

施用有機肥料對有機蔬菜/玉米輪作之作物生長及土壤肥力特性之影響¹

蔡宜峰、洪惠娟、楊旻憲²

摘 要

本研究目的為探討在有機蔬菜/有機玉米輪作栽培下，施用有機肥料對作物生育及產量；以及對土壤pH值、電導度(EC)、有機質含量、Bray-1磷含量、交換性鉀、鈣及鎂含量等之影響，以期建立適用有機蔬菜栽培之合理施肥技術。試驗包括施用牛糞木屑堆肥 20 t/ha及40 t/ha或有否施用有機液肥等4級處理，試驗 I 為裡作有機球莖甘藍—春作有機玉米，試驗 II 為裡作有機甘藍—春作有機玉米，試驗 III 為裡作有機玉米—春作有機玉米。由試驗結果顯示，除試驗 I 裡作有機球莖甘藍單位面積產量在不同有機肥料處理間達顯著差異水準，以牛糞木屑堆肥施用量40 t/ha處理高於20 t/ha處理；其它結果包括試驗 I 春作、試驗 II 及試驗 III 兩期作之作物產量在各處理間差異均未達顯著水準。各試驗試區土壤pH值、EC值、有機質含量、Bray-1萃取性磷含量、交換性鉀、鈣及鎂含量均隨牛糞木屑堆肥用量增加而增加，各試驗春作有機玉米採收後土壤pH值、EC值、有機質含量、Bray-1萃取性磷含量、交換性鉀、鈣及鎂含量等相較於前期裡作有機蔬菜採收後，則有明顯下降情形。因此，在有機栽培不同期作分次適量施用堆肥，將是較合理且適用於有機蔬菜之施肥方式。

關鍵字：有機球莖甘藍、有機甘藍、有機玉米、堆肥、有機液肥。

前 言

一般農業的生產過程，常常不知不覺中利用了自然，例如利用森林貯存的流水，以及充滿養分的有機質土壤。尤其土壤是孕育作物的基礎，所以要生產有利人類健康的食物，必先維護大自然及土壤的健康^(8,14)。在農業生產中加強循環應用自然資源如有機質肥料等，則能兼具維護自然生態及提昇農業產能的多重效益^(7,11)。有機農業是一種完全不用化學肥料和化學農藥之生產方式，為提高有機農作物栽培之可行性，其生產方式有賴於充分利用各種作物殘株、禽畜廢棄物、綠肥植物、油粕類及農場內外其他各種未受污染之有機廢棄物，各富含養分之礦石等製成堆肥，以改善地力，同時供應作物所需養分^(1,23)。亦即是設法讓農田土壤及自然生物界本來的潛力充分發揮出來，所以有機農業的基本栽培技術，應包括有機資材之

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第0819號。

²行政院農業委員會臺中區農業改良場埔里分場研究員兼分場長、助理研究員及助理研究員。

循環利用、本土化有益土壤微生物之利用及土壤診斷技術之開發應用等^(8,14)。

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，並已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⁽⁴⁾，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。『農為邦本』、『民以食為天』此兩句古諺充分說明農業在人類歷史及文化發展上的重要性，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。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，將可能影響到農業生態，如土壤性質劣變等問題^(8,11)，進而影響到土壤生產潛能^(12,35)，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)^(7,11,16)，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^(8,23,36)。然而施用未腐熟的有機物或未合理使用，容易造成土壤過度還原性及釋出毒性物質等問題^(17,22,26)，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^(21,25)。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份，即腐熟的堆肥^(18,24)。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)^(33,34)，所以堆肥化前有機材料基質中應含有適量的營養要素成份，並需將堆肥化前有機物基質中各種成份含量調整至較適宜比例範圍內，以利於微生物進行堆肥化作用。一般要使有機質肥料有效性發揮最大，必須使有機質肥料的養分礦化速率與作物養分吸收速率互相配合^(5,15)，所以瞭解有機質肥料的礦化速率大小，才能達到經濟且有效地使用有機質肥料。適當地考量作物產量目標(crop yield goals)和有機質肥料的可利用性養分潛力，亦即在作物生長期內有機質肥料的礦化潛能，則能決定有機質肥料的適宜施用量，以使有機質肥料的效益發揮最大^(5,23,27)。本研究目的擬探討裡作3種有機蔬菜(有機甘藍、有機球莖甘藍及有機玉米)再接續配合春作有機玉米栽培下，施用有機肥料對相關作物生育及產量；以及對各作物採收後土壤pH值、電導度(EC)、有機質含量、Bray-1磷含量、交換性鉀、鈣及鎂含量之影響，以供日後有機蔬菜栽培之合理施肥技術研究與應用參考。

