حصر وفرز إنتاجية النفايات الصلبة المنزلية للمدن والتدوير الحيوي لها
3-تأثير التخمير المتعاقب ونسبC: N والتدعيم بالصخر الفوسفاتي في التدوير الحيوي للمخلفات العضوية الصلبة

ادهام علي عبد العسافي* **باسم محمد كريم ***

*جامعة الأنبار -كلية الزراعة – قسم علوم التربة والموارد المائية

الخلاصة

تم جمع كمية من النفايات العضوية الصلبة المنزلية لبعض الأحياء السكنية في مدينة أربيل خلال عام 2014 لغرض تدويرها لإنتاج أسمدة عضوية وتقيم السماد المنتج، تضمن العمل مرحلتين أنجزت بتحضير خلطتين من المخلفات العضوية التي تم فرزها من المخلفات التي جمعت، وحضرت خلطة ذاتC: N 40:1 باستعمال مكونات المخلفات العضوية كما هي، وخلطة ثانية حضرت بنسب ةC: N 30:1 وذلك بتدعيم مكونات المخلفات من سماد اليوريا. خمرت كل خلطة بطريقتي التخمير الهوائي واللاهوائي، بعد ان لقحت كل خلطة 5% من لقاح تربة نشطة اخذ من سطح وعمق التربة الزراعية وأضيف للخلطات بما يناسب طريقة التخمير هوائي أو لاهوائي، خمرت المخلفات باستعمال قناني بلاستك مضغوط حجم 25 لتر، لمدة 60 يوم.

أنجزت مرحلة التخمير الثانية باستعمال نواتج معاملات التخمير للمرحلة الأولى (4 معاملة)، وتم تجهيزها بمستويين 10% و20% من الصخر الفوسفاتي الخام (RP)، ثم خمرت معاملات 8 بطريقتي التخمير الهوائي واللاهوائي ليصبح عددها 16 معاملة وذلك باستعمال قناني بلاستك (اللدائن) وكما في مرحلة التخمير الأولى، كما أضيف لقاح تربة نشطة بنسبة 3% وحسب طريقة التخمير للمرحلة الثانية. كانت أهم النتائج: انخفاض كمية الكاربون وزيادة تركيز النتروجين في مكونات الخلطات بعد نهاية مرحلة التخمير الثانية، من معاملة التخمير الهوائي و20RP% للخلطة الناتجة من التخمير اللاهوائي 30:1 في مرحلة التخمير الأولى،

وسجلت معاملة التداخل لنسبة 30:1 والتخمير اللاهوائي أعلى معدل9.14 و19.48 غم كغم$^{-1}$ تكون من حامضي الفولفك والهيومك على التتابع. كما بلغ اقل معدل2.95 ملغم كغم$^{-1}$ لتكون الأحماض الفينولية مع طريقة التخمير الهوائي ونسبة خلط 30:1، بينما بلغ اعلى معدل لتكونها 18.64 ملغم كغم$^{-1}$ معاملة التخمير اللاهوائي للخلطة40:1. أيضاً أوضحت النتائج وجدود زيادة في المحتوى الميكروبي الكلي والمثبتة للنتروجين والمذيبة للفسفور بعد عملية التخمير، واختفى وجود بكتريا القولون من الخلطات التي خمرت بالطريقة اللاهوائية، واختفى تواجد بكتريا السالمونيلا تماما في جميع المعاملات. حققت معاملة التخمير اللاهوائي و20%RP للخلطة30:1 المخمرة لاهوائيا بالمرحلة الأولى اعلى معدل لتركيز الفوسفور الجاهز 12.93 غم P كغم $^{-1}$، كما

* البحث مستل من أطروحة الباحث الثاني

أعطت المعاملة أعلى تركيز 773 و63.3 و112 و12 و32 و7.3 ملغم كغم$^{-1}$ للحديد والزنك والنحاس المستخلصة بطريقة DTPA.

Limitation and separation of domestic solid waste and bio-recyclable C: N ،organic waste 3- The effect of consecutive fermentation ratio and rock phosphate enrichment at the recycling of solid organic waste produce organic fertilizers

Idham, A. A. Assaffii* **Basim M. Karim***
*University of Anbar – College Agriculture – Soil &Water resources Dep8artment

Abstract

Amount of domestic solid organic waste were collected from some of Erbil city locations, during 2014 for the purpose of recycling it to produce organic fertilizers and estimate the product, two organic waste mixture was prepared from separated waste which collected from the houses in some locations of Erbil city, first mixture with a C: N ratio 1:40, using the organic waste components as they are, second mixture prepared with C: N ratio 30:1 by enriching waste with urea fertilizer. Each mixture will fermented by aerobic and anaerobic methods, after inoculated each of them by 5% of active soil inoculation taken from the surface and soil depth, which was added to the mixtures suit to the fermentation method, a plastic bottles size 25 liters used for a period of 60 days.

Then completed with second fermentation stage, using the outputs of fermentation parameters for the first phase (4 treatment), and equipped with two levels of 10% and 20% of the raw rock phosphate (RP), then 8 treatments will fermented with aerobic and anaerobic methods, to become 16 treatment, after being inoculated each of them by 3% of active soil inoculation by using bottles of plastic, according to the fermentation method for the second stage. The important results:

Decrease the amount of carbon and increase the nitrogen concentration in the mixtures components after the end of the second fermentation stage , the treatment of aerobic fermentation and 20% RP of the mixture resulting from the anaerobic fermentation of C:N ratio 30:1 in the first fermentation stage interference treatment of 30:1 ratio and anaerobic fermentation recorded highest rate formation of humic and fulvic acid 9.14 and 19.48 g kg^{-1} sequentially, the lowest rate of phenolic acids formation was 2.95 mg kg-1 with aerobic fermentation method and 30:1 ratio , while the highest rate of formation was 18.64 mg kg^{-1} with treatment of anaerobic fermentation and 40:1 ratio

The results showed increasing in the total of microbial content, fixing nitrogen and dissolving phosphorus bacteria after the fermentation process، and disappeared of Coliform presence from mixtures with anaerobic fermentation method, and the *Salmonella* spp. presence disappeared completely in all treatments. Treatment

of anaerobic fermentation and 20% RP from mixture C:N ratio 30:1 fermented anaerobically in first stage showed highest rate of available phosphorus concentration 12.93 g P kg^{-1} , as the treatment given the highest concentration of (DTPA extract) : 773 , 63.3 , 112, 12 , 32 and 7.3 mg kg^{-1} of iron , zinc and copper, sequentially .

