

序　　言

若要了解進化論和創造論的立場，我們就需要涉及人類學、植物學、生物化學、地質學、化石學、動物學和物理學。柏滔對上述各門學問都有充份的認識，也與各門學者保持聯絡，他對現今創造與進化的論壇十分熟識。柏滔是美國聖地牙哥州立大學（San Diego State University）和紐約州立大學水牛城分校的畢業生，專攻生物化學和微生物學，因此他有充份的資格來解釋科學上有關生物與物種起源的探討。

柏滔這本書討論到地球上生物來源的種種科學證據以及其演變的可能過程，他也詳盡地描述到細胞生物學與大體解剖學的細節，幫助我們了解到這些知識的重要，這些證據也使他深信生物種類在被創造之後的確經過有限度的演變，但作者並不接受整套進化論的說法，無論是無神的進化論或神導進化論。這本書特別值得推薦的地方是它指出各種不同的觀點，批評每種觀點的長處與短處，然後提供讀者足夠的知識，讓他們能自己作個決定。

此書包涵很多在普通大學教科書中找不到的資料，我相信即使是研究人類起源學的研究院學生也能從這書中找到在大學科目中所學不到的論點。譬如你會在這書中讀到聖經創世記及巴比倫古卷中有關創造引人入勝的記載；作者也提到地質學上測度地球年齡的方法；聖經創世記的記載與地球年齡的關係；人類科學精神和神學思潮的發展史；和作者根據「經驗上的充足性」和「理智上的連貫性」這兩個標準來衡量進化論的結論。

雖然讀者中很少人能全然精通本書所提到的各門學問，但不論我們的專長是什麼，柏滔對進化論包羅萬有的討論必能幫助我們從各種不同的角度來研究這個問題，我預料本書在護教學上將會帶來很大的影響，我推薦凡有心思想的人均應一讀此書。

惠敦大學生物學教授羅素·麥思特博士（Dr. Russell Mixter）（註）

[註：羅素·麥思特博士曾任美國科學家團契（American Scientific

Affiliation) 會長，美國科學家團契季刊 (Journal of the American Scientific Affiliation) 主編，他有關進化論的著作包括：Creation and Evolution, American Scientific Affiliation Monograph 2nd ed. 1967 , 和所編的Evolution and Christian Thought Today. Grand Rapids, Eerdman's 1959 ，均常被人引用。]

中譯本代序

惠敦大學 (Wheaton College) 的柏滔教授寫了一本有關進化論的書 (Evolution, Nature and Scripture in Conflict?) 邀我為之序，我甚樂意為之。

柏滔受過嚴謹的科學訓練，同時也是虔信聖經的基督徒。十多年來，他持續不斷的關心「進化與創造」這個問題，也蒐集了很多這方面的資料，當我仔細閱讀他的這本巨著時，對於書中資料之豐富以及論點之客觀公正極為欽佩。

特別值得一提的是作者引進了「微進化」 (Microevolution) 及「廣進化」 (Macroeyvolution) 這兩個名詞。作者也指出，微進化有其實驗上之證據，應被接納；而廣進化則無證據可循，也不應該被接納。這一點值得讀者特別注意，因為當討論「進化與創造」這個問題時，我們必須先正名：討論的是微進化呢，還是廣進化？相信人是低等生物進化而來的進化論者所提出之可信的證據都是微進化方面的，他們認為把微進化之證據加以延伸 (Extrapolation) 即可以證明廣進化為真，其實這種態度是不科學的，超越了「有幾分證據說幾分話」的科學精神。相信創造論者若不肯接受生物界有限度的變異 (微進化) 這個事實，也是盲目的、不可取的。

從神學的立場看，柏滔堅信聖經是上帝所默示的，是無誤的；同時，對於如何解釋聖經中有關創造之記載，却持極謹慎之態度。我對於柏滔這種釋經的態度是百分之百贊同的。烏雪主教把創世確定於公元前4004年以及有些人認定創造時之一日即如今二十四小時的一日的說法，都只能被視為釋經學上的一些極端，對這些解釋持保留的態度是合宜的。

柏滔得天獨厚的不僅是受過高深的科學訓練，而且得以在惠敦大學——持守純正信仰且學術地位很高之基督教大學——執教，正如他所說「這不是偶然，而是上帝特別的恩典」，柏滔也沒有辜負上帝所賜的這獨特的機會，乃竭盡心力的推出了這本巨著。我相信柏滔這本書將對科學界和宗教界有所貢獻，也將幫助很多讀者更深入的瞭解創造與進化的問題。

韓偉於台北

自序

自從一八五九年達爾文出版他的「物種起源」一書之後，神學界和科學界就起了一場聲勢洶洶的爭論。有些附從進化論的學者，將自己的理論提昇為一套劃時代的思潮，用來重估人類一切的經驗；但也有些學者認為進化論全無科學價值，純為魔鬼的傑作，因此他們立志要推翻這套學說如同抵擋魔鬼一樣。但大部份人都持這兩個極端之間的立場。史丹福大學的卜貝教授（Dr. Richard Bube）曾概括地形容過上述兩種不同的立場，他說：「若說贊成進化論的人太高估其科學證據，那麼反對進化論的人則又太低估了這些證據。（請參閱Bube, R. 1971“*The Human Quest*” Waco Word Book, p207），究竟我們應該用什麼標準來衡量有關進化論的證據呢？本書嘗試面對這個問題，分析這些科學證據，列出進化論的優點和弱點，盼望能使讀者注意到有關進化論的辯論實在超出了科學的領域，而是在哲學大前題上的一場論戰。

