



【Research report】

赤眼卵蜂和其寄主亞洲玉米螟卵塊在玉米田之空間分布【研究報告】

陳健忠

*通訊作者E-mail:

Received: Accepted: 1993/03/15 Available online: 1993/06/01

Abstract

摘要

為了瞭解赤眼卵蜂與亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*) 兩族群間之關係，以供大量釋放害蟲天敵技術之參考，本研究乃探討赤眼卵蜂、未被寄生(白卵)和被寄生(黑卵)的玉米螟卵塊在玉米田之空間分布。並由此三者在玉米株上出現之頻度，提出三項可供評估寄生蜂對寄主寄生潛能之指標：1)蜂-白卵株相對百分率，2)蜂-黑卵株相對百分率，3)白-黑卵株相對百分率。由調查所得資料計算出此三指標分別22.3%、16.4%和12.5%。調查期間赤眼卵蜂在每株玉米上出現的頻度0隻最多，1隻次之，2隻又次之，3隻上最少，但族群密度高時，亦會出現單株玉米上有2隻以上寄生蜂的頻度高於1隻者。赤眼卵蜂族群密度和其在玉米株上出現之株數百分率皆與玉米螟卵塊之寄生率呈正相關，顯示兩者均為影響寄生率之重要因子。赤眼卵蜂、未被寄生和被寄生的玉米螟卵塊在玉米田中皆呈聚集分布。

Key words:

關鍵詞: 赤眼卵蜂、亞洲玉米螟、卵塊、空間分布、頻度分析。

Full Text:  [PDF\(3.61 MB\)](#)

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

赤眼卵蜂和其寄主亞洲玉米螟卵塊在玉米田之空間分布

陳健忠 臺灣省農業試驗所應用動物系 臺中縣霧峰鄉中正路 189 號

摘 要

為了瞭解赤眼卵蜂與亞洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis*)兩族群間之關係,以供大量釋放害蟲天敵技術之參考,本研究乃探討赤眼卵蜂、未被寄生(白卵)和被寄生(黑卵)的玉米螟卵塊在玉米田之空間分布。並由此三者玉米株上出現之頻度,提出三項可供評估寄生蜂對寄主寄生潛能之指標:1)蜂-白卵株相對百分率,2)蜂-黑卵株相對百分率,3)白-黑卵株相對百分率。由調查所得資料計算出此三指標分別為 22.3%, 16.4% 和 12.5%。調查期間赤眼卵蜂在每株玉米上出現的頻度以 0 隻最多,1 隻次之,2 隻又次之,3 隻以上最少,但族群密度高時,亦會出現單株玉米上有 2 隻以上寄生蜂的頻度高於 1 隻者。赤眼卵蜂族群密度和其在玉米株上出現之株數百分率皆與玉米螟卵塊之寄生率呈正相關,顯示兩者均為影響寄生率之重要因子。赤眼卵蜂、未被寄生和被寄生的玉米螟卵塊在玉米田中皆呈聚集分布。

關鍵詞: 赤眼卵蜂、亞洲玉米螟、卵塊、空間分布、頻度分析。

Spatial Distribution of *Trichogramma* Wasps and Egg Masses of Its Host, the Asian Corn Borer, in a Corn Field

Chien-Chung Chen Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute, 189 Chungcheng Road, Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

Investigations were conducted to study the spatial distributions of *Trichogramma* wasps, unparasitized (white-colored) egg masses and parasitized (black-colored) egg masses of the Asian corn borer (*Ostrinia furnacalis*) in a corn field. The results provide information of the relationship between the *Trichogramma* wasps and the Asian corn borer which may be helpful in improving the techniques of inundative release natural enemies. Through frequency analysis of the wasps, unparasitized and parasitized host egg masses that were present on the corn plants, three indices—fractional coincidence of parasitoids and unparasitized host egg masses, fractional coincidence of parasitoids and parasitized host egg masses, and fractional coincidence of unparasitized and parasitized host egg masses were proposed to evaluate the potential parasitism of the host by the parasitoid. The calculated fraction of these three indices were 22.3, 16.4 and 12.5%, respectively. In general, the frequencies at which the wasps were found on individual corn plants decreased in the order of no wasp, one wasp, two wasps and three wasps or more. However, the frequencies of numbers of wasps greater than two were found larger than those of one wasp when population densities of wasps were high. Both population densities of the wasps and the fraction of corn plants on which the wasps were found were positively related to parasitisms of the host egg masses. This trend revealed that the density of a natural enemy and its distribution were important factors involved in host parasitization. The spatial distributions of *Trichogramma* wasps, unparasitized and parasitized egg masses of the Asian corn borer are of the contagious type.

Key words: *Trichogramma* sp., Asian corn borer, egg mass, spatial distribution, frequency analysis.

前 言

大量使用農藥造成的食物中殘毒和環境污染問題已廣為社會大眾所關切。從害蟲防治的觀點來看，長期使用殺蟲劑導致害蟲抗藥性增強，藥效降低，並常毒害有益天敵，因此亦有必要減少農藥的使用。單獨使用害蟲天敵或配合選擇性藥劑保護農作物，素為世界各國致力之目標。臺灣及中國大陸大量釋放玉米螟赤眼卵蜂 (*Trichogramma ostri-*

niae Pang and Chen) 防治亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis* Guenee) 已經獲得效果 (余志儒等, 1992; 曾清田、吳炎融, 1990; 錢永慶等, 1984)。在菲律賓, 釋放 *T. evanescens* 後亞洲玉米螟卵塊寄生率達到 40~76.9% (Tran and Hassan, 1986)。然而若能加強有關之生態研究, 如寄生蜂的搜尋及分散效率、空間分布型式和影響寄生蜂行為的因子 (氣溫、風速風向、食物、寄主卵密度等), 將更有助於瞭解及增加該天敵的防治潛

