

論害虫大量發生及其預測 (一)*

馬 世 駿

(中國科学院昆虫研究所)

一. 对害虫大量發生的一般認識

害虫大量發生(或又称害虫猖獗)係由於發生地的环境条件与害虫生理和形态的統一,而表現於數量上迅速增加的結果,亦即代表某种害虫生存歷史中这一時期的最高發展。由於組成环境的各个条件变化速度不同,以及害虫生物性的差異,故猖獗期的間距和每次猖獗期的延緩,各有其長短或久暫。研究害虫猖獗过程和造成猖獗原因的学科,称为害虫猖獗学又名害虫發生動力学。研究害虫猖獗首先要瞭解其發生規律。什麼是發生規律?自然界一切現象演变,包括生物的和非生物的,都有其各自体系的規律性,这种規律性即係自然界發展的邏輯,反映着各現象对象和各因素在發展歷史中的相互联系、相互制約和各自独具的特性,表現其為順序地及繼承性的發展,因为某种条件或造成这种現象發生的原因既然存在,則必不可避免的經過一定变化过程會產生出其結果(自然現象的規律性与必然性的討論可参考斯大林語言学中的哲學問題 368—408 頁,三联書店 1953 年出版,亞歷山大罗夫等著,王以铸等譯)。害虫發生規律亦可視為一个害虫种的系統發育,乃害虫基於其遺傳性通过对环境因素一定过程的適應創造而表現的必然結果。害虫猖獗則可視為害虫种在發展歷史中所能達到的一个種族的繁盛階段。一般談到發生規律应以害虫羣体消長为对象,它与以生活週期完成為範圍的个体發育規律应有區別。

猖獗週期性:害虫羣体变化,即其成長、衰亡和新生,在無人力控制的情況下,它和它所依賴生存的自然諸現象相同,各有其消長規律,这种規律大体上係受天体週期運動的影响,由环境的最初理化作用,進而作用到生理机能,造成害虫活動和發生的週期,但由於影响害虫發生週期的各因素在其週期变化的过程中,在時間上、空間上以

* 本文於 1954 年 9 月寫成後,承林昌善、蔡邦華、朱弘復三位先生提供寶貴意見,特此誌謝。

此篇係对害虫种羣發生動態的一般論述,今後幾篇拟就昆虫及环境類型分別討論,由於作者对辯証唯物主義哲學的學習甚差,昆虫學文獻參考不多,尤其对國內資料知道更少,故錯誤及遺漏之處甚多,尚祈各地昆虫學工作同志多予指教。

及力量上,有其長短、大小、遲早等差異,因此每一週期即有每一週期的特點,再加上作用所及对象的个体和羣体差異,於是就造成大同小異或小同大異的結果,害虫的週期發生亦屬如此,所以週期性決不可能是舊的重複,係自然現象在發展过程中的一种順序变化,通过这种变化自然有不能適应变化的舊东西淪於消滅或破坏,在另一方面則有新的或更發展的东西孕育而生,所以每次害虫的猖獗,都有其新的特質。

害虫發生數量的平衡現象:害虫的發展和生物界其他有机体相同,飛躍並不是由舊質过渡到新質的唯一形态,有机物的發展常是經過新質因素長期的、逐漸地積累及舊質因素逐漸衰亡的方式而進行,在新陳代謝類型發生变化的影响下,產生新質的因素,这种新質的緩慢積累,可以繼續一个很長的時期(参考晦聞、仲公譯, M.M. 邇邇塔爾著,馬克斯主义辯証方法, 1953 年版, 229—238 頁),在这緩慢發展的过程中,若隔離地观察其一个階段,則表面上可以看出,生物羣体在自然界的發展,有一个時期的靜止或平衡階段,但顯然地,这种靜止或平衡只是暫時的、相对的,因为整体虽在呈現着暫時的靜止或平衡状态,但組成整体或組成个体的各部器官則在永無靜止的情形下發生着分化、組合、同化、異化、順应、調節等作用,或產生適合新环境所需要的新机構、新形态的運動,所以这种相对的靜止或平衡,亦係發展或運動中的一种形式,恩格斯在“辯証法与自然科学”(見曹葆華、于光远譯, 1954 年出版, 103—111 頁)中很清楚地指出,平衡与運動是不能分開的,在天体的運動中存在着平衡中的運動与運動中的平衡,並指出物質相对靜止的可能性,暫時平衡状态的可能性,是物質分化的主要条件,是生命的主要条件。因此,在昆虫發生動力学中这种相对的平衡与靜止应看成是虫种演進和虫羣發生消長的促成条件。但这种相对靜止和相对平衡現象与唯心論者或机械唯物論者所主張的絕對靜止和均勢平衡,則顯然有本質上的不同,因为後者在自然界中根本無有。

在虫口变化过程中,唯心論昆虫学者有所謂虫口年齡問題,認為虫口年齡(population age)是限制虫羣生長的一种因素,認為虫羣消長符合一种盛衰理論曲線,即虫羣生長有一定極限,在達到最高極限後即自動衰亡,这种論据的出發點,基於害虫的固有(不变)生活力,生活在一定空間和有限的食料供应量的範圍內所必得的後果,因而認為有机体只有量的積累与舊質的延續,而無新質的应時而生。实际上害虫除了在个体方面有幼齡、盛長、成熟、衰老等發育階段外,虫羣的消長係受环境因素的作用,若环境因素中的生活条件適宜,虫羣數量可在其成活率高、生殖力大的基礎上繼續進行生長,反之若环境条件不適宜,則虫羣可永久不能生長到所謂“最適环境”中

的“最高極限”。虫羣內虽不断有个体死亡，然同時亦無停止地在產生新个体，昆虫通过系統發育形成有一定的遺傳性和適應这种遺傳性的虫体機構。遺傳性(保守性)一方面在不断和环境進行着矛盾的鬥爭，同時遺傳性(可塑性)則不断吸收着环境因素所給予的影响，產生新的生态類型或變向適合新环境的生活方式而逐漸形成新的遺傳性(詳細討論參看 И.И. 諾文斯基等主編，“現代生物科学中的哲学問題”，科学出版社 1954 年出版，116—164 頁，Г. В. 普拉托諾夫著，“達尔文主义在季米里亞捷夫科学創作中的發展”)，所以生物性不变的前定論(或可名為机械遺傳論)學說，如茄蒲曼(Chapman)主張的生物潛能論(biotic potential)不能解釋自然界中虫羣消長的真實原因[茄蒲曼理論的主要錯誤，在於把有机体和有机体賴以發生和生存的环境看成对立物，只看到生物与环境的对立一面(即所謂环境阻力 environmental resistance)，而忽視重要的另一面，即兩者的統一]。

虫羣的迅速成長，即害虫的大量發生，不是突然的，而係於一定虫數的基礎上由少生多呈幾何級數式的增加而起。这种基礎數量或足以造成大發生的起點虫羣密度，在各种害虫不同，一般而論，凡活動性强、生殖力高而適應性較大的害虫，虽其在當時單位面積內的數量少，常易於較快地在短期內造成猖獗。当害虫侵入新地區或在舊地區維持在相当水平數量基礎時，大体上若环境条件適宜，則虫數增加可呈階梯式的直線上升(如圖 1, 甲、乙)，否則如环境条件不適，則虫數变化，可能出現下列幾种

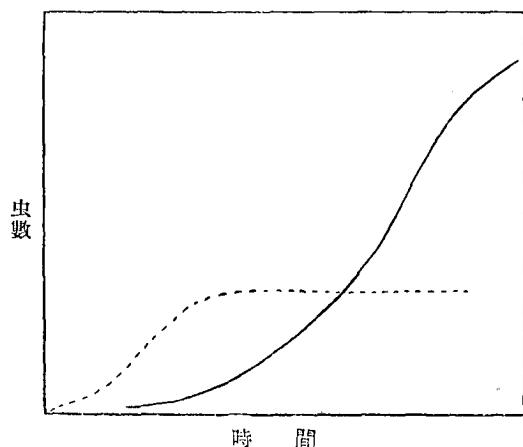


圖 1 (甲)虫口变化模式圖

虛線
實線 表示兩種不同虫口的消長模式。

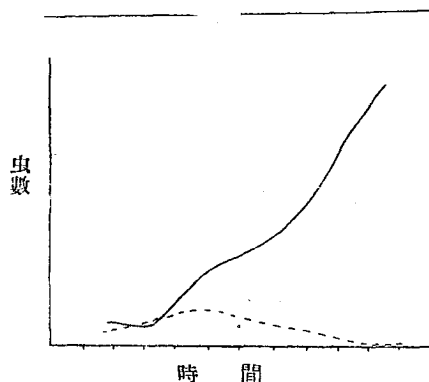


圖 1 (乙)

