# 2-1 性狀的遺傳

## 名詞解釋

一、實驗角色

1. 親代（P）：遺傳實驗中最早提供配子的個體。
2. 第一子代（$F_1$）：由親代交配產生的個體。
3. 第二子代（$F_2$）：由第一子代相互交配產生的個體。

二、性狀

1. 由特定基因控制的生物特徵，可藉生殖作用傳遞給子代。
2. 表現型：性狀在個體外顯的表現形式，可分為顯性表徵及隱性表徵。
3. 基因型：性狀在基因上的組合形式。

三、等位基因

1. 成對且獨立的基因，可控制特定性狀。
2. 可分為：
   a. 顯性等位基因：控制顯性表徵，以大寫字母表示。
   b. 隱性等位基因：控制隱性表徵，以小寫字母表示。

四、合子

1. 由雌雄配子結合後產生。
2. 根據合子基因型可分為：
   a. 同型合子：由兩個顯性或隱性等位基因組成，如 AA 及 aa。
      →又稱純品系。
   b. 異型合子：由顯性及隱性等位基因組成，如 Aa。

五、實驗方式

1. 雜交：遺傳學中對於交配實驗的稱呼。
   →通常指不同基因型的個體交配。
   →一對因子雜交：一次觀察一種性狀的交配實驗。
   →兩對因子雜交：一次觀察兩種性狀的交配實驗。
2. 自交：自體受精或與同一世代進行的交配實驗。
   →通常指相同基因型的個體交配。
3. 試交：與隱性表徵的個體交配，可用以區別個體基因型。

## 孟德爾遺傳實驗

一、19 世紀英國科學家奈特：

1. 取豌豆的花色性狀作為實驗對象。
2. 實驗方式：豌豆紫花個體×白花個體作為親代
   →第一子代皆為紫花，再將子代自花授粉
   →第二子代有紫花及白花，但表現紫花的個體較多

二、19 世紀奧地利神父孟德爾：

1. 重新操作奈特的豌豆實驗，並做些許修改。
2. 1866 年提出論文《植物雜交實驗》，奠定遺傳法則的基礎，被稱為遺傳學之父。
3. 論文發表當時未獲得重視，直到 1900 年才由三位科學家重新發現。

三、實驗對象：豌豆的七種性狀

1. 豌豆容易栽種
2. 生長期短，約三個月即可採收
3. 子代數目多，有利實驗數據的分析
4. 多數性狀可用肉眼觀察並區別差異
5. 豌豆的雄蕊、雌蕊被花瓣包裹，在自然情況下為自花授粉
   →有利於人工授粉時控制實驗變因

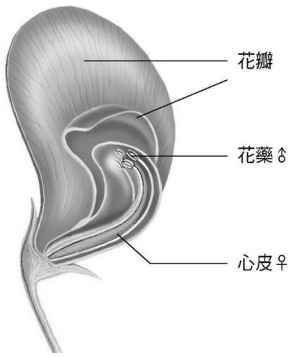



**圖 7.2 豌豆花的生殖器官**

在一朵豌豆花內，花瓣包圍著雄性（花藥）及雌性（心皮）兩部分，除非花朵被破壞，否則必能確保自花受精成功。

| 性狀 | 顯性 × 隱性 | 第二子代 顯性型 | 第二子代 隱性型 | 比例 |
|---|---|---|---|---|
| 花色 | 紫色 × 白色 | 705 | 224 | 3.15:1 |
| 種子顏色 | 黃色 × 綠色 | 6,022 | 2,001 | 3.01:1 |
| 種子形狀 | 圓的 × 皺的 | 5,474 | 1,850 | 2.96:1 |
| 豆莢顏色 | 綠色 × 黃色 | 428 | 152 | 2.82:1 |
| 豆莢形狀 | 圓的 × 皺縮的 | 882 | 299 | 2.95:1 |
| 花的位置 | 中軸花 × 頂花 | 651 | 207 | 3.14:1 |
| 植株高度 | 高株 × 矮株 | 787 | 277 | 2.84:1 |

