

全球農業環境趨勢

前言

世界農業的發展不僅已遇上人口增加、經濟增長需求、農業技術進步、自然資源限制等變化和挑戰，且受到國際市場與農產品貿易全球化的影響，逐漸轉型為新的發展型態。而面對耕地減少、水資源短缺、生態環境惡化、全球氣候變遷等威脅，農業永續發展的制約將更加嚴峻，加上糧食安全問題悄然浮現，世界各國莫不把農業議題列為施政重點，也因農業議題受重視之程度日漸提高，各國投資於農業產業金額也逐年提升，歐、美甚至是亞洲國家紛紛尋求新興國家如印尼、越南等國來進行農業生產的規劃。

為了因應環境情勢的快速變化，茲將全球農業趨勢分為七大方向，包含全球氣候變遷、生質能源與資源、全球糧食供給狀況、經貿自由化、新興國家中產階級興起、資通訊技術創新以及現代生物技術應用等項目，透過資訊的蒐集，提供各方向中全球農業的現況及未來可能發展的趨勢，並藉由農業科技研發議題與相關政策之研析，提供臺灣農業能因應整體趨勢變化與未來需求，發展相關技術達成農業轉型之目的。

一、全球氣候變遷

聯合國跨政府氣候變化專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change，以下簡稱 IPCC）分別由 1990、1995、2001 及 2007 年所提出的四份報告中明確表示，自工業文明發展以來，人類活動已顯著影響全球自然環境系統，1950 年之後更是快速升高。當人類活動對於地球環境造成各種影響，超越地球動態平衡的臨界點，便會引起各種快速、非線性且難以預測的物理、化學及生物的變遷，其中以大氣的變化最為顯著，特別是全球暖化（global warming）的現象。

氣候變遷意謂全球氣候系統的改變，是以世界為框架的全面變遷，

造成的衝擊發生在世界各國，且擴及所有領域與議題，超越國家與地理界限，已是全面性的「人類安全」議題。因此，不能再以傳統的行政與領域分工模式思考氣候變遷的因應之道，必須以跨越部會分工的思維面對這前所未有的衝擊。全球氣候變遷現象已經明顯發生，主要包括溫室氣體排放持續增加、大氣組成改變、溫度升高、全球氣候運作模式改變等。氣候變遷造成全球水資源缺乏，降雨與蒸發散的強度升高；在氣溫方面，地球升溫造成熱浪發生機會升高，部分地區將變得更乾旱；此外，熱帶氣旋發生的機會升高，加上全球海平面上升，可能造成嚴重的災害。

(一)生態系統及生物多樣性

地球系統是由包含地殼、土壤、水、空氣，以及各種大大小小的生命體所組成的。它是一個「動態」，而且「活」的系統。當生態系統受到氣候及環境變遷的影響而發生變化時，可能發生的現象包括動物的異常遷徙、植物開花季節的改變、寒帶地區河川的提早解凍、農業生產力的改變以及一些天然災害，像是植物病蟲害和傳染病、疫情爆發的頻率改變。同樣的各種生物的活動，特別是人類活動，所造成的空氣、水污染及地貌和地形的改變，也會直接或間接的影響大氣組成與氣候趨勢，甚至改變氣候型態，導致生態系統改變。當生態系內某個環境的溫度和降雨類型由於氣候變遷而變化時，隨著環境條件的改變，某些類型的生物棲息地會受到影響而消失，瀕臨絕種的生物因為棲息地的改變，將承受更大的壓力，而外來物種卻可能因而得到更多的棲息地。

(二)極端氣候

氣溫上升的結果會導致氣候異常的各種現象，除了使乾旱、洪水等的極端異常氣候的發生頻率增加以外，也會因為氣候型態的變化，影響到水文循環，而改變地形及地貌，導致生態環境的急遽變化，農業的生產也因而受到影響，甚至直接或間接地影響

人類健康。極端氣候異常發生的次數，也由 1950-1960 年間的 13 次，增加到 1990-1998 年間的 72 次。在一些小型島嶼國家中，每 10 年溫度上升 0.1℃，海平面上升 0.2cm。此外，太平洋及加勒比海區域溫度上升的程度，也比其他地區更加嚴重。根據 2007 年 IPCC 的預測，到了 21 世紀末，全球的平均溫度將增加攝氏 1.8~4.0 度。由於溫室氣體濃度長期且大幅上升，形成地球暖化之現象，改變了地球的氣溫，更加速了氣候的變遷。

(三)水資源

地球之所以能成為各種不同生命形式所生存環境，就是因為地球有水、大氣、地熱，以及由太陽提供能量，而成為了一個能夠維持循環不息的環境。水是文明的起源，人類的歷史能夠發展並持續下來，適當的水源和良好的氣候扮演著非常重要的角色。

1.全球水資源變化趨勢

氣候變遷對水資源的衝擊可由圖 1 說明。其中衝擊因子分作三大類：降雨強度增加、不降雨日數增加與溫度上升，而未來因氣候變遷衝擊下可能無法滿足用水需求，使得乾旱風險增加。

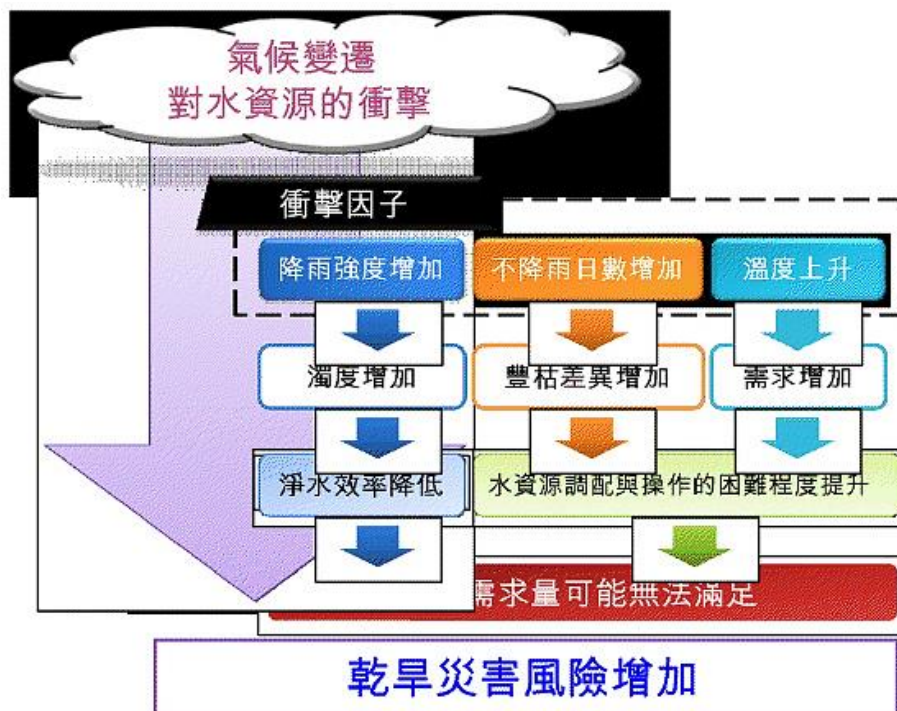


圖 1. 氣候變遷對水資源的衝擊

資料來源：氣候變遷調適資訊平台

(1) 亞洲

IPCC 報告指出，暖化趨勢和極端氣溫事件已在亞洲大多數地區出現，包括暖日增加、冷日減少，平均溫度上升、以及降水量變化度提高等。預計到 2020 年，亞洲將有 12 億人面臨水資源不足的威脅。水資源短缺對人類健康有很大的影響，包括營養不良、致病菌或化學感染以及由於水源污染和非受控水源再利用所可能帶來的傳染病。在氣候變遷與都市、工業與經濟發展的多重壓力共伴之下，吃緊的自然資源與惡化的環境將削弱大部份亞洲開發中國家的永續發展能力。

水資源匱乏將是亞洲許多地區的重大挑戰。目前科學家尚未能精確推測次級區域規模 (subregional scale) 的降水量變化與淡水可利用性。觀察降水量的改變與冰川消融狀況也多因地而異。但在人口成長與生活水準提高的前景之下，亞洲許多地區的用水需求將會大增，而更易引發缺水危機。

(2) 歐洲

歐洲對氣候變化的敏感性有明顯的北-南梯度差異，依據世界衛生組織 (WHO) 統計，至 2010 年止全球已發生超過 1,200 件大型自然災害，在歐盟已造成 2,410 億美元的損失，11 萬 2,000 人死亡。氣候變遷對水資源、農業、空氣品質、食品與能源安全等方面皆已產生影響。例如水資源方面，南歐與中亞地區水資源短缺日益嚴重，預估至 2070 年歐洲約有 1.64 億人口將受到缺水問題影響。由於生產容易受到氣候影響，中歐地區農產品因氣候變遷的影響，預估於 2050 年將減產 30%。

歐盟委員會宣布執行一項拯救歐洲水資源的行動計畫，制定「歐洲水資源安全藍圖 (Blueprint for Safeguarding Europe's Water)」，將不同地區水資源蘊涵與利用的情況，因地制宜訂定出合理的目標與步驟，例如：擁有豐富水資源的芬蘭，其策略與目標將與目前已嚴重缺水的塞浦路斯明顯不同。因此，具體水資源節約計畫將細分至地區或流域等級，以因應各地不同的地理水文與經濟開

發狀況。過去，工業與農業部門的用水常得到政府補貼，這項作法未來將有很大的轉變。執委會將設計一套公平的機制，將水資源使用與污染等外部成本加以內部化，使各部門和地區的使用者擁有足夠的誘因來節約用水，以及提升水資源使用效率，以達成水資源永續利用的目標。目前，農業部門用水約占歐洲整體消耗量達三分之二，因此，其被認為是節約用水最有潛力的部門。同時，其它多項節水措施也正被考慮，例如：改善老舊輸水管路的滲漏問題；在某些地區，水資源於運輸過程中洩漏流失的比例竟高達 50%。

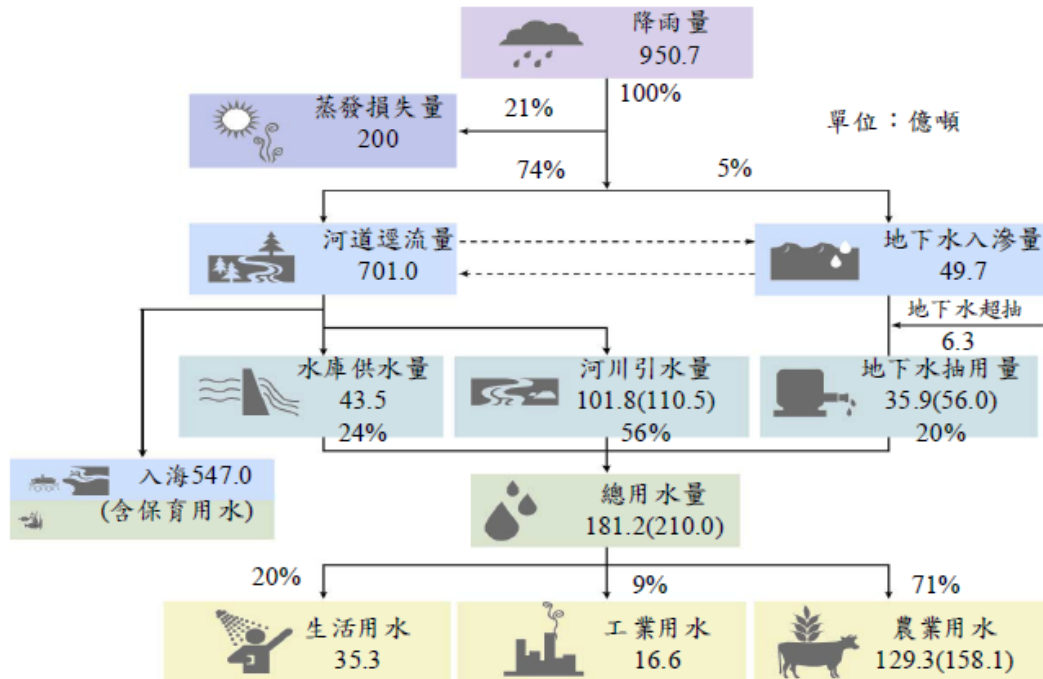
(3)北美洲

氣候變化將限制北美洲已過度消耗的水資源，也加劇了農業、城市工業和生態之間的用水爭奪。預計這一區域氣候變化的一些最重要的社會和生態方面的影響是源於地表和地下水水文的變化。

