

肥培管理對薑黃產量及薑黃素含量之影響¹

高瑞隆² 余志儒³ 陳琦玲⁴ 李豔琪⁴ 謝廷芳⁵ 胡敏夫^{2,6}

摘 要

高瑞隆、余志儒、陳琦玲、李豔琪、謝廷芳、胡敏夫。2007。肥培管理對薑黃產量及薑黃素含量之影響。台灣農業研究 56:165-175。

為期求生產安全無污染藥材供開發保健食品，本試驗以薑黃(*Curcuma longa*)為材料，配置全區每公頃施用 (A) 雞糞堆肥施用量 9,000 kg，(B) 含木黴菌雞糞之生物性肥料 9,000 kg，(C) 施用全量化學肥料 (N:P₂O₅:K₂O=90:40:100 kg/ha)，(D) 土壤添加物 2,400 kg，及 (CK) 無肥區作為對照等五處理參試，分二年進行試驗，第一年試驗結果發現各處理間之根莖鮮重與乾重無顯著差異，但在產量上表現較佳者為 C、A 和 D 處理，其各區產量分別為施用雞糞堆肥處理每公頃收 23.1 t 鮮重及 5,938 kg 乾重；施用含木黴菌雞糞之生物性肥料處理每公頃收 20 t 鮮重及 5,170 kg 乾重；施用全量化學肥料處理每公頃收 24 t 鮮重及 6,245 kg 乾重；施用土壤添加物處理每公頃收 22.7 t 鮮重及 5,893 kg 乾重與無肥區每公頃收 20 t 鮮重及 5,316 kg 乾重。第二年試驗結果發現各處理間之根莖鮮重與乾重亦無顯著差異，但在產量上表現較佳者為 A 和 C 處理，其各區產量分別為施用雞糞堆肥處理每公頃收 21 t 鮮重及 4,645 kg 乾重；施用含木黴菌雞糞之生物性肥料處理每公頃收 12 t 鮮重及 2,716 kg 乾重；施用全量化學肥料處理每公頃收 18 t 鮮重及 3,998 kg 乾重；施用土壤添加物處理每公頃收 14.3 t 鮮重及 3,296 kg 乾重與無肥區每公頃收 13 t 鮮重及 2,849 kg 乾重。二年平均根莖乾重比較，以 A 處理 5,292 kg 較高，次為 C 處理 5,122 kg。薑黃素含量分析結果，二年平均以施用化學肥料區達 0.43% 較高，次為施用雞糞堆肥區及土壤添加物區，各為 0.41%，但經統計分析處理間未達 5% 顯著水準差異。

關鍵詞：薑黃、雞糞堆肥、薑黃素、優質農業操作。

前 言

薑黃 (*Curcuma longa* L.) 為秋鬱金之俗名，據三澤穰氏於 1989 年在琉王朝傳承至今的秘藥“鬱金”一書報導，有別於春鬱金之俗名姜黃，在食品及飲料加工業已被廣泛的使用 (Chen & Tsai 1975, Tsai & Chen 1975)。尤其薑黃素 (curcumin) 含抗氧化性物質，美國 National Cancer Institute (NCI) 公布列為第三代化學癌預防劑，並在多所醫療中心進行臨床實驗證明，具有抗炎作用及可抑制產生各種活性氧之酵素如 lipoxigenase/cyclooxygenase、xanthine dehydrogenase/oxidase、inducible

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2292 號。接受日期：2007 年 7 月 3 日。
2. 本所生技組助理研究員、副研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 本所應用動物組助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
4. 本所農化組副研究員、助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
5. 本所花卉中心研究員兼主任。台灣 雲林縣 古坑鄉。
6. 通訊作者，電子郵件：minfu@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

nitric oxide synthase (iNOS)、protein kinase C (PKC) 及 EGF-receptor 之 tyrosine kinase (RTK) 等活性 (Lin & Lin-Shiau, 2001)；與抑制 12-O-teradecanoyl phorbol-13-acetate (TPA) 引起 DNA 加成物之致癌作用能力普受重視 (Lin 2001)。Miquel (2002) 亦指出薑黃總多酚類除有抑制老鼠腫瘤與發炎功效外，對酒害損傷肝組織 (hepatic injury) 及乾癬 (psoriasis) 均有助益。國內中藥界學者 Na (2000) 與 Lai (1976) 亦提出報告，數世紀以來人類就知道利用薑黃之根莖作為消炎劑、促進血液循環、消癢、治胃潰瘍、止心絞痛及著色防腐劑。餐宴上之咖哩雞中之黃色調味料即為薑黃根莖粉。1995 年印度栽培面積就達 77,400 公頃 (Singh & Randhawa 1985)。本所先前曾就薑黃之大黃種根莖形成及各位次分生子莖之成分進行分析 (Chiu 1993a)、化學肥料適用量試驗 (Chiu 1993b) 及植期及種植密度探討 (Hu 1996) 等。尤其薑黃素及其它活性成分對人體保健有顯著作用，對大鼠口服急毒性檢測，經 28 天餵食高劑量 (1,000 mg/kg) 亦無傷害 (Liao 2003)，因此，一般食品界與藥廠已紛紛進行研製各種保健產品，並要求於國內進行優質安全生產供應。

