

有機農業 對聯合國永續發展目標的作用

文・圖／吳文希

白 工業革命後，農業的生產型態隨之改變。大規模機械化耕種，導致全球原本肥沃的土壤逐漸消失；1962年美國瑞秋卡森（Rachel Carson）出版的《寂靜的春天》（*Silent Spring*）一書，喚醒了全世界對過度使用農藥之生產型態的重視；21世紀後，全球氣候劇烈變遷，導致自有氣溫記錄以來17個最熱的年頭，其中16個就發生在21世紀最初的20年間，現今平均氣溫已較19世紀時升高了攝氏1.1度。基於環境保護而產生了各種新農業生產型態，如有機、永續、生態、友善、自然、無毒及安全農業等；伴隨著科技不斷創新，爾後又創造出精緻、精準和智慧農業等。

不論農業未來的發展方式如何，都應

就目前所衍生出的糧食安全、食品安全、土壤劣化及喪失、生態的破壞、環境衛生之劣化、生物多樣性之淪喪、農民生產成本及報酬支付之欠缺公平合理、以及社會服務功能等方面尋求改善，唯有符合下列之健康、生態、公平、及關懷的原則，才有可能奏效：

1. 健康原則：是指人的健康與社區及生態系統是無法分割的關係，健康的人以及相關的動物，均有賴於健康的作物。免疫力的提升、復原能力的增強以及具備再生能力，是健康所應呈現的關鍵指標。促使生態體系及土壤生物健康，才能促成人的健康，因為在此等情況下，始能生產出高品質、富含營養價值之食物。

2. 生態原則：建基於生態過程及資源再



恢復土壤的養分與活性是農業永續發展的當務之急。（提供／李順仁）



生利用之循環方式；農業的豐產則立基於特定環境的生態狀態，採用適合當地環境、生態、文化及規模的生產方式，降低使用外部或外來的資源投入，以再生利用、自然物質再循環等形式，有效地利用各種資源的有用成份；追求的生態平衡則必須依靠耕作體系、棲息地維護、保持原始遺傳特性及農業多樣性等方式促成。

3. 公平原則：是指人類及其他生物均具有共同享有世界的權利，所以應該彼此尊重，且以公平、正義態度相待。農業生產的目標應以可生產足夠優良品質的食品，予全球各階層人士享用。對飼養的動物，必須根據其生理、自然習性及舒適感等需求，提供相應之條件及生存機會。生產及消費的自然環境資源，應該以社會及生態平衡的方式處置，而且必須為未來的時代信託持有。

4. 關懷原則：任何農業生產型態必須是可顧及內部及外在需要情況下的生產體系；任何的新技術，必須檢測對生態體系及生產價值的影響，既有的技術也需要重新評估其適當性。強調預防及負責（對經營、發展、及技術選擇等方面），因單純依賴科學新知不足以履行完整的生產體系，必須配合智慧、傳統及本土經驗，如此始可提出有效的解決方案。

綜上所述，於上期所報導的內容中，唯有「有機農業」可完全符合上述之四項原則；也才能應對聯合國所列舉之17項永續發展目標中，和農業直接有關之八項目標。陳述其理由如下：

有機農業與永續發展（SDGs）的有利關係

1. 恢復土壤的養分與活性

慣行農業的大面積機械化耕耘、化學肥料的施用及砍伐森林等，造成土壤裸露於風雨等氣候因子之侵蝕下，致使全球農業耕地之表土喪失了1/3，土壤中的有機質含量銳減，農民必須使用更多化學肥料，方可維持作物一定產量；反之，有機農業重視增加土壤中的有機質含量，Pimentel *et al.*（2005）經過長達22年比較有機（飼養牲口、實施含有豆類作物耕種的系統）及慣行農業耕作的土壤，其有機質的含量分別為27.9%、15.1%及8.6%；羅德爾研究所（Rodale Institute, 2011）連續30年的田間耕作系統比較實驗，也得到相同的結論，即土壤的有機質增加，因微生物尤其是菌根菌的作用，容易團粒化，通氣性及保水性得以增加，高於慣行農