المقدمة

أثبتت دراسات تدوير المواد العضوية الصلبة لمخلفات المدن إنها تضع استراتيجية طويلة الأمد لتحسين مكونات الأسمدة المنتجة والتربة بشكل جيد والحد من تكاليف مدخلات الأسمدة المعدنية وتعزيز البيئة الصحية من خلال تدوير المخلفات، ويساهم تدعيم مكونات المخلفات بمواد عضوية أو معدنية من تحسين نواتجها ومحتواها من العناصر الغذائية للنبات، فعملية التدعيم بالصخور الفوسفاتية تحسن مكونات الوسط من الفوسفور والحديد والمنغنيز والزنك والنحاس وهذا ما أكده (16). وقد أطلق مصطلح كمبوست على السماد العضوي الناتج من إعادة تدوير ومعالجة المخلفات العضوية التي يمكن استغلالها لإنتاج سماد عضوي، وذلك من خلال تحليل المواد العضوية الموجودة في النفايات، في عمليه تدعى التحلل الحيوي، وان العامل المهم الذي يحدد سرعة عملية التحلل ونوعها هو محتوى المواد العضوية من النتروجين لسد حاجة الأحياء المجهرية، إذ ترتبط الكمية المحللة من الكربون بما يتوفر من عنصر النتروجين ونوع الميكروبات المحللة (15).

لوحظ ان انخفاض محتوى الكربون في الكمبوست للمخلفات العضوية المخمرة يصل إلى 30% ويعتمد على طريقة ومدة التخمير ونوع المكروبات المحللة(22). إن نسبة الكاربون إلى النتروجين تعد مقياس مفيد لمعرفة تحولات المادة العضوية وتحللها (3)، وقد أشار (5) عندما تكون نسبة الكاربون إلى النتروجين بين 25:1–30 هي المثلى لتحلل الكمبوست، ولاحظ أذا كانت نسبة الكاربون إلى النتروجين اقل من 20 تكون عملية المعدنة هي السائدة وإذا تجاوزت 30 تسود عملية التمثيل لعنصر النتروجين. كما أن قابلية بعض الأحياء المجهرية في أذابه الفوسفات تعود إلى قدرتها على تكوين مركبات حامضية عضوية متعددة (2). وتؤكد نتائج التجارب ان عملية التخمير المتعاقب تهيئ مكونات الخلطات لأكثر من نوع ميكروبي محلل مما يسرع وينوع في المركبات الناتجة للمواد المخمرة مقارنة باستعمال طريقة تخمير واحدة وهذا ما ذكره (12) عندما استعمل المخلفات C: 1:80 N ومصدرين من الصخر الفوسفاتي إذ وجد ان اعلى حركة تحرر للفسفور تصل بعد 80 إلى 120 يوم من التخمير المتعاقب. تزداد جاهزية الحديد والمنغنيز والزنك والكادميوم والنحاس في المواد المخمرة من المخلفات العضوية للمدن لقدرة المواد العضوية المحللة ميكروبيا على تكوين المعقدات الذائبة وغير الذائبة مع هذه العناصر خاصة مع عملية تجهيزها بالصخر الفوسفاتي (20 و24).

إن إنتاج الأحماض الدبالية من حامض الفولفك والهيومك في عمليات التخمير للمخلفات العضوية يعزز من قيمتها إذ يحتوي كلا الحامضين مجاميع فعالة بنسبة 26% من الدبال الكلي (21). لذلك كان هدف البحث تدوير المخلفات العضوية الصلبة للمنازل بأكثر من طريقة وتجهيز مكوناتها المعدنية والعضوية والحيوية لضمان تسريع وإتمام التحلل بهدف تعظيم الاستفادة من المخلفات وحماية البيئة من الأضرار الناجمة عن تراكمها.

المواد وطرائق العمل

جففت كمية من المكونات العضوية الصلبة القابلة للتدوير الحيوي والمفروزة من مخلفات المدينة، وسحقت ومزجت جيدا وحللت مكوناتها الكيميائية والحيوية مختبريا، حضرت خلطتين اعتماداً على تركيز الكاربون العضوي والنتروجين في المخلفات العضوية، بنسبة C:N 40:1 وهو ما موجود في مكونات المخلفات المحللة و خلطة أخرى حضرت بنسبة C:N30:1 بتجهيزها من سماد اليوريا (N%46)، خمرت بطريقة التخمير الهوائي واللاهوائي لمدة 60 يوم، بعد أن لقحت المخمرة هوائيا بنسبة 5% من لقاح تربة نشطة جلب من الطبقة السطحية لتربة زراعية، بينما لقحت المخمرة لاهوائيا 5% من لقاح تربة نشطة اخذ من المنطقة تحت السطحية (60 سم) وذلك لغرض زيادة التنوع والنشاط والكثافة الميكروبية المحللة في الخلطة (Hanselman وآخرون،2004). استعمل 14 مكرر لكل معاملة باستعمال قناني بلاستك مضغوط (لدائنية) حجم 25 لتر، إذ عبئت القناني من مواد الخلطات حسب طريقة التخمير، وذلك بترك ثلث القنينة فارغة بطريقة التخمير الهوائي مع التقليب كل 3 يوم، أما في حالة التخمير اللاهوائي فقد ملئت القنينة بالكامل من مواد الخلطة مع ضغط يدوي. رطبت المواد بالماء لحدود 60–66% و80–86% من الوزن الجاف في قناني التخمير الهوائي واللاهوائي حسب الترتيب (1).

استعملت مواد عازلة من الصوف الزجاجي لتغليف القنينة والحفاض على الناتج الحراري. وضعت القناني في ضلة بمكان معرض للهواء الطبيعي وحسب تصميم CRD. حضرت معاملات مرحلة التخمير الثانية باستعمال مكونات الخلطات الأربعة الناتجة من المرحلة الأولى، وذلك بتجهيزها بمستويين 10% و20% من الصخر الفوسفاتي الخام (RP) (8.6% P)، ليصبح عدد المعاملات 8 معاملة. ثم خمرت المعاملات الثمان بطريقتي التخمير الهوائي واللاهوائي لمدة 30 يوم، كما لقحت الخلطات باستعمال اللقاح الميكروبي كما اجري للمرحلة الأولى، حضرت 16 معاملة 3 مكرر، باستعمال نظام التجارب العاملية لثلاثة عوامل، وضعت في ظلة، أخذت العينات لإجراء التحاليل والقياسات المطلوبة. قدر العدد الكلي للأحياء المجهرية والمثبتة للنتروجين والمذيبة للفوسفات والمرضية حسب الطرائق الموصوفة (18 و6 و14 و7) قدر الكاربون والنتروجين والفوسفور كما جاء في(13). فصلت الأحماض الدبالية في معاملات نواتج التخمير للخلطات وفقاً لطريقة (17). جرى تقدير الفينولات الكلية لنواتج التخمير للخلطات في المستخلص النهائي بطريقة فولن وكما وصفها(9).

