

利用雄蜂選育蜂種之原理及方法

徐培修（助理研究員）

前言

選育蜂種是蜂產業向上精進的基石，但是育種該如何進行呢？多數蜂農認為育種就是育王，其實不然。育王只是育種的關鍵技術之一，若沒有搭配其他必要的育種技術，或沒有執行正確的育種方法，難以選育出優秀性狀之後代。本文將帶領讀者了解蜜蜂的遺傳學原理，再介紹可行的育種方法。

有性生殖的特性

有性生殖的生物之體細胞通常為二倍體細胞，其生殖母細胞透過減數分裂形成配子，為單倍體細胞。兩性配子透過配子結合，也就是受精作用，進而形成合子，即恢復為二倍體細胞。染色體倍性是指細胞內同源染色體的數目，也就是型態和結構完全相同的染色體組數，如果只有一組就稱為單倍體，這是最基本的數目，通常為生殖細胞；如果有兩組則稱為二倍體，這是高等生物之體細胞最常見的數目。在形成配子時由於減數分裂使染色體倍性從二倍體變成單倍體，因此同源染色體中一個基因座上的等位基因會獨立於另外一個基因座上的其他等位基因，分配至配子。基因座就是決定一個性狀的基因，而等位基因的基因型則決定生物的表型，也就是表現性狀。表型由一對等位基因的其中一個決定者，此基因稱為顯性基因；而須由一對等位基因中兩個同時決定者，則稱為隱性基因。

蜜蜂特殊的遺傳特性

雌蜂，包括蜂王和工蜂，是由受精卵發育而成，染色體倍性為二倍體，遺傳特性來

自於雙方親本；而雄蜂則是由未受精卵發育而成，染色體倍性為單倍體，遺傳特性只來自於母本，其基因型等同於蜂王的一個配子。在人類和大部分高等動物，只有精子和卵子是單倍體細胞，其他細胞都是二倍體細胞，性別由一對性染色體決定，因此無論雄性或雌性個體都是二倍體。然而蜜蜂不具有性染色體，其性別是由性基因座上的等位基因決定，如果是異型合子，意即等位基因的基因型不同，就會發育為雌性；如果是半合子，也就是配子，則發育為雄性。因此在正常的情況下，雌蜂為二倍體，雄蜂為單倍體。但是在長期近親交配的蜂群中，因為缺乏雜交，二倍體子代就可能會出現性等位基因之同型合子個體，意即等位基因的基因型相同，而這些受精卵將發育為雄性，亦稱為二倍體雄蜂，一般難以存活，通常孵化後就會被工蜂移除。二倍體雄蜂的產生會導致整面封蓋巢脾出現多個空缺，俗稱花子，空房率大增，嚴重阻礙蜂群繁殖，所以要培育近交系蜂種的難度很高，近親交配必然會導致蜂勢衰弱不利於生產，通常僅作為雜交育種的材料。

雄蜂配子選汰的重要性的原理

利用半合子雄蜂選育蜂種可以縮短育種時程和提高選種效率，其中最重要的原因是雄蜂為單倍體，是蜂王產生的配子發育而成。在一個蜜蜂族群中，雄蜂的基因型多樣性比蜂王和工蜂低，不存在顯隱性等位基因，因為每個基因座皆為半合子，其表型相當於所有基因座皆為同型合子。在異型合子蜂王和工蜂未能表現的隱性等位基因，在半合子雄蜂則可以表現，而雄蜂表現的所有基因都會

受到選汰壓力考驗，這導致「蜂王一雄蜂」支系族群相較於「蜂王一蜂王」支系族群之選汰發生的速率提高 33%，因為在二倍體蜂王和工蜂異型合子個體中，即使擁有選汰目標的隱性等位基因也由於無法表現而不具有適應性優勢，使得符合選汰目標的等位基因頻率必須增加，進而減緩選汰速率。此外，在一個蜜蜂族群中，相對於子代工蜂，育種目標性狀有較高機率出現在子代雄蜂，依據遺傳平衡定律，如果此族群中的一個育種目標之隱性等位基因頻率為 q ，則此等位基因出現在同型合子子代工蜂的頻率為 q^2 ，然而這個隱性基因出現在半合子子代雄蜂的頻率為 q 。例如：蜜蜂族群中存有 10% ($q = 0.1$) 的目標隱性等位基因，10% 的子代雄蜂會表現這個性狀，但僅有 1% ($q^2 = 0.01$) 的子代工蜂會表現這個性狀，因此利用雄蜂選拔育種目標性狀較為有利。

