

蛋雞糞添加特定微生物對堆肥化影響之研究

劉孟宗⁽¹⁾ 施宗雄⁽¹⁾

收件日期：90 年 11 月 3 日；接受日期：91 年 06 月 21 日

摘 要

本研究主要目的在探討蛋雞糞添加混合菌株 (*Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *Lactobacillus plantarum*, *Actinobifida chromogena*, *Mucor pusillus*) 菌劑對腐熟速度及氨氣揮發量之影響。試驗結果顯示在堆肥化過程中添加混合菌株處理者，皆可提前出現較高溫度，其中以蛋雞糞添加混合菌株與木屑處理的溫度上升最快速，在第 4 天時可達 68℃；蛋雞糞添加混合菌株與木屑處理於堆肥化過程的前期會產生大量 CO₂，但隨之 CO₂ 產生量快速減少，而且較其他處理組低。蛋雞糞添加混合菌株與木屑處理可顯著減少氨氣的產生，試驗進行第 12 天後氨氣濃度快速下降，至第 40 天後則趨於穩定，由種子發芽率測定的結果證明蛋雞糞添加混合菌株可於試驗進行第 15 天時即接近腐熟。盆栽試驗結果顯示蛋雞糞添加混合菌株所製造出來的堆肥比純蛋雞糞堆肥有利於小白菜的生長。

關鍵詞：微生物、堆肥、腐熟度。

緒 言

隨著環境保護意識的高漲及追求健康且安全的生活品質，故對有機農產品的需求日趨迫切。有機農產品生產法中有機 (organic) 的含意有三：(1) 不使用合成化學物質，(2) 最近三年內不使用禁用物質之耕地所產的作物，(3) 生產者及經手人均依有機栽培計畫生產之農產品 (楊，1998)。有機農業主要在倡導自然界物質之循環利用、維護生態環境、節省能源、減少污染及土地之永續利用，生產安全健康的農產品。而堆肥等有機質肥料是生產有機農產品最主要的農業資材。

台灣地區每年有大量的禽畜糞產生 (翁，1993；林及簡，1995)，又由於 86 年 3 月發生豬隻口蹄疫疫情，禽肉替代需求突增，家禽飼養隻數增加，故禽糞產生量驟增，若無適當處理，大量的禽畜糞尿不僅造成農村及飼養區環境與水源污染，對禽畜疾病防治亦造成嚴重影響。其實禽畜糞中含有高量氮、磷、鉀及有機質，為農家傳統上重要肥料來源 (嚴，1989；曾，1994；洪，1995)，可提供作物生長所需營養。但是施用未經腐熟的禽畜糞，會造成土壤還原性過高及對作物生長產生負面的影響 (Jacobs, 1990)。生雞糞在雞場內乾燥後，轉售農民當基肥施入土壤，因雞糞性質未穩定，於微生物發酵過程中產生惡臭，引來成蟲產卵而大量孳生，會影響環境衛生及生活品質 (胡及謝，1997；馮，1996)。又生雞糞或只經乾燥處理之雞糞，若直接施用於土壤，常會引起局部土壤溫度上

(1) 東海大學畜產學研究所。

升、產生高濃度氨氣、硫化氫及二氧化碳等，並消耗土壤中氧氣，以致土壤中氧氣不足（林等，1995）影響土壤生態及作物生長。故禽糞最好先經過堆肥化過程，使其性質穩定化再施用。

微生物在堆肥化過程中扮演著舉足輕重的角色，禽畜糞在堆肥化過程中因微生物的作用，溫度可達 70-80℃，能殺滅大部份對動植物有害的病原微生物（翁等，1998；Miller, 1991）；同時，禽畜糞中的有機物質經微生物作用後，性質會趨於較穩定（Haga, 1990）。本研究即在探討蛋雞糞添加好氧性微生物及木屑對堆肥腐熟速度及堆肥化過程中氨氣濃度的影響。

材料與方法

I. 材料

(i) 菌株

本研究所用的微生物是由本實驗室分離純化所獲得的菌株為：*Bacillus subtilis*、*Bacillus licheniformis*、*Lactobacillus plantarum*、*Actinobifida chromogena*、*Mucor pusillus*。

