

台北美洲蜚蠊之生態

ECOLOGICAL STUDIES ON THE PERIPLANETA AMERICANA IN TAIPEI

繆端生 李順連

TUAN-SHENG MIU AND SHUENN-LIAN LEE

一、引言

自三十七年以來，臺大病虫害研究所與本校生理生態研究室，在不斷合作中，對於醫用昆蟲為吾人研究目標之一。醫用昆蟲中，蚊、蠅、蜚蠊為臺灣三大害虫。關於蚊類，吾人在本學報已發表其生態一文；關於蠅類，陳士翰學士曾研究家蠅之生態，劉仲景助教曾研究金蠅之生態，容後發表。關於蜚蠊，徐世傑博士曾研究其分類及生態，馬必華理學士曾研究BHC與體積之關係，黃美年理學士曾研究其代謝。

過去臺灣發表的文獻中，有關美洲蜚蠊的生態研究，僅有楚南仁博 (25,26) 及高橋良一 (24) 等數篇報告。但他們的研究僅限於生活史及一般習性的觀察，至於環境因子對蜚蠊的生態作用，並沒有做進一步有系統的研究。本文以美洲蜚蠊為材料，先觀察其生活習性，爾後又於實驗室內控制溫度、濕度，研究這些因子對蜚蠊的生態作用，並以生理學的觀點闡明這些作用的因果關係。

二、台北附近美洲蜚蠊之生活習性

關於美洲蜚蠊 (*Periplaneta americana* L.) 在臺北附近之生活史，楚南仁博及高橋良一等氏曾做過詳細的研究，故在此從略。作者擬將其生活場所、取食狀況、一般趨性、耐餓程度以及越冬情形，作一通盤敘述。

(一) 生活場所

臺灣常見的13種蜚蠊中，有些生活在家屋中、倉庫裏；有些生於樹皮、朽木下；有些生長在土中及水邊。其生活場所因種類而不同。

美洲蜚蠊屬於 *Periplaneta* 屬，與此同屬的 *P. australasiae* Frb. *P. Picca* Shira-

ki *P. formosana* Karny 等種，在臺灣都可發現。據 Laing(11)的報告，*Periplaneta* 屬的蜚蠊，在英國僅棲於倉庫內，而居家屋內者幾乎沒有發現。但在臺灣 *Periplaneta* 則為室內一大害虫，甚少生活於室外。在臺北附近常見的美洲蜚蠊，以廚房、廁所存在較多，因為此虫喜生於高溫、潮濕而易覓得食物之處，廚房與廁所，既適合此種條件，故能大量誘集它們。此外室內的抽屜、米箱、書堆、以及倉庫或食物貯藏室，都可發現牠們的存在。

(二) 一般趨性

這裏要談的僅是趨光性及趨地性。

1. 趨光性：蜚蠊對於光的反應為極明顯的避光性。蜚蠊經常躲藏在陰暗處，故在白天即甚少活動。夜裏如以強光照之，立即逃避蟄伏，以後若找不到適當的場所，便隱伏不動，雖以物觸之，亦不甚活動。此現象可能因蜚蠊受光刺激後，肌肉引起強直，且左右失去平衡，於是活動，即成遲鈍。

2. 趨地性：蜚蠊的趨地性亦現出負的趨地性 (Negative geotropism)，在休息時，牠們較喜棲於斜面及垂直面上，水平面則比較稀少。筆者曾以 $29.5 \times 22 \times 24 \text{Cm}^3$ 之木箱內，放美洲蜚蠊的成虫 10 隻、老熟若虫 5 隻、孵化一週後之一齡若虫 10 隻於箱內，經二小時後僅一齡若虫 5 隻沿箱角活動，其餘全在箱壁四周作靜止狀態或悠然活動於箱壁間。其後，又在箱內以馬糞紙做成垂直、水平及傾斜等三面，經三小時後，發現全棲於垂直及傾斜二面上，而水平僅一二隻虫棲息。最後取出馬糞紙，用二氧化碳將其麻醉，放於箱底，待其蘇醒一小時後，又全棲於箱壁上。再者，筆者於夜間在廚房觀察此虫之習性時，也發現大批的蜚蠊棲於微暗的牆壁上，至於地面則甚少發現。以上種種，在在證明蜚蠊有棲於垂直面之趨性，此種趨性在防治害虫上頗具意義。

(三) 取食狀況

蜚蠊為雜食性昆虫，在昆虫中為食性相當廣泛之一種。舉凡人類所嗜食者，皆為牠們所嗜食，故廚房中的菜肉、米飯、水果、糖蜜、糕餅等常遭牠們竊食，而且因為腹部具有一種臭腺，食物若被沾過，即留下惡臭氣味，令人作嘔。此外室內懸掛的衣裳，案上的書籍，以及糊牆的花紙，皆屢受牠們破壞，令人十分嫌棄！茲將其食物綜合敘述如下：

1. 植物性食物——香蕉、木瓜、西瓜、落花生、米糠、麥片、豆餅、糙米等。
2. 動物性食物——煮熟的魚肉、蛋壳、本身的卵囊 (egg capsule) 脫皮壳及同類之屍體。
3. 其他雜食物——衣裳、書籍、漿糊、糊紙、砂糖、麥芽糖、蜂蜜、乾燥標本酵母片、人類之糞便。

美洲蜚蠊雖非典型的捕食性昆蟲 (Predator or Predacious insect)，但偶而亦能捕食一些活的昆蟲。據 Annandale(1) 的報告，謂渠曾發現美洲蜚蠊捕食過由室外飛來的白蟻。此外蜚蠊同類相殘之習性，筆者亦時有發現，牠們在絕食時常常殘殺同類，將之食盡，甚至在飢餓不堪時，亦以本身之糞便充飢。

美洲蜚蠊與其他生活於家屋內的蜚蠊，尚具有吸食水份的嗜性，而且牠們對於水的需要，常較他蟲為甚，故較喜歡棲息於潮濕的陰暗處，如前所述之廚房、浴室等，筆者常發現蜚蠊為吸食水分，失足浸溺於水桶中而死亡，在絕食狀況下，若以水分飼之，可較不食水者延長數倍之壽命。

(四) 耐餓程度

由試驗得知，美洲蜚蠊的耐餓力頗強，將一齡、三齡、老熟若蟲、成蟲等各別置於直徑 11.5cm 之玻璃皿中(為避免彼此殘殺，每一皿只入蟲一隻)，做絕食之耐餓實驗。上述之每一齡蟲各試驗 5 隻，以及平均生存日數作為其耐餓之程度，試驗期間若發現排卵或排糞時，應立即除去，以免被其食掉影響試驗之準確性。給水之蟲則以直徑 2.5cm 之小玻璃皿盛水，供其吸食。試驗期間室溫保持 22°—24°C 左右，結果如下：

表一、不同齡期之耐餓日數

處 理 齡 期	平 均 生 存 日 數	
	給 水	不 給 水
一 齡 若 蟲	18	2.5
三 齡 若 蟲	70	10.2
老 熟 若 蟲	139	23
成 蟲	45.3	21

