中華昆蟲 2(1):34–52 (1982)
Chinese J. Entomol. 2(1):34–52 (1982)

赤脚青銅金龜生態學之研究

Ⅱ 卵及幼蟲期之發育

朱耀沂 石正人 魯仲嫈[1]

摘 要

赤脚青銅金龜成蟲在不同土壤中的產卵選擇性，依序爲：堆肥加壤土＞沙土＞堆肥＞壤土＞黏土。成蟲在土中的產卵深度，以4～10公分爲最多，佔總數的 86 %；而在土表及土深 14 公分以上者，沒有發現卵粒。卵在定溫下之發育速率與溫度的廻歸直線方程式爲：

$$Y = -0.06583 + 0.00485X \; ; \; r^2 = 0.96311 。$$

發育臨界溫度爲13.5 ℃，有效積溫爲 220日度。第一齡幼蟲之發育速率與溫度的廻歸直線方程式爲：

$$Y = -0.01701 + 0.00152X \; ; \; r^2 = 0.90832 。$$

發育臨界溫度爲11.2 ℃，有效積溫爲 661日度。第二齡幼蟲之發育臨界溫度爲1.3℃，有效積溫爲1602 日度。戶外飼育時，在 6 月中旬到 7 月中旬成蟲產下的卵，其卵期、第一齡幼蟲期、第二齡幼蟲期，各爲2旬；而有效積溫爲：卵期 326日度，第一齡幼蟲期395日度。8月中旬成蟲產下之卵，其後代有一半在 11 月中旬脫皮變爲三齡，但有一半則停留在二齡，且以此期越冬，直到翌春4月。9月 21 日放飼之成蟲，其後代之第一齡幼蟲期長達4個月，且全部以第二齡幼蟲越冬。10 月以後成蟲所產之卵，其後代發育情形皆不良。各齡幼蟲頭寬完全符合Dyar 定律，並無重複現象。第一齡幼蟲頭寬爲 1.911± 0.139mm ；第二齡爲3.149± 0.212mm ；第三齡爲5.687± 0.293mm 。幼蟲在土中的垂直分佈之移動，會受溫度變化之影響，即保持自然狀況者，有80.3 %的幼蟲分布於 20 ～ 30公分的土層；從上面加熱者，在 10 公分以上之土層，未有幼蟲之分布，而所有的幼蟲，分布於離土表 15 公分以下之土層；由下面加熱者，則大多數的幼蟲，集中在 20 公分以上之土層。田間調查第一齡幼蟲在6、7、8月最多，第二齡幼蟲則在6月到翌年 2 月均有，但第三齡幼蟲則全年可見。

緒 言

在前報中已知赤脚青銅金龜（*Anomala cupripes* Hope）成蟲，一年中有兩次發生盛期，各分別在6～7月及9～10月，並依誘蟲燈所誘殺之成蟲性比等，可知其與產卵活動有密切關係（朱等，1982）。爲更正確把握對藥劑耐性較弱的第一、二齡幼蟲發生時期，特針對本蟲之卵及若齡幼蟲期，進行下列試驗。

材 料 與 方 法

在台灣糖業公司之斗六糖廠的上崁脚農場，自1981 年6月至 11 月之間採到的赤脚青銅金龜成蟲以及在實驗室內飼養後得到之下一代的卵和幼蟲，供本試驗研究之用。

---

1. 國立台灣大學農學院植物病蟲害學研究所昆蟲組。

㈠成蟲產卵選擇性：

以壤土、沙土、黏土、堆肥及堆肥加壤土（1：1）之5種不同土壤，經4 mesh 的篩網篩過後，裝在長12公分，寬12公分，高15公分，底部打洞之鋁盒中。將鋁盒澆水，靜置4－5天後，再將盛有各種土壤之鋁盒25個，依完全逢機設計，置於 $70 \times 70 \times 50$ cm^3 之蟲箱中（圖1）。將7月14、7月28日、9月10日、9月21日4次，以燈光誘集的成蟲50隻，放飼於蟲箱中，任其選擇5

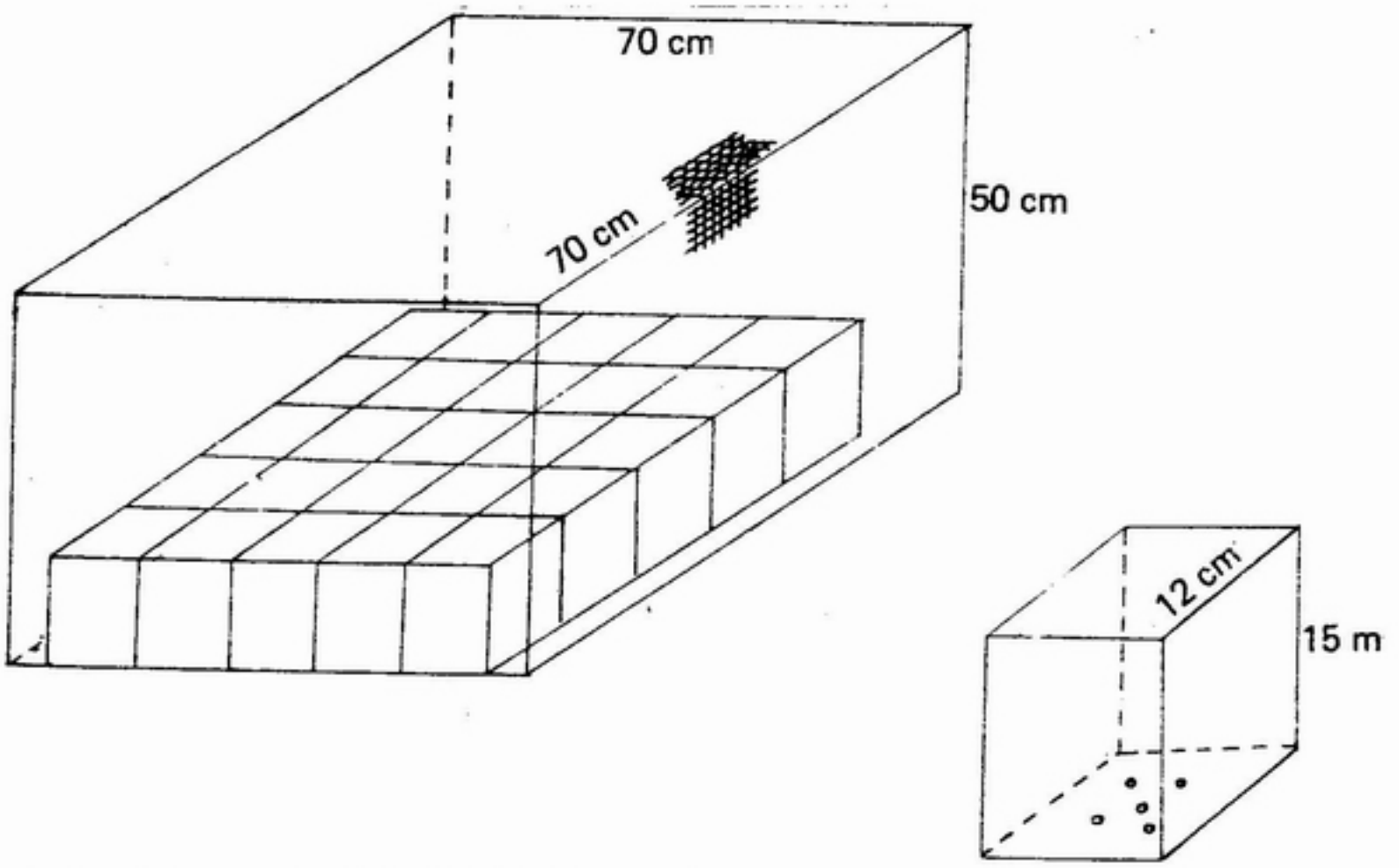


圖1　赤脚青銅金龜對不同土壤產卵選擇性之試驗裝置

Fig. 1. The apparatus for determining oviposition preference of different types of soils by *Anomala cupripes.*

表1. 土壤種類，採集地點及質地

Table 1. Texture of the soils tested.