本書乃是從美國科學家團契季刊（Journal of the American Scientific Affiliation）一九七七年六月號中的一篇文章引申而來，這篇文章乃是筆者在一九七六年參加惠敦大學（Wheaton College）信仰與學術合一研討（Faith and Learning Seminar）時寫成的，筆者亦蒙惠敦大學同學會頒發基金協助此書的寫作。

筆者特別要向惠敦大學生物學教授Dr. Raymond Brand和Dr. Albert Smith致深切的謝意。他們對此書卷所作的充份批評使筆者得到不少幫助，筆者也要特別感謝惠敦神學院教授Dr. Alan Johnson對卷二和卷四所作的修正工作。

此外，筆者同時也要向下列各同仁對卷三的修正致謝：哲學系 Dr. Arthur Holmes；社會學系Dr. Zondra Lindblade；心理學系Dr. James Rogers, Dr. James O. Buswell, III 慷慨讓筆者借用他有關進化論的藏書，也在此一併致謝，地質學教授Dr. David DeVries 對有關地質學論點的批評，和人類學教授Dr. Dean Arnold 對有關人類化石的批評也使筆者獲益匪淺。

卷一

進化論的科學根據

生物進化論的發展史

一·一 進化思想的淵源

有關進化論的辯論早在好幾千年前已經開始了，它牽連很多不同的學者，也採用過各種不同的名稱。如今進化論辯論的焦點已成為哲學上和科學上的一場論戰，一個生活在二十世紀科學時代的基督徒若要了解當今論壇上的世界觀，實在不能不對進化論有一些起碼的認識。

進化思想有悠久的歷史，在古希臘時代就有兩種風行的學說解釋宇宙變遷（進化）的情形。巴曼尼狄思（ Parmenides 515 B.C.-? ）認為宇宙是一套永恒不變的絕對系統，真理具有不變的本質，在現象領域中所見到的變化不過是一些不能變遷的微粒經過重新排列組合所生的結果。賀拉克賴特（ Heraclitus 540-475 B.C. ）則將宇宙比作一種不住流動的過程，世上一切的事物都在更新與幻滅中掙扎，企圖在普遍的新陳代謝作用中維持一定的平衡狀態（註1）。

亞里斯多德（ 382-322 B.C. ）相信自然界一切的現象都受制於一股主

動的能力。他將生物分為動物與植物兩類，認為生物之所以有一切不同的形態，乃是因為所有不同「種」的生物都是太初時從一堆有生命的物質中直接產生出來的，這個理論後來被稱為生物自生論（Theory of spontaneous generation）（註2）。亞里斯多德這種深具影響力的思想後來被中古時代的教會和政府所接受，因此其他嘗試解釋生物變化的理論都被壓抑了下來，這種情形持續了不下一千年之久。但生物中的各種不同形態自古以來就是吸引人類好奇心的對象，如人種的不同、家畜形態的變化，這些現象都指出在同種生物中曾經有過不斷的小變化。因此思想界中崛起了另外一套學說，認為生物的不同形態乃是上一代從經驗中得來的特性遺傳至下一代的緣故，這套理論與不同生物在被造之後其形態持久不變的傳統觀念大相逕庭。

等到文藝復興時代和哥白尼劃時代的太陽中心學說問世之後，歐洲思想界比較容易接受新的理論。毛波土斯（Maupertuis 1698-1759）很可能是第一位提倡進化論的學者（註2），他的進化理論是根據一家四代患有多指症（Polydactyly）病歷研究而來的心得。（按：多指症是一種先天遺傳的畸形發展，患者的手指較常人多，而且手指之間有皮肉相連。）這種畸形的遺傳後來被鑑定為一種顯性因子的遺傳。毛氏發現多指的特徵可以從患者的父親或母親遺傳而來，這是因為父母的體內有一種微粒攜帶這種特性，而這種微粒或因氣候和營養的影響，或加上這種微粒在後裔中不平均分配的情形下，而導致多指症在遺傳時的變化，所以他指出遺傳過程的變異性，但毛氏的理論並不會引起當時生物學者們的注意。

法國生物學家戴浦豐（George de Buffon 1707-1788）認為不同種的生物雖是分別被造的，但因受到氣候和營養的影響，也會導致遺傳過程中某種有限度的進化，他同時給生物的「種」（Species）下了一個模稜兩可的定義，以此推論生物在種以上的進化（見卷一，一·二。）

達爾文的祖父（Erasmus Darwin 1731-1802）是第一位使用「進化」一詞的人，他說：「進化乃是一種更新的過程，生物因着刺激、感受、意志與聯想之作用，又因新習性的影響以致獲得新肢體，因此生物擁有藉着先天固有的活動而改進之功能，而且能將這種改良後的品質一代代遺傳下去，直到永遠。」（註3），但他的理論缺乏切實的科學根據，因此在生物界起不了什麼作用。

