

# 蜜蜂對"豐香"品種草莓授粉效果評估

陳吉同<sup>1\*</sup> 謝豐國<sup>2</sup>

1. 苗栗縣公館鄉 苗栗區農業改良場
2. 臺中市 國立自然科學博物館

(接受日期：中華民國 90 年 9 月 3 日)

## 摘 要

陳吉同、謝豐國 2001 蜜蜂對"豐香"品種草莓授粉效果評估 植保會刊 43 : 117-127

本研究利用網室與單網隔離方法，比較有無蜜蜂授粉對'豐香'品種草莓產量與品質之差異。於 1、2 月試驗期間，網室內放置蜜蜂授粉，可顯著增加產果數；但總產量，僅於 2 月有顯著增加。田間草莓花上造訪之東方蜂 (*Apis cerana*) 數量是西方蜂 (*Apis mellifera*) 的 4.5 倍，顯示苗栗縣大湖地區草莓，主要依賴東方蜂授粉，且授粉活動介於 11 a.m.至 13:30 p.m.之間。經蜜蜂授粉結果之草莓，其瘦果發育率及重量，皆顯著高於隔離蜜蜂授粉者；自 12 月至 1 月調查結果顯示，開放蜜蜂授粉區所生產之特級與一級果實百分率皆高於單網者，平均每天特級與一級果實產量，約為無蜜蜂授粉者之 2 倍。試驗結果亦顯示果實重量與果實上瘦果發育數目呈直線關係 ( $Y = 0.06X + 3.06$ ,  $R^2 = 0.70$ )，但與瘦果發育率則無明顯相關。

(關鍵詞：草莓、蜜蜂、授粉、東方蜂)

## 緒 言

本省草莓栽培面積共 463 公頃，其中苗栗縣佔 375 公頃，主要栽培日系"豐香"品種，該品種為雌雄同花 (hermaphrodite)，可自花授粉。草莓果實是瘦果 (achene) 發育後，圍繞於生長膨大之花托 (receptacle) 上，形成聚合瘦果，而瘦果是真正果肉部份。一般藉由自花授粉或風力授粉而結果

時，瘦果發育率不超過 70%，經由昆蟲授粉則可達 91%<sup>(7)</sup>，而瘦果發育率達 87%時，才能發育為完整果實<sup>(11)</sup>。花托之生長速率亦與瘦果發育數目相關，如於授粉後第 10 天移走瘦果，將減低花托生長<sup>(20)</sup>，形成畸形果，授粉後第 24 天再移走瘦果，則不影響花托進一步生長膨大<sup>(3)</sup>，因此授粉昆蟲對草莓生產十分重要。

蜜蜂 (*Apis* spp.) 是主要的草莓授粉昆

\* 通訊作者。E-mail: mite01@mdais.gov.tw

蟲<sup>(2, 6, 11, 18)</sup>，可顯著增加草莓產量<sup>(4, 9)</sup>，改善瘦果發育率，增加著果率，提高每顆果實重量及降低畸型果比率<sup>(7, 10, 16, 18, 21)</sup>。日本於網室內應用蜜蜂為草莓授粉結果，使草莓產量自1975年至1985年間增加10倍<sup>(13)</sup>。如無蜜蜂授粉，美國草莓產值將減少2成，每年蜜蜂授粉在農業上所得之經濟效益，介於16~57億美金之間<sup>(23)</sup>。本省草莓自10月開花至4月上旬結束，生產期間很少在草莓田間放置蜂群，為了瞭解蜜蜂對草莓“豐香”品種授粉效果，本研究以網室內釋放西方蜂，及在田間以隔離蜜蜂授粉等兩種方式，記錄比較“豐香”草莓有無蜜蜂授粉之影響，並以蜜蜂訪花數、草莓單位產量、果數、品級、瘦果發育率等參數，評估蜜蜂授粉對草莓品質與產量之差異。

## 材料與方法

### 網室內試驗

將試驗田分成6試驗區，每區長寬各6m，以鋸管及12目塑膠網搭建成6座網室，各網室內含長5m寬0.55m之草莓畦共5畦，各畦間隔0.3m。每畦定植2行“豐香”品種草莓，株距0.25m，共有42棵草莓株，因此每試驗區內共有210棵草莓株。草莓苗於10月26日定植後10天，每棵草莓施用約10g之台肥2號複合肥料於土壤中，隔天再用灰色塑膠布蓋於每畦上，草莓株對應處則用美工刀在塑膠布上劃“十”字形孔，再將草莓株拉穿露於塑膠布上。試驗期間，施用兩次42%大克乳劑防止葉發生危害。

