عباس

بإشراف

د.حسين جنيدي

د.هيثم جناد

العام الدراسي

2013-2012

قُدّمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجةالماجستير في قسم البيئة من كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين

This thesis has been submitted as a partial fulfillment of the requirement for the degree of master in Engineering Department at the Faculty of Civil Engineering, Tishreen University.

تصريح

أُصرّح بأنّ هذا البحث " **التخمير المشترك للحمأة مع النفايات النباتية**" لم يسبق أن قُبل للحصول على شهادة، ولا هو مُقدّم حالياً للحصول على شهادة أخرى.

اسم **المُرشّح**

نواره نبيل عباس

التوقيع .....

تاريخ: / /2008

DECLERATION

This is to declare that, this work " **Co-compost Of The Sludge With Plant Waste**" has not been being submitted concurrently for any other degree.

Candidate name

Nawarh Abbas

Date: 28 / 2 / 2013

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 2013 /2/28 وأُجيزت.

لجنة الحكم:

الدكتور: عادل عوض

التوقيع .....

الأستاذ في قسم الهندسة البيئية، اختصاص تخطيط مدن، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين

الدكتورة: هناء سلمان

التوقيع .....

الأستاذ المساعد في قسم الهندسة البيئية: اختصاص محطات معالجة، قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين

الدكتور: حسين جنيدي

التوقيع.....

المدرس في المعهد العالي لبحوث البيئة، اختصاص تصميم محطات معالجة، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين

كلمة شـــــكر

ACKMOWLEDGMENT

الشكر إلى قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– وزارة التعليم العالي– الجمهورية العربية السورية.

والشكر الخاص لهيئة الإشراف المؤلفة من السيد الدكتور حسين جنيدي والسيد الدكتور هيثم جناد

لما قدماه من توجيه ودعم خلال إنجاز هذا البحث.

الإهداء

DEDICATION

شهادة

نشهد بأنّ هذا العمل الموصوف في هذه الرسالة "**التخمير المشترك للحمأة مع النفايات النباتية**" هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة السيدة **نواره عباس** بإشراف الدكتور حسين جنيدي (المدرس في المعهد العاي لبحوث البيئة بجامعة تشرين، اللاذقية، سورية) والدكتور هيثم جناد (المدرس بكلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين، اللاذقية، سورية)، **وإنّ أي** مرجع ورد في هذه الرسالة موثّق في النص.

المُرشّح	**بإشراف**	
نواره عباس	**د.حسين جنيدي**	**د.هيثم جناد**
التوقيع	التوقيع	التوقيع .....

تاريخ: 28 / 2 /2013

CERTIFICATION

It is hereby certified that, the work described in this thesis " **Co-compost Of The Sludge With Plant Waste**" is the results of MIS Nawarh Abbas own investigations under the supervision of Dr Hussien Juniedi, and Dr Haetham Jnad, and any reference of other researchers work has been duly acknowledged in the text.

Candidate	Supervisors	
Nawarh Abbas	Dr. Hussien Juniedi	Dr. Haetham Jnad

- الطرق المتوفرة للتخلص النهائي: الطمر و الحرق.
- المنتجات التي يمكن أن تصنع من الحمأة: مثلا:استخدامها في الإسمنت أو صناعة الحجر.
- التشريعات والمتطلبات القانونية والبيئية.
- موقع محطة معالجة الحمأة.
- مواصفات التربة.
- التطور التكنولوجي المتوفر.
- الكلفة المادية [8].

1- 4- 3- 1- الحدود القانونية:

تعتبر التشريعات والقوانين من العوامل الأساسية المؤثرة على اختيار طرق معالجة الحمأة والتخلص منها، وذلك من خلال:

- المعايير والتشريعات الخاصة بالتخلص من الحمأة و استخدامها في الزراعة أو كسماد من أجل استصلاح الغابات، وشروط الطمر.
- المعايير والشروط الخاصة بالإنبعاثات الناتجة عن محارق الحمأة.
- المعايير والشروط الخاصة لمصبات محطات المعالجة، والتي بدورها تؤثر على كمية ونوعية الحمأة الناتجة.

1- 4- 3- 2- الكلفة:

تعتبر الكلفة عنصر مهم في تحديد طريقة معالجة الحمأة، والتي تتفاوت بشكل كبير اعتمادا على الشروط المحلية وحجم منشأة المعالجة.

من أجل إجراء ومقارنة صحيحة بين طرق معالجة الحمأة و تحديد أفضلها يجب أخذ التكاليف السنوية العامة بعين الاعتبار والتي تتأثر بثلاثة مكونات أساسية:

1- رأس المال الأساسي: يعتمد على المبلغ الذي سيستثمر، طريقة التمويل، قيمة الفائدة على رأس المال المقترض.

2- **تكاليف التشغيل**: يتضمن تكاليف الطاقة، المواد الكيميائية، الصيانة، رواتب الموظفين، الضرائب والتأمينات.

3- تكاليف إعادة استخدام أو التخلص النهائي من المنتج النهائي للمعالجة أو من المخلفات وبقايا المعالجة.

1- 4- 4- ميزات التخلص المشترك (المعالجة المشتركة) للحمأة مع المخلفات العضوية:

تتميز المعالجة البيوحرارية المشتركة لحمأة مياه الصرف الصحي مع المخلفات العضوية الصلبة بمايلي:

1- تسمح بتسريع عملية تحلل المواد العضوية نتيجة الإشباع المتبادل بالعناصر، التي تزيد من فعالية عملية التحلل، وبشكل خاص تحسين نسبة الكربون إلى الآزوت C/N.

2- تؤدي إلى زيادة مسامية حمأة مياه المجاري وتقليل نسبة المواد الخاملة (الزجاج، الرمل والمواد الأخرى).

3- تسمح باختصار المساحات اللازمة لحفظها وتقليل عدد العمال.

4- يتم توفير استخدام الطاقة، حيث تتم معالجة الحمأة بعملية التحلل البيوحراري دون الحاجة إلى وسائل وتجهيزات خاصة (غرف التجفيف) [9].

1- 4- 5- الحلول الآمنة لمعالجة الحمأة والتخلص منها:

الشكل (1- 1) يوضح أهم طرق التخلص من الحمأة ومعالجتها من أجل استخدامها في مجال الزراعة [10].

الشكل(1- 1) الحلول الآمنة لمعالجة الحمأة والتخلص منها

1- 5- النفايات النباتية:

بالإضافة إلى وجود الحمأة فإن النفايات الزراعية الخشبية والخضراء متوفرة بكثرة في المنطقة الساحلية وهذا يعتبر من أهم الأسباب الرئيسة التي تدعونا للبحث في إمكانية الاستفادة منها وإعادة استخدامها من خلال معالجتها مع المخلفات الناجمة عن عمل محطات معالجة مياه الصرف الصحي (الحمأة) التي تعتبر أحد أهم إشكاليات عمل محطات المعالجة.

وقد جهد العديد من الباحثين لإيجاد الحل الأمثل في التخلص من المخلفات والبقايا النباتية للمحاصيل الزراعية، وذلك من خلال إعادة استخدامها بشكل مفيد لتلافي مضار بقائها في الحقول، تظهر هذه المشكلة بشكل جلي في المناطق التي تزرع فيها أنواع محددة من المحاصيل بشكل واسع ، والتي ينتج عن زراعتها تراكم كميات كبيرة من البقايا النباتية ، حيث أشير إلى أن ترك مخلفات المحاصيل الزراعية على تخوم الحقول يسبب العديد من المشاكل إذ إنها يمكن أن تكون مصدرا للإصابة بالعديد من الآفات الحشرية والديدان للمحاصيل المزروعة في تلك الحقول ، كما أن حرقها قد يسبب أزمة بيئية [11].

كما حضت العديد من الدراسات على تجنب حرق هذه البقايا النباتية حيث أن حرق مخلفات المحاصيل يمكن أن يؤدي إلى ضياع 80% من الآزوت و 25% من الفوسفور و 21% من البوتاسيوم و(4- 60)% من الكبريت والتي يمكن أن يعاد استخدامها في أنظمة الزراعة هذا فيما عدا التلوث البيئي الذي يمكن أن يحدثه الحرق . إضافة إلى الأضرار التي يمكن أن يسببها لأحياء التربة [12- 15].

إن المخلفات والبقايا العضوية هي عبارة عن مواد قابلة للتدوير لتكون مصدرا مفيدا وقابلا " للاستخدام، وذلك من خلال تخميرها وتحويلها لسماد عضوي صناعي ، وبالتالي فإن هذه العملية تعتبر نوعا" من أنواع إدارة المخلفات لتتحول إلى شكل يمكن تداوله وتخزينه، وإضافته دون التأثير على البيئة المحيطة[16].

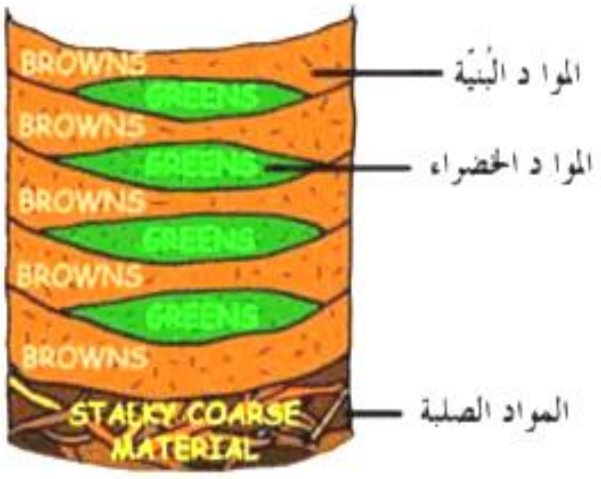
ونوه Sangakkara et al،(2005) إلى ضرورة إدخال المخلفات النباتية في أنظمة التسميد العضوي، وبأن هذه العملية تعتبر مطلبا هاما في المناطق الحارة ، حيث تفقد المادة العضوية بسرعة في ترب تلك المناطق بسبب تمعدنها السريع في تلك الظروف [17].

كذلك أشير إلى إمكانية الاستفادة من مخلفات المحاصيل، وذلك بخلطها مع فضلات الحيوانات، أو إضافتها للتربة مع بداية الشتاء لتحسين مستوى المادة العضوية، وقد بينت أبحاثهم أن هذه العملية قد ساهمت في زيادة إنتاجية المحاصيل المزروعة بعد إضافة هذه المخلفات بالطرق السابقة [18].

ويحدد عامر (1999) الظروف التي يمكن أن يتم فيها إنتاج سماد عضوي صناعي من المخلفات النباتية، وذلك بتخميرها بشروط معينة مثل تأمين رطوبة بحدود 50 -60%، وتهوية للمخلفات عن طريق التقليب بشكل مستمر، كما أشار إلى ضرورة إضافة الآزوت إلى المخلفات النباتية التي ترتفع فيها نسبة الكربون العضوي إلى الآزوت (C:N) عن (30:1) مع إضافة مخلفات حيوانية كمصدر ميكروبي لتسريع التحلل، وإضافة الفوسفور بنسبة بسيطة بحدود 1% للتقليل من الفقد الآزوتي، ولعدم قدرة الكائنات الدقيقة على تثبيت هذا العنصر [19].

1- 5- 1- المواد المستخدمة لصنع السماد:

يبين الشكل (1- 2): المواد النباتية المستخدمة لصنع السماد.



الشكل (1– 2) المواد المستخدمة لصنع السماد العضوي

– المواد الغنية بالنتروجين(المواد الخضراء): الخضراوات، فضلات الطعام، الأعشاب الضارة، قشر البيض، روث الحيوانات وغيرها.

– المواد الغنية بالكربون(المواد البنية): أوراق الأشجار، القش، الورق العادي، قطع الخشب الصغيرة، نشارة الخشب وغيرها [14].

1– 6– السماد العضوي:

تتبع الأسمدة العضوية في التصنيف السمادي مجموعة الأسمدة المركبة التي تحوي على أكثر من عنصر غذائي من العناصر N P K.

ويختلف مفهوم السماد العضوي عن مفهوم المادة العضوية غير المتخمرة ، حيث إن السماد العضوي عبارة عن مخلفات عضوية تناولتها الجراثيم والميكروبات بشيء من التحلل والتفكيك ، وبذلك فهي تحوي العناصر الغذائية في درجات مختلفة من الصلاحية للامتصاص [20].

يشمل مفهوم السماد العضوي مايلي:

أ – الأسمدة البلدية: وهي عبارة عن المخلفات الصلبة والسائلة المجموعة في مراكز تربية الحيوان الزراعي، والتي تترك لتتخمر بشكل بطيء ليتم استخدامها زراعيا.

ب –الأسمدة الخضراء: وه ي مصطلح يطلق على زراعة بعض المحاصيل بقصد قلبها في التربة وبشكل خاص التغذية الآزوتية.

ت –سماد القمامة: وهو ناتج تخمر الفضلات التي تطرحها المدن يوميا من المنازل والمطاعم والمتاجر، وتختلف كميتها من مدينة لأخرى.

ث –سماد المجاري: هو ناتج عملية معالجة مياه الصرف الصحي، ويتم استخدامها كسماد عضوي.

ج –سماد التورب: وهو عبارة عن شكل من الأسمدة العضوية ناتج عن بقايا مستنقعية أو بقايا نباتات نامية في الأحواض المائية، هذه البقايا تحللت أو تخمرت في ظروف لاهوائية وهي مخلفات غير كاملة التحلل نتيجة الظروف اللاهوائية والرطوبة العالية. يزداد معدل استخدام التورب وخاصة في المشاتل والبيوت البلاستيكية وفي إنتاج نبات الزينة [21].

ح – السماد العضوي الصناعي: قدم العديد من الباحثين مجموعة من التعاريف لمفهوم السماد العضوي الصناعي (الكومبوست) وعملية تصنيعه خلال عملهم على إنتاج هذه المادة من مصادر مختلفة للمخلفات العضوية. يعرف Portues عملية إنتاج السماد العضوي الصناعي بأنها العملية التي يتم فيها التحكم بظروف التحلل مما يسمح للكائنات الدقيقة بتفكيك المادة العضوية والحصول على مادة نهائية ثابتة يمكن استخدامها لتحسين التربة وللتخلص من المخلفات المتراكمة التي يصعب التخلص منها [22].

أما Rynk(1992) فيعتبر أن المسؤول الأساسي عن عملية إنتاج السماد العضوي الصناعي هو الكائنات الدقيقة التي تقوم بتحليل الأجزاء العضوية وتحويلها إلى مادة تشبه التربة [23].

Gajdos وآخرون 1992 عرفوا الكومبوست أنه العملية الحيوية التي تتحلل فيها المادة العضوية عن طريق مجموعة متعاقبة من الكائنات الدقيقة، و بأنها الطريقة السليمة للتخلص من المخلفات العضوية لاستنباط محسنات تربة عضوية [24].

1- 6- 1- فوائد السماد العضوي:

تؤثر المادة العضوية في العديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة، فهي تكسبها لونا داكنا يجعلها أكثر قدرة على امتصاص الحرارة ، وبالتالي يمكن أن توفر ظروف حرارية أفضل للمجموع الجذري وللبذور في مرحلة الإنبات، كما يمكن أن تمتص كميات كبيرة من الماء بفضل المركبات الدبالية الشرهة للمياه والتي يمكن أن تمتص في جو مشبع حوالي 80 –90% من وزنها ماء مقارنة مع القدرة الامتصاصية للطين التي تبلغ 15 –20%، وهذا يحسن احتفاظ التربة بالرطوبة [25]، ويشير Hansen وآخرون بدراسة عام 2001 إلى أن الأحماض العضوية تؤثر على الخصائص الفيزيائية للتربة، حيث تزيد من درجة تحببها وبالتالي تزيد من نفاذيتها وتحسن تهويتها، ومن تنفس الجذور ونشاط الكائنات الدقيقة، وتحسن من صرف الأتربة الطينية [26].

من الناحية الكيميائية، تشكل مركبات المادة العضوية معقدات مستقرة مع الكاتيونات بحيث تصبح هذه الكاتيونات متاحة بدرجة أكبر للنباتات الراقية، كما أن ضعف ذوبان المادة العضوية بالماء يقلل من احتمال فقد هذه العناصر بالإنغسال الناتج عن الأمطار أو الري.

تملك المادة العضوية تأثيراْ مباشراْ وغير مباشر على إتاحة العناصر الغذائية الأخرى، وذلك عبر تمعدنها بالتربة بواسطة أحياء التربة الدقيقة، كما تؤثر المادة العضوية على التزود بالآزوت من المصادر الأخرى، حيث أنها تمثل مصدر الطاقة للكائنات المثبتة للآزوت والتي يتأثر نشاطها بكمية الطاقة الموجودة في المادة العضوية على شكل كربوهدرات. تؤثر المادة العضوية في السعة التبادلية الكاتيونية للتربة حيث يمكن أن تزيد هذه السعة بحدود 20 –70% عما هي في الطين [27].

تبدأ المخلفات العضوية بالتحلل بفعل النشاط الحيوي لمجموعات عديدة من الأحياء الدقيقة ، حيث تخضع لأكسدة أنزيمية بفعل تلك الأحياء. النواتج الأساسية لهذه الأكسدة هي غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 والماء والطاقة، وتتحرر العناصر المعدنية الكبرى من آزوت وفوسفور وكبريت أو تتثبت عبر سلسلة من التفاعلات الخاصة بكل عنصر [28]، كما أنه يؤمن العناصر الغذائية الإضافية للنبات وذلك بسبب احتوائه على النتروجين 1.2% فوسفور 0.7%، بوتاسيوم 1.3%.

1- 7- طرق الحصول على الكومبوست:

ويمكن الحصول على الكومبوست بطريقتين:

1- طريقة التخمي البطيئ.

2- طريقة التخمي السريع.

- التخمي البطيئ: تقطع المادة العضوية بآلات خاصة وتفرز، وتكوم المادة القابلة للتخمر في أكوام مثلثية قاعدتها بعرض (4- 5) م وارتفاعها(2- 2.5) م توضع الأكوام بطريقة طولانية موازية لاتجاه الريح للتعرض للهواء بشكل جيد وتكون المسافة بين الكومة والأخرى 4 متر حتى تسهل حركة الآليات اللازمة للتقليب.

- التخمير السريع:

هناك أساليب عديدة ومتنوعة لتسريع عملية التخمي وأهمها:

  - البراميل الدوارة:

تتألف من براميل معدنية أسطوانية الشكل تدور ببطء (24) ساعة في اليوم، تغذى البراميل بالمادة العضوية ، كما يضاف إليها الماء والهواء أثناء عملية الدوران تبقى المادة

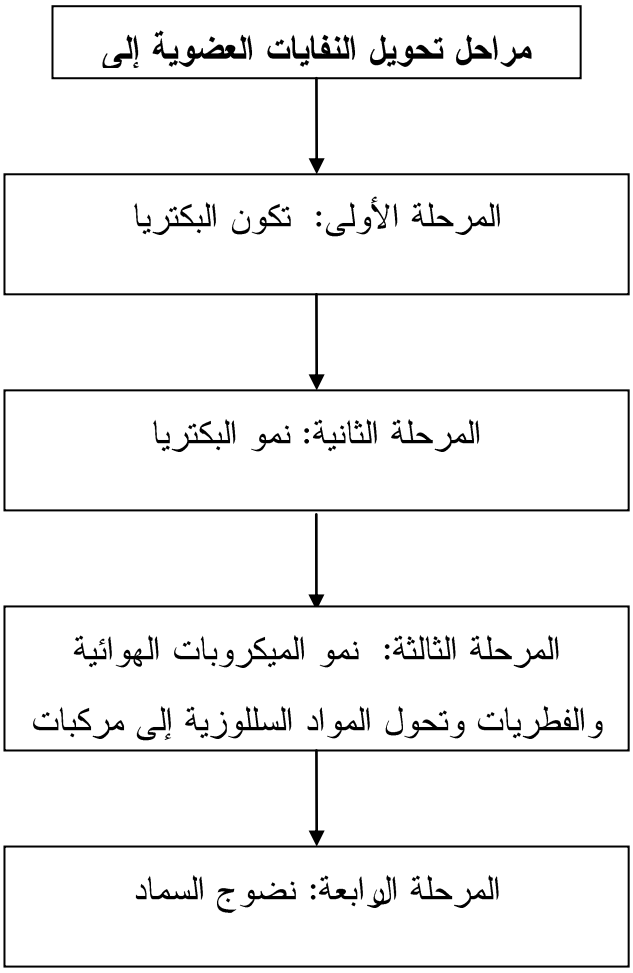
العضوية داخلها مابين (3- 4) أيام حتى تبدأ عملية التخمي والتعقيم (قتل الجراثيم ويرقات الذباب) ثم تكوم المواد المتخمرة على أرض صلبة وتقلب بآلات خاصة.

- طريقة التقليب والتهوية بالهواء المضغوط:

تطحن المواد العضوية بآلات الطحن ، ثم تفرز وتغربل للتخلص من المواد غير المرغوب بها. توضع المواد المطحونة على أرض من البيتون المسلح ، ثم تمرر تحتها أنابيب هوائية تضخ الهواء إلى المادة العضوية حيث تقلب بآلات خاصة، ويضخ إليها الهواء عن طريق الأنابيب الهوائية لتأمين الأكسجين اللازم للبكتريا الهوائية. تبقى المادة العضوية 6 أسابيع حتى تنضج وتستخدم فيما بعد للأعمال الزراعية كمحسن للتربة[9].

1- 8- مراحل عملية تحويل النفايات العضوية إلى سماد:

كل الطرق المستخدمة في عملية التحويل إلى سماد في الوقت الحاضر تهدف إلى المحافظة على التهوية خلال العملية، والكثير من أنواع الكائنات الحية الدقيقة تساعد على ذلك كالجراثيم ، وهي المسيطرة في كل المراحل والفطريات التي غالبا ما تظهر بعد الأسبوع الأول ، وتتألف هذه العملية من أربع مراحل [29]: ويبين الشكل (1- 3): مراحل تحويل النفايات العضوية إلى سماد.



الشكل (1- 3): مراحل تحويل النفايات العضوية إلى سماد

المرحلة الأولى:

مرحلة تكون البكتريا وتستمر حوالي يوم واحد، حيث تبدأ العملية في درجة الحرارة العادية لنشاط الجراثيم التي تساعد على أكسدة الكربون وتحوله إلى ثاني أكسيد الكربون مما ينتج عنه إطلاق كمية كبيرة من الحرارة وغالبا ما تصل درجة حرارة النفايات إلى(45) درجة مئوية خلال يومين وهذا يمثل حد الحرارة المحتملة لدى الجراثيم.

المرحلة الثانية:

وهي مرحلة نمو البكتريا وتتميز بارتفاع درجة الحرارة لتصل إلى حوالي (55 -75) درجة مئوية.

المرحلة الثالثة:

في هذه المرحلة تستمر الحرارة بالارتفاع ، وتنمو الميكروبات الهوائية والفطريات التي تتحول فيها المواد السيللوزية إلى مركبات بسيطة خلال هذه المرحلة ، ونتيجة لارتفاع الحرارة فإن كثيرا من

الميكروبات الضارة ويرقات الذباب تموت ، ولذلك تعتبر هذه المرحلة مرحلة تعقيم ذاتي للنفايات العضوية شريطة أن تكون عملية التخمير متجانسة بحيث نحرص على أن تتعرض مجمل المادة المتخمرة إلى الحرارة السابقة بحيث يتم القضاء على العوامل الممرضة.

المرحلة الرابعة:

مرحلة نضوج السماد (compost) وتتميز بثبات درجة الحرارة وتستمر من (6- 12) أسابيع. وتعتمد الفترة اللازمة للنضوج على الأسلوب المتبع ففي حال إتباع أسلوب متسارع فإن الفترة الزمنية تنخفض إلى النصف (ستة أسابيع) [29].

1- 9- الاعتبارات التصميمية والتشغيلية في عملية تحويل النفايات العضوية إلى محسنات التربة:

الاعتبارات الأساسية التصميمية في عملية التحلل الحيوي الهوائي للنفايات الصلبة المعدة للمعالجة عديدة منها أبعاد المواد المعدة للتحويل، معدل الرطوبة، والإعدادات لعملية التحويل إلى كومبوست ليست بالأمر السهل، خاصة إذا كان المطلوب الوصول إلى منتجات مثالية، لهذا السبب فإن أكثر عمليات التحويل التجارية إلى كومبوست التي تطورت تتصف بأنها ذات ميكانيكية عالية، وتتم بوساطة وسائل تصميمية خاصة [30].

1- أبعاد مواد النفايات المعدة للتحويل:

معظم المواد التي تمثل المكونات العضوية للنفايات الصلبة البلدية غير منتظمة الشكل، يمكن أن يقلل من عدم انتظام الشكل باللجوء إلى تقطيع المواد العضوية قبل تحويلها ، مع العلم أن أبعاد المادة المعدة للتخمير تؤثر في الكثافة والاحتكاك الداخلي وخصائص الجريان وقوى مقاومة المواد، بالإضافة إلى ذلك إن تصغير الأبعاد يزيد من سطوح التماس مع الهواء ، وبالتالي يزيد من معدل التفاعل البيوكيميائي خلال عملية التحويل إلى كومبوست.

الأبعاد المرغوبة في عملية التحويل هي أقل من 5 سم، لكن يمكن تطبيق التحويل على مواد ذات أبعاد أكبر من 5 سم، والذي يحدد الأبعاد (متطلبات المنتج النهائي، والاعتبارات الاقتصادية). منوهين إلى ضرورة مراعاة التهوية الجيدة وإمكانية الترطيب عندما تكون الأبعاد صغيرة.

2- نسبة الكربون إلى النتروجين في النفايات المعدة للمعالجة:

ولهذه النسبة تأثير أساسي على عملية التحويل فالكائنات الحية الدقيقة بحاجة للآزوت لتكاثرها ، وتستخدم الكربون الحيوي كمصدر للطاقة.

المجال الأمثل لمعظم النفايات العضوية يقع ضمن المجال من 20 إلى 30.

إن حمأة محطات معالجة مياه الصرف الصحي تكون فيها نسبة الكربون إلى النتروجين أ صغر من 20، في حين أن نفايات الحدائق والساحات المكشوفة مثل أوراق الأشجار والجرائد فيها النسبة أكبر من 30، وبالتالي فإن مزجهما يحقق النسبة المطلوبة. ويوضح الجدول (1- 1) نسبة الكربون إلى النتروجين لبعض المواد.

