

部定大學用書

經濟昆蟲學

上

(害蟲防治之原理)

鄒鍾琳 編著

中華民國廿六年九月廿三日收到

國立編譯館出版
正中書局印行

01317

~~經濟昆蟲學~~

部定大學用書

經濟昆蟲學
(上)

(害蟲防治之原理)

鄒鍾琳 編著

國立中央大學農學院教授



國立編譯館出版
正中書局印行

序

本書乃余在國立中央大學農學院十年授課之講稿也。在過去十餘年間，不但世界各國經濟昆蟲學上有重大之演變，即國內害蟲防治與研究，亦有長足之進展。此書要旨，端在略示本門學科涉及之境界，並介紹多種原理與實例，藉供國內同好之參考，或有裨於害蟲問題之解決也。經濟昆蟲學，近世咸認為一綜合之學科，蓋自十九世紀應用科學方法改良農業以來，害蟲之防治與研究，在歐美約有五十年之歷史（關於北美洲五十年來昆蟲學之進步，可參考“Fifty Years of Entomological Progress (1889-1939)”, Jour. Econ. Ento., Vol. XXXIII, No. 1, pp. 8-65）。其間演變，約分兩期。在一九二〇年以前，各國同道，大多注意於害蟲學名之審定、生活史之考查及數種殺蟲劑之配合。換言之，即就蟲治蟲，無所旁及。當時學者胸臆，往往安於簡約。惟自近二十年來，經濟昆蟲學之範宇，漸見拓啓，對於殺蟲劑，則力求其毒力之所在及與昆蟲植物生理之關係，其研究漸由化學家任之。在昆蟲學方面，則數學、化學、物理學、生物學以及農業上有關學科，均次第應用。因此，害蟲問題之研究與解決，由多方面而進行。由後趨勢，則凡與經濟昆蟲學相關之學科，均不容忽視。由博返約，斯學乃得進展，此亦為吾國今後治經濟昆蟲學者所宜注意者也。

十年匆匆，本書多半材料，增集於遷校之後。惟抗戰五年，國際交通阻梗，書報雜誌，未遑按期瀏覽，缺漏之處，有待來日之增修。抑有感者，陪都自二十七年春起，警報頻傳，精神不易安定；同時物價飛漲，生活益增艱苦，於此萬難環境中，本書仍得從容蒐討而竟於成，今日思之，亦頗堪玩味焉。書內材料，多半採自西文書藉雜誌，深希於再版之時，本國論文能有較多之參閱。第四章蒙朱炳海先生爲之閱讀；第七章得沈其益教授加以潤飾，內中所參考之文獻，多半由美國明尼蘇達大學昆蟲學教授 Dr. Granovsky 及銘賢農工學校昆蟲學教授劉國士先生供給；第九章由魯任庵教授及曹璠先生爲之校閱；第十一章蒙周承鎰教授及周鎮鎬先生加以商討，特誌感謝。成書之後，又蒙黃其林先生詳加閱讀，更爲感激！書內圖畫，半由施自芸先生摹錄，書末所附之中西文對照表，由楊玉娟先生襄助完成，一併誌謝。在此過去十年間，中央大學得羅校長志希及農學院院長鄒樹文先生之苦心經營，弦歌不輟，而同學之修習本學者，亦復奮發究討，使余得從容教學於斯間；本書之成，豈偶然哉！

鄒鍾琳誌於重慶沙坪壩中央大學農學院
昆蟲研究室 民國三十一年四月

目 次

序	1
引言	1
(一)經濟昆蟲學之意義與事業	1
(二)經濟昆蟲學與各科學之聯繫	2
(三)經濟昆蟲學在國內發展之概況	5
第一章 害蟲發生之誘因及其爲害狀況	9
第一節 害蟲發生之誘因	9
一 內因	9
二 外因	10
第二節 昆蟲爲害植物之狀況	11
一 害葉者	12
二 食芽、花、花蕾者	12
三 食果肉者	13
四 食根者	13
五 害莖者	13
六 蟲糞	13
第三節 植物受蟲害後在生理上所發生之各種影響	15
一 植物受蟲害後之損傷情形	15
二 鑽莖之害	16

三	浮塵子、蚜蟲及椿象等之害	17
四	花鈴果之脫落	20
五	基幹破蛀之害	20
六	幹材不直之損失	20
第二章	昆蟲之生活史	24
第一節	昆蟲之生活史	24
一	昆蟲生活史之意義	24
二	昆蟲生活史之考查	27
三	考查昆蟲生活史時應注意之點	28
四	昆蟲生活史之整齊與差池	28
第二節	昆蟲生活史在各地差異之計算律	31
第三節	昆蟲之休眠及與水溼之關係	37
一	昆蟲之休眠	37
二	昆蟲在休眠期內與水溼發生之各種現象	39
第四節	蚜蟲、瘤蟲與介殼蟲之生活史及其寄主轉移現象	42
一	蚜蟲之生活史	42
二	瘤蟲之生活史	49
三	介殼蟲之生活史	52
第五節	昆蟲之化性問題	54
一	由於環境因子之影響	56
二	由於遺傳上之分離	63
三	數種生理上之試驗結果	64
四	關於昆蟲化性問題之解釋	66

第三章 昆蟲之趨性及其利用	73
第一節 昆蟲之趨食行爲及其利用	73
一 嗅覺與味覺	73
二 趨化現象	75
三 趨食性之利用	78
第二節 昆蟲之趨性行爲及其應用	83
一 昆蟲性之成熟及性比率	83
二 產卵現象	85
第三節 昆蟲趨光行爲	86
一 昆蟲對於光線之各種反應	87
二 昆蟲對於光射之行爲	87
第四節 昆蟲在夜間活動狀況	89
一 昆蟲在夜間活動與溫溼度及月光之關係	90
二 昆蟲在夜間活動之時間	94
三 誘蟲燈下所得昆蟲之性比率	95
四 誘蟲燈光與色	96
第五節 其他趨性之利用	98
第四章 昆蟲繁殖與溫度、溼度之關係	105
第一節 溫度	105
一 溫度因子	105
二 昆蟲之發育與溫度	106
三 昆蟲在高溫與低溫下之致死現象	120
四 昆蟲在變動溫度下之發育狀況	138

第二節 溼度	144
一 溼度因子	144
二 昆蟲之發育與溼度	145
第三節 溫度溼度與昆蟲之關係	151
一 氣候及天氣	154
二 昆蟲之分布與氣候	158
三 昆蟲集體之波狀發生與氣候之關係	168
四 昆蟲繁殖上之自然平衡	175
第五章 昆蟲之天然敵害(或稱害蟲之生物學防治法)	192
第一節 昆蟲傳染病之種類及其利用	192
一 昆蟲之細菌病	192
二 昆蟲之真菌病	201
三 昆蟲之視外毒病	208
四 昆蟲之原生動物病	213
第二節 寄生於昆蟲體內之線蟲	216
第三節 寄生性昆蟲與肉食性昆蟲	219
一 寄生昆蟲之各種生活史	220
二 寄生昆蟲之寄生方式	226
三 寄生昆蟲之寄主選擇現象	230
四 寄生昆蟲之變種問題	233
五 寄生昆蟲與寄主在繁殖上之關係	236
六 應用天敵除蟲之理想地域	255
七 理想中最有效之寄生昆蟲或肉食性昆蟲	258

	目	次	5
八	寄生昆蟲或肉食昆蟲之應用	260	
九	寄生昆蟲之採集運輸及散放	267	
十	肉食性之蜘蛛與昆蟲	272	
第四節	益鳥之保護與家禽之利用	273	
第五節	其他食蟲動物之愛護	274	
第六章	寄主之抗蟲性	281	
第一節	昆蟲之食性	282	
一	單食性	282	
二	寡食性	283	
三	多食性	284	
第二節	昆蟲之生物變種及 Hopkins 氏之寄主選擇論	287	
一	昆蟲之生物或生理變種	287	
二	昆蟲對於寄主植物之選擇	291	
第三節	植物之抗蟲因子	295	
一	避免	295	
二	抵抗與容忍	296	
三	免疫	297	
第四節	植物抗蟲因子之育成	306	
一	抗蟲品種之引移	306	
二	品種之選擇與育成	306	
三	抗蟲品種之雜交	308	
四	嫁接	309	
第五節	抗蟲育種時之注意點	311	

一	植物抗蟲性之辨別	311
二	植物抗蟲性之獨立	312
三	害蟲在分布地之生機勢力	312
第七章	昆蟲與植物疾病之關係	320
第一節	植物疾病之病原物	320
第二節	昆蟲傳布植物疾病之器官	320
一	外部器官	320
二	內部器官	321
第三節	昆蟲傳布植物疾病之方式	321
第四節	昆蟲傳布植物疾病之種類	326
一	昆蟲與植物之細菌病	326
二	昆蟲與植物之真菌病	320
三	昆蟲與植物視外毒病	330
四	昆蟲傳布視外毒病之種類	341
五	昆蟲與毒素病	344
第八章	地形,土壤,農田耕作制與害蟲發生之關係	356
第一節	害蟲發生與地形之關係	356
一	山嶽地	356
二	平原	359
三	害蟲分布與地形之障礙	362
第二節	害蟲發生與土壤之關係	362
一	土之組織	363
二	土之溫度	366

	目	次	7
三	土之溼度	369	
第三節	土壤施肥與害蟲之關係	373	
第四節	輪種	377	
第五節	作物種植期之改變	378	
第六節	田園之改變	380	
第九章	殺蟲劑	387	
第一節	胃毒劑	390	
一	砒毒劑物	391	
二	氟毒劑	407	
三	食餌	412	
第二節	接觸毒劑	416	
一	有毒賸鹼類	417	
二	硫磺及多硫化物	446	
三	肥皂	458	
四	油類	463	
第三節	燻毒劑	477	
一	氰化物	482	
二	硫化物	490	
三	脂肪族化合物	492	
四	芳香族化合物	493	
第十章	害蟲防治上之行政與法規應用	528	
第一節	害蟲問題之取決與治蟲行政組織	528	
一	害蟲問題之取決	528	

二	防治害蟲之行政組織	530
三	害蟲問題研究及防治上之注意點	539
第二節	蟲災區域之清除工作	553
一	國內蟲災之清除	554
二	國際性之害蟲防治	558
第三節	害蟲蔓延之阻隔與國際或國內害蟲傳布之防禦	570
一	機械之阻隔	570
二	生態之阻隔	571
三	法規之阻隔	572
第十一章	經濟昆蟲學上之數量表示法	590
第一節	取樣之注意	591
第二節	寄主被害損失之計算及害蟲密度之調查	592
一	估計害蟲發生之數量	594
二	估計寄主被害之損失數	602
第三節	殺蟲劑毒效之計算式	613
第四節	統計方法之應用	625
一	生物之變異及其簡單之測定	626
二	變量法之應用	627
三	聯繫因子之研究	630
四	χ^2 測驗	636
五	變量分析	638
第五節	害蟲田間試驗之注意點	643
附錄	本書所用度量衡及溫度換算表	653

引 言

(一)經濟昆蟲學之意義與事業

A. 意義

經濟昆蟲學 (economic entomology) 者，乃研究有關人類經濟價值之昆蟲，因其性質不同，可分為下列三類：

1. 農業昆蟲學 (agricultural entomology) 專研究及防除為害農田及園林植物上之一切害蟲。

2. 醫學及獸醫昆蟲學 (medical and veterinary-medical entomology) 專研究及防除傳染人類及家畜疾病之一切昆蟲，及其他節足動物。此門科學有時包括於寄生學 (parasitology) 內。

3. 益蟲學 專研究家蠶、樺蠶、蜜蜂、白蠟蟲與其他有益昆蟲之飼養及品種之改良等，藉求其產量之增加與品質之改進。

第一類為農林業上之重要學科，第二類與公共衛生及醫學有密切關係，第三類為人類衣食等重要之生產。此三類科學與人類之關係，雖各不同，但研究時原理之應用，則彼此極為密切，本書所討論各點，側重於農業昆蟲學方面。



農林上經濟昆蟲學之事業如下：

(1)

(南)

1. 考查害蟲之生活史、習性、生態及防除方法。
2. 保護農作物、森林、積穀及一切有經濟價值之器物，以免害蟲之侵害。
3. 阻止害蟲之發生、傳布或猖獗。
4. 預測害蟲在一年內發生之多少及其分布之可能性。
5. 研究殺蟲劑之毒力配合及應用方法等。
6. 研究噴射殺蟲劑器具之改良與製造。
7. 關於防除害蟲一切行政及法規之執行。

(二)經濟昆蟲學與各科學之聯繫

昆蟲爲害農林上之經濟植物，因繁殖極多而致大害，成爲一省一國或全世界之害蟲問題，其原因頗爲複雜。吾人設加以分析，其在昆蟲本身，固占重要位置，但其他如被害植物，當地氣候，農業狀況，人事情形，均與害蟲發生之多少有密切關係。故一個害蟲問題在某地發生，不論爲暫時的或永久的，均非單獨害蟲自身生滅起伏所致，乃爲自然界內，各種有關係之因子所湊合而成。故吾人研究經濟昆蟲學，除在昆蟲學方面，須有切實之訓練外，同時對於有關係之學科，亦應有良好之基礎，否則在實地解決害蟲問題時，關於技術上與知識上之應用，不免有左支右絀之虞，致難達到吾人所期望之目的。美國經濟昆蟲學家聯合會，開第二十八次年會時，會長 Herrick 氏 (1916) 曾詳論經濟昆蟲學家須具廣博之知識，在大學內，青年如欲從事於經濟昆蟲學之工作，則對於有關之科學，均不容忽略，並云：「攻讀昆蟲學過於狹窄，此爲昆蟲學家最不幸之準備」(“So an exclusive

study of entomology is the poorest kind of preparation for an entomologist"). De Long 氏(1934)云:「今日經濟昆蟲學人材之訓練,可分為下列三項:

- (a) 專題研究之人材 其任務在管理及報告研究一個害蟲問題。
- (b) 助理研究之人材 其任務在管理及報告研究記錄。
- (c) 推廣人材 其任務在推廣治蟲方法及主持除蟲行政。」

欲達以上三種事業之最大效果,人才之培植,極為重要。茲據 De Long 氏之建議,將上述三項人才訓練時,應注意之學科,錄之如第一圖(略加變更)。

經濟昆蟲學為一綜合的科學,或稱為多種科學之應用。Drake 氏(1936)言之頗詳,其有關之範圍頗廣。茲再與研究及防治害蟲時有密切關係之學科,略列如下:

- (1) 關於昆蟲學上之知識 如昆蟲形態、分類、生理、生態及害蟲防治之原理等。
- (2) 關於動植物之知識 如動植物之形態、分類、生理、生態等。
- (3) 關於農林上之知識 如作物、園藝、森林、作物育種、土壤氣象等。
- (4) 關於物理化學算學上之知識 如有機化學、無機化學、生物化學、膠體化學,而研究殺蟲劑者,更須有良好之化學基礎。物理學則至少須有一年以上之大學普通物理學訓練,算學則須修習大代數、微積分及生物統計。

除此而外,經濟昆蟲學家對於攝影、繪圖等,亦須熟練,蓋此等

乃日常應用之技術故也。

經濟昆蟲學家除具備豐富之知識外；當注意下列各種修養：

- (1) 對於害蟲問題之研究及解決，具有濃厚之興趣。
- (2) 富於田野工作之精神，並能耐受寒暑及各種粗暴之環境，其無此種身手者，不宜於從事經濟昆蟲之研究。
- (3) 有採集標本及記錄害蟲實地情形之嗜好。
- (4) 工作仔細，且對於一切害蟲研究報告之發表，均極忠實而絕不虛偽。

經濟昆蟲學家除具有以上各種修養而外，平時舉行研究或試驗時，切勿忽略實際害蟲問題之解決，蓋一種實用除蟲方法（不論簡單與複雜）之獲得，或有效殺蟲劑之製成，在吾國現時，乃迫切之需要。

(三) 經濟昆蟲學在國內發展之概況

用科學方法防除農田害蟲，在中國為近二十五年來之事，其經過概要如下（詳情參考第十章）：

民國初年 北平中央農事試驗場成立病蟲害科。

民國六年 江蘇省實業廳成立治螟考查團，主其事者，為過探先氏，總辦事處設在南京三牌樓，江蘇省立甲種農校內。

民國八年 江蘇省南匯、奉賢兩縣，因棉尺蠖猖獗，當地士紳設捕蟲局收買棉尺蠖。

民國十一年 江蘇省在南京成立昆蟲局，當時由國立東南大學農科主任鄧彥文氏商請江蘇省政府辦理。聘任美國加理福尼亞省大學昆蟲學教授 C. W. Woodworth 氏為局長。該局至民國二十一年

因經濟困難而停辦。

民國十三年 浙江省昆蟲局成立。局址初設於嘉興，至十六年遷杭，民國十九年，改為植物病蟲害防治所，是年添設植物病理研究室。至二十一年復改為昆蟲局，第一任局長為費耕雨氏。費氏乃吾國刻苦好學之昆蟲學家，不幸早歲病瘵而歿，惜哉！

民國十六年 江西省昆蟲局成立。局址在南昌，成立未及一年，即因政局不靖而停辦。

民國十八年 湖南省昆蟲局成立。當時因茶陵發生稻浮塵子，故成立是局。但自民國十九年長沙事變後，困於經費，旋即停辦。

民國十九年 廣東昆蟲研究所成立。附設於廣東農林局內。

民國二十一年 中央農業實驗所之植物病蟲害系成立。

民國二十二年 上海商品檢驗局之植物病蟲害檢驗部分成立。

民國二十四年 棉產改進所之棉蟲股成立。該所於民國二十七年因抗戰而併入中央農業實驗所。

民國二十六年 四川省植物病蟲害防治所成立(地點在成都)。民國二十七年，因川省農業行政組織改變，病蟲害防治所又隸屬於四川農業改進所。

自民國二十六年後，各省次第設農業改進所，而病蟲害事業隸屬於所內，成爲一系。

民國二十八至三十二年 行政院農產促進委員會，農林部糧食增產委員會，與中央農業實驗所植物病蟲害系合作，在四川、雲南、貴州、陝西、湖南、湖北、廣西等省，與省農業改進所合作，大規模防治棉蟲、螟蟲，倉庫害蟲及柑橘害蟲。

現在政府對於研究防除農林害蟲之機關有：

(a) 中央方面 中央農業實驗所之植物病蟲害系，中央林業實驗所之森林昆蟲室，上海廣州商品檢驗局之植物病蟲害檢驗部分。民國二十六年抗戰軍興起，該部暫行停止工作，至三十五年始行恢復。

(b) 各省 省立農業改進所之病蟲害系，如山東、江蘇、浙江、廣東、廣西、雲南、貴州、四川、安徽等是。

參考文獻

1. De Long 1934. What Shall Be the Objection in the Training of an Entomologists. Jour. Eco. Ento., Vol. XXVII, No. 1, pp. 53-58.
2. Drake, C. J. 1936. Teaching and Training in the Field of Entomology. Jour Econ. Ent., Vol. XXIIX, pp. 28-36.
3. Forbes, S. A. 1915. The Ecological Foundations of Applied Entomology. Ann. Entom. Soc. America., Vol. VIII, No. 1, pp. 1-19.
4. Headlee, T. J. 1930. Some Tendencies in Modern Economic Entomological Research. Jour. Eco. Ento., Vol. XXI, pp. 28-35.
5. Herrick, G. W. 1916. The Need of a Broad Liberal Training for an Economic Entomology. Jour. Eco. Ent. Vol. IX, pp. 15-23.

9. Uvarov, P. B. 1933. Physiological Basis of Applied Entomology. 5th. Congres International D'entomologie, Paris, pp. 667-678.
7. Wilson, G. F. 1933. Symptomatic Detection of Plant Pest; Its Importance in the Training of Agricultural, Horticultural, and Forestry Students. 5th Congres International D'entomologie, Paris.
5. Symposium: 1927. Needed Lines of Investigation in American Entomology. Essig, E. O. Economic Entomology, the Needs in the Study of Insect Injuries. Flint, W. P. Needs in the Study of Control Measures. Ann. of the Ent. Soc. America, Vol. XX, No. 4, pp. 419-4.0.

第一章

害蟲發生之誘因及其爲害狀況

農林上之經濟植物，被害蟲侵害後，其被害程度，輕重不一。視各種原因而不同。

第一節 害蟲發生之誘因

植物受害蟲寄生之後，被害之輕重，發生之多少，其原因有二：

一、內因 (Internal cause)

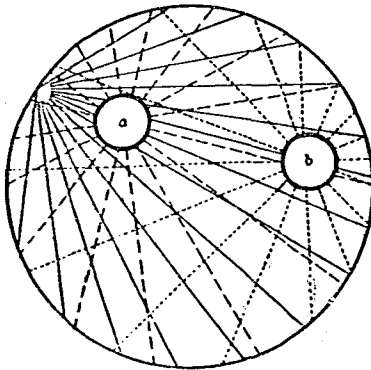
A. 品種之免疫與忍受 植物對於害蟲之能否抵抗或忍受，則視植物品種之不同而異，如柚木 (teak) 之組織中有丹寧 (tannins)，金雞納皮 (cinchona) 之有植物鹼 (plant alkaloids)，以及菸草葉面上生有粘性毛等，皆能免除數種害蟲之寄居。

B. 寄主之齡期 在樹木果樹等年齡久遠者，常生長不良，組織乾枯，致白蟻、天牛、木蠹蟲等，適生其間。但此等昆蟲，非屬主要之種類，乃爲第二侵入之害蟲 (secondary pests)，其主要之害因，乃爲樹木年齡久遠，內部發生變異，致招引若干種適生之昆蟲也。此外，許多栽培植物，在幼苗時期，往往特多害蟲之侵害。至生長成熟後，

即無同樣之害蟲。如棉花在幼苗時代，倍受切根蟲螻蛄等之侵食，在樹木幼時，枝幹部常受若干種天牛幼蟲之鑽食是。

二、外因 (External cause)

一地害蟲，在各種環境因子(如食物、天敵、氣候等)控制之下，每年繁殖之增減，相差常呈恆數，即所謂生命之平衡(balance of life)。



第二圖 示兩種昆蟲(a)(b)在自然界與各種環境因子相互牽依之狀況(錄自Friederichs氏書)

但自然界內之各種環境因子，非但各地不同，歷年亦恆有差次。多數害蟲，因自然界內之控制因子，發生變化，直接間接，能影響其繁殖力，及其後代之數目。因此，害蟲在一地之發生，歷年常有消長，或同一種害蟲，在各地之為害，恆呈固定之輕重。

所謂環境因子，有物理、化學及生物三類。在自然界內，此三類因子與昆蟲發生

關係時，相互連合，不能分離。故每種害蟲(其他動物亦然)生活於大自然內，與環境因子，彼此相關成爲一生命網(web of life)(第二圖)，在此生命網上之各種因子(此種因子在自然界內，常在變化，非靜古靜止)，若有一種或數種失常，害蟲即能突破其生命網上之牽依，而猖獗或衰滅於一時。故關於害蟲問題之解決，須先將其各相關之

因子，設法歸納分類，而後考查其原因，及彼此相依之情形。現時所發現之各種狀況，固須研究，過去之經過，亦應調查，未來之情形，亦當推測，茲將環境因子之種類，錄之如下：

A. 生物因子

- a. 天敵 種類、數目、寄主與天敵，在自然界內平衡之比率等。
- b. 食物 種類之豐富或缺乏，及可取得之時期。
- c. 寄主之栽培法，生長期及同區域內之植物相 (Flora)。

B. 物理因子

- a. 光、大氣、溫度、溼度、雨量、日照、風、氣壓等。
- b. 氣候 各地之氣候型。
- c. 地形與土壤。

C. 化學因子 土壤及水內各種化學成分之差異，及 pH 值之高低，或寄主植物內之特殊成分等。

以上各問題，將於本書各章中詳論之。

第二節 昆蟲為害植物之狀況

昆蟲因口器不同，習性互殊，致為害植物之狀況，亦彼此不一。

I. 咀嚼食物 如鱗翅目、鞘翅目之幼蟲及直翅目等，蠶食植物之根、莖、葉、花、果、芽、子實等，被害部分或呈缺刻或根莖斷落。

II. 吸收液汁 屬於半翅目、同翅目內之昆蟲，均用吸收口器，插入植物組織內，吸食養液。

上述兩大類昆蟲之食性、因其習性不同，所致富害狀，差異頗多。茲就植物被害之部分，更類別如下：

(一) 害葉者

A. 食葉類 多數爲鱗翅目及鞘翅目、膜翅目內之昆蟲，如一種斑蛾 (*illiberis tenuis*) 之幼蟲，專食薔薇葉表面之葉肉，十字花科蔬菜上之黃紋跳蟲幼蟲、成蟲，常嚙食葉背面之葉肉，使被害之葉，祇殘留一薄層之表皮。

B. 捲葉類 (leaf rolling) 屬於鱗翅目內之螟蛾科及捲葉蛾科之昆蟲。有一部分幼蟲，將葉捲成管狀，然後嚙其鄰近之葉。

1. 單捲葉類 如棉捲葉蟲 (*sylepta derogata* F.)，每一幼蟲將一葉捲曲。

2. 複捲葉類 如稻葉弄蝶 (*parnara guttata*)，每一幼蟲，將稻葉六七片，用絲黏合成巢。

凡捲葉蟲之幼蟲，在平時皆藏伏於捲葉內，飢餓時，或伸首於外，蠶食葉片，或即在捲葉內，嚙食葉肉。

C. 食葉類 (leaf-cutting) 在南美洲，有數種屬於 *Atta* 內之切葉蟻，常切取柑橘、咖啡及蒙果 (*mango*) 等樹之葉片，運入巢內，藉以培養菌類。當地寄主受害極大，在南京櫻桃及桃樹上之一種象鼻蟲，成蟲產卵後(在春季產於寄主葉肉內)，即將葉柄切斷，被害之葉，即脫落於地。

D. 鑽葉類 (leaf-mining) 鑽葉之昆蟲，有甲蟲、蠅類、蛾類及少數蜂類之幼蟲。此種幼蟲，鑽居於葉之內部(在上下表皮層之間)，蠶食葉肉，被害之葉，在外面恆呈彎曲之鑽紋。

(二) 食芽、花、花蕾者

如桑在春季發芽時，爲桑蠶加害，棉花蕾則有華鈴蟲 (*earias*

cupreoviridis), 柑橘花則有花蛆之害。

(三) 食果肉者

如害柑橘之果蠅幼蟲, 梨之象鼻蟲幼蟲, 桃實蟲等。

(四) 食根者

害根之昆蟲有兩型:

A. 切根類 如切根蟲(cut worm)之將玉米、高粱、棉苗等, 在近根部切斷。

B. 食根類 如金針蟲之在土內, 蠶食麥類之根部。

(五) 害莖者

昆蟲之害莖者, 可分爲二型:

A. 鑽莖型(stem borer type) 如害水稻之二化螟, 三化螟之玉米螟, 幼蟲鑽食於寄主莖內, 化蛾後方得外出。爲害樹木幹內及天牛幼蟲及木蠹蟲(cossid)之幼蟲, 其生活於寄主幹內之時期, 較寄生於草本或灌木莖內之昆蟲爲長。曹驥氏(1941, 未印論文)報告華鈴蟲(*earias cupreoviridis*)之幼蟲, 能鑽入棉之嫩枝內, 致在害處之上部, 均行凋萎, 同時損失不少棉鈴。

B. 蛀皮型(bark borer type) 許多吉丁蟲(buprecidæ)及小蠹蟲(ipidæ)幼蟲, 生活之區域, 大多在樹皮與木質部之間, 形成層爲其主要之食料。

(六) 蟲癭(Gall)

致蟲癭之昆蟲, 其口器或爲吸收式, 或爲咀嚼式, 如沒食子蜂科(cynipidæ), 小蜂科(chalcididæ), 癭蠅科(cecidomyiidæ), 木蠹科(psyllidæ), 蚜蟲科(aphididae)等之昆蟲, 有一部分營蟲癭生活。蟲

瘰之形式不一，在植物上，凡根、莖、葉、花均有發生，而發見於莖葉兩部者更多。

蟲瘰之生成，不但其形狀繁多，而自來解釋蟲瘰者，亦頗有出入。Beyrinck氏(1818)云，植物蟲瘰之生成，由於昆蟲產卵時，附帶注入毒液，植物組織，因受此種刺激，致生蟲瘰，Cosens氏(1912)云，蟲瘰幼蟲因分泌一種酵素而致成蟲瘰。同時，查得在麻櫟上有三四個區域(zone of gall tissue)，恆發生沒食子蜂蟲瘰(cynipid galls)。Mynus氏(1911)云，蟲瘰之成，乃由幼蟲嚼食植物組織之結果，并非由昆蟲產卵時，分泌之毒液所致。對於無花果(ficus)上，蟲瘰蜂(harmolita)卵後端之短柄，稱曰成瘰器(galligenes organs)。該種蜂卵內，所藏之成瘰刺激物，先流經成瘰器，而達於植物組織內，蓋平時無花果上蟲瘰之發生，均在harmolita蜂卵孵化之先。Ross氏(1932)云：蟲瘰之成，由於昆蟲唾液腺內之分泌物，其功用一如酵素。氏并云植物因受傷夷刺激汁(wound irritant)後，致成爲蟲瘰。Philips氏(1935)曾研究麥莖受一種蜂(harmolita tritici)之寄生而生節瘤，乃由於幼蟲代謝作用之副產物，或由幼蟲在寄主組織內，機械之刺激所致。先雌蜂在小麥生長桿(growing culms)節之上部產卵，卵深及於組織內維管束處之篩管部(phloem of the vascular bundle)，幼蟲化成後，附近組織，即起肥大(hyperplasia)及腫脹(hypertrophy)兩現象。同時該處細胞，由間接分裂，而驟形不規則之增多，此種現象以在柔組織(parenchyma)及篩管部爲多。上述情形，乃因維管束組織均遭破壞，而植物失去正常生理之進行。

多數昆蟲所致之害狀，或頗簡單，如棉捲葉蟲之幼蟲，在棉葉或

其他植物上，所造成之害狀，均爲捲食葉片，但有一部分昆蟲，在寄生上，因寄生部位各異，致其害狀頗爲複雜。Hanson氏(1937)觀察英國松樹上一種甲蟲 (*myelophilus piniperda*) 寄生被害之後(幼蟲在夏季爲害嫩枝，冬季則在樹幹基部之樹皮下爲害)，發生多種不同之害狀，如：(1) 枝幹生樹結 (kinks)；(2) 樹幹長度之限制 (因頂枝遭害之後而生旁枝，致將來生成分叉之橫枝，而不成直材，樹亦生成多數之樹冠 (crowns))；(3) 尖頂之生成 (the formation of "spire tops")；(4) 未成長樹之消滅；(5) 冬季樹幹部內皮層之受害；(6) 木材增大，遭受阻礙；(7) 下樹 (suppressed trees) 及幼苗之消滅等。

第三節 植物受蟲害後在生理上所發生之各種影響

(一) 植物受蟲害後之損傷情形

植物葉部，受咀嚼口式昆蟲侵食後，所發生之障礙，主要在破壞其正常生理之平衡。葉爲光化作用之主要部位，故葉部如受蟲害太甚，即能影響全株植物養料之製造，如梨及蘋果樹，在早春若患銹病，而落葉太多，則當年結果極小。桑樹在秋間若被桑白蠶爲害劇烈時，則明年春葉量爲之減輕。

惟昆蟲蠶食莖葉，並非完全有害，因植物全株或一枝上，葉之總面積，需要若干，可維持其正常生理，而不損其結果量。此問題在植物生理、園藝及經濟昆蟲方面所欲探知。大多數栽培植物，全株之總葉量，偏於過多，如稍受蟲害，亦無所損失。在生理上，有時疏除一部分葉，反能增加其結實量。Halle and Magness氏(1925)及Magness,

Overly and Luce 氏(1931)等,對於蘋果葉之面積與果之生長及果內成分,深加研究,得一種蘋果,名 jonathan 者,一小枝上如有 25-30 葉,則可養成一形大而質佳之蘋果。如葉少於 20 片,所成之果,形味均劣。金允弢氏(1934,未發表論文)亦作相似之研究,得一種蘋果(delicious),如枝上葉數太多,則可行疏除,反能增加果實之形味。由此可知蘋果或梨等,如葉部受蟲害太甚時,則宜疏除一部分之果實,以求葉面與果成正常比例。不然在葉生長繁盛之枝條上,如葉路受蟲害,反能增加果實之質形。

棉株上如刪去一部分之葉,亦能增加棉花之產量。1935 年江蘇之南通,棉捲葉蟲發生頗烈,在六月中旬,有數區棉葉,大多被其食盡。因此棉之結鈴數大為減少,但平常棉捲葉蟲,如在八月中旬後發生者,對於棉之結鈴及吐絮無甚影響,如發生不多,反能增加果實開裂之百分率。

(二) 鑽莖之害

許多鱗翅目幼蟲(螟蛾科內較多),鑽食於一年生草本植物之莖中者,在初齡時,對於苗或莖之生長部,最嗜嚙食,該處一經損害,由根葉部上輸之水分及養料,即不能上達,因此穗苗枯萎。甘蔗因受螟害後,致其糖分為之少減,此為栽蔗業上一重要問題。Holloway 氏(1928)報告甘蔗受螟(*diatraea saccharolis* F)害之後,莖內糖清(juice)量為之減少,同時糖清內所含之還原糖(reducing sugar)則增加。Mc Kaig 氏(1936)在美洲研究之結果,與上述相同。氏得甘蔗受螟害之後,糖清含有量與夫蔗糖及固體物之百分數亦為之減低。但還原糖、灰量、膠質、酒精沉澱之非糖類物,有機非糖類總量,及蛋

白質，非蛋白質之氮化合物等，則均形增加。此種變化亦因甘蔗品種之不同，而互有差異。

(三) 浮塵子蚜蟲及椿象等之害

具吸收口式之昆蟲，其口器插入植物組織內，常深入導管部或篩管部，吸食養料(第三圖)。此種現象，Davidson (1923), Horsfall (1923), Smith (1926, 33),

Painter(1928),Putman(1941),

Tate(1937)等氏，觀察頗詳，

得蚜蟲或浮塵子之口器，深入

植物組織內之篩管組織，此爲

普通之現象，其他吸收口式之

昆蟲，其口器大多能深及柔組織

(parenchyma)或導管組織

處，而吸收養料。此種昆蟲，當

口器刺入植物組織內時，先分

泌一種透明液體，與口刺同時

徐徐下降。此種液體，進入寄

主組織內，即行凝固而成口刺

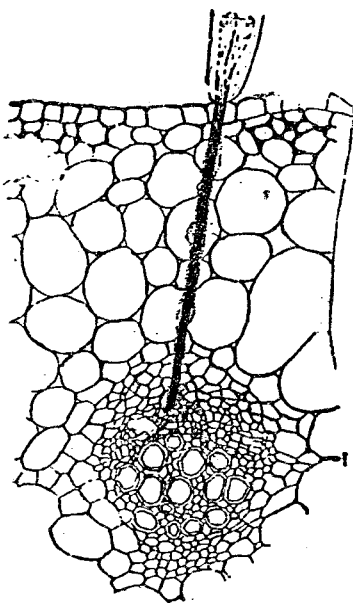
之外鞘 (sheath)。被害處細

胞，因此遂膨大、失色。入後，

即現枯萎之斑點，遂致寄主組

織內之運輸阻塞，根部吸收之

水分，不能上升，養料亦無由



第三圖 一種浮塵子(*cutettix tenellus*)口部刺入甜菜葉柄組織內，吸收養料形。在浮塵子口器周圍之細點示由分泌物而成之外鞘。 1×800 。(錄自Bennett氏原圖)。

下達。多種浮塵子，在植物葉脈上，吸收液汁，同時並能從導管、篩管及填充組織內，吸收水分，致使該處細胞收縮，不能復元，入後即成棕色而枯死。許多浮塵子所致之枯焦症 (hopper burn)，即由此因也。

植物被吸取口器昆蟲為害之後，在組織內之化學成分，常起變化。Horsfall 氏(1923)報告蚜蟲及椿象，吸收植物液汁後，在刺吸處驗得有蛋白質，及果膠酸鈣 (calcium pectate) 及丹寧等。氏云此乃由組織內受刺激後而起反應之產生物。F. F. Smith 氏(1933)報告，苜蓿浮塵子為害馬鈴薯後，在受害部有生果膠 (pectose) 之存在，凡此物質，皆為細胞受害後發生變化之結果。

有時植物被浮塵子或蚜蟲為害後，發生黃點或枯凋現象。前人常誤為植物組織內，受昆蟲之毒素或酵素作用所致。Granovsky 氏(1930)觀察苜蓿上，受一種馬鈴薯浮塵子寄生之後，得有下列結果：

1. 將受害部作組織學上之研究，得知維管束處呈阻塞 (insulation) 及分離 (isolation) 現象，有時該處之篩管組織，極為凌亂。
2. 由微化學之試驗，測得被害處組織內之糖類，較健全者為減少，而澱粉攙積頗多。

Smith and Poor: 氏(1931)對於致豆黃枯病之浮塵子 (*empoaasca fabalis*)，作相同之考查。氏云被害處微管束部中之阻塞物質，乃浮塵子取食後之遺留物。該處由化學上之檢查，有蛋白質之發現。1931年，兩氏又將屬於 *empoaasca* 屬內五種浮塵子為害寄主之結果，加以研究，所得如下。

- (a) *E. fabae* 刺吸植物組織內液汁，維管束受害後，呈不整齊

及阻塞現象。其他四種浮塵子之害狀，與 *E. fabae* 完全不同。在葉肉 (mesophyll) 處被害後，該處即呈白色斑點，或白色條紋，而細胞內之含有物，均見空缺。

(b) *E. fabae* 刺吸豌豆葉柄後之二十四小時內，由切片及組織上之檢查，得有十四處之刺吸點，深及篩管部。同時在葉柄內七條維管束中，有五條受浮塵子之刺吸。

(c) 植物受 *E. fabae* 爲害後，所發生之枯萎，變紅及黃色，均在植物被浮塵子刺吸點之外圍。Johnson 氏(1934)云：馬鈴薯浮塵子 (*E. fabae*) 爲害豆科植物，(如苜蓿 (*medicago sativa*) 及紫雲英 (*trifolium paratense*)) 後，葉莖呈萎黃及凋紅之害狀。氏得被害苜蓿葉內之乾物質原形質之滲透壓、還原糖、蔗糖、澱粉及酸性加水分解物 (acid-hydrolyzable substances) 之總量，及酒精溶解氮素 (alcohol-soluble nitrogen)，均較健全之葉綠素爲高，但其含氮之總量較低。氏云苜蓿葉脈受害後，維束管部之功用，即生阻礙。因此，被害點之上部組織內，積聚過多之碳水化合物(由光合作用所產生)，致生花青素 (anthocyanin) 而變爲紅色之害狀。在其他植物，如被蠅類幼蟲或鱗翅目幼蟲爲害後，致成紅色狀者，亦因被害部積聚葡萄糖及丹寧等，而產生花青素所致。紫雲英葉部被害後，葉綠粒 (chloroplasts) 內之葉綠素及漿液 (plasma) 均形衰滅，致呈枯黃現象。許多植物在葉柄部或嫩莖上，被甲蟲產卵，或被吸收口式之昆蟲刺吸後，莖葉往往枯萎，其原因大多由於導管部受有損害，因此水之運輸，發生阻礙，致被害處之上部，全行收縮而枯萎。

(四) 花鈴果之脫落

瓜果等被蟲害之後，常有早期脫落現象，如川貴兩省之廣柑，凡受果蠅 (*tetradacus tsuneonis*) 幼蟲之寄生者，則自十月初，即行自然落果。在核果如桃、杏等亦有相似之現象。瓜果受蟲害而早期脫落之原因頗多，但因有昆蟲之寄生，而促進果柄部離層 (*absciss layer*) 之生成者，亦為其重要之因素。

柑橘皮部如受介殼蟲寄生多時，不但養料被其吸收，水分亦受消耗，油腺亦遭破壞。因此，果部之發育衰弱，致橘不能作正常之發育。

(五) 莖幹被蛀之害

在果樹或其他樹木之幹部，常遭受若干種甲蟲(如天牛、吉丁蟲等)之寄生。普通吉丁蟲及小蠹蟲之幼蟲，生活於樹皮下與木質部之間。因此，形成層 (*cambium layer*) 最易受其破壞。多數天牛幼蟲在幼齡時，生活於樹皮下，至第三齡後，即蛀入木質部內。在柑橘、蘋果等樹，受天牛侵害之重者，其木質部多半被其蛀空，因此，樹呈衰弱，枝葉極少。

(六) 幹材不直之損失

吾人在森林上，期望之幹材，不但求其粗大，亦且須其挺直。在重慶一帶，約十年生長之馬尾松，其發長之頂枝，在春間如遭遇枝頂蛾幼蟲為害之後，則旁枝叢生，致將來幹枝屈曲，同時向上生長之速度為之大減。

參考文獻

1. Bennett, C. W. 1934. Plant-Tissue Relations of the Sugar-Beet Curlytop Virus. Jour. Agr. Res., Vol. XIVIII. No. 8.
2. Davidson, J. 1923. Biological Studies of *Aphis rumicis* Linn. The Penetration of Plant Tissues and the Source of the Food Supply of Aphids. Ann. Appl. Biol. 10:35-54
3. Granovsky, A. A. 1930. Differentiation of Symptomns and Effect of Leaf Hopper Feeding on Histology of Alfalfa Leaves. Phytopathology 20:121.
4. Haller, M. H., and Magness, J. R. 1925. The Relation of Leaf area to the Growth and Composition of Apple. Amer. Soc. Hort. Sci. 22:189-196.
5. Holloway, T. L., Haley, W. E., Loftin, U. C., and Heinrich, C. 1928. "The Sugar-Cane Moth Borer in the U. S. A., U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 41, p.77
6. Horsfall, J. L. 1923. The Effects of Feeding Punctures of Aphids on certain Plant Tissues. Pa. Agr. Expt. Sta. Bull., 182.
7. Johnson, H. W. 1934. Nature of Injury to Forage Legumes by the Potato Leaf Hopper. Jour. Agr. Res. Vol. XLXIX. No. 5, pp. 379-406.

8. Kim, Y. S. 1934. The Relation of Leaf area to Size and Color of Apple fruits. (未發表論文)
9. King, W. V. and Cook, W. S. 1932. Feeding Punctures of Mirids—Other Plant-sucking Insects and Their Effects on Cotton. U. S. Dépt. Agr. Tech. Bull. 296, p.12
10. Magness, J. R., Overly F. L. and Luce, W. A. 1931. Relation of Foliage to Fruit size and quality in Apple and Pears. Wash. Agr. Exp. Sta. Bul. 249
11. McKing, N., and Fort, C. A. 1936. Chemical Composition on Juice from Louisiana. Sugar-cane Injured by the Sugar-cane Borer and the Red Rot Disease. Jour Agr. Res. Vol. LII, No. 1, pp. 17-25.
12. Painter, R. H. 1928. Notes on the Injury to Plant Cells by Chinch bug Feeding, Ann. Entom. Soc. Am. Vol. XXI, pp. 232-242.
13. Phillips, W. J. 1935. Morphology and Biology of the Wheat Joint Worm Gall. Jour. Agr. Res. Vol. L. No. 4.
14. Putman, Wm. L. 1941. The Feeding Habits of Certain Leaf Hoppers. The Canadian Entomologist, Vol. LXXIII., No. 3. pp. 39-53.
15. Smith, K. M. 1926. A Comparative Study of the Feeding methods of Certain Hemiptera and of the Resulting Effects upon the Plant Tissue, with special reference to

- the Potato Plant. Ann. Appl. Biol. 13:109-139.
16. Smith, F. F. and Poos, F. W. 1931. The Feeding Habits of Some Leaf Hoppers of The Genus Empodscia. Jour. Agr. Res. vol. XLIII. pp. 264-285.
 17. Smith, F. F. 1933. The Nature of the Sheath Material in the Punctures Produced by the Potato-leaf Hopper and the Three cornered Alfalfa Hopper. Jour. Agr. Res. vol. XKVII pp. 475-485.
 18. Tate, H. D. 1937. Method of Penetration, Formation of Stylet Sheaths and Source of Food Supply of Aphids. Iowa State Coll. J. Sci., vol. XI, pp. 185-206.
 19. Vassetsov, V. V. 1938. Ecological Correlation. (俄文有英文提要) Zool. Jour. of U. S. S. R. Vol. XVII, No. 4, pp 561-581.

第二章 昆蟲之生活史

第一節 昆蟲之生活史

防治一種害蟲，首先當知其科學上之名稱 (scientific name)，形態上之特徵，而後繼以生活史之考查。關於一種昆蟲生活史考查之所得，不僅對於某種害蟲之發生狀況，可明瞭無遺，其他如習性、生態以及防除方法，均可由此求得其啓端。故查考一種害蟲之生活史，實為解決害蟲問題必經之步驟。當進行此種觀察時，必須周詳精密，方可得真實之結果。

(一) 昆蟲生活史之意義

昆蟲生活史一字，嚴格言之，指“昆蟲自卵受精後起，經幼蟲、蛹而至成蟲以及死為止。”但在事實上，昆蟲之壽命，頗難計算，因雌蟲腹內之卵，何時受精，更難推測。故有人計算昆蟲生活史之時期，將成蟲自性成熟後，至卵產下止，其間之日數，亦加入在內。因此，昆蟲生活史之全意，包含三個時期，即：

1. 自卵受精後起，至孵化為止，此時期稱曰胚子期 (embryonic period)。
2. 幼蟲由卵內孵出後，至性成熟為止，此時期稱曰前熟期 (pre-

maturation period).

3. 自性成熟後,至死亡爲止,此時期稱曰後熟期 (maturation period).

昆蟲在一年內之生活史,不僅一次,其數目至不一律,各隨種類與當地之氣候而異.在一季或一年內,昆蟲生活循環之總數,有人稱曰季或年的生活史 (seasonal life cycle or annual life cycle). 但大多數蚜蟲之生活史,每年在秋末,祇見一次有性成蟲,而產生越冬卵,春間所出之幹母 (stem mother), 在高溫之夏秋間,由無性生殖而繁殖,無卵期之發現.故蚜蟲之生活史,嚴格言之,每年祇有一次.通常吾人稱昆蟲之代 (generation) 者,亦指昆蟲之生長,由卵而幼蟲,蛹,成蟲 (如爲完全變態者),經此四步變化而完成其一代之謂.昆蟲在一年,營一次生活循環者,稱之曰一代 (one generation); 營二次生活循環者,稱之曰二代 (two generations). 昆蟲每代時間之長短,頗不一致.在溫帶內,有一部分昆蟲,一年內祇有一代,但亦有不少種類,每代所占之時間,長至二、三年之久.北美所產之一種蟬 (cicada septendecim L.) 需十七年,方可完畢其一代之發育.

昆蟲代數之不同,根據於氣候之寒暖、乾溼,食物之盈虧及生理上之固定情形而異. Rouband 氏 (1927) 將昆蟲生活史分爲二類,即:

(a) 凡昆蟲之發育呈同式活動型 (homodynamic type) 者,其顯著之特徵爲缺乏固定之生活史,即昆蟲在一年內發生之代數,依循於當地之天氣條件而定.如低溫低溼及饑餓,皆足引起其休眠.但環境合宜,即行復蘇,如家蠅、蚊、果蠅 (*drosophila*) 等在一年內之活動與休眠,即呈是式.

(b) 凡昆蟲之發生，呈異式活動型 (heterodynamic type) 者，在一年內發生之經過，多少與季節有關係。其生活史中之休眠時期，不受不良環境(如低溫低溼等)之控制。此種休眠期，大多由於各種刺激所致。其時期或在冬季(冬眠)，或在夏季(夏眠)。如在南京為害枸橘葉之一種金花蟲 (podagricamela weisei heikertiges)，一年祇發生一代。過冬成蟲，在四月初外出，產卵於枸橘之嫩葉上，幼蟲潛食葉之內部，至五月中旬，化為成蟲。此時空中溫度正漸向上升，但成蟲一經化成之後，不久即隱伏於附近樹皮下而休眠。至明年四月初，始再出而為害。此種發生，年年如此，從不變更。

在溫帶內昆蟲之發育，屬於同式活動型者，於一年內化數之多少，常隨當地氣候之寒暖、乾溼，或食物之盈虧而決定。具多化性之昆蟲，如外界溫度溼度相宜，食物豐富，則一年內能繼續繁殖而無間斷。若溫度降落至發育零點 (development zero) 以下，或溼度不足其繁殖時，發育即行停止，如水稻三化螟蟲 (schoenobius incertellus)，在長江下游，為一年三代。愈南則代數愈多，在廣州附近及廣西之梧州，均為四代，在臺灣則四至五代，在印度則全年均可繁殖。玉米螟 (P. nobilalis) 在世界上之分佈極廣，其分佈於匈牙利之北，蘇聯之西南，美國之紐約，法國之巴黎，均為一化，在意大利之 Po valley，法國之西南及沿地中海等處，均為二化。

在熱帶及亞熱帶內，一年間之雨季與昆蟲之休眠，有密切關係。大多數昆蟲在乾燥季內休眠，及一入雨季後，即行復蘇，或繼續變化。Khan氏(1958)報告，棉紅鈴蟲 (P. gossypiella) 在印度北部查布 (Punjab)，有二種生活史：(a) 短型生活史 (short cycle) — 幼蟲成熟

後，即行化蛹，至八月末化蛾，產卵於棉株上。(b)長型生活史(long cycle)一幼蟲生長成熟後，即移居於蛀空之種子內，呈休眠狀態(在八月初)，為時有數月之久。大多數至明年四月間即化蛹，而化蛾時期，均在雨季之六月下旬及七月間，雨季乃化蛾之重要因子。

(二) 昆蟲生活史之考查

考查一種害蟲生活史時，須注意下列各點(以完全變態為例)：

- A. 卵 卵之形狀、大小、數目、產地、卵期以及保護方法與天然敵害等。
- B. 幼蟲 幼蟲之孵化、脫皮次數、形狀、習性、時期以及天敵等。
- C. 蛹 蛹之形狀、時期、化蛹處所、保護方法及天敵等。
- D. 成蟲 成蟲雌雄之特徵、習性、產卵、壽命及天敵等。
- E. 冬眠之考查 冬眠之時期(卵、幼蟲、蛹、成蟲)、場所以及因氣候與天敵所致之死亡率。

昆蟲在自然界內，因所受環境因子之不同，致其生活之過程，頗不一律。如同種之蝗(*L. migratoria*)，各個雌蝗產卵之數目，相差頗大，壽命之長短，亦不一致。同時，夏蝗與秋蝗之產卵數，亦彼此不同。如吾人彙集多數雌蝗之產卵記錄，或其壽命記錄，即足表示其產卵及壽命之變異(variation)，此種變異，吾人可應用統計學方法，求得一可靠之數字，以代表全羣之大概情形。惟吾人在考查生活史時，所觀察或飼養之標本，為數有限，在此等有限之樣品(sample)中，欲測定田野間無限羣體(population)內，變異之平均數值(mean value)，

使不致失於偏頗，則觀察之次數必多，取樣必正確，方可得有良好之結果。否則機誤頗大，而與事實相去必遠。

(三) 考查昆蟲生活史時應注意之點

1. 在實驗室飼養之結果，乃為昆蟲各時期長短，或繁殖力強弱之一部分現象。同時，須注意田野之觀察，此種實地考查，又須注意在常態或食物缺少時之生活情形（生殖死亡率等），並用統計方法，測量其一切環境之阻力。

2. 在實驗室內，飼養之個數必多（在 50 個以上），田野間之觀察與取樣必廣，如是可得害蟲在自然界內發生之實情。

3. 在實驗室內，所飼養害蟲之器具，不可太小，飼養處所，更須與自然界之環境，相去不遠，否則所得害蟲生活之日期，不能代表自然界之實況。

4. 實驗室內之飼養與田野之觀察及取樣等，必親自工作，不可由人代理。

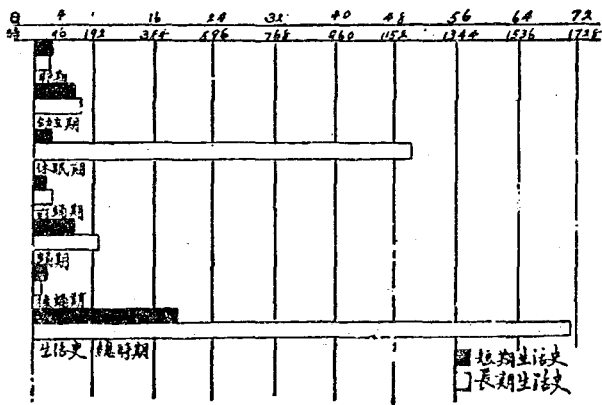
5. 如在工作處無氣象臺者，則每日須兼理氣象記載。

6. 考查一種昆蟲之生活史時，宜密切注意當地之物理環境（溫度與溼度等），與夫食物之生長時期及數量等。

(四) 昆蟲生活史之整齊與參差

A. 在一年內之經過 在溫帶內，多數昆蟲一年中發生代數少者，則每代內各期發生日期，頗為清楚，如南京附近水稻上之二化螟（*chilo simplex*），每年發生二代。第一次發蛾期在四月末及六月上

旬,第二次發蛾期在七月下旬. 爲害甘藍菜上之白粉蝶 (*Pieris rapae*), 在南京以蛹過多. 每年四月, 卽有成蟲飛出, 一年共有七代左右. 在第一第二代之時, 各期當能辨別清楚, 但自第四代後, 則各代凌亂異常, 發生極不整齊, 不論何期, 各代彼此相疊. 在許多小形昆蟲, 如蚜蟲、介殼蟲及粉蠹科 (*Aleurodidae*) 等, 雖同生長於一地, 但因小區環境之不同 (在葉蔭下, 或日光多照處), 其生活史卽有多少之差異. 大凡多化性之昆蟲, 均有此種現象. 在寄生蜂內, 生活史凌亂之現象, 更爲顯著. 蓋寄主與寄生蜂之生活史, 常不能相互符合, 有時同種寄生蜂在相同之寄主內, 一代所占之時期, 長短不一, 致生活史之差次更甚. Mc Clure 氏 (1933) 報告美國蘋果蠶蛾上, 一種寄生蜂 (*Aenoplax carpocapsae* Cushman) 因幼蟲之休眠時期, 長短不齊, 致其



第四圖 蘋果蠶蛾上之寄生蜂 (*Aenoplax carpocapsae* Cushman) (雌性) 二種生活期之記錄 (錄自 Mc Clure 氏).

全部之生活史，差異頗多(第四圖)，(小形幼蟲之休眠期爲1-70日，大形幼蟲則爲37½-63½日)，氏驗得全羣之寄生蜂生活史，屬於長期生活史者，占13%，屬於短期生活史者，占47%。

溫帶內昆蟲之發生，在一年內代數多而呈凌亂狀態者，則當秋末過冬前後之死亡率，較代數少而生活史整齊者爲高。其原因在過冬期內，昆蟲之時期或齡數(幼蟲時期)，頗不齊一。遇秋末食料之缺乏(未成熟之昆蟲，常因不得充分食料而死)，因此其死亡頗高。如爪實蠅(*chaetodacus cucurbitae*)之蛹，初化成者，抗寒力最弱，卵之耐寒力較強，幼蟲之齡數愈增，抗寒力愈減(小泉清明 1933)。水稻三化螟蟲，在長江下游之秋末，有一部分發育較遲之幼蟲，因寄主之收割，致不能生長成熟。對於抗寒及抗旱力，均極薄弱，故大多於冬季死滅。但別一類昆蟲，如桑尺蠖之過冬幼蟲，齡數至不一律，但因抗寒力強，均能安然渡冬，至明春侵食桑芽，此又因昆蟲種類之不同也。

B. 在歷年發生之參差 一地昆蟲發生之代數，在一年內，恆呈固定，此亦由於當地一年內之總積溫，無甚變化所致。但昆蟲各代在歷年發生之遲早，常因當地短暫時間之氣溫，或雨水變化之影響，而致差異。過冬之玉米螟，至明春活動之時，如四週乾燥，則其化蛹時期爲之延遲。故凡玉米螟以幼蟲過冬之地，春季雨量之多少，足以影響當年春初孵化之遲早。水稻三化螟蟲在長江下游，歷年春間發蛾期，先後之參差頗甚。普通在五月一日左右，即有蛾孵化。如當年春間多雨而寒，則其發蛾時日，將爲之延遲，由三、四日至一星期不等。此與當年螟害之輕重有密切之關係。Bottgerand Kent 氏(1931)在美國密西根省(Michigan)研究玉米螟之生活史，得發蛾最盛期，歷年

(1929-30)頗有參差,如在1928年,爲七月十一日。在1929年,爲七月一日,1930年,爲六月二十九日。因此,其產卵期亦隨之而有變異

昆蟲在一地發生之提早與延遲,歷年相差時日,雖不甚大,但有時與寄主作物發生極密切之關係,影響於一地寄主收穫之豐歉。

有若干處,發現昆蟲孵化期之遲早,能隨寄主作物之成熟期而有變異。此種現象,在熱帶常有記載。Williams氏(1926)云,埃及棉紅鈴蟲之發生,直接由棉之發育狀況所控制。Husain氏(1934)在印度,根據登下誘蛾之記錄(1929-31),發現在1931年,印度落太克處(Rohtak)之棉,發育特遲,因此該地之紅鈴蟲化蛾時期,亦較常年爲遲(1931年大多數在十月間化成,平常時蛾在九月化成)。

第二節 昆蟲生活史在各地差異之計算律

凡大自然內分布較廣之昆蟲,其所跨之經緯度,相去極遠。因各分布區內之氣候不同,故昆蟲在一年內之出沒時期、生活史等,亦彼此各異。通常吾人所知同種昆蟲,生活於氣溫較高之地,其代數恆較在寒冷者爲多。大概言之,地勢愈高,地域愈北,則溫度愈見低減。Gadow氏云,自赤道向南北兩極,每差緯度一度,或離海面300-350英尺,則全年之平均溫度,減低一度(F.)。拔海愈高,氣壓愈低,大約每高1000英尺,相差一寸(每平方英寸之氣壓爲 $\frac{1}{2}$ 磅)。1918年,Hopkins氏根據北美及墨西哥北部動植物,在一年內生長及活動狀況,與當地地形之高低,及經緯度差異之關係,著有霍氏「生物氣候律」(Hopkins: "Bioclimatic Law"),即氣候在北美洲,向南、北、東、西、高、低進行之通常速率爲·

每相差 $\left. \begin{array}{l} \text{經度 5 度} \\ \text{緯度 1 度} \\ \text{高 400 呎} \end{array} \right\}$ 發育期相差四日，所差之日數，或遲或早，視下列情形而定。

春季及
早夏 $\left\{ \begin{array}{l} \text{漸遲} \rightarrow \text{向高、向北、向東、} \leftarrow \text{漸早} \\ \text{漸早} \rightarrow \text{向低、向南、向西、} \leftarrow \text{漸遲} \end{array} \right.$ 晚夏及
秋季

霍氏所定之差數，乃根據北美洲氣候之變異而來。中國氣候，據 Koeppé 及 N. H. Banyes 兩氏云，溫度由南而北之進行速率，幾超過美國東方兩倍，故按霍氏之說，在美國春季向北進行之通常速率，每隔一緯度，差異四日，在中國其速率則約為二又二分之一日。但此差數是否確切，尙待物候學上研究而證明也。

關於霍氏律之計算法，舉例如下：

例如生活於甘藍及油菜等之菜白蝶 (*Pieris rapae*)，在南京以蛹過冬，每年成蟲出現之時期，在三月下旬。現為計算方便起見，假定每年菜白蝶成蟲出現時期，在南京為三月廿七日，根據霍氏律，以推算此蟲在香港、北平、重慶、上海等處之出現期，列表如下：

第一表 南京、香港、北平、重慶、上海之經緯度與高度

地 名	經 度	緯 度	高度(公尺)	高度(英尺)
南 京	118°47'	32°03'	67.9	222.7
香 港	114°16'	22°18'	31.4	102.9
北 平	116°28'	39°54'	57.5	123.03
重 慶	106°53'	29°33'	230.1	754.6
上 海	121°26'	30°12'	7.0	22.9

英尺 = 30.48 公分 (cm.)

1 公尺 = 39.37 吋 (in.)

第二表 菜白蝶在香港出現日期之推算

香港與南京之經緯度及高度		相 差	計 算	照我國氣候計算
香港經度	114°10'	4°37'	$4^{\circ}37' = 4 \frac{37}{60} = 4.61$	在我國溫度由南而北之進行速率為2.5日，故 $9.78 \times 2. = 24.45$ $3.68 + 24.45 + 1.16 = 29$ 日 (早) 即二月廿六日
南京經度	118°47'		$4.61 + 5 \times 4 = 3.68$ 日	
香港緯度	22°18'	9°47'	$9.78 \times 4 = 39.12$ 日	
南京緯度	32°05'			
香港高度	102.9 ft.	119.8 ft	$119.8 + 60 \times 4$	
南京高度	222.7 ft.		$= 1.16$ 日	
3.68 + 39.12 + 1.16 = 43.96日 = 44日(早)即二月十一日				

第三表 菜白蝶在北平出現日期之推算

北平與南京之經緯度及高度		相 差	計 算	照我國氣候計算
北平經度	116°28'	2°16'	$2.31 + 5 \times 4 = 1.84$ 日	$7.81 \times 2.5 = 19.52$ 日 $19.52 - (1.84 + 1) = 16.68$ 日 (遲) 即四月十二日
南京經度	118°47'			
北平緯度	39°54'	7°49'	$7.81 \times 4 = 31.24$ 日	
南京緯度	32°05'			
北平高度	123.03 ft.	99.67'	$99.7 + 400 \times 4 = 1$ 日	
南京高度	222.7 ft.			
31.24 - (1.84 + 1) = 28.4日(遲)即四月廿四日				

第四表 菜白蝶在重慶出現日期之推算

重慶與南京之經緯度及高度		相 差	計 算	照我國氣候計算
重慶經度	106°33'	12°14'	12.23+5×4-9.76 日	2.5×2.5=6.25
南京經度	118°47'			9.76+6.25=
重慶緯度	29°39'	2°30'	2.5×4=10 日	5.3=10.7 日
南京緯度	32°07'			即三月十八日
重慶高度	754.6 ft.	531.9 ft.	531.9+400×4=5.3 日	
南京高度	222.7 ft.			
9.76+10-5.3=14 日(早)即三月十三日				

第五表 菜白蝶在上海出現日期之推算

上海與南京之經緯度及高度		相 差	計 算	照我國氣候計算
上海經度	121°20'	2°39'	2.65+5×4=2.12 日	.8×2.5=2 日
南京經度	118°47'			2+2-2.12=2
上海緯度	31°12'	51'	.8×4=3.2 日	日(早)
南京緯度	32°07'			即三月廿五日
上海高度	22.9 ft.	199.8 ft.	199.8+400×4=2 日	
南京高度	222.7 ft.			
3.2+2-2.12=3 日(早)即三月廿四日				

霍氏「生物氣候律」之應用，須注意下列各條件：

1. 凡昆蟲之過冬，在各地均為相同之時期者，則用本律計算時，頗為接近。如菜白蝶(*P. rapæ*)在北平、南京、上海、重慶、香港均以蛹過冬，則春間化為成蟲之時，因當地溫度及地形之高低，而有遲早之不同。

2. 凡昆蟲之過冬，在各地為不同時期者，則用本律計算時，須注意某種昆蟲在當地之代數及過冬之時期。如蟋蟀(*gryllus* sp.)在北平、南京、上海，以卵過冬，每年一代，在南京五月中旬，卵始孵化，八月下旬成蟲始能出現。在重慶則以稚蟲(大多為三齡稚蟲)過冬，春間四月中旬，即有成蟲，第二代之稚蟲，自五月下旬至六月中旬。在八月下旬，即有第二代之成蟲化出。若此情形，則應用本律以計算其在重慶與南京兩地之發生時，宜注意該蟲在兩地發生之年有效積溫，及蟋蟀能完成之代數。

除上述兩種情形而外，凡一地冬季或夏季之天氣(溫度，溼度)超出於昆蟲適宜發育範圍之外，或在發育臨界點之下，則昆蟲在一年內之生活史，又形成區域性之變異。此亦為分布面積遼闊之昆蟲，常見之事實。Bodenheimer氏(1938)考查九點瓢蟲(*coccinella septempunctata*)在世界若干地區，因每年中所遭遇不適宜環境之時期，各不相同，因此在一年內之休眠期，彼此顯不一致，如第五圖所示(見36面)，

在第五圖中，凡冬季各月，用斷線表示者，即示溫度在瓢蟲開始發育點(threshold of development)之下，或因寒冷而呈休眠狀態。圖中所列地點，凡屬北區者，則瓢蟲以初孵化出之成蟲過冬，至明春

地點	月份												化量		在適生月份之月份
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	A	B	
LONDON													1.2	0.68	
BERLIN													1.9	1.6	VI, VII, VIII, (I)
PARIS													1.5	1.3	VI, VII, VIII, (I)
NICE						1	2						3.5	2.9	V, VI, VII, VIII, IX
NAPLES					1	2		3					2.7	2.2	V, VI, IX, X
ATHENS					1				1				1.6	1.4	(V, VI), X
ANKARA									1				2.0	1.6	
TEL AVIV				1		2				3	3		3.4	3.2	III, IV, XI
CAIRO					1	2				2			3.1	3.4	III, (IV), X, XI
KHARTOUM	1	2										2	2.9	2.3	
LENINGRAD													1.0	0.9	
TIFLIS								1					1.4	1.2	
MOSKO						1	2						2.1	1.7	
KHUN(SHANGHAI)					2						2		2.8	2.4	

第五圖 九點瓢蟲在世界上若干處之生活史。-----溫度在瓢蟲開始發育點之下。.....溫度過高使瓢蟲呈夏眠狀態。——正常發生
(錄自 Eodenhimer 氏, 1958)

溫暖時期，開始交配產卵，但如當地溫度低落者，則產卵期為之延遲。成蟲活動之適宜溫度為 15° - 17° C.，幼蟲發育之適宜溫度為 20° - 22° C. 兩個時期之適宜相對溼度為 65-85%，如溫度過高過低，均非所宜。若一地夏季每月平均溫度高出於 23° C. 時，則其成蟲之產卵、求食或幼蟲之發育，均告停止而行夏眠，但瓢蟲在那不勒斯(Naples)、雅典(Athens)、安卡拉(Ankara)、開羅(Cairo)等地，夏季有夏眠，冬季有冬眠。因此，在一年內之發育期頗短，而其代數亦為之減少。反之，瓢蟲在一年內所遇之適生月分多者(如在尼斯(Nice))，則其全年發生之代數亦為之增加。

第三節 昆蟲之休眠及與水溼之關係

(一) 昆蟲之休眠

昆蟲在一年內，繁殖至一時期後，其代謝作用忽形停止，或呈延遲。此種現象，稱之曰休眠(dormancy or diapause)。昆蟲休眠之時期，或在卵、幼蟲、蛹、成蟲，視其種類而異。其特徵為昆蟲之一切活動驟形減退。換言之，即不論為卵、幼蟲、蛹，其生長發育均形停止。在成蟲時期，生殖器官延遲成熟，即呼吸代謝等作用，在此時期內，亦形減低。如在蛹期，則低氧期(period of low oxygen)之升高，亦呈延遲現象。

大多數昆蟲之休眠，由於低溫、乾燥、食物缺乏，或繁殖之密度等原因而起。如恢復至其原來適宜之環境，則昆蟲亦能由休眠而復甦。但有若干種昆蟲，其休眠期之復蘇，並不全如上述現象。由於原來適宜環境之復遇外，更須有其他之刺激，方得成功。更有多數區域，在一年內，有一季天氣極冷，或極乾燥，昆蟲在此種不適宜之環境下，恆呈有定期之休眠。此種現象，成為極顯著而固定之天然週期，絕不稍為改變也。

昆蟲休眠之現象，有下列各種：

- (a) 冬眠(hibernation) 於冬季或氣候寒冷時見之。
- (b) 夏眠(aestivation) 於夏季見之，或因過於乾燥所致，在熱帶為多。
- (c) 餓眠(inanition) 因饑餓而起，在熱帶亦多。

(d) 由於其他原因(現時尚不明瞭)。

昆蟲冬眠之時期，因種類而異，同時亦與當地之食物發生密切關係。Baumberger 氏(1917)根據昆蟲在外界冬眠之現象，歸納如下列三類：(1)如以成蟲過冬者，則在明年春暖時，外界有寄主植物，供給其產卵。(2)如以幼蟲過冬者，必具有耐寒力，方能在秋末繼續取食。(3)如以蛹或卵過冬者，均為不食時期。

昆蟲休眠之解釋，為數頗多，如對於昆蟲生活史中之休眠，呈遺傳性之週期者(hereditary rhythm)，則謂由於昆蟲體內之毒質積聚所致。但由昆蟲生長方面而論，昆蟲之休眠，則係由於營養豐富，或環境情形，致引起生長上所需之刺激素(hormones)缺乏所致。或謂此種刺激素之缺乏，乃昆蟲生活史中之天生週期(inborn rhythm)。外界刺激，如針刺、加熱、寒冷、化學藥品，以及寄生蜂之產卵或發育等，均能引動此種刺激素之重生。因此，休眠之昆蟲，亦得復蘇。Bodine 氏(1932)謂，昆蟲之休眠，乃為一種副因子(secondary factor)之作用，能暫時遏制昆蟲正常發育之進行云。Squire 氏(1940)謂，各種因子致昆蟲休眠者，在生理上，可稱為昆蟲體內「游離水不良之平衡」。如棉紅鈴蟲之休眠，營養為其主要原因，蓋幼蟲在秋季所食之棉子，既乾而油分又多，致使幼蟲體內水分減少，而形休眠。

昆蟲之夏眠，為熱帶夏季常見之現象，如棉象鼻蟲遇高溫 95°-122° F. 時，暫在蔭蔽處休眠，在溫帶內，當盛夏酷熱時，亦有少數昆蟲不食不動，呈夏眠狀態，惟當溫度下落，則又能活動。有數種昆蟲當一年內溫度較高之季，即起長期之休眠。如侵害菜類之大猿葉蟲(calaphellus bavingi, baly)，在華中一帶，於六月上旬，以成蟲入

土夏眠。至八月末九月初，方漸爬出土面。計夏眠開始之溫度為 26.3°C ., 終止時之溫度為 $27^{\circ}\text{--}36^{\circ}\text{C}$., 休眠期間之平均溫度為 29.36°C .. 一種地蠶 (*agrotis tokionis buteer*) 之幼蟲，於五月初化成前蛹狀態，至九月上旬，方得化蛹，夏眠時期有四月之久。開始眠時之溫度為 24.55°C ., 終止時為 26.57°C ., 休眠期內之平均溫度為 28.28°C .. (岳宗氏，民國 26 年)。

溫帶內之昆蟲冬眠，為不可避免之階段，亦為昆蟲受自然界不良因子，而減少繁殖數之最重要時期，此為熱帶昆蟲所罕有。惟溫帶內之冬季，在同一區內，歷年最低溫度之升落，及溼度之高低，相差頗甚。因此，昆蟲在過冬時之耐寒耐溼，成為極嚴重之問題（關於昆蟲過冬時之耐寒討論，可參考第四章低溫項下，此處不詳述）。

在熱帶或亞熱帶，有許多昆蟲之休眠，由於食物之缺乏而致。如水稻三化螟，在印度之氣候，能終年活動。惟每遇水稻收割之後，幼蟲即呈休眠狀態。在多食性之卵寄生蜂 (*trichogramma*)，每年之生活史及休眠期，均視寄主之生活史及休眠期而異。此曾為 Marchal 氏 (1956) 考查極詳 (Marchal, P. Ann. Epiphyt. Phytogénét. 2, 1936, p. 447)。

(二) 昆蟲在休眠期內與水溼發生之各種現象

關於昆蟲冬眠時之好乾好溼，自來研究者頗多。Babcock 氏 (1924-27) 謂，玉米螟 (*p. nubilalis*) 過冬幼蟲，對於四週水溼之感覺，極為靈敏，必須有適量之溼度。如空中溼度過高，亦不能忍受。若在冬眠期內，遇乾燥過久，則幼蟲在春暖活動時之死亡率，因之增高。

氏頗信該蟲之冬眠，在生理上，為預備蛹期之化成，蓋蛹期可抵抗稍乾之環境也。Zwölfer氏(1927-30)謂，玉米螟幼蟲化蛹時，須有適量之溼氣，但成熟之幼蟲，常尋覓較乾處而過冬。Fenton and Owen氏(1931)謂，棉紅鈴蟲(*pectinophora gossypiella*)幼蟲在泥沙黏性土(silty-clay soil)內過冬者，生存數最多；在沙土內者，生存數較少。但以上兩種土壤，如行灌溉之後，則過冬紅鈴蟲之幼蟲生存數，均形極高。此可知紅鈴蟲在過冬時，須有水溼之接觸。Miller氏(1930)謂，一種甲蟲之幼蟲，如因松樹皮下水分過多，而致休眠時，則耐寒力頗為薄弱。中國遷徙飛蝗之卵，好產於湖灘，如土中太乾，或疏鬆之沙土內，易於蒸發者，則過冬蝗卵之死亡率極大。三化螟幼蟲在過冬期內，四週須有適宜之水溼，如環境太乾，則其死亡率極大。故在長江下游，凡種紫雲英或不耕犁之田，所存留水稻遺株內之幼蟲，其死亡率頗低。而曝露在麥田表面稻根內之幼蟲，其死亡率均在90%以上。在秋末成熟之三化螟幼蟲，恆喜向根部遷移者，其主要原因亦為趨就較溼之環境。但亦有若干類昆蟲過冬時，四週溼度之高低無甚影響者，如Aruim氏(1936)曾以一種毒蛾之卵，曝露在乾燥環境內，或浸於水中，或圍以冰塊，對於其耐寒力，無所影響。天幕蛾之卵，在低溫內，溼氣之高低，亦無若何關係。

以上所述各例之要點，略示過冬昆蟲宜有適宜之溼度，或須與水相接觸，否則有害其生理。但相反之現象，亦有若干種昆蟲好在較乾燥之環境過冬者。Spett氏(1925)謂，屬於saprinus內之甲蟲(一種腐屍蟲)，好在乾沙土內過冬。Escherich氏(1912)報告，毒蛾(*lymantria monacha*)之初期幼蟲，如在溼潤空氣下，一遇低溫，易

遭死亡。Breitenbecker 氏(1911-18)謂，如環境既冷又乾，為馬鈴薯甲蟲過冬之必要條件。若將已過冬之甲蟲，移入較暖而又溼之環境內，甲蟲又將呈半冬眠狀態，而其死亡率極高。Cousion 氏(1932)謂，如一種金蠅(*Lucilia serricata*)之前蛹(prepupæ)如在極溼之空氣下，不但其對於低溫之抵抗力，為之減弱，同時亦不呈休眠(diapause)狀態。

由上述各事實，可知昆蟲過冬時，所須溼度之高低，因種類而異。此與昆蟲之生理及組織有密切關係，如玉米螟之過冬，須得相當水溼方可化蛹(Zwölfer, 1930)；馬鈴薯甲蟲由冬眠境內復活之重要刺激，亦為水溼。凡諸現象，據 Breitenbecker 氏云，當外界溼度高時，此種冬蟄之昆蟲，能吸收空中水溼而後活動。Townsend 氏(1926)曾研究蘋果蠹蛾冬蟄之復蘇與水溼相接觸之關係。如將過冬之幼蟲，在水內浸若干時，則可縮短其化蛹時期。Douglas 氏(1928-33)謂，過冬之墨西哥豆象(*Epilachna coccurepta*)在春間之孵化，先受雨水之刺激，溫度祇加速其孵化耳。Hodson 氏(1937)在美國明尼蘇達(Minnesota)之聖保羅(St. Paul)研究多種昆蟲過冬狀況，得昆蟲大多在飽和溼空氣處過冬，同時有若干種昆蟲，在過冬時，好與水相接觸，或被圍於冰內。有若干種昆蟲，一遇低溫刺激之後，即好趨入潤溼之環境中，而行冬眠。

空中溼氣與昆蟲耐寒力之關係，在影響其體軀組織內水分之蒸發。因昆蟲在低溫下，體內水分之過多與太少，均足妨害其生理也。

第四節 蚜蟲、瘧蟲與介殼蟲之生活史及其寄主轉移現象

昆蟲之生活史，除由正常變態所造成之有規則的代數外（如直翅目、鱗翅目、鞘翅目等），尚有若干類昆蟲之生活史，呈不規則之循環。就中較複雜者，如蚜蟲（aphid），瘧蟲（phylloxera）及介殼蟲（coccid）等。

（一）蚜蟲之生活史

蚜蟲之生活史，與普通一般昆蟲不同，在一年內有孤雌生殖（即無性生殖）與有性生殖兩型。在適宜之溫溼度下，常由無性生殖而生無翅之蚜。若此種適宜之環境驟然改變，則蚜蟲之無性生殖，即行停止，而生有性型之雌雄蚜（均有翅）。在自然界中，有翅之雌雄蚜，大都發現於每年中之一定期間（在近秋冬期）。

蚜蟲之種類極多，其生活史複雜者，各時期之寄主植物，各不相同。最普通之生活史，在秋季成熟之有性雌蚜，經交配後，產卵過冬，至來年春季，卵孵化而生無翅之雌蚜，更由孤雌生殖法，繼續胎生蚜蟲。同時在所產之大羣無翅蚜內，偶能產生少數之有翅型。一年中在夏季，大多為孤雌生殖（有翅之胎生雌蚜，此時亦偶能得見），繁殖若干代後，遷移至第二寄主植物上，更由同樣之孤雌生殖法，胎生後代。至秋間，再遷回至原來寄主植物上，產生有性之雌雄蚜，交配後，產生過冬之卵。

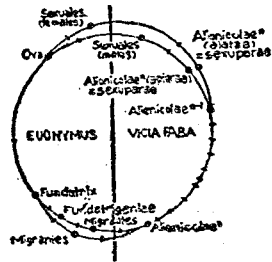
蚜蟲之呈不遷移性者，其全部生活史中，不必經轉換寄主之步驟。如一種薔薇蚜蟲（*macrosiphum rosae*），所有各世代均寄居於薔

薇上,但其他蚜蟲之具遷移性者,每年之生活環境中,必須更換若干寄主,否則有礙其繁殖。如豆蚜蟲 (*aphis rumicis*) 在春季寄生於衛矛 (*euonymus*) 上,由孤雌生殖,而胎生其後裔。經若干次之繁殖,生翅者則遷飛至蠶豆 (*vicla faba*) 或其他植物上(此時能寄生之植物為數頗多),繁殖若干次後,又遷回至衛矛上,由有性之雌蚜(經交配後)產生過冬卵。至次年,在衛矛上即有幹母 (*stem-mother, fundatrix*) 發生,而重行繼續繁殖。

茲將豆蚜在全年生活史中各時期之名稱,解釋如下(第六圖):

1. 幹母 由過冬卵在春間所化出之無翅雌蚜,以孤雌生殖法而胎生其後代,均寄居於第一寄主 (*primary host*) 上。其感覺器官(觸角)不如後代之發達,有若干種蚜蟲如 *drepanosiphum platanoides* schr., 其幹母型則生翅。

2. 幹雌或稱無翅單性型 (*fundatrix, the wingless agamic form*) 由幹母用孤雌生殖法而胎生之無翅雌蚜,仍寄居於第一寄主上,為害初開放之芽。繁殖若干代後,即產生其他型蚜



第六圖 豆蚜 (*A. rumicis*) 生活史圖解 (由 Imms 書, 錄自 J. Davidson 氏文)。

3. 有翅單性型或遷移型 (*the winged agamic form, migrantes*) 無翅單性型繁殖若干代後,在寄主植物上,生聚過多,即由孤雌生殖,而胎生本型,自第一寄主,遷飛至第二寄主。有數種蚜自幹母所生之後裔,至第二世代,即為有翅之遷移型蚜。當遷移型蚜遷至

第二寄主上後，所產之後代，均爲無翅單性型雌蚜，更生殖若干代後，產生一代之有翅雄蚜，由第二寄主遷回至第一寄主上。寄居在第二寄主上之兩型(有翅與無翅之無性型)與寄生於第一寄主者，或相似或彼此迥異。

4. *Alienicolæ* 型 此型爲由孤雌而胎生之雌蚜，大部分寄居於第二寄主上，其習性與幹母及遷移型不同，由本型繁殖之後代中，生有翅及無翅之雌蚜(有人稱寄生於夏季植物上之蚜爲 *alienicolæ*)。

5. 產性蚜(*Sexuparæ*) 遷移在第二寄主上之蚜，行若干代孤雌生殖後，其末後一代所生者，爲雌雄兩性之蚜，稱之爲產性蚜(若干種不遷移蚜，此代亦生翅)，產性蚜大多在第三寄主上，其有翅者，在夏末飛回至第一寄主。

6. 有性蚜(*Sexuales*, the male and the oviporus females) 有性蚜在每年生活史中，祇發現一次，雌蚜交配後，即產過冬卵。有性蚜之體形與習性，因種類而不同。雌者大多無翅。在較下等之蚜蟲中，有數種有性雌蚜(*ovipara*)，亦生翅。雄者則大多有翅，並生口吻。每一雌蚜，產卵數個。在若干種較高等之蚜，有性蚜之體頗小，無翅，口吻退化，不能取食。每一雌蚜，只產一卵。有數種蚜之過冬卵，留於雌體腹內，並不產出體外。

以上所云之遷移型與 *alienicolæ* 型，只見於遷移性蚜之生活史中。在不遷移蚜，則無此兩型之發現。惟其有翅及無翅胎生之雌蚜，一如有翅或無翅之單性型(*fundatrigeniæ alatae or apterae*)，由此可產生產雌蚜(*sexuparæ*)。在蚜蟲科內，此種複雜之生活史，爲例

葡萄粉虱 (*Aleurolobus taenabæ kuwana*) 夏季寄生於葡萄葉部，冬季則在木櫛上產卵。有許多種類，須經二、三季，方可完成一世代者。

關於蚜蟲繁殖至某期而生翅遷移之現象，自來研究與試驗頗多。環境因子，如光、溫度，以及蚜蟲本身之饑餓，同羣之擁擠，與夫寄主植物組織內化學成分或含水量之變異等，皆有密切之關係。

(1) 光與蚜蟲之生翅，曾經 Marcovitch (1932-34) Shull (1928-29) 等氏之研究，得蚜蟲受光刺激之後，能產生有翅型。因蚜蟲如繼續生活在電光或黑暗中，其後裔大多為無翅型。但蚜蟲之生活於明暗交替之環境下者，則其後代中，兩型(有翅與無翅)均有。如蚜蟲在明處八小時，暗境十六小時，彼此交替，所產生之後代，為有翅型蚜蟲在上述之環境下，其有翅世代 (winged generation) 之出現，較蚜蟲在平常出現時期，提早數月。在自然界內，溫暖季節，日較夜長，蚜蟲所產之後代，大多無翅型。但至秋季日間頗短，適於蚜蟲之產生有性型。Davidson 氏 (1924) 謂，蚜蟲生活環之變移，或間接由於光之作用所致。因光直接影響於植物之光合作用，使組織內之液汁，隨起變化，因此，蚜蟲之食料亦受莫大之影響。又謂，蚜蟲之生有翅型與無翅型由於孟德爾遺傳因子 (Mendelin factor) 之分離所致。同時，外界情形直接能影響於蚜蟲個體之新陳代謝，間接影響於染色體分離之自然程序云。

(2) 溫度對於蚜蟲產生有翅型之關係，更為密切。Ewing (1916, 1925), Call (1918), Wadley (1923), Smith (1937) 等，均有研究。所得結果頗多，如 *aphis avenæ* 在 70° F. 內，產生無翅型為多，若溫度增

高，則有翅型蚜之百分數亦加多。但 *aphis maidis fitch* 在 84°-90°F. 下，不產生有翅型，溫度降落至 60°-70°F.，即有大羣之有翅型發現。寄生於蘋果上之蚜 (*rhopalosiphum prunifoliae*)，在 65° F. 下，所發生之無翅型，比較在 65° F. 高或低之溫度內者為多。但同時亦有若干學者，試得對於溫度變更與蚜蟲之生翅現象，無所關係云。Smith 氏 (1937) 用李蚜 (*hyalopterus pruni*) 試得溫度變異 (14°-23° C.) 與蚜蟲產生翅之關係，如第六表所示：

第六表 李蚜所產有翅型之百分率與溫度(1)之關係
(每隔四日計算一次。錄自 Smith 氏, 1937)

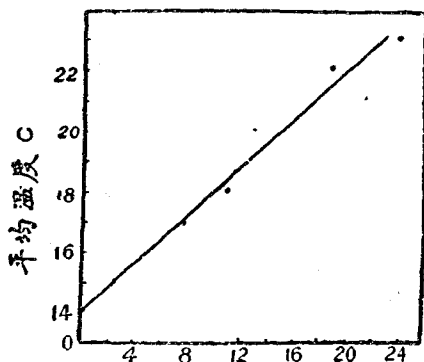
平均溫度 (C.)	所產幼蚜數	有翅蚜之百分率 (2)
14°	—	0.0
15°	80	2.5
17°	595	7.9
18°	1,069	11.1
19°	822	8.4
20°	587	13.1
21°	425	21.4
22°	458	18.7
23°	582	23.9

(1) 在幼蚜產生後 9 日內之平均溫度。

(2) 每四日計算一次。

氏根據試驗之記載，得溫度與李蚜有翅型百分率之相關係數為 0.96，如用曲線示之，型成爲一直線(第七圖)。

氏在試驗中得幼期蚜蟲在高溫下之取食，較之在低溫下爲少，



第七圖 李蚜所產幼蚜中之有翅型百分率(錄自 Smith 氏, 1937)

幼蚜蟲在高溫下能致饑餓,引起產生有翅型,亦為合理之推測。

(3) 蚜蟲繁殖,至羣居過於擁擠時,則在無翅型中,能發生有翅型之後代,此為 Comstock (1924), Ackerman (1926), Reinhard (1927) 等氏詳細試驗所證明。同時,蚜蟲因發生過多而擁擠時,則常因食物缺乏而饑餓。Reinhard 氏 (1927) 謂,棉蚜 (*aphis gossypii*) 遇饑餓時,能刺激無翅型之前代,產生有翅型之後代。此外,在下列各種蚜蟲,經研究而證明均有相同之現象。

蚜蟲種類

試驗人

<i>Macrosiphum gei</i> ,	Shull (1928)
<i>Rhopalosiphum prunifoliae</i>	Ackerman (1926), Wadley (1923)
<i>Macrosiphum destructor</i>	Gregory (1917)

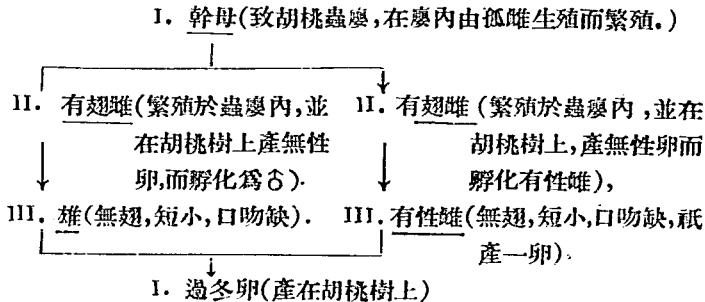
(4) 有時蚜蟲之饑餓,由於寄主植物之枯萎而起,此點曾由 Woodworth (1908) 於菜蚜 (*aphis brassicae* linn.), R. Smith 氏

(1923) 對於 *anuraphis bakeri* 觀察, 而得有確切之結果。

(5) 植物組織內化學成分或溫度之改變, 使蚜蟲停止取食而起饑餓, 更刺激產生有翅型。此種情形 Davidson 氏 (1925) 曾以密生豆蚜 (*aphis rumicis* linn.) 之豆枝 (切枝) 一端浸於 $\frac{M}{50}$ MgSO₄ 液內後, 豆蚜即停止取食。與此相似之試驗, 有 Wadley (1923) 以麥稈 (連葉) 浸於百弗氏液 (Pfeffer's solution), 加 $\frac{N}{10}$ 之硫酸鎂, 能使蚜 *rhopalosiphum prunifoliae* 產生有翅型之後代。Rionay 氏 (1937) 云, 蚜蟲 (*toxoptera aurantii*) 之發生有翅蚜, 與寄主植物組織內多水量有關, 如吸食多溼之植物, 或生活於多溼之處, 則蚜蟲易於生翅。同時, 外界之光與溫度, 均可直接間接影響於蚜蟲體內之水分云。

(二) 瘧蟲之生活史

屬於瘧蟲科 (phylloxeridæ) 內之昆蟲, 其習性雖與蚜蟲相似, 但在生活史中, 無胎生 (viviporous) 現象。茲將 *phylloxerans* 之生活史, 表之如下 (錄自 Patch, 1920):

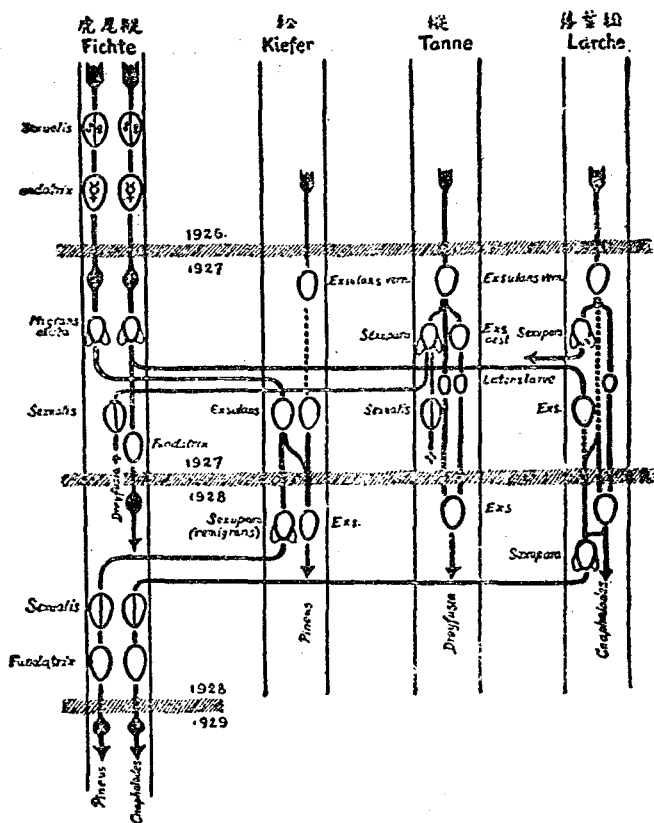


瘤蟲一生所轉換之寄主頗多，如 *phylloxera quercua* 據 Lichtenstein 氏云，其寄主有二十一種以上。屬於 *adelges* (*chermes*)，*Cnaphalodes* 內之各種瘤蟲，其有性時代，寄生於虎尾樅 (*spruce*) 上，而無性時代則生活於落葉松、松或樅上 (*larch, pine, fir*)。其全部生活史，至為複雜，由有性生殖之卵，在當年秋季孵化為稚蟲 (均為 ♂ *fundatrices*)，並於虎尾樅上過冬，至明春即發育而為幹母 (*fundatrix*)。此時即吸食寄主之新芽，因此引起虎尾樅上發生一種蟲瘤。雌在蟲瘤內，產生多數之受精卵，所發育之第一代稚蟲，或稱為蟲叢主 (*gallicolæ*)，由此所孵化之成蟲 (*adult of gallicolæ*) 呈兩種不同型(第八圖)，即：

1. 有翅遷移型 (*winged migrant forms* 或稱 *migrans alata*) 此型成蟲一出蟲瘤後，即遷飛至中間寄主上 (如落葉松、松或樅樹上)。

2. 有翅不遷移型 (*non-migrant forms*) 此型成蟲出蟲瘤後，仍安居於虎尾樅上。

有翅遷移型傳至第二寄主後，即產無性卵 (*non-fertilized eggs*)，至秋季孵化後，第一齡之稚蟲，即藏匿於寄主樹皮部之裂隙內過冬，至明春發育成無翅之雌蟲，即稱為移住蟲 (*colonici*)。移住蟲之外形，一似其祖先之幹母。惟產卵於第二寄主植物上者，為數頗少，同時，對於寄主不發生蟲瘤，由移住蟲所生無翅無性之後代，在夏季時，寄食於落葉松、松及樅樹上，至仲夏時，蟲羣內發現一代有翅之雌蟲，再重行飛回虎尾樅上而產卵。由此發生之雌雄蟲，經交配後，產生有性卵，所孵化之稚蟲，於秋季過冬，至明春再成熟為幹母。



第八圖 屬於 Adelges 及 Cnaphalodes 內瘧蟲之生活史圖(錄自 Friederichs 氏書)

同時，留居於虎尾樅上之不遷移型，亦繼續產生無翅與無性型之後代，屬於 Adelges 中之瘧蟲，有若干種在夏末繁殖至此型時，即

行死滅。別數種繁殖至仲夏發生無性之有翅型時，方行死滅。

因瘤蟲生活史之複雜，故在虎尾從上，秋季時所見之無翅型雌雄蟲，一部由不遷移型蟲而來，一部由遷移蟲而來。全部之生活史，須二年方可完成。

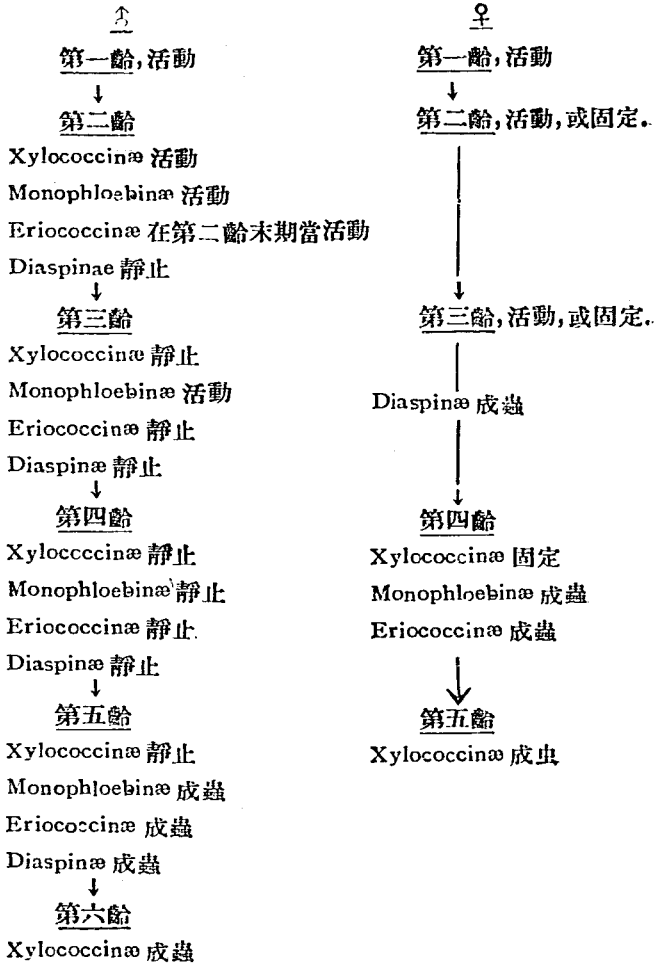
在瘤蟲科中，爲害經濟植物最著名者，莫如歐洲葡萄之根蟲 (*Phylloxera vastatrix*)，其生活史與上列所述相似，幹母(即 gallico-læ)生於葡萄葉部之蟲瘤內，繁殖後所出之成蟲，亦如 *Adelges* 屬內瘤蟲之有兩型：

(1) 不遷移型 仍安居葡萄葉上，而發生葉瘤，繁殖至夏季時，由此更發生一部分之遷移型。

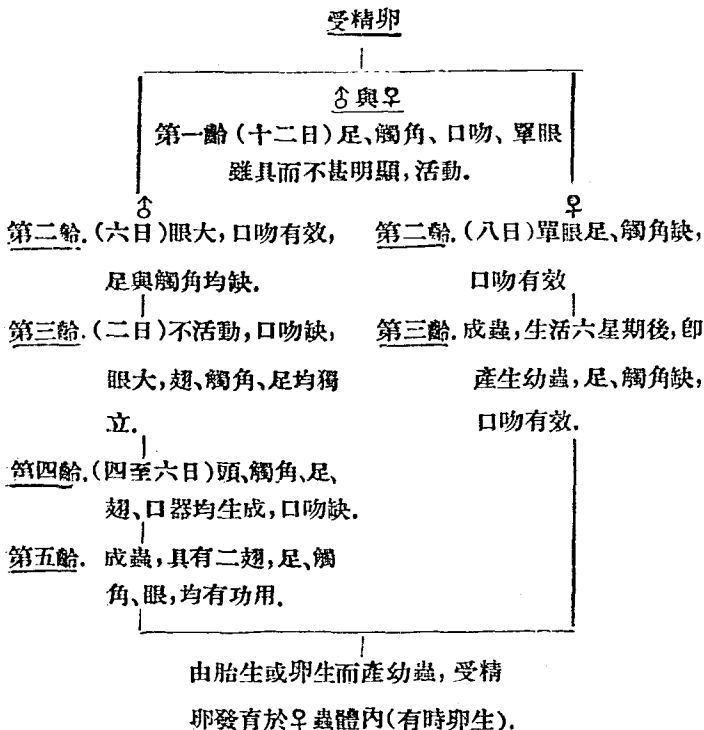
(2) 遷移型 遷移至葡萄根部而生根瘤，並在根瘤內過冬。至明春在寄主根部發生特殊之畸形物。此時葡萄往往因根部受害過甚而死。此種遷移型，能於夏季在根部繼續發生若干代，至第二年之夏末，始發生有翅無性之雌蟲，孵化而飛出土面，更移侵至鄰近葡萄，復在寄主莖部之裂隙內，產三至八不同形之卵。內中卵之小者，將來孵化爲雄蟲，大者孵化爲雌蟲。雌雄蟲交配後，於秋季在寄主之枝幹外部產有性卵(每一雌蟲產一卵)，至明春更化爲幹母。其全部之生活史，亦須二年方可完成。

(三) 介殼蟲之生活史

大部分介殼蟲之生活史，在每代中，雄蟲與雌蟲之稚蟲時期，於第一、或第二、第三齡時，能活動而遷移。至以後各齡，則形固定。惟在介殼蟲中，稚蟲之活動與靜止時期，因種類而不同，如下所示：



茲將聖納散介殼蟲 (*Aspidiotus perniciosus*) 各齡之特徵等表列如下(由 Patch 文, 錄自 Pergand):



第五節 昆蟲之化性問題 (Voltinism)

昆蟲化性問題, 內中所含因子, 頗為複雜, 與遺傳, 生理、生態等

均有密切關係。近數年來，國內研究經濟昆蟲學者，在實地考查昆蟲生活史時，每遇本問題，致使其工作爲之生阻，故本章末後，特附一節，專爲討論。

昆蟲於一年內，所發生之代數，在各地恆成定數。關於氣候方面之影響，前節已略敘述。在一年行一代者，稱曰一化性(univoltine)，行二代者，稱曰二化性(bivoltine)，行三代者，稱曰三化性(trivoltine)。通常一種昆蟲，在一年內發生三代以上者，恆稱曰多化性。

昆蟲之化性，有一部分並不固定，能因環境因子而變異(參考前節昆蟲之休眠)，並能遺傳呈一種孟德爾氏單性雜種。所謂環境因子，如氣候、物理、化學等之刺激，均可使昆蟲之化性起變化也。

關於昆蟲化性問題，經前人研究者，論文甚多。Tower氏(1906)曾發現某種甲蟲，如在高溼低溫之飼育籠內，甲蟲則起冬眠，爲時有一年半。如土中之溫度增高，則在冬眠中之甲蟲，能漸復蘇。Hamlin氏(1926)謂，一種每年行二代之螟蛾，在適應某種環境下，能行三代。Dawson氏(1931)在美國研究一種天蠶蛾(*Teolea polyphemus*)，其生活於北美明省(Minnesota)者，一年只發生一化性。在稍南之納省(Nebraska)，則一年行二化性。同種昆蟲在一地內化性相異者，中國發現頗多。如桑白蠶(*Rodentia menciiana*)在江蘇省之無錫發現有三種化性，即一化性、二化性、三化性，松毛蟲(*Dendrolimus spectabilis bitascia*)在南京有兩種化性，即一化性與二化性。

家蠶之化性更形複雜，有一化性、二化性、三化性、四化性等。在同一地能飼育若干種化性之家蠶。如用人工方法，在催青與飼育中溫度之高低，或光線之照射與否，可使一化性者，在一年內未必發生

一代，二化性者在一年內未必發生二代。同時，二化性之家蠶，因催青溫度之高低，可使止於一代，但亦能仍使行二代。其他一化性、四化性之家蠶，亦能作同樣之變化。根據此種試驗之結果，養蠶事業上之製種問題，得以改良與進步。

蠶蛾所產之卵，是否能越年，大多可於卵顏色之不同，而檢別之。

1. 越年卵 此種卵由蠶蛾產下後，在數日中，卵殼下漿膜 (serosa) 內，發生一種紫色。在日本稱之曰黑種，或謂着色卵，又曰越年卵，因產後不能在當年孵化，須越過一年後，方能孵化也。

2. 不越年卵 此種卵由蠶蛾產下後，在卵殼下之漿膜內，並無紫色素，故在卵殼外不現何種顏色，在日本稱曰生種，或謂不着色卵，又曰不越年卵，即卵自蠶蛾產下後，在當年仍須孵化也。

茲將各家關於昆蟲化性研究之結果，略舉要義，分述如下：(一)由於環境因子之影響。(二)由於遺傳之關係。(三)數種生理上之試驗結果。

(一) 由於環境因子之影響

環境因子能影響昆蟲之化性者，有光、溫度、溼度及養料等。

A. 光之影響：

光照時間 (photoperiodicity) 不但與植物關係密切，與昆蟲之化性影響亦大。Makita 氏 (1933) 試驗家蠶之化性，除溫度之關係外，與光有關 (更以催青期中胚子反轉期後，與光線之關係為更密切)。家蠶在飼養期內，對於光與溫度之關係如下：二化性與四化性蠶之飼育於溫度 24°C ., 光強度 0.5 燭光下者，將來化為蠶蛾後，所產之卵，

蠶屬着色卵。如在黑暗處，溫度 15°C ，下飼育，則將來蠶蛾所產之卵，大多為不着色卵。同時，一化性蠶如於黑暗處及溫度 15°C ，下飼育，將來蠶蛾所產之卵，除極少數發現為不着色卵外，其餘均為着色卵。

二化性、四化性之蠶卵，如在黑暗處，溫度 15°C 或 20°C ，下孵化；同時，一化性卵在黑暗處 15°C ，孵化，其與光及溫度發生之關係如下：

1. 家蠶第一、第二、第三齡時，飼育在溫度 28° 或 30°C ，光度 0.5 燭光下，將來大多數之家蠶，化為蛾後，產生着色卵。若飼育於溫度 20°C ，黑暗之所，則將來蛾之產生不着色卵者頗多。

2. 家蠶在第四、第五齡時，如在高溫，並得光線照射，所生長成之蠶蛾，將來產生之不着色卵，較之在低溫度與黑暗處所飼養之家蠶為多（蛹期亦然）。

家蠶在幼蟲時期，對於光與溫度之變更，將來蠶蛾產卵之着色與否，有以下各試驗之結果：

1. 如家蠶在溫度 20°C ，光度在 0.0095 燭光，或溫度為 15°C ，光度如在 0.0136 燭光以上催青與飼育，將來化蛹、蛾後，所產之卵，大多為着色卵。且光度愈減，此種蠶蛾所產出之着色卵愈增（在家蠶低光度之失效界限為 0.077 F. C. ）。

2. 在催青與飼育中（更以稚蠶時期）之光波，長於 5500A 時，對於將來蠶蛾產生着色卵，無甚關係。其結果一似在黑暗處，同時在短光波下飼育之家蠶，極能影響將來蠶蛾之產生着色卵。

3. 家蠶在催青與飼育中（更以稚蠶時期），光照之時間為十五小時，或為時更短，將來化出之蛾，所產不着色卵數目，與家蠶之未在

黑暗處所飼育者相同。但家蠶之光照時間，在十五小時以上，則此後光照之時間愈大，將來產出之蠶蛾，能產着色卵者愈多。當家蠶在飼育之時，溫度為 20°C ., 光照時間在十六小時以上，或溫度為 15°C ., 光照時間在十八小時以上，將來化出後，產生着色卵之蠶蛾數目，與常在白日下飼養者相同。

我國山東等省之柞蠶 (*Antheraca pugi* Guer) 在東九省，每年發生二化，以蛹過冬。每年四月下旬，羽化產卵，七月上旬化蛹(第一化)，七月下旬再行孵化，至九月上中旬，化蛹過冬。田中義麿氏 (1937)試驗幼蟲在五齡中_期以後，飼育於短日(每日午後五時三十分起，至明晨午前八時三十分為暗境)下者，將來所結之越年繭率，占 16.7%，在長日(夏季自然界光照下)下者，越年繭率為 0。柞蠶由四齡末期至結繭間為止，其間與時間長短之影響，氏規定短日之光照時間，為八小時(每日午前九時至午後五時)；長日之光照時間為十七小時(每日午後四時，至明日午前九時，夜間用 60 W. 電燈，離蟲體 50 厘米)。結果在短日下，柞蠶之不越年繭為 0 (越年繭為 100%)。長日下之不越年繭占 100% (越年繭為 0)。由上列試驗，柞蠶在一年內發生次數，與當地日照時間，有密切關係。在東九省發生二化者，則在時間較長之夏秋兩季之華中、華南，化數當為增多。

B. 溫度之影響:

溫度影響於昆蟲之化性，自來試驗者頗多，就中對於家蠶試驗之結果，更常為生物學家所重視。Foa 氏 (1928)曾將初成熟之卵，與高低溫度相接觸後，在發育時，能引起胚帶上大形或小形細胞之產生，而影響於化性之變化，類如此種研究，為數頗多，茲摘要如下：

(1) 卵期與催青溫度之關係 渡邊氏謂，在卵內胚子發生胸肢時，化性上最易受外界物理或化學因子之影響，而生變化，若此時用 15°C . 催青，約經十五日，則將來化出之蛾，所產卵全部變為生種。外山氏謂，家蠶化性變化之時期，在生殖細胞脫離中胚葉之時間，事實上與上述相同。在日本蠶學界上，對於家蠶化性變化，大多認為在胚子反轉期後，此為胚子卵巢內之生殖細胞，感受外界刺激所生之結果云。故在反轉期後十五日內，用 15°C . 之低溫催青，即成生種。用 25°C .，則成黑種。但不獨催青中溫度之高低，影響其化性之變化，即自變青卵至蟻蠶，其間溫度之高低，亦與化性有關。此已為屢試屢驗之結果。Makita 氏(1933)在別一試驗中，得家蠶所產之卵着色與否不能斷其能否越冬，須視其他因子，如 (a) 在二化性與一化性家蠶內，如在其蛹期，放置於 30°C . 下，則將來蠶蛾較之蛹在 20°C . 下，所變成之蛾，所產越冬卵數為多。此種現象在四化性家蠶，適得其相反之結果。(b) 蠶卵自產後，即放於 13°C . 之下，約十五日，將來蠶蛾所產之越冬卵，較之其他蠶卵，自產後即放入 25°C .，為時約二十二日，或在溫度 13°C .，占時二十四日者為多。

(2) 飼養與上簇中溫度之關係 渡邊氏曾以二化性家蠶試驗其在飼養與上簇間之溫度，與化性關係，得催青溫度在 15°C . 以下之低溫，及 25°C . 以上之高溫，其化性變化，均與飼養中之溫度無關。但催青溫度在 20°C . 時，飼養中溫度之高低，與化性變化，極有關係。而其變化之情形，與催青溫度相同。高溫飼養時，易生越年種；低溫飼養時，易生不越年種。氏又用同樣材料，試驗上簇溫度與化性之關係，如第七表所示：

第七表 家蠶上簇溫度與化性之關係(錄自渡邊氏)

催青溫度	上簇中溫度	產越年種 卵之蛾數	產不越年種 卵之蛾數	產不越年種 卵蛾數之%
25° C.	30° C.	121	0	6
	20° C.	142	0	10
20° C.	30° C.	53	37	41.6
	20° C.	88	28	24.1
15° C.	30° C.	0	164	100.0
	20° C.	0	140	100.0

上表所示之結果，與飼養之情形相同，催青溫度為 25° C，幾全部成越年種。15° C 時，全部成不越年種。惟如遇 20° C 之中間催青溫度時，上簇中溫度之高低，能左右化性之變化。即高溫度上簇，易生不越年種。低溫上簇，易生越年種。此與催青、飼育溫度之高低，所惹起之化性變化相反。

依上結果，家蠶化性之變化，不獨與催青期之溫度高低不同，自變青卵一直至上簇期之溫度，均有相當關係。尤以上簇中之化性變化，全然與催青期及稚蠶飼育期所受溫度之影響相反。惟一般用 15° C 之低溫，或 25° C 之高溫催青時，均與飼育期、上簇期無關。此種現象，梅谷氏用中國品種，在 15°-30° C 下，試驗在飼育中與上簇中溫度之高低所引起化性變化之結果，與渡邊氏相同。但同為二化性之家蠶，中國品種〔中 101 號〕與日本品種大不相同。用溫度 30° C.，溼度 90% 催青，自飼育以至上簇期，均用 22°-25° C. 溫度之保護，將來化成之蠶蛾所產之卵，不能完全為黑種，尚有 13% 之不越年卵發生。由此觀之，用 25° C. 以上高溫度催青，不受飼育及上簇溫度之影

響,如上述渡邊氏試驗之結果,此種現象,恐只限於日本品種之二化性家蠶。根據以上兩種試驗之結果,昆蟲化性之變異,不但因種類而不同,即在同種同化性者,因品系原生地之不同,亦有差池。

在家蠶中,如品種及化性間用保溫催青,所發生一小部分之不越年卵,是否為普通現象,梅谷氏以一化性內之七個品種,用 15°C . 低溫催青,觀察其化性變化,如第八表:

第八表 低溫催青下之家蠶化性(錄自梅谷氏)

試驗品種	總卵數	產越年卵之卵數	產不越年卵之卵數	產越年卵之%	所產越年與不越年卵數
歐六號	579	572	7	1.2	0
歐七號	876	818	44	5.2	14
歐九號	639	576	63	9.9	0
日一號	925	834	63	7.5	3
中四號	392	316	76	20.0	4
中八號	553	527	29	5.2	0
中九號	172	119	53	30.8	0

由上列實驗結果,知各品種在低溫催青下,均有不越年卵品種。亦有生種之發現。中國一化性不越年之數目,達20-30%之多。此種不越年卵若再用低溫催青,能變成三化。在二化性內之品種,若用低溫催青,又能發生三化。由此可知,單由催青方法,以決定家蠶化性之種別,機誤頗多。渡邊氏謂在日本四化性蠶內之小野田姬種,雖用高溫催青,亦得成多化性之品種。一般家蠶對於環境之感應性,一化性較二化性為敏銳,化性之變化,由家蠶品種觀之,實為複雜之事實。在其他多數昆蟲,亦復如是。

(3) 胚子時期所感受溫度之影響 家蠶卵期之胚子,對於溫度

之抵抗力甚強。梅谷氏將蠶卵在胚子時期，使之接觸於(1)溫度 -15°C 。(2)溫度 -20°C 。之低溫中，爲時約半日至一日，而後調查其是否發生化性上之變化。

蠶卵經上述低溫接觸以後，在蟻蠶孵出前之六日內，用二種溫度保護之：(1)保護溫度 23° 或 24°C 。(2)保護溫度 27° 或 28°C 。至蟻蠶化出後，在稚蠶時期，各自飼育於上述二種原來之溫度下，至上簇後，亦力避高溫。其結果則蠶卵與低溫 -15°C 。相接觸，爲時二十小時以上，而後用 23°C 。或 24°C 。之高溫催青者，尙有多數不越年卵蛾發生。再用蠶卵與低溫接觸後，在 27°C 。以上之高溫催青時，則幾能防止生種之發生。根據此項實驗，知體細胞受溫度影響所生之化性變化時期，不獨在胚子之反轉時期後，即在休眠期至最長期之間，亦得受其影響。據梅谷氏云，家蠶化性變化之原因，並非卵巢內之原卵細胞直接受環境之刺激所致，在胚子無論何種時期內，體細胞得受環境之直接影響，而發生化性之變化。

(C) 溼度之影響：

溼度之高低，影響於家蠶化性變化之現象，雖不如溫度之敏銳，但其關係亦頗密切。在多溼下，越年卵之百分數占多；乾燥時，不越年之百分數占多。普通在 15°C 。以下之低溫，或 25°C 。以上之高溫催青時，溼度之影響極小，尙不致影響化性之變化，但此並非絕對之事實，如中國種，二化性種用 25°C 。高溫催青，若同時不顧及溼度，則將來化出之蠶蛾，能產生不越年卵。

(D) 其他外界之刺激：

在蠶卵之外面，加以其他刺激，如用刷子刷半小時 (Verson,

1870), 用電通過蠶卵 (Uasakirki Hori, 1923), 用鹽酸液浸漬蠶卵 (Verson and Auajat, 1877-1878) 等, 均可使在當年不能孵化之蠶卵, 速行孵化。

(二) 由於遺傳上之分離

多種昆蟲在自然界內, 呈不同化性之原因, 由於種 (species) 之不純, Dawson 氏 (1931) 在北美試驗一種天蠶蛾 (*T. polyphemus*) 在不同之高溫中, 雖大部行一化性者, 可變為多化性, 在低溫下, 一化性者可仍為一化性, 但內中有一小部分之材料, 在任何溫度下, 總不變其原來之化性, 經多次之試驗, 氏得該種蛾有趨向純系二化性及純系一化性之現象, 故此種天蠶蛾之化性, 包括遺傳與環境二因子, 平常該種蛾在自然界內, 由遺傳上觀之, 各個均為一化性與二化性之異形接合體 (heterozygotes), 此種現象在家蠶中更為顯著, McCrachen 氏 (1909) 曾研究一化性與二化性家蠶雜交之後, 未能認出分離及固定之現象, 氏以為家蠶化性之遺傳, 為非孟德爾式之遺傳, Costle 氏 (1910) 更引用 McCrachen 氏之試驗結果, 加以研究, 謂一化性對於二化性為優性, Gucei 氏 (1924-1926) 對家蠶化性試驗之結果云: 「家蠶之化性, 由環境與遺傳二者之影響」, 在日本蠶桑界上, 對於家蠶化性之遺傳問題, 大多認渡邊氏之研究結果較為精密, 氏對於家蠶化性在遺傳上之表現, 如 (1) 二化性對於四化性為優性; (2) 一化性對於四化性為優性, 化性遺傳雖受母體之影響, 但為一種孟德爾氏式之「單性雜種」, 氏用日本品種「日本錦」(二化性) 與「小野田姬」(四化性) 相交配後, 所產下之卵, 用 25° C. 催青, 其結果如下:

二化性「日本錦」越年種。

四化性「小野田姬」不越年種。

依據多種實驗之結果，化性遺傳完全屬於孟德爾氏式之遺傳律，二化性對於四化性為優性，亦能於二化性與四化性雜交後，其結果構成孟德爾式之單性雜種。氏又實驗一化性與四化性之遺傳關係，其結果證明一化性對於四化性為優性。惟家蠶品種之不同，化性之遺傳亦有差異也。

(三) 數種生理上之試驗結果

家蠶化性之變化，能由胚子時代，卵巢內生殖細胞 (germ cell) 直接受外界之影響所致。根據梅谷氏試驗之結果如下：

(A) 在蠶兒時期移接不同化性之卵巢：

梅谷氏用確切之一化性與二化性兩品種，在蠶兒五齡之初期，

第九表 一化性蠶體中移接二化性蠶卵巢之實驗結果

(錄自梅谷氏)

接 體	移切出卵巢之品種	試驗頭數	實得蠶數 (中途死者頗多)	一化蠶數	二化蠶數	不產卵蠶數
(一化蠶)	(二化蠶)					
歐七號	日107號	51	12	2	0	8
日101號	中101號	256	68	8	0	55
分雜黃兩	中101號	58	14	2	0	12
日116號	青 島	66	7	1	0	6
總 計		397	96	13	0	81

將二化性蠶之卵巢剪下，移接於一化性家蠶之體內（被接之一化性家蠶卵巢亦已剪去），經上簇發蛾，再用二化性蠶之蛾，與之交配，而後調查其產卵狀況如第九表所示。

多數學者，認為催青期間（亦即胚子時代），即能決定其化性。在理想上，一化性蠶體內所發育之二化性卵巢，將來當然產生不越年卵為合理之推測，而事實上適得其反，二化蠶接卵巢所生之卵，全部為越年卵，完全與接體之化性一致。尤以 101 號，平常用低溫催青後，必盡變為二化性之品種，在實驗之下，亦感受接體之影響，致化出之蛾，盡產越年卵。

在相反之實驗，用一化性之卵巢，移接於二化性蠶體內，將來化為蠶蛾後，所產之卵，全部為不越年卵。由此實驗之結果，可知用不同化性之蠶兒，相互移接卵巢後，其化性完全受接體化性之支配。

(B) 在蠶蛹時期注入不同化性之血液

梅谷氏又將確切之一化性與二化性兩品種，在蠶蛹時期試之，幼蛹用針吸出二化性蛹體中之血液，注入於一化性蠶體內（被注射之蛹體〔一化性蛹〕血液先已設法除去），結果對於卵巢不生何種影響，依然發現其原有之化性，化出蠶蛾所產生之卵，全部為越年卵。惟內中有一小部分卵，表現與移注之血液，呈同一之化性。

在相反之實驗中，用一化性蛹體內之血液，移注於二化性蛹體內（二化性蛹體內之血液，先已設法除去），其結果與上述相同，二化性蛹體亦不受一化性蛹體移注血液之影響，化出之蛾全部產生固有之不越年卵。但同時亦發現在全部蛾內有極少數之蛾，受移入血液之影響，表現移入血液固有之化性，而產生越年種。

(四) 關於昆蟲化性問題之解釋

昆蟲之化性問題，自來各學者解釋頗多，更在家蠶化性上，申說尤甚。日本蠶業上，對於家蠶化性之變化，據梅谷氏之理論，謂於體細胞感應環境上之影響程度如何而定。即體細胞感受高溫時，能促成化性決定素（成越年種），低溫時，此種化性決定素即行停止分泌（成不越年種）。此種化性決定素在蠶兒體內，再經一種含有此項體質之血液作用，決定蠶兒在五齡後上簇間卵細胞之化性。由此解釋，則體細胞（somatic cell）感受性之程度，為遺傳的，而卵細胞（germ cell）上發現之化性，為非遺傳的。氏又云此種化性決定素，單獨在化性上能發生以下兩種關係：

1. 一化性時之胚子與稚蠶，其體細胞胚，受高溫溼度之刺激，能促進決定素之分泌，充滿於蠶體內之血液中，遂成一化蠶之體質。反之，二化性由低溫催青之結果，化性決定素之分泌中止，蠶兒之血液中，亦無此類物質之存在，而成二化蠶之體質。

2. 一化性蠶體內血液中充滿之決定素，至上簇後，卵細胞增大時，即移入卵細胞內，而決定其化性為越年種。二化性缺少此項物質，遂致發生不越年種。由此理論，化性之決定，非原細胞直接或受環境之響影所致。

宗東魯氏謂關於家蠶卵細胞之化性變化，係由一種酵素之作用而起，一化性由一化性之酵素而定，二化性由二化性之酵素而定。

Makita 氏（1933）曾立一種解釋，謂家蠶卵之能否越年，根據下列兩種之假定物質，即第一越年物質與第二越年物質。

1. 第一越年物質在卵之催青期中(incubation period),極易受光與溫度之影響,在稚蠶與蛹時期,所受影響,極為微弱,至於第二越年物質在卵催青期中,祇對於溫度能發生影響。

2. 第二越年物質均布於若干種蠶蛾產下之卵內,此種物質非但在各種蠶蛾存在之多少不同,即在同一蛾區中,各卵粒內亦彼此不一。

關於卵之着色與否,全決定於第一越年物質,由卵化為蠶兒之後,體內存有相當數量之第一越年物質,更由蛹而傳及蠶蛾,而產越年卵。但蠶兒體內所存此種物質,在相當量之境界以下時,則能產生不越年卵。氏對於家蠶之胚子時期,與稚蠶時期,稱為此種物質之建設時期(anabolic period),壯蠶期以後,及蠶蛹時期,稱為此種物質之破壞時期(catabolic period)。

蠶卵之過冬與否,決定於第二越年物質存在之多少。此種物質在蠶蛹時期,受高溫之刺激,數量增多。但溫度過高,此種物質亦能破壞。但第一越年物質與蠶卵之越年亦有關係。

關於昆蟲化性之解釋,自來學者發表雖多,但尚難使人滿意,故本問題須待後起繼續研究而闡發也(讀本節時,應與昆蟲之生活史及過冬兩節相互參閱,因彼此有連結而不能分離之處)。

參考文獻

1. Ackerman, L. 1926. The Physiological Basis of Wing-Production in the Grain Aphid. Jour. Expt. Zool. 44:1-61.
2. Babcock, K. W. 1927. The European Corn Borer. P. nubi-

- lalis. H. (I). A Discussion of Its Dormant Period, Ecology, Vol. VIII, No. 1, pp. 45-59. (II). A Discussion of Its Seasonal History in Relation to Various Climates. Ecology, Vol. VIII, No. 2, pp. 177-193.
3. Baumberger, J. P. 1917. Hibernation: A Periodical Phenomenon. Ann. Ent. Soc. America, Vol. 10, pp. 179-186.
 4. Bodenheimer, F. S. 1926. First Report on Tobacco Insect in Palestine. Zionist Executive, Agr. Exp. Sta. Cir. 11 Tel-Aviv.
1938. Problems of Animal Ecology. Oxford University Press. Chap. 1. II. pp. 1-29.
 5. Chapman, R. N. 1931. Animal Ecology. (Dormancy) pp. 123-127.
 6. Clarke, W. T. 1903. Conditions Favoring Wing Development in *Nectarophora rosæ* Linn. Calif. Jour. Technol. 1:96-99
 7. Davidson, I. 1922. Biological Studies of *Aphis rumicis* L., reproduction of varieties of *Vicia faba*. Jour. Appl. Biol. Vol. IX. pp. 135-142.
 8. Davidson, J. 1925. Biological Studies of *Aphis rumicis* Linn., Factors affecting the Infestation of *Vicia faba* with *Aphis rumicis*. Ann. Appl. Biol. 12:472-507.
 9. Dawson R. W. 1931. The Problem of Voltinism and Dormancy in the Polyphemus Moth (*Telea polyphemus*

- Cramer). *Jour. Exp. Zool.* Vol. 59, No. 1, pp. 87-131.
10. Folsom, J. W., Walker, E. M., Ball, E. D., Patch, E. M.,
Frocker, S. V., Chapman, R. N., Metcalf, C. L., Cocker-
ell, T. D. A., Forbes, S. A.
1920. Symposium on "The Life Cycle in Insects." *Ann-
Ent. Soc. America*, Vol. 13, pp. 133-201.
11. Grassi 1915. The Present State of Our Knowledge of the
Biology of the Vine Phylloxera. *Bull. Bur. Agric. Int.*
and pl. Dis. 6.
12. Hopkins, A. D. 1921. The Bioclimatic Law and its Appli-
cation to Research and Practice in Entomology. *Jour.*
Wash. Acad. Sci. 11: 141-42.
1921. Intercontinental Problems in Bioclimatics, with
Special Reference to Natural and Artificial Distribution of
Plants And animals. *Jour. Wash. Acad. Sci.*, 11:223-227
13. Jucci, C. 1924. Su l'eredita del tipo metabolico nei bachi
da seta. 1. I Biovoltinismo. *Della R. Scuola Supp.*
d'Agric. Portici, pp. 1-133.
14. Makita, K. 1933. The Influence of Light and Temperature
on Certain Character of the Silkworm, *Bombyx Mori*,
Jour. of the Department of Agriculture, Kymshu, Imperial
University, vol. 4.
15. Marcovitch, S. 1923. Plant Lice and Light Exposure.

- Science. 58:537-538.
1924. The Migration of the Aphididæ and the Appearance of the Sexual Forms as Affected by the Relative Length of Daily Light Exposure. Jour. Agr. Research. 27:513-522.
16. Mc Clure, H. E. 1933. Unusual Variation in the Life Cycle of the Male of *Aenoplex carpocapsæ* Cush., Codling Moth parasite. Ann. Ent. Soc. America. Vol. XXVI. pp. 345-347.
17. Roubaud, E. 1927. Types of cyclical Arrest of Growth. Bull. Soc. Ent. Fr. 61-64.
18. Shull, A. F. 1928. Duration of Light and the Wings of the Aphid, *Macrosiphum solanifolii*, Wilhelm Roux' Arch. Entwickl. Mech. Organ. 113:210-239.
1929. The Effect of Intensity and Duration of Light and of darkness, Partly Modified by Temperature, Upon Wing-Production in Aphids. Wilhelm Roux' Arch. Entwickl. Mech. Organ. 115:(825)-851.
1932. An Internal but Nongenetic Character Affecting Wing Production in Response to Light in an Aphid. Amer. Nat. 66:180-183.
- 19 Smith, L. M. 1937. Growth, Reproduction, Feeding and Wing Development of the Mealy Plum Aphid in Relation to Climatic Factors. Jour. Agri. Research. Vol. 54. No. 5.

pp. 345-364.

20. Squire, F. A. 1940. On the Nature and Origin of the Diapause in *Platyedra gossypiella* Saund. Bull. Ent. Res. Vol. 31. No. 1, pp. 1-6.
21. Wadley, F. M. 1923. Factors Affecting the Proportions of Alate and Apterous Forms of Aphids. Ann. Ent. Soc. Amer. 15:279-303.
22. Wigglesworth, V. B. 1939. The Principles of Insect Physiology. pp. 67-70.
23. Williams, C. B. 1926. Seasonal Variation in Pink Bollworm Attack on Cotton in Egypt in the Years 1916-1924. Sult. Agric. Soc., Cairo. 10-11.
24. 岳宗,
民國廿六年. 四種莢菜害虫之夏眠. 農報第四卷第四期第 172-175 頁.
25. 張振華,
1936. 一化性種用浸酸法變為多化性之機械作用. 新農村第二卷第二期.
26. 梅谷與七郎,
遺種學 東京弘道館
27. 梅谷與七郎,
1925. 關於家蚕卵巢之移植及血液移植實驗(特別關於化性之變化) 遺傳學雜誌 第三卷第四號.
28. 涉邊勳次,
關於蠶化性之研究(第一報) 農林省農業試驗場報告第二卷第八號.
同上 續報 第六卷第九號.