材料與方法

試驗品種為薑黃 (*Curcuma longa* L.) 或稱秋鬱金，試驗處理分試驗處理分全區施用雞糞堆肥 (A) 每公頃施用量 9,000 kg (N 1.28%， P_2O_5 2.1%， K_2O 1.35%)，(B) 含木黴菌雞糞之生物性肥料 9,000 kg (N 1.3%， P_2O_5 1.4%， K_2O 1.0%)，(C) 施用全量化學肥料 (N: P_2O_5 : K_2O =90:40:100 kg)，(D) 土壤添加物 2,400 kg (N 3.9%， P_2O_5 2.231%， K_2O 1.71%) 與無肥區作為對照 (CK) 等五處理。試驗設計採 RCBD，4 重複，小區面積 22.4 m²。2005 年 3 月 23 日種植，4 月 11 日、5 月 30 日及 6 月 27 日進行中耕除草、培土及施用追肥工作。2006 年 4 月 3 日種植，中耕除草、培土及施用追肥工作分別於 4 月 24 日、5 月 20 日及 6 月 19 日進行。植前植地取樣進行土壤質地、主要三要素成分及重金屬含量分析與種莖採用百賜達克可濕性粉劑 1000 倍消毒 2 小時，植後分別於 90、120 及 180 天進行調查其株高、葉數及分蘗數，生育期間採用植物性農藥防治主要病蟲害，灌溉用水於灌溉時取樣分析水質之污染情形。

土壤理化性質測定

土壤理化性質分析主要是依據美國農藝學會 (American Society of Agronomy) 所出版之土壤分析方法 (Klute 1986; Weaver *et al.* 1994)。

土壤 pH 之測定 (玻璃電極法)：秤取 20 g 經風乾磨碎過篩之土壤，置於 50 mL 燒杯中，加 20 mL 去離子水，充分攪拌後，放置 1 小時 (其間攪拌 2 次) 後，以 pH 儀 (Suntex SP-701) 測定 pH 值。

土壤電導度之測定 (電導計法)：秤取 20 g 經風乾磨碎過篩之土壤，置於 150 mL 紙杯中，加 100 mL 去離子水，充分攪拌後，放置 2 小時 (其間攪拌 2 次) 後過濾，濾液以電導度儀 (Suntex SC-170) 測定 EC (電導度)。

土壤有機質測定 (比色法)：秤取 1 g 經風乾磨碎之土壤，置於 125 mL 三角瓶中，加 10 mL 的 1N $K_2Cr_2O_7$ ，搖勻，加入 10 mL 的濃硫酸，搖勻，待冷，再加 80 mL 去離子水，搖勻，靜置，待溶液澄清後，取澄清液以 600 nm 波長之光電比色計 (Hitachi U-2000) 進行比色。

土壤磷有效指數之測定 (白雷氏第一法)：秤取 1 g 經風乾磨碎之土壤，置於 50 mL 三角瓶中，加入 10 mL 抽出液 (0.25 NHCl 和 1 N NH_4F 之混合液)，置於震盪器中，震盪 40 秒，隨即過濾，濾液以 ICP (感應耦合電漿分析儀，Jobin-Yvon ULTIMA-C) 進行分析。

土壤交換性陽離子之測定 (修正醋酸銨法)：秤取 3 g 經風乾磨碎之土壤，置於 30 mL 塑膠瓶中，加入 30 mL 抽出液 (1N NH₄OAc 之混合液)，置於震盪器中，震盪 1 小時，過濾，濾液以 ICP 分析。

雞糞堆肥及收穫物之重金屬含量測定

雞糞堆肥及收穫物之重金屬 (Fe、Mn、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 及 Pb) 含量測定，乃依據國家標準 CNS 之肥料檢驗法 (1982) 進行分析：取 4 g 雞糞堆置於坩鍋中，添加 5 mL 之 95%酒精 (含 2% H₂SO₄)，點火使其燃燒碳化，然後移至高溫灰化爐灰化 (溫度逐步加熱至 550°C，此溫度下持續 3 小時，再逐步降溫)。灰化後之樣品冷卻後加入硝酸約 5 mL，在水浴槽上加熱分解，並繼續加熱將大部分酸液蒸發至幾近乾涸。冷卻後加入 25 mL 溫鹽酸加熱片刻使之溶解，冷卻後加水定量至 100 mL，混合後立即以乾燥濾紙過濾。以感應耦合電漿分析儀 (Inductively Coupled Plasma-mass Spectrometer，簡稱 ICP) 分析濾液中之重金屬 (Fe、Mn、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 及 Pb) 含量。

灌溉水質重金屬含量之測定

依據 1998 年美國國民健康協會、美國水處理協會及水污染防治協會所編的「水與廢水檢測標準方法」進行分析 (Anonymous 1988)。

薑黃素含量分析

採收後將根莖切片烘乾並磨粉測定粗材料重金屬含量並進行薑黃素 (Curcumin) 含量分析，分析方法將樣品以 95%乙醇萃取至抽出液不再呈黃色後，以此抽出液在 430 nm 波長之吸光度測定，然後將所得數據以 Sigma 公司 C-1386 薑黃素為標準換算之。上述各項調查數據均採用綜合變方分析及最低差異顯著水準 (least significant different, LSD) 分析其差異性。