النتائج والمناقشة

تأثير طريقة التخمير و%RP مع نسبة C: N في تركيز الكاربون والنتروجين

تبين من جدول 1 و2 انخفاض تركيز الكربون C وزيادة تركيز النتروجين N في مكونات الخلطات بعد نهاية مرحلة التخمير، وأصبحت نسبة C: N ضيقة المدى، ولم يظهر أي فرق معنوي بين معدلات نواتج المعاملات، وجد تأثير معنوي لطريقة التخمير الهوائي 2 إذ بلغ أقل معدل من الكاربون 375.8 غم C كغم$^{-1}$ مقارنة بمعدل كاربون 406.2 غم C كغم$^{-1}$ مع التخمير اللاهوائي 2. أما إضافة RP%20 فقد أعطت تأثيراً

معنويا أيضا في خفض كمية الكاربون إذ بلغ معدلها من الكاربون المتبقي 368.7 غم C كغم$^{-1}$، في حين بلغ 413.3 غم C كغم$^{-1}$ مع معاملة إضافة RP%10. كما وجد ان التداخل الثلاثي بين المعاملات قد أثر معنويا في كمية الكاربون وبلغت 340 غم C كغم$^{-1}$ من معاملة التخمير الهوائي وRP20% للخلطة الناتجة من التخمير اللاهوائي 30:1 في مرحلة التخمير الأولى، بينما كان اعلى معدل 440 غم C كغم$^{-1}$ في معاملة التخمير اللاهوائي و RP 10% للخلطة الناتجة من التخمير اللاهوائي وخلطة40:1 لمرحلة التخمير الأولى.

جدول 1 تأثير التخمير وRP% مع خلطات C: N في كمية الكاربون (غم C كغم$^{-1}$)

تخمير F	RP%	C:N 30:1		C:N 40:1		RP& F	المعدل
		هوائي1	لا هوائي1	هوائي1	لا هوائي1		
هوائي2	10	374	393	396	422	396.3	375.8
	20	340	354	352	375	355.3	
لا هوائي2	10	430	420	431	440	430.3	406.2
	20	362	382	380	404	382.0	
معدل الخلطات		376.5	387.3	387.8	410.3		
معدل نسبةC: N		381.9		390.0			
LSD 0.05 ,CN=ns ,R=22.3, F=11.4 ,CNR=24.5 ,CNF=24.8 ,RF=25.6 ,CNRF=37.5							

أعطت معاملتي الخلطة بنسبة C: N 30:1 المخمرة هوائيا أو لاهوائياً بالمرحلة الأولى، اعلى تركيز معنوياً في معدل تركيز النتروجين الكلي، والذي بلغ 22.9 و20.0 غم N كغم$^{-1}$ على التعاقب، بينما تراوح تركيز النتروجين لمعاملتي الخلطة بنسبة C:N 40:1 المخمرة هوائيا أو لاهوائيا بالمرحلة الأولى بين 17.3 و 16.5 غم N كغم$^{-1}$، كان للتداخل الثلاثي للمعاملات تأثيراً معنويا في زيادة تركيز النتروجين الكلي إذ بلغ اعلى معدل 26.8 غم N كغم$^{-1}$ في معاملة التخمير الهوائي وتجهيز RP10% للخلطة 30:1 المخمرة هوائيا في المرحلة الأولى. في حين وجد ان اقل معدل لتركيز النتروجين الكلي 17.6 غم N كغم$^{-1}$ في مكونات معاملة التخمير اللاهوائي وRP20% للخلطة40:1 المخمرة لاهوائيا بالمرحلة الأولى.

جدول 2 تأثير التخمير وRP% مع خلطات C: N في كمية النيتروجين (غم N كغم$^{-1}$)

تخمير F	RP%	C:N 30:1		C:N 40:1		RP& F	المعدل
		هوائي1	لا هوائي1	هوائي1	لا هوائي1		
هوائي2	10	26.8	22.3	19.2	16.6	21.2	20.05
	20	22.3	20.1	17.3	16.2	18.9	
لا هوائي2	10	22.6	19.5	16.8	16.6	18.9	18.3
	20	20.1	18.2	15.8	16.6	17.7	
معدل الخلطات		22.9	20.0	17.3	16.5		
معدل نسبةC: N		21.5		16.9			
LSD 0.05, CN =2.22 ,R=ns., F=ns ,CNR=1.34 ,CNF=1.58 ,RF=1.84 ,CNRF=2.86							

لوحظ من نتائج الجدول 3 وجد تأثير معنوي لمعاملتي الخلطة 30:1 المخمرة هوائيا أو لاهوائياً في المرحلة الأولى إذ بلغت نسبة C: N معدل 16.6:1 و19.4:1، بينما بلغت معدل 24.6:1 و24.3:1 مع معاملتي الخلطة بنسبة 40:1 المخمرة هوائيا أو لاهوائيا في المرحلة الأولى على التعاقب، وقد أثرت طريقة التخمير معنويا في نسبة C: N للخلطات إذ بلغ معدل نسبة C: N بطريقة التخمير الهوائي 19.2:1 مقارنة بمعدل 22.6:1 مع معاملة التخمر اللاهوائي. كذلك وجد إن التداخل الثلاثي للمعاملات قد أحدث تأثيراً معنويا بخفض النسبة لتصل إلى14.3:1 في المعاملة المخمرة هوائيا ومضاف لها RP%10 للخلطة30:1 المخمرة هوائيا بالمرحلة الأولى، بينما وجد أن أعلى معدل بلغ 26.5:1 في المعاملة المخمرة لاهوائيا ومضاف لها RP%10 من الخلطة بنسبة40:1 المخمرة لاهوائيا في المرحلة الأولى.

