

科學圖書大庫

最新生物學(上)

生命的探討

譯者 孫克勤

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

最新生物學(上)

生命的探討

譯者 孫克勤

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十八年四月三十日初版

最新生物學(上)

生命的探討

基本定價~~5.90~~00

譯者 孫克勤 東海大學生物系教授

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686號

發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第15795號

承印者 大原彩色印製企業有限公司 台北市西園路2段396巷19號
電話：3611986・3813998

前言

在所有的學科中，與地球上生命的延續關係最密切者，莫過於科學。而在各種科學之中，與此一行星上吾人日常生活具有最直接關係的，則首推生物學。因為它幾乎接觸了所有的人類活動。由於生物學是研究生命的科學，它探討人類各方面的現象：包括演化歷史、構造、機能、行為、人與環境的關係，以及人類的潛能等。為了使各方面的情形易於瞭解起見，生物學還要研究人類的社會系統。今日，我們已經掌握了解決許多生物學問題的技術，舉例而言，人類已可利用其控制出生率的知識，以避免人口過度膨脹。但是，此類解決方法，因為牽涉到種種社會問題，常常無法完成。因此，欲要對人類有一徹底的瞭解，僅僅是事某項單一學科的研究，是無法達成的。生物學的研究亦不再局限於生物學知識的本身而已，而需要從社會的觀點對生物學多所瞭解。這樣一來，生物學對人類的最大潛在福祉，將與其所具有的必要的限度，一併加以考慮。

“生物學：生命的探討”第三版新書，不僅包含生物學的知識，同時亦包含有這類知識的社會論點，對吾人為了嘗試解決日常生活所發生的生物學問題而引起的社會性後果，都曾加以講述。

美國生物科學課程研究會 (Biological Science Curriculum Study, BSCS) 於 1958 年創立，致力於生物學教育的促進工作。該會的前身是美國生物科學研究會教育委員會 (Education Committee of the American Institute of Biological Science) 最先表示了對美國生物學教育情況的關懷，在美國國家科學基金會之協助下，成立了由許多優秀生物學家和教育家共同組織的美國生物科學課程研究會。BSCS 藉著向許多不同學科的諮詢而獲得的幫助，開始將本門學科重新編織，使學生充分應付生物體所發生的各種問題。本書的首次“試驗”版本於 1960 年問世，第一版出版於 1963 年，第二版增訂本出版於 1958 年，這些版本，純屬試驗性質，採用此書者，包括美國 35 州加上哥倫比亞特區的成千教師和十五萬以上的學生，來共同決定書內所強調者是否與美國一般第十年級 (高中) 的同學生活相關聯並為他們所

易於理解。試用結果顯示教材內容可以完全為一般學生所接受和瞭解。此項研究計劃，後來又用來為從事其他事業的學生提供科學的背景，至 1970 年五月的各項研究結果顯示，全部參加生物學成績測驗學院董事會 (College Board Achievement Test in Biology) 測驗的學生當中。有 47 % 曾經修習過 BSCS 課程，只有 22 % 學生直截了當承認他們沒有機會接觸到 BSCS 教材，於是，這項計劃原本是為了供應一般公民生物學知識所設計的，現經證明亦是一項優良的大學預備課程。

經過差不多四年的試驗、迴饋、和重寫，本書第一版於 1963 年問世。現在的版本為第三版 (1973 年出版)，是根據許多教師和學生所提出的有關課本內容及講述方式的建議，加以改編增訂而成的，他們使用過以前的版本，毫不吝嗇的表示其實貴意見，使得現在的版本大為改進，他們所提出的意見，對執筆編寫的大學各同好以及高中的生物教師，都發生迴饋作用，由這一群社會人士所構成的網，共同將生物學必須的知識編織為一體。

將一系列重要課題有關的材料，成功的揉合在一起，就構成了各種觀念的連合。這些重要課題包括研究與探討的科學，生物學各種概念的歷史，構造與機能的相輔相成，形態的歧異與模式的統一，生物隨著時間的變化，遺傳的延續，生物與環境的相輔相成，協調作用與恒定狀態，以及行為之生物學基礎等。生物體制構造的各個階層，亦在本書中加以描述，由分子階層，以迄細胞、組織、器官、個體、族群、種、群落、和地球上生物群系……各階層，都包括在內。將這些統合課題、生物歧異以及體制構造階層編織在一起，使得生物學表現出一種科學的結構，並可應用於社會問題上。

BSCS 誠懇的向使用本書的教師和學生提出請求，希望他們多多表示意見，這些意見將大大有助於實現吾人促進各級生物學教育的遠大目標。如蒙賜教，請寄至下列通訊地址為荷：

愛迪生、李 (Addison E. Lee)
董事會主席，BSCS

美國德州大學，奧斯汀校區

奧斯汀市，德克薩斯州 78712

威廉·梅耶 (William V. mayer,)

董事，BSCS

郵政信箱 930 號

鮑爾德市，柯羅拉多州 80302

美 國

序

當第三版的“生物學：生命的探討”一書呈現在你面前時，亦正是生物科學、學生與老師的性質和熱望，以及人們對於人在大自然地位的觀點，都發生巨大改變的時候，我們即將進入的世紀，有很多的名詞來形容它，從“工業化後期”以迄“水瓶宮世紀”(Age of Aquarius)等等，不一而足。但是，在這些舞文弄墨的辭藻的背後，大家都體會到愈來愈注意大自然以及人在大自然中的地位。很快的，正確的生物學知識，已在人類今日以及未來的生活中，成為一項最重要的而且必備的知識。

我們當編寫本書時，就牢記上述各種因素，希望書中所採取的新方向，能對此有所裨益，和第二版相比，無論在組織、分量、階層、以及重點方面，本書都做了重大的改變。

在組織方面最重要的改變，是將課本和實驗探討綜合為一體。這一點當可加強學生的認識——生物學的成长，直接由實驗室和 外的觀察和試驗而來。

課本的部份曾經大刀濶斧的加以修訂和精簡。因此，新的課本包括探討部分，二者加在一起，其分量和第二版課本的分量，大致相同。各章的順序亦曾加以更改，動物部份移至植物部份的前面；遺傳、發生、和演化合成一個單元；有關生態學各章則提前討論。環境事務的敘述散見於全書各部份，而且專設一章詳加討論之。新的重要一章名叫“生物與環境”，將生物學的各项原理，作一廣泛介紹，使學生能夠早一

