

## تقييم نضج واستقرار سماد الكومبوست المحضر من مخلفات زراعة البندورة المحمية في الساحل السوري

الدكتور عبد العزيز بو عيسى\*

الدكتور ياسر علي حماد\*\*

حاتم سليمان\*\*\*

(تاريخ الإيداع 2 / 12 / 2014. قبل للنشر في 23 / 2 / 2015)

### □ ملخص □

هدف هذا إلى البحث إلى تقييم نضج واستقرار الكومبوست المحضر من مخلفات نباتات البندورة المحمية في منطقة بانياس في الساحل السوري، جمعت المخلفات وقطعت إلى أجزاء صغيرة وتم تخميرها لمدة ثلاثة أشهر ابتداءً من 2011/8/13.

تم إجراء التحاليل التالية في بداية ونهاية فترة التخمير: درجة الـpH، الناقلية الكهربائية EC، النسب المئوية للعناصر الغذائية C، Mg، Ca، K، P، N، السعة التبادلية الكاتيونية CEC، النسبة  $\frac{C}{N}$ ، نسبة أحماض الفوليك Fa، نسبة أحماض الهيوميك Ha، درجة البلمرة DP (Polymerization Degree)، دليل التدبيل (Humification Index)، دليل سعة الامتصاص SI (Sorption Index capacity).

أظهرت النتائج تطور ملحوظ في نسب معظم العناصر الغذائية المدروسة في الكومبوست المحضر، والحصول على سماد عضوي ناضج ومستقر حسب مؤشرات النضج والاستقرار المستخدمة في التقييم، والتي كانت كالاتي:  $\frac{C}{N}=7.88$ ،  $CEC=68.25$  meq/100g،  $DP=1.63$ ،  $HI=14.54$ ،  $SI=2.74$ ،  $EC=3.78$  mmohs/cm<sup>3</sup>،  $pH=8.3$ . وكانت جميع هذه المؤشرات ضمن المدى المسموح من أجل الاستخدام الآمن في الزراعة.

**الكلمات المفتاحية:** كومبوست، نضج الكومبوست، استقرار الكومبوست، مادة عضوية، مؤشرات التدبيل

\* أستاذ - قسم علوم التربة والمياه - كلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\* أستاذ مساعد - قسم علوم التربة والمياه - كلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\*\* طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم علوم التربة والمياه - كلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Assessment of maturity and stability for compost prepared from protected tomato plant residues in Syrian coast.

Dr. Abd Ulaziz Bo-Issa\*  
Dr. Yaser Hammad\*\*  
Hatem Solieman\*\*\*

(Received 2 / 12 / 2014. Accepted 23 / 2 / 2015 )

### □ ABSTRACT □

This research was conducted in order to evaluate the maturity and stability of compost prepared from protected tomato plant residues, in the Syrian coast (Baniyas). The residues were collected and grinded and composted for three months. pH degree, Electrical conductivity EC, percentages of nutrient elements N, P, K, Ca, Mg, C, Cation Exchange Capacity CEC, the  $\frac{C}{N}$  ratio, the ratio of Folvic acid Fa, the ratio of Humic acids Ha, DP (the polymerization degree), HI (humification Index), and SI (Sorption Index capacity), were tested at the beginning and in the end of the composting process:

The results showed significant changes in the studied nutrients values, in the end of the composting period.

However we obtained in this research a matured and stable compost where the indicators were as follows: C/N=7.88, CEC= 68.25meq/ 100G, DP =1.63, HI = 14.54, SI=2.74, EC = 3.78 mmohs/cm, pH =8.3, that all are appropriate for the safe use in agriculture.

**Keywords:** compost, compost maturity, compost stability, organic matter, Humification indicators

---

\*Professor, specialty: fertilizers, Department of soil and water sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\*Professor Assistant, specialty: Microbiology, Department of soil and water sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\*\*Postgraduate student, department of soil and water sciences, faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**مقدمة:**

تعد معالجة المخلفات الزراعية وتحويلها إلى سماد عضوي (Compost) هامة جداً، وخاصة في ظروف الإنتاج الزراعي الكثيف، إذ ينتج في سوريا وخاصة في الساحل، كميات كبيرة من البندورة في البيوت المحمية، وبلغ عدد البيوت البلاستيكية 87128 بيت بلاستيكي، بمساحة 3920 هكتار (وزارة الزراعة، 2011)، ينتج عنها كميات كبيرة من المخلفات تصل إلى 26138 طن سنوياً. يتم حرقها أو رميها على أطراف الحقول، ما يساعد على انتشار الأمراض الفطرية والبكتيرية والحشرات والقوارض وسهولة انتشار الحرائق، ومن أهم سلبيات هذه الطرائق التقليدية هو الهدر الكبير للمادة العضوية، ونقلها من مكانها الطبيعي في دورتها الطبيعية (صالح، 2008).

يعتبر تخمير البقايا النباتية الناجمة عن الزراعة وتحويلها إلى كومبوست من أفضل طرائق التخلص من هذه المخلفات (OMAFRA, 2004 ؛ NSDAFF, 2004)، إذ تؤدي عملية التخمير دوراً هاماً في القضاء على بذور الأعشاب الضارة (Holden, 1990)، والتخلص من مسببات الأمراض والحد من انتشار الأمراض والحشرات بتطهيرها لهذه المخلفات أثناء تخمرها بفضل الحرارة الناجمة عن تحللها (Ghaly et al., 2007)، كما تحد من مخاطر بقايا المبيدات الحشرية والفطرية بخفض تراكيزها في المخلفات المعالجة بعد انتهاء تخميرها نتيجة تحلل المركبات العضوية الداخلة بتركيبها (Strom, 1998).

تصل الحرارة المنتجة أثناء عملية التخمير إلى 65 م° وهي كافية لقتل الفطريات مثل *Fusarium* و *Rhizoctonia* (Christensen et al., 2001). وتعد النقطة المميّزة لمعظم البكتريا الممرضة للنبات هي التعرض لدرجة حرارة 50 م° لمدة 10 دقائق في وسط مائي (Elliott, 1951).

كما تؤثر الحرارة الناجمة عن عملية التخمير في الكائنات الممرضة للإنسان، إذ لوحظ غياب بكتريا السالمونيلا والاشريشيا (*Salmonella spp*, *E. coli*) في خلطات الكومبوست المختلفة المحضرة من روث الأحصنة والماعز مع نشارة الخشب وقش الرز ومخلفات زراعة العنب (Abril et al., 2011). كما تقيد عملية التخمير في التخلص من الفيروسات الممرضة للنبات، إذ أكدت دراسة سابقة القضاء على فيروس موزايك البندورة (TMV) مع تقدم عملية تحلل مخلفات زراعة البندورة، رغم أن درجة الحرارة لم تتجاوز 47 م° (Avgelis and Manios, 1989). تتحدد قيمة الكومبوست بجودة المنتج النهائي، وتتحدد الجودة بعاملين أساسيين يتعلقان بالاستخدام النهائي للكومبوست وهما درجة النضج Maturity والاستقرار Stability (McDonnell, 1999).

يدل مؤشر النضج على مدى انخفاض السمية النباتية وخلو الكومبوست من مسببات الأمراض ومدى ملاءمته للإنتاج الزراعي عند دخوله في مكونات التربة. بينما الاستقرار يدل على مستوى النشاط الميكروبي للكومبوست، لأن عدم استقرار النشاط الميكروبي يؤدي إلى استهلاك الأزوت والأكسجين وإلى توليد الحرارة وإطلاق غاز CO<sub>2</sub> و بخار الماء (Alkoik, 2005).

