

# 墊料材質對雞糞墊料堆肥化處理之影響<sup>(1)</sup>

蘇天明<sup>(2)(3)</sup> 翁義翔<sup>(2)</sup> 鍾承訓<sup>(2)</sup> 蕭庭訓<sup>(2)</sup> 程梅萍<sup>(2)</sup>

收件日期：105 年 3 月 31 日；接受日期：105 年 5 月 30 日

## 摘 要

本試驗旨在探討墊料材質對雞糞墊料堆肥化處理及其成分之影響。採用飼養 Cobb 品系白肉雞 720 隻，逢機分置在 4 種不同墊料材質組 (A、B、C 及 D 組依稻殼：稻蒿容積比例分別為 100：0、75：25、50：50 及 25：75)，白肉雞飼養至第 39 日齡結束，收集期間所產生的雞糞墊料，依組別進行堆肥化處理，分析堆肥化前、堆肥化第 14 天及堆肥化後之成分變化。結果顯示，各組在堆肥化過程發酵溫度達 55℃ 以上者皆超過 15 天。雞糞墊料經堆肥化處理 14 天，除了 D 組苜蓿外，各組苜蓿及油菜的種子相對發芽率皆達 90% 以上，銅濃度約為堆肥化前的 1.20 – 1.42 倍，鋅濃度則為堆肥化前的 1.18 – 1.34 倍。經過 40 天的堆肥化處理後，各組乾物質損失率在 35.07 – 48.24% 之間，種子相對發芽率皆達 95% 以上，銅濃度約為堆肥化前的 1.20 – 1.63 倍，鋅濃度則為堆肥化前的 1.32 – 1.66 倍。綜合以上結果，利用稻蒿替代稻殼作為肉雞墊料，對雞糞墊料堆肥化處理過程無明顯之影響。

關鍵詞：墊料材質、雞糞墊料、白肉雞、堆肥化。

## 緒 言

依據農業統計資料，臺閩地區民國 103 年底白肉雞在養約 2,276 萬隻，產值達 189 億元 (行政院農業委員會，2014a)，禽畜糞產量約 219 萬公噸，生物性農產廢棄物產量則約 479 萬公噸、其中稻殼及稻蒿 (rice straw) 分別約 35 及 173 萬公噸，而約有 8.7 萬公噸的稻殼供為墊料使用 (行政院農業委員會，2014b)。稻蒿年產量達稻殼的 5 倍，其中利用於倉庫墊料、育苗栽培介質及堆肥者，分別約 2.8、5.5 及 2.6 萬公噸，大約有 80% 的稻蒿採取就地埋置於農田 (135 萬公噸) 或焚燒 (6.7 萬公噸) 處理。稻蒿埋置於農田，會產生二氧化碳及甲烷並排放至大氣而增加溫室效應，焚燒處理除二氧化碳的排放外，也會產生粒狀污染物及濃煙，而影響空氣品質及造成環境污染問題。

雞糞墊料為累積雞隻排泄物、羽毛、殘餘飼料與鋪設墊料的混合物 (Bernhart *et al.*, 2010)，可藉由堆肥化過程所產生的發酵熱殺滅蟲卵與雜草種子等，將有助於改善目前雞糞墊料經曝曬後，直接被利用所造成的蒼蠅孳生與臭味等問題。堆肥原料的碳氮比和水分含量攸關堆肥化處理之成敗，多篇研究 (Bishop and Godfrey, 1983; Bernal *et al.*, 2009; Sweeten and Auvermann, 2008; Eiland *et al.*, 2001) 推薦，畜禽糞堆肥化處理其原料理想的碳氮比在 16 – 35，碳氮比太高會造成碳源浪費 (Bishop and Godfrey, 1983)，延長堆肥腐熟時間 (Tuomela *et al.*, 2000)，碳氮比太低則造成氮源浪費而轉變成氨氣逸散 (Bernal *et al.*, 2009)。在水分含量方面，Gajalakshmi and Abbasi (2008) 指出，畜禽糞堆肥化理想的含水率為 50 – 60%，含水率太高會阻斷氧氣供應，使堆肥化過程變為厭氣發酵。堆肥腐熟度可藉由外觀顏色和味道及利用種子發芽測定法、還原糖含量、濾紙擴散顯圖測定法、塑膠袋法、蚯蚓法等方法作判斷 (簡等，2005)，蘇等 (2012) 選擇以堆肥發酵溫度和種子發芽率判定。de Bertoldi *et al.* (1983) 推薦，雞糞堆肥化期間發酵溫度以 40 – 65℃ 為宜，溫度超過 55℃ 就有殺死有害微生物的效果，但發酵溫度超過 63℃ 負責堆肥發酵微生物的活性會開始降低，若超過 72℃ 微生物會完全失去活性。此外，堆肥化過程由於有機質、有機碳及氮被分解而造成量的損失，但腐熟過程可以將對植物有害物質 (phtotoxic metals) 之性質趨於穩定 (Tiquia *et al.*, 1997; Tiquia, 2010)，以維護施用作物之生長。因此也常藉由種子發芽率測定來評估堆肥的腐熟度 (Ros *et al.*, 2006; Miaomiao *et al.*, 2009; Tiquia, 2010)。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2416 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所經營組。