材料與方法

一、田間試驗方式

本研究試驗區設置在南投縣魚池鄉之臺中區農業改良場埔里分場內，試區土壤屬於洪積母質紅壤(Diluvium red soils)。試驗作物包括球莖甘藍(*Brassica oleracea* L. var. *caulorapa* DC.)、甘藍(*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.)、玉米(*Zea mays* L.)等，分別採用市售商業品

種。試驗期間於2011年12月至2012年6月實施，採用露天栽培方式。其中試驗 I 作物分別為裡作有機球莖甘藍－春作有機玉米，試驗 II 作物分別為裡作有機甘藍－春作有機玉米，試驗 III 作物分別為裡作有機玉米－春作有機玉米。試驗處理包括施用20 t/ha及40 t/ha不同用量之牛糞木屑堆肥與配合定期施用有機液肥等共計4處理(表一)，試驗用牛糞木屑堆肥及有機液肥主要化學成分含量分析如表二，牛糞木屑堆肥主要材料採用乳牛糞：木屑約70:30比例予以堆積發酵2個月製成，有機液肥主要材料採用黃豆粕：米糠：水約1:1:10比例予以發酵3~4週製成。本研究試驗區採逢機完全區集排列設計，三重覆，共計4×3=12小區，每小區長16 m×寬1.65 m = 26.4 m²。本研究在各試驗 I、II 及 III 裡作前將牛糞木屑堆肥依不同處理全量一次作基肥，於農田整地時施入土壤中充分混合，有機液肥處理區依處理用量於有機作物栽種期間約每2週施用有機液肥1次，有機液肥使用時加水稀釋約200倍，灌注於作物根部土壤周圍。春作種植有機玉米時不再施用堆肥(基肥)，僅於作物生長期間，依試驗處理定期每2週施用有機液肥1次。另分別於試驗前及每一期作收穫期採取土壤樣品，進行土壤pH值、電導度(EC)、有機質含量、Bray-1磷含量、交換性鉀、鈣及鎂含量等基本肥力分析，試驗前土壤基本肥力分析如表三，並於每一期作採收期調查植株存活率、各種作物採收標的鮮重及單位面積產量等。

表一、試驗用有機肥料種類與用量處理

Table 1. The kinds and applied amount of organic fertilizers in each treatment of experiment

Treatment	Compost	Liquid organic fertilizer
A	Cattle manure- sawdust compost 40 t/ha	20 L/ha/2 weeks/times
B	Cattle manure- sawdust compost 40 t/ha	0
C	Cattle manure- sawdust compost 20 t/ha	20 L/ha/2 weeks/times
D	Cattle manure- sawdust compost 20 t/ha	0

表二、試驗用堆肥及有機液肥化學成分分析

Table 2. The chemical characteristics of the composts and liquid organic fertilizer in experiments

Organic fertilizer	N (g/kg)	P ₂ O ₅ (g/kg)	K ₂ O (g/kg)	CaO (g/kg)	MgO (g/kg)	OM (g/kg)
Cattle manure- sawdust compost	21.30±2.7	22.50±2.2	43.60±4.8	14.40±1.3	13.20±1.5	657±64
Liquid organic fertilizer ¹	9.10±0.56	3.71±0.32	7.14±0.37	6.10±0.45	4.33±0.18	-

¹mg/L.

