

第2版

生物學

朱錦忠◎編著

Second Edition

BIOLOGY



第2版

生物學

朱錦忠◎編著

Second Edition

BIOLOGY



國家圖書館出版品預行編目資料

生物學／朱錦忠編著. -- 第二版. --
新北市：新文京開發，2014.08
面；公分

ISBN 978-986-236-950-0 (平裝)

1.生命科學

360

103016934

生物學（第二版）

（書號：B340e2）

編著者 朱錦忠
出版者 新文京開發出版股份有限公司
地址 新北市中和區中山路二段 362 號 8 樓（9 樓）
電話 (02) 2244-8188（代表號）
F A X (02) 2244-8189
郵撥 1958730-2
第一版 西元 2009 年 08 月 05 日
修訂版 西元 2012 年 07 月 15 日
第二版 西元 2014 年 09 月 12 日

有著作權 不准翻印

建議售價：535 元

法律顧問：蕭雄淋律師

ISBN 978-986-236-950-0

※ 本書封面及相關設計所使用之圖片已取得典匠資訊有限公司授權使用。

封面攝影：Peter Krejzl

BIOLOGY | 序

人類不可能離開生物而獨自存活，因為地球上的所有物種，都與我們有唇齒相依的關係，所以，生物學應該是一門生活科學，了解它並運用它，可以讓我們活得更自然，也可以讓別的生物活得更自在。但是，從個人的教學經驗中發覺，時下多數的年輕學子，與大自然的關係越來越疏離，尤其是都會區的學生，每天的生活好像只是從一個冷氣房換到另一個冷氣房，而且途中還搭乘地下捷運或冷氣房車，與地面上的蟲魚花鳥幾乎斷了聯繫，甚至把一切會動的非我族類一概視為有害之物，非除之而後快。個人認為，如果不能修正這種錯誤的觀念並重建尊重生命的態度與行為，那要推展更深一層的生命教育或環境教育，可謂是一種不切實際的奢望。

不過，引導學生探索生物世界其實也不如想像中簡單，一是學生生活經驗的貧乏，導致無法以實際體驗來印證學理的窘況；二是缺乏符合本地學生閱讀習慣的教材，使得學生無法建立清晰的系統概念，這兩者都嚴重影響到生物學的教學成效。有鑑於此，個人在編寫這本教材時，即以「生活化」和「本土化」為目標，在舉例印證時，盡量以本地生活可以看到的事例或現象作說明，以期引發學生的興趣與共鳴，在內容編排上，則以生命的起源、演化、分類等宏觀生物學為始，再以細胞學、遺傳學等為繼，以免學生在一開始時就被一些看不見、摸不著的微觀生物學內容給嚇跑了。另外，為能因應本地學生的閱讀習慣和學制特性，本書有別於翻譯書籍過於發散式的旁徵博引，改採聚斂式的撰寫方法，把握層次分明、架構清晰、淺顯扼要等原則，以讓師生雙方，能在學時有限的條件下收到最佳的教學成果。

本書於此次改版除勘正疏誤外，更重新繪製精美圖片，用以幫助學生於圖文中能更加深印象、提升學習效果。

最後，要感謝許多提供我寶貴資料的同事和朋友們，尤其要感謝新文京開發出版股份有限公司懇切的敦促與支持，方能順利完成這本教材的撰寫與編印工作。惟生物學領域浩瀚無垠，個人以疏淺的能力獨自撰寫確實是一項艱鉅的挑戰，故若內容有所錯漏，還祈請各位專家、先進不吝指正。

