

2-1 性狀的遺傳

你的眼睛是像媽媽還是爸爸呢？生物能產生後代，並將親代的特徵傳遞給子代，這種現象稱為遺傳，但是遺傳到底是以什麼方式、原理進行的呢？

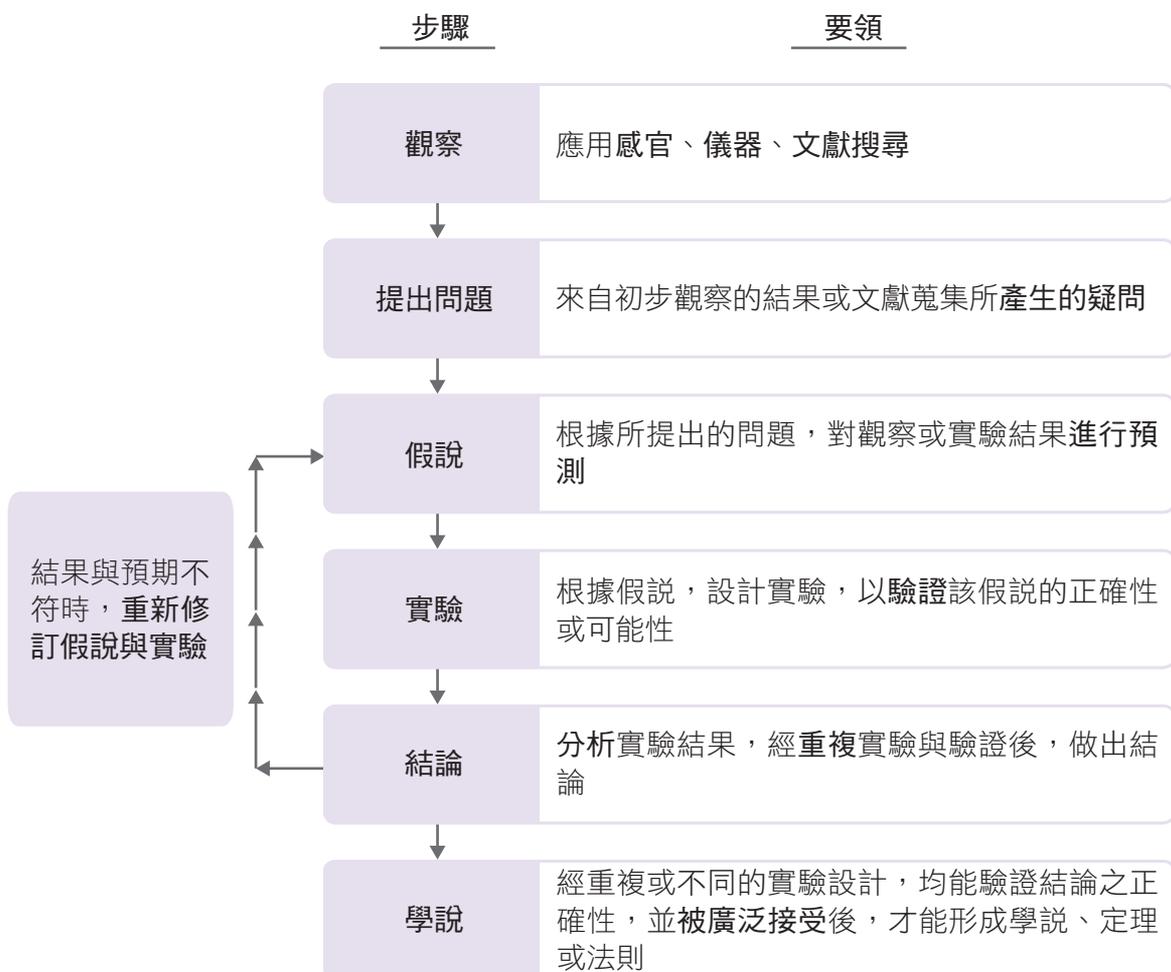


2-1.1 孟德爾的遺傳法則

百科 一 生物學的科學方法

(一) 研究生命現象的方法

1. 生物學是對生命現象進行**有系統的研究**的科學，欲進行有系統的研究，需運用合理、精確的科學方法。
2. 科學方法的步驟與要領（圖 2-1）。



▲ 圖 2-1 科學方法的步驟與要領

二 孟德爾的遺傳實驗

(一) 觀察 豌豆的生理特性

1. 豌豆因具備下列特性，很適合作為遺傳實驗材料，故孟德爾選用豌豆進行實驗。

- (1) 生命週期短：可快速累積世代數目。
- (2) 容易大量栽植且子代數目多：有利於實驗數據的統計分析。
- (3) 多種性狀具差異明顯的表徵：容易判斷差異與方便計數，例如：易分辨的紫花與白花花色。

