

農藝作物有機栽培法之探討

高德錚

台灣省台中區農業改良場

摘要

農藝作物之經營大多屬於粗放性大面積的栽培方式，傳統低效率地人工或牛馬等獸工操作，在現代科技文明發達的沖激下，已因產量低落，生產成本過高，而被大型高效率的農機技術或化學性栽培法所取代，唯大量的施用化學性氮素、農藥及密集的單一作物栽培方式，已嚴重地導致自然生態之劣化。因之，站在農藝生產的立場上，如何導入使農地再生的有機農法，是吾人值得深思的課題。由有機農法中最少投入而獲致最大淨益的理念而言，以本省最大宗之栽種作物水稻為例，由於生產過程中，人工費、肥料及農藥費逐年日增，慣行的移植方式已被證實比直播方式之單期淨利減少7,267元/公頃，亦比再生方式減收22,727元/公頃之淨益。若以水稻(一期)－大豆(夏作)－玉米(秋作)之輪作法為例，則大豆之根瘤固氮作用其對後作玉米之增產效果，足以比擬直接施用20公斤/公頃以上之化學性氮素，而且大豆種植期間，消耗之土壤磷素經後作玉米之補償後，又回歸土壤中。換言之，有機農法中強調之輪作栽培方式，確實有利於土壤肥力之平衡且有利於淨所得之提昇。間作栽培方式，是有機農法中常用來減少主作物因應病蟲害、雜草、動物或風、雨、雪等為害損失之手段之一。在沿海地區，夏作西瓜之後作以田菁供為植巷綠肥則除具有擋風牆而減少東北季風對落花生之為害之效用外，且因兼具誘餌作用可引誘小黃薊馬之著生於田菁上導致主作物落花生之鮮莢產量，增產達14.3%及淨收益多18,920元/公頃。

總之，在農藝作物栽培立場上，論及有機農法，並非復古地回復到傳統之栽培方式；而是從生態平衡之前提下來長程規劃農地之利用，藉由輪作、混作及間作制度之精密控制下，允許作物、土壤、昆蟲、微生物……等等之自然消長。如此作物生產量或許並不如現代化學性農法，但其優良的產品品質而獲致之高利潤將可補償其產量之損失。

前言

隨著工業技術開發腳步之突飛猛進，近三、四十年來農耕之栽培技術已絕然異於數千年來之傳統耕作法。大型高效率的農業機械取代了傳統低效率的人工或牛馬等獸工之操作。在提高作物收量之前題下，配合作物品種之育成，及各種速效性化學肥料及農藥相繼地被合成而廣泛地運用於作物生產上。如此，固然解決了人類生存之基本要件之一「飽食」。唯，長久大量的使用化學性肥料及農藥，導致農田自然生態環境之逐漸劣化。以本省之耕地為例，土壤中有機質含量逐年降低，土質偏酸，鐵、錳、鎂、硫等礦物質含量缺乏等等之報告時有所見^(4,19)。農地複作指數偏高，經年連作產生之土壤中鹽類累積，EC值偏高或植物相剋之癥狀已日趨嚴重。甚至對於已具抗藥性之病菌、害蟲及頑草之束手無策，又肥料、農藥之泛濫噴施或許已污染及食用水源之疑慮，均已成為發展現代農業技術之嚴肅課題。反觀之，今在

東南亞及非洲等低開發度國家中的農耕仍秉持傳統放任式之栽培理念，其作物單位面積之產量，固然比不上已開發國家，然其耕作過程之最少投入(minimum input)，而獲致之最大淨益(maximum net profit)卻不輸於現代之精耕(intensive cropping)。再者，皮爾卡遜(Rachel Carson)在其撰寫之「寧靜的春天」(Silent Spring)⁽²⁰⁾一書中之警世良言「什麼東西使春天的聲音寂靜下來？」言猶在耳。人類是該為自己開闢一塊淨土，也應義不容辭地為後代子子孫孫留下一片盎然翠綠之樂土。因之，如何配合現代精耕技術及將化學性肥料、農藥之使用量降至最低或不用的前提下進行農地再生(regenerative soil construction)。換言之，如何進行持久性之有機栽培法，即是本文將討論之重點。

有機農法之意義

有機農法(organic farming)是世界各地近幾年來被奉為救世主之農業栽培法^(4,6,7,8,9)。通常地，有機農法常與「稻草堆肥」，「厩肥」，「不施化學肥料及農藥」及「禾本科~豆科輪作」等語句連繫在一起，是否如此即意味著有機農法是一種復古式的栽培方式呢？表一為世界各國對傳統非化學性耕作法之稱呼，由表中之名或或許將延伸下列四種想法：有機農法是一種復古之耕作法，即回復1940年以前之栽培技術，或 有機農法是一種絕對不施用化學性物質之傳統栽培技術，或 有機農法僅是一種庭園休閒式之栽培技術，或 在有機農法中作物生長所需之養分，係為自然生態環境下土壤、動物、植物、微生物等有機體之代謝循環的產物，而非人為之化學合成物質。在日本方面，有關自然農法之起源，脫不了宗教理念^(6,8)。二次世界大戰後，部分人士開始提倡重視生態平衡之農法，即農業生產體系僅為全體生態循環中之一隅。因之，生產過程必需排除使用任何對生物及環境有負面影響之化學性資材。根據1971年10月正式成立之有機農業研究會之規約第一條所寫「本研究會設立之目的，在探討如何在不破壞環境及維持地力之前提下生產健康美味農產品之農法」。兩種農法在基本認知方面之異同點，乃在於早期之自然農法者認為畜產廢棄物不潔應迴避使用，且強調「不耕地、無肥料、無農藥、無除草劑」之四大原則；但最近因完全腐熟(發酵完全)之畜產廢棄物營養成分及其在生態鏈之扮演角色已被充分了解後，使兩者秉持之原理已無甚區分。換言之，有機農法或自然農法為一種藉由有機物之回歸大地，來提高土壤之肥沃度，使作物藉由能自營性的生長，並且不需刻意地利用化學肥料或農藥來增進或保護其在生態環境中之地位。根據1980年7月美國農業部之一份篇名為「美國之有機農業的現況及勸告」(Report and Recommendation on Organic Farming)之報告中指出⁽²²⁾，現代農業之危機為：對化學肥料之依存度過高，但能源危機已經導致化學肥料之價格高昂及供需量不穩定；抗拒殺草劑或殺蟲劑之昆蟲或頑草日增；土壤有機質及養分之過度消耗，導致地力衰退；農藥或肥料之污染導致生態環境惡化；農藥或添加物之使用過量，影響到人類或動物之食物的安全性；磷礦石之資源枯竭；家族經營農場及地域性市場之組織逐漸消失等七項。而為了克服現代慣行農法之缺失，需推展一種新的替代農法(alternative farming)或再生性農業(regenerative agriculture)，而此種新的有機農法即意指一種包括生物性的究法(biological farming)或有機農法(organic farming)或生態農業(ecological farming)或持久性農業(sustainable agriculture)或自然農業(natural farming)等等之總稱。在報告中進一步將有機農業定義為「全部迴避或大部分排除使用合成之化學性肥料、農藥、生長調節劑及飼料添加劑的一種生產性農法；因之，為了維持土壤之高產力、易耕性，作物養分之充分供應，雜草及病蟲害之防除澈底，有機農業之操作過程需大量依靠不同種別作物輪作，作物殘渣、家畜排泄物、豆類、綠肥、農場外之有機廢棄物，機械式中耕，施用含無機養分之岩石及多樣化的生物病蟲害防治」。故有機農法是一種重視整體性(holism)生態平衡之農法，而在實際操作上，仍借重綠肥與輪作之栽種法來達成植物-土壤-微生物三者間之生態平