由於未來暖化的速度加快，預期北美洲大部分人類居住的區域、農業用地上雨水在時間、數量、品質和空間分佈上的變化。儘管上述水資源的一些變化在北美洲大部分地區確實如此，但氣候變化對徑流、河道流量和地下水回灌的影響存在高的區域變率。在加拿大和美國，資源和地理的變化也加劇了可能的影響、脆弱性以及適應能力的不均衡分佈。

2.我國水資源現況與氣候變遷情形分析

臺灣的水資源利用(圖 2)從蒸發、利用及入海之三項比例而言，排入大海的比例相對而言是少的。若從增加水資源及使用效率的角度來看，蒸發的 21%是我們不可掌控的部分，而被利用的 21%以及入海的 58%水資源的利用或分配則是我們可以進一步探討的部分。



註：()為含非水利會及非台糖農場灌區用水

圖 2. 臺灣的水資源供需狀況

資料來源：經濟部 102-106 年水資源領域行動方案

就可利用的 21% 水資源而言，主要是以水庫、河川引水、地下水等三大來源為主，但是水庫的淤積、管線及農水損失、水質汙染、地下水超抽等都使得我們在水資源的利用方面在先天條件之外隱藏著更多的缺水的危機。主要的問題包括：

- (1) 水庫淤積：國內的國內水庫大都呈現淤積嚴重的現象，其中又以霧社 56.0%、谷關 59.1%、烏山頭 49.3% 之三個水庫的泥沙淤積最為嚴重。北部重要的石門水庫亦高達 30.9%，南部曾文水庫亦有 22.2% 的淤積比率。
- (2) 管線滲漏與損失：我國自來水漏水率偏高，2010 年調查數據發現，全臺年用水量約 39 億噸，漏水率約 20.5%，一年漏掉約 8 億噸用水，每年光是漏水就漏掉 3.6 座石門水庫，足見問題的嚴重性。
- (3) 農水圳路渠道用水損失：根據全國各農田水利會 93 年、94 年灌溉計畫書中「全國各水利會所屬的圳路渠道損失水量表」顯示，全國平均的農水渠道損失，例如蒸發或流失等，共約 30%。其中

又以臺中 39%、雲林 41%及臺東 45%等渠道損失之比例最高。

(4)水質汙染：以各年度平均值而言，臺灣受輕度以下污染河川比率約 74%。換個角度而言，臺灣在水資源缺少之下，有 26%的河川水質是必須被進一步監測或需進行水質改善。

(5)超抽地下水：由圖 2 可知，臺灣地下水抽用量的 20%中有 6.3 億噸是屬超抽之額度，尤其民國 70 年以後，隨著沿海養殖漁業的發展、工業區大量開發，養殖和工業用水急遽跳升，地下水也因此造成大量超抽，造成不可回復的地層下陷，在臺灣的中南部，尤其是彰化、雲林、嘉義、臺南及屏東等五個地區最為嚴重。

臺灣是一個山高水急地質脆弱的海島，面對全球氣候變遷的脆弱度很高，過去百年來，臺灣平地平均氣溫已經上升了 1.4℃，近 30 年氣溫增加明顯加快，每 10 年的上升幅度為 0.29℃，幾乎是臺灣百年趨勢值的兩倍。熱浪發生頻率及持續天數明顯增加，降雨日數明顯減少，單日降雨量增加，豪大雨日增加。中央氣象局預測，21 世紀末臺灣平均溫度將比 2000 年增加 2.3 ℃；平均降雨量約增加 7%，中南部及東部旱季(11 月~4 月)，無雨日數出現機會增加。未來臺灣極端氣候事件的強度與頻率都大幅升高，侵襲臺灣的颱風威力將更為巨大。

參採 IPCC 第 5 次氣候變遷評估報告(AR5)建議氣候變遷減緩策略，臺灣在農業上也可同步強化之方向：

(1)建議我國現行的「國家節能減碳總計畫」加強系統性與跨部門的減緩策略，以有效且具成本效益地減少排放。

(2)加強以技術、栽培方式與管理對能源使用與排放之影響力為導向的節能減碳措施，從行為改變，有效減少能源需求與改變能源消費習慣。

(3)建議隨著太陽光電技術的成熟與成本的下降，擴大太陽光電在農業設施上的運用。

(4)持續發展 CCS 技術，研究並評估生物能源與碳捕獲和儲存 (BECCS)的可行性與減碳效應，並觀察國際 BECCS 的進展與應用效應。

(5)建議強化並擴大最環保與最具成本效益的農業技術與設施標準措施，進一步提升農業減碳。

由此可知，對臺灣而言，氣候變遷是一個新的國家安全重要課題，攸關後代子孫福祉，我們必須確實因應。

二、生質能源與資源

能源乃經濟成長與發展之基本驅動力，但因能源開發與推廣勢必產生大量溫室氣體，造成地球暖化問題，故能源、經濟及環境，三者之間具有密不可分之關聯性。

生質能源係透過植物直接利用太陽能、水分和二氧化碳轉化為能量，在整個自然生態體系中，對二氧化碳的產生與消耗的過程，可視為一個完整的封閉系統，具有近乎無污染及二氧化碳排放量等特點，除了提供人類生活所需的能源外，亦兼具環保功能，技術可行性高，且具可再生性，因而引起諸多國家的關注。

2013 年生質能源在全球需求量仍持續增加中，除了用於供熱和發電上，交通運輸和固定應用所需的液體和氣體生物燃油產量也持續上升。用作能源目的的生物質總量中約有 60%屬於傳統生質能源，包括木材（部分轉變為木炭）、農作物剩餘物和動物糞便(圖 3)。生質能源主要分為為固體及液體形態，包括燃料木炭、木材以及生物柴油和乙醇，已經普遍在國際貿易中進行大量的交易。

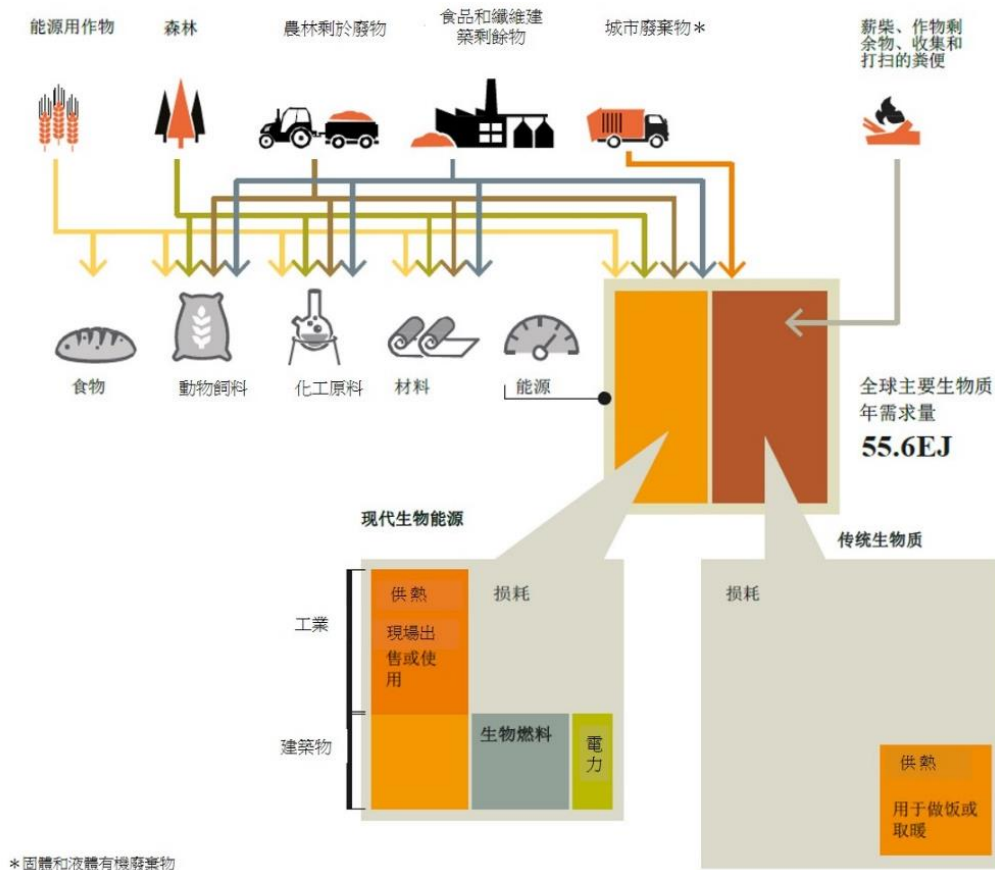


圖 3. 生質能源資源和能量途徑

資料來源：REN21 可再生能源 2014 全球現況報告

(一)各國生質能源政策及發展概況

1.巴西

巴西是全球使用酒精燃料的先驅，也是發展生質能源最成功的國家。1973 年第一次石油危機爆發，巴西政府基於能源安全，並考量促進農業發展及增加農業就業機會，於 1975 年開始推動以生質酒精汽油替代石化汽油的計畫，期能增加生質酒精出口並減少石油進口，以達到貿易平衡，同時藉由綠色能源的發展，保障農民收益及保護國內環境。

1991 年，巴西規定國內所有汽油必須添加固定比例的無水生質酒精，自此該國成為全球唯一不提供純石化汽油的國家。此外，產業發展初期，巴西政府對甘蔗提供保價收購，但該補貼政策並未持續，目前巴西生質酒精為自由市場。補貼取消之初期，生質酒精產業雖面臨嚴重萎縮，但仍持續研究酒精生產技術之提

升，以降低生產成本，使巴西生質酒精得以維持其在國內及國際市場之競爭力。

整體而言，巴西的自然環境條件適合甘蔗生長，且勞動力便宜，有利於推動屬於高勞力密集度的生質酒精產業發展，在政府產業政策方面，初期提供保價收購及價格支持，並透過強制國內汽油添加生質酒精的方式來擴大需求，均有助於產業之穩定發展。儘管有優良的先天條件及產業政策之支持，持續研發提升酒精生產效率的新技術，降低生產成本(表 1)，才是巴西生質酒精產業成功的主要原因。

表 1. 不同地區生質酒精產製成本比較 (單位：元/公升)

| 產地 | 原料別 | 原料成本 | 其他成本 | 生產成本 | 總成本 |
|-------|-----|-------|------|-------|-------|
| 美國加州 | 玉米 | 9.92 | 5.79 | 15.71 | 13.57 |
| 美國夏威夷 | 甘蔗 | 11.17 | 6.52 | 17.69 | 14.20 |
| 美國 | 玉米 | 9.76 | 4.74 | 14.50 | 14.50 |
| 巴西 | 甘蔗 | - | - | - | 10.56 |
| 臺灣 | 甘蔗 | 25.39 | 4.78 | 30.17 | 29.21 |

