

蛋殼顏色的秘密

◎技術服務組／張以恆

◎生理組／郭曉芸

◎產業組／劉曉龍 編譯

前言

你見過幾種顏色的雞蛋？是臺灣市面常見的白殼蛋？歐洲市場普遍的棕殼蛋？或是淺褐色的土雞蛋？還是比較少見的青殼雞蛋？雞蛋蛋殼成分約95%以上為碳酸鈣，母雞生蛋需要補充鈣質來形成蛋殼，產蛋雞日糧中鈣含量以3~3.5%為佳，如果日糧中缺鈣就容易生產薄殼蛋或軟殼蛋。母雞的生殖器官可分為卵巢及輸卵管，卵由卵巢排出成為蛋黃，依序通過輸卵管的5個部位才形成了雞蛋，分別是（1）喇叭管接收卵巢排出的卵，（2）膨大部分泌蛋白，（3）狹部形成蛋殼膜，（4）殼腺（子宮部）形成蛋殼及（5）陰道分泌黏液。最後通過陰道產出雞蛋，而殼腺這部分影響了蛋殼的顏色。蛋殼的顏色主要由兩種色素影響，膽綠素（biliverdin）使蛋殼呈現青色，原比咯紫質（protoporphyrin）則使蛋殼呈現紅褐色。

耳垂顏色與基因分析

蛋雞飼養者有種說法，想要知道雞生什麼顏色的蛋，看母雞耳垂就知道了。坊間認為，耳垂顏色較淺的雞下的蛋是白色的，而紅耳垂的雞會下棕色的蛋。當然也有例外，原產於西班牙擁有白色耳垂的潘奈德仙卡雞（Penedesencas），生的是巧克力的蛋，原產於智利的紅耳垂阿拉卡那雞（Araucanas）則生產青殼蛋。母雞耳垂顏色並不完全決定蛋殼的顏色，但大部分時候似乎存在些許關聯。2016年一篇以全基因組關聯分析（genome-wide association studies）進行羅德島紅雞紅白耳垂顏色的研究，或許提供雞耳垂和蛋殼顏色之間存在相關性的一

些證據。全基因組關聯分析是以全基因組範圍的大數據資料，探討與目標表現型相關的候選基因區域，例如透過數據蒐集分析某種疾病可能會發生變異的基因區域，之後便可利用全基因組關聯分析病人檢體，檢測病人是否在該處基因有變異情形。而在這個研究，尋找的是和雞隻耳垂顏色有關的基因區域。

這個研究指出羅德島紅雞的耳垂紅/白顏色是性聯的多基因性狀（polygenic trait）。一般如身高、體重、乳產量及產蛋率等變異是連續的性狀，稱為數量性狀（quantitative trait）。通常數量性狀由多個基因所控制，每個基因對數量性狀均有影響，每一個基因影響的程度相對較小，這些控制數量性狀的基因稱為多基因或微效基因（polygenes），探討個別微效基因的影響及基因位置很困難，在實務上利用統計學方式推估控制某一數量性狀的基因群影響效應及所在位置機率，這群基因稱為數量性狀基因座（quantitative trait loci）。這個研究團隊利用30隻紅耳垂及48隻白耳垂的20週齡羅德島紅雞進行全基因組關聯分析，發現在Z染色體上2.38Mb的基因區域間存在著282個單核苷酸多型性（single nucleotide polymorphism）與耳垂顏色有關，其中包含16個已知基因及7個未定義基因，而這些基因之中，*SLCO4C1*基因產生數量性狀基因座高峯值，推測*SLCO4C1*可能對耳垂顏色生成有其特殊功能。2016年的研究指出，雞耳垂和蛋殼顏色之間，或許確實存在一些關係，而這個顏色關係可能是由於染色體上的兩者顏色決定

相關基因連鎖 (linkage) 或是某個能同時控制耳垂及蛋殼色素的因子造成。根據結果顯示，色素沉積形成耳垂顏色，以及和蛋殼顏色之間的關係，推測可能 *SLCO4C1* 基因在耳垂顏色形成中扮演重要的角色，這個 *SLCO4C1* 基因在雞身上的功能還需要進一步被證實。

SLCO4C1 屬於體內轉運兩性有機化合物的有機陰離子多肽 (Organic anion transporting polypeptide, OATP) 家族的一員，在動物體內負責運輸如膽鹽的物質，而組成分一膽綠素能夠沉積而形成青藍色的蛋殼。2013年曾有研究指出 OATP 家族的 *SLCO1B3* 基因，可能在雞隻體內負責運輸膽綠素而與青色蛋殼的產生有關。研究利用三種會產出青殼蛋的雞種，中國大陸的東鄉雞 (Dongxiang) 與盧氏雞 (Lushi)，以及智利的阿拉卡那雞，分別利用三個品種的青殼蛋及非青殼蛋族群交配後第二代子代進行基因分析。青色蛋殼主要是因膽綠素沉積在殼上而顯色，在基因

層面，則與體染色體顯性遺傳的青殼基因 (oocyan) 表現相關，基因型為顯性 (O/O 或 O/o) 時呈現青色蛋殼，純合子 (O/O) 呈色較雜合子 (O/o) 深 (圖1)。進一步分析青殼基因所在位置，發現這個約 120 kb 的區域其實有 4 個基因，其中只有 *SLCO1B3* 在產青殼蛋的母雞子宮部 (殼腺) 表現，在產棕殼蛋的母雞殼腺則不表現 *SLCO1B3*。研究團隊針對 *SLCO1B3* 基因進行序列分析，發現這個基因的上游區域，有禽類反轉錄病毒 EAV-HP 的插入，使 *SLCO1B3* 轉錄表現增加，進而增強雞隻殼腺處的膽綠素運送，使蛋殼呈現青色。

結語

這些研究提供我們許多證據，了解蛋殼顏色形成的分子機制，或許在不同品種的雞隻上，有不同影響蛋殼顏色的基因或因子，這些基因層次的新解析都幫助我們一步步揭開控制蛋殼顏色的秘密。



圖1. 藍殼和非藍殼東鄉雞之蛋殼顏色及 *SLCO1B3* 基因在子宮部表現性狀。純合子藍殼蛋 *O*LC/O*LC* (圖左)、雜合子藍殼蛋 *O*LC/O*N* (圖中) 及純合子棕殼蛋 *O*N/O*N* (圖右) 的蛋殼顏色

編譯自

1. Nie C, Zhang Z, Zheng J, Sun H, Ning Z, Xu G, Yang N and Qu L. 2016. Genome-wide association study revealed genomic regions related to white/red earlobe color trait in the Rhode Island Red chickens. BMC Genet. 17: 115.
2. Wang Z, Qu L, Yao J, Yang X, Li G, Zhang Y, Li J, Wang X, Bai J, Xu G, Deng X, Yang N and Wu C. 2013. An EAV-HP insertion in 59 flanking region of *SLCO1B3* causes blue eggshell in the chicken. PLoS Genet. 9(1): e1003183.