有機農業之策略

洪 崑 煌
國立台灣大學農業化學系

摘 要

不使用肥料及農藥之有機農業，必須採用與一般農業基本上不相同的策略。有機農業必須採用適合當地條件的輪作制度，其中必須包含豆科作物做爲綠肥作物，以維持對主作之氮之供應。農場中必須將不同作物同時以帶狀栽培，以防止病蟲害的傳播，利用覆蓋作物之間作，或充分加覆蓋，以防止雜草之叢生。主作之間以豆科作物相接，可收防止土壤沖刷與供應氮素之利。不耕耘栽培法可加以有效應用，既省工又可維持良好的土壤耕性。

輪作作物及主作物之間銜接綠肥作物之選擇，需要充分的知識，方能促使有機農業的成功。有機農業是高科技，與已往沒有肥料，農藥時代的農業並不相同。如計劃得當則以最少的人爲管理而可望好收成。

緒 言

什麼是有機農業？

有機農業是什麼，在國內尚無確切的認識，一般模糊地認爲，有機農業乃是以有機肥料爲主，少用或完全不用化學肥料栽培作物的農業；對農藥之使用與否，則因本省亞熱帶環境下，病蟲雜草不容易控制之情況下，好像沒有選擇之餘地；在本省實質上並無有機農業存在。

在日本，則因憂慮化學肥料及農藥之大量使用，生產出來的食物，較天然狀態（指不用化學肥料及農藥）下生產者，在營養價值上有遜色，並且因可能有致癌物質之產生以及有毒農藥之殘留，認爲健康上有危險，而有些人提倡完全不用化學肥料及農藥之農業，經一樂照雄命名爲有機農業 (1,p219)。據荷見、鈴木二氏 (1,p218) 之綜合意見，可舉築地文太郎（日本有機農業研究會）之看法：「有機農業的命名簡而言之，是爲了檢討今天非常不自然，只能叫做無機化農業的今天農業的現狀，爲生產維護生命資糧應有的本來的農業之意，來命名的。所以當初對本來應有的農業，是什麼一種農業，則沒有鮮明的輪廓。反過來說，在探索這種本來應有的農業爲何物中，將脫穎而出的有機農業像，才是有機農業，當初是懷著這樣想法。所以有機農業的看法，會因人而有不同，是可想而知的。」

「有機農業這一名詞本身，並無特別意思。如要勉強解釋，或可指『正當的農業』，所以是不恰當的名詞。會產生這種不恰當名詞的現況，著實可悲。實在說來，有機農業最好沒有其未來。最好這個世界早變成不要有機農業這種名詞的世界。」一樂照雄則更進一步說明：「本來不應該用有機農業這種特別的稱呼，而叫正當的農業，或眞正的農業。今天的農業受近代化之迷信所惑，陷入極不健全的狀態，這個名詞的意義就是希望把它拉回到本來應有的農業姿態。」

在美國方面，則有較明確的定義，即不用化學肥料及農藥而用有機材料增加土壤之腐植質，以天然礦物質補充土壤中植物之養分，來栽培作物之農業。

利用化學肥料及農藥爲作物栽培管理之基礎的現代農業，在日本稱爲「化學農業」，在美國則稱爲一般農業。本省的農業，即是化學農業，也是本省的一般農業。在未開發國中，其一般農業可能就是實質上的有機農業。

有機農業的現況

（一）日本

荷見、鈴木二氏 [1,p4] 綜合在日本進行問卷調查之結果，表示在日本實施有機農業的農家有多少，目前尚無統計資料，但自1970年附近逐漸增加，有些是完全不用化學肥料及農藥，有些則以化學肥料補有機肥料之不足，或用少許殺草劑控制雜草。他們共通之點，即都很重視用有機物維持並培養肥力，都費很大精力製造堆肥。光是堆肥製造，也是十人十樣，有機物、堆厩肥之來源，如何堆置腐熟化，如何使用，使用多少等，都因人因地而異。其次是他們厭惡農業藥劑對人體健康之威脅，而想盡辦法迴避其害或限制於最低限度。