الجدول (1- 1) يوضح نسبة الكربون إلى النتروجين لبعض المواد [12]:

المادة	N%	نسبة C/N
روث الحيوانات		
روث البقر	1.7	18
روث الحصان	2.3	25
روث الطيور الداجنة	6.3	15
روث الخراف	3.75	22
حمأة		
حمأة منشطة مهضومة	1.88	15.7
حمأة منشطة خام	5.8	6.3
خشب وتبن		
نشارة خشب خام	0.13	170
تبن الشوفان	1.05	48
نشارة الخشب	0.1	500- 200
تبن القمح	0.3	128
خشب الصنوبر	0.07	723
نفايات الساحات والحدائق		
قصاصات العشب	2.15	20.1
أوراق (متساقطة حديثا)	1- 0.5	80- 40

3- درجة الرطوبة:

إن الرطوبة ضرورية لفعالية المعالجة البيولوجية للنفايات ، فهي تؤمن انتقال الغذاء إلى الأحياء الدقيقة. تتراوح درجة الرطوبة المثلى بين 45% و65%. إذا كانت رطوبة النفايات أدنى من 40% فيلزم رفعها حتى لا يصبح معدل التحويل بطيئاً، وتتم زيادة الرطوبة إما عن طريق رش الماء أو إضافة الحمأة الناتجة عن محطة تنقية معالجة مياه الصرف الصحي، بينما إذا زادت نسبة الرطوبة عن 70% فإن المياه تطرد الهواء المتواجد في كتلة النفايات، وبالتالي لا تتوفر كمية الأكسجين الكافية لإنجاز عملية التحلل الهوائي ولا ترتفع درجة الحرارة ضمن كتلة النفايات إلى الحد الذي يقضي على الجراثيم الممرضة الموجودة في النفايات.

4 - الدمج:

يؤثر على عملية الدمج عاملان تصميميان هما محتوى الرطوبة ونسبة C/N. حيث يوجد تحاليل مخبرية مطلوبة لتحديد كيف يجب أن تدمج المواد العضوية من أجل التسميد الهوائي.

إذا كان الجزء العضوي للنفاية يحوي كميات كبيرة من الورق أو مواد أخرى غنية بالكربون ومواد عضوية أخرى مثل النفايات النباتية أو السماد أو الحمأة الناتجة من محطات المعالجة لمياه الصرف الصحي يمكن أن تدمج لتحضير نسبة قريبة من C/N المثلى.

بشكل مشابه فإن المواد الرطبة جدا والجافة جدا يمكن أن تدمج بنسب مناسبة للحصول على محتوى رطوبة أمثل من أجل التسميد الجيد.

5- المزج والتقليب:

إن المزج البدائي للنفايات العضوية ضروري ليزيد أو يقلل من محتوى الرطوبة إلى المستوى الأمثل، ويمكن أن يستخدم المزج ليحقق توزيعا موحدا أكثر للمغذيات والأحياء المجهرية، إن تقليب المادة العضوية أثناء عملية التسميد عامل فعال وهام جدا في الحصول على نشاط هوائي.

6 - درجة الحرارة:

إن الأحياء الدقيقة المسؤولة عن تحويل النفايات إلى محسنات التربة أليفة لدرجات الحرارة العالية Thermophilic، وتؤمن درجة الحرارة العالية من (60 – 70 درجة مئوية) بفضل التحلل الهوائي للنفايات وتمعدن المواد العضوية في نظامي التخمير للكومة الساكنة المشبعة بالهواء والتسميد الوعائي. يمكن أن تنظم الحرارة عن طريق مراقبة درجة الحرارة وضبط مجرى الهواء في نظام

تخمير الكومات، ويمكن ضبط الحرارة بشكل غير مباشر عن طريق تنويع تكرار التقليب المعتمد على قياس درجة الحرارة.

بعد أن تصل درجة الحرارة في كتلة النفايات إلى حوالي 70 درجة مئوية تميل إلى الانخفاض التدريجي وتواصل عملية التحلل فعلها التحليلي ببطء حيث تبدأ المواد الصعبة التحلل مثل الخشبين بالتحلل.

7- ضبط الممرضات(القضاء على الأحياء الممرضة وبذور الأعشاب الضارة):

إن موت الأحياء الممرضة يتبع لدرجة الحرارة ولمدة التعرض لهذه الدرجة من الحرارة ، كمثال بكتريا السالمونيلا التيفية التي لا تنمو إذا زادت درجة الحرارة عن 46 مئوية، وتموت خلال 30 دقيقة عندما تتعرض لدرجة حرارة بين 55 و 60 مئوية، ويقضى عليها خلال عشرين دقيقة فقط عندما تزيد درجة الحرارة عن 60 مئوية، و بكتريا الأشيرشيا الكولونية تموت خلال ساعة في درجة حرارة 55 مئوية وتموت خلال عشرين دقيقة في درجة حرارة 60 مئوية، أما بيوض ديدان الأسكاريس فإنها تموت خلال مدة أقل من ساعة عند تعرضها لدرجة حرارة أكثر من 50 مئوية، ويبين الجدول (1 – 2) يبين درجات الحرارة والزمن المطلوب للتعرض لبعض الممرضات الشائعة والطفيليات للقضاء عليها.

الجدول (1 – 2) يبين درجات الحرارة والزمن المطلوب للتعرض لبعض الممرضات الشائعة والطفيليات للقضاء عليها [31، 32]:

الكائن الحي	الملاحظات
بكتيريا الحمى التيفية	لا تنمو بعد درجة حرارة 46، الموت خلال 30 دقيقة عند درجة حرارة (60– 55) درجة مئوية، وخلال 20 دقيقة عن درجة حرارة60°C، وتدمر بوقت قصير في بيئة السماد.
بكتريا السلمونيلا	الموت خلال ساعة واحدة عند درجة حرارة 55°C، وخلال (15 –20) دقيقة عند درجة حرارة 60°C.
بكتريا الشيغيلا	الموت خلال ساعة واحدة عند درجة حرارة 55°C.
اشيريشيا كولاي	غالبا تموت خلال ساعة واحدة عند درجة حرارة 55°C وخلال (15 –20) دقيقة عند درجة حرارة 60°C.
أنتامويبا هستوليتيكيا	الموت خلال عدة دقائق عند درجة حرارة 45°C وخلال عدة ثواني عند درجة حرارة 55°C.
تريشينيلا سبيراليز لافي	تقتل بسرعة عند درجة حرارة 55°C

بكتريا الأجهاض	الموت خلال ثلاث دقائق عند درجة حرارة °C(62 –63) وخلال ساعة واحدة عند درجة حرارة °C55.
بكتريا الدفتريا	الموت خلال 45 دقيقة عند درجة حرارة °C55.
بيوض الأسكاريس(حيات البطن)	الموت خلال أقل من ساعة عند درجة حرارة فوق °C 50.
بكتريا السل	الموت خلال(15 –20) دقيقة عند درجة حرارة °C66، أو بعد مدة مؤقتة عند درجة حرارة °C67.
بيوض الديدان المعوية	الموت خلال أقل من 15 دقيقة عند درجة حرارة °C60.

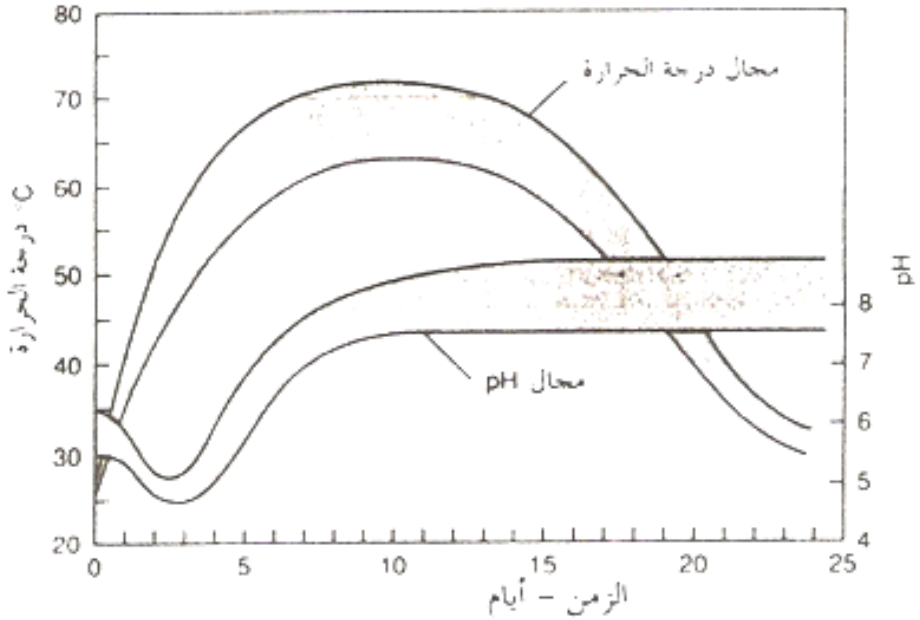
من الجدول السابق يتضح أن معظم الممرضات ستموت بسرعة عندما تتعرض لدرجة حرارة حوالي 55° C ويمكن للقليل منها أن يعيش عند درجة حرارة فوق °C 67 لفترة قصيرة من الزمن.

ومعظم الدراسات تؤكد أنه عند تأمين التهوية والتقليب الجيد والشروط الملائمة لعملية التخمير ستتراوح درجة الحرارة في الأيام الأولى ما بين (60 –70) درجة مئوية [12].

8 – ضبط قيمة الـ pH:

إن ضبط قيمة الـ pH هو مقياس هام في تقييم البيئة الجرثومية وتثبيت النفاية ، وإن قيمة الـ pHللنفايات مثلها مثل درجة الحرارة تتغير مع زمن التحلل والتحويل أثناء عملية التسميد.

يستحسن أن يكون pH المواد العضوية معتدلا أو في مجال يتراوح بين (6.5 –8.5) ففي خارج هذا المجال يضعف نشاط الأحياء الدقيقة المحللة، لذلك يفضل ألا تحتوي المواد العضوية على مركبات حامضية أو قلوية. إن الـ pH للمادة المسمدة سيختلف وفقا للشكل (1– 4)، وينخفض ال pH في الأيام القليلة الأولى للتسميد إلى 5 أو أقل، وفي هذه الحالة تكون الكتلة العضوية عند درجة حرارة الجو ، وتبدأ الأحياء العضوية الأليفة الاعتدال بالتكاثر وترتفع درجة الحرارة بسرعة. في هذه المرحلة البدائية تنتج أحماض عضوية بسيطة تسبب هبوطا في الـ pH، بعد حوالي ثلاثة أيام تعود الـ pH للارتفاع إلى 8 أو 8.5 تقريبا من أجل المتبقي من العملية الهوائية. ثم تهبط قيمة ال ـ pH بشكل طفيف أثناء مرحلة التبريد وتصل إلى قيمة بمعدل 7 –8 في السماد الناضج، إذا كانت درجة الإشباع الهوائي غير كافية ستحدث شروط لا هوائية، وبذلك يهبط الـ pH إلى حوالي 4.5 وتثبط عملية التسميد.



الشكل(1 –4): يبين تغير درجة الحرارة والأس الهيدروجيني تبعا لزمن التحلل الهوائي [30].

9- درجة التفكك (التحلل):

لا يوجد أسلوب أو طريقة موحدة لقياس درجة التحلل، ومع ذلك فقد تم التوصل لعدة مؤشرات:

1- الهبوط النهائي في درجة الحرارة.

2- كمية التحلل والمادة العضوية المقاومة في المادة المخمرة.

3- الارتفاع في كمون الريدوكس(الأكسدة والإرجاع).

4- استهلاك الأكسجين.

5- نمو فطر الشيتوميوم غراسيليس.

10- ضبط الرائحة:

تنتج أغلب مشاكل الرائحة في عمليات التحويل إلى كومبوست بسبب تطور ظروف لا هوائية ضمن كتلة النفايات أثناء تحللها ، ومن الشائع وجود قطع من المجلات أو الكتب، و بلاستيك في النفايات المعدة للتحويل . هذه المواد تحتاج إلى فترة طويلة حتى تتحلل، وعلاوة على ذلك فإن الأكسجين لا يكون كافيا في مركز هذه المواد وستنشأ ظروف لا هوائية يرافقها إنتاج حموض عضوية العديد منها له رائحة قوية . لتقليل مشاكل الرائحة يلزم تقليل أبعاد المواد المعدة للتحويل وإزالة البلاستيك والمرفوضات الأخرى غير القابلة للتحلل.

11- احتياجات الهواء:

في العمليات المصحوبة بتهوية قسرية مثل الأكوام الساكنة المهواة والمفاعلات البيولوجية، يكون احتياج الهواء الكلي ومعدل تدفق الهواء معاملان أساسيان في التصميم ، وسنبين طريقة تحديد احتياج الهواء في التحويل إلى محسنات التربة.

بإهمال وجود الكبريت فإن المواد العضوية المعدة للتحويل إلى كومبوست تعطى بالصيغة $C_aH_bO_CN_d$، وباعتبار أن المنتوج النهائي يعطى بالصيغة $C_wH_xO_yN_z$ فإن كمية الأكسجين اللازمة لتحقيق التثبيت الهوائي للمكونات العضوية بالمعادلة التالية:

$$C_aH_bO_CN_d + 0.5(ny+2s+r- c)\ O_2 \rightarrow C_wH_xO_yN_z + s\ CO_2 + r\ H_2O + (d-nx)\ NH_3$$

حيث

a:عدد ذرات الكربون الداخل. : bعدد ذرات الهيدروجين الداخل.

c:عدد ذرات الأكسجين الداخل. : dعدد ذرات الآزوت الداخل.

w: عدد ذرات الكربون الناتج. : x عدد ذرات الهيدروجين الناتج.

y: عدد ذرات الأكسجين الناتج. : z عدد ذرات الآزوت الناتج.

$r = 0.5\ (b - nx - 3(d - nz)$ $s = a - nw$

إذا تم التحويل الكامل للمادة العضوية فإن الصيغة الموافقة هي:

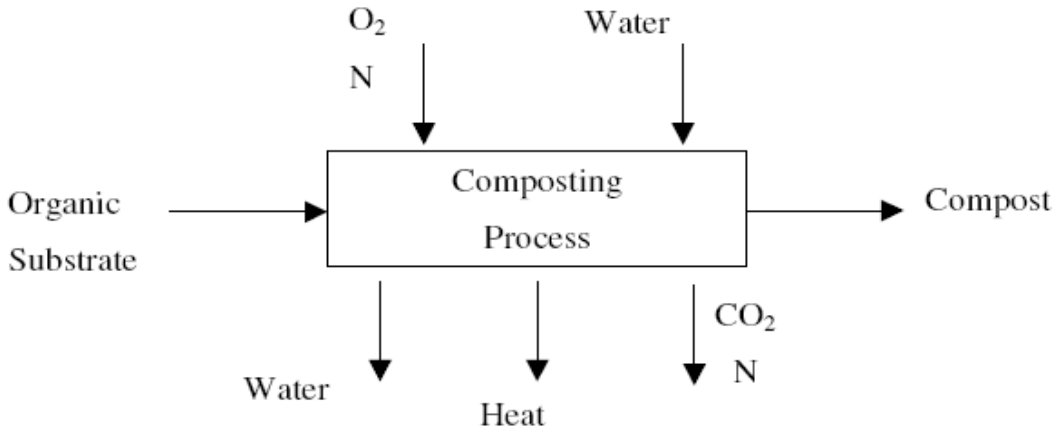
$$C_aH_bO_CN_d + (a+ 0.25b - 0.5c - 0.75d)\ O_2 \rightarrow aCO_2 + (0.5b - 1.5d)\ H_2O + d\ NH_3$$

في كثير من الحالات يتأكسد النشادر الناتج إلى نترات، وتدعى هذه العملية بالنترجة.

1- 10- أهم التغيرات الحاصلة خلال عملية تخمر المخلفات العضوية لإنتاج السماد العضوي:

إن عملية تخمر المخلفات العضوية تتضمن مجموعة من التفاعلات التي تقوم بها مجموعة من المتعضيات، والتي تشكل الشبكة الحيوية لهذه العملية حيث تتعرض المخلفات لأكسدة حيوية ضمن ظروف متحكم بها مما يؤدي لمجموعة من التغيرات الفيزيائية والكيميائية للمادة المخمرة [33].

يبين الشكل (1– 5) مخطط عام لعملية تخمر النفايات العضوية عند إنتاج السماد العضوي الصناعي.



الشكل(1– 5) أهم التغيرات الحاصلة خلال عملية تخمر المخلفات العضوية [34].

وقد درس العديد من الباحثين التغيرات الفيزيائية والكيميائية التي تحصل خلال عملية تخمر المخلفات العضوية عند إنتاج السماد العضوي الصناعي (الكومبوست) ، فقد قام al،Ahmed et (2005) بإنتاج سماد عضوي من مخلفات المحاصيل الزراعية (250 كغ من أحطاب الذرة، 250كغ من أحطاب السرجوم، 100 كغ مخلفات محصول فول سوداني)، وذلك بخلطها مع روث الحيوانات بنسبة (20%) وإضافة اليوريا والسوبر فوسفات مع سلفات البوتاسيوم بنسبة (1%) وخمرت لمدة 90 يوم على شكل كومة، وتم الحفاظ على الرطوبة فيها بحدود 70% وراقبوا التغيرات الحاصلة في بعض الخصائص الكيميائية لهذه المخلفات خلال عملية التخمر والموضحة في الجدول التالي [35].

نتائج تخمر المخلفات الزراعية خلال 90 يوم بحسب AHMED ET AL2005)

زمن التخمر (يوم)	0	30	60	90
PH	8.22	7.89	7.55	7.12
Ec (الناقلية الكهربائية)	2.35	2.66	3.11	3.36
C/N	69.5	36.3	22.9	17.65
N%	0.75	1.22	1.67	1.92
P%	0.13	0.36	0.62	0.81
K%	1.08	1.45	1.66	1.47

كما أشار VAN GINKEL وآخرون(1999) ضمن دراسة أجروها حول تخمير قش الشعير مع مخلفات الدواجن لإنتاج سماد عضوي بأن الكثافة الظاهرية لتلك المادة قد ارتفعت من 150غ/ل في بداية التجربة إلى 950غ/ل في نهاية التجربة[10].

1- 11- الدراسات المرجعية:

1- خلال الثمانينات من القرن الماضي أثبتت الدراسات أن عملية الـ Composting ما هي إلا عملية تثبيت وهضم للمواد العضوية، وهذا يتحقق بالهدم الهوائي للمواد العضوية بواسطة البكتريا المحبة للحرارة ، وأشار إلى أن إضافة المواد المالئة إلى الحمأة يعمل على زيادة المسامية للحصول على تهوية جيدة وتقليل المحتوى الرطوبى (المائي) وتحسين نسبة الكربون إلى النيتروجين للمخلفات المكونة للكمبوست [36].

2- أما في عام 2000 فقد تمت دراسة الخصائص الكيميائية والطبيعية لأربع كومات مكونة من الحمأة والمخلفات الزراعية التي جمعت من أماكن مختلفة (أضيف لأحدها الكلس)، حيث كانت الكومات ذ وات كثافة ظاهرية منخفضة. وبعد عملية التخم ي كانت درجة الحموضة متعادلة، محتوى المادة العضوية تراوح بين 42- 60% والـ نسبة ال C/N كانت بين 16 إلى 22 أما النيتروجين الكلي فكان في معظمه متمعدنا" ،وكانت صورة الأمونيا سائدة على صورة النترات. وكان عنصر الكالسيوم سائد ا" يلية البوتاسيوم، الصوديوم، والماغنسيوم، والفسفور، ومعظم الكالسيوم والصوديوم كانا في صورة ميسرة للنبات، أما البوتاسيوم و الماغنسيوم كانا أقل تيسرا يلي ذلك الفسفور، وبالتالي ف إن المعالجة المشتركة للحمأة مع المخلفات الزراعية مع تثبيت نسبة الكربون والنيتروجين في حدود 1: 18 يعطي سمادا" ناضجا" خاليا" من الملوثات ، ويضيف للأرض الزراعية مادة عضوية غنية فى محتواها من العناصر الأساسية للنبات بالإضافة إلى تحسن خواص التربة الطبيعية والكيميائيةة [37].

2- وفي دراسة أجريت عام 2001 تم خلط حمأة الصرف الصحى المنزوع منها الماء (25- 30% مادة صلبة) مع القش الطبيعي بنسبة حجميه 1:1 وأجرى عملية التخمير في صورة كومة معرضة للهواء قام بتقليبها بانتظام 8 مرات خلال ثلاثة شهور. تبين فيها أن درجة الحرارة ارتفعت ما بين 55- 60 درجة مئوية حتى في بعض الأشهر الباردة، وأن مدة التخمر هذه أعطت سمادا جيدا جاهزا للاستعمال [38].

4- وفي دراسة أخرى أجريت عام 2001 تم دراسة تأثير التهوية ومحتوى الرطوبة واستهلاك الأوكسجين على عملية التسميد من خلال كومات من الحمأة والنفايات المنزلية ، وتبين أن استهلاك الأكسجين كان أعظميا عند محتوى متوسط للرطوبة ، وعندما يتم التقليب بشكل منتظم نحصل على سماد غني بالمواد العضوية ، ويعتبر تربة مستقرة صالحة للاستخدام عندما يتوفر معدل تنفس 150 مغ أكسجين/كغ مواد صلبة /الساعة وخلال الدراسة تم الحصول على النتائج الموضحة في الجدول (1- 3) [39].

الجدول(1- 3) يوضح نتائج الدراسة المرجعية:

المواد	كثافة	رطوبة %	C %	N %	S %	C:N	PH
مخلفات منزلية	0.12	44.1	47.7	1.2	0.17	43	6.6
حمأة	0.76	67.4	22.2	2.64	1.02	8	7.4
Compost	0.7	40.1	16	1	0.41	16	7.8

5- وهناك دراسة أجريت عام 2002 على كومة مكونة من (69% حمأة- 20% نفايات نباتية- 10% تربة- 1%رماد) حيث ارتفعت درجة الحرارة بعد التقليب الأول إلى 63 درجة مئوية، وبعد التقليب الثاني والثالث تراوحت درجة الحرارة بين (62- 68) درجة مئوية ولوحظ أن 95% من بيوض الديدان المعوية (أسكاريس) قد مات خلال 21 يوم و100% بعد 36 يوم [40].

6- وفي دراسة أجريت عام 2003 لوحظ أن إجراء عملية الـ (Composting) مع نشارة الخشب يخفض مقادير السالمونيللا والقولونيات البرازية إلى حدود منخفضة جداً بعد 28 يوماً من التخمير وأن درجات الحرارة الأعلى من 50° درجة مئوية لعدة ساعات تقضي على كثير من الممرضات، كما وجد أن نسبة البكتيريا الممرضة إلى إجمالي عدد البكتيريا في بيئة الـ (Compost) ضئيلة جداً، وعليه فإن قدرتها على المنافسة في هذه البيئة ضعيفة لأنها غريبة عنها وقد اعتبر أن التنافس ودرجة الحرارة هما أهم عاملين في خفض أعداد الممرضات البكتيرية في هذا الوسط [41].

7- وفي عام 2003 تم إنجاز تجربة في غانا للتحري عن بيوض الأسكاريس ومعرفة تأثير درجة الحرارة عليها أثناء عملية التسميد لأن هذه البيوض يمكن أن تبقى لعدة شهور في البيئة، وبالتالي تعمل على نقل الممرضات للإنسان بالإضافة إلى أنها تقاوم درجات الحارة المرتفعة، الخليط المستخدم في التجربة مكون من (حمأة، بقايا نباتية) ، ووضع على شكل كومة تم تقليبها كل 10 أيام وقد وصلت درجة الحرارة إلى 65 درجة مئوية خلال عملية التسميد وبعد 22 يوما" تم القضاء على 95% من بيوض الديدان المعوية [42].

8- أما عن الدراسة التي أجريت عام 2004 حول سلوك الكائنات الحية المجهرية المعوية أثناء عملية التسميد وتأثرها بدرجات الحرارة فقد تبين أنه عند خلط الحمأة مع النفايات النباتية ، وكانت أعلى درجات الحرارة في الم ركز والمنطقة المحيطية للكومة بعد كل عملية تقليب وتراوحت درجات الحرارة بين

(53- 69) لكن درجة الحرارة في أسفل الكومة لم تتجاوز 42 درجة مئوية وكان هناك تناقص في درجات الحرارة مع مرور الزمن لكنها مازالت في المناطق الخارجية حوالي 55 درجة مئوية ، وبالتالي لم تكن كل المؤشرات البرازية قد عطلت كلها رغم الوصول إلى درجة حرارة 66 درجة مئوية، ولكن كان من الضروري انتظار التقليب الثاني لملاحظة النقصان الهام في تعداد بيوض الديدان المعوية وقد تبين اختفاء كامل للمؤشرات البرازية في نهاية عملية التسميد [43].

9- وفى عام 2004 تمت دراسة جدوى إنتاج الكمبوست من خليط الحمأة والقش ، وكانت النتائج تشير إلى أنه عند عمل الكمبوست يمكن استخدام القش، كذلك يمكن استخدام حمأة تحتوى درجات مختلفة من المادة الصلبة (4- 20)% مادة صلبة ويكوم الخليط في كومات مهواه، أما عن نسبة الخلط للقش والحمأة فهي 1:1 [44].

10- وهناك دراسة أجريت في اليونان ضمن مختبر النفايات الصلبة الخطرة (قسم البيئة) في جامعة Democritus،(2006) حيث تم خلط الحمأة مع النفايات العضوية المختلفة(نشارة خشب، ورق، نفايات بلدية،الأغصان الناتجة عن عملية التقليم) بنسب متفاوتة ضمن 8 كومات، وأثناء التجربة تبين أن خلال فترة (8 - 10) أيام الأولى من التجربة يكون الاستهلاك أعظميا من الأكسجين والمواد المغذية (كربون - نتروجين) وارتفعت درجة الحرارة في جميع الكومات ولمختلف الخلطات ما بين (60 - 70) درجة مئوية ما عدا الكومة التي كانت تحوي حمأة فقط لم يطرأ فيها أي ارتفاع لدرجة الحرارة، وتبين أن نسبة الخلط الأفضل هي النسبة التي تؤمن مواد مغذية بحيث تتراوح نسبة الكربون إلى النتروجين بين(20 - 30) والرطوبة تكون بين(55 - 65)% [45].

11- وفي دراسة أخرى أجريت عام 2006 في تايلند تم خلط حمأة مياه المشافي مع القش ، وتم وضع الخليط في أحواض بلاستيكية مغلقة بسدادات مطاطية مهواة عن طريق أنابيب خاصة وذلك من أجل الحفاظ على رطوبة مناسبة وتأمين الأوكسجين اللازم لعملية التفسخ وبعد المراقبة تبين أن المحتوى الكلي للكربون العضوي كان في نقصان دائم مع زيادة درجة الحرارة ويكون النقصان ملحوظ عند درجة حرارة 40±3 درجة مئوية، وتبين أن مدة التخمير تنخفض عند الوصول إلى درجات عالية خلال فترة التسميد [46].