蜂群育種的方法

基於遺傳學理論，近交種選育再行雜交育種為效率最高的方法，但實際上近交系蜂種常因蜂勢太弱無法進行性狀測定分析，難以培育。因此一般蜂群育種的先決條件為建立種群組，選擇性狀表現優良穩定且血緣關係較遠的蜂群集中飼養，集團選育蜂種。種群數量越多，種群組內的性等位基因之基因型多樣性就會較高，可降低產生性等位基因之同型合子的機率，較不易產生二倍體雄蜂。但非自然雜交仍會造成幼蟲存活率持續降低，研究顯示當種群數量為 25 群時，幼蟲存活率降低至 85% 需要 10 個世代；35 群時，需要 20 個世代；50 群時，需要 40 個世代，因此建議閉鎖集團種群數量以 50 群以上為優。

育種的成敗取決於能否完全控制蜂王與雄蜂交配，配種原則是必須將種群組封閉，採用隔離交尾場地或人工授精的方式來實現對種群組的「閉鎖」，蜂王只能與種群組內

的雄蜂交配，不允許種群組以外的蜂群引入種群作為父母群，目的是避免外來基因流入和減少原有基因損失。但臺灣地狹人稠，可以隔離自然婚飛交尾的場地難尋，人工授精技術門檻高不易掌控，一般蜂農不容易實現真正的閉鎖選育，因此建議改以大量培育種用雄蜂的方式，製造蜂王婚飛時目標父群之空中雄蜂數量優勢，增加交尾成功率，提升選種效率。培育種用雄蜂須先製作雄蜂巢脾，預先將雄蜂巢礎片置於強群造脾，完成後可存放於冰箱備用。在培育種用雄蜂時，將空雄蜂巢脾插入父群，將蜂王以隔王板限制其活動範圍強迫在雄蜂巢脾上產卵，雄蜂出房前須將種群內的雄蜂抓除，並割除非父群之雄蜂房。雄蜂數量與處女王比例須高於 50 : 1，若處女王數量低於 30 隻則雄蜂數量須加倍，原則上雄蜂越多越好。

閉鎖集團選育一般用於蜂群保種工作，種群內的所有蜂群必須兼作為父母群，以完整保存種群組之基因庫。但用於蜂群育種工作時，例如建立特殊品系或穩定特殊性狀，建議以頂交方式配種，也就是在種群組內選定一育種目標蜂群，用其培育大量種用雄蜂作為父群，使之與種群組內所有處女王隨機自然交尾。但需要注意單隻蜂王所產之子代雄蜂只能作一次頂交父群，不宜重複，以避免回交產生同型合子。而且閉鎖種群數量必須達 50 群以上，否則容易有基因損失。一般蜂農在無法實現閉鎖選育的情況下，建議父群選定 5 群以上。