(3) 通訊作者，E-mail：tmsu@mail.tlri.gov.tw。

目前國內平飼肉雞多數使用稻殼為墊料，以保持雞舍乾燥、減少臭味產生和維持雞隻羽毛美觀等。但由於國內休耕與產銷調節措施，致稻殼產量減少、造成稻殼供應有不足之虞，亟需另覓墊料源，以提供平飼肉雞所需。因此劉等 (2009) 利用切短之稻蒿 (稻稈組) 及經粉碎後之椰殼纖維介質 (椰殼組)，作為平飼雞舍墊料，並以傳統粗糠墊料為對照組，探討以稻稈與椰殼纖維作為平飼肉雞墊料取代粗糠使用之可行性。結果由於稻蒿經曬乾後再切段較無法達到規格化要求，可能影響雞糞墊料的堆肥化處理。為另覓平飼肉雞墊料源及提高稻蒿利用率，本試驗使用蘇等 (2015) 飼養白肉雞後之雞糞墊料，探討使用不同稻殼與稻蒿容積比例之墊料材質，對雞糞墊料堆肥化處理及其成分之影響。

## 材料與方法

### I. 堆肥化原料來源

使用蘇等 (2015) 飼養 Cobb 品系白肉雞 720 隻，平均每隻雞擁有 0.125 m<sup>2</sup> 的地面積，逢機分置於稻殼：稻蒿 (長度 1 cm) 容積比例分別為 100：0 (A 組；平均每隻雞使用 0.60 kg 稻殼)、75：25 (B 組；平均每隻雞使用 0.48 kg 稻殼、0.08 kg 稻蒿)、50：50 (C 組；平均每隻雞使用 0.30 kg 稻殼、0.16 kg 稻蒿) 及 25：75 (D 組；平均每隻雞使用 0.15 kg 稻殼、0.24 kg 稻蒿) 的 4 種墊料材質組，收集白肉雞於第 39 日齡出清時各組的雞糞墊料，作為本試驗堆肥化處理之原料。

### II. 雞糞墊料堆肥化處理

- (i) 以人工收集每欄的雞糞墊料並秤重後，再依處理組別以鏟裝機充分混合後採集樣品，以水分分析儀 (Ohaus MB 45, Switzerland) 測定雞糞墊料含水率，並調整雞糞墊料水分至約 60%。
- (ii) 水分調整後先進行 14 天之堆積送風式發酵，以 0.5 HP 鼓風機每 3 小時供氣 2 分鐘，並於堆肥化第 4、7 及 10 天分別翻堆 1 次。
- (iii) 堆肥化處理 14 天後，以水分分析儀測定含水率，再予以調整水分至約 60% 並翻堆，之後繼續以 0.5 HP 鼓風機每 3 小時供氣 2 分鐘方式進行堆肥化處理。當堆肥中心溫度低於 45℃ 時即予以翻堆，經翻堆 2 次 (堆肥化第 23 天及第 30 天)、中心溫度穩定並趨近環境溫度，於堆肥化第 41 天結束堆肥化處理。
- (iv) 堆肥化期間在各堆肥槽中心點配置溫度計，每日上午 08：30 – 09:00 以人工記錄發酵溫度，以作為初步判定堆肥腐熟度依據，並配置溫度計記錄環境溫度。
- (v) 採集堆肥化前、堆肥化第 14 天及堆肥化後樣品，進行含水率、灰分、pH 值、電導度 (EC)、氮 (N)、磷 (P)、鉀 (K)、鈣 (Ca)、鈉 (Na)、銅 (Cu)、鋅 (Zn) 與有機碳 (organic carbon) 等成分含量分析，以及種子相對發芽率測定。