虛線
實線 表示兩種虫口的消長模式。

消長方式：(1)虫數下降後环境迅速好轉，虫羣再呈直線上升；(2)下降後环境緩慢好轉，虫羣呈波狀曲線上升；(3)环境条件繼續惡化，虫羣密度下降至最低，虫羣在大量

死亡後，逐漸適應，呈波狀延續，數量無顯著增減；(4)環境不繼續惡化，虫羣略微下降後，即呈微量的波狀增加。但隨着生活環境不同，即生活在各種不同類型環境內的害虫，其虫羣消長經過狀態，因受各自環境變化規律的影響有其各自所屬類型，大體上約可歸納為五類：(1)倉庫害虫類：生活在一定容積內的虫羣，其數量增加有一定限度，當超過此限度即達到所謂“飽和”狀態後如無可供取食或產卵的新物質補換，虫數常即迅速下降，此下降原因則屬於大量遷出與死亡，並繼之以生殖力的減弱。虫羣在上升過程中，速度頗快而且中途很少有下降現象（靜水水棲害虫亦屬此類）（如圖2）；

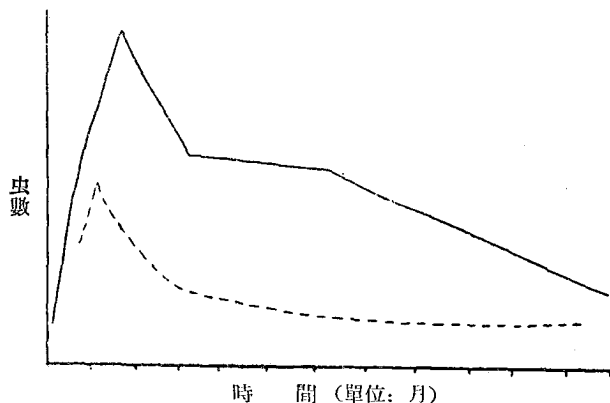


圖2 倉庫害虫虫口消長模式圖
虛線表示兩種不同虫口的消長模式。

(2)森林害虫類：由於林中環境在一般情況下比較穩定，害虫消長在時間單位上的差度緩慢而小，但當此穩定狀態遭受破壞後，虫數即出現繼續較長的上升或下降，大量發生係在虫數累積比較緩慢的基礎上，虫羣上升較緩而下降則常較快（如圖3，甲、乙）；(3)農作害虫類：農作大田環境在時間上有比較固定的一年一收或一年二收等變化規律，對環境的作用反映較快，因之農作害虫的虫羣消長，每年都可能有一次或二次近似S形而波度較大的上升和下降，害虫猖獗常係在數量積累比較迅速的基礎上（如圖4，甲、乙）；(4)草原害虫類：大面積自生自滅的草原，每年有一次規律的週期性變化，環境性質較農田穩定，但較林中變化為快，故虫羣數量

變化，可出現暫短而顯著地上升或下降，但亦可出現較長時間的延續的增加或減少（如圖5）；(5)衛生害虫：如蚊、蠅等類的發生環境，其生活環境變化快，故虫數增減亦

在時間單位上的差度緩慢而小，但當此穩定狀態遭受破壞後，虫數即出現繼續較長的上升或下降，大量發生係在虫數累積比較緩慢的基礎上，虫羣上升較緩而下降則常較快（如圖3，甲、乙）；(3)農作害虫類：農作大田環境在時間上有比較固定的一年一收或一年二收等變化規律，對環境的作用反映較快，因之農作害虫的虫羣消長，每年都可能有一次或二次近似S形而波度較大的上升和下降，害虫猖獗常係在數量積累比較迅速的基礎上（如圖4，甲、乙）；(4)草原害虫類：大面積自生自滅的草原，每年有一次規律的週期性變化，環境性質較農田穩定，但較林中變化為快，故虫羣數量

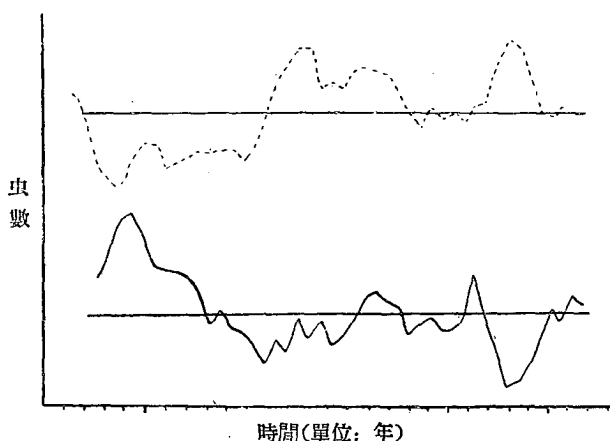


圖3 (甲)森林害虫虫口消長模式圖
虛線表示兩種不同虫口的消長模式。

變化，可出現暫短而顯著地上升或下降，但亦可出現較長時間的延續的增加或減少（如圖5）；(5)衛生害虫：如蚊、蠅等類的發生環境，其生活環境變化快，故虫數增減亦

快，單位時間繁殖多，死亡亦多，故增減幅度常波動在比較穩定的範圍內，虫羣因逐年積累而造成大發生的現象不顯著，但每年的週期变化因生殖季節的作用，則甚顯著（如圖 6，甲、乙）。上述消長類

型乃昆虫生物性和环境作用間的一致性的一种表現，亦即虫種自然選擇的結果。此外，在多數情況下，凡虫羣上升迅速者，如無大量遷出習性則此類害虫由於適應力的發展配合不上环境的变化，虫口下降亦快；虫羣緩慢上升者，害虫对环境適應力得以逐漸發展，其下降亦緩慢，乃至無顯著下降。在有些情況下，使虫羣下降的环境惡化程度，常隨虫羣密度的

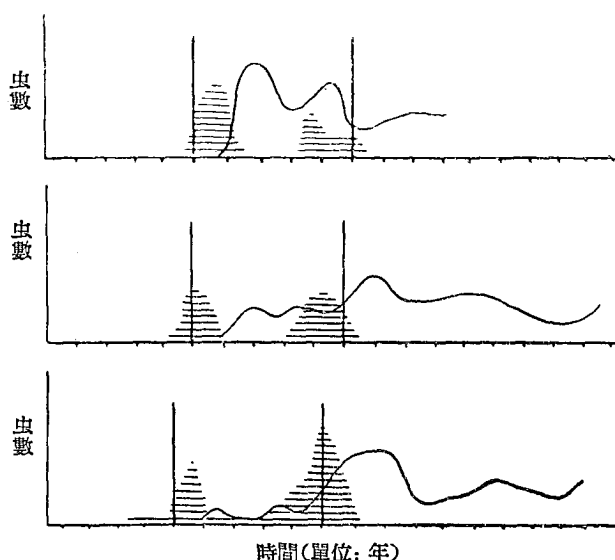


圖 3 (乙) 林型兩次變動後的虫口消長圖

增高而加劇，加劇的原因，可能由於天敵的作用、食物和空間的限制以及溫度或濕度的增高。但在虫口生長初期，虫羣內即有个体死亡，而大量个体的死亡非出現於虫口密度最高時，而係在虫數開始減少後，此點可用以說明虫數的減少，主導因素係环境的惡化及害虫自身適應力的減弱所致。而由於虫羣內虫數增加後所引起的競爭，則是环境惡化的後果。

害虫大發生的伴隨性：每种害虫猖獗都有其獨佔的猖獗中心，很少看到甚至沒有在某种害虫猖獗盛期的中心區內，同時另有數量較大的其他害虫存在，但当猖獗高峰轉移或降低後，則常有另种害虫繼隨而起。在相隣兩個地區或同一大環境內可能同時出現兩種害虫猖獗，如此兩種害虫係生活習性相近的虫

