

費洛蒙 溝通的氣味

鳥類及蜜蜂都經由化學訊號彼此溝通，人類也是，不過我們常常忽略它。

撰文／布隆 (Deborah Blum)

翻譯／林慧珍

麥克林托克 (Martha McClintock) 的科學生涯始於年經時的突發奇想，她回憶當時是個荒謬的場合。1968年夏天，她就讀美國衛斯理學院時，參加了緬因州傑克遜實驗室舉辦的研討會。一群共進午餐的研究人員正在談論小鼠排卵週期似乎會同步化的現象，20歲的麥克林托克坐在附近，突然冒出一句話，大意是：「嗯，你不知道嗎？女生也會這樣。」

她現在輕鬆地坐在芝加哥大學設備精良的實驗室裡，半開玩笑說：「我不記得實際上是怎麼講的，但是每個人都轉過頭來瞪著我。」不難想像，多年前受到冷淡以對的

她，有著同樣直率的眼光、友善的面孔及膨鬆的頭髮。那群一起吃午餐的研究人員只是覺得她搞不清楚自己在講什麼。

麥克林托克勇敢向參加研討會的研究生提出這個問題，他們打賭她沒辦法找到數據來支持這個主張。她回到衛斯理學院和指導教授桑普森 (Patricia Sampson) 討論。桑普森說：賭賭看，做個研究來證明。

三年後，進入研究所的麥克林托克在《自然》發表了一篇題目為〈經期同步化及抑制〉的論文，說明一整學年觀察大約135名衛斯理住宿生得到的效應，相當令人驚豔。在這段期間，大家的月經週期開始移動，尤其是長時間相處在一

起時，經期變得更同步化，月經開始與結束時間的重疊現象更明顯。

現在，人類月經週期同步化的概念一般稱為「麥克林托克效應」。這種神秘同步化現象的原因，可能是女性之間的化學訊息。這個概念持續支持著她的研究及聲譽，並驅動一個蓬勃發展的研究領域：麥克林托克認為人類與許多其他生物一樣，會以化學訊息彼此聯絡。

要分離出特定化學訊號物質，並像昆蟲學家對許多昆蟲費洛蒙的研究一樣，精準找出它們對人類身體及心理的影響，並不如預期的容易。但在麥克林托克發現月經同步化現象後的40年，科學家找出許多化學訊號對人類各種行為的影響。藉由偵測他人默默分泌的化學物質，我們不但能讓生殖週期同步，還可以辨認親人、感應到他人的壓力並回應他們的情緒（例如恐懼或悲傷，或「今晚不要，親愛的。」）隨著研究人員更了解這種人類互動的網絡，將有助於打破人類與大自然間武斷的界線。

重點提要

- 證據顯示，人類在不知不覺中交換化學訊號，達到使婦女的月經週期同步、辨識親緣關係、及傳遞壓力或恐懼等情緒的目的。
- 這種訊號可能類似許多動物的費洛蒙，包括哺乳動物。
- 研究人員正在分離人類分泌的化合物，並試圖找出它們對於生理及心理的作用。



動物個體溝通的化學

人們對動物會使用無形化學訊號的懷疑，由來已久且歷史輝煌，至少可溯及對其他物種的研究。古希臘人就熱烈討論過發情母狗可能產生神秘的分泌物，讓公狗陷入狂亂。達爾文認為在幾種有味道的物種中，化學訊號是擇偶過程的一部份。19世紀後期，偉大的法國博物學家法布爾（Jean-

Henri Fabre）也努力想證明，化學警訊能讓有翅膀的昆蟲毅然起飛。

儘管如此，直到1959年，科學上才獲得證據。那年諾貝爾化學獎得主布特南特（Adolf Butenandt）分離並分析雌蠶蛾釋放的一種能夠吸引雄蛾的化合物。布特南特解剖雌蠶蛾，大費周章從微小的分泌腺體中萃取出這種化學分子，收集到足以形成結晶的量，藉由X射線來分析分子結構。