土壤 Soil type	採集地點 Locality	其他 texture			有機質含量% Organic material content
		黏粒% Clay	坋粒% Silt	砂粒% Sandy	
壤土 Loam	台大農場	22.87	35.73	41.40	2.15
沙土 Sandy	福和橋下河床	13.59	14.61	71.80	1.15
黏土 Clay	昆蟲館後山	28.59	44.38	27.03	1.01
堆肥 Compost	台大農場	–	–	–	66.15

種土壤，自由產卵。經過一星期後，檢視各土壤中所產的卵數。此試驗共做 4 次，土壤採集地點及質地見表 1 。

＊附註：關於本蟲雌、雄之區別，雖有高野及柳原（1939）之報告，然依其所述特徵，區別雌、雄的準確度不高，故在本試驗中未分雌、雄。

㈡產卵在土中的深度：

以直徑 16 公分，高 40 公分之紗網罩，放在未翻耕過的土壤上；土壤表面長有些許雜草，土壤質地爲黏質之壤土。每網罩內放入成蟲 6 隻，一星期後，挖開土壤，調查卵在不同深度土中的分布情形。本試驗共重覆 10 次。

㈢定溫飼育：

1. 在飼養的金龜子幼蟲中，取出第一、二、三齡幼蟲各 20 隻，利用解剖放大鏡，以頭部最寬處爲準，測量其頭寬。

2. 卵期：先在直徑 15 公分，高 10 公分之玻璃皿中，底部裝 5 公分之沙土，供成蟲產卵，並以榕樹葉片供成蟲取食。每天採卵一次，將當日產下的卵，以溼毛筆挑到底部墊有潮溼濾紙的培養皿中，然後以玻璃片蓋住。再放到19 ± 1℃，22 ± 1℃，25 ± 1℃，28 ± 1℃，31 ± 1℃，34 ± 1℃，37 ± 1℃之定溫箱中，每天觀察一次，並記錄卵期。每一溫度處理，至少 50 個卵粒。

3. 第一齡幼蟲期：將等量之堆肥與壤土充分混拌後，經120℃高溫消毒 8 小時，等冷却後加水調到適當溼度，預置於各定溫箱中至少一天，以適應其溫度。等卵孵化後，將預先調好之土壤，放在直徑5公分，高1.5公分之培養皿內，以溼毛筆將孵化之第一齡幼蟲挑入培養皿中。爲了避免自相殘殺，每一培養皿均單隻飼育。各溫度之處理，至少用100隻以上孵化的幼蟲。每天觀察，並記錄第一齡幼蟲期。

4. 第二齡幼蟲期：在前次試驗中之第一齡幼蟲脫皮後，移入直徑 6 公分，高 7 公分之較大容器，並加裝土壤，以馬鈴薯片作爲輔助食料。每種溫度處理，至少用 50 隻剛脫皮之第二齡幼蟲。每天觀察一次，迨其脫皮變爲第三齡幼蟲爲止。記錄其第二齡幼蟲期。

5. 發育速率、發育臨界溫度，以及有效積溫的求法：利用Arnold（1959）的方法，將各定溫下的發育期之倒數，作爲發育速率，而將各定溫下的發育速率，以廻歸法求得發育速率與溫度的廻歸直線，再利用外插法，可求得該廻歸直線在發育速率爲零時的溫度，而此一溫度即爲發育臨界溫度。有效積溫的求法，利用K＝（ T－a ）D；K：有效積溫；T：發育溫度；a：發育臨界溫度；D：發育天數。將各定溫（ T ）所求得之發育期（ D ）及發育臨界溫度（ a ），代入上項公式，可求得各定溫下的有效積溫，即爲該期的有效積溫。

㈣戶外飼育：

將壤土與堆肥各半混合後，裝在長70公分，寬40公分， 高 45 公分之木箱中，外面以紗網罩住。爲防止雨水沖刷及模擬蔗田之情況，不使陽光直射，在試驗場所，以雨帆搭蓋通風之遮陽屏。每隔 10 天翻土一次，調查並記錄各不同生長期個體之出現日期及生長期間。在試驗場所，並置一溫溼度自動記錄器，記錄氣象資料。

㈤幼蟲在土中的垂直移動：

先準備一長 30 公分，寬 15 公分，高 45 公分之木箱，仿根系觀察箱之設計，在一邊裝活動板片。檢查時，將木箱平放，翻開板片，挖出土中之幼蟲，並記錄其所在處，而測定其垂直分布。在木箱中先盛土 25 公分，並放入第二齡幼蟲 15 隻，而後再加 5 公分之土。試驗分保持自然狀況及加熱組；加

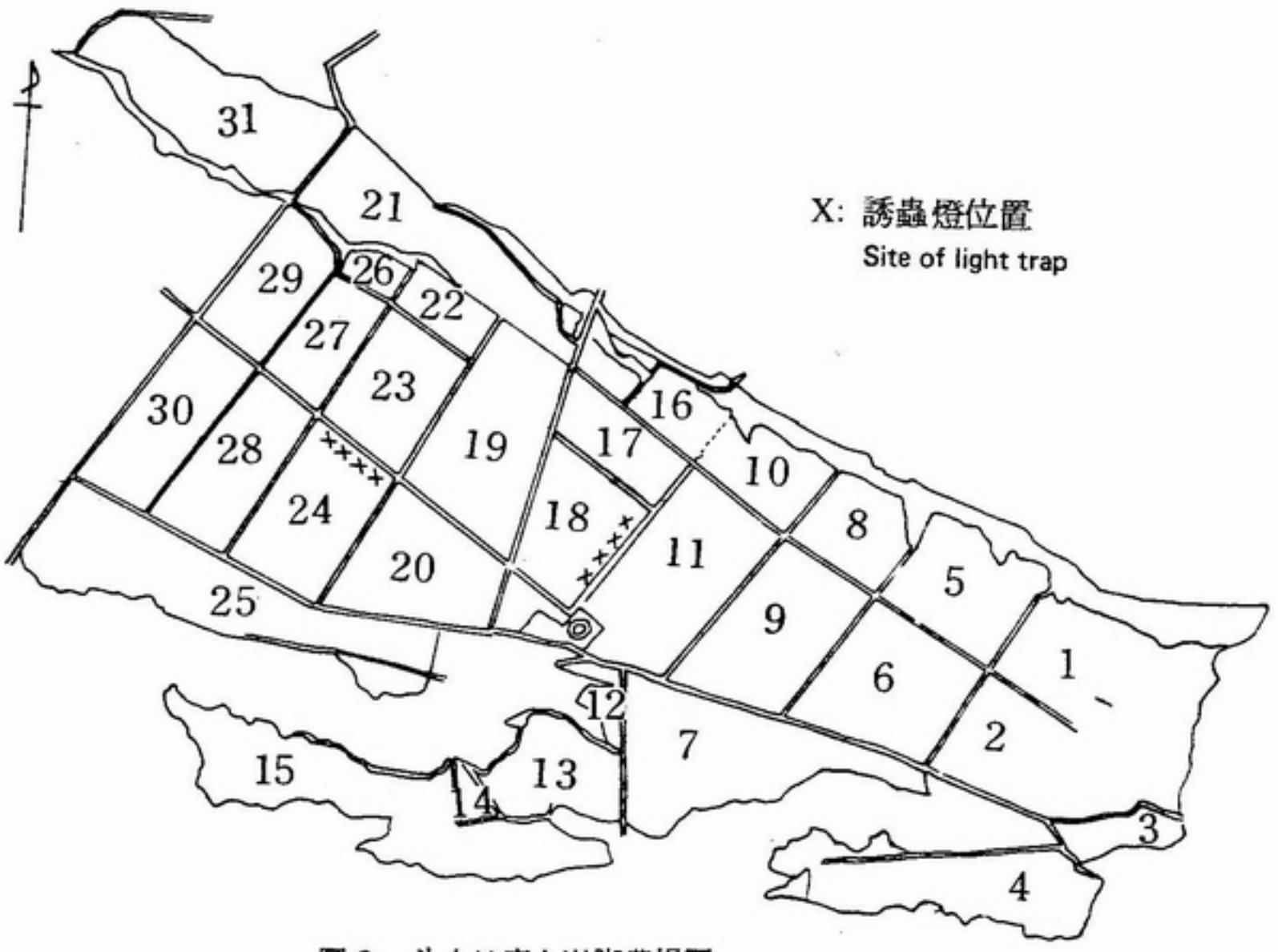


圖 2　斗六糖廠上崁脚農場圖
Fig. 2. Map of Sun Kan Gau Farm, Touliu Sugar Mill.

熱組以 500 W之電熱器加熱 8 小時，又分別在離木箱上端 5 公分處加熱，以及在木箱底部墊一磚片加熱二種。

(六)野外幼蟲生長期之調查:

自 1981 年 6 月到 1982 年 3 月，在上崁脚農場每月調查一次。在蔗田中隨機取樣 20 個 30 × 30 cm^2 面積之區域，並挖土 30 公分深，調查並記錄各齡期幼蟲之蟲數。調查地點在該農場 18 號地進行； 12 月甘蔗採收後，調查地點移往 25 號地繼續調查，農場位置圖如圖 2 。

結 果 與 討 論

(一)成蟲產卵選擇性:

成蟲在各種土壤中的平均產卵數，表示在表 2 。將 4 次試驗的結果作變方分析，得知各次試驗沒有顯著性差異，但不同土壤處理則有顯著性差異， $P < 0.05$ （ 表3 ）。

各種土壤的平均產卵數，經加 1 開平方轉換後，利用鄧肯氏多變域法(Duncan's new multiple range test)比較其平均值差異，列於表 4 。

產卵選擇性由大到小依序爲：堆肥加壤土＞沙土＞堆肥＞壤土＞黏土。而前三者間並無顯著性差異，但均與黏土有顯著性差異；堆肥加壤土亦與壤土有顯著性差異。由此可知，本蟲喜產卵於含有機質的土壤中。在沙土中產卵亦多的原因，可能爲沙土表面較鬆散，容易潛入其中產卵所致。而在黏土中不產卵，乃導因於黏土表面經澆水後，形成一硬殼，土塊緊密，不易潛入的關係。此點與田中 (1979)所報告之 *Anomala rufocuprea*, *A. cuprea* 在含有機質量多，且土表面鬆軟的地方產卵多，有類似的現象。

表 2　赤脚青銅金龜在各種土壤中之產卵數
Table 2. No. of eggs oviposited in different types of soils by *Anomala cupripes*

處　理 Treatment	區　集 (Block) 1	2	3	4
堆肥 Compost	19	87	111	111
堆肥加壤土 Compost + Loam (1:1)	68	5	128	479
壤土 Loam	17	0	39	0
沙土 Sandy	49	0	111	333
黏土 Clay	0	0	0	0

表 3　赤脚青銅金龜成蟲對不同土壤產卵選擇性之變方分析表
Table 3. The Anova table of oviposition preference of different types of soils by *Anomala cupripes*

變異原因 Source of variance	平方和 Sum of Square	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F 值 F value
處　理 Treatments	298.18	4	74.54	3.80*
區　集 Block	166.64	3	55.55	2.83
機　差 Error	235.58	12	19.63	
總　和 Total		19		

*: 5% 顯　著 (Significant at 5% level)

表 4　各種土壤卵數平均值之多變域分析表

Table 4. Comparison of mean eggs deposited in different soils by Duncan's multiple range test.