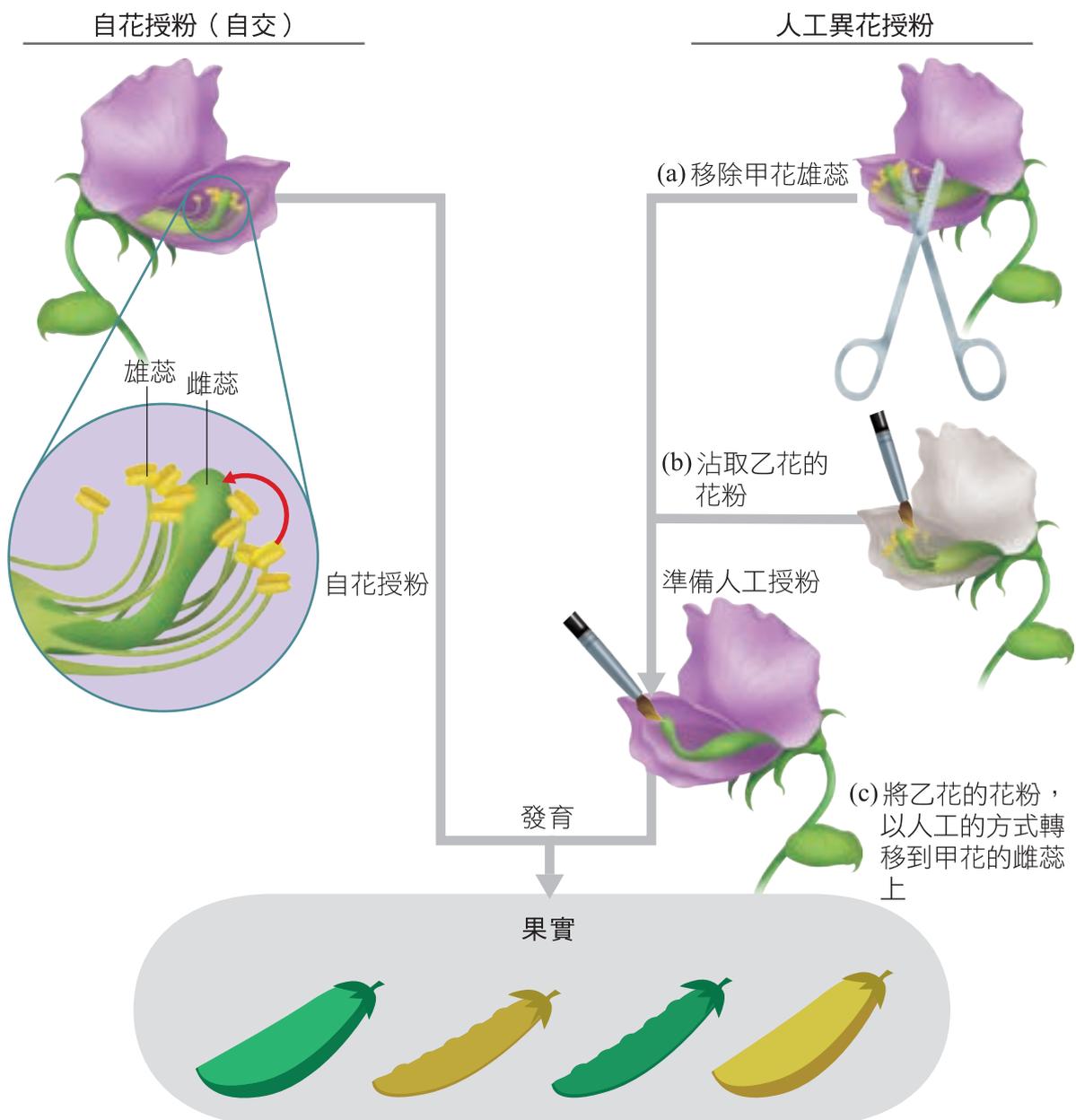
① 性狀：生物體可遺傳的特徵稱為**性狀**，如人眼睛的顏色、豌豆的花色。

② 表徵：同一性狀所展現的差異則稱為**表徵**，如眼睛的顏色有黑色、棕色與藍色等表徵；豌豆花亦有紫色與白色等表徵。

(4) 自然授粉過程為自花授粉（自交），豌豆的雌蕊、雄蕊被花瓣包覆，雌蕊在自然環境下，僅能接受同朵花雄蕊的花粉，可避免外來花粉干擾，也有利於進行人工異花授粉（圖 2-2）。