(ii) 蛋雞糞

由彰化縣芳苑鄉賴朝河先生蛋雞場提供，飼養蛋雞方式為高床式自動餵飼雞舍，定期以鏟土機將雞糞清離雞舍，雞糞含水率為 65-85 %。

(iii) 鋸木屑

由台中市家霖工業社提供，主要為雜木加工製造貨物站板過程中所產生的鋸木屑。

II. 設備及器材

(i) 堆肥室及發酵槽

溫控（30℃）堆肥室長 4.7 m 寬 2.7 m 高 2 m，具通風口、溫控儀板及循環風扇。發酵槽設於堆肥室內，每個發酵槽內側長 62 cm 寬 42 cm 高 30 cm，底部以木條架高 5 cm，木條上鋪鐵絲網隔出一空氣室，並留有 8 mm 口徑作為送風之管道以利通風。

(ii) 空氣壓縮機

復盛牌，電源為 220V，使用壓力 7 kg/cm²，排氣量 154 L/min。

(iii) 溫度計

玻璃水銀柱溫度計，每支長度 50 cm，可標示範圍由 0-100℃。

(iv) 氣體檢知器

為攜帶式氣體檢知器 GASTEC (GV-100 Gas Sampling Pump)，更換檢知管可測 NH₃ 與 CO₂。

(v) pH meter (Mettler Toledo, MP225)

(vi) 感應耦合電漿光譜分析儀 (ICP, Inductively coupled plasma, 瑞士)，為元素快速測定儀。

III、方法

(i) 菌株培養及菌劑製備

菌株經 30、40、50、60 及 70℃ 溫度液體培養 24 小時後，取定量菌液塗抹於特定固體培養基上，於 30℃ 培養後以 TPC (total plate count) 方法計數菌數。選取最適生長溫度 (50℃) 度進行大量培養製備菌劑，其流程為米糠滅菌 (121℃, 15 min) 後，加入 1% 味精經滅菌攪拌均勻，分別接種試驗用之菌株，加入滅菌水，調整含水率為 60%，以 50℃ 培養 24 小時，冷卻備用，在進行試驗之前以等重量混合。

(ii) 蛋雞糞進行堆肥化

有三種試驗處理，A 處理：蛋雞糞 (CW)、B 處理：蛋雞糞 + 混合菌株菌劑 (CW + LB)、C 處理：蛋雞糞 + 混合菌株菌劑 + 鋸木屑 (CW + LB + SD)，蛋雞糞與菌劑和鋸木屑的比例為 4 : 1 : 1 (W : W : W)。

各試驗處理材料之水分含量皆調整為 65 %，然後以 50 kg 分裝於發酵槽內，每天通氣 4 小時，於第 7、21、及 35 天翻堆一次。定期測定發酵槽溫度及緊臨發酵材料正上方之 NH_3 及 CO_2 濃度，取樣測定樣品之化學成分。測定方法分別如下：

1. 溫度

以玻璃水銀柱溫度計測定發酵槽中層溫度，取三點平均值。

2. pH

10 g 堆肥樣品與純水以 1 : 5 混合均勻，裝入 100 ml 玻璃杯斷續攪拌 30 分鐘再靜置 10 分鐘，以 pH meter 測定上層懸浮液的 pH 值。

3. 全氮含量

(1) 取 0.2 g 樣品放入分解瓶中，加入 5 ml 濃硫酸，靜置一夜後，至分解爐分解，溫度漸次加至 360 °C，經 2-3 小時，經冷卻後加入 3-5 ml 30 % 之過氧化氫，繼續加熱至液體澄清為止。分解液加入 30 ml 蒸餾水稀釋溶液，冷卻後以 Whatman 42 號濾紙過濾。

(2) 取濾液 5 ml，利用 semi-micro-Kjeldahl distillation apparatus 蒸餾，測定含氮量。

4. 磷、鉀含量

(1) 精秤肥料樣品 0.2g，加混合液 ($\text{HNO}_3 : \text{HClO}_3 = 5 : 1$) 3 ml，靜置隔夜，加熱約 4-5 小時至分解液澄清，冷卻後加入一些 30 % H_2O_2 以，定量至 50 ml 後過濾，得澄清濾液。

