

## 壹、前言

植物生產的目的即將植物轉變成人類可以直接利用的有機資源，或是間接地使之可成為保護環境、維護生態平衡的積極作用。近年來世界人口每年以 8,000 萬人口的增加速率上升中，相對地氣候變遷又在劇烈的進行，以致於植物的生產在現今國際情勢下，更形重要。

人類生活的品質隨時代的演進，也在明顯地改善，但至今國際間仍有約 10 億人口存在於饑餓的狀態，為因應世界人口的持續增加，每年的世界糧食生產數量，必須以每年增加 2% 的數量增加，根據聯合國糧農組織於 2009 年 9 月 23 日報導，於 2050 年時，世界人口可能增加至 91 億，屆時全球糧食必須增產 70%，方可餵飽全球人口；是故植物生產在往後的歲月中，不但要維持人們的生活品質，也要追求產量的增加，擬達到此雙重目標，是當前重要的課題。

在已開發國家及許多開發中國家的市場裡，普遍地陳列著有機農產品，但均有明顯的標示及販售區域，而相關產品的價格幾乎一律地比慣行農法（conventional agricultural practice）所生產的產品貴，不論是食材、食品、服裝、化妝品、精油、營養補充劑、維生素、及鮮花等之價格均係如此，因此魚目混珠的商品濫竽充數於市場間，已變成一項社會問題，尤其是在社會道德教育低落地區及檢驗與驗證不嚴謹的國家，更形嚴重。此等現象部份避免不了地是由於有機農產品是項國際新訴求，導致許多消費者不明究理地追求時尚，另外，則是

更多消費者瞭解有機農產品的可貴之處，也有些保護地球、愛護環境人士為自身所嚮往的目標，而採用有機農產品。總之，有機農產品現今已成為國際間眾所週知的品項，而且是與相同種類與性質者相較，是一項比較昂貴的貨品。所以有機農產品的銷售地區都是在已開發國家，據估計全球的有機市場的產品價值於 2008 年時為 510 億美元，其中北美洲國家的市場幾乎就佔了全球的一半，而歐洲國家市場也佔了全球市場將近一半，而其他國家的市場只佔全球市場的 3%，於 2013 年的全球有機市場價值更增至 720 億美元，於 2014 年時又增至 800 億美元，其市場分佈仍然變化不大；有機市場中所買賣的貨品，仍以傳統的主要糧食產品為主，例如穀類、水果、蔬菜、肉類及乳製品等，但近年來，消費者對有機糖、咖啡、酒類、營養補充品、紡織品及美容保養品等之需求也與日俱增。

## 貳、現代或慣行農業發展的現象及問題

### 一、現行的農業的特性

現代或慣行農業的主要特性有四，一係機械化，二為依賴外來資源，三為全球化經營，四是基因轉殖。因為機械化之故，所以可以採用大面積種植策略，此種策略等同節省人力，大量資金集中投資，以及能源消耗；為便於節省人力的經營管理，所以機械、資訊自動化的操作，乃將原來複雜的飼養耕種生物單純化，但單純化的動物飼養及作物耕種，均容易遭受到經濟及氣候劇變所產生的損害；而且商業化的動植物的飼養及種植環境，是孤立一處，與這些動植物原本的生態條件存在著明顯差距，而需要從其他資源來源處提供大量的資源，譬如特別需要化學製劑的引入；現代農業的經濟思維及國際勞力分工策略，致使農業的生產力得以提昇，又因資金誘因及市場力量，使得農場生產範圍得以擴大，於是又牽扯更多的資源及資金的投入，其間因為引發若干的資金利益，所以現行農業間也糾纏著許多政客及官僚體系間的管道；現代的生物科技可以將不同物種間的基因互相更換，