永續發展的生態原則在維護棲息地，保持生物多樣性。
（提供／李順仁）



減少水質污染是有機農業的優勢強項。圖為北勢溪流流域，大台北最重要的水源保護區。（提供／李順仁）

業水含量15-20%。土壤中的有機質增加1%（重量），依土壤結構的不同，尚能穩定地增加2600-3600加侖（gallon）的可用水量（available water capacity）（Cates, 2020）；每增加1-6%的有機質含量（重量），等於增加土壤5-25%的保水能量（容量）（Hudson, 1994）。

而土壤有機質除可防止養份及水份流失外，也會讓土壤對淹水、乾旱、土壤劣化過程更具忍受性（Dallas *et al.*, 2017）；可降低作物產量的變異性，並讓作物不易受乾旱及氣候極度變化的衝擊（Meemken & Qaim, 2018）；而有機農田土中所含有的植物營養元素，也比慣行農業的土壤高，因為有機質能促進各種微生物及有益生物，如蚯蚓的活性（Meemken & Qaim, 2018），彼等可將土壤中有機質分解、轉化成作物所需的各種營養元素、腐植質，所以生長在土壤有機質多的作物，其所產生的生物量（biomass）、完整的營養成分含量及風味，就會優於慣行農業產品。薈萃分析（meta-analyses）顯示，有

機農田含有較高含量的有機質，衍生出較多的微生物數量及其活性，於是造就成結構、肥力更好的土壤（Meemken & Qaim, 2018; Tuomisto *et al.*, 2012）。慣行農業所生產之糧食所吸收的氮元素，93%源於化學氮肥，而有機農田的土壤則僅提供33%的有效氮，表示有機作物所吸取的氮元素是早已存在土壤中。有機農業對穩定生態系統、土壤、廢棄物之資源再生利用、碳固定，營養循環、提供有益昆蟲及蜜蜂的棲息地等方面，皆顯助益，所以就能讓各種作物產出理想的產品，因此便等同履行了第15項永續農業發展目標，即「保護陸域生態系統的永續使用」。

2.確保糧食安全

羅德爾研究所（Rodale Institute, 2016）報導指出，慣行農業轉型為有機農業剛開始的3至5年，產量會下降；薈萃分析和其他研究也有類似結論，不過若種植多種作物或輪作，可減少產量差距（Ponisio *et al.*, 2015; Seufert *et al.*, 2012），轉型成功以後，甚至於產量會超越慣行農業（Rodale Institute, 2011）；若以開銷計，有機的收益是慣行的二倍（Delate *et al.*, 2015；Rodale Institute, 2016）；此等增產效果在乾旱年代表現得更突出，在4個乾旱的年代中，有機玉米的產量比慣行農業多31%；甚至比耐旱基因轉殖品種高出5-15%（Rodale Institute, 2011）；美國密西根大學的Badgley & Perfecto（2007）根據全球293份學術論文進行薈萃分析，認為有機農民在開發中國家的產量可以是慣行農



民的三倍；水稻以有機方式在馬達加斯加耕種，每公頃可多出6-10公噸；每株有機美洲山核桃在2005和2007年，分別多產出18、12磅（Bradford, 2008）。

有機農業可以增加及穩定作物的產量，並且增強作物對病蟲害的抵抗能力。聯合國曾報導指出，採用完全有機生態農業的生產方式，作物的產量於10年內將比慣行農業者高出一倍，而在貧困地區的產量更高出1.8倍，因為貧困國家的農民利用自然資源製作堆肥，其土壤中的有機質含量增加，植物生長因此而健壯。另一方面，為購買昂貴農藥的借貸減少了，婦女若能參與還可提高產量20-30%，形同減少全球12-17%的饑餓人口（FAO, 2011）。由上述報告可知，有機農業具有增加作物產量潛力，符合解決永續發展目標2之「零饑餓」之訴求。

3.健全的食品安全及營養品質

MaCance & Widdowson（2003）比較分析1991年和1940年的農畜產品，發現其養分都明顯減少。如27種同品種蔬菜的礦物元素（鈉、鉀、鎂、鈣、鐵、銅），1991年的含量比1940年的減少了16-76%；而17種果實的礦物元素（鈉、鉀、磷、鎂、鈣、鐵、銅、鋅）在有機果實中比慣行者多出15%以上，只有磷元素比有機者多2%；各種肉品的礦物質含量，1991年的分析結果都比1940年的少很多，其中以鐵含量減少54%最多，鈣減少41%次之；牛奶及起士的鐵、鎂減少的量最明顯。