法國生物學家拉馬克 (Chevalier de Lamarck 1744-1829) 倡導一種梯形漸進式的進化學說，從無生物變成生物，最後經過高度發展而產生人類。他承認這套進化系統之中也會有分歧的地方，但他強調生物能將為適應環境而獲得的新特徵遺傳給後代。拉氏之學說也承認生物之結構組織有時不但不進化反而有發生退化的可能。他的理論對於當時的學者影響甚深，直到二十世紀初葉才被人推翻。與拉氏同時的希賴爾 (Geoffrey Saint-Hilaire 1772-1844) 却提議在生物中偶爾發現的反常品種若不被淘汰的話，很可能會進化成新的品種。希氏的理論可謂替後來的進化論學說鋪路，使後人對生物藉「突變」 (Mutations) 為原料，經「物競天擇」的過程得以進化的理論更易了解。

「物競天擇」的理論是由兩位英國社會學家發明的：馬爾薩斯 (Thomas Malthus 1776-1834) 和史賓塞 (Herbert Spencer 1820-1903)。馬氏在他的「人口論」一書中指出，人類的繁殖是按照幾何級數增加，但食物的生產不過是根據算術級數增加，因此人類一定會遇到饑荒、疾病和戰爭，才能維持人口繁殖和食物產量間的平衡。以後史氏更進一步引用馬氏的理論，提出「適者生存」的名詞。史氏認為社會需要每一世代中的精銳份子，他們有高人一等的智慧、技能、修養，又能適應新的科技發明，得以適應環境而生存。日後達爾文就引用這個名詞，再加上馬氏所用「物競天擇」的術語，構成了他聞名的「天演論」。

達爾文對進化思想最大的貢獻，乃是他提出了一套進化過程——他稱之為「物競天擇」說，來解釋在馴養的家畜和大自然的生物中所觀察到的各種變化。一八三一年他坐船到南美洲。航行期間，南美洲所特有的哺乳動物給他留下很深刻的印象。這些動物是在歐亞非三洲都找不到的。他特別注意到在厄瓜多爾海岸附近的格拉披高斯羣島 (Galapagos Islands) 上特有的動植物。他懷疑這些生物，是因為遷居到隔離的新環境之後，才進化而產生的新品種及形態。

就在這同時，英國生物學家華萊士 (Alfred R. Wallace 1823-1913) 根據他在馬來亞研究各區動物分佈的結果，也提出與達爾文相同的看法。一八五八年達爾文與華萊士在倫敦林奈學社 (Linnaean Society) 發表他們的理論，成功地引起了當時科學界的注意。一八五九年達爾文出版他的「自然淘汰引致物種起源」 (The Origin of Species by Means of N-

atural Selection)一書，公開地宣傳他的進化理論。達爾文的理論重點既與「物種」的起源有關，我們首先必需要對「物種」下一個清楚的定義。

一·一 參考書目

1. Nordenskiold, E. *The history of biology*. New York: Tudor; 1928. Eyre, L. B., translator.
2. Glass, B. *Maupertuis, pioneer of genetics and evolution*. Glass, B.; Temkin, O.; Strauss, Jr., W. L. 1745–1859 eds. *Forerunners of Darwin*. Baltimore: John Hopkins; 1959: 51–83.
3. Darwin, E. *Zoonamia*. Vol. 1. Boston: Thomas and Andrews; 1803 (Preface).

一·二 「種」(Species)的定義

最早嘗試將生物分類的是英國學者雷強 (John Ray, 1628-1705)。他鑑定生物品種所用的原則，乃是根據生物種子的外貌和結構的相似來區分。他認為生物種子帶來的後裔一定與上一代相似，而不會產生新的品種 (註1)。

瑞典植物學家林奈 (Carolus Linnaeus 1707-1778) 引申了雷強的見解，提出一套以屬 (Genus) 和種 (Species) 分類的方法。他採用雷強的理論，按「外貌相似」和「可以配合產生具繁殖能力之後代者」這兩個原則，來鑑定生物為同屬於一「種」 (Species)，而以「種」作為生物分類學上最小的單位。林奈認為物種是固定的 (fixity of species)，生物的種類自從被創造後從不會因年代久遠而增加。

林奈對物種的見解鼓勵了很多分類學家和搜集家的熱忱，因此需要分類的生物在這些學者不停搜尋之下變得愈來愈多，分類的技巧也愈來愈需精細，以致林奈在晚年時改變他的立場，認為神起初是創造了「屬」，而非「種」。(例如橡樹乃是「屬」，白橡樹乃是「種」。)林奈的「物種固定論」受到戴浦豐和拉馬克的抨擊，達爾文的「物種起源」一書跟着應聲而出。現代生物學家雖然仍採用林奈的分類系統，但鑑定物種的原則已屢經修正。

根據麥爾 (E. Mayr) 的理論 (註2)，現今生物學上通用的「種」的定義可以分為三大類：

(一)以外貌的不同作為鑑定「種」的標準 (The Typological Species Concept)。這種說法只注重生物外貌的不同，在同一羣彼此交配的生物中，各種不同的形態都被鑑定為屬於不同的「種」。

(二)以時間和空間的範圍作為鑑定「種」的標準 (The Nondimensional Species Concept)。這個標準定規同「種」的生物是在一個固定的地點同時出現的 (Sympatric and Synchronous)，它注重「種」與「種」中間的時間和空間的距離，但是分類學家往往很難劃分那裏是某種生物的地盤，因此這標準有時顯得模糊不清。