造就出許多所謂之基因改造或轉殖生物，有的是為增產，有的是為防止病蟲害的侵害，有的則是使之可以忍受殺草劑的干擾；但動植物的遺傳性經過如此人工化的改變後，相應地改變了這些動植物的生態環境；物種性狀的改變，其生理代謝反應自然也發生改變，此種改變對食用者是否毫無影響，令人憂慮，最近 Leu (2013) 根據科學證據論述轉基因食品的安全性，甚具參考價值；基因轉殖生物均為國際大型種子公司的智慧財產，待基因轉殖生物釋放於田間，十分可能和自然界中的野生種，或自然品種，或農民自行留用的品種，發生雜交，產生的後代可能繼續繁衍，而取代了野生種及其棲地，於是野生種消失，另外則是農民自用品種也因雜交，而遭受污染，若污染的基因係企業機構的專利項目，則尚會引發侵犯智慧財產權之訴訟案件。

## 二、現代或慣行農業所衍生的缺失

國際間提倡及推行有機農業，就是因為現代的種種農業措施有其缺失，並且已經威脅到人類及環境的安全，所以必須正視之，以防患於未然。

### 1. 依賴外來資源的生產方式

- (1) 被石油及化學肥料與農藥所綁架，此乃由於農業機械化、連作、大面積栽種單一種作物、密植等之故。
- (2) 當某一種外來資源被使用到極致時，逐漸消失的報酬終必伴隨而至。如於 1970 年代，在中國每使用一公斤氮肥，可多生產 15 ~ 20 公斤之水稻，而如今也只不過是 5 公斤的收益；另外，在美國自二次世界大戰後所使用的化學農藥比之前增加了 10 倍，但是總體作物因害蟲之故所遭受的損失，卻由以往的 7%，增加成 13%；作物在人為的環境中長期的被耕種，體質變弱而很容易遭受病原及害蟲的侵害，反之，則強壯得足以抵抗外來病蟲害之侵襲，是謂滋養生活原理 (trophobiosis theory)。

## 2. 土壤劣化及表土流失

大地之土壤因為人類長期耕種及開墾耕地，以及砍伐、燬燒森林，致使表土之流失普遍地存在於各地，而土壤是主要的碳儲存之所在，其量遠大於森林中之林木，土壤中所固著的碳為 1 兆 7400 萬噸，而森林所含有的碳是 6,720 噸，但由於農業耕種之故，如美國中西部的土壤於 1950 年代時含有 20% 的碳，而現今只剩 1 ~ 2%，尤其是施撒在土壤中的化學肥料，激化了土壤微生物的活性，於是促進土壤中有機質的分解；滋養作物的表土因為機械化耕作及放牧之故，致使全球每年喪失 500 萬公頃耕地，且至今全球已流失 1/4 表土；單就美國而言，就喪失掉 1/3 的表土。於二十世紀時，美國就已損失掉 50% 的表土，等於每年流失掉 30 億公噸的表土；全球每年大約有 750 億噸土壤流失，在美國中西部的農田，每畝田就會流失掉 7 ~ 10 公噸表土；在中國北方地區水土流失面積已達 1.85 億畝，但中國土壤的流失速度比自然補充速度快 57 倍，而歐洲係高 17 倍，美國高 10 倍，澳大利亞高 5 倍。一般而言，作物根部的生長環境均存在於表土層，表土流失就等於剝削掉了作物正常生長機會，難怪乎美國前羅斯福總統（Franklin D. Roosevelt）曾經說道，一個國家破壞了她的表土就等同在毀滅自己的國家，由此可見表土的重要性，另外其重要性也是由於每生成一吋厚的表土需要等待好幾百年的轉化方可成就，因為土壤本身是種有生命的個體，可以自我結構，自我生成，自我調整，並自我持續。

表土流失，伴隨著的就是土壤中的有機質的減少，再加上過度使用化學肥料，以及耕作作物的種類及方式的改變，均導致土壤中的有機質的減少。使用化學肥料會瞬間刺激土壤中微生物的活性，轉而消耗掉土壤中的有機質；田間作物的種類，作物的耕作秩序，種植的方式，如翻耕或不整地或休耕等，覆蓋或不覆蓋等，都會直接地影響到土壤有機質的含量。土壤中有機質減少，等同土壤變成貧瘠，因為土壤中的膠體（colloid）變少，腐植質減少，微生物及蚯蚓的族群及數量也變少之故。若土壤長期使用化學肥料尚可造成土壤中所含有的植物生長元素的不平衡現象；土壤反應，即酸鹼度，也趨於過低或過