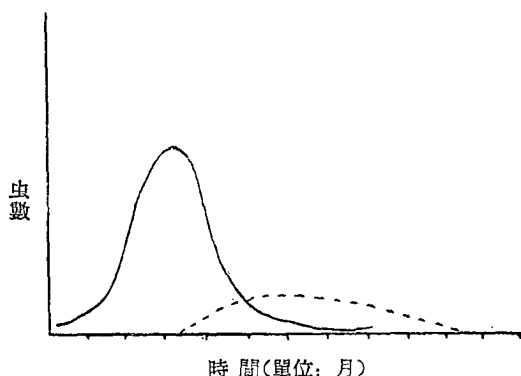


圖 4 大田農作害虫虫口消長模式圖
(甲) 一季作農田

虛線表示兩種不同虫口的消長模式。

類，則兩個猖獗中心的外圍很可能在害虫擴散遷移時發生交錯現象。根據害虫羣落

分析,同一環境內可能存在兩種以上無直接侵害或寄生、共生等關係的虫羣,而各虫羣的虫數係隨環境變遷而互有消長,交替地維持於一個近似比例,當其中一種虫羣逐漸進入猖獗期時,則其他虫羣即逐漸減低,有的種類甚或消失,其更替消長速度係隨

環境性質而變,環境變動快者其變化亦快,穩定者其變化亦緩慢。

害虫大量發生的頻度和大量發生的虫類與自然地理區域的性質或植物帶間存在有伴隨性的關聯,如圖 7 所示;凡植物種類複雜而生長發育頻繁的地區,害虫發生的種類及其大量發生的頻度亦多,反之,則兩者皆少。

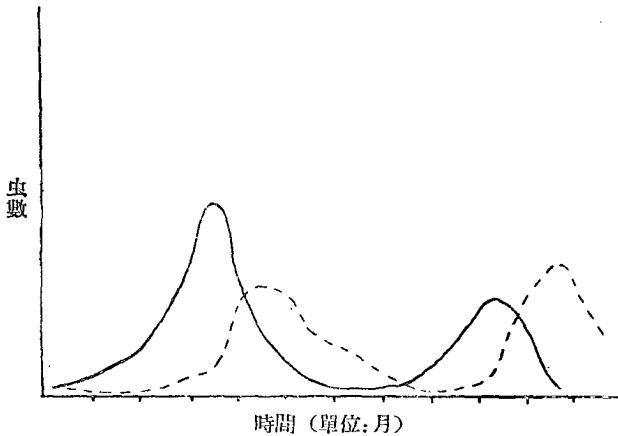


圖 4 (乙) 二季作農田虫口消長圖
虛線表示兩種不同虫口的消長模式。

二. 虫羣消長的生物學和生態學基礎

環境是圍繞生物體各種條件的總稱,亦即生物體與各種條件間互相作用的綜合體,故生物體自身就是組成環境的一部分。昆虫生物性係歷史環境作用的產物,所以昆虫種在數量增加上的性能,應視為歷史上所積成的特性,屬於該虫種具有的特性之一。所以有些虫種的數量逐漸在增加(如圖 8 所示為飛蝗在 1650 年內發生數量的變化記載),而另一些虫種的數量則逐漸在減少。這種進化過程中的改變是歷史性的,至於現時所見某些虫種在數量上的消長,則屬於暫時性的(相對意義)生命或生活改變,造成這種暫時性改變的原因則為害虫內在條件和外在條件的統一性的實現或破壞。外在條件為環境因素的作用,內在條件即害虫自身所具有的生物性能。關係害虫猖獗的生物性能,主要屬於下列兩方面:(1)繁殖力,(2)適應性。前者作

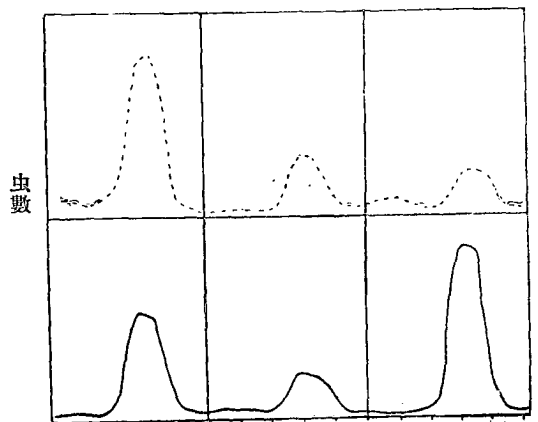


圖 5 草原虫口消長模式圖
虛線表示兩種不同虫口的消長模式。

用虫數的增加，後者則直接影響已有虫數的維持與減少。適應性又可稱為生活力，為害虫的遺傳性表現在生態習性上的本能，由於先天或後天的差異（主要係營養物質交換的結果所造成），因此同一母體在同一時期所產生的個體，其適應性亦有差異。害虫適應性表現在下列五方面：

(1) 取食能力（包括取食方法）、選擇食物的範圍、一定時間內取食量、耐飢力等；(2) 對溫濕度的感應力（包括溫濕度的活動界限、抗高低溫的性能、對一定溫濕度的敏感或反應速度以及調節體溫和在不適宜的環境內休眠等）；(3) 活動力，表現在有助於遷移、擴散、聚集的飛翔、跳躍和爬行等；(4) 特殊棲居場所的保護與建造，有助於自体與後代的生活安全避免天敵，及對惡劣環境的抵抗等；(5) 形態上的多變，如變型、擬態、

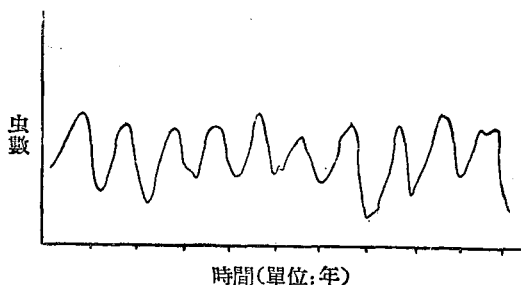


圖 6 (甲) 衛生害虫虫口消長模式圖

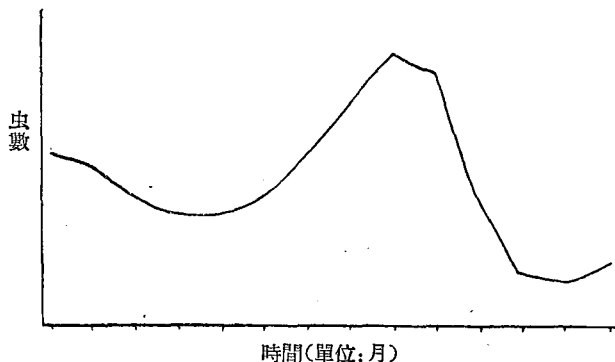


圖 6 (乙)

保護色等生態類型。繁殖力則屬害虫遺傳性表現在生理解剖上的本能，其內容主要包括下列幾方面：(1) 性成熟期速度，性成熟快者在一定時期內的絕對生殖數量則高；(2) 生殖力即每雌一生的生產數量，其所生產絕對數量的多寡，決定於生殖期的長短及生殖期內每次的生殖數量，其生殖期長及每次生殖數多者，每雌一生所產的後代虫數則多；(3) 雌雄性比，在每雌有其一定生殖力的條件下，雌體愈多，則其生產積數愈大；(4) 多變的生殖方式，如隨環境變化可進行有性、無性或多胎生殖等。此外由於大多數虫類因須交配後方能生育，或後代的雌雄性比決定於受精與否，故在雄少雌多的虫羣或對於婚期環境要求較有嚴格的虫類，受精率對後代虫數的增減亦可起決定性作用。

害虫生物學性能是否得以發揮，須視環境情況，顯然的，如環境順適，即環境條件適合於遺傳性要求，則虫數增加迅速；反之，如環境惡化或其變化超過害虫的適應性能，則虫體死亡數高，虫數增加受到抑制。故在一般情況下，一種害虫的個體數目取決於環境歷史條件所形成的大的生育力，不如決定於今後允許大多數個體生存下來的

环境条件比較重要。

影响害虫猖獗的外在条件即环境因素,按其作用可分为下列兩類:(1)生存因素,係害虫維持生命和賴以生長、發育的生活条件,如適宜的气候、食物及供棲居隱伏的土壤等因素;(2)作用因素,即致个体死亡或虫羣减少的条件,如天敌、不適宜的气候变化、毀滅性或限制性的地形变化及有意識的人为因素等。茲分別簡述其作用於下:

(一) 气候: 係指某一地區天气变化所給予生物的規律現象。分析气候因素對於害虫的作用,不但要注意大气候,更应研究圍繞虫体或虫体生活範圍內的小气候。小气候变化直接受大气候影响,但隨小地區的地理特性不同,地理条件在不同程度上改变了大气候的作用。因之,对害虫的影响發生差異。气候因素一般包括温、濕、降水、光、風及气压等項,它們屬整个天体现象中的个体要素,互相作用,互为因果,但對於害虫則各有其各自的作用性能。

