



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Evaluation of Pollination Efficiency of the bumblebee (*Bombus terrestris* L.) on Greenhouse Tomatoes 【Research report】

熊蜂 (*Bombus terrestris* L.)在網室番茄上之授粉效果評估【研究報告】

Chi-Tung Chen*、Feng-Kong Hsieh
陳吉同*、謝豐國

*通訊作者E-mail :

Received: Accepted: 1996/10/17 Available online: 1996/09/01

Abstract

Pollination efficiency of the bumblebee, *Bombus terrestris* L., was studied in a plastic-topped greenhouse and was evaluated in terms of fruit set percentage, number of tomatoes yielded, and their size, sugar content, and weight. The temperature inside the greenhouse increased to 40°C in mid-April dramatically reducing the pollination activity and colony longevity of bumblebees. The pollination efficiency of a colony lasted only 30-40 d in April, while during the cool season (December - February) it lasted for 2 mo with better effectiveness; over 60% if flowers were visited at 25-40 d after delivery of bees to the greenhouse. Although sugar contents and fruit weights of bumblebee-pollinated tomatoes were not significantly higher than those using hormone treatment or mechanical vibration, the rate of increase of fruit diameter in the bumblebee-pollinated treatment was faster than that of fruit of the hormone treatment. In a 50m×50m greenhouse, the percentages of visited flowers within 40m of the bee colony were not significantly different. The use of 2 colonies of bumblebees in a 50m×50m greenhouse for tomato pollination during the cool season can completely replace other more laborious pollination methods for 2 mo.

摘要

本試驗以熊蜂(*Bombus terrestris* L.)在網室栽培之番茄上進行授粉試驗，就番茄結果數、結果率、大小、重量與含糖量等項目，與噴生長素或機械振動授粉效果作評估比較。試驗中之網室屋頂為透明PE塑膠布，於4月中旬時，網室內溫度升高至約40°C，嚴重降低熊蜂授粉效果及縮短蜂群壽命，每箱使用時間只有30-40天；但於2月及12月較低溫時，使用時間為兩個月，較佳授粉效果出現在熊蜂引進後第25-40天之間，番茄花受訪率達60%以上。經熊蜂授粉所結果實之含糖量及重量，雖與噴生長素或振動授粉所結果實無顯著差異，然果實發育速率卻比噴生長素者快。在50m×50m番茄園中，熊蜂在距蜂箱40m內之訪花率，無顯著差異；且利用2箱熊蜂授粉，可完全取代人工授粉。

Key words: Bumblebee, *Bombus terrestris*, pollination, Tomato.

關鍵詞: 熊蜂、*Bombus terrestris*、授粉、番茄。

Full Text:  [PDF \(0.53 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

熊蜂(*Bombus terrestris* L.)在網室番茄上之授粉效果評估

陳吉同* 臺灣省農林廳蜜蜂改良場 苗栗縣公館鄉館南村261號

謝豐國 臺灣省農業藥物毒物試驗所 臺中縣霧峰鄉舊正村光明路11號

摘 要

本試驗以熊蜂(*Bombus terrestris* L.)在網室栽培之番茄上進行授粉試驗，就番茄結果數、結果率、大小、重量與含糖量等項目，與噴生長素或機械振動授粉效果作評估比較。試驗中之網室屋頂為透明PE塑膠布，於4月中旬時，網室內溫度升高至約40℃，嚴重降低熊蜂授粉效果及縮短蜂群壽命，每箱使用時間只有30—40天；但於2月及12月較低溫時，使用時間為兩個月，較佳授粉效果出現在熊蜂引進後第25—40天之間，番茄花受訪率達60%以上。經熊蜂授粉所結果實之含糖量及重量，雖與噴生長素或振動授粉所結果實無顯著差異，然果實發育速率卻比噴生長素者快。在50m×50m番茄園中，熊蜂在距蜂箱40m內之訪花率，無顯著差異；且利用2箱熊蜂授粉，可完全取代人工授粉。

關鍵詞：熊蜂、*Bombus terrestris*、授粉、番茄。

前 言

番茄可自花授粉，但部份品種，因其柱頭延長凸出於縱型花藥之上端，以致自花授粉效果不好，必須倚賴人工或昆蟲授粉(Free, 1993)。在歐洲及北美之溫室番茄園中，電器振動棒(electric vibrator)早期被用來振動花蕊以達到授粉效果(Cottrell-Dormer, 1945)，為達到最大效果，每隔2—3天必須重複振動一次(Moore, 1968)；於1954年，蜜蜂才被用來為網室番茄授粉，但仍無法取代振動器(Neiswander, 1956)。相繼之研究結果顯示，

