

蜜蜂的營養需求—— 碳水化合物及蛋白質



作者：徐培修（助理研究員） 電話：(037) 222111 # 705

前言

植物的花是蜜蜂獲取營養的主要來源，花蜜提供碳水化合物，而花粉則提供蛋白質、脂質及其他微量營養素，兩者重要性大不相同。蜜蜂是社會性昆蟲，群體內具有高度專業化分工的現象，個體無法長時間獨自生存，群體與個體之間的營養狀況會互相影響並具有關係密切的交互作用，因此本文將從三個層級探討蜜蜂的營養需求：群體、成蜂及幼蟲。整體來說，巢內花粉存量不足將使成蜂無法哺育幼蟲，或阻礙幼蟲生長發育，導致下個世代的成蜂體型變小或數量減少，進而影響之後的群體發展。其次，成蜂與幼蟲之間互動頻繁，成蜂與成蜂之間常有交哺行為，這些個體與個體之間的行為使得整個蜂群的營養狀況維持在相同的水準。交哺行為描述的是一隻成蜂以口對口方式，將食物傳給另一隻成蜂，這個行為的目的之一是為了儲存或採集食物所作的分工，而更重要的是讓蜂群有一個「共同的胃」，使得所有個體都能了解群體的營養狀況。最後，成蜂和幼蟲皆高度依賴巢內存糧才得以生存，所以成蜂會依據巢內碳水化合物和蛋白質的供需狀況，調整覓食或育幼的策略。本文將針對碳水化合物和蛋白質對工蜂成蟲和幼蟲的營養需求進行探討。

碳水化合物

一、群體需求

蜜蜂在自然界中可取得的碳水化合物（統稱為醣類）主要來源是花蜜或露蜜，由外勤蜂從植物上採集後運送回巢，最終以蜂蜜的型態儲存在封蓋巢房中。花蜜轉變為蜂蜜是一個

漸進的過程，從被外勤蜂取食的當下即啟動一系列化學變化，釀蜜的過程含水量會慢慢降低至 16 ~ 20%，同時多種酵素參與碳水化合物的代謝，包括蔗糖水解酶、澱粉水解酶和葡萄糖氧化酶等，讓醣類組成趨於一致且適合蜜蜂食用，平均來說臺灣生產的蜂蜜中約含有 40% 果糖、35% 葡萄糖及少量雙糖和三糖，不過各種蜜源植物的蜂蜜仍有些許差異。

蜂蜜能長期保存於巢內，為蜂群度過食物缺乏的季節所必須，尤其是越冬時需要消耗大量存蜜，研究指出冬季不育幼的蜂群取食蜂蜜量為 0.42 公斤 / 週，若冬季仍須繁蜂則能源成本提高 2 倍，育幼的蜂群取食蜂蜜量為 0.84 公斤 / 週。蜂蜜在巢內的存量可以說沒有上限，工蜂會竭盡所能不斷地採蜜，不夠空間儲放時則再擴建巢房，因此環境蜜源充足的情況下，可以利用多層繼箱的方式以一個蜂群採集大量蜂蜜。蜂蜜的年產量變化很大，取決於氣候、蜂勢及養蜂操作模式，依據農業統計年報我國近十年來平均年產量為 84 公斤 / 箱，但各年產量介於 18 ~ 145 公斤 / 箱，非常不穩定。

二、成蜂需求

碳水化合物是蜜蜂能量的來源，成蜂對於巢內存蜜的依賴度非常高，無法長期不取食醣類，因為成蜂體內沒有儲存大量碳水化合物、蛋白質或脂質，牠們體內的肝糖存量僅有 0.05 ~ 0.47 毫克 / 隻，因此在蜂隻數量高的蜂群，僧多粥少的狀況下常難以應付突如其來的寒流，若未加強餵飼糖水，成蜂容易大量餓死導致蜂群迅速崩解。除了基本消耗以外，碳水化合物主要用於飛行前的能量補充，外勤蜂藉由直接取食存蜜或透過交哺行為獲得糖分。

