

將科學藝術化，快來看看這些可愛的圖片吧！

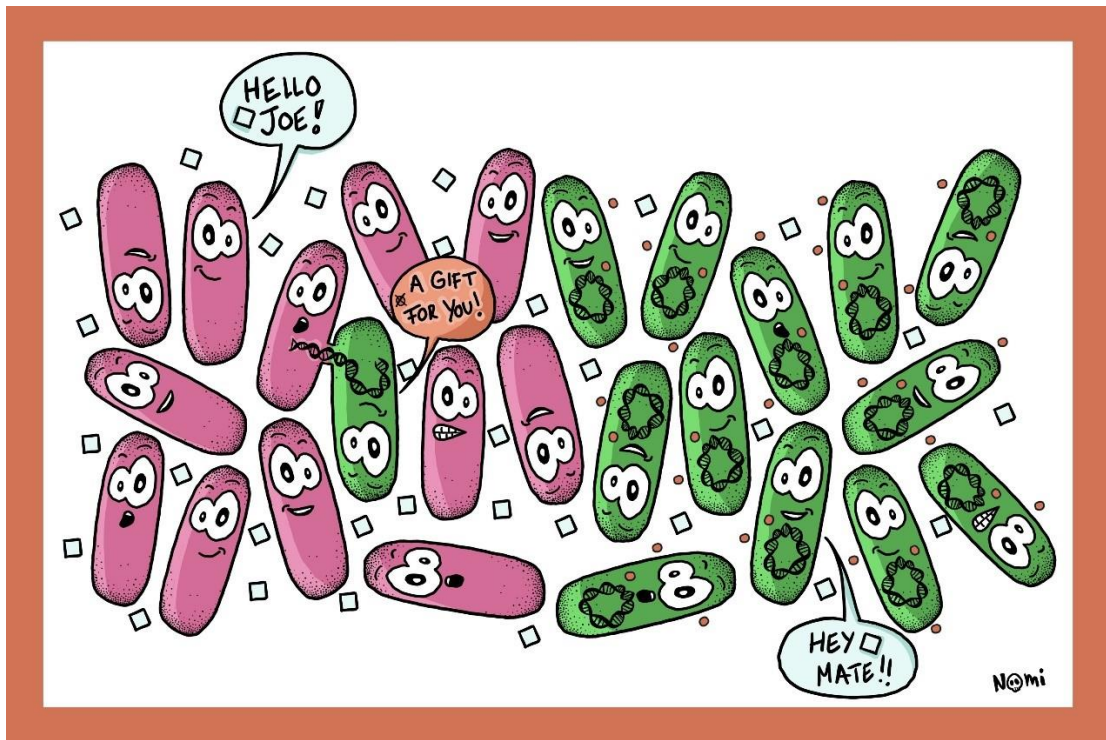


2021 年 1 月，推特（Twitter）上舉辦了一場名為“將你的科學‘藝術化’，科學家如何用藝術來表達他們的工作（Art-ifying Your Science, How Scientist Can and Do Use Art to Communicate Their Work）”的線上會議。有不少科學家用生動的畫筆描繪了那些晦澀難懂的科學機理。

今天，我們特別分享這次活動中與微生物有關的作品，並對相關的科學概念做簡要介紹。同時，也預祝諸位讀者新年快樂！

微生物的群體感應（quorum sensing, QS）是微生物間化學通信的過程，廣泛存在於各種微生物中。這種信號交流機制，依賴於細胞外信號分子的產生、分泌、檢測和響應，用以監測菌群密度、調控菌群生理功能，並且能夠顯示出少量菌體或單個菌體所不具備的特徵¹。

群體感應又被稱為“細胞與細胞的交流”或“自誘導”。參與這一過程的關鍵信號分子，則被稱為自誘導分子。隨著微生物不斷生長，群體密度及自誘導分子濃度到達一定閾值時，就會啟動微生物特定基因的表達，以協調或調控微生物的生物功能。