蜜蜂之授粉效果變異很大(Spangler and Moffett, 1977)，且因番茄品種不同，所增加之結果率亦異(Cribb, 1990)，尤其當溫室氣窗打開時，蜜蜂具有之訊息傳遞本能，常令多數採集蜂飛往室外之粉蜜源植物，而忽略番茄花，致授粉功能不顯著(Free, 1993)。熊蜂於1982年被確認為番茄育種時之良好授粉昆蟲(Pinchinat *et al.*, 1982)，在網室內，熊蜂對番茄之授粉效果，無論著果率、果實大小和重量及種子數，皆顯著優於蜜蜂授粉效果(Banda and Paxton, 1991)。

人工飼育*Bombus terrestris* L.的成

功(Roseler, 1985; Duchateau and Velthuis, 1988; Heemert *et al.*, 1990; Eijnde *et al.*, 1991; Duchateau, 1991; Griffin *et al.*, 1991), 刺激溫室栽培番茄應用熊蜂授粉之發展, 如何將其應用於網室栽培之蔬果類授粉, 即成爲重要的研究課題(Banda and Paxton, 1991)。荷蘭由於Dr. R. de Jonghe飼養熊蜂成功, 於1985年開始將*B. terrestris*引入溫室內爲番茄授粉(Velthuis and Cobb, 1991), 比利時亦於1987年將人工飼養之熊蜂族群引入溫室番茄園內授粉(Ravestijn, 1987; Ravestijn and Nederpel, 1988; Ravestijn and Sande, 1991)。紐西蘭於1991年開始商業性飼養*B. terrestris*, 並於1992年嘗試外銷日本(Donovan, 1993)。日本則於1991年底, 開始自比利時Biobest™公司引進16箱*B. terrestris*爲番茄授粉(Matsumura, 1993; Iwasaki, 1995); 1992年續自荷蘭Koppert™公司進口, 以節省人工授粉和提高番茄品質(Wada and Kurihara, 1992), 目前每年輸入約15,000箱*B. terrestris*爲溫室蔬果授粉(Ono, 1994), 另一方面則積極探討飼養日本當地熊蜂品種之可能性(Ono *et al.*, 1994); 但比利時Biobest™公司卻已成功飼養日本熊蜂品種, 經試驗後發現其授粉效果不如*B. terrestris* (Marc Mertens, Biobest™商業和技術監督, 1996個人通訊)。

蠶蜂業改良場於1993年和1994年陸續自荷蘭Koppert™公司進口*B. terrestris*蜂群, 放置於新竹縣關西鎮石光段亞森觀光農園之網室岩棉液耕桃太郎番茄園內, 進行授粉效果調查, 本文於此將所得結果提出分析報告, 做爲日後應用熊蜂授粉之參考。

材料與方法

1993年試驗

根據Koppert™公司之使用說明書記載, 每箱含約100隻工蜂之*Bombus terrestris*蜂群可授粉2000m²的溫室番茄, 但亦爲小面積溫室授粉之需要, 生產較小蜂群。蠶蜂場於1993年3月27日由荷蘭Koppert™公司引進5箱*B. terrestris*, 在4月2日放置1箱於135m²約有500棵的網室桃太郎番茄園內, 網室上面爲透明PE塑膠布, 四周圍以24目防蟲網; 同時亦以24目防蟲網與噴生長素區隔離。於4月15日逢機選取若干花簇上第一個果實, 以微測量尺(Mitutoyo™)分別量取經熊蜂授粉後第7天或果園工人以生長素(Tomatotone)處理後第11天所結番茄之最大直徑; 因工人處理花時間與所觀察到熊蜂授粉時間不一, 故兩者果實相差4天; 5月12日再量一次, 以比較以上兩種方法所結果實之生長情形。同時於4月15日及5月20日記錄30支花簇上之已開花數及結果數, 以此計算以上兩種方式之結果率。於4月28日及5月4日、12日計算若干花簇上所結番茄數, 以比較兩種方式在番茄生長期中相同單一層花簇上之平均結果數。

