台灣永續農業之現況與展望

鄧耀宗、黃伯恩
行政院農業委員會

摘　要

第二次世界大戰以後，爲因應人口急速增加之糧需求及賺取外匯，國內把農業發展列爲國家經濟建設之最優先考慮，積極發展農業，以培養工業。爲促進農業生產，一方面擴大耕地面積，另一方面提高單位面積產量，並提高複種指數，使作物生產得以大幅增產。其中一部分產品用以外銷，賺取外匯，做爲購買工業設備之資金；另一部分農產品則充分供應國內市場，以穩定物價。因此工業部門得以購買設備，並以低廉工資，發展勞力密集工業。早期爲促進農業生產，先後引進化學肥料，防治病蟲之農藥及防治雜草之殺草劑等，雖利於短期農業發展，卻造成土壤理化性之劣化，破壞天然生態平衡及污染環境等問題。

近年來，由於國內經濟快速成長，並逐漸採行經濟國際化，貿易自由化政策，使部分國產農產品之市場競爭力衰退，而造成滯銷問題。加以環保意識抬頭，國內外許多有識之士倡導有機農業，即儘量使用可以再生，再利用之有機物爲生產資材，避免使用化學肥料及農藥，以兼顧農業生產與生態保育。有鑑於此，行政院農業委員會自民國七十八年起委託國立中興大學規劃中、長程計畫，以探討有機農業之可行性，該計畫由高雄、台南、台中、台東等區農業改良場及茶業改良場配合辦理，爲期六年。初步結果顯示，有機農法之有機肥料售價偏高，病蟲及雜草控制困難，其經濟效益尚待考驗，惟部分農民已將有機農法應用於稻米、水果等之生產。此外在生物肥料利用及非農藥之病蟲害防治等技術開發，均已有成功之實例。如毛豆接種根瘤菌、菌根菌在瓜類育苗上之應用、赤眼寄生蜂應用於玉米螟防治等，均有顯著成效。

展望未來，促進農作物增產已不再是農政單位施政之主要目標，因而農作物複種指數將逐年向下調整，使農地有更多休閒時間用以種植綠肥作物，維護土壤肥力。在農業生產方面，應儘量採取適地適作策略，應用土壤及植物體分析診斷，施用必須之肥料種類與數量，並改進施肥方法，以避免不當使用肥料所造成污染問題之發生。此外，宜加強輪作制度之研究與推廣，以減少病蟲及雜草之爲害。

關鍵字：永續農業，台灣

前　言

近十多年來台灣經濟發達，社會繁榮進步，農村人力快速外流，農村勞力甚爲不足，且農業經營爲求高利潤，對農藥、化學肥料等大量投入，甚少補充土壤有機材料，作物種類亦幾乎形成單一作物制度，加上採用大型農業機械耕作，致土壤生態系統日趨惡化，不但土壤肥力系統失去均衡，土壤物理化學性質亦日益惡劣，又因土壤沖蝕及過量施肥，造成土壤劣化及水資源污染，此均將導致未來農業發展埋下一大隱憂。

先進國家有識之士乃倡導永續農業，少用或不用化學肥料、化學農藥等合成製劑，並配合豆科作物在內之作物輪作制度，循環利用農畜場廢棄有機物，兼顧農業生產與生態環境保育之農耕方法。此種永續農業乃以培養及維護永久之土壤肥力爲主要目標。近年來已受農業界所重視，並已列爲重要農業施政項目。

永續農業發展現況

(一)試驗研究部分

1. 永續農業之研究與發展：爲探討有機農業之可行性，行政院農業委員會經審慎評估後，自民國七十八年起委託國立中興大學規劃中長程研究計畫，由高雄、台南等區農業改良場配合處理，爲期六年。首先在旗山、鹿草二地設置大區田間試驗，探討與比較有機農法、折衷法與傳統農法在不同輪作制度下之長期生產及經濟性，並就其對土壤理化性及整個系統養分收支之影響，及在永續栽培制度下土壤、作物與害蟲、雜草相互關係；微生物肥料及生物防治之效益等相關研究。七十九年增加台中場，八十年茶葉改良場加入，八十二年再增加台東場。由此一計畫研究結果，將可建立台灣地區永續性農業基本資料，並用以評估其可行性。

