



公開

密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：080101U300

行政院農業委員會九十四年度科技計畫研究報告

資訊庫編號：943618

計畫名稱：**國內外家畜禽糞尿處理溫室氣體排放之調查暨建立以純雞糞為單一原料之堆肥製作之溫室氣體排放係數 (第1年/全程1年)**

(英文名稱) **Survey for the poultry greenhouse gases emission from manure management and the estimation of greenhouse gases emission from poultry composting using raw excreta**

計畫編號：94農科-8.1.1-牧-U3

全程計畫期間：94年9月1日至94年12月31日

本年計畫期間：94年9月1日至94年12月31日

計畫主持人：王淑音

執行機關：私立中國文化大學

合作機關：私立嘉南藥理科技大學

摘要

本計畫主要目的為進行調查及彙整國內外有關禽畜糞尿處理之相關資料，並比較以本土係數及以 IPCC 之方式計算之差異性。本計畫同時至高雄線阿蓮鄉堆肥現場以實測之方式，測量其甲烷與氧化亞氮排放量，建立以純雞糞為單一原料之堆肥製作之溫室氣體排放係數，期能補齊本土資料之不足並提供“溫室氣體國家通訊”建構之應用。結果測得純雞糞製作堆肥自進料至成品流程約 31 天，測得之甲烷排放係數為 0.00999 kg/head/year，氧化亞氮之排放係數為 0.00552 kg/head/year。若以堆肥含氮量表示其氧化亞氮排放係數(EF3)則為 0.00542 kgN₂O/kgN。國內外家畜禽糞尿處理溫室氣體排放之調查結果說明 IPCC 建議之估算方式與國內估算方式之不同，並比較國際間各國之估算方法，尤其著重於各國自行建立係數之比較說明，並提供我國未來於估算溫室氣體排放量之改善建議。

關鍵語：氧化亞氮、甲烷、糞尿處理、純雞糞、排放係數。

前言

溫室氣體主要包括二氧化碳)、甲烷、氧化亞氮、水蒸氣、臭氧以及氟氯碳化合物 (Houghton, 1997)。由於各溫室氣體的生命期很長且不易降解，滯留於大氣的時間久，所以造成溫室效應逐年增強，形成全球暖化效應(Global warming)。畜牧活動釋出的溫室氣體主要為甲烷及氧化亞氮。甲烷主要由反芻動物腸內發酵產生，其次是動物糞尿處理；而氧化亞氮主要來自動物糞尿處理過程之釋放。台灣目前家禽糞尿處理方式幾乎都是製成堆肥，利用微生物分解禽畜糞中的有機成分，轉換為安定的腐植質，控制微生物的生存條件及環境，是掌握堆肥化過程以及速度的關鍵 (張, 1996; Harada, 1990, 1995; Harada et. al., 1991)。一般堆肥可分為三個階段，包括前發酵期、主發酵期及後發酵(完熟)期。前發酵期主要的微生物為嗜中溫的真菌、兼性厭氣菌、厭氣菌及好氣菌等，分解禽畜糞中的蛋白質、脂肪及醣類等。甲烷生成菌則會利用小分子有機酸為碳源產生甲烷，而有氧呼吸作用及發酵作用都會產生二氧化碳 (Prescott et. al., 1999)。主發酵期為高溫期，最高可達到70-80°C (楊, 1994; 張, 1996)，在此階段許多病原菌會被殺死。而多種微生物共同作用，可分解碳水化合物、蛋白質、澱粉、纖維質和木質素等，亦會產生二氧化碳，甲烷等氣體。最後為完熟期，有機成分趨於穩定，僅剩木質素及纖維質等較不易分解的有機質持續進行分解，若要進行「快速堆肥處理」，則需利用真菌之強力分解纖維質的能力 (楊, 1994; 簡、吳, 1994; 張, 1996)。IPCC對於糞尿處理溫室氣體產生量的推估，均有提供係數及公式可代入計算，在氧化亞氮方面，是以各糞尿處理系統(厭氧塘、液態系統、每日施用、固體儲存、牧草區以及其他等方式)之氮排泄量(kg/head/yr)以及其排放係數(分別為0.001, 0.001, 0, 0.02, 0, 0.005; kg N₂O-/kg N)來估算氧化亞氮的產生量 (IPCC, 1996)。由於IPCC所提供的係數，為全球性之數據，而各地區之氣候環境條件皆有所差異，所以應建立本土之實測數據較具有代表性。目前台灣地區肉雞產業溫室氣體排放係數已建立。在糞尿處理部分，甲烷： 4.7562×10^{-3} kg/head/life cycle；氧化亞氮： 6.43×10^{-6} kg/head/life cycle；二氧化碳： 6.53×10^{-2} kg/head/life cycle (王等, 2001)。蛋雞糞尿的收集方式與肉雞不同，由於肉雞糞尿堆肥的製作，是將肉雞從雛雞飼養至上市後一次