土壤種類 Soil type	卵數平均值 No. of eggs in average				
堆肥加壤土 Compost+Loam(1:1)	11.0				
沙 土 Sandy	9.3	1.7			
堆 肥 Compost	8.8	2.2	0.5		
壤 土 Loam	3.1	7.9*	6.2	5.7	
黏 土 Clay	1.0	10.0*	8.3*	7.8*	2.0

*: 5% 顯著 (Significant at 5% level)

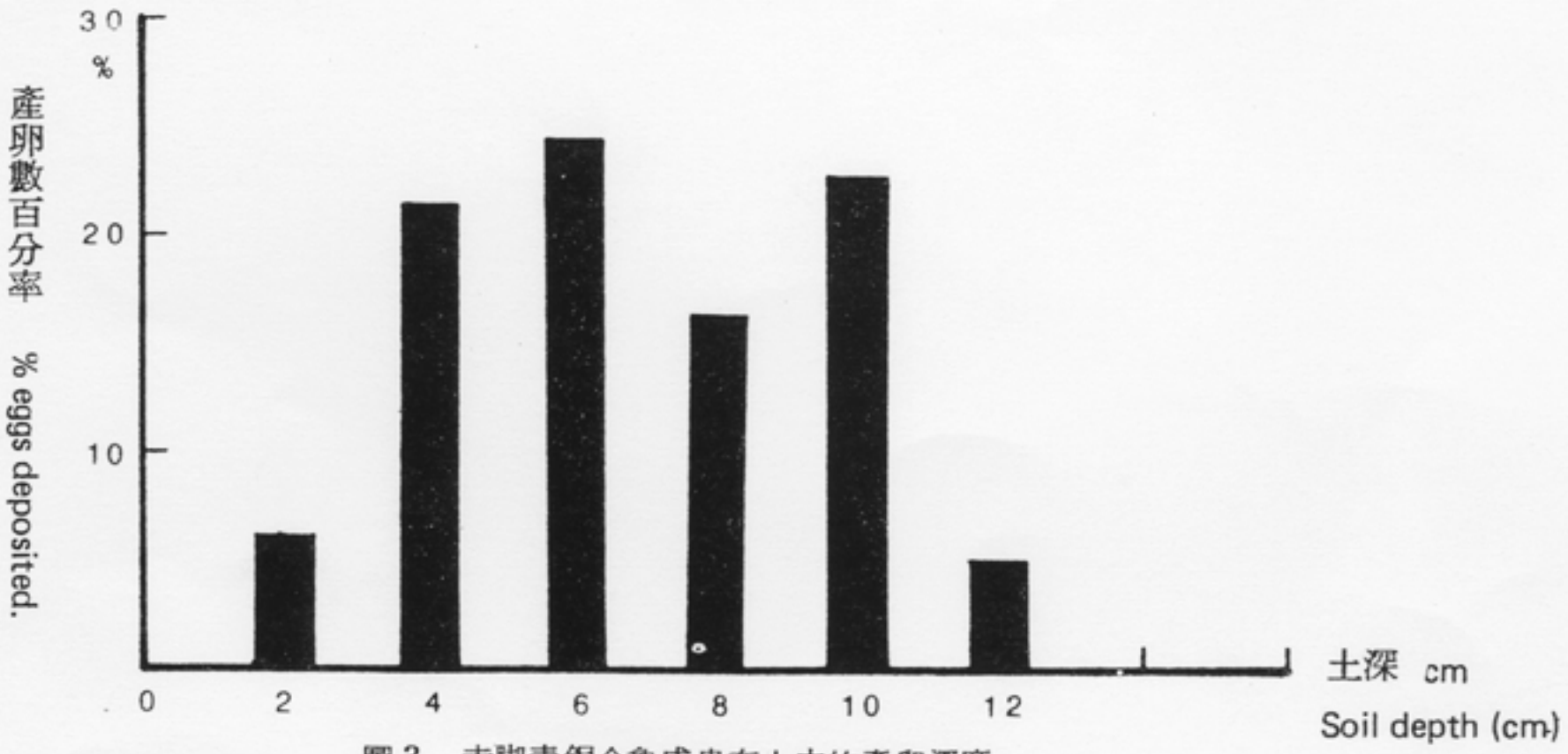


圖 3　赤脚青銅金龜成蟲在土中的產卵深度

Fig. 3. Distribution of *Anomala cupripes* eggs in the soil.

㈡成蟲產卵在土中的深度：

成蟲潛土產卵，產卵的深淺和潛土的難易有關；而潛土之難易，又和土壤的硬度有關。爲了更接近田間的狀況，本試驗選擇在未翻耕過的壤質土壤進行。經此試驗，共調查得 95 個卵粒，而其在不同深度的土壤中分布情形如圖 3 。

在土表及土深超過 14 公分以上處，均未發現卵粒；而有 86.3 %的卵產於距土表 4 ～10 公分之間。由此可知，孵化後的第一齡幼蟲，其棲息範圍是在深度 4 ～10公分附近。金龜子成蟲潛土能力，在各種不同土壤條件下應有差異，故此資料只能表示某一條件下的結果而已。

㈢定溫飼育：

1. 幼蟲頭寬之測定：

在飼養中，爲了判定幼蟲齡期，故測定本蟲各齡期之頭寬以作爲判定標準，金龜子幼蟲的頭寬，一般依照Dyar 的法則增大，故被認爲是辨別齡期的良好指標（ 日塔、立花，1955）。例如在 *Phyllopertha diversa*（奧富、吉田，1976），*Adoretus tenuimaculatus* （ 廿日出等，1978）被證實外，在屬於 *Anomala* 屬中之 *A. cuprea* （ 勝又，1929； 湯淺、遠藤，1938）及 *A. schönfeldti*（ 吉田、安田，1975），亦有測定而證實之例。在赤脚青銅金龜各齡幼蟲之頭寬測定，其結果如圖 4 所示。

即第一齡幼蟲頭寬最大爲 2.10 mm，最小爲 1.68 mm，平均爲 1.91 mm。第二齡最大爲 3.47 mm，最小爲 2.73 mm，平均爲 3.15 mm。第三齡最大爲 6.30 mm，最小爲 5.25 mm，平均爲 5.69 mm（ 表 5 ）。各齡幼蟲間的頭寬未有重覆現象，完全符合 Dyar 法則。由此得知，在田間之調查，可以頭寬之測定來判別所採集之幼蟲的齡期。