能(Biever, 1972; Chiang *et al.*, 1986; Hendricks, 1967; Stern *et al.*, 1965)。

在臺灣，亞洲玉米螟危害十種以上的作物，其侵入玉米田內產卵及危害狀的出現常在玉米輪生初期(顏福成, 1984)。至於赤眼卵蜂始於何時進入玉米田則因其體形細小且遷入初期族群密度低而不易偵測。由於其只有一至三天的壽命(Chiu and Chen, 1986)，顯然田間族群若在缺乏寄主卵的情況下很難維持或增長。因此無論是利用田間自然寄生蜂族群或人為增補釋放寄生蜂，在時間、空間和其他生態上是否與寄主的發生配合，是生物防治成敗的關鍵(Doutt *et al.*, 1976)。玉米螟卵塊在發生初期或低密度時呈逢機分布，當密度逐漸增加時則趨向聚集分布；在甜玉米田中以小群為分布之基本單位，在飼料玉米中以個體為分布單位(徐士蘭等, 1988)。王承繪等(1984)報告玉米螟赤眼卵蜂是松遼平原玉米帶寄生亞洲玉米螟的優勢種，田間被寄生的玉米螟卵塊以疏鬆的個體型式呈聚集分布，且此種分布型式不受風向的影響。而有關赤眼卵蜂在玉米田之空間分布情形，則尚乏報告可稽。

赤眼卵蜂搜尋寄主卵的過程可能包括逢機擴散和化學物質誘導，雖然吾人對其詳細的搜尋步驟並不完全了解，但是寄主昆蟲上的鱗片已被證實可以刺激赤眼卵蜂的搜尋行為，並且由鱗片上粹取出的化學物質施在田間可以增加卵寄生率(Jones *et al.*, 1973; Lewis *et al.*, 1972; Lewis *et al.*, 1975; Shu and Jones, 1989)。因此寄主卵塊的存在及空間分布可能會影響赤眼卵蜂在田間的活動和分布，進而與被寄生卵塊的分布有關。

空間分布的型式是一種生物的重要族群生態特性之一，可據以分析及了解天敵與寄主間之關係(Taylor, 1984; Southwood, 1978)。玉米螟赤眼卵蜂為臺灣玉米田中亞洲

玉米螟卵期之重要天敵(Chiu and Chen, 1986)，其族群常隨玉米生長由剛侵入時之低密度逐漸增長至高密度，期間之空間分布變化代表它對此農業生態環境適應的結果。本研究旨在探明赤眼卵蜂成蜂之空間分布情形，並討論赤眼卵蜂、被寄生的玉米螟卵塊和未被寄生玉米螟卵塊三者間之關係，俾有助於設計及改進大量釋放天敵之技術，提高田間防治效果。

材料與方法

一、赤眼卵蜂和玉米螟卵塊調查

1991年9月3日在臺中縣霧峰鄉臺灣省農業試驗所農場兩處玉米田栽種臺農351號飼料玉米，兩處玉米田分別為0.4和0.3公頃，相距約200公尺。栽培全期除於播種後14天噴施25.3%美文松乳劑防治切根蟲外未再使用任何藥劑。玉米播種後37至66天期間調查玉米株上的赤眼卵蜂，共調查9次。每次調查時逢機選取100株玉米，用吸蟲器(NEC CL-600E, 150 W)吸取全株葉片(包括葉表和葉背)上的寄生蜂。吸蟲器所需電源由攜帶式汽油發電機(HONDA EX100, HONDA Motor Co. Ltd.)供應。吸蟲前在吸頭和吸管間放置一片尼龍網(12×12 cm)，由此兩部份接合固定，以過濾吸入管中的寄生蜂和葉片上的其他雜質。吸完每株玉米後將吸頭和吸管分解，取出尼龍網連同吸入物放進封口袋內，於調查結束後在實驗室挑出赤眼卵蜂，並在立體顯微鏡下確定後記錄每株玉米上吸到的蜂數。通常赤眼卵蜂被吸進管中後即卡死在尼龍網上，在吸蟲的過程中並未見葉片上的寄生蜂有逃離的情形。

根據以往的調查結果，玉米田內有三種赤眼卵蜂，即玉米螟赤眼卵蜂、螟黃赤眼卵蜂(*T. chilonis*)和一種未定名新種，其中以玉

米螟赤眼卵蜂占多數，螟黃赤眼卵蜂較少，未定名之新種數量極少 (Chiu and Chen, 1986)。本調查所得之赤眼卵蜂中有一大部份為雌蜂，由於目前尚無一簡便可靠的分類特徵可據以分種，因此吸到的寄生蜂並未分種。吸蟲時並記錄該玉米株上的被寄生玉米螟卵塊 (外觀為黑色者，但不包括寄生蜂已羽化出的殘留黑色卵塊) 和未被寄生的卵塊 (外觀為白色者，但不包括玉米螟已孵化出之殘留卵殼)。玉米株上有被寄生卵塊者，此玉米株簡稱為“黑卵株 (BEP)”，有未被寄生卵塊者簡稱為“白卵株 (WEP)”，有寄生蜂者簡稱為“蜂株 (PP)”。卵塊寄生率為被寄生卵塊數占總卵塊數之百分率。

田間寄生率的高低通常可以顯示寄生蜂與寄主在特定生態環境中之關係，由寄生蜂與寄主之頻度分布可輔助說明此二族群間之部份寄生特性 (characteristic of parasitism)。本研究提出三項描述此寄生特性之指標：

A：蜂-白卵株相對百分率 (% coincidence of parasitoid and unparasitized host egg mass, CPUH)。

$$\text{CPUH} = \frac{\text{No. PWEP}}{\text{No. PP} + \text{No. WEP} - \text{No. PWEP}} \times 100\%$$

PWEP：蜂-白卵株 (同時有赤眼卵蜂和未被寄生卵塊之玉米株)