同上 續報 第七卷第十七號。

29. 木暮模大

1930. 關於家蠶化性之研究, 長野縣蠶業試驗場報告第十一號。

30. 室賀兵古衛門。

1935. 關於家蠶化性之研究(第三報)催青溫與越年性之關係, 日本蠶絲學雜誌
第六卷第三號。

31. 田中義磨, 村上泰次郎。

1937. 日長效果對於柞蠶之越年, 農業及園藝第十二卷第五號。

32. 葡萄害蟲“根蠹”之防治法。日本山梨縣立農事試驗場報告第二號(共 159 頁)

第三章 昆蟲之趨性及其利用

昆蟲對於光、溫度、溼度、化學物質、水流、地心及觸着物等，均有一種趨性，趨性之或正或負，各因種類而不同，若吾人設法利用之以防治害蟲，則收效頗大。

第一節 昆蟲之趨食行爲及其利用

昆蟲尋覓食物之感覺器官，有味覺器與嗅覺器，後者能察覺距離較遠之食物。由昆蟲生理上觀之，此兩種器官，在體軀上並無明顯之所在地。如觸角及口部之鬚，可嗅察具揮發性之物，但亦用以觸嘗食物之所在。如是，則同一器官，既司嗅覺，又有味覺之功用，因此等感覺器官與外界化學物質發生反應，故亦稱爲感化器 (chemoreceptor)。

(一) 嗅覺與味覺

A. 嗅覺(olfactory sense):

許多昆蟲能嗅察較遠距離之揮發性物，但此種嗅覺器在昆蟲體軀之何部，至今尙未完全明瞭。由各學者觀察之所得，昆蟲中如蜻蜓、蜉蝣之複眼與單眼，均頗發達，但觸角則行退化。搖蚊(Chironomidae)及大角步行蟲(Paussidae)之觸角發達，而複眼不甚顯著，單眼常缺。

在雙翅目中，若干種蠅之眼缺者，則其嗅覺極為靈敏。故有人推測，昆蟲嗅覺之所在地，大多在觸角，而體軀上其他各部，亦有着生。Vogl 氏計算蜜蜂之雄者，在觸角上有感覺點(sensillæ) 30,000 個，在工蜂則為 6,000 個，在后蜂則為 2,000-3,000 個。換言之，雄蜂體上具有較多之感點，藉以搜尋雌蜂之用，鱗翅目成蟲好在其幼蟲時期之寄主身上產卵，亦為特殊氣味所引誘使然。關於昆蟲嗅覺點之檢查，及其敏說情形，可參考 Minnich (1924)，Snodgrass (1926)，Glaser (1927)，Valentine (1931)，及 Mc Indoo (1933-34) 等氏之論文。

B. 味覺(gustatory sense):

多數昆蟲之味覺器集中於口部，在咀嚼口式之昆蟲，凡上咽頭(epipharynx)部之膜縫外，味覺毛或味覺孔之着生極多。Deegener 氏謂鱗翅目之味覺器，則位於咽頭(pharynx)之上，在雙翅目則在咽頭腺部之隆起處，而多呈孔形(pore)，有若干類昆蟲之味覺器，亦存在於體軀之其他各處者。Minnich 氏(1922)試得數種蛭蝶(Pyrameis atalanta, Vanessa antiopa)在中後足之跗節上，能察覺物味。氏驗出此種蛭蝶之味覺極為銳利，能嘗出 M/12,800 之蔗糖稀液，其感覺力較人舌靈敏 256 倍。氏(1926)又試驗三種家蠅(Phormia regina, P. terræ-novæ, Lucila serricata)之味覺，亦得同樣之結果。並悉在跗節上之感味力，遠不如吻部末端口瓣(oral lobe)上味覺毛之敏銳。1931 年氏發表其別一試驗之結果，謂一種金蠅(Calliphora vomitoria)口瓣上着生之感點，均為味覺機能，並能察出 1/100M 之稀蔗糖液。同時對於下列四種糖類所起反應，強弱不同，如蔗糖與

麥芽糖>葡萄糖>乳糖。對於蜜蜂之味覺器，氏試得在觸角或前足上。

簡而言之，昆蟲味覺器之形狀，或為感覺毛，或呈孔形。着生處多在上下唇、鬚、觸角及關節上，其感覺力之強弱，及所起反應之化學物，則各因昆蟲種類而不同。其詳情可參考 Schaller (1926), Valentine (1931), Anderson (1932), Kunze (1933), Haslinger (1935), Ritter (1936)等氏之論文。

(二) 趨化現象

昆蟲趨化性之試驗，自 1907 年 Barrows 氏首先舉行以來，在經濟昆蟲上，引起重大之注意。Yothers 氏 (1927) 試得蘋果蠹蛾 (*C. pomonella*) 對於發酵之糖漿吸引最大。氏用此物誘得之蛾數，在一英畝內，有數千個以上。於所得之蛾內，雌者占 55-60%，就中 95% 均未產卵。外界溫度在 70°F 以上，為大多數蛾趨食之溫度。如溫度忽形降落，則蛾之趨食活動即行停止。Fowler 氏 (1927) 在南澳洲舉行相同之試驗，氏試得發酵蘋果汁之效力，較其他化學物為優。氏主張在蘋果蠹蛾發生最多時，用此餌誘之，見效極大。Peterson 氏 (1925) 試得糖漿與酵母之混合液，能誘得多數東方桃蛾之趨食。氏 (1927) 又用 250 種芳香 (aromatic) 化學品，試測其趨食程度，得發酵之糖類誘蛾最多。平時凡果類發酵時，即可引誘多數蛾類、蠅類及蜂之趨食。吾人如以甘藷、馬鈴薯等埋入土內，當發酵時，則多數甲蟲之幼蟲羣集趨食，若干種土壤內之害蟲，可由此法而驅除。

利用昆蟲趨化性現象以誘殺昆蟲，為例極多。Lloyd 氏 (1920)

用蔗糖漿、啤酒及1%氯化鈉，以誘殺蕃茄蛾 (*Hadena* [Polia] *oleracea*)，見效頗大。1910年，Verschaffelt 氏試驗食草類昆蟲之幼蟲，對於特殊食物趨食之情形，氏試得菜白蝶 (*Pieris*) 幼蟲在十字花科植物上好取食之原因，在含有芥子油 (*mustard oils*) 之關係，一種鋸蜂 (*Priophorus* (*Cladius*) *pyri*) 好寄食於薔薇科植物上者，因有苦杏仁素 (*amygdolin*) 之存在。Richmond 氏 (1927) 試得散油及丁香油 (*sassafras oil and clove oil*)，對於日本龜子 (*P. japonica*) 之引誘力極大，就中更以 3, 7-二甲基辛二烯·(2, 6)-醇 (*geraniol*) 為最有效。氏用此誘得多量之成蟲。

在蠅類中之趨化現象，自來研究者頗多。果蠅 (*Drosophila melanogaster*) 對於發酵之果，一列趨食與產卵。Speyer 氏 (1920) 試得醛類 (*aldehydes*) 及酸類中含甲基 (*methyl group*) 者 (分子量重約為 30 或 30 以上)，蠅類遇之，均為正趨化性，如甲基與 $(CH_2)_x$ 相結合者，則誘蠅效力，更為顯著。氏頗信分子團如 $CH_3(CH_2)_x$ 者，確能刺激蠅之趨食。Roubaud 與 Veillon 氏 (1922) 以發酵之產生物，而試測十九種蠅之趨化現象，得糖、未發酵糖之產生物，醇及氨等，對於蠅無所反應。硫氨酸銨 (*ammonium sulphohydrate*)、戊酸銨 (*ammonium valerianate*)、戊酸 (*valerianic acid*) 及三甲胺 (*trimethylamine*) 之發酵者，蠅之趨食極多。Peterson 氏 (1924) 試得發酵酵母，因有醇與甜味之產生物，故對於兩種蠅 [玉米種子蠅 *Hylemyia cilicrura*，蔥蠅 (*H. antiqua*)] 之引誘力極大。平常在蜂窠內，加醇 (尤以丙烯·(2)-醇-[1] (*allyl alcohol*) 更有效) 及異丙醇 (*isopropyl alcohol*) 更為有效。Eyer 與 Rhodes 氏 (1931) 查得在發酵糖漿內所

起化學變化所產生之酯類 (esters), 爲吸引昆蟲趨食之主要原因, 二硫化碳與乙醇 (ethyl alcohol) 爲次要成分, 內中所含有之醋酸, 對於昆蟲有抵拒作用, 故如在餌料中加酵母, 則誘蟲效力愈形增大, 如欲保持較久, 則在餌料內可加苯甲酸鈉 (sodium benzoate)。

利用趨化性而引誘昆蟲產卵於一處, 然後聚而殺之, 亦爲防治害蟲上所常用之方法, 如家蠅之雌者, 一遇肥料堆, 即趨飛產卵, Richardson 氏 (1925) 謂因肥料堆有氨味之揮發, 故能引動家蠅之趨集, Crumb 氏 (1924) 在水內和以硫化氫 (hydrogen sulphide) 之陳酵母液, 甲烷 (methane) 或陳尿水等, 則能引起蚊 (Culex pipiens) 之產卵, 平常清水則少雌蚊之惠顧。

昆蟲之雌者化出之後, 不久即引起雄性之追逐, 亦爲雌蟲之能分泌一種特殊氣味所致, 除此而外, 在自然界內尚有許多特殊之化合物, 祇能引誘雄性之昆蟲, Severins 氏 (1914) 試得地中海果蠅之雄者, 對於石油、石油精 (naphtha)、苯 (benzene) 等趨引極甚, Howlett 氏 (1912) 試得香草油 (citronella oil) 對於果蠅 (Dacus diversus, D. zonatus) 之雄者, 引誘效力極大, 氏云或因香草油之氣味類似雌蠅之分泌物所致, 由此結果, 可利用而驅治蠅類, 氏又查得三種果蠅之嗜好物, 如第一〇表:

第一〇表 三種果蠅之嗜好物

果蠅之種類	好趨食之植物	最強之引誘物
Dacus diversus	葫蘆科植物之莢莢	異丁香酚 (iso-eugenol)
D. ferrugineus	茄科及椴果之果	異丁香酚及甲基丁香酚 (iso-and methyl-eugenol)
D. zonatus	桃、櫻果、番石榴及其他果實	甲基丁香酚 (methyl-eugenol)

上述第一〇表內末行所列三種蠅之最強引誘物，其氣味是否如蠅趨食植物之氣味相似，此時尙少報告論及。惟在田野之調查，則凡檸檬、番瓜 (papaya)、蘇鐵 (cycad)、芋屬 (colocasia) 植物之氣味，極似丁香酚 (eugenol) 之衍生物，故雄蠅之被吸引者極多。雌蠅則無此現象，亦從不在此種植物上繁殖，氏對於上述現象之解釋云：(1) 試用油之氣味能直接刺激蠅之性能(其功效有如雌蠅所分泌者)，但如將初化成之雌蠅，加以磨碎，則並無引誘雄蠅之效力。(2) 此種氣味並非由雌蠅所分泌，乃因雌蠅好羣聚於植物上，此為間接的性誘所致。(3) 此種氣味乃由蠅之食物上發出，如本說爲是，則祇能引誘雄蠅，對於雌蠅無所反應。凡此解釋均少科學上之根據，故本問題尙待後人之研究也。

(三) 趨食性之利用

利用昆蟲對於化學物品之刺激反應，以防除昆蟲，自來嘗試，頗爲有效，因此常被人所採用。但此問題極爲複雜，外界溫度、溼度、光及風速、昆蟲生理情形與夫化學藥品之成分與揮發程度等，皆與昆蟲所起反應時有關係。而今日在經濟昆蟲上，所利用昆蟲趨食行爲之方法，與夫所用之藥品，尙少使人滿意也。

昆蟲趨食性之利用方法有：(A) 利用昆蟲好取食之物而引誘之；(B) 利用昆蟲趨避之化學品而抗拒之。前者稱曰引誘劑 (attractant's)，後者則爲抗拒劑 (repellents)。

A. 引誘劑

在除防害蟲上，引誘物之應用頗廣，殺蝗、蠅(家蠅、果蠅、羊寄

生蠅等)、蛾類及甲蟲等，均用之，平常在毒餌配合劑內，加糖漿、果汁、果屑或乙酸戊酯 (amyl acetate)、硝基苯 (nitro-benzene) 及其他能揮發之芳香油類等，均能引誘昆蟲之趨食 (詳情可參考殺蟲劑，毒餌項下)。

利用植物以引誘昆蟲，而減輕某種主要作物之侵害者，在農業上，應用頗多。引誘植物之種植時期，均較主要作物為早，俟誘得害蟲產卵，後即犁入土中，或長期留在田間，藉以集中某種害蟲，捕而殺之。在地蠶 (*A. ypsilon*) 發生劇烈之區域，如在棉田四周，先種玉米，可以保護棉莖之被切。在昆士蘭 (Queensland) 之棉區內，亦行相似之方法，即將玉米種植於棉田內，以引誘棉鈴蟲 *Heliothis ob-oleta*，使其第一化蛾產卵於玉米上，如是棉早期所結之鈴，可以保全。此種玉米在未成熟前，即行收割。在美國羅省 (Louisiana)，玉米為甘蔗之引螟作物 (Hinds 及 Spencer 氏 1927 設計)，使一種螟蛾 *Diatrea saccharalis* 之第一、二代繁殖於玉米上，然後再將玉米在未熟時，即行收割，加以處理，如是可減少甘蔗一部分之螟害。Campbell 氏 (1926) 用豆或豌豆、玉米，以引誘土內金針蟲，使其集中於一田內，然後再施氰化鈣於土中殺之，功效極大。氏將引誘作物種植成行，各株相距約二呎，在每 1,000 呎長之行內，約用氰化鈣 5-5.5 磅，氏檢得金針蟲之死亡率達 91%。

在森林中，本法應用亦多，藉以捕殺好在腐爛木材，或傾倒樹幹、樹皮下過冬或繁殖之甲蟲。舉行之時，在夏季先將樹皮部除去一圈，入秋後，再將樹幹傾倒在地，至明年早夏時，傾倒樹之皮部盡行剝去，並行焚燒。此種處理繼續在本年夏季七月末，再砍倒其他若干樹幹，

至九月即將樹皮除去，如是可集殺有二化之甲蟲。凡砍倒之樹，所有幼枝及葉，應全部除去，否則其樹汁之蒸發太速，使樹幹內過於乾燥，而失去誘蟲之效果。Marie 氏 (1922, 1925) 曾應用上法以誘殺數種甲蟲 (*Myelophilus*, *Ips*, *Pissodes*)，頗見效果。

B. 抵拒劑

抵拒劑內之化學物品，對於昆蟲，均為負趨化性。大多用以防阻蚊、白鈴子、蠅(如羊寄生蠅等)、蠹、跳蚤、吸血搖蚊 (*biting midge*)、白蟻及衣蛾等。所用之藥品，種類極多，最普通者，如明礬粉、樟腦、素，皆為吾國社會上所常用，以除衣服及種子內之害蟲。平常農民在瓜菜上，恆散布極細之塵埃，或草木灰等，亦在抗拒若干種食葉之昆蟲，在倉庫之積穀內，和以草木灰及若干種植物屑等，其功用亦與上同。

蚊類之抵拒劑，世界各國均積極研究，在我國普通用者，即用雄黃(砷劑)和錫木屑，製成煙條，燃燒成煙，藉以驅蚊。廣東居民常用香草油 (*citronol oil*) 抵拒之。市場上所出售之蚊煙香，內中以除蟲菊為主要原料。Rudolfs 氏 (1925) 在美國紐約省，試得若干種蚊 (*Aedes sollicitans*, *Aedes cantator* 及 *Culex pipiens*) 對於除蟲菊、凡士林液、丁香油 (*clove oil*) 之趨避時間，為 2 小時。菩提樹油、玫瑰油、風呂草油、(*geranium*) 薄荷類油效力為 2 小時，松屬樅 (*pinus oumilio*) 油及茴香油 (*thyme*) 效力為 1 時 15 分鐘。如在上列油內，加以玉米粉、凡士林及滑石粉等，則可減低其揮發力，而增長其抵拒時間。Bunker 及 Hirschfelder 氏 (1925) 在美國卡羅來納省 (*Carolina*)，試得數種化學物如 3,7-二甲基辛烯-[6]-醇-[1] (*citronel-*

lol)、辛酸 (caprylic alcohol)、苯甲醇 (benzyl alcohol)、乙酸-3,7-二甲基辛二烯-(2,6)-酯 (geranyl acetate)、3,7-二甲基-3-乙氧基辛二烯(1,6)(linalyl acetate)及水楊酸戊酯 (amyl salicylate)等對於蚊類之抵拒作用,效力極大,而此種化學品之沸點,均在 15°C 以下, MacNay 氏(1939)在加拿大用下列公式所配成之混合劑,以抵拒蚊類及吮吸人血之蠅類,見效極大。

茴香油 (oil of thyme)	½ 液盎斯
濃度礦物油除蟲菊浸出液	
(1 液盎斯油內加 ½ 磅除蟲菊)	1 液盎斯
蓖麻子油	2-3 液盎斯

此外樟腦精及水楊酸異戊酯 (iso-amylsalicylate)均為蚊之良好抵拒劑,對於皮膚並無損害。

擾害乳牛之厩蠅 (*Stomoxys calcitrans*)、角蠅 (*Hæmatobia irritans*) 及羊之寄生蠅等,可用 crank-case oil (一加侖) 與煤膠油 (一品脫) 之混合劑,每晨在取乳後,噴射於牛羣中。如蠅多時,則在傍晚增加噴射一次。(Cleveland 1926)澳洲防阻羊寄生蠅之方法頗多,就中以砷酸液,用壓力浸潤羊尾部四周之毛(常用者為 0.7% 之砷酸鈉),在平常天氣下,每次處理之有效期,為 3 月左右。氏云羊寄生蠅大多由於細菌所招致,用砷酸處理,直接停止羊體寄生細菌之活動,而間接不使寄生蠅趨集。

有許多植物具有抗拒昆蟲之作用,亦可利用之以與若干種經濟植物共同種植,藉以抵抗某種害蟲。在吾國民間傳說頗多,如蓖麻與玉米同種,則若干種蟲害可以減少,油加利樹之四周少蚊, Schrieber

氏(1916)謂如甘藍菜田之四周，種以番茄，則使菜白蝶(*Pieris brassicae*)不產卵於甘藍上。在英國農民頗知如紅蘿蔔與葱合種，則紅蘿蔔可免一種蠅(*Psila rosae*)之害云。

保護木幹不使白蟻(*Reticulitermes*)及數種甲蟲之侵害，所用藥劑，種類頗多。煤油木、煤滷 (creosote oil and coaltar) 爲其常用之品，可由壓力使之透入木材內，能耐用 25 年。如即在表面塗刷，其抵蟲效力，亦可延長 5 年左右。

有許多木材，其組織中天然含有一種特殊化學物可以抵拒白蟻，如產生於印度之柚木 (teak, *Tectonia grandis*)，沙爾樹 (sol, *Shorea robusta*)，生長於遠東之一種柏 (*Callitris robusta*)，樟腦樹 (*Cinnamomum camphora*)，在南美洲之綠心樹 (*Nectandra rodiaei*) 在美國之紅木 (*Sequoia semperrirens*)，西紅樹 (cedar, *Thuja plicata*)，肖楠 (*Libocedrus decurrens*)，柏 (*Chamaecyparis lawsoniana*)，黃柏 (*C. nootkatensis*)，及一種松 (*Juniperus sp.*) 等是。

若已鋸成之木材及傢具等，則可用氯化鋅 (zinc chloride)，氯化汞 (mercury bichloride)，氟化鈉 (sodium fluoride)，或氯化萘 (chlorinated naphthalene) 液浸之，即可免於蟲害。關於木漿產生物 (wood-pulp products)，當製造之時，可加粗石炭酸或煤滷、木餾油以防蟲害。甲醛或三聚甲醛 (formaldehyde or paraformaldehyde) 亦爲良好之抗拒劑，能麻醉昆蟲之神經三聚甲醛對於蟻之適當致死量 (medium lethal dose, M. L. D. 由 HCHO 而計算之) 爲 2.24 mg/g 體重，商售之甲醛爲 1.54 mg/g 體重。甲酸 (formic acid) 之濃度，達 pH 2.4 時，其抗蟲力較 3% 之不飽和商售甲醛爲低。

Elmone 及 Richardson 氏(1936) 謂未經中和之商售甲醛液，具有強大之抗拒作用者，因尚有較高濃度之未聚合甲醛 (unpolymerized HCHO) 之結果所致。

第二節 昆蟲之趨性行爲及其應用

昆蟲之生育，大多為雌雄成蟲交配受精產卵，但亦有若干類不呈此種方式者，Hughes 及 Schrader 氏(1930) 報告，吹綿介殼蟲 (*Icerya purchasi*) 之雌者，可在本體內受精，其生育宛如雌雄同體 (hermaphroditism)。蓋雌蟲可由同一體內之卵，與雄精相交合而受精。此種現象，在褶翅目中之 *Perla marginata*，亦有相似之發現。

若干類昆蟲 (如蠅) 之卵，在母蟲體內，已行化成幼蟲，故產出時，即為活動之幼蟲，或即稱曰胎生 (viviparity)。刺刺蠅及犬蠅科 (*Hippoboscidae*) 之雌蠅產出者，即為蛹，蓋幼蟲在母蟲體內，已發育完成也。胎生現象常見之於蚜蟲 (孤雌生殖)。介殼蟲及一種胎生之金花蟲 (*Chrysomela varians*)。

(一) 昆蟲性之成熟及性比率

昆蟲性之一成熟，不但因各目各科不同，即於同屬之內，演變亦甚。在直翅目之蝗蟲科，大多數成蟲羽化之後，須隔若干時日，雄精及卵方能成熟，而行交配產卵。但在蟋蟀科內，則少此現象。非洲一種蝗 (*Dociostaurus maroccanus*) 化成後之第六日，即可交配。但其另一種蝗 (*Patanga saccinota*)，則在成蝗之後，須十個星期，性器官始得成熟而交配。由化蝗而至性成熟，其間時期，Pospelov 氏(1921)

稱曰初期休眠 (imaginal diapause)。此種休眠，在蝗蟲科中之昆蟲，具有羣聚性及遷移性者，更為顯著。

多數蛾類於化成之後，大多於 24 小時內，即行交配產卵。寄生蜂之屬於小蘗蜂科及卵蜂科者，大多數成蟲一出寄主，即行交配。屬於鞘翅目內之天牛，多半於今年化成之後，仍藏於木幹中之蛹穴內，至明夏始化為活動之成蟲，但一出樹幹，即行交配。蠅類成蟲之初期休眠期，亦極短少。

昆蟲雌雄性之百分比，對於害蟲之猖獗，亦頗為密切。在自然界，雌雄兩性各占之數目則視昆蟲之種類、發生時期及生殖之方法而不同。蚜蟲在夏季由孤雌生殖，則後代全為雌性，其繁殖速度極高，能於短少時期內，達最高密度。

在寄生蜂中雌雄比率之高低，影響於寄主之被寄生率頗大，若雌多於雄，則寄主之被寄生率，將為之增高。Garman 及 Schrevel 氏 (1931) 試得東方果蛾上兩種寄生蜂 (*Macrocentrus ancylivora* Roh, *Trichogramma minutum* Riley) 在不同環境下兩性之比，差異頗為顯著。氏試得 *M. ancylivora* 在六、七月間，於紐傑西省 (New Jersey) 田野所採得者，雄性占 41.0%，其在溫室及飼蟲室內孵化者，自八月起至十一月，雄性占 53.1-69.5% 不等。氏又將 *T. minutum* 先放於冰箱內 (38°-40°F)，為時 12-62 日不等，然後取出，在空中溫度下孵化之，得性比之差異頗為整齊。在低溫下 12 日者，則雄蟲占 25%，在低溫下 62 日者，雄蟲占 77%。大概在低溫下所占時日愈久，雄蟲之百分數愈高，但其不經低溫而完全在平常溫度下孵化者，雄蟲占 25-33%。

普通寄生蜂內雌雄之比，頗有差池，養料之豐瘠，寄主體軀之大小 (Chevirew, Seyrig, Holdaway 氏論文)，及兩性支配時卵之受精與否，皆有關係。多數蜂卵之受精者，將來孵化為雌蟲，未受精之卵化為雄蟲。惟兩性之比，能因時期、地域及寄主種類而不同。茲設某種寄生蜂在一年開始時之成蟲數目為 10，內雄蟲占 7 個。若每雌蜂產卵 6 粒，而自八月至十月，其間性比固定不變，則繼續發生四代之後，將有 162 個蜂之孵化，內中雌者祇占 30 個。若其性比為雌雄各半者，在繁殖四代之後，蜂之總數為 710 個，內中雌蜂占 355 個。若雌較雄為多，如 *M. ancylihora* 在北美之性比為 5 : 2，經四代之後，在 1675 個蜂中，雌者占 1,005 個。此數較前者（雌蜂僅占 30 個），增高 30 倍。

利用昆蟲之趨性現象，藉以捕捉昆蟲，亦為合理而有效之方法，惟多以雌蟲吸引雄蟲。Collins 及 Potts 氏 (1932) 報告盜蛾因追求雌蛾能遠飛 2.38 英里，Bruno Götz 氏 (1939) 以葡萄蛾 (*Polychrosis botrana* 及 *Clysia ambiguella*) 之雌者引誘雄蛾，成績極佳。關於雌蟲交尾腔部所分泌之引誘物，有人云其性質乃為一種濃厚之脂肪，並設法提取，可以作人工誘蛾之用。

(二) 產卵現象

影響於昆蟲產卵反應之因素頗多，Richardson 氏 (1924) 分為下列兩類：

(A) 體內因素 幼蟲時期食物之豐瘠，成蟲之年齡，交配日期，交配時雌蟲體內卵之發育狀況，其他生理上之情形等。

(B) 體外因素 溫度、溼度、光、色、空氣與水之流動，卵着生處之表面情形，寄主之時期及影響於母蟲嗅味或觸覺之化學物品等許多外界因素能影響於昆蟲產卵之數量及時期，同時各種昆蟲各有其最適宜之產卵環境（參考第四章），果蠅 (*D. melanogaster*) 之雌者，在適宜之溫溼度，合宜之食物下（滋味、氣味、品質等），方能產出大量之卵。人蝨 (*Pediculus vestimenti* L.) 如在 25°C 下，則不能產卵。(Sikora, 1915) 飛蝗 (*L. migratoria*) 在 $35^{\circ}\text{--}38^{\circ}\text{C}$ 下，為時一月，性即成熟。如將雌蝗飼育於溫度 $20^{\circ}\text{--}30^{\circ}\text{C}$ 內，則失去產卵能力 (Pospelov, 1916)。許多蛾類之產卵，除溫溼度及寄主食物而外，更須有薄暮之暗境，方克成功。但有許多植物之表面粗糙或密生叢毛者，則能避免昆蟲之產卵，亦為植物抗蟲之一重要因子。

第三節 昆蟲之趨光行爲

自然界內之光與生物發生關係者，有光線(light ray)、熱線(heat ray)及紫外線(ultra-violet ray)。在光譜(spectrum)上各部波長之不同，與動植物之感覺力亦不相似。平常昆蟲在光譜上各帶內所發生之反應，雖無顯著之境界，但各有適宜之光度(intensity)。

昆蟲之感光器官，除若干種高等蠅類幼蟲，在頭部有感光突起外，餘皆由複眼及單眼任之。昆蟲趨光(phototropism)之正或負，與複眼之構造及生理有密切關係。夜出昆蟲(nocturnal insects)之複眼，多為疊象眼(superposition image eye)，日間活動之昆蟲(diurnal insects)多為聯立印象眼(apposition image eye)，平時昆蟲對於光之行動，不論向光或背光，其體軀之縱軸與光線恆成平行。

(一) 昆蟲對於光線之各種反應

昆蟲對於光線之反應，近年來昆蟲學家試驗頗多。一般昆蟲對於光譜上各色，不能如人類之能一一辨別。Von Frisch 氏(1924)謂蜜蜂對於顏色有辨別之能力，並謂對於深紅色或黑色、深灰色，則不能各各分別，故氏謂蜜蜂似為紅色盲 (red blindness)。Kühn 及 Pohl 氏試驗之結果，與 Von Frisch 氏相同。並謂蜜蜂不能察出長過 $650\mu\mu$ 之光波，在 Von Frisch 氏試驗中，蜜蜂能認識黃色，但不能與橘黃色或黃綠色相互辨別；認識藍色，而不能與紫色互相分別。大概光譜上之波長 (wave length) 在 $650\mu\mu$ 與 $300\mu\mu$ 之間者，蜜蜂均可察見。Weiss 氏(1941)謂各種昆蟲對於各波長之適應，各不相同，故在夜間在同一光下，其行為各不相同也。

昆蟲對於紫外線，亦能察見。Mayer 及 Soutleie 氏(1906)謂斑蝶 (*Danais archippus*) 之幼虫，對於紫外線，呈正反應。多數蝶類，對於紫外線亦呈正趨性。Schlegtehdahl 氏(1934)謂一種金龜子 (*Gec-trupes*) 與蠅 (*Fannia canicularis*) 及其他夜間飛翔之昆蟲，如夜蛾科 (*Noctuidæ*) 等，均能辨別顏色 (Zeits, Vergl. Physiol., XX, 545)。

(二) 昆蟲對於光射之行為

昆蟲受光照射後所發生之各種行為，自來學者解釋頗多。Loeb 氏(1918)謂昆蟲對於趨光之或正或負，各由於趨性不同所致。通常左右對稱之動物，對於一刺激之反應，足以引起體軀上左右均等筋

肉之活動，如在體之一側受有刺激，則能使體軀筋肉發生不對稱之活動，其結果使動物向刺激較強之方向而轉移。如對於所遇刺激之反應爲負，則近於刺激處之筋肉活動極大，結果能使動物離刺激而他移。由此，可知昆蟲對於方向之趨離，並非全由於機械之作用，似由複雜之相互反射 (coordinated reflexes) 所致。

復次，光線自發光點起至光輝所及之處，其間光之強度 (intensity)，強弱不一。此種各段光輝之強弱 (離光愈遠，光輝愈弱)，與昆蟲之活動，及行止之方向，有密切關係。有若干類昆蟲在夜間撲燈之時，飛及半途，即行停止。有若干類非撲及燈火不止。Mc Indoo 氏 (1929) 試驗蘋果蠹蛾之幼蟲，自第二齡至第四齡，能向光蠕行，爲弱正趨光性。但至將成熟而結繭時，則爲負趨光性。成蟲時期 (蛾) 如夜間遇光，即向光源趨飛，其間雖經光輝強度不同之區域，但無影響其趨撲光源之方向。此種現象，乃光線之位置，可左右昆蟲活動之方向，但亦有不少昆蟲，其行動之方向與光輝之強弱，及光源之位置，無甚關係者。

吾人平常察覺大多數昆蟲之活動，或在日間或在晚上，頗有規律。此並非全爲趨性 (tropism)，乃爲神經系所主持之週期的階節 (periodic rhythm) 所致。日夜來復，絕不凌亂，並非受外界光照強度變更之刺激所致。故多數習於夜出之昆蟲，若終日靜伏於暗室，雖室內之光照常不變更，但昆蟲仍按時於夜間活動。

吾人皆知多數夜間活動之昆蟲，對於光之反應爲正，故可用人工燈光而引誘之，在日間活動者，如突然黑暗，昆蟲常靜止不動。但試用人工燈光擾動之，亦能立起反應，一種食蚜虻 (*Eriotalis tenax*)

即呈呈狀，有時蜂蝶亦呈相同之反應。

夏夜一燈，羣蟲飛撲，但昆蟲一被引誘入光圈內後，因正趨光性之關係，疾向燈撲，此時其他各種之感覺性 (sensitivity)，均不能影響其頃刻間之撲燈行爲。此種情形，據 Kennedy 氏 (1927) 云，因昆蟲具有大形之複眼，視覺神經又復敏銳，當昆蟲之視覺器，一受刺激即能控制其他體軀上之所遇。人工燈光之光力極強，能使若干夜出之昆蟲，受一種過度之刺激，當時昆蟲在神經系上，即惹起一極大新陳代謝之消耗，同時全體組織之氧化速率，又增加極高。因此，昆蟲一時即呈昏迷狀態，不能自制而向光趨。Kennedy 氏之解釋，在實際上，似頗合理，因吾人常見昆蟲受過度刺激之後，對於黑暗處所，常呈倦態，靜息不動，須使稍稍復元之後，始能對於所遇刺激，再起反應。一般昆蟲因遇過度感光 (photi: hypersensitiveness) 後所起之一種強烈反應，其結果常使昆蟲體軀上，起一種破壞，從生理上以解釋昆蟲之趨性，除上述者外尚無較圓滿之學說也。

第四節 昆蟲在夜間活動狀況

根據昆蟲之視覺生理及感光行爲，在防治害蟲上，即利用人工燈光，以 (1) 誘殺昆蟲，(2) 測驗某種昆蟲在一地成蟲之發現時期，(3) 測定某種昆蟲在一區內存在與否。誘蟲燈之設置，頗爲簡單，在燈之下面，放一水盤，水面加少許火油 (使水面蓋以薄層之油)，在黑夜點之，即能誘蟲。或在燈下用一毒瓶以收受每晚之蟲，更爲完善。或在盛蟲之毒瓶上，安置一調節器，使全夜間所得全部之昆蟲，可每隔一單位時間 (每隔兩 3 小時，視所需之時間而不同)，有一記錄。根

據田野各種試驗之所得，昆蟲雖同具趨光性者；但對於撲燈性之強弱，各有不同。亦即昆蟲趨光性強弱之差異。同時，空中溼度及月光之有無，溫度之影響，頗為密切。

(一) 昆蟲在夜間活動與溫溼度及月光之關係

A. 與溫溼度之關係

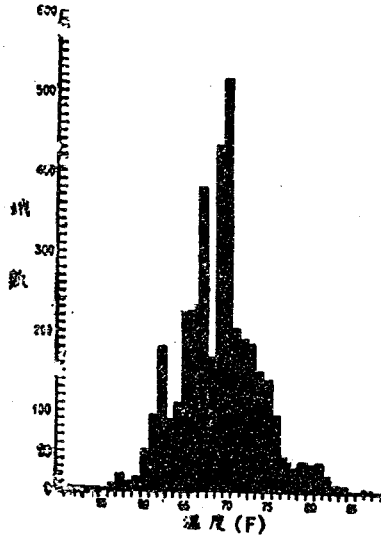
在溫帶中，以登誘蟲時，所受溫度之影響頗大。如溫度太低，多數昆蟲之趨光反應，則幾均告消失。Chapman 氏(1923)謂一種鑽葉甲蟲(*Taphrocerus gracilis* 屬吉丁蟲科)之趨光性，全視溫度之高低而異。在 15°C 時，則變為負趨光性，在高溫時，為正趨光性。Frankel 及 Bodenheimer 等氏(1930)研究沙漠蝗之蛹期，當空中溫度在 20°C 時，為正趨光性。如溫度升至 30°-35°C 時，則對於光之感覺，頗不一致。Stirrett 氏(1938)謂玉米螟在夜間活動最盛之溫度為 65°F 及 70°F。氏根據十年之觀察(1927-36)有 67.2% 蛾在此溫度範圍內活動(第九圖)。即自溫度 65°F 起，蛾漸增多，至 75°F 時，又漸見減少。

Cook 氏(1920)測得夜蛾在每晚 7 時左右，活動頗甚。此時相對溼度為 54%，如溼度再行升高，則蛾又漸行減少。玉米螟蛾在夜間活動最盛之時，據 Stirrett 氏(1938)之報告，空中水溼之飽和差(saturation deficiency, S. D.)在 0-2 公厘時，所得之蛾約占 38%，而 89% 之蛾，得之於飽和差 0-6 公厘之間(氏根據 1927-36 年之平均數)。Uvarov 氏(1931)謂夜間活動之昆蟲，須有高溼之存在，平常吾人於夏季，如遇鬱熱之夜(即溼度高時)，昆蟲撲燈之數更見增多者，

亦即此理也。

B. 與月光之關係

夜間昆蟲之活動，與月光之有無關係，亦引起多數昆蟲家之注意。William 氏(1936)在英國 Rothamsted 試驗場，測得多種夜蛾撲燈時受月之影響。氏將全夜由傍晚至清晨，分爲 8 期(period) (1 爲傍晚，5 爲中夜，8 爲清晨，餘類推)，月光分爲全月(○)，下弦(last quarter, ⊖)、無月(●)，及上弦(first quarter, ⊕)四類，氏測得多種昆蟲在不同之月光下，其撲燈數如第一一表所示。



第九圖 玉米螟蛾在夜間飛翔時與溫度之關係
 [在加拿大安大略省(Ontario)十年間(1927-35)之記錄] (錄自 Stirrett 氏, 1935)。

由第一一表可知 16 類昆蟲中，鱗翅目內之蛾，在夜間活動與月之有無，其關係最爲密切。其次爲雙翅目，其他各目均不甚顯著。夜蛾科(Noctuidae)在中夜(在期 4 及 5)時，飛翔最多。尺蠖蛾之活動時期較早(在期 3)，螟蛾科(Crambidae)更早(在期 2 時)，在雙翅目內之搖蚊科(Chironomidae)，每於日落後(在期 1)，活動最甚，其次則在清晨(在期 8)時。鞘翅目、嘴蟲目，(Psocoptera)均在傍晚(在期 1)活動最多。浮塵子與鞘翅目相同，蜚蠊亦在傍晚(在期 1 及 2)

窮——表 若干類昆蟲在全月及無月夜之撲燈數

(錄自 William 氏, 1936)

昆 蟲 類 別	每週平均對數差 (Mean log. diff. per week)	標準差 (S.D)	t. 測驗	差異顯著 之程度
1. 夜蛾科(Noctuidae)	2.77	±0.44	6.80	有顯著
2. 各種昆蟲	2.17	±0.91	2.24	或有顯著
3. 各種鱗翅目	1.97	±0.64	3.01	有顯著
4. 蚊蠅科(Psychodidae)	1.62	±1.33	1.22	不顯著
5. 吸血搖蚊(Ceratopogon)	1.47	±0.88	1.67	可疑
6. 尺蠖蛾科(Geometridae)	1.20	0.51	1.98	可顯著
7. 草蠹科(Mycetophilidae)	1.07	0.95	1.14	不顯著
8. 小蠹科(Eborboridae)	0.95	0.88	1.08	不顯著
9. 縷蛾科(Crambidae)	0.93	0.61	1.52	可疑
10. 瘤蠹科(Cecidomyiidae)	0.92	0.89	1.03	不顯著
11. 盲椿象科(Capsidae)	0.73	0.64	1.15	不顯著
12. 搖蚊科(Chironomidae)	0.43	0.94	0.45	不顯著
13. 鞘翅目	0.24	0.40	0.60	不顯著
14. 雙翅目(Pscoptera)	0.08	0.68	0.01	不顯著
15. 浮塵子科(Jassidae)	-0.24	0.98	-0.24	不顯著
16. 蚜蟲科(Aphidae)	-0.85	0.61	-1.33	不顯著

時, 飛翔最盛。

在全月及無月之星期, 每夜內各蟲(類別與第一一表同)活動之時期, 彼此顯有差異, 如第一二表所示。

第一二表 十八個全月與無月夜間各時期內所得昆蟲之差異數
(錄自 William 氏, 1636)

全夜內各時期	平均對數差 (Mean log- diff)	標準差 (S.D.)	t	差異顯著與否
1	0.71	0.95	0.83	不顯著
2	1.94	0.84	2.30	顯著
3	1.82	0.80	2.30	顯著
4	2.10	0.81	2.60	顯著
5	2.22	0.87	2.53	顯著
6	1.81	0.72	2.52	顯著
7	2.12	0.84	2.50	顯著
8	1.38	0.85	1.60	顯著可疑

由第一二表記錄. 得有下列三項結果:

- a. 在標準差項下, 除一例外, 餘皆無甚差異.
- b. 平均對數差在無月之夜為高, 在每夜傍晚(1)及清晨(8)為低, 在其他各時間為高.
- c. 由顯著性之測驗(t), 則每夜自 2-7 期間, 極為顯著, 並略呈相同.

由此可知, 昆蟲在每夜受月影響 (lunar influence) 之結果, 在傍晚第 1 期及清晨第 8 期, 影響頗小. 但由第 2-7 期內, 則極為顯著.

無月與全月所得之昆蟲, 在晴天為 3 : 1 之比, 在雲天為 2 : 1. 夜蛾之活動, 在全月之前一星期及後一星期, 每夜各時之撲燈數, 與

在月光下，每夜清晨及傍晚時所得之數目相同。

(二) 昆蟲在夜間活動之時間

各種昆蟲在夜間活動之時間，早晚不一。大多數蛾類在日落後 1-3 小時內，最為活動，金龜子亦然。Huker 氏(1928)在美國俄亥俄省(Ohio)觀察玉米螟於夜間飛翔及產卵之時期，1927 年查得在發蛾時期內，以下午 10 時蛾之飛翔最甚，但卵產生最多之時期，如下所錄：

今日下午 7 : 00——明日上午 2 : 00 產卵 90%。

今日下午 9 : 00——今日下午 11 : 00 產卵 48%。

Bottger 及 Kent 氏(1931)報告，玉米螟蛾在夜間 10 時左右最活動及產卵最多。Husain 氏(1934)謂棉紅鈴蟲之成蟲，在溫度 76°-87°F，撲燈最多。氏在印度所誘得紅鈴蟲蛾，每晚活動時期，在各月間，差異頗甚。如八月下旬及九月初旬，蛾大多數於深夜 2-6 時撲燈至九月中旬，則多數蛾在 22-2 時活動(較早)。至九月下旬，則蛾大多數於晚間 18-22 時誘得(更早)。Stirrett 氏(1938)謂玉米螟蛾之活動時期，在傍晚 7-9 時，活動最甚，自此而後，活動漸趨衰弱，至中夜 12 : 30 時，大多數蛾均見靜止。據氏測驗所得，在下午 8 : 30 時，至 12 : 30 時，其間活動之蛾，佔 95%。在下午 7 : 30 至 12 : 30 間，活動之蛾佔 97 %。至天明時，檢得者祇有 2.79%。以一般鱗翅目之蛾而論，雄者自黃昏起漸趨活動至明日上午 1 時以後，則形靜伏，雌蛾於全夜之活動無強弱之差。在午夜 1-3 時之間，為各種昆蟲活動之轉變點(Hutchins, 1940)。

(三) 誘蟲燈下所得昆蟲之性比率

關於誘蟲燈下所得昆蟲雌雄之比率，自來檢查者頗多。一部分學者謂在誘蟲燈下所得之昆蟲，雄者較多，且所得之雌蟲，大多已產出一部分之卵。因此，誘蟲燈之効力，不免爲之減低。此種解釋究爲可靠與否，頗難斷定。惟昆蟲在成蟲時期，每季雄性之出現，恆較雌蟲爲早，再每夜雄蟲之飛出時期，與雌蟲不同。因此，誘蟲燈下所得昆蟲之雌雄比率，顯有不同。Ainslie 氏 (1917) 在燈下得一種螟蛾 (*Crambus teterrellus*) 其雌雄之比，在夜間 8:30 時，雌佔 41%，雄佔 5.9%，在夜間 11:45 時，雌佔 75%，此外，有 75% 之雄蛾，能飛舞至明晨 1:45 時，始告靜息。由此而知雌蛾在夜間活動時間，較雄蛾爲早。在全夜內有 60% 之雌蛾，於夜間 10:00 以前誘得云。Kaburaki and Kemeto 氏 (1929) 在日本用燈誘二化螟 (*Chilo simplex*)，得大多數蛾在日落 1-2 小時後起飛，但雄蛾之活動時間，多在午夜以後。索木得一氏 (1917) 在臺灣用燈誘三化螟 (*Schoenobius incertellus*)，五年之間，得雌蛾較雄蛾爲多。在每化開始時，雄者較雌者爲多，Ballaid 氏 (1921) 在印度亦得同樣之結果。並謂在誘蟲燈下，所得之 15.64% 雌蛾內，有 35.5% 已經產卵云。Willcocks 氏 (1916) 在埃及用燈誘得之棉紅鈴蟲蛾，雄者較雌者爲多，所誘得之雌蛾，腹內藏卵極豐，而大多數之雌蛾，於每晚 18 時及 22 時所誘得。雄蛾大多數在晚間 22 時後，始行撲燈。Williams 氏 (1935) 測得一種夜蛾 (*Trachea secalis*) 在夜間活動時間，雌者較雄者爲早。但其他所得之 81% 蛾類內，在夜間最活動時間，雌雄均相一致。Granovsky 氏

(1935)在美國明尼蘇達省(Minnesota)用燈誘金龜子(Phyllophaga), 爲時4年,得雄蟲趨光較多。各種甲蟲在各季飛翔之時期,歷年頗有差池,而在每夜各時所得之甲蟲,其雌雄之比,亦各不相同。Stirrett氏(1938)報告,在玉米田內,用燈誘玉米螟蛾,亦得雄者較雌者爲多,如第一三表所示:

第一三表 在誘蟲燈下所得玉米螟之雌雄數
(地點在加拿大 Ontario 之 Chatham, 1932-36)
(錄自 Stirrett 氏, 1938)

年 份	在田野捕得之雄蛾數%	在誘蟲燈下所得之雄蛾數%
1932	15.3	75.0
1933	33.2	76.7
1934	41.1	84.3
1935	19.0	77.1
1936	27.2	60.7
五年同之平均數%	27.1	74.7

(四) 誘蟲燈光與色

關於燈光之強弱,與昆蟲趨撲數之多少,各因種類而異。同時,外界天氣狀況,影響亦大。水稻三化螟蛾,對於弱光之趨撲數,較強光爲多, Peterson 氏(1928)謂東方果蛾(*Laspeyresia molesta*)及蘋果蠶蛾,對於強光(100 watts),始有撲燈反應。蓋此等蛾在自然界

內，每於日落時，即飛舞產卵，而東方果蛾有時在日中時，亦能活動也。Carruth 氏(1937)用 25 瓦(watt)及 60 瓦水銀蒸氣光 (mercury vapor light)，所誘得之蛾數，較 75 瓦之鎢絲光 (tungsten light) 爲多。後者所得之蛾內，雄者較雌者爲多。

關於燈光之改造，有人設計燈光多紫色及紫外線者，則誘蟲力大。Theohold 氏(1926)在英國試驗二年，其結果謂乙炔燈 (acetylene lamps) 對於引誘果園中之捲葉蛾，效力頗大。水稻二化螟蛾，對於紫外線光 (波長 330-400 $\mu\mu$)，趨撲極多。如光波長度增長至紫色時，誘蛾之效力銳減。在紫色以上，誘蛾效率呈減低之趨勢，波長 640 $\mu\mu$ 以上之燈光，誘蛾之效力極低 (Kaburzi, 1938)。

在田野間，昆蟲對於色之反應，曾經實驗者，如 Lloyd 氏(1921)謂粉蠹 (Asterochiton vaporariorum) 對於黃色吸引頗大，Peterson 氏(1928)測得東方果蛾與蘋果蠹蛾，對於藍紫及青色燈光，趨撲極強，黃與橘色較弱，紅光則無反應，綠色而無藍光線混雜者，亦無誘蛾效力。蘋果蠹蛾對於藍、青、紫等之趨撲力，較東方果蛾爲強。Folsom and Bondy 氏(1930)謂用磷酸鈣 (calcium arsenate) 噴射於棉上，以殺棉捲葉蟲。同時，引起棉蚜蟲 (Aphis gossypae) 發生之劇增。考其原因頗多，但因有翅之棉蚜，對於棉上所噴之白色磷酸鈣，爲正趨性，致能引其羣集，其他白色之粉末，如碳酸鈣 (calcium carbonate)，澱粉、麵粉等，對於棉蚜，亦起相同之反應。

用燈誘蟲，有人謂並無實效，Cook 氏(1938)報告在誘蟲燈下歷年所得蟲之多少，不足以代表某種昆蟲在田野發生密度之增減。Harukawa, Takato, and Kumashiro 氏(1935)對於水稻三化螟蟲之

發蛾，與田野幼蟲密度之關係，測驗頗多。在誘蟲燈下，所得之蛾數雖不多，但田野間幼蟲之繁殖極為猖獗，氏云燈下所得之蛾數，不能與田野幼蟲成比例。如欲知螟蟲之繁殖數，須視稻莖內所存幼蟲之多少而定。Herrey and Palm 氏(1935)謂用燈誘蛾，可測驗昆蟲飛翔之習性及與天氣之關係，但撲燈之昆蟲只為自然界內之一小部分。

平常我人如遇昆蟲在大發生年，用燈光誘殺，所得之數，常驚人聽聞。在長江下游，水稻三化螟猖獗之年，當發蛾最盛期內，每燈下可得蛾 3000 個以上。四川省南充等縣，桑樹上所發生之金龜子，五月初成蟲發生時期，如用燈捕捉，每晚可得 1 斗左右。Sanders and Fracker 兩氏(1916)報告，於 1914 年之 5, 6 兩月，在一地用燈誘殺金龜子科內 *Lachnosterna* 屬之成蟲，得 400, 000 個。同時，在其他五處點燈 40 盞，誘得成蟲 10, 360, 400 個，就中雄者較雌者為多。Collins and Nixin 氏(1930)測得一種捲葉蛾 (*Eucosma ocellana* Schiff) 在蘋果園內之不點燈區較點燈區多 2-3 倍。由此，可知點燈誘蟲，收效亦屬不少。惟當某種昆蟲猖獗之年，如成蟲有撲燈性者，利用本法驅除時，在 1 畝或 1 平方米內，誘殺若干數目，方可見效。此又須從寄主植物數與昆蟲繁殖數之比例上而研究之，有時昆蟲繁殖密度達最高時，誘蟲燈下所得之蟲數雖多，但仍未達有效殺蟲之數目，更不能以誘殺之蟲數而推算寄主植物增收之數量也。

第五節 其他趨性之利用

有多數昆蟲，在休息之時，須與物相緊接，或即稱曰趨觸性

(thigmototropism), 害松之松毛蟲(*Dendrolimus spectabilis*), 寄生於桑樹上之尺蠖(*Hemerophia atrilineata*), 以及害白楊、柳之天社蛾(*Melalopha anachoreta*), 在夏秋兩季, 其幼蟲常往來於樹幹部, 尋覓裂隙處或疏鬆之樹皮下化蛹, 或行過冬。有時成蟲亦有此習性, 藉以求適當之產卵地。因此, 在果樹園或森林內, 於夏秋兩季, 如束草於樹幹部, 藉使昆蟲產卵, 化蛹(夏)或過冬(秋末)於其間, 吾人可按時收集殺之。

寄生於吾國西部樺樹之樺蠶(*Phalera angustipennis*), 其成熟幼蟲於夏季自枝頂沿樹幹向地蠕行, 入土化蛹。在油桐上有若干種刺蛾之幼蟲, 亦有此習性, 或即稱為趨地性。如在樹幹部塗以黏膠, 即可阻殺此等害蟲。

參 考 文 獻

1. Ainslie, Ges. C. 1917. Crambid Moth and Light. Jour. Econ Ent. Vol. 10: 114-123.
2. Anderson, A. L. 1932. Sensitivity of Tarsi to Sugars in Lepidoptera. J. Exp. Zool., 63, 235-259.
3. Bogush, P. P. 1936. Some Results of a Study of Insects by Means of Light Traps in Central Asia. Bull. Entom. Research. pp. 377-380.
4. Bruno Götz. 1939. Further Experiments on Control of Vine Moths with the Help of Sex Scents. Anz. Schadlingskunde 15. 109-14. (Rev. by Chemical Abstract)

5. Carruth, L. A. and T. W. Kerr. 1937. Reaction of Corn Ear Worm Moth and other Insect Light Traps. Jour. Econ. Ent. 30 (2) 297-305.
6. Chevirew, I. 1913. Relation Between Size of Host and Sex in Ichneumonidae. C. R. Soc. Biol. 74, 695-9.
7. Colling, D. L., and Wm. Machads. 1937. Effects of Light Traps on a Codling Moth Infestation. A consideration of 4 Years Data. Jour. Econ. Ent. 30(3). 422-418.
8. Congdoan, E. D. 1907. The Effect of Temperature on the Migration of the Retinal Pigments in Decapod Crustaceans. Jour. Exper. Zool. 14:539.
9. Cook, W. C. 1928. Light Trap as Indicators of Cutworm Moth Population. Can. Ent. 60:103-109.
10. Duggar, B. M. 1936. Biological Effects of Radiation. Vol 1. pp. 1-676. Vol. 2, pp. 677-1343. Mc Graw Hill Co.
11. Elmore, J. C., and C. H. Richardson. 1936. Toxic Action of Formaldehyde on the Adult House Fly, *M. domestica*, L. Jour. Econ. Ent. 29,(2):426-433.
12. Eltringham, H. 1918. Butterfly Vision. Trans. Ent. Soc. London. (July)p 1-4.
13. Garman, P., and J. C. Schread. 1931. Importance of the Sex Ratio in Oriental Fruit Moth Parasite Breeding. Ann. Entom. Soc. Amer. Vol. XXIV. pp. 424-426.

14. Granovsky, A. A. 1935. Phyllophaga at Light. Abstract in Ann. of program. Amer. Ass. Econ. Entomologists. Jour, Eco. Ent. Dec.
15. Hamilton, D. W. and L. F. Steiner. 1939. Light Traps and Codling Moth Control. Jour. Econ. Ent., 32, No. 6. pp. 867-872.
16. Haslinger, F. 1935. Sense of Taste and Utilization of Sugar in Calliphora. Dipt. Z. Vergl. Physiol., 22, 614-640.
17. Hervey, G. E. P. and C. E. Palm. 1935. A Preliminary Report on the Response of the European Corn Borer to Light. Jour. Econ. Ent. Vol. 28:670-675.
18. Hora, S. L. 1927. Lunar Periodicity in the Reproduction of Insects. J. Proc. Asiat. Soc. Bengal (N. S.) 23: 339-341.
19. Hutchins, R. C. 1940. Insect Activity at a Light Trap Various Periods of the Night. Jour. Econ. Ent., 33, No. 4, pp. 654-657.
20. Imms, A. C. 1937. Recent Advances in Entomology chap. V, VI. J. and A Churchill, London.
21. Kaburarki, T. and A. Kameto. 1929. Attraction of Rice Borer Moth to Lights at Different Periods. Jour. Coll. Agric. Tokyo University, 10:151-158.
22. Kunze, G. 1933. Sense of Taste Antennae of Honey Bee, and Palps of Liogryllus etc. Zool. Jahrb., Physiol., 52,

465-512.

23. Loeb, J. 1918. Forced Movement, Tropisms and Animal Conduct. Philadelphia, U. S. A.
24. Mac Nay, C. G. 1939. Studies on Repellents for Biting Flies. The Canadian Entomologist, Vol. LXXI, No. 2.
25. Minnich, D. E. 1929. The Chemical Sensitivity of the Legs of the Blowfly (*Calliphora vomitoria* Lin). to Various Sugars. *Zeitshr. F. Vergl. Physiol.* 11(1) 1-55. 1931. *Jour. Exp. Zool.* LX., 121.
26. Peterson, A. and G. J. Haussler. 1928. Response to the Oriental Peach Moth and Codling Moth to Colored Light. *Ann. Ent. Soc. America.* Vol. XXI, pp. 353-379.
27. Ritter, E. 1936. Sense of Taste and Smell in Hydrous, *Col. Z. vergl. Physiol.*, 23. 543-70.
28. Schaller, A. 1926. Sense of Taste and Smell in *Dytiscus*, *Col. Z. Vergl. Physiol.* 4, 370-468.
29. Schröder, C. 1929. Die Psychischen Fähigkeiten der Insekten, *Handbuch der Entomologie*, Band II, pp. 1029-1293.
30. Seyrig A. 1935. Effect of Size of Host on Sex, *Ichneumonidae Bull. Soc. Ent. Fr.*, 40. 67-70.
31. Stirrett, Geo. M. 1938. A Field Study of the Flight, Oviposition and Establishment Period in the Life Cycle of the European cornborer, *P. nubilalis* Hbn; and the Physical

- Factors Affecting Them. II. (Vol. XVIII, No. 8) III-
(Vol. XVIII, No. 9) Scientific Agriculture (Canada) Vol.
XVIII No. 8, No. 9.
32. Sugiyama, S. 1933. On the Structure of Compound Eyes in
the Rice Borer Moth, *Chilo simplex* Bulter. Proc. Imper.
Acad. IX. No. 8.
33. Weiss, H. B., Soraci, F. A., and Mc Coy, E. E. 1941.
Notes on the Reactions of Certain Insects to Different
Wave-Length of Light. Jour. N. Y. Ent. Soc., 49, No.
1, pp. 1-20.
34. Welsh, J. H. 1930(a). Diurnal Rhythm of the Distal Pig-
ment Cells in the Eyes of Certain Crustaceans. Proc.
Acad. Nat. Sci 16.
35. 1930(b) The Mechanics of Migration of the Distal Pig-
ment Cells in the Eyes of *Palaemonetes*. Jour. Exp. Zool.
56. No. 459.
36. Williams, C. B. 1924. An Improved Light Trap for Inse-
cts. Bull. of Entom. Research. 15. p. 57-60.
37. 1935. The Time of Certain Nocturnal Insects, Chiefly
Lepidoptera as Indicated by a Light Trap. Trans. Royrl
Entomological Soc. London. 83. Dec.
38. 1936. The Influence of Moonlight on the Activity of Cer-
tain Nocturnal Insects, Particularly of the Family Noc-

- tuidae, as Indicated by a Light Trap. Philosophical Transaction of the Royal Society of London, B, No. 539. Vol. 226. pp. 357-389.
39. Yagi, N. 1935. On the Nocturnal Activity of Moth of *Chilo Simplex* Bulter. Jour. Imp. Agric. Exp. Stat, Vol. II. No. 4.
40. 1938. On the Structure and Dioptrics of Compound Eyes of *Chilo simplex* Bulter. Jour. Imp. Agric. Exp. Stat, Vol. III No. 2.

第四章

昆蟲繁殖與溫度溼度之關係

第一節 溫度

一、溫度因子

溫度與昆蟲並非單獨發生關係，在自然界內與光及水汽恆相互牽依。大地上各處溫度之不同，釀成各地之昆蟲相(Fauna)。

考地面熱量，均來自太陽，但地面上溫度之高低，並非僅視所受太陽輻射(solar radiation)熱之多少而定，故地面上之氣候，常分爲二種：即天文氣候(solar climate)及地文氣候(physical climate)。在天文氣候中，述及太陽輻射之多寡，并隨緯度之差數而異。在地文氣候上，溫度之高低，除受太陽之輻射外，又因離海之遠近，拔海之高低，及地面之性狀等而不同。故即在同一緯度，同一時間內，所受之日射可同，而該地域之大氣溫度，未必盡同也。大約言之，離海愈近之地，溫度之變化，愈趨和緩，頗有冬暖夏涼，四時皆春之概。但離海愈遠，冬有嚴寒，夏有酷暑，全年最高最低溫度之相差頗甚。再就拔海之高度言，則大凡拔海愈高，溫度平均愈低，同時，溫度之變化，亦愈小，頗有類於海洋氣候之性質。關於地面性質方面，則凡草木繁

茂之區，溫度之變化頗為和緩，但在赤裸之沙漠則反是。此種地文氣候之特殊，與昆蟲生活之關係，較天文氣候更為切要。

昆蟲在不同溫度下之生活，有顯著之差異，故本處宜先討論昆蟲之發育、繁殖與溫度所發生之關係。

二、昆蟲之發育與溫度

昆蟲在各種溫度下之發育速力，顯有遲速之別，過高過低，均能限制其活動。即其代謝作用之速率、生殖及習性等，亦大多被其控制。茲將各級溫度與昆蟲發生之關係，列之如下：

(1) 致死高溫區 (zone of fatal high temperature) 在活動溫度區之上，為致死高溫區。昆蟲在此溫度區內，經若干時(因溫度不同而異)後，即因溫度過高，體液凝固而死，在本溫度區內之最高致死溫度(maximum fatal temperature)處，昆蟲遇之，立即死亡。

(2) 不活動溫度區 (zone of inactivity) 在有效溫度區內之最高有效溫度(maximum effective temperature)上，稱為不活動區。昆蟲在此溫度區內，恆呈熱眠狀態(heat dormancy)，但一遇適宜溫度，即能復甦。

(3) 有效溫度區 (zone of effective temperature) 昆蟲在此區內，生活作用極為活動，由有效溫度區而下，溫度降至最低有效溫度(minimum effective temperature)處，昆蟲之新陳代謝雖呈平衡狀態，但其造成作用(anabolism)過於消耗作用(catabolism)，故生物仍能微微發育，生機並不完全停止，此點常稱發育開始點(threshold of development)，或稱臨界低溫點(critical cold point)，或稱

發育零點 (development zero). 昆蟲在何種溫度為其發育開始點, 須經長時期精確之試驗, 始可決定。

(4) 不活動溫度區 (zone of inactivity) 在有效溫度區內之最低有效溫度下, 為不活動溫度區. 昆蟲在此區, 恆呈冷眠 (cold dormancy) 狀態, 但一遇溫暖, 能即復甦。

(5) 致死低溫區 (zone of fatal low temperature) 在不活動溫度區之下, 為致死低溫區, 昆蟲在此區經若干時後, 即因過冷而凍死. 在本溫度區內之最低致死溫度 (minimum fatal temperature) 處, 昆蟲遇之, 立即凍死。

在有效溫度區內, 更有最適溫度區 (optimum range). 昆蟲在此段溫度內, 大多數完成其正常之發育, 但不與昆蟲壽命之長短相符合。

關於溫度與昆蟲發育之影響, 除上錄之各級溫度外, 尚有其他相似之名稱. 如 Bachmetjew 等氏稱: (1) 絕對最低致死溫度 (absolute minimum fatal temperature), (2) 低溫致死區 (zone of low fatal temperature), (3) 有效溫度 (effective temperature) 昆蟲在該點溫度, 行新陳代謝, 或發育開始. (4) 漸次適宜溫度區 (zone of increasingly favorable temperature), (5) 最適溫度 (optimum temperature), (6) 漸次不適溫度區 (zone of decreasingly favorable temperature), (7) 不活動溫度區, (8) 致死高溫度, (9) 絕對致死高溫度 (absolute maximum fatal temperature), 此外尚有其他相類之名稱, 本書不再摘錄. Rivney 氏 (1935) 在各種溫度下, 試驗一種花蟲 (*Heliothrips haemorrhoidalis*) 之發育率與繁殖率, 其結果如下

(在埃及試驗結果):

溫度(C.)	花蠶在各級溫度下之生活狀況。
46	近於高溫致死。
41-45	高溫昏厥,花蠶昏迷於試管內。
34-40	溫度太高,花蠶急覓隙蔽之所而趨避。
29-33.5	活動遲鈍,發育與繁殖均見延遲。
26-28	花蠶發育與繁殖之最適範圍。
16-25	活動與繁殖速率均見遲緩。
15	活動停止,發育與繁殖之進行速率極低。
11-12	繁殖停止。
6	開始凍僵,祇有觸角微動。
3-4	凍僵,受凍花蠶自此種低溫內移出後,約三十分鐘始可復醒。

(錄自 Rivney, E. Bull. Ent. Reserch. Vol. 26. pp. 267-277 1935)

關於生物發育與溫度之關係,自來研究者頗不乏人。Reaumur 氏(1735)首倡“生物受熱總量後,對於生長上之影響,呈一常數”。氏假定水之冰點為植物之發育開始點,德國物侯學家 Von Cettin-
gen 氏(1879)首先解釋溫度與生物生長增速率之指數,呈一直線而
進行。氏即引用發育開始點一名詞,Reibisch 氏(1902)等研究魚卵
與溫度之關係,得發育曲線為一雙曲線(hyperbola),對於常溫(K
之計算法如下:

$$y = (x - a) = K$$

$x =$ 溫度, $y =$ 時間.

Blunck-Bodenheimer 等氏, 即應用此理, 以研究昆蟲在一定溫度下之發育狀況, 并用下列算式,

$$(V - C)t = K \quad (\text{H. Blunck, Zeitschr. Wiss. Zool., Bd. 121, S. 171-1923})$$

$K =$ 昆蟲在某一種定溫內, 發育完成所需之總積溫, 亦稱為總積溫律 (law of total effective temperature), Blunck 氏之公式, 後人應用頗多, 現改用下列各字母, 而計算 K 及其他值如下:

$D =$ 昆蟲在某溫度下發育之日數 (duration of developpe),

$T =$ 昆蟲發育期內之某溫度,

$C =$ 發育開始點 (或稱發育零度),

$T - C =$ 平均有效溫度;

$$D(T - C) = K \quad (\text{或稱常數或稱有效積溫}) \quad (1)$$

上公式內, 所列“昆蟲發育日數”乘“有效溫度”(昆蟲發育之溫度減發育零度)之答數, 為一常數. 此常數或代表若干溫度小時 (degree-hours) 或為若干溫度日數 (degree-days), 視試驗時所用之單位而定. 此種溫度時間單位 (temperature-time unites) 之總數, 稱為熱常數 (thermol constant). 由上列公式, 可知昆蟲之發育期與溫度呈反比例, 如:

$$D = \frac{K}{T - C} \quad (2)$$

如已知昆蟲發育時，上列之各值，如 K, D, C ，則 T 值可得如下：

$$T = \frac{K}{D} + C \quad (3)$$

設從實驗中，得到曲線之兩點，則可利用上公式，以計算某種害蟲。在兩點不同溫度下，所需之時日及發育開始點 C 。

d = 別一發育日數，

t = 發育期內之別一溫度，

因

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

$$d = (t - c) = k,$$

$$DT - DC = dt - dc,$$

$$DT - dt = Dc - dc,$$

$$DT - dt = c(D - d),$$

$$C = \frac{DT - dt}{D - d}. \quad (4)$$

Bodenheimer 氏(1926)應用上述理論，在歐洲試測地中海果蠅 (*Ceratitis capitata* Wied)，於溫度 26.0°C 下，須 20 日，發育始克完成。在 19.5°C 下，則須 41.7 日。其發育開始點(C)為 13.5°C 。有効積溫為 250，則其

$$D = 20, T = 26^{\circ}\text{C}, C = 13.5^{\circ}\text{C}, K = 250.$$

$$d = \frac{250}{26 - 13.5} = 20 \text{ 日},$$

$$T = \frac{250}{20} + 13.5 = 26^{\circ}\text{C}.$$

該蠅在意大利及境香山兩處所測得之發育開始點爲 9.3°C 。Grünberg 氏 (1938) 在埃及及巴力士坦 (Palestine) 試得該蠅發育上之 $C = 9^{\circ}\text{C}$ 。本種蠅在該地冬季，發育一化，(十一月中旬至二月二十五日) 須 100 日，總積溫爲 1353°C ，平均溫度 = 13.5°C 。夏季一化須 30 日，總積溫爲 730°C ，平均溫度 = 24.3°C 。

根據第(4)計算式， C 之值如下：

$$100(13.5 - C) = 30(24.3 - C),$$

$$1353 - 100C = 730 - 30C,$$

$$1353 - 730 = 70C,$$

$$C = \frac{1353 - 730}{70} = 9.$$

又例如一種衣虫 (*Tineola biselliella* Hum) 之發育狀況，在 30°C 下，估時 46 日， 20°C 下，估時 95 日。 $K = 893$ 時度。

$C = 10.6^{\circ}\text{C}$ ，則 $D = 46$ ， $T = 30^{\circ}\text{C}$ ， $d = 95$ ， $t = 20^{\circ}\text{C}$ 。

$$C = \frac{(95 \times 20) - (46 \times 30)}{95 - 46} = 10.6^{\circ}\text{C}.$$

棉紅鈴蟲 (*Gelethia gossypiella*) 之幼蟲，在 23.1°C 下，須 27 日， 24.8°C 下須 37 日，方可成熟化蛹。則 $C = 15.9^{\circ}\text{C}$ ， $K = 329.2$ 。

由多數實驗之結果，上述之計算式，在下列各條件下行之，所得結果，頗爲正確。但同時須無其他因子(如光、水溼、風等)之擾亂，如：

1. 祇能在適溫區附近(或上或下)之有效溫度界限內行之。
2. 如在實驗室內舉行本公式之試驗，則須免除空氣流通與雨

水之擾亂。此外，對於氣壓及空中溼氣，又須加以控制。

依上列公式(1)所得之曲線，乃示昆蟲在一定溫度下，發育所需之日期。在有效溫度區內，所得之各溫度，若用圖繪之，乃成一正雙曲線(equilateral hyperbola)，即在此雙曲線上之無論何點，均為常數。同時，在此正雙曲線上之逆數(reciprocal)為一直線，其意即云若時間因子(time factors)之逆數值，依照溫度值(temperature factor)而布點於圖上。將各點連成一線，即為一直線(第一〇、一二圖)(呈溫度愈高發育愈速愈增之趨勢)。此種速度曲線，稱之為昆蟲某期之發育相對速度(relative velocity of development)，或簡稱曰速度溫度曲線(rate temperature curve)。在論理上觀之，亦復相同，因速度曲線與溫度軸相交之點，乃趨近於發育開始點。

上列所述昆蟲在各級溫度下，所發生之發育速度曲線理論 Krough 氏(1914)曾用下列公式表示，以示溫度之上昇與昆蟲發育速度之增加比例。

$$V_{t+1^{\circ}} = V_t + K,$$

或

$$V_{t+10^{\circ}} = V_t + K10,$$

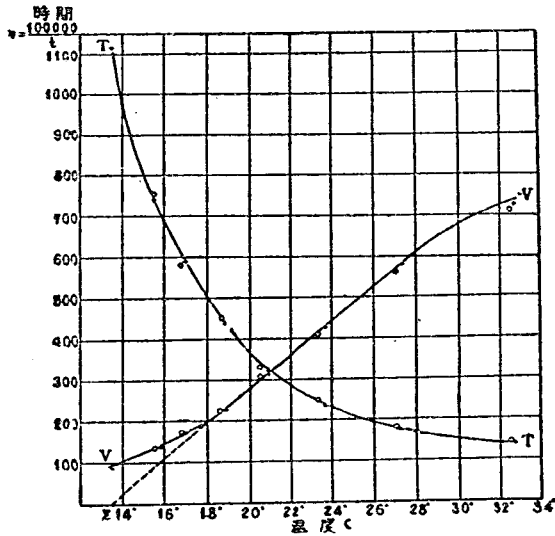
V = 在任何溫度下之發育速率。

K = 速率之增加，

K_{10} = 在 10°C 時速率之增加。

由上式所得之結果，如溫度之上昇與速率之增加，呈正比例；換言之，即在某種溫度範圍內，每增加溫度 1°C ，其所得發育速率之增速均相同，此種關係與上述雙曲線之現象相同。據 Krough 氏(1914)

謂，昆蟲之速度曲線，在各級恆溫下，所得之結果，並不完全呈一直線，如溫度超出直線溫度範圍之外，則在低溫下時，曲線向上方昇高；在高溫下，則向下方傾落（如第一〇圖）。因此所成之曲線，略成 S 形狀（所成直線之範圍頗狹），而其發育開始點，雖與真正發育點相接近，但較論理線(theoretical line)稍高。在高溫內，則較論理線為低（在高溫下發育速度較理論為遲緩）。



第一〇圖 一種偽步形蟲(Tenebrio molitor)之蛹期長短與溫度之關係：
 x ，實測值， 0 ，計算值， z ，理論上之發育開始點 $T-T$ ，溫度時間曲線； $V-V$ ，發育反應速率曲線；直線示在各種溫度下所得之實測值；點線代表理論的速率曲線 發育總積溫為 2700 ；在各溫度下，測得之各值如第十四表所示

與上列作相類之實驗者，有 Reibich (1902) Sanderson and Peaires (1913) Shelford 等氏。其所得結果與 Krough 氏之理論相同。故 Krough 氏之理論，頗為多數生物學家所採用。

第一四表 一種偽步行蟲在各溫度下之發育值

溫度 (C)	蛹期之實測值(時間)	計算(時間)	相差 %
27.25	172.5	172.8	+0.17
23.65	234.1	234.1	0.00
20.9	320.0	318.6	-0.44
18.8	430.6	440.0	-0.09

(錄自 Krough 氏, 1914).

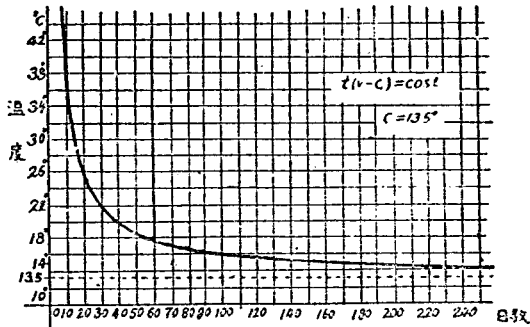
茲再將 Bodenheimer 氏 (1926) 所試得地中海果蠅在各級溫度下之發育數值，錄之如下：

第一五表 地中海果蠅之發育指數

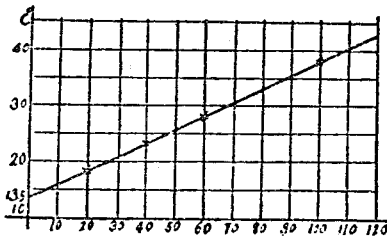
(錄自 Bodenheimer 氏)

溫 度		發育時期 (H) T	發育指數 $\frac{100}{T}$
觀察溫度	有效溫度		
43.5	30	8.3	0.120
38.5	25	10	0.100
33.5	20	12.5	0.080
28.5	15	16.6	0.060
23.5	10	25.0	0.040
18.5	5	50	0.020
16.5	3	83.3	0.012

根據第一五表內之發育數值，用圖示之，如第一一，一二圖之兩種指線(index line)，此兩線與 Krough 氏所試得之結果相同。惟在發育速率線之兩端，尚未呈彎曲形傾斜。



第一一圖 根據熱常數理論 (thermal constant theory) 以測算地中海果蠅在各級溫度下之發育時期，由雙曲線示之 (錄自 Bodenheimer 氏, 1925)。



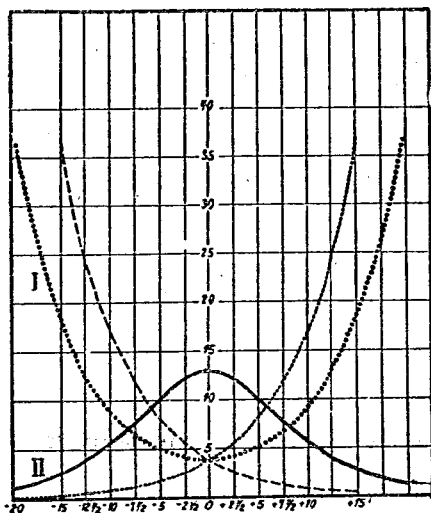
第一二圖 地中海果蠅在各級溫度下之發育速率線，為第一一圖雙曲線之逆數 (錄自 Bodenheimer 氏, 1925)。

類於此種研究，近年昆蟲學家舉行頗多。如 Ulyett 氏 (1936) 在

英國研究一種松鋸蜂 (*Diprion sertifer*) 之寄生蜂 (*Microplectron fuscipennis* Zett), 在溫度 15-40°C 間, 產卵期之長短, 及卵期在溫度 10-40°C 間之久暫, 其進行亦呈雙曲線, 而該蜂卵之發育開始點 (C) 近於 8.3°C.

Ahamd 氏(1937)在非洲試得遷移蝗 (*Locusta migratoria*) 之發育開始點為 17°C, 此種溫度在非洲極為平常, 故在較冷之地, 則遷移蝗不易繁殖. 一種金蠅 (*C. erythrocephola*) 之發育開始點極低 (30°C, 似為適生於較冷地之種類. 同時, 氣溫高至 30°C 以上時, 則金蠅之死亡率增高, 而 33°C 為其高溫生命限止線. 但從遷移蝗發育上觀之, 33°C 為其發育適宜之溫度. 非洲夏季溫度高而長, 不適於金蠅之繁殖, 故金蠅在該地為數極少. 此兩種昆蟲之發育與溫度所發生之關係, 亦為一雙曲線圖.

近年學者對於溫度與昆蟲發育率之研究, 為數極多, 所得結果, 常不如上列所云在某種範圍內之呈直線現象, 因此難以上述之生長曲線, 及算學公式而解釋其所得之結果. 由是指數函數曲線 (exponential function), 垂曲線 (catenary), 不對稱曲線 (asymmetrical hyperbola), 拋物線 (parabola), 對數曲線 (logarithmic curve), 及立體拋物線 (cubic parabola) 等, 先後為各家所採用, 以解釋其試驗之結果. Janisch 氏 (1927, 1932) 試驗麵粉蛾在高溫及低溫之寬廣溫度範圍內的發育現象, 所用指數曲線 (如第一三圖), 或稱曰對稱垂曲線 (symmetrical catenary curves) 如圖內曲線 I, 示發育日數, 即溫度愈升, 線愈短, 在 0°C 時為最短, 溫度在 0°C 以上或以下, 則發育日數均見延長. 此與發育曲線 (曲線 II) 成相反之現象, 故在



—— 上昇指數曲線 $y = ma^x$
 - - - 下降指數曲線 $y = \frac{m}{a^x} = ma^{-x}$
 連結線 $y = \frac{m}{2}(a^x + a^{-x})$, (為上兩式相和之半)
 —— 連結線之逆數 $\frac{1}{y} = \frac{2}{m}(a^x + a^{-x})$.
 縱線為時間, 橫線為溫度

第一三圖 Janisch 氏所採用之“對稱垂曲線”(錄自 Janisch 氏 1928)
 0°C 時, 發育速度最大。

曲線 I 如以 0°C 為軸心, 則彼此發生對照之關係, 此種曲線, 可用下式表示之。

$$y = ma^x$$

$$y = ma^{-x}$$

y = 發育日數, x = 溫度,
 m 及 a 為常數。

上兩式各邊相加則得如下式：

$$y = \frac{m}{2}(a^x + a^{-x}), \dots \dots \text{圖中曲線 I.}$$

由上式即可表示曲線 I 之全體此種曲線 Janisch 氏稱為連結線 (kettenlinie) (由 $y = ma^x$ 及 $y = ma^{-x}$ 兩線相連而成, 在連結線之頂端, 與 x 軸心之距離, 可由常數 m 之大小表示之即 m 之最短發育日數, 此可由直接實驗求得之。

常數 a 示曲線之傾斜度, 或稱曰生物學的反應促進常數 (eschleunigung-konstante),

a 之求法如下,

$$y = \frac{m}{2}(a^x + a^{-x}).$$

當溫度極低時, 發育之時間則極延長而成無限; 故 a^{-x} 之值極小因此上公式可簡略如下:

$$y = \frac{m}{2}a^x,$$

$$\text{Log } a = \frac{1}{x}(\text{log } y - \text{log } \frac{m}{2}).$$

其次所謂昆蟲在全部溫度內之發育速度者, 乃為發育日數之逆數即為 $1/y$, 故可用下式示之

$$\frac{1}{y} = \frac{m}{2}(a^x + a^{-x}), \text{圖中曲線 II (即曲線 I 之倒轉).}$$

Janisch 氏之指數曲線, 在生物學上之應用頗廣, 但於昆蟲中亦因種類而受限制 Macrocks 氏 (1932) 研究一種寄生蜂 (*Habrobracon*

juglandis Ashmead) 卵期胚胎發育與溫度之關係,其結果爲一「不對稱垂曲線」(asymmetrical catenary curve)。Lund 氏 (1934) 研究一種卵寄生蜂(*Trichogramma evanescens* Westwood) 之發育,亦爲一垂曲線,根據近年各家試驗之結果,昆蟲發育與溫度之關係、因昆蟲種類之不同而呈差異者,亦爲常事。多數學者對於變曲線說,或熱常論 (thermal constant theory), 仍繼續應用而信仰。但曾爲 Janisch 氏 (1932) 所非議。氏云,雙曲線說在理論上無所根據,蓋生物之發育時期,在某一階級以外,並不因溫度之增加而繼續縮短也。

Kozhantschikov 氏 (1936) 云,動物在某階級發育時期內,所需之溫度總數,並不呈常數,故不能應用一通用公式,而計算動物在某階級內全部之總積溫,須在某發育時期內之各階段,各別計算其溫度,然後方可得一較正確之總積。

以上就單獨一個昆蟲與溫度之關係,在寄主與寄生昆蟲兩者發育與外界溫度之關係,更爲複雜。Glenn 氏 (1909) 研究一種蚜蟲 (*Toxoptera graminum* Rond) 及其寄生蜂 (*Aphidius testaceipes* Cress) 之關係,得寄生蜂成蟲時期之臨界活動點,較寄主爲高,並知寄生蜂幼蟲,當天氣寒冷之季,能在寄主體內長期生活。如寄主遭遇過冷而凍死,則寄生蜂亦隨之而消滅。Phillips 氏 (1912) 云,此種蚜蟲在較低溫度內,仍能活動與產卵,寄生蜂則無此耐寒力也。Headlee 氏 (1914) 更試驗此兩蟲在恆溫內發育狀況,得寄主之理論開始發育點爲 6.5°C , 寄生蜂之理論開始發育點爲 5°C , 即寄生蜂能在較低之溫度下生活。此點與 Glenn 氏在自然界內所得之事實

相符合, Ahmad 氏 (1936) 研究地中海粉蛾 (*Ephestia kühniella* Kellar) 之二變系與寄生蜂 (*Memeritis caescens* Grar) 之關係, 得寄主之開始發育點為 $8-10^{\circ}\text{C}$, 寄生蜂之開始發育點為 $12-15^{\circ}\text{C}$. 如外界溫度降至 15°C 以下, 則寄生蜂對於寄主不發生影響, 類於此種研究, 近年發表者頗不乏人.

三 昆蟲在高溫度與低溫下之致死現象

A. 高溫與昆蟲之關係

昆蟲在高溫下, 不但發育反見遲緩, 並足以妨礙其生理, 如溫度過高, 則昆蟲先呈昏迷狀態, 入後即死. 此種現象, 近年經多人之試測, 所得結果頗多.

1. 昆蟲之致死高溫點 昆蟲之致死高溫點, 因種類而不同, 茲錄各家所試得之結果如下:

第一六表 若干種昆蟲之致死高溫點(摘錄 Uvarov 氏文)

昆 蟲 種 類	溫度 (C)	接觸時間(分)	試 驗 者
豆 象(<i>Bruchus obtectus</i>) 胚子	52°	10	Back Duckett (1918)
初孵化之幼蟲	55°	20	
老熟幼蟲	55°	20	
蛹	55°	25	
成 蟲	55°		
穀 象(<i>Calandra granaria</i>) 成蟲	$47.8^{\circ}-48.9^{\circ}$	60	Dendy and Elkington (1920)
米 象(<i>C. oryzae</i>) 成蟲	$47.8^{\circ}-48.9^{\circ}$	60	
穀象之一種(<i>Sitophilus granaris</i>) 成蟲	48.9°	3	
穀 蠹(<i>Rhizopertha dominica</i>) 成蟲	62.8°	5	Yoka Yama (1927)
粉 甲 蟲(<i>Tribolium ferrugineum</i>) 成蟲	50.0°	70	
蠹 肉 蟲(<i>Dermestes coarctatus</i>) 成蟲	45.0°	60	Gortner (1913)
偽步行蟲(<i>Tenebrio molitor</i>) 幼蟲	$41.5-42^{\circ}$	$3\frac{1}{2}$ 時	

由第一六表所錄，可知昆蟲對於高溫之抵抗力，各有不同但大多在 50°C 左右。

同種昆蟲，各時期對於高溫之抵抗力，亦不相同，茲以麵粉甲蟲為例，如第一七表所示：

第一七表 麵粉甲蟲 (*T. confusam*) 各時期在不同溫度下之致死時間
(錄自 Oosthuizen 氏, 1915)

溫 度	死 亡 時 期 之 時 數			
	卵	幼 蟲	蛹	成 蟲
44°	14.0時	10.0時	20.0時	7時
46°	1.2時	1.0時	1.5時	1.2時
48°		8.0分	12.5分	2.6分
50°		4.7分	4.5分	4.9分

(溫度 44—46° 時，溼度為 77%，其餘溼度均未加控制)

利用高溫以殺害蟲，為例頗多，凡倉庫或儲藏室內，如加熱至 62.8°C，為時五分鐘，則所有之害蟲，均可消滅。若溫度降落至 49-52°C 為時須延長 10-12 小時，方可將此種室內害蟲殺死。Barber 氏(1929)試驗玉米螟 (*Pyrausta nubilalis*) 生活于穗內時，如曝露于 54°C 之高溫下，為時 15 分鐘即死。但幼蟲如在玉米穗軸內，則在 50°C 下，須 8 小時方死。(Barber, 1929, U. S. D. A. Circ. 71).

在溫帶內，當夏季日光強烈時，田野間常有不少昆蟲因而熱死，更以卵期為然。因此有若干種昆蟲，一入盛夏，繁殖驟形減少。如菜白蝶 (*P. rapae*) 成蟲，在巴力士坦夏季所產之卵，大多不能耐高熱而

死。切根蟲 (*A. ypsilon*) 在重慶至六月以後，繁殖忽形劇減，蓋其第二代之幼蟲不能耐受土中高溫，(重慶土溫在六月後，常在 43°C 以上)，大多歸于死滅。我人如欲探測一地昆蟲因夏季高溫而死亡，或遏制其繁殖之現象，須注意昆蟲之致死高溫及一地夏季各月之最高溫度，每月之平均溫度，不足依據也。

昆蟲在高溫下致死之原因頗多，有人解釋，係由于細胞內蛋白質之凝固。Heilbrum 氏 (1928) 謂高溫對於多數動物之影響，最初為體內類脂質 (lipcids) 之液化 (liquefaction)，入後更行凝結。Mayer 氏 (1917) 謂動物之熱死，由于窒息所致，即在高溫下發生過多二氧化碳之謂。Harvey 氏 (1911) 觀察水母，(*Medusa cassiopa*) 在高溫下致死之原因，係由于與神經傳遞有關係之若干種酵素，因熱而死，致神經傳遞之速率，驟然降落。Gortner 氏 (1929) 謂動物在高熱下，體內酵素之吸着 (enzymatic adsorption)，為之遲緩，而隨從之化學反應，則行加速 (平常動物體內在酵素作用之後，即隨以化學反應)。Oosthuizen 氏 (1935) 試驗粉甲蟲 (*T. confusum*) 在高溫下死亡之後，發現腸壁上現有黑斑，氏推測此乃昆蟲受高熱之後，腸內消化酵素之活動驟然停止，因此一切正常之物理或化學作用，均不能繼續進行。Mellanby 氏 (1932) 謂昆蟲熱死之原因，由于內部之反應，由此所成之產生物，在高溫下一時不易消失氏曾發現金蠅 (*Lucilia*) 之成蟲及害穀偽步行蟲 (*Tenebrio*) 之幼蟲，于 45°C 下熱死後，體內之乳酸 (lactic acid) 量為之增加云。

2. 昆蟲之致死高溫與溼度之關係 昆蟲對於高溫之抵抗，同時又因溼度之高低，影響其致死時間，或致死高溫點。蓋蟲體之蒸

發、乾燥、吸水等與其生理有密切之關係也。一般昆蟲之吸收熱度與體軀之面積成比例，由蒸發而減低熱度，則與所蒸發水分之體積成比例。凡蟲體愈小，則體積與面積之比亦愈小，若蟲體過小，則須蒸發其體軀內多倍之水分，方可降低其體溫。因此多數小形昆蟲（如體蝨 *Pediculus*，跳蚤 *Xenopsylla*，或金蠅 *Lucilia* 之幼蟲），在其致死高溫下（為時一小時），溼度之高低無所影響。如偽步行蟲 (*Tenebrio molitor*) 之幼蟲頗小，在各種溼度下，其致死高溫均為 42°C 。但其幼蟲之體重，超過100毫克(mg)者，則雖在乾燥空氣下，仍能抵抗 43°C 之高溫，蓋此等幼蟲能因體內水份之蒸發而減低其體溫也。

昆蟲在乾熱之環境，如為時過久，則因其過度之蒸發而致乾死 (Melland, 1932)。故有許多昆蟲在高溫而潤溼之空氣下，其生存日期較在乾燥下者為久。如蚌蟻在潤溼空氣內，能抵抗溫度 $37-39^{\circ}\text{C}$ 但在乾燥空氣下，則其忍受之溫度為 $34-36^{\circ}\text{C}$ (生存24小時後即死)。適生於非洲溼熱區內之刺刺蠅，在溫度 33°C 下，如空氣溼潤，則其生活時間，較之在乾燥境內者延長12倍 (Renboud, 1909)。Oosthuizen 氏 (1935) 謂乾熱殺麵粉甲蟲 (*T. confusum*) 之効力，較在溼境內 (75% R.H) 更見効果，有若干類昆蟲體軀內之水分，不易蒸發，則外界溼度之大小，與其致死高溫，無所影響。如偽步行蟲 (*T. molitor*) 之幼蟲在相對溼度 0-90% 下，均能抵抗 38.5°C 之高溫。跳蚤 (*Xenopsylla*) 之成蟲，在溼度 0-90% 下，致死高溫均為 38°C 。人蚤 (*Pediculus*) 在溼度 90% 下，致死溫度為 38°C ，在溼度 0% 下，則為 33°C 。

有若干種昆蟲，可自大氣內吸取充分之水分，致體內之水量為之增加 (Buxton 氏 1932)。此或為昆蟲在溼熱空氣下，致死之重要原

因。如豌豆象在溼熱下，較之在乾燥下易死，即爲是因 (Leadlee, 1916)。普通各種昆蟲，其致死高溫各有其相依之溼度，如墨西哥豆象在溫度 38.5-41.5°C 相對溼度 60% 以下及 80% 以上，均爲其致死之境界 (Miller, 1930)。吾人可依據此種試驗結果，而繪成一種「昆蟲之死亡，溫溼界限圖」(thermohygrogram of mortality)，以示昆蟲在各溫溼度界內死亡率之大小，對於害蟲之防治有莫大之便利。

B. 低溫與昆蟲之關係

關於昆蟲與極低溫度之關係，自來研究者較多于在極高溫度下所發生之現象。

1. 昆蟲之致死低溫與致死時間 低溫爲自然界內殺蟲因子之一，在溫帶中，更爲重要。華北華中倉庫內之積穀，在冬季嚴寒時，或曝露數日，或將倉庫開放，使溫度低落，對於害蟲之掃除，極有裨益。田野害蟲遭受冬季低溫而死者，爲常見之事，有多數昆蟲不能猖獗于華北或華中之原因，亦係受冬季低溫之限制。

各種昆蟲對於低溫之抵抗力，各有不同。鑽木幹蟲及生活於樹皮下之各種甲蟲，大多能安然度過嚴寒之冬季，多種習生於溫暖區或熱帶，亞熱帶內之昆蟲，祇能蛰伏于溫和之冬季，而大多數之積殺害蟲，平常生活於倉庫內，因此其抗寒力較弱，第一八表爲七種昆蟲之致死低溫。

第一八表 七種昆蟲之致死低溫

致 死 低 溫 (C)	時 間 (小 時)
粉甲蟲 (<i>T. confusum</i>)	-6。
蠶繭卵	-3)°

家雞卵	-32°	
穀象 (S. granarius)	-17°	1.50
米象 (S. oryzae)	-12°	3.50
家蠅	-12	0.05 (5分鐘)
蚤蝨	-0.3°	0.10 (50分鐘)

昆蟲致死之低溫度，雖因其種類而異，但同時與其曝露于低溫下時間之長短，有密切關係。有時溫度不甚低落，但因昆蟲在此種境遇下，為時太久，亦足以致其死命。Hase 氏 (1930) 曾試驗床蝨 (Cimex lectularis) 之卵，在溫度 2°C 內，為時長短不一。然後再移入 25°C 之溫暖器內，卵之死亡率，如第一九表所示。

第一九表 牀蝨卵在溫度 2°C 內之死亡率 (錄自 Hase 氏, 1930)

曝露日數	孵出之幼蝨數 %	幼蝨雖經發育但未化出者 %	未發育之卵 %
10	81.0	3.3	16.6
15	63.6	10.0	23.3
20	56.6	20.0	43.3
25	26.0	10.0	64.0
29	12.5	10.4	77.1
35	5.5	2.8	91.6
39	0.0	—	100.0

由第一九表，可知牀蝨卵在低溫 2°C 下，為時愈久，其死亡率愈高。

關於昆蟲在低溫內，時間之長短與生命上發生之影響，Fayne 氏 (1927) 應用「冷量素」(quantity factor of cold) 及「冷度素」

(intensity factor of cold) 兩名詞,以解釋之。如昆蟲在不甚冷之低溫內,能支持較久,但在極低溫度內,雖為時片刻,即生影響。換言之,即昆蟲在低溫下,或過冬時,與所接觸之低溫愈低,其致死之時間愈短。Robinson 氏(1926)試得米象及穀象,在不同低溫下之死亡時期,如第二〇表所示:

第二〇表 米象 (*S. oryza*)及穀象 (*S. granarius*)在各種低溫下凍死之時期 (錄自 Robinson 氏, 1926)

米 象		穀 象	
溫 度 (C)	平均曝露時間(時)	溫 度 (C)	平均曝露時間(時)
7.2°*	350	—	—
1.6°	160	1.6°*	875
-1.1°	98	-1.1°	545
-3.6°	14	-3.6°	160
-12.2°	3 1/2	-12.2°	70
-17.7°	1 1/2	-17.7°	2 1/2

*因低溫而開始凍眠之溫度

由第二〇表,可知穀象之抗寒力較米象為強。Cotton 氏(1921)謂此兩種昆蟲耐寒力之不同,由于分佈地之各異,米象在南方較多,穀象雖為溫暖氣候下之重要積穀害蟲,但亦可分佈于北方。

其次昆蟲各時期(如卵、幼蟲、蛹、成蟲)及各期之成熟程度不同,與耐寒力亦有密切關係。Salt 氏(1936)試驗三種積穀害蟲(*Ephestia kühniella*, *Sitotroger cevealella*, 及 *Attagenus piceus*)之幼蟲,當初孵化而尚未取食時,抗寒力最強。稍食者次之,經久食者

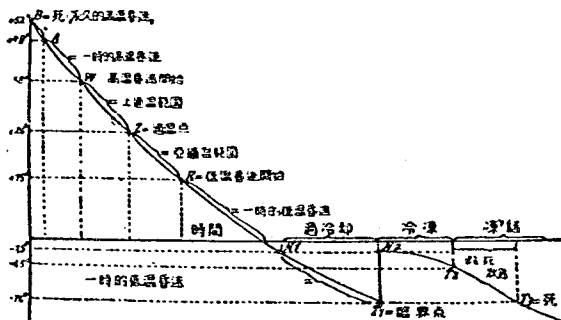
更次之。在鱗翅目內，類此情形爲例頗多。Nagel 氏(1934)試驗麵粉甲蟲 (*T. confusum*) 各時期(卵幼蟲蛹成蟲)與致死低溫之關係，在低溫下 12-18°C，其死亡率爲 50-100%。卵產後，分爲 1-24(小時)，24-48(小時)，48-72(小時)，72-96(小時)，96-120(小時)，120-132(小時)六組不同之成熟期。抗寒力最高者，爲產後 72-96(小時)。幼蟲孵化後，分(a)孵化後 1-12 小時，而尙未取食者；(b)半成長者(第三齡時)；(c)全成長者(第六齡期)。而抗寒力最強者，爲全成長之幼蟲。當麵粉甲蟲在低溫下之死亡率達 50% 時，則成蟲對於低溫 7°C 時之抗寒力，較其他各期爲大。在 -6°C 時，則幼蟲與成蟲之抗寒力相等。在 -12°C 時，卵之抗寒力最大。如死亡率爲 100% 時，則低溫 7°C (曝露時間爲 25 日)爲各期(卵、幼蟲、蛹、成蟲)之致死低溫。如溫度更降落，其凍死時間可縮短至 24 小時。在自然界內，吾人如欲考察一區域內昆蟲因低溫而凍死之現象，須根據一年內最冷月最低溫度之計錄。

由上述各種試驗結果，可知在自然界內，一地經冬之後，各種昆蟲死亡率之差次，非由一單純因子所致，至少有六種原因：如 a. 種類之不同，b. 低溫之差異，c. 同種昆蟲各時期之不同，d. 昆蟲在同時期內成熟程度之不一，e. 過冬昆蟲之體力情形，(有無寄生蜂或寄生菌等之寄生或生長成熟與否等)，f. 昆蟲過冬處環境之不同。

2. 昆蟲在低溫下冰凍之現象 昆蟲在低溫下之生存力如何，亦即所謂昆蟲之耐寒 (cold hardness)。自 1736 年 Réaumur 氏即開始觀察，近年研究者更多。Payne 氏 (1928) 謂日本金龜子 (*Papillia japonica*)。幼蟲遇凍時，組織內之液汁能滲透皮膚之薄處而外出。

如此種體液為氨基酸，(amino acid) 或蛋白質 (proteins) 者，則幼蟲必死。若所透出之液體，全屬水份，則幼蟲仍能生活。此種水份又可重被吸收。氏解釋昆蟲凍死之原因，由於細胞內結冰之後，細胞膜即形破裂。或云因組織內水分突然外溢所致，亦有人認為昆蟲凍死之原因，在低溫內因生聚多量毒質之結果。此種毒質在平常溫度下，大多因內燃作用而消失。

Bachmetjen 氏 (1907) 根據多種昆蟲試驗之結果，謂昆蟲在冬眠時，體溫與環境之溫度相等。若外界溫度驟然低落，昆蟲遭遇第一次過冷點 (undercooling point) 後，體內溫度仍能復回升 (rebound) 至冰點，而昆蟲不死。若再遇外界寒冷之降臨，則昆蟲體溫，必降落至第二過冷點，此時昆蟲必行凍死。氏將此種理論作成第一四圖。



第一四圖 示昆蟲在低溫下之各生命區內之現象 (錄自 (Bachmetjen 氏, 1907)

T_1 = 低溫臨界點 (critical point)

T_2 = 昆蟲之新陳代謝停止點

縱線為溫度，橫線為時間，斜線示溫度隨時間降落之趨向。昆蟲冷至零度下，並不真正結冰，即因這冷，致體液內呈結冰狀態時，亦不致害及其生命。但外界冷度降

至過冷點下時，昆蟲即行冰凍，同時昆蟲體內因結冰而有結晶熱之散放，致使昆蟲體內之溫度，更回升至結冰點(N_2)。昆蟲在此境遇，如無其他不良之刺激，至明年春翌，即能復活。如昆蟲受第一次過冷點(N_1)後，外界低溫繼續降臨，使昆蟲再遇第二次之過冷點(T_2)，則昆蟲必行凍死(T_3)，故第二次過冷點(T_2)為昆蟲之最低致死溫度 (minimum lethal temperature)。

由氏之理論，昆蟲在冬季遇第一次冷後，即有第一次之過冷點，與第一次結冰點 (first freezing point)。再遇第二次之低溫後，即有第二次之過冷 (second undercooling) 與第二次之結冰點。許多昆蟲遭遇第二次之低溫冰點時，始行凍死。此點常在一 40°C 左右，有人解釋此時昆蟲體內之脂肪或神經系，均行凍結也。但近年有許多報告，在自然界內，亦有不少昆蟲經一次低溫之遭遇，即行凍死者 (習生於溫暖區之昆蟲)，此亦因昆蟲種類之不同使然。

多數為害倉庫之害蟲，對於過冷點及結冰點與季節之影響極少，惟其各個體之過冷點與冰結點之限度頗廣。如穀象 (*S. granarius* L.) 成蟲之過冷點由 -6° 至 -14°C ，結冰點由 -2.4° 至 -8°C 。而其他昆蟲在低溫下，大多無此寬大之耐受力也。Saccharov 氏 (1980) 謂昆蟲過冬時，體內水分及脂肪含有量之多少，與耐寒力有密切關係。若昆蟲體內所含之脂肪愈多，其耐寒力較之不含脂肪者為高。平常昆蟲在過冬之前，生理上須先儲藏多量之脂肪 (更以幼蟲過冬者尤為顯著)。同時體內含水量愈少，抗寒力亦愈高。由此可知昆蟲之耐寒，由於體內脂肪之增加，及游離水之減少所致。惟近年 Kozhantchikov 氏 (1939) 報告，昆蟲體內脂肪之多少，與耐寒無甚關係，謂此問題尚須待將來生理上之研究而闡明之。

在自然界內，有若干種昆蟲之耐寒力，或其過冷點與結冰點，能隨季節而變異。Payne 氏(1926)謂鑽食于麻櫟幹內之多數甲蟲，在冬季時，過冷點最高，在夏季最低，如第二一表所示：

第二一表 麻櫟幹內數種甲蟲在二月及七月之過冷點及冰結點（錄自 Payne 氏）

	外界溫度 C	過冷點 C	冰結點 C
二月	-12.6°	-23°	-12.8°
七月	24°	-2°	-0.77°

Hixan and Sooter 氏 (1936) 對於象鼻蟲及長椿象 (*B. leucopertus*) 亦作相同之研究，並得相似之結果。

大凡昆蟲之過冷點，因季節而呈週期性 (periodicity) 之變移者，則在夏季較高，秋季稍降落，冬季最低，至次年春暖時，過冷點復行升高。但此種現象並非所有昆蟲均係如是。氏曾以下列三種昆蟲試驗之結果如次。

1. 麻櫟鑽幹蟲平常能生活于寒冷之氣候下，過冷點呈週期性者，能耐受冬寒。

2. 某種水生昆蟲不能生存于 0°C 下，其平均過冷點為 $1.52^{\circ} \pm 0.3$ 平均結冰點為 0.57 ± 0.03 此兩點在四季內無週期性之變移，因此亦不能耐寒。

3. 倉庫害蟲如為熱帶或亞熱帶性之種類者，則其過冷點無週期性之變移，故亦不能耐寒。其過冷點在 $-4.5^{\circ} \text{---} 6^{\circ} \text{C}$ ，結冰點在 $-2^{\circ} \text{---} 6^{\circ} \text{C}$ 。

昆蟲之耐寒性，呈週期性之強弱者，在春夏時，並無耐寒之能力。此時昆蟲所能耐受最低之第二過冷點，較之在冬季之第二結冰點為高。故此類昆蟲如遇冬眠時節已到，而生理上尚未達完全耐寒 (fully hardened) 之境界，往往遭遇外界第一次之結冰點，即因而凍死。若昆蟲在冬眠境內，生理上已入耐寒之境，則對於外界第一次之結冰低溫點，能抵抗而無危險，但重遇第二次結冰點時，仍不免于凍死也。此外昆蟲之有無疾病，營養狀況，體內乾燥情形等，與耐寒均有關係 (Payne, 1926, 1928)。

Kozhantchikov 氏 (1939) 試驗多種昆蟲 (內有活動及冬眠兩類昆蟲) 之耐寒情形，謂昆蟲在冬眠時，組織內失去相當水分，致其呼吸與體內氧化之進行，密切結合，因此其抗寒力較高，在活動或發育之昆蟲，因體軀各部之氧化酵素 (oxidases) 活動極盛，此時如遇麻醉劑 (如三氯甲烷等) 或低溫，其細胞易遭死亡，致呼吸入于停止狀態。故此類昆蟲之抗寒力，極為薄弱據生理上之測驗，凡具高抗寒力之昆蟲，雖在低溫下，各組織內仍保持相當溫度，稱曰『恆溫級』 (Thermostable part)，故其呼吸，仍能繼續進行。平常昆蟲在過冬期內，所接觸之低溫，與昆蟲體內恆溫級之呼吸，無甚關係，即使體軀上有一部份細胞因過冷而凍死，亦不致影響其全體之生命。若昆蟲體內之恆溫級呼吸 (thermostable respiration) 增高，則其抗寒力亦隨之而加強，如恆溫級呼吸中止，或頗衰弱，則原生質 (protoplasm) 遭受低溫而易結冰，致昆蟲即行凍死。據氏測驗所得，多數昆蟲在冬眠時期中，體內所具恆溫級呼吸之百分率頗高。故稍受冰凍，無損其生命 (氏以過冬之玉米螟幼蟲松毛蟲 *Lasiocampa quercus* L. 及

Croesus septentrionalis, L. 幼蟲試驗所得之結果)。惟昆蟲體內水分散失過多，則能影響於細胞內之恆溫級呼吸，但體內所儲藏脂肪之多少，與恆溫級呼吸及昆蟲耐寒性之強弱，無直接關係云。

3. 昆蟲過冬時之冰凍與體內含水量之關係 上段討論昆蟲耐寒問題時，約略述及昆蟲在低溫下結冰，與體內含水量之關係。近年昆蟲學家對此問題，研究頗多，大多數試驗之結果，昆蟲在冬季耐寒強大時，體中水分較低；耐寒力微弱時，體中之水分較高。耐寒弱之昆蟲，遇第一冰點，即行凍死。同時，具有強大耐寒力之昆蟲，遭遇第二結冰點後，生命始告斷絕。惟此種現象，並非普遍于所有昆蟲，其間因種類而生差異者，為例亦屬不少。Bodine 氏 (1921, 1923) 研究過冬之蝗蟲，驗得將臨過冬時，體內水分漸形減少，至明春復活動後，水分又形增加。Bachmetjew 氏 (1901) 謂昆蟲在低溫下，過冷點 (undercooling point) 之高低，根據於六種原因而異：a. 降冷之速度，即降冷愈速，昆蟲之過冷點愈高；b. 昆蟲發育中之時期與性別；c. 昆蟲之饑餓與飽食；d. 凍冷之回復；e. 受冷時期之長短；f. 體液之係數 (slp coefficient)，所謂體液係數者，即昆蟲於生活時體液 (計其重量) 之百分率，可用下式計得之：

$$q = \frac{M - P}{M}$$

M = 活蟲之總重量， P = 活蟲乾後之重量。

凡昆蟲之體液係數愈小，其在低溫下之過冷點與結冰點愈低。如第二二表所示。

第二二表 一種粉蝶 (*Aporia crataegi*) 成蟲體液係數與過冷點及冰點之關係 (錄自 Bachmetjew 氏)

體液係數	過冷點	結冰點
0.56	-9.2	-1.4
0.58	-7.9	-0.9
0.61	-5.9	-0.8
0.62	-6.2	-0.7

Payne 氏 (1929) 謂昆蟲耐寒力之大小, 與絕對溼度 (absolute humidity) 成正比例, 可由下式表示之 (根據一種毒蛾 *Hemerocampa leucostigma* Smith and Abbot 卵及幼蟲試驗之結果)。

$$T, = K \frac{1}{Ha} \text{ 或爲 } HaT, = K$$

$Ha =$ 蒸氣壓下之絕對溼度 ($m.m.$)

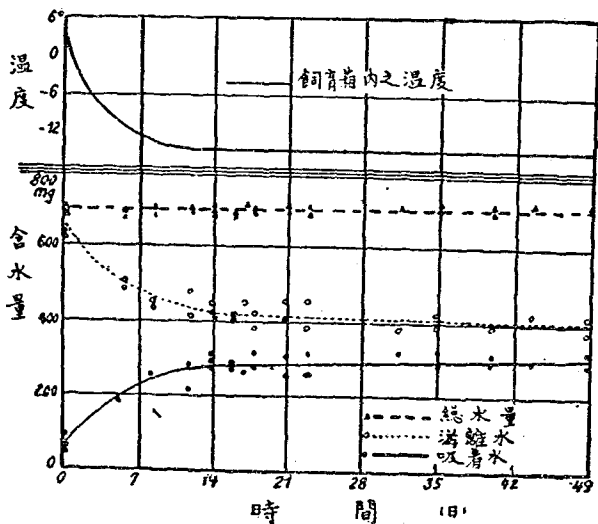
$T, =$ 生存環境之溫度 (c)

$K =$ 常數

即空中絕對溼度之升降, 與毒蛾卵幼蟲耐寒力之大小, 成直線的關係, 氏測得該種毒蛾卵之常數 - 44, 第一齡幼蟲之常數 = 41.8, 第二齡幼蟲之常數 = 37.4, 第三齡幼蟲之常數 23.4。換言之, 即卵抗寒力較強, 而幼蟲之齡數愈增, 抗寒力愈減。同時由高抗寒力卵所孵化出之幼蟲, 其抗寒亦強。Robinson 氏 (1926, 27, 28) 測得若干種昆蟲在低溫下, 體重漸見減輕, 而其過冷點, 反漸次升高。氏從生理上試得昆蟲在漸降之低溫下, 對於低溫之忍受點, 較在急冷下者為低。據氏云昆蟲之耐寒性, 與其組織內吸着水 (boundwater) 與游

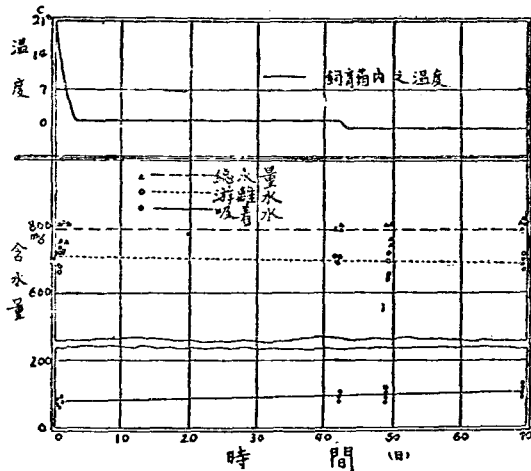
離水 (free water) 之含有率, 有密切關係。在昆蟲原生質及各細胞間之液體中, 含有多數微小之膠質粒子 (colloidal particles) 當溫度落低時, 能吸收水分, 同時, 凡被膠體粒子, 所吸收之水, 並不透入粒子內部, 祇吸着于粒子之周圍, 故失去平常水之作用。此種水即在低溫 -20° 時, 仍不結冰。(過冬昆蟲, 至春暖時, 體內之吸着水, 漸次變為游離水, 結果, 體內濃度漸次降低)。氏根據多種昆蟲耐寒性試驗之結果, 得昆蟲在低溫度下, 吸着水與游離水之關係, 有下列三種現象。

a. 具高耐寒性之昆蟲, 當組織內之游離水減少時, 吸着水即行



第一五圖 天蠶蛾 (*Callosamia promethea*) 之蛹在低溫下組織內吸着水之增加狀況 (錄自 Robinson 氏, 1928)

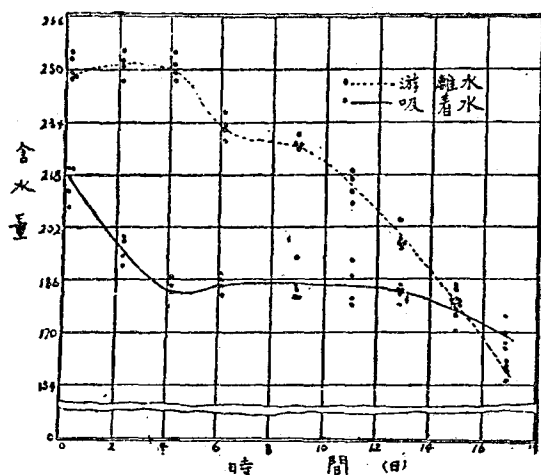
增加，如一種天蠶蛾 (*Callosamia promethea*) 之蛹，在低溫度下，吸着水即為之增多，同時其體內之含水總是，不論在何種溫度，終呈固定，但游離水在低溫時，因結冰而漸形減低。(第一五圖)，故此種昆蟲能在美國北方寒冷之冬季過冬，別一種天蠶蛾 (*Telea polyphemus*) 之蛹，亦呈相同之現象，在平時體內吸着水點 9-10% 但在低溫度下，吸着水增至 48-52%。



第一六圖 一種金龜子幼蟲在十週內，體中水分無甚變異情形。

(錄自 Robinson 氏, 1928)

9. 耐寒力較弱之昆蟲，吸着水與游離水在低溫度下，無所變異。如金龜子 (*Phyllophaga*) 之幼蟲，但組織內之水分，即呈是狀。其幼蟲生活於土中，當冬季霜降之前，即遷入土之深處，以避寒冷 (第一六圖)。



第一七圖 穀象組織內游離水與吸着水急速下落情形

(錄自 Robinson 氏, 1928)

c. 耐寒力極弱或無耐寒力之昆蟲，如穀象 (*S. granaria*) 是。當溫度低落時，組織內之吸着水，漸呈減少。游離水為之增加(第一七圖)。由此種試驗結果，有人頗信穀象為熱帶性昆蟲，而由穀粒中蔓延入溫帶內者。一般倉內積穀之溫度，極少降落至 40°F 以下，故穀象亦能生於北方寒冷之區域。

據 Payne(1927)Sacharov(1930)及 Robinson 等氏試驗之結果，謂許多倉庫內之害蟲，水生昆蟲及蜜蜂等，在組織內水分之平衡，並不能因溫度之升落而有所變異，一如上述第三類之現象。故此種昆蟲耐寒力極弱，由此可知，昆蟲體弱組織內之吸着水，在冬季可抗寒而保護其生命。有人解釋昆蟲體內吸着水之增加，同時使游離水內

之含鹽量爲之增高，致使昆蟲在低溫下之結冰點，因而減低云。但 Shibiata 氏 (1932, 1933) 在台灣測得水稻三化螟過冬時，體液之結冰點與體內水分之高下，不成相反之比例，氏試得自一月至四月，幼蟲體液之結冰點，漸次降低，同時其體內水分，亦漸形減少。惟水稻三化螟之分佈地域極廣，彼此生理上之差異頗甚。其在較寒冷之地，如長江下游，是否亦呈此現象，尙待同道研究而徵明也。

在自然界內，有一部份昆蟲，對於環境乾燥之反應，極爲靈敏，雖爲時頗短，而體內水份之消失極多，同時，過冷點之增高，亦極顯著，Salt 氏 (1936) 試驗家蠅 (*M. domestica*) 之蛹，因體內水分之減少，致使過冷點爲之升高，其感覺力極爲靈敏。

第二三表 家蠅蛹體內水分之減少與過冷點之關係

(錄自 Salt 1936)

	體重減輕數%	過冷點 C
未乾燥時	—	-12.12° ± 3.18°
25°C, 18% R.H. 7—11小時	4.0	-22.25° ± 0.71°
25°C, 18% R.H. 23—27小時	9.8	-21.65° ± 1.85°

亦有許多昆蟲不呈是狀者，如一種過冬椿象 (*Leptocoris trivittatus* Say) 之成蟲，在 2° 及 20°C. 下，乾燥於氯化鈣內，雖其體重量失去 20%，但其過冷點仍無改變。一種害麵粉螟蛾 (*Ephestia kühniella*) 初期幼蟲所含之水分，與幼蟲末期，前蛹期之初期，或已在繭內之前蛹期，均彼此相等。但其過冷點，各不相同。如第二四表所示。

第二四表 麵粉螟蟲體內之含水量與過冷點之關係
(錄自 Salt 氏, 1936)

幼蟲各期	過冷點 (C)	含水量	
		絕對溼度	相對溼度 %
末期幼蟲 (繼續取食者)	$-5.79^{\circ} \pm 0.825$	$16.17\text{mg} \pm 3.15$	66.21 ± 2.80
前蛹期 (不食)	$-8.07^{\circ} \pm 1.46^{\circ}$	14.97 ± 2.81	65.37 ± 2.35
繭內前蛹期	$-21.3^{\circ} \pm 1.73^{\circ}$	12.72 ± 1.95	65.80 ± 2.27

氏又試得一種過冬椿象 (*Chlorochroa sayi*) 移入溫暖境後，使其取食4-5日，體內水分增加53-67%，再放入低溫內，其過冷點絕無變化。由上例，可知昆蟲體內含水量之多少，與冰凍之關係，頗為複雜。昆蟲種類之不同，季節之變異，以及其他未知之種種因子，均有影響也。

四 昆蟲在變動溫度下之發育狀況

上節所錄記載，乃昆蟲在恆溫下之發育狀況，但在實際上，大氣溫度有日夜之差異。每日24小時內，日中時，溫度頗高，自日落後至明晨止，溫度則行下落，全日內溫度之變動，約高溫占8小時低溫占16小時，故昆蟲在自然界內之發育速率，並非為恆溫下所呈之指數線 Parkr 氏(1930)根據此種原理，在實驗內，將兩種蝗 (*Melanoptus mexicanus*, *Canmula pellucida*) 之卵及蛹，試測其在恆溫下發育所需之總日數。又在高低之變動溫度下，考查其發育所需之時日與速率，氏試得不論卵與蛹，如在高低之變動溫度下，其發育較之直接放於適宜高溫下者為速，茲錄氏所測得兩種蝗卵期之發育結果如下：

第二五表 北美兩種蝗(M. mexicanus, C. pellucida) 在恆溫(constant temperature)及變動溫度(alternating temperature) 下之發育日數及發育速率(錄自 Parker 氏, 1930)

I. 卵在恆溫下之發育, 日數與速率。

溫度 (C)	M. mexicanus		C. pellucida.	
	發育日數	每日發育率%	發育日數	每日發育率%
22	13	7.69	13	7.69
27	7	14.20	8	12.50
32	5	20.00	6	16.65
37	4	25.00	5	20.00

II. 卵在變動溫度下之發育日數與速率

每日卵在 高溫下16 小時, 在低溫 下8小時	低 溫		高 溫		在恆溫下 之總發育 速率% M. me- xicanus.	在恆溫 下之理 論發育 日數 (1)	在變動 溫度下 之發育 日數 (2)	在變動 溫度下 每日發 育之百 分率	在變動 溫度下 每日發 育之百 分率	在變動 溫度下 發育速 率之增 加數%
	日 數	在恆溫 下之發 育速率 %	日 數	在恆溫 下之發 育速率 %						
22—27	5.33	40.9	2.67	37.9	78.8	10.1	8	9.9	13.5	26.2
22—32	4.00	30.7	2.00	40.0	70.7	8.4	6	11.9	16.6	39.4
22—37	3.33	25.6	1.67	41.75	66.3	7.5	5	13.3	20.0	30.3
								平均		58.6
12—27	9.33	0	4.67	66.3	66.3	21.1	14	4.7	7.1	61.0
12—32	6.00	0	3.00	60.0	60.0	15.0	9	6.6	11.1	63.1
12—37	5.33	0	2.67	66.7	66.7	12.0	8	8.3	12.5	60.6
								平均		66.5

C. pellucida.										
22-27	6.70	46.1	3.00	17.5	83.6	10.7	9	9.3	11.1	19.3
22-32	4.67	25.9	2.33	33.8	64.7	9.3	7	10.7	14.2	32.7
22-37	4.00	30.9	2.00	40.0	70.7	8.4	6	11.9	16.6	39.5
									平均	30.5
12-27	9.33	0	4.67	58.3	58.3	24.0	14	4.1	7.1	78.1
12-32	6.77	0	3.33	55.4	55.4	18.0	10	5.5	10.0	81.8
12-37	6.00	0	3.00	60.0	60.0	15.0	9	6.6	11.1	68.1
									平均	74.3

1. 在恆溫下之理論發育日數 =

$$\frac{\text{在變動溫度下之確實孵化日數} \times 100}{\text{在恆溫下之總發育速率}\%} \text{ 如, } \frac{8 \times 100}{78.8} = 10.1$$

2. 在恆溫下每日發育之百分率 = $\frac{100}{\text{理論上之孵化日數}}$

由上表可知兩種蝗卵，在變動之溫度下，每日發育率較之在恆溫下者為增速。在 *M. mexicanus* 增加 38.6%，在 *C. pellucida* 增加 30.5%。再檢驗在各種變動溫度下，蝗卵發育之增速率，以每日在 37°C 下 8 小時者為最高。

蝗卵每日放在低溫 12°C (在蝗卵發育零度之下) 下 16 小時，然後移入各高溫內 (27°, 32°, 37°C) 8 小時，其發育率仍為增速。平均 *M. mexicanus* 卵之發育率增加 56.5%，在 *C. pellucida* 之卵，則增加 74.3%。由此試驗，知兩種蝗卵於高溫 32°C 者，其增速率最為顯著。

氏又將蝗卵甫經產下後，先放於低溫 0°C 下，然後再移入 27°，

32°, 37°C 三種之高溫內,其發育速率,較之卵直接放於不變之高溫下者為速,其增速率之大小,因卵所接觸之各種高溫而異,如下所錄:

在 27°C	增速	136%
在 32°C	增速	357.5%
在 37°C	增速	558%

再蝗卵在低溫下,曝露之日數愈多,移入高溫後之發育愈速,但在低溫下存留之日數,達242日時,則在高溫下之增速率,無所差異,氏試得蝗卵在0°下為時240—500日,其發育速率之增加極微,若以半發育之蝗卵,先放入低溫內,再移入高溫下,則其發育速率之增加,亦頗顯著,氏又測得未發育之蝗卵,在0°下60日,然後移入高溫內,其發育速率最高。

在別一試驗中,氏將半發育之蝗卵,作下列二種試驗:

1. 先放入低溫0°C下,然後移入高溫內。
2. 先放入低溫8°C下,然後移入高溫內。

上列兩組試驗之結果,第(2)組蝗卵之發育速率,較第(1)組為高,根據以上各種試驗結果,蝗卵在低溫下若干時間後,在高溫下發育速率,均形增加,原因何在,此時頗難解釋,是否低溫可以刺激蝗卵之發育,現時尙少論文討論此點也。

Parker 氏所試驗之兩種蝗,在北美田野,每年於晚夏及早秋產卵,內中雖有一部份卵,於冬寒降臨之前,胚胎少有發育,但至明春,各卵之孵化期頗為齊一,從試驗中,知蝗卵於低溫下60—240日者,其在高溫發育之速率最高,如超過此時期,則在發育上之速率影響頗微。

此與蝗卵在自然界內，曝露於低溫時期之長短，與夫在高溫下發育之遲速，相互符合。因溫度如高過 27°C 時，則蝗卵之孵化，又為之延遲。故蝗蟲於夏季或早秋產卵者（在高溫下），其發育則極為遲緩，但入後經長期之冬季低溫，則其發育率又復增速。

上例試驗方法，氏更應用於兩種蝗之蛹期，亦得相似之結果。由此觀之，昆蟲在變動溫度下之發育，近於自然的發育。在恆溫下之發育，乃為反常之發育，因恆溫可使昆蟲發育為之遲緩也。自然界內一切昆蟲之發育是否均為如是。此時因所獲得之資料尚少，不能作一結論也。

Ludwig and Cable 氏(1933)用果蠅 (*Drosophila*) 蛹交替放於兩種溫度下，觀其發育速率，其一在適宜溫度 (optimum temperature) 之上，別一溫度在 α 點 (10°C) 及適宜溫度之間。其發育結果，呈遲延現象。若蛹所接觸之溫度，均為 α 點與適宜溫度之間，其發育速率與上列無所出入。若有一溫度在 α 點及真正發育開始點 (8° — 8°C) 之間，則其發育為之增速。此種增速之原因。蓋由於蛹在 α 點下，受有刺激也。(Ludwig Cable, 1933, *Physiol. Zool.*, vi, 493).

Ahmad 氏 (1937). 在印度試驗遷移蝗 (*L. migratoria*) 之卵，先放在低溫 5°C 內，1—8 日，而後移入於恆溫下，其發育速率，較之永在恆溫內者為速。如將半發育之卵，放於低溫 5°C 下，1—8 日以後，再移入於適溫下者，其發育速率反遲。但如將卵每日放於適溫下 16 小時，其餘時間則移入於 5°C 內，其發育率之增速，頗為顯著。如卵繼續在低溫及高溫下，則其生活力反見不良。遷移蝗在印度，以成蟲過冬，至春暖開始，即行產卵。在自然界內，卵不必經長期之低溫（與

遷移蝗在中國之情形不同),即能孵化。此種卵已習生於日暖夜涼之每日變異溫度,由此事實,可解釋上列試驗之結果。蓋卵在常期之低溫內,其生活力呈衰弱之狀態,而在高低溫度相互調換之下,可刺激其發育也。Cook 氏(1927)解釋地面上之昆蟲,在變動溫度中,發育增速之原因,除低溫可刺激其發育外,同時二氧化碳之產生,亦為增加云。

類似此種試驗,現時各學者舉行頗多。但就別一方面之實例,若干種昆蟲在變移溫度下,其發育速率並不生若何影響,或竟反是,如寄於倉庫或木材內之昆蟲是。Hase 氏(1927, 30,)曾用一種麵粉蛾(*Ephestia kuehniella* Zell)及牀蝨試驗,其結果為若卵先曝露於低溫下者,則移入適宜溫度內時,其孵化時間,較之在適宜溫度下者為遲。Janisch 氏(1930)對於一種夜蛾(*Prodenia litura*, F)之試驗,亦呈相同結果。由此可知此等昆蟲如曝露在適宜溫度下之無論何點(在致死低溫點之上),將來再移入適宜溫度內時,其發育速度,呈各級之遲緩,此與上例之增速現象,恰恰相反。

根據多種之試驗,昆蟲在變異溫度及恆溫下,發育增速或遲延之現象,各因其原來在自然界內生長之習性而異。有一部份昆蟲,平時在空中生活者(如蝗,蠅類,及大多數鱗翅目昆蟲等),原來日夜感受之溫度,本有高低之差,故在變異溫度下之發育速率,較之在恆溫下者為速。但別一部份昆蟲生活於倉庫內,樹皮及土壤下者(如白蟻、米象、木蠹蛾等),日常所感受之溫度變異頗微,故較適於恆溫生活。如在變異溫度下,其發育速率並不增加。此外昆蟲在高低溫內,時期之長短及發育速率之遲速,與原來昆蟲在自然界內,生活於

高溫及低溫度時期之長短，亦有密切之關係。

關於變動溫度影響於昆蟲發育之遲速，應用昆蟲學家尚在進行研究之際，此時頗難下一結論。Uvarov 氏謂如昆蟲在適宜溫度與零度下之低溫（低溫以不損其生理為限），相互交移，則其發育呈正常的增速（指生活於空中之昆蟲）。若在適宜溫度與高溫度內交移，則反有害於昆蟲之發育，實驗室內之結果如此，但尚不足以推測昆蟲在自然界內之正真發育狀況也。

第二節 溼 度

（一）溼度因子

昆蟲體內之水分，大多來自食物，同時，外界之水溼，與昆蟲之發育，呈密切關係。溼度在自然界內，與光及溫度二者，混合一起，彼此互生牽引。由物理學方面觀之，溼度可分成三類。即雨水，土壤溼（soil moisture）及空氣溼（air moisture）。

（1）雨水 大地上各處降雨量之多少，相差殊甚，茲錄 Hann 氏（1915）之記錄如下：

緯 度	N. 70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°S.
降雨量(厘米)	21	44	48	46	51	52	137	193	151	79	52	58	79

由上表可知赤道所得雨量最多，餘則均向兩極減少，在緯度30°處之亞熱帶，雨量亦極少，不過25厘米（關於大地上雨量之分布，可參考 Bartholomen's Meteorological Atlas），

全年雨量在一地之分佈，在溫帶內雖恆呈常規，但有時降雨量

之多少，與雨期之先後，亦有變動。（參考各地每年每月降雨量，及歷年總雨量之差次數目）。來復於中國中南部，及日本東部一帶海岸之霪雨，不但與農作物發生密切關係，亦且為許多害蟲繁殖消長之所依據。吾人於江蘇浙江兩省蠶區內，育蠶結果之優劣，當可以察知其與春季雨量關係之密切也，故一地在一年內，各月雨量之分佈，及其在歷年雨量之多少，與一年內雨期之變動，均與當地某種害蟲之繁殖密度有密切之關係。

(2) 土壤溼 土壤內之水溼，不但因土壤含水量之多少，抑且受土壤構造之影響（參考第八章土壤溼度與昆蟲之關係）。Carbery氏(1936)謂土中溼度之高下，與土之深淺，有密切關係。在乾燥季節中，近土面三吋內之水溼，蒸發最速，愈下則蒸發量愈形減少，至18吋深以下，土中水溼，不常變更，成為等溼帶（equilibrium moisture-zone）。

(3) 空氣溼 空中溼度之狀態，有(a)為相對溼度（relative humidity），以%表示之；(b)為絕對溼度（absolute humidity），相對溼度與動植物體軀上之溫溼度，蒸發速率，有密切之關係。平時吾人稱空中之相對溼度為80%者，即指當時空氣中所含如此多之水汽量與同一溫度內，空氣溼度達飽和點時，所含水汽量之比例而言也。近年常有人用空中之飽和差（saturation deficiency）示昆蟲與空中溼度之關係，所謂飽和差者，即在各種溫度下之飽和水汽壓，與同溫度內現實水汽壓之相差數。

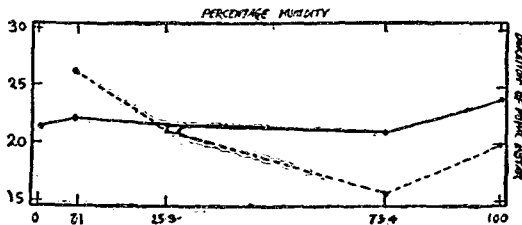
(二) 昆蟲之發育與溼度

昆蟲與空中溼度之關係，亦如溼度之有各級：

如 (1) 致死乾燥點 (point of fatal dryness), (2) 不活動溼度區 (zone of inactivity), (3) 漸適溼度區 (zone of increasingly favorable humidity), (4) 最適溼度 (optimum humidity), (5) 漸不適溼度區 (zone of unfavorable humidity), (6) 不活動溼度區 (zone of inactivity), (7) 致死溼度 (fatal humidity).

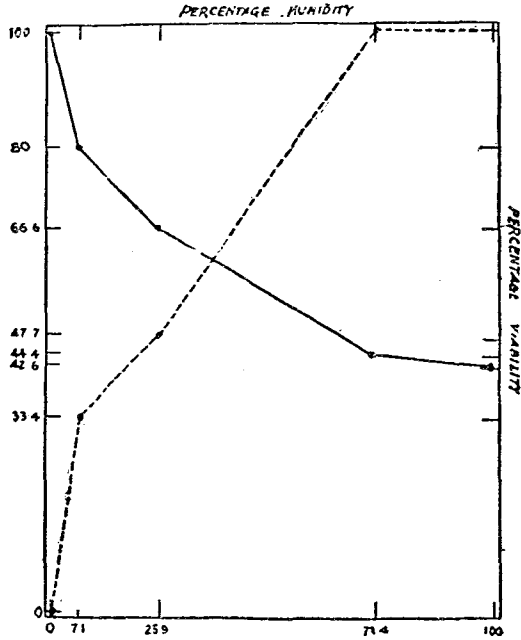
昆蟲對於各溼度區之適應，與溫度呈相似之現象。除少數昆蟲如食蟲椿象 (*Rhodnius*) 等，對於溼度不甚發生影響外(在相對溼度) — 90%，為時24小時，不生影響，大多數昆蟲，在生理上，各有適生之溼度。如蜚蠊好生活於高溫及乾空氣下，但彈尾目 (*Collembola*) 之幼蟲，如遇低溫而乾燥，則易致死亡。Dendy and Elkington (1920) 兩氏。試驗穀象及米象在乾燥之恆溫箱內，當溫度在16°—27°C 時，麵粉內至少須有10%之溼度，方可維持其正常之生命。如麵粉內水分由9.7%減至8.5%。為時52日則米象 (*C. oryzae*) 全部死滅。同時，在8.5%之溼度下，則100個穀象中，在79日後，祇生存18個 Headlee 氏(1917) 試驗豆象 (*Bruchus obtectus*) 及穀蛾 (*Sitotroga cerealella*) 與空氣內溼度之關係，受試驗之昆蟲，均放置於一暗黑之21.1°C 恆溫箱內，幼蟲與蛹之新陳代謝速度，因溼度之增加而減退。穀蛾之蛹期，在溼度100%下，為時17日方死。如溼度減至21.8%時，則其蛹期亦縮短至12日。豆象在溼度100%下，蛹期為22日。如溼度減至44.6%，蛹期縮短至14日。在成蟲時期，則溼度愈減，穀蛾之壽命愈短，而豆象之壽命愈長。豆象之卵，在溼度100%下，其孵化時期，較之在溼度23.6%下者，延遲2日。綜觀其全部之生活環，在

溼度90%下，繁殖最速。如溼度降至25%時，能成熟者，為數頗少。Hefley氏(1928)曾觀察一種天蛾(*Protoparce quinquemaculatus*)常受寄生蠅(*Winthemia quadripustulata*)之寄生。但寄主及寄生蠅與外界溼度之關係，不相一致。寄主對於溼度，似無一明顯之適宜界限，因蛹期在溼度0—73.4%中，彼此祇相差15日(溫度在27°C時)。同時，寄生蠅之適宜溫度，在溼度73.4%時，為27°C。此時之蛹期最短，自溼度73.4%至9.1%之間，寄生蠅之發育期相差為10.5日。在溼度0%，溫度27°C時，寄生蠅多不能發育。同時，寄主則均能孵化。此種現象顯示二種昆蟲之抗乾力，各不相同。但其最高之發育速度，則兩種均在溼度73.4%。自溼度73.4%以上至100%，寄主與寄生蠅之蛹期則均呈延長。若以蛹之孵化百分數，而示寄主與寄生蠅之生活力，則寄主好乾燥，而寄生蠅適於高溼(如第一八圖A. B.)。



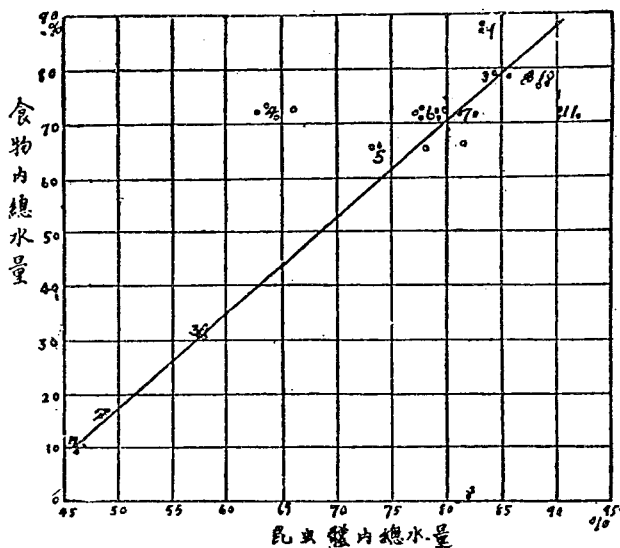
第一八圖 A. 關於天蛾蛹期之長短及其寄生蠅 (*W. 4-pustulata*) (點線)與溼度之關係 (由Imms 書錄自 Hefley 氏)

由昆蟲自身而論，則每種昆蟲體液 (body fluids) 之濃度，各各不同，因此在昆蟲之生理上，各有適宜之溼度。同時，溼度之高低，可支配昆蟲體內水分之蒸發，如昆蟲體內之水分，高出於其適宜之溼



第一八圖 B. 關於天蛾及其寄生蠅 (*W. p. pustulata*) (點線) 生活力之百分數與溼度之關係 (由 Imms 書錄自 Hefley 氏)

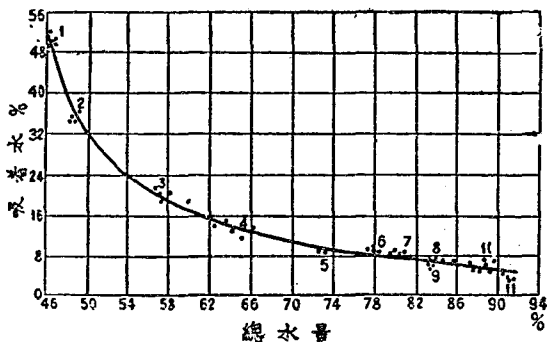
度，則外界之乾空氣，能使體內過多之游離水蒸發，因此昆蟲之發育，亦得而增速。若外界空氣頗溼，則昆蟲發育亦為之遲緩。昆蟲體液在最適宜濃度時，同時，外界空氣內亦須有相當之溼度，方可免體內水分之蒸發，亦得常保持其最適之濃度。此外空中溼度太高，能助長寄生於昆蟲體上之菌類及其他疾病之發生，此又為別一種因子，以控制昆蟲發生也。



第一九圖 十一種昆蟲體內含水量與其食物之關係
(錄自 Robinon, 1928)

- 1-穀象 (*Sitophilus grauania* L.).
- 2-米象 (*Sitophilus oryzae* L.).
- 3-天牛 (*Cyllene robiniae* Forster).
- 4-一種金花蟲 (*Leptinotarsa decemlineata* Say).
- 5-金龜子砂蟲 (*Solenopsis mole ta* Say).
- 6-蚊蝶幼蟲 (*Euvanessa antiopa*).
- 7-柳蠹蜂幼蟲
- 8-切根蟲
- 9-菜白蝶 (*Pieris rapae* L.).
- 10-行軍蟲 (*Laphygma frugiperda* Smith and Abbott).
- 11-天鼠蟻幼蟲 (*Telea polyphemus*).

昆蟲體內，含水量之多少，與食物內水分之多少，恆成正比率（第一九圖）Robinson 氏(1928)謂昆蟲之生活於乾食物內者，雖其組織內之含水量較少，但大多呈吸着(bound)狀態，故可抵抗外界乾燥之境遇。如一種穀象體內之總水量為 48%，內中有 35% 的水為吸着水。大多數食新鮮植物之昆蟲，如所食之物，含水量高者，其體內之總含水量亦高。但其吸着水並不與組織內之含水量，呈正比例，且恆呈相反現象(第二〇圖)。由此，更可知各種昆蟲在生理上，對於外界抗乾之作用，各有特殊之適應能力。但 Buxton 氏(1931)謂昆蟲體內水分之蒸發量與相對溼度，同為因溫度之高低而異。並云蟲體水分之蒸發現象與植物及其他哺乳動物，均同適於淡氏律(Dalton's Law)。因此，昆蟲之生存，僅與飽差(saturation deficiency)有關而已，決



第二〇圖 十一種昆蟲體內水分之膠體活動現象

(錄自 Robinson 氏 1928)

- 1-穀象, 2-米象, 3-天牛, 4-金花蟲, 5-金龜子幼蟲,
6-蚊蠅幼蟲, 7-柳蠹蜂幼蟲, 8-切根蟲, 9-菜白蝶,
10-行軍蟲, 11-天蠶蛾幼蟲。

非僅依溫溼度相合之不同，而起變化也。但 Janisch 及 Maercks 等氏 (1933) 則謂昆蟲死亡率之增減，非依飽差而異，乃依其相對溼度之不同而變化，此種生理上之差異，現時學者研究頗多。

有許多昆蟲體軀內所需保持之水分，並不由食物而來，如一種偽步行蟲 (*Tenebrio molitor*) 能因體內儲留物之氧化，而利用其所得之水分，Buxton 氏 (1930) 謂此種昆蟲能節制體內之含水量與乾物質之比例，在溫度 23°C 及若干相對溼度 (R. H.) 下，凡餓餓之偽步行蟲能保持此種比例而不變 (能維持月餘) 不但如此種甲蟲在相對溼度 80% 下，體重為之減輕。但如有相對溼度 90% 下 (溫度 23°C 或 30°C)，能吸收空中水分，使體重為之增加。根據 Buxton 氏 (1930) 之意，此種體重之升高，乃為體內水分之增加。蓋此蟲在溫度 30°C 及相對溼度 90%，為時 23 日，體內水分之總重量，由 57% 增至 65%，而空中相對溼度 90%，為步行甲蟲生活上之最高溼度。

昆蟲之卵亦能吸收外界之水分，Roonwal 氏 (1936) 報告非洲遷移蝗 (*L. migratoria migratoricoides*) 之卵，初產下時之含水量，佔全卵重量 52%，但至卵完全成熟時，卵內水分增至 82%，所增之水，均吸自接觸之土內。

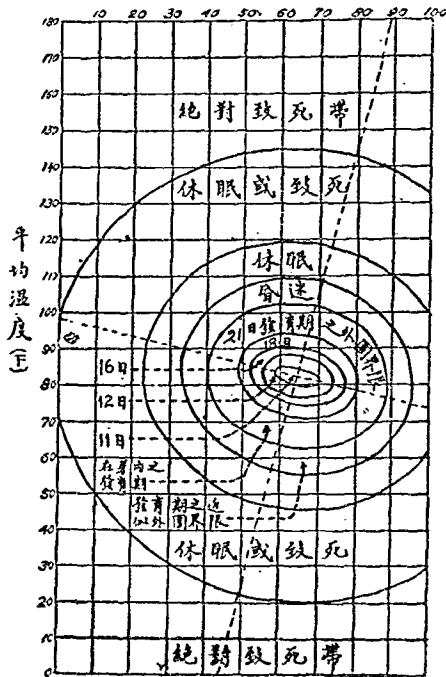
(Roonwal (1936) Bull. Ent. Res., XXII., 431.)

第三節 溫度溼度與昆蟲之關係

在自然界內，溫度溼度最易發生變化，溫度如有升降，溼度亦隨之而異，故溫溼度與昆蟲發生關係時，彼此不能分離。既冷又溼之空氣，動物遇之，驟覺極冷。蓋因潮溼空氣傳導體溫，極為迅速。如冷血

動物遇之，則其體上之新陳代謝，因而增加，藉以維持其體溫。冷而乾之空氣，體溫之散失亦緩。因此冷血動物體溫之下降較遲，溫血動物之代謝作用，其增進亦不甚顯著。在乾熱之空氣內，身體之蒸發較速，因而頗覺涼爽。不論冷血動物與溫血動物，均呈同一之感應。因彼此對於自然界之熱，均無法以控制也。既熱又溼之空氣能阻止身體上之蒸發，如動物在此境遇，又無法使體溫降落，俾與四週之溫度相等。

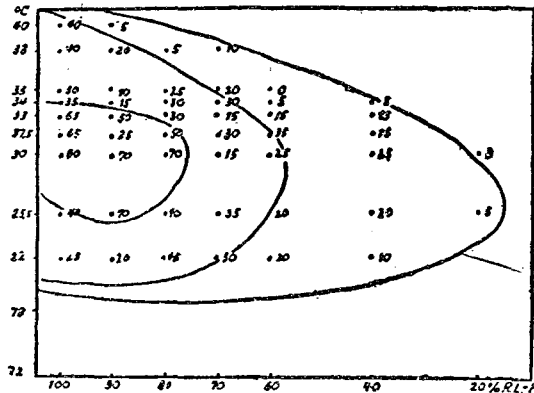
綜合之溫溼度與昆蟲之關係，自來研究者頗多。在埃及 Kirkpatrick氏(1923)研究一種棉椿象 (*Oxycarenus hyalinipennis*, Costa)，悉溫度愈高，對於熱之抵抗力愈增。在溫度 25°C，溼度 60%，為時須 300 小時，始能得 100% 之死亡率。在美洲 Hunte and Pierce 氏(1916)根據試驗棉象鼻蟲 (*Anthono-*



第二一圖 棉象鼻蟲在各種溫度與溼度內之發育情形 (錄自 Pierce 氏, 1917)

nus grandis, Boh) 之結果, 證明此種昆蟲之生活與溫溼度有一定之適宜範圍, 如離此範圍愈遠, 生命上之危險愈大, 氏將此蟲活動之各種範圍, 置成如第二一圖。

Shelford 氏 (1927) 試驗蘋果蠹蛾 (codling moth) 與溫度之關係, 亦繪圖以示蛹在各極溫溼度下之死亡率, 在相同死亡百分率之曲線上, 呈一極不規則之圖形, Parker 氏 (1930) 在北美, 試驗一種土蝗 (*Melanoplus mexicanus mexicanus*) 在溫度 22°C, 溼度 80% 時, 卵之孵化率最高, 溫度愈高, 卵孵化時之適宜溼度範圍愈狹, 故溫度升至 37°C 時, 卵之孵化溼度為 70—100%, 當溫度降至 22°C 時, 則其適宜溼度為 30—100%。Bodenheimer 氏 (1930) 研究一種沙漠蝗卵 (*Schistocerca gregaria*, Forsk) 之孵化率, 得溫度 30°C, 相對溼度 100%, 為其生命之最適度, 廣泛言之, 如溫度超出 25.5°—35°C 外, 溼



第二二圖 一種沙漠蝗 (*S. gregaria*) 卵在各種溫度與溼度內之孵化率% (錄自 Bodenheimer 氏, 1930)

度在80%以下，即能害蝗卵之生命。氏試驗結果，如第二二圖所示。

蔡邦華張延年氏(1935)試得米象(*C. oryzae* L.)在溫度 24° — 29°C ，相對溼度90—100%之間，為其產卵之最適度，而溫度 16°C 以下，溼度85—100%之間，為米象生命期之最大度，如溫度降至 10°C 以下，或高至 35°C 以上，則產卵均告停止。故在倉庫中能保持溫度 10° 以下，或 35°C 以上，溼度在60%以下者，則可阻遏米象之繁殖。

近年經濟昆蟲學家對於此種研究，舉行頗多。論文之刊出，亦與時俱增。

(一) 氣候及天氣 (climate and weather)

天氣即大氣現象，亦即指某時期間寒、暖、風、雲、雨、雪等之變化。氣候乃指平均之天氣而言，亦即某區域內，數十年來溫度、雨量、風、雲之平均數值是也。氣候各地不同，天氣逐日變異。

控制氣候與天氣在各地變異之因子，如下列所示：

<u>控制氣候之因子</u>	<u>氣候要素</u>		
1. 緯度或日	} 影響於	} 發生	} 天氣與氣候之變異
2. 水陸之分佈			
3. 風			
4. 經度			
5. 山脈之屏障		1. 溫度	
6. 半永久高低氣壓之中心		2. 雨量與溼度	
7. 洋流		3. 氣壓	
8. 暴風雨		4. 風	

昆蟲之繁殖，與外界溫、溼度與氣壓等所發生之關係，除因普通氣候 (general climate) 之變化，而呈差異外，同時，因地面性質之不同 (如乾溼之不同，地形之差異等)，植物之疏密，土壤之性質等，均可影響於一地大氣內之溫、溼度等，故地面上之昆蟲，又能隨下列各種氣候，在生活上發生變異。

A. 生態氣候 (eco-climate)

種植地、森林、草原、傾斜地等區內之氣候，與空曠區域，迥然不同。在森林內，每日溫度之升降，不甚急劇，各月溫度之變異，亦較和緩，其每年每月之平均溫度，亦較外界為低。不但如此，在森林區內之土壤溫度與空曠地相較，在冬季為高，夏季較低，此外，日射之強弱及日射時間之長短，與溼度之高下，在森林區內，亦呈特殊狀況。此種變異皆與昆蟲之分佈及密集，有直接之關係。Wladimirsky 氏 (1926) 在蕁麻 (urtica) 上，觀察多種昆蟲之棲息密度，與日射及蔭處之關係，其結果如第二六表所示。

第二六表 棲息於蕁麻日蔭下及日射下之昆蟲密度
(錄自 Wladimirsky 氏, 1926)

昆蟲 類別 日 照 狀況	壁虱目 (Acarina)	蚜蟲科 (Aphididae)	木虱科 (Psyllidae)	跳蟲科 (Collembola)	總翅目 (Thysano- ptera)	食蟲 昆蟲	其 他
日射下	4.2%	53.2%	30.3%	0.6%	7.3%	2.2%	2.2%
蔭處	22.4	1.4	19.6	46.0	1.1	0.7	8.8

B. 小氣候 (microclimate)

小氣候之範圍，限於某環境內局部之氣候，如同在一山，陽坡與

陰坡之溫溼度不一，向風山坡與背風山坡之雨量又不相同，向風坡之雨量較豐，背風坡之雨量較少。同時，山坡高處之雨量，較低處更大。此外，地面上植物之種類與地面數尺內之溫、溼度，有密切關係。近數年內，氣候學、農業及生物學上，對於此種氣候，研究頗多，而專門成爲一種科學，稱曰“小氣候學”(Microclimatology)。在動植物、農業、水族上，應用頗大。在昆蟲方面，則各種昆蟲之生存地，各有其特殊之氣候。Janisch氏(1930)謂在埃及各土地行灌溉則局部之溫、溼度爲之變更，此乃一種夜蛾(*Prodenia litura* F.)生存上之必備要素。Dabrol氏(1938)在印度測驗棉田內灌溉後之小氣候變異現象，在生長棉幼苗之田內，行灌溉後，溫度下落，溼度增加。此種現象在棉後期生長之田內，棉株間溫、溼度之相差更甚。在田地之不種棉者，離地面六吋高處，溫度最高。自此愈高，則溫度亦愈昇。至3—4呎處，始見穩定。在植棉之田內，此種現象適得相反之結果(棉生長3—4呎高，而枝葉遍蔽土面時，最爲顯著)。同時，棉田內因灌溉而土溫之變異，更爲顯著。在灌溉後之數日，不種棉區之土溫，較種棉田內之土溫，高 8° — 10°C 。在種棉田內，如土乾燥，則不論棉之生長狀況如何，土溫均相接近，而最低土溫之記錄，在棉田灌溉後之數日。Rubtzov氏(1934)。報告西伯利亞若干種雌蝗之卵巢管數(ovarian tube)，及各卵管內之卵數，能隨當地食物及小氣候之不同而異。氏檢得在同種蝗全部之分佈區內，愈近高溫而乾燥之區域，則卵巢數愈少。向冷而多溼之區(在東亞及西歐)，則卵巢管數漸次增加。

林木幹內之溫度，不但與外界不同，同時，亦因木幹之方向而有差異。Graham(1925)Schimitschek(1930)等氏謂樹幹內數種穿孔

蟲之棲止，每受樹皮內太陽輻射熱所支配，樹皮內之輻射熱，每因方向而不同。故此種蟲潛伏於倒下之木幹中，或上或下，或左或右，常不一定，視木材幹部所受日射之多少而異。

第二七表 一株木幹各部每一單位面積內之昆蟲棲息數
(錄自 Graham 氏, 1925)

昆蟲種類	上 面					下 面				
	日 蔭 之 程 度					日 蔭 之 程 度				
	0	1/3	1/2	3/4	完全	0	1/3	1/2	3/4	完全
Ips Pini	73.4	69.4	164.2	125.9	41.5	400	16.5	31.4	35.8	44.1
Chrysobothris dentipes.	12.0	1.0	0.3	0	0	0	0	0	0	0

Holmquist 氏 (1931) 對於小氣候與昆蟲冬蟄所之關係，有較詳之觀察，氏曾測定樹幹(log) 內幹下面及捲葉內之溫度，與空中溫度之相差數。氏謂凡腐爛樹幹、枯枝、敗葉等，均可阻止地面土溫之降低，據氏試測昆蟲冬蟄處之溫度，大多為 0°C ，而過冬昆蟲之溫度，恆在平常過冷點以上。Hodson 氏 (1937) 曾測定若干昆蟲冬蟄處之溫度，恆較空中溫度為高，如第二八表所錄。

第二八表 空中溫度與昆蟲冬蟄處溫度之相差 (檢查地點在美國 St-Paul, Minnesota, 錄自 Hodson 氏, 1937)

日 期	昆蟲冬蟄所	空中溫度	冬蟄所溫度	相 差 數
12/26/33	樑 幹	-14.5°C	-8.3°C	6.2 $^{\circ}\text{C}$
12/27/33	" "	-27.2	-12.5	14.7

1/1/34	標 幹	-18.3	-10.0	8.3
12/28/33	" "	-16.8	-12.3	4.5
12/28/33	" "	-29.2	-18.6	10.6
1/1/34	" "	-20.0	-14.8	5.2
12/28/33	地面落葉	-15.5	- 8.6	6.9
12/28/33	" " " "	-18.1	-11.6	6.5
1/1/34	" " " "	-15.9	- 9.6	6.1

此外，果品、種子、土壤、地穴動物之體軀，以及營社會生產昆蟲之巢穴等，面積狹小，其溼度與空中迥然不同，因此，適生於此種環境內之昆蟲與集生之密度，當亦呈特殊之現象。

(二) 昆蟲之分佈與氣候

關於昆蟲在大地上之分佈，除沙漠、海洋、山嶽之影響外，氣候之關係，極為密切。地形愈高，氣溫愈低，故昆蟲向上之分佈，常受低溫之限止。在平面之分佈 (horizontal distribution) 則與緯度有關係。地球上最高之平均溫度，在低緯度之大陸；溫度最低處，則在高緯度之大陸。Merriam 氏 (1898) 根據北美氣候之變異及動物生長情形，謂動物向北之分佈，受其生長與繁殖時期內總熱之限制，向南之分佈，受一年中最熱季內短期平均溫度之限制。昆蟲在北美之分佈亦依據此種定律而進行云。

吾人如欲考查昆蟲分佈與氣候之關係，則下列各點宜加注意：

1. 影響於昆蟲散佈與阻止分佈之氣候因子。
2. 各昆蟲產地 (habitat) 之實地氣候，須切實觀察 (全年雨量

之分佈及最高最低溫度之相差數)。

3. 當地氣候與某種昆蟲發生密度,及分佈之有無等關係。

關於氣候上各種重要因子,影響於昆蟲之分布者有:

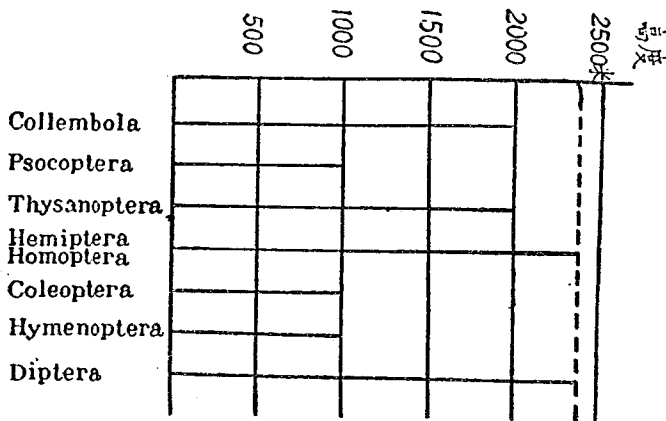
A. 風 風力之大小與方向,均為昆蟲分佈之重要依據。在鱗翅目中,幼蟲體軀着生叢毛者,更易隨風飄蕩。C. Collins 氏(1915)謂盜蛾(*Gypsy moth*, *P. dispar*)之幼蟲,在適宜風力下,能吹送至2—23哩之遠。棉紅鈴蟲(*P. gossypiella*) 蛾能在5—6年內,被風吹送至25—26哩外(Mc Donald and Loftin, 1935)多數飛翔之昆蟲,均與風發生密切關係,在美洲為害小麥之麥桿蠅(*Hessian fly*)其受精之雌蟲,能被風傳佈於2哩外。在揚子江下游之水稻三化螟,因夏季風向之關係,在崑山一帶,螟蛾之分佈,大多由東南而向西北,因此,水稻所受之螟害,亦概由東南向西北而蔓延。在直翅目中之遷移蝗(*L. migratoria*, L.),當成羣飛翔時,遇大風則乘風而飛,如風力微弱,則逆風而進,其遠近至無一定,於大風下,能隨風而遠送至千餘里外。

在高空內,因有亂流現象(*turbulence*),故飛舞於空中之昆蟲,或地面上體輕之昆蟲,被風捲入空中後,乘氣流而飄蕩,不易下降,因此,可送至遠處。Felt 氏(1938)報告蚜蟲及食蚜蠅在空中可遠布於800哩外,此種飄蕩於空中之昆蟲,一遇山頂之障礙,致被迫下落,故在高山下麓之農田、園圃,有時所受害蟲之損失,較其他處為嚴重也。

近年昆蟲學家常藉飛機而測驗高空中昆蟲分佈之狀況, Berl and 氏(1935)在巴黎附近不同之高空中,得有下列各種昆蟲:

空中高度(米)	昆蟲名稱
2300	雙翅目, 木蠹類 (Psylles).
2000	Pucerons, 花蠹(Thrips) 跳蟲(Collemboles).
1800	雙翅目
1500	花蠹, 雙翅目, 花蠹類.
1200	浮塵子 (Cicadelles) 花蠹, 雙翅目.
1000	甲蟲目, 膜翅目, 嚙蟲目 (Psocoptera), 雙翅目, 半翅目; 木蠹類.