由表一得知美洲蜚蠊的耐餓力以老熟若蟲最強，一齡若蟲最弱。在沒有水分及食物

供給之環境下，前者平均能活至23日之久，而後者僅活至2.5日。此外，給水與不給水的比較中，亦發現二者之壽命相差頗大。例如一齡若虫與不給水相差7倍，三齡若虫相差7倍，老熟若虫相差6倍，成虫相差二倍。

蜚蠊在絕食絕水下之死亡，一方面固由於體質的消耗，另一方面主要的乃由於體內水分大量蒸發出去，使廢物排泄不易，而推積於體內所致。因此，在長時期的絕食中，若給以水分，即可延長其壽命。此外，由試驗中亦獲知耐餓力因期齡而不同，其中以老熟若虫最能耐餓。因為老熟若虫需準備羽化，故在未羽化前取食大量食物，體內因而貯有豐富的營養分，其中大部分為脂肪 Fat，在絕食期中能供給較多的能量。另一方面老熟若虫之體表常分泌大量粘性的油脂質，此種油脂質可防止體內水分的蒸散，故由生理上或其構造上看來，老熟若虫之所以能耐長時期的飢餓，乃屬一種合理的現象。

(五) 越冬情形

生長於亞熱帶之昆蟲，雖然很少有冬眠現象發生，但是季節消長 Seasonal Succession 仍到處可見，蜚蠊為一種性喜高溫之昆蟲，故體溫降低時，其活動便大受影響，牠們的低溫不適圈 Zone of unfavorable low temperature 為 $17-3^{\circ}\text{C}$ 左右（見後之試驗）。在十一月底當溫度漸漸降至不適溫度圈時，蜚蠊的行動，即開始遲緩，繼而紛紛蟄伏於牆縫或家屋內乾燥之隱蔽處，靜止不動，而且不食任何食物，以渡過寒冷的環境，故於十一月底至來年三月間，溫度降至 14°C 以下時，則幾告絕跡。不過在這段期間，若氣候突然變暖，晚間也常見有一二蜚蠊出現於廚房覓食，四、五月間，溫度升高，氣候轉暖，即開始增多，到六、七、八、九月時，則達於高峯狀態。

至於台北附近之美洲蜚蠊有否冬眠，因有關冬眠的真正定義尚沒有確定，故很難加以論定。不過冬眠現象之產生，環境溫度關係很大。換句話說，冬眠的產生，必須要有持續性之生理零點 (Consecutive physiological zero point) 的存在。但是台北的冬季雖然寒冷，然其生理零點僅偶一出現，而無持續性，故嚴格說來，台北區域的蜚蠊，冬季時之隱藏不見，僅是一時性的不活動 (Wintering)，並非真正之冬眠現象。

三、溫度對其生理生態的影響

(一) 供試蟲之培養

試驗用虫僅限於美洲蜚蠊 (*Periplaneta americana* L.)。此類蜚蠊大部分為台大病虫害研究所昆虫生理研究室歷年培養留下者，另一部分則直接自居家屋內，將這些虫飼養於 $29.5 \times 22 \times 24 \text{cm}^3$ 之木製養虫箱內，上以玻璃蓋蓋住，使光線無法透入，箱內放以紙屑，或舊報紙，使其有隱藏之處，左右兩邊之箱壁開有 $7 \times 1.5 \text{cm}^2$ 大之紗罩口，使空氣得以流通。飼育食料以台糖出品之酵母片為主，偶亦餵以乾麵包片，並用小玻璃皿(直徑 4.5cm)盛水供其吸食，每一養虫箱約放20—30隻成虫或老熟若虫，每隔2—3週宜清潔一次，如此可使蜚蠊生長良好。

(二) 試驗方法及結果

1. 溫度對美洲蜚蠊活動的影響

昆虫之活動，一般都受到外圍溫度的支配，故研究昆虫在各溫度下活動的狀態，可以推測和明瞭昆虫之出現及活動期間之情況，過去 Chapman(4) Bodenhaimer (2) 及加藤等諸氏曾做此類之研究，以觀察動物之生活現象。

控制低溫時利用冰塊，放置於直徑 10cm 深 16cm 之暖水瓶內。將試驗之蜚蠊放入 250c.c.之三角瓶(falsk)中，瓶內以棉花塞住，並插溫度計於瓶底。然後將入虫之三角瓶置於裝冰之暖水瓶內，詳細觀察昆虫在溫度降低時之活動狀態，待三角瓶內之溫度逐漸降低以致虫體不動時，再移至恒溫槽內，調節熱源，控制高溫，溫度約一分鐘上升一度，詳細觀察其在每一溫度時之活動狀態。其對溫度之反應，參照 Chapman (4) 及下泉重吉(5)之方法，分成八級，記錄於下：

表二之一 溫度對一齡若虫活動之影響

昆 蟲 編 號 活 動 狀 態	各 姿 態 開 始 時 之 溫 度 (°C)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
1. 由於冰冷而知覺消失	5.0	4.5	5.5	4.5	4.0	5.0	3.5	4.5	4.0	3.0	4.3
2. 觸角及末端部微動	7.0	6.5	7.5	6.5	6.5	6.0	5.5	6.5	6.0	5.0	6.3
3. 間 歇 匍 匐	9.0	8.5	10.0	9.5	10.0	9.0	9.5	8.5	7.5	7.0	8.8
4. 普 通 活 動	18.0	17.5	19.0	18.5	20.0	19.5	20.0	17.5	16.5	16.0	18.2
5. 強 活 動	34.0	33.5	34.5	34.5	36.0	35.0	34.5	35.0	33.0	33.5	34.3
6. 強 興 奮	42.0	42.0	41.0	43.0	40.0	41.0	40.0	42.0	40.0	39.0	41.0
7. 由於熱而知覺消失	43.0	44.0	44.5	45.0	43.0	44.0	42.0	45.0	44.5	41.0	43.6
8. 熱 死	44.0	45.0	46.0	46.5	44.5	45.5	43.0	46.0	46.5	43.0	45.0

表二之二 溫度對三齡若蟲活動之影響

昆蟲編號 活動狀態	各姿態開始時之溫度(°C)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
1. 由於冰冷而知覺消失	4.0	4.5	3.0	3.0	4.5	2.0	5.5	3.5	3.0	2.5	3.5
2. 觸角及末端部微動	7.0	6.5	7.0	5.0	5.5	5.5	7.5	5.5	5.0	4.5	6.0
3. 間歇匍匐	9.5	8.0	9.0	9.0	7.5	7.0	12.0	10.5	11.5	10.0	9.4
4. 普通活動	17.5	18.0	18.0	16.0	17.5	19.0	18.0	18.5	19.0	18.5	18.0
5. 強活動	35.0	34.5	34.0	33.0	34.5	36.0	34.0	35.0	34.0	33.5	34.3
6. 強興奮	43.0	42.0	42.0	41.0	42.0	43.0	41.0	42.0	41.5	41.0	41.8
7. 由於熱而知覺消失	44.0	44.5	45.0	43.0	43.0	45.0	44.0	44.0	43.5	43.0	43.9
8. 熱死	46.0	46.5	47.0	45.0	46.5	46.0	46.5	45.0	45.5	45.0	45.9