（二）美國

美國農民之採用，係由於能源危機威脅肥料價格之上漲，以及含氯農藥之禁止使用，可能導致更多農藥之被禁止或限制使用，將影響他們之生產方式。他們多半與畜牧業綜合經營，而有充分厩肥的供應，也在其輪作制度中，包括豆科作物做爲飼料或綠肥，以維持氮素之供應。爲維持地力，多半也購買有機質肥料施用，但其用量甚低，做爲養分之供應源幾無意義 [2] 。其普遍程度則尚無統計資料來判斷，但根據 Lockeretz *et al* [2] 之報告，可知已有相當多的農家採用。

（三）本省

本省尚無資料表示有採用有機農業的農家。不用化學肥料，如何維持養分之供應爲有機農業實施上的最大問題，也就是在於如何供應作物生產所需要之養分。作物從土壤吸取養分，其吸收量因作物品種、以及產量水準而有不同，如表一所示。其中只列一些穀類作物，每公頃乾物產量愈多，所吸收的氮、磷、鉀等要素量也愈多，其中氮磷之一大半存在於穀粒中，將被移走，即使將稈草全部歸還於農地，也不到全吸收量之一半。是故如沒有從農場外搬進含有這些被移走部分之養分的物料，或農地內經生物固氮作用增加氮供應量，則土壤中養分含量勢必年年減低，作物產量也會隨之年年減少。

根據荷見、鈴木 [1,p20] 氏報告，日本有機農家爲維持土壤肥力投入於農地之有機物料重量，以每公頃20 ～30t之間爲多（表二之一及二）。他們之調查，也表示約有一半農戶仍配合使用化學肥料，其使用量隨有機物料投入量之增多而減少，約一半受調查農戶表示，化學肥料之使用是不能避免，但也有35% 的農戶表示不必要。

在美國 Lockeretz 等 [2] 之調查對象爲農場面積至少有40公頃以上之農家，都是兼營畜牧業，有大量堆厩肥之使用，但其量無法估計。除了玉米外，這些農家都包括飼料用豆科作物在其輪作之中，也可以當做綠肥。

Liebhardt and Harwood [3] 之結論，認爲在有機農業中，氮素之自給自足是可以實現的。他們引用 Wegryzn (1984)之研究報告，說Pennsylvania州玉米養牛混合農場之玉米苜蓿輪作制度下，苜蓿後第一年玉米可從土壤獲得每公頃166 公斤之氮，第二年165 公斤，第三年爲148 公斤。其所調查的11個農場，氮的需求可以農場內來源來滿足，無需使用化學肥料，而且氮肥之施用並無增產效果。

Mitchell and Teel [4] 則在冬季裡栽培豆科覆蓋作物，在春天用殺草劑將其殺死，隨即做爲覆蓋物，並不經過耕耘即播種玉米。這覆蓋作物發揮了保溫、保水效果，同時，它們對玉米之增產效果，相當於112kg N/ha 之化學肥料。

表一 各種穀類作物每公頃要素吸收量（公斤／公頃）

Table 1. The uptake of nutrient elements by different grain crops (kg/ha)

