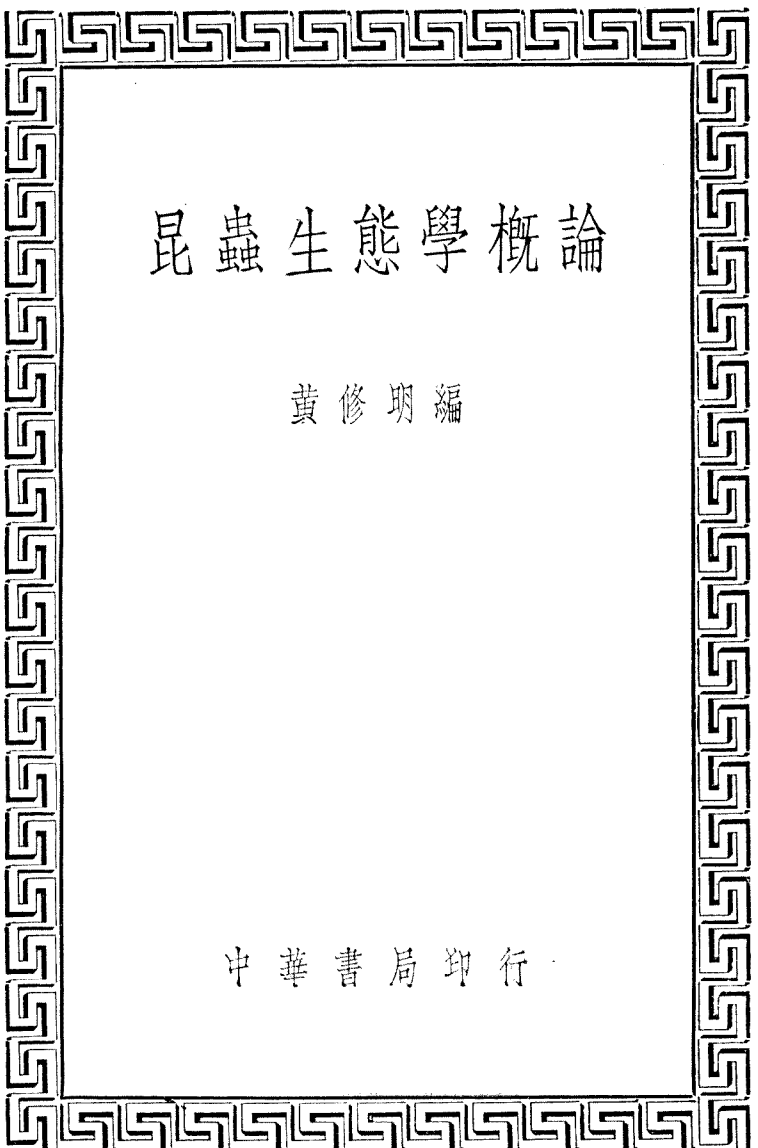


昆蟲生態學概論



昆蟲生態學概論

黃修明編

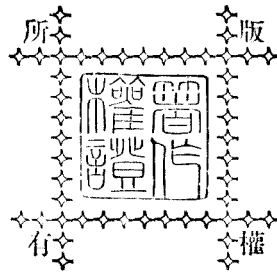
中華書局印行

民國三十年六月印刷
民國三十年六月發行

大學
昆蟲生態學概論 (全一册)

◎ 實價國幣三元

(郵運匯費另加)



編者 黃修明

發行者 中華書局有限公司
代表人 路錫三

印刷者 美商永寧有限公司
上海澳門路

總發行處 昆明 中華書局發行所

分發行處 各埠 中華書局

自序

昆蟲生態之研究，已有悠遠之歷史，但其材料散佚各種文獻中，搜集匪易，繼經各國昆蟲專家之整理與補充，始奠定昆蟲生態學之基礎，成爲昆蟲學最新之一分科，在過去二十年中，確有顯著之進步，漸由理論之探討，進而用於實際治蟲工作矣。予深信欲防治蟲害，必先從研究生態學入手，否則，頭痛醫頭，腳痛醫腳，殊無補於實際，此非理想上之言，蓋徵之事實，固如斯也。以生物進化史論，昆蟲之在今日，已達全盛時代，無論從種類、個體數、分布、區域適應力，以及保持自然界之平衡狀態各方面觀察，所佔地位絕對重大，謂爲自然界之優勝者，亦無不可，其與人類發生之關係至爲密切，以自我之立場而言，得分爲害蟲與益蟲兩大類，害蟲固宜撲滅，益蟲尤應保護，此稍具昆蟲智識者，類能知之，然從事治蟲之人員，往往昧於生態學之原理與方法，以致事倍工半，作者爲應農業界之需要起見，草爲是篇，掛一漏萬，在所不免，尙祈海內明達，進而教之。

本文編纂期中，承業師張景歐、費鴻年兩先生之鼓勵，及草竣後，復蒙蔡邦華先生斧正，謹此誌謝。

編者識，二五，五，一九。

昆蟲生態學概論

目次

第一章	昆蟲生態學之意義	1—2
第二章	昆蟲棲息之環境	3—21
第一節	昆蟲與溫濕度之關係	3—20
第一	溫度	3
第二	濕度	11
第三	溫濕因子聯合之影響	14
第二節	昆蟲與光之關係	20—21
第三節	昆蟲與氣壓之關係	21
第三章	昆蟲棲息領域之分類	22—28
第一節	陸區	22—26
第二節	水區	26—28
第四章	昆蟲羣落之變遷	29—35
第一節	地質學之變遷	29—30
第二節	季節之變遷	30—33
第三節	一日間之變遷	33
第四節	生態之變遷	34—35
第五章	昆蟲社會	36—58
第一節	同種社會	36—45
第一	性之社會	37
第二	母性愛之發達	38
第三	家族制度之發達	40
第四	母性中心家族	41

第五	兩性中心家族	43
第六	同種之集團	44
第二節	異種社會	45—58
第一	鬥爭與和睦	46
第二	寄生與共棲	49
第三	昆蟲之食性與羣落關係	51
第四	昆蟲之分佈	56
第六章	昆蟲生態學之應用	59—85
第一節	作物生長之調節	59—67
第一	播種期	59
第二	作物之榮養與土壤狀態	62
第二節	品種之抵抗力	67—73
第三節	寄主之選擇與生物種類	73—79
第四節	蝗蟲生態形象之問題	79—85
	參考文獻	86

昆蟲生態學概論

第一章 昆蟲生態學之意義

生物之生存於地球，厥爲二大原動力：一爲生活，用以維持個體之生命；一爲生殖，用以繼續種族之生命。昆蟲爲生物界之一員，故在生活，亦有種種之活動，以求安全棲息之所，且爲適應棲息之環境起見，更在自體之構造及機能上，起種種之變化。所謂昆蟲棲息之所，須有適於昆蟲棲息之條件，條件具備，始獲生活而蕃殖。足見昆蟲之生存，自有適於其生存之環境。在此種環境，能與生物相互發生密接之關係，且能左右昆蟲生活勢力之消長。生態學即在探明此種複雜關係之機構，以助對於生命之理解。昆蟲生態學以昆蟲爲研究之對象，乃動物生態學之一部分，其主要問題爲昆蟲之環境如何？有機環境與無機環境諸因子對於昆蟲之作用如何？昆蟲對於此等因子之反應又如何？更進而分別敘述各種類之生活史，環境之分析，自然之平衡及保持，以及生物相、行動、各種主要因子之調節，生態相(Ecological complex)與上述諸條件之關係等等。

以生活昆蟲爲研究本體之生態學，其系統與分類學及形態學均異；即與研究整個生物機能之生理學，旨趣亦不同。蓋生態學注重於一羣動物或一個體與各種因子之關係，而生理學則注重於一個體或個體之一器官之固有機能，其間自有分明之境界焉。

研究一種環境因子與生物個體之關係爲目的者，謂之個體生態學(Autoecology)；研究多種集合環境因子與生物羣落(Association)之關係爲目的者，謂之羣落生態學(Synecology)。關

於昆蟲生態學之敘述範圍，有注重個體生態學而不含昆蟲羣落者，惟昆蟲之食餌植物，大都形成羣落，昆蟲既不能脫離植物羣落而棲息，故研究昆蟲羣落，勢難闢開植物羣落而立論，因此昆蟲羣落之研究，當屬諸廣義生物生態學(Bioecology)之範圍。

生態學既為敘述生物羣落與環境關係之科學，故又可稱為『生物社會學』。個體生態學係着重研究構成生物社會一份子之種種知識，綜合集成此等知識，便成立羣落生態學。邇來生態學之進步甚速，其範圍已漸擴大，故生態學視為生物之社會經濟之學問，亦無不可。

第二章 昆蟲棲息之環境

考昆蟲進化之初，或均棲息於地表，其後分趨各方移住，各以環境之不同，遂進化爲現今各種之昆蟲，有攀懸地表植物而寄居其上者；有以翅之發達而征服空中者；有蟄居土中者；有向淡水中進行者。營水中生活之昆蟲，有非完全潛居水中，而以一部份期間移住陸地，以示不忘本源者。水棲昆蟲中更有侵入海中者。上述昆蟲棲息領域，概括言之，可分陸區與水區二種。然以昆蟲界全體狀態觀之，各種昆蟲各具一定棲息之場所，決不越出棲息範圍之外，此何故？蓋昆蟲受限於環境，其棲息之所，具有適於棲息習性之因子故也。

何謂環境？指生物棲息地周圍之一切事物現象也。此等事物現象，即係引誘物種起作用之因子。此等因子約別之有三：

- (1) 氣象因子(Climatic factor)
- (2) 土地因子(Edafic factor)
- (3) 生物因子(Biotic factor)

氣象因子，即普通氣象學上所引用者，例如溫度、濕度、光、氣壓及水壓等是也。土地因子，即地質、地形等之組成及現象，若普通地質學上所引用之因子等是也。生物因子，則爲各種生物之活動。

上述各種因子，集合而成一種環境，一定狀態之環境，遂有一定種類之昆蟲棲息其間。

第一節 昆蟲與溫濕度之關係

第一 溫度

昆蟲生活常受溫度之影響，稍具昆蟲學識者類能言之。邇來關於溫度對於昆蟲影響之各種試驗方法中，有栢巨墨周氏

(Bachtmetjew) (1901, 1907) 之研究, 可稱頗具理解力。

原夫昆蟲在同一時間與空間, 若溫度驟生激變, 足以限制其活動, 影響其新陳代謝及生殖作用, 而其他行爲, 亦隨之而起變化。吾人將昆蟲能活動之溫度範圍, 稱曰活動溫帶 (Zone of Effective temperature)。溫度上昇至超越最高活動溫度 (Maximum effective temperature) 時, 此種溫度即曰不活動溫帶 (Zone of inactivity), 此帶中之昆蟲, 因溫度太高, 不適其活動而休眠, 故又稱曰熱眠 (Heat-dormancy), 或稱夏眠帶 (Zone of aestivation)。在不活動溫帶之上, 有高溫致死度 (Fatal high temperature), 此種溫度為昆蟲不能持久生存而致死亡之溫度, 若置諸最大致死度 (Maximum fatal temperature), 則死亡立至。當溫度下降至最小活動溫度 (Minimum effective temperature) 時, 稱曰發育開始 (Threshold of development), 昆蟲在此溫度中, 其體內之新陳代謝作用幾呈平衡狀態, 然亦非完全固定不變者, 此時建設作用 (Anabolism) 之進行, 常超越破壞作用 (Katabolism), 故能生長發育。關於此種發育開始之決定, 須經長時間之試驗始獲明晰, 故從來各種報告中能正確緒述發育開始者寥若晨星。又最小活動溫度之下, 亦為不活動溫帶, 昆蟲在此帶中, 因寒冷而靜止休眠, 故又稱曰寒眠 (Cold-dormancy), 或曰冬眠帶 (Zone of hibernation), 實與高溫之夏眠帶相類似, 再在此帶之下為低溫致死帶 (Zone of fatal low temperature), 與高溫致死帶相類似, 最下端為最小致死度 (Minimum fatal temperature), 昆蟲置此, 立即死亡。

茲將杭泰 (Hunter) 及倍爾司 (Pierce) (1912) 兩氏觀察溫度對於美洲棉鈴蟲之影響的結果, 約略言之 (圖一)。彼等之實驗雖無極嚴密之管理, 但其濕度之變化僅在 37 與 40 % 之間。

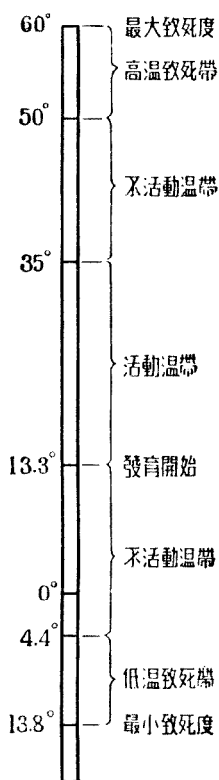


圖1 美洲棉鈴蟲之活動溫帶(仿 Hunter, Pierce, 1912)

試驗結果:活動溫帶位於攝氏 13.3° 與 35° 之間,35° 至 50° 爲不活動溫帶, 50° 至 60° (在土內溫度) 之範圍爲高溫致死帶,成蟲置其中經五十秒至一分鐘即死亡,最高致死度爲 60°。低溫不活動溫帶位於 13.3° 至 -4.4° 之間,降至 -13.8° 爲低溫致死帶, -13.8° 亦即爲最小致死度。

上述之活動溫帶內有最適於昆蟲生存之氣溫範圍,昆蟲生育其間,能得正常之發育而獲最大之個體數。

帕爾斯氏(Pears)(1927)係最近專事觀察溫度對於昆蟲發

育之關係的學者，彼試驗時將各種昆蟲（幼蟲、蛹及卵）分為數組，置諸各種之恆溫（Constant temperature）中，而比較濕度（Relative humidity）則非永恆者，惟常保持其相近之飽和度。依帕氏之論據，時間因子與溫度可交互作成曲線圖，以示溫度上昇能直接影響於昆蟲而增加其發育之速度（圖二）。此種曲線

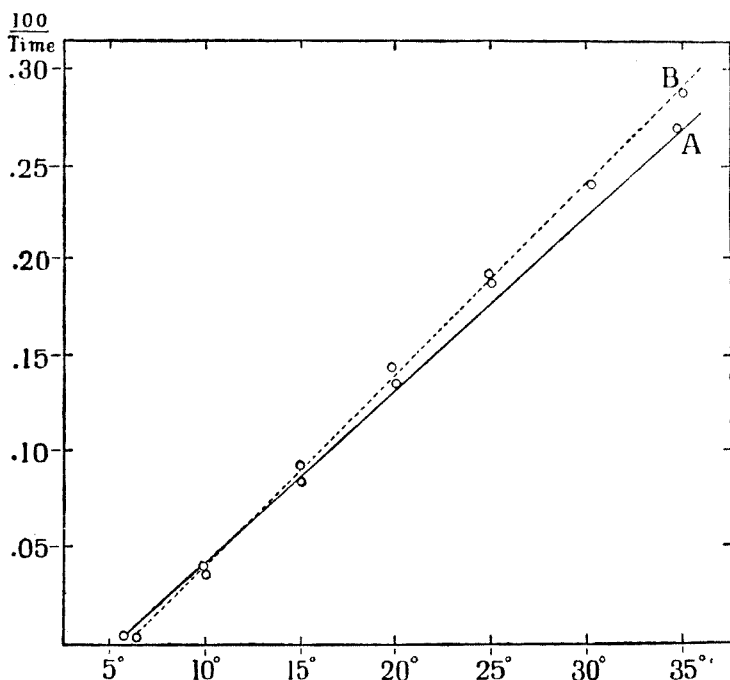


圖 2 一種家蠅 *Lucilia caesar* 幼蟲之發育率。A. 羽化平均時間。B. 在各種溫度下各組初次羽化之平均時間。(From Pears, 1927)

在接近某種限界內時成一直線，克羅格氏 (Krogh) 及其他學者均同意之。帕氏復進而推論：在各種溫度內每組昆蟲中最早羽化之平均時間，較全體昆蟲羽化所需時間之平均數，更為正確。並持此兩種數值，作圖以比較之。當應用此種廣泛之恆溫範圍

以作實驗時，所得結果，速度曲線非全成一直線，在高溫及低溫兩處曲線必向下傾斜，在理論上發育開始雖應為速度曲線之起點，或曲線與諸溫軸(Temperature axis)相交叉之點，然實際上未必如斯，據克羅格(Krogh)，雪爾福(Shelford) (1927)及其他學者之觀察，則謂發育開始位于速度曲線之零點下，茲由理論作成一曲線圖(圖三)，圖中指示低溫之發育速度徐徐下垂，而

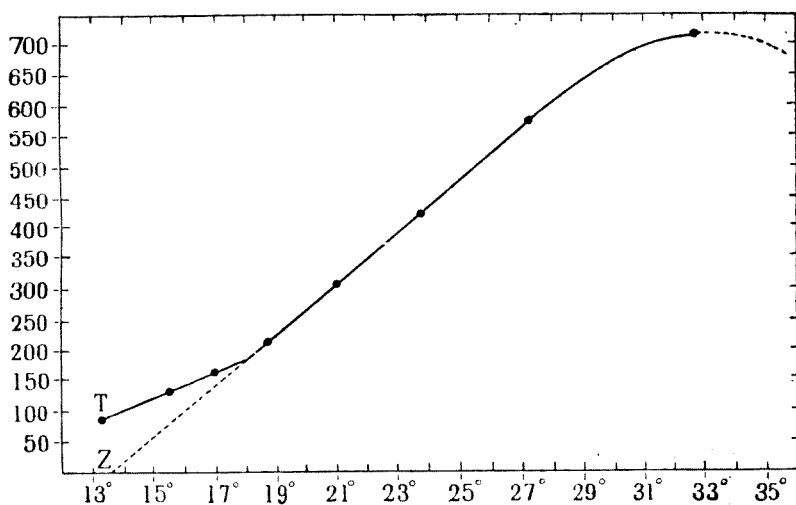


圖3 擬蚊蛹之發育速度曲線圖：T. 表示溫度與蛹期之關係。虛線為代表理想之發育速度曲線。Z. 為發育開始。(From Krogh)

發育世代之開始點，則位于速度曲線與溫軸交叉點之下面，同樣速度曲線之上端，因高溫足以妨阻蟲體之發育，故約自35°C起蟲體發育反逐漸遲緩，如溫度上升至40°C，則蟲體大都不能完成其發育(Pears)。照上述兩種之事實，每種昆蟲之發育曲線，依時間之對數製圖時，所得之線，即足以表示發育速度之增加率。

縱令使用最精確之試驗而獲得恆溫影響蟲體之發育及

新陳代謝的重要論據,但吾人仍須憶及自然界之溫度係不時變化者。關於變溫 (Varying temperature) 之試驗,昆蟲方面尙無若何進展,惟溫度變化能影響昆蟲加速發育,則業經證明。波丁氏 (Bodine) 曾將草蝗 *Melanoplus differentialis* 之卵置於恆溫 23° 及 36° 內,前者須經八十九日而孵化,後者亦須二十八日。彼復將同樣之卵置諸室外低溫及冰凍之溫度 (在正常環境之下) 經三十九日後,再移入恆溫中,仍能孵化,且能縮短其孵化時間。當置入 23° 內時,祇須四十日而孵化,在 36° 內則須二十二日。草蝗之發育開始約為 18° , 超過此溫,即能發育自如。關於草蝗卵曝露于正常環境之低溫能加速其發育之理由,尙未完全了解,但現在業有數種假設進行求釋其現象,例如言因感受刺激而起原生質之律動 (Protoplasmic rhythms) 是也。蓋原生質 (Protoplasm) 在普通正常環境下,極善於適應自然之變化,恆溫為不正常,故發育遂起延緩。帕爾斯氏亦曾證明蟲體以恆溫而延緩其生長

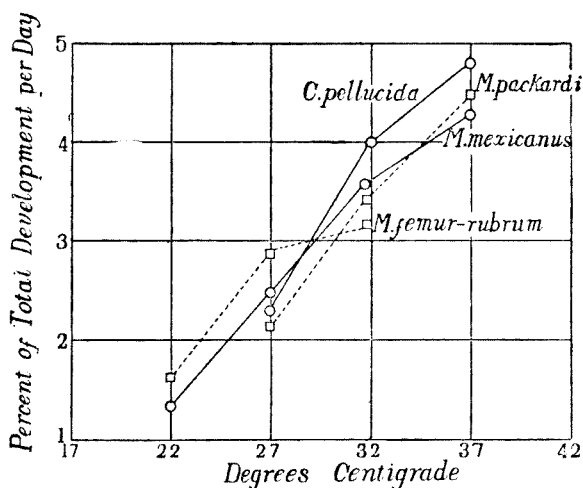


圖 4 四種蝗蟲幼蟲在三種恆溫(22° , 32° 及 37°) 下之發育率

率,以變溫而起加速之現象又加羅沙斯氏(Carothers)(1923)將另一種草蝗 *Circotettix* 之卵作試驗,其結果除依前述置諸低溫情形者外,於正常之實驗室狀態下,則不能孵化,即商品化之一化性蠶蛾之卵,亦常有如此之現象,此為吾人所週知者。

致死度 Fatal temperature

(甲)高溫致死度(Heat)——昆蟲之生存,非完全受限于環境之氣溫,在特殊狀態之下,蟲體體溫亦能起調節作用以適應之。關於昆蟲體溫之試驗,比爾資氏(Pirsch)(1923)曾將蜜蜂作精確之考查,彼見蜜蜂體溫平均為 4.7° 時,常較體外之環境氣溫為高,當氣溫為 5.5° 或增至 35° — 44° 時,體溫亦能增高與之一致,若氣溫為 52° ,高越蟲體體溫,經時不久,仍能生存,但體溫達 46° 時,體內

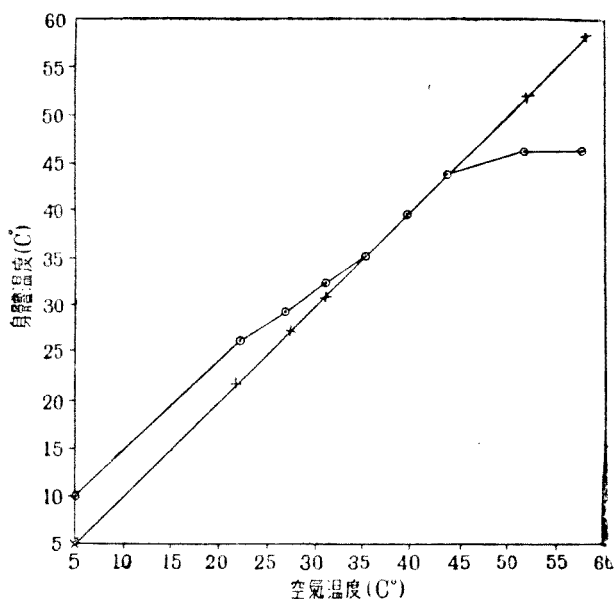


圖 5 蜜蜂體溫與氣溫之關係：○表冬季蜂巢內之氣溫，×表蜂巢外週之氣溫。(From Pirsch)

