

有機質肥料的研發與應用

蔡宜峰

行政院農業委員會台中區農業改良場

摘 要

為使堆肥使用的效益發揮最大，即必須確實瞭解堆肥的功能性及成分特性，並掌握正確的堆肥製作方向與技術，此亦為本文討論的主要目的及重點。本文內容主要針對 1.堆肥製作技術之研發方向，2.堆肥製作技術研發及應用成果等方面加以探討，並收集整理近年來國內外相關試驗研究報告，以期能針對堆肥製作技術及應用成果，提供日後實際應用及研究之參考。

前 言

縱觀人類文明發展，早在農業時代，人們已體認到回收自然資源再利用之妙用，並巧妙地運用到農業生產上，例如將作物殘渣及禽畜類排泄物等有機廢棄物回歸農田使用，化腐朽為神奇，以作為增進農田地力之手段。當邁入工業時代後，追求高產值成為惟一的目標，自然資源即被人們任意的開發及揮霍。惟自 1970 年代，石油危機發生後，有識之士重新體認到珍惜自然資源之重要性。因此有機廢棄物處理應朝『資源化』、『減量化』、『安全化』及『具經濟效益』等多元化策略加以開發。中國祖先很早即懂得種植作物，除發展犁具以犁田並中耕除草等助力，其主要原因在於懂得將動物排泄廢棄物、植物之殘體，甚至收集野外植生加入農田（綠肥），以永保土壤肥力，使之不至因耕作而消耗（吳, 1990），如此耕作制度合乎自然而儼然發展成一永續農業，而此永續農業自古即相傳下來，顯然這是中華民族和中華文化之所以能夠長遠繁延的主要原因之一。由此更驗證永續農業的根本在土壤（雷, 1987），而其發展命脈則奠基於『有機質肥料』之理論（蘇, 1989），因此開發有機質肥料是頗具有深遠的歷史性意義。隨著『綠色革命』的發生，以及為了滿足不斷膨脹人口所需要的營養食物，農業發展遂以冀求單位面積增產為標的，形成集約化及單一作物式的農耕模式。惟由於未能將中國自然循環的理念帶入，又未能合理的施用化學性肥料及農藥等，致使農業生態逐漸惡化，如土壤性質劣變等問題（黃, 1989; 謝, 1993），進而影響到土壤生產潛能（Bationo and Mokuwunye, 1991），且大量的農業廢棄物未能納入農業生產體系中循環利用，亦造成諸多環保及社會問題。

一般農業廢棄物均兼具污染性及資源性，如妥為處理，將能轉化為農業生產系統中的養分源(氮、磷、鉀)及能源(碳) (Chae and Tabatabai;1986)，因此將農業廢棄物回歸于農田，不僅合乎資源再利用的自然法則，而且也是現今消納如此大量有機廢棄物之重要方向之一。然而施用未腐熟的有機物，容易造成土壤過度還原性及釋出毒性物質等問題 (洪與華, 1975; Harada, 1990; Jokela, 1992)，因此有機廢棄物需經過適當的堆肥化處理以除去不良有機成分及毒性物質等限制作物生長的因子 (Harada et al., 1991; Inoko, 1982)，製成高品質有機質肥料，如此不僅可以提升農田地力，且減少廢棄物對環境之衝擊 (王, 1989; 雷, 1987; 嚴, 1989)。所謂堆肥化作用即利用廣泛分佈於自然界之微生物，在控制的條件下，將廢棄物中不穩定的有機組成分加以分解，轉換為安定的腐植質成分，即腐熟的堆肥 (De Bertoldi et al., 1985; Inoko, 1982)。不同有機材料經過適當調配，在適當的條件下堆積發酵，可以縮短有機物分解的時間，而生產出物理性狀均一，化學成分穩定的高品質有機堆肥 (Harada, 1990)。