點對生物學的整個光譜系列有所認識。

舊版中若干章則，例如生物化學、分子遺傳學、以及族群遺傳學等，其過於詳細的部份，均曾加以刪減。雖然，對於上述各章節材料的瞭解，就熱心向學的學生而言，並無什麼困難；但是，有一項明確的事實，即在一個課程中，並不是要將所有可以理解的材料，全部列入。而且在事實上，亦是無法辦到的——例如時間就是一項限制因子。我們現在正參加下一步革命性的重要生物學教育工作：就是要發展各級學校——包括小學、初中、高中、大學——的統一課程。我們已經開始尋找種種課題，包括我們認為最適於第十年級水準的材料在內，這項發展會將課文中同一課題循環性的重複——加以刪除，這類重複通常是在同一的水平辯來辯去，使得大多數學生，感到無比厭煩。

最後，新版書亦要求個別學生從事主動的參予，對於實驗室工作以及問題解答的相對重視，有顯著的增加。此外，我們亦添加了一些新的東西：例如在每章之末都列有自學輔導的項目，這些建議一方面可以引發學生對生物學的個人研究興趣，另一方面亦將他們所學的生物學知識，和自然世界以及人類社會連繫起來。

摩爾 (John M. Moore)

爾歐森 (Ingrith Olren)

目 錄

前 言 序

第一篇 生物的通性

第一章 生物學——研究些什麼？如何研究？

- 第一節 生物學知識的應用…………… 1
- 第二節 生物學問題之一例——瘧疾…………… 1
- 第三節 生物學問題之另一例——糧食…………… 9

第二章 生命來自生命

- 第一節 生物起源的假說…………… 21
- 第二節 爭論三百年——生源論？無生源論？…………… 25
- 第三節 微生物的起源…………… 30
- 第四節 “自然發生說”的辯論宣告結束…………… 31

第三章 基本的構造

- 第一節 動、植物的早期知識…………… 36
- 第二節 科學知識…………… 36
- 第三節 細胞的發現…………… 37
- 第四節 細胞學說…………… 40

第四章 基本的機能

- 第一節 生命的二種解釋——生機論與機械論…………… 51
- 第二節 早期的化學……………
- 第三節 生物化學的發軔…………… 58
- 第四節 化學作用爲了什麼？…………… 63

第五章 活的化學

- 第一節 原子的組合…………… 69
- 第二節 一個原子的解剖…………… 71
- 第三節 原子的交互作用…………… 71
- 第四節 細胞化學的研究…………… 72
- 第五節 活細胞中的分子…………… 81
- 第六節 能的供應…………… 81
- 第七節 能的散失…………… 82

第六章 細胞的生理

- 第一節 細胞的構造與機能…………… 84
- 第二節 粒線體——爲細胞提供能量…………… 89
- 第三節 細胞核…………… 93
- 第四節 量雖微小，作用很大（論酵素）…………… 93
- 第五節 再論酵素…………… 93

第七章 細胞與個體的生殖

- 第一節 遺傳的延續…………… 102
- 第二節 有絲分裂…………… 104
- 第三節 減數分裂…………… 109

第八章 生物與環境

- 第一節 種是什麼？…………… 113
- 第二節 構造的階層…………… 116
- 第三節 機能的階層…………… 120
- 第四節 行 爲…………… 120
- 第五節 生殖與發育…………… 122
- 第六節 遺 傳…………… 123
- 第七節 演 化…………… 125
- 第八節 生存的地方…………… 125
- 第九節 交互作用與循環…………… 130
- 第十節 平衡現象…………… 132
- 第十一節 平衡的擾亂…………… 132

第二篇 生物的歧界

壹、動 物

第九章 動物世界

- 第一節 生命的條件…………… 136

第十章 人體的消化作用

- 第一節 動物的共同需要…………… 143
- 第二節 消化的問題與消化的方法…………… 143
- 第三節 人的消化系統…………… 144
- 第四節 消化的完成——吸收與廢物的排遺…………… 152

第十一章 運輸作用

- 第一節 運輸的需要與運輸的方法…………… 155
- 第二節 人體的運輸…………… 155

第十二章 人體的呼吸作用

- 第一節 呼吸的類型…………… 167
- 第二節 人體的呼吸…………… 167

第十三章 排泄作用與恒定性

- 第一節 化學物的排泄方法…………… 174
- 第二節 熱的產生及其問題…………… 177

第十四章 人體的調節作用

第一節	調節的重要	180
第二節	呼吸——一個調節作用的例子	180
第三節	神經系統的基本作用	182
第四節	人體的神經系統	184
第五節	內分泌系統	189
第六節	人體的內分泌腺	190
第十五章	動物的生殖作用	
第一節	生殖的類型	196
第二節	雌性生殖週期的激素控制	206
第十六章	動物的歧異	
第一節	分類	214

貳、植 物

第十七章	光合作用	
第一節	葉——光合作用的器官	243
第二節	光合作用的生化學	248
第十八章	莖與根	253
第一節	莖	253
第二節	根	257
第三節	物質的轉運與貯存	260
第十九章	開花植物的生殖與發育	
第一節	無性生殖	264
第二節	有性生殖	264
第三節	發 育	268
第四節	植物對環境的反應	270

第一篇 生物的通性

第一章 生物學——研究些什麼？如何研究？

我們生存的時代，是人類有史以來最饒趣味，最富戲劇性同時也是最具危險性的時代。此一情勢之形成，因素很多，其中之一即為人類由於生活之所需，都要仰仗地球資源之供應，而近年來，人口快速增加，據統計，自祖父時代以迄今日，地球上的人口，業已增加了三倍。

其次，由於文明進步，生產出無數的汽車，電視機，洗碗機，飛機等，這些都需要原料物質用以生產和發動。而且，糧食的生產，必需增加以供應現有40億的人口，而世界的人口正以每天增加190,000人的速度上升中。

今日，吾人如想獲得良好的生活，並能持續至未來，只有從事極為智慧，細心而人道的計劃。和此項計劃關係最密切的知識，就是生物學(1)，生物學乃是研究生命的科學，我們必須研究人類和其他動物，和其他植物，以及無生物世界是如何交互作用的。人類的將來，將視吾人能否瞭解生物學原理而予以遵循。因此可見，學習生物學是非常重要的！

(1)生物學 *Boology* 為研究生命的科學，研究的對象包括人類的生命在內。*Biology* 一辭由希臘字“*bios*（生命）”和“*logos*（思想或探討）”合併而成。

讀者當閱讀本書，如發現名詞解釋不夠清楚時，應該查閱字典，名詞都有其引人入勝的歷史背景，例如，每當書中用到“創造之物”（*Creature*）這個名詞時，都是限於有生命之物，其故安在？

