

昆蟲學報 第6卷 第1期 第1—36頁 抽印本

Reprinted from

Acta Entomologica Sinica Vol. VI No. 1, pp. 1-36, 1956

甘蔗螟蟲卵赤眼蜂繁殖利用的研究

On the rearing of *Tichogramma evanescens* Westw.
and its utilization for control of sugar cane borers

蒲 螯 龍

Pu Chih-lung

鄧 德 藹

Tang Te-hai

劉 志 誠

Liu Chih-cheng

洪 福 昌

Hung Fu-chang

莫 禹 詩

Mo Yu-shih

科 學 出 版 社

1956年3月

甘蔗螟虫卵赤眼蜂繁殖利用的研究*

蒲蟄龍 鄧德藹 刘志誠 洪福昌 莫禹詩

(華南農學院)

(華南農業科學研究所)

甘蔗是我國最重要的糖料作物,種植地區主要分佈於廣東、廣西、四川、福建、雲南、台灣各省。甘蔗各種害虫中以甘蔗螟虫最為普遍,分佈亦最廣。根據現有資料,甘蔗螟虫分佈於廣東、廣西、四川、福建、台灣各省,為甘蔗生產上的一個嚴重問題。

廣州珠江三角洲甘蔗螟虫種類,已發現的有五種:條螟或稱斑點螟 (*Diatraea venosata* Wk.)、二點螟 (*Chilo infuscatellus* Snellen)、黃螟 (*Eucosma schistaceana* Snellen)、大螟或稱紫螟 (*Sesamia inferens* Wk.) 和白螟 (*Scirpophaga nivella* Fab.), 其中以條螟、二點螟、黃螟最為普遍,大螟在春季和夏季為害秋植蔗,冬季和秋季發現較少。

被甘蔗螟虫侵害的甘蔗,一般表現兩種被害狀:在苗期形成枯心苗,在甘蔗生長的中後期,螟虫進入莖內蛀莖。

在廣東珠江三角洲甘蔗螟虫為害程度,我們曾在廣東省農業試驗場岑村場地做過調查,1953年6月份枯心苗率為9%強,7月份枯心苗率為22%強。根據1954年9月我們在廣東省農業試驗場場地調查結果,甘蔗品種台糖134的螟害節百分率是25.55%。

蔗螟為害,造成甘蔗枯心苗,可影響甘蔗生長初期的發育,甚至造成缺株現象。蛀莖之害,能影響甘蔗的生長,並易受風折,減低蔗糖含量和造成甘蔗赤腐病菌入侵的良好條件。

甘蔗螟虫的防治,目前在我國蔗區所用的方法,主要是割枯心苗以除幼虫,或者在拔去枯死心葉後,用鉄線刺斃幼虫,還有局部地區在拔除枯心苗後,用六六六液灌進苗心。這些方法,都能够在蔗苗期治螟發生一定效果,可是對於甘蔗生長中後期的螟害防治,是不能應用的。

從甘蔗生長特性、栽培制度和蔗螟發生規律來看,這一類害虫的防治,是有一定困難的。為了減低防治措施的成本並希望防治效率提高,世界上不少產蔗區,在本世紀

* 中南農業科學研究所李映萍同志曾於1954年5月至7月參加本工作。

曾先後試用過赤眼蜂來防治甘蔗螟蟲。1921 年 Cleare 氏首先在英屬基阿那 (British Guiana) 利用赤眼蜂來防治蔗螟, 開始效果很好, 但後來防治效能不高。1927 年至 1932 年 Hinds 氏、Spencer 氏、Osterberger 氏和 Dugas 氏等在美國南部先後作赤眼蜂田間防治蔗螟的試驗, 收到了一定防治效果。1933 年 Smyth 氏報告秘魯利用赤眼蜂防治蔗螟的結果, 認為赤眼蜂可減低蔗螟的為害, 甘蔗的蔗糖含量和蔗糖純度都有所增加。1941 年 Jaynes 和 Bynum 氏報告美國南部利用赤眼蜂防治甘蔗螟蟲試驗結果, 認為這種防治方法, 對甘蔗產量和蔗糖產量的增高都不起什麼作用。自此以後, 就放棄了赤眼蜂的利用。

另一方面, 也有些地方認為赤眼蜂對於蔗螟的防治是有一定效果的。而且還在繼續利用。根據 Issac 氏 1946 年的報告, 1942—44 年在印度培育了一億五千萬赤眼蜂來防治蔗螟, 1944—45 年繁殖赤眼蜂數量超過了三億, 用赤眼蜂來防治蔗螟的結果, 有些蔗區差不多增加了四分之一的產量。根據 Tucker 氏 1950 年的報告, 西印度的巴佩道斯 (Barbados) 二十年來施用赤眼蜂防治條螟有相當顯著的防治效果。

赤眼蜂的利用, 在蘇聯獲得了優越的成就, 赤眼蜂用於冬夜蛾 (*Agrotis segetum* Schiff.)、草地螟 (*Loxostege sticticalis* L.)、玉米螟 (*Pyrausta nubilalis* Hb.) 及其他害虫的防治, 都有顯著效果。蘇聯先進的農業生物學理論和農業技術, 肯定了赤眼蜂在生產實際的效能, 對於赤眼蜂的利用範圍, 年有增加, 如負責繁殖赤眼蜂的集體農莊生物實驗室, 1945 年在烏克蘭地區只有 19 個, 以後逐年增加, 1953 年計劃增到 350 個。該地區利用赤眼蜂來防治農作物害虫的防治面積, 在 1945 年只有一千七百公頃, 以後逐年增大, 1953 年計劃增大到五十萬公頃。這些事例說明了赤眼蜂的利用在社會主義國家的農業生產上佔了一個很重要的位置。

我國研究和利用赤眼蜂, 也有相當歷史。祝汝佐、胡永錫 (1935) 曾作赤眼蜂 (*Trichogramma evanescens*) 生活史, 寄主種類對寄生蜂發育關係和寄生蜂生態學的研究; 黎國燾 (1936) 曾在廣州做了人工繁殖赤眼蜂的試驗, 並且做了小規模的田間釋放試驗; 張若芷 (1947) 曾在四川做了水稻螟蟲卵寄生蜂 (包括赤眼蜂 *Trichogramma japonicum*) 的田間保護試驗; 蒲蟄龍、陳守堅、洪福昌 (1952) 在廣州進行甘蔗螟蟲卵和水稻三化螟卵赤眼蜂的生活史, 室內大量繁殖和赤眼蜂室內寄主大量繁殖的試驗; 鄭漢業 (1954) 在廣東進行水稻三化螟卵寄生蜂 (包括赤眼蜂) 的田間保護試驗。