高，此種現象尤其在連作時益發明顯，以致於作物生長呈現營養不均衡的情形，導致作物的產量及品質都發生劣變；而且施用化學肥料等也已造成全球超過九億公頃的土地含鹽量過高，直接影響作物生長及地下水的品質。

因過渡耕種、開墾、施肥、土壤流失及土壤中有機質逐年減少，加上又未能善加保護地面植被，如放牧等活動，再遇到氣候變化為乾旱時，則土壤轉變成沙漠化，便是必然結果；地下水位上升，使得乾燥的土壤鹽化，而不再適宜種植；施用化學肥料等已造成全球超過九億公頃的土地含鹽量過高（圖 1-1，1-2）。例如在中國大陸的土壤沙漠化就十分嚴重，根據中國國家林業局於 2006 年 6 月 17 日的公布，土壤沙漠化分佈在 30 省中的 889 個縣、族、區，共計 173.97 萬平方公里面積，佔國土面積 18%，影響到近 4 億人口的生活。

### 3. 連作障礙

世界人口持續地增加，但耕種的土地面積仍維持不變，以致於必須在有限的耕地上持續地耕作，現代的耕作又常是連作形式，主要是農民熟悉耕種特定的作物，一方面是熟悉技術，另一方面是已建立起既定的銷售管道，於是每年每季種植前一年或前一季種植過的作物，此種現象在人口稠密的國家中，尤其可見；耕地不得休息，因此土壤裡有機質缺乏，造成作物生長不良，於是施用化學肥料予以挽救，因此又促使土壤中的微生物急速生長，更形消耗掉土壤中僅存的有機



圖 1-1 過量使用化學肥料所造成的土壤鹽化情形

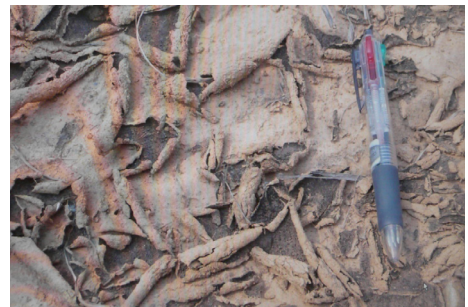


圖 1-2 鹽化的黏質土壤於土壤水份蒸發後所形成的結皮情形

質。持續地使用化學肥料，不但致使土壤中有機質及腐植質的不斷地匱乏，土壤酸化、鹽化、地下水優養化等現象也與焉顯現；但是凡是植物都會罹病，罹病的組織殘留於土壤中，日積月累地就會變成棲息於土壤中的病原菌的滋生所在；不健康的種子或苗木也會將原本不存在的病原引入，一旦引入的病原係可感染危害某一類特定作物，若同一類作物又繼續地種植，則作物的病害便會成為根深柢固的一項固疾，形成所謂的連作障礙（圖 1-3）；連作障礙固然是主要源自於病蟲害，但另者，就是啟因於地力的消耗，也就是土壤中的有些植物營養元素長期地被同一種作物所吸收，於是出現特定營養元素缺乏的情形；再者則是因為連作作物分泌或組織分解所產生的有毒化學物質，使得作物無法正常地在該地生長。再者，同一種作物上的病蟲害，在同一土地上，族群數量因而日積月累，讓耕種者因施肥或連作而得不償失，致使此等耕地變成所謂的病土（sick soil），優良品種在連作田間的生長表現差強人意，自亦不感意外。



圖 1-3 土壤因連續耕作之故致使部份作物無法正常生長

#### 4. 破壞自然生態環境，尤其是生物多樣性的狀態

有機農業與慣行農業最大差異的結果，就是慣行農業地區的作物及飼養動物已缺乏遺傳、物種、及生態的多樣性；慣行農業為維護大面積單一作物耕種方式下的作物產量，因此依賴大量的農藥，或種植基因轉殖作物，以避免作物的病蟲害損失；如於 2008 年全球基轉作物的市場價值為 90 億美金，於 2009 年時已增至 105 億美金，於 2010 年時單純就基改作物的種子就佔全球商業種子市場 340 億美元的 33%，若以農場收穫後商品計，其價值就已達 1,150 億美元，同年（2010）全球種植基改作物的面積已達 1.48 億公頃（較 2009 增加



