

[英國] A. D. 李斯博士著

節肢動物的滯育生理

科學技術出版社

一九六〇年十月十日

節肢動物的滯育生理

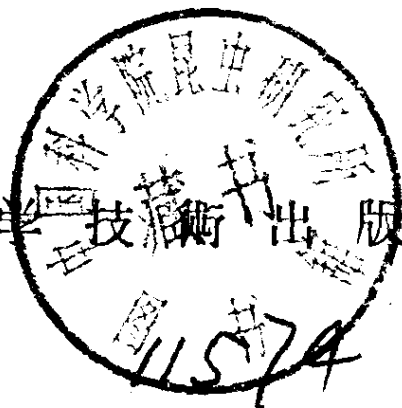
[英國] A. D. 李斯博士著

羅 祖 玉 譯

忻 介 六 校

240461

科學技術出版社



內 容 提 要

滯育問題是節肢動物生理學中的一個難題，深入研究滯育現象不論在生物學理論上或生產實踐上均有重大的意義。

本書原著者 A. D. 李斯博士根據其研究結果並參考前人的有關文獻著成此書，對節肢動物的滯育生理加以詳細的論述與分析，為研究昆蟲學者極有價值的參考書。

本書可供昆蟲研究人員、害蟲防治工作人員、大學生物系與農學院植保系等學習參考之用。

節肢動物的滯育生理

THE PHYSIOLOGY OF DIAPAUSE IN ARTHROPODS

原著者 [英國] A. D. LEES (M. A., PH. D.)

原出版者 CAMBRIDGE AT THE UNIVERSITY
PRESS · 1955 年版

譯者 羅 祖 玉

*

科學技術出版社出版

(上海南京西路 2004 號)

上海市書刊出版業營業許可証出 079 號

上海啓智印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號 16119 · 63

開本 787 × 1092 耗 1/27 · 印張 5 7/27 · 字數 94,000

1957 年 10 月第 1 版

1957 年 10 月第 1 次印刷 · 印數：1-1,000

定價：(10) 0.85 元

目 次

第一章	緒論	1
第二章	环境与滯育的开始	11
第三章	滯育的遺傳	38
第四章	环境与滯育的終止	47
第五章	水分在生長休止中的作用	63
第六章	寄生昆虫的滯育与靜息	75
第七章	休眠昆虫的代謝調節	82
第八章	滯育的体液控制	94
第九章	滯育与物候学	110
参考文献		121
校后記		137

第一章 緒 論

具有固定的“靜止期”(resting stage)是居住在不恒定环境中的有机体的共同特征。在这类生命形式中休眠状态(dormant state)的特征通常是生長或繁殖的暫時停頓,代謝作用的減弱及對如寒冷、酷熱和干旱等不利气候因素抵抗力的增強。有時“靜止期”的出現可單由適宜於生物體生存的那些條件所引起。但是這種關係常更為複雜,因為休眠(dormancy)在環境對生長尚未發生不利影響之前接着發生,而有時在這些條件已消除之後仍繼續留存。

雖然此種生長休止的狀態或滯育(diapause)($\delta\iota\acute{\alpha}\pi\alpha\nu\sigma\iota\varsigma$ = 休止,工作中止)的出現在節肢動物中特別普遍,而且也決不限於節肢動物。植物界中許多種子、鱗莖和木本植物的芽顯出同一類型的休眠。海綿動物的芽球、枝角目(Cladocera)的富含卵黃的冬卵、海仙蝦(*Artemia*)與其他有鰓足的甲殼綱的抗旱卵都是人人知道的靜止期例子。脊椎動物中如美國貂鼠和犛狍等哺乳動物胚泡(blastocyst)的延遲植入(delayed implantation)都是滯育的良好例證。成年脊椎動物中休眠也同樣發生。有時生理活動的中止是普遍的,例如冬蟄的土撥鼠(marmot)和夏蟄的非洲肺魚屬(*Protopterus*)。有時,如多數鳥類和哺乳類的生長停止只局限於生殖器官。雖然這個現象有其普遍性,但此種實例在昆蟲綱(是正常生長根本上不相連續的一群動物)中數量與變化都最多,或者不是沒有意義的。

