

後蜂物質調控蜂群於網室胡瓜授粉之應用

林孟均、盧美君*

行政院農業委員會苗栗區農業改良場

摘 要

網室胡瓜栽培應用意大利蜂授粉具有促進果實品質及減低生產成本的優點，惟授粉蜂群之管理及調控，為栽培成功與否之關鍵因素之一。後蜂物質為國外常用的蜂群穩定物質，普遍應用於授粉蜂群，本試驗擬以網室胡瓜栽培模式，評估設施內授粉蜂群以後蜂物質取代蜂王應用於胡瓜授粉之可行性。調查蜂群的出巢或授粉行為，顯示不論蜂群中含蜂王或後蜂物質，其外勤蜂出勤高峰均落在早上 8~11 時，其中早上 10 時左右每分鐘出勤蜂數介於 7.3~8.0 隻，為當日最高時段。蜂王組於訪花高峰期工蜂，平均每次出勤可訪 5.8~8.2 朵胡瓜花；後蜂物質組單隻工蜂可訪 4.8~8.2 朵花後再歸巢，兩者無顯著差異。於每日 8~11 時紀錄單朵花訪花頻度，蜂王組平均每小時每朵花約有 11~15 隻工蜂造訪；後蜂物質組約有 9~16 隻工蜂造訪，兩處理間無差異。胡瓜果實品質調查顯示，蜂群授粉可降低 38.6% 畸果率，但果重、果長及果幅與人工授粉者無顯著差異。綜合上述結果，後蜂物質組可取代蜂王作為一次性授粉利用之蜂群穩定物質，具有推廣運用之可行性。

關鍵詞：後蜂物質、意大利蜂、授粉

前 言

意大利蜂 (*Apis mellifera* L.) 為蜜蜂科 (Apidae) 蜜蜂屬 (*Apis*) 昆蟲，臺灣自 1911 年引進後，歷經飼育技術的改良，已成為主要的飼育蜂種。根據農委會統計，全臺飼育意大利蜂的總戶數達 860 戶，總飼養箱數達 122,044 箱 (行政

院農業委員會，2016)，在數量優勢下，意大利蜂成了臺灣地區網室瓜果類生產之主要授粉媒介。在意大利蜂輔助作物授粉的相關研究指出，設施栽培大豆以意大利蜂協助授粉，相較於未授粉處理，可增產量達 50.6% (Chiari *et al.*, 2005)；應用於蕓薹屬作物授粉採種，可

*論文聯繫人

e-mail: Lumj@mdais.gov.tw

提高青花菜種子產量達 29.2%、並分別提高大白菜及球莖甘藍作物 12.4~23.5% 的種子產量 (Sushil *et al.*, 2013)，國內研究亦指出設施生產苦瓜果實及種子，以意大利蜂取代人工授粉，不僅可促進果實及種子的品質且可減少 83.75% 成本支出 (林等, 2013)。

蜂群的組成包括蜂王、雄蜂及工蜂蜂群的組織平衡 (homeostasis) 主要受到蜂王大顎腺所分泌的費洛蒙 (pheromones) 混合物所影響 (Engels, 1986; Engels *et al.*, 1997)，又稱為「後蜂物質」(Queen substance)，已知成分包括反式 9-氧化-2-癸烯酸 ((E)-9-oxo-2-decenoic acid, 9-ODA)、反式 9-羥基-2-癸烯酸 ((E)-9-hydroxy-2-decenoic acid, 9-HDA)、對-羥基苯甲酸甲酯 (methyl 4-hydroxybenzoate, HOB) 及 4-羥基-3-甲氧苯乙醇 (4-hydroxy-3-methoxyphenylethanol, HVA) 等 (Slessor *et al.*, 1988)。研究指出後蜂物質能維持蜂勢、避免分蜂並能促使工蜂供應蜂王食物等作用 (Pankiw *et al.*, 1995)。可提高蜂王交尾成功率、於長途運輸穩定蜂群，或施用在作物上促進蜂群授粉等作用 (Schultheis *et al.*, 1994; Maisonnasse *et al.*, 2010; Ellis and Delaplane, 2015)。

設施栽培中的授粉蜂群，在環境限制及食物來源單一的逆境下，常造成蜂王生長勢弱、生產力下降、蜂群組織失衡等問題，為維持蜂群穩定並提高授粉效率，生產者需頻繁地更換蜂群，徒增授粉成本。爰此，本試驗擬以後蜂物質取代蜂王，測試該物質穩定授粉蜂群之效果，以設施胡瓜為參試作物，比較蜂