1. 温度: 昆虫的活動、發育或生殖,都需要一定的温度範圍(簡称温界),其中並有一段幅度較小的最適範圍,称为適温界,在適温界的範圍內任何昆虫都有其一个相对的發育適點,就此適點計算昆虫發育所需的温度積數(簡称温積,一般以日度為計

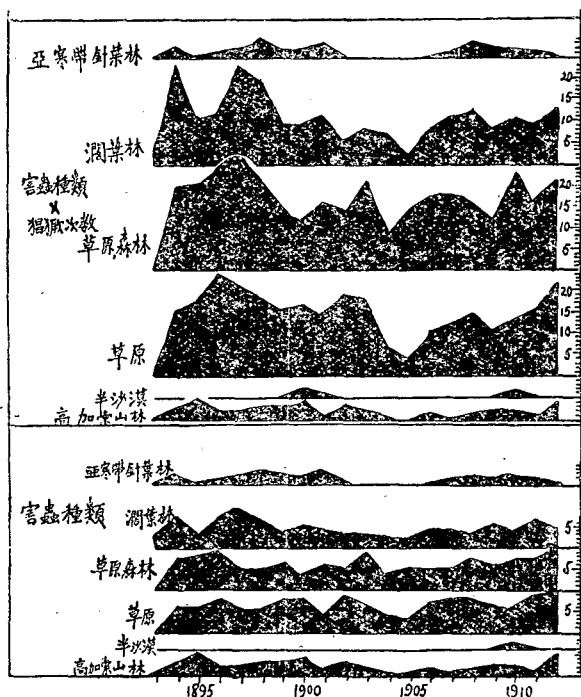


圖 7 害虫在不同植物帶的猖獗數量
(轉載苏联資料——庫拉金1913)

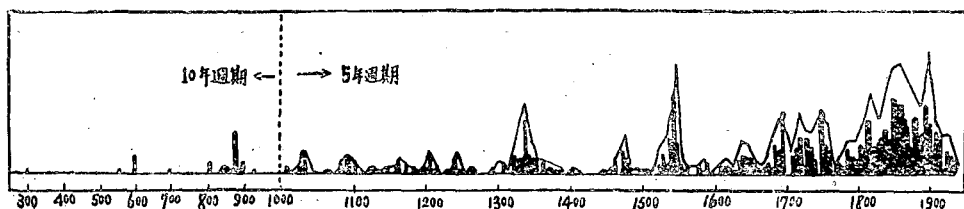


圖 8 飛蝗在歐亞洲的大量發生記錄(轉載 Carpenter 1940)

算單位，實驗室內則可以時度為單位），根據溫積計算其發育所需時間，例如，向低溫方面距離適點愈遠，完成其發育所需時間愈長，反之則短，故在局限的適溫範圍內昆蟲的發育速度係隨溫度增高而加快，其加快的速度係數接近於瓦特胡夫定律（Vant Hoff's law）。昆蟲生殖力在此適溫範圍內同樣亦隨溫度的增高而加高。但昆蟲壽命則有相反現象，即隨溫度的增高而縮短，隨溫度的遞降而延長。故在分析蟲羣數量變化時，這是應注意的關鍵問題之一，概因溫度增高的後果，可促使發育快、性成熟早、產卵早或一次生殖力大，但成蟲生活期的縮短則使原有蟲羣總蟲數及個體一生中總生殖量均行減少。再造成害蟲猖獗的適溫在各蟲期不同，例如，為害森林的天幕毛蟲（*Malacosoma disstria* Hbn.），其一、二、三齡幼蟲都可在 15°C 內生長，但从四齡起，如仍保持 15°C 低溫則停止取食，30 天後即行死亡；如提高到 25°C ，則只要 5—7 天即可完成第四、五齡期的正常發育。又如夜盜蟲（*Lycophotia margaritosa*）卵在 8.8°C 以上即可發育， 27°C 下只需要 4 天即行孵化，但後期幼蟲如使其生活在 23°C 以上的溫度內，其死亡率幾達 100%。由此亦可說明害虫發生所需溫度的階段性。

高溫在一定範圍內對害虫的發育繁殖起促進作用，但過高溫度則不但能抑制害虫發育，並能直接傷害虫體生命，或間接迫其離開原來的生活環境而遭到額外的損失。低溫的作用是抑制或延遲害虫的發育，但低溫可幫助害虫度過不良的階段（如乾燥期、缺食期），在很多種虫類需要經過低溫階段方能完成其發育，或者需要一較長的或緩慢變動的low溫期方能安全的越冬，避免因缺食或失時發生而死亡。這種對害虫作用有顯著差異的溫距常在 5°C 以內，在非活動期有時可到 10°C ，乃至 20°C ，但当愈接近高低溫界時，則溫距愈小，1— 2°C 差即可發生顯著不同的效果。

2. 濕度：係大氣中所含水量的指示係數，表示濕度的方式有絕對濕度、相對濕度及乾燥係數等三種，在昆蟲生態學中一般則採用相對濕度，由於相對濕度隨溫度而變，兩者對昆蟲的作用實際又屬交連不可分割，故研究濕度作用時，常與溫度並提，用溫濕度係數（濕度/溫度），說明兩者對昆蟲的相關作用。濕度對昆蟲的作用與虫體含水量有密切關係，虫體水分的取得，主要來自食物，其次則通過理化作用虫體直接從棲居環境中吸取。当虫體含水量高或失去水分可以及時補充時，則在高溫下昆蟲需要低濕；如當時虫體含水量雖高但失去水分不能及時補充時，則高溫下亦需要相當的高濕；在自然情況下低溫相對的常伴隨著高濕，在低溫下大多數昆蟲活動小，故所需水分亦較少，故在低溫下除高濕外而中常濕度對昆蟲的影響不大顯著。但低溫高濕除少數適濕昆蟲外對大多數昆蟲的活動與生存則顯著妨礙。在一般情況下若

虫体含水量接近適度，乾燥大气滯延其發育，高濕的大气維持適度則增進新陳代謝而加速其發育。大多數昆虫在比較濕度較高時（在適溫的範圍內），皆可增大其生殖，並在食物缺乏的情況下環境濕度較高時，可延長其生命。故根據溫濕度對害虫的相關作用及害虫的需要程度，從溫濕度的變化或者在溫度變化比較穩定的情況下，只就濕度條件，均可進行害虫發生預測。

3. 降水：雨係大气濕度和土壤濕度直接的來源，並通過食物供給昆虫體內水分，故雨的間接作用近似濕度。但降水直接地對昆虫亦起機械作用，單位時間內一次降水量的大小，有力地影響生活於大气中的虫羣密度，絕大多數害虫在降雨時停止活動、取食、交尾和產卵，許多在土內棲居或生活的虫類，在其某一虫期的發育或活動前需要適當的雨量以增加土壤濕度，從土壤內吸取水分以促進發育或孵化，因此雨量的分佈常可決定某種害虫虫羣的興衰。昆虫工作者在掌握了整個環境因素的綜合作用並明確降雨在其中具有決定的影響後，即可根據降雨在害虫重要發育階段的分佈量及雨期，預測害虫是否可能猖獗。許多地下害虫和森林害虫因為其生活環境內的溫度變化幅度比較小或比較緩慢，則受雨量所左右的濕度成為控制其發育生殖的主要因素。夏季的乾燥常使許多種害虫停止發育而入夏眠，而過量冬雨對於近地面越冬的虫類則有致命的打擊，在熱帶降雨（包括雨量、雨期）所起的生態作用，相對地遠超過了溫度，所以熱帶的降雨不只對昆虫，應當視為對一切動植物具有決定性影響的生態因素之一。降雨既是濕度的來源，降雨並可直接影響於溫度，故根據某地的溫度和雨量係數，亦可以預測害虫能否大量發生。