展望二十一世紀的來臨，臺灣將邁入已開發國家之列，將來臺灣糧食需求也必定走向高品質標準，現今臺灣地區化學肥料用量始終高居世界前茅，農家自給有機質肥料用量卻逐年降低 (黃, 1991)。所以充分開發及應用有機質肥料替代或減少使用化學肥料，以生產自然且健康的農產品是未來農業發展必然的趨勢。自然界的生生不息取決於生態體系的循環平衡，目前盛行的農耕法密切地依賴化學性的石化產品，往往危及某些土壤微生物之生存、活動及平衡，長久之必將直接或間接影響自然生態之品質及平衡 (黃, 1989)。而在農業生產體系中實踐自然生態循環理念的具體方法之一，即是將廢棄物開發成有機質肥料回饋於農地使用，並配合適當且正確的使用技術，以增進農田地力，進而開創永續農業經營。因此，堆肥在農業生產及保持地力上，兼具肥料及土壤改良的效益，亦為廢棄物處理中重要的一環。堆肥法的優點在於不需要高度的技術、處理成本低、安全衛生、合於環境保全的原則，其缺點在於成品堆肥的品質較難控制，惟仍有待檢討評估及重新規畫之價值。本文擬針對有機廢棄物堆肥化技術之研發方向及田間應用效益等多重層面加以檢討與評估，以供日後研究及應用之參考。

堆肥製作技術之研發方向

一、確保堆肥品質特性

新鮮或未腐熟之有機物施用於土壤可能引起不良後果，如土壤缺氮、產生有機酸或土壤還原性阻害作物生長、傳播病原菌、雜草種子等 (Harada et

al., 1991; Inoko, 1982)。因此，製作堆肥之堆肥化過程；讓有機物充分腐熟，使它轉變為安全、穩定之高品質有機質肥料，相當重要。農田如長期施用單一種類之堆肥，極易造成土壤某些養分含量比例失衡 (Chang et al., 1991; Harada, 1990)，而當一次施用過量時，又可能形成土壤中養分累積及分解釋出過多之硝酸態氮等 (Jacobs, 1990; Vivckanandan and Fixen, 1990)。因此，為了農田能長期消納有機廢棄物，且避免不利作物生長或形成二次污染，即應審慎地評估堆肥之品質特性及施用後對土壤肥力之影響。為確保堆肥品質特性，堆肥製作技術之研發方向包括有：

(一) 調配適當的材料配方：

微生物所需的營養鹽，以碳、氮最多，碳主要為微生物生命活動提供能源；氮則用於合成細胞所需之養分。正常的好氧性堆肥原料中要求要有一定的碳氮比 (C/N)，一般而言，堆肥前有機材料的最佳的碳氮比約為 25-35:1 左右時，較利於堆肥化微生物的分解，堆肥醱酵的過程最快 (Golueke, 1994)。若碳氮比過低 (亦即低於 20:1)，微生物的繁殖會因為能量(碳)的不足而受到抑制，導致分解緩慢且不徹底，而微生物分解出過多之氮，而易從堆肥中逸散，導致氮素損失；反之，一旦碳氮比過高 (亦即高於 40:1)，則微生物的繁殖會因為主要營養源 (氮) 的不足而受到抑制，對於堆肥化微生物的繁殖與分解會產生不良影響。以整體趨勢來看，隨著堆肥醱酵的進行，堆肥材料的碳氮比會逐漸下降。

為保證成品的堆肥中含有一定量的碳氮比 (一般約為 10-20:1) 和在堆肥過程中使分解速度有序的進行，必須調整好堆肥原料的碳氮比。因此，堆肥製作時不應該只選擇單一種類廢棄物，應該要選擇適當種類的有機材料及調配不同用量比例，使堆肥前有機材料接近最佳的碳氮比 (25-35:1)，混合後再進行堆肥的製作，可以降低有害成分的累積及腐熟後堆肥成品有效性成分較為均勻，施用於土壤較為有利。