之調節力漸失,不久遂至死亡(圖五)。布克司東氏(Buxton)(1924)亦曾證明擬蚊及蝗蟲之能生存於沙漠地帶,由其能調節體溫之故,蟲體調節體溫之方法如何,未全明悉,惟賴呼吸作用以發散水分或為一重要因子。昆蟲體溫低於氣溫時,常呈靜止休眠狀態,各種昆蟲個體之體溫常異,比爾資氏即發現有一種兩型之草蝗 *Calliptamus* (*Kripa*) *Coelesyriensis*, 當陽光照射時,黑色種之體溫約為 4° 至 5° ,較黃色種者為高,此即顯示氣溫之調節,或為使蟲體增加高溫之一原因,至於昆蟲在高溫致死之緣由,為原生質內之蛋白質起凝固作用所致。

各種昆蟲之高溫致死度均各異,自然高溫環境下之昆蟲,仍能生存,如生活於炎夏及沙漠地帶之昆蟲是也,搖蚊科之大量幼蟲,於炎夏池中水溫高達 49° — 50° 時,尤能適宜其生存,布克司東氏亦言:在巴力斯丁沙漠(Palestine desert)地面溫度高達 55° — 62° ,某種昆蟲仍能活動其上,格來罕氏(Graham)曾取生活於木質部之甲蟲三種,測得其成蟲及幼蟲之平均高溫致死度位於 46° 與 48° 之間,最大致死度為 50° 至 52° ,比爾資氏測得蜜蜂之高溫致死度亦位於 46° 至 48° 之間,北克氏(Back)及柯東氏(Cotton)將穀象(*Calandra granaria*)及米象(*C. oryzae*)作試驗,知其各期置諸高溫 47.8° 至 48.9° ,歷時一句鐘全部死亡,登抵(Dendy)及愛摩東(Elkington)(1920)兩氏將穀象成蟲置於 48.9° ,祇經三分鐘即死亡,而小穀長蠹蟲(*Rhizopertha dominica*)則於 62.8° 高溫下,須經五分鐘始死亡,足徵該蟲對於高溫抵抗力之大,衣蛾之幼蟲在 53.3° ,經三十分鐘死亡;鋸穀盜(*Silvanus surinamensis*)之各世代在 51.7° 全部死亡,奴泰爾氏(Nuttall)言:人蟲(*Pediculus humanus*)於乾燥熱溫 55° 時,經五分鐘死亡,其卵則於 55° — 61° 須經十分鐘云。

高溫致死度，年來盛用於防治積穀害蟲，苟吾人明悉害蟲之高溫致死度爲何，則將其被害物加熱至一定溫度及時間，即可獲防治之奇效。一九二九年柏爾巴氏 (Barber) 將寄生於玉蜀黍穗中之玉米螟 (*Pyrausta nubilalis*) 作試驗，將其幼蟲置於 54° 時，經十五分鐘即死亡。苟欲利用高溫燻殺寄生于玉蜀黍穗中之幼蟲，則須增高溫度至 60° ，並延長時間至八小時，或更增高熱溫以縮短時間，始能奏效。登抵及愛慶東兩氏以爲凡屬貯藏之物品，如能加熱至 62.8° ，維持五分鐘，則任何害蟲之全部均將死滅。

(乙) 低溫致死度 (Cold)——一九〇一年柏巨墨周氏對於低溫影響昆蟲之生活，曾有重要之基礎工作貢獻。昆蟲體溫繼續降低至冷死度 (Undercooling point)，祇經一秒鐘即死亡。冷死度並非冰點 (Freezing point)，昆蟲體溫可以降至冰點之下，而體液 (Body-fluid) 仍不凍凝，且體溫降至相當位置，不復下降，再下降則爲冷死度，體液遂凍結而死亡。未達冷死度前呈休眠狀態之昆蟲，若返置於正常溫度下，仍可復活。

第二 濕度

昆蟲學文獻中，關於濕度影響昆蟲之記載較少，蓋試驗時欲得精確之空氣濕度，殊感困難故也。一九〇七年柏巨墨周氏曾有一種試驗，證明昆蟲之生長，有一適宜之濕氣範圍，在此範圍之上者爲最大濕度，在此範圍之下者爲最小濕度，超越此兩者限界，昆蟲即不能維持其生命。柏氏又言濕氣能影響昆蟲體液之濃度，如體液濃度降低，蟲體含水量遂大，置諸乾燥空氣中將被奪取超越適度以上之水分，同時蟲體之新陳代謝作用，亦將加速，體液濃度適宜，復有防止水分蒸散之空氣濕度，昆蟲始能維持其良好狀態。昆蟲於乾燥空氣中，延長其放置時間，可以

失去體內大量之水分而影響其新陳代謝，且長期置諸高濕度內，可誘致菌類或其他病害之發生。

茲將登抵及愛慶東兩氏所作空氣濕度與蟲體新陳代謝之關係的試驗，略述如次：一九二〇年兩氏取米象及穀象為材料，以小麥為其食餌，飼育於乾燥箱中，溫度自 16° 至 22.7° ，濕度為百分之十，令其維持正常之生活，當小麥本身之含水量於五十五日自 9.7% 降至 8.5% 時，斃米象蟲一百頭，至七十九日水分再降至 8.2% ，一百頭穀象蟲內死亡十八頭，復以小穀長蠹蟲(*Rhizopertha dominica*)作同樣之試驗，吾人知小穀長蠹蟲富有抗乾性，將其飼育於濕度 80% 內，食餌小麥含水量為 8.2% 時，能生活七十九日；但於濕度 60% ，小麥含水量 5.35% 時，則經五十五日即死亡。一九二八年德威司氏(Davies)取彈尾目昆蟲置於恆溫 25° 之飽和空氣中，可以活數小時，另以抵抗力較強之圓跳蟲 *Sminthurus viridis* 育於 20% 濕度，尚能活十五小時，及後始全死滅。

一九一七年赫德里氏(Headlee)所作空氣濕度影響大豆象蟲(*Bruchus obtectus*)及麥蛾(*Sitotroga cerealella*)生長之試驗，殊堪注意，彼將害蟲置於黑暗無光及恆溫 21.1° 定溫箱內，其幼蟲期及蛹期之新陳代謝率，於濕度增加時，顯示減縮，當濕度為 100% 時，麥蛾蛹期達十七日，濕度 21.8% 時，則減為十二日；大豆象蟲蛹期於濕度 100% 時為二十二日， 44.6% 時則為十四日，然而成蟲期於濕度降低時，麥蛾短而大豆象蟲長，又大豆象蟲之卵期，於濕度 100% 時為二日，較 23.6% 濕度者稍長，全部生活史於濕度 90% 時發育最速，各期時間均較短，且最活動；於濕度 25% 時，僅有少數害蟲得發育至成蟲，而能於最低濕度狀態下發育者更稀，赫氏又曾將麥蚜蟲 *Toxoptera graminum* 作試驗，知其

極能耐受各種濕氣，於恆溫 26.6° 之下，縱使其濕度自 37% 至 100% 之變化，仍能維持同一之生長率，何以麥蚜蟲不受空中濕氣重要之影響？有一部份學者認為吸收口器之昆蟲，能自其所吸收之樹液食物中獲得濕氣也。

一九二八年赫福來氏(Hefley)取天蛾 *Protoparce quinquemaculatus* 之蛹及其寄生蠅 *Winthemia quadripustulata* 分別作濕度影響之試驗，寄主天蛾對於濕氣無一定適度之反應，在近 27° 恆溫中，空氣濕度自零變至 73.4% 範圍以內，蛹期長短之差，祇有一天半，而寄生蠅在 27° 恆溫中之最適濕度為 73.4%，其蛹期亦小；在 73.4% 與 7.1% 之間的濕氣，蛹期之長短，差十天半，當溫度 27° 而濕度為 0% 時，全部寄生蠅均不能完全發育，然而寄主之天蛾，則仍能完全發育，此種現象不能歸諸新陳代謝作用之不同，祇能言為兩者對於乾燥之抵抗力各異，因彼兩者最高發育率之濕度，均約在 73.4% 內外也（如第六圖）。

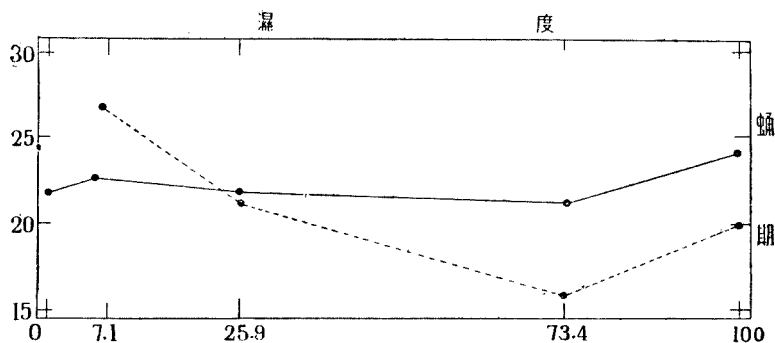


圖 6 濕度對於天蛾(*Protoparce quinquemaculatus*)之蛹期及其寄生蠅 (*Winthemia quadripustulata*) (虛線)之關係。(From Hefley, 1928)

關於昆蟲體內組織中之膠狀物，其含水量所受影響如何？無由查明，惟有一重要點，即膠狀物或負有抵抗各種濕度之能

力是也。上述之天蛾蛹，或具有較寄生蠅更大之持水力，以此更能抵抗乾燥。

各種昆蟲體液內之水分，濃度各異，因此對於空氣濕度之反應亦不同，其為適於此種昆蟲之濕度，未必能為他種昆蟲之適宜濕度也。

第三 溫濕因子聯合之影響

適於昆蟲生長之溫度，更依空氣濕度之高低而起不同之影響。關於此種問題之研究，着手較早者，如一八九五至九六年柯芝赫夫匿柯夫氏 (Kozhevnikov) 及一九一六年之赫德里氏 (Headlee) 作昆蟲在高溫時對於空氣濕度抵抗性之試驗是也。一九〇六年苛拉氏 (Cole) 觀察穀象之成蟲，在高溫 26.6° 之環境，極適其生存，然如於此高溫內無濕氣，則穀象必死。一九〇九年羅波氏 (Roubaud) 試驗 *Glossina* 蠅之成蟲壽命，在 33° 飽和空氣中較普通空氣中多六倍，較諸乾燥中則長十二倍云。一九一七年韓密東氏 (Hamilton) 實驗棲息於普通土壤中之步行蟲幼蟲，證明其對於空氣比較濕度有銳敏之感應，當溫度為 22.5° 而濕度為 9% 時，幼蟲百，十五分內均斃命，然濕度為 64—95% 時，而曝露於同樣溫度，則幼蟲不受影響。一九二三年卡泊特立克氏 (Kirkpatrick) 研究一種棉仁蟲 *Oxycarenus hyalinipennis* Costa 對熱溫之抵抗性及與空氣濕度之影響，其結果溫度在 25° 而濕度為 60% 時，接觸一百五十小時，死亡率達 100%，濕度為 80% 時，接觸時間連續至三百小時，亦得同樣之結果云。

綜觀上述諸例，昆蟲於高溫中對熱確有感受性，惟有若干實例，常證明其感受性並不一致。例如一九一四及一九二一年格德文氏 (Goodwin) 研究利用熱以驅除製粉廠內之害蟲，實驗之結果，認為在飽和空氣中之致死點較通常空氣濕度之致死

端低二至四度云。

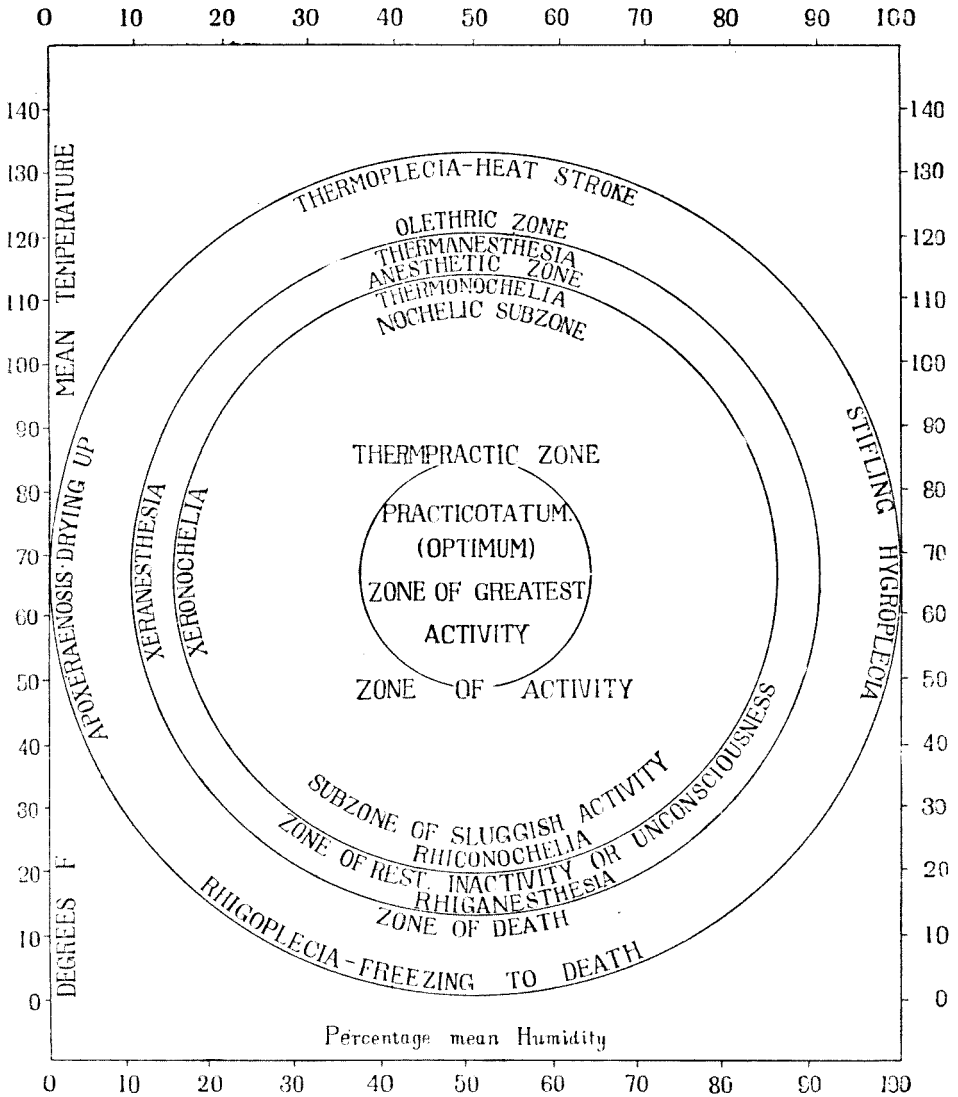


圖 7 昆蟲生活受溫度及濕度聯合影響之理想圖(From Pierce, 1920)

平均比較濕度

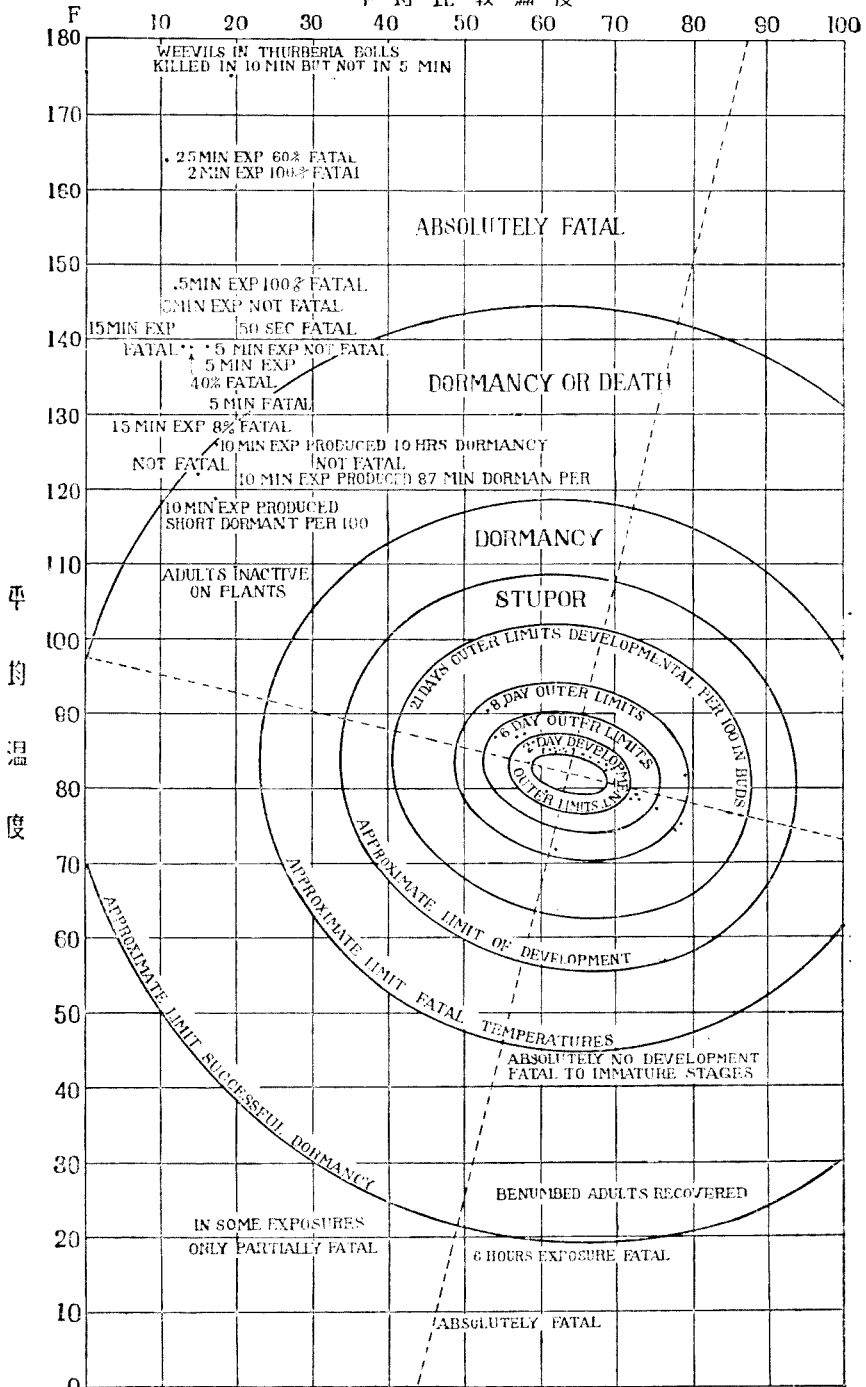


圖 5 棉鈴蟲受溫度及濕度聯合影響之關係 (From Pierce, 1927)

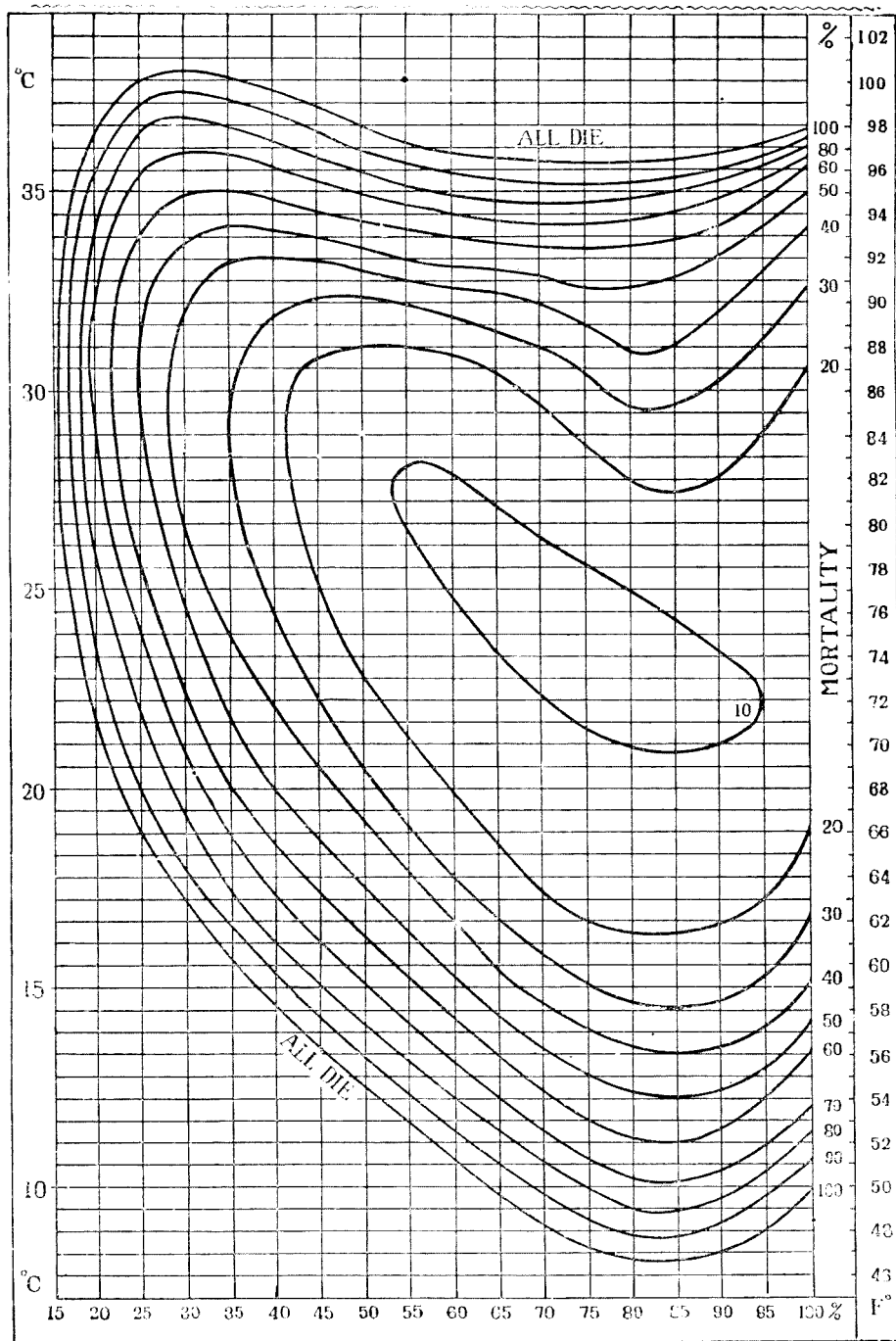


圖 9 溫度與濕度聯合影響青果蛾(Cyana)幼蟲之死亡率曲線。(From Shelford, 1927)