出清之整批糞尿進行一批堆肥製作，且飼養雞隻數目固定，所以所測得之溫室氣體釋放，可視為整批雞整個生命週期所產生糞尿製作堆肥後產生之溫室氣體量；蛋雞則無法收集到全生命期所產生的糞便，所以換算成每公噸生雞糞製造堆肥的氣體釋放量，單位為kg/Mt。蛋雞糞尿處理釋放係數於甲烷、二氧化碳以及氧化亞氮分別為7.85、469.13及0.07 kg/Mt (王與馬, 2002)。此外，以”純雞糞”(即不添加粗糠等含高碳物)製造堆肥之方式亦存在於市面上；而其因原料”碳/氮”不同，發酵過程及溫室氣體排放必然異於先前建立之係數。因此，建立以純雞糞為單一原料之堆肥製作之溫室氣體排放係數，成為必要探討建立之項目。

材料與方法

經調查配合堆肥場進料至出料約1-2月流程。因此預計視狀況分8-10次進行現場採樣。採樣場位於高雄縣阿蓮鄉，由協辦機關(嘉南藥理科技大學環境資源管理系)之共同主持人及助理人員負責採樣工作。所有樣品皆由文化大學動物科學系計畫主持人負責分析。

應用採氣罩於堆肥流程(糞尿處理)收集氣體，並利用氣體層相分析儀(GC: Gas Chromatography)分析樣品中甲烷及氧化亞氮氣體濃度，並估算其排放係數。在採集氣體同時採集堆肥之樣品，進行水分、灰分及含氮量之化學成分測定。

一、氣體分析:

1. 甲烷分析:

使用 Propark Q 的不鏽鋼管柱(1/8" x 2m)。在爐溫 70°C、Injection 130°C、detector 130°C、流速 10 ml/min 下以 FID 進行分析，甲烷停留時間(retention time)為 1.86 分鐘。甲烷標準氣體(95.5%，中油公司)以高純度之 N₂(98.5%)稀釋製作成 10、50、100、500、1000 ppm 等濃度，經由儀器測定所得之積分面積與濃度進行迴歸分析求得標準曲線，再由此標準曲線求得樣品中所含甲烷濃度。

2. 氧化亞氮:

使用 Propark Q 的不鏽鋼管柱(3/16" x 3m)。在流速 30 ml/min 下，以 P-10(90% Ar+10%

CH₄之混合氣體)為攜帶氣體,以ECD為檢測器進行分析。氧化亞氮停留時間為3.5分鐘。標準氧化亞氮氣體(ScottyII, 100 ppm),以高純度之氮氣(98.5%)稀釋製作100、500、1000、5000、10000ppm等濃度,經由儀器測定所得之積分面積與濃度進行迴歸分析求得標準曲線,再由此標準曲線求得樣品中所含氧化亞氮濃度。

二、堆肥樣本的收集

於堆肥採氣完成後採集堆肥樣本,以封口袋密封帶回實驗室,用均質機充分均質,分裝於封口袋中密封,置於-40°C凍箱保存備用。

三、堆肥成分分析:

1. 水分分析

將坩堝洗淨,放入烘箱以105°C烘乾一小時以上,移入乾燥皿待降至室溫後,稱重,重複烘乾及稱重步驟,直到重量不再改變。精稱3-5 g樣本置於坩堝中,坩堝蓋子半蓋,放入烘箱中,用105°C烘乾1-3小時,移入乾燥皿待降溫至室溫後,稱重,重複烘乾及稱重步驟,直到重量不再改變。

$$\text{水分}\% = \text{樣品烘乾失重} / \text{樣品重} \times 100\%$$

2. 灰分分析

將坩堝洗淨,放入烘箱以105°C烘乾一小時以上,移入乾燥皿待降至室溫後,稱重,重複烘乾及稱重步驟,直到重量不再改變。

精稱3-5 g樣本置於坩堝中,坩堝蓋子全蓋,放入灰化爐中,用600°C灰化4-6小時,待降至室溫後移入烘箱以105°C烘乾,再移入乾燥皿待降至室溫後,稱重,重複烘乾及稱重步驟,直到重量不再改變。

$$\text{灰分}\% = \text{殘留物重} / \text{樣品重} \times 100\%$$

3. 凱氏氮分析

(1) 精稱2-4 g糞便樣本倒入分解管中。]各加入2 g 硒粉(Merck, Germany)

為催化劑。

- (2) 倒入濃硫酸 (Merck, Germany) 20-30 ml。
- (3) 將分解管放入高溫分解爐 (BLOC-DIGEST, Selecta, Spain) 加熱 (420 °C, 3hr 30min)，同時開啟抽氣裝置。
- (4) 加熱時間到時關閉高溫分解爐，靜置抽氣一直到分解管冷卻。
- (5) 待冷卻完成後，取出分解管各緩慢加入 80 ml 蒸餾水，以免突沸。
- (6) 將分解管置入凱氏氮蒸餾裝置 (PRO-NITRO, Selecta, Spain) 打開冷凝水，以 25 ml 4% 硼酸 (Merck, Germany) (含 5 滴指示劑) 接收。
- (7) 加入 40-50 ml 35% NaOH (Merck, Germany) 開始通入蒸氣。
- (8) 至硼酸接收集到原液之五倍時關閉蒸氣開關，取出分解瓶與接收液，換下一支分解管，重複步驟 7-9。
- (9) 以 0.1N HCl (Merck, Germany) 滴定接收液，標定 HCl 力價算出氮含量。
- (10) 帶入公式：

$$\text{含氮量}\% = (\text{滴定毫升數} \times \text{力價} \times 0.0014 / \text{樣本重}) \times 100\%$$

4. 有機質分析

取堆肥 0.1g 加入 10 ml of 1N $K_2Cr_2O_7$ (Sigma) 及 20 ml H_2SO_4 後靜置 30 分鐘，再加入 200 ml 蒸餾水及 10ml 85% H_3PO_4 (Sigma)，並以 *O*-phenanthroation (Sigma) 為指示劑使用 0.5N $FeSO_4$ (Sigma)。滴定求得 $FeSO_4$ 體積代入公式計算濃度。

公式：

$$\text{有機碳} = \left[(10 - V_f) \times 0.00336 \div 0.1 \right] \times 100\%$$

$$\text{有機質} = \text{有機碳} \times 1.742$$

公式中 V_f = 滴定所用 $FeSO_4$ 毫升數

有機質平均含碳 58 %，故乘以 1.742

結果與討論

本試驗經洽商配合之堆肥場為張進和先生經營之位於高雄縣阿蓮鄉仁愛路 173 巷 80 弄 11 號之堆肥場。此場以純雞糞為原料，每次進料約 5000 至 6000 公斤，每日以自動翻堆機翻堆一次，進料至出料約 1~2 月流程。實際採樣狀況共分 10 次進行現場採樣，整個流程 31 天。堆肥之甲烷及氧化亞氮排放情形如圖 1、圖 2 及表 1 所列；堆肥之成分分析如表 2 所列。

純雞糞製作堆肥測得之甲烷排放係數為 0.00999 kg/head/year，氧化亞氮之排放係數為 0.00552 kg/head/year。若以堆肥含氮量表示其氧化亞氮排放係數(EF₃)則為 0.00542 kgN₂O/kgN。本國之家禽糞尿處理多以堆肥為主，其中又分混合墊料之原料與純雞糞發酵，其它則多以直接曝曬為主。目前已建立之甲烷係數分別有肉雞及蛋雞之堆肥處理之係數(表 2, 王等(2001; 2002))，這些係數都建立於原料中添加粗糠，因其碳氮比經過調整，發酵較為完全，且製作中皆有堆積期，估計其甲烷排放係數應較純雞糞製作者高。本計畫為估測以純雞糞為原料製作堆肥甲烷之排放量，初步估計為 0.0099 kg/head/year。蛋雞堆肥係數建立時之表示方法是以原料重量為單位(kg/t)，若亦能改為以每年每隻之排放量，則較符合 IPCC 之定義值，亦較容易引用。表 2 之蛋雞係數乃已經過轉換成 kg/head/year 之表示法。