結 果

試驗地之理化性質

試驗地土壤之理化性質分析結果如表 1 顯示，質地為壤土，pH 值平均為 7.18，有機質平均含量為 1.23%，有效性磷平均含量為 20.6 mg/kg、交換性鉀平均含量為 66.8 mg/kg、交換性鈣平均含量為 1148.1 mg/kg、交換性鎂平均含量為 185.2 mg/kg 及電導度平均 0.068 d/Sm (表 1)。

試驗資材及灌溉水質重金屬含量分析

試驗所施用雞糞堆肥經檢測，其重金屬如 Fe、Mn、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni、Pb 及 As 含量均低於 2003 年 9 月 15 日公告之有機農業灌溉水質及有機質肥料種金屬容許量標準值，或甚至未檢測到 (表 2)。灌溉水質方面，第一年採樣樣品分析結果，鐵 12.3 ppm (標準值 5 ppm) 及鋁 7.3 ppm 高於標準值 (標準值 5 ppm)；第二年樣品分析亦發現，鋁 6.9 ppm 超過標準值外，其他項目均低於標準值 (表 3)。

表 1. 農試所試驗田區土壤之理化性質分析

Table 1. Soil properties of experimental field at Agricultural Research Institute before planting turmeric (*Curcuma longa* L.)

Soil depth (cm)	pH	Organic matters (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	EC dS/m	Texture
0-15	7.20	1.32	26.2	72.4	1144.2	182.8	0.068	Loam
15-30	7.16	1.14	15.0	61.2	1152.0	187.6	0.068	Loam

表 2. 雞糞堆肥重金屬及一般成分含量分析

Table 2. Concentration of heavy metals and mineral elements in chicken manure

Item	Tested value	Standard value	Item	Tested value	Standard value
Water content (%)	33.5	— ^z	Cu (mg/kg)	83.8	100
pH value	8.6	—	Fe (mg/kg)	3499	—
Organic matter (%)	2.2	—	Mn (mg/kg)	556	—
N (%)	1.28	—	Zn (mg/kg)	51.3	800
P ₂ O ₅ (%)	2.1	—	Cd (mg/kg)	0.74	5
K ₂ O (%)	1.35	—	Cr (mg/kg)	73.9	150
Mg (%)	0.87	—	Ni (mg/kg)	7.9	25
Na (%)	0.3	—	Pb (mg/kg)	—	150
Ca (%)	21.2	—			

^z — : Not detected.

表 3. 灌溉水質重金屬及礦物元素含量分析

Table 3. Concentration of heavy metals and mineral elements in irrigation water

Item	Tested value		Standar value
	(2005)	(2006)	
pH value	7.82	7.65	6-9
EC value (μS/cm)	347	322	750
NH ₄ -N (μg/mL)	0.09	— ^z	—
NO ₃ -N (μg/mL)	8.7	—	—
SO ₄ (μg/mL)	84	71	200
Cl (μg/mL)	4	3	175
COD ^y (ppm)	21.71	—	—
Total N (%)	2.07	2.1	10
Cu (ppm)	0.016	0.01	0.2
Zn (ppm)	0.049	0.04	2
Cd (ppm)	0.013	0.001	0.01
Cr (ppm)	0.011	0.003	0.1
Ni (ppm)	0.013	0.004	0.5
Pb (ppm)	0.014	0.004	0.1
As (ppm)	0.012	0.002	0.1
Al (ppm)	9.2	6.9	5
P (μg/mL)	9.2	0.17	0.29
S (μg/mL)	23.9	—	—
Na (μg/mL)	8.9	11.2	—
K (μg/mL)	5.8	1.9	—
Ca (μg/mL)	43.6	41.5	—
Mg (μg/mL)	12.5	11.1	—
Fe (μg/mL)	12.3	2.7	5
Mn (μg/mL)	0.17	0.06	0.2
B (μg/mL)	0.025	0.014	0.7
SAR ^x (√ meq/L)	0.31	0.4	6

^z — : No data.

^y COD=chemical oxygen demand.

^x

$$SAR = Na / \sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}} \quad (Na, Ca, Mg \text{ (meq/L)})$$

採收薑黃根莖重金屬含量分析

採收薑黃根莖重金屬 Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 及 Pb 等含量分析，均呈現肥料處理組含量比 CK 組低之趨勢，A 處理之含量和 CK 組呈顯著差異，Cu (6.81:5.53)、Zn (51.43:30.83)、Cd (1.29:0.33)、Cr (0.97:0.73)、Ni (2.57:1.46)；Al 和 B 等含量分析，呈現肥料處理組含量均比 CK 組含量高之趨勢，A 處理之 B (硼) 含量和 CK 組有顯著之差異 (表 4)。

