有機肥料在有機農業應用之範疇

王 銀 波
國立中興大學土壤系

摘 要

有機農業並非僅僅使用有機肥料，除了有機肥料外可使用之肥料應包含天然產物，如礦物之岩石與天然之荷爾蒙，必要時亦可使用少量之化學肥料與農業藥劑，但應避免引起公害。維持有機農業之主要氮源應爲綠肥作物，本省以輪作或間作種植田菁、埃及三葉草、紫雲英、羽扇豆、山珠兒豆等綠肥作物，配合事業可用廢棄物之利用如藁稈、家畜禽糞尿、污泥、垃圾堆肥、爐灰、濾渣及穀殼等。如經濟與衛生沒有問題，豆餅、魚粕、骨粉與人糞尿亦爲很好之肥料。近代農業技術篩選出之微生物肥料如固氮菌、溶磷菌、菌根菌等亦應利用。

前 言

在美國新興農業科技背景資料裡，Liebhardt 與 Harward (1985)將農業耕種之方式，分爲相對立的兩大類，一爲一般耕種法，是指大量利用化學肥料，農業藥劑以生產單一作物的企業化專業耕種方式；另一爲有機耕種法，係指儘量少用或避免使用化學肥料及農業藥劑，而配合豆科植物在內之綠肥作物輪作制度，農場及農場外廢棄物以及含植物養分元素礦物之岩石等之利用，以維持農業生產之耕種方式。有機農業儘量不使用合成肥料及化學藥劑，因而可避免由其使用而產生之公害問題，以及消耗能量大的肥料與農藥之合成，使農業上投入之能量減少（洪，王1987）。雷氏（1987)指出美國的有機農業,也還在草創階段，並不普遍，待克服的困難甚多，與目前化學農業生產的最大不同之點，就是強調肥力，以施用有機肥料及採輪作爲主。

英國Mecarrison醫生在1926年就發表過，根據用鴿子及老鼠試驗的結果，用有機肥料種出來的小麥及小米的營養價值要比用化學肥料的高。美國Carrel認爲日常供應的食物中所含的營養成分已大不如前，食物雖然保持了原來的外型，但受大量生產的影響，品質已經發生變化，化學肥料只能提高作物的產量，卻無法補充土壤中枯竭的『全部元素』，因此影響到食物的營養價值。Gerson醫生根據他多年用食物治病（包括癌症）的經驗，他的病人必需食用以有機農業生產的食物。他認爲從有機物含量豐富之土壤中所產生之蔬菜水果營養價值高，可以防止退化性疾病，包括癌症在內，他於三十年代在德國鼓吹用人糞及動物糞便作堆肥，用做蔬果肥料，得到很好效果。英國Harward 之有機農業主張以有機肥料維護地力與日本Fukuoka 先生創設一種『自然農業』耕作法，以覆蓋保持地力爲主，可爲代表（雷1987）。

Papendick (1987)指出有機農法係以少用或不用肥料氮素，有數千農民在美國經營商業農場。在許多情形依賴專限於有機氮源，在許多這樣的農場，豆科供應大部份或全部氮素給所有輪作的作物。任何氮素的缺乏經由綠肥的使用，有效土壤沖蝕之控制去減少有機物與土壤內氮素的損失，並且使作物殘體動物糞尿與其他有機廢物再循環利用。有些情形下除了有機氮源外亦使用少量商業化之無機肥

料。有些農民之耕作方式似乎設計去減少氮素肥料與土壤硝酸之濃度達到減少硝酸的淋失。

有機農業中的有機肥料

在有機農業內，所使用之肥料直覺上似乎均爲有機肥料，實際上並非如此，只是應儘量少用或不用合成肥料，耕作上配合綠肥作物（尤其是豆科綠肥）的使用，作物殘體，動物糞尿與其他有機廢棄物再循環利用等有機氮源，以及含植物元素礦物之岩石等之利用，更不能忘記生物性肥料如根瘤菌，非共生固氮菌，溶磷菌及菌根菌等天然物質，以達到減少沖蝕，維持地力，減少土壤內硝酸態氮，以維持適當產量及有營養價值之產品。盛氏(1981)認爲凡能增進作物之產量與品質之物質，均可廣泛稱爲肥料。照此廣義之肥料定義，應可包含植物荷爾蒙與植物生長調節物質。若以有機農業之立場應以天然生成物爲主，故則僅能主要使用天然或合成植物荷爾蒙，而避免使用植物體內所無者。