### III. 分析項目與方法

- (i) 水分、氮及磷含量：參照 AOAC (1990) 方法測定水分含量後，分別以凱氏氮法及比色法分析氮及磷含量。
- (ii) pH 值：以純水：樣品 = 1：1，經攪拌後靜置 1 小時後再攪拌，立即利用 pH 電極 (Multi 9420, WTWInolab) 測定。
- (iii) 電導度：以純水：樣品 = 5：1 比例混合後，以 150 rpm 震盪 15 分後，靜置 1 小時，再震盪 5 分鐘，以抽氣過濾裝置過濾，取濾液以電導度電極 (Multi 9420, WTWInolab) 測定。
- (iv) 種子相對發芽率 (relative seed germination, RSG) 測定：參考 Tiquia *et al.* (1996) 及 Tiquia (2010) 之方法，以油菜及苜蓿種子，測定各組堆肥萃取液和對照組的 RSG，方法如下：
  - A. 取烘乾的堆肥樣品磨成粉末狀。每樣品 4 重複，取 5 g 的樣品於小燒杯中，加入 50 mL 的蒸餾水 (水溫約 75 – 80℃)，攪拌均勻後，靜置 3 小時。
  - B. 培養皿平鋪 90 μm 孔徑的濾紙，放入 100 顆油菜或苜蓿種子。
  - C. 取各組過濾後濾液 8 mL 於培養皿中，對照組加入 8 mL 蒸餾水，於 25℃ 恆溫箱中放置 5 天，計算發芽種子數。
  - D. 計算公式：RSG(%) = 處理組平均發芽數 ÷ 對照組平均發芽數 × 100%。
- (v) 灰分、鉀、鈣、銅及鋅含量分析：樣品經水分測定精秤後，放入灰化爐 (MF-40L, Channel, Taiwan)，在 550 – 650℃ 溫度下灰化約 6 小時。樣品灰化、冷卻、精秤，記錄灰分含量後，加入 3 N 的鹽酸 10 mL，以錶玻璃覆蓋置 350℃ 電熱板進行酸解。酸解後以 1 號濾紙過濾並定量，以原子吸收光譜儀 (Spectrophotometer Z8100, Hitachi, Japan) 測定鉀、鈣、銅及鋅含量。
- (vi) 有機質含量估算：灰分含量測定後，依照 Nolan *et al.* (2011) 方法，有機質 (%) = (1 – 灰分含量) × 100 估算之。
- (vii) 有機碳分析：樣品以 105℃ 烘乾後精秤，以元素分析儀 (Multi EA 4000, Analytik-jena, Germany) 測定之。

## 結果與討論

### I. 墊料材質成分分析

採集墊料用稻殼及稻蒿進行成分分析，結果如表 1 所示。稻殼的氮、銅和鋅含量皆低，有機碳含量約 40%，碳氮比達 100.18，這或許是稻殼常被用作禽畜糞堆肥製作時，補充碳源原料的原因。稻蒿的有機碳、鉀、銅和鋅含量與稻殼相近，但由於氮含量較稻殼為高，故其碳氮比僅約稻殼的 50%；惟稻蒿年產量達 173 萬公噸（行政院農業委員會，2014b），被利用率僅約 20%，亦即每年尚有約 140 萬公噸的稻蒿，可予以資源化利用。稻殼的鉀、銅和鋅含量與稻蒿相近，而電導度明顯較稻蒿為高，可能係由於其鈣和鈉含量較稻蒿為高所致。

表 1. 稻殼及稻蒿之組成分

Table 1. Chemical compositions of rice hull and rice straw

Items	Rice hull	Rice straw
Moisture, %	10.06	12.21
Ash, %	13.00	10.54
pH	6.52	6.56
EC, dS/m	3.29	0.32
-----dry matter basis-----		
TN*, %	0.40	0.78
P, %	0.14	0.27
K, %	0.35	0.39
Ca, %	0.40	0.05
Na, %	0.25	0.16
Cu, mg/kg	3	2
Zn, mg/kg	39	34
TOC*, %	40.07	39.88
C/N ratio*	100.18	51.13

\* TN: total nitrogen. TOC: total organic carbon; C/N ratio = TOC ÷ TN.

### II. 雞糞墊料堆肥化前後重量變化

收集各欄雞糞墊料並依照墊料材質組分別混合後，各組分別收集了 267.55 – 298.15 kg、含水率 35.71 – 43.69% 的雞糞墊料（表 2），經調整水分後開始進行堆肥化處理。堆肥化處理後獲得 150 – 200 kg，含水率 39.82 – 43.20% 的堆肥。試驗期間 C 組及 D 組的乾物質損失率明顯較 A 組及 B 組高，而堆肥製成率則較 A 組及 B 組為低，此是否係由於稻殼表面存有蠟質，致稻蒿較稻殼容易被微生物分解，有待後續證實。

### III. 雞糞墊料堆肥化期間發酵溫度之變化

雞糞墊料經調整水分後開始進行堆肥化處理，在各處理組堆肥的中心點配置溫度計，每日記錄發酵溫度，作為堆肥腐熟度初步判定依據。結果在堆肥化第 38 天各組溫度皆降至 40℃ 以下且趨於穩定（圖 1），因此在第 41 天結束堆肥化處理。de Bertoldi *et al.* (1983) 指出，雞糞堆肥化期間發酵溫度以 40 – 65℃ 為宜，溫度超過 55℃ 就有殺死有害微生物的效果。本試驗各組雞糞墊料分別在堆肥化期間的前 15 天、18 天、18 天及 22 天，發酵溫度皆達 55℃ 以上，而後雖在堆肥化第 23 天及第 30 天時予以翻堆，但各組的發酵溫度皆無法達 55℃ 以上而趨近環境溫度，因此初步判定各組雞糞墊料已腐熟。