表三、試驗前若干土壤肥力特性分析

Table 3. Some selected characteristics of soil fertility before experienced

Experiment ¹	pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Bray-1 P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	Exch.Ca (mg/kg)	Exch.Mg (mg/kg)
I	5.51±0.07	0.16±0.04	23.5±2.7	247±39	163±26	874±52	72.6±19.9
II	6.08±0.08	0.16±0.04	29.2±5.8	323±47	203±34	1011±93	72.6±15.0
III	6.69±0.14	0.23±0.09	28.3±4.6	316±56	218±41	1305±86	110±22

¹Experiment I: in the rotation of organic kohlrabi and organic corn; Experiment II: in the rotation of organic cabbage and organic corn; Experiment III: in the rotation of organic corn and organic corn.

二、分析項目與方法

土壤樣品先經風乾處理，經2 mm過篩後分別測定土壤化學性質，土壤pH以水:土1:1，pH電極測定。土壤有機質含量採用Walkley-Black法測定⁽³⁰⁾。1M醋酸銨(pH 7.0)土:溶液比1:10抽出液，用發光分析儀測土壤交換性鉀含量⁽²⁸⁾，用原子吸收光譜儀測土壤交換性鈣及鎂含量⁽²⁹⁾。以Bray No. 1方法抽取並用鉬藍法測土壤有效性磷⁽³¹⁾。堆肥及有機材料樣品經70°C烘箱烘乾，以濕灰法(硫酸)分解後測定氮、磷、鉀、鈣、鎂含量，其中以蒸餾法測定全氮量⁽¹³⁾，利用鉬黃法呈色及分光光度計於420 nm下比色，測定其全磷量⁽³¹⁾，利用發光分析儀測定其全鉀量⁽²⁸⁾，利用原子吸收分析儀測定其鈣及鎂含量⁽²⁹⁾。

結果與討論

一般在同一田區連續栽種同一種類的作物，常會產生所謂的連作障礙。要避免產生連作障礙，最理想的方式就是實施輪作，而要建立適宜的輪作制度，所必須考量的要點包括選擇適時適地的品種、利用病蟲害相生相剋的特性、維持土壤養分的平衡、利用前後期作物的生長特性等^(9,19,20)。因此，利用經濟作物的輪作制度可以達到調節土壤物理及化學特性之積極目的⁽³⁾。顯然採用適當的輪作制度，以及配合施用適量的有機質肥料，已是有機農業經營的重要栽培技術之一^(2,6,10)。本研究試驗 I 裡作有機球莖甘藍—春作玉米栽培下，各作物採收期之植株存活率、鮮重及單位面積產量調查結果顯示(表四)，裡作有機球莖甘藍採收期植株存活率在不同有機肥料處理間無顯著差異，採收球重及單位面積產量在不同有機肥料處理間互有差異。其中有機球莖甘藍採收球重及單位面積產量均以施用牛糞木屑堆肥40 t/ha配合有機液肥處理A較高，其次分別為施用牛糞木屑堆肥40 t/ha處理B及施用牛糞木屑堆肥20 t/ha配合有機液肥處理C，以施用牛糞木屑堆肥20 t/ha處理D較低。春作有機玉米採收期之植株存活率、鮮穗重及單位面積產量在不同有機肥料處理間無顯著差異。在試驗 II 裡作有機甘藍-春作玉米栽培下(表五)，裡作有機甘藍與春作有機玉米採收期之植株存活率、鮮穗重及單位面積產量在不同有機肥料處理間無顯著差異。在試驗 III 裡作有機玉米—春作玉米輪作下(表六)，連續兩作有機玉米採收期之植株存活率、鮮穗重及單位面積產量在不同有機肥料處理間無顯著差異。

一般經過充分腐熟的有機質肥料之養分礦化速率及礦化總量相對較低，有機材料種類亦將影響腐熟堆肥的養分礦化率^(5,15)。由本場先前研究結果顯示，有機白莧菜產量在施用蔗渣木屑堆肥5 t/ha及10 t/ha或有否施用有液肥等處理間差異不顯著，有機玉米產量在施用蔗渣木屑堆肥10 t/ha及20 t/ha或有否施用有液肥等處理間差異不顯著⁽¹⁰⁾。本研究僅在各試驗裡作前將牛糞木屑堆肥依不同有機肥料處理全量一次施用，爾後不再施用牛糞木屑堆肥，若干處理定期施用有機液肥。綜合表四、五及六結果，本研究不同輪作試驗中，除裡作有機球莖甘藍單位面積產量在不同有機肥料處理間達顯著差異水準，以有機肥料施用量40 t/ha處理高於20 t/ha處理；其它結果包括試驗 I 春作、試驗 II 及試驗 III 兩期作之作物產量各處理差異均未達顯著水準。

