مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (38) العدد (3) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (38) No. (3) 2016

تأثير إغناء نشارة مخلفات أشجار الأكاليبتوس (*E. camaldulensis*) كمادة أم للكومبوست الصناعي بالعناصر الصغرى على ربط الفوسفور المعدني خلال فترة التخمير.

الدكتور علي زيدان*
الدكتور هيثم عيد**
هبة ابراهيم ***

(تاريخ الإيداع 9 / 2 / 2016. قبل للنشر في 31 / 5 / 2016)

□ ملخّص □

نفذ هذا العمل لدراسة إمكانية تحويل الفوسفور من الشكل المعدني إلى الشكل العضوي ضمن تركيب السماد العضوي الصناعي (الكومبوست) بقصد زيادة قيمته التسميدية من خلال إضافة مستويات مختلفة من العناصر الأساسية الصغرى للمادة الخام للكومبوست المكونة من (نشارة مخلفات تقليم أشجار الأكاليبتوس) خلال فترة تخمرها وتحولها إلى كومبوست.

تم تصميم التجربة على أساس إضافة العناصر السمادية المعدنية الكبرى والصغرى (Mineral Fertilizers) لنشارة مخلفات تقليم أشجار الأكاليبتوس كمادة أم للكومبوست الصناعي. حيث كان تركيز العناصر الكبرى فيها ثابتاً، أما العناصر الصغرى (Trace Elements, TE) المكونة من خليط متوازن أساسه أملاح هوغلاند (Hoagland)، من (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo)، فقد أضيفت بأشكال معدنية (Mineral Forms)، بثلاث مستويات من هذه الخلطة السمادية (TE_0,TE_1,TE_2) (0, 55.84, 111.68 mg)، لكل (1) كغ من المادة الجافة وأربع مكررات. وبعد التخمير لمدة (123 يوم)، تم تقدير الفوسفور المرتبط والذائب في مادة الكومبوست المنتج لكل من المعاملات الثلاث كما تم تقدير الكربون العضوي وحساب النسبة P\C في الكومبوست الناتج في نهاية فترة التخمير.

أظهرت القياسات والتحاليل أنه مع زيادة تراكيز العناصر النادرة المضافة إلى وسط التخمير، هناك زيادة ملحوظة في نسبة الفوسفور المرتبط وانخفاضا في النسبة P\C في الكومبوست الناتج مقارنة مع مستوياتها في المادة الخام للكومبوست.

الكلمات المفتاحية: كومبوست، عناصر صغرى، فوسفور مرتبط، كربون عضوي، النسبة P\C.

*أستاذ – قسم علوم التربة والمياه– كلية الزراعة– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.
**باحث – مركز البحوث الزراعية – طرطوس– سورية.
***طالبة ماجستير – قسم علوم التربة والمياه– كلية الزراعة– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (38) العدد (3) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (38) No. (3) 2016

Influence of Trace Elements Enrichment of Eucalyptus Sawdust (E. camaldulensis) as a Compost Parent Materials on Sequestration of Phosphorus During Composting.

Dr. Ali Zidan*
Dr. Haitham Ead**
Heba Ebraheem***

(Received 9 / 2 / 2016. Accepted 31 / 5 /2016)

□ ABSTRACT □

This work is carried out to study the average of phosphorus sequestration into the structure of the composted matter, in order to increase its fertilization value through addition of different levels of trace elements to the eucalyptus Sawdust as a raw material for composting during the fermentation processes.

The experiment was designed on the basis of adding macro and micro essential elements as mineral fertilizers to eucalyptus Sawdust as a parent material for compost. Where the concentrations of macro elements were kept constant, but the trace elements which consisted of a balanced mixture of (Mo, B, Cu, Zn, Mn, Fe) based on Hoagland nutrient salts, were added in the mineral forms through three levels (0, 55.84 and 111.68 mg), (TE_0,TE_1,TE_2), for each kg of dry matter, and four replications. After fermentation for a 123 days, the soluble, bound phosphorus and the organic carbon in the produced compost for all treatments, were estimated and the C/P ratios were calculated.

The results showed that, there is a positive relationship between the average of phosphorus sequestration and increasing the concentration of trace elements in the composting materials during fermentation process, while C/P ratio correlated negatively with the progress of the fermentation processes in comparison with their values in the raw material of the compost.

Keywords; Compost, Trace Elements, Bound P, Organic Carbon, C/P.

* **Professor, Soil & Water Depart. Fac. Agri. Tishreen University, Lattakia, Syria.**
** **Researcher at the Agricultural Research Center – Tartous- Syria.**
*** **Postgraduate Student. Soil & Water Depart. Fac. Agri. Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة

تلعب المادة العضوية في الترب الزراعية دورا أساسيا وهاما في دورة الحياة في التربة المأهولة بالأحياء التي تعيد فيها المادة العضوية الكثير من العناصر الأساسية إلى الحالة الحرة فيها. وعلى الرغم من الدور الهام للمادة العضوية في تزويد التربة بالعناصر الخصوبية التي تدخل في تغذية النبات، إلا أنها في الوقت ذاته تؤدي دوراً لا يقل أهمية في التحولات التي تجري في التربة عن طريق رفع معدل إتاحة العناصر الغذائية الكبرى والصغرى على حد سواء (البلخي، 2006؛ عودة والحسن، 2007؛ الحمداني، 2008).