據一九一六年培爾司氏(Pierce)研究棉鈴蟲 *Anthonomus grandis* Boh. 對於溫度及濕度在聯合上有最適之一定範圍,並證明從此範圍偏向任何方向對於蟲體均有妨害。培爾司氏將棉鈴蟲之活動及生存種種之範圍,製作一圖以表明之(第八圖)。此圖表示溫濕二因子之聯合影響,然其製作簡單,對於實際關係,未能完全表明,不無遺憾。雪爾福氏(Shelford)於一九二七年將一種果蛾 *Cydia pomonella* 試驗其受各種溫度及濕度之影響,根據其蛹之死亡率作成一曲線圖(第九圖),此種死亡率曲線,極不規則,故仍不足以明示實際之狀態,但以雪氏努力之結果,已能得一最適範圍之概念。

一九二九及三〇年派克氏(Parker)以蝗蟲卵研究得類似之結果(如第十圖),蝗卵最高孵化率之比較濕度為80%,溫度為22°,最適濕度為溫度較高時之90%。溫度過高,蝗卵開始孵化之濕度範圍則狹,即在37°開始孵化之濕度範圍為70—100%。

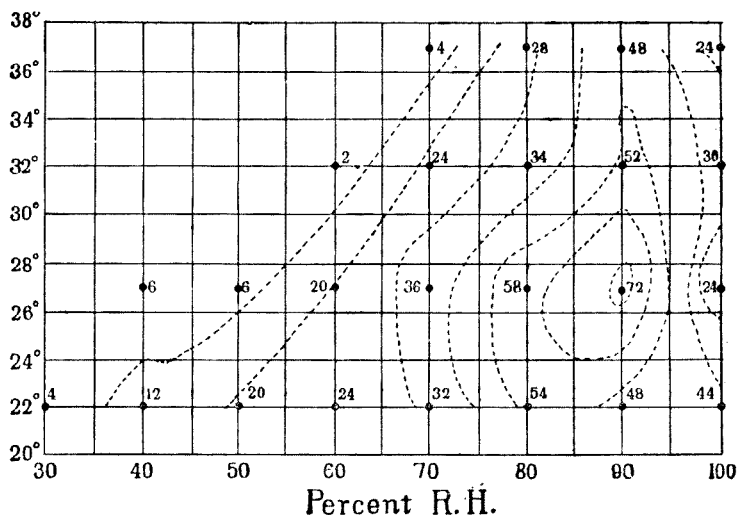


圖 10 蝗卵孵化受溫度及濕度聯合之影響。(From Parker, 1930)

在 22° 時之孵化濕度範圍為 30—100%。

一九三〇年時波登哈麻氏 (Bodenheimer) 研究一種沙蝗 (*Schistocerca gregaria* Forsk) 卵之結果, 知其最適度之溫度為 30°, 比較濕度為 100%, 溫度範圍介於 25.5°—33° 之間, 80% 以下之濕度對之有害, 彼之結果如第十一圖。

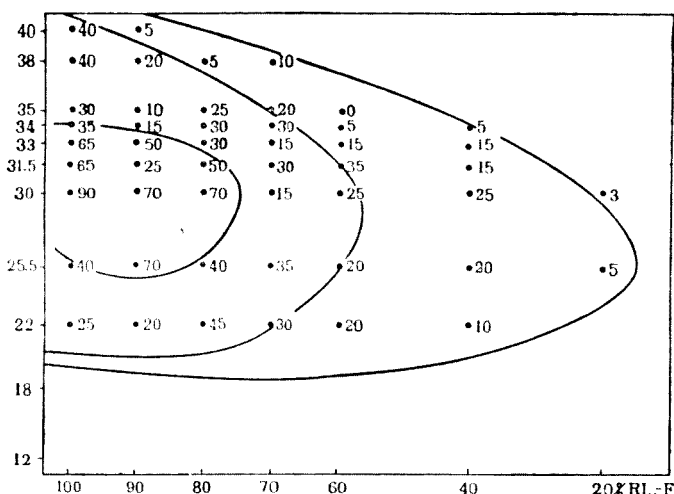


圖 11 沙蝗卵受溫度及濕度聯合影響之死亡率(百分率), (Bodenheimer, 1930)

昆蟲在生理學方面, 因空氣濕度之影響而發生之耐熱性問題, 最近畢特氏 (Beattie) (1928) 之研究有若干收穫, 尤佛洛夫氏 (Uvarov) 亦以一種蠅 *Calliphora erythrocephala* Mg. 作研究, 此蠅實際之最適濕度為 70%, 濕度範圍介於 60—80% 之間, 將其曝露於高溫中, 認為殊少耐熱之能力, 即於低溫時濕度最高及最低之兩種情形下, 其蠅亦斃, 由斃命之蟲體, 考查其水分之消失, 即可以決定其體重之消失, 在 90% 濕度, 體重無消失, 因此, 昆蟲在飽和空氣中, 因水分之蒸散, 致不能自由調節體溫, 結果遂死亡。

至於昆蟲對極度低溫之抵抗性，與昆蟲體內之水分平衡有密切關係，水分平衡作用為影響昆蟲耐寒性之程度的主要因素，此種見解，亦當以氣溫及比較濕度兩方為主體，然而，水分平衡與外界複雜因子間之關係，現尚無人研究。

第二節 昆蟲與光之關係

關於光影響昆蟲之試驗，為數雖夥，但幾全偏諸感覺習性，而不關乎蟲體之新陳代謝及生長。一九二六年時，挪地羅蒲氏(Northrop)曾有光度影響昆蟲生長之觀察，彼取繁殖於黑暗中達二百代之果蠅(*Drosophila*)為材料，視察其幼蟲期及成蟲期對於光度之關係，光源來自裝置浸入流水槽中之馬斯打電燈泡(Mazda bulb)，光度則由對比測光計(Contrast photometer)與標準赫夫那氏醋酸燈(Standard Hefner amyl acetate lamp)測定之。當光度達二千五百米燭光(Metre-candle)時，幼蟲期略減少，但增高至七千至一萬米燭光時則全斃，蛹於五千米燭光亦死亡，越一千米燭光之成蟲期亦減短，然而光影響昆蟲活動之真實結果，殊難密定其價值或數量，有一位觀察者記載燈光下昆蟲二氧化碳素(CO_2)之產生量與暗處者比較，而於燈光下者之產生量增加，就此情形而論，當係受光刺激活動之結果，以果蠅幼蟲作試驗，即有如斯之現象。

一九一四年馬可威氏(Marcovitch)及一九二九年德威遜氏(Davidson)曾觀察每天之日光時間，能影響蚜蟲產生各種之生殖型，據彼等試驗，以晝長而影響產生之有性世代為偶然之事，當蚜蟲遭遇不正常狀態，每天減少日光常數時，一年內可以惹引其多產有性世代，反之，每天日光時間展長，一年內除產生正常有性世代外，大部時間營無性生殖，此種光之影響試驗，殊

形重要,但其結果未全明晰,以蚜蟲之食餌植物,固能受光之感及,而溫度因子亦非全無關也。

第三節 昆蟲與氣壓之關係

關於氣壓變化影響昆蟲之觀察甚少,田間觀察之記載稍有一二,既知氣壓之變化,能影響昆蟲之動作,昔日某專家曾證明昆蟲在局部真空管內,尚能維持其生命數天,自然界之氣壓變化頻仍,然對於昆蟲之影響並不十分強烈,邇來關乎此項問題之試驗極少,據辟得氏(Pictet)言,白粉蝶(*Pieris rapae*)之蛹,當氣壓自七一〇降至七二八耗維持不變時,發育極速,蛹期祇有九天,而於普通狀態下發育者,則須十五天,蓋以氣壓之降低,能感及蟲體體內壓力發生變化也。

一九二五年北克(Back)及柯東(Cotton)兩氏曾以真空壓力之裝置,處理積殺害蟲,結果發現害蟲對於真空氣壓各具不同之抵抗力,彼將害蟲置諸二十八至二十九吋玻璃罩形及二十四至二十八吋三和士圓頂室形真空裝置內,當兩者溫度為15.5至21時,其成蟲及蛹死亡較幼蟲尤速,害蟲於三和士圓頂室內處理經三日,不僅十八種中有十二種成蟲全部死亡,即全部害蟲之蛹及幾種幼蟲,亦同遭死滅,如處理時間經七日,則各種害蟲之成蟲全斃,無一倖免,然而對於鱗節蟲*Attagenus piceus*、擬粉盜*Tenebrio obscurus*及*Trogoderma tarsale*三種之幼蟲,於時間上仍未能達完全殺滅之效,即此足以證明前述三種害蟲對於氣壓具強大之抵抗力,雖經如斯長時間,遭遇死亡者僅佔百分之三十耳,由上述之試驗觀之,各種害蟲對於氣壓之抵抗力各異,於試驗上尤見其能延抗至二星期而不死亡者。

第三章 昆蟲棲息領域之分類

昆蟲棲息環境不同，產生之昆蟲羣落亦異，由棲息領域之分類，可以明悉其生物羣落之構成狀態及其構成分子之共同形態、習性等，然其分類形式之意見，各有不同，茲依日人矢野氏意見，簡括分述如次。

第一節 陸區

原始形昆蟲，發達於陸區者，為數最夥，基本形者亦不少，其呼吸多由體側開氣門之氣管司之，食餌則動植物皆有之。

(甲)地中 棲息於地中之昆蟲，因受構成土壤之土砂分配，砂礫大小，表土厚薄，礦物質之組成，水分之含有量，生長植物之種類，有機腐植質之含量及溫度等相異之環境，而產生不同之羣落。

地中昆蟲之食餌，多為生活植物之根，腐敗之動植物質，微生物，昆蟲及其他小動物等，如蟬，金龜子，叩頭蟲等之食生活或枯死植物質；跳蟲及雙翅目之食微生物及其他昆蟲；甲蟲類中之食他種昆蟲者亦不少。

多數昆蟲於地中尋覓住所及食物，蟻，白蟻及黑胡蜂營巢地中蕃殖，其他蛾，甲蟲，葉蜂及蠅等之幼蟲，於蛹期穿穴入土中造室化蛹，復有蜂類覓得幼蟲之食餌負入地穴中，直接產卵於食物上，或挖地造巢貯藏食物，然後再產卵者，此等蟄居地中不露其體之昆蟲，極少受天敵寄生及捕食之侵害，溫濕度之變化亦少，冬季地中尤為彼等最適之避寒處，積雪下之土地，除表面外，在昆蟲越冬處極少被凍，即蔽以雜草或林中之落葉，亦比較能保持溫度，且當地表溫度下降時，冷氣甚少侵入地中，故少被

凍事，其棲息於地中之甲蟲類幼蟲，有能因寒暖而上下移其住所者。

棲息地中之昆蟲，無需用翅，故地中極適無翅幼蟲之棲息，至成蟲期，則多出現於地表，如蟬及金龜子即其例也，亦有成蟲具翅而不發達者，如蟻及白蟻之職蟻等是，其王及女王之生翅，祇求達數小時飛翔之目的，及其造巢前，此翅即失去，翅對於地中生活之昆蟲，不僅無用，且有妨礙。

棲息土中之多數種類，其體形皆呈紡錘形、砲彈形或長形，前者如雙翅目之地虻、牛虻等，後者如叩頭蟲之幼蟲、金針蟲等。此等幼蟲之腳亦多不發達，移動則利用其體形，亦有腳發達者，但多為造穴挖土之用，如金龜子之幼蟲是；其中如蟬及螻蛄之前腳，異樣發達呈鍬形，亦為適以挖土，又如蟻、白蟻具堅強口器，為便以掘穴搬運土塊造巢之用，蟻類中之職蟻，須外出勞動，普通複眼多發達；白蟻之職蟻、兵蟻，不喜出入光明地方，故其眼退化全呈盲目。

棲息於黑暗洞中之昆蟲，眼不發達，體色多白，蟻與白蟻均為營穴而棲之種類，其所呈現之生活樣式殆同，即彼此均具適於洞窟生活之形態與習性也。

(乙)地上

一、地表 前述之跳蟲，土中、地表均能棲息，他如芥蟲、隱翅蟲及斑蝥等甲蟲類之幼蟲及成蟲，亦有棲息於地表者，蟻類多出巢外地表覓食物，天氣溫暖時期，隨處皆見之，此類昆蟲除因敵追而擬死態者外，多具適於地面行走敏捷之腳；有翅者亦不常使用，彼等食餌，多為小動物，有一部種類無靈敏之腳者，外貌常帶土色或擬死狀，如多數翅退化之甲蟲是，棲息地表之昆蟲，須受土地水分等因子之限制，固不待言，其巢及幼蟲，因須營造

及棲息於土中之故，成蟲棲息領域遂受限焉。如斑蝥以受限而多居於幼蟲棲息之適宜場所，即其例也。

二、植物上 植物與昆蟲之關係最爲密切。例如草食性昆蟲，以植物爲其直接食餌，而棲息其上，以其孳生情狀及植物種類如何，可分數類；又因棲息部分之不同，亦可分類。

普通植物羣落，可別爲喬木林、灌木林及草原等。他如耕地遼闊之面積，可以形成特殊單調之植物羣落。然以形成羣落之主要植物種類爲何，而異其棲息之昆蟲種類。例如在松林、杉林及雜木林中之昆蟲種類，各不相同。換言之，即構成植物羣落之分子及環境因子不同，則其形成之昆蟲羣落亦不一。多數耕地，單栽一種植物，並佔廣大面積，因植物種類之異同，以及生長之高度及疏密度，土地之乾濕度及空氣中諸種因子之差別，而形成互相鄰處不同之昆蟲羣落。同一森林中，亦能形成幾許小羣落，如於落葉間、苔蘚間、草間、樹幹、枯枝及枝葉等處，有各異之小昆蟲羣落。

植物體爲昆蟲之食餌，惟每種昆蟲侵害之植物，常有一定之種類、部分及時期。即如同一森林中，棲息許多草食性昆蟲，但因其食性互有差異，故頗少同時侵害。此即爲多種昆蟲雜住相安而無重大擾攘現象之一原因也。

昆蟲攝食植物，有侵食其體上者，有蛀入其體中者。多數施行穿蛀工作之幼蟲，口器均發達，體細長、扁平，胸脚短或缺如，胸部腹部上下兩面，較其他部稍厚，並具凸凹部分，有時且具牙齒狀突起，以爲接觸支持蟲孔壁面之用。移動時身體各節伸縮，利用突起部分抵觸壁面，而離體向前推進，如居於樹幹中之天牛、吉丁蟲等幼蟲，即其顯例。此等蛀入樹幹中之吉丁蟲等幼蟲，與一部蛀孔之鱗翅目類幼蟲，均稍呈同一體形，此蓋棲處相同而

引起之類似形態也。

棲息於植物體上之昆蟲，其成蟲多不甚顯現生態之相似形，遇風及其他敵害之襲擊，即可飛逃，故有其特殊體形；至於幼蟲雖不能若成蟲飛逃，但因類似生活，其外形亦稍有類似，即如體長大，胸腳發達，又如鱗翅類、葉蜂類之幼蟲，腹部末端節下面，常同具發達之尾腳等皆是也。其他形態上種種變化，或裸出，或生毛，或生肉質突起，或於體表具種種色彩斑紋等，在外表上皆不過為種與種間之差別，實則與生態方面之類似形亦有相當之作用，故每有二類全異之種，驟視之往往全相類似，且具類似之生活，如甲蟲類幼蟲，金花蟲科與瓢蟲科，形態上雖稍異，而尾端因同具發達之尾腳，利用尾腳與胸腳匍匐於植物上，遂形如毛蟲及蠶，儼若真實蛾類之幼蟲然。此類幼蟲匍匐於植物上，行動雖較遲鈍，但對於防禦外敵襲擊之種種機能，則頗發達。

三、動物上 昆蟲類中有一部分種類是以動物為食餌者，如營體內寄生及體外寄生之昆蟲等是也。營寄生生活之昆蟲，因其營寄生之特殊生活，遂具特殊之體形。如寄生體內者，有所謂寄生蜂及寄生蠅之類，種屬雖多，其幼蟲皆呈蛆形。因其體軀四周均為食物，攝食極易，故各種器官多不發達。寄生於獸類及鳥類等大形動物之蟲、蚤及牀蟲等，殆均無翅，其體形或上下扁平，或側方扁平，每具發達之腳，適以潛入羽毛間取食。蚤之成蟲營寄生生活，而幼蟲則營獨立生活，故其成蟲及幼蟲之體形全然不同。此等營體外寄生生活之昆蟲，棲息於宿主羽毛間，獲得安全之住所及食物，復藉宿主之遷移，廣播於世界各地，即遠離萬里之異域，每於其親緣相近之寄主，可尋獲其類似之寄生昆蟲。

四、空氣中 棲息地表之昆蟲，以腳為其移動之唯一樞機。

生活於空中之昆蟲，則具翅以飛翔，在一短時間內，可自由飛達遠距離。有一部具翅之昆蟲，其翅之發育，僅供一時之飛翔，如蟻在交尾時期，爲探覓異性而起飛於空中；他若蜻蜓於覓食時之飛翔亦是也。關於翅之構造、大小、飛翔力之持久，及遠距離飛行等之移動能力，均屬惹人極感興趣之問題。尚有一重要事實，即昆蟲之翅，在成蟲期始有之，幼蟲期則無之，且幼蟲攝取營養生長之期間亦多較長，此種體形互殊而生活不同之現象，其子親間之生活方式全異，重要關鍵在二個時期——成蟲期及幼蟲期——間之體形與習性，各趨一方發展，於是在體形、生活及食物上遂發生全然相異之事態。完全變態類之蛹期，即爲此二個不同生活者中間變態改造之時期。親蟲（即成蟲）住於空中，而子蟲（即幼蟲）居於地上之互異生活，似爲不可思議然，且屬同一個體，而親與子間竟發現生態上全異之點。故在辨別各種個體時，應顧念及此，如在考查棲息於同一羣落之構成分子，必須明察其親代與子代有不同之存在。如蜻蛉之成蟲生活於空中，而幼蟲則棲息於水中。尚有許多種類之成蟲，求食於空中，而幼蟲則匍匐或蟄居於土中。似此等種類，棲息於二個不同環境中，故有全異之羣落構成分子。棲息住所既不同，於是老幼時期之生活方式亦起分化，致成蟲生翅，而與空中生活發生深切之關係。復因幼蟲營養生長期與成蟲生殖期全異之故，食物當然不同，甚至成蟲有不需食餌者，即如蜉蝣等是也。子親間之環境既不同，彼兩者與其四周生物發生之關係自異，如斯老幼屬異所構成之社會，其社會勢力亦致不同，此實可言爲以翅發達之主要結果。

第二節 水區

前述棲息於淡水中之昆蟲，係由陸棲種類漸次移居水中，並且有全部水棲者，蜻蛉、楨翅蟲、流石蠶及蜉蝣等之幼蟲，棲於水中，而成蟲則全部棲息空中，飛翔空中不攝食而死之蜉蝣，出水全為交尾及產卵，目的已達，隨即死亡，此等昆蟲離水上陸之習性，大概係昔日生活所殘留，其他甲蟲、蛾、蜂、雙翅目及半翅目等，多有由陸棲移居水中，或以幼蟲期水棲，或以成蟲期水棲，然而，大多數成蟲均能出棲水面空氣中，因空中須用翅，故翅尚能完全保存，遂有向水中及空中兩異之遷移方法，飛集燈光下之昆蟲，其中有小水蟲、松藻蟲及龍蟲等之水棲半翅目類及甲蟲類，即係均自水中飛來者。

水棲昆蟲必須具適應水中之機構，關於移動方面之器官有翅，以水壓關係，步行不甚自如，體形多呈紡錘形，藉以適向水中突進，腳形亦多變為適於游泳，如龍蟲之中腳及後腳呈扁平形，一側着生毛列，即其例也，又如蜻蛉之幼蟲，以肛門蓄水，當其體軀須向前進時，壓水外出以推進之，飛翔之後翅，則摺疊於翅鞘下，以護翅於出水前勿為濡濕也。

普通水棲昆蟲內，有名水黽（俗名水蜘蛛）者，彼非棲於水中，實則為水表棲息者，以其利用腳端之細叢毛，止息於水面，不拘淡水、海水，彼均能自由行動其上。

關於呼吸方面，住於空中之昆蟲，則以體側所開之氣孔的氣管司之，尚有一部棲於水中之甲蟲、半翅目等成蟲及雙翅目幼蟲，其呼吸器官仍沿用氣孔，惟其氣孔之周圍，具有氣泡之裝置，如鼓蟲、龍蟲及牙蟲等是也，紅娘華及水螳螂等之腹端，具長呼吸管，將氣門露出水面，以吸空氣，他如孑孓及水虻之幼蟲，其尾端氣門亦露出水面呼吸，體軀則倒垂於水中，復有改裝開孔之氣管，而為特別器官，以直接攝取水中氧素者，如蜉蝣、豆娘等

之幼蟲，直接以皮膚司呼吸，或用氣管鰓(Gill)等是也，此鰓在蜉蝣着生於頭部或胸部，惟多數在腹側；在豆娘則着生於尾端，突出呈扁平體；水蠅蛾幼蟲則生於體側呈絲束狀，又如蜻蛉之幼蟲，其鰓着生於直腸內面，攝取由肛門進來之水中氧素。

淡水中與空氣中同，惟水中含有其他化學成分，且因其溫度、光線透入度、他種生物、及水底土壤性質等環境因子，甚為複雜，由此等因子之差異，遂產生許多不同之環境，以流水及溜水之別，而分湖、沼、池、河、溝、急流及溪流等區，以縱言有水表面及水底之別，以橫言則有水而中心與陸地周圍間之關係，詳加分析，即能辨別其種種不同之環境，由是遂產生各異之昆蟲羣落。

由上所述，在一地域內可區分出各種不同之環境，而有各種特殊之昆蟲種類棲息其間，因而產生許多不同之昆蟲羣落，吾人從來研究一地之昆蟲相，祇將其地域上棲息之全體昆蟲探明作成目錄已耳，其他則多不計及，此實殊欠滿足人意，至少應先區別地域種種環境，然後再計及其棲息於各種場所之昆蟲種屬，並能辨認其羣落構成之實況乃可，如斯始能表示一地區上昆蟲相之現狀也。

第四章 昆蟲羣落之變遷

昆蟲羣落之構成及消長，與其構成分子之種的消長，並非永遠不變，假令自然平衡狀態，因季節及時刻之差異，而影響及昆蟲之種數，個體數及其活動力，發生變移，是即謂之變遷(Succession)，茲將變遷現象，擇要分述如次。

第一節 地質學之變遷(Geological succession)

Paleozoic era				Mesozoic era			Cenozoic era		Orders arranged according to period of occurrence of earliest known fossils.	
Cambrian	Silurian	Devonian	Carboniferous	Permian	Triassic	Jurassic	Cretaceous	Tertiary		Quaternary and Recent
										Apterygota.
										Palaeodictyoptera.
										Protodonata.
										Megasecoptera.
										Protorthoptera (including Protoblattoidea).
										Orthoptera (sensu lat.).
										Protohymenoptera.
										Protoperlaria.
										Protohemiptera.
										Ephemeroptera, Odonata, Psocoptera, Hemiptera, Mecoptera.
										Paramecoptera, Protocoleoptera.
										Neuroptera, Coleoptera.
										Trichoptera, Diptera.
										Plecoptera, Hymenoptera.
										Dermaptera, Isoptera, Embioptera, Thysanoptera, Strepsiptera, Lepidoptera, Aphaniptera.

