

全更新版電子書

縮減中的田地

世界八十億人的耕地損耗

作者/ Gary Gardner

譯者/ 華立仁

校閱/ 林奕均



看守世界專論

書名：縮減中的田地：世界八十億人的耕地損耗

作者：Gary Gardner

譯者：華立仁

校閱：林奕均（此版本使用AI工具輔助校閱）

版面編輯：羅允佳

發行人：晁瑞光

出版者：看守台灣研究中心

封面圖片：Ilham Zovanka @pexels

定價：（贈閱品）

購書網站：<https://www.taiwanwatch.org.tw/>

連絡電話：04-7284208

聯絡地址：彰化縣彰化市民生路301號

email：contact@taiwanwatch.org.tw

©看守台灣研究中心（版權所有・翻印必究）

捐款支持看守台灣持續出版國內外環境議題報告

目錄

章節目錄	i
方塊、圖表目錄	ii

第一章	前言	1
第二章	趨勢：從過剩到不足	6
第三章	擴張中的城市	13
第四章	消逝中的灌溉耕地	24
第五章	退化中的未來	34
第六章	改變中的飲食	43
第七章	耕地不足的世界	49
第八章	下一代的耕地	59

圖表

圖

圖2-1	全球穀物收穫面積（1950-96年）	7
圖2-2	全球人均穀物收穫面積（1950-96年）	10
圖6-1	全球大豆收穫面積（1950-95年）	45
圖7-1	世界人均穀物收穫面積（1950-2030年）	50

表

表1	中國可耕地流失情況，1987-92年	17
表2	土壤退化農地占總農地之比例，1945-90年	35
表3	土壤退化精選案例	37



一、前言

大約在 4,400 年前，位於今日伊拉克境內的古蘇美（Sumer）城邦面臨了嚴峻的困境。耕地逐漸積累鹽分，那是灌溉水蒸發後留下的副產品。在幾乎察覺不到的情況下，鹽分開始毒化肥沃的土壤，導致作物收穫量隨著時間推移而逐漸減少。

直到公元前 2,400 年為止，蘇美人還能藉由開墾新土地來應

對產量下降的問題，以確保有足夠的糧食盈餘來支持其軍隊與官僚系統。但隨後他們達到了農業擴張的極限。在接下來的三個世紀裡，累積的鹽分導致作物產量重挫超過 40%。癱瘓的生產力加上持續增長的人口，導致糧食儲備枯竭，進而縮減了軍人與文官的規模。到了公元前 1,800 年，蘇美農業實質上已經崩潰，這曾經輝煌一時的文明也隨之湮沒於歷史的塵埃中。⁽¹⁾

古蘇美文明的衰落為今日的決策者提供了寶貴的教訓，然而現今的決策者基本上仍沿襲古老的做法：持續耕作土地直到地力耗盡，或是將其轉作他途。放眼當今世界，農地持續遭到侵占或破壞，人們卻鮮少意識到土地其實有限。都市擴張、灌溉水源流失，以及土壤持續的磨損與退化，每年都在吞噬寶貴的耕地。自 1981 年起，作為世界糧食生產基礎的「穀物種植面積

（grainland）」已在持續消失。隨著開墾新土地的機會日益減少，耕地流失的威脅顯得愈發沉重。

官方對耕地損耗與退化之所以採取漠視態度，很大程度上是由於農民在「密集耕作」上取得了令人驚嘆的成功。從 1960 年代開始，農作物（尤其是穀物）的單位面積產量增長極其迅速，以至於抵消了同時發生的可耕



克羅埃西亞的農田。

地（arable land）流失。然而自 1984 年起，穀物產量的增長開始放緩——在 1990 年代更是急劇減速——產量的增加已不再能完全彌補糧地持續減少的損失。如同古代蘇美人一樣，低迷的生產力與土地流失正耗盡糧食儲備：全球穀物庫存自 1993 年起持續下跌，並於 1996 年達到歷史新低。

糧食生產正面臨雙重打擊——優質耕地供應萎縮以及產量增長乏力——這正發生在人類歷史上食物需求增長最劇烈的前夕。在 25 年內，農民將被要求餵養 79 億人口，比現在增加 39%。每 10 名新生兒中就有 9 名出生在開發中國家，而這些國家的穀物自給率已從 1969-71 年的 96% 降至 1993-95 年的

88%。此外，貧窮國家的經濟擴張將使數百萬人得以從以澱粉為主的單調飲食，轉向包含畜產品、水果、蔬菜及植物油料理的多樣化餐點。雖然這些食物能為消費者與農民帶來益處，但它們的生產也需要更多的土地。隨著人們變得更加富裕，他們對耕地造成的影響將是不成比例的，因為富裕人口對糧食資源的消耗遠比貧窮人口更為沉重。⁽²⁾

產量的增長，已不足夠彌補糧地的消失

糧食需求即將到來的急劇增長，理應促使各界保護農業資源——尤其是耕地——但事實上尚未產生這種效果。耕地流失的情況依然嚴重，且毫無緩和跡象。以土地資源緊迫的中國為例，在 1987 年至 1992 年間，耕

地的淨損失接近 400 萬公頃，約佔總耕地面積的 3%。其中部分土地是被不斷擴張的城市所占，而這種損耗預計將持續發生：中國計畫到 2010 年新建 600 座城市，使其城市數量增加一倍。美國在 1982 年至 1992 年間的淨損失總計接近 200 萬公頃，面積比紐澤西州還要大。與此同時，灌溉耕地的增長已進入平台期（不再增長），而灌溉耕地正是 1960 年代中期至 1980 年代中期全球產量增長一半以上的來源；此外，數百萬公頃仰賴不可再生地下水灌溉的耕地，幾乎肯定會退出生產。最後，農地的退化在很大程度上仍未得到遏制，威脅著要重蹈二戰以來的覆轍。在 1945 年至 1990 年間，侵蝕、鹽鹼化、澇害及其他形式的退化，導致全球損失了相當於兩個

加拿大耕地面積的產能。在一個土地日益緊迫、糧食需求劇增的世界，如此大規模的損失若再次發生，後果將不堪設想。

當耕地流失時，剩餘耕地的很大一部分被用於種植非糧食作物，如棉花、煙草或生產乙醇燃料的玉米，或是用於咖啡、可可等奢侈食品；這些作物日益與作為全球飲食基石的穀物爭奪空間。同時，農業擴張的潛力（主要集中在非洲與拉丁美洲）常被高估，這通常是因為將邊緣土地（marginal land）納入計算，而這些土地的耕作未必能永續發展。事實上，世界主要穀物生產國近年來都因過度擴張而損害了大面積土地，許多國家現在正縮減規模，回歸到更具永續性的耕作區域。

由於大規模擴張的空間已寥寥無幾，而糧食需求的巨大增幅又近在眼前，保護可永續經營的耕地已是迫在眉睫。雖然產量成長率理論上可能恢復到過去幾十年的強勁水準，但以此作為賭注風險極高。這十年來的產量趨勢並不樂觀，且早期推動產量激增的部分因素，現在已難以取得（如新的灌溉水源），或是對人類與生態系統具有危險性（如農藥殺蟲劑）。如果繼續縱容耕地的肆意流失，將會增加產量壓力，並提高供應衰竭的風險。

一旦決策者開始意識到耕地的核心重要性，便可採取多項措施來遏止流失並保護剩餘農地的品質。在歐洲與美國，各項保育計畫已從推土機下救回了數百萬公頃的優良農地。減少各類田地侵蝕的技術已獲證實，且應更廣泛地付諸實行。此外，那些能使農業更具生產力且更具永續性的新興技術，有助於減輕現有農地的壓力。然而，這項挑戰極其緊迫；下一代將急切地需要這些我們長期以來視為「消耗品」的農地。(3)

(1) Clive Ponting, "Historical Perspectives on Sustainable Development," Environment, November 1990.

(2) Lester R. Brown et al., Vital Signs 1996: The Trends that are Shaping Our Future (New York: W.W. Norton, 1996).

(3) United States Department of Agriculture (USDA), Production, Supply, and Distribution (PSSTD) (electronic database) (Washington, D.C., May 10, 1996). Grain self-sufficiency is measured as the ratio of production of total grains to consumption of total grains, 1969-71 average and 1993-95 average.



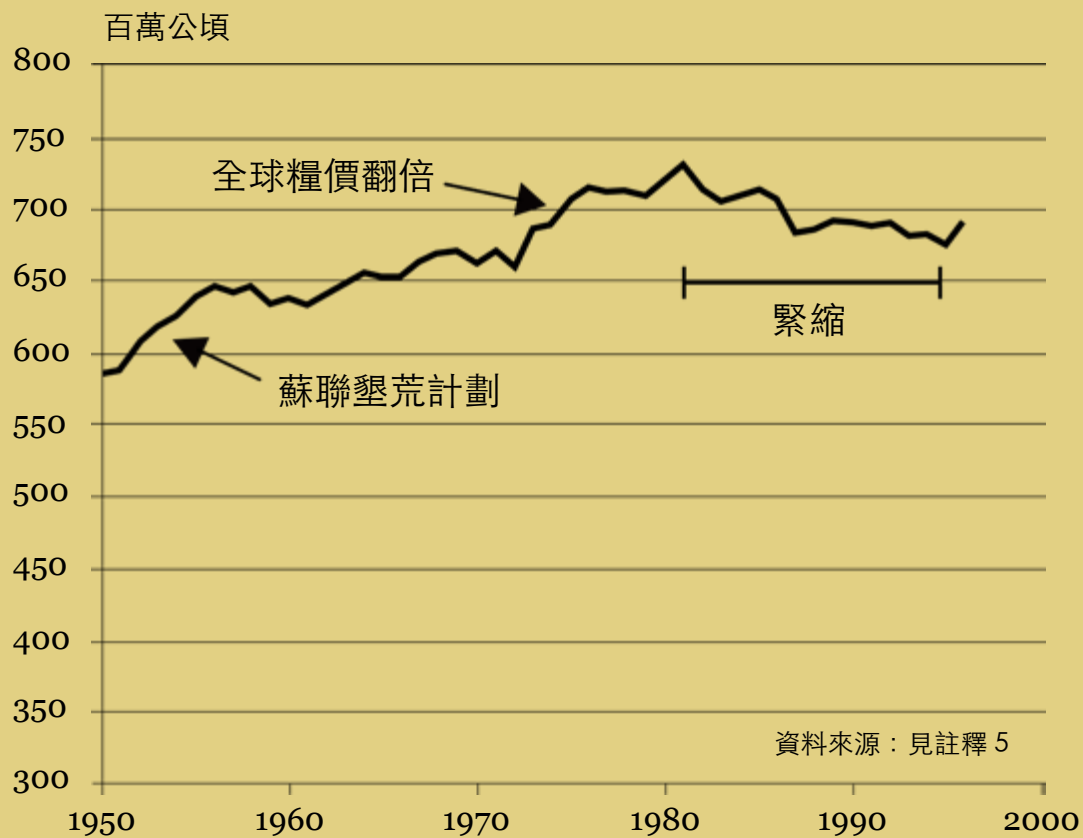
二、趨勢：從過剩到不足

人類為了生產更多糧食所付出的努力，在 1981 年達到了歷史巔峰。經過數千年的擴張，全球穀物種植面積在那一年達到頂峰，超過 7.32 億公頃^a。在 1981 年至 1995 年間，其種植面積下降了 7.6%，其降幅趨勢幾乎與過去的穩定增長互為相反的鏡像；隨後在 1996 年有所回升，目前涵蓋面積約 6.95 億公頃，大致與 1974 年的水準相當^b。從土地利用的角度來看，1981 年之後標誌著一個新的農業時代，即：在土地基底普遍收縮的情況下，去滿足日益增加的穀物需求。⁽⁴⁾（見圖 2-1）

^a 在主要的作物類別——穀物、水果與蔬菜、根莖類以及油籽——中，穀物是被最廣泛消耗的，因此是農業的最佳晴雨表。穀物的直接與間接（透過牲畜）消耗，占了人類卡路里攝取量的遠超過一半。

^b 「收穫面積」可以比實際面積更多或更少。一座 100 公頃的農場如果一年收穫兩次，會被登記為 200 公頃的收穫面積。或者，100 公頃的土地若每隔一年休耕，則其收穫面積為 50 公頃。

圖 2-1 全球穀物收穫面積（1950-96 年）



這個新時代是三個歷史時期中最新的一個，這三個時期凸顯了土地擴張在農業中角色的演變。在第一個時期，涵蓋了直到本世紀（20 世紀）中葉為止的 10,000 年，擴張耕地面積是增加糧食產量的主要手段。耕地（包括穀物糧地）隨著人口增加而增長，從現今土耳其境內的安納托利亞高原上首批耕作的土地，增

加到 1955 年全球投入生產的 14 億公頃。「以新土地滿足新需求」概括了第一時代的糧食生產策略。⁽⁵⁾

第二次世界大戰後，全球人口快速增長，促使人們尋求增加產出的其他途徑，進而催生了第二時代。耕地面積雖持續擴張，但此舉已非產出增長的主

要來源，僅有兩次大規模擴張例外：一是 1950 年代後期蘇聯的「處女地計畫（Virgin Lands program）」，為生產增添了約 3,000 萬公頃的糧地；二是 1970 年代中期因糧價暴漲所引發的擴張。單位面積產量的提升成了提振生產的主要工具，在 1950 年至 1981 年間，新增產出中有近 80% 歸功於此。「綠色革命」

技術——包括新興作物品種、農藥，以及肥料與灌溉的大量使用——使得每公頃土地的產量高到超乎前現代農民所能想像的程度。穀物產量的增幅甚至超過了人口成長，使得此一時期的平均每人產量得以提昇。在本質上，產量的提昇成了土地擴張極其有效的替代方案。⁽⁶⁾