王與後蜂物質對蜂群授粉行為及授粉效率的差異，藉此探討後蜂物質運用於設施作物生產的可行性。

材料及方法

意大利蜂為本場飼育，後蜂物質則由國立臺灣大學昆蟲學系楊恩誠教授提供，植物材料購自農友種苗股份有限公司。胡瓜種子播種於 128 孔圓孔育苗穴盤，育出 4 片本葉後，於 2015 年 5 月至 7 月間，將穴盤苗定植於授粉網室田土中，每間網室栽培 20 株胡瓜，共 2 間網室。試驗田區以蔗渣有機質肥料 50 kg 及臺肥生技 1 號有機質肥料 (氮 5-磷 2.5-氧化鉀 2.5) 20 kg 為基肥。病蟲害則以有機栽培模式進行管理。意大利蜂放入設施前先進行外勤蜂隔離處理，將蜂群於 7~11 時將蜂箱搬離原位，隔離原有外勤蜂，於 15~18 時進行蜂群重新組群，待剩餘的內勤蜂隨發育至 20 日齡期轉為外勤蜂，始將蜂群放入設施中進行授粉，網室面積 150 平方公尺，放入含有 7,000~7,500 隻工蜂之蜂群，並進行下列試驗：

一、意大利蜂訪花行為調查

以含有蜂王之蜂群 (Queen bee, QB) 為對照組，試驗組以後蜂物質 (Queen substance, QS) 取代蜂王，將兩種試驗處理之蜂群分別放在不同網室中，避免蜂群互相干擾。後蜂物質放入無王蜂群 7 天後，開始進行蜂群授粉行為調查。並以溫濕度記錄器 (HOBO[®] pro v2, HOBO Technology Inc.) 記錄試驗期

間溫濕度變化，作為試驗結果之參考，各項調查期間為每日 8~17 時。

(一) 出巢頻率調查

每小時內意大利蜂出巢隻數，每 7 天調查 1 次，共調查 3 次。

(二) 工蜂訪花朵數

外勤蜂自巢口飛出至飛回巢內，此時間區間內總計訪花朵數，每小時調查 3 隻意大利蜂，每 7 天調查 1 次，共調查 3 次。

(三) 訪花蜂數

統計胡瓜盛開花每小時訪花的意大利蜂隻數，試驗 5 重覆共 50 朵花，每 7 天調查 1 次，共調查 3 次。

二、胡瓜果實性狀調查

自盛花期開始於網室內，採完全逢機設計 (Complete randomized design, CRD) 進行蜂王調控之意大利蜂授粉、人工授粉及無授粉等 3 種處理，其中人工授粉及無授粉處理於蕾期套袋，人工授粉組於試驗期間每日 10~11 時，以毛筆沾取雄花花粉授與雌花柱頭，授粉完後隨即套袋至花期結束，避免意大利蜂重覆授粉。無授粉組則於花期結束再解除套袋。意大利蜂授粉處理，則於始花期之雌花，經意大利蜂授粉後，以吊牌標示。於胡瓜果實成熟期進行調查，每處理調查 15 顆果實，調查項目包括果實外觀、果重、果長、果幅及畸果率等。

三、統計分析

試驗數據以 SAS-EG (Strategic applications system enterprise guide 7.1, SAS Institute Inc.) 統計分析軟體進行變方分析 (ANOVA) 及 Fisher's 最小顯著差

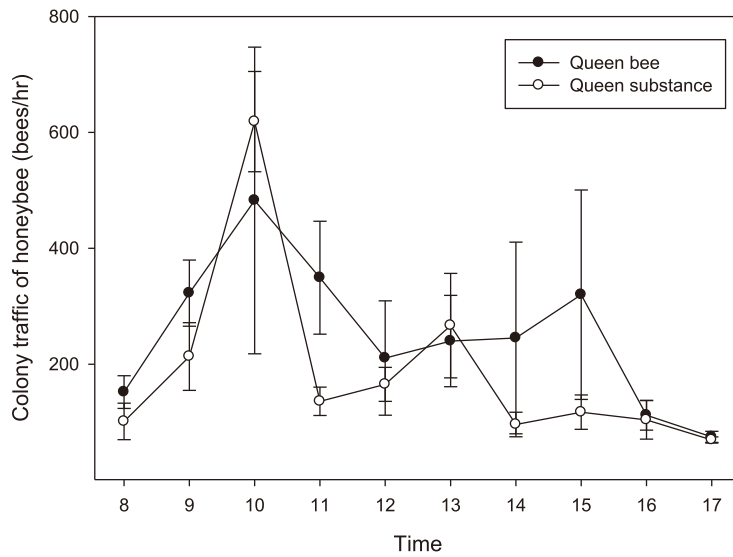
異性 (Least significant difference, LSD) 測驗分析各處理間的差異性，並以 Pearson 積差相關法 (Product-moment correlation) 分析各變數間的相關性， P 值小於 0.05 視為具顯著差異。