جدول 3 تأثير التخمير وRP% مع خلطات C: N في نسبة C: N للخلطة

تخمير F	RP%	C:N 30:1		C:N 40:1		RP& F	المعدل
		هوائي1	لا هوائي1	هوائي1	لا هوائي1		
هوائي2	10	**14.3:1**	**17.6:1**	**20.6:1**	**25.1:1**	**19.4:1**	19.25:1
	20	**15.2:1**	**17.6:1**	**20.3:1**	**23.1:1**	**19.1:1**	
لا هوائي2	10	**19.0:1**	**21.5:1**	**25.6:1**	**26.5:1**	**23.2:1**	22.55
	20	**18.0:1.**	**20.9:1**	**24.6:1**	**24.3:1**	**21.9:1**	
معدل الخلطات		16.6:1	19.4:1	22.8:1	24.7:1		
معدل نسبةC: N		**18.0:1**		**23.7:1**			
LSD 0.05 CN =2.29 ,R=ns , F=1.12 , CNR=2.321 , CNF=3.11 ,RF=3.20 , CNRF=3.42							

تأثير التخمير وRP% مع خلطات C: N في كمية حامضي الفولفك والهيومك

توضح البيانات في الجدول 4 عدم وجود تأثير معنوي لنوع الخلطة في إنتاج حامض الفولفك إذ بلغ معدل الإنتاج 13.1 و11.89 غم كغم$^{-1}$ للخلطتين 30:1 و40:1، وتراوح معدل الإنتاج للحامض بينما تميزت الخلطة 30:1 المخمرة لاهوائيا واستمرت بالمرحلة الثانية بتخمير لا هوائي بفرق معنوي وحققت إنتاج قدره 14.65 غم كغم$^{-1}$،

جدول 4 تأثير التخمير وRP% مع خلطات C: N في كمية حامض الفولفك (غم. كغم$^{-1}$)

تخمير F	RP%	C:N 30:1		C:N 40:1		RP& F	المعدل
		هوائي1	لا هوائي1	هوائي1	لا هوائي1		
هوائي2	10	11.6	14.5	9.3	12.6	12.01	11.61
	20	10.4	12.8	9.6	12.0	11.20	
لا هوائي2	10	12.8	16.7	10.5	14.8	13.70	13.38
	20	11.4	14.6	11.8	14.5	13.07	
معدل الخلطات		11.55	14.65	10.32	13.47		
معدل نسبةC: N		13.10		11.89			
LSD 0.05,CN =ns ,R=ns, F=1.20 ,CNR=1.85, CNF=2.14 ,RF=1.86 ,CNRF=3.21							

بينما لم نجد تأثيرا معنويا لإضافة الصخر الفوسفاتي في إنتاج الحامضين. في حين حقق تداخل المعاملات أعلى معدل إنتاج بلغ 16.7 غم. كغم$^{-1}$ من المعاملة المؤلفة من الخلطة 30:1 مخمرة لا هوائيا بالمرحلة الأولى والثانية ومجهزة 10%RP، في حين بلغ أقل معدل للإنتاج من المعاملة 40:1 وخمرة هوائيا بالمرحلتين ومجهزة 20%RP.

وتبين من الجدول 5 تميز معوي لمكونات الخلطة 30:1 بمعدل إنتاج لحامض الهيومك بلغ 22.72 غم كغم$^{-1}$ متفوقا على ما أنتج من معاملة الخلطة 40:1، وتميت الخلطة 30:1 الناتجة من التخمير اللاهوائي بالمرحلتين بأفضل معدل إنتاج بلغ 23.4 غم كغم$^{-1}$، بينما لم تؤثر طريقة التخمير النهائية بمعدل كمية الإنتاج للحامض، في حين حقق تداخل المعاملات أعلى إنتاج بلغ 24.6 غم كغم$^{-1}$ من المعاملة المؤلفة للخلطة 30:1 المخمرة بالمرحلتين لاهوائيا ومجهزة 10%RP، ، في حين بلغ أقل معدل للإنتاج من المعاملة 40:1 وخمرة هوائيا بالمرحلتين ومجهزة 20%RP.

جدول 5 تأثير التخمير وRP% مع خلطات C: N في كمية حامض الهيومك (غم. كغم$^{-1}$)

تخمير F	RP%	C:N 30:1		C:N 40:1		RP& F	المعدل
		هوائي1	لا هوائي1	هوائي1	لا هوائي1		
هوائي2	10	22.5	22.5	18.9	19.6	20.87	20.16
	20	21.6	20.8	17.2	18.2	19.45	
لا هوائي2	10	23.8	24.6	20.5	20.6	22.37	21.73
	20	22.6	23.4	18.4	20.0	21.10	
معدل الخلطات		22.62	22.82	18.75	19.60		
معدل نسبةC: N		22.72		19.17			
LSD 0.05 CN=2.02 ,R=ns, F=1.55 , CNR=1.68, CNF=1.85 ,RF=1.75, CNRF=3.15							

تأثير التخمير وRP% مع خلطات C: N في الكثافة الميكروبية للخلطة

لم يظهر في نتائج الفحوصات الميكروبية أي تواجد لبكتريا القولون والسالمونيلا بعد مرحلتي التخمير بالرغم من تواجدها في المخلفات قبل عملية التخمير، كما يبين الجدول 6 وجود تأثير معنوي لنوع الخلطات المستعملة في معدل كثافة البكتريا المثبتة للنتروجين إذ تميزت المعاملتين30:1 و40:1 المخمرتان بطريقة هوائية بالمرحلة الأولى بمعدلات بلغت 4.45 و4.37 logcfug^{-1} (لوغاريتم وحدة تكين المستعمرة لكل غم) على التعاقب، مقارنة بما وجد 3.84 و3.29 logcfug^{-1} في المعاملتين30:1 و40:1 المخمرتان لاهوائيا بالمرحلة الأولى. كما حصل تأثير معنوي في معدل كثافة بكتريا النتروجين مع تجهيز الصخر الفوسفاتي إذ بلغت 4.26 و3.96 logcfug^{-1} مع تجهيز 10و20% RP على التعاقب. كما أعطت طريقة التخمير الهوائي زيادة معنوية في معدل كثافة البكتريا المثبتة للنتروجين بصورة حرة مقارنة بطريقة التخمير اللاهوائي إذ بلغت 4.62 و3.61 logcfug^{-1} على التعاقب.

