

# 螞蟻的費洛蒙信息交流

周延鑫

前中研院動物所所長

[chow8398@yahoo.com.tw](mailto:chow8398@yahoo.com.tw)

## 前言

螞蟻是動物裏面最有名的社會性昆蟲，其具有完整的不同社會階級。但是，在如此龐大的個體數量所組成的群落之內，單一的個體之間又是如何去溝通？而族群之長：蟻后又是如何去管理族群？等等的問題，大多都在螞蟻中所使用的費洛蒙被發現後而獲得解答。雖然在螞蟻族群內，費洛蒙並不是唯一的溝通機制，但是其仍然佔有舉足輕重的角色。而本報告的主要著眼點，就是對於螞蟻間常用的費洛蒙（亦即化學信息）的簡述。

## 追蹤費洛蒙（Trail pheromone）

追蹤費洛蒙是螞蟻最為人所熟知的信息傳遞方式。螞蟻由腹部末端分泌追蹤費洛蒙，並且在適當的時候，將其腹部末端輕觸地面，從而在地面留下費洛蒙氣味的路徑，使自己或其他個體能夠沿著追蹤費洛蒙的氣味，以達到某些特定目的。例如在螞蟻 *Daceton armigerum* 其為 farnesene 和 pyrrole，而在 *Myrmica* 則為 3-ethyl-2,5-dimethyl pyrazine。而所謂適當的時機，則可能是尋找到食物來源，欲返回巢內帶領更多個體前往取食；或者發現更適當的移動路線或棲所之類需要確定方向的情況下。但是，由於費洛蒙是揮發性物質，因此，當某處有大量食物來源，且很多個體前往，此時追蹤費洛蒙的氣味會非常強烈，使得當個體在氣味路徑的分岔口（決定點）時，選擇前往追蹤氣味較濃方向的機會相對較大。這種選擇方式及螞蟻的食物運送方式，一般認為是在多次試驗後發現，可達到目標的最有效率的方式。而此類決策過程也被廣泛利用在建立一些我們人類決策模式上面，稱為 ACO（Ant Colony Optimization），甚至是人工智慧的演算模式。

另外，在 2005 年的自然雜誌（Nature）上面，也出現了很有趣的研究結果。英國的研究團隊發現，螞蟻除了會放出“來這裡”的追蹤費洛蒙外，還會放出“禁止進入”的費洛蒙信息，但是目前並未有進一步說明這種信息的產生與作用機制。

## 警戒費洛蒙 ( Alarm pheromone )

警戒費洛蒙顧名思義就是在警戒時所釋放出來的費洛蒙，在切葉蟻時其為 4-methyl-3-heptanone。這種費洛蒙由受到威脅的個體釋放，而接收到的個體，雖然沒有感受到攻擊，仍然會受刺激而釋放出更多的警戒費洛蒙，而引起大規模的警戒反應。這種連鎖的警戒反應，也解釋了為什麼在騷擾蟻巢的時候，我們會受到成群叮咬的現象。單一個體的警戒反應，也明顯會受到警戒費洛蒙的誘導而觸發。例如工蟻 ( worker ) 在遭受危難的時候，會將腹錘高舉 ( gaster ) 向上準備攻擊的行為，稱為 gaster-flgging。而其他警戒費洛蒙的化學結構與來源器官尚未完全明確，但一般認為大顎腺是可能的來源之一。

## 蟻后辨識費洛蒙 ( Queen recognition pheromone )

在一個蟻群內，可能會具有一個或多個蟻后，但是不論是何者，蟻后都只是少數。這些少數個體卻負責了整個蟻群的生殖能力，因此其他工蟻個體必須透過某種方式，來辨識這些生殖個體，蟻后辨識費洛蒙便扮演了這個角色。這種物質最早發現，是因為一個裝有蟻后的瓶子被打開後，吸引了工蟻聚集，因而推測有某種物質發散到周遭空氣內所導致。蟻后辨識費洛蒙大量存在於蟻后的腹部內，即使蟻后已經死亡，體內費洛蒙的含量仍能夠維持近八個月的發散。這種費洛蒙，由群聚費洛蒙 ( aggregate pheromone ) 以及一些其他化學物質組合而成，其中包括了一種叫做 *invictolides* 的內酯 ( lactones )。而一般認為，蟻后辨識費洛蒙是由蟻后的毒液器官所製造，再由螫針散發，且氣味會因個體不同而相異。由於這種費洛蒙的功用在於辨識；因此，若將這種費洛蒙塗抹在關係遠，甚至是不同種的螞蟻身上，仍能夠提供暫時的保護，使被塗抹的個體能夠存活在被塗抹用費洛蒙的來源的蟻巢內，維持相當長一段時間。

## 化學物質與產卵及幼體照護行為的關係

在成熟的螞蟻群落中，蟻后通常並不需要使用到螫針進行防禦，但是蟻后的螫針仍有存在的必要性。當蟻后產卵後，會將螫針輕劃過卵，以留下毒液。留下的毒液含有抗生性的物質，對卵具有一定程度的保護作用。另外，毒液內也會具有一些化學信息，能夠促使工蟻將卵帶走，並放置成堆以供照料。幼蟲也具有他們自己吸引的化學物質，在飢餓的時候能夠吸引工蟻前來餵食；在脫皮時則能夠吸引工蟻前來協助。

另外，推測有某些吸引物質存在於幼體的表皮中，因為不論如何，將由某群體的幼蟲體表粹取出的物質，塗抹在一些小物體上，像是小石塊之類的，則這個群體的工蟻就會將這些小物體當成幼蟲般搬回巢內。如果塗抹在其他巢的幼蟲身上，也會造成相同的效果。