12- وفي دراسة أجريت في النمسا 2006 تم خلط حمأة مياه المجاري والفضلات البلدية بنسبة 40% مع قصاصات الأشجار بنسبة 60% وتم وضع الخليط ضمن كومتان بطول 40 متر وارتفاع 2 متر وعرض 4 متر، مع العلم انه تم تغطية الكومة الأولى بطبقة عازلة من السماد العضوي بسماكة 5 سم وذلك لعزل الكومة والحفاظ على رطوبتها وتقليل تسرب الرائحة لمدة 3 أسابيع، وبعدها خلطت مع الكومة وذلك لأن التهوية كانت قسرية خلال فترة التغطية وبعدها تمت التهوية من خلال عملية التقليب

أما الكومة الثانية فلم تتم تغطيتها وتم تقليبها من خلال عملية التقليب، وتم قياس درجة الحرارة من خلال حساسات وضعت في منتصف الكومة وتبين أن درجة الحرارة وصلت إلى 50 درجة مئوية بعد (15- 20) يوم في الكومة الأولى وارتفعت إلى 65 درجة مئوية بعد 26 يوم مع العلم أنه يتم الوصول إلى درجة الحرارة 72بعد 4 أيام من عملية تخمير الحمأة مع القش في المناخات المعتدلة بينما لم تتجاوز الحرارة ال 45 درجة مئوية في الكومة الثانية، وبالتالي فإن العزل مهم للحصول على درجات حرارة مرتفعة. أما بالنسبة لل pH فقد انخفض في الكومة الأولى من 7.1±0.3 إلى 6.7 وإلى 6.5 في الكومة الثانية بعد 48 ساعة ونسبة الكربون إلى النتروجين انخفضت من 25.8 إلى 21.7 بعد 48 ساعة في الكومة الأولى ومع متابعة التحاليل تبين أن انخفاض نسبة الكربون إلى النتروجين مرتبط ارتباط وثيق بارتفاع درجة الحرارة الناتج عن النشاط الميكروبي [47].

بالتالي نستنتج ضرورة دراسة عملية التخمير الهوائي للحمأة مع النفايات النباتية وذلك من أجل الحصول على كومبوست يمكن استخدامه بالزراعة.

الفصل الثاني

مواد وطرائق البحث

2- 1- مقدمة:

انطلاقا من أهمية الحد من التلوث الذي يسببه صرف مياه المجاري في المسطحات المائية، تم تنفيذ العديد من محطات معالجة مياه الصرف الصحي في محافظة اللاذقية ، ومنها محطات المعالجة في (حبيت- الحارة- بحمرا) التي تتبع طريقة التهوية المديدة، واختيرت هذه القرى التابعة لمنطقة الحفة في مدينة اللاذقية لجلب العينات لقربها من المدينة.

2- 2- منطقة إقامة التجربة:

تمت إقامة التجربة الأولى والثانية في مركز البحوث الزراعية والنباتية في بوقا الذي يقع على الجانب الشرقي من الطريق ال مؤدية إلى منطقة الحمام في مدينة اللاذقية ، ويبعد عن مبنى جامعة تشرين 2 كم نحو الشمال.

يمكن الدخول إلى المزرعة من الجهة الغربية من خلال طريق ثانوي يتفرع عن الطريق الرئيسة المؤدية إلى منطقة الحمام، حيث يتجه هذا الطريق نحو الشرق والجنوب في نهايته وصولا إلى مكان المزرعة التي تنخفض عن المناطق المجاورة لها من الجهة الغربية بحوالي 20 متر.

يبلغ ارتفاع المركز عن سطح البحر 40 متر أما البعد التقريبي عنه فيبلغ 10 كم نحو الغرب. الرياح السائدة في المنطقة رياح جنوبية وجنوبية غربية، أما التربة في المنطقة فتعتبر من الترب الثقيلة يضاف إلى ذلك منسوب المياه الجوفية الذي يقع على عمق خمسة أمتار من سطح الأرض في نهاية أشهر الصيف.

أما عن بقية التجارب فأجريت ضمن مشتل كلية الزراعة في جامعة تشرين.

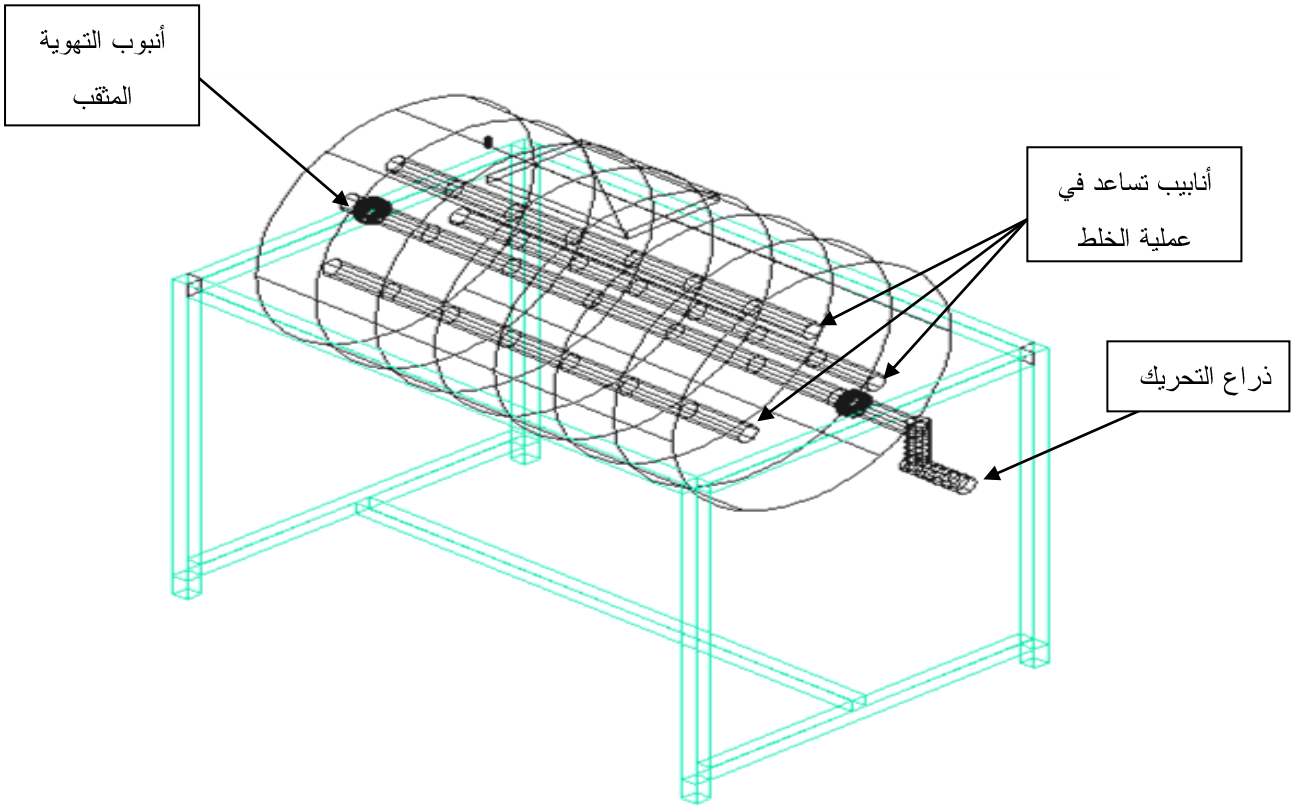
وتم في هذين المكانين إجراء تجارب المعالجة المشتركة لحمأة الصرف الصحي مع النفايات النباتية والتي بموجبها تم تحويل الحمأة والنفايات النباتية إلى سماد عضوي (compost) وذلك عن طريق التفكيك الهوائي لهذه المخلفات بالاعتماد على سلسلة متعاقبة من المجاميع البكتيرية والفطرية المهيأة طبيعيا أو مجهزة مخبريا ليستعمل فيما بعد بدل السماد الكيميائي.

2- 3- وصف الجهاز:

الجهاز عبارة عن أسطوانة سعتها 200 لتر تحوي في الداخل على أنبوب معدني محوري مثقب مغلق من أحد الجهتين كي يسمح بدخول الهواء ، مهمة هذا الأنبوب تهوية الخليط داخل الجهاز بالإضافة إلى ثلاثة أنابيب معدنية تساعد في عملية الخلط والتقليب، كما يوجد مقبض خارجي للقيام بعملية التدوير(منويل)، ويوضح الشكل (2- 2) هذا الجهاز.

الشكل (2- 1) الجهاز المستخدم في الدراسة

الشكل(2- 2) أنبوب التهوية في جهاز التخمير



شكل (2- 3) يوضح مخطط تفصيلي للجهاز

2- 4- خطوات تجارب تخمير الحمأة مع النفايات النباتية:

الاعتبارات الأساسية ومتطلبات التجربة:

1- اختيار المادة الخام:

عند اختيار المواد الخام التي تستخدم في إنتاج الكومبوست تم مراعاة ما يلي:

- أن يحتوي على نسب عالية من المواد العضوية سريعة التحلل.
- أن لا يحتوي على نسبة من الرمل والشوائب والبلاستيك.

أما الأسس المتبعة لتحديد نسبة C/N للمواد المطلوب تخميرها فتتم بالاعتماد على برنامج:

(Compost Mix Calculator)

ويعتمد هذا البرنامج في حساب نسبة C/N على ما يلي:

- الوزن الرطب لكل مادة.
- نسبة الرطوبة لكل مادة.
- النسبة المئوية للنتروجين.
- النسبة المئوية للكربون.

- **تحضير الخليط اللازم لعملية التسميد:** تم الحصول على النفايات النباتية وهي عبارة عن نشارة خشب من خلال تقطيع بقايا تقليم الأشجار من خلال فرامة أغصان وبقايا تقليم متوفرة في الدراسات والبحوث العلمية الزراعية في بوقا بالإضافة إلى القش، ويوضح الشكل (2- 4) فرامة جذوع الأشجار.

الشكل(2– 4) يوضح فرامة جذوع الأشجار

– أما عن الحمأة فتم الحصول عليها من محطة معالجة كل من (بحمرا، حبيت، الحارة)، حيث تقع هذه المحطات في منطقة تتميز بمناخ متوسط، حيث يكون الصيف رطب وحار تندر فيه الأمطار، أما الشتاء فيكون دافئ" وماطرا" بمعدل سنوي لهطول الأمطار 800mm، وبمتوسط رطوبة 68% تزداد قيمتها في شهري تموز وآ ب لتصل إلى 70% حيث أعلى درجات الحرارة السنوية. تصل درجة الحرارة الوسطية إلى 30° في الصيف في شهري تموز وآب وإلى 12° في الشتاء في شهر كانون الثاني [2].

يبلغ التجمع السكاني المخدم حاليا في كل من هذه المحطات في الدراسة التصميمية حوالي 5000 نسمة في عام 2020 أما العدد الحالي فهو 2000 نسمة تقريبا [1]. تتميز المنطقة بنشاط زراعي في مختلف المواسم من زراعة زيتون وحمضيات وخضار وقمح بالإضافة إلى تربية الأبقار في نصف عدد المنازل الموجودة في القرية.

ونحتاج لعملية الخلط مجموعة من المعدات الزراعية مثل(الكريك، مجموعة من الأوعية لعملية نقل المواد، وعاء رشاش لرش الماء، ميزان لوزن المواد الخام ميزان حرارة، غطاء نايلون للحماية من الأمطار، بكتريا خاصة بعملية التخمير).

- وتم أخذ عينات من المواد الأولية لتحديد نسبة الكربون والآزوت فيها ليصار إلى تحديد الكميات المطلوبة من كل مادة لتأمين الخليط الجيد للتخمير.

2- 5- التجارب المخبرية:

2- 5- 1- هضم العينات بطريقة الهضم الرطب بحمض الكبريت الكثيف:

- بأخذ ا غ من المادة المدروسة.
- إضافة 10 مل من الماء الأكسجيني H_2o_2.
- إضافة 10 مل H_2So_4 كثيف.
- هضمها على جهاز هضم كلداهل برفع درجة الحرارة تدريجيا لتصل 360 درجة مئوية لمدة ساعتين.
- التبريد والتمديد في محلول الهضم.

وبذلك نحصل على النسبة المئوية للآزوت الكلي بطريقة كلداهل ، والشكل (2- 5) يوضح جهاز كلداهل [48].

الشكل(2- 5) يوضح جهاز كلدال

2- 5- 2- تقدير النسبة المئوية للكربون العضوي:

باستخدام طريقة الهضم الرطب

- تتم أكسدة الكربون العضوي بواسطة ديكرومات البوتاسيوم في وسط حمضي.
- معايرة الفائض بسلفات الحديد النشادرية.

كما وقد حسبت النسبة C/N للعينات المأخوذة بالاعتماد على نتائج التجارب السابقة.

2- 5- 3- درجة الحموضة (الـpH):

وذلك بتحضير مستخلصات مائية (1:3، ماء: مادة مخمرة) حجما وقياس درجة الـ pH لهذه المستخلصات باستخدام جهاز قلم ال pH الحلقي المبين في الشكل (2- 6). يقيس الجهاز pH ودرجة الحرارة الحالية ، وذلك بغمر رأس الألكترود في كتلة الخليط الممد بالماء المقطر مباشرة ثم الضغط على زر off/on فتظهر النتيجة، وتتم معايرة الجهاز بنفس الزر.

الشكل(2- 6) جهاز الـــ pH

2- 5- 4- الكشف عن بيوض الديدان المعوية:

2- 5- 4- 1- الدراسات المخبرية:

1- تحضير العينات للكشف عن وجود بيوض الديدان المعوية ، وذلك بـاتباع طرق مختلفة منها الفحص المباشر تحت المجهر، طريقة التعويم، طريقة الترسيب Sedimentation.

2- تحديد أعداد البيوض التابعة لكل نوع طفيلي والموجودة في العينة ، وذلك باستخدام التقنية التالية:

2- 5- 4- 2- التقنية المستخدمة في تعداد بيوض الديدان المعوية الطفيلية من الحمأه الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة (Satchwill 1986) والمعتمدة من قبل منظمة الصحة العالمية:

- ترشح 250 مل من الحمأة السائلة عبر منخل بقياس 710 و 212 مكم باستخدام 250 مل من الماء.

- تحل 50غ من الحمأة المجمعة في أحواض التجفيف باستخدام 250 مل من الماء، ثم يمدد الناتج بإضافة 250 مل أخرى من الماء لتسريع عملية الترسيب، يستخدم قضيب زجاجي منحن لضغط العينة أثناء عملية الترسيب.

- يثقل الجزء السائل، بعد عملية التثفيل يترك لمدة (20) ثانية، ثم يتم التخلص من السائل الطافي ويحتفظ بالرسابة الناتجة عن عملية التنبيذ.

- تتم إزالة المواد الصلبة الخفيفة والدهون، التي تباينت مع عملية التعويم، باستخدام فورمل إيثانول (Formolethanol).

- توضع رسابة التنبيذ في 100 مل من محلول ملحي يحتوي الفورمول (100 مل من 40% فورمول + 9 غم كلوريد الصوديوم) داخل دورق زجاجي مخروطي ثم يضاف 50 مل من الإيتر ثنائي الإيثير ثم ترج العينة جيدا وتترك لمدة 10 دقائق.

- يثقل الناتج لمدة دقيقتين ويتم التخلص من الطبقات الثلاث العليا، وتترك الرسابة في أسفل أنابيب التثفيل.

- تغسل الرسابة ثلاث مرات بالماء لإزالة أية آثار للإيتر الذي تباين مع عملية التعويم

توضع الرسابة في حجم صغير من سلفات الزنك المشبع ثقل نوعي 1.40 ثم تنقل إلى أربعة أنابيب نبذ ذات عنق عريض بحجم 15مل. تملأ الأنابيب حتى يظهر التحدب على سطح الأنبوب، ثم توضع الساترة الزجاجية الدائرية على قمة الأنبوب.

- ثم يتم التثفيل لمدة دقيقة واحدة.

- تنزع الساترة الزجاجية بحركة سريعة، ثم توضع على شريحة مجهريه وتفحص بحثاً عن وجود بيوض لديدان معوية طفيلية تحت المجهر على تكبير100 مره [49].

2- 5- 4- 3- إجراء اختبار حيوية تلك البيوض لتحديد شدة الخطورة بإحداث الخمج باستخدام التقنيات التالية:

- المعايير الشكليه.

- تقنيه الحضانة (التفقيس Hatching test).

- تقنية التلوين (الإيوزين المائي، محلول اللوغول).

المواد المخبرية المستخدمة خلال التجربة السابقة:

- مجهر ضوئي

- عدادة سيدفيك- رافتر(Sedgwick- Rafter cell) .الخاصة بالعد أو عدادة مكماستر أو أي عدادة أخرى خاصة ببيوض الديدان.

- بيشر سعة 2 لتر وبياشر بسعات مختلفة.

- مثفلة.

- محور دوران بقدرة حمل أربعة أنابيب نبذ حجم 100 مل، ويفضل أن تكون من الزجاج أو التفلون.

- محور دوران بقدرة حمل ثمانية أنابيب نبذ مخروطية الشكل بحجم 15مل، ويفضل أن تكون من الزجاج أو التفلون.

- منخل 48 نوع (Tyler sieve).

- قمع بلاستيكي كبير لدعم المنخل.

- مثفلة تتسع لأنابيب نبذ حجم 100 مل وحامل أنابيب اختبار صغير يتسع لأنابيب نبذ مخروطية حجم 15 مل. وسدادات مطاطية رقم. (O) وعيدان خشبية.

- دورق خاص بالتفريغ سعة 2 ل وسدادة ووصلات وممصات باستور.

- حاضنة.

- مواد الكيميائية (فورمالين، كحول إيتيلي، كبريتات الزنك، إيتير. ملونات مثل (الإيوزين، محلول اللوغول)، بلسم كندا...الخ.

- عدسة ميكرومترية عينية.

- علب شرائح، ساترات زجاجية.

يوضح الشكل (2 - 7) لمثفلة، ويبين الشكل (2 - 8) المجهر المستخدم في التجربة.

الشكل(2- 7) المثفلة

الشكل(2- 8) المجهر

2- 6- الميزان:

استخدم الجهاز الموجود في مخبر كلية الزراعة لوزن العينات في تجربة الهضم الرطب والمبين في الشكل(2- 11):

- يقيس الميزان الأوزان من 0 إلى 224غ.

الشكل(2- 9) الميزان

2- 7- الجوانب الرئيسة التي تم مراعاتها أثناء مرحلة التكويم:

تتم خلال مرحلة التكويم مراعاة الجوانب التالية:

1 -تقطيع العينة:

تم تقطيع النفايات و مجانستها قدر المستطاع ليصبح حجمها أقل من 5 سم، وذلك من أجل زيادة سطوح التماس مع الهواء مما يؤدي إلى زيادة معدل التحلل.

2 -خلط العينة وتقليبها:

يتم توزيع الكومة بشكل طبقات أفقية متراصفة فوق بعضها بحيث نضع طبقة من النفايات النباتية وطبقة من الحمأة (هذه الطريقة تسمح بتهوية المواد الموجودة في الكومة ، وتساعد في تصريف المياه، والتي عادة ما تكون مخزنة في الحمأة)، ومن ثم يتم ترطيبها بالماء للحصول على الرطوبة المطلوبة وبعدها نبدأ بعملية الخلط والتقليب، حيث إن لعملية التقليب أهمية كبرى في تحقيق نسبة ال ــ C/N ونسبة الرطوبة والتهوية وبالتالي الحد من الكائنات الممرضة ويرقات الحشرات.

3 -ترطيب العينة:

يتم ترطيب العينات بحيث تكون رطوبة كل كومة بين (45- 65)%. إذا كانت رطوبة النفايات أدنى من 40% فيلزم رفعها حتى لا يصبح معدل التحول بطيئا، بينما إذا زادت نسبة الرطوبة عن 70% فإن المياه تطرد الهواء المتواجد في كتلة النفايات ، وبالتالي لا تتوفر كمية الأكسجين الكافية اللازمة لإنجاز عملية التحلل الهوائي ، ولا ترتفع درجة الحرارة ضمن كتلة النفايات إلى الحد الذي يقضي على الجراثيم الممرضة الموجودة في النفايات.

4 -تهوية العينة:

إن تقليب المادة العضوية أثناء عملية التسميد عامل فعال وهام جدا من أجل تهوية العينة وتأمين كمية الأوكسجين اللازم لإنجاز عملية التحلل الهوائي.

5 -المراقبة (مراقبة درجات الحرارة والرطوبة):

تم قياس درجة الحرارة في الصباح من أجل حل المشاكل الناتجة عن درجة الحرارة (بسبب كونها منخفضة جدا أو مرتفعة جدا).

وتم أخذ القياس في مواضع مختلفة من الكومة ، لأن درجة الحرارة تختلف بين أنحاء الكومة. أما الهبوطات في درجة الحرارة تكون إما بسبب التقليب أو انخفاض درجة حرارة الوسط الخارجي أو بسبب نقص الآزوت.

6 -إضافة البكتريا:

المنتج (Bzt compost activator) وهو عبارة عن مسحوق حاوي على بكتريا منشطة لعملية التخمير، يتم حل هذا المسحوق بالماء وإضافته إلى الكومة لمعرفة مدى تأثير البكتريا في ارتفاع درجة الحرارة خاصة في درجات الحرارة المنخفضة. ويبين لشكل (2 – 10) المسحوق التجاري المستخدم.

الشكل(2- 10) البكتريا والمواد المستخدمة في إضافتها

الشكل (2 – 11) يوضح عملية عملية الخلط:(حمأة+قش)

الشكل(2- 11) يوضح آلية الخلط

الشكل (2 – 12) يوضح نمو الكائنات الدقيقة خلال التقليب الأول:

الشكل(2– 12) يوضح نمو الكائنات الدقيقة داخل الكومة

الشكل (2 – 13) يوضح مراحل تطور عملية التسميد خلال التكويم

خلال التقليب الثاني

بعد شهرين

بعد ثلاثة أشهر

الشكل(2– 13) مراحل تطور عملية التسميد خلال التكويم.

الشكل (2 – 14) يوضح مراحل تطور عملية التسميد في الجهاز.

الخليط في بداية التجربة في الجهاز

بعد شهرين

الشكل(2– 14) مراحل تطور عملية التسميد في الجهاز

الفصل الثالث

النتائج والمناقشة

مقدمة:

إن عملية الحصول على السماد العضوي من خلال عملية التخمير المشترك لحمأة مياه الصرف الصحي مع النفايات النباتية اعتمد على استخدام حمأة مأخوذة من محطة معالجة تعمل بالتهوية المديدة حيث مثلت الحمأة مصدر أساسي للآزوت في المقابل كان استخدام النفايات النباتية (النشارة، التبن) كمصدر أساسي للكربون. مع العلم أن عملية الخلط منفذة وفق طريقتين (الأكوام، مخمر معدني معزول)، مكنتنا من الوصول إلى إيجاد خليط يسمح بتأمين تفاعلات حيوية هوائية أعطت سمادا" عضويا" بمواصفات قابلة للاستخدامات الزراعية.

لقد مرت التجارب ضمن عدد من الإشكاليات التي استطعنا التعرف على أسبابها ومن ثم تجاوزها من خلال إجراء تجارب متتالية، تلك التجارب التي سنبينها لاحقا".

3- 1- التجربة الأولى:

3- 1- 1- إجراء تحاليل على الحمأة ونشارة الخشب في المخبر:

قمنا بإحضار حمأة من أحواض التجفيف في محطة الحارة ونشارة خشب من منشرة وأجرينا عليها تحاليل في المخبر .والجدول (3 - 1) يوضح نتائج التحاليل بالاعتماد على برنامج (Mix-Calculator).

الجدول(3- 1) نتائج التحاليل المخبرية للحمأة ونشارة الخشب:

	نوع المادة	C/N	الرطوبة %	الوزن (كغ)	تاريخ التجربة	طريقة التخمير
1	حمأة الصرف الصحي	11.5	%75	100	2011/9/14	في الجهاز
2	نشارة خشب	175	%0	32	2011/9/14	
3	الخليط	32	%56	132	2011/9/14	

3- 1- 2- درجة الحرارة:

يوضح الجدول (3 – 2) نتائج قياس درجة الحرارة للتجربة الأولى.

الجدول(3– 2) نتائج قياس درجة الحرارة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الجهازC
14/9/2011	26.4	39.8
15/9/2011	27	42.5
16/9/2011	28	36.4
17/9/2011	28	35.5

من خلال النتائج السابقة تبين أن العمليات الحيوية لا تسير كما كان متوقعا وقد وضعنا عدة تصورات حول الأسباب التي حالت دون ذلك:

3– 1– 2– 1– أهم الأسباب التي حالت دون ارتفاع درجة الحرارة:

1 – ضعف النشاط البكتيري نتيجة سوء الخلط الناجم عن التباين الكبير في الرطوبة بين النشارة والحمأة وللوقوف على صحة هذا الافتراض تم دعم التجربة ببعض السلالات البكتيرية (Bzt compost activator) حيث أنه عبارة عن بودرة تم حلها في ماء فاتر ورشه على الخليط ضمن الجهاز ومن ثم قلبنا الخليط داخل الجهاز وأخذنا القياسات ال مطلوبة، والجدول (3 – 3) يوضح قياسات درجة الحرارة.

الجدول (3– 3) يوضح قياسات درجة الحرارة بعد إضافة البكتريا:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الجهازC
18/9/2011	28	33
19/9/2011	28.5	36
20/9/2011	27	35
21/9/2011	28	35
22/9/2011	29	34
23/9/2011	29	33.5
24/9/2011	27	33

ملاحظات حول الجدول:

لقد بينت النتائج أن إضافة البكتريا لم تؤد إلى النتائج المرجوة بل على العكس توقف ارتفاع درجة الحرارة وبالمقارنة مع التجربة السابقة نصل إلى النتيجة التالية:

إن ضعف الخلط وعدم الوصول إلى مادة متجانسة حال دون مشاركة كامل المادة في عملية التحلل ، واقتصر التحلل على المناطق والأجزاء التي تحققت فيها نسبة ال C/N المطلوبة لعملية التخمير ، وباعتبار أن كمية المادة المتحللة كانت قليلة بالمقارنة مع الحجم الكلي ، فإن الحرارة الناجمة عن عمليات التحلل كانت قليلة، ناهيك عن الضياعات الحرارية في الجهاز التي بدورها أثرت على ارتفاع درجة الحرارة.

بينت المرحلة الثانية في التجربة والمتمثلة في إضافة الكائنات الدقيقة الموجودة في المنتج التجاري (Bzt compost activator) استمرار حالة الركود الحيوي في الخليط، ولم يحدث ارتفاع في الحرارة للأسباب التي ذكرناها في المرحلة الأولى من التجربة وهذا إن دل على شيء فإنه يدل على أن الأساس في عملية التخمير هو الخليط المتجانس الذي يضمن في آن واحد C/N والرطوبة المناسبة للبكتريا.

وبما أنه استنتجنا ضرورة الحصول على خليط جيد الخلط كان لا بد من تأمين طريقة مناسبة لخلط المواد الأولية بحيث نحصل على خليط متجانس قدر الإمكان.

3- 2- التجربة الثانية:

وبالاعتماد على برنامج (Compost- Mix- Calculator) تم خلط 53 كغ من الحمأة برطوبة 71% مع 18 كغ من نشارة الخشب وكانت (C/N=34) والرطوبة 53% بتاريخ 26/9/2011، والجدول (3 – 4) يوضح نواتج قياس درجة الحرارة.