(2) 濾液以感應耦合電漿光譜分析儀 (ICP) 定量磷與鉀含量。

5. 有機質含量

樣品經 80 °C 烘乾後，稱定量重量以 550 °C 灰化，灰化後所減少的重量即為有機質的量。

6. NH_3 及 CO_2 濃度

以氣體檢知器 (GASTEC) 吸取定量體積樣品檢測之。

7. 發芽率試驗

取 5 g 風乾樣品置於玻璃三角瓶，加入 100 ml 蒸餾水，以 80 °C 水浴震盪 1 小時，冷卻後以紗布和濾紙過濾取得濾液。抽取濾液 10 ml，注入培養皿之濾紙上，將 25 粒白菜種子均勻放在濾紙上，於 25 °C 恆溫培養箱內培養，3 天後觀察發芽率，另外，以蒸餾水代替濾液進行試驗 (對照組)，種子長出兩個完整子葉及根毛，才可判定有發芽。

種子發芽率 (%) = 實驗組之種子平均發芽率 / 對照組之種子平均發芽率 $\times 100\%$

(iii) 盆栽評估不同試驗處理產製之堆肥對小白菜生長的影響

直徑 9 cm 高 30 cm 之鉢盆，以 No. 4 南海蛭石裝填 120 g，不添加任何肥料為對照組，三種試驗處理所產製之堆肥，分別以 1%、4%、8% 及 12% 施加於南海蛭石進行 3 重複試驗。經種植 30 天採收，記錄株高及株重。

結果與討論

I. 最適合試驗用菌株生長之溫度

試驗所用之菌株於 30、40、50、60 及 70 °C 溫度條件下培養，試驗結果顯示以 50 °C 最有利於菌株之生長，依次為 40 °C 與 60 °C 及 30 °C，而 70 °C 溫度條件則不適合本試驗用菌株之平均生

長 (圖 1)。由此可知本試驗所用菌株生長適溫為 40°C 至 60°C ，是具有嗜中、高溫菌之生長特性 (楊，1994；Strom, 1985；Nakasaka et al., 1985)。

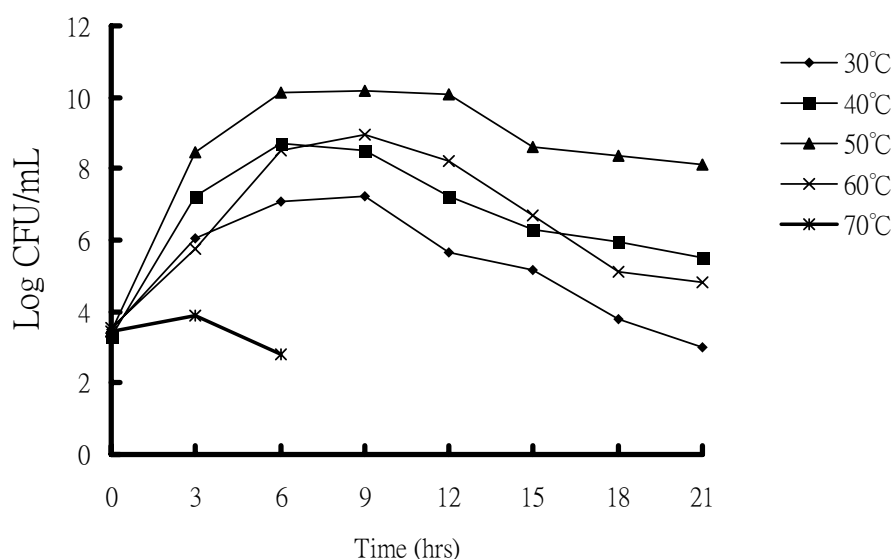


圖1. 於不同溫度下本研究所用菌株之平均生長曲線

Fig 1. Mean growth curves of strains used in the research under different temperatures.

II. 堆肥化過程樣品成分及性質之變化

(i) 溫度的變化

蛋雞糞 + 混合菌株菌劑 + 鋸木屑處理 (CW + LB + SD)，溫度上升的速度最快，其次為蛋雞糞 + 混合菌株菌劑處理 (CW + LB)，而以純雞糞處理 (CW) 最慢；試驗進行 10 天內，蛋雞糞 + 混合菌株菌劑 + 鋸木屑處理及蛋雞糞 + 混合菌株菌劑處理的溫度皆保持在 60°C 以上，而純雞糞處理的溫度，在試驗期間皆不超過 60°C (圖 2)。堆肥化過程溫度上升是由於微生物代謝有機物產生熱量所造成，溫度上升越快越高，表示微生物降解有機物越快，故本試驗所用之混合菌株菌劑添加于雞糞顯示有效增進堆肥化速度；添加鋸木屑可增加通氣性，亦有利於雞糞的堆肥化。