4. 光：光或日照對於昆虫發育繁殖的作用，決定於光照強度和光照時間，昆虫在遷移、取食、交尾、產卵等習性上，對光照要求有其一定限度，絕大多數的蛾類係在傍晚時交尾產卵，許多蜂、蟻、蝶類等則須於晴朗的日中方能完成其受精活動，蚜虫的進行有性或無性生殖則顯然地亦受光照長短的影響；再如亞洲飛蝗和許多種金龜子等在活動適溫範圍內，常因傍晚的弱光刺激進行交尾前聚集飛翔，因而促進其性成熟，故根據這些害虫完成其發育繁殖所需要的光和溫濕度的範圍與所經歷的時間，從實際這類機會的多少，即可預測害虫能否猖獗，例如松針黃毒蛾（*Porthetria dispar* L.）在林中的出現數量係依射到林帶內林冠下光的數量為轉移，雌性成虫僅在靜寂而溫度在 18°C 以上的溫暖黃昏內，通常林帶光力在180—490燭光情況下，方大量飛翔，進行交尾。又如毒蛾（*P. monach* L.）的交尾飛翔亦必須在無風無雨和氣溫在 15°C 以上的夜晚始進行，若此適宜環境超過12晚以上時，則該年必為此蛾增多數量的年份。

光對於害虫的影响又与溫濕度不能分開，許多習慣生活在蔭濕處的虫類，常因曝露於强光下並引起濕度過低而致死亡。此外由於外界環境的改變引起光照強度的變化（常伴隨着溫度和濕度的變化），迫使害虫離開習慣的生活區因而造成大量死亡。在森林害虫中由於林型或林相的改變而左右害虫猖獗，多屬此類。

5. 風与气压：風之形成起源於不同地區的气压梯度差，風對於害虫的分佈、遷移具有顯著而重要的作用，故根据一定地區的恒風向或某風向的頻度和風力，並結合害虫活動性能和時期，可預測或計算出害虫猖獗的範圍或其擴散的幅度。在一般情況下，對於害虫的發育繁殖，無直接地顯著作用，對於飛翔在空中方進行交配的虫類，特別如單雌生殖的蟻蜂等，由於風的機械作用，母虫遭受損害時，對於虫羣數量的增減顯示出唯一巨大的作用。在一般虫類，風与气压對於虫體的活動有助長或阻抑的影响，間接影响其發育，對生活在高空或習慣在空中飛翔的虫類，由於气压變化，活動範圍下降，常亦因而造成相當數量上的損失。對於倉庫及地下害虫因气压及其他物質壓力作用，則可決定害虫發生的垂直範圍。至於因大風而發生的害虫牽曳(draft)現象，造成某地突然出現大量某種害虫，在歐洲和我國沿海都曾發生過，例如，蝗虫(Hurd, 1917)、蚜虫(Elton, 1925)和金花虫(馬世駿, 1953)等。

(二)食物：食物是昆虫用以維持生命和延續生長及增殖的原料，一切活動和生理機能必須仰賴食物方能繼續，昆虫除了卵、蛹和極少數壽命極短的成虫期不自體外取食物，所有虫類的幼虫期及絕大多數的成虫期都須自體外攝取自身所需要的營養，故昆虫的活動及生理機能乃至器官組織，都可直接或間接通過食物而給以改變。故當害虫侵入某新地區後，常因新的優良和豐富營養食物的供給，培養起大的生活力及生殖力，迅速地造成猖獗。昆虫通過長時期的系統發育過程形成各自的食性，而這種食性的範圍係與其長久或習慣生活的環境及通過此環境的歷史作用而形成其特有的生活習性密切相連，故昆虫的食性按範圍來分有雜食、多食、寡食、單食等大小不同，此外並有隨虫期而改變食性的、隨季節而改變食性的及隨環境而改變食性的等等，但每種昆虫即使係雜食性虫類，亦有其特嗜食物，即其優越食料，以滿足其生理需要。此種優越食料的供給程度如何，對害虫的生長、繁殖、成活當具有極大影响。在單食性虫類常因某一種食物缺乏，直接因飢餓而造成大批死亡，或在尋覓食物的遷移途中造成大批死亡；在許多寡食或因季節而變更食物的虫類，若中間寄主或其中一種寄主缺乏，即可使其生長或繼續繁殖遭受挫折；在有些雜食或多食性虫類因缺乏某一、二種優越食料，被迫而改食其他，則可延緩其發育或減弱其生殖力；也有些虫類因為食物缺

乏或由於食料改变而营养不足,改变了正常的雌雄性比;至於因营养不足而减小其体積或造成發育不良,或因抵抗力減弱而中途死亡的实例更多。如地老虎 (*Agrotis* sp) 越冬幼虫在营养良好的情况下,僅在零下 11°C 或更低温度下才死亡;而發育不良的幼虫在零下 6°C 即死。

昆虫發生不只与其食料 (動植物寄主) 的有無有从屬關係,而且与其寄主的發育階段相应配合,这奠定了从改变栽培制度或植物相去抑制害虫猖獗的基礎。此种害虫与寄主間的相關發生概由於害虫和寄主所需要的气候环境常近一致,此係自然選擇的結果。在一般情况下,害虫所需要的適宜气候範圍常小於寄主所需範圍,故植食性害虫可根据野生寄主的消長,預測其分佈,但由於兩者間所需要的適宜环境不完全一致,因而在適於寄主而不適於害虫的气候条件下,害虫的猖獗即不能隨寄主植物的盛衰而相应的增加。

(三)天敌: 達尔文對於天敌的作用,在“物种起源”中^[10]曾有深入的闡明,認為對於每个种所必需數量的食物,当然是決定繁殖的極限,但是往往种的平均數目不是由於其所獲得的食物而定,而是因为这个种係其他動物的犧牲品。此項論断對於环境類型多和生物羣落複雜的我國格外具有重要的意义。昆虫天敌按其作用方式,可分为捕食、寄生及病寄生等三類。捕食類中包括有鳥類、蛙類、虫類及少數蛇類和小形哺乳類等。此類捕食天敌有的終生捕食害虫,其中又有捕食多种害虫的和專食某种害虫的,有的僅於某一季節或某一情況下始捕食害虫的。在寄生天敌中按其寄生的虫期則有卵寄生、幼虫寄生、蛹寄生和成虫寄生;按其寄生部位則有体内寄生和体外寄生;在寄生量方面則有單寄生、多寄生或过寄生等;就寄主与寄生物和寄生物与寄生物關係則有初寄生、複寄生;按寄主与寄生物的關係範圍來說,則有專寄生 (某种寄生物專寄生於某种寄主) 和廣寄生 (一种寄生物可寄生多种寄主) 的區別。上述寄生物与寄主間複雜關係,均为研究害虫猖獗必需掌握的情况。常見的寄生物種類,在体内則有線虫類、昆虫類,体外則有蠕蟲類等。病寄生屬菌類寄生,其中按病原菌種類則有真菌病、細菌病等之分。

天敌作用: 捕食性天敌消滅害虫的方式,为个体对个体的消滅,故其作用的大小应取決於下列四點: (1) 活動性能和範圍; (2) 食量的大小; (3) 捕食時期或对象,如食卵、幼虫、蛹或成虫; (4) 在近於相同的气候条件下天敌与害虫的繁殖速率。寄生天敌的作用則有消滅个体、縮短害虫寿命、延緩發育、降低其生殖力及生活力等五种結果。病寄生的作用,一般皆開始表現在不活動,其後則發生發育遲緩、生活力弱、生殖力小、

早期死亡和迅速死亡等現象。比較三種天敵作用，由於捕食性天敵受個體食量的限制，在一定範圍內須達到一定密度方能顯示其作用；而寄生性天敵因每個寄生物在一定時間（生殖期）內可寄生的寄主數，遠超過其個體的數倍乃至數百倍，其寄生作用的大小決定於其生殖量和生殖時期的長短，故在許多種情況下，對於害虫猖獗抑制，較捕食性天敵作用為大；但若與病寄生天敵比較，因後者在適當的氣候條件下，完成一生殖世代所需時間較短，故繁殖速、傳播快，能於短期內使害虫大量死亡，特別當害虫大發生時，病菌一經傳播即可致害虫集體死亡，作用來得迅速顯著，而且作用所及的寄主範圍亦廣。惟因病菌繁殖大多需要高濕或範圍較狹的溫濕度條件，使病寄生天敵在抑制害虫猖獗的作用、應用地區和範圍上受到一定限制。總之，任何一類天敵都有其優越性，亦有其局限性。

