有機質肥料對有機農耕法的一些困擾

趙震慶

國立中興大學土壤環境科學系

前　言

有機農業係指生產糧食作物時，儘量少用或避免使用化學肥料及農業藥劑，配合豆科植物在內之綠肥作物輪作制度，及利用農場內、外廢棄物及含植物所需養分元素之岩石與礦物，以維持農業生產之耕作方式。民國76年王銀波與洪崑煌兩位教授將此概念譯介至國內，復加當時在農委會任職的蘇楠榮與黃山內兩位技正共同規畫推行，再加上農林廳黃伯恩技正之推展，始有今日有機農耕法全面欣欣向榮的境況。筆者，有幸自推展有機農耕法理念之初，即參與在高雄區農改場旗山分場與台南區農改場鹿草分場兩地區試驗，分別與黃賢喜主任及謝元德股長共同進行有機農耕法可行性之研究，觀測在台灣地區僅用有機質肥料而不施農藥，能否進行輪作栽培各種作物。整個田間栽培與管理設計，係由蘇楠榮技正撰稿，試驗至今已12年半。田間共種植37作的作物。

台灣地區高溫多雨，土壤中有機質降解與養分流變動速率遠較溫帶或少雨地區爲快，造成大多數的土壤有機質含量較溫帶地區爲低，土壤肥力亦不如溫帶土壤。爲求作物增產，常以提升作物單位面積產量爲重要目標，導致作物育種均在充分養分供應下而選出高產品種。有機農耕法爲避免作物產量大幅下降，在試驗之初，即建議利用動物糞堆肥所含氮素以替代化學氮素供作物生長，爲便於計算而設動物糞堆肥礦化率爲50%。初期六年(1988年-1994年)係用豬糞堆肥，後六年(1994年-2000年)則用牛糞堆肥。本報告欲探討在過去12年來土壤理`化性質上所受到的正或負之影響，敬請各位前輩、學者及專家指正。

長期有機農耕法對土壤性質之效應

有機農耕法試區係設在高雄縣旗山鎮高雄區農改場旗南分場(台南區農改場鹿草試區，進行六年的結果已發表在中華農學會誌，在本報告中不再敘述)，爲砂頁粘板岩混合沖積土，和興系，質地爲SiL，pH6.6，有機質23.4kg^{-1}土，CEC8.10。.作物栽培採用兩年內輪作六作作物(表一)，原始設計包括估算肥料之殘效(種植綠肥後後作種植需氮量高的作物)與土壤鹽分(種植水稻)之淋洗。各作物所用氮肥推薦量，係依施肥手冊所列推薦量而施用，爲簡便及日後推廣，有機肥料僅估算所含氮素量換算爲推薦用量，其他養分未再估算。耕作方法分爲三種，即慣行農耕法，種植作物施用化學肥料，依農民所慣用農藥防治病蟲害與雜草。但亦種植綠肥並留置植物殘體於田中，其次爲慣行農耕法，以腐熟動物糞堆肥代替化學肥料，並假設堆肥在作物生長季中僅礦化50%之全氮，病蟲害施用生物農藥，雜草以土表覆蓋稻草桿或稻殼及人工除草，豆科作物接種根瘤菌，作物殘體留置田內。再者，爲折衷農耕法估計有機農耕法供養強度不如化肥，生物製劑對部分病、蟲害無法防治之下，則使用有機農耕法二分之一的堆肥，另二分之一的氮、磷、鉀施用化學肥料，對無法以生物防治之病、蟲害，採用低毒性低濃度之農藥防治。其餘均依照有機農耕法管理。在過去十二年中，共種36作作物，今將部分分析數據分述如下:

土壤pH，有機質含量，有效性磷及交換性鈣，在開始試驗第一作(77年10月)，第十八作(83年5月)及第三十六作(89年5月)作物收穫後的分析結果，土壤pH自第二作後有機農耕法即上升至7.2-7.6(表三)，折衷農耕法略爲延後，此後土壤pH多在7.2至7.8之間變動，視作物、季節而異。有機質之含量三種耕作法到82年5月差異顯著，然有機農耕法與折衷農耕法的土壤有機質含量變化最大是在開始的前六年，在83年後進入第二個六年期有機質含量雖還在上升，但幅度較前六年爲小。有效性磷與交換性鈣亦有類似之情況。

值得注意的是土壤0.1N鹽酸萃取性銅、鋅含量之變化，先看鋅含量(表四)，前六年幾乎上升三倍，到後六年幾乎無大變化。然交換性銅量的變動，初期較鋅爲慢，然後六年仍然持續增加。那麼植體內鋅與銅含量變化如何?以八十九年春作(第36作作物)玉米與水稻來看(表五)，根部銅與鋅含量均以有機農耕法顯著高於慣行農耕法，兩作物穗粒含銅、鋅量雖亦有差異顯著的情形，但差異程度較根部爲小。