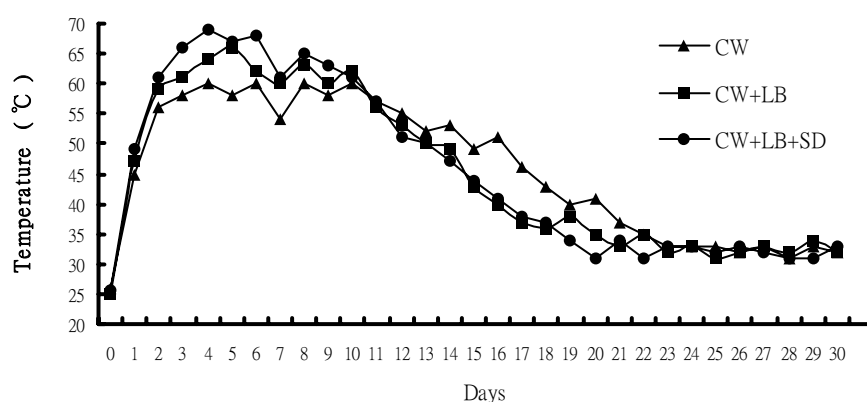


圖2. 添加混合菌株菌劑于蛋雞糞對堆肥化過程中溫度變化的影響

Fig 2. Effect of adding mix-strain inoculants to layer feces on the temperature changes during composting period.

(ii) pH 值的變化

雞糞的堆肥化過程中 pH 值偏鹼性，且 pH 值隨發酵時間增加而升高，然後再下降，純蛋雞糞處理 (CW) 的 pH 值於試驗期間皆高於蛋雞糞 + 混合菌株菌劑處理 (CW + LB) 及蛋雞糞 + 混合菌株菌劑 + 鋸木屑處理 (CW + LB + SD)，添加鋸木屑于蛋雞糞可降低堆肥化過程的 pH

值(圖 3)。pH 值升高與有機氮化合物經微生物去銨化 (deamination) 產生 NH_3 所導致有關 (簡及吳, 1994; 林等, 1995)。

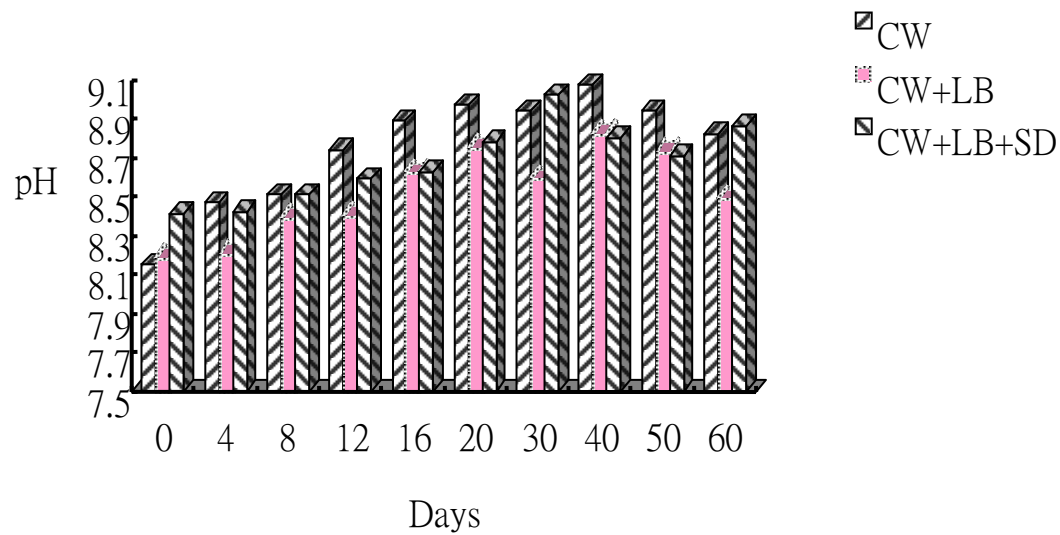


圖 3. 添加混合菌株菌劑于蛋雞糞對堆肥化過程中 pH 值變化
Fig 3. Effect of adding mix-strain inoculants to layer feces on the pH changes during composting period.

