不同有機資材及通氣量對堆肥中營養要素之影響[1]

蔡宜峰　黃祥慶[2]

摘　要

爲探究碳、氮、磷、鉀等營養要素在有機物堆肥化過程中之變化，以期能依不同有機物之特性，使製成堆肥的養分供應潛能適合不同作物之養分需求。本研究利用多種不同有機廢棄物爲堆肥資材，實施二種不同堆肥配方處理(A：雞糞-木屑-稻桿，B：牛糞-木屑-稻桿)及通氣量處理三級(a: 6.6±0.5 l/min，b: 13.8±0.9 l/min，c: 25.4±1.9 l/min)等試驗。試驗結果顯示，堆肥化過程中碳成分濃度下降，氮、磷及鉀成分濃度呈上昇。以木屑及稻草爲碳源，在以牛糞爲氮源時，堆肥化中氮的損失率約31.4%，碳的損失率約58.7%，乾物損失率爲48.8%。如以雞糞爲氮源時，堆肥化中氮的損失率約37.1%，碳的損失率約64.9%，乾物損失率爲52.1%。同樣以雞糞爲氮源下，在堆肥化中持續實施通氣處理，則氮的平均損失率約爲22%，碳的平均損失率爲61.6%。堆肥化中磷和鉀的損失率在誤差變異內，可視爲在堆肥化過程中無損失。

關鍵字：有機資材、通氣、營養要素成分、堆肥。

前　言

近來台灣地區農業廢棄物量逐年增加，由台灣農業年報統計指出(7)，1992年台灣地區主要農業廢棄物包括作物及禽畜類廢棄物中所含N、P、K及C成分總量，相當於該年化學肥料中氮、磷及鉀總用量的66%、248%及135%。一般有機廢棄物均兼具污染性及資源性，如妥爲處理，將能轉化爲農業生產系統中的養分源(N、P、K)及能量源(C)(6,8,10,14,15)。因此將農業廢棄物回歸于農田，應該是合乎自然法則的資源再利用。然則施用未腐熟的有機物，容易造成土壤還原性及釋出毒性物質等問題(1,25)。爲了農田能長期消納有機廢棄物，且避免過量施用，造成土壤中某些養分含量失衡，而不利作物生長或形成二次污染，於今利用有機廢棄物必須賦予資源循環之科學精神。

由於有機質所含化合物成分在土壤中經過微生物之礦化作用後，才能釋出養分供作物吸收(12,20,24)，同時也影響土壤的理化性及生物性等(1,11,21)。當有機質礦化釋出養分太早、或累積太多、或待作物生長旺期過後才釋出者，對作物生長及土壤環境皆不利(4,9,12)，因此有機廢棄物必須經過適當地堆肥化處理以克服重金屬及有毒有機成分等限制因子(10,18,22)，並根據堆肥在土壤中之礦化機制(養分供應潛能、礦化速率)及其對土壤、作物生長之影響效應加以研究(8,9)，以使堆肥的效益發揮最恰當。

---

[1] 台中區農業改良場研究報告第 0326 號。

[2] 台中區農業改良場助理研究員。

本研究目的在於探究碳、氮、磷、鉀等成分在有機物堆肥化過程中之變化，並尋求建立適當的堆肥化條件，期能依不同有機物之特性，使製成堆肥的養分供應潛能適合不同作物之養分需求等，以供日後相關研究及應用之參考。

材料與方法

本研究使用之有機材料包括有雞糞、牛糞、鋸木屑(楠木)及稻桿等多種，有機材料及堆肥樣品經70℃烘箱烘乾後，磨粉過篩(100 mesh)，以濕灰法測定氮、磷及鉀等成分含量[4,5]，有機碳成分以Walkley-Black法測定[4]，pH值以堆肥：水比1：5萃取後測定，交換性氮以2 M KCl萃取後測定[4]。堆肥前有機物基值配方主要依據不同有機物所含營養要素含量(表一)，設定堆肥化前堆積物之C/N應調整至約30，水分含量約60%爲基準[3]，計算出A及B二種不同的有機物種類及用量之堆肥配方(表二)。並利用A堆肥配方實施通氣量之堆肥化技術試驗：

