



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Influence of Mating Frequency on the Volume of the Corpus of Spermatophore of Male Tobacco Cutworm (*Spodoptera litura* (F.)) (Lepidoptera: Noctuidae) 【Research report】

斜紋夜蛾(*Spodoptera litura*)(鱗翅目：夜蛾科)雄蛾的交尾次數與精胞主體容積【研究報告】

Sheng-Chih Ou-Yang and Yau-I-Chu
歐陽盛芝* 朱耀沂

*通訊作者E-mail: ouyang@eden.tpm.gov.tw

Received: 1999/10/26 Accepted: 2000/12/23 Available online: 2001/03/01

Abstract

The tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius), was reared on an artificial diet under constant conditions (25°C, 75±5% RH, 13L : 11D). The results indicate that adult males can be divided into two groups: one having lower mating frequency and shorter longevity (≤ 9 days), the other with higher mating frequency and greater longevity (≥ 10 days). The average longevity of the former was 5.30 ± 2.06 days, and that of the latter was 13.65 ± 2.43 days. The mating frequency of the long-lived type was higher than that of short-lived one. In both groups, mating frequency did not increase at a fixed rate as longevity was prolonged. Moreover, at the onset of mating, multiple-mated males showed a larger volume of the corpus of spermatophore, which decreased as mating frequency increased. The age of males (X , days) in the long-lived group and the average volume of the corpus of spermatophores (Y , mm³) were correlated by the linear regression, $Y = 4.98 - 0.19X$ ($r^2 = 0.86^{**}$). Accordingly, as longevity increased, the volume of the corpus of spermatophores decreased. Furthermore, the accumulative average volume of the corpus of spermatophores increased as male age increased in both groups, and revealed a significant positive linear regression relationship. The average volume of the corpus of spermatophores of first-mated males was larger than that of non-first-mated males. The average volume of the corpus of spermatophores of the short-lived male group was larger than that of the long-lived male group. When the short-lived male group mated for the first time, the longer pre-mating period induced the larger volume of the corpus of spermatophores. When the long-lived male group mated other than for the first time, the longer intermittent duration induced the large volume of the corpus of spermatophores. The volume of the corpus of spermatophores of successive mating males, especially that of the long-lived male group at non-first mating was the smallest. This suggests that the interval between each mating contributes to the recovery of the male's volume of the corpus of spermatophores.

摘要

在25°C · 75±5% RH · 13L : 11D條件下，以人工飼料飼育斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura* (F.)) 幼蟲。雄蛾壽命短於或等於9天且交尾次數較少的為短壽組；壽命等於或長於10天且交尾次數較多者為長壽組。前者的平均壽命為 5.30 ± 2.06 天，後者為 13.65 ± 2.43 天。在長、短壽組內，並無交尾次數隨雄蛾壽命等比例增加的情形。多次交尾的雄蛾，剛開始交尾時之精胞較大，隨交尾次數之增加而精胞逐漸縮小。長壽組的雄蛾日齡 (X , 日) 與平均精胞主體容積 (Y , mm³) 之間，有 $Y = 4.98 - 0.19X$ ($r^2 = 0.86^{**}$) 的直線迴歸關係，即平均精胞主體容積隨雄蛾日齡增長而降低。短壽組與長壽組雄蛾的累積平均精胞主體容積皆隨雄蛾日齡增長而增加，均得到極顯著正相關關係的迴歸直線。雄蛾首次交尾時的平均精胞主體容積大於非首次交尾者，且短壽組雄蛾的平均精胞主體容積大於長壽組雄蛾；其中短壽組雄蛾在首次交尾時之精胞主體容積有隨交尾前期之增加而增大的趨勢；長壽組雄蛾在非首次交尾時的精胞主體容積隨交尾間隔期間之增加而增大；並且連日交尾雄蛾，尤其是非首次交尾之長壽組雄蛾的精胞主體容積最小，顯示雄蛾可藉間隔休息期間逐漸恢復形成精胞之能力。

Key words: *Spodoptera litura*, mating frequency, spermatophore.

關鍵詞: 斜紋夜蛾、交尾次數、精胞

Full Text: [PDF \(0.1 MB\)](#)

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

斜紋夜蛾(*Spodoptera litura*)(鱗翅目：夜蛾科)雄蛾的交尾次數與精胞主體容積

歐陽盛芝* 國立臺灣博物館動物學組 臺北市徐州路 48 號

朱耀沂 國立臺灣大學昆蟲學系 臺北市羅斯福路四段 113 巷 27 號

摘要

在 25 °C, 75 ± 5% RH, 13L : 11D 條件下, 以人工飼料飼育斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura* (F.)) 幼蟲。雄蛾壽命短於或等於 9 天且交尾次數較少的為短壽組; 壽命等於或長於 10 天且交尾次數較多者為長壽組。前者的平均壽命為 5.30 ± 2.06 天, 後者為 13.65 ± 2.43 天。在長、短壽組內, 並無交尾次數隨雄蛾壽命等比例增加的情形。多次交尾的雄蛾, 剛開始交尾時之精胞較大, 隨交尾次數之增加而精胞逐漸縮小。長壽組的雄蛾日齡 (X, 日) 與平均精胞主體容積 (Y, mm³) 之間, 有 $Y = 4.98 - 0.19X$ ($r^2 = 0.86^{**}$) 的直線迴歸關係, 即平均精胞主體容積隨雄蛾日齡增長而降低。短壽組與長壽組雄蛾的累積平均精胞主體容積皆隨雄蛾日齡增長而增加, 均得到極顯著正相關關係的迴歸直線。雄蛾首次交尾時的平均精胞主體容積大於非首次交尾者, 且短壽組雄蛾的平均精胞主體容積大於長壽組雄蛾; 其中短壽組雄蛾在首次交尾時之精胞主體容積有隨交尾前期之增加而增大的趨勢; 長壽組雄蛾在非首次交尾時的精胞主體容積隨交尾間隔期間之增加而增大; 並且連日交尾雄蛾, 尤其是非首次交尾之長壽組雄蛾的精胞主體容積最小, 顯示雄蛾可藉間隔休息期間逐漸恢復形成精胞之能力。

關鍵詞：斜紋夜蛾、交尾次數、精胞。

前言

斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura* (Fabricius)) 屬於夜蛾科 (Noctuidae), 由於其增殖力高, 被認為是本省重要的農業害蟲 (Shih and Shyu, 1983; Chen and Hsiao, 1984)。

關於該蟲交尾及產卵的生物特性, 筆者等已有一系列的報告 (Chu and Ou-Yang, 1989a, b; 1990; 1991; Ou-Yang and Chu, 1990; 1991)。其中指出雄蛾在每次交尾中, 只將一個精胞授給雌蛾, 因此從交尾囊中之精胞數可測定雌蛾的交尾次數 (Chu and Ou-Yang,

*論文聯繫人
e-mail: ouyang@eden.tpm.gov.tw

1989a)。Oyama (1985) 指出，大型精胞含有更多的精子，使配對雌蛾增加總產卵數。因此本文乃針對雄蛾的交尾次數與壽命對精胞主體容積的影響進行研究，擬從此探討雄蛾對該蟲繁殖率的影響。

材料與方法

利用自野外採得之斜紋夜蛾卵塊，以 Ou-Yang and Chu (1988) 的方法，在 25 ± 1 ， $75 \pm 5\%RH$ ， $13L : 11D$ 的條件下，利用人工飼料累代飼育。在累代飼養過程中，不定期加入由野外採得之卵塊，以防飼養族群品質劣化 (Chu and Ou-Yang, 1989a)。

飼育容器及密度依不同生長期而異，將至少 1,000 隻孵化至第二齡幼蟲集體飼育於直徑 17 cm，高約 7 cm 的大型玻璃皿內。玻璃皿內墊兩張與容器底部等大之濾紙，將一片切成長 6 cm，寬 5 cm，厚 0.8 cm 的人工飼料片放在中央，以供幼蟲取食，容器上覆蓋以蟲針戳通氣孔的保鮮膜，並用粗橡皮筋固定，每日或隔日更新濾紙及清理糞便；至第三齡幼蟲期時，將大約 500 隻幼蟲飼育在 $28.5 \times 18 \times 9.5$ cm 的長方形塑膠盒內，盒底舖有約 2 cm 厚的刨木碎片，在中央置放折成兩半的雙層衛生紙，其上依序堆疊排列 3-4 片飼料片，每隔數日添加飼料片，盒上覆蓋以蟲針戳通氣孔的保鮮膜，用粗橡皮筋固定，當容器內濕度過高時更換保鮮膜；至第四齡幼蟲期時，飼育密度減為大約每盒 250 隻，將蓋子由保鮮膜改成有長方形通氣孔的盒蓋，通氣孔黏著塑膠紗網以防止幼蟲逃逸。由於第五齡末期幼蟲時具有較明顯的自殘習性，故此時每盒約 50 隻並以相同方法繼續飼育。