我國氧化亞氮排放係數之本土數據亦由 Su et al., (2003)及王等(2001; 2002)建立。二者皆以直接測量牛、豬廢水固液分離後之厭氧處理、堆肥、肉雞之堆肥、蛋雞之堆肥流程之排放量，並以 kg/head/life cycle(肉雞)或 kg/t 表示，若能一致換算成 kg/head/year，則應用較易。即使如此，這些係數仍然與 IPCC 不同，若能依據各動物種類之年排糞量及糞尿之含氮量算出 Nex，再將已建立之係數轉換成 EF₃，則可依 IPCC 建議法算出 N₂O-N 排放量，再轉換為 N₂O 排放量。

近幾年來，除了溫室氣體之排放量受到重視外，氨氣之排放問題更是日益受到矚目(FAO, 2001)。氨氣若排放到大氣，除本身累積到相當濃度對動物及人體有害外，它也成為 N₂O 之間接來源(Mosier et al., 1998)，並降低土壤吸收 CH₄ 之能力

(Mosier et al., 1991, 1996)。近年來歐洲國家在計算溫室氣體清冊時，便將每年每頭 N 排泄量(Nex)修飾為氮揮發過後之氮量。因為糞尿若非立即處理，則其因微生物之礦化作用 (mineralization)，會有部份之氮以氨態氮型式揮發於大氣當中，使得可轉變為 N_2O-N 之氮量降低。因此我國未來在估測各類動物之氧化亞氮排放量時，應考慮糞尿在處理前之氮的動態變化，使係數更加準確。

本次追蹤之純雞糞堆肥水分含量及碳氮比皆未調整，自始至終水分約自 40% 降至 20%；因每日翻堆，因此堆肥溫度亦未達一般高溫狀態，若於翻堆後測溫，約在 $32^{\circ}C$ 至 $42^{\circ}C$ 。因此其病原菌、蟲卵是否被殺滅仍有待進一步探討。微生物需要碳素當作生活能源，同時也需氮素來維持生命及建造體細胞，適合於微生物之碳氮比介於 20:1 至 30:1，碳氮比太高時，會因氮素缺乏，致使微生物無法大量繁殖，堆肥化過程進行相當緩慢。如果碳氮比太低，微生物分解出過多之氮，而易從堆肥中逸散，導致氮素損失。堆積過程進行時，有機廢棄物中之碳氮比逐漸減少至 20:1 左右。本試驗之採樣場因未曾添加任何含碳之添加物，因此 C/N 較低約在 20 以下，理論上會有較高之氮素流失。實際情形顯示現場氨氣味道很重，應為大量礦化反應之結果。當氮流失較大時若為較有氧狀態，由硝化作用將 NH_4^+-N 轉成 $NO_2^- -N$ 及 $NO_3^- -N$ ，但在氧受限時就會生成氧化亞氮 (Luo et al., 1996)。本追蹤堆成品之 C/N 為 10.1，雖符合一般腐熟標準(20 以下)，但由於其發酵時間實在短於一般堆肥製作，其腐熟度仍有待進一步確認。本試驗考慮於近期內，增加分析成品之其他腐熟度分析如還原糖比率、固定態氮含量及發芽率指數等。

本計畫主要目的為建立溫室氣體排放係數，因此對堆肥成分並未做完整之成分分析，無法做完善之探討，而純雞糞發酵流程與一般堆肥製作有極大差異，因水分含量、發酵時間、溫度等都可能影響各階段之氣體產生，因此審查委員建議未來可增測其它堆肥場之數據以比較其間之差異性，並且未來應完整分析堆肥狀況及成分以判斷差異性之原因。本試驗之樣品亦會在近期內，盡可能補分析數據如 $NO_2^- -N$ 、 $NO_3^- -N$ 及發芽率等，相信未來發表正式文獻報告時能有較完整之討論。