關於昆蟲類專寄生與廣寄生天敵作用的比較，蘇聯學者^[4]曾指出寄生物對其寄主的適應係歷史的過程，因此在寄生範圍的程度上有不同的各種寄生物與寄主的相互關係，是反應其寄生性演進的不同階段，所以專寄生的昆蟲類天敵與其寄主間互相關係的性質和廣寄生昆蟲天敵與其寄主間互相關係的性質，當然有所不同，因而其對於害虫數量變化的作用也自然不同。當害虫大量發生時，如此種害虫數量遠超過其他可能被寄生的害虫時，廣寄生天敵作用可相等於專寄生的作用，並且很可能在害虫大量發生初期由於廣寄生天敵的繁殖不受限於一種寄主，其作用或較專寄生為顯著，但在一般情況下，則相等密度的廣寄生天敵遠非專寄生天敵的作用為大。而在許多均非專寄生天敵的情況下，則其中常有一種寄生物的寄生率特高，此種結果係決定於：(1) 此種寄生物的先在密度；(2) 活動性能；更重要的則係(3) 此種寄生物的生物型(biological race)，雖同一種寄生物如其生物型不同或經歷不同種寄主而發育的個體，其習性不同，因之所起作用常有顯著差異。故研究寄生天敵作用及其與寄主的關係，必須同時了解其生物性能和生態要求，至於(4) 寄生物與寄主發生期的配合，當亦屬基礎問題之一。

天敵與寄主間存在着極為複雜的消長關係，此種關係在抑制害虫猖獗時係以競爭的方式表現在生長速度和生殖力方面，由於寄主和寄生物對於同一地區氣候的感應不同，或彼此小氣候的差異，兩者數量的增殖就發生差異，寄生物即可在此差異中失去其全面控制的作用，害虫即可在此倖存的數量中造成猖獗，例如，麥蚜 *Toxoptera graminum* (Rondani) 的發育起點溫度為 0°C ，其寄生物 *Lysiphlebus tritici* Ashm. 則為 2.2°C 。寄主的發育速率在中常溫度下總小於其寄生物，但在 24°C 以上，寄生物

發育反漸減低，而寄主則繼續升高。又寄主的發育溫積為 2400°C ，寄生物則為 2933°C ，當平均溫度 20°C 時，寄生物發育需時 264 小時，寄主發育則需時 240 小時；當寄生物仍在發育時，寄主蚜虫已胎生 26.4 个小蚜虫，每个寄生物於羽化後 2 天，可寄生 22 个蚜虫，此時每一寄主♀蚜已胎生 31.2 个小蚜，除去被寄生者尚有 9 蚜生存，因此在 2.2°C 以下和 24°C 以上的情况有利於蚜虫的發生。再如蚜虫與瓢虫在高温下瓢虫食量大，發育速，但因而促短其幼虫期，減少其總食量，相反地高温亦促使蚜虫生長快，繁殖速，結果蚜虫繁殖速率远超过瓢虫，因而造成蚜虫的大量發生。故在確知天敵與寄主在各种環境內的生長速度(所需時間)和其生殖力(每雌產幼數)，可以數學公式表示其在一定時期內數量增減的關係。

寄生物在搜尋寄主時除生物性能的作用外，亦含有數學上的機遇(probability)關係，當寄主密度高時，單位時間被寄生的絕對數量高，反之，在寄主密度降低後，寄生數量降低，且常發生重寄生現象。但此种機會的增減，不只決定於寄主和寄生物的密度，同時亦受環境因素的影響。例如，切根虫 *Porosagrotis orthogonia* Morr. 於乾燥氣候內活動在植物下部，遇潮濕氣候則活動在植物上部，因而使虫體曝露被天敵寄生。故切根虫寄生率增加常與其幼虫期降雨量及其降雨天數有一定關係，若降雨日在 10 个以下，切根虫數隨之必增，若在 15 天以上，可能全部被寄生。故根據害虫活動所需的环境條件，亦可估計其寄生率的變動。

在研究寄生物與寄主的消長關係問題上，有些昆虫學者如 Thompson 和 Volterra 等，認為兩者在數量增減上有相互從屬關係，这种迭相增減的週期性是維持寄主與寄生物動態均衡的基礎。誠然，自然界寄生物或捕食者的效能決定於寄主或被食者的數量，即虫羣密度。當寄主虫羣數量稀少時寄生者便顯著地減少的現象亦屬事實。但僅從寄主和寄生物的生殖力而機械地推算兩者的消長關係，則顯然違背生物進化的自然法則，因無論寄主或寄生物都直接受環境因素的作用，由於各自對環境因素感應不同，兩者通過生長繁殖而後表現在數量上的增減，自然不能機械地局限於它們的固有生殖力。

(四)土壤因素：土壤對地下害虫(包括一个虫期棲息在土內的虫類)可視為一個環境完整體，雖然土壤內的溫、濕、空氣等條件係受大氣變化的影響，但由於土壤的物理性、化學性和生物性能在各自不同的程度上改變大氣的作用，甚至在表現土壤的特性上成一獨立體系(或變化規律)。土壤物理性與所含生物成分對於溫、濕、空氣成分具有基本作用，土壤生物性或其所含的有機質成分是許多種地下害虫的食料，因此土壤生

物性对地下害虫另有其单独作用。土壤化学性除对于土壤温、湿、空气等条件亦起相当影响外，主要则係通过直接对植被的变化而发生作用。此种作用表现在下列三方面：(1) 植被改变土壤物理性和生物性；(2) 植被改变了大气对土壤的作用；(3) 植被改变近地面生物羣落的成分。土壤内温、湿、空气等三因素变化不若地上面剧烈，但三者的相互影响的關係因受一定空間限制，則較地上面为顯著。害虫在土壤内分佈亦与地上情况相似，有顯明地垂直層差異，此种差異即起源於温、湿、空气和有机質的存在數量和其变化情况。光与气压差度在土壤内的变化極小，故此兩種因素在土壤内的生态作用不佔重要。構成地下环境和地上环境不同的原因，首要推水在土壤内和在空气内的存在形态，在地上生物活動層内水係以微粒(水蒸气)存在於空气中，在地下則有多种類型。水量的大小能改变土壤的理化性和生物性，同量的水在不同理化性和生物性的土壤内所發生的作用不同，也就是構成不同土壤内的相同湿(水)环境所需要的水量当亦不同，掌握了土壤内理化性、生物性和水的相互關係，就不难根据外在条件的变化而瞭解土壤的發展規律。地下害虫对于环境条件的要求範圍，由於活動性小，感覺敏捷，故較地上大多數害虫嚴格，特別有異於地上者为对空气成分及濕度的要求，如同对于倉虫所起的作用，具有更重要的意义。因之，地下害虫分佈層的界限亦較地上狹小而顯明。故根据害虫的要求，从外來条件所給於或引起的土壤变化規律，可預測害虫的發生。反之，从多种害虫在土層内的分佈亦可瞭解土壤各种性能的發展情况。

(五) 地理因素：地理因素的主要作用在影响害虫的猖獗範圍。各种害虫各有其最適生活區，此生活區代表一定的小气候条件、食物条件和棲居条件，故每一种害虫大發生的中心，各佔有其独立的面積和範圍。根据此生活區条件即可分析出發生中心區和擴散區，或猖獗區、可能猖獗區和不可能猖獗區等，以預測某地是否可能有某种害虫猖獗。地理因素所構成的条件如气候、食物、土壤等已於前面分別論及，故此處討論者只限於地勢、地形範圍内的地面变化。地面形态变化，对許多危險性的害虫起着主導作用，例如，河流的淤塞、內澇地區積水的变化無定以及牧場破坏等，必然可引起飛蝗(*Locusta migratoria* L.)發生；再如林相或林地的破坏，使生物羣的組合發生变化，常因而造成某种害虫的猖獗，例如，林緣幼木和林下灌木的砍伐將引起松針黃毒蛾和柞捲葉蛾(*Tortrix viridana* L.)的大量發生等。地面上害虫的垂直分佈帶以及活動的地區界限，乃係地理因素所起的作用，如地形發生变化則不可避免地将引起某种害虫消滅和另一种代之而起，故生活區的更替常是某种害虫在某地區消長的原因。掌握害虫生活區的組成，即可根据地理条件变化進行預測。