第一表 昆蟲之地質史

地球表面之地質狀態，係經長久時間之變遷而成，其環境與昆蟲種族、昆蟲羣落及昆蟲相均以時代而不同，通常對於此等之研究，稱為古生物學或化石生物學，研究時集其有系統之資料，可以揣及昆蟲系統學之領域（如第一表），並可以賡及其生態上之變遷，此即考查昆蟲於時間上分佈之昆蟲年代學（Chronology）也，由此之研究，可以探明昆蟲之系統、發達及環境之關係。

第二節 季節之變遷(Seasonal succession)

氣候無論在何處，皆有週年變化，而於溫帶以北地區，一年內之週期變化，尤為顯著，是即四季之變遷也，昆蟲之生存，必須有其良好之環境因子範圍，四季變化明顯，其活動界限之時期當受限制，且除此活動時期以外之其他時期，昆蟲不得不施行各種方法如以靜止休眠等渡過之，昆蟲於一年內之變態，自然別之，可分為活動時期及休眠時期，且其活動係由成蟲及幼蟲互異形式出之，環境週期之變化與昆蟲活動週期之變化相組合，遂呈現季節上四季景象之變化，昆蟲在季節變化期中，不斷的進行其生態之羣落構造及機能之變遷，觀察季節變化之學問，稱為季節學，或稱景象學（Phaenology），即研究氣象與生物關係之學問，係着重研究氣候上季節之變遷者，此種研究，每有偏重氣象一面之嫌，予以為對於生物羣落之構成及活動之變遷，亦須有相當之注意，季節之變遷，為一年間週期之變遷，故又稱為週年變遷（Annual succession）。

季節環境因子不同，以日射時間及角度之差，而使空氣濕度發生高低等氣象因子之變化為主因，一個因子發生變化，與食餌植物之活動變化有連系性，溫帶以北地域，在冬季多數

植物均爲無葉無花，及新春初抽芽放蕾，次第綠葉成蔭，開花結實，多數草食性昆蟲，於植物活動期始能自由攝取食物，即以他種昆蟲爲食餌之生物，亦必須於此時期方得充分之食料。季節變遷，固影響昆蟲生活，氣候溫暖，實爲昆蟲食餌豐富之時期，在此時之成蟲或幼蟲咸出而活動，苟食物缺如，又值氣象環境不適宜，昆蟲即呈休眠狀態，在冬季休眠時期，昆蟲以卵態及蛹態休眠者，爲數頗多，且較適宜，而以成蟲及幼蟲休眠者亦復不少。一年內，春秋兩季，比較適宜昆蟲之生活，其間每有以種類而異其攝食之活動，時間分業，使各種昆蟲之活動期發生差異，即如侵食同一植物葉之幾種昆蟲，其侵食時期，每多不同，所以在同一植物上侵害之數種昆蟲，殊鮮有同時競爭取食之現象，此固足以使彼此在同一環境中，較易棲息蕃殖。例如嗜食櫻葉之帶枯葉蛾幼蟲，在四月至六月爲害，而黑紋天社蛾幼蟲則在九月，彼兩者之侵害時期即全異。

昆蟲活動時期，須有適宜其活動之溫度，當氣溫超越其最低度及最高度以外時，昆蟲祇能擇地逃與休眠二途。休眠有所謂冬眠(Hibernation)及夏眠(Aestivation)者，前者最爲普通易見，後者較少。然而，昆蟲之休眠，非必須於溫度不適時爲之，即遇食物不足，亦有取休眠狀態者。如甲蟲類中食葉性之金花蟲等成蟲，每有自夏中期至翌春呈休眠狀態者，大概係以成蟲本身當須產卵時，以其足供幼蟲榮養之食物缺如，故休眠至翌春，以待新葉之萌芽焉。蚜蟲類在夏季亦有呈現休眠狀態之時期，彼等是否爲對高溫？抑爲食物之不足？則不甚明悉。

蚜蟲類中之食餌，有夏、冬兩季不同者，時期既異，其食餌植物在系統上亦全異。例如櫻蚜之冬季宿主植物爲櫻，夏季則爲系統全異之禾本科植物。彼等早春寄生於櫻新芽上繁殖，至夏

則不見其爲害踪影，而轉移寄生於草間，昆蟲界每有如斯求取二種食物，或用休眠一時以待之之現象，蚜蟲類中喜食新芽之種類，每當新芽抽出時期出現爲害，製造蟲瘻一類之蚜蟲，必須在植物組織柔軟時期爲之，否則蟲瘻殊難形成，沒食子蜂類，因世代關係能造成異形之蟲瘻，其一年二世代所造成之蟲瘻組織均不同。

寄生於其他昆蟲體上之寄生蜂等，其生長發育每與其宿主之發育狀態相呼應，因其與食餌有連系性，所以兩者在發育時期上之相應成一致，此非由於生理上之起因，實則爲生態之生活上所必需之現象，是誠令人極感興趣之事也。

因季節之不同，昆蟲生活方式遂發生變化，如蚜蟲一年間經過數世代至二十數世代，且因各世代而異其形態及生活是也，普通一般蚜蟲，以卵態越冬，卵孵化後爲無翅雌蟲，是即幹母，幹母胎生之仔蟲，均屬有翅或無翅之雌性，此等雌性蚜蟲胎生之仔蟲，仍爲雌性，且多生翅，有翅雌蟲適以遷移他處蕃殖，無翅者則仍留原處，遷移他處之雌蟲，蕃殖至數代後，有翅無翅相混而生，及秋屆有翅蟲飛遷至產卵場所蕃殖，然後始產出兩性之雌雄交尾產卵以越冬，故蚜蟲每因世代而異其形態及生活方式，此種現象是謂『世代交替』，因世代而發生差異之現象，全以四季環境轉變爲適應食物而起之變遷，結果使生活方式亦隨着發生變化，一年間經過之世代繁多，各代所受之影響自大，無論其環境若何，爲適宜計而產生異型，均與上述之意義不相徑庭，其他種類壽命綿長之幼蟲期，以受環境變遷之機遇較多，又必須應付環境而生活，故在環境變化過甚時，亦每有發生異形之現象，如寄生性之芫菁，葛上亭長等幼蟲之各齡蟲，因而呈非常異形，是即所謂『過變態』是也。

氣象環境之變化，不僅使習性發生差異，即形態亦常有顯著之不同，蝶蛾體有大小，色彩明暗等所謂季節多形 (Seasonal polymorphism) 者，由生理上說明之，固受溫度及濕度之影響，然僅言為溫濕之關係，則非全明生態意義之釋言矣。

季節對於生物種種影響之例，已如前述，而彼等之羣落及變遷，由此亦可以想像得之。自春至秋，多數昆蟲各在攝食時期作羣落之活動，此時為極易擾亂平衡之時期，至冬始為休止時期。

第三節 一日間之變遷(Daily succession)

一日之間，以日射為主因，而發生時曇明暗，使溫度及其他有關之氣象因子亦起變化，以此影響昆蟲而有晝夜朝夕種種動作之變遷。蝶於日間翱翔，蛾於夜間飛行，不僅晝夜如斯，即時刻上亦每以明暗而不同。即在夜間飛行者，其出現時刻，亦常因種而異。鳴蝸之鳴聲，非為溫度之刺激，係由明暗度之強弱，而感興奮高鳴。春蟬之鳴聲，一時止，一時鳴，據云亦係由天氣曇晴之故。夕暗螢光輝，但其光輝祇限於誘引異性時，雌雄蟲之交尾時刻、產卵及攝食等，為昆蟲日行之事，而時刻上常有一定者。故一日間昆蟲之活動時刻及休止時刻，劃然可分，以此，一日間昆蟲羣落內之動靜，亦隨之而有相當之變遷。

太陰之變遷(Lunar succession)，對於昆蟲之影響，無顯著事象。惟月亮明暗時間之差，對於昆蟲夜間交尾有相當影響，蛾之發生季節與太陰相逢合時，其產卵多寡，每受影響，吾人於次年察其蕃殖情形便明之。似此，實為一極感興趣之問題。在野間施用燈光誘集昆蟲，其數目於月明時較稀少，亦可說為月明影響昆蟲之一事例。

第四節 生態之變遷(Ecological succession)

生態之變遷,係敘述以土地及生物環境因子變化而發生之羣落變遷,例如以天地變易所引起變異之環境:若火山噴發,化山林爲焦土;洪水泛濫;致田園沉於水底;又因人爲之變革,使森林爲街市,原野成水田等;此其變遷之大者,小如草叢、池沼,無時不起小變化,土地及動植物之變遷,小者爲局部的,大者成地方的,同棲一處之生物羣落自亦隨之而變遷,地方上之氣候,亦當發生變化。

森林因人爲變革爲耕地,以栽植新植物,或作爲單純植物之廣大栽培區;又或化原野爲水田之變革等,均足以直接或間接影響該地昆蟲羣落之變遷,建造森林:栽植落葉松及杉等橫互數里;或闢水田萬頃以植稻;使一區之主要植物爲單純之落葉松、杉及稻,環境既變,原生該處之昆蟲羣落當受影響,即昆蟲四週之環境,前以多種植物構成之植物羣落,現在一變而爲簡單者,昆蟲羣落之構成受影響也無疑,植物羣落構成分子減少,彼此間之聯鎖關係遂稀薄,而其中之變化亦少,但受外界因子之影響則易,反之,植物羣落構成分子複雜,縱使其中一個發生變化,亦不易影響及其他,欲全體變革更非易事矣,由上述之原因,單純植物羣落,極易引起害蟲之大發生,即從大害蟲之發生可能性言,混淆植物羣落,特殊害蟲大發生甚難,故在事實上鮮見其羣落植物有遭遇害蟲之大害者,培育植物,非全因人爲促進生長,消失其本身固有抵抗力,而變爲適於昆蟲之食餌,實則主要原因,仍屬羣落構成單純,平衡狀態易受動搖,致害蟲極易增殖之故,即吾人支配下之農耕地、果樹園、森林等,殆全屬於害蟲異常發生之環境,反之,在自然狀態下之草原、山林,其平衡狀

態較易保持,故蟲害之發生亦較少。

吾人每見昆蟲異常猖獗之後,其蕃殖忽自減少,甚至完全消滅者,此何故歟?植物遭害蟲侵害最甚之時,其勢力日益衰退,或致植物在其羣落中失却一時之勢力,侵害蕃殖其上之害蟲,其侵害勢力亦隨之降低,結果生物羣落之構成遂發生變革,即外圍勢力不發生變遷,而內部自起變遷,此亦一生態之變遷也。

第五章 昆蟲社會

昆蟲生活方法大別分之有二：(一)孤獨性生活 (Solitary life) 及 (二)羣棲性生活 (Gregarious life) 是也。其因羣棲而構成之社會現象，頗為複雜，茲為便利計，分同種間與異種間社會說明之。

第一節 同種社會

欲區別是否為同種昆蟲之羣集，應先區別其孤獨性及羣集性，並須考慮其羣集之種種緣由，例如或以性關係，或以食物及家族關係等。多數同種昆蟲之羣集，有為尋求異性而羣集者，如蚊柱之現象是；有為食物而羣集者，如蒼蠅之以腐肉；有為家族而羣集者，如蟻巢是。同樣之羣集，而其羣集原因，則各有不同，故不能將一切羣集現象，統言之有『羣集性』也。就僅以外觀數目多寡之比較，亦不足以區判孤獨性及羣集性。如害蟲有時因故離居他處，見其個體數少者曰孤獨性，較多者則曰羣集性，非至理也，此蓋為數字問題。然則『羣集性』何謂乎？凡昆蟲之羣集，含有同胞家族之義者，始得謂為『羣集性』。如梅蛄蜥之以同胞關係，而有孩童之羣集 (Child family)；其他雖無同胞關係，而同種羣集營巢及越冬者亦是也。以食物關係而聚集之現象，言非真正有羣集性者，是何故？以食物之誘集，係屬偶然事態，其羣集為一時之烏合，個體方面雖獲充分利益，而於集團上則無若何利益。如夏晚燃燈，蟲慕燈光飛來，彼向燈火目標飛集之昆蟲，只為求達其個體之目的，故不得謂為『羣集性』。『羣集性』者，於羣集本體上必須含有生態之意味。

昆蟲類中有不少營孤獨性者，然而，孤獨性云者，非其整生

營孤獨生活，雌雄於交尾期間仍相追求而集合，惟其集合數目多寡，則因種因時而異，異性相慕之事態，任何昆蟲均有之，如斯含生態意義而羣集之社會，名實相符，且見有種種之形式焉。

第一 性之社會

昆蟲皆為雌雄異體，兩性發達，由交尾、受精、產卵而蕃殖。有少數例外為單性生殖，最顯著者如蚜蟲，一年經過之數世代間，大部均營單性生殖，祇一世代營雌雄兩性生殖之生活。

昆蟲之性生活期，以其一生時間論，為時極暫，如蜉蝣等幼蟲期，須經一年以上之時間，而飛出空中具性生活之成蟲期，則有令人起朝生暮死之感。成蟲壽命，純以交尾短時間而生存，蛾類中亦多如是者。蟻之女王壽命，由數年至十數年之久，其交尾時間，亦不過數分鐘而已。蝶類、甲蟲類、及蜚蠊等之交尾、產卵及取食，常可交互進行而得繼續延長其性生活。

昆蟲在交尾期，兩性互相追求而接近，為探明對方棲所，其感覺器官及習性多發達，彼此以色、光、音、香或活動等互相標示，施行種種手段，以求達其交尾之目的。如螢類之發光器，鳴蟬之發音器，蛾類之發香器等皆發達，即其感知之眼、耳、嗅覺等，亦莫不發育完備。蝶類各具特異之色彩，以便同類之對方認識，此即所謂認識色是也。因性行為而發達之各器官中，與直接生殖器官無關係之部分，謂為性之二次特徵，其係無形而只具動作者。例如螢類之螢光，隔相當時間，作忽明忽滅之舉以誘異性，是為性之二次特徵；他如鳴蟲發聲器，發出高低抑揚之鳴聲腔調特徵亦是也。二次特徵之目的，在誘惑異性，每以引起同性間之鬥爭，致鬥爭器或異性把握器發達。前者如獨角仙 (*Xylotrupes dichotomus* L.) 之前胸突起及锹螳之堅粗大腮然；後者如龍蟲前腳跗節下面之吸盤是也。兩性交接之方法亦多異，如蜻蛉類之

交尾方法，頗為奇特，雄蟲預將其精液輸藏近腹部基節開口腹面之貯精囊，而雌蟲之交接器則在尾端，所以在交尾時，雌蟲六足緊握雄蟲尾端，其尾端交接器則插入雄蟲腹部貯精囊，如斯連結不分離，直至交尾完畢為止，此種方法，誠希觀也。

昆蟲雌雄數目之比例，多為相近數，或有多少差異，而葉蜂雌雄數字之差則較著，即雌多而雄少也，亦有雄多者，如蟻之雄蟲，普通總佔雌蟲數倍，以燈火誘來之蟲數比較，雖非正確，而其飛集之羽蟻數比每如斯，即在其巢中調查，亦見雄蟲總佔非常多數。

第二 母性愛之發達

母蟲產卵，對於產卵位置深切注意，苟能防止一卵子受外敵侵害，即能多孵化出一頭幼蟲，俾易得食而蕃衍其種族，天牛及葉蜂類為防止外敵之襲擊，產卵於植物組織內，天牛將其卵粒產於樹皮下，幼蟲即向內蛀食；葉蜂產卵於葉組織內，其幼蟲則不在葉質內蛀食，反而出葉上取食，彼等以保護卵子而產於莖葉中，為便利刺插計，故具特別發達之鋸齒狀產卵管，所謂外敵云者，非專指侵害之動物而言，即外面氣候之物理障礙亦屬之，草蜻蛉之卵具長柄，附着於枝葉上，匍匐枝上之動物，便不能直接取食其卵，其他種類之卵塊表面每附着種種物質，其作用亦不過為防禦外敵已也，其中有分泌特殊液體以護卵者，如椿象類之卵上附着粘性物質；螳螂、蜚蠊之卵，外護之分泌液於乾燥後硬化為外被；蛾類中之卵，產附於物體上呈塊狀，並覆以本體腹部之鱗毛；二化螟蟲、赤楊舞蛾等卵塊，外附以破碎小片等，殆均為防禦小鳥、寄生蜂等侵害之裝置也。

普通母蟲產卵於幼蟲食物附近，白粉蝶飛翔於菜園作物雜草間，其細長之卵，祇產於十字花科植物葉裏，鳳蝶等飛翔於

叢林茂木間，僅覓柑桔類、秦椒等植物，點產其淡黃色半球形之卵於芽苞附近。此種事實，不只限於二三蝶類然，即蛾類、甲蟲類等亦多產卵於其幼蟲食物上或近處，非如斯幼蟲不易得食以保全種族也。昆蟲食餌，各因種類而異，並有不少種類之食物受一定限制者，以此限制，其親蟲非能辨認子蟲之食物產卵不可。親蟲產卵之目的已達，遂無後顧之憂矣。

然而，昆蟲普通不僅產卵於食物附近，並為其子蟲施用防禦之設備，且有親蟲自任保護之責者。如椿象種類中即常有如斯之習性，彼產卵數列於樹葉上，母體覆卵止息不動，經數日卵孵化後，幼蟲仍集居於母體下，殆如犬、貓之抱其子然，如斯保護達一星期左右始止。

又有親蟲預為子蟲搜置食物者，如狩蟲之蜂類是。蜾蠃、細腰蜂及玳瑁蜂等，亦其明例也。此等蜂類，預於土中或木材中等處造穴，或打掃舊穴，然後採置各色幼蟲食餌，負之而歸。此等被捕之食物，多為尺蠖蟲、小形甲蟲、蜘蛛、浮塵子、蚜蟲及其他小動物等，而其所捕之蜘蛛，則用其毒針刺蜘蛛之神經系統，致活動不自由呈半死麻痺狀態，然後搬入其預築之巢中，儲置一頭或數頭。此等被捕小動物，皆呈長期不死之麻醉狀態，母蟲即於巢室內產卵，以土或他物封閉室口，於是母蟲對其卵子所盡之責遂告終。嗣後卵子孵化為幼蟲，即在安全室中取食母蟲遺留之慈愛恩物，發育長成，化蛹成蜂，然後再破閉室而外出焉。

象鼻蟲類中有所謂落文者，在初夏間成蟲止息於木葉上，至葉片近基部，以口吻橫切一部分，使葉向下懸垂，彼即稍捲垂葉末端，切葉綴附捲口上，在捲葉內產卵一粒或數粒，次再捲葉恰呈古時之文書狀，此捲葉初切時，尚能因葉基部殘留部分而下垂，及經風遇雨，即落地上，故有落文之名。孵化幼蟲，即食捲葉

內內容物，發育生長化蛹成蟲，此類落文已爲子蟲築室，復爲其子備食焉。

觀上述之昆蟲生活，可明其母性愛之發達，卽如椿象母子同棲爲期雖暫，但亦爲昆蟲營家庭生活之事實也。

第三 家族制度之發達

母子同棲之期間長，其共同之動作明顯，此種現象可得稱爲真實之家庭生活矣。營社會生活 (Social life) 之昆蟲，係指社會化昆蟲 (Social insect) 所營之生活，現在所言之家族 (Family) 制度，係以母性中心或夫婦中心所形成之團體。

昆蟲所營之家族生活，其程度不一，如前述玳瑁蜂等，雖有營巢習性，而無母子同棲之事實，凡具用意周全之母性愛活動，始得謂爲『家族生活』，如母子同棲，食餌各別，雖可呼爲『家族』，但爲程度上問題而已。卽營如斯含義之家族生活昆蟲，爲數不少，如鞘翅目之鍬螋科、長蛀蟲科、小蛀蟲科、等翅目之白蟻、膜翅目之蟻科、胡蜂科及蜜蜂科之蜜蜂等，皆其例也。

被認爲營初期家族生活之昆蟲爲螻蛄，卽膜翅目及鞘翅目之例亦不少。金龜子科之蠅螋類 Scarab 甲蟲，雌雄共同作業爲子謀取食物之明顯行爲，在四千年前已惹起人類之注意，並崇拜之，且言爲家族生活之原始焉。

小蛀蟲及長蛀蟲，爲分佈全世界各地之小形甲蟲，彼蛀入樹幹內棲息，其中有穿孔作巢於木材及皮間者，或蛀入木材深處者，茲先述其造巢皮下者：成蟲穿穴於樹皮下，達皮與木材之間，作稍廣之小室，是爲交尾室，室中僅居雄蟲一頭，該室與雌蟲所蛀造之產卵長孔道相連，居產卵孔內之雌蟲數目，則因種類而異，少者一二頭，多者四五頭，而有一夫一婦，一夫二婦或一夫多婦之制度焉。彼等穿穴方向，因種而異，例如一夫二婦者，其二