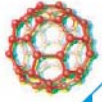
他把這種化合物命名為「家蠶醇」（bombykol）。

這是第一個為人所知的費洛蒙（pheromone），不過這個詞當時並不存在，而是不久之後，布特南特的同事，德國生物化學家卡森（Peter Karlson）與瑞士昆蟲學家陸思徹（Martin Lüscher），用希臘字pherein（運輸）和horman（刺激）創造的新名詞，他們把費洛蒙定義為能在同物種的個體間傳遞化學訊息的小分子。這種化合物必須能在很小的劑量、低於氣味知覺閾值下就很有效果；當某個個體釋放費洛蒙並由其他個體接收時，便能產生明顯的效果，「例如特定的反應、明確的行為或某種發育過程。」

從那時起，費洛蒙成為動物交換的化學訊息分子中最著名且最完整的類別，也在其他許多昆蟲上發現，例如樹皮甲蟲、白菜尺蠖蛾、白蟻、切葉蟻、蚜蟲及蜜蜂。根據美國國家科學院在2003年的報告，昆蟲學家「現在已經解開1600多種昆蟲費洛蒙的溝通密碼。」費洛蒙不但能吸引異性，還能發佈報警、辨識血親、改變心

情、調整關係。

1980年代後期，科學家發現許多非昆蟲物種也會利用費洛蒙，包括龍蝦、魚類、藻類、酵母菌、纖毛蟲、細菌等。這種新興的化學溝通科學有了比較正式的名稱「訊號化學」（semiochemistry）。訊號化學持續發展，科學家也將研究範圍擴大到哺乳動物，然後幾乎都立刻遭受來自同儕的阻力。



印第安納大學費洛蒙研究所所長諾沃特尼 (Milos Novotny) 回憶：「在1970及1980年代，如果你提到『哺乳動物費洛蒙』，人們會馬上反駁你說：『沒有這回事兒！哺乳動物跟昆蟲不一樣，牠們演化得太複雜，因此對費洛蒙這類東西不會有自發性的反應。』」

但到了1980年代中期，諾沃特尼不僅找出能夠控制公小鼠之間侵略行為的費洛蒙，還合成了它。這類化合物也證實存在於大鼠、倉鼠、兔子及松鼠，隨著名單越來越長，科學家發現，顯然哺乳動物的費洛蒙就算與昆蟲的不一樣，也非常類似。已故的俄勒岡健康與科學大學生物化學家拉斯穆森 (L. E. L. Rasmussen) 令人驚歎的研究結果，就是個例子。她在1996年證實，雌亞洲象所分泌的性費洛蒙，其化學性質與100多種飛蛾用來吸引異性的費洛蒙相同。

1971年麥克林托克在她對經期同步化的先驅研究中提出類似想法，當時她寫著：「也許，至少有一種雌性費洛蒙會影響其他女性的經期時間。」

氣味的風景

現年63歲的麥克林托克坐在一間充滿陽光的小房間，她穿著淺色花紋襯衫，外面罩著花呢外套。房間被文件櫃、電腦、一排排塞上瓶塞的試管及氣味棒所佔據，每一根都

帶著某種淡淡的、略帶甜味的化學香氣，還有一名黑髮的研究生克恩 (David Kern, 他說：「其他研究生要想進這個房間，得先跨過我的屍體。」) 麥克林托克的實驗室位在芝加哥大學的心智與生物學研究所，她是創始所長。她正在思考一個問題：從40年前的那天以來，訊號化學到底進展到了什麼地步？她說，人類以化學溝通是確證的事實，「我們的目標是著手找出這種化學成份，然後更深入了解它們所扮演的角色。」

這項任務一點也不簡單，人體的氣味據估計來自大約120種化合物，這些化合物大部份位於汗腺所產生富含水份的液體中，或由位於毛囊富含油脂通道中的頂泌腺 (apocrine gland, 也稱為 scent gland) 分泌。