(三)以能否彼此交配作為鑑定「種」的標準 (The Interbreeding-population Concept) 照這標準來看，凡是可以彼此交配的生物都算是屬於同一「種」。這個論點的長處是不受時間、空間限制，生物若能交配繁殖就被鑑定為同「種」。難處是在如何決定不同生物彼此交配的「可能性」。雖然如此，這個標準仍不失為一個可用之「種」的定義。

總括而言，現代科學家所採用有關物種的定義，實在是綜合了上述三種標準而成的（註3）。它乃是：

(一)「物種」是按照生物之特徵而非牠們之不同點而定義的。

(二)「種」乃是由一羣有密切關係的生物組合而成，而非一羣烏合之衆。

(三)鑑定「種」最重要的標準乃是生物之間彼此交配的阻隔問題 (reproductive isolation)，而非個別生物的生育能力。

生物分類學雖然擁有上述的標準，但仍有不少實際的問題存在。最普遍的問題就是如何鑑定「同種雙型性」 (Dimorphism)（按：在同種生物中不同外貌的生物）、「同質多型性」 (genetic ploymorphism)（按：以許多種不同形態出現的同種動物、植物）。因年齡不同而生和與遺傳無關的各種行為上的差異。

兩羣生物之間的差異有時是非常微妙的，因此要鑑定是否屬於同「種」就不那麼容易了。譬如當兩隻同屬的果蠅 (Genus Drosophila) 在實驗室中不能交配繁殖時，牠們通常被列為不同「種」，但是我們需要考慮到交配前的阻隔 (Premating reproductive barrier) 和交配後的阻隔 (Postmating reproductive barrier) 的問題。

交配前的阻隔會攔阻兩個生物的性交，它通常可以分為四類：(一)因產地不同而生的阻隔。(二)因交配季節不同的阻隔。(三)因交配方式不同的阻隔。

。四)因生殖器官不相符的阻隔。但交配後的阻隔則阻止了因子的接合：如(一)雄性配子(*gametes*)在受精作用時被淘汰。(二)受精卵的不正常發展引致流產。(三)混種生物因為基因的不協調而被環境淘汰，不能傳種(註4)。

無性生殖的生物不能用上述標準來鑑定，單按外貌也不能鑑定很多微生物，因此微生物學家需要用上好幾種鑑定的方法來分辨這類生物，他們迄今仍未能決定什麼是鑑定無性生殖的生物最好的方法。

古生物化石也不能憑交配的標準來鑑定，而用其他方法鑑定古生物化石往往又必須使用較主觀的看法。古生物學者不單需要倚賴化石的外貌，而且要搜集當時的生物環境、地層和化石分佈上的證據，然後才可鑑定古生物的種類。

雖然如此，一套能以實驗方法觀察的客觀標準能帶給分類學家一些比較有把握的證據還是很有價值的，因此這標準仍是生物學家最通用鑑定物种的方法。

一・二 參考書目

1. Bedall, B. G. Historical notes on avian classification. *Systematic Zool.* 6:129-36; 1957.
2. Mayr, E. *Animal species and evolution*. Cambridge, MA: Harvard Univ. Press; 1963: 16-30.
3. Mayr, E. *Animal species and evolution*. 20.
4. Mayr, E. *Animal species and evolution*. 92-106.

一・三 進化的方法：拉馬克學說與孟德爾學說之比較

一種生物若要不遭自然環境的淘汰，牠必須要能適應新的環境，且能將這種適應的能力遺傳給後代。(所謂方向性的淘汰〔Directional selection〕，見一・四・五)。雖然孟德爾的遺傳理論是在一八六五年發表的，比達爾文的物種起源論遲了六年，但當時的論壇對孟氏的見解還是相當陌生。當時最流行的是「混合」式的(blending)遺傳理論，這種理論認為父母的遺傳特性會混合出現在子女身上，就好像一瓶白漆與一瓶紅漆混合成粉紅色的液體一樣。根據這個理論的推測，每一後代將會失去上一代一半的遺傳特徵。這麼一來，大自然實在無從選擇優良的品種，因為上一代的特徵終會在這種遺傳過程中完全消失。

拉馬克是第一位提出一種綜合性理論的學者。他認為生物能將因適應環境而獲得的新特徵遺傳給後代。他相信生物之所以會從簡單進化為複雜，乃是因為環境的變遷，刺激生物體內獨有的「生機液」（Vital fluid），藉着「生機液」的伸展生物得以進化，且將因進化而獲得的新特徵繼續遺傳給下一代。

拉氏指出世界各地植物的分佈與當地的溫度有很直接的關係。他認為動物同樣可以按環境的需要，藉着運用身體上的某種器官，刺激體內的「生機液」，使運用的器官繼續發展，所以只有運用到的器官才得以遺傳給下一代，沒有運用到的器官則因慢慢退化而遭淘汰。拉氏相信生物界中各種形態都是根據此種過程進化而來的。

達爾文雖然沒有公開地支持拉氏的理論，但他多少也受到拉氏的影響。例如他相信身體各部門都可發出「粒子」（particles），如同訊息一樣藉着血液帶到生殖腺。當父母的身體特徵因適應環境而改變時，這些「粒子」訊號也會隨着改變，所以後代中的變異形態繼續在父母生殖腺裏得到肯定。但達爾文這種理論卻經不起遺傳實驗的考驗。