本試驗由 1953 年春間開始, 試驗範圍包括四部分: (一) 赤眼蜂寄主繁殖試驗, (二) 赤眼蜂繁殖試驗, (三) 赤眼蜂田間放播試驗, (四) 甘蔗螟蟲田間動態調查。在第四部分的調查過程中, 曾就蔗螟的生活習性, 另行做了一些試驗, 並結合廣東農民防治甘蔗螟

虫總結，提供了一些農業防治和化學防治方法，這些材料刊於 1955 年廣東農業通訊第十六期，作為目前蔗螟防治的技術指導。

赤眼蜂寄主的繁殖

赤眼蜂在田間寄生在各種甘蔗螟虫卵內，因為赤眼蜂的寄主很多，也可能寄生於田間其他的昆虫卵內，要利用這種寄生蜂，必須設法使蔗田裏的寄生蜂數目，在適當的時候增加起來，使蔗螟卵的寄生率增高，而達到防治目的，如果能夠把赤眼蜂用人工繁殖方法大量繁殖起來，在適當時候放到蔗田裏去，自然是增加田間寄生蜂數量的有效辦法。為了要大量繁殖赤眼蜂，一定要找到一些適當的寄主，如果用蔗螟卵作為寄主去繁殖，那就太不經濟了。而且在繁殖技術上，也是非常麻煩的。所以，決定用那些寄主，倒是赤眼蜂繁殖試驗中一個先決問題。

赤眼蜂的寄主是很多的。根據 Martin 氏 1928 年的報告，赤眼蜂 (*Trichogramma evanescens* Westw.) 的寄主達 150 種。祝汝佐、胡永錫 (1935) 曾經試用多種鱗翅目昆虫的卵給赤眼蜂 (*Trichogramma evanescens*) 寄生，結果有 14 種昆虫卵可供寄生。廣州甘蔗螟卵的赤眼蜂（經祝汝佐教授鑑定為 *Trichogramma evanescens*），經初步試驗，也有 17 種鱗翅目昆虫的卵，可供寄生。

根據我們兩年來的試驗結果，認為能夠選為繁殖赤眼蜂寄主的昆虫，應該具有下列條件：(1) 這種昆虫的卵能夠為赤眼蜂所寄生，而且是喜歡寄生的；(2) 赤眼蜂在卵內能夠順利地發育；(3) 卵的內含物對於寄生蜂發育時期的營養質好而量足；(4) 卵體積較大；(5) 卵殼較堅韌，不易扁縮；(6) 寄主產卵量多；(7) 寄主食料可整年供應，而且價廉；(8) 寄主每年世代數多；(9) 易於飼養管理。

關於赤眼蜂寄主的飼養試驗，我們曾用過麥蛾 (*Sitotroga cerealella* Oliv.)、蓖麻蚕 (*Attacus cyathia ricini* Bois.) 和松毛虫 (*Dendrolimus* sp.) 為試驗對象。灰帶毒蛾 (*Orgyia postica* Wk.) 和小地老虎 (*Agrotis ypsilon* Rott.) 也試育過。現將各種寄主飼育結果如下：

(一) 麥蛾繁殖試驗

用麥蛾卵來繁殖赤眼蜂，赤眼蜂的子代小而弱，雄性比率逐漸增高，而且一卵只能繁殖一蜂，卵殼薄易於扁縮，所以麥蛾卵不是繁殖赤眼蜂的優良寄主。但麥蛾每年世代數多，飼料隨時隨地都能供應，在管理上有一定優點。根據寄生蜂繁殖試驗結果，我們不主張用麥蛾卵作為赤眼蜂繁殖寄主，如果某些地區必需應用的話，一定要設法提高麥蛾的營養，提高麥蛾的生活力，才能用來繁殖赤眼蜂。

我們曾進行过麥蛾大室繁殖和一些繁殖試驗,現將繁殖結果總結地分列如下:

我們曾用由貯藏室改裝的繁殖室兩間,一間容積是 $12.57 \times 5.7 \times 8.61$ 市尺,另一間是 $12.6 \times 8.91 \times 8.61$ 市尺。繁殖室設雙層窗門,內層為 20 眼鉄紗窗,外層為玻璃窗,室外四周有防蟻水渠,气温降低時,用电熱加温,室内裝置膨脹餅式的自動調温器,以調節室温。濕度低的時候,用麻袋鋪地洒水其上,使蒸發以增加濕度。繁殖室内放置繁殖木架,每木架高 6.54 市尺,長 3.37 市尺,闊 1.38 市尺,分成五層,每層斜置無盖淺木箱一个,

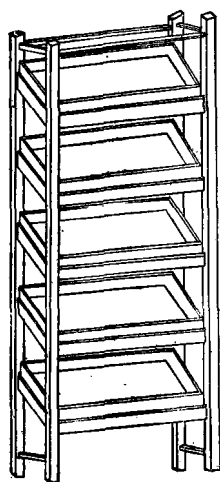


圖 1 麥蛾繁殖架

一个,淺木箱較木架略短窄,高 3.5 市寸(圖 1)。

麥蛾的天敵,是麥蛾繁殖的最大障礙,麥蛾在廣州有兩種主要的天敵,一种是寄生蜂(学名待定),一种是蠅(学名待定)。其他倉庫害虫,對於麥蛾繁殖也有妨碍,在繁殖麥蛾前,必需先將全室及所用稻穀加以消毒,我們曾用氰酸气消毒 48 小時,將麥蛾天敵和其他倉庫害虫消滅,然後將麥蛾卵二万五千餘顆陸續移到一个繁殖室的稻穀上,將室温調節到 30°C 左右,相对濕度 80% 左右,一个月後,麥蛾陸續羽化。麥蛾羣落大的時候,許多个体停在繁殖室的牆壁上,每平方市尺可多至 103 头。在繁殖过程中,常洒一些水在稻穀上,使略濕潤,初孵化的麥蛾幼虫容易咬進穀粒去。麥蛾多的時候,就可以大量地採集,放進產卵器內產卵。我們用的麥蛾產卵器,是木或鋅鉄片做成的方形或長筒形的小匣子,容積約 27 立方市寸。匣子的每一端是一片 40 眼的銅紗(圖 2、3)。每个產卵器可容納麥蛾六、七百头。同時放進一些摺綫的蠟光紙,以增加麥蛾的產卵量。根据我們試驗結果,麥蛾在光滑的接觸面上產卵最多,每雌平均產卵可達 141 枚。每天收集麥蛾卵,供繁殖赤眼蜂用。繁殖所用的卵,以產出後 24 小時以內的最好。在繁殖室内採集麥蛾,我們应用一般採集昆虫标本的吸虫管,將吸虫管連到真空抽气机去,工作效率很高,用人工吸蛾也可,但效率較低。