(iii) 有機質、全氮、磷及鉀含量之變化

表 1 的資料為堆肥化前後不同試驗處理的成分之變化。有機質含量皆呈下降趨勢，全氮、磷及鉀含量增加，此與堆肥化過程中有機質被分解利用及無機養分被微生物之固定化作用，以及濃縮效應有關，當堆肥腐熟時，其組成分會呈現較穩定狀態 (Inoko, 1982 Harada, 1990;)。純蛋雞糞處理 (CW) 的有機質含量減少 13.8%，而蛋雞糞+混合菌株菌劑+鋸木屑處理 (CW+LB+SD) 的含量減少 7.20%，蛋雞糞+混合菌株菌劑處理 (CW+LB) 的含量減少 14.1%；純蛋雞糞處理 (CW) 氮的含量提高 32%，蛋雞糞+混合菌株菌劑處理 (CW+LB) 的含量分提高 36%，蛋雞糞+混合菌株菌劑+鋸木屑處理 (CW+LB+SD) 的含量提高 40%，由此可知將混合菌株菌劑添加于雞糞，可增進有機質的分解及堆肥氮含量 (表 1)。

表 1. 堆肥化前後不同處理的養分含量變化

Table. 1. Changes of nutrient contents of differnet treatments before and after composting

Treatments		N	P	K	Organic matter
		%			
Before composting	CW	1.56	0.17	0.42	51.51
	CW+LB	1.55	0.16	0.18	55.43
	CW+LB+SD	1.63	0.18	0.41	60.55
After Composting	CW	2.06	0.48	0.95	37.71
	CW+LB	2.11	0.41	0.92	41.37
	CW+LB+SD	2.28	0.36	0.88	53.34

(iv) CO_2 與 NH_3 濃度之變化

1. CO_2 濃度之變化

於試驗進行第 4 天時，純蛋雞糞處理 (CW) CO_2 的濃度為 2.2%，蛋雞糞+混合菌株菌劑處理 (CW+LB) 的濃度為 2.45%，蛋雞糞+混合菌株菌劑+鋸木屑處理 (CW+LB+SD) 的濃

度為 2.8 %。隨堆肥化時間增長 CO_2 的濃度逐漸降低，試驗進行第 10 天之後 CO_2 的濃度快速下降，至第 45 天時濃度幾乎為 0 (圖 4)。試驗進行 14 天之內添加混合菌株菌劑于蛋雞糞處理者，皆比純蛋雞糞處理者產生較高濃度的 CO_2 及高的溫度 (圖 2)，顯示添加混合菌株于蛋雞糞對於增加有機物的分解有一定之效益。

2. NH_3 濃度之變化

蛋雞糞 + 混合菌株菌劑 + 鋸木屑處理、蛋雞糞 + 混合菌株菌劑處理及純蛋雞糞處理於試驗進行 16 日之內，皆有較高濃度 NH_3 氣體產生；隨堆肥化時間的增加，蛋雞糞 + 混合菌株菌劑處理及蛋雞糞 + 混合菌株菌劑 + 鋸木屑處理的 NH_3 氣體濃度有快速降低的趨勢，但純雞糞處理的 NH_3 氣體濃度在試驗進行 28 日之後才會明顯的下降 (圖 5)。故由上述試驗結果顯示添加混合菌株菌劑及鋸木屑可減少堆肥化過程中 NH_3 氣體的產生，此與所添加的菌株能有效吸收 NH_3 當作氮源合成生質體 (biomass) 與鋸木屑的陽離子交換容量 (CEC) 大可以吸附氨與銨，以及鋸木屑含碳量高而使得氮易被生物固定化 (Martensson and Torstensson, 1996) 有關。

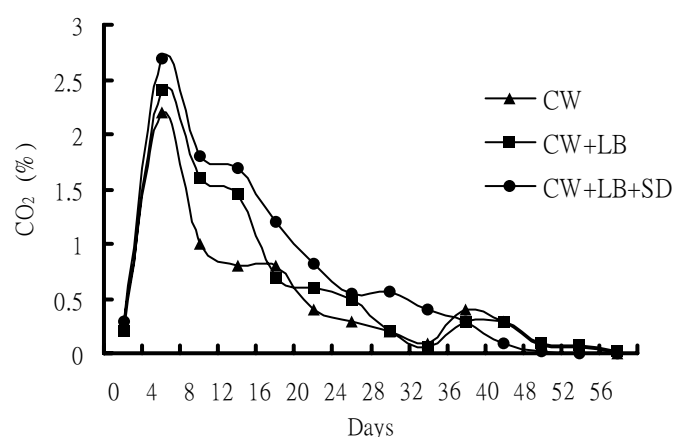


圖4. 添加混合菌株菌劑于蛋雞糞對堆肥化過程中 CO_2 濃度的影響

Fig 4. Effect of adding mix-strain inoculants on the change of CO_2 concentrations during composting period.