## 火蟻多蟻后型 (Polygyne) 和單蟻后型 (Monogyne) 族群的化學信息

火蟻的族群分為單蟻后型 (Monogyne) 和多蟻后型 (Polygyne)。所謂單蟻后型，就是一個族群內只有一個生殖型蟻后；而多蟻后型就是具有多個生殖型蟻后。一般來說，單蟻后族群的個體攻擊性較高，族群量較小，而多蟻后族群則相反。

不論是何種類型的火蟻蟻后，在交尾過後，會由毒腺分泌抑制費洛蒙 (inhibitory pheromone)，來避免同一巢內的處女蟻后脫翅以及產卵，這也是一種抑制巢內成員相互競爭的機制。

在不同巢的個體之間，相互辨別的要素比先前預期的還要複雜。目前已知道這些重要的辨別因子之一，就是存在於外骨骼表面的碳氫化合物 (hydrocarbons)。除了在不同種類的蟻群之間，表皮碳氫化合物的種類會不同外，在同種的不同族群之間，主要辨別的依據，則是在化合物的量與比例上的差別。

另外一個有趣的發現，在實驗室所做的偏好性實驗當中，工蟻對於來自自己蟻巢內的土壤的偏好性大於來自其他蟻巢的土壤。可能辨別的化學信息，也相同的會混雜在蟻巢的土壤內。而且，在實驗室內養出的工蟻，較從野外採集回來的，生長在自然環境下的工蟻，缺乏辨別物質的能力。

在單蟻后族群中，由於某些情況下，會使得單蟻后族群內，短暫具有一個以上的生殖性蟻后。此時，族群內的工蟻就會根據生產力相關的物質，去認可蟻后，並且將生產力較低的蟻后處死，即使那些工蟻是由被處死的蟻后所生。

在多蟻后族群中，某些蟻后可能對於工蟻有較大的吸引力，而使得每一個蟻后 (多蟻后族群具有一隻以上的蟻后) 都開始產生一些抑制性的費洛蒙，用以抑制其他蟻后的產卵，造成每個蟻后的產卵率都遠小於未被抑制前的產卵率。而這種抑制效果，會隨著一個多蟻后族群中蟻后的數量而增強。

多蟻后族群與單蟻后族群另外還有一個很大的不同點，對於多蟻后族群來說，工蟻對於其他群體的工蟻有非常大的容忍力，不論這個新個體是來自於單蟻后族群或多蟻后族群，都能夠收容在多蟻后族群的巢內；但是單蟻后族群中，工蟻就無法容忍任何其他巢的個體進入巢內，他們會攻擊任何入侵者，不論其是來自何種族群形式以及何種階級。

## 一些其他的信息傳遞

蟻群內的死亡個體，會因為分解作用，散發出屍體移除的物質 (necrophoric substance)，刺激工蟻將同伴的屍體丟棄到巢外的垃圾堆，而垃圾堆便具有這種物質強烈

的氣味，引誘工蟻將垃圾丟到垃圾堆去。

對於杜佛氏腺（Dufour's gland）的研究則發現，杜佛氏腺的產物有數種功能：刺激幼蟲的堆積、召集同伴到食物來源、引起一些警戒的反應、或是刺激族群遷徙到一個新的地點等等。

很少人知道螞蟻也能夠用聲音來做信息傳遞，一般相信是由於螞蟻聲音的頻率較高，因此不容易被人們發現。在火蟻，最近發現火蟻在某些情況下會發出聲音，但是進一步的研究結果尚未正式發表。某些切葉蟻，在腹部與腰部間具有摩擦器官，能夠藉由這個部位的摩擦，產生震動，而達到聚集同伴的效果。沙漠地帶的長腳家蟻，則能夠發出一個尖銳的摩擦聲，去刺激同伴對於傳統的氣味信息或身體碰觸做出更快的行為反應。

總之，螞蟻在世界上所佔有的生物量，遠大於人類所佔有的，也遠比人類早生活在地球上。而人類這麼多年的研究，卻仍然無法深入瞭解螞蟻的族群秘密，僅僅對於螞蟻間的化學語言，有一些淺薄的認識。更別提要把眼光放大到整個螞蟻族群，甚至地球上的生物圈了。而且我們有太多的作法，都在模仿這些在地球上生活的“先進”，舉個例子來說，人類為了國家防禦，建立了一套通報機制，即當我們受到外界侵擾的時候，我們要通報大家知道。其實，在螞蟻的族群中，這套機制早就已經建立了，而且遠比人類利用的有效率。例如我們可以看到，當一個國家遭受侵略的時候，最快的防禦速度，了不起也需要半個小時作準備；但是在螞蟻的國度中，如果你去侵擾蟻群，數秒內你就可以觀察到，攻擊抵禦的個體往騷動的來源集中，保護牠們的蟻后以及幼體的群體，往蟻巢深處移動，這種工作效率仍是我們現在無法達到的。當然螞蟻的行動並不止於此，其在群體中的工作模式，也是在我們研究以後才被了解的。不過，在我認為，螞蟻社會裏最值得我們人類學習的智慧，就是群體內的和諧。雖然一個螞蟻族群內，個體可以多達數十萬隻，但是牠們在分工上很明確，個體間也不會有相互爭鬥的情形發生，牠們都能夠為了共同的利益——族群存活而努力，而這種社會和協秩序才是我們人類最需要學習的地方。