雌於交尾室中心蛀造前後相反之孔穴，連成一條線，其兩端向同一方向彎曲，恰呈括弧狀，四、五頭者，則向四方或五方蛀造，產卵長孔之左右壁具小凹，雌蟲即在凹處產卵一粒，孵化幼蟲自母蟲孔道蛀進樹皮與木材之間，其孔與母孔稍呈直角，孔穴初狹，後蟲體漸大，而孔幅亦漸廣；老熟後於蟲孔末端造小室化蛹，然後成蟲，再自蛹室向皮部蛀造圓孔達外逸出，母蟲穿造之孔穴，稱曰母孔或產卵孔，而幼蟲穿製者曰仔孔，仔孔常出自母孔左右側，多呈鳥羽狀，其形亦整飭，大體因種而異，其孔形，由全體之孔形，可以現出各種之特徵，彼等蛀造巢孔於樹皮下，親蟲與子蟲繼續共居巢中，不僅為其食物關係而共棲，且有家族之含義在也，蛀入材部之種類，如小蛀蟲科之 *Xyleborus* 屬及長蛀蟲科等，其仔蟲向邊材部穿孔，穿成直角，此類害蟲能於孔壁培養一種菌類，幼蟲即住於菌絲壁室內，取食其菌體，據云此種菌種，原係培養於舊巢中者，由母蟲出舊巢時附着體上帶來移殖，其頭部即具有適於附着菌體之裝置，據云此菌種係其源遠祖先之遺產物，殖此等菌類之甲蟲 *Ambrosia beetle* 為數達四百種以上，如斯親子同棲與殖菌為食之行爲，誠不愧云為家族生活矣。

第四 母性中心家族

蟻之生殖個體有雌雄兩性，具二對翅，其系統與外形類蜂，羽蟻在交尾時期，出巢高飛直上空中，尋求異性交尾，雄蟲於交尾後數小時或至翌日即死；雌蟲則落地上或樹上，匍匐探覓各種特別場所，如石下、土中或樹皮下等處，足以居身鑿穴者，穴成填其入口，經數日後開始產卵，卵經旬日而孵化，呈蛆狀多毛之幼蟲，母蟲口吐養分餵幼蟲而撫育之，再經相當時日，蛹化而成蟲，母蟲哺幼之養分，非求自巢屋上之水分或其他食物，係母親

自體之養分，哺育長成之成蟲，體軀俱全，惟無翅，較母體甚小，各部發育多不充實，雖屬雌性，生殖腺則不發達，即吾人普通常見之蟻是也。彼女性蟻，因無發育完善之身軀，不能生育，其任務全為助母親自後產卵育幼之工作。彼等出巢外覓集食物，一部吞入胃中，轉變為養分，由口移哺幼蟲及母親，與其同胞勤工巢內。從事此種勞働工作之蟻，又稱為職蟻，彼等一生祇從事勞働工作，生殖生活無與焉。職蟻中雜生一種體大之蟻，其頭特別發達，此種蟻稱曰兵蟻，彼等具種種特徵形態，為數頗多，難以個別分類殊名，可統稱為兵蟻。一頭母蟻於如斯繁殖下，經一、二年之後，職蟻數夥難數矣。母蟲生命，短者數年，長者達十數年，而職蟻只有一年內外之壽命。母蟲不斷產卵繁殖，羣體個體逐漸增大，家族亦日益繁榮，然後始產出具翅及生殖器發育完全之雌雄蟻。此等雌雄蟻，復飛出巢外空中交尾，而創造其新家族焉。營數年生殖生活之舊家族老母蟲，於產生新雌雄後，至巢外送別其子，不久即老死，舊家族中之職蟻，遂失中心而次第死亡，卒至全族滅絕。無論蟻之家族制度如何分化，皆不外如上述之狀況，即有數家族連合成一大家族，其中亦不外由數頭或數十頭之母性為中心而形成。

從上述蟻家族觀之，每一家族，係由一頭專司生殖之母蟲及多數從事勞働之職蟻組成，共營團體之生活。一個團體內之蟻，在工作事務上，可別為后、職、兵蟻等，在形態上，則可分出數百個不同之個體，而在生態上乃不過為一有機體。母體產生後繼之雌雄羽蟻，為其母蟲工作之後繼者，而後繼者務必犧牲其子孫多數之生殖力，代母性執行職務，哺育子女，養育少數專營生殖生活者，以謀完成同巢之團體生活。雖如此複雜分工之團體，亦不過為子孫永續，而現露其母性愛。

若斯嚴密組織之家族制度，仍有家族寄生（社會之寄生 Social parasitism）之怪現象出現，譬如甲家族之寄生者，常見寄生於乙之宿主，甲新巢內飛出交尾完畢之母蟲，每侵入乙家庭中，殺戮乙方女王，自僭其位，乙方職蟻，則仍須供養侵入之賊女王，並愛護及哺育其所產之卵及孵化之幼蟲，以至長成爲職蟻，但此等長成之職蟻，却爲寄生者，彼不出外自取食物，所以巢中食糧，仍不得已而由乙方職蟻獵取，然而職蟻壽命有限，日久漸次死亡，其寄生者之職蟻，始出任補充之，又有出其巢而攻掠他巢者，得勝之後，盡擄掠其幼蟲、蛹及成蟲職蟻等而歸，養之育之，使其成爲一己之奴隸，此種寄生現象，外觀似爲宿主，事實上則爲奴隸，此即生態上所謂家族之寄生也。

第五 兩性中心家族

白蟻之生活，外觀之似爲類蟻家族生活之昆蟲然，但是彼此在系統上之關係爲遠，與蟻所營之家族制度亦全無關，誠爲兩種截然不同之昆蟲也。

白蟻營生殖生活之個體，亦具翅，至交尾期亦飛出巢外，經數分鐘至數十分鐘飛翔後，降落地，脫去二對翅，雌雄追逐迴旋行走於地上，得適當木材與土壤接近處穿造小穴，同棲穴中，然後交尾產卵，其孵化幼蟲，亦須養之育之，白蟻之食物爲植物質，木質尤嗜食，兩性在穴中，不斷攝食，交尾及產卵，所生之幼蟲，皆呈白色，體質軟弱，長成後稍有變化，仍與幼蟲同形，再增大即爲成蟲，是爲職蟻，職蟻有雌有雄，惟生殖器官發育不全，其中有頭部發育甚大者，如具長粗之大腿，面部中央有分泌特種液體之分泌穴，此即兵蟻也，兵蟻多居於巢穴入口等處，利用其頭部發育之器官，防禦外敵侵入，白蟻類中兵蟻，隨處可見，其形狀特徵亦因種而異，職蟻、兵蟻蕃殖至相當數目後，始產生營生殖生

活之個體，即生殖腺發達之羽蟻也。白蟻與蟻不同者，為直接戀愛。生殖個體之幼蟲長大後，在中、後兩胸節生翅芽，漸次延長達腹部末端，然後羽化為羽蟻。此羽蟻非如所謂之白蟻然，色彩多呈黃褐色至黑褐色，胸部因具翅，故發達，職蟻盲目，而彼則有完美之眼，如適於棲息空中之昆蟲形態然。羽蟻飛出巢外後，另組其新家族。白蟻之蕃殖，為有趣味之事實，無女王或王時，其後繼者之幼蟲，能速成之。速成云者，即非羽蟻之幼蟲，能迅速發育以代王及后之職務，彼等雖產出翅芽，但胸部仍不發達，體色亦仍為乳白色，惟其生殖腺則充分發達，如女王及王均死亡，則產生多數此類，後繼者，以代替女王及王之職務，以此蕃殖日益衆多，故多形成數家族或數十家族同棲之大家族。又當新女王出來組織新家庭時，舊家族一部之幼蟲及職蟻，可以脫離隨新王他去，此在飼育上極易實驗出現之事實也。如斯雌雄長久同棲，職蟻、兵蟻同具雌雄性，及新後繼者速成之事實等，皆與蟻之家族制度全異者，在系統上亦完全顯示各別，其家族制度，依然為延長母性之哺育子女，而根本上之生態意義仍然不變。縱使其制度更加複雜，一家族之個體數達數十萬，而其基礎仍以母性及附屬之雄性為中心，此種制度，豈非與人類之家族類似乎？

第六 同種之集團

同種集團有二：一為前述之同胞家族；一為非同胞家族之羣集。同胞家族，主由同一卵塊產生之同胞幼蟲期羣棲，其中有僅限於幼蟲期之初期，亦有較為永久，連續羣棲至成蟲期者，如松毛蟲只限於一齡間，毒蛾幼蟲則在三、四齡期羣棲一巢中，及後始分散。梅毛蟲早春出現於梅、桃、櫻等枝間，抽絲營造共同棲巢，至老齡始次第分離作繭。幼蟲全期羣棲者，其蛹繭亦每數十同列於一枝上。他如食害胡桃葉之胡桃金花蟲，其卵列產於葉

上，孵化幼蟲遂羣列整隊食葉，蛹亦羣列懸垂於葉下，又如茶柱蟲之類，每當五月梅雨前後，幼蟲概羣棲於板壁、大木幹上面，直至成蟲仍不分離，若吾人以微風吹之，則見羣體向同一方向行動，急吹之則驚散四方，此爲一時現象，靜止時又復羣集如前，此種情態，苟吾人自遠處望之，如睹一羣騎兵集團，中央忽遭砲彈襲擊，頓時四散隊形，及後復行集成原隊然，凡非兩親共棲，而純由子蟲（幼蟲）形成之集團，皆稱爲 Child family。

彼等同胞社會，對於防禦外敵，亦每有共同之動作，對於食物則能共同分配，攝食時幼蟲頭部，多整一排列於葉一方，共同取食，從未見有奪食事，彼等抽絲共同營巢，以護羣體，使巢爲羣衆之安全棲所，豈非彼此互相扶助之功乎？

至於非同胞家族之羣集，如越冬時各種成蟲之羣集是也。其最明顯之例，如瓢蟲類同種數百頭羣集一處越冬，稀有他種混雜其間，發生於北平西郊之榆金花蟲，冬季每數十或百數十頭羣集屋內壁隅及其他間隙處越冬，又如細腰蜂類亦其例也，羣棲腐肉之蛆，其偶爾集合於適宜越冬所，亦非全無意義，非家族之性社會，仍可言爲同種好集之習性，因食物而偶然之羣集，雖可云爲同種社會，但其關係則非常之稀薄。

第二節 異種社會

昆蟲與其他生物間所發生之關係有二：一爲種與種間發生密接之關係；一爲羣落間同一棲所而起之關係。

異種生物間所發生之密接關係爲食物、住所及敵害等，彼此利害關係有同一者，或相反者，或各半者，以此所發生之現象：有時而同盟，有時而鬥爭，種與種間形成複雜連鎖關係之奇形怪現象，如寄生及共棲，卽爲顯示彼等連鎖關係上之羣落關係

也。

第一 鬥爭與和睦

二者生物間常發生鬥爭與和睦之現象。鬥爭原因：爲食物者，此昆蟲向他生物施行攻擊；或爲他生物襲擊而設防禦。又每以同一食物或住所之關係，亦能引起彼此競爭。前二者爲異種間有意識之鬥爭，後者則爲同種間無意識之鬥爭，但均能引起劇烈之鬥爭。

昆蟲與他動物發生鬥爭時，必須施用攻擊及防禦之武器。關於攻擊方面之武器，如具堅強之咀嚼口，強大之腳，毒針及尾端之鉞等皆是也。普通以發達之口器爲攻擊武器者較多。其以腳爲武器者如螳螂，擬螳螂，螳臂蠅，田鼈及紅娘華等之前腳具銳刺，適於把握捕敵。蜂之毒針及蜜蜂類職蜂之毒針，皆係一種攻擊之武器。當昆蟲攫取其他小昆蟲爲食物時，因具有急速之飛翔力，銳敏之視力，靈活之把握，咀嚼，刺傷等動作，卒能達其目的。即遭其他生物之攻擊，亦能相當應付之。遭遇襲擊之昆蟲，不限何種，皆有起而爭鬥之行爲。即草食性溫和之昆蟲，亦有抗爭之舉動。假令遭逢鬥爭性昆蟲，自分能奪得食物，無不盡其全力以應付之。苟攻擊大形強力之昆蟲，彼當自知非得計也。所以應付強力動物之弱小昆蟲，每有自身之防禦，如隱匿，逃逸等各種手段，若擬死，擬態，保護色，警告，惡臭，毒液，棘毛及厚皮等方法是。

關於以退縮身體爲防禦手段之昆蟲，皮膚皆硬化。如各種具吉丁質外皮之昆蟲，體厚而硬。甲蟲體軀各部及前翅皆硬化，藏其後翅及腹部。蜚蠊，飛蝗，椿象等前翅亦多硬化。適於飛翔及保護之用。皮膚硬化者，不懼外敵之侵害，故在敵臨時，多不急劇逃逸，且有縮其腳及觸角等，靜候敵方推移者。有一部甲蟲之體壳硬如小石，即小鳥之嘴，亦莫能碎。其他種類，有因體內含種種

物質，能發生惡臭、惡味等，不為小鳥所嗜食，此等惡臭，或為富刺激性之物質，均以防敵人之攻擊，如鳳蝶幼蟲胸部着生臭角，瓢蟲與葛上亭長之腳分泌黃色液，大形鋸蜂幼蟲腹側之放射水液，飛蝗口中之吐黑色液，白蟻類兵蟻顏面分泌孔之分泌白色液等，皆為對敵而發之毒液也。又如行夜夜出捕食他蟲，當其遇敵時，則由肛門腺放出黃色臭氣，藉以退敵等。

鱗翅目之幼蟲，如毒蛾、松枯蠶等遍體着生多數之毒毛束或刺毛，人畜觸之，每為所苦，且以繭中充滿毒毛，蛾慕室中燈光飛來，毒毛常被帶至室內，七、八月著天，身被薄衣之人，每有受其毒毛刺戟之處。

昆蟲之皮壳堅硬，在外敵固屬不良之食物，但逃避敵目之行爲，在自衛上尤更重要，有一部種類，藏匿於其他物質中，如上中、木材中、或羽毛中等；避債蟲在幼蟲期造厚巢而居；天蠶蛾、蠶等多數蛾類及鋸蜂等，在蛹期造硬厚之繭匿體，皆為避敵目也。然而，不得已露體外界者，亦有種種防護之法，如體色似棲所環境之色，或擬其外形，以避敵目。鱗翅目、膜翅目及直翅目之幼蟲，居於綠葉上呈綠色，是為保護色，蟲體上之斑紋，置諸手上，固為鮮明之色彩；然而，置諸葉上與周圍之自然色彩保持調和，遂難區別矣。有論者謂：人之目力可以感覺者，小鳥或不能見之云。尺蠖類之幼蟲，在樹枝上似木枝，此為色、形與動作三者合一以避敵目之行爲也。苟吾人不留意視察，亦不易見。在人類極端注意下始能判別之事態，於生態意義上實屬重大，而昆蟲在外界雖欲避免為似蟲之象徵，但小鳥仍能見出而捕食之，亦屬事實。其故或非保護色之全無效，所以在闡明保護色等之斑紋色彩意義時，必須用科學目光去觀察和研究。直翅目昆蟲類，其同一種類常具各種色澤者，如螿蟻之有綠色、淡褐色，斑紋亦有種種色

彩之變化，其故或為原野色彩變化之現象，蝶類之蛹等，因附着場所之不同而有綠色、暗褐色，木葉蝶翅之形色似枯葉，其色彩亦多異，均為保護色之明例也。

保護色與擬態之現象，頗相類似，其解說每混雜不明，所謂擬態，為模擬他種物型之昆蟲，而似其形色也，在模擬者自身立場為有利，如尺蠖蟲之似枯枝，木葉蝶之似枯葉，因彼等似枯枝、枯葉，故難分判其為昆蟲，其他鱗翅目幼蟲之體色，多為保護色，凡具毒針、惡味之昆蟲，小鳥不嗜食者，均具其特有之體型，擬似其型之昆蟲，苟為小鳥略及，因誤為具惡味及毒刺之昆蟲，遂棄置之，擬似具毒針蜂類之昆蟲甚多，如花虻類之擬圓花蜂，不知者因恐其有毒針而不敢捕，其他無毒針之葉蜂類、蛾類中之硝子蛾等，形似拖足蜂等，皆為絕妙之擬態也。

上述之擬態為擬形，然而每有擬及於生活樣式者，如蟻與蟻蜂等形狀、色彩均相類似，即生活樣式亦極相同，蟻蜘蛛似蟻形，一見即知為擬態，其行動亦類蟻，而蟻每誤為同類接近之，故每遭蟻蜘蛛之捕食，此為昆蟲之一種欺詐行為，其他擬態對外敵含斯意者亦不少，故外觀形態色彩類似者，尤應注意其生態之現象，藉察其異同。

昆蟲類中，受敵襲擊時，作不動狀態，以避敵目者，為數極夥，即普通所謂之擬死是也，捕食性之昆蟲類，對於非活動之昆蟲不捕之；蜻蛉、食蟲虻等不飛者不能見，蛙等不能察出靜止之昆蟲；小鳥則不動者亦能見之，惟昆蟲遇敵追擊時，飛逃落於雜草間一時靜止，復利用其保護色等，使外敵發見遂感困難，金龜子等棲息於植物上，手觸之，忽落地上雜草間，暫時不動，少時即自其處疾走飛逃，間有自葉上成直線墜下至二、三尺後，忽向橫飛去者，均為逃敵之一種行為也，尤有多數居於枝上之甲蟲等，稍

觸之即不動，且彼體堅硬非常，小鳥嘴力無傷也。

昆蟲類遭遇危險時，利用自體之移動力而逃逸者亦夥，如蚤使用其脚之跳躍力，急速飛跳至遠距離以免危險；而以飛翔力飛逃者尤多，其中有在危險時，犧牲體之一部，而將主要部分逃出危險地帶外者亦夥，如直翅目之昆蟲，後脚極易脫離，當外敵捕攫其脚時，忽脫落而逸，即其例也。蛇眼蝶類之後翅，飾以蛇眼紋等，為小鳥捕食時之良好目標，云其為體之保安裝置又何如耶？

具惡臭而非佳味之昆蟲，色彩多鮮麗，蓋標示其非適於食之物也，藉此以警敵來患，即普通所謂之警戒色是也。例如瓢蟲與椿象具鮮明之色彩斑紋；鱗翅目之幼蟲等，有鮮艷之眼狀紋，均示以異樣形貌，威嚇外敵。松毛蟲胸部背面着生毒毛叢，當敵接近時，體軀屈曲而豎起示威；木理蛾之幼蟲，尾端之突起為細肉突起，其所以擺動不已者，大概亦為威嚇作用。

第二 寄生與共棲

(甲) 親睦 (Commensalism) 凡個體數在一個以上之物種，互相提攜而生活，兩者間獲得相當利益，而無妨害他種者，是謂親睦。如營巢於樹木枯枝內之蟻，感樹木之德，而獲營巢住所，蟻生活樹上，與樹固無殃也。天牛蛀食木幹，其入孔口，堆積樹液濡濕之木屑，誘集小甲蟲類及雙翅目之幼蟲寄生其上，此等小昆蟲感天牛之德，而獲其食物及住所，在天牛固無何損害也。

(乙) 共棲 (Symbiosis 或 Mutualism) 凡個體數在二種以上之昆蟲，營親密之共同生活，兩者間皆獲得相當利益，而利益則有多寡之差，是為共棲。蟻與蚜蟲間之關係，即其實例。彼此所獲利益程度雖有差，而種與種間之關係密接，非共棲不易生存。即花與昆蟲亦一共棲之例也，花須昆蟲類為其傳花粉之媒介，始得

結實蕃殖，而昆蟲則藉花蜜為營養，彼此固同享互惠之利焉。

(丙)寄生(Parasitism) 凡二種或二種以上物種間，發生密切關係，其一方得利益，而他方遭損害者，是謂寄生。其獲片面利益者，謂之寄生者，受害者曰宿主。馬虻幼蟲寄生於馬胃中，以得食物，是為體內寄生。蟲寄生於獸體表面，而得營養，是為體外寄生。寄生者得片面利益，而宿主則被侵害，兩者間已無何等利益交換，而其關係復如此密切不可分離。此係積年因果關係之結果，無論若何，寄生者無宿主，固不能生存也。

此種寄生生活與普通捕食生活（即捕食他種昆蟲之種類）之間，在區別上殊無一定嚴格界限。蜻蛉捕蠅，人皆知之；細腰蜂捕尺蠖蟲，產卵其體表，孵化幼蟲即侵食尺蠖蟲而長成，亦為昆蟲學者熟知者，似此現象，其為寄生歟？抑捕食歟？若言為寄生或捕食，均有其相當之理由。如斯兩者間之狀態，欲判明為寄生、共棲及親睦，須視兩方利害關係上量之多寡以為斷。如上述三者間，實無明確之區別也。

昆蟲與植物之關係，自昔引人注意，故有花部生態之研究焉。花部生態學，即探明花與昆蟲之關係，花之機構，足以影響昆蟲種類之分佈，及其吸蜜與附着花粉諸特徵，兩者間以受種之限制，而成立密切關係，故一花有其特殊昆蟲種類為傳花粉之媒介，其他多數之花亦如是也。由是兩者間不能分離，猶之圓花蜂與毛茛科植物中之附子，在地球上有一分布區域也。

蟻為營大家族制度而生活之昆蟲，其與各種昆蟲、小動物及植物等，有密切連鎖之關係，據云與蟻有關之動物種類達三千以上。植物中有與蟻發生特殊關係者，稱曰蟻植物，其真實意義，雖議論紛云，然蟻植物發育一種令人不可思議之構造，誠能刺激吾人發生強烈之研究興趣。蟻又能助植物種子之傳播，生

物與蟻發生關係之種數已如此衆多，蟻之生物社會，可說係向多方面活動者，此種現象，誠足令人驚奇之事跡也。

寄生生活，在應用昆蟲學上因探明其種種事實，於自然防治方面成爲一重要問題，蟲癭係昆蟲寄生之結果，其係宿主植物產生不可思議之形態上無用組織，明顯惹人注意，沒食子蜂產卵於柵屬植物枝上後，爲何發生似果實形之大形組織？產生原因，雖云爲刺激，但吾人尤感有不可思議之奇跡焉，寄生爲求食物及住所，蟲癭實爲多餘之贅物，植物何故必須應昆蟲需要蟲癭之要求？此誠屬令人驚異者。