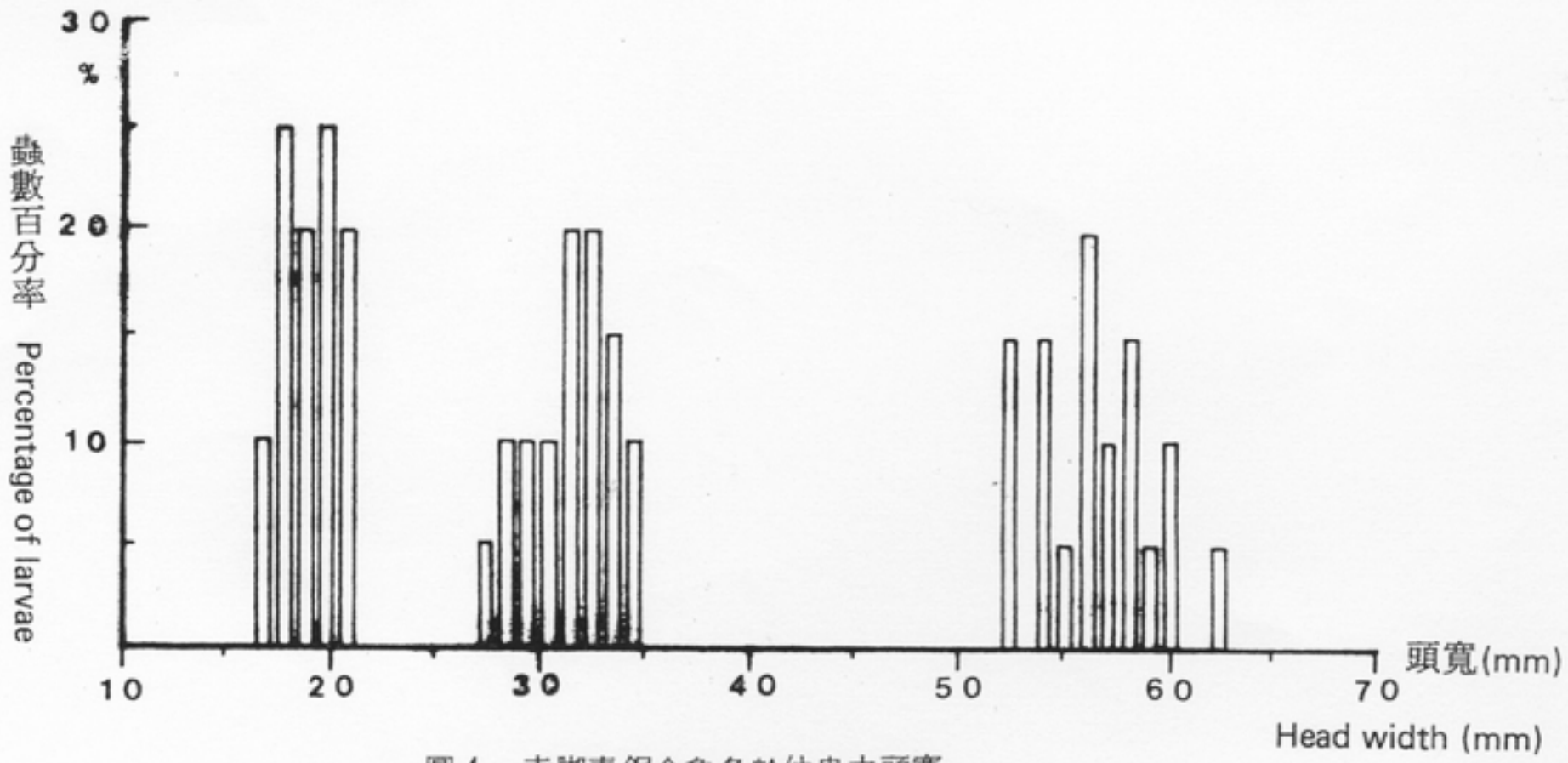


圖 4　赤脚青銅金龜各齡幼蟲之頭寬

Fig. 4. Head width of *Anomala cupripes* larvae.

表 5　赤脚青銅金龜第 1 、 2 、 3 齡幼蟲之頭寬

Table 5. Head width of the 1st, 2nd and 3rd instar larvae of *Anomala cupripes*. (mm)

	1 齡 1st instar (mm)	2 齡 2nd instar (mm)	3 齡 3rd instar (mm)
頭　寬 Head width	1.911 + 0.139	3.149 + 0.212	5.687 + 0.293

2.卵期：

在7種定溫下之卵期如表6。即在19℃～31℃之範圍內，溫度上升會促進發育；但溫度超過34℃時，則出現高溫延遲效應。發育期及發育速率與溫度之關係如圖5。

發育速率與溫度之廻歸直線方程式爲：$Y = -0.06583 + 0.00485X$；$r^2 = 0.96311$。求得之發育臨界溫度爲13.5℃；各定溫下的有效積溫列在表7，平均爲220日度。

表6　卵在不同溫度下之發育期及發育速率

Table 6. Egg development of *Anomala cupripes* at different temperatures.

溫　度 Temp.	發育期（天） Egg duration (days)	標準偏差 S.D.	發育速率／天 Velocity of development (per day)
19°C	37.67	± 2.24	0.0265
22°C	28.43	± 1.90	0.0352
25°C	15.43	± 0.79	0.0648
28°C	14.89	± 4.46	0.0672
31°C	10.45	± 2.11	0.0957
34°C	10.83	± 1.27	0.0923
37°C	12.57	± 1.13	0.0796

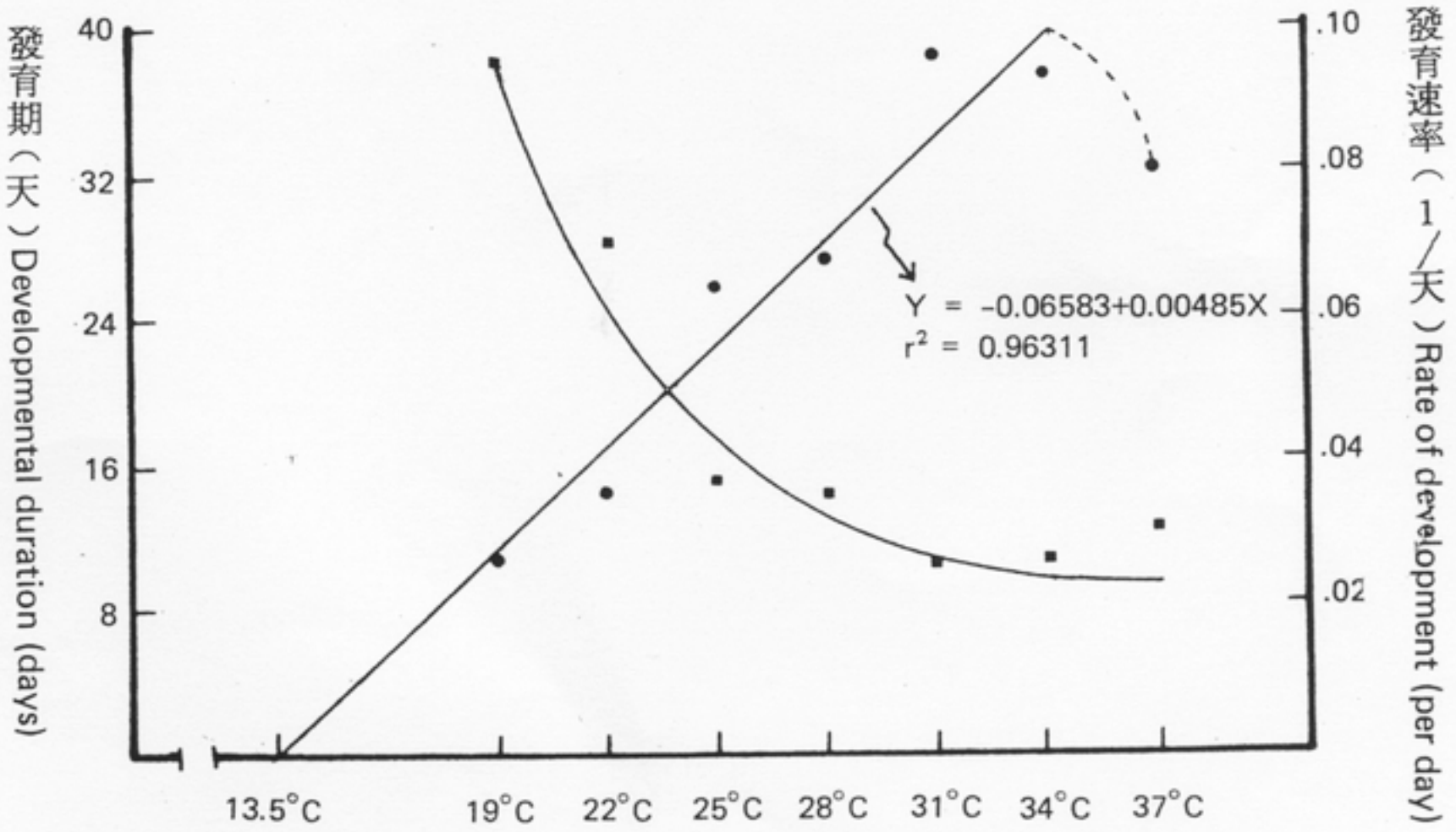


圖5　赤脚青銅金龜卵在不同溫度下之發育期與發育速率之關係

Fig. 5. The development of *Anomala cupripes* eggs at different temperatures.

表7　赤脚青銅金龜卵及第一齡幼蟲在各種定溫下之有效積溫

Table 7. Accumulated temperature for the development of eggs and 1st instar larvae of *Anomala cupripes*

溫度 Temp.	19°C	22°C	25°C	28°C	31°C	34°C	37°C
卵（日度）Egg (D.D.)	207	242	177	216	183	222	295
一齡幼蟲（日度）1st instar (D.D.)	—	—	585	768	658	632	—

表8　第一齡幼蟲在不同溫度下之發育期及發育速率

Table 8. Development of the 1st instar larvae of *Anomala cupripes* at different temperatures.