يتمحور دور المادة العضوية من الناحية الكيميائية، في التأثير في الصفات الكيميائية للتربة من ناحية زيادة سعتها التبادلية الكاتيونية وعملها كمادة مخلبية تمسك بالعناصر الغذائية وتحد من فقدها وترسيبها فضلاً عن خفض pH التربة في منطقة الجذور النباتية من خلال إطلاقها لأيونات الهيدروجين والحموض العضوية المختلفة لدى تحللها.

ولابد من الإشارة إلى أن إضافة الأسمدة ذات المصدر العضوي والمحسنات العضوية بدأت تأخذ دوراً كبيراً كمكمل للأسمدة الكيميائية في الزراعة التقليدية والمحمية أو الأنفاق والزراعات الكثيفة أو كبديل لها في الزراعة العضوية. ووصل اعتماد الزراعة في الاتحاد الأوروبي على أكثر من (47 %) من الأسمدة ذات المصدر العضوي وفق (Krauss and Johnston, 2002).

يعتبر الكومبوست الناضج وفق (Mazza *et al*, 2014)، الشكل الأهم للمادة العضوية حيث أنه الناتج قبل النهائي لتخمرها، ويطلق عليه بالذهب الأسود نظرا لأهميته في تحسين بناء التربة وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء وانتاجيتها. حيث يحتوي على العناصر المعدنية والمركبات العضوية التي يمكن أن تحسن خصائص التربة الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية. فإضافته للتربة يزيد النشاط البيولوجي والكتلة الحيوية الميكروبية فيها. وأشارت دراسة قام بها (Biondi *et al*, 1994) إلى زيادة في إنتاجية المحاصيل التي أضيف إليها خليط من المواد العضوية مع الأسمدة المعدنية، والتي أثرت في حركية العناصر وقابليتها لإفادة النبات.

تتضمن عملية تصنيع الكمبوست من الفضلات العضوية بشكل أساسي على تخليب العناصر الغذائية الصغرى والكبرى بشكل عضوي (Abu-Nukta and Parkinson, 2007)، لتكون متاحة للنبات عند تحلل المواد العضوية المحتوية على هذه العناصر. وبالتالي فإن العناصر الغذائية الذائبة والمتاحة بسهولة في الكومبوست ستكون أقل بكثير مما هي عليه في المخلفات الخام (غير المخمرة)، حيث تكون هذه العناصر في حالة ارتباط، وتوقيت تحريرها يحدث عندما تبدأ المعقدات العضوية بالتحلل وتحول الأشكال العضوية إلى أشكال معدنية.

لاحظ (Rao *et al*, 2001) خلال عملية تصنيع الكومبوست من نشارة ألياف جوز الهند (coir-dust)، انخفاض في الكربون العضوي، اللجنين، السيللوز ومحتوى الفينول الكلي بينما ازداد المحتوى من العناصر الكبرى والصغرى.

يعد الفوسفور من العناصر الأساسية المحددة لنمو النباتات، وبخلاف الأزوت، ليس هناك مصدرا للفوسفور في الغلاف الجوي يمكن توافره بيولوجياً (Ezawa *et al*, 2002). لكن تحلل السماد العضوي ينتج عنه بناء على (Majid *et al*, 1996)، العديد من المركبات الغنية بالفوسفور، والقابلة للذوبان في الماء، مثل:

(Orthophosphate, Phosphate-choline, glucose-6-phosphate, adenosine triphosphate)

ويتحدد توزع أشكال الفوسفور (العضوي والمعدني) في التربة بالدرجة الأولى على تغيرات الـ pH في محلول التربة (Hinsinger, 2001) ، واعتماداً على كثافة الشحنة، فإن أيونات الفوسفور لديها ميل لتشكيل معقدات مع

العديد من الكاتيونات المعدنية مثل Ca, Mg, Fe و Al بقوى ربط مختلفة مشكلة أحادي أو ثنائي أو متعدد الروابط. وبوجود جسور من هذه الكاتيونات المعدنية، تتشكل معقدات قوية بين الفوسفور غير العضوي والهيومات (Wandruszka, 2006).

وفي دراسة أخرى لكيفية ارتباط أو تشكل المعقدات العضوية المعدنية لـ (Stevenson, 1977) وضح فيها كيف أن الهيومات تملك نوى لها تراكيب ذات حلقات عطرية محاطة بمجموعات وظيفية ومن بينها مجموعة الكربونيل (C=O) والكربوكسيل (COOH) والفينول (OH) ومجموعات الأمين (NH_2)، وكلها ذات قدرة على ربط العديد من العناصر المعدنية مثل: (Fe, Cu , Zn, Ca,) مشكلة معقدات عضوية معدنية (شلات) غير قابلة للذوبان.