第三 昆蟲之食性與羣落關係

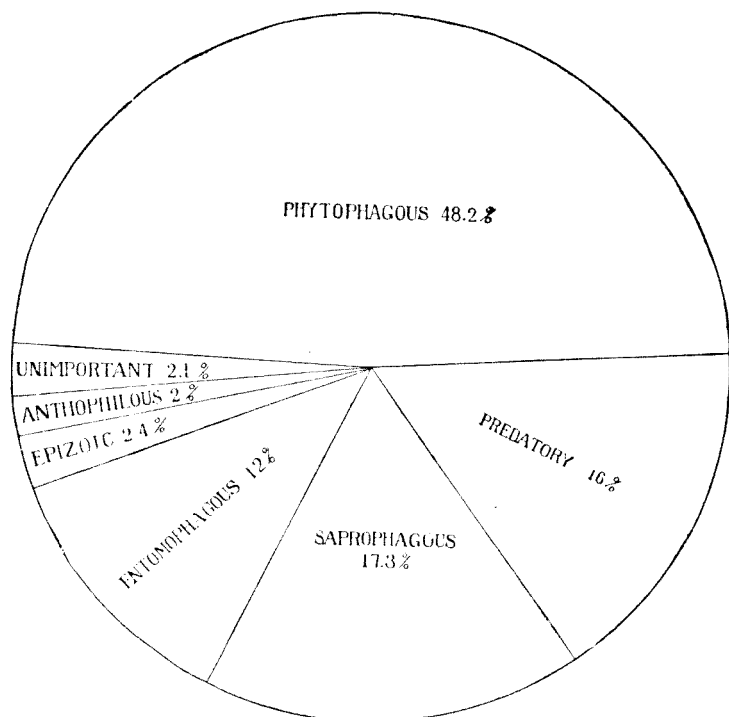
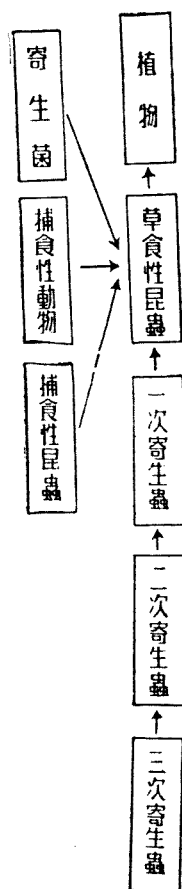


圖 12 昆蟲之食性 (From Weiss, 1920)

詳考昆蟲之生物環境因子中，爲昆蟲生存上佔最重要條件之一者，莫若食料問題，昆蟲如何攝食？如何得其食物？皆爲生態上之重大問題，昆蟲之食性，大體可如第十二圖所示，草食性(Phytophagous)昆蟲約佔百分之四八·二，捕食性(Predatory)者佔百分之十六，腐食性(Saprophagous)者佔百分之十七·三，



食蟲性(Entomophagous)者百分之十二，體表寄生性(Epizotic)者百分之二·四，嗜花性(Anthophilous)者百分之二，其他不重要者約佔百分之二·一，食蟲性昆蟲，即係寄生於蟲體內之各種寄生蜂及寄生蠅等，故又可稱爲體內寄生性昆蟲。

昆蟲之自然食性，多數以植物及動物爲食餌，以昆蟲種與種間之關係密切，每基於食性而致發生極複雜之生態相(Ecological complex)，食餌如何影響多數之動植物，可由第十三、十四、十五及十六圖所示以明之。

第十三圖係以草食性昆蟲爲中心，想像其所起之關係而作者，寄生蟲有云一次、二次者，以一頭草食性昆蟲，同時可以引起二種以上之寄生蟲寄生其上，即所謂重複寄生現象是也。

以一種食餌植物爲中心之關係，詳加考查，殊能引起各種生物勢力之消長，一種草食性昆蟲之運命，每非由本身氣象或土地之環境因子所左右，反而受多

圖 13 以草食性昆蟲
爲中心所起之關係

四圖以瞻其梗概，圖中以松為例，並附記其主要關係者，以松為食餌之昆蟲種類，約有七、八十種，茲圖中僅舉五種為代表，並例示其有關係之生物二、三種，查松毛蟲之寄生蟲約有十餘種，若將其完全作線為圖以表之，誠繁複令人模糊，故略之僅舉二、三焉。

昆蟲與其天敵之關係，殊形複雜，如第十五圖，所以昆蟲羣落在自然界不能孤獨存在，結果昆蟲亦不過為生物生態相之一員而已，因此吾人更應於廣泛特殊環境內，基於食性之關係，考查其全般生態上連鎖之關係，如第十六圖所示者焉。

如第十四圖所示，不論其為赤松抑黑松等，其與他種生物間發生之關係，約略相同，祇一種松之關係，即如斯複雜，在森林內有喬木、灌木、雜草及苔蘚等數十種至數百種之植物羣落，其

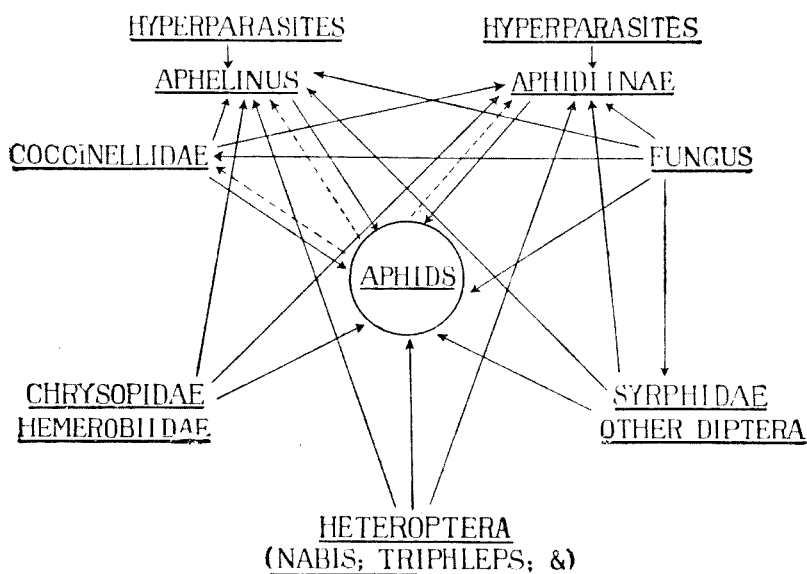


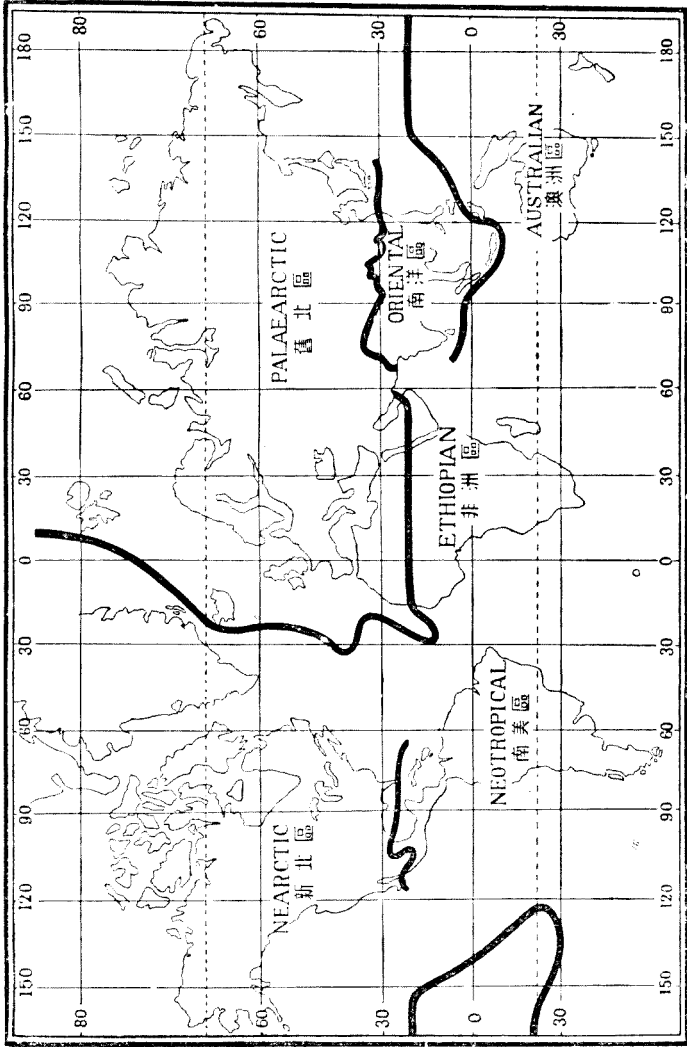
圖 15 蚜蟲與其天敵之關係(From Spencer, 1929)

複雜情形,更可想像,一種植物能與多數昆蟲發生關係,而昆蟲間又有同一種而侵害多種植物者,復有寄生性昆蟲寄生其間,關係之複雜,直如網縷綜錯,昆蟲羣落中一種昆蟲之繁榮衰敗,實非單獨一個種之問題,而為其整個羣落內之構成分子——如有機體中之細胞——命運問題,苟羣落間之關係不易動搖,而呈靜止狀態,即平衡狀態,生物之原有勢力,自當不易動搖,然而,所謂平衡者,係屬比較而言,欲完全呈平衡狀態,則無斯理,蓋因羣落內面的及外面的勢力不平均,時常發生微細動搖也,換言之,在平衡狀態下,即以環境因子起變化,而予以重大之刺戟,尤不足以憶斷其全體或一種之勢力消長,故在應用上立場,非僅研究其物種生理所能解決,必須向羣落生態學之見地以考察之,例加研究物種之蕃殖多寡,須先明晰其物種生存上最重要之氣象因子溫濕度為如何,其他土地及生物之因子,亦不應全然棄之不顧,若以溫濕度之影響為主因,則在受限之氣候帶內觀察其生活上所需溫度及濕度,便可以預測害蟲之增減,此在防治學上為極其便利簡單之事,然亦不過為一豫報之資料而已,事實上仍須明察其他多數之環境因子,所以昆蟲生態之研究,在害蟲豫防上遂成為豫測害蟲勢力消長之一大問題矣。

第四 昆蟲之分佈

一區域動物之繁榮衰敗,應受氣候、地狀及生物等相互關係之因子即環境因子決定之,昆蟲為動物之一員,故其分佈之環境,必須充滿其物種之生態因子——即氣象、土地、生物及其他因子,始有棲息殖蕃之可能性,然而,苟食物缺如,亦全失其棲息之可能性,故昆蟲在一定分佈區域內,每以局部之環境因子,即能限制其棲息所,草食性昆蟲,以其食餌植物之特殊分佈,分佈區域遂受限制,植物分佈區域,每有以特殊緣因,致植物絕種

者，嗣後即有該項植物種仔移來，縱令環境適宜，亦難蕃殖，因此棲息其上之草食性昆蟲，被受限也無疑，所以昆蟲之棲息地域，以食物關係，而受極大之限制，農作物常因人為而變更其分佈區域，蕃衍其上之昆蟲種類，常隨之受影響而變移棲息領域，又



昆 蟲 地 理 之 分 佈

圖 17

害蟲常因人助其移動而增加蕃殖,並廣播世界各地,其傳播所及之生物社會,每受其異常之影響,即害蟲侵入新領域後,擾動該處動植物之平衡狀態,引起其他生物羣落機構之變革,因此遷移之害蟲,每易與人類之經濟發生極大衝突。

第六章 昆蟲生態學之應用

關於應用方面之生態學方法,可從下列四點論述之:

- (1)作物生長之調節.
- (2)育成具抵抗害蟲之作物品種.
- (3)因選擇寄主,物種遂發生進化.
- (4)蝗蟲生態形象之問題.

上列四種生態問題,現已與應用昆蟲學發生最密切之關係.

第一節 作物生長之調節

調節作物生長之最大目的,厥為避免蟲害或減輕蟲害,普通常用之方法有二:其一,害蟲為害作物,常有一定時期,苟能在保證作物充分生長之條件下,提早播種期,即可獲避免蟲害之效,其二,在作物最易受害之時期,增加營養,以加速其生長,或以其他方法促進其生長,均足以減輕蟲害.

第一 播種期

有許多穀類作物之播種期,每易與害蟲之發生期相一致,如為害穀類之燕麥黃潛蠅(*Oscinella frit*),播種期在早春可以免其害,在晚春者,則遭其大害,此種黃潛蠅為燕麥及其他穀類之大害蟲,於美國繁殖者,其生活史:第一世代之成蟲,產卵於春季燕麥之莖、葉及野草上,五月二十六日左右發生最盛,幼蟲蛀入植物梢端,侵害頂芽及生長點,其第二世代之成蟲,約於七月十五日左右,產大量卵粒於麥穗上,幼蟲即侵食其花穗及幼實,第三世代之成蟲,出現於八、九月間,中有緩至十月者,八月二十二日左右發生最盛,其卵產於冬季穀類作物葉上及各種野草上,越冬之幼蟲,則蟄居於植物梢端基部,至翌年始蛹化為化,出

現其第一世代之成蟲。

燕麥於萌芽及抽穗時期，最易受害，據一九二五年孔利夫 (Cunliffe)、夫賴爾 (Flyer) 及漬柏遜 (Gibson) 三氏之觀察，當燕麥之芽抽葉片二、三枚時，受害最易；但至四葉時期，被害程度倏然低降，又據一九二四年夫賴爾氏及柯林氏 (Collin) 之觀察，麥穗在開花交配期間及種實之發育幼稚期間，亦極易受害云。

吾人既預明害蟲之生活習性，然後依據燕麥品種生長適宜之狀態，提早播種期，務希作物能早日達四葉時期，延至二月梢或三月中旬遲播者，均應廢止，作物於播種期後約經十星期始達其具抵抗力時期，又早播足以減輕種實之受害，以作物抽穗期亦因之提前故也，且害蟲第二世代之大部分成蟲，約於七月中旬發生，此時之燕麥種實，已漸至成熟時期，抵抗力亦日益富強，不復遭其侵害矣。

一九二四年福露氏 (Frew) 於羅森司特 (Rothamsted) 曾觀察大麥播種期與大麥黃潛蠅 (*Chlorops taeniopus*) 為害之關係，其結果知早春播種之大麥，遭受蟲害較少，福氏之觀察係選一面積相同之試驗區，劃分為若干小區，各區之播種期，均連續遲緩一定日數，惟該區之土壤狀態，頗為堅實，結果證明春季大麥之播種期，須在三月末之前（如第十八圖），惟圖中被害百分數最高之三區，與其塊狀土壤妨礙植物之生長，不無關係也。

普通供菜蔬用之扁豆 (*Vicia faba*)，在歐洲常受豆蚜蟲 *Aphis rumicis* 之大害，此種害蟲生殖力甚強，寄生於頂芽、嫩葉等處，故栽培者概提早播種期，反之若有於秋季播種者，則適合害蟲之大發生，德威遜氏 (Davidson) 在羅森司特曾作三月十五日與四月二十七日兩個不同播種期對於豆蚜蟲發生之比較試驗，結果前者於播種後十四日內每頭無翅雌蟲平均蕃殖五百

四十八頭仔蟲；後者則產生一千三百四十一頭云。

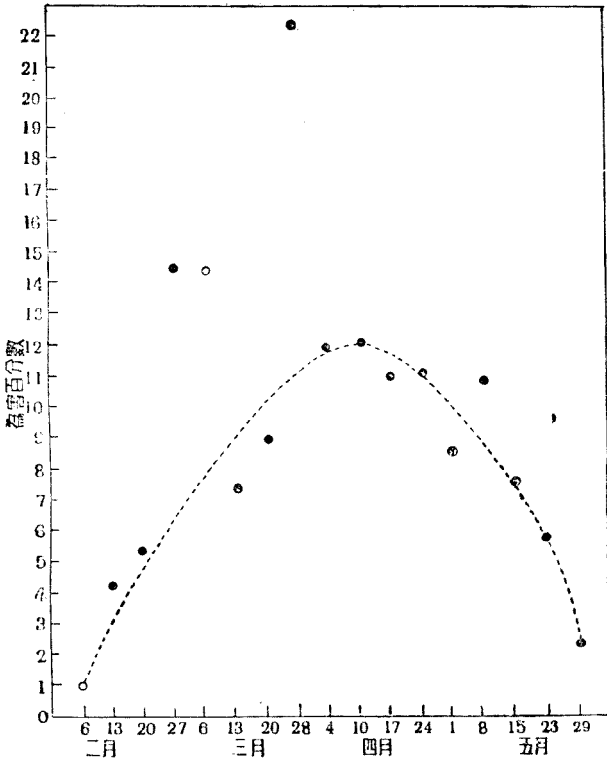


圖 18 大麥播種期與大麥黃潛蠅之為害關係。(After Frew, 1924)

一九一八年美國霍蒲慶氏 (Hopkins) 創一生物氣象定律 (Bioclimatic Law) 之假設。彼之意見，以為用生物與氣象所發生之現象，如植物之發芽期、開花日、昆蟲之出現日及其他現象等為基礎，可以形成一種規律。此種生物氣象之事態，於北美晚春及早秋向北方與東方發生期次第延遲。彼之定律上言，每隔一緯度與五經度及海高四百呎之地域，其生物現象發生不同之時間相差有四日。此種假設，純以經驗為基礎者，北美有一種為害森林之甲蟲，即其一例。一九一九年之後，霍氏與其他學者，復

注意於他種生物之現象，其中最重要者，莫如秋季世代麥稈蠅 *Mayetiola destructor* 之觀察，知小麥播種期能左右麥稈蠅為害之程度，如小麥播種期延緩，則至抽芽出土時，最易受害，但如在第二世代麥稈蠅死滅之時期，則小麥可避免害蟲之侵害，霍氏言基此生物氣象定律，北美東北區之小麥播種期應在九月十日左右，西南區則須在十月二十五日左右云。

第二 作物之榮養與土壤狀態

調節作物之榮養，足以影響植物對蟲害之感染性問題，係昆蟲學家依據其他科學知識而得來者，從植物生理、土壤狀態、雨季及其他因子之學識，便可以明悉各種作物所需之榮養，而今之研究，業已證明植物吸收過量或缺少某種滋養物質，足令植物本體易於喪失對蟲害之抵抗力，同樣，於特殊土壤狀態下生長之植物較諸自然狀態者易遭受蟲害，吾人將來應多注意於栽培狀態下生長之作物，其所以特易遭受蟲害之問題，此實足以助調節作物榮養，謀增進植物抵抗力，以減輕蟲害也。

(甲)在英領之小安提利斯羣島中有一最大之特里尼達島 (Trinidad)，種植之甘蔗，發生一種吹泡蟲 *Monocophora* (Tomaspis) *saccharina*，其為害甘蔗之狀態，既成為植物生理學家及農業專家研究上之一大問題，彼等對此問題較諸昆蟲學家尤為注意，吹泡蟲之口器為吸收式，其利用口吻刺入植物組織內，吸取養液，因其吸食之習性，遂與甘蔗內部之生理作用發生影響，當甘蔗遭受大量害蟲為害時，常無何等重大之損失者，其中有一重要之觀察，顯然歧異，即生長於紅色酸性土 (red acid soil) 之甘蔗，遭害蟲之為害極烈，而生長於黑泥鹼性土 (black-marl soil) 者則否，此種事態，顯係屬諸甘蔗植物榮養上之問題，今之研究，業經確認土壤中所含鈣質之飽和度與甘蔗對蟲害之感染性

有關，其不受蟲害區生長之甘蔗，所吸收之鈣質含有量，均達飽和度，而受蟲害區者之含有量，則在百分之六十以下，然而，濃厚之石灰質含量，又似與植物對蟲害之感染性無關，其受害區之土壤，或係缺乏游離鈣質（Exchangeable calcium）以供酸性之反應故也，然則，爲何如斯，即遭蟲害？其理由未有說明，一九二一年威廉氏（Williams）及一九二六年威地嵌拍氏（Withycombe）曾進行解釋此種緣由，以爲作物之受害，全依乎水分之關係，後於田間觀察之結果，酸性地區與鹼性地區生長之甘蔗葉含水量各異，甘蔗生長於不適宜地區，其水分蒸發率增加，於下午及晚間尤速，而此時又適爲吹泡蟲侵害之時，此外尚有一個可注意之田間調查，適於蟲害地區之甘蔗，已證明其結節組織內積聚大量之鐵質及鋁質，當植物組織內之鈣質飽和度降爲百分之六十時，鋁質呈現其毒性，同時植物對蟲害之感染性亦即增加云。

（乙）一九二四年福露氏於羅森司特試驗場復作大麥莖養狀態與大麥黃潛蠅（*Chlorops taeniopus*）爲害情形之觀察，害蟲之成蟲於五月開始出現，產卵於春季播種之幼苗葉上，其卵常產於葉表及頂芽，孵化幼蟲，向下蛀入頂芽心部，並沿着發育穗之一邊蛀成隧道而達於間節下，此種特殊之爲害方法，適於大麥莖長有二、三間節，而梢端鞘狀葉包裹膨大之實穗時行之，以此實穗不能伸長成熟，害蟲蛀向下方，殆爲天賦之習性，若成蟲產卵於頂芽實穗下之一葉，孵化幼蟲則不侵害其實穗，此產卵葉可名之曰無危險葉（Non-critical leaves），福露氏以無危險葉產卵之三十六個實例中，發現實穗下間節內之幼蟲均死亡，而實穗仍無損，此蓋以孵化幼蟲蛀入實穗下部堅固組織內，缺乏適宜之養液故也，如卵產於實穗上端之一葉，孵化幼蟲則向下

侵害實穗,此產卵葉可名之曰危險葉(Critical leaves),尚有一葉出自實穗之側者,可曰半危險葉(Half critical leaves),因產於此種實穗上之幼蟲,有時僅能侵害穗基故也。(參看第十九圖)

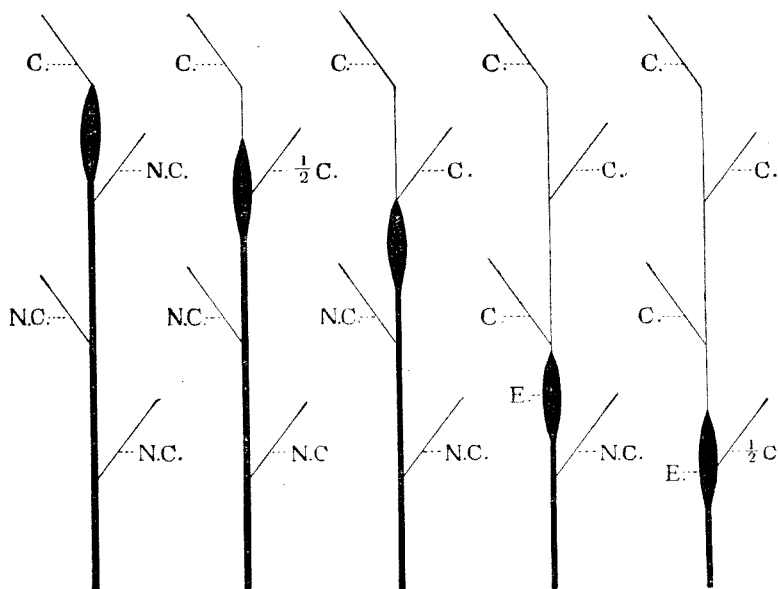


圖 19 大麥梢端圖: C. 危險葉; $\frac{1}{2}C$. 半危險葉; E. 穗; N.C. 無危險葉。(After Frew)