溫　度 Temp.	發育期（天）Larval duration of the 1st instar (days)	標準偏差 S.D.	發育速率／天 Velocity of development／day
25°C	42.40	± 7.60	0.0236
28°C	45.74	±10.06	0.0219
30°C	33.22	± 7.32	0.0301
34°C	27.73	± 6.93	0.0361

3. 第一齡幼蟲期：

在19℃、22℃、37℃三種定溫箱中，第一齡幼蟲無法完成脫皮，以致不能發育爲第二齡幼蟲。在25℃之定溫下，第一齡幼蟲期爲42天；28℃爲46天；31℃爲33天；34℃爲28天（表8）。發育期及發育速率與溫度的關係如圖6。

發育速率與溫度之廻歸直線方程式爲：$Y = -0.01701 + 0.00152X$；$r^2 = 0.90832$。發育臨界溫度爲11.2℃，有效積溫平均爲661日度（表7）。

4. 第二齡幼蟲期：

第二齡幼蟲期在25℃之定溫下爲68天；28℃爲60天；31℃爲69天（表9），在31℃時已發現生長延遲之現象。

其原因可能爲在此項試驗期間，已進入11月頃，而部分第二齡幼蟲已進行越冬，故更易受高溫延遲生長之影響。正如Ludwig（1928, 1932）所指出的Japanese beetle（*Popillia japonica*）的第二齡幼蟲，可分爲生育快與生育慢二群（Groups），在第二齡幼蟲中，有休息期（Resting stage）的出現，而以休息期之第二齡幼蟲越冬。

㈣戶外飼育：

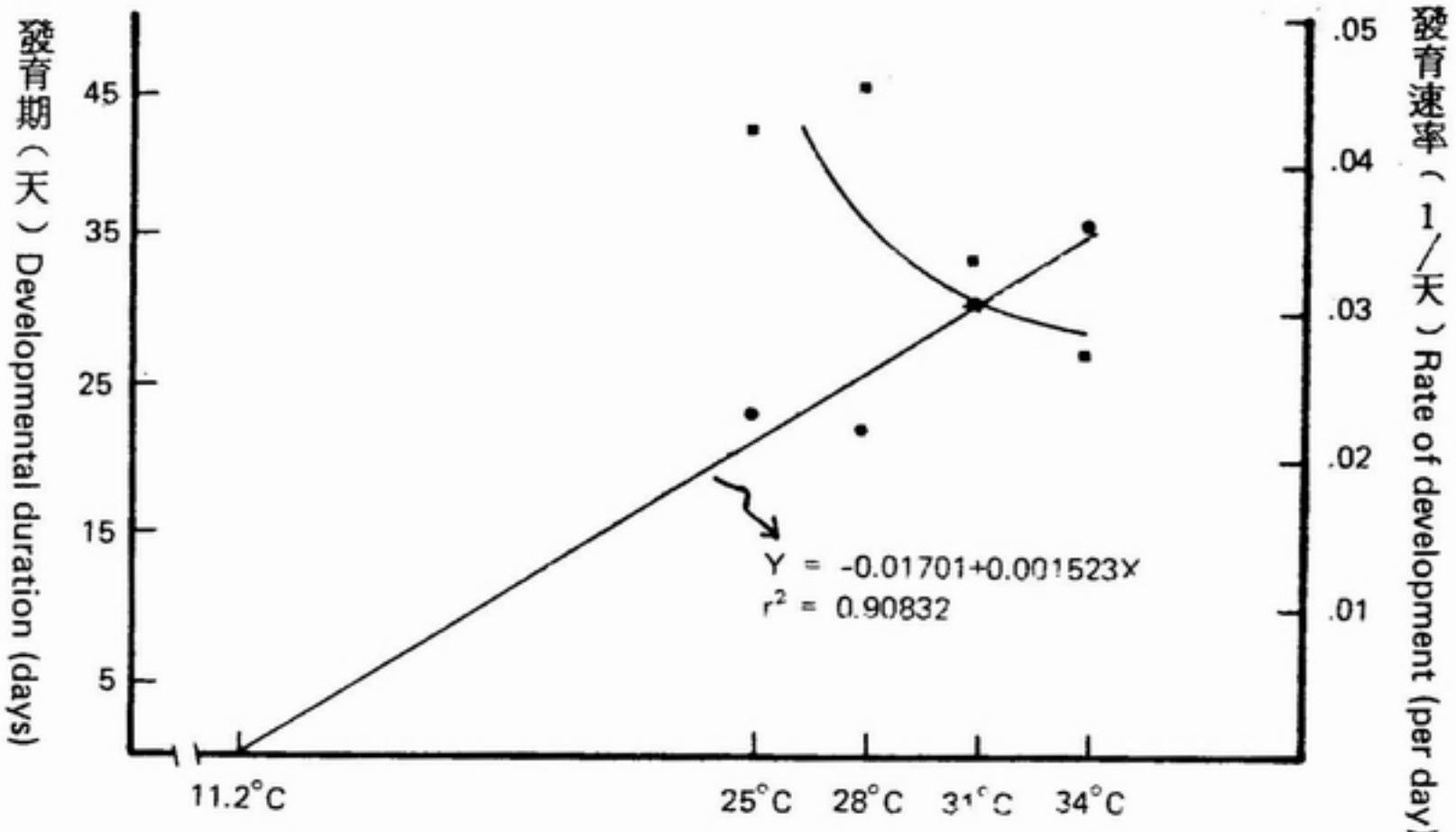


圖 6　赤脚青銅金龜第一齡幼蟲在不同溫度下之發育期與發育速率之關係

Fig. 6. The development of *Anomala cupripes* 1st instar larvae at different temperatures.

表 9　二齡幼蟲在不同溫度下之發育期及發育速率

Table 9. Development of the 2nd instar larvae of *Anomala cupripes* at different temperatures

溫 度 Temp.	發育期（天） Larval duration of the 2nd instar (days)	標準偏差 S.D.	發育速率／天 Velocity of development／day
25°C	67.6	± 9.42	0.0148
28°C	60.0	± 6.75	0.0167
31°C	69.4	± 8.08	0.0144

本試驗由於要儘量減少對幼蟲棲息環境之干擾，觀察期間爲 10 天一次；故爲了方便起見，以旬（10 天）爲單位，表示各齡蟲出現的日期。而放飼成蟲日期及第一、二、三齡幼蟲出現期，表示在圖 7。

在 6 月中旬成蟲產卵，則第一齡幼蟲最早在 7 月上旬出現；第二齡幼蟲在 7 月下旬；第三齡幼蟲在 8 月中旬。以各生長期之交接期計算各齡期間，例如成蟲放飼日到第一齡幼蟲出現日算做卵期，則 6 月中旬的成蟲所產之卵，其卵期爲 2 旬；第一齡幼蟲期爲 2 旬；第二齡幼蟲期爲 2 旬；並至 8 月下旬已進入第三齡期，而後維持到明年 4 月底還未蛹化，可見此時期所產之卵發育的幼蟲，即以第三齡幼蟲越冬。6 月下旬與 7 月中旬的成蟲所產之卵，其發育情形與 6 月中旬者相同。然而 7 月下旬的成蟲後代，其第二齡幼蟲期延長到 4 旬。8 月中旬的成蟲後代，其第一齡幼蟲期亦有延長的情形。雖然其第三齡幼蟲在 11 月中旬已出現而越冬，但約有一半的幼蟲未發育爲第三齡幼蟲，而以第二齡期越冬，至翌春 4 月仍停留在第二齡期。而在 9 月 21 日放飼的成蟲後代，其第一齡幼蟲期竟達 4 個月之久，甚且至 11 月中

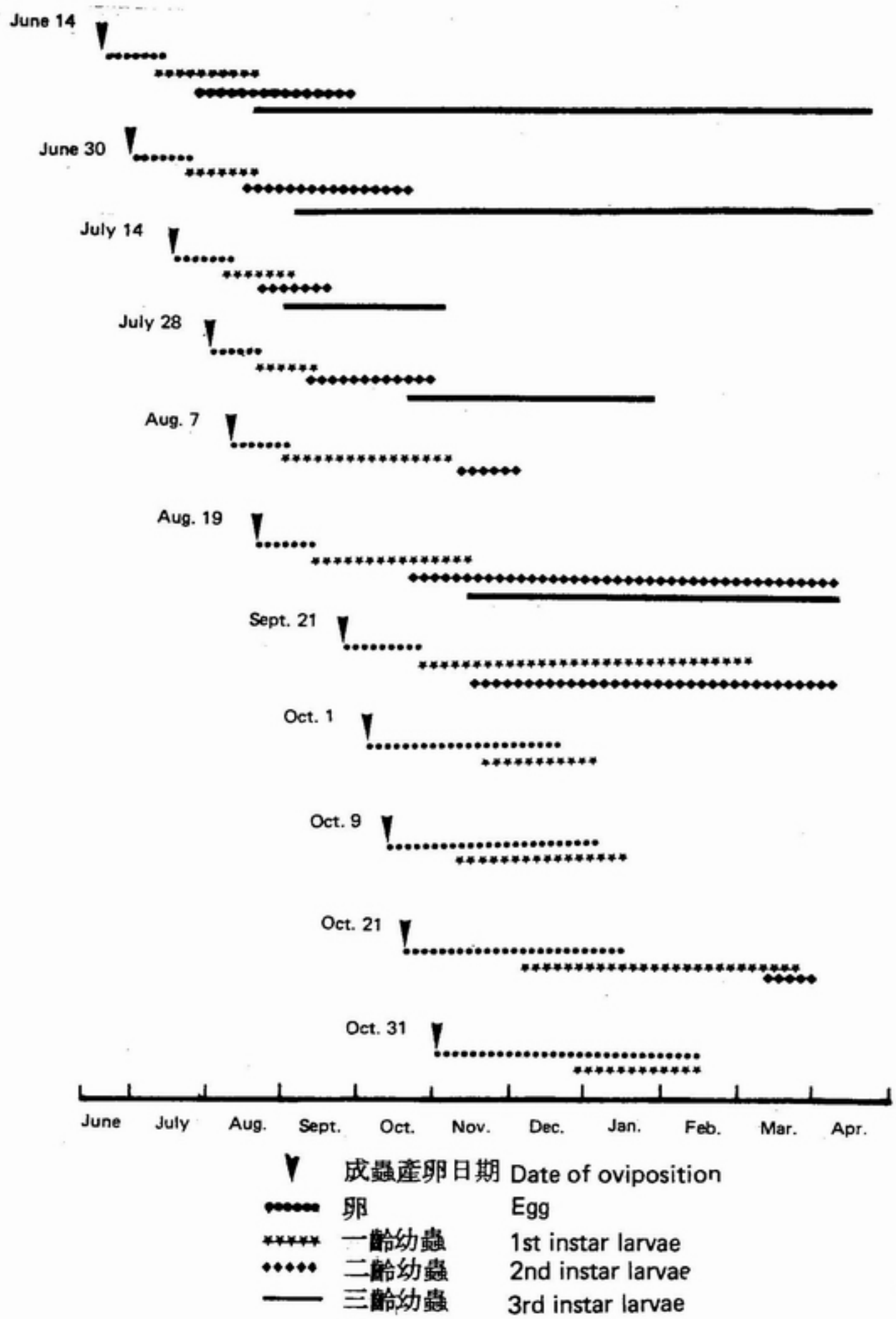


圖 7　赤腳青銅金龜在不同季節之發育情形

Fig. 7. The life cycle model of *Anomala cupripes*.