   據幾年來初步資料，產量間互有高低，然其品質、適口性等均以有機農法高於傳統（慣行）農法，惟蟲害、雜草發生率以有機農法高於慣行農法 1.5 至 2 倍，而且自市面購入有機肥料成本高，即使其產品價格加二成計算，收益尚不足以抵銷成本之增加。土壤理化性方面，PH 值（表一），有機質含量（表二），土壤團粒安定度（表三），總體密度（表四）等均顯示有機農法均優於慣行法。

2. 中部地區有機農業技術之研究：台灣省政府自 81 年至 85 年由台中區農業改良場辦理該區有機農業試驗計畫，探討二種輪作制度下，以有機質肥料供給作物養分及培育土壤肥力，及使用各種非農藥防治病蟲害來維持或增進作物產量之可行性。

3. 生物肥料利用技術研究：土壤微生物對作物生長直接或間接影響很大，其中包括固氮菌、菌根菌、硝化菌、溶磷菌、有機物分解菌等種類甚多，其功用也不同，如增進土壤氮素來源，增加養分溶解度及有效性，合成植物生長激素，增進作物根系生長及養分吸收，分解有機物釋放養分，分解土壤中有毒物質與病菌抗衡作用，聚合形成土壤腐植質等，不同土壤微生物各扮演不同角色。近年來國內研究開發成功生物肥料著有成效，主要有下列幾項：

   (1)完成大豆（毛豆）根瘤菌篩選及田間試驗，並已量產推廣應用，其他豆科（花生、

綠豆、紅豆等）之根瘤菌已完成篩選固氮能力強之菌株，將可供田間測定及推廣應用。

⑵菌根茵及溶磷菌之分離及篩選，供複合生物肥料之應用，茵根茵已完成量產，証實對園藝作物苗期生長，花芽分化及花果之品質皆有增進之效果。

⑶篩選出加速有機物之分解菌，並可減少臭氣如氨之產生，及尋求部分樹皮堆肥之腐熟度之規範。

⑷初步篩選出抗多種土壤傳播性病害之拮抗微生物，可供不同土壤試驗及推廣應用。

表一 永續性農耕法對收穫期土壤 pH 之影響

Table 1 Effect of different farming system on soil pH at crop harvesting time.

採樣時間	輪作制度 I			輪作制度 II		
	CF	CSF	SF	CF	CSF	SF
			旗 山 試 區			
77年 9月	6.9	6.5	6.8	6.4	6.5	6.7
78年 1月	6.7	7.2	7.7	6.5	7.0	7.5
9月	6.6	7.3	7.5	6.2	6.8	7.5
80年 9月	6.3	7.5	7.5	6.3	7.3	7.6
			鹿 草 試 區			
77年 9月	6.6	-	6.2	5.7	-	6.5
78年 1月	6.6	-	7.5	5.6	-	6.9
9月	6.6	-	7.5	5.7	-	7.3
80年 9月	6.8	7.5	7.6	6.7	7.5	7.7

註(1)CF：慣行農耕法 CSF：折衷法 SF：永續性農耕法

表二 永續性農耕法對收穫期土壤有機質之作用

Table 2 Soil organic matter content at the crop harvesting time under different farming system.

採樣時間	輪作制度 I				輪作制度 II			
	CF	CSF	SF	LSD5%	CF	CSF	SF	LSD5%
				旗 山 地 區				
77年 9月	2.29	1.86	2.33	0.83	2.23	2.33	2.18	0.66
78年 9月	2.85	2.96	3.37	0.37	1.91	1.98	2.13	0.18
79年 9月	2.02	2.16	2.26	0.25	1.98	2.05	2.63	0.36
80年 9月	1.93	2.07	2.61	0.52	2.02	2.04	2.34	0.61
				鹿 草 地 區				
77年 9月	1.41	--	1.31	0.83	1.49	--	1.75	0.65
78年 9月	1.47	--	1.91	0.37	1.63	--	1.88	0.30
79年 9月	1.53	1.59	1.90	0.25	1.46	1.69	1.80	0.37
80年 9月	1.58	1.69	2.10	0.48	1.38	1.83	1.94	0.53

註(1)CF：慣行農耕法 CSF：折衷法 SF：永續性農耕法

表三 永續性農耕法對種植水稻後土壤團粒安定之影響
Table 3 The change of surface soil aggregate stability sampled at rop harvesting system.