أما (Giesler *et al*, 2005) فقد أشاروا إلى أنه يمكن للفوسفور أن يدمص على سطوح معقدات الدبال حيث يلعب الحديد والألمنيوم دور الجسر لربطه مع سطوح المعقدات الدبالية التي تتميز بسعة ادمصاص عالية للفوسفور تفوق 10 مرات مقدرة أكاسيد الحديد والألمنيوم غير المتبلورة، والتي ربما تفسر علاقة الارتباط الإيجابية بين ادمصاص الفوسفور والكربون العضوي في بعض الترب، وخلصوا إلى أهمية معقدات (الدبال– Fe أو – Al) مع الفوسفور في إتاحته للنبات، بالرغم من وجود عوامل عديدة أخرى تؤثر في نسبة ومدى إعادة استخدام الفوسفور في المخلفات العضوية وفق (Dalal, 1977)، مثل كمية ونوع المخلفات النباتية والنسبة P\C.

تلعب الكائنات الحية الدقيقة دوراً مهماً في ربط الفوسفور حيث تقوم بإنتاج أنزيمات (phytases)، تعمل على حلمهة مركب phytate، والذي يشكل الفوسفور جزءاً من تركيبه، عندها يميل المركب إلى التراكم في الوسط، كنتيجة لتشكل جزيئات معقدة مع الحديد والألمنيوم والكالسيوم (Alexander, 1977). كما تعمل أحياء التربة، بوجود المركبات الذوابة للكربون، بمثابة مصدر جذب لربط الفوسفور، حتى لو كانت كمية الفوسفور منخفضة في التربة (Bünemann *et al*, 2004).

هذا يشير إلى أن دور العناصر النادرة في ربط الفوسفور يتم بشكل أساسي من خلال قدرتها على مضاعفة النشاط الميكروبي لبناء كتلة ميكروبية جديدة يرافقها ازدياد الحاجة لامتصاص وتمثيل كميات إضافية من العناصر الغذائية بما فيها الفوسفور والعناصر النادرة نفسها لبناء هذه الكتلة، وإلى تشكل مركبات عضوية جديدة ذات وظائف كيميائية قادرة على تشكيل معقدات عضوية–فوسفورية.

بشكل عام، تتحلل المخلفات التي تحتوي نسبة عالية من الفوسفور بشكل أسرع وتحرر المزيد من الفوسفور خلال فترة قصيرة (Tian *et al*, 1992) ، لأن هذه المخلفات تحتوي على كمية كافية من الفوسفور المطلوب لتلبية احتياجات الكائنات الدقيقة التي لديها نسب منخفضة من P\C ضمن الكتلة الحية. وفي هذا الخصوص، يرى (Brady and WeiL, 2002)، أن التثبيت العضوي للفوسفور (تعضي الفوسفور) أكثر حدوثاً عندما تملك المخلفات العضوية المضافة للتربة نسبة P\C أعلى من (1:300) بينما عملية تمعدن الفوسفور تحدث عندما تكون النسبة P\C أقل من (1:200). وقد لاحظ (Santruckova *et al*, 2004) في مقارنة لطبقة الأوراق في الغابة مع التربة المعدنية من حيث نسبة P\C، أن الكتلة الحيوية للميكروبات أعلى بشكل ثابت في طبقة مخلفات الغابة، مع ارتفاع نسبي للنسبة P\C في المواد النباتية المتحللة. وفي دراسة أخرى في هذا المجال قام بها الباحثان (Cleveland and Liptzin, 2007) بينا فيها وجود علاقات خطية قوية بين الكربون والفوسفور، وإن الزيادة في كربون الكتلة الميكروبية يعتمد على الوفرة في فوسفور التربة الكافي للحفاظ على العلاقة المطلوبة بينهما كما أن الكتلة الميكروبية الحيوية في ترب الغابات لديها نسبة أعلى بشكل ملحوظ من P\C وهذا يعود إلى القيمة المنخفضة لفوسفور الكتلة الميكروبية الحيوية.

وبشكل عام يزداد كربون الكتلة الميكروبية بعد إضافة الكومبوست بوجود الآزوت، والكبريت والفوسفور بسبب التحرير المستمر للكربون العضوي على شكل مركبات انتقالية وسطية مختلفة في تركيبها وخصائصها ودرجة تعقيدها تساهم في زيادة الكتلة الميكروبية وتعتبر حجر الأساس في تشكل الدبال (بو عيسى وعلوش، 2005)، وهذا يتفق مع الدراسة التي قام بها Alloush وآخرون، (2003)، حيث تبين أن هناك علاقة ارتباط ايجابية بين تراكيز الفوسفور والكربون العضويين. وبينت نفس الدراسة أن نسبة الفوسفور المرتبط عضوياً قد تراوحت بين قيمة 40 –80 % من الفوسفور الكلي في التربة.