(二) 調控適當的堆肥化技術參數：

堆肥化過程進行是否順利，可以根據堆肥原物料中有機物成分特性和堆肥技術控制參數的變化。透過堆肥技術參數的控制，可以確保堆肥過程順利進行及穩定堆肥成品品質特性。一般影響堆肥化的條件因子是相同的，除了有機物成分特性 (碳氮比)，主要有含水率、溫度、通氣量、pH 值和腐熟度等等 (Golueke, 1994)。惟對於各種不同的堆肥系統及不同有機廢棄物種類而言，其控制和監測堆肥過程的運行參數仍然必須進一步的研究探討，以期建立更適的控制參數。因此研究適當的調控堆肥化技術參數，即為日後堆肥製作技術的研發重點之一。

二、增強堆肥的功能性

製作堆肥需先明確定出堆肥的功能性，據以規劃生產目標，並加以選擇堆肥製作材料之種類與成分特性，最後歸納調配出堆肥製作材料配方，但仍必須以選擇地區性有機資材及考量經濟效益為主，若有必要再混合不同有機材料。其考量重點包括有：

(一) 用以改善土壤物理性為主者，堆肥成品要以含腐植化木質素為主，必須選擇木質素含量高的有機材料，例如蔗渣、栽培菇類廢木屑（太空包木屑）、稻殼、植物薰桿等。

(二) 以供應速效養分者，要以微生物體（biomass）為主，並調整堆肥中養分比率，以期配合標的作物之養分吸收特性。堆肥的材料可以選擇適量的易分解有機資材，例如植物渣粕、禽類排泄物等。

(三) 以長期供應養分並改善土壤理化性質者，需兼顧微生物體、腐植化木質素量比及各種養分含量均衡值。

(四) 以改善土壤生物性為目的者，應視土壤條件因子而調製堆肥中不同有機組成分，以引發相抑環境條件或促進有益菌之繁殖以達目的。如能配合堆肥材料特性，適時適量添加有益微生物，並搭配正確的堆肥製作技術，亦能誘使有益微生物存活於堆肥成品中，而隨著堆肥施入農田土壤，達到改善土壤生物性目的。

(五) 以栽培基質為目標者，則所含腐植化木質素相對量亦需較高，但養分成分含量及電導度等特性亦需計算，以不影響栽培作物生長為目標。

三、發揮堆肥的多重效益

(一) 確實瞭解及掌握堆肥材料特性：

要使堆肥有效性發揮到最恰當，必須使堆肥的養分礦化速率與作物養分吸收速率互相配合。為了農田能夠長期使用堆肥，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。必須瞭解有機質可利用性養分潛力（PAN）之大小。堆肥可利用性養分潛力之估算方法很多，最常使用者為直接孵育法。此方法為直接添加有機質於土壤中孵育，再定期採樣分析土壤中無機養分含量之變化，以估算養分的礦化量。惟此方法耗時較久，有學者採用化學分析法，利用特別化學抽出劑，萃取堆肥有效養分成分，作為估算可利用性養分潛力的指標。化學分析指標法雖較為快速簡便，然而至今尚無一萃取法能滿足各種有機質肥料之評估，因此尚須進一步探討其準確性，並應考慮實際應用於田間的實用性。因此針對有機質中可礦化有機組成分發展適當化學分析指標法，並據以估算其可利用性養分潛力及礦化速率，

是未來研究及推廣施用堆肥的重要方向之一。

(二) 配合作物養分吸收特性調整堆肥材料配方：

土壤有機質是植物養分的寶庫，如氮、磷、硫及微量元素大都和有機質結合 (Martin and Focht, 1977)，施用有機資材具有增加土壤有機質含量的直接效果 (莊與楊, 1992; Sommerfeldt et al., 1988)。許多微量元素經由有機質之帶入及保持 (Chang et al., 1991)，也是一般化學肥料無法一一具有的優點。為有效地提昇堆肥之效益，不僅必須瞭解有機組成(碳)與氮、磷及鉀等營養要素在有機物堆肥化過程中之變化及相互關係，以期能適當地提高堆肥中營養要素含量 (Bangar et al., 1989)，或調整堆肥中營養成分含量比，以配合作物對養分吸收率 (Smith and Hadley, 1989)，以及維護土壤生態及養分平衡 (Hendrix et al., 1992)。