朱錦忠 謹識

GGGATCTA
TGCAGCTGATCA
ACGACGTTCTGA

BIOLOGY | 目錄

CHAPTER 1 緒論 1

1-1 生物學的意義與內涵 2

1-2 學習生物學的目的 2

1-3 科學方法 5

延伸學習1-A：實驗組與對照組的意義 9

延伸學習1-B：自然科學論文的架構與內容 10

CHAPTER 2 生命的起源與演化 15

2-1 宇宙的誕生與地球的形成 16

2-2 地球出現生命的環境條件 18

2-3 原始生命的起源 20

延伸學習2-A：台灣龜山島的海底熱泉和「硫磺怪方蟹」 22

2-4 生命現象 23

2-5 生機論與機械論的爭議 27

2-6 物種的演化 28

延伸學習2-B：「演化論」與「反演化論」的論戰 31

2-7 地質年代與演化史 34

2-8 人類的演化 37

CHAPTER 3 生物多樣性 45

3-1 生物多樣性的意義與內涵 46

3-2 生物分類法 48

3-3 現行的生物分類系統 50

3-4 病毒 54

3-5 原核生物界 55

3-6 原生生物界 59

3-7 真菌界 63

3-8 植物界 66

3-9 動物界 71

延伸學習3-A：變化多端的附肢 87

延伸學習3-B：生物分類系統的演變 96

CHAPTER 4 細胞的構造與功能 105

4-1 細胞的形態與類別 106

4-2 真核細胞的構造 108

4-3 重要的細胞作用 116

延伸學習 4-A：水分子的滲透作用對細胞的影響 119

4-4 細胞的能量運用 122

4-5 細胞分裂 127

延伸學習 4-B：單套細胞與雙套細胞 132

CHAPTER 5 植物的形態與生理 139

5-1 植物的特徵 140

延伸學習 5-A：世代交替的演化趨勢 142

5-2 植物的組織與器官 143

5-3 植物的營養、支持與運輸 144

延伸學習 5-B：葉形、葉脈和葉序 152

5-4 植物的生殖 154

延伸學習 5-C：果實的多樣性 160

CHAPTER 6 動物與人體的基本生理功能 167

6-1 動物的特徵 168

6-2 動物的生理構造層級 169

6-3 運動系統 171

6-4 神經系統 173

6-5 呼吸系統 176

6-6 循環免疫系統 179

6-7 內分泌系統 183

6-8 消化系統 186

延伸學習 6-A：物理消化與化學消化 189

6-9 排泄系統 191

6-10 生殖系統 192

延伸學習 6-B：月經週期與安全期避孕法 196

CHAPTER 7 生物的遺傳 205

7-1 遺傳學的相關名詞 206

7-2 孟德爾的遺傳二定律與一法則 207

7-3 其他遺傳法則 209

延伸學習 7-A：血型特質在醫學上的影響 212

7-4 DNA的構造與複製 216

7-5 遺傳訊息的傳遞 219

7-6 遺傳工程與生物技術 223

CHAPTER 8 生物與環境 231

8-1 環境的構造 232

8-2 族群與群落 238

延伸學習 8-A：生物族群的地緣關係 243

8-3 生態系的能量流動與物質循環 245

8-4 當前的生態衝擊 249

延伸學習 8-B：大氣溫室效應 253

8-5 永續發展與環境保護 255

CHAPTER

1

緒 論



1-1 生物學的意義與內涵

1-2 學習生物學的目的

1-3 科學方法

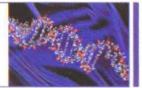


當人類第一次從外太空看到自己所居住的地球時，都為它美麗耀眼的藍、綠光彩而發出讚嘆（圖1-1）。就目前所知，地球之所以迥異於其他星體，除了理化構造的差別外，最大的不同，是地球上充滿旺盛的生命活動。所以，有越來越多人可以體認：地球真的是宇宙中的「綠色奇蹟」，並從自我反省的過程中，逐漸建立珍惜生命與保護環境的觀念與行為。



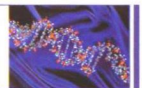
圖1-1 從太空看地球，閃耀著藍色光彩，是一個充滿旺盛生命活動的宇宙奇蹟。

1-1 生物學的意義與內涵



生物學(biology)是研究一切生命體的形態、構造、生理及其生命現象的科學。進一步區分其領域，則可歸納為「宏觀生物學」、「微觀生物學」與「應用生物學」三大範疇。所謂宏觀生物學，是以統合的方式來看整個生命世界，內容著重在探討生命的縱向演化過程，以及生物的橫向互動關係，例如生命學說、物種演化、生物分類、生物與環境的關係等即是。相對的，微觀生物學則是以細微的角度切入生命世界，比較著重生物個體間的歧異性，甚至以解剖或顯微的方式來研究生物體的組織、構造及生理現象，例如細胞學、胚胎學、解剖學、遺傳學等。至於應用生物學所涵蓋的範圍更為廣泛，舉凡以生物學為基礎所發展出來的應用科學都可歸納在這個範疇裡面，例如園藝學、畜牧學、作物學、醫學等均是。