第一節 生物學知識的應用

生物學應用於人類社會，最為我們所熟悉的，就是維護人體健康和糧食的供應。一個醫生，對於人體的認識——包括構造和機能的瞭解愈深，對於病原生物——細菌、濾過性病毒等的瞭解愈多，治療病患的能力亦就愈強，如果用藥恰當，病人即可起死回生，嚴重骨折的肢體，亦能在細心的外科手術下，數月後定告復原。

人體生命所需的食物，完全依賴其他生物，在人類悠長的歷史中，經常發生飢饉，時至今日，人類已掌握了科學知識，可以供應全球人類的糧食而不虞匱乏。

維護良好的健康，提供足夠的糧食，有關此類知識的發展，乃是近年之事，以下將舉出二個例子，以說明此類知識是如何得到的，一個例子是關於健康問題方面，另一個例子則是關於糧食的供應問題。

第二節 生物學問題之一例——瘧疾

第一個例子，有關健康方面的，就是瘧疾，瘧疾亦和其他疾病一樣，與許多生物學的問題相關連。在人類歷史上，瘧疾對人類的影響（包括健康、經濟、政治各方面），既深且巨。染患瘧疾者，身體變為虛弱，體能減低，以致無法從事正常生活所要求的經濟和智慧的標準，因此許多人淪為貧窮。而且，更嚴重的是，瘧疾每每致人於死，牠是所有疾病中殺人最多的劊子手。

瘧疾在熱帶很是普遍，一世紀前，在美國甚至遠達北部俄亥俄、紐約等州，均有發生。到現在，歐洲若干地區仍然常見。

瘧疾是一種戲劇性的疾病。一種典型的傳染，患者首先感到惡寒（圖 1-1），雖然溫度計顯示他的體溫高於正常的體溫 37°C （ 98.6°F ），他却感到很

冷。數小時後，患者又覺得奇熱無比——他的體溫很高，可以升高到 41°C (106°F)，同時頭痛劇烈，並感覺噁心。再遲一會兒，患者開始大量出汗。幾小時後，他感覺好了很多——不過顯得很虛弱而疲憊不堪，大約半天之後，情況好轉，患者逐漸恢復正常。

爲了要尋求答案，可將麥管套以橡皮球，放在盛有藍色指示劑的試管中。

1. 藍色指示劑發生變化否？試以口含麥管，緩緩吹氣至含有相同液體之試管。

2. 觀察的情形如何？

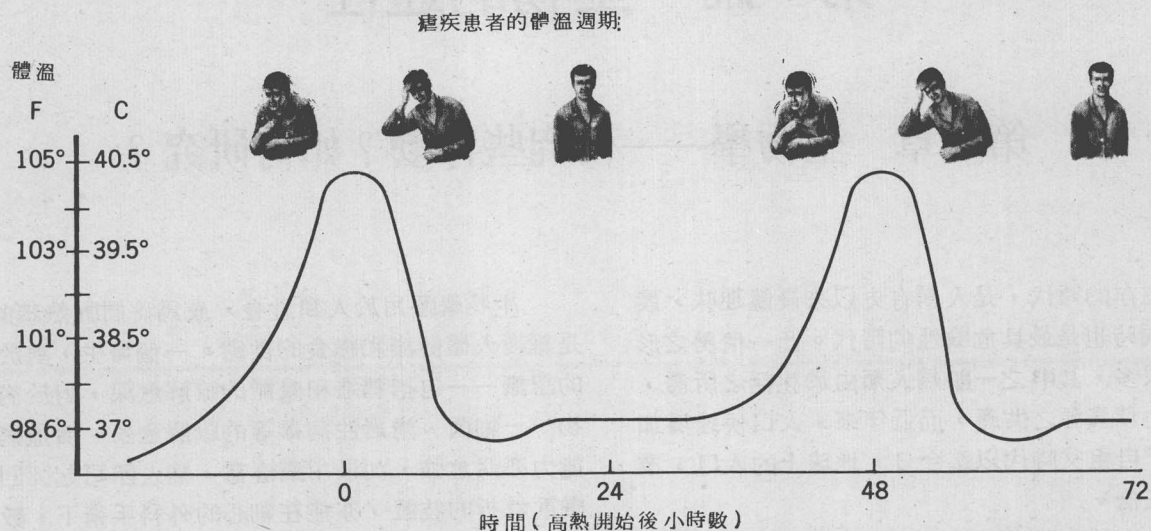


圖 1-1 不規則的曲線表示一種常見瘧疾患者的體溫變化。患者的徵候與體溫週期之關係如何？

患者如不予以藥物治療，“正常”情況不會維持很久。一種典型的瘧疾，上述寒，熱交作的徵候，將會每隔一日發作一次，維持數星期之久。最後，患者的疾病好像已經過去，但是，除非他接受醫藥的治療，否則，病情仍將繼續下去。

顯然地，患者的生理，遭受到瘧疾的嚴重干擾，病況劇烈時，患者心跳加快，呼吸迫促，汗腺大量分泌，行爲亦將發生改變，而感覺無法運用思考。這些變化的原因是什麼？從事瘧疾的研究，可使吾人對於生命之物之構造和機能，有更佳的認識。

上古時代的瘧疾

古代，世界文明的中心，例如中國，埃及，伊拉克，印度，希臘，以及意大利等地，都有瘧疾的記載。二千年前的醫生，對於這種疾病（雖然不用現代的“瘧疾”之名）都很熟悉，他們敘述發冷，發熱以及疾病反復侵襲的情形。同時亦曾注意到這種疾病在一般居住於低濕的沼澤地區的人民，最易發生，那麼，沼澤區的死水，可能毒害了當地的空氣，當地的人，呼吸了“壞空氣”，就會染患瘧疾。在意大利文，“壞的”“空氣”寫作mala和aria，二者連合就構成malaria（瘧疾）之名。此項觀點爲早期人類爲要解決這種最嚴重疾病的第一個步驟，由觀察（Obs-

servation）而得者。

現在，在我們講述人們有關瘧疾發生的種種觀念以前，先談一談如何進行觀察，並親自從事觀察，將屬頗饒趣味之事，請做探討 1-1。

【探討 1-1 提出問題，尋求答案】

材料

橡皮球	酵母懸浮液
2 麥管	水生植物（例如蘊藻）
8 試管	的小枝
6 軟木塞	昆蟲
6 小鋼螺絲	10 發芽的蘿蔔種子
溴麝香草酚藍指示劑	10 玻璃珠

空氣有好好”“壞”之分嗎？人體的生命，需要空氣——而且“好”的空氣才能生存，當呼吸時，空氣由外界進入人體，然後再呼出體外，其間可曾發生任何變化？如將一個人置於密閉的環境中，他要重複的呼吸同樣的空氣能夠生存下去嗎？