穀物與香料。

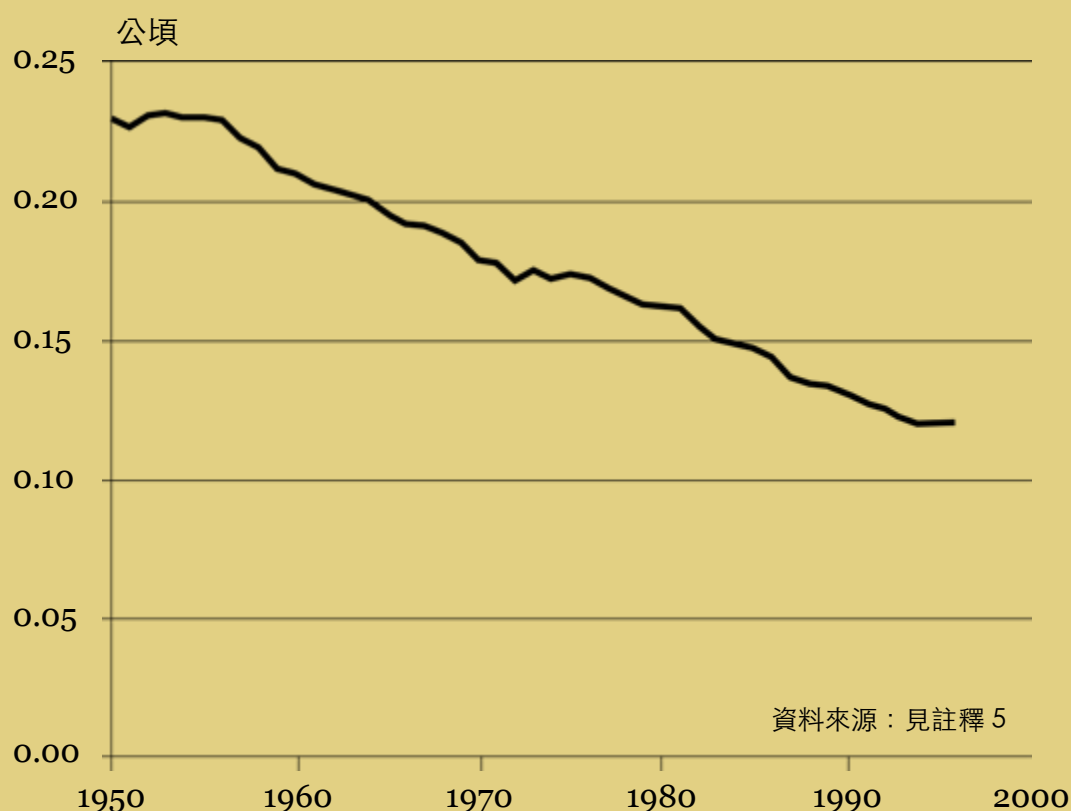
在第三時代（即現今），擴張面積對新增產出的貢獻實際上已經終結。除了 1986 年曾有短暫增加，以及自 1996 年起一段尚不確定時期的增長外，已無法再藉由擴張面積來提高產出。事實上，隨著糧地面積萎縮，一個令人吃驚的變化已顯現：歷史上第一次，增加穀物生產的全部重擔，竟完全落在提升單位產量上。擴張面積不但無法再協助增加產出，其淨萎縮反而成為生產的拖累，這進一步加劇了單位產量的壓力。

穀物價格的下跌，或許是這第三階段穀物種植面積收縮的部分原因。主要穀物的價格在 1980 年代與 1990 年代初期幾乎持續下滑，這給了農民足夠的動機去轉種水果與蔬菜，因為後者的價格在同期是上升的。1995 年

至 1996 年間，穀物價格上漲超過 30%，這足以使穀物種植面積增加約 2.5%。如果高價能維持下去，可能會引發更多的作物轉種，並開發出剩餘的閒置土地。但如果大眾對水果、蔬菜及其他非穀物產品的需求持續強勁，將這些土地轉回種植穀物的空間將會非常有限。⁽⁷⁾

由於僅依賴「提升產量」這單一的成長來源，現今的全球農業系統比起過去還有開墾新土地作為選擇時，在面對供應衰竭時顯得更為脆弱。這種脆弱性的徵兆在第三時代初期便已顯現，因為單位產量的增長開始疲軟。自 1985 年起，幾乎每年的穀物產量增長速度都低於全球人口增長率，這與前 35 年的經驗完全相反——當時平均年產量增長率超過 2%，使得糧食盈餘成為常態。

圖 2-2 全球人均穀物收穫面積（1950-96 年）



隨著 1990 年代的進展，產量增長進一步放緩，削弱了農業跟上當前需求的能力。⁽⁸⁾

全球農業的脆弱性，可以從「人均耕地面積」的趨勢中得到最好的說明。1950 年至 1981 年間，人均穀物收穫面積縮減了 30%，降至 0.16 公頃——不到足球場大小的四分之一（見圖

2-2）。當時之所以能避免大規模饑荒，完全是因為產量的強勁增長彌補了面積的流失。然而到了 1985 年，當產量增長開始疲軟，面積流失、產量增速放緩與人口增加的共同作用，導致了人均產量下降，結束了長達 34 年的上升趨勢⁽⁹⁾。

今日，人均穀物收穫面積僅

剩 0.12 公頃——不到足球場的六分之一——且仍在持續下降。由於產量已不再能彌補土地的持續流失，產生的糧食總量與實際需求量之間的缺口正不斷擴大。在 1993 年至 1995 年間，這個缺口是靠動用穀物儲備——也就是全球糧食的「儲蓄帳戶」——來填補的。在 1982 年至 1993 年間，全球穀物儲備平均相當於全球 81 天的消費量，但此後持續下滑，到 1995 年僅剩 48 天。此外，由於部分地區人均穀物消費量下降（特別是因嚴重經濟蕭條的前蘇聯，以及因貧窮加劇的非洲），也使得此缺口在帳面上被縮小。然而顯而易見的是，無論是動用儲備、經濟蕭條還是貧窮加劇，都絕非確保糧食供應充足的永續或理想方案。⁽¹⁰⁾

只要全球人口持續增長，人

均面積的縮減就不會停止。但我們可以透過減少土地流失，來減緩人均面積縮減的速度。既然過去那種依賴面積擴張的做法已不再可行，那麼「保護現有的、可永續耕作的農地」，就成了協助農民應對未來糧食需求至關重要的工具。



©Pexels

-
- (4) China from George P. Brown, "Arable Land Loss in Rural China," in *Asian Survey*, October 1995; U.S. from Natural Resources Conservation Service, *Summary Report: 1992 National Resources Inventory* (Washington, D.C.: USDA, January 1995).
- (5) USDA, PSSTD, op. cit. note 3.
- (6) Carl Zoerb, "The Virgin Land Territory: Plans, Performance, Prospects," in Roy D. Laird, ed., *Soviet Agriculture: The Permanent Crisis* (New York Praeger, 1965). Yield share is a Worldwatch calculation based on data in Lester Brown et al., *Vital Signs 1995: The Trends that are Shaping Our Future*, (New York W.W. Norton, 1995), and Brown et al., op. cit. note 2.
- (7) Grain price decreases from International Monetary Fund (IMF), *International Financial Statistics Yearbook* (Washington, D.C., 1994), and IMF, *International Financial Statistics* (Washington, D.C.: May 1996); price changes were: rice, down 36%; wheat, down 13%; corn, down 16%; grain price increases from IMF, May 1996, op. cit. this note; price comparison is for first quarter 1995 and first quarter 1996: wheat was up 34%, corn 52%, and rice 32%.
- (8) Yield trends from USDA, PSbD, op. cit. note 3.
- (9) Grain harvested area from USDA PS&D, op. cit. note 3; population from Francis Urban and Ray Nightingale, "World Population by Country and Region, 1950-90 and Projections to 2050" (Washington, D.C.: Economic Research Service, USDA, April 1993); one hectare (ha) is equivalent in area to 1.39 soccer fields; 0.12 is roughly equal to 16.7% (one-sixth) of a soccer field.
- (10) Falling reserves from Lester R. Brown et al, op. cit. note 2; grain consumption from USDA PSSTD, op. cit. note 3.



©Pexels

三、擴張中的城市

數千年來，隨著人口需要更多生活、工作與遊戲的空間，城市不斷向鄰近的田野與果園擴張。當土地充足時，這種擴張很容易被容納，因為農民只需遷移到新的地塊即可。然而今日城市擴張迅速，且在世界人口最稠密的地區，幾乎已無新土地可供開墾，因此因城市擴張所造成的耕地流失，通常就是無法彌補的淨損失。事實上，在許多國家，建設新工業、道路、房屋及遊憩設施的代價，已日益顯著地反映在流失的耕地公頃數上。

許多對土地所有權的爭議，都與全球都市化的興起有關。人口增長與對城市生活的偏好，加上農村地區的經濟問題（通常根源於環境惡化），促成了全球向城市區域的大規模人口遷移。1950 年時，全球僅有不到 30% 的人居住在城市；今日已超過 45%；而到 2025 年，城市人口

預計將超過全球總人口的 60%。這種向城市移動的趨勢並不侷限於那 100 個左右最受關注的「巨型城市」；擴張最迅速的其實是發展中國家那 3 萬多個中型城市，而這些城市的成長過程幾乎缺乏、甚至完全沒有都市規劃的引導。(11)

由於許多城市最初是建立在農業區，因此城市的擴張往往會直接覆蓋掉農地。對耕地的威脅可能相當巨大：例如，美國有一半以上的農產品是來自城市邊緣的縣份。此外，城市附近的耕地通常極其肥沃。在美國，只有約 18% 的農村土地被歸類為「優良農地（prime farmland）」；但在各大城市方圓 50 英里範圍內，優良農地的比例卻高達 27%。由於農地的開發幾乎是不可逆的，這種侵占代表了主要農

業資源的永久性流失。(12)

推動城市擴張的引擎之一是經濟成長，這是地球上每個國家首都的首要國家目標。但在世界人口最稠密的地區，傳統的經濟成長也顯現出日益明顯的負面效應：糧食生產能力的嚴重流失。經濟成長會刺激那些加速耕地流失的活動，包括工廠、住宅及道路的建設，以及遊憩區的開發。特別是在亞洲，過去四年經濟成長率平均超過 8%，這種對土地的爭奪顯得愈發激烈。(13)

例如，印尼爪哇島（Java）的城市與工業增長極其狂熱。美國農業部估計，1994 年城市的擴張奪走了 20,000 公頃的耕地，其面積足以供應 33 萬印尼人的食米需求。這些損耗僅是持續擴張潮的一部分。包含首都雅加達

(Jakarta) 在內的都會區人口在 1980 年代劇增了 44%，從 1,190 萬人增至 1,710 萬人。隨之而來的工業成長更加劇了對土地的渴求；雅加達的辦公空間在 1978 年至 1992 年間增加了 19 倍。而住宅開發對土地的消耗則更為密集。1983 年至 1992 年間，光是西爪哇的三個城市——茂物

(Bogor)、唐格朗 (Tangerang) 與勿加泗 (Bekasi) —— 所核准的住宅開工申請便涵蓋了近 61,000 公頃。雖然尚不清楚這些都市擴張中有多少是以農業為代價，但比例很可能相當高，因為爪哇是世界上人口最稠密的地區之一，幾乎沒有平坦的土地可供浪費。(14)



印尼西爪哇的茂物。

儘管會犧牲耕地，但工業發展的強大誘惑力在越南近期的事件中得到了生動的證明。由於據報越南每年損失 20,000 公頃耕地，總理武文傑（Vo Van Kiet）遂於 1995 年 3 月下令禁止將稻田轉作非農業用途。若持續以 1994 年的速率流失，越南在未來 25 年內將損失超過 7% 的耕地，而其人口卻會增加約 40%。然而，儘管總理表達了保護農地的承諾，他仍在 1995 年 7 月核准了一項請求，將河內周邊 6,300 多公頃的農地重新劃定為基礎設施與工業項目用地，這極有可能是為了興建福特汽車裝配廠。⁽¹⁵⁾

然而，流失最嚴重的或許是中國，自 1992 年以來，中國每年的經濟成長率都達到兩位數。儘管中國耕地流失的數據並不完整，但結果令人心驚。密蘇

里大學的政治學者喬治·布朗（George Brown）分析了官方土地利用數據後發現，在 1987 年至 1992 年短短六年間，中國就有 650 萬公頃的可耕地退出生產——約佔全國總面積的 5%。

（見表 1）。這些流失中，有近三分之二原因不明，或許是因為將其變更為非農業用途屬於違法行為。在已知原因的流失中，有 40% 涉及基礎設施、工業與住宅的擴張。假設那些原因不明的流失也可按此比例歸類，那麼這六年間共有 260 萬公頃的土地讓位於都市化，平均每年流失達 433,000 公頃。⁽¹⁶⁾

基於幾個原因，中國所報告的耕地流失情況極可能低估了問題的嚴重性。中國農民歷來會低報耕地面積以規避稅賦；因此，這些未申報土地的縮減並不會出

表 1: 中國可耕地流失情況，1987–92 年

流失原因	流失面積 (千公頃)	占中國農地百分比 (%)
已解釋的流失	2,317	1.8
▲ 國家基建	508	0.4
▲ 城鄉集體建設	240	0.2
▲ 農民建房	184	0.1
▲ 林地擴張	833	0.6
▲ 牧地擴張	552	0.4
未解釋的流失	4,239	3.3
總計	6,556	5.0

來源：參見尾註 16 中的 Brown。

現在官方統計中。此外，自 1987 年起，地方官員會因其轄區內的耕地流失而受到懲處，這進一步誘使他們低報數據。再者，世界銀行與獨立研究人員針對 1950 年代至 1970 年代（即快速工業化壓力開始之前）所記錄的損耗數據，實際上比中國政府對 1980 年代末與 1990 年代所報告

的數據還要高，這強烈暗示了政府存在低報現象。⁽¹⁷⁾

儘管中國在 1987 年至 1992 年間也開發了新土地投入生產，但其淨損失量依然驚人，達 387 萬公頃。這一面積的流失代表穀物產量減少了 1,500 萬噸，足以供養 4,500 萬中國人口。相對於