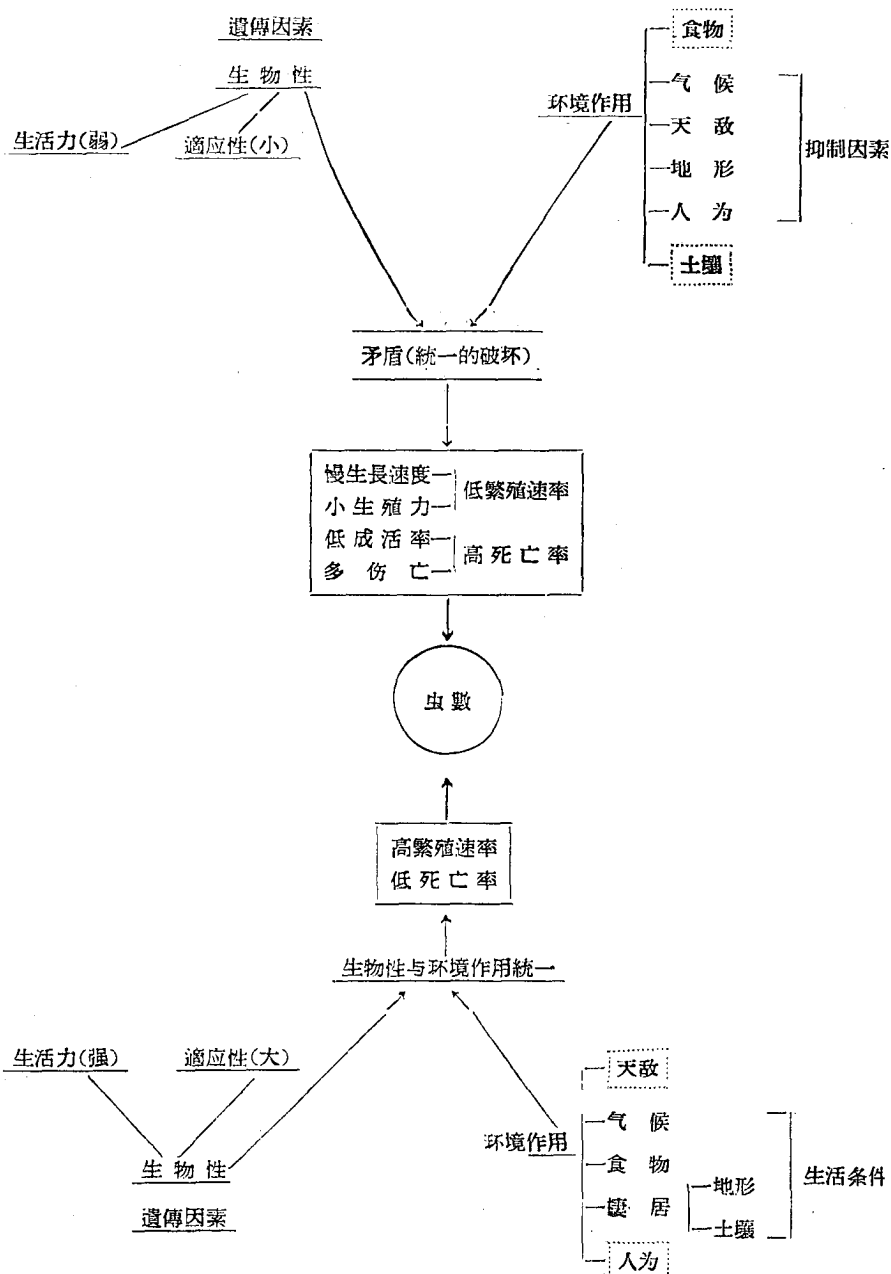
(六)人为因素：人類有目的、有意識的活動能改造自然，使其有利於人類，但人類活動在無意識中亦可改造害虫的生活环境，因而抑制或助長了害虫的發生，特別在新生活區的引進方面，由於缺少天敌和得机迅速繁殖的結果，常可造成極大的損害。再如缺乏整体計劃的水利兴修和不合理的土地利用等，因为破坏了自然抑制害虫猖獗的力量，間接促進了害虫的猖獗。人類活動所造成的此种後果虽屬無意識的，但在充分了解了害虫發生規律及人類全部活動过程後，不难找出其規律，掌握此种規律即是進行預防和預測的基礎。此外，人類在使用葯剂防治害虫時，常只注意當時的效果，而忽視下列現象：(1)防治害虫同時消滅了天敌，在殘餘害虫和倖存天敌的繁殖速率的競爭下，可能有助於害虫數量的增加；(2)殘餘害虫的密度是再度猖獗的基礎，猖獗期的間距大小在环境条件比較穩定的情況下，常決定於殘虫的密度。故根据現時防治結果進行再度猖獗預測，必須首先考慮此兩種現象所能發生的後果，以殘餘害虫和天敌的密度為基礎，再結合其他环境条件所可能起的作用進行預測。

總上所述，看出來影响害虫猖獗的因素係極其錯綜複雜，各因素間存在着互相联系、依賴和互相作用的關係，所以影响害虫猖獗不可能係一种因素的作用，而是許多因素的作用總和，但隨着(1)時間：如不同季節和害虫的不同發育期等，(2)地點：如不同环境和地區等，(3)情况：如害虫的营养、發育狀況和环境条件的當時状态等，而在許多因素中則常只有一种因素起着決定性的或主導作用，分析害虫与环境間複雜關係時，必須要找出主要的和次要的因素，掌握这一个具有決定性作用的主要因素或導致环境發生变化的主導因素的变化，即可便利我們根据一、二个因素的变化規律進行預測。並由於主導因素的作用常不只顯露或存在於猖獗的當時，故瞭解害虫猖獗不僅要掌握當時情况，同样重要的須注意猖獗前後的情况，即其猖獗过程。

在討論环境因素对害虫大量發生上所起的作用時，歐美學者多數忽視环境的綜合作用，而強調一种因素的單獨影响，如 Escherich (1914, 1924) 認為虫羣數量控制，基本上是由於天敌；Howard 和 Fiske (1911) 則主張害虫猖獗係由於寄主与寄生物間失去平衡；而 Nicholson (1933) 則竟認為種間和種內競爭是唯一控制虫羣密度的因素，競爭的結果使虫羣只能維持在一定的密度（以上都可称为寄生論者）。至於 Bodenheimer (1938) 則断定虫羣密度係受气候因素管制，特別對於昆虫的發育和倖存，早期昆虫的死亡率有 85—90% 係由於气候因素的作用；Uvarov (1931) 也曾強調气候的作用，認為是造成虫羣变化或波動的主要原因（這類則可称为气候論者）。顯然的，寄生論和气候論都是屬於形而上学的机械唯物論。

三. 預測害虫猖獗的方法

害虫猖獗的生物生态基礎圖解



掌握虫情是預測害虫猖獗的起點，通常所謂虫情係包括下列兩方面：(1) 在整个發生期內害虫羣体數量增減和其活動过程；(2) 害虫發生前後的环境變遷过程和發生

當時的現狀。所以虫情發展的進一步分析,就可明確害虫發生規律。茲以適用範圍較廣的虫類为例,列举進行猖獗預測前應瞭解的虫情內容如下:

害虫發生代數——在發生地一定期限內所完成的代數及完成每代所需的時間。

生長速度——各齡幼(若)虫期、性成熟期及其發育溫濕度範圍。

生殖力——雌雄性比例,每雌一生所產後代數,每次產卵間隔時間及其全部生育時期、卵期及其發育溫濕度範圍。

死亡率——卵死亡率(氣候因素致死%+天敵致死%+未受精或營養不足中途而死%);幼虫死亡率:初期幼虫死亡率(氣候%+捕食天敵%+食物缺乏%)、後期幼虫死亡率(捕食天敵%+寄生天敵%+病死%+飢餓%+氣候%);蛹死亡率(氣候%+捕食天敵%+病寄生%);成虫死亡率(捕食天敵%+寄生天敵%+病死%+氣候%),其中又須分別產卵前期死亡、產卵中期死亡及產卵後期死亡。

上述前三項係虫數增加的基礎,死亡率則關係虫數的減少與再生的虫羣基數,其中生長速度所以列為虫數增減的要素,係因生長速度和成活率共同反映環境適度(即環境與有機體統一和矛盾的程度),即害虫在該環境內的生活力。在適宜的環境作用下,生長速度快即等於縮短每代所需時間,因而對每年可發生多代的虫數將增加其發生代數(但對於在一定地區只能發生有限代數的虫類,可能因生長速度快,增多發生次數而不能完成一代,雖增加了當年的發生數量,但由於生活規律的改變,造成大量死亡,反而對來年的虫數增長有抑制作用。另一方面對於發生在某地區介於有可能增減完成一代的虫類,其下代虫數的多少,則常決定於當代的生長速度)。