【實驗設計】

大多數的探討，都以問題開始，本探討亦是如此

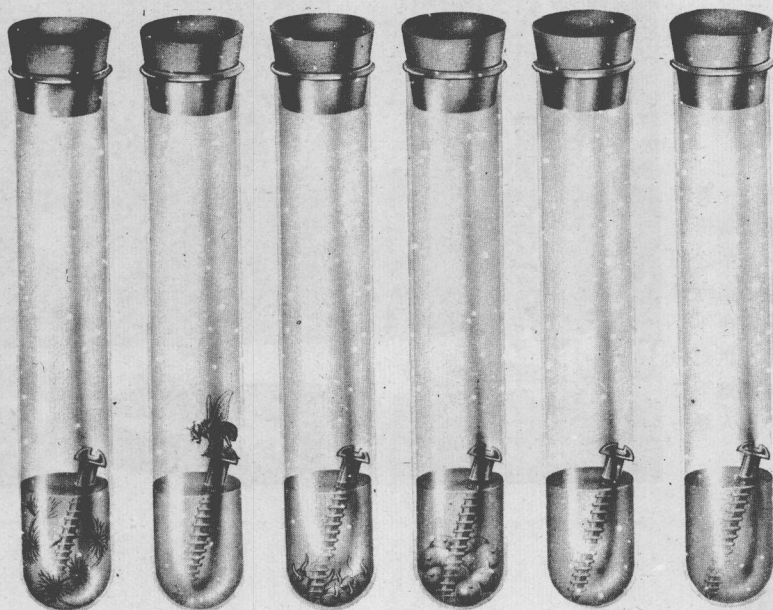


圖 1-2c 六個試管，盛有同樣的藍色液體，分別放置不同的物體。

3. 室內包圍人體的空氣，和人體呼出的氣體相比，有何不同？

教師同時準備六個含有同樣液體的試管，其中分別放有六種不同的東西（圖 1-2 C），試一一觀察之，並敘述觀察結果。

4. 試將因呼氣引起之液體顏色變化，與各試管中液體顏色變化，作一比較。

5. 這些試管中的顏色變化，與空氣有關嗎？

6. 爲了得到更完整的答案，還有些什麼因素應加以探討？

關於這些問題，稍後再加討論。至此，我們已經瞭解到生物學的研究，可由進行觀察開始，然後根據觀察提出問題。有時候，一項特殊問題的解決，還需要等待一些意外的發現，瘧疾問題就是一個例子。前面提到醫生們在二千年以前已經瞭解瘧疾與濕地之間有相當的關係，也曾使用將濕地排水之法以控制瘧疾。但是，對於瘧疾患者，却是束手無策。

若干歷史學家相信，羅馬文明之衰弱（圖 1-3），一部分原因，即在於瘧疾，瘧疾亦同樣導致更早時候希臘文明的衰弱。西方世界由此進入一個長達千餘年的世紀，在此期中，有關瘧疾問題以及其他生物學的問題之解決，殊少進展，就科學方面而言，這一段時期的確是西歐的黑暗時代。

奎寧的發現

十七世紀，無論就瘧疾的瞭解以及藥物的使用上，都有了重大的突破，在此期間，無數的物質都用來

做爲治療瘧疾的藥物，有些是礦物質，另一些則取自動植物。其中大多數是無效的，有些甚至有害（圖 1-4）。

新大陸發現後，許多新的植物送回歐洲用做藥物。其中有一種，是爲金雞納樹（Cinchona tree）的樹皮，對於醫治瘧疾，非常有效。今天我們知道，金雞納樹的樹皮裡含有奎寧——一種有效的抗瘧化學物質，事實上，奎寧是從十七至二十世紀以來，治療瘧疾唯一有效的藥物。

瘧病的原因⁽¹⁾

十七世紀的醫生，雖然知道使用金雞納樹以治療瘧疾，但是對於瘧疾之原因，却是一無所知。唯一的線索，仍是那項早期的觀察——瘧疾與沼澤區的“壞空氣”有關。但是，在沼澤區的“壞空氣”中，何者爲其主因？則需要實驗來加以證明。有些勇敢的研究者，採取瘧疾流行地區沼澤之水，自願將其飲下，結果並未染患瘧疾。下一步驟應如何進行以探求其原因呢？

十九世紀後半葉，科學界發現某些疾病是由於很小的生物體——細菌所引起者，此一發現就引起一種推測：瘧疾亦可能由微小的生物體⁽²⁾所引起，因此，瘧疾的患者甚或因瘧疾而死者的血液以及各種臟器，都拿來加以研究。有些科學家並且認爲已找到了病原細菌。但是，其他的科學家未能加以證實。

(1)科學家所講“原因”是指一項事物

圖 1-3 羅馬帝國的海港——奧斯蒂亞之毀滅。緊隨著蠻族的入侵，羅馬與海濱之間的區域歸於敗壞，當時瘧疾大為猖獗，該區幾乎全部變為廢墟，多少世紀以來此一海港，僅剩餘下昔日雄偉的遺蹟，供人憑吊

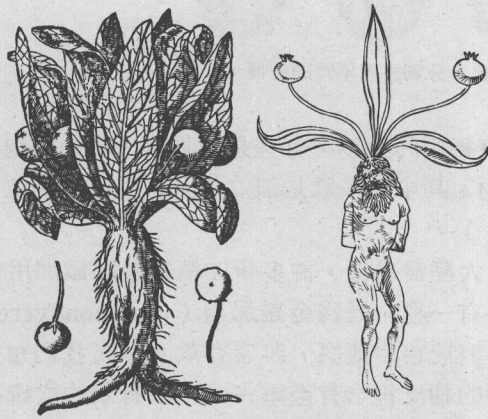
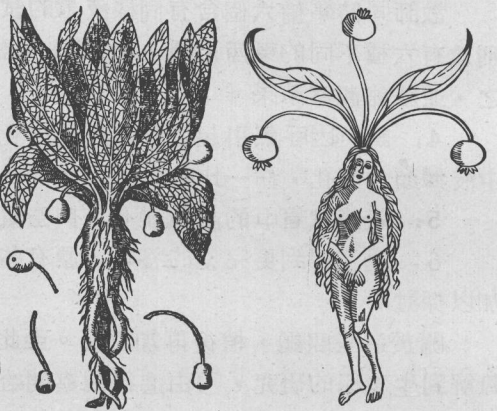


圖 1-4 在沒有科學的藥物以前，人類就利用許多動、植物的產物來治療疾病。一些植物，例如曼陀羅花，肥大的根部交叉，形如人的兩腿，整個植物略現人形，相傳具有具有特殊療效。植