① 自花授粉（自交）：指同一朵花雄蕊與雌蕊自行進行授粉。

② 自交的特性方便科學家用人工異花授粉來控制豌豆植株的雜交。



▲ 圖 2-2 自花授粉（自交）與人工異花授粉

(二) 純品系的建立

1. 純品系的重要性：以純品系植株進行遺傳實驗的原因。
 - (1) 開始實驗前，孟德爾發現紫花植株自交的子代並非全然為紫花植株，故孟德爾進行遺傳實驗前便著手於純品系的建立。
 - (2) 若以遺傳因子的角度去看，紫花植株的基因型可能為 PP 或 Pp ，若在這樣不能明確知道親代基因型的情況下進行遺傳實驗，將難以分析親代與子代遺傳的規則。
2. 建立純品系的過程：以豌豆花色為例，說明孟德爾建立各種豌豆純品系的過程（圖 2-3）。



▲ 圖 2-3 純品系的建立過程

3. 建立其他性狀的純品系植株：孟德爾以上述同樣的方法獲得不同性狀的純品系植株，再以這些植株進行後續的雜交實驗。

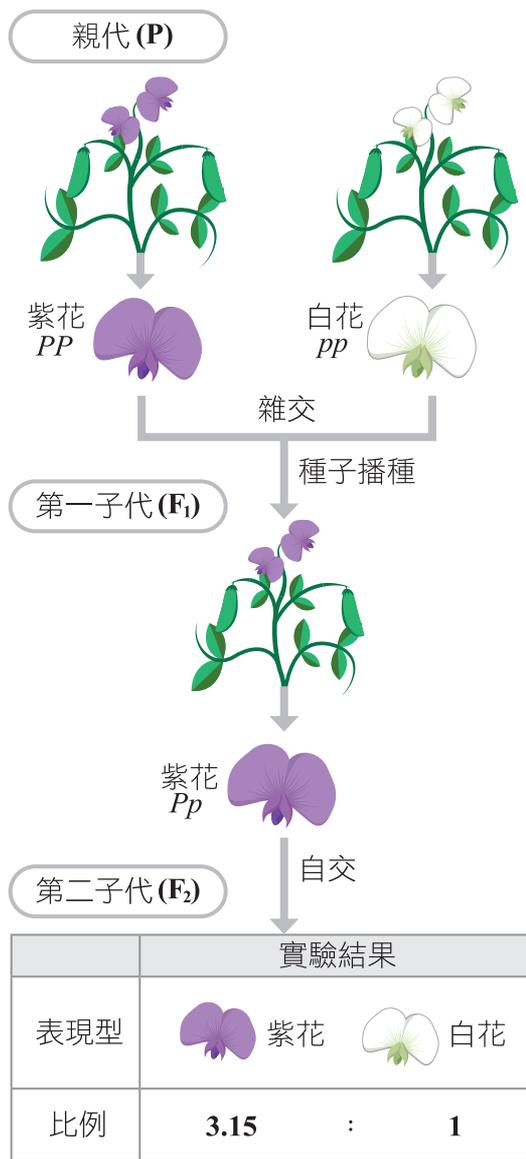
(三) 實驗 孟德爾雜交實驗的模式

實驗階段	模式說明	實驗實例
親代(P)	以兩種純品系進行人工異花授粉	以高莖、矮莖純品系進行雜交（高莖×矮莖）
第一子代(F ₁)	將得到的F ₁ 再進行自交	F ₁ 皆為高莖，將F ₁ 進行自交（高莖×高莖）
第二子代(F ₂)	觀察得到的F ₂ 性狀	觀察F ₂ 中不同表徵的比例