旬尚未生長到第二齡，而一直停留在該齡期至翌春 4 月底，亦未見第三齡幼蟲之出現。至於 10 月以後放飼之成蟲後代，皆生長欠佳，大多數在第一齡期間已進入冬季，雖然 10 月 21 日放飼之成蟲後代中，有二隻第一齡幼蟲生長至翌春 3 月，進入第二齡幼蟲期，然亦皆在 10 ～ 20天內死亡。因自 7 月中旬至 8 月上旬放飼蟲的飼養結果欠佳，致未得明確的結論，但就現有的資料可知，該金龜子在 7 月前所產的卵，在 8 ～ 9 月間已成第三齡幼蟲而越冬，然 8 月中旬所產的卵，則以包括第二及第三齡之幼蟲越冬；而 9 月下旬所產的卵，則以第二齡幼蟲越冬，然 9 月下旬以後所產之卵，能安全越冬的可能性較低。

據瀨戶口（1982)的報告指出：*Anomala rufocuprea* 在日本亦有以第三齡、第二齡幼蟲越冬，而主要之決定因素爲產卵期的早晚。產卵早者，以第三齡幼蟲越冬；產卵晚者，以第二齡幼蟲越冬。而以第三齡幼蟲越冬者，其成蟲出現的日期較早；以第二齡幼蟲越冬者，其成蟲出現期較晚。赤脚青銅金龜亦有類似的情形。其成蟲出現期很長，從 4 月到 11 月；然在 6 月及 9 月各有一明顯的成蟲發生盛期。依此情形看來，5 ～ 6 月間出現的成蟲，乃由早期所產之卵發育而以第三齡幼蟲越冬者。因此以第三齡幼蟲越冬者，其成蟲羽化期可能較早；而以第二齡越冬者，其成蟲出現期可能較晚。

根據戶外飼育的結果得知，卵期在 6 ～ 8 月間爲 2 旬。在自然情況下，有效積溫的計算，利用渡邊（1979)的方法求各日期下之 2 旬的有效積溫，表示在表 10 。

表 10　赤脚青銅金龜在野外不同時期所產之卵及一齡幼蟲之有效積溫

Table 10. Accumulated temperature for the development of eggs and the 1st instar larvae of *Anomala cupripes* under field condition.

產卵日期 Date of oviposition	June 14	June 30	July 14	July 28	Aug. 19
卵（日度） Egg (D.D.)	298	311	310	336	373
一齡幼蟲（日度） 1st instar (D.D.)	354	368	377	384	493

得知在 2 旬中，卵的平均有效積溫爲 326 日度，若與定溫下之 212 日度相比，則戶外飼育的有效積溫大於定溫下者。可能是由於戶外的觀察每 10 天才進行一次，而卵期只稍大於 10 天所致。第一齡幼蟲的有效積溫，在 6 ～ 8 月時，平均爲 395 日度；與定溫下之有效積溫 661 日度比較，可知在戶外自然變溫的條件下，第一齡幼蟲的發育速率要比定溫下來得快。因此若以有效積溫法則來預測第一齡幼蟲的發生期，應注意其在自然變溫下的發育情形，並且由於幼蟲生活在土中，應以土壤溫度作爲標準，才能準確。關於此點，Ali Niazee（1976)認爲預測 *Rhagoletis indifferens* 成蟲羽化時刻，以土溫所得之有效積溫較氣溫來得準確。但由於土溫的收集不易，花費也高，因此 Eckenrode and Chapman（1972)，Pfadt（1978)認爲若知道土溫和氣溫的關係，亦可以氣溫來作預測的標準。本試驗所作之有效積溫，亦即以氣溫作標準計算而得，因此若要運用到田間，必須先了解氣溫與土溫的關係。

(五)幼蟲在土中的垂直移動：

金龜子幼蟲在土中，依季節之變化，作垂直性之遷移（澤田，1949；Granovsky，1956；Shorey and Gyrisco，1960）。例如 *Anomala rufocuprea* 在土中遷移之原因，乃地溫與氣溫之變化而起，即若表層地溫高於地下層地溫時，會作上昇遷移（藍野等，1956）。

爲了解本蟲幼蟲在土中之移動，是否會受溫度的影響，因而設計本試驗，結果以圖 8 表示。

在保持自然狀況下，供試幼蟲有 80.3 % 在 20 ～ 30 公分的土層中移動。在加熱組中，由下面加熱者，在 10 公分以上之土層，均未發現幼蟲，而所有幼蟲分布於離土表 15 公分以下之土層。在下面加熱組中，在 30 公分深處的土層，未見幼蟲；在 25 公分處亦僅有少數之幼蟲分布；而大多數的幼蟲，集中在 20 公分以上的土層。雖然本試驗未能明確指出幼蟲的適溫範圍，但幼蟲在土中之垂直移動，確會受溫度的影響。因此，施藥防治幼蟲時，施藥深度應隨土溫之季節變化而調整。

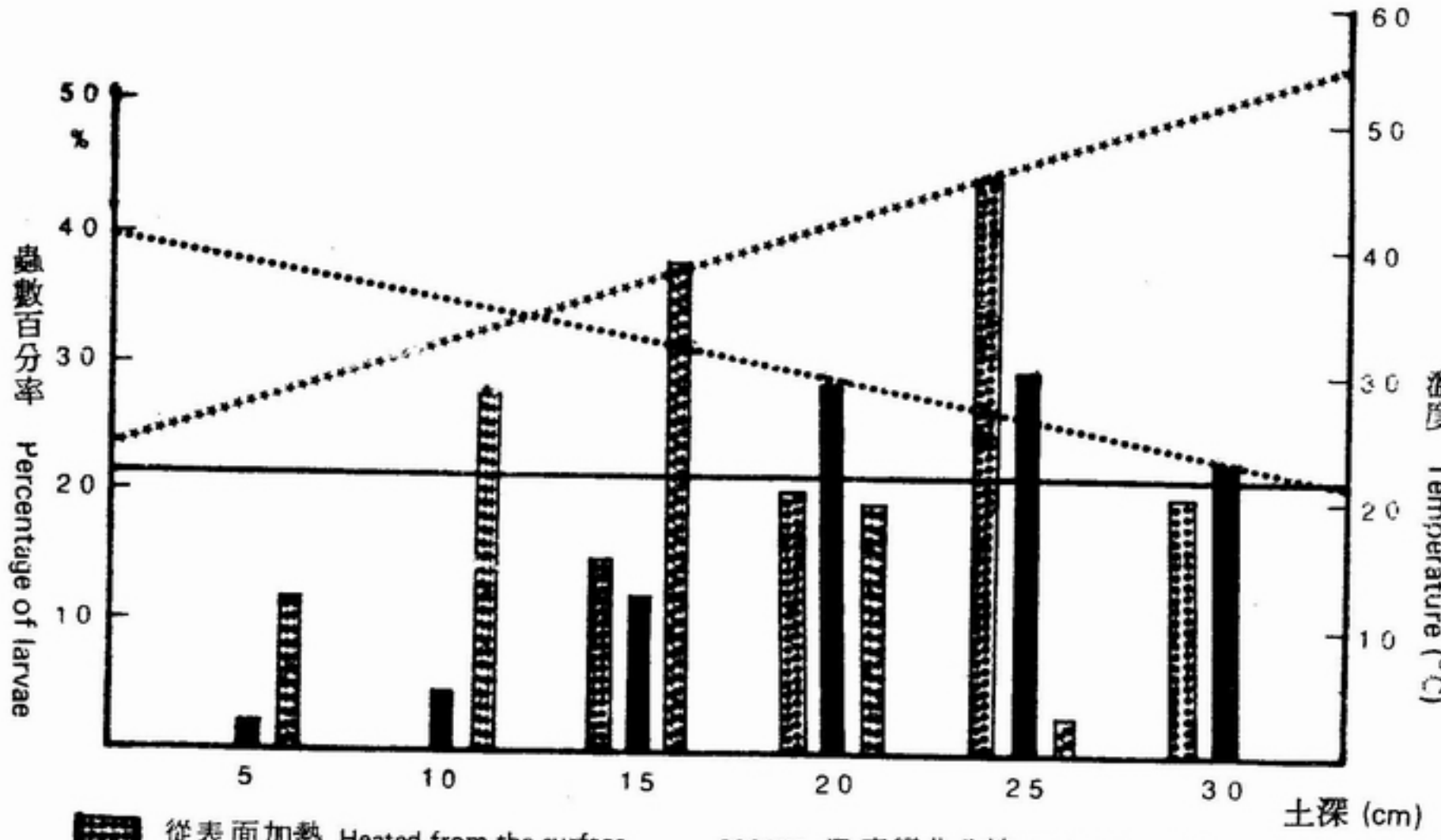


圖 8　溫度效應與幼蟲在土中垂直分佈之關係

Fig. 8. The vertical distrubution of *Anomala cupripes* larvae in the soil by the effect of temperature.