任教於英國新堡大學（NewCastle University）的賴福特（Leifert, C.）教授所主持的一項薈萃分析（meta-analysis）結果是有機農產品比慣行者之總含氮量少10%，硝酸鹽低30%，亞硝酸鹽低87%；反之，慣行農產品中所含重金屬的量，如鎘，是有機者的一倍，並且其農藥殘留頻率是有機的4倍以上；另有機農產品中所含有的抗氧化化合物比慣行者多60%；抗氧化物質可降低慢性病風險，如心血管疾病（CVD）、神經衰弱症及癌症等（2014）。Reganold & Wachter（2016）的研究也得到類似的結論，即有機農產品含有較多的抗氧化物、維生素C、 ω -3



有機農業產品對消費者的健康有保障，經濟價值隨之提高，從而增加農民的生產報酬。圖為近年坪林推動友善環境農業所生產之有機茶。（提供／李順仁）

脂肪酸、 ω -3與-6。由此可知有機農業是項可確保、甚至增進人類食品營養價值及福祉的生產型態，符合世界永續發展目標3之訴求。

4.復育遭受破壞的生態環境

生態是有機農業的一項實施原則，強調的是自然生態環境及資源源源不絕循環的過程，排除了慣行農業所採用的化學肥料、農藥及基因轉殖生物，環境中的生物自然多樣化，各種生物在此環境下，也就會演變出生態平衡的效果。

土壤是容易被忽略的碳儲存的場所，實際上，土壤的碳含量，比空中及陸生植物合計的碳含量還多（FAO, 2017），碳整合（carbon sequestration）是指經由各種生物、化學和物理的過程，擷取空氣中的二氧化碳，並以碳的型態長期儲存，而土壤在整合並儲存溫室氣體方面，扮演著主要的關鍵角色；各方的研究一致發現，以有機方式經營的土壤，其中所整合的碳含量，比慣行者多很多。因為有機農業是利用覆蓋作物（cover crop）、利用作物殘體覆蓋土面、使用堆肥、

實施輪作、推行保育性的犁作（conservation tillage）（亦即在土壤中導入富碳的添加物、留住田間的作物殘體、儘量減少對農地環境中之生物干擾、和對土壤的破壞措施等），若全球農業生產皆採用有機農業方式，全球的總溫室氣體排放量將可降低40%（約計210億公噸CO₂e），若再加上牧草及草原均以有機農業方式維護，全球總溫室氣體排放量，將可降低71%（約計370億公噸CO₂e）。實施有機農業不但可以維護，而且能夠增加地上及水中的生物數量及種類，尚可有效地減少溫室氣體的排放量，所以實施有機農業正可呼應世界永續發展目標14「水中生物」、15「陸上生物」、及13「全球氣候變遷」，並予以舒緩，甚至重現生機。

5.消弭環境衛生的惡化

如上所述，實施有機農法後，滲入地下水之化學品，和慣行農業相較，就只會含有微量、或無農業化學物質之殘留現象。而且有機農田含有豐富的有機質，除有助於土壤形成穩定的團粒外，尚可長期地保留住地下水。所以有機農田下的地下水，利於當作漁業養殖及飲用水之用，符合世界永續發展目標6之「清水及衛生」的訴求。

6.消除生物多樣性淪喪的現象

實施有機農業的三大方針之一，就是強調生物多樣性，所以有機農業是恢復自然生物多樣性舊觀的農法。以有機農業方式經營管理的土壤，不但成為植物營養的供應及儲存的場所，同時還具有穩定土壤溫度、固定



近年國民旅遊最夯的司馬庫斯和鎮西堡部落，也是臺灣密度最高的有機農業區。圖為司馬庫斯的部落生態解說。（攝影／李順仁）



土壤中重金屬及農藥的功能，因此在這種土壤肥沃又無污染的狀況下，營造出多46-72%之半自然的棲地，地上的動植物種類也因而增加至少30%，單獨植物的數量也因而可增加50%（Bengtsson *et al.*, 2005）。全球有超過7000種植物是可食用的，均可作為糧食生產之潛在栽培作物源。另外，約有2500種植物可做為生產生質能源之用，而目前生質能源的原料只有使用玉米、甘蔗、大豆、棕櫚油、油菜籽及小麥這6種。所以對於尚未開發及利用的作物，務必格外地留意其保育。植物除可用作糧食作物外，尚可用作酵素、環境保護、醫藥及化妝品之材料，所以近十年根據植物所獲得的歐盟核准之專利件數達上萬件。