B：蜂-黑卵株相對百分率 (% coincidence of parasitoid and parasitized host egg mass, CPPH)。

$$\text{CPPH} = \frac{\text{No. PBEP}}{\text{No. PP} + \text{No. BEP} - \text{No. PBEP}} \times 100\%$$

PBEP：蜂-黑卵株 (同時有赤眼卵蜂和被寄生卵塊之玉米株)

C：白-黑卵株相對百分率 (% coincidence of

unparasitized and parasitized host egg mass, CUPH)。

$$\text{CUPH} = \frac{\text{No. WBP}}{\text{No. WEP} + \text{No. BEP} - \text{No. WBP}} \times 100\%$$

WBP：白-黑卵株 (同時有未被寄生和被寄生卵塊之玉米株)

二、空間分布分析方法 (Bliss and Fisher, 1953; Iwao and Kuno, 1968; Ludwig and Reynolds, 1988; Southwood, 1978; Taylor, 1961; Taylor, 1984)

由調查所得之赤眼卵蜂資料進行下列空間分布檢驗：

(一) 隨機或卜瓦松分布：

1. 卡方比率測驗 (χ^2 ratio test)。

2. 由卜瓦松概率密度函數 (Poisson probability density function) 求得理論頻度分布，進行卡方符合度測驗 (Chi-square goodness-of-fit test)。

上述兩種方法中以卜瓦松概率密度函數法較精確。

(二) 聚集或負二項分布：

由負二項分布概率密度函數求得理論頻度分布，進行卡方符合度測驗。函數中 K 值 (dispersion parameter) 之求法有二：

1. Moment estimate method, $\hat{K} = \bar{x}^2 / (s^2 - \bar{x})$ 。

2. Maximum likelihood estimate method, 以反覆求取法 (iterative method) 求得符合等式 $N \log_2(1 + \bar{x} / k) = \sum (Ax / (k + x))$ 之 K 值。N：總取樣株數；x：每株玉米上之蜂數值；Ax：大於 x 蜂數值之頻度總和。

上述兩種方法中以第二種方法較精確。

(三) Taylor's power law：

樣本平均值與變方關係式 $S^2 = a\bar{x}^b$ 中之 b 為聚集指數 (index of aggregation)，可由 $\log \bar{x}$ 與 $\log S^2$ 之直線迴歸求得。當 b 愈趨近

於1時族群聚集的程度愈低，b等於1時為隨機分布，b大於1為聚集分布，b小於1為均勻分布。

(四)Iwao's patchiness regression :

\bar{x} 為平均擁擠度 (mean crowding), $\bar{x} = \bar{x} + (s^2/\bar{x} - 1)$, 可以顯示族群內個體間之交互作用 (interaction) 強度, 其與 \bar{x} 之關係為 $\bar{x} = \alpha + \beta\bar{x}$ 。當 α 等於 0 時, 分布之基本單位是個體; 當 α 大於 0 時, 分布之基本單位是體群; 當 α 小於 0 時, 個體間相互排斥。 β 為密度聚集係數 (density contagiousness coefficient) 表示個體之空間分布型式。當 β 等於 1 時, 為隨機分布; 當 β 大於 1 時, 為聚集分布; 當 β 小於 1 時, 為均勻分布。

結果與討論

一、赤眼卵蜂和玉米螟卵塊之發生密度和頻度

在玉米播種後 37~66 天間, 每株玉米上之赤眼卵蜂平均數為 0.09~0.66 (試驗田一) 或 0.38~3.04 (試驗田二), 且族群密度隨玉米之生長而呈逐漸增加之趨勢 (表一)。兩試驗田雖在各項栽培條件和環境相似的情形下, 試驗田二之赤眼卵蜂密度明顯高於試驗田一, 顯示在同一地區之鄰近玉米田, 赤眼卵蜂族群仍會有很大之差異。表一顯示赤眼卵蜂在每株玉米上出現的頻度通常以 0 隻最多, 1 隻次之, 2 隻又次之, 3 隻以上者最

表一 一九九一年秋作赤眼卵蜂、未被寄生和被寄生亞洲玉米螟卵塊在玉米株上之相對頻度
Table 1. Relative frequencies of *Trichogramma* wasps, unparasitized egg masses and parasitized egg masses of the Asian corn borer found on individual corn plants, fall crop, 1991