滯育的生態方面已在Bonnemaison氏(1945)和Andrewartha

氏(1952)最近的評論內加以敘述。這種狀態已正確地被認為是一種在季節氣候條件不利于連續增殖的區域內保存種的重要適應。但是從生理學的立場來看，中心的爭論點牽涉到生長以及其由內在和外因因素控制的問題。現在大家都知道，生長休止本身與伴同的代謝調節是由內分泌器官所支配。這些內分泌中樞又依次地對發自環境的某些一定的刺激發生反應。的確，正是這個聯系使得滯育機制能作為一種定時的方法，一般使休眠時期及積極的生長與環境的節奏步調一致。這些問題將作為本專論的主要論題。

滯育與靜息的定義

滯育這個術語是 Wheeler 氏(1893)採用于記載一種蚱蟻 *Xiphidium ensiferum* 胚胎形成(embryogenesis)的一個時期。胚胎在卵後極周圍的複雜鐘擺運動分為胚體上升(anatrepsis)(當胚胎先以尾部穿過卵黃而運動時)與胚體下降(catatrepsis)(當運動的方向逆轉時)。所有這些運動均認為是胚體轉動(blastokinesis)。介於胚體上升與胚體下降之間的階段，當胚胎以頭部向着後極而保持平衡時稱為“滯育”。

以後 Henneguy 氏(1904)對這個術語給予一種完全不同的含義，他不用之于形態發生(morphogenesis)上的一個時期(stage)，而用之于不論是正在發育的昆蟲或成蟲的生長休止的狀態。多數作者追隨 Henneguy 氏將此術語擴展而适用于生長休止的一切形式，甚至使用于因寒冷而起的簡單抑制作用。可是，早在 1869 年 Duclaux 氏在家蠶冬蟄卵的實驗內已證明此種狀態根本與寒冷麻痺不同。Duclaux 氏曾觀察到：家蠶(*Bombyx mori*)卵塊在室溫中常不能孵化而終于死亡，但在冰箱中先冷卻 40 天的同樣的卵塊放回到較高的溫度時就能順利孵化。

鑒于此種專門特性，不時有人企圖擬定較狹的滯育定義。于

是 Shelford 氏 (1929) 認為这个術語的使用应局限于發育或活动性是“自發地”休止的情况,而直接由不良条件所控制的生長中断可認為是靜息 (Quiescence)。Roubaud 氏 (1930) 所創造的術語“diapause vrai”和“假滯育”(pseudo-diapause) 是根据同样的特征的。

Shelford 氏的定义也許已不完全妥當,因为在多数場合下滯育开始的原因可向后追索至环境的作用,虽然就这个反应后来与原始刺激無關的一点上來說“自發的”。但是对环境因素反应的快慢仍是一个有效的鑑別基礎,特别是假若其因素为温度时是如此。在缺乏充分的实验分析时,休止的类型常依休眠的終止而被簡單加以分类。例如,一种昆虫在温度“有利于”形态發生时就会毫不延滯地發育,而另一种昆虫却不能發育(如家蚕)或生長緩慢且不規則。認識此种状态为“靜息”与“滯育”可作为某些生理机制已作用于正在滯育的昆虫的有力的提示,这些生理机制不存在于靜息的昆虫中,而靜息是指生長恢复之前所發生的延滯現象(delay)。既然絕大多数昆虫滯育的終止是受温度所控制,根据普遍性,保留这些術語就更被認為是正当的了。

但在温度以外的刺激支配生長恢复时此种特征就不甚明顯。下列实例就可說明其中若干困难。Gayspitz 氏 (1949、1953) 的研究指出:若給予連續光照,松毛虫 *Dendrolimus pini* (枯叶蛾科 Lasiocampidae) 幼虫在 19~20°C 时不停地取食并且生長。但若日長 (day length) 減至每天 9 小时,則幼虫就蛻皮一次。且終于在 30 天內進入休眠。在此种休眠状态中(若条件不变可持續 1 月之久),取食是間歇性的,且同一批昆虫的生長緩慢而不一律。但以連續光照处理就可任何时候終結其休止。而取食与生長在延滯約 14 天后重新恢复。