英國人類學家高爾頓（Francis Galton 1822-1911）按照達爾文的理論進行實驗，他將雄兔的血液注射到不同顏色的雌兔體內，若達爾文的理論是可靠的話，雌兔的後裔除了有其父母的特徵之外，應該還具有輸血的雄兔的特徵，因為牠們承受了父母和輸血者血液中所攜帶的粒子訊號，然而高氏發現這些後代兔子的毛色全部都是父母的毛色，絲毫沒有受到輸血的雄兔毛色之影響。

孟德爾（Gregor Mendel 1822-1884）則提出另外一套理論。他認為遺傳的單位乃是一些像微粒一樣的因子（particulate genes），並非像拉氏所言之「生機液」。孟氏嘗試用實驗方法考驗當時盛行的「混合式」遺傳理論。他成功地發現了遺傳學上的兩大定律，雖然與他同時期的科學家也用類似的實驗來探討遺傳的奧秘，卻得不到什麼結論。孟氏的成功絕對不是偶然的，因為他的實驗是經過了非常仔細的設計。

孟氏選擇了一種常用的豌豆（Pisum Sativum）來作人工交配的試驗。這種豆類有幾個優點，使孟氏能夠直接解答他所探討的問題。第一，這種豆類的受精過程可以在實驗室中控制，因為它可以「自體受精」。孟氏利用這種特性來發展一套異體受精的方法，他將一株豌豆花的雄蕊剪去，

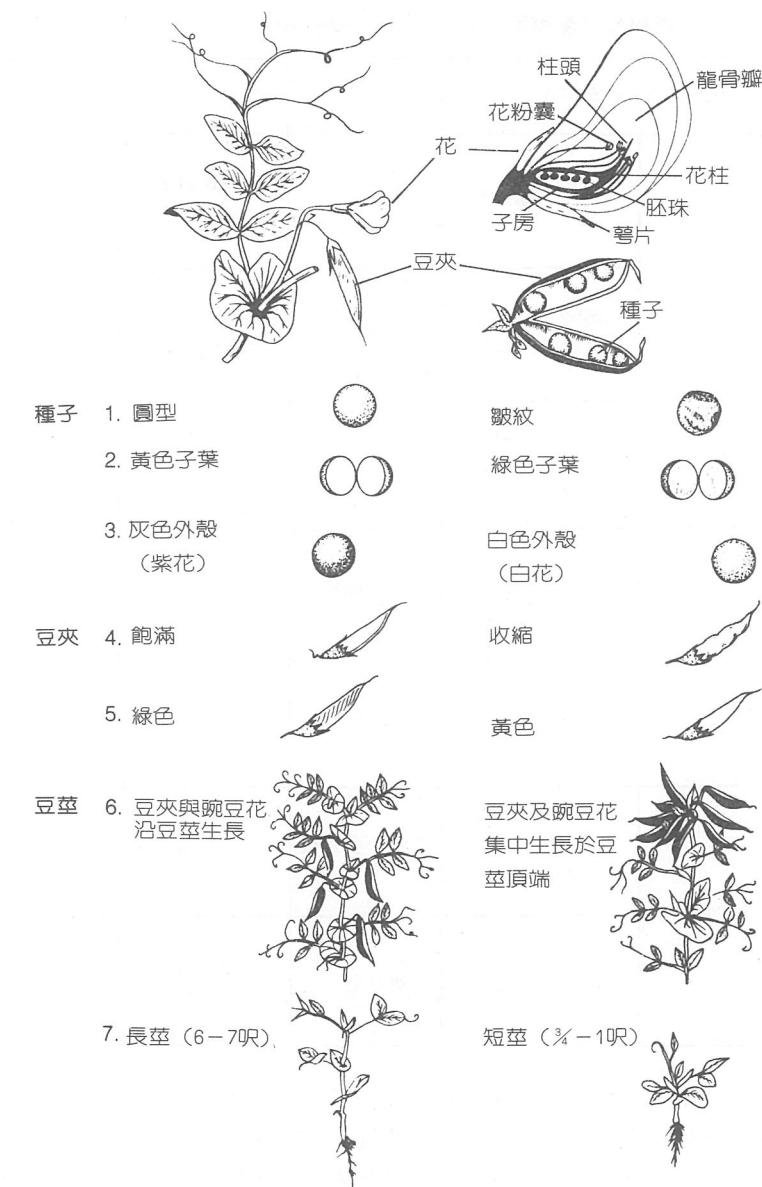
然後接上另一棵不同特徵的豌豆花之雄蕊，這樣使不同特色的豌豆花可以很容易地彼此交配。第二，這種豆類的繁殖週期短速，因此孟氏可以在短期內觀察出父母特徵在好幾代後裔中的遺傳結果。第三，這種豆類有很多非常明顯的特徵，而且每種特徵都是受兩種形態之基因的控制。

孟氏用豌豆做了兩種實驗。在第一種實驗中，他從人工交配所產生的後代中，觀察一對遺傳因子的分佈情形，這實驗的結果使他歸納出「分隔定律」（Law of Segregation）來。在第二種實驗中，孟氏研究兩對基因的遺傳，因而推論出「基因自由遺傳定律」（Law of Independent Assortment）。他用P來代表父母代，F₁及F₂來代表第一代和第二代的子孫。