كما بين العديد من الباحثين أن الكومبوست غير المستقر وغير الناضج يمكن أن يؤثر سلباً على خصائص التربة ومواصفاتها؛ فيمكن أن يسبب أثر سام وغير ملائم للبيئة الزراعية (Garcia et al., 1992 ; Miikki et al., 1997). تتحدد درجة نضج واستقرار الكومبوست بطرائق عدة تعتمد على تحديد واحد أو أكثر من الخواص الفيزيائية أو الكيميائية التالية:

### 1- المؤشرات الكيميائية:

تتضمن محتوى الأوكسجين، محتوى العناصر الغذائية درجة pH كمؤشرات على استقرار الكومبوست (Zucconi and Bertoldi, 1987). الناقلية الكهربائية، نسبة الكربون العضوي القابل للانحلال بالماء، اختبار المواد الكارهة للماء كمؤشرات على نضج الكومبوست (Ntougias *et al.*, 2006). النسبة  $\frac{C}{N}$ ، السعة التبادلية الكاتيونية، مؤشرات التبدل كدلائل على النضج والاستقرار معاً (Hsu and Lo, 1999).

وحددت الصفات الكيميائية للكومبوست الناضج والأمن زراعياً بأن تكون: النسبة  $\frac{C}{N} > 20$ ، والأزوت الكلي  $N < 2\%$  على أساس المادة الجافة، ونسبة الكربون المنحل في الماء الساخن إلى الكربون الكلي أقل من 35%، والسعة التبادلية الكاتيونية  $CEC > 60 \text{ meq}/100\text{g}$  (Inoko *et al.*, 1979). ويجب أن يكون محتوى الكومبوست من العناصر المعدنية في ظروف pH مرتفعة لا يقل عن: 0.5% للفوسفور، 0.3% للبوتاسيوم، 0.3% للمغنزيوم، 2% للكالسيوم (Zucconi and Bertoldi, 1987).

وأشار العديد من الباحثين، أن الحدود الدنيا المقبولة لخصائص الكومبوست هي: درجة الـ pH (6.3-8.9)، والمادة العضوية ( $OM > 20\%$ )، والأزوت الكلي ( $N\text{-total} > 0.8\%$ )، والنسبة:  $\left(\frac{C}{N} \leq 20\right)$ ، الناقلية الكهربائية ( $EC < 5 \text{ mmhos}/\text{cm}$ ) (Ntougias *et al.*, 2006 ; Lasaridi *et al.*, 2006).

كما حددت وزارة الزراعة (2004) الخواص الكيميائية للكومبوست المنتج محلياً بالتالي: المادة العضوية ( $OM \geq 70\%$ )، والنسبة  $\left(\frac{C}{N} \leq 25\right)$ ، والأزوت العضوي ( $N > 1\%$ )، والناقلية الكهربائية ( $EC \leq 2.5 \text{ mmhos}/\text{cm}$ )، وتتراوح قيمة pH المستخلص المائي 1:10 بين (5-8)، ولاتزيد نسبة كربونات الكالسيوم عن 5% وزناً.

### 2- مؤشرات التبدل Humification Index:

استخدمت مؤشرات التبدل لتقييم درجة نضج واستقرار الكومبوست من قبل العديد من الباحثين وهي:

- دليل التبدل HI (Humification Index): هو نسبة كربون أحماض الهيوميك إلى مجموع الكربون العضوي الكلي TOC (Total Organic Carbon) (Senesi, 1989).

- دليل البلمرة DP (Polymerization Degree): هو نسبة أحماض الفولفيك إلى أحماض الهيوميك ويدل على درجة بلمرة المادة العضوية باعتبار أنه أثناء التخمر يزداد تكاثف أحماض الفولفيك وتتحول تدريجياً إلى أحماض هيوميك بزيادة نضج المركبات الدبالية (Iglesias and Perez, 1989).

- دليل سعة الامتصاص SI (Sorption Index capacity): هو نسبة السعة التبادلية الكاتيونية (CEC)

إلى الكربون العضوي الكلي TOC (Bernal *et al.*, 1998).

بين Iglesias و Perez (1992) أن الحد الأدنى لدرجة البلمرة DP هو 1.6 ولدليل التبدل HI 13% ودليل سعة الامتصاص SI 1.7، ومقدار الانخفاض في نسبة الكربون بمقدار 1.29 مرة عن نسبة الكربون في المواد الأصل، من أجل اعتبار المواد الدبالية ناضجة.

### 3- المؤشرات الفيزيائية:

حددها العديد من الباحثين بالمؤشرات التالية: درجة الحرارة، اللون والروائح الكريهة كمؤشرات على درجة الاستقرار. السعة التشعبية للكومبوست كدليل على النضج، أما اختبار تهدم المواد الصلبة بالكتلة والحجم كدليل على النضج والاستقرار معاً (Switzenbaum *et al.*, 1997).

وتناول البحث الحالي تحديد أهمية تخمير مخلفات زراعة البندورة المحمية في إنتاج أسمدة الكومبوست، وإمكانية استخدامها بشكل آمن زراعياً.

### أهمية البحث وأهدافه:

يشكل هذا البحث إضافة مهمة، بسبب ندرة الدراسات التي تتناول الكومبوست المحضر من مخلفات نباتات البندورة المحمية، وخاصة المؤشرات المدروسة، بالإضافة للأهمية الاقتصادية بإنتاج سماد عضوي قليل التكاليف، والأهمية البيئية في التخلص من آلاف الأطنان من مخلفات زراعة البندورة التي يتم حرقها أو رميها على أطراف الحقول.

وهدف هذا البحث إلى:

1- دراسة مؤشرات نضج واستقرار الكومبوست التالية:

من الناحية الفيزيائية: تغيرات اللون، درجة الحرارة، الوزن الحجمي الظاهر.

المؤشرات الكيميائية: درجة الـpH، الناقلية الكهربائية EC، النسب المئوية للعناصر الغذائية N, P, K, Ca,

Mg, C, السعة التبادلية الكاتيونية CEC، النسبة  $\frac{C}{N}$ .

مؤشرات التبدل: نسبة أحماض الفولفيك Fa، نسبة أحماض الهيوميك Ha، درجة البلمرة DP، دليل التبدل HI،

دليل سعة الامتصاص SI.

2- تقييم سماد الكومبوست المحضر من مخلفات زراعة البندورة المحمية ومدى ملاءمته للاستخدام الآمن

زراعياً.

### طرائق البحث ومواده:

#### موقع الدراسة:

تم إجراء عملية التخمير في مزرعة (في قرية بستان الحمام) في منطقة بانياس، في محافظة طرطوس. ونفذت التحاليل الكيميائية والفيزيائية في مخابر قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين.

#### تحضير مخلفات زراعة البندورة :

جمعت مخلفات زراعة البندورة المحمية من عدة مزارع مختلفة في منطقة بانياس، ونظفت من الشوائب غير المرغوبة كالخيوط البلاستيكية وبقايا الأتربة وأكياس النايلون. وشملت هذه المخلفات جميع أجزاء النبات بعد جني المحصول ساق - جذر - أوراق.

#### إنتاج الكومبوست:

استخدمت آلة خاصة بتصنيع نشارة الخشب لتقطيع المخلفات إلى أجزاء صغيرة من (1-7 سم) (Tchobanoglous *et al.*, 1993)، وضعت في أحواض التخمير وهي عبارة عن خمسة براميل معدنية (خمس مكررات) مدهونة من الداخل بطبقة من طلاء بلاستيكي عازل، وضعت البراميل في مكان مظلل بالأشجار لا تحميه أشعة الشمس، وتمت تغطيتها بغطاء بلاستيكي من الأعلى من أجل حمايتها من الأمطار، ومن الأوراق المتساقطة من الأشجار.

استخدم بادئ ميكروبي صلب من مخلفات الأبقار المتخمرة بمعدل 500 غ لكل برميل بعد خلطها بالماء المستخدم للترطيب بتاريخ 13 / 8 / 2011 ويعتبر هذا التاريخ هو بداية عملية التخمير، وتمت عمليات التهوية والترطيب أسبوعياً بشكل يدوي بإفراغ محتويات البرميل على شريحة من البولي إيثيلين وتقليبها بالمعول ومن ثم تعبئتها وتسوية سطحها، واستمرت عملية التخمير 14 أسبوعاً.