الجدول (3- 4) يوضح قياسات درجة الحرارة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الجهاز C °
26/9/2011	27	32

35	26	27/9/2011
38	26.5	28/9/2011
38.5	27	29/9/2011
37	26	30/9/2011
37.3	26	31/9/2011
35.9	25	1/10/2011
35.3	25.7	2/10/2011
34.5	26.3	3/10/2011

ملاحظات على الجدول:

إن النتائج المبينة في الجدول السابق تبين بشكل واضح ضعف في عمليات التحلل الحيوي، وإن حرارة الخليط بقيت ضمن الحدود الدنيا مخالفة لما كنا نتوقعه بالرغم من تطوير عملية الخلط، ولكن بينت النتائج عكس المتوقع وهنا كان جل التفكير منصب على أنه ثمة تثبيط يحدث للعمليات الحيوية ، ولكي نصل إلى معرفة أسباب التثبيط كان لا بد من التمحيص بمحتوى التجربة المؤلف من:

1- المياه المأخوذة من الصنبور ، والذي سبق وأن تم وضعه في سطل وتركه لفترة سمحت بخروج الكلور المتبقي منه أي أن المياه لن تكون مساهمة في التثبيط.

2- الحمأة بالطبع يمكن في بعض الحالات أن تثبط العمليات الحيوية في الخليط نتيجة بعض المركبات السامة، ولكن نحن نعرف مسبقا أننا نتعامل مع حمأة صرف صحي لمحطة معالجة تعمل بشكل جيد، والحمأة هي منتج لعملية ترسيب لم تكن لتحصل لو لم تكن العمليات الحيوية في المحطة جيدة بالإضافة إلى أن المنطقة لا تحوي على مصانع، وبالتالي ننفي إمكانية حدوث تثبيط بسبب الحمأة.

3- مادة الجهاز وإمكانية مساهمتها في التثبيط من الناحية الكيميائية ومساهمتها في حدوث ضياعات حرارية.

4- النشارة: مأخوذة من ورشات تجارية لتصنيع الأبواب والنوافذ ، والتي اتضح فيما بعد أنها ناجمة عن خشب معالج بالزرنيخ والذي يعتبر من المواد السامة جدا ، وبالتالي احتمالية أن تكون النشارة هي السبب في التثبيط وارد جدا وللتأكد تم إجراء التجربة التالية:

3- 3- التجربة الثالثة:

تمت التجربة الثالثة بتاريخ 10/11/2011 واستمرت عملية التخمير 5 أشهر لكن على شكل كومة للتأكد من المشكلة التي تسبب عدم ارتفاع درجة الحرارة تمت خلالها مراقبة درجة الحرارة باستخدام ميزان حرارة كحولي، حيث أخذت درجة الحرارة بمختلف أنحاء الكومة ، كما تم أخذ درجة حرارة الوسط الخارجي مع كل قياس لدرجة حرارة المادة المخمرة ، وبهدف دراسة تغير بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للكومة تم أخذ عينات دورية كل أسبوع، بحيث تؤخذ ثلاث عينات إفرادية، عينة من أعلى الكومة وعينة من الوسط وعينة من الأسفل، وخلطت لتشكل عينة مركبة ممثلة للكومة وتم إجراء القياسات المطلوبة.

قمنا بإحضار حمأة جديدة من محطة حبيت ونشارة خشب طبيعية (تم الحصول عليها باستخدام فرامة جذوع الأشجار المتواجدة في مزرعة بوقا) وقش، وأجرينا عليها تحاليل في المخبر، والجدول (3 – 5) يبين نتائج التحاليل.

الجدول(3– 5) نتائج التحاليل المخبرية للحمأة ونشارة الخشب للتجربة الثالثة

	نوع المادة	C/N	الرطوبة	الوزن (كغ)	تاريخ التجربة	طريقة التخمير
1	حمأة الصرف الصحي	14	%80	90	10/11/2011	كومة
2	نشارة خشب	181	%0	15		
3	القش	66	%0	22		
4	الخليط	38	%57	127		

3– 3– 1– تغيرات درجة الحرارة:

تم قياس درجة الحرارة في الصباح من أجل حل المشاكل الناتجة عن درجة الحرارة (بسبب كونها منخفضة جدا أو مرتفعة جدا).

كانت درجات الحرارة داخل الكومة عند بداية عملية التخمير 26 درجة مئوية ارتفعت درجة الحرارة ضمن الكومة بعد أسبوع من التخمير لتصل إلى 68.3 درجة مئوية وبعد أسبوعين كانت درجة الحرارة 61.5 درجة مئوية بقيت درجة الحرارة خلال الأسبوع الرابع تتراوح بين (44– 47) درجة مئوية ثم عادت وانخفضت في الأسبوع الخامس إلى 42 درجة مئوية وفي الأسبوع السادس كانت 38 درجة مئوية وبدأت بعدها بالانخفاض تدريجيا حتى الأسبوع الأخير من عملية التخمير حيث كانت 22.1 درجة مئوية مع العلم أن درجات الحرارة

الأعظمية حصلنا عليها بعد كل تقليب ، والجداول من (3 – 6) حتى (3 – 27) تبين نتائج قياس درجة الحرارة خلال التجربة الثالثة، والشكلين (3 – 1)، (3 – 2) توضح جداول تغيرات درجة الحرارة.

الجدول(3– 6) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الأول من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة C °(الوسطية)
الأسبوع الأول		
10/11/2011	26	25
11/11/2011	30	28
12/11/2011	29	40
13/11/2011	28	49
14/11/2011	29	65
15/11/2011	30	68.3
16/11/2011	30	66.4
القيمة الأعظمية	30	68.3
القيمة الوسطية	28.86	48.81

الجدول(3– 7) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الثاني من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة C °(الوسطية)
الأسبوع الثاني		
17/11/2011	28	53.3
18/11/2011	29	52.2
19/11/2011	27	52.2
20/11/2011	28	50

21/11/2011	28	46 **تقليب**
22/11/2011	27	54.4
23/11/2011	26	60.2
القيمة الأعظمية	29	60.2
القيمة الوسطية	27.57	52.54

الجدول(3- 8) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الثالث من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع الثالث		
24/11/2011	27	61.3
25/11/2011	29	58.5
26/11/2011	27	58.3
27/11/2011	26	57.5
28/11/2011	24	54.3
29/11/2011	22	52
القيمة الأعظمية	29	61.3
القيمة الوسطية	25.83	56.98

الجدول(3- 9) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الرابع من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع الرابع		
01/12/2011	22	45.5
02/12/2011	20	44 **تقليب**
03/12/2011	18	46
04/12/2011	19	47

05/12/2011	18	45
06/12/2011	16	44
القيمة الأعظمية	22	47
القيمة الوسطية	18.3	45.25

الجدول(3- 10) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الخامس من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع الخامس		
08/12/2011	19	42
11/12/2011	21	39 **تقليب**
12/12/2011	16	42
13/12/2011	17	40
14/12/2011	15	39
القيمة الأعظمية	21	42
القيمة الوسطية	17.6	40.4

الجدول(3- 11) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع السادس من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع السادس		
18/12/2011	13	35 **تقليب**
19/12/2011	12	37
20/12/2011	14	38
21/12/2011	13	37

22/12/2011	14	37
القيمة الأعظمية	14	38
القيمة الوسطية	13.2	36.8

الجدول(3- 12) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع السابع من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع السابع		
25/12/2011	13	34
26/12/2011	14	33 **تقليب**
27/12/2011	12	34
28/12/2011	11	35
29/12/2011	11	33
القيمة الأعظمية	14	35
القيمة الوسطية	12.2	33.8

الجدول(3- 13) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الثامن من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع الثامن		
01/01/2012	12	30.6
02/01/2012	10	30.5
03/01/2012	10	30.4
04/01/2012	11	30.1

05/01/2012	9	30 **تقليب**
القيمة الأعظمية	11	30.6
القيمة الوسطية	10.4	30.32

الجدول(3- 14) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع التاسع من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع التاسع		
08/01/2012	9	32
09/01/2012	8	31
10/01/2012	10	29
11/01/2012	9	28.3
12/01/2012	11	28
القيمة الأعظمية	11	32
القيمة الوسطية	9.4	29.66

الجدول(3- 15) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع العاشر من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع العاشر		
15/01/2012	7	27.8 **تقليب**
16/01/2012	9	29
17/01/2012	10	27.8
18/01/2012	8	27.5

2012/01/19	9	27.5
القيمة الأعظمية	10	29
القيمة الوسطية	8.6	27.92

الجدول(3- 16) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الحادي عشر من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع الحادي عشر		
22/01/2012	11	24
23/01/2012	8	23 **تقليب**
24/01/2012	10	23.3
25/01/2012	11	23
26/01/2012	10	24
القيمة الأعظمية	11	24
القيمة الوسطية	10	23.46

بتاريخ 28/1/2012 للتأكد من انتهاء التجربة

تم وضع الخليط في الجهاز وتم إضافة البكتريا وذلك لأنه تم ملاحظة انخفاض في درجة الحرارة بسبب صغر حجم الكومة وانخفاض درجة حرارة الوسط الخارجي

الجدول(3- 17) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الثاني عشر من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)

الأسبوع الثاني عشر		
29/01/2012	9	26 **تقليب مع إضافة بكتريا**
30/01/2012	8	26.5
31/01/2012	10	25.4
01/02/2012	8	25.2
02/02/2012	12	25.3
القيمة الأعظمية	12	26.5
القيمة الوسطية	9.4	25.68

لوحظ ارتفاع درجة الحرارة وذلك لأن الجهاز حافظ على درجة الحرارة الناتجة عن الكومة ومنع تأثرها بدرجة الحرارة المنخفضة للوسط الخارجي بالإضافة إلى أن البكتريا المضافة بدأت باستهلاك المادة المغذية مما ساعد على ارتفاع درجة الحرارة

الجدول(3- 18) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الثالث عشر من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع الثالث عشر		
05/02/2012	11	25.3
06/02/2012	12	26
07/02/2012	10	25.1
08/02/2012	12	25.2
09/02/2012	11	25.1
القيمة الأعظمية	12	25.3
القيمة الوسطية	11.2	25.18

الجدول(3- 19) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الرابع عشر من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع الرابع عشر		

12/02/2012	8	25.4
13/02/2012	10	25.5
14/02/2012	7	25
15/02/2012	8	25
16/02/2012	7	25
القيمة الأعظمية	10	25.4
القيمة الوسطية	8	25.1

الجدول(3- 20) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الخامس عشر من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع الخامس عشر		
19/02/2012	12	24.6
20/02/2012	13	25
21/02/2012	13	24.3
22/02/2012	12	24.4
23/02/2012	14	24.3
القيمة الأعظمية	14	24.7
القيمة الوسطية	12.8	24.46

الجدول(3- 21) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع السادس عشر من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع السادس عشر		
26/02/2012	16	24.2
27/02/2012	15	24.3
28/02/2012	16	24.2

29/02/2012	18	24.3
01/03/2012	16	24.1
القيمة الأعظمية	18	24.3
القيمة الوسطية	16.2	24.22

الجدول(3- 22) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع السابع عشر من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع السابع عشر		
04/03/2012	16	24
05/03/2012	18	24
06/03/2012	17	24
07/03/2012	19	24
08/03/2012	16	24
القيمة الأعظمية	19	24
القيمة الوسطية	17.2	24

الجدول(3- 23) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الثامن عشر من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع الثامن عشر		
11/03/2012	19	23.6
12/03/2012	20	23.3
13/03/2012	19	23.4

14/03/2012	21	23.3
15/03/2012	22	23.1
القيمة الأعظمية	22	23.6
القيمة الوسطية	20.2	23.34

الجدول(3- 24) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع التاسع عشر من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع التاسع عشر		
18/03/2012	20	23.2
19/03/2012	22	23.3
20/03/2012	23	23.1
21/03/2012	23	23
22/03/2012	21	23
القيمة الأعظمية	23	23.3
القيمة الوسطية	21.8	23.12

الجدول(3- 25) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع العشرون من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع العشرون		
25/03/2012	23	22.1
26/03/2012	22	22.2
27/03/2012	22	22.3

28/03/2012	23	22.1
29/03/2012	22	22
القيمة الأعظمية	23	22.3
القيمة الوسطية	22.4	22.14

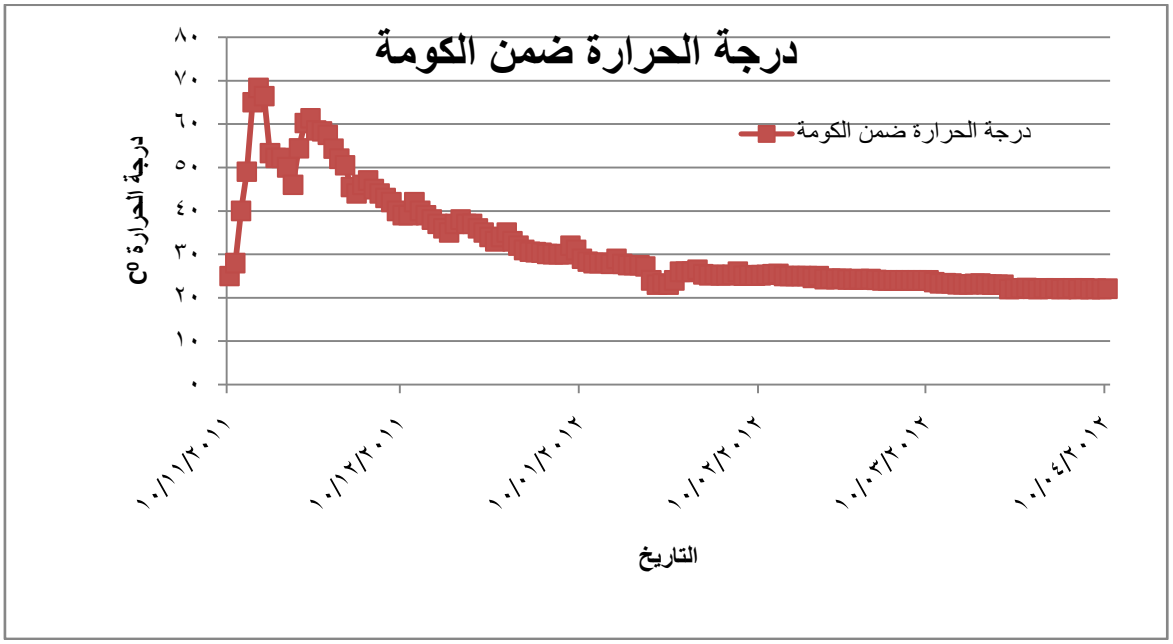
الجدول(3- 26) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الواحد والعشرون من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع الواحد والعشرون		
01/04/2012	22	22.2
02/04/2012	22	22
03/04/2012	23	22.1
04/04/2012	24	22.2
05/04/2012	22	22
القيمة الأعظمية	24	22.2
القيمة الوسطية	22.6	22.1

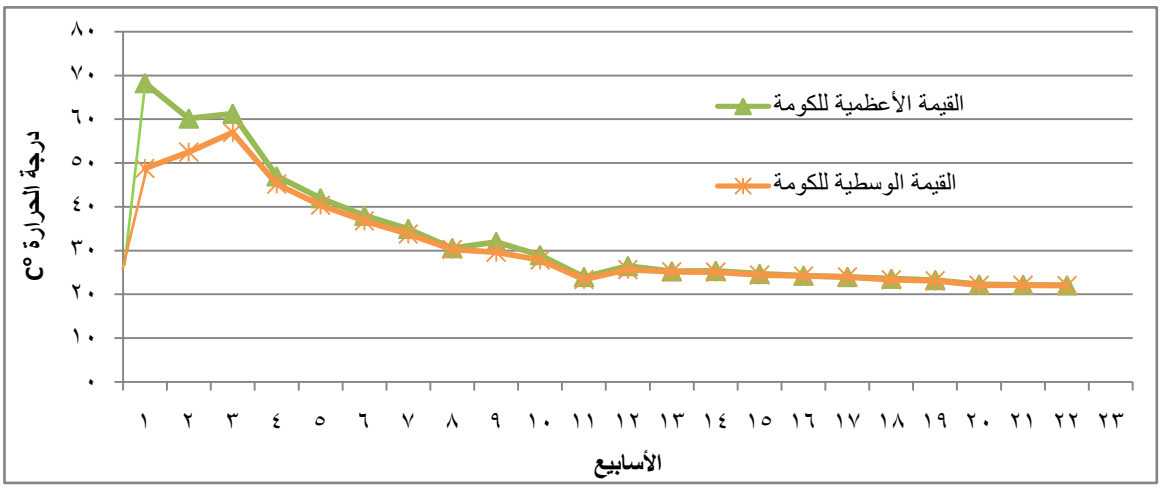
الجدول(3- 27) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الثاني والعشرون من التجربة الثالثة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)
الأسبوع الثاني والعشرون		
08/04/2012	21	22.1
09/04/2012	22	22
10/04/2012	24	22.1

القيمة الأعظمية	24	22.1
القيمة الوسطية	22.33	22.06



الشكل(3- 1) تغيرات درجة الحرارة اليومية خلال التجربة الثالثة



الشكل(3- 2) القيم الأعظمية والوسطية لدرجات الحرارة خلال التجربة الثالثة

فتبين أن درجة الحرارة لم ترتفع في التجارب السابقة لأن النشارة التي تم استخدامها في التجربة الأولى والثانية ناتجة عن منشرة والخشب المستخدم يضاف إليه مواد كيميائية تؤثر على عمل البكتريا.

كما لاحظنا أن العزل بواسطة الجهاز ساعد بتخفيف التبادل الحراري وبالتالي حافظنا على درجة حرارة أعلى في الأشهر الباردة.

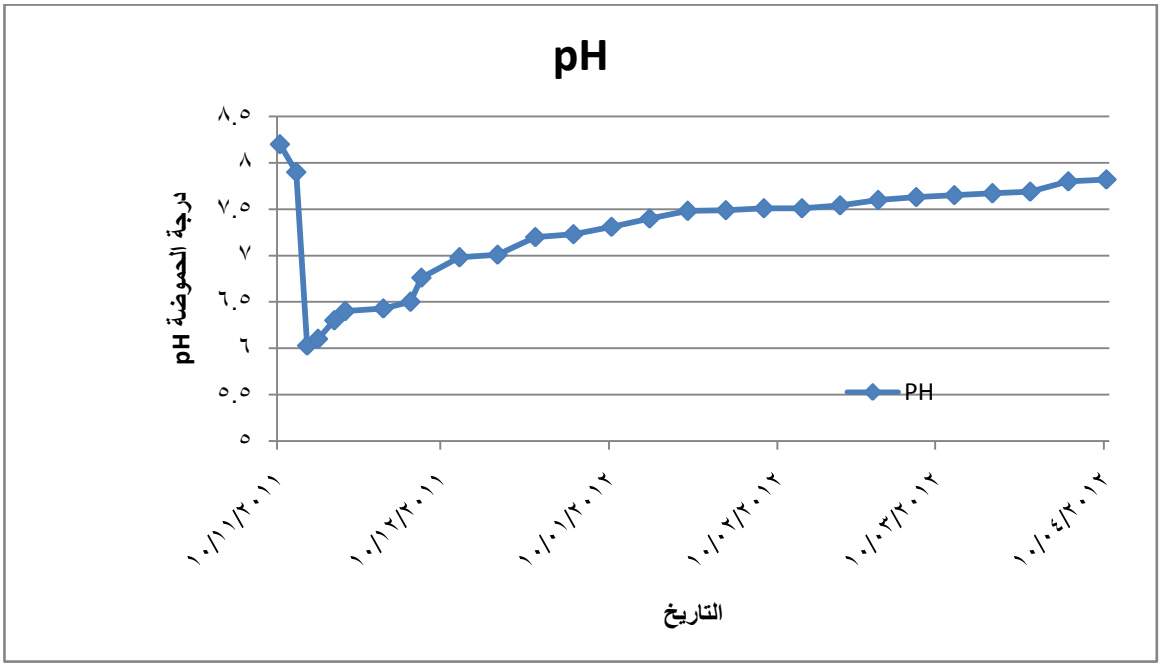
3- 3- 2- تغيرات درجة الحموضة pH:

تغيرت درجة ال pH للمادة المخمرة خلال عملية التخمير كما يبين الجدول التالي حيث كانت درجة الـ pH للمستخلص المائي (الحمأة +نفايات نباتية) 8.2 ومع التقدم الزمني للعملية انخفضت لتصل إلى 6.03 ثم عادت وارتفعت لتصل في نهاية التجربة إلى 7.82، الجدول (3 – 28) والشكل (3 – 3) يوضحان تغيرات الـــ pH.

الجدول(3- 28) يوضح تغيرات درجة الحموضة pH للتجربة الثالثة:

التاريخ	pH
10/11/2011	8.2
13/11/2011	7.9
15/11/2011	6.03
17/11/2011	6.1
20/11/2011	6.3
22/11/2011	6.4
29/11/2011	6.43
04/12/2011	6.5
06/12/2011	6.76
13/12/2011	6.98
20/12/2011	7.01
27/12/2011	7.2
03/01/2012	7.23
10/01/2012	7.31
17/01/2012	7.4
24/01/2012	7.48
31/01/2012	7.49

7.51	07/02/2012
7.51	14/02/2012
7.54	21/02/2012
7.6	28/02/2012
7.63	06/03/2012
pH	التاريخ
7.65	13/03/2012
7.67	20/03/2012
7.69	27/03/2012
7.8	03/04/2012



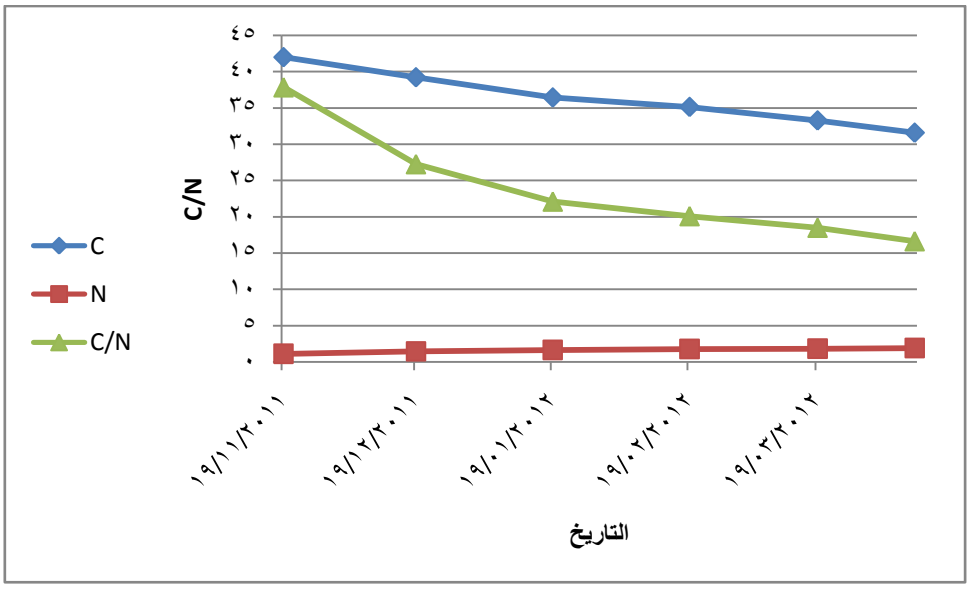
الشكل(3- 3) تغيرات قيم ال pH

3- 3- 3- قياس تغيرات الكربون والنتروجين:

أظهر تحليل العينات المأخوذة من الكومة كل شهر انخفاض النسبة C/N خلال عملية التخمير كما يوضح الجدول التالي لتصل في نهاية التجربة إلى (16.61)، الجدول (3 – 29) والشكل (3 – 4) يوضحان نسبة الكربون إلى النتروجين.

الجدول(3- 29) يوضح تغيرات درجة الكربون والنتروجين للتجربة الثالثة:

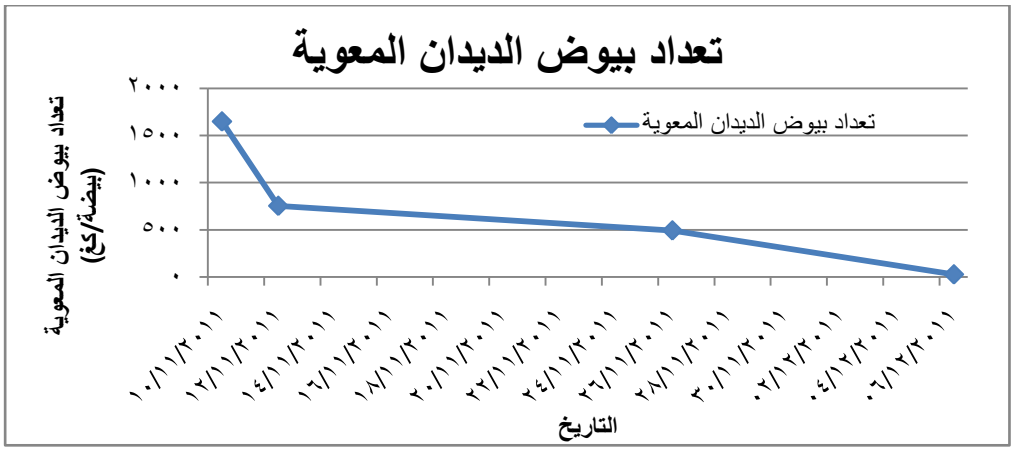
C/N	N%	C%	التاريخ
37.84	1.11	42	19/11/2011
27.24	1.44	39.22	19/12/2011
22.08	1.65	36.43	19/01/2012
C/N	N%	C%	التاريخ
20.07	1.75	35.12	19/02/2012
18.47	1.8	33.25	19/03/2012
16.61	1.9	31.56	10/04/2012



الشكل(3- 4) تغيرات نسبة الكربون والنتروجين

3- 3- 4- قياس بيوض الديدان المعوية:

بينت نتائج تحاليل الحمأة قبل عملية التخمير أن تعداد بيوض الديدان المعوية وصل إلى (1650) بيضة/كغ خليط وبعد أسبوع من بدء عملية التخمير كان تعداد بيوض الديدان المعوية 755 بيضة/ كغ خليط جاف أي أن 46% من البيوض قد ماتت بسبب ارتفاع درجة الحرارة إلى 68.3 في مركز الكومة، وبعد عملية التقليب الأول وصل تعداد بيوض الديدان المعوية إلى 494 بيضة / كغ خليط وبعد عملية التقليب الثاني وصل تعداد بيوض الديدان المعوية إلى 28 بيضة/ كغ خليط أي بعد30 يوم أي أن 98% من البيوض قد ماتت بعد 30 يوم من بدء عملية التخمي ر، والشكل (3 – 5) يبين التغيرات الحاصلة بتعداد بيوض الديدان المعوية.