جدول 6 تأثير التخمير وRP% مع خلطات C: N في المحتوى لبكتريا النتروجين ($\log cfu\ g^{-1}$)

تخمير F	RP%	C:N 30:1		C:N 40:1		RP& F	المعدل
		هوائي1	لا هوائي1	هوائي1	لا هوائي1		
هوائي 2	10	5.12	4.63	5.02	4.54	4.83	
	20	4.63	4.12	4.65	4.25	4.41	
لا هوائي 2	10	4.12	3.45	3.02	3.22	3.70	
	20	3.95	3.15	3.82	3.16	3.52	
معدل الخلطات		4.45	3.84	4.37	3.29		
معدل نسبةC: N		4.14		4.08			
LSD 0.05 CN=0.54 ,R=0.28, F=0.54,CNR=0.58, CNF=0.60 ,RF=0.63, CNRF=0.64							

كما سجل التداخل بين المعاملات تأثيرا معنويا في أعداد البكتريا المثبتة للنتروجين، إذ شهدت معاملة التخمير الهوائي بالمرحلتين للخلطة 30:1 وتجهيز RP%10 اعلى معدل بلغ 5.12 $logcfug^{-1}$، بينما وجد أن أقل عدد 3.02 $logcfug^{-1}$ في معاملة التخمير اللاهوائي وRP%10 للخلطة 40:1 المخمرة هوائياً في المرحلة الأولى.

يوضح الجدول7 وجود تأثير معنوي لنوع الخلطات المستعملة في كثافة الميكروبات المذيبة للفوسفات، إذ أعطت المعاملة 30:1 المخمرة هوائيا بالمرحلة الأولى أعلى معدل معنوي بلغ 4.047 $logcfug^{-1}$، بينما انخفض معدل الكثافة معنويا ليصل 3.595 $logcfug^{-1}$ في مكونات المعاملة 40:1 المخمرة لاهوائيا بالمرحلة الأولى، كذلك وجد تأثيرا معنويا في معدل كثافة الميكروبات المذيبة للفوسفات مع معاملتي التجهيز بالصخر الفوسفاتي، إذ تميزت المعاملة RP%20 بأعلى معدل معنوي بلغ 3.917 $logcfug^{-1}$ مقارنة بمعاملة تجهيز RP%10 إذ بلغت 3.406 $logcfug^{-1}$. كما تميزت طريقة التخمير الهوائي بأعلى معدل معنوي بلغ 4.139 $logcfug^{-1}$ من الميكروبات المذيبة للفوسفات وانخفض المعدل معنويا مع معاملة التخمير اللاهوائي ليصل 3.499 $logcfug^{-1}$. وقد وجد ان التداخل الثلاثي للمعاملات المخمرة هوائيا ومجهزة RP%20 مع جميع أنواع الخلطات اعلى معدلات معنوية للكثافة تراوحت بين 4.45 و4.07 $logcfug^{-1}$، في حين حققت معاملة التخمير الهوائي وRP%10 للخلطة40:1 المخمرة لا هوائيا في المرحلة الأولى اقل معدل بلغ 3.08 $logcfug^{-1}$.

جدول7 تأثير التخمير و RP% مع خلطات C: N في محتوى لبكتريا الفوسفات ($\log cfu\ g^{-1}$)

تخمير F	RP%	C:N 30:1		C:N 40:1		RP& F	المعدل
		هوائي1	لا هوائي1	هوائي1	لا هوائي1		
هوائي2	10	4.18	4.12	3.98	3.85	4.033	
	20	4.45	4.28	4.18	4.07	4.245	
لا هوائي2	10	3.81	3.60	3.14	3.08	3.408	
	20	3.75	3.68	3.55	3.38	3.590	
معدل الخلطات		4.047	3.920	3.712	3.595		
معدل نسبةC: N		3.984		3.653			
LSD 0.05 CN =0.32, R=0.45, F=0.47, CNR=0.54, CNF=0.43 ,RF=0.46,CNRF=0.36							

تأثير التخمير و RP% مع خلطات C: N في محتوى الخلطة عنصر الفوسفور الجاهز

يوضح الجدول 8 وجود زيادة معنوية بتأثير نوع الخلطة إذ بلغ 8.84 غمP كغم$^{-1}$ في الخلطة 30:1 المخمرة لاهوائيا بمرحلة التخمير الأولى، بينما بلغت 7.49 غمP كغم$^{-1}$ للخلطة 40:1 المخمرة هوائيا بمرحلة التخمير الأولى، وأعطى تجهيز RP%20 معدل بلغ 10.82 غمP كغم$^{-1}$ بنسبة زيادة 83.7% عن تجهيز RP%10، كذلك تفوق التخمير اللاهوائي على التخمير الهوائي وحقق معدلا بلغ 9.25 غمP كغم$^{-1}$ مقارنة بمعدل 7.16 غمP كغم$^{-1}$ مع التخمير الهوائي. من جانب أخر حقق التداخل الثلاثي للمعاملات زيادة معنوية في الفوسفور الجاهز إذ حققت معاملة التخمير اللاهوائي وتجهيز RP%20 للخلطة30:1 المخمرة لاهوائيا اعلى معدل بلغ 12.93 غم P كغم $^{-1}$، بينما وجد ان اقل معدل 4.31 غم P كغم $^{-1}$ من المعاملة 40:1 المخمرة لاهوائيا بالمرحلتين ومجهزة RP%10.

جدول 8 تأثير التخمير و RP% مع خلطات C: N في محتوى للفوسفور الجاهز غم P كغم $^{-1}$

تخمير F	RP%	C:N 30:1		C:N 40:1		RP& F	المعدل
		هوائي1	لا هوائي1	هوائي1	لا هوائي1		
هوائي2	10	**5.02**	**5.38**	**4.31**	**4.84**	**4.89**	
	20	**9.69**	**10.41**	**8.26**	**9.34**	**9.43**	
لا هوائي2	10	**6.46**	**6.64**	**5.92**	**6.10**	**6.28**	
	20	**12.57**	**12.93**	**11.49**	**11.85**	**12.21**	
معدل الخلطات		**8.44**	**8.84**	**7.49**	**8.03**		
معدل نسبةC: N		**8.64**		**7.76**			
LSD0.05 CN=1.28 ,R=2.35, F=1.96, CNR=3.21, CNF=2.54 ,RF=2.17, CNRF=2.72							

وإن الأسمدة المنتجة من تجهيز الخلطات بمستوى RP%20 تحتوي على خزين عالي من الفوسفور الكلي يصل 20.65 غمP كغم$^{-1}$ يمكن ان يساهم بتعويض الكمية الممتصة من الفسفور الجاهز، بينما يصل (9.014) غمP كغم$^{-1}$ في الأسمدة المحضرة من تجهيز RP%10، وبلغت نسب الفوسفور الجاهز 652.62% و65.32% من الفوسفور الكلي حسب الترتيب.