### المؤشرات المدروسة من أجل تقييم سماد الكومبوست أولاً: المؤشرات الفيزيائية:

- 1- اللون: حددت تغيرات اللون بتصوير المخلفات بكاميرا تصوير ديجيتال، بأخذ صور فوتوغرافية في بداية التخمير وبعد 14 أسبوع ومقارنة تغير اللون في بداية ونهاية فترة التخمير (Stevenson, 1982).
- 2- الحرارة: أخذت درجة الحرارة للمخلفات المتخمرة في البراميل يومياً خلال النهار باستخدام ميزان حرارة كحولي، بوضعه على عمق 20 سم وعلى تماس مع المخلفات في منتصف البرميل لمدة 15 دقيقة، بالإضافة لقياس درجة حرارة الجو المحيط.
- 3- الوزن الحجمي الظاهري: قدر بطريقة Agnew و Manios (2003)، بملء اسطوانة بلاستيكية سعة (1 لتر) بالمخلفات الجافة هوائياً، وتركت لتسقط سقوطاً حراً ثلاث مرات من ارتفاع حوالي 10 سم على سطح مستوي، وأخذت قراءة الوزن والحجم لكل عينة ثلاث مرات، وحسب من القانون التالي:

$$\text{الوزن الحجمي الظاهري} = \frac{\text{وزن المخلفات في الاسطوانة}}{\text{حجم الاسطوانة}}$$

### ثانياً: التحاليل الكيميائية:

- 1- تقدير درجة الـ pH للمادة المتخمرة في مستخلص مائي 1:5 وزناً باستخدام جهاز pH Meter .
- 2- قياس الناقلية الكهربائية باستخدام جهاز الناقلية في مستخلص 1:10 حجماً. حيث نعتت المخلفات لمدة ساعة ونصف بالماء المقطر مع التحريك كل عشر دقائق، رشحت باستخدام قمع بوخنر وأخذت القراءات بعد اكتمال عملية الترشيح (Richards, 1954).
- 3- الآزوت N: استخدمت طريقة الهضم الرطب (Walinga et al., 1995) بحمض الكبريت المركز بأخذ (0.5 g) من العينات وإضافة (10ml) من الماء الأوكسجني و (10ml) من حمض الكبريت المركز، والتسخين إلى درجة حرارة 360°م لمدة ساعتين، ثم أكمل الحجم إلى (100ml)، وتم تقدير الآزوت الكلي في هذا المستخلص بطريقة كداهل.
- 4- واستخدمت طريقة الهضم الجاف (الترميد) بأخذ 0.5g عينة وترميدها في المرمدة على درجة حرارة 550° C و إذابة الرماد في 50ml حمض كلور الماء 2N من أجل تقدير العناصر التالية :  
- الفوسفور بطريقة الفانادات موليبيدات باستخدام جهاز Spectrophotometer على طول موجة 410nm (راين وآخرون، 2003).
- البوتاسيوم وتم تقدير نسبته باستخدام جهاز اللهب (Jackson, 1958).
- الكالسيوم والمغنزيوم باستخدام المعايرة بالفرسينات (Richards, 1954).
- 5- الكربون C: تم تقدير الكربون بطريقة الهضم الرطب (Jackson, 1958). بأكسدة الكربون بدائي كرومات البوتاسيوم بوجود حمض الكبريت المركز ومعايرة الفائض بسلفات الحديدي النشاردية.
- 6- تقدير نسبة أحماض الفوليك والهيميك:

فصلت الأحماض الدبالية بأخذ 1 غ مادة جافة تماما ومطحونة أضيف لها 20 مل ماءات الصوديوم (IN)، نعتت مدة 24 ساعة مع التحريك، ثم رشحت وقسمت الرشاحة إلى قسمين كل قسم 5 ml. -أضيف للرشاحة الأولى 10 ml حمض كلور الماء (IN)، تركت لمدة ساعة، ثم رشحت وقدر كربون أحماض الفولفيك FA في الرشاحة الناتجة بطريقة أكسدة الكربون العضوي بداي كرومات البوتاسيوم (Aparna *et al.*, 2008). وفي الرشاحة الثانية تم تقدير النسبة المئوية لكربون أحماض الفولفيك والهيوميك معا FA+HA كذلك بأكسدة الكربون العضوي بداي كرومات البوتاسيوم بوجود حمض الكبريت المركز وتم حساب المؤشرات التالية دليل التبدل HI (Humification Index)

$$HI = (HA/TOC) \times 100 \quad (\text{Senesi, 1989})$$

دليل البلمرة DP (Polymerization Degree)

$$DP = HA/FA \quad (\text{Iglesias and Perez, 1989})$$

HA كربون أحماض الهيوميك، FA كربون أحماض الفولفيك، TOC نسبة الكربون العضوي الكلي.

7- السعة التبادلية الكاتيونية (Cation Exchange Capacity CEC):

تعبّر السعة التبادلية الكاتيونية عن مقدرة الوسط على تبادل الكاتيونات من ناحية جذبها أو تقديمها للمحلول (راين وآخرون، 2003). استخدمت طريقة خلات الصوديوم في تقدير CEC، بأخذ 2.5 غ من مخلفات البندورة الجافة تماما والمطحونة، وضعت في عبوات بلاستيكية محكمة الإغلاق وعوملت ثلاث مرات بخلات الصوديوم IN باستخدام 33 مل كل مرة، وضعت على خضاض ميكانيكي لمدة خمس دقائق، وثقلت بجهاز الطرد المركزي 5000 (rpm). ثم غسلت بالكحول الإيتلي 95% مع الخض لمدة 5 دقائق وثقلت واستبعد القسم الطافي من الكحول (كررت العملية ثلاث مرات)، عوملت العينات ثلاث مرات بخلات الأمونيوم (33 مل) N=1 من أجل ضمان تحرير كامل كاتيونات الصوديوم من معقد الامصاص، وفي كل مرة تم خض العينات لمدة خمس دقائق والتنقيط وجمع السائل الطافي، رشحت بعدها العينات وجمعت كامل الرشاحة وقدر تركيز الصوديوم فيها باستخدام جهاز اللهب، وحسبت السعة التبادلية الكاتيونية للعينات بالاعتماد على هذا التركيز. وحسب دليل سعة الامتصاص Sorption Index SI (Capacity) كما يلي

$$SI = CEC/TOC \quad (\text{Inbar et al., 1990})$$

CEC: السعة التبادلية الكاتيونية، TOC: الكربون العضوي الكلي %

## النتائج والمناقشة:

أخذت نتائج التحاليل وتم حساب المتوسطات وقيمة LSD0.05 وتبويبها في الجدول (1).

أولاً: المؤشرات الفيزيائية:

### 1- تغيرات اللون:

تغير لون المادة المتخمرة الخام من لونها الفاتح باتجاه اللون الداكن تدريجياً بتقديم عملية التخمير، وأصبحت رائحة نواتج التخمير مشابهة لرائحة التربة الطبيعية، وهذا دليل على نضجه، حيث إن الكومبوست الناضج يجب أن يكون بلون بني داكن إلى مسود وخالياً من الروائح الكريهة والمواد الغريبة ويزور الحشائش (Keith and Jackie, 2006).