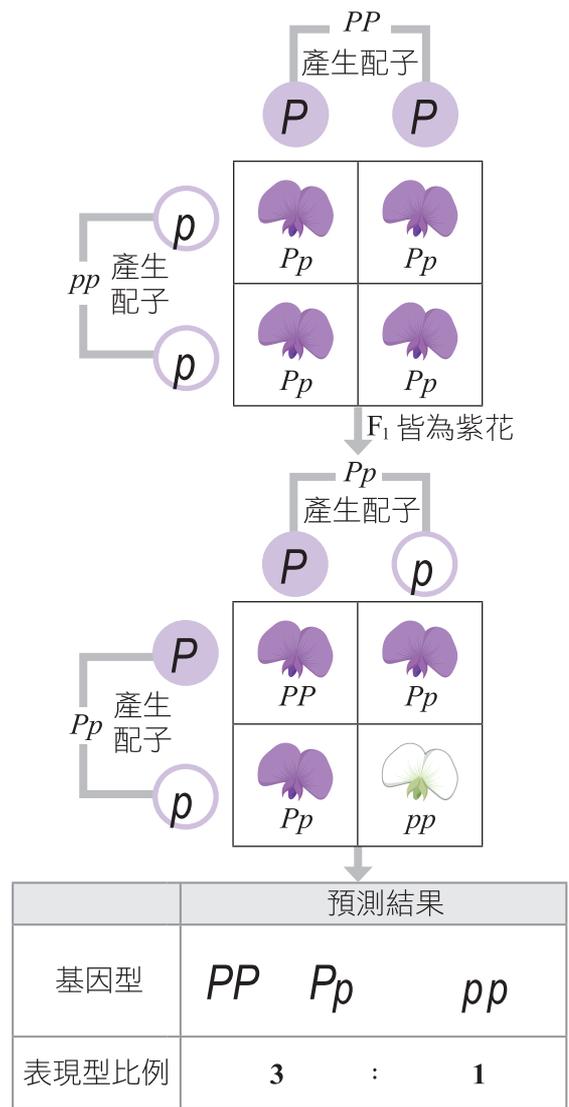
(四)單性狀雜交實驗

1. **實驗** 目的：為了瞭解單一性狀的遺傳模式，孟德爾設計每次僅針對某一性狀進行觀察的雜交實驗，稱為**單性狀雜交實驗**。
2. **實驗** 過程：
 - (1) 孟德爾選擇紫花和白花的純品系作為親代 (P)，雜交產生的第一子代 (F₁)，F₁ 再自交產生第二子代 (F₂) (圖 2-4)。

(A) 孟德爾的實驗



(B) 以棋盤方格法解釋



▲ 圖 2-4 單性狀雜交實驗

- (2) 孟德爾再以上述(1)的方法對其他六項性狀進行雜交實驗。

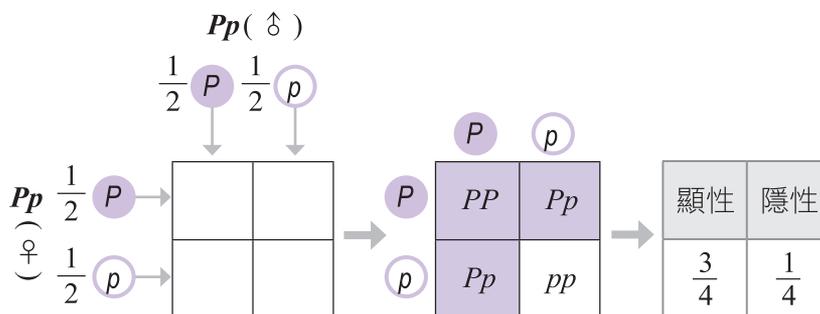
部位	種子		豆莢		花		莖
性狀	顏色	形狀	顏色	形狀	顏色	位置	高度
顯性表徵	黃色	圓滑	綠色	飽滿	紫色	腋生	高
隱性表徵	綠色	皺皮	黃色	扁皺	白色	頂生	矮

3. **實驗** 結果分析：以花色性狀為例說明。

- (1) 第一子代 (F_1) 僅出現親代之之一的表徵紫花，定義紫花為**顯性表徵**。
- (2) 第二子代 (F_2) 出現兩種親代的表徵，且比例為紫花：白花 = 3：1，定義 F_1 沒有出現， F_2 才出現的表徵白花為**隱性表徵**。
- (3) 根據上述(1)~(2)，可推論決定性狀的遺傳因子有以下兩種。
 - ① 顯性遺傳因子：以**大寫**英文字母表示（如 P ）。
 - ② 隱性遺傳因子：以**小寫**英文字母表示（如 p ）。
- (4) F_1 均為紫花， F_2 卻有白花的原因如下。
 - ① 孟德爾認為 F_1 的植株應帶有顯性因子 P 和隱性遺傳因子 p ，即 F_1 植株的遺傳因子組合為 Pp 。
 - ② F_1 植株的 P 與 p 分別來自親代純品系植株紫花 (PP) 與白花 (pp)。

知識 (5) 棋盤方格法概念說明（圖 2-5）：

- ① 若親代的基因型為 Pp ，產生配子時，此二個等位基因會分配到不同配子中，意即產生 P 配子與 p 配子的機會各為 $\frac{1}{2}$ 。
- ② 若另一親代的基因型亦為 Pp ，產生 P 、 p 兩種配子的機會亦各為 $\frac{1}{2}$ 。
- ③ 根據上述①~②，來自親代雙方的 P 配子結合的機會為 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 。
- ④ 依此類推，即可得到子代有 $\frac{3}{4}$ 的機會為顯性表徵， $\frac{1}{4}$ 的機會為隱性表徵。