光期与温度不同,而不能認為是有直接有利或不利的刺激。而且松毛虫 (*Dendrolimus*) 幼虫的發育顯然多少受光期所直接控

制；虽然区分新的日長制度的建立和反应之間的一定時間暗示：具有几分复雜性的生理变化系由刺激所推动。根据这些理由，將此作为滯育的实例將更恰当。

此外尚有边缘性的实例。在寄主食蚜蝇形成圍蛹之前，其寄生的姬蜂 *Diplazon fissorius* 的發育不超过第一齡。Schneider 氏 (1950) 把幼虫注入正在發育的寄主內，証明寄生蜂几乎即刻被活化，或許由于与蛹化有关的寄主血液变化所致。因此，將这种休止作为靜息更为恰当。水分的吸收在多数昆虫幼虫是恢复生長所必需的前提(参閱第五章)。因为休止一般在有水分之后的几天內結束，所以这同样可作为靜息。但是水合 (hydration) 之影响生長很可能是通过內分泌系統而不是通过直接活化組織。在此时休止及生長恢复的最終原因是与其在滯育中一样，系屬於昆虫内部的原因。將这些区别过分強調顯然是不合适的。即使低温的处理可能由所引起的麻痺直接影响昆虫的生長，也可能由激素平衡中所引起的巧妙变化間接影响其生長 (Wigglesworth, 1952)。

Steinberg 与 Kamensky 氏 (1936) 所創用的術語在分类确实的滯育实例时是很适用的。多数昆虫的滯育潜力并不出現于每一世代。那时滯育就称为任意性的 (facultative)。此种种类中，休止的开始似乎常受环境所影响，而可由适当的外界条件誘致或迴避。其他昆虫則具有确定性滯育 (obligatory diapause)。当此种昆虫被飼育于不同条件中时，事实上每一个体每一世代不論环境如何皆進入滯育。具有任意性滯育的昆虫在自然界中每年通常完成二个或二个以上的世代，而具有确定性滯育的昆虫則表現嚴格的一化性^①的生活周。

① 術語“化性”系自意大利养蚕叶中衍生而來：Volta = 時間，含有“时机” (occasion) 之意。——原注

滯育階段

滯育可在生活史的任何主要階段中發生。滯育在卵、幼虫或蛹時期採取發育休止的形式；而在成虫則與生殖器官（特別是卵巢）的停止擴大及脂肪體與其他儲藏組織的補償性肥大相關聯。蚊蟲生理學研究者稱此種過程為“生殖滋養的解体作用”（gonotrophic dissociation），但這是一切具有成虫滯育的昆蟲所特有的。

卵或幼虫時期的生長休止的準確形態發生階段也是各種類的特點。生長可在胚胎尚未全發育時、在半成長時、或幼小的幼虫已全部形成但尚未孵化時就停止（見第7頁）。幼虫的休止在末齡幼虫取食時期結束以後或許最為常見，但多數昆蟲（例如，鱗翅目的甘藍褐燈蛾 *Arctia caja*、櫟枯葉蛾 *Lasiocampa quercus*）在中間各齡虫冬蟄。如食果巢蛾 *Hyponomeuta padella* (Thorpe, 1929) 和針樅卷葉蛾 *Cacoecia (Choristoneura) fumiferana* (Graham and Orr, 1940) 等少數種類在第一齡幼虫由卵孵化後立即併發滯育。

雖然在某些類群中可以找出普遍的趨勢，但休止的階段即使在極近緣的種類中常極不穩定。例如，薔薇卷葉蛾 (*Cacoecia rosana*) 以卵進入滯育，針樅卷葉蛾以剛孵化的幼虫進入滯育。日本天蛾 (*Antheraea yamamai*) (天蚕蛾科 *saturniidae*) 以卵滯育，柞蚕 (*A. pernyi*) 以蛹滯育。一種多化性食蚜蠅 *Epistrophe balteata* 為任意性的成虫滯育，而一化性的食蚜蠅 *E. bifasciata* 則在末齡幼虫期結束時進入滯育 (Schneider, 1948)。

這些事實首先提出：滯育常獨立衍生而成，其次，這個性狀的選擇價值在短命的昆蟲中很少受發生滯育的階段的影響。值得注意的是成虫生活長達數年的昆蟲，如邊緣龍蝨 (*Dytiscus marg-*

inalis)的滞育为生殖型 (reproductive type)。

虽然生活周中滞育的發生点通常为極固定的种的特征, 幼虫休止有时受温度的影响。若將日本金龜子 (*Popillia japonica*) 飼养在 25°C 中, 第三齡期持續达 126 天, 而在較低温度中則只需 92 天。在 20°C 时其生長在第二齡或第三齡时發生延滯, 而在 17.5°C 时則第一齡虫發生延滯 (Ludwig, 1932)。同样地, 梨赤紋毒蛾 (*Orgyia gonostigma*) (毒蛾科 Lymantriidae) 的休眠在 22~25°C 时發生于第五齡和末齡, 在 14~18°C 时則發生于第四齡, 而在 10°C 时則發生于第三齡 (Kozhantshikov, 1948)。高温亦能使一种錐鼻蝽 *Reduvius personatus* 的休止階段延緩至次一齡期 (Readio, 1931)。