堆肥配方試驗

採用A及B二種堆肥配方，其中碳源部分均以木屑及稻桿爲主，氮源部分A堆肥以雞糞爲主，B堆肥以牛糞爲主。試驗材料調配混合均勻後，初期水分維持約60%，各約80 kg重，裝入容量300 l塑膠桶，並定期每隔4~6日人工翻堆一次。

電動式通氣量試驗

試驗材料採用與表二中A堆肥相同之配方，材料調配混合均勻，調整水分含量爲60%後，裝入容量爲1 m^3之壓克力箱，堆肥化中不實施翻堆工作，僅以空氣壓縮機由下方開孔持續送風，試驗處理分別爲6.6±0.5 l/min，13.8±0.9 l/min，25.4±1.9 l/min三級。

表一、有機廢棄物資材之營養要素含量
Table 1. Nutrient contents of organic wastes

Organic waste	N	P	K	C
	%			
Chicken waste	2.69	2.56	3.63	21.3
Dairy waste	2.11	1.27	1.61	38.3
Rice straw	1.17	0.12	1.68	50.2
Sawdust	0.14	0.01	0.11	49.9

表二、 堆肥處理之配方
Table 2. Ingredients of the compost

Organic waste	A	B
	Dry Wt.	
	kg	
Chicken waste	0.59	-
Dairy waste	-	1.15
Rice straw	0.98	0.96
Sawdust	8.55	8.05
Urea	0.28	0.26
Total	10.40	10.40