衡。在歐洲方面包括英、法、德等三國對有機農業的看法則偏重於總體性農業(holistic agriculture)^(7,9,24,34)，相對的就現代化學性、工業化之農業而言，有機農業並不是復古，或則僅考慮到眼前之福祉，它暗含著延用現代農業科技知識及大自然所導引之農業栽培技術。進行總體性的農業生產必需兼顧周遭諸個體之生態平衡，理想化地不能危害其生存環境，或將此種損害降至最低。有機農法之特徵，正如下圖一所示，乃強調人間—家畜—作物—土地—有機物間之物質與生命之交替循環，藉以維持生產力之農業技術。而現代化性農法(圖二)，則強調化學性肥料之添加，人工飼料之餵食及農藥的施用，而使人類、家畜、作物、有機物及土壤間發生斷層。站在農藝學的立場，若要採用有機農法來栽培農作物時，則需同時考慮栽培過程中 雜草防除法； 病蟲害防治法； 作物營養來源及 收穫量； 農產物之品質及 淨收益。以下就如何配合有機農法之觀念來栽培農作物之實務分述如下：

表一 世界各國對傳統非化學性栽培法之稱呼^(5,6,7,8,9,15,17,22,34)

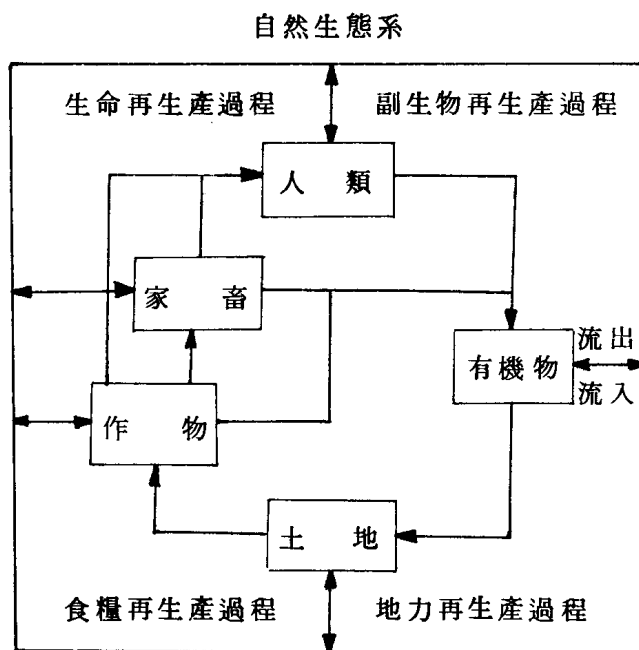
Table 1. The name of non-chemical farming given by the different countries in the world
(5,6,7,8,9,15,17,22,34)

English name	Chinese name
Alternative Farming	替代農法
Biological Farming	生物農法
Ecological Farming	生態農法
Natural Farming	自然農法
Organic Farming	有機農法
Regenerative Farming	再生農法
Bio-dynamic Agriculture	生物動態性農業
Holistic Agriculture	總體性農業
Low input Agriculture	低投入性農業
Renewable Agriculture	更新性農業
Sustainable Agriculture	持久性農業
Permaculture	永續栽培法

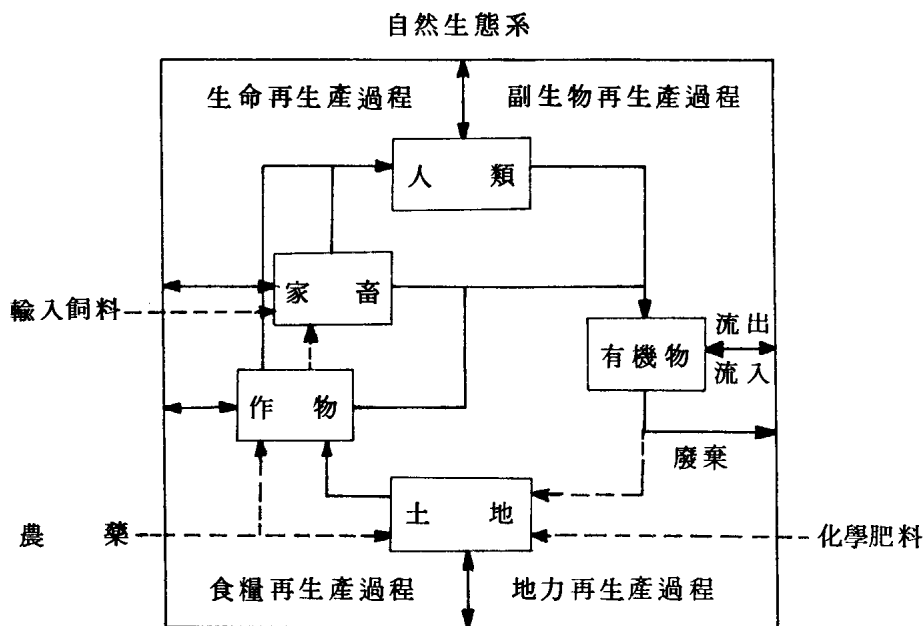
省工栽培技術之應用

複作制度(multiple cropping)，意味著同塊農地一年之內種植二種以上之作物，藉由單位面積年種植次數之增加，來提高收穫^(10,21,26)。根據實務又可將之劃分成連作制度(sequential cropping)、間作制度(intercropping)及輪作制度(rotational cropping)，等三種。在連作制度中，最常見的制度有雙期作(double cropping)、三期作(triple cropping)及宿根栽培(ratoon cropping)；而間作制度中，常見的栽培方式有混植(mixed intercropping)、行植(row intercropping)、糊仔栽培(relay intercropping)及植巷栽培或條植(alley cropping, or strip intercropping)。