堆肥製作技術研發及應用成果

為維持農田土壤永續經營發展，於今利用有機廢棄物必須賦于資源循環之科學精神 (嚴, 1989)。而其首要策略即應多方面研究探討，包括根據堆肥中有機化合物組成加以研究，並探討堆肥在土壤中之礦化機制 (養分供應潛能、礦化速率) (Bitzer and Sims, 1988; Douglas and Magdoff, 1991)、對土壤與作物生長之影響效應 (Juang and Chang, 1992) 及其對環境影響等加以研究 (Benckiser and Simarmata, 1994; Jokela, 1992)，建立一套正確堆肥製作技術模式，以使堆肥的應用效益發揮最恰當。

一、堆肥礦化特性之研發案例

為使堆肥的有效性發揮到最恰當，必須使堆肥的養分礦化速率與作物養分吸收速率互相配合。堆肥可利用性養分潛力之估算方法很多，最常使用者為直接孵育法。此方法為直接添加有機質於土壤中孵育，再定期採樣分析土壤中無機養分含量之變化，以估算養分的礦化量。惟此方法耗時較久，有學者採用化學分析法，利用特別化學抽出劑，萃取堆肥有效養分成分，作為估算可利用性養分潛力的指標。有許多研究報告試驗證明，由一次反應式 $dY/dt = -KY$ 能應用於估算堆肥之礦化速率。由於有機質中含有不同分解速率之化合物成分，所以用多階反應程式 (multiple-term) 來描述有機質之分解應該比較符合有機質中含有不同化合物成分之反應。但是如何把有機質各種組成分分開測定其分解速率，或者在不同組合成分混合一起情況下，只要由某一特定成分代表即可，仍有待深入探討。由於不同有機物種類所含的有機組成分即有所差異，亦代表有不同的礦化特性與可利用性養分潛力。因此針對不同有機物中可礦化有機組成分發展適當的分析法，並據以估算其可利

用性養分潛力及礦化速率，是未來研究堆肥的重要方向之一。因此如能掌握不同有機資材之組成分種類及含量，即能依據有機物特性加以調配堆肥之配方，以使堆肥效益之潛力發揮最大。

二、依據作物養分吸收特性調整堆肥成分含量比例

為有效地提昇堆肥之效益，不僅必須瞭解有機組成（碳）與氮、磷及鉀等營養要素在有機物堆肥化過程中之變化及相互關係（Bangar et al., 1989），或調整堆肥中營養成分含量比，以配合作物對養分吸收率（Smith and Hadley, 1989）。以適用玉米之堆肥製作試驗結果顯示（Tsai et al., 2001），依據玉米於抽穗期植株之氮、磷及鉀等營養成分含量（N-P-K, 1.3%-0.18%-1.3%）（Jenne et al., 1958）為基準，換算出玉米對氮、磷及鉀吸收量之比率約為 7:1:7 之範圍，並依據一般堆肥所含氮、磷及鉀之利用比率約為 50:33:100（Mengel and Kirkby, 1981），以及腐熟堆肥碳氮比值約為 20 以下（林與王, 1986），綜合以上研究結果，可以推算出腐熟堆肥（玉米配方）中碳、氮、磷、鉀營養要素含量比例應為 100:5:1:2.5，另依據一般常用的堆肥化條件如堆肥化前堆積物之 C/N 應調整至約 30，水分含量約 60%（水與乾物重比）為基準（袁, 1985），其中經試驗顯示堆肥化過程中氮成分總量之損失率約為 50%，磷及鉀成分總量無損失（蔡等, 1993; 蔡等, 1994），因此如能適當調整堆肥化前有機物基質中碳、氮、磷、鉀成分含量比例，再經過適當的堆積腐熟過程，則所製成堆肥中氮含量為 2.64%，磷含量為 0.36%，鉀含量為 0.96%，其氮:磷:鉀含量比例為 7.3:1:2.6，已能接近符合理想玉米養分吸收比例之堆肥。