## 2-تغيرات درجة الحرارة:

نفذت عملية التخمير في مكان درجة حرارته (حرارة الهواء 30°C)، وكانت درجة الحرارة في براميل التخمير 30°C عند بدء عملية التخمير. وارتفعت درجة حرارة المادة العضوية الرطبة بسرعة، خلال 48 ساعة ووصلت إلى 61°C ؛ بعد مرور يوم واحد على هذه الدرجة، بدأت درجة الحرارة بالانخفاض تدريجياً إلى درجة حرارة قريبة من حرارة الوسط المحيط في نهاية الأسبوع الرابع للتخمير، وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه Ghaly وآخرون (2006) حيث وصلت درجة الحرارة في تجاربه إلى 63°C بعد 31 ساعة من التخمير، واستمرت الحرارة على هذه الدرجة لمدة 9 ساعات، ومن نتائج الأبحاث ذات العلاقة فإن درجة الحرارة 60°C وما فوق هي كافية لقتل معظم الأمراض الفطرية (Christensen *et al.*, 2001)، والبكتيرية (Elliott, 1951).

من خلال نتائج التجربة والتجارب المقارنة لها على التخمير يتضح بأن توفر:

- الكربوهيدرات سهلة التحلل الميكروبي كمصدر للطاقة (Ghaly *et al.*, 2006)،
- المركبات الأزوتية الأمينية كمصدر للأزوت اللازم للتكاثر،
- الظروف المحيطة المناسبة للنشاط الميكروبي من pH ورطوبة وحرارة ،

أدى إلى ارتفاع النشاط الاستقلابي للكائنات الحية الدقيقة التي قامت بتهديم المادة الخام وتحويلها من شكلها البدائي إلى الشكل الدبالي، كما أن انخفاض نسبة الكربون إلى الأزوت في نهاية التخمير تتوافق مع ظهور تغيرات لونية وكثافة عالية وقوام هش، وتعد هذه الصفات مطلوبة في الأوساط العضوية التي يمكن استخدامها في الزراعة المكثفة. كما يمكن أن يعزى انخفاض درجة حرارة المادة العضوية إلى خلو المادة من الكربون الزائد ومن الأزوت الحر الكافي لنشاط الأحياء الدقيقة، ووصوله إلى درجة الاتزان، أو الاستقرار، وهي صفة إيجابية خاصة عندما تكون النسبة  $\frac{C}{N} \geq 20$ . (Ghaly *et al.*, 2006 ; Epstein, 1997 ; Nelson *et al.*, 2007).

## 3- الوزن الحجمي الظاهري:

يعتبر الوزن الحجمي الظاهري من المؤشرات المهمة على جودة الكومبوست، ويبدل على مدى مسامية الكومبوست والفراغات الهوائية بداخله (Agnew And Leonard., 2003).

نلاحظ من الجدول (1) أن الوزن الحجمي الظاهر لمخلفات البندورة في بداية عملية التخمير كان (0.145 g/cm<sup>3</sup>) وارتفع ليصل في نهاية فترة التخمير (0.315 g/cm<sup>3</sup>) وهذا يعود إلى تحطم بناء المادة العضوية ونقص حجمها الكلي، وزيادة صغر حجم الأجزاء المكونة لها نتيجة عملية التحلل، ما يؤدي إلى صغر الأجزاء وصغر المسام الموجودة فيها (Naylor, 1996). وكانت القيمة النهائية ضمن المجال الملائم للبيئة الزراعية بين 0.15 – 0.5 g/cm<sup>3</sup> (Joiner, 1981).

## ثانياً: المؤشرات الكيميائية:

### 1-درجة pH في المستخلص المائي:

تتراوح درجة pH لمعظم المخلفات النباتية بين (5-7) شرط خلوها من المواد القلوية أو الرماد (kaloosh, 1994). كما تتصف المواد العضوية القابلة للتخمير بمدى واسع لقيم الـ pH يتراوح بين (3-11) (Zucconi and Bertoldi, 1987) وأن عملية التخمير غير حساسة نسبياً لقيم الـ pH، بسبب المدى الواسع من الأحياء الدقيقة التي تقوم بعملية التخمير (Epstein *et al.*, 1977). وإن أفضل درجة pH مناسبة لنمو الميكروبات المساهمة بعملية التحلل في إنتاج الكومبوست تتراوح بين (6-8)، لأنه عند درجة pH أعلى من ذلك يفقد الأزوت

بالتطير على شكل أمونيا، وعند انخفاض pH أقل من ذلك سوف ينخفض النشاط الميكروبي بالتدريج مقارنة بالـ pH المتعادل (Rynk *et al.*, 1992).

أظهرت النتائج المبينة في الجدول (1) تغير قيمة الـ pH بشكل معنوي حيث كانت في بداية عملية التخمير  $0.1 \pm 5.8$ ، ثم ارتفعت معنويًا لتصل بعد 14 أسبوع إلى 8.3 في نهاية عملية التخمير، وهذا يتفق مع ما توصل إليه Kaloosh (1994) الذي لاحظ ارتفاع قيمة الـ pH لتصل إلى (8-9) بعد مرور أيام على التخمير وحتى نهاية التخمير، وبالمثل لاحظ Magdi وآخرون (2003) ارتفاع درجة الـ pH من 7.1 إلى 8.5 بعد تخمير خليط من قش الرز وقشور اللفت الزيتي وزرق الدواجن مدة 90 يوم. ويعود سبب زيادة قيمة الـ pH لتفكك الأحماض العضوية، وتحرر الكاتيونات القلوية إلى المحلول مثل اليوتاسيوم  $K^+$  والكالسيوم  $Ca^{2+}$  والمغنسيوم  $Mg^{2+}$  وارتفاع نسبتها خلال عملية التخمير (Rynk *et al.*, 1992).

وبالمقارنة مع الدراسات السابقة، نجد أن القيمة (pH=8.3) للكومبوست التي تم قياسها في بحثنا تقع ضمن الحدود المقبولة (pH= 8.9-6.3) للأسمدة العضوية (كومبوست) من أجل اعتباره مناسب للاستخدام الزراعي (Lasaridi *et al.*, 2006).

## 2- الناقلية الكهربائية:

أظهرت النتائج في الجدول (1) ارتفاع قيمة الناقلية الكهربائية للمادة الخام للمستخلص المائي 1:10 حجماً، فكانت في بداية عملية التخمير 1.03mmhos/cm وارتفعت بشكل غير معنوي لتصل إلى 1.19mmhos/cm في نهاية عملية التخمير، إذ تتوافق هذه القيمة للناقلية الكهربائية في دراستنا مع مواصفات سماد الكومبوست المنتج محلياً الذي حددته وزارة الزراعة (2004) بقيمة أدنى من 2.5mmhos/cm.

## 3- النسبة $\frac{C}{N}$ :

كانت النسبة  $\frac{C}{N}$  في بداية عملية التخمير 14.3 وهي نسبة منخفضة نسبياً مقارنة مع النسبة المقترحة لمكونات كومة الكومبوست من قبل Parr وآخرون (1982) والتي تبلغ 30، ويعود هذا الانخفاض في النسبة  $\frac{C}{N}$  إلى غنى مخلفات نباتات البندورة بعنصر الأزوت. وانخفضت النسبة  $\frac{C}{N}$  بشكل معنوي خلال فترة التخمير لتصل إلى 7.89 في نهاية التخمير بنسبة انخفاض قدرها 44% عما كانت عليه في بداية التخمير ويعزى ذلك للنشاط الميكروبي واستهلاك الكربون للحصول على الطاقة (Ghaly *et al.*, 2006). كما تتوافق نسبة الانخفاض مع دراسات سابقة حول تقييم نضج الكومبوست إذ لوحظ انخفاض النسبة  $\frac{C}{N}$  من 35.6 في بداية عملية التخمير إلى 11.5 بعد 110 أيام من تخمير المخلفات النباتية (Tomati *et al.*, 1995).