表二之三 溫度對老熟若蟲活動之影響

昆蟲編號 活動狀態	各姿態開始時之溫度(°C)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
1. 由於冰冷而知覺消失	2.5	1.5	2.5	3.0	0	1.0	3.0	1.5	2.5	3.5	2.1
2. 觸角及末端部微動	5.5	3.0	4.5	5.0	2.5	3.0	4.5	3.5	4.5	6.0	4.2
3. 間歇匍匐	7.5	6.0	7.0	7.0	5.0	5.5	10.0	8.5	9.5	9.0	7.5
4. 普通活動	17.0	16.5	15.5	17.0	18.0	17.0	19.0	18.0	19.0	20.0	17.6
5. 強活動	35.0	37.0	35.5	35.0	35.0	36.0	36.0	37.0	36.0	37.0	36.0
6. 強興奮	44.0	45.0	45.0	43.0	45.0	44.0	43.0	44.0	41.0	42.0	43.5
7. 由於熱而知覺消失	46.0	47.0	48.0	46.0	46.0	46.0	47.0	46.0	45.0	46.0	46.3
8. 熱死	48.0	48.5	49.0	47.0	49.5	48.0	48.5	49.0	48.0	49.0	48.3

表二之四 溫度對成蟲活動之影響

昆蟲編號 活動狀態	各姿態開始活動之溫度(°C)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
1. 由於冰冷而知覺消失	1.0	2.5	0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.5	1.5	1.6
2. 觸角及末端部微動	3.5	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	4.0	4.0	3.5	3.5	3.6
3. 間歇匍匐	7.0	7.0	6.0	6.5	9.0	8.5	9.5	10.0	7.5	8.0	7.2
4. 普通活動	17.0	17.5	16.0	18.0	18.5	18.0	19.0	16.5	17.5	18.0	17.6
5. 強活動	36.0	35.0	37.0	36.0	37.0	36.5	35.0	36.5	35.0	36.0	36.0
6. 強興奮	45.0	45.5	46.0	42.0	44.0	44.0	43.0	46.0	45.0	44.0	44.8
7. 由於熱而知覺消失	47.0	48.0	49.0	45.0	46.0	47.0	48.0	48.0	47.0	47.0	47.2
8. 熱死	50.0	49.5	52.0	50.0	49.0	49.0	50.0	50.0	50.5	50.0	50.0

就本試驗之結果分析，可知美洲蜚蠊之低溫不適溫度圈為3—17°C，適溫圈為17—36°C，高溫不適圈為36—45°C，45°C以上時即進入高溫至死圈，受熱之傷害而死。

2. 低溫致死與高溫致死

昆蟲在寒冷或高熱時之死亡，與接觸時間之長短有關，故決定致死溫度時一定要將時間計算在內。在計算昆蟲對低溫之抵抗時間時，常遇一種困難，即死亡之鑑定頗不容易，因為低溫時之死亡，成一種可逆反應。換言之，若接觸之時間不長，昆蟲雖已凍僵，亦往往有蘇醒之可能。故欲決定低溫下之死亡時，斷不能憑外觀肢體凍僵不動時為準則，必須待一定時間，視其是否復醒而定。不過在高溫致死時，因成不可逆反應，熱死之後不能復元，故死亡之鑑定較為簡單。

試驗時蟲體仍放入三角瓶內，低溫之控制因受設備限制，故僅能以現有之冷藏庫（一為12—14°C，另一為5—6°C）及冰箱作試驗。高溫度調節採用恆溫箱。茲將其低溫及高溫致死溫度表敘如下：

表三之一 不同齡期之低溫致死溫度

齡 期 溫 度	抵 抗 時 間 (小時)			
	一齡若蟲	二齡若蟲	老熟若蟲	成 蟲
12—14°C	156	164	192	192
5—6°C	130	150	168	170
1—2°C	12	45	65	70
-7—8°C	4/25	1/3	1/2	7/12

表三之二 不同齡期之高溫致死溫度

齡 期 溫 度	抵 抗 時 間 (分鐘)			
	一齡若蟲	三齡若蟲	老熟若蟲	成 蟲
37—38°C	110	140	150	160
44—45°C	20	25	32	34
46—47°C	9	10	12	13
49—50°C	5	7	10	10 5/6
51—52°C	3	5	7	7 1/2
53—54°C	2/3	2	4	5

由以上的試驗中得知，不論對高溫或低溫之抵抗，皆以成蟲及老熟若蟲為強，而以一齡若蟲為最弱，此外接觸時間與其死亡之關係，亦可由上列諸表中看出。例如12—14°C及37—31°C之溫度本非其致死溫度，但若前者之接觸時間延長至192小時，或後者之時間延至160分鐘以上時，亦能致其於死地。

3. 溫度與其發育之關係

(1) 不同溫度下卵及若蟲之發育

楚南仁博及高橋良一等發現生活於臺北附近之蜚蠊，其發育及生長，受溫度的影響很大，冬季期卵之發育約較盛夏期慢2—3倍，若蟲之生長亦復如此。茲為更進一步證實及瞭解起見，作試驗如下：

1. 卵之處理：

將剛產下之卵，放入墊有濾紙之玻璃皿上，然後分別置於30°C之恆溫箱及22—24°C之養蟲室內，每隔一天滴水2至3滴於濾紙上，以防止卵之過分乾燥。養蟲室在試驗期中，因逢秋、冬、春季節(1960年9月至1961年5月)除5月下旬外，室溫總在24°C左右。在這段期間若氣溫下降，室溫低至22°C以下時，則以電熱器加溫，使試驗期之溫度經常維持一定的限界。其發育期紀錄如下：

表四 不同溫度下卵之發育日數

發育日期數 編號 溫度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
22—24°C	64	67	57	62	65	0	56	65	64	0	62.5
30°C	30	29	31	0	31	33	30	31	32	30	30.7

* 0為不受精卵

2. 若蟲之處理

由22—24°C養蟲室孵化之若蟲，分別置於該室及30°C之恆溫箱內，以直徑11.5cm之玻璃皿飼育，皿上以鐵絲網蓋住，皿底則以白報紙墊之。飼養食料仍以酵母片(粉)為主，一齡至二齡期間，間或也餵以麵包片，此外並用小玻璃皿(2.5cm)盛水，供其吸食，且皿中之水尚可作為濕度之自然調節。每一養蟲皿放蟲四隻，每天至少觀察一次，以詳細紀錄其脫皮之日期。結果如下：

A組：環境溫度22—24°C

	日 期	每齡經過日數
解 化	1960年10月19日	
第一次脫皮	同 年11月4—5日	16—17
第二次脫皮	同 年11月22—23日	18—19
第三次脫皮	同 年12月7—8日	15—16
第四次脫皮	同 年12月21—23日	14—16
第五次脫皮	1961年1月6—8日	15—17
第六次脫皮	同 年3月7—10日	60—63
第七次脫皮	同 年5月12—14日	33—35

至6月10日共經232天尙未羽化

B組：環境溫度22—24°C

	月 期	每齡經過日數
解 化	1960年12月8日	
第一次脫皮	同 年12月25日	17
第二次脫皮	1961年1月14—15日	20—21
第三次脫皮	同 年2月1—2日	17—18
第四次脫皮	同 年2月17—19日	15—17
第五次脫皮	同 年3月6—8日	15—17