資料來源：「生質能之生命週期評估－以甘蔗之栽種與利用為例」張智淵(2006)。

(註)生產成本=原料成本+其他成本

(註)總成本=生產成本－副產品收益

2. 美國

美國 2005 年公布之「能源政策法案」，於再生燃料標準規範中，要求在汽油加入特定數量的可再生燃料逐年增加，至 2012 年生質燃料使用量達 75 億加侖；美國政府復於 2007 年 1 月宣示「10 年減 20」(Twenty in Ten)計畫，10 年內透過強制使用生質酒精和其他替代能源，達成減少汽油消耗量 20%；至 2017 年可再生燃料替代燃料必須達到 350 億加侖，並達成自中東進口石油減少 75%之目標；預計 2020 年生質能源占總能源使用約 20%(表 2)。

目前美國國內以 10% 生質酒精混合 90% 石化汽油的 E10，及 85% 生質酒精混合 15% 石化汽油的 E85 為主要產品。2003 年國會立法要求在未來 10 年，每年要在石化汽油中添加 50 億加侖的生質酒精。此外，部分州政府強制境內提供添加生質酒精的混合燃料，另有部分州政府則僅強制公務車必須使用生質酒精混合燃料。除了推廣生質酒精，美國同樣也重視生質柴油的發展與應用。1990 年潔淨空氣法案與 1992 年能源法案，將生質柴油納入保護與推動的品項，擴大生質柴油的市場需求；1998 年能源法案，允許使用以 20% 生質柴油混合 80% 石化柴油的 B20；2004 年通過生質柴油課稅優惠措施，每添加 1% 的生質柴油可減免 0.1 美元的聯邦消費稅，以獎勵柴油車轉而使用生質柴油。

美國的生質柴油以黃豆為主要原料，1999 年產量為 50 萬加侖(1 加侖約為 3.785 公升)，2004 年約為 3,000 萬加侖，2005 年約為 7,500 萬加侖，2006 年則達到 1 億 4 千多萬加侖，顯示美國生質柴油的市場正處於快速成長。

表 2. 美國及歐盟生質能源利用現況與目標

| 美國 | 年 | | | |
|---------------------|--------|-------|--------|-------------|
| | 2004 | 2010 | 2020 | 2030 |
| 生質能熱電 ¹ | 3 % | 4 % | 5 % | 5 % |
| 生質燃料 ² | 1 % | 4 % | 10 % | 20 % |
| 生質化學產品 ³ | — | 12 % | 18 % | 25 % |
| 歐盟 | 年 | | | |
| | 2001 | 2005 | 2010 | 2020 |
| 生質能熱電 ⁴ | 7.5 % | — | 12.5 % | 26 % (2030) |
| 生質燃料 ² | 1.4 % | 2.0 % | 5.75 % | 20 % |
| 生質化學產品 ³ | 8~10 % | — | — | — |

註：1. 佔全部熱電利用配比；2. 佔全部運輸用油配比；3. 佔所有化學產量配比；4. 佔再生能源熱電利用配比

資料來源：美國農業部、歐盟執委會

3. 德國

德國國內並無油田，在 1970 年代石油危機期間，深受油價飆漲之苦，故推動替代性能源不遺餘力，其中在水力及風力發電的成效上尤其顯著。在生質能源的發展方面，由於地理環境及氣候等因素，較適合種植油菜而非玉米或甘蔗等醴類作物，故引導

國內休耕或廢耕之農地種植油菜，利用油菜籽榨油製取生質柴油，此外德國優異的柴油引擎生產技術，也是其選擇發展生質柴油的原因之一。

德國生質柴油 1998 年產量約 5 萬公秉，2004 年產量為 110 萬公秉，2005 年產量已達 190 萬公秉，2006 年產量初估達 300 萬公秉以上，近乎占全球一半的產量。由於對油菜籽的需求量甚大，東歐國家也將部分農地改種油菜，將油菜籽收集後賣給德國石油公司榨油，有助於改善農民生活與收入。

在政策方面，1998 年德國政府訂定隨油徵收環境稅以減緩地球溫室效應，但對生質柴油採取免徵燃料稅的獎勵措施，使得生質柴油的售價低於石化柴油，促使消費者改用生質柴油。惟自 2006 年 8 月起，德國政府基於財政因素，開始對生質柴油實施課稅，此舉已對生質柴油市場之發展造成影響。雖自 2007 年 1 月起將強制銷售混合生質柴油的石化柴油，但據估計這只產生每年約 150 萬公秉的生質柴油需求量，約為目前產能的二分之一，使得部分生質柴油精煉廠必須減產甚至停工。

4. 歐盟

歐盟為全球第二大能源消費經濟體，有一半的能源是由國外進口，加上歐洲強烈的環保意識，因此安全供應和永續經營就成為其能源政策的核心。再生能源是屬自產乾淨能源，因次深受歐洲青睞，投入大比研發經費，使歐洲成為全球再生能源發展最迅速的地區，另訂制了生質燃料在 2015 年的能源結構和燃料比重為 8%。歐盟的能源政策兩大主軸是提升能源效率和發展在生能源，以此增加安全供應，減少能源消耗與進口與促進環保效益。

歐盟鑑於未來的能源發展趨勢，將邁向氫經濟（Hydrogen Economy）時代，故將原本生產剩餘的歐洲小麥和甜菜，預計透過生物科技開發出燃料電池（fuel cells）所需的氫原料-生物酒精。

(二)臺灣可借鏡之處

能源是國家經濟發展的命脈，臺灣為自產能源匱乏的海島型國家，在國內方面，目前我國約 98% 的能源仰賴進口，故能源施政方向與推動措施對於我國經濟活絡情勢與穩定能源供應具有舉足輕重的地位。我國能源供給快速成長，過去 20 年來年平均成長率約 3.84%，至 2013 年已達 14,314 萬公秉油當量，其中近九成的能源供給來自石油、煤炭及天然氣等化石燃料。化石燃料密集的能源供給結構使臺灣的 CO₂ 排放量節節攀升，根據 IEA 統計，2011 年台灣 CO₂ 總排放量達到 2.65 億公噸(圖 4)，占全球排放量 0.84%，每人的平均排放量則達到 11.31 噸/人，遠高於全球平均 (4.5 噸/人)。

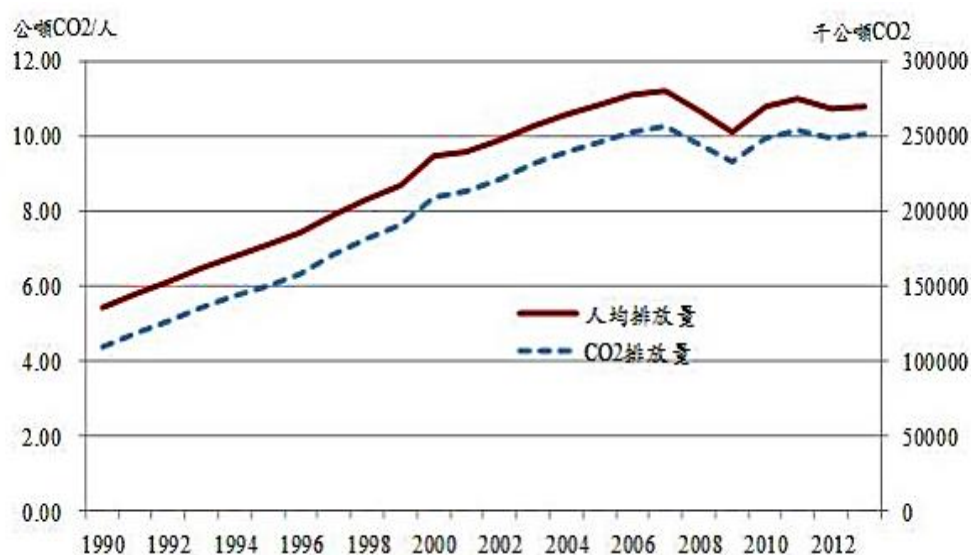


圖 4. 燃料燃燒 CO₂ 排放量與人均排放趨勢圖

資料來源：經濟部能源局 2014 年 6 月

我國於 2010 年推動生質能源發電 741MW(約占全部發電容量配比的 1.44%)(表 3)，並推廣生質柴油及酒精汽油的發展利用(表 4)，包括 2010 年達 10 萬公秉生質柴油及 2011 年 10 萬公秉生質酒精。

表 3. 我國生質能源利用於發電之現況

| 生質能類別 ¹ | | 2006年10月 | 2010年 |
|--------------------|-------|---------------------|--------------------|
| 發電種類 | 都市廢棄物 | 528.8 MW | |
| | | 1 t/hr (處理量) 固態衍生燃料 | |
| | 沼氣 | 23.0 MW | |
| | 農工廢棄物 | 67.5 MW | |
| 發電裝置容量總計 | | 619.3 MW | 741 MW |
| 生質柴油 ² | | 1,300 kL | 100,000 kL |
| 生質酒精 ² | | — | 100,000 kL (2011年) |

註：1.熱利用方面每年約0.434 MKLOE(百萬公秉油當量)；2. 行政院第3010次會議決議

資料來源：工研院能環所

表 4. 生質能源類型及產品應用範圍

| 生質燃料 主要組成 | 生質酒精 | | | | | | | | | | | 生質柴油 | | | |
|--------------|------|----|----|----|-----|----|----|-------|----|----|----|------|----|-----|----|
| | 糖質 | | 澱粉 | | | | | 纖維及其他 | | | | 脂質 | | | |
| 生質作物 | 甘蔗 | 甜菜 | 甘藷 | 稻米 | 甜高粱 | 玉米 | 木薯 | 蔗渣 | 乾草 | 木材 | 海藻 | 油菜籽 | 大豆 | 向日葵 | 海藻 |

資料來源：行政院農業委員會農糧署

由上述各國再生能源政策，臺灣應學習之方向有：

1. 提升能源自主與安全

臺灣具有豐沛的再生能源，例如：太陽能、大型風力發電、生質能，以及海流、波浪與潮汐發電的海洋能等，開發再生能源技術，將有利潔淨能源自主的開發與應用，提升我國的能源安全性。

2. 減少溫室氣體排放

臺灣的二氧化碳排放全球排名第 18 位，溫室氣體排放嚴重，而主要汙染來自能源的生產與製造，因此減少溫室氣體排放遂成為我國能源政策的另一項重點。

3. 建立生質能源產業

由於全球氣候變遷所引發的嚴重問題，目前各國無不致力於新興潔淨能源的開發，臺灣農業應推動生質能源產業方案，投入具產業化條件的燃料開發以及儲能技術，將生質物轉化為類似煤、油、天然氣的衍生燃料，易於儲運並可擴大應用範圍，提高能源效率，降低汙染，同時可與資源回收再利用系統結合，並節省廢棄物處理成本，使生質能技術極具市場競爭力。但其應用的成功與否仍有賴

料源供應(supply)、產品品質(quality)以及成本(cost)三個支柱才能架構起我國通往成功應用生質能源之路。

4.提升能源使用效率

提升能源使用效率可減少國家的能源密集度，改變能源需求結構，進而提升經濟競爭力，例如：使用節能的照明設備建立農業設施中高效率的先進光源系統及節能管理技術。

透過解析可了解全球再生能源發展脈絡，關注全球各經濟體之聯繫與貿易活動，亦檢視我國推動生質能源技術的發展需求及潛力，希望藉此對全球能源發展現況與推動方針作一了解，作為我國在能源供需與農業科技政策擬定之參考。

三、全球糧食供給

(一)全球糧食永續

全球氣候變遷、環境急遽惡化，可能發生高溫、乾旱、蟲害、降雨量型態改變、極端氣候發生頻率及極強度增加的情況下，對農業生產與生物多樣性造成衝擊，導致糧食作物生產不穩定、品質下降，根據聯合國跨政府氣候變遷專門委員會 (IPCC) 的報告，地球溫度如上升 4°C，大部分作物產量均將大幅下降，加上能源日益枯竭，作物往往移為生質能源之用而危及糧食安全，此外新興經濟體崛起，糧食生產與消費同時發生結構性的調整，致使糧食供應吃緊，糧食價格屢屢攀高。