虽然滞育通常局限于生活周中一个階段, 但有少数例外。据云松白条尺蠖 (*Operophtera brumata*) 的蛹和卵都具确定性滞育 (Kozhantshikov, 1950 b)。某些任意性滞育昆虫的生長可能在一个以上的齡期中中止。松毛虫的第二与第五齡虫若受短光期处理, 則其發育能于第三与第六齡休止; 的确, 此种昆虫幼虫在其分布范围的北部有时越冬二次 (Gayspitz, 1949)。錐鼻蝽 (*Reduvius*) 的所有在第三齡滞育的若虫在第五齡时也經受一次長时间的休止; 而 $1/4$ 以第四齡進入滞育的若虫在第五齡时再行休眠。在此种昆虫中, 滞育的开始似乎在某些程度上阻止后繼的一齡期再度發生休止 (Readio, 1931)。

一种蚱蜢 *Pardalophora apiculata* 在加拿大西部完成生活周需时 2 年, 以卵期度过第一个冬季, 而以后期若虫度过第二个冬季。其卵系滞育类型, 而越冬的若虫也表現此种状态, 因为此种若虫即使在高温中也不能生長 (Pickford, 1953)。其他需要 2 年完成發育的昆虫只在最后幼虫期中有固定的滞育階段, 其第一个冬季是以半成長幼虫在靜息中度过的。赤楊泥蛤 (*Sialis lutaria*) (Rahm, 1952) 及一种蜻蜓 *Anax imperator* (Corbet, 1954) 就是

二个实例。

胚胎滯育中的休止階段

在昆虫的胚后期 (post-embryonic stage) 蛻皮与生長的周期性質对滯育机制的進化有利。此种“素質” (predisposition) 在形态發生連續的胚胎中較不顯著。但是更仔細的試驗指出：休止局限于胚胎生長和分化的某一定时期。

从这种观点出發，將胚胎發育分为三个阶段較为方便。第一階段可看到分裂核的連續分裂，并以囊胚層的形成結束。第二階段包括胚胎的早期生長，一直到中胚層开始形成为止。这个阶段大約相当于胚体上升，是一个生長的时期而不是分化的时期。胚胎的細胞数由有絲分裂而增加，体節已略具輪廓且出現附肢的雛形，但所有的細胞保持一致的形狀。在自胚体下降之初开始的第三階段中，積極的生長与細胞分化同时進行。到胚体下降末期所有主要器官系統已分化完成。圖 1 表明有胚胎滯育的昆虫，即一种蟋蟀 *Gryllulus commodus* 的外部形态的变化。

現在还不知道有在囊胚層形成之前接着發生滯育的种类。榆紅蛛 (*Metatetranychus ulmi*) 的冬卵从这点 (指囊胚形成之前——譯者注) 之后立即發生休止，因为不能肯定辨別固定的胚帶。一种蝗 *Austroicetes cruciata* 的發育，在滯育开始时只略为進一步而已。虽然可以看到胚胎的第一个退化器官 (rudiment)，它是囊胚層細胞密集而成的一个細胞的小帽狀物 (Steele, 1941)。同样知道若干鳞翅目 [櫻白紋毒蛾 (*Notolophus thyellina*)、櫟斜紋枯叶蛾 (*Dendrolimus undans excellans*)、柞卷叶蛾 (*Archips xylosteanus*)] 及金鐘兒 (*Homeogryllus japonica*) 的卵在胚胎形成早期進入滯育 (圖 2 A、B) (Umeya, 1950)。