上列各高空中之昆蟲可簡圖如下:



第二三圖 若干類昆蟲在各高空內分佈狀況 (錄自 Berland 氏, 1935)

氏根據上列結果, 將昆蟲在高空內分為二界:

(1) 1—300米之空間, 稱曰“陸地昆蟲帶” (zonentomologique terrestre), 生長於地面上, 體輕或好飛翔之昆蟲, 在該帶內, 能因氣

流之力而飄蕩。

(2) 300—5000 米之空間，稱曰“浮游生物帶”(zone planctonique)，有一部份體輕，或有翅之昆蟲，能在該帶內，隨風飄蕩。

據 Berland 及 Glick 氏(1939)之報告，空中高至五千米處，亦可發現昆蟲，此種高度，仍屬空氣之“對流層”(troposphere)內，該層離地面之高低，各地不相一致。在赤道上，則自地面起，至17000米，在中緯度 45° 處，則其對流上限(tropopause)，為 1100 米，在兩極處之“對流上限”為8000米，在對流上限以下，空中溫度之變遷，自地面起，每增高 1000 米，溫度降低 6°C。在中緯度 45° 處，近地面之溫度，在春秋約為 10°—15°C，在夏季約 25°C 左右，在冬季約為 0°C。因此，昆蟲在春夏秋季，如被風吹入上空時，雖高至 5000 米，亦不致因溫度太低而凍死(如在高空 2300 米處之溫度為 $2.3 \times 6 = 13.8$ ，則 $15^\circ - 13.8^\circ = 1.2^\circ\text{C}$ 。至少 Berland 氏在空中所得之昆蟲，能忍受此低溫)，如昆蟲存留於空中之時間，不甚長久，則下落於地面後，仍能繼續生活。Noble 氏(1936)報告，以飛機在 3000—4000 呎之高空，採得棉紅鈴蟲之蛾，此種蛾由高空重入棉田後，仍可產卵。關於上述事實，近年經濟昆蟲家對於省區間或國際間之植物防疫工作，又添不少之懷疑。

B. 溫度與昆蟲之分佈 Bodenheimer 氏(1928)謂菜白粉蝶(*Pieris brassicae*)在巴力斯坦(Palestine)極南之分布，祇能在冬季繁殖無阻，至夏季則全部之卵與幼蟲為高熱所殺。一區域內之每年平均溫度，為限制昆蟲分布之主要因子。此種現象，甚為普遍。如 Stellwagg 氏(1927-1929)曾考查歐洲葡萄蛾(*Clysia ambignella*)

之適生區，每年平均溫度為 $8.5^{\circ}\text{--}10^{\circ}\text{C}$ ，在一種捲葉蛾 (*Polychrosis botrana*)，則為 $9.5\text{--}16^{\circ}\text{C}$ 。非洲刺刺蠅 (*Tse-Tse fly*) 之適生年平均溫度，約為 26°C 。該地之年等溫線 (annual isotherm)，約 20.5°C ，為其分布之極界。在俄國中部，一種遷移蝗 (*L. migratoria rossica*) 向北分布之界限，與該地夏季之等溫綫 13.6°C 相符合。Zwölfer氏 (1934) 在德國研究一種毒蛾 (*Lymantria monacha*) 之幼蟲各齡與溫度之關係，及在歐洲分布之情形。氏將該蟲卵、幼蟲(六齡)蛹、成蟲之熱常數(其單位為日度、day-degrees)，及發育開始點，在實驗室內，先行決定。毒蛾之卵在秋季成熟而過冬，明春卵孵化後，自第一齡幼蟲起，至卵期止，各期所試得之熱常數，及發育開始點(在括弧內之數字，乃為發育開始點)，如下所錄：

<u>第一齡</u>	<u>第二齡</u>	<u>第三齡</u>	<u>第四齡</u>
65(4.9):	217(3.2):	84(5.7):	84(7.2):
<u>第五齡</u>	<u>第六齡</u>	<u>蛹</u>	<u>成蟲</u>
90(7.6):	132(7.8):	197(6):	130(8.4):
<u>卵</u>			
240(6.8).			

該種毒蛾一化之總熱常數，為 $1,240 \pm 40$ (日度)。氏更測得毒蛾幼蟲在第四齡以上，最易設法驅除。其在各地分布之可能性，可從該蟲在實驗室內，試驗結果之平均數，與各月平均溫度，相互對照得之。氏謂在一地“毒蛾之溫度指數”，或可由過去發育中所經各月溫度指數之總數，除以該蛾在總發育中所得之熱常數而得之。同時，月平均溫度 (mean monthly temperature) 減去發育開始溫度，再乘以

毒蛾（無論何時期），在該月所占之平均數，即得月指數（monthly indices）。如某月之溫度指數等於或超過 1 者，在理論上，該蟲可以生存，如低於 1 者，則該地之總溫度，不足供毒蛾完成其一化之所需。氏應用此種指數，繪成一圖，以示毒蛾在世界各地之分布狀況。該圖并指示此蟲有蔓延至亞洲之可能。但現據吾人所知，亞洲尚未發現此蟲也。據氏試驗結果，毒蛾在世界上之典型分佈區域，其溫度指數為 1.1—1.4 云（Zwalfer, 1934, Zeits, Angew. Ent. XXI, 333.）。

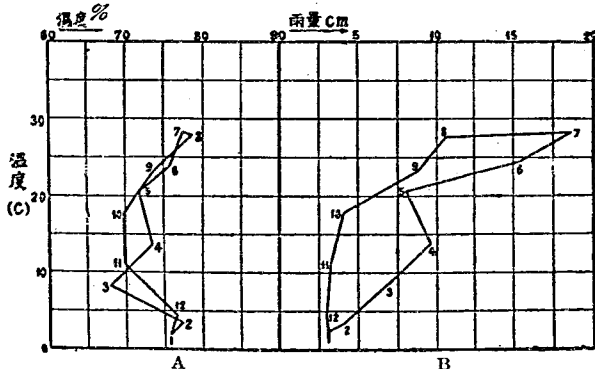
C. 溼度與昆蟲之分布 溫度適宜，昆蟲能分布無限，但同時又受溼度之限制。遷移蝗在中國之分布，除夏季之平均溫度外，又須溼度不甚高。如空中之相對溼度超過 73%，雖溫度適宜，遷移蝗之繁殖，亦極形困難，此為遷移蝗不能生活於華南之最大原因。Davidson 氏* (1934) 在澳洲，研究一種跳蟲 (*Sminthurus viridis*) 分布與氣候之關係，該蟲繁殖之最適溫度，在 11°—16°C 之間，但同時須有相當之溼度。關於跳蟲在各月繁殖之適宜溼度，氏用每月平均雨量與水汽壓之比，（此比例由空氣中飽和差而求得之），以表示之。如一地雨量與水汽量之比低於一者，則此種變異之溼度，能遏制跳蟲之繁殖，如其比例高於 1 時，則當地之高溼，亦足以阻止跳蟲之繁殖。如欲解釋跳蟲在一地猖獗之可能性，必須將該蟲，在一地之繁殖狀況，及當地溫度與溼度，加以研究。

一地溼度之高下，與雨量多少之關係甚大。而全年雨量在各月之分布狀況，與昆蟲分布之關係，又極密切。長江中下游在初夏之霖雨，可阻止若干種害蟲之向南分布。豌豆象 (*Bruchus pisorum*) 之猖獗於我國西北，亦為當地空中溼度較小所致。

Fox 氏(1939)謂日本金龜子(*P. japonica* Newman)在北美繁殖之溫度,爲 $17.5^{\circ}-27.5^{\circ}\text{C}$.同時,全年各月之雨量分布,極爲均勻,更以雌蟲產卵時,及產卵孵化時之雨量,不可缺乏,否則所產之卵,將乾縮而死.故如夏季少雨而乾燥者,則日本金龜子在北美之發生極少.其致死之低溫,爲 15°F ,此爲該蟲在日本不能向北分布之重要因子.此蟲在中國方面,以華中華南較多,在華北被乾燥之夏季及過冷冬季所遏止.

(*)=Davidson, 1934. Commonwealth of Australia
Dept. Sci. and Indus. Res., Bull. 79.

D. 昆蟲分布與氣候圖之應用 自 Ball-Taylor's 氏之氣候圖(climograph). 被 Tethon * (1928), Cook (1931). 及 Uvarov 氏等用以表示各地昆蟲發生與氣候之關係以來,近年昆蟲家採用者頗多,此種圖之作法如下:

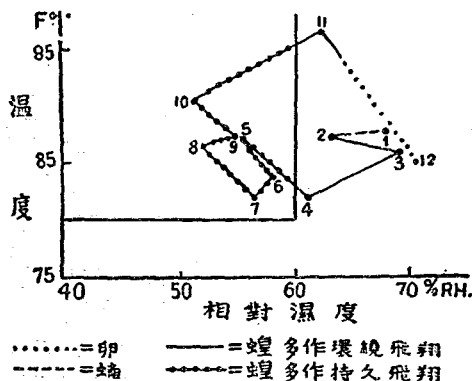


第二四圖 南京之氣候圖 A. Climograph; B. Hythergraph.
1—12 = 月份

(*) = Tehon, L. R.

1928. Bull. Ill. Nat. Hist. Suroly, 17:321—346.

近年經濟昆蟲家將昆蟲各期在全年之發現時期，隨當地之氣候圖上而表現之，由此更可示一地某種昆蟲出沒與氣候所發生之關係。Smee * 氏 (1936). 採用此法以示一種紅蝗 (*Nomadacris septemfasciata* Serv). 在非洲各地發生之情形，茲錄該蝗在約翰通堡 (Fort Johnston,) 處發生年 (1934) 之氣候圖如下 (第二五圖)。Uvarov 氏稱此種圖為“生物氣候圖” (Bioclimatograph)。



第二五圖 非洲赤蝗 (*Nomadacris septemfasciata*) 在該洲中南部約翰通堡處之發生與當地氣候之關係 (錄自 Smee 氏 1935)

(*) = Smee, C.

1936. Bull. Entom. Research. vol. 27.

Part I. pp. 1.—35.

應用氣候圖以說明昆蟲在各地發生之狀況，須積多年之觀察，方可接近正確，否則將無甚價值。此外，在氣候學上所用之等溫線及等雨線，均為研究昆蟲在大面積內分布之重要依據，而各地局部氣候 (local climate) 之變異，有時與當地昆蟲之繁殖，亦發生極密切關係。但今日國內各地之氣候記載，尚屬簡單，而又不普遍，不足供經濟昆蟲上作精密之研究也。(關於一地平均溫度之計算法，可參考 Cutright, C.R. 1927, Notes on the Computing of Mean Temperature Averages for Biological Use. Anu. Entom. Soc. America. vol. XX. pp. 255—261.)

昆蟲在各地繁殖之高下，為害之輕重，若從而按時記載之，再參合當地之氣候，以及其他相關之因子，再研究其發生多少之原因，更將其分布之地域，劃出其輕重之範圍，此種工作，有助於害蟲防除之工作極大。

Bremer 氏謂昆蟲之分布，可分為三種地域：即(1)害蟲之一般分布地域，(2)羣體發生地域。(即相隔幾時後，害蟲大發生之地域)，(3)連續之被害地域(即年年大羣發生之地域)。

Cook 氏 (1923—1929) 在北美對於一種地蠶 (*Porosogrotis orthogonia*) 與行軍蟲 (*Cirphis unipunctata*) 之分布及為害情形，與美國各省氣候之關係，決定兩種昆蟲在全美各地之生活區域如下：

(a) 常多區 (area of normal abundance) 地蠶在該區域內，年年猖獗，雖其氣候年有變異，但不影響於地蠶之繁殖，祇有寄生昆蟲之增加，可遏制其發生。

(b) 偶生區 (area of rare occurrence) 與常多區鄰接之區域

爲偶生區，地蠶在該區內，如遇氣候變化，而呈常多區內之狀態時，地蠶即行猖獗。該區內地蠶繁殖之多少，常隨氣候之變異而不同，但寄生菌及寄生昆蟲能遏制其猖獗。

(c) 不生區 (area would not be present at all) 該區域離常多區更遠，地蠶在該區域內，無一定之繁殖率，常由鄰近區域內遷移入境，而致猖獗。但其繁殖直接由不良氣候所遏制。間接受寄生菌等之影響。

鄒鍾琳氏(1935)研究中國遷移蝗(*L. migratoria*, L.)在中國之分布，向華北之遷移，爲當年冬季低溫所限制，向華南之分布，受春夏間高雨量之阻礙。其在南京附近，歷年發生之多少，則視

- (a) 隔年秋季有無蝗羣(由徐州一帶飛來)之下落，
- (b) 冬季一月內最低溫度之高下，
- (c) 春夏間雨量之多少。

氏根據全國各地氣候之記錄，及各地歷年蝗蟲發生情形，將遷移蝗在中國之分布地，分爲(1)適生區(normal region)，(2)偶災區(occasional region)，(3)不活躍區(inactive region)，現時遷移蝗在國內之繁殖地，大多在適生區內。該區約在江蘇之北部，山東南部，及安徽之西部。Uichanco 氏(1938)謂菲列濱遷移蝗(*L. migratoria manilienses* Méyen) 在該島之發生，亦年有不同。在初發生時，祇限於南部 Mindanas 島內之一小區域，後向北蔓延，而及於其他各島。氏在發生蝗蟲之各島，研究當地氣候與該種蝗發生之關係如下：

蝗蟲生活狀況	每年平均最高 溫度 C°	每年平均最低 溫度 C°	溫度絕對年交差 之平均 (Mean of absolute annual range C°)	溫度交差與最高 溫度之比 (Ratio of range to maximum%)
不常為害區(a)	36.02±0.30	16.65±0.25	19.34±0.32	54.03±0.69
常為害區(b)	34.06±0.69	19.24±0.15	15.72±0.19	44.91±0.48

兩區之差異(a-b)	相差數	d/P.E.D.
年平均高溫	1.06±0.31°C	3.37
年平均低溫	-2.58±0.29°C	8.94
溫度絕對年交差之平均	3.62±0.37°C	9.80
溫度交差與最高溫度之比	9.12±0.84°C	10.88

Khan 氏(1938)研究棉紅鈴蟲(*P. gossypiella*)在印度 Punjab 省之分布,因溫度及雨量之關係,成顯明之四帶:即(1)正常發生帶, (zone of normal outbreaks), 該帶內棉鈴被受害者,佔 15%,全年雨量約有 15 吋;(2)偶然發生帶 (zone of occasional outbreaks), 該帶內棉鈴被受害者, 佔 5—15%, 全年雨量 11—15 吋;(3)可能發生帶 (zone of possible outbreaks), 該帶內棉鈴被受害者, 佔 5%, 全年雨量 8—11 吋;(4)不發生帶 (zone of no outbreaks) 該帶內棉鈴被受害者, 不到 1%, 全年雨量約 8 吋左右。

(三) 昆蟲集體之波狀發生與氣候之關係

大羣昆蟲之發生,與氣候之關係,為一不易研究之問題,因其直接間接包括之因子頗多。在寒帶及一部份熱帶中之若干區,日夜與全年之溫度,相差無幾,生活於此種環境下之昆蟲,其繁殖數目,幾

常呈固定，極少有週期性之變動，但在其他熱帶內之若干區域，一年內各季之乾溼相差殊甚，溼季熱而乾季較冷，此種季節之變化，能直接影響一地昆蟲之生活。有若干處，此種氣候上之變動，在一年內，呈一經常之循環，大多數昆蟲之生活史，在乾季內，常形混亂，尤以鱗翅目中之昆蟲為然。

在熱帶及亞熱帶內，如遇既熱且乾之氣候，植物易於落葉，同時，亦不利於昆蟲之生活，在此季內，昆蟲之活動，形將停止而呈夏眠狀態。在溫帶內，歷年氣候常有差異，因此有許多昆蟲之繁殖，有數年發生極多，有若干年，則極少，恆呈週期性之猖獗，(periodic outbreak)。在中國歷史或縣誌上，每逢若干年後，常發現有蝗災或螟害之記錄者，即是故也。根據近數年之觀察，如1931年，江蘇北部之行軍蟲 (*Cirphis unipuncta*) 發生極多，為小米，玉米等之大害。1934年，南京一帶夏季熱度特高而長，油胡蘆 (*Grylus mitratus*) 繁殖極盛。1937年華北雨量分布極為均勻，棉蚜 (*Aphis gossypii*) 發生極少。近年經濟昆蟲學家對於害蟲集體發生之起落現象，朝夕研究其種種誘致之因子。如害蟲之生理的生活史 (physiological life history)，食物之多少與時期，寄生蜂肉食昆蟲寄生病菌等之影響，及與當地天氣等所發生直接間接之關係，經長期之精密考查，始能窺得內容之秘奧。大概環境內各種條件能間接直接適於一種害蟲之繁殖時，該種害蟲即經年累月，生生相聚，其數目能於某年某時，突然增多，而呈飽和狀態，但不久又因不良之氣候，或天敵及食物等，而發生重大之死亡，使昆蟲之發生，又形平復。此種綜合之研究，近年Barnes氏(1932, 35, 36, 40, 41)在英國對於小麥花搖蚊 (*Contarin-*

nia tritici, Sitodiplosis mosellana) 歷年發生多少之種種原因, 開發頗多。爲害歐洲森林之一種毒蛾(Lymantria monacha), 據 Ruzicka 氏(1923) 云, 每年春季乾燥, 能使蛾數增多, 若連續有 4, 5 年之乾春, 則此蛾繁殖增多, 而致大害, 但猖獗四五年後, 因天敵之控制, 此蛾大多數又復消滅。所謂氣候關係者, 卽天氣能影響於毒蛾之寄生蜂者, 較寄主爲顯著。如春季溫度高而溼度低, 頗適於寄主之繁殖, 如春季溫度低而溼度高, 寄生蠅及寄生菌發生頗好。同時, 此種週期性之猖獗, 與日球黑子之週期, 亦有關係云。在美國曼尼托巴(Manitoba) 雖冬季無雪, 但溫度甚低, 則該地一種甲蟲(Calorada beetle) 之數目, 遂大爲減少。再該地如在早春, 始而呈短時期之溫暖, 繼而溫度降低, 則足以消滅大多數甫經孵化之蚜蟲。如溫度降落至 16.6°C 時, 該地蘋果蠹蛾之產卵, 卽被抑制。在北美洲, 當五六月之際, 氣候溫潤, 足以使地蠶遷至土面, 因此被鳥類等啄食者頗多, 故此後地蠶之爲害, 必將大爲減少。在英國, 如冬季嚴寒且富雨雪, 則利於一種夜蛾幼蟲(Charaeas graminis) 之大發生, 蓋此種幼蟲本藏匿於地下, 原已不易爲食蟲鳥類, 或其他天敵所殘害, 同時, 在此種惡劣氣候下, 其天敵且更易喪生也。此外, 尙有許多例證, 足以表示氣候與昆蟲發生密切之關係。應用昆蟲學家對於此項研究之重要企圖。在根據關於氣候方面之記載, 以預測害蟲之發生, 使百無一失, 藉使一般人對於害蟲之發生, 能未雨綢繆, 進而謀適當之防治也。

所謂昆蟲集體之波浪狀發生, 或稱曰週期性之發生者, 其現象先少而多, 後復歸常態, 一起一伏, 俱有顯明不同之階級。Escherich

氏(1931)謂蛾類之集體發生,因其種類之不同,而各有特殊之經過。此種經過分為準備或潛伏 (incubation), 漸進 (prodromal), 猖獗 (eruption), 及衰退 (krisis) 等四期。如外界氣候適於某種害蟲之繁殖, 則由潛伏期而向前進行, 若干年後, 又因天敵或其他不良境遇, 而復行衰落。

考害蟲之發生, 有急性及慢性兩種, 前者以森林中之蛾類見之, 常於一時期突然的大發生; 後者則以其發生之旺否, 時起時落, 而能繼續數年, 象鼻蟲, 金龜子等屬之。

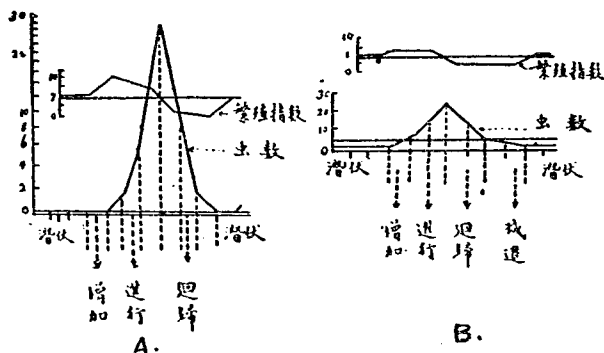
關於昆蟲集體之波狀發生 (gradation), 其意義自來解釋者頗多。依 Stellwagg 氏(1921)之意見, 以為此即害蟲自發生以至猖獗, 再由猖獗而至平復狀態之經過。而 Börner 及 Martini 等氏(1931)則謂此僅指昆蟲發生之消長而已。Schwerdtfeger 氏(1934, 1935) 謂波狀發生者, 乃為害蟲與其他生物間之生存均衡狀態, 經大猖獗而再入正常年之經過也。正常年之狀態, 即為害蟲之潛伏期 (latent period) 羣集體發生, 即波狀發生與潛伏相互繼續進行之謂。如再將波狀發生各級分析之, 則其上向狀態者, 稱為進行 (progression), 下向狀態者, 稱為迴歸 (regression)。在此兩種正常限界以外之上向狀態, 稱為增加 (accrescence), 下向狀態稱為減退 (decrease), 猖獗之高峯 (maximum) 與正常密度之間隔, 稱為振幅 (amplitude)。

茲將四種森林蛾類表之於下, 以示其不同之集體發生式, 並將發生之經過以年數示之。

第二九表 在歐洲四種蛾之集體發生式

種類 波狀發生之各期	尺蠖蛾 Bupalus piniarius L.	夜蛾 Panolis flamma schiff	枯葉蛾 Dendrolimus pini	天蛾 Sphinx pinastri. L.
潛伏 (Latent)	1-10年	1-14年	0-33年	0-10年
發生 (Gradation)	7	6	7	7
增加 (Accrescence)	1	1	1	1
進行 (Progression)	3	2	3	2
迴歸 (Regression)	3	2	2	2
減退 (Decrescence)	0	1	1	2

由第二九表觀之，可知四種蛾類之繁殖指數曲線均不相同。屬於夜蛾科之 *P. flammea* 其曲線為最急激向上，屬於尺蠖蛾科之 *B. piuiarius* 次之，枯葉蛾科之 *D. pini* 甚低，天蛾科之 *S. pinastri* 則呈水平狀態。（第二六圖），但此種繁殖指數與繁殖力之大小無



第二六圖 關於A—尺蠖蛾 (*B. piniarius*) 及 B—天蛾 (*S. pinastri*) 羣體發生型及其繁殖指數(錄自 Sachtleben 氏)

甚關係，蓋生產力 (biotic potential) 之值，在 *B. piniarius* 為 33，在

第三〇表 夜蛾 (*P. flamma*) 在德國北部一次波狀發生之末期死亡率 (錄自 Sachtleben 氏, 1928)

		遺失或遭死亡之蟲數
每株樹所得之卵數(由17.4個卵所產之卵)	1,200	950
實際產卵數	25)	100
卵死亡率(內20%被卵寄生蜂 <i>Trichogramma</i> 寄生及未孵化者有20%)	150	145.9
新孵化幼蟲(因氣候等而致死者至六月為止, 佔99.3%)	1,100	1.05
老幼蟲(被寄生者佔78.9%,其他因子而死者, 佔7.7%)	0.05	0.018
蛹(被寄生者,佔16.4%,其他因子佔14.1%)	0.032	
每株樹上所孵化之蛾	0.0043	0.0297

本代繁殖率與上代相較為0.004:14.4,或為1:7350.

第三一表 夜蛾二次波狀發生時死亡率之轉變期(即減退時)如下(錄自 Schwerdtfeger 氏, 1935)

	出生數	死亡數
每平方米內之蛹數	100	66.4
蛹之死亡率(肉食蟲59%+病17%+其他1%)	33.6	20.2
蛾死亡率(天氣,3%+肉食16%)	18.3	
產卵	792	
卵死亡率(氣候10.4%+天敵1.4%+不受精,%)	693.6	101.4
第一齡幼蟲(氣候16%+飢餓8%+肉食9%)	490.2	200.4
末齡幼蟲(天敵與疾病18+18+43+70%)	10.7	459.5
蛹期(寄生昆蟲99%)	0.5	50.2

P. flamma 爲 75, 在 *D. pini* 爲 100, 在 *S. pinastri* 爲 100. 具有繁殖力最高之兩種, 其繁殖指數反而降低, 此即因二者對於環境之抵抗力較他種爲大故也. 在每次狀波發生之減退時期, 昆蟲必因不良天氣及天敵之阻力, 而發現高度之死亡率. Sachtleben (1927) 及 Schwerdtfeger 氏 (1932, 35, 36) 謂夜蛾 (*P. flamma*) 在德國北部, 二次波狀發生之末期死亡率, 如第三〇表及三一表所示.

由上所錄, 寄主之消失比例, 爲 1:200. 就中由天敵而消滅之數目, 較氣候因子高 632 倍, 如是下一化之蛹數, 將減少至 326 個.

在此波狀發生而呈轉變之前一年, 每 1 平方米面積內, 所存之蛹數, 由 30 增至 509 個 (Schwerdtfeger 氏 1932). 但在轉變年, 夜蛾 (*P. flamma*) 之繁殖數內, 單獨由氣候因子而死亡者, 每平方米內, 由 522.6 減至 130.3 個, 在松毛蟲 (*D. pini*) 之波狀發生, 亦有相似之結果.

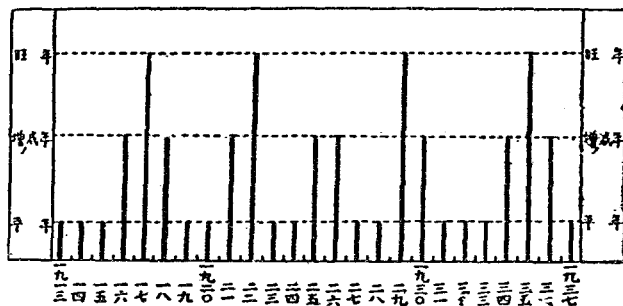
平時吾人所見昆蟲之波狀發生, 爲例頗多. 如石刁柏夜蛾 (*Prudentia litura*) 在重慶 1938 年之九月至十月, 爲害極劇, 但當年幼蟲被寄生菌而死者, 占 70% 以上, 因此明年即歸平復. 水稻上之三化螟在長江下游, 歷年發生, 亦呈顯明之週期性變異. 冬季低溫及夏秋季之卵寄生蜂, 可遏制其繁殖, 而趨於常態. 患螟區域水稻之總收量, 在三化螟發生常年與旺年之差別, 相去極遠.

蔡邦華氏 (1936) 在南京曾分析水稻三化螟災之升落現象, 有下列兩種因子:

1. 八九月間之高溫多溼, 在三、四化發生之區域內, 可增加其一年中之化數, 此外幼蟲越冬死亡率亦少 (因成熟幼蟲增多).

2. 冬季溫暖可增高越冬幼蟲生存之百分率。

根據25年內螟害發生之計錄，三化螟在揚子江下游，大約每隔2-4年，即有一次旺年之發生，茲將25年之記載作成(第二七圖)。



第二七圖 水稻三化螟在江蘇省揚山歷年發生之衰旺現象(原圖)

(四) 昆蟲繁殖上之自然平衡 (Biological equilibrium)

自然界內各生物間之平衡，乃生物本身之繁殖力與環境對抗力量相互抵消之結果，害蟲之棲息密度，可依此種天然狀態而說明之。所謂繁殖力者，即雌蟲所能產生之後裔數，環境抵抗者，即害蟲各期因抵抗環境之阻力而致之死亡率。害蟲之棲息密度者，乃在某單位面積內害蟲之棲息數。Chapmen氏(1931)謂各種生物各具固有之生產力 (biotic potential)。生產力者，生物自身藉繁殖力與生存力而增加數目之謂。各生物在各種固定環境內，生產力之表現，呈固定之差池，此可由數量而統計也。如生物對於環境阻力，具有極大之抵抗力，則該種生物之生命力極高；反之，生物之生命力弱者，則其繁殖

之後裔，將因環境之抵抗而漸致淘汰，至僅存少數之殘種而止。生產力可分為繁殖力 (reproductive potential) 及生存力 (survival potential)。在自然界內，生物之繁殖力高者，其生存力並不等高，或生存高者，繁殖力反低。數種害蟲雖產卵頗少，但因保護方法之安全，其後裔均能發育完成。反之，害蟲之產卵多者，「疊經天然淘汰之後，所能生存之後代，亦未必多。繁殖力可分為(1)雌蟲所生後代之雌雄性比(♀:♂)；(2)每雌蟲在一單位時間內之產卵力。關於昆蟲中雌雄性之比率，在大體上，均以雌雄各半數表示之(0.5)，但雌數超過雄數，或雄多於雌，在昆蟲中，亦為常見之事實。每一雌蟲之產卵數，在理論上，有理想與絕對兩種之產卵量。害蟲在野外實際之產卵數，乃為相對之產卵數，比絕對產卵數為少，因受環境內無機因子之影響所致。所謂絕對產卵數者，(1)宜根據每種雌蟲體內所具初級卵子細胞(primary oocytes)之常數，或(2)昆蟲在各種最適宜條件內所產之卵數。前者理論雖屬確當，但檢查時之技術頗難精確，後者則在事實上，不易做到。故在自然界內，昆蟲之產卵數，歷次雖各有一平均值(mean value)，但此平均數值常因環境內各種無機因子之變遷而有差異。

Thompson氏(1922)對於測算生物之生產力，用下列公式：

$$fs = Z$$

f = 雌雄性比例(♀:♂)

s = 每次繁殖時所產生之卵數

z = 生命力之數值

生存力可分為營養力 (nutritive potential) 及保護力 (protec-

tive potential). 營養力即示生物能利用自然界內之食物,以維持其生命之謂。保護力者,即對於環境內變動阻力之抵抗(即所謂自衛適生)。

環境抵抗 (enviromental resistance) 與生產力之消長,呈相反現象。如一生物之生命力已形固定,同時其後代之個數日益增加,即示其環境阻力之薄弱。反之,一生物之後代日趨衰微,則其環境之阻力必高。此兩力之消長,造成一生物在自然界內,繁殖數多少之差池在環境阻力內,可分為(1)物理的抵抗 (physical resistance),如溫、溼、光、氣壓等; 2)生物的抵抗 (biotic resistance),如寄生性昆蟲、菌及其他天敵等。

害蟲於自然界內,棲息密度之大小,因種類而異,但在突破其均衡狀態之後,繁殖數目之多少,則視其生產力與環境抵抗力之消長為轉移。此種均衡狀態之變遷,可以害蟲各世代棲息密度之變動,而表示之,其間關係,近數年來,昆蟲學家常應用若干公式,以示此兩種力量,消長後之數量的結果,或即稱曰數量的猖獗學(quantitative epidemiology)。茲錄若干計算之公式如下:

今假定害蟲之棲息數,在相連二世代之間,為保持均衡狀態,則其繁殖力與環境抵抗之關係,可依 Zwalfer 氏 (1931) 之公式:

$$W_0 = \frac{100(e - \frac{m+f}{f})}{e} \quad (1)$$

W_0 = 該蟲為保持均衡狀態,所必要之環境抵抗,(因環境抵抗力死亡之數)之%。

e = 為絕對產卵數。

$m:f =$ 兩性之比($\delta:\text{♀}$)。

W_0 不特包含一蟲子孫之死亡數，抑且包含其絕對產卵數之減少，故稱之為均衡抵抗。

各種害蟲之均衡抵抗(W_0)，各有其特異之數值，例如一種夜蛾(*P. flammea*)， $e=190$ ， $m:f=1:1$ ，則其 w_0 之數值，可求之如下：

$$W_0 = \frac{100(190 - \frac{1+1}{1})}{190} = 98.95$$

98.95%者，即該種夜蛾在自然界內，於各種適宜條件下，須保持其均衡狀態時，則應由其繁殖數中，減去98.95%之死亡數。此98.95%之死亡數，一部份則為產卵後之子孫死亡數。

上述為二世代相互連續，對於環境抵抗而保持其均衡狀態時，應死亡之數。至於一種昆蟲在一世代對環境總抵抗(W_x)之死亡數，可由下式求之：

$$W_x = \frac{100(P_1 \cdot e - P_2 \cdot \frac{m+f}{f})}{P_1 \cdot e} \quad (2)$$

$W_x =$ 總抵抗力。

$P_1 =$ 該蟲在一世代繁殖開始時之棲息密度。

$P_2 =$ 該蟲在同時代繁殖終點時之棲息密度。

$e =$ 為該蟲絕對產卵數。

$m:f =$ 兩性之比($\delta:\text{♀}$)。

W_x 既為一世代現實死亡數之%，則此數包含絕對產卵數之減少，及其子孫之死亡數(即其總抵抗)，故其式可復寫之如下：

$$W_x = \frac{100 \cdot (P_1 - P_2) + W_0 \cdot P_2}{P_1} \quad (3)$$

例如尺蠖蛾 (*B. pinarius*) 之棲息密度, 在一單位面積內, 其越冬蛹數, 據調查所得, 如下表所示:

年 份	1924	1925	1926	1927	1928	1929
一平方米內之蛹數,	0.14	0.92	1.11	8.71	33.04	30.00

兩性比 $m:f = 63:37 = 2:1$ 絕對產卵數 $e = 120$

先依(1)式之均衡抵抗式計算, 則可得如下:

$$W_0 = \frac{100(120 - \frac{2+1}{1})}{120} = 97.5\%$$

再該蟲在1924—1925年之棲息密度, $P_1 = 0.14$, $P_2 = 0.92$, 此類數值如以第(3)式計算之, 則一世代之總抵抗如下:

$$W_x = \frac{100[(0.14 - 0.92) + 97.5 \times 0.92]}{0.14} = 83.57\%$$

依照上例之計算法, 則可得下列各年之總抵抗。

世 代 年 數	1924-25	1925-26	1926-27	1927-28	1928-29
集體之發生期年	潛伏(1)	潛伏(2)	漸 進	猖獗(1)	猖獗(2) 衰退之初期
總 抵 抗	83.5%	91.98%	89.58%	90.52%	97.78%

由上表, 可知環境總抵抗以潛伏第一年及漸進年為最小, 此等年棲息密度之增加最大。

害蟲之集體發生者, 即害蟲由棲息數(或稱曰繁殖密度)尚未顯著增加, 以至大猖獗發生時, 其間逐步過程之表現。此意在前節已略述概要, 若該蟲連年之總抵抗較均衡抵抗為小時, 即表示該蟲之

繁殖可逐年增加，而能趨於猖獗。反之，總抵抗較均衡抵抗為大時，則表示該蟲之繁殖，離猖獗期漸遠，或由猖獗期漸次衰落，而至平靜狀態。由是可知，害蟲生活上總抵抗之變動與大猖獗發生之關係矣。

吾人若欲調查一種害蟲在野外連年之棲息密度，必先知該蟲生命上之最高最低氣候因子 (climatic factors)，與其繁殖數相互對照，藉以知該蟲因氣候因子而死亡之值，再確定其在正常年度之棲息密度。如是，對於一種害蟲棲息數增減之調查，可省去多數之手續，而其棲息密度數值，亦可由其總抵抗及氣候上之記載而推定之。此種理論應用於實際者，有Berwig氏(1926)對於夜蛾(*P. flammea*)及Echstein氏(1923)對於尺蠖蛾(*B. piniarius*)之發生與氣候之關係。兩氏研究兩種害蟲猖獗前之環境，其結果云，害蟲猖獗之原因，基於氣候條件居多，在猖獗時，此種氣候條件仍須繼續存在，而後方能造成大猖獗也。

對於害蟲棲息密度消長之預測(或稱害蟲發生之預測)，則不能不依據上列各點，按步考查，此種研究乃根據多種昆蟲生態學上之原理，或即稱謂猖獗學(Epidemiology)。我人對於某種害蟲問題，如欲作此類之研究，則關於影響於某害蟲繁殖消長之各種條件，須先一一分析，並須各各測知其數量的變化。

環境總抵抗可分析為若干部份之抵抗，或稱抵抗分力，就中屬於無機因子者，有氣候、土壤等，屬於有機因子者，可分為營養(食物)、疾病、天敵及競爭等。欲測知一種害蟲對於以上各種抵抗力，可由其理想子孫中死亡數之百分比求之，此數字中亦包含絕對產卵數之減少。

現設一世代終點之棲息密度為 P_z ，其開始點為 P_1 ，絕對產卵數為 c ，兩性比為 $m:f$ ，而抵抗分力為 $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$ 等，則一世代終點之棲息密度，可由下式求之：

$$P_z = \frac{P_1 \cdot c \cdot f}{m + f} \left(1 - \frac{W_1}{100}\right) \left(1 - \frac{W_2}{100}\right) \left(1 - \frac{W_3}{100}\right) \dots \left(1 - \frac{W_n}{100}\right) \quad (4)$$

茲據一例說明之，1936年春於德國中部之 Heideck 處，調查森林地夜蛾之越冬蛹數，得悉在每一平方米之地面內，尋出34.8蛹，其中約有50%被寄生蟲或菌類所害，即 $W_1=50$ ，在野外每個雌蟲平均產卵約150個，此數與絕對產卵數相比，約減少31%，則 $W_2=31$ ，產下之卵約有2.6%，被一種卵寄生蜂(*Trichogramma evanescens*)寄生，7.4%被其他無機因子所侵害，而不孵化者有5.6%逸失（此恐被鳥類、昆蟲或其他天敵之侵害而損失），如是 $W_3=2.6+7.4+5.6=15.6\%$ 。此外，幼齡幼蟲之死亡數為20%，則 $W_4=20$ 。老齡幼蟲被寄生蠅(*Tachina*)之寄生者，約55%，再因其他原因而死亡者，約為35%，如是 $W_5=90$ ，又因其被害之松樹，不能供給其充分之食料而致死者，約有98%，則 $W_6=98$ 。今應用第(4)公式，計算如下：

$$P_z = \frac{34.8 \times 150 \times 1}{2} \left(1 - \frac{50}{100}\right) \left(1 - \frac{31}{100}\right) \left(1 - \frac{35.6}{100}\right) \\ \left(1 - \frac{20}{100}\right) \left(1 - \frac{90}{100}\right) \left(1 - \frac{98}{100}\right) = 1.54$$

據實地之調查，此蟲於世代終點時，在林地尋得之蛹數，為每平方米內平均1.4個，如是與應用第(4)公式所得之預想值(1.54)，頗為接近。

又當吾人驅除害蟲時，常設法預測殺蟲達到多少時，方能適合吾人除蟲之願望，今如以 W_x 為應有之殺蟲率(減少率)， P_1 = 開始點之棲息密度， P_2 = 我人所祈望該蟲之棲息密度(即為害程度極低時之棲息密度)，則 W_x 可依下式求之：

$$W_x = 100 \left[1 - \frac{(m+f) \cdot P_2}{f \cdot e \cdot P_1 \left(1 - \frac{W_1}{100}\right) \left(1 - \frac{W_2}{100}\right) \left(1 - \frac{W_3}{100}\right) \dots \left(1 - \frac{W_n}{100}\right)} \right] \quad (5)$$

例如在每一平方米內，有夜蛾之越冬卵，在春期健全者為8個，即 $P_1 = 8$ 。(據調查所得以此數即為驅除上必要之限界棲息密度)，成熟幼蟲之棲息數(以每松桿直徑約20釐米計)，如一松有500條時，即可致此樹之死命，而200條即為被害之界限數。今假定由蛹孵化後，經蛾卵而生存之幼蟲，每樹在200條以下，此為吾人在驅除上之要求。(每樹有幼蟲在200條下，即不成害)，同時，每四平方米地內，有樹一株，則 $P_2 = \frac{20}{4} = 50$ 。蛾在適宜溫、溼度下絕對產卵之減少率，約為20%，即 $W_1 = 20$ 。初期幼蟲之死亡率，為20%，即 $W_2 = 20$ 。茲依第(5)公式計算 W_x 之值如下：

$$W_x = 100 \left(1 - \frac{(1+1)50}{1 \times 190 \times 8 \left(1 - \frac{20}{100}\right) \left(1 - \frac{20}{100}\right)} \right) = 89.722\%$$

即為該蟲由蛹繁殖至第二世代之成熟幼蟲時期，約須有89.722%之減少率，殺蟲方能有效。

關於害蟲發生消長之理論，及應用數學方法推算其發生之數值，近年來，一部份之應用昆蟲學家孜孜精求，冀能由理論而入實

用,但研究結果之實例,現時爲數尙少。故上述理論將來是否能適用於實際?尙有待實地觀察與試驗結果之證明。因害蟲問題之發生,係受極複雜之生物及無機因子等相互作用之影響。現時試測害蟲,在各種無機環境下(溫度、溼度、光及空氣之流通等)之發育情形,因所用儀器之欠精細,致所得結果未必正確(Elton, 1933)。同時,此種無機因子在自然界內,刻刻變動,與害蟲生理及害蟲有關之各種有機因子,所發生之種種變化,是否能用一簡單之公式,以表示其實在情形?此正須待應用昆蟲學家之努力探求也。

參考文獻

1. Ahmad, T. 1936. The Influence of Ecological Factors on the Mediterranean Flour Moth, *Ephestia kuehniella*, and Its Parasite, *Nemeritis canescens*. Jour. Anim. Ecology. 5(1): 67—93.
1937. Importance of the Study of Insects Ecology in Applied Entomology. Ind. Jour. Agric. Sci. Vol. VII. Part, 1.
2. Bornes, H. F.
1941. Studies of Fluctuation in Insect Population, VIII. The Wheat Blossom Midges on Broadbalk, 1932—40, with a Discussion of the Results Obtained, 1927—40.
J. Anim. Ecol. vol. 10, No. 1. PP. 94—120.
3. Berland, L. 1934. Resherches en Avion Sur la Faune de Látmosphere (La Nature, 15 Oct., 1934) PP. 341—345, 5

Plats.

1935 Premiers Résultats de Mes Resherches en Avion Sur la Faune et la Flore Atmosphereques. Annales de la Société Entomologique de France, vol. CIV. PP. 73—96.

4. Blunck, H. 1923. Die Entwicklung des *Dytiscus marginalis*, L. Vom Eibis Zur Imago. 2 Teil, Die Metamorphose., Zs. Wiss. Zool. 121, pp. 171—391.
5. Bodenheimer, F. S. 1930. Über die Grundloggen Einer Allgemeinen Epid emiologie der Insekten Halamitaten. Zeits. Ang. Ent. 16. p. 433—450.
1938. Problems of Animal ecology. Chap. III, IV. Oxford University Press.
6. Buxton, P. A. 1930. Evaporation From *Tenebrio Larva*. col. proc. Roy. Soc., B, 106, 560—77.
1931. Dalton's Law Applied to Insects. Proc. Ent. Soc. Lond. 6. 27—31.
7. Buxton, P. A. and D. J. Lewis, 1934. Climate and Tse-Tse flies. Laboratory Studies Upon *Glossina submorsitous* and Tachinoides. Philosophical Transaction the Royal society of London. No. 512. Vol. 224. pp. 175—240.
8. Chapman, R. N. 1931. Animal Ecology with Especial Reference to Insects. chap. III, IV, V, X.
9. Cook, W. C. 1927. The Distribution of the Alfalfa Weevil

- (*Phytonomus posticus* Gyll) A Study in Physical Ecology.
Jour. Agr. Research 50: 479—491.
10. Crozier, W. T. 1926. On curves of Growth Especially in Relation to Temperature. Jour. Gen. Physiol., 3. 659—661.
 11. Dabrol, B. M. 1938. Micro-Climatology of an Irrigated Cotton Field in Sind (India) Ind. J. Agr. Sci. vol. VIII, pp. 161—184.
 12. Daubenmire, R. F. 1938. Merriam's Life Zone of North America The Quarterly Review of Biology. vol. 13. No. 3. pp. 217—332.
 13. Felt, E. P. 1938. Wind Drift and Dissemination of Insects. The Canadian Entomologist. Vol. LXX. No. 11.
 14. Grünberg, A. 1938. The Mediterranean Fruit Fly (*Ceratitis capitata*) in the Jordan Vally. Bull. of Euto. Research, Vol. 29 Part. 1.
 15. Glick, P. A. 1939. The Distribution of Insect, Spider and Mites in Air. U. S. D. A. Tech. Bull. No. 673. 1—150.
 16. Hixon, E. and C. A. Soater. 1936. Freezing Temperature of the Chinch Bug, *Blissus leucopterus* Say. Jour. Econ. Ent. 29 (2):465—466.
 17. Husain, M. A., and M. H. Khan.
1934. Ind. Jour. Agric. Sci. 4. 261.
 18. Husain, M. A. and T. Ahmad.

1936. *Ind. Jour. Agric. Sci.* 6. 188.
19. Imms, A. D. 1931. Recent Advances in Entomology. Chapt. 1932. Temperature and Humidity in Relation to Problems of Insect Control. *Ann. App. Biol.* 19(2):125—143.
20. Janisch, E. 1927. Das Exponentialgesetz als Grundlage Einer Vergleichenden Biologie. 1928. Effect of Temperature on Rate of Development in Insects. *Z. wiss. Zool.*, 132. 176—86.
- 19 2. The Influence of Temperature on the Life-History of Insects. *Trans. Ent. Soc. London.* 80: 137:168.
1933. Über die Berechnung der Kettenlinie als Ausdruck für die Temperaturab-Kängrgheit von Lebenserscheinungen. *Arb. Biol. Anst. Land. Forstw.* 20. p. 259—268.
21. Khan, M. H. 1938. Studies on *Platyedra gossypiella* Saunders. (The Pink Bollworm of Cotton) in the Punjab. *Ind. J. Agric. Sci.* Vol. VIII. Part. II. p. 191—214.
22. Koppen, W. 1931. Grundriss der Klimakunde, Walter de Gruyter Co. Berlin.
23. Kozhan tchikov, I. W. 1939. Thermostable Respiration in Its Relation to the Cold-Hardiness of Insects. *Zoological Journal of U. S. S. R.* Vol. XVIII, No. 1. pp. 86—98 (有英文提要)
24. Kraika, J. Jr. 1921. The Physiological Zero: an Explanation

- of the Departure From the Linear Graph of the Reaction Rate Values at the Lower Temperature. Jour. Gen. Physiol., 3. 659—661.
25. Krogh, A. 1914. On the Rate of Development and Cor Production of Chrysalids of *Tenebrio molitor* at Different Temperature. Zeits. Für Allgem. Physiol., 16: 178—190.
26. Ludwig, D. 1928. The Effects of Temperature on the Development of an Insect (*Popillia japonica*). Physiol. Zool. 1. 358—385.
1937. The Effect of Different Relative Humidity on Respiratory Metabolism and Survival of the Grasshopper *Chortophaga viridifasciata*. Physiological Zoology. Vol. 10, No. 3.
27. Ludwig, D. and R. M. Cable. 1933. The Effect of Alternating Temperature on the Pupal Development of *Drosophila Melanogaster*. Physiol. Zool. Vi. No. 4. pp. 493—508.
28. Nagel, R. H. and H. H. Shepard. 1934. The Lethal Effect of Low Temperatures on the Various Stage of the Confused Flour Beetle. Jour. Agri. Research. Vol. 48. No. 11. pp. 1009—1016.
29. Parker, J. R. 1930. Some Effects of Temperature and Moisture Upon *M. Mexicanus* and *C. pellucida*. Univ. Montana Agric. Expt. Stn. Bull. 223 1—132.

30. Payne, N. M. 1929. Absolute Humidity as a Factor in Insect Cold Hardiness with a Note on the Effect of Nutrition on Cold Hardiness. *Ann. Ent. Soc. Am.* Vol. XXII, pp. 601—620.
31. Payne, N. M. 1933. The Differential Effect of Environmental Factors Upon *Microbracon hebstor* Say and Its Host *Ephestia küehniella* Zeller. *Biol. Bull.* Vol. 65. No. 2. pp. 187—205.
32. Pears, C. M. 1914. The Relation of Temperature to Insect Development. *Jour. Econ. Ent.* 7, 174—179.
33. Peairis, L. M. 1927. Some Phases of the Relation of Temperature to the Development of Insects. *Bull. West Virginia Univ. Agric. Expt. Station.* 208, 1—62.
34. Premer, H. 1923. Grundsatzliches Under den Massenwechself von Insekten. *Zeits. Ang. Ent.* 14. pp. 251—272.
35. Robinson, Wm. 1928. A Study of the Effect of surgical shock on Insects. *Jour. Agr. Research.* Vol. 37. No. 12. pp. 743—748.
1928. Determination of the Natural Undercooling and Freezing Point in Insects. *Jour. Agri. Research.* Vol. 37: No. 12. pp. 749—755.
36. Rubtsov, I. A. 1934. Fertility and Climatic Adaptations in Siberian Grosshoppers. *Bull. Ento. Research.* Vol. 25, part.

3. pp. 339—348.
37. Sanderson, E. D. 1910 The Relation of Temperature to the Growth of Insects. Jour. Econ. Ent. 3. 113—138.
38. Shelford, V. E. 1927. An Experimental Investigation of the Relation of the Codling Moth to Weather and Climate. III. Nat. Hist. Surv. Bull. 16, 307—440.
1929. Laboratory and Field Ecology. chap. 1, 7.
39. Shibata, K. 1932. Experimental Studies on the Influence of Low Temperatures Upon the Development of Puddly-borer (*Schoenobius incertellus*, Walk).
1st. Rept. (1932). J. Soc. Trop. Agric., Vol. 4: 504—516.
2nd. Rept. (1933) J. Soc. Srop. Agric. Vol. 5:308—314.
40. Uichanco, L. B. 1938. Studies on the Relation of Climate to Distribution of Migratory-Locust Outbreaks in the Philippines. Comptes Rendus de la vme Conference Internationale Pour les Resherches Antiaeridiennes
41. Ulyyett, G. C. 1936. The Physical Ecology of *Microplitron Fuscipennis*, Zett. Bull. Ent: Research. Vol 27. Part. 2 pp. 195—217.
42. Uvarov, B. P. 1931. Insects and Climate. Trans. Entomological Society of London. Vol. 79, Part. 1. pp. 1—247.
1932. Bioclimatograph, an Improved Method for Analyzing Bioclimatic Relations of Insec. Ecology. Vol. XIII. No.

- 3, pp. 309.
43. Wetch, E. V. 1934. Insects Found on Aircraft at Miami, Fla., in 1938. Publ. Health Rept. 54 (14):561—566.
44. Wigglesworth, V. B. 1939. The Principles of Insect Physiology. chap. XIV. pp. 354—372.
45. Zwölfer, E. 1930. Zur Theorie der Insektenepidemien Biol. Centralbl., 50. S. pp. 725—759.
1931. Studien zur Ökologie und Epidemiologie der Insekten (I—III)
- I. Z. F. Angew. Ent. 18, 475—562 (1931)
- II. Z. F. Angew. Ent. 20, 1—50 (1933)
- III. Z. F. Angew. Ent. 21, 333—84 (1934).
46. 呂 焜
小氣候學大綱 科學第19卷
47. 蔡邦華 張延年
1935. 米象產卵受溫溼度影響之試驗 中央農業實驗所研究報告第一卷第六號
48. 蔡邦華
1936. 中國螟蟲研究與防治之現狀
實業部中央農業實驗所特刊第十六號
49. 鄧鍾琳
1935. 中國飛蝗之分佈與氣候地理之關係及其發生地之環境
實業部中央農業實驗所研究報告第一卷第八號

50. 小泉清明

果實蠅之生育及關於低溫影響之研究

第1報 1931. 台灣總督府中央研究所農部彙報第3號

第2報 1932. 熱帶農學會報第4卷第3號

第3報 1933. 熱帶農學會報第5卷第2號

第4報 1933. 熱帶農學會報第5卷第3號

第5報 1934. 熱帶農學會報第6卷第3號

第6報 1934. 熱帶農學會報第6卷第4號

第12報 1939. 熱帶農學會報第11卷第2號

51. 高空內之昆蟲 科學第29卷第3號 (本文譯自 Nature (1939) 144. Imms (A.D.)

氏所著一文)

52. 1935. 應用昆蟲學之進展植物及動物第3卷第1號

第五章

昆蟲之天然敵害

(或稱害蟲之生物學防治法, Biological Control)

昆蟲生活於自然界內, 受許多天然敵害之襲擊, 因此其繁殖力受相當之限制, 昆蟲學家設法利用此種天然敵害, 藉以消滅其有關係之害蟲, 亦稱為生物學防除法。

第一節 昆蟲傳染病之種類及其利用

昆蟲傳染病之病原菌, 有細菌 (bacteria), 真菌 (fungi), 視外毒 (viruses), 原生動物 (protozoa) 四大類, 利用此種微小生物, 以驅除昆蟲, 宜注意(1)昆蟲各期之容受性 (receptivity), (2)適合於病原物寄生之天然環境條件, (3) 影響微生物致毒之條件, (4) 寄生物侵害寄主之確切方法, (5) 寄生物活動時與寄主某期之最盛時是否相互符合。

(一) 昆蟲之細菌病

致昆蟲傳染病之細菌, 大多屬於半球桿菌 (coccobacilli), 此種

細菌在普通培養基內，生長頗佳。此外，屬於球菌型 (coccus type) 內之細菌，如葡萄球菌屬 (*Staphylococcus*) 及鏈球菌屬 (*Streptococcus*) 等，在昆蟲體內，亦常有發現，致家蠶黑腐病之 (*Streptococcus bombycis*) 細菌即是。其他能成芽胞之細菌 (*Sporulating bacilli*)，平常極易寄生於昆蟲體內，但其致病力 (pathogenicity) 不如球桿菌類 (*coccobacilli group*) 之甚。蜜蜂卒倒病 (*Fruhblood*) 及家蠶卒倒病 (*Bacillus bombycis*) 為芽胞細菌中之著名病。屬於動物類中之微生物，呈彎曲形者 (*sinuous form*)，其體能作波浪狀活動，在昆蟲中，現已發現有少數之疾病，為本類細菌所傳染。

多數寄生性之細菌，對於寄生稍有選擇之習性，同時致昆蟲疾病之寄生性細菌，若由死體內接種於活昆蟲者，其毒力即行消失。

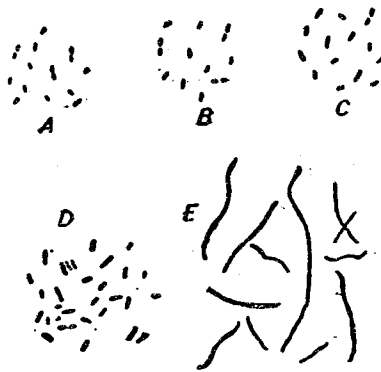
各種昆蟲對於一種寄生性細菌之感受性 (*susceptibility*) 往往因地域而有差異。如寄生於一種蝗蟲類之細菌 (*Coccobacillus acridiorum*)，對於兩種蝗蟲 (*Schistocera pallens* Thunb, *S. peregrina* Forsk)，極易感染，但於其他蝗蟲，則無致病效力。此種現象之起因，平時我人有種種推測，如上述昆蟲無同類相食之習性，或因蝗所染得之病頗為輕微，或昆蟲食物之豐富，或外界溫度之轉低等，但此等理論均不足以解釋多數蝗蟲之抵抗細菌病現象。Gluser 氏 (1918) 謂在 *C. acridiorum* 細菌內，並非為一純種，或有若干種不同之細菌在內，因此對於各種寄主發生不同之抵抗力。

普通受細菌侵害之昆蟲，吾人頗難根據其細菌之種類，以區別其病狀，因常有數種細菌，所致之病象，彼此相似。同時，一種細菌寄生於不同種之昆蟲後，在形態上亦發生種種變異，如昆蟲常患之細

菌性血毒病(bacterial septicaemia),該種細菌在昆蟲體內無一定處所,被染之昆蟲,食慾減退,活動力漸弱,體無伸縮力,口部與肛門時有排洩物,死後體縮小而呈暗黑色,內部組織化成液體,如以病蟲液體在顯微鏡下檢查,則可見無數之細菌。此種細菌本寄居於昆蟲之血道,或消化腔內,入後則延及體之各部,血毒症在蜜蜂幼蟲(如歐洲蜜蜂卒倒病 *Bacillus larvae*)及夜蛾幼蟲(如 *Bacillus noctuarum*)上發現極為普遍,而大多數寄主無法抵抗也。

致昆蟲疾病之細菌,對於環境之變異(更以各種昆蟲內部之變異為甚),感覺極靈敏, Paill-

ott 氏(1913)曾將 *Bacillus pieris liquefaciens* D. 細菌,接種於各種昆蟲體內其所成之體形,與在原來寄主體內者,迥然不同。在菜白蝶(*Pieris brassicae* L.)幼蟲之血中者,呈標準之球桿菌型(cccocabacilli)。在下列三種蚊蝶 *Vanessa urticae* L., *V. polychloris* L., *Euproctis chrysorrhoea* L. 則其形狀,依次而延長。同時,其寄生於盜蛾幼蟲(*Porthetria dispar* L.)者,則呈彎曲線狀,此種



第二八圖 一種細菌

(*Bacillus pieris liquefaciens*)在數種寄主血內形態上之變異, A. 在菜白蝶(*P. brassicae*)血內形, B. 在 *V. urticae* 血內形, C. 在 *V. polychloris* 血內形, D. 在 *E. chrysorrhoea* 血內形, E. 在 *P. dispar* 血內形。(由 Swenstran 書寫錄: Paillot, 氏 193)

形態之變異（第二十八圖），在其他致昆蟲疾病之細菌內，亦常有發現。

A. 昆蟲對於細菌之免疫力

昆蟲對於各種寄生性細菌之抵抗力，各有不同。據 Metalnikov 氏（1920）以十七種細菌，用接種方法，傳播於蠟蛾（*Galleria melonella* L.）之幼蟲體內，得有下列之結果：

a. 對於以下細菌，能完全抵抗 結核菌，白喉菌，破傷風菌，肺炎菌等。

b. 對於以下細菌，抵抗力較弱 霍亂菌，亞細亞霍亂菌（*Asiatic cholera*），傷寒菌，癘疽菌，淋病菌，痢疾菌，鼠疫菌等。

c. 對於以下細菌，染病極易。死物寄生菌，如 *Bacillus coli*, *B. proteus*, *B. prodigiosus*, *B. pyocyaneus*, *B. subtilis*, *anthracoides*。

由氏試驗之結果，知蠟蛾幼蟲對於死物寄生性之細菌，傳染頗易，但對於為害高等動物之細菌，抵抗力極強。

關於一般無脊椎動物對於寄生性細菌之免疫原因，自來學者有下列三種解釋。

(1) Ehrlich 氏謂動物之血漿及淋巴內，或身體組織中，原具有抗菌體（*antagonistic antibodies*），能消滅自體外侵入之細菌；抗菌體之本質，一如黏液能使微生物黏集一起。同時，其所具之抗毒素（*antitoxins*），能中和微生物分泌之毒素；而溶菌素（*bacteriolytins*）能阻礙微生物之發育。

(2) Metchnikoff 氏謂昆蟲血液中之貪噬細胞（*phagocytes*），能消滅外來之微生物。

(3) 細菌侵入昆蟲體內之後，因寄主組織時起變化，遂致侵入之細菌亦因環境不適而自滅。Metalnikov 氏對於細菌或其他微生物之消滅，由於寄主血液內之貪食作用 (phagocytosis) 一說，主張甚力。但據 Paillot 氏在近年所發表之論文中，則別具見解。氏以新鮮培養之一種桿菌 (*Bacillus melolanthae-nonliquefaciens*)，注射於夜蛾 (*Agrotis* sp.) 幼蟲體內，寄主即發現敗血症而死。此時寄主血液內所發現之貪食作用，為力甚微。若此種培養體有二三月之久，經接種後之夜蛾幼蟲，不但可以抵抗，且在二十四小時內，即以新鮮培養細菌注入體內，寄主亦能免疫。氏謂昆蟲具有此種抵抗力，乃由於血液與細菌起一種膠質反應 (colloidal reaction)，而變成粒形狀態 (granular condition) 所致。氏堅信此種粒狀態並非由於血細胞之作用所致，乃為小核細胞 (micronucleocytes) 消化細菌之結果。但有人謂昆蟲對於微生物之抵抗力，並不由於體內貪噬細胞作用 (phagocytic action) 之變異，乃由於自身血液因細菌侵入後所起之生理化學的變化 (physio-chemical modification) 所致。至於抵抗力之大小，則因昆蟲之種類與微生物之特性，以及外界溫度等而不同。

關於昆蟲血中是否有抗毒體？亦曾經各學者多次之試驗。據 Aghar (1928) Zernoff (1928) 兩氏之試驗，謂蠟蛾 (*Galleria melonella* L.) 幼蟲之血內，並無抗毒體之存在。但 Chorine 氏 (1929) 則謂蠟蛾幼蟲能產生一種抗毒體，可中和白喉細菌之毒。Metalnikov and Chorine 兩氏根據蠟蛾幼蟲試驗所得之結果，以解釋昆蟲抗菌作用，氏謂此種幼蟲之抗菌力，乃由於體內各細胞對此發生一種作用，能將外來之細菌吸收而消化之。此或即是抗菌體之產生。在血內之貪噬細胞 (pha-

gocytes)於初期時,能將外界侵入之細菌,設法包圍,但並無殺菌能力。同時,須有初期白血球(proleucocytes)之加入,成參加貪噬作用,或發生粒形細胞(spheroidal cells),此均與寄主免疫有重要之關係。

關於昆蟲免疫上之反應,約有下列五種:

- (1) 細菌被細胞之消化而滅絕。
- (2) 黏體及巨形細胞(plasmodia and giant cell)之生成。
- (3) 外殼(capsule)之生成。
- (4) 細菌因被膿腫之形成(formation of abscesses)而消滅。
- (5) 抗菌體之生成。

B. 細菌之傳佈與致毒

普通一般昆蟲得細菌之傳染,大多由於食物中附有病蟲之糞便,故其消化道為最先之受病處,然後轉傳至其他各部。Hinman氏(1922)謂生活之革爾氏染色之陽性及陰性桿菌(Gram negative and Gram positive bacilli),葡萄狀球菌(staphylococci)及多種酵母,能存留於蚊(*Aedes aegypti*, L.)之卵內。據D'Herelle氏云,寄生於墨西哥蝗(*Schistocera pallena*)體內之一種細菌(*Cocobacillus acridiorum*),疊經若干寄主繼續傳染之後,其毒力更為增加。但經數次培養基內生長後,其毒力則為之減弱。氏在野外考查,被此種細菌傳染而致病之昆蟲,極為普通。其傳染之途徑,大多因取食附有該種細菌之葉,或竟吞食病蝗之屍體,若用人工方法,將此種細菌接種於健全之蛹,則於18至36小時(時間因溫度之高低而有長短),發病而死,在培養基內,此種細菌能生長四年之久。

外界氣候與昆蟲致病細菌發生之消長,頗為密切。King and

Atkinson 氏 (1928) 在加拿大查得一種切根蟲之病，由 *Bacillus noctuarum* White 所致。若天氣熱而又溼，同時，寄主繁殖極多時，此病即有發現。如寄主抵抗弱者，則切根蟲不免有大疫之發生。Chorine (1933) 謂已受 *B. noctuarum* 細菌傳染後之夜蛾 (*Brythia pancratii*, Cyr) 幼蟲，若由熱處移至平常溫度下，則其健康可以恢復。溼熱天氣固宜於昆蟲細菌病之發生，但其他天氣之影響如何，此種研究。雖有 Metalnikov 氏 (1933) 等之試驗，但至今尚難令人滿意也。

C. 昆蟲之細菌病

昆蟲細菌病最常見者，莫如家蠶之敗血症，歐洲蜜蜂之卒倒病，後者致病之細菌為 *Bacillus pluton*。蜜蜂幼蟲被傳染後，內部組織盡化為液體。病蟲初時體色先變為黃灰色，入後即呈深棕色。White 氏記述在鱗翅目幼蟲體中有三種天蛾之幼蟲 (*Phlegothontius sexta* John, *P. quinquemaculata*, Haw)，共患一種敗血症，其致病菌 (*Bacillus sphingidis*) 常附着於幼蟲所食之蕃茄及煙草葉上。Glaser 氏 (1924) 報告致家蠶敗血病之細菌為 *Staphylococcus muscae*，如天氣適宜，家蠶死者頗多，重慶初夏時，菜白蝶 (*P. rapae*) 幼蟲染細菌病 (*Bacillus* sp.) 而死者，極為普遍，病蟲體色先行減退，呈淡綠色，行動遲鈍，入後體色更淡，略呈白色而死。屍體大多遺留於葉面上，虫體內部盡化為漿液。1941年五月上旬，在重慶沙坪壩之調查，菜白蝶幼蟲患此病而死者，佔 27%。同時，有一種毒蛾幼蟲，在重慶被細菌寄生而死者，佔 70—80%。患病幼蟲在葉面行動不活潑，死後屍體倒懸於葉上。其他昆蟲體內之致病細菌已發現者，為數不少。此處不再贅述。

D. 昆蟲細菌病之利用

利用細菌以殺害蟲，自來研究者，不乏其人，但成功者尚不多見。其主要原因，在吾人不能將適宜於細菌繁殖之環境，設法控制，故平時在實驗室內之試驗，雖結果圓滿，但一至野外，則效力頓失，D'Herelle 氏謂對於應用細菌殺蟲，須具下列各條件：

- (1) 寄主自相殘食，並具有遷移性。
- (2) 寄主繁殖極密。
- (3) 寄主體內同時無其他寄生細菌之存在(因可發生免疫性)。
- (4) 寄主無過多之正常食物。
- (5) 高溫而無過量之雨。

D'Herelle 氏 (1915) 謂在非洲發現一種蝗 (*Schistocerca peregrina* Forsk.) 受球桿菌 (*Coccobacillus acridiorum*) 之寄生，氏將病蝗碎成粉狀，加水噴射於患蝗之區，藉以驅除蝗蟲。但在同屬中之蝗蟲，若其自相殘食之習性不甚顯著者，則用此法殺蝗，不甚見效，Beguet 氏 (1916) 曾多年在亞爾及拉 (Algeria) 地方，用 *C. acridiorum* 細菌以除蝗 (*S. peregrina*)。其結果謂雖用培養之細菌，散佈於蝗蟲所嗜食之食物上，蝗染病者雖多，但終不能將蝗患肅清。氏疑為由蝗蟲經天然傳染之後，其體內即發生免疫力云。在美國有人曾用細菌 *Streptococcus disparis* 以殺盜蛾，若天氣適宜，則其效力極大。近年 Metalnikov, Hergula, 及 Strail 等氏 (1930) 曾用致病細菌，混水噴射於蜀米上，以殺玉米螟蟲，效力頗大。氏所用之細菌，為 *Streptococcus disparis*，經噴射後，玉米螟(幼蟲)死亡之百分率為 96.8% - 99.2%。對照區(不噴射者)玉米螟死亡率為 81.7 - 87.5%。如將

染細菌病而死之蟲，研成粉末，再行散布，則效力更大，被殺之玉米螟達98%，其結果如第三二表所示。

第三二表 玉米螟受若干種細菌傳染後之死亡率

(錄自 Strail 氏, 1930)

細菌種類	植物 數目	被侵害之 植物數	所藏之 幼蟲數	活 幼 蟲 數		
				總 數	每株植物 上之蟲數	%
Bacterium cazaubon	38	34	1140	14	0.37	1.2
Bacterium thuringiensis	38	20	1146	33	0.95	3.2
Bacterium pyremai land ²	58	38	1740	36	0.52	2.1
與細菌混合之噴射液	59	49	1770	14	0.24	0.8
與細菌混合之噴射粉	65	47	1950	59	0.60	2.0
總 數	258	188	7740	137	0.54	1.7
對 照 植 物	204	27	4560	683	3.33	15.0

Metalnikov 氏 (1933) 謂在埃及試用 *Bacterium ephestiae*, *B. gelechiae* No. 5, *B. cazaubon* 以驅除棉紅鈴蟲 (*Pectinophora gossypiella*, Saund), 就中以 *B. ephestiae* 細菌之效果為最佳, 能減少棉紅鈴蟲之害達50%左右, *B. cazaubon* 次之, *B. gelechiae* 之殺蟲率, 約在40%以下。

由上列之事實, 細菌中確有若干種可用人工傳染法, 使昆蟲染病而死。據近來各學者之試驗結果, 凡用細菌噴射於昆蟲之食物上, 使昆蟲食而染病者, 效力尚不甚大, 用注射者, 死亡率高。我人對於細菌殺蟲, 作大規模利用時, 則關於昆蟲被細菌傳染之一切情形, 及

細菌在自然界內之生活狀況，必須詳悉無遺，不然能否成功，殊無把握也。

(二) 昆蟲之真菌病

真菌之寄生於昆蟲者，大多分屬於藻狀菌(Phycomycetes)及囊子菌(Ascomycetes)兩大類：

1. 在藻狀菌內，常寄生於昆蟲者有：Mucorales, Entomophorales 兩族（在 Entomophthorales 族內之 Empusa, Entomophthora, Tarichium 寄生於昆蟲更為普通）。

2. 在囊子菌內，常寄生於昆蟲者有：Laboulbeniales（昆蟲為其唯一之寄主），Hypocreales, Sphaeriales, Erysiphales 等族，內中常寄生於昆蟲，久為吾人所熟知者，有 Cordyceps, Sphaerostilbe, Podonectria, Aschersonia, Penicillium, Sorosporella, Metarrhizium, Laboulbenia 等屬。

昆蟲被真菌寄生之後，在體軀上，先現大小黃色或棕色之斑點，同時，在體內並無若何病象，（多數昆蟲之真菌病，初時在體內往往從不發生任何病象），入後在神經上，常發生一種強烈之擾亂，動作失常，行動衰弱，病蟲呈真菌病(mycosis)而死。病蟲死後，寄生菌之菌絲繁殖極速，不久即密佈於死蟲體內，更穿出表皮，向外生長。因此，在死蟲體外能見有白色或灰色之霉，更後即發生菌果(fruiting bodies)，菌果之形狀與顏色，則因寄生菌之種類而不同。在家蠶疾病中，有所謂硬化病(muscardina)者，即蠶體被真菌寄生之後，其屍體並不腐爛而形硬固之謂。

A. 真菌之傳佈與致毒

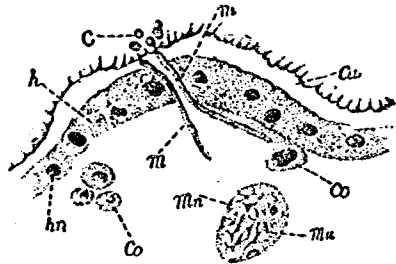
真菌在昆蟲體上寄生之情形，約有下列三種：

1. 有數種真菌寄生於昆蟲體軀之表面，並不損及體內組織，或發生毒素，使體內各器官中毒(此種情形頗少)。
2. 有數種真菌能腐裂昆蟲體外之角質層，而損及體內組織(爲例頗多)。
3. 有數種真菌，其菌絲體能深入體內，阻塞氣管，昆蟲因而窒息。如 *Botrytis*, *Cordyceps*, *Fusarium* 及 *Acridiorum* 等菌之生活狀況(爲例頗多)。

真菌入昆蟲體內之方法，大多由於孢子體之傳佈，當孢子體萌發後，穿過蟲之體皮而入內部。但孢子直接由口部入蟲之體內者，亦有之。Katsumata 氏(1931)

謂蠶白殭病(*Botrytis bassiana* Bals) 菌之菌絲體，藉其末端分泌之酵素及壓力，穿過蟲之體皮，繼藉菌絲分泌之酵素，菌絲得以深入蠶體皮下之組織(第二九圖)，由此更蔓延於體內各部)。

寄主死後，不久寄生菌之菌果或孢子體，亦生成於死體之外部。寄生於蝗蟲體上之 *Empysa grylli* 菌(第三〇



第二九圖 白殭病菌之無性孢子發芽後，
芽管侵入蠶體內之狀況

cu=體皮，h=體皮組織，hn=體皮組織內之核，c=無性孢子，co=血球，
mu=肌肉，mn=肌肉核，m=菌絲。

(錄自三谷賢三郎著最近蠶病學)

圖),大多在夜間或陰雨時,傳染最易。因蝗蝻在此時,常相互密集。如健蝗與蝗屍接觸,病菌孢子,即能傳染於健蝗體上,同時,有少數蝗虫因食其同類之屍體,亦能致病。此種現象在中國之飛蝗,為常見之事。尚有一部份蝗屍體上之孢子,能



第三〇圖 被*Empusa grylli*菌寄生後之蝗
(錄自 Uva'ov氏1928)

附着於植物上,或下落於地面,萌發而生小孢子,再傳及蝗體 (*E. grylli* 亦寄生於一種夜蛾幼蟲 *Barathra brassicae*)。

大多數寄生於昆蟲之真菌孢子,散佈方法均類風與水之媒介,外界之溫溼度與寄生菌之發生,有密切關係。溫度 20°C — 30°C 為大多數寄生真菌繁殖之適宜溫度,Arnaud氏(1927)試驗 *Beauveria bassiana* 及 *B. densa* 兩種真菌在溫度 27.5°C ,發育最佳。在發育上最低最高之溫度為 6°C — 44°C ,空中之相對溼度愈大,昆蟲寄生菌之繁殖愈速。Toumanoff氏(1933)曾試驗三種真菌 (*Aspergillus flavus*, *Beauveria bassiana*, *Spicaria farinosa*) 在相對溼度40%及70%下,其傳染力極微。但一入飽和溼度中,則其傳染力為之增速。在死蟲屍體上之寄生真菌,如遇天乾,則菌果或孢子不易發生,但高溫度亦不宜於孢子之長期保存。Lambert氏謂*B. bassiana* 菌在乾空氣中,雖隔三年,仍能使存其萌芽力。Boczkowska氏之試驗,亦得相似之結果。并謂 *Isaria* 菌在乾境下,可生活十五個月左右(溫度須

低)。如溫度太高，則能妨害孢子之生活力，家蠶白殭病孢子發育之適宜溫度為24—28°C。同時，空中溼度為90—100%，如第三三表所示。

第三三表 家蠶白殭病菌之繁殖與溫溼度之關係

(錄自三谷賢三郎氏)

A. 與溫度之關係

溫度C°	0°	5°	10°	15°	20°	22°	24°	25°	28°	30°	31-33°	33°	35°
白殭病 之發芽 及發育 狀況	發芽 發育 均不 能	同 左	僅能 發芽 及發 育	雖能 發育 但不 成胞 子	能發 芽發 育不 旺	同 左	發芽 發育 均佳	同 左	發芽 發育 最佳	發芽 發育 不旺	僅能 發芽 發育 不良	發芽 發育 均不 能	同 左
白殭病菌 之發芽及 發育與溫 度之關係	不能發 育之低 溫		最低 之發 育度	發 育 不 良 之 低 溫			發 育 適 宜 溫 度		發 育 不 良 之 溫 度		不能發育 之溫度		

B. 與溼度之關係

平均溼度	100%	90%	80%	75%	70%	60%
白殭病菌之發芽及 發育狀況	極 佳	頗 佳	佳	能發芽但大部分 不能發芽發育	不 能	不 能
白殭病菌之發芽及 發育與溼度關係	發育最適宜之溼 度		不能發育 之溼度	發育不適宜之溼 度	不能發育之 溼度	

由第三三表所示，除溫度有一定界限外，相對溼度在75%以下，則白殭病菌因太乾燥，分生孢子之發芽及菌絲之繁殖，均極不良。故該種病在乾燥氣候之發生極少即為此因。以上情形，大多數致

昆蟲之硬化病菌，均多少相似，故在自然界內，一種昆蟲寄生菌之繁殖呈猖獗時，天氣必為溼熱狀態，同時寄主之發生，亦極密集。

關於昆蟲寄生菌之休眠孢子，是否下落於地？或附着於植物？抑寄生在其他中間寄主？此時尚少確切之報告。

昆蟲對於寄生菌之免疫性，現在知者極少，祇知當菌絲穿入蟲體時，血內之貪噬細胞，羣集於病處，侵入之菌絲往往因之而死。

B. 昆蟲之寄生菌病

昆蟲寄生菌在世界上發現者，為數頗多。鄧叔羣氏 (1930) 報告，有20種左右，在長江下游極為普通。*Empusa muscae* 菌在南京寄生於家蠅科之各種蠅外，其他食蚜虻 (syrphid) 與花蠅等，均有傳染。在重慶則有一種糞蠅 (*Scatophaga stercoraria* L.)，備受此菌之寄生 (第三十一圖)。每年三四兩月，在麥穗、菜花以及其他各種花草上，時有大羣染菌而死之蠅。



第三十一圖 糞蠅 (*S. stercoraria*) 被 *E. muscae* 寄生後之情形。

- A. 在麥穗上被寄生之蠅屍體。
- B. 無性孢子稱。
- C. 兩個無性孢子。
- D. 兩個發芽之孢子。 (原圖)

惟此菌之發生，與當年春季雨量之多少，有密切關係。如春季乾燥，則蠅之被染者較少，如陰雨連綿，則此菌極形猖獗。此種情形在華北則頗罕見。Swain氏(1918)報告美國加省(California)之南部，在極熱帶之季，胡桃蚜蟲(*Chromaphis juglandicola* Kalt)常被*Entomophthora sphaerosperma* 菌之寄生而死。此種菌曾用人工方法，由美國移運至加拿大，以除一種萍果木蝨(Psyllid)。普通蚜蟲上所寄生之*E. aphidis* 菌，在北美春夏之兩季，發生頗多。Pickles氏(1933)在西印度，發現為害甘蔗之浮塵子(*Tomaspi saccharina*)，備受一種綠蘊菌(*Metarrhizium anisopliae* Sorokin)之寄生。浮塵子被其消滅之百分率極高，此種菌在高溼度下，繁殖極速，而浮塵子之被寄生率，突然增高。但每年之乾燥季能阻遲該種菌之繁殖，因此，浮塵子得於短期(乾燥期)內之繁殖數目、驟形增多。

在囊子菌中，寄生於昆蟲最普通者，莫如*Cordyceps*，在我國之四川西部及西康(大多在箭鎮、裏塘、江油、灌縣、西昌等地，海拔3000—3500米之高山上發現)，所發生之“冬虫夏草”，即為*Cordyceps sinensis* 菌所致。該種菌寄生於土內一種鱗翅目幼蟲，冬季時幼蟲生活於土中，至每年五月下旬至六月下旬，被寄生之幼蟲體內菌絲繁殖成熟，即由蟲之頭部生成菌體，外出土面。“冬虫夏草”之名，即由此得。*C. sobolifera* (Hill) Berk 菌寄生於蟬之稚蟲上，即所謂“蟬花”。*C. robertsi* 常寄生於金龜幼蟲上。*C. clarulatus* 菌在浙江黃巖，寄生於柑橘粉介殼蟲(*Pseudococcus comstocki*)，在北美亦有此菌之寄生。其他地下或木幹內生活之昆蟲，如叩頭蟲，木蠹蟲之幼蟲，亦常被*Cordyceps* 菌寄生。Arnaud氏(1927)謂*Beauveria bassiana*，

B. densa, *B. globulifera* 等菌均能寄生多種昆蟲體上，其中有家蠶與白菜蝶之幼蟲。凡受病而死之蟲屍，如與健蟲接觸，極易染病。用培養基而繁殖之孢子，設法噴射於葉上，亦能使寄主食而染病。家蠶之白殭病菌(*Botrytis bassiana*, Bals)同時亦寄生於桑白蠶(在無錫)及多種夜蛾之幼蟲時間。1938年秋間，在重慶爲害石刁柏上之一種夜蛾(*Prodensia litura*, L.)幼蟲，大多數被白殭病寄生而死。在四川之中南部，每年五月及十月間，燈蛾幼蟲被此種菌寄生而死者，極爲普通。在家蠶體上，除上述之寄生菌外，尚有 *Botrytis tenella* Sacc, *Nomurea pacino*, Moulb(致家蠶綠殭病), *Isaria farinosa*, Fr.三種，其寄主不僅限於家蠶，如麻夜蛾(*Mamestra brassicae*, L.)之幼蟲，稻螟蛉、松毛蟲等，均可寄生。

C. 昆蟲寄生菌之利用

利用寄生菌以殺昆蟲，自來學者嘗試頗多。1886—1896年美國伊里諾哀省(Illinois)農業當局，曾引移一種昆蟲寄生菌，藉以驅除某種椿象。生長於美國南部橘樹上之粉蝨(*Aleyrodes citri*)，被棕菌(*Aegerita weberi*, Fawcett), 紅菌(*Schersonia aleyrodis*), 黃菌(*A. goldiana*)寄生，其死亡率極高。此種菌曾用噴射方法，散佈於橘葉之下面，使粉蝨傳染而死。如在夏日雨季中之行，更見效果。Sprengel and Colley氏(1912)在美國麻省(Massachusetts)，曾用人工傳染方法，將 *Entomophthora aulicae* 菌先聚於紙包內，再與棕尾蛾之幼蟲羣，密切接觸。寄主因染病而死者，平時有65%。Nolla氏(1929)曾用 *Acrostalagmus aphidium* 菌之孢子，加水噴射於茄葉，以除蚜蟲(*Rhopalosiphum persicae*, Sulz 及 *Aphis gossypii*, Glor.)，效

力極爲顯著。應用昆蟲寄生菌以殺害蟲，其他有效之例，爲數頗多，惟此種菌在野外繁殖時，須有合宜之溫、溼度，否則功效不著。

Boczkowska 氏 (1938) 謂在波蘭及德國爲害甜菜之軍配虫 (*Pisema quadrata*)，常應用 *Beauveria* 菌除之。外界相對溼度在 100% 時，病蟲體上即有菌果之發現、蓋菌生存之溼度爲 56—100%，如此種菌寄生於蠟蛾 (*Galleria mellonella*) 者，則其適生溼度爲 10—100%，惟自然界內之氣候，我人在今日尙不能設法控制，故以往學者對於昆蟲病菌之引移，病菌孢子之人工培養，與散佈等之試驗，其結果往往不能如願而得，換言之，即關於昆蟲與寄生菌之生態等，須先明瞭無遺，始能着手用菌殺蟲之工作。

(三) 昆蟲之視外毒病 (virus disease)

昆蟲之視外毒病，亦如一般動植物之視外毒病，其病原物由一種超顯微鏡不能視察之物所致。其體積極小，不及 0.1 μ ，在鱗翅目昆蟲之幼蟲，常因此種病而死亡。由歷史上之考查，研究本種病之第一人，爲 1859 年意大利 *Cornalia* 氏，從家蠶疾病中，得識本種病之發生。但後人研究昆蟲疾病者，一時恆將視外毒病與原生動物及細菌病，相提並論，至 1912 年 *Prowazek* 氏首先將本病之病原物，用滅菌濾器過濾，反復試驗，而發表其結果云。“健全蠶可從無細菌之膿汁，由 *Berkefeld* 氏濾器之過濾液而得病”。1913 年，*White* 氏發現蜜蜂之視外毒病，同年 *Glaser* 及 *Chapman* 氏記述蘋果蠹蛾發生本病之現象。自此以後，本病在昆蟲中，續有發見。現在昆蟲中發生本疾病者，爲數頗多。大多屬於鞘翅目，鱗翅目，雙翅目及膜翅目，內中以

鱗翅目之幼蟲爲最多。

A. 昆蟲視外毒病之特性

昆蟲視外毒病在1913年, Prowazek氏曾誤稱其病原爲 *Chlamydozoa bombycis* (發現於家蠶上, 此名不久即失去科學上之價值, 而不復採用。惟視外毒病發生於各種昆蟲者, 不得不有一名稱, 故有人暫時以 *Borrelina* 爲該病之屬名, 如 *Borrelina pieris*, *B. brassicae* 致白粉蝶幼蟲 (*Pierid*) 之膿病 (*Grasserie*) *Borrelina bombycis* 致家蠶之膿病。

昆蟲視外毒病之病原物, 尚不能在人工培養基內生長, 只可生活於細胞內。如在培養基中, 有昆蟲活血細胞存在時, 則視外毒病之病原物, 亦能生長, 否則終歸絕滅。

昆蟲視外毒病之種類, 現在只根據多角體 (*polyhedral bodies*) 之存在與否, 分爲二類如:

1. 蜜蜂之囊雛類 (*sac brood*) 昆蟲之視外毒病屬於本類中之現在已知者, 祇有蜜蜂之囊雛型病, 在病蜂血中, 無多角體之存在。

2. 鱗翅類幼蟲血內之多角體類 病蟲血內有多角體之存在, 在美國與加拿大兩地, 凡昆蟲患本類病而死亡者, 統稱曰 "萎" (*wilt*), 或稱曰多角體病 (*polyhedral disease*), 藉以與腐爛病 (*Flacherie*) 或其他病相區別, 在歐洲稱曰 *Polederkrankheit* 或 *Wipfelkrankheit*, 乃根據一種毒蛾 (*Lymantria monacha*) 幼蟲上之視外毒病而命名, 如本病之發現於家蠶者, 即稱曰膿病 (*grasserie*)。

B. 多角體視外毒病 (*polyhedral virus*) 之病狀

昆蟲之多角體視外毒病, 曾經研究較多者, 有下列三種昆蟲:

1. 家蠶 (*Bombyx mori*) 病蟲死前之數日，屍體上發生黃色膿疱，行動不活潑，停止進食，在臨死之前，體皮呈不透明之黃色，並現光澤狀，濃汁自皮膚破裂處流出。

2. 歐洲毒蛾 (*Lymantria monacha*) 染病之幼蟲。食慾減退，好遷移至樹枝頂端，其屍體多以腹部僞足，懸於樹枝上，死亡率頗大。

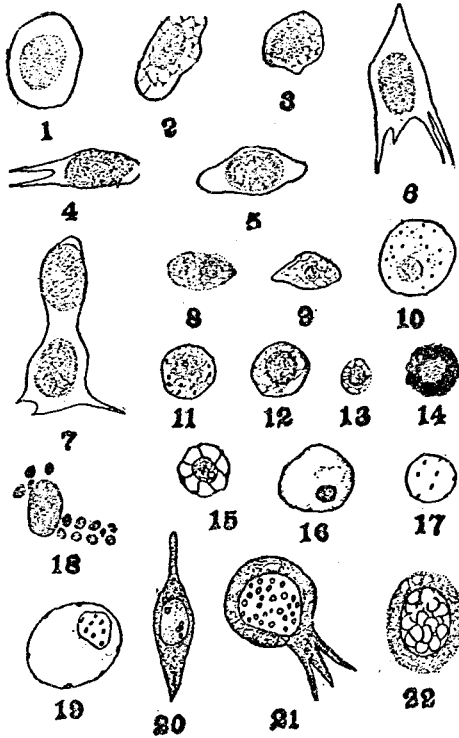
3. 盜蛾 (*Porthetria dispar*) 染病之幼蟲先呈不活動狀態，食慾減退，死時體皮生光澤，體軀呈萎軟狀態，但無臭污之氣味。

普通健全幼蟲(鱗翅目)之血液，澄清而作黃色，在染得本病之昆蟲，當病進行至末期時，血液呈混濁而色黃(如家蠶上之病狀)，但作棕色及其他型者，亦有之。故檢驗幼蟲之血液，可知已否染得多角體病。

本病進行至末期時，寄主血液開始分解，同時，即有無數之多角物游離於血漿內，此種游離之多角物，與已經離解之脂肪體，侵入於病重之家蠶血內後，在外觀之，即呈黃色乳狀之現象。病蟲死後之數小時，體內各種組織均呈分解。故此時如在顯微鏡下檢驗其體液，可察見分解之組織，及各種形狀之多角體。

多角體或單獨存在，或相合成對，並有折光性，形略圓，如結晶體狀，在各種蟲體內，各呈不同之形狀(參觀第三二圖)。多角體較水為重，故可利用離心機以收集之(以病蟲體內之膿液，加水稀薄之，然後再用離心機，將多角體分出，如此重複舉行數次，可將多角體，混在一起之脂肪及纖維體等——分出)。

C. 多角體視外毒之傳佈方法及在各寄主內之特殊性



- 1-7, 健全之白血球或食胞
- 8-11, 正常之初期白血球 (proleucocytes).
- 12-13, 正常淋巴細胞 (lymphocytes).
- 14, 正常球狀體或桑仁形血球 (Mulberry corpuscle) 染中性紅色後, 可顯示在四周之球狀體。
- 15, 正常之球狀細胞, 示內容空場。
- 16, 正常扁桃形細胞狀之細胞。
- 17-19, 在正常血液內之衰弱形細胞。
- 20, 幼蟲染有膿病時血液之白血球形, 核內之含有物為何, 此時不得而知。
- 21, 幼蟲染膿病後血液內之病白血球, 在其核內有多數多角體 (polyhedra)。
- 22, 幼蟲患膿病後血液內之病白血球, 核內謂充發育完成之多角體 (polyhedra)。

第三二圖 家蠶血細胞中之健全型與染病型

(錄自 Glaser 氏, 1937)。

視外毒病之傳佈方法, 頗為簡單, 如膿病蠶之血液, 被健全蠶吞後, 即能染病。或以病蠶之體液或組織斷片。染入健全蠶體內之後, 亦得相同之結果。健全蠶染病後之 4-7 日, 即發生黃胆病現象, 5-10 日後, 呈膿病而死。有時能遲延至 14-18 日而死。其在盜蛾與天幕蛾幼

蟲體內者，病死之日較長，能延至21日左右。

用人工接種時，病蟲濃液雖加水至極稀(1:100,000)，仍能使健蟲發生同樣疾病。死蟲體液雖經 Berkefeld 氏濾器濾過之後，仍有染病之效力。在盜蛾，天幕蛾幼蟲之濃病，視外毒易由 Berkefeld 氏濾器過濾之，但不能穿過 Pasteur-Chamberland 氏之濾器。此乃由濾器孔隙之大小，以及視外毒個粒之柔韌及電荷等有不同所致。

本病在幼蟲間傳佈時，大多由於食物(已經傳染病毒者)，或其口部與病蟲相接觸時所致。其他屬於膜翅目及雙翅目內之寄生蜂蠅等，可由其產卵器刺入寄主(鱗翅目之幼蟲)時而染病。此外，亦由卵(在母體內已染得本病)而傳至後代。Paillot 氏等報告，在蛾體內曾發現多角體。氏並謂在家蠶體內，可設法檢查有無本病之病原物。

昆蟲在高溫(52°—35°C.)下，對於本病之傳染，較之在低溫下者為易。寄主如遇飢餓，或食料不佳，可減低寄主對於本病之抵抗力，並可使病期縮短。大凡蟲體愈密集，本病發生之後，傳佈愈速。

視外毒病在各寄主間，似少好惡之別。如在家蠶中，多化性，二化性，三化性，均同等傳染。在盜蛾(*Porthetria dispar*, L.)及其變種(*P. dispar japonica*)，亦不顯任何輕重。惟對於幼蟲之齡數，微顯差別。老齡幼蟲較易染病，新蛹之抵抗力極弱，但至內部發生成蟲期之組織時，則本病不易傳染。成蟲之抵抗力極強，卵因染得本病而死者極少。

根據各家報告，關於家蠶之膿病，天幕蛾幼蟲及盜蛾幼蟲之萎病，其視外毒雖各不同(或由各品系 strain 所致)，但在病理上之

組織，彼此相似。惟通常同一種視外毒病之病原，不能寄生於多種昆蟲。

視外毒病之病原，在適宜環境下，能生存頗久。Bolle 氏謂家蠶之膿病血塗在玻片上乾後，雖時隔一年，仍能染病。或將膿病血保存於 98% 之甘油內、六個月後，絕不損害其致病力。惟如將家蠶及天幕蛾幼蟲之病原物，曝露於日光下 9 小時，或先使之乾，再浸入 80% 之酒精中，為時 15 分鐘，則其活動力全然消失。其浸於 5% 之石炭酸內者，亦得相似之結果。用人工方法，散佈視外毒病，藉以驅除害蟲，目前尚無良好之結果。

(四) 昆蟲之原生動物病

昆蟲之原生動物病，最為我人所熟知者，莫若家蠶之微粒子病 (Nosema bombycis Nag)。此病致蠶業上極大損失，1918 年 Herms 氏又發現蠶之血液內，有 *Herpetomonas korscbelti*, Harms 之寄生，家蠶因而死者，為數極多 (Kudo, 1921)。在原生動物中，能寄生於昆蟲體內者，據現在我人所知，為數不少。其屬於孢子蟲 (sporozoa) 內者，在生活史中，有休眠孢子，藉此可以抵抗不良之環境。屬於 *Microsporidia* 目內之原生動物，大多數能為害昆蟲。Gregarines 寄生在昆蟲腸內，極為普通，但對於寄主並無所害。Mastigophora (鞭毛蟲) 之生殖，並不由於孢子，乃以形成囊胞為繁殖。此種囊胞 (cyst) 隨昆蟲之食物而入消化道內。

寄生於昆蟲體內之原生動物，是否能用人工培養，而使之繁殖，據 Zatta (1921) Glaser (1925) 兩氏試驗之結果，此類原生動物在培

養基內迭次繁殖之後，其形體常生變異，對於各種培養基之適應性，最初之死亡率極大，但經數次移殖之後，發育亦頗良好。

A. 昆蟲原生動物病之病狀與生活史

昆蟲被原生動物寄生之後，其病狀各因種類不同。*Microsporidia* 乃生活於寄主細胞內之原生動物，最普通者，如家蠶之微粒子病，病原在寄主各組織內均可繁殖。*Perezia mesnili* Pail, *P. pieris* Pail, 大多寄生於寄主之麥氏管及絲腺內，其他脂肪組織(adipose tissue)，筋纖維，腸細胞內，亦有寄生。當寄主細胞一旦滿生此種原生動物時，該處特呈眞珠色。*P. legeri*, Pail 寄生於脂肪及血細胞內。*Thelohania mesnili*, Pail 生活於寄主之脂肪體內，特呈肥腫狀態。蜜蜂微粒子病之原蟲 (*Nosema apis*, Zander) 侵害於寄主之中腸表皮細胞。*Thelohania crethras* S. and R. 寄生於蚊 (*Chaoborus*) 幼蟲體內之扁桃細胞 (oenocytes), *Nosma baetis* 寄生於浮游 (Baetis sp.) 稚蟲之脂肪體內。

大多數原生動物入寄主體內後，受病之細胞與組織，常呈膨大，及細胞核失正常之狀態。有時，其生理作用均告停止，寄主因而致死。此種病象在鱗翅目昆蟲爲多。如 *Perezia mesnili* Pail 與 *P. pieris* Pail 之寄生於菜白蝶幼虫，以及家蠶微粒子病等，均如是。

B. 昆蟲原生動物病之傳染方法

昆蟲原生動物病之傳染方法有：

1. 病原由口部侵入者，如家蠶之微粒子病及寄生於玉米螟之 *Perezia pyraustae* 原蟲，均用本種方法以傳染。
2. 病原由卵內傳染者，如家蠶之微粒子病及寄生於菜白蝶

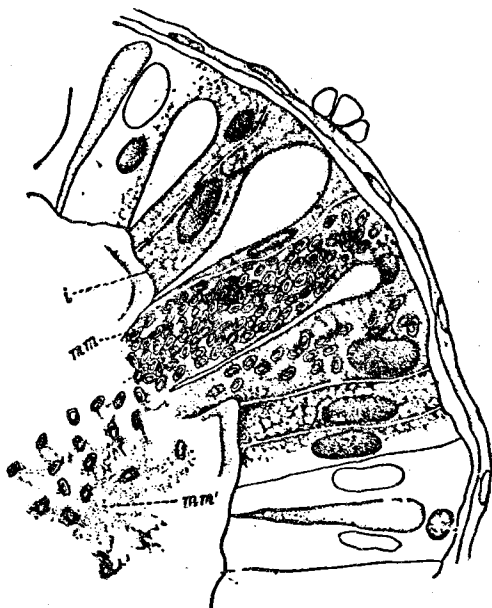
(*Pieris brassicae*) 幼蟲體內之 *Perezia mesrnili*, *P. leyeri* 原蟲, 在外界氣候條件適宜之下, 菜白蝶幼蟲受以上兩種原生動物寄生者, 在卵內檢查, 約有 50% (美國情形)。

3. 由寄生蜂而傳染者, 如 *Thelohania ephestiae* 原蟲之入寄主, 乃由一種寄生蜂 (*Microbracon hebetor*, Say) 所傳佈, 當寄生蜂產卵於寄主體內 (產在神經球處) 時, 病原物即因此而入寄主體內。

4. 其他方法

寄生於昆蟲體內之原生動物, 其生活史簡繁不一, 如屬於小孢子蟲族 (*Microsporidia*) 內, *Nosematidae* 科 *Nosema* 屬中之原生動物, 其孢子隨寄主之食物而進口以入消化道後, 孢子即生成活動之無性裂體 (*schizonts*), 穿入各細胞內, 而再形繁殖, 當細胞內 (寄主之細胞) 充滿此種小裂體後, 發生其他孢子細胞 (*sporoblasts*) 之新型, 及後受病細胞破裂 (第三三圖) (在寄主死前或死後)。孢子由糞便中排出體外, 或其胞芽由卵傳至下代。家蠶微粒子病原蟲 (*Nosema bombycis* Nägeli) 之生活史, 卽如是。此種原蟲除寄生於家蠶外, 尚有 20 餘種昆蟲均被其寄生, 內中有五種爲桑樹害蟲 (均屬鱗翅目), 如 *Bombyx mandrina*, *Porthesia similis*, *Hemelophira artilineata*, *Glyphodes pyloalis*, *Pachyteila unicolor*, *Diacrisia imparillis*, 亦爲普通之寄主。

寄生於昆蟲體內之原生動物, 雖有數種具有顯著之殺蟲效力, 但經人工培養基之繁殖, 足以用於殺蟲者, 目前關於此種論文, 發表甚少。

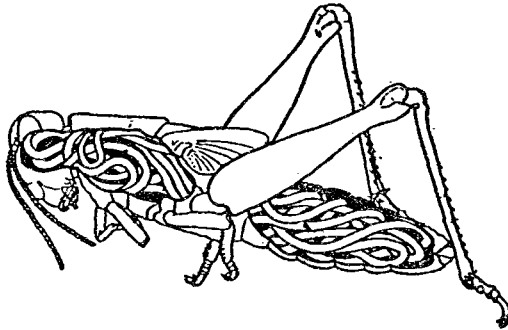


第三三圖 寄生於蠶兒中胃組織內之微粒子原蟲，及其流入胃腔內之狀況。i—內壁，mm—寄生於胃組織內之微粒子原蟲。(胃細胞膜破壞後原蟲流出形)，mm'—流入於胃腔內之敗壞細胞質及微粒子原蟲。
(錄自三谷賢三郎著最近蠶病學)

第二節 寄生於昆蟲上之線蟲 (Nematodes)

線蟲之寄生於昆蟲體內者，亦為常見之事實，自 1853 年 Von Siebold 及 Meissner 氏對於一種線蟲 (*Mermis albicans*) 研究其生活史以來，生物學家們相同之工作者頗多。

線蟲之生活史較為簡單，如 *Merimis nigrescens* Duj 線蟲，其有性型生活於土中，成蟲化成後，即爬至地面植物之莖枝上，產卵於土內，幼蟲孵化後，在土內如遇昆蟲(幼蟲)，即附着於其體皮上，吸收體液，幼蟲發育至成熟時，即脫離寄主，而入土中。在 *Mermithidae* 科內，有數種線蟲，其寄生之輕重，能影響其雌雄性。Cobb 氏報告，在一種線蟲 (*Agamermis decaudata*, C. S D C) 寄生旺盛時，則其雄者為多，寄生衰弱時，幼蟲多為雌蟲。在美國中北部及東北部，蝗蟲之稚蟲常受該種線蟲之寄生。Christie 氏 (1936-37) 報告，該種線蟲 (*A. decaudata*) 在美國生活於土中之成蟲，產卵後，至 6 月及 7 月中旬孵化，幼蟲先遷移至土面，更爬伏於植物上，如蝗之稚蟲。食植物時，幼蟲即入寄主體內 (第三四圖)，為時 1 月至 3 月而發育完成，更出寄主而入土內。至明夏脫皮後，雌蟲即行產卵。被寄生之蝗，



第三四圖 在一種蝗 (*Melanoplus femur-rubrum*) 之稚蟲體內，所寄生之一條雌線蟲 (*Agamermis decaudata*) 之狀。
(錄自 Christie 氏 1936)。

發育延遲，雌蝗不能生殖。當寄生線蟲穿出蝗之體壁時，蝗即因而死亡。Mermis submigrescens, Cobb 線蟲常寄生於美國東北部之蝗蟲體內，成蟲亦生活於土中，每年六七月受胎之雌蟲，遷移入地面，爬至短矮之植物上而產卵，卵由附着絲(byssi)黏着於植物葉上。當蝗蟲食植物時，如將卵吞下，即在消化道內孵化，幼蟲穿胃壁而入蝗之體腔內，為時約4—10星期，而發育完成，更穿出寄主體壁入土中，至明春脫皮，在土內經夏冬兩季，至明夏，雌蟲再行產卵。

屬於 Allantonema 內之線蟲，寄生於澳蠅之體腔內，其體形幾全部退化，只有卵囊及精囊。當其發育成熟，行交配後，子宮及陰道即向體之後部膨脹，此種情形在寄生於九花蜂(bumble bee)體內之線蟲(Sphaerularia)，亦呈相同之現象。線蟲子宮及陰道之膨脹，進行頗速，在數星期內，能自0.25毫米增長至15毫米，而其體積則增加60,000倍。據研究之結果，此種高速度之膨脹，係由各細胞之增殖，此膨大部即為雌蟲之卵囊，卵囊漸形增大，其餘體軀則漸次萎縮，入後，即自卵囊上脫落而死。卵囊內之卵孵化後，即離蜂體(由消化道內而出)而遷入潤溼之蘚苔或土內，並不取食，以至成熟。受精之雌蟲在秋季潛入蜂巢，當時，最易染受其寄生者，當推后蜂(因此時雄蜂與工蜂均已死去)，致其生殖上極受影響。在搖蚊(Chironomus)幼蟲體內，亦有一種線蟲(Paramermis contorta, Kohn)之寄生，其幼蟲發育於寄主體內，成蟲則生活於土中。寄生於菌蠅(Sciara coprophila Lintner)體內之線蟲，為 Tetra donemaplicans, Cobb，其幼蟲與成蟲均在寄主體內。

在小蠹蟲(Ips)體內，亦有一種線蟲(Tylenchus dispar, Fuchs)

之寄生，而屬於 *Gordius* 內之多種線蟲，常寄生於昆蟲體內。例如 *Gordius villoti*, Rosa 寄生於一種蝨蠊 (*Anabrus simplex*, Hold) 體內，雌蟲體長2—3呎，*Gordius aguaticus*, L. 寄生於多種直翅目之昆蟲。在中國螳螂體內，倍受其寄生。成熟幼蟲在秋季出寄主之體，而遷入土中，在鱗翅目內之幼蟲，有時亦受 *Gordius* 之寄生，如三化螟之幼蟲等是。

美國東部之黃瓜甲蟲體內，亦有一種線蟲 (*Howardula benigna* Cobb) 之寄生，幼蟲即在甲蟲體內過冬，至明年早春，成蟲體內之卵成熟，在寄主產卵時，線蟲之幼蟲即行孵化，而隨寄主之卵出體外，或即附於寄主體外，或入土內，經數星期之發育，更潛入甲蟲體內。有人檢查在一個甲蟲 (*Diabrotica vittata*, Faby) 體內，得有此種線蟲之幼蟲 13000 條，成蟲 20 條以上。在日本甲蟲 (一種金龜子) 體內，亦發現一種線蟲。 (*Neoplectana glaseri* Steiner) 幼蟲，即在寄主之幼蟲體內成熟，並行交配及生殖，其後代在寄主消化道內脫皮。寄主死後，線蟲即移入寄主屍體之各部，盡食寄主之各組織，如寄主受害頗輕時，則仍能化為成蟲。因此體內之線蟲能隨寄主之飛翔而傳佈至各地，線蟲在土中由金龜子幼蟲之食物，而傳入其體內 (Glaser, 1940)。

第三節 寄生性昆蟲與食肉性昆蟲

營寄生性之昆蟲，以膜翅目為最多，雙翅目次之，鞘翅目，鱗翅目 (如 *Epipyropidae* 內 *Epipyrops anomala* 之寄生於浮塵子體上)，捻翅目 (*Strepsiptera*) 中，為數極少，在害蟲防治上，無關重要。

上列數類昆蟲寄生之方法，或在寄主之體外（外部寄生 ectoparasite），或侵入寄主之體內（內部寄生 endoparasite），後者占全部寄生性昆蟲中80%。寄主被寄生之時期，以卵與幼蟲期為多，蛹次之，成蟲極少。

（一）寄生昆蟲之各種生活史

關於寄生蠅或寄生蜂之生活史，據 Imms 氏 (1931) 之分類，如下所示：

第一式。卵或幼蟲並不產生於寄主體上，但其產地極易染及寄主，其後期發育 (postembryonic development) 為體外或體內寄生。

第二式。卵產生於寄主之體內，幼蟲為體外寄生 (ectoparasitic life)。

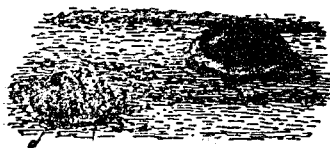
第三式。卵或幼蟲，產生於寄主之體外，後期發育為體內寄生。

第四式。卵或幼蟲 (少數) 產生於寄主之體內，後期發育為體內寄生。

茲將以上各式簡述如下：

第一式 寄生昆蟲之屬於本式下者，有下列各型。

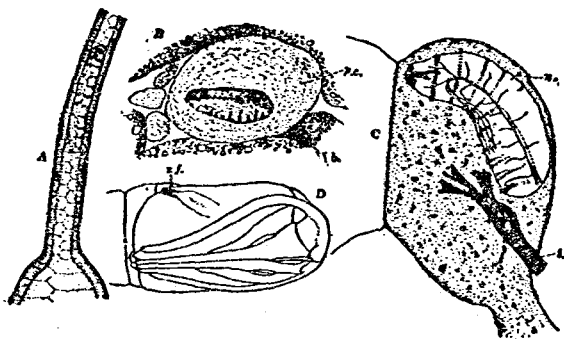
(A) 卵產生於適當處所，致寄主取食時，便於吞入腸內。此種現象在寄生蠅科 (Tachinidae) 中有之。Thompson 氏 (1924) 謂營此種寄生生活之蠅卵，多產於寄主所食之植物上，當卵內幼蟲完全發育後，靜待時機而孵化。Strickland 氏 (1923) 在加拿大研究一種切根蟲 (*Porosagrotis orthogonia*) 上之寄生蠅 (*Gonia capitata*) (屬 Tachinidae)，雌蠅能產400個左右之小黑卵(第三十五圖) (長2.4



第三五圖 產於麥葉上之一種寄生蠅 (*Gonia capitata*)。卵。a. 黏着物 (由 Imms 書轉錄 Strickland) 自圖)

毫米, 闊. 15毫米高, 12毫米) 平時不易孵化, 若一旦隨切根蟲之食物吞下入腸內, 蠅卵與腸液接觸後, 卵殼即破裂, 而幼蟲外出。更穿過腸壁, 而移入食道上位神經球處 (Supra-esophageal ganglion), 稍行浸食, 即轉入寄主之

體腔內, 漸形發育 (第三六圖)。家蠶寄生蠅 (*Sturmia sericariae* Cornalia) 之生活史亦如是。蠅產卵於桑葉上, 蠶兒食葉時, 蠅卵即隨之嚥下, 幼蟲於消化道內孵化, 先在神經球處, 再移入體腔內, 而後停留於氣門內面。至蠶兒化蛹時, 寄生蠅之幼蟲亦成熟而出寄主, 入

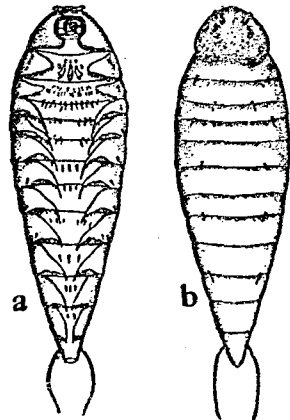


第三六圖 一種寄生蠅 (*Gonia capitata* De. G.) 在寄主體內情形。A, 在寄主唾液腺內之第一齡幼蟲; B, 被食球 (p.c. = phagocytic cyst. f.b = 脂肪) 所包圍之不食幼蟲; C. 在寄主右腦部之幼蟲; D. 在寄主蛹期呼吸道 (r.f.) 處之成熟幼蟲。(由 Imms 書, 轉錄 Strickland 氏圖)

土化蝶。該種蠅除寄生於家蠶外，迄今發現者，尚有其他昆蟲25種，大多數為鱗翅目之幼蟲。

(B) 因初期幼蟲(Primary larval stage)為遷移型寄生昆蟲，藉此可尋覓其寄主。在多數營過變態之寄生蜂，雌蟲常產卵(或幼蟲)於植物或土中，其初期幼蟲(與尋常所見者不同)極形活動，恆往來遷移，尋覓寄主。此種習性散見於膜翅目及雙翅目內。

(1) 在膜翅目中之圓腹小蜂科(Perilampidae)之 *Perilampus* 屬內之多種小蜂，其初期幼蟲稱曰初期幼蟲(planidium)，體色暗黑而小，長約0.1-0.16毫米，頭部顯明，下面有一對剪形鋼毛(setae)，體背面分十二節，腹面生刺，藉以行動(第三六圖)。H. S. Smith氏(1912)謂一種寄生蜂(*Perilampus hyalinus*)之生活史，當其初期幼蟲化成後，即潛入燈蛾(*Hyphantria textor*)幼蟲體內，營其重寄生之生活。蓋此種初期幼蟲首先寄生於燈蛾之第一寄生蜂(一種姬蜂 *Limnerium volidum*)，或一種寄生蠅(*Varichaeta aldrichi*)幼蟲體內後，始得發育，並潛伏在體內，而成休眠型，至寄主化成蛹後，初期幼蟲外出而成體外寄生，同時，即變為不活動蛆形之幼蟲。Clauen氏(1923)謂在小蜂科(*Eucharidae*)中，有一種寄生蜂(*Schizaspidia*



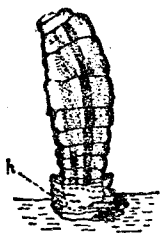
第三七圖 一種寄生蜂(*Perilampus*)之 Planidium 形。
a. 腹面形； b. 背面形。
(由 *Inns* 書轉錄 H.S. Smith 氏圖)

tenuicornis) 寄生於冠蟻 (*Damponotus japonicus*) 體上, 雌蜂產卵於某種樹芽內, 為數極多。初期幼蟲化成後, 靜待時機, 藉以傳入冠蟻之工蟻體上, 因工蟻常往來於樹枝間, 尋覓蚜蟲, 當此種初期幼蟲一遇工蟻後, 即附其足部附節之毛上, 隨之而入蟻巢。再轉寄生於蟻幼蟲之胸背部, 更經二次變化, 即化成膜翅目型之蠕蟲式幼蟲 (vermiform grub)。及寄主化蛹後, 蜂之幼蟲再寄居蛹中胸部之翅下(或腳下), 入後在寄主繭內化蛹, 成蟲化成後, 即行他飛。此時寄主雖仍能苟活, 但終不能發育完成也。

(2) 在雙翅目之寄生蠅科 (*Tachinidae*) 中, 據 Altson 氏 (1924) 之觀察, 有一種寄生蠅 (*Digonochaeta setipennis*) 之產卵地, 與蠶嫂棲息之處, 極為相近。幼蟲化成後, 移居蠶嫂體上, 先自其頭部(或胸節間)潛入體內, 而露其尾部於外。King 氏 (1916) 報告屬於 *Cyrtidae* 科中之一種寄生蜂 (*Ptrodontia flaoipes*), 產卵於樹幹上, 第一幼蟲期為初期幼蟲 (*planidium*) 性極活動, 尋覓一種蜘蛛 (*Lycosid spiders*), 俟潛入體內後, 即變為體內寄生蛆。在雙翅目中, 如擬長吻虻科 (*Nemestrinidae*) 及長吻虻科 (*Bombyliidae*), 其第一幼蟲期極為活動, 均營寄生生活也。

(3) 寄生性之甲蟲, 其第一期幼蟲亦活動而呈長跳蟲型 (*Campeiform type*), 如隱翅蟲科中之 *Aleochara* 屬, 其初期幼蟲能往來活動, 若覓得花蠅 (*Anthomyiid*) 之蛹後, 即潛入體內, 而變成衣魚式之寄生蟲 (*Eruciform parasite*)。在步行蟲科中, 據 Silvestri 氏 (1904) 云, 有一種步行蟲 (*Lebia scapularis*) 寄生於金花蟲 (*Galeru-colla luteola*) 之幼蟲時期, 其生活史亦如上述之具有過變態。

(C) 初期幼蟲化成之後，能靜立不動，以待接觸寄主之機會。此種幼蟲無移動之本能，在鱗翅目幼蟲體上之寄生蠅，如 *Bonnetia compa* (Stickland, 1923), *Ernestia* (Panzeria) *rudis* (Prell, 1915) 之生活，即屬此類 (第三八圖)。



第三八圖
暫停留於卵殼內(ch)
之一種寄生蜂 (*Panzeria rudis*) 新孵化之
幼蟲 (由 Imms 書轉
錄prell 氏圖)

雌蠅產卵於寄主所食之植物上，幼蟲由卵孵化後，其體軀之前半部，直立於卵殼外面，後部則仍與卵內之卵黃膜 (vitelline membrane) 相依連，因此，幼蟲能自由轉動其外露之體軀，如幸遇切根蟲之幼蟲，即附之而上，并潛入其體內。

第二式 寄生昆蟲之卵，產於寄主體內，將來成為寄主體外之寄生蟲。在小蜂與姬蜂中，甚為普遍，但在雙翅目，此例頗少。體外寄生蜂之幼蟲，自卵孵化後，即以大顎吸着於寄主體外，而吸食其液汁。其在寄主體上之地位，不常移動，幼蟲在第一齡時，體軀即生開張之氣孔，但此時體內之氣管，極不發達。

第三式 在雙翅目中肉蠅科 (*Sarcophagidae*) 內之寄生蠅，即屬是式。寄生蠅科 (*Tachinidae*) 中，有一部分種類，其寄生方式，亦與此相同。雌蠅產卵於寄主之體外 (因卵外面附有膠液，故得黏着於寄主體上)，卵外有堅韌之殼。初產生時，內部之胚胎，發育頗少。幼蟲孵化時，或由卵殼分裂處而鑽入寄主體內 (如 *Winthomyia 4-pustulata* 及 *Tricholyga majar*)，或幼蟲嚙穿卵殼而入寄主體內 (第三九圖) (如 *Tactia*, *Gymnosoma*, *Thrixion*, 及 *Centeter* 各屬內



第三九圖

一種寄生蠅(Thrixion)之空卵(e). 此種卵由黏液(s)膠着於寄主體皮上(c). 在o處為幼蟲侵入寄主體內之處.(由Imms書,轉錄Pantol氏圖)

之昆蟲,均為如是). 在一種金龜子(P. japonica)體上,常受寄生蠅(Centeter cinerea Ald)之產卵,寄主體皮雖堅,但寄生蠅之幼蟲,仍能鑽入其體內. 家蠶之多化性寄生蠅(Tricholyga bombycum, Bech),其寄生方式,亦與上同.

在寄生蠅科中,有若干種,為胎生幼蟲(larviparus)者,幼蟲或在母蟲之子宮內,先行孵化,或卵甫經產下,幼蟲即行外出. 後者現象較前者為普通. 在肉蠅科內,則雌蠅大多直接在寄主體上產生幼蟲. 如Sarcophaga Kellyi之幼蟲,即由母蠅產生於蝗蟲之翅下,或腹部.

第四式 本式之寄生方式,在膜翅目內,極為普通. 雙翅目中(如Pipunculidae, Conepidae及Agromyzidae中之Cryptochaetum屬,以及少數寄生蠅科內之蠅)亦有發現. 營體內寄生之膜翅目昆蟲,產卵於寄主之卵、幼蟲、蛹、成蟲體內,其寄生於寄主之卵內者,有Mymaridae, Trichogrammidae, Scelionidae等科. 在跳小蜂科(Encyrtidae)姬小蜂科(Eulophidae)內,有少數種類寄生於鱗翅目與鞘翅目昆蟲之卵內,但其幼蟲則成熟於寄主之幼蟲時期. 小齒蜂內之Perilitus及Dinocampus兩屬,則寄生於鞘翅目成蟲之體內.

本式寄生蜂之雜者,普通產卵於寄主之體腔內. 凡脂肪組織、咽喉、唾液腺、腦部等處,均各被特殊種類之寄生蜂取食. 寄生之卵頗小,而殼極薄,卵黃亦少,產下後,體積驟形增大. 如一種小齒蜂Metearus dimidiatus(Cres)之卵,初產時,為 0.14×0.04 毫米,但入

後增至 1.2×1.5 毫米。幼蟲之形狀，在初時至不一律(因屬過變態)，但其最後之一齡，為蛆形而無足。在寄生蠅科中，雌蠅在寄主體皮下，或產卵或產幼蟲，各視其種類而異。如 *Compsilura concinnata* 雌蠅具有堅韌之產卵管，能刺入寄主體內而產生幼蟲。在寄生蠅科中，如 *Alophora*, *Hyalomyia*, *Cetatori*, *Xysta* 等屬，均將幼蟲直接產於寄主體內。

(二) 寄生昆蟲之寄生方式

關於寄生昆蟲寄生方式之名稱，學者應用頗多，同物異名，常引人入疑。本書所採用者，或與他書籍微有出入，要以今日尚無劃一之名稱也。

A. 單寄生 在一個寄主體內，有一個寄生昆蟲之寄生。凡單寄生性之昆蟲，其體軀較大，或幾與寄主相等。在一個寄主體內有二個以上之寄生昆蟲者，恆稱曰多寄生。

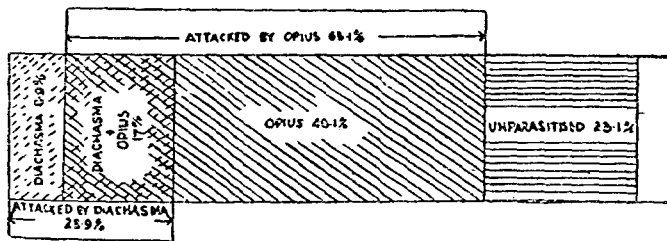
B. 共寄生 (synparasitism, Silvestri, 1932) 又稱 Co-parasite, Trouvelat, Howard; Multiple Parasitism, Smith; Multiparasitism, Imms. 1931) 在一個寄主體上，有二種以上寄生蟲之寄生。同時，所有寄生昆蟲之寄主，均為第一寄主 (primary host)。在寄主體上，各佔據特殊之器官，如玉米螟 (*P. nubilalis*) 幼蟲體上，有下列數種寄生蜂：

- a. *Zemillia roseanae*, B & B. 在脂肪組織。
- b. *Paraphoracera senilis*, Meig 在氣管系。
- c. *Angitia punctoria*, Rom. 在體腔內。

寄主體內之寄生昆蟲既多，致其養料供不應求，或彼此爭食，或自相殺殘。結果祇有少數幼蟲能孵化為成蟲，因此能減少寄生蟲之繁殖。Pemberton and Willard 氏(1918)謂在檀香山果蠅幼蟲體內，同時有兩種寄生蜂 *Opius humilis*, Sily, *Diachasma tryoni*, Cam. 但前者被殺極多，因 *Diachasma* 之幼蟲化出時，具有長而如鎌形之大顎，*Opius* 幼蟲大都被其傷害。氏在1916年之四月及1917年之一月，於Kona處咖啡區域內，採得果蠅 (*Ceratitis capitata*) 之蛹1384個，內中被寄生蜂之寄生如下：

<i>Diachasma tryoni</i>	124 個 或 8-9 %
<i>Diachasma tryoni</i> and <i>Opius humilis</i> (前者較後者為強)	256 個 或 17 %
<i>Opius humilis</i>	688 個 或 48.1 %
未被寄生之蛹	321 個 或 23.1 %
其他不明情形之蛹	16 個 或 2.9 %

更將上列各寄生蜂之百分率圖之如下：



第四〇圖 地中海果蠅蛹受多寄生(Multiparasitism)之狀況。注意 *Diachasma* 與 *Opius* 之重疊現象。(錄自 Smith, 1920, 文。材料由 Pemberton and Willard 氏)

Fiske 氏 (1910) 將昆蟲寄生之種類分之如下:

(甲) 祇有一種寄生昆蟲生存,其餘均歸死滅。

a. 生存者殘食其他偶然之第二寄生昆蟲 (secondary parasite) (普通常見)。

b. 生存者使寄主發育未成熟而先死,致其餘寄生昆蟲均因而餓斃(普通常見)。

(乙) 兩種寄生昆蟲均生存。

a. 各種寄生昆蟲均不同環境之惡劣而死亡(極少見)。

b. 一種或二種寄生昆蟲因營養不足,生機極弱,發育不良,致其生殖機能為之減少(普通常見)。

(丙) 寄生昆蟲均歸滅絕。

因寄主被寄生蟲之寄生,致發育未成熟而已死(普通常見)。

C. 重寄生 (epiparasitism, Silvestri, 1931) 又稱 hyperparasitism, Wardle and Buckle, 1923; Pierce, Fiske) 在害蟲體內之第一寄生昆蟲 (primary parasite) 被第二寄生蟲 (secondary parasite) 所寄生;第二寄生蟲又被第三寄生蟲所寄生,此種寄生,彼此重疊,多者有四五重。多數第一寄生蟲被第二寄生蟲害後致失去其寄生之效力。在膜翅目中之姬蜂總科(內中又以 Cryptinae 及 Ophioninae 內之 Tribe Mesochorini) 及小蜂總科內(內中以 Callimonidae, Chalcidae, Eurytomidae, Miscogasteridae, Eupelmidae, Encyrtidae, Pteromalidae, Elasmidae, Eulophidae 為多)之寄生蜂,行重寄生者,為數頗多。此外如 Cynipoidea, Serphoidea 中亦有發現。在雙翅目之長吻虻科 (Bombyliidae, 如 Villamorio, Anthrax, Velutina)

常為寄生蠅科 (Tachinidae) 之重寄生, 重寄生有下列二種現象:

a. 直接重寄生 在寄主體上, 甲種寄生昆蟲被乙種寄生昆蟲所寄生, 如寄生於金龜子幼蟲體上之土蜂 (*Tiphia* sp.) 被 *Exoprosopa pueblensis*, Jaenna, *E. fasciipennis* Say, *Anthrax parvicornis* Cog (屬於 *Bombyliids*) 所寄生. Muesebeck and Dohanian 氏 (1927) 報告, 盜蛾 (*Porthetria dispat*) 及白紋毒蛾幼蟲體上之第一寄生蜂 (*Apanteles mellanoscelus* Ratz) 幼蟲, 有重寄生蜂 35 種, 內中較重要者 (其寄生率為 90%) 有下列 14 種:

第二寄生

<i>Eurytoma appendigaster</i> (Swab)	(Ichneumonidae),
<i>Dibrachys caves</i> , (<i>boucheanus</i>) Rotz	(Encyrtidae),
<i>Hemitdes tenellus</i> , Say.	(Ichneumonidae)
<i>Dimmockia incongruus</i> , Ash.	(Eulaphidae)
<i>Gelis bucculatricis</i> , Ash.	(Ichneumonidae)
<i>G. apantelis</i> , Cush.	(Ichneumonidae)
<i>Eupelmus spongipatus</i> , Foest.	(Eupelmidae)
<i>Hypopteromalus tabacum</i> , Fitch	(Eueyrtidae)
<i>Habroclytus dux</i> , Gir.	(Encyrtidae)
<i>Hemitels fulvipes</i> , Grav.	(Ichneumonidae),
<i>Eupelminus soltator</i> , Lind	(Eupelmidae)
<i>Dimmockia pallipes</i> , Mues	(Eulobidae).
<i>Dibrachys baucheanus</i> , Ratz	(Encyrtidae).

第三寄主

Pleurotropis tarsolis, Ash. (Entodontidae).

Pleurotropis nawaii, Ath. (Entodontidae).

b. 間接重寄生 寄主體之內外，同時，各有一種或數種寄生昆蟲之寄生，結果有一種或數種寄生昆蟲，不能得充分之養料而死。

D. 過寄生 (hyperparasitism, Silvestri 1932) 又稱 superparasitism Pierce, Fiske, Smith.) 二種或數種寄生昆蟲在一個寄主體上所產之卵，為數過多，致將來孵化之幼蟲，因寄主養料有限，不能全數化為成蟲。C. W. Wheeler氏(1932)檢得一個蚜蟲體內有小繭蜂 (*Aphidius phorodontis*) 之幼蟲 1—8 個，但無一能生長成熟者。Salt 氏(1934—37)謂一種卵蜂 *Trichogramma evanescens* 之成蟲，能辨別寄主之卵，是否已被寄生。雌蜂在未產卵以前，好往來行走於寄主之卵塊上，致卵塊表面遺有一種特殊氣味，可使其他雌蜂察覺。如將被寄生之卵用水洗滌，後來之雌蜂即不能察覺該卵是否已被寄生，及雌蜂將產卵管刺入寄主卵內時，如覺卵已被寄生，則捨棄而不再重產。但在事實上，本種寄生蜂亦有過寄生者，其原因為 (1) 當寄主為數不多時，(2) 寄生蜂繁殖過多，(3) 被寄生之卵體積較大，但屬於本種原因者極少

Salt. 1.34, *Pror. Roy. Soc. B.* CXIV., 470.

1935. *Ibid.*, CXVII., 413.

1936. *Joun. Exp. Biol.* XIII., 333.

1957. *Proc. Roy. Soc. B.*, CXXII., 57.

(三) 寄生昆蟲之寄主選擇現象

大多數寄生昆蟲之寄主，常限於一種或少數種類如 *Embidobia* 蜂（屬於 *Proctotrypid*）寄生於竹絲蟻目（*Embioptera*）之卵內，*Polygnotus* 蜂（屬於 *Proctotrypid*）專寄生於瘿蠅（*Cecidomyid*）之幼蟲時期，在黑卵蜂科（*Sceliomidae*）內之寄生蜂，均營卵寄生，就中 *Scelio* 屬祇寄生於蝗卵，小蘗蜂（*Braconid*）內之 *Dachnusa* 小蜂，只寄生於髮翅目內之潛葉蠅科（*Agromzidae*），瘿蠅內之 *Ibalia* 及姬蜂（*Ichneumonidae*）內之 *Rhyssa* 與 *Thalassa* 兩屬，均寄生於樹蜂科（*Siricidae*）內之昆蟲，小蘗蜂內之 *Aphidius* 屬，其寄主均為蚜蟲，但其他一種小蘗蜂（*Perilitus*）之寄主，則為甲蟲之成蟲。

寄生蠅（*Tachinid*）中對於寄主之選擇，雖較寄生蜂為廣泛，但就中如 *Phasiine* 內寄生蠅之寄主，大多數為椿象科（*Pentatomidae*），其他數屬，如 *Frerosa*, *Weberia*, *Rondania*，則均寄生於鞘翅目昆蟲體內，在同科（寄生蠅）內，與 *Dexiinae* 蠅相近之四屬，如 *Thelaira*, *Fortisia*, *Cyrrillia*, *Thrixion*，其寄主均為鱗翅目幼蟲。及多足綱內之 *Lithobius* 等足類（*Isopod*）內之 *Metaponorthus*，與一部分之竹節蟲。

多數具多食性之寄生昆蟲，其寄主非但數目極多，且性好遷移。*Webber and Schaffner* 氏（1926）謂一種寄生蠅（*Compsilura concinnata*）自1906年，由歐洲輸入美國後，在美洲之寄主約有90種（分屬於三目），就中以鱗翅目為最多。該目內有18科被其寄生，同時由各寄主上所孵出之寄生蠅，其體軀之顏色，毛刺之多少，以及習性等，均無差異。具多食性之姬蜂（*Hemiteles areator*），其寄主有鱗翅目，膜翅目，以及雙翅目。以上所舉兩例，均為體內寄生，雖寄主體內之

生理情形各各不同，但寄生昆蟲則均能加以適應，而生長良好。

Thompson and Parker 氏 (1929) 謂一種寄生蠅 (*Sturmia scutellata*) 寄生於盜蛾 (*Porthetria dispar*) 幼蟲體內，發育極佳，但寄生於同科內之其他蛾類 (如 *Hemerocampa leucostigma* 及 *Notolophus antiqua*) 之幼蟲體內者，即行死滅。在 *Sturmia* 屬內之寄生蠅，能生活於枯葉蛾科 (*Lasiocampidae*) 中之 *Malacosoma* 屬幼蟲體內，Webber and Schaffner 兩氏謂一種寄生蠅 (*C. concinnata*) 之多數寄主中，亦有盜蛾 (*Porthetria dispar*)。但該種寄生蠅不能寄生於別一種枯葉蛾 (*Malacosoma*) 之幼蟲。此種現象有人解釋係由於寄主體內食球細胞 (phagocytis) 之作用，而阻止體內寄生昆蟲之發育也。

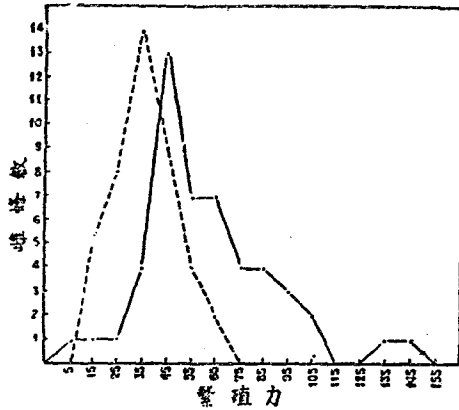
凡營體外寄生之昆蟲，其寄主多生活於寄主之蛹殼內，繭內，或體外，或靜留於巢中，或暫留於枝幹上，樹皮下 (寄主棲息之所)，其四圍有良好之保護物，否則難於發育而死。Genieys 氏 (1925) 曾試驗鱗翅目幼蟲上 (寄居於植物莖內或植物堆內) 之一種體外寄生小蘗蜂 (*Habrobracon brericornis*) 與寄主之關係，氏設法使寄主之體曝露於外，則小蘗蜂或不產卵，或其幼蟲發育至中途而死。在雙翅目內之圍裂類蠅 (*Cyclorhophous*)，亦有相同之現象，有若干類寄生蜂因寄主之不同，而影響其後代雌雄性之發育。美國加省農業試驗報告 (1934-36)，在蚜蜂科 (*Aphelinidae*) 內之多種寄生蜂，其寄生於介殼蟲者，雌雄兩性各由不同之寄主體內化出，凡已行交配之雌蜂，多產卵於介殼蟲之體液內，將來化出之後代，均為雌蜂。其未經交配者，則產卵於介殼蟲體內之寄生蜂幼蟲體上，將來孵出者為雌蜂，蓋

雄蜂之幼蟲不能在介殼蟲體液內繁殖也。更饒興趣者，屬於該科內之一種蜂 (*Coccophagus gurneyi*) 寄生於橘介殼蟲體內，未經交配之雌者，雖亦能在健全之介殼蟲體內產卵，但幼蟲之發育，須俟介殼蟲被別一種寄生蜂殺滅後，始能發育成熟。

(四) 寄生昆蟲之變種問題

昆蟲因產生地之不一，致其形態，生殖率，壽命等，各不相同。因此同種內有變種之發生，亦即為昆蟲變型之成就，又稱曰生態上之適應 (ecological adaptation)。此種變異，無論在食草性，食肉性，或寄生性之昆蟲，均有同樣之發現。後者對於寄生昆蟲引移後之成敗，有密切關係，寄生於昆蟲卵期之卵蜂 (*Trichogramma minutum*)，在世界上之分部極廣，但其適生於當地環境之後，其習性生理，顏色等彼此顯有差別。Lund 氏 (1934) 在北美曾將卵蜂產生於加省 (California) (雌蜂呈黃色) 及羅省 (Louisiana) (雌蜂呈灰色) 之兩品系，用統計方法試測外界溫度溼度對於生理上之各種影響。氏得在低溫下，羅省品系之生殖力，較加省品系為遲。在高溫下，則前者較後者為遲。在低溼下，羅省品系之死亡率，較加省品系為大。但在高溼下，則兩品系相差頗微。Bowen 氏 (1936) 根據該種卵寄生蜂在北美麻省 (Massachusetts) 及羅省兩地生活情形，考查其壽命之久暫，生殖力之大小，及發育期之長短，藉此以比較該蜂在兩地一切習性。所得結果如下：

1. 繁殖力 (productivity)。(第四—圖) 卵蜂之產生於麻省者，其生產力較之羅省品系為高，兩者相差之平均差異，為 $25.08 \pm$



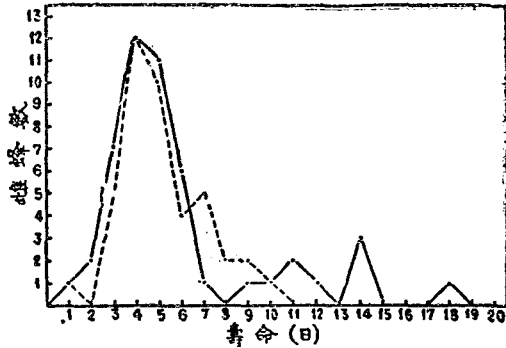
第四一圖 雌蜂之繁殖力。虛線示麻省 (Massachusetts) 品系點線
示羅省 (Louisiana) 品系 (錄自 Bown 氏, 193)。

4.53 個，而麻省品系之生產力，較羅省品系高 67.8%，其差異較標準誤大 5.5 倍 (結果顯著)。氏所試驗雌蜂繁殖力之結果如下：

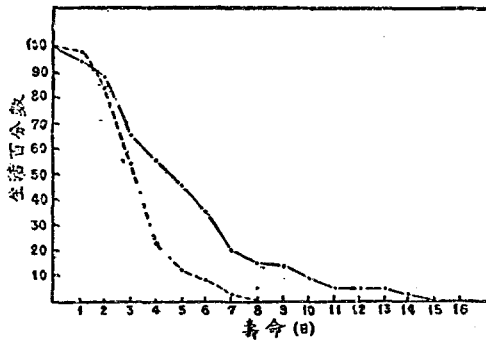
品系	蜂數♀	不生產之♀蜂	每♀蜂所生後代之平均數	兩品系之平均相差
羅省品系	60	1	61.84 ± 4.12	$\pm 3.09 \pm 4.91$
麻省品系	16	14	27.75 ± 2.08	

2. 生殖雌蜂之壽命 (第四二圖) 兩品系雌蜂壽命之相差頗微 (此或由於機取樣時之錯誤)。

3. 雄蜂之壽命 (第四三圖) 麻省雌蜂之壽命較羅省品系為長，而前者之變異，較後者為甚。壽命之平均差異，較其標準誤大 3.79 倍 (結果顯著)。



第四二圖 雌蜂之壽命。連線示麻省(Massachusetts)品系，點線示羅省(Louisiana)品系。(錄自 Bown 氏，1933)。



第四三圖 雄蜂之壽命。連線示麻省(Massachusetts)品系，點線示羅省(Louisiana)品系。(錄自 Bown 氏，1933)。

4. 發育日期 所謂發育日期，即指卵寄生蜂自產卵於寄主卵內後，至孵化成蟲為止，其間所經之時日。氏試得麻省品系之發育日

期，較羅省品系爲短。由上列四種測驗之結果，知卵蜂在兩省之生長，爲時已久，其生理與遺傳已成環境上之適應，麻省品系之雌者，發育期短，繁殖力強，雄者壽命較長，此與羅省品系相異之點。同時，前者不論在生理上，形態上，其變異均較後者爲甚。由此，更可知適生於麻省之品系，對於複雜環境之適應能力，較爲豐富。

上述現象不僅限於卵寄生蜂 (*Trichogramma*)，其他如寄生於日本金龜子幼蟲時期之一種土蜂 (*Tiphia popillivora*, Roh)，其從中國，朝鮮，日本三處所產生者，在生理上，習性上，顯有差異。

(五) 寄生昆蟲與寄主在繁殖上之關係

寄生昆蟲與寄主生活於同一環境下，彼此間之生存競爭，極形劇烈。寄生昆蟲仰食於寄主，而寄主繁殖數之增減，能隨寄生昆蟲密度之大小而有變異。因此，該二變員中，任何一變員在繁殖數量上有變化時，其他一變員即隨發生影響，其間關係，極爲複雜。簡言之，亦即生物“生命之競爭” (the struggle for life)。經濟昆蟲學家利用此種自然現象，並研究而設法改變此二變員，在自然界內之繁殖常數，以增進生物學治蟲之效果。本問題自來研究者頗不乏人，茲就各家所得之結果，分爲下列二類：

1. Fiske 氏之寄生昆蟲連續說 (sequence of parasites) 1910 年 Fiske 氏根據盜蛾及棕尾蛾幼蟲時期寄生昆蟲之寄生効力，氏云 “No one parasite is capable of effecting the necessary amount of control in an insect of the character of the Gypsy moth, and capable of similarly rapid rate of increase when unchecked

by parasites; but a sequence of parasites, which will attack the insect in different stage of its development, and all the component members of which will work together in harmony, is absolutely necessary before the best results may be expected'

寄生蟲連續說之要義，為一種寄生昆蟲之效力，不能超過一定之限度，惟欲保持生物繁殖數之平衡狀態，則寄主之各期各齡必須有一定寄生昆蟲之寄生，方可消滅大多數之寄主，而得良好之結果如第(四十三圖)。換言之，即一單獨之寄生昆蟲消滅寄主之效力，遠不若寄主各期所有寄生昆蟲之總數。

Parasit.	Egg Stage.		Larval Stages.						Pupal Stages.			Adap.	
	Fresh	Old.	1st.	2nd.	3rd.	4th.	5th.	6th.	7th.	Pre-pup.	Fresh.		Old.
<i>Apanteles</i>			—————										
<i>Meteorus</i>			—————										
<i>Campoplex</i> 1			—————										
<i>Campoplex</i> 2			—————										
<i>Ernetia</i>			—————										
<i>Therion</i>			—————										
<i>Pimpla, etc.</i>										—————			

第四四圖 一種網蛾 (Hyphantria) 卵, 幼蟲, 蛹, 蛾, 各期之寄生蜂 (由 Imms 書錄自 Tothill 氏)

自 Fiske 氏學說發表之後，學者研究頗多。Pemberton and Willard 氏(1918)謂悅香山島之果蠅(*C. capitata* Wied)寄生蜂，雖曾由島外各地引移之種類頗多，但其効力最大者，為首次引入之一種，其餘種類均少關係。惟此說經後人之研究，已證明與事實頗不符合。Howard 氏(1924)對於 Fiske 氏之說，亦甚讚同。寄主之屬於鱗

翅目者，本說更可應用。因其生活史為多期性（有卵、幼蟲、蛹、成蟲），其活動習性及出現之時期等，彼此不同。各期均可受一種或數種寄生昆蟲之寄生。根據上述理論，如有一種昆蟲偶然蔓延入新境後，則應設法恢復其在原產地與寄生昆蟲連結之關係，使寄主因寄生昆蟲之寄生，彼此繁殖相消，復呈原來之平衡狀態。因此，引移原產地之各種寄生蟲，為減少一地新傳入害蟲之必要條件。依據此種理論，美國自1900年以來，農部曾派若干經濟昆蟲學家，分赴世界各地，調查及採集數種害蟲之寄生蜂，寄生蠅等，在歐洲之意大利亦有相同之工作。蓋一部份經濟昆蟲家咸信寄主上之寄生昆蟲愈多，其消滅寄主之效力愈大也。

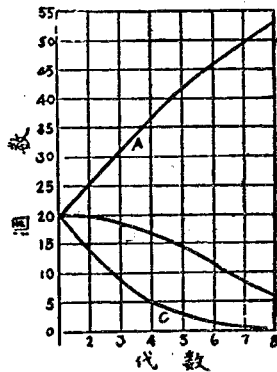
2. Thompson氏之學說 Thompson氏(1923)對於寄生蟲連續說，發表評論，氏謂害蟲生物防治(biological control)之成功與否，其關鍵全在害蟲與寄生昆蟲不同之繁殖率，倘一種寄生昆蟲之繁殖率與寄主相等，或超過之，則該種寄生昆蟲有消滅寄主之可能。其次，寄生昆蟲消滅寄主之時間，則除由二者生殖率之比率外，更須視寄主與寄生昆蟲最初彼此數目之比率。此種時間可因寄主之單性生殖而延長，亦可由寄生蟲之單性生殖，多胎生殖等，而使時間為之縮短。氏謂在自然界內，頗難如連續說之現象，使寄主各期各有一定之寄生昆蟲，同時寄生昆蟲如有過寄生或重寄生時，則在寄主體上，同時有二種以上之寄生昆蟲，必因重寄生或過寄生等而減少其繁殖力，由是生物防治又不免入於失敗。關於此問題，Willard氏(1926)Smith氏(1929)等，頗多舉例證明之。現今生物防治之目的，在多增加害蟲之惡劣環境，使其繁殖減少，並輸入其原來之天然敵害，致使

永為害蟲繁殖上之重要抵抗因子。

關於寄生昆蟲與寄主在自然界內彼此相互競爭現象，自來研究者，不僅限於昆蟲家而多數研究生物繁殖數之消長者，對此問題，均感興趣。

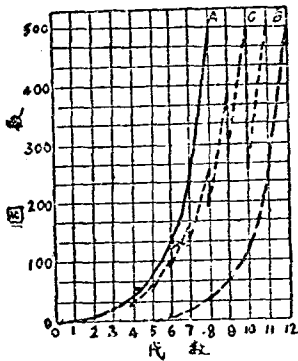
Muir 氏 (1914) 假定在一環境內，有三種定數之生物，遭受外敵不均等之殘殺，如其幼蟲時期在 A 種全不受害，B 種被消滅 25%，C 種被消滅 50%，由理論上之推算，此三種生物之總數各有一常數。但由每種進行趨向上觀之，則 A 種之速率將壓倒 B、C 兩種 (三種生物前進之趨向，如第四五圖 I. 所示)。

換言之，即生物在繁殖上不穩定之平衡，常使立足較速之一種，而排除其他種類。由此，可以示某環境內，自引入一種生物後 (不遭受天敵之侵害)，因其生殖機能強大，可遏制當地之其他二種生物，此亦為自然界內常見之事實。氏於同年，對於寄生昆蟲與寄主間，在繁殖上之穩定平衡現象，加以說明。假定寄生昆蟲與寄主之生殖速率相等，每一寄生昆蟲只殺一寄主，又無重寄生之遭遇，則彼此消長狀況，如第四五圖 II. 所示。寄主繁殖至四代時，始遇有寄生昆蟲，假定兩者之繁殖力相等，則寄生昆蟲至第



第四五圖 I.