▲ 圖 2-5 棋盤方格法

4. **結論** 孟德爾依實驗結果，做出以下推論。

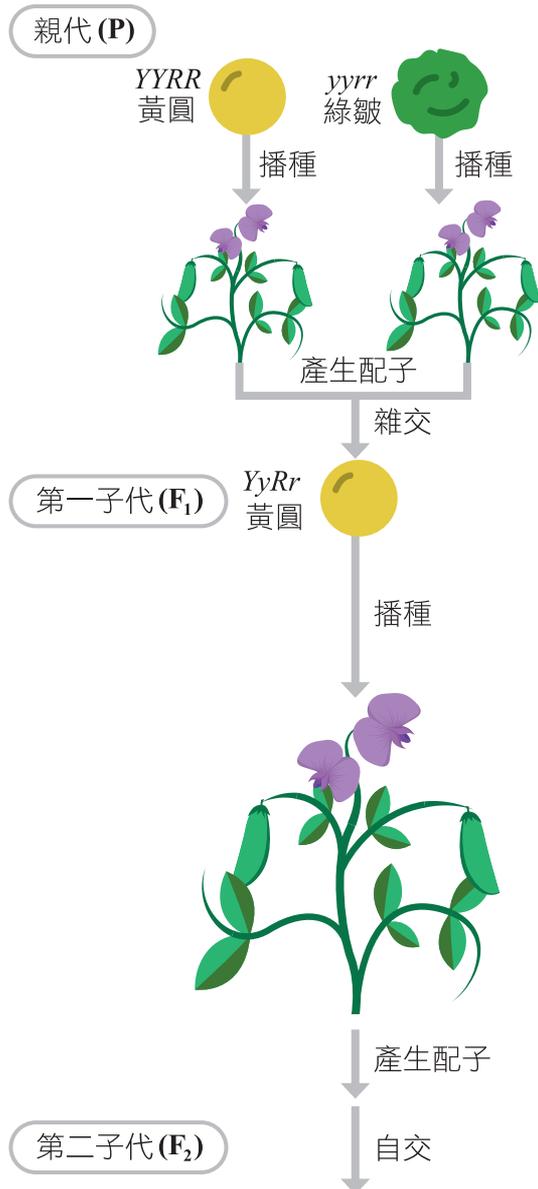
- (1) 決定生物體性狀的遺傳因子有兩種，一種為顯性遺傳因子，另一種為隱性遺傳因子。
- (2) 每種性狀都是由一對遺傳因子決定，若決定表徵的一對遺傳因子分別為隱性因子與顯性因子時，則表現**顯性表徵**（即**顯性律**）。
- (3) 生物體在形成配子時，原來成對的遺傳因子會分離，因而配子僅含其中一個遺傳因子。當雌雄配子結合後，遺傳因子又恢復成對。
- (4) 科學家將上述(1)~(3)內容稱為**孟德爾第一遺傳法則**（即**分離律**）。

(五) 雙性狀雜交實驗

1. **實驗** 目的：每種性狀由一對遺傳因子所控制，為瞭解控制不同性狀（如種子的形狀與種子顏色）的兩對遺傳因子之間是否會互相影響所進行的實驗，稱為**雙性狀雜交實驗**。

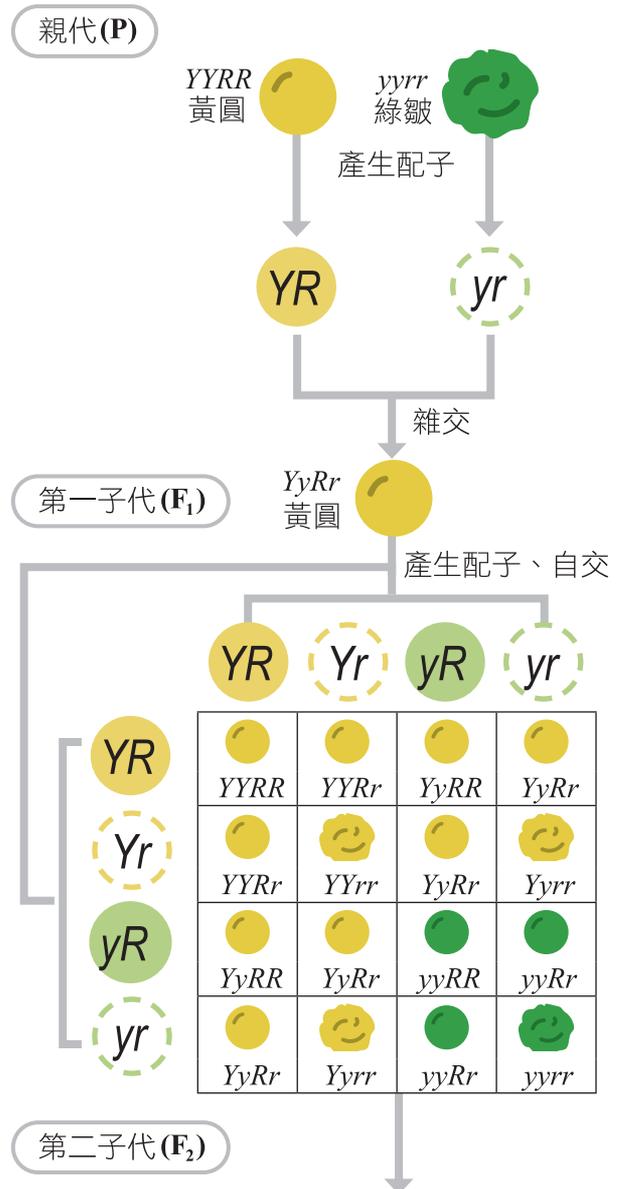
2. **實驗** 過程：孟德爾以種子顏色和形狀進行雜交實驗，選取種子為黃色圓滑 ($YYRR$) 與綠色皺皮 ($yyrr$) 的純品系植株作為親代 (P)，雜交產生的第一子代 (F_1) 再自花授粉產生第二子代 (F_2) (圖 2-6)。