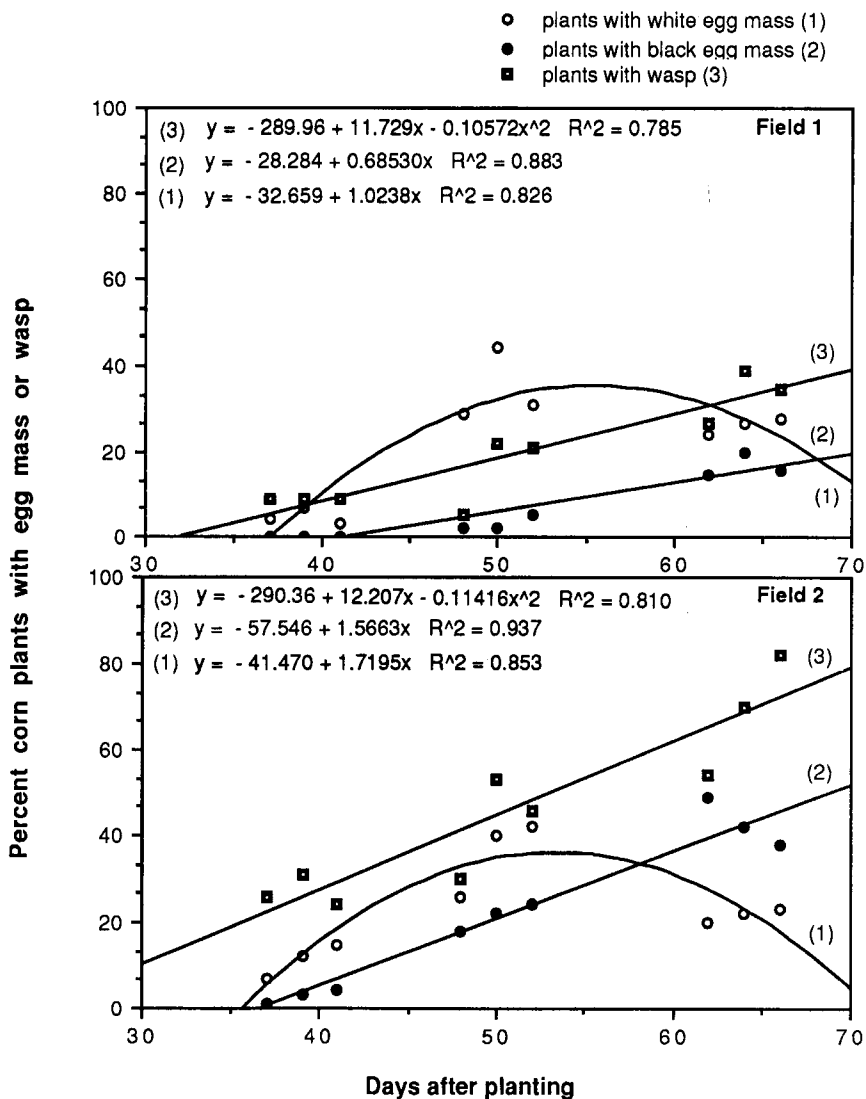
Days after planting	No. wasps per plant		Relative frequency (%)												Percent parasitism
			No. wasps				No. unparasitized egg masses				No. parasitized egg masses				
			0	1	2	>3	0	1	2	>3	0	1	2	>3	
Field 1															
37	0.09	0.08	91	9	0	0	96	4	0	0	100	0	0	0	0
39	0.09	0.08	91	9	0	0	93	7	0	0	100	0	0	0	0
41	0.09	0.08	91	9	0	0	97	3	0	0	100	0	0	0	0
48	0.05	0.05	95	5	0	0	71	23	6	0	98	2	0	0	5.41
50	0.25	0.27	78	20	1	1	56	34	9	1	98	2	0	0	3.51
52	0.22	0.19	79	20	1	0	69	21	8	2	95	5	0	0	10.20
62	0.29	0.25	73	25	2	0	76	23	1	0	84	10	4	2	50.00
64	0.66	0.97	61	20	13	6	73	22	5	0	80	18	2	0	40.74
66	0.53	0.76	65	22	10	3	72	23	3	2	84	15	1	0	32.69
Field 2															
37	0.38	0.62	74	18	6	2	93	6	1	0	99	1	0	0	11.11
39	0.38	0.42	69	26	3	2	88	11	1	0	97	3	0	0	18.75
41	0.39	0.62	76	13	7	4	85	15	0	0	96	4	0	0	21.05
48	0.46	0.68	70	18	9	3	74	23	3	0	82	15	3	0	47.73
50	1.09	2.61	47	26	16	11	60	26	10	4	78	17	4	1	31.87
52	1.37	8.24	54	20	10	16	58	36	4	2	76	19	5	0	36.59
62	1.12	2.07	46	27	10	17	80	16	4	0	51	26	14	9	77.98
64	2.92	17.02	30	18	18	34	78	18	4	0	58	22	11	9	73.47
66	3.04	14.48	18	25	14	43	77	21	2	0	62	26	9	3	67.95

少，但在試驗田二，當赤眼卵蜂密度較高時，有三隻蜂以上的玉米株數亦會多於有二隻甚或一隻蜂者。有二隻以上寄生蜂之玉米株頻度增加，可能是由於田間赤眼卵蜂族群密度增加，或是由於單株玉米上被寄生的卵塊數增加，使羽化出的寄生蜂在未充分分散前形成局部的高密度區域。綜合試驗田一、二之調查結果，在田間赤眼卵蜂平均蜂數高於 0.22 時，玉米株上有 1 隻蜂之相對頻度範圍為 13~27%，平均 21.3%。此頻度並未隨赤眼卵蜂密度增加而增加，但是玉米株上有 2 或 3 隻蜂之相對頻度則有隨密度增加而增加之趨勢(表一)。

玉米株上發現有寄生蜂之株數百分率，隨玉米生長逐漸上升至 35% (試驗田一) 和 82% (試驗田二)(表一)。另由表一之資料進行相關分析，結果顯示赤眼卵蜂密度(蜂數 / 株) 和卵塊寄生率間有顯著正相關性 ($r=0.7604$, $P=0.0002$)，赤眼卵蜂在玉米株上出現之株數百分率和寄生率間亦呈正相關 ($r=0.8622$, $P=0.0001$)，顯示寄生蜂之密度和分散頻度均為影響寄生率之重要因子。在田間玉米生長之中期或後期常見很高的玉米螟卵寄生率(余志儒等, 1992)，推測此二因子應為必要條件。由圖一可見在玉米播種後 40 天左右(輪生初期)若赤眼卵蜂密度高時(試驗田二)，於調查期間內蜂株百分率均隨玉米生長而維持高於白卵株之百分率，且黑卵株頻度亦增加較快(比較圖一兩試驗田之迴歸方程式(2)之斜率，試驗田二為 1.5663 較試驗田一之 0.6853 大)，而在赤眼卵蜂密度低時(試驗田一)，蜂株百分率並無明顯高於白卵株百分率之情形。因此斟酌田間大量放蜂防治玉米螟之時機和數量時，似應在放蜂初期提高放蜂量，並增加放蜂點，如此可以加速建立田間赤眼卵蜂之族群兼而提升後續羽化出來的寄生蜂在玉米株上出現之頻度。