中國剩餘的開發潛力，這份淨損失同樣令人心驚。專家估計，中國整體的耕地擴張希望最多不超過 1,000 萬公頃（且必須付出巨大代價）。若持續以 1987 年至 1992 年的速率流失，這種擴張潛力在短短 15 年內就會消磨殆盡。
(18), (19)

雖然城市擴張導致的耕地流失在亞洲最為關鍵，但在其他地區，甚至是在土地資源豐富的國家，這種壓力也日益明顯。在土地相對富饒的美國，1982 年至 1992 年間，每年約有 16.8 萬公頃的耕地被鋪平（變更為建築用地），面積相當於兩個紐約市。這種損失將美國大部分的水果與蔬菜種植面積置於風險之中。美國農地信託組織（American Farmland Trust）的一項研究將城市增長與「優質且獨特的農

地」進行對比圖繪，以識別出農地流失風險最高的地區。南佛羅里達州、加州以及其他供應全美大部分蔬果的地區，目前正進行著快速的都市化。事實上，研究發現美國有超過 86% 的水果與 87% 的蔬菜是在快速都市化地區種植的。若不保護這些地區，美國可能會發現自己在未來數十年內，出口農產品的能力將大幅下降。而這些出口在 1995 年佔了美國農業貿易順差的 35%。
(20)

在 1982 到 1992 年間，美國每年有相當於兩個紐約市面積的耕地，被鋪上柏油路面

加州就是一個典型的例子。其農業核心——中央谷地（Central Valley）——是一個長達 300 英里、產量極高的豐饒之地；它以不到全美 1% 的農地面積，供應了全美 8% 的農業產

出（按價值計）。事實上，美國前十大農業縣中有六個位於此谷地；其中生產力居全國之冠的弗雷斯諾縣（Fresno County），其產值甚至超過了美國其他 24 個州。然而，加州正穩定地失去其農業用地。在 1984 年至 1992 年間，超過 12.5 萬公頃的耕地（約佔總耕地面積的 3%）被轉為城市或其他非農業用途，且其中超過三分之一是優良農地。這種趨勢在加州由來已久：擁有 900 多萬人口的洛杉磯都會區，在二戰結束時曾是全美生產力最高的農業縣。而曾經以杏、李等水果聞名於世的聖克拉拉谷（Santa Clara Valley），則將果園變換成了工廠、住宅與高速公路，並以「矽谷」這個新名字為其新形象冠冕。(21)

經濟與人口的增長同時也

刺激了交通基礎設施的擴張，而這會吞噬耕地。隨著道路與停車場覆蓋掉農地，駕駛人與農民之間的利益衝突日益加劇。拉丁美洲、東歐，特別是亞洲的汽車擁有量正大幅飆升。在中國，國內汽車產量的年成長率超過 15%；政府計畫將汽車產量從 1994 年的 140 萬輛增加到 2000 年的 300 萬輛。在越南，1996 年的汽車進口配額增加了兩倍，預計四輪車輛的銷售量在 1995 年至 2000 年間將增長 6 倍。印度、印尼、馬來西亞與泰國的車輛銷售與掛牌數也同樣在激增。整個亞洲正全面轉向以私人汽車為核心的交通體系。(22)

大規模採用以汽車為中心的交通體系，其所隱含的土地代價往往未被充分意識到。根據有道路數據可查的七個亞洲國家顯

示，若要容納 1989 年至 1994 年間新登記的汽車且不增加交通擁擠，道路面積需擴張超過 400 萬公頃。如果這些額外的道路付諸建設，且其中有四分之三取自耕地，那麼損失的土地面積將足以供應 3,000 萬人所需的穀物。考慮到亞洲缺乏閒置土地，且道路與農業在同樣的地形（通常是平坦的谷底）上運作最經濟且效率最高，因此新道路空間有很大比例會取自耕地的可能性極高。(23)

都市化與日益繁榮的經濟也激發了對休閒空間的需求。高爾夫球是一種日益流行但極其耗費土地的消遣，目前正在亞洲迅速擴張。在泰國，1989 年至 1992 年間共興建了 160 座高爾夫球場，平均每 11 天就落成一座。若建設模式延續 1988 年以前的狀況，其中有三分之二是在農地上

興建的。以每座球場佔地 160 至 320 英畝計算，這些球場極可能排擠掉了 1.7 萬至 3.4 萬公頃的農地——若這片土地種植穀物，足以養活數十萬人。在其他亞洲國家，高爾夫球對農業的影響尚不完全清楚，但在人口稠密的國家，大量新球場的興建勢必會對農地造成損害。南韓在 1993-94 年有 86 座營運中的球場，另有 200 座正在施工，200 座等待審批。而在 1990 年代初期，土地貧乏的日本擁有 2,016 座高爾夫球場，其總面積比東京都還要大，當時還有 395 座球場正在施工或已取得施工許可。(24)

都市化作為涵蓋上述多種土地流失原因的總括性概念，預計在下個世紀仍將以驚人的速度持續進行。到 2000 年，人類歷史上將首次出現半數以上的人口居



越南的高爾夫球場。

©Pexels

住在城市的情況，這使得耕地面臨的持續壓力成為必然。若以開發中國家每位城市居民佔地 0.05 公頃計算，到 2010 年約需 5,000 萬公頃土地用於城市擴張。雖然並非所有面積都會以犧牲耕地為代價，但在南亞與東亞等擁擠地區，農地的淨損失量很可能相當可觀。以南亞為例，普遍認為該地區擴張耕地的潛力幾乎為零，而 1995 年至 2010 年間，其城市人口預計將增加約 4.2 億人，這

意味著城市面積將增加約 2,100 萬公頃。在如此擁擠的條件下，這種規模的城市擴張勢必會導致耕地的大量流失。⁽²⁵⁾

擁有全球五分之一以上人口的中國，其持續的都市化進程預計將尤為驚人。中國建設部副部長曾表示，中國希望在 2010 年前新建近 600 座城市，使城市數量從 1996 年的 633 座在未來 15 年內增加到 1,200 座。如果這項

建設導致工業、基礎設施與住宅佔用耕地的速率維持在 1987 年至 1993 年的水準，那麼到 2010 年將會有約 650 萬公頃（即中國另外 5% 的農地）退出生產，而屆時中國人口預計將增長約 14%。⁽²⁶⁾ 加州因城市增長導致的耕地流失預測同樣令人心驚：若按 1984 年至 1992 年的流失率計算，加州在未來 25 年內將在已流失的 12.5 萬公頃基礎上，再增加超過 39.3 萬公頃的流失面積——這相當於其總耕地面積的近 10%。⁽²⁷⁾

瘋狂的都市與工業活動對耕地造成的壓力，使得某些損耗幾乎是不可避免的。但流失的實際程度，將取決於地方與中央政府所做的開發選擇，特別是在人口稠密的地區。舉凡交通、住宅、工業發展及遊憩的決策都會影響土地利用，而這些決策其實可以做得對「耕地更友善」。

(11) Department of Economic and Social Information and Policy Analysis, United Nations, *World Urbanization Prospects: the 1992 Revision* (New York, 1993); fastest urban expansion from Eugene Linden, "The Exploding Cities of the Developing World," *Foreign Affairs*, January/February 1996.

(12) Dipasis Bhadra and Antonio Salazar P. Brandao, "Urbanization, Agricultural Development, and Land Allocation," *World Bank Discussion Paper 201* (Washington, D.C.: World Bank, 1993).

(13) Asian growth from IMF, *World Economic Outlook May 1996*, (Washington, 1996).

(14) USDA estimate from Scott Thompson, "The Evolving Grain Markets in Southeast Asia," in *Grain: World Markets and Trade* (Washington, D.C.: USDA, Foreign Agricultural Service, June 1995); Java population, office space, and housing from Tommy Firman and Ida Ayu Indira Dharmapatni, "The Challenges to Sustainable Development in Jakarta Metropolitan Region," *Habitat International*, vol. 18, no. 3.

(15) Projected loss is Worldwatch calculation based on data in Food and Agriculture Organization (FAO) *Production Yearbook 1994* (Rome, 1994); population estimate from Urban and Nightingale, op. cit. note 9; Prime Minister from "Development vs. Agriculture in Battle over Vietnam's Land," *Earth Island Journal*, Winter 1995-96.

(16) Brown, op. cit. note 4. Arable land in China is officially listed as 96 million ha, but this is widely acknowledged to be understated. Estimates of actual cropped area range from 123 million ha to as high as 150 million. Following the work of Vaclav Smil, this paper assumes cropland area to be 130 million ha. See Smil, "Environmental Problems in China: Estimates of Economic Costs" (Honolulu: East-West Center, April 1996).

- (17) Current underreporting from Brown, op. cit. note 4; earlier estimates of land loss from Shujie Yao, *Agricultural reform and grain prices in China* (London: St. Martin's Press, 1994), who reported losses of 500,000 ha (net) per year, or 1.33 million ha (gross) between 1952 and the late 1970s; World Bank, *China: Agriculture to the Year 2000* (Washington, 1985), which reported losses of about a million ha per year to non-agricultural uses between 1959 and 1978; and Vaclav Smil, op. cit. note 16, who reports gross losses of nearly 30 million ha between 1957 and 1977 (1.5 million ha per year).
- (18) Smil, op. cit. note 16.
- (19) Brown, op. cit. note 4. The share of China's land is a Worldwatch calculation that assumes total cropped area of 130 million ha.
- (20) Natural Resources Conservation Service, op. cit. note 4; American Farmland Trust (AFT), "Farming on the Edge" (Washington, D.C., June 1994); USDA, "US. Agricultural Exports and Imports," *Agricultural Outlook*, May 1996.
- (21) AFT, "Alternatives for Future Urban Growth in California's Central Valley: The Bottom Line for Agriculture and Taxpayers" (Washington, D.C., October 1995); California loss estimate from Department of Conservation, State of California, *Farmland Conversion Report* (Sacramento, various years); L.A. County from Valerie Berton, "Harvest or Homes? AFT Research Highlights Need to Protect Ag as Central Valley Grows," *American Farmland* (Washington, D.C.: AFT, Fall 1995).
- (22) China from Odil Tunali, "A Billion Cars: The Road Ahead," *World Watch*, January/February 1996; Vietnam from Jeremy Grant, "Vietnam Trebles Car Import Quota," *Financial Times*, January 12, 1996.
- (23) Road estimates based on data in International Road Federation, *World Road Statistics 1989-1993* (Washington, D.C., 1994) and American Automobile Manufacturers Association, *World Motor Vehicle Data* (Washington, D.C., 1995).
- (24) Thailand from James Fahn, "Fore!" *The Nation*, January 14, 1994, and Anita Pleumarom, "Course and Effect," *The Ecologist*, May/June 1992; Japan from Philip Shenon, "FORE! Golf in Asia Hits Environmental Rough," *New York Times*, October 22, 1994.
- (25) Analysis modeled on that found in Pierre Crosson and Jock Anderson, "Resources and Global Food Prospects: Supply and Demand for Cereals to 2030," *World Bank Technical Paper Number 184* (Washington: World Bank, 1992). Land use patterns vary greatly from city to city; the 0.05 ha estimate is at best very rough. Urban population figures from United Nations, *World Demographic Estimates and Projections, 1950-2025* (New York, 1988).
- (26) Ashali Varma, "Target: 600 New Cities by the Year 2010," *The Earth Times*, April 15-30, 1996; population increase from Urban and Nightingale, op. cit. note 9.
- (27) Worldwatch calculation, based on data in Department of Conservation, op. cit. note 21, and Natural Resources Conservation Service, op. cit. note 4.



四、消逝中的灌溉耕地

在所有的耕地流失中，灌溉耕地的消失或許是最令人不安的，因為近幾十年來，這類土地貢獻了產量增長的最大份額。然而，目前灌溉面積的流失似乎抵消了微不足道的增長——在過去二十年裡逐漸放緩的灌溉擴張，如今終於完全停滯。隨著農業水源枯竭、受到污染或被其他部門強占，灌溉面積的持續流失已不可避免。

由於灌溉使得農作物能在需要的時候，獲得所需份量的水分，因此它允許一年內種植兩季甚至三季作物。其結果是驚人的生產力：灌溉耕地雖然僅佔全球耕地的 16%，卻供應了全球約 40% 的糧食。這種豐沛的產出，結合 1960 年代灌溉面積的穩定擴張與 1970 年代的迅猛增長，使得灌溉成為 1960 年代中期至 1980 年代中期全球糧食產量增長一半以上的來源。(28)

鑑於灌溉土地的顯著重要性，這項資源的流失特別令人擔憂。根據聯合國糧食及農業組織（FAO）的數據，全球灌溉面積在 1993 年（可取得數據的最後一年）迎來了轉折點，在歷經數十年幾近不間斷的逐年增長後，首次出現輕微下降。這波萎縮正是灌溉面積長期成長放緩的最終結果——其年增率已從 1972 至 1975 年間 2.3% 的最高峰，滑落至 1982 至 1992 年間的每年約 1%。如果說單位產量的提升是驅動全球糧食生產成長的主引擎，那麼灌溉的擴張——潤滑該引擎的潤滑油——如今已嚴重供應不足。(29)

灌溉耕地的流失是由多種原因造成的。例如，隨著蘇聯解體，前蘇聯（FSU）部分加盟共和國取消了灌溉補貼，導致灌溉面積

大幅萎縮。光是俄羅斯在 1990 年至 1993 年間，就損失了超過 70 萬公頃的灌溉耕地——約佔其灌溉總面積的 13%。前蘇聯地區的這種面積萎縮預計仍將持續，甚至可能再延續十年，直到該地區的各國政府恢復財政健全為止。(30)

在加州，都市化正日益成為灌溉地流失的主因。1988 年至 1990 年間，該州有 18% 的新增都市土地是開發在灌溉區上，但到了 1992 年至 1994 年間，這一比例已躍升至 24%。總計在 1990 年至 1992 年間，加州的灌溉面積減少了約 25,000 公頃，流失了將近 1%。這個看似微不足道的流失率，如果持續下去，將在未來 25 年內讓加州失去近 9% 的灌溉土地。(31)