當草莓生長至出現花苞時，於12月26日，3座網室內分別移進一箱含有3巢片蜜蜂之西方蜂 (*Apis mellifera* L.) 蜂群，做為蜜蜂授粉試驗組；其它3座網室為無蜜蜂授粉組。試驗期間以代用花粉餅及50%蔗糖水餵飼蜂群。草莓開花期間，在蜜蜂授粉組網室內，標示蜜蜂授粉過之花朵，同時亦在無

蜜蜂授粉組之3個網室內標示花朵，待標示之花朵結果成熟後，採下果實，分別量取果實長寬及稱取重量，以瞭解蜜蜂授粉對草莓果實大小之影響。開花期中，在每一蜜蜂授粉網室內，選取同一畦上相連之10棵植株，自早上8:30開始，每隔2hr計算每分鐘內在小區上訪花之工蜂數量。試驗期間每隔2-3天採取各試驗區內成熟草莓果實，計算果粒數及稱取總重量。

### 日間試驗

在苗栗縣大湖鄉富興村選一約0.5ha之草莓田區，利用12目塑膠防蟲網與竹子，在畦上搭建高1m之網室5座，每座網室內有6棵草莓，做為隔離蜜蜂授粉試驗處理；另外在開放田內標示5小區，每小區亦有6棵草莓，做為開放授粉區。草莓開花前，將10箱含7巢片西方蜂蜂群放置在離試驗區100m內之空地上，做為草莓花授粉蜂源；其中4蜂箱門前鋪蓋塑膠布，且用空心磚隔離圍成1m×1m之面積<sup>(22)</sup>，以方便計算巢門前的死蜂數目。自11月18日起至1月22日止，每隔2天計算蜂箱前死蜂數目後，再自塑膠布上清除死蜂。

自11月18日至1月29日試驗期間，於早上9時至下午3時，每隔2hr在5個開放小區上計算3min內訪花之蜜蜂數目，分別區分記錄西方蜂與東方蜂 (*Apis cerana*) 數量，共計算29天。由於每天見到之訪花蜂數很少，故將29天各時段內之蜂數加總起來，以便瞭解蜜蜂主要訪花時段。於12月2日開始自試驗區採收成熟草莓果實，以後每隔2-3天採一次成熟果實，果實依大湖草莓集貨場需要之大小分成特級 (super)、1級、2級、3級及加工果 (processing) 等5級，所有畸型果不論大小皆列為加工果，記錄各級果之數量及稱取重量。將12月22日、1月3日和1月12日採收之果實，予以分別稱重後再剖開，計算全果種子數目及有發育之種子數目，藉以計算每個草莓果實

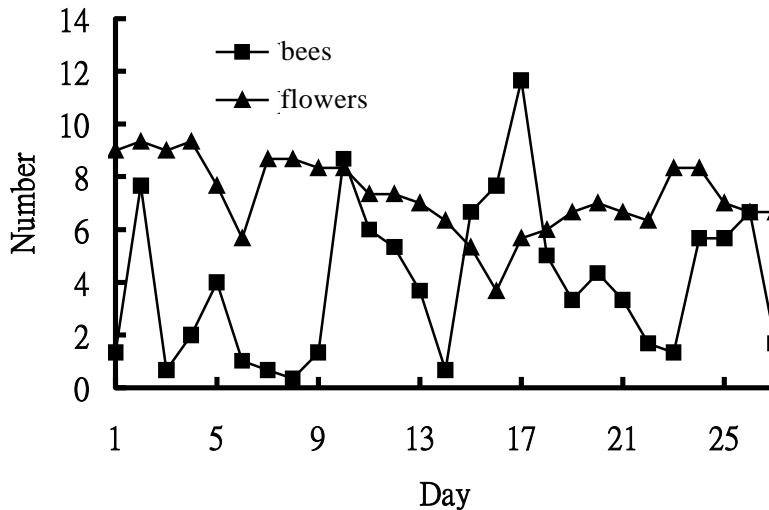
瘦果發育百分率及瞭解果實重量與瘦果發育數目之關係。

## 結 果

### 網室試驗

試驗期間，每天蜜蜂在草莓花上之活動量變化，與草莓花數量之變動無明顯關係（圖一），蜜蜂每天訪花時間集中在 11 a.m.至 1:30 p.m.間，此兩時段出現之訪花