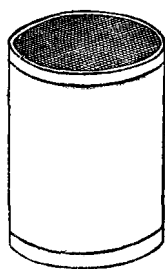


圖 2 長筒形麥蛾產卵器

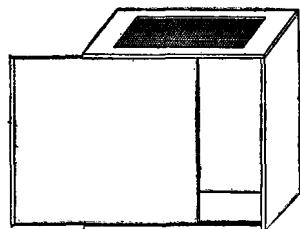


圖 3 方形麥蛾產卵器

在麥蛾繁殖过程中,最麻煩的問題,是怎样防止蠅類的大發生。蠅類捕食麥蛾的卵和幼虫,繁殖很快,多的時候,把麥蛾的羣落压到很低。用氰酸气消毒过的繁殖室和稻穀,可殺滅蠅類,可是蠅類体小,可从門窗爬入,也可以附在工作人員衣服上帶進室内,

如果环境適宜, 很快就繁殖起來。所以麥蛾室虽然經過消毒, 仍然要防止蠅類的發生。根据我們大室試驗的結果, 防止蠅類發生最好的办法是降低繁殖室的濕度, 在相對濕度 90% 以上的時候, 蠅類發生很快, 如果把濕度降到 80%, 蠅類羣落就很快降低。

麥蛾發育速度和溫濕度有很大關係, 根据我們的試驗結果, 在平均溫度 27°C , 相對濕度 80% 的時候, 一世代需時約 30 天; 平均溫度 30°C , 相對濕度 79% 時, 一世代需時約 23—26 天。在大室繁殖過程中, 如果能夠將室溫固定到 30°C , 相對濕度 80%, 麥蛾在一個月以內就能完成一個世代。

作為飼料的穀物種類和麥蛾的發育有很大關係。根据我們試驗的結果, 用稻穀或麥子來繁殖麥蛾, 羽化率高 (50% 以上), 每世代需時約 30 天 (平均溫度 26°C , 相對濕度 80%)。用玉米繁殖出來的麥蛾個體較大, 產卵量較多, 發育時間也相差不遠, 可是羽化率較低, 僅 8% 左右, 羽化率低的緣故, 和所用的玉米含水量低有很大關係。這三種穀物都能夠作為繁殖麥蛾的飼料。

(二) 蓖麻蚕繁殖試驗

蓖麻蚕是一種益虫, 有很大的經濟價值。蓖麻蚕的卵也是繁殖赤眼蜂的優良寄主。蓖麻蚕的飼料主要是蓖麻葉, 蓖麻樹在廣州的冬季裏也不落葉, 所以, 在廣州整年飼育蓖麻蚕, 是沒有困難的。蓖麻蚕的飼育, 近來經過中國科學院實驗生物研究所的同志們一系列的研究, 飼育上所遇到的問題, 都基本上得到了解決。

作為赤眼蜂寄主的蓖麻蚕的繁殖有兩個方向: (一) 飼育出生活力強的個體, 因為生活力強, 一般產卵量較多, 而且卵的質也好, 用來繁殖赤眼蜂, 質量都可提高。 (二) 培養寄主要節省勞力, 因為培養寄生蜂工作, 要兼顧兩種昆蟲的繁殖, 自然以節省勞力為宜。但在節省勞力條件下, 必須照顧到生活力問題。跟着這兩個方向, 我們曾根據中國科學院實驗生物研究所的蓖麻蚕飼育要點, 做了一些飼養試驗, 結果, 以全葉插水飼育法, 能夠達到上項目的。我們用的蚕座, 是長方形木箱 (圖 4), 該箱長 55 厘米, 高 16 厘米, 闊 40 厘米, 上有鐵紗網蓋, 箱的一端底部有一小縫, 並有可開閉的小蓋, 木箱底有六片可轉動的圓形鐵片, 每片有大小不同小孔 4 個, 木箱下有六個小架, 每架放置竹筒一個。在養蚕室內有特製的木架, 可容木箱 16 個, 箱放在架上, 稍傾斜, 養蚕時, 竹筒盛水, 蓖麻葉柄由箱內轉動鐵片的孔插到竹筒裏去, 鐵片上各種大小不同的孔, 是適合於調節插葉數量的多少。從蓖麻蚕第一齡起就用全葉插水飼育, 第一齡蚕用嫩一些的葉子。由一齡至五齡, 每天只換葉一次。蚕沙因飼育箱有一定斜度, 有一部分能自動落到箱的小縫, 如不能自動落下的,

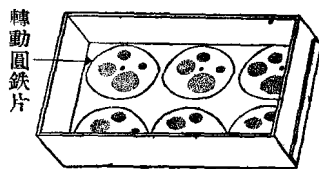


圖 4 飼育蓖麻蚕的蚕座

可用手輕拍箱底,即可落下。在除沙方面是很方便的,在一切管理方面都節省人力。我們做了一次全葉插水飼育及每天給葉四次的飼育比較試驗,現將兩種飼育方法,試驗結果列於表 1。

表 1 蓖麻蚕全葉育和換葉育的比較

飼 育 方 法	飼 育 蚕 數	上 簇 百 分 率	羽 化 百 分 率	平 均 每 雌 產 卵 數	平 均 每 繭 重 (克)	平 均 每 空 繭 重 量 (克)
全 葉 育 (每天換葉 1 次)	460	98.9	99.1	395.1	2.48	0.344
每 天 換 葉 4 次	90	87.7	97.4	289.6	2.46	0.340

由上述試驗結果,用全葉插水飼育法,養出來的蚕生活力強,人力也大大地節省。這種方法,我們正在試驗應用,還希望能夠不斷改進提高。

用蓖麻蚕卵來繁殖赤眼蜂,經過了多次試驗,效果很好。蓖麻蚕是為人類所利用的一種益虫,利用它的卵來繁殖赤眼蜂是否影響其繁殖飼育,這倒是要解決的一個問題。根據我們一年來的觀察,在一個室的外面去釋放赤眼蜂,它們不會飛進室內來的。因為赤眼蜂有趨光性,不會飛向黑暗的地方,蓖麻蚕的製種是在室內進行,如果室內光線不特別強,赤眼蜂不會跑到室內去寄生它們的卵,而且蓖麻蚕卵小,很容易保護,放在較密閉的小皿中,赤眼蜂便找不到卵而無法寄生。蓖麻蚕製種的時候,一般只要頭兩天所產的卵,實在可用以繁殖赤眼蜂以後數天的卵就等於廢料。所以,飼養蓖麻蚕和繁殖赤眼蜂可以結合進行,對於這兩種有益昆虫的利用價值,都能夠提高。