鑑於目前現有的灌溉土地持

續面臨威脅，要扭轉人均灌溉面積下降的趨勢將十分困難。在數個盛行灌溉農業的地區，地下水枯竭、水源污染以及來自非農業部門的競爭，正在減少農業用水的供應。這一切都代表著對耕地正逐步浮現的新興威脅。

全球灌溉用水，至少有 5% 是近乎超抽的

地下水枯竭對於灌溉農業而言，是一個特別嚴重的問題。當抽取地下水的速度快於其補給速度時，含水層便會枯竭，或者隨著地下水位下降，抽水成本也會變得極為高昂。依賴這類超抽水源的耕地，其耕作方式是無法永續的。雖然該問題在全球影響的確切範圍尚無完整官方記錄，但文獻中的線索讓我們得以推估出部分受影響地區的作物面積。全球灌溉面積中，至少有 5%、甚

至高達 8% 在一定程度上依賴超抽的地下水。這項保守的估計是根據阿拉伯半島、利比亞、中國北部、印度北部、伊朗，以及美國高等平原（High Plains）與加州的數據；其中還不包括巴基斯坦或其他農業同樣依賴地下水超抽的地區。如果過度抽取持續下去且灌溉水供應減少，那些超抽水僅佔其水源一小部分的地區將面臨產量下降，而嚴重依賴超抽水源的地區則可能完全退出生產。⁽³²⁾

在含水層過深而無法由降雨得到補充的地區（如阿拉伯半島的大部分地區與利比亞），施灌於耕地的非永續抽水比例非常高。例如，阿拉伯半島農業所使用的水資源中，有高達 75% 是無法得到補充的。由於當地大部分耕作的土地若無灌溉便無法維

持，因此在找不到其他灌溉水源的前提下，當這些「化石」含水層（fossil aquifers）耗盡時，這些地區的農業將面臨灌溉面積的嚴重削減。以阿拉伯半島而言，這種萎縮量可能高達 400 萬公頃，而在利比亞則會超過 200 萬公頃。(33)

在含水層具備可再生性的地區，如果農民採取保育措施、高效節水技術，或者轉種耗水量較低的作物，便可避免產量下降與面積流失。然而，這些措施仍有其極限。在 1974 年至 1989 年間，德州的高等平原（High Plains）儘管每公頃用水量減少了約 17%，其灌溉面積卻依然縮減了 25% 以上。雖然地下水超抽並非導致全部流失的唯一原因——當時能源價格高漲與糧價下跌也使得抽水變得不合乎經濟效益——

但地下水位的下降確實是不可忽視的促成因素。(34)

在其他地方，農業用水所面臨的主要威脅並非源於水資源本身的枯竭，而是來自對水資源的爭奪。城市日益與農民爭奪水源，且在乾旱地區，都市



的用水需求會直接導致耕地流失。以墨西哥城為例，都市的增長促使該市從其所在的墨西哥盆地以外，進口了將近三分之一的水資源。這項政策降低了鄰近勒爾馬（Lerma）和庫察馬拉（Cutzamala）盆地的地下水位，並正在迅速摧毀附近霍奇米爾科（Xochimilco）鎮的傳統農業。在雅加達，城市居民抽取地下水的速度大約是其補給速度的三倍，這限制了該市北部水稻農民的水源供應，進而扼殺了稻米生產。在中國，有大約 200 個城市處於缺水狀態，其《水法》規定都市與工業使用者享有比農民更優先的用水權，這對農業部門產生了可預見的衝擊。1996 年春季，當黃河沿岸東營（原文誤植為 Donning）的一處油田迫切需要用水以維持運作時，黃河沿線長達 400 英里的河段甚至部署了

武裝警衛，以防止農民抽取河水進行灌溉。(35)

即使政府為農民開發了新的水源，農民能否持續獲得這些水源也並非萬無一失。以泰國為例，一項被稱為「大昭披耶河計畫（Greater Chao Phrya Project）」的水壩與灌溉基礎設施建設，成功幫助農民提升了每年可耕作一次以上的土地比例，從 1975 年佔總耕作面積的 40%，在 1980 年代末期躍升至 70%。然而，農民用水量的增加，卻導致同期昭披耶河（該河是包括曼谷在內許多城市的供水來源）的流量減少了約 25%。隨著都市成長與工業活動的激增，都市對水資源的渴求也同步擴大，進而引發了都市與農民之間的競爭與衝突；而在這場爭奪中，農民所擁有的政治影響力（political

clout) 顯然比不上他們的都市同胞 (city cousins)。1989 年，由於水庫未能釋放足夠的灌溉用水給農民，導致約 16 萬公頃在旱季種植的作物全部乾枯損失。到了 1993 年，政府為了節約用水，甚至直接下令禁止種植第二季作物（二期作）。這類因缺水而對農業實施的限制措施，無疑是導致 1985 年至 1995 年間泰國穀物收穫面積萎縮 15% 的主因之一。(36)

在美國西部，一些城市與城鎮現在透過直接購買或租賃灌溉用水的方式，來確保都市有足夠的供水。例如，亞利桑那州的圖森市 (Tucson) 在 1970 年代與 1980 年代購買了超過 9,300 公頃的農地，純粹是為了確保該地塊所附帶的水權 (rights to water)。科羅拉多泉

市 (Colorado Springs) 則購買了 1,820 萬立方公尺的水權，其中約有三分之一目前正回租給農民，等待未來城市發展需要時再收回。在加州、奧勒岡州、華盛頓州與愛達荷州，城市對水資源採取「租賃」而非「購買」的做法更為普遍。在這種安排下，城市購買的是臨時水權，通常會在降雨量低的枯水年行使這項租賃選擇權。帕洛維德灌溉區 (Palo Verde Irrigation District) 與南加州大都市水區 (Metropolitan Water District of Southern California) 之間的這類用水租賃，在 1992 年至 1994 年間導致約 20,000 英畝的農地被迫閒置 (休耕)。(37)

在某些地區，農業用水在被耗盡或被其他部門奪取之前就已遭到污染，導致農業生產力下降，

在極端情況下甚至會造成耕地流失。在沿海地區，隨著地下水位下降，含水層往往容易受到海水入侵（invasion by seawater），導致淡水變得不再適合農業生產。以以色列為例，沿海含水層的平均含鹽量在過去 25 年中增加了約 50%；目前已有 10% 的水井所抽出的水因鹽分過高而無法用於作物灌溉。在印度南部的索拉什特拉（Saurashtra，原文拼為 Suarashtra）地區，數千公頃的土地因使用來自受污染沿海含水層的鹹水而遭到破壞；而在哈里亞納邦（Haryana），該邦有 65% 的土地正處於鹹地下水之上。在中國，來自工業污染源的廣泛水污染也同樣影響著農業用水的供應。根據中國農業部的報告，對作物施灌未經處理的廢水，每年導致超過 500 萬噸的穀物損失，佔總收成的 1% 以上。(38)

灌溉面積的減少以及農業用水供應所面臨的威脅，讓人們開始質疑未來擴大灌溉面積的潛力。擴張的限制既多且嚴重。在越來越多的地區——從中東、亞洲部分地區到美國西南部——用於擴張的灌溉水根本無處可尋。到 2020 年，假設每人平均用水率維持不變，因超抽地下水導致其消耗量超過年可再生水供應量 100% 的國家，將從 10 個增加到 15 個，其中大多數位於中東與北非。未來 25 年內，光是要為中東和北非新增的 2.5 億人口（quarter billion）提供最低限度的穀物配額，就幾乎需要額外一條尼羅河的年流量——也就是每年約 760 億立方公尺的水量。同時，在中國北方，除非開發新水源，否則到 2020 年水資源赤字（缺水量）預計將達到 350 億立方公尺。由於農業消耗了該地區

80% 以上的水資源，因應缺水危機的重擔將沉重地落在農民的肩
上。(39)

在可以取得水源的地方，開發新資源的經濟誘因也可能不復存在。自 1970 年代中期以來，灌溉面積擴張緩慢的原因之一，在於糧食價格下跌與灌溉建設成本上漲的雙重打擊，這使得灌溉投資變得不合乎經濟效益。如果

世界正進入一個糧食短缺、糧價上漲的時代，那麼在水源充足的部分地區，灌溉投資可能會再次展現吸引力。(40)

然而，在一個日益擁擠的世界中，為了實現灌溉而通常必須建造的大型水壩，往往伴隨著高昂的社會成本，因為居民必須為了給水庫及其配套基礎設施騰出空間而被迫搬遷。越來越



©Pexels

多時候，受影響的人數非常龐大：以中國正在興建的三峽大壩（Three Gorges Dam）為例，就有超過 100 萬人面臨搬遷。當這些流離失所的居民本身就很貧困時，他們幾乎沒有能力抵制搬遷，也無法確保新村落的環境不會比他們原本離開的故鄉更差。(41)

面對上述種種障礙，預計未來數十年灌溉面積的擴張將極其緩慢。一項研究預測，未來 50 年的年成長率僅有 0.3%，大約只有擴張速度已放緩的 1980 年代的三分之一，且僅為 1970 年代中期高峰成長率的八分之一。甚至極有可能完全不會出現任何顯著的擴張。如此黯淡的前景，使得「遏止灌溉土地的流失」這項任務變得格外迫切。(42)

(28) Irrigation's share of world food from Sandra Postel, "Forging a Sustainable Water Strategy," *State of the World 1996* (New York W.W. Norton, 1996); irrigation's share of past output from Pierre Crosson, "Future Supplies of Land and Water for World Agriculture," revision of a paper pre-sented at a conference of the International Food Policy Research Institute (IFPRI) in February 1994 (Washington: Resources for the Future, August 1994).

(29) The FAO Production Yearbook 1994 (Rome, 1994) shows a decline in global irrigated area for 1992-93 of 0.6 percent. Irrigated area for Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Turkmenistan, and Uzbekistan, however, which is registered as declining in the FAO yearbooks, is reported by the World Bank to have increased between 1990 and 1994. If FAO data is adjusted using the World Bank data, global irrigated area shows a slight decline of 0.2 percent. Deceleration in irrigation growth from FAO, *State of Food and Agriculture 1993* (Rome, 1993).

(30) Yuri Markish, Agriculture and Trade Analysis Division, Economic Research Service, USDA, personal communication, June 4, 1996.

(31) Department of Conservation, State of California, *Farmland Conversion Report, 1990-92* (Sacramento, June 1994).

(32) Area affected by overpumping is a Worldwatch estimate based on data in the following: Libya from World Resources Institute et al., *World Resources: A Guide to the Global Environment 1996-97* (Oxford: Oxford University Press, 1996); Arabian Peninsula from Jamil al Alawi and Mohammed Abdulrazzak, "Water in the Arabian Peninsula: Problems and Perspectives," in Peter Rogers and Peter Lydon, *Water in the Arab World* (Cambridge, MA: Division of Applied Sciences, Harvard University, 1994); California from Pacific

Institute, California Water 2020: A Sustainable Vision (Oakland, CA: Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security, 1995); High Plains from Allan Burns, United States Geological Survey, personal communication, June 18, 1996, and U.S. Geological Survey, "Water-Level Changes in the High Plains Aquifer, Predevelopment to 1994," at Web address <http://h2o.usgs.gov/public/wid/FS~215-95/FS-215-95.html>; North China from Ye Yongyi, "Policies for Sustainable Water Resources Development in the North China Region," in United Nations, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, Towards an Environmentally Sound and Sustainable Development of Water Resources in Asia and the Pacific, Water Resources Series no. 71 (Bangkok, 1992), and Xu Zhifang, unpublished paper prepared for the World Water Council Interim Founding Committee, March 1995; India from B.H. Dhawan, "Magnitude of Groundwater Exploitation," Economic and Political Weekly, April 8, 1995, and S.P. Sharma, Ministry of Agriculture, Government of India, personal communication, June 17, 1996; Iran from United Nations Development Programme (UNDP), Land Degradation in South Asia: Its Severity, Causes, and Effects Upon the People, World Soil Resources Reports 78 (Nairobi, 1994).

- (33) Arabian Peninsula from al Alawi and Abdulrazzak, op. cit. note 32.
- (34) J.T. Musick, F.B. Pringie, W.L. Marman, and B.A. Stewart, "Long-Term Irrigation Trends-Texas High Plains," Applied Engineering in Agriculture, November 1990.
- (35) World Bank, Rapid Urban Environmental Assessment: Lessons from Cities in the Developing World, vol. 1, (Washington, D.C., 1994); Ren Guanzhao, "Urban Water Supply in China," in United Nations, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, Urban Water Resources Management, Water Resources Series no. 72 (New York, 1993); Patrick Tyler, "China's Fickle Rivers: Dry Farms, Needy Industry Bring a Water Crisis," New York Times, May 23, 1996.
- (36) The reduction was likely greater than 25 percent. See Steve van Beek, The Chao Phya: River iTz Transition (Oxford: Oxford University Press, 1995). Share of Thai harvested area from USDA PS&D, op. cit. note 3 .
- (37) Dennis Rule, Tucson Water Department, Tucson, AZ, personal communication, April 29, 1996; Gary Bostrom, Water Resources Department, Colorado Springs, CO, personal communication, April 29, 1996; Penn Loh and Anna Steding, "The Palo Verde Test Land Fallowing Program: A Model for Future California Water Transfers?" (Oakland, CA: Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security, March 1996).
- (38) Ministry of the Environment, The Environment in Israel (Jerusalem, 1992), and "The Environment in Israel," Israel Environment Bulletin Spring-Summer 1994; India from Marcus Moench, "Approaches to Groundwater Management: To Control or Enable?" Economic and Political Weekly, September 24, 1994; China from Smil, op. cit. note 16.
- (39) Worldwatch calculation based on population data from Urban and Nightingale, op. cit. note 9, and from Fred Pearce, "High and Dry in Aswan, New Scientist, July 7, 1994. Pearce reports that the average flow of the Nile in the 1980s was 76 billion cubic meters. Nile flow is commonly cited as 84 billion cubic meters.
- (40) Operations Evaluation Department, "A Review of World Bank Experience in Irrigation" (Washington: World Bank, November 3, 1994).
- (41) Robert Goodland, "Environmental Sustainability Needs Renewable Energy: The Extent to Which Big Hydro is Part of the Transition," paper presented to the International Crane Foundation Workshop, Washington, D.C., November 28-December 2, 1995.
- (42) Paul Raskin, Evan Hansen, and Robert Margolis, Water and Sustainability: A Global Outlook, Polestar Series Report No. 4 (Stockholm: Stockholm Environment Institute, 1995).