كما تتوافق مع دراسة Flynn و Wood (1996) حول تحضير خلائط مختلفة من زرق دجاج اللحم وحجور مختلفة من تبن القمح وقشور الفول السوداني وقشور الصنوبر ومخلفات معامل الورق بنسب  $\frac{C}{N}$  تتراوح بين 22 و 34 وكانت النسبة  $\frac{C}{N}$  في المنتج النهائي لديه بعد 84 يوماً بين 13 و 28 على التوالي، وبين أن النسبة  $\frac{C}{N}$  لوحدتها لاتعطي مؤشراً على نضج سماد الكومبوست بسبب تباين المادة الأصل، لذلك يجب استخدام هذا المؤشر بالتزامن مع مؤشرات أخرى.

وتعد النسبة ( $\frac{C}{N} = 7.89$ ) المتحصل عليها في بحثنا أقل من الحد المفضل الذي حدده Inoko ورفاقه (1979) بقيمة  $\frac{C}{N} > 20$  من أجل استخدام الكومبوست بشكل آمن زراعياً، وبالتالي يمكن الاستفادة من هذه النسبة المنخفضة بخلط المخلفات بأوساط ذات نسبة  $\frac{C}{N}$  مرتفعة مثل القش ونشارة الخشب.

#### 4-نسبة الآزوت الكلي %N:

كانت نسبة الآزوت في بداية عملية التخمير 2.35% وارتفعت معنويا لتصل إلى 3.15% بمقدار زيادة قدره 34%، ويعود ذلك إلى تناقص الكتلة الكلية لمخلفات التخمير نتيجة الأكسدة الحيوية للمادة العضوية وفقدان جزء كبير من كتلتها على شكل  $CO_2$  و  $H_2O$  من جهة وإلى كون الميكروبات تستهلك الكربون بنسبة أكبر بكثير مما تستهلكه من الآزوت في عمليات البناء الحيوي، حيث تستهلك 30 جزء كربون مقابل ربط و تثبيت جزء واحد من الآزوت في جسمها (Parr *et al.*, 1982)، إذ يتحول الآزوت الأمونياكي إلى عضوي في عملية التمثيل الميكروبي لبناء خلايا جديدة ( Ghaly *et al.*, 2007 )، ما يؤدي إلى ارتفاع نسبته في جسمها وانخفاض نسبة الآزوت الحر أو السمادي في الوسط، ويضيع قسم من الآزوت في حال التركيز المرتفع عند  $pH < 8.5$  على شكل انبعاث غازي نتيجة نشاط بكتريا النشرة، وعند انخفاض كمية الكربون في المادة العضوية إلى أقل من 30 ذرة كربون لكل ذرة آزوت (Miller *et al.*, 1991).

#### 5-نسبة الفوسفور الكلي %P:

أظهرت النتائج والتحليل الإحصائية أن نسبة الفوسفور كانت في بداية عملية التخمير 0.43%، وارتفعت بشكل معنوي لتصل إلى 0.66% في نهاية عملية التخمير، وكانت الزيادة الكلية في نسبة الفوسفور تعادل 55.5% من نسبة الفوسفور الأولية، وهذا يتفق مع نتائج Harada و Inoko (1980) التي بينت ارتفاع نسبة الفوسفور في الناتج النهائي للكومبوست عما هو عليه في بداية التخمير. كما تعد نسبة الفوسفور (0.66%) في الكومبوست موضوع البحث، أعلى من المستوى المقترح للفوسفور (0.5%) من المادة الجافة للكومبوست (CEC, 1986). وتعود هذه الزيادة نتيجة لتناقص الكتلة الكلية لمخلفات نباتات البندورة نتيجة الأكسدة الحيوية للمادة العضوية وفقدان جزء كبير من كتلتها على شكل  $CO_2$  و  $H_2O$ ، ما يؤدي إلى زيادة نسبة العناصر الأخرى الموجودة ضمن المادة الجافة (Bernal *et al.*, 2009).

جدول (1) المؤشرات الكيميائية ومتوسط نسب العناصر الغذائية البدائية والنهائية

لمخلفات نباتات البندورة والحدود الدنيا اللازم توفرها في الوسط الزراعي حسب الدراسة المرجعية.

المؤشر	المادة الخام الأولية	الكومبوست الناتج	LSD	الحدود الدنيا المرجعية
pH	5.8	8.3	0.195	6.3-8.9 (1)
E.C	1.03	1.19	0.35	2.5 mmohs/cm (6)
C%	33.6	24.8	2.78	
N%	2.35	3.15	0.394	1% (6)
$\frac{C}{N}$	14.29	7.88	2.43	< 20 (2)
P%	0.43	0.669	0.055	0.50% (3)
K%	1.33	0.79	0.37	0.30% (3)
Ca%	3.98	6.13	1.186	2% (3)
Mg%	0.45	0.64	0.358	0.30% (3)
Fa%	3.64*	2.21	0.43	

HA%	0.43*	3.612	1.22	
CEC	33.37	68.25	4.5	60 meq/100g (4)
Vw	0.145	0.315	0.06	
HI%	1.46*	14.54		13% (5)
DP	0.11*	1.63		1.6 (5)
SI	0.99	2.74		1.7 (5)

pH درجة الحموضة، EC الناقلية الكهربية،  $\frac{C}{N}$  نسبة الكربون الى الأزوت، % Fa نسبة أحماض الفولفيك، % Ha نسبة أحماض الهيوميك، CEC السعة التبادلية الكاتيونية، Vw الوزن الحجمي الظاهري، % HI دليل التبدل، DP درجة البلمرة=Ha/Fa، SI دليل سعة الامتصاص، \* في الأسبوع الثاني من بدء عملية التخمير.

- (1) Guerra *et al.*, 2001; Lasaridi *et al.*, 2006; Ntougias *et al.*, 2006
- (2) Switzenbaum *et al.*, 1997; Inoko *et al.*, 1979. (3) Zucconi and Bertoldi, 1987
- (4) Inoko *et al.*, 1979. (5) Iglesias and Perez, 1992 (6) وزارة الزراعة 2004

#### 6- نسبة البوتاسيوم %K:

أظهرت النتائج أن نسبة البوتاسيوم كانت في مخلفات نباتات البندورة 1.33% في بداية عملية التخمير، ثم انخفضت إلى 0.79% في نهاية التخمير (جدول 1)، وهذا يتفق مع دراسات سابقة على تخمير مخلفات النباتات (Tai and He, 2007 ; Ogunwande *et al.*, 2008) أظهرت انخفاض نسبة البوتاسيوم في نهاية عملية التخمير عن النسبة الأولية، وقد يعود هذا الانخفاض في تركيز البوتاسيوم إلى عمليات الغسل الناتجة عن إعادة الترطيب، وارتفاع درجة الـ pH نسبياً التي تؤدي إلى تحرر الأمونيوم  $NH_4^+$ ، وارتفاع تركيز الكالسيوم  $Ca^{2+}$  والكاتيونات الأخرى خلال عملية التخمير، ما أدى إلى منافسة وإزاحة البوتاسيوم من معقد الإدمصاص، وبالتالي إلى غسله في عملية إعادة الترطيب على شكل أملاح ذائبة. بينما أشار باحثون آخرون إلى ارتفاع نسبة البوتاسيوم في نهاية عملية التخمير، حيث قام Ahmed ورفاقه (2005) بتخمير خليط من مخلفات الذرة الصفراء والبيضاء والفول السوداني والسماد البلدي لمدة 90 يوماً ولاحظ ارتفاع نسبة البوتاسيوم في تجاربه من 1.08% إلى 1.74% في نهاية عملية التخمير، وكذلك لاحظ Tosun وآخرون (2008) ارتفاع نسبة البوتاسيوم النهائية عن الأولية عند استخدامهم نسبة رطوبة ثابتة عند 65%. وهذه النسبة في بحثنا  $K\%=0.79$  أعلى من المستوى المفضل المقترح من قبل (CEC, 1986) للبوتاسيوم والذي يعادل 0.3% من المادة الجافة للكومبوست، ويمكن الاستفادة من هذه الزيادة في نسبة البوتاسيوم بخلط مخلفات نباتات البندورة بأنواع أخرى من المخلفات فقيرة بالبوتاسيوم.