結果與討論

不同有機物基質配方之影響效應

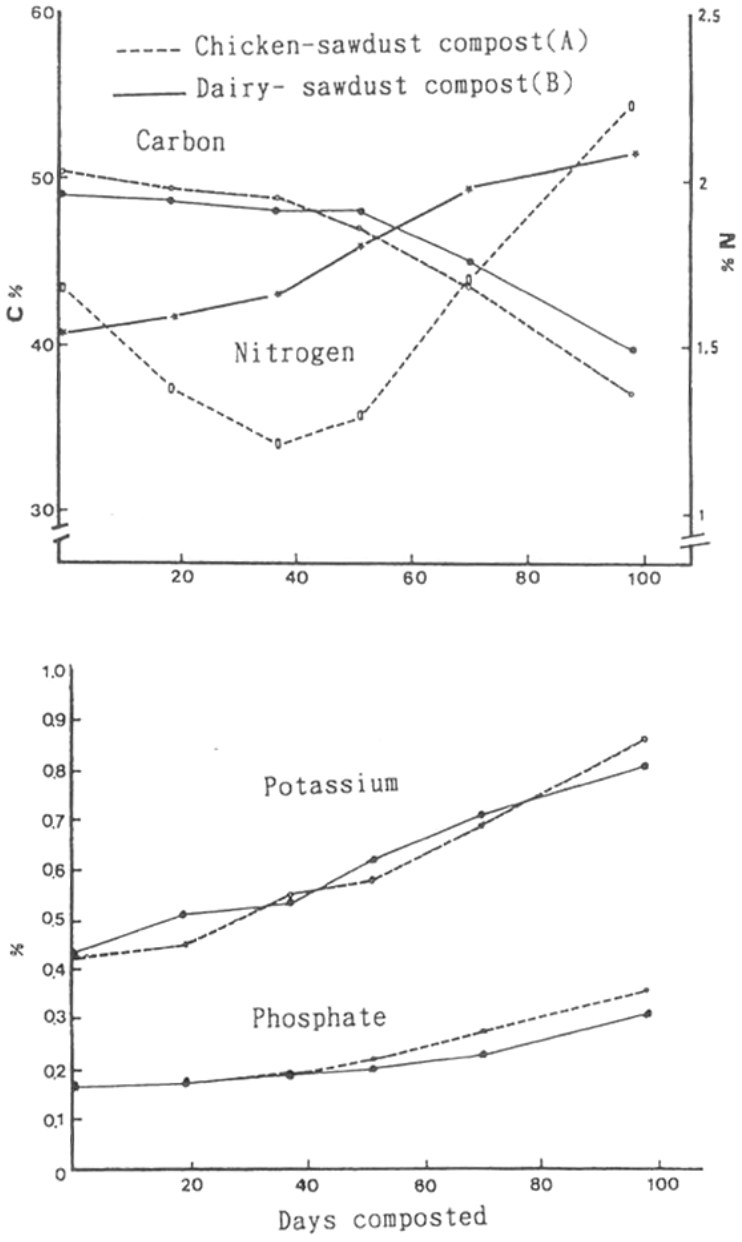
爲有效地提昇堆肥之效益，必須瞭解碳、氮、磷、鉀等成分在有機物堆肥化過程中之變化，以能適當地提高堆肥中營養要素含量，或調整堆肥中營養要素含量比例，配合作物對養分吸收率。本研究依據玉米對氮、磷、鉀營養要素吸收率($N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$，1.3%-0.18%-1.3%)[19]，以及堆肥化前有機物基質碳氮比值30等爲基準，利用鋸木屑(楠木)、稻桿、雞糞及牛糞等有機物調配製成碳、氮、磷、鉀成分含量比例爲100：5：1：2.5之堆肥。經由A、B配方(表二)之堆肥化試驗顯示，有機物中碳成分含量在堆肥化過程中均呈下降趨勢，氮成分百分率含量在堆肥化初期呈急劇下降情形，而後又逐漸上昇，整體而言，氮成分濃度在堆肥化中是呈提高趨勢，磷及鉀百分率成分含量則隨堆積日數增加而逐漸增加(圖一)。由於在堆肥化中，有機物基質中所含碳水化合物成分會迅速地被微生物作用而分解，全碳含量會呈下降情形，其它植物營養要素濃度則因濃縮效應而呈現增加趨勢，最後當堆肥充分腐熟時，其組成分均呈現較穩定狀態[5,15,17]。在經過98日堆肥化後，A配方之堆肥中氮、磷及鉀成分含量分別增加約0.54%，0.20%及0.44%，碳成分含量則減少約13.5%，其碳、氮、磷、鉀成分比例爲102：6.2：1：2.4，B配方之堆肥中氮、磷及鉀成含量分別增加約0.52%，0.15%及0.39%，碳成分含量則減少約9.6%，其碳、氮、磷、鉀成分比例爲128：6.7：1：2.6(表三)。

爲瞭解碳、氮、磷、鉀成分在堆肥化中總量之變化情形，即由堆肥中碳、氮、磷、鉀等成分含量與其乾物重量換算，求出各種成分總量之變化。以雞糞爲氮源的A堆肥中(圖二)，于堆積98日後，氮成分總量較原始材料共計損失37.1%，碳成分總量損失64.9%，乾物量損失52.1%，分別顯著地大於以牛糞爲氮源的B堆肥中31.4%(氮損失率)，58.7%(碳損失率)及48.8%(乾物量損失率)。顯然不同有機物配方在堆肥化中氮、碳及乾物量之變化即有顯著之差異。由多位學者之研究顯示，有機物在分解過程中，呈現有多種不同分解速率之　情形，其原因可能是有機物中含有不同的化合物組成所造成[13,21]。Honeycutt, et al. (1993)指出以有機物中氮含量或C/N並不足以描述氮及碳之礦質化作用，而應由有機物所含纖維素及木質素等有機組成分加以研究[16]。由於A配方堆肥乃採用雞糞爲主要氮源材料，B配方堆肥則以牛糞爲主要氮源材料，由此可知，使用雞糞爲堆積材料者，在堆肥化中其碳成分含量減少比率較大，致使氮、磷及鉀等成分含量相對地較使用牛糞爲氮源者爲高，由腐熟堆肥中碳、氮、磷、鉀成分含量比例而言，A配方顯然較符合預期目標，因此單方面考慮不同有機物中各營養要素含量，是不足以完整地解釋有機物成分在堆肥化中之變化，日後需由各有機物所含化合物成分如碳水化合物、纖維素及木質素等進一步探討。