### IV. 雞糞墊料堆肥化前後之種子相對發芽率

本試驗經初步以發酵溫度判斷堆肥腐熟度後，選用苜蓿及油菜種子進行相對發芽率 (relative seed germination, RSG) 測定，結果示於表 3。雞糞墊料堆肥化前各組苜蓿 (78.13 – 88.75%) 及油菜 (75.00 – 94.23%) 的 RSG 皆已

達 75% 以上；堆肥化第 14 天時，除了 D 組苜蓿種子 RSG 僅 83.95% 外，不論苜蓿或油菜種子的 RSG 皆達 90% 以上，而堆肥化處理結束後，除了 D 組苜蓿種子 RSG 僅 96.25% 外，不論苜蓿或油菜種子的 RSG 皆達 100% 以上，且數值皆明顯較使用堆肥化前及堆肥化第 14 天時為高。

表 2. 墊料材質對雞糞墊料在堆肥化過程之重量變化

Table 2. Effects of different bedding material on the weight change during the composting process of poultry titter

Items	Group A*	Group B*	Group C*	Group D*
Before moisture adjustment				
Poultry litter weight, kg	288.25	298.15	267.55	275.40
Poultry litter moisture, %	35.71	41.32	32.03	43.69
Dry matter, kg	185.32	174.95	181.85	155.08
Water added, kg	192.70	140.00	180.25	118.00
After moisture adjustment				
Total weight, kg	480.95	438.15	447.80	393.40
Moisture, %	61.47	60.07	59.39	60.58
After composting				
Total weight, kg	200.00	200.00	160.00	150.00
Moisture, %	41.70	43.20	41.17	39.82
Dry matter, kg	116.60	113.60	94.13	90.27
Loss of dry matter**, %	37.08	35.07	48.24	41.79
Yield***, %	41.58	45.65	35.73	38.13

\* With different volume ratio of rice hull and rice straw i.e., group A = 100% rice hull, group B = 75% rice hull + 25% rice straw, group C = 50% rice hull + 50% rice straw and group D = 25% rice hull + 75% rice straw.

\*\* Loss of dry matter = (dry matter weight before composting – dry matter weight after composting) ÷ dry matter weight before composting × 100%.

\*\*\* Yield = Total weight after composting ÷ Total weight after moisture adjustment × 100%.

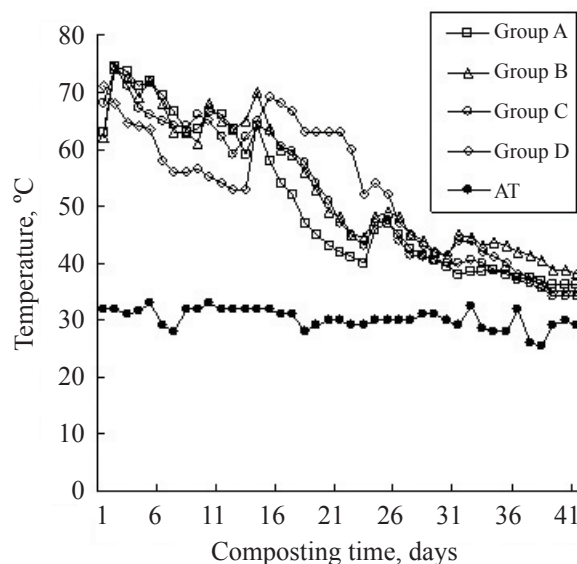


圖 1. 堆肥化期間溫度變化\*。

Fig. 1. The temperature change during composting period.

\* Described as in Table 2; AT: ambient temperature.



畜禽糞堆肥化期間由於有機質和有機碳及氮被分解而造成量的損失，但在腐熟過程可以將對植物有害物質之性質趨於穩定 (Tiquia *et al.*, 1997; Tiquia, 2010)，以維護施用作物生長，因此常藉由種子發芽率測定來評估堆肥的腐熟度 (Ros *et al.*, 2006; Miaomiao *et al.*, 2009; Tiquia, 2010)。蘇等 (2012) 選用結球甘藍及苜蓿種子進行 RSG 測定，結果各組間結球甘藍的 RSG 僅 16 – 20%，而苜蓿則皆達 98% 以上。Kim *et al.* (2008) 選用結球甘藍及大白菜進行堆肥腐熟度評估，結果各試驗組結球甘藍的 RSG 僅 0 – 40.0%，大白菜卻高達 104.0 – 164.4%，因此 Kim *et al.* (2008) 認為此與結球甘藍及大白菜種子對堆肥中的銅及鋅的耐受度有關。

Tiquia and Tam (1998) 指出，RSG 介於 80 – 100% 可視為完成堆肥化處理，本試驗堆肥化處理後苜蓿及油菜種子的 RSG 皆達 95% 以上，且堆肥化處理後的 RSG 明顯較堆肥化處理前為高，此外堆肥化期間各組皆有連續 15 天發酵溫度達 55°C (圖 1)，應可視為已腐熟。

表 3. 墊料材質對雞糞墊料堆肥化處理期間種子相對發芽率之影響

Table 3. Effects of different bedding material on the relative seed germination rates during the composting process of poultry litter