1994年試驗

於2月3日再放置1箱1月28日進口之*B. terrestris*於1993年試驗之同一小區, 於3月14日、21日和4月2日分別計算熊蜂授粉區內和以Tomatotone處理之花簇結果率; 於3月14日、21日、28日和4月2日分別記錄上述兩種不同方法在標示之30支花簇上之結果數, 以此比較兩種方法之著果情形。自4月22日至5月12日期間, 採取成熟果實回實驗室, 於24h內分別稱重及用糖度計(ATAGO™)測定含糖量。

於12月5日放置2箱11月28日進口之熊蜂於50m×50m的網室番茄園內邊緣, 該試驗園內共有約7330棵桃太郎番茄, 網室屋頂爲PE塑膠布, 四周圍以24目防蟲網, 植株與屋頂

間裝設散熱電扇。於12月19日逢機標記25棵番茄，至1995年2月17日止，記錄每株番茄於應用熊蜂授粉期間連續五層花簇之結果數；同時於2月17日逢機調查電器振動棒授粉區內25株番茄上之單一層花簇結果數。

熊蜂訪過的番茄花瓣由淡黃變為棕色，易於辨識。在距離蜂箱10m、20m、30m、和40m的地區，於12月9日、30日及1995年1月10日、17日、和25日，各逢機查看100朵番茄花，記錄已受熊蜂訪過之花數。於1995年3月10日各採取30個以振動授粉和熊蜂授粉結果之成熟番茄，帶回實驗室內，於24h內稱重及用糖度計(ATAGO™)測量每個果實之含糖量。

統計分析

試驗中所收集之數據資料，經利用個人電腦SAS程式(SAS, 1985)進行平均值、變方及DMRT分析比較。

結 果

結果率與結果數

在1993年試驗中，熊蜂於4月2日引進兩週後，番茄花結果率為72.4%，至5月20日時，則只有17.1%；而利用生長素處理之結果率分別為48.8%和43.3%（表一）。但在1994年之試驗中，熊蜂於2月3日引進同一區內提供授粉時，經約40天後，於3月14日調查之結果率仍高達75.2%，高於生長素處理之67.8%；約二個月後，於4月2日調查之結果率仍有46.2%，但低於生長素處理之66.1%（表一）。以單層花之結果數而言，在1993年之試驗結果顯示，熊蜂授粉區內之單層結果數顯著高於生長素處理者（表二）。從4月28日至5月12日止，熊蜂授粉區內之單層結果數由3.4個略增至3.6個；但生長素處理區，則由2.3

個減至1.9個。1994年之試驗結果與1993年相反，熊蜂於2月3日引進後，從3月14日至4月2日期間，熊蜂授粉區因果頂腐爛病造成落果，單層結果數由3.0個減至1.6個；用生長素處理者，維持約有3個番茄（表二）。

番茄大小及品質

表一 網室番茄經熊蜂授粉與噴生長素後之結果率¹⁾

Table 1. Fruit set percentages of bumblebee pollination and hormone treatment on greenhouse tomatoes in 1993 and 1994¹⁾

Date	Fruit set percentages by				
	bumblebee		hormone		
	n	%	n	%	
1993					
April	15	199	72.4	174	48.8
May	20	123	17.1	127	43.3
1994					
March	14	121	75.2	121	67.8
March	21	116	50.0	134	70.0
April	2	104	46.2	127	66.1

¹⁾ Bumblebees were introduced on April 2, 1993 and on February 3, 1994, respectively.

表二 網室番茄在熊蜂授粉區與噴生長素區內單層花之結果數¹⁾

Table 2. Number of tomatoes of 1 truss within the bumblebee pollination and hormone treatment plots in 1993 and 1994¹⁾

Date	Number of tomatoes of 1 truss set by	
	bumblebee	hormone
1993	(n=18)	(n=14)
April 28	3.4 a (1.2) ²⁾	2.3 a (1.1)
May 4	3.4 a (1.2)	2.0 b (1.0)
May 12	3.6 a (1.2)	1.9 b (1.0)
1994(n=30)		
March 14	3.0 a (1.0)	2.9 a (1.5)
March 21	1.7 b (1.1)	2.8 a (1.4)
March 28	1.6 b (1.0)	2.8 a (1.3)
April 2	1.6 b (1.0)	2.9 a (1.5)

¹⁾ See Table 1.

²⁾ Mean and standard deviation (in parentheses); means in a given row followed by the same letter are not different by *t*-test at the 5% level.