不同通氣量之處理效應

在使用A配方材料實施自動送風通氣之堆肥化試驗結果亦顯示，氮、磷及鉀成分含量在堆肥化中會增加，碳成分含量則減少，惟不同通氣量處理間各成分含量之差異均未達顯著水準(表四)，堆肥中C、N、P及K成分含量平均爲36.7%、2.64%、0.36%及0.96%，其比例約爲102：7.3：1：2.6，顯然堆肥化中實施通氣處理較一般人工翻堆方式可增加堆肥中氮成分之含量。一般堆肥化中有機物所含植物營養要素濃度雖會因碳成分迅速分解之濃縮效應而逐漸增加，

但亦會因肥水損失或氨揮失作用等造成部分營養要素成分之損失[5,14,17]。堆肥中如能使堆積體維持成較好氣狀態，使礦化之銨態氮快速轉成硝態氮，以免氨態氮揮失，且可避免硝態氮進行脫氮作用而損失[23]。在自動通氣之試驗中，不同通氣量處理間氮、碳成分總量及乾物量損失之差異均未達顯著水準(圖三)。惟其氮成分總量損失率平均爲22.0%，遠低於相同材料(A配方)卻以人工翻堆方式之氮成分總量損失率37.1%，以碳成分總量而言，通氣處理之損失率平均爲61.6%，較低於人工翻堆方式處理之64%損失率。由於通氣處理可以顯著地降低氮成分在堆肥化中之損失，使氮成分能夠保存於堆肥中，所以通氣處理下之腐熟堆肥中氮成分含量可達2.6%，顯著地高於實施人工翻堆處理之氮成分含量2.23%，因此實施連續性通氣處理確可降低氮及碳成分于堆肥化中之損失，而增加腐熟堆肥中氮成分含量之效果。



圖一、堆肥化過程中氮、碳、磷及鉀含量之變化。

Fig. 1. Changes of the contents of nitrogen, carbon, phosphate and potassium during composting.