# 孟德爾遺傳法則

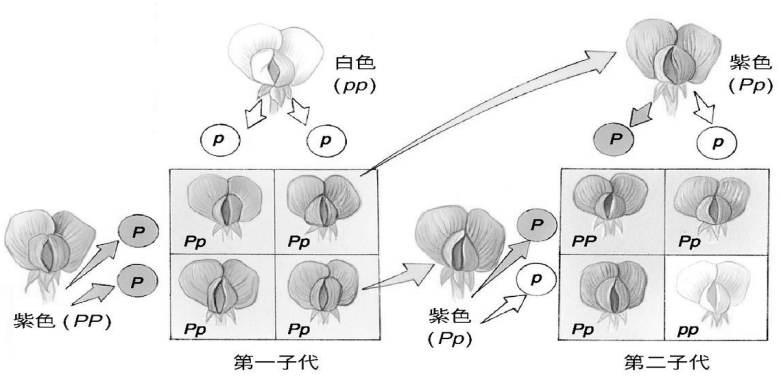
一、一對因子雜交實驗（單性雜交）

1. 培養純品系豌豆：豌豆自花授粉數代，到所有子代具有和親代相同的表徵。
2. 實驗步驟：選取一種性狀且純品系的親代(P)進行交配(紫花 PP X 白花 pp)
   →產生第一子代($F_1$)
   →第一子代自花授粉
   →產生第二子代($F_2$)
3. 結果：第一子代($F_1$)皆為紫花
   第二子代($F_2$)同時表現紫花與白花，且比例接近 3：1
4. 推論：
   a. 每一種性狀是由成對的遺傳因子所決定，此遺傳因子稱為等位基因，位在同源染色體的相對位置上。
      →$F_1$表現的表徵為顯性表徵，由顯性等位基因控制，以大寫英文字母表示。
      →$F_1$未表現，但在 $F_2$重新出現的表徵稱為隱性表徵，由隱性等位基因控制，以小寫英文字母表示。
   b. 等位基因的組合方式稱為基因型：
      →基因型為 PP 或 pp 者稱為同型合子。
      →基因型為 Pp 者稱為異型合子。
   c. 生物體表現出的表徵稱為表現型：
      →基因型 PP 及 Pp 皆表現顯性表徵。
      →基因型 pp 表現出隱性表徵。
5. 棋盤方格（龐納特方格）
   a. 第一子代

| | P | P |
|---|---|---|
| p | Pp | Pp |
| p | Pp | Pp |

   b. 第二子代

| | P | p |
|---|---|---|
| P | PP | Pp |
| p | Pp | pp |



6. 結論：孟德爾第一遺傳定律（分離律）
   a. 親代形成配子時，兩個等位基因分離到不同配子中。
   b. 當配子結合時，來自不同親代的等位基因結合。
   c. 當隱性等位基因與顯性等位基因結合時，只有顯性等位基因控制的表徵會表現出來。
      →又稱為顯隱律

二、兩對因子雜交實驗（兩性雜交）

1. 實驗步驟：
   選擇兩種種子性狀的純品系進行雜交(圓形黃色 RRYY X 皺皮綠色 rryy)
   →產生第一子代
   →第一子代自花授粉
   →產生第二子代
2. 結果：
   a. $F_1$表現型皆為圓形黃色種子
   b. $F_2$表現型為圓形黃色：圓形綠色：皺皮黃色：皺皮綠色＝9：3：3：1。
      →就單一性狀比較可得：圓形種子：皺皮種子＝3：1
      黃色種子：綠色種子＝3：1
3. 棋盤方格（龐納特方格）
   a. 第一子代：