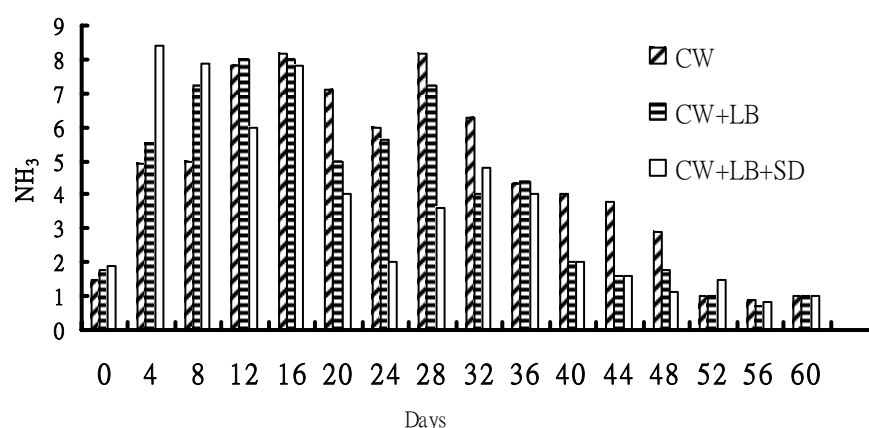


圖5. 添加混合菌株菌劑于蛋雞糞對堆肥化過程中 NH_3 濃度

Fig 5. Effect of adding mix-strain inoculants on the change of NH_3 concentrations during composting period.

(v) 小白菜種子發芽率之測定

將三種試驗處理所產製的堆肥用來測試對小白菜種子發芽之影響，結果顯示試驗剛開始時三種試驗處理的發芽率皆低於 24%，試驗進行第 15 天時蛋雞糞添加混合菌株菌劑處理的種子發芽率皆為 100 % 顯示混合菌株菌劑添加于雞糞堆肥有利於雞糞堆肥化的進行，試驗進行 30 天時三種試驗處理的種子發芽率皆達到 90% 以上 (表 2)，此時三種試驗處理所產製的堆肥可視為接近腐熟 (Harada, 1990；簡，1997)。蛋雞糞 + 混合菌株菌劑 + 鋸木屑處理的種子發芽率於試驗進行 30 日內

皆比其他二種處理顯著的低，此與鋸木屑為大量纖維素與木質素，於堆肥化過程初期經微生物分解後會產生酚酸、氯酚酸及其他有機酸 (Haga, 1990) 而影響到小白菜種子的發芽率有關。

表 2. 堆肥化過程不同處理對白菜發芽率的影響

Table. 2. Effect of different treatment samples on the seed germination rate of *Brassica chinensis* during composting period

Treatments	Sampling times(days)			
	0	15	30	45
	Germination rates (%)			
CW	20	92	100	100
CW+LB	24	100	100	100
CW+LB+SD	12	80	92	100

III. 不同試驗處理所產製堆肥對小白菜生長的影響

三種試驗處理所產製的堆肥以不同重量百分比量與蛭石混合，進行盆栽試驗以比較對小白菜生長效益的影響。試驗結果為在所有堆肥施用量下，小白菜鮮重以混合菌株菌劑添加於蛋雞糞處理皆遠重於純蛋雞糞處理（圖 6），顯示混合菌株菌劑添加於蛋雞糞確實具有增進小白菜生長的效益。