福氏於羅森斯特之湖斯試驗區(Hoose field)觀察大麥田施用肥料與蟲害之影響,結果夏季有廣大區域遭受大麥黃潛蠅極烈之侵害,據福氏田間之統計,既證明施肥足以促進大麥之莖穗早期發育,於害蟲產卵期間生長之危險葉數亦增多,彼在湖斯經二年之觀察,於二十八區大麥田中,選計大麥穗共六萬枝,注意其受黃潛蠅之侵害數,結果證實施用過磷酸石灰或其他完美之礦物質肥料⁽¹⁾之大麥區,其受害百分數最低,不施肥者為害最烈,施用氮素肥料者,雖有利於植物,但過量則無補

註: 包含硫酸鉀、過磷酸石灰、鈉及矽酸鎂。

於減少蟲害,反能令實穗之發育延緩,苟將氮素肥料與過磷酸石炭或完美之礦物性肥料混用,證明其對於植物更爲有利。

(丙)一九二六年傑遜氏 (Jepson) 及格德氏 (Gadd) 在錫蘭 (Ceylon) 復有茶樹榮養與茶蛀蟲 (*Xyleborus fornicatus*) 爲害關係之試驗,栽植於近四千呎高原之茶林,遭受此蟲侵害者約佔百分之八十至九十左右,害蟲侵害茶樹之時間,除整枝後之休養期,不拘何季何樹,均能自栽植生長時起,繼續侵害而無間,茶蛀蟲係屬小蛀蟲科之害蟲,其成蟲及幼蟲,均於枝幹內蛀造隧道爲害,關於防治方面,在過去多以藥劑驅除,此法於事實上必須逐株舉行,時間上及經濟上均蒙不利。

格陵氏 (Green) 曾觀察茶樹害蟲蛀入孔之癒合生長遲速,以作試驗之基礎,凡受害蟲蛀害之枝幹,蟲孔纍纍,若遇暴風及人力之振撼,卽易斷折,苟吾人能改良茶樹之生長力,使其蟲孔早日癒合,斷折之危險,庶幾可免,一九二三至二五年,在蒲拉丁尼亞 (Peradeniya) 試驗區,劃取四十小區,作此試驗,採用施肥增進植物體力之方法,四十小區之處理如下:施氮素肥料者二種,鉀素肥料者二種,磷酸者二種,石灰者一種,並包含防治區一,總計八種試驗,每種共五小區,試驗結果,施用氮素肥料者,蟲孔之癒合生長甚速,祇需二月餘,蟲孔卽可完全癒合,而防治區者,則須經三月餘云,以此,格氏之結論,以爲茶樹栽植區,施用氮素肥料,可以減輕茶蛀蟲之爲害云。

(丁)一九二三年安德露氏 (Andrews) 亦曾作另一種茶樹害蟲之試驗,彼指出栽植茶區之土壤,所含之有用碳酸鉀較有用之磷酸比例爲高時,可以減少茶盲椿象 (*Helopeltis theivora*) 之侵害,此種茶盲椿象爲茶樹之堅強大敵,施行藥劑噴射之防治,幾全無效,安氏發現以可溶性碳酸鉀無間斷直接供與茶根吸

收後，椿象之害，得以免除，此即指示茶區土壤中，須施用鉀素肥料。然而，實際上植物未能時常吸取土中所加之碳酸鉀，所以尚無大效。在肥料試驗上，碳酸鉀之作用為時甚暫，種種原因均足以使植物祇有短時獲取有用之碳酸鉀，而阻礙其繼續之吸收。安氏曾將茶葉內所含之成分加以分析，而與土壤觀察互相考證，並將被害葉與免疫葉所含之碳酸鉀比率及磷酸等加以比較。在同一地區栽植狀態不同下生長之茶葉，其所含之化學成分比例，為何互異，尚不明其原因，但各樹遭茶盲椿象之為害程度，却因之而異。此種事實，吾人於未獲實施方法之前，祇能言為在土壤各種不同狀態下，有上述化學成分之變動而已。

(戊)南澳洲產有一種圓跳蟲 *Sminthurus viridis*，為近四十餘年來該洲農作物上之重要害蟲，而以紫苜蓿及三葉草為害尤烈，以其嚙食幼苗之葉表皮及葉肉，故被害劇烈者，全呈火燒狀。

據一九二七年荷德穢氏 (Holdaway) 言，凡在南澳洲發生圓跳蟲之地域，其每年之雨水量均在十五吋以上，四十九處害蟲區內，僅有二區之雨水量為十五吋以下者。至於土壤方面，蒲立司柯氏 (Prescott) 曾作雨水量與 PH 值關係之調查，雨量多者，土中所含之酸度大，反之則鹼質多。荷氏言此種圓跳蟲為食葉害蟲，常有大量死亡於土中，因此能增加土中酸性，當無疑義；彼以適宜之土壤，行各別管理，視察其對於害蟲死亡量之影響，結果土中無死蟲者，害蟲之產卵數減至百分之二十五。另有一種關於害蟲對於土壤酸性轉變為鹼性時之影響試驗，彼取試管盛六·七 PH 值之土，並嚴格管理之；另取試管則盛微鹼之土，其 PH 值為七·四五，於此兩者內之害蟲，其產卵情形各異。前者平均每雌產卵量為百分之七七·五，產卵期間延長至二十四天；後者平均每雌產卵量為百分之一八·三，產卵期間祇

有十五日,此足以證明土壤狀態能影響害蟲之生理作用,假如吾人能明悉土中何種 PH 值爲害蟲及作物之生長適宜度,則土壤狀態之轉變,亦可獲防治害蟲之效矣。

(己)法國葡萄栽植家,曾觀葡萄種植於何種土壤,葡萄根瘤蚜(Phylloxera)之爲害最烈,又於何種土壤爲害最少,經數年觀察之結果,凡葡萄種植於組織輕鬆之沙土,含砂沙百分之六十以上者,可以抵抗根瘤蚜之侵害,一九二八年諾格列(Nougaret)及拉豐(Lapham)兩氏在美國加州亦曾作同樣之觀察,凡葡萄種植於低窪之地,排水不良,土壤組織密緻者,爲害甚烈,土壤乾燥時,裂隙纍纍者,尤易傳播發生害蟲,如外披一層砂土於土表,填充裂隙,使砂與葡萄根接觸,則細小而柔弱之害蟲,將因環境之過於乾燥,而不能生存,關於各種土壤對於根瘤蚜之爲害關係,經幾許之研究討論,其組織輕鬆之土壤,確能避免蟲害;組織密緻之沃土,則受害最烈,此種原則,業既證實無疑矣。

上述六例,僅將植物榮養及土壤狀態如何影響於作物對蟲害之感染性稍加釋明而已,此項問題在研究上極形重要而複雜,以其能指示害蟲與寄主間生態上之關係,惟此種研究尙在草創時代,各國學者現正爲求實施計,着着進行,將來在治蟲上必有圓滿之效果也。

第二節 品種之抵抗力

常見生長於野間之植物,其遭受蟲害較諸栽培者爲輕,蓋野生者於生存競爭之騷動環境中,經歷千百世代,而獲得抵抗力之保留,至於栽培者則否,故其受害特烈,栽培植物呈現之特性所以異者,其主要原因有二:(一)栽培植物之生長狀態利於蟲害,(二)以選種及育種之目的,偏重於生產,致野生時固有之

特性,喪失殆盡,因此,植物本體不僅最易惹誘害蟲,且一朝遇害,難以支撐。

吾人欲求解決此項問題之本體,可由下列兩點論述之。第一,研究害蟲與寄主兩者間之生態環境,尋求作物受害之因素。第二,探覓對蟲害具高抵抗力之品種或種類,其所呈顯之特性,為農家所希冀者,植物種類呈顯之特性明之矣,然後經育種上嚴格之選擇與聯系,始獲最後之成功。

生長於自然界之植物,常富有各種抵抗因子,但能完全抵抗害蟲之植物品種,則無幾何,在比較上祇能顯示其感染性之程度或高或低而已,抵抗因子非單純一個,必有多數蘊藏其中,以各種抵抗因子之表現與否,而植物對蟲害之感染性遂異,抵抗因子為何?即植物角質表皮之厚薄,厚膜組織或其他機械組織之生長,毛絨之有無,細胞質之酸鹼度,矽質之含量,某種糖原質(Glucosides)之存在與否,成熟期,受傷時之恢復力及其他有關之因子等是也。

一九二二年德威遜氏(Davidson)在羅森司特作另一種型式之抵抗力試驗,彼取各種食用菜豆及扁豆(*Vicia faba*)之品種,以試驗豆蚜蟲 *Aphis rumicis* 之生殖力,將豆蚜蟲揀出一部置於所選之豆品種上,於類似環境下飼育之,觀察結果,品種不同之植物,其蚜蟲生產力亦異,此種不同之現象,蓋以各品種細胞液之組成及榮養值(Nutritive value)各異故也,所以當蚜蟲生活於某品種上時,細胞液即能直接影響害蟲之生殖力。

前述各種植物之品種不同,其細胞液之特性以異,而蕃殖其上之吸收式昆蟲亦受影響,若斯之例證,為數頗夥,如蒙生氏(Monzen)觀察寄生於各種蘋果品種上之綿蚜 *Eriosoma lanigera* 生產力亦其一例也,於經濟立場言,人類對於各種作物之

最大目的，祇希冀其具高生產力，而不願其為適於害蟲之蕃殖寄主。野生植物常具有對蟲害之抵抗特質，人類如能採選育成為栽培植物之特質，則目的庶幾可達。

現在發現抵抗害蟲之品種尚少，但尋求之方，既日趨光明。茲將各種方法分述如次。(一)選擇育種(Selective breeding)——將作物個體繼續選擇蕃殖於田間，觀察其被害程度達至最小限度；或以系統之選擇蕃殖，以冀育成高抵抗力之特殊種類，如南非洲能抵抗棉飛蟲之棉花，即由此法選育而成者。(二)異種雜交(Varietal hybridisation)——此法目的，在求不同種間之特點使之聯系。如哈蘭德氏(Harland)在巴爾巴多島(Barbados)將海島棉(Sea island)及陸地棉(Upland cotton)與具抵抗力之土種棉混交，而獲得抵抗棉葉蟲 *Eriophyes gossypi* 之品種方法。然美國南部之土種玉蜀黍與市上販賣之品種 Sweet maize 雜交，結果可以獲得更能抵抗黍穗蟲 *Heliothis obsoleta* 之品種。立康氏(Leconte)及開法氏(Keiffer)將西洋梨 *Pyrus communis* 及中國梨 *Pyrus sinensis* 雜交，其第一代之品種，可以抵抗「輪心」介殼蟲(San José scale)之侵害。西洋梨品質良，而其對「輪心」介殼蟲之抵抗力薄弱，中國梨則具有頑強之抵抗力，雜交目的即在將此兩者之固有特質併合。(三)接枝雜交法(Graft hybridisation)——此為一種舊法，將購得感染性高之果苗，切其枝，接殖於具抵抗力高之品種砧木上即可。其接枝成功者，如抗綿蚜侵害之蘋果樹及抗根瘤蚜之葡萄皆是也。

以上論述均為本問題之簡要者，茲再舉例詳論如后：

(甲)蘋果樹品種不同，對於綿蚜 *Eriosoma lanigera* 之感染性亦異。此種事實，有一部學者以為蘋果樹之抵抗力全賴乎機械因子，而其他學者，則咸信生理化學之影響，始為其最重要之原因。

一八三一年前，泰西人士即知酸性品種之蘋果，綿蚜不易侵害，觀察者曾利用之為砧木，接殖以妨害焉，以此方法而產生具有抵抗力之品種，如北司比種(Northern Spy)及冬馬則丁種(Winter Majetin)蘋果均為顯著之例，但當時之結果，未能證實其完全成功，以產生之樹種矮小，受不良之土地環境影響故也，有許多具抵抗力之品種，常以其生長地區之環境不同，抵抗力之出現遂分強弱，據一九〇二年地列氏(Thiele)言，北司比種之蘋果，栽植於德國之某區時，變為感染病害性大之品種，若在英國環境下栽植者，其根枝均未見受綿蚜之侵害，又據一九二六年蒙生氏(Monzen)言，祥納散(Janathan)品種之蘋果生長於日本時，為易受蟲害之品種，但據蕭伯德氏(Theobald)言，植諸英國則不受綿蚜之害云，同樣，珂氏桔辟平(Cox's Orange Pippin)品種之蘋果在英國受綿蚜之害，但一九二〇年米斯拉氏(Misra)謂印度環境下所栽植者，則不受害云。

各種蘋果品種對綿蚜不同之抵抗力，係遺傳上之特性，此種特性常以栽培狀態之如何，而呈現其強弱，此項問題，一九二六年，蒙生氏嘗致力於生理化學之自然抵抗的解釋，彼取蘋果品種十一種，以色度計之方法測定各品種細胞液之PH值，所得結果均位於4.4至5之間，發現感染性大之品種，PH值位於4.5至5之間，而免疫性之品種(包括北司比種)則為4.4，蒙生氏言免疫性品種之酸度所以較濃者，以其含有多量之蘋果酸故也，此種結論係彼用蒲華法氏培養溶液(Pfeffers solution)試驗得來，蒲氏溶液為植物生理營養試驗液，試驗時以液中酸鹼度之不同，而排列成一系統，將蘋果栽培於各種溶液中，以觀察其樹上蕃殖之綿蚜生殖力，觀察結果有如下表，培養液酸性大者，綿蚜之生產力減低，鹼性者則頗適其蕃殖，蒙氏援引此種事

實,遂證明施用酸性肥料,可以增加植物對蟲害之抵抗力。

蘋果號數	溶液PH值	綿 蚜 之 蕃 殖 量			平 均
		A羣綿蚜數	B羣綿蚜數	C羣綿蚜數	
I	9.4	279	104	75	152.7
II	8.8	131	65	無	98.0
III	6.8	27	無	—	27.0
IV	5.6	41	19	—	30.0
V	3.6	92	61	68	73.7
VI	2.8	42	37	—	39.5

但是,全以酸鹼度關係解釋此項問題,未必盡然,在德國所得結果,即未全與蒙氏應用酸性肥料可以減少蟲害之主張相符。

此外尚有一種屬於抵抗方面之可能因子,即一九二四年司丁尼蘭氏(Staniland)所言植物枝幹內之厚膜質圈 (Sclerenchymatous ring)是也,據彼之研究,各品種之厚膜質圈發達程度如何,與其感染性有重大關係,因厚膜組織能阻礙蚜蟲之刺狀口器直接通維管組織內吸食養液也,若蘋果品種之枝幹,具發育完美之厚膜質圈者,自可免除蟲害;而感染性大之品種,其厚膜質圈常有充滿柔軟組織之裂口,此裂口即為害蟲口吻極易刺透之部分,總之,厚膜組織之發育狀態,僅為一種附屬因子,免疫性之北司比品種,其厚膜質圈即缺完美之發育,再者,珂氏桔辟平品種之蘋果,亦無完美之厚膜質圈,其在英國雖為感染性大之品種,而在印度又為免疫性之品種也。

(乙)關於各種燕麥品種對黃潛蠅 *Oscinella frit* 之抵抗程度

問題，一九二四年孔利夫氏 (Cunliffe) 及夫賴爾氏 (Flyer) 在英國均曾注意及之，兩氏於山德福 (Sandford) 及哈爾朋丁 (Harpenden) 二處劃區試驗，其所使用之燕麥品種計達十二種，舉凡被害之莖穗，皆詳為記載，然後再加以統計分析，兩處所植之各種品種，莖部均遭大害，其中之品種以哥汾達種 (Goldfinder) 被害最輕，而宿蒲藍種 (Supreme) 則被害最重，尤堪注意者，即前者梢端之受害，僅佔百分之二十，惜乎種實之被害狀態，無詳細記錄，但哥汾達種之種實被害數不及百分之五，實較諸其他者為輕，紐阿波登司 (New Abundance) 品種之莖不受害，雖可與哥汾達品種相比擬，但其種實遭害則極烈。

此種試驗結果，欲施諸應用，殆不可能，事實上若斯之品種變異，將來仍然存在，英國有數處施行早播以避蟲害之方法，即感相當困難，因事實上氣候及土壤狀態常不利其進行，所以將來之希望，仍須努力產生具抵抗力之品種。

(丙) 非洲東部、南部及西部之植棉區，產生一種棉飛蟲 *Empoasca (Chlorita) fascialis*，為棉作最重要之害蟲，常羣集於葉上侵害，當侵害劇烈時，棉葉焦枯而脫落，生長亦中止，甚至全株枯死。南非植棉家每注意尋求抵抗力之品種，巴爾巴東 (Barberton) 之英國皇家棉種試驗場，即曾致力許多有價值之育種工作，發現不少抵抗品種，而美國烏蒲蘭品種棉 (*Gossypium hirsutum*) 具抵抗飛蟲特質之發現，尤與人以莫大之衝動。一九二三及二五年華拉爾氏 (Worrall) 觀察具抵抗力之品種，以其遍生毛絨，但非生毛絨即具有高抵抗力，其形成抵抗力之特質尚不明，毛絨不過為其呈現外表之一種主要特質而已，在有抵抗性品種，其所具毛絨之長度及疏密等特性，尤當注意，華拉爾氏言，棉作育種家在進行選種工作時，毛絨之特性，亦應考慮，並須注意選

取長而優良之毛絨。

在南非狀態下試驗所得之抵抗品種有名劍波的亞種棉 (Cambodia) 者，係自法屬之安南輸入印度。據一九二五年巴納爾氏 (Parnell) 言，其抵抗特性亦為毛絨，從未見棉飛蟲蕃殖其上，故受害極少，惟該品種生長高大，莖幹頗為柔弱，易受風雨折損，難望成為田間優美作物，故仍須進行選種之工作，以補救其缺憾。研究結果，知南非土棉亦有具抵抗力者，據最近關於此項選種之試驗報告，已獲得數種具高抵抗力之品種，其中以 Z.I 及 U. 4 為最佳，不僅具有高抵抗力，且為生產豐富之品種云。此種抵抗品種之發現，可說已將棉飛蟲問題解決大半矣。

若斯選種及改良品種之工作，其重要固不待言，吾人於各種治蟲途徑中，此實為一種亟待努力之方向也。

第三節 寄主之選擇與生物種類

一九一六年霍蒲慶氏 (Hopkins) 發表一篇『寄主選擇原理』 (Host-selection principle)，言一種昆蟲，能蕃殖於二或二種以上之寄主，且能繼續選取特殊之寄主種類，以適應其生活史之發展。換言之，產卵母蟲能為其子孫之發育，而產卵於預先選定相同之寄主植物上，各種昆蟲所以有其特殊之寄主者，係以其特殊生理作用進化之結果也；同時在形態方面，亦有稍顯示差異者，或有全無顯示者，此種現象在六十年之前，華爾司氏 (Walsh) 已論及之，以為寄主之選擇，完全由於物種之差異，彼又言此種選取之結果，每以習慣而影響遺傳，且久年遷，日增歧異，卒至成立異種云。關於物種之來源，非本問題之重要點，故不贅述。茲將霍蒲慶氏所舉之寄主選擇之例證，概述如次。

有一種松樹害蟲，名曰松小蠅 (*Dendroctonus monticola*) 者，

爲侵害各種松樹之大害蟲。據霍氏言，當此蟲選定一種寄主時，蕃殖多數世代，成蟲只選同一松種傳播蕃殖，而不再危害其他之松種。彼即利用此項觀察之結果，施行其防治方策，而從事松種之分離。又於一九二二年克來赫氏 (Craighead) 發表一篇報告，內容記載十二種天牛，爲經數年試驗之結果者，殊足以助霍氏之論據。克氏將各種天牛加以研究，發現成蟲所喜之寄主植物，幼蟲亦可以安全生存，即環境不適宜或寄主稀少，亦無妨礙。彼以選定之寄主，繼續蕃育害蟲，見有蕃殖呈現最烈者；將害蟲移殖於其他寄主上，僅須一年，即可以決定害蟲之優越寄主爲何。一九二七年拉遜氏 (Larson) 曾充分討論此『寄主選擇原理』，並以虹豆象蟲 *Bruchus quadrimaculatus* 作試驗。彼之結果與克來赫氏者異，豆象並無明顯之優越寄主，即在各種特殊寄主上繼續蕃殖，亦無呈現最烈者。一九二八年杉森氏 (Thompson) 及派克氏 (Parker) 則以黍髓螟蟲 (*Pyrausta nubilalis*) 爲試驗材料。此蟲爲多食性害蟲，在歐洲常主害玉蜀黍，亦有僅侵害玉蜀黍區之野草者，而尤嗜野草中之萋蒿 (*Artemisia vulgaris*)。然而，有時玉蜀黍及萋蒿兩者又均同遭其害。法國西南部之格爾斯 (Gers) 一部人民，常以玉蜀黍爲其唯一之食用作物，當此作物遭蟲害芟除時，生長於巴黎四郊之野草萋蒿，無有倖免蟲害者。此兩種植物遭受蟲害之現象，深足以研究寄主選擇之原理。由於試驗結果所示，黍髓螟蟲雖害萋蒿，而玉蜀黍則爲其原寄主 (Original host)，但原寄主並未能顯示其爲明顯之優越者，惟見害蟲產其大半之卵於玉蜀黍上。事實上後者作物確較爲有利於害蟲之種類。茲將玉蜀黍種黍髓螟蟲及萋蒿種黍髓螟蟲之產卵試驗百分數列表表示之於下。

種 別	玉蜀黍種黍髓螟蟲		萋蒿種黍髓螟蟲	
	卵塊數	卵粒數	卵塊數	卵粒數
萋 蒿	58.4	55.6	38.8	41.2
玉 蜀 黍	69.6	70.1	13.2	11.5