薑黃不同生育期之生長情形

第一年試驗 120 及 180 天生育調查結果，A 處理平均株高分別為 25.6 cm 及 52.8 cm，葉數均為 5.8 葉；B 處理平均株高分別為 22.2 cm 及 54.4 cm，葉數亦均為 6 葉左右；C 處理平均株高分別為 25.1 cm 及 54.0 cm，葉數 5.6 及 6.0 葉；D 處理平均株高分別為 25.4 cm 及 53.6 cm，葉數均為 6 葉左右；CK 處理平均株高分別為 22.4 cm 及 44.5 cm，葉數分別為 5.7 及 6.0 葉。即各處理間中、後期生育無顯著差異。

第二年試驗 120 及 180 天生育調查結果，A 處理平均株高分別為 56.2 cm 及 106.5 cm，葉數平均為 5.9 及 6.9 葉；B 處理平均株高分別為 62.7 cm 及 96.6 cm，葉數亦平均為 5.4 及 6.5 葉；C 處理平均株高分別為 65.9 cm 及 103.8 cm，葉數 5.9 及 6.6 葉；D 處理平均株高分別為 65.8 cm 及 99.8 cm，葉數均為 5.9 及 6.0 葉；CK 處理平均株高分別為 65.6 cm 及 96.3 cm，葉數分別為 5.9 及 6.4 葉 (表 5)。

不同位次分生子莖之單株平均重量及百分率調查

第一年各處理間薑黃之不同位次分生子莖，單株平均鮮重及百分率比較發現 (表 4)，第一次分生子莖平均重量及百分率分別為 A 處理 64.0 g 及 11.7%，B 處理為 59.5 g 及 12.7%，C 處理為 57.0 g 及 10.1%，D 處理為 50.5 g 及 9.6%，CK 處理為 73.0 g 及 15.3%；第二位次分生子莖與第三位次以上之分生子莖，其平均重量及百分率 A 處理分別為 284.5 g 及 208 g，各佔全株分生子莖量之 50.9%及 37.3%，B 處理為 220.0 g 及 219.0 g，各佔全株分生子莖量 45.2%及 42.1%，C 處理為 321.0 g 及 194.5 g，各佔全株分生子莖量 55.2%及 34.7%，D 處理為 284.5 g 及 212.5 g，各佔全株分生子莖量 52.3%及 38.4%，CK 處理為 220 g 及 162.0 g，各佔全株分生子莖量 49.0%及 35.6%；各處理間之平均單株平均鮮重無顯著差異，僅第一及第二位次分生子莖所佔百分率有 5%顯著差異，此雖對產量無影響，但有可能會影響其薑黃素含量 (表 6)。

表 4. 採收薑黃根莖重金屬含量分析

Table 4. Heavy metal contents in harvested turmeric rhizomes

Treatment	Heavy metal content (ppm)							
	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb	Al	B
Chicken manure, 9,000 kg/ha	5.53 b ^z	30.83 b	0.33 b	0.73 b	1.46 b	0.32 a	74.50 a	4.05 a
Chicken manure with <i>Trichoderma</i> sp., 9,000 kg/ha	6.02 b	45.50 a	0.90 a	0.85 ab	2.01 ab	1.04 a	59.52 a	3.43 ab
Chemical fertilizer, N:P ₂ O ₅ :K ₂ O = 90:40:100 kg/ha	5.96 b	45.94 a	1.17 a	0.88 ab	2.39 a	1.01 a	59.52 a	2.75 b
AR3-2S soil amendment, 2,400 kg/ha	6.44 ab	43.97 a	0.72 a	0.74 b	1.91 ab	0.76 a	57.08 a	2.92 b
No fertilizer (CK)	6.81 a	51.43 a	1.29 a	0.97 a	2.57 a	0.74 a	89.70 a	2.82 b

^z Means followed by the same letter within the same column in each year are not significantly different at 5% level, respectively according to least significant difference test.

表 5. 不同肥料處理對薑黃生長之影響

Table 5. Effects of different fertilizer treatments on growth of turmeric plants in 2005 and 2006

Treatment ^z	Plant height (cm)		Leaf number (no)		Leaf width (cm)		Leaf length (cm)		Branch (no.)	
	120d ^z	180d	120d	180d	120d	180d	120d	180d	120d	180d
	2005									
Chicken manure, 9,000 kg/ha	25.6 a ^y	52.8 a	5.8 a	5.8 a	14.9 a	14.3 a	37.6 a	46.5 a	1.4 a	4.3 a
Chicken manure with <i>Trichoderma</i> sp., 9,000 kg/ha	22.2 a	54.4 a	6.0 a	5.9 a	16.3 a	14.0 a	36.6 a	46.2 a	1.0 a	3.8 a
Chemical fertilizer, N:P ₂ O ₅ :K ₂ O=90:40:100 kg/ha	25.1 a	54.0 a	5.6 a	6.0 a	14.2 a	12.5 a	36.5 a	47.5 a	1.4 a	3.6 a
AR3-2S soil amendment, 2,400 kg/ha	25.4 a	53.6 a	5.9 a	6.0 a	13.5 a	14.0 a	36.0 a	50.9 a	1.8 a	4.0 a
No fertilizer (CK)	22.4 a	44.5 b	5.7 a	6.0 a	13.2 a	13.6 a	35.6 a	44.7 a	1.4 a	3.9 a
2006										
Chicken manure, 9,000 kg/ha	56.3 a	106.5 a	5.9 a	6.9 a	14.2 a	17.4 a	39.4 a	54.5 a	0.7 a	3.2 a
Chicken manure with <i>Trichoderma</i> sp., 9,000 kg/ha	62.7 a	96.6 a	5.4 a	6.5 a	13.2 a	15.0 a	35.8 a	49.0 a	0.9 a	1.6 c
chemical fertilizer, N:P ₂ O ₅ :K ₂ O=90:40:100 kg/ha	65.9 a	103.8 a	5.8 a	6.6 a	13.8 a	15.6 a	37.3 a	53.0 a	1.2 a	3.1 a
AR3-2S soil amendment, 2,400 kg/ha	65.8 a	99.8 a	5.9 a	6.1 a	13.2 a	15.2 a	36.6 a	51.0 a	1.4 a	2.7 ab
No fertilizer (CK)	65.6 a	96.3 a	5.9 a	6.4 a	13.8 a	15.2 a	37.8 a	50.0 a	1.4 a	2.1 bc