採樣時間	輪作制度 I				輪作制度 II			
	CF	CSF	SF	LSD5%	CF	CSF	SF	LSD5%
				旗山試區				
78年 9月	21.9	24.4	23.9	4.2	19.9	21.4	21.4	3.8
80年 9月	25	23.4	29.8	5.9	22.4	27.2	26.6*	3.5
				鹿草試區				
78年 9月	23.4	-	22.4	2.5	22.4	-	23.9	2.2
80年 9月	16.9	-	22.3*	3.9	19.4	-	23.0	4.3

註(1)CF：慣行農耕法 CSF：折衷法 SF：永續性農耕法
*：代表同採樣時期，樣品間差異達5%顯著性。

表四 永續作農耕法對種植水稻後土壤總體密度之影響 g/cm^3
Table 4 The charge of surface soil bulk density sampled at crop harvesting time.

採樣時間	輪作制度 I				輪作制度 II			
	CF	CSF	SF	LSD5%	CF	CSF	SF	LSD5%
				旗山試區				
78年 9月	1.39	1.42	1.37	0.08	1.38	1.42	1.30	0.19
80年 9月	1.46	1.48	1.41	0.09	1.46	1.45	1.41	0.07
				鹿草試區				
78年 9月	1.52	-	1.46	0.09	1.44	-	1.41	0.08
80年 9月	1.62	-	1.56	0.06	1.56	-	1.52	0.08

註(1)CF：慣行農耕法 CSF：折衷法 SF：永續性農耕法

3. 生物肥料利用技術研究：土壤微生物對作物生長直接或間接影響很大，其中包括固氮菌、菌根菌、硝化菌、溶磷菌、有機物分解菌等種類甚多，其功用也不同，如增進土壤氮素來源，增加養分溶解度及有效性，合成植物生長激素，增進作物根系生長及養分吸收，分解有機物釋放養分，分解土壤中有毒物質與病菌抗衡作用，聚合形成土壤腐植質等，不同土壤微生物各扮演不同角色。近年來國內研究開發成功生物肥料著有成效，主要有下列幾項：

(1)完成大豆（毛豆）根瘤菌篩選及田間試驗，並已量產推廣應用，其他豆科（花生、綠豆、紅豆等）之根瘤菌已完成篩選固氮能力強之菌株，將可供田間測定及推廣應用。

(2)菌根茵及溶磷菌之分離及篩選，供複合生物肥料之應用，茵根茵已完成量產，証實對園藝作物苗期生長，花芽分化及花果之品質皆有增進之效果。

(3)篩選出加速有機物之分解菌，並可減少臭氣如氨之產生，及尋求部分樹皮堆肥之腐熟度之規範。

(4)初步篩選出抗多種土壤傳播性病害之拮抗微生物，可供不同土壤試驗及推廣應用。

4. 開發非農藥病蟲害防治技術：

非農藥防治技術之研究發展，係利用物種生態學，及物種間相互依存與相互制衡的生物學原理，並考量作物生長環境，以達到經濟防治之目的。包括了物理、耕作與生物防治等方法，近年國內已研發成功之技術，已納入整合性病蟲害管理體系，推廣給農民應用。

(1)抗病蟲育種與選種：如水稻抗稻熱病，褐飛蝨品種之育成，利用組織培養之變異蕉苗，選育出抗黃葉病香蕉品系及木瓜台農五號耐輪點病品種之育成等。

(2)健康種苗繁殖技術：無病毒之馬鈴薯種薯供應體系，百香果無病毒苗之繁殖等。

(3)害蟲生物防治：利用本地已存在之天敵或國外引進之天敵來防治害蟲，如赤眼寄生蜂防治玉米螟、亮腹釉小蜂防治柑橘木蝨等。

(4)微生物防治：利用微生物或其代謝產物如毒素，來達到抑制害蟲之目的，如白疆菌防治青蔥甜菜葉蛾，甘藷蟻象等。其他如拮抗微生物之利用，生物技術在病原偵測和病害診斷，抗血清、單元抗體製備等。

(二)示範推廣部分：在試驗研究永續農業各項技術之外，選擇若干據點輔導有興趣農民辦理永續性農業經營示範，另外對增進土壤肥力減少化學肥料使用方面進行多項示範推廣工作。

1. 七十九年起在農委會補助計畫下，在鹿谷、魚池、竹崎及番路等地選蔬菜、絲瓜及茶進行永續農業經營示範，配合公益團體美育基金會在新竹辦理柑橘永續性經營班，並輔導自設堆肥舍製造堆肥供農戶自用。

2. 應用土壤與葉片營養診斷技術，節省肥料之用量，並依推荐肥料用量及施肥方法辦理施肥技術示範。據有關農業試驗研究單位調查資料，至少可節省肥料成本10 %以上，且產量不減少反增加，又品質也可提高。