根據統計資料顯示，本省水田耕作面積有487,650公頃，其中73%(355,922公頃)為雙期作水稻，7%(36,026公頃)為單期稻及20%(95,702公頃)為輪作田^(1,2,3,4,19)。自從本省四十年來稻作之育種栽培技術改善及機械化之推廣以來，固然使農民之水稻產量由民國35年時，每公頃糙米量之1,585公斤，提昇至民國74年之3,856公斤，但稻農之淨所得卻未能相對地成倍數增加。究明原因，係與生產過程中，化學性肥料、農藥(包括殺菌劑、殺蟲劑、殺草劑)及人工費等



圖一 有機農法之流程⁽⁸⁾
Fig.1. The cycle of organic farming



圖二 現代化學性農法之流程⁽⁸⁾
Fig.2. The cycle of modern chemical farming

佔總生產成本之比例達50-60%，此數值在民國54年至76年間大致相同^(1,2,3)。換言之，本省稻作單位面積稻谷之增產，已相對地因生產成本之水漲船高而抵銷。因之，如何加強省工栽培法(labor saving culture method)^(4,16,19,25)之推廣來減少生產過程之開支以獲致最大淨益是刻不容緩之課題。直播栽培、再生(宿根)栽培及不整地栽培等三種省工栽培技術之應用於稻作生產已有時日，根據民國70年至74年間全省直播栽培示範田之結果顯示，每公頃相對勞力與移植區相比，在第一期作可減少16.2工(減少21%)，第二期作減少15工(減少19%)；而平均每公頃產量、產值、生產成本降低3,326元(-10.4%)及淨收益增加7,267元(+34.8%)。利之所趨，全省直播田之栽培面積從民國63年之6千餘公頃，逐年增加至民國71年之3萬7千餘公頃^(4,19)。今後若能由抗倒伏、種子發芽勢整齊、幼苗生長勢強之稻種的選育、直播機及收穫機之改良及雜草防除技術之改善，將可因減少缺株、鳥害、鼠害及產量不穩定等弊端，獲致農友之青睞。

表二 民國59~74年間水稻直播栽培示範田之公頃效益分析^(2,4)

Table 2. Comparison of the profits between direct seeded and transplanted rice (1970-1985)^(2,4)

Crop season	Rice yield kg/ha		Production value (NT\$)		Production cost (NT\$)		Net profit (NT\$)	
	Direct seeded	Trans- planted	Direct seeded	Trans- planted	Direct seeded	Trans- planted	Direct seeded	Trans- planted
I	5005	4629	60677	56445	27536	33126	33141	23319
II	4584	4209	52859	49208	29677	30739	23182	18469
Average	4794	4419	56768	52826	28608	31932	28161	20894
Balance	+375		+3942		-3326		+7267	

再生稻，泛指前期作水稻收穫後留樁，再加以適當的管理培育，促進再生芽之生長，使其再一次抽穗結實而獲得第二次收穫之一種栽培方法。再生栽培因不必整地、播種、育苗及移植等作業，故可節省勞力及工資支出^(16,25)。根據花蓮農業改良場之試驗結果⁽⁴⁾，再生稻比移植栽培每公頃可節省16,500元的費用，即降低29%的生產成本。因此，其單位面積產量雖低於移植栽培約6%，但因生產成本降低，其每公頃收益反比移植法約增加12,000元。

依據上述之分析，若由最少投入之觀點來看，在本省推廣一期直播，二期宿根之稻作栽培法，或許可行。唯水田雜草與直播稻間生長競爭而導致稻谷減產之困擾卻不能忽視，根據邱建中氏⁽⁴⁾之估算，一期為35.6~92.8%，二期作為44.0~89.7%。而近年來農民進行直播栽培水稻時，則仍需進一步考量 稻種及 栽培技術。在水稻品種方面，需選擇種苗生長勢較強，且適合密植之少分蘖品種，藉由生長優勢函生長空間快速為水稻所佔。再者，亦可利用混種栽培技術，將幾個不同遺傳特性之品系依一定比例混合，則依諸品系之生態習慣而佔據植冠空間(canopy structure)來抑制雜草之擴張。近年來水稻之混種栽培法的應用要旨，均著重於病蟲害之管理^(28,31)，依Chang和Hsieh⁽²⁹⁾之報告顯示，台中189和台農67號以3:1之混合比栽培下，可比單一品種對照增產26%及減少稻熱病之感染率達39.2%。今後似應著重於直播稻種與水田

強勢雜草相如稗草(*Echinochora crusgalli*)，鴨舌草(*Monochoria vaginalis*)，球花蒿草(*Cyperus difformis*)，心葉母草(*Lindernia cordifolia*)，滿天星(*Alternanthera sessilis*)及木蠹草(*Fimbristylis miliacea*)等等強勢生長競爭之選拔。在栽培技術改善方面，應重視不整地或粗整地直播法之探討，再配合覆蓋性綠肥之施用，或許在不同化學肥料及除草劑下達成生產目標。滿江紅(*Azolla*)之應用於稻作栽培已有時日^(30,33)，在化學性氮肥缺乏之地區，常在整地時將滿江紅拌入水田中，如此不但可增加土壤中氮素含量，其增產效率以每公頃施用40公噸之新鮮滿江紅為例，大致與每公頃施用65~80公斤化學性氮素相仿⁽³⁰⁾。再者，滿江紅在水稻栽培時已充分生長於表土層5公分左右，有助於水稻生育初期雜草相之抑制。為避免滿江紅之干擾直播稻之種子發芽，今後應朝稻種包裹技術(seed coating treatment)，例如稻種包裹過氧化鈣⁽⁴⁾等之開發，藉以強化稻種直播時發芽勢及幼苗生長勢；而大型高效率直播機械之開發廢為重要之課題，允許各稻種株間擁有相同之生長空間，如此亦可抑制雜草之蔓延。