各國該如何在推動經濟發展與減少環境壓力下，在 2050 年養活 96 億人口呢？這是未來 40 年要面臨的重要課題之一。以世界資源研究所、聯合國環境署、聯合國開發計畫署及世界銀行一同出版的「2013-2014 世界資源報告：創造一個糧食永續的未來」報告書內所提各項可能造成全球糧食危機的原因進行分析：

1.因人口爆炸而糧食需求遽增

2012 的世界人口約 70 億，將於 2050 年達到 96 億，隨之而來的糧食問題、鄉鎮發展、碳排放與環境保護等問題。近來研究指出，如果全球需求不變，2050 年所需食物熱量相較 2006 年高出 60%，將會是這個時代最大的挑戰，這段時間的人口增加有超過一半來自撒哈拉以南的非洲，而當地現在有四分之一的人口營養不良。

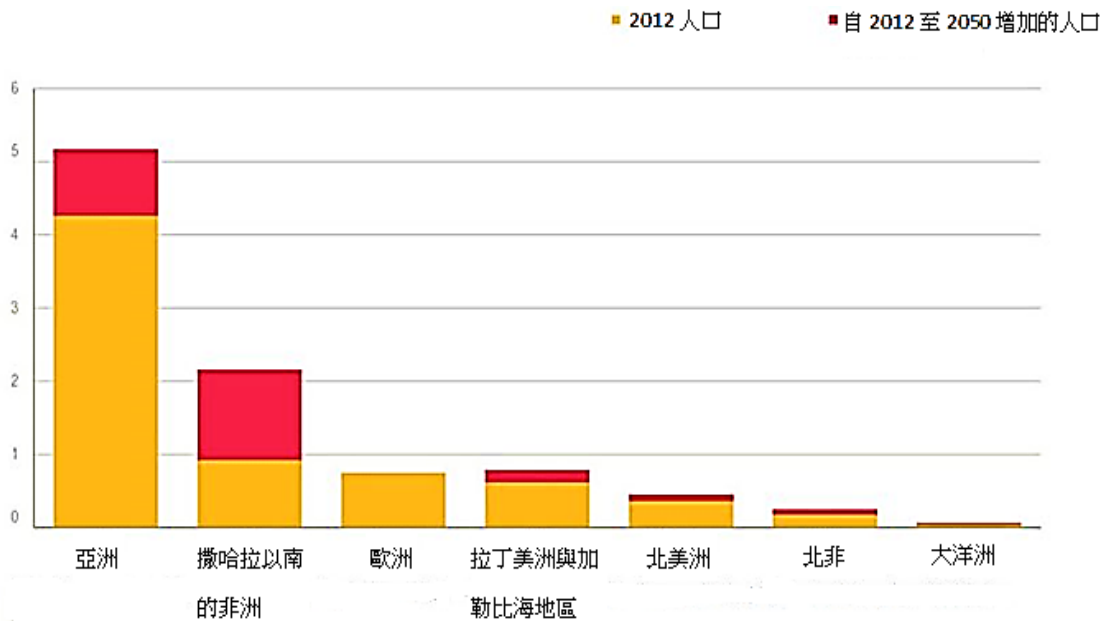


圖 5. 預計人口增長趨勢圖

資料來源：OECD-FAO 2014-2023 農業展望

2. 飲食習慣改變

除了人口增加，中國、印度等國的肉類與牛奶的人均消費量也在增加，歐盟、北美、巴西、俄國的消耗量也將居高不下。而生產肉類與牛奶所需資源比糧食作物更增加不少。未來 10 年，肉類和乳製品的消費需求將會大幅度增加，因為開發中國家較高的收入水準和不斷提高的城鎮化消費水準，消費者有條件增加對膳食中蛋白質的需求，減少澱粉的攝取量(圖 6)。



圖 6. 開發中國家的肉類和魚類消費將增加

來源：糧農組織和經合組織秘書處

3. 糧食分配

僅靠改善糧食分配並不足以解決糧食問題。假使將 2009 全年所有的糧食平均分配給 2050 年全球的人口，再以一人每日需 3000 大卡的標準衡量，平均每人每天仍缺 974 大卡。

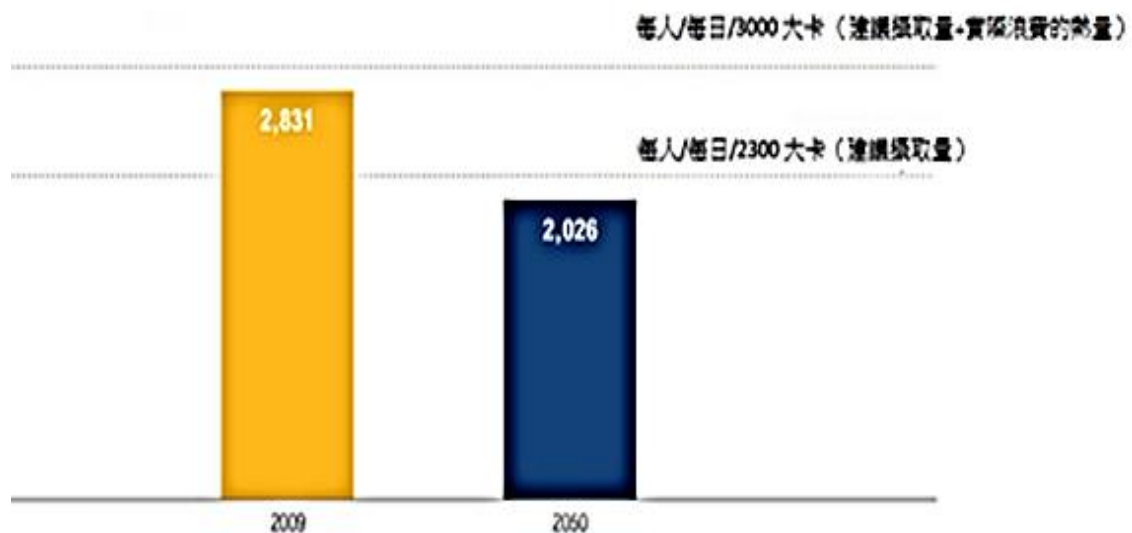


圖 7. 2009 年生產糧食平均分配給 2050 年預估人口結果圖

資料來源：Creating a Sustainable Food Future

落實減少糧食損失與浪費，世界上大約有四分之一的糧食是被浪費的，原因是農地的損失與餐桌的浪費。將糧食損失與浪費的比率降低一半，就能將糧食供需落差在 2050 年時填補 20%。

4. 農業的環境足跡

以全球性的觀點來看農業問題，目前農業面臨著糧食需求不斷增加，但卻同時需承受農業土地資源不斷減少的困境，如水土保持不良使土壤流失減少了可耕作農地的面積；空氣及水汙染日益嚴重，損害了農作物的生長；土壤的酸性沉降問題；臭氧層破壞所造成的紫外線輻射增加，皆會對農業生產造成傷害。農業生產環境是重要的自然資產，保護農業生產環境是追求永續發展的重要基礎工作。

5. 氣候變遷與水資源問題加重糧食安全問題

氣候變遷對糧食生產有很負面的影響，特別是世界上糧食最短缺的地區，例如撒哈拉以南的非洲地區。需要降低人類活動對環境的影響，2010 年的溫室氣體排放約有 24% 是來自於農業，主因為熱帶森林的被砍伐；此外，農業從河流、湖泊和地下蓄水層亦提取約 70% 的淡水(圖 8)。

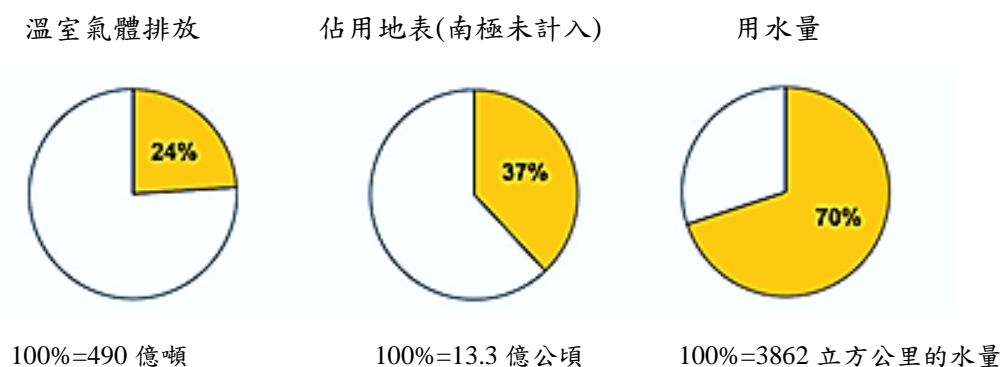
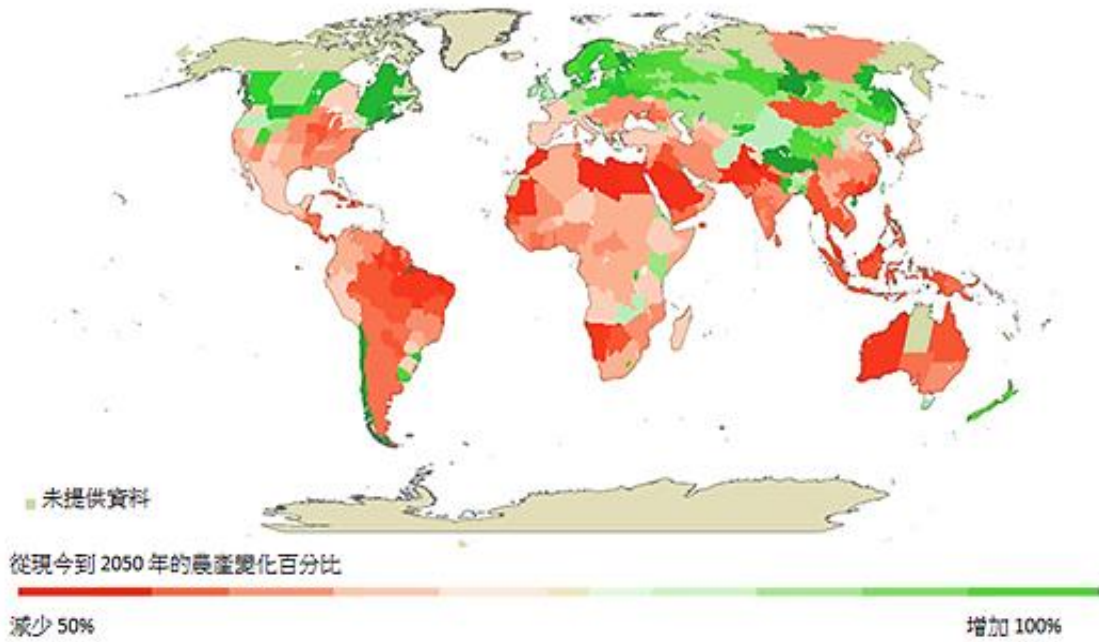


