

蜂類多樣性影響作物產量—以 印尼咖啡園為例

作者：陳本翰（助理研究員）

電話：(037)222111#331

前言

蜂類(Hymenoptera:Apidae)全身滿佈絨毛極易粘附花粉，是有效率的授粉昆蟲。全世界超過三分之二經濟作物如咖啡、可可及杏仁等，須仰賴蜜蜂協助授粉。除了養蜂產業主要飼養的西方蜂(*Apis mellifera*)，野生蜂種同樣也扮演協助作物授粉的重要角色。（但因現代農業慣行管理方式，整地成單一地景，並且大量使用化學合成資材，使得野生草花消失。野生蜂種因棲地減少，缺乏花粉來源，導致生物多樣性降低，影響食物作物的生產。）本文以印尼咖啡田區，自然野蜂影響咖啡著果率的研究，說明蜂類多樣性有助於提高作物生產量。

咖啡栽培品種

咖啡為茜草科咖啡屬常綠灌木，咖啡屬約有125種植物。咖啡適宜種植溫度約為15~24°C，低於0°C時容易受霜害，持續30°C以上的高溫會降低光合作用及樹葉生長，適宜年降雨量約在1,500~2,500公釐間，但如同其他作物，短時間強降雨或長期缺水的環境，咖啡生長會停滯。因咖啡樹容易受到霜害影響，適宜栽種的環境以南、北回歸線之間熱帶地區為宜，越接近赤道越能在高海拔的山地栽種，依品種特性，阿拉比卡適宜種植在海拔400~2500公尺，而羅布斯塔適宜種植在低海拔約300~400公尺。

熱帶國家以種植阿拉比卡種(*Coffea*

arabica)、羅布斯塔種(*C. robusta*)及賴比里卡種(*C. liberica*)等三種為主要商業的品種。其中阿拉比卡種是當今咖啡產業最受歡迎的主要品種，占全球咖啡產銷量的70%，羅布斯塔種約占30%，主要用於即溶咖啡、三合一咖啡或罐裝飲料市場，賴比里卡種因苦味較強，僅在賴比瑞亞、象牙海岸與馬達加斯加等地區栽培，產量較少。臺灣最早引進的為阿拉比卡種，也是目前栽培面積最大的品種。

咖啡花為完全花，有雄蕊5根，雌蕊1根，依品種特性花瓣為5至8瓣，咖啡花期短，約三至四天凋謝。除阿拉比卡種為常異交作物，其他品種大多為異交作物。

蜂類授粉增加咖啡產量

印尼中蘇拉威西島的咖啡園屬於農業與林木混合栽植的管理模式，農林混植係指農作物或牧場周圍種植樹木的土地利用方式，將林木納入農作物或畜產動物生產系統共同管理，具有增加生物多樣性和減少土壤侵蝕的優點。因咖啡超過30°C不利生長，而林木具有遮蔭的功能，混植能保持適合咖啡涼爽通風的栽植環境。

Klein等人(2003)在印尼蘇拉威西島的研究，分別在種植阿拉比卡咖啡與中果咖啡(*C. canephora*)的田區調查昆蟲授粉對咖啡著果率的影響，中果咖啡屬於羅布斯塔種，有自花授粉不親和的特性。研究發現包含昆蟲和風力授粉的開放式授粉組別，有78.1%的著果率，顯著高於風力授粉62.3%的著果率（圖一A），

而開放式授粉與風力授粉組別著果率，均顯著高於自花授粉的試驗組別。另調查阿拉比卡咖啡，開放式授粉有75.2%的著果率，顯著高於風力授粉62.9%的著果率，此外開放式授粉與風力授粉的著果率，均顯著高於自花授粉的試驗組別，與中果咖啡的試驗結果相符，但阿拉比卡咖啡為常異交作物，自花授粉約有47.9-62.4%的著果率（圖一B）。結果顯示昆蟲授粉對異交作物和常異交作物均能有效增加著果率，提高產量。