結 果

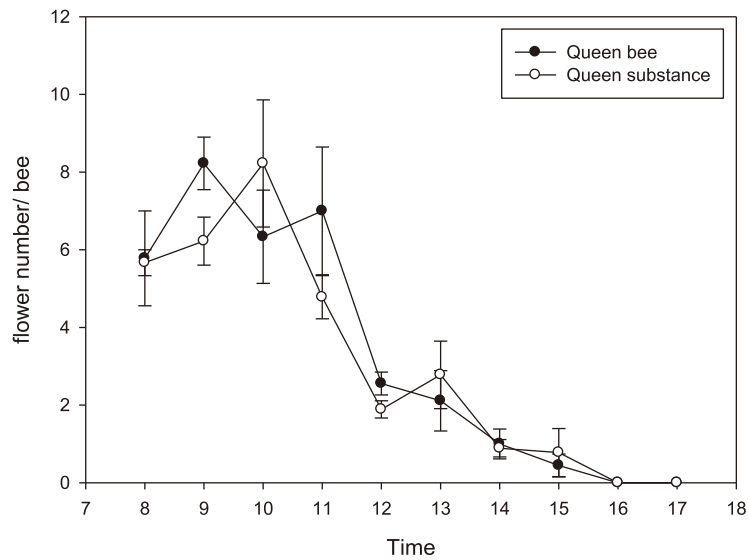
一、後蜂物質對蜂群授粉行為之影響

觀察蜂群行為顯示，具蜂王之蜂群對照組及後蜂物質調控之蜂群處理組，每日出巢高峰均為早上 9~11 時 (圖一)，並於 10 時出巢蜂數最高，其中蜂王組 9~11 時每小時的出巢蜂數介於 322.7~482.7 隻；12~14 時平均每小時出巢蜂數下降至 232.0 隻。後蜂物質處理組 9~11 時高峰期每小時的出巢蜂數介於 136.0~618.7 隻；2~14 時平均出巢蜂數下降至 176.0 隻。此外，兩蜂群處理組皆在 15 時出現次高峰，每分鐘的出巢蜂數介於 117.3~320.0 隻。

觀察意大利蜂的訪胡瓜花行為，採不分雌雄花的逢機訪花模式，會以環繞雄蕊或柱頭的方法，嘗試採集花粉，訪過雄花的工蜂，全身會沾滿胡瓜的花粉，再訪雌花的過程就會不斷地碰觸到柱頭，藉此完成授粉動作。每隻工蜂出巢後訪花數量調查 (圖二)，設施內工蜂自 8~13 時主要進行訪花採集行為，訪花行為的高峰出現在 8~11 時，蜂王組平均每隻工蜂一次出巢可訪 5.8~8.2 朵胡瓜花；後蜂物質組單隻工蜂則平均訪 4.8~8.2 朵花後再歸巢。訪花行為會持續至 15 時，仍有零星訪花行為，平均每次訪花數降至 0.4~0.8 朵。至 16~17 時則



圖一 比較蜂王及後蜂物質處理對工蜂日周出巢蜂數之影響。
 Fig. 1. Comparison the colony traffic of honeybee (worker bee) per hour of day between queen bee and queen substance treatments in plastic house.



圖二 比較蜂王及後蜂物質處理對工蜂日周訪花數之影響。
 Fig. 2. Comparison the foraging activity of honeybee (worker bee) of day between queen bee and queen substance treatments in plastic house.