表三 同期作每公頃移植栽培與再生栽培之公頃收益比較⁽⁴⁾

Table 3. Comparison of the profits between transplanted and ratooned rice ⁽⁴⁾

Cultural methods	Yields (kg/ha)	Production value (NT\$)	Production cost (NT\$)	Net profit (NT\$)
Transplanted	4,102	66,773	56,900	9,873
Ratooned	3,847	63,127	40,400	22,727

輪作栽培技術之應用

禾本科作物與豆科作物間作或年度間輪作制度之推行，已有時日，豆科作物根部進行固氮作用來回饋土壤氮素，以提供後作物氮源之功能已經很明瞭^(13,31)。唯實務上配合地域性之環境因素，選擇水稻與雜糧之輪作栽培制度較為可行，以民國72年起政府推行之稻田輪作政策為例，稻田轉作面積從民國73年之47,700公頃增至民國78年之146,500公頃，而轉作對象以雙期作稻田為主⁽¹⁹⁾。換言之，原本一年雙期之稻作將改種一期水稻一期旱作，而在諸轉作物之選擇上又以玉米、高粱及大豆因政府定有保證價格收購而較具誘因。根據簡文憲氏等⁽¹⁴⁾在水稻旱作輪作制度與土壤理化性、病蟲害發生及作物生產力關係之研究報告中顯示，經75/76年二年四作之後，與雙期稻作區及一期水稻二期大豆之輪作試區相比，土壤中pH值隨作物而異，種植水稻時pH值上昇，而後作大豆收穫後pH又下降0.5~0.6個單位，且有機質含量及有效性磷之含量，在大豆種植後均顯著下降，但有效性鉀含量則略有提高；若輪作玉米則可提高土壤中之有機質。筆者則比較水稻一田菁一玉米與雙期稻作兩耕作制度之差異性⁽¹¹⁾，在一期稻作後隨之於夏作種植(6月~7月)田菁供為綠肥，而至9月上旬玉米種植時，採不整地栽培將割除之田菁植株撒佈於田面上，待隔年一期稻作種植前，分析諸處理土壤成分之差異發現，與雙期稻作處理之比較，水稻一田菁一玉米之耕作制度，可增加土壤有機質0.3~0.5%，增加有效性磷5.4公斤/公頃，全氮量增加0.01%，但土壤pH值降低0.5單位，有效性鉀減少7.4公斤/公頃及有效性氮減少7.2ppm，據此可知，水田後作雜糧時，若能將植株殘渣埋入土中，將有利於土壤有機質之改善。

又，筆者為了進一步了解水稻(一期)–大豆(夏作)–玉米(秋作)之耕作制度中土壤肥力之

變遷及利用有效根瘤菌之播種來提高土壤有效性氮素之可能性，由試驗結果發現⁽¹³⁾，如表四、五、六所示，水田後作大豆使土壤pH提0.5單位，有機質下降0.48%，有效性磷降低23kg/ha，有效性鉀稍減，全氮量增加0.01~0.02%；而在接種有效根瘤菌TGP-0.42區，其土壤全氮素量顯著增加，有效性氮素亦增加4.22ppm，此點有別於施氮素20kg/ha及不處理對照區有效性氮素之下降。又在大豆產量構成因子方面，接種根瘤菌可比施氮區對照區之植株較有利於籽粒數之增產2.5%~21.0%，百粒重之增加3.3%~10.0%及公頃產量增產14.3%~28.6%，又三處理間對後作玉米之影響則仍以接種根瘤菌之試區種植玉米後之土壤有機質、有效性磷、全氮量及有效性氮素等之含量最高而造就其玉米籽粒產量2.86公噸/公頃，優於施氮區的1.86公噸/公頃及不處理對照區的1.70公噸/公頃。據此可知，水田後作大豆減少土壤有機質及降低有效性磷含量而種植玉米後又可提昇有機質含量，但有效性鉀含量卻又下降。因之，水田後作輪作物之選擇不能僅以豆科為主，需以整個輪作制度中土壤中各化學成分供需平衡為著眼點。換言之，一個輪作制度應為期3~5年間一循環的作型，設計規劃時需考慮前後作間營養之需求性及土壤組成分之變遷，否則會發生植物之營養缺失及土質貧瘠；亦即是利用作物別根系的深淺性及營養需求之種別性來維持土壤之肥沃度。

輪作制度除了可維持土壤地力外，對雜草防除病蟲害防治亦有相當助益，根據簡文憲氏等之調查報告得知⁽¹⁴⁾，水田後作雜糧時，會改變原先水田之雜草相，例如水稻栽培期間以土香(*Cyperus spp.*)之發生最嚴重，至後作雜糧時則以闊葉草居多；在病蟲害方面則發現水田後作可減少地下切根蟲之為害。

根據曾勝雄氏等⁽¹⁹⁾及侯福分氏⁽¹⁹⁾之試驗成果顯示，各地年淨收益最高之轉作物之栽培制度或許不盡相同，但仍以能進行不整地(或粗整地)栽培之轉作物的獲利最高。如表六所示各地區適轉作制度分別如下：在新竹地區(高粱/宿根高粱)，在彰化地區為(水稻/大豆/小麥)，在台南地區為(水稻/香瓜/玉米)，在高雄地區為(大豆/高粱/宿根高粱)，在花蓮地區(玉米/水稻)及在台東地區為(水稻/綠肥/玉米)。

表四 水稻後作大豆及玉米接種根瘤菌對土壤肥力之影響⁽¹³⁾

Table 4. Effect of rhizobium inoculation on the succeeding crops (soybean and corn) after rice on the fertility of soil

Treatments	pH(1:5 H ₂ O)			Organic matter (%)			P ₂ O ₅ (kg/ha)		
	BS*	AS*	AM*	BS	AS	AM	BS	AS	AM
Rhizobium-inoculated	5.36 ^a	5.83 ^a	5.36 ^b	1.49 ^a	1.00 ^b	1.28 ^a	4.36 ^a	21.0 ^a	50.4 ^{ab}
20kg N/ha	5.30 ^a	5.83 ^a	5.33 ^b	1.49 ^a	1.07 ^a	1.15 ^b	42.3 ^a	17.6 ^b	51.6 ^a
Control	5.36 ^a	5.75 ^a	5.43 ^a	1.48 ^a	1.00 ^b	1.26 ^a	43.0 ^a	20.6 ^{ab}	47.0 ^b