表一顯示未被寄生的玉米螟卵塊之頻度分布在試驗田一、二相近，均以每株無卵塊之頻度最高，1 個卵塊次之，2 個卵塊再次之，3 個卵塊以上者極少。在播種後 48 至 66 天間，玉米株無卵塊之頻度降低，每株有二個以上卵塊的頻度相對增加，而單一卵塊之頻度則變化不大，其在試驗田一之平均值和範圍分別為 24.3% 和 21~34%，在試驗田二為 23.3% 和 16~36%。在玉米播種後 48~52 天間有一卵塊發生高峰。本試驗調查期間玉米株上有未被寄生玉米螟卵塊之最高相對頻度(或百分率)為 44% (試驗田一) 和 42% (試驗田二)，均出現在卵塊發生高峰期內。被寄生卵塊的頻度隨玉米生長有增加之趨勢(表一)。由各個寄生卵塊中羽化出來的寄生蜂，即形成自然的寄生蜂源(parasitoid resource)，在功能上類似人為的放蜂點。放蜂點的增加，應有助於提高寄生蜂搜尋寄主卵的整體效率。

雌寄生蜂通常是用嗅覺、觸覺和視覺來感受寄主本身發出的訊息及搜尋寄主的棲所(Doutt *et al.*, 1976)，寄生蜂能否成功地寄生寄主全賴本身的搜尋能力。然而寄生潛能的高低除了受到此種搜尋能力的影響外，寄生蜂與寄主兩族群之交互作用亦為其重要之影響因子。將試驗田一、二各次調查所得資料，彙集計算得蜂-白卵株相對百分率為 22.3%，蜂-黑卵株相對百分率為 16.4%，白-黑卵株相對百分率為 12.5% (圖二A, B, C)。寄生蜂與未被寄生的玉米螟卵塊在同一株上表示卵塊被尋獲和寄生的機率很高，因此蜂-白卵株相對百分率愈高表示寄生蜂搜尋寄主之能力愈強。因此理論上此項指標可供預估寄生率。當未被寄生與被寄生卵塊同時存在一株玉米時，由兩者發育速率快慢而可能有以下兩種情形，一是玉米螟卵先孵化遂不再有被寄生之機會，一是寄生蜂先羽化導致鄰



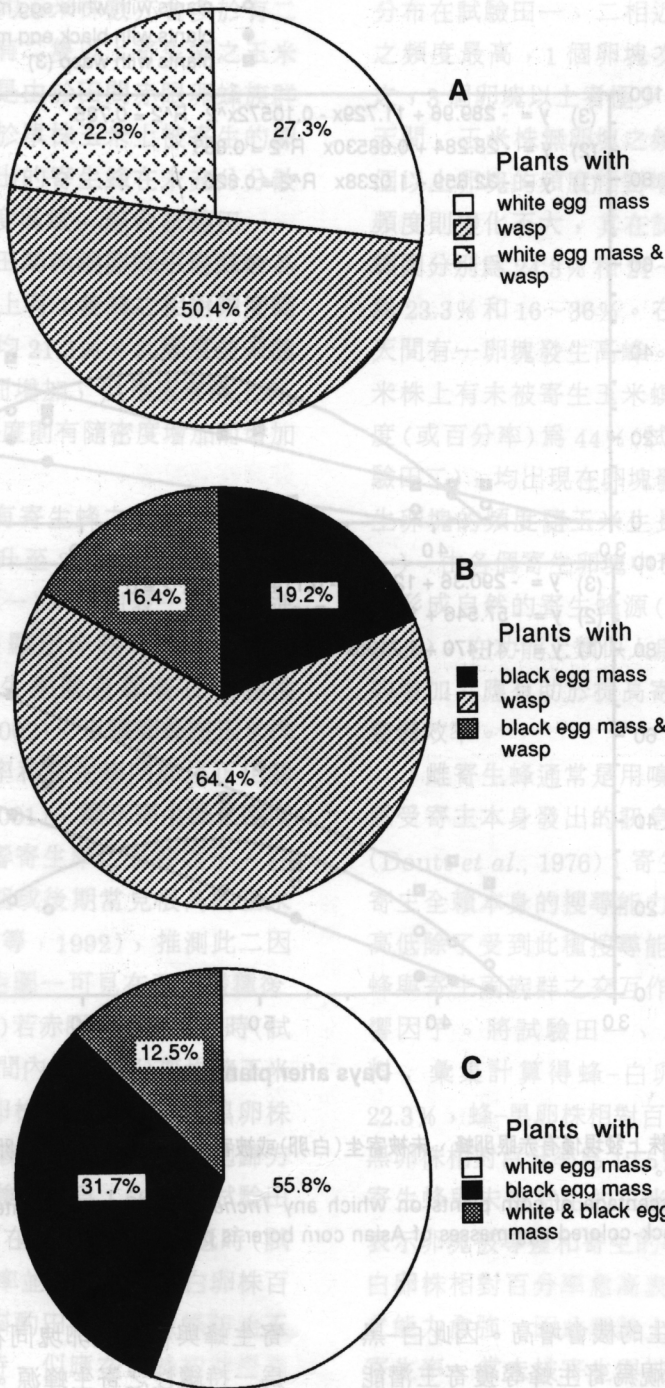
圖一 玉米株上發現僅有赤眼卵蜂、未被寄生(白卵)或被寄生(黑卵)亞洲玉米螟卵塊之玉米株百分率。

Fig. 1. Percentage of corn plants on which any *Trichogramma* wasps, white-colored and black-colored egg masses of Asian corn borer is present at sampling.

近的玉米螟卵被寄生的機會增高。因此白-黑卵株相對百分率可視為寄生蜂尋獲寄主潛能之另一參考指標，其與天敵及寄主之發育速率和此兩族群發生消長有關，有助於輔助蜂-白卵株相對百分率以預估寄生率的高低。另

寄生蜂與被寄生卵塊同在一株玉米上，可視為一持續性之寄生蜂源。蜂-黑卵株相對頻度之高低表示此種持續性寄生蜂源的多寡，亦與寄生率有密切的關係。

以上蜂-白卵株、蜂-黑卵株和黑-白卵株



圖二 玉米株上發現僅有赤眼卵蜂、未被寄生(白卵)或被寄生(黑卵)亞洲玉米螟卵塊及三者中任兩者之玉米株百分率。
 Fig. 2. Fraction of corn plants on which any *Trichogramma* wasps, white-colored egg masses and black-colored egg masses of the Asian corn borer is found or any two of them are present together at sampling.