^z Growth days after planting.

^y Means followed by the same letter within the same column in each year are not significantly different at 5% level, respectively according to least significant difference test.

表 6. 各處理間之薑黃單株不同位次分生子莖平均鮮重比較

Table 6. Comparison of fresh weights of different finger set of turmeric rhizomes among fertilizer treatments

Treatments	Primary finger set (g/plant)	Secondary finger set (g/plant)	Tertiary & Quaternary finger set (g/plant)	Total finger set (g/plant)
2005				
Chicken manure, 9,000 kg/ha	61.0 a ^z (11.7 ab) ^y	284.5 a (20.9 ab)	208.0 a (37.3 a)	553.5 a
Chicken manure with <i>Trichoderma</i> sp., 9,000 kg/ha	59.5 a (12.7 ab)	220.0 a (45.2 b)	219.0 a (42.1 a)	498.5 a
Chemical fertilizer, N:P ₂ O ₅ :K ₂ O = 90:40:100 kg/ha	57.0 a (10.1 b)	321.0 a (55.2 a)	194.5 a (34.7 a)	572.5 a
AR3-2S soil amendment, 2,400 kg/ha	50.5 a (9.6 b)	284.5 a (52.3 ab)	212.5 a (38.4 a)	547.5 a
No fertilizer (CK)	73.0 a (15.3 a)	220.0 a (49.0 ab)	162.0 a (35.6 a)	455.0 a
2006				
Chicken manure, 9,000 kg/ha	118.8 a (19.8 b)	289.8 a (48.5 a)	186.5 a (32.0 a)	595.1 a
Chicken manure with <i>Trichoderma</i> sp., 9,000 kg/ha	75.3 a (23.3 ab)	126.8 a (45.5 a)	87.0 a (31.2 a)	289.5 a
Chemical fertilizer, N:P ₂ O ₅ :K ₂ O = 90:40:100 kg/ha	130.2 a (24.5 ab)	232.2 a (45.8 a)	150.8 a (29.8 a)	513.2 a
AR3-2S soil amendment, 2,400 kg/ha	111.2 a (29.0 a)	180.0 a (44.0 a)	110.5 a (26.8 a)	401.7 a
No fertilizer (CK)	91.8 a (25.8 ab)	174.0 a (47.0 a)	100.3 a (27.2 a)	366.1 a

^z Means followed by the same letter within the same column in each year are not significantly different at 5% level, according to least significant difference test.

^y Data in parenthesis are percentages of total finger set.

第二年各處理間薑黃之不同位次分生子莖，單株平均鮮重及百分率比較發現，第一次位分生子莖平均重量及百分率分別為 A 處理 118.8 g 及 19.8%，B 處理為 75.3 g 及 23.3%，C 處理為 130.2 g 及 24.5%，D 處理為 111.2 g 及 29%，CK 處理為 91.8 g 及 25.8%；第二位次分生子莖與第三位次以上之分生子莖，其平均重量及百分率 A 處理分別為 289.8 g 及 186.5 g，各佔全株分生子莖量之 48.5% 及 32%，B 處理為 126.8 g 及 87 g，各佔全株分生子莖量 45.5% 及 31.2%，C 處理為 232.2 g 及 150.8 g，各佔全株分生子莖量 45.8% 及 29.8%，D 處理為 180 g 及 110.5 g，各佔全株分生子莖量 44% 及 26.8%，CK 處理為 174 g 及 100.3 g，各佔全株分生子莖量 47% 及 27.2%；即各處理間之第一分生子莖量所佔百分率有顯著差異，第二及第三分生子莖量所佔百分率則無顯著差異。年度間比較發現，第二年之各處理間第一分生子莖量所佔全株百分率比第一年高，但第二及第三分生子莖量則減少，此因而促進植株不斷往上伸展，可能有影響根莖產量（表 6）。