至6月10日共經184天尙未羽化

C組：環境溫度30°C

	日 期	每齡經過日數
解 化	1960年12月13日	
第一次脫皮	同 年12月23—24日	10—11
第二次脫皮	1961年1月2—3日	11—12

(176) 師大學報第八期

第三次脫皮	同 年1月11—12日	9—10
第四次脫皮	同 年1月22—23日	13—14
第五次脫皮	同 年2月3—5日	12—14
第六次脫皮	同 年3月7—12日	32—37
第七次脫皮	同 年4月10—15日	33—38

(羽 化)

由孵化至羽化共經120—125天

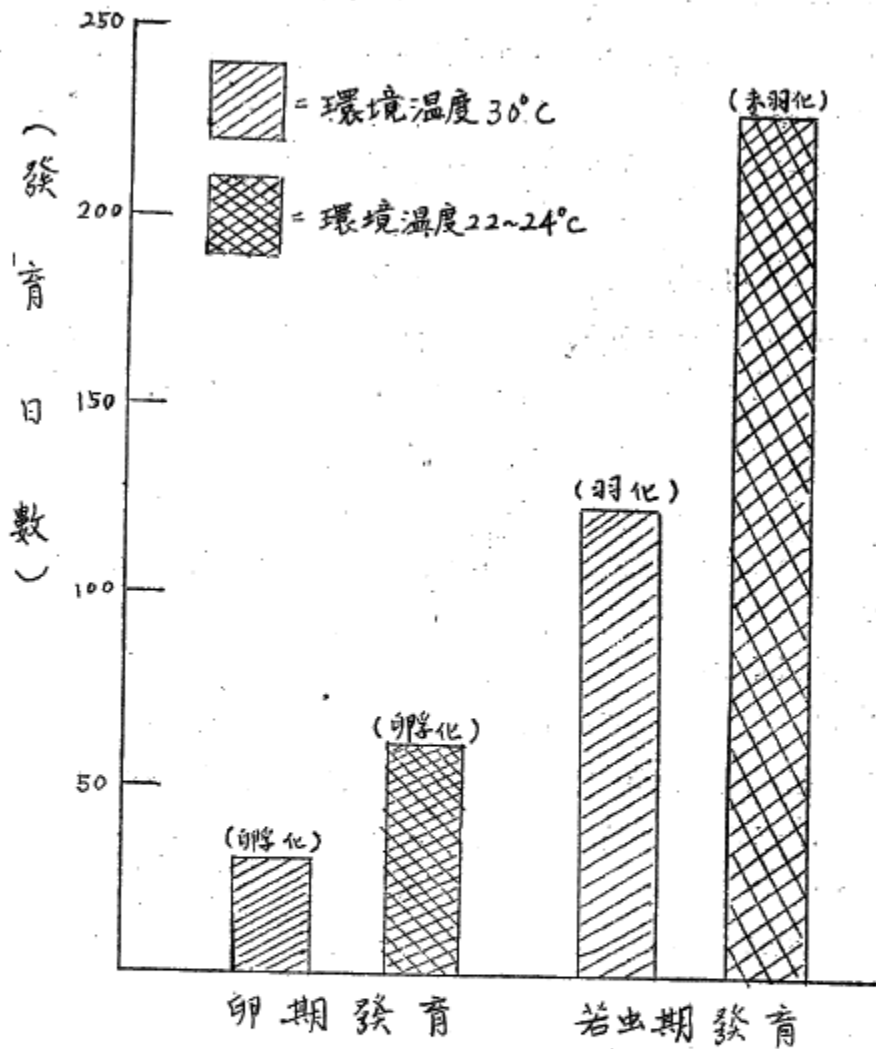
D組環境溫度30°C

	日 期	每齡經過日數
解 化	1960年12月8日	
第一次脫皮	同 年12月21日	13
第二次脫皮	1961年1月2—3日	11—12
第三次脫皮	同 年1月12—14日	10—12
第四次脫皮	同 年1月20—22日	8—10
第五次脫皮	同 年2月3—5日	14—16
第六次脫皮	同 年3月16—19日	41—44
第七次脫皮	同 年4月14—18日	29—33

(羽 化)

由孵化至羽化共經127—131天

分析上列諸表，已知兩種不同溫度下處理的卵及若蟲，其發育有極顯著的差異。22—24°C溫度下發育的卵期平均為62.5天，而30°C時僅30.7天，前者約較後者慢一倍，若蟲之生長，因試驗之時間短促，22—24°C溫度下生活之若蟲發育未能觀察至羽化為止，然就其所經過的日期看來，二者之發育亦已現出顯著的不同。例如30°C之溫度時，若蟲之生長迅速，經四個月餘即可羽化為成蟲，而於22—24°C溫度下生活者，雖經七月餘之時間，亦尚不能羽化為幼蟲。此外尚有一值得注意者為30°C溫度下生活之



圖一 不同溫度下卵及若蟲之平均發育日數

若蟲，由孵化後至羽化止（不包括剛孵化時「前若蟲」Pronymph之脫皮）共脫皮7次，但在22—24°C溫度下生活之若蟲經8次脫皮也不羽化為成蟲，換言之，低溫下生活之若蟲，其脫皮次數似有較高溫時增多之趨勢。此顯示低溫可促進青春激素（Juvenile Hormone）之分泌，用以延長若蟲之發育而阻止其成熟。

(2) 積算溫度 (Total effective temperature) (27.28.29.)

這個試驗為上一個試驗的延長，而且由此將可瞭解昆蟲發育與溫度之間的關係。

關於動物的發育與溫度的試驗中，有所謂積算溫度定律 (Law of total effective temperature) 依此說法謂發育中某一齡期的昆蟲 (卵、幼、蟲、蛹) 在完成發育時，必需要蓄積一定量的熱能。故其有效積算溫度同種同齡之昆蟲應該是一致相同的。1923年 Blunck (3) 把這一個定律用數學的公式表示。其公式為：

$$(T-K) D=C$$

式中 T 為試驗中之平均溫度，K 為發育限界溫度 (Threshold of development)，D 為某一齡期在該溫度下發育時所經過的日數，C 為積算溫度恆數，故由此公式中，尚可利用上一試驗所得的結果，求出某一齡期 (卵或若蟲期) 中的發育限界溫度。

由同一式中又可導出如下之式：

$$D = \frac{C}{T-K}$$

式中 C、K 為常數，D、T 為變數，T 大，D 小；T 小則 D 變大。故知發育日數與溫度成反比。

卵之發育限界溫度：

若蟲期之發育因部分沒有觀察至羽化為止，故其發育限界溫度無法應用此式求出。在此僅能求得卵之發育限界溫度。由表中知美洲蜚蠊之卵在 23°C (平均溫度) 時的發育日數為 62.5，30°C 時為 30.7，將這些數字代入 (T-K) D=C 式中，即可求出發育限界溫度 K：

$$62.5 (23-K) = C$$

$$30.7 (30-K) = C$$

$$\therefore 62.5 (23-K) = 30.7 (30-K)$$

$$31.8K = 506.5$$

$$K = 15.8$$

即美洲蜚蠊卵之發展限界溫度為 15.8°C

四、濕度對其生理生態之影響

1. 濕度對高溫致死溫度之影響

本試驗分二情況進行，一為潮濕空氣，另一為乾燥空氣。前者先作成飽和濕室，放

入蠶蟻。後者作成乾燥室，放入蠶蟻，置於恒溫槽，逐漸升高溫度，作同樣之觀察，其結果如次：

表五之一 潮濕空氣對成虫高溫致死之影響

各姿態開始之溫度 活動姿態	編號	編號										平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
強 活 動		37	36	36.5	35	35	34	36	35.5	36	35	35.6
強 興 奮		46	45	47	47	46	45	46	47	46	46	46.1
強直(收縮或伸張)		49	48.5	49	50	48.5	49.5	49	50	48	48	48.9
熱 死		53	52	52.5	53.5	52	53	51	53	52	52.5	52.5