相對百分率可視為赤眼卵蜂對亞洲玉米螟寄生潛能之指標，做為未來利用寄生蜂防治玉米螟時，評估不同種卵寄生蜂間相對寄生潛能之依據及探討寄生蜂與寄主間關係之參考。當白卵(未被寄生)與黑卵(被寄生)同在一株玉米上時，黑卵應是先於白卵被產下。由圖二 C 可知仍有 28.3% (12.5% / (12.5% + 31.7%)) 的玉米株上，雖然已經存在被寄生的卵塊但仍被玉米螟選擇為產卵株，因此黑卵株對玉米螟是否具產卵忌避或警告效用，值得進一步探討。

二、赤眼卵蜂之空間分布

在試驗田一，當赤眼卵蜂密度很低時，部份的調查結果出現其族群密度之變方 (variance) 值低於或等於平均值 (表一)，顯示其

在低密度時族群趨向於均勻或逢機分布。除上述情形外，綜合卡方比率測驗和卜瓦松概率密度函數法檢驗結果，顯示在調查期間大部份的赤眼卵蜂族群不符合逢機分布 (表二)。再以 Moment estimate method 和 Maximum likelihood estimate method 檢驗，結果大部份均符合負二項分布模式，即赤眼卵蜂族群是屬於聚集分布 (表三)。一般而言以負二項分布模式檢驗昆蟲的族群分布時，模式中之 K 值通常介於 0.2 (高度聚集) 和 2.0 (低度聚集) 之間 (Dr. Roger D. Moon, Univ. of Minnesota, 個人通訊)，當 K 值大於 2 時，其值愈大愈傾向從聚集分布變成逢機分布 (Southwood, 1978)。由表三中之 K 值判斷赤眼卵蜂在玉米田之聚集程度趨向於中度聚

表二 玉米田內赤眼卵蜂族群呈卜瓦松分布之符合度測驗

Table 2. Goodness-of-fit tests of *Trichogramma* populations in corn field for the agreement to the Poisson distribution

Days after planting	p.d.f. method		X ² ratio method	
	X ²	(n-2) df	X ²	(n-1) df
Field 1				
37	-	0	0.8889	1
39	-	0	0.8889	1
41	-	0	0.8889	1
48	-	0	1.0000	1
50	0.1683	1	2.4000	2
52	0.7878	1	1.7272	2
62	0.9642	1	0.8621	1
64	11.1487**	2	4.4097*	3
66	4.8096	2	4.4302*	3
Field 2				
37	3.9783*	1	3.2632	2
39	0.0625	1	3.2105	2
41	13.1009**	1	3.1795	2
48	8.7738*	2	4.4348	3
50	23.9026**	3	9.5780*	4
52	86.0630**	4	30.0730**	5
62	27.9084**	3	7.3929	4
64	167.6141**	6	40.8140**	7
66	98.0398**	8	42.8684**	9

1) * and ** denote significant differences at 5% and 1% levels, respectively.

表三 玉米田內赤眼卵蜂族群呈負二項分布之符合度測驗

Table 3. Goodness-of-fit tests of *Trichogramma* populations in corn field for the agreement to the negative binomial distribution

Days after planting	Moment estimate method			Maximum likelihood estimate method		
	X ²	(n-2) df	k	X ²	(n-3) df	k
			Field 1			
37	-	0	-	-	-1	-
39	-	0	-	-	-1	-
41	-	0	-	-	-1	-
48	-	0	-	-	-1	-
50	0.6199	1	3.1250	5.5325	1	4.5000
52	0.0014	1	-1.6133	-	0	-
62	0.0199	1	-2.1025	-	0	-
64	2.8804	4	1.4052	2.2034	2	1.0775
66	4.7593	2	1.2213	3.1425	3	1.1555
			Field 2			
37	0.3216	2	0.6017	3.3649	3	0.6317
39	0.4745	1	3.6100	-	0	-
41	4.4344	2	0.6613	1.6136	1	0.4566
48	1.3182	2	0.9618	1.1852	2	0.8145
50	5.7995	4	0.7816	5.3089	3	0.9450
52	8.6054	4	0.2732	19.4260**	3	0.3807
62	2.0809	4	1.3204	2.3950	4	1.1530
64	17.8211	10	0.6047	23.2921**	8	0.6720
66	18.6575*	10	0.8078	15.0923	9	1.1238

1) * and ** denote significant differences at 5% and 1% levels, respectively.

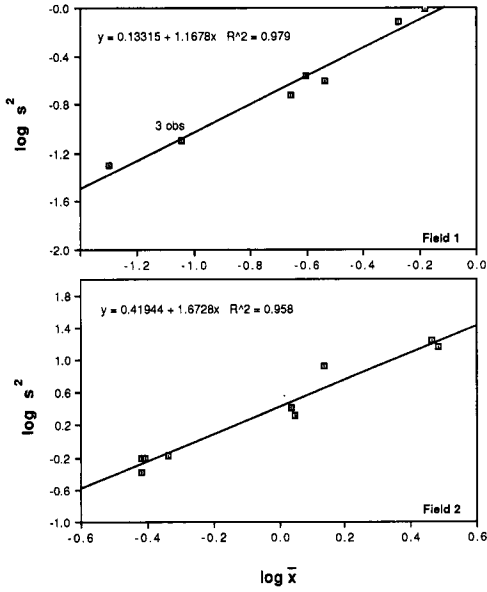
集，此種寄生蜂的聚集行為在害蟲族群調節上具有重要意義。Roland (1990)認為這種寄生蜂的聚集性攻擊行為 (behaviour of aggregative attack)，在歷經多個寄主世代後更能顯出與寄主豐度 (host abundance) 間之關聯性。

