

荒漠生態系的簡介

楊宜聆* 葉增勇**

*臺北市立內湖國中

**國立臺灣師範大學 生物學系

我們常說的「沙漠」就是一般所稱呼的「desert」，其實這樣的稱呼並不恰當。Desert 的種類有很多，並不是每一種 desert 都是漫天飛沙，也有充滿小石塊的礫漠，只有「sand desert」才是沙漠，例如戈壁大沙漠就是典型的 sand desert。除了 sand desert 外，還有灌木叢沙漠(scrub desert)，草原型沙漠(grassland desert)等。沙漠一詞使人聯想到很多的沙，寸草不生，一片荒涼。然而，當筆者第一次真正進入美國的一處沙漠生態系--Sonoran Desert (見封面)，著實被眼前所見的景象嚇了一跳。首先，地上不是想像中的沙，而是泥土和許多細小的石塊，接著又發現不是想像中的「了無生趣」，而是到處充滿了生機，不只有雜草，還有灌木叢，開花植物亦處處可見。雖然沙漠一詞沿用已久，而且溝通上很方便，要大家更改使用的習慣，確實有相當的困難，但筆者仍要提出此一看法：筆者認為「desert」應譯成「荒漠」可能較為恰當。

一、荒漠生態系的特性(Nature of desert ecosystem)

目前荒漠佔地球表面積約 14%，大部分的荒漠位在緯度較低的地區，例如北非的撒哈拉荒漠(Sahara Desert)，墨西哥和澳洲的荒

漠。而另一類的荒漠例如冷荒漠(cool desert) (封底圖 A)，出現在山脈間的盆地，例如美國的猶他州(Utah)和內華達州(Nevada)以及西亞(Western Asia)一帶的荒漠。

構成荒漠的環境條件包括：(1)降雨量稀少(dry)。(2)降雨時間不固定(unpredictable rain)。(3)蒸發率高(high evaporation)。(4)溫度高(heat)(冷荒漠例外)。(5)日照強烈(high radiation)。(6)土壤保水率差(good drainage)。

荒漠通常具有獨特的植物相和動物相，相較於其它的生態系，荒漠中大型哺乳類較少，因為它們儲水能力較差，同時也因體形太大而無法隱藏於岩石後面、或地洞中以躲避太陽的高熱，所以荒漠中較優勢的是非哺乳類的脊椎動物，例如爬蟲類。荒漠中的哺乳類體型通常很小，例如索諾拉荒漠(Sonoran Desert) (見封面) 中的跳鼠(kangaroo rat)，跳鼠的體型約 20-28 公分，具長尾巴，躲避敵人時可以垂直跳躍 10 呎。這些荒漠中的哺乳動物多數是夜型性的，白天躲在洞穴中遠離高熱，晚上或清晨時分才外出覓食。

二、荒漠的類型 (Forms of desert)

荒漠生態區(desert ecotopes)可根據氣候特徵及生物群落，區分為以下四類：

1. 乾熱型荒漠 (Hot and dry desert)

包括奇華華荒漠 (Chihuahuan Desert), 索諾拉荒漠 (Sonoran Desert), 莫哈瓦荒漠 (Mojava Desert), 伊索比亞荒漠 (Ethiopian Desert), 撒哈拉荒漠 (Sahara Desert), 以及澳洲的荒漠。在乾熱型荒漠中夏季十分炎熱, 年均溫 20~25 , 最高溫約 43.5~49 , 最低溫可降至 -18 , 通常在夏末降雨, 降雨量少, 蒸發率高, 有些降雨甚至未達地面就已蒸發, 其中以智利 (Chile) 的亞他加馬荒漠 (Atacamo Desert) 和撒哈拉荒漠降雨量最低, 年雨量少於 15mm, 有些年甚至完全沒有降雨, 而美國的索諾拉荒漠年雨量可達 280mm。