Crops	Yields (kg／ha)	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Sources of data
Rice	5,000	70.46	39.76	65.96	12.7		1
	6,000	84.55	47.71	79.15	15.3		1
	7,000	98.64	55.66	92.34	17.8		1
	2,000	40.00	30.00	30.00	20.0	10	2
	3,000	60.00	45.00	45.00	30.0	15	2
Grain	2,500	30.00	13.00	9.00	1.0	5	3
Straw	3,500	20.00	9.00	32.00	19.0	7	
Total		50.00	22.00	41.00	20.0	12	
Grain	5,000	60.00	26.00	19.00	3.0	9	
Straw	7,000	40.00	18.00	65.00	38.0	14	
Total		100.00	44.00	84.00	41.0	23	3
Wheat							
Grain	1,000	16.00	9.00	5.00	1.0		
Straw	1,800	9.00	4.00	17.00	5.0		
Total		25.00	13.00	22.00	6.0		3
Grain	2,000	32.00	17.00	10.00			
Straw	4,000	18.00	8.00	36.00			
Total		50.00	25.00	46.00			3
Grain	2,000	37.00	16.60	8.20			
Straw	4,400	19.90	7.90	34.20			
Total		56.90	24.50	42.50			3
Rye							
Grain	2,180	54.00	29.00	73.00			3
Straw	4,370						
Grain	2,000	40.00	26.00	64.00			
Straw	5,000						3
Barley							
Grain	3,000	75.00	35.00	80.00	40.0		
Straw	4,000						
Grain	2,000	54.30	29.20	56.90	10.4	7.7	3
Straw	5,400						
Corn							
Grain	2,500	40.00	14.00	9.00	0.8	4.8	
Stalk	5,000	38.00	15.00	82.00	25.0	13.0	
Total		78.00	29.00	91.00	25.8	17.8	
Grain	4,000	64.00	23.00	15.00	1.2	7.6	
Stalk	7,000	53.00	21.00	115.00	34.0	18.2	
Total		117.00	44.00	130.00	35.2	25.8	

(續上表)

Grain	6,000	96.00	34.00	22.00	1.8	11.4
Stalk	9,000	68.00	27.00	148.00	44.1	23.4
Total		164.00	61.00	170.00	45.9	34.8

1.Borasio, L., 1965. Rice manuring, tr. from Fr.to Eng. by G. Herrard and P. Ronayne, Cent.Intern. Info. Docum. Prod. Phosph. Thomas, Brussels, Belgium.
2.Ditto.
3.Scharrer, K. and H. Linser, 1965. Handbuch der Pflanzenern"ahrung und Dungung, III (1), Springer-Verlag, Wien, New York.

表二之一 日本有機農家自給有機物之投入量 (水稻) (單位：戶)

Table 2.1. The amount of self-supplied organic material applied to the farm in Japan (rice) (unit：farm)

3.1,8.5,0 Organic material	Amount per hectare				
	<10t	10～20t	20～30t	>30t	Sum
Barnyard compost	11	28	6	—	45
Barnyard compost & animal excretion	2	10	3	1	16
Animal excretion	5	6	2	2	15
Others*					11
Total	23	47	12	5	87

* Others include rice straw ,grasses ,rice bran,sawdust,ckicken droppings, and night soil etc.

表二之二 日本有機農家自給有機物之投入量 (旱田) (單位：戶)

Table 2.2. The amount of self-supplied organic material applied to the farm in Japan (Dryland) (unit：farm)

Organic material	Amount per hectare				
	<10t	10～20t	20～30t	>30t	Sum
Barnyard compost	7	17	9	4	27
Barnyard compost & animal excretion	2	8	5	8	23
Animal excretion	—	10	5	6	21
Others	5	1	1	1	8
Total	14	36	20	19	89

Frye, *et al.*, [5] 在玉米收穫前將豆科作物播種於玉米田，或在收穫之後播種。第二年玉米則有顯著的增產表現。在 Princeton，hairy vetch 及flower vetch 提供了相當於 90～100kg N/ha之肥料氮素，使玉米得到增產。Flannery [6]也報告hairy vetch提供飼料玉米 135～200 kg N/ha ，化學肥料在這些情形下無增產效果。Krenzer [7] 在 North Carolina 報告 crimson clover對其後作之玉米或高粱提供67～112 kg N/ha ，而 Hargrove [8] 在Tennessee 之工作也表示hairy vetch 對其後作之玉米提供 112kg N/ha 。也有在主作物之間撒播豆科作物，使其造成覆蓋，一方面可以壓制雜草，一方面進行固氮作用，而促進主作物之生長。但此時主作物與覆蓋作物間之關係很複雜，有可能變成主客顛倒，或兩者都不好。尤其乾旱而水分缺乏時，可能無利益可得。

「自然農法」 [9] 的作者，日本的福岡正信，也是採用這種混合栽培法，抑制雜草，同時獲得部分所需之氮素。總之，如不使用化學肥料，農家必須掌握大量有機物來源，製造堆厩肥，以充分供應作物所需之養分。如果環境容許，在主作之前種植綠肥作物，或間作綠肥作物做爲覆蓋作物，則可以達成氮素之自給自足，而得到與一般農家相接近，或更高的收量。