物體並有雌雄之分，因此，一般人就認為牠的組織，對於解除疼痛或是治療房事問題上，具有特殊能力。事實上，今日已經知道，曼陀羅花確實含有藥物，對人體的生理有作用。但是，許多用作藥物的物質，效力都很微小，或全無用處。例如，將尋麻的一部分和蛋白混合，敷在患者前額以治療頭痛；牙痛患者，則將尖草（spirewort）切碎，放置在小蝸牛殼殼中，然後將蝸牛殼緊貼於患者的太陽穴，牙痛即可消除等是。



足以引起另一事物發生特別結果者。導致某項事物發生，如無原因，即無結果。當時醫生們所尋求的，就是什麼事物導致人體發生一種特別結果——瘧疾。

(2)生物 (Organism) 一辭，是指任何有生命之物。此一名辭的來源如何？為什麼適用於活的創造物？

瘧原虫的發現

1878年，一位在阿爾及利亞服役的法國軍醫拉佛蘭 (Laveran) 開始探求瘧疾的原因。經過二年細心的工作後，他認為已獲得了答案。他從患瘧疾的病

人身上取下少量的血液，放在顯微鏡下觀察，發現血液中有的一些很小的生物 (圖 1-5)，牠們細而長——像是一根一根的細毛——，由於過於細小，在他的顯微鏡下幾乎看不見。此外，有些紅血球中，也發現一些物體，是健康人血球中所看不到的東西。

拉佛蘭此項發現後五年，同樣的特殊的生物體，亦在一位意大利的瘧疾患者的血液中看到，這種生物被人加以敘述並予命名為瘧原虫 (Plasmodium)。後來科學家們逐漸接受了“瘧疾由於瘧原虫寄生而起”的觀念。

瘧疾的實驗研究

十九世紀後期，科學家們從事瘧疾的研究，曾經提出過許多不同的原因。然則，如何決定何者是瘧疾的真正原因呢？

科學家們各自有尋求解答問題的方法，通常大都屬於普通常識的範圍。其中之一即包括對於假說⁽¹⁾的驗證，開始時猶如進行一項遊戲，他們利用已有的資料，作出一項可能答案的陳述，此一陳述就稱為假說，設立假說的科學家並不知道此一假說之接受性的程度如何，但是他可以利用許多方法去驗證它。

假若我們暫時接受了以下的假說：

瘧原虫是瘧疾的原因。

如果這是真實的，我們就可以從這項假說進行推證。所謂推論，是對於此一假說（或其他陳述）以邏輯推演。在解答科學問題上，推論具有甚大的重要性，因

此，我們要用一個簡單的譬喻來加以說明，假若一個人沒有鐘錶，希望知道時間，他可以覺察出自從早飯之後已經很久了，因而設立一項假說：“我相信現在是中午了”。如果此一假說屬實，連帶地還有其他事情亦應屬真實者，例如太陽之位置一定是日正當中；而在城鎮生活者，通常於正午時會有汽笛聲或鐘聲，此時應該聽到。上述“其他事情亦應真實”就是推論。所以，如果日正當中，而且汽笛長鳴，那麼就證明是中午了，前項“中午”的假說，是正確的。

同樣地，“瘧原虫是瘧疾的原因”的假說，可以導出以下的推論：

假如瘧原虫是瘧疾的原因，那麼，凡是瘧疾患者的血液中，都應有瘧原虫的存在。

下一步，就是要驗證推論，就是將每位瘧疾患者吸出一些血液，置於顯微鏡下觀察，如果，發現都有瘧原虫的存在，則上述推論是正確的，但是，僅是對於一項推論加以驗證並發現其為確實，並不一定表示該項假說是正確的。吾人尚須設立其他推論並進行驗證。正確的推論數目愈多，假說的正確性亦愈來愈可靠。

(1)假說 (hypothesis) 是對自然現象的暫時性解釋，我們甚至可以稱之為猜想 (guess)。

截至目前為止，我們已有二次有關瘧疾的重要觀察：

1. 奎寧是一種有效的治療藥劑。
2. 瘧疾患者的血液中，有瘧原虫。

下一步該如何？前面曾經講過的一項觀察，瘧疾通常發生在低濕地區，此項觀察產生了另外一個假說：

瘧疾總是和低濕地區有著連帶的關係。

那麼，我我就可做出以下的推論：

假若我們能將低濕地區加以清除，我們就可以將瘧疾清除。

若干區域就開始此種工作，沼澤的水加以排泄後，瘧疾的數目大為減少，甚至全部消滅，這好像是對於上述“瘧疾與低濕地區有關”的假說一項有力的支持。但要記住那些自願飲下瘧疾盛行區域中沼澤之水的人，他們並未染患瘧疾，假若我們相信此種粗放的實驗結果，就會引導以下的結論：瘧原虫並不存在於沼澤的水中。但是，瘧疾一定和沼澤地區的某種東西有關，沼澤清除後，這種東西也跟著不見了。

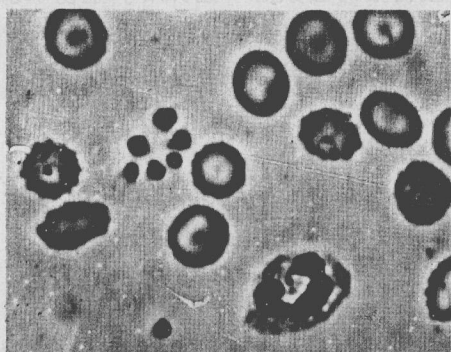
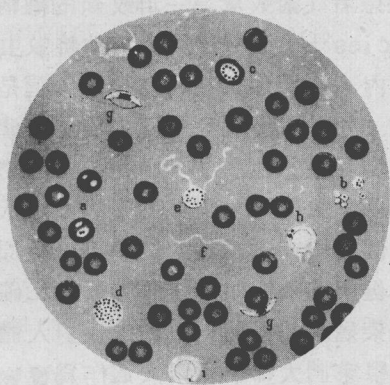


圖 1-5 拉佛蘭所繪的瘧疾患者的血液圖（上圖），圖中圓形，色深而具有淡色中心者為紅血球，註有 c、d、e、f 者都是健康人血液從未見過東西，可能即為瘧疾之因。拉氏的繪圖，與今日所拍攝的人體血液中的瘧原虫照片（下圖）相比，仍然非常符合。

蚊虫與瘧疾

如果沼澤中的水，並非瘧疾的罪魁，而且瘧疾確又總是與沼澤地帶有所關連，那麼瘧疾的原因究竟何在？我們將有何種猜想？假若你曾去過沼澤地區？你印象最深的東西是什麼？是否為一些大量飛翔的昆虫，特別是蚊虫。