註：本計畫應執行之調查報告以附錄方式附於本文之後，以便上傳至農資中心。紙本則另行裝訂成冊。

參考文獻

- 王淑音，黃大駿與許皓豐。2001。肉雞糞尿處理溫室氣體排放之推估。臺灣農業化學與食品科學。39(6):415-422。(COA: 89 科技-1.9-牧-61)
- 王淑音與馬維君。2002。蛋雞糞尿處理之溫室氣體排放。華岡農科學報。10:1-14。
- 楊盛行 (1994) 堆肥過程中微生物相變化及高溫放線菌之分離及應用，土壤肥料試驗報告，台灣省政府農林廳編印 pp338-357。
- 簡宣裕、吳繼光 (1994) 廢棄太空包木屑、雞糞製造堆肥之研究，土壤肥料試驗報告。
- Mosier, A., D. Schimel, D. Valentine, K. Bronson, and W. Parton. (1991). Methane and nitrous-oxide fluxes in native, fertilized and cultivated grasslands. *Nature (London)* 350:330-332.
- Mosier, A.R., W.J. Parton, D.W. Valentine, D.S. Ojima, D.S. Schimel, and J.A. Delgado. (1996). CH₄ and N₂O fluxes in the Colorado shortgrass steppe: I. Impact of landscape and nitrogen addition. *Global Biogeochem. Cycles* 10:387-399.
- Mosier, A.R., C. Kroeze, C. Nevison, O. Oenema, S. Seitzinger, and O. Van leemput. (1998). Closing the global N₂O budget: Nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle. *Nutr. Ycling Agroecosyst.* 52:225-248.
- Su JJ, Liu BY and Chang YC (2003) Emission of Greenhouse Gas from Livestock Waste and Wastewater Treatment in Taiwan. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95:253-263
- Harada, Y. (1990) Composting and application of animal waste. ASPAC/FFTC Extension Bulletin 311 : 19-31.
- Harada, Y.K. Haga, T. Osada and M. Koshino (1991) Quality aspects of animal waste composts. Proceedings of symposium on pig waste treatment and composting. Taiwan Livestock Research Institute pp54-76.
- Houghton, J. (1997) *Global Warming*. Cambridge University Press.
- IPCC (1996) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory. Reference Manual. Vol. 1-3.

Survey for the poultry greenhouse gases emission from manure management and the estimation of greenhouse gases emission from poultry composting using raw excreta

Shu-Yin Wang and Da-Ji Huang

ABSTRACT

The purpose of this project was to investigate and survey the estimation of greenhouse gases from manure management among international nations and Taiwan and to compare the differences in emission factors. We also conducted a sample collection from a composting factory in KaoShung to estimate the GHG emission factors from compost made from raw layer manure. Results indicated that the emission factors for methane and nitrous oxide are: 0.00999 kg/head/year and 0.00552 kg/head/year, respectively. The nitrous oxide emission factor can also be express as N_2O/N , and the result is: 0.00542 kg N_2O/kg N. A review was also done to compare the differences in emission factor construction among the nations. A few comments were also made in the survey for future reference while construction emission factors or estimaing GHG emission from manure management.

Key Words: Nitrous oxide, Methane, Manure management, Raw excreta, Emission factor