飼養至化蛹 2 日後，將蛹由塑膠盒中取

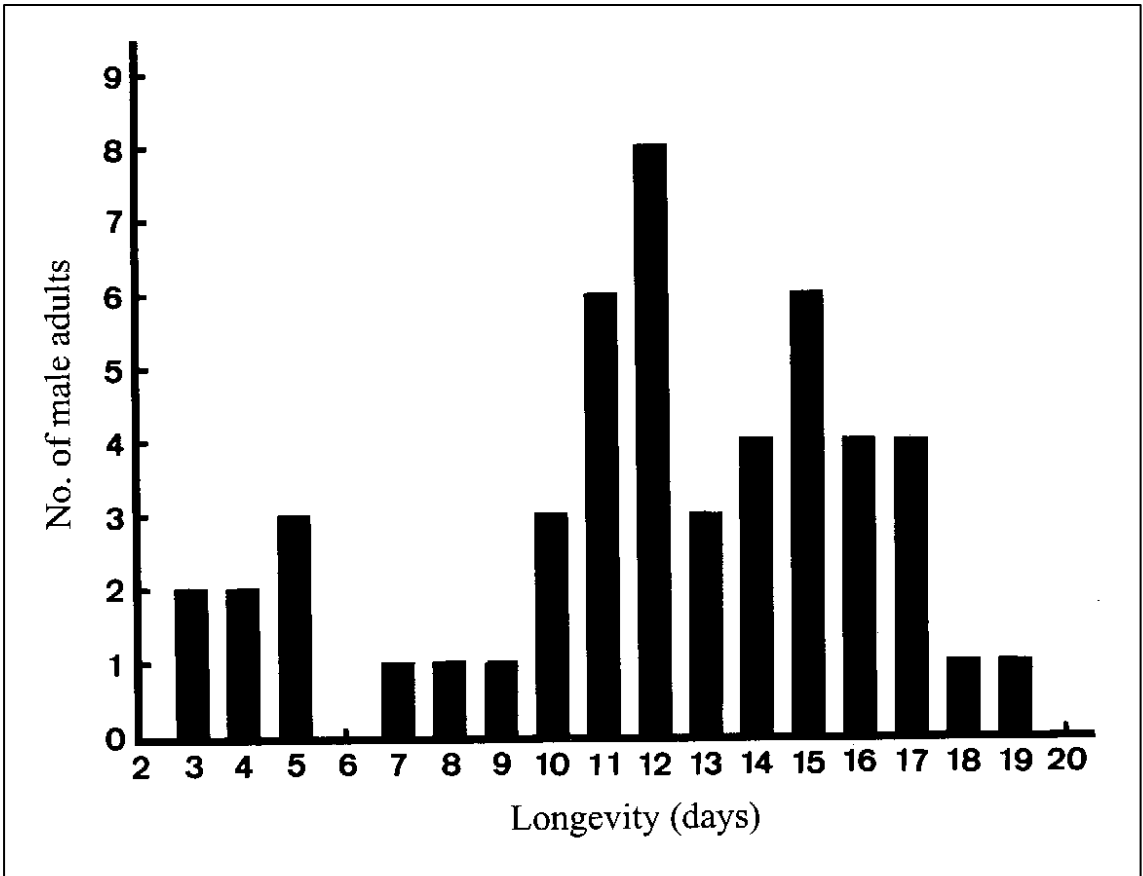
出並分辨雌、雄，分別放在內舖雙層衛生紙的長方型無蓋塑膠淺盤 ($26 \times 20 \times 3$ cm) 中，並放入 $30 \times 30 \times 30$ cm 的透明壓克力箱內。

取剛羽化之雄蛾 50 隻，與二日齡雌蛾配對。每一對成蟲置於內放沾有 10% 糖水棉球的透明小檢驗杯 ($5.2 \times 6.5 \times 7.0$ cm) 內，以雙層紗布封口，加以飼養。每日更新二日齡雌蛾及沾糖水的棉球，並記錄存活雄蛾數及當日之交尾情形。就每日從檢驗杯取出的供試雌蛾，經解剖取出交尾囊內的精胞，利用解剖顯微鏡的微尺，量出精胞主體的直徑 ($2r$) 後，用球體公式 ($\frac{4}{3} r^3$) 計算精胞主體之容積，以調查在每次交尾中從雄蛾授與的精胞大小。以上有關成蟲部分的試驗，於 25 ± 1 ， $75 \pm 5\%RH$ ， $13L : 11D$ 的生長箱內進行。

結 果

在恆溫恆濕及固定光週期條件下，用人工飼料飼育的 50 隻雄蛾之壽命分布如圖一。壽命為 12 天者最多，共有 8 隻 (16%)，其次為 11 天及 15 天，各佔 6 隻；壽命最短為 3 天，最長可達 19 天。圖一可大致看出二至三個高峰的趨勢，第一個高峰在壽命 5 天時，然後是 12 天，以及 15 天，但後面的二個高峰也可合為一個高峰來看，即壽命為 12 天。

關於斜紋夜蛾的壽命，根據 Shih and Chu (1987) 利用蟲體磨損指數判別野外雄蛾的日齡，發現以性費洛蒙及燈光誘集時，9 日齡以下的雄蛾各佔 99.8% 及 100%，即壽命多未超過 9 天。而 Chu and Ou-Yang (1989b) 得到人工飼料組雄蛾的平均壽命為 9.98 天的結果。因此將本試驗中的雄蛾依壽命分為短於或等於 9 天的短壽組，和等於或長於 10 天的長壽組兩群，供試雄蛾中屬於短壽組及長壽



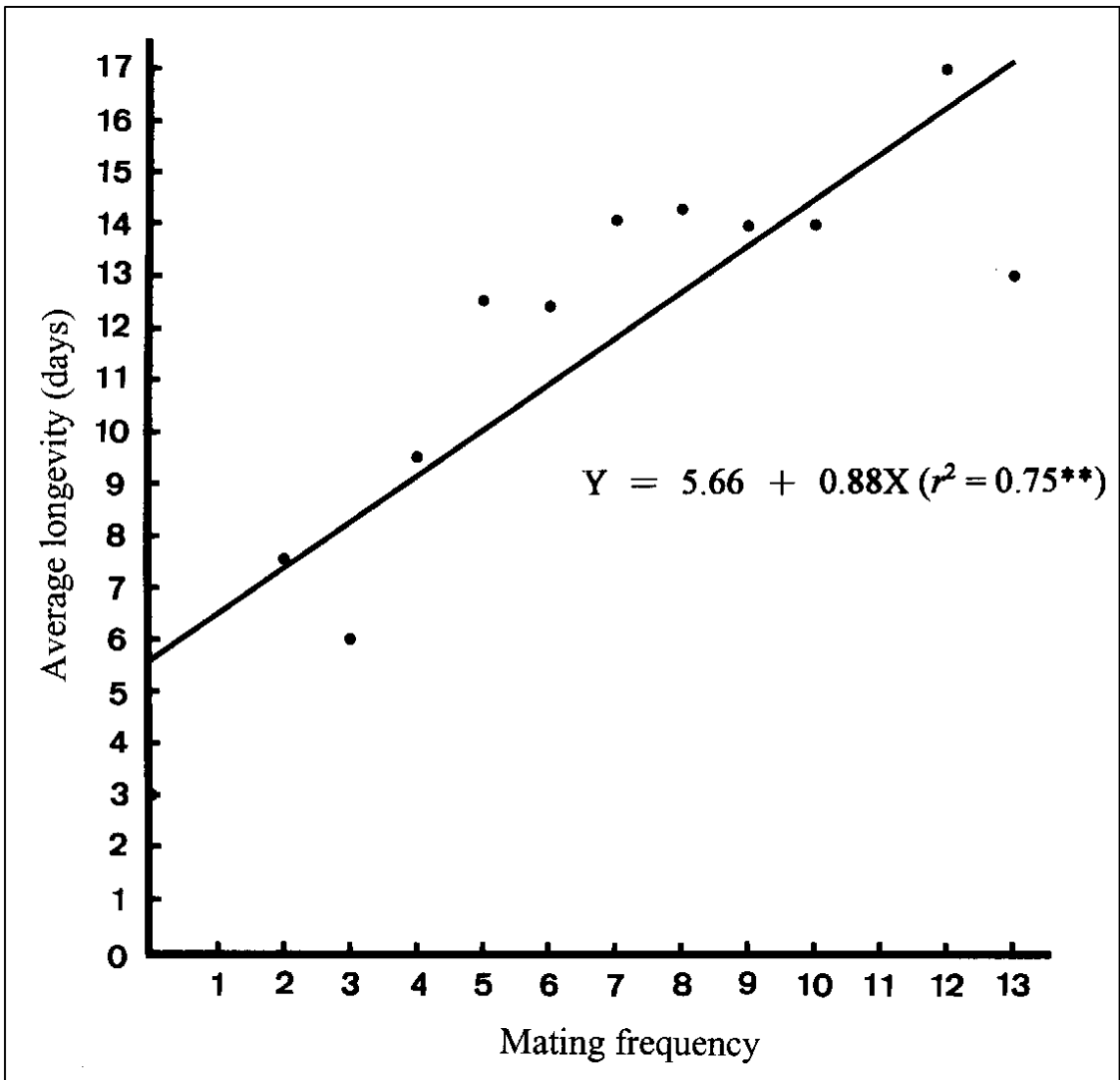
圖一 斜紋夜蛾雄蛾的壽命分布。
Fig. 1 Distribution of longevity of male *Spodoptera litura*.