1-2 學習生物學的目的



就整個生命世界來看，人類是地球上約一千萬種生命形態中的一個物種。但由於演化的結果，人類變成自然界中最具優勢的族群，擁有比其他生物更高的智



慧和更豐富的創造力。所以在地球總體資源的分配上，目前人類幾乎是以巧取豪奪的手段侵佔了大部分的自然資源，導致許多生物在人類的壓力下瀕臨絕種存亡的危機。而檢討當前的問題，可能肇因於過去的科學家都把生物學視為應用科學的一部份，認為研究生物是基於保障人類的生存利益，並把別的生物視為食物及藥物的提供者。例如，畜牧業把改良作物或禽畜的希望寄託在更多野生品種的基因上，醫學上從金雞納樹上提煉奎寧來治療瘧疾，以及近代用黑猩猩來確認B型肝炎或其他疫苗的安全性等，這些都是基於「物為我用」的本位心態所進行的研究。但是，二十一世紀的人類對生命世界的看法已經漸趨客觀，學習生物學也絕不能再停留於宰制自然的錯誤觀念上，而是應該以更謙虛的心境，嘗試去與其他生命建立更良善的關係。所以，現代生物學的學習目標，應可歸納為下列三項：

一、增進生物學知識，奠定專業學習之基礎

人類的日常生活中，與其他生物具有不可分割的依存關係（圖1-2）。例如植物的光合作用，提供我們氧氣和能量的來源；微生物的分解功能，淨化我們的生存環境；動植物更是人類食物的供應者，有些還提供人類勞動力，甚至具有慰藉人類心靈的功能。因此，生物學

其實是一門生活科學，瞭解生物，除了可以讓我们的生活知識更加豐富外，甚至也是瞭解自己身心狀態的基礎。此外，有許多專門科學都是以生物學為根本，像園藝學、畜牧學、養



圖1-2 現在的非洲馬賽族人仍然以牛糞建屋、以牛羊等牲畜為主要的食物來源，與生物之間保持著不可分割的依存關係。



殖學，甚至如醫學、護理學、心理學、社會學等，也都與生物學具有密不可分的關係。

二、認識生命世界，學習欣賞生命之美

固然增進知識是學習生物學的基本目標，但在「知」之後，如果我們只站在本位主義的立場去看生命世界，也只考慮到「所知」是否對我有用時，那就會衍生如過去所認為的「益蟲或害蟲」、「益鳥或害鳥」等錯誤觀念，卻不知所有生命在整個生態系中都自有其意義。因此，人類對生命世界的探索，絕不應該只是為了滿足衣食方面的需求，真正能讓人類感到豐富的，其實是藝術、文化、精神方面的



● 圖1-3：非洲原住民的壁畫，顯示出生物帶給人類豐富的藝術創意與靈感來源。

成就，而這些創意與靈感的來源，往往都來自對生命世界深刻的觀察和體會（圖1-3）。因此，欣賞生命之美是需要也值得學習的，如果我們瞭解一隻毛毛蟲在面前爬過，它是正在透過無數生命機制的協調而迎向充滿驚奇的生命旅程，那就不會覺得它的樣貌是噁心或醜陋的了。

三、培養尊重生命的態度，建立與其他生命共存共榮的觀念與行為

地球上究竟有多少物種目前尚未確知，一般認為應該在1000～1500萬種之間，而其中被人類發現並命名的約僅150萬種而已。可見，人類對地球上的生命世界所知仍然有限，而各個物種在整個生態系中的貢獻與價值，更不是人類可以輕易窺知的。不幸的是，有些生物在人類不斷擴張生活領域、漫無節制的濫用自

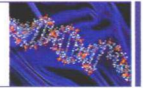


然資源之後，紛紛走向絕種滅亡的末路。因此，新的生物學目標是要重新思考如何重建與其他生物的良善關係，並尊重每一種生命形態的存在價值（圖1-4）。因為，讓別的生物活下去的原因，絕不在於它們是否有助於人類的生存，而是一個尊重與否的嚴肅問題，也是人類在荼毒其他生物數世紀之後的一種道德層次和倫理層次的反省。如果我們不能接納其他生物並與之共存共榮，那人類必然會更快速的走向敗亡的命運。