三種生物共總數達 60 時 (呈固定現象) 在理論上之繁殖趨向。三種生活在繁殖時，各化被肉食性昆蟲殘殺之百分數各不相同。C 種為 50%，B 種為 25%，A 種則無。(由 Chapman 音錄自 Muir 氏 1914)



第四五圖 II.

寄生昆蟲對於寄主繁殖數之假定例
A—寄主，有幼蟲4個♀： $\delta=1:1$ ，繁殖時，並無寄生昆蟲。

B—寄生昆蟲，有幼蟲4個♀： $\delta=1:1$ ，每一寄生昆蟲被滅一成熟寄主。

C—寄主被寄生昆蟲寄生後之進行趨勢。

寄主繁殖至第四代時，方遇寄生昆蟲之侵害。每一寄生昆蟲產生4卵，放在3個寄主中，只有2個可以發育，如此繼續繁殖，則寄主至第11時代，被寄生昆蟲迅速消滅。

死亡率，呈漸減狀態；同時，寄生昆蟲之繁殖，則呈漸次增加之趨勢。但達到某一點時，寄主與寄生昆蟲之百分數，同時呈急劇之降落，若寄生昆蟲在引入之後，適為寄主之旺盛時期，則其數目亦將隨之而增加。惟達某一點時（寄主數目之減少極微，或呈固定狀態），則寄主

七代時，其繁殖數方可與寄主相等，此時寄主之數目雖一時驟形減少，幾須消滅，但寄主繼續繁殖二代之後，仍達原來之個數。此種繁殖數之不穩定平衡現象，在生物防治害蟲上，頗饒興味，吾人在自然界內，如見寄主與寄生昆蟲繁殖數之突然減退與增多，即由此因而成。氏謂此種事實在自然界內非屬普通之常例，蓋寄生昆蟲與寄主之數目，在平常大致呈穩定之平衡也。

寄生昆蟲繁殖之多少，與食料之豐富（即寄主之繁殖數），有密切關係。氏（1931）謂此與馬爾薩斯氏（Malthus）之人口消長，與食物多少及難易等之關係相同，若某種寄生性昆蟲引入之時，寄主之繁殖已入於靜止狀態者，則寄主被寄生之

與寄生昆蟲之百分數，亦同時呈急劇之降落，此種寄主與寄生昆蟲繁殖數之劇變點，Muir 氏稱之曰“寄生關係之臨界點”(critical point of parasitism)。上述現象如二種寄生蜂(*Ootetrastichus beatus* 及 *Paranagrus optabilis*) 當引入檀香山時，該處甘蔗浮塵子(*Perkinsiella saccharicida*) 之繁殖，已入靜止狀態，惟因有一種新卵寄生蜂之引入，致其數目漸形降落。但達到某一點時，則寄主與寄生蜂之數目，呈固定狀態。但有時寄主繁殖忽形增加時，則 *Paranagrus* 亦隨之而加多，如寄主數目衰減，則寄生蜂數亦隨之而下落。如是消長在檀香山繼續15年之久，直至一種食卵椿象(*Cyrtorhinus mundulus*) 引入該島後，使甘蔗浮塵子在自然界內之繁殖常數再形減低，而永不復有猖獗之可能(該種椿象消滅浮塵子(*Perkinsiella*) 之能力，較兩種卵寄生蜂為強，同時對於區域氣候之影響抵抗力頗大)。以上情形，在甘蔗甲蟲(*Anomala orientalis*) 與一種土蜂(*Scolia manilae*) 之關係，亦復如是。當土蜂引入檀香山時，甲蟲之繁殖數仍在繼續升高之際，雖當時土蜂之繁殖頗速，而寄主之數目減少極微，但兩者互相競爭，達到某一點時，寄主數目驟形下落，而呈固定狀態。氏謂關於控制“寄主臨界點”之因子，頗為複雜，惟昆蟲之生理形態及心理等，均為其基本條件。同時，更受物理及生物環境之影響。

Chapman 氏(1925)倡導生物在自然界之生存，乃由生物自身所具之生產力(biotic potential) 與環境抵抗(enviromental resistance) 相互不斷作用之結果，而寄生昆蟲，肉食昆蟲及寄生菌等，為環境抵抗中之重要因素。氏對於甘蔗浮塵子(*P. saccharicida*) 傳入檀香山後，其繁殖初呈猖獗，而後漸趨平復者，乃由於該種浮塵子初

傳入島時，當地絕無天敵，因此其生物抵抗力極低，致釀成大災。繼引入寄生昆蟲及食肉昆蟲後，浮塵子之數目又漸形減少。此種原理引起後人不斷之研究，而至今尚在進行中也。

自Muir氏(1914)開始應用數字，以表示寄主與寄生昆蟲在生活上。相互競爭現象以來，關於採用算學公式而測算兩種生物間彼此消長之係數者，有Thompson (1922-31), Lotka (1925), Chapman (1925-31), Peares(1927), Volterra(1928), Stanley (1932-34), Nicholson(1933), Gause(1934)及Nicholson and Railey等氏，就中更以 Thompson, Lotka 及 Volterra 氏之解釋，更引起多數昆蟲家之注意。各家所擬定之算學公式，為數頗多，其來源不外根據二種事實，即：

1. 首先將寄主與寄生昆蟲繁殖之速率，加以試驗，並將所得之數字結果，一一分析。

2. 再根據算學上之理論，將試驗經過所得之結果，用變數及數字演成公式，故大多數為實驗公式 (empirical formulæ)。

但自然界內生物生殖增減之遲速與羣峯 (population climax) 之起伏，能因種種因子而起複雜之變化，故各家所演成之公式，只能代表寄生昆蟲與寄主在自然界內繁殖之現象，而非絕對之精確數目。

(A) Thompson 氏對於昆蟲寄生現象之理論與舉例。

Thompson 氏 (1922, 23, 24, 27)發表寄生昆蟲與寄主彼此消長，在數學上之關係，所舉公式頗多。氏用各種字母，以指示寄生昆蟲與寄主在繁殖上之數目及時間等，如：

N = 寄主起始時之數目，

P = 寄生蟲起始時之數目，

t = 寄生蟲數目超過寄主數目時所需之時間（以代數
(Generation) 示之）；

$$\alpha = \frac{\text{寄生昆蟲之生產力 (biotic potential, S)}}{\text{寄主之生產力 (biotic potential, H)}}$$

若寄生昆蟲之生產力，較寄主之生產力為優越，則寄生昆蟲繁殖至某代時，其數目能超過寄主之繁殖數，可用下式測算，

$$t = \frac{\log \left\{ \frac{na - n + Pa}{Pa} \right\}}{\log \alpha}$$

上列公式曾經 Chapman 氏 (1926) 簡化如下：

$$t = \frac{\log \beta}{\log \theta}, \quad \beta = \frac{zp}{n(z-w) + zp}$$

$$\theta = \frac{w}{z}, \quad z = \text{寄生蟲之生產力。}$$

w = 寄主之生產力， n = 寄主起始時之數目，

p = 寄生昆蟲起始之數目。

茲假定寄生昆蟲與寄主之生產力，如下所示： $n = 1000$ ， $p = 10$ ，寄生昆蟲與寄主之♀♂為0.5，即在每一代內，雌雄數各占一半，每一雌寄主產卵200個，每一個雌寄生昆蟲產卵400個，代入上式，則

$$\alpha = \frac{400 \times 0.5}{200 \times 0.5} = 2,$$

$$t = \frac{\log \left[\frac{(2000 - 1000) + 20}{20} \right]}{\log 2} = \frac{\log 51}{\log 2},$$

$$= \frac{1.70757}{0.30103} = 5.67.$$

即寄生昆蟲繁殖至第五代與第六代間，其數目與寄主之繁殖數相等，亦即寄主可全數被寄生蟲消滅也。

由實驗室內之試驗，及野外之觀察，寄生昆蟲殺寄主時，在初期則徐徐進行，及至相當時間後，寄主之被寄生率突然增加，茲再根據 Thompson 氏上列之計算式，在寄主與寄生昆蟲兩者不同之繁殖力及開始時之數目，而示其寄生昆蟲效力之進行速度，及寄主繁殖至何代(t)時，始得被寄生昆蟲全部消滅

第三十四表 寄生昆蟲繁殖至某代(在表內第一橫行 1, 2, 3, ... 20)時，始將寄主全部 (100%) 消滅 (錄自 Lotka 氏 P. 86).

P	n	a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	1,000	1.5	1.5	2.28	3.5	5.40	8.64	14.2	24.6	59.0	100.0	
10	10,000	1.5	0.15	0.23	0.35	0.51	0.77	1.16	1.76	2.7	4.15	6.5
10	100	1.0	10.0	11.1	12.5	14.35	16.6	20.0	25.3	33.3	50.0	100.0
10	200	1.0	5.0	5.25	5.55	5.88	6.25	6.63	7.14	7.7	8.3	9.1

P	n	a	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	10.000	1.5	9.6	18.6	34.2	78.0						
10	200	1.0	10.0	11.1	12.5	14.3	16.6	20	25	33	40	100

P—寄生昆蟲開始時之數目，

n—寄主開始時之數目，

$a = \frac{\text{寄生昆蟲生產力}}{\text{寄主生產力}}$ ，

應用上列公式時，寄生昆蟲與寄主在生活上，須適合下列各條件：即(1)寄主與寄生昆蟲之關係須彼此符合 (synchronous)，即每代寄生昆蟲均能寄生於每代之寄主；(2)寄生昆蟲或寄主在每次生殖前，無所死亡，或由人工之除蟲工作而減少其數目；(3)每一寄主被一寄生昆蟲寄生，或每一寄生昆蟲祇寄生一寄主；(4)每一寄生昆蟲可得一寄主產卵，并產卵一次；(5)寄生昆蟲無重寄生現象；(6)在同一時期內寄主昆蟲與寄生化數相等；(7)寄生昆蟲與寄主起始時之數目不同，產卵數亦不同。

但在自然界內，寄主與寄生昆蟲之關係，決難全合上述理想之條件，寄生昆蟲在寄主體上之產卵，多少不一，寄生昆蟲與寄主之繁殖率，或彼此相同，或互有高下。此外，重寄生，共寄生，肉食性昆蟲，傳染病等，皆是影響兩者之繁殖數。因此，上列公式不能包括多種之事實，而在自然界內之應用機會極少，故 Thompson 氏又根據下列三種情形，而演成多種公式：

1. 寄生昆蟲在生殖前之死亡率 (pre-reproduction mortality) 較寄主為高。

II. 寄生昆蟲在生殖前之死亡率與寄主相等。

III. 寄生昆蟲在生殖前之死亡率較寄主為低。

茲以：(I-W)……寄生昆蟲在每季內被各因子所消滅之比例。

(I-V)……示寄主在每季內被各因子所消滅之比例。

W……示寄生昆蟲之生存數。

V……示寄主之生存數。

I. 第一假定之機遇為 $V > W$ ，亦即 $V = KW$ ($K > 1$)，則其公式為：
($K =$ 寄主避免生殖前死亡率數較寄生昆蟲越出之倍數)

$$t_1 = \frac{\log \left\{ \frac{\Gamma \alpha^k + r \alpha - nk}{\Gamma \alpha^k} \right\}}{\log \frac{\alpha}{k}} \dots \dots \dots (1)$$

由上式，可知當 α 值大於 k 時，即謂寄生昆蟲在繁殖前之死亡率，較寄主在繁殖前之死亡率，超過至某一點時，則寄生昆蟲原來之優越繁殖率(較寄主為高)頓然失效。因此，其繁殖力反較寄主為劣，而其後代永不能超過寄主後代之數目。

II. 第二假定之機遇為 $V = W$ ，($K = 1$)，則其公式為：

$$t_2 = \frac{\log \left\{ \frac{nK\alpha - n + r\alpha}{r\alpha} \right\}}{\log k\alpha}.$$

因 $K = 1$ 故

$$t_2 = \frac{\log \left\{ \frac{n\alpha - n + r\alpha}{r\alpha} \right\}}{\log \alpha} \dots \dots \dots (2)$$

上述公式(2)前已述及，倘寄生昆蟲與寄主受相等之消滅者，則

兩者在生殖前之死亡數，對於寄生昆蟲之繁殖，須至何時始可超過寄主數，無所關係。

茲假定若干數值而求 t_1 及 t_2 之值。

$n=100000$, $p=10$, $\alpha=4$, 假定(1)式內 k 之各值均較 α 為小時，則 t_1 與 t_2 之值如下：

當 $K=1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5$

則 $t_1=6.4$

及 $t_2=6.4, 8.5, 11.2, 15.5, 23.5, 44.8$

上列 t_1 及 t_2 各值，即謂寄生昆蟲繁殖至某代時，其數目方可將寄主消滅(消滅數達100%)。依據此目標，則寄主與寄生昆蟲在避免生殖前之死亡外，彼此繁殖上之相差之比例，進行愈速，則寄生昆蟲對於寄主之價值愈增。故當寄主所避免之死亡率(生殖前之死亡)較寄生昆蟲高1.5倍時，則寄生昆蟲繁殖至8.5代左右，即能將寄主完全消滅。若寄主所避免之生殖前之死亡率，較寄生昆蟲高3.5倍時，寄生昆蟲須繁殖至44.8世代，方可將寄主全部消滅。

III. 第三假定之機遇為 $W = KV$, ($K < I$)，則其公式為：

$$t_3 = \frac{\log \left\{ \frac{nK\alpha - n + I\alpha}{I\alpha} \right\}}{\log I\alpha} \dots\dots\dots (5)$$

所假定各字母之值與上錄者相同，則

$k=1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5$

$t=6.4$

$t_3=6.4, 5.2, 4.6, 4.3, 4.1, 3.9$

由上列公式，可知當引進一種寄生昆蟲後，同時若施行人工除蟲，其結果並不損失寄生昆蟲之繁殖數（有人以為施用人工除蟲後，寄生昆蟲亦隨寄主而減少），故對於寄生昆蟲之保護，非為必要之手續。

關於各化發生時重疊現象之計算，不論寄主或寄生昆蟲在各化常發生重疊（over lapping）現象，因此，又須應用較複雜之公式，以示其關係（即計算寄主或寄生昆蟲在發生至某期末後之數目），所用公式如下：

$$P_1 = P_0 e^{rt}, \quad P_1 = \text{所須得之蟲數},$$

$$P_0 = \text{原來之蟲數}, \quad e = \text{一恆數其值為 } 2.71828$$

$$r = \text{繁殖增加之速率}, \quad t = \text{時間}.$$

r 值之求法，可從上式根據算術上之關係，而計算之，或在昆蟲繁殖至某代末期時，而計算其數目，然後以此數值代入其公式，如下

$$r = \frac{\log P_0 - \log P_1}{\log et} \dots\dots\dots (4)$$

茲錄 King 氏試驗穀象 (*Sitophilus granarius*) 所得之 r 值如下：

代 數	P_0	P_1	r 之 計 算 值
50th	4	7,303	0.140
55th		15,84	0.143
6th		28,638	0.147
65th		52,327	0.145
70th		102,291	0.144
75th		204,163	0.144
80th		392,422	0.143

由上表，可知殺象繁殖至若干代後，其所得 r 值，幾呈常數。若已知寄主之 r 值，及寄生昆蟲之 r 值，則寄生昆蟲在繁殖上超過寄主數目所須時期(繁殖代數)之計算式如下：

$$Pe^{rt} = ne^{rt}, \quad P = \text{寄生昆蟲原來之數目,}$$

$$n = \text{寄主原來之數目,}$$

因此 $\log P + (\log e \times r_1 t) = \log n + (\log e \times r t)$,

$$\text{即 } \log P - \log n = \log e(r - r_1) \cdot t,$$

$$\therefore t = \frac{\log P - \log n}{\log e(r - r_1)} \dots\dots\dots (5)$$

Thompson 氏(1927) 曾應用上式，以計算某種寄生昆蟲引入後之進展狀況，惟應用此式而計算 t 值時，須注意下列兩項事實：

- a. 寄生昆蟲在開始時散放之數目。
- b. 在着手計算時，寄主被寄生昆蟲寄生之百分率。

茲假定寄生昆蟲之繁殖能力較寄主為高，則其基本公式為：

$$t = \frac{\log \left[\frac{na(\alpha - 1) + Pa\alpha}{100P(\alpha - 1) + a} \right]}{\log \alpha} \dots\dots\dots (6)$$

n = 寄主之開始數目，

P = 寄生昆蟲之開始數目，

t = 在寄主被檢查以前，寄生昆蟲已經繁殖之代數 (generation)。

a = 寄生昆蟲生產力與寄主生產力間必要之比率。

在平常所假定寄主開始時之數目，較寄生昆蟲為大，即 n 值遠

勝於 P 值時，對於(6)式內 $P\alpha$ 及 $P\alpha\alpha$ 可不必重視而消去。但吾人對於寄生昆蟲數與寄主數之比率，不得不加注意。茲假定 $P=1$ ，則其公式變成如下（由(6)式演變而來）：

$$t = \frac{\log \left\{ \frac{n\alpha}{100} \right\}}{\log \alpha}, \quad \therefore \log \alpha = \frac{\log (n\alpha) - 2}{t} \dots\dots\dots (7)$$

應用上式時，須求得 α 與 t 值，再代入公式內， n 為各個已知之值，而真正值（true value）亦包括在此範圍內，當吾人計算 n 值時，常生錯誤，但對於最後之結果，無甚關係也。

茲假定某羣寄生昆蟲自最初散於野外後，已經繁殖10代。同時，在寄生昆蟲活動區內，取樣檢視，得寄主之平均寄生率為10%，代入(7)式，即得：

$$\log \alpha = \frac{\log (10n) - 2}{10}$$

茲設 n 之各值自 $n=10^3$ 至 $n=10^4$ ，則 α 之值可得如下：

$$n=10^3, 10^4, 10^5, 10^6, 10^7, 10^8, 10^9, 10^{10}, 10^{11}, 10^{12}, 10^{13}, 10^{14}.$$

$$\alpha=1.58, 1.99, 2.51, 3.16, 3.98, 5.01, 6.31, 7.94, 1.01, 12.59,$$

$$15.85, 19.9.$$

茲以上列 α 值之最小，中間，及最大三種，用下列公式而計算寄生昆蟲繁殖後超過寄主之時期(t)。

$$t = \frac{\log \left\{ \frac{r\alpha - n + r\alpha}{r\alpha} \right\}}{\log \alpha}$$

茲假定 $P=1$ ，則 t 值如下(即寄生昆蟲繁殖至某時，始可將寄主完全消滅)。

$$\begin{array}{rcc} n=10^3, & 10^3, & 10^{14} \\ \alpha=1.58, & 5.01, & 19.95 \\ t=4.3 & 2.3 & 1.7 \end{array}$$

由實地所得，應用以上各公式時，如寄主之數目愈多，則所遇之機誤愈大，但對於寄生昆蟲所須消滅寄主之總時間，影響尚小，如寄主與寄生昆蟲之繁殖率相等，則算術上可測出寄生昆蟲之繁殖數，至最後終能超過寄主，如寄主數比較寄生昆蟲開始時之數目為大，則寄生昆蟲繁殖度之增進，極形微弱。

以上所舉 Thompson 氏關於寄生昆蟲與寄主互相消長之若干計算式，對於研究害蟲數量猖獗學上 (quantitative epidemiology)，供獻頗多，但非議者，謂(1)寄主與寄生昆蟲在自然界內，其生活史頗少彼此符合；(2) 氏所用之代 (t)，乃指示一種時間單位 (time unit)，但寄主與寄生昆蟲各代所占之時間，長短不一；(3) 氏注意寄生昆蟲與寄主各代之繁殖速率 (rate of multiplication per generation)，但未顧及寄主與寄生昆蟲繁殖至某期彼此呈固定平衡現象 (stable equilibrium)。在自然界內，多數寄生昆蟲對於寄主之寄生百分率，並不甚高，而彼此間已達平衡狀態。因此，有一大部之寄主永不受寄生昆蟲之侵害，此又難能應用 Thompson 氏之計算式而估計也。

(B) Volterra, Lotka 兩氏對於兩種生物生存競爭上之理論。

前述 Thompson 氏對於寄生昆蟲與寄主之關係，注意於繁殖上

之代數 (generation), 而關於二者間繁殖之均衡現象, 未加重視。蓋自然界內兩種生物同生活於一處, 若其食物相同, 則因爭食而起競爭現象。如彼此間之關係, 為寄生昆蟲與寄主, 或捕食與被捕食種, 則二者間繁殖之消長, 更形複雜。根據多種事實, 寄生昆蟲與寄主繁殖至某種密度時, 其個數各無升降, 而成均衡狀態。因此, 有一部分寄主永不受寄生昆蟲之消滅。Pemberton and Willard 氏 (1918, and) 謂在壇香山, 為消除地中海果蠅 (*Ceratitis capitata*) 之猖獗起見, 曾自島外引入若干種寄生蜂, 內中 *Opius humilis* 蜂之寄生率較大, *Dichasma tryoni* 之寄生率次之。惟兩種蜂之寄主相同, 因此, 幼蟲在寄主體內, 引起競爭現象。 *Dichasma* 之生存力較強, 致 *Opius* 被其消滅者頗多, 結果, 寄主體內能生存之寄生蜂, 為數頗少, 而寄主之被寄生率反形衰弱。故寄生昆蟲之生存效能與寄主之被消滅率, 不相一致。Smith 氏 (1929) 謂如上述情況, 在同一寄主體內, 有兩種以上之寄生昆蟲者, 則其結果能使寄主之消滅, 為之遲延。氏并不信仰寄主如有兩種寄生昆蟲時, 其繁殖均衡數較單獨有 *Opius* 一種者為低。Volterra 氏 (1928) 根據兩種生物生存互競之關係, 及數學上之原理, 演出若干方程式及曲線, 以示二者間繁殖之消長, 入後終達均衡狀態。氏并擬定下列若干基本定律, 以示兩種生物競爭之結果:

1. 週期旋轉律 (Law of periodic cycle) 二種相倚生物繁殖上之消長為週期的, 其週期由兩種生物之生殖率及消滅率, 與最初時兩種之總個數決定之。

2. 均數保持律 (Law of the conservation of the average) 不論

二種生物在最初之個體數量如何，如其繁殖之增殖率，減少率，與夫其防禦及攻擊 (protection and offense) 係數為不變時，則二種生物個數之平均數，常保持一定之傾向。

3. 均數擾動律 (Law of the disturbance of the average) 若將兩種生物依據其原來數目之比例，加以同樣之消滅，結果捕食或寄生者之平均數減少，而被捕食或寄主之平均數，則行增加。

若以上二種生物繁殖上之消長，其差異不甚顯著者，則其關係氏用下三律示之：

1. 兩種間繁殖消長微小之彷徨變量為等時的 (isochronous)，換言之，即二種間消長之週期，不受其最初時之總數，或以後防禦及攻擊情形之影響。

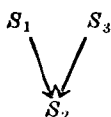
2. 消長之週期與第一種 (捕食性或寄生性) 之總數在二倍時 (t_1) (即二倍其初時之數值)，及第二種 (被捕食或被寄生) 之總數為半數時 (t_2) (即較其初時數目減為半數時) 之幾何平均數成比例。

$$\left(T = \frac{2\pi}{\log e 2} \sqrt{t_1 t_2} = 9.06 \sqrt{t_1 t_2} \right).$$

3. 以一致的力量摧殘捕食種，則增速其消長變動 (accelerates the fluctuation) 反之，以一致的力量摧殘被食種時，則能降落其消長變動。如二種個體同時遭遇一致之摧殘時，則被食種之消長振幅 (amplitude)，對捕食種之消長振幅之比，為之增加。次則，若二種生物同生活於一處，內中一種之生存力較強，有消滅他種之可能，則二種繁殖進行時之變異，Lotka 氏根據數學上之理論，曾演出若干方程式，以示二種彼此生存競爭之結果，并證明寄生種永遠不能將寄

主全部消滅，亦即二者繁殖至某程度時，其個數彼此成固定而少變異。

以上所述為兩個變員(即兩種生物)彼此間消長之關係，茲更進而討論三個附從變員 (three dependable variables) 之關係，即所加入之第三種 (S_3) 個體，亦為第二種 (S_2) 之食料，此三種變員間相互之關係如下：



由左圖所示，因有 S_3 之加入，或 S_1 種之數量得能增加 (因 S_3 為 S_2 之食料，致 S_2 得以保護) 在事實上，不盡如是，並能引起 S_1 之完全消滅也。其間關係，Lotka 氏曾演出若干方程式而證明之。此類現象在寄生昆蟲與寄主，或捕食種與被捕食種間，為例頗多。就三者之關係， S_1 為 S_2 全部食料中之一，換言之，即為 S_2 生存及發育上之必要成分 (essential component)。如 S_1 及 S_3 同時存在時，則此二種食料對於 S_2 之供給，彼此間能多少呈有效之交換。此種現象，Lotka 氏稱曰“可能及不可能或必要成分” (Replaceable and Irreplaceable or indispensable components) 在寄生昆蟲與寄主間為例頗多。如某種寄生昆蟲當繁殖進行時，則須有一種或數種寄主供給其食料，若其寄主中某一種繁殖數忽形減退 (由於人為之驅除，或不良環境之條件等)，則別一種寄主之寄生率必形增加。同時，該寄主之繁殖數值亦須增多，方可維持某種寄生昆蟲之繁殖常數，否則，其數將漸衰減，而趨於極低之常數。

再上述 S_1, S_2, S_3 三種變員，彼此相依關係頗為密切，若就中一個重要成分，其能力或數量有限度者，則對其有關成分 (別一種生物

在生活上必要之成分，如食料之供給等）之供給，雖僅屬於不甚顯著之變異（或增或減），有時對於 S_1 之長生率或無甚影響，但平常 S_1 之成長，均受其限制或破壞。Lotka 氏稱此成分曰限止因子（limiting factor），此種因子對於相依種類之成長，不但有阻遏作用，抑且能釀成一種“移動平衡”（moving equilibrium）現象。就事實上言之，如某種昆蟲之固定繁殖數值（由若干個成分所湊成），因有關限止因子之牽依，致其在各地或歷年之繁殖密度略呈固定，如其牽依之因子有失常態，則昆蟲繁殖數值亦將起變異而不穩定（再參考本書第二章）。

（六）應用天敵除蟲之理想地域

自利用天敵除蟲以來，各地嘗試結果，失敗固多，但成功者亦復不少。我國廣東種植柑橘者，常以一種蟻（*Oecophlla*）防阻害橘之蟲，此法傳至南洋各地，如在爪哇農民用同種之蟻，以除芒果象蟲。在壇香山，新西蘭（New zealand），斐吉島（Fiji Island）等處之試驗，頗多成功。在大陸上試驗成功者，有美國西部之加利福尼亞省（California 成爲一特殊環境）。此外，有特殊作物之局部區域內（如橘桑等），如培養寄生蜂以除害蟲，大多可以成功，反之，若作物生長之面積遼闊無限，同時所接觸之氣候變化無常，則寄生昆蟲之利用，常遭失敗。茲略舉世界上若干區域利用天敵之情形，摘要如下：

A. 隔絕區域（insular areas）

對於寄生昆蟲，培養最適宜之隔絕環境，（物理的生物學的環境），莫如壇香山島，其所得成功之條件如下：

(1) 全年氣候，溫暖均一，寄生昆蟲可終年繁殖而不受季節變遷之影響。

(2) 海島與外界隔離已久，故當地昆蟲相 (fauna) 獨立自成一型，因此，由外界引入島內之寄生昆蟲，與當地原有昆蟲間，甚少競爭，且其寄生昆蟲之繁殖，亦常不暢旺。

(3) 島嶼孤立，作物種類頗少，因此，除蟲之工作較易，效能較大，而寄生昆蟲經人工培養後，散放於外者，其分佈不出於孤島之範圍，在地理上，有許多島嶼之成就，乃由鄰近大陸分割而來，則寄生昆蟲引入島內之後，生活上須應付各種環境，因此，其成功遠不如其他海島之大。例如：特立尼達島 (Trinidad) 之情形，則上述(1)及(3)兩條件頗好，但第(2)條件在該島上頗不相同。因該島在地質之成因，與南美洲極相似，故島上之昆蟲相亦與鄰近洲上者相同。因此，由南美洲引入之寄生昆蟲，所受之環境之抵抗(生物因子)極高。

若一地原來寄生昆蟲之繁殖，頗為猖旺，如為增高消滅寄主效力起見，更須引入其他新寄生昆蟲者，則所引入之種類，其生產力足以加入當地原來之生物集羣 (biological association)，而不歸自然淘汰。在新西蘭島，則上列之第一條件不如在檀香山島上之合乎理想，但該島上之氣候，對於引入寄生昆蟲之繁殖，較其原產地更為適宜。

在海島上之第二條件，內容較為複雜，即各島間之情形，亦不一致，在新西蘭島上，有若干類昆蟲繁殖多而頗為顯著，但其他種類則數目頗少，當地原有之寄生昆蟲及過寄生現象，亦不甚發展。

根據上列所舉三種寄生昆蟲繁殖之適宜條件，以視我國，則除

海南島、台灣及閩、粵、桂、滇、川之南部而外，其餘大陸上之各地（更以華北爲甚），均少適宜之環境，以供寄生昆蟲之繁殖。在華北、華中，一年內之最高最低溫度，相差極大，抑且冬季溫度極低，同時，作物之種類不一，種植方法各地不同。因此，各區之昆蟲亦不一致，凡此均不適於害蟲生物學防除法之實施也。

B. 大陸上之局部區域 (localised continental area)

大陸上應用生物學防除法，在若干特殊之區域，如某種作物集中培植之處，同時在生長上所接觸之氣候或溫度變化極少者，則其成功之希望頗大。如意大利之栽桑區域，及世界各地柑橘區域，寄生蜂之移引與培養，均可獲有成效。如一種寄生蜂 (*Prospaltella ferllei*) 及瓢蟲 (*Vedalia (rodolia) cardinalis*) 之培養成功，即其例也。此外，在大陸上，凡適宜於蘋果生長之區域，則某種寄生蜂 (*Aphelinus mali*) 亦能隨之而生存。

大陸上有若干區域，其地形特殊者，如有山嶽之屏障，或受海洋沙漠之阻隔，則其氣候往往極形溫暖，而不與一般大陸相同。在此等區域中，寄生昆蟲培養成功之可能性頗大，在美國加州 (California)，生物防除成功之原因，除溫暖之氣候外，更有良好之地形，如太平洋在其西，山脈及沙漠亘於東，致使該省與北美大陸自然隔離，而成爲一特殊之區域。Tillyard 氏謂澳洲全境因山脈及沙漠之關係，將全洲分隔爲若干區域。在洲之西境，如苦因士蘭 (Queensland) 等地，爲蘋果之種植區，頗適於生物學防除法之施行，在埃及之美索不達米與巴力斯坦 (Mesopotamia, Palestine) 等處，因地形上之特點，亦爲引移寄生昆蟲最理想之區域。

C. 遼闊之大陸區域

在此等區域中，作物分佈之面積，必甚廣大，採用生物學防治法時，困難必多。美國對於此種嘗試所得經驗，較其他各國為多。如引進盜蛾及棕尾蛾之寄生蜂，已舉行二十餘年，近年對於苜蓿象鼻蟲，歐洲玉米螟，墨西哥豆甲蟲，及日本金龜子，亦皆試行生物學之防治。玉米螟在美國分佈面積，廣達300,000平方哩。日本金龜子，苜蓿象鼻蟲及墨西哥豆甲蟲之分佈面積，亦極廣大。惟寄生蜂之效力如何，此時尚不能確切證明。若非寄生昆蟲原產地之一切環境，與新生長地相同，或所引入寄生昆蟲對於環境之適應能力特強，否則在大陸上複雜之物理及生物環境下，生物學防治法成功之希望甚微也。

(七) 理想中最有效之寄生昆蟲或肉食性昆蟲

無論利用當地之寄生昆蟲，或自省外國外引進之寄生昆蟲惟一之條件，為其消滅寄主之效力須大。欲達此目的，須注意下列各條件：

(1) 寄生昆蟲之寄主須專一 寄生昆蟲當專寄生於一種或數種(少數)寄主上，換言之，即其寄主之種類不多，否則寄生蟲之效力必形分散。

(2) 寄生昆蟲與寄主宜符合繁殖 (synchronous development) 寄生昆蟲與寄主之生活史，如能互相符合，則寄生昆蟲可源源繁殖，如 *Exerists roborato* 寄生蜂之難能在北美生存，因不能與玉米螟之生活史互相連接所致。

(3) 寄生昆蟲對於寄主之所在地，有敏銳之感覺器官，可以覓

得寄主，或在無論何種環境下，均可追獲寄主而產卵，否則寄生昆蟲之繁殖將無所影響於寄主。Muir 氏謂在檀香山一種土蜂 (*Scolia m-niliae*) 對於寄主具強大之搜索力，故寄主被其消滅者極多。

(4) 寄生昆蟲之繁殖力較寄主為高，如是寄生昆蟲之繁殖數目能超過寄主。

(5) 寄生昆蟲無重寄生及其他敵害，否則其生殖力必為之減少。

(6) 寄生昆蟲之繁殖為多胎生殖 (polyembryony)，或在全部生活史內有孤雌生殖。

(7) 寄生昆蟲對於氣候有寬大之適應力，并其分佈力極強。對於氣候之適應力大，則寄生昆蟲之生活可以受地方性氣候之限制，分佈力強，則凡寄主所及之地，必有寄生昆蟲之存在。

上述各條件未必所有寄生昆蟲或肉食昆蟲均完全備有，但一種有效之寄生昆蟲，能在一地連綿繁殖而不衰弱者，必具上列一部分之優點。

Taylor 氏 (1935) 在斐吉島研究一種瓢蟲 (*Cryptognatha nodiceps*) 捕食為害可及香蕉上之介殼蟲 (*Aspidiotus destructor*)，其結果謂該種瓢蟲自引入斐吉島上後，能成功之原因，有下列各條件：

1. 在島上能全年繼續繁殖。
2. 該種瓢蟲自傳入島上後，並無天敵之遭遇。
3. 成蟲，幼蟲均好食介殼蟲。
4. 繁殖率頗高。
5. 成蟲壽命頗長。

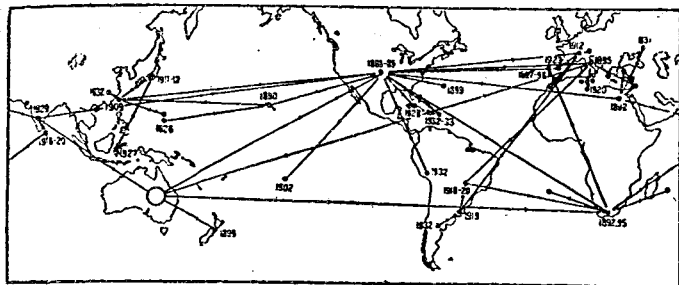
6. 分佈力極強。
7. 雖遇介殼蟲(*C. nodiceps*)極少時,該種瓢蟲仍能生存。

(八) 寄生昆蟲或肉食昆蟲之應用

利用寄生昆蟲以殺害蟲之途徑有二: (a) 引移別地或別國之寄生昆蟲(為當地未曾發現者), (b) 當地原有寄生昆蟲之利用。

A. 寄生昆蟲或肉食昆蟲之引移

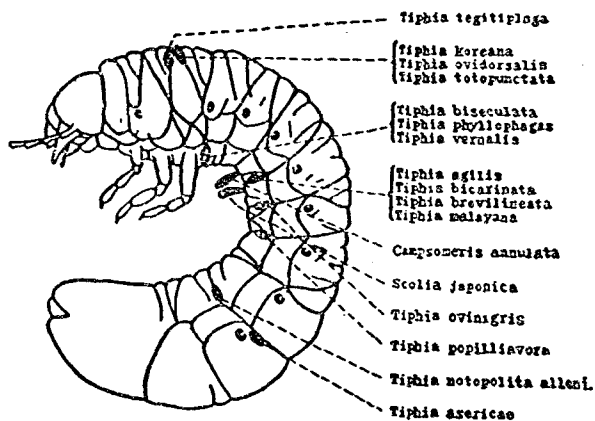
某種害蟲傳入新區域內後,一旦失其原產地內各種環境抵抗力之控制,能於短少期內,即能猖獗,或害蟲藉其強大之遷移力,已分佈於一新區域,而原來之寄生蜂未能同時遷移,(如北美蘋果蠹蛾(*A. carpocapsae*)與其寄生蜂(*Ascogaster quadridentatus*)之關係然)由生物學防除方面而設計,則應將該蟲在原產地之天敵,設法遷引,藉以裁制該蟲之繁殖,而恢復其原來之自然平衡。此種工作自來歐美各國進行已久,其範圍不僅限於國內,抑且廣及於國外,如美國加省之一種橘介殼蟲(*Icerya purchasi*)乃由澳洲傳至美國,在1886年時,在該省為橘類之大害,由教士A. Koebele氏在澳洲發現一種瓢蟲(*Rodolia (Vedalia) cardinalis*)引入美國後,五年之間,橘上之介殼蟲被食殆盡(*Vedalia*遷入美國後,自身絕無天然敵害),而橘業頗有起色。此後凡此種介殼蟲傳佈之各地,如美國之佛羅里達省(Florida)及檀香山島,新西蘭島,南非洲,葡萄牙,意大利,埃及,敘利亞(Syria)法國南部及摩爾太(Malta)等地,一經 *Vedalia* 之移入,介殼蟲之害均被消滅。現時該種瓢蟲幾廣遍於世界各地,此亦由於該種瓢蟲對於各地環境具有強大適應力。茲將世界各地引輸該蟲



第四六圖 一種捕食吹筒介殼蟲 (*Icerya purchasi* Mask) 之澳洲
瓢蟲 (*Rodolia cardinalis* Muls), 在國際間之引移形
形 年份示瓢蟲引移之時期 (錄自 Clausen 氏 1936)。

之年代及路徑。據 Clausen 氏之調查。如上圖(第四六圖)所示。意大利之桑介殼蟲(*Diaspis pentagona*)，一時為害殊甚，後 A. Berlese 氏自美洲與日本引入一種小蜂 (*Prospoltella berlesi*)，該蟲之患，即不復聞。新西蘭之蘋果綿蚜 (*Eriosoma laniger*) 自 1921 年由美國引入一種小蜂 (*Aphelinus moli*) 後，該蟲漸被消滅，一種刺蛾 (*Cnidocampa flavescens*)，在美國稱曰東亞蛾 (Oriental moth) 自東方傳入美洲之後，為多種蔭道樹及果樹之大害。Parker 氏 (1936) 報告該蛾幼蟲之一種寄生蜂 (*Chrysis shanghaiensis*, Smith.) 自日本傳入之後，寄主被殺者極多，而刺蛾之害漸減。美國農部對於玉米螟，梨姬心喰蟲 (*Grapholitha molesta* Busck) 之驅除，於 1908 年曾派遣 T. Kincaid 氏赴歐洲及日本採集寄生蜂。1913 年 F. Muir 氏奉壇香山甘蔗合作社之命，赴東亞各地尋覓害甘蔗金龜子 (*Anomala orientalis*) 之天敵，氏足跡曾遍及菲列濱，台灣，爪哇及日本等處，採得一種土蜂

(*Scolia manilae* Ashm) 引入檀香山後，殺滅甘蔗金龜子之力極大。1920—1923年，美國農部又派昆蟲學家C. P. Clausen 及 J. L. King 氏(1928)赴東亞調查日本金龜子之天敵，得在日本北部有一種寄生蠅 (*Centater cinerea* Aed) 殺滅甲蟲之效力極大，氏於1932年發表其在美洲及東亞採得之土蜂如第四十七圖所示。(專產卵於雌甲



第四十七圖 寄生於金龜子幼蟲體上之各種土蜂。(由 Sweetman 書
轉錄 Clausen, Gardner, and Sato 氏圖 1932)

蟲上) 1923—1927 年美國派往中國調查日本金龜子寄生蜂者，有 Illingworth (J. F.) 及 Jaynes (H. A.)，在我國則由王啓虞氏共同進行此項工作。據王氏報告，於此四年之間，在浙江、江蘇、江西三省採得土蜂科 (*Scoliidae*) 及黑土蜂科 (*Tiphidae*) 內之寄生昆蟲，共十五種如下：

土蜂科 (*Scoliidae*),

1. *Campsomeris annulata* F. 蘇、浙. 寄生於桑金龜子 (*Holotichia* sp.) 幼蟲之體外。

黑土蜂科 (Tiphidae).

1. *Tiphia antigenala* A. aud J. 蘇、閩, 寄生於日本金龜子屬 (*Popillia*) 內之幼蟲。
 2. *T. brevicarinata* A. aud I. 蘇, 全上。
 3. *T. communis* A. aud J. 蘇、浙、閩, 全上。
 4. *T. frater* Parker 蘇,
 5. *T. longilegulata* A. aud J. 蘇、浙、閩,
 6. *T. lyrata* Magretti 蘇、閩,
 7. *T. minulopunctata* A. aud J. 贛
 8. *T. phyllophagas* A. aud J. 蘇、浙,
 9. *T. pigmentata* A. aud J. 蘇、浙,
 10. *T. popilliavora* Rohwer 蘇、浙, 寄主幼蟲之體外寄生 (寄生率極強占42.6%)。
 11. *T. rufomandibulata*. Sruith. 蘇、浙、閩,
 12. *T. rufomandibulata* f. *notopolita* A. aud J. 蘇、浙、閩,
 13. *T. rufomandibular* f. *alleni* A. aud J. 蘇、浙、閩,
 14. *T. vernalis* Rohwer 蘇、浙、贛, 寄主幼蟲之體外寄生。

1940年 Gardner 氏發表其五年內(1929 - 1933)在朝鮮、印度、台灣及日本等處, 所採集日本金龜子, 及東亞甲蟲之寄生蜂, 內中有大多數種類亦如第四七圖所示者。

上述各寄生昆蟲中, *Tiphia* 對於金龜子幼蟲之寄生效力極大。

King氏(1930)謂此種土蜂之成蟲好吸食野生胡蘿蔔(Daucus carota)之花蜜,如金龜子發生嚴重之地,此種植物多者,則土蜂之生活必極適宜。

1923—1930年,美國曾派 T. R. Gardner 氏來東亞調查玉米螟之天敵,1932—1934年,美國農部又派 G. T. Haeussler 氏及1935年 R. W. Burrell 氏先後來東亞之中國,朝鮮及日本,調查梨姬心喰蟲之天敵,除詳細研究一種姬蜂(Dictis molestae Uchida)外,并採得其他寄生蜂三十種左右。在東亞,則日本曾由爪哇輸入瓜實蟲 (Chaetodacus cucurbitae Coquillett) 之寄生蜂。(Opius fletcheri Silvestri) 殺寄主之效力極大。1939年,日本輸入中國(產於廣東)產之一種小蜂(Prospaltella smithi Silvestri),以除柑橘刺粉蝨(Aleurocanthus spiniferus Quaintance)。

在加拿大之森林上,曾發生一種歐洲樅(larch)鋸蜂。(Lygmenematus erichsoni Htg) 爲害之損失極大。1912—13年, C. G. Hewitt 氏將英國樅木內所採得之鋸蜂蛹(被寄生蜂寄生者),移入加拿大之南曼尼托巴(South Manitoba)(該處樅鋸蜂極多),使一種姬蜂(Mesoleius tenthredinis Matl)得以飛散於外。而寄生於當地之樅鋸蜂,因此該種樅鋸蜂之寄生率年有增加,自1916年至1927年,所檢得鋸蜂繭之被寄生率如下:

1916年	19%	1917年	40%
1920—26年	60%	1927年	75%

在1927年,有若干處寄生率高至88%,引移寄生昆蟲之事實,在檀香山,斐吉島(Fiji),新西蘭等地,爲例極多,就中成功者固有,失

敗者亦復不少。吾人對於當地一種新發現之害蟲，如覺須用生物防除法以解決者(其他方法如利用殺蟲劑或品種選擇等均失效時)，則事前須將害蟲之學名及原產地及其分佈(並將同屬內寄生昆蟲之地理分佈亦加調查)，詳為調查，併再行以下二種之研究。

(a) 環境之研究 關於某害蟲發生多或少處之一切環境情形，如地勢，氣候，農業情形，及與寄生昆蟲與肉食昆蟲之成分，寄主植物之種類，與生長之時間等，須一一分析，各別詳細考查，何處為將來採取寄生昆蟲材料適當之處，及將來寄生昆蟲遷移至新區域內時，兩地之一切有機及無機環境是否相同，如差異太遠，則寄生昆蟲或肉食昆蟲遷移後，失敗多而成功少。

(b) 寄主與寄生昆蟲彼此間關係之研究 如寄生昆蟲與寄主生活史之關係(是否相同起伏)，寄生昆蟲有無重寄生?或寄主有無重寄生、過寄生、共寄生、多寄生等現象?如寄生昆蟲與寄主之繁殖，彼此相互連結，而同時起伏，寄主無過寄生，共寄生，寄生昆蟲亦無重寄生，此外，各種環境因子在兩地極為相似，則寄生昆蟲或肉食昆蟲遷引後，成功多而失敗少。

B. 當地原有寄生蟲之利用

某種害蟲及其寄生蟲在一地生存極久，或自別地遷入後，已形固定，則兩者生活已適應當地之一切環境，而成複雜之生態平衡(ecological equilibrium)，但此種平衡能因種種關係而起變異，吾人當設法一一研究其原因之所在，以作利用時之參考。同時，設法使某種寄生昆蟲之自然平衡增高，以達生物防除之目的，實行此舉有下列二點，不容疏忽：

(1)當地寄生昆蟲之保護 保護當地寄生昆蟲，或轉變寄主與寄生昆蟲繁殖之比率(即增加寄生昆蟲數)，或減少寄生昆蟲繁殖上之阻礙因子，皆是使寄主之被寄生率為之增加。吾人驅除水稻之三化螟時，卵塊採下之後，或放於保護箱內，或建築大規模之寄生蜂保護室，使卵塊內之卵寄生蜂(*Trichogramma japonicum* Aschmead, *Phanurus beneficiens* Zehnter)化成之後，可以自由飛散於外，藉以增加螟蟲卵塊之被寄生率。T. E. Hollway 氏(1928)謂在美國羅省之甘蔗田內，收割後之殘屑，如行燒毀，對於甘蔗螟蟲(*Diatraea saccharalis* Fab)之為害，並不減少，因此種殘屑中藏有多數寄生昆蟲也。由此現象，在新奧爾良省(New Orleans)之試驗場，對於甘蔗田內收割後之殘屑，不行消除，并試驗其對於螟蟲為害損失之關係，如第三五表所示：

第三五表 甘蔗田地處理與否與螟害之關係

(錄自 Hollway 1928)

	甘 蔗 受 螟 蟲 之 損 失					
	1915	1916	1917	1918	1919	1921
殘屑未經焚毀者	12	13	7	19	6	18
殘屑焚毀者	24	30	17.5	21	9	25

Marchal 與 Silvestri 兩氏主張在橄欖園之四周，雜種若干種植物，使橄欖蠅寄生蜂之寄主，得以從而繁殖，同時可增加橄欖蠅寄生蜂之數目。Pepper and Driggers 氏(1934)謂在生有雜草之果園，東方果蛾被寄生昆蟲殺滅之效力較大。

(2)增加當地之寄生昆蟲 用人工方法培養當地之寄生昆蟲，

或肉食昆蟲，增加其繁殖數，使寄生昆蟲與寄主數目上之比率，爲之改變。如一種普通之卵寄生蜂(*Trichogramma evanescens* Westw.)，其地理上之分佈極廣，寄主頗多，屬於鱗翅目中者有50種，內中有甘蔗螟(*Diatraea saccharalis* Fabr.)，玉米螟，東方果蛾(*Grapholitha malesta* Busch)蘋果蠹蛾(*Cydia pomonella* L.)，但在每年早春，此種卵寄生蜂爲數極少，同時分佈不廣，用人工繁殖及時而放散於外，確可抑制寄主之猖獗。此種卵蜂，現在世界各地均設法用別種寄主飼養，並大量繁殖。在實驗室內，如食料充足，溫溼度合宜，則此蜂每年可發生52代。每雌蜂能產生後代12個，其性比率爲0.50。平常培養此蜂時，可用玻管藏穀蛾(*Sitotroga cerealella* Oliv.)之卵，及卵蜂之成蟲，加塞，放於暗處。在溫度83°F.下，大約爲8日，即完成一代。如食物不斷，則此蜂可繼續繁殖而不中止，在大量飼養時，每日可產200,000個左右。此種蜂在北美現時成爲商業化之繁殖，每1000個售金洋\$0.14—0.18，並可用郵寄或航空分送各買主。在日本，亦仿照此種原理，將寄生於水稻二三化螟卵之赤眼蜂(*T. japonicum* Ashm.)，使其產於大豆螟蟲之卵上，然後冷藏之。迨稻田內螟卵發現時，即將此種被赤眼蜂寄生之豆螟卵，懸掛於稻田間，使寄生蜂羽化而再產卵於稻螟蟲卵塊上，在吾國家蠅上之一種多化性寄生蟲(*Tricholyga sorbillans*)，其寄主除家蠶而外，其他鱗翅目之幼蟲，如野蠶等，均可寄生。吾人如能利用一部分廢棄之家蠶(該種蠶在秋季寄生率極高)，設法使蠶產卵，亦可增加其繁殖數。

(九) 寄生昆蟲之採集運輸及散放

着手採集或運輸寄生昆蟲時，一切工作宜慎重細心，絕不可疏忽，若寄生昆蟲由遠方運輸，或彼此郵遞，則對於包裝、傳遞等手續，更須善為處理。因寄生昆蟲在途中死亡率高之原因，大多由於採集時之不慎，包裝之不合法，運輸及飼養上之不適宜所致。在事實上，既有此種情形，故吾人運輸寄生昆蟲時之數目須多，以備在途中有一部份之死亡，同時，所有運輸寄生昆蟲之器具，須堅固密緻，不可稍有縫隙。

A. 採集寄生昆蟲時之注意點

如遇寄主之寄生昆蟲材料不多，同時寄生昆蟲發現時期，亦極短促，則宜乘寄主及寄生昆蟲出現之時，多用當地熟手，盡力採集，藉以多得材料。若所採集之寄生昆蟲發現於寄主之冬眠時期，則可用少數人於寄主長期之冬眠期內，從容收集，在採得之材料內，將寄主之健全與被寄生者，設法分離，所用方法除人工而外，在美國則借助於機械，如在盜蛾寄生昆蟲研究室，曾應用一種機械，將寄主卵之被寄生與健全者，能彼此分離，如是可節省不少人工（按盜蛾所產之卵塊，在表面上，着生叢毛，故該機先去毛，繼則將卵之健全與被寄生者各各分離，再用一定容量之小玻璃管（每管約裝1000個），將被寄生之寄主卵分別量出而裝袋，以便於春季化為成蟲時，能散放於外。）

B. 寄生昆蟲包裝及寄運時之注意點

寄生昆蟲採得後，或經飼養成功而欲運輸別處，則對於包裝及寄運時之一切手續須注意。包裝方法大概視採集時寄主之時期而定，如被寄生之寄主為蛹，卵（具有堅硬之卵殼者）或過冬幼蟲者，則包裝方法較為簡單，祇要在箱內保持相當溼度，惟大量運輸時，常因

器內所裝之材料過密，途中所費時日過久，則能發生多量溼氣，致使箱內溫度增高，或竟適於黴菌之繁殖，其結果使寄生昆蟲發生高度之死亡率。在歐洲運輸寄生蟲標本至美國時，通常所用之器具為一種小木匣（約4×5方吋），其重量不超過500公分，此種小木匣在歐洲普通用為郵寄博物標本者，故可通行全歐洲而不加檢查。

運輸寄生昆蟲，以休眠時期為最穩妥，如寄生蠅（Tachinids）在郵寄時，可選其蛹期，裝於一盛潤溼之木匣內（木匣大小如上所錄），每個約裝蠅蛹1500個，如為膜翅目內之寄生蜂，可取其蛹，用金屬鐵紗圍於木匣之一角（如是將來成蟲化出時，繭不致散佈於木匣之各處），更用金屬製之飼養管，內盛涼水與糖液，再用吸水棉，將管口塞住，然後將此管緊緊繫於木匣之頂部，如是，則孵出之成蟲可源源有食物之供給。

若寄送之地點頗遠，寄生昆蟲匣在途中有太乾燥之虞者，則在包裝時，對於溼度之保護，尤須周詳。據Myers氏之經驗，郵寄Rhyssa之幼蟲，裝於大號之膠管中（gelatin capsules），管內盛以溼鋸木屑，或新鮮之苔蘚（能徐徐供給管內溼氣而不生黴），與寄生昆蟲相互疊置於木匣內（即一層苔蘚與一層寄生昆蟲相疊置）。如寄生步行蟲（Coleosoma）之成蟲，可將各個小甲蟲放於火柴匣或小木匣內（內放溼潤之新鮮苔蘚），各小匣再行相聚，裝於一大箱內而寄運，若外界溫度不高，行程頗短（約十日左右），則如此包裝，寄生昆蟲之死亡率極微。Muir氏曾用人工所製之泥管，以運送土蜂（Scolia及Tiphia），結果頗為圓滿。氏將已被土蜂產卵之金龜子幼蟲放於泥管中，并封閉其口，再集而裝於洋鐵箱內（箱之四周，圍以微溼之沙或泥土）。

1923—1927年間，王啓虞氏與 Jaynes 氏所採得金龜子體上之土蜂，寄送至美國時，則用洋鐵管裝潤溼之土及被寄生之金龜子幼蟲，集數十管裝成大箱，然後寄運。

寄生蜂(在寄主蛹期)自野外採得後，有無第二寄生，檢驗頗難，故在運輸時，須放於冷藏室內。否則內中營過寄生 (hyperparasites) 之寄生蜂，一經化出，即能在健全之第一寄生蜂幼蟲體上產卵，如是能降低寄生昆蟲之効力。欲免此虞，可將寄生蜂之寄主(蛹、幼蟲)，各別藏於管內，或在每一管內，祇藏若干個。如是，即有第二寄生蜂 (secondary parasite) 孵出時，亦不能害及其他健全之寄生昆蟲(在美國常用膠管裝被寄生之寄主(蛹)，如環境過溼，則須用其他物代之)，若所採得之寄生昆蟲爲其休眠時期，則在冬季運輸時，無須用低溫設備，以防其孵化。但於輪船或火車上，亦不可靠近高溫處所，若所寄運之寄生昆蟲，一遇高溫後即易孵化者，則在運輸之交通工具上，須藏於冷藏室內(溫度在 $4.5^{\circ} - 7^{\circ}\text{C}.$)，美國農部昆蟲局及植物防疫處，常用一種鋼製之提筒，筒之四周，圍以厚氈，內中裝匣三個，中間之鉉匣容積最大，以裝寄生昆蟲，兩邊兩個較小(約占中間匣之半大)，用以盛冰。寄生昆蟲即在此種低溫筒內，可維持多日而不孵化。在美國及加拿大運送東方果蛾 (Oriental fruit moth) 之寄生昆蟲，曾特製一筒，筒內每一木匣(有300立方英吋之體積)可裝寄生昆蟲成蟲 500 個每匣內各放一小瓶，瓶口塞做以棉花，更圍以鐵紗，在瓶塞上，再通一細紗帶，使水得以引出瓶外。每一匣內，更放一克重之糖與蜜之混合物。東方果蛾寄生蜂 (*Macrocentrus ancylicvorous* Roh) 之成蟲及其他寄生昆蟲，由此種設備而運輸者，可維持50小時而無

變化。美國加州昆蟲飼養公司(California Insectories Inc)曾用一種紙包寄運卵寄生蜂(Trichogramma),及以膠管寄運 Cryptolaemus 蜂,結果頗佳。

近年經濟昆蟲學家對於郵送寄生昆蟲之器具,雖日益進步。但其原理終不出於低溫之保持,與適當食物之供給兩途。

在寄生昆蟲各期中,以蛹最難寄運,雖放在低溫下,有時成蟲亦能孵化。故有人寧願以成蟲時期寄送,較為安全(須在低溫下供給相當之食料)。若為體積微小之寄生蜂(如寄生於介殼蟲上之寄生蜂),可於管內放一葉片,每日在葉上加一滴食料,即可供給其久時之生活。在英國Franhan實驗室,運送一種介殼蟲(*Eulecanium coryli* L.)之寄生蜂(*Blastothrix sericea* Dolm)時,先將成蟲放於玻璃管內,再在每一玻璃管內之小木塞上,針穿葡萄乾,更將此種裝蜂之玻璃管,聚裝於一較大之器內,寄送至加拿大、安別里阿省(Ontario)之寄生蜂實驗室,再轉寄至溫哥華(Vancouver)。如此長途郵傳,寄生蜂之死亡率祇有10%。

普通寄生蠅頗難寄運,因不能久留於低溫下,同時,蠅在一固定面積之匣內,常有擾動,致易死亡。甘蔗甲蟲之寄生蠅(*Ceromasia sphenophora* Vill)運送時,可將已被寄生蠅寄生之甲蟲幼蟲,裝於一小玻璃管內,更放甘蔗一小片,再用棉花塞口,外加包裝,即可運送。

有時寄生昆蟲運輸時,同時,將有關係之植物(為寄主與寄生昆蟲生活上所不可缺者),裝在同一箱中,運入境內(有時先行運入)。此種運輸箱製造須堅固,頂與前面可裝以極細之銅紗,箱各處之線縫,均須密接,不使有隙,在箱底更安置一鋅盤,以儲泥土。如以此種

箱運輸時，須切實付託船員，或司車者，謹慎注意，有時須用專人護送，若寄運之寄主為介殼蟲類，則其寄生蜂能於途中繁殖若干代。

寄生昆蟲運送至目的地後，須小心飼養，至繁殖多時，始將一部分分散於外，同時，對於寄主之生活狀況，農業制度，地形或氣候情形等，須作詳細之考查，俾可明瞭寄生昆蟲在自然界內生存之百分數，及消滅寄主効力之程度。

(十) 肉食性之蜘蛛與昆蟲

A. 蜘蛛類 大多數蜘蛛均能捕食昆蟲，其屬於 Acarina 內者，則能嚼食昆蟲之卵，或寄生於地下生活昆蟲之體上。

B. 肉食性昆蟲 肉食性昆蟲之種類頗多，茲略舉其常見之科名，錄之如下：

- | | | |
|-------------------------|-----|----------------|
| 1. 螳螂科(Mantidae) | 直翅目 | 成蟲，稚蟲均捕食昆蟲。 |
| 2. 蜚蠊科(Chrysopidae) | 脈翅目 | 全上 |
| 3. 蟻獅科(Myrmelionidae) | 全上 | 稚蟲捕食昆蟲。 |
| 4. 蜻蜓及豆娘 | 蜻蜓目 | 稚蟲，成蟲捕食昆蟲。 |
| 5. 椿象科(Pentatomidae) | 半翅目 | } 成蟲，稚蟲，均捕食昆蟲。 |
| 6. 盲椿象科(Miridae) | 全上 | |
| 7. 食蟲椿象科(Reduviidae) | 全上 | |
| 8. 步行蟲科(Carabidae) | 鞘翅目 | } 全上 |
| 9. 斑蝥科(Cicindelidae) | 全上 | |
| 10. 牙蟲科(Hydrophilidae) | 全上 | |
| 11. 隱翅蟲科(Staphylinidae) | 全上 | |

- | | | |
|--------------------------|-----|------------------------------------|
| 12. 螢科(Lampyridae) | 全 上 | } |
| 13. 瓢蟲科(Coccinellidae) | 全 上 | |
| 14. 長吻虻科(Bombyliidae) | 雙翅目 | 幼蟲捕食若干種甲蟲之幼蟲,亦能寄生於蜜蜂、胡蜂及甲蟲之幼蟲與蝗卵上。 |
| 15. 食蟲虻科(Asilidae) | 全 上 | } |
| 16. 長脚蠅科(Dolichopodidae) | 全 上 | |
| 17. 食蚜虻科(Syrphidae) | 全 上 | 幼蟲捕食蚜蟲。 |
| 18. 胡蜂科(Vespidae) | 膜翅目 | 成蟲捕食其他昆蟲。 |
| 19. 蟻科(Formicidae) | 全 上 | 工蟻捕食其他昆蟲。 |

第四節 益鳥之保護與家禽之利用

有幾種鳥類,其食物多半為昆蟲,尤以春夏營巢之時,鳥類之捕食昆蟲數目更多。啄木鳥則全年尋蟲為生,常食穀物之鳥類,其捕蟲數目,亦屬不少。在長江流域,六、七月間,白蟻羣飛之時,多半為燕,麻雀等所捕食。保護益鳥,不但禁止逐獵,或其他方法之捕捉,即關於益鳥天然之敵害,亦須設法代為驅除。在冬季時,須注意益鳥在野外之食料,及其營巢處所,俾其得有良好食宿之所,在春季可安然繁殖,如是益鳥之數目,可得而增加。

利用家禽捕食害蟲,功效頗大,當年所收穫之棉花,於初冬晒時,常有多量之過冬紅鈴蟲向外爬出,此時放鷄啄之,既可除蟲,又可飼鷄。江蘇歷次患蝗之年,在近水之區,恆用鴨羣捕食跳蝻,功效

極大。

第五節 其他食蟲動物之愛護

有若干種捕乳動物，如鼯鼠等，能捕食金龜子幼蟲及其他生活於土中之昆蟲，蝙蝠夜出殺蚊及小蛾等極多，蛙類之食料，幾全屬昆蟲，而內中害蟲約佔60%左右。

此外，如蜥蜴及若干種蛇，均能捕殺昆蟲，數種游泳於近水面之魚，能捕食蚊之幼蟲，魚之屬 *Gambusia* 者，有若干種已證明能捕食孑孓，而其中一種曰 *Gambusia affinis* 者，因能捕食蚊類之幼蟲，致遍佈於全世界各地。

參考文獻

1. Allen, H. W., and R. W. Burrell. 1934. Methods of Obtaining Emergence of *Tiphia* Adults From Imported Cocoon for Use Against the Japanese Beetle. Journ. Agric. Research. Vol. 49 No. 10. pp. 909-922.
2. Baker, W. A. and K. D. Arbuthnot. 1933. The Application of Artificially Prolonged Hibernation of Parasites to Liberation Technique. Ann. Ent Soc. America. Vol. XXVI. pp. 297-302.
3. Beguet, M. 1935. Deuxieme Campagne Contre les Sauterelles (*Stauronotus maroccanus* Thun) en Algerie, au Moyen du "Coccobacillus acridiorum" Ann. Inst Pasteur, T. XXIX,

No. 10 Octobre, p. 520.

4. Bowen, M. F. 1936. A Biometrical Study of Two Morphologically Similar Species of Trichogramous. *Annals of the Ent. Society of Am.* Vol. XXIX, No. 1. pp. 119-125.
5. Chapman, R. N. 1931. *Animal Ecology with Special Reference to Insects*, chap. IX.
6. Clausen, C. P. 1927. The Bionomics of *Anastatus Albitarsis* Ashm. Parasitic in the Eggs of *Dictyoploca Japonica* Moore. *Ann. Ent. Soc. America*. Vol. XX. p. 461-471.
1936. Insect Parasitism and Biological Control. *Ann. Ent. Soc.* Vol. XXIX. No. 2. pp. 201-223.
7. Cox, J. A., and Daniel, D. H. 1935. *Ascogaster carpocapsae* Vierech in Relation to Arsenical Sprays. *Jour. Econ. Ent.*, 28 (1):113-120
8. Dowden, P. B. 1934. Recently Introduced Parasites of Three Important Forest Insects. *Ann. Ent. Soc.* Vol. XXVII, No. 2. pp. 599-603.
9. D' Herelle, F. 1915. Sur le Procède Biologique de Destruction des Sauterelles. *Compt. Rend. Acad. Sc.*, T. CLXI, p. 503 Paris.
10. Du Porte, E. M., and J. Vanderleck. 1917. Studies on *Coccobacillus acridiorum* D'Herelle and on Certain Intestinal Organisms of Locusts. *Ann. Ent. Soc. America*, Vol. 10,

pp. 47-62.

11. Fishe, W. F. 1910. Parasites of the Gypsy and Brown-tail Moth Introduced into Massachusetts. Boston.
12. Friederichs, K. 1930. Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der Land und Forstwirtschaftlichen Zoologie. 1st. Band. pp. 270-296. 2nd. Band. pp. 148-209.
13. Gause, G. F. 1931. The Struggle of Existence.
14. Glaser, R. W., and Chapman, J. W. 1913. The Wilt Disease of Gypsy Moth Caterpillar. J. Econ. Ent., V. 479.
15. Glaser, R. W. 1918. A Systematic Study of the Organisms Distributed Under the Name of *Coccobacillus acridiorum* D'Herelle. Ann. Ent. Soc. America. Vol. 11. pp. 19-42.
1927. Studies on the Polyhedral Diseases of Insects due to Filterable Viruses. Ann. Ent. Soc. America. Vol. XX. pp. 319-343.
16. Glaser, R. W., E. E. McCoy, and H. B. Girth. 1940. The Biology and Economic Importance of Nematode Parasitic in Insects, Jour. Parasitol., 26. No. 6. pp. 479-495.
17. Hardy, J. E. 1938. *Plutella maculipennis*, Cust., Its Natural and Biological Control in England. Bull. Entomological Research. Vol. 29. Part. 4. pp. 343-372.
18. Howard, L. O. 1897. Bureau of Entomology, Technical Series No. 5.

19. Imms, A. D. 1931. Recent Advances in Entomology. chap. XII. XIV, pp. 269-364.
20. King, J. L. and J. K. Holloway. 1930. The Establishment and Colonization on *Tiphia popilliavora*, a Parasite of the Japanese Bettle. Jour. Eco. Ent. Vol. XXIII, pp. 266-274.
21. King, K. M. and Atkinson, N. J. 1928. The Biological Control Factors of the Immatures Stages of *Euxoa ochragaster* Gn. in Saskatchewan. Ann. Ent. Soc. America. Vol. XXI. pp. 167-188.
22. Kudo, R. 1921. Studies on Microsporidia, with Special Reference to Those Parasitic in Mosquitoes. Jour. of Morphology Vol. 35. No. 1.
23. Lotka, A. J. 1925. Elements of Physical Biology. Williams and Wilking Company. chap. VIII. pp. 77-97.
24. Lund, H. O. 1934. Some Temperature and Humidity Relations of Two Races of *Trichogramma minutum* Riley. Ann. Ent. Soc. Vol. XXVII. No. 2. pp. 324-340.
25. Metalnikov, S. 1933. Utilisation des Bacteries Dans la Lutte Contre les Insectes Nuisibles Aux Cotonniers. Compt. Rend. Soc. Biol. 113:169-72. Rev. Appl. Ent. Ser. A. 21:365.
26. Muir, F. 1914. Presidential Address, Proc. Hawaii. Ent. Soc., 3:28-42.
1931. The Critical Point of Parasitism and the Law of

- Molthus. Bull. Ent. Res. part. 11. pp. 249-251.
27. Mayers, J. G. 1928. The Incidence of a Fungal Parasite of Scale Insects in New Zealand. Bull. Ent. Research. Vol. XIX. p. 181.
28. Pemberton C. E. and Willard, H. F. 1918. Inter-Relations of Fruit-Fly Parasites in Hawaii. Jour. Agric. Res., XII, pp. 285-295.
29. Schaffner, J. V. 1934. Introduced Parasites of the Brown-Tail and Gipsy Moths Reared From Native Hosts Ann. Ent. Soc. Vol. XXVII, No. 4. pp. 585-592.
30. Smith H. S. 1929. Multiple Parasitism: Its Relation to the Biological Control of Insect Pest. Bull. Ent. Research. Vol. XX. pp. 141-149.
31. Sweetman, H. L. 1936. The Biologic Control of Insects.
32. Taylor, T. H. C. 1935. The Campaign Against *Aspidiotus destructor* Sign, in Fiji. Bull. Ent. Research. Vol. 26. part 1. pp. 1-102.
33. Thompson, W. R. 1923. A Criticism of the Sequence theory of Parasitic Control. Ann. Ent. Soc. America. Vol. 16. pp. 115-128.
1926. A Method for the Approximate Calculation of the Progress of Introduced Parasites of Insects Pests. Bull. Ent. Research Vol. XVII, pp. 273-277.

1927. On the Effect of Methods of Mechanical Control on the Progress of Introduced Parasites of Insect pest. Bull. Ent. Research Vol. XVIII. pp. 13-16.
1928. On the Relative Value of Parasites and Predators in the Biological Control of Insect Pests. Bull. Ent. Research. Vol. XIX. pp. 343-350.
1929. On the Part Played by Parasites in the Control of Insects Living in Protected Situation. Bull. Ent. Research. Vol. XX. pp. 457-462.
1930. The Principles of Biological Control. Ann. Appl. Biol., Vol. XVII, pp. 306-338.
34. Volterra, V. 1928. Variation of Fluctuations of the Number of Individuals in Animal Species Living Together. Journal du Conseil International Pour l'exploration de la Mer, III, Vol. 1. (本文已由 Dr. Wells, M. E. 譯成英文, 載 Chapman): "Animal Ecology" pp. 409-448.
35. Wardle, R. A. 1929. The Problems of Applied Entomology. pp. 112-132.
36. 入木誠政 小泉精明
函數生物學 東京裳華房發行第132-150頁。
37. 三谷賢三郎
最近疫病學(上中)日本明文堂

68. 湯川秀夫 池田正五郎

民10年,關於東三省柞蠶之微粒子病及防治法之研究。

滿鐵農報 No. 35, 1-28,

第六章

寄主之抗蟲性 (Host Resistance)

吾人常見人類受寄生昆蟲(如床蝨,蚊,小黑蠅等)侵害之後,所感受之程度,輕重不一。有人受其吸刺,非但害處腫脹不快,即精神上亦呈不安現象;有人則被騷擾之機會極少,即偶有接觸,亦無所覺。在植物亦然,雖種類相同,外形無異,但組織間之營養物等不一致,因此,害蟲對於某種植物寄生好惡之相差,頗為顯著,或即稱曰植物品系間抵抗力之不同。在昆蟲本身對於寄主取捨之習性,可稱曰寄主之選擇 (host selection)。由生理學上觀之,亦可謂寄主之避免。

因寄主抗蟲能力之不同,故各種寄主所受同種蟲害之程度,輕重各異。通常一種寄主對於某種昆蟲,在任何境況下,絕不受其侵害者,恆稱該種寄主對於某種害蟲具有免疫性 (immunity); 反之,某種寄主對於某種害蟲之加害,其抵抗力極弱者,稱該寄主對於某種害蟲具有感受性 (susceptibility)。在自然界內,各種寄主對於害蟲抵抗力之強弱,要皆在此二者之間。

再植物之抗蟲現象,常有環境區域之限制,如寄主對於本地之數種害蟲侵害甚輕,或僅對於數種特殊之害蟲,有抵抗力,但並不能

推及一切昆蟲或各種地域也。

第一節 昆蟲之食性

昆蟲求食之習性，或祇限於一種，或兼食數種，其差異頗甚。茲分爲下列三類述之：

(一) 單食性 (monophagous)

單食性者，昆蟲之寄主只限於一種，如水稻三化螟 (*S. incertellus*) 專爲害水稻，棉鈴象鼻蟲 (*Blackyplatys subaceneus*) 之專於食棉，山毛櫸蚜 (*Coccus fagi*) 之專害山毛櫸等是。

所謂動植物之種 (species) 者，若由生理、遺傳、生態上觀之，並非如分類上之最後單位，或一單純體。大多數之動植物，在同一種內，其生理、遺傳、或其不顯著之組織，差異頗多。因此在種內更有變種 (variety) 或型 (form, type)，如水稻爲 *Oryza sativa*，但內中更有兩型：即 (a) *Indica* 型，(b) *Japonica* 型。此兩型組織內之微化學，相差頗爲顯著。故昆蟲之寄主，雖只有一種，但因寄主內之種種差異，致昆蟲生活之時期長短不齊；其爲害之程度亦輕重不一。由寄主本身觀之，即稱寄主之抗蟲性，如害鵝莓之蚜蟲 (*Myzus haughtonensis*)，據 De Long and Jones 氏 (1926) 云，有若干鵝莓之變種，雖亦有蚜蟲之寄生，但不能繼續繁殖於寄主上。Blanchard and Dudley 氏 (1934) 謂北美有數種苜蓿，不受豌豆蚜 (*Illinoia pisi*) 之寄生，而有若干變種苜蓿，則備受該種蚜之爲害。Dahnis, Shelling and Fenton 氏 (1936) 報告北美有一種椿象 (*B. leucoptorus*)，寄生於各種變種

之高梁上者，其稚蟲之死亡率高低不等，雌椿象之生活壽命亦長短不齊，產卵數多少不一，過冬雌椿象若在以下高梁上繼續取食者，則其壽命及產卵率之不同，如下所示：

高粱之名稱 品系	♀椿象生 活壽命	平均產 卵數	稚蟲在第一齡 後之死亡率
Atlas sorgo	8.5 日	4.3 粒	84%
Dwarf yellow Milo	23 日	73.4 粒	8%

Painter, Salmon and Parker 氏(1931)研究北美小麥上之麥桿蠅，得同為小麥，因各品種間之遺傳因子 (genetic factors) 及其他因子之差異，致麥桿蠅之為害程度各不相同。此種蠅幼蟲在麥桿內，由破裂之細胞膜上吸吮寄主之養料，故在小麥各品種間，對於該蠅害之能否抵抗，由於細胞膜對於蠅幼蟲消化道內之酵素 (enzymes) 或半消化食物穿透力之不同而致。

(二) 寡食性 (oligophagous)

昆蟲之寄主僅為有限之數種，或同一科內之數屬，如棉捲葉蟲 (*Sylepta derogata*) 除害棉外亦寄生於梧桐、蜀葵、及其他錦葵科植物上。Trouvelot 氏等(1933)謂北美科羅拉多省 (Colorado) 之馬鈴薯甲蟲 (*Leptinotarsa decemlineata*)，雖能在茄科內之 *Solanum*, *Datura*, *Nicotiana* 等屬寄主上為害，但對於 *Solanum* 屬內各種，及各變種之為害，相差更甚。*Solanum* 內有若干種被害極重，有若干種幾全不被害。棉華鈴蟲 (*E. cupreovirides*) 對於蜀葵、棉、芙蓉、秋葵等均可寄生，但其好惡之差別頗大。在重慶之試驗 (1939) 如下所

示：

- | | |
|---|------|
| 1. 棉花(草棉) (<i>Gossypium herbaceum</i> , L.) | 最好取食 |
| 2. 蜀 葵 (<i>Althaea rosea</i> , Cav) | 次之 |
| 3. 芙 蓉 (<i>Hibiscus mutabilis</i> , L.) | 更次 |
| 4. 木芙蓉 (<i>H. sinensis</i> , Mill) | 更次 |
| 5. 秋 葵 (<i>Abelmoschus esculentus</i> , Mey) | 更次 |
| 6. 木 槿 (<i>Hibiscus syriacus</i> , L.) | 更次 |
| (<i>H. Chinensis</i> , Dc.) | |
| 7. 冬葵 (冬苋菜) (<i>Malva verticillata</i> L.) | 不喜取食 |
- 以上七種均屬於錦葵科(*Malvaceae*).

(三) 多食性 (polyphagous)

本類昆蟲侵食之寄主，種類極多，但不能在異種或異科內之植物上相互移食，有若干種昆蟲能由草本植物而及於灌木與木本植物。白蟻及多種食葉之鱗翅目幼蟲均如是。菜白蝶幼蟲對於十字花科(*Cruciferae*)，木犀草科(*Resedaceae*)，金蓮花科(*Tropaeolaceae*)，內之植物，不論栽培或野生，均可取食，爲害東亞及美國農林上之日本金龜子(*Popillia japonica* Newman)，其寄主在五百種以上，就有草本灌木及木本植物。此外，如切根蟲、蝗蟲、玉米穗蟲(*Corn ear worm*)，其寄主之種類爲數極多，多食性之昆蟲，雖能容受多種寄主食物之刺激，但對於各種寄主間之好惡，亦呈顯著之差別。Mosher 氏(1915)謂盜蛾(*P. dispar*)之寄主食物有 149 種，內中有 42 種頗好嚙食；有 13 種在幼蟲一二齡後方好取食；有 32 種僅受

一小部份幼蟲之惠顧，有 62 種頗不受一般之歡迎。Hodge 氏(1933)用多種作物飼育一種蝗蟲 (*Melanoplus differentialis*)，得下列之結果：

第三六表 一種蝗蟲 (*M. differentialis*) 對於數種作物在生理上之影響(錄自 Hodge 1953)

飼養蝗所用作物之種類	所用雌數	孵化成蟲數	孵化率	死亡率
混合組	14	10	82.6	17.4
小麥	25	18	72.6	28.0
大麥	18	8	44.4	55.6
裸麥 (Rye)	19	8	42.1	57.9
燕麥	28	6	21.4	78.6 蝗化成後，48小時內即死。
苜蓿	23	1	4.3	95.7 蝗於當日化成後即死。

Isley 氏 (1935) 觀察一種棉鈴蟲 (*Heliothus obsoleta*) 之食性，其在蕃茄莖葉者，發育時期較食玉米穗部者延遲二倍。同時，在其他各寄主上各呈不同之差池。而幼蟲之死亡率與發育時期之長短成正比。換言之，即發育最遲者死亡率最高。同時，由各寄主上所發育而成之成蟲，雌蛾產卵率之高低，亦與幼蟲發育期之遲速略呈相同之增減。即發育最速者，所孵出之蛾，產卵最多。其數字如第三七表所示：

昆蟲之生長，不但在不同種之寄主上呈明顯之差異，即在同一株植物上者，因所寄食部位之不同，亦能影響其生活。要以各種植物，或植物各部之養料(或稱微化學)各不相同。致使昆蟲發育時期

第三七表 棉鈴蟲 (*H. obsoleta*) 在多種作物上
之生理影響 (錄自 Isleg, 1935)

棉鈴蟲(幼蟲) 之食物種類	幼 蟲 期 之 日 數		雌蛾在25°C及28°C時 之產卵數	
	在27°C.時	幼蟲數	平 均 數	雌之對數
玉 米 穗 頭	12.47±.05	119	1444.4	19
玉米穗及花鬚	13.49±.07	104	613.7	15
豌 豆	14.77±.03	26	950.0	4
玉 米 花 鬚	15.18±0.10	50	241.4	7
苜 蓿 頭	16.35±.11	59	572.5	23
火 豆	16.44±.08	18	495.9	13
苜 蓿 葉	17.33±.17	73	—	—
棉	18.25±.18	60	544.0	5
蕃茄實及葉	24.04±0.32	24	—	—
蕃茄莖及葉	24.97±.25	24	—	—

之長短(同時與溫度高低有關)、死亡率之高下、軀體之大小、產卵力之高低、受極大之影響。由外觀之,即為寄主植物之是否具有抵抗能力。此種現象由何所致?近年解釋有下列三項:

(1) 植物組織內各有特殊之毒素(specific poison) 此種毒素之含有量,各品種間彼此不同。因此,寄食之昆蟲在生理上發生下列二項反應:

a. 昆蟲對於具有抗毒之植物,在某時期內,雖常行寄食,但能生長成熟者頗少。

b. 昆蟲對於寄主植物所具之毒素,絕不影響其體軀之大小及生殖力之高低(此種寄主即稱無抗蟲性)。

(2) 各種植物組織內可利用之養料，各不相同。半翅目及直翅目內之昆蟲，在各寄主上為害輕重不同之別，其原因由於昆蟲所分泌之酵素傳入寄主細胞內後之活動情形如何，及細胞膜對於酵素穿透力之大小而定。(許多植物被半翅目昆蟲刺吸後，致四周組織受害，或全部被傷，其原因由於昆蟲分泌之酵素而致)，此亦為植物抗蟲之基本原因。

(3) 同種或異種植物組織內所含之特殊食料(內中以蛋白質為最重要)化學成分(更以色素為最重要)及維生素(vitamins)等，其含量之多少及存在與否? 均能直接影響於昆蟲之新陳代謝，致使昆蟲在生活上發生顯著之差異。

同種植物內，有變種或型之不同；在同種昆蟲內，亦有若干生物變種(biological races)，其食料與習性亦各不相同。如北美洲之玉米螟蟲，在一年內發生一化者為單食性；發生多化者，為多食性。植物各變種或各型與昆蟲各變種或型相互之關係，頗為複雜，亦為植物抗蟲之基本問題，但至今尚少專文論及此題也。

第二節 昆蟲之生物變種及Hopkins 氏之寄主選擇理論

(一) 昆蟲之生物或生理變種(biological or physiological races)

昆蟲生物變種之存在，已屬顯著之事實。Thorpe 氏云：“A biological race, may be said to exist where the individuals of species

can be divided into groups, usually isolated to some extent by food habit, occurring in the same locality and showing definite differences in biology, but with corresponding structural differences, either few and inconstant, or completely absent”

通常一種昆蟲經久繁殖後，因寄主食物之更換，或其他環境上之變異，演成若干變種。各變種各取食特殊一類之食物，不相混亂，同時，各變種間在形態上、顏色上、往往毫無差別，惟不能互相雜交（如用實驗方法，亦可強使爲之雜交）。此種現象不僅在經濟昆蟲學上極爲重要，即與普通一般生物學上之物種問題，亦有密切關係。考生物變種之起源，不外由下列二途徑。

A. 其祖先原爲多食性，厥後其後裔各分別寄食於各組之寄主上。換言之，即同一種昆蟲內能分爲若干羣（groups），各侵害於特殊之寄主。各羣在形態上雖有變異，但皆趨中於顯著之一種（即自該種所分出者）。例如一種虎天牛（*Xylotrechus colonus*）在美國東部，爲一種多食性之昆蟲，對於所有之硬木樹，幾可悉數侵害。但就中可分若干生物變種，分別寄生於櫟（oak）、橡（chestnut）、核桃（hikory）等樹上。澳洲之一種果蠅（*Dacus*），內有一羣爲 *D. cucurbitae*，只寄生於葫蘆科（*Cucurbitaceae*）之植物上，在同屬（genus）內之昆蟲，對於寄生選擇現象，更爲普通。如鳳蝶屬（*Papilio*）內，有數種侵害於繖形科植物上，有數種則寄生於橘柑類植物，雖爲同屬，但其食性成爲顯明之兩大類。

B. 其祖先原爲寡食性，及後寄主植物因適應環境而演變爲若干類，原爲寄食之昆蟲，亦隨之演變爲若干型，各適生於各類之寄主

上。如北美之一種果蠅 (*Rhagoletis pomonella*)，其原有之寄主爲覆盆子 (*Blueberry*)。但在美國之東北部，該蠅遷移至蘋果上，成爲蘋果上之大害。據 Woods 氏 (1915) 云，寄生於蘋果上之果蠅 (*Rhagoletis*)，已成爲顯明之變種，其體軀較寄生於覆盆子上者爲大，但不能再繁殖於覆盆子等小果上，故適生於蘋果上之果蠅，從此再不遷移於覆盆子。同時，繁殖於覆盆子上者亦不遷至蘋果上。Thomsen 氏 (1925) 觀察生活於溫室中之粉蟲 (*Trialeurodes vaporariorum*)，具有兩變種：(a) 爲美洲變種，其未受精卵發育而成雄體。(b) 爲歐洲變種，其未受精卵發育而成雌體。據 Schrader 氏 (1926) 云，美洲變種一入歐洲後，則分佈極速，原因安在？尙未明晰。

關於昆蟲之生物變種現象，近年發現頗多，如 Fulton 氏 (1925) 謂樹蟋蟀 (*Oecanithus niveus*) 在美國俄勒岡省 (*Oregon*)，有二變種：*O. niveus* A. 生活於灌木，產卵於野玫瑰及龍莓 (*loganberry*) 枝內；*O. niveus* B. 生活於樹上，產卵於蘋果及其他梅 (*prune*)、李等樹皮內。

Painter 氏 (1930) 報告，在北美侵害於小麥之麥桿蠅 (*Phytophaga destructor*, Say)，從遺傳上觀之，並非爲一純種。在蠅害區內，該種蠅有兩種以上之變種，其侵害小麥之程度，彼此不相一致。此種生物變種，在各省區間，亦互有差異。如欲試測 *Kanred* 小麥 (受蠅害種) 與 *Illini chief* 小麥 (抗蠅害種) 對於麥桿蠅抵抗力之大小，則須用堪薩斯省 (*Kansas*) 中部所產生之麥桿蠅，能得較確切之結果。Lai 氏 (1934) 在英國愛丁堡 (*Edinburgh*) 研究一種木蝨 (*Psylla mali*) 之兩種生物變種，以前學者將寄生於山楂 (*hawthorn*) 上之木

蟲 (*P. peregrina*) 及寄生蘋果上之木蟲 (*P. mali*)，認為彼此不同之兩種，據氏研究所得，此種木蟲，除稚蟲外，餘皆相似。在 *peregrina* 型之末齡，稚蟲翅芽上有一棕紋，此為 *mali* 型所無。同時，在 *peregrina* 型之背部，着生刺狀突起，在 *mali* 型則演為細毛。此兩型木蟲，各適生於所好之寄主上，彼此不能雜交，亦不誤認寄主而產卵。如將此兩型原來之寄主彼此交換，木蟲不久即死。由此，可知在 *P. mali*, Schmidt 內，有一 *peregrina*, Forst 之變種，該變種即前人誤認為獨立之一種也。此種成蟲相同而稚蟲相異之生物變種，Giard 氏稱曰 Paecilogony，亦為昆蟲內不常見之一例。屬於螟蛾科內一種螟蛾 (*Ephestia kuhniella*) 亦有二變種，其發育之遲速彼此不同。Payne 氏 (1933) 謂發育遲之一變種，能在溫度 $8^{\circ}-34^{\circ}\text{C}$ 之間可完畢其生活史；發育速之一變種，完成其生活史之溫度約在 $10^{\circ}-32^{\circ}\text{C}$. 之間。Ahmad 氏 (1936) 查得該種蛾之末齡幼蟲，及蛹兩期，被一種寄生蜂 (*Pnemeritis*) 所寄生。但因寄主有發育遲速之兩變種，故其寄生蜂得能連續在寄主上產卵而繁殖。在蚊類中，如 *Anopheles*、*Culex* 等屬內，亦有生物變種之發現，各變種之習性，彼此差異，頗為顯著。Hockett, Martini and Missiroli (*Am. Jour. Hyg.*, XVI., 137, (1932) Roubaud (*Bull. Soc. Path. Exot.*, XXVI., 965, 1935), Gaschen (*Zeits. Wiss. Insektenbiol.*, IX 72, 1933) Tate and Vincent (*Parasitology*, XXVIII., 115, 1936) 等，對此問題，均有詳細之研究，此處不再敘述。

昆蟲由一種而演成若干生物變種，其間過程如何？則有賴於理論上之解釋。Forbes 氏 (1909) 謂一種昆蟲有演成若干生物變種趨

向時，初則雌蟲因寄主植物顏色、嗅氣滋味等之不同，而好在若干種特殊植物上產卵較多，始而為心理變種 (psychological races)，繼則演成生理變種 (physiological races)。此時，在形態上彼此尚無顯異，最後生理變種各適生於所好侵食之寄主上，因此，遂有形態變種 (morphological races) 之產生，此時驟視之，一若為異種也。

(二) 昆蟲對於寄主植物之選擇

關於昆蟲選擇寄主植物之現象，1917年，Hopkins氏曾發表寄主選擇論 (Host Selection Principles)，主要意義謂“一種昆蟲，具有繁殖於二種以上寄主植物之可能者，當昆蟲一度在某寄主植物上發育完成後，則其後裔均能在該寄主上生育”。換言之，即雌蟲對於幼蟲時期所寄食之植物，在生理上似仍能繼續嗜好，故化為成蟲後仍在某種寄主上 (幼蟲時期所寄食之寄主) 產卵。如美洲松樹 (*Pinus ponderosa*) 上有一種小蠹蟲 (*Dendroctonus monticolae*)，被害之松種類極多，由氏之觀察，該種小蠹蟲一旦寄居於某種松後，經多代之繁殖，即能適生於新寄主上，不再在他寄主上為害。霍氏謂昆蟲之每一生物變種，其習性一若獨立種然。與霍氏寄主選擇論相符之實驗，如Pictet氏 (1911) 報告，一種枯葉蛾 (*Lasiocampus quiracas*) 之幼蟲，本侵食橡葉，但經飼養於松葉上成功之後，其後代即不能重歸橡樹。Carighead氏 (1921) 曾試驗若干種具寡食性之天牛，是否能在平日不食之寄主上強制飼育而改變其食物？氏試驗之結果如下：

1. 有若干種，除原來之寄主外，其他寄主均不能利用而生存。
2. 有若干種，其寄主本有數種，在試驗時，可強制其生活於新

寄主上，但死亡率極高。其能在新寄主上生存而成熟者，將來成蟲亦好在該寄主上產卵。

3. 有若干種，本為多食性，對於寄主之選擇，不甚顯著，但就中亦有數種，稍現生物變種之差異。

Harrison 氏 (1927) 報告，鋸蜂 (*Pontania salicis*, L.) 中之一變種，本寄居於柳樹 (*Salix andersonia*)，一旦蔓延至新境後，該處祇有 *Salix rubra*，鋸蜂即寄食於新寄主上。入後，*S. andersonia* 雖亦傳入該地，但鋸蜂不再重返舊時之寄主，關於昆蟲寄主選擇之試驗結果與霍氏理論不符合者，如 Larson 氏 (1927) 試得一種豌豆象 (*Bruchus quadrimaculatus*) 原寄生於豌豆上，但亦能在其他豆類上繁殖，惟其嗜好較差。氏將豆象強制生活於平時不甚嚙食之豆類上，其後裔雖繼續若干代，惟終不能適生於新食物上，此種結果與 Pictet, Craighead 及 Harrison 三氏所得者不同；換言之，即昆蟲在幼蟲時期所寄居之植物，至成蟲時，仍無特殊之嗜好，同時，在某寄主上雖繼續繁殖若干代，但其成蟲對於某寄主仍無顯明之選擇。Thompson and Parker 氏 (1927) 曾以玉米螟 (*P. nubilalis*) 試測霍氏之理論，該種螟本為多食性，在歐洲玉米區即寄生於玉米上，惟在歐洲玉米帶以北（無玉米處），此螟大多寄居於雜草上，更以一種艾草 (*Artemisia vulgaris*) 為多。在其他區域，玉米與艾草或均被侵害，或祇寄生於一種，故此蟲在法國西南部，玉米為其惟一寄主。但在巴黎附近，因無玉米，故螟蟲多寄生於艾草上。螟蟲在此兩區域內，寄主之不同，因年代久遠，已呈固定，但據兩氏試驗結果，謂玉米螟雖經在艾草上繁殖，但一旦遇玉米時，產卵仍多，而對於艾草無所

特好。同時，不論自玉米或艾草所繁殖之螟，對於玉米均好侵食，兩氏試驗之所得，雌螟蛾在兩種寄主上之產卵數（百分率），如第三八表所示。

第三八表 玉米螟在玉米及艾草上之產卵百分率
(錄自 Thompson and Parker, 1928)

品 系	玉 米		艾 草		在 木 板 上	
	卵 堆	卵	卵 堆	卵	卵 堆	卵
由艾草上繁殖之螟	58.4%	55.6%	58.8%	41.2%	2.8%	3.2%
由玉米上繁殖之螟	69.6	70.1	18.2	11.5	17.2	18.4

根據第三八表所示玉米螟好寄食於玉米上，同時繁殖於艾草上之品系 (strain)，一遇玉米，其產卵仍多，此與霍氏理論不相符合。Thorpe 氏 (1929) 報告一種巢蛾 (*Hyponomeuta padella*) 有二生物變種 (前人曾認為二種)，其一居於蘋果上者，蛾之前翅全作白色，其他侵害於山楂者，翅雜灰色，同時兩變種繭之組織，及蛾之產卵方法，亦各不同。氏試驗之結果如第三九表：

第三九表 巢蛾 (*H. padella*) 在野李與蘋果上之產卵數

	在山楂上繁殖之變種		在蘋果上繁殖之變種	
	野李與山楂	蘋 果	野李與山楂	蘋 果
卵 堆 數	26	7	10	87
卵 數	911(79.8%)	237(20.7%)	567(9.75%)	3395(90.25%)
每卵堆內之平均卵數	35	33.9	56.7	39

第三九表所示繁殖於山楂者，成蟲對於山楂之產卵較多，在蘋果上產卵極少。但繁殖於山楂上之品種，如飼養於蘋果上後，雌蛾

之卵全產於山楂上，同時，生於蘋果上之品種，當飼養於山楂後，有 69.2% 之卵產於蘋果上，30.8% 之卵產於山楂上。更從山楂 (hawthorn) 及野李 (blackthorn) 上飼養化出之蛾類，試測其對於該種植物有何好惡之差異，氏試得由山楂上飼養而成之蛾，產卵於山楂上有 825 粒，佔 81.2%；產於野李者，僅佔 18.8%。同時，由野李上飼出之蛾，產卵於野李上有 4293 粒約佔 67%；產於山楂上者，僅 31%。由此，可知巢蛾對於山楂與野李兩種，亦有好惡之別。Thorpe 氏之試驗結果，又與霍氏理論不甚相符，故霍氏之寄主選擇論，經各家試驗所得之結果，正負均有。其差異恐因昆蟲本身生理等種種複雜因子所致。

昆蟲之遷移寄主，在實驗室內，已有成功之實例，在野外試驗，亦有相同之結果。故有許多昆蟲一旦遇自然界內寄主植物缺乏時，能移食於其他植物，此為霍氏寄主遷移論之要旨。惟此種現象祇限於昆蟲之具有自由選擇寄主之本能者，當一旦缺乏寄主時，即能遷食於系統相近之植物上，如昆蟲缺乏此種自由選擇之本能，則對於新寄主不能驟然適應。換言之，如一種昆蟲富於適應多種寄主之能力者，則年代稍久，能演化為若干生物變種。入後，在形態、顏色及型性等，彼此漸現差異。

關於昆蟲選擇寄主之原因，迄今尚不能完全明瞭，所有解釋，仍缺少科學上的根據，故頗難令人滿意。惟由生物統系學上觀之，昆蟲之多食性較為久遠，寡食性與單食性為較近發達之習性。此種實例，近數年來，試驗者頗多。有人解釋昆蟲能遷食於新植物之現象，有若干例由於昆蟲生理上之轉變而來，或謂此種昆蟲在昔本為多食性，

現在一旦能適生之新寄主，乃為舊日潛伏性寄主之復現，此種寄主已久呈隱伏而不顯露。如後說為是，則許多昆蟲所具廣泛之多食性機能，已演成極大之差異，當其寄主之種類續漸縮至少數時，昆蟲即成為寡食性，寡食性愈發達，則昆蟲對於新寄主之適應能力愈形消失。別一種之解釋為“一種昆蟲好留戀於某種新寄主之習性，因其歷代 (genetation) 受寄主植物化學的反應所致”，亦即 Pavlov 氏所謂“交替反射” (conditional reflex) 當昆蟲在發育過程中所遇之新境遇，能影響於母蟲產卵時之趨化反應 (chemotropic reflex)，同時，使其後裔適應於新寄主上，所謂昆蟲之趨化反應，乃由所食之植物而來，亦即昆蟲所遭受之新境遇 (或謂新刺激)，從各種實例之證明，凡昆蟲之適應於一新寄主，經若干代繁殖後，對於該寄主之愛好，益形顯著。此種現象是否由於昆蟲在歷代繁殖時，從寄主植物上所得化學刺激之結果？此時尚無論文證明。但據別一試驗之結果，如一種昆蟲適應於新寄主後，若再遷食至其他植物，則於適應舊寄主之反應，又將漸形消失而代以在新寄主上所得之反應。若昆蟲自遷食於一寄主後，能繼續若干代而不再變換，則所得之習性，能直接深印於生殖細胞，而遺傳於後代。惟昆蟲在新寄主上所有後得之固定習性，將來能否再因外界之刺激而轉變？此時尚少試驗，仍待同道之研究也。

第三節 植物之抗蟲因子

植物抗蟲因子，就已知之種類，分別如下：

(一) 避免 由於植物生長期內對於昆蟲為害期之避免。

- A. 寄主成熟期之遲早, 由於遺傳及生態所致。
- B. 土壤情況之差異, 大多為生態所致。
- C. 寄主組織內水分之平衡, 大多為生態所致。

(二) 抵抗與容忍 (resistance and tolerance) 大多為遺傳。

A. 由於植物所造成之抗蟲機能。

- 1. 寄主對於昆蟲所傳佈之疾病的抵抗。
- 2. 被動之抵抗。

a. 由於機械之阻礙者, 如植物各部組織之不同 (如種子外殼, 及葉、莖、角質層之厚薄, 表面毛刺之有無, 氣孔之大小等), 或稱曰物理的抗蟲因子。

b. 由於化學之不同者, 如組織中之鹼質, 特種油類, 酸質, 膠質, 丹寧等之存在, 及pH值之高低等, 或稱曰化學的抗蟲因子。

3. 主動之抵抗。

a. 寄主體力康健之情形, 傷後之復元力, 及補傷力, 季候之適應, 對於特殊刺激反應之缺乏, 早熟, 多液汁之透流, 及其他一切不宜於昆蟲侵害之組織, 或稱曰生理的抗蟲因子。

b. 寄主之容忍機能 (tolerance mechanisms)。

c. 由於寄主局部細胞之激生 (cell proliferation), 致使昆蟲之卵及其他各時期遭受重大之死亡。

d. 寄主生長習性不宜於昆蟲之生活。

B. 由於昆蟲之配合, 而造成之抗蟲機能, 大多由於植物及昆蟲之遺傳所致。

1 昆蟲產卵之感應。

蟲之生活史，能致不良之結果。如體形減小，繁殖力衰落，生命失常，死亡率增高，此種結果將由昆蟲受複雜之因子而產生。關於昆蟲偏好 (preference) 於某種植物上產卵，或求食情形，頗易受昆蟲習性上一時之變動而有影響。忍受 (tolerance) 現象則能因環境關係，而常生變化，惟在寄主阻禦下，所表現之各種性狀，較為固定。若非由突變 (mutation) (如在抗蟲種內，有忍受之品系，或昆蟲之生物變種等) 而使植物或昆蟲與原來性形有差異外，平時不易發生變化。

植物之抗蟲，由遺傳學上研究之則可分為：(1) 昆蟲因子 (習性，生活，生理及與環境之關係)；(2) 植物因子 (組織，生理，生長及與環境之關係)；(3) 植物與昆蟲相互關係之因子。在此三者中，無論何種原由，凡能影響於抗蟲程度者，在遺傳上，均成為固定之因子。茲將各因子之實例，略錄一二如下：

(一) 避 免

避免云者，即寄主植物之某時期 (如苗本，開花，結實等時期) 避免與某種害蟲之為害期，同時遭遇，若此特性已成為遺傳因子，則在任何境遇下，均為穩固而未變異。在抗蟲育種上，避免性因子極為重要。美國當被墨西哥棉鈴象鼻蟲侵害之時，在災害較嚴重區內，採取種植速熟之棉種，以避免象鼻蟲害，在中國揚子江流域之水稻區，有若干處種早熟稻，亦因在避免三化螟之害。Neiswander and Huber (1929) 試得遲熟玉米，抵抗玉米螟蛾之產卵較早熟種為大。換言之，即早熟種不能避免蛾期之產卵，同時玉米雌穗放出時愈遲，幼蟲生活之百分數愈少。

應用上述方法而防治害蟲，須履行試驗，同時宜注意當地農田耕作制，及天氣之變化，至目下為止，除變更作物之種植期而避免昆蟲之爲害外，尙少其他較好之生態方法，以增加植物之抗蟲現像也。

(二) 抵抗與容忍

A. 動植物外皮之厚韌，確可抗昆蟲之侵害。Mohler 氏謂瘤牛 (zebu) 之不受寄生虱 (*Boophilus annulatus*, Say)，爲害之原因，由其皮腺能分泌一種液體，同時其毛短，皮層堅韌，寄生虱不易寄裂。在北美所產之一種野牛 (bison)，亦具相似之特徵，故亦能避免寄生虱之侵害。在植物方面，爲例更多，如美國佛羅里達省 (Florida) 之薄皮柑橘 (如 *Citrus nobilis* var *deliciosa*, *C. nobilis* var *unshen*)，備受一種椿象 (*Nezara viridula*, L.) 之侵害，此種椿象對於皮較厚之品種 (如柑橙 *Citrus sinensis*) 受害極輕。地中海果蠅對於柑橘皮厚達 10 毫米者，則不能爲害。玉米葉之表皮厚者，可抵拒自野生玉米 (teosinte) (在中美野生與玉米相近，其學名爲 *Euchlaena maxican* Schrad) 上遷來之蚜蟲 (*Aphis maidis*, Fitch)。厚皮之蘋果，少受蘋果蠅 (*Rhagoletis pomonella*) 之寄生，番瓜樹 (papaya) 與瓜類，表皮老厚者，可免番瓜果蠅 (*Toxotrypana curvicauda*, Gerst) 及瓜蠅 (*Bactraera cucurbitae*) 之侵害 (Mumfard, 1931)。在蘇聯，有若干變種之向日葵，因種子內木栓組織 (corky tissue) 與厚膜組織 (sclerenchyma) 間，有醣類層 (carbohydrate layer) 之生成，致使一種螟蟲 (*Homeosoma nebulella*) 之幼蟲難能鑽入，因而得免於螟害。Sakharov 氏謂在爪哇之高地，種有一種綠肥草

(*Tephrosia candida*, 農人作綠肥), 因一種象鼻蟲好在子實上產卵, 致其種子脫落者有 75%, 但另一種綠肥草 (*Tephrosia vagelli*) 子實變硬之時期, 既早且速, 故對於象鼻蟲完全免疫。Staniland 氏 (1924) 發現蘋果抵抗棉蚜 (*Eriosoma lanigera*) 之強弱, 直接與樹幹內厚膜組織百分率呈正比率。氏將各品種因抗蚜力之不同, 分爲下列四類:

第一類 完全受害者(具有厚膜組織 61—65%)

Type I. Brood-leaved English paradise.

Type II. Doucin.

Type III. Hollyleaf.

Type VI. Doucin, Ameliore.

Type V. Nonsuch.

Layered Crab F. (原產地爲法國)

第二類 受害稍輕者(具有厚膜組織 66—70%)

Type IV. Dutch paradise.

Type VII. Possibly old English paradise.

Type XI. Unnamed type of vigorous paradise.

Type XII. Unnamed type of vigorous paradise.

Type XIV. Unnamed type of vigorous paradise.

第三類 具有抵抗性者(有厚膜組織 71—75%)

VIII. French paradise.

IV. Jaune de Metz.

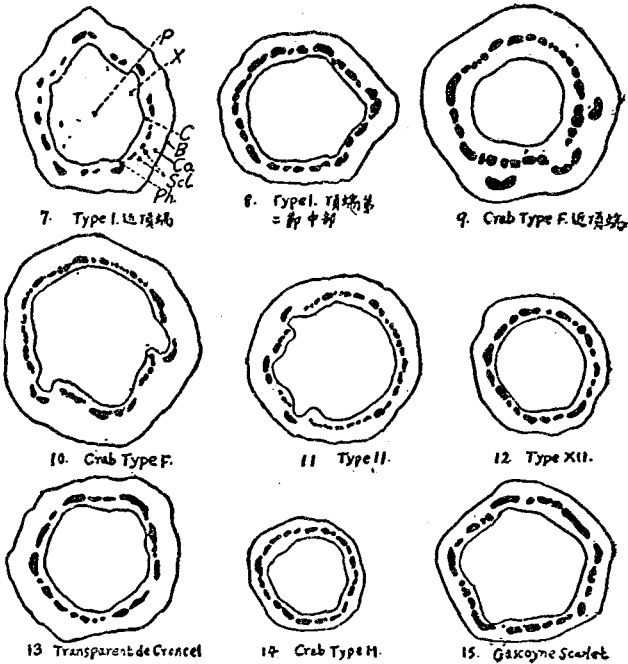
X. Unnamed type of very free growing paradise.

XII. Unnamed type of very free growing paradise.

XV. Unnamed type of very free growing paradise.

第四類 完全免疫者 (具有厚膜細胞 76—80%)

Layered crab H. (原產地為法國)



第四八圖 數種蘋果砧木嫩枝之橫切

8 及 10—15 圖由同一部取材以資比較 P—木髓, X—木質部, C—形成層, Ph—韌皮部, Scl—厚膜細胞, Co—木栓層, B—樹皮。(錄自 Staniland,)

據 Staniland 氏之意見，厚膜細胞愈多，則各個細胞間之間隙愈少，亦即蚜蟲進襲之面積愈小，因此，寄主之受害亦愈微。在中國試種之棉種中有 Cambodia (陸地棉之一種)、Surat (亞洲棉之一種)，在葉之反面，盛生叢毛，因此，不受葉跳蟲之害。在南非洲所種之棉種中，得有美洲高地棉，因葉部亦有叢毛，均能抵抗一種葉跳蟲 (*Empoasca facialis*, Jacoli)。此蟲對於海島棉，埃及棉 (葉部毛極少)，侵害頗甚。Phillips and Robert 兩氏 (1931) 報告玉米穗部之鬆疏與包殼短，致易招引一種夜蛾 (*Heliothis obsoleta*, Fab) 幼蟲之侵害。欲免此患，必使包殼增長至穗軸外 5 吋，同時，包殼須相緊包，如是方可免夜蛾在穗頭之產卵。

B. 植物組織中，關於某種化學成分之存在與否，可使昆蟲對於某種植物起一種好惡之別，或產卵之多少。同時，使寄主表現其抵抗力之強弱，最早 Blat 氏在 1881 年發現蘋果酸味者，受棉蚜之害輕，在植物液汁內之酸類中，以蘋果酸 (malic acid) 抗蟲最爲有效。蘋果蠅 (*Rhagoletis pomonella*, Walsh) 在加拿大，對於蘋果之侵害，除與果皮之厚薄有關外 (前段已述及)，此外，果汁酸度之高低，影響亦大。如對於“夏柑”及次酸品種之爲害，較之“秋酸”及冬季品種爲輕。

關於蘋果能抵抗棉蟲之原因，除物理因子之外，更有化學因子。Msnzen 氏 (1926) 謂抵抗棉蚜較強之品系，如：Northern spy 果汁之 pH 值爲 4.4 同時，爲害較重之品系，其 pH 值爲 4.5—5.0，爲保持蘋果較強之抵抗力計，酸性肥料頗適於應用。Haas 氏 (1937) 謂核桃殼汁之 pH 值愈高，對於核桃殼蠅之抵抗力愈大。

Molz 氏謂非洲可可被一種螟蟲 (*Ephestia elatella*, Hb) 侵害

之原因，或由於樹皮內含丹寧多少之關係，因可可含丹寧極少之品種，如 *Guatemalon venezuelan*，受螟蟲害較為嚴重。在歐洲有若干種松不受一種毒蛾 (*Liparis monacha*, L.) 侵害之原由，因松汁內含松脂 (turpentine) 約為 $\frac{1}{2}\%$ ，此為其他松樹所無 (據 Prell 氏報告)。台灣有一種柚櫟 (Teak) 及柏樹 (Cypress pine) 因含有 sesquiterpene alcohol，故能抵拒當地白蟻之侵害 (Oshima, 1919)。

Boch and Pemberton (1925) 氏謂在橘之果皮部，含有特種油分 (由油腺分泌)，可以抵抗地中海果蠅 (*Ceratitis capitata*, Wild)，氏謂橘皮內所含之油分，雖不能抵拒雌蠅之產卵，但此種油分能殺滅產下之蠅卵。茶樹葉部，因所含鉀與磷酸之比率頗高，據云可以增加寄主對於一種盲椿象 (*Helopeltis theivora*, Waterh.) 之抵抗力 (Andrews, 1923)。在十字花科內，有若干種能抵抗菜白蝶 (*Pieris rapae* L.) 之侵害，有人云此因寄主組織內缺少芥子油 (mustard oil, 即 alkyl-isosulphocyanates) 所致。繖形科 (Umbeliferae) 內數種植物各含有一種或數種精油 (essential oil) [如葛縷子 (caraway) 含有 carvone; 大茴香 (anise) 含有 methyl charical, anethole, anise, keton, anisic aldehyde; 胡荽 (coriander) 含有 coriandroi; 芹菜 (celery) 含有 sedanoid 等是]，能引誘一種寡食性鳳蝶 (*Papilio Ajax* L.) 之侵食。此種精油并發現於少數別科之植物上，亦能招引同種鳳蝶之產卵。考侵食於繖形科植物上之鳳蝶，其祖原本寄生於芸香科 (Rutaceae) 植物上，今昔變換寄主之情形，因兩科植物內含有相同之精油所致 (Dethier 氏, 1941)。一種鋸蜂 (*Priophorus padi* L.) 好羣集在薔薇科植物上之原因，在此種植物內，含有糖原質等

(glucoside amygdalin) 所致 (Verschaffelt, 1910)。在蘇聯，有一種紫草 (*Lithospermum arvense*) 因細胞內具有多量之矽 (silica)，故不受蚜蟲之害，菸草內有菸鹼 (nicotine) 之毒汁，因此可免若干種害蟲之寄生。

C. 植物生理方面之抗蟲力，其效果或較以上兩者為大，但如環境內不良之物理的情形能使植物生長不良，而減少其生理上之抵抗力，在美國東北部所種之蘋果，受蘋果子蜂 (*Syntomopsis druparum* Bah) 侵害者極少，此種蜂害蟹形蘋果極重，其原因在蜂出現時，家生蘋果生長太大，致蜂不能在種子上產卵。Carter 氏 (1927) 對於植物液汁之穿透壓力 (osmotic pressure) 與植物忍受甜菜跳蟲 (*Eutettix tenella* Bak) 害之關係，曾加精密之考查。氏謂當寄主植物之細胞液濃度高時，葉跳蟲能避去而尋覓濃度較低之寄主。娑羅樹 (saltree) 被一種木蠹蟲 (*Hoplocerambyx spinicornis*, Neum) 寄生之後，因組織內所分泌之樹脂 (resin) 阻塞蟲道，幼蟲因而塞死。Davidson 氏 (1922) 謂各種豆類對於所生之蚜蟲 (*Aphis numicis*, L.)，其繁殖力與細胞液之營養有關。因蚜蟲對於各種寄主之侵害程度有顯著之差別。

植物之具有強大復原力者，在初期生長之時，若受害蟲侵襲，仍能迅速恢復其健康，此亦為抗蟲力上之重要條件。水稻受螟害後，若其分蘖速而多者，在抗螟上有重大之價值。Cook 氏謂棉花之鬆芽作用 (proliferation) 為抵抗象蟲之主要條件，所謂鬆芽云者，即芽內生長疏鬆，而具富於水分之組織，使象鼻蟲之幼蟲，缺乏適宜養料，而不能發育。此種性質在草棉中，以 Ketchi 棉較其他美棉為普通。

該種棉賴有發芽作用，致象鼻蟲雖刺有孔，而不呈害象者占 50% 以上，有時可增至 80—90% 之間。植物生長之健康程度與昆蟲之為害輕重，有密切關係，但同時彼此均受當地土壤，地形及品種之不同與適應能力之強弱而異。

以上所云植物之抗蟲情形，或由單純之因子，或由多種因子之合成。各抗蟲品種所具之抗蟲程度，雖彼此相似，但所成之遺傳因子，則各不同。如北美麥桿蠅在 Marquillo 小麥上之產卵數，及幼蟲生於莖內之數目，較其他小麥為少；此乃由於 Marquillo 小麥具有兩種抗蟲之遺傳因子所致。吾人如欲研究植物抗蟲之遺傳因子時，下列各項宜加注意：

(1) 植物抗蟲性之切實運用方法。

(2) 由某一因基 (gene) 所致之其他抗蟲原因 (即植物抗蟲之真正原因，乃由某一因基所致，此種因基與寄主之抗蟲性呈并行之遺傳，並可由寄主之外形上某種特徵而察覺之)。

(3) 某一因基與抗蟲因素呈密切連結之狀況。

(4) 在多數因基內之某一羣因基，有時雖現相同之表形的反應 (phenotypic reaction)，但並不完全與寄主之抗蟲性相連結。

當觀察某種害蟲在生活史中，對於寄主植物之關係，而與抗蟲性有影響者，則宜注意下列各點：

(1) 母蟲產卵之時期，或幼蟲寄生植物之所在地。

(2) 幼蟲開始求食之時期，與對於各寄主之趨性反應等習性。

(3) 寄主養料對於後期幼蟲之影響 (更以成蟲孵化以前時之幼蟲)，成蟲之壽命及雌蟲之繁殖力。

第四節 植物抗蟲因子之育成

應用育種方法謀育成作物之新系 (strains) 變種 (varieties) 或交雜種, 不但產量多而品質高, 抑且可抵抗某種害蟲, 此類工作近二十年來, 昆蟲學家, 植物育種家, 常相互合作努力進行, 所用之方法, 有: (一) 抗蟲品系之引移。 (二) 品系之選擇與育成。 (三) 雜交。 (四) 嫁接。

(一) 抗蟲品種之引移

如鄰省或別國已有抗蟲品之育成, 則可設法引移試種, 不必再廢時培育或選擇。惟在引移時, 須注意某品種對於新環境適應能力之強弱。Harlan 氏 (1916) 在西印度地方研究若干種棉抵抗泡虱 (*Eriophyes gossypii*) 之侵害情形, 得由境外各處引入之品種內有二十五種可以抗虱。美國密西根省 (Michigan) 之玉米區內, 由南美引入一種抗螟之 Amargo 玉米, 藉以減少螟蟲之為害。

(二) 品種之選擇與育成

用純系或混合選種方法, 以檢別各種之抗蟲因子, 及其他優良之條件。

A. 混合選種 (mass selection).

在大羣作物中, 選擇抗蟲力強之品種, 此法久已應用於植物育種界上, 所觀察之品種為數宜多, 選擇之區域宜廣 (廣及全國或世界各地)。如某種害蟲之發生呈週期性狀態者, 則應當該種害蟲猖獗之

年，作大規模之田間混合選種，因此時每株作物上均有受害蟲之機會也。

在大羣選種時，吾人在田間所見各品種之一切特徵，大多為表型 (phenotype)，並非全為性型 (genotype)，故不能永久遺傳。因此，吾人自大羣選得之品種，如欲進而育種，則對於品種因感受環境變遷所起之變異，與性型自身的變異，須先明辨。前者變化無常，不呈固定；後者能遺傳，可作為選種時某一因子之依據。故選種時，須知作物各品種或品系 (strain) 之性型，並細心注意此種性型在後裔內遺傳之現象，同時，又須將吾人對於某品種所需要之性型，設法使其純一，成為固定之特徵。Snelling 等氏 (1937) 在北美觀察數種高粱，生長於田間時，其形質頗為穩定 (homozygous)，但對於一種椿象 (*Blissus leucopterus*) 侵害之抵抗程度，輕重不一。如 Chiltex 及 Darso 兩品種抗蟲力頗高。由遺傳因子上觀之，此種高粱均為異質接合子 (heterozygous)。類似此種事實，為例極多。

關於大羣選擇時，同時，又須參考與家生品種相近之野生種，或其原始型 (prototype)。若此類品種已久與某種害蟲相互連系者，更有研究之價值。如 Davidson 氏在美國探得蠶豆 (*Vicia faba*) 之野生種 (*Vicia narbonensis*) 能抵抗豆蚜 (*Aphis rumicis*)。Sleeman 氏 (1940) 報告野生馬鈴薯 (*Solanum polyadenium*) 因具有特殊氣味，對於馬鈴薯浮塵子 (*Empoasca fabae*) 及葉跳蟲 (*Epitrix cucumeris*) 之侵害可以抵拒。在多種野生馬鈴薯內，如 *S. chacaense*、*S. commersonii*，及 *S. caldesii* 亦具相同之抗蟲力，而 *S. bulbocastanum* 對於葉跳蟲之侵害極輕。

B. 純系選種 (pure line selection).

從大羣選得之品種內，因其新型非屬純一，或一品種內所含之品系 (strains) 或生物型 (biotype) 頗為複雜，故須用純系選種法，將其各品系或各生物型一一分離，藉此可決定何種因子或品系乃具有強大之抗蟲力。

附中央大學農學院對於水稻抗螟選種之程序如下：

(1933—1938)

1. 在國內外稻區內，用大羣選法，當三化螟猖獗之年，在田間抽穗時，選擇受螟害較輕之品種
 - a. 選擇之第一期，在水稻開花時期，此時在田間觀察各品種，被害之輕重（各品種開花期不同，故須每隔三日，觀察一次）。選擇之第二期，在水稻成熟時，採取患螟害較輕之材料。
 - b. 統計水稻受螟害之損失，用白穗之百分數及其抽穗莖數，與某品種之標準抽穗數之比率。
2. 由大羣選種所得之各品種，分別種在品種觀察區內，同時，在區內點燈若干盞，以誘螟蛾之飛入產卵於各株稻上（此法須在稻徵年實行之）（二年）。
3. 品種觀察區內所選得之品種，再分別種於田內，當三化螟成蟲時，每日將葉上之卵須盡行採除，同時，在水稻開花之前三四日，或開花之初期，將初孵出之幼蟲接種於各品種上，計每叢十條幼蟲，將來計其白穗百分數及抽穗總數與某種水稻標準抽穗數之比率，由上列方法能查出某品種水稻之抗螟是否由於水稻抽穗期之避免，或由於其他因子之關係。

(三) 抗蟲品種之雜交 (hybridization)

用抗蟲品種與受害品種相互雜交，藉以得一改良之品種。採用本法時，須注意將來所得之品種在市場上之經濟價值。Genert 氏

(1917) 用野生玉米 (Teasinte) 與黃色凹粒玉米相互雜交後, 所得之後代, 完全能抗玉米葉蚜蟲 (*Aphis maidis*, Fitch). Harland 氏 (1916) 用棉花雜交法, 以抗葉泡虱 (Leaf blister mites), 即以 St. vincent (免疫) × Southern cross upland (被害品種) 所得結果: 第一代全呈不抗蟲性, 第二代分裂後, 在 465 株上, 得 100 株為免疫性, 365 株為不免疫性。在第二代不免疫類之 37 族 (families) 中, 至第三代時, 有 10 族呈免疫性。氏謂如此雜交, 至第三代可得抗葉泡虱之品系, Marston 氏 (1930) 在北美, 以南美一種玉米 (Amargo) 與標準玉米相雜交, 能得一抗玉米螟之品種。在美國有人用抗介殼蟲之中國梨 (*Pyrus sinensis*) 與能受害之品種 (*Pyrus communis*) 雜交, 所得第一代之交雜種, 可抵抗聖納散介殼蟲 (San Jonse scale), 其品質雖次於 *P. communis*, 但具有中國梨之抗蟲力。此項工作近年 Schwartze and Huber 氏 (1937) 及 Huber and Schwartze 氏 (1938) 對於數種覆盆子之雜交, 所得後代能抵抗一種蚜蟲 (*Amporphora rubi*) 之研究頗多。

(四) 嫁接 (grafting)

用所需要之品系接於抗蟲品系上, 藉以抵抗一種害蟲, 在園藝上, 應用頗多 (或接芽, 或接枝), 見效顯著。如法國 Gaston Bazille 氏 (1871) 用美國野生葡萄之砧木, 與歐洲葡萄相接, 而解決根蠟 (*Phylloxera vitifoliae*) 之害。考葡萄根蠟之生活環中, 有食葉及食根兩期, 食葉者 (成蟲癭) 加害極輕, 食根者, 在葡萄幼根之尖端, 生成小癭 (nodosities), 在老根上, 則形成膨大之癭 (tuberosities), 使

寄主受害極重。葡萄不論能抗根蠱與否，如有根蠱寄生，則根部均有小瘻之發生，但對於寄主無甚患害。葡萄各品種對於根蠱之能否抵抗，視老根上膨大部之數目、大小及其穿入之程度而定。葡萄根蠱之原產地為美洲之東北部，該處野生葡萄對於根蠱之侵害，自完全免疫至完全受害，其間差別頗多，此或因根蠱在美洲生長之歷史久遠，對於各種葡萄彼此互成適應。在 23 種北美本地葡萄內，有 14 種已為植物育種家所檢定，具有相當之抗蟲性，並假定具最大抗蟲力之品種為 20 分，無抗蟲力者為 0 分。此 23 種葡萄之抗蟲等級，列之如下：

等級	品 種
19	Berlandieri, Rupestris and Vulpina.
18	Manticola and Cordifolia
16	Bicolor.
15	Candicans and Cinerea.
14	Aestivolis, Linsecomii and Longii.
12	Champini and Doaniana.
5	Labrusca.
0	European Vinifera.

Bonnet 氏 (1925) 報告，應用葡萄之抗蟲性以抵抗根蠱，有二種方法可以採用：(1) 在苗床內用嫁接法，以產生一種抗蟲品種，然後再移植於本田內，(2) 在本田內，先行種植抗蟲之品系，然後再行嫁接。據氏經驗，第一法較為經濟，而日後葡萄之產量較豐。

用嫁接法以抗蟲時，多以所需要之品種接於抗蟲之品種上，如

以受棉蚜 (*Eriosoma lanigera*, Haussm) 侵害之蘋果, 接於抗蟲品 (如 Northern spy winter majetin.) 之砧木上, 成長後, 抗蚜力極大. Harlan 氏 (1917) 曾以易受黑介殼蟲之海島棉芽嫁接於具抗蟲力之 Serédo 棉莖上, 將來所出之嫩枝, 全受介殼蟲之害. 但如以 Serédo 棉芽接於海島棉莖上, 則所出之嫩枝葉, 對於介殼蟲現免疫狀態. 用嫁接方法以改良品種, 為例頗多. 但一地或一國所得之抗蟲品種, 移植於別地或別國後, 因環境不同, 原來之抗蟲力往往頓然消失, 此在嫁接時不得不注意也. Thiele 氏 (1902) 謂一種蘋果 (Northern spy) 在德國若干區域內, 備受蚜害, 但在美國其根與枝均能抵抗蚜蟲之寄生也.

第五節 抗蟲育種時之注意點

選擇或育成能抗某種害蟲之作物, 不但為經濟昆蟲學上之一大問題, 亦為植物育種家所重視. 惟植物抗蟲問題, 情形頗為複雜, 下列各點, 吾人須加注意:

(一) 植物抗蟲性之辨別

某種植物如真具有抗蟲性者, 則雖處境惡劣, 或營養不良, 其抗拒某種害蟲之情形, 仍無所變移. 不然, 植物之抗蟲現象, 乃由營養之優良, 栽培之合理與否等所引起之結果, 非為植物本身確具之抗蟲因子.

植物生長時期與害蟲之生活史內, 為害時期之避免 (avoidance), 亦常使吾人誤認為植物之其他抗蟲因子, 此為國內研究水稻抗螟間

題時常遇之錯覺。

(二) 植物抗蟲性之獨立

某種作物能抗某種害蟲，不論其抗蟲之因子屬於何種，但其產量與品質往往不甚優良，故吾人如欲利用某品種之抗蟲因子，須借助於雜交，嫁接等方法，如能抗浮塵子之美洲高地棉，其纖維長度與產量俱見不良。

(三) 害蟲在分佈地之生機勢力

大多數害蟲之分佈地域極為遼闊，因此在各地之生機勢力，亦各不同。在優良環境下之繁殖力強，為害顯著；在惡劣環境下寄主之蒙害輕，此類現象往往引起誤會寄主抗蟲之強弱也。

因上述三種原因，故同種作物因地域而被害（同種害蟲）之輕重，彼此各異。或甲地所得之抗蟲品種難能見效於乙地，此種地域性之抗蟲現象，為寄主與害蟲受種種環境因子之影響所致。在抗蟲育種方面，常以抗蟲之品種與受害品種相互雜交，其後代有一部份具有抗蟲力，但有一部份之抗蟲程度，則介乎父母本之間。若環境內物理或生物的因子有所變異，則此種由遺傳所得之抗蟲性，亦隨而改變。如北美在堪薩斯省 (Kansas) 或加利福尼亞省 (California) 硬小麥帶內所育成之抗麥桿蠅之交雜種小麥，但移植於堪薩斯省東之軟小麥帶內後，則受蠅害頗重。

不但如是，一種抗蟲品種經多年後，原來之抵抗力往往漸形消失。如 1919 年美國密蘇里省 (Missouri) 所得數種抗麥桿蠅之冬小

萎，至1933年，內中如 Illini chief (以前有抗蟲性) 失其抗蟲能力而受蠅害極烈 (Haseman, 1933)。在相反之現象，如植物之抗蟲因子頗甚固定者，雖年久而無所變更。Collins and Kempton 氏(1917) 謂生長於美國俄勒岡省 (Oregon) 之常綠甜玉米在 1915, 1916 年，已選定為能抗穗蟲之品種，雖隔二十年後，該品種之抗蟲性依舊保存 (Poole, 1935, 1936)。其他如有數種抗綿蚜之蘋果，相延百餘年，而其性仍不衰弱。具抵抗根蠶之葡萄亦然。總上所述，植物之抗蟲問題，至為複雜。故吾人如欲從事植物育種抗蟲研究，除具有昆蟲與植物育種之知識外，在試驗時，又須與農藝學家，植物生理學家，育種學家，及化學家等，密切合作；否則，所遇困難，將無由解決也。

參考書報

1. Bailey, S. F. 1941. Breeding Vegetables for Resistance to Insect Attack. Jour. Econ. Ent. Vol. 34. No. 3. pp. 352-358.
2. Bigger, J. H., J. R. Holbert, W. P. Flint and A. L. Lang. 1938. Resistance of Certain Corn Hybrids to Attack of Southern Corn Rootworm. Jour. Econ. Ent. 31:102-7.
3. Bigger, J. H. 1941. Breeding Corn for Resistance to Insect Attack. Journ. Econ. Ent. Vol. 34. No. 3. pp. 341-347.
4. Blanchard, R. A. and John, E. Dudley, Jr. 1934. Alfalfa Plants Resistant to the Pea Aphid. Jour. Econ. Ent. 27:252-264.
5. Bonnet, L. O. 1925. Phylloxera of the Vine. Calif. Agr. Expt.

Sta. Cir. 288.

6. Boyce, A. M. 1933. Influence of Host Resistance and Temperature During Dormancy Upon Seasonal History of the Walnut Husk Fly, *Rhagoletis Completa*, Cress. Jour. Econ. Ent. 26 (4) 813-819.
7. Dahms, R. G., R. O. Snelling and F. A. Fenton. 1936. Effect of Several Varieties of Sorgham and Other Host Plants on Biology of the Chinch Bug. Jour. Econ. Ent. 29:1147-53.
8. Dethier, V. G. 1941. Chemical Factors Determining the Choice of Food Plants by Papilio Larvae. The Am. Naturalist. Vol. LXXV. No. 756. pp. 61-73.
9. Flint, W. P., and J. B. Bigger. 1938. Biological Control of Insects Through Plant Resistance. The Candian Entomologist. Vol. LXX., No. 12. pp. 244-246.
10. Haas, A. R. C. 1937. Factors in Varietal Susceptibility of Walnut Fruits to Attack by the Walnut-Husk Fly. Plant Physiol. 12 (3):721-736.
11. Harlan, S. C. 1916. Notes on Resistance to Cotton Leaf-Blister Mite with Special Reference to Budded Cotton, and to Cotton Hybrids. West Indian Bul. 16:78-82.
12. Haseman, L. 1933. Hessian Fly Resistant Varieties of Wheat. Mo. Agr. Expt. Sta. Bul. 328:129.

13. Hinds, W. E. 1914. Reducing Insect Injury to Seed Corn. Ala. Agri. Expt. Sta. Bul. 176:49-68.
14. Hollowell, E. A., J. Monteith, Jr. and W. P. Flint. 1927. Leafhopper Injury to Clover. Phyta. Path. 17:399-404.
15. Hopkins, A. D. 1917. U. S. Dept. Agr. Program of Work. p. 353, 1916.
16. Hsu, T. S. (徐天錫) 1926. Resistance of Sorghum to Stem Borer. Jour. of Amer. Soc. of Agronomy, Vol. 28, No. 4. pp. 271-278.
17. Huber, Glen A., and C. D. Schwartz. 1938. Resistance in the Red Raspberry to the Mosaic Vector. Amphorophora rubi. Jour. Agr. Res. 57:623-33.
18. Husmann, George C. 1930. Testing Phylloxera-Resistant Grape Stocks in the Vinifera Regions of the United States. U. S. D. A. Tech. Bul. 1. 146:54 pp.
19. Imms, A. D. 1931. Recent Advance in Entomology. and Ed. Chap. XI.
20. Isley, D. 1934. Jour. Econ. Ent., 27:(4) 726-766.
1935. Relation of Hosts to Abundance of Cotton Bollworm. Ark. Agr. Exp. Sta. Bul., 320:30.
21. Jewett, H. H. 1932. The Resistance of Certain Red Clover and Alfalfa to Leaf-Hopper Injury. Kentucky Agr. Exp. Sta. Bul., 329:155-172.

1933. The Resistance of Leaves of Red Clover to Puncturing. *Jour. Econ. Ent.*, 26:1135-1137.
1935. *Jour. Econ. Ent.* 28:697-698.
22. Johnson, H. W., and B. A. Hollwell. 1935. Pubescent and Glabrous Characters of Soybeans as Related to Resistance to Injury by Potato Leaf Hopper. *Jour. Agr. Res.*, 51: 371-381, 15 ref.
23. Jones, H. A., S. F. Bailey and S. L. Emseller. 1935. Field Studies of Thrips *Tabaci* Lind. with special Reference to Resistance in Onions. *Jour. Econ. Ent.*, 28 (4):678-680.
24. Marston, A. R. 1931. Breeding European Corn Borer Resistant Corn. *Jour. Ameri. Soc. Agron.* 23:960-964.
25. Mumford, E. P. 1926. Cotton Stainers and Certain Other Sap Feeding Insect Pests of the Cotton Plant. Billing and Sons Ltd. London. 79 p.
1931. Studies in Certain Factors Affecting the resistance of Plants to Insect Pests. *Science* 73:49-50.
26. Painter, R. H. 1930. The Biological Strains of Hessian Fly *Jour. Econ. Ent.* Vol. 23. pp. 322-326.
1936. The Food of Insects and the Relation to Resistance of Plants to Insect Attack. *The American Naturalist*.
27. Painter, R. H., S. C. Salman and H. H. Parker. 1931. Resistance of Varieties of Winter to Hessian Fly. *Kansas Agr.*

- Exp. Sta. Tech. Bul. 27:58 pp.
28. Painter, R. H., and C. O. Grandfield. 1935. Preliminary Report on Resistance of Alfalfa Varieties to Pea Aphids (*Illinola pisi*) Amer. Soc. Agron. Jour., 27:671 (8) — 674.
 29. Painter, R. H., R. O. Snelling and A. M. Brunson. 1935. Hybrid Vigor and Other Factors in Relation to Chinch Bug Resistance in Corn. Jour. Econ. Ent., 28:1026 — 1030.
 30. Parker, J. H. 1931. Insect Resistance in Wheat and Sorghums a Heritable Character. U. S. D. A. year book. p. 316 — 317.
 31. Parker, J. H., and R. H. Painter. 1932. Insect Resistance in Crop Plants. Proc. Sixth Internat. Cong. Genetics 2: 150 — 152, Ithaca, N. Y.
 32. Packard, C. M. 1941. Breeding Wheat and Alfalfa for Resistance to Insect Attack. Jour. Econ. Ent. Vol. 34, No. 3, pp. 347 — 352.
 33. Poole, C. F. 1935. Corn Ear Worm Resistance in Maize Varieties at Davis, California, 1935. Amer. Soc. Hort. Sci. Proc. (1934) 32:453 — 7.
1936. New Sweet Corns Resistant to Earworm. Amer. Soc. Hort. Sci. Proc. 35:496 — 501.
 34. Poos, F. W. and F. F. Smith. 1931. A Comparison of Oviposition and Nymphal Development of *Empoasca fabae*, Harris on Different Host Plants. Jour. Econ. Ent.

- 24:(2)361-371.
35. Schwartz, C. D., and Glen A. Huber. 1937. Aphid Resistance in Breeding Mosaic Escaping Red Raspberries. *Sci.* 86 (2224):158-9.
36. Seamans, H. L., and Ellis Macmillan. 1935. The Effect of Food Plants on the Development of Pale Western Cutworm (*Porosagrotis orthogonia*) *Jour. Econ. Ent.*, 28:425-214.
37. 沈壽銓 民國23年. 作物抗蟲育種 中國作物改良研究會會議講演集第58-59頁
38. 沈學年 民國27年. 植物抗蟲育種 西北農林第3期 第189-234頁
39. Slesman, J. P. 1940. Resistance in Wild Potatoes to Attack by the Potato Leafhopper and the Potato Flea Beetle. *Amer. Potato J.* 1940:17:9-12.
40. Snelling, Ralph O., R. H. Painter, J. H. Parker, and W. M. Osborn. 1937. Resistance of Sorghums to the Chinch Bug. *U. S. D. A. Tech. Bul.* 585.
41. Snelling, R. C. 1941. The Place and Methods of Breeding for Insect Resistance in Cultivated Plants. *Jour. Econ. Ent.* Vol. 34. No. 3. pp. 335-340.
42. Staniland, L. N. 1924. The Immunity of Appis Stock From Attacks of Woolly Aphis (*Eriosoma lanigerum*). Part II. The Causes of the Relative Resistance of the Stocks. *Bull. Ent. Research.* Vol. XV. pp. 157-170.
43. Sweetman, Harvey L. 1936. The Biological Control of Insects.