蜂數目，佔調查總數 90%以上（表一）。本試驗於 1 月份共採果 11 天，2 月份採果 9 天。在 1 月份期間，網室內放置蜜蜂，並無顯著增加每一天採果平均總重量，但平均採收果實數目顯著增加；2 月期間，放置蜜蜂授粉，則可顯著增加 17%產量及 10% 結果數目（表二）。經由蜜蜂授粉所結草莓果實，無論重量或大小皆顯著比未經蜜蜂授粉者佳（表三），經蜜蜂授粉後所結果實，平均可增加 5%之重量。



圖一、網室內草莓花數目與訪花蜂數目之變動。

Fig. 1. Fluctuation of honeybee foragers and the number of strawberry flowers inside screen house.

表一、蜜蜂在網室草莓上不同時段之訪花數量

Table 1. Total number of honeybees visiting strawberry flowers in screen house during daytime

Daytime (O'clock)	Number of honeybees on 3 plots <sup>1)</sup>		
	A	B	C
8:30	0	2	3
11:00	48	82	46
13:30	39	59	39
16:30	0	4	2

<sup>1)</sup> Foragers on 10 flowering plants within 1 min were counted for 27 days.

表二、網室內有蜜蜂與無蜜蜂授粉草莓每天平均產量比較

Table 2. Comparison in yield of strawberry grown in screen house with or without honeybee pollination

Harvest time	Pollination	Yield (g) /day <sup>1)</sup>	Berry/day <sup>1)</sup>
January	honeybees	369.9 ± 192.5 a	42.7 ± 21.1 a
	no bees	336.6 ± 175.8 a	37.9 ± 22.6 b
February	honeybees	497.1 ± 248.6 a	53.3 ± 23.3 a
	no bees	425.9 ± 243.1 b	48.3 ± 22.6 b

<sup>1)</sup> Means in column followed by different letter are significantly different by t-test at  $\alpha = 0.05$  in Jan. and Feb.

表三、網室內有蜜蜂與無蜜蜂授粉時之草莓果比較

Table 3. Comparison in fruit quality of strawberry grown in screen house with or without honeybee pollination

Pollination	N	Individual fruit quality		
		Weight (g) <sup>1)</sup>	Length (cm) <sup>1)</sup>	Width (cm) <sup>1)</sup>
Honeybees	61	12.8 ± 5.6 a	3.07 ± 0.65 a	3.40 ± 0.63 a
No bees	68	7.9 ± 3.0 b	2.41 ± 0.53 b	3.06 ± 0.43 b

<sup>1)</sup> Means in column followed by different letter are significantly different by t-test at  $\alpha = 0.05$ .

表四、草莓田訪花蜜蜂種類及其在不同時段訪花數

Fig. 4. Number of *Apis cerana* and *A. mellifera* foragers on strawberry flowers during daytime in the field

Honey bees	Total bees <sup>1)</sup>	Daytime			
		9:00	11:00	13:00	15:00
<i>Apis cerana</i>	87	10	44	30	3
<i>Apis mellifera</i>	19	3	10	3	3

<sup>1)</sup> Total bees counted within 3 min on each of five 6-plant plots in 29 days from Nov. 18 to Jan. 29

## 日 間 試 驗

雖然在試驗田放置 10 箱強勢西方蜂蜂群協助草莓授粉，試驗調查期間，草莓花上東方蜂之總數仍為西方蜂的 4.5 倍(表四)；其它授粉昆蟲，如食蚜虻或蠅類，亦很少見，因此東方蜂是草莓田間主要之授粉昆蟲，其在花上之活動時間與在網室內相同，訪花高峰期在中午前後 1~2 小時內。因為西方蜂在草莓花上出現之數量極

少，無法明顯看出其訪花活動趨勢。

試驗期間，草莓開放區之總產果量是蜜蜂隔離區的 1.3 倍，在每一收穫期間內，特級果及 1 級果所佔比率皆以開放區較高，隔離區內加工用之畸型果比率為開放區 2 倍以上；於十二月下旬，隔離區只生產 2 個畸型果，開放區則有 47 個果實，且其中 36 個是 1 級果以上(表五)。於 12 月 18 日至 1 月 13 日間採收之草莓，經依大小

適當分類後，特級果之長寬為 47.3 及 38.0 cm，平均重量為 27.8 g；1 級果長寬為 40.7 及 31.3 cm，重量為 16.6 g；2 級果長寬為 37.1 及 26.9 cm，重量為 12.4 g；3 級果長寬為 31.5 及 24.4 cm，重量為 8.5 g。兩種試驗區內每天平均花數目，直至一月下旬才有顯著差異（表六）。自十二月至一月下旬，開放區內特級果每天平均產量顯著高