三、生物性堆肥研發案例

在堆肥化過程中，有機物基質中所含碳水化合物會迅速被微生物作用而分解，同時微生物之增殖必須吸收氮、磷等營養成份以合成微生物體質（biomass）（Singh, 1986），所以堆肥化前有機物基質中應含有豐富的營養要素成份，並需將堆肥化前有機物基質中各種成份調整至較適宜比例範圍內，以利於微生物進行堆肥化作用。微生物在堆肥化過程中，擔任有機物分解與堆肥穩定化之重要角色。不同的堆積材料如能接種適當的微生物菌種，可以加速堆肥發酵。為達到最有效率之堆肥化作用，除了添加適當的微生物菌種外，在堆積材料環境中，維持微生物最適宜之生長條件，使微生物充分的活動與繁殖，亦能加強堆肥材料的發酵與分解。為了增進堆肥材料發酵分解效率，針對不同有機物材料特性，施予適當的微生物菌種，將是堆肥製作過程之重要步驟之一。其中有關於利用微生物菌種的關鍵機制，應包括有篩選出適當的微生物菌種、建立有效率的菌種培養繁殖方法與應用於堆肥材料中的

接種方法等。

臺中區農業改良場為篩選出具有分解有機質能力的台灣本土化有益微生物菌種，並建立應用於製作堆肥的適當接種方法等，以供農業廢棄物資源再生利用之研究與應用參考。經由有機農場土壤、作物根系及多種自製堆肥樣品中，已篩選分離出枯草桿菌 (*Bacillus sp.*) 及木黴菌 (*Trichoderma sp.*) 等多株有益微生物菌種，並初步試驗鑑定具有分解有機質能力 (蔡及陳, 2007)。經多項堆肥化試驗證實，適當利用木黴菌、枯草桿菌等天然有益菌，在堆肥化過程中，接種有益微生物菌種處理下，可以顯著增加堆肥過程中之溫度，且臭味也明顯降低，外觀顏色較深黑褐，品質較佳。其中接種木黴菌 (*Trichoderma sp.*) TCF9499 處理之蔗渣木屑堆肥可以提早 4-7 日達到腐熟階段，在腐熟的蔗渣木屑堆肥中，分離率約為 1×10^4 至 1×10^5 spore/g。接種枯草桿菌 (*Bacillus sp.*) TCB9488 製作稻殼堆肥，亦有快速增進堆肥化高溫 ($>60^\circ\text{C}$)，縮短堆肥化時程之效益，在腐熟的稻殼堆肥，分離率約為 1×10^7 至 1×10^8 cfu/g。顯然該等有益微生物經由適當的接種及堆肥化製作技術，在腐熟堆肥中均有一定量的有效菌數存活，因此，可以兼具生物性肥料與堆肥之雙重功效 (蔡及陳, 2007)。另由田間栽培試驗結果顯示，使用新型生物性堆肥應用在玫瑰、草莓、彩色海芋、葡萄、甜椒、番茄、小胡瓜、玉米及枇杷等多種作物栽培，不僅能夠增加土壤有機質含量及磷、鉀含量等土壤肥力，且能增進作物生長、產量及養分吸收等效益。本項生物性堆肥製作技術已獲得中華民國發明專利，發明證書編號第 I 229064 號。並依據行政院農業委員會科學技術研究發展成果歸屬及運用辦法跟多家廠商及法人團體合作簽署「新型生物性堆肥製作技術」之技術移轉合約，目前已有多項產品正式量產及商品化，並提供農友栽培時應用之參考。