不再觀察到蜂群有任何訪花活動。下午 14~17 時觀察工蜂出巢主要活動則為飲水及排泄。

調查每小時單朵胡瓜花平均造訪的工蜂數量（圖三），顯示以 8~10 時平均每朵花造訪的蜂數較多，蜂王組每朵花平均造訪蜂數為 11.5~15.5 隻；後蜂物質組的胡瓜花平均造訪蜂數則為 9.1~16.3 隻，兩處理在 12 時之後，訪花的蜂群數均開始急遽下降至每朵花每小時僅 1.6~2.4 隻造訪。根據栽培期間設施之溫濕度紀錄（圖四）與出巢蜂數、單蜂訪花數及單花蜂訪數交互相關性分析（表一及表二），在蜂王組溫度與單花蜂訪數呈現顯著正相關關係（ $r = 0.6865^*$ ），相較後蜂物質組的溫度與單花蜂訪數則呈現較低的關係性（ $r = 0.5941$ ）。此外，後蜂物質組外勤蜂出巢蜂數與訪花蜂數呈現顯著的正相關關係（ $r = 0.6975$ ）。不論是蜂王組（ $r = 0.9234^{***}$ ）或後蜂物質組（ $r = 0.9176^{***}$ ）在單蜂出巢訪花數與每朵花單位時間內訪蜂的數量，均呈現極顯著正相關關係。

二、不同授粉處理對胡瓜品質之影響

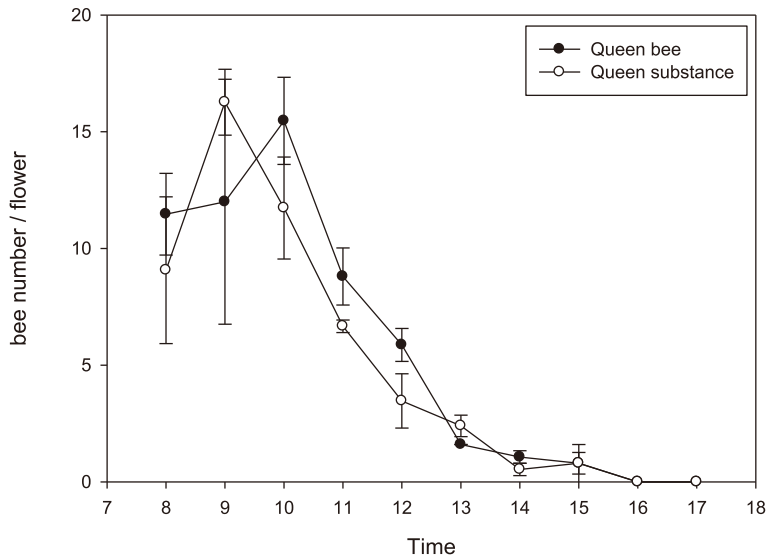
胡瓜生育調查顯示（表三及圖五），蜂王組的平均果重為 136.8 g，果長 23.4 cm，果幅 2.8 cm；後蜂物質組的平均果重為 143.6 g，果長 23.5 cm，果幅 2.9 cm；人工授粉組的平均果重則為 149.8 g，果長 23.2 cm，果幅 2.9 cm，三處理間無顯著性差異。惟畸果率顯示意大利蜂授粉顯著優於人工授粉組，其中套袋未授粉的處理組畸果率為 100%，人