● 圖片來源：<https://twitter.com/NoemieMatthey/status/1352648932090904576/photo/1>

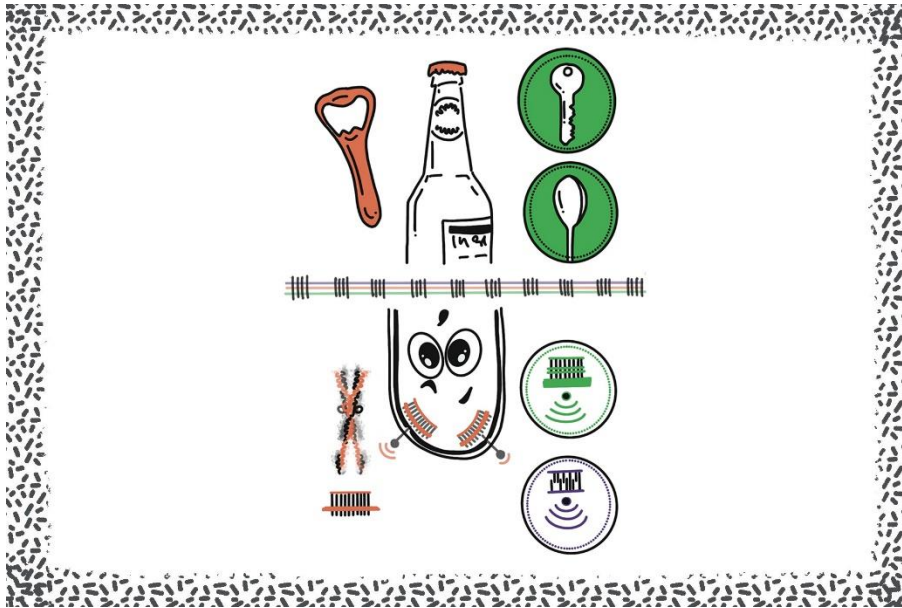
● Noémie Matthey (@NoemieMatthey) 所繪製的這幅圖正是描繪了兩種枯草芽孢桿菌間形成的群體感應。兩種枯草芽孢桿菌通過分泌不同的自誘導分子（圖中用白色方形和橙色小圓點表示），來對自己的群體行為進行調控。

● 此外，作者也在這幅作品中體現了微生物的基因水準轉移（HGT）機制。當兩種枯草芽孢桿菌“相處”的時間長久了之後，感情日益增進，在偶然的一天裡，可能就會有其中一種枯草芽孢桿菌滿懷期待地，送給對方一段 DNA 序列作為禮物，從而實現細菌之間的基因交換，促進細菌進化。

化學感應與協同進化

● 在漫長的進化歷程中，細菌進化出了多種信號轉導機制，來回應外界刺激（輸入），產生不同的反應（輸出）。化學感應（Chemosensory）途徑在細菌中廣泛存在，是最複雜的信號機制之一，需要多種蛋白質的參與。