*BS—Bofore soybean, AS—After soybean, AM—After maize

表五 水稻後作大豆及玉米接種根瘤菌對土壤肥力之影響⁽¹³⁾Table 5. Effect of rhizobium inoculation on the succeeding crops (soybean and corn) after rice on the fertility of soil ⁽¹³⁾

Treatments	K ₂ O(1:5 H ₂ O)			Total nitrogen			Available nitrogen		
	BS*	AS*	AM*	BS	AS	AM	BS	AS	AM
Rhizobium-inoculated	63.3	59.0 ^b	29.6 ^b	0.083 ^a	0.103 ^a	0.086 ^a	32.74 ^{ab}	36.86 ^a	24.91 ^a
20kg N/ha	65.3	63.0 ^a	39.0 ^a	0.079 ^c	0.094 ^a	0.073 ^b	33.14 ^a	21.50 ^b	14.60 ^a
Control	64.0	51.0 ^c	31.4 ^b	0.075 ^c	0.064 ^b	0.054 ^c	31.33 ^b	17.60 ^c	11.30 ^c

*BS—Bofore soybean, AS—After soybean, AM—After maize

表六 水稻後作大豆及玉米接種根瘤菌對種植大豆及玉米產量之影響⁽¹³⁾Table 6. Effect of rhizobium inoculation on the succeeding crops (soybean and corn) after rice on the yields of succeeding crops ⁽¹³⁾

Treatments	Yield compements of soybean			Corn grain yield (m.t./ha)
	No. of seed per plant	100 seed wt. (g)	Yield (m.t./ha)	
Rhizobium-inoculated	79.8 ^a	18.6 ^a	2.89 ^a	2.86 ^a
20kg/ N/ha	78.0 ^b	18.0 ^b	2.51 ^b	1.86 ^b
Control	65.9 ^c	16.9 ^c	2.23 ^c	1.70 ^b

表七 本省各地區最適之稻田轉作雜作物之省工栽培制度⁽¹⁹⁾Table 7. The highest profitable labor saving cropping patterns selected by the District Agricultural Improvement Stations ⁽¹⁹⁾

District	Labor saving cultural system	Net profit per year (NT\$)	
		NT\$/ha	Balanced with the poduction value of double cropping of rice
Sinchu	Sorghum-ratoon sorghum	104,374	+20,773
	Rice-corn	98,960	+15,363
Changhua	Rice-soybean-wheat	90,474	+35,308
	Rice-rice-wheat	81,020	+25,859
	Rice-green manure-corn	75,349	+20,183
Tainan	Rice-cantaloup-corn	99,218	+83,630
	Sorghum-rice-garlic	87,547	+71,952
Kaohsiung	Soybean-sorghum-ratoon sorghum	109,876	+52,688
Hualien	Peanut-corn	57,753	+ 8,480
Taitung	Corn-rice	76,136	+17,929
	Rice-green manure-corn	67,116	+ 8,909

近年來由於農村勞力之缺乏及老齡化，導致農地廢耕或休耕之比例有逐年增加之趨勢，

尤其是冬作之休耕更是南北一致。數十年前，中部地區及新竹、苗栗一帶，農民盛行於冬作種植油菜，桃園、台北一帶盛行紫雲英，彰化、二林地區之蕎麥栽培及高屏地區之禾根豆栽培制度。以有機農法之觀點而言，冬季綠肥之栽培，除了助有增加土壤有機質外，又可抑制雜草之蔓延及維持土壤水分、通氣性等等的優點外，將特別有助於隔年春作物之增產。因之，今後在設計規劃長期之有機農法栽培制度時，非正期作的綠肥栽種，亦應列為重點之一。

植巷栽培技術之應用

植巷栽培法(alley cropping)或條植栽培法(strip cropping)之應用於改善土壤肥力或當作擋風牆之效益已盛行於低度開發之國家及沿海地區^(11,12,21,26,36,37,41)。在西非奈及利亞地區之水稻前作為田菁(*Sesbania rostrata*)，待田菁生長2個月後，每隔6公尺間之田菁地上部悉數割除拌入土壤中，而每6公尺殘餘2行之田菁則仍留下50公分左右之地上部，之後改種水稻。拌入土壤中之田菁殘渣(3~4公噸/公頃之乾田菁植株)，約可提供後作水稻70公斤/公頃之氮素，因之比對照增產20~50%之稻谷產量；若改用銀合歡(*Leucaena leucocephala*)為植巷綠肥(alley green manure)而後作玉米時，則發現當植巷綠肥銀合歡生長6個月後，一旦拌入土壤中則可提供後作玉米每公頃達421公斤之氮素，其對玉米產量之影響與施用70公斤/公頃化學性氮素之增產效應相仿^(36,37)。在沿海地區利用豆科作物作為植巷綠肥，除可提高土壤地力外，又可藉植巷綠肥之抗風效益來減少植巷內作物之風害。根據美國明尼蘇達大學之1963~1970報告顯示⁽²¹⁾，以玉米作為植巷綠肥，可增加植巷內間作物大豆之產量達4.1~25.5%。又筆者以田菁為植巷綠肥，植巷間距12公尺時，可分別增加玉米及大豆之產量達31.0%及26.3%⁽¹¹⁾。在筆者最近(77年10月)之植巷綠肥試驗中發現⁽¹²⁾，如表八、九、十所示，植巷間距12公尺之田菁處理除了可因田菁之保護作用使落花生之風害度減少31.6%，而導致落花生之植株葉片厚度較密；全氮量及葉綠素含量較高，纖維素及灰分含量較低，鮮莢產量高於對照之14.3%和年淨收益增加18,920元外，又可提高土壤之pH值，全氮量及有機質。最重要的是田菁供為植巷綠肥似可當餌，誘引昆蟲之棲息而減少植巷間作物之病蟲害(詳如表十一)。

表八 田菁供為擋風牆對落花生收穫時植株化學成分及產量之影響⁽¹²⁾

Table 8. Effect of sesbania as alley crop on the chemical components and yield of peanut ⁽¹²⁾

Treatments	Leaves					Wind damage (%)	Yield of fresh pod (kg/ha)
	Total N (%)	Fiber (%)	Ash (%)	Chlorophyll (mg/gm)	Thickness (kg/ha)		
Alley-cropping	2.41 ^a	16.97 ^b	10.75 ^b	1.38 ^a	0.25 ^b	68.4 ^b	2405 ^a
Control	2.21 ^b	20.21 ^a	12.62 ^a	0.82 ^b	0.31 ^a	100.0 ^a	2105 ^b