工授粉組的畸果率為 38.6%，蜂王組及後蜂物質組的畸果率則均為 0%。

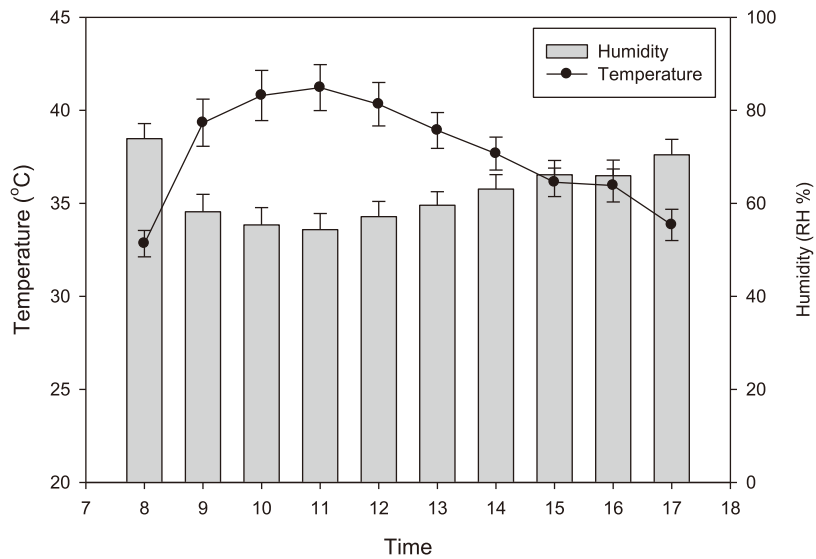
討 論

Abou-shaara (2014) 指出意大利蜂的訪花行為受到多重因子所調控，包含蜂王狀態、蜂群習性、蜂勢及育雛等內在因素，外在因素則包括作物引誘力、日照及巢內溫度等因素，其中外在因素又以溫度的影響關聯性最高。Blazyte-Cereskiene 等 (2010) 進一步指出溫度上升至 43°C 以上，意大利蜂訪花行為會急遽下降。本試驗調查蜂王組及後蜂物質組每日出巢高峰為早上 10 時，平均每分鐘出巢蜂數達 8.0~14.3 隻，觀察出巢後多以訪花採集花粉為主。巢內高溫累積至中午 12 時，出巢蜂數下降至每分鐘 2.8~3.5 隻，可觀察大量工蜂盤據巢口進行搧風散熱。需至下午 15 時平均氣溫降約 36.1°C，才會出現另一波以巡邏、飲水及排泄為主的出巢行為。此行為模式與熊蜂進行設施辣椒授粉的行為模式相似度極高 (Kwon and Saeed, 2003)。惟本試驗設施溫度與出巢蜂數之數值未呈現相關性（ $r = 0.1720\sim 0.2720$ ），推測應與量測的為溫室溫度非為蜂巢內溫度所致。

研究指出每公頃的胡瓜授粉標準釋放量至少需 75,000 隻強健工蜂，每朵胡瓜花在盛花期間至少需要 8~10 隻蜂授粉，可確保其著果率，當每朵花訪蜂數量達 40~50 隻時，可顯著提升果重及種子數 (Schultheis *et al.*, 1994)。本試驗換



圖三 比較蜂王及後蜂物質處理對日周單花訪蜂數之影響。
 Fig. 3. Comparison the number of honeybee (worker bee) per hour of day for visit a cucumber flower between queen bee and queen substance treatments in plastic house



圖四 網室中每日 8~17 時溫濕度變化。
 Fig. 4. The average of hourly temperature and humidity from 8:00 to 17:00 in plastic house.

表一 蜂王組溫度、出巢蜂數、訪花蜂數及單花訪蜂數相關性分析

Table 1. The Pearson product-moment correlation among temperature, bee number of colony traffic, foraging activity, and flower number of bee visited in queen bee treatment

	Temperature	Bee number of colony traffic	Bee number of foraging	Flower number of bee visited
Temperature	1			
The bee number of colony traffic	0.2720 ^z 0.4471 ^y	1		
The bee number for foraging	0.4767 0.1636	0.6182 0.0568	1	
The flower number of bee visited	0.6865 0.0283*	0.5930 0.0708	0.9234 0.0001**	1

^zThe product-moment (Pearson) correlation coefficients.

^yThe correlations were calculated taking into account the phylogenetic relationships (independent contrasts). *and**, significant at 5%and 1% level, respectively.

表二 後蜂物質組溫度、出巢蜂數、訪花蜂數及單花訪蜂數相關性分析

Table 2. The Pearson product-moment correlation among temperature, bee number of colony traffic, foraging activity, and flower number of bee visited in queen substance treatment

	Temperature	Bee number of colony traffic	Bee number of foraging	Flower number of bee visited
Temperature	1			
The bee number of colony traffic	0.1720 ^z 0.6346 ^y	1		
The bee number for foraging	0.4852 0.1551	0.5192 0.1241	1	
The flower number of bee visited	0.5941 0.0701	0.6975 0.0249*	0.9176 0.0002**	1

^z The product-moment (Pearson) correlation coefficients.

^yThe correlations were calculated taking into account the phylogenetic relationships (independent contrasts). *and**, significant at 5%and 1% level, respectively.