تأثير التخمير و RP% مع خلطات C: N في محتوى من (Fe و Zn و Cu)

أظهرت النتائج وجود تأثيرا معنويا لعوامل التجربة في تركيز **Fe و Zn و Cu** المستخلصة بمحلول DTPA. فقد أعطت الخلطات المستعملة تأثيرا معنويا بتركيز **Fe** (جدول 9) إذ تميزت الخلطة C: N30:1 المخمرة لاهوائيا بالمرحلة الأولى بتركيز بلغ 703.0 ملغمFe كغم$^{-1}$، بينما بلغ التركيز 651.5 ملغمFe كغم$^{-1}$ في الخلطة 40:1 المخمرة هوائيا بالمرحلة الأولى. كما أعطى المستوى RP%20 تأثير معنوي بتركيز بلغ 640.7 ملغمFe كغم$^{-1}$ مقارنة بمعدل 612.7 ملغمFe كغم$^{-1}$ مع مستوى RP%10.

كما تميز التخمير اللاهوائي بتأثير معنوي مقارنة بالتخمير الهوائي إذا بلغت 678.5 و665.8 ملغم Fe كغم$^{-1}$ على التعاقب. كما تبين ان التداخل الثلاثي لعوامل التجربة قد أثر معنويا ليصل اعلى معدل773

ملغم Fe كغم$^{-1}$ عند معاملة التخمير اللاهوائي وتجهيز RP%20 في الخلطة30:1 المخمرة لاهوائيا في المرحلة الأولى، بينما سجل اقل تركيز 575.0 ملغم Fe كغم$^{-1}$ مع معاملة التخمير الهوائي وتجهيز RP%10 في الخلطة40:1 المخمرة هوائيا بالمرحة الأولى. وتبين كذلك ارتفاع التركيز بنسبة 20.8% في جميع المعاملات المجهزة RP%20 عن المعاملات المجهزة RP%10. كما بلغ المحتوى الكلي للحديد 14.432 و23.382 غم كغم$^{-1}$ مع تجهيز السماد عند التحضير بمستوى 10% و20% من RP وحسب التعاقب.

جدول 9 تأثير التخمير وRP% مع خلطات C: N في المحتوى ملغم Fe كغم$^{-1}$ (DTPA)

تخمير F	RP%	C:N 30:1		C:N 40:1		RP& F	المعدل
		هوائي1	لا هوائي1	هوائي1	لا هوائي1		
هوائي2	10	**616**	**630**	**575**	**590**	**602.8**	
	20	**735**	**758**	**704**	**718**	**728.8**	
لا هوائي2	10	**635**	**651**	**596**	**608**	**622.5**	
	20	**758**	**773**	**731**	**748**	**752.5**	
معدل الخلطات		**686.0**	**703.0**	**651.5**	**666.0**		
معدل نسبةC: N		**694.5**		**658.8**			
LSD0.05 CN=33, R=60, F=20, CNR=45, CNF=64, RF=57, CNRF=77							

أتضح من الجدول 10 ان الخلطات المخمرة بمرحلة التخمير الثانية أثرت معنويا في تركيز Zn إذ تميزت الخلطة C:N 30:1 المخمرة لاهوائيا بالمرحلة الأولى بتركيز بلغ 54.6 ملغمZn كغم$^{-1}$ متفوقة على تركيز 44.8 ملغمZn كغم$^{-1}$ في الخلطة40:1 المخمرة هوائيا بالمرحلة الأولى. كما أعطى المستوى RP%20 تأثير معنوي بتركيز بلغ 45.9 ملغمZn كغم$^{-1}$ مقارنة بمعدل 53.4 ملغم Zn كغم$^{-1}$ مع مستوى RP%10. كما تميز التخمير اللاهوائي بتأثير معنوي في الخلطات مقارنة بالتخمير الهوائي إذ بلغت 52.6 و46.6 ملغمZn كغم$^{-1}$ على التعاقب. كما أن التداخل الثلاثي أثر معنويا ليصل أعلى معدل63.3 ملغمZn كغم$^{-1}$ عند معاملة التخمير اللاهوائي بالمرحلتين وتجهيز RP%20 في الخلطة30:1،

جدول 10 تأثير التخمير وRP% مع خلطات C: N في المحتوى ملغمZn كغم$^{-1}$(DTPA)

تخمير F	RP%	C:N 30:1		C:N 40:1		RP& F	المعدل
		هوائي1	لا هوائي1	هوائي1	لا هوائي1		
هوائي2	10	44.2	47.0	40.0	43.4	43.6	
	20	50.0	53.4	46.2	49.2	49.7	
لا هوائي2	10	50.8	54.6	41.5	46.2	48.3	
	20	58.1	63.3	51.3	55.3	57.0	
معدل الخلطات		50.8	54.6	44.8	48.5		
معدل نسبةC: N		52.7		46.6			
LSD 0.05 CN =4.2 ,R=4.51, F=5.51, CNR=5.41, CNF=6.5, RF=6.26, CNRF=7.15							

بينما سجل اقل تركيز 40 ملغمZn كغم$^{-1}$ مع معاملة التخمير الهوائي وتجهيز RP%10 في الخلطة40:1 المخمرة هوائيا بالمرحة الأولى، وتبين كذلك ارتفاع التركيز بنسبة 13.9% و18.0% في المعاملات المجهزة RP %20 عن المعاملات المجهزة RP%10 المخمرة هوائيا أو لاهوائيا على التعاقب. كما بلغ محتوى السماد المحضر من الزنك الكلي 86 و121 ملغم كغم$^{-1}$ مع تجهيز السماد عند التحضير بمستوى 10% و20% من RP وحسب التعاقب.