(三)松毛虫繁殖試驗

松毛虫在廣州,每年發生四代至五代。因為在自然界代數相當多,而且世代疊置,如果在自然界經常發生到一定數量,可以由野外採卵回來作赤眼蜂繁殖之用。採蛾回來產卵,採蛹回來化蛾產卵,甚至採老熟幼虫經短時間飼育,也很方便。在廣州,松毛虫可算是繁殖赤眼蜂的一個很好寄主。但松毛虫天敵很多,1954 年第四代松毛虫羣落大減,絕大多數受寄生蠅寄生,如果遇到這種情況,在野外採集松毛虫來繁殖赤眼蜂,就要受到一定限制。

用松毛虫卵作為赤眼蜂寄主,需具有前述八項條件,為了進一步測定是否容易在養虫籠內大量繁殖,我們曾進行過一些試驗。養松毛虫的籠子高 2 市尺,長闊各 1.4 市尺,籠底裝置一塊鉄紗網,其下有一抽屜,使虫糞經鉄網落於抽屜內,以便清除。飼養松毛虫的松枝,插在濕潤的泥土能保持青綠達四、五天(平均溫度 26°C ,濕度 86% 左右)。插在水中能保持青綠 2—3 天,不插在水中的,兩天就會枯黃。換松葉時,將鮮葉放進育虫

籠內，松毛虫就会由舊葉爬到鮮葉去。幼虫化蛹後，將蛹收集放入羽化產卵箱內（圖5）。箱長 44 厘米，闊 30 厘米，高 20 厘米。上面是一層鉄紗，下面有一个小抽屜，箱內有一隔板，露出一條 2—3 厘米闊的小縫。抽屜內放虫蛹，蛾羽化後，由小縫爬到箱的上層，交尾產卵。為易於收集蛾卵，可在上層鉄紗孔內插上松針，雌蛾即在松針上產卵成串。

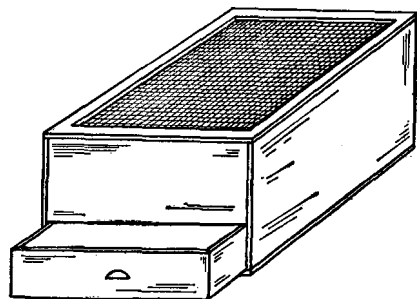


圖 5 松毛虫羽化產卵箱

在养虫室裏飼养的松毛虫，我們曾觀察 1954 年 4 月至 6 月的一個世代的經過。這個世代內的平均溫度是 25.5°C ，平均濕度是 88%。卵期 5—7 天，幼虫期 41 天，蛹期 14 天，一世代經過共 62 天。6 月以後，氣溫逐漸升高，每世代新經的日數也少了些。松毛虫的飼养工作，由 1954 年起繼續進至 1955 年。

在一年來松毛虫大量飼育過程中，曾遭遇到下列的困難：

1. 养虫室內用养虫籠來飼育松毛虫，很容易發生一種病毒病，因病致死的曾達 90% 以上。如果一個养虫籠內的虫數過多，尤易發病。
2. 在养虫籠內飼育，松毛虫幼虫很容易逃逸，如果养虫籠不夠緊密，就会越縫而出。
3. 松毛虫蛾子的鱗毛，對人的眼睛、鼻膜和喉頭都有刺激作用，對於收集蛾子的工作頗有妨礙。松毛虫幼虫和附在蛹上的剛毛，對於皮膚也有刺激，不能時常用手去捕捉。
4. 松毛虫最後一代的幼虫，由 9、10 月直到第二年 3、4 月才化蛹變蛾。把冬日的幼虫在調溫室內加溫繁殖（加到 22°C 左右），也能够取食和發育，可是發育得很慢，飼养了 60 多天，絕大多數幼虫，還是和原來大小差不了許多，而且，病毒病仍陸續發生。

由上列情況看來，松毛虫還要經過一番的人工飼育馴化，才能够在室內穩定地建立大量羣落。

（四）灰帶毒蛾的飼育

灰帶毒蛾的食性很複雜，蓖麻（*Ricinus communis* L.）、鳳凰木（*Delonix regia* Raf.）、洋紫荊（*Bauhinia variegata* L.）、梅樹（*Prunus mume* Sieb. et Zucc.）、美人蕉（*Canna indica* L.）都是被害對象。灰帶毒蛾每雌蛾產卵約 400 枚，雌虫無翅，處理容易，所產的卵也容易收集，赤眼蜂也很願意寄生。羽化出來的蜂，生活力還高。灰帶毒蛾卵較小，每卵平均只能羽化赤眼蜂 4 個，且卵殼較薄，容易繃縮。在室內飼育灰帶毒蛾，幼虫罹病很多（病原未明）。因疾病關係，不能完成一個世代的飼育，要建立灰帶毒

蛾大量羣落以作赤眼蜂寄主,还要作進一步的研究。灰帶毒蛾在自然發生多的時候,可採集供赤眼蜂繁殖之用。

(五)小地老虎的飼育

小地老虎在深秋和初冬的時候,很容易在綠肥田裏找到幼虫。幼虫居土內,並在土內化蛹。每雌蛾產卵 600—700 枚,在平均溫度 20—25°C,和濕度 60—90% 下,每世代經過日數為 35—40 天。在實驗室情況下,夜蛾卵容易為赤眼蜂所寄生,羽化出來的赤眼蜂生活力頗強,但以虫卵較小,每卵平均只能寄生 2 个赤眼蜂,且卵壳較薄而較易繃縮。在飼育過程中,幼虫罹病毒病,死亡率高。在小地老虎盛發的時候,可掘取老熟幼虫或虫蛹,化蛾後產卵以供赤眼蜂寄生。

上述五種繁殖赤眼蜂的寄主,以蓖麻蚕的優點最多,飼養容易,飼料終年不缺,每卵能繁殖許多赤眼蜂,而且能保持一定的生活力,卵耐冷藏。松毛虫作為赤眼蜂繁殖寄主,也有和蓖麻蚕一樣優點,只是松毛虫較難飼育。麥蛾的繁殖飼育,是這五種寄主中最簡單的一種,但麥蛾卵小,一卵只能繁殖一蜂,而且使赤眼蜂的生活力容易減低,卵也不耐冷藏。灰帶毒蛾和小地老虎在飼育過程中,容易得病,死亡率高,利用困難。