表三 比較無授粉、人工授粉及意大利蜂授粉（蜂王組及後蜂物質組）處理對胡瓜果實重量、果長、果幅及畸形率之影響
 Table 3. Comparison fruit weight, fruit width, fruit length, and misshapen fruit rate of cucumber among non-pollination, artificial pollination and honeybee pollination with queen bee and queen substance treatment

Treatment	Weight (g)	Length (cm)	Width (cm)	Misshapen fruit rate (%)
Non-pollination control	0.5 ± 0.1 b ^Z	3.3 ± 0.2 b	0.5 ± 0.0 b	100.0 ± 0.0 a
Artificial pollination	149.8 ± 13.0 a	23.2 ± 1.1 a	2.9 ± 0.1 a	38.6 ± 15.5 b
Honeybee	136.8 ± 5.0 a	23.4 ± 0.3 a	2.8 ± 0.1 a	0.0 ± 0.0 c
Queen bee				
Queen substance	143.6 ± 8.2 a	23.5 ± 0.5 a	2.9 ± 0.1 a	0.0 ± 0.0 c
pollinator				

^Z Mean and standard error (n = 28 ~ 31) within each column followed the different letter are significantly different at P < 0.05 by Fisher's.

算設施中授粉蜂釋放數量約達到 336,000 隻/公頃，遠高於標準數量，逢機調查每日單朵花的訪蜂數，顯示每日 8~11 時，蜂王組每小時每朵花平均有 11~15 隻工蜂造訪；後蜂物質組則有 9~16 隻工蜂造訪，統計 8~17 時每朵花訪蜂數量達 50~57 隻。Amaral 等人 (1963) 調查意大利蜂訪胡瓜花模式，顯示對於雌花及雄花無特殊喜好性，與本試驗觀察意大利蜂逢機訪花的模式相同。此外，調查蜂群訪花採集花粉的高峰期，不論蜂王組及後蜂物質組，外勤蜂的訪花高峰均落在 8~11 時，Thakur及Rana (2008) 調查每日三個時段採集胡瓜花粉的意大利蜂數量，亦顯示蜂群會大量出現在早上時段 (9~10 時)。除了胡瓜之外設施栽培苦瓜，蜂群的訪花高峰亦落在每日的 8~10 時 (林等, 2013)，蓖麻種子授粉生產，採集花粉的工蜂也會密集出現在早上 8~10 時 (Rizzardo *et al.*, 2012)。推測意大利蜂訪花高峰期均在 8~11 時間出現，惟可能隨著作物開花時間的不同，訪花高峰略有偏移的現象。

瓜果類作物的品質與有效授粉期 (Effective pollination period, EPP) 長短相關，會受到開花時間、溫度或化學藥劑所影響 (Sanzol and Herrero, 2001)。過去研究指出，無螫蜂 (*Melipona quadrifasciata*) 的訪花高峰為每日的 8~11 時，但番茄開花高峰時間為 10~15 時，因有效授粉期短，使得種子乾重下降 10.8% (Sarto *et al.*, 2005)。顯示授粉蜂的訪花時間若能與作物開花時間契合，能提高有效授粉期，促進作物的品

質及產量。本試驗胡瓜每日開花時間為早上 8~11 時，與意大利蜂的訪花高峰時間相同，因有效授粉期長，因此畸果率低品質良好。此外，分析蜂王組及後蜂物質組蜂群之單蜂訪花數與每朵花單位時間內訪蜂的數量，均呈現極顯著正相關，推測設施蜂群授粉高峰期，是以提高每隻工蜂單次出巢的訪花數模式，來提高整體授粉效率。

Thakur 及 Rana (2008) 指出，露天栽培胡瓜，若額外施以人工授粉或意大利蜂授粉，相較於天然授粉，可顯著增加 12.9~13.6% 著果率，其中意大利蜂授粉方法因花粉量較為充足，又可降低 12.0~6.1% 的畸果率。本試驗亦得到相近的結果，以隔離設施空間，比較人工及意大利蜂授粉下胡瓜果實品質之差異，其中果重、果長及果幅均與人工授粉無異，惟意大利蜂授粉可降低高達 38.6% 的畸果率，與兩處理間顯著之差距，推測與設施中無其他天然授粉者，可增加人工授粉組柱頭花粉數量有關。