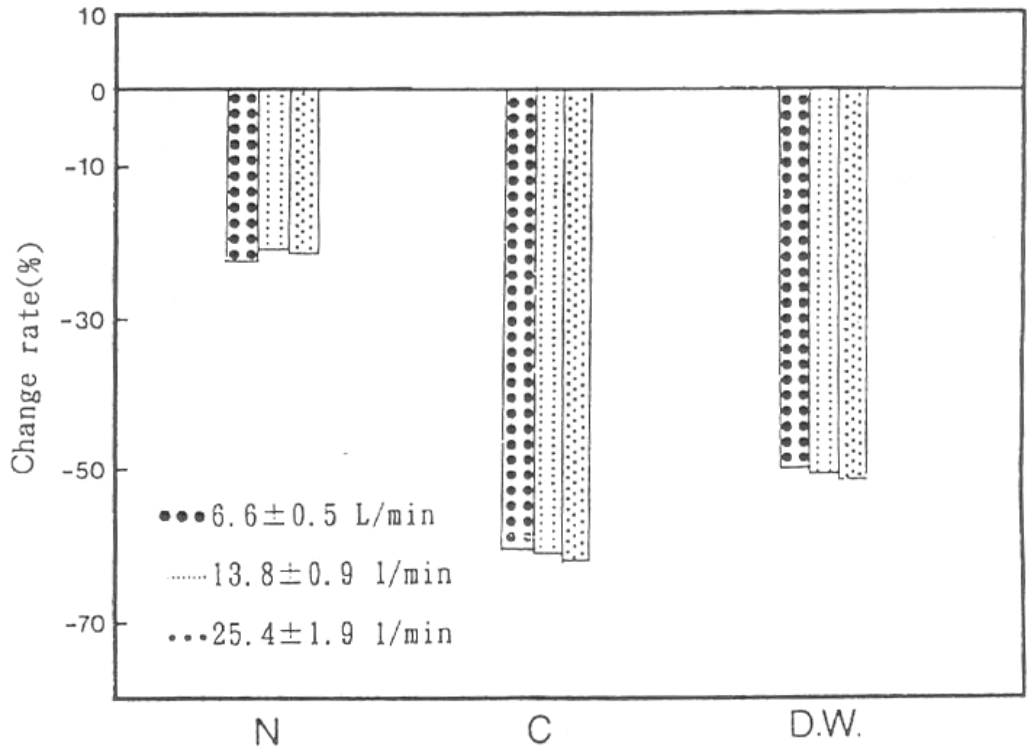
表三、堆肥化前後氮、磷、鉀及碳成分百分率含量之變化

Table 3. Changes of N, P, K and C contents before and after composting

Compost[1]	Days composted		N	P	K	C
		%				
A	0	Mean	1.69	0.16	0.42	50.4
		SE[2]	0.04	0.02	0.04	2.6
	98	Mean	2.23	0.36	0.86	36.9
		SE	0.15	0.03	0.08	4.8
B	0	Mean	1.56	0.16	0.43	49.3
		SE	0.05	0.02	0.05	1.9
	98	Mean	2.08	0.31	0.82	39.7
		SE	0.08	0.05	0.12	3.6

[1] See Table 2.

[2] SE: standard error.



圖二、氮、碳及乾物重總量經堆肥化後之變化。

Fig. 2. Changes of the total amounts of nitrogen, carbon and dry weight after composting.