在我們試驗過程中,曾發現一種現象,就是用蓖麻蚕繁殖了四代的赤眼蜂,不大喜歡寄生蔗螟卵,但喜歡寄生松毛虫卵。這個現象,只是初步觀察出來,要作進一步的試驗才能夠確定,如果肯定有這個現象,則繁殖赤眼蜂寄主選擇問題更要複雜了。

赤眼蜂繁殖試驗

如欲成功地利用赤眼蜂來消滅害虫,在人工繁殖的技術方面,應該掌握三個基本條件:

(一)能夠在短期內繁殖和積累大量的寄生蜂

作物害虫開始在產卵的時候,就要在田間有計劃地施放赤眼蜂,給予害虫卵致命的打擊。根據我們調查甘蔗螟虫田間動態的結果,在廣州 4 月間蔗螟開始產卵,這個時期的蔗螟卵自然寄生率,一般都比較低,所以在 4 月裏就應該開始有計劃地在蔗田裏施放寄生蜂來防治蔗螟,在 4 月以前應該貯備足夠的赤眼蜂,以備有計劃地在田間施放。積累寄生蜂數量的辦法,不能依靠無限制地用人工作多代的長期繁殖,尤其是不應該在室內定溫定濕條件下去繁殖,所以,在短期內積累足量的赤眼蜂是必要的。

(二)人工繁殖的赤眼蜂,要保證具有高度的生活力

寄生蜂的生活力,是利用赤眼蜂成功與否的一個決定因素,在人工繁殖的過程中,應該掌握提高赤眼蜂生活力的方法,人工繁殖赤眼蜂的生活力,可用四種標準去衡量:

(1)繁殖能力, (2)蜂体大小, (3)成虫寿命, (4)能适应田间环境。只有繁殖出高度生活力的赤眼蜂, 在害虫防治的实施, 才有把握。

(三)人工繁殖的赤眼蜂, 要保证雌蜂的性比率不降低

田间害虫的卵, 受赤眼蜂雌蜂产卵寄生而死。在自然界, 由黄螟卵羽化出来的赤眼蜂雌雄比是 2.5:1, 由条螟卵羽化出来的是 3.5:1。雄蜂的数量在自然界原比雌蜂少, 理论上, 如果我们想赤眼蜂在田间能够歼灭更多害虫, 在施放寄生蜂的时候, 人工繁殖寄生蜂的雌蜂性比率不应比自然界的低, 所以, 在人工繁殖过程中, 应该设法控制赤眼蜂出现我们所需要的雌雄比率, 才能够发挥其田间寄生效能。

关于赤眼蜂人工繁殖的试验, 我们以提高其生活力和保持自然界雌性比率为中心。现将各试验进行情况及结果, 分述如下:

1. 甘蔗螟卵赤眼蜂的一般生活史观察

在蔗田里, 终年都可以找到寄生在蔗螟卵内的赤眼蜂, 这种赤眼蜂, 除蔗螟卵外, 在实验室里, 还可以寄生多种鳞翅目昆虫的卵。

赤眼蜂的卵期、幼虫期和蛹期都是在寄主卵内度过的, 根据我们的观察, 在平均温度 27.6°C 及相对湿度 85% 的条件下, 以松毛虫卵为寄主的赤眼蜂, 卵期 1 天, 幼虫期 3 天, 蛹期 4 天, 发育周期共 8 天。发育到第五天, 开始进入蛹期, 此时寄主卵壳颜色变深, 并有黑褐色斑点, 寄主卵壳变色的程度, 因寄主种类不同而有所差异。寄主卵的变色, 是赤眼蜂幼虫进入蛹期的一个标志。雌雄蜂羽化后, 即行交尾, 交尾时间由数秒钟至十余秒钟, 交尾后, 遇寄主卵即行产卵。每雌繁殖能力, 在室内饲养情况下, 因营养及寄主卵之不同而异, 子代蜂数, 可由 1—112, 一般为 48 个。成虫寿命, 如果没有供给饲料, 在室内约为两天。

赤眼蜂发育周期的长短, 和温湿度有很大关系, 在平均温度 $22-25^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 70—90% 时, 发育周期是 10—12 天。平均温度 $25-28^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 70—90% 时, 发育周期为 8—10 天。平均温度 $28-31^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 70—90% 时, 发育周期只需 6—8 天。

寄主卵发育到一定程度, 往往不能为赤眼蜂所寄生, 如松毛虫卵在 $28-30^{\circ}\text{C}$ 高温情况下, 120 小时完成卵期, 以产後 14—69 小时的卵供赤眼蜂寄生最好, 超过 93 小时, 赤眼蜂虽能产卵, 但羽化极少或不羽化。麦蛾卵作为赤眼蜂寄主卵, 在孵化前一天, 也能够寄生。

赤眼蜂在广州的冬季, 可在甘蔗黄螟卵内找到(冬季的黄螟卵一般在近地面的甘蔗葉鞘)。在卵内的赤眼蜂一般是蛹期。把被寄生的黄螟卵带回实验室加温, 赤眼蜂能够羽化为成虫。在 1955 年 1 月 3 日, 曾在蔗田间找到少量赤眼蜂成虫, 这个事实, 可以说

明赤眼蜂的蛹在冬期遇到高温的日子,在自然界也能羽化。

2. 繁殖赤眼蜂寄主的选择

在室内繁殖相当大量的赤眼蜂,至少要有一种适宜的寄主,才能够保证在相当短期内能够培养出大量的赤眼蜂。为了选择对寄生蜂更适宜的寄主,我們曾試用过在廣州附近容易找到的鳞翅目昆虫的卵來繁殖赤眼蜂,这些昆虫有麥蛾、粉斑螟蛾 (*Ephestia* sp.)、米蛾(学名未定)、松毛虫、蓖麻蚕、甘蔗条螟、甘蔗黄螟、甘蔗二點螟、水稻大螟、水稻二化螟(*Chilo simplex* Butler)、水稻三化螟(*Schoenobius incertellus* Wk.)、灯蛾(学名未定)、小地老虎、番薯蠹蛾(*Omphisa illialis* Wk.)、灰帶毒蛾、桑毛虫(*Arctornis chrysorrhoea* L.)、家蚕等。其中只三化螟卵不能寄生,家蚕卵可以寄生,但赤眼蜂幼虫只能發育到蛹期,不能羽化为成虫。