於蜜蜂隔離區，於十二月上旬，隔離區只有生產加工果外，其他試驗期間之採果期中，開放區特級果之總產量是隔離區之 2.6 倍（表六）。一級果之平均產量雖然亦以開放區較高，但直至一月下旬才顯著高於隔離區；兩試驗區內 2、3 級果之平均產量則無明顯差異（表六）。

表五、不同採收期間罩網及開放草莓區內不同等級草莓果百分率

Table 5. Percentage of different category of strawberry in caged and open plots at different harvest period

Harvest period	Treatment	Total fruit	Percentage of different fruit category <sup>1)</sup>				
			super	1	2	3	processing
2-14 Dec.	open	47	45	32	23	0	0
	caged	2	0	0	0	0	100
16-30 Dec.	open	93	19	24	25	32	0
	caged	73	12	18	26	32	12
1-13 Jan.	open	115	30	17	17	32	4
	caged	118	13	14	21	39	13
15-29 Jan.	open	79	11	29	24	30	6
	caged	69	13	22	19	32	14

<sup>1)</sup> Mean weight (g) of each category is : super = 27.8, 1 = 16.6, 2 = 12.4, 3 = 8.5, and processing includes malformed berries.

表六、罩網及開放草莓區內不同等級草莓果產量與每天花數量

Table 6. Mean daily strawberry yield and number of flowers in caged and open plots at different harvest period

Harvest period	Treatment	Mean daily yield (g) of different fruit category <sup>1)</sup>					Daily flowers
		super	1	2	3	processing	
2-14 Dec.	open	19.0** <sup>2)</sup>	8.3**	4.8*	0	0	3.5
	caged	0**	0**	0*	0	0.8	3.3
16-30 Dec.	open	18.5* <sup>2)</sup>	13.1	9.8	10.4	0	3.0
	caged	7.2*	6.9	7.6	7.2	4.7	3.8
1-13 Jan.	open	31.3**	11.1	8.6	10.5	0.5	3.6
	caged	12.2**	9.2	10.6	13.6	5.0	3.9
15-29 Jan	open	10.3	20.1*	11.5	8.9	1.0	2.7**
	caged	10.9	12.4*	7.9	8.4	3.5	4.1**

<sup>1)</sup> See table 5.

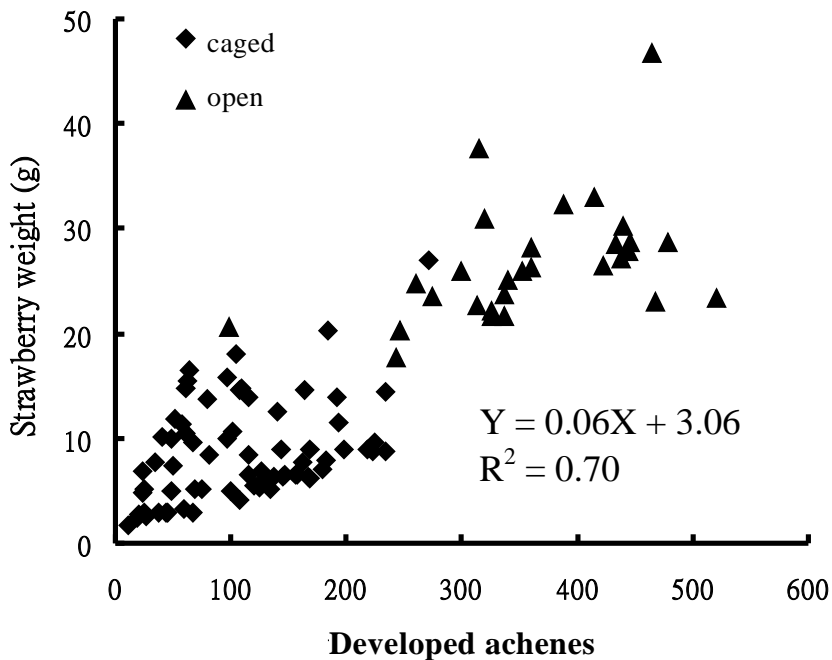
<sup>2)</sup> \*\* and \* in the column of each harvest period mean significantly different by t-test at  $\alpha = 0.01$  and  $0.05$ , respectively.