Chap. II. Comstock Publishing Company, Ithaca, N. Y.

44. Theodosius Dobzhansky. 1937. Genetics and the Origin of Species. Columbia Univ. Press, N. Y.
45. Thompson, W. R. and H. L. Parker. 1927. Host Selection in *Pyrausta nubilalis*, Hubn. Bull. Entom. Research Vol. XVIII. pp. 359 - 364.
46. Thorpe, W. H. 1930. Biological Races in Insects and Allied Groups Biol. Rev. and Biol. Proc. Cambridge Phil. Soc., 5:pp. 177-212.
47. Trouvelot, B., Lacotte, Dussy et Thenard. 1933. Comptes Rendus Acad. Des Sci. Paris. 197:273-275.
48. 鄒鍾琳 1941. 水稻抗螟試驗 科學第25卷第413—418頁
49. Uvarov, B. P. 1932. 5e Congres, Internal. Entom., 353.
50. Wadley, F. M. 1931. Ent. Soc. Amer. Ann., 24:325-395.

第七章

昆蟲與植物疾病之關係

昆蟲與植物疾病之關係，有時爲一種共生現象 (symbiosis)，即某種植物疾病之病原物，以昆蟲體軀爲生活處所之一，如一部份之視外毒病是。或爲偶然之相接觸，而致植物疾病者，謂之傳佈。其撲遇之多少，則視昆蟲之種類與習性及植物疾病之生活史等而異。近年若干昆蟲學家及植物病理學家，對此問題頗具興味，在經濟昆蟲及植物病理學上，成爲一研究之專題。

第一節 植物疾病之病原物

致植物疾病之病原物爲：(1)細菌 (bacteria)，(2)真菌 (fungi)，(3)黏菌 (slime mold)，(4)視外毒病 (virus) 及少數之原生動物 (protozoa)。就中細菌、真菌、視外毒病、能隨昆蟲傳佈。真菌之傳佈多半賴無性時期。細菌須於春夏季在細菌外露之時，傳染較易。視外毒病多由具吸收口器之昆蟲爲之傳佈。

第二節 昆蟲傳佈植物疾病之器官

(一) 外部器官

昆蟲體軀各部如足、口部、翅等所着生之刺 (spines) 毛、鱗片或粗糙之表面，均可附着病菌之孢子或菌絲體，尤以蜂蠅為甚。在蜜蜂科內之昆蟲，全體着生叢毛，其足上之毛，更為濃密，不但利於花粉之傳帶，抑且能傳染不少之病菌孢子。考菌類孢子易黏着於昆蟲體上之原因，除昆蟲體軀上之叢毛易於黏着外，近年有人解釋菌孢子外面圍有一層吸着水 (hygroscopic water)，附有負電荷 (negative electrical charge)；在昆蟲體軀，則為正電荷，因此，昆蟲行經植物病菌孢子，極易黏着而得廣為分佈也。

(二) 內部器官

昆蟲內部器官有若干處與植物病原物之傳佈有密切關係：數種昆蟲之消化道為多種微生物（致植物疾病之細菌或真菌孢子）之暫留處所，如在蠅類消化道之食道唧筒 (oesophageal bulb)，及其他昆蟲之直腸、小腸、各種腺體，常為數種病原物共生之地。此種微生物能傳及產卵管與卵相接觸，致使卵為傳染若干種植物疾病之媒介物。

第三節 昆蟲傳佈植物疾病之方式

昆蟲對於植物病原物之傳佈方式頗多，病菌孢子等附着於體上，或寄居於體內，或由昆蟲嚼傷植物時，病菌隨之而傳入，或由針狀之吸收口器，刺吸植物之液汁時，病菌得以傳染，茲將傳佈之方式簡述如下：

(一) 病原物 (pathogens) 偶然附着於昆蟲體之外部而得傳佈

者，如梨、蘋果之火疫病(fire blight)，由蜜蜂蜂蠅類傳佈，核桃之細菌病(bacteriosis)，及各種植物之銹病與黑粉病(smut)，蘋果之苦腐病(bitter rot)，粟之疫病(blight)，馬鈴薯之晚疫病(late blight)，甜菜之葉點病(由於藻狀菌 *Cercospora* 所致)，及棉炭疽病(*Glomerella gossypii*)等。

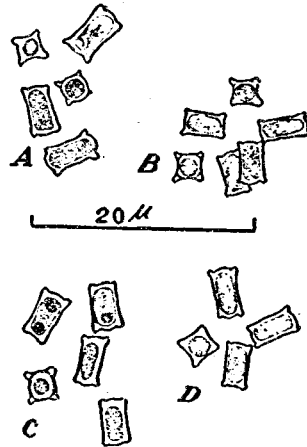
(二) 病原物或視外病毒汁寄居於昆蟲體內，由昆蟲食植物時而傳佈，故亦可稱為機械之傳佈(mechanical dissemination)。如梨與蘋果之火疫病，茄科植物(solaceous plants)之細菌萎縮病，十字花科植物之黑腐病(black rot)及其他細菌病，菜豆(lima bean)之毛黴病，核果之棕腐病，荷蘭石竹(*Carnation*)之芽腐病，甘藍菜之黑莖病等，及其他咀嚼口式昆蟲所傳佈之視外毒病。

(三) 病原物雖不直接由昆蟲而傳佈，但能由蟲傷處染得。如棉及甜菜之細菌性葉點病，葱之疫病(*Peronospora scheideni*)，禾本科草之毛黴病及粟之疫病。

(四) 病原物寄居於昆蟲體內時，尚能繼續增殖，但有時祇限於某一培養時期(incubation period)，若干種細菌病及多種視外毒病均如是。如黃瓜之萎縮病(*Bacillus tracheiphilus*)，由一種金花蟲(12-spotted cucumber beetles)所傳佈。橄欖樹瘤病(*Pseudomonas sarastanoi*)由於橄欖蠅(*Dacus oleae* Rossi)而傳佈。此種現象在視外毒病中，為例更多(參考視外毒病節)。

植物疾病由昆蟲傳佈之方式，除上述四種外，尚有許多病菌，驟然視之，似由於昆蟲之機械的傳佈，實則彼此間之關係，乃為一種共生現象。Von Schrenk 氏(1903)首先對於黃松(*Pinus ponderosa*)

Lawson) 幹中一種甲蟲 (*Dendroctonus ponderosa* Hoph) 蛀道內之藍色菌 (blue stain fungus) 之傳佈, 詳加觀察。氏曾解剖多數甲蟲, 并將其腸內寄生藍色菌分別培養, 惜未得結果。氏定此種菌之學名為 *Ceratostomella pilifera* (Fr.) Rumbold 氏 (1911, 1936) 曾記載有若干種針葉樹之樹皮甲蟲, 常與藍色菌發生密切之連結 (第四九圖)。此種藍菌之蔓延, 全由甲蟲所傳佈, 菌生長於小蠹蟲之蛀道內, 致幹部液材 (sapwood) 生藍腐病。茲將數種甲蟲與所關係之藍色菌及其分佈地, 列之如下:



第四九圖 *Ceratostomella ips* 之囊子孢子 (Ascospore)

A, 與 *Ips emarginatus* 相連結者。

B, 與 *I. oregoni* 相連結者。

C, 與 *I. integer* 相連結者。

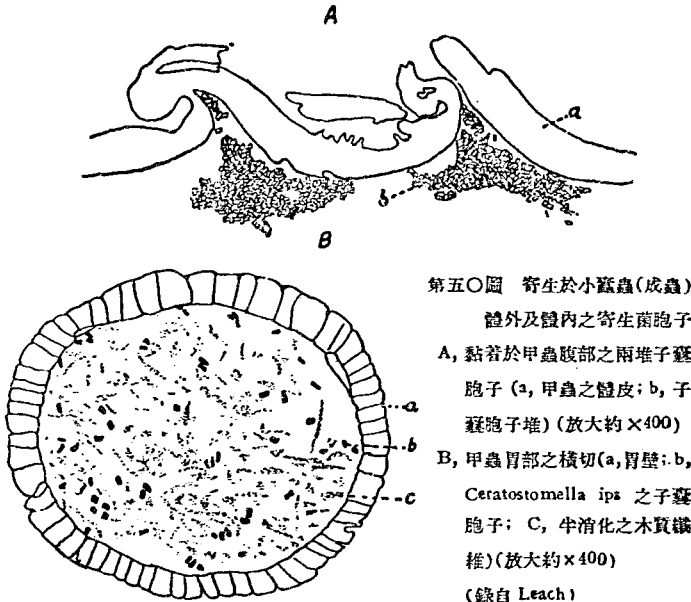
D, 與 *I. calligraphus* 相連結者

(錄自 Rumbold)

藍 菌 種 類	樹 皮 下 甲 蟲 種 類	分 佈 地 域
<i>Ceratostomella pini</i> , Münch.	<i>Dendroctonus frontalis</i> , Zimm.	大 西 洋 沿 岸
<i>Ceratostomella pini</i> , Münch.	<i>D. brevicornis</i> , Lec.	太 平 洋 沿 岸
<i>C. ips</i> , Rumbold.	<i>Ips calligraphus</i> Germ.	大 西 洋 沿 岸
<i>C. ips</i> , Rumbold.	<i>I. grandicollis</i> , Eichh.	大 西 洋 沿 岸
<i>C. ips</i> , Rumbold.	<i>I. avulsus</i> , Eichh.	大 西 洋 沿 岸
<i>C. ips</i> , Rumbold.	<i>I. pini</i> , Say.	大 西 洋 沿 岸
<i>C. ips</i> , Rumbold.	<i>I. emarginatus</i>	太 平 洋 沿 岸

C. ips, Rumbold.	I. integer	太平洋沿岸
C. ips, Rumbold.	I. oregoni	太平洋沿岸
C. pseudotsugae	Dendroctonus pseudotsugae, Rumbold. (寄生於 Douglas fir 及 榧)	太平洋沿岸
C. piceaperde.	D. piceaperda, Rumbold (在虎尾樅 Spruce 上)	拿加大東部

C. ips 與小蠹蟲(Ips)之關係,在中國之中,西南部,及日本之西部,大多發現於馬尾松幹部之樹皮下。1939年,重慶附近生長十五年左右之馬尾松,被此蟲侵害而死者為數頗多。同時,在蟲蛀道內,藍色菌之分佈,極為普遍。Leach氏(1934)在松樹幹部發現兩種小蠹蟲(I. pini Say, I. grandicollis, Eichh)能引得藍色菌,致木幹受極大之損失。氏又查得由小蠹蟲(Ips calligraphus及Ips grandicollis)所傳佈之藍色菌有二種,為Ceratostomella ips Rumbold,及Tuberculariella ips Leach。此種菌與甲蟲常共生一起,孢子或菌絲體如被傳及於樹幹內後,即在樹皮內層及液材(sapwood)處,繁殖而蔓延。同時,小蠹蟲體外恆有壁蝨(mites)之寄生,壁蝨時往來於甲蟲蛀道內,傳佈菌之孢子,而此兩種菌之囊子孢子(ascospore)及菌核體(perithecia),能停留於小蠹蟲(成蟲)腸中(第五〇圖),更由糞便內排出體外,仍不失其生活力。藍色菌在樹皮下蔓延頗速,能妨礙樹汁之運輸,并可助樹皮內層之分解。致使木質部易於分離,而適於小蠹蟲之生殖。Wright氏(1935)謂樅樹(fir)上之一種棕幹菌(Trichosporium symbiiticum, Fr.)乃由別一種小蠹蟲(Scolytus ventralis, Lec.)所傳佈,此種菌發生於小蠹蟲之蛀道內,菌絲在樹皮下蔓延頗速,致使枝幹之形成層失去其生命力,并能蔓延及於健全



部份。病處組織內之水分，即行減退，入後，小蠹蟲再行蛀入，菌之孢子體能由小蠹蟲(成蟲)之體外而傳至健全樅樹上，此種共生現象極不利於樅樹之生長，故欲防治棕幹菌之發生，須先驅除小蠹蟲。在歐洲榆樹上所發生之一種囊子菌病，其學名為 *Graphium ulmi* Buisman。菌絲生長於樹各部之液材 (sapwood) 內。其生活史經 Wollenweber and Stapp (1928)，Franson (1931 在荷蘭) Prell (1930 在德國) 及 Grossmann (1930 在瑞士) 等氏之研究，知由兩種小蠹蟲所傳佈，其與病菌之關係如下：

1. 兩種小蠹蟲之學名爲 *Scolytus scolytus* 及 *S. multistriatus*, 成蟲好在受病之榆樹幹內產卵。
2. 在適宜環境下, 病菌能在小蠹蟲之蛹穴 (有活蛹時) 及成蟲之蛀道內, 生長菌果 (cremia)。
3. 孵化之小蠹蟲, 在體軀內外恆附着 *G. ulmi* 菌之孢子, 如將蟲之糞便培養, 即可得 *G. ulmi* 菌。
4. 新孵化之小蠹蟲, 如啃食健全之榆樹, 寄主即染有 *G. ulmi* 菌之寄生。

Beattie 氏 (1933) 謂該種病由德國傳至美國時, 乃由小蠹蟲之媒介所致, 在美國榆樹幹部外皮之斑點病 (*Ceratostomella ulmi*), 常由一種甲蟲 (*Xylosandrus germanus*) 所傳佈 (Colling 1941)。

第四節 昆蟲傳佈植物疾病之種類

(一) 昆蟲與植物之細菌病

關於植物菌病之傳佈與昆蟲之關係, 曾經 Smith 氏 (1911), Rand and Enlows 氏 (1916), Leach 氏 (1926) 等試驗, 有若干種植物細菌病, 不但藉昆蟲而傳佈, 且細菌可在昆蟲體內, 繼續繁殖, 發生於黃瓜維管束中之維管束病 (vascular diseases. 由細菌 *Erwinia tracheiphila* 所致) 由二種黃瓜甲蟲 (*Diabrotica vittata* 及 *D. duodecimpunctata* (F)) 所傳佈。當甲蟲啃食病葉後, 其口部即染有細菌, 甲蟲蠶食其他健全之黃瓜葉時, 病菌即因而傳佈。此種甲蟲以成蟲在土中越冬, 病菌即在蟲腸中越冬, 至明年仍可繼續侵害。在自然界內, 此種細菌與甲蟲成爲密切之結合, 因細菌全寄生於維

管束中，故受病植物在近維管束部處，先呈枯萎之病象。欲防除此病，須先驅除傳病之甲蟲。

蘋果及梨之火疫病 (*Erwinia amylovora*)，自 1892 年被 Waite (M. B.) 氏發現由蜜蜂傳佈以來，對於生活史及細菌能在蜜蜂巢內，生活時期之長短等，闡發頗多，有人報告，此種細菌，能生活於蜂巢內 47 小時，或 72—100 小時，其長者能達 15, 55, 及 20 日不等，菌藉蜂之活動，能由蜜蜂巢內傳至梨或蘋果花上。同時，亦能由蜂傳帶入巢內，至於細菌藉蜜蜂在各花間之傳染，更為普通。Hilderband 氏 (1936) 謂火疫病之細菌，若由蜜蜂食物內而傳至蜂蜜、蜜巢、蜂巢架、及蜜蜂體上者，在 23 日後，則不能將細菌重行分離。如此種細菌由蜜蜂機械的傳至其他各處者，則其生命力較長，彼此之比較如下：

細菌在蜂食物內，其生活力約為 3 日左右。

細菌在花粉內，其生活力約為 13 日。

細菌在蜂巢架上者，其生活力約為 12 日。

火疫病之細菌雖在蜂巢或蜂食物內發生極多，但並不染及於蜂之幼蟲。

Poss 氏 (1936) 報告美國玉米上之細菌萎縮病 (*Aplanobacter stewarti*, E. F. Sm.) 乃由三種甲蟲 (*Chaetocnema pulicaria*, *C. denticulata*, *Diabrotica duodecimpunctata*) 所傳佈。氏曾試得此種細菌在過冬之甲蟲 (*C. pulicaria*) 體內越年。1934 年，氏在北美玉米萎縮病區域內調查，甲蟲體中染有 *A. stewarti* 細菌者占 75%。在美國東北部，冬季較寒，上列三種甲蟲生存頗少。因此，本病之發

生亦極輕微。由此，可知冬季溫度直接影響於甲蟲之生活，簡接與 *A. stewarti* 細菌之發生有係。Stevens 氏 (1934) 謂如冬季溫暖，則適於本病之發生(該地常發生本病者)。若冬季溫度降落至 90° F. 以下，則不適於其發育。此種細菌能經蟲之消化道而由糞便中排出體外，染菌之蟲糞與玉米接觸後，即能致病。在美國本病之發生，呈週期性之猖獗現象。Wellhousen 氏 (1937) 謂在抗病之玉米上，本病之毒性 (virulence) 或形增加，但對於若干種染病之寄主，則形衰弱。氏推測此與本病發生之週期性猖獗有密切關係。馬鈴薯黑莖病 (potato black leg) 之病原菌為 *Erwinia carotovora* Jones，其傳佈與玉米種子蠅 (*Hylemyia cilicrura*, Rond. 及 *H. trichodactyla*) 有密切關係。病菌常由蠅幼蟲嚼食寄主時而發生〔食時先破壞寄主之木栓層 (corky layers)〕。Leach 氏 (1931) 謂此種病原物能藏伏於蠅成蟲及幼蟲體內。〔如中腸部之膨大處，或於前胃處 (Proventriculus) 在蠅成蟲則於嗉囊 (crop) 及腸內均有上述兩種細菌之停留〕。

植物之軟腐病 (soft rot) 乃由一種細菌 (*E. carotovora*) 所致。其與玉米種子蠅之關係，一如馬鈴薯之黑莖病。但此種病之發生於十字花科植物上者，則其病徵略有不同。在甘藍菜未成長時，根及莖常因甘藍蛆之嚼傷而生裂罅，其中心漸呈腐爛，致使寄主枯萎。此種病狀由根而莖，再延及莖之頂部。Johnson 氏 (1930) 謂該種病菌乃由甘藍蠅 (*Hylemyia brassica*, Bouche) 產卵時所傳佈。

芹菜之心腐病，亦由蠅 (*Elachiptera costata*, Loew 及 *Scaptomyza graminum*, Fall) 所傳佈。Leach 氏 (1927) 謂本病之發生：

起於蠅蛆在芹菜上鑽孔後所致。Schaal 氏 (1934) 謂馬鈴薯之癬病 (*Actinomyces scabies*, Gussow) 爲馬鈴薯甲蟲 (*Epitrix cucumeris*, Harr) 所傳佈。病菌能生活於土中, 如與馬鈴薯相接觸, 卽能致病, 而甲蟲爲移帶病菌之主要因子。在南美聖保羅 (San Paulo) 各省產棉之地, 有一種椿象 (*Dysdercus* sp.) 能傳染數種細菌 (*Nematospora gossypii*, *N. coryli*)。凡在生長之棉鈴, 一經此種椿象刺吸之後, 內部未成熟之纖維, 卽行腐爛 (由於上列兩種細菌所致) (O. T. Mendes, 1937)。Pearson 氏 (1934) 謂以上兩種細菌, 在南非洲亦由椿象 (*Dysdercus intermedius*, *D. nigrofasciatus*, *D. fasciatus*) 傳佈至野生棉 (*Gossypium herbaceum* Var. *africanum*, *Hibiscus* spp, 及 *Sterculia rogersii*) 及家生棉上, 而致相同之病狀 (Pearson, 1934. Bull. Ent. Res Vol. 25. part. 3. pp. 383-414)。

植物細菌病藉昆蟲機械的傳佈者, 爲數頗多。但大多數由植物傷處 (由昆蟲所致) 而傳入, 如十字花科植物之黑腐病 (*Bacterium campestris*, Panf) 由甘藍夜蛾 (*Autographa brassicae*, Riley) 所傳佈, 豆之細菌病 (*Bacterium phaseoli*, Erw) 乃由一種花蝨 (*Heliothrips femoralis*, Reut) 所傳佈, 花甘藍之黑點病 (*Erwinia maculicolum*, McCulloch) 由於一種椿象所傳佈, 在馬鈴薯, 蕃茄, 胡椒等之枯萎病 (*Bacterium solanacearum*, Erw. Sm) 乃由葉跳蟲 (金花蟲科) 及茺菁所傳佈 (Smith, 1911) 等是。

(二) 昆蟲與植物之真菌病 (insects and fungus diseases)

1. 菜豆 (*Phaseolus lunatus*) 之毛黴病 (Downy mildew), 其

病原物爲 *Phytophthora phaseoli*, Thaxter. 由於一種蜜蜂傳花粉時所致。故寄主患病之部，祇限於與蜜蜂相接觸之部(花)。菜豆及牛豆 (*Vigna sinensis*) 上之斑點病 (*Stigmatalomycosis*) (由酵母狀之菌所致) 恆發生於植物被椿象 (*Acrosternum hilaris*) 刺傷之處。該種椿象之寄主極多，因此，本病之傳佈，亦廣佈於各地。此種酵母狀之菌 (*Nematospora phaseoli*) 與椿象之共生現象，曾經 Wingard 氏 (1925) 及 Underhill 氏 (1934) 之研究，但是否呈一生物上之結合？此時尚不得而知。此外，如甘藍之黑莖病 (*Phoma lingam*, Tode)，葱疫病 (*Peronospora schleidenianade*, Bary)，馬鈴薯晚疫病 (*Phytophthora infestans*, Mout) 蕃茄早疫病 (*Allernoria soiam*, Et. M.)，及多種銹病，均可由昆蟲而傳佈。

(三) 昆蟲與植物視外毒病 (insects and virus diseases)

視外毒病一名稱，現應用頗廣，凡一切具有感染性之動植物病症，在通用之顯微鏡下，不能發現病原物者，往往暫名之曰視外毒 (virus)。此種致病毒物究爲有生命抑屬無生命？此時爭論尚多。惟自 Stanloy 氏 (1935) 應用化學及物理方法分離得結晶之致病毒物後，一般觀感多接近於後者之學說。

普通動植物之視外病毒，能穿過細菌濾器 (bacteria filter) (其直徑約爲 30-50 μm)，現在高倍顯微鏡尚難察其體積。

其發現於動植物上而致病者，種類頗多。有數種在動物上者，可用人工培養，但發生於植物上者，則頗難成功 (不能用人工培養)。

A. 植物視外毒病之分類

視外毒病在植物上所發現之病象，頗難作一有系統之分類，近年 Johnson and Hogan (1935), Kunkel (1935) 及 Birkeland (1936) 氏等曾作下列之類別。

(a) 嵌紋病類 (mosaic group),

1. 在葉上顏色深淺不一。
2. 在葉面上各部組織高低不平 (crinkling),
3. 葉脈紋綳起 (vein binding),
4. 葉片捲縮 [向下或上, 或葉緣捲起 (leaf rolling)] .

(b) 萎黃類 (yellows group),

1. 葉或果變黃,
2. 葉或果變小 (reduction of size),
3. 葉直生, 不如平常之呈平生 (erection of leaves),
4. 葉脈退色 (clearing of the veins),

(c) 雜形 (miscellaneous),

1. 植物之節及芽, 不作正常之向上生長, 而向四週生出 (radius growth), 或稱曰薔薇形之病結 (rosette),
2. 植物枝上之節及節間 (internode) 不作正常延長, 突由中間生出許多枝條, 如帚形贅枝 (witch broom),
3. 植物器官縮小, (reduction the size of plant organs), 如小桃病 (little peach) 是。

B. 植物視外毒病之傳佈

植物視外毒病傳佈之方式頗多,

- (a) 接芽, 接木, budding or grafting) 如在新南威爾斯 (New

South Wales)、苦因士蘭(Queensland)、維克多利亞(Victoria)等處苜蓿上所發生之烏巢病，據 Edwards 氏 (1936) 試驗，此病可由嫁接而傳佈。

(b) 接染 (inocubation) 患病植物之毒汁傳及健全植物後，即能致病。如 Elmer 氏 (1925) 以豆嵌紋病組織內之液汁，接染(用布浸潤染病植物之液汁，在健株上磨刷)於健全之菸草及蕃茄葉上，而發生相同之病狀。

(c) 種子傳染 由患病植物之種子，或其他繁殖部分而傳佈，如豆類嵌紋病 (mosaic)，萵苣嵌紋病，在病株種子內有百分之三十至五十染有病毒。菸草二圈點病 (2-ring spots of tobacco)，是病株種子百分之三十染有病毒。

(d) 接觸傳染 如患病菸草與健全菸草相磨擦後，即能致病。

(e) 花粉傳染 如豆及野茄草 (jimson weed 屬茄科) 之嵌紋病，均由花粉傳染。

(f) 昆蟲傳佈 大多數之植物視外毒病，由昆蟲所傳佈。在同翅目中，如蚜蟲、浮塵子、對於傳佈植物視外毒病，為數極多。其他如花蝨 (Thrips)，椿象 (*Lygus pratensis*) 亦可傳染本病。在咀嚼口式昆蟲內，如甲蟲(大多數為金花蟲科)及蝗蟲類，亦能傳佈，惟為數極少。由種種實驗所得，多數植物之視外病毒，一與空氣相接觸，則失去傳染之能力。但亦有少數種類，經長時間之存在者，故本病適於吸收口式昆蟲之傳佈(口部插入植物組織內，病毒不與空氣相接觸)，而不適於咀嚼口式之昆蟲。

C. 植物視外毒病與昆蟲之關係。

關於植物視外毒病之研究，近年進展頗速，茲錄其重要之點如下：

(a) 有一部分視外毒病在昆蟲體內，能經過相當時期，即所謂培養時期(incubation period)是也。如昆蟲吸傳染病植物之液汁後，病毒能由消化道透入血中，再至唾液腺(更與唾液相互混雜，隨昆蟲取食時而入植物之組織內)，其所需時間之長短，視溫度及傳病昆蟲與視外毒之種類而異。Storey 氏(1932, 33)謂一種浮塵子(*Cicadulina mbila*) 傳佈玉米條紋病視外毒之能力如何，視昆蟲腸壁對於視外毒之穿透力(permeability)而決定。氏試得在自然界內，此種昆蟲雖在同種內，亦有二系(strains)：其一能傳佈玉米條紋病視外毒者，稱之曰能染性昆蟲(active insect)；其他一系則不能傳佈該病者，稱之曰不染性昆蟲(inactive insect)。此種傳佈病毒之能力，可以遺傳，並成為顯著之孟德爾因子，而雜者均為異形接合的(heterozygous)個體。如將此二系昆蟲同時使之吸食患病之植物，則屬於能染性類者，在腸與血內，均可覓得視外毒之存在；但在不染性類之昆蟲，則視外毒祇存留於腸內，並不發見於血液中，將來亦不能傳佈病害。如將不染性昆蟲於取食之前後，在腸壁上加以刺穿，則對於病毒又能傳佈，一如能染性昆蟲然。別一試驗，如將染毒昆蟲之血或患病玉米之汁，用針直接染於不染性昆蟲之血內，再使之侵食健全玉米，則不能傳佈相同之疾病。由此試驗，則上述二系昆蟲均可在患病植物上，吸得視外毒，同時，亦可在健全植物上，傳佈疾病。二系昆蟲惟一之區別，在腸壁對於視外毒能否穿透。

視外毒在昆蟲唾液內之存在與否及其與染病之關係，研究者頗

多。Storey 氏曾於檢視 *C. mbila* 之唾液腺，未見有視外毒之存在。Bennett 氏 (1938) 在別一種浮塵子唾液腺內所檢得之視外毒，亦不如其他各部之多。惟以上兩氏檢查之昆蟲，皆在休息時期，當昆蟲活動時，唾液腺之分泌頗多，而視外毒或亦有隨之而增高之可能。但由另一試驗，可反證唾液中所含之視外毒不甚充分。因染有病毒之浮塵子，如侵害於多株植物時，並不全部發生病害。在同羣之浮塵子內，有若干個能傳病於較多之植物，而同一染有病毒之浮塵子，如在植物上吸食之時間愈長，則傳染植物之疾病愈多。依此種現象，吾人可以推測昆蟲唾液腺內之視外毒量易於用盡，同時，血中所存留之視外毒透入唾液腺時斷時續，並非長流不息。因此，被蟲害之植物有染病與健全之別，如視外毒在昆蟲體內數量愈多，或經過之時間愈長，則其透入唾液腺內者亦愈多。

同種昆蟲，其時期不同，對於視外毒之傳佈，頗不一致。一種浮塵子與花蝨 (*Frankliniella insularis*, *Thrips tabaci*) 染病之幼蟲及成蟲，雖均可傳佈蕃茄之點萎視外毒病 (Tomato spotted wilt virus) 至健全植物上，但祇有幼蟲時期，吸食患病植物後，方能染病；在成蟲雖吮吸患病植物，仍無染病能力 (Bald and Samuel, 1931)。此或由於花蝨成蟲之腸壁，不能使視外毒穿透所致。

視外毒在植物體外，呈膠體狀，通常不能透過半透腸膜 (semi-permeable membrane)。固爾，則視外毒如何能透過昆蟲腸壁而入循環系統？至今尚未十分明瞭。但昆蟲腸壁組織因種類而有差異，由此，或可解釋昆蟲間染病性之不同。如昆蟲腸壁無圍食膜 (peritrophic membrane) 之存在者，則病毒之透過較易，否則頗難。如馬鈴

著葉捲病視外毒，能穿過蚜蟲 (*Myzus persicae*) 之腸壁，但不能透過浮塵子 (*E. tenellus*) 之腸膜。頂捲葉視外毒 (curly top virus) 對於後者昆蟲之腸壁可透過，而不可穿過 *M. persicae* 之腸壁。同時，凡昆蟲吸食患病植物而不傳佈疾病者，則所吸得之視外毒大都存留於腸內，並不透入血與唾液腺中，如 *Peregrinus maidis* 與玉米葉條紋病之視外毒 (Storey, 1933) 及若干種花蝨，蚜蟲，浮塵子之與捲頂病視外毒之關係然 (Bennett 1935)。

(b) 有若干種視外毒在昆蟲體內之培養時期，如為時過久，則失去其傳染力 (infective power)。換言之，病毒之傳染力有一定之時效，但亦有若干種視外毒能經昆蟲之一生，非但不失其傳病效力，同時，病毒可在昆蟲體內增殖，如蕃茄上之視外毒 (如 spotted wilt)，在常溫下，自視外毒吸入昆蟲體內至傳及他株，需時 5-9 日，能留於傳佈該病之花蝨 (*Frankliniella insularis*) 體內，為時極長 (Samael 1931)。至鳳梨黃點病之視外毒，存留於一種花蝨 (*Thrips tabaci*) 體內之時期，為 10 日左右 (Linford, 1932)。Hartzell 氏 (1936) 研究桃黃病 (peach yellow) 之病毒，由浮塵子 (*Macropsis trimaculata*) 所傳佈，氏試得病毒在浮塵子體內之培養時期，為 10-26 日，平均 16 日，最短者為 4 日，但如超過此日期，不論為短為長，病毒均失去其傳病之效力 (浮塵子以稚蟲時期傳染本病)。Osborn 氏 (1955) 謂豌豆之第一視外毒病 (virus I)，乃由豌豆蚜 (*Macrosiphum pisi*, *kalt. M. gei*, Koch.) 所傳佈，病毒於蚜蟲體內之培養時期，在 9-48 小時後，即有染病之效，并能傳病至 29 日之久，如蚜蟲不死，病毒亦可永能生存。氏於 1937 年報告豌豆之第二視外毒 (virus II)。

可由三種蚜蟲（豌豆蚜 *M. pisi*, 馬鈴薯蚜 *M. gei*, 及豆蚜 *Aphis rumicis*）而傳佈，每一個蚜在患病植物上取食 5 分鐘後，即能將病毒傳佈至健全植物上。氏試得有若干蚜羣，在吸收病毒 15 分鐘後，再移食於健全食物，則失去其染病能力。由此，可知該種視外毒在上述三種蚜蟲體內，並無培養時期，類於此者頗多。此種視外毒亦可由磨擦或針刺等接種而傳佈。根據上述事實，有人解釋此乃由於昆蟲在患病植物上吸取食物時，其口器染附有視外毒所致。此純為一種機械式之傳佈，故昆蟲在染得視外毒後，無須有培養時期，即能在極短期間，傳至健全植物也。

但由別一試驗之結果，則上列解釋又難全部應用，蓋一種視外毒常能由多種昆蟲而傳佈者，則其傳佈效力之大小，常各不相同。Severin and Freitag 氏 (1938) 曾將一種芹菜嵌紋病，由 11 種蚜蟲設法使之傳佈，得各種傳病效力之差異為 14—84。Watson 氏 (1936) 試得 *Hyoscyamus virus*, E. 可由二種蚜蟲而傳佈，即 *M. persicae* 及 *M. circumflexus*。惟前者傳病之效力較後者為大，但對於黃瓜第一視外毒病則二種蚜蟲傳病效力之大小，適與上述情形相反。Hoggan 氏 (1931) 報告有多種蚜蟲不能傳佈菸草之嵌紋視外毒病。如昆蟲對於視外毒之傳佈，純由口部吸着患病植物之液汁而致者，則上述事實頗難以解釋。

(c) 關於視外毒病在昆蟲體內是否須俟其增殖之後，方可傳病於健全植物上？自來研究者，各有主張。Freiting (1936) Bennett (1938), Storey (1938) 等氏檢得浮塵子能傳佈病毒之有效時期，視其在患病植物上吸食時期之長短而定。有若干種昆蟲在患病植物

上吞食後之數分鐘，即能傳病，但其有效時期頗短，反之，昆蟲在患病植物上，取食若干小時或數日者，則其傳病之有效時期較長，或竟終生而有傳佈視外毒之效力。如視外毒在昆蟲體內，有增殖之能力者，則無此現象。同時，對於 Hartzell 氏試驗之結果，亦無法加以解釋。故有人謂視外毒並不能在昆蟲體內增殖，惟昆蟲取食之時，所得之視外毒，暫時藏留於血中，日後漸行消耗。如視外毒由血中透入唾液腺內之速度遲緩者，則昆蟲傳病之有效時期亦必延長。

Kunhel 氏 (1937, 38) 試得一種浮塵子 (*Cicadula sexnotata* Fall) 能傳佈紫莖之黃視外毒病 (aster yellow)，但如將浮塵子曝露於高溫 32°C 一日之久，即失去其傳病之效力。若再將其移入於低溫 24°C 下，則又可恢復其原來之傳病之效能 (毋須在患病植物上吸食)。氏又試得浮塵子在高溫下 (32°C)，雖為時有一週之久，但一入低溫內後，其傳病之效能，即可恢復，惟其復元所需之時間，不如在高溫內之速，如下所示：

在高溫下 (32°C) 之時間 移入低溫 (24°C) 內恢復傳病效力之時間

1 日	數小時
1 週	2 日或較長
12 日以上	不能復元

Kunkel 氏根據上列事實，亦信視外毒可在昆蟲體內增殖，蓋浮塵子在高溫內，如為時過久，則可使大多視外毒呈不活動狀態；若為時較短，則祇有一部份視外毒受影響而不活動。前者在低溫下，須經較久時期，俾視外毒有充分增殖之後，方可有傳病之效。惟 Bawden 氏 (1939) 對於此種解釋，加以懷疑，蓋視外毒在高溫下受傷之後，即

無傳病能力，此點吾人又須假定傳病昆蟲體內所含之視外毒甚少。此與 Bennett 氏之結果頗不符合。如以昆蟲置於高溫中一日，即失去其傳病效能，但何以昆蟲行一週高溫處理者，反能恢復其傳病效能？氏謂 Kunkel 氏之試驗結果，或由於視外毒在昆蟲唾液腺內者易受高溫之影響，而失其效能；其存在血中者，不易為高溫損毀，所需復元之時期，乃為視外毒由血中透入唾液腺內所需之時期。如熱期過常，則使血中之視外毒將亦受影響，致其在低溫下透入唾液腺之數量亦為之減少。因此，使昆蟲恢復傳病之時期亦為之延長。

大多數視外毒在昆蟲體內，並不能遺傳，即染有病毒之前代，不能將病毒由卵而傳至幼蟲時期。惟亦有人信一部份昆蟲并不如是者。Fukushi 氏 (1934, 1935) 報告日本水稻萎縮病之視外毒，能由浮塵子 (*Nephotettix apicalis*, Motsch var *cincticeps*) 之成蟲傳入卵內。同時，氏試得其傳佈全由雌蟲而決定，如將染有病毒之雄蟲與不染病毒之雌蟲相交配，其後裔則全無病毒。但在染有病毒雌蟲之後裔內，亦並非全部能染病，有時雌蟲一經染有病毒之後，能繼續綿延，傳至第三代之後裔。氏根據此種結果，深信視外毒入昆蟲體內之後，可以增殖，但以氏之實驗中亦常發現一部份之染病浮塵子，雖在各種條件適宜之下，非但不能遺留於後代，且易失去其傳病效能，此種事實又似為視外毒不能在昆蟲體內增殖者。

根據上述各點，視外毒在昆蟲體內之有培養時期，至今學者尚不能確切明瞭其原因。較近事實之解釋，乃為視外毒由腸內透入血中，更進唾液腺而再射入植物組織，其間需相當時期，視外毒在此期內，或能增殖，但多數試驗之結果，昆蟲體內所有之視外毒均得之於

患病之植物也。

昆蟲對於視外病毒(Viruliferus)之能否傳佈，在形態上或細胞學上，尙不能發見其差異之點，同時在患病植物上吸食之時間，亦無彼此之分。

(d) 某種視外毒病專由某種昆蟲所傳佈，此種選擇 (specificity) 之現象爲例頗多，如甜菜上之視外毒病(Savory disease virus)，祇由一種軍配蟲 (*Piesma cinerea* Say) 所傳佈，甜菜上之捲頂病 (sugar beat curly top) 由浮塵子 (*Eutettix tenellus*, Baker) 所傳佈。但亦有一種視外毒病能由多種昆蟲而傳佈者，如黃瓜嵌紋病 (Cucumber mosaic) 可由豆蚜及黃瓜甲蟲而傳佈，Zaumeier (1933) 及 Zaumyer and Kearns 氏 (1936) 謂豆之嵌紋病，可由多種蚜蟲而傳佈，下列蚜蟲爲傳佈本病之主要昆蟲：

Aphis rumicis, L.

Myzus persicae, Suls

Macrosiphum solanifoli, Ashm

M. pisi, Kalt

M. ambrosiae, Thos.

Y. Imsi 氏 (1934) 在日本發現蠶豆 (*Vicia faba*) 之嵌紋病由於三種蚜蟲所傳佈，如 *Aphis laburni*, Kalt, (*A. rumicis*), *Acyrtosiphum pisi*, Kalt (*Macrosiphum pisi*) 及 *Rhopalosiphum persicae*, Bulr (*Myzus persicae*)。反之，一種昆蟲可傳佈數種視外病毒者，如桃蚜 (*Myzus persicae*, Sulf) 可傳染馬鈴薯、蕃茄、豆、胡椒、水蓮等之嵌紋病。

植物之視外毒病，有時其病原不止一種，常由兩種混合一起。在

外觀之，似爲一種，如蕃茄上之條紋病 (tomato streaks) 在葉上有黃條，同時，果部亦變黃色，在外視之，似爲一種視外病毒，實則此病乃由馬鈴薯嵌紋病及斑點病相合而成。若將此二種病原各別噴射於蕃茄上，則不生原來之病狀；如將二種病原混合噴射，方可發生本來之病症。此種混合視外毒 (mixed virus)，可利用昆蟲而分離之，即某種昆蟲對於混合視外毒病內之一種病毒，有特殊之選擇，因此，該種病毒得由混合病毒體內吸出，而遺留其他一種於植物內。此種現象，Hoggan (1929, 1933) Smith (1931) 氏等均有研究。如馬鈴薯上之波摺病 (crinkle disease) 具有二種視外毒，即 (1) 在馬鈴薯上發生不甚顯著者 (potato virus x)；(2) 發生較顯著之嵌工病 (potato virus y)，此兩種病毒之傳佈，並不相同，後者病象可由下列兩種蚜蟲而傳佈之。

Myzus persicae, Sulz.

Aphid rhamni, Kalton.

氏謂 *M. persicae* 祇能從菸草嵌紋病內 (此爲一複式之視外毒病，由菸草嵌紋病之視外毒，及黃瓜嵌紋病之視外毒相合而成。) 吸取黃瓜嵌紋病之視外病毒。Storey 氏 (1937) 報告在非洲玉米上，有兩種視外病毒：(1) 呈條紋者 (streak)，(2) 呈斑點紋者 (mottle)，傳佈病毒之昆蟲爲數種浮塵子，如 *Cicadulina mbila*, *C. zae*, *C. storeyi*。病毒能在浮塵子體內過冬，至明春，由成蟲再爲傳病。氏謂在三種浮塵子中，關於 *C. mbila*, *C. zae* 之不染性變種 (inactive race)，則不能傳佈條紋病，而能傳佈斑點病。在玉米上，如兩種視外毒病同時發生，則普通斑點病之存在，並不妨礙條紋病毒之發育，但在若干

處，氏發現斑點病能延遲條紋病狀之進行。

(e) 凡視外毒病能由昆蟲傳佈者，不一定可由人工而傳染之。但凡能由人工傳染之視外毒病，則昆蟲均可傳佈，惟菸草上之視外毒 (tobacco mosaic 及 potato virus x)，用人工方法，最易傳染，而於昆蟲則頗難。

(f) 視外毒汁在植物內，似有一定處所，並不散佈於各組織間。Bennett 氏 (1954) 謂傳染甜菜捲頂視外毒 (curly-top virus) 之浮塵子 (*Euttix tenellus*)，其口刺亦須達葉脈內部之韌皮部 (phloem region)，該處為甜菜捲頂視外毒積聚之處，當浮塵子吸收寄主養料時，視外毒汁亦得隨之而傳入體內。如浮塵子之口刺在柔組織 (parenchyma) 處取食者，非但其死亡率高，抑且染得視外毒之機會極少。傳佈玉米條紋病視外毒之昆蟲，其口器亦須深達寄主韌皮部，否則不能染得病毒 (Storey, 1938)。蚜蟲之能傳染馬鈴薯捲葉視外毒病之關係亦然 (Dykstra and Whitaker, 1938)。

(四) 昆蟲傳佈視外毒病之種類

植物之視外毒病，由昆蟲而傳佈者，為數極多，且近年續有發現。Katsura 氏 (1936) 報告，日本在 1890 年時，所發現之水稻萎縮病 (stunt)，至 1900 年，始證明為一種視外毒病，而由浮塵子 (*Nephotettix apicalis* Motsch var *cincticeps* Uh!) 所傳佈。在 1733 年，日本農民因此病而發生饑荒。本病近年在菲列賓發生頗多，Julian 等氏 (1941) 檢得亦由浮塵子 (*Nephotettix bipunctates*) 而傳佈。在蘇聯 1899 年，D. Iwanowski 氏首先注意豆之嵌紋病，該病由蚜蟲

所傳佈。在檀香山有一種浮塵子 (*Peregrinus maidis*, Achm) 能傳佈玉米葉上之黃條視外毒病 (Maize stripe), 但不能傳及於甘蔗上, 惟傳佈玉米嵌紋病之玉米蚜 (*Aphis maidis*), 則能在甘蔗上染同樣之疾病 (Kunze 1922)。此種情形在古巴亦然。Wellman 氏 (1934) 發現棉蚜 (*Aphis gossypii*) 能由鴨跖草 (*Commelina nudiflora* L.) 上傳佈芹菜之第一視外毒病 (celery virus I) 至芹菜上, 更由芹菜上而傳至玉米。此外, 野生玉米 (teosinate), 高粱, 小麥, 大麥, 均能染受此種病毒, 而發生相同之病象。關於甘蔗上視外毒病之研究, 在熱帶及亞熱帶內, 舉行較多。Pemberton 氏 (1936) 在澳洲發現浮塵子 (*Perkinsiella saccharicida*, Kirk) 為傳佈甘蔗非其病 (Fiji disease) 之昆蟲, 此病在非列賓島上, 則由別一種浮塵子 (*P. vastatrix*, Bredin) 所傳佈。其他浮塵子如 *P. vitiensis* Kirk 亦可傳佈是病, 在甘蔗上之嵌紋病發生極為嚴重。據 Ingram and Summers 氏 (1936) 報告, 該病於 1933 年, 證明由一種甲蟲 (*Aphis maidis* Fitch) 所傳佈, Strong 氏 (1936) 謂美國拍托里科 (Puerto Rico) 甘蔗上之嵌紋病, 可由三種蚜蟲 (*Hysteroneura setariae*, Thomas; *Carolinaria cyperi* (蘆葦蚜); *Aphis nerii*, Kalt) 而傳佈。在中國據何、李兩氏 (1936) 報告, 甘蔗嵌紋病由一種粉蝨 (*Pseudococcus* Sp.) 及一種粉蝨 (*Oregma lanigera*, Zehntner) 所傳佈。Van der Meulen 氏 (1928) 謂蚜蟲中如 *Myzus persicae* (Sulz), *Aphis rhamni*, Boyer. 及 *Macrosiphum pisi*, Kalt. 能傳佈白苜蓿 (*Trifolium repens*) 之嵌紋病, 而 *A. rhamni* 能將白苜蓿上之嵌紋病傳至馬鈴薯上。M. W. Stubbs 氏 (1936) 報告, *M. pisi* 能傳佈豌豆上多種視外毒病, 如 Virus 1, 2A,

2B, 2C. 至豌豆, 及蠶豆上. 此種現象, 在其他各地亦均相同. C. H. Elmer 氏 (1922, 1925) 謂一種粉蝨 (*Pseudococcus maritimus*) 能傳佈茄上之視外毒病至豌豆上, 或由豌豆上傳至大豆. Storey and Bothomley 氏 (1925) 謂花生之嵌紋病, 呈薔薇形之病結 (rosette type) 者, 乃由一種蚜蟲 (*Aphis leguminosae*, Theob.) 所傳佈. 此種病在熱帶及非洲東部頗多. 據 Hargreaves 氏 (1936) 之報告, 凡生長於蔭處之花生, 對於本病之發生, 不如在赤露地之旱而嚴重, 當花生發育至中途時而罹本病者, 則對於產量之損失極微. Kenneth M. Smith 氏 (1934) 謂發生於蕃茄上之一種視外毒病 (spotted wilt), 可由菸草花蝨 (*Thrips tabaci*, Lind.) 而傳佈至蠶豆及羽扇豆 (*lupine*) 上. Osborn 氏 (1937) 謂紅苜蓿上之葉脈嵌紋病, 可由豌豆蚜而傳及於蠶豆上, 氏謂多種苜蓿上之視外毒病, 亦可由機械方法而傳佈. 如以健全之豆與患病之苜蓿或豌豆等相互磨擦, 即能染得相同之病. 劉國士氏 (1937) 報告 (未發表之論文) 蚜蟲中如 *M. pisi*, Kalt; *M. gei* Kech; *A. rumicis*, L.) 為豆類嵌紋病之媒介昆蟲. 但亦可由機械方法 (壓取患病植物之液汁, 用消毒紗布浸吸此種液汁而塗於健全植物葉面) 而染病. 同時, 測得蠶豆及甜豌豆上之視外病毒, 在蚜蟲 (*M. pisi*) 體內之培養時期極短, 祇為數分鐘. 但普通豌豆之視外毒在若干種蚜蟲體內, 其培養時期較久, 為 $3\frac{1}{2}$ -4 小時. Kurkel 氏 (1938) 謂在美國所發生之桃黃病及小桃病, 乃由一種浮塵子 (*Macropsis trimaculata*, Fitch) 所傳佈. 該種病可因溫度之增減而有變異, 如外界溫度在 95°F 左右, 則有利於本病之發生, 如將染病之桃枝浸於溫度 122°F 之熱水內, 為時四分鐘, 則本病可即消除; 若浸潤

之時間縮短至兩分鐘，即無除病之效。此種熱水治療方法，如在發病季內，重複舉行六次，則可免除本種視外毒病之發生。由此，可證明致桃黃病或小桃病之視外毒，不慣生活於高溫度下。同時，在 95°F 下之低溫度內，浮塵子亦不甚活動。凌立，楊演氏 (1940) 在成都試得桃蚜 (*Myzus persicae*) 能傳染油菜、白菜、大芥菜、蘿蔔及蕪菁之嵌紋病。毒素在溫度 60°C 下經 10 分鐘，或在 11°—13°C 下貯藏 5 日及稀釋 1:6000 倍，仍保持其致病效力。植物視外毒病與昆蟲之關係，近年發現頗多，此處亦不再贅述。

(五) 昆蟲與毒素病 (insects and toxicogenic diseases)

有若干類吸口式之昆蟲，如蚜蟲、浮塵子、木蠹及椿象等，當取食時，常分泌毒素於植物組織內，致使寄主發生一種疾病。Carter 氏 (1936) 稱曰毒素病 (toxicoses 或 toxemia)；對於能在植物上注射毒素之昆蟲，稱曰致毒素昆蟲 (toxicogenic insects)。一般毒素病之病狀，常與視外毒病不易辨別，Carter 氏根據此兩類病之形狀及發生情形，列成下表，藉作檢別時之參考：

由昆蟲所致之毒素病	視外毒病
1. 由昆蟲分泌之植物性毒素所致。	1. 由視外毒 (virus) 所致。
2. 毒素液在植物內不能繁殖。	2. 視外毒能在植物內繁殖。
3. 病株通常能復元。	3. 病株難能復元。
4. 病之輕重與昆蟲在植物上之多少及取食時間之長短有關係。	4. 病之輕重與昆蟲在植物上之多少及取食時間之長短無關係。

- | | |
|----------------------------------|-------------------------|
| 5. 昆蟲所具之毒素由遺傳而來。 | 5. 昆蟲所具之毒素由昆蟲在病株上取食時染得。 |
| 6. 病並不能由植物傳佈（或由植物之嫁接而傳佈）而長期繼續發生。 | 6. 病能由植物之傳佈及嫁接等而長期繼續發生。 |
| 7. 病之防治與昆蟲防治之程度成比例。 | 7. 病之防治與昆蟲防治之程度恆不成比例。 |

植物之毒素病頗多，病狀亦不一致。Granovsky 氏 (1930, 31) 就病之生理上云“一般浮塵子、蚜蟲、介殼蟲等吸取植物液汁後，同時可使植物失去生理作用上之平衡。因此，由光化作用造成之產生物的運輸，亦爲之阻礙。致被害處之組織，積聚澱粉與糖，因此，植物發生多種畸形怪狀之生長。枝條枯萎，或未成熟而先死”。Johnson 氏 (1934) 亦作相同之解釋，并謂“在有毒素浮塵子刺吸處之上部組織內，積聚過多之醣類（由光合作用所造成），致成一種病象，此種病狀乃爲機械之傷害”。

茲錄若干種昆蟲所致之毒素病如下：

1. 蚜蟲 蚜蟲所致之毒素病頗多，Wood 氏 (1900) 在北美觀察石竹葉受蚜蟲吸食之後，即發生一種斑點病 (puncture disease 或稱 Stigmonose)，此病前人誤認爲由細菌所致。

2. 浮塵子 在馬鈴薯、苜蓿、棉、蓖麻及豆類等被某種浮塵子刺食之後，葉先呈萎黃而捲縮，入後即行枯落，此種病症稱曰浮塵子火燻病 (Hopper burn)。北美洲之一種浮塵子 (*Empoasca fabae*)，其寄生於馬鈴薯上者，使葉尖與葉緣先變色而枯萎；入後延及於全

葉，其病狀一如火燄然。Reinhard 氏 (1926, 27) 在美國棉花上，發現一種浮塵子 (Psallus)，凡被其害者，呈多種病狀，如：(1) 幼齡凋落，(2) 果枝不發育，(3) 畸形生長。在我國為害棉葉之浮塵子 (Chlorita biguttula)，能致棉畸形病 (Cyrstosis)。病葉在邊緣先變成黃色而向下捲，入後，繼呈赤色而枯萎。該種浮塵子能兼食梧桐、茄、木芙蓉、蜀葵 (Althaea rosa)，苘麻 (Abutilon aviceae) 等植物，亦能發生畸形病，惟不如在棉上之嚴重。沈其益氏 (1937) 查得中棉內如江陰白籽棉等，受害特甚，美棉中如 Beni Verum 262 及新造棉均具有強大之抵抗力。凡棉葉背面密生叢毛者，大多不受浮塵子之為害，亦無畸形病發生。此種現象在北美洲有若干種浮塵子寄生於苜蓿、蘋果上者，亦以葉或莖上密生叢毛之品種能抵抗浮塵子之侵害，而少火燄病之發生。蓖麻 (Ricinus communis) 上之浮塵子 (Empoasca formosana)，在四川東部一帶，發生極多，每年三月下旬，即有稚蟲出現，七、八月時，蟲發生最多。被其寄生之葉，初在邊緣部發生變色而略形捲縮，漸次延及於全葉，入後即行枯落。川東一帶之蓖麻，因此病之發生，致每年夏季新葉脫落殆盡。其生機強健者，尚能再生第二次之新葉，稍弱之株即行枯死，損失極重。

3. 吹咆蟲 Withycombe 氏 (1926)。報告在北美甘蔗上有一種吹咆蟲 (Thomaspsis saccharina, Dist) 能使寄主發生一種疫病 (frog hopper blight)，即葉被吹咆蟲刺吸之後，先呈黃色病點，并漸形擴大而呈紅色，入後，變為棕色而枯萎。同時，甘蔗節間之長度縮短，致全株形成矮小，并在株之近地面處，發生多數不正常之芽與根，在細胞汁內之酸度亦形增加，若將此種吹咆蟲及時消滅，而土壤

及氣候均適於甘蔗之生長者，則病株尙可復元。

4. 粉蝨 在壇香山、牙買加 (Jamaica) 及中美洲等處之鳳梨上，受有一種粉蝨 (*Pseudococcus brevipes* (Ckl)) 之爲害，致寄主發生枯萎病 (wilt)。病之輕重，因寄主之年齡，健康程度，及粉蝨開始爲害時之數目而異。Carter 氏 (1933) 檢別鳳梨受粉蝨爲害後之病狀有兩種：(a) 速萎症 (quick wilt)，多發生於小鳳梨上，而以開始爲害之蟲數在 50 個以上者，更易釀成此症。通常寄主稍被粉蝨侵食，即可致病，但顯著病狀之發生，須在兩月以後，病葉柔弱而失色，或呈淡紅色，入後，卽行脫落。其發生於較老之葉上者，往往呈顯明之紅色，病葉尖端呈棕色而枯乾。寄主之呈本症者，通常能復元，惟所結之果極小；(b) 遲萎症 (slow wilt) 多發生於較老之鳳梨上，而以開始爲害之蟲數不多者，常有此種病症之表現，寄主因而死者爲數極多。病葉入後雖形枯萎，但脫落之數較上列一症爲少。葉尖腫脹，根部發生不正常之組織。氏 (1935) 又檢得此種粉蝨並非各個均具毒素，因此，鳳梨受多數粉蝨寄生時，枯萎病發生之機會較多。

5. 木蝨 Richards and Blood 氏 (1933) 謂寄生於蕃茄及馬鈴薯上之一種木蝨 (*Paratrioza cockerelli*, Sulc)，能致寄主生葉黃病 (Psyllid yellow)。病葉初時在基部之邊緣呈黃色而向上捲，莖頂之葉常呈紅色或紫色，莖不作正常之生長，節肥腫，葉腋間之芽或發生成爲短枝，基部肥腫而着生之葉凌亂異常。寄主生在強烈日光下者，病狀更爲顯著。Eyer and Crawford 氏 (1933) 曾檢驗蕃茄葉被木蝨之侵害處，薄膜組織內滿積澱粉，由此，可知病處光合作用之產物不能輸送至其他部份也。在我國中部梧桐上之木蝨 (*Thysanogyna*

limbata, Ender)當寄主嫩葉或莖被刺食之後，先行捲縮，入後，即行枯萎，其在較老之葉者，則病之發生頗輕。

6. 椿象 在椿象中，有不少種類，其唾液腺內具有毒素，能使寄主發生疾病。Kenneth M. Smith氏(1920)謂在英倫之蘋果上，備受五種盲椿象之爲害。就中有一種(*Pleisicoris rugicollis*)刺食果葉之後，寄主受害處之組織均歸死滅。若蘋果小時被其侵害，則將來成熟時，果形或歪斜，色變深赤。Ewing氏(1929)曾試驗六種椿象(*Psallus seriatus*, *Lygus pratensis*, *Adelphacoris rapidus*, *Creontiades debilis*, *Paeciloscytus basalis*, *Lygus apicalis*)在棉株上取食後之結果，得幼棉鈴或萎縮或脫落，如葉柄被害，則葉異常叢生。Manniger and Manniger氏(1933)報告，匈牙利(Hungary)小麥之幼莖在早春時，若被椿象(*Eurygaster austriaca*, Schr; *E. maura* L; *Aelia acuminata*, L.)刺食之後，即行枯死。氏謂此或由椿象口部所分泌之一種酵素(proteolytic enzyme)染入植物組織內所致。沈其益氏(1956)在南京發現棉之葉切病(Tomosis)乃由四種盲椿象(*Lygus lucorum* Fieb. Var. nov.; *Adelphocoris suturalis* Jak.; *Compylomma nicolasi* Put. & Reut 及 *Plagiognathus albipanis* Fallen)所致。此種椿象能產卵於棉株上，成蟲，稚蟲刺吸棉幼葉棉鈴等。幼葉之被害部先現小黑點，該處細胞均形死滅，遂致全葉呈不均勻之生長。如葉芽被害，將來葉長大時，呈各種害狀，如：(1)在主脈間呈大塊之空缺，(2)葉垂(lobes)萎縮，(3)主脈形成彎曲狀，(4)葉多呈捲曲形；棉鈴被害後，即形脫落。有時在棉株上端，分枝頗多，徒生葉而不結果。

參考資料

1. Bawden, F. C. 1939. Plant Viruses and Virus Diseases. Chap. 4, 5. Chronica Botanica Co. Leiden-Holland.
2. Beattie, R. K. 1933. How the Dutch Elm Reached America. Natl. Shade Tree Conf. Proc. 9: pp. 101-105.
3. Bennett, G. W. 1934. Plant-Tissue Relations of the Sugarbeet Curly Top Virus. Jour. Agri. Research. Vol. 48. No. 8. pp. 665-701, 1938. *ibid.* 56. p. 71.
4. Buchanau, W. D. 1941. Experiments with an Ambrosia Beetle, *Xylosandrus germanus* (Blfd). Jour. Econ. Ent., 34 (3), 367-39.
5. Carter W. and Schmidt, C. T. 1935. Mass Action Phenomena in Mealybug wilt. Ann. Ent. Soc. Amer. Vol. XXVIII pp. 396-403.
6. Carter, W. 1936. The Toxicogenic and Toxiniferous Insect. Science 83:522.
1936. The Symbionts of *Pseudococcus brevipes* in Relation to a Phytotoxic Secretion of the Insect. Phytopath. 26:176-183.
Collins, C. W., W. D. Buchanau, R. R. Whitten and C. H. Hoffmann. 1939. Bark Beetle and other Possible Insect Vectors of the Dutch Elm Disease, *Ceratobomella ulmi*.

- Hour, Econ. Ent. 29(1), pp. 169-176.
7. Colling, C. W. 1941. Studies of Elm Insects Associated with Dutch Elm Disease Fungus. Jour. Econ. Ent. 34 : (5), 369-372.
 8. Dobroscky, I. D. 1931. Studies on Cranberry False Blossom Diseases and its Insect Vector. Boyce Thompson Institute for Plant Research. Vol. 3, No. 1 pp. 59-83.
 9. Elliott, C. 1935. Dissemination of Bacterial Wilt of Corn. Iowa State Cal. Jour. Sic. 9: pp. 491-480.
 10. Eyer, J. R. and R. F. Crawford, 1933. Observations on the Feeding Habits of the Potato Psyllid (*Paratysioz cockerelli* Luc) and the Pathological History of the "Psyllid Yellow" which it Produces. Jour. Econ. Ent. 26: 846-850.
 11. Fukushi, T. 1935. Multiplication of Virus in its Insect Vector. Proc. Imp. Acad. (Tokyo) 11 (7): 301-303.
 12. Gossard and Walton, R. C. 1922. Dissemination of Fire Blight. Ohio Agr. Expt. Sta. Bull. 357. pp. 81-126.
 13. Granovsky, A. A. 1938. Insects in Relation to Diseases of Truck Crops. Jour. Eco. Ento. 31 (1): 11 (本文附有參考論文 31 篇).
 14. Hartzell, A. 1935. A Study of Peach Yellow and Its Insect Vector. Boyce Thompson Inc., N. Y. Vol. 7, No. pp. 183-207.

1936. Incubation Period of Peach Yellow in its Insects Vector. Boyce Thompson Inc., N. Y. Vol. 8, No. 2. pp. 113-120 1937. Ibid. 8, 375.
15. Hildebrand, E. M. 1935. Longivity of the Fire-Blight Organism in the Honeybee Environment. *Phytopath.* 25:20.
 16. Hildebrand, E. M. and E. F. Phillips. 1936. The Honeybee and the Beehive in Relation to Fire Blight. *Jour. Agr. Research.* 52, No. 10, pp. 789-810.
 17. Julian, A. A., Seson, P. L. and Abalos. 1941. A Progress Report on the Rice Maladies Recently Observed in Centrol Luzon with Special Reference to "Stant or Dwarf!" Disease. *The Philippine Journal of Agriculture.* Vol. 12. No. 2. pp. 197-208.
 18. Ho, W. T. and Li. L. Y. 1936. Preliminary Notes on the Virus Disease of Some Economic Plants in Kwangtung Province. *Lingnan Sci. Jour.* 15(1): 67-78.
 19. Konneth S. M. 1933. Recent Advances in the Study of Plant Viruses. P. Blakiston's Son and Co. Chap. V, VI, pp. 101-188.
 20. King, W. V. 1932. Feeding Punctures of Mirids and Other Plant-Sucking Insects and Their Effect on Cotton. U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 296:1-11.
 21. Kunkel, L. O. 1935. Aster Yellows and its Control. Boyce

- Thompson Institute for Plant Research, Inc., N. Y. Vol. 1. No-23. 1938. Insects in Relation to Diseases of Fruit Trees and Small Fruits. Jour. Eco. Ent. Vol. 31, No. 1, pp. 20-23.
22. Larson, R. H., and J. C. Walker. 1939. A Mosaic Disease of Cabbage. Jour. Agr. Res. 59 (5): 367-392.
23. Ling, L. and Juhwa Y. yang (凌立, 楊濱) 1940. A Mosaic Disease of Rape and Other Cultivated Crucifers in China. Phytopathology. 30:338-342.
24. Leach, J. G. 1931. Further Studies on the Seed-Corn Maggot and Bacteria with Special Reference to Potato Black Leg. Phytopath. Vol. XXI, No. 4.
1934. The Interrelationships of Bark Beetles and Blue-Staining Fungi in Felled Norway Pine Timber. Jour. Agri. Research. Vol. 49. No. 4. pp. 315-341.
25. 1940. Insect Transmission of Plant Diseases. McGraw-Hill Book Co. N. Y.
26. Liu, K. S. (劉國士) 1937. Insects Dissemination and Transmission of Viurs Diseases of Legumes (未發表之論文).
27. Osborn, H. F. 1935. Incubation Period of Pea Mosaic in the Aphid. *Macrosiphum pisi*, Phytopath. 25: 161-177.
1937. Studies on the Transmission of Pea Virus 2. by

- Aphids. *Phytopath.* 27, No. 5, pp. 589-603.
28. Pierstorff, A. L. and Lamb, H. 1934. The Honeybee in Relation to the Overwintering and Primary Spread of the Fire Blight Organism. *Phytopath.* 24: 1347-1357.
29. Poos, F. W., C. Elliot. 1936. Certain Insect Vectors of *Aplanobacter stewarti*. *Jour. Agr. Research*, Vol. 25, No. 8. pp. 585-608.
1938. Insects in Relation to Diseases of Cereal and Forage Crops. *Jour. Eco. Ent.* Vol. 31, No. 1 pp. 24-38. (本文附錄參考論文 83 篇)
30. Reinbard, H. J. 1926. The Cotton Flea Hopper in Texas *Agr. Exp. Circ.* 40:1-8.
1927. Control and Spring Emergence of the Cotton Flea Hopper Texas. *Exp. Sta. Bull.* 356:1-32.
31. Richard, B. L. and H. L. Blood. 1933. Psyllid Yellows of the Potato. *Jour. Agr. Research* 46:189-216.
32. Rosen, H. R. 1933. Further Studies on the Overwintering and Dissemination of the Fire-Blight Pathogen. *Ark. Agr. Expt. Sta. Bull.* 283.
33. Rumbold, C. T. 1931. Two Blue-Staining Fungi Associated with Bark-Beetle Infestation of Pines. *Jour. Agr. Research.* 43: 847-873.
1936. Three Blue-Staining Fungi, Including Two New

- Species Associated with Bark Beetles. Jour. Agr. Research, Vol. 52, No. 6, pp. 419-437.
34. Smith, K. M. 1920. Investigation of the Nature & Cause of the Damage of Plant Tissue Resulting from the Feeding of Capid Bug. Ann. Appl. Biol. 7:40-55.
35. Smith, K. M. 1931. Virus Diseases of Plants and Their Relationship with Insect Vectors. Biol. Rev. 6:302-344.
36. Schall, L. A. 1934. Relation of the Potato Flea Beetle to Common Scale Infection of Potatoes. Jour. Agr. Research, Vol. 49, No. 3.
1939. A Textbook of Plant Virus Diseases, J. and A. Churchill Co. London. (本書第八章專論昆蟲與視外毒病之關係)
37. 沈其益 1936. 棉切葉病 (Tomosis) 之研究、南京中央棉產改進所專刊第一號
38. Storey, H. H. 1932. Proc. Roy. Soc. B, 112, 46.
1933. *ibid.* 113, 463.
1938. *ibid.* 125, 455.
39. Tate, H. D. and Vandenberg. 1939. Transmission of Sugarcane Mosaic by Aphids. I. Agr. Research, Vol. 59, No. 1. pp. 73-39.
40. Thomes, H. E. and Parker, K. G. 1933. Fire Blight of Pear and Apple. N. Y. (Cornell) Agr. Expt. Sta. Bull. 557.
41. Thomes, H. E. and Ark, P. A. 1934. Fire Blight of Pear and

- Related Plants, Calif. Agr. Expt. Sta. Bull. 556.
42. Taubenhaus, J. J. 1936. Role of Insects in the Distribution of Cotton Wilt Caused by *Fusarium vasinfectum*. Jpur. Agr. Research. Vol. 53. No. 9, pp. 703-712.
43. Watson, M. A. 1936. Factors Affecting the Amount of Infection Obtained by Aphis Transmission of the Virus Hg. III. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B. No. 540. Vol. 226. pp. 457-489.
1938. a. Proc. Roy. Soc. B. 125, 144.
1938. b. Ibid. 125, 305.
44. Withycombe, C. L. 1926. Studies on the Aetiology of Sugar Cane Froghopper Blight in Trinidad. I. Introduction and General Survey. Ann. Appl. Biol. 13:64-108.
45. Wood, A. F. 1900. Stigmonose: A Disease of Carnations and other Plants. U. S. Dept. Agr. Div. Veg. Physiol. and Path. Bul. 19.
46. Wright, E. 1935. *Trichosporium symbioticum*, N. sp., A Wood-Staining Fungus Associated with *Scolytus ventralis*. Jour. Agr. Research. Vol. 50. No. 6 pp. 525-538.

第八章 地形、土壤、農田

耕作制與害蟲所發生之關係

地形與土壤固為決定農作物種類或種植期之重要因子，同時，又能影響於害蟲之生活。有時，吾人將原來農作之耕植方法為之變更，使害蟲與作物在生態上之連結忽形中斷，或發生重大阻礙，致其繁殖生機驟形衰減，此項方法應用於農業上者，效果頗大。

第一節 害蟲發生與地形之關係

地形不同，影響於土壤、區域氣候 (local climate) 及所適生之植物；而一地之動物聚生狀況，亦隨之而異。

(一) 山嶽地

在山嶽地帶，山之高度，山坡之方向及其傾斜度與動植物之關係，極為密切。Hann 氏謂在赤道內之高山，每升高 100 米，則溫度減低 0.55°C 。同時，植物之生長季亦隨山之高度而縮短，氏根據在阿爾伯斯山各高度內植物生長季之測定，如下所錄(16 年之測定)：

<u>各高度</u>	<u>植物生長期之長短</u>
	8—9個月
1500 米高處	7—8個月

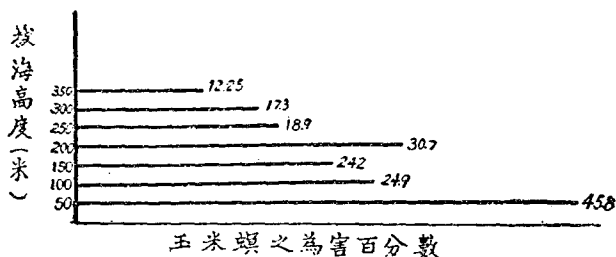
1800 米高處	6個月
2400 米高處	$3\frac{1}{2}$ 個月

昆蟲在山岳地帶之發生與植物相似，在一年內，各期發現之時日，亦因山岳之高度而漸次遲延。Wilkinson 氏(1926)在歐洲研究爲害松類(Pinus)上之天社蛾(Thaumetopoea wilkinsoni, Tams)全年發育之遲早，隨地形之高度而有差異。在英國山嶽地帶，松類之分佈，自地平面起，至 5500 呎以上，在各高度內，均有生長。天社蛾之分佈亦然。該蛾當每年熱月，即行夏眠，俟溫度下落後，方行孵化。因此，山嶽之高度愈大，每年成蟲之孵化期愈早(平地與 4000 呎處兩高度化蛾日期，相差近 1 月左右)，幼蟲之時期愈長，及成熟幼蟲之化蛹愈遲。

有若干種害蟲能在平地上無限蔓延者，當向高分佈時，因一年內總積溫之降低，致其化數亦爲之減少。有時，因過冬時外界溫度過低，致該種昆蟲由山麓向高之分佈(雖在某一時期食物豐富)達某一高度時，則爲之絕跡。玉米螟之幼蟲難能在峨嵋山 1500 米以上過冬即是例也。

Parker 氏(1929)報告在法國東南部之沿地中海區域，玉米螟爲害玉米之百分率，隨地勢之高低而有顯著之差異。氏檢得地勢愈高，玉米之被害百分數愈低，如第五一圖所示。

在山岳地帶，由麓及頂各高度內所生長之植物或栽培之作物，其大氣內溫溼度及日照之關係，自成若干顯明之植物層(stratum)。馬尾松之生長在中國大多於 500 米下之山坡，在此線以上，則生長較少。因此，松毛蟲(D. spectabilis bitascia)之分佈，亦僅限於 5.0



第五一圖 玉米螟 (*P. nubilalis*) 在法國東南部為害玉米之百分數
與地勢高低之關係(錄自 Parker 氏 1929)。

米之高度。

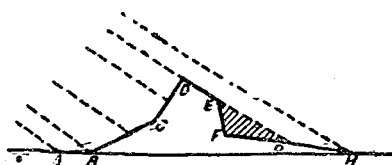
Fletcher 氏 (1926) 在印度察得生產於平地十字花科植物之粉蝶 (*Danais chrysippus*)，有時亦能發見於 5000-7000 呎以上之山地，但因該處並不種植油菜，故粉蝶亦無法生存。寄生於柑橘上之鳳蝶 (*Papilio*)，在四川省至少有六種，其繁殖地均在 500 米以下，有時鳳蝶亦能分佈至 2000 米以上之山區，但該處無柑橘之生長，故亦不能繁殖。

其次，在山岳地帶之農業，均為斷隔不連，無大面積之單純耕地，如西南部之雲貴川三省，凡鄰近水源之山壑，或水源流經之田地，在夏季多植水稻，其他山坡上，雜種玉米、高粱、小米、蕎麥等。此與長江下游平原上廣大之稻麥田顯有不同。前者如稻田偶有害蟲發生，因山峯或不同作物地之阻隔，分佈極形困難；後者因環境單純，故害蟲如發生於一隅，能於短少時期內廣佈於連綿無限之稻麥區內也。

許多植物在高山上的分佈，不但受溫度之限制，抑且受山坡上日

照時間長短之影響。山南坡所受日光之照射，較山北坡增加1.6—2.3倍(Rübel, 1908)(第五二圖)。

因此，山南坡盛長好日光之植物；而適生於多蔭下之植物，如 Pinus, Cembra, Polytrichetum 等，多集生於山北。有許多介殼蟲 祇能發生於多蔭或山北少日光照射之區，因此，害蟲之分佈亦隨日照之多少而不同。



第五二圖 山岳方向之不同與日射角度及強弱之差池。C—D=受強烈日射處，D—E=受微弱日射處。EFG.=在蔭蔽處(由 Braun-Blanquet 書，轉錄 De Martoune 氏圖)

(二) 平原

平原上之農作物，種類較為單純，在相同之氣候區域內，種植及收穫時期頗為齊一，而其分佈之面積極為廣大，故適生於平原區內之害蟲，其分佈區域既廣，而為害亦較重。如下列數種害蟲問題是：

害蟲名稱	分佈地域
棉紅鈴蟲	華北華中及揚子江下游
棉葉跳蟲	華北華中
水稻三化螟	華中華南
水稻二化螟	華北華中華南
玉米螟	全 國
地 蠶	全 國

在平原上，因土壤性質之不同，土內含水之多少，或其他地形上之差異，致在同一區域內，形成若干適生之植物型 (vegetational

type), 昆蟲相亦隨之而變更。Transeuk 氏 (1929) 在美國俄亥俄省 (Ohio) 曾考查墨西哥豆甲蟲及玉米螟之發生, 與當地原來植物型之關係, 得墨西哥豆甲蟲在該省之分佈地, 乃為原來生長混合中生森林 (mesophytic forest) 之區域, 但玉米螟之為害區域, 乃原來由蘆草地 (phragmites march) 而後繼長溼地森林 (swamp forest) 之區, 在原來生長樺、槭混淆林 (beech maple) 等地, 玉米螟之發生極少。刺刺蠅 (*G. morsitans*) 在非洲之發生, 自來研究者極多。近年 Nash 氏 (1930) 及 Lloyd 氏 (1938) 對於蠅之棲息密度與各植物羣落之關係, 更多詳細之調查, 得凡空曠草地生長山茂櫟 (*Protea*) 之草原區, 瘠薄之山坡低溼地, 河流多處, 及一種相思樹 (*Acacia stenocarpa*) 生長地, 均不適於刺刺蠅之繁殖。故此蠅在上述各區內, 發生極少。適宜於該種蠅繁殖之區為康柏樹屬內之一種植物 (*Combretum fischeri*) 所聚生之草原及一種山槐 (*Albizzia brachycalyx*) 羣聚之處與夫園地生長數種豆科植物者 (*Acacia campylacantha*, *A. hebecladoides*)。

如一地生長之植物相有所更變, 則所寄生之昆蟲亦隨之而轉異。Lathröb and Nickels 氏 (1931) 研究覆盆子 (blueberry) 生長之消長與蠅患重輕之關係, 考覆盆子在美國孟省 (Maine) 之東北邊境, 自生自滅, 惟每年所產果量頗多。如該地成長之松柏林 [乃當地最後之適生森林 (climax forests)], 經燒燬後, 繼而生長者為高灌木羣落 (shrub association) 之植物, 若每隔 2-3 年, 又遭遇火燒, 或人工之移植, 則矮小之覆盆子羣落 (blueberry association), 將繼而適生於是境。覆盆子生長於高灌木羣落叢下及松柏林之邊緣者, 非但發

育不良，抑且爲數極少，并受蠅（*Rhagoletis pomonella*, Walsh）害極重。但該處自高灌木羣落衰退而成爲矮覆盆子羣落時，則覆盆子之繁殖，特形增加；因此附生之蠅亦隨之而增多，但蠅之繁殖速度遠不如寄主之速，故覆盆子上被蠅害蟲百分率反形減少。如生長覆盆子之區域加以人工之保護，而不使其自然變化（不使植物起自然代生現象（*succession*）），則若干年後，覆盆子蠅、在該地之繁殖，能達至一最高峯。但過此高峯後，蠅之發生又形衰退。若該地矮覆盆子羣落又重被高灌木羣落植物所替代，則覆盆子蠅之繁殖又復歸減少。

以上所舉昆蟲繁殖密度，隨寄主植物多少而呈差異之現象，在作物栽植地亦然。一地當改變種植一新作物時，則若干種適生之昆蟲隨之而繁殖增多。1937年四川省東部（如合川，重慶等處）植棉，華鈴蟲之發生，隨之而增多。平時該蟲寄生於若干種野生之錦葵科植物上，繁殖極少。

在同屬內之昆蟲，其適生之植物羣落，有時相差頗甚，Myers氏（1939）在南美研究草螟及甘蔗螟之分佈，與當地植物型之關係，計侵害於甘蔗上之螟蟲，有下列五種：

1. *Diatraea saccharalis*.
2. *D. busckella*.
3. *D. impersonatella*.
4. *D. canella*.
5. *D. albicrinella*.

以上五種，自1至4爲甘蔗上較重要之害蟲。

在南美亞馬孫河（Amazon）下游所生長 Riparian 草區，面積廣

大，依其羣落內所生之主要種類，可分為下列三帶：

1. 第一帶 主要植物為 *Paspalum repens*.
2. 第二帶 主要植物為 *Echinochloa polystachya*
3. 第三帶 主要植物為 *Paspalum fasciculatum*

在第一、第二帶內，僅有少數之 *D. saccharalis*；而在第三帶內，為 *D. canella*, *D. impersonatella*, *D. savannarum*, *D. cayennella* 所集居。此四種昆蟲均為屬於草原之種類；此外，*D. lineolata* 祇侵害於玉米而無其他寄主植物；*D. bellifactella*, *D. brunnescens* 為真正森林區之螟蟲，並不侵害草原區內之作物。

(三) 害蟲分佈與地形之障礙 (topographical barriers)

大地上昆蟲之分佈，恆受山脈、沙漠、海洋等之限止，發生於非洲之刺刺蠅，難能生活於撒哈刺 (Sahara) 大沙漠，故該種蠅在非洲不能向北分佈。同時，因阿剌伯沙漠之屏障，故亦不能蔓延及於亞洲。海洋與高山之能阻隔昆蟲前進者，為例更多，但一旦昆蟲偶然越過此種天然屏障，而遷及於一新境地，如氣候食物均為適宜者，則昆蟲能繁殖而立足於新境，成為一地之害蟲。近世交通日益便利，昆蟲能越過各種天然障礙而傳布至別地之機會更多，此為各國設立植物檢疫 (plant quarantine) 重要原因之一。

第二節 害蟲發生與土壤之關係

氣候與土壤之變遷，有密切關係。土壤之不同，能左右所附生之動植物。在昆蟲綱中，以土壤為全部生命之寄託處所者如彈尾蟲、(Collembola) 白蟻、蟻、鞘翅目中之步行蟲、班蝥、隱翅蟲、埋葬蟲

等,直翅目中之蟋蟀、螞蚱等;以土壤為昆蟲一部分之生活地者,如半翅目中之蟬,及半地下生活之蚜蟲,與介壳蟲,鱗翅目中之天社蛾、尺蠖、天蠶蛾、夜蛾等,雙翅目中之多種幼蟲(如 Tipulidae, Bibionidae, Mycetophilidae, Tabanidae, Leptidae, Asilidae, Bombylidae, Therevidae, Dolichopodidae, Muscidae),鞘翅目中之金龜子、叩頭蟲、火螢蟲、芫菁等。

有若干種地下生活之昆蟲,對於一地土壤種類及耕耘、休閒等,已成區域性之適應。如北方之螞蚱及金龜子幼蟲,在四川東南部丘陵地,及江蘇北部之地蠶(A. ypsilon),南京附近之金針蟲等,常致經濟植物之重大損失。考其原因頗為複雜,土之組織、溫度、濕度、pH值、各種化學含有物、土面適生之植物,以及當地之氣候等,均有密切之關係。

(一) 土之組織

土壤粒體之大小,及所含膠體物之百分數,各因土之種類而不同,依據萬國通行之分類法(Atterberg, 1912),各種土壤粒子之直徑如下所錄:

土壤名稱	土粒直徑大小(毫米)
粗礫(coarse gravel)	20
礫(gravel)	20-2
粗砂(coarse sand)	2-0.2
細砂(fine sand)	0.2-0.02
粉沙(dust or silt)	0.02-0.002
粘粒(fine silt or clay)	小於0.002

土粒之粗細，對於土壤之物理性關係極大，如吸水能力，空氣流通狀況，及水分之傳遞等。土粒為 2 毫米者，則對於土層內毛細管水之活動及蓄水量，均見豐富，土粒在 0.02—0.002 毫米者，則當電離 (electrolytes) 時，H 離子能影響於土粒之團結 (flocculation)，OH 離子則能使土粒均勻分散。粗沙土易於傳導水份，但過濶太甚，致土內養分極為缺少；細粒土 (clay) 因透水不易，淋涸 (leaching) 之害較少，致土內養分頗為充足；粗粘土 (row clay) (土粒直徑小於 2 μ 者) 因土粒相集頗為密緻，雖細菌亦難活動。

平常吾人在田野分土為砂土、壤土 (loam)、粘土等者，其物理性，化學性彼此相差頗大，當與地下生活之昆蟲發生之關係極為密切。如土質不同，經雨水浸潤後，表面或乾結成蓋，或疏鬆無隙，如土中含粘土量在 15% 以下，則土面常呈鬆疏而無結塊之現象，在土中凡粘土之含量在 15—30% 之間者，如遇平常之雨水，土面即現堅實。此種現象在溫帶氣候下極為普通，遇雨之後，表面常有數日之堅硬，故土壤所含粘土之百分數愈高，經暴雨或灌溉後之表面結皮時間愈短。

在含粘土成分高之土壤，其表面之蒸發亦高，因此，雨後表面堅實之時期亦短，不久即行乾縮而生折裂。故此種壤土在雨量多之區域內，其表土能乾結成塊，對於表土層內之昆蟲，及土中之蛹，均為不利。但如加耕犁，或土中有碳酸鈣或硫酸鈣或腐植質等，或土面生長植物者，此種龜裂現象可以減輕，故在粘壤土區域內，如雨晴交加，則多數土中生活之昆蟲，將為之而消滅，在旱境或半旱境區域內，重粘土因雜有碳酸鈉或碳酸鉀，致表土易於堅實，故亦不利於在

土中化蛹昆蟲之繁殖。

爲害中國北部各種作物之螻蛄 (*Grylotalpa unispina*)，沙質與溼潤之土爲其適生之所，若此種土壤施家畜肥料後，更多螻蛄之聚集，在粘性與堅實土中，螻蛄之發生甚少。蓋因鬆濕土壤，螻蛄開掘易而在堅實者難，此或爲螻蛄在北方多而南方少之一原因。

地蠶在重慶之分佈，沙土內極少，僅占 16.6%，沙壤土內占 53.3%。後者土壤每於雨後經過日晒，常有縱橫之龜裂，如在耕種地內，則此種土蓄水力頗高，而又有適宜之緊鬆也（王啓柱，李黎元）。Seamans 氏（1926）在加拿大西部，得一種地蠶（*Porosagrotis orthogonia*），平常產卵於軟土中，如在夏季，田地稍加耕鬆，極適於雌蛾之產卵，但如土面因乾而成結塊，則蛾之產卵效力頗然減少。

葡萄根蝨（*phylloxera*）之爲害，與土質有密切關係，一般法國業葡萄者，均信生長於疏鬆土壤（含沙約60%）之葡萄，受根蝨之害，較在堅實土中者爲輕。Nougaret 與 Lapham 氏（1928）將此現象在美國加省重行研究，其結果謂：壤土或堅實土當乾燥時，土裂生隙，適於根蝨在葡萄根部之發育，並能自由遷移。在鬆疏土壤（如沙土），土粒與葡萄根部之根蝨，相互密接，因此，其生活頗不適宜，非歸死亡，即行逃出土面。

Knutson 氏（1937）曾試驗一種蝗蟲（*Encoptolophus sordidis costalis* Sc.）產卵反應與土壤之關係，如第三八表所示：

Isely 氏（1938）謂在北美多數蝗蟲之發生與當地土壤有顯著之相關，蝗蟲中如 *Spharagemon collare cristatum* (Sc.) 及 *Melanoplus impiger* Sc. 分佈於輕砂土（light sandy soil）者，繁殖極佳。（Me-

第三八表 土壤與蝗產卵之關係(錄自 Knutson 氏)

土 之 種 類	卵 塊 數	產卵之總百分率%
黑 土	111	51.4
石 灰 層	44	21.5
砂	20	9.8
紅 砂	18	8.8
石 礫	11	5.4

Ianoplus differtialis (Thos)及 *Dissosteria carolina* (L.) 適生於沖積土 (alluvial soil), *Trimerotropis pistrinaria* Sauss 適生於腐蝕土 (eroded soil), *Xanthippus carallipes pantherinus* (Sc.) 適生於帶鹼性之坎路里納省石灰質土 (Calcarolina soil), 根據氏之觀察, 土之組織對於蝗蟲產卵之差異, 較土之質地 (texture) 更為重要, 但土之質地與蝗之產生地亦有密切關係。

(二) 土之溫度

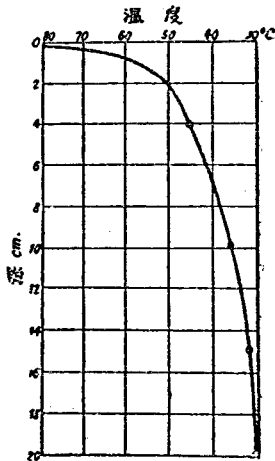
土壤之溫度因土之顏色、質地、構造、含水量、腐植質量、地形、與日光之角度, 及地面上植物之狀況而不同。溼土之溫度較乾土為低, 粘土與泥炭土 (peat soil) 之溫度, 低於沙土或壤土之原因, 亦在含水量之不同。在相反之關係, 土溫增加, 土內水溼在生理上之功用, 亦為之增高。如土溫降落至零度下時, 則土內水溼與土內動植物之生長或活動, 亦無甚關係。

夏季地面之溫度, 大多藉於日照之多少而有高低, 因此表土內之溫度, 在此時較空中溫度之升降更為顯著, 在冬季, 如土面有植物

或雪之堆積，則可保護土溫之放散。

King 氏 (1925) 在北美觀察土內金針蟲之活動，謂如土面蓋以厚雪，可保護心土溫度之過於降落，但在北美之環境，如先遭受若干日之凍寒，繼復遇暖風之吹送(在美洲西北部氣候，常有此現象)；使地面積雪頓然融解，土下金針蟲將有重大之死亡率。Mail 氏 (1930) 查得露地之土溫與空中溫度相接近，但草地土溫則呈差異(與空中溫度相比)。土層愈深，溫度愈形降低，在近表土 2 厘米深處，土溫之降落，不甚顯著。過此深度，則溫度驟形低落(第五三圖)。

在溫帶內，普通地面溫度之升降，至土深 2-3 呎處，即無甚影響。在冬季降霜之時，如土之組織較為緻密者，則冰凍之透入土內愈速而愈深。因此，腐植質土對於凍害之抵抗力較強，同時，冬季地面之積雪，可保護土溫之散失，致使生活於土深 4 吋深處之昆蟲，少受凍死之危險，但雨水或春冰解凍之時，可使近土面 2 呎內之溫度發生變動，如再遭遇土溫之低落，則土中冬眠昆蟲發生高度之死亡率。氏又謂土質不同，對於各季溫度之傳遞，彼此有異，但與土內過冬昆蟲之死亡率無顯著之差別。



第五三圖 在北美亞利桑那省 (Arizona) 半沙漠區內，各深度之土溫降落現象(由 Braun-Blanquet 查，轉錄 Sinclair 氏)。

一地土壤之溫度，恆有局部及臨時之變動，此與土內生物生存之關係，頗為密切。故關於研究某種土壤

害蟲處，土溫變異之測定，在害蟲生態上，極為重要。如能集合若干地點之記錄，相互比較，更有價值。測檢時，可僅記其變異之極端溫度 (extreme temperature)，同時，須逐年逐月，繼續檢查，俾可與曆年所得之害蟲繁殖狀況，彼此比較也。

地面與日光所成之角度愈大，則其所受日照時間愈久，而土溫亦愈高。因此，在山嶽地帶(如中國西南，西北部)，山南與山北之土溫相差極多，而土內生物之不同，亦頗顯著。不但如此，山嶽拔海愈高，土內之溫度愈形降落。Maurer 氏 (1916) 曾在瑞士阿爾伯斯山 (Alps) 之各高度，測檢土溫與空中溫度之關係 (在土深 120 厘米處測檢) 得山之高度愈增，土溫愈減。中部阿爾伯斯山 在 2000 米高度，每年平均溫度為 0°C ，但在土內平均溫度達 0°C 處之高度時，其高度則為 2700 米。因此，昆蟲之生活於不同高度山坡之土內者，其發育速度亦愈向高而愈形遲緩，致影響其一年內之化數及繁殖密度。

在平原上，凡土面生長混合之植物社會者 (灌木與森林)，則土內之溫度較之空曠地為低，故植物種子之萌發較遲，一般生活於土內昆蟲之發育亦然。

在乾燥區域，凡不生長植物或僅生長疏短單層之草本植物者，當夏季日照強烈之時，土溫極高。Kraus 氏 (1911) 在符次堡 (Würzburg) 測驗生長草羣 (為 Bromion 草) 之表土層 (2-25 厘米深)，最高溫度達 38.5°C - 44°C ，在蘇聯之草原土 (steppe soil) 內，溫度達 50°C - 60°C ，在北美亞利桑那省 (Arizona) 之砂漠，土溫最高達 71.5°C (Sinclair 氏)。此種高溫，若天時又極乾燥者，則不但昆蟲不能生活，即大多數植物亦難於生存。重慶在七月間，棉田內表土層之最高溫

度達 42°C ，大多數地蠶因而爲之消滅，Mc Calloch and Hayes 氏 (1923) 在美國堪薩斯省 (Kansas)，考查土中蝻蟥 (金龜子幼蟲) 因土溫變更而上下遷移之現象。蝻蟥生活於土中，爲時一年或三年，方可化蛹，在秋季時，表土之溫度較心土爲低，至春季時，表土之溫度較心土爲高。蝻蟥在每年春季 (三月)，隨土面溫度之增高，而遷近表土；至八月時，又隨表土溫度之低落而下潛，深及 2 呎以下，如是在一年內，作二次之遷行。Fulton 氏 (1928) 謂叩頭蟲之成蟲與幼蟲，在土中遷移之方向與土溫之變異有關，大約土溫在 $8-140^{\circ}\text{F}$ 之範圍內，爲其可生活之區域。

(三) 土之溼度

土壤水之來源爲雨雪，其消失爲蒸發與排水。一地雨雪之多少，蒸發量之高低，在當地氣象記載上，可以查考。排水之情形，則視地形、土壤及耕作制之狀況而定。

水在土中，呈三種狀態，即吸着水 (hygroscopic moisture)，毛細管水 (capillary moisture) 及重力水 (gravitational water)。土內含此三種水之多少，視土之物理性及地面生長之植物等而異。一般吸着水，植物根部及昆蟲均不能利用；重力水在土中流動較速；毛細管水能供給植物根部之吸收及昆蟲發育之所需，亦可稱曰生長水 (growth water)。

普通測驗土內含水量之多少，可用一種密蓋之金屬器，在田野採得土壤後，即行密封，然後放入實驗室內 $100^{\circ}-150^{\circ}\text{C}$ 之高温箱內，使之蒸發，再秤其失去之重量，生長水可由下式計算之：

$$\text{土內總含水量} - \text{枯萎係數} = \text{生長水}$$

欲知一地土內害蟲之發生情形與土溼之關係，則土溼之測驗，須每星期舉行若干次，在昆蟲及其所寄食之植物生長期內，繼續檢驗，然後將所得結果用圖表示之。此種記錄如有數年之相積，則對於土內昆蟲及土面植物生長繁殖之情形，可作比較之研究，所得結果更為可靠。

土壤蓄水量 (water capacity) 之多少，常為研究地下昆蟲者所注意，其測定方法頗多，茲錄 Burger 氏 (1922) 之方法如下：

用 1000c.c. 金屬製之筒，在未經擾動之土內，細心取樣，裝入筒中，然後浸於水盤內，約 24 小時，使土飽吸水份。如筒內之土溢出筒口時，則設法除去，務使筒內土面與筒口相平，然後將筒離開水盤，濾去土內餘多之水，為時約 2 小時，再將此土樣分為數堆，放在 100°-120°C 高溫下乾燥之，再求乾土與溼土之重量，即為飽和吸水土內之含水量。

$$\frac{\text{含水量}}{\text{乾燥後重量}} \times 100 = \text{土蓄水量之百分率(重量)}$$

土之蓄水量與土之組織，土粒之大小，及土內之展開物（如腐植質及粘土）有密切關係。普通一般腐植質內之蓄水量極高，Nitzsch's (1925) 氏謂：如土粒間之空積 (pore volume) 增多，則其蓄水量亦為之升高，而土壤愈見疏鬆；但昇達某一極點時，則蓄水量又漸見降落。

在生長植物社會之土內，各層之蓄水量，恆呈固定。Burger 氏 (1922) 曾檢查一牧草地內之蓄水量，每季各檢查 7 次，所得結果較平均數 (mean) 之差數，僅占容量 (volume) 2.2%。在一混合之落葉

積土內，蓄水量之最大差數(離平均數之差數)，占容量 3.3%，在較上層土內之蓄水量，大多呈降落現象。Davidson 氏(1934)研究澳洲跳蟲 (*Smynturus viridis* L.) 好在潤溼之土面產卵，如為粗沙土，則其蓄水量極低，因此，土面時現乾燥，致不適於跳蟲之產卵及卵之孵化。

地下水之高低，不但能左右一地之植物，亦能控制一地土內昆蟲之發生及分佈。在耕種地，若用人工灌溉，則地下水驟然增加，原來生長之植物，往往致遭死亡。同時，該地植物交替 (succession) 現象亦為之加速。在昆蟲，如地蠶，金龜子幼蟲等，常被淹死。Zwahlenbung 氏(1931)謂在檳港山作甘蔗試驗，檢得土內昆蟲及其他小動物(如 Myriopod, Arachnida, Crustacea 等)之縱行分佈，祇限於土面 9 吋之深度，就中昆蟲占 66.97%，多足綱占 25.2%，餘均極少。茲將氏檢查所得之結果錄之如下：

在土面者	18.4%
1-3 吋深	30.6%
3-5 吋深	20.1%
5-7 吋深	16.4%
7-9 吋深	12.2%

在休閒之蔗田內，一年間昆蟲發生最多之時，常在雨後(1 月及 12 月)數月。據氏觀察，田地雨後，使生活於土壤下面之昆蟲，遷移至土面。同時，土面若經乾裂，能使昆蟲向土下轉移。此種現象在溫暖之檳香山土內，則無季節之影響。Campbell 氏(1937)謂金針蟲 (*Limoniis californicus* Manu) 在美國加省，均適生於潤溼土壤(水

分占 12-16 %). 如土乾燥, 則向下遷行, 土壤之過乾(土內含水占 3-4 %), 或含水過多, 均可使其死亡. 高溫可增進其活動, 低溫即成休眠. 但溫度過低, 金針蟲亦因而凍死, 蟋蟀在土內穴居之深淺, 亦與土粒含水多少有關. 在重慶五月間, 每當雨後, 蟋蟀均集於表土內, 如在乾燥之土, 則穴居甚深.

土內含水之多少, 在冬季時, 與昆蟲凍死率之高低, 亦有關係. Sackarov 氏 (1930) 謂遷移蝗在濕土內之凍死率, 較在乾土內為多. 如下表所示:

第三九表 土壤乾溼與遷移蝗 (*L. migratoria*)

卵之凍死率. (錄自 Sacharov, 1930)

蝗卵之凍死率%

溫度 C°	在 濕 土 內	在 乾 土 內
-5.75	74	8
-11.1	100	76
17.35	100	100

在澳洲為害多種栽培植物之跳蟲 (*Sminthurus viridis*), 據 Davidson 氏 (1934) 謂土中溼度之高下, 能使跳蟲之產卵數為之變異. 同時, 土中 pH 值之大小, 亦有影響. 如土溼在 10 % 以下, 則其產卵數為之減少. 如溼度近於飽和, 則有礙跳蟲在土內之發育. 氏測得卵孵化之溼度為 12 %, 適宜之 pH 值為 6.5, 但 pH 值在 5.5-7 之間, 跳蟲均可產卵. 同時, 在土面所種植物之不同, 亦能影響於土內 pH 值, 而間接與跳蟲之發生有關. 氏主張在跳蟲發生區域內, 略

加石灰，使土中 pH 值不致降低，但同時亦不適於跳蟲之發育，此種防除跳蟲之方法，祇可限用於澳洲之情形。

有若干種生活於土中之昆蟲，其分佈隨土壤溼度而異，Cook 氏 (1923) 謂在美國明理蘇達及蒙大拿 (Minnesota 及 Montana) 兩省之地蠶，因其適生之土溼，分成若干生態羣，當土中含水量達 60% 時，*Lycophotia margaritosa* 生活最為適宜。在該處高溫時之多雨，對於土中溼度與低溫之微雨相等，故此蟲適宜之環境，乃含雨量與土溫兩者而言。氏并將三種地蠶所需之溼度，用數字而表示之，并指示每種地蠶在生長時期，所需之適宜溫溼度。

灰地蠶 (*Porosagrotis orthogonia*)

$$\log y = 9.48837 - 10 + 0.01158 x$$

行軍蟲 (*Cirphus unipuncta*)

$$\log y = 9.85188 - 10 + 0.00999 x$$

雜色地蠶 (*Lycophotia margaritosa*)

$$\log y = 0.01695 + 0.00845 x$$

x 代表溫度， y 代表雨量。

以上三種地蠶之溫溼度式，乃示在無論何處，一年內之溫溼度，如與此三種曲線相同，或在此三種地蠶適生之溫溼度範圍內者，此三種地蠶，皆能繁殖，如秋冬季內之溫度雨量，連年均適於某種地蠶之發生者，則該蟲必形猖獗於一時。

第三節 土壤施肥與害蟲之關係

土壤肥瘠不但影響於土中昆蟲種類之不同，抑且關係於地面若

于種植物上昆蟲爲害之輕重。Ghilarow 氏 (1937) 報告, 大多數土中之有害昆蟲爲草食類, 或屍食類 (saprophagous), 在荒地區域, 因地面植物終年不變, 故土中寄生之昆蟲, 恆較耕種地爲多。但同時耕種地因腐植質較爲豐富, 故又宜於好屍食之昆蟲, 同時, 又可致害植物。如若干種金龜子幼蟲及金針蟲之習性, 卽呈是狀; 反之, 如沙土而少腐植質者, 則土內僅留有草食類之昆蟲。Ponomarenko 氏 (1935) 謂叩頭蟲科之 *Selatosomus* 屬, 好生活於堅硬之土內。但 *Agriotes* 屬內之叩頭蟲, 則多聚生於肥沃之土。故土內有機肥料之施放, 有時常引起一種害蟲之猖獗。Reid 氏 (1936) 報告美國卡羅來納斯省 (Carolinas) 之種菠菜地, 在苗期與成長期, 常受一種蠅 (*Hylemyia cilicrura* Rond) 幼蟲之害。氏試得若在菠菜種植以前, 田地先施放肥料者, 則蠅幼蟲之害極重。如所施之肥料內雜以有機肥料 (如棉子餅、魚屑物、獸類屑物), 則菠菜之受害更重。所施有機肥料之分量愈多, 蠅幼蟲之發生愈增。在不施肥料區內 (不在菠菜種植前施肥), 蠅之幼蟲絕少, 菠菜之生長極佳。故爲避免該種蠅幼蟲繁殖起見, 在菠菜苗期之後再加肥料, 則無所害。

普通土壤施肥直接可助長農作物之生長與體力之增強, 如應用得當, 并可略能減少害蟲之爲害; 但同時土中昆蟲亦可因此而增多, 更以施有機肥料者, 最爲顯著, 如第四〇表所示 (由 Morris 氏 (1923) 在英國 Rothamsted 試驗場檢查結果)。

Jepson and Gadd 氏云, 在錫蘭爲害茶枝之天牛 (*Xyleborus fornicatus*) 約有 80-90% 之茶枝均受其害, 當寄主體力衰弱時, 天牛之爲害最重。茶枝被天牛寄生後, 在其潛道處, 卽行開裂, 對於天

第四〇表 五種肥料與土內昆蟲數目之關係

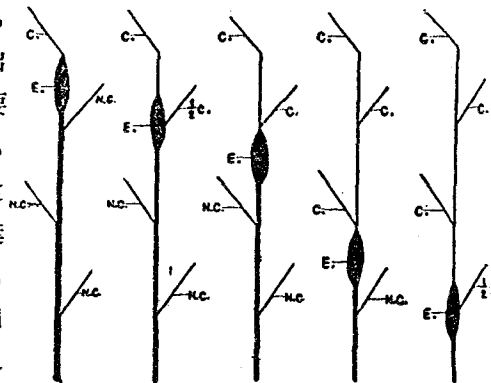
(錄自 Morris)

土地處理方法	無脊椎動物總數	昆蟲所占數目
1. 無糞肥區	1,208,000	673,000
2. 高磷發糞	1,401,000	999,000
3. 鉀鹽類	1,734,000	1,424,000
4. 廐肥	12,948,000	2,323,000
5. 廐肥與過磷酸鹽	9,448,000	2,275,000
6. 廐肥與鉀鹽類	10,516,000	4,677,000

牛之驅除，在錫蘭，尚無有效方法，祇有應用人造肥料（尤以含氮素者）使茶樹減少枝莖之折裂，但鉀與磷肥奏效較少，健旺之茶枝，得人造肥料後，在天牛潛孔之進口處，即生成新組織，有人云此種施肥，對於寄主植物，加以一種刺激，使其固有之遺傳因子（inherent factor）藉可加速表現，同時在未施肥區之茶枝，受蟲傷後之復原，須3.75月，施氮素肥料區〔如硫酸氫（ammonium sulphate）或硝酸鈉（sodium nitrates）〕茶樹之復原力，平均2.92月。後者較前者增遠三星期左右，Andrews氏（1919）在北印度茶田內，多施鉀鹽類（potassium salts）與磷酸肥，能使茶枝生長良好，同時可抵抗一種茶梢象（*Helopeltis theivora*）之為害，平時茶樹對於土中鉀質，不能單獨吸收，用人工方法施用，可使鉀質肥料得供茶樹之利用，而增加其抵抗力。Frew氏（1924）云，美國大麥、在土中所得之營養，與一種麥蠅（*Chlorops taeniopus*）之為害，有密切關係，麥蠅在五月產卵

於大麥葉面，每一葉上，大多產一卵，幼蟲孵化後，即鑽入嫩葉之中心，食害嫩穗之一側，再遷至節間，更向下移，當大麥長至二三節時，穗尚未外露，祇包於頂端之葉鞘內，（呈膨大部）此時一遇麥蠅幼蟲之侵害，麥穗即不能抽出而成熟，故該時為麥蠅侵害最重要之時期。如麥蠅卵產於抽穗節下所生之葉上（此種葉可稱為“非緊要葉”），則幼蟲將不害嫩穗，而鑽入穗下莖內，該處組織堅韌，又乏適宜之養料，因此大多數幼蟲均歸死亡。故麥蠅產卵之大麥葉，與麥蠅

之為害，極為密切，在穗基部分生出之葉，稱之為緊要葉，該葉一受蠅卵，將來幼蟲即可下食嫩穗，若嫩莖上之葉自穗之中部生出者，稱曰“半緊要葉”。因麥蠅幼蟲祇能食及穗之基部（第五三圖）。大麥在施肥後，莖及穗之生長較早，同時，在蠅產卵期內大麥上之“緊要葉”（受麥蠅產卵之葉）



第五四圖 大麥苗各部之圖解（由 Imm 氏書
錄自 Frew 氏圖）

- C = 緊要葉 (critical leaves)
- C = 半緊要葉 (half critical leaves)
- N.C. = 非緊要葉 (non-critical leaves)
- E = 穗

亦為之減少。在田間之檢查，凡大麥上，每嫩莖所生“緊要葉”最少

者，則其被蠅害亦最輕（產卵機會少之故），否則蠅害頗重。氏根據二年在英國 Rothamsted 試驗場 28 區大麥生長與施肥之觀察，所檢驗之大麥嫩莖凡 60,000 根，并一一注意其被蠅害之情形，所得結果為：凡施用過磷酸肥（superphosphate）農場肥料，或全能磷肥（內有 sulphate of potash, superphosphate of lime, sodium and magnesium silicates）之區塊，大麥被蠅害之程度均輕，而未施肥之大麥被害極重。施氮肥者亦然，此或由於大麥抽穗期之延遲所致，如以氮肥與過磷酸肥或與全能磷肥混合施用，其結果均見良好云。

第四節 輪種

用輪種方法以減少一區域內之蟲害，於農業上應用頗早。其要在變更某種害蟲之食物，使其飢餓而絕滅，惟在一面積廣大之農業區域內，土地所種植之作物，或其生長期彼此差異頗多，因此，在某區域內所行之有效輪種制，對於其他區域之同種害蟲常不生何項影響，致該種害蟲在全區域內之繁殖數，並不呈何項減少。且多數害蟲之寄主，往往不僅限於一種植物，並具有極大之遷移力。同時，其求食性頗能伸縮，若一旦遭遇饑餓，能遷食於平日迴避之植物上（參考第六章）。更有一部份昆蟲，當原來之寄生植物消失時，能寄生於次要之野生植物上。此時雖其生長不良，繁殖不旺，但終能保持其殘種，一俟將來有適當寄主，即能恢復原來之繁殖數。華鈴蟲（*Earias cupreoviridis*）之在川東，即為如是。該蟲平時寄生於蜀葵及其他錦葵科植物上。1939年，川東如合川重慶等地開始種棉，華鈴蟲即遷

食於棉上，爲棉作重要之害蟲。

作物輪種固不利於某種昆蟲之繁殖，其所發生之效果，有時亦屬有限，在亞熱帶區域內，農田作物之繼續種植，可使土地疊受耕犁，同時，亦減少土中生活之昆蟲。

各地輪種制之採用，各根據當地多種環境因子（如氣候，地勢等），及作物之經濟價值，與所欲避免某種害蟲之害期而定。如江蘇北部之海門、如皋、南通等地，棉花與水稻隔年輪作，螟蟲、地蠶與金針蟲均形減少。

第五節 作物種植期之改變

害蟲在一年或一季內繁殖之多少，略呈季候的頻率 (seasonal frequency)，或稱爲週期的起伏，此種現象若在一地逐日逐季或全年作一量的統計，繪成曲線，可得若干高峯，亦即示昆蟲某代發生最旺之時期，或一年間爲害最烈之季節，在溫帶內，此種現象更易得見。該項發育曲線恆受當地氣候及食物等之控制，歷年變更極少，因此，關於作物生長史中之播種、移植或開花結實之時期，設法使之提早或延遲，俾不與害蟲在一年或一季內發生旺盛時，相互遭遇，如是得以減少其損失。如水稻三化螟在京滬一帶其第三化蛾期在 8 月中旬發生最盛，凡水稻之在此時期開花者（大多爲中熟稻），倍受其害，中央大學農學院，所有成子帽子頭籼稻，因其開花時期在南京崑山兩地之試驗記錄，於 8 月 1 日至 15 日，此時三化螟第三化蛾之旺盛期尙未遭臨，因此水稻得避免其侵害（鄒鍾琳 1941）。在揚子江流域之各省，以及西南各稻區，農民選植水稻之品種，大多以避免螟害

爲其先決條件。同時，凡早晚稻混種，晚稻或雙季稻栽植之處，螟害程度較單獨種晚稻或早稻之區域爲重，王啓虞，江詩鈞氏(民 23 年)報告，浙江之寧紹台溫四屬栽培雙季稻之區域螟害較重，而常釀成災害。此與台灣及緬甸早晚稻混種於一區而遭受嚴重之螟害者相同。

在江蘇北部，玉蜀黍早種得以避免地蠶之爲害。在重慶一帶，小麥如播種過遲(在四月上旬開花)，則備受一種葉鞘蠅之爲害。重慶棉之播種期，如遲至五月中旬，可免去第一化地蠶之幼蟲時期，但四季豆、米玉等，如提早於 3 月下旬播種，則至 4 月中旬(地蠶在重慶四月中旬發生最盛)，生長較高，亦可抵拒地蠶幼蟲之爲害(重慶情況如此)。Hopkins ① 氏(1919)曾在美國應用生物氣候律，以規定全國小麥種植時期，藉以避免秋季麥桿蠅(Mayetida destructor)之產卵。如將小麥之種植期設法延遲，使麥苗出土時，麥桿蠅之第二化已成過去，而不受其害，但同時小麥亦須早日播種，俾可充分發育，藉以抵抗冬寒。氏根據生物氣候律上之推算，美國小麥播種之臨界日期(critical date)，在東北部約爲 9 月 10 日；在西南部約爲 10 月 25 日。同時，對於麥桿蠅在全國麥區內之確切孵化期，亦加調查，該蠅成蟲之壽命，大多不出一星期。Flint and Larrimer 氏(1928)在美國依立拿省(Illinois)將麥桿蠅在平常天氣下之發生日期，加以研究。氏查得能避免蠅害之種麥日期，在該省北部各鄉爲 9 月 15 日；在南部各鄉爲 10 月 9 日，但此固定之日期，在天氣失常之季，則無效果。

① = Hopkins, 1919. Scientific Monthly, June, 496.

第六節 田園之改變

土地之開墾，不但改變一地之植物相 (flora)，同時，亦消滅或增加若干種害蟲之生長。蝗蟲之繁殖，均在荒蕪之草地及湖灘上，但荒地開墾，使蝗蟲繁殖之面積漸形縮小，世界患蝗各地，蝗蟲問題之解決，大半由於此因。在江蘇北部，如阜縣鄉間之金龜子，多集生於未經開墾之低溼草區，因此附近新種之棉，備受其害。在熱帶內海得 (Haiti) 之一種蚜蟲 (Aphis maidis Fitch)，本寄生於雜草上，當除去雜草而種植甘蔗後，蚜蟲即移食於甘蔗上，同時，引起甘蔗之嵌紋病。李士勳氏 (1936) 調查江蘇省鹽阜墾區內棉蟲之分佈，與在各區域內為害之輕重，得地愈近海，則土中所含之鹽量愈多，地面上所集生之植物，因土中所含鹽分之多寡，而成若干植物帶。同時，在各帶內棉之生長狀況，與夫害蟲之種類及發生密度，彼此相差，頗為顯著。如第四一表所示：

第四一表 在蘇北鹽阜墾區內，棉蟲之分佈與為害狀況 (錄自李士勳氏，1936)。

植物帶	紅茅草地	蘆柴塘地	犂茅草地	鹽溼地
含鹽量	0.164%	0.385%	0.212%	0.652—5.57%
棉生長狀況	生長旺盛	生長欠旺	可植棉	不能植棉
棉蟲發生狀況	棉鈴蟲(81%)>小造橋蟲(79%)>鈴蟲(17%)>捲葉蟲(12%)	小造橋蟲(52%)>華棉鈴蟲(48%)>蜘蛛(33%)>葉蟲(23%)>鈴蟲(16%)	紅蜘蛛(83%)>紅華鈴蟲(11%)>捲葉蟲(10%)>小造橋蟲(8%)	

通常開闢荒土，種植農作物，對於當地昆蟲生活之改變，有下列三種現象：

- (1) 原來昆蟲或永久消滅，或發生極少。
- (2) 因環境改變，使別種昆蟲發生猖狂。
- (3) 招誘新害蟲之傳入。

以上三種現象，對於久開之荒土，或土地曾經開墾而現在呈荒廢者，改種農作物時，發現較少。Cook 氏 (1927) 在美國蒙大拿省 (Montana)，根據數種夜蛾 (Phalaenid moth) 之生活地，分為若干生態羣：(1) 幼蟲好生活於曾經耕種而現在荒蕪之田地，此羣發生最多；(2) 各種耕種地內之地蠶；(3) 均佈於全區而發生不多之某羣地蠶；(4) 生活於荒地或以前曾經種植之土地；換言之，此若干種夜蛾幼蟲原來發生之多少本屬不同，後因土地狀況之改變，致其繁殖盛衰亦有今昔之差異。

關於當地昆蟲之自然消滅，或改變其原來繁殖上之自然平衡，在原野林、低溼地、半沙漠區、或鹼地等實行開墾時最為顯著。但在草地行種植時，則前後昆蟲相之變異，相差較少。Buchle (1925) 氏謂英國可耕地面上常見之昆蟲，與在久年草地上者相同。即其生活於土內之昆蟲，兩地亦復相似。普通一般農業區內之昆蟲社會，並不自成特殊之結集，乃與鄰近區之昆蟲生態羣落 (ecological association) 相似，但不與森林區內之昆蟲社會相同。Buchle 氏 (1923) 曾在四種土地上，作若干種昆蟲聚生之觀察，如：(1) 不良高牧場；(2) 改良牧草地；(3) 已耕牧地；(4) 可耕地。氏將此四區內所得之昆蟲，分為肉食類、草食類、糞食類。各類分佈之密度如第四二表。

第四二表 在草地及可耕地上三類昆蟲之分佈數目(錄自Buchle, 1923)

	草 地		可 耕 地	
	牧 場	牧 草 地	已耕之高牧場	可 耕 地
肉 食 類	19.6%	30.0%	51.0%	45%
草 食 類	56.8%	50.0%	42.6%	46%
糞 食 類	23.6%	20.0%	6.4%	6%

由第四二表，可知草食類昆蟲在草地與可耕地之數目，相差極微，在可耕地較少之原由，因所生長之植物較草地上所長之草為短，肉食類昆蟲在可耕地多，在草地極少，糞食類昆蟲在草地上之數目與肉食類相似，在可耕地極少，此或因可耕地少牛馬糞便之故。

生活於土中之金針蟲，在土地行耕種後，其數目能驟然減少，據Roebuck氏(1924)云稱：在美國草地下之金針蟲較生活於可耕地者多四倍，因土地一經耕犁，能剷除土面上生長之雜草，使害蟲失去其原來之食料，金針蟲因此而減少。同時，土層因耕犁而暫形乾燥，使寄生於土內之昆蟲，一時因環境改變，不適其生活。Morris氏(1922)謂生活於近地面之彈尾蟲(Collembola)，入土之深度，視下列四種條件而異：

- (1) 某種食物之深度；
- (2) 土內空氣流通狀況；
- (3) 土壤溼度；
- (4) 土壤溫度。

在草地上，此四種條件能限制土內昆蟲多聚居於土之上層。平常草地耕犁，使近表面之上層疏鬆，土中空氣與水溼得以均適。因此，行動敏捷之昆蟲，如金針蟲與地蠶等能自由遷移，但極不利於蝻蟥與土內之蛹。

據 Seaman 氏 (1926) 之觀察，生活於北美草原內之一種地蠶 (*P. orthogonia*)，在原野域內，本生活於土之表面，故易受天敵之殘殺。其遷生於耕種田地者，此種地蠶得能鑽入土面下 1 吋之深處，尋食植物之根，同時，其天敵亦為之減少，因而為作物之大害。如雨量失常，則此種地蠶亦須上行，露出土面，因此，再遭天敵之截擊，而其繁殖又形減少。故此蟲之多少，可以一地之降雨量而預測之。在亞波塔 (Abberta) 5 月與 6 月之雨天，如在 10 日以下者 (雨天時，田地浸溼，不能鋤犁) 則明年地蠶之數目為之增加；如雨天能繼續至 10-15 日，則明年地蠶之數目為之減少；如今年 5, 6 兩月之雨天在 15 日以上，則明年此蟲之為害極輕。

土地滾壓，使土面增加堅實，同時，土內之水平面亦因而升高，致生活於表土下之昆蟲被迫而上行土面，使其備受天敵之消滅，驅除金針蟲與地蠶時，如環境適宜，本法可以採行，但此種方法不適用於旱農區也。

參考文獻

1. Braun-Blanquet, J. 1932. *Plant Sociology*. (由 Fuller, G. D. 及 Conard, H. S. 兩氏譯成英文) Chap. V, VI, VII, VIII, X.
2. Davidson, J. 1934. The "Lucerne Flea" *Smynturus viridis*. (*Collembola*) in Australia. Bull. No. 79, pp. 1-66. Council

- for Scientific and Industrial Research. (Aust).
3. Fletcher, T. B. 1926. Migration as a Factor in Pest-Outbreak, Bull. Ent. Research, Vol. XIV. pp. 177-181.
 4. Fulton, B. B. 1928. Some Temperature Relations of *Melanotus*, Jour. Econ. Ent. 21:889-897.
 5. Imms, A. D. 1937. Recent Advances in Entomology, Chap. X, pp. 262-276.
 6. King, K. M. 1928. Economic Importance of Wireworms and False Wireworms in Saskatchewan. Sci. Agr. 8:893-706.
 7. Lathrop, F. H. and Nickels, C. B. 1931. The Blusberry Maggot from the Ecological Viewpoint Ann. Ent. Soc. Amer. Vol. XXIV. pp. 260-282.
 8. 李士勛 民國 25 年江蘇鹽阜墾區棉蟲調查及防治報告。農報第三卷, 第四期, 第 190-196 頁。
 9. Mail, G. A. 1930. Winter Soil Temperatures and Their Relation to Subterranean Insect Survival. Jour. Agric. Research. Vol. 41, No. 7. pp. 571-592.
 10. McColloch, J. W., and Hayes, W. P. 1923. Soil Temperature and its Influence on White Grub Activities Ecology. 4:29-36.
 11. McColloch, J. W., Hayes, W. P., and Bryson, H. 1927. Preliminary Notes on the Depth of Hibernation of Wireworms. Jour. Econ. Ent. 20:561-564.
1928. Hibernation of Certain Scarabæids and Their Tiphia

- Parasites, Ecology, 9:34-42.
12. Myers, J. G. 1935. The Ecological Distribution of Some American Grass and Sugar-Cane Borers (*Diatraea* spp., Lep. Pyralidae) Bull. Ent. Research, Vol. 26, pp. 335-342.
 13. Nash, T. A. M. 1930. A Contribution to Our Knowledge of the Bionomics of *Glossina morsitans*, Bull. Ent. Research, pp. 201-256.
 14. Parker, H. L., W. R. Thompson, P. De Rippas and S. Kozlaosky. 1929. A Study of the Abundance of *Pyrausta nubilalis* Hubu. In Corn in Southwestern France. Jour. Eco. Ent. Vol. 22, pp. 185-195.
 15. Reid, W. J. 1936. Relation of Fertilizers to Seed Corn Maggot Injury to Spinach Seedlings. Jour. Eco. Ent. Vol. 29, pp. 973-980.
 16. 鄒鍾琳 民國 26 年, 江蘇省數種水稻生長與三化螟爲害之關係. 中央大學農學叢刊, 第四卷, 第一期, 第 1-23 頁.
 17. 王啓虞, 江詩鈞. 民國 23 年浙江省農作制度與防治稻作害蟲之關係. 浙江省昆蟲局年刊(第四號)第 180-188 頁.
 18. 王啓柱, 李黎元. 重慶附近地蠶之生活史及生態. (尙未刊印之論文).
 19. Wardle, R. A. 1929. The Problems of Applied Entomology. Chap. X. pp. 229-247.
 20. Wilkinson, D. S. 1926. The Cyprus Processionary Caterpillar

(*Thaumetopea wilkinsoni*, Tams) Bull. Ent. Research Vol.
XVII, pp. 163-182.

第九章 殺蟲劑

應用化學藥品之毒力，或其特殊之物理性以消滅害蟲者，普通稱之曰殺蟲劑 (insecticide)。其種類極多，應用頗廣。對於倉庫、溫室、家庭、果蔬事業，或經濟高貴之作物，殺蟲劑之應用，更為適宜。其習見於吾國民間者，如以菸草水、紅信石粉、草木灰、苗粟藤、及雷公藤等，以殺蔬菜或果樹上之害蟲，由來已久。惟殺蟲劑在中國有科學上之研究規模較大之應用者，則自 1922 年，前江蘇省昆蟲局應用氰化鈉 (NaCN) 以殺糞缸中之蛆，及散佈火油於水塘中以滅子孑，1923 年，又採用砷酸鉛，以除江蘇北部之棉捲葉蟲。至專門研究，則自 1926 年，前浙江省昆蟲局成立藥劑室，除試用外來各種殺蟲劑之毒力外，更兼研究國產殺蟲劑，就中以有毒植物而為民間習用或信仰者為多。1929 年，中央農業實驗所之病蟲害系成立殺蟲劑研究室，對於各國所採用之殺蟲劑配合方式，更加以研究，俾得適用於國內。同時，又製造石灰硫黃液、砷酸鉛巴黎綠、硫酸菸精及噴霧器等。殺蟲劑在中國之應用，至 1942 止，砷酸鉛菸精水、油類乳劑、石灰硫黃液、二硫化碳、氰化氫、松脂合劑等，已廣用於各省，以驅治害蟲。即對於國產殺蟲藥之試驗，亦由方式之配合，而進至毒素之檢定。殺蟲劑之應用及研究，此後在中國當有極大之發展。在歐美，則 Robertson 氏於 1821 年，用硫黃肥皂水以除羊壁蝨；至 1833 年，

Kenrick 氏即製成石灰硫黃劑: 1886 年, 即有人用氰化氫燻介壳蟲; 1892 年, 美國開始用砷酸鉛以殺鱗翅目幼蟲; 1900 年, 硫酸菸精工業開始製造; 1915 年, 第一次歐戰時, 所用之毒氣, (氯化苦劑(Chloropicrin)) 亦用以燻殺穀類害蟲。近年多種化學毒物常被化學家試用以殺害蟲, 故國外殺蟲劑之發明, 其種類與年俱增。

關於殺蟲劑之參考文獻, 為數頗多, 年有增加, 本章各節下, 略舉重要之論文, 祇為極少之一部, 下列各書可供良好之參考。

1. Appel, O. 1937. Handbuch der Pflanzenkrankheiten Sechster Band. Pflanzenschutz. (Verhütung und Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. pp. 1-288; pp. 289-576.
2. Balachowsky, A. and Mesnil, L. 1936. Les Insects Nuisibles aux Plants Cultivés. Chap. VIII. Etablissements Busson. Paris.
3. Bourcart, E. 1925. Insecticides, Fungicides and Weed Killers D. Van Nostrand Co.
4. Martin, H. 1936. The Scientific Principles of Plant Protection with Special Reference to Chemical Control. (2nd Edition, 1936). Edward Arnold & Co. London.
5. Shepard, H. H. 1940. Chemistry and Toxicology of Insecticides. Burgess.
6. Wardle, R. A. 1929. The Problems of Applied Entomology. Chap. VI. Mc Grau-Hill Book Co.

殺蟲之研究，爲今日中國除蟲業上急需之工作。惟一般習昆蟲學者，因精力時間之有限，致不能兼顧此項研究，此爲世界各國昆蟲學家共抱之遺憾。故殺蟲劑之研究，宜由化學家主持，同時與經濟昆蟲學家合作進行，以求結果之能切實應用。

一種殺蟲劑之優良條件頗多，錄之如下：

1. 黏着力、擴散力及混合力均極強。
2. 價廉易於購置，並便於運輸，且屬於國產者。
3. 殺蟲力強，在任何氣候下不起變化。
4. 貯藏時，不自然爆炸，及自起化學作用，致其毒力消滅。
5. 能毒殺較多種類之昆蟲，但無傷於高等動物或寄主植物者。
6. 能與他種化學藥品混合，而不變其毒力；並能在一年中之任何時期內應用。
7. 一種藥品可兼用於胃毒劑及接觸劑。

當吾人在試用一種殺蟲劑以殺某種害蟲之前，須先審察害蟲之口器如何，生活習性如何，所害植物之組織如何及施藥時之天氣狀況等，均須詳加考查，然後決定殺蟲劑之種類、分量及施用之時期、次數與施用後之如何計算其結果（如作試驗用者）等。由此種考慮，寫成詳細計劃，然後按步舉行，庶不致凌亂無序。

施用殺蟲劑以殺害蟲，其關係有三方面：殺蟲劑與害蟲間之關係爲一生理問題。如某種毒劑殺滅害蟲之原因何在，昆蟲由何而中毒等。殺蟲劑施用於植物上後，是否能黏着及擴散於葉面，或其毒力滲入植物組織，起一種枯焦現象（burning）。此種關係物理方面爲多，害蟲爲害植物，輕重不一，被害植物之經濟價值，亦各不同。吾人

若用殺蟲劑而除害蟲，在施用之前後，當詳計所用殺蟲劑之經費及所得之收穫，二者盈虧如何。若施用一種殺蟲劑後得不償失，則所用之殺蟲劑效力雖大，為經濟起見，祇得別換方法。

殺蟲劑內可分為下列三種：

1. 胃毒劑 (stomach poison),
 - a. 含砷化合物,
 - b. 含氟化合物,
 - c. 其他.
2. 接觸毒劑 (contact poison)
 - a. 植物醇化合物 (glucoside) 與若干種醴鹼 (alkaloids):
如菸鹼 (nicotine)、除蟲菊精 (pyrethrine)、蒜藜蘆 (hellebore)、rotenone 及 quassine 等.
 - b. 硫及硫化物,
 - c. 氯化鋇,
 - d. 油類(礦物油, 植物油, 動物油)
 - e. 松脂合劑.
3. 燻毒劑(fumigants)
如二氧化硫、氰化氫、氯化苦劑 (chloropicrine)、二氯化乙烷 (ethylene dichloride).

第一節 胃毒劑

胃毒劑多散佈於植物上，以殺具咀嚼口式之昆蟲。有時，亦能用於數種昆蟲之具舐吸口式者。本劑應用之時，或以一種藥劑混合於

昆蟲所好之食物內，製成毒餌，使其食後中毒。或將一種藥劑散佈於植物上，使昆蟲蠶食植物時，服毒而死。

屬於胃毒劑內之殺蟲劑，以含砷化合物為多如砷酸鉛、砷酸鈣、砷酸鋅、巴黎綠，其他如氟化鈉及蒜蓼蘆(hellebore)等，亦為殺數種昆蟲之良好胃毒劑。

一、 砷毒劑物 (arsenicals)

砷毒劑內如砷酸鉛、砷酸鈣等，具有極大之殺蟲力，大多數具咀嚼式之昆蟲，在藥劑可及之範圍內（在樹皮下，及葉組織內之昆蟲，則本劑不見效），應用本劑除之，效驗極大。考極純淨之砷(As)本無毒力，但一經氧化成 As_2O_3 ，或 As_2O_5 （砷在高温下，與空氣或潮溼接觸，極易氧化）則有毒性，因此，凡砷之化合物，多少有毒。故砷化物在殺蟲劑上，致毒之價值，與氧化砷之多少及存在與否（愈多愈好），亦為一重要之根據。

製造砷化合物殺蟲劑之基本氧化砷有二種，即三氧化二砷(As_2O_3)與五氧化二砷(As_2O_5)。此二種氧化砷與其他金屬之氧化物(氧化鉛、氧化鋅、氧化鈣、氧化鎂等)相化合，產生各種亞砷酸鹽(arsenite)及砷酸鹽(arsenate)，而砷酸鹽又因所含金屬氧化物(metallic oxide)與五氧化二砷成分多少之比率，產生下列三式之化合物(如與鈉相混合，則有下列化合物)：

1. 偏砷酸鹽 (metarsenate) $Na_2OAs_2O_5$ (或 $NaAsO_3$) 內有 As_2O_5 78.77%
2. 焦砷酸鹽 (pyroarsenate) $2Na_2OAs_2O_5$ (或 $Na_4As_2O_7$) 內

有 As_2O_5 64.97 %

3. 正砷酸鹽 (cr hoarsenate) $3\text{Na}_2\text{O}, \text{As}_2\text{O}_5$ (或 Na_3AsO_4) 內
有 As_2O_5 55.29 %

胃毒劑內所用之砷酸鹽乃屬於正砷酸鹽類內，同時，焦砷酸鹽與正砷酸鹽內之一部分鈉，恆為氫所代，如下列三式：

1. 砷酸二氫鈉 NaH_2AsO_4 內有 As_2O_5 70.12 %
2. 砷酸氫二鈉 Na_2HAsO_4 內有 As_2O_5 61.82 %
3. 正砷酸鈉 Na_3AsO_4 內有 As_2O_5 55.29 %

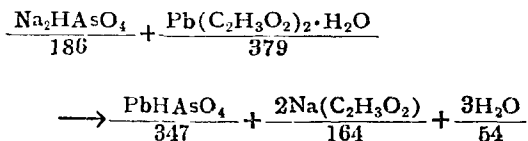
(普通市場所出售之砷酸鈉 (sodium arsenate) 為砷酸氫二鈉。

(1) 砷酸鉛

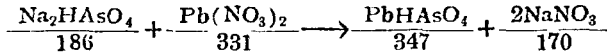
砷酸鉛因其比化學性質之不同，而分為下列三種：

- 酸式砷酸鉛， PbHAsO_4 ——內含 As_2O_5 有 33.11 %
 正砷酸鉛， $\text{Pb}_3(\text{AsO}_4)_2$ ——內含 As_2O_5 有 25.56 %
 鹼式砷酸鉛， $\text{Pb}_3\text{OH}(\text{AsO}_4)_3$ ——內含 As_2O_5 有 23.17 %
1. 酸式砷酸鉛

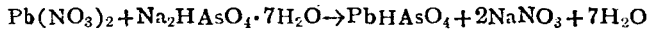
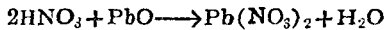
酸式砷酸鉛在化學上之英文名稱為 diplumbic hydrogen arsenate，在美國商業上稱為 acid lead arsenate，其他名稱頗多，如 dilead orthoarsenate, lead hydrogen arsenate 等。在理論上之製造方法，可用砷酸鈉與醋酸鉛相化合，其化學變化如下：



別一種製法即用砷酸氫二鈉與硝酸鉛相配合而成 (McDonall, C. C. and Smith, C. M., Journ. Am. Chem. Soc., '8. 1916, 39, 1917).

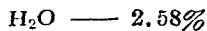
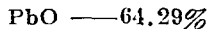
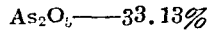


在工廠中之方法，即用砷酸鹽類與氧化鉛 (PbO) 相混和，再加少量之硝酸，即得 (McIndoo, U. S. D. A. Bull. 1147).



由此法所成之酸式砷酸鉛內含氧化砷有 31-33 %.

在理論上，酸式砷酸鉛內所含之氧化砷等，如下所錄：



在美國商業上所出售之砷酸鉛內，含 As_2O_5 約 31-33 %。內中可溶性砷約 0.3 %。在美國，普通用 8 磅酸式砷酸鉛和水 100 加倫，殺蟲效力極大。據 Fleming 氏 (1934) 試驗，如砷酸鉛之分量增加，其殺蟲效力並不呈相同之升高，在酸式砷酸鉛內，加 1 % 油酸鉛 (lead oleate)，則其毒力增加三分之一，但同時噴射於植物上後，易被雨水洗落。平常在酸式砷酸鉛內，加麵粉或魚油，可增加其黏着力。

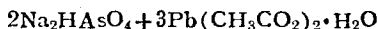
2. 正砷酸鉛

正砷酸鉛在化學上之英文名稱為 triplumbic arsenate 或 neutral lead arsenate。其製造方法頗多，Wardle and Buckle 氏 (1923) 曾用下列方法。

醋酸鉛 3.5 份加無水砷酸鈉 1 份，或醋酸鉛 2 份加結晶砷酸鈉 1 份（無水砷酸氫二鈉 $(\text{Na}_2\text{HAsO}_4)$ 內含無水砷酸氫二鈉 61.82%）Feytand 氏(1924)所用之製造方法如下。

無水砷酸氫二鈉	200克。
醋酸鉛	600克
碳酸鈣	200克
水	100升

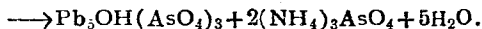
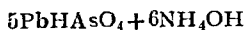
以上配合式之化學反應如下



據 Feytand 氏云，由上列方法，所製成之正砷酸鉛約有 91.8%。

3. 鹼式砷酸鉛

在化學上之英文名稱為 basic lead arsenate，製造法可用氫氧化銨 (NH_4OH) 與酸式砷酸鉛相合而成 (Smith 氏法)



如此預備之鹼式砷酸鉛內所含之氧化砷 (As_2O_5) 為 23.2%，氧化鉛約為 75%。

砷酸鉛在商業上出售之種類，名目繁多，而其所含成分相差頗甚，茲據 Cook and McIndoo 兩氏分析美國所出產之砷酸鉛內容如第四三表。

由第四三表，可知酸式砷酸鉛所含之五氧化二砷 (As_2O_5) 較正砷酸鉛為多。因此，其殺蟲力較大，但正砷酸鉛性極穩固，不易與昆

第四三表 美國所產砷酸鉛所含之成分

砷 酸 鉛 名 稱	濕度%	As ₂ O ₅ %		PbO%	水份及
		總量	可溶量		雜質%
dip'umbic ars:nat: powder, No.2.	1.43	31.55	0.24	62.95	3.92
diplumbic arsenate powder, No.38	0.14	32.47	0.45	64.29	0.10
diplumbic arsenate paste, No. 4	(去水後) 0.12	32.30	0.42	64.50	3.03
diplumbic arsenate paste, No. 48.	(去水後) 0.22	32.09	0.67	63.41	3.28
trip'umbic arsenate powder.	0.35	24. 8	0.43	72.25	2.62
trip'umbic arsenate powder, No.21.	0.11	23.00	0.50	79.99	2.90

蟲之胃液起變化(酸式砷酸鉛一入昆蟲消化系內,大部與胃液起變化,被胃壁吸收),大部之砷質能隨糞便內排出體外,致其毒力減少,故砷化合物內之氧化砷入昆蟲消化系後,其溶解度之高低,亦為決定一種砷毒劑在殺蟲價值上之重要根據。

酸式砷酸鉛,今日用之極廣,質輕,殺蟲力速,并能久凝於水中,噴射於植物上,黏着力亦強,但易損及幼嫩植物。現今市場出售之砷酸鉛,多半屬於是種。其性質頗為穩定,故可與其他化學藥品相混合而不起沉澱。

鹼式砷酸鉛體重而呈粒狀,與水相混合,極易下沉,含量較少,性質極穩定。噴射於植物上,雖無傷及組織之慮,但為昆蟲吞後,亦不易與胃液發生變化,大多由糞內排出,因此其殺蟲力較之酸式砷酸鉛為弱。故在市場上,此類砷劑出售頗少。但有時在天氣過溼之區,而所噴射之植物又為極嫩之枝葉,或為果蔬等,由是鹼式砷酸鉛

可代酸式砷酸鉛(因在多溼之氣候下,易分解,致傷及植物)而施用,惟所用分量須多。

酸式砷酸鉛,在晴和天氣下,可用以治核果樹及其他蔬菜上具咀嚼口式之害蟲。

砷酸鉛可與菸鹼、機械油乳劑、波爾多液相混用,蓋後者藥液內有石灰,故與酸式砷酸鉛相混合後,仍不失其效力,化學上之反應如下:

$$3\text{PbHAsO}_4 + 5\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}_5(\text{AsO}_4)_3\text{OH} + 3\text{Pb}(\text{OH})_2 + 3\text{H}_2\text{O}$$

(Goodwin and Martin, 1928) 但不能與石灰硫黃液、硫化鉀或硫化鈉,或平時洗衣之肥皂相合而用,其理由如下:

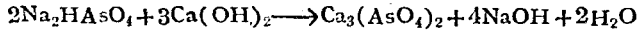
- a. 如與溶解之金屬鹽類相混合,能生出游離之砷酸。
- b. 如與肥皂或肥皂所成之乳劑相混合,則液中因有游離鹼,能產生鉛肥皂,及砷酸鈉或砷酸鉀。
- c. 若與石灰硫黃液相混合,如無多量之石灰存在於液中時,則內中鉛鹽類即起分解而成硫化鉛及硫化砷酸鈣 (calcium sulph-arsenate)。同時有砷酸分出。故其結果,不但可溶解之砷增加,而液中之硫黃及多硫化物之總量,亦為之減少。

如用糊狀之酸式砷酸鉛噴射果樹(如蘋果、櫻桃、梨、李等),或其他行道樹,可以藥三磅加水五十加倫;如為粉狀者,則可用藥半磅加水五十加倫。

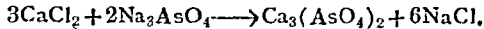
(2) 砷酸鈣 calcium arsenate 或稱 arsenate of lime $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$

砷酸鈣色白,粉狀,質輕,而性不穩固,遇水則易分解。普通製造時,可用生石灰(純粹者)五十五磅,稍加以水,俟其糊化,同時,以砷

酸氫二鈉一百磅溶解於熱水中，然後與石灰相混和，並加攪拌，使石灰完全和化，再行過濾，乾後，即成。其化學上之變化如下：

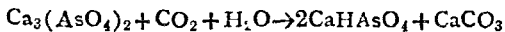


普通製成之磷酸鈣內大多數為正磷酸鈣($\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。同時，雜以酸式磷酸鈣(CaHAsO_4)、鹼式磷酸鈣及碳酸鈣等，其化學上之作用，與磷酸鉛相似，惟易溶於水，內中酸式磷酸鈣之溶解度，在 25°C 時為0.31%，正磷酸鈣在同溫時，為0.013%，而鹼式者，則不易溶解。在低溫下，磷酸鈣之溶解度較在高溫內為大。磷酸鈣之別一製造法(Robinson, R. H. 1918)，可用氯化鈣與磷酸鈉相混合，其化學反應如下：



1939年，中央農業實驗所在成都所製之磷酸鈣，即用湖南產之紅砒與硝酸混合，先使氧化而成砷酸，然後與石灰乳相合，使沉澱再加過濾、洗滌、乾燥、研磨而成。由本法所製成之磷酸鈣，內含 As_2O_3 在40%以上，而可溶性砷在0.75%以下：

磷酸鈣亦如磷酸鉛，內含有酸式磷酸鈣，遇水之後，易於溶解而致植物之害。故平常製造磷酸鈣時，加多量之石灰，所得結果，較正磷酸鈣更呈鹼性(Cook and Mc Indoo 1923)，由此法所成之磷酸鈣乃為鹼式磷酸鈣及氫氧化鈣之混合物，如曝露於空氣下，則能產生碳酸鈣。Goodwin and Martin兩氏謂鹼式磷酸鈣如遇水易起分解作用，而產生氫氧化鈣。如再遇空氣中及植物呼出之 CO_2 ，則重行沉澱而成碳酸鈣，此種變化進行頗遲。



如加石灰，則可暫時減少硫酸鹽之溶解度，故一般在商業上製造磷酸鈣時，須多加石灰，可免植物受害也。Marcovitch 氏(1928)謂新配成之鹼式磷酸鈣，其懸浮液 (suspension) 對於蚊幼蟲之毒力，不如磷酸鉛懸浮液之強，但在配成後之三日，其毒力與磷酸鉛相等。

磷酸鈣(在美國有糊狀、粉狀兩種。在我國只有粉狀一種，粉狀散佈較好，而易於散射)含砷量極多(有 As_2O_3 自 42-48%)，借其可溶性砷 0.75%。因其含砷量多，故可增強殺蟲效力。用時，以粉狀噴於植物上，為最相宜(在美國加省殺瓢蟲之藥量，為 1 份磷酸鈣，加 4 至 8 份風化石灰粉；在我國之用量為磷酸鈣 1 斤，加風化石灰 3 斤，)或充水噴射亦可(通用濃度為 2 磅磷酸鈣，加水 100 加倫)。如欲以此藥用於較嫩之植物上，則須與等量之新鮮石灰，或 $1\frac{1}{2}$ 倍之風化石灰相合施用，藉以中和其游離磷酸或其他已溶解之酸，否則易於傷害植物；核果如蘋果、梨等，則不可用此劑噴射。

磷酸鈣不可與肥皂合用，因彼此相遇，則成鈣肥皂；同時，有磷酸分出。但其進行之速度，不如酸式磷酸鉛之速，惟亦能使植物葉部中毒。磷酸鈣如與石灰硫黃液相混合後，對於磷酸亦無增加。同時，石灰硫黃液內之硫黃及多硫化物，亦無減損。此兩劑混合後之結果，除噴射於植物上後，彼此間或能起一種化學作用，故平常此兩液可混合施用，並無危險。此外與菸鹼、波爾多液亦可合用。

(3) 巴黎綠 (paris green)

巴黎綠在胃毒劑殺蟲藥內，應用最早。1867 年，Markham 氏首先用以殺蟲，其名稱頗多，如 Schweinfurter Grün (德國名稱)，Emerald Green, French Green, Mitis green 等 (尚有其他商業上之名

稱)。化學上之分子式爲醋酸銅及亞砷酸銅之複鹽 (double arsenites and acetate of copper, or complex compound of copper acetate and copper arsenate), 其分子式有人定爲 $\text{Cu}_3(\text{AsO}_3)_2 \cdot \text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ 惟內容頗複雜, 故更有其他分子式如 $(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{Cu} \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$, 或 $\text{Cu}_4(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2(\text{AsO}_3)_2$ 。製造方法, 可由硫酸銅及醋酸與亞砷酸鈉相合而成。

據 Avery 氏 (1906) 之分析, 巴黎綠爲偏砷酸銅及醋酸銅 (copper acetate) 之混合物, 兩者之比率約爲 3 : 1, 有時爲 2 : 1, 在商業上之製造, 則有一定之標準, 其粉粒愈細, 則在液中懸浮之力愈強。巴黎綠內含氧化砷頗多 (As_2O_3 有 58.65 % 以上), 內中可溶解之砷有 2-3 %。此外, 更有氧化銅 31.29%, 醋酸 10.06% (在法國規定, 巴黎綠內含無水砷酸 50%, 而可溶砷不得過 3.5%), 據 Holland and Reed 氏 (1911) 之報告, 巴黎綠內之主要成分爲砷醋酸銅 (copper-acetoarsenite), 遇水以後易於分解而成水溶砷酸, 致易傷植物, 故不能用於核果及其他植物, 如荳類蕃茄等。因此種植物組織柔軟, 極易受本藥之害。

巴黎綠遇水後, 黏力頗弱, 且極易沉澱, 故近時均以砷酸鉛及砷酸鈣代之。

此藥可與波爾多液相配用, 但不可與石灰硫黃液、肥皂、或其他含硫化物之殺蟲劑相混合。因其可溶性砷即游離而發生藥害也。

平常均用此藥以製造毒餌, 成效頗大。有時用以殺具有堅厚體皮之昆蟲。用時, 可以 $\frac{1}{2}$ 磅之巴黎綠與 1 磅石灰及 50 加侖之水相和。如用巴黎綠殺蚊幼蟲, 則見效頗大, 已廣用於世界各瘧蚊發生區

域。1933-36年時，衛生署在南京亦採用巴黎綠以殺子孓。巴黎綠粉未能浮於水面，生活於近水面之瘧蚊幼蟲，常被此種綠色粉粒所吸引，取食之後，中毒而死。

(4) 白砒(white arsenic, arsenious trioxide 或 arsenious oxide, As_2O_3)

白砒為熔砷礦苗時之副產物，如將此種副產物，用昇華法提煉，則可得純潔之白砒。此藥為製造其他砷類殺蟲劑之基本藥，色白，殺蟲力強，有粉狀及結晶狀兩種(因昇華時之不同情形而異)，前者變化較遲。

白砒在純潔之冷水中，溶解頗遲，但水中如有雜質(如硬水及植物葉面之雜屑等)則幾全部溶解，即能致植物之害。故平常應用時，僅以製毒餌，鮮能單獨噴射。當溶解於水中時，所成之砷酸，如與鹽類相遇，能產生各種鹽類。如巴黎綠及亞砷酸鈉(sodium arsenite)等。

(5) 其他砷化物

砷類殺蟲劑除上述之通用四種外，尚有下列數種，惟應用不廣：

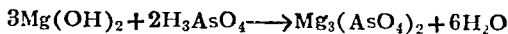
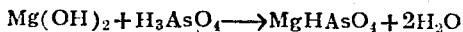
a. 砷酸鋁(aluminium arsenate, $AlAsO_4$)

有糊狀及粉狀兩種：糊狀者含 As_2O_5 約 16-18%，粉狀者含 As_2O_5 約 30%。價廉而不溶解於水。質之佳者，殺蟲力與砷酸鉛相等。製造方法用 1 仟克分子砷酸鈉與 1 仟克份子氯化鋁相混合，加以攪拌，然後用熱水洗滌，再行過濾以去溶解之雜質，即成。

b. 砷酸鎂(magnesium arsenate, $Mg_3(AsO_4)_2$)

砷酸鎂內正常時含 As_2O_5 32.6-41.0%，可溶性砷在 25°C 時，

約爲 2.5-2.6%。製造時以氫氧化鎂和水再加砷酸或砷酸鈉即成。其化學反應如下：



c. 砷酸鋅 (zinc arsenate)

砷酸鋅 ($\text{Zn}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) 即用砷酸銻與氧化鋅相合而成，內含 As_2O_3 40%，但其他砷類雜質頗多。

此外，尚有砷酸鋇 (barium arsenate) 等，亦可殺蟲，惟應用不廣，不多述。

d. 鹼式砷酸銅 (basic copper arsenate, $\text{Cu}(\text{CuOHAsO}_4)$)

鹼式砷酸銅內含銅 44.8%，三氧化二砷 40.6%，氧化鋅 2%，就中可溶性三氧化二砷 (As_2O_3) 爲 0.15%，如以鹼式砷酸銅 1 磅，和水 100 加侖，以治多種甲蟲之幼蟲，成績極好。

砷類殺蟲劑除上錄之數種外，尚有硫代砷酸鈣 (calciumthioarsenate, $\text{Ca}_3(\text{AsS}_4)_2 \cdot 2\text{OH}_2\text{O}$)，砷酸鐵 (ferric arsenate, $\text{Fe}_2[\text{Fe}(\text{AsO}_4)_2]$)，酸式砷酸錳 (MnHAsO_4 乃由氧化錳與三氧化二砷相合而成，如 $2\text{MnO}_2 + \text{As}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{MnHAsO}_4$) 及砷酸鋇，亞砷酸鋇等，惟其應用皆屬不廣，故不加詳論。

茲將上列所述及之砷毒劑刊成一表(第四四表)，以示其所含三氧化二砷之多少及其溶解之難易。

砷類殺蟲劑與植物及昆蟲之關係。

甲. 砷類殺蟲劑之殺蟲作用。

關於砷類殺蟲劑對於昆蟲之毒力，自來研究者頗多，可分下列

第四四表 砷毒劑物及其性質

I. 亞砷酸鹽

名稱	分子式	所含As ₂ O ₃ 之百分數	在100分水內可溶解之百分數	比重
三氧化二砷 (亞砷酸酐)	As ₂ O ₃	—	2.038(25°)	3.65-4.15.
酸式亞砷酸鈉	Na ₂ HAsO ₃	58.226.	極能溶解	1.87
四縮二砷酸鈣	Ca(AsO ₂) ₂	73.855.		
酸式亞砷酸銅	CuHAsO ₃	52.770.	不溶解	
巴黎綠	Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ ½Cu(AsO ₂) ₂	58.551.	不溶解,分解 頗速	
亞砷酸亞鐵	Fe ₃ (AsO ₃) ₂	57.941.	不溶解	
亞砷酸鋅	Zn ₃ (AsO ₃) ₂	44.776.		