至於磷素，鉀素以及其他養分，則雖然大量投入有機物料，與豆科作物輪作等方式，仍然難希望達到農場內養分之自給自足。從 Liebhardt and Harwood 之評估判斷，有機物料之大量投入，或綠肥作物之栽培，可增加土壤中微生物活動，由於旺盛的生物化學作用影響礦物質之風化作用，而使土壤中原來無效狀態的養分，較容易轉變成有效狀態，並由於多量有機材料之保護下，表土之沖刷損失量減少甚多，而保住這些有效性養分，結果比一般農業能維持較高的土壤肥力水準，補償被作物移去的部分而有餘。

有機農業下病蟲害之控制

不用農藥，如何才能控制病蟲害，是有機農業能否成立的關鍵問題，尤其台灣處於亞熱帶地區，一向瘟疫很容易蔓延。熱帶特有之瘧疾在光復後不久全面撒布DDT ，消滅瘧蚊，才告絶跡；現正增加病患的登革熱，也在撲滅無效之餘，衛生當局再有將禁止使用多年的DDT ，拿來對付傳播登革熱蚊子之議。水稻之螟蟲爲害，稻熱病等，沒有現在早已禁止使用之那些殺蟲劑，恐怕不能得到控制，本省農業之發展過程，不會這麼迅速順利。

日本的有機農業倡導者，則認爲不用化學肥料，而完全用堆厩肥等有機物料培養土壤肥力後，種出來的作物比較健康，具有較強的抗蟲，抗病能力。不用殺蟲劑，害蟲固然可以繁殖，但其天敵也可以繁殖，很快達到某一平衡水準，故有機農業栽培下，病蟲害之程度不致於太嚴重。如果愼重選擇作物品種，種植時期，輪作循序，並作條狀混合栽培，應可使病蟲數目控制在能夠忍受的範圍內。這樣做法，即牽涉到整個農業經營策略，不像個別栽培技術與其他因子分離，可以單獨加以試驗。各個方案之成效，也只能在實際經營的規模實施，方可得到正確的答案，所以將是費時、費力、費錢的大規模試驗。例如日本的有機農家認爲有機農業的病蟲害情況，比一般農業爲低，原因是因作物較健康，具有抗病、抗蟲力。但持反對意見的一般農民卻認爲有機農業者是處在一般農業者之中間，受到整體防治工作的利益，因爲周圍沒有病蟲源了，所以就不會有病蟲害，並不是本身有抗病蟲能力。有機農業者，則表示他們之農場，病蟲是從邊緣侵入，他們才是周圍一般農業者的受害者。他們自己農場中，病蟲都不會繁殖成害。而一般農業者則擔心有機農業者之農場，因不撒施農藥，隨時都可能轉變成病蟲之溫床，使他們施農藥的負擔加重，因而有時還會以暴力相向，強迫其施用農藥。

利用天敵之人工繁殖釋放，性費洛蒙之應用等之生物防治手段，因無污染及殘留而受重視，近年來頗有成效。其選擇性很高，對環境生態系之影響可説是最低，最理想，但是正因爲其選擇性太高，每一種病蟲害都需要個別發展出生物控制方法來，看那麼多的作物有那麼多不同的病蟲害，以有限的人力經費下，尋覓及建立個別防治系統之工作，將是永無止境的。

有部分學者正在發展從氣象資料以及若干病蟲動態資料模擬其繁殖蔓延之模式，用以建立病蟲害預測及發出防治警報系統工作。這種工作如果能擴大而包含作物之生長階段，作物面積，密度等各項因子，則將可能在桌上計算各種不同栽培方式下，病蟲繁殖蔓延的模擬情況。如果這種模式能夠相當精確模擬實際情況，則不一定要進行大規模的經營水準的試驗，也可求出能夠控制病蟲害的一些經營條件，這就可以直接加以推廣應用。

