

溫度對番荔枝斑螟蛾發育之影響¹

謝進來 朱耀沂²

關鍵字：番荔枝斑螟蛾，發育，溫度

摘 要

番荔枝斑螟蛾(Anonaepestis bengalella Ragonot)係番荔枝重要害蟲，於室內 20、23、25、28及30°C等不同定溫下飼育，各蟲期發育所需天數為卵期7.2~2.9天，幼蟲期80.2~33.7天，蛹期12.8~6.8天，完成一代需45.0~112.7天；其發育零點分別為13.8，12.7及10.1°C，而有效積溫分別為47.9，580.3及134.0日度，完成一代需764.1日度。由田間消長調查及有效積溫推算本蟲年發生約5~6代，各世代成蟲分別於3，5，7，9及11月等出現；老齡幼蟲有效活動溫度帶為9.1~35.2°C，9.1°C以下為不適低溫，4.1°C以下為致死低溫，40.6°C為高溫不活動帶，49.3°C為致死高溫。由田間最低氣溫與各蟲期發育零點比較可知該蟲以老齡幼蟲或蛹越冬係使其族群存活的最佳策略。

前 言

番荔枝斑螟蛾(Anonaepestis bengalella Ragonot)俗稱釋迦黑蟲、釋迦蛀蟲，屬鱗翅目(Lepidoptera)、螟蛾科(Pyralidae)、斑螟蛾亞科(Phycitinae) (江崎等，1957；Brarley，1965)。為本省番荔枝(

1. 本文承農委會77農建-7.1-19(14)經費支助，並承陳秋男師長指導，本場陳健作先生，黃莉容小姐協助調查工作，特此誌謝。

2. 台東區農業改良場助理研究員及國立台灣大學植物病蟲害學系教授。

釋迦)重要害蟲之一，其爲害主要係以幼蟲蛀食果實，被害輕者果實畸形、局部變黑；重者整個果實枯乾、黑變、呈木乃伊化，嚴重影響番荔枝產量與品質。本蟲主要分布於熱帶及亞帶地區，包括印度(India)、孟加拉(Bangladesh)、越南(Vietnam)、菲律賓(Philippines)、India-China、馬來西亞(Malaysia)及台灣等地(謝，1988；Brarley，1965；Butani，1967；Estalilla，1921；Moore，1894；Shukla，1984)。其寄主植物僅有番荔枝屬(Annona spp.)等數種(謝，1988；Brarley，1965；Estalilla，1921)，爲寡食性(Oligophagous)，但以番荔枝(Annona squamosa)被害特別嚴重。在本省台東地區，據田間調查，每年發生約五~六世代，以老熟幼蟲或蛹在被害果實內越冬，翌春成蟲於3~5月間羽化而以第三及五世代幼蟲爲害第一期果(農友俗稱正頭果)及第二期果(倒頭果)達高峯期(謝，1988)。若不施藥防治被害果率達80%以上，對果農損失甚鉅(謝，1983)。目前對本蟲之防治，主要仍依賴化學藥劑之使用；然因1~2齡幼蟲孵化後立即咀嚼果皮潛入果肉內取食並把糞粒或咬碎果肉黏於果皮上，待發現始行噴藥防治，爲時已晚。因此確立本蟲之發生預測系統及施藥防治適期乃成爲經濟防治的重要課題(謝，1982)。

本文在於研究溫度對該蟲發育之影響，冀能提供訂定經濟防治策略之參考。

材 料 與 方 法

一、溫度對番荔枝斑螟蛾發育之影響：

1. 卵期：

將剛產下之卵挑出，置於直徑9公分之濾紙上，並放於直徑9公分高1.5公分底襯濕潤棉花之培養皿上，分別置於20°C，23°C，25°C，28°C及30°C等生長箱中，日照與黑暗各12小時，相對濕度保持 $80 \pm 5\%$ ，每天觀察一次，記錄卵孵化情形。每一種溫度處理至少觀察60粒卵。

2. 幼蟲期：

將剛孵化之幼蟲以毛筆移入高5.5公分、口徑7.0公分內置番荔枝打碎之飼料杯中，蓋上有打十字孔之蓋子，分別置於上述相同之日照、濕度及5種溫度等，每天觀察一次，記錄其發育及脫皮情形，每一種溫度至少觀察60隻幼蟲。

3. 蛹期：

將剛化蛹之蛹，分別置於高 5.5 公分，口徑 7.0 公分且與上述相同之日照、濕度及 5 種溫度之生長箱中，每天觀察一次，記錄羽化情形，每一種溫度至少觀察 60 個蛹。