Items	Control	Group A*	Group B	Group C	Group D
Alfalfa seed					
Before composting					
No. of germination, plant	80	64.5	71.0	65.5	62.5
RSG**, %	100	80.63	88.75	81.88	78.13
14 <sup>th</sup> day of composting					
No. of germination, plant	81	76.0	79.5	74.5	68.0
RSG, %	100	93.83	98.15	91.98	83.95
After composting					
No. of germination, plant	80	81.0	82.5	81.0	77.0
RSG, %	100	101.25	103.13	101.25	96.25
Rapeseed seed					
Before composting					
No. of germination, plant	78	61.5	58.5	73.5	69.0
RSG, %	100	78.85	75.00	94.23	88.46
14 <sup>th</sup> day of composting					
No. of germination, plant	84	81.0	83.5	85.0	86.5
RSG, %	100	96.43	99.40	101.19	102.98
After composting					
No. of germination, plant	78	82.5	83.0	85.5	85.0
RSG, %	100	105.77	106.41	109.62	108.97

\* Described as in Table 2.

\*\* RSG (relative seed germination) = number of seeds germinated in sample ÷ number of seeds germinated in control × 100.

表 4. 雞糞墊料堆肥化期間化學成分之變化  
Table 4. Effects of different bedding material on the chemical composition during the composting period of poultry litter

Items	Before composting*				14 <sup>th</sup> day of composting				After composting			
	Group A	Group B	Group C	Group D	Group A	Group B	Group C	Group D	Group A	Group B	Group C	Group D
Moisture, %	61.47	60.07	59.39	60.58	44.77	43.24	45.35	48.91	41.70	43.20	41.17	39.82
OM <sup>**</sup> , %	81.09	81.43	81.98	80.42	71.74	71.17	71.32	72.61	68.49	66.17	63.79	63.61
pH	7.71	7.79	7.64	7.51	8.37	8.10	8.35	7.74	7.99	8.04	8.21	8.26
-----dry matter basis-----												
N, %	3.01	2.99	3.30	2.87	1.73	1.79	1.91	2.00	1.76	1.82	1.97	2.12
P, %	2.05	2.26	2.30	2.28	2.46	2.63	2.73	2.74	2.62	2.78	3.33	3.39
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>**</sup> , %	4.70	5.19	5.28	5.22	5.64	6.03	6.25	6.28	5.99	6.38	7.63	7.76
K, %	2.50	2.21	2.99	2.64	2.78	2.61	3.06	3.80	3.20	3.81	4.94	5.04
K <sub>2</sub> O <sup>**</sup> , %	3.01	2.66	3.60	3.18	3.35	3.15	3.69	4.58	3.86	4.59	5.95	6.07
Ca, %	4.92	3.82	4.26	3.52	5.81	5.78	4.91	5.00	6.03	5.89	6.11	6.00
Na, %	0.73	0.66	0.73	0.77	1.23	1.36	1.16	1.71	1.66	1.84	1.94	2.05
Cu, mg/kg	50	43	49	49	60	61	61	65	60	68	66	80
Zn, mg/kg	240	208	252	246	321	245	301	320	412	274	366	409
OC, %	36.46	35.27	35.44	36.04	33.97	33.38	33.74	33.68	32.55	32.11	30.82	31.01
C/Nratio	12.10	11.81	10.73	10.57	19.58	18.62	17.70	16.84	18.53	17.64	15.68	14.60

\* Described as in Table 2.  
\*\* Estimated value, OM (organic matter) = (1 – ash) × 100 (Nolan *et al.*, 2011); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = P × 2.29; K<sub>2</sub>O = K × 1.21.

## V. 雞糞墊料堆肥化期間化學成分之變化

雞糞墊料堆肥化前各處理組氮、磷、鉀、鈣、鈉、灰分和有機碳分別介於 2.87 – 3.30%、2.05 – 2.30%、2.21 – 2.99%、3.52 – 4.92%、0.66 – 0.77%、18.02 – 19.58% 及 35.27 – 36.46%，碳氮比介於 10 – 13 之間，而銅和鋅含量則為 43 – 50 mg/kg 和 208 – 252 mg/kg (表 4)。López-Mosquera *et al.* (2008) 綜合多篇文獻指出，雞糞墊料的氮、磷、鉀、鈣、鈉、灰分和有機碳分別介於 2.6 – 5.3%、0.6 – 3.9%、0.7 – 5.2%、0.8 – 6.1%、0.7%、45.6 – 91.1% 及 29.3 – 38.8%，碳氮比介於 6.4 – 11.8 之間，與本試驗結果相近。López-Mosquera *et al.* (2008) 指出，雞糞墊料的銅和鋅含量最大值分別為 1,003.0 mg/kg 和 680.0 mg/kg，則明顯較本試驗結果為高，此與 López-Mosquera *et al.* (2008) 白肉雞飼養期 (60 天 vs. 38 天) 較本試驗為長、飼養密度 (20 隻/m<sup>2</sup> vs. 8 隻/m<sup>2</sup>) 較高可能有關 (程等, 2015)，另外飼糧銅、鋅含量也會造成雞糞墊料銅和鋅含量之差異。本試驗磷、鉀、鈣、鈉、銅和鋅含量，以及碳氮比皆隨著堆肥化時間的增加而提高。碳氮比隨著堆肥化時間的增加而提高，主要是由於氮含量隨著堆肥化時間的增加而降低所致。