| | RY | RY |
|---|---|---|
| ry | RrYy | RrYy |
| ry | RrYy | RrYy |

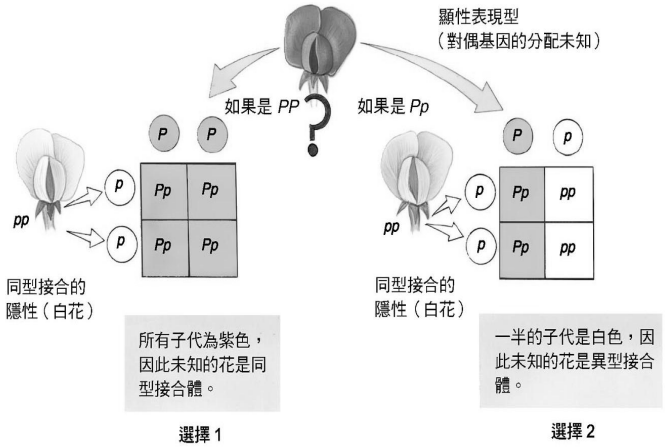
   b. 第二子代：

| | RY | Ry | rY | ry |
|---|---|---|---|---|
| RY | RRYY | RRYy | RrYY | RrYy |
| Ry | RRYy | RRyy | RrYy | Rryy |
| rY | RrYY | RrYy | rrYY | rrYy |
| ry | RrYy | Rryy | rrYy | rryy |

4. 結論：孟德爾第二遺傳定律（獨立分配律）
   a. 形成配子時，每一對等位基因獨立分離，不受其他等位基因影響。
   b. 形成配子時，非等位基因會隨機組合到同一配子中。
   c. 兩種性狀的遺傳不會互相影響。

※ 試交：

1. 當無法判斷某性狀的基因型時，可將該植株與隱性基因型的純品系進行交配，此種方式稱為試交。




2. 以紫花豌豆為例，以試交判別其基因型為 PP 或是 Pp：
   a. 若基因型為 PP，$F_1$ 全為紫花豌豆

| | P | P |
|---|---|---|
| p | Pp | Pp |
| p | Pp | Pp |

   b. 若基因型為 Pp，$F_1$ 一半為紫花豌豆、一半為白花豌豆

| | P | p |
|---|---|---|
| p | Pp | pp |
| p | Pp | pp |

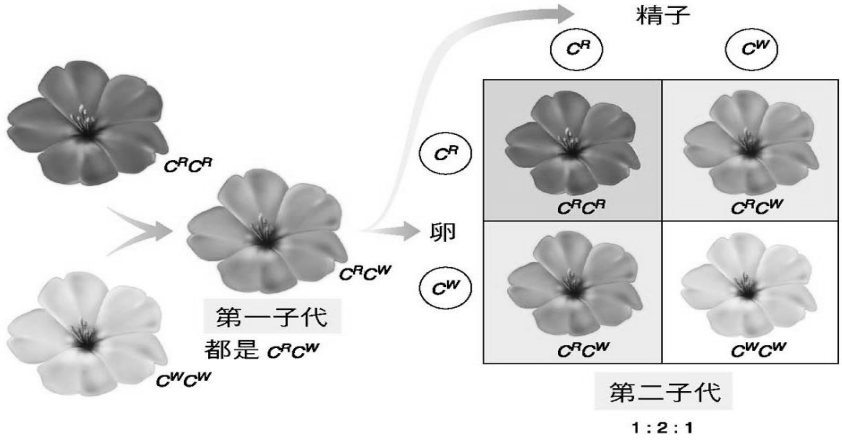
## 遺傳表現模式

一、 顯性遺傳（絕對顯性）

1. 顯性等位基因與隱性等位基因同時存在時，只表現顯性等位基因的表徵。
   →異型合子表現顯性表徵
2. 孟德爾實驗中七種性狀皆為顯性遺傳。

二、 中間型遺傳（半顯性、不完全顯性）

1. 性狀的等位基因沒有顯、隱性之分，使異型合子的個體表現出介於顯性和隱性之間的中間型。
2. 將純品系的紅花金魚草(RR)與白花金魚草雜交(R′R′)
   →第一子代皆為粉紅色紫茉莉(RR′)
   →第二子代出現紅花：粉紅花：白花＝1：2：1