組各為 10 隻 (20%) 及 40 隻 (80%)。

圖二為雄蛾一生中的交尾次數與平均壽命間的關係，其中以交尾 12 次者的壽命最長，成蟲期達 17 天。交尾次數最多者共交尾 13 次，該雄蛾的壽命為 13 天。在 50 隻供試雄蛾中，有一隻未交尾者，只有 3 天的壽命。然前述有一隻長達 19 天壽命者，卻只交尾 2 次。由圖二可知，就交尾次數而言，交尾 6 次和 9 次者各佔 8 隻，平均壽命各為 12.4 天及 14.0 天；交尾 2 次者與交尾 7 次及 8 次者皆各佔 7 隻，但前者的平均壽命為 7.6 天，後兩者分別為 14.1 天和 14.3 天，約為前者的兩倍。而交尾次數最少者為 0 次和最多者

的 13 次各有 1 隻，其壽命間卻有長達 10 天的明顯差距。若以直線迴歸分析，在雄蛾交尾次數 (Y) 與平均壽命 (X, 日) 之間，可得到 $Y = 5.66 + 0.88X$ ($r^2 = 0.75^{**}$) ($P = 0.01$) 的極顯著正相關關係，即雄蛾的平均壽命隨交尾次數之增加而增加。

就雄蛾壽命與交尾次數的關係而言，依前述將供試雄蛾分為短壽組及長壽組如圖三所示，其中短壽組雄蛾壽命為 3-9 天，平均 5.30 ± 2.06 天，交尾次數為 0-4 次，平均 2.20 ± 1.03 次；長壽組雄蛾壽命為 10-19 天，平均 13.65 ± 2.43 天，交尾次數為 2-13 次，平均 7.35 ± 2.15 次，除了 1 隻壽命 19 天，



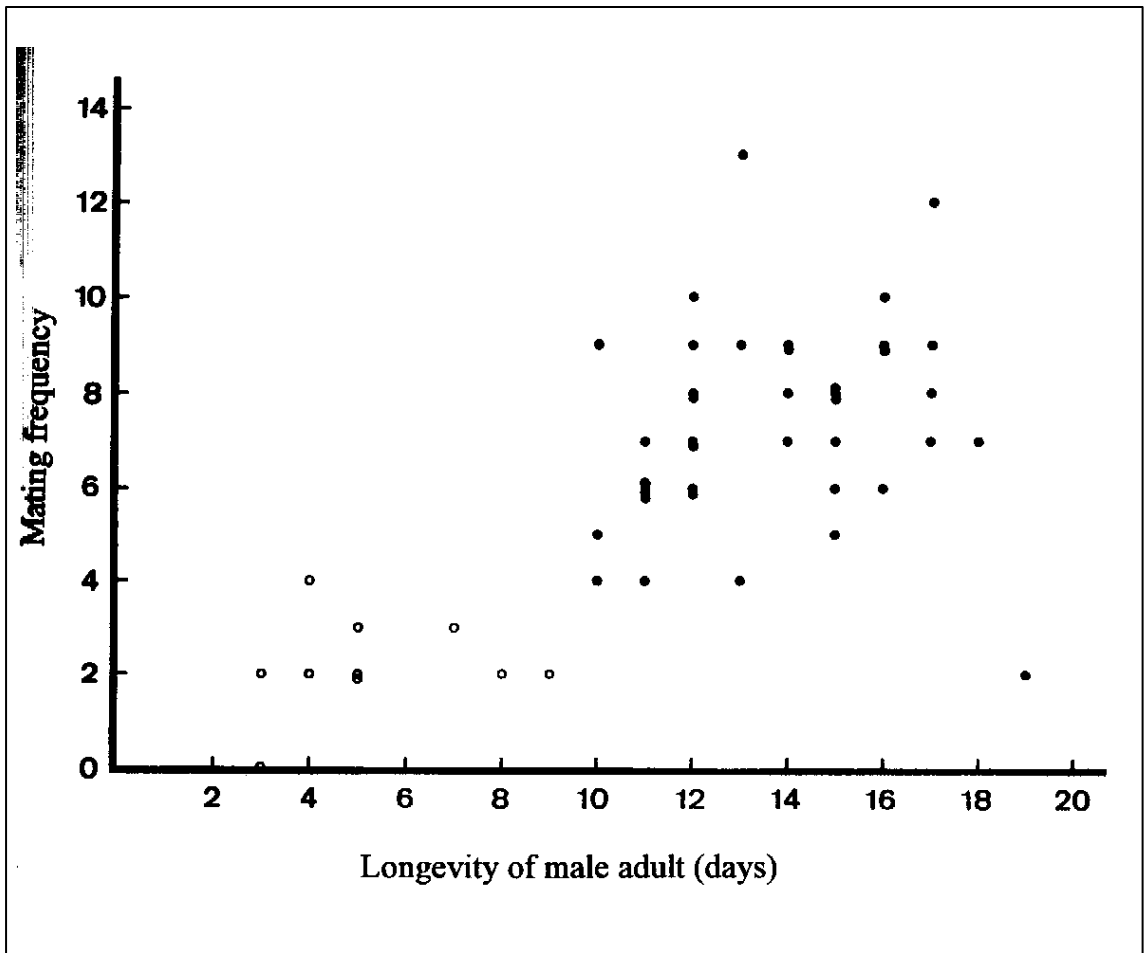
圖二 斜紋夜蛾雄蛾一生中的交尾次數與平均壽命的關係。

Fig. 2 Relationship between mating frequency and average longevity of males of *Spodoptera litura*.

交尾 2 次的雄蛾外，其餘的交尾次數皆在 4 次以上。若以直線迴歸分析，雄蛾壽命 (X, 日) 與交尾次數 (Y) 之間，短壽組得到 $Y = 1.73 + 0.09X$ ($r^2 = 0.03$), 長壽組得到 $Y = 5.35 + 0.15X$ ($r^2 = 0.03$), 其相關係數 (r) 經 t 測驗 (t -test, $\alpha = 0.05$) 結果，皆無顯著相關。然由圖三可明顯得知，長壽組的交尾次