#### 7- نسبة الكالسيوم %Ca:

يتضح من الجدول (1) إن نسبة الكالسيوم %Ca كانت في بداية عملية التخمير 3.98%، وارتفعت معنوياً حتى نهاية التخمير في الأسبوع الرابع عشر لتصل إلى 6.13%. وهذه النسبة أعلى من المستوى المفضل المقترح من قبل (C.E.C, 1986) للكالسيوم والتي تعادل 2% من المادة الجافة للكومبوست، وهذا الارتفاع الكبير في نسبة الكالسيوم يعود إلى غنى مخلفات نباتات البندورة بهذا العنصر.

#### 8- نسبة المغنيزيوم Mg %:

كانت نسبة المغنيزيوم في بداية عملية التخمر 0.45% وارتفعت معنوياً خلال عملية التخمر لتصل إلى 0.64% في نهاية عملية التخمر. وهذه النسبة أعلى من المستوى المفضل لدى (C.E.C, 1986) للمغنيزيوم والذي يساوي 0.3%.

وقد يعود سبب عدم انخفاض نسبة الكالسيوم والمغنيزيوم بعملية الغسل كما هي الحال في البوتاسيوم كون أملاح هذين العنصرين غير ذوابة في الوسط القلوي وكونها ثنائية التكافؤ ما يعطيها فرصة أكبر بالارتباط مع معقد الادمصاص.

#### 9- السعة التبادلية الكاتيونية CEC:

تعتبر قيمة CEC (Cation exchange capacity) إحدى المؤشرات الهامة والمستخدمة كثيراً لتقييم درجة نضج الكومبوست واستقراره (Aparna et al., 2008)، حيث أشار Harada و Inoko (1980) أن معيار نضج الكومبوست  $CEC < 60 \text{ meq}/100\text{g}$ ، ووفقاً لذلك ارتفعت السعة التبادلية الكاتيونية خلال عملية التخمر في التجربة من  $33.38 \text{ meq}/100\text{g}$  في بداية عملية التخمر، لتصل إلى  $68.25 \text{ meq}/100\text{g}$  في نهاية عملية التخمر، ويمكن اعتبار الكومبوست ناضجاً وفق هذا المؤشر.

ويعود سبب هذا الارتفاع في السعة التبادلية الكاتيونية خلال عملية التخمر إلى تشكل المركبات الدبالية (أحماض الفولفيك والهيوميك) ذات الطبيعة الغروية (Iqbal et al., 2010). وهذا Magdi ورفاقه a وزملاؤه (1981) حيث وجد عندما قام بتخمير مخلفات المدن لمدة 12 أسبوع ارتفاع قيمة CEC من  $40 \text{ meq}/100\text{g}$  في بداية عملية التخمر لتصل بعد مرور ثمانية أسابيع إلى  $70-80 \text{ meq}/100\text{g}$  وثباتها حتى نهاية عملية التخمر ولاحظ وجود ارتباط سلبي قوي بين السعة التبادلية الكاتيونية من جهة والنسبة  $\frac{C}{N}$  ونسبة السللوز والهيميسللوز والكربون من جهة أخرى، حيث لاحظ انخفاض النسبة  $\frac{C}{N}$  وارتفاع السعة التبادلية الكاتيونية بتقدم عملية التخمر. ووجد Magdi ورفاقه (2003) عندما قام بتخمير مزيج من قش الرز مع قشور اللفت الزيتي وزرق الدواجن بنسبة 60 : 20 : 20، ارتفاع قيمة CEC من  $45.1 \text{ meq}/100\text{g}$  إلى 68.4 بعد 90 يوماً من عملية التخمر.

#### ثالثاً: مؤشرات التبدل:

#### 1- دليل سعة الامتصاص (Sorption Capacity Index)

أظهرت النتائج بتقدم عملية التحلل ارتفاع السعة التبادلية الكاتيونية وانخفاض نسبة الكربون العضوي مما أدى إلى ارتفاع قيمة هذا المؤشر تدريجياً خلال عملية التخمر من 0.99 في بداية عملية التخمر إلى 2.74 في نهاية عملية التخمر، وهذه القيمة أعلى من الحد الأدنى الذي وصفه Iglesias و Perez (1992) والذي يساوي 1.7 من أجل اعتبار الكومبوست ناضج بشكل جيد .

أشار Bernal وزملاؤه (1998) أن دليل سعة الامتصاص ومؤشر السعة التبادلية الكاتيونية - في تجربة أجراها على أنواع مختلفة في مادة الأصل للكومبوست- ذات علاقة ارتباط معنوية مع مؤشرات نضج الكومبوست الأخرى، ويمكن اعتمادها كمؤشر على النضج والاستقرار بشكل عام لجميع أنواع الكومبوست.

#### 2- أحماض الفولفيك والهيوميك:

تعتبر الأحماض الدبالية أهم جزء من المادة العضوية بسبب خصائصها الهامة بقدرتها على ربط المعادن، وقدرتها التنظيمية لدرجة pH، وتعتبر مستودعا للمواد الغذائية من أجل النباتات (Hsu and Lo, 1999). وإن تكون

المواد الدبالية ناتج عن عملية التخمر، حيث تتخفص نسبة أحماض الفولفيك بالتدرج وترتفع نسبة أحماض الهيوميك تدريجياً خلال عملية التخمر (Iqbal *et al.*, 2010; Tejada *et al.*, 2009). وهذا يتفق مع النتائج التي تم الحصول عليها في هذا البحث، حيث ارتفعت نسبة أحماض الهيوميك من 0.43% في الأسبوع الثاني من بداية عملية التخمر، لتصل بعد أربعة عشر أسبوعاً إلى 3.61%. وبالمقابل انخفضت نسبة أحماض الفولفيك من 3.64% لتصل إلى 2.21% في نهاية فترة التخمر.

كما أشار العديد من الباحثين أنه بالإضافة لعمليات المعدنة والتحلل التي تتعرض لها المادة العضوية فإنه بالمقابل يتم تكوين مركبات جديدة من خلال عملية التبدل (Humification) التي ينتج عنها المركبات الهيومية Humic Substances (HS) بعلاقة ارتباط قوية مع نسبة تنفس الأحياء الدقيقة Respiration Rate ونشاط الأكسدة Oxidizing Activity (Tiquia 2004; Bernal *et al.*, 2009).

إن عملية التبدل هي محصلة التحلل الحيوي للمركبات اللجنينية وتحولها إلى وحدات حلقيية وهذا يحصل بشكل رئيسي في طور التحلل الحراري للكومبوست (Thermophilic Phase) ثم يتبع ذلك عملية بناء حيوي للوحدات الحلقيية من بلمرة وتكثيف مع بقايا الخلايا الميتة. وباستمرار عملية البلمرة وإعادة استخدام الوحدات الحلقيية تتشكل مركبات ذات وزن جزيئي عالي بوساطة التعداد المتزايد للميكروبات (Tomati *et al.*, 2001). وهذه العملية تؤمن منتج نهائي مستقر يعتبر كمخزن للكربون وبإمكانه تحرير العناصر الغذائية اللازمة من أجل الإنتاج الزراعي.

### 3- دليل التبدل ودرجة البلمرة:

أظهرت النتائج في الجدول (1) ارتفاع دليل التبدل (Humification Index) HI ودرجة البلمرة DP (Polymerization Degree) من 1.47% و 0.11 في الأسبوع الثاني من عملية التخمر لتصل في نهاية فترة التخمر إلى 14.5% و 1.63 على التوالي، وهذه المؤشرات تدل على زيادة نضج واستقرار الكومبوست خلال عملية التخمر. حيث تقل نسبة المواد العضوية القابلة للتحلل بتقدم عملية التخمر، وتزداد درجة التكاثر باتجاه مركبات أكثر استقراراً وأكثر تعقيداً. ويمكن بناءً على هذه المؤشرات اعتبار سماد الكومبوست ناضجاً حسب الحدود الدنيا لدليل التبدل (HI=13%) ودرجة البلمرة (DP = 1.6) المقترحة من قبل Iglesias و Perez (1992).