於87年至89年定期採土分析土壤有效性氮含量之變化(表六)，除施肥期(87，10.10;88，2.27)外。慣性農耕法試區土壤中有效性氮含量高於或近於有機農耕法之土壤外，其他時間均遠低於有機農耕法。雖土壤有效性氮含量尙受其他因子之影響，特別是水分與溫度等，

但長期來看，有機農耕法土壤中有效性氮量均高於慣性農耕法。

有機農耕法的一些問題

由上述資料及在進行試驗期中所遇到的一些問題述之於后，尚祈各位前輩，學者與專家多多指導。

本試驗中有機農耕法試區在過去十二年中，均以動物糞堆肥代替化學肥料，目前極待解決的問題是土壤中0.1N鹽酸可萃取鋅與銅量之上升，前六年使用豬糞堆肥增加速率較快，後六年使用牛糞堆肥增加速率較慢。或減少，但有機農耕耕法土壤中含量增加到之濃度，以達環保署規範高含量之標準。當然日後使用堆肥時可減少豬糞堆肥之施用而改用牛糞堆肥，甚至農家自製堆肥。在礦化過程中，堆肥所含各種養分礦化釋出量應成一定的比例，在作物對氮的需求量大於其他養分，複加脫氮作用，淋洗作用及堆肥使用量以含氮量估算，以致造成各種其他養分殘存於土壤中形成累積現象，如有效性磷與交換性鈣(表三)，實際上鉀、鎂、銅、鋅、鐵及錳均有類似現象發生，累積量視堆肥中含量與作物吸收量與淋洗量而異。在這些養分中，銅與鋅的累積應給予較大的注意，係表四與五所示，目前施用動物糞堆肥均會增加土壤有效性銅與鋅量之上升，同時作物體含銅與鋅量亦有增加之趨勢。當然，鼓勵使用農家堆肥與種植綠肥，以減少養分收支不平衡現象之發生。但相對的來說，動物糞之利用與供氮量又要如何解決，確爲兩難之處。

其次，土壤有效性氮量(表六)在二年觀測期中均以有機農耕法之土壤中含量高於慣行農耕法，主因十餘年來土壤有機質含量由23g kg^{-1}土，而這些有機質皆來自動物糞堆肥，綠肥及作物殘體所衍生，而非土壤中所原先含有的，是否因這些有機質在土壤較易被礦化，有待探討。其次，旗南分場位於南台灣，天熱多雨，因而有機質礦化速率遠較溫寒帶土壤爲快，雖然在此種狀況下，礦化氮量較高有利作物吸收氮素，但相對的，在作物吸收量較少的時期，以及休閒期，這些有效性氮會否造成污染亦值得注意。再者，很多有機肥料爲快速易分解性有機氮，供應作物立即吸收氮量不亞於化學氮肥。因此，常有機會造成作物體內硝酸鹽含量過高。雖已有不少的菜農已注意到此種現象，而設法減少含量。但爲達健康有機食品水準，對土壤有效性氮之調控似需再加以探討。第四由所分析土壤有效性氮來看，雖未全部列

出，僅部分結果呈現在表六，但在兩年內所測之其他結果，大多如表六所列測值範圍內，不如施用化肥在作物最需要時能大幅供應，亦就是說，在氮素供應強度上來看，不如化學氮肥，除非在作物快速吸收氮素時另施用速效性有機肥料(液)，以補充有機氮供氮強度不足之缺點。或採用追肥施用尿素等氮素化肥，以降低休閒時土壤含有效性氮量過高的問題。因此有機質材之配製與施用可再予以評估與研究。

結　論

十二年來本研究中有機農耕法試驗，對土壤理化性質之效應，顯示了不少的優點，但隨之而來的缺點亦呈現，目前主要的缺點是土壤中重金屬銅與鋅之累積，及土壤有效性氮長年處於高量狀況，會否造成大氣與地下水之污染，均有待日後設法解決。

表一　輪作系統

Rotation system	1st yr		2rd yr			3th yr
	Summer crop	Autumn crop	Spring crop	Summer crop	Autumn crop	Spring crop
			1988 to 1994			
I	Sesbania	Cabbage	Sweet corn	Rice	Vegetable soybean	Sweet corn
II	Sesbania	Sweet corn	Vegetable soybean	Rice	Radish	Vegetable soybean
			1994 to 2000			
I	Sesbania	Lettue	Corn	Rice	Vegetable soybean	Corn
II	Sesbania	Corn	Rice	Rice	Vegetable soybean	Rice

表二　各作物氮肥推薦量

Crops	N kg ha^{-1}	Crops	N kg ha^{-1}
Sweet corn	180	Cabbage	200
Vegetable soybean	60	Rice	120
Radish	150	Lettue	210