表七、罩網及開放區內草莓瘦果平均發育百分率

Table 7. Mean percentage of developed achenes on strawberry fruit in caged and open plots

Harvest date	Open plot			Caged plot		
	N	Malformed number	Developed achenes (%) <sup>1)</sup>	N	Malformed number	Developed achenes (%) <sup>1)</sup>
22 Dec.	40	—	95.5 ± 5.5 a	24	—	65.3 ± 25.1 b
3 Jan.	9	0	90.5 ± 7.6 a	14	9	18.2 ± 11.7 b
12 Jan.	20	2	80.4 ± 16.8 a	31	13	38.6 ± 20.9 b

<sup>1)</sup> Means in row followed by different letter are significantly different by t-test at  $\alpha = 0.05$ .



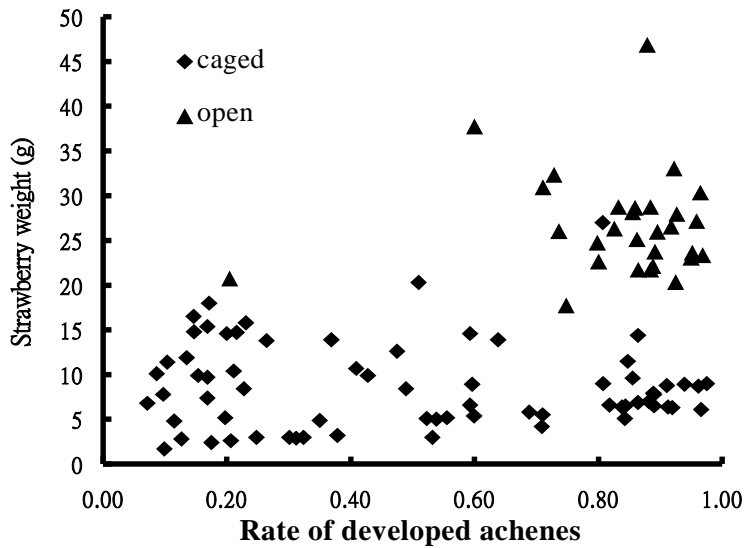
圖二、罩網與無罩網內生產之草莓重量與瘦果發育數目之關係。

Fig. 2. Relationship between fruit weight and number of developed achenes on strawberry grown inside net and open field.

草莓花經蜜蜂授粉後，所結果實瘦果發育百分率顯著高於無蜜蜂授粉者，畸形果數目亦較少（表七）。蜜蜂授粉所結草莓，單一果實上發育的瘦果數目在 300 個以上（圖二），瘦果發育率大多為 80% 以上（圖三）；未經蜜蜂授粉所結果實，其瘦果發育數目在 250 個以下（圖二），每一果實上瘦果發育百分率多數在 80% 以下（圖

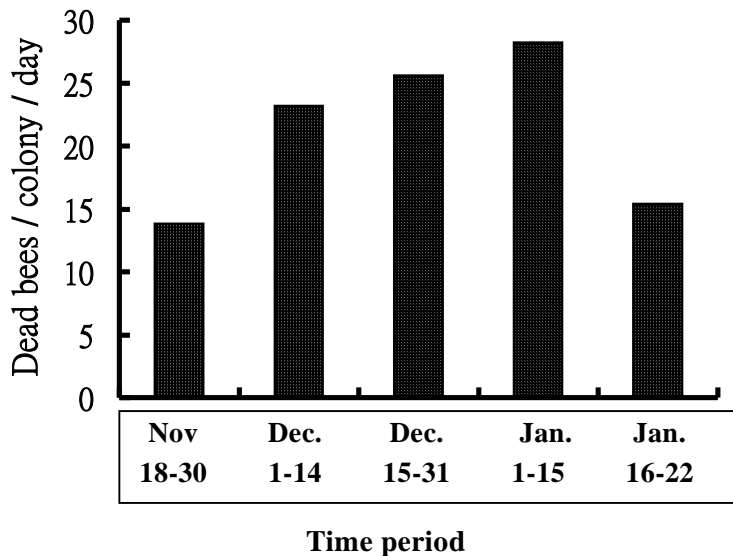
三），果實重量比開放區果實低（圖二、三）。草莓單一果實重量顯著與瘦果發育數目有直線關係（圖二），而與其發育百分率則無明顯相關（圖三）。

自十一月中旬至一月下旬，放置草莓田間之蜂群，每群每天平均工蜂死亡數目在 30 隻以下（圖四），單一蜂群每天死亡工蜂數皆低於 50 隻。



圖三、罩網與無罩網內生產之草莓重量與瘦果發育比率之關係。

Fig. 3. Relationship between fruit weight and rate of developed achenes on strawberry grown inside net and open field.