(六)田間幼蟲齡期的調查:

由於調查地點今年赤脚青銅金龜的爲害不嚴重，幼蟲密度不高，且本蟲之幼蟲與青銅金龜 *Anomala expansa* 之幼蟲相似，甚難鑑定，所以將採到的二種金龜子幼蟲，沒有區分而記錄在一起，如表 11 。

表 11　蔗田中各齡幼蟲每月之調查蟲數

Table 11. Monthly occurrence of *Anomala cupripes* larvae in sugarcane field.

月份 Month	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
一齡 1st instar	32	35	84	29	22	12	1	0	0	0
二齡 2nd instar	25	46	33	30	35	7	4	29	6	0
三齡 3rd instar	28	12	15	64	45	14	2	19	20	3

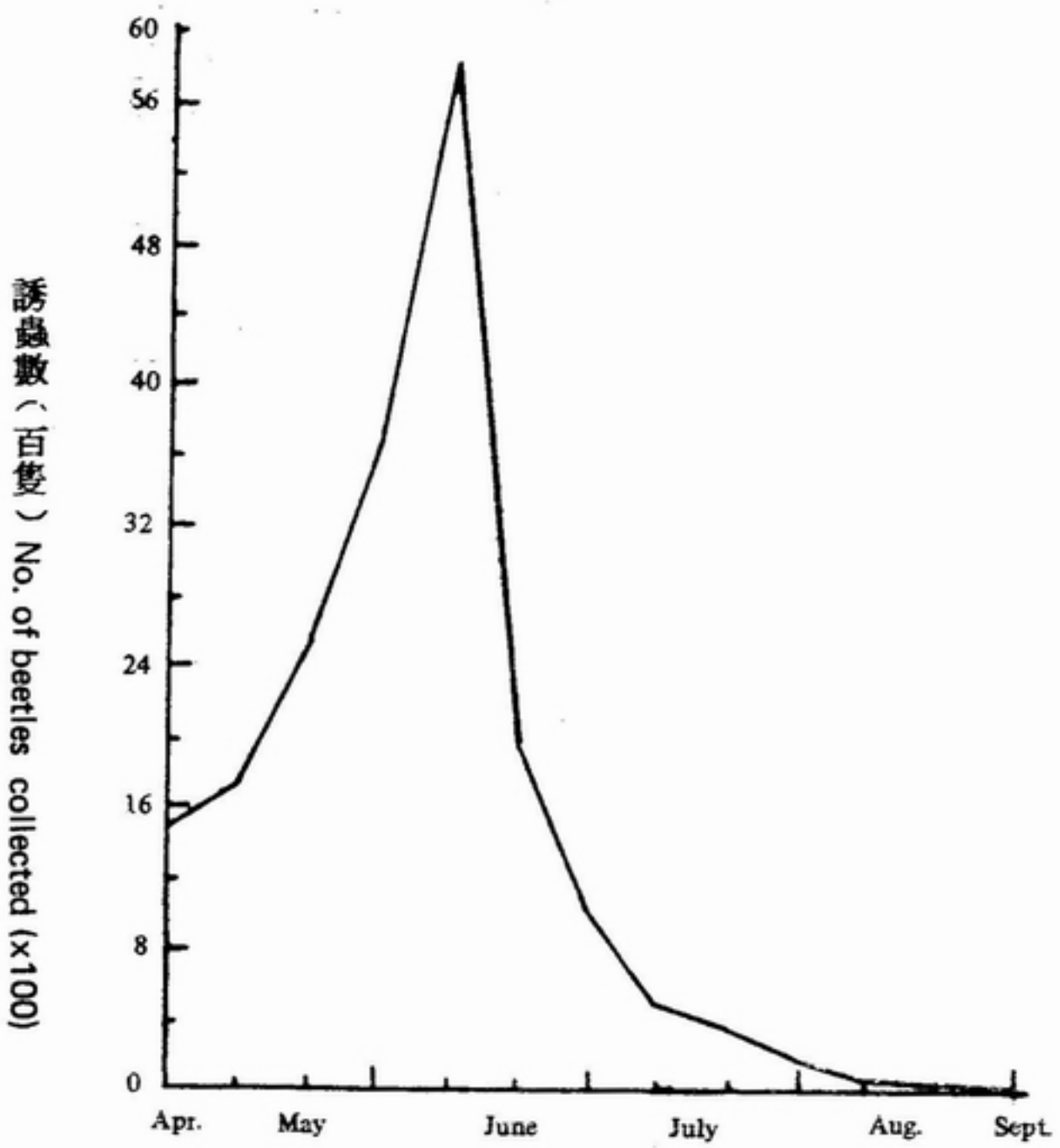


圖 9　燈光誘集青銅金龜成蟲之季節消長（資料來源：虎尾蔗作實驗場）

Fig. 9. Seasonal occurrence of *Anomala expansa* adults (Data from Hu Wei Sugar Experiment Station)

惟青銅金龜在該農場誘蟲燈誘集之季節消長，據虎尾蔗作實驗場的調查，如圖 9，由此得知，該金龜子在 5 ～ 6 月中有一明顯的發生盛期，而此時之誘集數量有赤脚青銅金龜的二倍，而後則極爲稀少。

由表 11 可知，第一齡幼蟲自 6 月間大量出現，至 8 月達最高，而後減少，至 1 月後就沒有第一齡幼蟲。從此得知，以第一齡幼蟲越冬的可能性極小。此結果與戶外飼育的結果甚爲相同。至於第二齡幼蟲，自 6 月到 10 月間，皆保持相當高的密度。此乃由於青銅金龜和第一高峯期之赤脚青銅金龜成蟲的後代所產生。而在 1 月間所採到之第二齡幼蟲，來自赤脚青銅金龜之第二高峯期所產生，然其密度至 2 ～ 3 月驟然減少，可能由於冬季的低溫所致。第三齡幼蟲在 9、10 月間出現一高峯，這無疑地是來自於 7 ～ 8 月間存在的第二齡幼蟲。而其密度雖有每月的起伏，然至翌春 3 月尙維持某些密度，可見越冬幼蟲仍以第三齡幼蟲爲主。

雖然部份金龜子，如 *Adoretus tenuimaculatus* ，其越冬棲群以成蟲爲主（ 廿日出等，1978），但大多數種類的金龜子，仍以幼蟲期越冬。例如 *Anomala schönfeldti* 在田間 7 月爲第一齡幼蟲，8 月則以第一、二齡幼蟲爲主，至 9 月即爲第二、三齡幼蟲，而 10 月以後，皆成爲第三齡幼蟲而越冬（ 吉田、安田，1975）。然 *Anomala rufocuprea* 在日本東京附近，多半以第二齡幼蟲越冬，而在日本西部太平洋沿岸地區，仍以三齡幼蟲越冬爲主（ 藍野等，1956）。在此更值得注意者，如西垣（1975）、Fujiyama 等（1979）所報告：*Anomala cuprea* 的幼蟲期生長速率易受生棲密度的影響，即多發生高密度時，幼蟲之生長速率較慢，而以二齡幼蟲越冬之比率增加；密度過高時，亦有以第一齡幼蟲越冬者；然此等以若齡幼蟲越冬者，其冬期之死亡率通常極高，因而影響下年度的棲群密度。關於此種棲群密度之自然調節機制，將來仍應更深入的探討。

結　　論

自1981 年 6 月至 11 月間，比較誘蟲燈上及寄主植物上出現的赤脚青銅金龜棲群，其性比率、已交尾雌蟲率、平均藏卵數、藏卵雌蟲率之季節變動趨勢，有很密切的相關關係。又從性比率及平均藏卵數來看，誘蟲燈上所採到的雌蟲，與其產卵活動的關係更爲密切，因此可利用燈光誘集蟲數的消長，來預測其下一代幼蟲出現之情形(朱等，1982)。金龜子成蟲，一般認爲是雜食性，然在廣範圍之攝食植物中，成蟲應對某些作物有嗜好性；並依攝食植物之種類，其攝食量、營養情況對產卵數及繁殖等，應產生極大的差異（吉田，1975）。在本試驗當中，雖已知赤脚青銅金龜嗜食榕樹、火炭母草及數種豆科作物，然此等攝食植物對赤脚青銅金龜之營養價值，以及在金龜子發生地域內的分布、生物量之商榷，仍待將來進一步之調查。

從燈光誘集蟲數，實際田間之幼蟲棲群密度調查，以及戶外飼養結果，可設定如圖10之本蟲年發生經過模式圖。即成蟲之發生，可分爲自 6 月上旬到 7 月上旬的第一盛期，以及 9 月下旬頃之第二盛期。