● 圖1-4：新的生物學目標是要重新思考如何重建與其他生物的良善關係，並尊重每一種生命形態的存在價值。

1-3 科學方法



從歷史的角度來看，華人對生物的研究與應用絕不亞於西方民族。例如明朝李時珍所著的本草綱目，到目前仍對全人類的健康有莫大的貢獻；還有像江南一帶的漁民飼養鸕鶿為其捕魚，或是將馬和驢交配而培養出更具勞動力的騾子等，都是華人充分運用生物學的例證。此外，許多華人的文化藝術及哲學思想，也都啟發於對生物的深刻觀察，例如詩經中傳頌久遠的「關關雎鳩，在河之洲……」、以及莊子秋水篇的「井蛙不可以語於海者，拘於虛也；夏蟲不可以語於冰者，篤於時也……」等，都可以看到許多生物知識已經融入中華文化之中。但是，有時因為粗略的觀察或未經縝密研判即導出的結論，往往也會製造一些人云亦云的錯誤認知，就像「有鷹化為鳩，雀化為蛤，腐草化為螢」、「螃蟹一啊爪八個」等就是這類的實例。因此，為能求得正確的答案，自然科學已經發展出一套有系統且合乎邏輯的研究方法來解決問題或驗證答案，這即是一般所稱的科學方法(scientific method)。

科學方法的目的，是要以客觀的實驗證據去解釋從觀察中所發現的問題，但因為考慮到實驗的可靠性與重現性，所以在研究過程中必須依循一定的步驟來進

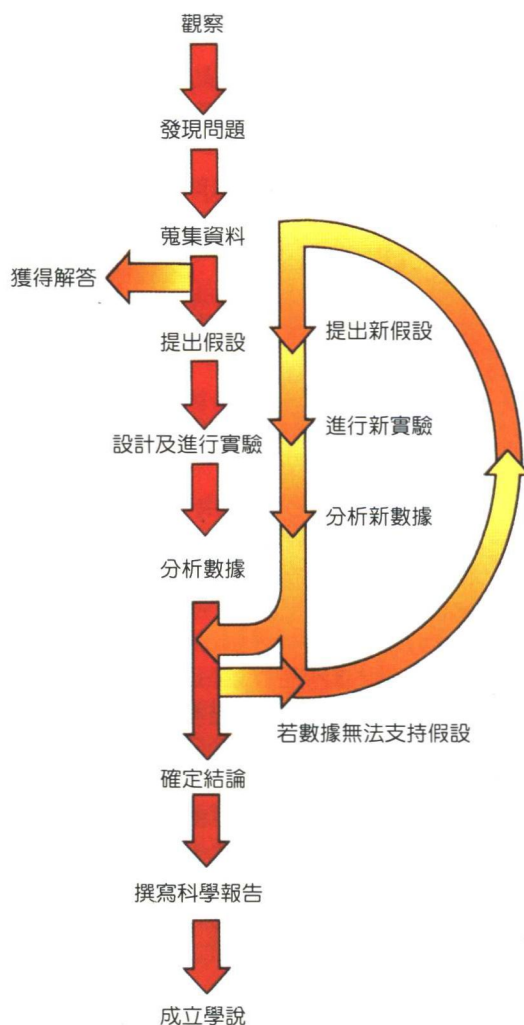


圖1-5：科學方法的操作程序示意圖。

行。目前，在一般運用上，科學方法的操作程序是：觀察→發現問題→蒐集資料→提出假設→設計及進行實驗→數據分析→確定結論→撰寫科學報告（圖1-5）。

一、觀察

觀察是科學研究的原動力。因為有人察覺到自然界的可疑現象，進而引發好奇心去探索答案，人類的知識才得以繼續發展。但所謂「觀察」並不侷限於用眼、耳、鼻、觸等感官去體驗自然現象，現代許多問題的發現，也可能來自同



儕的討論，或比較、歸納前人的研究結果而得，這些都算是科學方法中的觀察手段。

二、發現問題

觀察任何現象，如果只是習以為常的認為「本來就這樣」，那問題便無從產生。所以保持高度的好奇心是一個科學研究者必備的特質，而客觀的態度則是另一種應有的修養。因為先入為主的認定答案將是什麼，往往是探索正確答案的首要障礙。

三、蒐集資料

發現問題後，並不需要立即提出假設或設計實驗，因為某些被觀察者認為可疑的現象，可能早就被發現並且已經有了答案。所以在問題產生後，正確的做法是要先從已經發表的相關文獻或資料去探索，確定該問題「已知的有多少」、「未知的是哪些」，這樣才能把時間和精神投注在問題的核心，也才能避免誤蹈前人的錯誤，甚至是白忙一場。

四、提出假設

如果比對蒐集所得的資料後，確信問題的答案是「未知的」，或是前人所得的答案是「可疑或需要重新驗證的」，那就可以針對問題的核心，提出預測性的解答，這即是所謂的「假設」。

