



氣候變遷與糧食安全—— 我們未來的糧食在哪裡？

Climate Changes and Food Security: Where Our Food Comes from in the Future?

謝英宗 國立臺灣博物館典藏管理組

Shieh, Ying-Tzung Collection Management Department, National Taiwan Museum

組織培養能提供更集約且無菌的保存環境

前言

筆者2009年受派到德國參加國際博物館協會自然史專業委員會(ICOM-NATHIST)年會，會議中各國專家討論到受氣候變遷的影響，各國家地區面臨的環境問題不盡相同，大部分地區變熱，但有些地區反而變冷，未來的趨勢是熱的地區會更熱，冷的地區會更冷，氣候的異常將使未來水資源的分配愈來愈不均。該次會議中與會專家也熱烈討論2012年是里約宣言20周年(1992~2012)，博物館工作者應深切檢視自然史博物館在過去20年來做了哪些努力？未來有哪些是博物館工作者可以投入的議題？臺灣被聯合國列為氣候變遷的高度危險地區，我們更應深入思

考臺灣未來面臨的問題是什麼？筆者認為因極端氣候導致的降雨型態改變所引發的糧食供應問題，會是我們未來面臨的重大危機之一，因此才會有「糧食方舟」這項展覽的構思，這項展覽的目的就是討論未來糧食供應問題。

文人雅士說：民以食為天；市井小民說：吃飯皇帝大；教徒說：先顧肚子才顧佛祖，在在都顯示出吃飯是件大事，如果沒飯吃，大概什麼都不必說了。你如果認為臺灣就算糧食產量不足，有錢還是買得到！那就危險了，因為一旦發生糧食危機，各國就會禁止糧食出口，就是有钱也買不到糧食。如果你以為臺灣的農業技術傲視全球，物產豐富，不會有糧食危機！

那就糟了！事實上臺灣的糧食自給率逐年下降，目前僅約32%，隨時有斷糧的風險。

科技再神奇，奈米還是無法取代稻米！

近年來因為油價上漲，運費成本高漲，臺灣原來從美國或俄國進口的小麥或玉米，現在都改為從亞洲其他國家進口了；另一方面因為石油價格居高不下，有很多飼料玉米被拿去做生質柴油或酒精燃料，讓糧食的供應更少。

2012年夏天美國中西部降雨量比正常狀況少了一半，是美國半世紀以來最嚴重的乾旱，使黃豆和玉米嚴重欠收，導致2012年全球小麥和玉米價格漲幅都超過25%。1968至1981年間，亞洲稻米總產量雖然增加了42%，但同時期人口卻增加31%。由於人口飆升，加上城市擴張和氣候變遷，2050年之前，地球糧食的產量必須再增加至少70%，因為預期屆時全球人口將飆到90億，但稻田可增加的面積有限，使未來稻米增產之展望無法樂觀，氣候異常將使糧食危機提早發生，讓人不禁要問：我們未來的糧食在哪裡？

隨著氣候變遷和農業機械化的結果，糧食作物的自然遺傳資源正快速的流失。民以食為天，科技再神奇，奈米還是無法取代稻米！為了讓未來的糧食供應無缺，各國紛紛建立保種中心或種子庫保存植物種子，積極保存作物種原遺傳的多樣性，建構糧食作物的諾亞方舟，臺灣的糧食自給率太低，隨時有斷糧的風險，如何保有糧食作物的種原，是因應糧食危機的重要關鍵。

急遽改變的地球環境

1958年美國在夏威夷蒙納羅亞 (Mauna Loa) 火山設立二氧化碳監測站，開始有長期連續的紀錄，統計資料顯示工業革命前，全球大氣中的二氧化碳含量大約為275ppm，由於人類大量使用煤、石油和天然

氣等化石燃料，目前大氣中的二氧化碳含量已達到395ppm，增加的幅度已超過50%，而且二氧化碳含量增加的速率每年已超過1ppm，比以前更快。

美國太空總署 (NASA) 和國家海洋暨大氣局 (NOAA) 公布的全球氣溫監測結果顯示，2010年陸上氣溫是有紀錄以來最熱的一年，比正常氣溫升高攝氏1度。2010年也是連續34年比20世紀的平均溫度高。在有紀錄以來的最熱年的前十名當中，2001年之後占了9個。臺灣更是屬於氣候變遷的高危險群，百年以來，平均溫度增加了1.3°C，是全球平均值的二倍。