一隻成蜂每天必須攝取 4 毫克可消化的醣類才能生存，因此在養蜂管理操作時須適時補充餵飼糖水，研究指出餵飼蔗糖溶液效果最好，壽命可達 56.3 天；高果糖玉米糖漿次之，37.7 天；蜂蜜最差，僅 31.3 天，目前仍尚未釐清造成差異之原因，但應注意餵飼時應以蔗糖配置糖水為宜，且過期蜂蜜不應餵回蜂群。有些醣類對蜜蜂具毒性，目前已知包括甘露糖、半乳糖、阿拉伯糖、木糖、蜜二糖、棉子糖、水蘇糖及乳糖，部分植物的花蜜或花粉中確實含有大量這些醣類，目前已知的是某些椴樹科 (Tiliaceae) 及山茶科 (Theaceae) 植物的花蜜對蜜蜂有毒，臺灣發生花蜜中毒情形主要出現在採收茶花粉的時期，若大量進蜜則常有爛子及死蜂現象，應將蜜搖出並餵飼糖水稀釋巢內存蜜，實驗證明以 50% 的蔗糖溶液將有毒的醣類稀釋至 4% 以下時可有效降低毒性。

另一種對蜜蜂有毒的物質是羥甲基糠醛 (Hydroxymethylfurfural, HMF)，主要由果糖脫水形成，這是蜂蜜經過熱處理或長時間儲存的產物。研究指出以含 150ppm 羥甲基糠醛的糖溶液餵食蜜蜂在 20 天內死亡率為 58.7%，而含 30ppm 的溶液對蜜蜂而言是安全的，死亡率落在正常範圍僅為 15.0%。根據調查，市面上販售的高果糖玉米糖漿中羥甲基糠醛含量介於 3.1 ~ 28.7ppm 之間，然而在 40°C 下儲存 69 天則可達 250ppm，餵食蜜蜂將顯著減少其壽命，因此若選購高果糖玉米糖漿作為補充糖水，蜂群攝入過量羥甲基糠醛的風險較高。

三、幼蟲需求

內勤蜂會定期檢查並在必要時餵食幼蟲，提供充足的食物。幼蟲在三日齡前食物中的含糖量為 18%，到五日齡後食物中的含糖量則增加為 45%。一隻幼蟲的發育過程平均會接受內勤蜂餵食 59.4 毫克的碳水化合物，若將育幼所需的能量成本都納入考量，例如梳理或調節體溫，實際上要養育一隻幼蟲的碳水化合物需求應更高。因此在採蜜後沒有補充餵飼糖水的情

況，或冬季蜜源缺乏存糧不足時，皆會影響春季幼蟲繁殖的數量。

蛋白質

一、群體需求

蜜蜂在自然界中唯一可取得的蛋白質來源是花粉，蜂群平均花粉採集量為 10 ~ 26 公斤 / 年，而花粉需求量为 13.4 ~ 17.8 公斤 / 年。與蜂蜜不同的是，不管任何時期，都只有少量的花粉被儲存在巢內，而且在缺粉期儲量會迅速減少。蜜蜂在巢內將花粉與反芻的花蜜、蜂蜜及腺體分泌物混合製成蜂糧儲存於巢房；有別於新鮮花粉，蜂糧的還原糖及乳酸含量較高，酸鹼值及澱粉含量較低，且對蜜蜂的營養價值較高。蜂糧中花粉的變化源於微生物的發酵作用，目前已知蜜蜂腸道中的乳桿菌屬 (*Lactobacillus*) 及雙歧桿菌屬 (*Bifidobacterium*) 等乳酸菌可能直接參與發酵過程，產生維生素來提升蜂糧的營養價值。

不同粉源植物的花粉蛋白質含量差異很大，根據調查介於 2.5 ~ 61% 之間。蛋白質由胺基酸組成，研究已證實有 10 種必需胺基酸是蜜蜂無法合成，只能從食物中獲取，其中白胺酸、異白胺酸及纈氨酸的需求量最高，若食物中缺乏某種必需氨基酸就會阻礙蜂群發展。因此不同粉源植物的花粉對蜜蜂的營養價值不同，目前已知桉屬 (*Eucalyptus*) 植物的花粉缺乏異白胺酸，蘆薈花粉缺乏色胺酸，向日葵花粉缺乏甲硫胺酸及色胺酸，長期且單一取食這些粉源植物就可能影響蜂群育幼、壽命或其他生理狀況。