● 在這一途徑中，細菌外的信號分子與細菌表面的化學感受器結合，以啟動下游的反應²。而這個概念又引發了不少科研人員的奇思妙想……

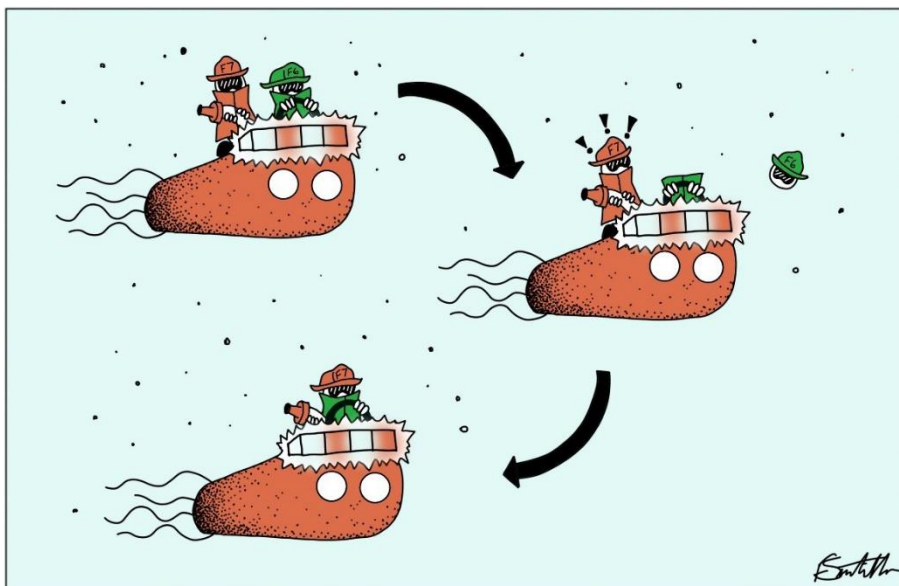


● 圖片來源：https://twitter.com/she_toot/status/1352945682227859457/photo/1

● 在日常生活中，我們會用開瓶器來打開啤酒瓶的蓋子，而在沒有開瓶器的時候，我們則會找一些類似的物件來替代開瓶器，比如鑰匙、勺子等等。

● 由上可知，如果想要啟動細菌的化學感應途徑，就需要一種與化學感受器相匹配的信號分子，那麼，在缺少這種信號分子的情況下，結構相似的信號分子，是否也能起到類似的化學感應作用呢？

● Shraddha Shitut (@she_toot) 創作的這幅畫給了我們答案。她將細菌比作了啤酒瓶，而我們也有多種方式可以啟動細菌的化學感應途徑。



● 圖片來源：<https://twitter.com/fsantoriello/status/1352668711166074881/photo/1>

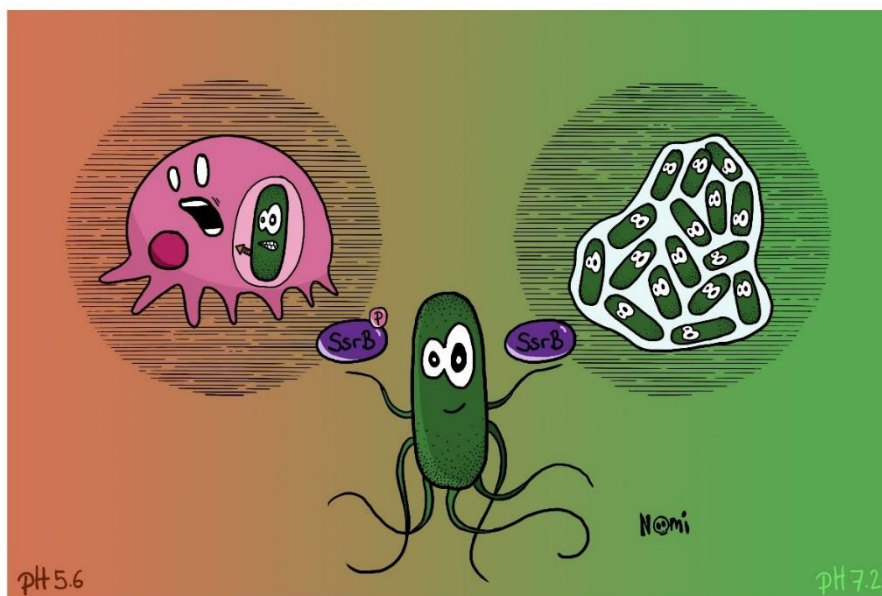
● 2020 年的一項研究對控制大腸桿菌鞭毛運動的化學感應機制進行了探索，發現大腸桿菌細胞記憶體在兩套不同輸入和輸出的化學感應系統（ γ -變形菌門的 F6 系統和