乾熱型荒漠中, 植被 (vegetation) 幾乎沒有樹冠層 (canopy), 植被主要是由灌木和矮樹 (short woody tree) 所組成。這些植物的葉子小而厚, 表面有蠟質具有保水功能, 而仙人掌植物 (cacti) 的葉則退化成針狀, 由綠色的莖儲水和行光合作用, 有些植物只在晚上打開氣孔 (晚上的蒸發率最低), 例如: 絲蘭 (yuccas) (圖一) 片狀仙人掌 (prickly pears) (圖二) 藤蔓仙人掌 (ocotillo) (圖三) 龍舌蘭 (agaves) (圖四) 莎脫百合 (sotol)、以及一些易脆的矮灌木 (brittlebush) 等。

2. 半乾旱荒漠 (Semiarid desert)

半乾旱荒漠包括美國的猶他州和蒙大拿州 (Montana) 的大盆地 (Great Basin)、山艾樹叢 (sagebrush), 以及北極圈東北部的高北緯帶地區 (Nearctic realm) 一帶的荒漠。半乾旱荒漠的夏天與乾熱型荒漠類似, 很乾燥, 但

溫度略低, 冬季降雨量少, 夏季均溫為 21~27 , 夏季很少超過 38 , 晚上涼爽, 氣溫約 10 , 低溫的夜晚使露水凝聚, 所以年雨量比乾熱型荒漠稍多。平均年雨量約 20~40mm, 在某些半乾旱荒漠, 晚上凝聚的露水量, 甚至超過降雨量。

半乾旱荒漠的土壤是沙質, 質地很細, 少有岩石、石塊, 含鹽量相當低, 排水很快, 所以沒有地表水和次表層水 (subsurface water), 半乾旱荒漠中的植物通常以多刺的策略保護自己, 同時可以減少水份蒸散, 多毛植物 (woolly plants) 的毛也有異曲同工之妙。這些植物通常具有不好的氣味或口感, 例如: 木焦油灌木 (creosote bush) (封底圖 B) 白刺樹 (white thorn)、貓爪樹 (cat claw)、豆科灌木梅絲葵 (mesquite) (封底圖 C) 以及棗樹 (jujube) 等植物, 都利用此種策略來減少食草動物造成的傷害。半乾旱荒漠中的昆蟲, 白天會繞著小樹枝移動到樹蔭裡, 避免高熱的傷害, 野兔 (jackrabbit) (封底圖 D) 也會繞著仙人掌的陰影移動, 許多動物都躲在地洞中躲藏高熱和乾旱。

3. 海岸荒漠 (Coastal desert)

海岸荒漠包括高北緯帶地區 (Nearctic realm)、新熱帶地區 (Neotropical realm), 例如智利的亞他加馬荒漠 (Atacamo Desert)。海岸荒漠的冬季很冷, 夏季溫暖, 夏季均溫約 13~24 , 冬季均溫約 5 或更低, 年最高溫約只有 35 , 最低溫約 -4 (在智利, 7 月約 -2 到 5 , 1 月約 21~25)。年降雨量約 80~130mm。土壤質地很細, 含適量的鹽, 孔

洞多，故排水快。

海岸荒漠中的植物具有相當廣的根系以快速吸收極少量的降雨量，且具有厚而肉質的葉或莖以儲存大量的水，表面有脊溝(ridges and grooves)，當吸水時，莖膨脹，而脊(ridges)被拉開，溝(grooves)就變淺，例如：蕎麥灌木(buckwheat bush)、黑灌木(blackbush)、含鹽灌木(salt bush)、黑色鼠尾草(black sage)和野菊花(chrysanthemums)等。有些蟾蜍(toad)挖洞，藏在地洞中達 8~9 個月之久(自己會分泌膠質保濕)，待雨季到來時才出現在地面，進行繁殖，快速經過幼蟲時期，並在天氣變乾之前，完成生活史，變成成體。例如：紅斑蟾蜍(red spotted toad)。神仙蝦(fairy shrimp)則產下休眠的卵塊，在雨季才孵化。

4. 冷荒漠 (Cold desert) (封底圖 A)

冷荒漠包括南極地區(Antarctic)、格陵蘭(Greenland)、高北緯帶地區(Nearctic realm)等緯度較高或海拔很高的荒漠。冷荒漠的特色是冬季非常寒冷，降雨較多而且會下雪，平均溫約-2~4。夏季較短，較濕，平均溫約 21~26，年降雨量約 150~260mm，4~5 月降雨量最大。土壤是較黏稠的淤積土(heavy and silty)，含鹽度高，也有些區域是排水良好的沖積扇，鹽度較低。