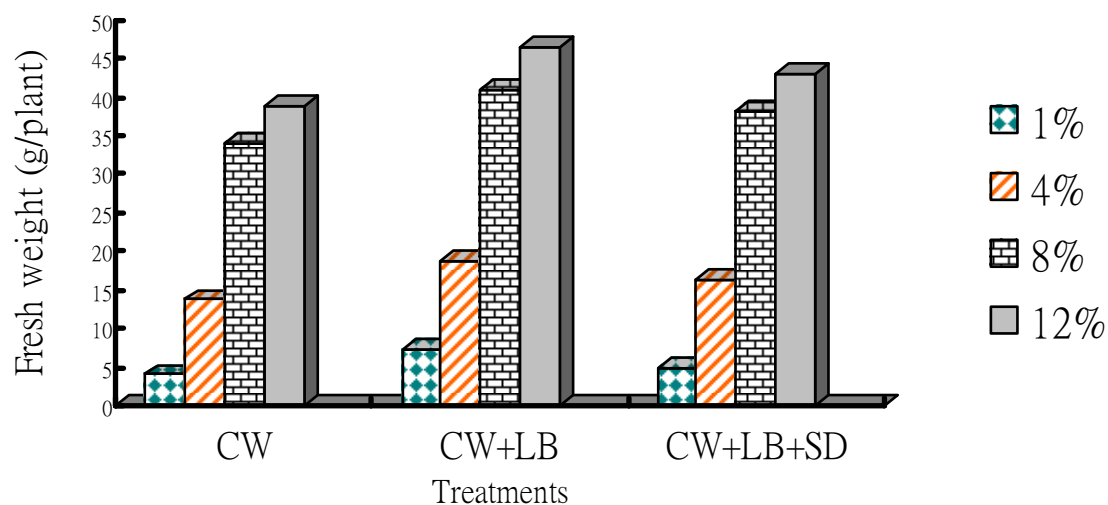


圖6. 蛋雞糞添加混合菌株菌劑產製堆肥對小白菜鮮重

Fig 6. Effect of composts made from layer feces added with mix-strain inoculants on the fresh weight of *Brassica*

綜合以上試驗結果，顯示於堆肥化過程蛋雞糞+混合菌株菌劑+鋸木屑 (CW+LB+SD) 處理的溫度上升最快，並最先達到穩定狀態，且初期產生高濃度CO₂ 能有效減少NH₃ 的揮發量，有加快蛋雞糞腐熟為堆肥之效果。蛋雞糞添加混合菌株菌劑所產製之堆肥具有增進小白菜生長的功效。

參考文獻

- 林財旺。1994。禽畜糞堆肥化處理。堆肥技術及其利用研討會論文集。pp. 230~249。
- 林財旺、簡宣裕。1995。農畜產廢棄物利用及堆肥製造之現況。有機質肥料合理施用技術研討會專刊。台灣省農業試驗所特刊 50：43~58。

- 林晉卿、林財旺、洪嘉謨。1995。添加不同農業廢棄物調整資材對雞糞堆肥品質影響及其利用。八十四年度畜牧污防試驗研究計畫成果報告彙編。台灣省畜產試驗所編印。pp.192~199。
- 胡淑真、謝豪晃。1997。禽糞資源化處理之探討。國立屏東技術學院畜牧生產技術學報 5：191~204。
- 洪崑煌。1995。有機物對作物生產的功能。有機質肥料合理施用技術研討會專刊。台灣省農業試驗所特刊 50：59~71。
- 翁震圻。1993。台灣地區豬糞尿處理與應用。台灣農業 29（5）：64~74。
- 翁震圻、林紫恩、徐慶霖、何素鵬、邱繡河。1998。送風供氧技術在禽畜糞便堆肥處理之應用。第一屆畜牧廢棄資源再生利用推廣研究成果研討會論文集。
- 馮誠萬。1996。養雞場蒼蠅污染防治。台灣畜牧 25：21~28。
- 曾四恭。1994。養豬廢水去磷技術之檢討。第三屆國際畜牧污染防治技術研討會專輯。行政院農業委員會。pp. 54~71。
- 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。pp.338~357。
- 楊清木。1998。世界有機食品規格、標示的現況和問題。食品市場資訊。第 8702：25。
- 嚴式清。1989。畜牧廢棄物在有機農業之利用。有機農業研討會專輯。台中區農業改良場特刊 16：245~249。
- 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。台灣省政府農林廳編印。pp. 338~357。
- 簡宣裕。1997。堆肥品質鑑定法。肥料要覽。台灣省政府農林廳編印。pp.49~52。
- Haga, K. 1990. Production of compost from organic wastes. ASPAC/FFTC, Extension Bulletin. 311: 1-18.
- Harada, Y. 1990. Composting and application of animal wastes. ASPAC/FFTC, Extension Bulletin. 311: 19~31.
- Inoko, A. 1982. The composting of organic materials and associated maturity problems. ASPAC/FFTC, Technical Bulletin. 71 : 1~20.
- Jacobs, L. W. 1990. Potential hazards when using organic materials as fertilizers for crop production. ASPAC/FFTC, Extension Bulletin. 313 : 1~29.
- Martensson, A. M. and L. Torstensson. 1996. Monitoring sewage sludge using heterotrophic nitrogen fixing microorganisms. Soil Biol. Biochem. 28(12) : 1621~1630.
- Miller, F. C. 1991. Biodegradation of solid waste by composting. Biological Degradation of Wastes. Martin. pp.2~18.
- Nakasaki, K., M. Sasaki and H. Kubota.1985. Characteristics of mesophilic bacteria isolated during thermophilic composting of sewage sludge. Appl. Environ. Microbiol. 49 : 42~45.
- Strom, P. F. 1985. Effect of temperature on bacterial species diversity in thermophilic solid-waste composting. Appl. Environ. Microbiol. 50(4) : 899~905.