數大部分較短壽組多。就平均交尾次數而言，長壽組較短壽組多出約 5 次，經 t 測驗 ($\alpha = 0.01$) 可得到極顯著的差異。

根據雄蛾的交尾次數，可將每隻雄蛾一生中所提供的精胞主體容積總和加以平均，得出不同交尾次數對精胞主體容積的影響 (圖四)。雖然圖四中的標準偏差 (SD) 頗大，短



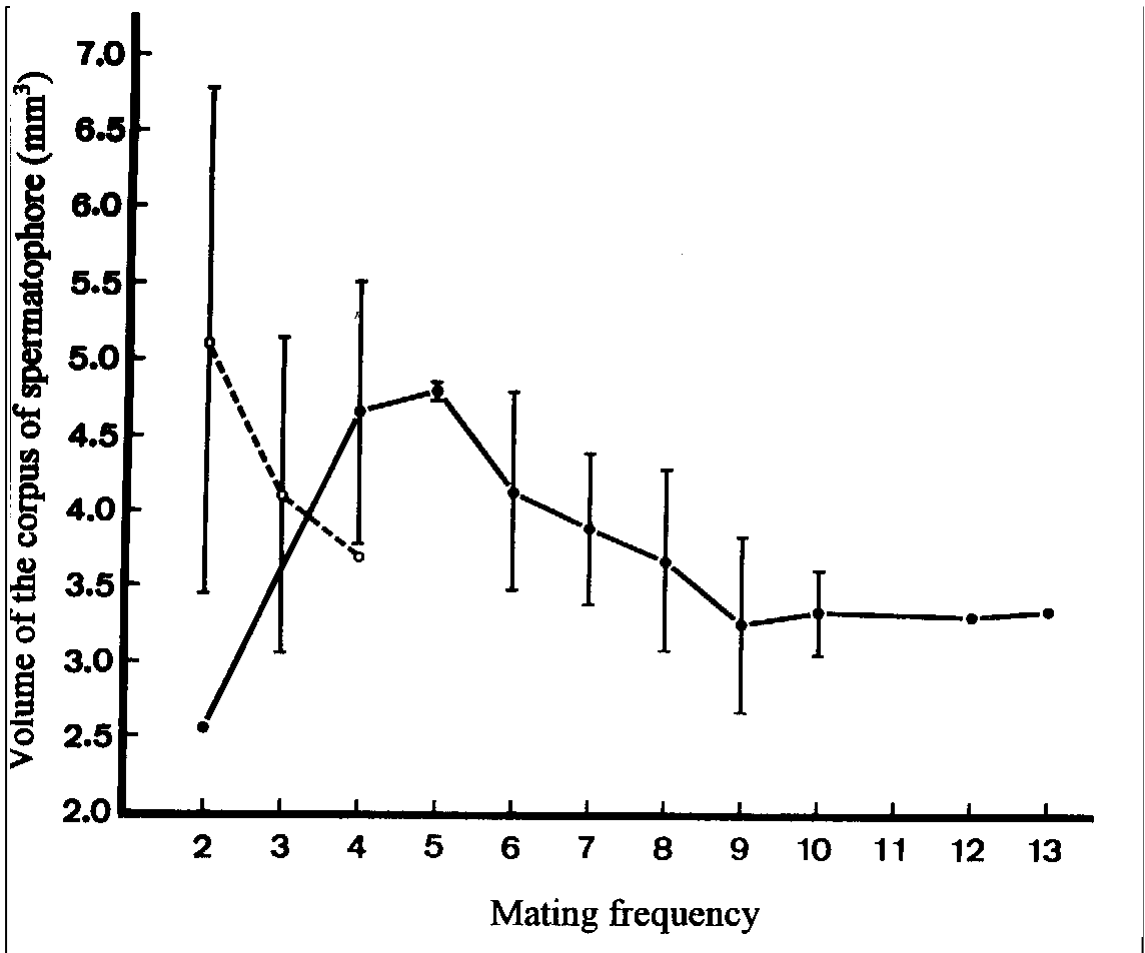
圖三 斜紋夜蛾雄蛾一生中的壽命與交尾次數的關係。

Fig. 3 Relationship between longevity of males and mating frequency of *Spodoptera litura* (○ : short-lived type; ● : long-lived type).

壽組的精胞主體容積隨交尾次數增加而減少；長壽組則以交尾 2 次者的精胞主體容積最小，只有 2.55 mm³，交尾次數為 4 次、5 次時的精胞主體容積較大，分別為 4.66 mm³ 及 4.78 mm³，此後大致隨交尾次數之增加而精胞主體容積減少的趨勢。當交尾次數為 4 次時，長壽組的精胞主體容積超過短壽組。換言之，多次交尾的雄蛾，剛開始交尾時之精胞變異較大，在交尾次數超過 5 次之後，隨交尾次數增加而逐漸縮小。

另將雄蛾日齡與精胞主體容積的關係如

圖五。就短壽組精胞主體容積而言，以 5 日齡的 2.25 mm³ 為最小，最大者為 8 日齡的 7.24 mm³。由於短壽組在 6、7 日齡並無交尾，至 8 日齡才出現一隻與前一次交尾間隔 3 日且具有較大精胞主體容積的雄蛾，可能是較長的休息時間使雄蛾得以補充能量，以致精胞主體容積增大。經直線迴歸分析，雄蛾日齡 (X, 日) 與精胞主體容積 (Y, mm³) 之間，短壽組得到 $Y = 3.57 + 0.28X$ ($r^2 = 0.19$)，經 t 測驗 ($\alpha = 0.05$) 結果，其相關係數無顯著相關。長壽組則以 16 日齡的 1.44



圖四 斜紋夜蛾雄蛾一生中的交尾次數對精胞主體容積的影響。

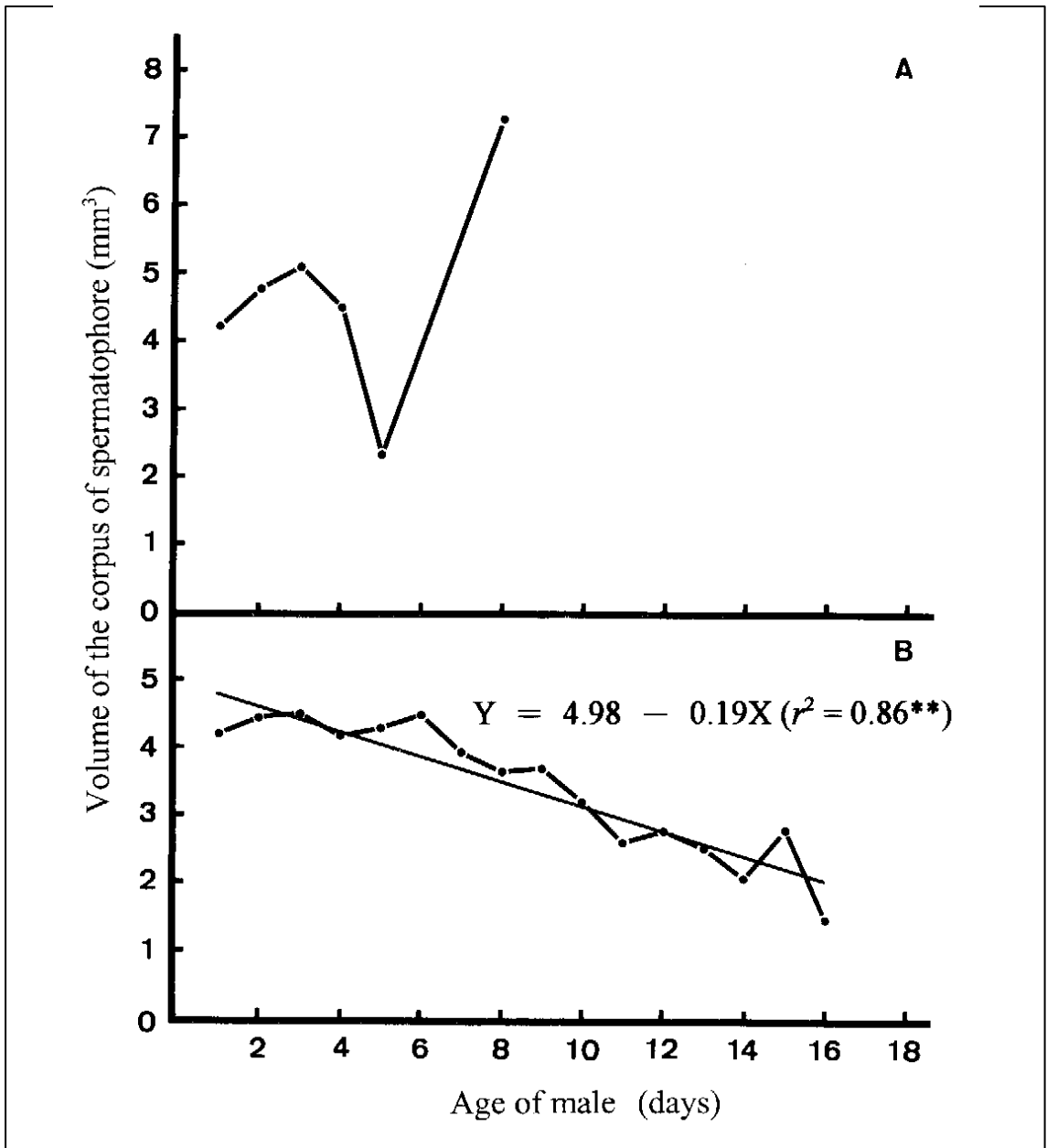
Fig. 4 Influence of mating frequency of male *Spodoptera litura* on the volume of the corpus of spermatophore (—: short-lived type; - - -: long-lived type; bars: standard deviation).