三、 共顯性遺傳（等顯性）

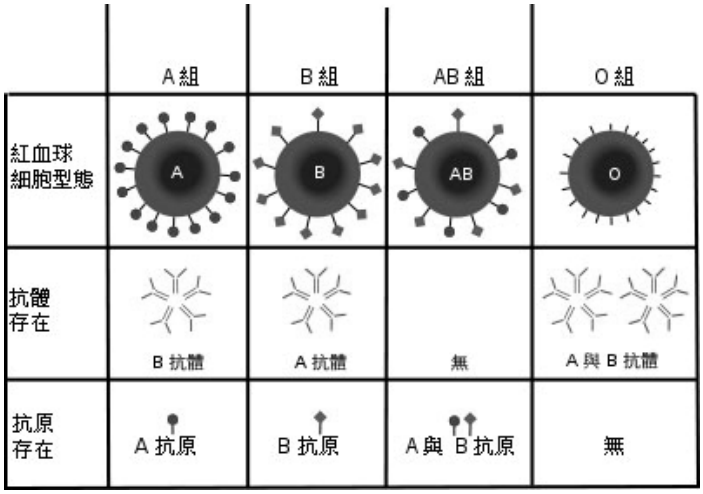
1. 性狀的等位基因不分顯、隱性，會同時表現其控制的表徵。
2. 如：黑貓×橘貓→黑橘花貓（毛色為黑一塊、橘一塊）

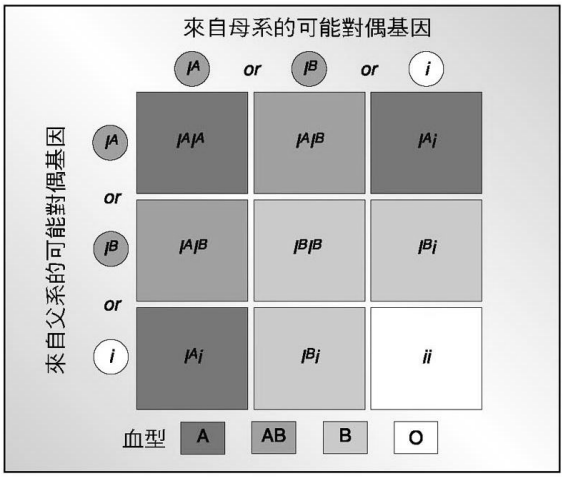
四、 複等位基因遺傳

1. 單一性狀的基因有三個以上的等位基因，但基因型只由兩個等位基因決定
2. 人類 ABO 血型：
   a. 控制 ABO 血型的等位基因有 $I^A$、$I^B$、i 三種
      →基因 $I^A$和 $I^B$對 i 皆為顯性
      →基因 $I^A$和 $I^B$為共顯性，兩者可同時表現
   b. ABO 血型的表現型則有 A 型、B 型、AB 型、O 型四種：

| 血型（表現型） | 基因型 | 紅血球表面抗原 | 血漿中抗體 |
|---|---|---|---|
| A | $I^AI^A$、$I^Ai$ | A 抗原 | B 抗體 |
| B | $I^BI^B$、$I^Bi$ | B 抗原 | A 抗體 |
| AB | $I^AI^B$ | A 抗原、B 抗原 | 無 |
| O | ii | 無 | A 抗體、B 抗體 |

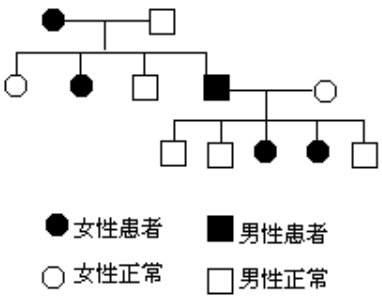
※基因 $I^A$可產生抗原 A，基因 $I^B$可產生抗原 B，基因 i 不產生抗原