數點討論之:

a. 由砷所成之各種鹽類, 其殺蟲毒力並不全視其在水中溶解度之大小, 但須依據下列各點:

(1) 在昆蟲消化道內之溶解度。

(2) 被昆蟲組織內原生質 (protoplasm) 吸收之難易。

(3) 被昆蟲排出體外之速度 Moore 氏 (1921) 謂砷酸鹽類之毒力, 可以昆蟲體內所吸收之砷量與排出之砷量 (未經變化者) 兩者比率而計算之。Tietz 氏 (1924) 謂蜜蜂之胃及中腸所分泌之液體, 其溶解砷酸鉛之力, 較水為速。氏試驗之結果為“砷酸鉛在中腸處之溶解度, 較在水中增速 1.28 倍; 在腸內之溶解度, 較在水中增速 3.75 倍”。

b. 砷類殺蟲劑毒力之大小, 與其化學的不穩固性 (instability)

II. 砷酸鹽 (arsenates, salts of arsenic acid).

名 稱	分 子 式	所含As ₂ O ₅ 之百分數	在100分水內可溶解之百分數	比 重
五氧化二砷 (砷酸酐)	As ₂ O ₅	—	150	4.086.
酸式砷酸鈉	Na ₂ HAsO ₄ ·7H ₂ O.	36.837.	61(15°)	1.67-1.76.
酸式砷酸鈉	Na ₂ HAsO ₄ ·12H ₂ O.	28.586.	(17.2(0°)), (140.7(30°)).	1.759.
正砷酸鈉	Na ₃ AsO ₄ ·12H ₂ O	37.103.	26.7(17°)	3.09.
酸式砷酸鈣	CaHAsO ₄ ·H ₂ O.	58.044.	0.31(25°)	3.23
正砷酸鈣	Ca ₃ (AsO ₄) ₂ ·2H ₂ O	52.957.	0.013(25°)	5.786
酸式砷酸鈣 (有各種分子式)		45.233(平均)	不溶解	
酸式砷酸鉛	PbHAsO ₄	33.113.	幾不溶解	
正砷酸鉛	Pb ₃ (AsO ₄) ₂	25.560.		7.32
酸式砷酸鉛	Pb ₄ (PbOH)(AsO ₄) ₃ ·H ₂ O.	23.179.		7.105
酸式砷酸鎂	MgHAsO ₄ ·XH ₂ O.	—	不溶解	3.155
酸式砷酸鎂	Mg ₃ (AsO ₄) ₂ ·MgO·XH ₂ O.	—		
酸式砷酸鎂	Mg ₃ (AsO ₄) ₂ ·2MgO·2H ₂ O.	49.175.		
酸式砷酸錳	MnHAsO ₄	58.991.		
正砷酸錳	Mn ₃ (AsO ₄) ₂	51.934.		
砷酸鐵	FeAsO ₄ ·2H ₂ O.	49.802.	不溶解	3.18
砷酸亞鐵	Fe ₃ (AsO ₄) ₂ ·6H ₂ O.	41.536.	不溶解	
砷酸鋅	Zn ₃ (AsO ₄) ₂ ·8H ₂ O	37.193.	不溶解	3.309.

我國在湖南及廣東所產之信石，或稱砒霜，據薩本鐵氏(1937)分析，內含砷酸74.4—76.34%，硫0.01—0.11%，BaSO₄0.0052—0.0632%。雄黃(orpiment, As₂S₃)，雌黃(realgar, As₂S₃)，毒砂(arsenopyrite, FeS₂FeAs₂)皆為砷之化合物，而雄黃一物為市場上普通用以製造殺蟲藥之主要藥。

有密切之關係。如巴黎綠遇水之後，易起水解作用，其毒力極強。鹼式砷酸鉛頗為穩固，其殺蟲効力遠不如酸式砷酸鉛之大。巴黎綠內之砷酸鹽一入昆蟲之腸內，分解極速，易被腸壁吸收。但鹼式砷酸鉛被昆蟲吞入腸後，大部份無所變化，而排出體外。Fulmek 氏(1929)根據此種假定，用多種鱗翅目幼蟲試驗金屬亞砷酸鹽及金屬砷酸鹽中毒之現象，其結果如下：

- (1) 對於金屬亞砷酸鹽毒力之次序為錳，鉛=鈣=銅，鐵，鋅
(次序之先後，即示毒力之強弱)。
- (2) 對於金屬砷酸鹽毒力輕重之次序，為鉛銅，鈣，錳，鋅，鐵。

由試驗結果證明亞砷酸鹽較砷酸鹽之毒力為大。關於後者對於昆蟲受毒輕重之次序，略與其在緩衝液(buffer solution)在 pH 9.0 時之溶解度相平行，此與昆蟲消化液相近。Uvarov 氏(1929)謂昆蟲消化道內 pH 值之大小，不但因昆蟲之種類而不同，且又因消化道之各部而異。

c. 砷酸鹽類能阻止昆蟲之呼吸作用，Fink 氏(1926)試驗砷酸鉛被馬鈴薯甲蟲(*Leptinotarsa decemlineata*) 吞入後，能使吸氧及呼二氧化碳之作用為之變換(吸氧減少)，此種作用在昆蟲之幼齡時期較老熟時為顯著，活動時期較休眠時為高。當幼齡昆蟲中砷毒之後，氧及二氧化碳之吸入與呼出，均極細微。在老熟之昆蟲，則氧之吸入，尚無甚影響；惟二氧化碳之呼出，則大為增加。砷類殺蟲劑對於昆蟲呼吸及新陳代謝影響之原因，據氏云，在昆蟲中砷毒之後，能使氧化酵素(oxidizing enzymes)不活動，由此可影響氧膠氮硫化物(glutathione)之正常功用，致使昆蟲組織內發生氧化作用

衰減之現象。根據此種試驗方法，亦可測得砷類殺蟲劑殺蟲毒力之輕重，氏謂 57 % (濃度) 亞砷酸之毒力，較 59 % 之亞砷酸鈉為強，此又與砷類殺蟲劑中砷酸存在之多少有關。

d. 砷類殺蟲劑之價值，不僅由其砷酸之毒力，抑且備有其他物理的條件，如黏着力 (adhesion) 之強弱，及雜質之存在與多少等，皆能影響於昆蟲中毒之輕重。Voelkel 氏 (1930) 謂有若干種蛾類之幼蟲吞食砷化物後，並不死亡，但化成之蛹體積較尋常者為小，並有損及雌蛾之受精力。

乙、砷類殺蟲劑為害植物狀況。

關於砷類殺蟲劑損害植物之狀況，可由下列四點討論之：

a. 原來藥劑中所含可溶性砷之分量 砷類殺蟲劑內所含之砷酸可分為二類，即可溶解類 (water soluble) 及不溶解類 (insoluble)。前者一入水中，即行溶解，雖其存在之分量不多，但亦易使植物中毒；後者則溶解極少，植物不易受害。此種可溶性砷在殺蟲劑內之分量，各國法律均加規定。在美國法定不得超過 0.75 %，但大多數製藥公司之出品內，所含可溶性砷酸多在 0.09-0.65 % 之間。如此微量不致損及植物之生理，

b. 砷類殺蟲劑與其他成分化合，或在空氣下所產生溶解性砷酸之毒害 砷類殺蟲劑因含有多量溶解砷酸，致植物吸收之後，發生下列兩種害狀：

- (1) 植物經噴藥後之二十四小時內，葉呈黑色者，乃為真正中毒。
- (2) 植物經噴藥後之 2—3 星期，葉部失去光彩，或呈萎枯及脫

葉者，乃爲慢性中毒。

巴黎綠及磷酸鈣等因其可溶性砷成分頗高，易致植物損害。如加石灰，則藥中之可溶性砷酸起中和作用而行沉澱，使原來之磷酸鈣成鹼式磷酸鈣，將來如與 CO_2 相遇，則可溶性砷酸之產生極遲，而植物不致中毒。如與波爾多液相合使用，亦有相同之功效。Campbell 氏(1926)謂有時酸式磷酸鉛加石灰後，仍能使植物發生中毒現象，其原因在藥劑中有鹼式磷酸鉛及鹼式磷酸鈣之存在。後者如曝於空氣下，能產生酸式磷酸鈣，致其溶解性砷酸較原來磷酸鉛內之含量爲多，故植物受其毒害。據 Von de Menlen 等氏(1927)之試驗結果云，磷酸鉛內加石灰之後，內中氫氧化鈣與酸式磷酸鉛發生化學上之變化。後者有一部份分解而成氫氧化鉛及鹼式磷酸鈣，惟此種作用進行極遲，故不致使內中可溶性砷酸致毒植物也。

在巴黎綠或磷酸鈣內，加稀肥皂液或肥皂油乳劑，亦可中和液中之溶解性砷酸(因液內有游離鹼而成鉛肥皂及磷酸鈉或磷酸鉀)。但在砷類殺蟲劑內，所加石灰之分量如太多，則有損藥劑之殺蟲效力，過少則不能中和多餘之溶解砷酸。故所加石灰分量之標準，以不損藥劑之最大殺蟲效力，而植物祇受最微之毒害爲宜。Patten and O'meara 等氏(1919)謂植物葉部所排出之二氧化碳，能使噴射之砷類化合物產生溶解砷酸，此種作用在磷酸鈣內，更爲顯著。Smith 氏(1923)謂棉葉受磷酸鈣害而現枯焦之原因，在葉面露點中含有多量之鹽類。此等鹽類易與磷酸鈣作用而產生溶解之砷酸。Morris and Burke 等氏謂植物葉面之中砷毒，常起自葉之下面，此與葉部兩面氣孔之數目無關。如此，可知藥害乃直接穿過葉部嫩薄之角質層所

致。此與硫黃液之由氣孔而入植物組織者不同。

c. 植物之感毒力 植物對於藥害之感應力，因種類而不同；豆、蕃茄、桃極易受砷毒劑之藥害，在果樹中有許多種類，能忍受大部份溶解砷酸之侵入，其忍受程度，據試驗結果如下，1 梨，2 榆，3 蘋果，4 櫻桃，5 李，6 桃(忍受最小)。

d. 氣候與藥害之關係 Fernald and Bourne 氏(1922)謂天氣惡劣，則植物中藥害之程度更甚，大凡在高温多濕之下，植物最易受砷類殺蟲劑之藥害。據 Strachitzkii 氏(1932)云，在雨季時，植物葉部之角質層發育不良，故易致砷毒。

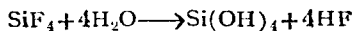
二、 氟毒劑

應用氟化物以殺害蟲，已為各國所採用。其毒力不下於砷化物，現時用以殺蟲者有三類，即：氟化物 (fluorides)；矽氟化物 (fluosilicate)；鋁氟化物 (fluoaluminates)。

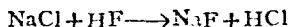
(A) 氟化物

1. 氟化鈉 (sodium fluoride, NaF) 氟化鈉為白色結晶之粉末，其形狀與澱粉相似，除用以殺咀嚼口式之昆蟲外，能兼作接觸劑，普通認為能影響原形質之毒素 (protoplasmic poison)。

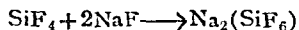
氟化物除天然產者而外，餘均為製造磷酸之副產物。如專門製造，則可用四氟化矽 (SiF₄)，俟其自然分解而成為氫氟酸 (HF) 及矽酸 (silicic acid)，其反應如下：



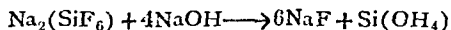
再加食鹽，即成氟化鈉及鹽酸：



氟化鈉更與液中 SiF_4 作用即成矽氟化鈉(sodium fluosilicate):



矽氟化鈉再與苛性鹼相遇，即成矽酸 (silicic acid) 及氟化鈉。



氟化鈉用以治家禽、家畜體外之寄生蟲及室內蟻蟻等，頗有效果。但不能噴射於植物上。市場所出售者，為粉狀，或與其他化學物相混合而成液體。因其劇毒，用時切不可與吾人之食物相接近，否則易生危險。

Fulton 氏 (1925) 曾以一種蠅虻 (*Forficula auricularia*, L) 試驗氟化鈉、氧化砷及砷酸鈉三者之毒力(製成毒餌，其配合量為毒粉 105 克引誘物 1.8 仟克，其殺蟲速率之結果如下：

NaF ————— 五日，

As₂O₃ ———— 六日，

砷酸鈉 ———— 八日。

此外，蝗蝻及夜蛾幼蟲與蟋蟀等，均可用氟化鈉製成毒餌殺之。在歐洲用以殺蝻之配合量如下：

氟化鈉 300克

糖 漿 10升

水 100升

Duten 氏 (2938)，在加拿大用氟化鈉製成毒餌，以殺蟋蟀，結果極佳。氏所擬定之配合量如下：

氟化鈉 1 磅

麥麩	25磅
飴糖	2 夸脫
水	2.5加侖

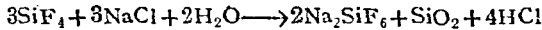
2. 氟化鋇 (barium fluoride, BaF₂) 氟化鋇亦為白色粉末, Marcovitch 氏(1928)試驗氟化鋇之殺蟲效力與巴黎綠相等,而較砷酸鈣為強。

3. 其他氟化物 其他氟化物作為殺蟲用者,如氟化鈣(CaF₂), 氟化鉛(PbF₂), 氟化鎂(MgF₂)等,惟應用於殺蟲者尚不甚多。

(B) 矽氟化物

近年昆蟲家採用矽氟化鈉(Na₂SiF₆), 矽氟化鈣(CaSiF₆)及矽氟化鋇(BaSiF₆)等,以殺咀嚼口式之害蟲,頗具效果。

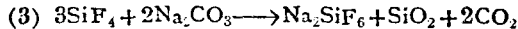
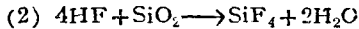
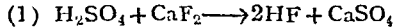
矽氟化鈉在溫度 20°C 時之溶解度為 0.733 %, 在 100°C 時為 2.75 %。製造方法用四氟化矽與鹽水相混合,再將所得之氫矽氟酸與食鹽起作用,其化學變化如下:



或用 H₂SiF₆ 亦可。



Walker 氏(1926)曾以氟化鈣(CaF₂)與硫酸及氧化矽等相混合,製出矽氟化鈉,專為殺蟲之用。



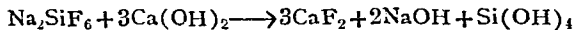
由上法所製成之粉末,內含矽氟化鈉 79.5 %, 氧化矽(SiO₂)

19.61%.

矽氟化鈉可用作胃毒劑及接觸劑，Marcovitch氏(1928)謂用矽氟化鈉以殺四季豆葉上之棉象鼻蟲，在第6小時(即自施藥後之第6小時)，死亡率達50%，隔日之死亡率為100%。由此，可證明矽氟化鈉為良好之接觸劑。Snapp氏(1926)謂矽氟化鈉殺李象鼻蟲(Conotrachelus nenuphar)之效力，較砒毒劑為顯著。

矽氟化鈉具有苛性，能傷植物。Gimingham and Tattersfield氏(1928)謂矽氟化鈉液濃度在0.5-1%時，能傷及蘋果葉。Chapman and Gould氏謂該藥對於黃瓜葉在高溫度下，受傷極為顯著。據Roark氏之推測，矽氟化鈉噴射於葉面上後，遇水則繼續產生鹼，致 Na_2SiF_6 分解而生矽氟化物，此種作用極為顯明。

矽氟化鈉不可與鈣合用，因能產生苛性鈉，致害植物。在化學上之反應如下：



矽氟化鋇(BaSiF_6)，在水中溶解力頗低(1克 BaSiF_6 溶於3750份之水中)，不害及植物葉部。在溶液中成飽和時，pH值為3.4。如行中和，則每一克之矽氟化鋇須用氫氧化鈉100立方厘米(1/10N)，其殺蟲效力與砒酸鈣相等。在美國市場上出售者，內含 BaSiF_6 約88%，其他雜質如 BaF_2 約0.5%， SiO_2 約10-11% (Walker and Mills報告)。普通為製造氫矽氟酸或矽氟化鈉之副產物。Marcovitch氏(1930)用本藥以殺菸葉天蛾之幼蟲及葉跳蟲(*Epitrix cucumeris*)，效果極大。

矽氟化鈣(CaSiF_6)之殺蟲效力，據Chapman and Gould氏

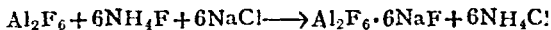
(1931)之試驗，結果得與矽氟化鈉相同。矽氟化鉀 (K_2SiF_6) 之溶解力極弱。在平常溫度下，溶解度為 0.94 %，Gimingham and Tattersfield 氏曾用 0.5-1.0 % 濃度之矽氟化鉀，以殺一種尺蠖蛾之幼蟲 (*Selenaria tetralunaria*)，其死亡率為 100 %。Seiferie 氏等(1938)報告以衣魚 (*Thermobia domestica*) 試測 NaF ， Na_2SiF_6 ， $BaSiF_6$ ， Na_3AlF_6 所製成之毒餌，其藥量為 2, 8, 12 %。各藥品之毒力為 $NaF < Na_2SiF_6 < BaSiF_6 < Na_3AlF_6$ 。昆蟲之毒死率為 100 %，中毒時間為 NaF ， Na_2SiF_6 ， $BaSiF_6$ 相同，而 Na_3AlF_6 為時較長。

(C) 鋁氟化物 (fluoroaluminates)

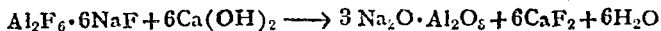
鋁氟化物之用作殺蟲劑者，如冰晶石 (cryolite, $3 NaF \cdot AlF_3$) 存在於格林蘭 (Greenland) 之氟化鋁或氟化鈉之礦內。北美，蘇聯亦有出產，惟其所含雜質各有不同。

冰晶石平常用以提煉鋁及製造不透明玻璃等之用。由礦內掘出者質頗重。在市場上出售者，多由人工配合，質輕，溶解力為 1-639 (1 克冰晶石，溶解於 639 份水中)。成溶液時，pH 值為 6.2，如行中和，則在 1 克冰晶石粉內 (成溶液)，須用 $1\frac{1}{2}$ 立方厘米之氫氧化鈉 (1/10 N)。

製造冰晶石之方法頗多，Howard, (H.) 氏在美國用氟化鋁，氟化銨及鹽等，其反應如下：



冰晶石與酸或鹼相遇，則易起分解。如與石灰，鋁酸鈉 (sodium aluminate) 及氟化鈣相混和，則起下列作用：



以冰晶石粉殺蟲，首先用者為 Morcovitch 氏(1925)。後 Pettey 氏(1930)亦用以治蘋果蠹蛾之幼蟲。同年，Morcovitch and Stanley 氏用以殺菸葉天蛾之幼蟲，効力極大。

三、食餌 (baits)

利用昆蟲之正趨化性，我人設計製造一種餌料，藉以誘殺若干種昆蟲，在農業上及防除衛生昆蟲上，應用頗廣。惟舉行此法，宜注意下列各點：

- a. 昆蟲對於所用食物之趨避生理。
- b. 昆蟲之口器。
- c. 昆蟲食物之習性(草食類，單食類或多食類)

食餌之種類。

1. 毒餌 (poison baits) 為一種胃毒劑，或為液體，或為半固體，視昆蟲口器之不同而異。毒餌內含 (a) 載毒物 (carrier)，(b) 毒藥，(c) 引誘物。

毒餌常用以誘殺若干種土內及地面之昆蟲，多數蠅類亦能用此法驅除。

(甲) 誘殺咀嚼口式昆蟲之毒餌。

a. 殺蝗蝻、切根蟲、行軍蟲、油葫蘆等之毒餌 本類毒餌內所用之砒均猛烈而極易溶解，如白砒、巴黎綠、亞砷酸鈉等，皆為常用之毒藥。砷酸鉛因毒性較弱，故不宜採用。如用氟化鈉、矽氟化鈉以殺蝗蝻與螻蛄，亦有相同之效果。

所用之載毒物，普通為麥麩，其他如硬木之鋸屑、米糠、穀類粉

末、黃花草 (alfalfa) 之莖葉屑末；新鮮馬糞，或報紙細屑等，亦均可借用。飴糖 (molasses) 爲毒餌中誘昆蟲取食之物，有時更放入其他芳香物，如橘汁、檸檬汁、乙酸戊酯 (amyl acetate)、西瓜汁及蘋果汁等，茲舉一配合式如下：

麥麩	25磅
白砒或巴黎綠	1磅
飴糖	2夸脫
水(將毒餌拌濕爲度)	3加侖

製法：先秤出麥麩，然後加入一定分量之白砒，拌和均勻，再徐徐加入飴糖液及水（先一部之水與飴糖相混），再上下拌攪，使全部潤濕，即成毒餌。用時，可散佈在地面，約6市畝用5至10磅。如用以殺蝗蝻者，則散放時間，須在黃昏或清晨，切根蟲，行軍蟲，及螻蛄等均在夜間活動，故散放毒餌之時，須在黃昏時行之。殺切根蟲之毒餌內，飴糖及其他引誘物非爲必須之物。

b. 殺蟻之毒餌 育蠶之家或住宅內，常有數種蟻之擾攘，可用下列毒餌殺之。

糖	1磅
水	1品脫
亞砷酸鈉	125克冷 (grains).
蜜或飴糖	1茶匙

製法：先將糖水與亞砷酸鈉煮之，使完全溶和，然後將蜜加下，即成毒餌。殺蟻之時，在蜜汁內所用之毒量宜少，如是職蟻食後，不至立死，使其將毒物運入巢內，以飼幼蟲與后蟻，如所加之毒量太

多，蟻能察覺而不食。

(乙)誘殺吸收口式昆蟲之毒餌。

對於吸收口式或舐吸口式之昆蟲，毒餌內之誘引物，極為重要。

誘引物大多為甜物，或其他化合物，若甜物經酵母分解而為發酵物後，誘引力尤大(如毒餌內之毒藥濃度過高，則可殺死酵母)。普通常用之甜物，如糖、糖蜜或蜜，Speyer 氏(1920)報告，對於家蠅之誘引物，如(a)飽和酸(saturated acid)、醛(aldehydes)、醇等經發酵後，家蠅遇之，均為正趨化性。(b)醇、醛及酸之具有甲基者，家蠅均起負趨化性(化合物之分子量在 30 左右，或更低者例外)，故甲醇，(methyl alcohol, CH_3OH)在平常無誘蠅作用，如甲基與 $(\text{CH}_2)_2$ 原子團相接後，則能使蠅之趨化性為之增高。(c)苯環(benzene ring)之化合物對於昆蟲既無誘引力，亦不抵拒。(d)戊基化合物經發酵或分解後，即成為良好之誘引物。

Cook 氏(1926)謂鏈狀醇類(paraffin alcohol)及酯類(esters)對於蠅之誘引力，與其沸點有關。如沸點增加，則其誘引力反見減退；又其分子量與其誘引力亦呈負相關。在同分異構物(isomeric compounds)中之各種化合物，其誘蠅力最高者所具之酸基最低。同時，凡支鏈化合物(branched-chain compounds)之誘蠅力，較其正常異構物(normal isomers)為高，Bruno Götz 氏(1939)用葡萄汁再加醋 2%^{1/2}，糖 1%。以引誘葡萄蛾(*Polychrosis botrana*, *Clysia ambiguella*)，成績極佳。所得蛾之多少與當晚天氣，風向及蛾之年齡有關係。以上之配合物誘蠅効力，在第 2 日較第 1 日為大。

應用液體毒餌防除昆蟲，其配合法舉一例如下：

a. 殺蠅蛾類之毒餌。

用甲醛液 formalin, 40% formaldehyde (HCHO) 一茶匙，加一品特之沖水牛乳（水與牛乳對半），即可用以除蠅。Lloyd 氏 (1920). 試得下列配合式之誘蠅効力極大

甲醛(formaldehyde 40%)	5-6%或爲 5-6 立方厘米(c.c.)
清潔石灰水(加過濾)	50%或爲 500 立方厘米(c.c.)
糖	2.5%或爲 25克(gr)
水	使成100 或爲 1000立方厘米(c.c.)

甲醛應無色，無魚臭氣味，並呈弱鹼性者爲佳。如用以驅除果蔬上之蠅，則可用磷酸鈉、磷酸鉀、磷酸鉛等混和於餵糖液內，噴射於果蔬上。近數年來，對於若干種蛾類（其幼蟲爲害作物果蔬者），亦用毒餌誘殺，惟須加一種芳香物，如果汁乙酸戊酯，乙醇等。

b. 殺葱蠅幼蟲之毒餌

Peterson 氏(1924)曾用糖液(有酵母者)及亞磷酸鈉相混和，兩者之比例爲 5 夸脫之糖液內，加亞磷酸鈉 1/4 噸(ounce)。如藥量增加，則能殺餌中之酵母。

II. 無毒性誘餌 (non-poison baits) 用以誘引昆蟲至一捕捉器內，然後殺之。

(甲) 誘引咀嚼口式昆蟲食餌。

Van Leeuwen 氏(1930)曾製成一種誘捕日本金龜子器(traps)，在器內置引誘物(如下表所示)，使金龜子羣趨而陷落入器。

geraniol (純度至少有 58 %)	15 克(或 4 茶匙).
eugenol	1.5 克(或 $\frac{1}{2}$ 茶匙)
麥麩	75 克(或 $\frac{1}{2}$ 茶匙)
水	13 立方厘米(c.c.)(或 1 茶匙)
糖漿	39 立方厘米(c.c.)(或 $2\frac{1}{2}$ 茶匙)
甘油(C.P.)	6(c.c.)立方厘米(或 $\frac{1}{2}$ 茶匙)

(乙) 誘引吸收口式昆蟲之食餌

應用本類食餌，誘引昆蟲至一盆或缸中，集而殺之。如將糖漿塗於樹幹部，亦可得多量之蛾類、甲蟲及胡蜂等。

a. 蘋果蠹蛾之食餌 蘋果蠹蛾可用發酵蘋果汁，或糖漿之液體食餌，以誘引之。此種食餌可裝於一種捕蟲器內，藉可誘得多量之蛾。

b. 東方果蛾之食餌 在化蛾時期，用發酵糖漿置於捕蟲器內，以誘引之。

此外，如玉米螟蛾及其他果園森林內之蛾，均可仿照上法，製造各種食餌以誘引也。

第二節 接觸毒劑 (contact poison)

接觸毒劑宜用於吸收口式之昆蟲，所用之藥屬於有機物者，有菸鹼，除蟲菊，魚藤(derris)，苦木(quassia)；屬於毒性的無機物者，有石灰硫黃液，硫黃粉，肥皂等；屬於油類者，有礦物油，植物油等。當吾人噴射一種接觸劑時，須十分周詳，務使所欲殺之害蟲均觸着藥劑，決不能如施用胃毒劑之噴射於害蟲大發生前，作為一種保護

性質。

接觸毒劑內所用之藥，種類頗多，而大多數之藥性頗猛烈，亦可傷及植物，故用時須留意，務使毒劑施用之後，在分量上，時間上，可以達殺蟲之目的而不害及植物。

接觸毒劑殺蟲之原因：在(一)封閉昆蟲之氣孔，使其不能呼吸而窒死。或塗黏於卵外，使幼蟲不得化出；(二)腐蝕昆蟲體上一部份之組織；(三)藥侵入體皮內或氣門內，或氣管內，使組織中之原生質凝固。第一毒象為噴射油類後之結果；第二毒象為噴射石灰硫黃液後之結果；第三毒象為施用氯化汞 (mercury dichloride) 煤蒞油 (coal-tar oils) 及高級之脂肪酸後之所見。

接觸劑內之各種藥劑，可依其化學性質之不同，而分之如下：

- (一)有毒質鹼類。
- (二)硫及多硫化物。
- (三)肥皂及鹼性物。
- (四)油類——礦物油，植物油，動物油。

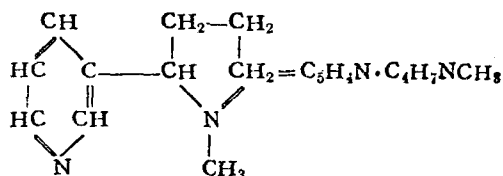
(一)有毒質鹼類。

有毒質鹼為有機氮化合物，有若干種植物含量頗多，內中凡含氧者大多為固體，而無揮發性；不含氧者皆為液體，而具揮發性。

(A) 菸鹼 (nicotine, $C_{10}H_{14}N_2$)

菸鹼(或稱尼古丁=nicotine)為菸草所含之一種質鹼，純粹者，性易流動，無色，沸點為 $247^{\circ}C$ ，如儲藏過久，即呈棕色，而性較黏。能溶解於水、酒精、及乙醚(ether)中。揮發性強，呈不決臭氣，故須

藏於緊密之器內，化學上之構造式如下：



取菸鹼之法，或蒸餾菸草之莖葉而得純液，或以水浸煮，所得之液，如含有菸鹼 0.05 % 者即有殺蟲効力。惟菸草內所含菸鹼成分之多少，隨土壤、品種、氣候、產地、及菸葉之部位而不同，如 *Nicotiana rustica* 較 *N. tabacum* 及 *N. glauca* 種之効力為大。普通菸莖，葉之浸出液中，含鹼約 3-4 %。薩本鐵氏 (1937) 檢驗東九省若干種菸所含菸鹼之成分為 0.53-2.73 %。黃瑞瑜氏 (1940) 在廣西分析 7 種菸，得所含菸鹼之成分因種類與部位而不同。

菸葉 (leaf wed) 含菸鹼成分在乾物質內 4.04-6.46 %；菸筋 (leaf stem) 含菸鹼成分在乾物質內 0.74-2.24 %；全葉 (whole leaf) (以菸葉 75 %，菸筋 25 % 計算) 含菸鹼成分在乾物質內 2.76-4.52 %。故欲菸草內菸鹼成分之增加，須藉育種及肥料上之改進，在工廠內製備菸鹼時，先將菸鹼由菸草中蒸出，(大多為製造捲菸時之副產物) 然後再與硫酸相混合，而成一種硫酸菸鹼 (nicotine sulphate)。

美國所出之 “Black leaf 40”，即由此式製成。Freeman 氏 (1928) 謂菸草引入歐洲後，不久即成一殺蟲劑。1763 年 Marseilles 氏報告，次等菸末液可殺蚜蟲，Goeze 氏在 1787 年所倡用之乾菸末，即為菸鹼粉之開始。至 1885 年，在歐美市上即有 “Gold leaf Tobacco”

Extract”液出售，即為現在“Black leaf 40”及其他硫酸菸鹼之起源。

現時菸鹼用作殺蟲劑者，有下列二型：

(1) 純粹菸鹼。

a. 稀液菸鹼 由菸之莖葉等浸水而得，或在原液內加水而成，普通在稀液內有菸鹼 0.05 % 者，即有殺蟲効力。我國平常用以噴射棉蚜蟲之菸草水，即為是種，惟所用菸莖或菸葉之分量與水之多少，則須視菸草內含菸鹼之多少而定。

b. 游離菸鹼 即所謂純粹菸鹼，內含菸鹼 40 % 或 90 %，性易揮發，殺蟲力速，不可用於噴射，可用於薰蒸，以消毒溫室。

c. 菸鹼粉 用消石灰、硫黃、滑石粉等與游離菸鹼或硫酸菸鹼相混合，成為粉末 (nicotine dust)，使菸鹼之揮發面積為之增加。Smith 氏 (1921) 試驗結果，消石灰質輕而具有吸收、粘着等特性，並能與菸鹼或硫酸菸鹼相合而成為最佳之混合物。如將菸葉或莖磨成細粉，與等量之消石灰混合散佈，以除蚜蟲，見効頗大。

(2) 菸鹼與硫酸相合而成硫酸菸鹼 (nicotine sulfate, 即 pyridine methyl-pyrrolidine-sulfate) $(C_{10}H_{14}N_2) \cdot H_2SO_4$ ，其商業上之名稱，在美國出售者，為 Black leaf 40, Black leaf 50, Nicotine-bentonite)，即指示含有菸鹼重量 40-50 %。在理論上，硫酸菸鹼所含結晶純粹菸鹼約有 77 %，硫酸菸鹼性易揮發，混水後之比重為 1.25 時，殺蟲効力極大。

硫酸菸鹼在國內已為中央 農業實驗所 及 四川農業改進所 普遍製造，1940 年，川農所 又將純粹菸鹼溶液 (含菸鹼至少 40 %) 加硫酸以後，再行蒸發結晶而成硫酸菸鹼結晶。

在市場上出售之菸鹼，亦不外硫酸菸鹼，菸鹼粉及游離菸鹼三者，惟其商業上之名稱頗多，大多皆係製造捲菸殘餘之菸末提煉而得。

以上各式菸鹼應用之分量，則因天氣、害蟲而不同。平日在一加侖之硫酸菸鹼(有 40 % 菸鹼)，或純粹菸鹼內，可加 800-1000 加侖之水，或用一二茶匙之菸鹼與一加侖之水相和，以殺蚜蟲浮塵子及其他軟體昆蟲，見效頗大。

由純粹菸鹼所配成之粉末，宜用於乾熱之天氣下，在潤濕天氣內，則宜用硫酸菸鹼配合之粉末。如在雨後或清晨，植物上着水多時，此時噴散菸鹼粉末，亦無所害。

自製菸鹼粉時，可用硫黃粉，或消石灰，或其他輕細之粉或灰末等，傾入一密閉之桶內，然後再加入相當分量之 40 % 硫酸菸鹼，或 40 % 純粹菸鹼液，更放入 10 至 15 個如雞蛋大之石子(四面須平滑，用以混合粉與菸鹼)，再將桶門關閉，然後緩緩轉桶，為時約 10 分鐘左右，使粉與菸鹼混合均勻。所做成之菸鹼粉如不即用者，則須藏於緊密之器及乾冷之處，否則極易揮發。因粉與菸鹼相混合後，揮發力更形增加。關於所用粉末之分量及菸鹼液之多少，所製成粉末內含菸鹼之百分數等，可參攷第四五表所示：

當菸鹼液與消石灰相混合後，有一部份之菸鹼分解而發出一種極強之氨氣。

Freeman氏(1928)將菸鹼之混合物分為三類：

(1) 吸收性或膠體物質，如高嶺土、滑石粉等。其性質可阻止菸鹼之揮發。

第四五表 菸鹼粉內之含菸鹼成分百分數

所用菸鹼或硫酸菸鹼 (40%)之分量	和 粉 分 量	所 成 菸 鹼 粉 內 含 菸 鹼 之 成 分
1 $\frac{1}{2}$ 磅	48 $\frac{3}{4}$ 磅	1 %
2 $\frac{1}{2}$ 磅	47 $\frac{1}{2}$ 磅	2 %
3 $\frac{3}{4}$ 磅	46 $\frac{1}{4}$ 磅	3 %
6 $\frac{1}{4}$ 磅	43 $\frac{3}{4}$ 磅	5 %

(2) 結晶粉末,如石膏、硫黃、及板岩粉末,性質穩固,對於菸鹼之揮發性無所影響,祇增大其散發之面積。

(3) 普通消石灰,能使硫酸菸鹼之揮發力增強。

氏試驗之結果如下:

a. 菸鹼所用之混合物不同,其結果亦有顯著之差異,普通與礦質混合物相和之菸鹼,其揮發力較之與酸性膠質物混合者為佳。純粹結晶混合物內(分子粒不太小者)能保持之菸鹼量,較之膠質混合物為多。

b. 菸鹼揮發性之大小,由於化學反應而決定,其他物理上之表面張力等亦有關係。在各種混合物中,以碳酸鹽如 CaCO_3 , MgCO_3 等之揮發力最優,但所有一切混合物內之菸鹼,在初時發散頗速,入後均漸次減弱。

c. 各種混合物之酸度,可用 pH 值及菸鹼之發散度而測檢之。如空中濕度高,則菸鹼之揮發頗弱。反之,高溫低溼之天氣,則發散量大。

菸草與昆蟲之關係

據 McIndoo 氏 (1916) 云, 昆蟲(蚜蟲及浮塵子類更為顯著)體上着菸鹼, 或在菸鹼氣燻蒸下(氣由呼吸系等入組織內), 神經上即起一種麻醉現象(高等動物中毒後, 亦呈是狀), 能控制呼吸器官之中心神經, 先失去知覺, 昆蟲因此窒息而死. 此種中毒乃為物理的現象, 故菸鹼揮發度之大小與毒力呈正比例. 同時, 硫酸菸鹼之揮發力不如純粹菸鹼強, 故其毒力亦弱. Richardson and Shepard 氏(1930)以蚊幼蟲試驗之結果, 謂在溶液中, 純菸鹼較硫酸菸鹼毒 5-7 倍, 但如將此溶液之酸度改變, 使菸鹼鹽起分解, 其結果證明菸鹼分子之未經分解者, 較單獨之菸鹼離子 (nicotine ion) 為毒. 氏謂菸鹼侵入昆蟲體內之主要道路, 是由液中菸鹼分子或離子穿入口部而達腸胃, 成為劇烈之胃毒劑. 昆蟲由此而中毒者, 則菸鹼鹽類之毒力較其他型為強. 因其揮發力弱, 在空氣內不致迅速散失, 故其毒力能久時保存而不衰弱. Shafer 氏謂昆蟲在菸鹼蒸氣下死亡之原因, 是由其吸氧之機能漸次減少. Yeager 氏 (1938) 則謂菸鹼能減弱昆蟲之心跳力.

菸鹼大多用以殺小形或軟體昆蟲, 如蚜蟲、粉蝨 (Mealy bug)、花蝨 (Thrips)、木蝨 (Psyllids)、浮塵子、紅蜘蛛、銀蜂幼蟲、蚋、雞蝨、捲葉蟲卵、小蛾類幼蟲、介殼蟲等. 其他凡卵殼薄之蟲卵, 菸鹼亦可應用為殺卵劑 (ovicide). 在浙江西部, 農民常用菸莖插於稻苗附近, 藉以驅治螟蟲之幼蟲, 効力頗為顯著.

菸鹼如與礦物油、乾酪酸 (caseinate)、單寧、硫酸鋁等相混合, 則其殺蟲効力可以延長. 近年經濟昆蟲家對於單寧菸鹼 (nicotine

tannate) 之應用, 日見增多。在美國用以驅除蘋果蠹蛾之卵及幼蟲(用作胃毒劑), 其効力與砷酸鉛相同(配合方式, 以含一磅菸鹼之溶液與含四磅單甯酸之溶液相混和, 然後稀釋至1600磅即得)。黃瑞瑜氏(1940)在廣西, 以柳州菸葉與五倍子液配成一種合劑, 黃氏所擬之配合量如下:

柳州菸葉(去梗)(菸鹼浸出率2.88%)	3.41斤
五倍子(單甯酸浸出率60%)	0.70斤
水	160斤

上列所成之原液, 再加水稀釋至 80 升, 即可應用。

Moore 氏(1932)謂如丹甯酸不純潔, 則可使植物中毒。而中國所產之五倍子(*Rhus semialata*)為配製丹甯菸鹼最佳之原料, 但由丹甯所配成之單甯菸鹼易於發酵, 故在製成後, 宜即應用。

在菸鹼之噴射液內, 有人加肥皂藉以增其擴散力, 如美國某烟廠(The Kentucky Tobacco Company)所擬在製品特之菸鹼內, 加3-4磅肥皂, 及水 100 加侖, 其殺蟲効力頗強。

據 Wilcoxon and Hartzell 氏(1937)試驗結果, 加肥皂液之菸鹼液, 其液與氣體能穿入活蟲之體內, 但對於死蟲則否。氏謂此或由其他因子(除毛細管吸引力外)牽引所致。因肥皂液為最佳之擴散劑, 據 Moore 氏(1918)云, 純粹之菸鹼加肥皂後, 其殺蟲効力增加 50%。同時, 肥皂之鹼性無損於菸鹼之揮發力(一加侖菸鹼內, 加肥皂一立方吋)。

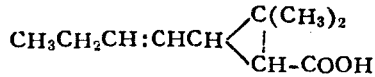
在市場上常有多種菸鹼與肥皂之合劑出售。據 Domell and Nealon 氏(1924)云, 由菸鹼與肥皂所配成之合劑, 內中因起化學上

之變化〔如菸鹼與肥皂相化合而成一種不溶解之樹脂狀物(resinous products)〕致菸鹼損失頗多。再肥皂之成分大多為脂肪酸及鹼，乃有人提議以菸鹼代肥皂內之鹼，而成一種鹼肥皂(nicotine soap)，此種菸鹼肥皂與所用脂酸(fatty acid)之型極有關係，但此等肥皂尚少實用之價值。

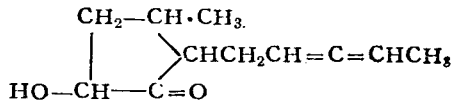
(B.) 除蟲菊粉及其浸出液(pyrethrum powder and extracts)

除蟲菊粉及其浸出液均由除蟲菊製造。殺蟲力強(因具有一種揮發油)，可除多數昆蟲，而無傷及動物，故近年社會上應用日廣。在市場上所出售之名稱，種種不一。據 Metcalf and Flint (1930) 兩氏云，現約有 200 種以上之除蟲菊製造品，出售於市上以作殺蟲之用。就中如 persian 殺蟲粉為紅色者係由 *P. roseum* 製成；dalmatian 粉為黃色者係由 *P. cinerariaefolium* 製成。此種顏色之不同，係由所用除蟲菊之種類而異。據美國統計(1927-30)，除蟲菊在日本之產量極大，占全世界產量之 6/7，而內中 70% (約有 5000-6000 噸) 輸入美國。Gnadinger 氏 (1933) 謂各地栽培之除蟲菊，以 *Pyrethrum* (*Chrysanthemum*) *roseum* Bieb. 及 *P. carneum*, Bieb 為較早，後更引種 *P.* (*Chrysanthemum*) *cinerarioefolium* Trev 種，該種花作白色，殺蟲效力較強。在中國各地所種者均為是種。關於除蟲菊內殺蟲成分之決定，貢獻較重要者有 Staudinger and Ruzicka (1924) 之研究。但在 1924 年以前，學者如 Fujitani (1909) Yamamoto (1923) 等，皆有良好之貢獻。Fujitani 氏分析除蟲菊內殺蟲之有效成分為 pyrethron，此為一種酯類之混合物。Yamamoto 氏分析得此種混合酯為一種醇(pyrethrol)與各種酸相結合而成者。後二種有機酸中分

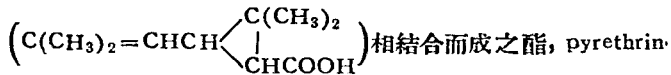
子之組織爲:



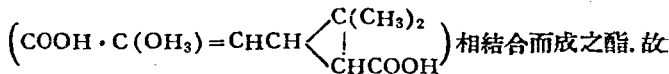
Staudinger and Ruzicka 氏(1924)分離出除蟲菊之毒質爲二種易揮發之酯,而名之曰第一除蟲菊精 pyrethrin I 與第二除蟲菊精 pyrethrin II. 此二種酯對於昆蟲有劇毒,而不害及高等動物. 由化學上觀之,該二種除蟲菊精爲一種酮型醇 (ketonic alcohol) 與兩種不同之酸所結合成者. pyrethrolone 之構造式爲:



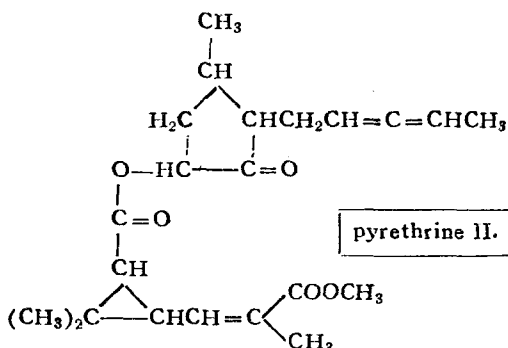
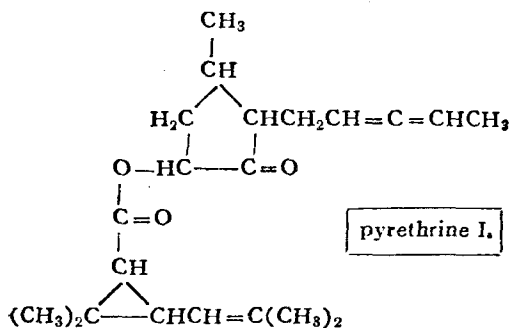
pyrethrin I 狀如濃油,係 pyrethrolone 與一種 monocarboxylic acid



II 亦爲一種濃厚不易流動之油,係由 pyrethrolone 與一種 dicarboxylic acid



此二種 pyrethrine 之構造式爲:



第一除蟲菊精之殺蟲力大，較第二除蟲菊精強 10 倍。其稀釋液至 1000 倍時，尚能在 10-20 分鐘內殺死疥蟻。第二除蟲菊精則須兩倍其時間，始可見效。但據 Tattersfield, Hobson and Gingham 等氏 (1929) 將除蟲菊內二種酯用化學方法分開後，並以豆蚜 (*A. rumicis*) 試驗，得第二除蟲菊精之毒力僅為第一除蟲菊精之 80%。Wilcoxon and Hartzell 兩氏 (1933) 用物理方法，將此二種酯分

開而試豆蚜中毒之結果，得第一除蟲菊精較第二種為強，而大多數化學家均認為除蟲菊殺蟲効力在於第一除蟲菊精之存在。

普通一般除蟲菊精內，約有第一除蟲菊精 40%，第二除蟲菊精 60%，惟其變異頗大。通常除蟲菊精在花內之含有量為最多（為 0.2-1.0% 以上），葉莖較少。在花部者，大多在花之子房部，而未開及正開之花含量更多。別一報告謂老熟之種子及未開放之花，殺蟲力最大。山本氏謂在風乾之花內，含除蟲菊精 0.8-1.5%，惟因花之部位及成熟程度之不同，而除蟲菊精之分成亦有多少之差異。此外，栽培之地域及處理之方法皆可影響除蟲菊精之成分。除蟲菊精對於光、熱、溼等，極易感受。因此，其毒力消失亦易，如遇高溫，則易起分解作用，而揮發力更形增加（製成之後，如即應用，則殺蟲力極強），如在溼處，則起水解作用，均可減少其殺蟲力。

普通儲藏半年之花，除蟲菊精減去 20%。如達一年者，可減去 30%—40% 不等。但將除蟲菊用石油、二氯乙烷等製成之汁，藏於緊密之鐵桶或棕色之玻璃瓶內，在溫度 26°C 至 34°C 下，可貯藏一年之久。Tattesfield 氏(1934)報告，在日光下及空氣內，或與氮相接觸，則除蟲菊內第一除蟲菊精之損失頗多。如在緊閉之器內，則損失較少。花在貯藏期內，第二除蟲菊精之損失較粉狀者為遲。在氮內，則第一除蟲菊精之損失，較在空氣下遲緩。因除蟲菊在空氣下，除發生氧化作用外，尚與游離氧相互起作用也。故在除蟲菊液內，略加防氧化劑 (antioxidants)，如丹甯酸及對苯二酚 (hydroquinone)，則除蟲菊雖暴露於空氣下，除蟲菊精之損失亦較遲緩。

1. 除蟲菊浸出液及其配合物。

除蟲菊精之製造，或用花部蒸餾而得，或以莖、葉部之浸出液。應用之時，或以粉末散布，或以浸出液噴射。在商業上常用輕石油 (light petroleum oil) 提煉其第一第二除蟲菊精，更配成一定之稀液，而出售於市上。在製造時，如溫度不宜，或方法不適，致其毒力為之減少。

除蟲菊精不溶解於水，而溶於乙醚 (ether)、三氯甲烷 (chloroform)、酒精、石油。故提煉時，必用上述各物。通常多用石油為溶劑，將除蟲菊之粉末浸若干時，過濾即得其浸出液，再提出其具毒力之酯。普通每一加侖石油內，可浸 0.5-20 磅之粉末，此乃由於除蟲菊內之含量不等所致。所用之石油，不可太易揮發，因此除蟲菊精之發散，亦將因之而增強，反減少殺蟲效力。但不易揮發之油類，亦所不取。用以殺蠅時，可用上等石油為溶劑，再加少許香料，以減少其氣味 (此類配合劑，在市場上出售頗多，如飛立脫等即是)。

用以噴射植物上之害蟲時，如單獨使用石油除蟲菊浸出液，常致植物之害 (石油彌佈在植物表面所致)。因此，再用鹼性物使之乳化，惟此種配合，據 Roark 氏 (1930) 云，能使除蟲菊失去其毒力。在市上出售之除蟲菊肥皂 (如紅箭牌肥皂即是)，據 Badertscher 氏 (1931) 云，較尋常純粹肥皂之殺蟲力為大。但此液之濃度如太高，則能傷及植物。根據化學上之理論，除蟲菊與肥皂混合後，其中酯類易為鹼性物所水解，致減少其殺蟲效力。

除蟲菊精由酒精浸出者，則其殺蟲效力極強。用時，可在浸出液中加水稀釋之。此外，輕油 (light petroleum oil) 亦為良好之溶劑，所得之浸出液可與沖淡之菜油乳劑，或棉油乳劑合用。

用以殺一種金龜子時，則可用下列之配合方式：

除蟲菊花之酒精浸出液	9.5 噸
油酸鈉	86.5 噸
水	100 加侖

如在上式配合量內再加矽酸鈉 6 噸，其毒力增加 18% (Von Lennwen and Von Der Menlea)，對於驅除浮塵子時，De Long 氏 (1928) 用 1 : 300 之除蟲菊酒精浸出液，結果極佳。如噴射柑橘上之蚜蟲，則浸出液 1 份，加水 800 份，肥皂 1%。驅除某種金花蟲，可用浸出液 1 份，加水 300 份，可和混合油 (miscible oil) 少許。

除蟲菊與石油肥皂所配製之合劑，公式頗多。茲錄一例如下：

除蟲菊粉 1 磅，石油 3 加侖，肥皂 8-12 噸，水 (純潔水) 6 夸脫。

製法：先將除蟲菊粉傾入石油中，密閉二晝夜，次將肥皂溶化水中 (加熱)，然後將二液混合一起。同時，加熱至 70°C 左右，並掬成乳劑，即成原液。如用以殺蚜蟲，則 1 倍原液中，加水 50 倍。Onoe 及 Hukuda 氏 (1939)，以除蟲菊浸出液與 0.5% 肥皂液相混合，殺水稻二化螟蟲之卵，效力極大。對於產後一星期卵之致毒力，較產後僅一日者為強。氏謂除蟲菊對於卵內已發育之胚胎，殺滅效力極大，而在噴射液內，含有除蟲菊精有 0.009% 者，則殺卵力頗強。

Staudinger and Harder 氏 (1927) 謂關於除蟲菊之酒精浸出液，如儲藏過久，則起二種變化：(1) 液中因有鹼質之存在，除蟲菊精起水解作用；(2) 液中之 pyrethrolone 為乙醇所代。Tattesfield and Habsen 氏 (1931) 謂除蟲菊浸出液在溫帶氣候內，其毒力可保持若干月，即與鹼質物相混合後，殺蟲力之減弱亦極微。

2. 除蟲菊粉及其配合物

以除蟲菊乾花製成之粉末，與草木灰、硫黃粉等相混合(除蟲菊粉 1 份，草木灰 10 份)，可以殺蠅、椿象，及葉蜂之幼蟲、切根蟲、夜盜蟲等。

3. 與昆蟲之關係

用除蟲菊精所成之各種殺蟲劑，現時均認為良好之接觸劑，由氣孔而入體內。Richardson 氏(1931)試驗濃厚之液，在 30 秒鐘內，能使蠅類起麻醉現象。如用稀淡液，則在 8 分鐘內，呈昏厥狀態。但中毒之昆蟲，如立即放入空氣流通處，則仍可恢復其生命。但如用量多而中毒深之昆蟲，雖變更地位，亦不能使其復活。普通 0.2% 之稀液，殺蟲力頗強。Hartzell 氏(1934)謂昆蟲被除蟲菊精毒殺之原因，在神經系之細胞被其損毀所致。但昆蟲吞食本劑者，則其毒力不如砷類胃毒劑之強。

凡在家室內之害蟲，如蚊、蠅、牀蟲、蟻及家畜家、禽身體外部之寄生蟲；在田野間，如浮塵子、蚜蟲與其他軟體昆蟲，均可用本劑以驅除也。

(C) 魚藤及其配合劑 (derris and its product)

魚藤屬於豆科，其屬名 (Derris) (有名苗粟藤，或台利司者)，乃為一種蔓生之灌木，原為野生，近年發現其根部有一種毒素，可以殺蟲。故在南洋方面，有大規模之人工栽培。吾國雲南、廣東、福建等省，野生頗多。

魚藤之種類頗多，大多產於熱帶。其根可以用作殺蟲者，雖有十餘種，而以 *Derris elliptica* (Wall) 所含之毒量最多，現在用作殺

蟲者，以此種爲主要。茲將含有較豐富殺蟲有效成份之數種，錄之如下：

(甲) 魚藤屬(Derris)

1. *Derris elliptica* (Wall) 廣東野生，印度、馬來半島、菲律賓栽培，根部含 rotenone 9-13 %.
2. *D. uliginosa*，廣東野生.
3. *D. malaccensis* Brain. 馬來半島普通用人工栽植者，習生於濕地，與野生種不同，又名曰 *D. malaccensis* var *sarawakensis*, Hend.
4. *D. chinensis*. 中國、荷屬印度、日本，含 rotenone 0.5-6%.

(乙) 雞血藤屬 (Millettia)

5. *Millettia pachycarpa*, Benth. (土名冲天子)廣西、福建、雲南野生。
M. reticulata. 廣西野生。

以上兩種魚藤根含 rotenone or deguelin 爲 0.26 %.

M. dielsiana, Harms. (土名大巴豆)雲南野生

(丙) 梭果屬 (Lonchocarpus)

6. *Lonchocarpus nicou* (Aubl). 美洲產，根部含 rotenone 11%.

(丁) 灰毛豆屬 (Tephrosia)

7. *Tephrosia vogellii*, Hook. 產南非洲，毒質在葉及種子。
T. toxicaria, Harv. 亦有殺蟲效力。*T. macropoda* Harv 之根及莖亦可殺蟲。*T. virginiana* L. 南美普通在 *Tephrosia*

園內所發現之有毒品種，其毒質大概為 tephrosin，而所含 rotenone 頗少。

(戊) 孟德木屬(Mundulea)

8. *Mundulea suberosa* Benth 產印度。

(己) 鹿藿屬(Neorantanea)

9. *Neorantanea* (*Rhynchosia*) *fisifolia* (Benth) 產南非洲。

(庚) 豆薯屬(*Pachurhizus*)

Pachurhizus erosus Urban (豆薯)四川貴州等地栽培，種子含 rotenone

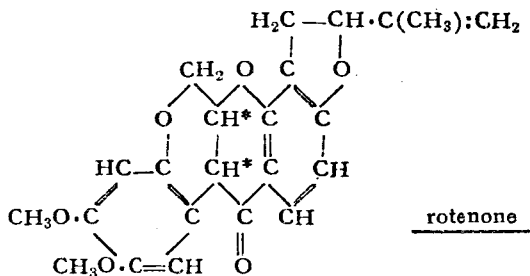
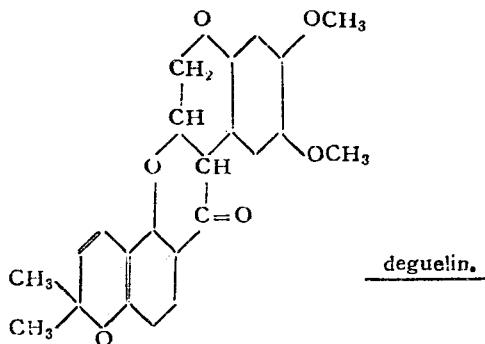
據 Koolhaas 氏(1932)云，1, 3 兩種，馬來半島產者，含 rotenone 49%，而在美洲所產之 *Lonchocarpus* 內，含 rotenone 0-26%。近據多種報告，對於 *Derris* 等植物之含有物，各人分析結果，非但有分量之差異，並有種類上之不同。8, 9, 兩種，當地居民用作毒膠，亦有殺蟲效力也。

據 Fjercito 氏(1939)就菲律賓島所產之魚藤 (*D. elliptica*) 內 rotenone 之成分，高下不一(含 2.18-9.45)。其原因或由同種魚藤內之品系不同，收割之年齡與各地土壤情形而異。

考魚藤根部具有毒素，早為粵中漁民所熟知，用以毒魚之用。馬來土人除用以毒魚而外，更作箭頭之毒膠。而首先用以殺蟲者，則為星加坡之華僑(以除菜蔬害蟲)，自此而後，引起世界各科學家之注意。

(1) 魚藤之含毒物 魚藤之根部具有一種毒素，Nagari 氏(1902)由 *D. chinensis* 根部用化學方法提出，而名曰 rotenone，為一

無色無臭之六角板狀或針狀結晶體。熔點為 163°C ，其成分為 $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{O}_6$ (其他化學家稱 rotenone 為 derrin, tubatoxine 及 tubain 等), rotenone 為一種 dimethoxyactone, 其分子式如下:



在魚藤等根液內，除已發現之結晶體外，其餘之樹脂已被人發現者，尚有其他各種化合物如下：

- a. toxicarol, ($\text{C}_{23}\text{H}_{22}\text{O}_7$) 熔點 219°C ，為黃綠色結晶體。
- b. deguelin, ($\text{C}_{23}\text{H}_{22}\text{O}_6$) 熔點 171°C ，為暗綠色結晶體。

c. tephrosin, ($C_{23}H_{22}O_7$)熔點 197° – $198^{\circ}C$, 爲無色結晶體。

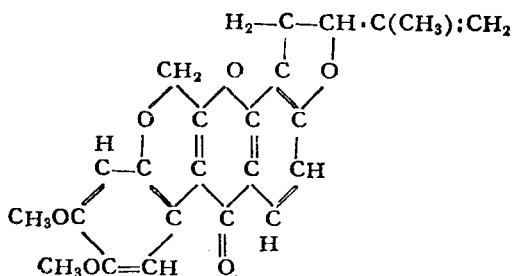
以上 4 種成分, 在植物內之多少不等, 在 *Derris* 及 *Lonchocarpus* spp. 內爲最多, 在 *Tephrosia* sp. (除 *T. virginiana*) 則以 tephrosin 爲多。

(2) rotenone 之應用 rotenone 不溶於水及輕炭油類, 而溶於多種有機溶劑中, Jones and Smith 氏(1930)將 rotenone 在各種溶液內所得溶解度之大小如下。

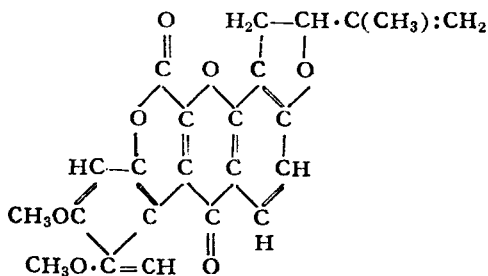
100c.c. 溶液中(溫度 $20^{\circ}C$ 時)	rotenone 之溶解度
三氯甲烷	73.4克
三氯乙烷	19.0克
醋酸	14.0克
苯	8.5克
丙酮	6.9克

在以上各溶液內之容量, 能隨溫度之升高而增加, 但 rotenone 如在吡啶 (pyridine) 內, 則分解後, 殺蟲效力大減, 由酒精浸出之 rotenone 液, 如曝露於空氣下, 則分解而成黃色, 據 Jones and Haller 氏(1931)云, 此黃色物乃爲 dihydrorotenone 及 rotenonone, 就中 dihydrorotenone 乃由 rotenone 分子式上之氮原子(有 * 符號者)因氧化及消去之產生物(致原來與H相結合之C成爲雙鍵), 因此 dihydrorotenone 之分子式如下頁所示。

由化學上研究結果, rotenone 在鹼性液內, 極易氧化, 而 dihydrorotenone 抵抗氧化之力較強, 此物乃由 rotenone 經輕微的接觸氫化作用 (catalytic hydrogenation) 後所成(在變化時, 使異丙烯基



如 rotenone 再經繼續之氧化，則成 rotenonone；其分子式如下：



側鏈 (isopropenyl side chain) 之雙鍵 $\left(-C \begin{array}{l} \text{CH}_2 \\ \text{CH}_3 \end{array}\right)$ 而成爲異丙基 $\left(-CH \begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{array}\right)$ dihydrorotenone 在空氣中性較穩固，並爲良好之胃毒劑。

在 rotenone 混合之液內，如有鹼質存在，則能減少其殺蟲效力。因此，與 rotenone 配合之物，宜避去鹼性物質，如將肥皂加入 rotenone 液內，則能使全液不穩固。故在 rotenone 粉末內，加石

灰，亦為不合理之配合。Davidson and Jones (1931) 及 Tarttesfield and Reach(1923)等氏謂如魚藤及 rotenone 在溶液內，則其毒力為之減弱，故由魚藤配成之噴射液，宜即時應用。Ginsburg 氏 (1931) 謂魚藤液如曝露在日光下若干日後，即失其殺蟲効力。Sullivan 氏 (1933) 謂魚藤及 rotenone 液如在日光下，其殺蟲効力頗多損失。Fleming 氏(1936)曾試驗 rotenone 如經紫外光照射後，則其効力減弱。但如以魚藤用作抗拒劑者，則紫外光雖照射 24 小時，其抗拒効力損失極少，此即示魚藤用作抗拒劑時，其効力之減退，不如其毒力消失之速。如在魚藤內加魚油及丹甯酸，並不影響其殺蟲効力。但矽酸鈉能分解魚藤，而使其抗拒害蟲力為之減弱 (Fleming 1936)。

(3) rotenone 之殺蟲効力 rotenone 及魚藤之液或粉對於昆蟲及魚，雖有劇毒，但不害及溫血動物。Richardson 氏 (1932) 謂 rotenone 之毒遠勝於菸鹼，如與蟲體相接觸 (用作接觸劑，倍強於胃毒劑)，能使昆蟲神經中毒麻醉。但各種昆蟲對於魚藤或 rotenone 之中毒力彼此不等，如蚜蟲較鱗翅目幼蟲之中毒為重。以 rotenone 1/300,000 稀液可殺豆蚜，但對於菜白蝶 (*P. rapae*) 幼蟲之濃度，即為 1/16,000(用 rotenone 粉末)，其死亡率為 99%，普通 0.0029% 之 rotenone 稀液即可殺魚而有餘。

Hartzell 氏(1934)謂昆蟲接觸 rotenone 後，其呼吸遲緩，而中毒之昆蟲不易復甦。rotenone 亦可作胃毒劑，以殺多種食葉之昆蟲。Fleming 氏 (1936) 謂 rotenone 如用為接觸劑以殺日本金龜子，其効力較正油酸鉀高 2.3 倍，較 deguelin 肥皂液高 0.387 倍。如以魚藤與等量之蓖麻油相加，則其効力之指數增加 0.566。氏謂在魚藤液

內,若加肥兒少許,則其殺蟲效力增強.魚藤及其混合物如為胃毒劑則效力不大.如以 rotenone 4 磅與水 100 加侖相和,則其殺蟲效力等於酸式磷酸鉛(磷酸鉛 8 磅溶於 100 加侖水內之濃度)53.4%之效力.

同時,魚藤(用魚藤粉加水)因含有 rotenone 及 deguelin 之成分,故對於日本金龜子有抗拒功用,但如將魚藤內之 toxicarol, tephrosin 及魚藤樹脂(如 derris resin.)設法提出,則對於抗拒昆蟲之作用極弱.

關於魚藤根部所含 rotenone 量之多少,亦有人云並不與殺蟲力之大小成正比率,蓋魚藤之浸出液雖含 rotenone 少者,殺蟲力仍極強(Clark, 1930),或謂魚藤浸出液內提出結晶之 rotenone 後,餘液對於殺魚力仍大(Takei, Miyajima, Ono, 1934).或謂魚藤浸出液殺蚊幼蟲之力,較該液中存之 rotenone 量所代表之殺蟲力為強(Jones 氏等 1933).由上所述,可知魚藤之毒力不能單獨根據結晶法所得 rotenone 結晶之多少以為憑斷,其原因在:

(a)魚藤 根部之含有物,除 rotenone 外,據 Clark 氏之分析,尚有 toxicarol, diguelin, tephrosin 等毒物. Davidson 氏(1930)將此四種含有物相互測試其毒力(製成液體,用作接觸劑,以豆蚜 *A. rumicis* 為試材),其結果如下:

rotenone > deguelin > tephrosin > toxicarol.

400 40 10 1

(數字指殺蟲効力之倍數)

rotenone 與 deguelin 均較菸鹼為毒, Shepard 及 Camphe'l 氏

(1932) 以 rotenone 製成之胃毒劑，試得對於家蠶之致死量如下：

下列各毒素對於每一蠶(體重 1 克)之致死量：

rotenone	0.003 毫克
dihydrorotenone,	0.01 毫克
deguelin	0.01 毫克
tephrosin	0.03-0.05 毫克
酸式砷酸鉛	0.09 毫克

但家蠶對於 toxicarol 1.54 毫克及 dihydrorotenone 0.40 毫克則中毒後，仍能恢復健康。由此，可知在魚藤含有物內之 deguelin, tephrosin, toxicarol 對於殺蟲力無甚關係(除非分量極高)。

(b) 現在所用結晶法，在魚藤中所得 rotenone 之含量，不足以代表 rotenone 之真正含量。Takei 等氏 (1934) 在魚藤浸出液中，知 rotenone 雖經結晶(在乙醚中)，但仍有餘留之 rotenone 存在液中。再 Cahn and Boam (1935) 在分析蘇門答刺式樹脂 (sumatra-type resin) 時，發現有隱藏性之 rotenone，但該種樹脂在四氯化碳液內結晶時，並無 rotenone 之發現。由此，可知現在一般所用之分析方法，尚不足斷定關於魚藤液內量的殺蟲力。如 *Tephrosia vogelii* 之能殺蟲，並非全由於 rotenone 之效力。

關於 *T. vogelii* 各部浸出液(內含粗 tephrosin)與其結晶體殺蟲力孰強，尚無顯明之試驗結果。或云浸出液較結晶體為強 (Tattersfield and Morris 1924)，如是在 *T. vogelii* 液中，含有多量樹脂，在化學上尚未能一一分析而作量的決定也。

(4) 應用時之配合法 魚藤之用法 a. 榨取其根部之液汁與水

相混成原液，用時，再加水稀淡之。b. 將根部乾燥後，磨成粉末，用以散佈。前者為液體，後者為粉末，此兩種用法如下：

a. 用為粉狀 用魚藤粉與其他粉末調和後，散佈於植物上，殺各種軟體昆蟲，如與等量之消石灰混合，可治蔬菜上甲蟲之幼蟲。在馬來亞半島，魚藤粉可治水稻三化螟蟲，惟僅限於稻生長於水田時期。

b. 用為液體噴射 以 rotenone 溶於丙酮內 (rotenone 4克，丙酮 100 立方厘米)，再將原液 1 份沖以 200 份之水，攪勻後，可噴射各種軟體昆蟲。如遇甲蟲，則可增加其濃度，或以 2.5 磅魚藤粉，和水 100 加侖，用作接觸劑以殺蔬菜上害蟲，較菸鹼之殺蟲力為大。

c. 用為乳劑 用魚藤根搗爛，取其白汁，加入已溶化之肥皂液 (用 1 份汁，可配肥皂液 1 萬 5 千至 2 萬份)，再加入相當之石油，用力攪勻，使成乳狀，即可噴射蚜蟲、樹虱、鞘翅目及鱗翅目之幼蟲與花蝨等。魚藤除用以殺植物上之害蟲外，家畜體上之外部寄生蟲亦能驅除。或用一磅魚藤粉加於 40 加侖之 4-4-20 波爾多液中，以殺蔬菜上之甲蟲，則 24 小時內，殺蟲效力為 90%，其毒力較砒酸鈣為遠。

Fleming 氏 (1936) 云，用魚藤粉噴射於葉上後，易被雨水或露點洗落，此極易減少藥液之毒力，但適宜之黏着劑尚待研究也。

植物施用魚藤液或粉後，非但中毒之害蟲即行死亡。同時，植物吸收魚藤內之 rotenone 而分佈於新生之葉及莖內，致能抗拒害蟲之侵害。

Fulton 氏 (1937) 報告曾用魚藤液殺墨西哥豆甲蟲 (Epilachna

varivestis, Muls), 發現寄主被噴射後, 所生長之豆葉、莖能抵拒害蟲之侵害。氏曾將已施用魚藤粉後所生出之第 1, 2, 3, 7 三裂豆葉, 先用三氯甲烷提出其液, 更成稀液, 對於金魚之致毒力為 100%。同時, 未用魚藤粉噴射之豆葉 (用相同方法提煉精液) 則全無毒力, 如用水以代三氯甲烷, 則所得之浸出液亦無毒殺金魚之效。氏於施用魚藤液後, 在所生之莖葉內, 提得形似 rotenone 之結晶物, 氏謂此皆由豆葉、莖能吸收魚藤內之 rotenone 所致。

(D) 蒜藜蘆粉 (hellebores)

蒜藜蘆屬於百合科 (Liliaceae) 中之植物, 其根乾後磨粉即可散佈於植物上, 以殺昆蟲。

蒜藜蘆用作殺蟲劑者, 普通有兩種: 即為(1)白蒜藜蘆 *Veratrum album* L. (在中國者, 為 *V. album* L. var. *grandiflorum*, Maxim. 別一種為黑蒜藜蘆 *V. nigrum* L.); (2) 綠蒜藜蘆 *Veratrum viridis* Ait. 前者為歐洲產, 後者產於美洲。白蒜藜蘆粉因其有辛辣、瀉吐、及催嘔噦之性質, 在昔為獸醫所採用, 至 1842 年時, 在歐洲即有人用以殺鵝莓上之鋸蜂幼蟲; 入後, 在美國亦用綠蒜藜蘆殺蟲, 並即有粉末出售於市場。惟白色者之殺蟲效力較綠色者為高。

蒜藜蘆之根莖具有若干種質鹼, 在白色蒜藜蘆根莖內者, 有下列各種藜蘆素:

protoveratrine	($C_{40}H_{65}O_{14}N$).	有毒
pseudojervine	($C_{29}H_{43}O_7N$).	無毒
jervine	($C_{26}H_{37}O_3N$).	有毒
rubijsanine	($C_{21}H_{43}O_2N$).	無毒

protoveratridine	(C ₃₁ H ₄₉ O ₉ N).	無毒
veratralbine		無毒

藜白蘆素(protoveratrine)爲其主要之有毒質鹼,可以用硫酸測定其存在與否.其溶解液呈綠色,入後,即變爲深藍色. jervine 在植物內之量頗少,且不甚毒,與 protoveratrine 混合存在.

在綠蒜藜蘆中所含之質鹼如下:

cevadine	(C ₃₂ H ₄₉ O ₉ N).	毒
veratridine	(C ₃₆ H ₅₁ O ₁₁ N).	毒
jervine	(C ₂₆ H ₃₇ O ₃ N).	毒
pseudojervine	(C ₂₉ H ₄₃ O ₇ N).	無毒
veratralbine		無毒

綠藜蘆素(cevadine) 爲其主要之質鹼恆與 jervine, veratridine 混合存在,後二者爲量少而不甚毒.

蒜藜蘆對於高等動物,亦能致害,人類誤觸少量之後,即能生猛烈之噴嚏及刺激.對於昆蟲,可兼用作接觸毒劑及胃毒劑,殺蟲力極強,但粉末如曝露於空中,毒力易於散失,故新鮮者毒力極強,製成粉末,應密藏於緊閉之器內.用時,可與其他混合物合用.如殺蘋果葉上之鋸蜂幼蟲,若在蘋果成熟時,可用1磅之蒜藜蘆粉,加5磅消石灰,散佈之.如殺蠅、蛆等,可用5磅蒜藜蘆粉,和以10加侖水,散於8英斗之肥料內.將此混合物散佈於厩舍之四周,以引誘蠅類之產卵及取食.

凡成熟之果品及蔬菜均可用本種粉以代砷類殺蟲劑,惟其價格頗貴,致不易普遍應用也.

(E.) 苦木(quassia)

苦木屬於苦樹科 (Simarubaceæ), 該科植物在樹皮部及木質部中有苦味, 有若干種具殺蟲效力, 在世界各地所產之苦樹皮之應用為殺蟲劑者, 有下列各種:

1. Jamaica quassia 由一種苦樹 (*Picrasma*(*Picraena*)*excelsa*, Planch) 所製成.
2. Surinam quassia 由 *Quassia amara*, L. (西印度產) 所製成.
3. 中國苦樹皮汁 由苦樹 *Picrasma quassioides*, Benn. 之皮部及木質部提出, 該樹廣佈在中國各地.

以上三種植物, 在皮部及木質部所含之有效成分, 據 Mc Indoo and Sievers 氏之分析, 為 quassiins 及 picrasmins. 前者之分子式為 $C_{31}H_{42}O_9$, 應用苦樹皮汁以殺蟲, 在中國民間推行頗久. 在外國, 則自 1884 年, 即有人用以殺麻蚜 (*Phorodon humuli* Schrenk).

與昆蟲之關係 據 Mc Indoo and Sievers 氏 (1917) 之試驗結果, 本藥非胃毒劑或煙蒸劑, 如單獨用時 (不與肥皂合用), 則在噴射液內之細粉粒能穿入昆蟲之氣孔, 如與肥皂液混用, 則其擴散力更大, 對於昆蟲之毒力, 在影響其神經細胞, 但其毒死時間, 不如菸鹼之速. Parke 氏 (1914) 謂 quassiins 液與硫酸菸鹼殺麻蚜之結果, 以 quassiins 液之殺蟲效力較弱.

Thiem 氏 (1938) 謂在德國試驗用苦木液噴射, 對於新孵化之家蠶殺滅效力極強. 但蘋果蠹蛾及葡萄蛾 (*Polychrosis*) 之感覺力極強.

(F) 在中國所用之其他植物類殺蟲劑

應用有毒植物性之殺蟲劑，近年各國均有進行。印度農部亦於 1936-37 年之研究計劃內，曾注意植物性之殺蟲劑，並已試得下列各植物確有殺蟲之效力：

<i>Citrullus colocynthis</i>	葉
<i>Dillenia indica</i>	葉
<i>Datura fastuosa</i>	葉果(茄科,含有質鹼)
<i>Anona reticulata</i> L.	子實(含有 anonaine, $C_{17}H_{17}O_3N$)
<i>Tephrosia candida</i>	子實
<i>Mundulea suberosa</i>	莖樹皮

在我國各地農民習用之殺蟲植物，及據文獻所載者，有數百種之多。惟化學性如何，效力究屬如何，皆待精細之考求，其已為民間普遍應用，或祇依據相延之傳說而尙少事實之證明者，為數亦多。茲將已為昆蟲學家所注意而曾試驗者，錄之如下：

a. 雷公藤 (*Tripterygium wilfordii*, Hook 異名 *T. bullock'i*, Hance) 雷公藤土名斷腸草，產於浙江、安徽、江西、四川、廣東等地，以浙江省所產最多，該省東南部農民用其根部之皮，晒乾磨粉，殺菜蟲及魚，極著效果，每年產銷約有 100,000 元左右。俗名菜蟲藥、鱗蟲藥。在植物學上屬衛矛科 (Celastraceæ)，本科內尙有下列數種，其根部之皮亦具毒汁，均有殺蟲魚之效。

1. *Celastrus rugosa* Ret (普通名稱爲蔓性落霜紅)
2. *C. angulata* Maxim (異名 *C. latifolius* Hemsl) 產河南、陝西、甘肅、四川、湖北、湖南、貴州等省，土名羅蔔蟲藥(河南)，酸棗子(四川)，農家常誤稱其爲苦樹皮。

3. *Tripterygium hypoglancum*. Hutch(異名 *T. forrestii*, Loes; *Aspidopteris hypoglaucæ*, Leveille) 產雲南、湖南、通名昆明山海棠。

雷公藤之根皮，作赭色，易剝落，乾後磨粉，加其他粉末或肥皂液，即可除蔬菜上各種害蟲，效力頗大。其根部之含有物據趙承燾及梅斌夫氏(1936)之分析，得有雷公紅 (tripterine, $C_{25}H_{37}O_8$) 衛矛醇 (dulcitol, $CH_2OH \cdot (CHOH)_4 \cdot CH_2OH$) 及葡萄糖與果糖。黃瑞瑜氏(1940)報告雷公藤根部之含有物為 $C_{32}H_{38}O_{11}N$ ，惟其對於昆蟲發生毒效者是否即是此物，當須待後人之繼續試驗也。

b. 巴豆油及其配合劑 巴豆 (*Croton tiglium* L.) 為大戟科植物 (Euphorbiaceæ) 巴豆樹之種子，盛產於四川，初秋結實。如將巴豆榨壓，即可得巴豆油。其主要之成分為巴豆油脂 (croton resin, $C_8H_8N_2O_2$)，係一種有毒質鹼，約含 10%，惟根據藥物字典之記載，巴豆內所含之化學成分為：

1. 巴豆酸 (tiglic acid, $C_5H_8O_2$) 稍溶於水，而溶於酒精中。
2. 巴豆酸質 (crotonol 即 croton oitic acid, $C_9H_{14}O_2$) 溶解情形與上同。
3. 巴豆油 (croton oil) 不溶於水，而溶於酒精及其他油脂溶劑中。
4. crotonarin 巴豆油內之固質。
5. crotonallin 巴豆種子內之毒蛋白質。

以上 1 至 4 為瀉劑，5 為毒質，亦為殺蟲之主要成分。如高等動物誤服少量之巴豆油，即起便瀉。如與皮膚相接觸，即起癢或發

炎。在長江下游，漁人常以巴豆和水，磨成漿液，用為殺魚之良藥。1929年，江蘇省昆蟲局，用巴豆與肥皂液相混合後，用以殺嫩弱之鱗翅目及甲蟲之幼蟲，其配合法先將巴豆去殼，磨粉，浸水1-2小時，過濾，去滓渣，再與肥皂液相混合而成乳劑。

在大戟科內，除巴豆而外，蓖麻 (*Ricinus communis*) 亦有殺蟲效力。在澳洲若干處，農民常於田園四旁栽種蓖麻，藉以防治害蟲，在我國亦有採用其葉作為殺蟲之用，惟其所含之質鹼脂 $C_8H_8O_2N_2$ 毒力不強。

c. 鬧羊花 鬧羊花 (*Rhododendron hunnewillianum*.) 屬於石南科 (*Ericaceae*)，在中國藥內，為一種麻醉劑。民間亦用以殺蟲。其有效成分為 *androme dotoxine*，分子式為 $C_{19}H_{31}O_6$ ，熔點 $272^\circ C$ ，能溶於水(在冷水之溶量較熱水為高)。除此成分而外，尚有其他含有物至今尚未決定其名稱。此種有效成分在花中最多，葉次之，餘均極少。

鬧羊花對於昆蟲，可作胃毒劑，接觸毒劑，及煙蒸劑。中毒之昆蟲，先呈麻醉，入後即死。應用時，或以花之粉末與肥皂液成乳劑而噴射，或用其浸出液(用酒精作溶劑)加水稀釋，再行噴射。

關於植物性之殺蟲劑，在國內各地為數不少。有數種已被當地人民所習用，如大狼毒 (*Stellera chamæjasmæ*, L.)，土瓜狼毒 (*Sedum yunnanense*, Fr.)，山蘿蔔 (*Autiodesma* (*Cynoglossum*) *dunnianum* (*Diela*) H. M.)，豆薯 (*Pachyrhizus eronsnurban*)，種子等。但其化學成分如何，尚少決定，其毒力究由何而致，大多未能明悉。國產植物殺蟲劑今後研究之途向，似宜(1)先確定有毒植物化學上之性

質,再試測其殺蟲毒力;(2)試驗殺蟲效力時,先宜單獨試驗,舉行之次數須多,如與肥皂液相混合而殺蟲,在初步試驗時不可試用,因肥皂本身亦有殺蟲效力也;(3)除在實驗室內試測其殺蟲效力之結果外,更須在野外試驗其毒力。

二、硫黃及多硫化物

(A) 硫黃粉及其配合劑。

硫黃初用以治人體皮膚上之癬疥(由 *Sarcoptes scabiei* 所致),繼用以治家畜體皮上之癬病(由 *psoroptes communis* 所致),入後,即應用於植物上以防除病害,對於蜘蛛類(*Aracnida*)內之紅蜘蛛(屬於 *Trambididae*)及雞蝨等,毒力極大,但對於殺卵之效力極微。硫黃粉末可用以散佈或和水噴射。粉末之製造,或用昇華法,或先磨細,再用空氣吹選法將細粉分出,所得之粉末,彼此易於黏結而成小團(恐粉末帶有電荷所致),散裂不易,故須加以高嶺粉(*kaolin*),或磷酸鉛粉等之穩固物,使之成為散粉。硫黃粉如與水相和噴射時,則須加潤溼劑(*wetter*) (肥皂為良好之潤溼劑),否則粉末常浮水面,不易着溼,與菸鹼液相混合應用亦可。惟硫黃粉和潤溼劑後,在噴射筒內易起沉澱,故使用時須加攪拌,使粉粒在液中分佈均勻。如粉粒細者,則經攪拌之後,易成膠質狀態。硫黃粉亦可作為燻蒸劑(詳見燻蒸劑下)。

硫黃粉末殺蟲及蜘蛛等之原因,據 *Lees* (1923)云,粉點與蟲體接觸後,於空氣內即行揮發氣體,在平常溫度下,足以影響蜘蛛之生命。因此,硫黃粉在熱帶及亞熱帶之應用頗為相宜。

硫黃不論散佈或噴射於植物上，其黏着力之強弱，依據於粉粒之粗細，Hamilton氏(1935)謂欲加強其黏着力，須將粉內之粗粒移去，否則其黏着力將為之減少也。

硫黃粉及其他配合劑之應用。

a. 硫黃粉 除用純粉散佈外，復可與熟石灰及砷酸鉛相混用，配式如下：

硫黃粉	80磅
熟石灰	10磅
砷酸鉛	10磅

b. 硫黃粉與其他藥品之混合式：

1. 硫黃肥皂液用以殺紅蜘蛛者。

硫黃粉	10磅
肥皂	2磅
水	50加侖

2. 美國新澤羅省 (New Jersey) 之配合法(乾用、以殺植物病菌)。

硫黃粉	8磅
熟石灰	4磅
乾酪酸鈣	8磅

配合成後，取出原劑 12 磅半，再加 50 加侖之水，可在夏季噴射於蘋果及桃樹上，以殺病菌。

3. 自沸石灰硫黃液

硫黃粉	8磅
-----	----

生石灰(品質須好)	8磅
水	50加侖

當生石灰與水行分解之時，即將硫黃粉加入，攪拌均勻，在夏季可用此劑噴射於核果樹上，以除病菌，對於介殼蟲(在美國曾試用於聖納散介殼蟲 San Josi scale)亦可試用。

c. 膠體硫黃 (colloidal sulfur) 將硫黃氣通入肥皂水中，或入一種膠水內，或將硫化氫 (H_2S) 氣通入二氧化硫液內，即得膠體硫黃。用時與砷酸鉛相混合，以除蘋果蠹蛾、捲葉蟲及癭病等。

(B) 多硫化物

硫黃加水後，與鈣、鈉、鉀、等相和，再加熱所得之液，頗為複雜，在殺蟲劑上常用者即為石灰硫黃液。1886年在美國即被 F. Dusey 氏用以除羊體之寄生蟲及聖納散介殼蟲 (*Aspidiotus perniciosus*)。最初製造時，除硫黃及石灰外，更加若干份鹽，以增高其液之沸點，但現已勿用此法。

(甲) 配合及製法

石灰與硫黃之配合式及製造法，種類頗多，茲擇要如下：

1. 沸製石灰硫黃液

自製濃汁石灰硫黃液

生石灰(品質須好)	50磅
硫黃(粉狀)	100磅
水	50加侖

茲將上式所舉之用量，以說明石灰硫黃液之製法：先用 17 加侖之水(由 50 加侖內取出)，溶化石灰，俟其完全化成乳狀，再將和水

之硫黃粉傾入(硫黃粉先用水拌和成糊狀),攪拌均勻,然後將其餘之水傾入,沸煮 45 分鐘至 1 小時左右即成。在煮沸之時,水分蒸發頗多,故須隨時加水,使保存原來之水平面,如此製成之原液,即可貯藏於密閉之桶內。

自製石灰硫黃液及市場購來者,均須加水稀釋,但其原液之濃度,差池不一。市場出售者,其濃度為 33°(Bê)者,如在冬季用時(噴射於果樹上),則可用原液 1 份,加水 7 或 8 份,若在夏季噴射,則其比率為 1 份原液,加水 40 份,下表乃示 50 加侖之稀薄石灰硫黃液所需之原液分量。

下表祇示用量之大概數目,石灰硫黃液在貯藏中,其濃度時有變異,故用時按照第四六表所錄分量沖稀之前,須先用浮秤量其濃度。如用以在冬季噴射樹上之稀液,在波美度上為 5 度左右,或其比重為 1.035,若用在夏季噴射者,則稀液在波美度上為 1°左右,或其比重為 1.005 左右。

在市場上所售之溶解性硫黃及一種商業名稱曰“B. T. S.”者,即為硫化鈉及硫化鋇,其殺蟲力一如乾石灰硫黃粉,但不可與砷酸鉛混用。

2. 乾硫黃混合物

(a) 乾石灰硫黃 乾石灰硫黃粉(去水即成)為近數年內在市場所出售者,內含多硫化鈣 63%,較石灰硫黃所含者約多二倍。此外,游離硫黃有 8-14%,硫代硫酸鈣 5%,本劑便於運輸攜帶,但有時需量較多,施用之時,可以乾石灰硫黃 15 磅,加水 50 加侖,在冬季可除介殼蟲。

第四六表 濃度石灰硫黃液加水表

浮 秤 度 數		冬季時，噴射于果樹上，以防治介殼蟲，或梨樹上之壁蝨，稀液為 50 B \bar{e} 左右。		夏季時，噴射于蘋果、桃、櫻、梨樹之葉上（稀液稍較 1 B \bar{e} 為低）。	
波美氏記度 (B \bar{e})	比 重	用以下所錄若干份之水與一份石灰硫黃液相和。	用以下若干加侖石灰硫黃液，完成五十加侖之稀液。	用以下所錄若干份之水與一份石灰硫黃液相和。	用以下若干加侖之石灰硫黃液，完成五十加侖之稀液。
36	1.330	8 $\frac{1}{10}$	5 $\frac{1}{2}$	56 $\frac{1}{7}$	718
35	1.318	7 $\frac{7}{10}$	5 $\frac{3}{4}$	54	718
34	1.306	7 $\frac{1}{3}$	6	52	1
33	1.295	7	6 $\frac{1}{4}$	49	1 $\frac{1}{5}$
32	1.283	6 $\frac{7}{10}$	6 $\frac{1}{2}$	45	1 $\frac{1}{8}$
31	1.272	6 $\frac{2}{5}$	6 $\frac{3}{4}$	43 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{3}$
30	1.261	6 $\frac{1}{7}$	7	41	1 $\frac{1}{4}$
29	1.250	5 $\frac{9}{10}$	7 $\frac{1}{4}$	39	1 $\frac{1}{4}$
28	1.239	5 $\frac{2}{3}$	7 $\frac{1}{2}$	37	1 $\frac{3}{8}$
27	1.229	5 $\frac{1}{4}$	8	35 $\frac{2}{5}$	1 $\frac{3}{8}$
26	1.218	4 $\frac{9}{10}$	8 $\frac{1}{2}$	33 $\frac{1}{3}$	1 $\frac{1}{2}$
25	1.208	4 $\frac{7}{10}$	8 $\frac{3}{4}$	29	1 $\frac{5}{8}$
24	1.198	4 $\frac{2}{5}$	9 $\frac{1}{4}$	25 $\frac{2}{3}$	1 $\frac{7}{8}$
23	1.188	4 $\frac{1}{5}$	9 $\frac{3}{4}$	24	2
22	1.179	3 $\frac{4}{5}$	10 $\frac{1}{2}$	22 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{3}$
21	1.169	3 $\frac{1}{2}$	11 $\frac{1}{4}$	21 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{4}$
20	1.160	3 $\frac{1}{6}$	12	19	2 $\frac{1}{2}$
19	1.151	3	12 $\frac{3}{4}$	18	2 $\frac{5}{3}$
18	1.142	2 $\frac{7}{10}$	13 $\frac{3}{4}$	17	2 $\frac{3}{4}$
17	1.133	2 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{1}{2}$	15 $\frac{2}{3}$	3
16	1.127	2 $\frac{1}{4}$	15 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{1}{3}$	3 $\frac{1}{4}$
5	1.036	0	50	4	10
1	1.007	太弱	太弱	0	50

(b) 硫化鈉之混合物 用乾硫化鈉十二磅半，加水五十加侖，

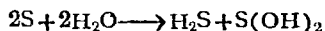
在冬季除介殼蟲，在美國市場上所出售之“soluble sulfur”內中主要成分爲硫化鈉 (NaS)。經分析後之定量爲四硫化鈉 52%，硫代硫酸鈉 25%，硫 8%，穩定物 15%。本藥之殺蟲力較石灰硫黃液爲遲，用時可以粉末 12.5 磅，加水 50 加侖，在冬季殺介殼蟲。

(c) 四硫化鋇 (barium tetrasulfide) 用四硫化鋇 15 磅左右，水 50 加侖，在冬季除介殼蟲。

(d) 硫化鉀 (potassium sulfide) 用硫化鉀 1 噸，溶解於 2 加侖水中，可噴射紅蜘蛛。

(乙) 在化學上之性質

硫黃與石灰本不溶解於水，但一經煮沸後，則起各種複雜之變化，最先發生者爲水解作用 (Bassett and Durrent 1927)，其變化之概要，如下式所示：

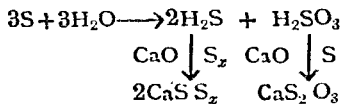


次硫酸 $[S(OH)_2]$ 在少量之鹼液內，再與鹼相合而成硫代硫酸。在有石灰存在時，復可有下列二種化合物之生成：

(a) 硫氫化鈣 (calcium hydrosulphide) 更與液內餘多之硫相化合而成多硫化物 (polysulphide)。

(b) 亞硫酸鈣 (calcium sulphite) 在鹼性液內再與硫化合而成硫代硫酸鈣 (calcium thiosulphate)。

在化學上之變化可簡之如下：

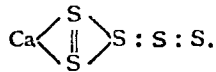


上式中之硫氰化物爲求單簡起見，寫成爲硫化物代之。石灰硫黃液在儲藏中，因氧化作用，而成白色閃耀結晶之硫酸鈣 (CaSO_4)，常積聚於儲藏器之底。

多硫化物之化學性如何，曾起多數化學家之辯論，Spring and Demartean 氏 (1889) 謂在此種複雜之溶液內，多硫化物一如硫黃在二硫化物溶液內之情形，故其分子之結構爲 $\text{CaS}_2 \cdot \text{S}_2$ ，此說亦被 Thomas and Rule 氏 (1917) 所贊同，并謂硫原子中之二個原子與其他不同。Auld 氏 (1918) 亦謂此二個硫原子之構造式與其他硫完全相異。

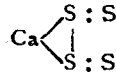
據 Auld 氏理論兩個

硫原子之排列法爲：



據 Thomas and Rule 氏理論

兩個硫原子之排列法爲：



關於多硫化物之分子構造式，由各家根據原子價之電子論 (electronic theory of valency)，而以 $\text{CaS} \cdot \text{S}_2$ 代表之。此式久爲化學家應用以示真正之一硫化物之硫 (monosulfide sulphur)，與附加之多硫化物之硫 (additional polysulphide sulphur)，有顯明之區別 (多硫化物爲 polysulphide sulphur 再加入 monosulfide sulphur)。

石灰硫黃液如加水稀釋後在空氣下即起各種變化。

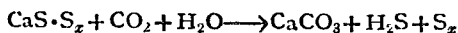
1. 多硫化物在液中微起水解作用，使稀液呈鹼性反應。同時，產生硫化氫。此物在液內極爲重要。因可與液內之混合物 (如砷酸鉛) 能發生其他作用。

2. 在空氣內，石灰硫黃液能起氧化作用，而成硫代硫酸鈣及

游離硫。



3. 石灰硫黃液與 CO_2 相遇 (CO_2 或由植物發散而來)，則分解而成碳酸鈣，硫化氫及游離硫。其化學上之變化如下：



當石灰硫黃液噴射於植物上後，即發生以上三種變化。其結果，大多數之多硫化物，均經沉澱為游離硫，而一硫化物之硫呈硫化氫及硫代硫酸鹽（能溶於水），被雨水洗沖，而不見於葉面。在液內餘下之硫黃碳酸鈣及其他不溶解之硫酸鈣等，均存留於葉面。

石灰硫黃液內之含有物，頗為複雜。關於應用 $\text{CaS} \cdot \text{S}_x$ 以代表多硫化物，已如上述。其他之分析，自來研究者頗多，據 Vermorel and Dantory (1919) 之分析結果如下：

1. calcium monosulfide: CaS_2 ;
2. calcium sulphhydrate: $\text{CaS}_2\text{H}_2, 6\text{H}_2\text{O}$;
3. calcium hydrosulfidrate: $\text{Ca}(\text{SH})(\text{OH}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$;
4. calcium oxysulfures: $3\text{CaO}, \text{CaS}_4$;
 $2\text{CaO}, \text{CaS}_3$;
 $3\text{CaO}, \text{CaS}_3$;
 $4\text{CaO}, \text{CaS}_4$;
 $5\text{CaO}, \text{CaS}_5$;
5. calcium persulfures or polysulfures: $\text{CaS}_2; \text{CaS}_3; \text{CaS}_4$ 及 CaS_5 ;
6. calcium hyposulfite: $\text{CaS}_2\text{O}_3; \text{CaS}_2\text{O}_6$;

7. Calcium sulfite: CaSO_3 ;

8. Calcium sulfate: CaSO_4 .

(丙) 與昆蟲之關係

石灰硫黃液為強鹼性，對於殺蚜蟲、介殼蟲及其他軟體昆蟲，效力極大。據 Shafer 氏(1918)研究之結果(試驗介殼蟲之結果)如下：

1. 使介殼蟲臘蓋四周為之軟化，或竟溶化。乾後，即黏着於植物上，如幼期介殼蟲與石灰硫黃液相遇，則臘蓋被其軟化，體軀全被封蓋而死。

2. 石灰硫黃液有還原力，故吸氧之力極大。因此，可奪取昆蟲體內之氧。O'kane and Conklin 氏(1930)謂石灰硫黃液噴射後之6小時內，硫化氫之揮發即行停止，此種硫化氫大部為多硫化物，與 CO_2 相互作用之產生物。故石灰硫黃液之吸氧作用，乃為一時之現象(化學式見前)。惟據 Melander 氏(1923)之報告，謂一種蚜蟲(*A. perniciosus*)與石灰硫黃液接觸，至10日後，方生中毒效力。

3. 介殼蟲經石灰硫黃液浸潤後，對於氧之滲透力較未浸潤者為弱。氏謂石灰硫黃液之毒力，或在使蟲體對於氧滲透力之減少。

此外，關於石灰硫黃液與昆蟲生理上之關係，學者研究頗多。如 Hartzell and Lathrop 氏(1925)謂石灰硫黃液噴射後，因分解而生之揮發氣味，在幼期介殼蟲極易中毒。O'kane and Conklin 氏(1930)謂硫化氫(H_2S)及二氧化硫(SO_2)對於蚜蟲(*A. perniciosus*, or *Lepidosaphes ulmi*)均無毒力。液內之多硫化物或由多硫化物因分解所成之游離硫為石灰硫黃液內之主要毒力。硫代硫酸鈣對於殺蟲，無甚效力，故石灰硫黃液之殺蟲毒力，可視多硫化物存在之多少

爲定。Yeung 氏 (1923) 謂 sulphur pentathionic acid 爲液內殺菌之主力，有人謂硫化氫 (H_2S) 爲多硫化物中之毒物。Hall and Ford 氏 (1933) 試驗石灰硫黃液對於殺橘花蟲 (*Scirtothrips aurantii*, Faure) 之功用在：

1. 由穿入消化道內而中毒，蓋多硫化物之毒力—如胃毒劑。
2. 在空氣下因發散 SO_2 而中毒。

(丁) 與植物之關係

硫黃粉及石灰硫黃液噴射於植物上，如不謹慎，則能使植物起枯焦(急性害狀)及局部生理之變化，如果葉生長阻礙或未熟而先落(慢性害狀)。

1. 硫黃粉之害 植物受硫黃粉之急性害狀，在溫帶天氣內，極少發現，在較熱之氣候下，則對於瓜類葉部常起枯焦之害。蘋果之生長於半乾區域內者，經硫黃粉散佈後，在日晒下，常起一種腐斑。惟硫黃粉末之純潔者，則植物受害極少。反之，如粉末內含有硫氰酸鹽 (thiocyanate) 等之化合物，則中毒頗重。

關於果蔬等因受硫黃粉毒而脫落之多少，則視品種之不同而異。有若干種抵抗力較強，落果現象不甚顯著。惟有若干種鵝莓—經硫黃粉之散佈，葉即脫落。Mac Daniels and Furr 氏 (1930) 謂如硫黃粉染着於蘋果花之氣孔上，則能損傷花粉之發芽力，因此，其結果量亦爲之減少。

2. 石灰硫黃液之害 石灰硫黃液常使植物葉部受害(在近邊緣部，更爲普通)，此種現象在夏季高溫之天氣下，更易發生。Hawlett and May 氏 (1929) 謂空中溫度在 $26.5^{\circ}C$ 時，普通爲石灰硫黃液對

於植物受害之危險點。

關於植物受石灰硫黃液害之原因，自來說者頗多：或謂由於藥液之漂白作用(Wallace, 1910)；或謂由於液中之多硫化物；或謂可溶性硫化物。如在液中加入其他藥品，則多硫化物或可溶性硫化物即行分解，能使其侵害植物力為之減少。如 CO_2 (Wallace 氏所用)，硫酸亞鐵 (FeSO_4) (Volck 氏 (1911)所用)及多種金屬鹽類 (Safro 氏 (1913)所用) 均可使石灰硫黃液內產生不溶性硫化物，而液內多硫化物之硫，因此即行沉澱（一如游離硫），故此劑可視為可着溼硫 (wetable sulphurs)。

植物受石灰硫黃液毒後之慢性症象，最普通者，為葉或果未熟而脫落，Martin 氏 (1930)謂鵝莓落葉之原因，由於石灰硫黃液內之硫黃(未經化合者)所致。雖於噴射前液內加硫酸鉛，使多硫化物先行分解，但仍不能解除其為害植物之毒力，Berry 氏 (1939) 以石灰硫黃液 (2%) 噴射蘋果，發現其呼吸作用為之增進；同時，葉部受石灰硫黃液透入之處，即發生斑點，而所致落葉之原因或由於組織內受藥液中 H_2S 氣體之結果。

在植物內，對於抵抗石灰硫黃液中毒之輕重，因種類而異。據 Sander 氏 (1915)云：石灰硫黃液能穿入葉部氣孔，此為致落葉之最大原因。同時，果實及葉之表面，如噴着石灰硫黃液後，則未見脫落之現象也(因氣孔多在葉之陰面)。而 Volck 氏 (1911)謂植物果葉自然脫落之原因在葉柄與莖相接之導管組織衰頹所致。Sander 氏謂植物葉部吸收石灰硫黃液後，能變更柵狀細胞內之葉綠素。因此，光合作用亦為之遲阻，而葉與果實均不能得充分養料而死。氏根據此

種理論，推測植物之生長於光照短少季節，或日短之區域內者，中毒之後，將更無法以補充也。

此外，噴射石灰硫黃液因分解而遺留之碳酸鈣及硫黃，能使果面污損，有減市場價值，亦為果業者所不喜。

(戊)其他硫化物

硫黃除與石灰相配合外，更可成多硫化銨，硫化鈣，多硫化銻。

1. 多硫化銨 本劑為液體，呈深紅棕色，具有不悅氣味，在空氣內，亦易分解（因之製造時不與空氣接觸），故所含之抱硫硫酸銨及硫酸銨 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 之量頗少，惟能在儲藏中漸次增加。多硫化銨經氧化後，內中大部之多硫化物分解而成游離硫，對於病菌之關係與石灰硫黃相同。

2. 硫化鈣 本劑之製法，即以硫酸鈣 (CaSO_4 在自然界存在於石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 內) 還原而成，內含硫化鈣及無水硫酸鈣60-65%，可作為殺菌劑。

3. 多硫化銻 本藥為黃紅色之結晶體，分子式為 $\text{BaS}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，性穩固而溶化於冷水中。在美國市上出售者（商標為 B. T.S.）用以除介殼蟲，功效與石灰硫黃相同。內中除含有 $\text{BaS}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 外，更有硫代硫酸銻6%、游離硫8%，及其穩定物。在水中溶解時，硫化銻分解而成氫氧化銻及 barium sulphhydrate。本劑在空氣內雖不易變化，但保藏亦須緊密，殺蟲效力與石灰硫黃液相同，但頗易致植物之害，故常用於植物休眠時期。

以上各劑之應用，均不甚普通，此外，與硫相近之銻 (selenium) 可與鹼或硫化鹼液相配合，以殺紅蜘蛛，惟銻化物對人及家畜均有

劑毒。

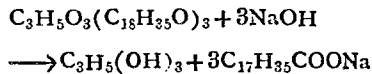
三、肥皂

肥皂為高級脂肪酸之鹼鹽，除單獨可作接觸毒劑外，尚能為乳劑之擴散劑（別節詳述）。

肥皂之種類頗多，製造之方法，亦略有差異，但其物理性質，則視皂化作用（saponification）時所用金屬鹽基之種類而定。所謂皂化作用者，乃脂肪酸〔如棕櫚酸（palmitic acid）硬脂酸（stearic acid）油酸（oleic acid）或脂酸（lauric acid）等〕與某種金屬鹽基起作用而產生肥皂之謂。鉀與鈉為常用之金屬，用鉀製成之肥皂為軟肥皂；鈉製成者為硬肥皂；鉀、鈉、氨（NH₃）三者并用，則成可溶性肥皂。

鉀肥皂較鈉肥皂易於溶解，在實驗室內之試驗，5%之鈉肥皂液已成膠液；在鉀肥皂液20%時，仍極流動。由同一金屬鹽基與各種脂肪酸相製成之各種肥皂內，凡由硬脂肪（分子量高而碳鏈較長）所成者，較之由油類（如橄欖油）製得者，其溶解力為低。

肥皂液共知為良好之膠態液，其重要之物理性在減低液體之表面張力，因此，可與他物相混合，能增加液內之潤溼力（wetting power）及擴散力（dispersing power），與油類相合，易於乳化，故亦為良好之乳化劑（emulsifier），肥皂之製法，普通以脂肪或油類與氫氧化鈉或氫氧化鉀相混合，經皂化後即成，今以硬脂酸與氫氧化鈉為例，示其化學上之變化如下：



製造肥皂之原料，除鉀、鈉、鉀外，他如鋁、鐵、鎘、鉛、汞、鋅等亦有採用者，視其所需而異。在殺蟲劑上，以鈉、鉀肥皂之價值最高，所用之脂肪，普通為軟脂、硬脂及油脂。在平常則無論何種油類或脂肪酸中之酯均可製造肥皂。

肥皂不可作硬水之軟化劑，因能與硬水中之鈣鎂等起作用，而成不溶性肥皂。同時，硬水內因鈣鎂等質之移去，即成為軟水。惟此種作用在配合殺蟲劑時，對於乳劑之產生，有極大之關係（詳見棉油乳劑下），故在田野，如所用之水盡屬硬水者（我國北部井水大多為硬水），則可在水中加其他軟化劑或加以煮沸，以沉澱液中之鈣鎂等質，或增加肥皂用量，藉以補償所失之肥皂（因與液中鈣相化合成不溶解肥皂也）。

鉀肥皂如與食鹽相遇，則一部份能分解而成為鈉肥皂，故在殺蟲乳劑中加食鹽，或盛乳劑之器內有鹽質者，即發生上述現象，而減少乳劑之殺蟲效力。

用肥皂液噴射，或以肥皂與他劑相合而成乳劑，所用之水須先檢定。硬水內有鈣、鎂、鋁鹽等之存在，因此，在液內產生相當量之不溶解肥皂，或沉澱於噴射筒底，或結集於器之四壁，常致噴口阻塞。同時，使液內肥皂與他物所成之平衡狀態（如在乳劑中）為之破壞（因Ca等存在關係），平常家庭間所用明礬（ $Al_2(SO_4)_3$ ）澄清之水，亦不可用，因與肥皂液相遇，能成鋁肥皂也。

民國二十八年，中央農業實驗所試用數種皂用植物，如無患子（*Sapindus mukurcsi*）以代肥皂，製成乳劑，結果頗為良好。製法以去核之無患子果肉 2 份，浸於 10 份水中，約時一晝夜，再濾去渣滓，

然後以此無患子液 5 份，與植物油 7 份相混和，更加振盪即成。用時，稀釋之。據該所二十八年在成都應用本劑（稀釋 100 倍之硬水菜油乳劑及硬水棉油乳劑），以防治棉蚜，其死亡率達 96 %。此外，皂莢（*Gleditschia sinensis* Lam, *Gymnucladus chinensis* Bail）亦能代替肥皂，其功效與無患子同。該所以 25 % 皂莢液（製法與無患子同）1 份，與棉油 2 份混合振盪，即成原液，其稀釋液（100—130 倍）殺蚜成績達 95 %。

肥皂在殺蟲劑上之應用與効力

肥皂液殺蟲之濃度無一定之標準，因肥皂內之成分亦不一致也。普通在液內有 1 % 純肥皂，則已有殺蟲効力，有人用鯨油肥皂²⁵份，和水 100 份，或用洗衣肥皂 1 磅，對熱水 15 加倫。凡軟體昆蟲，如蚜蟲，浮塵子等，均可用肥皂液噴殺，惟近年菸鹼應用日廣，因此，肥皂單獨之施用亦形減少。

在肥皂內，含鹼及成皂脂酸分子量之高低與殺蟲力之大小，有顯著之關係。Fleming 氏（1934）曾試驗肥皂中含鹼量之多少與日本金龜子中毒之關係。氏用三種不同之肥皂（（1）中性肥皂，（2）含 10 % 過量鹼肥皂，（3）含 10 % 之過量酸肥皂），其試驗結果如第四七表所示。

由第四七表，可知鈉肥皂較鉀肥皂效率為大。含過量鹼之肥皂較中性肥皂或含過量油酸之肥皂效率為大。氏又用多種飽和脂肪酸（如 formic, acetic, propionic, butyric, valeric, caproic, heptylic, caprylic, pelargonic, capric, undecylic, lauric, myristic, palmitic, stearic acids 等）製成各種鉀肥皂，對於毒死日本金龜子之效率，隨

第四七表 鈉及鉀油酸肥皂 (sodium and potassium oleate soaps) 對於日本金龜子之中毒效力(錄自 Fleming, 1934).

肥 自 種 類	致命濃度(中數) (每升內之克數)	致毒之效率係數*
中性油酸鉀(爲標準)	3.21 ^g /L	1.000
油酸鉀而有10%過量之油酸	3.91 ^g /L	0.821
油酸鉀而有10%過量之氫氧化鉀	2.38 ^g /L	1.349
中性油酸鈉	2.62 ^g /L	1.225
油酸鈉而有10%過量之油酸	3.50 ^g /L	0.915
油酸鈉而有10%過量之氫氧化鈉	2.28 ^g /L	1.407

$$* \text{效率係數} = \frac{\text{標準殺蟲劑之致命濃度}}{\text{某殺蟲劑之致命濃度}}$$

飽和脂肪酸分子量之升高而增加,但在 caprylate (由 caprylic acid 所成之鉀肥皂) 以下之脂肪酸鈉,效力較小。氏又將各種植物油以氫氧化鉀液皂化之,而產生各種脂肪酸之鉀肥皂及甘油。再試測對於日本金龜子之中毒力,得豆油、棉子油、生亞麻仁油之鉀肥皂,均較中性油酸鉀肥皂之效率略大。熟亞麻仁油無所差別,其他則均較遜。

肥皂液除單獨應用作殺蟲劑外,並可與其他化合物相配合,作爲擴散劑,使液體可與昆蟲密切接觸。普通常與菸鹼混用,其比例爲水 100 加侖,肥皂 4-8 磅,菸鹼之用量,則視所殺蟲之種類及天氣而異。若菸鹼已與他物混合者,則肥皂可勿再加。

用肥皂以成乳劑,最普通之合成物,如石油、素、二硫化碳、粗油

(礦物油)、機油等。在歐洲製造之肥皂，常含有乙醇、戊醇及苦木汁。此外，與魚藤粉、菸鹼、二硫化碳及其他毒質相混合，專為殺蟲之用。

殺蟲效力

肥皂液殺蟲之主要原因，在封閉昆蟲氣孔，使其窒息而死。Sieglar and Popenoe 氏(1924)謂肥皂內酸之成分，亦具殺蟲之作用。氏以各種正常飽和之單酸基之脂肪酸(monocarboxylic fatty acid)殺一種蚜蟲，所得結果，如在同系內之有機酸依次升高，則對於蚜蟲之毒力愈增。殺蚜之毒力最高點在capric acid($C_9H_{19}COOH$)。Tattersfield and Gimingham 氏(1927)以豆蚜(*A. rumicis*)試驗，亦有相同之結果。即各種脂肪酸分子之重量，依次升高(由醋酸至 undecylic acid, $C_{10}H_{21}COOH$)，對於蚜蟲之毒力亦愈增。但分子重量之升高超過 $C_{10}H_{21}COOH$ 後，則其毒力又形減退。凡高過 tridecylic acid ($C_{12}H_{25}COOH$)之各種酸*，其殺蟲毒力均微。凡此種酸類之鈉鹽，其毒力均不甚強(惟鉍肥皂因加水分解能發出脂酸，致肥皂內鈉鹽與酸類之毒力，無甚差異)。

Dills and Menusan 兩氏(1935)亦作相同之試驗，得各種飽和脂肪酸內對於豆蚜及薔薇蚜(*Macrosiphum rosae*, L.)之毒力，以 capric acid 及 lauric acid ($C_{11}H_{23}COOH$) 為最高。同時，與 lauric acid 所成之鉀肥皂，在飽和脂酸內，毒力亦最高(尚不如油酸鹽之毒)。Tattersfield and Gimingham 氏試得油酸鈉之毒力與油酸⁺相同。

(⁺為不飽和脂酸，其毒力次於飽和脂酸內之高毒酸)

* 關於有機酸之物理性可參考有機化學書。

與植物之關係

肥皂液亦可封閉植物之氣孔，使其受傷。肥皂液內若有游離鹼存在時，為量雖微，亦足使植物受害。Dills 與 Menusan 兩氏謂脂肪酸內之 capric 與 lauric acid 最易傷及植物，鉀肥皂對於昆蟲與植物均無甚影響。

Richardson 氏等 (1937) 用五種肥皂，即油酸鈉肥皂 (sodium oleate); 鈉製洗衣肥皂 (sodium-base laundry soap); 純粹油酸鉀肥皂 (pure potassium oleate); 商販油酸鉀肥皂 (commercial potassium oleate) 及商販魚油鉀肥皂 (commercial potassium fish-oil soap) 等以試驗殺一種椿象 (*Blissus leucopterus*)，在實驗內，得普通之洗衣肥皂毒力最大，其他四種彼此相似，但在田野實驗，則得洗衣肥皂與商販油酸鉀肥皂或魚油鉀肥皂之毒力，無甚差異，惟洗衣肥皂為害植物頗輕。氏推測因該種肥皂為高級飽和脂肪酸（如棕櫚酸及硬脂酸），故對於玉米葉為害不重。有人謂各種肥皂內之鹼度 (alkalinity) 或為為害植物之因子。

四、油類

油類之用作殺蟲劑者，種類頗多，分屬於下列三類：

礦物油 如石油及其衍生物 (derivatives)。

植物油 如胡麻子油、豆油、桐油、棉子油等。

動物油 鯨魚油等。

(A) 礦物油類。

1. 化學性及物理性 礦物油之用作接觸劑者，如火油 (ker-

osene) 及粗石油(crude petroleum)、機械油(lubricating oil)、汽油(gasoline)等,在化學上均屬於烴油類(hydrocarbon oils)。在殺蟲劑上,用作噴射時,可因油之物理性及化學性之不同,而類別為下列三類:

(a) 飽和烴油類(saturated hydrocarbons) 此類油之化學性較為穩定,與別劑(如硫酸)相遇,能不起變化。

(b) 不飽和烴油類(unsaturated hydrocarbons) 此類油含有不飽和連系(linkages),與鹵相遇則起附加作用(addition reaction),在標準狀態下,由此種作用所得之鹵值,可檢驗油內化合物分子構造上之不飽和連系數。

(c) 芳香烴油類(aromatic hydrocarbons) 此為不飽和烴油內之特殊一類,具有特殊苯核之共軛雙鍵(conjugated double bonds),本類烴油可用硫酸二甲酯(dimethyl sulphate)測試之(第1,2類油不溶解),(由硫酸二甲酯內中性油溶解之百分率,可測知油內所含芳香烴之多少)。

以上分類,略示烴油性質之概要,但須由物理上之分類法,以補充其不足。大概分子量愈大,烴之黏度(viscosity)愈高。同時,油之比重(specific gravity)與沸點之增高,亦隨其分子量之增加而提高。Woodworth氏(1930)對於石油之能用作殺蟲劑者,曾根據其物理性之不同,分為若干類,並示與植物所發生各種生理上之關係。

2. 礦物油在接觸劑上之應用。

用火油以殺昆蟲,在歐美遠在1865年即已開始,惟單獨用火油噴射植物,為害頗大。故入後與肥皂液相混合而成乳劑,因此在接觸

毒劑內油類之應用，分爲(1)單獨應用與(2)肥皂液等相混合而成乳劑兩大類。

a. 油之單獨應用 用石油原液滴入水溝中，以殺蚊之幼蟲，或塗於家畜體外，以除若干種寄生蟲，或在不關重要之植物上，殺除害蟲，均可直接用原油。

b. 油與肥皂液相配合而成乳劑 因原油對於植物，常致傷害，故平常用油殺蟲之時，須先調製成乳劑(emulsion)而後施用。有時在乳劑內常加波爾多液、乾酪酸鈣、膠質、黏土等，以增加乳劑之黏力及殺蟲力，肥皂液與石油類相混合而成乳劑狀態，乃爲膠質系統(colloidal system)內之一種現象，在乳劑內有二型：(a)爲“油包水式”(water in oil type w/o)，(b)爲“水包油式”(oil in water type o/w)。此二式乳劑型之決定點，在二種液體(水與油)相混和後，何種成爲分散相(dispersed phase)，何種成爲分散媒(dispersion medium)。鈉或鉀肥皂能溶化於水，故鈉肥皂液與油相混合後，加以攪動即成“水包油式”乳劑。油爲分散相，水爲連接相(continuous phase)。鈣肥皂不溶解於水而能溶解於油，故鈣肥皂液(鈣肥皂溶化於油中)與水相混合後，即成“油包水式”乳劑。在此種乳劑型中，水爲分散相，油爲連接相。由此觀之，乳劑之不同，在乳劑固定物(emulsion stabilizers)之能溶解於何種液體內(水或油)而異。平常噴射所用之乳劑爲o/w式，因水爲連接相，故頗易加水稀淡。

在乳劑內，分散相所占之體積無一定比率。Pickering氏謂在一種“水包油”式之乳劑內，水因成乳劑(emulsifying agent)之關係，能使99%之油散亂於1%之水液中。

乳化劑除肥皂類外(鉀肥皂較鈉肥皂爲佳),許多膠類均可用以製乳劑。

平常所用石油與熱肥皂液相混合,乃爲一種“水包油”式之乳劑,即在油點之四周,圍以一薄層之肥皂液,使油點永遠呈懸游狀態,各點彼此不相結合。

配合乳劑之時,如兩液之溫度愈高,及兩液之黏度愈強,則乳劑之成就愈易。同時,配合之時,須加攪拌,使兩液得以雜亂而呈乳劑。

往昔國內常用之殺蟲乳劑,多以外國輸入之礦物油爲原料。如機械油乳劑、粗油乳劑、蒸餾油乳劑(distillate-oil-emulsion)及石油乳劑(kerosene emulsion)。此項乳劑之配合方法如下:

(甲)機械油乳劑 本種乳劑之應用,遠在1907年,用以除介殼蟲及其他落葉樹及行道樹上之害蟲,下爲一適當之配合方式:

輕質機械油*	1加侖
水	1夸脫
鉀魚油肥皂或鉀植物油肥皂	1-2磅

(肥皂用量視水之硬度而定)

製法:將水、肥皂、油三者放入鍋內加熱,然後除去噴射器之噴射頭上之螺旋板,往復抽射,使液內所受之壓力在75-250磅左右。如是,約數分鐘,即成(乳劑在熱時抽射有用)。此種所製成之液,稱曰原乳劑(stock emulsion)。平時如製大量原乳劑時,宜用蒸氣煮之。製此乳劑之鍋,切不可用曾煮過石灰硫黃液者,而儲藏本劑之桶,亦宜避免曾用過石灰硫黃液之器具。

在此種乳劑內,常雜以(當液加熱抽射時)波爾多液,乾酪酸鈣

及其他膠質物等，以增本劑之毒性及黏性。

【*所謂良好之輕質機械油如下：溫度在 110°C 時，4 小時內其揮發力
不超過 2%，比重在溫度 20°C 時，為 0.87—0.93】。

(乙)蒸餾油乳劑 本劑可殺果樹上之花蟲 (thrips)，其原乳劑之配合方式如下：

沸水	12加侖
魚油肥皂	30磅
低級蒸餾油(30—34Be)	20加侖

製法：將沸水傾入一桶內，再加肥皂，俟其完全溶化，即將油加入。同時，攪拌數分鐘，然後再用噴射器抽射，使液內所受壓力在 175 磅左右。製成之後，可儲在清潔之桶內。

(丙)混合油 (miscible oil) 在市場出售之混合油，種類頗多，均用以除介殼蟲及其他軟體昆蟲。混合油內，大多和以植物油或礦物油，或為植物油之混合物，或魚油與肥皂相混合一起，加水之後，即成乳液。市場出售之混合油(由美國售出者)，當應用時，可以油 1 份加水 15 至 40 份(沖稀時，加水之分量可照各公司所指示之數量)，在冬季，可用以除介殼蟲。

自製混合油之配合方式，可參照下列分量：

	以重量計	以容積計
機械油	90%	91%
木油肥皂(cresoap)	10%	9%

(木油肥皂由鉀魚油肥皂 (potash fish oil soap) 5 份 (以容積計)，溶解於 4 份之 cresylic oil 中或木油 (cresol) 內 (二物相混合

時，如以重量計，其比例為 $5\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}$ ），此種肥皂液中無鹼質而含有水 30%，此處切不可用鈉肥皂或弱鹼性肥皂以代鯉魚肥皂）

(丁)石油乳劑 石油乳劑在昔時用之頗廣，後發現能傷害植物，故近時常用別種乳劑代之。其配合之方法如下：

軟水	1加侖
洗衣肥皂	1/2磅
石油	2加侖

製法：先用肥皂溶解於水，使沸，然後加入石油（加石油時，將火移去），再用噴射器抽射 10 分鐘左右。同時，可加相當之水，使成稀液。夏季用時，稀釋成 30-60 倍，冬季應用時，沖水稀釋至 20-40 倍。

(戊)煤渣 應用各種煤渣油（tar oil，或 coal-tar creosote，wood-tar creosote）浸漬木幹，以免蟲害，今日已普遍應用。關於煤渣之蒸餾劑，或純用，或與肥皂液混成乳劑，用作保護木材或驅除害蟲。在歐美市上所出售之“water soluble carbolineums”即為煤渣之蒸餾物，內中以蔥油為主要。同時，再加其他木材防腐劑（如氯化鋅、氯化鈉、硫酸銅、氯化汞等），惟此劑不可用於果園中。

3. 與昆蟲之關係

油類殺蟲毒力之大小或遲速，與其揮發力、黏度及密度之高下有密切關係。油之黏度、密度愈高，殺蟲力愈大，揮發力愈大，昆蟲被昏醉之時期愈速，但殺蟲力愈小。故油類殺蟲之毒效 = 物理作用 × 化學作用。

石油性較活動，擴散力強，揮發力大，與昆蟲體接觸後，能由氣孔而穿入氣管。但稍俟片刻，油質揮發殆盡。由是已觸石油而昏迷之

昆蟲，常未及死，又重行復甦。機械油揮發力小，黏度極大，散佈於昆蟲體上之後，其擴散程度遠不如石油之速，但一經染着，能久留蟲體，其殺蟲效力倍勝於石油，故油類愈精練，殺蟲之効力愈小（松脂油（pine oil）不然）。

Shafer 氏（1911）謂火油、汽油之揮發部爲殺蟲之有效劑。昆蟲吸入之後，此種揮發氣能阻止體內組織對於氧之吸收。氏又謂石油揮發之氣體，能影響於體內酵素之活動。Moore 氏（1917）以家蠅試驗石油之揮發力與毒力之關係，得揮發較速之汽油殺蠅効力勝於揮發較小之火油。Moore and Graham 氏（1928）謂如以石油乳劑，用作爲接觸毒劑時，則石油在高溫分餾出者，殺蟲効力較之低溫分餾所得者爲大。Pickering 氏（1906）謂由低溫分餾出之石油易於揮發，故殺一種介殼蟲（*Lepidosaphes ulmi* L.）之力極小。氏主張用飽和煙油（沸點在 250°C 以上）殺蟲効力達 40%，在美國，則常用粗油乳劑，或用高溫分餾之油，目的皆在其揮發力減弱而殺蟲力強也。

4. 與植物之關係

輕碳油因易使植物中毒，故在殺蟲上之應用，頗受限制。煤油祇可在冬季噴射，在春季植物萌發時，即須停止使用。否則，有傷新芽。

植物中油毒之原因有二：（一）在化學方面使葉綠素消失，原形質死，幼果（如橘子）或行脫落，或其成熟期延長。（二）在物理方面，爲：

（a）外面之隔絕（external insulation）在葉、莖果之外面，圍以一層薄油，阻止其蒸發及植物之呼吸，入後，或枯凋或脫落。

(b) 內部之隔絕(internal insulation) 油侵入內部組織後,各細胞致被油層包圍,即呈透明斑,或即行枯落。

以上兩種現象所產生之中毒結果,或植物之着油部起枯焦之斑點,或果葉脫落,或莖葉之綠色漸退,果之成熟期延遲,或收穫減少(馬鈴薯葉中油毒,即枯落,根不發育)。

植物中油毒之輕重與遲速,多半視乎油之種類(輕質油中毒少,重質油中毒多)溫度之高低(高溫中毒速)及植物之種類而不同。橘類之葉,如着有一油點,能向四周散佈,揮發之面積因而增加,不久即乾,故中毒較輕。如同質之油在杏成牽牛花葉上,則恆存留於葉脈之間,揮發極遲,致易傷及其組織。近年研究殺蟲劑者,對於油點入植物組織或細胞間後所呈之害狀,由於植物組織及生理上之研究,闡發頗多。Ginsburg, 1930, 1931 曾決定油點侵入蘋果葉後,其進行之速率與油之黏度成反比例,而與油之濃度成正比例。

Young氏(1934, 1935)謂蘋果葉經油類殺蟲劑(油及油類乳劑)噴射後,油點能侵入葉柔組織內(parenchyma tissues)之細胞間,因細胞被油包圍,故氧與二氧化碳之散布,為之阻遲。如導水管有油之侵入,則水分之運輸亦因而不通。普通蘋果葉部氣孔之大小為 $10\mu-30\mu \times 2\mu-7\mu$,因此石油點能侵入無阻;於油侵入後之20—60秒鐘,在葉面即現出半透明之斑點。入後,蘋果葉部所呈之害狀為:(1)發生棕色及乾綠點,大多數之邊緣有棕色或紫色斑點;(2)受油毒之重者,葉背呈紫色及白斑;(3)葉小而不發育;(4)葉枯而脫落,如蘋果着油之後,油即可穿過皮目(lenticels)而侵入果部之柔組織細胞間,但果部受害之輕重,因(1)原形質之抵抗力如何,(2)油

之濃度。此種油果部能忍受者，(3)溫度，(4)油對於原形質所起作用之時間。

由 Young 氏試驗之所得，蘋果受油毒之主要原因，由於油內所存硫酸化渣滓 (sulphonable residues) 百分率之多少。如汽油及其他汽油內之硫酸化渣滓頗少，因此豆類中毒較輕。如用 1% 濃之油噴於馬鈴薯葉上，受害甚微。石油噴於馬鈴薯葉上後，在 0.5—10 秒鐘內，即侵入於組織內，但大部分油於 1—14 小時內，均告蒸發，用機械油噴射於馬鈴薯葉後，約 1 秒鐘至 5 分鐘後，方可浸入，并常停留於葉之組織內，為時極久。同時，能由莖部而傳至根部，亦可由根部而傳至葉部。此種現象在其他植物亦然。

(B) 植物油 (vegetable oil)

植物油均為碳氫氧之化合物，內含有游離脂肪酸。因油種類之不同，而所含之脂肪酸量亦多少各異。其含量多者，配合乳劑時，可用石鹼而不用肥皂，植物油如與石油或頁岩油相較，則其化學性與物理性彼此不同點如下：

- I. 植物油之分子大而構造複雜，粘度高而不易揮發，燃點亦高。
- II. 石油之分子小而結構簡單，粘度低易於揮發，燃點低。

茲將國內普通植物油之比重、黏度、燃點，與柴油相較，如下表所錄。

油 類	花生油	豆 油	棉子油	菜子油	桐 油	柴 油
比 重	0.913	0.922	0.920	0.914	0.934	0.866
黏度(20°C)	10.9E.	10.3E.	10.0E.	13.5E.	33.0E.	1.37E.
燃 點	515°F.	585°F.	630°F.	580°F.	520°F.	210°F.