圖 8. 全球環境衝擊中農業所佔比例

資料來源：Creating a Sustainable Food Future

2050 年水的需求量增加與溫度的上升，將進一步增加許多農業地區的用水壓力(圖 9)。

大多數研究指出氣候變遷會對農產有不利影響（全球溫度比現今高三度的影響）



用水量增加及溫度升高將使許多農業地區的水源更吃緊（根據 IPCC scenario A1B）

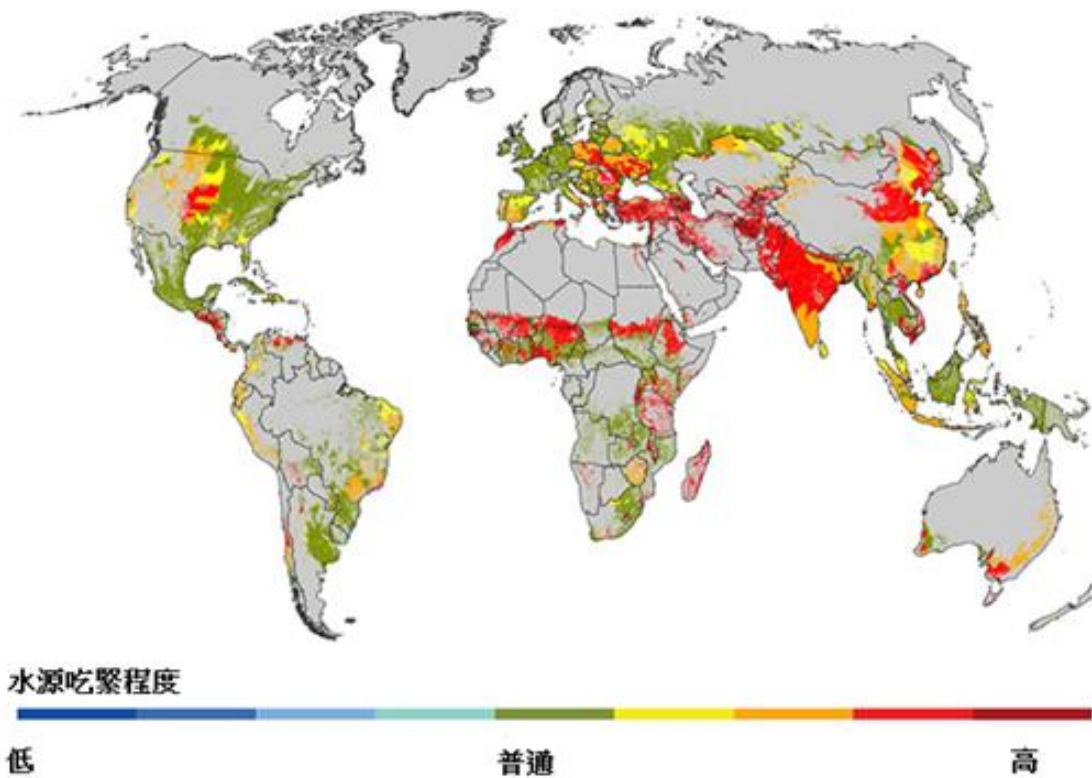


圖 9.全球農業區溫度對產量，以及水源需求改變圖

資料來源：Creating a Sustainable Food Future

6.糧食與能源的關係

穀物依然是人類營養的核心，但是它們的角色一直在改變，預計未來 10 年這種改變將繼續。從全球來看，食用消費依然是穀物的最重要用途。預計 2023 年穀物的食用消費需求將達到 12 億噸以上，比 2011-13 年平均水準增加了 1.5 億噸（圖 10）。飼料需求增長最快與人們膳食偏好的轉變是一致的，預計在 2023 年，將大約增加 1.6 億噸的飼料需求量。經歷過去 10 年的快速發展之後，目前燃料乙醇消費量占全球粗糧消費需求量的 12%，然而，預計未來 10 年玉米乙醇需求將會明顯下滑，因為美國對玉米燃料乙醇生產有一定限制。

基於飼料的強勁需求，粗糧的消費需求量將會增加 20%。作為主要的食用產品，小麥需求預計在未來 10 年將增加 12%。同時稻米消費將增加更快。

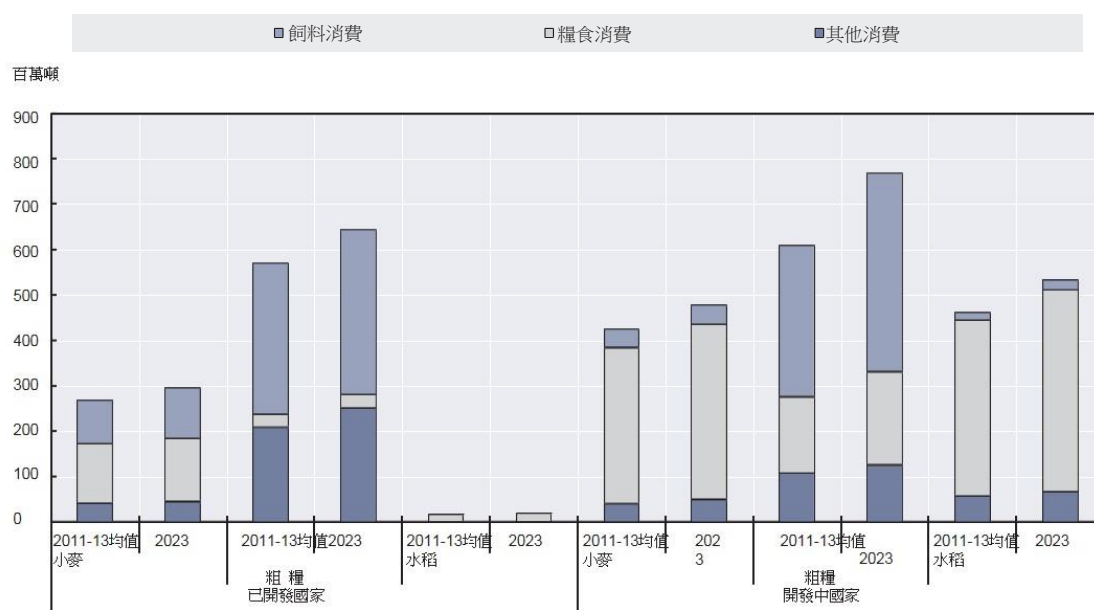


圖 10. 農作物的多功能性日增 已開發國家和開發中國家的穀物消費

來源：糧農組織和經合組織秘書處

未來糧食生產與能源的關係變得密切，栽植生質燃油作物佔去農產與農地，已有些國家的政府計畫發展生質燃油作物的種植，但要在 2050 年時生產所需生質燃油的 10%，就必須損耗 32% 的全球

農產，卻只能供應全世界能源需求的 2%。如果停止從糧食作物提煉生質燃油，就能將糧食供需落差減少約 14%。

2050 年時生產所需運輸燃油的 10%所消耗的 global 糧食作物百分比

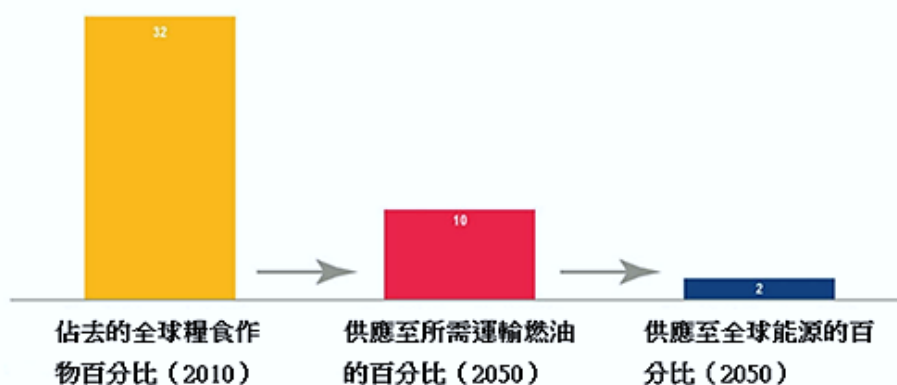


圖 11. 2050 年生產所需運輸燃油與消耗全球糧食作物比例

資料來源：Creating a Sustainable Food Future

7. 關鍵的平衡

要確立將來的糧食永續，就需要同時達到三個條件：拉近糧食供需落差、支持農業經濟發展以及降低農業對環境的衝擊(圖 12)。

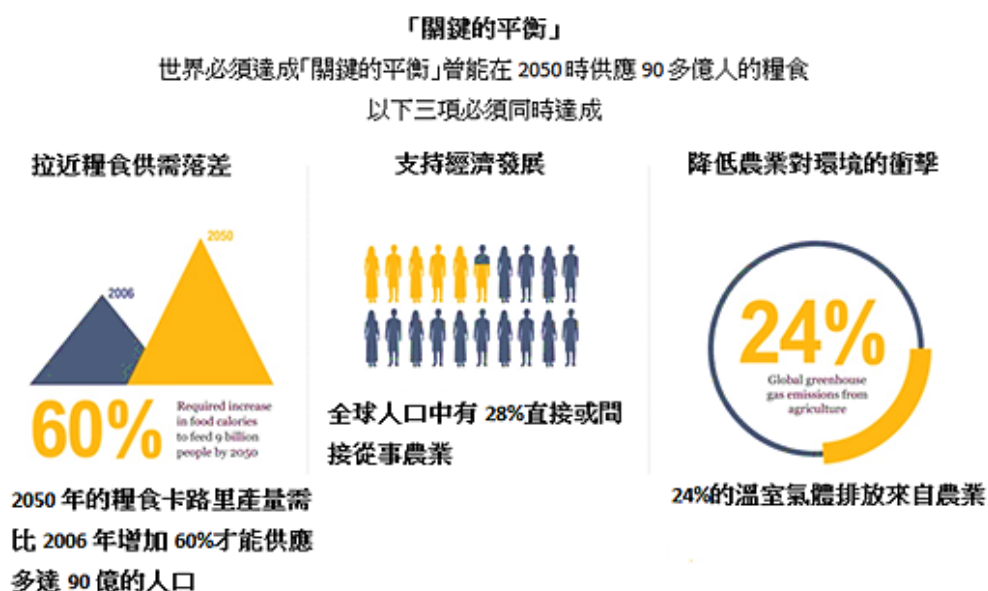


圖 12. 糧食永續關鍵平衡表

資料來源：Creating a Sustainable Food Future

(二) 臺灣糧食安全政策

全球暖化對糧食生產造成意想不到的後果，以臺灣最主要的

糧食稻米對溫度改變之敏感性為例，根據國際稻米研究所資料顯示，若夜間最低溫度上升 1°C，稻米收成便會減少一成。值得注意的是，稻米為全球過半人口之主要糧食，因此全球暖化之輕微變化足以帶來深遠影響。由於臺灣有七成的糧食依賴進口，因此糧食的生產與安全受全球暖化之影響將更為嚴峻。

飲食習慣已然改變的臺灣，目前對小麥的需求已經不下於稻米。2012 年，小麥進口量達 136.2 萬公噸，相當於稻米的生產量，目前臺灣每人每年稻米消費量已從高峰時期的 99.7 公斤，大幅降低為 2012 年的 45.6 公斤，減幅超過一半。這個讓人擔憂的趨勢，讓政府提出「2020 年糧食自給率達 40%」的政策目標。

臺灣由於地狹人稠，且缺乏自然資源，糧食自給能力原本就非常薄弱，以熱量計算之自給率僅有 32.7%，地球暖化將使糧食自給能力更為惡化。此外，當務之急亦應針對臺灣的狀況，訂定臺灣糧食政策，擬定其在農業政策中之地位，包括臺灣因應地球氣候暖化政策、研擬因應地球暖化之臺灣糧食生產政策、確保進口糧食供應的優惠政策措施、制訂生物多樣性相關法令以保存種原、強化氣候暖化模擬及預測能力、品種改良發展耐熱品種、改進栽培管理技術及教育、發展低耗能之農業生產模式與宣導在地消費主義等政策目標及配套措施，以滿足國人對於糧食安全質與量之需求。