堆肥原料的碳氮比攸關堆肥化成敗。多位研究者對於以畜禽糞製作堆肥所建議的碳氮比皆相近，Bishop and Godfrey (1983) 及 Bernal *et al.* (2009) 都推薦碳氮比為 25 – 35，Sweeten and Auvermann (2008) 推薦在 20 – 30 間；Zhu (2007) 則認為，豬糞堆肥化理想的碳氮比與使用的調整材料有關，若以稻蒿為調整材，碳氮比 20 即可生產高品質的堆肥。Bishop and Godfrey (1983) 指出，氮和碳依 1 : 30 的比例結合為微生物細胞，如果碳氮比太高將造成碳源浪費，並延長堆肥腐熟時間，碳氮比太低則會造成氮被分解轉變成  $\text{NHR}_3\text{R}$ 、 $\text{NOR}_3\text{R-N}$  和  $\text{NHR}_4^+\text{R-N}$  等而逸散 (Bernal *et al.*, 2009; Tuomela *et al.*, 2000)。本試驗可能由於雞糞含量的碳氮比僅介於 10 – 13 之間，堆肥化期間氮大量被分解 (Bernal *et al.*, 2009)，致堆肥化後氮含量大幅降低，而使用稻蒿取代稻殼似有減少堆肥化過程氮損失的效應，其中 D 組堆肥化後氮含量明顯較 A 組為高。Martins and Dewes (1992) 指出，堆肥化期間氮的損失率在 46.8 – 77.4% 之間，而禽糞和豬糞在堆肥化初期，發酵溫度高於 40°C 及 pH 值 8 以上，都會加速氮的損失，Ogunwande *et al.* (2008) 及 Tiquia and Tam (2000) 皆指出，發酵溫度和 pH 值越高會顯著的加速氮的損失。本試驗在堆肥化過程的前 14 天 A 組的平均發酵溫度、氮損失率及堆肥化第 14 天的 pH 值分別為 66.82°C、42.52% 及 8.37，D 組則為 59.82°C、30.31% 及 7.74，A 組的平均發酵溫度及 pH 值皆較 D 組為高，而氮損失率也明顯較 D 組為高，與前述文獻結果相符。

雞糞墊料堆肥化 14 天時，銅與鋅含量約為堆肥化前的 1.20 – 1.42 倍 (60 – 65 mg/kg) 與 1.18 – 1.34 倍 (245 – 321 mg/kg)，堆肥化結束後則為堆肥化前的 1.20 – 1.63 倍 (60 – 80 mg/kg) 與 1.32 – 1.72 倍 (274 – 412 mg/kg)。Hsu and Lo (2001) 指出，豬糞在堆肥化過程中，隨著豬糞中有機物被分解，堆肥銅和鋅含量較堆肥化前提高 2.7 倍；Tiquia (2010) 的研究，堆肥化後銅和鋅的含量分別約較堆肥化前提高 1.20 – 1.26 倍和 1.23 – 1.41 倍。蘇等 (2012) 指出，豬糞堆肥化後銅的含量約較堆肥化前提高 1.21 – 1.41 倍，鋅的含量也提高 1.04 – 1.13 倍。蘇等 (2014) 以不同銅鋅含量的堆肥原料再使用稻殼分別調整為 3 種碳氮比的原料，進行堆肥化處理，結果堆肥化後銅含量約為堆肥化前的 1.39 – 2.00 倍，鋅含量約為堆肥化前的 1.30 – 1.53 倍。行政院農業委員會農糧署 (2010) 規定，畜禽糞堆肥 (品目 5-09) 必須以禽畜糞為主要原料 (50% 以上)，主成分包括有機質必須在 40% 以上，全氮 1.0% 以上、4.0% 以下，全磷酐 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 1.0% 以上、6.0% 以下，全氧化鉀 ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 0.5% 以上、5.0% 以下，銅及鋅含量限制在 100 ppm 及 500 ppm 以下。本試驗雞糞墊料完成堆肥化處理後，各組有機質、氮、銅和鋅含量皆符合畜禽糞堆肥 (品目 5-09) 品目標準，全磷酐含量除了 A 組外皆超過 6.0%，而 C 組和 D 組全氧化鉀含量也超過畜禽糞堆肥 (品目 5-09) 5.0% 的限量，此與稻蒿的磷和鉀含量皆較稻殼為高 (表 1) 可能有關。