10%)，約佔全球 15 億公頃耕地之 10%，自 1996 年至 2010 年，全球基轉作物耕地面積則增加 87 倍；基因轉殖作物市場中，最大宗的為玉米（美金 52 億）、大豆（美金 39 億）、棉花（美金 11 億）、及油菜（美金 30 萬）；而單就在美國的情況而言，種植的玉米、大豆、及棉花，有 80 ~ 90% 係基因轉殖品種，於 2009 年時有 6,400 萬公頃的田地種植基因轉殖之玉米、大豆、棉花、小麥、甜菜、苜蓿、油菜、木瓜及南瓜；基因轉殖作物在其他國家所種植的面積則為，巴西 2,140 萬公頃、阿根廷 2,130 萬公頃、印度 840 萬公頃、加拿大 820 萬公頃、中國 370 萬公頃、巴拉圭 220 萬公頃、南非 210 萬公頃、烏拉圭及玻利維亞均為 80 萬公頃，顯見種植基因轉殖作物的普及性。施用農藥及種植基因轉殖作物的動機，均係擬防治相關作物的主要病蟲害，主要的病蟲害雖然可能藉此得以防治，但原先的次要病蟲害卻變成為新的主要病蟲害；而且原先的主要病蟲害還會產生抗藥性，或產生抵抗抗病蟲基因的新後代，以致於作物因病蟲害所衍生的損失，並未減少，反而滋生了污染、危害生物健康及生存，甚至於破壞生物物種等情形。例如在歐洲中部如瑞士、德國近幾十年來，蜜蜂的族群持續地下降，如在 2006 年時，美國就陸續發現蜂群失跡事情，於 2007 年時，蜂農所養殖的蜜蜂已死亡 1/3，在有些蜂巢中，蜜蜂的族群損失掉 90%，這種現象被稱謂蜂群衰竭失調症（colony collapse disorder, CCD），其原因雖然不詳，但相信必和污染失調的生態環境有關。

工業革命後，作物生產者依賴人工合成之化學產品程度日增，加上農民對許多化學品的性質及使用方式知之不詳，以致於造成使用不當或使用過量情事普及各處。農民所使用之人工合成化學製品，主要是肥料及農藥，肥料中則以氮肥的使用量最大，而氮肥又以銨態氮為主，於是土壤的酸鹼度因而逐年下降；微量元素及農藥過量地使用，尚可造成重金屬過量存在於作物生長環境中的後果，結果不但環境被破壞，而且直接受害者必定是消費的大眾。農藥的過量使用，誘發 outbreak 的抗藥性，令農藥的功效不復，增加農藥使用次數及濃度就變成為農民應付的手段，結果受害的還是環境及消費大眾；生態環境中

增加了許多化學藥品，因此不但造成第二章論及的環境荷爾蒙，而且導致若干生態失衡現象，例如在台灣地區的珍稀保育猛禽、黑翅鳶，於 2009 年的觀測統計，明顯地比四年前少，台灣野鳥學會人員合理地懷疑數量減少，和農委會防疫局發放的「伏滅鼠」藥劑有關，因為在存有伏滅鼠的蔗田處，陸續地也可發現到黑翅鳶的死屍；蔗田野鼠是黑翅鳶的主食，野鼠中毒，隨後鳥類及野兔誤食中毒野鼠，因而隨之也中毒死亡。農藥的使用數量並未因栽種轉基因作物而減少，反而變本加厲使用得愈來愈多，此乃因為病蟲害均產生了抗藥性之故，如至今已知有超過 500 ~ 1000 種害蟲，具有可以抗一種以上殺蟲劑的能力；於 1998 年時，至少有 150 種以上的病原菌擁有抗藥性；至今至少有 197 種雜草具有抗殺草劑的能力；同時施用農業後，使得存在土壤中對作物生長具有重大助益的蚯蚓及菌根菌之數量大量減少，此乃由於它們對各種農藥均甚敏感之故。施用大量化學肥料及農藥已造成地下水中沉積過量之元素成份及重金屬，如中國土壤中即已普遍遭受重金屬污染，而且地下水中的硝酸離子的濃度，已是美國最大容許量的 5 ~ 6 倍。