表四、有機球莖甘藍－玉米栽培下於採收期之植株存活率、鮮重及單位面積產量

Table 4. The survival rate, fresh weight and yield at harvest stage in the rotation of organic kohlrabi and organic corn

Treatment ¹	Survival rate (%)	Fresh weight (g/plant)	Yield (t/ha)	Index (%)
Kohlrabi				
A	98.7±3.2a ²	1162±116a ³	33.8±4.1a	135
B	98.7±4.6a	1081±138ab	31.5±3.4ab	126
C	97.4±3.5a	925±72bc	26.7±2.5bc	107
D	97.0±5.5a	872±61c	25.0±2.3c	100
Corn				
A	99.1±2.4a	286±21a ⁴	11.5±1.2a	104
B	98.8±3.5a	303±19a	12.2±1.6a	110
C	99.2±4.2a	265±25a	10.7±2.0a	96.4
D	99.5±2.7a	278±30a	11.1±0.9a	100

¹ See table 1.² Within columns, values followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \geq 0.05$).³ Fresh weight of head.⁴ Fresh weight of panicle.

表五、有機甘藍－玉米栽培下於採收期之植株存活率、鮮重及單位面積產量

Table 5. The survival rate, fresh weight and yield at harvest stage in the rotation of organic cabbage and organic corn

Treatment ¹	Survival rate (%)	Fresh weight (g/plant)	Yield (t/ha)	Index (%)
Cabbage				
A	98.7±4.4a ²	1744±148a ³	22.5±1.6a	110
B	98.7±5.2a	1792±230a	23.1±1.2a	113
C	97.4±3.4a	1685±216a	20.9±0.9a	102
D	97.0±3.2a	1608±174a	20.4±1.6a	100
Corn				
A	98.7±4.1a	236±33a ⁴	9.42±0.81a	112
B	98.9±3.5a	228±25a	9.14±0.65a	109
C	99.0±3.3a	219±19a	8.77±0.72a	104
D	98.2±3.5a	210±30a	8.42±0.49a	100

¹ See table 1.² Within columns, values followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \geq 0.05$).³ Fresh weight of head.⁴ Fresh weight of panicle.

表六、有機玉米－玉米栽培下於採收期之植株存活率、鮮重及單位面積產量

Table 6. The survival rate, fresh weight and yield at harvest stage in the rotation of organic corn and organic corn

Treatment ¹	Survival rate (%)	Fresh weight ² (g/plant)	Yield (t/ha)	Index (%)
Corn				
A	98.9±2.2a ³	343±21a	14.2±0.9a	123
B	97.6±2.6a	335±27a	13.8±1.1a	120
C	97.0±3.4a	299±36a	12.0±0.8a	105
D	96.5±4.4a	287±19a	11.5±1.3a	100
Corn				
A	97.9±3.2a	245±17a	9.80±0.62a	112
B	98.2±2.8a	239±22a	9.56±0.54a	109
C	99.0±3.1a	227±23a	9.08±0.78a	104
D	98.5±4.2a	219±33a	8.76±0.39a	100

¹. See table 1.

². Fresh weight of panicle.

³. Within columns, values followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \geq 0.05$).