فالمخلفات العضوية يمكنها أن تعزز فوسفور التربة عن طريق مساهمتها المباشرة وعن طريق تعديل قدرة امتصاص فوسفور التربة (Hue *et al*, 1994)، حيث يتراوح الفوسفور المتاح بشكل مباشر بين (20–40%) من الفوسفور الكلي وفق (Vogtmann *et al*, 1993) أما الفوسفور العضوي فإنه يتحرر من الكومبوست ويتحول إلى الشكل المتاح للنباتات بعد تحلله بفعل أحياء التربة.

وبناء على ذلك فقد وجه هذا البحث نحو دراسة تأثير إغناء نشارة مخلفات أشجار الأكاليبتوس بالعناصر النادرة خلال تخميرها في زيادة معدل ربط الفوسفور مع الجزيئات العضوية للكومبوست المنتج.

أهمية البحث وأهدافه:

دراسة إمكانية وزيادة كفاءة تحويل الفوسفور من الشكل المعدني إلى الشكل العضوي ضمن تركيب السماد العضوي الصناعي (الكومبوست) بقصد زيادة قيمته التسميدية.

انتاج كومبوست من فضلات نشارة مخلفات تقليم أشجار الأكاليبتوس الفقيرة بالفوسفور يمكن الاعتماد عليه كسماد عضوي ومصدر جيد للفوسفور المتاح.

طرائق البحث و مواده:

تضمنت تجربة البحث ثلاث مستويات لإضافة العناصر المعدنية الصغرى (Micro Elements) إلى وزن ثابت من نشارة مخلفات تقليم أشجار الأوكاليبتوس في كل معاملة (200 غ). حيث جمعت هذه المخلفات من منطقة بانياس، وتم فرمها إلى نشارة لا تزيد أقطار جزيئاتها عن (2 سم). وتم توصيف النشارة الأولية Original Sawdust (OS) الجافة هوائياً، وفق الجدول (1).

جدول(1): بعض المواصفات الفيزيائية والكيميائية لنشارة مخلفات تقليم أشجار الأوكاليبتوس المستخدمة في عملية التخمير.

الخصائص الفيزيائية			الخصائص الكيميائية				
Moisture %	$pH_{1/10}$	$EC_{1/10}$ ($\mu S.cm^{-1}$)	total–P % / DM	sol–P % /DM	bound–P % / DM	Or–C %	P\C
16	4.93	267	0.205	0.040	0.165	40.2	244.12

وكانت مستويات العناصر النادرة في المعاملات كما يلي:

TE_0 =الشاهد (دون إضافات سمادية من العناصر الصغرى)

TE_1 = 55.84 مغ \ كغ نشارة

TE_2 = 111.68 مغ \ كغ نشارة

حيث حسبت كميات العناصر الصغرى المضافة للمعاملات بمستوياتها الثلاث وفق ما هو مبين في الجدول (2)، أما العناصر الكبرى فقد أضيفت بتراكيز متساوية وثابتة لنشارة الأوكاليبتوس في كل المعاملات.

جدول (2): توضيح لمستويات العناصر النادرة في المعاملات المختلفة.

العنصر	TE_0	TE_1	TE_2
	مغ \ كغ نشارة	مغ \ كغ نشارة	مغ \ كغ نشارة
Fe	0	36.40	72.80
Mn	0	9.00	18.00
B	0	9.00	18.00
Zn	0	0.90	1.80
Cu	0	0.36	0.72
Mo	0	0.18	0.36
مجموع العناصر الصغرى	0	55.84	111.68
Ca^{+2}	363.61	363.61	363.61
Mg^{+2}	87.26	87.26	87.26
K^{+}	425.42	425.42	425.42
$(NO_3^{-})-N$	1636.26	1636.26	1636.26
SO_4^{-2}	349.06	349.06	349.06
PO_4^{-3}	176.35	176.35	176.35

نفذت التجربة في كلية الزراعة بجامعة تشرين في أصص زراعية سعة (1) ليتر (صورة 1)، حيث ضمت كل معاملة من معاملات التجربة (4) مكررات، ليصل عدد الأصص المستخدمة إلى (12) أصيص وزعت بشكل عشوائي باستخدام التصميم الكامل العشوائية Completely Randomized Design (CRD).

صورة (1): منظر جانبي وسطحي لتجربة التخمير بالأصص .

استمرت عملية التخمير لمدة 123 يوم تم خلالها التحكم بدرجة الحرارة الدنيا بحدود (25 – 30 ^{0}C) في حين تركت الحرارة العليا رهنا لنشاط أحياء التخمر المحبة للحرارة مع التقليب الاسبوعي من أجل التهوية ومنع ارتفاع درجة الحرارة بعيدا عن الـ (50 ^{0}C)، كما تم تثبيت الرطوبة بتعويض ماء التبخر عند الضرورة، عن طريق الوزن بعد حساب معدل التشرب للنشارة. وتجدر الإشارة إلى أنه تمت إضافة وزن ثابت من الزبل البقري المختمر (34 غ) لكل معاملة في بداية التجربة كبادئ حيوي ومصدر لبكتريا التخمر.