### الاستنتاجات والتوصيات:

1- أدى تخمير مخلفات نباتات البندورة إلى زيادة تراكيز الكالسيوم والمغنيزيوم والآزوت والفسفور والسعة التبادلية الكاتيونية، وانخفضت نسبة البوتاسيوم في نهاية عملية التخمر، وكانت جميعها ضمن الحدود المناسبة للأسمدة العضوية.

2- ارتفعت درجة البلمرة DP ودليل التبدل HI ودليل سعة الامتصاص لتدل جميعها أن سماد الكومبوست ناضج ومستقر وآمن للاستخدام الزراعي.

3- أدت عملية تخمير مخلفات نباتات البندورة إلى تحويلها إلى سماد عضوي عالي القيمة السمادية وآمن للاستخدام زراعياً وفقاً للمؤشرات المدروسة، وبالإمكان وصفه بأنه ناضج ومستقر بعد أربعة عشر أسبوعاً من التخمر.

4- نقترح خلط مخلفات نباتات البندورة مع مخلفات أخرى غنية بالكربون من أجل ضبط النسبة عند  $\frac{C}{N} = 30$  وذلك من أجل تأمين الكمية الكافية من هذا العنصر من أجل النشاط الميكروبي وتلافي ضياع الآزوت على شكل انبعاث غازي.

5-نصح بعدم حرق مخلفات نباتات البندورة وعدم رميها على أطراف الحقول بل يجب جمع هذه المخلفات وإعادة تدويرها وتخميرها، وذلك للاستفادة منها كسماد عضوي، والمحافظة على بيئة زراعية سليمة خالية من الأمراض والملوثات، وعدم هدر المادة العضوية الناتجة عن مخلفات نباتات البندورة.

## المراجع:

1. راين جون ، أسطفان جورج ،عبد الرشيد، 2003 دليل تحليل التربة والنبات، المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة و شبه الجافة ECARDA ،حلب سورية،المركز الوطني للبحوث الزراعية إسلام آباد الباكستان.
2. صالح، مأمون أمين 2008. تأثير بعض الأوساط الزراعية العضوية على إنبات بذور ونمو بادرات ثلاثة أنواع حراجية وآخر رعوي وتحديد محتواها الغذائي. رسالة ماجستير، قسم الحراج والبيئة ، كلية الزراعة، جامعة تشرين.
3. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي - سورية المجموعة الإحصائية 2011
4. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.2004، سورية.القرار الوزاري رقم 56/ت التعليمات التنفيذية للقانون رقم 18 لعام 2004 الخاصة بتجارة وتداول الأسمدة المعدنية والعضوية والحيوية ومنظمات النمو النباتية.
1. ABRIL, A., NOE, L., FILIPPINI, M.F., CONY, M., AND MARTINEZ, L., 2011, *Microbial Dynamics and Fertility Characteristics in Compost from Different Waste and Maturation Processes*, The Open Agriculture Journal, 2011, 5, 19-29
2. AGNEW, J.M AND LEONARD, J.J. 2003. *The physical properties of compost*, Compost Science And Utilization, 11(3):238-264
3. AHMED, M.M.M., A. MAHMOUD AND E.B.A. OSMAN, 2005. *Recycling of crop residues and using them as a compost to enhance the growth and productivity of canola in newly reclaimed sandy soils*, Res. Commun. Of U.S.B. Branch Dobrich Vol.7 , Pp138- 147
4. ALKOAİK, F. 2005. *Fate Of Plant Pathogens And Pesticides During Composting Of Greenhouse Tomato Plant Residues*. PHD Thesis. Biological Engineering, Dalhousie University K.S.A & Canadian Privacy Act the National Library of Canada.
5. APARNA, C., SARITHA, P., HIMABINDU, V. AND ANJANEYULU, Y. (2008). *Techniques for the evaluation of maturity for composts of industrially contaminated lake sediments*. Waste Management. 28, 1773-1784.
6. AVGELIS , A. D. & V. I. MANIOS 1989 *Elimination of tomato mosaic virus by composting tomato residues Netherlands Journal of Plant Pathology* , Volume 95, Issue 3, pp 167-170
7. BERNAL, M. P., NAVARRO, A. F., SANCHEZ-MONEDERO, M. A, ROIG, A. AND J. CEGARRA. 1998. *Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil*. Soil Biology and Biochemistry, 30: 305-313.
8. BERNAL, M.P., J.A. ALBURQUERQUE AND R. MORA. 2009. *Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment*. A review. *Bioresour. Technol.* 100: 5444–5453.
9. CEC - Council of the European Communities. Council Directive. 1986. Council directive on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. [online]. Available: <http://www.ec.europa.eu/environment/west/sludge/index.htm> [2014, OCT, 1]

10. CHRISTENSEN , K., KRON, E. AND CARLSBAEK, M. (2001): *Development of a Nordic system for evaluating the sanitary quality of compost*. Compost. Copenhagen: Nordic Council of Ministers.
11. ELLIOTT,C.1951.*Manual of Bacterial Plant Pathogens*. Waltham, MA. In MERCEDES,M. 2012. Influence of compost and humic substances on soil and fruit quality in Table Grape under intensive management in Chile. PhD thesis. Institute für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES) Pflanzen- und Gartenbauwissenschaften Universität Bonn, Germany
12. EPSTEIN. E., G.B. WILSON AND J.F. PARR. 1977. *The Beltsville aerated pile method for composting sewage sludge*. In: *New Processes of Waste Water Treatment and Recovery*. Society of Chemical Industry, London, United Kingdom. pp 201-213
13. FANG, M.,WONG, J.W.C.,MA,K.K., WONG, and M.H., 1999.*Co-composting of sewage sludge and coal fly ash: nutrient transformations*. Bioresour. Technol. 67, 19–24.
14. FLYNN, R. AND C. W. WOOD. 1996.*Temperature and chemical changes during composting of broiler litter*, Compost Science and Utilization, 4(3): 62-70.
15. GHALY, A.E.; ALKOAİK, F;. SNOW, A .2006.*Thermal balance of in vessel composting of tomato plant residues*. Canadian Biosystems Engineering Volume 48 6:1-11
16. GHALY, A.E.; ALKOAİK, F;. SNOW, A .2007. *Degradation of pirimiphos-methyl during thermophilic composting of greenhouse tomato plant residues*. Canadian Biosystems Engineering Volume 49 6:1-11
17. GUERRA-RODRIGUEZ E, VÁZQUEZ M, DIAZ-RAVINA M., 2001,*Dynamics of physicochemical and biological parameters during the co-composting of chestnut burr/leaf litter with solid poultry manure*. JSci Food Agric 2001; 81: 648-52.
18. HARADA, Y. AND INOKO, A. (1980), *The measurement of the cation-exchange capacity of composts for the estimation of the degree of maturity*, Soil Sci. Plant Nutr., 26, 127-134
19. HARADA ,Y., INOKO, A., TADAKI, M. & IZAWA, T. (1981)*Maturing process of city refuse compost during piling*, Soil Science and Plant Nutrition, 27:3,357-364, DOI:10.1080/00380768.1981.10431290
20. HOLDEN, C. 1990. *Process technology and market development for composted poultry manure: An overview of challenges and opportunities*. In Proceedings National Poultry Waste Management Symposium, 214-220. Auburn University, Auburn, AL.
21. HSU, J.H., LO, S.L., 1999. *Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformations during composting of pig manure*. Environ. Pollut. 104, 189–196.
22. IGLESIAS,E. AND PEREZ,V.(1989).*Evaluation of city refuse compost maturity a review*. Biology Waste. 27,115-142.
23. IGLESIAS,J, E. AND PEREZ,G,V. 1992 *Determination of maturity indices for city refuse composts agric. Ecosystems Environ.*, , 38,331-343.
24. INOKO, A., MIYAMATSU, K., SUOAHARA, K., AND HARADA, Y(1979)., *On some organic constituents of city refuse composts produced in Japan*, Soil Sci. Plant Nutr., 25, 225-234
25. INBAR, Y., CHEN, Y., HADAR, Y., 1990. *Humic substances formed during the composting of organic matter*. Soil Sci. Soc. Am. J. 54, 1316–1323
26. IQBAL, M.K., SHAFIQ, T., HUSSAIN,A AND AHMAD, K. (2010). *Effect of enrichment on chemical properties of MSW compost*. Bioresource Technology. 101, 5969-5977