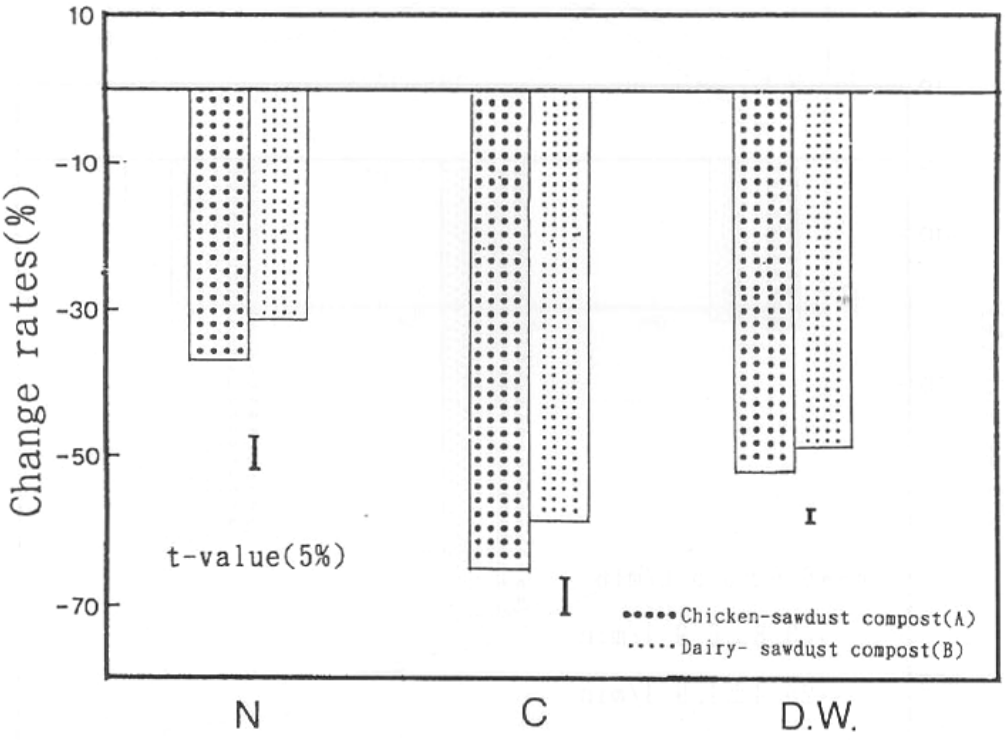
表四、送風式通氣法對腐熟雞糞堆肥之氮、磷、鉀及碳成分百分率含量之影響

Table 4. Effects of positive pressure aerations on the contents of N, P, K and C of chicken composts after composting

Treatment[1]		N	P	K	C
		%			
A1	Mean	2.56	0.35	0.94	36.8
	SE[2]	0.27	0.02	0.05	1.6
A2	Mean	2.64	0.36	0.96	36.7
	SE	0.26	0.02	0.09	1.9
A3	Mean	2.68	0.36	0.98	36.5
	SE	0.24	0.05	0.05	1.2

[1] A1: 6.6±0.5 l/min, A2: 13.8±0.9 l/min, A3: 25.4±1.9 l/min.

[2] SE: Standard error.



圖三、送風式通氣法對氮、碳及乾物重總量變化之影響。

Fig. 3. Effects of positive pressure aeration rates on the changes of total amounts of nitrogen, carbon and dry weight after composting.

誌　　謝

本研究承農委會經費資助，中興大學莊作權及黃裕銘博士指導斧正，本場土壤研究室同仁協助試驗工作，謹此一併申謝。

參考文獻

1. 洪崑煌 華傑 1975 作物殘渣對後作之影響 (二)稻草及蔗渣之分解對水稻之發芽及幼苗吸收養分之影響 中國農業化學會誌 13(1~2): 41~45。
2. 莊作權 楊明富 1992 水稻-田菁-玉米輪作制度下施用堆肥對土壤肥力之影響 中國農業化學會誌 30(4): 553~568。
3. 袁紹英 1985 堆肥的品質管制 p.3: 1~28 固體廢棄物堆肥化處理技術研討會論文輯。
4. 黃裕銘 黃仁足 王銀波 1993 唐菖蒲肥培管理 Ⅰ.尿素、過磷酸鈣、氯化鉀及堆肥對冬作唐菖蒲生長及土壤化學性質的影響 中華農業會報 新162: 23~32。
5. 葉美雲 1991 玉米穗軸堆肥對三種作物生長的影響 碩士論文國立台灣大學農業化學研究所 台北。
6. 雷通明 1987 從土壤學觀點談農業現代化 中華水土保持學報 18 (2): 1~12。
7. 臺灣農業年報 1992 臺灣省政府農林廳 南投。
8. 嚴式清 1989 畜牧廢棄物在有機農業之利用 有機農業研討會專集 p.229~242 台中區農業改良場特刊No.16 彰化。
9. 荒木茂 1992 國際シンボジウム"農業の持續性にかかわる土壤有機物の動態"に參加して 日本土壤肥料學雜誌 63(5): 620~622。
10. de Bertoldi, M., G. Vallint, A. Pera and F. Zucconi. 1985. Technological aspects of composting including modelling and microbiology. In: Composting of Agricultural and Other Wastes. ed. by J. K. R. Gasser Elsevier. London and New York. p.27-41.
11. Chang, C., T. G. Sommerfeldt and T. Entz. 1991. Soil chemistry after eleven annual application of cattle feedlot manure. J. Environ. Qual. 20: 78-87.
12. Epstein, E., D. B. Keane, J. J. Meisinger and J. O. Legg. 1978. Mineralization of nitrogen from sewage sludge and sludge compost. J. Environ. Qual. 7: 217-221.
13. Gale, P. M. and J. T. Gilmour. 1986. Carbon and nitrogen mineralization kinetics for poultry litter. J. Environ. Qual. 15: 423-426.
14. Haga, K. 1990. Production of compost from organic wastes. ASPAC/FFTC, Extension Bulletin No. 311: 1-18.
15. Harada, Y. 1990. Composting and application of animal wastes. ASPAC/FFTC Extension Bulletin No. 311: 19-31.
16. Honeycutt, C. W., L. J. Potaro, K. L. Avila and W. A. Halteman. 1993.Residue quality, loading rate and soil temperature relations with hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) residue carbon, nitrogen and phosphorus mineralization. Biological Agriculture Horticulture. 9: 181-199.
17. Inoko, A. 1982. The composting of organic materials and associated maturity problems. ASPAC/ FFTC Extension Bulletin No. 71: 1-20.