表九 田菁供爲植巷綠肥對土壤肥力之影響⁽¹²⁾Table 9. Effect of sesbania as alley crop on the fertility of the soil ⁽¹²⁾

Data sampled	Texture	pH (1:1 H ₂ O)	Total-N (%)	Organic matter (%)	Available mineral (kg/ha)			
					P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Before seeding of Sesbania in the fall/1981	Loam	5.5 ^b	0.14 ^b	2.1 ^b	100 ^b	151 ^b	2649 ^b	315 ^b
Before transplanting of rice in the spring/1988	Loam	6.1 ^a	0.27 ^a	2.7 ^a	137 ^a	214 ^a	3415 ^a	617 ^a

表十 不同耕作制度對農民收益之影響(元/公頃)⁽¹²⁾Table 10. Effect of different cropping systems on the profits of the farmer (NT\$/ha) ⁽¹²⁾

Cropping system (Fall-Spring) Total	Crop yield (hg/ha)		Expenses		Gross income		Net income	
	Peanut	Rice	Peanut	Rice	Peanut	Rice	Peanut	Rice
Traditional: Peanut-Rice	2080	4918	58170	57090	52000	73770	-6170	+16680 +1051
New:Peanut (Sesbania)-Rice	2468	5738	59170	59091	61700	86070	+2530	+26900 +2943

如表十一所示，在本試驗中發現擋風牆高度U爲測量單位，則小黃薊馬(*Scirtothrips dorsalis*)僅在田菁植株及擋風牆前後1個U距離(大約2公尺左右)之落花生植株上可發現，而銹病(*rust*, *Puccinia aranhidis*)則僅在擋風牆後3~5個U距離中出現。

表十一 田菁供爲植巷綠肥對落花生病蟲害之影響⁽¹²⁾Table 11. Effect of sesbania as alley crop on the disease and insect pests of peanut ⁽¹²⁾

Pests	Treatments	Sesbania (%)	Distance from windbreak					Average rate of damage
			U-1*	U-2	U-3	U-4	U-5	
<i>Scitrothrips dorsalis</i>	Control	-	1.3	1.5	1.4	0.9	1.2	19.4 ^a
	Alley cropping	40	11.3	4.0	0.3	0	0	12.4 ^b
<i>Puccinia aranhidis</i>	Control	-	3.4	5.3	6.2	1.9	4.4	25.4 ^a
	Alley cropping	13	5.6	6.7	21.0	24.0	11.0	37.4 ^b

* 15 plants of peanut were sampled from each U unit for doing investigation on the parts of newly developed leaves and expressed in percentage.

有機產品之品質

根據美國農部Lockeretz等人⁽¹⁷⁾之報告顯示，農民開始實行有機農法後之3~5年間其農產品之收量及產值或將低於傳統之化學性農法約10~30%，且淨收益亦低於後者約10~20%。因之，若為提高施行有機農法之農家所得，則最好能制定法令來保障有機農產品之價格。以美國加州之有機食品法(1979年9月22日起實施)及奧立岡州之行政規則(農務省第63章第25部)為例⁽⁷⁾，均由政府主動立法來確認有機農產品之存在價值，例如加州之有機食品法之第四條即明確規定所謂「有機食品」乃是「用有機法所培育的」—包括自然，野生生物等名稱之總稱而合乎下列條件者稱之：在新鮮食品上不得添加著色劑或合成化合物。所謂合成化合物者乃指非經由微生物法由動物、植物、礦物抽出物而用化學工程法所製成品也。化學肥料、農藥及生長調節劑等即屬此類。另外以急速的方法加熱或冷藏過而不符合下列條件者也不得認為有機食品。不使用合成化合物進行生產、加工及流通。多年性作物(主要為果樹)在其花芽分化開始一年前之生育期間不得使用合成化合物。普通作物(主要為蔬菜)在接種期或移植之一年前之全生育期間，在栽培土地上不得使用合成化合物。微生物、微生物製品及由動、植物、礦物所抽取物質可用為肥料或食品添加物。在植物生育期間准許使用下列物質，即波爾多液，微量元素(鎂、鋅、鈣、銅等)，可溶性海草之灰、石灰、硫磺、石膏、休眠油、魚乳劑、肥皂等。但不可使用芳香性石油溶劑、輕油及其他石油加工品、除草劑及人蔘油(在美國作為殺草劑之用)。

站在消費者之立場而言，除了判別有機農產品之特別標誌外，到底有機農產品之化學成分有何不同呢？如表十二所示，有機農法生產之葡萄乾的乾物量增加2.7%，甜分增加18.0%，酸度增加0.3%，維生素C增加5.2%，鈣質增加2.5%， P_2O_5 增加14.8%，鎂、銅及鐵之含量分別增加11.2%，15.2%及14.2%。

表十二 有機農法生產之葡萄乾品質

Table 12. The quality of raisin produced under organic farming

Variants	Organic farming/ Conventional farming (%)
Dried matter	+ 2.7
Brix	+18.0
Acidity	+ 0.3
Vitamin C	+ 5.2
Ca	+ 2.5
P_2O_5	+14.8
Mg	+11.2
Cu	+15.2
Fe	+14.2

又綜合其他學者之報告亦顯示⁽¹⁷⁾，有機農產品之維生素C含量較高， NO_3-N 及 NO_2-N 含量較低，又施用化學性氮素雖然可增加植物體內粗蛋白之組成分，但所增加之部分係為植物體中非蛋白性氮素及非必需胺基酸之部分，故其生物利用性較低，以有機農法生產之夏麥為例，其製成麵團品質之高於化學性農法者係因前者含麵筋較高而粗蛋白含量較低之故。

結 論

根據農業聖典(An Agricultural Testament)之作者Sir Aibert Horard的詮述『所謂有機農業是一種結合食糧—太陽—土壤—植物—家畜生產物間有機物質相互交流的綜合體』⁽¹⁹⁾。因之有機農法並不僅僅意味著復古式的農法中不用合成肥料及農藥而已，有機農法應為一種闡述自然循環的生態體系，此體系為一有機體，只要投入最少之能源即能啟動此生態系，使之持久綿延不斷地運轉，因之任何非生物性物質，例如肥料及農藥等的投入將會破壞此生態系之平衡而嚴重地阻斷其運轉。今後本省若要推展有機栽培法，則下列諸問題仍有待進一步之探討：