害虫在一定時期後可能發生的後代虫數,若根據三年以上在一定生活環境內所瞭解的害虫生物學性能,可藉下列算式得出:

$$F = p \cdot (b \cdot a)^c$$

式中 F 為後代虫數; p 為現存虫數; b 為雌雄性比; a 為每雌一生所產後代數; c 為一定時期內發生代數。數式內現存虫數可從當時密度調查而得,故任何虫期均可使用,但所調查者如為卵或初期幼虫不易分別其雌雄時,則亦可引用前代調查的雌雄性比。

從上式所得後代總虫數內減去死亡虫數,用下列另一簡單算式即可得出在環境因素作用下,實際上可能發生的後代虫數。

$$F' = p \cdot (b \cdot a)^c \cdot \left(1 - \frac{d}{100}\right)$$

式中 F' 為實際可能發生的後代蟲數； $\frac{p}{100}$ 為死亡率（死亡率或成活率均應以原始總數蟲為基數，如係以現存蟲數為基數而算得的各期相對數率，則應折算再相加而成總死亡率）。

環境因素的變化複雜而多樣，不可能通過一、二簡單算式得出預測的結果。但由於害虫發生有其必然規律，在充分瞭解害虫在各種不同環境因素總和作用下的生長、發育、活動、生殖、死亡等生物性及其適應、選擇等性能後，不難找出害虫的消長規律，然後結合環境變動情況去進行預測，當不至越出範圍太遠。再如系統瞭解了害虫在某地區或某些環境條件作用下，其各蟲期的數量增減關係後，如卵孵化率——幼蟲成活率——蛹化率——成蟲羽化率——生殖力等，即可任意取一個蟲期的當時發生數或死亡數而進行猖獗預測。至於瞭解環境因素的作用，則可從下列幾方面去進行：

1. 用比較的方式，分析害虫猖獗區、偶爾猖獗區、擴散區和不可能猖獗區等環境的構成及其特性。
2. 在害虫猖獗區進行系統的觀察，分析不同發生程度的各年份內環境因素變化和這些因素对害虫所起作用的过程；並要注意其他有關害虫先後猖獗的伴隨性。
3. 參考害虫生活區的條件，在實驗室內找出害虫（包括個體與羣體）發育繁殖的溫濕度範圍，多種或多型食物的影響，天敵的性能，再進而觀察各種環境條件的不同組合对害虫所起的作用。

因此，調查地區愈多，或在一個固定地區所進行的系統觀察時間愈長，或在實驗室內進行試驗的方面愈多，則对害虫了解的情況愈清楚，也就是在不同程度的變化情況下，对害虫可能發生的後果知道的愈多。

蟲羣數量消長既決定於繁殖速率和其死亡率，故根據不同程度的繁殖速率和死亡率，可預測猖獗或大發生的程度，例如，生殖力、生長速度和死亡率三因素的不同程度的湊合，則可有九種情況造成大發生、中常發生和小發生。在上述有關害虫猖獗的三因素中，如其中任何一個發生變動均將影響猖獗程度，但三者的變化幅度則常因地區而異，例如，在猖獗區或害虫發源中心內，生殖力及生長速度的變動比較緩慢而小，死亡率特別是天敵和不良氣候的變化常是決定猖獗的主要因素，但在非發源中心或新擴散區則三者的變化幅度均可能甚大。

最後附帶提一提 Bremer 的消滅係數公式：根據害虫生殖力及每年發生代數設計一項推算消滅係數的公式，即

$$Q = 1 - \frac{bc}{ac}$$

式中 Q 为消滅係數; a 为每雌所產後代數; b 为雌雄性比; c 为每年代數。

此項算式可用以計算消滅害虫至何种程度(%)後,按害虫生殖力於一年後仍可恢復其原有數量。若用以推算在一年或一定時期內將出現的自然伤亡虫數(%),則屬錯誤。因此項算式係基於“均勢平衡”的反辯証唯物的自然觀,認為生殖势能大者其死亡率也大、死亡率小者其生殖势能也小的唯心論觀點而產生的

参 考 文 献

- [1] Верещагина, В. В. 1952. Роль света в поведении и распределений непарного Шегкопряда и дубовой листовертки в условиях популяционных лесных полос. *Зоол. Жур.* 31 (1): 25-32.
- [2] Кожанчиков, И. В. 1953. К пониманию массовых размножений. *Зоол. Жур.* 32 (2): 195-202.
- [3] Рубцов, И. А. 1953. Об условиях массового размножения насекомых (Влияние паразитов и хищников на колебания численности хозяев).
- [4] Теленга, Н. А. 1953. О роли энтомофагов в массовых размножениях насекомых. *Зоол. Жур.* 32 (1): 14-24.
- [5] Чугунин, Я. В. 1951. Сопряженность массового появления различных гусениц листогрызущего комплекса. *Зоол. Жур.* 30 (6): 63-65.
- [6] Allee, Park, Emerson, Schmidt, 1949. Principle of animal ecology. W. B. Saunders Co, Philadelphia & London.
- [7] Brues, C. T. 1933. Progressive changes in insect population of forests since the early tertiary. *Amer. Naturalist.* 67: 385-406.
- [8] Carpenter, J. R. 1940. Insect outbreaks in Europe. *J. Ani. Ecol.* 9(1-2) 108-147.
- [9] Chapman, R. N. 1931. Animal ecology. McGraw Hill Book Co., Inc. New York.
- [10] Cole, Lamont C. 1954. The population consequences of life history phenomena. *Quart. Rev. Biol.* 29 (2): 103-137.
- [11] Crombie, A. C. 1946-7. Interspecific competition, *J. Ani. Ecol.* 15-16:44.
- [12] Darwin, C. R. 1859. On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favored races in struggle for life. John Murray, London.
- [13] Davidson, J. 1935. Rainfall-evaporation ratios in relation to locust and grasshopper outbreaks. *Nature.* 136, p.298-299.
- [14] Fenton, G. R. 1946-47. The soil fauna: With special reference to the ecosystem of forest soil. *J. Ani. Ecol.* 15-16:76.
- [15] Hamlin, Lieberman, McDuffie, Newton, Jones. 1949. Field studies of the alfalfa weevil and its environment. U. S. D. A. *Tech. Bull.* 975.
- [16] Smith, H. S. 1935. The role of biotic factors in the determination of population densities. *J. Econ. Ent.*, 28:873.
- [17] Ma, S. C. 1952. Population study of soil micro-arthropods: Collembola and mites in the Rocky

mountain area. *U. S. D. A. Tech. Bull.*

- [18] Mayr, E. 1949. Systematics and the origin of species. Columbia Uni. Press, New York.
- [19] Odum, E. P. 1954. Fundamentals of ecology. W. B. Saunders Co., London.
- [20] Park, T. 1946. Some observations on history and scope of population ecology. *Ecol. Monog.* 16:313-320.
- [21] Solomon, M. E. 1949. The natural control of animal populations. *J. Ani. Ecol.* 18(1-2):1-35.
- [22] Thompson, W. R. 1926. A method for approximate calculation of introduced parasites of insect pests. *Bull. Ent. Research*, 17:273-277.
1939. Biological control and the theories of the interactions of population. *Parasitology*. 31: 299-388.
- [23] Williams, C. B. 1951. Changes in insect populations in the field in relation to preceding weather condition. *Proc. Royal Soc. B.* 138:130-156.
- [24] .Schwerdtfeger, F 1942. Uber die Ursachen des Massenwechsels der Insekten. *Z. Angew. Ent.* 28:254—303.

A DISCUSSION ON OUTBREAK OF INSECT PESTS AND ITS FORECAST I

MA SHIH-CHUN

Institute of Entomology, Academia Sinica

This paper is a general discussion on the outbreak which is considered as a climax of population growth for a period during the fluctuation cycle of an insect species. In the sense of ecology, the term environment refers to a condition consisting of factors which affect an organism both favourably and unfavourably. And the environment must be recognized as an entirety of which any factor including the insect pest itself is but a part. Factors have their own ecosystem. They act on the organism in their respective way.

Insects usually have a wide range of adaptation to one factor and a narrow range to another, and even the same one may respond in different ways under different inherent conditons. The ecological action of factors also varies in degree at dfferent time and localities and also depends upon the plasticity of the organism.

Some ideas of the fundamental relationships in population dynamics with regard to both biotic and physical conditions are discussed. The method to analyse the natality and mortality, which are mainly responsible for the fluctuatiions in population, is also touched on.