أوضح الجدول 11 تميزت الخلطة C:N 30:1 المخمرة لاهوائيا بالمرحلة الأولى بتركيز بلغ 32.9 ملغمCu كغم$^{-1}$، بينما بلغ التركيز 27.4 ملغم Cu كغم$^{-1}$ في الخلطة40:1 المخمرة هوائيا بالمرحلة الأولى. أيضا أعطى المستوى RP%20 تأثير معنوي بتركيز بلغ 26.5 ملغمCu كغم$^{-1}$ مقارنة بمعدل 33.5 ملغم Cu كغم$^{-1}$ مع مستوى RP%10. كما تميز التخمير اللاهوائي بتأثير معنوي في الخلطات مقارنة بالتخمير الهوائي إذ بلغت 28.5 و31.6 ملغم Cu كغم$^{-1}$ على التعاقب، وتبين وجود ارتفاع في تركيز Cu بنسبة 31.1 و22.6% في المعاملات المجهزة RP%20 عن المعاملات المجهزة RP%10 المخمرة هوائيا أو لاهوائيا على التعاقب.

جدول 11 تأثير التخمير ومع خلطات C: N في المحتوى ملغم Cu كغم$^{-1}$ (DTPA)

تخمير F	RP%	C:N 30:1		C:N 40:1		RP& F	المعدل
		هوائي1	لا هوائي1	هوائي1	لا هوائي1		
هوائي2	10	**24.5**	**27.3**	**23.1**	**24.2**	**24.7**	28.55
	20	**33.0**	**35.4**	**29.5**	**31.8**	**32.4**	
لا هوائي2	10	**28.8**	**31.0**	**25.8**	**27.2**	**28.2**	31.4
	20	**36.0**	**38.0**	**31.0**	**33.4**	**34.6**	
معدل الخلطات		**30.6**	**32.9**	**27.4**	**29.2**		
معدل نسبةC: N		**31.7**		**28.3**			
LSD 0.05 CN =3.8 ,R=4.4 , F=2.3 , CNR=3.5, CNF=2.6 ,RF=3.4 , CNRF=4.45							

كما تبين ان التداخل الثلاثي قد أثر معنويا في تركيز النحاس ليصل أعلى معدل 38.0 ملغمCu كغم$^{-1}$ عند معاملة التخمير اللاهوائي وتجهيز RP%20 في الخلطة30:1 المخمرة لاهوائيا في المرحلة الأولى، بينما سجل اقل تركيز 23.1 ملغم Cu كغم$^{-1}$ مع معاملة التخمير الهوائي وتجهيز RP%10 في الخلطة40:1 المخمرة هوائيا بالمرحة الأولى. كما بلغ محتوى السماد المحضر من النحاس الكلي 41 و50 ملغم كغم$^{-1}$ مع تجهيز السماد عند التحضير بمستوى 10% و20% من RP وحسب التعاقب.

تأثير التخمير وRP% مع خلطات C: N في المحتوى من الأحماض الفينولية

يوضح الجدول 12 وجود زيادة معنوية بتأثير نوع الخلطة وبلغت تركيز الأحماض الفينولية 25.1 ملغم كغم$^{-1}$ في الخلطة 40:1 المخمرة لاهوائيا بمرحلة التخمير الأولى، بينما بلغت 7.1 ملغم كغم$^{-1}$ للخلطة 30:1 المخمرة هوائيا بمرحلة التخمير الأولى. كذلك وجد إن تجهيز RP%20 أثر معنويا بزيادة معدل الأحماض الفينولية بالخلطات إذ بلغ 18.12 ملغم كغم$^{-1}$ بنسبة زيادة 11.3% عن المستوى RP%10.

جدول 12 تأثير التخمير و%RP مع خلطات C: N في المحتوى من الأحماض الفينولية (ملغم كغم$^{-1}$)

تخمير F	RP%	C:N 30:1		C:N 40:1		RP& F	المعدل
		هوائي1	لا هوائي1	هوائي1	لا هوائي1		
هوائي2	10	**2.8**	**7.5**	**8.8**	**10.3**	**7.35**	7.93
	20	**3.7**	**8.4**	**9.6**	**12.4**	**8.50**	
لا هوائي2	10	**9.7**	**32.6**	**21.4**	**37.4**	**25.26**	26.42
	20	**12.2**	**36.5**	**24.3**	**40.3**	**27.82**	
معدل الخلطات		**7.10**	**21.25**	**16.02**	**25.10**		
معدل نسبةC: N		**14.17**		**20.56**			
LSD 0.05 CN=2.32,R=2.22, F=4.54, CNR=4.87, CNF=5.43,RF=4.23, CNRF=6.76							

كذلك تفوق التخمير اللاهوائي على التخمير الهوائي وحقق معدل بلغ 26.54 ملغم كغم$^{-1}$ مقارنة بمعدل بلغ 7.92 ملغم كغم$^{-1}$ مع التخمير الهوائي أي بحدود زيادة ثلاثة أضعاف الكمية المنتجة بالتخمير الهوائي. من جانب أخر حقق التداخل والثلاثي زيادة معنوية في تركيز الأحماض الفينولية من معاملة التخمير اللاهوائي بالمرحلتين والتجهيز RP%20 للخلطة40:1 اعلى معدل بلغ 40.3 ملغم كغم$^{-1}$، بينما وجد ان اقل معدل بلغ 2.8 ملغم كغم$^{-1}$ في معاملة التخمير الهوائي و10%RP% للخلطة 30:1 المخمرة هوائيا في المرحلة الأولى.

تؤكد النتائج السابقة الخلطات التي استمرت بطريقة تخمير واحدة هوائيا، فقد افقدها كثير من محتواها للكاربون مع انخفاض معدلات بعض المواد، وهذا يؤكد سيادة بعض أنواع الميكروبات المحللة خلال عملية التخمر لملائمة الظروف لها (8 و10)، أما المعاملات التي استمر تخميرها تحت الظروف اللاهوائية فأنها احتوت على معدلات عالية من الأحماض الدبالية والفينولية والعناصر الغذائية وكان هذا بفعل إنتاج المركبات الوسطية واستعمالها مصادر للطاقة والكاربون من الأحياء المحللة، كما حدث انخفاض كبير في كمية المركبات الفينولية في الخلطات التي خمرت هوائيا وازداد التركيز مع الخلطات التي استمر تخميرها لاهوائيا (11). وكان لعملية إعادة تجهيز الخلطات باللقاح من ميكروبات التربة دور في إعادة التوازن الميكروبي وهذ ما وجد في النتائج التي حصل عليه (23 و19).