圖1：純雞糞製作堆肥之氧化亞氮排放情形

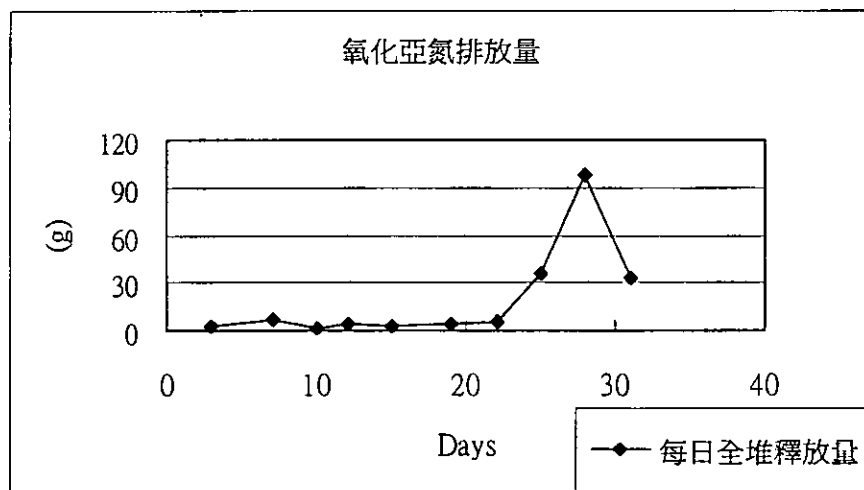


圖2：純雞糞製作堆肥之甲烷排放情形

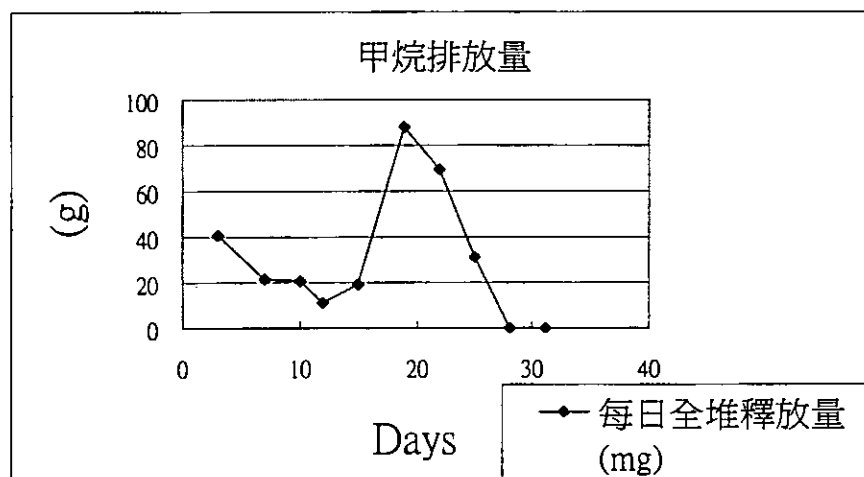


表1：國內本土係數與IPCC(temperature:15-25°C)之比較。

	IPCC (甲烷)	國內甲烷係數	國內氧化亞氮係數
		(kg/head/year)	
豬 ¹	4	0.768	0.002 (厭氧處理)
產乳牛 ¹	16.7	4.898	0.011 (厭氧處理)
非產乳牛 ¹	1.3	4.898	0.011 (厭氧處理)
牛、豬 ¹			0.002248 ^b (堆肥)
肉雞 ²	0.117	0.00476 ^a	0.00000643 ^a (堆肥)
蛋雞(加粗糞) ³	0.117	0.4015	0.00368 (堆肥)
蛋雞(純雞糞) ⁴		0.0099	0.00552 (堆肥)
蛋雞(純雞糞) ⁴			0.00542 kgN ₂ O/kgN (堆肥)

a 肉雞表示方法為：kg/head/life cycle。

b. 以「每公頓堆肥產生之氧化亞氮」表示(kg/t)。

參考資料：¹ Su et al., (2003)；² 王等, 2001；³ 王等, 2002；⁴ 本計畫成果

表2：堆肥成分表

堆積時間(日)	水分(%)	濕基			乾基			C/N
		灰分(%)	氮(%)	碳(%)	灰分(%)	氮(%)	碳(%)	
3	39.65	31.39	1.230	13.88	52.0	2.038	23.00	11.3
7	36.31	35.58	1.162	14.06	55.9	1.824	22.08	12.1
10	41.55	32.45	0.553	16.15	55.5	0.946	27.63	29.2
12	37.49	34.15	0.530	16.14	54.6	0.848	25.82	30.4
15	33.85	34.91	0.861	14.38	52.8	1.302	21.74	16.7
19	31.26	38.59	1.226	16.53	56.1	1.783	24.05	13.5
22	29.69	43.32	1.729	18.01	61.6	2.459	25.62	10.4
25	27.59	42.91	2.061	16.2	59.3	2.846	22.37	7.9
28	23.4	46.66	0.673	18.16	60.9	0.879	23.71	27.0
31	19.33	50.31	1.583	16.03	62.4	1.962	19.87	10.1