1. 確立有機栽培法之定義，以法令(律)明文規定有機農產品之範疇^(5,6,7)。
2. 建立地域性長期之輪作栽培制度，其中作物種別選擇上需包括豆科作物與現金作物之輪作。就根系伸長而言，則需包括深根性與淺根性作物之交互輪作^(13,14,17)。
3. 導入省工栽培技術，減少能量之消耗而獲致最大之淨益^(16,25)。
4. 在輪作制度中需引入被覆性綠肥作物，藉由綠肥之被覆作用(covering effect)來抑制雜草之蔓延。
5. 導入「誘餌作物」或「忌避性作物」(repellent crops)之間作，使主作物之病蟲害程度減至最低。
6. 在輪作制度中需導入水田／旱田之輪作，藉由水份之淹灌來改變及控制表土層之微生物相，鹽類離子分佈，昆蟲相及雜草相⁽¹⁴⁾。
7. 利用蚯蚓或最小耕犁法來增加土壤之通氣性^(5,16,25)。
8. 適當地接種根瘤菌，菌根等共生性微生物來增加土壤之肥力^(13,31)。
9. 採用綜合經營法，適當地引入厩肥或植物性堆肥來增加土壤之肥力^(13,36,37)。
10. 在雜草防除方面，需重新考量機械性的中耕除草或物理性地焚燒法及地面遮覆法的實用性，並需進一步探討如何利用作物與雜草之自然競爭(natural competition)，引入頑草之天敵(natural enemy)，及真菌性殺草劑(mycoherbicide)等等之新科技的實用性^(17,18,23,27,32,38,39,40)。
11. 在作物生長期間適當地引入非化學合成性的藥劑，如波爾多液、毒魚藤精(rotenone)，除蟲菊精，石灰、硫黃、石膏及含微量元素之天然礦石(銅、鐵、鈣等)等物質^(5,7,17)。

參考文獻

1. 台灣農產品生產成本調查報告 1988 台灣省政府農林廳編印。
2. 台灣地區稻穀生產費調查報告 1988 台灣省政府農林廳編印。
3. 台灣主要作物生產成本調查報告 1966 台灣省政府農林廳編印。
4. 四十年來台灣地區稻作生產改進專輯 1986 黃正華先生農學獎學金基金會出版。
5. 大平博四 1986 有機農業 農園 健友館出版。
6. 內藤勝 1987 日本農法 有機農業 高文堂株式會社出版。
7. 來米速水 1984 世界 自然農法 弘生書林株式會社出版。
8. 保田茂 1986 日本 有機農業 社出版。
9. 橫井利直、江友治、蜷木翠、松崎敏英譯 1987 有機農業 日本有機農業研究會發行。
10. 張新軒 陳建山 1987 複作制度 科學農業 35:341-344。
11. 高德錚 1988 田菁供為植巷綠肥之效益分析 77年度中正農業社會公益基金會執行報告。
12. 高德錚 1986 田菁供為植巷綠肥之擋風效益 75年度農委會計畫執行報告。
13. 高德錚 1984 接種有效瘤菌對大豆及後作玉米產量與土壤肥力之影響 台中區農業改良場研究彙報 9:57-67。
14. 簡文憲 1987 水稻旱作輪作制度與土壤理化性病蟲害發生及作物生產力之關係 75/76年度

農委會計畫執行報告。

15. 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(2):1-12。
16. 詹國連 1983 適合於作物及土壤的最少耕犁栽培法 科學農業 31:298-301。
17. Bezdicek, D.F., J.F.Power, D.R.Keeney, and M.J. Wright. 1984. Organic Farming: Current Technology and its Role in Sustainable Agriculture: ASA special publication No.46, Published by American Society of Agronomy.
18. Firyer, J.D. 1977. Integrated Control of Weeds, Japan Scientific Societies Press.
19. Hsieh, S.S. And D.J.Liu. 1987. Paddy Field Diversion and Upland Crop Production. Published by Taichung DAIS. Taiwan. R.O.C.
20. Rachel Carson. 1970. Silent Spring. Chinese edition by Great China Book Company Taipei, Taiwan, R.O.C.
21. Stelly, M. 1981. Multiple Cropping. Published by American Society of Agronomy.
22. Study Team on Organic Farming. 1980. Report and Recommendations on Organic Farming. USDA 620-220-3641, 94p.
23. Wapshere, A.J. 1982. Biological Control of Weed, chapter 4 From “Biological and Ecology of Weeds” edited by W. Holzner and N.Numato. D.W.Junk Publishers. The Hague.
24. Widdowson, R.W. 1987. Towards Holistic Agriculture. Pergamon Press.
25. Wiese, A.F. 1985. Weed Control in Limited Tillage Systems. Published by the Weed Science Society of America.
26. Willey, R.W. 1981. International Workshop on Intercropping. Published by ICRISAT.
27. Zindabl, R.L. 1980. Weed-Crop Competition. Published in US by IPPC, Oregon State University.
28. Browning, J.A. and K.J. Frey. 1969. Multiline cultivars as a means of disease control. Ann. Rev. Phytopathol. 7:355-382.
29. Chang, S.T. And S.C. Hsieh. 1986. The use of genetic diversity in rice production with special emphasis of blast disease management. in “Proceedings of the Fifth International Congress Society for the Advancement of Breeding Researches in Asia and Oceania (SALAO).
30. Huang, S.N. and K.C. Su. 1983. The utilization of azolla or N-source for paddy rice in Taiwan. P89-96, From “Proceedings of ROC-Japan Seminar on Promoting Nitrogen Fixation in Agriculture. “Published by National Science Council, Taipei, Taiwan, R.O.C.
31. Kao, Te-chen and A.C. Lin. 1983. Studies on the physiological characteristics of *Rhizobium japonicum* P.115-126 From “Proceedings of ROC-Japan Seminar on Promoting Nitrogen Fixation in Agriculture, “Published by National Science Council, Tapei, Taiwan, R.O.C.
32. Klerk, R.A., R.J.Smith JR, and D.O. Tebeest 1985. Integration of a microbial herbicide into weed and pest control programs in rice. Weed Science 33:95-99.
33. Lin, C.J. and C.C. Lee. 1983. Using Azolla as a source of nitrogen for rice in Taiwan. P83-88 From “Proceedings of ROC-Japan Seminar on Promoting Nitrogen Fixation in Agriculture.” Published by National Science council, Taipei, Taiwan, R.O.C.
34. Merrill, M.C. 1983. Eco-agriculture: a review of its history and philosophy. BiologicalAgriculture and Horticulture 1:181-210.
35. Morishita D.W. and D.C. Thill. 1988. Wild oat and spring barley growth and development in monoculture and mixed culture. Weed Science 36:43-48.
36. Mulongoy, K. 1984. Potential of *Sesbania rostrata* (Berm.) as nitrogen source in alley cropping systems, from “Proceedings of Second International Conference on Biological Agriculture” Published by Wye College, Lond on University U.K.