الشكل(3- 5) تغير تراكيز بيوض الديدان المعوية

3- 4- التجربة الرابعة:

قمنا بإحضار حمأة جديدة من محطة الحارة وتم خلطها مع القش (بقايا حصد القمح)، وأجرينا عليها تحاليل في المخبر، وحصلنا على النتائج التالية:

الجدول(3- 30) نتائج التحاليل المخبرية للحمأة والقش للتجربة الرابعة :

	نوع المادة	نسبة C/N	الرطوبة %	الوزن كغ	تاريخ التجربة	طريقة التخمير
1	حمأة الصرف الصحي	14	%65	100	23/4/2012	كومة + جهاز
2	القش	99.54	%0	35		
3	الخليط	30.13	%55	155 بسبب إضافة 20 كغ من الماء		

وقمنا بوضع نصف الخليط بالجهاز بحيث امتلأ 70% من حجم الجهاز، والنصف الآخر على شكل كومة.

3- 4- 1- تغيرات درجة الحرارة:

كانت درجات الحرارة داخل الكومة والجهاز عند بداية عملية التخمير 34 درجة مئوية ارتفعت درجة الحرارة ضمن الكومة بعد أسبوع من التخمير لتصل إلى 71 درجة مئوية بالمقابل وصلت درجة الحرارة في الجهاز إلى 74 درجة مئوية، وبعد أسبوعين كانت درجة الحرارة 69 درجة مئوية في الكومة أما في الجهاز فوصلت إلى 71 درجة مئوية ، بقيت درجة الحرارة خلال الأسبوع الرابع

تتراوح بين (50 –56.2) درجة مئوية في الكومة و (53 –48.5) في الجهاز ثم عادت وانخفضت في الأسبوع الخامس إلى 46 درجة مئوية في الكومة و 47 درجة مئوية في الجهاز ، وفي الأسبوع السادس كانت 42 درجة مئوية في الكومة 44.5 درجة مئوية في الجهاز ، وبدأت بعدها بالانخفاض تدريجيا حتى الأسبوع الأخير من عملية التخمير ، حيث كانت 35.86 درجة مئوية للكومة 34.16 للجهاز مع العلم أن درجات الحرارة الأعظمية حصلنا عليها بعد كل تقليب في الكومة أما بالنسبة للجهاز فوصلت درجة الحرارة للذروة بعد 5 أيام، واستمرت بعدها بالانخفاض تدريجيا. والجداول من (3 – 31) حتى (3 – 43) والشكلان (3 – 6) و (3 – 7) يوضحان تغيرات درجة الحرارة في التجربة الرابعة.

الجدول(3– 31) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الأول من التجربة الرابعة

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)	درجة حرارة الخليط في الجهاز
الأسبوع الأول			
24/04/2012	25	34	34
25/04/2012	24	35	38
26/04/2012	23	42	45
27/04/2012	24	50	52
28/04/2012	25	66	70
29/04/2012	23	70	74
30/04/2012	23	71	72
القيمة الأعظمية	25	71	74
القيمة الوسطية	23.85	52.57	55

الجدول(3- 32) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الثاني من التجربة الرابعة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)	درجة حرارة الخليط في الجهاز
الأسبوع الثاني			
01/05/2012	24	69	70
02/05/2012	24	55	58
03/05/2012	25	54.5	55
04/05/2012	24	53	54
05/05/2012	25	50 **تقليب**	51
06/05/2012	25	52	50
07/05/2012	26	54.7	51
القيمة الأعظمية	26	69	70
القيمة الوسطية	26	55.46	55.57

الجدول(3- 33) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الثالث من التجربة الرابعة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)	درجة حرارة الخليط في الجهاز
الأسبوع الثالث			
08/05/2012	26	58	52
09/05/2012	27	56	50
10/05/2012	27	56	49
11/05/2012	26	54	49
12/05/2012	27	53	48
13/05/2012	27	53	49
القيمة الأعظمية	27	58	52

القيمة الوسطية	26.71	54.28	49.28

الجدول(3- 34) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الرابع من التجربة الرابعة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)	درجة حرارة الخليط في الجهاز
الأسبوع الرابع			
15/05/2012	28	49 **تقليب**	47
16/05/2012	27	51	47
17/05/2012	28	50	45
18/05/2012	28	50	46
19/05/2012	28	48	45
20/05/2012	28	47	44
21/05/2012	29	49	43
القيمة الأعظمية	29	51	47
القيمة الوسطية	28.13	48.87	45.13

الجدول(3- 35) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الخامس من التجربة الرابعة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)	درجة حرارة الخليط في الجهاز
الأسبوع الخامس			
24/05/2012	31	46	43
25/05/2012	30	44	42
26/05/2012	31	43	41
27/05/2012	31	43 تقليب	42
28/05/2012	30	44.1	41
29/05/2012	30	42.3	40

القيمة الأعظمية	31	46	43
القيمة الوسطية	30.57	43.48	41.14

الجدول(3- 36) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع السادس من التجربة الرابعة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)	درجة حرارة الخليط في الجهاز
الأسبوع السادس			
31/05/2012	31	42	40
01/06/2012	31	41	39
02/06/2012	31	41.1	38
03/06/2012	32	40 **تقليب**	39
04/06/2012	32	42	39
05/06/2012	31	40	38
06/06/2012	32	39.2	37
القيمة الأعظمية	32	42	40
القيمة الوسطية	31.43	40.75	38.57

الجدول(3- 37) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع السابع من التجربة الرابعة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)	درجة حرارة الخليط في الجهاز
الأسبوع السابع			
10/06/2012	33	38	36
11/06/2012	32	39	35
12/06/2012	33	38.1	35
13/06/2012	31	38	34
14/06/2012	32	38.3	34
القيمة الأعظمية	33	39	36

القيمة الوسطية	32.2	38.28	35.8

الجدول(3- 38) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الثامن من التجربة الرابعة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)	درجة حرارة الخليط في الجهاز
الأسبوع الثامن			
17/06/2012	32	37.9 تقليب	33
18/06/2012	32	38.5	32
19/06/2012	31	37.8	32
20/06/2012	31	37.7	32
21/06/2012	32	37.5	32
القيمة الأعظمية	32	38.5	33
القيمة الوسطية	31.6	37.88	32.2

الجدول(3- 39) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع التاسع من التجربة الرابعة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)	درجة حرارة الخليط في الجهاز
الأسبوع التاسع			
24/06/2012	31	37.1 **تقليب**	
25/06/2012	31	38	
26/06/2012	31	37	
27/06/2012	32	37	
28/06/2012	32	37	
القيمة الأعظمية	32	38	

القيمة الوسطية	31.4	37.22	

الجدول(3- 40) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع العاشر من التجربة الرابعة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)	درجة حرارة الخليط في الجهاز
الأسبوع العاشر			
01/07/2012	34	36.7 **تقليب**	
02/07/2012	34	37	
03/07/2012	34	37.5	
04/07/2012	35	37	
05/07/2012	35	37	
القيمة الأعظمية	35	37.5	
القيمة الوسطية	34.4	37.04	

الجدول(3- 41) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الحادي عشر من التجربة الرابعة:

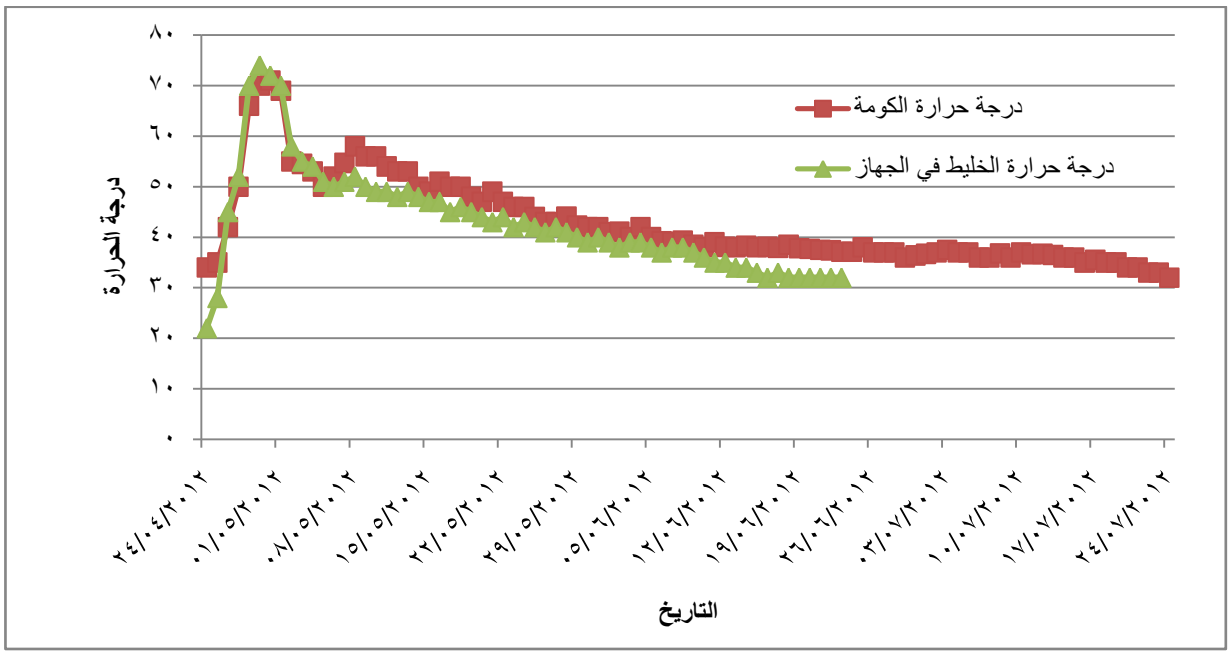
التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)	درجة حرارة الخليط في الجهاز
الأسبوع الحادي عشر			
08/07/2012	32	36.8	
09/07/2012	33	36 تقليب	
10/07/2012	32	37	
11/07/2012	30	36.6	
12/07/2012	31	36.7	
القيمة الأعظمية	33	37	
القيمة الوسطية	31.6	36.62	

الجدول(3- 42) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الثاني عشر من التجربة الرابعة:

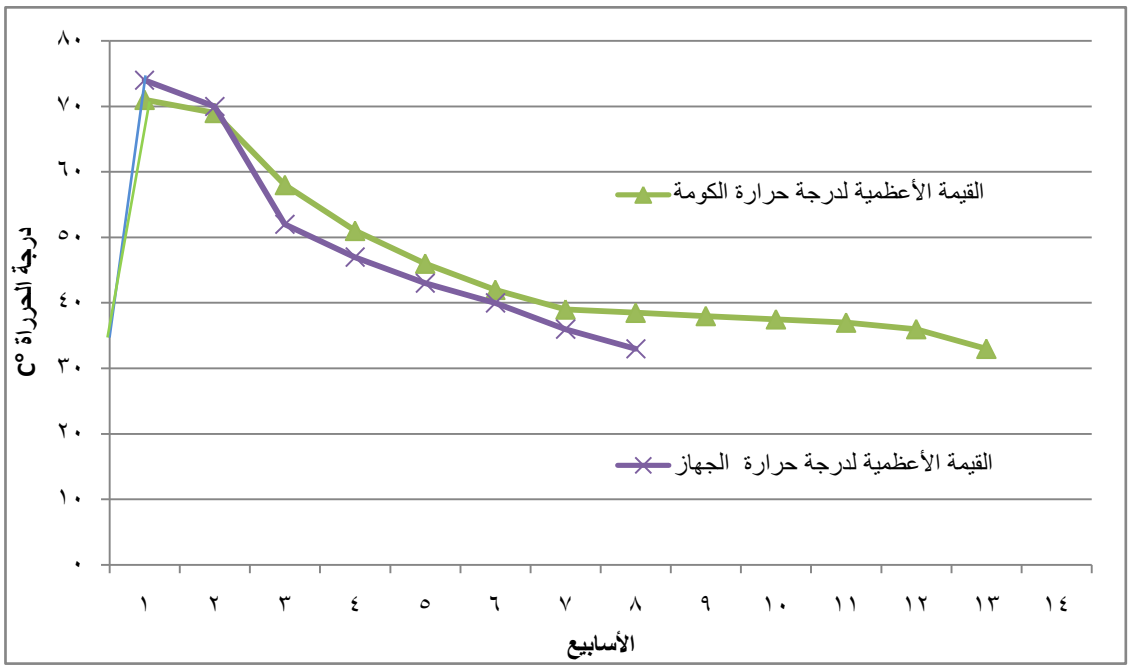
التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة °C(الوسطية)	درجة حرارة الخليط في الجهاز
الأسبوع الثاني عشر			
15/07/2012	31	36	
16/07/2012	32	35 **تقليب**	
17/07/2012	33	35.5	
18/07/2012	33	35	
19/07/2012	31	35	
القيمة الأعظمية	33	36	
القيمة الوسطية	32	35.3	

الجدول(3- 43) يوضح تغير درجات الحرارة خلال الأسبوع الثالث عشر من التجربة الرابعة:

التاريخ	درجة حرارة الوسط الخارجي	درجة حرارة الخليط داخل الكومة C(الوسطية)	درجة حرارة الخليط في الجهاز
الأسبوع الثالث عشر			
22/07/2012	32	33	
23/07/2012	33	33	
24/07/2012	34	32	
القيمة الأعظمية	34	33	
القيمة الوسطية	33	32.67	



الشكل(3- 6) تغيرات درجة الحرارة اليومية



الشكل(3- 7) القيم الأعظمية والوسطية لدرجات الحرارة

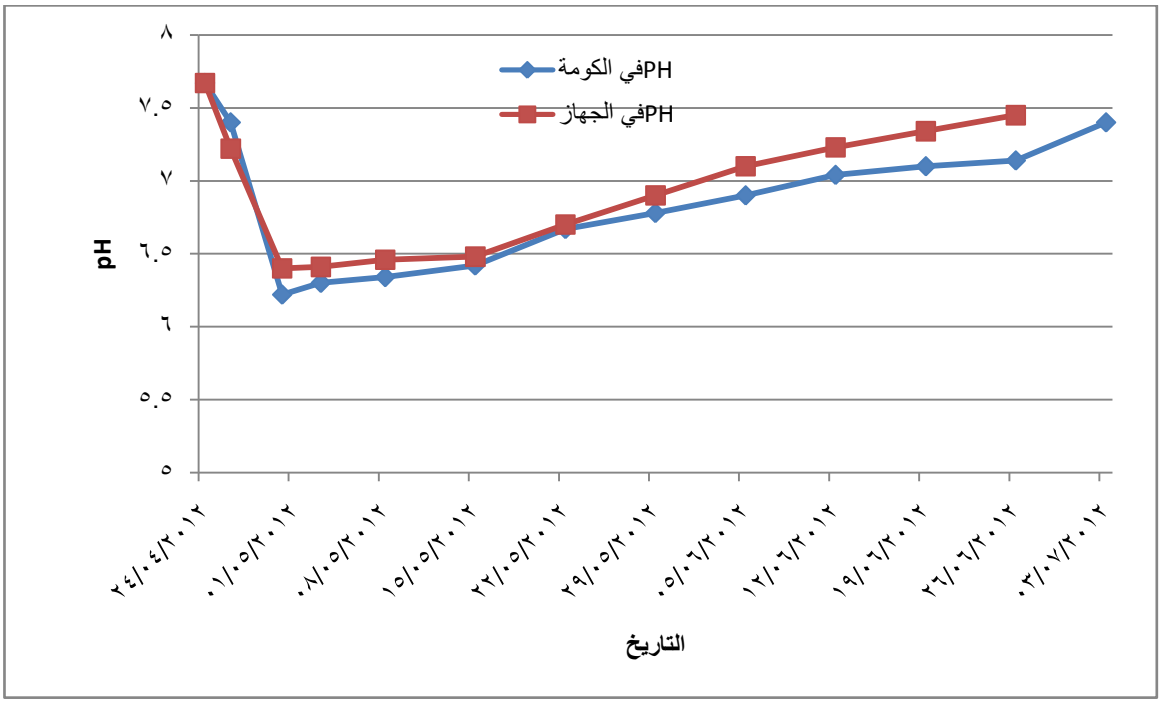
3- 4- 2- تغيرات درجة الحموضة pH:

تغيرت درجة الـ pH للمادة المخمرة خلال عملية التخمير كما يبين الجدول التالي حيث كانت درجة الـ pH للمستخلص المائي (الحمأة +نفايات نباتية) 7.67 ومع التقدم الزمني للعملية انخفضت لتصل إلى

6.22 في الكومة و 6.4 في الجهاز ثم عادت وارتفعت لتصل في نهاية التجربة إلى 7.4 في الكومة 7.6 في الجهاز، الجدول (3 – 44) والشكل (3 – 8) يبين تغيرات الـــ pH.

الجدول (3– 44) يوضح تغير درجات الحموضة pH خلال التجربة الرابعة:

التاريخ	pH في الكومة	pH في الجهاز
24/04/2012	7.67	7.67
26/04/2012	7.4	7.22
30/04/2012	6.22	6.4
03/05/2012	6.3	6.41
08/05/2012	6.34	6.46
15/05/2012	6.42	6.48
22/05/2012	6.67	6.7
29/05/2012	6.78	6.9
05/06/2012	6.9	7.1
12/06/2012	7.04	7.23
19/06/2012	7.1	7.34
26/06/2012	7.14	7.45
03/07/2012	7.4	



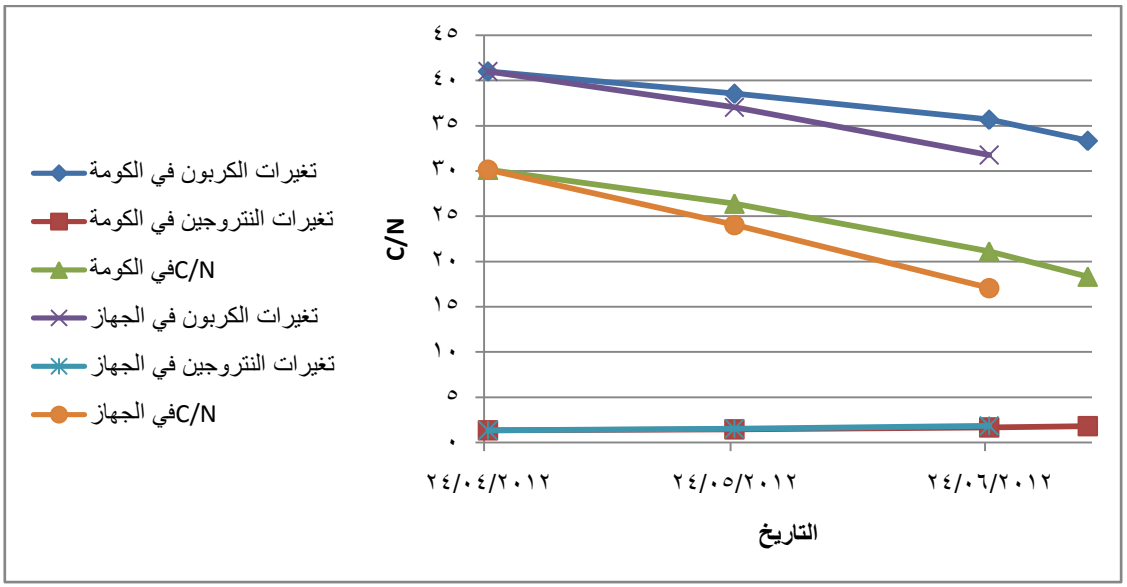
الشكل(3- 8) تغيرات قيم ال pH

3- 4- 3- قياس تغيرات الكربون والنتروجين:

أظهر تحليل العينات المأخوذة من الكومة كل شهر انخفاض النسبة C/N خلال عملية التخمير كما يوضح الجدول التالي لتصل في نهاية التجربة إلى (18.32) في الكومة و (17.08) في الجهاز. الجدول (3 – 45) والشكل (3 – 9) يوضحان تغيرات نسبة الـــ C/N.

الجدول (3- 45) يوضح تغيرات نسبة الكربون والنتروجين خلال التجربة الرابعة:

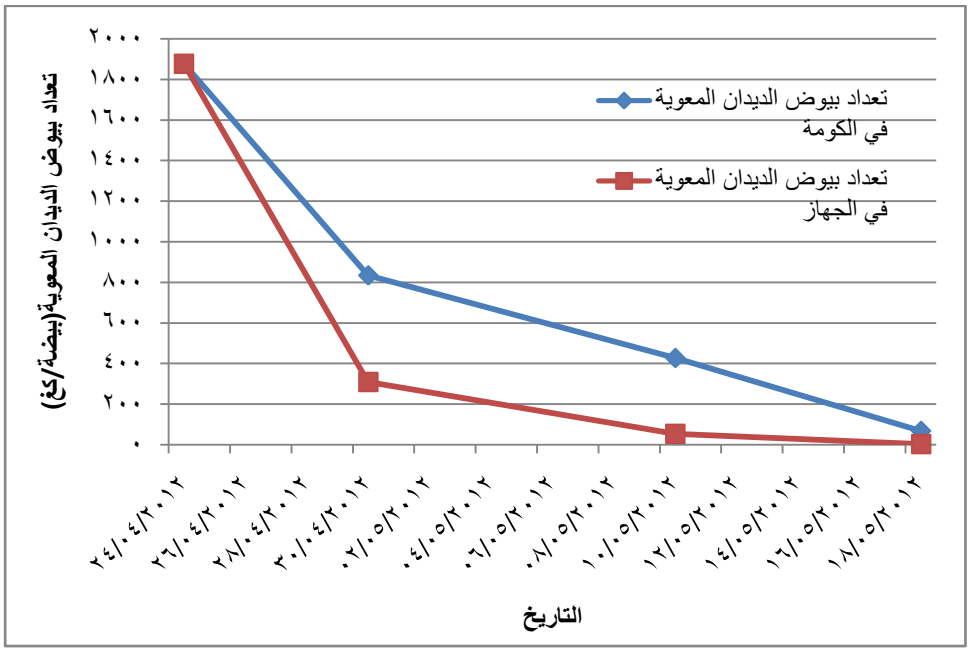
التاريخ	تغيرات الكربون في الكومة%	تغيرات النتروجين في الكومة%	C/Nفي الكومة	تغيرات الكربون في الجهاز%	تغيرات النتروجين في الجهاز%	C/Nفي الجهاز
24/04/2012	41	1.36	30.14	41	1.36	30.15
24/05/2012	38.54	1.46	26.39	37.03	1.54	24.05
24/06/2012	35.67	1.69	21.11	31.76	1.86	17.08
24/07/2012	33.34	1.82	18.32			



الشكل(3- 9) تغيرات نسبة الكربون والنتروجين

3- 4- 4- قياس تغيرات بيوض الديدان المعوية:

بينت نتائج تحاليل الحمأة قبل عملية التخمير أن تعداد بيوض الديدان المعوية وصل إلى (1876) بيضة/كغ خليط وبعد أسبوع من بدء عملية التخمير كان تعداد بيوض الديدان المعوية 834 بيضة/ كغ أي أن 44% من البيوض قد ماتت بسبب ارتفاع درجة الحرارة إلى 71 في مركز الكومة و 310بيضة/كغ خليط في الجهاز أي أن 83.47% من البيوض قد ماتت وبعد عملية التقليب الأول وصل تعداد بيوض الديدان المعوية إلى 427 بيضة / كغ خليط في الكومة 54 بيضة / كغ خليط جاف في الجهاز أي أن 97 % من البيوض قد ماتت وبعد عملية التقليب الثاني وصل تعداد بيوض الديدان المعوية إلى 64 بيضة/ كغ خليط في الكومة 10 بيضة / كغ خليط في الجهاز أي أنه بعد 26 يوم من بدأ عملية التخمير مات 97% من بيوض الديدان المعوية، والشكل (3 – 10) يبين التغيرات في تعداد بيوض الديدان المعوية.



الشكل(3- 10) تغير تراكيز بيوض الديدان المعوية

3- 5- المناقشة:

1- تغيرات درجة الحرارة:

لوحظ ارتفاع في درجة الحرارة داخل الكومة في التجربة ال ثالثة خلال زمن التخمير ، فقد وصلت بالمتوسط إلى حوالي 57 درجة مئوية بعد أسبوعين من التخمير ، وبقيت درجة الحرارة في مجال ال 50 درجة مئوية لمدة أسبوعين وفي التجربة الر بعةوصلت بالمتوسط إلى 56 درجة مئوية وحافظت

على درجة حرارة في مجال ال 50 لمدة 3 أسابيع، ويعزى هذا الارتفاع إلى نشاط الكائنات الحية الدقيقة عندما تبدأ بتحليل المركبات العضوية ، حيث ترتفع درجة الحرارة في البداية داخل الكومة عدة درجات نتيجة لهذا النشاط ومع زيادة معدل النشاط التحليلي لهذه الكائنات ترتفع درجة الحرارة فإذا وصلت الحرارة ضمن المخلفات العضوية لحدود 63 درجة مئوية ينخفض النشاط الميكروبي، ويتوقف تقريبا عند درجة حرارة 67 درجة مئوية [26]، بينما يشير Misra وآخرون (2003) إلى أن درجة الحرارة بحدود 55 درجة مئوية لفترة معينة كافية للقضاء على العوامل الممرضة خلال التخمير ، أما بالنسبة للجهاز فقد وصلت درجة الحرارة إلى 74 درجة مئوية و حافظت على درجة حرارة في مجال ال 50 لمدة أسبوعين، وهذا دليل أن العزل الجيد للخليط يحافظ على درجة حرارة الخليط ويمنعها من التأثر بدرجة حرارة الوسط الخارجي [50].

2- تغيرات درجة ال PH:

انخفضت درجة الحموضة للمخلفات خلال عملية التخمير ، في التجربة الثالثة والرابعة ولكنها بقيت قريبة من نتائج Ahmed وزملائ عام 2005 [35]. ونتائج Bayoumi وزملائ عام 2008 [51]. ويشير Beck- Friis وزملاؤه عام 2003 [52]. أن قيمة درجة ال pH تتغير خلال عملية التخمير ، وهذا عائد للتغير ات الكيميائية المرافقة لعملية تحلل المخلفات العضوية ، وهذا يعود إلى تشكل الأحماض العضوية والذي يحد هذا الانخفاض تفكك هذه الأحماض في الفترات اللاحقة وعملية النشدرة [53].

ويرى Sundberg و Waste أن درجة ال pH تتأثر خلال عملية التخمير بعوامل عديدة كانطلاق غاز CO_2 بفعل التحلل الحيوي ، وينحل بالماء ليتشكل حمض الكربون كذلك تشكل الأحماض العضوية وهذان العاملان يخفضان من قيمة درجة ال pH أما تشكل غاز النشادر (NH_3) والأمونيوم (NH_4^+) والتي تنتج عن تحلل البروتين فيرفع من قيمة ال pH [54].

3- تغيرات النسبة C/N:

يشير Stoffella وزملاؤه عام 2003 إلى أن استخدام سماد عضوي ذو نسبة C/N مرتفعة يؤثر سلبا على التغذية الآزوتية للمحاصيل الزراعية [55].

تعتمد النسبة C/N على الفقد النتروجيني خلال عملية التحلل ، كذلك تتأثر هذه النسبة بمدى إتاحة الكربون العضوي للكائنات الدقيقة حيث كلما كان أكثر يسرة" كلما كان الفقد النتروجيني أقل [56].