3. 改進施肥技術提高肥料利用率，節省肥料成本。在玉米、高粱等雜糧作物產區推廣機械播種兼雙層施肥技術，除利用診斷技術推荐肥料用量，並將肥料施入表土下8-10公分及 25-30 公分二層，供全程生育所需肥料。估計可節省肥料成本30 %。又水稻部分利用插秧機附掛深層施肥器將肥料施入表土下 5-8 公分，防止肥料流失污染地下水源，節省肥料且可提高產量，每公頃增加收益，其與農民慣行施肥比較如表五。

表五 深層施肥與農民慣行施肥費用比較

Table 5 Cost comparsion of subsoil and conventional fertilizer application.

肥料 / 項目	氮素kg/ha	磷酐kg/ha	氧化鉀 kg/ha	稻穀產量kg/ha
深層施肥	110	44	66	6,558
慣行施肥	205	50	98.5	6,068
增減肥料(kg/ha)	-95	-6	-32.5	+490
增減 (元/公頃)	-2081	-113	-260	+7,840
註：減少施肥支出及增加產量合計提高收益10,294元/公頃				

4. 綠肥作物推廣方面，在農地休閒期或休耕地推廣種植各種綠肥作物，成效已獲共識，推廣面積不斷成長，近年推廣面成長情形如表六，綠肥可增加土壤有機質改善土壤理化性，提高土壤肥力，尤其豆科作物綠肥有共生之根瘤菌，可固定空中氮素，對後作節省氮肥 30-50 %。

表六 近年綠肥作物推廣面積（公頃）

Table 6 The planting acreage of green manure in 1990 - 1993.

種類 \ 年度	79	80	81	82
田菁	1200	1670	3,886	5,870
油菜	6120	7700	9,000	16,291
埃及三葉草	400	600	2,850	4,816
紫雲英	600	--	--	--
苕子				926
備註：1.紫雲英因國內採種困難80年起未再推廣 2.本表以農地休閒期推廣者統計，未包括其他農地休耕水旱田調整計畫及農民自行種植者				

5. 有機肥料推廣方面，利用農畜產廢棄有機物經醱酵製成有機質肥料，回歸農地，提高土壤肥力，以取代部分化學肥料且可減少污染。八十二年度有機肥料推廣面積達 3200 公頃，分布於各種經濟作物生產區，對產量及品質提高均具有功效。

6. 生物肥料利用推廣方面，目前已開發成功進入推廣之生物肥料如大豆（毛豆）根瘤菌接種，面積已達 3800 公頃，可固定氮素以供作物利用，節省氮素肥料，其效益如表七。菌根菌在瓜類育苗之利用，一年之推廣面積 300 餘公頃，今後透過自動化育苗中心推廣經接種菌根菌之健康苗，不僅提高對土壤中磷肥之利用率，且可增加果實品質，提早產期，增加收益。

表七 毛（大）豆施用生物肥料之效益（公斤 / 公頃）

Table 7 The yield increase of application of biological fertilizers in soybean.

期作 \ 項別	接種生物肥料	對照區	增產 %
78 春作	6,178	5,158	19.2
78 秋作	9,491	8,240	15.1
79 春作	5,811	4,883	19.0
79 秋作	9,735	8,643	12.6
80 春作	12,257	11,125	10.1
80 秋作	7,960	7,200	10.6
81 春作	8,034	7,086	13.0
平均	7,476	7,104	14.23

7. 非農藥病蟲害防治推廣方面，大量繁殖赤眼寄生蜂釋放於田間防治玉米螟、甘蔗螟，一年實施面積達七萬餘公頃。利用輕症病毒交互保護防治木瓜輪點病，推廣面積

達1700公頃，選育抗病品種防治香蕉黃葉病在 80/81 年期培育 200 萬株 215 號耐病品系蕉苗，可供應1000公頃之發病蕉園更新種植。這些非農藥防治已大面積推廣應用於田間，獲到良好之成效。