各處理間之薑黃根莖產量表現

第一年根莖鮮重產量調查發現，A 處理平均每公頃鮮重 23,104 kg，乾重 5,938 kg，B 處理平均每公頃鮮重 20,041 kg，乾重 5,170 kg，C 處理平均每公頃鮮重 24,020 kg，乾重 6,245 kg，D 處理平均每公頃鮮重 22,667 kg，乾重 5,893 kg，CK 處理平均每公頃鮮重 20,062 kg，乾重 5,316 kg，即施用化肥區表現較高，次為施用雞糞堆肥區，但經綜合變方分析處理間未達 5% 顯著水準差異。第二年度表現，A 處理平均每公頃鮮重 21,257 kg，乾重 4,645 kg，B 處理平均每公頃鮮重 12,572 kg，乾重 2,176 kg，C 處理平均每公頃鮮重 18,339 kg，乾重 3,998 kg，D 處理平均每公頃鮮重 14,329 kg，乾重 3,296 kg，CK 處理平均每公頃鮮重 13,071 kg，乾重 2,849 kg，僅施用雞糞堆肥區表現較穩定（表 7）。

各處理間之薑黃素含量分析

第一年試驗結果發現，薑黃施用化學肥料區薑黃素含量 0.61% 較高，次為施用土壤添加物區及雞糞堆肥區各為 0.55%，但經統計分析處理間未達 5% 顯著水準差異；至於施用含木黴菌堆肥區其薑黃素含量與無施肥區相近。

第二年試驗結果以施用雞糞堆肥區及土壤添加物區薑黃素含量各為 0.27% 較高，次為無肥區 0.26%，化肥區 0.24%，施用含木黴菌堆肥區 0.21%（表 8）。

討 論

實施優良農業操作生產安全藥材，首重栽培資材及灌溉水質污染情形，以期作好事先防範。本試驗進行前，已作好試驗資材堆積、醱酵與土壤質地等分析，以便預留準備試驗地供次年行試驗。其次定期作灌溉水質監測與分析，經二年間之灌溉水質重金屬含量分析發現，烏溪水中之鐵、鋁含量稍為偏高，但鐵、鋁均為土壤中豐富元素，在土壤 pH > 5.5 時，土壤鋁的溶解度低，而旱田土壤之鐵，亦大部分以不溶性之 Fe^{3+} 之化合物形態存在，故應不至對植物造成毒害。惟本所灌溉水一向引自烏溪之溪水，近年來發現鐵、鋁、鎘含量，偶有超過灌溉水標準的情形，未來仍需注意灌溉水品質。

由於本研究並未針對試驗地試驗前後土壤及雞糞堆肥除外之其它處理進行重金屬含量分析，無法進行比對。採收薑黃根莖重金屬含量析結果顯示，CK 組含量高於另 4 種肥料處理區，其可能原因為有機質對重金屬的絡合作用及肥料三要素以離子型式吸收，可能造成之離子競爭有關。除 CK 處理薑黃根莖鎘含量相對比雞糞堆肥高外，其餘均比雞糞堆肥的含量低，顯示除鎘外，薑黃根莖對重金屬的吸收量不高。

表 7. 各種肥料處理對薑黃根莖產量之影響

Table 7. Effects of different fertilizer treatments on the rhizome yield of turmeric plants

Treatment	Rhizome yield					
	Fresh weight (kg/ha)			Dry weight (kg/ha)		
	2005	2006	Average	2005	2006	Average
Chicken manure, 9,000 kg/ha	23,104 a ^z	21,257 a	22,180 a	5,938 a	4,645 a	5,292 a
Chicken manure with <i>Trichoderma</i> sp., 9,000 kg/ha	20,041 a	12,572 a	16,306 a	5,170 a	2,716 a	3,943 a
Chemical fertilizer, N:P ₂ O ₅ :K ₂ O = 90:40:100 kg/ha	24,020 a	18,339 a	21,179 a	6,245 a	3,998 a	5,122 a
AR3-2S soil amendment, 2,400 kg/ha	22,667 a	14,329 a	18,498 a	5,893 a	3,296 a	4,595 a
No fertilizer (CK)	20,062 a	13,071 a	16,566 a	5,316 a	2,849 a	4,083 a

^z Means followed by the same letter within the same column in each year are not significantly different at 5% level, respectively according to the least significant difference test.

表 8. 各處理間之薑黃素含量比較

Table 8. Comparison of curcumin contents of turmeric rhizomes among different fertilizer treatments

Treatment	Curcumin content (%) ^z		
	2005	2006	Average
Chicken manure, 9,000 kg/ha	0.55 a ^y	0.27 a	0.41 a
Chicken manure with <i>Trichoderma</i> sp., 9,000 kg/ha	0.39 b	0.21 a	0.30 a
Chemical fertilizer, N:P ₂ O ₅ :K ₂ O = 90:40:100 kg/ha	0.61 a	0.24 a	0.43 a
AR3-2S soil amendment, 2,400 kg/ha	0.55 a	0.27 a	0.41 a
No fertilizer (CK)	0.30 b	0.26 a	0.28 a

^z Dry weight basis.

^y Means followed by the same letter within the same column are not significantly different at 5% level according to the least significant difference test.