表五之二 潮濕空氣對老熟若虫高溫致死之影響

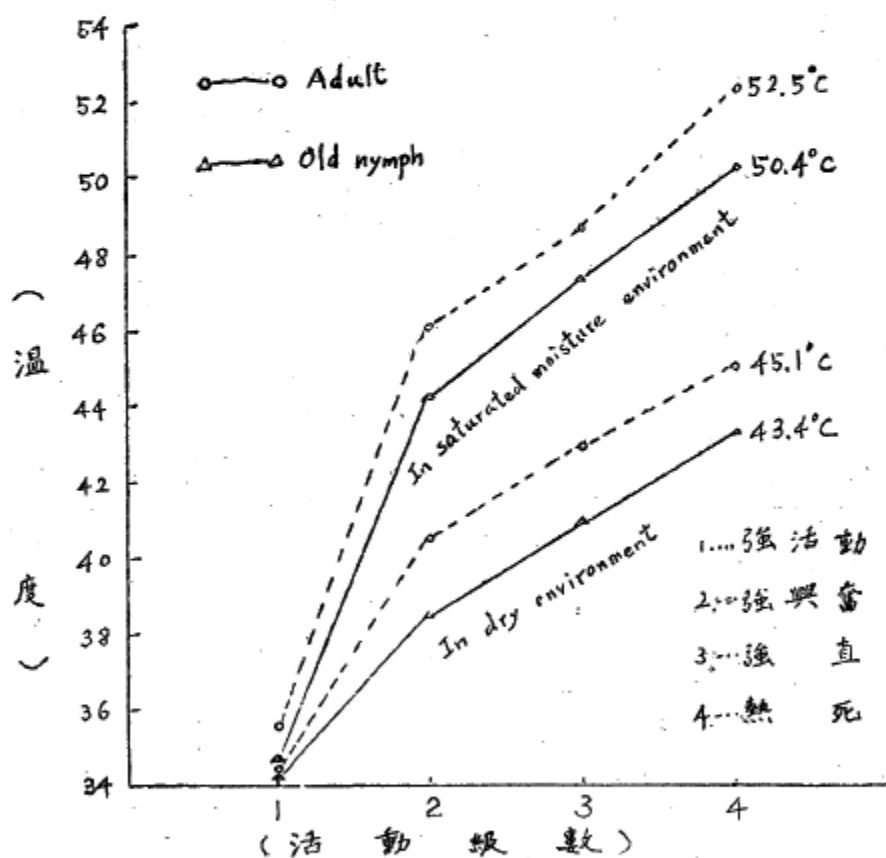
各姿態開始之溫度 活動姿態	編號	編號										平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
強 活 動		35	34	35	35	34	36	34.5	36	34	35	34.8
強 興 奮		45	44	44	45	45	43.5	44	45	43	44	44.2
強直(收縮或伸張)		48	47	48	47	48	49	47	48	46	47	47.5
熱 死		51	50	50.5	49.5	49	52	50	51	50	51.5	50.4

表五之三 乾燥空氣對成虫高溫致死之影響

各姿態開始之溫度 活動姿態	編號	編號										平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
強 活 動		34	35	34	34	34.5	35	34	34.5	35	35	34.4
強 興 奮		40.5	40	41	40.5	40	41	40.2	42	40	41	40.6
強直(收縮或伸張)		43	42	43.5	43.5	42	43	43.5	45	42	43	43
熱 死		44.5	45.5	45	46	44	45	45.5	47	44	45	45.1

表五之四 乾燥空氣對老熟若蟲高溫致死之影響

各姿態開始之溫度 活動姿態	編號	編 號										平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
強 活 動		35	35	34	34	33	35	34	34.5	34	35	34.3
強 興 奮		40	39	38	40	38	38.5	37	38	39	40	38.6
強 直		42	41	40	42	40	40.5	40	41	42.5	42	41.0
熱 死		44	43.5	43	44	42	43	42.5	43	44.5	45	43.4



圖二 乾濕環境對美洲蜚蠊最高溫致死溫度之影響

由試驗結果知高溫環境中成蟲的高溫致死溫度為 52.5°C ，老熟若蟲為 50.4°C ；而在乾燥的環境中其高溫致死溫度成蟲降至 45.1°C ，老熟若蟲亦降至 43.4°C 。高溫

與乾燥的致死溫度相差約 7—8°C 左右，所以乾燥空氣有促進美洲蜚蠊在高溫時死亡的傾向。

2. 濕度與體內含水量的關係

食物中的水分以及大氣中的濕度，皆能影響昆蟲體內的含水量。本試驗的目的主要在試驗不同濕度的環境，對蜚蠊體內含水量的影響，並闡明其生理生態的意義。

(1) 濕度的調節

本試驗以三個中型的乾燥瓶 (Desiccator, 口徑約 19cm) 充做密閉室。利用不同濃度的硫酸溶液調節成 RH30% (H₂SO₄ 78%) RH49% (H₂SO₄ 44%) 及 RH100% (H₂SO₄ 0%) 等三種不同之環境。

(2) 供試蟲之放置

濕度調節妥當後，將供試蟲稱好，放入皆用紗網蓋住之動物容器內，連同動物容器放入乾燥瓶內，詳細觀察其生活狀況。經 6 天處理後取出，稱其體重，以求其處理後之含水情形。

(3) 體內含水量之求法

體內含水量以體液係數之百分數表示

$$\text{體內含水量 WC} = \frac{M - P}{M} \times 100$$

M 為生體重，P 為乾燥體重

將處理 6 天後稱好之蟲，放在 100°C 左右之烘乾器內烘乾，經 36 小時後取出，稱其乾燥體重，然後代入上述之式中求其含水量，得如下之紀錄。

表六之一 不同溫度下成虫體內含水量之變化

環 境 濕 度 RH	3%	49%	100%
每隻原來之平均含水量%	73.4	71.7	73.3
處理後每隻之平均含水量%	51.9	58.4	67.8
排 便 情 形	乾而硬	乾	稀而多水

表六之二 不同濕度下老熟若虫體內含水量之變化

環 境 濕 度 RH	3%	49%	100%
每隻原來之平均含水量%	65.1	67.4	69.6
處理後每隻之平均含水量%	52.3	57.8	63.6
排 便 情 形	乾而硬	乾	稀