1994年4月15日之調查結果(表三)顯示,經熊蜂授粉7天後所結番茄,顯著比噴生長素11天後之果實小;於5月12日再量取大小時,前者果實仍小於後者,最大直徑分別為54.6mm和73.6mm。但果實於此調查期間之增大比率,以被熊蜂授粉所結果實之增大比率較大(4.4 vs. 2.3)。當番茄成熟後,在1994年及1995年之試驗中,熊蜂授粉所結果實之含糖量和重量,與用生長素或用振動器授粉所結果實無顯著差異(表四);但後兩種方式所結果實之品質,因未測量無法顯示其是否有差異。

訪花率與授粉效果

於12月5日放2箱熊蜂於50m×50m之網室內授粉,熊蜂對距蜂箱不同距離之番茄花訪花率,無明顯差異($F=0.63$, $p>F=0.607$);在12月9日至翌年1月25日期間(表五),熊蜂在距離蜂箱10m至40m處之訪花率,介於55%及68%之間。熊蜂於12月引進後第4天,訪花率即達40%,50天後仍有約50%,而以引進蜂後25天至45天間最高,介於62%及

表三 熊蜂授粉與噴生長素結果之番茄大小¹⁾

Table 3. Diameters (mm) of tomatoes of bumblebee-pollinated and hormone-treated plants in 1994¹⁾

Date	Diameter of tomatoes set by	
	bumblebee	hormone
April 15	(n=18)	(n=14)
	12.5a ²⁾	32.5b
May 12	(2.6)	(4.9)
	54.6a	73.6b
	(5.3)	(11.2)

- 1) The 1st measurement was taken on the 7th d after bumblebee pollination and 11th d after hormone treatment, respectively.
- 2) Mean and standard deviation (in parentheses); means in a given row with different letters are different by *t*-test at the 5% level.

80%之間(表五)。

在12月引進熊蜂後第14天起2個月內,調查25棵番茄植株上共5層花之結果數如表六。開始之3層花結果數與用振動器授粉者無顯著差異,每層花皆能結3個番茄以上;第4層花尚能結果2.6個,第5層花於2月17日調查時,幾乎不再結果,只有0.5個番茄;而第六層花並無被熊蜂訪過的痕跡。

討 論

本試驗中之網室屋頂因以PE塑膠布搭蓋,在4月中旬晴天早上10時許,網室內溫度即已升高至約40°C,顯著地阻礙了熊蜂之活動,也縮短工蜂壽命;以致於1993年4月2日引進熊蜂後,結果率很快由4月15日的72%降至5月20日之17%(表一)。反觀於1994年2月3日或12月5日較低溫度時引進熊蜂,在4月2日及1月25日時,結果率或花受訪率分別仍有46%及50%(表一;表五)。Fisher and Pomeroy (1989)曾報導溫室內日溫15–32°C情況下,*B. terrestris*在洋香瓜(*Cucumis melo* L., cv. Derish)花上的採集蜂數不因時間而有無顯著差異。作者曾於7月27日至8月6日期間,在5m×20m有遮蔭的簡易網室內觀察*B. terrestris*於早上11時和下午2時之活動,發現網室內溫度35°C時,採集蜂數由33°C及34°C之13.9隻(n=7)及12.8隻(n=5)降至9.8隻(n=6)(未發表資料)。熊蜂飛翔時胸部通常維持在30–40°C之間(Prys-Jones and Corbet, 1991),室溫35°C時即影響其活動,達40°C時,體溫已可能超溫無法飛行;最低飛翔適溫為6°C(Ono, 1994)。噴生長素之結果率亦因網室內溫度升高而有降低趨勢,由3月較低溫時之66%–70%降至4月–5月之43%–48%(表一);單層花之結果數也受影響,平均減少約一個番茄(表二)。

表四 熊蜂授粉、噴生長素及機械振動所結番茄含糖量與重量之比較¹⁾

Table 4. Sugar contents and weights of tomatoes set by bumblebees, hormone treatment and electric vibrator¹⁾

	Tomatoes set by		
	bumblebee	hormone	vibrator
1994	(n=31)	(n=28)	
Sugar content (brix)	5.2 a (0.7) ²⁾	4.7 a (0.5)	—
Fruit weight (g)	144.2 a (32.4)	144.3 a (26.7)	—
1995 (n=30)			
Sugar content (brix)	6.5 a (0.5)	—	6.2 a (0.3)
Fruit weight (g)	152.4 a (33.9)	—	137.1 a (42.6)

¹⁾ Bumblebees were introduced on Feb. 3 and Dec. 5, 1994; and ripe tomatoes were picked from April 22 to May 12, 1994 and on March 10, 1995, respectively.