The Study of Adding Particular Microorganisms to Layer Feces to Enhance Composting.

Meng-Tsung Liu ⁽¹⁾ and Chung-Hsung Shih ⁽¹⁾

Received : Nov. 3, 2001 ; Accepted : June 21, 2002

Abstract

The objects of this study were to investigate the effect of adding inoculant containing *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *Lactobacillus plantarum*, *Actinobifida chromogena*, *Mucor pusillus* isolated by our laboratory to layer feces on the composition changes and the emission of CO₂ and NH₃ gases.

The experimental results showed the temperatures of CW+LB+SD treatment (layer feces added with inoculant and sawdust) and CW+LB treatment (layer feces added with inosulant) were maintained at 60 °C or more within 10 days after the experiment was set up, but that of CW treatment (layer feces only) was below 60 °C during composting period. The pH values of CW+LB+SD treatment and CW+LB treatment were lower than that of CW treatment, and those of the three treatments were above 8.0. After composting, the increased percentage of nitrogen concentration of CW+LB+SD treatment was highest among the three treatments. The CO₂ concentration of CW+LB+SD treatment and CW+LB treatment were significantly more than that of CW treatment within 14 days after the experiment was set up. The NH₃ concentration of CW+LB+SD treatment and CW+LB treatment were obviously lower than that of CW treatment after the experiment was carried out 20 days. When the experiment was carried out for 15 days, *Brassica chinensis* seed germination rates of CW+LB treatment, CW treatment and CW+LB+SD treatment were 100%, 92% and 80%, respectively, and the result indicated that adding the inoculant to layer feces could speed up composting process. Composts, produced from layer feces added with the inoculant, had the tendency of promoting the growth of *Brassica chinensis*.

Key words : Microorganisms, Compost, Decomposition.

(1) Department of Animal Science, Tunghai University Taichung, Taiwan, R.O.C.

圖. 1. 於不同溫度下本研究所用菌株之平均生長曲線。

Fig. 1. Mean growth curves of strains used in the research under different temperatures.

圖 2. 添加混合菌株菌劑于蛋雞糞對堆肥化過程中溫度變化的影響。

Fig. 2. Effect of adding mix-strain inoculants to layer feces on the temperature changes during composting period.

圖 3. 添加混合菌株菌劑于蛋雞糞對堆肥化過程中 pH 值變化。

Fig. 3. Effect of adding mix-strain inoculants to layer feces on the pH changes during composting period.

圖 4. 添加混合菌株菌劑于蛋雞糞對堆肥化過程中CO₂濃度的影響。

Fig. 4. Effect of adding mix-strain inoculants on the change of CO₂ concentrations during composting period.

圖 5. 添加混合菌株菌劑于蛋雞糞對堆肥化過程中NH₃濃度的影響。

Fig. 5. Effect of adding mix-strain inoculants on the change of CN₃ concentrations during composting period.

圖 6. 蛋雞糞添加混合菌株菌劑產製堆肥對小白菜鮮重的影響。

Fig. 6. Effect of composts made from layer feces added with mix-strain inoculants on the fresh weight of *Brassica chinensis*.