(A) 孟德爾的實驗



實驗結果	
表現型	黃圓 315 顆 黃皺 101 顆 綠圓 108 顆 綠皺 32 顆
比例	9.84 : 3.15 : 3.4 : 1

(B) 以棋盤方格法解釋



預測結果	
基因型	$YYRR$ $YYrr$ $yyRR$ $yyrr$ $YYRr$ $Yyrr$ $yyRr$ $YyRR$ $YyRr$
表現型比例	9 : 3 : 3 : 1

▲ 圖 2-6 雙性狀雜交實驗

3. **實驗** 結果分析：

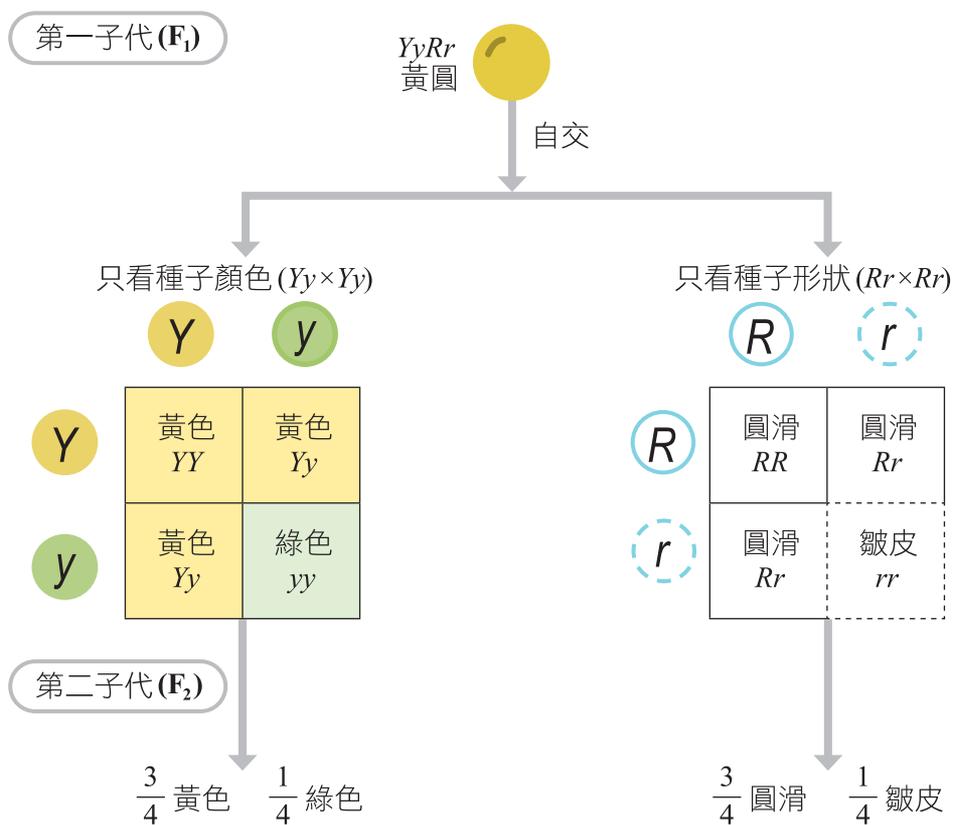
(1) 第一子代 (F_1) 種子皆為黃色圓滑。

(2) 第二子代 (F_2) 有四種表徵的種子，黃色圓滑：黃色皺皮：綠色圓滑：綠色皺皮 = 9 : 3 : 3 : 1。

(3) 孟德爾統計 F_2 的數量，發現黃色種子與綠色種子的比例約為 3 : 1，圓滑種子與皺皮種子的比例也接近 3 : 1，意即單一性狀的遺傳仍符合分離律，控制不同性狀的遺傳因子皆是獨立遺傳至子代，互不干擾。