這種觀念，一定在許多科學家腦海中顯現過，早在1717年，就有一位意大利的科學家，認為瘧疾乃是經由蚊虫傳遞者，他觀察到當沼澤之水被清除時，瘧疾即告減少，而在同一時候，蚊虫的族群亦見減少。蚊虫的孳生場所即為沼澤之水。沒有蚊虫，即無瘧疾——這能否構成一項因果關係？

19世紀時，幾位美國科學家認為事實顯示蚊虫傳染瘧疾。其中有一位是醫生，名叫金恩（A. F. A. King），在1833年，曾列舉320項觀察以指向蚊虫為傳染瘧疾的因素，例如他寫過睡在屋外的人比睡在屋內與容易染患瘧疾；而睡在細密帳子裏的人比不用蚊帳者罹患瘧疾的要少；所以，瘧疾好像是一種屬於夜晚的疾病，還有睡在煙火旁邊的人，通常不會罹患瘧疾。這些觀察，以及種種其他金恩所舉出的例子，構成了他建立以下假說的證據：

蚊虫與瘧疾有關。

金恩會有以下的敘述：“……當證據……不足以證明（設說）時，他們仍然能夠啟發和鼓勵實驗和觀察，用以顯示觀點上的真實性或謬誤。因此，無論在那一方面，總是促使科學研究向發進步的。”（注意，金恩的意思是說，科學的進步，可經由發現真實，亦可經由排除謬誤而得。）

這項證明可能是什麼？讓我們開始研究一下金恩的假說：

蚊虫傳遞原虫，瘧原虫是瘧疾的原因。

假若果真如此，我們在這裡就可以提出以下的推論：

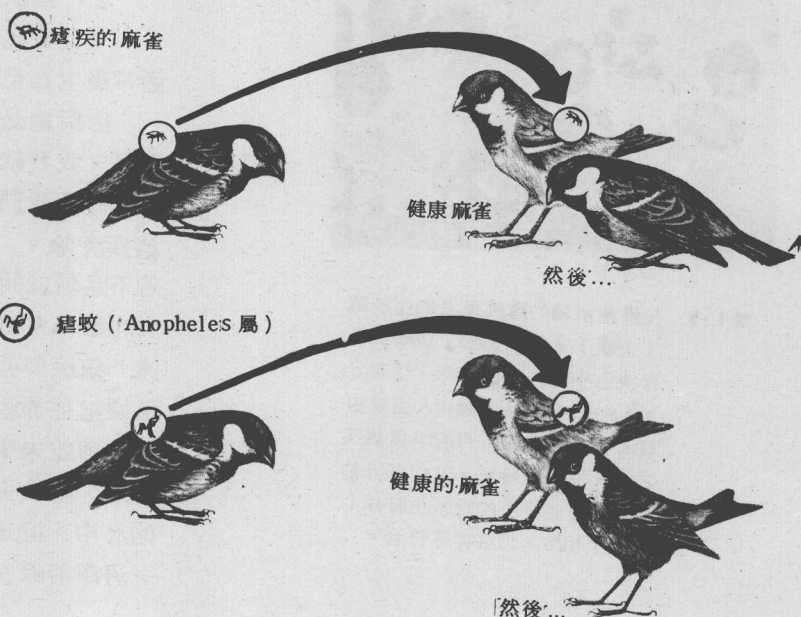
1. 瘧原虫應能在蚊虫體內找到。
2. 蚊虫如果吮吸瘧疾患者的血液，牠就會獲得瘧原虫。
3. 如果某人被染有瘧原虫的蚊虫所叮咬，他就會發生瘧疾。

羅斯的實驗

後來，有關瘧疾的重要發現，應歸功於英國的一位軍醫羅斯（Ronald Ross）1880年代在印度所做的實驗工作，他首先想要解答的就是那一項簡單的問題——瘧原虫是否可以在一隻叮咬過病人後的蚊虫體內找到。他使一種稱為瘧蚊（*Anopheles* 屬）的蚊虫叮咬瘧疾患者〔瘧蚊屬為一群蚊類的總稱，包含許多種（species⁽¹⁾）〕。幾天後，他將蚊虫殺死，發現蚊虫的胃內，瘧原虫正在進行繁殖。這是一項極為重要的發現，如果他僅是在蚊胃中看見有瘧原虫寄生物的存在，那就不很重要了。但是，這些寄生正在繁殖——這表示蚊虫的胃，可能就是瘧原虫天然棲所之一。

下一個邏輯式的實驗，是讓染有瘧原虫的蚊子去叮咬一個健康的人。如果上面的假說正確，被叮咬的人就會感染瘧疾。但是，由於瘧疾對人體的傷害如此嚴重，科學家們大都不願以人體作為實驗的對象。那麼，羅斯應當如何去做呢？他採用了生物學家相沿已久的實驗方法，假如在某種動物進行研究時發生困難或不能實行時，就在另外的動物體進行之。

圖 1-6 蚊虫能在麻雀之間傳遞瘧疾嗎？為了驗證此一假說，就讓蚊叮咬染患瘧疾的麻雀（a），然後再叮咬健康的麻雀，此項實驗所用之蚊虫，如果是家蚊（*Culex* 屬）的話，被叮咬的健康麻雀，就會發生瘧疾；如果實驗所用之蚊虫為瘧蚊（*Anopheles* 屬）的話，麻雀會不會罹患瘧疾呢？是否所有的蚊虫都會傳遞瘧疾？驗證此項假說時，用麻雀而不用人體，為什麼？