有機質肥料施入農田土壤中，經由土壤微生物的分解作用，能夠釋出養分供作物吸收利用^(33, 34)。許多研究顯示，當土壤中有機質及施用的有機質肥料之養分能夠適時適量分解釋出供應作物吸收利用，則能使作物的生長潛能發揮最大^(5, 23, 27)。因此，包括土壤有機質含量；以及有機質肥料的施用時機及施用量等，將是影響有機作物生長與產量的關鍵因子之一。由本研究各試驗前土壤肥力分析顯示(表三)，有機球莖甘藍試區土壤有機質含量為23.5 g/kg、Bray-1萃取性磷含量247 mg/kg、交換性鉀含量163 mg/kg，有機甘藍試區土壤有機質含量為29.2 g/kg、Bray-1萃取性磷含量323 mg/kg、交換性鉀含量203 mg/kg，有機玉米試區土壤有機質含量為28.3 g/kg、Bray-1萃取性磷含量316 mg/kg、交換性鉀含量218 mg/kg。顯然試驗前有機球莖甘藍輪作試區土壤有機質含量等肥力因子較低於其他有機甘藍及有機玉米輪作試區，惟是否試驗前試區土壤有機質含量較低，而造成裡作有機球莖甘藍產量在不同牛糞木屑堆肥之堆肥用量處理互有差異之主要影響因子，仍有待進一步研究探討。

有機農業耕作系統中，農作物吸收的肥料成分主要來自於施入有機質肥料、土壤有機質及植物殘體等被微生物分解後釋出^(19, 20)，而此等分解作用受到包括耕作方式、土壤特性、有機質種類及環境條件等多重因子之影響^(5, 11, 23)。有機蔬菜農場經過5~10年耕作後之土壤有機質含量分別與土壤EC值、Bray-1萃取性磷含量、交換性鉀含量之間有顯著的線性相關⁽⁹⁾。顯然有機質在土壤中營養要素之轉化及利用機制中扮演著極重要的關鍵角色之論證^(5, 8, 36)，因此，發展有機農業之首要策略之一，即須強化農田土壤有機質管理以維持農田土壤永續經營發展。由本研究各試驗作物採收後土壤肥力特性分析結果顯示，試驗 I 有機球莖甘藍-玉米栽培下(表七)，裡作

有機球莖甘藍採收後土壤pH值、有機質含量、Bray-1萃取性磷含量、交換性鈣及鎂含量在不同有機肥料處理間無顯著差異，土壤EC值及交換性鉀含量在不同有機肥料處理間互有差異，以有機肥料施用量40 t/ha處理高於20 t/ha處理。春作有機玉米採收後土壤pH值、有機質含量、Bray-1萃取性磷含量在不同有機肥料處理間無顯著差異，土壤EC值、交換性鉀、鈣及鎂含量在不同有機肥料處理間互有差異，以有機肥料施用量40 t/ha處理高於20 t/ha處理。試驗Ⅱ有機甘藍－玉米栽培下(表八)，裡作有機甘藍採收後土壤pH值、有機質含量及交換性鎂含量在不同有機肥料處理間無顯著差異，土壤EC值、Bray-1萃取性磷含量、交換性鉀及鈣含量在不同有機肥料處理間互有差異。春作有機玉米採收後土壤pH值、有機質含量、Bray-1萃取性磷含量及交換性鈣含量在不同有機肥料處理間無顯著差異，土壤EC值、交換性鉀及鎂含量在不同有機肥料處理間互有差異。試驗Ⅲ有機玉米－玉米栽培下(表九)，裡作有機玉米採收後土壤pH值、有機質含量、Bray-1萃取性磷含量、交換性鈣及鎂含量在不同有機肥料處理間無顯著差異，土壤EC值及交換性鉀含量在不同有機肥料處理間互有差異。春作有機玉米採收後土壤pH值、EC值、有機質含量、Bray-1萃取性磷含量、交換性鉀、鈣及鎂含量在不同有機肥料處理間無顯著差異。

表七、有機球莖甘藍－玉米栽培試驗於作物採收後土壤肥力特性分析

Table 7. Some selected characteristics of soil fertility after organic crops harvested in the rotation of organic kohlrabi and organic corn

Treatment ¹	pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Bray 1 P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)
Kohlrabi							
A	5.68±0.04a ²	0.48±0.07a	32.3±4.6a	311±77a	252±39ab	926±117a	93.4±31.1a
B	5.69±0.16a	0.45±0.05a	32.6±1.8a	334±19a	292±44a	941±127a	104.0±28a
C	5.61±0.08a	0.32±0.03b	30.7±3.8a	290±40a	189±25c	891±62a	87.0±17.9a
D	5.58±0.10a	0.30±0.04b	31.2±3.1a	304±48a	203±31bc	882±125a	81.0±33.0a
Corn							
A	5.45±0.12a	0.38±0.03a	31.3±3.2a	296±42a	205±21a	819±108a	74.3±20.2a
B	5.56±0.11a	0.45±0.10a	30.7±5.3a	316±49a	217±32a	803±95a	78.1±26.6a
C	5.41±0.07a	0.23±0.02b	29.0±2.5a	276±20a	124±21b	685±111ab	56.5±4.8b
D	5.35±0.23a	0.27±0.03b	29.8±1.2a	287±21a	115±10b	613±87b	60.3±10.5ab

¹. See table 1.