أثبتت النتائج إن العامل المهم الذي يحدد سرعة عملية التحلل ونوعها هو محتوى المادة العضوية من النتروجين، إذ ترتبط الكمية المحللة من الكربون بما يتوفر من عنصر النتروجين ونوع الميكروب المحلل، كما أكدت نتائج الأحماض الدبالية من حامض الفولفك والهيومك في الخلطات إنها عززت من قيمتها إذ يحتوي كلا الحامضين مجاميع فعالة بنسبة 26% من الدبال الكلي (21). وساهم تجهيز الخلطات بالصخر الفوسفاتي بإنتاج سماد عضوي حيوي أكثر استقرارا من خلال تفاعلات الأحماض المنتجة بعملية التخمر مع مكونات الصخر الفوسفاتي وتحسين مكونات السماد من الفوسفور والحديد والزنك والنحاس (16). كما إن زيادة كثافة ونشاط البكتريا المذيبة للفوسفات قد تحسن كثيرا بتجهيز الصخر الفوسفاتي للخلطات الأمر الذي انعكس على زيادة تركيز الفوسفور بمكونات الخلطات، وتؤكد نتائج التجارب ان عملية التخمير الأولى قد هيئات مكونات الخلطات لاستقبال الصخر الفوسفاتي وهذا كان متوافقا مع ذكره (12).

أن زيادة جاهزية الحديد والزنك والنحاس في الخلطات جاء نتيجة لقدرة المواد العضوية المحللة ميكروبيا على تكوين المعقدات الذائبة وغير الذائبة مع هذه العناصر التي كان للمخلفات المخمرة والصخر الفوسفاتي المجهز للخلطات محتوى جيد منها، كذلك للمادة العضوية المتحللة دور مهم في خلب هذه العناصر من مصادرها (24).

المصادر

1-Arsova, L., 2008. The State Of Garbage in America. Biocycle, 49 (12), p.22.

2-Habib, L.; S.H. Chien; G. Carmona and J. Henao, 1999. Rape response to a Syrian phosphate rock and its mixture with triple superphosphate on a limed alkaline soil. Com. Soil Sci. Plant Anal., 30: 449–456.

3-Haney, R.L؛. A.J. Franzluebbers؛ E.B. Porter؛ F.M. Hons and D.A. Zuberer, 2004. Soil Carbon and Nitrogen Mineralization .Soil Sci. Soc. Am. J., 68, 489.

4-Hanselman, T.A؛. D.A. Graetz and T.A. Obreza, 2004. A Comparison of In Situ Methods for Measuring Net Nitrogen Mineralization Rates of Organic Soil Amendments J. Environ. Qual., 33, 1098.

5-Havlin, J. L؛. J. D. Beaton؛ S. L. Tisdale and W. L. Nelson, 2005. Soil fertility and fertilizers: 7th ed. An introduction to nutrient management .Upper Saddle River –New Jersey –U.S.A.

6-Holt, J. G.; N.R. Krig؛ P.H.A. Sneath؛ J.J. Staly and S.T. Williams, 1994. Berge's Manual of Determinative Bacteriology .9th.U.S.A.

7-Louw, H. A. and D. M. Webley (1958). A plate method for estimating the numbers of phosphate dissolving and acid – productively bacteria in soil Nature, Land:182 . 1317 – 1318.

8-Iyengar, S.R., and Bhave P.P., 2006. In-vessel composting of household wastes. Waste management, 26(10), pp 1070-1080.

9-Makkar, H.P.; M. Blümmel; N.K. Borowy; and K. Becker) 1993). Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. J. Sci. Food Agric., 61: 161-165.

10-Mark, M. (IOTA) , 2010. The role analysis and management of soil health and crop quantity and quality. www.organic.UK. Pappies Res. review. 3 copost.pdf.

11-Nagavallemma, K.N.; S.P. Wani; S. Lacroix; V.V. Padmaja; C. Vineela; M.B. Rao and K.L Sahrawat, 2004.Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. ICRISAT, Andhra Pradesh, India.

12-Nishanth, D and DR. Biswas, 2007. Kinetics of phosphorus and potassium release from rock phosphate and waste mica enriched compost and their effect on yield and nutrient uptake by wheat (Triticum aestivum). oresour Technol. 2008 Jun99 ؛(9):3342-53. Epub 2007 Oct 1.

13-Page, A. L.; R. H. Miller, and D. R. Kenney, 1982. Methods of Soil analysis part (2). 2nd ed. Agronomy 9. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.

14-Palleroni ،N.J.،1984. Gram-negative aerobic rods and cocci. In: Krieg, N.R., (Ed). Bergeys manual of systematic bacteriology. I ،II ،III ،IV140 ،-199.

15-Rezende, L.A؛. L.C. Assis and E. Nahas, 2004. Bioresour. Technol., 94, 159.

16-Sagoe, C.I؛. T. Ando؛ K. Kouno and T. Nagaoka, 1998. Relative importance of protons and solution calcium concentration in phosphate rock dissolution by organic acids. Soil Sci. Plant Nutr. 44:617-625.

17-Schnitzer, M. and K. Ghosh, 1982. Characteristics of water-soluble fulvic acid-copper and fulvic acid-iron complexes. Soil Sci. 134:354-363.

18-Sharma, K., 2005. Manual of Microbiology .Isolation, Purification and Identification of Bacteria .Ane Books Pub. New Delhi, P.41.

19-Sharma, S., V .Kumar and R.B. Tripathi, 2011. Isolation of phosphate solubilizing microorganism) PSMS) from soil. J. Microbial. Biotech .Res .(2):90-95.

20-Sposito, G. K., Holtzclaw, C. S. Levesque and C. T. J0hnston, 1982. Trace metal chemistry in arid zone field soils amended with sewage sludge. Soil Sci. Soc. Am. J. 46:265-270.

21-Stevenson, F.G. and H.A. Bulter, 1969. Chemistry of humic acids and related pigments. P. 534 – 557. In G. Englinton and M. T. Murphy (eds.) organic geochemistry. Spring ervelag ،New York.

22-Sudharsan, V. V.; S.K. Ajay and S. Kalamdhad, 2013. Composting of Municipal Solid Waste (MSW) mixed with cattle manure.http://www.net/public. 4117232.

23-Wakelin, S.A؛. V.V. Gupt؛ P.R. Harvey and M.H. Ryder (2007). The effect of penicillium fungi on plant growth and phosphorus mobilization in neutral to alkaline soils from southern Australia .Can J Microbial 53:106-115.

24-Wei Z.; S. Wang ; X. BD; Y. Zhao and H. Liu (2007).Effect of municipal solid waste composting on availability of insoluble phosphate. Huan Jing Ke, Xue. Mar28 ؛ (3):679-83.