蜂群在缺粉期若持續育哺育幼蟲，會優先用完儲存的蜂糧，接著開始消耗自體儲備的能量，因此僅能持續很短的時間。外界持續沒有粉源的情況下，蜂群會依據花粉供應量和幼蟲蛋白質需求比率作出取捨，產生「同類相食」的行為，牠們會把部分幼蟲吃掉，從而獲得用於餵養其他幼蟲的蛋白質。由於投資在小幼蟲

的哺育成本尚低，內勤蜂會優先殘食小幼蟲，而大幼蟲則得以存活，但若長時間缺乏粉源，蜂群最終將不再繁殖育幼。

二、成蟲需求

蛋白質佔成蜂乾體重的 66 ~ 74%，是生物體中的必要組成成分。一隻成蜂的平均花粉消耗量為 3.4 ~ 4.3 毫克 / 日，以內勤蜂時期取食最多。攝取的蛋白質在蜜蜂體內主要儲存於血淋巴中（無脊椎動物血腔內流動的血樣液體），初羽化成蜂體內血淋巴中蛋白質的濃度為 11.4 ~ 27.6 微克 / 微升，相對於大部分動物，蜜蜂體內的蛋白質存量較高，這就是牠們僅靠碳水化合物就能生存數個月的原因。然而攝取蛋白質有所謂「黃金時期」，幼年成蜂尚有部分生理機能未臻成熟，在此階段必須依靠蛋白質才得以發育完成。首先，取食花粉對於下咽喉腺發育是必要的，而且蛋白質攝取量與下咽喉腺發育程度呈正相關，下咽喉腺為分泌幼蟲食物的重要腺體，若發育不良會大大影響育幼能力。其次，飛行肌肉發育也必須依靠蛋白質，花粉不足的情況下工蜂的胸節重量會顯著下降，影響飛行能力。由於錯過發育階段即使再獲得蛋白質也無法挽回，因此「斷粉」對蜂群會有嚴重影響，特別是重要的育幼及覓食工作，所以缺粉期務必要加強餵飼人工蜂糧（圖一）。研究證實在粉源充足的環境，成



圖一、蜜蜂取食人工蜂糧。

蜂血淋巴中的蛋白質濃度較高，壽命則明顯延長。臺灣夏季及冬季粉源植物較缺乏，尤其是夏季植物開花量最少，不加強餵飼的情況下蜂勢會減少得很快，這就是因為成蜂的壽命顯著縮短所致。

卵黃蛋白原 (Vitellogenin, VG) 是蜜蜂血淋巴中的含量最高的蛋白，也是許多其他蛋白的前驅物，研究證實這種蛋白的功用為促進內勤蜂轉變為外勤蜂、延長成蜂壽命及協助蜂群越冬，如何補充或誘導蜜蜂產生卵黃蛋白原是未來研究的重要課題。

三、幼蟲需求

哺育一隻幼蟲需要 25 ~ 37.5 毫克的蛋白質或 125 ~ 187.5 毫克的花粉。直接餵給幼蟲的花粉量很少，大部分蛋白質來源是由內勤蜂加工後的食物，如蜂王漿或工蜂漿。幼蟲食物與花粉相比，蛋白質組成差異很大，僅有 5% 的蛋白質是相同的，內勤蜂取食花粉後在下咽喉腺透過多種酵素將花粉中的蛋白質轉化為高營養的幼蟲食物。幼蟲期的營養不良會導致成蟲弱化，包括壽命變短、體重降低、體內蛋白質含量降低、畸形、畸翅及體型變小等。

結論

碳水化合物和蛋白質對於蜜蜂來說是最重要的兩項營養素，碳水化合物就像米飯，每天都必須吃否則無法生存，蛋白質就像肉，對於生長發育會有不可逆的影響。由於沒有所謂「完美的」食物，因此蜂群飼養需要注意提供多樣化的蜜粉源環境，農業生態系中常出現大面積集約化單一作物，長期飼養在這樣的環境對蜂群會造成無形的傷害，所以缺蜜粉期或在授粉用的蜂群必須特別注意加強餵飼糖水及人工蜂糧。