受到全球暖化的影響，全亞洲面臨的乾旱風險更嚴峻，有「亞洲大水塔」之稱的喜馬拉雅山的冰層，估計到2030年代，面積將從目前的50萬平方公里減少到10萬平方公里，屆時亞洲將會有四億人鬧水荒。根據聯合國氣候變化跨政府小組 (IPCC) 的報告，若到2020年全球平均溫度再升高攝氏1度，缺水人口將再增加4到17億。估計2050年全球將有五分之一的人口受到水災影響，32億人缺乏食物、水源，多達30%的物種滅絕。

北澇南旱的臺灣

全球暖化現象日益顯著，其中又以氣候異常所引發的降雨型態的改變，對我們的影響最大。最常見的是降雨極端化現象，突然乾旱不雨或突然大雨，或是



精選保存種原之作業



在平常不下雨的時候下雨；而且不是下得太多，就是下得太少。

臺灣名列世界第十八大缺水國，即使總降雨量並沒有減少，但科學家長期追蹤發現，臺灣北部總雨量增加20%、南部減少10%，北澇南旱趨勢顯著；且南北降雨天數逐年降低，使得雨量集中，強度更強。

氣象資料顯示，過去臺灣每十九年才發生一次淹水，現在大約每兩年就有一次大水災。過去每十七年才發生一次乾旱，如今則每九年就會有一年缺水。

氣候暖化對臺灣降雨特徵的主要改變，就是強降雨增加、小雨減少以及降雨日數減少。全臺灣降雨量南北差異逐漸擴大，北部增多而南部減少，形成「北濕南乾」的狀態。

保種大作戰

保種分為「種原保存」和「育種」兩大目標。「種原保存」擔負現有植物種子的蒐集和保存的任務，以備未來之需；「育種」則是藉由遺傳篩選或基因轉植的方式，培育符合特定需要之新品種。

種原保存分為「就源保存」及「離源保存」兩類。「就源保存」是藏種於農，也就是將種原以原有生長、生存的方式保存；作物種原庫則是集合各地種原保存於特定地方的「離源保存」。農民保種的精神可說是「藏種於農」，與作物種原庫的重要性不相上下，兩者有互補之效，都是重要的保種方式。

傳統上，農民收穫之後會賣掉大部分，留一小部分作為隔年耕種之用，但這個傳統隨著耕種人口減少而逐漸消失，保種的技術也隨之失傳。因此種原中心便扮演了蒐集種原和保存的重要任務。

世界末日種子庫

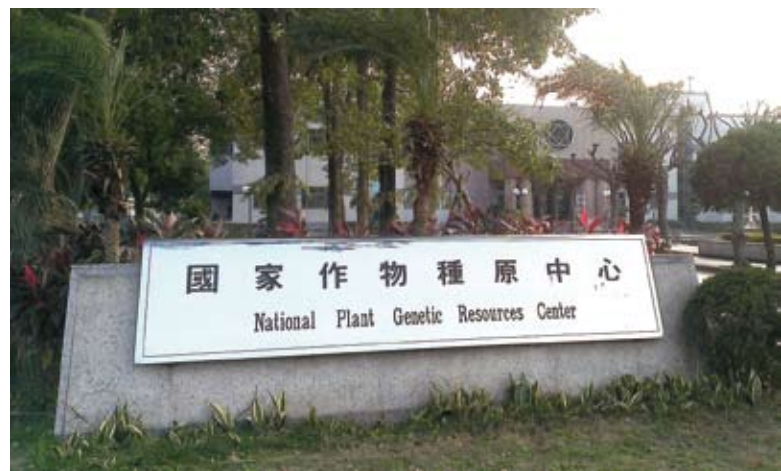
斯瓦爾巴國際種子庫(Svalbard International Seed Vault)建於距離北極點約1000公里的挪威士瓦爾巴

島的永久凍土層下，可承受芮氏規模6.0的地震與核子武器攻擊，海拔130公尺的高程即使全球冰層融化仍安全無虞，種子庫長45公尺，寬、高各4公尺，室外用1公尺厚的隔溫混凝土板保溫，即使溫控系統失效，仍能確保種子的貯存溫度保持在攝氏零下18度。可儲存450萬種、約20億粒主要糧食種子，是全球農作物品種數量的兩倍，以防止人類在面臨大規模的災害時永遠喪失糧食作物的基因，被稱為是全球農業的「諾亞方舟」，於2008年2月26日正式啟用。