某些昆虫种类的生長可在胚胎成为啞鈴狀而尚未分節的稍晚

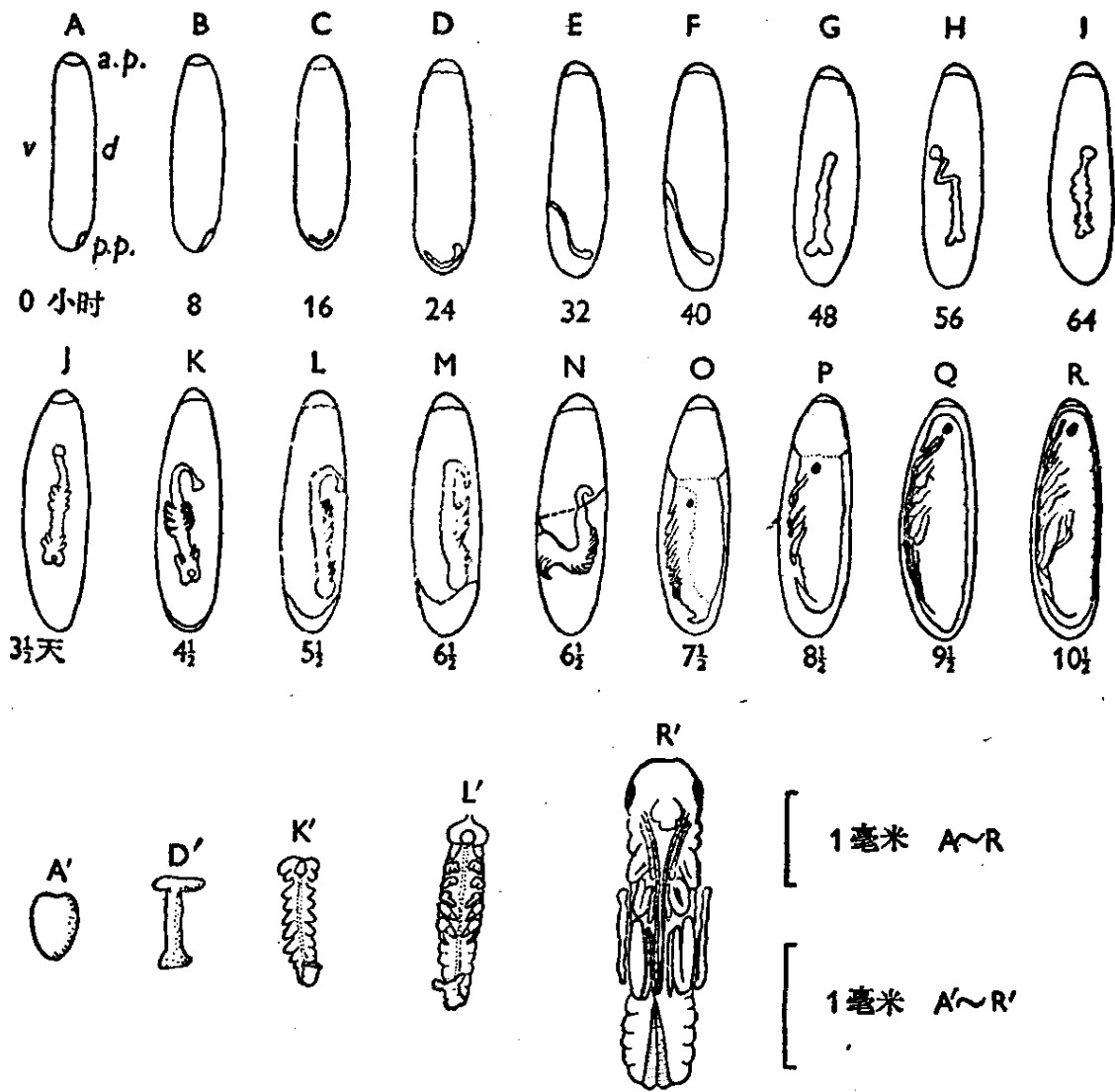


圖1 一种蟋蟀 *Gryllulus commodus* 的胚胎發育 (做 Brookes)。A~R, 在 25°C 的培育溫度下胚體轉動期中所到達的階段。A'~R', 在同一時間內胚胎形狀的變化。A~K, 胚體上升; L~R, 胚體下降。自 A 至 F 系胚胎以尾部在先圍繞卵的後極移動, 而陷入卵黃內。若卵遭受滯育的影響, 則休止發生于 J 階段。在 M 和 N 階段發生羊膜膜的破裂和胚胎的胚轉。在 Q 階段完成背部閉合。a.p.、p.p. 前極和後極; d. 背面; v. 腹面。

的階段停止。這就是家蠶、野蠶 (*Theophila mandarina*)、其他鱗翅目昆蟲以及麥褐油葫蘆 (*Gryllus mitratus*) (圖 2 C) 的滯育階段 (Umeya, 1950)。一種小卷葉蛾 *Rhopobata naevana* 的生長休止似乎來得稍晚, 那時體節正在形成 (圖 2 D)。