玉蜀黍可說為黍髓螟蟲天賦之固有寄主,而萋蒿較原寄主常顯示其對害蟲有更大之引誘力。

一九二九年沙蒲氏 (Thorpe) 以一種巢蛾 *Hyponomeuta padella* 作試驗,此種巢蛾,常以食餌植物不同之關係,而分為二種:一種專侵害蘋果樹,其他一種則侵害山楂,於蘋果樹上發育長成之蛾,前翅殆呈純白色,而山楂上發育者常呈灰色,不僅翅色相異而已,即繭之構造及產卵方法亦各異,茲將沙氏試驗結果列表如下:

	山 楂 種 巢 蛾		蘋 樹 種 巢 蛾	
	山 楂	蘋 樹	山 楂	蘋 樹
卵塊數	26	7	10	87
卵粒數	911(79.3%)	237(20.7%)	367(9.75%)	3,395(90.25%)
每卵塊之平均卵粒數	35	33.9	36.7	39

當山楂種巢蛾蕃殖於蘋果樹時,其發育之雌蛾均飛至山楂樹上產卵;蘋果種巢蛾蕃殖於山楂樹時,其發育之雌蛾產百分之六九·二卵於蘋果樹,而產百分之三十於山楂樹,此種結果,深足以支撐昆蟲寄主選擇之原理,同時並引起應用上問題,一般蘋果種植家,以為在蘋果園周栽植山楂為籬,於正常狀態下處理蟲害之山楂籬,即可減少蟲害之防治法,誠非完善之道也。

昆蟲採取新食餌植物——關於各種害蟲採取新食餌植物之問題，業由試驗證明。試驗最早者，為一九〇三年司羅德氏 (Schroeder)，彼以一種食葉甲蟲 *Phyllodacta* (*Phratora*) *vitellinae* 為試驗材料。此種甲蟲之幼蟲，嚙食柳樹 *Salix fragilis* 葉肉，殘餘上表皮及葉脈，呈網絡狀。其小幼蟲可以移害另一種柳樹名絹柳 (*Salix viminalis*) 者為其新食餌植物。絹柳與前種柳不同，其葉裏生濃密之毛絨。而幼蟲竟能嚙斷毛絨推移於一旁，至中央柔軟部穿孔蛀入葉組織內。害蟲在絹柳上蕃殖至四世代後，幼蟲成為適於葉內之鑽蛀蟲矣。自後每世代之成蟲，均選絹柳為新寄主，較原寄主可以增加百分之九至四十二云。

一九〇八年馬查氏 (Marchal) 將寄生於梨上之懷卵雌介殼蟲 *Euclecanium persicae* 移殖於刺槐 *Robinia pseudacacia* 上，而由卵孵出之幼介殼蟲，即能適應於新寄主上蕃殖，及後一年再將其返殖於梨上時，結果未克完成其有性成熟期。同時，蕃殖於刺槐之介殼蟲，日久體形增大，其形態及色澤，均類似寄生於同一寄主之刺槐介殼蟲 *Enclecanium robiniarum*。一八八一年前法國人士咸不知刺槐介殼蟲種之來源，及馬查氏意見發表後，始悉由梨介殼蟲轉化而來。但此項意見尤不足為完美之結論，因刺槐係美國輸入法國，而刺槐介殼蟲固為美國普通常見之害蟲也。

一九二七年哈利遜氏 (Harrison) 發表一篇柳鋸葉蜂 *Pontania salicis* 野間試驗之結果。此蜂能造蟲瘻。氏將適應蕃殖於菲力柳 (*Salix phylicifolia*) 林之蜂種，移殖於他處同為楊柳屬 (*Salix*) 而不同種之柳區內，害蟲仍可自由產卵蕃殖。惟其選取一種優越寄主名安德柳 (*Salix andersoniana*)，係與原寄主菲力柳極相類似者。彼又另取寄生於安德柳上之同類蜂，移殖於另

一處魯白柳 (*Salix rubra*) 林上,魯白柳即成爲其適宜蕃殖之寄主。後來,當將安德柳枝植於魯白柳之附近時,前種柳完全不受該蜂之寄生而生蟲瘿焉。哈利遜氏復言,該蜂以改換食餌植物,體色亦均發生變異。又於一九一一年畢得氏 (Pictet) 以一種櫟枯葉蛾 *Lasiocampa quercus* 之幼蟲作試驗,此種幼蟲食害各種落葉樹及灌木。當氏將其置諸松樹上時,初有一部死亡,另有一部則生存,寄生於松葉末端,嚙食柔軟組織。俟蕃殖至第二世代,松葉既成爲該蟲之適宜新食餌,即再飼之以落葉樹葉,雖餓斃亦不復食矣。

綜觀上述諸例,一種害蟲能局部或全部捨棄其原寄主,而迅速採取其適宜之新食餌植物。此種類似事實,在自然界常見之,而當正常之食餌植物發生缺乏時,尤多出現。哈利遜氏之試驗,暗示昆蟲習性之轉變,完全與自然環境之變遷相輔而行。前人對於昆蟲習性轉變之觀察,記載殊少,年來此項問題之研究證明日多,由此遂牽涉生物種類之進化問題矣。北美產有一種果蠅 *Rhagoletis pomonella*, 爲北美昆蟲學家所熟知者,其幼蟲原侵害覆盆子,但在東北區則侵害蘋果。據一九一五年伍德氏 (Woods) 言,此種果蠅已發育進化爲二種,從寄生於覆盆子上與蘋果上者相較,成蟲及幼蟲之大小,均有明顯之差異。彼曾設法將蘋果種果蠅移殖於覆盆子上,但結果失敗,因此兩種果蠅似已分離而獨立。英國亦有一個相同之例證,即近年來成爲該邦蘋果大害蟲之盲椿象 *Plesiocoris rugicollis* 是也。此蟲於一九〇〇年前在英國並不成爲蘋果害蟲,其原寄主係普通野生之楊柳樹 (*Salix*), 後來始以蘋果爲其新食餌植物。其轉換寄主之原因,似爲重新調整其生活史。當害蟲寄生於楊柳時,爲害期間常爲六月至八月,寄害蘋果者,幼蟲於四月中旬即開始孵化出

現，六月上旬至七月稍出現其成蟲，一個生活史約需時間一月，關於此蟲之習性，尚須徹底之試驗，於人爲環境下，能將此蟲自柳樹移殖於蘋果樹及李樹，然於自然狀態下，則害蟲顯示產卵於適當寄主時始能生存，有時將蘋果樹、楊柳毗鄰栽植，兩者之枝葉雖綜錯一處，爲害柳樹之椿象，絕未見其侵害蘋果樹也。

雜交試驗——一九一三年谷遜氏 (Göschel) 致力一種興趣濃厚之雜交試驗，以歐洲天蛾 *Celerio euphorbiae* 及 *C. mauritanica* 兩種施行雜交，彼兩者之普通食餌植物，均爲大戟屬 (*Euphorbia*) 植物，而非楊柳屬 (*Salix*) 植物，谷氏將 *C. mauritanica* ♂ × *C. euphorbiae* ♀ 雜交產生之 *C. wagneri*，再互相交配，即可以在楊柳屬植物上飼育至長成，同樣，以 *C. euphorbiae* ♂ × *C. galii* ♀ 雜交產生之 *C. kinderwateri*，於自然界常見其食餌植物非父母蝶所食者，而轉換爲楊柳屬植物矣。

一九一〇年費爾德氏 (Field) 於北美觀察雜交對於寄主之選擇有無影響，彼觀察各種蝴蝶之食性嗜好，有一種蝶 *Basilarcha proserpina* 係 *B. arthemis* 與 *B. astyanax* 自然雜交產生者，*B. arthemis* 之普通食餌植物爲樺、山水楊及白楊等，而 *B. proserpina* 雌蟲產生之幼蟲，則不嗜之，反嗜 *B. astyanax* 之寄主野生櫻桃，此等幼蟲之外形均同，而結果產生三種形態之 *Basilarcha* 蝶，費氏因 *B. astyanax* 在北美非常見之物，以爲 *B. proserpina* 與 *B. arthemis* 始爲原父母蝶，但 *B. astyanax* 所選取之食餌植物，是否爲其祖父母蝶遺傳得來？欲求解釋，既屬無望，而谷遜氏與費爾德氏之觀察，又無後起者爲之繼續研究，殊深惋惜也。

寄主選擇之意義——霍蒲慶氏之『寄主選擇原理』，邇來經各方研究之結果，意義漸明，此種現象，深足證明昆蟲種類能自由選取其食餌植物，因此，寄主並能引起昆蟲種類及食性

等之演化,而形成各種昆蟲羣落分佈於世界各地.同時,各種昆蟲亦被誘呈現其不同之形態,色彩及行爲.

昆蟲選擇寄主之因子,知者甚鮮,各種臆說正在進行解釋.其一代復一代之類似習性,惟有一重要證明,即昆蟲之多食性爲種類進化上之舊習性,寡食性與單食性始爲最近發展者.哈林氏(Hering)對於鱗翅目及摩德威柯氏(Mordwilko)對於蚜蟲,均曾特別注意其關於此項之問題.邇來許多昆蟲學文獻之記載,昆蟲食餌植物屢有特殊或迄今不明者,如此特殊之習性,或可釋爲物種生理之突變.另一方面言,亦可說爲昔日多食性潛隱之遺跡.以各種真正多食性種類試驗其優越寄主——昆蟲表示其所選取之特殊寄主,於發育上較其他者爲優越.當此類昆蟲傾向寡食性,而俟該習性發展成立時,即有多數種類喪失其固有習性,而力求適應新寄主.昆蟲選取特殊寄主之習性,係由於食餌植物發放化學物質影響之結果.帕夫洛夫氏(Pavlov)既由試驗而知昆蟲有趨化性(Chemotropism),雌成蟲即常以化學之感應而飛來產卵.又由試驗之證明,當昆蟲移殖於另外不同之食餌植物時,其固有之化學感應即喪失,而替以新興者.

第四節 蝗蟲生態形象之問題

蝗蟲之發生,常帶週期性,此種現象,過去早已引起世人之注意,並探求其原因.結果稍明某種環境之影響,在直接或間接導演蝗蟲發生週期性.因此環境因子對於蝗蟲關係之生態研究,遂應運而起焉.

今日防治蝗蟲之人工方法,較諸過去已臻相當程度,然仍未能解決蝗蟲問題.故吾人惟有從增加蝗蟲個體而發生蝗羣之現象內尋覓其原因,以圖獲得解決蝗蟲問題之另一方法.

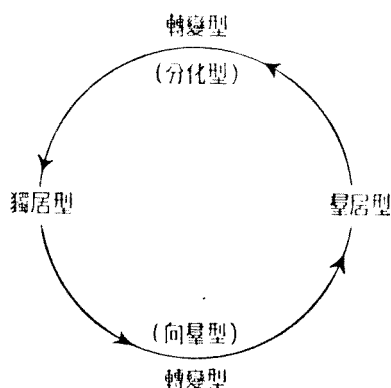
一九二一年尤佛洛夫氏 (Uvarov) 發表其蝗蟲形象學說 (Phase theory)。最初以爲理想，後經多數學者之試驗證明，始告成立。而今此說既成爲生物學上之事實，復爲研研蝗蟲問題之鎖鑰矣。

尤氏形象學說——據形象學說，言蝗蟲科中之羣居性蝗蟲，係屬多態型。其特徵非永久不變，能自一個個體產生幾種在形態上及生態上不同之種類。一九二九年尤氏及梭羅達列夫司基氏 (Zolotarevsky) 將此多態型擬爲標準型 (Standard phase)。其標準型之蝗蟲，卽如遷徙飛蝗 *Locusta migratoria* 是也。據尤氏言，一個飛蝗能產生三種不同之生態形象：(1) 獨居型 (Phasis solitaria)；(2) 羣居型 (Phasis gregaria)；及 (3) 轉變型 (Phasis transiens) 是也。而第三型係介乎上二型之間者，此三型之形態及色澤等特徵，不僅各異，卽習性亦均不同，且獨居型與羣居型常有明顯之區別，故人多誤爲各異之種類焉。

羣居型蝗蟲之主要特徵如次：蝗卵於發育上有一個『自動停止發育』(Diapause)之現象，卽於發育前，須經過低溫不發育之相當時期也。其幼蟲色斑有一定，成蟲之形態及色澤不變，縱令變色，亦均係以性之變異所引起。充分成熟之蝗蟲，集合而爲遷徙飛蝗羣；又以成蟲亦有『自動停止發育』之現象，故其生殖器官於未飛遷前絕不發育。

獨居型蝗蟲，性喜散居，其產地於目前雖無蝗羣存在，於過去至少必曾發現蝗羣一次。其卵無須經過『自動停止發育』之現象。幼蟲常以環境之刺激而變化其色澤，成蟲之形態及色澤，亦無一定，縱使生殖器官發生變異，對於體色亦無影響。成蟲無『自動停止發育』之現象，故雖無飛遷，其生殖器官仍可成熟。

轉變型蝗蟲非為一定型，彼介諸上述兩者之間，可以轉變為獨居型，亦可變為羣居型，表示其具有聯系性，此種聯系性，可從兩方面觀之：(一)其由獨居型轉變為羣居型之中間形象，可名為向羣型(Phasis congregans)；(二)其自羣居型轉化為獨居型之中間形象，可名為分化型(Phasis dissocians)，所以轉變型於生態上無形中復分為二種中間形象，此二種形象亦可以由微細之構造及色彩上判別之。



上圖為表明上述四種形象之關係，尤特別指出轉變型產生獨居型與羣居型之聯系性。

統制產生形象之因子——第一個推動蝗蟲增加個體數目之原動力，當為良好之氣象環境，此種環境，能自動使蝗蟲轉變為羣居型，但當蝗羣成立而發生巨災之後，又隨即傾向分化而為獨居型。

獨居型蝗蟲分佈甚廣，而羣居型之遷徙飛蝗(*Locusta migratoria*)則僅限於生長蘆葦、竹及其他類似之高植物廣漠地帶，此等食物為飛蝗最適宜之食物，但飛蝗與蘆原兩者間之密切關係，亦可說為全受氣象環境之影響，若有如斯同樣之環境，

食物與遮護均充分供給，則殊適於蝗羣之發生，如遇適宜之年歲，則出現之大部蝗蟲，均能轉變為遷徙之羣居型。刺戟蝗蟲增加個體數之原因，在熱帶地區為乾燥，在溫帶地區則以高溫為最重要。遷徙飛蝗遷離其原產地後，遺留之蝗蟲仍可自由增殖其數。又遷徙飛蝗所遷移之地，常不及其原產地之優良，以環境之不適，遂減少其蕃殖數，而轉變為獨居型。同時，寄生物、鳥及其他天敵之活動，亦均足以加速促進其分化為獨居型。獨居型之蝗蟲，其習性與其他獨居性之蚱蜢不同，並無傾向羣居之習性。

據尤氏言，推動蝗蟲飛遷之重要因子，為生理上之刺激。缺乏食物亦足以促動飛遷之說，誠不足信。以蝗蟲原產地多為廣漠蘆原，食物之供給正無窮盡也。生殖器官之發育，確與蝗蟲飛遷有關，始如白蟻及蟻類之結婚飛翔然。因生理上因子催逼蝗蟲需要一個相當時期之飛遷，及遇不適之環境時始終止。但其體內之脂肪體，以飛遷時氧化而告罄，體溫亦因之而增高，生殖器官遂隨之加速成熟。此外另有一點堪以注意者，即飛遷非為選擇適宜之新產卵區。據各方面之報告，蝗羣停止之處，多不適於取食及產卵，此固為可信之事實也。

上述之形象學說，其意義大致業經明瞭。惟對於影響各種蝗蟲發生變化之因子，尚無深刻之研究觀察。其根據雖屬事實，但基本原理，仍多屬理想。然而，此說對於蝗災誠為一新穎而又重要之生態解釋。依此原理進行研究，或可獲得蝗災之預言及其解決之方法。若前述蝗羣轉變為遷徙羣居，果為事實，則以後祇須發現適宜發育之原產地，以飛機撒播毒餌，或以生態方法變更原產地之性質，或施以耕種及其他有效之防治法，均可以毀滅大量之害蟲，而阻其大發生。

蝗種問題——真實之遷徙飛蝗，其種類為數無幾，在形象

學說中披露者約有六、七種，茲將其各種標準形象之種名及特徵概述如后。

(1) 遷徙飛蝗 *Locusta migratoria* L.

羣居型 = *migratoria* L.

獨居型 = *danica* L.

本種分佈祇限於東半球，其所佔區域較任何種蝗蟲為尤廣，除新西蘭外，自北緯六十度至南緯二十度，均有其足跡，據尤氏及梭氏最近之研究，本種雖為一種有定限之單位，但尚有三亞種之存在：(一) 如分佈於中歐及西歐之 *rossica* Uv. and Zol. (二) 分佈於俄國之 *migratoria* L. (sen. str.) 及 (三) 分佈於熱帶及亞熱帶之 *migratoroides* R. & F. 是也，此三種雖均能轉變為他型，但皆未能證實其為同等之多態形，且此等種類分佈面積雖廣，然多屬轉變之獨居型，其羣居型之蝗羣多被受限而不得發展，現在已知其原產地之中心為中亞廣漠蘆原，位於卡司班(Caspian)、阿拉海(Aral seas)及柏克哈斯湖(Lake Balkhash)之附近，在西歐則無恆久原產地之存在，以耕地遍佈及受其生態因子之影響故也，產於熱帶之亞種 *migratoroides*，其原產地為非洲之西部及中部，馬達加司加，中國、波納阿(Borneo)、馬來西亞及格安司蘭(Quensland)等地，但均出現無多。

(2) 沙蝗 *Schistocerca gregaria* Försk.

羣居型 = *gregaria* Försk.

獨居型 = *fraviventris* Burm.

沙蝗亦廣佈於東半球各地，如非洲全境、阿拉伯、帕列司丁(Palestine)、敘利亞、波斯(Persia)及印度西部均有之，而沙漠及半沙漠之地產生最夥，吾人追溯史記，考其最始之大發生，係在耶穌時代，其原產地為撒哈拉、阿拉伯、波斯及印度西北區等地，據一

九二九年波金氏 (Bodkin) 言,一九二八年已侵入帕列司丁成巨災矣,此蝗每隔十二年或三十年即大發生一次。

(3) 摩洛哥蝗 *Dociostaurus maroccanus* Thnd.

羣居型 = *maroccanus* Thnd.

獨居型 = *degeneratus* Brnov.

本種多分佈於乾燥,多山之地及高原等處,如地中海沿岸及俄國南方大部區域均產之,其羣居型與獨居型無明顯之區別,原產地多在山間石質斜坡植物稀少之處,蝗羣即自此等地帶侵入附近平原,而在西班牙,夕蒲魯司 (Cyprus), 特蘭司哥加西亞 (Transcaucasia) 及土耳其司坦等地尤多出現。

(4) 南美飛蝗 *Schistocerca paranensis* Burm.

羣居型 = *paranensis* Burm.

獨居型 = ? *americana* F.

關於本種之知識,尙未完備, *paranensis* 種確具遷移之習性,而 *americana* 種似為其獨居型,分佈於南美之阿根廷西部,巴西一部,委內瑞拉及中美,其飛遷蝗羣常侵入墨西哥及西印度羣島,惟其生活史,發生週期及原產地均不甚詳。

(5) 褐色飛蝗 *Locustana pardalina* Walk.

羣居型 = *pardalina* Walk.

獨居型 = *solitaria* Uy.

本種為南菲蝗災之主要害蟲,其蝗羣之發生自一六五三年起至現在均有記載,而其生態之研究,則甚稀少,原產地稍知一二。

(6) 赤色飛蝗 *Nomodacris septemfasciata* Serv.

羣居型 = *septemfasciata* Serv.

獨居型 = *coangustata* Luc.

本種分佈於南菲全境,南蘇丹及亞比西尼亞亦有之,其獨居型

散佈於馬達加斯加、魯尼安及坎摩羅羣島。關於生態之研究亦無幾，惟知溫濕度高之環境，最適其蝗羣之發生。

(7) 墨西哥蝗 *Melanoplus mexicanus atlanis* Riley.

羣居型 = *spretus* Walsh.

獨居型 = *atlanis* Riley.

關於 *M. atlanis* 與普通洛機山蝗 *M. spretus* 之密切關係，殊足令人懷疑，洛機山蝗 *spretus* 為美國過去蝗災最重要之一種，兩者之體形大小差異懸殊，洛機山蝗係 *atlanis* 種之羣居型，惟洛機山蝗固有之形態，現已喪失，此或以受洛機山坡原產地之生態因子變遷影響之故，多數學者，以為農作區之擴展為其轉變形態之原因，但尤氏對於此種意見，則極端否定之。*atlanis* 種蝗蟲在加拿大及美國有時發生大害，但其蝗羣不密，雖飛遷而呈半羣居性，此種狀態，是否即為傾向真正之遷徙羣居型，則不明晰。

就上列七種飛蝗而言，意大利蝗 *Calliptamus italicus* L. 之分類方法，殊不可靠，意大利蝗或即包含於上列數種中之一，亦未可知，所以昆蟲之分類，亟須生態方面之研究，以求助其問題之解決，意大利蝗 (*Calliptamus*) 與摩洛哥蝗 (*Dociostaurus*) 分佈區域相同，惟無一定之原產地，且其蝗羣之出現亦甚少，當其發生為害時，蝗羣亦不密，並能於耕植區域發育。

參 考 文 獻

- (1) Chapman, R. N.—Animal Ecology (1931).
- (2) Pearse, A. S.—Animal Ecology (1926).
- (3) Inms, A. D.—Recent Advances in Entomology (1931).
- (4) Uvarov, B. P.—Insects and Climate. Trans. Ent. Soc. London, Vol. LXXIX (1931).
- (5) Metcalf, C. L. and Flint, W. P.—Destructive and Useful Insects (1928).
- (6) 矢野宗幹——昆蟲生態學(岩波講座—生物學)(1933).
- (7) 湯淺八郎——昆蟲之生態卜其研究(大正十五年).
- (8) 小林順一郎——動物生態學講話(1931).
- (9) 費鴻年——動物生態學(商務).
- (10) 張景歐——昆蟲進化論(商務)(1935).
- (11) 張景歐——蠶桑害蟲學(黎明)(1934).
- (12) 蔡邦華——應用昆蟲學最近的趨勢(昆蟲與植病第一卷第一至第四期)(1933).
- (13) 素木得一譯——昆蟲卜氣候(即 Uvarov 原著 Insects and Climate)(1935).
- (14) 松村松年——昆蟲物語(1934).



(12696)

3.00