由於甘蔗螟虫卵赤眼蜂的寄主很多,我們选择了一些比較容易繁殖,而且容易为赤眼蜂所寄生的寄主,比較深入地观察繁殖出來赤眼蜂的特性。試驗方法是將新鮮的松毛虫卵、蓖麻蚕卵、麥蛾卵和灰帶毒蛾卵分別放進指形管内,接种赤眼蜂。子代蜂羽化後,檢查羽化蜂數、子代蜂性比率和体長。現將結果列表如下:

表2 用不同寄主卵繁殖出來的赤眼蜂

寄 主 种 類	檢 查 卵 數	每寄生卵羽化蜂數			性 比 率 (♀:♂)	蜂体長(毫米)	
		最 高	最 低	平 均		♀	♂
松 毛 虫 卵	56	52	7	23.7	3.8 : 1	0.51	0.44
蓖 麻 蚕 卵	15	59	19	28.0	4.9 : 1	0.46	0.45
麥 蛾 卵	210	1	1	1	0.85:1	0.36	0.35
灰帶毒蛾卵	130	7	3	4.1	4:1	0.37	—

由表2的記錄看來,一个松毛虫卵或者一个蓖麻蚕卵能够繁殖蜂數远較灰帶毒蛾卵或麥蛾卵繁殖出來的多,而且赤眼蜂雌性比率高,蜂体大,体色有光澤而行動活躍,这些特徵可以說明这两种寄主卵内含物對於赤眼蜂幼虫营养的質和量都是好的。用灰帶毒蛾卵繁殖出來的赤眼蜂,雌性比率虽然沒有減低,但每个卵能够繁殖的蜂數不多,蜂体也較小。用麥蛾卵繁殖出來的赤眼蜂,不特雌性比率低,蜂体小,而且体色暗淡,行動也不大活躍,这些特徵可以說明麥蛾卵内含物對於赤眼蜂幼虫营养的質和量都是不好的。这个試驗指出了作为蔗螟卵赤眼蜂的人工繁殖寄主,松毛虫卵或蓖麻蚕卵比过去普遍应用的麥蛾卵好得多了。

3. 赤眼蜂和寄主的關係

(1) 赤眼蜂在同一种寄主內連續繁殖的試驗: 为了保持赤眼蜂的田間適應性,在

室內繁殖不應該無限制地繼續進行。可是室內寄主也必須能够給赤眼蜂繼續繁殖下去,才能够保證寄生蜂數量的積累。我們曾用麥蛾卵、松毛虫卵、蓖麻蚕卵作为固定寄主的繁殖,以確定每種寄主卵应用於連續繁殖數代赤眼蜂的实用價值。試驗方法是由田間採回蔗螟卵的赤眼蜂作为親本蜂,分別接種足量的麥蛾卵、松毛虫卵和蓖麻蚕卵,供其寄生,連續繁殖4至5代,每代保留適當數量的雌雄蜂作为親本蜂,並重新供給足量的新鮮寄主卵。每代檢查項目为被寄生卵數和羽化子蜂數,从而算出平均每寄主卵羽化蜂數及平均每雌蜂產生子代數。本試驗在24—29°C下進行,現將結果分列於表3、表4和表5。

表3 用麥蛾卵連續繁殖四代的赤眼蜂

繁殖代次	親 本 蜂 數		被 寄 生 卵 數	羽 化 子 蜂 數	平 均 每 寄 主 卵 羽 化 蜂 數	平 均 每 雌 蜂 產 生 子 代 數	備 註
	♀	♂					
1	20	20	221	221	1	11	
2	20	20	42	33	0.8	1.6	本代羽化子蜂中雌蜂不足 20 头
3	7	23	6	6	1	0.8	
4	1	5	0	0	0	0	

表4 用松毛虫卵連續繁殖五代的赤眼蜂

繁殖代次	親 本 蜂 數		被寄生卵數	羽化子蜂數	平均每寄主 卵羽化蜂數	平均每雌蜂 產生子代數
	♀	♂				
1	10	10	19	364	19.2	36.4
2	10	10	16	198	12.3	19.8
3	10	10	26	425	16.3	42.5
4	10	10	24	352	14.6	35.2
5	10	10	32	520	16.2	52.0

表5 用蓖麻蚕卵連續繁殖五代的赤眼蜂

繁殖代次	親 本 蜂 數		被寄生卵數	羽化子蜂數	平均每寄主 卵羽化蜂數	平均每雌蜂 產生子代數
	♀	♂				
1	共 20 餘头		1	38	38.0	—
2	34	4	26	551	21.2	16.2
3	97	9	60	1830	30.5	18.8
4	152	40	102	3436	33.6	22.6
5	185	25	67	2397	34.2	13.0

根据上列試驗結果,用松毛虫卵作为固定寄主,繁殖到第五代,雌蜂繁殖能力並沒有減低,羽化出來的赤眼蜂仍保持像第一代的活躍力。用蓖麻蚕卵作为固定寄主,第四代雌蜂的產子數最高,繁殖到第五代,雌蜂的產子數略少,可是繁殖出來的赤眼蜂,仍保持像第一代的活躍力。这些結果,說明这两种寄主,可能連續繁殖赤眼蜂至若干世代,其子代仍保持一定繁殖力和活躍力。用麥蛾卵作为固定寄主,第二代以後,雌蜂的產子數遞減,雌蜂的數目也遞減,到了第三代已經不能維持親本蜂的數量,到了第四代,雌蜂已經失去產卵能力了,寄生蜂的羣落因而中斷。繁殖出來的蜂逐代衰弱,这些結果都說明了麥蛾卵不宜於作赤眼蜂的繁殖寄主。根据蒲蟄龍、陈守堅、洪福昌 1952 年的報告,在廣州用稻穀飼养出來的麥蛾卵來繁殖蔗螟卵赤眼蜂,能够連續繁殖十多代,而每代的蜂數都不斷地增加。在我們这个試驗,赤眼蜂不能够在麥蛾卵連續繁殖四代,其原因虽然未經詳細分析,相信是麥蛾生活力減低而影响了所產的卵的营养價值,因而影响了赤眼蜂的生活力。这个試驗所用的麥蛾,是由大室繁殖出來的,在繁殖过程中,經過了高濕的春季,用來繁殖麥蛾的稻穀,容易發霉,虽然經常更換,但未够徹底,因而麥蛾的营养也就減低了。一个麥蛾卵只能繁殖一个赤眼蜂,营养的量表示剛足够一蜂發育之需,如果麥蛾营养減低,而影响其所產的卵的内容物,一个卵就很可能不够一个赤眼蜂發育之需了。所以,用麥蛾卵來繁殖赤眼蜂是不適宜的。