五、退化中的未來

幾乎在所有地方，對耕地的最大威脅並非來自推土機或都市的水利主管，而是來自一個更隱蔽且分散的來源：土地退化。在世界各地，農業活動已經造成大片耕地遭受侵蝕、壓實板結、污染、鹽鹼化或澇化浸水，而這種破壞在今天幾乎毫無減退地持續著。由於這種退化大多是看不見的，它對農業造成的威脅普遍被低估。然而，從 3,800 年前的蘇美文明到九世紀的馬雅文明，這些文明的崩潰——部分歸因於優質農地的喪失——正是土壤健康具有根本重要性的歷史明證。

關於全球土地退化程度及其對生產力造成損害的數據，儘管目前仍顯粗略，卻已令人擔憂。聯合國 1990 年一項關於土地退化的研究估計，自第二次世界大戰以來，已有 5.52 億公頃（相當於現今全球總耕地

面積的整整 38%) 因農業經營不善而受到某種程度的破壞 (見表 2)。這項研究首次在全球規模上證明，土壤——這一農業的根本基石——在世界各地正飽受圍攻。實際上，該報告可能還低估了損害的程度。1994 年一項針對南亞的研究將聯合國的發現與該地區更在地的農業退化研究進行了對比，估計土壤受損的面積比聯合國研究指出的還要多出大約 10%。(43)

在最糟糕的情況下，土地退化實際上已使土地徹底退出生產。在聯合國的研究中，被描述為「嚴重」或「極度」退化的土壤——即已超出修復可能，或需要重大工程才能恢復其生產力者——占了全球受損耕地面積的 15% 以上。這片流失的土地約有 8,600 萬公頃，大致相當於加拿

表 2：土壤退化農地占總農地之比例，1945–90 年

地區	退化比例 (百分比)
澳洲	16
歐洲	25
北美洲	26
亞洲	38
南美洲	45
非洲	65
中美洲	74

來源：參見尾註 44 中的 Oldeman。

大總耕地面積的兩倍。如果按照 1990 年代的平均產量來種植穀物，這片土地本可以養活約 7.75 億人，相當於現今全球人口的 13% 左右。儘管這類損失後果極其嚴重，但足以讓土地退出生產的嚴重退化現象至今仍在持續，且可能正在加劇：雖然 1945 年至 1990 年間的年均流失量平均略低於 200 萬公頃，但各種來源顯示，現今的流失量已高達每年 500 萬至 1,000 萬公頃。(44)

然而，大多數退化的土地目前仍投入在生產中，儘管其中大部分的肥力已大不如前。雖然退化導致的生產力損失尚未在全球規模上得到精確測量，但學者已進行了一些初步推算。利用聯合國研究中為每種退化類別設定的生產力下降幅度，便可計算出因土壤退化而減少的估計產出。這項推算顯示，在 1990 年，輕度與中度退化的土地產量，比未退化前大約減少了 10%。當把嚴重和極度退化（已無生產力）的土地也納入這些倒退因素後，所有退化造成的總產量損失將飆升至 18% 以上。在一個土地供應日益吃緊、糧食需求穩定增長的世界裡，這些生產力的萎縮正顯得愈發具有舉足輕重的影響。(45)

我們稱為「表土」的這一層薄薄的地球外殼，是土地肥力

的關鍵所在。表土的厚度通常只有 15 公分左右，卻是一個充滿有機質、礦物質、養分、昆蟲、微生物、蠕蟲及其他元素的豐富介質，為植物提供了賴以生長的滋養環境。雖然施用化肥能為土壤生產力提供短期的權宜之計，但它只能補充土壤的養分，卻無法取代構成土壤生態群落（soil community）的全方位元素，而這些元素對於土地的長期健康而言缺一不可。

作為土地退化中最普遍的形式（在聯合國的研究中占了受損面積的 84%），土壤侵蝕正奪走地球上的一項自然遺產，而這項遺產的形成速度慢如冰河移行（glacial pace）。一般而言，一公頃的土地每年只能累積大約 1 噸左右（僅幾公釐厚）的新土壤。淨侵蝕量（即每公頃被沖刷或風

表 3：土壤退化精選案例

國家	退化狀況
中國	侵蝕影響了中國三分之一以上的國土——面積約 367 萬平方公里。在廣西省，侵蝕影響了中國三分之一以上的國土——面積約 367 萬平方公里。在廣西省，超過五分之一的灌溉系統因土壤侵蝕而遭到破壞或完全淤積。鹽鹼化導致 700 萬公頃的作物產量下降，使用未經處理的都市污水嚴重破壞了約 250 萬公頃的土地，且有近 700 萬公頃的土地受到工業廢棄物的污染。
俄羅斯	侵蝕面積每年增加 40 萬至 50 萬公頃，目前已影響俄羅斯三分之二的可耕地。水蝕造成了約 40 萬條沖溝，覆蓋面積超過 50 萬公頃。
伊朗	據估計，伊朗幾乎所有（94%）的農業土地都已退化，其中大部分達到中度或重度退化。鹽鹼化影響了約 1,600 萬公頃的農地，並已迫使至少 800 萬公頃的土地退出生產。
巴基斯坦	沖溝佔據了面積 180 萬公頃的波特瓦爾高原（Pothwar Plateau）約 60% 的面積。超過 16% 的農業土地遭受鹽鹼化之苦。總計有超過 61% 的農業土地已經退化。
印度	退化影響了印度四分之一的農業土地。與游耕（shifting cultivation）相關的侵蝕導致比哈爾邦（Bihar）以東約 27,000 平方公里的土地植被流失。至少有 200 萬公頃的鹽鹼化土地已被廢棄。
海地	32% 的土地適合務農，但實際上有 61% 的土地被用於農耕。在 1980 年代中期，嚴重的侵蝕導致每年流失 6,000 公頃的耕地。
澳洲	超過 450 萬公頃的旱地（佔所有耕地的 10%）以及超過 8% 的灌溉面積受到鹽害影響。受到旱地鹽害影響的面積在 1975 年至 1989 年間增加了一倍。

來源：參見尾註 47。

蝕的土壤量，減去從其他地塊被水沖來或風吹來的土壤量）雖然難以測量，但最高紀錄的總侵蝕量無疑比土壤的生成速度要快上許多倍。在許多開發中國家，特別是在坡地地形上，個別地塊每公頃流失量超過 100 噸的報告已屢見不鮮。(46)

在開發中國家，土壤侵蝕與貧窮在一個破壞性的循環中相互作用：侵蝕往往根源於貧窮與擁擠，而貧窮與擁擠往往又是土壤侵蝕所結出的惡果。聯合國 1990 年的土地退化研究指出，過度放牧、濫伐森林、農業經營不善以及過度採集薪柴——這些主要是窮人為了生存而不得不從事的活動（在比例上極不相稱）——占了全球土壤破壞的 70%。這些問題反過來又往往與土地分配不均（skewed distribution of land）

有關。由於無法獲得足夠的土地，貧困的農民被迫遷移到面積狹小且品質貧瘠的邊際土地上，在這些土地上進行超出土壤承受能力的過度密集耕作，或者在缺乏永續利用所需投資的情況下強行開墾。(48)

由於世界上大部分地區最優質的谷地土地早就被農業或其他用途所佔用，越來越多的貧農不得不退向山坡地。從生態角度來看，山坡地是一種極其脆弱的地形，因為它具有極高的水土流失（侵蝕）風險。1989 年，全球有 1.6 億公頃的山坡地（超過全球耕地總面積的 11%）被認定為「嚴重侵蝕」，這些地方分布極廣，包括衣索比亞高原、安地斯山脈與喜馬拉雅山脈的高地，以及中美洲的中央高地。隨著人口密度的增加，山地耕地面臨的威



印度的山坡地開墾。

©Pexels

脅日益加劇。根據世界資源研究所（WRI）的一份報告，在菲律賓，已開墾的山地森林面積占總耕地面積的比例，從 1960 年的不到 10% 飆升至 1987 年的超過 30%。在 1980 年至 1987 年間，當菲律賓平原低地地區的耕地面積僅微幅擴張 1.9% 時，山坡地的耕地面積卻迅猛增長了 7.6%。⁽⁴⁹⁾

另一種正面臨日益沉重壓力的邊際農業用地，是從熱帶森林

中開墾出的農地。熱帶土壤的天然肥力相當低落，通常需要長達 20 至 25 年的漫長休耕期，才能成功恢復耕作。然而，隨著土地壓力不斷增加，農民被迫在休耕地尚未完成完整的休養期前，就提前投入耕作。在非洲與東南亞的熱帶地區，過去的休耕期往往以數十年計，如今土地卻僅能閒置短短幾年，根本不足以完全恢復肥力。⁽⁵⁰⁾

邊際土地所承受的壓力程度雖然難以精確量化，但學者已做出了一些大致的推算。1989 年的一項研究估計，全球有 3.7 億極度貧困的人口居住在「低潛力」的鄉村地區，這些地區的土壤生產力低下，且在環境上通常極其敏感。另一項研究則指出，全球約有 3 億人口依靠游耕（shifting cultivation）維生，而這種耕作方式完全取決於是否有充足的休耕時間。一旦這些「低潛力」區域以及實行游耕的地區面臨人口對土地的逼進與施壓，其結果勢必會加劇土地退化的崩潰危機。⁽⁵¹⁾

鹽鹼化是另一種形式的土地退化，雖然它影響的面積遠比侵蝕來得小。但由於這種損害通常發生在產出極高的灌溉地上，因此鹽鹼化在比例上具有不相稱的嚴重影響。1995 年的一項研究

利用 1980 年代的各國與全球數據估計，全球 20% 的灌溉面積正遭受鹽鹼化之苦。由於人們往往未投入所需的資金來沖洗灌溉地中的鹽分，足以使土地退出生產的嚴重鹽鹼化依然十分普遍，估計每年導致 150 萬至 250 萬公頃的耕地廢耕。此外，仍在生產的鹽鹼化土地往往產量低下，就像古代的蘇美（Sumer）一樣。以中亞各共和國為例，棉花產量的下降便歸咎於鹽鹼化：在 1970 年代末期每公頃能產出 2.8 噸棉花的土地，到了 1980 年代末期僅能產出 2.3 噸，儘管期間增加了化肥的施用量。⁽⁵²⁾

儘管世界上某些地區已經採取了保育措施，但土地的破壞（特別是侵蝕）在各大洲仍是一個嚴重的問題。如果導致耕地廢耕的最嚴重退化現象繼續按

照 1945 年至 1990 年的速率持續下去，到 2020 年全球將損失約 4,700 萬公頃 的耕地。與此同時，大多數其餘受損土地的生產力很可能將持續下降。這類損失在過去人口較少的世界中尚可應付，但如今已到了無法再被容忍的地步。(53)

(43) United Nations study is L.R. Oldeman et al., *World Map of the Status of Human-Induced Soil Degradation: An Explanatory Note*, 2nd ed. (Wageningen, Netherlands, and Nairobi: International Soil Reference and Information Centre and United Nations Environment Programme, 1991); study of Asia is Anthony Young, *Land Degradation in South Asia: Its Severity, Causes, and Effects upon the People*, *World Soil Resources Reports 78* (Rome: FAO, 1994).

(44) Strong and extreme degradation from L.R. Oldeman, personal communication, September 21, 1995; production capacity of lost area is a Worldwatch calculation that assumes a modest yield of 3 tons per hectare, and that 1 ton will feed three people; today's losses from Sara



- J. Scherr and Satya Yadav, "Land Degradation in the Developing World: Implications for Food, Agriculture, and the Environment to 2020," Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper 14 (Washington: IFPRI, May 1996), and Oldeman, *op. cit.* note 43.
- (45) Worldwatch calculation based on a methodology suggested in Pierre Crosson, "Soil Erosion and Its On-Farm Productivity Consequences: What Do We Know?" Discussion Paper 95-29 (Washington, D.C.: Resources for the Future, June 1995), and on Oldeman, *op. cit.* note 44.
- (46) Oldeman, *op. cit.* note 43; net and gross erosion from Crosson, *op. cit.* note 45.
- (47) China from Vaclav Smil, "Environmental Problems in China: Estimates of Economic Costs" (Honolulu: East-West Center, April 1996), and Jikun Huang and Scott Rozelle, "Environmental Stress and Grain Yields in China," *American Journal of Agricultural Economics*, November 1995; Russia from Sergei Bobyliev and Bo Libert, "Prospects for Agricultural and Environmental Policy Integration in Russia," *Agriculture and the Environment in the Transition to a Market Economy* (Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 1994); Iran from Young, *op. cit.* note 43; Pakistan from H. E. Dregne, "Erosion and Soil Productivity in Asia," *Journal of Soil and Water Conservation*, January-February 1992, and Young, *op. cit.* note 43; Haiti from Thomas A. White and Jon L. Jickling, "An Economic and Institutional Analysis of Soil Conservation in Haiti," in Ernst Lutz, Stefano Pagiola, and Carlos Reiche, eds., *Economic and Institutional Analyses of Soil Conservation Projects in Central America and the Caribbean*, World Bank Environment Paper Number 8 (Washington, D.C., 1994); Australia from F. Ghassemi, A.J. Jakeman, and H.A. Nix, *Salinisation of Land and Water Resources: Human Causes, Extent, Management, and Case Studies* (Wallingford, Oxon, UK: CAB International, 1995), and Arthur and Jeanette Conacher, *Rural Land Degradation in Australia* (Oxford: Oxford University Press, 1995).
- (48) Oldeman, *op. cit.* note 43.
- (49) 160 million ha from Per Pinstrup Andersen and Rajul Pandya-Lorch, "Alleviating Poverty, Intensifying Agriculture, and Effectively Managing Natural Resources," Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper 1 (Washington, D.C.: Food Policy Research Institute, 1994); Philippines from Maria Concepcion Cruz et al., "Population Growth, Poverty, and Environmental Stress: Frontier Migration in the Philippines and Costa Rica" (Washington, D.C.: World Resources Institute, 1992).
- (50) Miguel A. Altieri, *Agroecology: The Scientific Basis of Alternative Agriculture* (Boulder: Westview Special Studies in Agriculture, Science, and Policy); Africa and Southeast Asia from Joy Tivy, *Agricultural Ecology* (Essex, UK: Longman Scientific and Technical, 1990).
- (51) "Low-potential"lands from Andersen and Pandya-Lorch, *op. cit.* note 49; shifting cultivation from N.C. Brady, "Making Agriculture a Sustainable Industry," in Clive A. Edwards et al., *Sustainable Agricultural Systems* (Ankeny, Iowa: Soil and Water Conservation Society, 1990).
- (52) Sandra Postel, *State of the World 1996* (New York: W.W. Norton, 1996); Central Asia yields from FAO, *State of Food and Agriculture 1995* (Rome, 1995).
- (53) Worldwatch calculation based on land loss data in Oldeman, *op. cit.* note 43.