二 溫度對番荔枝斑螟蛾老齡幼蟲活動之影響：

1. 由水溫 22°C，每分鐘下降 0.25 ± 0.15 °C 試驗：將水溫 22°C 500 ml 之水倒入口徑 15 公分，高 10 公分之圓柱玻璃中，並放入 1 支溫度計，另將斑螟蛾老齡幼蟲 1 隻及另 1 支溫度計放入口徑 1 公分，高 18 公分之試管中，置入圓柱杯中，然後逐次加入碎冰塊，使試管中溫度每分鐘下降 0.25 ± 0.15 °C，記錄該幼蟲各種活動狀態。本試驗重複六次。
2. 由水溫 22°C 每分鐘上升 0.45 ± 0.25 °C 試驗：將水溫 22°C，500 ml 之水倒入口徑 15 公分，高 10 公分之圓柱玻璃杯中，並放入 1 支溫度計；另再取一隻斑螟蛾老齡幼蟲及另一支溫度計放入口徑 1 公分高 18 公分之試管中，置入圓形杯中，然後再以瓦斯爐加熱之熱水，逐次加入圓柱杯中，使試管中溫度每分鐘上升 0.45 ± 0.25 °C，記錄該幼蟲各種活動狀態。本試驗重複六次。
3. 觀察方法：記錄該幼蟲在不同溫度下，其發生反應之行爲與溫度，並決定其活動反應之各溫度範圍。

幼蟲活動反應之狀況

溫度範圍

迅速死亡(凍死 Chill death)

致死最低溫

冷凍昏迷(凍麻痺 Chill coma)

存活最低溫不適低溫

感覺器微動(Feeble sensory)

活動遲緩(Feeble movement)

正常活動(Normal movement)

強度活動(Excessive movement)

劇烈活動(Violent movement)

高熱昏迷(熱麻痺 Heat coma)

熱死(Heat death)

最適溫度

有效溫度範圍

不適高溫

致死高溫

三 田間溫度對番荔枝斑螟蛾發生消長之影響

1. 成蟲發生調查：

分別在本場、卑南鄉泰安村、東河鄉興隆村等番荔枝果園選定終年不施藥調查田三處，每處 12 株並架設黑色誘蟲燈(燈管長 58.5cm 20w)及裝置 7 日式自記溫濕度計等各一座，每 5~7 日收集蟲體放入 15 × 21.5cm 塑膠袋內携回實驗室檢查成蟲數。

2. 卵、幼蟲、蛹等發生調查：

每 5 ~ 7 日赴上述三處調查田，逢機選 4 株，每株分東、南、西、北、中等 5 個方向，每方向逢機選 4 ~ 6 個果實，每處計調查 80 ~ 120 重複，記錄卵、幼蟲、蛹等發生情形。

3. 利用室內溫度對該蟲活動反應之結果與田間番荔枝主產區之溫度，估算該蟲在田間世代及分析田間溫度對該蟲發生之影響。

結 果 與 討 論

一、溫度對番荔枝斑螟蛾發育之影響：

於 20, 23, 25, 28 及 30 °C 等五個不同定溫下，卵、幼蟲、蛹及卵至蛹等發育所需的天數分別為 7.2 ~ 2.9 天，80.2 ~ 33.7 天，12.8 ~ 6.8 天及 112.7 ~ 45.0 天。而發育速率的求法乃以各定溫下發育所需天數的倒數 (Campbell, 1974)，由表一得知：無論卵、幼蟲、蛹及卵至蛹等皆以 30 °C 發育速率最快，分別為 0.34, 0.03, 0.15 及 0.02 等且 30 °C 高溫並未對任何發育期有生長阻礙現象。

根據表一所得各定溫下的發育速率及迴歸法求得兩者間迴歸直線，在發育速率為零時的溫度即為發育零點。由表二得知：卵、幼蟲、蛹及卵至蛹等迴歸方程式及發育零點之溫度分別為

$$Y = -0.2906 + 0.02096 X, r^2 = 0.98^*, 13.8^\circ C;$$

$$Y = -0.0221 + 0.00174 X, r^2 = 0.97^*, 12.7^\circ C;$$

$$Y = -0.0747 + 0.00743 X, r^2 = 0.97^*, 10.1^\circ C;$$

$$Y = -0.0175 + 0.00132 X, r^2 = 0.99^*, 13.2^\circ C;$$

至於有效積溫的求法則利用 $K = (T - C) \cdot D$ 之公式把表一所得數據代入，可計算 (* Significant at 1% level)