瘧疾患者的體溫循環與瘧疾蟲生活史的關係……瘧疾寄生生物進入一個紅血球……然後生殖，將紅血球……血球破壞，寄生生物釋出……每個寄生生物又可進入入另一個紅血球。

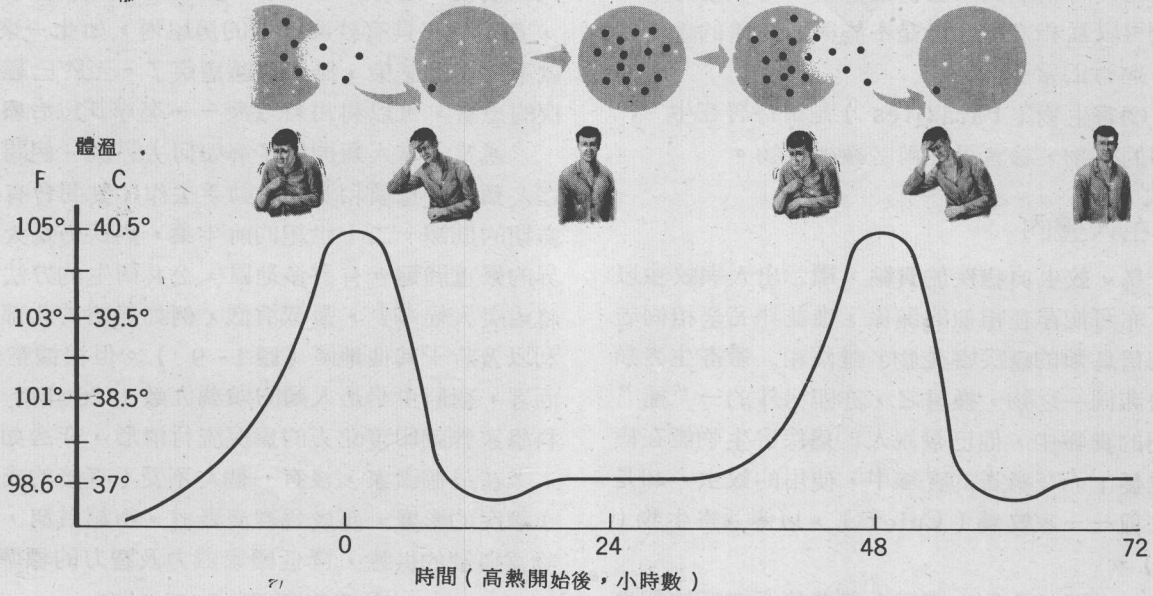


圖 1-7 瘧疾的徵候與病人血液中的變化，相互的關係如何？

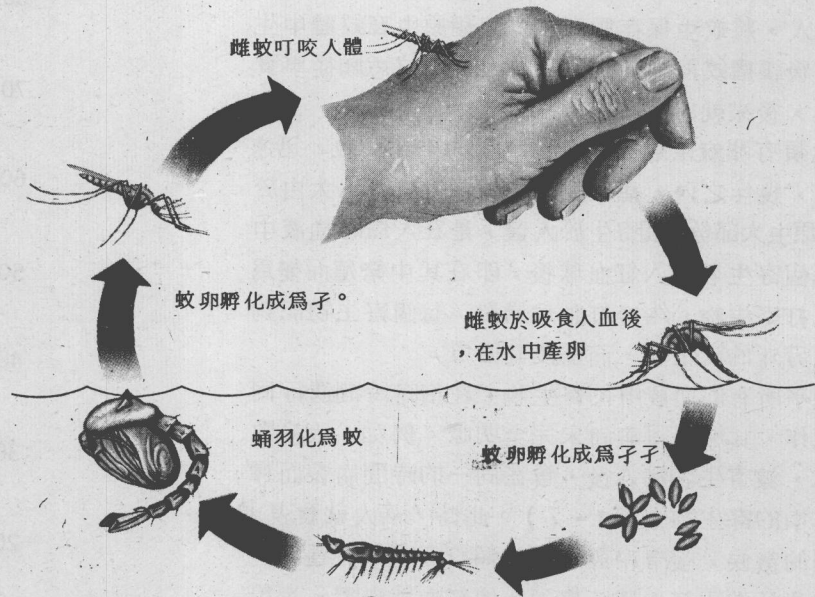


圖 1-8 瘧蚊的生活史；消滅瘧蚊，可預防瘧疾。圖中所示瘧蚊生活史各個時期，欲將其分別消滅，須採用何種方法？

羅斯採用了麻雀，動物界中除了人類以外，還有其他的動物亦會染患瘧疾，麻雀即為其中之一。羅斯採集了數隻血液中含有瘧原蟲寄生生物之麻雀，使許多蚊蟲叮咬牠們（圖 1-5），然後將吸過血液蚊蟲，按照不同的時間，一一殺死而加以研究。在他所研究的每隻蚊蟲，羅斯都發現瘧原蟲在胃壁的組織中生長和繁殖，稍後，這些寄生生物轉移到蚊蟲的唾液腺中。

羅斯並未將受感染的蚊蟲全部殺死，他保存了一

些並讓牠們去叮咬健康的麻雀，當蚊蟲叮咬時，唾液腺就分泌而由傷口進入蚊體，受感染的蚊蟲，唾液中含有瘧疾寄生生物，當羅斯幾天後再去檢驗這些原先健康的麻雀時，他發現後者的血液中充滿了瘧疾的寄生生物。

(1)生物學家使用特定的名字，為各種不同類的生物命名，這就稱為“種”(speci)

es），例如“人”就是一個種；而且今日我們亦知道，蚊類以及瘧原虫各有許多的種。

所謂種，是指一群外形甚為相似的動物或植物，而構成同一生物族群者。牠們彼此之間可以互相交配，但是不能與不同種的個體。進行正常交配。

(2) 寄生生物 (Parasites) 是指寄居在生物體的生物，後者可從前者獲得食物。

瘧原虫在人體內

由於鳥，蚊蟲與瘧疾的實驗，顯示出人與蚊蟲以及瘧疾，亦可能存在相似的關係，唯並非完全相同者。羅斯相信鳥類的瘧疾寄生生物，雖然和人體寄生生物類似，但決非同一之物，換言之，亦即另外的一“種”，從早期的實驗中，他已發現人的瘧疾寄生生物能在瘧蚊體內生長；而在麻雀的實驗中，使用的蚊蟲，却是另外的一種——家蚊屬 (Culex)，以傳遞寄生生物 (圖 1-6)。

最後，有關蚊蟲在人體與人體間傳遞瘧疾的假說，只有靠直接的實驗來證明了，1898年，有幾位意大利的科學家完成了這項工作，他們讓瘧蚊叮咬罹患瘧疾的人，將蚊蟲保存數日，以便瘧原虫在蚊體內生長，然後讓瘧蚊再去叮咬健康的人，這位志願從事實驗的人，後來就感染了瘧疾。

此類有關麻雀瘧疾和人體瘧疾的早期實驗，迅速的展開，幾年之內，瘧疾生物學的主要事實就大白於世，瘧原虫大部份時間寄生於人體，是在人體的血液中，當一個寄生生物進入紅血球後，即在其中繁殖而變為一至二打寄生生物，然後紅血球崩裂，每個寄生生物能夠再進入另外的紅血球，而重複其循環。

幾乎所有的血液中的寄生生物，在相同時間進行同一的工作，其原因目前尚未完全明瞭。例如，大多數紅血球，被寄生生物侵入後，會在同一的時間崩裂而釋放出其中的寄生生物 (圖 1-7)。此時，病人就會表現出典型的徵候，發冷和發熱。人類瘧疾中最普遍的一種，寄生生物進入紅血球，繁殖，使紅血球崩裂，並釋出多數寄生生物，所需的時間為48小時，這種循環說明了這種類型的瘧疾，為何每二日發病一次的原因。