表三　收穫期土壤化學性質之變動

Sampling	Rotation system I				Rotation system II			
Time	CF[1]	IF	OF	LSD5%	CF	IF	OF	LSD5%
	Soil pH（1：1 Soil：Water）							
1988,0ct.	6.9	6.5	6.8		6.4	6.5	6.7	
1994,May	5.9	7.4	7.3		6.3	7.4	7.2	
2000,May	6.7	7.4	7.2		6.5	7.0	7.0	
	Organic matter g kg^{-1} soil							
1988,0ct.	22.9	18.6	23.3	8.3	22.0	23.3	21.8	6.6
1994,May	21.1	26.1	39.2	4.8	20.8	24.6	35.0	3.2
2000,May	18.4	29.5	42.6	3.0	20.3	29.5	43.4	4.7
	Available phosphorus P mg kg^{-1} soil							
1988,0ct.	105	96	104	17	111	116	86	37
1994,May	70	93	121	14	71	128	174	11
2000,May	46	81	161	12	60	85	109	8
	Exchangeable calcium C mol kg^{-1} soil							
1988,0ct.	5.69	5.31	6.60	0.82	4.64	5.25	6.34	0.56
1994,May	3.42	6.02	8.80	1.15	3.23	5.56	7.85	1.12
2000,May	2.51	5.09	8.18	0.56	1.90	4.15	7.63	0.39

1.CF：Conventional farmming；IF：Internediate farmming ; OF：Organic farmming.

表四　土壤中0.1N HCl 萃取性鋅與銅之變動

Sampling Time	Rotation system I				Rotation system II			
	CF[1]	IF	OF	LSD5 %	CF	IF	OF	LSD5 %
	Extractable zinc mg kg^{-1} soil							
1988,0ct.	9.4	8.7	11.5	2.3	8.5	9.0	10.2	2.1
1994,May	10.3	19.7	30.6	3.4	8.7	16.6	27.2	2.5
2000,May	7.2	20.3	27.8	1.2	6.4	18.5	27.3	1.2
	Extractable copper mg kg^{-1} soil							
1988,0ct.	9.9	9.4	10.0	1.3	8.7	9.0	10.1	1.3
1994,May	10.5	14.9	14.6	1.9	9.5	13.4	15.4	1.3
2000,May	8.0	20.9	29.1	1.3	8.6	21.6	32.6	0.4

1.Same as in Table 3

2.環保署公佈台灣地區土壤重金屬標準與等級區分(O.l N HCl萃取量)

	低	中	高
Cu	1-11	12-20	21-100
Zn	1.6-10	22-25	26-80

表五 八十九年春作玉米與水稻收穫期作物體中銅與鋅含量

處理	玉米			水稻		
	根	莖葉	穗粒	根	莖葉	穗粒
	Zn *ug* g^{-1} crops					
OF[1]	27.4	11.8	19.5	68.8	27.1	10.4
IF	12.1	8.8	18.6	58.5	19.3	11.0
CF	11.1	7.3	18.0	43.1	12.8	7.6
LSD5%	8.6	1.4	8.6	13.8	7.0	2.0
	Cu *ug* g^{-1} crops					
OF	49.0	28.5	26.5	59.5	11.0	4.0
IF	37.8	26.3	25.6	64.9	12.5	3.8
CF	35.8	27.8	24.8	28.9	9.1	3.6
LSD5%	3.9	1.3	1.4	14.3	0.4	0.6

1.Same as in Tabe3

表六　土壤有效性氮之變動

Sampling time	Rotation system I		Rotation system II	
Wks.(date)	OF	CF	OF	CF
	$(NH_4^+ + NO_3^- + NO_2^-)$-N mg kg^{-1} soil			
0wk(87.9.26)	58.9±9.0	36.8±0.9	52.9±7.6	33.8±4.5
2 wk(87.10.10)[2]	64.1±10.2	64.0±3.0	37.8±2.7	33.5±9.0
4 wk(87.10.24)	23.4±4.7	17.4±9.4	33.7±4.1	20.9±5.1
10 wk(87.12.25)	26.9±4.8	16.2±2.1	23.8±0.6	12.9±1.0
22 wk(88.2.27)[2]	39.9±8.8	33.8±4.4	34.3±5.8	69.4±5.5
44 wk(88.8.12)	26.0±5.8	4.9±1.0	20.5±2.7	7.0±0.6
64 wk(88.12.29)	19.0±0.8	5.7±0.2	11.0±1.3	8.4±1.6
84 wk(89.5.23)	37.2±2.2	17.9±5.4	14.4±2.6	10.2±1.4

2.After application fertilizer, then took soil sample for measurement.

1.Same as in Table 3