從 1980 年的略高於一半，降至 1994 年的略高於 47%。因此，不僅僅是全球總耕地面積正趨於縮減的情況下，其中供養人類效率最高的作物——穀物——的耕種面積甚至變得更少了。(54)

在 1980 年至 1994 年期間的大多數時間裡，農民移出穀物種植的趨勢，無疑受到了穀物價格下跌以及其他作物（如水果和蔬菜）價格上漲的推波助瀾。就此而言，改種這類替代作物的土地或可被視為「後備穀物田（reserve grainland）」，一旦穀物變得稀缺，隨時可以重新轉回穀物種植。然而，如果開發中國家的經濟持續走強，對這類替代作物的需求很可能將維持強勁。如何同時滿足對穀物與非穀物作物日益增長的需求，將是一項愈發嚴峻的挑戰，尤其是在優

質耕地持續流失的情況下，這項挑戰將更形艱巨。

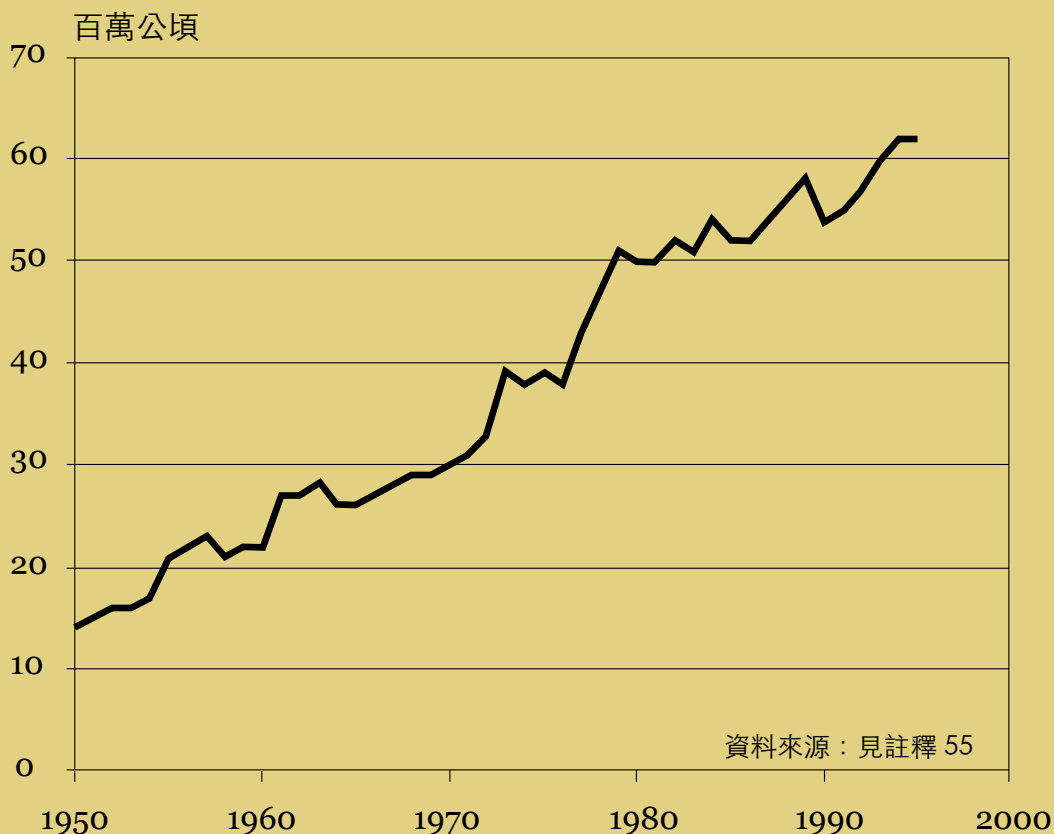
隨著 1981 年後穀物耕地面積萎縮了 9%，多種非穀物作物隨之迎來暴增。儘管它們目前佔用的土地仍少於穀物，但其佔地面積的擴張依然引人憂慮。其中種植面積增長最多的是油籽作物，特別是大豆，其全球種植面積在 1981 年至 1994 年間增長了約 22%。大豆主要用於生產食用油和牲畜飼料，這兩者的需求量皆隨著收入的提高而增長。在 1960 年代和 1970 年代，工業化國家的經濟繁榮推動了大豆產量的增長，特別是作為飼料之用。大豆產量在 1970 年代末至 1980 年代初進入了平台停滯期（plateaued），但在 1980 年代中期又迎來了另一波爆發，而這一波主要由開發中國家不斷攀升的收入所驅動。

在這些地區，油製食品（例如炒飯）和肉類這類曾是極貧階層可望而不可即的奢侈品，隨著收入的增加而更頻繁地出現在餐桌上，而大豆產量的增加，正促成了這一令人欣慰的飲食結構轉變。⁽⁵⁵⁾（參見圖 6-1。）

如同穀物一樣，每公頃的大豆也能提供極高水平的卡路

里與蛋白質，但由於兩個原因，大豆比穀物更耗費土地。首先，在過去三十年裡，大豆單位產量的增長速度遠慢於穀物，因此當大豆需求增加時，往往比穀物更需要透過擴增種植面積來滿足。事實上，自 1981 年以來，穀物產量的提升完全是靠單位產量的增長，但在同一時期，大豆產量增長中只有不到一半是由單位產

圖 6-1 全球大豆收穫面積（1950-95 年）





越南的醬缸。

量驅動的，其餘全部來自種植面積的擴大。若單位產量未能大幅躍升，大豆需求的持續增長將使得生產所需的土地面積越來越大。而在土地資源日益吃緊的世界裡，大豆種植面積的擴張可能會以犧牲我們的主食——穀物——為代價。(56)

大豆還透過另一個更為間接的原因，加劇了對農業土地的壓力。大約 70% 的大豆產量被用於製作豆粕，其中大部分用於餵養牲畜。相比之下，只有不到 40% 的穀物產量用於畜牧業。因此，儘管大豆每公頃能產出高水平的卡路里和蛋白質，但其最終傳遞給人類的營養價值卻只有一小部分。(57)

過去 15 年來，隨著穀物耕地面積縮減而產量激增的另

一類作物，便是水果和蔬菜。儘管這類產品的全球數據仍不夠完整，但在 1980 年至 1994 年間，番茄、花椰菜、南瓜、櫛瓜、青椒、洋蔥、大蒜、胡蘿蔔和瓜類的全球種植面積均記錄到 15% 以上的增長，其中更有五種作物的面積擴幅超過 25%。同樣地，這種增長在居民收入快速攀升的國家中尤為顯著：以全球經濟最炙手可熱的中國為例，其水果和蔬菜的種植面積在 1980 年至 1993 年間翻了一倍以上。這些作物雖然為飲食帶來了多樣性與豐富的維生素，但提供的卡路里和蛋白質相對較少，而後者正是具有根本重要性的營養基礎。它們是穀物的重要補充，但如果它們排擠了穀物田，卡路里和蛋白質的總產出就會減少。(58)

由收入提升所引發的食物需

求多樣化，也同樣體現在其他一系列產品上。在過去 15 年裡，非必需食品與非食用作物的種植面積皆大幅增加。截至 1994 年，咖啡、可可、甘蔗、茶、煙草和棉花瓜分了總耕地面積的 4.1%，高於 1980 年的 3.4%。工業用途的作物也占用了更多面積。天然且可生物降解的作物原料，被視為替代石化產品且更具環保優勢的選擇。例如，生物基樹脂（bio-based resins）可作為塑膠包裝的替代品，柑橘油被用於製造黏著劑和溶劑，乳製品如今也應用於醫藥領域。1995 年，以玉米為原料製造的乙醇（酒精）燃料，消耗了美國約 9% 的玉米種植面積，這比 1990 年用於此用途的土地面積整整增加了 52%。(59)

無可厚非，那些剛富裕起來

的人們會追求更多樣化的飲食飭；對那些更注重環保的工業產品，我們也不應潑冷水。然而，如果開發中國家的收入持續增長，且對環境友善原料的需求不斷增加，那麼甚至在尚未將人口增長因素納入考量之前，用以滿足更趨多元的食物需求所需的土地面積就很可能繼續攀升。在這個土地稀缺的世界裡，我們主食作物（穀物）的播種面積將持續受到衝擊與排擠。唯有透過減少耕地的流失，全球糧食供應能力才能得到實質增強，以滿足這種日益多元化的糧食需求。

(54) Calculated from data in FAO, FAO Production Yearbook, (Rome, various years).

(55) Grainland area decline from USDA, PSSrD, op. cit. note 3; other foods from FAO, op. cit. note 54; Figure 3 from FAO, FAO Production Yearbook (Rome, various years), and from USDA, op. cit. note 3.

(56) USDA, PSSrD, op. cit. note 3. World grain yields increased by 79 percent between 1964 and 1994, while soybean yields increased by 63 percent.

(57) Meal share of soybeans from USDA, "Oilseeds: World Markets and Trade" (Washington, D.C.: Foreign Agricultural Service, USDA, October 1995); grain to livestock from Lester R. Brown, "World Feedgrain Use Drops," in Lester R. Brown et al., Vital Signs 1996 (New York W.W. Norton, 1996).

(58) Fruits and vegetables from FAO, op cit. 54; China based on data in Lester R. Brown, Who Will Feed China? (New York: W.W. Norton, 1995).

(59) Area increases from FAO, op. cit. note 52; industrial crops from Lewrene Glaser, Charles Plummer, and Donald Van Dyne, "Industry Expands Use of Agricultural Commodities," Agricultural Outlook, January-February 1996.



©Pexels

七、耕地不足的世界

若沒有大幅增加作物種植面積，或是單位產量迎來戲劇性的激增，持續的人口壓力和不斷流失的耕地將確實把農業土地基底徹底榨乾。然而，土地擴張的潛力微乎其微，特別是與未來增加生產的需求相比，更是杯水車薪。

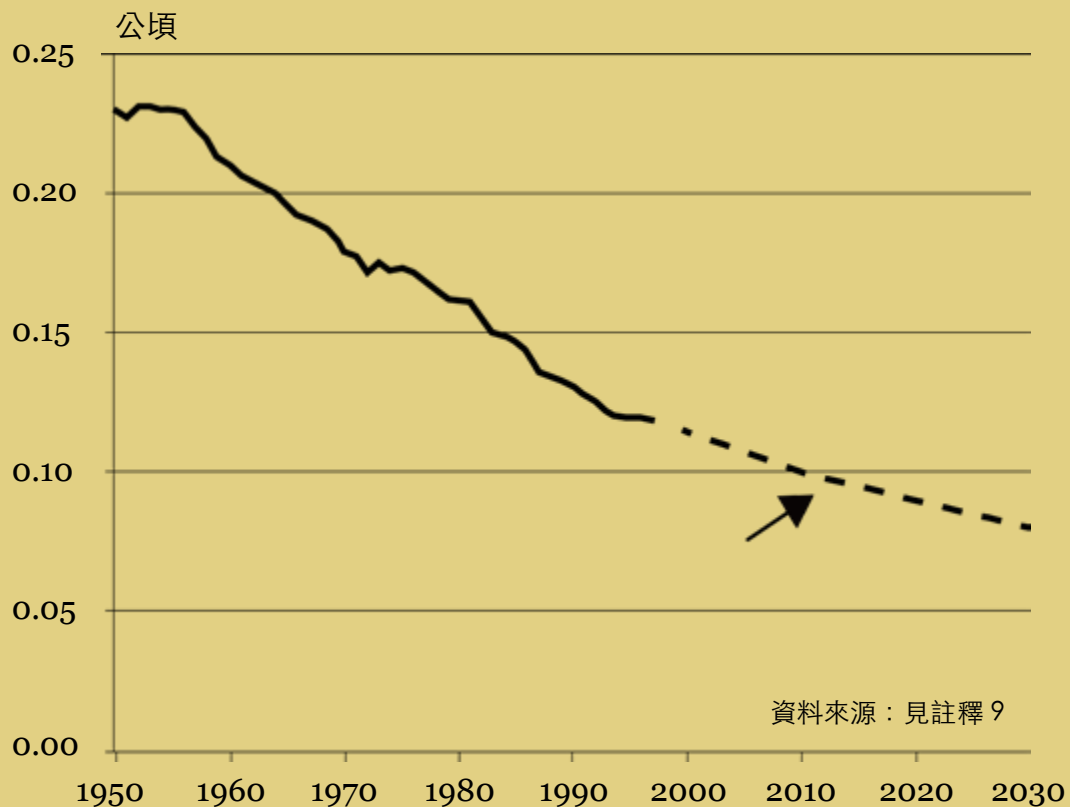
鑑於未來幾十年預測的人口增長，人均耕地面積無疑將持續下降。假設全球穀物面積穩定在 7 億公頃，目前人均 0.12 公頃的穀物面積將在 2010 年降至 0.10 公頃，並在 2020 年進一步萎縮至 0.09 公頃（參見圖 7-1）。人類大家庭每增加一個人，或是每流失一公頃土地，都會給科學家和農民帶來更大的壓力，迫使他們在更少的土地上種出更多糧食。科學家和農民能否像 1985 年以前那樣，再次成功彌補人均面積縮減的劣