知識 (4) 以二個棋盤方格分別計算子代表徵的出現機會。以種子顏色和形狀為例，若將子代兩種性狀表現的情形分開討論，以種子顏色的表現情形分析， F_2 為黃色種子的機會為 $\frac{3}{4}$ ，綠色種子的機會為 $\frac{1}{4}$ 。以種子圓滑與否的表現情形分析， F_2 圓滑種子的機會為 $\frac{3}{4}$ ，皺皮種子的機會為 $\frac{1}{4}$ (圖 2-7)。

知識 (5) 因此， F_2 產生黃色圓滑種子的機會為 $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$ ，其他表徵種子出現的機會亦可依此類推。



▲ 圖 2-7 兩性狀的遺傳各自獨立

4. **結論** 孟德爾依雙性狀雜交實驗的結果，做出以下推論。

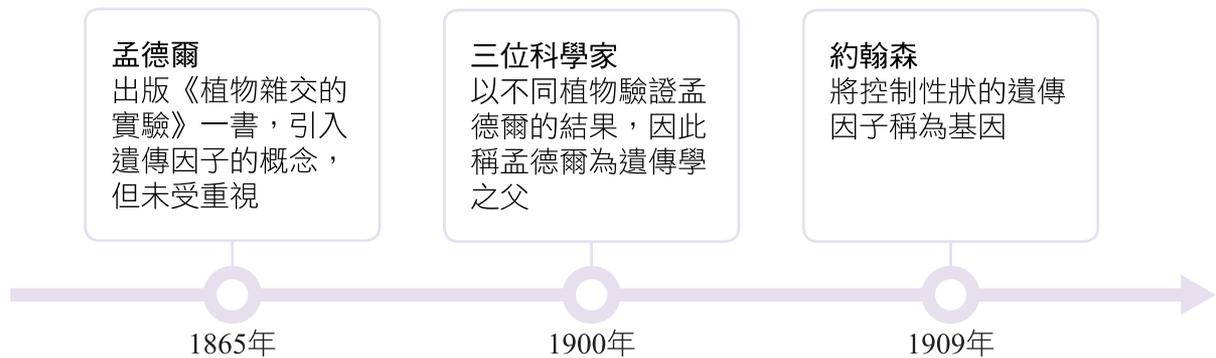
(1) 形成配子時，不同對遺傳因子的分離是獨立的，不受其他對遺傳因子的影響。

(2) 非成對的遺傳因子在形成配子時，可自由組合到同一配子。

(3) 根據上述(1)~(2)的推論，科學家將這項遺傳法則稱為**孟德爾第二遺傳法則**（即**獨立分配律**）。

(六)從遺傳因子到基因

1. 基因一詞的發展（圖 2-8）：



▲ 圖 2-8 從孟德爾到基因

2. 基因一詞的延伸：

- (1) 等位基因：控制同一性狀，且位於同源染色體相同位置的基因，稱為**等位基因**。
- (2) 基因型：決定性狀的等位基因組合稱為**基因型**。
 - ① 同型合子：基因型中的 PP 與 pp ，其兩個等位基因的型式相同，稱為**同型合子**。
 - ② 異型合子：基因型中的 Pp 有兩個不同型式的等位基因，稱為**異型合子**。
- (3) 表現型：基因所表現的表徵稱為**表現型**。
- (4) 不同名詞的比較：

等位基因	基因型		表現型
	同型合子	異型合子	
			紫花
			白花

百科 (七)遺傳實驗的設計方法

知識

名稱	定義	例子 (以孟德爾實驗為例)
雜交	意指不同基因型個體間的交配	$AA \times aa$
自交	來自同一親代的子代互相交配，後來引用為同基因型的個體互相交配	$Aa \times Aa$
試交	表型顯性但未知其基因型個體與表型隱性個體交配，可用於推測此顯性個體的基因型	$A \blacksquare \times aa$
互交	雌雄表徵交換的交配，可用於檢測精卵對子代的影響是否相等，若兩種結果相同，則代表性別不影響此性狀的遺傳	δ 高莖 $TT \times$ ♀ 矮莖 tt δ 矮莖 $tt \times$ ♀ 高莖 TT