有機農業下雜草之控制

農業中雜草之控制，爲一項極費勞力的工作，已往農民在播種到收穫的漫長時間裡，最主要的工作就是中耕除草，永遠有除不盡的草等著他們去拔。殺草劑的出現與應用，使他們可以鬆一口氣，從除草工作得到解放，可以去從事農場外的兼差，或者甚至以其他行業做爲其專業，農業淪爲其副了。

在有機農業下可行的有效控制雜草方法，可能是覆蓋方法。在美國試行的方法，有如前述的在主作之前種植覆蓋作物，在主作播種之前以殺草劑殺死，不經翻動，即用播種機將種子埋入土中。此時還是使用殺草劑，與有機農業的原意相違背。可否不殺死即播種呢？這是需要一番試驗的。

日本福岡正信倡導「自然農法」，其基本精神爲佛教大乘之空與道家之「無爲」，認爲人與自然混然合一的農法。在此我們不去討論其自然農法之哲學基礎，他的控制雜草的方法，與美國人混合栽培方法相似。他不但要避免化學肥料、農藥的使用，還要不耕耘，不除草，幾乎是播種了就等著要收穫，極省工的方法。舉例來說，他的直播不耕耘大麥與水稻輪作法，是十月上、中旬將三葉草種子撒播於等待收穫的稻田中，並於收穫前二星期時，撒播大麥種子。收穫是踐踏著大麥幼苗而進行，先將稻子放在地上或架子上曬乾。曬乾的稻子即加以脫粒，稻草即不經切割而直接撒佈於田地上，並施用雞糞或腐熟的有機物料。此時如願意則可將水稻種子封於泥球中後，散佈於田中（十一月中旬或以後）。這樣就完成了次一年度大麥與水稻的播種工作。在次年春天，在成長中的大麥腳下有厚厚的三葉草層覆蓋的生成，水稻種子也開始萌芽。

在五月下旬收穫大麥時，水稻幼苗大約有1～2 英吋之高。三葉草與大麥一齊收割，這並不妨礙大麥的收穫。將大麥放在地上曬乾三天後即脫粒，麥稈就未經切割而分散於田中，在其上散佈雞糞肥。被踐踏過的水稻苗將透過這麥稈層而長出，三葉草也會再度生長覆蓋田面。

在六月初旬，生長旺盛的三葉草看來要淹蓋水稻苗的生育時，即全面放水，保持淹水狀態四到七天，減弱三葉草的生長，此後即將田面水除去，可使水稻長得很健壯。在水稻生長的前半期，並不一定要灌溉，視水稻生育狀況如何，可每隔一週至十天灌溉一次就好。在抽穗期也繼續間斷性灌溉，每次灌溉要注意在田面保水不超過五天以上。土壤水分含量維持在80% 左右就可以。

在水稻生育之前半期，維持陸稻栽培狀況下，水稻之生育良好，但在後半期，隨著水稻之生長要增加灌溉。在抽穗期水稻需要大量的水，如無適當的灌溉就可能使其脫水。以上是非常簡單的水稻與大麥輪作法，但他認爲是種進步的高科技，每一步驟必須小心做得很精確。

結　　論

有機農業爲以有機物料之大量使用，達成供應高收量所需之作物養分爲中心，並配合不用農藥的種種控制病蟲及雜草之成套農業經營方式，其內容因地而異，需個別研究發展。爲滿足作物生產所需之養分需求，必須採取盡量將農場內剩餘產物，殘渣等歸還於農地，且還要從農場外搬入有機物料。如無適當有機物料之供應源，則必須將包括豆科作物在內之綠肥作物，與主要作物輪作。

開始實施有機農業之初，大量有機物料之投入引起土壤生態系統之大轉變，常常有不利於作物的

表現而使作物生長較一般農業爲差；但在實施數年之中，漸漸進入穩定狀態，土壤生態在新的平衡點穩定下來，作物產量回升，接近於一般農業的水準，甚至於還可能有超過的表現。

在大量有機物料供應下，土壤微生物相將呈多元化，數目也多，進行各種各樣的生物化學反應，使土壤富於腐植質，土壤理化性質趨向於有利作物之生長狀態，養分的循環亦趨向快速。各種微生物互相平衡活動，可限制病原菌之活動繁殖，多數天敵之存在也限制害蟲之繁殖爲害。