冷荒漠植被相當分散，有些地區的植被覆蓋率只有 10%。大部分植物是落葉性的(deciduous)，少數具有針狀葉。除了野兔外，生活在冷荒漠的其他動物幾乎都是穴居性的。

三、荒漠植物的生存策略(Living strategy of plants in desert)

生活在荒漠中的植物有許多身體的(physical)和行為上的(behavioral)調適，以應付荒漠中惡劣的生存條件。以下列舉四類植物運用的生存策略：

1. 旱生植物 (Xerophytes)：

例如仙人掌類植物採用以下的策略適應乾熱型荒漠。

- (1) 巨大仙人掌 (saguaro cactus) (圖五) 具有肉質的組織可以儲水、保水。
- (2) 沒有葉，或葉小、葉少，以減少蒸散。
- (3) 根系廣而淺成放射狀，可以吸收稀少的降雨。
- (4) 表面有蠟質可以封藏住水份。
- (5) 針狀的葉具有保護作用。
- (6) 在一次降雨中吸水足夠可以渡過多年的乾旱。
- (7) 在雨季開花，產生抗乾旱的種子，或在雨季前開花，讓種子在水份較多的雨季萌芽生長。

2. 深根植物 (Phreatophytes)：

有些植物利用非常長的根系，以及特殊的肥島效應策略，來對抗乾熱型荒漠。例如生活在美洲的一種豆科灌木梅絲葵(mesquite) (封底圖 C)及木焦油灌木(creosote bush)(封底圖 B)便是。

A. 梅絲葵

- (1) 梅絲葵根部因有固氮細菌作用，提供含氮營養鹽，並且具有非常長的根

系，可以吸收地下水，即使在旱季，也不至於乾涸而死。荒漠中的很多灌叢都具有深根系，地面以上高度約 1 公尺，但根系可深達 40 公尺以上。梅絲葵的根系可能是所有沙漠植物中最長的，所以梅絲葵在美國西南部荒漠中是非常優勢的物種。

- (2) 梅絲葵在生長時，進行固氮作用，同時把養分和水份集中在自己的根系下面，造成草原型荒漠 (grassland desert) 的雜草生長困難，因為這些雜草無法與梅絲葵競爭。亞利桑那州南部有很多草原型荒漠開發為牧場，進行牛、羊放牧，這些牧場常因梅絲葵的進駐生長而影響整個牧場的效能，於是對農場經營者而言，抵抗梅絲葵的散播是否成功就決定牧場能否生存的關鍵。
- (3) 對牧場而言，完全沒有經濟價值，因為梅絲葵的莖上有長刺，雖有很多葉子，動物不吃，果實的皮很厚，掉下來時牛也不吃，小型哺乳類(如跳鼠)會去收集種子，若種子掉在母株下或泥土中，即使母株整棵被砍伐，甚至根被挖掉，梅絲葵都能再長出來，所以牧場一旦有梅絲葵生長，就無法根除，只能控制，以避免災情擴大。草地的生態被梅絲葵破壞後，會有其它生物遷移進來，棲息在梅絲葵樹上，或躲在樹下陰涼處，改變了草地的生物相與生物多樣性(biodiversity)。
- (4) 水分上升滲透現象(hydro-lift)：在許

多乾旱的荒漠中，連仙人掌都無法生長，但灌叢幾乎隨處可見，因為這些灌木的根系很長，可以吸收地下水，但是它們的小苗如何熬過乾旱呢？小苗的根是無法立即長到 40 公尺的，當小苗的根無法吸收地下水時，如何生存長大呢？科學家在這幾年終於發現這些灌叢的母樹有「水分上升滲透現象」，亦即老樹的深根吸收地下水往上送到淺層時，再由支根(小根)滲出來，供小苗的根吸水成長，類似鳥類餵哺自己的小孩，所以在亞利桑那州的四種荒漠中都可以發現這些灌叢。