後蜂物質的應用相當廣泛，常見的商業產品如 Bee-Scent[®]、BeeHere[®]及 Fruit Boost[®]等，這些產品主要用於開花期施用在花朵，增加對蜂群的吸引力，進而促進作物的授粉效率，如樹莓 (*Rubus idaeus* L., cv Meeker)、小油菊 (*Guizotia abyssinica* L.)、陸地棉 (*Gossypium hirsutum*) 等作物 (Keshlaf *et al.*, 2013; Sivaram *et al.*, 2013)。但也有例外，噴施在西瓜花朵上，就對蜂群的訪花頻度、著果率及果重無顯著性的影響 (Ellis and Delaplane, 2015)。另一種常見的用法，為無王蜂群的一次性授粉蜂群管理使用 (Currie *et al.*, 1994;

Benedek, 2003), 研究指出後蜂物質 Bee Boost[®]取代蜂王, 用於授粉蜂管理, 可消弭動態蜂群 (Variable bee populations) 育雛造成的混淆效應 (Confounding effects), 且與蜂王管理之蜂群對兔眼藍莓的授粉效益相同 (Dedej and Delaplane, 2003)。本試驗使用後蜂物質放入無王蜂群, 具有穩定蜂群之效果, 與蜂王組之外勤蜂的出巢數量、單蜂訪花數、單花蜂數無顯著差異, 胡瓜的果實品質亦同。因後蜂物質組蜂群的出巢蜂數與訪花蜂數呈現顯著正相關, 推測後蜂物質有助於提高設施內之授粉蜂群應用效率。

誌 謝

本文承行政院農業委員會科技計畫補助 (104農科-14.2.1-苗-M1), 感謝國立臺灣大學昆蟲學系楊恩誠教授提供後蜂物質, 農友種苗公司王志竣先生提供胡瓜品種選擇協助, 試驗期間承蒙本場劉茂榮先生、林岱璇小姐及黃天劭先生協助, 謹此一併誌謝。

引用文獻

- 行政院農業委員會。2016。104 年農業統計年報。
- 林孟均、吳輝虎、盧美君。2013。意大利蜂授粉技術運用於網室苦瓜生產之研究。苗栗區農業改良場研究彙報 3: 43-54。
- Abou-Shaara, H. F.** 2014. The foraging behaviour of honey bees, *Apis mellifera*: a review. Veterinarni Medicina 59: 1-10.
- Amaral, E., J. Mitidieri, and R. Vencousky.** 1963. Studies on the activities of *Apis mellifera* L. while visiting the flowers of *Cucumis sativus* L. Olericultura 3: 181-193.
- Benedek, P.** 2003. Bee pollination of fruit trees: recent advances and research perspectives I. Journal of Agricultural Science 47: 87-94.
- Blazyte-Cereskiene, L., G. Vaitkeviciene, S. Venskutonyte, and V. Buda.** 2010. Honey bee foraging in spring oilseed rape crops under high ambient temperature conditions. Zemdirbyste-Agriculture 97: 61-70.
- Chiari, W. C., V. d. A. A. Toledo, M. C. C. Ruvolo-Takasusuki, A. J. B. d. Oliveira, E. S. Sakaguti, V. M. Attencia, F. M. Costa, and M. H. Mitsui.** 2005. Pollination of soybean (*Glycine max* L. Merrill) by honeybees (*Apis mellifera* L.). Brazilian Archives of Biology and Technology 48: 31-36.
- Currie, R. W., M. L. Winston, and N. K. Slessor.** 1994. The effect of honey bee (*Apis mellifera* L.) synthetic queen mandibular compound on queenless 'Disposable' pollination units. Am. Bee J. 134: 200-202.
- Dedej, S. and Delaplane, K. S.** 2003. Honey bee (Hymenoptera: Apidae) pollination of rabbiteye blueberry