結 語

臺灣地區農地由於長期依賴化學肥料且施用量偏高，有機質肥料施用量逐漸相對減少，以致普遍有土壤酸化及有機質缺乏等現象，造成土壤物理性欠佳；如土質硬、通氣性欠佳、保水力差，而影響生產力。施用堆肥的主要功效即是改良土壤的物理性，以提高地力。經過堆肥化處理後的有機廢棄物之所以可以做為肥料，主要因堆積材料經微生物分解後，改變了原有的物理及化學性質。如原有堅韌的纖維經堆積醱酵後，變成較酥鬆。同時堆積醱酵過程溫度會逐漸升高，可殺死一些病菌蟲卵。亦即原有機材料中所含的碳、氮等成份，經由微生物分解後改變了原有的組成與型態，以達適於肥料應具有的性質。

隨著科技日新月異，及因應現代農業經營型態的特性，尤其近來環保意識抬頭，有機廢棄物處理問題急待妥善解決，所以堆肥又重獲人們重視。因為製作堆肥施用，兼具消除有機廢棄物污染，充分的循環利用生質能源，增進農地生產力，促進自然生態平衡之多重角色。因此，堆肥製作技術實有積極推廣之必要，使農友及社會大眾，都能瞭解其原理，以及實際操作方法，共同為解決有機廢棄物污染問題，充分利用資源，增進農田肥力及生產力，同時將廢棄物再生與再利用，還可降低社會成本。但是由於隨著環保意識及原物料價格的高漲，越來越多種類的有機廢棄物將被回收再生利用，代表著日後必須要有更多的研究計畫及人員，對於日異月新的不同有機廢棄物種類進行各種特性分析與研發，並確保各類堆肥產品的品質安全。

參考文獻

- 王西華。1989。農業廢棄物在有機農業之利用。有機農業研討會專集。臺中區農業改良場特刊16：217-227。
- 王新傳、林登鴻。1969。有機物之碳氮比對土壤團粒化之影響。農業研究 18 (3):39-46。
- 林家茶、李子純 張愛華 陳卿英。1973。長期連用同樣肥料對於土壤化學性質與稻谷收量之影響。農業研究 22 (4) :241-262。
- 林家茶。1967。臺灣省農田肥力測定。臺灣省農業試驗所報告28：1-23。
- 吳聰賢。1990。農業史。15-32頁。黎明文化事業出版。
- 林鴻淇、王一雄。1986。廢棄物堆肥化過程中堆肥品質特徵及其檢定方法之研究。行政院衛生署環境保護局研究報告。
- 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 13:41-45。
- 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 30:553-568。
- 袁紹英。1985。堆肥的品質管制。固體廢棄物處理技術研討會論文輯。行政院衛生署環境保護局編。1-28頁。
- 黃山內。1991。豬糞堆肥在作物生產之利。豬糞處理、堆肥製造使用及管理研討會論文專輯。1-18頁。
- 黃山內。1989。有機農業之發展及其重要性 "有機農業研討會專集" 臺中區農業改良場特刊 16：21-30頁。
- 黃裕銘。1978。施用尿素及硫裹尿素對土壤氮素轉變及玉米養分吸收的影響 國立中興大學土壤學研究所碩士論文。