B. 木焦油灌木

除了豆科植物有特殊的生存策略外，木焦油灌木(creosote bush)的生存策略也令人印象深刻。它們是荒漠中成功的物種，因為它們結合了多種適應策略，包括(1)動物不喜歡的味道和口感(不好吃策略)。(2) 木焦油灌木的葉片極小，白天氣孔關閉以避免水份散失，晚上氣孔才開放，可以吸收濕氣，增加水分的攝取。(3)具有廣闊的雙重根系(double root system)，同時具有放射狀的淺根系和垂直的深根系，所以可以同時吸收地表水和地下水。於是，即使是乾熱型荒漠都能找到木焦油灌木的蹤跡。

3. 多年生植物(Perennial plant)：

多年生植物例如藤蔓仙人掌(ocotillo)

(圖三)在乾旱季節會有休眠的現象，直到雨季(有水時)才開始萌芽生長，雨季後藤蔓仙人掌很快長出一套新的葉片來行光合作用，幾週內就會開花，當種子成熟掉落後，所有葉子會掉光再次進入休眠狀態，這個過程一年可能重複高達 5 次。此外，它們的表面還具有很厚的蠟質，可以封住水份。

4. 短生植物(Ephemeral plant)：

荒漠中由於每一個季節的降雨都不同，造成微氣候改變(micro-climate changing)，常會形成非常不同的微棲地(micro-habitat)，所以每年這些很小的生態區(eco-niches)常會有不同的植物混生，並且有不同的優勢種(視當年的微氣候而定)。因此相對於荒漠均質(homogeneous)的植物相，荒漠中短生植物的歧異度(diversity)相當高。

這些短生的植物相當是荒漠中的「短跑選手」(sprinters)，當濕度、溫度、光照適當時，它們可以在幾天內就開花，不同的植物會依序開花，可能是每隔一天開花，甚至每隔幾個小時開花。短生植物如沙漠馬鞭草(sand desert verbena)、荒漠畫筆樹(desert paintbrush)、以及摩哈比菊花(Mojave aster)通常在冬雨之後的春天快速開花，在乾旱之前形成種子並掉落，這些種子非常強壯，可以休眠抵抗乾與熱，直到下一次冬雨，它們重複這個循環(在冬天萌發，春天開花)以生生不息。

在美國西南的荒漠中有數百種這樣的短生植物，在一把荒漠的泥土中，我們可以發現數十顆短生植物或多年生植物的種子，以

索諾拉荒漠(Sonoran Desert)為例，每平方公尺的種子密度約有 5,000~10,000 seeds/m²，世界紀錄則高達 200,000 seeds/m²，這種「種子銀行」(seed bank)使荒漠植物的生殖成功率非常高。

除了以上四種主要的生存策略，有些樹或灌叢的葉面會直立起來，以減少太陽光的曝曬面積，例如瑪撒尼他(mazanita)(封底圖 E)，或減少葉的表面積以減低蒸發率(transpiration)。有些樹或灌叢則是具有光滑、綠色的樹幹可以行光合作用，同時可以封住水份，例如巴洛維迪(Palo verde)(封底圖 F)。

四、參考文獻

1. Brady, I. (1998). *The redrock canyon explorer*. USA: Thomson-Shore, Inc.
2. Epple, L. E. and A. O. Epple. (1995). *Plants of arizona*. Montana: Falcon publishing, Inc.
3. Fischer, P. C. (1989). *70 Common cacti of the southwest*. Salt Lake City: Southwest Parks and Monuments Association.
4. Holden, W. and R. J. Farrell. (1991). *All about saguaros*. Phoenix: Arizona Highways.
5. Jablonsky, A. (1994). *101 Questions about desert life*. Tucson: Southwest Parks and Monuments Association.
6. Kavanagh, J. (1996). *The nature of arizona*, Blaine: Waterford Press Ltd.
7. *Southwest desert wildlife*. (1997). Mesa: Smith-Southwestern, Inc.
8. *The handy science answer book*. (1997).

New York: Carnegie Library of Pittsburgh.

Seattle: Alaska Northwest Books.

9. Tweit, S. J. (1995). *Meet the wild southwest*.

編者按：國一 五也將於本刊 255 期之封面及封底另以彩色印刷。



圖一：絲蘭



圖二：片狀仙人掌



圖四：龍舌蘭



圖三：藤蔓仙人掌莖上的刺



圖五：巨大仙人掌