mm³ 為最小，3 日齡及 6 日齡的 4.47 mm³ 為最大，以直線迴歸分析，可得 $Y = 4.98 - 0.19X$ ($r^2 = 0.86^{**}$) ($\alpha = 0.01$)，相關係數有極顯著之負相關關係，即精胞主體容積隨雄蛾日齡增加而縮小。

此外，隨雄蛾日齡，累積平均精胞主體容積增加趨勢如圖六。其中短壽組由 1 日齡至 8 日齡期間，長壽組由 1 日齡至 16 日齡期間有精胞。在 5 日齡以前，兩組的平均精胞主體容積近似，6-8 日齡時，短壽組的平均精胞主體容積明顯地較長壽組小，但兩組的

累積平均精胞主體容積似呈一定比例增加，經直線迴歸分析，短壽組及長壽組的雄蛾日齡 (X , 日) 與累積平均精胞主體容積 (Y , mm³) 之相關，分別為 $Y = 2.79 + 3.37X$ ($r^2 = 0.96^{**}$) ($\alpha = 0.01$) 及 $Y = 4.03 + 3.39X$ ($r^2 = 0.98^{**}$) ($\alpha = 0.01$)。即兩組的累積平均精胞主體容積皆隨雄蛾日齡增長而增加，且幾呈直線關係。

至於交尾間隔期間對精胞主體容積的影響如圖七及表一。其變異範圍頗大，由 0.9-9.2 mm³ 不等。在此特別將之分為四群加以

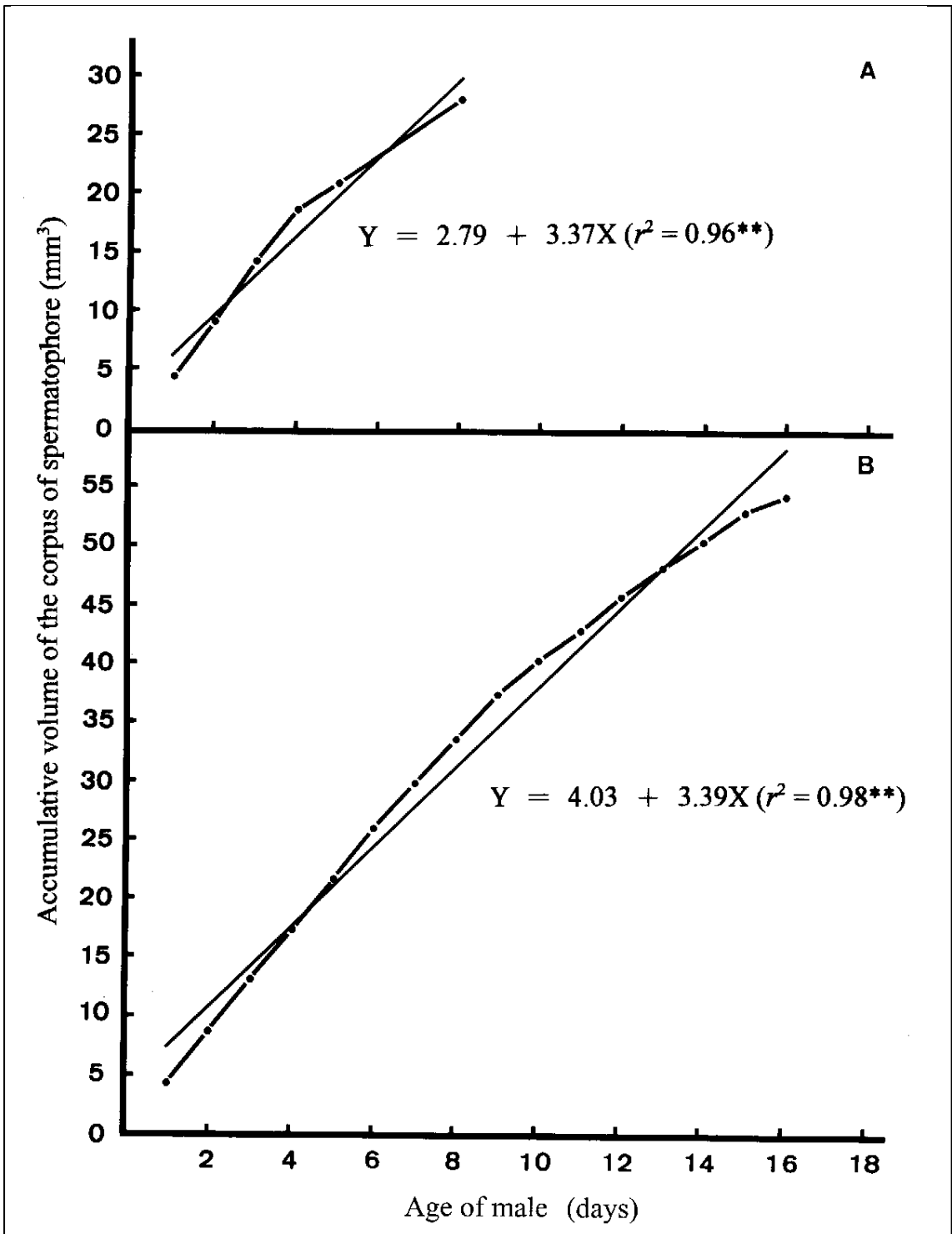


圖五 斜紋夜蛾雄蛾日齡與精胞主體容積的關係(A.短壽組；B.長壽組)。

Fig. 5 Relationship between the age of males and the volume of the corpus of the spermatophore of *Spodoptera litura* (A. short-lived type; B. long-lived type).

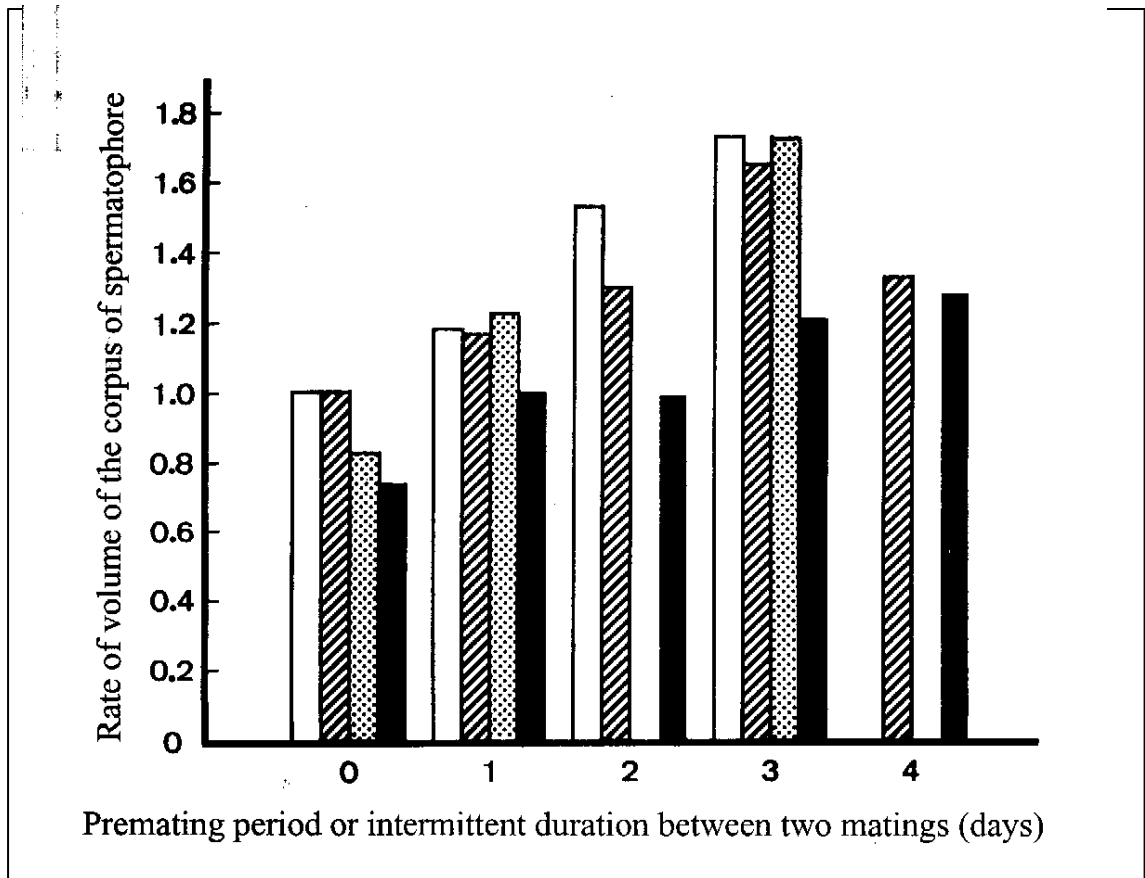
分析，即首次交尾短壽組、首次交尾長壽組、非首次交尾短壽組、及非首次交尾長壽組。由圖七可知，因平均精胞主體容積的數值差異頗大，特以短壽組的首次交尾之交尾前期