18. Jacobs, L. W. 1990. Potential hazards when using organic materials as fertilizers for crop pro- duction. ASPAC/FFTC Technical Bulletin No. 313: 1-29.
19. Jenne, E. A., H. F. Rhoades and C. H. Yien. 1985. Change in nutrient element accumulation by corn with depletion of soil moisture. Agronomy J. 50(1): 71-74.
20. Jokela, W. E. 1992. Nitrogen fertilizer and dairy mannure effects on corn yield and soil nitrate. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 148-154.
21. Martin, J. P. and D. D. Focht. 1977. Biological properties of soil. In: Soils for management of organic wastesand waste water. p.114-169. ed. by Elliott, L. F. et al. Madison, Wisconsin. USA.
22. Petruzzelli, G., L. Lubrano and G. Guidi. 1989. Uptake by corn and chemical extractability of heavy metals from a four year compost treated soil. Plant and Soil. 116: 23-27.
23. Steniford, E. I., D. D. Mara and P. L. Taylor. 1985. Forced aeration co-composting of domestic refuse and sewage slude in ststic piles. p.73-86. In: Composting of Agricultural and Other Wastes. ed. by J. K. R. Gasser. Elsevier. London & New York.
24. White, R. H. 1979. Nutrient cycling. p.129-143. In: Introduction to the Principles and Practice of Soil Science.Blackwell Scientific Publications. Oxford. London.
25. Zocconi, F., A. Monaco, M. Forte and M. de. Bertoldi. 1985. Phytotoxins during the stabilization of organic matter. p.73-86. In: Composting of Agricultural and Other Wastes. ed. by J. K. R. Gasser. Elsevier. London & New York.

Effects of Different Organic Wastes and Aeration Rates on the Nutrients Contents in Composts[1]

Yi-Fong Tsai and Hsiang-Ching Huang[2]

ABSTRACT

In order to control the nutrients contents in composts derived from organic wastes, it is neceessary to understand the changes of C, N, P and K during composting. Experiments with two ingredients (A: chicken-sawdust-rice straw, B: dairy-sawdust-rice straw) and three aeration rates (6.6±0.5 l/min, 13.8±0.9 l/min, and 25.4±1.9 l/min) were conducted to study the effects of organic wastes on the changes of C, N, P and K after composted. The results showed that the concentration of C decreased and the concentrations of N, P and K increased during composting. The loss rates of the total amounts of N, C and dry weight in compost were 31.4%, 58.7% and 48.8%, respestively, in B ingredient, and 37.1%, 64.9%, 52.1%, respestively, in A ingredient. Restults derived from aeration treatments showed that the loss rates of the total amounts of N and C were 22.0% and 61.6%. There were not significantly losses on the total amounts of P and K during composting.

Key word: organic waste, aeration, nutrients, compost.

[1] Contribution No. 0326 from Taichung DAIS.

[2] Assistant Soil Scientist of Taichung DAIS.