在經營有機農業的農田中，其生物量（biomass）比慣行農田中多60%；有機土壤中的生物活性（microbial activity）也比慣行農田高80%（Lori *et al.*, 2017）。因為有機土壤中含有豐沛的微生物及有機質，植物根部的發育特別旺盛，所以地上組織也很健壯，再加上種類繁多，遭到病蟲害危害的情形因而減少。

7.公平合理地考量農民的生產報酬

實施及推行有機農業對提供適當的工作及經濟成長（家庭收入）是種特別有效的方式。首先，有機農業是推行自然資源循環利用，目的在保護自然環境，因此自然受到世人的尊重；而減少對外部來源資源的依靠，降低開銷，直接就表現在增加家庭的收入方面；外加有機農民的勞力付

出比慣行農民多，所以每公頃可增加30%的工作機會；又因必須申請並獲得有機驗證（certification），所以售價較同品目的慣行農業商品高出6-44%，經濟收益也提高。例如吉伯（Gebert）果園經美國農部農業研究服務中心（ARS）輔導種植之有機大胡桃，比起慣行者收益每畝多3,540元（Bradford, 2008）；羅德爾研究所（2011）分析2008-2010年所收集的不同耕種系統所生產農產品的價格資料，扣除成本後，有機農產品每畝年收益是558元，而慣行者為190元。這些都是十分明顯符合永續發展目標8「恰當的工作及經濟成長」的實例。

一般而言，有機農產品所含有的農藥殘留量少或無，對消費者具有食品安全及健康方面的保障；相對地，有機農業生產者為確保信譽，申請相關驗證已蔚為風氣，消費者的信用度增加，生產者的收益必定也隨之增加，形成一互助互利、對社會福利有利發展的關係；所以有機農業是絕對地符合永續發展目標12之「負責的消費及生產」。

8.社會服務

有機農業之生產體系提供了較多的生態系統服務及社會福祉；因其安全性高，對孩童的成長發育、病患的康復、國民的健康，均至關重要，所以英國政府建議有孩童的家庭，每日只需多付一英鎊伙食費，孩童們即可享用有機食物（PRiF, 2017）。C40「世界市長峰會」於2019年10月9-12日在丹麥首府哥本哈根召開，來自94個大城市市長代表七億人與會，共同高度認同聯合國的巴

表1：有機農業與慣行農業之優勢項目比較（Reganold & Wachter, 2016）

有機農業優勢項目	兩者相等	慣行農業優勢
1. 營養品質	1. 產量	僱工稍少
2. 農藥殘留	2. 整體成本	
3. 減少農藥危害機會		
4. 生態系統的維護		
5. 農民利潤		
6. 減少水質污染		
7. 生物多樣性		
8. 減少能源消耗		
9. 土壤品質		

黎協議及永續發展目標。丹麥首府90%的廚房，包括政府單位、市議會、兒童照護中心、學校、退休家庭等都採用有機食材；而在醫院、軍營、及私人工作場所更完全採用有機及對氣候友善的農業產物。丹麥政府經由教育，鼓勵公用廚房的工作人員及社會大眾，採用以作物為基之食物，減少肉類食品的消費，已獲得大量減少食物浪費的成效；丹麥有機食物政策能夠針對氣候變遷、生物多樣性、健康、工作機會、及乾淨的食用水等，若干與永續發展目標有關的項目，發生直接地關聯性，因而帶動了永續發展的正面改變。丹麥政府也宣示在2020年底前，須增加一倍有機農田的面積，這種積極務實的做法，堪為國際之先驅及表率。

結論

有機農業是維護土壤健康、穩定糧食產量、增進食品安全、降低農業所排放溫室氣體的份量、維護生態及生物多樣性、增進農民福祉及提供社會健康衛生等功效的生產型態。有機農業明顯地比慣行農業具有更多的

優勢（表1），是國際間於制訂未來農業發展政策時應持有的思考方向；而於實施有機農業時則必須兼顧各種相關措施，並結合世界各國通力合作的關係，方能儘早有效地呈現出有機農業的功效。