²⁾ See Table 3.

表五 網室內熊蜂對距蜂群不等距離之番茄花於不同時期之訪花率比較¹⁾

Table 5. Percentages of visited tomato flowers at various distances from bumblebee colony in a greenhouse¹⁾

Distance (m)	Percentages of visited tomato flowers					Means ²⁾ (sd)
	12 / 9	12 / 30	1 / 10	1 / 17	1 / 25	
10	38	77	83	78	65	68.2 a (16.2)
20	20	62	80	65	51	56.6 a (20.4)
30	51	48	76	49	50	54.8 a (10.6)
40	49	60	80	61	35	57.0 a (14.8)
Means ²⁾ (sd)	39.5c (14.2)	61.8b (11.9)	79.8a (2.9)	63.2b (12.0)	50.2bc (12.6)	

¹⁾ Bumblebees were introduced on Dec. 5, 1994.

²⁾ Means in a given column or row followed by the same letter are not different by DMRT at the 5% level.

表六 應用熊蜂期間每棵植株上五層花平均結果數與機械振動結果數之比較¹⁾

Table 6. Comparison between the number of tomatoes on 5 trusses of a plant pollinated by bumblebees and electric vibrator¹⁾

N	Number of tomatoes set by bumblebees on truss					Electric vibrator
	1	2	3	4	5	
25	3.6 ²⁾ a (1.3)	3.4a (1.1)	3.1a (1.6)	2.6a (1.5)	0.5b (0.5)	3.9a (0.9)

1) Bumblebees were introduced on Dec. 5, 1994 and counts were taken between Dec. 19, 1994 and Feb. 17, 1995.

2) Mean and standard deviation (in parentheses); means followed by the same letter are not different by DMRT at the 5% level.

雖然熊蜂於5月20日後授粉不佳，表二中顯示在4月28日至5月12日間，單層花仍有三個番茄以上，可見此期間之熊蜂授粉率尚可，可惜本試驗未記錄結果率或花受訪率。由於本試驗中之番茄為液耕，營養液調配不當缺鈣，導致果頂腐爛病，於1994年3月—4月期間，造成熊蜂授粉區嚴重落果，因此雖然結果率46%以上，最後單層花結果數卻只有約1.6個；但生長素處理區並無明顯落果現象，單層花維持約3個番茄。由表二結果顯示，生長素處理之結果情形，可能易受高溫影響；而熊蜂授粉結果，則較易受不當之營養液影響。

熊蜂授粉所結果實雖小於噴生長素者，但在一定時間內之果實直徑增大率，較後者高（表三）；果實成熟後之重量及含糖量，兩者無顯著差異（表四）。Banda and Paxton(1991)認為相同大小的番茄，種子數愈多愈硬；以直徑60mm番茄為例，熊蜂授粉之種子數目及重量，分別是蜜蜂授粉結果之2—3倍以上及2倍，是振動授粉之1.5—1.7倍及1.2—1.4倍。Verker(1957)指出若干品種之番茄大小與重量隨種子數目而增加，授粉時之花粉量愈多，種子數目及果重皆增加，果實發育較快。番茄花經噴生長素結果，雖無種子，但細胞增生結果，使其重量不亞於有種子者，含糖量則略低，果實發育速度較慢。本試驗以日本桃太郎品種番茄為材料，結果顯示熊蜂授粉所結番茄之含糖量和重量，與振動授粉者無顯著差異（表四）；此與Ravestijn and Sande (1991)用Dombito番茄品種之試驗結果相似，但與Banda and Paxton (1991)以Cleopatra品種為材料之結果不同，顯示用熊蜂或以振動器為番茄花授粉，兩者所結果實含糖量與重量之差異性，會因番茄品種不同而異。

Koppert™公司建議將蜂群放置在果園通

道，以增加授粉效果。因為熊蜂採集範圍在數百公尺以內(Ono, 1994)，本試驗為免影響工人在園中行間之工作操作，於1994年12月5日將2箱蜂群放在2500m²果園邊緣，結果發現距蜂群40m內之花受訪率，並無顯著差異（表五）(F=0.63, p>F=0.607)，熊蜂之授粉效果以引進後25—40天間最佳。依本省目前設施網室之規模很少大於100m×100m，未來放置熊蜂於番茄園邊緣離地面約1.6m之位置，不影響授粉均一性。