為0天（即不到一天者）的4.19 mm³為基準，當作1，其餘各組的精胞主體容積皆為除以4.19 mm³後得到的比值。由此可知，雄蛾第一次交尾時的平均精胞主體容積比值大於非



圖六 斜紋夜蛾雄蛾日齡與累積平均精胞主體容積的關係(A.短壽組；B.長壽組)。

Fig. 6 Relationship between the age of males and the accumulative average volume of the corpus of spermatophore of *Spodoptera litura* (A. short-lived type; B. long-lived type).



圖七 斜紋夜蛾雄蛾交尾前期或二次交尾間隔期間對精胞主體容積的影響。

Fig. 7 Influence of the premating period or intermittent duration between two matings and the volume of the corpus of the spermatophore of males of *Spodoptera litura* (: first mating, short-lived type; // : first mating, long-lived type; □ non-first mating, short-lived type; : non-first mating, long-lived type).

首次交尾者，且短壽組雄蛾的平均精胞主體容積比值大於長壽組雄蛾。

以直線迴歸分析，雄蛾交尾前期 (X, 日) 與精胞主體容積 (Y, mm³) 之間，首次交尾短壽組可得到 $Y = 4.11 + 1.06X$ ($r^2 = 0.98^{**}$) ($\alpha = 0.01$)，首次交尾長壽組可得到 $Y = 4.45 + 0.48X$ ($r^2 = 0.57$)；至於雄蛾二次交尾間之間隔期間 (X, 日) 與精胞主體容積 (Y, mm³) 之間，非首次交尾短壽組可得到 $Y = 3.66 + 1.22X$ ($r^2 = 0.98$)，非首次交尾長壽組可得到 $Y = 3.30 + 0.54X$ ($r^2 = 0.91^*$) ($\alpha = 0.05$) 之關係。

以 t 測驗 ($\alpha = 0.05$) 得知，首次交尾長壽組及非首次交尾短壽組的相關係數並無顯著相關；雖然非首次交尾短壽組的相關係數 r^2 高達 0.98，但因取樣數太少，使得各點的相對變異較大，故 t 測驗的結果仍不顯著；而首次交尾短壽組及非首次交尾長壽組的相關係數卻有顯著之正相關關係存在，即其精胞主體容積隨交尾前期或交尾間隔期間之增加而增大。並且連日交尾雄蛾，尤其是非首次交尾之長壽組雄蛾的精胞主體容積最小，顯示雄蛾經約 24 小時的緩衝期，

表一 斜紋夜蛾雄蛾交尾前期或二次交尾間隔期間與平均精胞主體容積的關係

Table 1. Relationship between the premating period or intermittent duration between two matings and the volume of the corpus of males of *Spodoptera litura*

Premating period (days)	Avg. volume of corpus of spermatophore (mm ³ , $\bar{x} \pm SD$) ¹⁾		Interval between two matings (days)	Avg. volume of corpus of spermatophore (mm ³ , $\bar{x} \pm SD$) ¹⁾	
	First mating			Non-first mating	
	Short-lived	Long-lived		Short-lived	Long-lived
0	4.19 ± 0.00 ^a (n=2)	4.19 ± 0.00 ^c (n=16)	0	3.48 ± 1.02 ^b (n=10)	3.08 ± 1.28 ^c (n=174)
1	4.95 ± 1.53 ^a (n=4)	4.91 ± 1.05 ^{b,c} (n=10)	1	5.15 ± 2.96 ^{a,b} (n=2)	4.23 ± 1.51 ^b (n=50)
2	6.41 ± 1.17 ^a (n=2)	5.44 ± 0.96 ^b (n=8)	2	- (n=0)	4.16 ± 1.95 ^b (n=18)
3	7.24 ^a (n=1)	6.91 ± 0.74 ^a (n=5)	3	7.24 ^a (n=1)	5.07 ± 2.18 ^b (n=6)
4	- (n=0)	5.58 ^b (n=1)	4	- (n=0)	5.35 ± 3.35 ^a (n=6)

¹⁾ Means within a column followed by the same letter do not significantly differ at the level of $P = 0.05$, according to Duncan's new multiple range test.

雖可立即再交尾，但其製造的精子量仍未完全恢復。

由表一可知，四群中除了非首次交尾長壽組外，樣品數都很少。以連日交尾的 174 次最多，間隔一日再交尾者次之。短壽組經 3 日的間隔再交尾雄蛾之精胞主體為 7.24 mm³ 最大；在首次交尾及非首次交尾短壽組皆顯示精胞主體容積有隨交尾前期增加而增大的情形。而首次交尾長壽組以交尾前期 3 日者最大，平均為 6.91 ± 0.74 mm³。非首次交尾長壽組以連日交尾的 3.08 ± 1.28 mm³ 最小，其次為間隔 1、2 日的 4.23 ± 1.51 mm³ 及 4.16 ± 1.95 mm³，再次為間隔 3、4 日者的 5.07 ± 2.18 mm³ 及 5.35 ± 3.35 mm³。由此可知，當雄蛾羽化後行第一次交尾時之精胞主體容積與非首次交尾長壽組間隔 1、2 日再交尾者類似，即雄蛾經連續交尾而不休息之情形下，其精胞會縮小，但若休息超過 2 日以上後再

交尾，不僅可使精胞主體恢復原來之容積，甚至會增大。

討 論

據 Oyama (1972), Chu and Ou-Yang (1989a) 所述，雄性斜紋夜蛾每次交尾時只送出一個精胞於雌蛾的交尾囊中。因此從雌蛾交尾囊中的精胞數，可推算與該隻雌蛾配對的雄蛾之交尾次數。當精胞進入雌蛾的交尾囊後，依交尾囊之膨脹及收縮作用，將有核精子 (eupyrene sperm) 移至受精囊，然後精胞開始崩解，其崩解程度隨交尾後之經過時間而異 (Takeuchi and Miyashita, 1975; Etman and Hooper, 1979; Amaldoss, 1988)。斜紋夜蛾的交尾高峰在熄燈後 2-3 小時之間，即為 20:00-21:00 時 (Chu and Ou-Yang, 1989a)。因此於本試驗，均在配

對後之次晨上午 7:00 9:00 期間解剖雌蛾，如此可得交尾後 12 小時以內之精胞，並據以判斷供試雄蛾的交尾次數。

Ou-Yang and Chu (1990) 指出本種雄蛾一生的交尾次數最多達 13 次，並在雄蛾平均 11.96 天的成蟲期間平均交尾次數為 6.3 次，即未必每日交尾。日交尾率（每日交尾之雄蟲率）隨日齡增加而漸增，雄蛾最長交尾前期為 5 天。

本試驗所得之結果，由圖一及圖二顯示，雄蛾壽命為 3 19 天，交尾次數為 0 13 次，雖然變異頗大，但據 Chu and Ou-Yang (1989b) 指出人工飼料組雄蛾的平均壽命為 9.98 天，此雖較 Ou-Yang and Chu (1990) 的 11.96 天短約二天，但以圖一的壽命分布情形來看，可大致將供試雄蛾分為短於等於 9 天的短壽組，和等於長於 10 天的長壽組兩群分析。

以分組分析得出的雄蛾壽命與交尾次數之關係如圖三，可知短壽組的交尾次數為 4 次或未滿 4 次，而長壽組除了 1 隻壽命 19 天，交尾 2 次的雄蛾以外，其交尾次數皆在 4 次以上。由圖三的直線迴歸分析結果得知，無論短壽組或長壽組，雄蛾壽命與交尾次數間無法畫出迴歸直線關係，但可明顯得知長壽組的交尾次數普遍較短壽組多，且經 t 測驗 ($P = 0.01$) 可知，長壽組的交尾次數確較短壽組多。即雖然長壽者的交尾次數比較多，但無論長、短壽組內，交尾次數並未隨雄蛾壽命增加而等比例增加，此與 Fujiie and Miyashita (1973) 所提交尾次數隨雄蛾壽命而增加是相異的。