薑黃生育情形調查發現，同年度不同處理間各性狀差異不顯著，但年度間比較發現第二年薑黃株高較高，此顯示第二年度薑黃植株生長受氣候影響比第一年度差，分蘖少，遂使植株往上伸展。各處理間之薑黃根莖產量調查，從根莖鮮重及乾重表現，第一年度各處理間差異並不顯著，尤其無肥區每公頃仍達 20 t，此似顯示所施用之各種肥料均無正面反應於產量上，或許因第一年多次颱風所帶豪雨造成肥分流失或混雜而影響，此可從中後生育數據分析加以佐證。

第二年各處理間之根莖鮮重比較發現，除 A 處理每公頃上能維持於 20 t 間，其餘處理均低，此可能生育後期不如前年常有下雨滋潤，以致使第二及第三分生子莖減少有關。但從二年平均根莖乾重探討發現，A 處理每公頃平均根莖乾重 5,292 kg 較高於其他處理，次為 C 處理 5,122 kg，換言之，施用雞糞堆肥及全施用化學肥料對薑黃根莖增產有較正面反應。

薑黃素含量分析，第二年各處理區之薑黃素含量皆比前年低，期盼佔高比率之第一位及第二分生子莖量將有較高薑黃素含量趨勢未呈現，依據 Lingamullu (2002) 等使用 HPLC 改善方法分析薑黃不同品種之薑黃素含量發現，Salem 和 Erode 二品種之薑黃素含量可達 4% 左右，本所利用第二年度試驗材料仿倣使用高效液相色譜法分析 (HPLC, Waters 2695 型) 發現，A 處理可達 0.28%，B 處理為 0.25%，C 處理為 0.29%，D 處理為 0.27%，CK 處理為 0.38%，雖然 CK 處理薑黃素含量

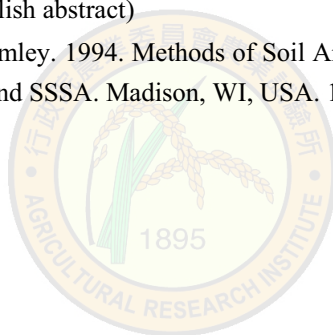
比其它處理高，但分析結果沒有顯著差異，表示機差相當大，重複之間變異相當大，因此肥料處理間對薑黃素含量的作用效果不顯著。即台灣栽培薑黃之薑黃素含量應有提高之潛力。

總之，從二年試驗結果可瞭解，薑黃在台灣栽培肥料施用種類與用量，就產量而言似應採用施用雞糞堆肥每公頃 9,000 kg (N 1.28%，P₂O₅ 2.1%，K₂O 1.35%)，其平均公頃鮮重 22,180 kg，乾重 5,292 kg 較佳；但基於顧慮防治白絹病為害起見，農民實際栽培應用可建議，基肥施用雞糞堆肥每公頃 6,000 kg，追肥佐施土壤添加物 2,400 kg (N 3.9%，P₂O₅ 2.231%，K₂O 1.71%) 為宜。

引用文獻 (Literature Cited)

- Anonymous. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. Washington, D. C., USA.
- Chen, H. E., and P. L. Tsai. 1975. Studies on the natural coloring matters of horticultural crops III. Some properties of yellow natural color in curcuma rhizome and its application. Chinese Hortic. 21:242-248. (In Chinese with English abstract)
- Chiu, S. M., H. I. Liu, and C. L. Chu. 1993a. Growth and development of turmeric (*Curcuma aromatica* Salisb.) plants. I. The formation and chemical composition of rhizome finger sets of different orders. J. Agric. Res. China 42:153-161. (In Chinese with English abstract)
- Chiu, S. M., H. I. Liu, and C. L. Chu. 1993b. Growth and development of turmeric (*Curcuma aromatica* Salisb.) plants. II. Effects of N and K fertilization on plant growth and rhizome yield and quality. J. Agric. Res. China 42:370-379. (In Chinese with English abstract)
- Hsieh, T. F., C. H. Kuo, and K. M. Wang. 1999. Application of amendments to control southern blight of snap bean caused by *Sclerotium rolfsii*. Plant Pathol. Bull. 8:157-162. (In Chinese with English abstract)
- Hu, M. F., S. M. Chiu, H. I. Liu, M. H. Lai, and S. Y. Liu. 1996. Effects of planting date and density on the rhizome yield and curcumin contents of turmeric plant (*Curcuma Longa* L.). J. Agric. Res. China 45:164-173. (In Chinese with English abstract)
- Hu, M. F., C. L. Chen, Y. C. Lee, T. F. Hsieh, C. L. Chu, and J. Z. Yu. 2006. Effects of organic and chemical fertilizers suitable for good agricultural practices on root yield and active ingredients of *Boehmeria nivesa*. J. Taiwan Agric. Res. 55:213-221. (In Chinese with English abstract)
- Klute, A. 1986. Method of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. ASA and SSSA. Madison, WI, USA. 1188 pp.
- Lai, J. H. 1976. Pharmacognosy. Chuang Yi Publisher. Taichung, Taiwan. 543 pp. (in Chinese)
- Liao, J. W., S. J. Tsai, C. S. Wang, and S. J. Hwang. 2003. Safety evaluation of turmeric (*Curcuma longa* L.) powder via oral gavage for 28 days in rats. Plant Prot. Bull. 45:237-255. (In Chinese with English abstract)
- Lin, J. K., and S. Y. Lin-Shiau. 2001. Mechanisms of cancer chemo-prevention by curcumin. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC B. 25:59-66.