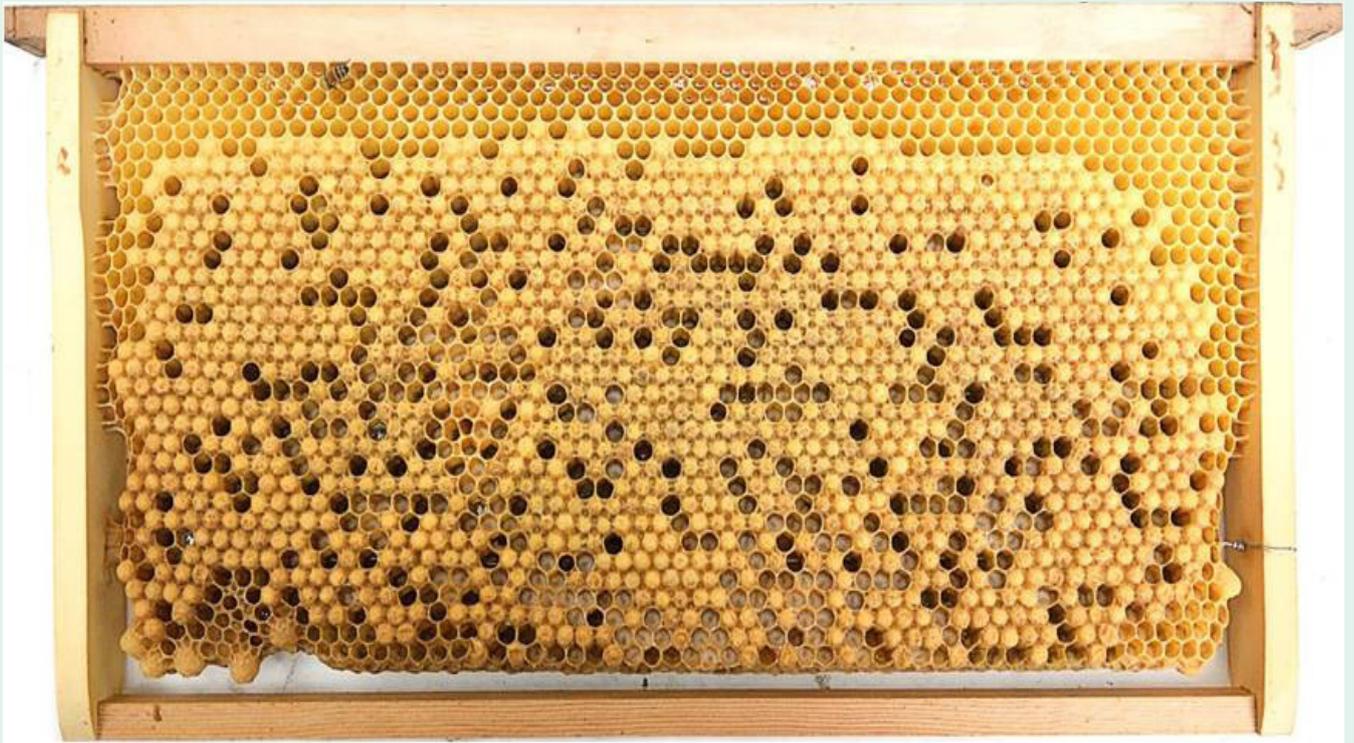
結論

臺灣目前無專業育王場執行蜂種選育工作，頻繁的引種、換種和遷徙等操作可能造成無法控制的近交或雜交發生，導致蜂種弱化或性狀混雜。建議蜂農在進行人工育王時應注意以下事項：

- 一、發現巢脾出現異常花子又非因病蟲害發生，應檢討是否有累代近親交配的可能。

二、種用雄蜂比蜂王更重要，優秀性狀之蜂群應作為育種父本，性狀較容易被純化而可穩定表現。

三、盡量建立超過 50 群以上的種群組，在春季或秋季有計畫性的大量培育種用雄蜂進行換王，父群選擇優秀性狀之蜂群 5 群以上。



圖一、封蓋的種用雄蜂巢脾。

遺傳學專有名詞解釋

- 配子 (gamete)：生物行有性生殖時透過減數分裂產生的單倍體細胞，分為雄配子和雌配子，也就是精細胞或卵細胞。
- 合子 (zygote)：生物行有性生殖時由可交配的兩性配子結合形成的二倍體細胞，也就是受精卵。
- 單倍體 (haploid)：細胞內僅有 1 組染色體，也稱為單套 (n)。
- 二倍體 (diploid)：細胞內有 2 組染色體，其型態和結構完全相同，也稱為雙套 ($2n$)。
- 同源染色體 (homologous chromosomes)：細胞中型態和結構完全相同的染色體。
- 基因座 (locus)：基因在染色體上的位置。一個基因座可以是一個基因、一部分的基因或具有調控作用的 DNA 序列。
- 等位基因 (allele)：在同源染色體中位於同一個基因座中的基因，也稱為對偶基因。等位基因可能有多種基因型，各種基因型之組合可以控制其基因座的表型。
- 異型合子 (heterozygous)：描述同源染色體中的一個基因座之等位基因，其基因型不同。
- 同型合子 (homozygous)：描述同源染色體中的一個基因座之等位基因，其基因型相同。
- 半合子 (hemizygous)：描述同源染色體中的一個基因座之等位基因的其中一個基因型。