熊蜂於12月5日引進網室後第二週起兩個月期間，可以完成四層花的授粉工作，足以取代人工振動授粉（表六）。果園工作人員指出，於2月5日春節期間即未見熊蜂授粉，以至第五層花結果數只有0.5個；於2月17日同時查看蜂群中仍有約10隻工蜂，蜂王已死亡，未見工蜂再外出授粉，故第六層花皆未結果，促使工人恢復振動授粉，避免產量損失。依據表五所示，熊蜂引進後第四天（12月9日）之花受訪率即有40%，依觀察桃太郎番茄每層平均有6—8朵花，則此時熊蜂授粉應可使一層花結2—3個果實。由12月5日引進熊蜂至翌年2月5日失去效果，該兩個月的使用期與蠶蜂場於1995年11月再引進熊蜂授粉之觀察結果一樣，亦為園主認同，目前該番茄園已完全引進熊蜂授粉，不須依賴人工授粉。

以往該試驗番茄園雇工授粉，每工每天為1000元，在2500m²的果園裡，每次需兩工花1.5天才能完成授粉；冬季及夏季時，分別每隔7天及3天授粉一次。依上述面積及工資以兩個月為單位計算，冬季之授粉工資為24000元；如以兩箱熊蜂取代，僅需約7200元，共可節省工資16800元。因為番茄於6月—8月夏季期間，除非耐熱品種，以目前PE塑膠布屋頂之網室結構，在平地栽培不易；熊蜂在夏季此種網室內之應用管理，亦有待克

服。引進歐洲自動化開天窗之網室，除可散熱降溫，亦可讓熊蜂暫飛至溫室外採集食物，如此或可解決夏季熊蜂過熱問題，惟必先解決檢疫問題；新竹縣關西鎮石光區共同經營班正朝此方向發展，值得進一步試驗觀察，以更瞭解熊蜂在本省之應用價值。

誌 謝

本試驗承蒙農委會83科技-2.4-糧-04及84科技-2.4-糧-39之經費補助，關西鎮石光區共同經營班邱清鈺班長之合作；稿蒙國立中興大學施劍鏐教授及兩位審查委員提供改進意見，謹誌謝忱。

參考文獻

- Banda, H. J., and R. J. Paxton.** 1991. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. *Acta Hort.* 288: 194-198.
- Cottrell-Dormer, W.** 1945. An electric pollinator for tomato seed. *Queensland J. Agri. Sci.* 2: 157-169.
- Cribb, D.** 1990. Pollination of tomato crops by honeybees. *Bee Craft* 72: 228-231.
- Donovan, B. J.** 1993. History and utilization of imported bumble bees in New Zealand. *Honeybee Science* 14: 145-152. (In Japanese).
- Duchateau, M. J.** 1991. Regulation of colony development in bumblebees. *Acta Hort.* 288: 139-143.
- Duchateau, M. J., and H. H. W. Velthuis.** 1988. Development and reproductive strategies in *Bombus terrestris* colonies. *Behavior* 107: 186-207.
- Eijnde, J. van den, A. de Ruijter, and J. van der Steen.** 1991. Method for rearing *Bombus terrestris* continuously and the production of bumblebee colonies for pollination purposes. *Acta Hort.* 288: 154-158.
- Fisher, R. M., and N. Pomeroy.** 1989. Pollination of greenhouse muskmelons by bumble bees (Hymenoptera: Apidae). *J. Econ. Entomol.* 82: 1061-1066.
- Free, J. B.** 1993. *Insect pollination of crops.* 2nd ed. Academic Press, NY, 684 pp.
- Griffin, R. P., R. P. Macfarlane, and H. J. van den Ende.** 1991. Rearing and domestication of long tongued bumble bees in New Zealand. *Acta Hort.* 288: 149-153.
- Heemert, C. van, A. de Ruijter, J. van den Eijnde, and J. van der Steen.** 1990. Year-round production of bumble bee colonies for crop pollination. *Bee World* 71: 54-56.
- Iwasaki, M.** 1995. Introduction of commercial bumblebees into Japan. *Honeybee Science* 16: 17-23. (In Japanese).
- Matsumura, M.** 1993. Pollination of tomato plants with the introduced bumble bee, *Bombus terrestris*. *Shokubutu Boeki* 47: 173-176. (In Japanese).
- Moore, E. L.** 1968. Obtaining fruit set of plastic greenhouse tomatoes. *Miss. Agri. Expt. Sta. Bull.* 768, 8 pp.
- Neiswander, R. B.** 1956. Pollination of greenhouse tomatoes by honeybees. *J.*

|Econ. Entomol. 49: 436-437.