照上述定義，本省可利用之資源除綠肥作物可利用休閒地或間作種植台灣常用之田菁、埃及三葉草、紫雲英、羽扇豆、山珠兒豆等外，可利用之有機氮資源如下：

一、藁稈類之利用

本省民國69年耕地面積爲907,303 公頃，複種指數爲154.4 ，故作物種植總面積達140 萬公頃（臺灣省農林廳1981），藁稈類之產量相當豐富。以種植面積最多之水稻而言，面積達637,437 公頃，稻穀收穫量2,941,988 公噸，同時可以收穫相近重量的藁稈，以0.5%之含氮量計算，水稻稈內所含氮素可達14,710公噸。以同樣方法估計蔗葉及甘薯莖葉之總含氮量，以69年栽培面積甘蔗108,092 公頃與甘薯62,472公頃估計，則含氮總量分別爲10,809公噸與1,062公噸。此三種作物之藁稈或莖葉所含肥料要素成份僅氮素乙項，即可達26,581公噸，若將其他作物再加利用，可能利用的總氮量會更多（王銀波1980）。

二、家畜糞尿之利用

家畜禽之排泄量較人爲多，以豬、牛、雞爲例，其排泄量及排泄物三要素之含量如表一。

表一 家畜禽糞尿排泄量及三要素含量

Table 1. The amounts of domestic animal excretion and their nutrient contents

Items	Hogs		Cattle		Excretion of Chicken
	Feces	Urine	Feces	Urine	
Amount of excretion. (kg/head/day)	3.50	3.20	25.00	6.00	0.15
Total nitrogen(%)	0.46	0.78	0.94	0.83	1.46
NH_4-N	0.05	0.11	0.21	0.03	0.12
P_2O_5	1.68	0.15	0.44	0.004	4.52
K_2O	0.14	0.33	0.15	1.89	2.42

本省現飼養豬4,820,201頭與雞53,395,661隻而論，一年中排泄之糞尿僅含N量分別有72,240公噸與42,682公噸，磷鉀尚不計算在內。此量若能依照農地均勻分配飼養利用，不但無污染之害，且可供爲作物肥料之來源。嚴式清氏認爲飼養10,000頭豬需500 公頃土地，以此計算本省飼豬之頭數，則需

24萬公頃土地才可將豬糞尿全部利用施入土壤。

三、污泥之利用

近年來由於工業之發達，生活品質之提高，含有機物之產業廢水與下水道之污水，均需經由生物淨化處理及藥品如高分子凝集劑、石灰、鐵等無機性凝集劑使其沉澱始可排放，否則會嚴重污染環境。由於處理所產生之副產沉澱物，爲淨化處理中作用之微生物集合體，稱爲污泥。一般都市下水道污水與含有機物產業廢水之處理，以活性污泥法較爲有利，所產生之污泥一部份，以種污泥加入處理工程，剩餘之污泥必需從處理工程中除去。此種污泥因含相當量之肥料成份，碳氮比在10以下，可做肥料使用。爲了減輕污泥之重量，一般以脫水乾燥處理，有時則以1000℃以上高溫燃燒成爲燒成污泥，以下水道處理場活性污泥爲例（藤井1976），其成份如表二。

表二　污泥肥料與燒成污泥之肥料成份(%)

Table 2. The nutrient contents of sludge fertilizers and burned sludge(%)

	Moisture	Total-N	P_2O_5	K_2O
Sludge fertilizer	73.43	0.68	1.12	0.12
Burned sludge	0.01	0.01	3.59	0.17

此種污泥脫水乾燥者，含N 可達3%以上，P_2O_5在2.5%以上，含鉀雖較少，但尚有石灰，矽酸的補給效果與中和酸性之效果，爲一良好之肥料。惟污泥含重金屬較多，Zn爲1000-2000ppm，Cu與Mn有數百ppm，Cr 與Ni有數十ppm，Cd數ppm而Hg爲 1 ppm左右，偏高，將來使用爲肥料時應特別注意。本省下水道污泥來源包括中興新村及台北市，各工業區亦有污泥，尤其紙漿廠，養豬場等產污泥較多。

四、生物之氮素固定

生物之氮素固定主要分爲二大類，第一類爲細菌，另一類爲藍綠藻。氮素固定菌在細菌中僅佔少數，但由好氣性與嫌氣性之從屬營養菌至光合細菌之獨立營養菌分布在非常廣大之範圍。第一類中根瘤菌與高等植物之共生，成爲一種獨立營養行氮素固定，有時獨立營養生物的藍綠藻亦會與蘇鐵等其他生物共生。此類細菌最有名者爲梭狀菌(*Clostridium*)，固氮菌(*Azotobactor*)與根瘤菌(*Rhizobium*)，最近則研究*Spirillum lipoferum* 在禾本科牧草、玉米、高粱等等之固氮作用。

藍綠藻則僅有*Anabaena*與*Nostoc*二種具固氮能力，有的單獨在土壤，池塘或湖表面固定氮素，有的則與滿江紅(*Azolla*)共生固定空中氮素。在熱帶與溫帶地區使滿江紅在無氮肥下迅速繁殖，故成爲亞洲各國農業技術人員之研究主題。