27. JACKSON M. L. (1958): *Soil chemical analysis*. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffe N J, pp 151-153 and 331-334.
28. JOINER, J. N., 1981. *Foliga plant production printive hall, inc.*, London, 614 p. In MERCEDES, M. 2012. Influence of compost and humic substances on soil and fruit quality in Table Grape under intensive management in Chile. PhD thesis. Institute für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES) Pflanzen- und Gartenbauwissenschaften Universität Bonn, Germany
29. KALOOSH, A. A. (1994) : *Changes in composition of a compost prepared from different organic materials and its effect on Vicia faba yield* . J. Agric . Sci., Mansoura Univ., 19 : 829 – 836 .
30. KEITH R. BALDWIN AND JACKIE T. GREENFIELD 2006. *Composting on Organic Farms* collage of Agriculture & Life Sciences North California ,The Organic Production publication series, The Center for Environmental Farming Systems, AG-659W-01 , 07/2006—BS, E06-45788
31. LASARIDI K, PROTOPAPA I, KOTSOU M, PILIDIS G, MANIOS T, KYRIACOU A. 2006 *Quality assessment of composts in the Greek market: The need for standards and quality assurance*. J Environ Manage 2006; 80: 58-65.
32. MAGDI, T. ABDELHAMID, TAKATSUGUHORIUCHI, SHINYA OBA. 2003. *Composting of rice straw with oilseed rape cake and poultry manure and its effects on faba bean (Vicia faba L.) growth and soil properties*, Bioresource Technology 93 (2004) 183–189
33. McDONNELL, E. M. 1999. *Process Characterization, and Stability and Maturity Testing of Forced Air, Static Pile Processed Food Scrap and Wood Chip Compost*. PhD thesis. Cornell University, Ithaca, NY, USA.
34. MIIKKI, V., SENESI, N., HANNINEN, K., 1997. *Characterization of humic material formed by composting of domestic and industrial biowastes. Part 2. Spectroscopic evaluation of humic acid structures*. Chemosphere 34, 1639–1651.
35. MILLER, F.C., E.R. HARPER AND B.J. MACAULEY. 1991. *Investigation of various gases, pH and redox potential in mushroom composting phase I stacks*. Aust. J. Exp. Agric. 31:415-425.
36. NAYLOR, L. M., 1996. *composting*. in *composting environmental science and pollution*, Control Series Marcel Dekker, New York. NY 18:193-269
37. NSDAFF. 2004. *Environmental Guidelines for Nursery and Turf Industry, Best Agricultural Waste Management Plans*. Halifax, NS: Nova Scotia Department of Agriculture, Food and Fisheries
38. NTOUGIAS S, EHALIOTIS C, PAPADOPOULOU KK, ZERVAKIS G. 2006, *Application of respiration and FDA hydrolysis measurements for estimating microbial activity during composting processes*. Bio Fertile Soils; 42: 330-7.
39. OGUNWANDE, G.A., OSUNADE, J.A., ADEKALU, K.O. AND OGUNJIMI, L.A.O. (2008) . *Nitrogen loss in chicken litter compost as affected by carbon to nitrogen ratio and turning frequency*. Bioresource Technology. 99, 7495-7503.
40. OMAFRA. 2004. *Best Management Practices. Horticultural Crops*. Toronto, ON: Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural - Canada Affairs. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/environment/hort/hort.htm> (2014/06/07)
41. PARR, J. F. WILLSON , G .B. AND COLACICCO , D. (1982). *Improving soil with organic wastes municipal sludge composts* .FAO Soils Bulletin , 45:52-65.
42. RICHARDS, L.A. *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils*. USDA Agric Handbook 60, 1954, Washington DC.

43. RYNK , R ., VAN DE KAMP , M., WILLSON , G. B., SINGLY , M. E., RICHARD , T. L., KOLEGA , J. J., GUIN , F. R., DAVID KAY , L. L., MURPHY , D.W., HOITINK, H. A. AND BRINTON , W . F .. ( 1992 ) . *On – Farm composting Handbook* . Technical ed . Marty Sailus , Northeast Regional Agric. Eng. Service, 152 RILEY – Robb Hall , Exten . Ithaca , NY .
44. SANTAMARIA-ROMERO, S. FERRERA-CERRATO, R. ALMARAZ-SUAREZ JJ,GALVIS-SPINOLA, A. BAROIS-BOULLARD, I.,2001, *Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo*. *Agrociencia* 2001; 35: 377-84.
45. SENESI, N.(1989).*Composted materials as organic fertilizers*. *Science Total Environment*.81,521-542.
46. STEVENSON, F.J.(1982) *Humus chemistry genesis, composition, reactions*, Department of agronomy, University of Illinois, 443pNew York, USA John Wiley & sons, Ink
47. STROM, P.F. (1998): *Evaluating pesticide residues in yard trimmings compost*. *Biocycle* 39(11),80.
48. SWITZENBAUM, M. S., L. H. MOSS, E. EPSTEIN, A. B. PINCINI AND J. F. DONOVAN. 1997. *Defining biosolids stability: a basis for public and regulatory acceptance*. Water Environment Research Foundation, Alexandria, VA.
49. TAI,H.S.AND HE,W.H.(2007).*A novel composting process for plant wastes in Taiwan military barracks*, *Resource. Conservation and Recycling*. 51,408-417.
50. TCHOBANOGLIOUS, G, H. THEISEN AND S. VIGIL. 1993. *Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues*, Me Graw-Hil, Inc., New York, NY.
51. TEJADA,M.,GARCIA-MARTINEZ,A.M.AND PARRADO,J.(2009) *Relationships between biological and chemical parameters on the composting of a municipal solid waste*. *Bioresource Technology*. 100, 4062-4065.
52. TIQUIA , S . M .(2004): *Microbiological parameters as indicators of compost maturity* . *J . Applied microbiology* ., 99 : 816 – 828.
53. TOMATI,U., GALLI, E., PASETTI, L. AND E.VOLTERRA. 1995. *Bioremediation of olive-mill wastewaters by composting*. *Waste Manage Research*, 13: 509-518
54. TOMATI,U., MADEJON,E., GALLI,E., CAPITANI,D. AND SEGRE,A.L. (2001). Structural change of humic acid during olive-mill pomace composting. *Compost Science and Utilization* .9,134-142.
55. TOSUN, I., GONULLU, M. T., ARSLANKAYA, E. AND GUNAY, A. 2008. *Cocompostin g of kinetics of rose processing waste with OFMSW*. *Bioresource Technology*. 99, 6143-6149.
56. WALINGA I., J. J. VAN DER LEE, V. J. G. HOUBA, W. VAN VARK, I. NOVOZAMSKY 1995. *Plant Analysis Manual*. Kluwer Academic Publishers. London
57. ZUCCONI, F. AND M.D. BERTOLDI. 1987. *Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste*. In: Bertoldi M.D., Ferranti, M.P., Hermite, P.L. and Zucconi, F. (eds). *Compost: production, quality and use*. Elsevier Applied Science, London. pp 30-50.