² Within columns, values followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \geq 0.05$).

研究證實長期施用堆肥可以增加土壤有機碳(質)含量，進而提高及穩定土壤肥力^(5,19)。施肥方式亦會影響土壤有機質的累積，一次施用或分次施用等量的有機質肥料，土壤有機碳及全氮含量以分次施用方式較高⁽³²⁾。另本場先前有機白莧菜－有機玉米輪作試驗中，有機白莧菜栽種前施用堆肥5~10 t/ha；有機玉米栽種前施用堆肥10~20 t/ha，當有機玉米採收後僅土壤EC值、有機質含量及交換性鉀含量略有降低情形⁽¹⁰⁾。本研究於裡作栽種前施用牛糞木屑堆肥

表八、有機甘藍－玉米栽培試驗於作物採收後土壤肥力特性分析

Table 8. Some selected characteristics of soil fertility after organic crops harvested in the rotation of organic cabbage and organic corn

Treatment ¹	pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Bray 1 P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)
Cabbage							
A	6.21±0.10a ²	0.46±0.13a	37.9±6.1a	430±45a	307±24a	1393±143a	109.0±13a
B	6.23±0.04a	0.43±0.24a	36.3±6.5a	444±60a	319±29a	1372±104a	102.0±22a
C	6.18±0.18a	0.35±0.03b	30.6±3.4a	342±38b	235±41b	1091±112b	86.0±17a
D	6.15±0.29a	0.35±0.04b	31.9±4.0a	338±41b	241±33b	1080±139b	84.3±29a
Corn							
A	5.62±0.14a	0.44±0.11a	29.7±4.1a	351±57a	183±34a	882±114a	62.6±17.0a
B	5.60±0.07a	0.34±0.09ab	29.0±3.0a	372±0.53a	164±20ab	904±158a	61.0±10.1a
C	5.55±0.22a	0.25±0.05b	28.7±2.8a	340±33a	126±21b	780±126a	49.0±12.9ab
D	5.54±0.12a	0.26±0.07b	27.4±1.9a	341±24a	125±32b	762±92a	44.3±7.6b

¹. See table 1.². Within columns, values followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \geq 0.05$).

表九、有機玉米－玉米栽培試驗於作物採收後土壤肥力特性分析

Table 9. Some selected characteristics of soil fertility after organic crops harvested in the rotation of organic corn and organic corn

Treatment ¹	pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Bray 1 P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)
Corn							
A	6.84±0.16a ²	0.37±0.04a	36.6±7.3a	387±79a	314±51a	1461±234a	161±42a
B	6.73±0.19a	0.34±0.05ab	35.8±6.2a	398±61a	306±75ab	1446±143a	153±30a
C	6.60±0.10a	0.28±0.14ab	30.7±4.6a	347±66a	236±43ab	1354±212a	125±23a
D	6.53±0.06a	0.26±0.03b	29.0±2.7a	344±56a	229±30b	1259±122a	118±17a
Corn							
A	6.69±0.02a	0.23±0.02a	30.9±1.6a	327±13a	222±51a	1208±147a	123±14a
B	6.66±0.14a	0.23±0.03a	31.8±2.7a	332±25a	246±62a	1156±112a	107±15a
C	6.55±0.13a	0.19±0.02a	26.8±2.9a	299±27a	184±40a	1095±172a	77.3±9.3a
D	6.54±0.12a	0.20±0.01a	25.9±1.5a	315±25a	192±51a	1135±211a	82.8±7.6a

¹. See table 1.². Within columns, values followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \geq 0.05$).