- Lingamullu J. M. R., and S. K. Kunnumpurath. 2002. Improved HPLC method for the determination of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin. *J. Agric. Food Chem.* 50:3668-3672.
- Miquel, J., A. Bernd, J. M. Sempere, and J. D. Alperi. 2002. The curcuma antioxidants: pharmacological effects and prospects for future clinical use. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 34:37-46.
- Na, C. 2000. *Pent's aology*. National Research Institute of Chinese Medicine Pub. Taipei, Taiwan. 701 pp. (in Chinese)
- Page, A. L. 1982. *Method of Soil Analysis. Part 2 Chemical and Microbiological Properties*. ASA and SSSA. Madison, WI, USA.
- Singh, S., and G. S. Randhawa. 1985. Effect of intercropping and mulch on yield and quality of turmeric (*Curcuma longa* L.). p.183-185 in the Proceeding of 5th ISHS (International Society for Horticultural Science) Symposium on Medicinal and Aromatic Spice Plants. Darjeeling, India.
- Tsai, P. L., and H. Chen. 1975. Studies on the natural coloring matters of horticultural crops. II. Extraction and variability of curcumin content in different curcuma varieties. *Chinese Hortic.* 21:79-82. (In Chinese with English abstract)
- Weaver, R. W., S. Angle, and P. Bottomley. 1994. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Microbiological and Biochemical Properties*. ASA and SSSA. Madison, WI, USA. 1121 pp.



Effect of Fertilizer Treatments on Rhizome Yield and Curcumin Content of Turmeric¹

Ruei-Lung Kao², Jih-Zu Yu³, Chiling Chen⁴, Yahn-Chir Lee⁴,
Chien-Liang Chu⁴, Ting-Fang Hsieh⁵ and Min-Fu Hu^{2,6}

Abstract

Kao R. L., J. Z. Yu, C. Chen, Y. C. Lee, C. L. Chu, T. F. Hsieh, and M. F. Hu. 2007. Effect of fertilizer treatments on rhizome yield and curcumin content of turmeric. J. Taiwan Agric. Res. 56:165-175.

Good agricultural practice (GAP) is the currently emphasized policy for cultivation of safe agricultural crops in Taiwan and is recognized as a crucial measure for production of medicinal herb products. In this study, four different types of fertilization were evaluated for their effectiveness on rhizome yield and curcumin content of turmeric (*Curcuma longa* L.) in 2005 and 2006. The treatments consisted of (A) chicken manure at 9 t/ha; (B) chicken manure with *Trichoderma* sp. at 9 t/ha; (C) chemical fertilizer at the rate of N:P₂O₅:K₂O = 90:40:100 kg/ha; (D) soil amendment (AR3-2S) with chemical fertilizer (N: P₂O₅: K₂O = 3.9:2.23:1.71) at 2.4 t/ha; and (CK) no fertilizers as control. Each treatment had four replicates in a randomized complete block design (RCBD). The results showed that there were no significant difference in rhizome yields among the treatments in the consecutive 2-year trials, although the yields of rhizome harvested from treatment A and C were higher than those from other treatments. The fresh weight and dry weight of rhizome yields in 2005 were, respectively, 24 t/ha and 6.2 t/ha in treatment C, 23.1 t/ha and 5.9 t/ha in treatment A, 22.7 t/ha and 5.9 t/ha in treatment D, 20 t/ha and 5.2 t/ha in treatment B, and 20 t/ha and 5.3 t/ha in controls. In 2006 the rhizome fresh weight and dry weight were, respectively, 21 t/ha and 4.6 t/ha in treatment A, 18.3 t/ha and 4.0 t/ha in treatment C, 14.3 t/ha and 3.3 t/ha in treatment D, 12.5 t/ha and 2.7 t/ha in treatment B, and 13 t/ha and 2.8 t/ha in CK. The amount of curcumin content extracted from harvested rhizome among different treatments also was not significantly different, although the curcumin contents for treatment C, A and D were 0.43%, 0.41% and 0.41%, respectively, which were higher than 0.30% for treatment B and 0.28% for CK.

Key words: Turmeric, *Curcuma longa*, Chicken Compost, Curcumin, Good agricultural practice (GAP).

-
1. Countribution No.2292 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: July 3, 2007.
 2. Respectively, Assistant Researcher and Associate Researcher, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Wufeng, Taichung, Taiwan.
 3. Assistant Researcher, Agricultural Applied Entomology Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.
 4. Respectively, Associate Agrohemist, Assistant Researcher and Assistant Researcher, Agricultural Chemistry Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.
 5. Senior Researcher and Director, Floricultural Research Center, TARI, KuKeng, YunLin, Taiwan.
 6. Corresponding author, e-mail: MinFu@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23302806