由這個試驗中，發現兩個重要的現象，一是美洲蜚蠊體內的含水量，依周圍濕度的高低而增減；即在飽和狀態時含量較多，平均在 63—67% 左右，在乾燥的環境中，則減至 51—52%。二是濕度影響牠們的排便情形。在飽和濕度時其糞便稀而多水，但在低濕或接近乾燥時，即成硬而乾燥之粒狀體，此種原因，將在下文加以討論。

五、中腸細胞之肝醣含量

作者在臺北蚊類生態之研究中，曾發現蚊體之解醣作用與蚊體活動，有嚴密之週期性，認為解醣作用有週期性，蚊體活動始有週期性。蜚蠊活動亦有顯著之週期性，其肝醣消長是否亦有週期性，亦有研究之必要。方法切取中腸，剖開，用蒸餾水洗去內容物，用碘液作滲透染色，然後用顯微測定法，計算中腸細胞中含有多少肝醣顆粒，按肝醣之多少分爲一、+、++、+++、++++等五級。在白天共測定 105 次，在夜間共測定 124 次。依據統計，蜚蠊在夜間，其中腸細胞所含肝醣較白天稍多，在夜間有 66.94% 之蜚蠊，其中腸之肝醣量爲二級（ $\pm = 0-10$ 顆粒），有 17.74% 爲三級（ $++ = 10-50$ ）；在白天，其中腸之肝醣量屬二級者，占 45.72%，屬三級者占 17.14%。參閱下表，可知蜚蠊之活動雖有顯著之週期性，而肝醣消長則無顯著之週期性。此一現象或與其體內之脂肪組織有關，蜚蠊腹腔內之脂肪組織原頗發達，其平時積儲養分或爲脂肪組織而非中腸細胞中之肝醣，關於此點，猶待日後之試驗。

表七 蠶蛹中腸肝酶之晝夜消長

肝 量 細 別 雙 數 及 百 分 率	白 天		夜 間	
	雙數	百 分 率	雙數	百 分 率
-	35	33.33%	13	10.48%
+	48	45.72%	83	66.94%
++	18	17.14%	22	17.74%
+++	3	2.86%	5	4.03%
++++	1	0.95%	1	0.81%
總 數	105	100%	124	100%

六、討 論

1. 高溫

在自然界中，昆蟲由於對高溫的敏感性及因高溫而引起逃避的行動，一般是能避免熱的傷害 (Heat injury) 的。在大多數的昆蟲中，觸角是對熱刺激最敏感的部分，在蠶蛹中除觸角之外，腳的爪墊也是對熱的刺激感覺敏感的部分，因為溫度開始進入到強活動時 (34—35°C) 即不斷的將觸角及爪墊送至口中洗刷，以圖消弭熱傷。

溫度上升，經過高溫圈而至高溫不適溫度圈時，昆蟲之新陳代謝急增，體內不適，引起強烈的活動。溫度更加上升時，昆蟲的神經系統，由極度的興奮而陷於低潮，遂昏迷而死。

高溫致死的真正原因，尙未確知。早期學者認為此種死亡係單純地由於細胞原生質中蛋白質的凝固所致，較近的學說則將酵素的破壞、窒息 (Asphyxiation) 以及由於廢物累積，引起原生質平衡狀態的若干其他障害等原因包括進去。近數年來擬脂質游離學說 (Lipoid Liberation Theory) 受到很大的贊同。這個學說由 Heilbrunn 氏與 Belebradek 氏所首創，他們將因高溫而致死的原因歸之於原生質的脂肪 (Protoplasmic Fats) 自動物組織中游離出來而起 (2)，高溫時如昆蟲體內蛋白質含水較少，則不易熱死，因為蛋白質含水少時，其凝固點可提高 (3)。又昆蟲體內之某些物質亦能提高其致死溫度，例如根據 Hopf (8) 報告，Flash fly 其血淋巴含有 lipid phosphorus 及 adanyl phospho-

osphate 等可抵禦高溫，而提高其高溫致死溫度，美洲蜚蠊的高溫致死溫度以老熟若蟲及成蟲為較高。其真正原因是否如上述所言，尚待進一步的研究。

2. 低溫

低溫對昆蟲的作用與高溫的作用，有一迥然的不同。即低溫致死成可逆反應，而高溫致死則能不可逆反應。換言之，低溫致死如果接觸時間不長的話，昆蟲可以復甦，而高溫致死一般都不可復甦，這種現象在美洲蜚蠊中亦可發現。復甦時間的快慢除與接觸的時間長短有關外，亦因齡期而不同。在美洲蜚蠊以成蟲及老熟若蟲復甦的時間最快。

凍僵後的復甦，與昆蟲本身的耐寒性有關。昆蟲的耐寒性又受到體內所含水份的支配。昆蟲體內有游離水 (Free water) 及吸附水 (bound water) 前者的含量多，則昆蟲易於低溫時死亡，反之耐寒力即可增強。因為昆蟲在低溫時的死亡，往往由於組織中的水份的凝凍以致體積膨大，細胞破壞所致。此外或因細胞間隙水分凝凍，細胞得不到水分，一切生理作用不能進行而死亡，吸附水因被昆蟲原生質的水乳膠體 (Hydrophilic colloid) 吸住，冰點大降，不易凝凍，故吸附水含量的增多，可提高其耐寒的程度。Sacharov (9) 曾利用一種精密的技術，研究嚴冬時昆蟲之耐寒情形，得到如下的結論：他認為體內含水量的多寡固可影響昆蟲的耐寒力，但脂肪的含量也是一大因素。例如體內含水 54.12% 和脂肪 14.36% 的櫟色天牛 (*Plagionotus arcuatus*) 幼蟲能抵抗 -17.5°C 的溫度，而體內含水很多 (74.05%) 脂肪含量少 (2.66%) 的蜜蜂，在 -7°C 時即行死亡。蜚蠊的成蟲以及快羽化為成蟲的老熟若蟲，因體內養分充足，脂肪含量少於吸附水，故其抗寒力較其他齡期為強，自屬必然的事。

3. 溫度與發育

由圖一所示，很明顯的指出某種程度之高溫對美洲蜚蠊的卵及若蟲的發育是可以促進的。發育速度隨溫度上昇而增加。這個現象可由積算溫度恒數的學說，加以解釋。依此學說謂發育中某齡期的昆蟲 (卵、幼、蟲、蛹) 在完成其發育時必需要蓄積一定量的熱能。高溫時熱能的供給較多，在短時間內可以積蓄到相當數量的熱能，故發育所需的日數自較低溫時為少。可是積算溫度定律中 $(T-K) D=C$ 之溫度 T 並非漫無限制的，在上， T 不能超過適溫圈以上，在下亦不能低於發育限界 (K)，否則對其發育都是有害的。故溫度對發育的促進，僅限於適溫圈範圍之內。

所謂發育限界溫度 (Threshold of development) 依據 Peairs(7) 的說法是指昆蟲在此溫度以下發育即告停止，達此溫度以上法，發育才能開始。由試驗中求得美洲蜚蠊的卵期的發育限界溫度為 15.8°C 。根據楚南仁博士在臺北所做的試驗，美洲蜚蠊及澳洲蜚蠊的卵期在盛夏時為 22—35 日左右，而經冬季 (11月至次年 4 月) 發育的卵要經 4—5 個月才能孵化。臺北附近冬季的溫度，有大半時期低於 15°C 以下，故在此段期間，蜚蠊的卵之發育，有部分時期是在停滯狀態，卵之發育因而延遲至數月之久。