تشير النتائج في التجربة الرابعة إلى أنه خلال التخمير انخفضت النسبة C/N بشكل تدريجي لتصل في نهاية عملية التخمير إلى 18/1 وهذا يتفق مع نتائج Shehata et al،2005 [55]. ونتائج Van

Ginkel وآخرون (1999) [7]. ويعود هذا الانخفاض إلى أن الكربون العضوي خلال عملية التخمر يتعرض لأكسدة أنزيمية تؤدي إلى فقدان جزء من هذا الكربون على شكل غاز CO_2 [58]، إضافة لارتفاع نسبة الآزوت مع الزمن [28].

4- تغير تعداد بيوض الديدان المعوية:

تشير نتائج الدراسة إلى موت 97% من بيوض الديدان المعوية بعد (30 -26) يوم من بدء عملية التخمير بواسطة الكومة ، وهذا يتفق مع نتائج Saint- Malo- 2004 و 97% من بيوض الديدان المعوية ماتت بعد (10- 15) يوم من بدء عملية التخمير في الجهاز [38]. وتشير الدراسات إلى أن تعريض العوامل الممرضة إلى درجات حرارة أعلى من الدرجات المثالية لنموه (29 ±1)يثبّط كل العمليات الحيوية لهذه العوامل [57]. وبينRudolfs أن معظم الممرضات ستموت بسرعة عندما تتعرض لدرجة حرارة حوالي 55°C، ويمكن للقليل منها أن يعيش عند درجة حرارة فوق 67°C لفترة قصيرة من الزمن [60].

3- 6- مقارنة بين الكومبوست الناتج والسماد البلدي والتورب:

لمعرفة مدى كفاءة السماد الناتج قمنا بإجراء التجارب التالية:

يبين الجدول (3 – 46) مقارنة للكومبوست الناتج مع السماد البلدي والتورب.

الجدول (3- 46) مقارنة الكومبوست الناتج مع أسمدة أخرى:

اسم السماد العضوي	الوزن الحجمي غ/ل	PH	Ec مليموز/سم	N%	P%	تعداد بيوض الديدان المعوية
الكومبوست الناتج	354.3	7.4	2.3	1.9	0.2	خالي من بيوض الديدان المعوية
السماد البلدي	296.6	6.8	3.7	1.45	0.14	-
التورب	230.1	5.8	1.2	1.3	0.25	-

من خلال الجدول السابق نلاحظ أن الكومبوست الناتج مواصفاته ممتازة ويمكن استخدامه بالزراعة

3- 7- الإشكاليات التي يمكن أن تحصل أثناء تصنيع السماد [16]:

الجدول (3 – 47) يبين الإشكاليات التي يمكن أن تحصل أثناء تصنيع السماد :

العوارض	سبب المشكلة	الحل
للسماد رائحة نتنة تشبه رائحة البيض المعفن	قلة الهواء في الخليط	خلط وتقليب الكومة
للسماد رائحة تشبه رائحة النشادر	نسبة النتروجين عالية	إضافة مواد غنية بالكربون
مركز الكومة ناشف	قلة الماء في الخليط	إضافة الماء إلى الخليط أثناء التقليب
السماد أو الخليط رطب لكنه بارد	نسبة النترجين منخفضة	إضافة بعض المواد الغنية بالنتروجين

وعادة تصبح المواد جاهزة للاستخدام عندما:

1- يصبح حجمها ثلث الحجم الأصلي.

2- يصبح لونها بنّي.

3- تصبح مفتّتة.

4- يصبح لها رائحة شبيهة برائحة التراب أو الأرض.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

1- أدت عملية تخمير الحمأة مع النفايات النباتية إلى ارتفاع درجة الحرارة لتصل إلى 71 درجة مئوية في الكومة و 74 درجة مئوية في الجهاز بعد 5 أيام من بدء عملية التخمير ويعود هذا إلى نشاط الكائنات الحية الدقيقة عندما تبدأ بتحليل المركبات العضوية.

2- لاحظنا انخفاض في قيمة ال pH لتصل إلى 6.22 في الكومة و 6.4 في الجهاز . ثم عادت وارتفعت لتصل في نهاية التجربة إلى 7.4 في الكومة 7.6 في الجهاز وهذا عائد للتغيرات الكيميائية المرافقة لعملية تحلل المركبات العضوية.

3- موت 97% من بيوض الديدان المعوية خلال (26- 30) يوم في الكومة وهذا عائد إلى الارتفاع في درجة الحرارة، أما في الجهاز فقد مات 97% من البيوض خلال (15- 18) يوم وذلك بسبب العزل الحراري.

4- تبين أن نسبة الكربون إلى النتروجين في انخفاض مستمر خلال عملية التخمير لتصل في نهاية العملية إلى (18.32) في الكومة و (17.08) في الجهاز وهذا موافق للمواصفات القياسية السورية.

5- باستخدام طريقة العزل الحراري عن طريق الجهاز نلاحظ انخفاض مدة التخمير للجهاز بالنسبة للكومة وارتفاع أكثر لدرجة الحرارة مع المحافظة على الرطوبة.

6- من خلال مقارنة الكومبوست مع السماد البلدي والتورب تبين أن الكومبوست الناتج بمواصفات ممتازة ويمكن اسخدامه بالزراعة.

التوصيات:

1- ضرورة الاهتمام بمشكلة تراكم الحمأة والمخلفات الزراعية وإعطاء معالجة هذه الفضلات حصة كبيرة من مشاريع البحث العلمي لإيجاد السبل الأمثل لاستخدامها بشكل مفيد في مجال الزراعة.

2- استخدام أنواع أخرى من الحمأة ومعرفة مدى كفاءتها في عملية التخمير.

3- استمرار البحث في المصادر العضوية المحلية لإيجاد البديل المناسب للتورب المستورد.

4- تجربة الكومبوست الناتج في زراعة بعض الخضروات أو الأشجار المثمرة ومعرفة مدى كفاءته.

5- تطوير مخطط تكنولوجي في موقع محطات المعالجة لعملية التخمير المشترك للحمأة مع النفايات النباتية.

**المـــــــ

9- شاهين، هيثم، معالجة المخلفات الصلبة، مطبوعات جامعة تشرين ، (1994- 1995)
ص 220،ص230- 238.

10- Van Ginkel J T، P.A.C. Raats، I.A. Van Haneghem (1999) Bulk Density-And Porosity Distributions In A Compost Pile، Njas Wageningen Journal Of Life Science، Vol 47،No2.

11- Desoki، Abdel- Nasser. H. (2004). Recycling Of Some AgriculturalWastes And Their Utilization In Bio- organic Agriculture. Ph.D. Thesis، Institute Of Environmental Studies&Research. Ain Shams Univ.، Efypt.

12- Raison Rj (1979). Modification Of The Soil Environment By Vegetation-Fires، With Particular Reference To Nitrogen Transformation: AReview.Plant Soil 51:73- 108.

13- Ponnamperuma Fn(1984). Straw As A Source Of Nitrogen For Wetland-Rice. In: Banta S، Mandoza Cv(Eds). Organic Matter And Rice. Irri،Los Banos،Philippines. Pp.117- 136.

14- Samar S،Malik Rk، Mangat R، Singh S، Ram M(1999). Effect Of Rice-Straw Burning On The Efficacay Of The Herbicides In Wheat(Triticum Aestivum). Indian J. Agron. 44: 361- 366.

15- Kumar، K. & Goh، K.M.(2002).Crop Residues And Management-Practices: Effects On Soil Quality، Soil Nitrogen Dynamics، Grop Yields And Nitrogen Recovery. Advances In Agronomy،68،197- 317.

16- Stevenson، F. J،(1982) Humuns Chemistry Genesis، Composition، Reactions. Department Of Agronomy، University Of Illinois،443p.

17- Sangakkara، U.R، Pietsch،G، Gollner، M(2005)،Impact Of Organic Matter And Method Of Addition On Selected Soil Parameters، Growth And Yields Of Mungbean Grown An A Minor Season In The Humid Tropics. Institute Of Organic Agriculture، University Of Natural Resources And Applied Sciences،Gregor Mendel Strass 33، A- 1180، Vienna، Austria.

18- Djenontin، J.A، Amidou، M، Baco.N.M(2003):Production Of Manure And Mulch Incorporation Of The Management Of Soil Fertility. Organization Spatial Et Gaston Des Resources Et Des Territories Ruraux. Acts Du Colloqua، Montpellier، France،Pp 25- 27.

19- عامر، أحمد علي الدين (1999) معالجة الحمأة والمخلفات الزراعية لإنتاج السماد العضوي. مجلة الإدارة العامة للثقافة الزراعية، جمهورية مصر العربية. ص24

20- بو عيسى، عبد العزيز. خليل، نديم (1997) الأسمدة والتسميد- مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية- جامعة تشرين. ص251

21- المشهدي، عبده سعود والحماطي، عبد الحليم(1983): التربة والتسميد، كلية الزراعة، مركز البحوث الزراعية، مطابع جامعة الملك سعود، ص71.

22- Porteus، A، (1992)،Dictionary Of Environmental Science And Technology، John Wilury And Sons، UK.

23- Rynk،R. (ED). 1992. On- Farm Composting Handbook، Northeast Regional Agricultural Engineering service،Coop. Ext. Nraes- 54 Ithaca، Usa.

24- Gajdosr.(1992):the use of organic waste materials as organic fertilizers – recycling of plant nutrients.Actahortic 302:325- 331.

25- زيدان، علي. الخضر، أحمد. كبيبو،عيسى. بوعيسى، عبد العزيز.خليل، نديم. 1992: خصوبة التربة وتغذية النبات- مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية- جامعة تشرين.

26- Hansen، R C،. Mancl، K M،Keener، H M، Hoitink، H A J(1995) The-Composting Process، The Ohio State University، Bulletin. Pp792.

27- Stevenson، F. J،(1982) Humuns Chemistry Genesis، Composition، Reactions. Department Of Agronomy، University Of Illinois،Pp443.

28- Abdelmalek.Y، Monib، M، Rizk،S.G، Shehata،S. M،(1976) BiologicalActivities During Ripening Of Composts، Zentralblbakteriol، Parasiten Kdinfektionskr، Hyg،131(8):Pp 744- 750.

29- Li- An Lu، et al.2007، Co- composting of Faecal Sludge and Solid Waste *EAWAG- SANDEC/IWM* High- rate composting of barley dregs with sewage sludge in- 19 a pilot scale bioreactor.

30- Robert M.P، William Thom M، P،(2001)، Natural Resources and Environmental Protection Cabinet KY Department of Environmental Protection Division of Waste Management, Proceeding of The 12th Symposium on Analytical And Environm tal Problems.Pp 488- 492.

31- الدليل الشامل للطفيليات ذات الأهمية الصحية – منظمة الصحة العالمية – المكتب الأقليمي لشرق المتوسط- المركز الأقليمي لأنشطة الصحة البيئية عمان- الأردن2003، ص45.

32- (Ghana)/French Ministry of Foreign Affairs Project Report. 2003. Montangero، et al Cofie S. Drescher، C. Zurbruegg and M. Strauss (2002).

33- Young، C،P.D.Rekha،and A.B.Arun(2005) What happens during composting،Soil and Fertilizers Chapter 3، Pp8- 19.

34- بيير أندريه، 1992 – الدبال: تحلل بقايا النباتات والمخلفات الحيوانية وفوائده للتربة. دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر، 268 صفحة.

35- Ahmed M.M.M.،A.Mahmoud and E.B.A.osaman 2005 recycling of crop residues and using them as a composts to enhance the growth and productivity of canola in new by reclaimed sandy soil، res.commun.of U.S. B.Branch Dobrich vol.7،Pp138- 147.

36- Gilbert E. J.، and Slater R. A. (2000). The State of Composting 1998. Results of The Composting Association's survey of composting facilities in operation in 1998.

37- Dimitrios P. Komilis، A. Evangelou، A. Apostolou، G. Giannakis، D. Kalpakis، G. Lazaridis، M. Margariti، E. Voudrias(2000)، Co- composting Of Dewatered Wastewater Sludge With The Organic Fraction Of Municipal Solid Wastes.Compost Sci. Utilization 6:Pp 35- 45.

38- Kosobucki، A. Chmarzyński، B. Buszewski*(2000) Department of Environmental Chemistry and Ecoanalytics، Faculty of Chemistry، Nicolaus Copernicus University، 7 Gagarin St.، Sewage Sludge Composting، Pp **87- 100.**

39- W.MAGILL AND J.LUNARD، UNIVERSITY OF ALBerTA،CO-COMPOSTING OF EDMONTON'S SEWAGE SLUDGE ANDMUNICIPAL SOLIDWASTE. – EFFECT OF WATER CONTENT ON COMPOST RESPIRATION، Pp 9- 12.

40- IWMI&SANDEC،(2002) Co- composting of Faecal Sludge and Solid Waste Preliminary Recommendations on Design and Operation of Cocomposting Plants based on the Kumasi Pilot Investigation Pp55.

41- Garrec، N.، Picard- Bonnaud، F. and Pourcher، A.M. (2003)Occurrence of *Listeria* sp. and *L. monocytogenes* in sewage sludge used for land application: effect of dewatering، liming and storage in tank on survival of *Listeria* species. FEMS Immunology and Medical
Microbiology 35: Pp 275- 283.

42- June- November 2003Co- - Composting ReducesHelminth Eggs iin Fecal Sludge Pp6- 18.

43- AM. Pourcher1‹ F. Picard- Bonnaud1‹ P. Morand 2‹ M. Federighi3‹ G. Moguedet1*1 Université d'Angers‹ UMR M.A.‹ LSEA‹ UFR Sciences* (2004)BEHAVIOUR OF ENTERIC MICRO- ORGANISMS DURING COMPOSTING OF RURAL SEWAGE SLUDGE‹Pp275- 280.

44- Saint- Malo(2004)BEHAVIOUR OF ENTERIC MICRO- ORGANISMS DURING COMPOSTING OF RURAL SEWAGE SLUDGe.

45- Dimitrios P. Komilis‹ A. Evangelou‹ A. Apostolou‹ G. Giannakis‹ D. Kalpakis‹ G. Lazaridis‹ M. Margariti‹ E. Voudrias‹(2006)‹ Co- composting Of Dewatered Wastewater Sludge With The Organic Fraction Of Municipal Solid Wastes Pp16- 19.

46- Apisit Sancom‹ Khajovnsak Sopajaree‹* and Tapana Cheunbarn‹ The 2nd Joint International Conference on "Sustainable Energy and Environment‹ Bangkok‹ Thailand‹ Effect of Temperature on Total Organic Carbon Degradation Using Trichoderma Fungal in Co- composting of Straw and Hospital Sewage Sludge, November 2006, Pp 21- 23

47- Rosa Margesin_‹ Jan Cimadom‹ Franz Schinner‹ Biological activity during composting of sewage sludge at low temperatures‹ Institute of Microbiology‹ Leopold Franzens University‹ Technikerstrasse 25‹ A- 6020 Innsbruck‹ Austria Received 30 October 2005; accepted 1 December 2005Available online 19 January 2006.

48- (Megill and Figueiredo‹1993) *System Analysis of a Wastewater Stabilisation pond Complex*. PhD Theses, Department of Civil Engineering,University of Newcastle upon Tyne, UK.

49- Satchwell, M. G. (1986). An application of concentration techniques for the enumeration of parasitic helminth eggs from sewage sludge. *Water Research*, **20** (**7**): 813- 816.

50 - Misra R V‹ Roy‹ R N‹ Hiraoka‹ H(2003)On –Farm Composting Methods‹ Food And Agricultural Organization Of The United Nations Rome‹35p.

51- Bayoumi‹ Y. A.‹El- Mahrouk‹M.E.‹El- Aidy F.l & Pap‹Z.2008‹Using-Compost Of Grape Manufacture And Farm Wastes As Growing Media In Vegetable Ad Ornamental Nurseeries International‹Journal Of Horticultural Science 2008‹14(3):45- 50.

52- Beck- Friis‹B.‹Smars‹s.‹Jonsson‹H.‹Eklind‹ Y.& Kirchmann‹ H.-2003.Composting Of Source- Separated Household Organics At Different Oxygen Levels:Gaining An Understanding Of The Emission Dynamics. Compost Science & Utilization 11‹ Pp 41- 50.

53- Eklind‹Y.‹ Beck- Friis‹B.‹Bengtsson‹ U.‹Sveensson‹B.H. &Torstensson‹-L. 1997. Chemical Characterization Of Source- Separated Organic Household Waste. Swedish Journal Of Agricultural Reseaech 27‹ Pp 167- 178.

54- Sundberg‹ C‹(2005)Improving Compost Process Efficiency By- Controlling Aeration‹ Temperature And Ph‹ Doctoral Thesis‹Swedish University Of Agricultural Sciences Uppsala. Pp 48.

55- Stoffella‹ P J& Graetz‹ D.A.(1996)Sugarcane Fitercake Compost- Influence On Tomato Emergence‹ Seedling Grouth And Yield:The Science Of Composting‹ P2‹ Blockic Academic And Porfessional‹.Newyork Pp1351- 1356.

56- Barrington‹S.‹Choiniere‹D.‹Trigui‹ M. & Knight‹ W.2002.Effect Of-Carbon Source On Compost Nitrogen And Carbon Losses.Bioresource Technology 83‹Pp 189- 194.

57- Shehata S.M‹El Shimi S. A‹. Elkattan M. H‹ Ali‹ B.E.‹El- Housseini M‹ El Sayad. S‹(2005) Integrated Waste Management For Rural Developpment In Egypt‹ Journal Of Environmental Science And Health‹ Part A‹ Volume 39‹Issue 2‹ Pp 341- 349.

58 Macmilan -‹C.B(1990): The Nature And Properties Of Soils‹ Nyle

63 lp‹ Newyork‹Publishing Company.

59- Barnard‹ R. J.‹ Bier‹ J. W.‹ Jackson‹ G. J.‹ McClure‹ F. D. (1987). *Ascaris lumbricoides suum*: Thermal death time of unembryonated eggs. *Experimental Parasitology*‹ **64**: 120- 122.

—

60- Rudolfs‹ W.‹ Falk‹ L. L. and Ragotzkie‹ R. A. (1950). Literature review on the occurrence and survival of enteric pathogenic and related organisms in soil‹ water sewage and sludges‹ and on vegetation. II Animal parasites. *Sewage and Industrial Wastes* Pp 35- 67

الملاحق

ملحق1

المواصفات القياسية السورية رقم 2665

إعادة الاستخدام الآمن للحمأة الناتجة عن محطات المعالجة

الجمهورية العربية السورية وزارة الصناعة هيئة المواصفات المقاييس العربية السورية	الموضوع: إعادة الاستخدام الآمن للحمأة الناتجة عن محطات المعالجة	م.ق.س 2002/2665 ICS:13. 030. 50 ICS: 13. 030. 20 S.N.S: 2665 / 2002

Allowable application of municipal biosolids products

1- المجال

تحدد هذه المواصفة القياسية المتطلبات الواجب توفرها في الحمأة المخمرة والناتجة عن رواسب الصرف الصحي لكي يمكن استخدامها كمحسن للتربة.

٢ – تعاريف

1/2 الحمأة :هي الناتج النهائي المترسب عن عمليات معالجة مياه الصرف الصحي .

2/2 المنتج :هو الشخص او الهيئة او المؤسسة المنتجة للحماة .

3/2 الموزع :هو الشخص أو الهيئة أو المؤسسة التي تقوم بنقل وتوزيع الحمأة من المنتج إلى المستخدم.

4/2 المستخدم :الأفراد والجهات التي تستخدم الحمأة في الزراعة أو أي أغراض أخرى.

5/2 التشوين :تجميع الحمأة بأكوام بعد المعالجة و قبل الاستخدام بهدف التخزين.

٣- المتطلبات العامة لإنتاج واستخدام الحمأة

1/3على كل من(المنتج والموزع) الحصول على ترخيص من الجهة الإدارية المختصة بوزارة الإسكان والمرافق كما يجب الحصول على موافقة وزارة الصحة بالنسبة لأماكن معالجة الحمأة التي لا تقع داخل حدود محطات المعالجة ؛ و يجب أن يجدد الترخيص كل ثلاث سنوات.

رقم قرار الاعتماد	تاريخ الاعتماد	إلزامية التطبيق
343	**2002/10/28**	

2/3متطلبات إنتاج الحمأة

يقوم المنتج بتقديم خطة إدارة للحمأة على مستوى المنشأة عند التقدم للحصول على الترخيص ويجب أن تشتمل الخطة على الآتي:

3/ 1/2 اسم وعنوان وهاتف المنشأة.

3/ 2/2 النشاط والشكل القانوني للمنشأة.

3/ 3/2 سنة بدء النشاط.

3/ 4/2 بيان بخبرة المنتج السابقة في مجال الحمأة.

3/ 5/2 بيانات المدير المسؤول عن عملية إنتاج الحمأة.

3/ 6/2 لوحة بمقياس رسم مناسب لموقع الإنتاج مبين عليها المكونات المختلفة لعملية إنتاج الحمأة.

3/ 7/2 بيان بالمعدات المستخدمة في الإنتاج .

3/ 8/2 بيان مصدر (مصادر) الحمأة الخام قبل المعالجة.

3/ 9/2 معدل إنتاج الحمأة.

3/ 10/2 وصف عملية المعالجة وخطة التشغيل.

3/ 11/2 بيانات المخبر القائم بالتحاليل.

3/ 12/2 نتائج تحاليل الحمأة المنتجة ومدى مطابقتها للمعايير (الفقرة 6).

3/ 13/2 خطة مراقبة جودة للحمأة المنتجة.

3/ 14/2 خطة للطوارئ في حالة الحيود عن المعايير المحددة في الفقرة (6) من هذه المواصفة.

3/ 15/2 دراسة تقييم الأثر البيئي المعتمدة من وزارة الدولة لشؤون البيئة.

3/ 16/2 خطة الأمن الصناعي والصحي وحماية العاملين.

3/ 17/2 تحديد أماكن التخلص من الحمأة غير المطابقة للشروط.

وعند طلب تجديد الترخيص يقدم نسخة محدثة من الخطة.

3/ 3 متطلبات ترخيص توزيع الحمأة:

تقوم الجهات والأفراد والمسؤولون عن نقل وتوزيع الحمأة بتقديم البيانات التالية للحصول على التراخيص:

3/ 1/3 مصادر الحمأة الموزعة.

3/ 2/3 نسخة من تراخيص الجهات المنتجة.

3/ 3/3 شرح لوسائل التحميل والنقل والتفريغ والتخزين ومتطلبات هذه الأعمال.

3/ 4/3 خطة التسويق.

3/3/ 5 الاحتياطات المتخذة لتداول الحمأة.

وعند طلب تجديد الترخيص يقدم نسخة محدثة من البيانات المشار إليها.

٤- إنتاج الحمأة

4/ 1 داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي:

حتى تكون الحمأة آمنة يجب أن يكون تركيز المعادن الثقيلة ومحتوى الكائنات الممرضة في الحدود المسموح بها وذلك على النحو الوارد في الفقرة- 6 - من هذه المواصفة وعلى الجهات المنتجة للحمأة مراعاة الآتي:

4/ 1/1 طرائق معالجة الحمأة:

4/ 1/1/1 المعالجات المتقدمة :

التجفيف الحراري بما يكفل أن درجة حرارة الحمأة أعلى من (80) درجة مئوية مع تخفيض محتوى الرطوبة إلى أقل من (10%) و المحافظة خلال الساعة الأولى من المعالجة على نشاط الماء أعلى من(0،9) التثبيت الهوائي بدرجة حرارة لاتقل عن(55) درجة مئوية و لمدة (20) ساعة شريطة عدم الإضافة أو الاستجرار من كتلة الحمأة التي تخضع للمعالجة.

الهضم اللاهوائي في درجة حرارة لا تقل عن (53) درجة مئوية و لمدة (20) ساعة شريطة عدم الإضافة أو الاستجرار من كتلة الحمأة التي تخضع للمعالجة.

المعالجة الحرارية للحمأة السائلة لمدة (30) دقيقة بدرجة حرارة (70) درجة مئوية متبوعة بعملية هضم

لاهوائي بدرجة حرارة (35) درجة مئوية مع متوسط لزمن المكث يساوي (12) يومًا.

المعالجة بالكلس مع الوصول إلى درجة pH=12 أو أعلى على ألا تقل درجة حرارة المزيج عن (55) درجة مئوية ولمدة ساعتين.

المعالجة بالكلس مع الوصول إلى درجة pH=12 أو أعلى ولمدة ثلاثة أشهر.

2/1/1/4 المعالجات التقليدية:

التثبيت الهوائي بدرجة حرارة لا تقل عن (55) درجة مئوية و لمدة (20) يومًا.

الهضم اللاهوائي في درجة حرارة لا تقل عن (53) درجة مئوية و لمدة (20) يومًا.

المعالجة بالكلس مع ضمان الحصول على مزيج متجانس من الحمأة و الكلس و الوصول إلى درجة pH=12 أو أعلى للمزيج مباشرة بعد إضافة الكلس والمحافظة عليها لمدة 24 ساعة

الهضم اللاهوائي بدرجة حرارة 35 درجة مئوية و لمدة 15 يومًا.

التهوية المطولة في درجة الحرارة المحيطة و على دفعة واحدة شريطة عدم الإضافة إلى كتلة الحمأة التي تخضع للمعالجة أو الاستجرار منها.*

التثبيت الهوائي في درجة الحرارة المحيطة.*

تخزين الحمأة بشكلها السائل في درجة الحرارة المحيطة وعلى دفعة واحدة شريطة عدم الإضافة إلى كتلة

الحمأة التي تخضع للمعالجة أو الاستجرار منها.*

يجب أن تراقب عملية المعالجة بشكل يومي و يتم قياس المعاملات المطلوبة، كما يجب حفظ نتائج المراقبة في

سجلات يمكن توفيرها عند الطلب من قبل السلطات المعنية.

.....

(*): تحدد المدة الزمنية الدنيا اللازمة لفترة المعالجة من قبل السلطات المعنية مع الأخذ بعين الاعتبار الظروف المناخية السائدة في منطقة محطة المعالجة.

٢٦٦٥ س .ق .م / ٢٠٠٢

4 /2/1 ضوابط إنتاج الحمأة بالمحطات.

1/2/1/4 أن تملأ أحواض التجفيف بالحمأة المخمرة بحيث لايتوالـــد الذباب والبعـــوض أو الروائـح بقـــــدر الإمكان، وذلك أن يتم ملؤهاعلى فترات كل (4) أيام بعمق(15) سم في المرة الواحدة وألا يزيد العمق الكلي عن (45) سم.

2/2/1/4 أن تكون الأحواض معزولة عن المياه الجوفية أو مصادر المياه بشكل آمن بيئيًا .

3/2/1/4 عدم نقل الحمأة إلى مواقع التخزين إلا بعد الوصول الى نسبة رطوبة في حدود (70 %) وزنًا، مع مراعاة الشروط الآتية:

أ. أن يكون قاع المواقع معزولا عن المياه الجوفية.

ب. أن يكون ارتفاع التخزين (التكويم) في حدود(60- 80) سم.

ج .أن تغطى أكوام الحمأة بحمأة أخرى جافة أو مواد تغطية أخرى لمنع تكاثر الذباب.