這是一幅複雜的氣味風景，在我們使用了研究人員所謂的「外源性化合物」，如肥皂、除臭劑及香水時，會變得更複雜，一如費城莫耐爾化學感官中心的朗德史卓 (Johan Lundström) 指出。不過朗德史卓對於我們大腦如何釐清化學物質之間的這種糾結，也感到相當驚訝。從他實驗室完成的神經影像研究顯示，人類對於已知人體化學訊號的反應速度，比對環境中所發現的類似化學分子還快20%。他表示：「在聞到某種體味當下，大腦總是能夠知道。」

這種能力從嬰兒階段就存在，許多對人類的研究顯示，母親與嬰兒能敏銳辨別彼此的氣味。這種對氣味的感知非常精確，嬰兒甚至偏好 (且只限於) 母親穿過、沾過汗水的衣服。有趣的是，吃母乳的嬰兒這種辨識能力又比吃配方奶的嬰兒更準確。

朗德史卓表示：「我們依然在找有作用的化學物質，以及沒有影響力的化合物。我認為我們還沒有處理到某一種化合物，而是一些可能在不同時間有重大影響的化合物。」他表示，費洛蒙會影響許多行為，但不一定能完全控制行為。他說：「如果我們拿這些跟社交行為相比，它們的重要性可能比不上人類一些比較直接的溝通方式。」但是他補充，在人類演化過程中，這種能力有助於的生存，讓彼此更緊密契合。

美國萊斯大學心理學家陳小紅 (Xiaohong Denise Chen) 也認為，這種化學警覺性對演化有好處。她在看恐怖片的觀眾的腋窩放置紗布，收集他們在害怕時冒出的汗水，稍後把這些紗布墊拿給志願者聞。為了加以比較，她還收集了喜劇電影或中性影片 (如紀錄片) 觀眾的汗水。

她早期的一項實驗發現，參與者可以分辨汗水來源者當時是害怕還是快樂，成功的機會比巧合還高，尤其是害怕時產生的汗水。她的後續研究結果顯示，「恐懼汗水」似乎能強化警覺反應，讓參與者更容易在別人的臉上看到害怕。聞到這種恐懼汗水甚至能提高認知能力：在有暗示危險字眼的文字關聯測試中，聞過恐懼汗水的婦女表現優於聞中性氣味的婦女。陳小紅解釋



關於作者

布隆是1992年普立茲獎得主，《囚犯手冊：紐約爵士時代的兇殺案與法醫學的誕生》(The Poisoner's Handbook: Murder and the Birth of Forensic Medicine in Jazz Age New York) 是她最近的書。她最早是因為看到身為昆蟲學家的父親從螞蟻身上抽取費洛蒙，而認識這種化學物質。

說：「如果你聞到恐懼的氣味，你能更快辨識出令人害怕的字眼。」

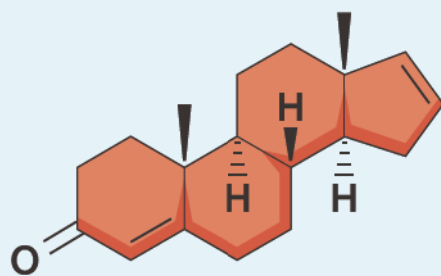
在一項即將發表的研究中，她與中國科學院的周雯比較了相處時間較長及較短的夫妻的反應。結果顯示，夫妻相處的時間越長，越能解讀出對方汗水裡的訊息是害怕還是快樂，陳小紅表示：「我希望人們能從這結果明白，嗅覺對於了解自己是很重要的。」

越來越多證據顯示，無意識的氣味感知會影響人類的許多行為，包括認知及性行為。今年1月，以色列魏茲曼科學學院心理學家索貝爾（Noam Sobel）帶領的團隊指出，男性聞過女性因情緒落下的眼淚，比起聞了生理食鹽水，更容易突然覺得「性」趣索然。索貝爾發現了男人對這個化學訊號的直接生理反應：睪固酮濃度呈現微小但測量得到的下降。這個訊號可能是演化來暗示不適生育，例如月經。更廣泛的說，這個發現可能有助於解釋人類特有的哭泣行為。