孟氏所完成的第一種實驗被稱為「單基因混種遺傳」（Monohybrid Crosses），第二種實驗被稱為「雙基因混種遺傳」（Dihybrid crosses）。他發現並不是所有父母的特徵都會在第一代子孫中出現，顯然地，某些特徵比其他特徵佔優勢。孟氏稱那些在第一代子孫中出現的特徵為「顯性特徵」（Dominant Characters），不出現的特徵為「隱性特徵」（Recessive Characters）。

圖一·一列出孟氏所觀察之豌豆的一切遺傳特徵。表一·一列出孟氏在「單基因混種遺傳」實驗中所收集到的各種豆類。在第一代子孫中，我們只看到顯性特徵的出現；在第二代子孫中，却可以發現顯性特徵與隱性特徵的分佈約是三對一的比例。這種現象可以用下述的假設來解釋：若顯性特徵的表型（Phenotype）乃受「A」基因控制，隱性特徵的表型是受「a」基因控制，並且假設父母一代的遺傳因子型（genotype）分別是「純合子顯性 A A」（homozygous dominant）及「純合子隱性 a a」（homozygous recessive）。

在有性生殖的過程中，父母代的基因會「分隔」成為配子；只有一種配子能從父或母產生，就是「A」和「a」。當這些配子在受精過程中再度結合時，所組成的基因型就是Aa（異合子 heterozygous）。因為A基因是顯性，所以在第一代子孫中的表型均將受制於A基因，這就解釋孟氏在第一代子孫中為何只看到顯性的特徵。等到第一代子孫彼此交配時，分隔作用仍發生於受精過程中，但從父或母都得到兩種不同的配子，因此組合後可能產生的基因型有三，即A A : A a : a a，而它們出現的比例是



圖一一 孟氏豌豆實驗中所觀察到的七種特徵

表一·一 孟德爾交配單因子豌豆所得之實驗結果

父母之表型(純種交配)		第一代之表型	第二代之表型	第二代之比例
種子	圓型×皺紋型	全呈圓型	5/474屬圓型 1/850屬皺紋型	2.96 1
	黃色子葉 × 綠色子葉	全呈黃色	6/022屬黃色 2/011屬綠色	3.01 1
	灰色外殼 × 白色外殼	全呈灰色	705呈灰色 224呈白色	3.15 1
豆夾	飽滿×收縮	全呈飽滿型	882呈飽滿型 299呈收縮型	2.95 1
	綠色×黃色	全呈綠色	428呈綠色 152呈黃色	2.82 1
豆莖	豆夾與豌豆花沿豆莖生長集中頂端生長	全沿豆莖生長	652沿豆莖生長 207集中莖頂生長	3.14 1
	長莖×短莖	全屬長莖	782屬長莖 277屬短莖	2.84 1

1 : 2 : 1。又因為A是顯性基因，所以AA和Aa的表型都是由A基因控制，所以在第二代子孫中顯性和隱性表型的比例是三對一。

在孟氏「雙基因混種遺傳」的實驗中，他使用黃色球狀的豌豆與綠色有皺紋的豌豆交配，結果如下：

第一代子孫：所有豌豆都有黃色球狀豆。

第二代子孫：三百一十五棵豌豆有黃色球狀豆。

一百零一棵豌豆有綠色球狀豆。

一百零八棵豌豆有黃色皺紋豆。

三十二棵豌豆有綠色皺紋豆。

這四種豆類的分佈大概是成 9 : 3 : 3 : 1 的比例。

我們可以同樣地應用「分隔定律」來解釋這些結果。若父母一代具有黃色的球狀豆和綠色的皺紋豆各以基因型 R R YY (純合子顯性) 和 r r yy (純合子隱性) 來代表，在第一代子孫中只能有一種基因型出現，就是 R r Yy，因為分隔作用從父母一代中只能產生 RY 和 ry 兩種配子。但是等到第一代子孫彼此交配時，分隔作用能產生各種不同的配子。從孟氏「單基因混種遺傳」實驗所得的結論，即每一個配子必須具有每對基因的一半，因此從「異合子」 R r Yy 所產生的配子就能有 RY, Ry, rY 及 ry 的四種組合。如果上述的四種配子的產生頻率相同，或說每一種配子不受制於其他的配子而自由地遺傳（因子自由遺傳定律），那麼我們可以在後裔中找到十六種不同的配子結合，代表九種基因型：即 R R YY ; r r YY 和 r r yy 有 1 : 2 : 1 : 2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1 的比例。這些基因型所產生的表型就有 9 : 3 : 3 : 1 的比例。圖一、二闡明上文的解釋。

孟氏的結論雖然早在一八六五年已經發表，但是一直等到一九〇〇年可蘭 (Correns)、狄費里 (Hugo de Vries 1848-1935) 和蔡爾瑪 (Tschermak) 等人重新證實孟氏的結論後，生物界才對他的學說予以重視。同時，狄氏還提出「突變」論 (Mutation) (註2) 來形容他所觀察到在一種待宵草 (Evening Primrose 學名 Oenothera) 中發生的變化，這種植物常常會因為一次突變而成為新的品種，後來的實驗證明了「突變」乃是因為遺傳因子之變化而發生的。雖然狄氏當時用「突變」來形容生物中驟然發生之變化，但學者們後來發現，一次突變產生的表型特徵上的改變通常是很微小，甚至覺察不到的。在下文中我們會再詳細討論這個問題。孟氏的遺傳定律加上狄氏的「突變論」替進化論綴上不少色彩，因為現代生物學家總算可以用遺傳學來解釋生物的進化現象了。