圖四、放置草莓田之西方蜂(*Apis mellifera*)蜂群每天平均死亡工蜂數。

Fig. 4. Mean daily number of dead adult honeybees per colony placed in the strawberry field.

### 討 論

#### 授粉昆蟲

本省草莓自十月中旬開始之第一、二期花時，蜂農多將蜂群移至茶園或油菜花田，

從事收集茶花粉及培養蜂勢，以便於二月底開始，再將蜂群移往南部及中部，準備採收荔枝蜜與龍眼蜜，至四月下旬才結束採蜜。所以本省草莓生產季節期間，並無飼養之蜂群協助授粉。本試驗中，將飼養

蜂群移置草莓田，調查結果顯示，自然情況下，本地野生東方蜂數量是西方蜂的 4.5 倍（表四），西方蜂在草莓花上數量極少，且網室內西方蜂在花上活動的數量與花數量亦無明顯關係（圖一），顯示豐香品種草莓對西方蜂不具有吸引力。雖然有些草莓品種對西方蜂具有些許吸引力，但多數因分泌很少花蜜，而對西方蜂不具吸引力亦有報告<sup>(14)</sup>。Free<sup>(10)</sup>認為西方蜂僅於好天氣時，才會造訪草莓花，表一及表四顯示蜜蜂主要於中午前後才活躍於花上採花粉，這與花粉之形成與花藥之開放受溫度影響有關<sup>(23)</sup>。草莓花上能發現若干昆蟲如蠅類、甲蟲、薊馬及其它蜂類，如熊蜂與無螫蜂等<sup>(6, 8, 11, 18, 19)</sup>。於設施內，熊蜂之授粉效果比蜜蜂好<sup>(8)</sup>，無螫蜂之效率則不及蜜蜂<sup>(11)</sup>，但在草莓開放栽培情形下，只有蜜蜂能有效地達到授粉目的<sup>(1, 14)</sup>。本省在缺乏足夠野生東方蜂之草莓栽培區，必須放置飼養蜂群才能達到理想的授粉效果；於網室內栽培草莓時，更須引進蜜蜂協助授粉，才能增加產量及提高品質。

#### 對草莓品質與產量之影響

草莓是由發育的瘦果與膨大之花托所形成之聚合果，溫度是影響草莓果實大小與發育之主要環境因素<sup>(15, 24)</sup>，草莓上瘦果的發育數目，則是決定草莓重量的重要因子<sup>(25)</sup>。花托的生長速率與瘦果數目呈正相關，草莓花授粉後 10-12 天移走發育中瘦果，便會減緩花托組織之生長<sup>(3, 19)</sup>。Khanisadeh *et al.*<sup>(12)</sup> 以直徑 10 cm 之塑膠鉢栽種 6 種草莓品系，於 25°C 溫室內試驗結果顯示，瘦果數目與果實重量呈拋物線的關係，尤其當第一或第二朵花摘除後，瘦果數目對果重之影響更為明顯。但本試驗結果顯示瘦果數目與果實重量呈直線關係（圖二），可能是因品系與試驗條件不同，而與前述結果有異。雖然草莓能自花授粉或由風力授粉，其所產生之草莓重量

及瘦果發育率，皆顯著低於利用蜂類授粉者<sup>(7)</sup>。本試驗結果亦顯示，草莓經蜜蜂授粉後，不但顯著增加重量，且果粒較大（表三），利用蜜蜂授粉之草莓瘦果數目比較多（圖二），瘦果發育百分率亦顯著比隔離蜜蜂授粉者高（表七），單一草莓果粒亦多數比單網區重（圖二、三）。由於瘦果產生荷爾蒙，能促進花托生長<sup>(17)</sup>，使果實顯著增大，因此開放授粉區之優質草莓比率較單網區高（表五）。Kakutani *et al.*<sup>(11)</sup> 認為一朵草莓花需要有蜜蜂造訪 11 次，才能達到 87% 瘦果授精率，進而發育成為正常草莓果；但 Chagnon *et al.*<sup>(5)</sup> 報導在不同草莓品種（Veestar）上，蜜蜂造訪一朵花 4 次，且在花上之時間累積達到 40 s，即可完成適當授粉。本試驗所使用之'豐香'品種草莓，雖然單網內之瘦果平均發育百分率只有 18% 與 39%（表七），畸形果比例分別只為 9/14 與 13/31，至於其他正常果之瘦果發育比例為何，本試驗均未予調查。