四、經貿自由化

近年來，由於資訊科技及航空運輸之快速發展縮小了世界距離；加上跨國企業全球化之經營策略，以及區域經濟整合蔚為風潮，全球經貿的互動與交流更形緊密。世界貿易走向自由化、便捷化和法制化已是成熟趨勢，在此一發展下，農業貿易亦無法自外於自由化之浪潮與壓力。

臺灣農業受到水土、人力資源以及市場規模等限制，每戶農家經營規模小，平均收入偏低，成本卻不斷上漲，務農環境惡化，農業需要轉型升級才有活路。儘管已經積極進行產業結構調整來因應貿易自由化衝擊，在一些農產品如蓮霧、鳳梨、芒果、荔枝、蝴蝶蘭、茶葉、石斑魚等生產及養殖中確實有經營成效果良好的業者，可以透過品質差異和國外進口的低價農產品利用市場競爭及區隔外銷到國際市場，但這部分比率不到總量的 10%，多數農民仍無力與國外大量且低成本的農產品做競爭。為因應貿易自由化，協助產業升級農業部門推動跨域增值將「生產型農業」轉為「新價值鏈農業」，推動 6 級化（生產×加工×行銷）產業，並透過自由經濟示範區農業增值來提高台灣農產加工、行銷量值。

要因應自由貿易衝擊，臺灣必須加速農村世代交替，除鼓勵年輕人力投入外，政府應從「在地農業」出發，透過生鮮安全、無毒害、低食物里程、在地美味等訴求來鞏固國內消費者對本土農業的偏好和認同，並縮短產銷供應鏈環節降低中間費用將利潤回饋消費者，藉由產品差異化和市場區隔來與國外具多元、價廉優勢的農產品相抗衡，先穩住國內消費市場後再瞄準國際（包括中國）消費金字塔頂端的客群，建立起全球獨一無二的農業精緻品牌，讓臺灣的農業技術和產品成為全球的典範。面對全球持續推動經貿自由化之趨勢，臺灣最佳策略是融入全球及區域經濟整合之中。在推動區域貿易協定方面，臺灣已與新加坡、紐西蘭等完成自由貿易協定(FTA)，除了持續與各重要貿易夥伴洽簽 FTA 之外，積極爭取加入跨太平洋夥伴協定（TPP）、區域全面經濟夥伴協定（RCEP）等區域貿易協定，也將有助於台灣融入亞太區域經濟整合當中，提升經貿自由化程度。

我國由於政治環境特殊，簽訂 FTA 不容易，僅與巴拿馬(2003)、瓜地馬拉(2006)、尼加拉瓜(2008)、薩爾瓦多(2012)、宏都拉斯(2012)等中美洲 5 小國簽訂 FTA，另與中國簽訂

ECFA(2010.6.29 簽署, 2010.9.12 生效實施)。2013 年與紐西蘭簽署 ANZTEC(2013.7.13)、與新加坡簽署 ASTEP(2013.11.7), 與同為四小龍的韓國及新加坡相比, 我國仍需要更積極爭取簽署與其他國家合作的可能性(表 5)。

經貿自由化是世界趨勢, 臺灣亦須面對, 而且不能再以防守的思維面對, 必須有開創性的作為來因應高度自由化的艱鉅挑戰。需以對農民有利、發展增值農業及永續發展的原則下, 逐步推動以「新價值鏈農業」取代「生產型農業」戰略思維, 藉由跨域增值, 拓展農業價值鏈, 在智財布局、新商業模式下, 輔導建立品牌, 發展大而優的競爭型產業, 以及小而美的在地特色產業; 並規劃研擬農業所得支持制度及研修相關法令, 爭取預算支應農業產業結構調整及進口損害救助等, 讓簽署 FTA 或加入 TPP 後, 臺灣農業受到的衝擊減到最低, 並期進而與其他國家策略聯盟, 透過國際貿易達到出口擴張、布局全球的目標。

表 5. 臺灣、韓國及新加坡自由貿易協定(FTA)簽署比較表

| |  臺灣 |  韓國 |  新加坡 |
|-------------------|--|--|--|
| FTA數量 (各國官方公布) | 7 <small>加計尚未生效之 臺星經濟夥伴協定(ASTEPA)</small> | 9 | 20 |
| FTA數量 (WTO統計) | 5 | 12 | 20 |
| FTA數量 涵蓋率 | 約2%(5/252) | 約5%(12/252) | 約8%(20/252) |
| FTA數量 涵蓋率排名 | 53 | 14 | 4 |
| FTA對象 | 中國大陸(ECFA早收清單)、新加坡、紐西蘭、巴拿馬、瓜地馬拉、尼加拉瓜、薩爾瓦多、宏都拉斯 | 智利、新加坡、東協、印度、歐洲自由貿易聯盟、歐盟、秘魯、美國、土耳其 | 以身為東協自由貿易區之一員分別與澳洲、紐西蘭、中國大陸、印度、日本、韓國簽署FTA; 另, 新加坡自身則分別與中國大陸、哥斯大黎加、歐洲自由貿易聯盟(瑞士、列支敦士登、挪威、冰島)、海峽合作理事會(巴林、科威特、阿曼、卡達、沙烏地阿拉伯、阿拉伯聯合大公國)、印度、日本、約旦、韓國、紐西蘭、巴拿馬、秘魯、澳洲、美國、跨太平洋策略性經濟夥伴(汶萊、紐西蘭、智利) |

資料來源:經濟部

五、新興國家中產階級興起

針對新興國家興起之報告，將以中國、印度、印尼及越南等四個國家進行分析，中國與印度是目前全球人口最多的兩個國家，經濟成長率最高，符合新興國家之條件；而印尼，有著僅次於中國、印度、美國的全球第四大人口國、GDP 總額超過東協十國的一半，又是前一波新興國家投資熱潮中，最被外資看好市場之一的優勢。

(一)中國

1.中國農業現況

中國擁有世界上五分之一的人口，其收入增長快，農業-食品部門也快速擴張，中國的農業發展對世界市場也將產生重要影響。由於生產約束增強和需求增長強勁，中國的農產品進口持續增加。儘管人均農業資源相對有限，中國應維持主要糧食作物的自給率。隨著居民收入增加及農業增長，糧食安全明顯改善，營養不良人口比重從 1990 年的 21% 下降到目前的 12%。

中國的中期政策重點在國家發改委制定的「十二五規劃」（2011-2015）和全國現代農業發展規劃（2011-2015）中，致力解決「三農」問題：農業、農村和農民，其重點主要包括以下幾個方向：

- (1)保障國家糧食安全，轉變農業發展方式，提高農業綜合生產能力；
- (2)提高農民收入和生活水準，縮小城鄉生活差距；
- (3)確保食品品質安全；
- (4)保護農業資源促進環境可持續發展。

「十二五規劃」目標包括：

- (1)糧食播種面積保持在 1.067 億公頃以上，糧食綜合生產能力達到 5.4 億噸以上。
- (2)確保主要糧食生產自給自足；
- (3)農村居民人均年收入增長超過 7%，貧困人口顯著減少；

(4)新增農田有效灌溉面積達到 270 萬公頃，農業灌溉用水有效利用率達到 0.53，草原退化得到有效治理;

(5)提高資源利用率和土地產出率，強化風險防範和應急管理機制的發展。

中國在 2006~2010 年，順利完成於「十一五」規劃的主要目標和任務，甚至在 2010 年國內生產總值達到 39.8 兆人民幣元，領先日本，躍居世界第二位。在農業方面最大的成果是，在耕地保有量減少之際，糧食生產連年增收，從 2003 年的 43,070 萬噸、2005 年的 48,402 萬噸，年年增加到 2010 年的 54,641 萬噸，在全球糧食供應短缺，糧價不斷上漲之際，中國糧食連年增產更具戰略意義。

2. 中國農業之展望

中國農業科技的未來重點由追求產量的增加改向追求質量方向的轉變，呈現現代農業的綠色、安全、標準化和高效率之技術需求，其發展重點將包括：

(1) 農業資訊化

以現代資訊技術為手段，向農業企業提供優質、迅速的政策訊息服務為目標，進行農業資訊化示範工程建設，建立整合生產、技術、市場的資訊平台，探索農業資訊規範服務、良性循環和持續發展的模式。

(2) 有機農業

如何讓綠色農業成為中國農業的主流模式，是大陸農業生產技術中需要解決的重要問題，例如新的技術應如何降低成本，如何提升產量等議題。

(3) 安全農業

有機農業短時間內難以全面實現，因此首先提倡食品安全，例如安全的品種、品種改良與繁殖技術、農藥（低毒或無毒農藥），新的病蟲害控制的生物技術，高效安全的化肥、飼料、生長調節劑，

快速簡便的農產品安全檢測手段等。

(4)標準化技術

現代農業是追求品牌與標準化之農業。目前早已出現農業生產規模化的趨勢，而且這種趨勢將持續下去。現代農產品市場也將是一個標準化市場，首先要求產品的標準化，其可透過現代生物技術、基因工程、資訊技術以及綜合技術等來完成。

(5)農產品加工技術

發展農產品加工技術，以提升中國農產品加工業的整體水準，並利用加工技術開拓農副產品的新功能、新用途，重點發展農副產品多層次開發利用與動植物廢棄物高效率合理利用等項目。

(6)傳統農產品的技術創新

透過對農業生產各環節投入要素的優質化控制，促進知名、特殊、稀有、優質農產品的專業化、標準化、規模化生產，振興和創造具有民族特色、資源優勢和競爭力的中國名牌產品。

(7)發展生命科學和生物技術領域

在中國農業領域前瞻議題中，可進一步細分為九大類，包括農業技術、農業政策研究與科技管理、防疫檢疫、E 化、生物多樣性及資源保育、牧業、漁業、食品與生物技術，其中生物技術占 18%，這也顯示近年來農業生物技術的發展對農業產業架構調整產生的重大影響，由表 6 所示，農業領域議題前十項中以具高產量、抗病、特色化等特性之動植物品種選育相關技術，最受重視。

表 6. 中國前瞻農業領域重要性指數排名前 10 位項目

| 項目名稱 | 重要性指數 |
|--|-------|
| 主要農業植物高產量優質抗病之新品種選育 | 91.7 |
| 家畜及野生動物源性人畜共通傳染病之疫源調查、危險性評估和危險性外來動物疾病檢測與撲滅技術研究 | 87.6 |
| 主要農業動物高產量優質之特色新品種選育 | 87.4 |
| 主要農業動植物資源節約型新品種選育技術 | 86.6 |
| 具有重要利用價值的農業生物資源種苗創新技術研究 | 85.8 |
| 畜禽重大及傳染性疾病疫苗和快速檢測診斷試劑技術 | 85.2 |
| 特有和重要農業生物資源分布和利用價值的系統調查 | 85.0 |
| 農業生物資源重要經濟性狀功能基因高效發掘技術研究 | 84.5 |
| 農業來源污染特徵與控制關鍵技術研究與示範 | 84.5 |
| 特有和重要的農業生物種苗資源系統收集技術研究 | 84.4 |

資料來源：科學技術文獻出版社

(二) 印度

1. 印度農業現況

印度是人口大國，也是農業大國。當前，印度務農人員佔全國勞動力的 52%，農業產出佔全國 GDP 的 14%。據統計，2012 年印度的蔬菜種植面積達 900 萬公頃，產量約 1.4 億噸，均位居世界第二。專家認為，印度經濟若要保持 8% 的增速，農業產業必須保持不低於 4% 的增速。據印度農業部門測算，農業產出每增長 1%，其產生的減貧效果是其他產業增產的 2 倍至 3 倍。

農業的發展，離不開科技的引領。近 30 年來，印度小麥、玉米產量提高，科技的貢獻有決定性作用。預計到 2050 年，印度的總人口將達 17 億，保證這麼多人的糧食安全，確實任重道遠，印度科技部最新的科學技術與創新政策提出，將農業科研納入國家研發體系，其首要目標是確保糧食安全。