瘧疾的預防

二十世紀初葉，人類具有了足夠的知識以控制瘧疾。將瘧蚊的孳生場所像污水潭，沼澤和水池等加以清潔，就可減少瘧蚊的數目，甚或完全消除牠們。而且，沼澤之水並不需要排泄——只要在水面敷上

一層煤油，就可將蚊子的幼蟲殺死，而使瘧疾無從發生，上述方法如行不通，可以裝置紗窗，紗門，則瘧蚊叮咬人的機會將大為減低。噴灑殺蟲劑，亦具有甚大的價值。還有一種辦法，是將所有染患瘧疾的病人，都留住具有紗窗紗門的房屋內，如此一來，蚊蟲就不會受到感染，無法傳遞瘧疾了。至於已經染患瘧疾的患者，可以利用特效藥——奎寧加以治療。

通常，當人類開始了解如何去解決一個問題，以迄人類具有意願和資源以動手去作，其間會有一個長時期的間斷。二十世紀的前半葉，瘧疾仍為大部份世界的嚴重問題。有許多地區，公共衛生的方法，已經將瘧疾大幅減少，甚或消滅，例如美國的北部，意大利以及若干其他地區 (圖 1-9)。但根據整個世界而言，瘧原虫仍是人類的頭號仇敵。26年前，一位科學家曾就印度北方的瘧疾流行情形，作過如下敘述：“在這個國家，沒有一個人不受 (直接的或間接的) 瘧疾的影響，而成為經濟衰弱，引起貧窮，減低食物質與量的供應，降低國家體力及智力的標準，阻礙

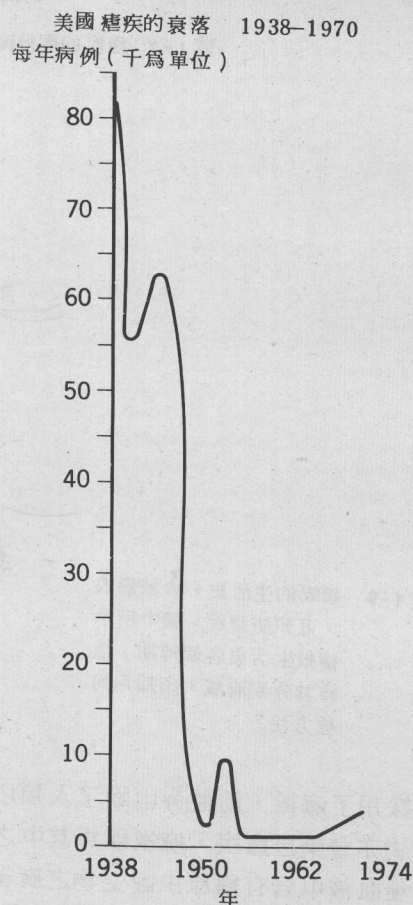


圖 1-9 美國瘧疾患者的數目，急劇減少，其原因有那些？圖中顯示 1942-44, 1951-52, 以及 1966 各年代，瘧疾有回升現象，你能說出理由嗎？

財富增加和經濟進步的重要原因之一。”聯合國衛生組織（World Health Organization）曾經指出報告，指出在1967年，全球瘧疾患者為二億五千萬人，因此而喪生者一百萬人。這種情況仍然在繼續著——即在人類已經具有控制瘧疾的知識時，仍然如此。

瘧疾患者的體溫循環與瘧原蟲生活史的關係。瘧疾寄生蟲進入一個紅血球……然後生殖，將白血球破壞，寄生蟲釋出……每個

結論——瘧疾

有關瘧疾的敘述，可以作為一個生物學問題及其如何解決的例子。人類從事這項最重要的生物學問題之研究，已有數世紀的歷史，先人的種種傳說以及不完全的觀察，使得19世紀的科學家，對於瘧疾原因設立一些假說，一個科學家，也許從未想到，瘧疾與蚊蟲之間的可能關連，但是當他知道，瘧疾在低濕的沼澤地區較為普遍時，就會設立假說並予以驗證，是否濕度促成瘧疾？抑是滯留的水域，腐敗的植物，或是與沼澤有關的一些動物？每一個假說都可以用實驗來加以證明：飲用沼澤的水，殺滅蚊蟲，等等。

我們現在已經知道，與瘧疾有關連的基本因素是蚊蟲而非沼澤，但是在這個假說被證實之前，已經渡過了好幾個世紀之久，人類在瞭解瘧疾方面，科學進度如此緩慢，實在令人驚訝，其實早在18世紀，就有很好的理由，使人相信蚊蟲傳遞瘧疾。但是，羅斯以及其他科學家，直到大約二世紀之後，才將他們的學說加以證實。

為何會有這樣的延擱？其中包含了許多因素。生

物學上未決定問題，永無止境，而從事研究者却寥寥可數，一些生物學家曾經從事過瘧疾的研究，他們甚至缺乏必需的方法與設備，那位法國軍醫在1880年，需要一架好的顯微鏡，以觀察人體血液中的瘧原蟲。但是，在大約1860年以前，大多數醫生所需的品質優良的顯微鏡，當時尚未普遍供應。

那麼，在研究瘧疾的問題上，科學家做了些什麼工作？醫生和生物學家去辨認這種疾病；醫生去治療瘧疾；生物學家研究蚊蟲；生物學家和公共衛生人員去消滅蚊蟲並清除其孳生場所；化學家和生物學家發展殺蟲劑以消滅蚊蟲及子；另外的化學家和醫生則發明新的藥品以治療瘧疾患者；學校，書籍，以及教師們傳授已知的有關瘧疾的知識；故府官員則去組織並指導許多有關瘧疾的防治計劃。

瘧疾問題是每個人的事情，所有生物學的問題亦是如此。

雖然，瘧疾是人類最嚴重的疾病之一。但是你和你的同學都不曾被瘧疾感染過。但是，糧食問題就不同了——每個人都要吃飯，才能生存，因此，下一個例子，就要講到生物學知識如何獲得並用以增加人類糧食的供應。

第三節 生物學問題之另一例——糧食

二萬年以前的原始人類，是如何生活的？他們沒有都市和城鎮，沒有金屬工具，沒有農田，沒有五穀，亦沒有家畜和家禽，他們當時的生活，如就今日標

圖 1-10 我們的食物在那裡？在這樣的環境，我們的祖先要從事動物的狩獵和植物的採集，以滿足食物的需要。你認為你可以在這種環境中生存下去嗎？你將怎樣獲得食物、衣飾，和庇護所？如果要設計一項試驗，以計算在天然環境下的求生能力，你將如何做？