(錄自顧夢珍編著之液體燃料第88頁)

由上表可知植物油之比重與礦物油相去不遠，但黏度則高，後者又能隨外界溫度而有增減。

植物油之化學性亦大多相似，如菜子油內除含有之甲基(CH_3)外，所含脂酸基之分量，據各家分析之結果，微有出入（或由產地各異及榨取方法不同所致）。菜油之主要成分為廿二烯酸（erucic acid, 占 57.2%），油酸（oleic acid, 占 20.2%）（據 Jamieson 氏之報告），在精製之棉子油內（用石灰精煉者），亦以油酸為多，約含 35.2%，十六酸（palmitic acid）含 20%，十八二烯酸（linoleic acid）含 41.7%（顧學珍杜長明氏報告）。

在平常溫度下，植物油中呈液狀者，如橄欖油、花生油、菜子油、向日葵子油；呈半液體狀態者，如棕櫚油。就中惟液狀油能用作殺蟲劑。此外，由化學方面更可分為半乾性油，乾性油，不易乾性油。前兩類因在空氣內易於乾縮，故不能用作殺蟲劑。惟不易乾性油則可用以殺蟲。我人從殺蟲劑方面所盼植物油之黏度，宜不甚高而稍具揮發性，所含之成分較為穩固。具此條件者，首為花生油，次為橄欖油（惟其黏度已形太高）。

應用植物油殺蟲，近年經濟昆蟲家均努力研究。Staniland 氏（1926）曾試用各種植物油，以噴射害蟲。得菜子油及胡麻子油（易與軟肥皂成乳劑）內，均含有游離脂肪酸，而胡麻子油在噴射後，蒸發太速，故不易用作除蟲劑。菜子油乳劑殺蟲力大，對於植物為害之程度不如石油之甚。Arestin, Jary and Martin (1934) 用植物油乳劑殺一種椿象（*Lygus pabulinus*）之卵，其效力在高沸點石油與蔥油之間。

應用植物油乳劑以代礦物油，在中國近年漸次普遍。即對於配合之方法，應用之材料，均從化學性及物理性上研究，將來定有良好之結果。且植物油設法精製汽油及機械油，自身之物理性及化學性均形變更，則此後所製成之乳劑更將有進展也。

植物油乳劑之配合舉例：

由植物油所配成之乳劑，種類頗多。所用分量則因油及肥皂之種類而異。在實地大規模施行時，又須注意於“所費之最小成本”及所達之“最大殺蟲力”。茲錄 Balachowsky 氏殺豆蚜 (*A. rumicis*, L.) 之配合式如下：

花生油	0.5—1升
馬散肥皂	1.5克
水	100升

本劑配合時，先將 1.5 仟克之肥皂溶解於 7 升之水內，俟全溶後，再將 0.5—1 仟克之花生油傾入，同時用棒攪拌，使行乳化後，再將所餘之水加入。如此所配成之乳劑，殺豆蚜或蔬菜園內之蚜，效力極大。氏在 1932 年，用氨及油酸代馬散肥皂，以殺蚜蟲，亦得相等之效力。其配合式如下：

花生油	1—1 1/2 仟克
油酸	750 毫升
氨(商業上之濃度)	500 毫升
水	100 升

配合時，先將〔油酸加花生油〕及〔水+氨〕兩混合液相傾和，再加攪拌，使成乳劑。

在上列之乳劑，兩型(油與水)混和密緻，液點極細(5—10 μ)，分佈均勻，噴射於植物葉面後所成之油膜，為時頗久。

植物油乳劑近年在吾國經多人之試驗，成功者頗多。茲錄孫雲沛氏(1936)之棉子油乳劑配合量如下：

甲、用精製棉子油調製乳劑之配合量

	直接法	原液法(用時稀50倍)
水	5000份	100份
石碱	10份	0.2份
肥皂	9份	9份
精製棉子油	20—50份	20—50份

乙、用粗製棉子油調製乳劑之配合量。

	直接法	原液法(用時稀50倍)
水	5000份	100份
石碱	10份	1份
粗製棉油	20—50份	20—50份

棉油乳劑現時廣用以殺棉蚜，惟其他軟體昆蟲，亦可驅除。

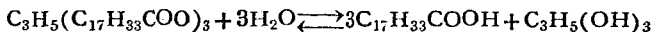
植物油乳劑對於植物致害極輕，此為礦物油乳劑之所不及，在夏季噴射，含油量在1—1.5%時，無傷植物之生理，但有若干種植物如桃、扁桃對於本劑之感受力，甚為敏銳。故當其生長期，不可用本劑驅除。與昆蟲之關係，亦如機械油之能封閉昆蟲之氣孔，使其窒息而死。

乳劑配合時之注意點。

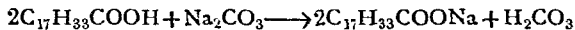
植物油內之游離脂酸，多少不一。據楊守珍，孫雲沛氏(1936)

云，用棉子油與石鹼所製成之乳劑，並非石鹼有乳化力，乃因粗製棉油中含有多量之游離油酸，油酸易與石鹼化合而成油酸鈉（為肥皂重要成分之一），此即足以乳化其餘之油，故可成良好之乳劑。

考棉油之主要成分為硬脂 [stearin, $C_3H_5(C_{17}H_{35}COO)_3$]，軟脂 [palmitin, $C_3H_5(C_{15}H_{31}COO)_3$] 及油脂 [olein, $C_3H_5(C_{17}H_{33}COO)_3$]。前兩者在常態時不起分解作用，惟油脂恆因高溫、溼及儲藏過久，或黴菌作用，即起水解，使油酸分量為之增加。

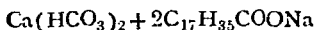


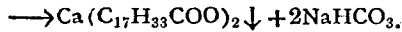
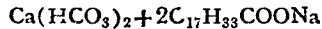
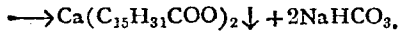
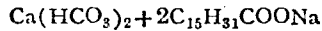
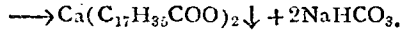
在植物油中所分離之油酸與石鹼作用後，生出強乳化力之油酸鈉。



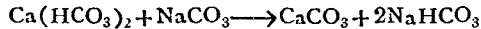
當棉油內所含油酸量多時，所生之油酸鈉即能使棉油成為乳劑，否則須加肥皂。此種現象在其他植物油類，亦有相同之發現。棉油之粗製者及陳油內所含之油酸量較多，據孫氏（1936）分析所得，油酸量在 7% 以上時，即可單用石鹼以製乳劑，但所用之水如屬硬水，仍不能成功，須再加肥皂。

配乳劑時，所用之水宜為軟水，如當地祇有泉水井水（我國北方大多為井水），則須先設法使其軟化。因井水中含有酸式碳酸鈣、硫酸鈣、氯化鈣、酸式碳酸鎂及硫酸鎂等，如與肥皂液相混合，即起作用而生不溶性之鈣皂及鎂皂等，失去原有肥皂之乳化力。普通肥皂之主要成分為硬脂酸鈉、軟脂酸鈉及油酸鈉三種，如與酸式碳酸鈣等起作用，均生硬脂酸鈣而起沉澱，其化學上之變化如下：





以上所生成之不溶性肥皂，完全無乳化作用，故不能成乳劑。軟化硬水之法，可增加石碱（加 0.2% 已足），即可使硬水內之酸式碳酸鈣等中和而沉澱（使生成碳酸鈣），化學上之變化如下：



故在我國北部調製棉油乳劑時，水中應先加石碱，次加濃厚之皂液，然後加油。當原液稀釋時，水中亦應先加石碱。

(C) 動物油

動物油之應用於殺蟲劑者，如魚油肥皂及鯨魚肥皂等。

(D) 松脂合劑 (resin wash)

本劑為 1887 年美國 A. Koebel 氏首先應用，以殺介殼蟲。1912 年日本柿治昇氏用以掃除 柑橘紅蠟介殼蟲，而後園藝家更廣為應用，以除柑橘上其他介殼蟲。在日本自 1933 年，商業上更將本劑製成粉末，出售於市場。茲舉中央農業實驗所之配合式如下：

松脂	3斤
鹼粉	2斤
水	10斤

上述之配合量稀淡後，用以殺橘樹之紅蠟介殼蟲 (*C. rubens*)，效力極大。

第三節 燻毒劑 (fumigants)

用化學藥品之氣體以殺害蟲，稱之曰燻蒸 (fumigation)。所用之化學藥品，謂之燻毒劑。舉行燻蒸處所祇限於可以緊閉之處，如溫室、儲藏室或其他器具，及野外之帳幕 (tent)。被燻之昆蟲，其口器不論吸收口式或咀嚼口式，均能驅除。如居室、麵粉廠、穀物廠、船房、溫室、野外之果樹、土壤及園藝上之苗木等，若有害蟲發生，遇其他殺蟲劑防治無效之時，則可採用燻蒸法治之。

燻蒸植物上之害蟲，須謹慎舉行，否則易受毒氣之害。普通被燻之物，又宜十分乾燥，如含水溼較多，則一經毒氣之燻，易受傷害。因現時用以殺蟲之燻蒸劑，大多同時亦能傷及植物，能兩全者極少。經濟昆蟲學家每稱爲一種良好之燻蒸劑者，對於下列所錄之各條件能適合愈多愈佳。

1. 對於昆蟲能發生劇毒而對於植物或高等動物致毒極少。
2. 價廉並易於處理。
3. 不易化爲液體，亦不溶於水，在平常溫度內，擴散力強。
4. 易於感覺(由嗅而得)，並對於食物無害。
5. 滲透力強，不易着火及爆炸。
6. 對於金屬不易起腐蝕作用。

燻蒸劑內所用之藥品約可分爲四類：卽

- (一) 氰化物 (cyanogen compounds)
- (二) 硫化物 (sulfur compounds)
- (三) 脂肪族化合物 (aliphatic compounds)

- (A) 氯化苦劑(chloropicrin)
- (B) 四氯化碳(carbon tetrachloride)
- (C) 四氯乙烷(tetrachloroethane)

(四) 芳香族化合物(aromatic compounds)

- (A) 萘(naphthalene)
- (B) 對二氯苯(paradichlorobenzene)
- (C) 硝基苯(nitrobenzene)
- (D) 木油精即甲苯酚(cresol)
- (E) 菸鹼(nicotine)
- (F) 氯苯, 吡啶(chlorobenzene, pyridine)

應用化學藥品燻蒸時，須注意：(1) 所毒殺害蟲之種類，(2) 蒸氣壓（由此可知燻蒸劑之揮發力及在一定容積內所能存在之蒸氣——由某種燻蒸劑揮發而成），(3) 燻蒸劑蒸氣之密度。

燻蒸時所用藥劑蒸氣之密度較空氣為輕、為重或相等，皆根據燻蒸劑之分子量。同時，參照空氣於 0°C 時，在水銀柱上之壓力為 760 毫米作為標準。惟此種標準祇可用於氣體燻蒸(gaseous fumigation)，如燻蒸劑為液體或固體者，則在其沸點下之溫度中燻蒸時，所發出之蒸氣與燻室內空氣相互混合而呈飽和狀態。此種飽和狀態之空氣，其密度與外界空氣顯有不同。如外界溫度有升降時，則燻室內飽和空氣之密度亦將為之變異。由此原理，則二硫化碳氣在燻室內之密度頗難達 2.62（此為在正常狀況下之理論密度），祇為 1.76（溫度 25°C 下，空氣中所含二硫化碳氣達飽和狀態時）。

如計算某容積單位內之空氣與燻蒸氣混合體之重量時，則須將

某容積內之空氣重與煙蒸氣之重相加，此兩種氣體之半氣壓律，如下式所示：

$$D_t^P = \frac{M}{V} = \left(\frac{P-p}{P} D_1 + \frac{p}{P} D_2 \right) \frac{273}{273+t}$$

M = 體積 (mass of body)

V = 容積 (volume of body)

D_1, D_2 = 標準狀態下兩種氣體之理論密度 (由分子量重而計得)。

D_t^P = 混合蒸氣密度於實際氣壓 P 及溫度 ($t^\circ\text{C}$) 下之密度。

P = 煙蒸劑在 $t^\circ\text{C}$ 下之蒸氣壓。

平常實行煙蒸時所用之藥量，恆以 1000 立方呎之空間為標準，溫度大多在 25°C (77°F)。根據此種實情，上式可簡約如下：

每 1000 立方呎空間內混合蒸氣之重 (磅)

$$= 73.95 + \frac{p(M-29.0)}{298}$$

p = 煙蒸氣在 25°C 之蒸氣壓 (毫米 Hg)

M = 煙蒸劑之分子量。

茲根據混合氣 (煙蒸氣與空氣之混合體) 之比重，在溫度 25°C 及壓力 760 毫米下時，若干種煙蒸劑之密度如第四八表。

煙蒸時所謂某種毒氣之滲透力 (Penetration) 者，乃合某種毒氣自身之分散力及物體對於某種毒氣之吸收狀況而言。某種化學品之沸點愈高，則透入力愈強，但其分散力愈弱，其揮發力愈遲鈍，而毒力亦愈強。

Halt 氏曾用數種毒氣試驗煙蒸疥癬，其結果謂一種具有揮發性

第四八表 數種燻蒸劑密度之比較

(錄自Roark & Nelson, 1930)

化 各 物	分 子 式	分 子 量	蒸氣壓毫米 (Hg) 溫度 為 25°C時	密度(在 1000 立 方呎內之混合氣 體, 氣壓為760毫 米(Hg) 溫度為 25°C(77°F)	比重(在溫度 25°C水銀柱壓 力為 760 毫米 時空氣=1)
空氣			760毫米Hg	73.95磅	1.0000
氨	NH ₃	17.03	760	43.40	0.5868
二氧化碳	CO ₂	44.00	760	112.20	1.5173
二硫化碳	CS ₂	76.14	357.1	130.44	1.7633
四氯化碳	CCl ₄	153.83	114.5	121.91	1.6486
氯化苦劑	CCl ₃ NO ₂	164.38	23.8	84.73	1.1458
乙烯	C ₂ H ₄	28.03	760	71.48	0.9665
甲醛	HCHO	30.02	760	76.55	1.0351
氫氰酸	HCN	27.02	738.8	68.90	0.9317
菸鹼	C ₁₀ H ₁₄ N ₂	162.13	0.12	74.01	1.0003
二氧化硫	SO ₂	64.06	760	163.36	2.2091

之有機化合物,其揮發力隨其沸點之升高而增加,但升至某度數時,此後如沸點再行上升,則毒力反行降落。有機化合物之沸點在225°-250°C 間者,其揮發力極微,同時亦無殺蟲之效果。

用化學藥品燻蒸害蟲時,宜注意下列各點:

1. 不論用何種化學藥品燻蒸時,關於所燻之處所,如溫室、房屋、箱櫥等,若有縫隙,須用紙條(可利用報紙)塗漿糊,周密封閉,不使稍有罅隙,不然,雖有極小之孔穴,能減低燻蒸時殺蟲之效力。

2. 具有植物之溫室，當燻蒸時，最適宜之溫度在 $55^{\circ}\text{--}68^{\circ}\text{F}$ 之間，如無植物之溫室，則溫度在 70°F 時燻之，見效最大，而燻時最好在無風時行之。

3. 燻蒸活植物時，最好于夜間或在日落 1 小時後行之，如在日間施行，則易使植物中毒。

4. 如在溫室內燻蒸，宜防溫度之驟然降落，因空中溼氣能凝結于植物之枝葉上，吸收一部份之毒氣，致使植物中毒而枯萎。如用氫氰酸氣燻蒸者，同時損失空氣中一部份之氫氰酸氣（被水吸收）。故在燻蒸前之 24 小時，植物勿着水濕，以免中毒。如燻室內有水缸等，必須移去；若用氰化鈣燻蒸，則室內之比較濕度須在 79 % 以上。

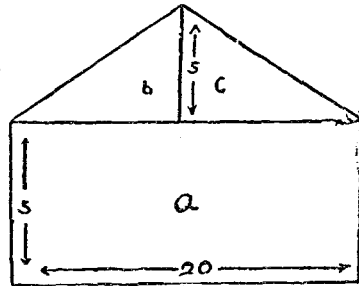
5. 燻蒸時間視燻室內有無植物之存在而異，如無活植物，則燻之時間可延長至 6—12 小時，即再為遲久，亦無所害。如燻活植物者，則燻蒸之時間及用藥之分量，須極慎重，燻時通常不過一小時。

6. 施行燻蒸之人，對於燻蒸手續及安全方法等，須一一熟識。

7. 房屋於未行燻蒸以前，須先設法預備一通空氣之處，以備于燻蒸後為流通空氣之用。

8. 所用燻蒸劑之分量須與蒸室之面積成比例，平時舉行燻蒸之時，第一步工作在決定燻室內容積之多少，對於計算燻室內容積之大意如下：

如欲計算一溫室內之立方體積，（第五五圖）先將溫室之長



第 55 圖 一溫室前塔之各高度

方形 a 及三角形 b 與 c 之平方尺算出，然後乘以溫室之長。

例如 $a = 5 \times 20 = 100$ 平方尺

$$b = 5 \times 10 \div 2 = 25 \text{ 平方尺}$$

$$c = 5 \times 10 \div 2 = 25 \text{ 平方尺}$$

$$a + b + c = 150 \text{ 平方尺}$$

$$150 \times 100 \text{ (室之長)} = 15000 \text{ 立方尺即溫室之立方體積}$$

(關於燻室內所放之橙桌及燻缸等之體積，在算時可不必計及)。

9. 燻室之體積既已測定，如用氰化鈉燻蒸者，則可按照體積在 1000 立方呎內，所用之水、硫酸、氰化鈉之分量（參攷氫氰酸氣條下），而計算其應用之藥量。

10. 茲將六種燻蒸劑之殺蟲力、用量、滲透力等列如表四八。

(一) 氰化物

(甲) 氫氰酸(hydrocyanic acid, HCN)或稱氰化氫。

氫氰酸之氣味有似苦杏仁，嗅之刺鼻，其氣體較空氣為輕，比重為 0.9483，擴散力強（因較空氣為輕，故氣大多上浮），易溶化於水，與金屬（如金、銅、鎳等）相接觸，能使之失光，但經拂拭，則復原狀，無燃性，亦無炸性，對於家室之牆壁及家具等，無漂白作用，毒性猛烈，用以燻蒸室內、穀倉、溫室、麵粉倉庫等處之害蟲，效力極大，故近時用之日廣。

氫氰酸氣有劇毒，動物遇之，神經中樞與呼吸氣管均能中毒，瞬

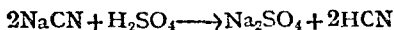
第四九表 數種燻蒸劑毒力之比較

燻 蒸 劑	在1000立方呎內所用之藥量	殺虫力	比 重	滲透力	與火之關係	對於植物之影響	須注意點	應用處所
氫 氰 酸 氣 (除儲藏室及倉庫內害蟲)	用12磅之氰化鈉(80%)	強	0.9483	微	無	能傷植物	濕潤之食物能受傷害	殺室內及麵粉廠內害蟲
氫 氰 酸 氣 (除溫室內害蟲)	用1/4 磅之氰化鈉(內含氣40%)	強	0.9483	微	無	用時須留意	植物不呼吸時行之(夜間燻蒸)	殺溫室內害蟲
二硫化碳	10磅	強	2.163	頗佳	極易燃燒	能傷植物	燻蒸種子時當心	殺儲藏室內之害殺蟲蛀木蟲等
四氯化碳	40磅	極弱	5.31	頗佳	無	能傷植物	燻蒸種子時當心	除溫室好蟲
菸鹼 40 % (在溫室內)	1/4 磅 (液體)	強	—	微	無	無傷植物	無	除溫室噴蟲
二氧化硫 (燃燒硫黃即得)	4 磅 (硫黃)	強	1.483	頗佳	須用堅固之器燒硫黃	能傷植物	有漂白作用損及發芽力使食物染毒使物生污	應用處不甚多

息即死。如用量過多，或燻時太久，則植物亦能受害。故在燻蒸施行之時，須極慎重從事，否則易生危險。

氫氰酸氣乃由氰化鈉與硫酸(加水)相混合後而發生，其化學作

用如下:



氰化鉀與氰化鈉均可用以發生氫氰酸氣，惟前者因含氰(CN)較少，故近時多用氰化鈉。關於此二者所含氰成分之多少，其計算法如下:

$$\text{Na} = 23(\text{原子量}) \quad \text{K} = 39 \quad \text{CN} = 26$$

$$\text{NaCN} = 23 + 26 = 49 \quad \frac{\text{CN}}{\text{NaCN}} = \frac{26}{49} = 50\%(\text{CN})$$

$$\text{KCN} = 39 + 26 = 65 \quad \frac{\text{CN}}{\text{KCN}} = \frac{26}{65} = 40\%(\text{CN})$$

通常配合之公式為 1—1—3。即氰化鉀(98%)一磅，加強硫酸 1 液嘮(再與 3 液嘮水稀釋)。氰化鉀必與淡酸相配合之原因，在使一部份之氰化物易於起分子聚合作用(polymerization)。

因氰化鈉(97%)所含之氰較氰化鉀為多，故配合式可略變更如下:

$$1-1\frac{1}{2}-2, \text{ 或 } 1-1\frac{1}{2}-3$$

(氰化鈉在市場上有一種呈雞蛋狀者，乃為美國出品，常用以供燻蒸之用)。

在平常空氣壓力之下，氫氰酸氣不易透入穀袋、衣包、或麵粉袋，及棉花包內，故在大規模燻蒸之時，燻蒸器最好使之成半真空，俾其氣體可深入包內。

應用氫氰酸氣以燻蒸各種害蟲，其方法有下列四種:

1. 用乾氰化鈣或其他氰化物，如 Sperryer and Owen 氏(1926)

用 3 份(重量計)酸式碳酸鈉 1 份氰化鈉(98%)相混和後,散佈於溫室內,使與空中濕氣相接觸而發生氫氰酸氣。

2. 將氫氰酸氣溶解於液體內(平時儲藏於鐵桶內),燻蒸時,即用此種液體使之蒸發,所用分量大約一磅液體可燻 3000 立方呎之容積。

3. 在燻室內用缸或其他磁鉢等裝硫酸與氰化鈉,使之發生氫氰酸氣。

4. 在特製之室或器具內,以硫酸與氰化鈉或氰化鉀相混合,使發生氫氰酸氣,更由一管(與發氣之室或發氣之機器相接者)將此氣導入別一燻室,以燻害蟲。

以上四種方法內,一二兩種近時用者漸少,第四法則須用特製之機器,第三法之概要述之如下:

a. 不論用氰化鈉或氰化鉀,質須上選,所用之硫酸亦須品質優良,比重為 1.84。

b. 計算燻室體積之大小,而決定所用之藥量,因昆蟲種類之不同,所用之藥量亦各有異。如用以燻蒸房屋,而內部無活植物存在者,則每 100 立方呎之體積,須用下列所示之藥量:

水	3 液呷
硫酸(比重 1.84)	1½ 液呷
氰化鈉(極純體 98%)	1 呷

c. 燻室之罅隙裂孔及與外間通氣之處,均以報紙條(闊約二,三寸左右)用漿糊密封,務使燻室密閉。室內如有食物或盆景花草等,須先搬出,以免中毒。

d. 在燻室內置若干磁缸或鉢(燻室體積若極小者,則一個鉢已足,若大須用數個鉢)用以盛硫酸與氰化鈉者。磁缸之大小,至少能盛 3 至 4 加侖之液體(不宜過小,否則液體溢出損及地板)為度,缸宜以舊報紙數張墊之,以免缸內液體偶有濺出,致爛及地板。每一缸內所放之氰化鈉量,至多不可過 5 磅。

e. 將所需用量之硫酸,徐徐傾入水內(如用缸燻者,則須將硫酸與水按量分配於各缸內),再秤出一定量之氰化鈉,并按量分別用紙包之,放於各缸之側。俟燻室內各事皆已妥善,然後將盛氰化鈉之紙袋(所用之紙宜薄)放入缸內,即屏氣奔出。同時,將門從速關閉,并用紙條和漿糊緊封之。

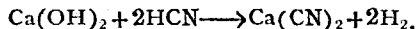
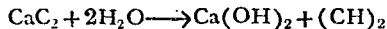
f. 如燻室為二三層之樓,則施行燻時,須先自高起,漸及下層。

g. 燻完約 5, 6 小時後,即可將窗口及房門開放,令空氣流通 2, 3 小時,至房內無氫氰酸味後,方可入室整理物件。

h. 燻完後之餘液,宜埋入土中,或傾入溝內。

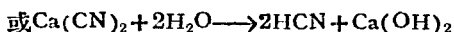
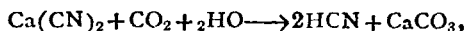
(乙) 氰化鈣 (calcium cyanide, $\text{Ca}(\text{CN})_2$)

氰化鈣在近數年來,始在市場上出售,種類頗多,內有一種含氫之量為 40—50% 較氰化鈉及氰化鉀所含之氫為低,化氣頗遲,平常 1 磅之氰化鈣內,祇有半磅可化為氣體,別有一種含氰化鈣有 88% 者,內中百分之九十能化為氣體,其製法在美國則用碳化鈣 (calcium carbide),化學上之過程如下:



氰化鈣如為粉狀者,則暴露於空氣下,化氣極速,故用此藥燻蒸

之時，不必加入酸類，能自然發生氫氰酸氣。惟化氣之時，與空中之溼度極有關係，如空中相對溼度在70%時，則化氣極速，化學上之作用如下：



用氰化鈣驅除橘樹或其他果樹上之介殼蟲等時，可先以帳幕將橘樹覆蓋，然後用氰化鈣之粉末，散佈於帳幕內即成。如用以燻蒸家室、溫室及麵粉廠等，則將定量之氰化鈣粉散於地上，或在地上舖以報紙，藥粉即散在報紙上，使其徐徐揮發（田園內如遇有掘土之貧齒類動物，可將此粉散入洞內，即能達驅除之目的）。

氰化鈣之用量須視處理之狀況，燻室之情形及藥品之種類而異，如用有氰化鈣88%之粉末，則在室內或麵粉廠內燻蒸時，每1000立方呎之體積，可用3/4噸已足。如燻蒸溫室其最低用量為1/8噸。同時，須注意植物，勿使之中毒而起枯萎現象。如所用之藥粉內僅有氰化鈣48%者，則在每1000立方呎之體積內，所用藥粉宜雙倍於上述之分量。氰化鈣近年有人用以殺土中昆蟲及線蟲，用時，將藥放入土下即成（A. L. Taylor, B. G. Chitwood, Gerald Thorne, 1939）。

1. 與植物之關係

用氫氰酸氣燻蒸害蟲，同時易使植物中毒。De Ong氏（1917）曾發表用氫氰酸液之安全量，以殺葡萄根蝨等。但植物對於氫氰酸氣之忍受力各有不同，有若干易中藥毒之種類。不宜用氫氰酸氣而燻蒸，此種現象在觀賞植物中，如豌豆、菊、薔薇等，更為顯著。

植物中氫氰酸氣毒之原因，現在尚不知。惟有人謂氣體發生

之速度如遲弱，則植物之中毒亦因而為之減輕。Morse 氏(1902)以酸式碳酸鈉與氰化物相混合，使氫氰酸氣揮發時，因有二氧化碳之存在，其濃度亦為之稀釋，而植物之中毒亦可因之減低。空中溼度及日光與植物中氫氰酸毒狀況，亦有密切關係。如在黑暗處燻蒸，則植物中毒者頗少。Quayl 氏(1919)解釋植物在夜間燻蒸，中毒較輕之原因：在光、溫度、溼度之作用，而影響於氣孔之開放，及其他化學上之關係(能影響毒氣之吸收及表皮之抗毒力)。Clayton 氏(1919)謂植物中氫氰酸毒與其氣孔之開放有密切關係，氏根據觀察所得，在氣孔開放時燻蒸之(通常植物之氣孔在夜間閉，日間開，但又因大氣中之溫溼度，土中之水分及植物之種類而有差異，詳情參考植物生理書籍)，則受害極重。氏又謂植物組織中之含糖量對於氫氰酸氣之抵抗力成正比例。

在溫度方面，則空中溫度愈低，植物愈形不活動，而對於氫氰酸氣之中毒愈淺。因此，植物在燻蒸之前或後，如曝露於日光下，則所受藥害，將為之增加。或在燻蒸時溫度驟形變異亦得相同之結果(Wagium, 1920)。

Moore and Willaman 兩氏(1917)謂植物在燻蒸下能吸收氫氰酸氣體，並能破壞氧化酵素(oxidases)及過氧化氫分解酵素(catalases)之活動力，而使呼吸機能為之衰減。并謂植物經氫氰酸氣燻蒸後，葉隔層(septa)之穿透力為之增加，使莖部吸水速率減少。同時，表皮之發散速率則行增高。因此，影響其生理作用。故植物在輕微燻蒸之下，常呈臨時萎凋現象。Woglum (1918)氏謂植物如經波爾多液噴射後，再繼行氫氰酸氣之燻蒸，則中毒頗大。氏又謂柑橘樹噴射

銅鹽後〔防除一種缺銅病(exanthema)〕,能增加植物對於氫氰酸氣煙蒸之抵抗力。Butler and Jenkins 氏(1930)謂植物在噴射波爾多液後,用氫氰酸氣煙蒸而易中毒之原因,在植物表面生成一種複雜而可溶之氰化銅物。據Guba and Holland氏之分析結果(1933)此種氰化銅爲 cuprocyanide, $\text{Cu}_2(\text{CN})_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 或其他相似之化合物。

Haas and Quayle 氏(1935) 試得植物含銅量之多少,與對於中氫氰酸毒之關係,極為密切。由實驗證明,銅能增加氫氰酸氣對於植物之中毒性。

氫氰酸氣除能使植物中毒外,尚有不少論文述及能刺激植物之生長。Moore and Willaman 氏由試驗所得,知植物葉隔層之穿透力增加如不過甚,則反能使其生長速率及結果量較平常時為多。若干學者利用此種生理上之反應,常在空中發散稀釋之氫氰酸氣,藉以使植物得以異常發育,或在煙蒸時所用氫氰酸氣之分量,能殺昆蟲而不害及植物,則蟲死而植物生長茂盛。

2. 與昆蟲之關係

氫氰酸氣使昆蟲中毒之原因,大概在影響於體內正常酵素之活動。氣體與組織內之觸媒相混合後,使組織內氧化作用為之停止。Voegtlin, Johnson and Dyer 氏(1926)謂氰化物對於昆蟲液汁內之鐵無所作用,但能擾亂硫化化合物之平衡。蓋某種硫化化合物因氫氰酸之作用而起還原作用也。Shafer 氏(1915)謂氫氰酸氣能使昆蟲之還原酵素(reductases),過氧化氫分解酵素,氧化酵素之正常平衡為之破壞,此或為致死之重要因子。Haas 氏(1939)謂銅類噴射劑除對於氫氰酸之害葉作用有關係外,同時,抵抗氫氰酸氣較強之介殼蟲所

含銅量較之不能抵抗者爲少。氏謂銅之關係在增加氫氰酸燻蒸之效力。

平時用氫氰酸氣燻蒸活植物時，如欲避免毒害，則對於燻蒸之時期，藥之用量，燻蒸時之溫、溼度等，均宜注意。所用之藥量，以能殺所燻蒸之昆蟲爲標準，其多少因昆蟲之種類而異。Quayle and Knight 氏(1921)謂所用藥量與燻蒸時之溫度(殺蟲效力至 100% 時間內之溫度)成反比例，此與野外用帳幕燻蒸時頗有關係。Knight 氏(1925)謂溫度對於昆蟲抵抗氫氰酸氣之強弱，因蟲之種類而有差異，氏用氫氰酸氣燻一種瓢蟲(*Hippodamia convergens*)之結果，如用一定份量之藥及時間，若溫度下落(此時蟲呈不活動狀態)，則殺蟲效力大減。但對於紅蠟介殼蟲(*Chrysomphalus aurantii*)之燻蒸，在樹木之生理安全範圍內，對於溫度之減變，無甚影響(即昆蟲之活動狀況無甚影響)。氏謂對於此種介殼蟲之燻蒸，如在寄主半休眠狀態時舉行之，則雖用藥較多，而受害亦不甚顯著。Quayle 氏(1922)謂美國加省(California)有二處發現紅蠟介殼蟲，經用一次氫氰酸氣燻蒸後，如第二次仍用原定藥量或時間而燻蒸者，則蟲能發生一種抵抗力，因此，殺蟲效力大減。爲達殺蟲目的起見，則須增加藥量。但同時對於樹生命之安全，又發生影響，因此，Woglum 氏(1925)主張選擇能抵抗氫氰酸毒之寄主，以求達兩全之目的。

(二) 硫化物

(A) 二硫化碳(CS_2)

二硫化碳爲一種無色而有氣味之液體，易於蒸發，其氣較空氣

重爲，故當燻蒸之時，可用器皿裝二硫化碳液放於被燻物之上面，使其氣自上而下。此種氣體與物相遇，無退色作用，但易於燃燒與爆烈，故施用時，應特別留意，不但在施用藥液之處，不能發火，即引火之物亦應移去，以免危險。惟其殺蟲力大，如以燻蒸種子時，其氣能透入深處，故爲一種良好之燻蒸劑，在溫度 70°F 以上，用以燻蒸各種活動之昆蟲，無不立即殺死。平常除用此藥以殺積穀害蟲外，并可兼除室內、土下、及穴居之害蟲，惟植物在生長時期內，則不能施用此藥。如人類吸入二硫化碳氣後，能起頭眩、惡心等之中毒現象，若吸之過多，亦可致死。

施用此劑燻蒸時，應將燻箱或燻室中所有之裂隙，盡行密封，使不漏氣。燻時之適宜溫度爲 75°—90°F，如溫度在 60°F 以下，則毒力不甚顯著。施用藥量爲每 1000 立方呎之空間內，用二硫化碳 2 磅。

二硫化碳液可直接與種子混和，但恐影響其發芽，故用時最好將二硫化碳液以棉絮浸溼，置入種子燻箱內，使其自行蒸發，密燻 36—60 小時，見效頗大。

(B) 二氧化硫(SO₂)

此種氣體亦可供殺蟲之用，但其效力遠不如二硫化碳之大，當吾人燃燒硫黃時，即有此種氣體發生。燻蒸時之用量，爲每 1000 立方呎之體積，須用 2—6 磅硫黃。但用量之多寡，須視所燻害蟲及物品之種類而異。二氧化硫氣雖無爆烈性，但可侵蝕金屬及使布帛上之顏色退落，與損害穀類之質地。其氣較空氣爲重，比重爲 1.433，因此氣對於種子發芽力之影響頗大，故不宜施用於生活之植物。

近時二氧化硫已有液體出售，普通裝於鐵罐內，故在大規模燻

蒸時，頗為便利。

(三) 脂肪族化合物

(A) 氯化苦劑(chloropicrin, CCl_3NO_2)

氯化苦劑為白色液體，沸點為 112°C ，幾不能溶於水，但能溶於酒精中。在平常溫度下，能徐徐揮發，其氣體較空氣約重 6 倍，(揮發後即為 $2\text{CCl}_3 \cdot \text{NO}_2 \rightarrow 2\text{COCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{NO}$)。故如用以燻殺土內鑽穴之貧齒類動物，效力極大。氣體極毒，滲透力強，對於金屬有腐蝕性。在平常溫度下，無爆發危險。人畜遇之，立即中毒。本藥原為歐戰時軍用毒氣之一，後經 Moore (1918) 及 G. Bertrand (1919) 兩氏之試驗，證明可用作燻殺害蟲之用。在每升空氣中，如用氯化苦氣 10—20 毫克，其毒力即能殺昆蟲而有餘。Piédallu 氏 (1923) 謂平時用本藥消毒時，在每 1 立方米之容積內，用 10—20 克，即可驅除害蟲。燻蒸之時間為 24—48 小時。因其殺蟲力強(較 CS_2 強 300 倍)，故近年應用日廣。本藥氣體對於種子之發芽力，據 Wille 氏 (1927) 試驗，每 1 立方米內，用藥 30 克，則種子發芽力減少 30%。但各種種子，對於本藥所發生之反應，各有不同。小麥中毒最易，稻次之，豆類受害最少。Gunderson and Strand 氏 (1939) 以牀蟲之卵、稚蟲、成蟲、試測氫氰酸氣，氧化乙烯及本劑三種之毒力，在溫度 25°C ，時間 5 小時，上列三種藥之致死濃度如下：

氫氰酸 殺卵量為 0.096 (每升內之毫克) 殺稚蟲量為 0.331，
殺成蟲量為 0.336。

氯化苦劑 殺卵量為 4.613 (每升內之毫克)，殺稚蟲量為 1.87

0, 殺成蟲量爲 2.233,

氧化乙烯 (ethylene oxide) 殺卵量爲 0.242, 殺稚蟲量爲 1.291, 殺成蟲量爲 1.803.

近有人應用氯化苦劑以燻殺土中線蟲, 效果極大 (H. Goffart, 1939), Akita and Tuctiya 氏 (1939) 試用氯化苦劑以燻殺二化螟 (C. simplex, 幼蟲體重 80—100mg), 在溫度 25° 及 20°C 下, 其死亡率爲 100%, 所用藥量爲 100 毫克/升, 燻時爲 5—15 分鐘.

(B) 四氯化碳 (carbon tetrachloride, CCl_4)

四氯化碳具有特別嗅氣, 沸點爲 76°—77°C, 比重在 20°C 時爲 1.593, 燻蒸時之毒力不強, 但無燃燒性, 故有時可代二硫化碳.

(C) 四氯乙烷 (tetrachloroethane, $C_2H_2Cl_4$)

本藥在英國曾用以燻蒸溫室內之粉蝨, 但對於介殼蟲、蚜蟲、紅蜘蛛無所效力. 根據 Lloyd 氏 (1922) 之用量, 每 1000 立方呎空積內, 用 1/2 品脫, 燻 18 小時. Hodson 氏 (1927) 曾用本藥 (每 1000 立方呎內用藥 5 噸, 溫度 50—70°F 燻時 14 小時) 燻躑躅之鑽葉蛾, 效力極大, 惟易害及植物, 觀賞植物受害更烈.

(四) 芳香族化合物

(A) 萘 (naphthalene, $C_{10}H_8$)

萘爲白色固體, 有強烈之特殊氣味, 溶點爲 175°F, 沸點爲 425°F, 不溶於水, 能溶於加沸之酒精、醚及其他溶劑內, 分子式爲 $C_{10}H_8$ 爲兩個苯環所成.

萘之蒸氣壓頗低, 在空氣內之揮發度, 遠不如對二氯苯 (P. D.

B.)、氫氰酸氣，茲將三者互相比較如下：

燻蒸 1000 立方呎空氣內對二氯苯、氫氰酸氣及苯達飽和時所用之分量。

溫度	蒸氣壓		在 1000 立方呎內之揮發量(磅)			
	$C_{10}H_8$	P.D.B	HCN	$C_{10}H_8$	P.D.B.	HCN
32°F	.02	.08	264.3	.01	.04	51
59°F	.06	.39	500.0	.03	.2	116.4
68°F	.08	.64	610.0	.035	.3	114.4
77°F	.10	1.0	738.8	.04	.5	112.5
86°F	.14	1.5	760.0	.06	.7	110.7
95°F	.21	2.3	760.0	.09	1.1	108.8

萘因沸點頗高，在空氣內之揮發力頗弱，故祇可作為抵拒劑。若昆蟲長期曝露於此飽和氣內，亦能中毒而死。其致死原因，並非為血液之凝固。

用萘防除之昆蟲頗多，如生活於土壤中、溫室內、倉庫及衣箱內之昆蟲，均可用本藥驅除之。在末後之一種，更為社會上所採用。市上出售者為樟腦丸 (moth ball)，藉以保護衣服、皮革、書籍、標本(動植物)等，而免於害蟲之侵害。在歐美更應用大量以除田園間之害蟲(均為抵拒作用)，如 Glasgow 氏 (1937) 在美國紐約，用以驅除胡蘿蔔上之蠅，每畝用量達 400 磅左右。

在溫室內用本藥燻蒸，可殺紅蜘蛛 (Oyclamen mite) 花蝨等，見效頗大。室中溼度在 80% 以上，溫度在 70°—90°F 時，萘燻蒸時之殺蟲效力，頗為顯著，燻蒸宜在夜間，或暗處，或陰天，如在日光下

舉行，亦能傷及植物。燻蒸時間約 10—12 小時，每 1000 立方呎之空間內，須用萘 $1\frac{1}{2}$ —3 噸。在燻蒸時，先用燈將萘溶解，然後設法保持 175°F 之溫度，使萘常呈液體，而徐徐揮發其氣體。萘可與硫黃、石灰，相混合，以作棉浮塵子之抵抗劑。可塗抹於家畜體毛上，以驅除跳蚤，又可除家禽體外之寄生蟲等。

昆蟲各期對於萘之抵抗力不同。Read 氏(1928)試驗，在實驗室內，用萘燻蒸紅蜘蛛之卵，至少須 8 小時，方可見效。在幼蟲及成蟲時期，其抗毒力較大。Fleming and Baker 氏(1934)謂日本金龜子對於萘之抵抗力，以幼蟲最小，蛹最大。其程序如下：1. 幼蟲，2. 卵，3. 蛹。Pyenson 氏(1939)試驗豆象(*Bruchus obtectus*, Say)及偽步行蟲(*Tenebrio molitor*, L.) 在萘燻蒸下之抵抗力，與在卵期時，其抗毒力亦不一致。若卵之重量愈減少(卵發育時，因水及 CO₂ 之減少，致重量漸次減輕)，對於萘毒之感力愈大。豆象卵，在萘下燻蒸，雖不致中毒而死，但其發育期亦須延遲。此種現象並不見於黃粉甲蟲之卵期，惟其幼蟲愈老，體重愈增加，則萘之毒力愈形減少。黃粉甲蟲各期對於萘毒之感受力，以卵最顯著，成熟之幼蟲最弱，其程序如次：(1)卵；(2)初期幼蟲；(3)成蟲；(4)前蛹期；(5)蛹；(6)成熟幼蟲。

各種昆蟲對於萘毒之抵抗力各不相同，Pyenson 氏(1936)試用五種昆蟲，一種甲殼類(Sow bug)及一種千足蟲對於萘之抵抗力，得蠅類感受力較大。甲蟲之抵抗力頗強，其結果如第五六圖所示：

(B) 對二氯苯(paradichlorobenzene, C₆H₄Cl₂)

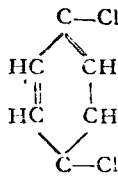
對二氯苯為白色結晶體，在殺蟲劑內，能兼作抵拒及燻蒸劑，沸點為 172°C，溶點為 53°C，不溶於水而溶於熱酒精、醚、苯、二硫化

碳及若干種植物油類內。其氣體頗重密，在相同之溫度及壓力下，其密度約4.59倍於氧，72.0倍於氫，5.7倍於空氣，由此，可知本藥之氣體較空氣為重，遇火亦能燃燒。

對二氯苯具有

弱醚氣味，當曝露於空氣下時，揮發頗速，無傷於人。如將本藥之結晶體藏於土中深處，則可徐徐揮發而除蟲之效力藉此顯著。

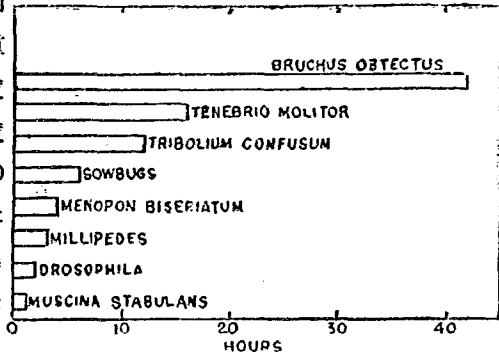
對二氯苯之分子式為 $C_6H_4Cl_2$ ，若用苯環之構造式表示之，則環上之2H為Cl所代。



其製造法有下列三種：

- (1) 以氯與含碘之苯相混合，其產生物除 $C_6H_4Cl_2$ 外，更有少量之鄰二氯苯(orthodichlorobenzene)。
- (2) 以五氯化磷與對氯酚相混合。

(3) 以五氯化磷(PCl_5)與對重苯磺酸(paraphenol sulphonic acid)相起作用，本藥用作燻蒸劑為時甚近，1914年美國農部Duckett氏，始用以燻蒸貯藏室倉庫內穀類之甲蟲，及衣蛾，得有巨大之殺蟲力(麻醉神經)。通常本藥對於昆蟲致死所需之時間，視乎用量



第五六圖 用茶燻蒸8種昆蟲所得100%死亡率之燻蒸時間(錄自Pyenson, 1926)

之多少及燻時之環境(如溫度、溼度、及土壤等狀況)而異。但如用量過多，則有損植物之生理，其用法如下。

a. 驅除桃鑽幹蟲 (peach tree borer) 因本藥氣體較空氣爲重，如放藥處所較樹幹內蟲之地位爲低，則其氣不能與蟲相接觸，故在施用本藥之前，須將樹四周之土築高(較幹內蟲寄居處爲高)，然後用本藥少許，圍於樹幹之四周(離樹幹約2吋左右)，所用藥量之多寡，則視樹幹基部直徑之大小而定。生長二年之樹，每株用量 $1/2$ 兩，生長二年至六年者，用量爲 $4/3$ 兩，較老之樹用1至 $1/2$ 兩，藥既敷散後，用土少許將藥蓋好并加壓實。此法宜候蟲在桃樹內，方可施行，而應用時其效力之大小，又視溫度之高低而異，如在深秋，土中溫度太低(60°F 以下)，則不宜施用(效力甚小)，若土中溫度高至 70°F 以上，則此藥施放後，在土內徐徐揮發，其氣深入土中之裂隙，并及蟲之蛀孔內，殺蟲效力頗爲顯著。幼小之樹如用此藥，往往反蒙其害。同時，如用量過多，則能傷及桃樹生長。

本藥溶於粗棉子油內，能驅除別一種桃鑽幹蟲 (*Synanthedon pictipes* G. & P.)，其用量爲對二氯苯一磅，粗油2夸脫，將此混合物施佈於離桃樹(有蟲蛀者)數吋之土內。

b. 如用以除桃根部之黑蚜蟲 (*Anuraphis persicae*)，則每一樹可用對二氯苯 $1/4$ —1.3磅，效力極大。

金針蟲、金龜子幼蟲、白蟻及其他生活於土中之害蟲，本藥均可驅除，惟其用量則須隨時試驗而測定。

c. 防治爲害葡萄之根蝨 (*Phylloxera*)，每株用量爲8—16兩，在蘇聯曾以本藥驅除葡萄園土內之金龜子幼蟲 (*Polyphylla fullis*，

L.) (Golovianko 1927). 或以本藥 1 磅溶解於 1 夸脫之木油精 (pinetar creosote), 再以等量之水稀釋之. 用以驅除松樹幹部之一種甲蟲(美國馬里蘭省 (Maryland) 1921 年用), 或以松脂油 (pinetar oil) 加熱至 120°F, 再加對二氯苯 1 磅. 此混合體再用水二倍稀釋之, 噴射於菩提樹之幹部, 以殺一種鑽幹蟲 (美國新澤西省 (New Jersey) 1925 年用), 或用本藥注射於樹幹之蟲鑽道內, 以殺多種之鑽幹蟲 (注射後將口密封). 房屋內之木板、木柱、或木置器具如發生鑽木蟲, 則可用本藥 1 份, 溶解於 3 份石油中(以重量計), 而使用之.

倉庫害蟲, 如穀蛾、穀象及其他害蟲, 均可用本藥燻蒸. 用以殺衣蛾之分量, 在 5 立方呎體積之衣箱內, 用本藥 4—6 兩, 為時 8—10 星期, 見效頗大.

(C) 硝基苯(nitrobenzene)

本藥亦可用作燻蒸劑, 惟有生活植物之處, 則不能應用.

(D) 木油精(cresol)

本藥在家室內, 驅除跳蚤 為效極大, 在每 1000 立方呎之空間, 用藥 4—10 兩, 燻時可將藥放於火焰上, 徐徐加熱, 使之揮發. 其氣體對於金屬及人畜, 並無傷害. 如取石炭酸之結晶體加熱熔解, 再加入等量之膠樟腦 (gum camphor), 即得一種清而好嗅之氣體. 在美國, 通稱為 “mimms culicide” 如用此混合體加熱使之揮發 (用量每 1000 立方呎空間內用 3 兩), 即可驅逐室內之蚊.

(E) 菸鹼(或稱尼古丁, nicotine)

菸鹼多用以燻殺溫室中之害蟲, 通常所用者, 多為游離之菸鹼,

用時，可將其塗於熱氣管外，或盛於淺形之盤內，然後加熱，使其揮發。他如燃燒菸草莖，亦可使菸鹼蒸發。施用菸鹼燻蒸時之溫度約在 50° — 70° F. 之間。用時，決不可在烈日下行之。Glover and Richardson 氏(1936)以美國蜚蠊試測菸鹼與六氫吡啶 (piperidine) 及吡啶 (pyridine) 毒力之滲透力，在溫度 30° C 時則其毒力之次序如下：菸鹼 > 六氫吡啶 > 吡啶。其致死毒量為吡啶 2.9mg/g (體重)，時間為 51 分鐘；六氫吡啶 1.0mg/g (體重)，時間為 12.5 分鐘；菸鹼為 1.2mg/g ，時間為 850 分鐘。

(F) 氯苯，吡啶 (chlorobenzene, pyridine)

此兩種藥亦可作燻蒸劑，惟應用不廣。

(G) 其他燻蒸劑

近年用以燻蒸昆蟲之藥品頗多，如上錄者外，下列數種亦常採用。

1. 氧化乙烯 (ethylene oxide, $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$) 與液體之二氧化碳混和，以燻蒸穀類害蟲。用二氧化碳之意義，先在加速昆蟲之活動力，使燻蒸時之效能，可以加大。施用時，可將氧化乙烯液傾入二氧化碳內，再加攪拌，更一併傾入穀類內。所用份量每 1000 英斗之穀類，用氧化乙烯三磅，二氧化碳 50 磅。此法非常安全，因其氣體無燃燒性，亦無害於人類。在冬季之溫度下，尤便於施用，且燻過之穀類，並無藥劑之氣味，但不能用以燻蒸栽培用之種子。

2. 二氯乙烷 (ethylene dichloride, $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$) 三份 (體積) 與四氯化碳一份 (體積) 相混和，可得一種氣體，無燃燒力及漂白性，亦不害及人類，滲透力強。此種燻蒸劑之施用方法與二硫化碳相同，

如用以燻殺積殺害蟲，每 1000 立方呎之體積，用量爲 12—14 磅，燻蒸時間爲 24 小時。

3. 三氯乙烯 (trichloroethylene, C_2HCl_3)。亦可用以燻蒸小麥、玉米及其他穀類或種子之害蟲。如米象 (*Calandra oryzae*)，麵粉甲蟲 (*Tribalium costaneum*) (幼蟲時期)，大穀盜 (*Tenebroides mauritanicus*) (成蟲)，豆象 (*Bruchus lentis*, *B. rufimanus*) 等，均可用三氯乙烯燻殺，效果極大。但對於穀蛾 (*Sitotroga cerealella*) 之死亡率則較小。燻蒸時之藥量在 200 cc./cu.m. 體積內燻 24 小時，對於種子之萌芽力，不甚損害。如用以燻牀蝨 (*Cimex lectularius* L.) 及犬跳蝨 (*Cretocephalus cam's* Curt)，則在 100/c.c cu.m. 體積內，燻 18 小時，其死亡率爲 100% (Bouhelier & Foury)。

參考文獻

1. Adriano, F. T. 1934. The Cultivation, Toxic Constituents, Uses, Chemical Analysis and Extraction of Derris. *Philippine Jour. Agric.* 5. 1—19.
2. Akita N. and K. Tuctiya. 1939. Influence of Chloropicrin on the Respiration of the Laavae of *C. Simplex* Butt. *Oyo Dobuts. Zasshi* 11, 32—6. (Res. Applied Entomology.)
3. Avery, S. and Beaus, H. T. 1901 Soluble Arsenious Oxide in Paris Green. *Jour. Amer. Chem. Soc.* 23, p. III.
4. Avery. S. 1906. The Constitution of Paris Green and Its Homologues. *Jour. Amer. Chem. Soc.* 28, p. 1155—64.

5. Badertscher, A. E. 1931. The Effect of Soap on the Toxicity of a Pyrethrum Product Known as "Red-Arrow" Jour. Econ. Ent. 24. 268—277.
6. Balachowsky, A. 1936. Les Insectes Nuisibles Aux Plantes Cultivees. pp. 1848—1851.
7. Bancroft, W. D. 1913. The Theory Emulsification, V. Jour. Phys. Chem. 17: 501—519.
8. Battimer, L. T. 1919. Notes on P. D. B. and Naphthalene as Repellents Against Clothes Moth Larvae. Jour. Eco. Ent. 22: 570—573.
9. Berry, W. E. 1939 Spray-Injury Studies. Progress Report I. Some Observations on the Probable Causes of Lime-sulfur Injury. Ann. Rept. Agr. Hort. Research Sta., Long Ashton, Bristol. 124—44.
10. Billings, S. C. 1934. Paradichlorobenzene, Naphthalene and the Cedar Oils Ineffecient as Repellents Against Clothes Moth Adults. Jour. Econ. Ent., 27, pp. 401—05.
11. Blakeslee, S. S., Peterson, A. 1921. Some Soil Fumigation. Experiments with Paradichlorobenzene for Controlling the Peach-Tree Borer. Soil. Sci. 11.
12. Brinley, P. J. 1927. Studies on the Physiological Effects of Hydrogen Cyanide Biol. Bull. 53, 365—89.
13. Cahn, R. S. and Boam, J. J. 1935. The Constituents of Derris.

- Resen. Jour. Soc. Chem. Ind. 54. Trans. 42—45. 1935.
Chem. Ztrbl. II. 109.
14. Cambell, F. L. 1932. Review of Information on the
Insecticidal Value of Rotenone, U. S. D. A. Bur. Ent.
E.—298, 28 pp. (Mineographed).
15. Carter, R. H. 1929. Compatibilities of Insecticides. I.
Fluosilicates and Cryolite with Arsenates. Jour. Econ.
Ent. 22, 814.
1932. Calcium Fluosilicate Compound is not Calcium
Fluosilicate. Jour. Econ. Ent., 25, p. 701—09.
1937. The Fluorine Compounds as Insecticides. A Monogr.
with Annotated Bibliography (1898—1934) U. S. Dept.
Agric. Bur. of Ent. Washington.
16. Chamberlin, F. S. 1932. The Apparent Incompatibility of
Barium Fluosilicate and Nicotine Sulphate. Jour. Econ.
Ent. 25. 135, 413.
17. Chapin, R. M. 1916. Some New Methods for the Analysis of
Lime-Sulphur Solutions. Ind. Eng. Chem. 8:151—156.
1916. New Methods for the Analysis of Lime-Sulfur
Solutions II. The Estimation of "Poly-Sulphur" in, and
Eng. Chem. 8:339—341.
18. Chitwood, B. G. 1939. A Rapid Method for Determining
Values of Nematocides. Proc. Helminthol. Soc. Wash.

- D. C. 6. 66—70.
19. Clark, E. P. 1930. Toxicarol, A Constituent of the South American Fish Poison Cracca, (*Tephrosia toxicaria*). Jour. Am. Chem. Soc. 52. 2461—64.
1931. Tephrosine, I. The Composition of Tephrosine and its Relation to Degueline. Jour. Am. Chem. Soc. 53. 729—32.
1931. Toxicarol 2. Some Acetyl Derivatives of Toxicarol 53. Jour. Am. Chem. Soc. 53. 2264—71.
1932. Toxicarol, 3. A Relation Between Toxicarol and the Rotenone Group. Jour. Am. Chem. Soc. 64. 1600—02.
20. Cook, W. C. 1926. The Effectiveness of Certain Paraffin Derivatives in Attracting Flies. J. Ag. Res. 32:347—58.
21. Davidson, W. M. 1930. Relation of Value as a Contact Insecticide of Some Constituent of Deris. Jour. Econ. Ent. pp. 877.
1931. Change in Toxicity of Rotenone in Solution and Suspension. Jour. Econ. Ent. 24:257—62.
22. Davis, P. A. 1934. Carbon Tetrachloride as An Industrial Hazard. Hour. Amer. Med. Assoc., 103, pp. 962—65.
23. Dearborn, F. E. 1930. Physical and Chemical Properties of Commercial Arsenical Insecticides. II. Magnesium Arsenate. Jour. Econ. Ent. Vol. XXIII. pp. 753—64.

24. Delong, D. M. 1934. The Present Status of Cryolite as An Insecticide Chio Journ. Science. 34. 175—206.
25. De Ong, E. R. 1923. The Relation between the Volaticity and Toxicity of Nicotine in Sprays and Dusts. Jour. Econ. Ent. Vol. 16. No. 6, pp. 486—93.
1928. Specifications for Petroleum Oils to Be Used on Plants. Jours. Econ. Ent. 697—702.
26. Diamond, V. R. 1935. Barium Fluorsilicate as A Control for Cabbage Worm (*P. rapae*) Journ. Econ. Ent. 28. 714—15.
27. Dickmans, G. 1927. P. D. B. as An Anthelmentic. Jour. Agr. Res. 35:645—49.
28. Dills, L. E. & Menusan, H. 1933. A Study of Some Fatty Acids and Their Soaps as Contact Insecticids. Contrid. Boyce. Thompson Inst., 7. pp. 63—82.
29. Driggers, B. F. 1933. Fruit Injury on Apple Following Nicotine Sprays. Jour. Econ. Ent. 26, 1137—39.
30. Duckett, A. P. 1915. Paradichlorobenzene as An Insect Fumigant. U. S. D. A. Bul. 167. 7p.
31. Dustan, G. G. 1938. Control of the House Cricket (*Gryllus domesticus* L.) Ann. Rept. Ent. Soc. Ontario 69. 101—05.
32. Easig, E. O. 1926. P. D. B. as A Soil Fumigant. Cal. Agr. Exp. Sta. Bull. 411:1—20.
33. Fernald, H. T. and Bourne, A. I. 1922. Injury to Foliage by

- Arsenical Sprays. I. The Lead Arsenates. Mass. Bull. 207
1922. Injury to Foliage by Arsenical Sprays. II. Calcium
Arsenates and Arsenites. III. Notes on other Arsenicals.
Mass. Bull. 210.
34. Fink, D. E. 1932. The Digestive Enzymes of the Colorado
Potato Beetle and the Influence of Arsenicals on their
Activity. Jour. Agri. Res. 45. 470—83.
35. Fleming, W. E. 1927. Fluosilicate as An Insecticide Against
Japanese Beetle. Jour. Econ. Ent. pp. 685—91.
1936. Derris as A Japanese Beetle Repellent and
Insecticide. Jour. Agr. Res. Vol. 53 No. 3 pp. 197—207.
36. Fleming, W. E. and Baker, F. E. 1934. The Use of
Naphthalene Against the Japanese Beetle. U. S. Dept.
Agr. Tech. Bull. 427.
1934. Testing Contact Insecticides on the Japanese Beetle
and Results with Some Sodium and Potassium Soaps. Jour.
Agr. Res. 49. pp. 29—38.
37. Ford, A. L. 1922. Grasshopper, Cutworms and Armyworms
and Their Control by Poisoned Bran. Mash. U. S. D. A.
Ext. Circ. 38.
38. Frost S. W. 1929. Oriental Fruit Moth Baits. Jou. Eco. Ent.
2:101.
39. Fulton B. B. 1932. Some Experiments on Poison Baits for

- the European Earwig. Jour. Econ. Ent. 16, pp. 369—76.
40. Fulton, R. A. 1937. The Translation of Derris Constituents in Bean Plants, Jour. Agr. Res. Vol. 55. No. 12.
41. Gerald Thorne. 1939. Some Factors Governing the Success of Chemical Treatment of Soil for Nematode Control. Proc. Heminthol. Soc. Wash. D. C. 6, 60—62.
42. Griffin, E. L. and Bach, E. A. 1924. Absorption and Retention of Hydrocyanic Acid by Fumigated Food Products U. S. D. A. Bull. 1307, 1—8.
43. Gunderson, H. and Strand, A. L. 1939. Toxicity of Hydrogen Cyanide, Chloropicrin and Ethylene Oxide to Eggs, Nymphs and Adults of the Bed Bug. Jour. Econ. Ent. 32(1):106—10.
44. Gersdorff, W. A. 1931. A Study of Toxicity of Toxicarol. Deguelin and Tephrosin using the Gold Fish as A Test Animal. Am. Chem. Soc. 53. 1897—01.
1933. A Comparison of the Toxicity of Nicotine and Arabasins. Jour. Am. Chem. Soc. 55. 2941—45.
- Die Toxizität von Rotenc, Inso rotenon und Dihydrorotenon für Goldfische. Weiterer Untersuchung der Toxizität von Rotenon-derivaten mit dem Goldfische als Versuchstier. Jour. Am. Chem. Soc. 52, 1930, 505, 56, 1934, 979. Chem. Ztrbl. 1931, I, 1941, 1934, I, 469.
1935. The Quantitative Relationship between the Consti-

- tution and Toxicity of Some Rotenone Derivatives. Jour. Agr. Res. Vol. 50. No. 11. pp. 893—98.
45. Gimingham, C. T., and Tattersfield, F. 1928. Laboratory Experiments with Non-araenical Insecticides for Biting Insects. Ann. Appl. Biol. 15. 649—58.
46. Ginsburg, J. M. 1937. Effect of Different Soaps on Formation of Soluble Arsenic from Lead Arsenate in Soft and Hard Water. Jour. Econ. Ent. 30. 583—90.
47. Ginsburg, J. M. Schmitt, J. B. and Granett, P. 1935. Utilization of A Completely Refind Low Boiling Petroleum Distillate in Controlling Insects Infesting Chrysanthemum and Other Plants, Jour. Econ. Ent. 28:236—42.
48. Glasgow, Hugh. 1931. The Present Status of Carrot Rust Fly Control in N. Y. Jour. Econ. Ent. 24:189—96.
49. Glover, L. H. and C. H. Richardson. 1936. The Penetration of Gaseous Pyridine, Piperidine and Nicotine into the Body of the American Cockroach, *Periplaneta americana* L. Iowa State Coll. Jour. Sci. 10 (3):249—60.
50. Gnodinger, C. B. and Corl, C. S. 1929. Studies on Pyrethrum Flowers. I. The Quantitative Determination of the Active Principles. Jour. Amer. Chem. Soc. 51:3054—64.
1930. Studies on Pyrethrum Flowers. II. The Relation between Maturity and Pyrethrin Content, Jour. Amer.

- Chem. Soc. 62, pp. 680—84.
1930. Studies on Pyrethrum Flowers. III. the Pyrethrin Content of Different Commercial Varieties. Jour. Amer. Chem. Soc. 62, pp. 684—88.
1930. Studies on Pyrethrum Flowers. IV. The Relative Toxicity of Pyrethrines. I and II. Jour. Am. Chem. Soc. 52:3300—07.
1932. Manufacture of Concentrated Pyrethrum Extract. Ind. and Eng. Chem. 24, pp. 988—91.
51. Gnodinger, C. B. 1936. Pyrethrum Flowers. and. Ed. McLaughlin Gormley King Co. Minneapolis, Minnesota.
52. Godfrey, G. H. 1933. Chloropicrin Injurious to Greenhouse Plants. Science 77. 583.
53. Gersdorff, W. A. 1930. Supplement to Chloropicrin Bibliography. Das. Nr. 1, Suppl.
54. Goffart, H. 1939. Use of Chloropicrin in Nematode Control. Anz. Schadlingskunde 15. 121—5.
55. Goodwin, W., and Martin H. 1925. The Chemical Effect of the Addition of A "Spreader" to the Mixed Lime Sulphur Lead Arsenate Spray. Jour. Agr. Sci. 15, 477.
1928. Bordeaux Mixture in Combination with Arsenical Sprays Jour. Agr. Science 18. 460.
56. Green J. R. 1932. Chemical and Physical Properties of

- Petroleum Spray Oils. Jour. Agr. Research 41, 773—87.
57. Guyton, T. L., and Stear, J. R. 1924. Paradichlorobenzene and Other Controls for the Peach Tree Borer. Pennsyev. Dept. Agr. Gen. Bull. 383.
58. Headlee, J. T. 1929. An Operation in Practical Control of Codling Moth in a Heavily Infested District—third and Final Report. Jour. Econ. Ent. 22:89—97.
59. Henry, T. A. 1939. The Plant Alkaloids. (3rd edition) J. and A. Churchill Co. London.
60. Herrick, G. W. and Griswold, G. H. 1933. Naphthalene as a Fumigant for the Imature Stage of Cloths Moths and Carpet Beetles. Jour. Econ. Ent. 26.:446—51.
61. Haller, H. L. and La Forge, F. B. 1934. Rotenone, XXX. The Non-crystalline Constituents of Derris Root, Jour. Amer. Chem. Soc. 56, pp. 2415—12.
62. Hemilton, C. C., and Gemmeli, L. G. 1934. Some Field Tests Showing the Comparative Efficiency of Derris, Pyrethrum and Hellebore Powers on Different Insects. Jour. Econ. Ent. 27, pp: 446—53.
63. Handson, A. H. 1935. The Potato Flea Beetles. U. S. Dept. Agr. Washington. Bull. 280.
64. Hansberry, T. R. 1936. Toxic Action of Nicotines, Nicotines and Anabasine upon *Aphis rumicis* L. Jour. Econ.

- Ent. 29. 850—55.
65. Harman, S. W. and Read, T. W. & Hack, G. L. 1935. The Insecticidal Effectency of Various Nicotine Compounds for Control of the Codling Moth. Jour. Econ. Ent. 28. pp. 109—12.
66. Hartzell, A., and Wilcoxin, F. 1930. Naphthalene Fumigation at Controlled Concentrations. Jour. Econ. Ent. 23: 608—18.
1933. Experiments on the Mode of Action of Pyrethrum and Its Effecton Insect Tissues. Ve Congres International D'Entomologie, pp. 289—91.
67. Hartzell, A. 1934. Histopathology of Insect Nerve Lesions Coused by Insecticides. Contrib. Boyce. Thompson. Inst. 6, pp. 211—23.
68. Hilgard, E. W. 1900. Free Arsenious Oxide in Paris Green. Jour. Chem. Soc. 22, pp. 690—93.
69. Hinds, W. E. 1929. Preliminary Studies Regarding Physical Qualities and Distribution of Sodium Silicofluoride Dusts. Jour. Econ. Ent. 22. pp. 768—73.
70. Holland, E. B. and Reed, J. C. 1912. The Chemistry of Arsenical Insecitides. Mass. Exp. Sta. Rpt. 24, pt. 1. pp. 117—207.
71. Holman, H. J. 1940. A Survey of Insecticide Materials of

- Vegetable Origin. Imperial Institute, London.
72. Howard, Gersdorff, Gooden, Campbell and Sullivan. 1933. Loss of Toxicity and Deposits of Rotenone and Related Matter Exposed to Light. *Jour. Econ. Ent.* p. 470.
73. Howard J. 1939. Derris of High Rotenone Content. *Jour. Econ. Ent.* 32. (2) 344.
74. Jones, H. A. and Smith, C. M. 1930. The Solubility of Rotenone. I. Solubility and Optical Rotation in Certain Organic Solvents at 20°. *Jour. Am. Chem. Soc.* 52:2554—62.
75. Jones, H. A. et al. 1933. Loss in Toxicity of Deposits of rotenone and Related Materials, Exposed to Light. *Jour. Econ. Ent.* 26. pp. 451—70.
76. Knight, H., and Cleveland, C. R. 1934. Recent Developments in Oil Sprays. *Jour. Econ. Ent.* 27:269—89.
77. La Forge, F. B., Mitarbeiter, Rotenone, I-XXIX. *Jour. Am. Chem. Soc.* 51, 1929, 2574, 52, 1930, 1088, 1091, 1102, 2480, 2878, 3207, 3603, 4505, 4595, 53, 1931, 733, 2271, 3072, 3426, 3896, 4400, 4450, 4460, 54, 1932, 810, 1988, 2126, 2996, 3377, 55, 1933, 3032, 3040, 56, 1934, 1620.
78. Lehman, R. S. 1929. A Comparison of the Toxicity of P. D. B. and Naphthalene to the Confused Floor Beetle (*T. confusum*) *Jour. Econ. Ent.* 23:958—66.
1930. A Comparison of the Toxicity of Paradichloro-

- benzene and Naphthalene to the Confused Floor Beetle,
Jour. Econ. Ent. 23:958—66.
79. Lloyd, C. L. 1920. On the Reasons for the Variation in the
Effects of Formaldehyde as A Poison for House-flies.
Bull. Ent. Res. Vol. XI. pp. 47—63.
80. Lovett, A. L. and Robinson, R. H. 1917. Toxic Values and
Killing Efficiency of the Arsenates. Jour. Agr. Res. 10.
pp. 199—207.
81. Marcovitch S. 1925. Non Arsenical for Chewing Insects.
Jour. Eco. Ent. pp. 112—28.
1928. Studies on the Toxicity of Sodium Fluosilicate.
Jour. Pharmacol. Exp. Therop. 34, pp. 179—85.
82. Marcovitch S. and W. W. Stanley. 1929. Cryolite and
Barium Fluosilicate. Their use as Insecticides. Univ.
Ten. Agric. Exper. Sta. Bul, 140.
1930. Two Arsenical Substitutes. Jour. Eco. Ent. Vol.
XXIII. pp. 370—76.
1936. Control of the Mexican Bean Beetle by A New and
Improved Form of Cryolite. Ten. Agr. Exp. Sta. Cir. 56.
83. Marshall, H. L. Jacob, K. D. and Reynolds, D. S. 1932.
Occurrence of Fluoride in Natural Phosphates. Further
Studies. In. and Eng. Chem, 24, pp. 86—69.
84. Marshall, J. and Groves, K., 1935. The Present Status of

- Calcium Arsenate in Codling Moth Control. Proc. 31, Heet. Wash. State Hortic. Assoc. Washington, 142—149.
1936. Three Years Study of Calcium Arsenate for Codling Moth Control. Jour. Econ. Ent. 29. 658—69.
85. Martin, H. 1931. The Preparation of Oil Sprays. 1. The Use of Oleic Acid as Emulsifier. Jour. of the Southeastern Agr. Col. 28. 181—87.
1935. The Standardisation of Petroleum and Tar Oils and Preparations as Insecticides. Ann. Appl. Biol. 22. 334—414.
1936. The Scientific Principles of Plant Protection. pp. 217—218.
86. Mc. Donnell, C. C. and Graham, J. J. T. 1929. Deterioration of Soap-nicotine Preparations. Ind. and Eng. Chem. 21. 70—73.
87. Mc Gregor, E. A. 1934. The Relationship of Fineness of Sulfur Particles to Effectiveness Against the Citrus Thrips in Central California. Jour. Econ. Ent. 27. 513—6.
88. Mc Indoo, N. E. 1916. Effects of Nicotine as An Insecticides. Jour. Agri. Res. 7. 89—122 (3 plates).
1937. Quantitative Injection and Effects of Nicotine in Insects. Jour. Agr. Res. Vol. 55. No. 12.
89. Mc Indoo, N. E. and Sievers, A. F. 1917. Quassia Extract as

- A Contact Insecticides. Jour. Agr. Res. 10:497—531.
1924. Plants Tested for or Reported to Possess
Insecticidal Properties. U. S. D. A. Bul. 1201. p. 61.
90. Mehrhof, F. E. 1930. An Electrical Trap for Killing Japanese
Beetles. Jour. Eco. Ent. Vol. XXIII. 275—78.
91. Moore, W. 1932. Comparisons Between Nicotine Tannate
and Arsenate of Lead as Codling Moth Poisons. Jour.
Econ. Ent. 25. 554—59.
1933. A New Development in the Fixation of Nicotine.
Jour. Econ. Ent. 26. 723—26.
1936. Persistence of Toxicity of Nicotine Bentonite on
Apples. Jour. Eco. Ent. 29. 561—70.
92. Moore, Wm. 1917. Toxicity of Various Benzene Derivatives
to Insects. Jour. Agr. Res. 9:371—81.
1932. Reactions of Sulphuric Acid on Sodium Cyanide.
Jour. Eco. Ent. 25. P. 729—30.
93. Morozov, S. F., 1935. The Penetration of Contact Insecti-
cides I. Methods of Investigation and General Properties
of the Cuticle with Regard to its Permeability. Plant
Protection 6. 38—58.
94. Newcomer, E. J. and Garter, R. H. 1933. Studies of Fluorine
Compounds for Controlling the Codling Moth. U. S. D. A.
Tech. Bull. 373.

1933. Casein Ammonia, A Practical Emulsifying Agent for the Preparation of Oil Emulsion by Orchardists. Jour. Econ. Ent. 26. 880—87.
95. O'Kane, W. C. and Conklin, J. G. 1930. Lime Sulphur in Relation to San Jose and Oyster Shell Scales (Studies of Contact Insecticides II) N. H. Tech. Bull. 40, 15.
96. O'kane, W. C., and Glover, L. C. 1935. Penetration of Arsenic into Insects. Studies on Contact Insecticides X. Techn. Bull. N. H. Agric. Exp. Stat. No. 63.
97. O'Kane, W. C. and Westgate, W. A. 1932. Tech. Bull. New Hampshire Agric. Exp. Sta. 48.
1932. Studies of Contact Insecticides, IV. Sodium Soaps of the Normal Saturated Fatty Acids. Contact Performance on Paraffin and on the Larva of the Meal Worm, *Tenebrio molitor*, Linn. Tech. Bull. New. Hampshire Agri. Exp. Sta. 48.
98. O'Kane, W. C., Westgate, W. A., Glover, L. C. and Lowry, P. R. 1930. Surface Tension, Surface Activity, and Wetting Ability as Factors in the Performance of Contact Insecticides, N. H. Tech. Bull, 49, ee.
99. Onoe, T, and J. Hukada. 1930. Effectiveness of Pyrethrium Against the Egg of *Chilo simplex*, Bull. Oyo. Dubuts. Zasshi II, 146—47. (Rev. Applied Entomology).

100. Page, A. B. and Lubatti, O. F. 1933. The Application of Fumigate to Ships and Warehouses. I. Distribution of Ethylene Oxide in Empty Warehouses. II. Distribution of Hydrogen Cyanide in Empty Warehouses. III. Penetration of Hydrogen Cyanide in Bags of Raw Cacao Stacked in Piles of Different Sizes. Jour. Soc. Chem. Ind., 52, p. 3097—3266.
101. Parker, R. 1928. The Control of Red spider by Means of Naphthalene Vaporized over A Special Lamp. Ann. Biol. 15: 81—89.
102. Parker, W. B. 1914. Quassiin as Contact Insecticide. U. S. D. A. Bull. 165. 8pp.
1934. Recent Development of the Vapor Dust Method of Pest Control. Jour. Eco. Ent. 27. 1036—1049.
103. Peterson, A. 1924. Some Chemicals Attractive to the Adults of the Onion Maggot. Jor. Eco. Ent. 17:87—94.
104. Petty, F. W. 1930. New Methods for the Control of Codling Moth Experiments Carried out During 1930. Bull. Dept. Agr. South. Africa No. 90.
105. Pinkney, R. M. 1923. Action of Soap upon Lead Arsenates. Jour. Agr. Res. 24. 87.
106. Pospelov, V. P., Soldau, P., Petrov, A. D. and Isachendo, V. B. 1927. The Fumigation of Grain and of Meal with

- Chloropicrin and Other Volatile Materials. Repts. Bur. Appl. Ent. Leningrad. 3 (1): 36—54 (Biol. abst. 4:12519).
107. Pratt, F. S., Swain, A. F. and Eldred, D. N. 1933. Study of Auxilliary Gases for Increasing the Toxicity of Hydrocyanic Gas. Hourn. Econ. Ent. 26. 1031—41.
108. Pyenson, L. 1936. The Toxic Effects of Naphthalene on *Bruchus obtectus* and *Tenebrio molitor* in Various Stage of Development. Jour. Agric. Res. Vol. 52. No. 9. pp. 705—13.
109. Quayle, H. J. 1923. Calcium Cyanide, Dust as An Insecticide. Jour. Econ. Ent. 16(3) p. 327.
110. R. Bouhelier and H. Foury. 1938. The Use of Trichloroethylene for Disinfecting Grain. Rev. Path. Vege. Ent. Agr. France. 25. 5—25.
111. Richardson, C. H. and Shepard, H. H. 1930. The Effect of Hydrogen-ion Concentration on the Toxicity of Nicotine, Pyridine and Methyl-pyrolidine to Mosquito Larvae. Jour. Agr. Res. 41:337—348.
112. Richardson, C. H. Simanton Wm. A. and Deouier, C. C. 1937. The Toxicity of Certain Insecticides to the Chinch Bug. Jour. Agr. Res. Vol. 54, No. 1. 59—78.
113. Richardson, H. H. 1931. Research on Kerosene Extracts of Pyrethrum. Jour. Econ. Ent. 24. 763—64.

1933. Preparation of Derris Extract Sprays. *Jour. Econ. Ent.* 26. 995.
114. Roark, R. C. 1930. Pyrethrum and Soap. A Chemically Incompatible Mixture. *Jour. Econ. Ent.* 23. pp. 460—462.
1932. A Digest of the Literature of Derris (Deguelin) Species Used as Insecticides, 1747—1931. U. S. Dept. Agr. Misc. publ. 120 Wash.
1934. Bibliography of Chloropicrin, 1848—1932. U. S. D. A. Misc. Publ. 176.
1935. Insecticides and Fungicides Ind. and Eng. Chem. 27. 530.
115. Roark, R. C. and Busby, R. L. 1935. A List of Organic Sulfur Compounds (Exclusive of Mothproofing Materials) Used as Insecticides. U. S. D. A. Bur. Ent. and Plant Quar., Div. Insecticides Invest. Mimeog. 104.
116. Roark, R. C., and Nelson, O. A. 1929. Maximum Weights of Various Fumigants Which Can Exist in Vapor Form in 1000 Ft.³ Fumigating Chamber. *Jour. Econ.* No. 22. No. 2.
1930. Densities of Mixtures of Air and Various Fumigants. *Jour. Econ. Ent.* Vol. XXIII, pp. 985—987.
117. Robinson, R. H. 1932. Water-soluble Arsenic in Oil Emulsion-lead Arsenate Combination Sprays. *Jour. Econ. Ent.* 25. 995.

118. Rohrhangh, P. W. 1934. Penetration and Accumulation of Petroleum Spray Oils in the Leaves, Twigs and Fruit of Citrus Trees. *Plant Physiol.* 9. pp. 699—730.
119. Rook, R. C. and Busbey, R. L. 1935. Bibliography of Chloropicrin, 1932—1934. U. S. D. A. Bur. Ent. and pl. Quar., Division Insecticide Invest. Mineog., 15 pp.
120. Shafer, G. D. 1911. How Contact Insecticide Kill. *Mich. Agr. Exp. St. Tech. Bull.* 11.
121. Schenk, G. and Dean, Gio. A. 1929. Hydrocyanic Acid Gas Penetration Tests in 140 pound Bags of Flour under Atmospheric Condition. *Jour. Kansas Ent. Soc.* 2(3):60—66.
122. Seiferil, E. J., Adams, J. A., Nagel, C. M. and Ho, W. C. 1938. Effectiveness of Fluorine Compounds as Food Poisons for the Firebrat. *Jour. Eco. Ent.* 31(1) 55—60.
123. Shafer, G. D. 1915. *Tech. Bull. Michigan Agri. Exp. Sta.* 21.
1915. How Contact Insecticides Kill. *Mich. Agr. Exp. Sta. Bull.* 27.
124. Sheford, H. H., and Lindgren, D. L. 1934. The Relative Efficiency of Some Fumigants Against the Rice Weevil and the Confused Flour Beetle. *Jour. Eco. Ent.* 27. 842.
125. Shepard, H. H. 1931. The Relative Toxicity of Rotenone and Nicotine to *Aphis rumicis* L. and mosquito larvae.

- Jour. Econ. Ent. 24. 725—31.
126. Smith, C. M. 1920. The Arsenates of Calcium. I. Equilibrium in the System Arsenic Penoxide, Calcium Oxide, Water at 35° (acid section) Jour. Amer. Chem. Soc. 41. 259.
1923. Exceptions from Leaves as A Factor in Arsenical Injury to Plants. Jour. Agr. Res. 26, 191—194.
127. Smith, R. C. 1926. House Fumigation with Calcium Cyanide. Jour. Ent. 19:65—77.
128. Smith, C. R., Richardson, C. H., and Shepard, H. H. 1930. Neonicotine and Certain other Derivates of the Dipyridyls as Insecticides. Jour. Econ. Ent. 23. 863—67.
129. Smith, M. C. and Levertau, R. M. 1934. Comparative Toxicity of Fluorine Compounds. Indus. and Ent. Chem. Industry. 26. 791—97.
130. Snapp, O. I. and Alden, C. H. 1923. Further Studies with P. D. B. for Peach Borer Control. U. S. D. A. Bull. 1169:1-18.
1928. Paradichlorobenzene Experiments in the South for Peach-borer Control. U. S. D. A. Tech. Bull. 1—39.
131. Snapp, O. I. and Swingle, H. S. 1929. Results of Further Investigations with Paradichlorobenzene, Around Peach Tree, with Special Reference to Injury. Jour. Eco. Ent. 22. 782—85.
132. Snapp, O. I. and Thompson, T. R. 1931. The Control of the

- Lesser Peach Borer with P. D. B. Solution. U. S. D. A. Cir. 172:1—11.
133. Speyer 1920. Chemotropism of the Housefly. Ann. Appl. Biol. 5:124—40.
134. Starr, D., and Richardson, C. 1936. Toxicity of Dextro- and Levo-alpha-pyrrolidine to *Aphis rumicis* L. Jour. Eco. Ent. 29. 214—15.
135. Strand, A. L. 1926. Chloropicrin, New Fumigant for Mill and Household Insects. Minn. Special Bull. 102:19pp.
1927. A Comparison of the Toxicity and the Diffusion in a Column of Grain, of Chloropicrin, Carbon Disulphide, and Carbon Tetrachloride. Minn. Tech. Bull. 49. 59pp.
136. Streeter, L. R. and Rankin, W. H. 1930. The Fineness of Ground Sulfur Sold for Dusting and Spraying. N. Y. Tech. Bull. 160, 16pp.
137. Swingle, H. S. and Snapp, O. 1931. Petroleum Oil and Oil Emulsions as Insecticides, and Their Use Against the San Jose Scale on Peach Trees in the South. U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. No. 253. Wash. D. C.
138. Tartor, H. V. 1914. A Report of Chemical Investigations on the Lime-sulphur Spray. Oregon Research Bull. 3, 28.
139. Tattersfield, F. 1928. The Decomposition of Naphthalene in the Soil and the Effect upon its Insecticidal Action. Ann.

- Appl. Biol. 15 (1):57—80.
1936. Fish-poison Plants as Insecticides. Empire Jour. Exp. Agr. 4 (14):136—44.
140. Tattersfield, F., Gimingham, C. T., and Morris, H. M. 1926. A Quantitative Examination of the Toxicity of Certain Plants and Plant Products to *Aphis rumicis* L. Ann. Appl. Biol. 13. 424.
141. Tattersfield, F., and Gimingham, C. T. 1927. Studies on Contact Insecticides. part VI. The Insecticide Action of the Fatty Acids. Their Methyl Esters and Sodium and Ammonium Salts. Ann. Appl. Biol. 14, 331—58.
142. Tattersfield F., Hobson, R. P. and Gimingham, C. T. 1929. Pyrethrin I. and II. Their Insecticide Value and Estimation in Pyrethrum. Jour. Agri. Science. V. 19. pt. II. April 12. 433—37 (Cambridge).
1931. Extract of Pyrethrum. Permanence of Toxicity and Stability of Emulsion. Ann. App. Biol. 203—43. (Cambridge)
143. Tattersfield, F. and Martin, J. T. 1934. The Loss of Activity of Pyrethrum II. Jour. Agr. Sci. Vol. XXIV. Part. 4. 598—626.
144. Tattersfield, F., and Roach, W. A. 1923. The Chemical Properties of *Derris elliptica* (Tuba) Ann. Appl. Biol. 10

1—17.

145. Thiem, H. 1937. Erfolgreiche Bekämpfung der Pflaumensagewespe Mit Quassia, Die Kranke Pflanze 14. 59—65.
1938. Quassia as An Effective Insecticide Against the Plum Sawflies (*Hoplöcampa minuta* Christ and *Hoplöcampa flava* L.) Intern. Kongr. Ent. 7. No. 2, 19 pp.
146. Tietz, H. M. 1924. The Solubility of Arsenate of Lead in the Digestive Fluides of the Honeybee. Jour. Econ. Ent. 17. 471—77.
147. Turner, N. 1932. Notes on Rotenone as an Insecticides. Jour. Econ. Ent. 25:1228—37.
148. Van Der Meulen, P. A. and Rieman, Wm. 1924. Monomolecular Film of Sodium Ricinoleate in Emulsion. Jour. Amr. Chem. Soc. 46:876—80.
149. Van Der Meulen, P. A., and Van Leeuwen, E. R. 1929. A Study on the Insecticidal Properties of Soaps Against the Japanese Beetle. Jour. Econ. Ent. 22. 812.
150. Van Leeuwen, E. R. 1930. Traps for the Japanese Beetle. U. S. D. A. Circ. 130.
1939. Further Contributions to the Study of Baits for the Bodling Moth. Proc. Wash. State Hort. Assoc. 35, 21—29.
151. Vermarel, V. and Dontary, E. 1919. Composition Chirinique des Bonillis Salfocoleiques. Institut Vermorel, Ville,

- Fruncke-sur Same.
152. Vgl. Smith, C. R. 1931. Neonicotine and Isomeric Pyridylpiperidines. *Jour. Am. Chem. Soc.* 53. 277—83.
153. Webster, R. L., Spuler, A. and Marshall, J. 1932. Toxicity of Arsenicals. *Wash. Bull.* 275. 32—33.
154. Webster, F. W. 1902. The Result of Applying Crude Petroleum to Peach Trees in Ohio to Suppress San Jose Scale. *Proc. 23th. Ann. Meeting, Urbana.* 111.
155. Whitehead, F. F. 1934 The Effect of Arsenic as Used in Poisoning Grasshoppers upon Birds. *Bull. Oklahoma Agr. Exp. Sta.* 234, 218.
156. Whorsley, R. R., Le G. 1934. The Insecticide Properties of some East Africian Plants I. (Tephrosia) *Ann. Appl. Biol.* 21. 649—69.
157. Williams, R. C. and Young. H. C. 1929. The Toxic Property of Sulfur Chemistry in Relation to Toxic Factors. *Ind. and Eng. Chem.* 21:359.
158. Wilcoxon, F. and Hartzell, A. 1933. Some Factors Affecting the Efficiency of Contact Insecticides. III. Further Chemical and Toxicological. Studies of Pyrethrum. *Contrib. Boyce, Thompson Inst.* 5. 115—127.
159. Woodworth, C. W. 1930. Petroleum Insecticides. *Jour. Eco. Ent.* Vol. XXIII. 846—51.

160. Yates. W. W. 1933. A Study of the Effect of Sccessory Substances on the Adherence of Lime Sulphur Spray to the Integuments of Pine Leaf Scale, *Chionospis prinifoliae*. Jour. Eco. Ent, 26. 989.
161. Young, H. C. 1922. The Toxity Property of Sulphur. Ann. of Missouri Bot. Garden 9, 403—35.
162. Young H. D. 1929. Effect of Various Fumigants on the Germination of Seeds. Jour. Agri. Res. 39. 920—27.
163. Young P. A. 1930. Studies on Penetration of Oils into Plant Tissues. N. J. Agr. Exp. Sta. Rept. 51. 163—67.
1934. Penetration, Distribution and Effect of Petroleum Oils in Apple. Jour. Agr. Res. Vol. 49. No. 6.
1935. Distribution and Effect of Petrolenm Oils and Kerosene in Potato Cucumber, Turinp, Barley, and Onion. Jour. Agr. Res. Vol. 51. No. 10.
1935. Decane Ring-spot of Apple Leaves. and Symptoms of Decane Injury in Apple Patato. and Orion. Amer. Jour. Bot., 22:629—39.
164. Yothers, M. A. 1930. Summary of Results Obtained with Trap Oaits in Capturing the Codling Moth in 1927. J. Eco. Ent. 23:576—87.
165. Yuasa, H., and Onoe, T. 1930. Beetles Injurious to Rush Mats. Jour. Imp. Agr. Exp. Sta. 1:215—30.

166. Zappe, M. P. Test of Paradichlorbenzene as A Remedy for the Peach Borer. *Connect. Agr. Exp. Sta., Bull.* 247, 331—32.
167. 中央農業實驗所 1940.植物病蟲害系報告.
168. 任明道 1935.石灰硫黃合劑調製法及其效用 *農報*第2卷第9期第291—300頁.
169. 吳振鐘 1939.治蚜研究 *科學世界*第八卷第四期.
170. 武居之吉 關於除蟲菊之有效成份定量之研究
- | | | | | |
|-----|-------|----|------|------|
| 第一報 | 農業及園藝 | 7 | 1029 | 1932 |
| 第二報 | 農業及園藝 | 8 | 961 | 1933 |
| 第三報 | 農業及園藝 | 8 | 1399 | 1933 |
| 第四報 | 農業及園藝 | 8 | 2314 | 1933 |
| 第五報 | 農業及園藝 | 9 | 1083 | 1934 |
| 第六報 | 農業及園藝 | 12 | No.6 | 1937 |
171. 柳知英 1941.除蟲菊之昆蟲學觀 *廣西農業*第2卷第49—67頁, 142—158頁
172. 孫雲沛 1936.棉油乳劑研究之經過與應用情形 *農報*第3卷第34期第1765—72頁
- 1938.硬水調製棉油乳劑之進一步研究 *中華農學會報*第166期第127—43頁
173. 黃瑞倫 1940幾種殺蟲藥劑之研究 *廣西農事試驗場(英文)*專刊第3號
- 1940.廣西土產菸草製作殺蟲劑之利用 *廣西農業*第1卷第

- 期第 159—64 頁
1944. 魚藤酮與擬似魚藤酮 科學第 27 卷第 7, 8, 期
174. 楊守珍 孫雲沛 1936. 棉油乳劑製造法之研究 農報第 3 卷第 1 期第 15—21 頁
1936. 利用除蟲菊石鹼液防治松毛蟲之初步研究 農報第 3 卷第 26 期第 1341—41 頁
175. 劉鶴昌 1936, 1934. 國產殺蟲藥劑之調查 農報第 2 卷第 19 期第 655—57 頁
176. 趙承燾 梅斌夫 1936. 雷公藤之紅色顏料物及糖類 昆蟲與植病第四卷第 12 期第 240—41 頁
177. 顧毓珍 液體燃料 正中書局

第十章 害蟲防治上之行政 與法規應用

防治害蟲不獨須技術上精確有效，抑且要設計周詳，管理嚴密，而不浪費財力及人力，得有最大效果，此與治蟲計劃之成敗及農業上之獲益與否，有莫大關係。

第一節 害蟲問題之取決與治 蟲行政組織

(一) 害蟲問題之取決

一國或一省內，害蟲之種類頗多，何者應先研究與防治，宜先詳細調查，再從經濟上考慮。以現在為害最嚴重而經濟上損失最重大者，為先解決之種類。亦即 1921 年美國 Newell 氏對於本國農業上害蟲問題謀解決時所云：“Do those things today which are most important today.” 如就四川省而論，水稻有三化螟，在柑橘有果蠅及紅蠟介殼蟲，在棉有華鈴蟲(俗名金鋼鑽)，紅鈴蟲及地蠶，在桑樹有桑木蠹等。若以全國而論，則下列數種蟲害問題，皆為現時急待解決者：

寄主種類

嚴重之害蟲問題

水稻	二化螟(<i>Chilo simplex</i> Butler)
	三化螟(<i>Schoenobius bipunctifer</i> Walker)
棉	紅鈴蟲(<i>Pectinophora gossypiella</i> Saundars)
	華鈴蟲(<i>Earia cupreoviridis</i> Walker)
	蚜蟲(<i>Aphis gossypii</i> Clover)
	地蠶(<i>Agrotis ypsilon</i> Rottemberg)
	浮塵子(<i>Chlorita biguttula</i> Shiraki)
桑	桑白蠶(<i>Rondotia munciana</i> Moore)
	桑木蝨(<i>Anomoneura mori</i> Schwarz)
柑橘	果蠅(<i>Tetradacus tsuneonis</i> Miyake)
	紅蠟介殼蟲(<i>Ceroplastes rubens</i> Mask)
松(馬尾松)	松毛蟲(<i>Dendrolimus spectabilis</i> bitascia Grunberg)
高粱、粟、玉米、 水稻、麥	遷移蝗(<i>Locusta migratoria</i> L.)
倉庫害蟲問題(我國中部及南部發生極為嚴重)。	

(上述害蟲問題，祇為舉例，全國重要害蟲之種類，當數十倍於此數)。

數種作物受蟲害損失之估計(1940年中農所發表，所列估計數根據1940年上半年重慶物價指數)

稻蟲	993,338,000元(全國)
棉蟲	102,369,000元(全國)
桑白蠶	6,975,000元(全國)

果蠅	188,000元(四川省廣柑之受害估計數)
蝗蟲	143,190,000元(全國)
倉庫蟲	91,400,000元(全國)

在戰時，害蟲問題之解決，較平時更為迫切。1941年，中央農業實驗所，對於防治全國植物病蟲害之主要工作方針如下：

1. 撲除稻麥病蟲害(倉庫在內)，增加糧食生產，以裕軍民需要。
2. 撲除棉作病蟲害，增加原料生產，以應軍民需要。
3. 擴大病蟲害防治藥劑與機械之製造，充實撲除病蟲力量，以應農民需要。

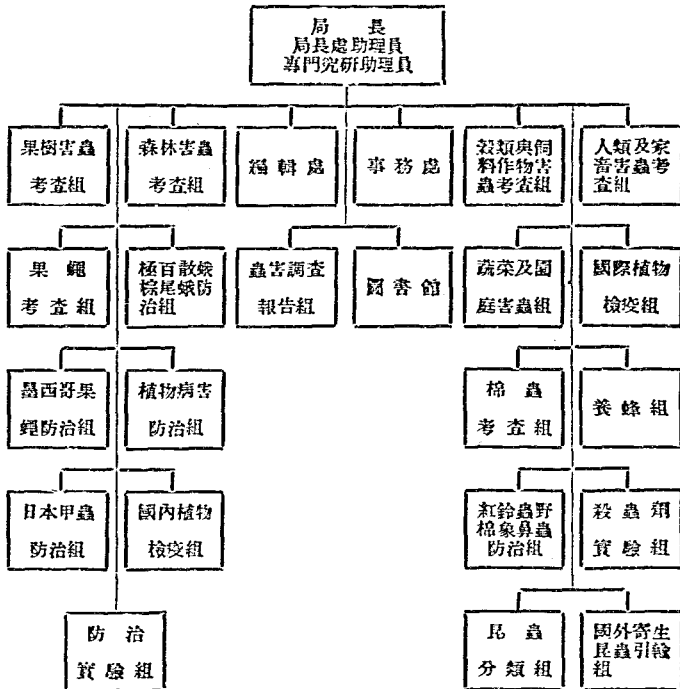
平常昆蟲家對於害蟲問題之研究，常隨個人之所好而自由捨取，往往不能顧及害蟲問題在實際上急待解決之事項。但昆蟲家如已獻身為國家負責防治害蟲之後，則應將原來個人之興味立即轉變，而努力從事於政府所頒佈之治蟲方策，與預定解決之害蟲問題，以期按時收效，絕不可因個人之所好，而延遲政府預定計劃之進行。

(二) 防治害蟲之行政組織

防治害蟲之行政組織，各國不相一致，要皆根據於本國農業情形，經濟狀況及害蟲問題之多寡與輕重而定。植物病蟲害之防治，乃為農業上之消極增加生產，故一國植物病蟲害之防治，乃為整個農業行政之一部份，難能單獨進行，其經費之多少，範圍之大小，則視國家整個農業計劃及蟲害情形之輕重而決定。茲引歐美若干國家關於防治病蟲害之組織及事業，藉作吾國之參考。

美國幅員擴大，農產豐富，因此，農部 (Department of Agriculture) 組織之宏大，為全世界冠。全部除行政及農業金融上所設之各種主管處外，又立八局 (分別主持氣象，植物生產，家庭經濟，昆蟲與植物防疫，牛乳業，畜牧，農業經濟，農藝化學與工程)。關於全國害蟲之研究與防治工作，則屬於“昆蟲與植物防疫局”(Bureau of

第五七圖 美國農部昆蟲與植物防疫局之組織(錄自 Chew 氏文)



Entomolog and Plant Quarantine). 該局除擔任解決全國害蟲問題及國內外植物防疫與檢驗 (plant quarantine and inspection) 之工作外, 關於昆蟲分類, 養蜂, 及為害人類與家畜之昆蟲, 亦同時研究。局內主要工作, 均在野外舉行, 故全局工作人員有四分之三服務於田野。1940年, Chew氏報告該局之組織如左(錄自Chew氏1940)。

局內工作人員之等級, 除行政人員外, 在技術部內, 分主任技師 (principle entomologist), 技師 (entomologist), 高級技師 (senior entomologist), 副技師 (associate entomologist), 助理技師 (assistant entomologist), 初級技師 (junior entomologist)。

關於研究試驗等之工作, 或與害蟲發生地之省立農業試驗場合作, 或與省內大學農學院之昆蟲系合作進行(補助經費或人才), 或單獨設立田野實驗所 (field station)。專謀一種害蟲之解決, 如在田納西省 (Tennessee) 設立菸草害蟲實驗所, 在馬薩諸塞省 (Massachusetts), 有日本金龜子實驗所等是, 全局經費在1930年為2, 199, 178美元, 至於各省農業試驗場各設立害蟲部, 專研究及防治本省內之蟲害問題, 同時亦與農部之昆蟲植物防疫局合作進行。

加拿大農部內亦設有聯邦昆蟲署 (Federal Entomological Branch), 內分行政組、作物園藝昆蟲組、森林昆蟲組、國外害蟲防制組 (Division of Foreign Pests Surppression) 及昆蟲分類組, 各組聘請若干昆蟲學家, 分任果樹、家畜、溫室、倉庫及家庭等害蟲之研究, 在各省復設立研究室, 由有經驗之昆蟲學家主持之。

英國雖非農業國, 但擁有廣大面積之殖民地, 關於全國害蟲之防治行政、法令等概由漁農部推行之, 推廣工作, 則各地農業機關負

責進行，但研究設計及調查等則受倫敦“帝國昆蟲院”(Imperial Institute of Entomology)之指導，該院對於全國昆蟲事業之工作如下：

1. 出版下列三刊物
 - a. 應用昆蟲學輯要 (Review of Applied Entomology)
內分為 Serie A. Agricultural,
Serie B. Medical and Veterinary.
 - b. 昆蟲學研究報告 (Bulletin of Entomological Research)
 - c. 動物學記要 (Zoological Record)
2. 答復及指導各地之通信。
3. 各地送院標本之分類與定名。
4. 害蟲生物學防治上之研究與推廣。
(集中於 Farnham House 內)

德國農林上植物病蟲害之防治與研究，在中央方面，有國立農林生物研究所，其主要任務，除研究基本學識外，更從事於植物保護規律之制定。在地方，則由植物保護總局任之，前者組織分為下列三部：

1. 經濟部 研究植物病蟲害之防治與植物品種之改良等。
2. 自然科學部 研究動植物之生理、解剖及遺傳等。
3. 事業擴充部 在田野研究某區域內特殊之病蟲害問題，或設立分所，管轄一區內各項植物保護事項。

地方植物保護總局為實際執行機關，全國共有四十餘處，其中六處在森林區內，任森林植物保護之職，每局之下，又分設若干區分

局，各小區內，又設有若干植物保護信託員。總局之職務為：

1. 植物檢驗，
2. 各地蟲害問題之解答，
3. 植物保護藥品之監督，
4. 災害之紀錄及報告，
5. 與各機關合作，組織某種害蟲防治之機關，
6. 公開演講及出版印刷品，
7. 外部職務。

吾國歷朝對於害蟲防治，亦不偏廢，史冊所載，農田災害，時有紀錄，就中對於治蝗一端，政府頗為重視。凡一地發生蝗蝻，縣官必親自下鄉，率民驅除，要以當時人少地多，荒蕪之區，常有蝗蝻之產生。民國初年，中央政府設有農工商部，全國農業上之一切災害，由該部農事科任之，當時對於植物病蟲害之防治，祇為少數之公文往來，並無實際工作。民國4年，皖北蝗蟲猖獗，省長韓國鈞氏曾派安徽省立農業學校校長金邦正及鄒樹文氏赴蝗區視察，並設法加以防治。此為中國昆蟲學者（鄒氏於1909—1912年在美國康納爾大學學習昆蟲學）與本國害蟲問題直接發生關係之開始。同年中央政府在北平三貝子花園設立農事試驗場，內有病蟲害組，主其事者為章子山氏，該組之主要工作，在昆蟲方面，為採集北平附近昆蟲標準與調查當地害蟲。

吾國歷來農業上之害蟲為社會上所周知者，有北蝗南螟。驅除蝗患，在蘇皖魯豫等省，年備專款，以作不時之需。對於螟患，則無此成例也。民國6年，江南螟災極重，白穗盈野，7年春，前江蘇省立甲

種農業學校(在南京)校長過探先氏建議於實業廳，組織“螟蟲考察團”，聘請團員，調查江南各縣螟蟲情形，並指示防治方法。過氏被任為總團長，並聘請費耕雨氏等為當時特別調查員。此項工作，一年即告結束，共費 17,000 元，均由省府支給，中國農業上之除蟲工作，由此而開始。民國 8 年秋，江蘇省之南匯奉賢兩縣發生棉尺蠖，當年災區廣達 600 方里左右，棉花收穫，僅有二成。9 年春，南匯縣政府及地方士紳，組織捕局，用金錢收買棉尺蠖，共費 20,000 元左右而告肅清，民國 10 年，南匯縣紳士穆杼齋氏，納東南大學農科主任鄒秉文氏之建議，設棉蟲研究所於南匯之老港，鄒氏即委東南大學農科昆蟲學教授張巨伯氏及助教吳福楨氏前往研究，一年即行結束。同年初夏，上海銀行團代表張公權氏，以發行通泰各鹽墾公司債票事，約東南大學農科主任鄒秉文氏及教授過探先氏等，赴江北視察，張氏鑒於各公司年受害蟲損失至 2,000,000 元之巨，因納鄒氏之建議而設立昆蟲局。當時該局雖名冠江蘇、而其經費初議完全由各公司與銀行分任之，議甫定，鄒氏着手組織，時民國 10 年 7 月也。詎不數旬，各公司忽遭風水巨災，影響所及，遂致各種農業上積極計劃，均有以費拙終止之勢，而昆蟲局其一也。惟鄒氏已與美國加省大學昆蟲學教授 C. W. Woodworth 氏簽定合同，行將到華，不宜失信於外人，而張公權氏及實業廳長張秋歐氏等，均竭力維持，往返磋商，遂決定昆蟲局經費 20,000 元。江蘇省與銀團公司各任其半，擬定局址即附屬於南京東南大學農科內，是年秋，鄒秉文氏即委派該校助教吳福楨，鄒鍾琳，王啓虞三氏從事籌備，至民國 11 年元旦，正式成立，局長為 C. W. Woodworth 氏(吳氏後，先後由謝家聲，秉志，鄒樹文及

張巨伯等氏主持局務)。民國 12 年，江蘇省長韓國鈞氏又將蘇省國家預備項下之捕蝗費 30,000 元，全數撥歸該局，而自 12 年 1 月起，所有實業界之補助費，亦不復繼續，由是昆蟲局遂為完全江蘇省立機關，而全省農林業上之一切害蟲防治，均由該局負責。茲將該局曾辦之事業，擇其重要者，錄之如下：

1. 提倡驅除蚊蠅；
2. 在蘇北研究及防治棉蟲；
3. 在蘇北防治蝗蟲；
4. 在蘇南設立螟蟲研究所並大規模治螟；
5. 昆蟲標本之採集；
6. 治螟講習習所之開辦；
7. 桑蟲之研究；
8. 昆蟲圖書之收集。

民國 12 年，因浙西嘉興等地螟蟲猖獗，當局曾派治螟隊分赴災區，勸導除螟。民國 13 年，費耕雨氏應浙省建設廳之聘，籌備昆蟲局。是年 4 月 4 日，成立於嘉興之天寧寺，費氏為局長（費氏後，先後由鄒樹文，吳福楨，張巨伯，蔡邦華及王啓虞諸氏主持局務）。關於該局歷年在浙江所辦之事業如下：

1. 全浙水稻螟害及甲鐵蟲之防治與研究；
2. 桑蟲之研究與防治；
3. 柑橘害蟲之考查與防治；
4. 植物病害之研究與防治；
5. 蚊類之調查及昆蟲寄生蜂問題之研究；

6. 標本室之建立;
7. 治蟲推廣之擴大;
8. 舉行治蟲講習會;
9. 開辦治蟲人員養成所;
10. 建立殺蟲劑與機械室;
11. 出版“昆蟲與植病”刊物。

自江浙兩省昆蟲局成立以後，其他各省繼而起者，有江西（民國 10 年）河北（民國 17 年）湖南（民國 19 年）及廣東等省，先後成立昆蟲局，或昆蟲研究所（廣東省），各就本省蟲害問題謀解決方法。

自民國 11 年起至 26 年止，在此 16 年間，中國植物病蟲害防治事業，先呈蓬勃滋長，入後，則凡省立之昆蟲局均歸併於省農業改進所，其演變之原由不外下列二種：

1. 自民國 10 年至 26 年，各省農業計劃徬徨無定，在政治上，亦少一定之規範與系統，施政要旨，因人異，因地變，遂致一省治蟲之組織及方針，亦不得不隨政府人事之變更而轉移，此有礙治蟲計劃之進行頗大。

2. 防治害蟲，雖由農業先進之倡導及昆蟲界同志之努力，成績斐然，惟因各省新農業之建設無所發展，因此治蟲事業之進行亦為之受阻。

由中央政府所發動之植物病蟲害防治，見諸於實際者，為民國 22 年春，中央農業實驗所成立植物病蟲害系，主其事者，為吳禎楨氏，該系對於具有全國性之植物病蟲害問題，負責研究及防治，同時，協助各省解決局部之病蟲害問題，其辦理之方策與事業，有類於美

國農部之“昆蟲及植物防疫局，”計自民國 22 年起，該系主辦之重要事業如下：

1. 水稻螟蟲研究與防治(南京)，
2. 遷移蝗之研究與防治(南京及各省)，
3. 棉蟲之研究與防治(江蘇河北及山東)，
4. 果蟲研究與防治(山東)，
5. 松毛蟲之防治(南京)，
6. 積穀害蟲之研究與防治(南京)，
7. 殺蟲劑及機械之製造(南京)，
8. 蔬菜害蟲之防治(南京)，
9. 植物病害之研究與防治(南京)。

民國 26 年，暴日侵華，中央農業實驗所西遷入川，對於廣西、貴州、雲南、四川、陝西等省農業改進所之病蟲害系，予以人力及財力之補助，同時，對於系內獨立舉辦之工作，益形擴大，除繼續在南京時期之工作外，復研究及防治桐油害蟲、蓖麻害蟲與白蠟蟲之研究，及野鼠之防治等。

自民國 26 年起，各省農業組織，由分散而集中成爲一“農業改進所，”病蟲害之防治與研究，亦隸屬於所內，成爲一系。因此，自 27 年起，吾國各省之植物病蟲害防治與研究，不復獨立成局。在中央則有中央農實驗所之植物病蟲害系，該系與各省農業改進所內之病蟲害系，彼此聯絡，分工合作，共謀全國農林業上病蟲害問題之解決，此種組織較勝於曩昔各別獨立，不但行政經費可以節省，而工作效能益形增高。惟應注意者，則各省與中央，非但工作須避免重復，抑

須力謀彼此密切合作，在中央農業實驗所之植物病蟲害系，將來更須有下列三種設施：

1. 完備之昆蟲與植物病理圖書室。
(便於工作人員之瀏覽)，
2. 廣大之標本室
(便於各省害蟲及植物病菌之定名)，
3. 定期刊物
(便於全國病蟲害研究同道論文或報告等之集中發表，及介紹世界各國所出版之病蟲害論文，與答復國內各地關於植物病蟲害之各種問題等)。

三、 害蟲問題研究及防治上之注意點

害蟲問題之防治與研究，在施行之前，如不預備方略與完備工具，則必致工作散漫，進行遲鈍，收效不易，此為研究者與主管人須密切注意之事。茲舉下列三項，藉供同道之參考：

昆蟲家執行政府治蟲計劃時之注意點。

研究或試驗之設計。

研究工具之設置。

(A) 昆蟲家執行政府治蟲計劃時之注意點

政府對於昆蟲技術人員，平日工作如何督促，考績標準如何確定，以及昆蟲家對於職守應如何努力，方可於公於私兩有裨益，此與國家治蟲事業之得失及個人事業之成敗，有莫大關係。美國 N. L. Hockingauer：教授謂“青年從事於一種職業，其成功之原因，由於

做該項事業之專門學識與技能者，祇佔 15%，而 85% 則依據於個人之個性及其訓練。”此語可作為青年昆蟲家之參考。政府為求一病蟲害問題之能按時解決，則對於工作人員之選取與工作之分配，固宜慎重考慮，務使人稱職，職稱人，如是工作效能，可以發揮。繼則對於工作人員之考績，須預定標準藉作職級遷升之依據，下列所備之條件，不僅為供昆蟲界同道之參考而已。

工作人員應注意之事項	所擬之百分數
1. 言行之修養與素抱。志向堅定，思想清明，辨公私，負責任，守紀律。	20%
2. 專門之學識與技能。切實而精專，且要善於應用。	20%
3. 啓發能力與創造能力。觸類旁通，推陳出新，并對於問題能分析，及明瞭各部份之相互關係與計劃適當解決方法。	15%
4. 作事興趣與專一周密。對於所任之職務具有濃厚之興趣，工作時，能專心一志，週到精密。	20%
5. 耐勞精神，熱心服務。不論為研究或推廣，均須有耐勞精神。同時，又樂於為公服務。	15%
6. 應付環境，善於領導。此半為天生才能，即對於新問題應付敏捷，并	10—20%

(推廣及行政人員此條)

能指導同事，心願從事。

(所佔百分率應加重)

(B) 研究或試驗之設計

不論在中央或省區任植物病蟲害防治之研究或試驗者，在實施之前，須擬定一進行計劃，呈送主管人或主任技師，俟批准後，即按步進行，在預定之期限內，完成全部之工作。茲錄中央農業實驗所採用之研究計劃書格式如下：

研究計劃提要

Project Sheet

第.....號年.....月.....日
 No. Date

計劃名稱

Name of Project

研究員..... 助理員.....

系主任.....
 系組.....

Head of Department.....

所長.....
 副所長.....

Directors of The Bureau.....

目的 Purpose
試驗結果之應用 Application of experimental results
試驗地點 Location of work
合作試驗機關 Cooperating stations
試驗材料 Materials used
試驗需地面積 Land needed
特別設備 Special equipment
經費概算 Estimated cost
試驗起始日期 When to start
完成約期 Probable date of completion

試驗方法

Methods used

備 註

Remarks

填寫研究計劃提要時，字跡務求整潔，中文須用墨筆正楷抄寫，英文須用打字機打錄。

研究或試驗計劃之如何設計，方可得良好之結果，此不但為從事試驗者所應知，抑且為主管人所注意，美國 Slipher 氏云：

1. 研究者對於問題之精密認識，為研究中之一種責任，其重要不亞於求問題之解決。
2. 問題不但有其表面上之概況，抑且在其結構上有其寬厚之容度。
3. 用科學方法探求問題之內容。
4. 其結果要力求實用(此點有時雖為一目的而非方法，但在吾國現時農林上要求頗殷)。

Steece 氏 (1940) 近年鑒於美國各試驗場所舉行之研究或試驗設計，頗有不如人意之處，故發表一較精細之說明，氏謂試驗所得之效果，半由於主持人之能力、熱誠及對於該問題之澈底認識，半由於主管長官之勤敏指導及鼓勵，與其對於主持人試驗進行時給予之種種便利(如設備圖書經費等)，下列各點，研究或試驗者須加以密切之注意：

1. 名稱 研究題之名稱，應詳細而顯明，凡簡單而不肯定之標題，如“蝗蟲之研究”“地震之研究，”或“寄生蜂之考查”等，雖有其簡括之長處，但對於計劃內之研究事項，無所表明，故須力事避免。同時，不必要之文字，如“之研究”“之考查”等，最好完全免除。

2. 目的 在設計中，各種特殊目的之明白敘述，實為重要。此種述敘應合乎邏輯方式，不可涉及進行步驟，如敘述之目的，在一個以上時，則彼此間，及主要目的與次要目的間，須有密切關係。

3. 研究之理由 在提要中，應有敘述顯示該問題對於害蟲防

治方法改進之重要及其結果之可能應用性，敘述文字須簡潔明白，使任何人一見即可瞭解。同時，可使主管長官明瞭本問題之內容，而便於向人解釋及答覆查詢。

4. 前人研究工作及現在概況 應作一簡明概要，包括該問題前人之研究成績(引證較重要之著述)，與現行研究之趨向，及該設計能貢獻何項知識，當研究工作未開始時，對於本題過去及目前之工作，須詳細明瞭。如是，可避免工作上不必要之重複。同時，又可決定採取最新方法而進行。

5. 進行程序 用明白確切之文字，敘述完成各個目的主要工作之計劃及方法，與夫在各期應進行之事項，及所需之便利與設計。其重要步驟應適當，而分配又宜妥善。關於方法及技術上之說明，亦宜合時而新穎，且須明示如何可以達到各項目的，關於進行程序之細目，可隨時憑已得之經驗，最近之報告，而修改之(研究者當別擬提要呈主管人)。

決定何種記載為重要，創設各種求得記載之方法，測驗其適用性及顯著性等，皆為經濟昆蟲學上之重要事項，其目的在獲得確切之證據，足供嚴格之分析。因此，對於實驗之技術，統計之法則等，應詳細考慮而應用，否則遺誤極多(參考第十一章內)。

6. 完成約期 估計完成該設計及發表其結果之時期，亦頗為重要，所預定完成之時期，不可隨意延長，當一實驗或研究按期完成時，最好將所得記載即行整理而成報告，並結束本問題之各種事項。

7. 經濟之概算 主持試驗者根據每年所需之薪金、工資、設備、旅費及其他用途等，作一精密之概算，俾主管長官對於全部之經

費預爲籌劃與分配，主管長官對於研究者或實驗者經費之使用，須慎重審查，經濟應用，過多之預算，非但浪費而鮮效，亦且造成意外之紛擾，及致工作過意延長。

8. 人員分配 在全部研究或實驗計劃中，主持者及其他技術工作人員之職務，須明白規定（最好在設計中一個單位之事項或研究祇交一人負責），俾各負其責，對於工作人員之分派與審慎之管理，在研究進行中，頗爲重要，益能使各人協力合作，而得完善之結果也。

9. 合作機關 在設計內容，亦應注明本研究與其他機關有無正式合作。如有，則合作之有效時期，亦須註明。在全部實驗中，常包括二三或較多不同部門之工作及合作，此等合作部門彼此間須亦誠相見，交換所得之結果，並須互相切磋，而不自私自利。同時，關於完成之時期及經費之支配等，亦應明白規定。

(C) 工具之設置

研究工具當推圖書與儀器兩項爲最重要，儀器以能供給日常應用爲原則，不必過事鋪張。在中央或經費充足之省農業改進所內，對於測定害蟲發育用之定溫箱及定濕物等，可設法備置，飼蟲室及實驗田地，亦所必須。攝影器及繪圖器等亦爲不可少之設備。

圖書一項，費用浩大，且現時經濟昆蟲學之範圍，旣形擴大，則所參考之書籍，又復繁多。因此，一機關內欲將全世界有關經濟昆蟲學之文獻，一一搜集，在經濟上，旣不可能，在效用，又非必須。蓋雜誌報告祇供研究者一時之參考，並非爲日常案頭所需。民國 24 年，北平各大學及各生物研究所聯合輯成一生物學圖書目錄，以便各機

關所存之生物學文獻可以流通參閱。民國 25 年，作者在南京亦擬聯合在南京各有關機關及大學，對於整個昆蟲文獻中，負責購買若干種全部雜誌，彼此合作，而成較完善之圖書館，俾供全國同道之參考。茲將世界各國之經濟昆蟲學雜誌及農業或生物學刊物，而常有關於經濟昆蟲論文者，擇要錄之如下，以供搜集經濟昆蟲學文獻時之參考：

- | | | |
|---|----------|--------|
| 1. 中華農學會報 | 中華農學會 | 南京 |
| 2. 植病與昆蟲 | 前浙江省昆蟲局。 | 浙江、杭州。 |
| 3. 農報 | 中央農業實驗所。 | 南京 |
| 4. 中央農業實驗所研究報告 | 中央農業實驗所。 | 南京 |
| 5. 各省農業改進所報告 | | |
| 6. Agriculture and Live-stock in India (The Imperial Council of Agricultural Research). New Delhi, India. | | |
| 7. Annals of Applied Biology, 1914 Cambridge. | | |
| 8. Annales des Epiphyties, Paris. | | |
| 9. Annals and Bulletin de la Societe Entomologique de France. | | |
| 10. Anzeiger für Schädlingkunde. | | |
| 11. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land-und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem. | | |
| 12. Arbeiten über Physiologische und Angewandte Entomologie aus Berlin-Dahlem, Germany. | | |
| 13. Archivos de Instituto biológico de Defensa Agricolae Animal. Sao Paulo. | | |

14. Associations for the Advancement of Science publications.
 - a. Australian and New Zealand (1888——)
 - b. British (1831——)
15. Parasitology (Cambridges)
16. Journal of Parasitology, (U. S. A.)
17. Badische Blätter für Angewandte Entomologie, Freiburg I.
Br.
18. Bibliographie der Pflanzenschutzliteratur, bearb. von H.
Morstatt (Herausgeg. von der Biologischen Reichsanstalt
für Land-und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem).
19. Biological Abstract (1926——) University of Pennsylvania,
Philadelphia, Penn., U. S. A.
20. Bolletino de Entomologia Agrariae Patologia Vegetale,
Padova.
21. Bolletino del Laboratoris di Zoologia generale e agraria
del R. Scuola d'Agricoltura di Portici.
22. Boyce Thompson Institute for Plant Research. Contribution
1925
23. Bulletin of Agricultural Experimental Station of the U. S.
A. and British Empire.
24. Bulletins on the Bureau of Entomology, U. S. A. Dept. of
Agriculture, Washington, D. C.

25. Bulletin D'Entomologie Agricole, Paris.
26. Bulletin of Entomological research. (the Imperial Institute of Entomology, London)
27. Bulletin of Plant Protection (Entomology) U. S. S. R. 1932
(由俄文發表)
28. (The) Canadian Entomologist, Guelph, Canada.
29. Canadian Journal of Research. (The National Research Council of Canada). Sec. D. Zoological Sciences, Ottawa, Canada
30. Dansk Skovforemings Tidsskrift.
31. Die Kranke Pflanze (Volkstüml. Fachblatt für Pflanzenheilkunde, Herausgeg. von der Sächsischen Pflanzenschutzgesellschaft).
32. Ecology. Brooklyn Botanic Garden, Brooklyn, N. Y. U. S. A.
33. Ecology Monographs. Durham, N. C., U. S. A.
34. Entomologische Blätter.
35. Experiment Station Record, Washington, D. C.
36. Flugchriften der Deutschen Gesellschaft für Angewandte Entomologie.
37. Indian Journal of Agricultural Science. (The Imperial Council of Agricultural Research) New Delhi, India.
38. Jahresbericht über die Neuerungen und Leistungen auf dem Gebiete der Pflanzenkrankheiten. Berlin, Bd. 1—16, 1898—

- 1913, Herausgeg. von M. Hollrung.
39. Journal of Agricultural Research, Washington, D. C.
 40. (The) Journal of Animal Ecology. Cambridge University Press., Fetter Lane, London.
 41. Journal of Economic Biology, London.
 42. Journal of Economic Entomology. Geneva, U. S. A.
 43. Journal of the Imperial Agricultural Experiment Station. Tokys, Japan.
 44. (The) Journal of Zoology. U. S. S. R. (俄文, 有英文提要).
 45. Mededeelingen von het Institut von Plantenziekten, Buitenzorg.
 46. Memoirs of the Dept. of Agriculture of India, Entom. Series. Calcutta.
 47. Miscellaneous Bulletins of the Imperial Council of Agricultural research. (The Imperial Council of Agricultural Research, India)
 48. Mitteilungen der Biologischen Reichsanstalt für Land-und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem.
 49. Mitteilungen der Gesellschaft für Vorratsschutz.
 50. Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst. Berlin-Dahlem.
 51. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst-und Landwirtschaft.

52. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst-und Landwirtschaft.
53. Neuheiten auf dem Gebiete des Pflanzenschutzes, in Zeitschrift für das Landwirtschaftliche Versuchswesen in Österreich.
54. Organo de la Oficina para la Defensa Agrícola. San Jacinto. (Mexiko).
55. (The) Philippine Journal of Agriculture, Manila, Philippine.
56. Polskie Pisma Entomologiczne.
57. Praktische Blätter der Bayerischen Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, München.
58. Redia, Firenze.
59. Reviews of Applied Entomology, London. Ser. A. Agriculture.
60. Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie, Agricole de France. 1914
61. Revue de Zoologie Agricole et Appliquée, Bordeaux, (Dazu die Forstlichen und Landwirtschaftlichen Zeitschriften).
62. Rivista de Pathologia Vegetale vol. 1—10.
Firenze. 1892—1902. Pavia, vol. 1. 1904 ff.
63. Scientific Agriculture, Ottawa, Canada.
64. Scientific Monographs of the Imperial Council of Agricultural Research. (The Imperial Council of Agricultural

- Research, India).
65. Tijdschrift over Plantenziekten, Wageningen.
66. Zashchita Rastenii at Vreditalel (Plant protection) Formerly-
Defense des Plants.
67. Zeitschrift für Angewandte Entomologie, Organ d. Deutsch.
Ges.
68. Zeitschrift für Parasitenkunde (Berlin) U. A.
69. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz,
Stuttgart.
70. Zeitschrift für wissenschaftliche Insektenbiologie.
71. 農業及園藝. 東京、日本.
72. 植物及動物. 東京、日本.
73. 應用動物學雜誌. 東京、日本.
74. 生態學研究. 東京、日本.
75. 昆蟲. 東京、日本.
76. 熱帶農學會誌. 台灣大學、台灣.

第二節 蟲災區域之清除工作

所謂蟲災區域者，即害蟲之適生地，而年呈猖獗之謂。其面積之大小不一，或僅限於數鄉，為區域性之害蟲；或廣及於若干省，成爲全國性之害蟲。

(一) 國內蟲災區之清除

對於一國或一省蟲災區域內，害蟲清除之要旨有二：

A 在下列兩種情形下，對於為害動植物，或有經濟價值物品上之昆蟲，須設法加以預防或消滅。

(i) 害蟲尚未由某環境或某地域(該處為害蟲之發生區域)傳入以前。

(ii) 當害蟲尚未傳入，或甫經傳入新境而尚未遍及於全境時。

局部蟲災區域之清除(locality disinfection)與普通一般害蟲之驅除有別，前者在害蟲發生區域內，實行絕對之殲滅，不使其留有殘餘，致生後患。後者祇減少其為害程度，而不使寄主蒙有損失。在倉庫內發生害蟲時，則可應用全部清除法，藉以根絕害蟲之生存。

B. 對於區域內，由外界所傳入之昆蟲，或當地原有之害蟲，呈潛伏狀態，而具有適應於若干經濟動植物上之可能者，亦當設法加以消滅。

上項要旨在消滅有可能性成災之害蟲，使將來不致受其災害，而遭受經濟上之損失，本項工作有下列二類：

(i) 消除地面上之害蟲，換言之，即為田野清除。本類工作之目的，即將田野雜草、作物遺株、殘根敗葉等，一律肅清，以消滅過冬之害蟲。惟此項工作，面積廣大，收效不易，且有時能阻礙當地農事之進行。有時，益蟲與害蟲俱遭殲滅，故常被入非議。江浙兩省每當水稻三化螟猖獗之年，則實行廣大之除螟運動。民國22年前，在螟災嚴重區域內，每年秋收之後，政府派遣昆蟲學家，指導並督促農民實行下列除螟工作。

1. 所有稻田內之稻根，在每年 3 月前，一律燬盡。
2. 春季之秧田探卵，夏秋季之本田探卵。
3. 對於以上法令，農民完全執行者，則還租時，田主讓租一成（崑山、吳江兩處，於民國 20 年曾頒布此令）。
4. 如不遵照此法令辦理者，則行處罰。

當時政府（縣省政府）佈告，極為嚴厲，除蟲推廣員在事前勤為宣傳而勸導，來年收效頗為不少；惟當實行之際，困難滋多，要以面積廣大，督促不易，而農民不慣於此種新耕作制，亦為不能徹底實行本法之一原因。民國 29 年，中央農業實驗所在成都倡導劈除稻稈運動（水稻收割後，遺株之存留於稻田內者，一律除去），方法雖較簡單，但仍不能普遍執行，其原因亦與上同。

在埃及蘇丹 (Sudan) 之棉紅鈴蟲，雖為害不甚烈，但已遍佈於全境內，當局即採用區域清除法。如(1)在末次棉花收穫之後，田內所遺留之枯枝敗葉，以及紅鈴蟲兼食之植物，如苘麻 (Abutilon)，木槿 (Hibiscus) 等均行清除。同時，亦不繼種作物。(2)當地棉子如須留作下年種植者，則均加以消毒（用日射熱消毒法），而所多餘之棉，則均行輸出。(3)清除田間枯老之棉株，至明春從新種植為止，在休閒之兩月間，詳細觀察有無助長紅鈴蟲發生之情形。

根據上列設計，在理論上紅鈴蟲行將絕跡於蘇丹，但結果不然，其原因頗為複雜。農民之好懶成性，相沿耕作制之難於改變等，皆為重要因子。在蘇丹之農民，好將棉藏於屋內，以供手工軋花、紡績及織布之用，機器軋花之事業，極不發達，因此，影響於大規模之棉子消毒與運輸，而紅鈴蟲亦無法肅清。

Wardle 氏 (1929) 對於害蟲之田園清除運動，曾有下列五條意見：

1. 本法可用於特殊之昆蟲，或在生態上相關之一羣昆蟲（更以新由國外傳入之昆蟲），現時蔓延不廣，而將來有猖獗之可能者。
2. 實行本法前，關於害蟲之冬眠或繁殖等情形，均須澈底明瞭。
3. 預計執行本法後，對於害蟲過冬或繁殖時之消滅，有確切之效果。
4. 預計執行本法後，能阻止害蟲在明春之繁殖數，較在冬季自然之死亡為有效者（春季死亡由於寄生昆蟲及肉食昆蟲所致者）。
5. 實行本種運動時，在廣大之面積內，宜各地一齊舉辦。同時，須由政府頒佈法令，促督進行。

據作者在國內執行田園清除運動之經驗，設計固須周密，督促又宜嚴厲。但同時，又須當地人士、田主、園翁共同合作，方克有效，否則事倍功半。在若干種特殊之害蟲問題，當舉行大規模之撲滅時，執法須嚴，則奏效亦大。如在熱帶及亞熱帶之滅蚊隊 (Anti-mosquito Campaign)，以及國內東九省陝西福建等地之滅鼠隊（當發生鼠疫時，即舉行此種運動，不使鼠體上之跳蚤，延蔓於外），皆有驚人之效果，即由此也。

(ii) 消除地面下之害蟲，或即稱為土地消毒 (ground disinfection)，本法執行時，須注意下列四項：

1. 破壞昆蟲之生活平衡 如將土壤耕犁，或將溝、池、河內之雜草除去，使適生於該環境內之昆蟲相 (founa) 曝露於嚴冬酷暑之

下，或受極乾之境遇，或使其易與天敵相接觸。

2. 土壤浸水或灌溉 使土內之昆蟲相與過多之水溼接觸而死，如冬季稻田灌水，在西南各省之稻田區域內，極為普通。稱之曰“冬水田”凡冬水田區域內螟害極輕，患地蠶之區，如行灌水，則地蠶消滅極多。

3. 極高極低溫度之應用 在溫室內，常以極高極低之溫度，殺土內之昆蟲(參考第四章)。

4. 化學毒品之應用 應用化學藥品，以消毒土壤，執行之時，須注意下列各點：

- a. 藥品價格宜低廉，而在市場上易於購得者。
- b. 施用便利，而不害及施行人之安全者。
- c. 在各種土內之擴散力強，故以液體或固體而具有高揮發力者為上選。
- d. 施用於土內後，不易被水洗刷，而致毒力消失，故所用之藥，以不溶解於水者為佳。
- e. 不損及植物或種子之發芽力。

施用於消毒土壤之化學藥品頗多，如對於金龜子幼蟲及金針蟲，則二硫化硫、砷酸鉛、頗為有效。有人亦用氰化鈣粉，效力亦大。驅除牧場上之害蟲，則可用碳酸銨液除桃蛙幹蟲(*Aegeria exitiosa*)，可用對二氯苯，其他害根之昆蟲亦可用本劑除之。此外如 tetrachlorethane, trichlorethylene emulsion, potassium sulphocarbonate 及 pyridine 等液，均可用以殺土內害根之昆蟲，如蚜蟲粉蝨及蠅類幼蟲等。以上所列之殺蟲劑，在溫室、苗圃、盆栽土壤等均可應用而見

效也。

(二) 國際性之害蟲防治

關於害蟲之分布區域，若廣及於若干國境者，則凡有關各國常彼此聯絡，共同組織防治機關。此種事業，歐洲早在 1880 年瑞典植物學家 Dr. Jacob Eriksson 曾設計各國通力合作，防治植物病蟲害問題，1890 年，即於維也納(Vienna)舉行之國祭農林討論會(International Agriculture and Forestry Congress)內開始討論。該會要旨在檢討歐洲各國農林業上之各種問題，植物病蟲害亦為其一。自此以後，在國際間之植物病蟲害防治或研究組織，更為發達，如國祭昆蟲學會議(International Congress of Entomology)，國祭聯合科學院會議(Congress of International Association of Academies)，國際植物病理學家聯合會(International Commission of Phytopathologists)，及國際植物病理學家會議(International Congress of Pathologists)等。惟規模較大範圍較廣者，厥為 1911 年，在羅馬所舉行之國際植物病理討論會(International Phytopathological Convention)。計到會之代表有 31 國，該會發起之原旨，在各國成立植物病害防治處，惜第一次歐戰爆發，致未能按期繼續舉行，而到會理學對於該會之成立，又大多不甚注意。當時歐洲各國所用植物病理學(phytopathology)一字，意義頗廣，包含植物病理學、真菌學及昆蟲學，非僅指植物病理一項也。

國際間合作防治害蟲，至今已屬習見，如歐洲之葡萄根蠹(Phylloxera)問題，橄欖蠅問題，美洲玉米螟問題，及全世界患蝗各國之

蝗蟲問題，皆彼此互相合作，交換報告，究討防治方法，就中以玉米螟及蝗蟲問題之合作防治，規模更為宏大。

玉米螟之分布，廣及於全世界，在吾國則北部較重於中部及南部，於歐洲發生極為普遍，意大利、德國南部、匈牙利及南斯拉夫均被其災。該蟲由歐洲傳至美國（約在1909—1914），先發現於波斯頓，繼延及種植玉米之各省。至1926年，美國被災之面積有125000平方哩。該種螟以幼蟲在玉米或其他寄主（寄主頗多，大多為禾本科植物）之莖、穗等部過冬。美國防治此蟲之設計，頗為周密，農部昆蟲局聯合各省試驗場，加拿大農部昆蟲組以及 Boyce Thomson Institute（植物研究所），在玉米螟分佈之各省，實行除螟，當時工作種類如下：

1. 關於玉米之普通及特殊耕作法，與玉米螟發生繁殖之關係。
2. 關於玉米品種間及其他寄主植物之被害情形。
3. 在一化性與二化性之玉米螟區域內，注意其各季之繁殖狀況，生活史之變化以及與各種溫度、溼度或其他環境因子之關係。
4. 研究玉米螟在各種環境內之習性，如產卵、遷移、各種趨性，冬眠、天然死亡率等。
5. 研究成蟲幼蟲之趨光及趨化性反應。
6. 幼蟲對於殺蟲劑之中毒效果。
7. 由統計方法而決定：(a) 玉米螟之侵害程度，與寄主植物被害之關係；(b) 分布之速率；(c) 關於調查時，最易得結果之品樣大小 (size of sample)；(d) 在分布區域內歷年災害輕重之比較。

8. 對於玉米螟同屬(*Pyrausta*)內之昆蟲,研究其分佈、防治方法,關於其他各種螟蟲或與玉米螟相似昆蟲之形態,寄主植物及生物學上之情形等,亦一併加以注意。

9. 研究玉米螟在北美及其他各地天敵(如寄生昆蟲,寄生菌,細菌等)之習性與發生狀況。

10. 在歐洲玉米螟之假定原產地域內,研究其分佈、防治方法,經濟情形,生物學上之特殊情況,生態及天敵等。對於災害嚴重區域內之昆蟲情形,以及與玉米以外各種經濟植物之關係,及猖獗之季節等,更加嚴密注意。

此項工作,在德、法、匈牙利、丹麥、瑞士、南斯拉夫、羅馬尼亞、烏克蘭均有人主持,而其總通訊處設在美國芝加哥國際家畜展覽會(International Live Stock Exposition, Chicago),經費為 100,000 美元,由有關各機關及專家分任之。

11. 研究玉米螟寄生昆蟲輸入後之飼養及散放情形。

玉米螟害既廣及於全世界,在歐美各國,共同決議之清除方法如下:

1. 被害之玉米莖由田野割下後,即以飼家畜,每年 5 月 1 日以前,照下列方法處理之:(a)玉米莖藏於青儲塔內(silage),(b)留在田間最後割下,(c)切成斷條,(d)犁入土下,(e)全部焚燬。

以上方法在各國試行之後,效果顯著者有之,但仍不能遏制其猖獗。就中關係頗為複雜,而各地環境之不同,乃為其重要原因。

2. 玉米莖須一律焚燬,不得作為蓋屋、飼養家畜、及風屏等之用。

3. 在玉米螟災害區域內，關於玉米脫粒之工作，每年不得遲過 6 月 1 日，同時，並將穗軸焚燬，對於未脫粒之玉米穗，須儲藏於緊密之器具或室內，不使過冬幼蟲化蛾外出。

4. 對於玉米螟災區內，田野粗壯之雜草莖，須一律清除。

以上四種除螟方法，均由美國農部昆蟲局主持執行，自 1927 年 3 月 23 日起，即在印第安納省 (Indiana)、密執安省 (Michigan)、俄亥俄省 (Ohio)、賓夕法尼亞省 (Pennsylvania) (該省之北部)及紐約省內，開始執行。

以上各項方法頗類於吾國之防除水稻螟蟲工作。玉米螟問題在我國不甚嚴重，但水稻螟害問題，全國各稻區所受之損失，極為重大。民國 25 年 3 月，實業部曾召集蘇浙皖三省代表，舉行三省治螟討論會。計到會代表有 48 人。當時擬訂本年 (民國 25 年) 三省及南京市治螟辦法大綱及推動治螟運動細則。并規定江寧、句容、崑山、常熟、太倉、吳江、嘉定、海寧、蕪湖、宣城等縣為治螟實施區域。

蝗蟲問題，久為世界各國所注意，在中國常成災害者，乃一種遷移蝗 (*L. migratoria* L.)，因蝗、蝻有遷移性，故吾國曩昔治蝗，不分省界，官民共起撲滅。據史所載：漢，元始 2 年，羣國大旱，蝗，遣使者捕蝗，民捕蝗詣吏，以石斗受錢 (漢書平帝紀)。又宋神宗熙寧 8 年 8 月，除蝗之詔曰：“有蝗蝻處，委縣令佐躬親打撲，如地方廣闊，分差通判職官監司提舉分任其事。仍募人得蝻 5 升或蝗 1 斗，給細色穀 1 斗。蝗種 1 升，給粗色穀 2 斗。給銀錢者以中等值與之，仍委官燒瘞。監司差官覆按，倘有穿掘撲打，損傷苗種者，除其稅，仍計價官給地主

錢數”(康濟錄引)。清代嘉慶時，所頒佈之捕蝗令如：“地方遇有蝗蝻，州縣官輕騎簡從，督率佐雜等官，處處親到，偕民撲捕。隨地住宿寺廟，不得派民供應，州縣報有蝗蝻，該上司躬親督捕，夫馬不得派自民間，如違例滋擾，跟役需索；藉端科派者，該管督撫嚴查，從重治罪”(嘉慶 7 年修纂捕蝗令，據籌濟編引)。

民國初年，在江蘇、安徽、山東、河南、河北等省，均預儲治蝗經費(江蘇省每年規定 20,000 元)，以作撲滅蝗患之用，而各省遇有蝗患發生時，彼此通告，共同防治。民國 20 年，中央農業實驗所開始規劃全國蝗患之調查，民國 23 年(1914) 6 月 6 日至 7 日，實業部曾召集全國治蝗會議，計到會之代表有七省(蘇、皖、魯、冀、浙、湘、豫)，會內除商討全國蝗區，一體共起撲滅蝗蝻之實施辦法外，凡患蝗各縣，每年自 3 月起至 10 月止，其間每隔 10 日，須將當地蝗蟲發生情況，依表格規定，報告中央農業實驗所病蟲害系，每年年終，患蝗各縣更須送一年報，自 1983 年至 1933 年，中央農業實驗所病蟲害系將各地每年寄送之蝗患報告，叢集成稿，逐年印成報告(全國蝗患報告)。

在歐非兩洲，蝗患問題廣遍於若干國內者，不但蝗之種類彼此不同，而災害情形亦顯有差異。因此有“國際治蝗組織”(International Locust Control Organization)之產生。同時為彼此交換治蝗消息及研究治蝗方法起見，更有國際治蝗會議(International Locust Conference)(每二年舉行一次)，及國際治蝗中心研究處(International Centre for Anti-Locust Research，地點在倫敦)。1938 年 8 月(8 月 25 日至 9 月 1 日止)，國際治蝗會議開第 5 次會於比利時，計

參加之國有中華民國、英國、加拿大、南非聯邦、澳洲、比利時、埃及、西班牙、希臘、菲律賓、意大利、墨西哥、葡萄牙、羅馬尼亞、法國、北愛爾蘭、烏拉圭、南斯拉夫、荷屬東印度 (Dutch East India)、阿根廷、危地馬拉 (Guatemala)，以及其他各國在非洲之殖民地 (計有 18 處)。會議分爲：

(A) 全體會議：

1. 各代表報告各國蝗蟲發生情形及治蝗組織。
2. 各國蝗蟲問題在經濟上之重要性。
3. 接受技術會議之議決案及提議事項。

(B) 技術會議：

討論蝗蟲研究與防治上之各種問題，計第五屆國際治蝗會議有結果之議決案如下：

(一) 世界各地之蝗蟲及蚱蜢問題，

1. 大會對於患蝗各國，重申切實注意蝗蟲與蚱蜢在經濟上之重要 [一如國際治蝗中心研究處 (International Centre for Anti-Locust Research) 在 1925—1934 年夏之通告然]。

2. 大會深盼患蝗各國將國內緊要之蝗蟲情形，報告國際中心治蝗處，並盼在 1925—1934 年間，凡未寄送報告之各國，即行交送。

3. 大會更建議國際治蝗中心研究處，每年應將各國所寄之統計報告，預爲編就。

4. 所編統計報告之內容，應含有下列各點：

各國蝗蟲種類

甲、直接損失，

- a. 作物被害情形，
 - (1) 被害作物之種類，
 - (2) 被害面積及蔓延情形，
 - (3) 作物被害之百分率，
 - (4) 所值金錢損失之估計。
- b. 家畜所受之損失，
 - (1) 牧地因受蝗害而致家畜死亡之價值，
 - (2) 牧地因受蝗害而致牛乳及羊毛之減少等，及在金錢上之估計。

乙、饑荒之救濟

- a. 蝗災區內救濟人民饑荒之消耗，
- b. 國稅收入之減損(因蝗災結果所致)。

丙、治蝗經費

- a. 行政經費，
- b. 用具及物料上之消耗，
- c. 須付之工資。

丁、未給工資之人日數(man-days)

關於治蝗不給工資之人工(自願加入或法律規定而不可避免之人工)，此項人工數，再乘工作日數，即得總人工日數。

5. 大會申請比利時政府將以上議決案轉知世界患蝗各國，請照上表所填，此種資料直接郵寄英倫博物院國際治蝗中心研究處(International Centre for Anti-Locust Research, British Museum (Natural History) London, S. W. 7 England)。

(二)研究蝗蟲之變型方法

1. 大會曾一再考慮，關於研究蝗蟲變型之統一方法，頗切需要。但此種研究方法又須適合於當地情形，所有研究之處，須由專家根據田野實情而決定之。

2. 大會考慮關於各昆蟲家當研究同一種蝗蟲時，如研究地域彼此鄰接者，則應時相切磋商，並按時交換意見，俾各人所用之研究方法得以相互一致，而所得之結果彼此可相互比較。

(三)關於研究蝗蝻遷移情形之方法

1. 大會重申第四次國際治蝗會議之第五議決案，盼各昆蟲學家注意在印度、南非洲、美國等地，研究散生蝗 (solitary locust) 及蚱蜢之遷移情形與所得之結果，以及其猖獗之原因等。

2. 大會建議關於觀察蝗蟲個體遷移時之標注方法 (method of marking)，應趁本題在田野作大規模之考查時而舉行之。

(四) 非洲遷移蝗猖獗區內之國際治蝗組織。

1. 大會贊同法國之提議關於熱帶非洲區內遷移蝗猖獗地帶永久治蝗組織之原則，其經費則由有關各國分任之。

2. 大會建議法政府應與鄰接之各國政府，對於上列問題彼此商討。

(五) 地中海沿岸各國之 *Doclostaurus macrocanus* 蝗蟲問題。

1. 關於阿爾及利亞 (Algeria) 政府在 *Doclostaurus macrocanus* 蝗猖獗區域內所採用之防治方法，功效極大，而所費無多，直接可遏制此種蝗在當地之猖獗，此項結果大會頗加考慮。

2. 大會深望其他地中海沿岸各國與阿爾及利亞政府之先例，

在 *D. macroccanus* 蝗猖獗區域內，亦起而調查蝗患情形，及施行防治之政策。

(六) 北美之蚱蜢問題

1. 大會對於美國加拿大政府研究及防治蝗患之功績，深為欣慰，同時對於兩國科學院之蝗蟲研究工作，更為欽佩。

2. 大會對於美國加拿大兩國昆蟲家之密切合作，頗為滿意，並希能久垂而不中斷。

(七) 菲列賓之 *Locusta migratoria manilansis* 蝗蟲問題。

1. 大會對於菲列賓政府，在得美國政府同意之下，派送代表出席，襄助會務，引為欣慰。

2. 大會鑒於菲列賓蝗患問題之嚴重，深希菲政府於所倡導之治蝗工作繼續進行，而更加擴大，並由專門負責人主持之。

(八) 澳洲之 *Chortoricetes terminifera* 及 *Austroicetes cruciata* 蝗問題。

大會對於澳洲政府所派遣之專門代表，報告澳洲蚱蜢之研究及防治工作，極為歡迎。

(九) 在 *Nomadacris septemfasciata serrille* 蝗之猖獗中心地，應採用造林治蝗方法。

1. 大會考慮關於在 *Nomadacris septemfasciata* 蝗猖獗中心地，應用造林治蝗法，在理論上頗為合理，但應予以實地試行。

2. 上列治蝗方法之試驗，應在已知之各蝗患中心地內，分別舉行。

(十) 關於西亞細亞及非洲沙漠蝗猖獗區內國際治蝗之組織。

1. 大會對於聯邦帝國(United Kingdom)代表所提議在東非及西亞細亞沙漠蝗猖獗區內之永久治蝗組織(經費由國際擔負之),其原則與計劃均予以承認。

2. 大會建議聯邦帝國應與鄰接地之各政府,共同討論關於治蝗之組織及經費等問題。

3. 大會鑒於沙漠蝗最近猖獗之事實及將來之災患,對於上列所建議之治蝗組織,盼能即行實施,幸勿再為延遲。

(十一) 倫敦國際治蝗研究處 (International Centre for Anti-Locust Research, London)。

1. 大會對英國政府昆蟲院內所附設之國際治蝗研究處,在過去服務之功績及職員之努力,極表欣慰而慶賀,並祈對於非洲蝗猖獗區內之調查工作,繼續進行,同時關於防治及督促方法,盼更有效之組織。

2. 大會頗覺國際中心治蝗研究處之經費,在已往均由英國負擔,此後應由各關係國共同負擔之。

3. 大會建議聯邦帝國應請各地有關政府,商討在各地舉行國際治蝗組織(乃區域性之國際治蝗組織)之預算內,撥出一部經費,以維持國際治蝗中心研究處之費用。

(十二) 羅馬國際農業局

大會承認羅馬國際農業局之特權,關於在1920年8月31日所提出之國際會議第四款(對於各參加國在農業上服務之建議),仍繼續維持。

(十三) 地方治蝗會議

大會深覺爲治蝗收效起見，就地方之需要，在地理上，凡鄰接各地方政府，似宜舉行分區會議，俾使每 2 年一次之國際治蝗會議可以延長舉行。

所有地方會議之記錄，應分別贈與各關係國及國際治蝗中心研究處。

(十四) 國際治蝗會議將來之組織

大會爲增進將來國際治蝗會議之效能起見，對於各關係國政府所有之治蝗計劃，或治蝗合作等議案（技術會議不在內），須在大會開會期三月前，送交各國政府。

由上所錄，蝗患之解決非一省一國之責任，乃爲國際間共同合作之任務。此亦人類克服自然之一進步象徵，Uvarov 氏 (1935) 報告在 1938 年，倫敦國際治蝗中心研究處，共收到歐亞非三洲之蝗蟲報告，有 56 處，關於各地蝗蟲種類災害損失、防治方法及所消耗之經費等，均頗詳細。