4. 溫度與若蟲脫皮次數

關於昆蟲幼蟲期之脫皮次數與溫度的關係，前人研究的報告甚少，且往往有矛盾的現象出現。有些人謂高溫可以增加脫皮次數，有些人則發現高溫反可減少其脫皮。例如 Przibram (8) 研究螳螂的一種 (*Sphodromantis vividis* Forsk) 幼蟲，在 25°C 溫度下飼育時共脫皮 8—9 次，而於 37°C 時為 9—11 次，顯然地高溫時確較低溫時增加其脫皮次數。但 Parker(9) 所做的試驗却與此相反，他發現蝗蟲的一種 (*Melanoplus mexicanus* Sans) 在 $22—27^{\circ}\text{C}$ 時脫皮 6 次，而於 $32—37^{\circ}\text{C}$ 時則僅 5 次；即高溫時較低溫為少。美洲蜚蠊若蟲期的脫皮次數，據作者試驗結果，亦與 Parker 氏對蝗蟲所做的試驗相同。即其脫皮次數在高溫時較低溫時為少。作者認為脫皮之次數與 Juvenile Hormone 之分泌有關。

5. 濕度與溫度的相關作用

F. Cole (5) Headlee (7) Kirkpatrick (10) 等皆證明濕度可以影響昆蟲的高溫致死的溫度。對美洲蜚蠊的試驗中，作者也發現同樣的結果。即飽和濕度下，其高溫致死溫度要較乾燥時提高 $7—8^{\circ}\text{C}$ 左右。此種現象可由昆蟲體內水分的消失中獲得解答。根據 Ramsay (11) 的研究，謂蜚蠊體內的水分大部分由體表蒸散出去。這種蒸發作用除了受溫度的影響外，也受到周圍空氣濕度的支配。在乾燥而溫度高的環境裏，昆蟲體內水分的蒸發速度即行增加；如果溫度繼續上昇，水分的喪失，就會更加迅速。這時候蜚蠊一方面受了熱的傷害，另一方面體內的水分又大量消失，在兩重有害的因素侵害下，死亡現象自然加快，因此其致死高溫便相對降低。反之，在飽和濕度時水分的蒸散減至最低限度其耐熱程度提高，故致死高溫自然較在乾燥時增高。

6. 濕度與體內含水量

由表六中吾人發現環境濕度發生變化時，美洲蜚蠊的體內含水量及排便情形也隨之改變。此種改變，在生態上頗具意義。因為一般昆蟲的體內含水量都維持一定的限度，不能過多，也不能過少。故環境濕度近於飽和或達成飽和時，蜚蠊即將水分經馬氏管入消化道，隨糞便排出，以維持其平衡，排出的糞便自然稀而多水。與此相反的，在極端乾燥的環境中生活的蜚蠊，為了要盡量減少體內水分的喪失，不得不排出乾燥固體的糞便，以節約內體水分，這樣的水分調節作用，如果在乾而寒冷的冬季，溫度降至冰點時，對其生存即可發揮作用，因為牠們為了逃避組織內的結冰，水分的喪失可以使體內的鹽類及其他溶質的濃度提高，因而降低了結冰點，生命因之得以保存。

七、結 論

由上面的觀察及試驗的結果，可以歸納出數點結論：

1. 臺北附近的美洲蜚蠊一般都生活於家屋內，其中尤以廚房、廁所、倉庫，以及食物貯藏室為多。在野外甚少發現。

2. 在昆蟲中，像美洲蜚蠊食性如此廣泛的，是非常稀少的。在沒有食物的時候，雖僅吸食水分，亦可維持長時期的壽命，對環境之適應能力既如此堅強，故能到處生活，繁衍不絕。

3. 對光牠們顯出強烈的避光性，故白天或夜間受強光照射時，即隱藏於陰暗處。在休息時有喜歡棲於垂直或斜面的習性。利用此種習性，若噴射殘效性 (Residual effect) 的殺蟲劑於牆上，就防治上言，應是有效的。

4. 嚴格說來臺北附近的美洲蜚蠊不可能有冬眠現象。因為臺北的冬季雖冷，但其生理零點僅偶一出現。加以此蟲終年生活於室內，冬季所受之環境溫度自較室外為高，故冬季時的蟄伏不見，僅是一時的不活動，並非真正的冬眠。

5. 美洲蜚蠊的低溫致死溫度 $1-2^{\circ}\text{C}$ 時一齡若虫經12小時，三齡若虫經45小時，老熟若虫經65小時，成虫經70小時。低溫不適溫度圈在 $3-17^{\circ}\text{C}$ 之間，適溫圈在 $17-36^{\circ}\text{C}$ ，高溫不適溫度圈為 $36-45^{\circ}\text{C}$ 。高溫致死溫度，一齡若虫為 45°C ，三齡若虫為 45.9°C ，老熟若虫為 $47-49^{\circ}\text{C}$ ，成虫為 $49-50^{\circ}\text{C}$ ，高溫致死溫度之抵抗時間，以成虫最長，在 $49-50^{\circ}\text{C}$ 之間，成虫可抵抗10%分鐘，老熟若虫為10分鐘，三齡若虫為7分

鐘，一齡若虫最弱，僅能忍受5分鐘。

6. 溫度與發育之關係：由試驗證明，在適溫圈內，溫度可促進美洲蜚蠊的發育，例如在溫度 22—24° C 下發育的卵經 56—67 日孵化，而 30° C 溫度下者經 29—33 日即可孵化。若虫期之發育亦復如是，在高溫（30° C）時，經三至四個月即羽化為成虫，但在 22—24° C 時，雖經七月餘的時間，亦尚不羽化為成虫。由積算溫度定律中求得其卵之發育限界溫度為 15.8° C。冬季時其卵之發育所以較夏季慢 2—3 倍，乃因冬季時有一段時期溫度低於發育限界溫度，卵之發育停止所致。

7. 濕度可以影響美洲蜚蠊的高溫致死溫度。在飽和濕度時，成虫之高溫致死溫度為 52.5° C，老熟若虫為 50.4° C。在乾燥空氣下，成虫降至 45.1° C，老熟若虫亦降至 44.4° C。飽和濕度下，其高溫致死溫度約較乾燥時提高 7—8° C 左右。

8. 周圍的濕度能影響蜚蠊的含水量及排便情形。在飽和濕度時，其體內之平均含水量，老熟若虫及成虫各為 63% 及 67%，而糞便稀薄，在乾燥時其體內含水量減至 51% 及 52%，而糞便乾硬，故糞便中含水的多寡，為牠們調節體內水分之一種方法。

9. 中腸細胞之肝醣量，夜間雖較白天稍多，但無顯著之週期性。

八、英文摘要

1. In Taipei, the American cockroaches, *Periplaneta americana* L. are usually found in dwellings, particularly in the kitchen, water closet and food store house, but scarcely in field.