- Vaccinium ashei var. 'Climax' is pollinator density-dependent. *J Econ Entomol* 96, 1215-1220.
- Ellis, A. and K. S. Delaplane.** 2015. An evaluation of Fruit-Boost™ as an aid for honey bee pollination under conditions of competing bloom. *Journal of Apicultural Research* 48, 15-18.
- Engels, W.** 1986. The concept of chemical communication in arthropods as realized in social bee reproduction. *Adv. Invert. Reprod.* 4.
- Engels, W., P. Rosenkranz, A. Adler, T. Taghizadeh, G. LÜBke, and W. Francke.** 1997. Mandibular gland Volatiles and their ontogenetic patterns in queen honey bees, *Apis mellifera* carnica. *Journal of Insect Physiology* 43, 307-313.
- Keshlaf, M., R. Mensah, O. Nicetic, and R. Spooner-Hart.** 2013. Effect of synthetic queen mandibular pheromone on pollination of cotton by honey bees, *Apis mellifera*. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation* 7, 1135-1139.
- Kwon, Y. J. and S. Saeed.** 2003. Effect of temperature on the foraging activity of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) on greenhouse hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Appl. Entomol. Zool.* 38: 275-280.
- Maisonnasse, A., C. Alaux, D. Beslay, D. Crauser, C. Gines, E. Plettner, and Y. L. Conte.** 2010. New insights into honey bee (*Apis mellifera*) pheromone communication. Is the queen mandibular pheromone alone in colony regulation? *Zoology* 7: 1-8.
- Pankiw, T., M. L. Winston, and K. N. Slessor.** 1995. Queen attendance behavior of worker honey bees (*Apis mellifera* L.) that are high and low responding to queen mandibular pheromone. *Insectes Sociaux* 41:371-378.
- Rizzardo, R. A. G., M. O. Milfont, E. M. S. Silva, and B. M. Freitas.** 2012. *Apis mellifera* pollination improves agronomic productivity of anemophilous castor bean (*Ricinus communis*). *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* 84, 1137-1145.
- Sabtos, S. A. B. d., A. C. Roslino, and L. R. Bego.** 2008. Pollination of cucumber, *Cucumis sativus* L. (Cucurbitales: Cucurbitaceae), by the stingless bees *Scaptotrigona aff. depilis* Moure and *Nannotrigona testaceicornis* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in greenhouses. *Neotropical Entomology* 37: 506-512.
- Sanzol, J. and M. Herrero.** 2001. The effective pollination period in fruit trees. *Scientia Horticulturae* 90:1-17.
- Sarto, M. C. L. D., R. C. Peruquetti, and L. A. O. Campos.** 2005. Evaluation of

- the neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes. *J. Econ. Entomol.* 98: 260266.
- Schultheis, J. R., J. T. Ambrose, S. B. Bambara, and W. A. Mangum.** 1994. Selective bee attractants did not improve cucumber and watermelon Yield. *Hortscience* 29: 155-158.
- Sivaram, V., K. V. Jayaramappa, A. Menon, and R. M. Ceballos.** 2013. Use of bee-attractants in increasing crop productivity in Niger (*Guizotia abyssinica*. L). *Braz. Arch. Biol. Technol.* 56: 365-370.
- Slessor, K.N., L.-A. Kaminski, G.G.S. King, J. H. Borden, and M. L. Winston.** 1988. Semiochemical basis of the retinue response to queen honey bees. *Nature* 332: 354-356.
- Sushil, S. N., J. Stanley, N. K. Hedau, and J. C. Bhatt.** 2013. Enhancing seed production of three Brassica vegetables by honey bee pollination in north-western Himalayas of India. *Universal Journal of Agricultural Research* 1: 49-53.
- Thakur, M. and R. S. Rana.** 2008. Studies on the role of insect pollination on cucumber yield. *Pest Technology* 2: 130-133.

Application of queen substance to control the honeybee (*Apis mellifera* L.) for cucumber (*Cucumis sativus* L.) pollination in plastic house

Meng-Jin Lin and Mei-Chun Lu*

Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Miaoli, Taiwan, R. O. C.

ABSTRACT

Improving the quality of fruit and reducing the cost of cultivation are the advantages of honeybee pollination for cucumber production in the plastic house. However, the management and regulation of honeybee pollinator was the critical point for successful production. The queen substance was generally utilize to stabilize the honeybee pollinator in foreign countries. The aim of this study was to evaluate the pollination efficiency of the queen substance (QS) for colony stability instead of queen bee (QB) on cucumber production in the plastic house. The peak of foraging activity was located at 08:00-11:00 in both treatments, which 7.3-8.0 bees per flower was recorded at AM10:00. The number of flowers which foraging visited were 5.8-8.2 and 4.8-8.2 flowers in QB and QS treatment, respectively. One flower was visited by 11-15 and 9-16 bees per hour in QB and QS treatment at AM 08:00-11:00. The fruit weight, length, and width of cucumber showed no difference between artificially and honeybee pollination. However, the misshapen fruit rate was significantly decreased 38.6% upon honeybee pollinator. According to the result, the queen substance has the potential to replace the queen for colony stability as pollination unit in the future.

Keywords: queen substance, honeybee (*Apis mellifera* L.), pollination

*Corresponding author, e-mail: Lumj@mdais.gov.tw