網室內及田間之試驗結果，皆顯示蜜蜂對草莓授粉有提高產量之效果。由於本省草莓生產期間，很少見到其它有效之授粉昆蟲，蜜蜂是主要之授粉昆蟲。於網室內提供蜜蜂授粉結果，每天之產果數顯著增加，但表三中顯示一月份每天平均產量差異不顯著，因該批果實沒有分類，可是由表五之結果，推測網室內一月份之畸形果實比例至少為 13%，乃是無法上市之果實，故依產值而言，應以有蜜蜂授粉者之收益較好。

草莓經分類後，則可明顯瞭解到蜜蜂授粉效益。表五顯示調查期間，開放供蜜蜂授粉之結果量是單網區的 1.3 倍，其中特級果所佔比例，更是後者之 2.8 倍，一級果則為 1.9 倍，其它二、三級果之百分比也普遍比單網區高，特級果每天平均產量顯著高於單網區（表六）。試驗期間，特級果平均集貨價格為每公斤 110 元，一級果為 81 元，如果有蜜蜂充份授粉，以一級果產量

而言，草莓農收入至少可能增加 1.9 倍以上；但如遇到陰雨，蜜蜂無法在田間活動時，除了損失授粉效益外，還加上陰雨引起病害所造成之損失，或因而增加之施用農藥成本。

## 結語

草莓生產期間低溫潮濕，正是草莓白粉病 (*Sphaerotheca sp.*) 與灰黴病菌 (*Botrytis cinerea Pers.*) 好發期，'豐香'品種對灰黴病並無抗性，以致農民使用農藥頻繁，導致消費者對草莓有農藥施用過多之先入為主的觀念，養蜂者對草莓園也是懼而遠之，但在農政單位嚴格之農藥殘留檢測下，已見到遏阻濫用農藥之效果。因本試驗放置蜜蜂於草莓園中，並未見到大量蜜蜂中毒死亡情況 (圖四)，可是在草莓田授粉之蜂類以野生東方蜂為主，飼養之西方蜂在草莓花上之數量極少，是否因此不受農藥影響，需進一步探討。惟試驗結果顯示草莓經由蜜蜂授粉，可顯著提高品質，增加產量，且在自然狀況下，以東方蜂為較佳授粉蜂。在尚不普遍大量飼養東方蜂前，草莓生產區必須對野生東方蜂進行保護，否則宜適當放置容易飼養之西方蜂，協助授粉工作，以提高草莓產量與品質，增加農民收益。

## 謝辭

本試驗蒙苗栗縣大湖鄉富興村陳富滿提供試驗田，同仁陳慶旺協助田間調查與草莓分類，及兩位審查委員提供修正意見，特此感謝。

## 引用文獻

1. Abrol, D. P. 1989. Studies on ecology and behavior of insect pollinators frequenting strawberry blossoms and their impact on yield and fruit quality. *Tropical Ecol.* 30: 96-100.
2. Antonelli, A. L., Mayer, D. F., Burgett, D. M., and Sjulín, D. M. 1988. Pollinating insects and strawberry yields in the Pacific Northwest. *Amer. Bee J.* 129: 618-620.
3. Archbold, D. D., and Dennis, F. G. Jr. 1985. Strawberry receptacle growth and endogenous IAA content as affected by growth regulator application and achene removal. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110: 816-820.
4. Bagnara, D., and Vincent, C. 1988. The role of insect pollination and plant genotype in strawberry fruit set and fertility. *J. Hort. Sci.* 63: 69-75.
5. Chagnon, M., Gingras, J., and Oliveira, D. de. 1989. Effect of honey bee (Hymenoptera: Apidae) visits on the pollination rate of strawberries. *J. Econ. Entomol.* 82: 1350-1353.
6. Chagnon, M., Gingras, J., and Oliveira, D. de. 1993. Complementary aspects of strawberry pollination by honey bee and indigenous bees (Hymenoptera). *J. Econ. Entomol.* 86: 416-420.
7. Connor, L. J., and Martin, E. C. 1973. Components of pollination of commercial strawberries in Michigan. *Hort. Sci.* 8: 304-306.
8. Eijnde, J. van den. 1992. Pollination of greenhouse strawberries by bumblebees and honeybees. *Apidologie* 23: 342-345.
9. Goodman, R. D., and Oldroyd, B. P. 1988. Honeybee pollination of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Aust. J. Exp. Agri.* 28: 435-438.
10. Free, J. B. 1968. The pollination of strawberries by honeybees. *J. Hort. Sci.* 43: 107-111.