- 雷通明。1987。從土壤學觀點談農業現代化。中華水土保持學報 18:1-12。
- 蔡永線。1993。施用雞糞堆肥對轉作田土壤及作物氮素動態之影響。土壤肥料試驗研討會專集。臺灣省政府農林廳編印。183-193頁。
- 蔡宜峰、莊作權、黃裕銘。1993。有機廢棄物資材對堆肥中C,N,P,K成分之影響。第八屆廢棄物處理技術研討會專集。445-456頁。中華民國環境工程學會編印。
- 蔡宜峰、莊作權、黃裕銘。1994。堆肥化因子對堆肥營養要素成分含量之影響。堆肥技術及其利用研討會論文集。131-148頁。中華生質能源學會編印。
- 蔡宜峰、陳俊位。2007。生物性堆肥之菌種開發與應用 農業生技產業季刊 財團法人臺灣經濟研究院生物科技產業研究中心 12:35-41。
- 謝順景。1993。世界各國之永續農業研究與推廣。永續農業。臺中區農業改良場特刊 32:19-45頁。
- 蘇楠榮。1989。臺灣有機農業之未來展望及研究方向。有機農業研討會專集。臺中區農業改良場特刊 16:229-242頁。
- 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。臺中區農業改良場特刊 16:245-249。
- Bangar, K. C., S. Shanker, K. K. Kapoor, K. Kukreja, and M. M. Mishra. 1989. Preparation of nitrogen and phosphorus-enriched paddy straw compost and its effect on yield and nutrient uptake by wheat(*Triticum aestivum* L.). *Biol Fertil. Soils* 8:339-342.
- Bationo, A., and A. U. Mkwunye. 1991. Role of manures and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production: With special reference to the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. *Fertilizer Research* 29:117-125.
- Benckiser, G., and T. Simarmata. 1994. Environmental impact of fertilizing soil by using sewage and animal wastes. *Fertilizer Research* 37:1-22.
- Bitzer, C. C., and J. T. Sims. 1988. Estimating the availability of nitrogen in poultry manure through laboratory and field studies. *J. Environ. Qual.* 17:47-54.
- Castellanos, J. Z., and P. F. Pratt. 1981. Mineralization of manure nitrogen-correlation with laboratory indexes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:354-357.
- Chang, C., T. G. Sommerfeldt, and T. Entz. 1991. Soil chemistry after eleven annual application of cattle feedlot manure. *J. Environ. Qual.* 20:475-480.

- Collins, H. P., L. F. Elliott, R. W. Rickman, D. F. Bezdick, and R. I. Papendick. 1990. Decomposition and interactions among wheat residue components. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:780-785.
- De Bertoldi, M., G. Vallint, A. Pera, and F. Zucchini. 1985. Technological aspects of composting including moddling and microbiology. p.27-41. In J.K.R.Gasser. (ed.) *Composting of agricultural and other wastes*. Elsevier Applied Science Publishers. London and New York.
- Douglas, B. F., and F. R. Magdoff. 1991. An Evaluation of nitrogen mineralization indices for organic residues. *J. Environ. Qual.* 20:368-372.
- Fox, R. H., R. J. K. Myers, and I. Vallis. 1990. The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin, and nitrogen contents. *Plant Soil* 129:251-259.
- Golueke, C. G. 1994. Implementing principles. In: *Composting source separated organic*. pp.16-20. The JG Press. Inc. USA.
- Harada, Y. 1990. Composting and application of animal wastes. ASPAC/FFTC Extension Bulletin No.311:19-31.
- Hendrix, P. F., D. C. Coleman, and D. A. Crossley, Jr. 1992. Using knowledge of soil nutrient cycling processes to design sustainable agriculture. *Integrating Sustainable Agriculture, Ecology, and Environmental Policy* 2:63-82.
- Hoyt, P. B., and R. C. Turner. 1975. Effects of organic materials added to very acid soils on pH, aluminum, exchangeable NH_4^+ , and crop yields. *Soil Sci.* 119:227-237.
- Inoko, A. 1982. The composting of organic materials and associated maturity problems. ASPAC/FFTC Technical Bulletin No.71:1-20.
- Jacobs, L. W. 1990. Potential hazards when using organic materials as fertilizers for crop production. ASPAC/FFTC Extension Bulletin No.313:1-29.
- Jenne, E. A., H. F. Rhoades, C. H. Yien, and O. W. Howe. 1958. Change in nutrient element accumulation by corn with depletion of soil moisture. *Agron. J.* 50:71-74.
- Jokela, W. E. 1992. Nitrogen fertilizer and dairy manure effects on corn yield and soil nitrate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:148-154.
- Juang, T. C., and Y. S. Chang. 1992. Effect of application of compost and manure on crop growth, nitrogen mineralization and nitrogen uptake under rice-corn rotation. *Soil and Fertilizers in Taiwan*. p.18-39.