勢，目前仍有待觀察。與此同時，隨著人均穀物面積像棘輪般不可逆地節節下滑，保護耕地基地的迫切性已愈發窒礙難行。⁽⁶⁰⁾

農地的持續流失，引發了是否有潛力重新擴張農業面積的問題。然而，世界上沒有任何地方的擴張潛力稱得上巨大，特別是相對於迎面而來的糧食需求而

言。即使在那些擁有大片未開發原始荒野的地區，土地擴張仍面臨重重障礙，其中最核心的便是需要保護至關重要的環境服務功能，例如水源涵養與水土流失控制。在許多情況下，將天然生態系統轉變為耕地，反而會摧毀那些價值遠超該土地所能生產之糧食的「生態系統服務功能」。

圖 7-1 世界人均穀物收穫面積（1950-2030 年）



國家在農業擴張方面的經驗證明：土地並非在任何地方都能進行永續耕作。全球主要糧食產區如今已認清了過度擴張耕地的環境代價，並已啟動計畫，將邊際農地退耕還林或還草，轉為更具環境永續性的用途，例如放牧。例如在蘇聯時期，曾於1954-62年間透過「處女地運動（Virgin Lands Campaign）」強行開墾的土地，現在正陸續退耕恢復為牧場（原本的用途）。在哈薩克，這種收縮現象尤為顯著，其收穫糧食的耕地面積自1980年代中期以來已下降了24%，從2,500萬公頃降至僅剩1,840萬公頃。由於土壤退化且降雨稀少，這些被廢棄的土地，其產量僅為全球糧食平均產量的五分之一。預計糧食耕地面積最終將穩定在約1,300萬至1,600萬公頃之間，僅為1980年代中

期高峰時期的二分之一至三分之一。(61)

在美國，1970年代因為糧價翻倍，政府鼓勵農民「將耕地擴張到極致（fencerow to fencerow）」所新開墾的大片土地，如今大多已恢復為自然狀態。在「保育儲備計畫（Conservation Reserve Program）」下，約有1,500萬公頃的邊際農地——其面積大約相當於1970年代中期開墾面積的總和——透過十年期的合約，正式退出生產行列。此外，根據1996年國會批准的一項計畫，佛羅里達州大沼澤地現有4萬公頃用於種植甘蔗的土地，將被恢復為天然濕地。此舉旨在扭轉區域水源受污染的現況，這些水源長期遭受來自肥料與農藥殘留的污染。(62)

中國因城市擴張而流失耕地的新聞雖然屢屢登上新聞頭條，但近年來，該國許多消失的農地實際上已被重新退耕還林、還草。在 1987 年至 1992 年間，所有變更用途的耕地中，約有 45% 重新植樹造林或轉為牧場。農民與官員認清了這些土地作為耕地的產出價值極低，但如果用於木材採伐與肉類生產，反而能帶來更高的經濟效益。在自然狀態下，這些土地還能防止水土流失、涵養土壤水分，並提供其他重要的環境服務功能。(63)

對於上述這三個國家（美、中、哈薩克），以及印度與歐洲而言——這些國家和地區總共供應了全球三分之二的穀物——幾乎已不存在進一步擴張土地的潛力。即便歐洲能將 1996 年依據政策性休耕而閒置的 10% 耕地全

部重新投入生產，且美國也重新開放（並小心耕作）「保育儲備計畫」中敏感度最低的 700 萬公頃邊際土地，全球總共也僅能增加約 1,100 萬公頃的土地存量。這點土地雖然足以供養 1.5 億人，但相較於龐大的人口壓力，僅僅只夠應付全球人口 20 個月的增長量而已。(64)

在非洲與拉丁美洲，雖然土地擴張的潛力看似較大，但實際上不太可能大規模實現。這些地區的大部分土地都缺乏成功進行農業經營的先決條件：可靠的水源、道路與加工設施，以及信貸和土地確權保障（secure land titling）等體制支柱。最重要的是，貧瘠的土壤品質將會阻礙擴張。根據聯合國糧農組織（FAO）的數據，撒哈拉以南非洲和拉丁美洲具備農業潛力的土地中，有

70% 以上受到不利農業條件的制約，例如坡度陡峭、排水不良和土層淺薄。在撒哈拉以南非洲，有 42% 的未開發土壤天然肥力低下，而在拉丁美洲這一比例為 46%。即便國家為偏遠地區的務農提供了基礎設施與體制支持，這類行動的長期可行性依然令人存疑。⁽⁶⁵⁾

巴西在 1970 年代開墾亞馬遜地區的嘗試，清楚證明了將農業引入土壤貧瘠的偏遠地區有多麼困難。1970 年宣布的「橫貫亞馬遜拓墾計畫（Transamazon colonization scheme）」預計建造一條穿越亞馬遜叢林的公路，從而開發數百萬公頃的森林用於務農。該計畫預期在 1980 年前安置 100 萬個家庭。然而，到了 1978 年，僅安置了 7,600 個家庭，且農戶流失率極高，因為

該計畫飽受基礎設施缺乏、行政管理困難以及最核心的土壤肥力極差等問題所困擾。像亞馬遜這樣的熱帶土壤，是出了名的缺乏養分，只有透過漫長的休耕期才能進行永續耕作。在 1970 年代後期，安置區的水稻產量還不到美國平均水準的一半，且遠低於全球平均水準。許多無法承受持續、密集耕作的土地，隨後被轉為牧場或遭到廢棄；到了 1980 年，該計畫已被大幅縮減。⁽⁶⁶⁾

同樣地，目前在印尼部分島嶼開墾農地的嘗試，正遭遇比預期更多的困難。按照原本的規畫，政府計畫在 2000 年前將 1,000 多萬個家庭安置在超過 2,000 萬公頃的土地上，藉此將印尼的耕地面積擴大約三分之二。然而，如果以第一批定居者的慘痛經驗為依據，這項雄心勃

勃的計畫很可能會胎死腹中。由於旱季嚴重缺水，被安置在蘇門答臘島和加里曼丹島的定居者，基本上根本無法按照原訂計畫種植雙季稻（雙季作，double-crop）。其他定居者分到的土地則飽受排水不良和有機質含量低下的困擾；儘管投入了大量的化肥和其他生產要素，作物的產量依然極低。(67)

全球主要穀物產區已深刻體認過度擴張耕地的代價。

此外，印尼新增的大部分農地都是透過砍伐森林取得的。除了涵養水源和保持水土之外，森林還履行其他珍貴的環境服務功能。例如，它們孕育了豐富的多樣性物種，而這些物種可能握有未來農業和醫學進步的關鍵鑰匙。森林還儲存了大量的碳，其吸碳量通常是農作物和牧場的 20 至 50 倍；因此，為了發展農業而清空森林，會將大量的碳淨排放量釋放到大氣層中，而這是一種溫室氣體。基於這些原因，再加上熱帶土壤極度缺乏養分，為了農業而砍伐熱帶森林通常會帶來高昂的環境代價，而實質收益卻微乎其微。印尼農業表面上看起來的大規模擴張，一旦全部落實，或許更應該被定性為一場大規模的環境浩劫。(68)

在此背景下，一些關於潛在土地擴張的計算顯得不切實際地樂觀。例如，聯合國糧農組織（FAO）估計，在 1990 年至 2010 年間，開發中國家（不包括中國）有 9,300 萬公頃（相當於 1.24 億公頃的收穫面積）可用於農業擴張，其中大部分位於撒哈拉以南非洲和拉丁美洲。然而，該估計完全是一個純技術性的模型，撇開了基礎設施與體制能力的問

題。它還可能把森林面積也算進去（糧農組織的數據無法對此做出判定），且大部分未開墾的土地品質十分低劣。此外，該估計還建立在對灌溉擴張的樂觀預測上，而此時全球灌溉面積很可能已經跨過頂峰。要證明糧農組織的預測過於盲目樂觀，近期穀物種植面積的實際紀錄便是一個線索：在糧農組織預測期僅僅過去四分之一之際，全球穀物收穫面

積實際上卻出現了下降。⁽⁶⁹⁾

已被計入糧農組織後備土地的一個可能來源，是拉丁美洲大型莊園（haciendas）中未被充分利用的土地。來自部分拉丁美洲國家的數據顯示，隨著土地持有規模變得越來越大，土地利用的集約度反而變得越來越低。例如，在 1980 年的巴西，最大土地所有者（大地主）所閒置休



巴西的林地開墾。

耕的土地比例，比小農高出 11 倍。雖然這些數據尚不足以精確確定大農場未充分利用的確切程度——因為這需要了解具體的土地地形與質地特徵，且無論如何，最小的農場可能都已經被過度密集耕作了。但這種利用密集度的巨大差異強烈暗示，未來提高集約化耕作的空間與潛力確實很大。⁽⁷⁰⁾

不論未來土地擴張的潛力如何，世界都將需要所有能夠進行永續耕作的土地，同時還必須伴隨著產量的穩定增長，才能滿足迎面而來的全球糧食需求。單是人口增長一項因素，到 2030 年就需要讓糧食生產增加 50%。如果開發中國家的收入持續攀升，對額外糧食的需求將進一步擴大，因為貧困人口收入的增加，通常會強烈刺激對畜產品和油籽

的需求，而這兩者都是極其耗費土地的食物類別。人們吃越多的肉、牛奶和起司，對穀物的需求就越大，因為這些產品皆屬於穀物密集型（grain intensive）產品。例如，生產 1 公斤的雞肉或魚肉需要消耗 2 公斤的穀物，1 公斤的豬肉需要 4 公斤穀物，而 1 公斤的「飼養場育肥牛」（feedlot-raised beef）則需要高達 7 公斤的穀物。同樣地，富裕也會推高對大豆等油籽的需求，而與穀物相比，這種作物在滿足新增需求時更依賴種植面積的擴大。收入上漲同時也推高了對蔬菜和飲料作物的需求。這一切與人口增長疊加在一起，預示著整個糧食系統將對土地展現出日益飢渴的龐大索求。⁽⁷¹⁾

未來的耕地需求將取決於全球糧食需求水平和未來的單產趨

勢——而這兩者目前都無法被滿懷信心地預確預測。但一些粗略的估算顯示，這個世界已經承受不起任由耕地繼續流失的代價。如果全球穀物單產的年增長率能維持在 1%（大約是這十年的增長速率），且每人的人均糧食消費量完全凍結在 1995 年的水平，那麼到 2030 年，全球將需要超過 7.5 億公頃的土地來種植穀物。這一面積比 1996 年的水平高出 8%，且比 1981 年穀物面積的歷史高峰還要高出 2.5%。雖然未來的作物產量有可能重新煥發活力（迎來技術突破），但隨著亞洲經濟體持續飆升，以及前蘇聯各共和國逐步走出經濟蕭條，單產的增長勢頭很可能將完全被不斷攀升的人均消費量所抵消。對於油籽、水果蔬菜以及飲料作物的類似推算，也全都顯示出未來所需土地面積將呈現增長趨勢。⁽⁷²⁾

這些簡短的估算顯示，我們將需要歐洲所有閒置的土地、美國「保育儲備計畫」（CRP）中所有可進行永續耕作的土地，以及聯合國糧農組織（FAO）所認定的幾乎所有「後備」土地（假設這些土地實際上真的可用）。面對如此龐大的需求，優質耕地的持續流失規模實在是大到令人完全無法容忍。

- (60) Projection made using population data from Urban and Nightingale, *op. cit.* note 9.
- (61) Contracting Kazakh area from USDA, PSSrD, *op. cit.* note 3, and FAO, *op. cit.* note 52.
- (62) CRP area from Natural Resources Conservation Service, *op. cit.* note 4; Everglades from John H. Cushman, "Clinton Backing Vast Effort to Restore Florida Swamps," *New York Times*, February 18, 1996, and Elizabeth Levitan Spaid and Kirk Nielsen, "Florida Cane Farmers Sour on Everglades Restoration," *Christian Science Monitor*, February 21, 1996.
- (63) George P. Brown, *op. cit.* note 4.
- (64) Roughly half of the CRP land is classified as "highly erodible cultivated cropland." This paper assumes that the rest, some 7 million ha, is sustainably cultivable, using careful practices. See USDA, "1992 National Resources Inventory-Highlights," information sheet (Washington, D.C., July 13, 1994). The U.S. General Accounting Office (GAO) estimates that buffer strips covering 2.5 million ha-one-sixth the size of the current CRP land-could provide a minimum level of environmental protection, which would release a greater amount of CRP land for farming. It acknowledges, however, that environmental goals such as wildlife protection would not be met through a buffer strip program. See GAO, "Conservation Reserve Program: Alternatives are Available for Managing Environmentally Sensitive Cropland," Report to the Committee on Agriculture, Nutrition, and Forestry, U.S. Senate (Washington, D.C., February 1995). European set aside grain area of approximately 4 million ha calculated from data in USDA, "Grain: World Markets and Trade," Foreign Agricultural Service, Circular Series FG 6-96 (Washington, D.C., June 1996).
- (65) Nikos Alexandratos, ed., *World Agriculture: Towards 2010* (Rome: FAO, 1995).
- (66) Nigel Smith, *Rainforest Corridors: The TransAmazon Colonization Scheme* (Berkeley: University of California Press, 1982); Douglas Ian Stewart, *After the Trees: Living on the Transamazon Highway* (Austin: University of Texas Press, 1994); Bruce Babbitt, "Amazon Grace," *The New Republic*, June 25, 1990.
- (67) Junus Kartasubrata, "Indonesia," in *Sustainable Agriculture and the Environment in the Humid Tropics* (Washington, D.C.: National Academy Press, 1993).
- (68) Virginia H. Dale, Richard A. Houghton, Alan Grainger, Ariel E. Lugo, and Sandra Brown, "Emissions of Greenhouse Gases from Tropical Deforestation and Subsequent Uses of the Land," in *National Research Council, Sustainable Agriculture and the Environment in the Humid Tropics* (Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1993).
- (69) Alexandratos, *op. cit.* note 65.
- (70) FAO, *Report on the 1980 World Census of Agriculture*, Census Bulletin No. 22 (Rome, April 1986).
- (71) Lester R. Brown and Hal Kane, *Full House: Reassessing the Earth's Population Carrying Capacity* (New York: W.W. Norton).
- (72) Worldwatch calculation based on data in USDA, PSSrD, *op. cit.* note 3. Other calculations are as follows: Oilseeds-If global oilseed yields rise as they have over the past 15 years, and if per capita consumption rises only half as fast as it did in that period, roughly 40 million ha of harvested area-an area the size of Paraguay-will be needed by 2010 to meet the additional demand. Luxury and Non-food Crops-If the area dedicated to sugar, coffee, cocoa, tea, and hops (luxury crops) rises at the same rate to 2010 as it has since 1980, another 7 million ha will be needed. For non-food crops, the equivalent calculation results in more than 5 million ha required.