تم إجراء بعض التحاليل الكيميائية على الكمبوست الناتج في نهاية عملية التخمير حيث قدر تركيز الفوسفور الكلي والذائب في الكومبوست الناتج لكل معاملة وللنشارة الخام بطريقة المولبيدات فاندات بجهاز قياس الطيف الضوئي (Spectro–photometer) وحسب تركيز الفوسفور المرتبط بطرح الذائب من الكلي لكل معاملة وللنشارة الأم. كما حسبت النسبة P\C بعد قياس الكربون العضوي بطريقة ديكرومات البوتاسيوم وفق الـ (FAO, 2008).

النتائج والمناقشة:

جمعت نتائج التحاليل الخاصة بأشكال الفوسفور والكربون العضوي والنسبة (P\C) في الكومبوست قبل وبعد التخمير في الجدول (3) على أساس متوسطات المعاملات.

جدول (3): أشكال الفوسفور والنسبة (P\C) في الكومبوست قبل وبعد التخمير

المعاملة	Or. C	فوسفور كلي	فوسفور ذائب	فوسفور مرتبط	P\C
OS	40.2	0.205	0.040	0.165	244.12
TE0	39.12	0.228	0.012	0.216	181.11
TE1	33.85	0.309	0.012	0.297	114.00
TE2	34.79	0.412	0.011	0.401	86.76
Variation Ratio	9.080	88.31	74.23	95.42	44.54
F probability	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

أما قيم تحليل التباين (AOVAR) لتأثير المعاملات المختلفة على أشكال الفوسفور في الكومبوست الناتج من إضافة العناصر الصغرى للمادة الأم قبل وبعد التخمير، فقد ضمنت في نفس الجدول لتبين أن هناك تأثير معنوي جدا للمعاملات على زيادة نسبة الفوسفور المرتبط بالتوازي مع انخفاض النسبة P\C في الكومبوست الناتج مما يساهم في تحسين نوعيته وزيادة سرعة تحلله ومعدل تمعدن الفوسفور المرتبط معه وفق (Brady and Weil, 2002) و (Tian *et al*, 1992)، لتلبية احتياجات الكائنات الدقيقة التي لديها نسب منخفضة من P\C ضمن الكتلة الحية.

أما الجدول (4) فإنه يبين وجود زيادة واضحة ومعنوية في تراكيز الفوسفور المرتبط مع زيادة تراكيز العناصر النادرة في وسط التخمير مع تفوق المعاملة (TE_2) على بقية المعاملات، حيث سجل متوسط نسبة الفوسفور المرتبط في الشاهد (TE_0) (0.216 %) وارتفع هذا المتوسط بشكل ملحوظ في المعاملات الأخرى حتى وصل إلى (% 0.40) من المادة الجافة في المعاملة (TE_2).

جدول (4): محتوى الكومبوست من الفوسفور المرتبط بعد 123 يوم من التخمير (% في المادة الجافة).

$LSD_{0.05}$	AVG	Rep				Treat
		R4	R3	R2	R1	
0.033	0.165 d	0.169	0.174	0.173	0.143	OS
	0.216 c	0.217	0.232	0.191	0.223	TE_0
	0.297 b	0.296	0.332	0.299	0.260	TE_1
	0.401 a	0.383	0.384	0.418	0.417	TE_2
		0.266	0.281	0.270	0.261	AVG
	0.160					$LSD_{0.05}$

كما أن مقارنة كافة المعاملات في نفس الجدول (4)، بما فيها الشاهد مع المادة الأم (OS) التي لم تعرض لأي عملية تخمير وبدون أي إضافات سمادية، تشير إلى وجود فروق معنوية من ناحية زيادة ارتباط الفوسفور مع الكتلة العضوية للكومبوست الناتج نتيجة لعملية التخمير نفسها، حيث أن المادة العضوية تخلق مواقع ادمصاص جديدة مع زيادة تحللها بفعل عملية التخمير تساهم في زيادة مواقع ربط الفوسفور على الجزيئات العضوية النشطة الناتجة عن التحلل، وفق دراسات (Jara *et al*, 2005) في هذا المجال.