2. 印度農業之展望

未來十年，印度經濟面臨的主要挑戰是為其近 5 億勞動力，尤其是每年新增的 1000-1200 萬年輕勞動力，創造更多的工作機會。對於印度而言，這是一個很大的挑戰，農業部門就業人數仍然占總就業人數的近一半，農業部門的生產率很低，難以創造更多的就業機會。同時，製造業創造淨就業機會的增速也有所放緩。

另外，有關印度經濟前景的政策環境和假設條件，主要關注的是印度是否能夠延續目前的生產增長的趨勢；印度農業的發展和政府政策之間的相互作用已使印度農業對國際市場產生了重要的影響。

印度國內主要農產作物每年度病蟲害侵襲，損失很大，光是蔬菜一年就損失 25 億美元，所以除了研發生物性農藥外，印度政府將抗病蟲害基因轉殖作物的應用、研發列為國家農業生物技術最重要項目，對於基因食品管理制度也擬定了相關措施。印度不論是中央或地方政府均積極鼓勵提供研發經費贊助私人或研發機構，以加速生物技術的實際應用與商業化尤其是農業生技方面。目前印度生技產業相關的公司約有 800 家，其中近 50% 的公司是在做生物技術的進一步應用，以疫苗、檢驗試劑、酵素與農業生物技術中的微生物肥料及生物性殺蟲劑等的研究與生產為主。就產業的各領域來看，約有 60% 為人用醫療保健產品，10% 為農業生技，30% 則是工業上的應用及生物資訊學與基因體學等。在投資方面，依個案審查，享有各項免稅等優惠條件。印度的生技產業並已逐漸朝成為國際委外研究與製造中心的目標發展，預期印度的生技產業未來也將會在人類及農業的生命科學領域中具有重要角色。

(三) 印尼

1. 印尼農業現況

印尼是世界最大的群島國家，2012 年面積共 190.5 萬平方公里

(為臺灣的 53 倍)，總人口約為 2 億 3,000 萬人，是全球第四大人口國，也是世界上擁有最多回教人口的國家。印尼係以農立國之開發中國家，幅員遼闊、土壤肥沃、雨量充沛且海岸線曲折而漫長，造就農漁業生產具有得天獨厚的條件。依據 FAO 的統計，2011 年印尼為全球第十大農業生產國，且棕櫚油、木棉纖維、香草、韭菜丁香、椰子、棕櫚仁及肉桂等產量/值皆居全球首位；而由 WTO 的統計，印尼為 2011 年全球第八大農產品貿易順差國，對印尼農業出口帶來顯著的貿易盈餘(表 7)。

| 產業 | 項目 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|----------|----------|---------|---------|-----------|-----------|
| 糧食作物 | 產值 | 419,195 | 482,377 | 530,604 | 574,330 |
| | 年變動率 | 19.84% | 15.07% | 10.00% | 8.24% |
| | 占農業總產值比重 | 48.90% | 48.95% | 48.52% | 48.25% |
| 經濟作物 | 產值 | 111,379 | 136,027 | 153,885 | 159,754 |
| | 年變動率 | 5.11% | 22.13% | 13.13% | 3.81% |
| | 占農業總產值比重 | 12.99% | 13.80% | 14.07% | 13.42% |
| 畜牧業 | 產值 | 104,884 | 119,372 | 129,578 | 146,090 |
| | 年變動率 | 25.95% | 13.81% | 8.55% | 12.74% |
| | 占農業總產值比重 | 12.24% | 12.11% | 11.85% | 12.27% |
| 林業 | 產值 | 45,120 | 48,290 | 51,638 | 54,907 |
| | 年變動率 | 11.75% | 7.03% | 6.93% | 6.33% |
| | 占農業總產值比重 | 5.26% | 4.90% | 4.72% | 4.61% |
| 漁業 | 產值 | 176,620 | 199,383 | 227,761 | 255,332 |
| | 年變動率 | 28.69% | 12.89% | 14.23% | 12.11% |
| | 占農業總產值比重 | 20.60% | 20.23% | 20.83% | 21.45% |
| 農業總產值 | | 857,197 | 985,449 | 1,093,466 | 1,190,412 |
| 占 GDP 比重 | | 15.29% | 15.29% | 14.73% | 14.44% |

表 7. 印尼 2009-2012 年產業產值圖

資料來源：印尼中央統計局 (<http://dds.bps.go.id/eng/index.php>)

2. 印尼農業之展望

印尼政府推動農業發展五年計畫，繼續發展以水稻為主的糧食作物，積極發展畜牧業和水產業，加大農業種植園建設，以保證國內市場需求，同時擴大出口，並帶動偏遠地區的經濟發展，力爭將印尼打造成世界的糧食生產基地。長期以來，印尼的農業生產面臨水資源管理水平較低、灌溉設施較差以及化肥依賴進口等因素制約，水稻生產增長緩慢，難以滿足國內日益增長的消費需求。為此，印

尼政府採取了如提供特殊貸款、增加肥料和種子補貼、擴大種植面積等多項扶持農業之措施，期望至 2030 年可將印尼發展成集水稻、玉米、糖、咖啡、蝦、肉類和棕櫚油為一體的全球最大產地之一。

印尼擁有豐沛的天然資源及充足的勞動力，相對缺乏的是資金與技術。而臺灣則具有許多領先世界的農業技術，但面臨資源不足、生產成本偏高、勞動力高齡化、土地經營缺乏經濟規模等糧食仰賴進口等問題。臺灣印尼若能進一步加強農業合作，透過農業技術與經營管理知識的交流，進行區域間資源的整合與分工，共同發展技術與資本密集的農業或農企業跨國聯盟，將可加強雙方農業之國際化(圖14)。

臺灣與印尼的農業中小企業應可藉由策略聯盟的合作方式，選擇性地推展有機食品、健康食品等具有高附加價值的優勢產品，以滿足國內市場需求，並進一步行銷到其他東南亞國家。

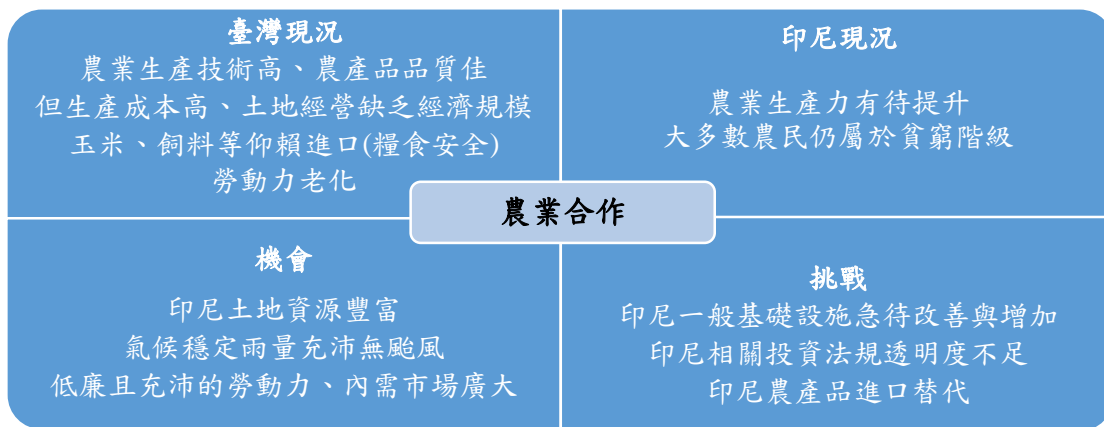


圖14. 臺灣印尼農業合作之機會與挑戰

資料來源:我國與印尼經濟合作之可能方向專題

(四)越南

越南國土面積 32.96 萬平方公里，是一個多山之國，境內三分之二以上是山地和高原。全國的耕地面積為 566.8 萬公頃，人均 0.073 公頃，平均一個農業勞動力 0.2 公頃，屬於人多地少國家。

由於越南國土分布跨越不同緯度，除主要的熱帶季風氣候外，

也形成許多特殊型態的氣候區，十分適合蔬菜的生產，越南為全球重要蔬菜生產國，依據 FAO 統計資料，2011 年越南蔬菜栽培面積為 83.6 萬公頃，世界排名第 9 位(圖 15)。

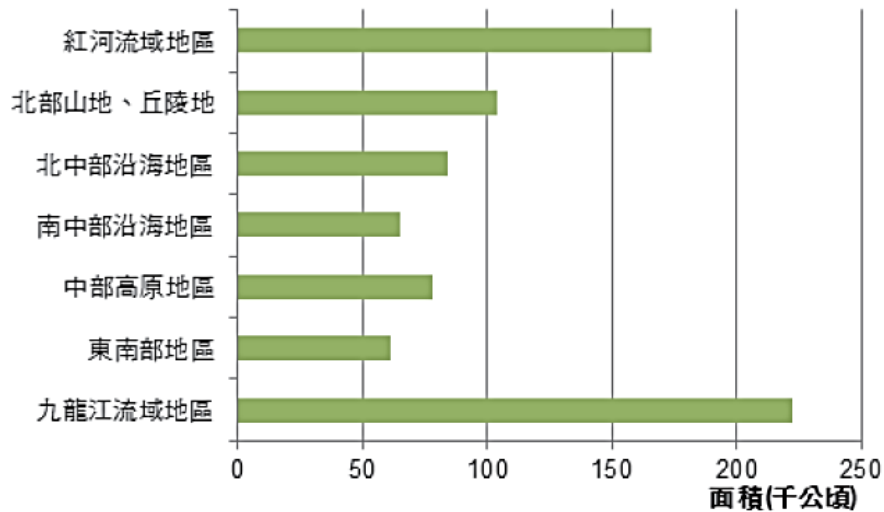


圖 15. 越南各地區蔬菜生產面積

資料來源：越南農業部

農業對越南國內生產總值的貢獻率為 20%，占國家出口總額的三分之二，10 年來，農業已為全國勞動力的一半創造就業機會。在至 2020 年越南農業展望中，越南政府將農業視為國家發展的主要動力並農業可持續發展是越南政府的優先任務之一。

六、資通訊技術創新

農業資通訊技術創新將針對智慧型農業進行分析，智慧型農業意指 AI 農業 (Agri-Informatics) 與精密農業之新型農業技術。如應用網際網路、情報資訊、雲端運算 (cloud computing)、遠端操控、自動化裝置等一般軟硬體技術。

智慧型農業目的在於解決下列目標：1. 實現節省勞力且大規模生產；2. 發揮作物最大極限；3. 安全且方便作業環境；4. 使有意加入農業的人能快速上手；5. 提供消費者與實際需求者之食品安全的信賴感(圖 16)。

(一)AI農業

日本政府提出「世界最先進的 IT 國家宣言」，5年內將日本成為世界高水準 IT 技術國家。在農業方面，隨著農產品品質的要求日益提升，農業也逐漸改變型態，運用「AI 農業」(Agriculture Informatics)取得的數據和技術，建立新的經濟模式，以科技技術導向智慧化的栽種過程轉型為精緻農業，致力達成提高農業產業競爭力；提升相關產業化成長；強化市場開闊與銷售力，並善用AI農業改善農產業的組織發展等目標(表8)。

AI農業具體來說是分析實地佈建感測器與從專業農業生產者穿戴式終端技術 (wearable terminal) 的監測器獲得大量數據，並其系統化，以實現專業農家高度生產與經營模式。糧食農業農村基本計畫中則是將專業農家所擁有的「技術know-how」轉換為可作為農業生產者應用，研發最先進AI系統 (Agri-Informatics)，提供最完善的設備。

(二)精緻農業

觀察農地與農作物狀態，並在細微的控制下，將成果作為制定下一年度的農業管理技術之依據，以提升農作物產量與品質為目標之農業系統。並善用ICT與自動化裝置以支援精緻農業循環。