此外，Oku and Kobayashi (1978) 認為生物因受食物、配偶、生長、繁殖等有關之刺激後，產生移動而離開原來的棲息場所之現象，即稱為遷移。Asahina and Turuoka

(1968, 1969, 1970) 指出斜紋夜蛾至少具有飛 500 km 的遷移能力。在澳洲，本種也可遷飛到 2,000 km 外的紐西蘭 (Fox, 1976)。據 Oyama and Wakamura (1976) 和 Oyama (1985) 以性費洛蒙誘捕器調查得知，雄蛾一晚上可飛行超過 5 km 的距離。因此，斜紋夜蛾已證實是一種具有遷移能力的昆蟲。

根據 Naito (1987) 所述，斜紋夜蛾幼蟲體色具有黑色系和淡色系，黑色系趨向遷移距離較長，但與淡色系的差異不大。由 Tojo (1991) 試驗得知，本種幼蟲飼育在擁擠的條件下較單隻飼育條件下之體色黑化程度較大，這種黑色系族群的發現總是表現在群居行為上，此可能是本種在飛行能力的遺傳變異，也許此類黑色系族群和高遷移能力的天擇有關。在此次試驗中，由於供試蟲為室內以人工飼料經累代飼育者，基於飼養空間考量，皆採用集體飼育且飼育密度均較野外族群為高，可能因此造成部分遷移性族群。

本試驗中，值得注意的是在長壽組出現一隻壽命甚長 (19 天)，生殖力很差 (僅交尾 2 次) 的雄蛾。其分別在 2 日齡及 7 日齡時交尾，即達性成熟時就交尾，然後休息 5 天再交尾，之後至死亡前十餘天不再交尾；而且第一次交尾時的精胞主體容積有 4.19 mm^3 ，第二次交尾遽降成 0.9 mm^3 。顯示出此雄蛾在行初次交尾後，可能具備較長的交尾間隔期間，可以做長距離的遷移，至遷入地區再行交尾，由於消耗之能量較多，導致精胞主體容積變小，甚至因此無法生殖。

在大多數的情形，雌蛾的遷移多發生在剛羽化且性未成熟的時期 (Kiritani, 1987)，但據 Naito (1987) 所述，雌性斜紋夜蛾的卵巢在蛹末期幾乎完成發育，羽化時即可產卵；且由於 Asahina and Turuoka (1968, 1969, 1970) 在潮岬南方 500 km 海上用定點觀測

船採到的斜紋夜蛾都是雄蛾，因此 Naito (1987) 預測本種雌蛾的遷移能力較雄蛾相對地低。故雄性斜紋夜蛾除了在當地交尾外，某些遷移性族群也會至遷入地區和當地雌蛾交尾繁殖。

如前所述，本試驗在長壽組出現的那隻壽命甚長生殖力很差的雄蛾，其行第二次交尾時精胞主體容積較第一次者遽然減小，顯示出此雄蛾可能具備長距離遷移能力，即使在小空間的試驗容器中，也會模擬遷移而振翅短飛；換句話說，這 5 天的二次交尾間隔時間，並非休息，反而是消耗較多能量的飛翔運動，使得再交尾時之精胞主體容積變小，而且此後的能量只夠維持壽命而無法再交尾。

雖然此次試驗時，所用的容器過小，使得雄蛾不能像在野外隨氣流遷飛，僅能在小空間內振翅短飛；供應之食物為 10% 糖水，提供之配對雌蛾為同一族群的個體，皆與野外實際狀況有差距。而 Chu and Ou-Yang (1989b) 在室內以人工飼料及芋頭葉飼育結果，人工飼料組的雄蛾吊空飛翔能力較強且交尾能力較弱。因此本試驗的結果，也不能排除因人工飼育導致生殖力較野外族群稍差的可能性。

雖然由本試驗得知，短壽組的雄蛾平均壽命為 5.30 天，長壽組為 13.65 天，但若不以壽命長短區分為兩組，而是合併計算所有供試雄蛾的壽命，結果如 Ou-Yang and Chu (1990) 所述，已交尾雄蛾的平均壽命為 11.96 天。據 Yamanaka *et al.* (1972)，本種幼蟲有 6 種寄生性及 13 種捕食性天敵，導致 68-89% 的幼蟲死亡。成蟲在野外也可能遇到鳥類及蝙蝠等捕食性天敵而致死。由於室內飼育一般是在溫、濕度及光週期穩定，食物供應充足，且無天敵危害等優於野外狀況之

條件下，所以得到的平均壽命可能較野外生活者的實際壽命長，然而野外族群的雄蛾壽命難以追蹤調查。Oyama (1976) 利用乾式費洛蒙誘捕器捕獲之雄蛾，選擇其中鱗粉較完整的雄蛾，在室內和雌蛾配對，仍得 10.1 天的平均存活期，比本試驗結果及 Ou-Yang and Chu (1990) 的 11.96 天約少 2 天。但因野外雄蛾在被捕獲前的壽命究竟多長，無法得知，至少為 1 天以上，所以就壽命而言，本試驗所用的室內飼育族群大致上仍可代表野外族群。

由圖七及表一所示，雄蛾第一次交尾時的平均精胞主體容積比值大於非首次交尾者，且短壽組雄蛾的平均精胞主體容積比值大於長壽組雄蛾。顯示雄蛾無論經多少天的休息，仍以首次交尾時的狀態最佳，授與的精胞最大；而短壽組雄蛾雖然壽命較短，交尾次數較少，但精胞主體容積比值卻較大，倘若精胞大者所含的精子量較多，繁殖的後代數也較多，則長壽組雄蛾交尾次數多是否意味著必須以此彌補前面數日繁殖力不足之處，或是希望藉著與不同雌蛾交尾增加後代的多樣性呢？然而此試驗之供試雄蛾是在無天敵且充分供應成蟲食物條件下所得的結果，所以有 80% 的雄蛾屬於長壽組，實際上，斜紋夜蛾在野外的存活情形如何呢？根據 Shih and Chu (1987) 以蟲體磨損度作為判別成蟲羽化日齡的指標，結果用性費洛蒙誘集時，0-5 日齡雄蛾佔了 91%，9 日齡以下佔了 99.8%；以燈光誘集時，0-5 日齡雄蛾佔了 86%，而且所有雄蛾皆在 9 日齡以下，換言之，所誘集的多為年輕雄蛾。故由此可推斷本種在野外壽命不長的情況下，能夠儘快交尾，授與雌蛾較大的精胞而有利族群繁衍。但是，根據 Oyama (1976) 的推斷，野外雄蛾至少有 10.1 天的平均壽命，意味著長

壽組在野外存活的可能性頗大，或許是因壽命較長的雄蛾較不易被誘捕器誘引才導致上述結果。

此外，Oyama (1985) 曾調整雄蛾的交尾前期，得知第一次交尾時，交尾前期長者的精胞容積較大，然連續第二次交尾時精胞便會急遽變小，與本試驗所得之結果類似。

斜紋夜蛾的精胞愈大則平均總產卵數愈多，當精胞為 1 mm^3 以上時，孵化率幾乎不受到影響；若精胞為 1 mm^3 以下時，孵化率則明顯降低 (Oyama, 1985)。根據上述結果，可推測斜紋夜蛾雄蛾首次交尾時送出容積較大的精胞主體，可使雌蛾產下較多的卵，而此時之孵化率亦較高。既然如此，斜紋夜蛾行多次交尾之意義何在呢？

Takeuchi and Miyashita (1975) 曾指出，斜紋夜蛾交尾完成後，精胞存在交尾囊內的固定位置，即精胞柄部前端的開口與貯精囊相通，密接著輸精管的入口，精胞突起的鉤則在輸精管入口附近的交尾囊壁，壓住並固定精胞。當多次交尾時，原先精胞的精子移入受精囊，接著精胞主體壓扁縮小，柄部彎曲，由輸精管入口處脫落，浮游於交尾囊內，使新的精胞進入時，也能固定在正常位置。由於斜紋夜蛾多是待精胞中的精子消失後才再度交尾，提高了有效利用精子的可能性，並且雌蛾若與無受精能力的雄蛾遭遇，馬上有與其他雄蛾交尾的機會。如此多次交尾不僅可提高受精率，並且可能引進較多的遺傳基因，進而增加後代的多樣性及適應力，故多次交尾實為有利其繁殖的行為，即使精胞變小或雌蛾產卵數變少也無妨。由於個體差異的關係，有的雄蛾能夠連續多次交尾，有的卻需要休息以恢復精力，在 Ou-Yang and Chu (1990) 的結果中，雄蛾的平均壽命雖為 11.96 天，平均交尾次數卻為 6.3 次，可知雄