混合覆蓋作物與主作物同時栽培，可藉以抑制雜草叢生，如包括豆科作物於覆蓋作物或輪作系統內，則還可經根瘤菌之固氮作用而增加氮之供應量。

這樣複雜的農業生態系，因氣候環境之改變而會做微妙的改變，但都趨向於抵消變化的方向變化——即要維持平衡的方向變化，也就是說作物的生產會相當穩定可靠。但由於顧慮整個生態系統之微妙調整作用，不可能將農地全部密植清一色的單一作物，而求盡可能的單位面積之最高生產量———必須留些空間讓其他生物生存活動，有時候也得忍受某種程度的病蟲害及雜草之發生。穩定地得到高產量———不是最高產量———爲有機農業的經營原則，而生產物將是不受農藥以及其他健康上有礙物質污染之安全可靠之食品，而且大家都相信其品質優於一般農業的產品。由於生態系統之操作，任由自然界中生物互相作用之運作來控制，在栽培管理上，人之介入則限制於最低限度，有機農業的實施需要有對這種自然操作現象之信仰心，否則眼看著作物生長有些落後，能不想施用些化學肥料，看著一些蟲在吃作物葉片，能不想噴些殺蟲劑，看著一些雜草，能不想拔掉或噴殺草劑嗎？

參考文獻

1.荷見武敬，鈴木利德，有機農業への道－土．食べきの、健康－樂游書局，1980。

2.Lockeretz, W. et al. 1980. Maize yields and soil nutrient levels with and without pesticides and standard commercial fertilizers. Agron. J. 72:65-72.

3.Liebhardt, W. and R. Harwood. 1985. Organic farming. In " Technology, Public Policy , and the Changing Structure of American Agriculture ", Vol II -Background Papers, No.21. Office of Technology Assessment, Congress of the United States.

4.Mitchell, W. H. and M. R. Teel. 1977. Winter-annual cover crops for no-tillage corn production, Agron. J. 69:569-573.

5.Frye, W. W., J. H. Herbek and R.L. Blerins. 1982. Legume cover crops in production of no-tillage corn in environmentally-sound agriculture. ed. Wm. Lockeretz. Praeger Pub., New York, NY. cited from 3.

6.Flannery, R. L. 1981. Conventional vs. no-tillage corn silage production . Better Crops. LXVI:3-6, cited from 3.

7.Krenzer, E.G. 1981. Cover crops and cover crop management. Paper presented at Southeastern No-Tillage Systems Conf. No.24, 1981, N.C. State Univ., Raleigh , N.C. cited from 3.

8.Hargrove, W.L.(ed.). 1982. Proceedings of the mini-symposium on legume cover crops for conservation tillage production systems. Athens, GA. Univ. of Georgia Apec. Pub. 19. cited from 3.

9. Fukuoka,M.. 1985. The natural way of farming. tr. by F. P. Metreaud, Japan Publications, Inc.

Strategy of Organic Farming

Kun-Huang Houng
Department of Agricultural Chemistry
National Taiwan University

Summary

In order to maintain sufficient supply of plant nutrients and pest control, the organic farming will have to adapt to a management strategy basically different from that of conventional farming.

A proper crop rotation system should be chosen for each specific locality, in which a green manure legume crop must be included in the rotation to supply nitrogen for the main cash crop. Different crops must be grown in bands at all time to prevent propagation of pests, intercropping of cover crop to suppress weed growth must be considered, otherwise effective mulching should be applied. Effective relay cropping of green manure crop in between main crops is effective in preventing soil erosion and supplying nitrogen. Non-tillage operation can be incorporated to advantage in saving labor input as well as maintaining a good tilth.

Good knowledge of the crops in rotation and relaying between crops is essential to the success of organic farming, it is a high technology different from the old-time farming in which fertilizers and pesticides were simply not known. When carefully designed, good crops can be expected with the least intervention by man.