問題與檢討

1. 有機農業是達到永續農業最基本而有效之方法，但是經幾年來的觀察試驗結果，雖然對土壤保育方面有良好成效，但成本高尤其是購買有機肥料之費用高出一般產品5-10倍，即使有2倍以上產品價格銷售仍抵不過所增加之成本，因此現階段必須輔導農民自設堆肥舍製造堆肥，利用當地農畜產廢棄有機物製造有機肥自用，才能降低成本。
2. 現階段永續農業是以培養土壤永久之生產力爲目標，與一般有機農業或自然農法意義容易混淆，若只侷限在有機農業範圍太小，推廣不易，因農民栽培農作物生產農產品有其經濟性，適當施肥及用藥仍有其必要，但要與作物制度相配合，保持適度平衡，不要超過其需要量，造成浪費或濫用，不必刻意去追求高產量，是目前永續農業之重要工作。
3. 利用農畜產廢棄物製造之有機肥料目前售價居高不下，造成只有在高經濟作物才有能力使用，如以 1 公斤 5 元，每公頃使用10噸即需 5 萬元，再加上施肥工資，實非一般農作物所能使用，如何從政策面來降低有機肥料成本，是今後有機肥料能否大量推廣之重要課題。

展　望

1. 永續農業是要農業生產與環境保育相結合，目前社會環境生態保育意識抬頭，各種環境生態保育民間公益團體紛紛設立，今後永續農業推展可與這些公益團體相互配合將更有助益，甚至可由民間團體去推動，政府以輔導贊助之立場較爲可行，可收事半功倍之效。
2. 綠肥在永續農業土壤肥力培育上至爲重要，未來推動水旱田利用調整與集團經營，將綠肥作物在各地輪作系統中予以納入，落實農作生產與地力維護工作，是永續農業之一項紮根的工作。
3. 休閒農業是今後農業重要發展方向之一，使農業之生態生活功能發揮更大，永續農業應與休閒農業結合發展，人民可在旅遊休閒時享受高品質健康安全的農產品，也建立永續農業發展據點。

參考文獻

1. 謝順景、謝慶芳編　有機農業1989年
2. 王銀波，1992　土壤與永續性農業　中華民國農學團體八十一年聯合年會中心議題 32-45頁
3. 高清文　我國在作物病蟲害非農藥防治之重大成就 自然農法NO.8　10-14頁
4. 葉瑩　非農藥作物病蟲害防治技術　自然農法NO.8　47-51
5. 行政院農業委員會年報（八十年）　45-55
6. Wang,Y.P., C.C. Chao, Y.C. Teng and S.N. Huang.　1991　Research Progress in Organic Agriculture in Taiwan.

Substainable Agriculture in Taiwan and Its Perspectives

Yao-Cung Teng and Borr-Ern Huang
Counicl of Agriculture, Executive Yuan

ABSTRACT

Right after World War II, it was urgent need for increasing food production to meet the consumption of population growth, and to export agricultural products in order to earn foreign exchange for national industrialization. To promote the crop production, the technologies of chemical fertilizers, pesticides, fungicides, and herbicides were introduced respectively. Indeed, crop production was increased rapidly thereafter, however, the impacts of current agricultural practices have caused problems on soil properties, natural ecological systems, and environmental pollution.

Recently, due to the rapid economic growth, trade policy has to be adjusted, import restrictions to protect domestic agricultural products are getting difficult in the international society. Trade liberalization will degenerate marketing competition of our domestic agricultural products, and end up with surplus problem. Meanwhile, environmental protectionism is getting popular nowaday, and organic farming is initiated by some people. Under the organic farming system, it is adviced to apply more organic matters which can be recycled, so that both agricultural production and ecological conservation can be balanced. Based on these ideas, Council of Agriculture asked the National Chung Hsing University to lay out a six-year project for organic farming feasibility studies. The project started from 1989 and three district agricultural improvement stations were joined for cooperative studies. From that project, the preliminary results showed organic farming faced some problems, such as higher production cost and difficult control of weeds, insects and diseases. Thus, organic farming system still have to have a further evaluation. In fact, a few farmers have applied organic farming technologies for rice and fruits production, and some technologies of applying biological fertilizers and non-chemical insects and diseases control have been developed. For example, coating of soybean seeds with Rhizobium and inoculation of VA mycorrhize on muskmelon have shown significant effect on plant growth, yield, and quality.

For future prospect, to enhance crop production is no longer the main objective of our agricultural policy, instead, we should try to decrease the multiple cropping index year after year, and then green manure can be planted under the new cropping system for maintaining soil fertility. For crop production, it is recommended to select certain economic crop which is adapted to the soil and the climate conditions. Soil and plant analysis should be made before determining the kind and quantity of fertilizer application. Over dose of fertilizer application should be avoided. Besides, the study and demonstration of crop rotation system should be strengtherned, in order to decline the damage from weeds, insects, and diseases.

Key words: Sustainable agriculture