大腸桿菌科的 F7 系統)，而且 F7 系統可以接管 F6 系統的輸入和輸出，最終導致 F6 系統丟失³。

- Frank Santoriello (@fsantoriello) 繪製的這幅圖生動地說明瞭上面這項研究的結果，F6、F7 兩位“駕駛員”的遭遇，不僅體現出大腸桿菌內化學感應系統的變化，也闡明瞭 F7 和 F6 兩套化學感應系統與鞭毛協同進化的過程。

沙門氏菌：遇酸則強

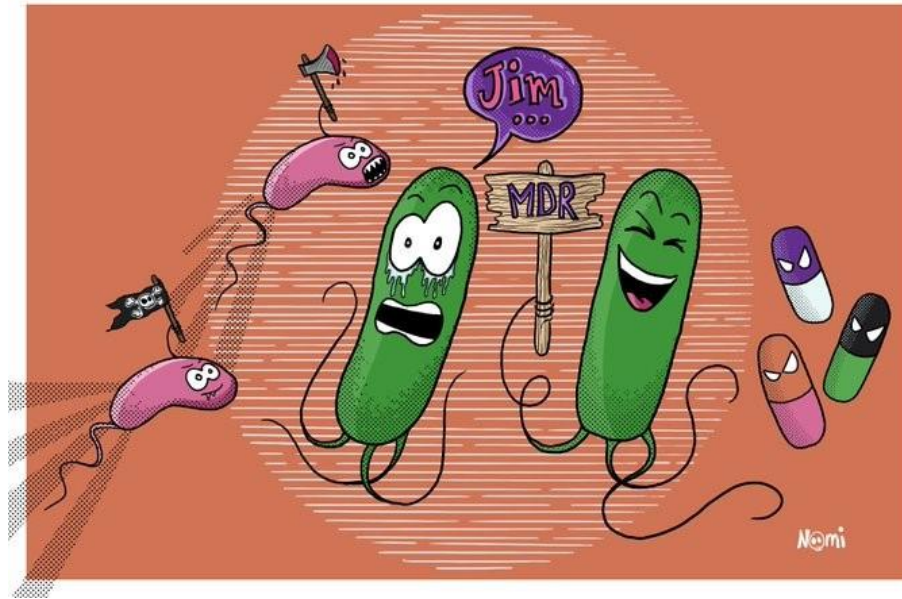
- 沙門氏菌被巨噬細胞吞噬後，會先駐留在巨噬細胞內的酸性囊泡中。這樣的酸性環境可以讓沙門氏菌的細胞質酸化，當酸化至 pH=5.6 時，沙門氏菌中的 SsrB 蛋白會磷酸化、活化，從而與 DNA 進行結合，促進沙門氏菌致病島 SPI-2 (pathogenicity island 2) 基因的表達⁴。
- SPI-2 大量表達，使得沙門氏菌的毒力大增，三下五除二就殺死了吞噬自己的巨噬細胞，這種“遇酸則強”的防禦能力，是沙門氏菌在長時間的進化中演變而來的。
- 相反，當 pH 逐漸升高至中性或鹼性時，SsrB 蛋白就無法大量活化，也無法大量表達 SPI-2，最終只能束手就擒，被機體的免疫系統所消滅。
- Noémie Matthey (@NoemieMatthey) 繪製的這幅圖，為我們很好地解釋了這樣一個繁瑣的機制，也提示我們，鹼性環境更利於殺死沙門氏菌。



-
- 圖片來源：<https://twitter.com/NoemieMatthey/status/1351590991833268227/photo/1>

耐藥菌殺手：蛭弧菌？

- 蛭弧菌（*Bdellovibrio bacteriovorus*）是一種可以寄生於其他細菌（也可無寄主而生存）並能導致其裂解的細菌。蛭弧菌屬於革蘭氏陰性菌，比一般的細菌要小，並具有類似噬菌體的作用⁵。