八、下一代的耕地

顯然，全球糧食生產體系在未來幾十年內，將面臨極其嚴峻的挑戰，以供養人口持續增長且日益富裕的全球社會。每一公頃可永續耕作土地的流失，都意味著產量必須被迫提高以填補產出缺口，這將對農業生產帶來巨大的壓力。然而，若能將現有的永續農耕地視為一項「戰略性資產」——其重要性不亞於國家的石油儲備或軍事防衛——那麼，耕地保育便能成為一個相對簡單且直接的政策問題。

在幾個歐洲國家，農地早已獲得如同戰略資產般的高等級保護。以英國為例，任何農地的開發都必須取得「開發許可」。在當地的土地規劃邏輯中，大多數農村土地的開發案，會被預設為會「破壞開闊鄉村的景觀品質」，從而直接喪失取得開發許可的資格。只要賦予各國土地規劃部門保護農地的法定職責與相應的執行權限，耕地流失的現況就能大幅削減。⁽⁷³⁾

即使在土地開發相對自由的地區（如美國），也可以透過提高都市與郊區的建築密度，來減少耕地的流失。例如，在農業發達的加州中央谷地，預計到2040年人口將翻三倍，此時如果僅僅將住宅密度從較為常見的每公頃7戶提高到15戶，該時期內的耕地流失量估計就能減少55%。更密集的都市環境還有助於推行永續交通系統、節省各類基礎設施的財政支出，並能促進更強烈的社區意識。(74)

鼓勵高密度開發模式的方法之一，是利用分區管制權（zoning authority）來劃定嚴格的城市邊界，阻止都市向外圍農業區侵蝕。例如，在英國某些城市周邊，劃設了寬達數英里的「綠帶」（greenbelt），在相當長的一段時期內幾乎完全禁止開

發。綠帶除了能保留農地之外，還能分隔相鄰的城市、保護農村景觀，並避免重蹈美國許多地區常見的「郊區蔓延」（suburban sprawl）覆轍。(75)

在缺乏強而有力的農地使用規範之處，控制耕地流失將更加困難。依賴財務誘因的「志願性協議」——例如向土地所有者購買開發權——在保存農地上僅展現出有限的成效。在這些協議下（亦稱為「保育地役權」conservation easements），農民同意放棄將農地轉為非農業用途的開發權，以換取稅收優惠或現金補償。在這種永續性的地役權協議中，即便農場轉手，後續的繼承者也受此限制，土地將永久維持農業生產。在美國，自1976年以來，已透過購買開發權在16個州保存了169,000公

頃的農地。若能獲得更多資金，總保存面積本可大幅提升：根據美國農地信託組織（American Farmland Trust）的數據，在某些州，現有的資金僅足以保護農民希望納入保護區之土地面積的 15%。然而，即便資金充足，潛在的土地保存量依然有限：以美國為例，兩年內流失的耕地面積，就超過了透過「保育地役權」計畫 20 年所能保存的總面積（即使假設該計畫獲得全額資助）。⁽⁷⁶⁾

財政工具也可以被納入保存耕地的體系中。在房地產稅（property taxes）和遺產稅（estate taxes）阻礙耕地保存的地方，修改稅法將能起到幫助。在某些地區，靠近城市的農民被迫賣地，以支付因開發商興趣濃厚而導致飆漲的房地產稅。若能

按土地的「農業價值」而非「開發價值」進行課稅，將能減輕農民的稅務負擔，降低務農成本，使農民覺得留在土地上更具獲利空間。同樣地，沉重的遺產稅往往會加諸於繼承土地之上，經常迫使受贈者為了繳稅而出售或分割新獲得的土地。透過重組遺產稅來保存農地，將有助於避免土地資源的不必要流失。這在農業人口高齡化的國家尤為迫切；例如在美國賓州，將近半數的農民年齡在 55 歲以上，這意味著未來二十年內，隨著現任所有者退休或離世，大量的農地將面臨所有權更替。⁽⁷⁷⁾

目前尚未被廣泛採用、但具有強大潛力的財政工具，是徵收一項「嚴厲的農地轉用稅（farmland conversion tax）」。對耕地開發行為課以重

稅，將能大幅降低土地所有者將農地轉作他用的誘因，同時他們仍保有處置土地的自由。對於目前在土地購買與使用上採取高度自由放任政策的國家來說，這項農地轉用稅將會徹底改變土地市場的運作動態與土地利用模式。

然而，如果我們未能同步採取土壤保護措施，單純的農地保存不過是「拖延戰術」罷了。目前已有許多倡議與行動，旨在減少那些持續剝奪土壤肥力、並導致土地被迫退出生產的高強度退化問題。首先，政府應提供誘因，鼓勵農民將無法永續耕作的土地從生產鏈中撤出。例如，美國在實施「保育儲備計畫（Conservation Reserve Program, CRP）」方面就取得了巨大成功；該計畫透過十年期合約，支付報酬給農民，讓他們將

邊際土地休耕。在該計畫涵蓋的土地中，約有一半屬於極易受侵蝕的土地，在 1982 年至 1992 年間，這類土地的「面蝕（sheet erosion）」與「細溝蝕（rill erosion）」發生率，已從每公頃每年 8.6 噸大幅下降至 0.6 噸。總體而言，美國自 1985 年以來所節省下的土壤流失量，有超過 60% 都要歸功於這項計畫。⁽⁷⁸⁾

政府也能透過推廣土壤保育型的生產方式來發揮建設性的作用。保育耕作、修築梯田、調整替代種植安排、設置防風林以及其他省土倡議，皆可透過農業推廣服務、農業研究機構、非政府組織以及其他位於第一線的機構來加以推廣。以美國為例，保育耕作——一種避免全面翻轉土壤的翻耕技術——在 1994 年已應用於超過三分之一的美國耕地

上。在 1982 年至 1992 年間，各類保育措施讓美國的土壤侵蝕量成功減少了 25%。⁽⁷⁹⁾

在某些地區，若想保護土壤，可以透過消除那些迫使農民採取非永續方式利用土地的根源條件來實現。在邊際山坡地或森林土地上辛勤墾荒的貧農，往往是因為那是他們唯一可以取得的土地。在許多情況下，如果允許他們去耕作那些目前未被充分利用的土地，就能避免對脆弱土壤造成的破壞。在拉丁美洲的某些地區，更公平的土地分配很可能將刺激農地更集約化地利用，因為這能將目前未充分利用或處於完全閒置狀態的土地，重新投入實際耕作中。

在現有耕地能被更有效率利用的範圍內，全球耕地所承受的壓力便能有所減輕。未來的



越南的梯田。

農業研究需要高度聚焦於那些產出豐碩、對環境友善，且能被貧困農民應用於劣質小塊土地上的生產方法。幸運的是，目前已經存在幾種集約化農業生產的替代模式。其中一種被稱為「生物集約農法」（bio-intensive farming），它強調將「滋養與修復土壤」視為高產且永續生產的前提條件。這套方法由農業研究員約翰·簡凡斯（John Jeavons）所開發，其核心是利用精心調理的土壤，在近乎菜園般大小的微型地塊上，培育出大量的農產品與穀物。簡凡斯所報告的成功案例令人印象深刻：在多石的山坡地上依然能實現高產；超常的生產力：作物產量遠高於一般的商業化平均水準；極低的資源消耗：僅需使用極少的水，且完全不施用化肥。除了能節約土地並促進土壤健康外，這

種方法還屬於勞力密集型，這讓它對勞動力充足、但土地極度匱乏的開發中國家特別具有吸引力。若能獲得更多的體制支持與研究資金，將有助於像生物集約農法這樣充滿前景的非傳統技術充分釋放其潛力。⁽⁸⁰⁾

耕地是戰略資源，其重要性不亞於石油儲備或國防軍力

農業土地所承受的壓力，同樣可以透過降低需求來降到最低。放緩人口增長率，是實現全球規模糧食需求減量、並減緩人均耕地面積萎縮最有效（且無可替代）的方法。在這個土地資源吃緊的世界裡，那些被歷史證實能有效降低人口增長的社會政策，其實都對耕地的空間維護與利用產生著直接的影響，這些政策包括：提升女童的優質教育、保障女性的經濟安全、普及家庭

計畫與節育策略。當各國政府從戰略高度審視農業土地基底時，人口政策絕對不容忽視。

透過更有效率地利用現有產量，也可以降低需求。由於腐壞、溢漏以及齧齒動物和昆蟲造成的損失，超過 20% 的收穫糧食從未被送上餐桌。減少這些損失將能在不開墾更多土地或更密集利用土地的情況下，增加糧食供

應。最近研發出一款帳篷大小、用來儲存成袋收穫穀物的合成密封袋，就是這種所需技術進步的一個範例。這種袋子一旦拉上拉鍊，近乎完全氣密的狀態能使昆蟲窒息，同時將齧齒動物阻擋在外。這種袋子還能增加收入：在實地測試中，斯里蘭卡農民將他們的農產品儲存在這種袋子裡，直到收穫期的穀物過剩潮過去，結果發現收入增長了 30%。(81)



美國的都市農園。

提高糧食利用效率的最大潛力，或許在於減少肉類的消耗，這是一種穀物密集型的食物。全球生產的穀物中，大約每 5 噸就有 2 噸被用來餵養牲畜、家禽或魚類；減少這些產品的消耗，特別是牛肉的消耗，可以釋放出巨大的穀物數量，並減輕土地承受的壓力。事實上，最富裕的國家有極大的空間來降低其肉類（以及隨之而來的穀物）消耗量。全球每人年均穀物消耗量僅略高於 300 公斤，然而有 18 個國家的國民消耗量遠遠超過 500 公斤，而美國人平均消耗更超過 800 公斤。如果這些最大的穀物消耗國在 1995 年將消耗量降至 400 公斤——亦即義大利的水準——那麼去年的穀物產量實際上等於增加了大約 13%。這所節省下來的穀物，相當於超過 7,000 萬公頃的土地。(82)

在今天，保護耕地面積與品質的迫切性，並不亞於古代的蘇美。一旦我們認清農田不僅是糧食供應的來源，更是我們文明的基石，保護土地的措施就會變得容易識別且易於執行。但在一個日益擁擠的世界中，在保護我們的農業遺產上，已經沒有時間可以浪費了。

- (73) European policies from Margaret Rosso Grossman and Wim Brussaard, eds., *Agrarian Land Law in the Western World* (Wallingford, UK: CAB International, 1992); UK from William Howarth and Christopher P. Rodgers, eds., *Agriculture, Conservation and Land Use* (Cardiff University of Wales Press, 1993).
- (74) AFT, “Alternatives for Future Urban Growth in California’s Central Valley: The Bottom‘Line for Agriculture and Taxpayers” (Washington: AFT, October 1995).
- (75) Howarth and Rodgers, op. cit. note 73.
- (76) Charles Beretz, AFT, Washington, D.C., personal communication, June 13, 1996, and Jennifer Dempsey, AFT, Northampton, MA, personal communication, June 12, 1996.
- (77) “AFT Joins Pennsylvania Farm Link Effort,” *American Farmlund*, Spring 1996.
- (78) USDA, “1992 National Resources Inventory: Highlights,” Soil Conservation Service, July 13, 1994.
- (79) Conservation tillage use from Conservation Technology Information Center (CTIC), “1994 National Crop Residue Management Survey, Executive Summary” (West Lafayette, IN, 1994); reduction in erosion from Natural Resources Conservation Service, op. cit. note 4.
- (80) Dr. William Liebhardt, University of California at Davis, personal communication, May 20, 1996; “Intensive Micro-Farming May Help Fill Tables in Third World,” *Christian Science Monitor*, October 16, 1987.
- (81) Waste rate from Margaret Biswas, “Agriculture and Environment: A Review, 1972-1992,” *Ambio*, May 1994; grainbag from Joseph Axelrod, GrainPro, Inc., Boston, MA, private communication, July 31, 1995.
- (82) Share of grain to livestock from Lester R. Brown et al., op. cit. note 20.

「看守台灣研究中心」 (Taiwan watch Institute)

1998年一群關心台灣的朋友相約於台北成立「看守台灣研究中心」，從事以永續台灣為目標的環境和生態之調查與各項公共政策之研究分析，並結合及喚起社會各階層人士一起來看守台灣的環境和生態。

「看守台灣」所想做的，是記錄我們的作為及我們生活環境的點點滴滴，讓我們有一點點的時間來觀察環境對我們的行為所產生的反應；進而想一想我們要如何在台灣這塊土地上讓世代可以生活得安樂及尊嚴。張國龍教授說的很清楚：「相信地球村的每一位公民都不忍讓自己賴以為生的大地繼續遭受蹂躪，更不願意看到人類有一天也成為瀕臨絕滅的物種。要防止生態環境的繼續惡化，讓我們的子孫可以與大地共生、與大自然和諧相處，不能只依靠官方樣版的活動，更不能只寄望少數環保人士單薄的力量。每一位地球村的公民都要成為保護生態環境的行動者與參與者。」

您的關心、支持與行動，就是我們的動力。



點此進入看守台灣研究中心書籍目錄