根據 Taylor's power law 估計所得之聚集指數 b (即 $\log S^2$ 與 $\log \bar{x}$ 迴歸直線之斜率) 為 1.1678 ($p < 0.05$, 試驗田一) 和 1.6728 ($p < 0.05$, 試驗田二)，均大於 1 (圖三)，顯示赤眼卵蜂之族群分布為聚集分布，且在試驗田二，即赤眼卵蜂密度較高之玉米田中聚集程度較高。由 Iwao's patchiness regression 法得知在試驗田二赤眼卵蜂密度聚集指數 β 為 2.4936 (圖四)，大於 1，因此亦顯

示赤眼卵蜂在玉米田之分布為聚集型。而 α 大於 0，顯示分布之基本單位是體群 (colony)。在試驗田一，因部分求得之 α 為負數，不合 α 之定義 (在一取樣單位中每個個體周圍其他個體之平均數 (Lloyd, 1967))，而未予進行分析。

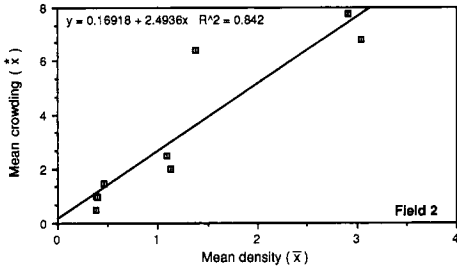
三、玉米螟卵塊之空間分布

未被寄生的玉米螟卵塊和被寄生卵塊分別經 Taylor's power law 分析，結果顯示未被寄生的玉米螟卵塊之空間分布為聚集型 (圖五；試驗田一， $b = 1.0355$, $p = 0.001$ ；試驗田二， $b = 1.1210$, $p = 0.0081$)；被寄生的玉米螟卵塊在試驗田二亦呈現聚集的情形 (圖六， $b = 1.0840$, $p = 0.0001$)，與王承繪 (1984) 之結果相似。但在試驗田一， $\log S^2$ 對 $\log \bar{x}$ 之迴



圖三 一九九一年台中霧峰秋作玉米赤眼卵蜂平均數和變方之關係(obs: 觀測值)。

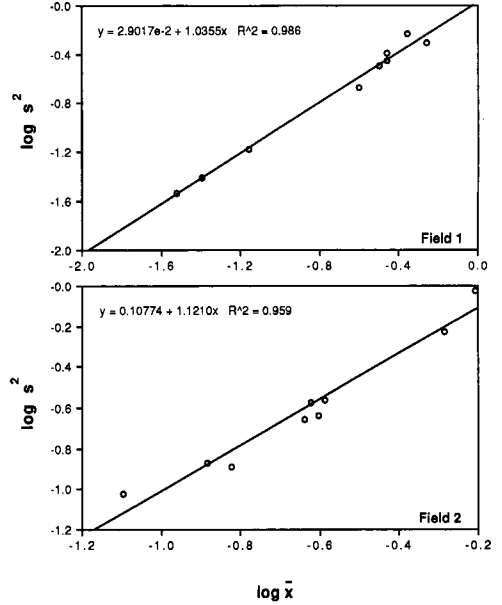
Fig. 3. Relationship between log variance and log mean of *Trichogramma* wasps sampled from a corn field at Wufeng, fall crop, 1991. (obs: observation).



圖四 一九九一年台中霧峰秋作玉米赤眼卵蜂平均密度和lwao氏平均擁擠度之關係。

Fig. 4. Relationship between lwao's mean crowding and mean density of *Trichogramma* wasps sampled from a corn field at Wufeng, Taichung, fall crop, 1991.

歸直線不成立($p=0.0681$), 玉米螟卵塊(不分寄生與被寄生卵塊)在玉米田呈聚集分布為其族群之重要特徵(徐士蘭等, 1988), 而卵塊



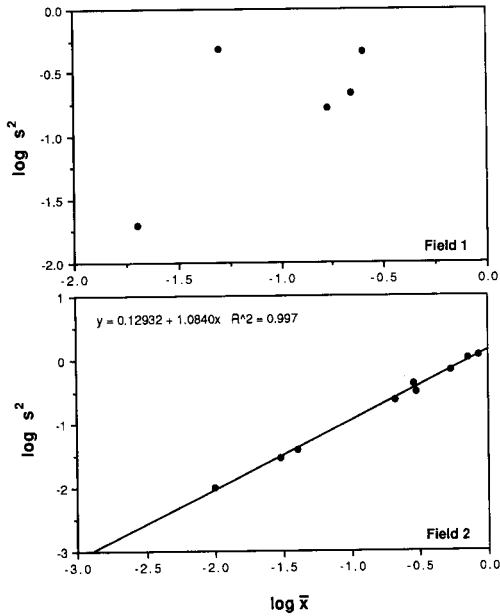
圖五 一九九一年台中霧峰秋作玉米未被寄生玉米螟卵塊平均數和變方之關係。

Fig. 5. Relationship between log variance and log mean of white-colored egg masses of Asian corn borer sampled from a corn field at Wufeng, Taichung, fall crop, 1991.

被寄生乃寄生蜂成功搜尋寄主之結果, 因此其空間分布應與寄生蜂之分布和寄生行為有密切的關係。換言之, 未被寄生者, 為何可逃過被寄生之命運, 值得我們進一步探討其生態上之原因, 以供防治方法之改進。

Kareiva (1990)指出由於昆蟲大都呈聚集分布, 因此以往學者在探討害蟲族群和天敵族群相互變動時, 較少考慮到兩者之空間分布關聯性。其實, 吾人若欲明瞭影響天敵表現之各項機制, 亟需估量害蟲之空間分布以及當害蟲密度變動時, 天敵族群本身之空間分布反應。

目前在臺灣大量釋放玉米螟赤眼卵蜂防治亞洲玉米螟, 均採用定距定點的蜂片放蜂法, 因此放蜂點的空間分布呈現均勻分布(regular distribution)之型式(Southwood,



圖六 一九九一年台中霧峰秋作玉米被寄生玉米螟卵塊平均數和變方之關係。

Fig. 6. Relationship between log variance and log mean of black-colored egg masses of Asian corn borer sampled from a corn field at Wufeng, Taichung, fall crop, 1991.