蛾大約平均間隔一日交尾，其能量除了維持生命以外，主要便是用來繁衍後代。然而交尾次數多或精胞大是否一定保證精子的品質優良呢？關於這方面的研究，仍有待進一步探討。

引用文獻

- Amaldoss, G.** 1988. Spermatophore formation in *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). Phylogeny, structure and reproductive functions of the spermatophore. Symposium on Insect Biochemistry and Physiology. 15-18 June 1988, Taipei, Taiwan. 113-129.
- Asahina, S., and Y. Turuoka.** 1968. Records of the insects visited a weather-ship located at the Ocean Weather Station "Tango" on the Pacific. . Kontyū 36: 190-202 (in Japanese).
- Asahina, S., and Y. Turuoka.** 1969. Records of the insects visited a weather-ship located at the Ocean Weather Station "Tango" on the Pacific. . Kontyū 37: 290-304 (in Japanese).
- Asahina, S., and Y. Turuoka.** 1970. Records of the insects visited a weather-ship located at the Ocean Weather Station "Tango" on the Pacific. . Kontyū 38: 318-330 (in Japanese).
- Chen, C. N., and W. F. Hsiao.** 1984. Influence of food and temperature on life history traits and population parameters of *Spodoptera litura* Fabricius. Plant Prot. Bull. 26: 219-

- Chu, Y. I., and S. C. Ou-Yang.** 1989a. Biology of the tobacco cutworm (*Spodoptera litura* (F.)). The emerging and mating times of adult. Chinese J. Entomol. 9: 49-57 (in Chinese).
- Chu, Y. I., and S. C. Ou-Yang.** 1989b. The adult longevity, mating and flying abilities of tobacco cutworm (*Spodoptera litura* (F.)) reared with natural and artificial diets. Chinese J. Entomol. 9: 231-238 (in Chinese).
- Chu, Y. I., and S. C. Ou-Yang.** 1990. Biology of the tobacco cutworm (*Spodoptera litura* (F.)). The influence of pairing density on the mating of adults. Chinese J. Entomol. 10: 271-277 (in Chinese).
- Chu, Y. I., and S. C. Ou-Yang.** 1991. Ovipositional biology of the tobacco cutworm (*Spodoptera litura* (F.)). Chinese J. Entomol. 11: 188-196 (in Chinese).
- Etman, A. A. M., and G. H. S. Hooper.** 1979. Developmental and reproductive biology of *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). J. Aust. Entomol. Soc. 18: 363-372.
- Fox, K. J.** 1976. Migrant Lepidoptera in New Zealand 1974-1975. N. Z. Entomol. 6: 199-200.
- Fujiie, A. and K. Miyashita.** 1973. Further studies on the reiterative mating ability in males of *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae). Appl. Entomol. Zool. 8: 131-137.
- Kiritani, K.** 1987. A perspective of the study on the long-range migratory insect pests. Shokubutsu-boeki (Plant Protection) 41: 515-517 (in Japanese).
- Naito, A.** 1987. Migration of the common cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius). Shokubutsu-boeki (Plant Protection) 41: 551-554 (in Japanese).
- Oku, T., and T. Kobayashi.** 1978. Migratory behaviors and life cycle of noctuid moths (Insecta, Lepidoptera), with notes on the recent status of migrant species in northern Japan. Bull. Tohoku Natl. Agric. Exp. Stn. 58: 97-209 (in Japanese).
- Ou-Yang, S. C., and Y. I. Chu.** 1988. The comparison of the development of the tobacco cutworm (*Spodoptera litura* (F.)) reared with natural and artificial diets. Chinese J. Entomol. 8: 143-150 (in Chinese).
- Ou-Yang, S. C., and Y. I. Chu.** 1990. Biology of the tobacco cutworm (*Spodoptera litura* (F.)). The longevity and mating ability of adult. Chinese J. Entomol. 10: 27-36 (in Chinese).
- Ou-Yang, S. C., and Y. I. Chu.** 1991. Biology of the tobacco cutworm (*Spodoptera litura* (F.)). Copulation and oviposition of females paired for three days. Chinese J. Entomol. 11: 39-47 (in Chinese).
- Oyama, M.** 1972. Duration and frequency of mating of the tobacco cutworm moth, *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae), and trapping of the

- mating-ascertained males with the virgin females. Proc. Assoc. Plant Prot. Sikoku No. 7: 63-68 (in Japanese).
- Oyama, M.** 1976. Mating and flying abilities of the wild- and laboratory-reared males of *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae). Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 20: 203-207 (in Japanese).
- Oyama, M.** 1985. Studies on basic problems on the use of sex pheromone for the control of *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae). Bull. Shikoku Natl. Agric. Exp. Stn. No. 45: 1-92 (in Japanese).
- Oyama, M., and S. Wakamura.** 1976. Influences of the wild population density and environmental conditions of recapture of the released males of *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae) using sex pheromone traps. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 20: 151-156 (in Japanese).
- Shih, C. J., and Y. I. Chu.** 1987. Discrimination of the adult age structure of *Spodoptera litura* by the degree of body wearing. Chinese J. Entomol. 7: 31-36 (in Chinese).
- Shih, C. I. T., and B. H. Shyu.** 1983. Biology, life table and intrinsic rate of increase of *Spodoptera litura* (F.). The Test Research Report of Proceedings of the Symposium on Third Congress of Asparagus. 407-413 (in Chinese).
- Takeuchi, S., and K. Miyashita.** 1975. The process of spermatophore transfer during the mating of *Spodoptera litura* F. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 19: 41-46 (in Japanese).
- Tojo, S.** 1991. Variation in phase polymorphism in the common cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). Appl. Entomol. Zool. 26: 571-578.
- Yamanaka, H., F. Nakasuji, and K. Kiritani.** 1972. Life tables of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae), and an evaluation of the effectiveness of natural enemies. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 16: 205-214 (in Japanese).

收件日期：1999年10月26日

接受日期：2000年12月23日

Influence of Mating Frequency on the Volume of the Corpus of Spermatophore of Male Tobacco Cutworm (*Spodoptera litura* (F.)) (Lepidoptera: Noctuidae)

Sheng-Chih Ou-Yang* Zoological Section, National Taiwan Museum, 48, Hsuehchow Road, Taipei 100, Taiwan, R.O.C.

Yau-I Chu Department of Entomology, National Taiwan University, No. 27, Lane 113, Roosevelt Road, Sec. 4, Taipei 106, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

The tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius), was reared on an artificial diet under constant conditions (25 °C, 75 ± 5% RH, 13L : 11D). The results indicate that adult males can be divided into two groups: one having lower mating frequency and shorter longevity (9 days), the other with higher mating frequency and greater longevity (10 days). The average longevity of the former was 5.30 ± 2.06 days, and that of the latter was 13.65 ± 2.43 days. The mating frequency of the long-lived type was higher than that of short-lived one. In both groups, mating frequency did not increase at a fixed rate as longevity was prolonged. Moreover, at the onset of mating, multiple-mated males showed a larger volume of the corpus of spermatophore, which decreased as mating frequency increased. The age of males (X, days) in the long-lived group and the average volume of the corpus of spermatophores (Y, mm³) were correlated by the linear regression, $Y = 4.98 - 0.19X$ ($r^2 = 0.86^{**}$). Accordingly, as longevity increased, the volume of the corpus of spermatophores decreased. Furthermore, the accumulative average volume of the corpus of spermatophores increased as male age increased in both groups, and revealed a significant positive linear regression relationship. The average volume of the corpus of spermatophores of first-mated males was larger than that of non-first-mated males. The average volume of the corpus of spermatophores of the short-lived male group was larger than that of the long-lived male group. When the short-lived male group mated for the first time, the longer pre-mating period induced the larger volume of the corpus of spermatophores. When the long-lived male group mated other than for the first time, the longer intermittent duration induced the large volume of the corpus of spermatophores. The volume of the corpus of spermatophores of successive mating males, especially that of the long-lived male group at non-first mating was the smallest. This suggests that the interval between each mating contributes to the recovery of the male's volume of the corpus of spermatophores.

Key words: *Spodoptera litura*, mating frequency, spermatophore.