(2) 用兩種寄主來更換繁殖赤眼蜂的試驗: 一种有机体营养的改变,往往影响其子代的生活力,在赤眼蜂繁殖过程中,如果用更換寄主方法來繁殖,理論上能够提高寄生蜂的繁殖能力,在实用上將會有一定價值。为了解决这个问题,我們曾做了下列試驗。

由田間採回蔗螟卵的赤眼蜂,取雌雄蜂各 10 头,在指形管中,用松毛虫卵 50 个進行繁殖,經三代後,取雌雄蜂各 10 头,用足量灰帶毒蛾卵繁殖,观察每代被寄生卵數、羽化蜂數、一世代所經日數等項,現將結果列如表 6。

表 6 用松毛虫卵及灰帶毒蛾卵作轉換寄主繁殖出來的赤眼蜂

繁殖代数	寄 主	被 寄 生 卵 数	平均每雌寄生卵数	羽化蜂数	平均每雌產子数	一 世 代 經過日数	生活週期內温度 (°C)	备 註
	松毛虫卵	8	0.8	173	17.3	8	27.6	
1	毒 蛾 卵	56	5.6	263	26.3	9	28.3	
2	同 上	55	5.5	237	23.7	7	29.1	
3	同 上	4	0.4	8	0.8	7	28.6	羽化蜂 7♂ 1♀

由表 6 結果可以看出赤眼蜂由松毛虫卵移到灰帶毒蛾卵的第一代,以雌蜂繁殖力

來說，比寄生在松毛虫卵最後的一代的高，在灰帶毒蛾卵繁殖的第二代，也還保持和第一代相差不遠的繁殖力，到了第三代，變化頗劇，繁殖力顯著地減低了，羽化出來的蜂，雌少雄多，而且有少數寄生蜂在羽化當時死在羽化孔，有些被寄生的卵，發生了乾縮現象。由表 4 結果看來，赤眼蜂在松毛虫卵繁殖五代，雌蜂繁殖力沒有一些退化現象發生，而轉換到灰帶毒蛾卵上，繁殖到第三代，就發生退化現象。這個問題說明利用更換寄主的方法來繁殖赤眼蜂，如果更換寄主的營養質量，不及原來的寄主的好，為避免赤眼蜂繁殖力的減低，不能夠作多代的繁殖。

根據表 6 的結果，由松毛虫卵羽化出來的寄生蜂接到毒蛾卵內的第一代，繁殖力有顯著的提高，這不能夠作為更換寄主的一般通則，而且往往發現相反的情形，這種事實，可由表 5 的材料來說明，我們曾用由蔗田裏採回的黃螟卵赤眼蜂二十多個接到蓖麻蚕卵上，結果，第一代只有一個蓖麻蚕卵被寄生而能夠羽化出蜂，第二代，寄生率才顯著提高。

上述現象，說明了赤眼蜂長期適應於一種寄主卵，一旦轉換寄主，頭一、二代的繁殖力總比原來的有所差異，要經過一定時間才能適應。由於這種現象的出現，如果用一種固定寄主作赤眼蜂的長期繁殖，縱然子代繁殖力沒有減低，雌蜂性比率也高，但對於寄生的適應性，是可能削減的。

(3) 複寄生數目與性比率、繁殖能力及蜂體大小的關係：本試驗目的，是測定一個寄主卵內赤眼蜂數目多少，對於羽化出來的蜂繁殖力和雌雄比率的關係，以供大量繁殖的參考。

1) 松毛虫卵複寄生數與性比率及繁殖能力的關係——以松毛虫卵為寄主繁殖赤眼蜂的過程中，隨意取出被寄生卵 5 個，分別置指形管中，寄生蜂羽化後，即分別接入足量松毛虫卵，供其寄生，蜂死後，即檢查其體長及雌雄蜂數，以確定其複寄生數目。被寄生的松毛虫卵內寄生蜂羽化後，接進新鮮的松毛虫卵，供其寄生，以測定其繁殖能力。本試驗在 26—32°C 下進行，現將結果表列如下：

表 7 松毛虫卵複寄生數和赤眼蜂關係

每寄主卵羽化出蜂數	性比率 (♀:♂)	全部蜂寄生之松毛虫卵數	平均每雌蜂寄生卵數	備註
34	1:1	14	0.8	有 4♂ 蜂發育不良
29	1.6:1	17	0.9	有 2♀ 2♂ 發育不良
24	2:1	26	1.6	其中 1 蜂發育不良
21	2:1	29	2	
20	4:1	37	2.3	

2) 蓖麻蚕卵複寄生數与性比率、蜂体大小、寿命及繁殖能力的關係——本試驗方法和上一个試驗一样, 寄主用蓖麻蚕卵, 檢查項目增加了蜂的寿命和雌蜂產子數, 本試驗在 24—28°C 下進行, 現將結果列如表 8。

表 8 蓖麻蚕卵複寄生和赤眼蜂關係

每寄主卵羽 化出蜂數	性比率 (♀:♂)	平均体長(毫米)		平均寿命(天)		繁殖能力		
		♀	♂	♀	♂	寄生卵數	羽化出 子蜂數	平均每雌 產子數
29	13:1	0.46	0.40	5.6	4.5	28	974	36.1
32	7:1	0.42	0.40	4.5	2.7	21	730	26.07
38	3:1	0.42	0.37	5.8	4.3	15	470	16.2
44	10:1	0.38	0.37	3.3	3.5	14	368	9.2
49	1:1	0.35	0.31	5.1	3.0	10	319	11.4

由上列二个試驗結果看來, 一个卵內複寄生數多, 蜂体短小, 雌蜂的繁殖能力減低。从第一个試驗結果看來, 雄蜂數量比率, 也有因複寄生多而增高的趨勢, 成虫寿命和複寄生沒有顯著關係, 但在另一些試驗裏, 如果蓖麻蚕卵複寄生數少到 20 个以內, 成虫寿命也顯著地延長, 例如每蓖麻蚕卵羽化 11 个蜂, 雌蜂寿命達 15 天, 羽化 15 个蜂的, 雌蜂寿命達 12 天。在人工繁殖过程中, 要得到繁殖能力高和雌蜂數量多的子代, 控制複寄生數目是有必要的。这个理論基礎, 不独在人工繁殖过程中可以应用, 也關係到在田間釋放赤眼蜂的數量, 如果在田間釋放極大量的寄生蜂, 複寄生數勢必增加, 而影响了赤眼蜂子代的繁殖能力, 这个情况, 柯瓦列娃(1954)已經總結地指出來了。事实上我們沒有找出和苏尔特 (Salt 氏 1934 年) 所說的 *Trichogramma evanescens* 能够察知寄主卵已被寄生而避不產卵的現象。