父母代之遺傳基因型

配子	$RRYY$	RY	$RrYy$	rY	$rryy$
第一代遺傳基因型					
配子	RY	Ry		rY	ry
第二代遺傳基因型					
	RY	Ry	rY	ry	
	RY	$RRYY$	$RRYy$	$RrYY$	$RrYy$
	Ry	$RRYy$	$RRyy$	$RrYy$	$Rryy$
	rY	$RrYY$	$RrYy$	$rrYY$	$rrYy$
	ry	$RrYy$	$Rryy$	$rrYy$	$rryy$
表型	圓型 黃色	圓型 綠色	繩紋型 黃色	繩紋型 綠色	
	9	3	3	1	

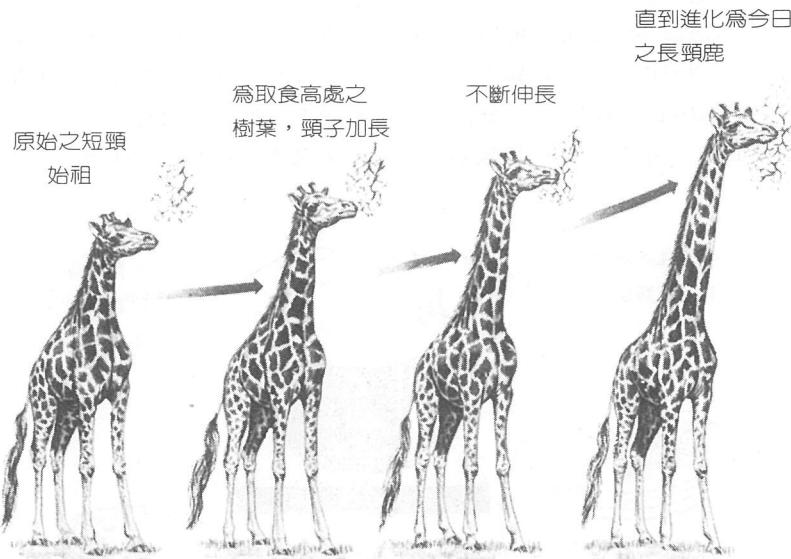
圖一·二 孟氏分隔定律之分佈情形

當初達爾文憑天演作用無法解釋的變種現象，實在就是基因突變後經過重新排列組合的結果，然後這些突變後的生物又因着適應新環境的關係，經過天演作用的過程而發展成新的品種。

總括而言，拉馬克與孟德爾的遺傳理論最基本的分別，在於對生物變異的來源看法不同。拉氏的論點乃著重在：生物變異起源於生物因適應環境刺激內在的「生機液」，引致某種形態的發展而遺傳給後代。孟氏的學說卻指出：生物內在的基因能發生突變而遺傳給後代，是不受環境支配的。這兩種解釋進化過程的理論可用圖一·三的長頸鹿之進化來闡明（註3）。

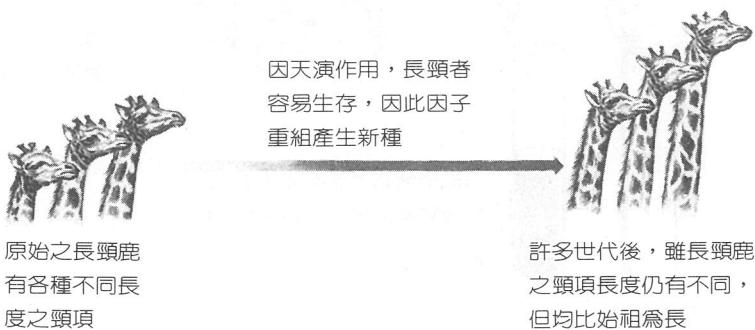
拉馬克的學說漸漸地被人摒棄，尤其自德國生物學家魏思曼（August Weismann 1834-1914）經過不斷的實驗後提出，身體因適應環境而產生的變異是不能藉著配子遺傳給後代的。人類特徵的遺傳也支持魏氏的論調。譬如我國婦女裹小腳便是一個很好的例子，數千年來中國婦女深受「三寸金蓮」之苦，却未帶給現代的中國婦女一雙天生的小腳。