- Kinsbursky, R. S., D. Levanon, and B. Yaron. 1989. Role of fungi in stabilizing aggregates of sewage sludge amended soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53:1086-1091.
- Martens, D. A., and W. T. Frankenberger, Jr. 1992. Modification of infiltration rates in an organic-amended irrigated soil. *Agron. J.* 84:707-717.
- Martin, J. P., and D. D. Focht. 1977. Biological properties of soil. p.114-169. In L.F. Elliott, et al. (ed.) *Soils for management of organic wastes and waste water*. Madison, Wisconsin. USA.
- Mengel, K., and E. A. Kirkby. 1981. Fertilizer application. p.293-334. In *Principles of plant nutrition 3rd.ed.* Maw Chang Book Co.
- Morachan, Y. B., W. C. Moldenhauer, and W. E. Larson. 1972. Effects of increasing amounts of organic residues on continuous corn. I. Yields and soil physical properties. *Agron. J.* 64:199-203.
- Nugroho, S. G., S. Yoshida, and S. Kuwatsuka. 1992. Concurrent observation of several processes of nitrogen metabolism in soil amended with organic materials. V. Effects of long-term application of farmyard manure and nitrogen fertilizer on N cycling processes in upland field soil. *Soil Sci. Plant Nutr.* 38:619-629.
- 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.
- Piccolo, A., and J. S. C. Mbagwu. 1990. Effects of different organic waste amendments on soil microaggregates stability and molecular sizes of humic substances. *Plant Soil* 123:27-37.
- Smith, S. R., and P. Hadley. 1989. A comparison of organic and inorganic nitrogen fertilizers: Their nitrate-N and ammonium-N release characteristics and effects on the growth response of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Fortune). *Plant Soil* 115:135-144.
- Sommerfeldt, T. G., C. Chang, and T. Entz. 1988. Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen, and decrease carbon to nitrogen ratio. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:1668-1672.
- Tsai Y. F., T. C. Juang and Y. M. Huang 2001 The evaluation of potential availability of nitrogen of compost by ammonium carbonate extractor applied in corn cultivation. *Soil and Environ.* 4(2): 125-134.

- Tsai, Y. F., and T. C. Kao. 2002 Development of swine waste composting in Taiwan. p.35-61. In: The 2002 symposium on the management, technology and reuse of swine wastes. The resource recycling & management research center. Yunlin.
- Vivckanandan, M., and P. E. Fixen. 1990. Effect of large manure applications on soil P intensity. Commun. In Soil Sci. Plant Anal. 21:287-297.
- White, R. H. 1979. Nutrient cycling. p.129-143. In Introduction to the principles and practice of soil science. Blackwell Scientific Publications. Oxford. London.
- Workneh, F., Van Bruggen, A. H. C., L. E. Drinkwater, and C. Shennan. 1993. Variables associated with corky root and phytophthora root rot of tomatoes in organic and conventional farms. Phytopathology 83:581-589.

Research and Application of the Organic Fertilizer

Yi-Fong Tsai

Taichung District Agricultural Research and Extension Station
Council of Agriculture, Changhua, Taiwan, R.O.C.

Abstract

In order to make the most benefit on the application of compost, i.e. must really find out about functionality and composition characteristic of the compost, grasp the correct composting technology. The relevant research papers in recent years that also discusses to this paper. The content of this paper is directed primarily to (1) The development direction of the manufacturing technology of compost, (2) Research of the manufacturing technology of compost and employ the achievement.