4/2/1/4 على المنتج مراعاة مايلي:

أ .توعية عمال الصرف الصحي المتعاملين مع الحمأة بضرورة الالتزام بلبس الأحذية والقفازات الواقية

والأردية و الكمامات وأن يتم تطهيرها في كل مرة تستخدم فيها.

ب. إجراء فحوص طبية دورية على العاملين مع إجراء التطعيمات ضد أية أمراض محتملة.

ج. تقديم التسهيلات الطبية السريعة لمعالجة العمال ضد أمراض الإسهال والمعالجة المنتظمة لمنع العدوى.

د. إصدار نشرات توعية عن استخدامات الحمأة ونوعيتها وأخطار كل منها وتوزيع نسخ منها على المستخدمين.

ه. إعداد نموذج بيع حمأة كالمرفق بهذه المواصفة وتزويد كل من وزارة الصحة ووزارة الدولة لشـــــؤون

البيئة و وزارة الزراعة– مديرية الارشاد الزراعي و مصالحها في المحافظات – الهيئة العامة للبحوث العلمية.
الزراعية بصورة من هذه النماذج وبشكل دوري كل ثلاثة أشهر.

٢٦٦٥ س .ق .م / ٢٠٠٢

5 – تنظيم تداول الحمأة خارج محطات الصرف الصحي

5 /1 عدم استخدام الحمأة في الحالات التالية:

5 /1/1 الأراضي التي تضع أي من وزارتي الزراعة والري قيودا على استخدام الحمأة بها.

5 /1/ 2 الأراضي التي تكون المياه الجوفية فيها على عمق أقل من(1،5) متر من سطح الأرض.

5 /1/ 3 الأراضي المزروعة بالخضراوات التي يتم تناولها عادة دون طبخ(مثل مكونات السلطة الخضراء)، أو عند زراعة الأبصال و الدرنات أو الفاكهة التي تلامس التربة.

5 /1/ 4 الأراضي المخالفة في تركيبها الكيميائي أو محتواها الميكروبي للحدود الموضحة بالفقرة– 6– من هذه المواصفة.

2/5يجب مراعاة الشروط الآتية عند تداول الحمأة:

5 /2 /1 لا يسمح بإلقاء الحمأة في المجاري المائية أو المصارف.

2/2/5 لايتعدى معدل استخدام الحمأة المعدلات الواردة في الفقرة (6) من هذه المواصفة.

5 /3/2 لاتستخدم الحماة إلا في المواقع المرخص لها بالإنتاج أو التوزيع أو الاستخدام.

5 /4/2 لا تقل المسافة بين أماكن تكويم وتجميع الحمأة عن :

أ– 10 أمتار من حدود الأرض.

ب– 150 مترا من آبار الشرب والمستشفيات، المدارس.

ج– 15 مترا من آبار ليست للإستخدام الآدمي.

د– 15 مترا من حد الطريق.

ه– 30 مترا من حد المياه (المجاري المائية – الأنهار والقنوات والبحيرات والتجمعات المائية وحدود فيضان الأنهار....).

5/2/5 وسائط النقل المستخدمة في نقل الحمأة:

1- يراعى غسل وسائط النقل المستخدمة في نقل الحمأة وصرف مياه الغسيل إلى وحدات المعالجة.

٢٦٦٥ س .ق .م / ٢٠٠٢

2- يجب وضع علامات على وسائط النقل بكتابات واضحة.

3- من الضروري منع التسرب وتدفق السوائل من وسائط النقل أو تطاير الحمأة من السطح.

4- يجب حفظ وسائط النقل في حالة نظافة تامة.

5 - يجب أن تغطى جميع الأحمال عند النقل، بحيث لايكون هناك أي أثر للحمأة على جوانب وسائط النقل عند الدخول إلى الطرق العامة.

5 /6/2 عندما تبين التحاليل الأولى للتربة أن إضافة أي كمية من الحمأة يمكن أن يرفع تركيز أحد العناصر الثقيلة إلى الحدود الحرجة المذكورة في الجدول رقم – 3- فيمكن للجهات المختصة في وزارة الزراعة الطلب بتحليل التربة عند كل إضافة جديدة.

6- معايير استخدام الحمأة في الزراعة

6 /1 تصنيف الحماة :

1/1/6 تصنف الحمأة تبعًا لمحتواها من العناصر المعدنية إلى خمس درجات (الجدول 1) وهي:

- الدرجة A وهي غير مقيدة الاستعمال .
- الدرجة B و C و D وهي مقيدة الاستعمال .
- الدرجة E وهي غير صالحة للاستعمال .

ويوضح الجدول (2) الاستعمالات الممكنة لكل من درجات الحمأة.

6 /2/1 يمكن إضافة الحمأة غير مقيدة الاستعمال إلى التربة بكميات غير محددة وتتناسب مع حاجة المحصول و نوعية التربة ويوضح الجدول (3) التراكيز الأعظمية للعناصر المعدنية المسموح بها بالتربة الزراعية، أما الحمأة محددة الاستعمال فتضاف إلى التربة بكميات قصوى و لمدة عشر سنوات تحسب كالتالي:

$$\mathbf{CLBAR} = \frac{MASCC/MISCC}{BCAC} \times \mathbf{SM}$$

حيث:

CLBAR: معدل الحمأة الذي يمكن إضافته والمحدد بالملوث(طن/ه حمأة جافة).

MASCC: التركيز الأقصى من الملوث المسموح به في التربة(ميكرو غرام/غ)

٢٦٦٥ س .ق .م / ٢٠٠٢

MISCC: تركيز الملوث المقاس في التربة (ميكرو غرام/غ).

BCAC: تركيز الملوث في الحمأة المستعمل(ميكرو غرام/غ).

SM : كتلة التربة بالهكتار التي تخلط بها الحمأة(طن/ه تربة جافة).

من (SM) :وتحسب كتلة التربة

كتلة التربة =حجم التربة × الكثافة الظاهرية للتربة

وبافتراض ان عمق التربة الزراعية يقدر ب (0،08) م (أي الـ 8 سم العلوية من التربة) والكثافة الظاهرية (1،25) غ/سم^3، وبالتالي فإن كتلة التربة، التي تخلط بها الحمأة تبلغ 1000 طن/ه.

ويوضح الجدول (4).مثلا لكميات الحمأة التي يمكن إضافتها إلى التربة.

الجدول- 1 - تصنيف الحمأة تبعًا لتراكيز العناصر المعدنية فيها (ميكرو غرام/غ).

العنصر	الدرجة			
	A	B	C	D
الزرنيخ	20	20	20	30
الكادميوم	3	5	20	32
الكروم	100	250	500	600
النحاس	100	375	1500	1500
الرصاص	150	150	300	400

الزئبق	1	4	15	19
النيكل	60	125	270	300
السيلينيوم	5	8	50	90
الزنك	200	700	2500	2800

٢٦٦٥ س .ق .م / ٢٠٠٢

الجدول 2. استعمالات الحمأة تبعا لدرجة تصنيفها.

درجة التصنيف	مجال الاستعمال	صلاحية الاستعمال
A	- 1المروج المنزلية والحدائق. - 2أماكن النشاطات السكانية العامة. - 3المساحات الخضراء. - 4الزراعة. - 5الحراج - 6الترب والمواقع المستصلحة. - 7الطمر الصحي. - 8 الإلقاء على سطح الأرض داخل حدود محطات المعالجة	غير مقيدة الاستعمال
B	من البند2 إلى البند 8	مقيدة الاستعمالI
C	من البند4 إلى البند 8	مقيد الاستعمال II
D	من البند5 إلى البند 8	مقيد الاستعمال III
E	البندين 7و8	غير صالحة الاستعمال

	وفق البند (7) من المواصفات	

٢٦٦٥ س .ق .م / ٢٠٠٢

الجدول 3. التراكيز الأعظمية (ميكروغرام /غ وزن جاف) للعناصر المعدنية المسموح بها في التربة الزراعية والحراجية.

العنصر	الترب الزراعية	الترب الحراجية
الزرنيخ	20	20
الكادميوم	1	5
الكروم	100	250
النحاس	100	375
الرصاص	100	150
الزئبق	1	4
النيكل	60	125
السيلينيوم	5	8
الزنك	200	700

3/1/6 تتوقف كمية الحمأة التي يمكن إضافتها إلى التربة الزراعية أيضًا، على كمية الآزوت التي يمكن للحمأة أن تزود التربة بها وعلى احتياجات المحصول ويوضح الجدول- 5 – أمثلة على احتياجات بعض الحاصلات، وتحسب كمية الحمأة كالتالي:

كمية الحمأة التي يمكن إضافتها والمحددة بالآزوت=

الآزوت المتاح في الحمأة (كغ N/طن)/احتياجات المحصول(كغN/ه.)

ويحسب الآزوت المتاح كالتالي:

الآزوت المتاح= (الأمونيوم الكلي/5) + NO_3+NO_2+ الآزوت العضوي المتمعدن.

كما يحسب الآزوت العضوي المتمعدن كالتالي:

الآزوت العضوي المتمعدن= (الآزوت الكلي – الأمونيوم)× معدل التمعدن في السنة الأولى(25%).

٢٦٦٥ س .ق .م / ٢٠٠٢

ويعتمد معدل تمعدن الآزوت العضوي في السنة الأولى على المعاملات التي تتعرض لها الحمأة أثناء عمليات معالجة مياه الصرف الصحي. فالحمأة التي هضمت لاهوائيًا يكون معدل تمعدن الآزوت فيها 15 ٪، والتي هضمت هوائيًا 25 ٪ والتي لم تهضم 10 ٪. كما تعتبر كمية الأمونيوم المتاحة معادلة لخمس كمية الأمونيوم الكلي الموجودة في الحمأة بسبب التحولات الكيميائية والحيوية التي تطرأ عليها، وبسبب الفقد الناتج عن هذه التحولات (تطاير، غسل، تثبيت حيوي).

الجدول4: الكمية القصوى من الحمأة التي يمكن إضافتها إلى التربة تبعًا لتركيز العناصر الثقيلة فيهما

العنصر	تركيز العنصر(ميكروغرام/غ)				*الحمأة الممكن إضافتها إلى التربة (طن/ه) CLBAR
	المسموح به في التربة MASCC	المقاس في التربة MISCC	الذي يمكن للتربة استيعابهMISCC/ MASCC	في الحمأة BCAC	
الزرنيخ	20	1	19	6.2	3065
الكادميوم	1	0.05	0.95	4.6	207
الكروم	100	9	91	203	448
النحاس	100	10	90	1349	67
الرصاص	150	25	125	307	407
الزئبق	1	0.02	0.98	10	98

النيكل	60	35	25	97	258
السيلينيوم	5	3	2	14	143
الزنك	200	40	160	1466	109
مثال: باعتماد عنصر الزرنيج في الحساب: كمية الحمأة التي يمكن إضافتها=[(20− 1)÷6.2]×1000=3065 طن/ه..					

٢٦٦٥ س .ق .م / ٢٠٠٢

الجدول- 5 - أمثلة لمتوسط احتياجات بعض االحاصلات من الآزوت(كغ/ه).

المحصول	احتياجات المحصول من الآزوت
القمح	80- 120
الشعير	70- 100
الشوندر السكري	140- 180
الشوندر العلفي	100- 150
البطاطا	80- 150
التبغ	150- 200
الذرة الصفراء	150- 180
المراعي	30- 60
مراعي كثيفة	100- 180
ذرة علفية	80- 120
ملفوف علفي	70- 100
الزوان المعمر	120- 200
شوفان	70- 100

4/1/6 محتوى الكائنات الممرضة في الحمأة الجافة لا يزيد عن الحدود الآتية:

1/4/1/6 أن يكون العد الاحتمالي لخلايا الكوليفورم البرازي أقل من 1000 خلية لكل غرام مادة صلبة على أساس الوزن الجاف، ويكون العد الاحتمالي للسلمونيلا أقل من ثلاث خلايا لكل 100 مل عند تركيز 4% مواد صلبة على أساس الوزن الجاف.

2/4/1/6 بويضات الديدان:

(الإسكاريس) :١ وحده لكل 100 مل عند تركيز 5% مواد صلبة على أساس الوزن الجاف (لا يسـمح

بتواجد أكثر من ثلاثة أجناس من بويضات الديدان).

منتج رواسب الصرف الصحي الذي لا يفي بمتطلبات الفقرة – 6 – من هذه المواصفة فيما يخص محتوى العناصر الثقيلة والميكروبات المسببة للمرض يجب تصنيفه بعبارة غير مطابقة، ولا يسمح بإضافة الحماة غير المطابقة.

٢٦٦٥ س .ق .م / ٢٠٠٢

بأي حال من الأحوال إلى الأراضي الزراعية بما في ذلك أراضي المراعي والأراضي المستخدمة لأغراض الترفيه.

7- أساليب التخلص من الحمأة غير المطابقة:

1/7 الحمأة المنتجة من محطات معالجة الصرف الصحي:

في حالة احتواء الحمأة على معادن ثقيلة أو كائنات ممرضة تزيد عن المعايير القياسية الموضحة بالمادة السادسة من هذه اللائحة فانه يجب ردم هذه الحمأة ردما صحيًا في حفرة ردم طبقًا للواصفات الفنية المعروفة للردم الصحي، أو يمكن ترميدها بمحارق آمنة على أن يكون الغاز الناتج نظيفا وعلى أن يراعى اتخاذ كافة الاحتياطات والشروط البيئية المتعلقة في هذا المجال وغير ذلك من الطرق الآمنة بيئيا.

2/7 الحمأة المستخرجة من مخلفات الصرف الصناعي:

يحظر استخدام الحمأة الناتجة من مياه الصرف الصناعي في الزراعة مباشرة ويجب إجراء المعالجة اللازمة لها ومطابقتها لمعايير المواصفة أو التخلص منها بنفس أسلوب التخلص من الحمأة غير المطابقة للمعايير.

8- الاعتيان

1/8 يجب الأخذ بالاعتبارات التالية عند أخذ عينات من المنتج.

1/1/8 أن تكون العينة المأخوذة ممثلة بدقة للكل بقدر المستطاع.

2/1/8 أن تكون جميع معدات أخذ العينة نظيفة وجافة وخالية من الروائح الغريبة وأن تكون مصنوعة من مواد لا تؤدي إلى تلوث العينة بها.

3/1/8 أن يجري أخذ العينات مباشرة بعد إكمال الإنتاج وبطريقة تؤدي إلى المحافظة على المكون الذي سيجري فحصه في العينة.

4/1/8 أن تحفظ جميع العينات الجزئية بطريقة مناسبة تضمن المحافظة على خواص العينة.

٢٦٦٥ س .ق .م / ٢٠٠٢

5/1/8 عند أخذ العينات للفحص الميكروبيولوجي فيجب أن تكون معدات أخذ العينة وأواني حفظ العينة معقمة قبل الاستخدام كما يجب استخدام معدات التعقيم مع كل عينة جديدة.

6/1/8 يعين محتوى رطوبة المنتج وقت أخذ العينة .

2/8 طريقة اخذ العينة.

يجري أخذ عينات المنتج وفقًا لما يلي:

1/2/8 المعدات:

1/1/2/8 تستخدم مجرفة صغيرة أو جاروف معقمان عند أخذ عينات الفحص الميكروبيولوجي.

2/1/2/8 جهاز لتقسيم العينة يتكون من معدات مناسبة لغرض الجمع والتقسيم على أن يحافظ على خواص العينة ولا يؤدي إلى فصل الحبيبات الدقيقة الموجودة فيها.

2/2/8 أخذ عينات من المنتج غير المعبأ:

يجري أخذ عينات من إرسالية المنتج غير المعبأة في أماكن الشحن والتفريغ ويستحسن أن يتم ذلك في منتج متحرك مثل السير الناقل وذلك وفقًا لما يلي:

1/2/2/8 تؤخذ عينة ممثلة من كل إرسالية من نوع المنتج ورقم التشغيلة(الدفعة الإنتاجية)

على ألا تزيد الكمية التي تخضع لأخذ عينة منها عن(500) م3.

2/2/2/8 يجب أن تتكون العينة الممثلة من عينات جزئية تؤخذ من مواقع مختلفة موزعة على طول الارسالية يحدد عدد العينات الجزئية من المعادلة التالية:

ع = 0.5×(م^2) وتجبر النتيجة لأقرب عدد صحيح:

حيث :ع = عدد العينات الجزئية.

م= الكمية العددية للإرسالية التي أخذت منها العينات الجزئية(بالمتر المكعب).

.و بحيث لايقل الحد الأدنى لعدد العينات الجزئية عن (4) و لايزيد عن30 .

3/2/2/8 تقسم الارسالية الى عدة أقسام متساوية تقريبًا يعادل عددها عدد الأماكن المقررة لأخذ العينات الجزئية.

4/2/2/8 من كل موضع مقرر تؤخذ كمية كافية من العينات حجمها في حدود (0.5 إلى 2) لتر بحيث يتحقق الحجم النهائي المقرر أخذه من الإرسالية عند

٢٦٦٥ س .ق .م / ٢٠٠٢

تجميع العينات الجزئية يكون الحجم الكلي في حدود 10 لتر لكل الاختبارات الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية.

5/2/2/8 تجمع العينات الجزئية عند كل موضع أخذ عينة في عينة مجمعة ثم تخلط هذه لتكوين عينة مركبة.

6/2/2/8 تؤخذ العينة النهائية للفحص المخبري من العينة المركبة بطريقة التربيع أو أي طريقة تقسيم أخرى مناسبة، كما يجب إرسال العينة للمختبر في حدود يومين إلا عند الظروف الاستثنائية.

7/2/2/8 عندما يكون الغرض من التحليل المخبري تعيين عدد من الخواص، فربما يحتاج إلى أكثر من عينة نهائية واحدة.

8/2/2/8 تكون الكمية النهائية لعينة التحليل المخبري في حدود (10) لتر لكل من الفحوصات الكيمائية والفيزيائية والبيولوجية.

9/2/2/8 يجب أن تكون تعبئة وحفظ وإرسال عينات المختبر بشكل لا يؤدي إلى تغير في خواص المادة تحت الاختبار.

10/2/2/8 يجب عدم تجميد العينات المخصصة للفحص الميكروبيولوجي كما يجب أن لا تنقل تحت ظروف تتعرض فيها إلى التقلبات الكبيرة في درجات الحرارة.

11/2/2/8 يجب أن تزود العينة النهائية بالبيانات التالية :

1/11/2/2/8 اسم المنتج.

2/11/2/2/8 رقم التشغيلة) الدفعة الأنتاجية.

3/11/2/2/8 مكان أخذ العينة وتاريخها .

12/2/2/8 يقوم مختبر الفحص بتجهيز عينة المختبر بطريقة مناسبة .

3/2/8 أخذ العينات في عبوات .

1/3/2/8 يجب ألا تزيد كمية المنتج المعبأ التي تخضع لأخذ عينات منها في وقت واحد عن (10000)عبوة من الإرسالية .كما يجب أن تستبعد العبوات الممزقة.

2/3/2/8 في حالة أخذ العينات لغرض الكشف عن الكمية فستكون العينة الجزئية هي عبوات متكاملة سعة 30 لترًا أو أكثر يتم اختيارها عشوائيًا.

٢٦٦٥ س .ق .م / ٢٠٠٢

3/3/2/8 يخضع عدد العينات الجزئية التي تؤخذ من إرسالية واحدة إلى المعادلة بالبند(2/2/2/8) بحيث (م) في هذه الحالة هي كمية العبوات في الإرسالية .

4/3/2/8 يؤخذ من كل عبوة عينات جزئية ومن أنحاء مختلفة من العبوة بحيث يؤخذ عبوة مجراف في كل مرة من عدد العبوات المطلوب أخذ عينات منه.

5/3/2/8 تدمج العينات الجزئية للحصول على عينة مركبة مقدارها (0.5) كغ.

6/3/2/8 تؤخذ العينة النهائية للمختبر مزودة بالبيانات الإيضاحية طبقًا لما هو موضح بالبندين (6/2/2/8) و (11/2/2/8).

- 9 طرائق الاختبار

تجري الاختبارات التالية على العينات المسحوبة طبقًا للبند(8).

1/9 الفحص الظاهري.

2/9 الكشف عن معدل النشاط الإشعاعي.

3/9 الكشف عن حجم الحبيبات.

4/9 تعيين محتوى المادة العضوية) نسبة مئوية بالكتلة.

5/9 تعيين محتوى الآزوت (نسبة مئوية بالكتلة).

6/9 تعيين محتوى الكربون العضوي (نسبة مئوية بالكتلة)، وحساب نسبة الكربون للآزوت(ك/ن).

7/9تعيين الرقم الهيدروجيني(pH).

8/9 تعيين محتوى الرطوبة (نسبة مئوية بالكتلة).

9/9 تعيين محتوى العناصر الثقيلة الزرنيخ، الكادميوم، الكروم، النحاس الرصاص، الزئبق، النيكل والزنك،(جزء بالمليون).

10/9 تعيين محتوى المواد غير القابلة للتخمر مثل قطع الزجاج والمعادن(نسبة مئوية بالكتلة).

11/9 تعيين الناقلية الكهربائية للمنتج.

12/9 اختبار وجود عوامل مسببة للسمية أو بذور أعشاب أو أجزاء نباتية قد تنمو .

13/9 تعيين اعداد بكتريا الكوليفورم.

14/9 تعيين أعداد بكتريا السالمونيلا .

15/9 الفحص عن كبسولات الميكروبات المسببة للمرض .

10- التعبئة والتخزين والتداول:

يجب ملا حظة ما يلي:

1/10 أن يعبأ المنتج في عبوات تتحمل ظروف النقل والتداول والتخزين مثل الأكياس البلاستيكية أو مواد صناعية مناسبة، ويفضل تزويدها بعدد من الثقوب لتيسير تبادل الغاز عند اللزوم.

2/10 أن تكون سعة العبوة على أساس الكتلة (كيلو غرام) أو الحجم(لتر) حسبما يتفق عليه بين الصانع والموزع .

3/10 أن يحفظ المنتج في أماكن جافة وجيدة التهوية ومزودة بوسائل صرف جيدة .

4/10 يسمح بتداول المنتج غير المعبأ داخل شاحنات مغلقة مع أخذ الاحتياطات اللازمة لعدم تعرضه للتلوث أو النثر .

11- بطاقة البيان:

يجب أن تتضمن بطاقة البيان المعلومات التالية مكتوبة باللغة العربية ويجوز كتابتها بلغة أجنبية أخرى.

1/11 نوع المنتج (رواسب الصرف الصحي) ودرجته (الدرجة E،D،C،B،A) أو عبارة " مقيد الاستعمال" ولا يسمح باستخدام عبارة "سماد عضوي" وإنما تستخدم عبارة "محسن للتربة".

2/11 اسم الصانع و / أو علامته التجارية المسجلة .

3/11 بلد المنشأ .

4/11 سعة العبوة بالكيلوغرام أو اللتر .

5/11 محتوى وشكل العناصر الغذائية به (عند إعلان هذه المحتويات).

6/11 محتوى المادة العضوية والرطوبة(نسبة مئوية بالكتلة).

7/11 جدول يوضح محتويات العناصر الثقيلة.

٢٦٦٥ س .ق .م / ٢٠٠٢

8/11 عبارة المنتج مطابق للمواصفة القياسية السورية رقم / 2665 / لعام / 2002 / في حالة الإنتاج المحلي .

9/11 يجب أن تحمل عبوات منتج رواسب الصرف الصحي العبارات التحذيرية التالية :

1/9/11 لا يستخدم على المحاصيل التي يتم تناولها دون طبخ مثل مكونات السلطة الخضراء و الأبصال و الدرنات أو الفاكهة التي تلامس التربة ولا يترع القشر منها.

2/9/11 يجب على الأشخاص المتعاملين مع المنتج ارتداء الملابس الواقية خصوصًا القفازات والأحذية والكمامات الواقية.

3/9/11 المنتج الذي يحمل عبارة (مقيد الاستعمالD، E،) يجب أن يحمل أيضًا العبارة التحذيرية التالية

10/11 يمنع استخدامه على الأراضي الزراعية أو المراعي أو أماكن الترفيه .

11/11 معلومات عن :

1/11/11 إذا كان المنتج قد تلقى أي معاملة إضافية مثل التعقيم بالبخار .

2/11/11 إرشادات وطرق الاستخدام .

12- قواعد القبول والرفض

يجب أن تكون كل ارسالية من المنتج مصحوبة بشهادة تفيد مطابقتها لهذه المواصفة القياسية.

13- حالات سحب الترخيص

أولا :يوقف العمل بالترخيص الصادر لمنتج الحمأة حتى انتهاء مدته في حالة ارتكابه أي من الأفعال التالية:

بيع الحمأة المخالفة للمعايير المذكورة في المادة السادسة من هذه اللائحة.

عدم إجراء التحاليل المذكورة بنماذج البيع بصفة دورية.

٢٦٦٥ س .ق .م / ٢٠٠٢

عدم حفظ نماذج البيع الخاصة بالموزعين المتعاملين معه في سجل خاص للمتابعة مع الجهات الرقابية.

وفي حالة عودته لارتكاب ذات الأفعال يسحب منه الترخيص ولا يمنح ترخيصًا جديدًا إلا بعد انقضاء سنة من تاريخ السحب.

وفي جميع الأحوال يتم التخلص من المواد المخالفة بإحدى الطرق الآمنة بيئيًا.

ثانيًا: يوقف العمل بالترخيص الصادر لموزع الحمأة حتى انتهاء مدته في حالة ارتكابه أي من الأفعال التالية:

عدم الالتزام بشروط التخزين والمذكورة بهذه اللائحة.

عدم الالتزام بما ورد باللائحة بخصوص نقل الحمأة بواسطة عربة تنظف دوريًا بعد كل استخدام وتغطية الحمأة أثناء النقل وعدم الاحتفاظ بسجل خاص تدون فيه البيانات الخاصة بالمشترين ومواقع الأراضي الخاصة بهم.

وفي حال عودته لارتكاب ذات الأفعال يسحب الترخيص ولا يمنح ترخيصًا جديدًا الا بعد انقضاء سنة من تاريخ السحب.

14- المتابعة الدورية

على الجهات المعنية كل فيما يخصه مراعاة الآتي:

1/14 المتابعة الدورية و إجراء التحاليل السنوية اللازمة للتأكد من عدم تراكم المعادن الثقيلة في الحمأة و التربة و النباتات و ذلك ضمن الحدود البيئة و الصحية المسموح بها.

2/14 إجراء تحاليل دورية للتأكد من محتوى الكائنات الممرضة بكل من الحمأة والتربة والنبات، واتخاذ كافة الإجراءات اللازمة طبقًا لما تسفر عنه نتائج هذه التحاليل.

3/14 الرصد الدوري لمصادر المياه السطحية والجوفية ومنتجات المزارع للتأكد من عدم تأثرها باستخدام الحمأة .

4/14 تؤخذ العينات و يتم تحليلها طبقًا للطرائق القياسية مع تحديد الجهات المكلفة بأخذ العينات، والمعامل (المختبرات) المصرح لها بالتحليل.