為降低農業對環境造成的衝擊，世人均可輕易做出的貢獻，就是改變自己的飲食習慣，開發新糧食來源及其技術，如新生物物種、微生物及藻類蛋白質之生產。除維護自然環境、水資源、土壤之外，尚應顧及生產環境及「糧食生產景觀」（foodscapes）。

參考文獻：

- [1] Badgley, C. and Perfecto, I. 2007. Can organic agriculture feed the world? Renewable Agriculture and Food Systems 22:80-85.
- [2] Bengtsson, J., Ahnstrom, J., and Weibull, A.C. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. Journal of Applied Ecology 42 (2) : 261-269.
- [3] Bradford, J. M. 2008. Organic Pecans: Another Option for Growers. Agricultural Research magazine, USDA, ARS
- [4] Cates, A. 2020. The connection between soil organic matter and soil water. Minnesota Crop News. March 24, 2020.



- [5] Delate, K., Cambardella, C., Chase, C., and Turnbull, R. 2015. A review of long-term organic comparison trials in the U.S. Sustainable Agriculture Research. 4 (3) : 5-14.
- [6] JFAO. 2011. The State of Food and Agriculture. 160 pp.
- [7] Hudson, B. D. 1994. Soil organic matter and available water capacity. Journal of Soil and Water Conservation 49 (2) 189-194.
- [8] Lori, M., Symnaczik, S., Mader, P., Deyn, G. D., Gattinger, A. 2017. Organic farming enhances soil microbial abundance and activity-A meta-analysis and meta-regression. PLOS ONE 12 (e0180442, doi:10.1371/journal.pone0180442) .
- [9] McCance, R.A. and Widdowson, E.M. 2003 A study on the mineral depletion of the foods available to us as a nation over the period 1940 to 1991. Nutrition and Health 17 (2) :21-55.
- [10] Meemken, E.M. and Qaim, M. 2018. Organic agriculture, food security and the environment. Annual Review of Resource Economics. 10 (1) : 39-63.
- [11] Ponisio, L.C., Gonigle, L. K. ,Mace, K. C., Palomino, J., de Valpine, P. and Kremen, C. 2015. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. Proceedings Biol. Sci. 282 (1799) : 20141396. (doi: 10.1098/rspb.2014.1396)
- [12] PRIF (The Expert Committee on Pesticide Residues in Food of Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK.) . 2017. School Fruit and Vegetable Scheme Report on Pesticide Residues Monitoring: Summer Term 2017. 71 pp.
- [13] Reganold, J. P. and Wachter, J. M. 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. Nature Plants 2 (2) :15221.
- [14] Rodale Institute. 2011. Farming Systems Trial. 13 pp.
- [15] Rodale Institute. 2014. Regenerative Organic Agriculture and Climate Change – a down-to-earth solution to global warming. 24 pp.
- [16] Rodale Institute. 2016. Organic Systems Show Improved Soil Organic Matter; Conventional Remain Unchanged. 5 pp.
- [17] Seufert, V., Ramankutty, N., and Foley, J.A. 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. Nature 485 (7397) :229-232. (doi: 10.1038/nature11069) .
- [18] Tuomisto, H., Hodge, I.D., Riordan, P. and Macdonald, D.W. 2012. Does organic farming reduce environmental impacts?- A meta –analysis of European Research Journal of Environmental Management. 112: 309-320.
- [19] Wagner, M. and Omondi, E. 2016. Nutrient density comparison between organic and conventionally grown oats. Rodale Institute. 6 pp.
- [20] Williams, D. M., Blanco-Canqui, H., Francis, C. A. , and Galusha, T. D. 2017. Organic farming and soil physical properties: An assessment after 40 years. Agronomy Journal 109 (2) : 600-609. 吳文希



吳文希小檔案

美國康乃爾大學博士；曾擔任本校教授、植病系主任、農學院院長等職；教研「生物防治」及「有機農業」等課題；首先出版《植物病理學》、《植物病害防治學》、《有機農業》三冊大學用書，及五冊大學參考書；發表 300 餘篇論文；曾獲得七項專利及本校教學優良、傑出獎；曾擔任數屆「國際植物病理學會」及「國際種子檢查協會」之學術性服務工作；國際會議主題演講數次，兩岸專題演講近百次；在國內發起成立「中華民國植物病理學會」。現任本校名譽暨兼任教授，擔任本校學術發展基金會監察人、「中華創新發明協會」榮譽理事長，及「臺灣有機消費者協會」名譽理事長。