Klein等人在阿拉比卡咖啡田區調查訪花的野生蜂類，發現有東方蜂(*A. ceranae*)與大蜜蜂(*A. dorsata binghami*)等社會性蜂種，以及無墊蜂屬(*Amegilla* sp)（圖二）與花蘆蜂(*Ceratina* sp)（圖三）等獨居性蜂種共約15種（表一）。Klein等人利用套袋的方式，將各蜂種分別套網在咖啡樹上，並調查咖啡著果率，又在24個田區調查75分鐘內各蜂種的訪花頻率。結果顯示獨居性蜂種訪花後約有87.3%的著果率，比社會性蜂種74.7%高（表一），但社會性蜂種因族群數量優勢，

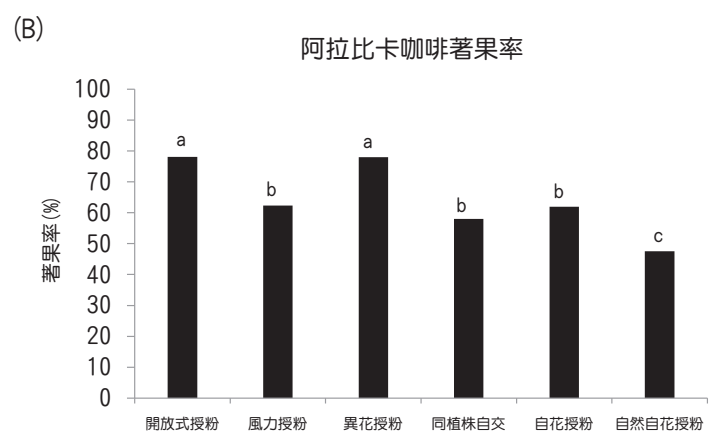
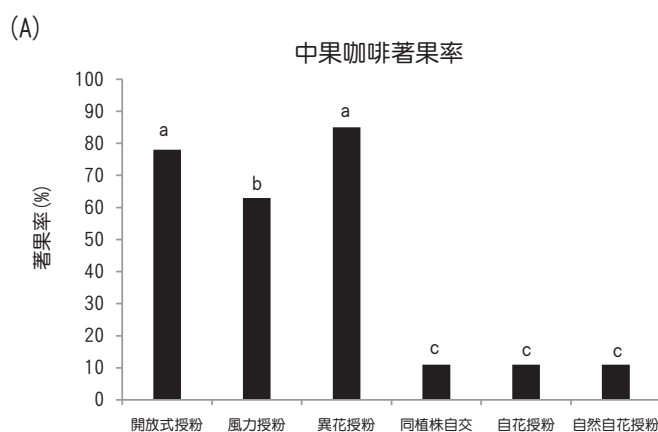
在75分鐘內有1143隻訪花，訪花頻率約為獨居性蜂種557隻的2倍。Klein等人發現，訪花蜂種的豐富度與咖啡著果率呈正相關，在24個田區，25分鐘內咖啡植株訪花蜂種達17-20種時，著果率約達85~90%，比0-4種訪花蜂類著果率增加約35%（表二）。

調查結果顯示出社會性蜂種訪花頻率較高，獨居性蜂種訪花後著果率較高的現象。因此Klein認為，為維持農業生產系統授粉安全性之需求，農民應將保護野生蜂類多樣性，視為生產管理環節一部分，以提升咖啡的生產。

棲地營造維持生物多樣性

臺灣需要昆蟲授粉的農作物如瓜類、百香果、草莓、李、梨與咖啡等多種作物，在田區可維持野生蜂種多樣性的管理方式：

- (1) 棲地營造：田區周圍種植灌木或防風林形成生態綠籬，可提供獨居蜂、寄生蜂或瓢蟲等有益昆蟲棲地，以豐富田區生物多樣性。
- (2) 蜜粉源提供：田區進行雜草管理時，可在田區周圍保留部分野生草花，零星蜜粉源可提供獨居蜂或花虻等訪花昆蟲季節性與空間



資料來源：Klein et al., (2003) Am. J. Bot. 270: p153 - 157.