表一。溫度對番荔枝斑螟蟲各蟲期發育之影響

Table 1. The effect of various temperature on development period of immature stages of the atis moth borer (*Anonaepestis bengalella*)

| Temp. No. of (°C) obs. | No. of obs. | Egg period | | Larval period | | Pupal period | | Egg-pupal period | |
|---------------------------|----------------|------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|
| | | Days | Develop. velocity (per day) | Days | Develop. velocity (per day) | Days | Develop. velocity (per day) | Days | Develop. velocity (per day) |
| 20 | 60 | 7.2 | 0.1389 | 80.2 | 0.0125 | 12.8 | 0.0781 | 112.7 | 0.0087 |
| 23 | 65 | 5.6 | 0.1782 | 59.5 | 0.0168 | 10.9 | 0.0912 | 80.1 | 0.0124 |
| 25 | 62 | 4.3 | 0.2326 | 43.3 | 0.0231 | 9.3 | 0.1075 | 62.0 | 0.0161 |
| 28 | 63 | 3.4 | 0.2941 | 38.4 | 0.0261 | 7.2 | 0.1389 | 52.8 | 0.0189 |
| 30 | 60 | 2.9 | 0.3448 | 33.7 | 0.0297 | 6.8 | 0.1471 | 45.0 | 0.0222 |

求出表二，得知：卵、幼蟲、蛹及卵至蛹之有效積溫分別為 47.9 日度，580.3 日度，134.0 日度及 764.1 日度。

表二。番荔枝斑螟蛾之發育臨界溫度及有效積溫

Table 2. Threshold temperature and accumulated temperature of development of *Anonaepestis bengalella* based on the linear regression equation between development velocity and temperature.

| Stage | Linear regression equation between develop. velocity and temp. | Threshold temp. of develop. (°C) | Accumulated temp. of develop. (day-degree) |
|----------|--|----------------------------------|--|
| Egg | $Y = -0.2906 + 0.02096 X$ $r^2 = 0.98^*$ | 13.8 | 47.9 ± 2.2 |
| Larvae | $Y = -0.0221 + 0.00174 X$ $r^2 = 0.97^*$ | 12.7 | 580.3 ± 26.2 |
| Pupa | $Y = -0.0747 + 0.00743 X$ $r^2 = 0.97^*$ | 10.1 | 134.0 ± 5.4 |
| Egg-pupa | $Y = -0.0175 + 0.00132 X$ $r^2 = 0.99^*$ | 13.2 | 764.1 ± 19.3 |

* Significant at 1% level

三溫度對番荔枝斑螟蛾老齡幼蟲活動之影響

由於番荔枝斑螟蛾係以老熟幼蟲或蛹在被害果內越冬，因此為了解田間老熟幼蟲存活情形乃於室內不同溫度下測試溫度對該老熟幼蟲活動情況。一般昆蟲在適溫範圍內溫度由低至高時其正常活動量增加，過高或過低則活動失常，而超出活動高低限時則引起麻痺，若再超過生存高低限則使昆蟲熱死或凍死。本試驗依溫度的不同將番荔枝斑螟蛾老熟幼蟲活動狀況分九個狀態，由表三得知：由 22 °C 每分鐘下降 0.25 ± 0.15 °C 至 4 °C 時，其低溫不活動帶為 4.1 ~ 9.1 °C，再由 22 °C 每分鐘上升 0.45 ± 0.25 °C，適溫帶為 9.1 ~ 35.2 °C，高溫不活動帶為 35.2 ~ 49.3 °C，超過 49.3 °C 則達致死高溫。

表三。溫度對番荔枝斑螟蛾老齡幼蟲活動之影響

Table 3. The effect of temperature on the activity of the old instar larvae Anonaepestis bengalella.

| Activity from normal movement to heat death | Temp.(°C) | | Activity from normal movement to heat death |
|---|--------------|--------------|---|
| | Treatment A* | Treatment B* | |
| Normal movement | 21.9±1.7 | 21.9±1.8 | Normal movement |
| Feeble movement | 9.1±1.0 | 35.2±4.7 | Excessive movement |
| Feeble of sensory | 5.4±0.8 | 40.6±5.5 | Violent movement |
| Chill coma | 4.1±0.6 | 49.3±5.6 | Heat coma |
| Chill death | | 52.2±4.4 | Heat death |