從燈光誘集探測成蟲之發生盛期，而在成蟲之攝食植物上實施藥劑撒佈，或爲可行之途。就 *Anomala schönfeldti* 及 *A. osakana* 之成蟲發生盛期，在攝食植物上撒佈 50 % Sumithion 乳劑時，其防治效果要比幼蟲期之防治更佳（吉田、有村，1974；山田等，1980)。故成蟲期的防治，仍爲將來可嘗試的工作之一。

第一發生盛期（ 6 ～ 7 月）的成蟲產卵後，其第一、二齡幼蟲，在 7 ～ 9 月間出現，而在 10 月以後全部變爲第三齡幼蟲，然後越冬至翌春 4 月間化蛹（圖 10 之上半部）。而來自第二發生盛期之成蟲的後代，如圖 10 下半部所示；其第一、二齡幼蟲，在11 ～ 12月間出現最多，至 12 月後全部脫皮爲第二齡幼蟲，而越冬至翌春 4 月。

若把金龜子之藥劑防治適期，設定於其第一、二齡幼蟲期時，則應在 7 ～ 9 月間施藥一次，以防治由第一成蟲發生盛期之成蟲所產之後代，即第一、二齡幼蟲出現期，而此期爲防治之重點。至於來自第二發生盛期之初齡幼蟲，其防治適期應爲 11 ～ 12月間，然後者之幼蟲在冬季之自然死亡率似甚高，故

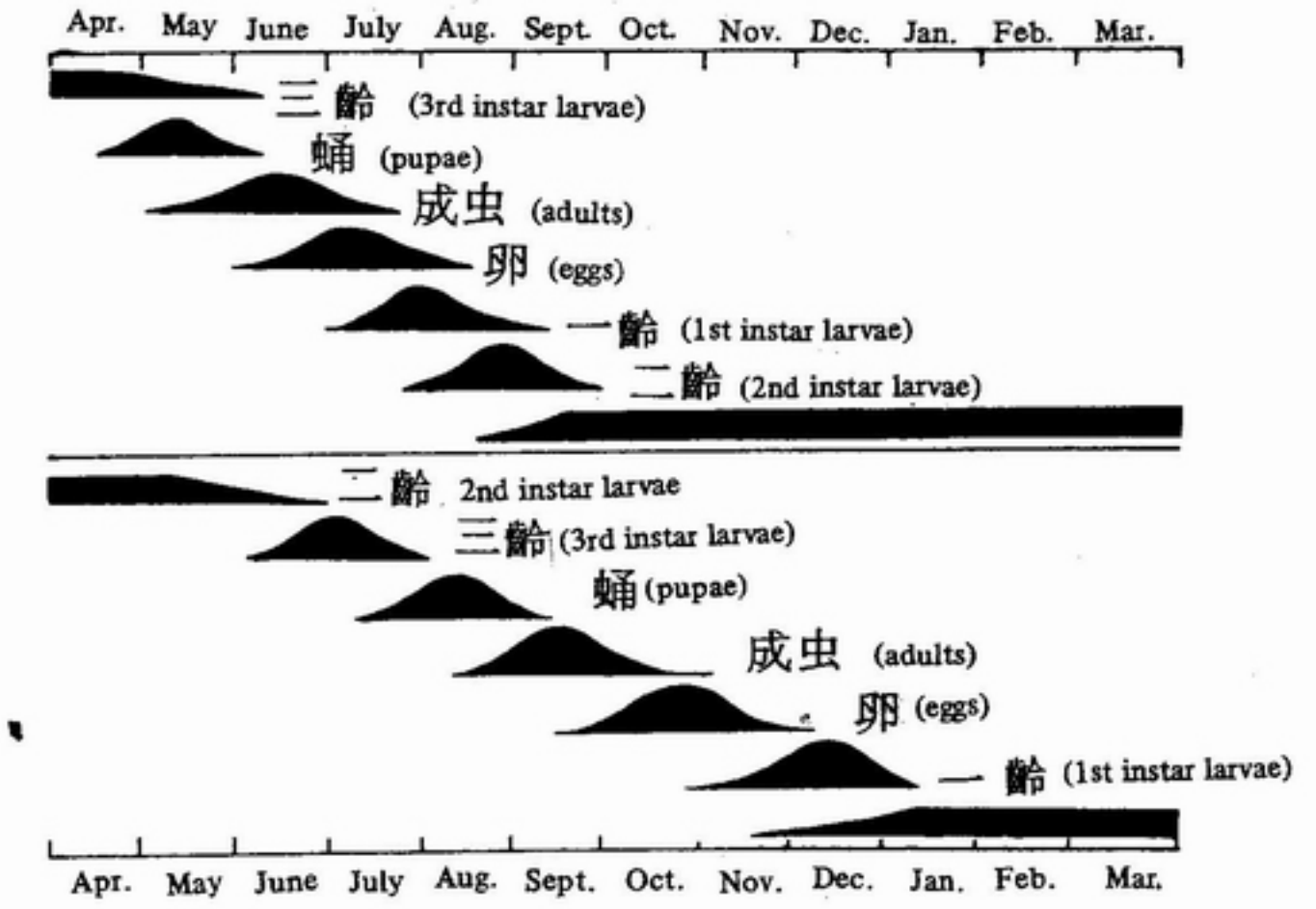


圖 10　赤脚青銅金龜年發生模式圖

Fig. 10. Seasonal occurrence of *Anomala cupripes*.

是否有防治之必要，仍有待進一步之探討。

本蟲在蔗田中，成蟲不吃甘蔗葉片，而以蔗田旁之植物爲食，屬於成、幼蟲爲害植物不同的類型。所以在蔗田羽化後的成蟲，必得飛往其他作物上取食，等卵巢成熟後，再飛回蔗田產卵。因此在防治上，若能清除蔗田旁的成蟲攝食植物，則對本蟲之猖獗，必有抑制作用。Wilson(1969) 在甘蔗之金龜子幼蟲防治上，亦有同樣的建議。通常因休耕或輪作關係，在蔗田中常種植田菁等綠肥作物，而此等作物常爲成蟲之良好寄主植物，因而引起金龜子棲群之增加。此外，組織較疏鬆而含有多量有機質的土壤，常爲雌蟲良好之產卵基質，亦爲幼蟲數目增多的原因之一。

成蟲在未翻耕過的土壤中，產卵深度在距離地表 10 公分深處，所以剛孵化的第一齡幼蟲，也棲於此附近。故若以第一齡幼蟲爲防治對象時，施藥的深度可以此範圍爲準。第三齡幼蟲由於越冬的關係，常棲息於離地表較深處的土層中，一般建議施藥處在 20～30 公分附近（張，1981）。但若以第一、二齡幼蟲爲防治對象時，則施藥的深度應可以較淺。如此，不但可以減少施藥量，亦可節省施藥的勞力。

引 用 文 獻

1. 山田英夫、廿日出正美、吉田正義，1980。芝草地に異常發生したコガネムシ防除の實際。芝草研究 9(1)：35-41。
2. 廿日出正美、幸野雄二、吉田正義，1978。芝草を加害するコガネムシ類の研究，IX. チヤイロコガネによる芝草の被害と發生經過。芝草研究 7(2)：121-127。
3. 日塔正俊、立花觀二，1955。コガネムシ幼蟲頭部測定による齡數、世代數の判定について。日林會誌 37:326-333。
4. 田中 章，1979。コガネムシ類の發生と土壤有機物施用の關係。今月の農藥 23(7)：14-19。
5. 朱耀沂、石正人、魯仲娄，1982。赤脚青銅金龜生態學上之研究，(I)誘蟲燈在發生量調查上應用價值之研討。中華昆蟲 2(1)：23-33。
6. 吉田正義，1975。芝草を加害するコガネムシ類の研究，V.ドウガネブイブイ成蟲の食餌植物に對する攝食量の檢定と幼蟲による芝草の被害。芝草研究 4(1)：47-54。
7. 吉田正義、有村修二，1974。芝草を加害するコガネムシ類の研究，IV. 芝草に發生したチビサクラコガネの成蟲期における防除。關西病蟲研報 16:47-51。
8. 吉田正義、安田 誠，1975。芝草を加害するコガネムシ類の研究，VI. チビサクラコガネの生活史と經過習性。芝草研究 4(2)：1-6。
9. 西垣定治郎，1975。ドウガネブイブイの生態學的研究，IV. 初期幼蟲密度の成長・發育におよぼす影響。應動昆 19(2)：85-90。
10. 高野秀三、柳原政之，1939。台灣甘蔗害蟲編，pp.224-228。台灣蔗作研究會，台南，311 pp.
11. 張政宏，1981。地下害蟲防治，pp.35-38。甘蔗栽培技術訓練班教材，台糖公司農務處，台灣糖業研究所，38pp.。
12. 勝又 要，1929。銅鐵金龜子の經過習性並に新驅除法。昆蟲世界 33:335-340。
13. 渡邊 直，1979。日最高最低氣溫から有効溫量を求める簡便法。植物防疫 33(7)：315-319。
14. 湯淺啓溫、遠藤利久，1938。日本產金龜子類の幼蟲形態及び生態，第1報，ドウガネブンブン。農業試驗場彙報 3:151-182。
15. 奥富一夫、吉田正義，1976。芝草を加害するコガネムシ類の研究，VIII.ウスチヤコガネの生態と防除。芝草研究 5(2)：151-159。