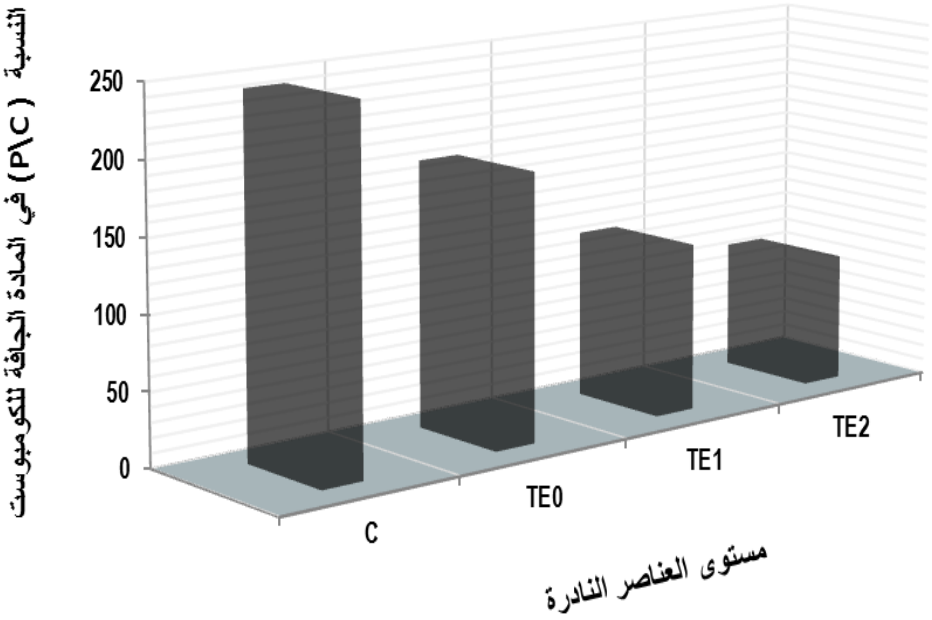
يمكن تفسير ذلك بأن الكومبوست الناتج في المعاملة (TE_2) قد احتفظ بكمية أكبر من الفوسفور، نتيجة لزيادة نشاط الكائنات الحية الدقيقة بزيادة توفر متطلباتها من العناصر النادرة، حيث تعمل هذه الكائنات على تحويل المواد العضوية الخام إلى كومبوست عن طريق تفكيكها إلى مركبات وسطية أكثر نشاطاً وإعادة تشكيلها على هيئة مركبات معقدة جديدة تتفاعل مع الفوسفور المعدني مكونة معقدات عضوية فوسفاتية phospho–organic complexes في كتلتها الحيوية وفق العديد من البحوث والدراسات (Mengel and Kirkby, 1982) وهذا يتوافق أيضا مع (Alamgir *et al*, 2010) الذين أشاروا إلى أن الأحياء الدقيقة التي تقوم بعملية التحلل، تقوم بتثبيت الفوسفور بشكل كبير في كتلتها الحيوية خلال بنائها خصوصا عندما تكون نسبة تحلل المخلفات العضوية عالية. هذا ينسجم أيضا مع ما وجده

بعض الباحثين (Kirkby *et al,* 2009) الذين ربطوا عملية تعضي الفوسفور (P–Sequestration) بتعضي الكربون وتقدم عملية تشكل الدبال.

أما دور العناصر النادرة في تعضي الفوسفور فإنه على ما يبدو يتم بشكل أساسي من خلال قدرتها على مضاعفة النشاط الميكروبي لبناء كتلة ميكروبية جديدة يرافقها ازدياد الحاجة لامتصاص وتمثيل كميات إضافية من الفوسفور والعناصر النادرة نفسها لبناء هذه الكتلة، هذا يتوافق مع نتائج Hodgson (1969)، الذي بين أن كمية العناصر النادرة المخلّبة والمرتبطة مع مركبات عضوية ذوابة أو غير ذوابة وتحولاتها في التربة تتأثر بنشاطات الأحياء الدقيقة فيها. لكن وإن كانت العناصر النادرة في معقداتها الجديدة مع المركبات العضوية للكتلة الحيوية تعمل كجسور لربط الفوسفور مع هذه المعقدات تفسيرا لدور الحديد في ربط الفوسفور على سطوح المعقدات الدبالية وفق نتائج (Giesler *et al*, 2005)، فإن هناك الكثير من حالات التضاد بين بعض العناصر الغذائية النادرة (كالزنك والنحاس) من جهة والفوسفور من جهة ثانية من ناحية امتصاصها وارتباطها مع الجذور العضوية (Adams, 1980).

ومن حساب النسبة P\C في الكمبوست الناتج وفق ما هو مبين في الجدول (3)، لوحظ وجود انخفاض واضح في هذه النسبة مع زيادة تراكيز العناصر النادرة في وسط التخمير على مستوى عال جداً من المعنوية (<0.001). وسجلت أعلى نسبة في النشارة الأم بشكل متوسط (1\244) بينما انخفضت في معاملة الشاهد (TE_0) إلى (1\181) واستمرت في الانخفاض بشكل خطي لتصل إلى (1\87) في المعاملة (TE_2) مما يشير إلى القدرة العالية لهذا الكومبوست على امداد التربة بالفوسفور وفق (McGill and Cole 1981) اللذان صنفا الكومبوست الجيد على أساس النسبة P\C عندما تكون أقل من (1\100). وهذا التناقص في النسبة P\C مع زيادة تراكيز العناصر النادرة في وسط التخمير فإنه دليل على تحفيز عملية تحلل المخلفات العضوية نتيجة لزيادة نشاط الكائنات الحية الدقيقة وتعضي الفوسفور أو تثبيته في كتلتها الحيوية (Graves *et al*, 2000).

ويشير نفس الباحث إلى أنه في التحلل الهوائي للمخلفات العضوية، يتحرر قسم من الكربون على شكل CO_2 بينما الباقي يستخدم مع الأزوت والفوسفور لبناء الكتلة الميكروبية، وكنتيجة لذلك فإن المحتوى الكربوني في كومة الكمبوست يتناقص ويؤدي إلى تناقص كتلتها باستمرار مما يؤدي إلى زيادة نسبة الفوسفور وبالتالي انخفاض النسبة P\C كما هو واضح في الشكل (1).