保存在種子庫的都是「精品中的精品」，以500顆一組放在由特殊金屬箔片和其他先進材料製成，專為斯瓦爾巴國際種子庫研製，被稱為「勞斯萊斯種子袋」的特殊銀色袋子。讓種子在乾燥和冷凍狀態下長久保存幾百年甚至上千年仍然具有活力，具體時間取決於物種本身的能力。

臺灣的種原中心

農委會農業試驗所臺灣作物種原中心，主要工作為蒐集及長期保存珍貴之種原，涵蓋國內、外作物栽培品種、地方種、原始作物栽培類型、育種材料、野生種、野生近緣種以及基因轉殖植物等，並進行相關之研究以充實種原保育與利用。



臺灣的種原中心

種原的保存依型態分為種子型和非種子型(營養系)。依種子在低溫低濕中貯藏之忍受性,又可分為耐貯型種子及不耐貯型種子。耐貯型種子:為一般穀類、蔬菜等小粒種子,可在低溫、低濕的環境長期貯藏,依保存目的不同,分別貯藏於長期庫、中期庫及短期庫。不耐貯型種子:如可可、龍眼、荔枝等多數熱帶果樹、及大粒種子於 0°C 下貯藏常造成傷害,僅能視其特性進行冷藏保存於 $0^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$,其貯藏期間較短,種子壽命也約僅有1至5年。

為使作物種原中心所保存之種原能永續經營,適時適量的繁殖檢測種原之活力與遺傳完整性,是一項非常重要的工作,世界上主要的基因庫均針對其需求逐步推動種原繁殖的工作,以維持基因庫運作所需的一定保存數量。其主要目標為:一、及時確認種原的品質和數量是否適於基因庫保存;二、在最佳的機會下適時產出一批具有最優品質,適當數量且與來源種子具有相同遺傳成份的種原;三、儘可能有效率完成上述二項目標而不影響到種子的品質、數量和遺傳的完整性以及利用。因為我們不知道未來的環境會發生怎樣的變化,會需要什麼樣的糧食作物遺傳基因,也許現在我們覺得沒什麼用處的特性,將來會是大用處,所以我們必須盡所有可能保存我們現在可以保留下來的種原。

種子型態之保存方式分為下列三種:

長期貯藏庫:溫度為零下 $12\pm 2^{\circ}\text{C}$,相對濕度 $30\pm 3\%$,預估可貯24萬份種原,為使入庫之種原能永續保存,長期貯藏庫的材料不對外交換,僅定期取樣進行發芽力檢測,或供更新之用,預估種子貯藏壽命可達30至50年。

中期貯藏庫:溫度為 $1\pm 2^{\circ}\text{C}$,相對濕度 $40\pm 3\%$,可貯25萬份種原。中期貯藏庫的種原可供分送交換、繁殖和評估,為保持所貯藏材料之品質,需定時進行種子發芽率檢測及種子更新。



在攝氏零下12度長期保存庫的工作人員

短期貯藏庫:溫度為 $10\pm 2^{\circ}\text{C}$,相對濕度 $40\pm 3\%$ 。專供貯藏經常取用之育種材料之親本或後裔以及具有特殊性狀的研究材料。

非種子型態之保存有下列方式:

組織培養保存:非種子繁殖型作物,以組織培養保存,可較田間更集約,並可保存無病毒之種苗以供交換。

冷藏保存:利用種球、塊根莖繁殖之種原,可在 $0\sim 15^{\circ}\text{C}$ 下,依作物特性進行較高濕之冷藏保存。保存期間由數月至1年,屬於短期保存。

超低溫保存:體胚、組織及花粉等,貯存於零下 196°C 的超低溫液態氮下,可長期保存,但因物種間處理方式及存活率不同,超低溫與DNA片段保存雖然是最具潛力的技術,但目前仍在研發中。

田間保存:即直接定植於田間進行保存方式,農委會除了農試所外,分別設有高海拔的望鄉、中海拔的羅娜,嘉義、鳳山、古坑的熱帶、亞熱帶果樹及木本花卉,以及關西柑桔類種原保存園。 ■