- 圖片來源：<https://twitter.com/NoemieMatthey/status/1352652553117442048/photo/1>

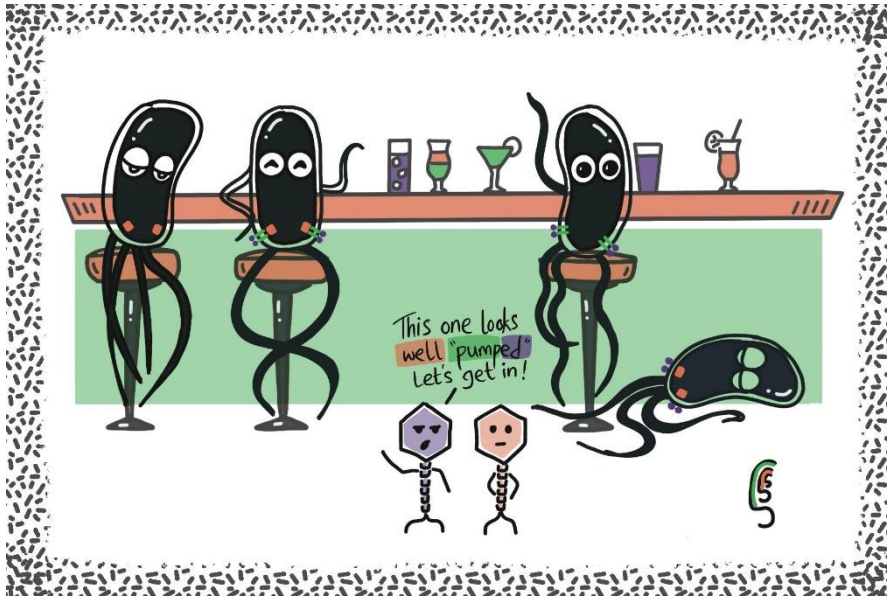
- 近年來，抗生素的大量使用，使得多重耐藥（multi-drug resistant，MDR）菌成為一個棘手的難題。因為蛭弧菌具有類似噬菌體的功能，能夠裂解許多抗生素無法攻克的致病菌，所以近年來許多學者將目光轉向了蛭弧菌。

- Noémie Matthey（@NoemieMatthey）繪製的這幅作品為我們呈現了這類特殊細菌對耐藥菌的殺傷力。

細菌外排泵

- 外排泵（efflux pumps）是細菌將胞內的藥物或毒性物質排出胞外的蛋白轉運系統，在外排過程中，需要進行質子交換或水解 ATP 提供能量。這種外排泵系統也可以將抗生素排出細菌外，是臨床上固有耐藥和獲得性多重耐藥的主要機制⁶。

- 然而“道高一尺，魔高一丈”，有一種名為“ χ -噬菌體”的噬菌體，可以沿著鞭毛絲隨機吸附，然後利用這些外排泵，將它們的遺傳物質注入沙氏門菌的細胞中，從而殺死細菌⁷。