拉氏的門徒指出他們的理論在無性生殖的生物如細菌中，仍然是行得



拉馬克之理論：生物異變起源於生物因適應環境，刺激內在之「生機液」而形成

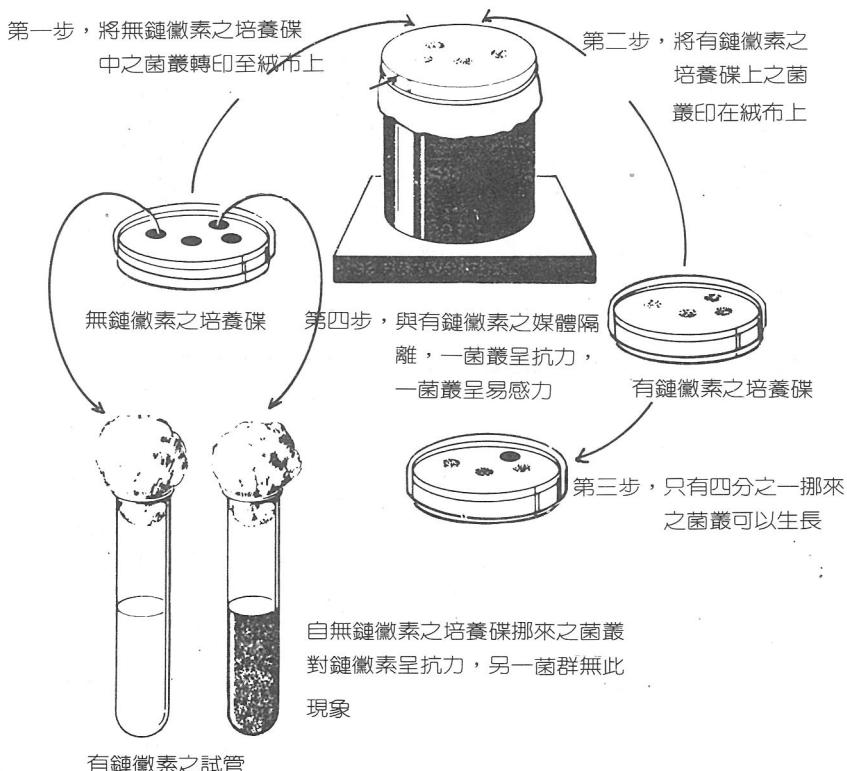
孟德爾之理論：生物內在因子因突變或重組之故而產生新品種



圖一·三 拉馬克與孟德爾遺傳理論之比較

通的，因為這些生物不受配子的影響。所以拉氏的學說在本世紀初的細菌學家圈子裏仍可苟延殘喘。

諾貝爾獎金得獎人黎德堡 (Joshua Lederberg 1925 年生) 與其同仁終於用一個很巧妙的實驗推翻了拉氏的理論，證實了孟氏的理論（註 4）。圖一·四列出黎氏的實驗方法和結果。這實驗的目的乃是要研究能抵抗鏈黴素 (Streptomycin) 的細菌，是如何從不能抵抗這藥物的細菌培養液 (Culture) 中產生的（鏈黴素可攔阻細菌之蛋白質的結合作用），若黎



圖一·四 黎德堡用複製培養碟證明抵抗鏈黴素之細菌可由突變中產生，且是在未接觸抗生素前已經存在。

氏能證明抵抗這藥物的細菌乃是在細菌培養中所固有的，而非鏈黴素所引起的，那麼拉氏的理論便被推翻。

黎氏採用一套很簡單的儀器，稱為複製培養碟（replica plating technique），它包括一塊圓柱形的木砧，其上舖有一塊消過毒的天鵝絨，這木砧的面積僅小於一隻細菌培養碟（Petri dish）的面積，細菌培養碟裡盛着固態的細菌培養基（agar），以培養繁殖出來的細菌。黎氏從一個不能抵抗鏈黴素的細菌培養中取出幾個細菌，移植到一隻沒有鏈黴素的培養碟上，經過一段時期的孵養，每個細菌繁殖而成一個菌叢（Colony），其中有數百萬計的細菌，它們都具有同一性型。這些菌叢可用圖一·四中培養碟上的黑點來代表。黎氏隨即將培養碟蓋挪去，然後將培養碟覆倒在舖有天鵝絨的木砧上，用手指輕輕地將碟背壓下，使培養碟上每一個菌叢在天鵝絨上留下一個印子，這些印的位置與印章的位置要完全符合（印章乃是指出盛有原來菌叢的培養碟）。在天鵝絨上的印隨即被用來將細菌用上述的方法轉移到其他含有鏈黴素的培養碟上。這實驗的原則乃是這樣：天鵝絨上的髮狀纖維將每個菌叢上的細菌從印章移植到含有鏈黴素的培養碟上。因為天鵝絨印的位置與印章的位置完全符合，那麼比較印章上菌叢的位置，和移植在有鏈黴素的培養碟上菌叢的生長位置，黎氏就可以曉得究竟在印章上那幾個菌叢是可以抵抗鏈黴素的。因為從這些菌叢中可以移植幾個細菌到含有鏈黴素的培養液中，經過孵養後，培養液因細菌繁殖的緣故變成混濁。反之，若從這「複製培養碟」實驗中鑑定為不能抵抗鏈黴素的菌叢中移植幾個細菌到同樣的培養液中，這些細菌因不能抵抗鏈黴素，不會在培養液中繁殖，因此培養液不被混濁。所以黎氏藉這個實驗證明一些從未接觸過鏈黴素的細菌能擁有對這藥物的抵抗力，拉氏的理論就這樣被推翻了。

一·三 參考書目

1. Lerner, I.M.; Libby, W. J. *Heredity, evolution and society*. 2nd ed. San Francisco: Freeman; 1976: 5.
2. de Vries, H. *Die mutations theorie*. Leipzig: Veit; 1901.
3. Savage, J. M. *Evolution*. 2nd ed. New York: Holt, Rinehart, and Winston; 1969.
4. Lederberg, J.; Lederberg, E. M. J. *Bacteriol.* 63:399; 1952.