五、設計實驗

假設擬定後，進一步的工作就是要驗證其正確性。但若期望實驗能有效進行，事前縝密的設計是重要關鍵。因此，在設計實驗時，首先要明訂實驗目的並規劃實驗流程和進度，而為了強化實驗的可靠性，設計「對照組」也是必要的手段。其他關於材料的來源、儀器設備的運用，甚至研究經費的預估與取得等等，也是實驗設計時所必須一併考慮的。



六、進行實驗

依據實驗設計進行實驗時，保持耐心與毅力是很重要的科學精神，尤其對整個實驗過程所得的觀察紀錄或數據變化，更應該詳實記載，必要時，還要以繪圖、拍照、錄影等方法來保存實驗的演變過程或結果，以便在實驗結束後，能夠保留最多的客觀資料做為導出結論的依據。

七、數據分析

數據分析是針對實驗所得的數據做整理比對，並藉助統計方法測試實驗結果的可靠性。

八、確定結論

若是數據分析的結果可以支持「假設」的正確性，那實驗的結論將可成立；反之，則必須修正「假設」並重新設計實驗。通常，實驗結論往往不是一兩次實驗就可獲得，一般都要經過反覆修正才能找到問題的真正答案。因此，科學研究的過程往往極為辛苦，而且有時為了讓結論有更多證據，經常在主要實驗之外，又設計幾個相關的子題進行深入探討，如此繁複的目的，無非就是要發掘出事實的真相。

九、撰寫科學報告

經過辛苦實驗所得的結果，必須透過某種方式表達出來，才能讓科學新知被廣泛接受並運用。目前，新的科學發現，絕大多數都以撰寫書面報告（科學論文）的方式向外界發表，也有輔以口頭發表同時並行的。而由於科學論文不只是在傳達新的發現，同時也負有「再現實驗」的功能，所以有關實驗的任何記載，都必須詳盡而確實，其細密的程度，要足以讓另一個研究者可以依據論文的記載而重新驗證一次實驗的可信度。



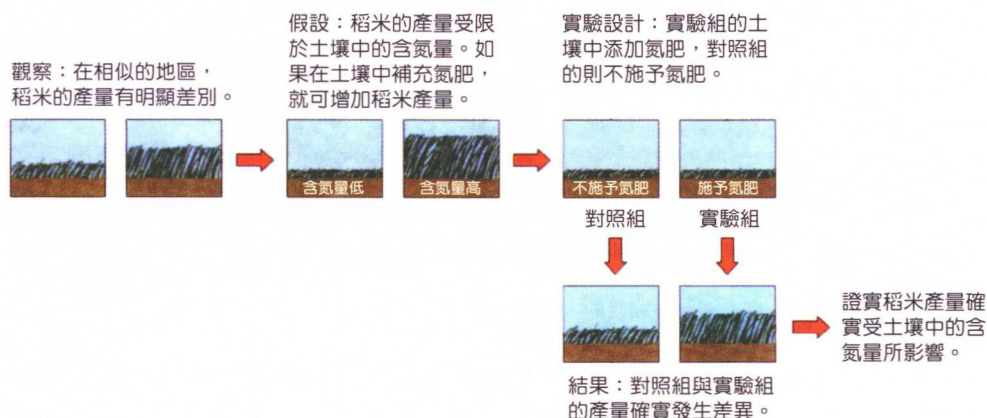
延伸學習 1-A

實驗組與對照組的意義

設計實驗時，研究者除了針對「實驗變因」設計一組與假設情況符合的「實驗組」外，通常會另外設計一組與假設情況相反的「對照組」，目的是要讓實驗結果更具說服力。

舉例來說，如果研究者發現「在相似的地區，稻米的產量有明顯差別」這個問題，經過分析所得資料後，提出的假設是：「稻米產量受限於土壤中的含氮濃度。如果在土壤中補充氮肥，就可增加稻米產量。」

於是，在這樣的假設下，實驗設計就可規劃出兩個實驗樣區，兩者的面積、光照、灌溉等條件都保持相同，唯一的差別是：一個樣區的土壤中施予氮肥，另一個樣區則不施予氮肥。如此，前者即是用來驗證與假設情況符合的實驗組，而後者就是提供反面或間接佐證的對照組。



● 圖1-A1：如果要證明「在土壤中補充氮肥可以提高稻米產量」，可以設計兩組實驗相互對照，其中與假設符合的稱為實驗組，與假設相反的稱為對照組。