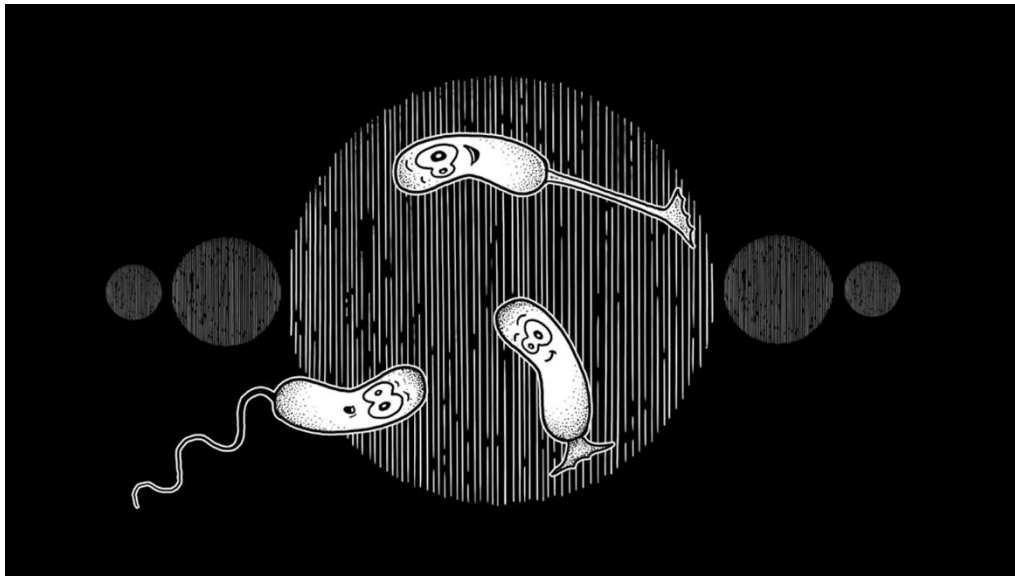


● 圖片來源：https://twitter.com/she_toot/status/1352336342139740161/photo/1

● 在 Shraddha Shitut (@she_toot) 繪製的這幅作品中一位元元倒在地上不勝酒力的沙門氏菌，就成了 χ -噬菌體的獵物，因為它既有鞭毛，又有外排泵，恰恰符合 χ -噬菌體的條件。

新月柄桿菌

- 新月柄桿菌 (*Caulobacter crescentus*) 是一種無毒的單細胞生物，屬於 α -變形菌綱，革蘭氏染色陰性。這種細菌生活在養分很少的水生環境中，如河流、湖泊和海洋。
- 新月柄桿菌最大的特點是，單個細胞可形成兩種不同類型的細胞：當它們需要尋找養分的時候，它們會化成可遊動的細胞，以探索環境、尋找資源；當它們需要產生後代，進行複製分裂的時候，它們會變成一種不可遊動的葉柄狀細胞⁸。
- 這一特點引起了科研人員的興趣，因為新月柄桿菌可以作為一個簡單而又便捷的單細胞模型，來研究細胞分化、非對稱分裂以及它們與細胞週期進程的協調關係。



● 圖片來源：<https://twitter.com/NoemieMatthey/status/1351987160858185730/photo/1>

● 在上面這幅圖中，Noémie Matthey (@NoemieMatthey) 用可愛的筆調，畫出了新月柄桿菌的兩種形態，再搭配上精細的表情，讓觀者對新月柄桿菌過目不忘。

● 參考文獻：

- 1.Mukherjee S and BL Bossier. (2019). Bacterial quorum sensing in complex and dynamically changing environments. *Nature Reviews Microbiology* 17:371-382.
- 2.Matilla M, D Martín-Mora, J Gavira, TJM Krell and mbr MMBR. (2021). *Pseudomonas aeruginosa* as a Model To Study Chemosensory Pathway Signaling. 85.
- 3.Ortega DR, W Yang, P Subramanian, P Mann, A Kjaer, SY Chen, KJ Watts, S Pirbadian, DA Collins, R Kooger, MG Kalyuzhnaya, S Ringgaard, A Briegel and GJ Jensen. (2020). Repurposing a chemosensory macromolecular machine. *Nature Communications* 11.
- 4.Liew ATF, YH Foo, YF Gao, P Zangoui, MK Singh, R Gulvady and LJ Kenney. (2019). Single cell, super-resolution imaging reveals an acid pH-dependent conformational switch in SsrB regulates SPI-2. *Elife* 8.
- 5.蔡俊鵬 and 趙 J 微生物學報. (2006). 蛭弧菌的最新研究進展. 46:1028-1032.
- 6.國外醫藥：抗生素分冊 顧 J. (2020). 外排泵抑制劑研究進展. v.41:3-12.
- 7.Samuel ADT, TP Pitta, WS Ryu, PN Danese, ECW Leung and HC Berg. (1999). Flagellar determinants of bacterial sensitivity to chi-phage. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96:9863-9866.
- 8.Collier JJBebaGrm. (2019). Cell division control in *Caulobacter crescentus*. 1862:685-690.

● 作者 | 趙婧 審校 | 617 (但以理實驗室摘錄取自網路 2021.7)