圖一、比較不同授粉方式對咖啡著果率的影響。(A)中果咖啡，羅布斯塔種。(B)阿拉比卡咖啡。共調查360個樣本，最小顯著差異比較， $P < 0.001$ 。開放式授粉，包含風力和昆蟲授粉；風力授粉，不包含昆蟲授粉；人工異花授粉，人力協助授粉；同植株自交，花粉來自相植株但不同花；自花授粉，花粉來自同一朵花；自然自花授粉，無風力與昆蟲等外力協助授粉，花粉來自同一朵花。



圖二、無墊蜂(*Amegilla* spp.)訪七里香花。(圖/徐培修)

多樣化的蜜粉食物來源。此外果園種植紫雲英、埃及三葉草或苕子等豆科植物進行草生栽培，除可增加地表覆蓋面積，減少土壤侵蝕，亦有增進土壤肥力之效，而紫雲英與苕子等綠肥作物可提供良好蜜粉來源。

(3)減少農藥使用：以綜合蟲害管理策略(Integrated Pest Management, IPM)進行蟲害管理，包含釋放天敵昆蟲、物理防治或使用費

洛蒙誘殺等方式減少害蟲族群數量，降低農藥使用量，減緩目標害蟲產生抗藥性風險，並留意農藥使用時機，在作物開花期停止施用，降低化學農藥對授粉昆蟲的危害。

(4)提供築巢地點：獨居蜂則通常利用現有的環境空間和材料築巢，如花蘆蜂利用植物中空莖桿中造巢，木蜂(圖四)利用中空竹節築巢哺育幼蟲，切葉蜂則利用葉片來分隔



圖三、花蘆蜂(*Ceratina* spp.)訪三葉浦姜花。(圖/徐培修)

表一、阿拉比卡咖啡田區野生蜂類與咖啡著果率與蜂種訪花頻率調查：

訪花蜂類	著果率 (%)	訪花頻率
社會性蜂種		
小蜜蜂 (<i>Apis nigrocinta</i>)	76.5	343
大蜜蜂 (<i>Apis dorsata binghami</i>)	82.1	229
東方蜂 (<i>Apis cerana</i>)	84.6	269
無螫蜂 (<i>Trigona (Lepidotrigona) terminate</i>)	80.0	106
無螫蜂 <i>Trigona</i> sp.3	75.0	23
無螫蜂 <i>Trigona (Heterotrigona) sp.1</i>	66.7	19
無螫蜂 <i>Trigona (Heterotrigona) sp.2</i>	58.3	154
	平均：74.7±3.51	總計：1143
獨居性蜂種		
無墊蜂 (<i>Amegilla</i> sp.)	85.7	57
切葉蜂 (<i>Chalicodoma (Callomegachile) clotho</i>)	60.0	28
花蘆蜂 (<i>Ceratina</i> sp.)	90.0	26
切葉蜂 (<i>Creightonella frontalis</i>)	90.0	101
隧蜂科 (<i>Halictidae gen. sp.</i>)	90.9	146
切葉蜂科孔蜂屬 (<i>Heriades</i> sp.)	92.9	113
木蜂 (<i>Xylocopa (Koptotorsoma) aestuans</i>)	100	33
木蜂 (<i>Xylocopa (Zonohirsuta) dejeanii</i>)	88.9	55
	平均：87.3±4.16	總計：557

資料來源：Klein et. al., (2003) Proc. R. Soc. Lond. B. 270: p. 955-961.

表二、野生蜂種豐富度對阿拉比卡咖啡著果率的影響：

野生蜂種豐富度	著果率 (%)
0-4 種	55-65
5-8 種	65-70
9-12 種	70-80
13-16 種	80-85
17-20 種	85-90

資料來源：Klein et. al., (2003) Am. J. Bot 270: p. 153-157.

巢內空間，在田區周圍保留部分倒塌樹木之樹幹，其天然孔洞可提供獨居蜂築巢地點。

結語

近年來社會大眾對食品安全的消費意識逐漸提升，許多農友選擇有機、友善環境耕作或生態農業的方式栽種作物，因生產過程不使用著果劑及其他化學資材，如何增加著果率是生產過程的重要環節。透過棲地營造，將維持野生蜂種的多樣性當作生產管理的一環，讓自然界野生蜂群回到農業生產體系，提供生態系統授粉服務，作物的著果率因而提高。以友善自然環境栽種方式，營造蜂類多樣性，可幫助農民生產優質的產品。



圖四、蘆荊草作為生態綠籬提供木蜂(*Xylocopa* spp.)蜜源 (圖/吳姿嫻)