شكل 1: العلاقة بين مستوى العناصر النادرة في وسط التخمير والنسبة (P\C) في الكومبوست بعد 123 يوم من التخمير.

وتأتي أهمية انخفاض النسبة P\C في الكومبوست نتيجة التخمير إلى اعطاء الكومبوست الناتج القدرة على الاحتفاظ بالفوسفور وإتاحته للامتصاص من قبل النبات وفق (White and Ayoub, 1983) اللذان وجدا أن كمية الفوسفور المتاح والممكن استخلاصها بواسطة بيكربونات الصوديوم تترافق مع زيادة الفوسفور الكلي وانخفاض النسبة P\C في التربة. كما أن زيادة كفاءة ربط الفوسفور عضويا بإغناء المادة الأم للكومبوست بالعناصر النادرة يمكن أن يساهم في تقليل تكاليف انتاج واحدة الوزن من الدبال نتيجة لترافق ذلك مع تعضي الكربون أيضا.

الاستنتاجات والتوصيات:

أظهرت النتائج أن الكومبوست الناتج احتفظ بكمية أكبر من الفوسفور، نتيجة لزيادة نشاط الكائنات الحية الدقيقة بزيادة توفر متطلباتها من العناصر النادرة ، مما يعني أن دور العناصر النادرة في ربط الفوسفور مع الكومبوست مرتبط بدورها في مضاعفة النشاطات الحيوية لبناء كتلتها الحيوية الجديدة. ولوحظ وجود انخفاض واضح في النسبة P:C مع زيادة تراكيز العناصر النادرة في وسط التخمير على مستوى عال جداً من المعنوية.

كما أن زيادة كفاءة ربط الفوسفور عضويا بإغناء المادة الأم للكومبوست بالعناصر النادرة ممكن أن يساهم في تقليل تكاليف انتاج واحدة الوزن من الدبال نتيجة لترافق ذلك مع تعضي الكربون أيضا. وبناء على ذلك ممكن التوصية بـ:

- الاستفادة من فضلات نشارة الأوكاليبتوس الفقيرة بمحتواها من العناصر الغذائية وما شابهها من الفضلات النباتية كمادة أم لتصنيع الكومبوست بعد اغنائها بالعناصر الغذائية لتكون بديلا جزئيا أو كليا للأسمدة الكيميائية من ناحية امداد التربة بالفوسفور المتاح.
- تنفيذ هذه التجربة على مستوى الحقل بحجم أكبر قبل التعميم على المزارع.

المراجع:

1 - البلخي، أكرم، 2006. *دراسة تفاعلات بعض المواد العضوية الطبيعية والمنتجة ومعقداتها وفاعليتها في تخصيب التربة وإنتاجية المحاصيل*. رسالة دكتوراه جامعة دمشق.

2 - الحمداني، رائدة اسماعيل. *استخدام الراتنجيات في دراسة جاهزية الفسفور لمحصول الذرة الصفراء في تربة كلسية من شمال العراق*. مجلة زراعة الرافدين، المجلد 36، العدد2، 2008، ص 33-43.

3 - بوعيسى، عبدالعزيز وغياث علوش. *خصوبة التربة وتغذية النبات*. مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، كلية الزراعة، جامعة تشرين، 2005.

4 - عودة، محمود وحيدر الحسن، 2007. *أثر استخدام أنواع ومستويات مختلفة من الأسمدة العضوية في بعض المؤشرات الإنتاجية لمحصول البطاطا*. مجلة جامعة البعث، المجلد 29، عدد 7، 2007، ص 87-116.

5- ABUNUKTA, F and PARKINSON, R. *Effect of humic substances on micronutrients availability in soils*. Damas. Univ. Agri. Sci. J. 21(2), 2007, 163-178.

6- ALEXANDER, M. *Introduction to Soil Microbiology*. John Willey and Sons, Inc New York, 1977.

7- ADAMS, F. *Interactions of Phosphorous with Other Elements in Soils and in Plants*. In: the Role of Phosphorous in Agriculture. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, 53711, USA. 1980.

8- ALAMGIR, Md; MARCHNER, P and McNEILL, A. *Changes in soil P pools during legume residue decomposition.* World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World.1 – 6 August, Brisbane, Australia. 2010.

9- ALLOUSH, G. A; BOYER, D. G; BELESKY, D. P and HALVORSON, J. J. *Phosphorus mobility in a karst landscape under pasture grazing system*. Agronomy. Agri & Environ, 23, 2003, 593-600.

10- BIONDI, F. A; FIGLIOLIA, A; INDIATI, R and IZZA, C. *Effect of fertilization with humic acids on soil and plant metabolism: a multidisciplinary approach. Note III: Phosphorus dynamics and behavior of some plant enzymatic activities*. In: Humic substances in the global environment and implications on human health. Ed, SENESI, N and T. M. MIANO, 1994, P 239- 243.