(三)網際網路

目前網際網路除了光纖固定線路，3G與LTE等規格的行動通信網，寬頻的使用已經是極為普遍。因此即使在戶外的農地，皆可透過智慧型手機連接網路瀏覽氣象情報與生育狀況等資訊，並可將數據登錄於系統。此外，應用附有攝影功能的田間伺服器 (fieldserver)、無人偵測機 (UAV) 以及環境監控系統，可傳送畫面以達即時監測之目的。

(四)資訊末端

資訊末端指即使安裝在戶外田地備有防震、防水功能，並能透過智慧型手機與平板即可輕鬆畫面操作，大幅提高便利性。最

近有新型的穿戴式末端設備推出，預計將會受到高度關注。

(五)雲端運算

農業相關的應用程式在未來將逐漸移轉到雲端空間，近年從事與農業相關的雲端空間的民間企業也逐漸增加當中。運用雲端技術的優勢是不需要透過末端軟體與修正適用版本等管理作業，關於使用時間與使用數目的變動都可以靈活處理。以缺點來說則必須承擔資料外洩等風險，以及使用者要自行變更軟體規格也較困難。

(六)遙感探測

遙感探測(remote sensing)即利用感測器間接的手段來獲取目標狀態訊息之計測方法。在農業方面已有利用田間伺服器從地面上偵測，利用無人偵測機(UAV)從空中探測，以及利用人工衛星從宇宙探測等手法。

期待未來透過「物聯網」(IOT; Internet Of Things)的實現，即可達到利用網際網路擷取相關資訊，並透過通訊功能的感測器(M2M; Machine to Machine)所獲得大數據(big data)之分析結果活用在農業上。

(七)自動化裝置

產業用的自動化裝置(robot)，目前除了應用於製造業的生產線，由於農業領域必須改善農民的減少與高齡化趨勢以及降輕過度勞動而增加其重要性。應用於農業領域的自動化裝置除了擁有GPS功能，並能透過感測器可探測出高精準位置與動作且可避開各種障礙物，同時因感測功能的通用技術可多重使用於其他自動化裝置以降低成本。

以實際研究與開發案例來說有農地用的自動化拖拉機、自動化插秧機、自動化收割機、動力輔助服(assistsuits)，與植物工廠使用的自動化採收機、自動化搬運機，以及牛舍用的自動化擠乳機。除此目前正進行的自動駕駛技術如拖拉機等研發，則是參照

自動車的自動駕駛技術的研究現況以及參考不同領域的開發動向所製。

至於臺灣方面，農委會將充分運用包括衛星、空照、地理資訊系統、資料庫及雲端運算等資通工具來發揮大數據分析的功效，目前訂定的未來六大發展方向，分別是：以合理化施肥解決過度使用造成土壤酸化、環境污染等問題；提供具潛力之作物種植建議來鼓勵農民復耕，以休耕地活化來提高國內糧食自給率；精確掌握作物生長資訊以便於災損時能迅速確實地發放災害補助金；以農作及水資源調查來掌握作物實際種植及灌溉情形，並藉由規劃合理用水來提升農業用水效益；兼顧漁業資源的生態保育與休閒漁業的遊憩推廣來帶動四面環海的台灣沿海資源之開發；從環境影響、氣候變遷等評估與監測做好森林保育及防災預警，並在維護物種及棲地多樣性下建構永續發展之國土計畫。



圖16. 新智慧型農業示意圖

資料來源：日本農林水産委員會調查室

表 8. 智慧型農業未來可應用於各型農業之技術

| 土地利用型農業 | 園藝 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ○導入自動駕駛的拖拉機，除了可夜間與複數台數同時自動駕駛之外，除草作業與水管理自動化打破過去傳統規模，實現有效率且低成本的大規模生產。 ○應用感測技術能精準掌握農地的土壤與水溫「波動」與作物生長等，發揮農作物最大作用以穩定產出高品質農作物。 ○因此勞動時間較寬裕，能更有充分心力投入六級產業化的新商品開發與擴大銷售管道。 | <ul style="list-style-type: none"> ○應用感測技術透過數據能更精準經營農場作業，例如與品質相關最高的糖度與酸度成分減少差距，發揮園藝作物的最大極限。 ○應用動力輔助服及自動採收搬運機可以減少勞力作業。 ○應用農業雲與提升非破壞檢驗分析 (non-destructive assay) 掌握消費者與實際需求者的需求，農作物品質與數量相互吻合，並獲得消費者與實際需求者的信賴與安心。 ○應用省勞力化與ICT，達到品質管理與資訊化，以促進六級產之推廣。 |
| 畜牧畜產 | IT開闊新型農業 |
| <ul style="list-style-type: none"> ○應用家畜個體的生育狀況與健康狀態的感測機以及攝食量資訊，可早期調整飼料量並發現乳房炎等異常現象。 ○應用動力服以及導入自動糞尿管理系統，可大幅降低擠乳作業與飼養管理之勞力，並且增加女性與高齡者的就業率，促進六級產業之推廣。 ○整合並活用既存數據，改善各農場的經營模式，並透過外部技術指導提高效率與成效，提升生產力與品質。 ○可早期發現並對應口蹄疫、豬瘟、禽流感、新城雞瘟等重大疾病。 | <ul style="list-style-type: none"> ○將「技術秘訣」數據化與顯示化以及應用病害的預測系統，讓經驗不足的年輕從業者與女性都可以輕鬆加入。 ○促進規模擴大，即使農地或農民增加，依舊仍在適當的時期可達到農作業效率化。 ○應用食品資訊的雲端系統，直接提供消費者與實際需求者詳細的生產情報，建立安全可信賴食品安全。 <p>(出處) 農林水產省『「實現智慧農業研討會」中期報告研究成果』附件資料，部分為筆者編制</p> |

七、現代生物技術應用

廣義的生物經濟(bioeconomy)，指應用生物科學(biosciences)的新發現，研發出生物相關的產品與服務，進而促成各種經濟活動與經濟利益，生物經濟係建立在生物知識的基礎之上，將生物科技應用於經濟活動中，藉以開發生物過程(biological processes)與再生生物資源(renewable bioresources)的潛在價值。至於狹義的生物經濟，則指以生物為基礎的經濟結構(biobased economy)，強調生物科技在工業領域的經濟應用，意指利用生物過程、再生生物資源與生態-工業群集(eco-industrial clusters)，以創造出永續的生物產品、職業與所得。(OECD)

生物經濟的發展背景，主要導因於石油資源的縮減、不斷增加的二氧化碳排放量、持續惡化的全球環境污染問題，以及鄉村社會經濟面臨轉型危機等因素。世界各國的公私部門，均極力引

藉生物科技的助力，尋求再生資源合理利用的對策，以有效解決過度依賴石化能源的全球社會經濟發展困境。

(一)歐盟對生物經濟研究重點及成果分類

目前歐盟的生物科技(biotechnology)研究重點有三:(1)將新成份引進植物的某定部位中,以表現出外來異質基因的特性。(2)修改現存的植物內在靶標分子(target molecules)之生物代謝路徑,以提高植物的品質或產量。(3)利用經生物製程改造的植物或有機廢棄物(organic waste),以轉換成具附加價值的產品(value-added products)。再者,在基因科技工具(generic tools)的研究方面,則包括基因圖譜(maps)、基因標記(markers)、雜交(crosses)、混種(hybrids)、基因收集(collections)、基因序列(sequences)、基因嵌入(insertions)和基因表現/遏阻系統(expression/repression systems)等生物技術。

生物科技研究成果,則可根據其產業應用領域,進一步區分為白色、綠色、藍色與紅色等不同顏色的生物科技類型,分述如下:

- ◆紅色生物科技(Red biotechnology):指生物科技在醫藥領域之應用,諸如發展出新型的生物醫藥、或使用幹細胞進行人類細胞或器官的再生。由於紅色生物科技的醫療價值,故為社會大眾接受度較高的產業型態。
- ◆白色或灰色生物科技(White/ Gray biotechnology):指生物科技在工業領域的應用,諸如發展出新型的生物產品與生物燃料。
- ◆綠色生物科技(Green biotechnology):指生物科技應用在農業及環保產業之上,諸如透過基因改造程序,培植出抗病蟲害的新型作物,或是加速具特殊抵抗疫疾能力的動物品種之演化。
- ◆藍色生物科技(Blue biotechnology):指生物科技在海洋生命與漁業之應用,諸如海洋與水生環境的生物製程研發,或是

控制有害的水生有機體之增殖與擴散，惟藍色生技產業較少被企業界關注。

因此，歐盟執行會在生物經濟的制度上，著重於「指導植物基因與生物科技資訊的科技平台(Technology Platform)」的建置，以提升歐洲生物科技產品的發展潛力與可行性，而該科技平台也被視為生物經濟發展的關鍵要素，主要策略即在於促進各產業應用領域間的跨域整合。

(二)臺灣推動生物經濟之規劃

各國都將 2020 年視為生物經濟的關鍵點，臺灣如何掌握未來的發展與機會？2005 年在行政院生技產業策略諮議委員會議(BTC)上已針對生物經濟農業生技領域之短、中、長程設定目標及重點策略(表 9)。

表 9. 農業生技領域之短、中、長程設定目標及重點策略

| 農業與食品領域 (規劃單位：國研院科技政策中心、食品工業研究所) | | | |
|----------------------------------|--|---|---|
| 農業生技 | <ul style="list-style-type: none"> ● 建構產業化平台以推動研發成果商品化 ● 開發口服疫苗，以發展成為亞太地區健康魚苗中心 ● 開發保鮮及環控技術，以發展穩定的花卉種苗供應體系 ● 開發生物性農藥、生物性防疫物質及檢測與認證技術，以建構安全農業的營運模式 ● 開發保鮮及運輸技術，以確保外銷水果市場 | <ul style="list-style-type: none"> ● 開發啟動子技術，以發展台灣特有之分子農場產業 ● 開發生物反應器之相關技術及產業系統 | <ul style="list-style-type: none"> ● 結合生物多樣性及分子生物學的基礎，發展分子生態學之研究，以奠定二十一世紀之農業新貌 |

資料來源：2005 行政院生技產業策略諮議委員會議 (BTC)

2014 年 BTC 會議更強化生物經濟的投入，除了持續醫材及新藥開發外，工業與農業生技也需並重，希望善用生物科技的技術，尋找生技產業的發展潛能。

美國生物經濟藍圖劃定生物經濟的五大趨勢，包括：健康、能源、

農業、環境及知識技術的分享，臺灣將從新藥、醫材、農業、綠能、健康產業大方向出發，希望透 BTC 會議凝聚共識、找到方法，奠定臺灣「生物大經濟」的規模。

生物經濟帶來希望，但能否成為世界經濟主流而造福人類，仍有許多必要克服之困難，其中涉及對生態之可能影響，以及衝擊人類社會道德或法律之規範，而在科技層面，為確實達成節能減碳，乃至緩解氣候變遷，更需要在生質能源以外，投入更多研發以開發永續性替代能源。生物經濟必然有其優勢，且逐漸展現成為世界經濟主流的態勢，各先進國家均已爭相投入，我國同樣不容忽視。然而若能以農業發展之整體為規劃發展生物科技，故就生物經濟對整體經濟發展之意義，決策當局有必要再通盤審思。

結 語

面對農業全球化、貿易自由化、資訊數位化、人才及技術快速流通的發展趨勢，以及人口爆炸、氣候變遷、能源危機及糧食問題等重要議題的考驗時，農業部門如何兼顧糧食安全及生態永續擬定未來農業科技政策的方向，以及如何透過農業科技研發帶動農業發展及轉型，皆需要全盤性的思考及規劃。