究竟生物固定氮素有多少，目前並無確實數字，據估計1970年全世界氮素肥料工業固定空中氮素量爲3,200 萬公噸，但生物固定氮素量爲9,100 萬公噸，達肥料工業的數倍，因此這條途徑爲最有希望的氮素肥料代用品捷徑，本省在豆科根瘤菌之使用已有很大的成就，滿江紅亦在研究中。

五、菌根與溶磷菌

有一種共生菌根具有重要的機能，對寄主養分之吸收具促進作用。菌根與生物氮素固定有些不同，

不是增加氮素的吸收，主要係對磷鉀之吸收有促進作用。有外生菌根之林木較無菌根之林木生長良好，如加拿大赤松與短葉松等有菌根者較無菌根者對K_2O的吸收顯著地增加，另外加拿大赤松亦可明顯地增加磷酸的吸收，此爲共生擔子菌的作用，Sander和Tinker(1971)認爲菌絲在土壤內幫助土壤內磷素吸收而轉運，爲吸收效能增高之原因。Schokneckt和Haltingh(1976)認爲根外菌絲體吸收磷，並轉運集中至細胞內叢枝體，英國接種菌根到馬鈴薯，可使其增產近20% 。在巴基斯坦之田間試驗，移植玉米、小麥、大麥於很貧瘠之地，接種菌根者均較未接種者生長快速，大豆、法國豆及其他豆科植物，由於菌根而增加生育與產量。由於甲基溴消毒土壤而影響柑橘苗木生長者，可由菌根之接種而獲得正常生育。熱帶土壤較溫帶土壤接種菌根之效果較爲明顯。此種研究在亞洲蔬菜研究發展中心等機關已開始進行。

除上述五種外，都市垃圾堆肥、爐灰、爐渣及穀殼等均爲可用之資源，將來亦可成爲肥料之代用品。另外，在能源極爲缺乏之情形下，人糞尿亦可考慮爲肥料之代用品，價值高之有機肥料如豆餅、魚粕及骨粉亦爲很好肥料， 唯一要考慮的是衛生與經濟問題了。

結　　論

有機農業係指儘量少用或避免使用化學肥料及農業藥劑，而利用近代之農業技術，配合豆科植物在內之綠肥作物輪作制度，農場及農場外廢棄物以及含植物營養分元素礦物之岩石等之利用，以維持農業生產之耕作方式。其目的爲避免產生公害問題及消耗大量之能量。雖然肥料之定義爲增進作物之產量與品質之物質，均可廣泛稱爲肥料，照此定義應可包含植物荷爾蒙與植物生長調節物質，若以有機農業之立場則主要使用植物體內含有之天然或合成之荷爾蒙。

參考文獻

1.洪崑煌、王銀波　1987　有機農業新興科技在台灣農業運用之可能性及其影響　農委會　228-237。
2.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。
3.Papendick, R.I., L.F.Elliott and J.F.Power. 1987. Alternative production systems to reduce nitrate in ground water. Alternative Agriculture 2(1):19-24.
4.盛澄淵　1981　肥料學　正中書局。
5.王銀波　1980　能源與肥料　(2)化學肥料代用品之可行性,能源與農業　中華農學報 25-28。
6.台灣省農林廳　1981　：台灣農業年報。
7.台灣省糧食局肥料運銷處　1980　：肥料手册。
8.籐井國博　1976　產業廢棄液處理物，土壤肥料大事典 1230-1233。
9.Kurihara, K. 1980. Urban and industrial wastes as fertilizer materials, in 〝 Organic Matter and Rice 〞. p:194-215.
10.Yamaguchi, M. 1979. Biological nitrogen fixation in flooded rice field, in "Nitrogen and Rice", IRRI. p:193-206.
11.葉江榮　1982　煤灰肥料　台電工程月刊 405:1-6
12.崎敏英　1976　家畜ふん尿．植物營養，土壤肥料大事典 1274-1276.

Organic Fertilizers in Organic Farming

Y. P. Wang
Department of Soil Science
National Chunghsing University

Summary

Organic farming not only stresses the importance of organic manures but also permits to use some natural products such as rocks and natural growth substance. If necessary, chemical fertilizers and pesticides are also suggested to use at a very low rate that may not cause any danger to the public health.

The major nitrogen source for organic farming is green manures such as Sesbania, Astragalus, Lupinus and so on. Green manure crops may be planted as a rotation crops or interplanted crops. Industrial and agricultural waste, such as straw, animal manures , municipal refuse, fly ash, sludge and rice hull , also can be utilized with care. If cost or hygienic problem can be solved, soybean meal, fish meal, bone meal and human urine and dung could also be used as a good fertilizers. In addition, microbial fertilizers, such as N_2-fixation bacteria, phosphorus solublizing bacteria and mycorrhizal fungi, should also be utilized.