37. Sanginga, N., A. Ayanaba and K. Mulongoy. 1984. Inoculation of *Leucaena* with *Rhizobium* and its nitrogen contribution to subsequent maize crop, from "Proceedings of Second International Conference on Biological Agriculture". Published by Wye College, London University. U.K.
38. Smith, R.J.JR. 1986. Biological control of northern Joint-vetch (*Aesvynomene virginica*) in rice and soybean. *Weed Science* 34 (suppl.) 1:17-23.
39. Tebeest D.O. and G.E. Templeton. 1985. Mycoherbicides: progress in the biological. *Plant Disease* 69:6-10.
40. Templeton, G.E. and D.O. Tebeest. 1979. Biological weed control with mycoherbicide. *Ann. Rev. Phytopathol.* 17:301-310.
41. Wilson, G.W, B.T. Kang and K. Mulongoy. 1984. Alley cropping from "Proceedings of Second International Conference on Biological Agriculture." Published by Wye college, London University, U.K.

討 論

謝順景問：

在歐美的有機農業規定可以使用磷礦石等作為磷肥之用。他們把磷礦石磨成粉使用，請問磨成粉以後是否仍需藉土壤微生物分解後才能被植物吸收？

楊秋忠答：

磷礦石的磷素有效性低，需要藉用土壤中的微生物分泌之有機酸或土壤存有的酸來溶解釋放提供有效的磷肥。一般酸性土壤即可直接利用磷礦石粉使用。過去本研究室曾發現磷礦石配合菌根真菌之接種，可增加磷肥的吸收。

鄔錫正問：

楊博士幻燈片之根系(鬚根)十分完整，請問是栽培土壤用砂壤土？或是盆栽作物？或是有什麼好的洗根去土之技術？

楊秋忠答：

小心清洗及收穫後立即清洗，將有助根系之完整性，另外土壤不要太乾之下清洗，可先將盆中加水後1小時左右(不要太久)清洗，即可得完整美好之根系。

林仁泰問：

土壤中有溶解磷之菌，請問是否亦有可溶解重金屬之菌類存在？如果在露地(果園)之狀態下想促進空中之有益菌到土壤中繁殖，有那些方法？請提示最節約的途徑。

楊秋忠答：

溶磷菌溶解結合型磷之能力不盡相同，結合磷的種類也很多，溶解速度也不同；溶解重金屬的能力也有不同，如有些菌能產生分泌大量的酸，就有溶解土壤中結合的重金屬之能力。土壤中有許多菌，不須空中飄浮塵粒之菌到土壤中繁殖。

阮育奇問：

- 1.菌根菌加到田裡，是否每種植一種作物就要加一次才有效？
- 2.菌根菌處理前土壤要有什麼先決條件(如土壤消毒)？

楊秋忠答：

- 1.不一定，依不同土壤及菌種特性而異，如水田後再接再種的效果將更好。
- 2.不需要任何土壤處理，即可接種。田間如因嚴重的夜害而消毒，接種菌根菌的效果將更大。

王西華問：

對林先生請教的問題，有一點補充說明，提出20多年前與台糖合作的研究結果，做參考。施「有機肥料」的gravel soil (在午中寮)的溶磷細菌確實增加。

楊秋忠答：

有機肥料是一些微生物的重要碳素源，或能源，因此一些溶磷菌如需要利用有機碳或有機分解能源的菌種必然會增加。

鄭雙雙福問：

- 1.為什麼果園特別需要高C/N比有機質？C/N比要多高才適當？
- 2.高C/N比有機質施下時，有沒有同時施化學肥料？施多少？
- 3.高C/N比有機質對果樹或果園有益處，其機制何在？

鄭正勇答：

- 1.高C/N有利於根群發育，並抑制過度之地上部營養生長，以利光合產物向下運貯；C/N比25~30最適當。
- 2.依土壤與葉片分析結果酌予補充，然一般量均少。
- 3.高C/N，低鹽度對於根圈微生物活動有益，根群旺盛，少根部病害，果實品質提高。

An Organic Farming Approach on the Food Crop Production

Te-Chen Kao

Taiwan Provincial Taichung District Agricultural Improvement Station

Summary

As the traditional way of low-efficiency farming by hand labor and animal power is not suitable for the extensive farming system for the agronomic crops, it has already been replaced by the modern high efficiency farming system with big farm machinery and ample application of agricultural chemicals many years ago. However it has caused the serious concern of our people in these years that the long-lasting monoculture and application of large amount of chemical fertilizers and pesticides has already made a very unfavorable affection to the ecological balance of the farm environments. This is the impetus for us to find a low input and low pollution way of farming or organic farming. From the viewpoint of low input and high profit, it has been found in our experience in rice culture that shifting from transplanting method to direct seeding way of rice cultivation may save 7,267 NT\$/ha, and the ratoon method may save 22,727 NT\$/ha in cost. Under the cropping system of rice (1st crop)-soybean (summer crop)-corn (fall crop), the soybean may supply about 20kg/ha of nitrogen from nitrogen fixation by *Rhizobia* for the corn, and the consumed phosphorus by soybean may return to the soil during the growing period of the succeeding crop, corn. In other words, the highly emphasized rotational cropping system in the organic agriculture is really very helpful to the maintenance of soil fertility and raising of profits; and intercropping is used as a measure to reduce the losses of the main crop from the attack of pests, weeds, animals, and the unfavorable environmental factors such as wind, rain, and frosts etc. In the coastal area, growing *Sesbania* as the succeeding crop of summer water melon and using it as the alley crop for peanut may protect the peanut from the damage of northeast monsoon and play as an attractant for samll yellow thrip to make about 14.3% increase in fresh pod yield of peanut, and 18,920 NT\$/ha gain in net profit.

In conclusion, organic farming is not a simple retrocession from modern farming to the traditional old way of farming. Rather it is a well-arranged land utilization system under the consideration of ecological balance, which allows the natural competition of crops, soils, insects and microorganism by strick control of rotational cropping, mixed cropping, and intercropping ect. The crop yield in the organic farming system may not be competitive to the chemical farming system, nevertheless, its higher price in the market may compensate for its slight losses in yield.