*Treatment A : The tested water-temp. were from 22 °C to 4 °C

Treatment B : The tested water-temp. were from 22 °C to 60 °C

由表二得知：各蟲期中以蛹最低發育臨界點為 10.1 °C，而表三中老齡幼蟲不活動帶為 4.1 ~ 9.1 °C；再查 1985 ~ 1987 等三年台東地區田間氣溫中，最低溫情形有 1985 年 12 月 7 日 11.9 ~ 12.4 °C，4 小時；1986 年 1 月 5 日 10.4 ~ 11.0 °C 4 小時，1 月 6 日 10.0 ~ 10.8 °C 4 小時，3 月 2 日 10 ~ 10.6 °C 4 小時，3 月 3 日 10.6 ~ 11.2 °C 4 小時；1987 年 2 月 28 日 11.8 ~ 12.2 °C 4 小時等，上述溫度均比發育零點 10.1 °C 及不活動帶 9.1 °C 高，因此研判該蟲以老齡幼蟲或蛹越冬時，並不會因氣溫而停止發育或死亡，換句話說該蟲以老齡幼蟲或蛹越冬係使其在惡劣環境下存活的最佳策

略。

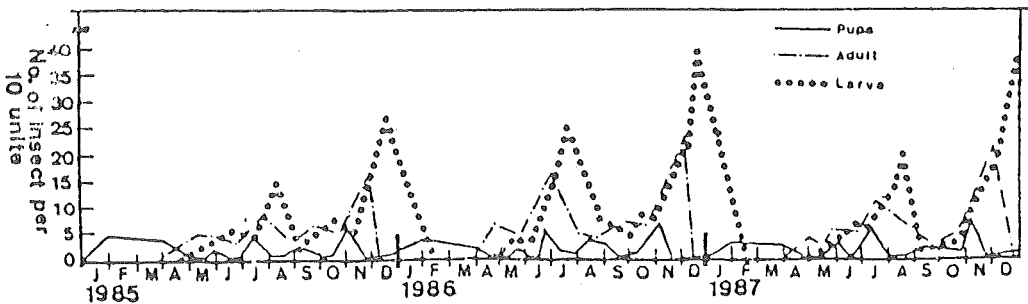
三 田間溫度對番荔枝斑螟蛾發生消長之影響

1. 田間溫度與番荔枝斑螟蛾發生世代：由表二得知：該蟲從卵至蛹發育零點為 13.2°C ，有效積溫為 764.1 日度，再查 1985 ~ 1987 等三年台東地區田間氣溫超過 13.2°C 之有效積溫由表四得知：分別為 4063.9，3840.1 及 4277.2 日度，因此求得計算代號為 5.0 ~ 5.6 代，再與圖一該蟲田間年發生消長比較約 5 ~ 6 世代，極為吻合。

表四。消較番荔枝斑螟蛾在台東地區每年發生代數的估計與實際代數

Table 4. Comparison between predicated and actual generations per year of Anonaepestis bengalella at Taitung District. ($c = 13.2^{\circ}\text{C}$, $k = 764.1$ day - degree)

| Year | Accumulated temp. abvoe 13.2°C (K1) (day-degree) | Predicated generations. (K1/K) | Actual generations. |
|------|--|--------------------------------|---------------------|
| 1985 | 4063.9 | 5.3 | 5 ~ 6 |
| 1986 | 3840.1 | 5.0 | 5 ~ 6 |
| 1987 | 4277.2 | 5.6 | 5 ~ 6 |



圖一 台東地區番荔枝斑螟蛾之週年發生消長

Fig. 1. The annual fluctuation of Anonaepestis bengalella at Taitung.

2. 利用田間消長及有效積溫對番荔枝斑螟蛾發生預測上之分析：由表五得知：從 1984 ~ 1988 年四年間，利用田間溫度超過 13.2°C 之有效積溫，除以該蟲從卵至蛹之有效積溫，可求得每年 3 月間越冬蛹開始羽化出現，至五月間第二世代成蟲開始發生，而第三、四及五等世代則分別於 7、9 及 11 月等出現產卵。再由圖一田間實際發生消長情形：越冬羽化後成蟲於 3 月下旬或 4 月上旬侵入果園內，產卵於果目麟溝間，孵化後第一世代幼蟲開始為害早生第一期幼果，至 6 ~ 7 月間第三世代蟲達為害高峰期，而 8 ~ 10 月間進入第一期果採收期，被害果率因被剪除及清園而下降：11 月上旬 ~ 12 月間由於正期第二期幼果期，斑螟蛾第五世代幼蟲亦因食料充足而為害達另一高峰期，至翌春採收第二期果及冬季強剪，被害果率再趨下降。因此由計算求得發生消長與田間實際為害情形，二者極為相似，由上述研判番荔枝斑螟蛾之防治適期必需把握在第二世代幼蟲及第四世代幼蟲孵化出來尚未潛食入果肉內採取全面防治，以抑制第三世代及第五世代為害高峰期。