第六次國際蝗蟲會議，雖遭遇第二次世界大戰，全球遍地烽煙，但會議仍於 1943 年 7 月 26 日在伊朗之德黑蘭舉行。到會者有印度、伊拉克、蘇聯及阿富汗等國之代表。

在防治害蟲上，國際間之合作，近年極爲普遍。如北美與加拿大昆蟲家之彼此不分國家而努力於害蟲問題之解決。美國每年所舉行之“美國經濟昆蟲家聯合會”(American Association of Economic Entomologists) 實含有國際性質，蓋到會會員分佈於世界各國，不僅限於美國也。此外，英國所舉行之“帝國昆蟲學討論會”(Imperial Entomological Conference) 起自 1920 年，每隔五年在倫敦舉行一

次，到會代表雖多屬英帝國殖民地，但所討論之昆蟲問題，實廣及於世界上之若干區域，如非洲及其他各地之蝗蟲問題，白蟻問題，以及植物視外毒病與昆蟲之關係等，皆為各代表討論之中心點。在印度之浦散 (Pusa)，所舉行之印度昆蟲學家年會 (Annual Meeting of Indian Entomologists) 及 1926 年非洲於奈洛俾 (Nairobi) 開始舉行之非洲中、東部昆蟲家討論會等，參加之代表均非限於一國。

“國際昆蟲學會議”(International Congress of Entomology) 乃為全世界各國昆蟲家合作討論學術之會議。1910 年八月，在布魯塞爾 (Brussels) 舉行第一次大會，1938 年 8 月 15—20 日，開第七次大會於德國之柏林，到會之代表幾遍及全世界各國。會內所有討論各國昆蟲學上之案件，分為二大類：

(A) 普通昆蟲學類。

1. 昆蟲分類學及動物地理學，
2. 昆蟲命名及文獻(nomenclature and bibliography)，
3. 昆蟲形態學，生理學，胚胎學及遺傳，
4. 昆蟲生態學。

(B) 應用昆蟲學類。

1. 醫藥及獸醫昆蟲 (medical and vetermary-medical entomology)
2. 養蜂及養蠶，
3. 森林害蟲，
4. 農業害蟲，
 - a 葡萄及果樹害蟲，

- b. 農業及蔬菜害蟲，
- c. 倉庫害蟲，
- d. 害蟲防治法(殺蟲劑等)。

近世科學家不分國籍與種族，凡屬同道，相集切磋，無非欲以人類之智力克服自然之障礙，共謀人羣生活上之幸福，如世界政治安寧，則此種合作組織，將益加擴大而切實，不僅限於昆蟲界也。

第三節 害蟲蔓延之阻隔與國際或 國內害蟲傳佈之防禦

昆蟲在相同之環境下，能藉自然之分佈力，或由人爲之交通工具自其災害中心蔓延四佈。如日本產之金龜子 (*P. japonicum*)，在 1916 年，由日本傳入美國之新澤稷省 (New Jersey)，後爲美國各種植物上之大害。1929 年日本水稻上之三化螟幼蟲，由包裝器具之稻草內傳及檀香山，我國桑樹上之桑白蠶，原來之發生區域只限於太湖沿岸，至 1935 年，已遍及於全國栽桑地。害蟲自一國傳至別國，或一省傳至別省，此種事實，爲例極多。且近年交通益形便利，各種害蟲之彼此傳播，當與時俱增，吾人如欲設法防止其蔓延，而不使其侵入於未害之區域，則下列三種方法可以採用：

機械之阻隔 (mechanical barriers)

生態之阻隔 (ecological barriers)

法規之阻隔 (legislation barriers)

(一) 機械之阻隔

應用機械障礙而防止害蟲之侵入者，方法頗多：如果品上加紙袋；蔬菜、小果、苗木時期，加紗網罩蓋；樹幹上圍繞膠帶（即所謂 tree-tangle foot）或在田園四周繞以黏圍（adhesive board）或圍溝，藥粉溝、煤渣行（tar line）等；當桃李結實後，即加紙袋，以防桃實蟲（*Dichocrocis punctiferalis*）及梨象鼻蟲（*Rhynchites heros*）。在國內已普遍實行，收效極大。在昔江南相傳有“十桃九蛙”之說，但自實行此法後，桃實蟲已不成問題。防止松毛蟲（*Dendrolimus spectabilis* bitascia）時，在樹幹上塗以黏膠，使幼蟲沿樹幹下行時，觸膠而死，本法在果樹上應用頗廣。猖獗於華北之行軍蟲（*C. unipuncta*），為粟及小麥之大害，其幼蟲性好合羣，防治之法，為掘溝以阻其蔓延，溝之寬，深自 1 尺至 2 尺不等，視所捕昆蟲之種類與幼蟲齡期之不同而異，溝壁須光滑垂直，俾免害蟲之重行爬出，在溝底每隔 1、2 丈處，再開一方形之深陷，使陷入溝內之蟲能集中於數處而易於捕殺，在我國中部、北部驅除跳蝻時，亦以本法最為見效。

（二）生態之阻隔

生態阻隔者，即變更一部份環境而阻碍害蟲前進之謂，或在害蟲繁殖區內之某地帶，將其寄生植物盡行清除，或在害蟲災區之邊境，設法清野，使其無法前進。惟此項方法實行之時，須嚴密周詳，同時又須頒佈法規，以利進行，否則見效不易。蓋害蟲可藉人畜或其他交通工具，而由被禁圍區域向外蔓延也。

在本法實行之時，第一對於害蟲習性須先作詳細之調查，並預料在執行之後，是否對於當地經濟情形有所不利之處，致使法規之

執行發生困難。

在非洲中部之洛蓋莫地 (Logamundi) 因家畜倍受刺刺蠅之害，當局曾於 1925 年提議，於刺刺蠅繁殖區之南界，與居民農業區域間，設立禁獵區域，藉以阻隔刺刺蠅之傳佈。在居民區之哈奈安河 (Hunyani) 與安格瓦河 (Angwa) 間，築一 6 呎高之鉛絲圍籬，在此圍籬北 10 哩，更築一 6 呎高之圍籬，凡在兩隔離帶之兩側 50 碼內之森林，一律鏟除。同時，在鉛絲籬下，更種植 6—8 呎高之矮林，在此兩道鉛絲圍籬之區間，一律鏟除，以便其留宿。同時，亦阻止牛及

議時，Eriksson 氏曾撰一文，述及國際間植物防疫事宜。氏之建議引起當時各國對於國際間植物病蟲害傳佈之防禦，關係極大。近40年來，法規治蟲問題經昆蟲家如 Cook, Fleury, Leiby, Orton, Smith, Weber 等氏及關稅家之努力進行，至現在為止，全世界凡獨立國家或重要殖民地，均有植物病蟲害之防疫工作。茲略舉各國對於國外實行植物病蟲害檢疫之年份及執行之機關，如第五〇表所示：

第五〇表 各國對外植物病蟲害防疫實施年份及專管機關

國 名	開始頒佈植物病蟲害檢疫法之年份	執 行 機 關
中 華 民 國	1933(民24年)	實業部商品檢驗局
德 國	1875	農部
英 國	1877	農漁部
澳 洲 聯 邦	1908	農部
錫 蘭	1901	農業部
瑞 典	1909	—
坎 拿 大	1916	農業部
南 非 聯 邦	1911	聯邦農部
美 國	1912	初屬於聯合國藥會後移入農部昆蟲局之植物檢疫處 (Plant Quarantine and Control Administration)
印 度	1914	教育衛生地政部
日 本	1914	農商部
希 臘	1914	農業局植物病害科
挪 威	1916	農業部
丹 麥	1927	農業部
荷屬東印度	1926	農工商局

應用法規阻隔害蟲之傳佈，其方法爲防疫 (quarantine) 與檢驗 (inspection) 兩項。

防疫云者，乃一國之中央政府或省政府公佈一種法律，以禁阻外國附有病蟲害植物之運入，或在國內禁止某省或某區域內具有害蟲(在事前已公佈即行禁止者)植物之外運(如當地已行檢查而證明無病蟲害者，則不在此例)。其要旨在使國外新病蟲害不得傳入，及國內已發現之某種病菌或害蟲亦無法向外蔓延。美國 Leiby 氏 (1932) 對於植物防疫之原因，曾發表簡明之解釋爲：

“A quarantine is restriction, imposed by duly constituted authorities, whereby the production, movement or existence of plants, plant products, animals, animal products, or any other article of material, or the normal activity of persons, is brought under regulation, in order that the introduction or spread of a pest may be prevented or limited, or in order that a pest already introduced may be controlled or eradicated, thereby reducing or avoiding losses that would otherwise occur through damage done by the pest or through a continuing cost of control measures”。

總覽現時各國對於病蟲害之防疫與檢驗，其任務有下列四種：

執行防止由國外傳入新病蟲害之法規，

執行防止國內蟲害蔓延之法規，

強制執行某種除蟲之法規，

執行防止殺蟲劑攙雜及混用名稱之法規。

A. 執行防止由國外傳入新病蟲害之法規。

此為一種國際間共同合作防止害蟲傳佈之組織，各國均由中央政府辦理之，稱曰國家之植物防疫(National Plant Quarantine)，凡在國際間之通商口岸均設立檢驗所(檢驗輸出及輸入之植物)，以執行國家對外植物防疫之各種法規，如美國則於紐約、波斯頓、西雅圖、舊金山、紐亞克(Newark)、喀利雪哥(Calexico)、得克薩斯(Texas)及與墨西哥交界之商埠等 13 處，在吾國，則於上海廣州兩處之商品檢驗局舉行對外之植物檢驗(民國 24 年 4 月開始)。日本之國際檢處，則有大阪、長崎、門司、函館、小樽、名古屋、下關、鹿兒島、東京、神戶等 21 處。

國際間植物病蟲害防疫之職責，有下列四項：

1. 各口岸執行國家對於植物病蟲害所公佈之各種防疫法規。
2. 對於國外運入之植物(由旅客、郵局或貨物內運入，并已經有輸出國之許可證者)有藏匿害蟲之嫌疑者，加以一種檢查(inspection)或處理。
3. 於必要時，對於國外輸入之植物或植物種子等加以一種消毒(sterilisation)。
4. 對於國內輸入輸出物之檢查與發給檢查證書(certification)。

各國之國際植物檢驗法規，均大致相同。不外對於本國輸出之植物(莖、果、種子等而栽培用者)及器具之包裝物等(如稻草等)，事前在出口處加以檢查，不得附有病菌及害蟲。如行合格，則由檢查處發給輸出許可證。若輸出物發現附有危險之病菌或害蟲時，則檢查處代為消毒或竟焚燬，或禁止其出口。對於國外輸入之植物或貨物，

不論由何種交通工具(郵件船舶,車輛,飛機,或由旅客攜帶),均須受進口埠檢驗員之檢驗。

茲將吾國植物病蟲害檢驗法規之大意,錄之如下:

第一條 凡中國各省農產品輸運國外,以及國外農產品輸入國內,一律受檢驗處之檢查,惟研究材料經農林部特許者,不在此例。

第二條 應受檢驗之農產品,分為左列各類:

(甲)普通作物類,(乙)特用作物類,(丙)園藝類,(丁)森林類,(戊)家畜類,(己)家禽類,(庚)毛革類,(辛)水產類,(壬)絲繭類,(癸)農產品製造類。

第三條 應受檢驗之農產品,於裝運出口之前,應由各該商開具品名、產地、數量及價值,報請檢驗處派員檢查。

第四條 凡農產品經本處檢驗,准其輸出或輸入者,除由檢驗處發給證明書外,並於包裹上,加蓋中國農產品檢查處查訖戳記。

第五條 檢查員執行檢查時,對於附有危險病蟲害之輸入及輸出農產品,認為應行燒棄者,受檢驗人應絕對服從。

第六條 凡未經檢查處檢查發給證書之農產品,由檢查處通知商輸,禁止裝運。違者除將全部貨物沒收并處該商以罰金外,仍予該商以相當之處分。

第七條 檢驗處之檢查員對於商人有故意留難或需索情事,得由該商陳明檢驗處懲辦。

第八條 凡輸出及輸入農產品,經檢驗處之檢查,認為應施消毒、燻蒸、或注射手續者,其費用完全由各該商擔任。

第九條 凡由外國輸入之農產品,呈繳輸出國之檢驗證書,經

檢驗處派員檢查後，方准入口。

第十條 凡輸入之病菌或害蟲作研究用者，須先領取農林部頒發之特許證，於商輪抵海口時，須先呈驗，經檢驗處派員檢查後，方准入口。

第十一條 本法規所稱病蟲害，乃指為害農產品之病菌害蟲而言，惟其他生物，農林部認為有害於農產品者，亦依據本法規辦理。

第十二條 凡經檢驗處檢查發給證明書之農產品，每 10 日由檢驗處列表登報公佈，每屆月終并應彙呈農林部備案。

第十三條 檢驗證書每號三聯，以一聯給商人，一聯呈報農林部，一聯留檢驗處備查。騎縫處及年月日均蓋用檢驗處圖記，其發給商人之一聯，用中西文分填，均由處長簽名蓋章。

第十四條 本法規自國民政府公佈日施行。

有時因研究或實驗等之專用，須將某種植物病菌或昆蟲由外國輸入國內，或運出國外者，則須按照檢驗規則之規定，向中央植物檢驗處或農部（視各國之組織而不同）領取表格，填明內容，然後再請檢驗。如行合格，即發給許可證。吾國於民國 22 年 12 月 19 日，由實業部頒佈農業病蟲害取締規則，茲錄之如下：

實業部農業病蟲害取締規則

第一條 實業部為保護國內農業生產，並便於病蟲害研究起見，凡由國外輸入病蟲害者，非持有實業部農業病蟲害進口特許證，不准進口。

第二條 本規則所稱農業病蟲害，乃指為害農業之視外毒 (virus)、細菌 (bacteria)、真菌 (fungi)、原生動物 (protozoa) 及昆蟲而

言,但其他生物,認為有害農害者,亦得依據本規則辦理之。

第三條 凡請求發給特許證,以供科學機關研究之用為限,應由其主管人員填具請求書,送請實業部核准,並繳納印花費一元。

第四條 農業病蟲害之輸入,暫以上海口岸為限。

第五條 凡由國外輸入農業病蟲害者,於抵埠時,經商品檢驗局查核,與特許證所列事項相符者,准予進口,否則立即責令全部燒燬,並註銷其特許證,前特許證註銷後,由商品檢驗局呈部備案。

第六條 凡輸入病蟲害之科學機關,應由主管人員於每半年將研究經過情形,送部備查,至研究工作完畢為止。

前項研究工作完畢後,應將詳細研究結果,及燬滅農業病蟲害情形,分別送部備案。

第七條 凡科學機關主管人員將輸入病蟲害轉送其他科學機關時,應先開具收受科學機關名稱,主管人員姓名,農業病蟲害名稱,研究地點,研究目的,及負責研究人員之姓名、學歷送請實業部核準備案。

前項收受農業病蟲害之科學機關,在研究過程中,應依前條之規定。

第八條 凡輸入病蟲害之負責研究人員有變更時,應於一月內,報請實業部備案。

第九條 本規則自公佈之日施行。

國際間之植物病蟲害防疫對於國外進口植物,何種應加禁入,何種病蟲害應加注意,以及國內輸出之植物及原有之病蟲害,如何加以檢驗,在事前須加精密之研究。如(1)關於重要植物病蟲害在地

理上之分佈及在國內外各地歷年發生情形，須加以詳細之調查，(2)估計每年寄主所受之損失，藉以明瞭其經濟價值，(3)考查其最早傳入國內之時期及此後蔓延之可能性，(4)研究當地氣候、作物分佈等情形，與病蟲害猖獗之關係，同時對於遏制病蟲害發生、分佈及猖獗之因子，亦須加以考查，(5)調查當地寄主植物對於病蟲害能抵抗或受害之品種，(6)在氣候及植物相同之下，鄰國病蟲害有蔓延及猖獗於本國可能性之種類，凡此皆須考查清楚，更作精細研究，然後決定對內對外所檢驗病蟲害之種類及其寄主運輸之限止等，故一國實行對外植物檢驗之時，關於通商各國，應加檢驗之植物病菌與害蟲種類，已有詳細之名單（現在各國對外所定檢查或禁止之植物病蟲害種類，其根據均頗草率），如英國植物檢驗處對於外國輸入之植物，須有出口岸檢驗處證明絕對無下列之害蟲者方可上陸：葡萄根蝨 (*Phylloxera vastatrix*)，美國蘋果盲椿象 (*Heterocordylus malinus*, *Lygidea mendax*)，梨軍配蟲 (*Stephanitis pyri*)，美國之金花蟲 (*Leptinotarsa decemlineata*)，李象鼻蟲 (*Conotrachelus nenuphar*)，馬鈴薯蛾 (*Phthorimaea operculella*)，美國樅蛾 (*Malacosoma americana*, *M. diastri*)，東方桃蛾 (*Laspeyresia molesta*)，聖納散介殼蟲 (*Aspidiotus perniciosus*)，日本果類介殼蟲 (*Diaspis pentagona*)，蘋果果蠅 (*Rhagoletis pomonella*)，櫻桃果蠅 (*Rhagoletis cerasi*, *R. cingulata*, *R. fausta*)，鵝莓果蠅 (*Epochra canadensis*)

其他各國對外禁止入口之植物病蟲害，均各有規定之種類，茲不一一摘錄。

政府對於國外植物病蟲害之蔓延或傳佈，而決採用檢疫方法以

保護國內之植物者，則又當預計實行後，所得經濟上之效果，須超過防疫行政上之所費，及日常工作受影響之損失。

吾國各地輸出之農林產物，數量與種類頗多，民國 24 年以前，政府並無規定出口檢驗之辦法，因此，由中國輸出之農林產物達到他國埠岸時，因附有病菌或害蟲，致被拒絕上陸或竟全部燒棄，對於吾國之海外貿易損失甚大。茲將若干國對於吾國貨物禁止輸入之種類，列成一表(第五一表)：

第五一表 若干國植物防疫處所禁止中國植物進口之種類
(錄自張景歐氏表而略加附註)

國名或地方 政府名稱	中國植物被禁止進口之種類	禁 止 理 由
瑞 典	生活之槭科植物	
丹 麥	樺樹(<i>Pseudotsuga douglasii</i>)及檜樹植物種子。	
墨 西 哥 新 西 蘭 (New Zealand)	(1) 梨、蘋果、及槭樹植物之全株或一部，除果實外，一律禁止進口。 (2) 葡萄植物之全株或一部，除果實外，一律禁止進口。 (3) 柑橘植物之全株或一部，除果實外一律禁止進口。	
加 拿 大	下列植物一律禁止進口：五葉松(<i>five-leaved pine</i>)，醋栗(<i>currant</i>)，莓莓(<i>goosberry</i>)，櫟(<i>chestnut</i>)，山栗歐洲鼠李(<i>Rhamnus cathartica</i>)，多種蕨木(<i>Berberis vulgaris</i> , <i>B. amurensis</i> , <i>B. canadensis</i> , <i>B. lycium</i> , <i>B. sibirica</i> ，	

	B. aristata, B. ilicifolia, B. nepalensis 及 Odonstemon aguifolium.	
澳洲聯邦	<p>(1)核果植物之全株或一部。</p> <p>(2)仁果植物及薔薇科植物之全株或一部。</p> <p>(3)堇草植物之全株或一部。</p> <p>(4)桃金娘植物之全株或一部。</p> <p>(5)仙人掌植物之全株或一部。</p> <p>(6)棧。</p> <p>(7)柑橘果實。</p> <p>(8)棉籽。</p> <p>(9)馬鈴薯。</p> <p>(10)蘋果、梨及槲櫟之在澳洲西部登岸者。</p>	<p>防止梨網枯病</p> <p>防止毛蠟病</p> <p>防止柑橘潰瘍病</p>
日本	新鮮胡瓜、西瓜、甜瓜、南瓜與其他葫蘆科植物果實以及番茄、菜豆、豇豆等。	
美國	<p>(1)竹之本體、切株及種子之能供繁殖用者，一律禁止進口。</p> <p>(2)草棉植物及其生產品一律禁止進口，除植物全部與未經製造之花衣、種子外，一切廢花及包裝品之曾用為貯藏棉花者，亦在禁止之列。</p> <p>(3)各種白松、醋栗、鵝莓植物一律禁止進口。</p> <p>(4)各種小麥及其生產品，除經完善製造手續之麵粉外，一律禁止進口。</p> <p>(5)玉米、甜梨、蘆梨、蘇丹草、約翰生草與瑟莖之莖葉及其他部份之未經製造者，除淨潔之玉米外，一律禁止進口。</p> <p>(6)各種柑橘植物之全株或一部，除澳洲橘外，一律禁止進口。</p> <p>(7)馬鈴薯之全株或一部，一律禁止進口。</p>	<p>防止竹黑穗病</p> <p>防止紅鈴蟲</p> <p>防止白松、醋栗、鵝莓之誘病。</p> <p>防止桿黑穗病</p> <p>防止潰瘍病、玉米螟及毛蠟病。</p> <p>防止潰瘍病</p> <p>防止馬鈴薯根腐病及粉癭病。</p>

	<p>(8)水稻植物及其生產品，除經製造之白米外，一律禁止進口。</p> <p>(9)各種番薯與山藥之全株或一部，一律禁止進口。</p> <p>(10)各種香蕉植物之全株或一部，除果實外一律禁止進口。</p> <p>(11)甘蔗之全株或一部一律禁止進口。</p> <p>(12)各種新鮮果品，除溫州橘、香蕉、鳳梨及歐洲種葡萄外，一律禁止進口。</p>	<p>防止水稻黃萎病、白堊病、火燒病、穎斑病。</p> <p>防止象鼻蟲及金龜子。</p> <p>防止香蕉根蠹 (<i>Cosmopolites sordidus</i>)</p> <p>防止甘蔗螟蟲及毛蠟病。</p> <p>防止果蠅。</p>
菲律賓	<p>芭蕉，椰子，甘蔗，水稻，鳳梨，竹，菸草，柑橘，咖啡，含羞草，龍舌蘭 (<i>Agave cantala</i>)，西沙亞麻 (<i>Agave sisalana</i>)。</p>	
夏威夷	<p>(1)各種新鮮果實。</p> <p>(2)香蕉植物及果實。</p> <p>(3)甘蔗植物及果實。</p> <p>(4)鳳梨植物及果實。</p> <p>(5)竹、玉米及粟之全株或一部。</p> <p>(6)咖啡植物及種子。</p> <p>(7)纖維之飼料作物種子。</p> <p>(8)五葉松、醋栗屬 (<i>Ribes spp.</i>)及 <i>Grossularia spp.</i> 植物之全株或一部。</p> <p>(9)棉籽及棉殼。</p> <p>(10)柑橘類苗木。</p> <p>(11)印度玉米及穀類植物全株或一部。</p> <p>(12)砧木、切株、接木及接芽。</p> <p>(13)水稻種子。</p> <p>(14)凡能繁殖之植物及其生產品而由郵局遞寄者，除作物蔬菜及花卉種子外，一律禁止進口。</p>	

比 利 時	葡萄植物之全株或一部，除果實外，一律禁止進口。	
印 度	(1)凡由國外輸入之 咖啡植物 及種子一律不准進口。 (2)亞麻種子及埃及苜蓿種子，非有農業部之執照，不准進口。 (3)棉子不准由海道及 <u>孟買</u> (Bombay) 進口。	
德 國	(1)葡萄苗木之全株或一部一律禁止進口。 (2)各種生活雙子 葉植物之全株 或一部份一律禁止進口。	

植物病蟲害之檢驗，既為國家對外貿易上不可少之工作，故吾國於民國 24 年 4 月 20 日，開始在上海商品檢查局施行農產品出入口之檢驗，並取締附有病蟲害植物之進口，暴日侵華，檢驗工作亦因而暫停，至民國 35 年始行恢復。

(B) 執行防止國內害蟲蔓延之法規。

防止國內害蟲蔓延之法規，或由中央政府執行，或由省政府處理，其意義在阻止發生於一區域或一省境內之害蟲不使其散至別處，所頒之法規及檢驗之手續與國際間所採用者相似，後者其範圍只限於一省或一區域，故稱曰省或區之植物檢驗 (state or provincial plant quarantine)，或稱國內之植物防疫 (domestic plant quarantine)，美國加拿大及澳洲等地遇國內某省或某區域內發生重要害蟲時，常頒佈法令，以禁止或檢驗由蟲災區域運出之植物。如日本金龜子 (*P. japonicum*) 在美國自 1916 年首先發現於新澤西省 (New Jersey) 之立弗頓 (Riverton) (幼蟲由日本運美之水仙花 (*Iris*) 根部所附之泥

土內傳入)，1918年即在該蟲發生之8省內(New Jersey, Pennsylvania, Delaware, New York, Connecticut, Maryland, Virginia及Columbia)試行防疫工作，而免該蟲再向鄰境蔓延。所頒佈防疫律(Quarantine No. 48)之要旨，爲(1)凡在防疫區域內之植物苗木、溫室、砧木、泥土、肥料等，終年不許運出，(2)有數種果類、蔬菜及其他農產品，自6月15日至10月15日之間，除非有檢驗合格證書，否則亦予禁止運出、美國幅員廣大，省與省間，病蟲害之檢驗律時有頒佈，如對於亞洲甲蟲(*Anomola orientalis*)及亞利桑那省(Arizona)境內之野生棉象鼻蟲、盜蛾(Gipsy moth)、棕尾蛾、歐洲玉米螟等，均頒佈禁律，限止災區內若干類農產物等之運出，以免害蟲蔓延鄰境。如亞利桑那省對於葡萄粉蝨(*Pseudococcus maritimus* Ebr)及葡萄根蝨(*Phylloxera vitifoliae*)之禁令，爲防疫律第3號，1927年12月通過“凡由加省(California)運入之葡萄根或切枝，須先經熱水(溫度 127° — 131° F)之處理5分鐘，並於每件貨內，附有加省檢驗處之蓋章文件者，方得運入境內，”又如對於胡桃負囊蟲之禁令，爲防疫律第21號，1927年10月1日施行“除加省外，其他各省之數種胡桃樹(Hickory, Walnut, Pecan)，一律禁止運入境內，惟其少數之接枝、嫩枝、芽及切枝等，若得省昆蟲技師之許可，方准運入。但物主在請求運入境內時，對於下列各點，須據實報告：(1)芽數(總數不得超過100)，(2)生長地，(3)運主及代售人之姓名與住址，(4)運貨之大概日期，(5)受許可證人之姓名與住址。應用法規，以阻止植物病蟲害之傳佈，至今已40餘年之歷史。全世界因此事業所消耗之人力財力，爲數極巨，功效如何，常引起昆蟲家之疑問。在理論

上，當可使若干種植物上之病菌與害蟲，跼跡於一隅，但近世交通便利，檢驗之方法又極草率，同時昆蟲能藉自身之分佈力，蔓延四方，故以前各國植物檢驗處，對外對內所發動檢驗之植物病菌與害蟲，大多屬於亡羊補牢工作。換言之，即害蟲已行傳入境內，然後再議定法規執行檢驗也。復次，植物病菌及害蟲能適生於一地，其聯繫之因子既多，而又極複雜，現時各國之植物檢驗處，各備有對外禁止之植物病菌與害蟲種類名稱，但何種能猖獗於國內，尚屬不可知之事。而各國檢驗處年費鉅金，以執行此尚未肯定之事件，此又為昆蟲學家所非議之點。近年各國關稅政策別謀發展，常藉已成之植物病蟲害檢查法規，而借題發揮。以抵拒國外農產物之輸入，凡此諸點，皆足供吾國發展植物病蟲害檢驗之參考也。

(C) 強制執行某種除蟲法之法規

田園如發生劇烈之害蟲時，政府當局可頒佈防除方法及法規，使在某區某省內之人民，一體遵行，此固於個人之工作及生產，一時或有影響，但將來社會全體受益極多。民國 17 年，江蘇省為驅除水稻螟蟲，曾於崑山縣內頒佈法規數條，以掘燬全縣稻田內之稻根。當時曾強制執行，見效頗多。美國之馬省曾用法規驅除盜蛾及棕尾蛾，該省境內無論何人之田園，如發現以上二種害蟲時，執業者在政府規定除盡日期之前，須將個人田園內之兩種害蟲完全除絕。如在規定日期內，尚未實行除蟲，則附近市政府可派人強制代為驅除，一切費用則由該執業之產業上抽稅，如執業者對於應出之除蟲費用抗不交付者，則政府可強制徵收，此種法規執行之時，該省爭執頗多，但至今已實行多年矣。

(D) 防止殺蟲劑摻雜及混用名稱之法規。

此種法規或稱殺蟲劑律 (insecticide law), 其用意在防止商人及工廠製造不合理之殺蟲劑, 致使用者非但不見殺蟲之效, 且能損及植物。在美國農部之殺蟲殺菌劑組, 公佈若干法規, 以管理各省間所輸出及輸入殺蟲劑內之化學成份、毒力及說明等。平時在市場所出售之殺蟲劑, 政府規定須有一簡要之說明, 表示其中所含之砷量及可溶性砷之百分數(美國殺蟲劑定律對於砷酸鉛內所含之可溶性砷不得超過 0.75%), 或殺蟲劑內所含主要成分之名稱及內中屑物 (inert substances) 之總量, 或各種屑物之名稱及百分率, 亦須加以說明。如市場上出售之殺蟲劑, 其毒力不甚顯著, 或殺蟲劑行後傷及植物者, 均可按法定之規定而起交涉。

參 考 文 獻

1. 張景歐 1934, 各國對於中國植物進口之檢驗手續及禁止種類。上海商品檢驗局農字單印本第 12 號: 1—131 頁(民國 23 年 4 月)。1936, 中國植物檢驗事業之回顧與前瞻 農報第 3 卷第 10 期第 588—591 頁。
2. Chew, A. P. 1940. The United States Department of Agriculture (Its structure and functions). U. S. D. A. Misc. Pub. No. 88.
3. Cook, W. C. 1931. Notes on Predicating the Probable Future Distribution of Introduced Insects. Ecology 12, 245-247.

4. Essig, E. O. 1931. A History of Entomology. pp. 502-538.
Chap. VIII. Entomological Legislation.
5. Fleury, A. C. 1934. Recent Trends in Plant Quarantine.
Monthly Bul. Dept. Agric. California 32, 64.
6. Fleury, A. C. 1934. Bureau of Plant Quarantine. Monthly
Bul. Dept. Agric. California, 23, 425.
7. Gibson, A. 1927. What Our Insects Cost Us. Scientific
Agriculture Vol. VII. No. II, pp 440--445, (由鄭同善氏譯
成中文, 栽農報第3卷第5號第264—279頁)
8. International Locust Conference, 4th, (1936); 5th (1938).
9. Gjullin, C. M. 1931. Probable Distribution of the Mediter-
ranean Fruit Fly (*C. capitata*, Weid.) in the United State.
Ecology 12, 248-258.
10. Leiby, R. W. 1932. Report of Secretary of National Board.
Jeur. Econ. Ent, 25, 486-487.
11. Newell, W. 1921. On the Organization of Work in Eco-
nomic Entomlogy. Jour. Eco. Ent. Vol. 14, pp. 36-47.
12. Orton, W. A. 1914. Plant Quarantine Problems. Jour. Eco.
Ent. Vol. 7. pp. 109-116.
13. Orton, W. A., and Beattie, R. K. 1923. The Biological Basis
of Foreign Plant Quarantines. Phytopathology 13, 298.
14. Sassocer. 1925. Plant Quarantine: past, present and future.
Jour Eco. Ent.

15. 蔡邦華 民國25年,德國植物病蟲害事業之一般.農報第1卷,第9期,第534—539頁.
16. Smith, H. S. 1933. The Efficacy and Economic Effects of Plant Quarantines in California. Univ. California, Bull. 553. 113.
17. Steece, H. M. 1940. Agronomic Research Projects. The Jour. of American Society of Agronomy. vol, 32, No. 2, pp, 135-140. (本文已由盛承師氏譯成中文載“廣西農業”第1卷,第6期第(423—427頁.民國29年12月)
18. Tompson, Manda A. 1933, Summary of State and Territorial Plant Quarantines Affecting Interstate Shipments. U. S. D. A. Mics. Pub. Co. revised.
19. Uvarov, B. P. 1938. The Economic Importance of the Locust and Grasshopper Problem Throughout the World. 5th. International Locust Conference. pp. 190-236.
20. 王湘佩 1935, 關於美國施行植物檢驗之法規. 上海商品檢驗局特種報告. 1341.
21. 黃修明 美國植物檢驗的歷史組織及工作. 國際貿易導報第6卷第5號第51—70頁.
22. Van Posteran. 1923. Organization and Methods of the Phytopathological Service of Holland. Rept. Internat. Conf. Phytopath. and Ent, Holland.
23. Wardle, R. A. 1929. The Problems of Applied Entomology.

Chap. XIX, XX.

24. Weber, G. A. 1930. The Bureau of Entomology (Its History Activities and Organization). Institution for Government Research. Service Monograph, 60. The Brookings Institution, Washington.
1930. The Plant Quarantine and Control Administration, Institution for Government Research. Service Monograph. The Brookings Institution, Washington.

第十一章 經濟昆蟲學上之 數量表示法

近數年來，昆蟲學家對於昆蟲繁殖之多少，發生之時期，寄主受害之輕重，各種試驗或防治之結果，不論在田野或實驗室內，除詳細觀察其現象外，又設法求得一數量上之結果。因此，算學公式或統計方法隨事實之需要，而應用於昆蟲學上。由此，可將某種昆蟲問題所得之事實，或試驗之結果，設法歸納整理，更有系統的一一為之分析，使成爲一種簡明確切之報告，亦即所謂統計昆蟲學 (Statistical Entomology)。此種工作歐美自 1920 年即已開始，在我國則自 1930 年起，隨農業生物統計 (Biometry) 之普遍應用而爲同道所注意。

統計方法之應用於昆蟲學上，爲時雖淺。但普通一般用於農業或生物學上者，皆一一爲研究昆蟲學者所採用，故關於方法之如何解釋，專書論者頗多，本章不再重述。此處所敘述之範圍，祇在收集統計學上數種方法或若干公式曾經同道所採用而無流弊發生者，擇要摘錄，以供研究害蟲問題時之參考。

本章所舉各節，祇屬綱要，如讀者欲知其詳，可參閱原文或下列各書：

1. Fisher, R. A. 1941. *Statistical Methods for Research*

- Workers, 7th edition.
2. Leonard, W. H. and Clark, A. G. 1940. Field Plot Technique.
 3. Love, H. H. 1934. Application of Statistical Methods to Agricultural Research
 4. Snedecor, G. W. 1946. Statistical Methods.
 5. Tippett, L. H. C. 1937. The Methods of Statistics.
 6. 王綏 1935, 實用生物統計法

第一節 取樣之注意

求數量之初步, 先蒐集材料(或稱樣品 sample)。着手之時, 不可先存成見, 應在能代表全體實情之大量材料內, 用隨機取樣法 (random sampling), 以收集問題內所期得之材料, 隨機取樣之範圍宜普遍, 次數宜多, 否則離實地情形必遠。Huber 氏云: 取樣如不審實情, 則遺誤頗大。欲求取樣準確, 應有若干重複, 並於檢查時, 覆查一次, 於必要時, 取兩單位之樣本。同時, 數目愈多則愈近真實, 否則取樣之數目若減少, 則機誤隨之增加。如在兩處以上之地點取樣。而備彼此比較者, 則關於材料與環境之統一 (homogeneity), 亦須注意, 如植物之品種、年齡、大小、產量、種植方法、土壤種類、施肥狀況, 以及噴射藥劑情形等, 須彼此無所差異, 如是在各種純一區域內, 所取樣本而計得之結果, 所受其他因子之影響頗少。

所蒐集之材料, 須用正確之測量工具, 精細記載, 並將所得之數字列成表格, 再用適當方法為之分析, 藉以求其結果。再根據種種事實, 加以真確之解釋。

惟算術公式或統計方法應用於昆蟲學上者，不論關於形態上之變異，繁殖數之增減，或為害情形之輕重，或試驗結果之顯著與否，所得之數字，無論如何精密，祇能代表事實之概要，或竟為一部份之現象，非為絕對之正確。況昆蟲在自然界內，生長習性至為複雜，其變異 (variation) 本難以機械式之方法而測驗之。故本章所舉各種算式，或其他書報上所得之法則，藉以攷求昆蟲各種生活在數量上之結果時，切不可忽略實際情形，否則所得結果反失真實，對於研究之問題，添莫大之危險與錯誤。

第二節 寄主被害損失之計算

及害蟲密度之調查

植物因蟲害所受之損失統計，自來為農業家及昆蟲家所注意，惟各人所用方法漫無標準，所得數量上之結果（如某種作物受蟲害之損失時）是否可靠，常引人懷疑。至於舊時一般標準所用之估計，或憑個人觀察而得之數字，皆缺乏真實之材料及精確之方法，故今日皆棄而不再應用。同時，昆蟲種類繁多，習性互異，在野外分佈情況必為複雜，故在事實上，又難能以一種方法而測定各種昆蟲之害狀。Wardle 氏 (1929) 對於測定植物受害蟲損失輕重之意見如下：

1. 測定植物被蟲害之輕重時，應選擇昆蟲生活史中之固定時期，如蛾蝶類之卵、幼蟲，地下昆蟲之幼蟲，蝗類之卵塊，介殼蟲之雌蟲，以及其他昆蟲之幼蟲等。

2. 選擇被害區域時，應先注意某種昆蟲是否均佈於該區內，該

處生態因子須趨近一致，同時應在為害程度最均勻處採取材料。

3. 應採用隨機取樣法，取樣之次數愈多，則所得之平均數愈近真確。

4. 如為一有次序或連續之取樣，則各期相隔之時間宜短，若害蟲在一年內發生數代者，則各代至少各檢查一次，每次所檢樣本之次數愈多，所得之結果愈有價值。

吾人在實地調查，或試驗害蟲在各寄主上侵害之輕重，或在歷年為害之情況時，對於昆蟲羣體真實分佈情形，及影響於昆蟲分佈之環境因子，須事前熟悉無遺(Uphot, 1940)，否則錯誤頗多。有數類昆蟲之分佈，呈二項式展開(binomial distribution)，或作常態曲線，有數類之分佈呈潘松氏連系狀(Poisson series)，或為蔓延式之散佈，要視各種昆蟲而異，下列二則又不可輕忽也。

(a) 探求寄主間(各品系)受蟲害之差異 在求得各寄主上所受害蟲之適當害狀，使各品系間彼此能有顯著之差別(殺蟲劑毒力之差異亦然)，蓋在平常時害蟲所致之害狀如太輕，則使各品系間之差異無由表示，故作物上害蟲所致之害狀太輕與過重，均難以依據。因此，吾人當採樣或試驗時，須將所求之各種因子，一一採用適當方法，加以探求，俾可得正確之結果。

(b) 估計害蟲侵害後之反應 估計或決定作物受害蟲之實情，則調查或試驗者不但具有正確之判斷力，抑且須應用種種適宜方法(參攷本節所舉之列)，以表現一種害蟲侵害寄主之實況。同時，又使適於應用變量分析法而求其結果，並用F測驗法，以示其差異之顯著性。如F值大，則示同一品系在各區間所得之結果，頗為一致，或

示各品系之較大差異在機誤上，無不成等比之增加。

關於測定植物受蟲害輕重之方法有二：(一)為估計蟲害發生之數量；(二)為估計寄主被害之損失數。

(一) 估計害蟲發生之數量

關於估計害蟲數量之法有四：

(A) 以面積為單位 (superficial units) 者，示害蟲在某種單位面積 (平方尺，平方米，或每畝) 內之數目，此種測定對於下列昆蟲可應用之：

1. 體小、不活動而好羣集之昆蟲，如介殼蟲、蚜蟲及花蝨 (Thysanoptera) 之幼蟲等，平日常寄居於植物之莖葉部。Butler 氏 (1938) 計算白菜葉面所寄居之粉蝨 (Aleurodes brassicae) 數，如下所示：

寄主種類	每一平方吋葉面內最多之幼蟲數	每一平方吋葉面內幼蟲之平均數	每一平方吋葉面內最少之幼蟲數
A 種	6.42	3.13	1.90
B 種	5.31	2.43	1.21
C 種	5.22	2.19	1.05

氏於實驗室內舉行精細之測量外，復在田野試驗，將所種甘藍各區，用拉丁方 (Latin Square) 法排列之，每區面積佔 9 平方呎。內用同品種之甘藍 9 株，再用魚藤粉及昇汞 (corrosive sublimate) 噴射之，以殺甘藍葉之根蠅及跳蟲等，使所試驗之粉蝨能均勻分佈於各品種上，所得結果如第五二表所示：

第五二表 一種粉蝨 (*A. brassicae*) 在各種甘藍菜間
為害之相差數(錄自 Butler 氏 1938)

各種甘藍菜名稱	葉面上每一平方吋內之平均幼蟲數	由此測得顯著度
1. "Extra curled" Scotch kale	5.01	1>8.7.6.5.4.3. at 0.1% point. [1>2. at 5% point]
2. "Standwell" broccoli	4.18	2>8.7.6.5.4. at 0.1% point
3. "Wroxtan" brussels Sprouts	3.66	3>8.7.6.5.4. at 0.1% point
4. Purple sprouting broccoli	1.95	4>8.7.6. at 0.1% point
5. "Perfection" broccoli	1.75	5>8.7.6. at 0.1% point
6. White sprouting broccoli	0.60	—
7. "Best of A all" savoy	0.39	—
8. "Enfield Market" cabbage	0.63	—

上表內之標準差誤 (standard error) 等於公共平均數 (general mean) 之 28.76%。

介殼蟲之發生於植物幹葉部者，亦可用平方吋之單位以檢查其密度。Davis 氏 (1926)，在美國印第安省 (Indiana) 用下列各標準，說明霜納散介殼蟲 (San Jose scale) 之分佈密度狀況。

- 極輕 (very light) 在植物偶然有一蟲之發見。
- 輕 (slight) 在植物之蟲數不普遍，但亦不難尋覓。
- 中等 (moderate) 蟲數頗多，蟲羣密集，幾呈殼蓋狀態 (encrusted condition)。
- 重 (heavy) 蟲害頗顯著，同時在小枝上，可發現結成殼蓋 (encrusted) 之蟲羣。

e. 殼蓋重密 (heavily encrusted) 多數枝條均見有殼蓋。

以上害狀之分類，如用數字計算，則可以 1—10 代表之，1 爲極輕，10 爲殼蓋重密，此種方法在研究麥類銹病者，亦常採用以說明寄主受病之輕重，而示各品種間抵抗銹病力之強弱。

介殼蟲在寄主植物上之分佈，由若干中心（母蟲所在地）蔓延四佈，愈近中心密度愈高。Uphot 氏 (1940) 在美國曾試測黑介殼蟲在橘樹葉及枝上之分佈情形，藉將所得之分佈實況與期望值 (expected value) 相互比較。氏測得黑介殼蟲之實地分佈與假定潘松氏之期望分佈數完全不同，並與 Neyman 氏 (1939) 所得玉米螟幼蟲羣體之蔓延式分佈 (contagious distribution) 亦不相似。蓋介殼蟲由母蟲分佈，玉米螟幼蟲由卵塊分散（雌蛾產卵爲隨機），彼此分佈之中心點各不相同。由此，可知各類昆蟲各有特殊之分佈方式，此爲昆蟲家實地調查害蟲密度時所應加注意也。

2. 生活於土內之昆蟲，如金龜子、金針蟲、地蠶等類，調查其分佈之密度時，則檢查土之深度須依據蟲能深及之範圍。平常先在一區田內，隨機取樣若干次，每次樣本之單位爲 1 平方呎，深 7 吋，而後再將各次取樣之結果相加，求得一平均數，更推及每一畝內之蟲數。惟取樣單位，各人所用不同，有人用土表面 9 平方吋深亦 9 吋。Morris 氏 (1922) 於 Rothamsted 試驗場用上列大小之單位，在每半畝內取樣 23 次。亦有人用土表面 9 平方吋，深 9—12 吋（深淺因時期而異），掘出之土，用篩將蟲與土分離，計算一單位內所得之蟲數，或用 1 立方呎爲取樣之單位，每區土內取樣 5—12 處。Jones 氏 (1937) 在美國檢查土中金針蟲之分佈密度，所用取樣單位，初以表面寬

廣 1 平方碼，後覺實行之時，所費人工頗多，故改用較小單位面積，但取樣之次數較多，其結果較近正確。氏試用之單位有下列三種：

- a. 土面面積 1 平方呎深 1—2 呎(深淺因時季而不同)；
- b. 土面面積 1/4 平方呎(深同上)；
- c. 土面面積 1/16 平方呎(深同上)。

各樣本掘出後，均用篩將土與蟲分離，而後計算所得之金針蟲數。氏對於下列二點應用統計方法測出其可靠性。

- a. 小單位(土面 1/4 或 1/16 平方呎)體積內之樣本，與較大單位(1 平方呎)體積內所得之金針蟲數是否相同。
- b. 在一區域內，取樣 25 處或 50 處，是否與同大小區域內取樣 100 處者有相同之效果。

氏用 χ^2 測驗法以檢查金針蟲在土中分佈狀況(在三種單位之樣本內)所得結果如下(每一樣本，包括 100 單位)。(在 1, 1/4, 1/16, 平方呎內取樣，比較金針蟲在土內分佈密度之期望數與觀察數之關係)。

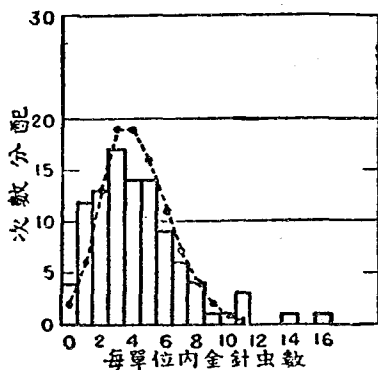
第五三表 在三種單位面積內取樣之 χ^2 測驗
(錄自 Jones 氏 1937)

	1 平方呎	1/4 平方呎	1/16 平方呎
χ^2	12.47	5.84	0.51
自由 度	6	2	1
概 率	0.05	0.06	0.40

由上結果，P 值在 0.40 與 0.05 之間，示期望數與觀察數相符合，同時金針蟲在 1 平方呎面積內之分佈為近不對稱形，即組次數

(class frequency)在一邊極高，而在別一邊呈低減狀態。此種分佈與潘松氏連系相符合（如第五八圖）。在其他兩種較小之單位內，金針蟲之分佈略呈 J 字曲線。由此，可知用 1 平方呎面積取樣者，其正確性較其他較小單位為可靠。

關於田野某區域內取樣處數之多少，方可近於正確，氏用 25, 50, 100 處三種，每種取樣品（面積一平方呎）處所在 100 處者，其比較標準誤 (relative standard error, 不



第五八圖 金針蟲在每 100 單位內之分佈情形，單位面積為一平方呎。圖內長方柱示金針蟲在土內觀察數之分佈，曲線示 Poisson series 之期望次數（錄自 Jones 1937）。

但極小，抑且頗穩定。同時，取樣 50 處者，亦頗可靠。故在田野土內，如金針蟲之分佈密度不高時，則一區內須取樣 50 處，若土內金針蟲分佈之密度頗高，或為中等密度時，則一區內之取樣次數可以略為減少。Ladell 氏 (1938) 在英國 Rothamsted 試驗場調查金針蟲在各種土壤內生存之數目，氏採用土壤標樣之大小為 6 吋立方。Jary and Austin 氏 (1939) 亦用相同之單位，即用闊 6 吋之鐵鏟，插入土下至 6 吋深處，然後將此深度之土及土面着生之淺草，一并取出，再將淺草根層與土分開（因在淺草層內之金針蟲不能與土內者相合併計算，氏得草根深度約為 1½ 吋）。然後以每處所採得之土壤放於篩內，而檢查金針蟲之數目。氏曾在 9 畝內取樣 50 次，7 畝內取樣 30

次。歷次取樣地點在全面積內作有系統之排列，并將各樣本在全面積內之所在地，一一標注於紙上，再記上其所得之金針蟲數，更討論金針蟲在全面積各點分佈多少與環境之關係。Fleming 氏 (1936) 檢查土中一種金龜子 (*P. japonica*) 在廣大之田野內，因地勢高低及種植玉米與否，劃出四區作為取樣之處所，每區長闊 50×50 呎。在各區內，氏又劃出面積不同之小區，作為取樣之最小單位。幼蟲在每區內之分佈，此密彼疏，極不均勻。在各區每一平方呎內，幼蟲數目自 0—46 條不等，此種差異與地面生長植物之狀況，地勢之高低，有密切關係。氏在試用區內所定最小面積之單位計有： 1×1 (呎)， 1×2 ， 1×4 ， 3×3 ， 1×9 ， 1×50 ， 2×50 七種。而以 1×1 之面積效力最大。在標準差 $\sigma = 4$ 時，有 62% 在此範圍內，此種單位在每區內至少須取樣 25 處，其他各單位之準確度均不可靠。換言之，最小單位面積大於 1×1 呎者，則其準確度漸形減低而在每區塊內取樣之數目必愈少 (因小單位面積增大，則每區內占地愈多)。Finney 氏 (1941) 對於金針蟲在田內生存數之多少，及在英國若干省份之分佈密度與小麥及燕麥受害之輕重，加以詳細之調查。氏用直徑 4 吋之圓筒 (約等於 $\frac{1}{500000}$ 畝之面積)，在每畝內，取樣 20 次 (在每 $1/10$ 畝內，各隨機取 2 次)，所得結果，將全畝 10 小區之各區間與每區內所有金針蟲數之變異，彼此相較，亦用變量分析法而計算之。氏查得每樣本內所得之金針蟲平均數少於 0.5 條時，則金針蟲在每樣本內，蟲數之分佈頗適合於潘松氏律。換言之，樣本變量 (sampling variance) 等於每樣本內之平均數，若每樣本內之蟲數較多時，則其變異較潘松氏分佈律為高。

地蠶在土中分佈之密度，各地相差頗甚，在重慶附近，凡棉田或豌豆田等，則用 1 平方市尺之單位，於 1/4 之市畝內，隨意取樣 10 處，求其平均數，如於曠野之雜草地，則用 1 平方公呎，在 1 市畝面積內，隨意取樣五處，而求其平均數，蝗卵產生之密度亦可由本法而計算也。

3. 生活於土面之昆蟲，如蝗蝻羣或行軍蟲羣，在其進行之道途上，於地面劃 1 平方呎或 1 平方碼等單位面積，俟蝗蝻經過此單位面積時，計其每 1 平方呎、碼內之蝗蝻數，此種探測須在多處舉行之，並將同一地域內歷次所得之平均數而推算全面積內之總蝗蝻數。

(B) 以容積為單位者 (volumetric units)，以示每升每斗內所遭遇害蟲之損失數，或在每立方公尺或在每 1 立方呎木幹內之蟲數，此種測定方法，在倉庫害蟲，木幹害蟲等應用較多。

(C) 以寄主為單位者 (host units)，以計算每株植物或每個動物上之害蟲數，對於各種果樹蠹蟲 (如桃蛀蟲，蘋果蛀蟲，李象鼻蟲，橘蛆等)，棉鈴象鼻蟲 (Boll Weevil) 與多種鑽莖蟲 (如玉米螟，水稻螟等) 致蟲廢之昆蟲及害根昆蟲等，均可應用。測驗之方法，頗為簡單，而所得結果，亦近於確切，即將健全與受害之果，加以分別，再用百分率表示之。Mc. Greger 氏 (1926) 曾用一箱，內面安放膠紙，四週裝以鐵紗，然後將此箱放於患花蝨之橘枝下，更打擊枝葉，使花蝨落於箱內，而黏於膠紙上，如是可計算每枝條上之花蝨數。

Neymen 氏 (1939) 查得玉米螟幼蟲在各玉米株間之存留數，呈蔓延式之分佈。換言之，即一區內玉米螟幼蟲在玉米桿內之生存數

愈增，則採得之機會亦愈多，在鄰近卵塊所在地之四週，分佈密度極高。水稻螟蟲之分佈亦呈是型，惟在猖獗之年，則一株稻上，卵塊數太多，致稻莖內幼蟲之密度在全田各稻株上無甚差異。

(D) 以時間為單位者 (time units)，在某時期內寄主被害之百分率，或在某時期內所搜得之昆蟲數，此法大多應用於活動之昆蟲，如浮塵子、土蝗、椿象等。檢驗之時，可用一規定大小之捕蟲網（網口直徑之大小相同，網柄長短相同），在相同之步數內，作等數之掃捕。Weese 氏 (1924) 在植物葉叢或灌木（高約 0.5 公尺）上，用捕蟲網掃 10 次（每次掃之闊度為 10 公尺），所得之樣本，以代表一區內之昆蟲數。Phillips 氏 (1931) 用以檢查一地，或某種植物上昆蟲數目之捕蟲網，網口直徑約為 30 公分，柄長 70 公分。Beall 氏 (1935) 曾應用 Charliers 氏係數，而示於某期內，在一地用網掃得之蟲數。Charliers 氏係數之算式為 $\frac{100\sqrt{\bar{x}^2 - \bar{x}}}{\bar{x}}$ ，S 為計算標準差 (calculated standard deviation)， \bar{x} 為所得每組 (group) 蟲之平均數。

氏用蟲網掃捕 25 次，所得三種蟲之 Charlier 氏係數如下：

昆蟲種類	\bar{x}	$\sqrt{\bar{x}}$	S	Charlier 氏係數
Empoasca spp.	6.72	2.59	4.17	49
Longitarsus spp.	1.24	1.11	1.53	85
Glyptina spp.	0.48	0.69	0.76	62

有時以每人每小時或每日所得之蟲數，以示昆蟲在一地棲息之密度。Nash 氏 (1933) 在非洲採用每人所捕得之刺刺蠅 (*G. morsitans*)，以示每童工在每碼內所得之蠅數，同時捕蠅距離為已知數，有此二常數，即可由下式計算刺刺蠅在某區域內之密度。

$$\text{蠅在某區域內之密度} = \frac{\text{蠅數}}{\text{捕蠅人數} \times \text{距離}}$$

由上式所得之結果，若數目太小，則可再乘以 100，使所得之單位為每人在 100 碼內所得之蠅數。

用蟲網掃捕昆蟲而計其密度，雖所用網之大小劃一，或掃捕之次數增多 (Smith, 1928 及 Shackleford, 1929, 氏在一區內掃捕次數增至 50 次)，但此種方法究屬粗放，所得結果之可靠性不高。

(二) 估計寄主被害之損失數

關於寄主被蟲害之程度如何，表現方法有：(A) 用人為假定之等級，以示作物被蟲害之輕重；(B) 以寄主受害與健全兩者之比率，而表現其為害百分率。

(A) 有多數害蟲在作物上為害之輕重，可用人為之等級及百分率表示者，此種方法在歐洲常為農林界上所採用，如在蔬菜生長期內，每月調查幼苗情形，根據被蟲害之多少、輕重而分五級記載之 (1 = 甚佳；2 = 佳；3 = 中；4 = 劣；5 = 極劣)。

為害等級		為害%	植株受害狀況
1	=	0%	未受害
2	=	1—5%	受害輕
3	=	5—10%	受害中等
4	=	11—20%	受害烈
5	=	20%以上	受害甚烈

有時在作物上害蟲發生之密度，亦可因每株上棲息數之多少，

而分爲若干等級(如 1 = 每株上有蟲 0—5 個, 2 = 有蟲 6—11 個, …… 5 = 有蟲 25 個以上)。

Hyslop 氏 (1927, 1930) 在美國根據 10 種重要昆蟲之爲害程度, 依百分數之高低而分爲下列六級:

- | | |
|----------|-----------------------|
| 0 | 無蟲害者(或病害者)。 |
| 1— 20%. | 害狀散漫, 無顯著之損害。 |
| 21— 40%. | 害狀中等, 受害輕。 |
| 41— 60%. | 害狀普遍, 各株皆受害, 損失較大。 |
| 61— 80%. | 害狀甚普遍, 各株均受害頗重, 產量減低。 |
| 80—100%. | 產量大爲減低, 幾至完全消滅。 |

上述方法 Pickles 氏 (1931) 曾應用於浮塵子爲害甘蔗之狀況, 氏所定標準如下:

寄主疫病程度 (由浮塵子所致之甘蔗疫病)

- | | |
|---|--------------------|
| 5 | 極重, 甘蔗因而枯死, 無法復活者。 |
| 4 | 重, 葉上有深棕色相連接之斑紋。 |
| 3 | 尙重, 葉上斑紋作深棕色。 |
| 2 | 中重, 葉上斑紋呈灰色而不顯著。 |
| 1 | 輕微, 葉作黃色。 |

災害區域

- | | |
|---|--------------|
| 5 | 全田及四週道路均被災害。 |
| 4 | 全田均受害。 |
| 3 | 全田內四分之三甘蔗受害。 |
| 2 | 全田內半數甘蔗受害。 |

- 1 全田內四分之一甘蔗受害。
 × 田內甘蔗微受害。

(B) 寄主被害之程度，以寄主受害與健全兩者之比率而表現者，則可求得寄主被蟲害之百分率，常用之方法即：以作物實在之產量除被蟲害之損失數，再以 100 乘之，即得蟲害之百分率。如有某種作物之實在產量 = 120 公斤，受蟲害之損失數 = 25 公斤，則寄主受蟲害損失百分率為 $120:25 = 100:X$, $X = 20$ 。

上列理論，亦可由別一算式而表示之。如棉鈴蟲 (*Heliothis obsoleta*) 之為害，恆用棉鈴被蟲害之百分率，其計算式如下：

$$\text{受害百分率} = \frac{\text{受害鈴數}}{\text{全株鈴數}} \times 100$$

此種百分率之計算，頗為簡單，而應用頗廣。關於蝗蝻之損失，則可以受害區與未受害區內作物之收穫數而比較之（比較時，兩區作物除蝗害之不同外，其他一切條件均相同）。

關於水稻螟害損失之統計，不僅檢查白穗數與健全穗之比率，抑且須注意寄主因螟害而不能抽穗及分蘗力衰弱之數目，計算之方法，先有台灣素木得一氏擬定下列之公式：

$$\frac{\frac{x_1 \times y}{100} + \frac{x_2 \times y}{100}}{2} = x$$

x_1 第一季稻白穗率，

x_2 第二季稻白穗率，

$$y = \frac{a \times 100}{a + b},$$

- a ……第一季稻根中三化螟幼蟲及蛹數，
 b ……第二季稻根中二化螟及大螟之幼蟲及蛹數，
 x ……三化螟白穗數。

氏又云，當水稻收穫時，檢得白穗 1 分實際全年之被害比例，約為 3 分 8 厘許云。蔡邦華氏（民 18 年）用下列白穗率公式，以示水稻所受螟害之損失：

$$1. \text{白穗百分率} = \frac{\text{白穗數} + 1/2 \text{半枯穗數}}{\text{總穗數}} \times 100$$

$$2. \text{無白穗百分率} = \frac{\text{總莖數} - \text{總穗數}}{\text{總莖數}} \times 100$$

每叢水稻在常態下（絕無螟害時）能抽穗若干，則各品種間略有參差。再水稻在拔長時期，因受螟害，心葉枯落，其後期之分蘗數是否與健全水稻之分蘗數有差異，凡此皆與計算螟害之輕重有關係也。

Larrimer 氏（1924）對於小麥受麥桿蠅為害程度之測定，在秋季與晚春兩季，每隔 3—5 日播種一次，共種 5—7 次，每次所播面積約等於十分之一畝。每次播種之日期，依據原來最適宜播種期再提前一日或退後一日，如是，以觀察小麥生長之不同與麥桿蠅害之輕重。在歷次播種區內，任意取小麥之樣品五叢（5 random lots），每叢約 20 莖，故在每一樣品內即包括 100 莖。各區樣品採得之後，在實驗室內作下列各項之觀察：

1. 播種之次數與日期，
2. 被檢查之莖數及株數，

3. 受害株數及莖數(culm)之百分率。
4. 每一被害莖上所有幼蟲、蛹之大小，總數，最多最少及平均數。
5. 每一數字必附以或差數(probable error)。

Painter Salman and Parker 氏 (1931) 對於小麥麥稈蠅爲害程度之測定，擬定下列三步驟。

1. 計算小麥被害植株之百分數，
2. 計算小麥被害莖數(或莖數)之百分數，
3. 計算某一定株數上所有蛹之平均數。

Rorodin 氏 (1926) 對於一般穀類被蟲害之測定，曾定下列三步驟。

第一步 在實驗室內或田野內，將生長於同一環境下之穀類，受害與非受害者互相比較，求得產量之差異，然後將此差數化爲百分數，以示受害植物所產之重量，稱曰被害係數 (coefficient of injury)，其計算式如下：

- S_1 = 經人工接染後之植株產量數，
 S = 未經人工接染之植株產量(對照植株)，
 C = 被害係數，
 $S - S_1$ = 對照植株與受害植株產量之相差。

$$C = \frac{(S - S_1) \cdot 100}{S}$$

(即 $\frac{(\text{未受害作物在一定面積內之收穫量} - \text{受害作物在一定面積內之收穫量}) \times 100}{\text{未受害作物在一定面積內之收穫量}}$)

昆蟲之為害係數，須在實驗室內及田野反覆試驗及考查，方可有較可靠之結果。同時，在各種昆蟲中，各有特殊之表現。如蝗、切根蟲等，寄主如被其害時，全株收穫無望，則 $C = 100\%$ ，他若小麥上之鋸蜂，水稻上之捲葉蟲，棉之捲葉蟲，則被害之輕重與收穫之多少有直接關係，則 C 值高低不等。

第二步 在田間求得被害品種植株，或莖之被害百分數，稱曰被害百分數 (percentage of infestation) (法與 Larrime 氏所設計者相似)，其法任意在田間各處之一平方米面積內 (或一平方碼面積)，取 20 株為一樣本，共取 20J 樣本，然後平均之，其計算式如下：

P = 被害植株之百分數。

N = 檢查或試驗之植株數目。

n = 被害植株之數目。

$$\text{則} \quad P = \frac{n \cdot 100}{N} \quad (1)$$

$$\text{或} \quad P = \frac{(n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{12}) \cdot 100}{(N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_{12})} \quad (2)$$

若所檢查之作物為 200 株，其被害百分率為 20—30% 則其可能之差誤 (m) 可由下式而計算之：

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$(m, \text{符號為作者當時所採用, 現時多用 } S\bar{x} = \frac{S}{\sqrt{N}})$$

σ = 樣本之標準差 (S. D. of samples).

s = 集團之標準差(S. D. of population).

n = 變員次數.

如所檢驗之植物為 200 株者，則其理論的誤差不過 10 %。但檢查之植株數愈多，則百分數之機誤(P. E. of percentage)愈小。

第三步 某作物在田間因蟲害所減少之產量百分數，或損失百分數(L)之計算式如下：

$$L = \frac{C \cdot P}{100} \quad (3)$$

C = 被害係數，

P = 被害百分率。

每畝田內作物之“實在產量” A ，及“論理產量”(possible (theoretical) yield, Y) (即未受蟲害之產量)，可由下式求之：

$$Y = L \cdot Y + A \quad (4)$$

或
$$Y = \frac{C \cdot P \cdot Y}{100} + A \quad (5)$$

或
$$Y = \frac{100 \cdot A}{100 - C \cdot P} \quad (6)$$

關於作物因受害蟲後所得實在產量及論理產量之相差，即為作物因蟲害後之“實在損失”“ α ”如下式所示：

$$\alpha = Y - A \quad (7)$$

或
$$\alpha = \frac{100 \cdot A}{100 - C \cdot P} - A \quad (8)$$

有時，在一種植物上同時被數種害蟲或病害所侵害者，則每種害蟲或病害之損失，須先各分別計算，而後再加合併。如是，則第

(4)式須略加變更如下:

$$Y = L \cdot Y + L_1 \cdot Y_1 + L_2 Y_2 + \dots + A.$$

上式內如 L 爲麥桿蠅之損失, L_1 爲金針蟲之損失, L_2 爲銹病之損失等.

埃及產棉區對於棉紅鈴蟲, 刺鈴蟲(Sping boll worm 與中國之華鈴蟲同屬) 被害程度之表示法, 曾將裂開之棉分爲健全與受害兩類, 並各秤其重量. 採樣本時, 先將一畝棉田劃出四分之一畝, 該小區更分成六等塊, 在收棉季內, 每星期(於同日內)在每塊棉田內, 採集樣本, 並將所得之棉鈴, 各各包藏, 詳加標注, 以備他日計算之用. 此法舉行時, 須在數十或近百區之棉田內, 重複取樣, 如是所得結果, 機誤較小.

1924年, 美國經濟昆蟲學會, 曾討論計算作物被蟲害損失之方法, 茲摘錄其所決定之原則如下:

(1) 對於所攷查區內之地形演變(即前期作物等), 耕作制度, 排水等, 均須詳爲調查.

(2) 攷查時所選定之面積或取樣之單位, 須注意下列各點:

- a. 取樣單位在某區域內之分佈, 能作爲全體之代表者.
- b. 季節氣候、穩態處所、土壤及其他環境情形之能使昆蟲發生各種複雜生態者.
- c. 昆蟲各時期之自然習性.
- d. 先決定取樣之方式, 再攷慮取樣單位之面積.

(3) 估計某單位面積內昆蟲生活史中若干時期之繁殖數, 對於某一單位面積內害蟲應觀察之次數與時間, 則視害蟲之種類而異.

至於估計蟲害數目之方法，須極真確，普通常用爲害之百分率表示之。

(4) 觀察所得之結果，先列成表格，再加整理，藉作彼此比較之研究。工作者在實地研究時，對於以上各點，須完全明瞭。此外，如歷次取樣，均成固定之大小(如每平方尺，或平方碼面積內之蟲數，每百株植物或每百果上之蟲數，或每 1 平方吋葉面或樹皮表面之蟲數等)，各次取樣相隔之時間，須有一定，取樣之時日，須詳細記錄，在取樣之田園內，調查果實被蟲害之百分數時，則調查者可在園中每隔一行檢查(檢查行每隔 5—10 樹檢查一株，使被檢查之樹，斜佈於全園內)，或採用其他預定之方法，使調查者免去對於樣本不致發生選擇之弊。

關於作物受蟲害之損失，有時以金錢數代表之，此種損失數頗少科學上之價值，因作物之價格歷年不同，故所估計之數目亦不能持久，反能引起後人之誤解。但有時爲表示某地某年內，作物因受蟲害後之經濟損失起見，關於金錢之損失數亦可作正確之估計，更以在推廣時所用之表格上採用較多。

在大面積內(一省或一國)作害蟲損失之估計，近年雖有所設計(Beall, 1941)，但如取樣不真確，或調查數目太少，與調查員所用之方法不統一，或寄主作物一年內之產量尚無切實之報告時，所得結果殊不可靠。在中國作物田畝之大小，各地頗有差池，作物之分佈面積尚未調查清楚，同種作物每畝在各地之產量頗多差異。再加同種害蟲損失數量之估計，機誤頗大，非失之過多即爲太少，此爲試行調查害蟲損失者所宜注意也。茲錄中央農業實驗所害蟲調查表之格式

如下:

(背 面)
省 縣農林植物害蟲調查表, 民國 年

蟲 名		科 名		俗名	
被 害 植 物		其他寄主			
發 生 地 點					
發 生 時 期	月 旬開始發現	月 旬盛發	月 旬衰退	一年發生	代
為 害 狀 況					
植 物 受 害 率 計 算 方 法					
及 產 量 估 計 方 法					
防 治 土 法					
材 料 來 源					
備 註					

填表人..... 調查日期..... 年..... 月..... 日

(正 面)

<p>說 明</p> <p>(一) 本表每年調查一次, 每張以記載一種害蟲為限, 請乘便調查填寫後, 寄還本系。</p> <p>(二) 調查害蟲, 包括農藝作物 (如稻、麥、棉、烟草、油桐、桑、麻、茶、甘蔗等)、蔬果、森林、樹苗、及倉庫等。</p> <p>(三) 「蟲名」一欄, 如調查者知其學名, 請為填入。</p> <p>(四) 遇有特殊害蟲發現, 希採集標本, 郵寄本系。</p>	<p>南京 孝陵衛</p> <p>農林部中央農業實驗所</p> <p>植 物 病 蟲 害 系</p> <p>年 月 日 寄 收</p>
---	---

在一地調查完畢之後，對於作物受病蟲害損失概數之表示方式頗多，茲錄數則如下：

作物產量被害之百分率(%) (德國拜恩省(Bayen)之報告)

	受病害者	受蟲害者	天氣影響	損失總數
單位面積(區域等)				
全區域內之平均數				

在美國農部所用之表格，除登載病蟲害之損失數外，對於不良天氣之影響，亦詳細列入。此種調查表可示每年作物標準產量之平均損失數，每年損失之平均重量及平均金錢數。下表乃為農部作物報告處根據6區內調查10種作物(玉米、小麥、燕麥、大麥、稻、亞麻、馬鈴薯、菸草、乾草、棉)在產量上所受損失之統計結果。

	總 損 失	不 良 天 氣 之 影 響							其 他 包 括 作 物 過 冬 時 之 損 害	病 蟲 害 損 失	各 種 高 等 動 物 之 損 失	其 他 不 明 原 理 之 損 失
		水 災	旱 災	濕 災	霜 災	冰 雹 災	熱 風 災	暴 風 災				
耕種區域及年												
平均數與總數												

德國每年對於主要作物產量損失之調查結果，常用下列格式表示之(天氣影響未計在內)：

	物 品	收 獲 量 100噸	價 值 (馬克)	平均損害之估計			
				病 害		蟲 害	
				%	馬 克	%	馬 克
1.	穀 類	17140	3942	10	394	10	394
2.	馬 鈴 薯	33490	1460	25	365	5	73
3.	甜 菜	10237	256	5	12	10	26
4.	蔬 菜	2955	350	10	35	10	35
5.	果 類	2093	400	10	40	20	80
6.	酒(單位用罇)	133881(hl)	802	20	16	20	16
	損 失 總 數		6488		862		623
	損 失 之 平 均 百 分 數			10.3		7.8	

農作物每年所受蟲害之損失數，亦可用圖表曲線指示者，則次數直方圖(histogram)，直線圖(line diagram)，條圖(bar diagram)，次數曲線(frequency curve)等，可隨事實之適合而應用之。

第三節 殺蟲劑毒效之計算式

殺蟲劑毒力之估計與測算法

估計或測算一種殺蟲劑之毒力，自來各家所用之方法頗多，或祇計昆蟲中毒而死之毒物量，對於時間即不加注意，或中毒量與時間并重，茲依其性質分為下列三種：

- 一、以一種殺蟲劑為標準，作為試測其他毒劑效力之強弱。
- 二、以一假定時期(arbitrary period of time)，藉以與其他毒劑比較。

三、以中毒死亡百分數作為標準，為各殺蟲劑毒力之比較。

一、以一種殺蟲劑為標準者

本法可以 Hollway 氏(1912)所用之毒力指數法 (poison exponent method) 而說明之。氏用巴黎綠為標準之胃毒劑，藉以與其他各胃毒劑作毒力強弱之比較試驗，氏並用一單位以示所試毒劑之毒值 (toxic value)。

設 X = 未知毒值之毒劑，巴黎綠 = 1 (標準毒值)，如昆蟲受一種未知毒值之毒劑(X)處理後，在 10 小時後方死，同時別一組同種之昆蟲，在巴黎綠處理下，5 小時後即死，則其某種殺蟲劑之毒力指數如下：

$$\text{毒力指數} = \frac{\text{X之毒值}}{\text{巴黎綠之毒值}} = \frac{5}{10}$$

由此，即知某種殺蟲劑之毒值 (X = 0.5) 較巴黎綠為速。Baker 氏(1934)試驗若干種肥皂對於日本金龜子之毒力，氏以油酸鉀為標準，藉以與其他各劑相比，而示其毒力指數(或稱效力係數)，其計算式與 Hollway 氏所擬者相似。

$$\text{效率係數} = \frac{\text{標準殺蟲劑之致命濃度}}{\text{某殺蟲劑之致命濃度}}$$

氏試得多種植物油肥皂殺日本金龜子之效力如下：

肥皂種類	致命濃度	效率係數
(1) 中性油酸鉀(標準)	3.21 g/l	1.000
(2) 油酸鉀及10%過量油酸	3.91 g/l	0.821

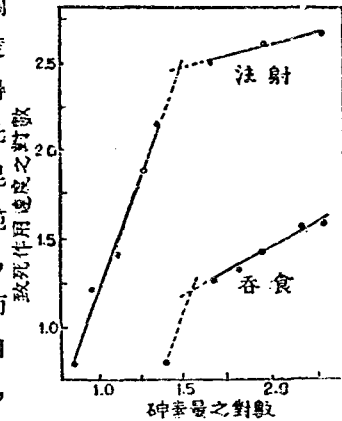
(3) 中性油酸鈉 2.62 g/l 1.225

(2)較(1)(3)爲弱,(3)較(1)爲強。

\bar{X} = median lethal concentration.

二、以假定中毒時間爲標準者

本法曾爲 Moore 氏(1917)試用,即在 400 分鐘內,所用某種有機混合物(爲蒸汽狀態)之殺蟲藥量,但後人採用頗少,蓋昆蟲在某種化學物質處理之下,中毒死亡之時間頗爲複雜,生物種類之不同,毒劑濃度之高低等,均與生物中毒死亡之時間有密切關係, Chick 氏⁽¹⁾(1908) Cook 氏⁽²⁾(1926)關於多種微生物對於化學物質濃度與中毒速度之關係,詳加研究,得兩者爲一雙曲綫函數之關係,但此種方法,在形體較大之生物(如昆蟲等),對於化學物質全濃度之範圍均一者,則不甚適用,此類事實,曾由 Campbell 氏⁽³⁾(1926)實驗而證明之,氏曾用家蠶及其他鱗翅目幼蟲,使其吞食或注射砷素劑後,因中毒而死亡之速度與所用砷素濃度之高低,如五九圖所示,亦即表示化學物質對於昆蟲毒效之速度率(speed of toxic action),若根據 Chick 及 Cook 兩氏試驗結果



第五九圖 蠶兒取食不同濃度砷素後之致死速度曲線 (錄自 F. L. Campbell, 1926)

而推算之，則化學物質之濃度（或稱藥量，dose）與昆蟲中毒而死之速度（或稱曰致死作用速度）皆呈直接關係者，則所成之曲線為一直線，否則所得各值與直線之差離頗為顯著。但由第五九圖所示，可知兩者所成之曲線，為一不完全拋物線形。茲以致死作用速度對數為縱軸，濃度對數為橫軸，所成曲線為不同方向之二直線（第五九圖）。由此，可知由砷素濃度所成立之二拋物線能隨砷素濃度之高低，而致死作用顯有不同。蓋大形生物體對於毒作用速度，全依毒劑內存在之化學作用而定。因此生物體對於毒劑之分散，細胞滲透速度及排泄物之有無或多少等，關係頗為重要。故在化學物質全濃度內關於生物致死速度與毒劑濃度之比率，其關係并非為均等現象。就第五九圖可知因注射而得之曲線，在最低濃度時，致死作用非常之速，但在高濃度時，則呈遲緩現象。因前者昆蟲對於砷素之排泄量較少，後者因濃度太高，致毒素通過細胞之速度比較遲緩（在高濃度時細胞對於物質內滲作用較為遲緩，此事實由 Crözier 氏⁽⁴⁾（1916）試驗證明之）。更就第五九圖所示，昆蟲對於注射致死速度與吞食後毒劑通過食道所得之致死速度，顯有差異。此乃由於毒劑在生物體內循環速度之遲速所致。

Powers 氏（1917）曾用金魚試驗，比較各個中毒之死亡點（死亡率達100%），其結果與上列相似。氏將毒劑濃度為橫軸，魚在毒劑處

(1) = H. Chick, Jour. Hygiene. V.1. 8, P. 92; 1908.

(2) = S. F. Cock. Jour. Gen. Physiol, Vo'. 9. p. 575.-1926.

(3) = F. L. Campbell. Jour Gen. Physio'. Vol. 9., p. 433.-1926.

(4) = W. J. Crozier. Jour. Biol. Chem. Vol.24. p. 255-1916.

理下生活時間之倒數為縱軸，氏根據試驗結果，得一曲線，稱曰“死亡速率曲線”(velocity of fatality curve)者，與 Campbell 氏之“毒作用速度曲線”(curve of speed of toxic action) 相等。該曲線近似直線，如將此直線引長，則能與縱軸 a 處相切成 θ 角(第六〇圖)，因此，毒劑之毒效，可由下式示之：

$$T(\text{毒效}) = \sqrt{\frac{\tan \theta}{a}}$$

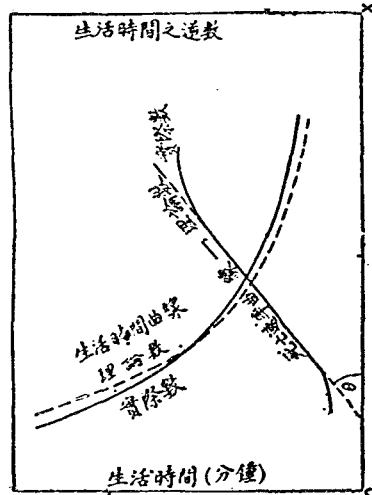
Marcovitch 氏(1928)採用相似之算式，而測驗昆蟲受毒物後之死亡速率曲線。氏曾以蚊幼蟲試測砷與氟化物毒效之比較，氏認為上列計算式與 Carpenter 氏(1927)用以試測魚類對於可溶性有毒金屬鹽類之致死效力計算式相等，該式為：

$$K(\text{毒效}) = \frac{1}{t} \cdot \log \frac{1}{\text{conc}}$$

t = 生存時間，

K = 毒劑毒效之數字，

Conc = 毒劑之濃度。



第六〇圖 毒性曲線圖解。以示 Power 氏之公式 $T = \sqrt{\frac{\tan \theta}{P}}$ ， θ = 死亡曲線之理論的速率與 Ox 軸相交之角度， P = 所試殺蟲劑在理論上之開始毒性濃度(錄自 Wardle 氏書)。

O'kane, Westgate, Glover and Lowry 等氏(1930)曾用一種飽和脂肪酸液 (caproic acid) 殺蚊之幼蟲。氏將昆蟲在毒劑內死亡數達 50% 時所需時間之對數, 對於毒劑分子濃度之對數, 若用圖表示之, 得一直線, 該直線可由下式求之:

昆蟲與毒劑接觸時期之對數 = 常數 × 毒劑濃度之對數。

上式亦可由下式示之, 即:

$$KC = \left(\frac{100}{t}\right)^n$$

K 及 n 為常數, C 為毒劑之濃度, t 為昆蟲在毒劑內中毒死亡達 50% 時所需之時間。

故 $\frac{100}{t}$ 為某毒劑之毒效 (toxicity) 函數。

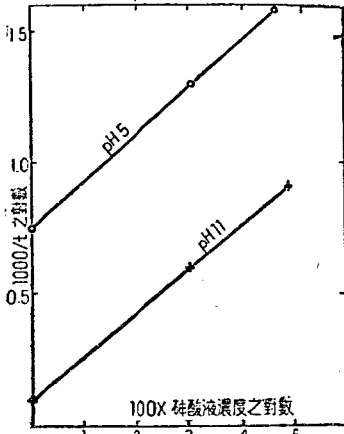
Hoskins 氏(1932)應用上式, 以示蚊蛹在稀淡之酸性及鹼性砷酸鈉溶液內, 死亡達 50% 時所需之時期, 茲錄氏一部之試驗結果如下:

第五四表 蚊蛹在砷酸內接觸之時間

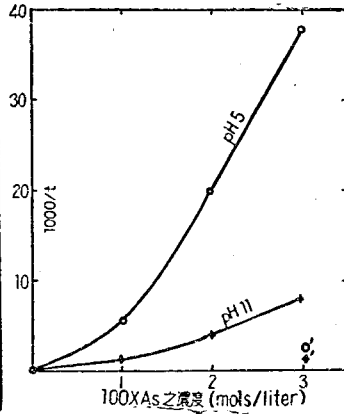
(錄自 Hoskins 氏 1932)

	砷酸之克分子 濃度 - (c)	100(c) 之對數	死亡達 50% 時 所接觸之時間 t (分鐘)	1000 t	1000/t 之對數	
PH ₅	0.01	0.0	181 ± 8	5.53	0.743	
	0.02	0.301	51.3 ± 4	19.5	1.290	
	0.03	0.477	26.5 ± 2	37.8	1.577	
PH ₁₁	0.01	0.0	809 ± 40	1.25	0.097	PH ₁₁ t / PH ₅ t 之比
	0.02	0.301	240 ± 15	4.00	0.602	
	0.03	0.477	124 ± 8	8.06	0.906	

氏以上列試驗結果，並依據 O'Kane 氏等所舉之算式，用圖表示之(第六一圖)得二直線，即示蚊蛹在砷酸液內死亡率達 50% 所需時間之對數，對於每種 pH 值內砷酸濃度 100 倍之對數。



第六一圖 根據 $Kc = \frac{(100)^n}{t}$ 式之



第六二圖 蚊蛹中毒速率與砷酸液濃度之關係。空點示昆蟲與毒劑連續之接觸

函數型所得之直線(錄自 Hoskins, 1932) (錄自 Hoskins, 1932)

在上表(第五四表)末行，即示蚊蛹在不同濃度之砷酸液內(濃度 0.01—0.03 克分子)死亡數達 50% 時所需之時間，在 pH5 下之毒效較在 pH11 下者，增高四倍餘。氏又用第五四表第四行之 1000/t 對砷酸液之濃度作成一圖如第六二圖。

三、以中毒死亡百分數為標準者

本種方法常為試驗者所採用，即將受處理及未經處理兩組內之

活蟲與死蟲數，作一比較，而檢定昆蟲自然死亡之原因。Abbott 氏 (1925) 對於此意，詳加研究，并根據上述理論，擬定一計算式。通常表現一種殺蟲劑對於昆蟲致毒作用數字之方法，即從已受處理組內之死蟲數，減去未經處理組內之死亡百分數。普通在對照區內(不處理區)昆蟲之死亡率極低，但此理亦頗有究酌之處，如吾人試測一種毒物之結果，在未處理組下之死亡率為 50%，在已處理組下之死亡率為 90%，是否該毒劑之殺蟲效力為 40%，在事實上，決不如此簡單，故當由其他方式而表示也。有人採用下列計算式，以示害蟲受某種殺蟲劑後之死亡率。

$$\frac{\text{幼蟲中毒死亡數} \times 100}{\text{對照區內未經處理之幼蟲死亡數}} = \%$$

如某種幼蟲受殺蟲劑處理後，其死亡數為 118，同時，在對照區內幼蟲之死亡數為 13.0，則幼蟲中毒之死亡率為：

$$\frac{118 \times 100}{13.0} = 90.8\%$$

美國農部昆蟲局對於殺蟲劑及殺菌劑之毒力，曾擬一計算式如下：

X = 未經毒物處理組內所存之活蟲百分數%。

Y = 已經毒物處理組內所存之活蟲百分數%。

X - Y = 因受毒物處理而發生之死亡率。

$\frac{X - Y}{X} \times 100 =$ 昆蟲因受毒物處理後之死亡率。

上式之應用結果如下表所示：

未處理組內所存之活蟲數%	受處理組內所存之活蟲數%	死亡百分率
45.0±1.5(死亡率高)	19.6±1.07(死亡率中)	55.6±2.77
83.8±0.8(死亡率低)	30.3±0.37(死亡率中)	63.8±1.67
45.0±1.5(死亡率高)	2.4±0.22(死亡率高)	94.6±0.52
83.8±0.8(死亡率低)	3.6±0.37(死亡率高)	95.7±0.44

由上表可知昆蟲因中殺蟲劑毒而死亡率高時，則在死亡百分率上之指數亦高，但並不與未處理組昆蟲死亡率之高低呈正相關。

與上式相似者，如 Fleming and Baker 氏(1934)試驗數種乳劑殺介殼蟲之效率時，除用同齡之植物外，對於(a)蟲之年齡，(b)蟲之積集情形，(c)為害之密度等，均宜注意。(a)與(b)用人工設法加以調查而使之劃一。(c)用為害百分率示之。即在1厘米長之枝條上，計其介殼所佔之面積與全面積之比，再從對照之試驗組內，可得為害密度(density of infection)與自然死亡率之關係，兩者構成比例，氏所用計算式如下：

$$\text{昆蟲中毒死亡百分率} = \frac{(\text{噴射前活蟲數} - \text{噴射後活蟲數}) \times 100}{\text{噴射前活蟲數}}$$

噴射前活蟲數，乃根據對照試驗中為害密度所得之死亡率而求得者。

氏根據上式，以乳劑噴射後所得之結果，如第五五表所示。

如用對照區時，則上式可略變更。Baker 氏(1934)，曾擬下式而求其毒劑殺蟲之效力係數：

第五五表 一種介殼蟲經噴射乳劑後之死亡率

(錄自Fleming and Baker, 1934)

植物枝之直徑 (diameter)	新蟻蟲		總蟻蟲數	植物枝之面積 mm ²	介殼蟲所占總面積 mm ²	介殼蟲之密度%	期望所得之活蟻蟲數%	活蟻蟲數%
	死	活						
4.4 m.m.	45	34	79	138.2	181.7	131.5	38.7	87.9
4.5 m.m.	20	7	27	141.4	62.1	43.9	19.5	35.9
4.5 m.m.	22	12	34	141.4	78.2	55.3	22.9	52.4
4.4 m.m.	9	0	9	138.2	20.7	15.0	6.8	0
4.4 m.m.	3	0	3	138.2	6.7	5.0	2.3	0
4.2 m.m.	5	1	6	131.9	13.8	10.5	4.5	22.2
4.6 m.m.	16	2	36	144.5	83.8	57.3	24.4	82.0

某毒劑之效率係數(對標準物者) $\frac{c-a}{b-a}$.

無植物組之死亡率 = a

有標準噴射劑組之死亡率 = b

有某毒劑組之死亡率 = c

如以各濃度砷酸鉛對於殺日本金龜子之效率係數如下:

砷酸鉛	水	效率係數
1	100	0.417
2	100	0.70)
4	100	0.841
6	100	0.904
8	100	1.000
10	100	0.921

12	100	0.999
14	100	0.962

同時，又可應用上式，而求昆蟲在某毒劑處理下所得最大及最小之死亡率。Baker 氏 (1934) 以鈉肥皂及鉀肥皂殺日本金龜子時，用 100 甲蟲為一組，共用 25 組，浸於藥液內約 120 秒鐘，再求各組蟲數中最大最小之死亡率，所用計算式如下：

$$\text{最大死亡率} = \frac{100 \text{個未處理蟲最大活蟲數} - 100 \text{個經處理後最小活蟲數}}{100 \text{個未處理最大活蟲數}} \cdot 100$$

$$\text{最小死亡率} = \frac{100 \text{個未處理蟲最小活蟲數} - 100 \text{個經處理後最大活蟲數}}{10 \cdot \text{個未處理最小活蟲數}} \cdot 100$$

所得之結果如下：

每組蟲數	最小死亡率%	最大死亡率%
100	95.4	100
200	95.4	100
300	95.9	100
400	96.1	100
500	96.3	99.8
1000	97.0	99.4

由上表可知供試驗之蟲數在 100 個時，已頗準確，更多亦無甚影響。上列算式又可用作如下，以示昆蟲受殺蟲劑處理後之效果（錄自 Chapman and Dean, 1936）：

$$\frac{(T_k + m) - (T_l + n)}{T_k + m} \cdot 100 = \text{驅除效力之百分率}$$

T_k = 未受藥劑處理區內被害果之百分率（根據果之理論產量）

T_l = 受藥劑處理區內被害果之百分率。

m = 未受藥劑處理區內，估計果產量之減少數。

n = 受藥劑處理區內，估計果產量之減少數。

Hartzell 氏(1929)曾應用機率之機誤(P. E. of a probability)公式($P. E. \bar{P} = .67449 \sqrt{\frac{pq}{N}}$; 如以 100 乘之，則為 $100 P. E. \bar{P} = 67.449 \sqrt{\frac{pq}{N}}$)，以測算介殼蟲受藥劑處理後之死亡率。

茲設 N = 所檢驗之介殼蟲數，

P = 死介殼蟲數，

q = 活介殼蟲數，

則 $100 \bar{P} = 100 \frac{P}{N}$ = 死介殼蟲之百分率，其機誤公式如下：

$$\text{死介殼蟲之百分率} = 100 \bar{P} \pm 67.449 \sqrt{\frac{pq}{N}}.$$

設所檢查之介殼蟲為 500 個，內死者佔 104 個，則 $P = 104, q = 396, N = 500$ 。

$$\bar{p} = \frac{P}{N} = \frac{104}{500} = 0.2080.$$

$$\bar{q} = \frac{q}{N} = \frac{396}{500} = 0.7920.$$

代入上式，則死介殼蟲之百分率為 20.80 ± 1.22 。

關於試測殺蟲劑毒效時，所供試之蟲數若干，方可得有較確切之結果。據 Wardle 氏云，如以殺蟲劑之毒效力達 50% 為標準之死亡率者，則所供每組(每一濃度)試驗之蟲數，至少有 100 個。如所定殺蟲劑之毒效較 50% 為高或低時，則各個昆蟲對於抗毒之變異差

池頗大，因此，供試之蟲數亦須增加，方可得有較確切之結果。

再昆蟲受殺蟲劑處理後，因中毒而昏迷至死亡，其間界限頗難決定。許多金龜子在氫氰酸氣下，6小時後，雖呈完全昏迷狀態，但一入空氣中仍能復活，錫殼盜(*Ory zaepphilus surinamesis*)及印度粉蛾(*Plodia interpunctella*)，在二硫化碳熏蒸時，因一時中毒而昏迷，但在10—15日後，仍可復活。

第四節 統計方法之應用

應用統計方法，以分析昆蟲學上各項變異，其主要目的為：(1)簡約各種論料(由試驗或調查所得者)，(2)使試驗之結果得有較確切之解釋，并測驗其差異之顯著程度，(3)指導某種試驗之設計。近年應用於昆蟲學上者，日益普遍。1923年時，Tatter Sfield氏即應用Z測驗法，以計算殺蟲劑在各種噴射式下所得結果之差異。1924年，美國經濟昆蟲學會開會時，Marllate氏等曾討論計算昆蟲之繁殖及為害方法。1926年，Larrimer and Cartwright氏用標準差(standard deviation)及或差法(probable error)以計算小麥受麥桿蠅害之損失。參閱各項昆蟲、農業、及生物學雜誌，凡統計學上之平均數(mean or average)，標準差(stand-deviation)[費雪氏(R. A. Fisher)稱變異數variance]，或差(probable error)，變異係數(coefficient of variability)，相關係數(correlation coefficient)，迴歸係數(regression)，適合性之測定(test of goodness of fit)，差異顯著性之測定(determination of significance of differernce)，變量分析(analysis of variance)以及複因設計試驗(factorial designs)等，均

次第應用於經濟昆蟲學上，尤以在試測殺蟲劑之毒力及研究植物品系間抗蟲程度之差異時，統計方法之應用，更為普遍。惟吾人應注意者，採用統計方法以測驗昆蟲之變異或與環境發生之關係時所得結果，又須與野外事實相互對證，不可全賴一部分之資料而遽下斷語。再何種事實應採用何種方法而測驗，事前須熟加考慮，統計方法乃為供給我人計算生物變異之方法，並非為研究者將自然界生物之變異強由統計方法而表現也。茲舉數例述之如下：

一、生物之變異(variation)及其簡單之測定

自然界內，一切生物在形態、繁殖以及種種習性，均有複雜之變異，其原因或由食物之豐富，氣候之寒暖乾濕，地形土壤之差異，以及其他種種環境因子，致使生物在體形上有大小輕重之差；在繁殖上有遲早多寡之別；在習性上有此聚彼散之分；在分佈上有疏密之不同。由統計上觀之，此種變異並非漫無標準，皆有一定之規則而集中於某一數值，其最普遍者，則次數最多。此種變異因種類(species)、時季(season)、地城(locality)等之不同，而使其變異之程度各不相同，亦即所謂離中趨勢也。

平均數者，表示生物某種性狀之集中性，其用意在于示生物全羣(population)某性狀之特徵，所得之數字便與他羣可作比較。至於全羣之變異，則可由標準差(S. D.)或變異係數(coefficient of variation)而測得之，關於生物變異中某常數之可靠性如何，則可由標準誤計算之。

昆蟲在自然界內，一切形態上或生活上之變異，其次數之分佈

(frequency distribution)常集中於中間,而兩端較少,略呈常態分佈(normal distribution)狀況,故所成曲線,近於常態曲線(normal curve)。平均數為表示變異之集中點,但我人對於一羣變異數求得平均數之後,不可忽視變異之實在情形。如兩蛾所產之卵數相等,卵之平均數值相等,但兩蛾產卵之變異或差頗大:如甲蛾全部之卵集中於若干短少日期,乙蛾之卵,遲遲產生,所占之時日頗多,此兩蛾產卵之次數曲線(frequency curve)則不相一致。

上述情形之釀成,除由昆蟲本身之生理因子外,更有其他有關係之各種環境因子,在經濟昆蟲上頗為重要。故在一羣變異數內決定平均數後,即設法繼續求得各個或各級(class)變異數與平均數之偏差,或稱曰離中性之測定(measures of dispersion),因此有平均差及標準差、變異係數等之計算法。

二、變量法(variance method)之應用

變量(variance)為標準偏差(S. D.)之平方,在統計分析中,變量更較標準偏差為合用,因其有可加性(additive property)。凡知一種變量乃由若干種已知之獨立變量而來,則其總變量可由各項獨立之變量相加而得。換言之,此項總變量亦可設法分為若干個獨立之變量,各代表一種已知之變源,使真正之誤差減至極小,以增加試驗之準確度。Cowan氏(1934)用12種不同配合之毒餌,以區別殺蝗之效力,每處理重複12次,試驗時,先將試驗地分成若干區(plots),於清晨撒播定量之毒餌,每區總面積為 $1/4$ 畝,逐日檢查各區內之死蝗數,如此3日後,再統查未死之蝗數,根據殺蝗之百分率,用變異

數法分析之，比較各處理間是否有顯著之差異。茲錄氏之分析結果如下表所示：

第五六表 用變量法以示 12 種毒餌之殺蝗效力
(錄自 Cowan 氏)

毒餌 號數	標準誤差(S.E) 殺蝗%	處理間之標準誤差 (S.E. of diff.)	處 理 間 差 異 S. E.	差異/S.E.
5	68.4±2.41	—		
2	68.2±2.40	3.40	0.2	0.05
3	64.8±2.29	3.30	3.6	1.08
8	64.3±2.27	3.31	4.1	1.23
4	63.3±2.23	3.28	5.1	1.55
7	61.4±2.17	3.24	7.0	2.16
1	61.1±2.16	3.23	7.3	2.26
12	59.1±2.09	3.19	9.3	2.91
6	55.9±1.97	3.11	12.5	4.02
10	54.8±1.93	3.08	13.6	4.41
11	52.6±1.86	3.04	16.6	5.46
9	42.1±1.49	2.83	26.3	9.29

由上表所示各處理間殺蟲效率之差異，對其標準差之比率，凡大於 2 者均認為效能有顯著之差異（表內以第 5 號毒餌為標準，與其他各號相比，藉以示其差異是否顯著，如第 5 號毒餌之殺蝗百分率 = 68.4 ± 2.41 ，第 1 號毒餌之殺蝗百分率 = 61.1 ± 2.16 ，兩號之相差數 = $68.4 - 61.1 = 7.3$ ，標準誤差之差異 = $\sqrt{2.41^2 \pm 2.16^2} = 3.23$ ， $\frac{\text{差異}}{\text{標準誤差之差異}} = \frac{7.3}{3.23} = 2.26$ （機遇超過 30:1）。由此，

可知第5號與第1號相較，差異頗顯著；第5號與第2號相較，差異亦屬顯著。此外，如第3、4、7、8號毒餌殺蝗百分率雖高，但彼此實無顯著之差異也。

Parker氏(1934)亦應用變量法以分析其結果。氏試驗多種油製毒餌殺蝗(用三種蝗)之效力，蝗放在籠中，每籠置蝗蟲70—100頭，各籠底內於同一時期撒佈毒餌1/5克(乾重)，其用量約合每英畝20磅，經24, 48, 72小時後，計算其毒死之蝗數。俟經72小時後，再計各籠內之活蝗數，然後將此3日內每籠中所得之死蝗數，除以供試驗時蝗蟲之總數，而求其死蝗之百分率，以定各毒餌間效用之大小。氏試驗之結果如下：

第五七表 油製與糖製毒餌殺蝗平均百分率之比較
(各試驗均重復三次，用變異數法計算之)
(錄自 Parker 氏 1934)。

毒 餌 種 類	殺蝗平均百分率	相差百分率	相差 或差
糖漿 2 加侖，水 10 加侖。	85.8±2.26	—	—
椰子油 2 加侖。	84.3±2.22	1. ±3.17	0.47
精製重機械油 1 加侖。	81.5±2.14	4.3±3.11	1.38
精製輕機械油 2 加侖。	81.5±2.14	4.3±3.11	1.38
低級潤滑油 2 加侖。	77.4±2.03	8.4±3.04	2.76
椰子潤滑油 2 加侖。	52.9±1.39	32.9±2.65	12.4
對照(不撒毒餌)	4.4±0.11	81.4±2.26	55.02

上表內前五種毒餌之殺蝗率，均無顯著之差別(相差除或差等於3或3以上)。

更以油製毒餌與用糖漿所配成之毒餌，在田間試驗，藉以決定其殺蝗力之大小，所得結果仍用變量法計算，確知油製毒餌之殺蟲力較高於糖製之毒餌，二者相差頗為顯著。

三、聯繫因子之研究

生物生長於自然界內，各種性狀之變異常與環境因子（物理因子或生物因子）發生聯繫之相關，此種相互聯繫之事實，可用相關係數（correlation coefficient）而表示之，在昆蟲學上之應用頗廣，舉凡形態之變異，生理上之因果關係，或生態學上之因子等，如含有兩變員（variables）相互牽繫者，其關係是否為正（+）為負（-），或兩變員各各獨立無所關係（ $r=0$ ），均可由本法而測驗之。

（A）關於昆蟲形態上之變異 昆蟲雖為對稱型動物，但在形態上，各部之變異彼此或相互牽繫，或各各獨立。Warren 氏（1902）曾檢驗蚜蟲體軀前面之闊度，在前代與後代之關係。氏應用迴歸方程式（regression equation）求得迴歸係數（regression coefficient）為 0.4469，即示前代蚜蟲體軀之闊度與後代蚜蟲體軀之闊度有密切關係。Phillips 氏（1929）曾測各蜂羣內，蜂翅上各脈長短之相關，Dakessian 氏（1929）計算蜜蜂足部各節之變異相關，得凡左右對稱各節之相關數均極高。

關於昆蟲形態上若干種變員之相關量可用複迴歸法（multiple regression），而測驗之，Grout 氏（1937）曾檢驗 44 個蜜蜂，每個口吻（proboscis）之長度與翅長，翅闊度及體乾重之關係。致蜜蜂口吻之長度與甜苜蓿授粉作用頗為密切，故氏之測算在美國養蜂界上為一極感興趣之工作。氏測得蜜蜂口吻長度與體重，翅長闊之相關如下；

口 的 長 Y	乾 重 X_1	翅 長 X_2	翅 展 X_3
Y 與各 X 間相關係數	0.4460	0.7274	0.4713
Y 對於各 X 之標準 迴歸係數	0.1440	0.7411	-0.1155

(B) 關於生理上之因果相關 昆蟲在生理上如有一部份發生變異，則其他相關之部份亦起反應，此種研究近年發表頗多，如鱗翅目幼蟲蛹之重量與繭重之比例，幼蟲成熟度與過冬死亡率之高低等，皆可一一採用相關法而測檢之。吳榮恆氏(1940) 測驗柞蠶生理上若干因子之相關，茲節錄吳氏一部份之測驗結果如下：

1. 呈極顯著之正相關者

繭之長度與全繭重量，雌雄合併之相關係數=0.79.

繭之闊度與繭層重量，雌雄合併之相關係數=0.79.

2. 呈極顯著負相關者

絲量與繅折之相關係數=-0.61.

3. 有顯著性之正相關者

繭層重量與繭層率雌雄合併之相關係數=0.29.

繭層重量與絲量之相關係數=0.44.

4. 有顯著之負相關者

繭之長度與絲層率之相關係數=-0.31.

全繭重量與繭層率之相關係數=-0.47.

5. 全無相關者

繭之長徑與繅折之相關係數=0.03.

全繭重量與繅折之相關係數=0.13.

(C) 關於生態因子 (ecological factors) 之相關 昆蟲之生活隨時隨地因所接觸之環境不同而發生變異, 此種現象, 在防治害蟲上, 關係極為密切, 如各作物品種成熟期與受蟲害輕重之關係, 或一地冬季低溫或濕度之高下, 與過冬昆蟲死亡率之關係等, 郝鍾琳氏 (1941) 在江蘇省南部之崑山, 測驗三化螟害與水稻各品種開花時間之相關, 得自 7 月 15 日起至 9 月 1 日止, 水稻各品種抽穗之遲早與白穗百分率高下之相關係數如下:

$$r = 0.4206 \pm 0.0179 \quad (1934)$$

$$r = 0.7725 \pm 0.0095 \quad (1935)$$

自 8 月 26 日起, 至 10 月 14 日止, 水稻之抽穗期愈遲, 則白穗之百分率愈小, 兩者之相關如下:

$$r = -0.6484 \pm 0.0357 \quad (1934)$$

$$r = -0.8847 \pm 0.0104 \quad (1935)$$

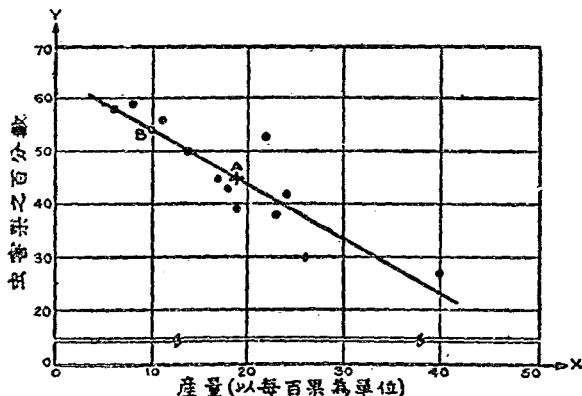
由此, 可知崑山螟害之輕重與水稻各品種之開花結實時期, 有顯著之關係。換言之, 三化螟在崑山 第三化發蛾期為 8 月 10 日至 8 月 30 日, 最高羣峯 (population climax) 為 8 月 15—18 日。在此期內開花之水稻, 均有受螟蛾產卵之機會而蒙害。如水稻之開花期早於此時期 (在 7 月底或 8 月 5 日左右, 均為早稻如是), 或較此時期為遲 (在 9 月初中旬, 晚稻如此), 則所受螟害均輕。

Neiswader and Stearns 氏 (1930) 在北美檢得桃枝生長愈旺盛而高者, 受東方果蛾 (*Laspeyresia malesta*) 幼蟲之為害較發育遲弱之樹為重。氏檢得樹枝長度與重量之不同, 可以示樹之健旺程度, 並與東方果蛾幼蟲害之百分率, 相關頗為顯著 ($r = 0.7221$), 同時總果

量與被害果百分率相關係數為0.7674及0.8981。由此測驗，可知桃樹生長較速或結果量較多者，所遭受蛾產卵之密度愈高，而幼蟲生長於果枝內者為數較多，但果量增多，在總果量內，被害果之百分數則為之減少(由果多所致)，成爲一負相關現象。

Hansberry and Richardson 氏(1935)在美國研究蘋果蠹蛾幼蟲(*C. pomonella*)與蘋果受害輕重之關係，氏應用直線迴歸法(linear regression)而測驗彼此間之關係情形。如蘋果少時，則蟲害程度為之增加，蘋果多時，則蟲害程度為之減輕。在自然界內，蠹蛾在各蘋果樹間之飛舞與產卵，全屬隨機，絕無選擇之作用，故各果樹受蟲害之輕重，頗爲一致。換言之，即全園各株蘋果樹上之害蟲密度，彼此無甚差異，由此事實，氏更測驗蘋果產量與受蠹蛾幼蟲爲害之百分率有無關係，氏所用迴歸方程式爲：

$$E = \bar{y} - \frac{S_{xy}}{S_x^2} (x - \bar{x})$$



第六三圖 蘋果結果之多少與受蟲害果之迴歸百分率(錄自 Hansberry and Richardson, 1935), X 爲 \bar{x} , Y 之交點。

所測得結果如下： $E = 64.25 - 1.013x$ 即示蘋果株上所結蘋果之數愈增，則果之被害率愈少，彼此呈有負相關之趨勢。

圖上縱軸之截線 $b = -1.013$ ，其意義，即示若蘋果增加 100 個時，則受蟲害之蘋果能減少 1.013%。反之，蘋果少生 100 個時，則樹上受蟲害之蘋果增加 1.013%，氏在試驗中所得蘋果被害之百分率有時頗高，如下表所示。

第五八表 蘋果樹上蟲害果之估計百分率 (estimated percentage) 及其估計誤 (error of estimation) (錄自 Hantsberry and Richardson)

蘋果數 (100) x	被害果百 分率 Y	估計百分率 E	估計差誤 $Y - E$	差誤平方 $(Y - E)^2$
8	59	56.16	2.85	8.12
6	58	58.17	-0.17	0.03
11	56	53.11	2.89	8.35
22	53	41.96	11.04	121.88
14	51	50.07	-0.07	0.00
17	45	47.03	-2.03	4.12
18	43	46.02	-3.02	9.12
24	42	39.94	2.06	4.24
19	39	45.00	-6.00	36.00
23	38	40.95	2.95	8.70
26	31	37.91	-7.91	62.57
49	27	23.73	3.27	10.69
228	540	540.04	-0.04	273.82

上表在 $(Y - E)^2$ 行下之 121.88 (第 4 樹) 數特高，原因何在，

不甚明瞭。或由環境，或因噴射藥劑時，不能均勻分佈所致，故在計算時，既得一斜直線後，尚須計算估計誤差及估計標準誤差爲： $273.82/10 (=n-2)=27.38$ (變異之估計 variance of estimate)； $\sqrt{27.38} = 5.23\%$ (估計之標準誤差)。此值或可解釋在試驗中所得蘋果被蟲害百分率之變異，並不全由蘋果結果數之多少而定，故第六三圖上所得各試驗值(每點)，均不能與迴歸線相緊附。

本法雖可應用於其他種害蟲與寄主在數量上彼此間相互消長之關係，惟對於蟲害發生之多少不呈固定，而年有變異者，則採取本法後，可得別一種結果。

Smith 氏 (1937) 測驗李蚜蟲 (*Hyalopterus pruni*) 之繁殖與溫度之關係，氏應用迴歸法以測算蚜蟲發育之速率與溫度成直線之關係，所得結果，爲李蚜在美國加省之氣候下，其發育速率與溫度之相關係數頗高，爲 0.89。即示李蚜在繁殖期內，加省各地之平均溫度均頗適宜。由上列一式，李蚜每日發育百分數 = 0.56 (平均溫度 -1.4°C)，氏應用上列計算法以求李蚜之幹雌 (*fundatrigeniae*) 在

第五九表 李蚜幹雌繁殖時(經四齡之生長)與平均溫度之關係(錄自 Smith, 1937)

	第一齡	第二齡	第三齡	第四齡
相關係數 (發育速率與溫度之關係)	0.93	0.89	0.86	0.94
迴歸方程式	$\% = (2.46) ({}^{\circ}\text{C}) - 10.90$	$\% = (3.89) ({}^{\circ}\text{C}) - 32.08$	$\% = (3.45) ({}^{\circ}\text{C}) - 24.89$	$\% = (3.23) ({}^{\circ}\text{C}) - 16.77$
發育零度	4.43°C	8.24°C	7.2°C	5.2°C
標準差(每日發育百分率)	8.8	9.6	8.7	9.1

四齡內之繁殖，與溫度之關係，如上表所示。

四、 χ^2 測驗(χ^2 -test)

χ^2 測驗或稱曰配合之適度 (goodness of fit)，當吾人測驗生物在自然界內之變異現象時，實地觀察之結果，因隨機取樣之差誤，常不能與理論數適合，然則理論與實際兩數配合至若何程度，始為由機誤所致，平常均用 χ^2 以測驗之。此法在經濟昆蟲學上，應用極廣。Richardson 氏 (1935) 曾用兩種不同濃度之肥皂液 (1) 0.65%，(2) 1.10% 以殺豆蚜 (*Aphis rumicis* L.)，得濃度較高之肥皂液殺蚜力較強。惟此種關係在理論上是否正確，殊堪可疑。由是再用 χ^2 測驗之，結果知蚜蟲被殺百分數之大小，由於肥皂液濃度之不同，其間相關，極為顯著。可見此種差異，全由實際之關係，而非為由於機誤所致。

此外，當吾人舉行一新試驗時，對於第一次及第二次試驗之結果，是否相同，或所得結果是否可靠，此全視試驗者對於試驗區之環境能否控制，若於相同環境下不能得同樣之結果時，最好將環境改變。別做試驗，惟對於更變環境後，所得不同之結果，吾人不能即謂由於環境變更之關係，必須視其差數是否合理。Decker and Andre 氏 (1936) 根據此種理論曾作下列之試驗，氏用低溫處理一種椿象 (*B. leucopterus*) 觀其死亡率之大小，惟供試驗之椿象，均採自田野，其不純程度 (degree of heterogeneity) 如何不得而知。用 χ^2 測驗法測之，其結果為實際與理論頗為符合。以上法則，Kagy 氏 (1936) 亦用以測試由 DNOCHP 所成之三種乳劑對於聖納散介殼蟲 (*Aspidiotus perniciosus* Comstock) 之毒力，及介殼蟲在田野間生活力之不同，致在各枝各樹上中毒之百分數有顯著之差異 (DNOCHP = dinitro

—o—cyclohexy phenol)

在經濟昆蟲學上之試驗結果，有時可由一種性狀而表現者，如作物之被蟲害與健全，或果樹蔬菜上受藥劑處理後，於每葉上害蟲生存之數目等，在不同處理下，所得結果之差異亦可應用 χ^2 測驗法而決定之。Caffrey and Smith (1934) 用若干種藥劑以驅除甘藍菜上之齧葉蟲，其結果如下表所示：

第六〇表 一區內 50 株甘藍菜受藥劑處理後之生存蟲數 (觀察數) (4 組處理相同) 共用 5 種處理 (錄自 Caffrey and Smith, 1934)。

處理	在每10小區內之蟲數 x	總 Sx 數	平 均 數 \bar{x}	χ^2 Sx^2/\bar{x}
1	11, 4, 4, 5	24	6.00	5.67
2	6, 4, 3, 6	19	4.75	1.42
3	8, 6, 4, 11	29	7.25	3.69
4	14, 27, 8, 18	67	16.75	11.39
5	7, 4, 9, 14	34	8.50	6.24
總 數		173		28.41

表內關於 Sx^2 之計算如下：

如計算第一處理時，則

$$Sx^2 = Sx^2 - (Sx)^2/n = (11)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (5)^2 - (24)^2/4 = 34$$

$$\chi^2 = Sx^2/\bar{x} = 34/6.00 = 5.67, \text{ 自由度} = 3, P = 14\%.$$

如計算表內 5 種處理時，則

$$Sx^2 = Sx^2 - (Sx)^2/n = (24)^2 + (19)^2 + (29)^2 + (67)^2 + (34)^2 -$$

$$(173)^2/5 = 1437.2$$

$$\bar{x} = 173/5 = 34.6$$

$$\chi^2 = Sx^2/\bar{x} = 1437.2/34.6 = 41.5$$

$$\text{自由度} = 4 \quad P < 1\%$$

表內第一處理下 χ^2 之值數較在“同質者”(homogeneous material) 試測 100 次之結果高 14 倍, 即示害蟲在甘藍菜上之為害, 頗為均勻; 同時 5 種處理之 χ^2 值總數為 28.41, 自由度 = 15, $P = 2\%$. 即示各小區因處理不同, 由是齧葉蟲在甘藍菜上之均勻侵害現有顯著之差異, 此種不規則之現象, 在蟲害較嚴重之小區內, 更為顯著, 但由不同處理(氏共用 5 種處理)所引起之變異與分配之均勻度(uniformity) 相較, 其差異頗微, 可檢查表上最後一項, 5 種處理之總數而知之. 5 種處理之 χ^2 值為 41.5, 自由度 = 4. 因機誤引起偏差小於 1%, 故知由於處理之影響無疑.

Jones 氏 (1937) 在北美檢驗土中金針蟲之密度時, 所用單位有 1, 1/4, 1/16 平方呎三種, 氏亦採用 χ^2 法, 測得觀察數與期望數頗為符合.

關於 χ^2 測驗在昆蟲上應用之例極多, 以上所錄, 聊舉數則, 茲不再贅述也.

五、變量分析 (analysis of variance)

變量分析, 自 Fisher 氏應用於農業上以來, 不僅作物育種及土壤差異之試驗稱便, 近年亦廣用於經濟昆蟲學上. 如分析殺蟲劑效力之結果, 或作物品種間抗蟲力之強弱等, 凡舉行數種試驗材料之試驗時, 本法即可應用, 其要旨在“由試驗所得之總變量, 乃由多

數因子所彙成。但內中有若干已知之因子對於試驗之影響，可設法提出，使剩下之差誤，為試驗之差誤。”故其應用頗廣。Faure and Jacot-Guillarmod 氏 (1937) 在南非洲用毒餌殺一種紅色蝗 (*Nomadacris septemfasciata*)，對於毒餌內，是否須要加甜汁。蓋一般應用毒餌殺蝗蝻者常主張略加糖液，以引誘蝗蝻之取食，在非洲所用以除蝗蝻之毒餌，以亞砷酸鈉加糖液或飴糖 (molasses)，同時亦有人

第六一表 在籠內施放毒餌72小時後蝻之死亡百分數。
(錄自 Faure, 1937)

	玉 米 鈹			玉 米 鈹 加 燕 麥 鈹			小 麥 鈹			總 和	對照組	
	加 糖	加 飴 糖	減 去 甜 汁	加 糖	加 飴 糖	減 去 甜 汁	加 糖	加 飴 糖	減 去 甜 汁		平 均 死 率 %	總 數
1 A	71.2	93.6	96.1	83.5	71.0	84.8	77.5	88.5	93.7	759.9		
B	96.6	97.2	96.8	92.6	96.3	97.1	99.1	98.9	99.6	874.2	37.3	3
2 A	41.6	20.6	11.3	15.2	17.8	15.7	31.6	19.6	34.5	207.9		
B	57.6	26.0	13.8	41.8	37.2	16.5	35.9	52.0	53.9	339.7	3.7	4
3 A	72.5	63.8	43.4	77.3	82.3	50.4	74.5	75.0	66.5	605.7		
B	46.1	25.0	39.9	28.4	24.8	11.0	42.8	32.9	77.5	328.4	7.3	6
4 A	74.9	75.0	39.8	81.7	81.1	64.9	67.4	72.9	55.1	612.8		
B	48.8	35.0	58.5	80.0	61.0	67.9	49.1	73.8	73.2	547.3	8.9	4
總 和	509.3	436.2	399.6	500.5	471.5	408.3	477.9	513.6	559.0	4275.9		
平均數	63.7	54.5	50.0	62.5	58.9	51.0	59.7	64.2	69.9			
殺毒物	56.1			57.5			64.0					

第六二表 毒餌內加甜汁與否之變量分析表
(錄自 Faure, 1937)

變異數目	自由度	平方和	均方和	自然對數 (均方和)	Z 值	Z 值在 P=0.05時
重複次數	7	40517.47	5788.21	4.3318	1.8274	0.4420
加甜汁	2	305.00	152.50	2.5135	0.0091	0.5738
殺毒物	2	1005.50	502.75	3.1192	0.6058	0.5738
殺毒物與甜汁 間之相互作用	4	1443.60	360.90	2.9441	0.4397	0.4632
機誤	56	8383.43	149.70	2.5014		
總和	71	51655.00				

主張，在毒餌內可不加糖汁（在加拿大已實行），其效果與加糖者相等，此問題引起多數經濟昆蟲家之疑問。蓋世界各地，蝗之種類不一，因此其趨化性亦有差異，同時所用糖之種類不同，對於吸引蝗蟪之強弱，亦彼此不一，適用於一地或一種之蝗蟪，未必能應用於別地或別種之蝗蟪，氏於1936年用下列毒餌之配合式，在一四週長24呎之籠內，試測蟪取食之百分數及其死亡率。

}	玉米粉	92磅
	飴糖	7磅
	亞砷酸鈉	1磅
}	玉米粉	95磅
	糖	3磅
	亞砷酸鈉	2磅

上列配合式內，加水使毒餌全部能黏附於植物上，載毒物有三

種：(1)玉米麩；(2)玉米麩和燕麥麩(玉米麩5磅，加燕麥麩1磅)；(3)小麥麩。試驗時，注意天氣狀況(陰，晴，風，霧等)，蝗蛹之齡數，施放之時期(上午或下午某時)及籠內所放植物之情形等。

由上表所示三種載毒物(carriers)對於甜汁之加減，無顯著之差異，如加甜汁，毒餌之 Z 值為0.0091，小於 Z 值在 $P=0.05$ 時(應為0.5738)，由此試驗，可知殺紅蝗所用之毒餌內不必加甜汁，同時由第六一表內檢得三種載毒物之不同，對於殺蛹率之差異如下：

<u>蛹之平均死亡率</u>	
玉米麩	56.1%
玉米麩加燕麥麩	57.5%
小麥麩	64.6%
顯著標準	7.2%

由上可知，在非洲殺紅蝗之毒餌，用小麥麩做載毒物者，蛹之死亡率較用玉米麩者高8.5%，同時，小麥麩與玉米麩和燕麥麩相較，又高7.1%，但玉米麩與玉米麩加燕麥麩間之差別頗少。

由第六三表上所示，載毒物與甜汁間相互作用(interaction)之 Z 值0.4397，對於 $P=0.05$ ，時 Z 值為0.4632，兩者間之相互作用無顯著之影響。由此，亦可證明在三種載毒物內，甜汁之有無，對於引誘蝗蛹取食及死亡率之高下無所關係，在第六二表上，重復次數(replication)項內之 Z 值較 $P=0.05$ 時之 Z 值為高。同時，亦高出於加甜汁之載毒物，及載毒物與甜汁間相互作用之 Z 值，此即示在試驗時，各處理所造成之變異不如處理外各未知因子所造成之變異為大。

更由第六二表之總和項下，知最低之重複總和為 $2A$ ， $2B$ ，及 $3B$ ，由此，亦可知此種由處理外未知因子所造成之變異，亦並非由於因試驗之重複次數而致。

本試驗共在籠中重複3次，在田野舉行者有15處，其結果均示毒餌甜物之有無對於殺蛹之百分率無甚影響。

在國內各學者應用本法以分析防治害蟲試驗結果者亦極普遍，如周明祥，黃瑞綸，徐玉芬氏，(1937)以試測雷公藤之殺蟲毒力，證明雷公藤對於蔬菜上之猿葉蟲無抵拒作用，對於猿葉蟲幼蟲及粉蝶幼蟲，毒力濃度為1:40(1份粉，40份水)。柳支英氏(1939)在廣西長安用棉絮、棉鈴、棉絮和棉鈴三種，堆積以引誘棉之花椿象(*Dysdecus megalopygus*)。先將三種處理各別試驗，各用變量分析法以測算顯著之差異，更將三種處理作綜合之分析，得用“棉絮堆”與“棉絮棉鈴混合堆”誘集棉花椿象較優於“棉鈴堆”。同時，“棉絮、棉鈴混合堆”與“棉絮堆”兩者，對於誘集棉椿象之數目無甚差異。

平常變量分析上，各變員均以 x 代表之，但於害蟲試驗上，在一小區(plot)內所得之害蟲數(x)宜改作 \sqrt{x} 較為可靠。(Bartlett氏1936)此乃根據於害蟲在田間之分佈全屬隨機，但在事實上，有一部份，昆蟲於田間之分佈，因受各種因子之牽引，其分佈並未全屬隨機。Beall氏(1940)鑒於上述事實，主張以 $\sqrt{\frac{1}{k} \sinh^{-1} \frac{1}{\sqrt{k}x}}$ 以代表各小區內所得之變員(x)， k 為試驗中所得之常數， h 值可由某試驗中一區組(block)內各小區間，所得害蟲之平均數與標準差之關係

上，估計而得之。

第五節 害蟲田間試驗之注意點

關於比較殺蟲劑之毒力或作物品種間之抗蟲情形等，常須在溫室或田間舉行試驗。自近年作物育種之田間技術進步以來，害蟲之試驗方法亦隨之而有改進，普通許多事項，在作物育種上或土力、肥料試驗上應注意者，於害蟲田間試驗時，亦宜作同樣之考慮，如土壤性質之單純與肥力之差異，地形狀況，小區之大小與形式（size and shape of plots）標準區（check plots）之設立與次數，處理區之重複次數與邊界（replication of treatment and borders），植物生長之整齊與否，耕作方法，邊境影響及生長競爭等。但在害蟲防治方面之試驗，不論屬於何種目的，在試驗時，除植物育種上所備之各項條件外，更有昆蟲因子之加入，故其情形，更為複雜。

植物育種： 植物自然生長 + 土壤肥力差異 + 其他環境因子 → 總結果。

害蟲田間試驗： 植物自然生長 + 昆蟲因子 + 土壤肥力差異 + 其他環境因子 → 總結果。

因此，在田間舉行各種害蟲防治之前，對於害蟲之生活史（各期（stage）之確切時期）、習性（各種趨性）及各種有關之環境因子，必詳細考查，完全明確後，方可着手設計試驗，否則遺誤極大，而所得結果頗不可靠，如水稻受螟害之輕重，品種間之差異當有存在，但各品種開花時期之早晚與螟蟲生活史之關係，更為密切，若不考慮此點，遽行在田野作水稻品種抗螟之試驗，其結果不免失於粗放也。

昆蟲之趨光性，在田間試驗時，亦不可忽視。試驗區劃定之後，須考查四周有無較強之光源，如在全區之一邊或某一方向接近光源者，則該小區害蟲分佈之密度，將發生特增(正趨光性)或過少(負趨光性)之現象。此為我人歷次試驗地蠶及螟蟲、捲葉蟲時常遇之事實。

試驗區四周，寄主植物之種類與分佈密度，亦宜注意，如試驗棉各品種，對於捲葉蟲之抵抗力，若試驗區之一邊種有秋葵、梧桐、或其他錦葵科植物者，捲葉蟲能在棉與秋葵等植物上彼此往回，致使試驗區內捲葉蟲之分佈密度發生顯著之差異。

茲將若干因子能影響害蟲田間試驗者，略錄如下：

1. 試驗期內之天氣情形[陰，晴，雨，風(風向與風力)]。
2. 試驗區前期作物及田地之情況。
3. 土壤之質地、溫度與濕度。
4. 夜間燈光及月光之影響。
5. 試驗區之小氣候。
6. 作物之生長狀況及品種之單純程度。
7. 昆蟲發生之時期與齡數。
8. 試驗區四周之植物相。

在田間試驗植物品種抗蟲力時，常採用接種方法，如用成蟲產卵者，則須使成蟲性之成熟程度一致(選取同時化出之成蟲)，如為幼蟲，則幼蟲之齡期(instar)須劃一，蓋昆蟲齡期之差異或性成熟期之不同等，影響於多種習性之顯隱者頗甚。

在同一田間，各試驗區內作物各品系受蟲害之輕重，或試測作

物各品系在歷年受蟲害之程度，此種結果，應用何種田間技術可以求得，亦為田間試驗時所宜注意。

試驗結果如獲得之後，則繼以解釋，更將所得之資料，用圖表等〔如次數分配表(frequency table)及次數直方表(histograms)〕或其他曲線等而表現之。

參 考 文 獻

1. Abbott, 1925. A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticides, Jour. Econ. Ent.
2. Bartlett, M. S. 1936. Square Root Transformation in Analysis of Variance, H. Rey. Stat. Soc. Supp. (Ind. and Agr. Section), 3:68-78.
3. Beali, Geoffrey, 1940. The Transformation of Data from Entomological Field Experiments, Canadian Ent. 72:168.
4. Bliss, C. I. 1935. The Calculation of the Dosage-mortality Curve, Ann. Appl. Biol. 22(1):134-67.
1935. The Comparison of Dorage Mortality Data, Ann. Appl. Biol. 22(2):307-33.
1941. Statistical Problems in Estimating Populations of Japanese Beetle Larvae, Jour. Econ. Ent. Vol. 31: No. 2, pp. 221-232.
5. Borodin, D. N. 1926. Practice of Estimating Losses Caused by Insects to the Small Grains in Russia, Jour. Econ.

- Ent Vol. 19, pp. 227—235.
6. Bulter, C. G. 1938. On the Ecology of *Aleurodes brassicae*.
Trans. R. Ent. Soc. London, Vol. 87. Part. 13. pp. 291—
311.
 7. Compbell, 1926. The Practicability of Quantitative Toxicological Investigations on Mandibulate Insects, Jour. Agr. Research.
 8. Caffrey, D. J. and Smith C. E. 1934. Bureau Entom. and Plant Quarantine. U. S. D. A.
 9. Carpenter. 1927. The Lethal Action of Soluble Metallic Salts on Fishes. Brit. Jour. Exp. Biol.
 10. Catwright, W. B. and Larrimer, W. H. 1926. Determination by the 5-Square Yard Method of the Yield of Wheat Plots used in Studies of the Hessian fly. Jour. Agr. Research Vol. XXXII, No. 11. pp. 1045—1048.
 11. Cowan, F. T. 1934. Application of the Variance Method to the Comparison of Grasshopper Baits. Jour. of Econ. Ent. Vol. 27. No. 3 (本文已譯中文載農報第3卷第10期 pp. 593—596)
 12. Dakessian, V. S. 1929 Variation and Correlation on the Legs of the Honeybee Ann. Ent. Soc. Ann. Vol. XXI, p. 168—174.
 13. Davis, W. M. 1931. Studies on Aphids Infesting the Potato

- Crop. II Aphis Survey and its Bearing upon the Selection of Districts for Seed Potato Production. Amer. App. Biol. 21: 283—299.
14. De Gryse, I. J. 1934. Quantitative Methods in the Study of Forest Insects. Sci. Agr. 19:477—495.
15. Edward, E. E. 1929. A Survey of the Insects and other Invertebrate Fauna of Permanent Pasture and Arable Land of Certain Soil Type at Aberystwyth. Ann. Appl. Biol. 16, 299—329.
16. Ezekiel, M. 1930. Methods of Correlation Analysis 427 pp. New York and London.
17. Finney, D. A. 1941. Wireworm Populations and their Effect on Crops. the Ann. of Applied Biology. Vol. 28. No. 3. pp. 282—295.
18. Fleming, W. E. and Baker, F. E. 1934. Testing Contact Insecticides on the Japanese Beetle and Results with Some Sodium and Potassium Soaps. Jour. Agr. Research. Vol. 49. No. 1.
1934. The Effectiveness of Stomach-poison Insecticide on the Japanese Beetle. Jour. Agr. Res. Vol. 49. No. 1.
19. Fleming, W. E. 1934. Development of A Standard Cage Method for Testing the Effectiveness of Stomach-poison Insecticides on the Japanese Beetle. Jour of Agr. Research.

- Vol. 48. No. 2. pp. 115--150.
1936. A Method for Estimating Populations of Larvae of the Japanese Beetle in the Field. Jour. Agri. Research. Vol. 53. No. 5. pp. 319--331.
20. Faure, J. C. and Iscot-Guillarmod, C. F. 1937. Field Experiments on Poison Bait Against Hoppers of the Red Locust. Science Bull. No. 211. Dept. of Agr. and Forest. Union of South Africa.
21. Foster, W. R. and Jeffery, C. E. 1937. Resistance of Winter Wheats to Hessian fly. Canadian Journal of Research. Vol. 15, No. 4. pp. 135--140.
22. Geoffrey Beall. 1940. The Technique of Randomization in Field Work. The Canadian Entomologist, Vol. LXXII, No. 3. pp. 45--48.
23. Gobell, A. R. 1936. The Biology of *Ips perturbatus* Eichhoff. Canadian Journal of Research Vol. 14. No. 12. pp. 181--204.
24. Greenslade, R. M., and S. C. Pearce. 1940. Field Sampling for the Comparison of Infestations of Strawberry Crops by *Aphis capitophorus fragariae* Theob. Jour. Pomol. and Hort. Sci. 17 (4):308--317.
25. Hartzell, F. Z. 1924. The Use of Biometrical Methods in the Interpretation of Codling Moth Experiment. Jour. Eco.

- Ent. Vol. 17, pp. 183—192.
26. Holloway, T. E. 1912. The Poison Exponent: A Symbol of the Toxicity of Chemicals in their Relation to Insects, *Jour. Eco. Ent.* Vol. 5, p. 452—456.
27. Hoskins, W. M. 1932. Toxicity and Permeability. *Jour. Econ. Ent.* Vol. 25, No. 6, pp. 1212—1224.
28. Hartzell, F. Z. 1929. Application of One of Pearson's Probability Theorems and Some Special Probability Equations to Ent. Data. *Jour. Eco. Ent.* Vol. 22, pp. 202—209.
29. Houser, J. S. 1933. The Wheat Field Insect Survey. *Ohio Agric. Sta. Bull.* 18:119—121.
30. Hyslop, J. A. 1924. Statistical Methods in Entomology. *Jour. Eco. Ent.* Vol. 17, pp. 177—180.
1927. A Monthly Survey Report. *Journ. Econ. Entom.* 20, pp. 717—725.
1930. An Estimate of the Damage by Some of the More Important Insect Pests in the United States U. S. Dept. Agric., Bur. Ent.
31. James, H. C. 1937. Sex Ratio and the Status of the Male in Pseudococcinae (Hem. Coccidae) *Bull. of Ent. Research.* Vol. 28, Part. 3 pp. 429—461.
32. Jary, S. G. and Austin, M. D. 1939. Investigation on Wire-worm 1. *Jour. S. E. Agric. College.* 44, pp. 85—91.

33. Jones, L. S. and David, T. P. 1937. Method of Obtaining an Index to Density of Field Populations of Citrus Red Mites. Jour. Econ. Ent. 30 (6)934--940.
34. Jones, E. W. 1937. Practical Field Methods of Sampling Soil for Wireworms Jour. Agr. Research. Vol. 54. No. 2. pp. 123--134.
35. Kagy, F. 1936. Laboratory Method of Comparing the Toxicity of Substances to San Jose Scale. Jour. Econ. Ent. Vol. XXIX. pp. 393--397.
36. King, K. M. 1929. The Value of Quantitative Methods in the Investigation of Field Crop Insects, With Special Reference to Work with Wireworms and Cutworms. 4th. Internat. Cong. Ent. (Ithaca) Trans. V. 2. pp. 248--258.
37. King, K. M. and Glen, R. 1933. A Cooperative Investigation of the Quantitative Relation between Summer-Fallow Methods and the Wireworm in Saskatchewan. A Progress Report. Sci. Agr. 13:646--652.
38. Kirkpatrick, T. W. 1937. Studies on the Ecology of Coffee Plantations in East Africa. II. Trans. R. Ent. Soc. Lond. Vol. 86. Part. 14. pp. 247--343.
39. Larrimer, W. H. and Cartwright, W. B. 1926. Determination of the Percentage of Infestation by the Hessian fly, *Phytophaga destructor* Say. Hour. Agr. Res. 32. No. 11.

- pp. 1041--1044.
40. Marlott, C. L. 1924. Remarks on A Symposium Methods of Estimating Insects Abundance and Damage. Jour. Econ. Ent. 17:207--214.
 41. Nash, T. A. M. 1933. The Ecology of *Glossina morsitans*, Westw., and Two Possible Methods for its Distribution. Bull. Ent. Res. Vol. 24. Part. 1--2. pp. 107--195.
 42. Neiwander, R. B., and L. A. Stearns. 1930. Certain Factors Influencing Oriental Fruit Moth Infestation. Jour. Eco. Ent. XXIII. pp. 75--80.
 43. Neyman, J. 1939. On A New Class of Contagious Distribution, Applicable in Entomology and Bacteriology. Ann. of Math. Stat. 10 (1):35--57.
 44. Pickles, A. 1931. On the Oviposition on *Tomaspis saccharina*, Dist. An Insect Pest of Sugar-cane in Trinidad. Bull. Ent. Res. Part. 4. pp. 461--468.
 45. Phillips, J. F. 1931. Quantitative Methods in the Study of Numbers of Terrestrial Animals in Biotic Communities, A Review with Suggestions. Ecology. Vol. XII, No. 4. pp. 633--649.
 46. Phillips, E. F. 1929. Variation and Correlation in the Wing Veins of the Honey Bee. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Mem. 121. 52 pp.

47. Reed, L. B. 1938. Advantages of Statistical Methods for the Practical Entomologist. Fla. Ent. 21 (3):33—38.
48. Skaptason, J. B. and F. M. Blodgett. 1941. Factorial Studies on Potato Dusting Materials. Amer. Potato Jour. Vol. 18, No. 1, pp. 1—9.
49. Simanton, W. A. 1933. Determination of the Surface Area of Insects. Ann. Ent. Soc. Amer. 26:247—254.
50. Smith, L. M. 1937. Growth, Reproduction, Feeding, and Wing Development of the Mealy Plum Aphid in Relation to Climatic Factors. Jour. Agr. Research. Vol. 54, No. 5, pp. 345—364.
51. Stevens, N. E. 1933. Some Significant Estimates of Losses from Plant Diseases in the U. S. Phyt. 23. pp. 975—84.
52. Upholt, Wm. M., and Roderick Craig. 1940. A Note on the Frequency Distribution of Black Scale Insects. Jour. Econ. Ent. 33 (1)113—114.
53. Williams, C. B. 1937. The Use of Logarithms in the Interpretation of Certain Entomological Problem. Ann. Appl. Biol. 24 (2):404—414.
54. 柳支英,張浩東,何彥瑛. 1939. 棉花星椿象之誘集試驗, 廣西第三區(長安)各縣聯合農場 28 年度工作總報告 59—65 頁.
55. 蔡邦華 1936. 螟災損失調查之理論與實際. 農報第3卷第6期, 312—318 頁.

附本書所用度量衡及

溫度換算表

- 1 公厘 (釐, millimetre, mm.) = 0.03937 (inch) = 3 市厘
- 1 公分 (粉, centimetre, cm.) = 10 公厘 = 0.394 吋 = 3 市分
- 1 公寸 (料, decimetre, dm.) = 0.1 公尺
- 1 公尺 (呎, metre) = 100 = 公分 = 1,000 公厘 = 3.28 呎 (feet)
= 39.37 吋 = 1.093 碼 (yard) = 3 市尺
- 1 公里 (kilometre, Km.) = 1,000 公尺 = 0.621 哩 (mile) = 2 市里
- 1 平方公尺 (square metre, m²) = 10,000 平方公分 (square centimetres) = 10.764 平方呎 (square feet) = 1,550 平方吋 (square inches) = 9 平方市尺
- 1 平方公里 (square Km.) = 0.3861 平方哩 (square mile) = 4 平方市里
- 1 公畝 (acre) = 0.0247 畝 (acre) = 0.15 市畝
- 1 立方公分 (cubic centimetre, cc.) = 0.062 立方吋 (cubic inch)
= 0.03381 液體盎司 (liquid ounce) = 27 立方市分
- 1 立方公尺 (cubic metre, m³) = 220 英加倫 (gallon) = 1.307 立方碼 (cubic yard) = 35.306 立方呎 (cubic feet) = 27 立方市尺
- 1 吋 (英寸 inch) = 2.54 公分 = 7.62 市分

- 1 呎 (英尺 foot) = 12吋 = 0.305公尺 = 0.91市尺
- 1 碼 (yard) = 3呎 = 0.914公尺 = 2.742市尺
- 1 哩 (英里 mile) = 5,280呎 = 1.609 公里 = 1609.344 公尺 = 3.218
市里
- 1 平方呎 (平方英尺 square foot) = 0.0929平方公尺 = 0.8361平方
市尺
- 1 立方吋 (立方英寸 cubic inch) = 16.13 立方公分 = 145.17 立方
市分
- 1 立方呎 (立方英尺 cubic foot) = 1,728 立方英寸 = 0.028 立方公
尺 = 0.756立方市尺
- 1 液體盎司 (liquid ounce) = 29.574立方公分 = 798.50 立方市分
- 1 公撮 (撮, milliliter, ml) = 0.001 公升
- 1 公勺 (勺 centiliter, cl) = 0.01公升
- 1 公合 (立合 deciliter, dl) = 0.1公升
- 1 公升 (立升 litre, l) = 1,000立方公分 = 0.22英加倫 = 0.908瓜脫
(quart) = 1 $\frac{1}{2}$ 品脫(pints) = 1市升
- 1 公石 (立石 hectolitre, hl) = 21.9975英加倫 = 1市石
- 1 英品脫 (pint) = 0.57公升 = 0.57市升
- 1 瓜脫 (quart) = 2 品脫 = $\frac{1}{2}$ 加倫 = 1.14 市升
- 1 英加倫 (gallon) = 4 瓜脫 (quarts) = 4.54公升 = 4.54 市升
- 1 蒲式耳或英斗 (bushel) = 36.37 公升(英制) = 35.24 公升(美制)
= 36.37市升

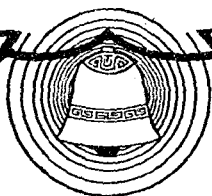
- 1 美瓜脫 (quart, American) = 0.946 公升 = 0.946 市升
- 1 美加倫 (gallon, American) = $\frac{5}{6}$ 英加倫 = 3.785 公升 = 3.785 市升
- 1 公絲 (毫, milligram, mg) = 0.000001 公斤
- 1 公分 (毫, gram, g) = 0.035 盎司 (ounce) = 15.43 克冷 (grains)
= 3.2 市分
- 1 公斤 (鈺, kilogram, Kg.) = 1,000 公分 = 2.20 磅 (pound) = 2 市斤
- 1 盎司 (ounce) = 28.3495 公分 = 90.72 市分
- 1 磅 (pound, lb.) = 16 盎司 = 453.59 公分 = 0.91 市斤
- 1 瓜他 (quarter) = 28 磅 = 25.45 市斤
- 1 英噸 (ton, t) = 1,000 公斤 = 80 瓜他 = 2,246.62 英磅 = 2,000 市斤

攝氏 0° (centigrade, C) = 華氏 32° (Fahrenheit, F)

由攝氏華氏表所記溫度之互算法如下:

$$C = 1.8 + 32 = ^\circ F$$

$$\frac{F - 32}{1.8} = ^\circ C$$



版權所有
翻印必究

中華民國三十六年九月初版

經濟昆蟲學

(害蟲防治之原理)

上冊 定價國幣貳拾肆元

(精裝本定價另加五元)

(外埠酌加運費碼貨)

編	著	者	鄒	鍾	琳
出	版	者	國	立	編
發	行	人	吳	秉	常
印	刷	所	正	中	書
發	行	所	正	中	書

(2013)

校整
：仙壽

滬·本

1/1-0.15