حسب وكالة حماية البيئية في الولايات المتحدة الأمريكية (EPA) فقد حددت عام (1995) كميات تقريبية للحمأة والتي يسمح باستخدامها على الأراضي:

جدول يبين معدل استخدام الحمأة حسب (EPA):

نوع التربة	التكرار	معدل الاستخدام(طن/هكتار،وزن جاف)	
		المجال	المعدل
زراعية	(2 -1) مرة في السنة	70 -2	10
مشجرة	سنويا أوكل (5 -3) سنوات	220 -10	18
مواقع الاستصلاح	مرة واحدة في السنة	450 -7	112

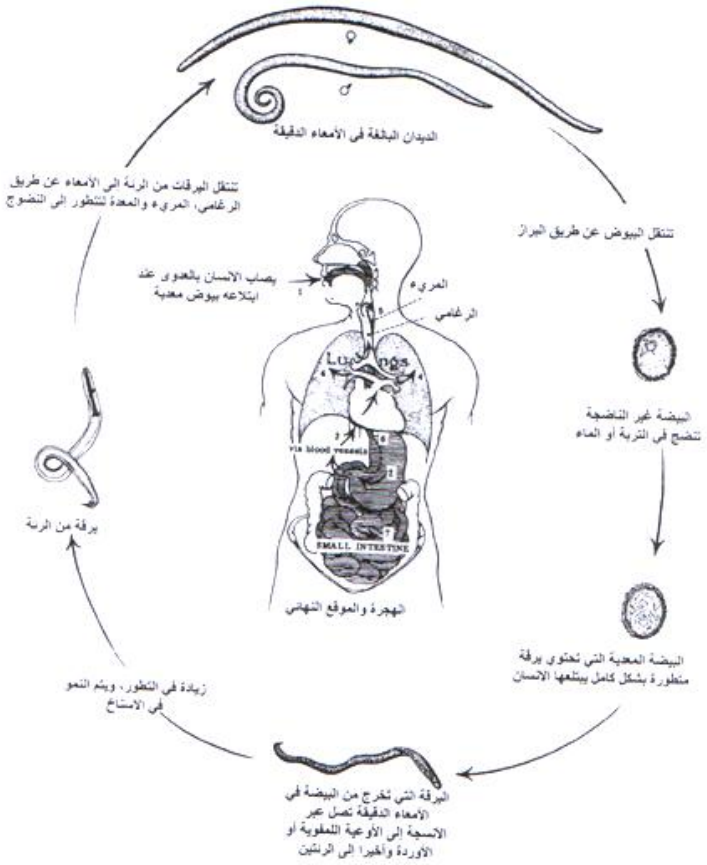
المواصفات القياسية السورية للسماد العضوي

العناصر			المواصفات السورية رقم 1998 -2014 (وزارة الصناعة)	
حجم الذرات (أقل من 12مم)		%	95>	
المادة العضوية		%	5>	
النسبةC/N		%	25<	
المكونات	C	%	-	
	N	%		
PH		%	8- 5	
الرطوبة		%	35>	
			Deg(1)	Deg(2)
المعادن الثقيلة	As	ppm	15>	25>
	Cd	ppm	3>	5>
	Cr	ppm	100>	150>
	Cu	ppm	150>	250>
	Pb	ppm	120>	150>
	Hg	ppm	1.5>	3>
	Ni	ppm	50>	70>
	Zn	ppm	35>	500>

ملحق2

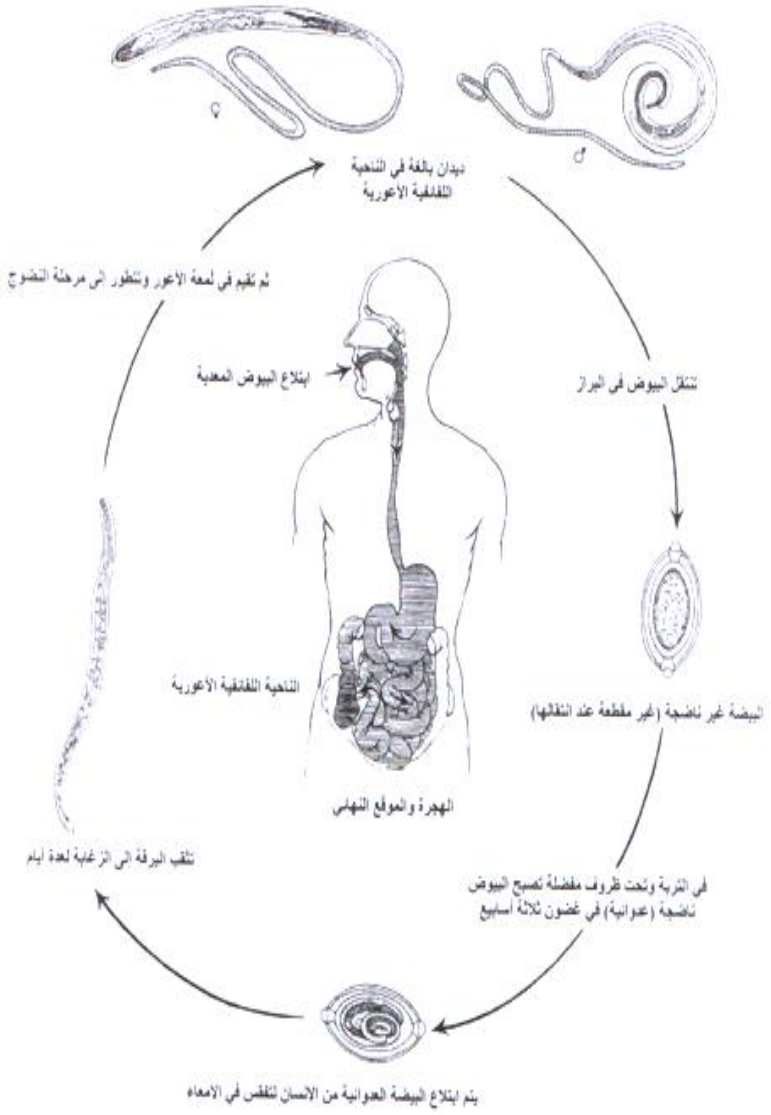
خاص ببيوض الديدان المعوية

دورة حياة بيوض الديدان المعوية



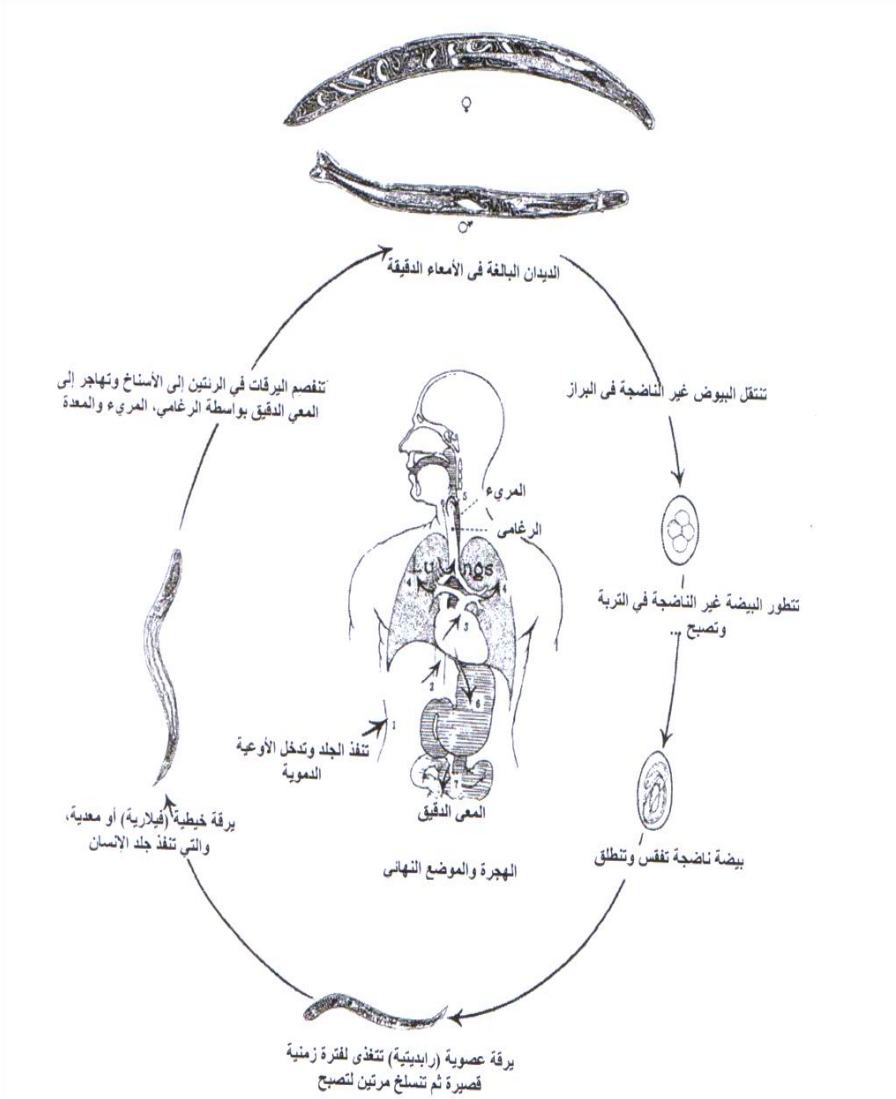
دورة حياة الصفر الخراطيني

المصدر:Jeffry and Leach،1975



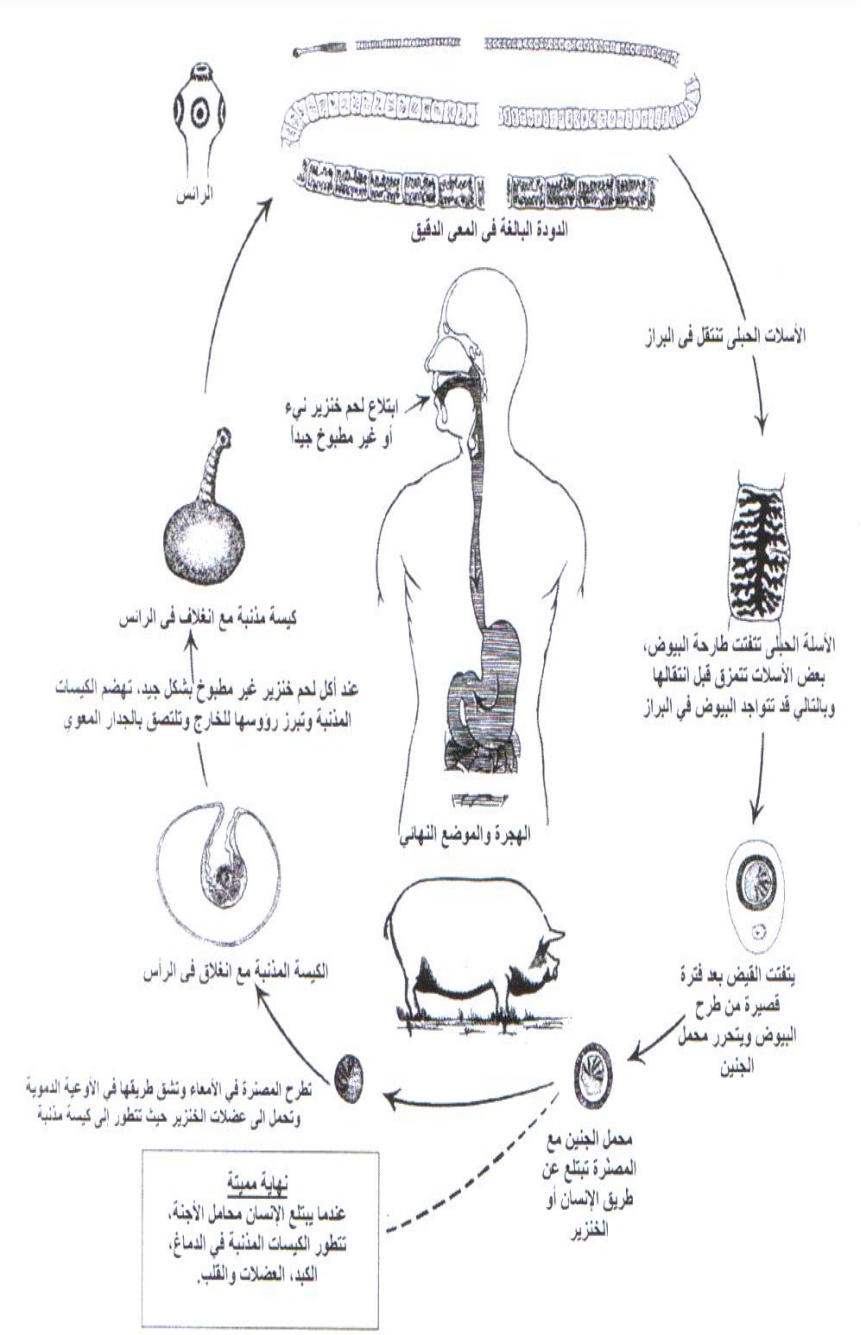
دورة حياة المسلكة الشعرية الرأس

المصدر: Jeffry and Leach، 1975



دورة حياة الديدان الشصية

المصدر: Jeffry and Leach، 1975



دورة حياة الشريطية المسلحة

لمصدر: Jeffry and Leach، 1975

جدول(1):تراكيز الأحياء الدقيقة (الوزن الرطب) في الحمأة غير المعالجة

Bacteria	*Escherichia coli*	10^6 g^{-1}
	Salmonella	10^2-10^3 g^{-1}
Viruses	Entero-	10^2-10^4 g^{-1}
Protozoa	*Giardia*	10^2-10^3 g^{-1}
Helminths	*Ascaris*	10^2-10^3 g^{-1}
	Toxacara	10-10^2 g^{-1}
	Taenia	5 g^{-1}

- 2 -1 العوامل الفيزيائية المؤثرة في بقاء بيوض الديدان الطفيلية:

2 -1 -1درجة الحرارة:

بين(Feachem *et. al.1983*) موجزاً شاملاً لمتطلبات الحرارة والزمن اللازمين لإتلاف بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) والدودة المسلكة (*Trichuris*) والديدان الشصية والشريطية (*Taenia*) وتعتبر درجات الحرارة فوق 60 درجة مئوية بشكل عام مميتة لهذه البيوض .

1- درجات الحرارة المثلى:

جدول (2): قراءة في المراجع العلمية حول مدى درجات الحرارة والدرجة المثلى لتطور بيوض الديدان المعوية

المرجع	درجة الحرارة °C
Gram (1944)	24
Faairbairn (1961)	31 -30
Hass (1962)	27
Timoshin (1967)	30 -17
Arfaal (1978)	26 -22
Arene (1976)	1±31
Fleming (1987)	24
Barnard et al. (1978)	1±29
Seamster (1970)	31.3

جدول(3): قراءة في المراجع العلمية حول درجات الحرارة القصوى والدنيا التي تسمح بتطور بيوض الديدان المعوية:

المرجع	درجة الحرارة الدنيا °C	تطور جزئي القصوى °C	تطور كامل القصوى °C
Arenem(1986)	16	38	34
Stevenson (1979)	15	-	-
Seamster (1970)	16.5	37.2	34.4
Sedorov ،Zadowski (1961)	8 - 6	-	-
Timoshin (1967)	13	36	30

2- درجات الحرارة المنخفضة:

هناك دراسات قليلة حول تأثيرات درجات الحرارة المنخفضة في بيوض دودة الصفر. (*Ascaris*) فدرجات الحرارة المنخفضة (8.90 -15.6) درجة مئوية تثبط اكتمال تطور الخلايا داخل البيوض، بينما يتم تطور البيوض إلى مرحلة الأجنة الطليقة عند نقلها إلى درجة حرارة الغرفة(. Seanster) 1950ومن المتعارف عليه أنه عند تخزين البيوض على درجات حرارة تتراوح بين 7 إلى8 درجة مئوية، تبقى البويضات عيوشة لكن بدون انشطار، وغالباً لا تكون هذه البويضات في حالة هجوع تام.

إن درجة الحرارة الدنيا التي تحتاجها بيوض الصفر الخنازيري لإحراز تطور إلى مرحلة الأجنة الطليقة هي 7 .16 درجة مئوية ولمدة 37 يوماً. Seamster)، (1950; Arene 1986 بينما يتوقف تطورها وتموت البويضات عندما لا تتجاوز درجة الحرارة المحيطة 15 درجة مئوية، وتموت نسبة عالية من البيوض والأجنة المتطورة جزئياً للدودة المسلكة عند تعريضها لدرجات حرارة منخفضة إلى درجة التجميد(12- ,9-) درجة مئوية، بينما لا يحدث هذا التأثير على دودة الصفر،كما وجد أنه كلما زادت مرحلة تطور بيوض الدودة المسلكة قلت مقاومتها لدرجات حرارة التجميد (Nolf, 1932).

3- درجات الحرارة المرتفعة:

تشير الدراسات أن تعريض الكائن الحي إلى درجات حرارة أعلى من الدرجات المثالية لنموه يثبّط كل العمليات لهذا الكائن بالإضافة إلى وجود تثبيط مماثل للبيوض المتطورة التي تم تعريضها لدرجات حرارة مرتفعة .لذلك؛ فإن أبسط طريقة للتخلص من بيوض دودة الصفر هي بالتسخين عوضاً عن التخزين الطويل لها أو بإضافة مبيدات البيوض.

جدول(4): ملخص من المراجع العلمية حول تجارب متعلقة بتأثير الحرارة /الزمن في بيوض أنواع من دودة الصفر.

درجة الحرارة °C	الزمن (دقيقة)	الحالة ا لحيوية	المرجع
55	6.5	تطورت البيوض	
50	10	موت البيوض	Kiff & Lewis– Jones (1984)
55	10	موت البيوض	
60	10	موت البيوض	
60	10	30% يرقات متحركة	
60	15	موت البيوض	
60	10	30% يرقات متحركة	Arfaa (1978)
60	15	موت البيوض	
65	5	43% يرقات متحركة	Arfaa (1978)
65	10	موت البيوض	
70	3	34% يرقات متحركة	Arfaa (1978)
70	5	5% يرقات متحركة	
70	10	موت البيوض	
55	19.5	فقس خارج جسم الكائن الحي	Reyes *et. al;* (1963)
65	2	فقس خارج جسم الكائن الحي	
54 –55	ساعتان	موت البيوض	Keller (1951)
60	10	يرقات متحركة	Rudolfs *et al;* (1950)
37.8	8 أيام	موت البيوض	Seamster (1950)
34.4	13 يوما	10% يرقات متحركة	
103	3	موت البيوض	Cram (1943)
103	1	41% يرقات متحركة	
50	20	29% يرقات متحركة	
53	3	68% يرقات متحركة	Nolf (1932)
70	ثانية واحدة	موت البيوض	Ogata (1925)
55	أربعون ثانية	يرقات متحركة	

70	عش ثواني	موت البيوض	Ohba (1923)
60	5	موت البيوض	

أشعة الشمس والإشعاع فوق البنفسجي:

ويكفي تعريض بيوض دودة الصفر للإشعاع فوق البنفسجي لمدة 10 إلى 60 ثانية على درجة حرارة 16و40 درجة مئوية لقتل 10% إلى 80 % من تلك البيوض، ويختلف هذا التأثير حسب طول الفترة. كما وجد أن بيوض دودة الصفر قد قتلت عند تعريضها للأشعة فوق البنفسجية ذات أطوال موجة بين 280 و 315 نانومتر أو بين 180 و315 نانومتر.

التجفيف) دراسات مخبرية وميدانية:

يعتبر التجفيف عدواً لبيوض دودة الصفر وقد تم تدوين القليل فيما يتعلق باحتياجات الرطوبة لتطور بيوض دودة الصفر. ويجمع معظم الباحثون على أن تطور البيوض يثبط عند عدم توافر الرطوبة، وأن الجفاف الشديد يدمر عيوشيتها. تم تأكيد الحد الأدنى من احتياجات الرطوبة لبيوض دودة الصفر في الجزء الأول من القرن العشرين، وهو % 80 رطوبة نسبية التي تحتاجها البويضة لتتطور على درجة حرارة22 درجة مئوية، (Otto,1979. Wharton, 199) لقد لوحظ أن استنبات بيوض دودة الصفر إلى مرحلة الأجنة المتحركة قد قتل بعضها في غضون 9 أيام، وأن جميعها قد ماتت بعد 37 يوماً، من تجفيفها على درجة حرارة الغرفة (Brown 1928) .

تأثيرات التجفيف بالهواء في بيوض الطفيليات الموجودة في الحمأة: يعرف التجفيف بتأثيراته المدمرة على الطفيليات.

وتتوافر القليل من المعلومات عن بقاء بيوض الديدان المعوية الطفيلية في أحواض التجفيف. هنالك علاقة لوغاريتمية بين كثافة بيوض الطفيليات العيوشة ونسبة الرطوبة في أحواض التجفيف .وتزداد عملية تثبيط بيوض الطفيليات طردياً مع نقصان محتوى الرطوبة في الحمأة الموجودة في أحواض التجفيف .وكانت نسبة أدنى مستوى نداوة مطلوب حتى تثبط بيوض دودة الصفر والدودة السهمية

5%في الخريف و 7% في الشتاء و 8% في الربيع و15% في الصيف. وبناءً عليه، تؤدي زيادة درجة الحرارة ونقصان محتوى الرطوبة دوراً مهماً في تثبيط هذه الطفيليات

العوامل الكيميائية المؤثرة في بقاء بيوض الديدان المعوية:

- الرقم الهيدروجينيpH:

تتدمر بيوض الديدان المعوية بالكامل على قيمة الرقم الهيدروجيني، (Owen, 1984) (N=12).

الرقم الهيدروجيني الأمثل لفقس بيوض الديدان المعوية (Udonsi, Atata, 1984) (N=6).

- المواد الكيميائية.

- متطلبات الأكسجين:

يثبط فقدان أو نقص الأكسجين معظم الاستقلابات للعديد من الديدان الممسودة فمعدل التطور لبيوض الديدان الصفر يثبط ويقل على تراكيز الأكسجين المنخفضة.

التخلص من الديدان الطفيلية بواسطة محطات معالجة المخلفات السائلة:

إن أنظمة المعالجة التقليدية في الحمأة المنشطة والأقراص البيولوجية الدوارة وخنادق الأكسدة والتهوية المديدة جميعها غير فعالة في إزالة بيوض الديدان المعوية.

فعالية عمليات المعالجة للحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة:

الجدول(5):تأثيرات عمليات معالجة المخلفات السائلة في كيسات وبيوض الطفيليات

عملية المعالجة	الفعالية
	عمليات الإزالة (بدون القضاء على الطفيليات)
المروقات(ابتدائية، ثانوية) التعويم	إزالة 80%للصفر، 54% للمتحولة، وتعتمد الإزالة على ظروف العملية >95% إزالة، لكن يعتمد على حالة البيوض وظروف العملية.
أحواض إمهوف	إزالة 97%
الترشيح البيولوجي	إزالة 38%، تحفيز تطور البيوض
الترشيح	تحجز 99% من البيوض
الحمأة المنشطة	عملية التثبيت (تؤثر في حالة البيوض)
	تحفز تطور البيوض
التهوية المطولة(المديدة)	تحفز تطور البيوض
الكلورة الروتينية	عمليات التطهير
	لا أثر

المصدر Reimers et al:1989

الجدول(6): تأثيرات عملية معالجة الحمأة في بيوض الطفيليات

وحدة المعالجة	ملاحظات على الفعالية
	عملية التثبيت
الهاضمات اللاهوائية	تثبيط تطور البيوض، تزيد من فرصة القضاء عليها بزيادة درجة الحرارة
الهاضمات الهوائية	تثبيط تطور البيوض، تزيد من فرصة القضاء عليها بزيادة درجة الحرارة
الترميد	عمليات إزالة التلوث
	القضاء على 100%
أحواض التجفيف	قتل 100% على محتوى رطوبة 5%،(يتفاوت محتوى الرطوبة باختلاف درجة الحرارة)
تحضير أسمدة مختلطة	فعالية 100% في حالة وصول درجة حرارة المواد إلى 60 درجة لمدة ساعتين على الأقل
الكلورة الروتينية	لا أثر
إشعاع غاما	فعالية 100% على قوة 200 كراد
تسخين	فعالية 100% على درجة حرارة 70 درجة مئوية لمدة 30 دقيقة أو لفترة أقل على درجة حرارة أعلى. الفعالية تعتمد على درجة الحرارة وفترة التعرض، درجة الحرارة التي تقل عن 45 درجة مئوية لا تعطي فعالية

الجدول(7): ملخص المراجع العلمية حول تأثيرات الرطوبة في بقاء بيوض الديدان الممسودة.

الأنـــواع (بيوض)	درجة الحرارة (م°)	محتوى التداوة أو الرطوبة النسبية (ر. ن%)	ملاحظـــــــــات	المرجـــــع
الصفر	22	80	احتياجات دنيا من الرطوبة لتطور البيوض	(Otto (1929
الصفر والمسلكة	30 – 20 22	50 – 40 77	غير قادرة على التطور وتتنمر بشكل كامل بعد أربعة أيام من التعرض 3.5% و 2.2% تصل إلى مرحلة اليرقة على التوالي في 11 يوماً لبيوض الصفر والمسلكة.	Nolf (1932)
الصفر الصفر	بيت زجاجي (46-13) بيت زجاجي (38– 4)	11.5 – 5.8 4.2 – 3.3	تبقى البيوض حية لمدة 51 و 81 يوماً على التوالي البيوض غير عيوشة بعد 78 يوماً	Cram & Hicks (1944)
الصفر الصفر	28.9 – 26.7 31.1	95 95 – 80	تطورت البيوض بشكل كامل تتطور البيوض فقط لمرحلة اليرقة المبكرة	Seamster (1950)
الصفر	طبق بتري مفتوح ومعرض لأشعة الشمس (الحرارة لم تسجل)	3.1	10% من البيوض كانت عيوشة بعد 51 يوماً	Bhaskaran et al. (1956)
الصفر الصفر الصفر الصفر الصفر الصفر	30 16.5 30 16.5 30 16.5	صفر صفر 75.5 76 34 – 33 32.5	انخمصت البيوض بعد 3 أيام انخمصت البيوض بعد 3 أيام تطورت البيوض إلى مرحلة الأريمة (Blastula) وانخمصت بعد 7 أيام لا يوجد المزيد من التطور بعد مرحلة المعيدة (Gastrula) بعد 51 يوماً من التعرض لا تطور بعد مرحلة الخليتين وتتخمص بعد 4 أيام لا تطور بعد مرحلة الخليتين وتتخمص بعد 17 يوماً	Wharton (1979)
الصفر والسهدية	الخريف الشتاء الربيع الصيف	5 7 8 15	بيوض غير نشطة	Reimers et al. (1981)
الأسطوانية الشعرية الكولوروفورمية *Trichostrongylus colubriformis	20 20	صفر – 33 و 54.5 98 – 76	بقاء ضعيف فقست البيوض بعد التعرض لمدة 104 أيام	Wharton (1982)