五、 性聯遺傳

1. 位於性染色體上的基因，表現機率和性別有關。
2. X 染色體性聯遺傳：蠶豆症、紅綠色盲、血友病
   Y 染色體性聯遺傳：耳孔多毛
3. 紅綠色盲：
   a. 色盲基因為 X 染色體上的隱性等位基因（$X^b$），Y 染色體上沒有相對的等位基因
   b. 男性得到一條 $X^b$ 便會出現色盲性狀，女性需得到兩條 $X^b$ 才會得病
   c. 男性得病率（8%）大於女性（0.5%）
3. X 染色體性聯隱性疾病得病推測：
   a. 媽媽有病→兒子必得病
   b. 女兒得病→爸爸必有病
4. 可利用譜系圖判別家族中性聯遺傳基因的狀況：



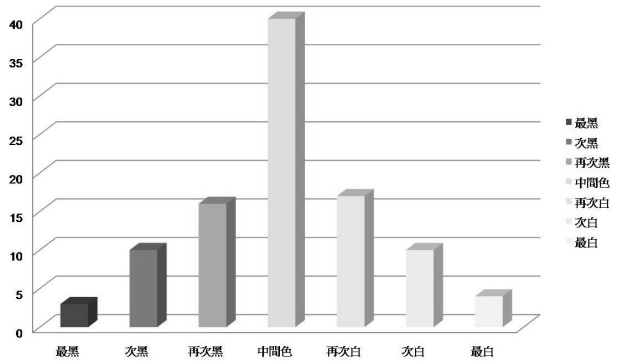

六、 多基因遺傳

1. 單一性狀由三對以上的等位基因決定，每一對等位基因的影響力相似。
2. 表現型呈現連續性的變化，在族群調查中常出現常態分佈，如身高、膚色、果實的重量。
3. 具累加效應：基因型中顯性等位基因越多，性狀表現越明顯。
   →又稱量的遺傳

4. 以人類膚色為例，至少受到三對等位基因(設 Aa、Bb、Cc)控制：

| 表現型 | 基因型 | 表現型比例 |
|---|---|---|
| 最黑（6 個顯性基因） | AABBCC | 1/64 |
| 次黑（5 個顯性基因） | AABBCc、AABbCC、AaBBCC | 6/64 |
| 再次黑（4 個顯性基因） | AABBcc、AAbbCC、aaBBCC<br>AaBbCC、AaBBCc、AABbCc | 15/64 |
| 中間色（3 個顯性基因） | AaBbCc、AABbcc、AabbCc<br>aaBBCc、aaBbCC、AaBBcc<br>AabbCC | 20/64 |
| 再次白（2 個顯性基因） | aabbCC、aaBBcc、AAbbcc<br>AaBbCc、AabbCc、aaBbCc | 15/64 |
| 次白（1 個顯性基因） | aabbCc、aaBbcc、Aabbcc | 6/64 |
| 最白（0 個顯性基因） | aabbcc | 1/64 |

人類膚色與人數分布圖




## 環境影響基因表現

一、 溫度

1. 部份等位基因對溫度敏感，在特定溫度下才會活化。
2. 喜馬拉雅兔體內催化黑色素生成的酵素
   a. 溫度高於 33℃時酵素不活化，無黑色素生成
      →身體軀幹毛色為白色
   b. 冬季部份肢體溫度低於 33℃，酵素活化使黑色素生成
      →耳朵、鼻子、足部及尾部毛色為黑色

二、 光線

1. 人類黑色素合成基因受光線影響，光線越強黑色素合成量越多
2. 植物葉綠素合成基因在有光照的環境中才會合成

三、 酸鹼值：大繡球花的花青素受土壤酸鹼值影響

→土壤偏酸性：花青素呈紅色，花色變紅

→土壤偏鹼性：花青素呈藍色，花色變藍