(4) 雌蜂數和寄主卵數比率和複寄生數關係: 从 (3) 試驗結果, 肯定了一个寄生卵的複寄生增加, 雌蜂的繁殖力減低, 而且雌蜂數量減少。在大量繁殖过程中, 應該控制複寄生現象。本試驗目的, 是複寄生數量的控制, 本試驗所用的方法是調節雌蜂數和寄主卵數的比率。在本試驗过程中, 測定了複寄生數与雌雄蜂体長、成虫寿命和雌雄比率的關係, 現將本試驗進行方法及結果分析, 分述如下:

1) 每組用松毛虫卵一个, 分別接入受精而未產卵的雌蜂一头、二头和三头, 產卵的時間是一天, 親本蜂是松毛虫卵羽化出來的赤眼蜂, 每組三个重複, 各組試驗同時举行。本試驗在 28.8°C 相对濕度 84% 下進行, 現將結果列於表 9。

表9 雌蜂和寄主卵比率不同和複寄生數關係

雌 蜂 數	松毛虫卵數	平 均 每 卵 羽 化 蜂 數	性 比 率 (♀:♂)	平 均 體 長 (毫 米)		成虫平均壽命 (天)
				♀	♂	
1	1	19.7	7.4:1	0.50	0.40	2
2	1	27.3	4.1:1	0.47	0.37	2
3	1	30	4.0:1	0.45	0.36	2

由上述試驗的結果,可以看出雌蜂數量多而寄主卵少的時候,複寄生數增加。其次複寄生數目的多少,和蜂體長短、雌雄比率都有直接關係。複寄生數目愈多,蜂體愈小,雌性比率也愈低。

由上述試驗結果看來,複寄生數目是可以控制的,控制複寄生自然也能控制蜂體大小、雌雄比率和繁殖能力了。

上面的試驗,所用的蜂數和卵數都很少,為了找出在大量繁殖過程中,寄生蜂數和寄主卵的適當比率,進行了下列試驗。

2) 每組用 1000 卵貼在透光紙上,放進寄生蜂繁殖木箱中,分為四組,第一組放進已被寄生的松毛虫卵 30 個,第二組放進 50 個,第三組放進 70 個,第四組放進 100 個,這些松毛虫卵的寄生蜂先後羽化產卵,兩天後將蜂全部移出,以後檢查被寄生卵數。本試驗在 28.8°C 相對濕度 84% 下進行,結果如表 10。

表 10 在雌蜂和寄主卵比率不同條件下的寄生情況

雌蜂與卵比率*	寄 生 情 況		平 均 每 雌 寄 生 卵 數	備 註
	卵 數	百 分 率		
1:2	593	59.3	1.41	子代蜂體大,活躍
1:1.4	857	85.7	1.43	同 上
1:1	900	90.0	1.02	同 上
1.4:1	1000	100.0	0.71	子代蜂體較小有不能展翅和死在羽化孔口現象

* 以每被寄生卵羽化 14 頭雌蜂,推算得雌蜂與卵比率。

由表 10 結果看來,雌蜂和寄主卵(松毛虫卵)的比率,以 1:1 最好,因為寄生的百分率可達 90%,不浪費寄主卵,而且羽化出來的蜂,體大而活躍。凡雌蜂數比寄主卵數多過 1 以上的,子代蜂常有不能展翅和死在羽化孔的現象。

(5) 寄生蜂產卵時間長短和複寄生數的關係: 由(4)試驗結果,指出了調節雌蜂數和寄主卵數的比率,能夠控制複寄生數目,除此以外,寄生蜂產卵時間長短,也影響複寄生的數目。本試驗用 5 個經交尾而未產卵的赤眼蜂,接入 5 個松毛虫卵,分兩組同時

進行,一組經 24 小時後,將寄生蜂移去,另一組經 48 小時後移去寄生蜂,觀察兩組松毛虫卵羽化蜂數,同時也調查雌雄比率、蜂體長度、成虫壽命,以進一步測定這些現象和複寄生數目的關係。本試驗在 28.5°C 相對濕度 88% 下進行,現將結果列如表 11。

表 11 雌蜂產卵時間長短和複寄生數的關係

產卵時間 (天)	羽化蜂數	平均每卵 羽化蜂數	性 比 率 (♀:♂)	平均蜂體長(毫米)		成 虫 平 均 壽 命 (天)	備 註
				♀	♂		
1	110	22.1	5.1 : 1	0.50	0.40	2	1♀翅不開展
2	142	28.4	3.17:1	0.45	0.38	2	2♀ 5♂ 翅不開展

由表 11 的結果,可以看出寄生時間一天,複寄生數目比寄生兩天的少,至於複寄生數目和蜂的雌性比率,蜂體長短的關係與(4)試驗結果符合。寄生蜂產卵一天,其子代羽化比較整齊,在大量繁殖技術上,比較容易掌握。

(6) 雌蜂體型大小和繁殖力及子代蜂性比率的關係: 由上述兩個試驗,可以確定複寄生數目多,蜂體變小,而複寄生數是能夠控制的,控制了複寄生數,就能夠控制蜂體大小了。究竟在繁殖過程中,蜂體要多大才算適宜? 應該是要解決的一個問題。為了解決這個問題,我們曾進行了雌蜂體型大小和繁殖力及子代蜂性比率關係的試驗。試驗方法是隨意取出已經交尾而未產卵的雌蜂 10 個,每個蜂同時接入松毛虫卵 10 枚,以供寄生,蜂死後,即量其體長。到了子代蜂羽化後,檢查每蜂寄生卵數、羽化蜂數及性比率,本試驗在 28.5°C 相對濕度 88% 下進行,現將結果列如表 12。

表 12 蜂體大小和繁殖能力及子代蜂性比率的關係

親本蜂體長(毫米)	寄 生 卵 數	羽 化 蜂 數	平 均 每 寄 主 卵 羽 化 蜂 數	性 比 率 (♀:♂)
0.59	4	77	19.2	18.2:1
0.53	5	88	17.6	11.5:1
0.51	4	105	26.2	5.1:1
0.51	3	66	22.0	12.2:1
0.49	3	75	25.0	7.3:1
0.47	2	46	23.0	8.2:1
0.38	3	64	21.3	8.1:1
0.38	2	39	19.5	8.7:1
0.33	0	—	—	—
0.31	2	27	13.5	8.0:1