1978)。綜合本試驗之結果，基於亞洲玉米螟之卵塊多呈聚集分布，因此若將相同之蜂量以大幅增加放蜂點的方式釋放，必可避免部分玉米螟卵塊聚集區域，因缺乏足夠的赤眼卵蜂而降低防治效果。

誌謝

本試驗由林駿聯先生和呂佳宜小姐協助田間調查工作，國立中興大學施劍鏐教授及國立屏東技術學院張念台教授兩審查委員提供寶貴意見，謹此致謝。

參考文獻

王承繪、王輝先、桂承明、路紅、丁希

泉。1984。玉米螟赤眼卵蜂的寄生卵塊在玉米上的田間分布型。昆蟲學報 27: 294-300。

余志儒、陳健忠、周祿鎰。1992。田間釋放玉米螟赤眼卵蜂 (*Trichogramma ostriniae*) 防治亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*) 效果評估。中華農業研究 41: 295-310。

徐士蘭、謝豐國、彭武康。1988。亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis* (Guenee)) 之空間分布及取樣數估計。中華昆蟲 8: 1-9。

曾清田、吳炎融。1990。超甜玉米螟蟲綜合防治。植物保護學會會刊 32: 177-182。

顏福成。1984。玉米螟田間生態。稻田轉作玉米害蟲防治研習會論文摘要 p.9。

錢永慶、曹瑞麟、李國柱。1984。玉米螟赤眼卵蜂的生物學特性及其利用。昆蟲學報 27: 287-293。

Biever, K. D. 1972. Effect of temperatures on the rate of search by *Trichogramma* and its potential application in field releases. Environ. Entomol. 1: 194-197.

Bliss, C. I. and R. A. Fisher. 1953. Fitting the negative binomial distribution to biological data and note on the efficient fitting of the negative binomial. Biometrics 9: 176-200.

Chiang, H. C., P. P. Burbutis, and C. S. Volden. 1986. Assessing the potential of augmentation program: *Trichogramma-Ostrinia* system as an example. Plant Prot. Bull. 28: 13-22.

Chiu, S. C. and C. C. Chen. 1986. Biological control of the Asian corn borer in Taiwan. Plant Prot. Bull. 28: 23-30.

- Doutt, R. L., D. P. Annecke, and E. Tremblay.** 1976. Biology and host relationships of parasitoids. pp.143-168 in C. B. Huffaker and P. S. Messenger, eds. Theory and practice of biological control. Academic Press, New York.
- Hendricks, D. E.** 1967. Effect of wind on dispersal of *Trichogramma semifumatum*. J. Econ. Entomol. 60: 1367-1373.
- Iwao, S. and E. Kuno.** 1968. Use of the regression of mean crowding on density for estimating sample size and the transformation of data for the analysis of variance. Res. Popul. Ecol. 10: 210-214.
- Jones, R. L., W. J. Lewis, M. Beroza, B. A. Bierl, and A. N. Sparks.** 1973. Host-seeking stimulants (kairomones) for the egg parasite, *Trichogramma evanescens*. Environ. Entomol. 2: 593-596.
- Kareiva, P.** 1990. The spatial dimension in pest-enemy interactions. pp. 213-227 in M. Mackaur, L. E. Ehler and J. Roland, eds. Critical issues in biological control, Intercept, Andover, Hants.
- Lewis, W. J., R. L. Jones, and A. N. Sparks.** 1972. A host-seeking stimulant for the egg parasite *Trichogramma evanescens*: Its source and a demonstration of its laboratory and field activity. Ann. Entomol. Soc. Amer. 65: 1087-1089.
- Lewis, W. J., R. L. Jones, D. A. Nordlund, and A. N. Sparks.** 1975. Kairomone and their use for management of entomophagous insects. I. Evaluation for increasing rates of parasitization by *Trichogramma* spp. in the field. J. Chem. Ecol. 1: 343-347.
- Lloyd, M.** 1967. Mean crowding. J. Anim. Ecol. 36: 1-30.
- Ludwig, J. A. and J. F. Reynolds.** 1988. Statistical ecology: A primer on methods and computing. John Wiley & Sons, New York.
- Roland, J.** 1990. Parasitoid aggregation: Chemical ecology and population dynamics. pp. 185-211 in M. Mackaur, L. E. Ehler and J. Roland, eds. Critical issues in biological control. Intercept, Andover, Hants.
- Shu, S. and R. L. Jones.** 1989. Kinetic effects of a kairomone in moth scales of the European corn borer on *Trichogramma nubilale* Ertle and Davis (Hymenoptera: Trichogrammatidae). J. Insect Behav. 2: 123-131.
- Southwood, T. R. E.** 1978. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. Chapman and Hall. London.
- Stern, V. M., E. I. Schlinger, and W. R. Bowen.** 1965. Dispersal studies of *Trichogramma semifumatum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) tagged with radioactive phosphorus. Ann. Entomol. Soc. Amer. 58: 234-240.
- Tran, L. C. and S. A. Hassan.** 1986. Preliminary results on the utilization of *Trichogramma evanescens* Westw.

to control the Asian corn borer
Ostrinia furnacalis Guenee in the
Philippines. J. appl. Ent. 101: 18-23.

Taylor, L. R. 1961. Aggregation, variance
and the mean. Nature (London) 189:
732-735.

Taylor, L. R. 1984. Assessing and inter-
preting the special distributions of
insect populations. Ann. Rev. En-
tomol. 29: 321-357.

收件日期：1993年3月5日

接受日期：1993年3月15日