López-Mosquera *et al.* (2008) 與程等 (2015) 指出，雞糞墊料的磷 (3.9% 與 3.0%) 和鉀 (5.2% 與 5.4%) 含量的最大值，皆較本試驗雞糞墊料的磷 (2.05 – 2.30%) 和鉀 (2.21 – 2.99%) 含量為高，這些雞糞墊料若製成堆肥，其全磷酐和全氧化鉀含量也有超出畜禽糞堆肥 (品目 5-09) 之虞。

## 結 論

本試驗雞糞墊料經過 40 天的堆肥化處理，各組皆有 15 天以上的發酵溫度維持在 55°C 以上，達有效殺死有害微生物之溫度，種子相對發芽率皆達 95% 以上，亦達到堆肥腐熟判定標準，顯示利用切段之稻蒿替代稻殼作為墊料，對雞糞墊料後續之堆肥化處理不會造成影響。以稻蒿替代稻殼比例最高的 D 組 (75%) 為例，平均每隻雞使用 0.15 kg 稻殼和 0.24 kg 稻蒿作為白肉雞墊料，參照 103 年農業統計年報白肉雞在養隻數 (2,275 萬隻)，再以每年飼養 4 批次估算，每年可利用 21,840 公噸稻蒿，提高稻蒿利用率 1.26%，並減少 13,650 公噸稻殼用量。但試驗結果也發現，

除 A 組的全磷酞含量 (5.99%) 尚符合畜禽糞堆肥 (品目 5-09) 6.0% 的品目標準外, 以稻蔞替代稻殼的各組, 堆肥成品的全磷酞含量皆超出標準, C 組和 D 組的全氧化鉀含量也超出 5.0% 的品目限量。雞糞墊料的主要原料為雞隻排泄物和墊料, 因此要使堆肥成品的全磷酞和全氧化鉀含量符合品目標準, 建議可從源頭降低飼糧的磷和鉀含量, 和增加墊料用量兩方面著手。

## 參考文獻

- 行政院農業委員會。2014a。103 年農業統計年報。http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx, 104 年 12 月 28 下載。
- 行政院農業委員會。2014b。農業廢棄物排放量 (民國 103 年)。http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/common/CommonStatistics.aspx, 104 年 12 月 28 下載。
- 行政院農業委員會農糧署。2010。肥料種類品目及規格。http://www.afa.gov.tw/laws\_index.asp?CatID=228, 中華民國 99 年 7 月 29 日修正, 103 年 10 月 20 下載。
- 程梅萍、鍾承訓、蘇天明、洪靖崎、李春芳、蕭庭訓。2015。有色肉雞雞糞墊料產量調查及成分分析。畜產研究 48(4): 288-296。
- 劉曉龍、林義福、陳添福、洪哲明、謝昭賢、鄭裕信、蔡銘洋、蕭庭訓、蘇天明、沈韶儀、郭猛德。2009。土雞粗糠墊料替代料 (物) 試驗。畜產研究 42: 21-130。
- 簡宣裕、張明暉、劉禎棋。2005。堆肥品質之判斷。合理化施肥專刊。行政院農業委員會農業試驗所特刊第 121 號。行政院農業委員會農業試驗所編印。pp. 279-288
- 蘇天明、劉士銘、李恒夫、蕭庭訓、廖宗文、郭猛德。2012。不同銅鋅含量飼糧對生長肥育豬糞便及堆肥中銅鋅含量之影響。畜產研究 45(2): 107-120。
- 蘇天明、鍾承訓、蕭庭訓、劉曉龍、林義福、程梅萍。2014。堆肥原料銅鋅含量及碳氮比對堆肥銅鋅含量之影響。畜產研究 47(3): 195-204。
- 蘇天明、劉曉龍、鍾承訓、蕭庭訓、林義福、程梅萍。2015。墊料材質對白肉雞生長、排泄量及雞舍氨濃度之影響。畜產研究 48(4): 280-287。
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. USA.
- Bernal, M. P., J. A. Alburgue and R. Moral. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. Bioresour. Technol. 100: 5444-5453.
- Bernhart, M., O. O. Fasina, J. Fulton and C. W. Wood. 2010. Compaction of poultry litter. Bioresour. Technol. 101: 234-238.
- Bishop, P. L. and C. Godfrey. 1983. Nitrogen variations during sludge composting. Bio. Cycle 24: 34-39.
- de Bertoldi, F. M., G. Vallini and A. Pera. 1983. The biology of composting: a review. Waste Manage. Res. 1: 157-176.
- Eiland, F., M. Leth, M. Klammer, A. M. Lind, H. E. K. Jensen and J. J. L. Iversen. 2001. C and N turnover and lignocellulose degradation during composting of Miscanthus straw and liquid pig manure. Compost Sci. Util. 9: 186-196.
- Gajalakshmi, S. and S. A. Abbasi. 2008. Solid waste management by composting: state of the art. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 38: 311-400.
- Hsu, J. H. and S. L. Lo. 2001. Effect of composting on characterization and leaching of copper, manganese and zinc from swine manure. Environ. Pollut. 114: 119-127.
- Kim, K. Y., H. W. Kim, S. K. Han, E. J. Hwang, C. Y. Lee and H. S. Shin. 2008. Effect of granular porous media on the composting of swine manure. Waste Manag. 28: 2336-2343.
- López-Mosquera, M. E., F. Cabaleiro, M. J. Sainz, A. López-Fabal and E. Carral. 2008. Fertilizing value of broiler litter: Effects of drying and pelletizing. Bioresour. Technol. 99: 5626-5633.
- Martins, O. and T. Dewes. 1992. Loss of nitrogenous compounds during composting of animal wastes. Bioresour. Technol. 42: 103-111.
- Miaomiao, H., L., Wenhong, L., Xinqiang, W. Donglei and T. Guangming. 2009. Effect of composting process on phytotoxicity and speciation of copper, zinc and lead in sewage sludge and swine manure. Waste Manag. 29: 590-597.
- Nolan, T., S. M. Troy, M. G. Healy, W. Kwapinski, J. J. Leahy and P. G. Lawlor. 2011. Characterization of separated pig manure composted with a variety of bulking agents at low initial C/N ratios. Bioresour. Technol. 102: 7131-7138.
- Ogunwande, G. A., J. A. Osunade, K. O. Adekalu and L. A. O. Ogunjimi. 2008. Nitrogen loss in chicken litter compost as affected by carbon to nitrogen ratio and turning frequency. Bioresour. Technol. 99: 7495-7503.