## 5. 氣候變遷

日趨嚴重的全球異常氣候，已成為國際矚目的議題，全球氣候變遷的重點項目是溫度不斷地上升，造成全球溫度上升的溫室氣體中最為世人所重視的是二氧化碳，雖然二氧化碳破壞大氣中臭氧層的效應不及其他的溫室氣體，如甲烷、一氧化二氮、全氟碳化物、氫氟碳化物、及六氟碳化物，其中甲烷主要由動物消化過程之反芻作用而形成，其增溫效果是二氧化碳之 23 倍；一氧化二氮的主要來源之一為化學肥料，其增溫效果為二氧化碳之 296 倍；但溫室氣體中，二氧化碳的濃度最高；二氧化碳在大氣中的濃度，於工業革命（1750 年）前為 280ppm，但於 1998 年時已增至 364 ppm，其中 22% 是源自於燃燒原油、產製水泥及火燒森林；而於 2015 年時，二氧化碳的濃度已超過 400ppm；全球氣溫的上升，亦即全球暖化，已是全球各地普遍存在的現象，肇因於人類本身，例如物質文明的發展，需要燃燒原



油、煤炭，人口的增加，相隨的是糧食需要增產，以致於破壞森林、開墾耕地、施用化學肥料等現象應運而生，因此增加了溫室氣體的排放量，全球的氣溫自然增加。全球經濟體中之農業生產，其溫室氣體的排放量，佔整體經濟區域的 12 ~ 15% 份量。

溫室氣體主要包括二氧化碳、甲烷、氟碳化合物、臭氧及一氧化二氮，其所佔比重依序分別為 56、18、13、7 及 6%；其實地球上的主要溫室氣體為水蒸氣，它造成的溫室效應佔 36 ~ 70%，而且水蒸氣造成的溫室效應尚未包括雲層；二氧化碳的溫室效應佔 9 ~ 26%，甲烷為 4 ~ 9%，臭氧佔 3 ~ 7%，就此等化合物的分子而言，已如前述，甲烷的溫室增溫效應比二氧化碳強許多，為其之 23 倍；甲烷的產生主要源自於燃燒生物體及家畜動物腸胃內之發酵；主要源自於化學肥料的一氧化二氮，其溫室增溫效應更是二氧化碳的 296 倍；其實源自於光電產業及冷媒的氟碳化合物的溫室增溫效果最強，為二氧化碳的 1,000 ~ 10,000 倍以上，如全氟碳化物及六氟碳化物，依序分別為二氧化碳的 6,500 ~ 9,200，及 23,900 倍，但這些溫室氣體在大氣中所含有的量，所幸均為少量；其中較引人重視的為甲烷，因為畜牧生產造成的溫室氣體佔全球總排量的 18%，比運輸工具造成的 13.5% 總排量還高。大氣中的二氧化碳及甲烷，自 1700 年代中期的工業革命以來，依序分別已增加了 31 及 149%。這些溫室氣體的排放量主要以工業發達及人口眾多的國家為最，如換算成二氧化碳的排放量，全球 2004 年的總量為 265 億噸，其中美國佔 22.1%，中國佔 18.1%，其他已開發國家的排放量均在 10% 之下；但於 2013 年時，全球溫室氣體的總排放量已增至 361 億噸，中國的排放量佔總量的 27.6%，美國則佔 14.5%，其次則是印度、俄國、日本，臺灣的排放量居然位居全球第 24 名。

實施慣行農業所施用的化學肥料是使農業變成二氧化碳排放產業的主因，如在台灣於 2009 年消耗了 101 萬公噸的化學肥料，相當於產生了 54.2 萬公噸的二氧化碳，化學肥料中的氮肥，10 萬公噸就可換算成產生 296 萬公噸的二氧化碳，全球二氧化碳的濃度上升，佔據了導致全球暖化溫室氣體作用的 50 ~ 60%，與農有關的畜牧業，因