2. The American cockroaches are polyphagous insects. They feed on various kinds of food including animal or vegetable diets. During the period of starvation, they can maintain their longevity for a long time if water supplied only. Being highly adaptive to various environment, thus they can live in any circumstance and propagate generation to generation.

3. This insect has a strong negative phototropism. During the day or when the room is lighted, it always hides itself in the dark place. It habitually stays upon the wall or perpendicular plane at rest.

4. No hibernation apparently takes place for this insect in Taipei, because no consecutive physiological zero point appears in this area during the winter.

5. The lower fatal limit temperature of this insect is at 1-2° C. in 12 hours for the first instar, 45 hours for the third instar, 65 hours for the old nymph and 70 hours for the adult. The unfavorable low temperature ranges from 3 to 17° C. while the unfavorable high temperature from 36 to 45° C. The higher fatal limit temperature is 49-50° C. for the adult, 47-49° C. for the old nymph, 45.9° C. for the third instar, and 45.0° C. for the first instar. The adult resistant to fatal high temperature seems to be greater than any other instar; the former can remain alive for 10⁵/₆ minutes in 49-50° C., whereas the latter, especially in the first instar nymph, can only withstand for 5 minutes in the same degrees of temperature.

6. According to the present investigation, the temperature has a direct effect on the development of this insect. As shown in Table 4 and Fig. 2, the duration of egg stage ranges from 29 to 33 days at temperature of 30° C. but prolongs 57 to 67 days under the low temperature of 22-24° C. Therefore it seems reasonable to conclude that the higher the temperature, the shorter the duration of development in the egg stage within the range of effective temperature. Likewise the same conclusion may be drawn in the nymphal stage, for example, the nymph at the temperature of 30° C. may become adult only for 3 to 4 months, while at the temperature of 22-24° C., the nymph has not as yet become adult though it has already been reared for more than 7 months.

7. The moisture may significantly effect the higher fatal limit temperature of the American cockroach. Under the saturated moisture condition, the higher fatal limit temperature of the adult is 52.5° C. and that of the old nymph is 50.4° C., whereas under the dry condition that of the adult dropped to 45.1° C., and the old nymph to 43.4° C. This clearly indicates that the higher fatal limit temperature in the saturated moisture is 7-8° C. higher than in the dry moisture.

8. The water content of the body and its excreta depends upon the air moisture. Under the saturated moisture environment, the water content of the body averages 63% and 67% in the old nymph and adult respectively; and the excreta always becomes fluidy, while in the dry environment, it decrease to 51% and 52% respectively, and the excreta dry and solid.

9. The changes of glycogen in the midgut between day and night is minor.

九、文獻

1. Annandole, 1910.
Cockroaches as predatory insects. Record of Indian Mus., V. P. 201.
2. Bodenheimer, F. S. 1930.
Studier zur Epidemiologie, Oklogie und physiologie der afrikanischen Wanderheuschrecke (*Schistocerca gregaria* Forsk).
Z. angew. Rnt., 15:1-123.
3. Blunck, H. 1923.
Die Entwicklung des *Dytiscus marginalis*, L., vom Ei bis zur Imago. 2. Teil. Die Metamorphose (B. Das Larven- und das puppenleben). Z. wiss. Zool. 121: 171-391.
4. Chapman, R. N. Mickel, C. E., Parker, J. L., Miller, G. E., and Kelly, E. G. 1926.
Studies in the ecology of sand dune insects. Ecology 7:416-426.
5. Cole, F. 1906.
The Bionomics of grain weevils. J. Econ. Biol. 1:63-71.
6. Gunn, D. L. 1935.
The temperature and humidity relation of the cockroach. III. A comparison of temperature preference and ratio of desiccation and respiration of *Periplaneta americana*, *Blatta orientalis* and *Blatella germanica*. J.

- exp. Biol. 12:185-190.
7. Headlee, T. J. 1916.
Effect of moisture upon lethal high temperature.
Rep. Dep. Ent. N. Jersey Agric. Exper. Sta. 1915:486-490.
8. Hopf, H. S. 1940.
The physiological action of abnormally high temperatures on poikilothermic animals. 3. Some changes occurring in the phosphorus distribution of the haemolymph of insects under the influence of abnormally high temperatures. Biochem. J. 34:1396-1403.
9. Imms, A.D. 1937.
Recent advances in entomology.
10. Kirkpatrick, J. W. 1923.
The Egyptain cotton-seed bug (*Oxycarenus hyalini pennis Costa*)-Its bionomic damage and suggestion for remedial measures.
Bull. Minist. Agric. Egypt. 35:106.
11. Laing, F. 1921.
The cockroach. Its life history and how to deal with it.
British Museum. Economic Series. No. 12.
12. Miall, L. C. and Denny, A. 1886.
The structure and life history of Cockroach.
Lovell Reeve Z. Co. London.
13. Parker, J. R. 1929.
Some effects of temperature and moisture upon the activities of grasshoppers and their relation to grasshopper abundance and control. Trans 4th Int. Congr. Ent. Ithaca. 2:322-322.
14. Payne, N. M. 1926.
The effect of environmental temperatures upon insect freezing point.

- Ecology. 7:99-106.
15. Payne, N. M. 1926.
Freezing and survival of insects at low temperatures.
J. Morphol. 43:521-546.
 16. Peairs, L. M. 1914.
The relation of temperature to insect development.
 17. Peairs, L. M. 1914.
Some phases of the relation of temperature to the development of insects Bull. West Virginia Univ. Agric. Exp. Sta. 208:62pp.
 18. Prizibrame, H. 1909.
Aufzucht. Farbwechsel und Regeneration der Gottesanbeterinnen (Mantidae). III. Temperatur und Vererbungsversuche.
Arch. Entw. Mech. Org. 28:561-628.
 19. Ramsay, J. A. 1935.
The evaporation of water from the cockroach.
J. exp. Biol. 12:373-383.
 20. Sacharov, N. L. 1930.
Studies in the cold-resistance in insects. Ecology. 11:507-517.
 21. Shiraki, T. 1931.
Orthoptera of the Japanese Empire II. Blattidae.
Ent. Lab. Taihoku Inperi. Univ. Contribution. 29:171-209.
 22. Steinhaus, E.A. 1949.
Principles of Insect Pathology. P.22-25.
 23. Willis, E. R. Geoger, R., and Louis, M.R. 1958.
Observations on Reproduction and Development in Cockroach.
Ann. Ent. Soc. Amer. 51:53-68.
 24. 高橋良一。1924.

(192) 師大學報第八期

ゴキブリ類の生活史，動物學雜誌。36:215-229

25. 楚南仁博。1924.

ワモンゴキブリ及コワモンゴキブリの觀察。

臺灣博物學會會報No.74.

26. 楚南仁博。1927.

ワモンゴキブリ及コワモンゴキブリの觀察。

臺灣博物學會會報No.90.

27. 八木誠政，小泉清明。1931.

函數生物學，P.207.

28. 素木得一，1935.

昆蟲と氣候，P.21-56.

29. 下泉重吉，1939.

動物生態學實驗法，建文館。

30. 繆端生，郎秀娟。1960.

臺北蚊類之生態

師大學報第五期

31. 繆端生 昆蟲生態學講義 臺大病蟲害研究所