- Ros, M., C. Garcia and T. Hernandez. 2006. A full-scale study of treatment of pig slurry by composting: kinetic changes in chemical and microbial properties. *Waste Manag.* 26: 1108-1118.
- Sweeten, J. M. and B. W. Auvermann. 2008. Composting manure and sludge. *Agrilife Extension E-479*: 6-8.
- Tiquia, S. M. 2010. Reduction of compost phytotoxicity during the process of decomposition. *Chemosphere* 79: 506-512.
- Tiquia, S. M., N. F. Y. Tam and I. J. Hodgkiss. 1996. Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. *Environ. Pollut.* 93: 249-256.
- Tiquia, S. M., N. F. Y. Tam and I. J. Hodgkiss. 1997. Composting of spent pig litter at different seasonal temperatures in subtropical climate. *Environ. Pollut.* 98: 97-104.
- Tiquia, S. M. and N. F. Y. Tam. 1998. Elimination of phytotoxicity during co-composting of pig-manure sawdust litter and pig sludge. *Bioresour. Technol.* 65: 43-49.
- Tiquia, S. M. and N. F. Y. Tam. 2000. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. *Environ. Pollut.* 110: 535-541.
- Tuomela, M., M. Vikman, A. Hatakka and M. Itavaara. 2000. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bioresour. Technol.* 72: 169-183.
- Zhu, N. 2007. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. *Bioresour. Technol.* 98: 9-13.

# Effects of bedding material on the composting of poultry litter<sup>(1)</sup>

Tein-Ming Su<sup>(2)(3)</sup> Yi-Hsiang Weng<sup>(2)</sup> Cheng-Hsun Chung<sup>(2)</sup>  
Ting-Hsun Hsiao<sup>(2)</sup> and Mei-Ping Cheng<sup>(2)</sup>

Received: Mar. 31, 2016; Accepted: May 30, 2016

## Abstract

The purpose of this study is to investigate the effects of bedding materials on the composting process and compost compositions of poultry litter. A total of 720 one-day-old broilers were assigned to four treatments with different volume ratio of rice hull: rice straw as bedding material i.e., 100:0 (group A; control group), 75:25 (group B), 50:50 (group C) and 25:75 (group D). The feeding period was terminated when the age of broilers reached 39-day-old. The poultry litter was collected and treated with the composting process. The composition of compost piles were analyzed before composting, the 14th day of composting and after composting. The results showed that the fermentation temperature reached 55°C for more than 15 days in each group. At 14th day of composting, alfalfa relative seed germination rates (RSG) of group D was 83.95%, while RSG of alfalfa and rapeseed all reached over 90%. The copper and zinc contents of poultry litter after composting were 1.20 to 1.42 times and 1.18 to 1.34 times of those before composting, respectively. During the composting period, the dry matter loss of poultry litter was 35.07 to 48.24%. After composting treatment 40 days, the RSGs of alfalfa and rapeseed all reached over 95% in all groups. The copper and zinc concentrations of poultry litter compost were 1.20 to 1.63 times and 1.32 to 1.66 times of those before composting, respectively. In conclusion, using rice straw to replace rice hull as bedding material do not affect the composting process.

Key words: Litter material, Poultry litter, Broiler, Composting.

---

(1) Contribution No. 2416 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Livestock Management Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan 71246, Taiwan, R.O.C.

(3) Corresponding author, E-mail: tmsu@mail.tlri.gov.tw.