約20~40 t/ha，結果顯示裡作各試區土壤pH值、EC值、有機質含量、Bray-1萃取性磷含量、交換性鉀、鈣及鎂含量等隨堆肥用量增加而增加，接續春作有機玉米採收後土壤pH值、EC值、有機質含量、Bray-1萃取性磷含量、交換性鉀、鈣及鎂含量等相較於前期裡作有機作物採收後，則呈現明顯下降情形。上述結果顯示本研究裡作試驗前一次性施用全量牛糞木屑堆肥20 or

40 t/ha，對第一期裡作土壤肥力特性有顯著影響效應，而對第二期春作土壤肥力影響較不明顯。又相較2010年於同一試區研究結果之有機玉米單位面積產量可達10~15 t/ha⁽¹⁰⁾，本研究春作有機玉米單位面積產量顯然偏低，僅約8~12 t/ha。因此，本研究施用牛糞木屑堆肥20~40 t/ha等處理僅對第一期裡作試區土壤具有增進土壤肥力因子之效益，而對第二期春作試區土壤肥力及有機玉米生長與產量則無明顯影響。顯然在本研究試區土壤肥力條件之下，牛糞木屑堆肥在不同期作予以分次適量施用，將是較合理推薦施用方法。

參考文獻

1. 行政院農業委員會 2004 有機農產品生產規範—作物有機驗證健康保證 p.22-27 行政院農業委員會編印。
2. 李文汕 2003 有機蔬菜產業發展 臺灣地區有機農業產業發展研討會專刊 p.106-117 臺中區農業改良場編印。
3. 卓文君、李文汕 1997 不同前作蔬菜對十字花科葉菜類發芽與生育之影響 興大園藝 24: 31-44。
4. 吳聰賢 1990 農業史 p.15-32 黎明文化事業出版。
5. 莊作權、張宇旭、陳鴻基 1993 有機質肥料養分供應能力之評估 中華生質能源學會會誌 3-4: 132-146。
6. 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。
7. 黃山內 1991 豬糞堆肥在作物生產之利用 p.1-18 豬糞處理、堆肥製造使用及管理研討會論文專輯 臺灣省畜產試驗所編印。
8. 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。
9. 蔡宜峰 2011 有機蔬菜農場經過5~10年耕作後土壤肥力特性變化研究 臺中區農業改良場研究彙報 111: 1-11。
10. 蔡宜峰 2010 有機白莧菜與有機玉米輪作下施用有機肥料之影響效應 臺中區農業改良場研究彙報 107: 25-36。
11. 嚴式清 1989 畜牧廢棄物在有機農業之利用 p.245-249 有機農業研討會專集 臺中區農業改良場特刊16號。
12. Bationo, A. and A. U. Mokwunye. 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.
13. Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. p.595-624. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis Part 2. Academic Press, Inc., New York.

14. Carpenter- Boggs, L., A. C. Kennedy and J. P. Reganold. 2000. Organic and biodynamic management: Effects on soil biology. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 1651-1659.
15. Castellanos, J. Z. and P. F. Pratt. 1981. Mineralization of manure nitrogen-correlation with laboratory indexes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 354-357.
16. Chae, Y. M. and M. A. Tabatabai. 1986. Mineralization of nitrogen in soil amended with organic wastes. *J. Environ. Qual.* 15: 193-198.
17. Chang, C., T. G. Sommerfeldt and T. Entz. 1991. Soil chemistry after eleven annual applications of cattle feedlot manure. *J. Environ. Qual.* 20: 475-480.
18. De Bertoldi, M., G. Vallint, A. Pera and F. Zucconi. 1985. Technological aspects of composting including moddling and microbiology. p.27-41. In: Gasser, J. K. R. (ed.). *Composting of agricultural and other wastes*. Elsevier Applied Science Publishers. London and New York.
19. Delate, K., H. Friedrich and V. Lawson. 2003. Organic pepper production systems using compost and cover crops. *Biological Agriculture and Horticulture* 21: 131-150.
20. Grandy, A. S., G. A. Porter and M. S. Erich. 2002. Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 1311-1319.
21. Harada, Y., K. Haga, T. Osada and M. Koshino. 1991. Quality aspects of animal waste composts. p.54-76. In: *Proceedings of symposium on pig waste treatment and composting II*. Taiwan Livestock Research Institute.
22. Harada, Y. 1990. Composting and application of animal wastes. *ASPAC/FFTC Extension Bulletin* 311: 19-31.
23. 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.
24. Inoko, A. 1982. The composting of organic materials and associated maturity problems. *ASPAC/FFTC Technical Bulletin* 71: 1-20.
25. Jacobs, L. W. 1990. Potential hazards when using organic materials as fertilizers for crop production. *ASPAC/FFTC Extension Bulletin* 313: 1-29.
26. Jokela, W. E. 1992. Nitrogen fertilizer and dairy manure effects on corn yield and soil nitrate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 148-154.
27. King, L. D. 1984. Availability of nitrogen in municipal, industrial, and animal wastes. *J. Environ. Qual.* 13: 609-612.