11. Kakutani, T., Inoue, T., Tezuka, T., and Maeta, Y. 1993. Pollination of strawberry by the stingless bee, *Trigona minangkabu*, and the honey bee, *Apis mellifera*: and experimental study of fertilization efficiency. *Res. Pop. Ecology* 35: 95-111.
12. Khanizadeh, S., Lareau, M., and Buszard, D. 1993. Effect of flower thinning on strawberry fruit weight and its relationship to achene number. *Acta Hort.* 348: 351-356.
13. Matsuka, M., and Sakai, T. 1989. Bee pollination in Japan with special reference to strawberry production in greenhouses. *Bee World* 70: 55-61.
14. McGregor, S. E. 1976. *Insect Pollination of cultivated crop plants.* USDA, Washington, DC, 411pp.
15. Miura, H., Yoshida, M., and Yamasaki, A. 1994. Effect of temperature on the size of strawberry fruit. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 62: 769-774.
16. Moore, J. N. 1969. Insect pollination of strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94: 362-364.
17. Nitsch, J. P. 1952. Plant hormones in the development of fruits. *Quarterly Rev. Biology* 28: 33-57.
18. Nye, W. P., and Anderson, J. L. 1974. Insect pollinators frequenting strawberry blossoms and the effect of honey bees on yield and fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99: 40-44.
19. Oliviera, D. de, Savoie, L., and Vincent, C. 1991. Pollinators of cultivated strawberry in Quebec. *Acta Hort.* 288: 420-424.
20. Ponappa, T., and Miller, A. R. Polyamines in normal and auxin-induced strawberry fruit development. *Physiologia Plantarum* 98: 447-454. (abstract)
21. Pinzauti, M. 1994. Pollinator behavior and activity in colonies of *Apis mellifera* in confined environments. *Ethology Ecol. & Evol., Special Issue 3*, 101-106.
22. Rhodes, H. A., and Wilson, W. T. 1978. A simple trap for recovering dead adult honey bees. *Amer. Bee J.* 118: 671-672.
23. Southwick, E. E., and Southwick, L. Jr. 1992. Estimating the economic value of honey bees (Hymenoptera: Apidae) as agricultural pollinators in the United States. *J. Econ. Entomol.* 85: 621-633.
24. Thompson, P. A. 1971. Environmental effects on pollination and receptacle development in the strawberry. *J. Hort. Sci.* 46: 1-12.
25. Webb, R. A., Purves, J. V., and White, B. A. 1974. The components of fruit size in strawberry. *Scientia Hort.* 2: 165-174.

## ABSTRACT

**Chen, C. T.<sup>1\*</sup>, and Hsieh, F. K.<sup>2</sup> 2001 Effect of Honeybee Pollination on the Yield and Fruit Quality of Strawberry Variety 'Toyonoka' (*Fragaria x ananassa* Duch.). Plant Prot. Bull. 43: 117-127. (<sup>1</sup>Miaoli District Agricultural Improvement Station, 261 Kuannan Village, Kungkuan 363, Miaoli Hsien, Taiwan, ROC ; <sup>2</sup>National Natural Science Museum, Taichung City, Taiwan, ROC).**

This experiment used screen house and net exclusion methods to measure the effect of honeybee pollination on the yield and fruit quality of strawberry variety 'Toyonoka'. During January and February, the introduction of honeybee colony into the screen house significantly increased the number of fruit sets, but significant yield increase only occurred in February. In the open strawberry field, among the foragers on flowers, the number of *Apis cerana* was 4.5 fold that of *Apis mellifera*, indicating that *A. cerana* is the major pollinator on strawberries in the Tahu area of Miaoli County. The pollinating activity mainly occurred between 11:00 and 13:30. Open pollination significantly increased the rates of developed achenes and fruit weight as compared with the isolating cages. The results from December to January showed that the percentages of the super and the first grade fruits of the open plots were higher than those of the caged plots. Average daily yields of the super and the first grade fruits of the open plots were 2 times those of the caged plots. The fruit weight was linearly related to the number of developed achenes ( $Y=0.06X+3.06$ ,  $R^2=0.70$ ), but not to the rate of developed achenes on fruit.

(Key words: strawberry, honeybee, pollination, *Apis cerana*)

<sup>q</sup>Corresponding author. E-mail: mite01@mdais.gov.tw