Ono, M. 1994. Crop pollination with the bumblebees in Japan-its present and future. *Honeybee Science* 15: 107-114. (In Japanese).

Ono, M., M. Mitsuhashi, and M. Sasaki. 1994. Use of introduced *Bombus terrestris* worker helpers for rapid development of Japanese native *B. hypocrita* colonies (Hymenoptera, Apidae). *Appl. Entomol. Zool.* 29: 413-419.

Pinchinat, B., M. Bilinski, and A. Ruszkowski. 1982. Possibility of applying bumble bees as pollen vectors in tomato F1 hybrid seed production. *Michigan Agric. Exp. Sta. Special Misc. Publ.* 1: 73-90.

Prys-Jones, O. E., and S. A. Corbet. 1991. *Bumblebees*. Richmond Publishing Co., Slough. England. 92 pp.

Ravestijn, W. van. 1987. Bees as pollinators of tomatoes. *Groenten en Fruit* 43: 39-41.

Ravestijn, W. van., and L. Nederpel. 1988. Truss-vibration in Belgium out of function: bumblebees do all the work. *Groenten en Fruit* 43: 38-41.

Ravestijn, W. van, and J. van der Sande. 1991. Use of bumblebees for the pollination of greenhouse tomatoes. *Acta Hort.* 288: 205-212.

Roseler, Peter-Frank. 1985. A technique for year-round rearing of *Bombus terrestris* (Apidae, *Bombini*) colonies in captivity. *Apidologie* 16: 165-170.

SAS Institute. 1985. SAS user's guide: statistics. v.5, SAS Institute, Cary, NC. 956 pp.

Spangler, H. G., and J. O. Moffett. 1977. Honey bee visits to tomato flowers in polyethylene greenhouses. *Amer. Bee J.* 117: 580-582.

Velthuis, H. H. W., and L. Cobb. 1991. Pollination of *Primula* in a greenhouse using bumblebees. *Acta Hort.* 288: 199-203.

Verker, K. 1957. The pollination of tomatoes. *Neth. J. Agric. Sci.* 5: 37-54.

Wada, T., and J. Kurihara. 1992. Utilization of *Bombus terrestris* from the Netherlands. *Honeybee Science* 13: 133-136. (In Japanese).

收件日期：1996年8月11日

接受日期：1996年10月17日

Evaluation of Pollination Efficiency of the Bumblebee (*Bombus terrestris* L.) on Greenhouse Tomatoes

Chi-Tung Chen* Taiwan Apicultural and Sericultural Experiment Station, 250 Kuannan, Kungkuan 317, Miaoli County, Taiwan, R.O.C.

Feng-Kong Hsieh Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Wufeng 413, Taichung County, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

Pollination efficiency of the bumblebee, *Bombus terrestris* L., was studied in a plastic-topped greenhouse and was evaluated in terms of fruit set percentage, number of tomatoes yielded, and their size, sugar content, and weight. The temperature inside the greenhouse increased to 40°C in mid-April dramatically reducing the pollination activity and colony longevity of bumblebees. The pollination efficiency of a colony lasted only 30-40 d in April, while during the cool season (December - February) it lasted for 2 mo with better effectiveness; over 60% of flowers were visited at 25-40 d after delivery of bees to the greenhouse. Although sugar contents and fruit weights of bumblebee-pollinated tomatoes were not significantly higher than those using hormone treatment or mechanical vibration, the rate of increase of fruit diameter in the bumblebee-pollinated treatment was faster than that of fruit of the hormone treatment. In a 50 m×50 m greenhouse, the percentages of visited flowers within 40 m of the bee colony were not significantly different. The use of 2 colonies of bumblebees in a 50 m×50 m greenhouse for tomato pollination during the cool season can completely replace other more laborious pollination methods for 2 mo.

Key words: Bumblebee, *Bombus terrestris*, pollination, Tomato.