28. Kundsén, D. and G. A. Peterson. 1982. Lithium, sodium, and potassium. p.225-246. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis Part 2*. Academic Press, Inc., New York.
29. Lanyon, L. E. and W. R. Heald. 1982. Magnesium, calcium, strontium, and barium. p.247-262. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis, Part 2*. Academic Press, Inc., New York.
30. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p.539-579. In : Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis Part 2*. Academic Press, Inc., New York.
31. Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. p.403-430. In : Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis Part 2*. Academic Press, Inc., New York.
32. Scheller, E. and J. Raupp. 2005. Amino acid and soil organic matter content of topsoil in a long term trial with farmyard manure and mineral fertilizers. *Biol. Agric. Hort.* 22: 379-397.
33. Singh, Y. P. and C. P. Singh. 1986a. Effect of different carbonaceous compound on the transformation of soil nutrients. I. Immobilization and mineralization of applied nitrogen. *Biol. Agric. Horti.* 4: 19-26.
34. Singh, Y. P. and C. P. Singh. 1986b. Effect of different carbonaceous compound on the transformation of soil nutrients. II. Immobilization and mineralization of applied phosphorus. *Biol. Agric. Horti.* 4: 301-307.
35. 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.
36. White, R. H. 1979. Nutrient cycling. p.129-143. In: *Introduction to the principles and practice of soil science*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. London.

The Effects of Organic Fertilizer on Organic Crops Growth Performance and Soil Fertility in the Rotation of Vegetable with Corn¹

Yi-Fong Tsai, Hui-Chuan Hung and Min-Hsien Yang²

ABSTRACT

In order to develop a suitable fertilization and rotation management for organic cultivation, an experiment was conducted to evaluate the effects of crops growth characteristics and soil fertility on the application of organic fertilizer in the rotation of organic vegetable and organic corn. The experiment was conducted with four organic fertilizer treatments and three rotations. Four organic fertilizer treatments included with cattle manure-sawdust compost in 20 t/ha or 40 t/ha amount, and applied with/without liquid fertilizer were conducted. In two season crop rotation treatments with I, II and III were kohlrabi / corn, cabbage/corn and corn / corn, respectively. The results indicated there were significantly different on the yield of organic kohlrabi among some organic fertilizer treatments in winter crop of rotation I. The yields of organic cabbage in winter crop of rotation II and organic corn in winter crop of rotation III, and the yields of organic corn in spring crop of rotation I, II and III were showed no differences among organic fertilizer treatments. The soil pH, EC, and the contents of organic matter, Bray-1 extracted P, exchangeable K, Ca and Mg increased according to the increasing of the application rate of cattle manure-sawdust compost. After harvesting of organic corn in spring crop of all rotation, the soil pH, EC, and the contents of organic matter, Bray-1 extracted P and exchangeable K, Ca and Mg decreased than that in winter crops have harvested. Therefore, rational dosage of compost application in the cultivation of different organic vegetable crops are proved to be reasonable.

Key words: organic kohlrabi, organic cabbage, organic corn, compost, liquid organic fertilizer.

¹Contribution No. 0819 from Taichung DARES, COA.

²Researcher (Branch Chief), Assistant Researcher and Assistant Researcher, respectively, Puli Branch, Taichung DARES, Nantou, Taiwan, ROC.