找尋關鍵的化學物質

現在的主要目標是要找出暗中傳達訊號的關鍵化學物質，並深入了解人體如何偵測這些訊號及做出反應。莫奈爾化學感官中心的化學家普瑞提（George Preti）已經擬定研究計畫，包括分析汗水及腺體的分泌物，並研究人們聞了這些化學物質後激素濃度的變化，以追蹤這些傳遞訊號的物質。朗德史卓也同意：「我們還沒找出帶有這種訊息的確切訊號。如果我們要為這研究找到堅實的基礎，那就是接下來必須做的事情。」

麥克林托克也認為這是優先工作，近年來，她致力深入了解雄甾二烯酮（androstadienone）這種類固醇化合物，它是效力很強的化學訊號。她



雄甾二烯酮是一種類固醇，它是人類費洛蒙的候選者之一，已證明能影響認知、壓力激素及情緒反應。

認為，這種小分子的效力強到足以符合人類費洛蒙的條件：小分子、可做為同種間的化學訊號，並能影響生理和行為。多年來，許多實驗室，包括麥克林托克及朗德史卓的，都發現這種特定化合物對認知具有可量測的影響，且可以改變皮質醇這類壓力激素的濃度，並引起情緒反應。

在最近的一項研究中，麥克林托克與芝加哥大學的賈可布（Suma Jacob）探討了雄甾二烯酮對情緒的影響。他們將微量雄甾二烯酮混入丙二醇溶劑，用丁香油掩蓋氣味。實驗組聞含有這種化合物的溶液，對照組聞只有普通溶劑的紗布。受試者被要求聞含有其中一種溶液的紗布，並被告知參與的是嗅覺研究，接下來受試者必須填寫冗長的問卷。

總體而言，聞雄甾二烯酮的受試者，在整個15~20分鐘的測試過程中能保持愉悅。後續的研究重複相同過程，但增加了腦部造影。神經影像顯示，聞過化學訊號物質的人，大腦中與注意力、情緒及視覺處理相關的區域比較活躍。麥克林托克認為，這是典型的費洛蒙效應，跟她幾十年前猜測的一樣。

即便如此，她與其他研究人員仍繼續認真討論「推想的」費洛蒙。人類非常複雜，任何特定化學物質與行為

變化之間的因果關係，都很難精確證明。事實上還沒有人可以肯定的說，哪種或哪些化學物質就是引起麥克林托克當初發現的月經週期同步化現象的原因。甚至這現象本身就有些難以捉摸：許多後續研究證實確有其事，但也有些研究出現矛盾的結果，這個現象還沒有受到科學界的普遍接受。

學界討論的重點在於究竟是什麼被同步化了，也許是排卵的時間、也許是週期的長度。以色列巴伊蘭大學的魏勒父子（Leonard & Aron Weller）回顧了從1990年代到目前有關的數據，發現同步化的現象有時會發生，有時不會。老魏勒指出：「即使它存在，也絕對不是無所不在。」

麥克林托克仍保持她在大學時代的自信，卻也同意這效應比她最初所想的還要複雜。但她認為，批評者往往忽略了更重要的一點：在她發表這項研究後，證明人類之間有化學溝通的證據持續且穩定增加。想當然爾，我們的化學訊息與人類其他的溝通方式一樣複雜。 SA

林慧珍是台灣大學動物科技研究所碩士，以及美國紐約大學新聞研究所科學、衛生與環境報導碩士。

延伸閱讀

Menstrual Synchrony and Suppression. Martha McClintock in *Nature*, Vol. 229, pages 244–245; January 22, 1971.

Pheromones and Animal Behavior: Communication by Smell and Taste. Tristram D. Wyatt. Cambridge University Press, 2003.

Insect Pheromones: Mastering Communication to Control Pests. Margie Patlak et al. National Academy of Sciences, 2009.

Fifty Years of Pheromones. Tristram D. Wyatt in *Nature*, Vol. 457, pages 262–263; January 15, 2009.

Scientific American Online
其他關於國際化學年的內容，請見網頁：
ScientificAmerican.com/oct2011/chemistry