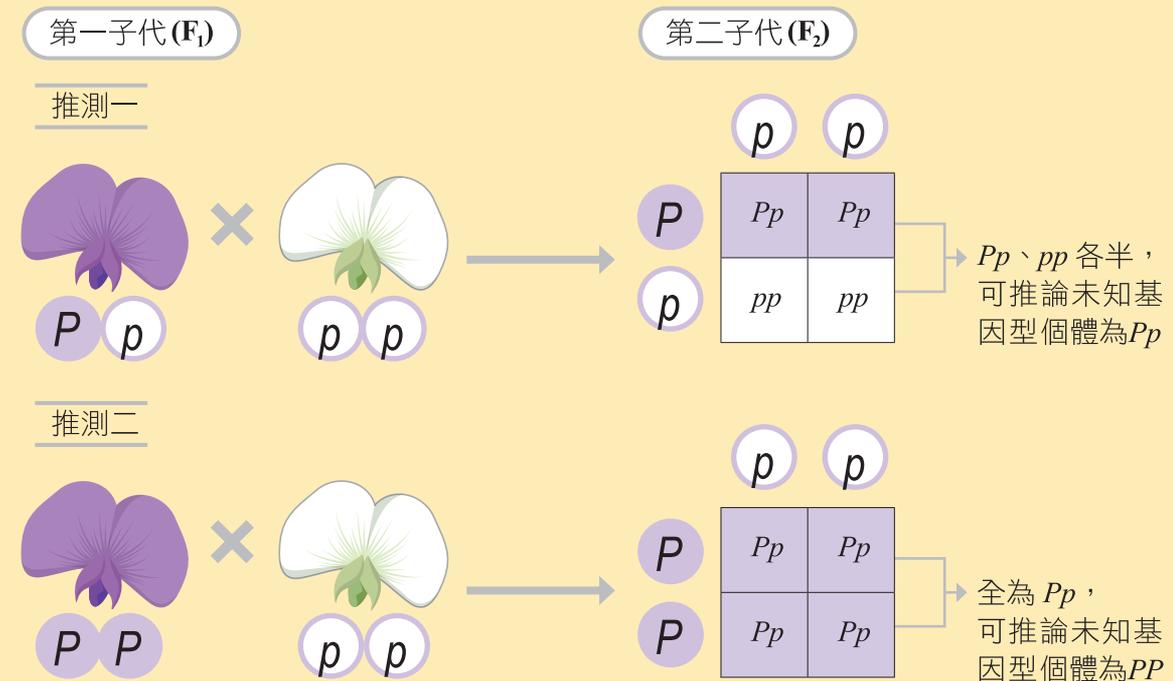


延伸補充

如何推知遺傳因子的組合 知識

假如你是孟德爾，發現花園中某一豌豆植株的花色為紫色，你會如何驗證此植株的遺傳因子組合？將此紫花植株視為未知基因型個體，與隱性個體交配後，觀察子代的性狀，並進行下方分析後，就可推知未知基因型個體的基因型（圖2-9）。

1. 若未知基因型個體為 Pp （紫花），則此個體和隱性個體 pp （白花）交配後，子代就會出現 Pp （紫花）、 pp （白花）各半的現象。
2. 若未知基因型個體為 PP （紫花），則此個體和隱性個體 pp （白花）交配所產生的子代，應全為 Pp （紫花）。



▲ 圖 2-9 試交



基礎練習

BCD 1. 孟德爾選用豌豆作為其遺傳實驗的材料，請問下列哪些是豌豆作為遺傳實驗材料的優點？（應選 3 項）

- (A) 生長穩定且生長期較長 (B) 子代數量多利於統計分析 (C) 容易栽種 (D) 表徵差異大而容易分辨 (E) 自然狀態下行異花授粉

解 1. (A) 生長期短 (E) 自然狀況下自花授粉，但亦可進行人工授粉

B 2. 關於孟德爾雙性狀雜交實驗的描述，何者正確？

- (A) 親代與第一子代的雜交均需進行人工授粉 (B) 第一子代兩性狀呈現的均為顯性表徵 (C) 第二子代出現一種顯性表徵，一種隱性表徵的比例最高 (D) 第二子代表現顯性表徵的個體均為異型合子

解 2. (A) 第一子代自交不須額外處理，豌豆即可自花授粉 (C) 第二子代出現兩種表徵均為顯性的機率最高 (D) 有同型合子也有異型合子

A 3. 按孟德爾遺傳法則，基因型 $AaBBCc$ 的個體經試交所產生的子代，基因型共有多少種？

- (A) 4 種 (B) 6 種 (C) 8 種 (D) 9 種

解 3. 試交指與隱性同型合子 ($aabbcc$) 雜交，基因型有 $2 \times 1 \times 2 = 4$ 種