表五。番荔枝斑螟蛾越冬成蟲到各世代羽化開始之累積溫度

Table 5. Accumulated temperature from overwintering adult to the beginning emergence of next generations adult of *Anonaepestis bengalensis*.
($C = 13.2^{\circ}\text{C}$ $K = 764.1$ day - degree)

| Month | 1984 ~ 1985 | | 1985 ~ 1986 | | 1986 ~ 1987 | | 1987 ~ 1988 | |
|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|
| | Accumulated temperature (K_1 day-degree) K | K_1 | Accumulated temperature (K_1 day-degree) K | K_1 | Accumulated temperature (K_1 day-degree) K | K_1 | Accumulated temperature (K_1 day-degree) K | K_1 |
| Dec. | | | | | | | | |
| { | 877.4 | 1.1 | 675.9 | 0.9 | 871.8 | 1.1 | 980.4 | 1.3 |
| March | | | | | | | | |
| { | | | | | | | | |
| May | 1604.9 | 2.1 | 1425.9 | 1.9 | 1632.4 | 2.1 | 1733.0 | 2.3 |
| { | | | | | | | | |
| July | 2475.1 | 3.2 | 2308.1 | 3.0 | 2566.6 | 3.4 | 2724.6 | 3.5 |
| { | | | | | | | | |
| Sep. | 3366.5 | 4.4 | 3181.2 | 4.2 | 3498.1 | 4.6 | | |
| { | | | | | | | | |
| Nov. | 4018.8 | 5.3 | 4120.4 | 5.4 | 4225.8 | 5.5 | | |

參 考 文 獻

1. 謝進來 1982 台東地區番荔枝病蟲防治用藥調查。台東區農業改良場未發表。
2. 謝進來 1983 番荔枝害蟲種類發生調查。台東區農業改良場72年報。
3. 謝進來 1988 番荔枝主要害蟲生態及防治。中華昆蟲特刊第二號果樹害蟲綜合防治研討會 中華昆蟲學會正編印中。
4. 江崎悌三、一色周知、六浦晃、井上寬、岡垣弘、緒方正美、黑子浩 1957 原色日本蛾類圖鑑(上)P.93-4。
5. Brarley, J.D. 1965. A new species belonging to the genus Anonaepestis ragonot (Lepidoptera, Phycitinae) Bull. Ent. Res. 56:299-303.
6. Butani, K.D. 1976. Insect pests of fruit crops and their control on custard apple. Pesticides 10(5):27-28.
7. Campbell, A., B.D. Frazer, N.Gilbert, A.P.Gutierrez, and M.Mackauer. 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. J.Appl. Ecol. 11:431-38.
8. Estalilla, H. 1921. The atis moth borer, Heterographis bengalella Rag. Philipp. Agric. 10(4):169.
9. Moore, F.1894. A new enemy of the custard apple. Indian Museum Notes. III:106-107.
10. Shukla, R.P. and P.L. Tandon, 1984. India-insect pests on custard apple. Plant Protection Bulletin, FAO. 32(1):31.

Effect of Temperature on the Anonaepestis Bengalella
Rogonot in Sugar Apple (Annona spumosa)

Juinn-Lai Shieh and Yau-I Chu¹

Key Words: Anonaepestis bengalella, Development, Temperature

SUMMARY

The atis moth borer, Anonaepestis bengalella Rogonot, was major pest on sugar apple in Taitung district. The egg larvae and pupa of A. bengalella were reared respectively under 20, 23, 25, 28 and 30 ° C in growth chambers with 80±5% relative humidity and 12L:12D photoperiod. It would find the egg, larval pupal stages and completing a generation from 7.2 to 2.9 days, 80.2 to 33.7 days, 12.8 to 6.8 days and 112.7 to 45.0 days, respectively. To estimate the threshold temperature of development were 13.8, 12.7, 10.1 and 13.2 ° C, respectively, and the effective accumulated temperature were 47.9, 580.3, 134.0 and 764.1 day degree, respectively. By using the effective accumulated temperature and the fluctuation of A. bengalella in orchards could show that it had about five generations a year in Taitung district of Taiwan, and the adults from the first to fifth generation appeared on March, May, July, Sept. and Nov., respectively, and the data could be used for prediction of fluctuation of A. bengalella. We also found that the optimum temp., low deadly temp. and high deadly temp zone of the old

1. Assistant entomologist of Taitung D.A.I.S. and Professor of Institute of Plant pathology and entomology, NTU.

instar larvae were from 9.1 to 35.2, 4.1 and 49.3 °C, respectively. By using the effective accumulated temp. of pupal stage and the lowest air temp. of orchards from 1985 to 1987 could find that it was the best survival for this insect making pupa stage overwinter.