11- Brady, N. C and WEIL, R. R. *The Nature and Proprieties of Soils*. Prentice Hall, New Jersey, USA, 2002.

12- BUNEMANN, E. K; BOSSIO, D. A; SMITHSON, P. C; FROSSARD, E and OBERSON, A. *Microbial community composition and substrate use in a highly weathered soil as affected by crop rotation and P fertilization*. Soil Biol. Biochem, 36, 2004, 889-901.

13- CLEVELAND, C. C and LIPTZIN, D. *C:N:P stoichiometry in soil: is there a ''Redfield ratio'' for the microbial biomass?*. Biogeochemistry, 85, 2007, 235–252.

14- DALAL, R. C. *Soil organic phosphorus*. Adv. Agron, V 29, 1977, 85–117.

15- EZAWA, T; SMITH, S. E and SMITH, F. A. *Phosphorous metabolism and transport in AM fungi*. Plant. Soil, 244, 2002, 221-230.

16- FAO. "*Guide to Laboratory Establishment for Plant Nutrient Analysis"* Fertilizer and plant nutrition bulletin, 19, Rome, Italy, 2008.

17- GIESLER, R; ANDERSSON, T; LOVGREN, L and PERSSON, P. *Phosphate sorption in aluminum and iron-rich humus soils*. S. S. S. Am. J, 69, 2005, 77-86.

18- GRAVES, R; HATTEMER, E; GWENDOLYN, M and STETTLER, D. *Composting in Part 637: Environmental Engineering National Engineering Handbook.* USDA, NRCS. 2000.

19- HINSINGER, P. *Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review*. Plant. Soil. 237, 2001, 173-195.

20- HODGSON. J. F. *Contribution of Metal-Organic Complexing Agents to the Transport of Metals to Roots.* Soil Science Society of America Journal, Vol. 33 No.1, p. 68-75. 1969.

21- HUE, N; IKAWA, H and SILVA, J. *Increasing plant-available phosphorus in an Ultisol with a yard-waste compost*. Communi. Soil Sci. Plant. Anal, 25, 1994, 3291–3303.

22- JARA, A; VIOLANTE, A; PIGNA, M and MORA, M. *Mutual interactions of sulfate, oxalate, citrate and phosphate on synthetic and natural allophanes*. Soil Sci. Soc. Am. J, 70, 2005, 337- 346.

23- KIRKBY, C; KIRKEGAARD, J; RICHRDSON, A; WADE, L; BLANCHARD, C and BATTEN, G. *Nutrients – the real constraint to sequestering carbon in soil organic matter*? CSIRO Plant Industry, Canberra, ACT 2601, Australia, 2009.

24- KRAUSS, A, and JOHNSTON, A. *Assessing soil potassium can we do better? Presented at the 9th International Congress of Soil Science*. Faisalabad, Pakistan, 18-20 march. IPI. Basel, Switzerland, 2002, p:8.

25- MAJID, J; TIESSEN, H and CONDORN, L. *Dynamics of organic phosphorus in soils under natural and agricultural ecosystems*, in: Piccolo A. (Ed), Humic substances in terrestrial ecosystems, Elsevier Science, Dordrecht, 1996, 429–466.

26- MAZZA, C; GUNNINGHAM, S and HARRISON, E. *Using organic matter in the garden*. Department of Horticulture, Cornell University, 2014.

27- McGILL, W.B and COLE, C.V. *Comparative aspects of cycling of organic C, N, S and P through soil organic matter*. Geoderma, 26, 1981, 267-286.

28- MENGEL, K and KIRKBY, E.A. *Principles of Plant Nutrition.* 3rd edition, International potash Institute Bern, Switzerland, 1982.

29- RAO, P.S; DEVI, L.S and DATTA, A. *Quality of coir dust composts and their effect on the dry matter yield of maize*. Journal of Tropical Agriculture, 39 (1), 2001.

30- SANTRUCKOVA, H; VRBA, J; PICEK, T and KOPACEK, J. *Soil biochemical activity and phosphorus transformations and losses from acidified forest soils.* Soil. Biol. Biochem, 36, 2004, 1569–1576.

31- STEVENSON, F. J. *Nature of divalent transition metal complexes of humic acids as revealed by a modified potentiometric titration method*. Soil Science, Vol 123, No 1, 1977, p 10-17.

32- TIAN, G; KANG, B and BRUSSAARD, L. *Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions-decomposition and nutrient release*. Soil Biology and biochemistry, 24, 1992, 1051-1060.

33- VOGTMANN, H; MATTHIES, K; KEHRES, B and MEIER-PLOEGER, A. *Enhanced food quality: Effects of compost on the quality of plant foods*. Compost Sci. & Util, 1, 1993, 82-100.

34- WANDRUSZKA, R. V. *Phosphorus retention in calcareous soils and the effect of organic matter on its mobility*. Geochem. Transact, 7:6 doi:10, 2006.

35- WHITE, R, E and AYOUB, A. T. Decomposition of plant residues of variable C/P ratio and the effect on soil phosphate availability. Plant and Soil 74, 1983, P, 163-173.