多數種類的形態發生是在胚體上升結束之時停止, 此時體節及其他軸綫構造 (axial structures) 已經存在, 而胚胎顯然將要進

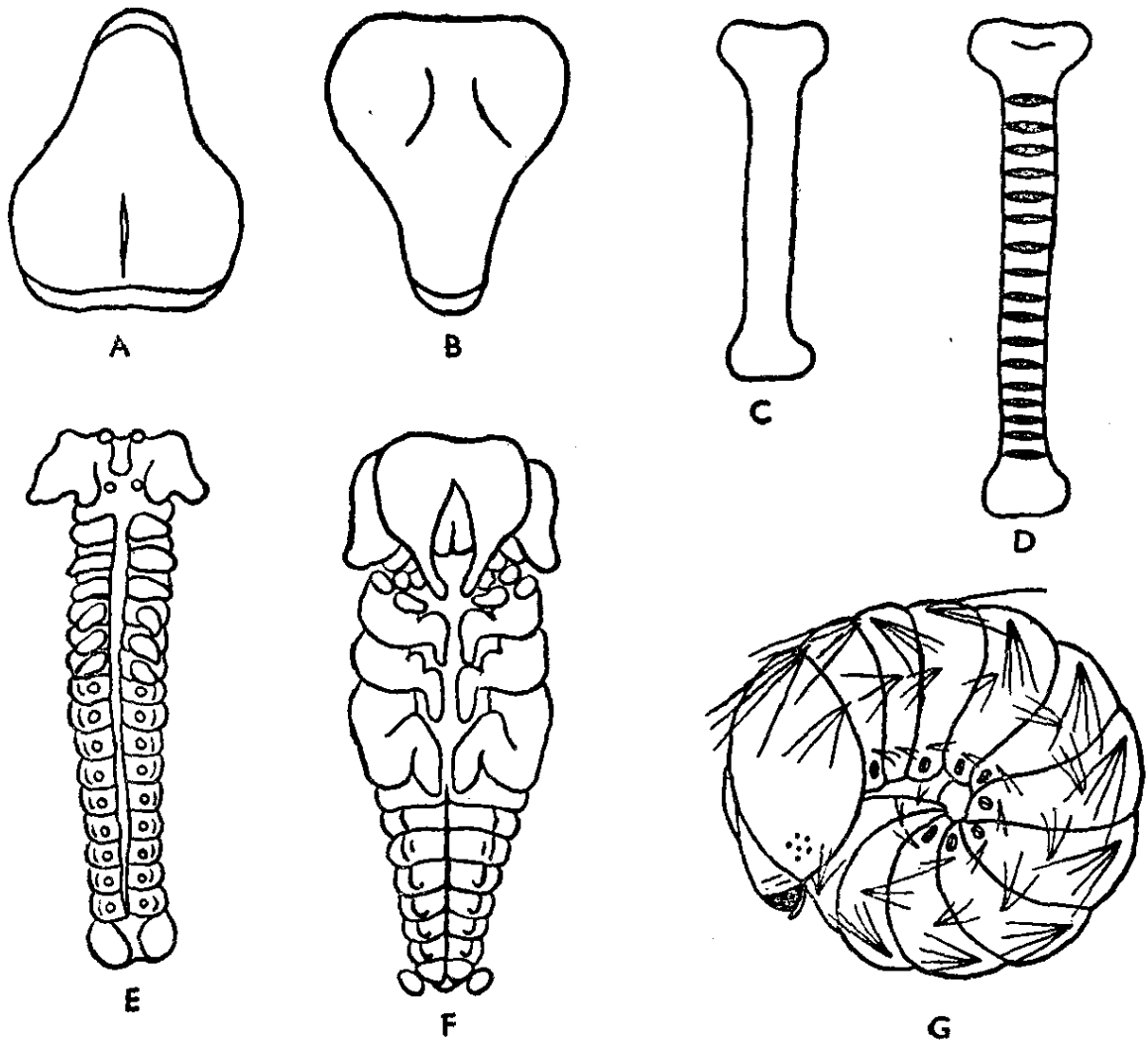


圖 2 各種昆蟲的滯育胚胎(倣 Umeya)。A. 梨形胚胎——某些鱗翅目。B. 倒梨形胚胎——某些直翅目。C. 啞鈴狀胚胎——家蚕。D. 分節的胚胎——一種小卷葉蛾 *Rhopobata naevana* (鱗翅目)。E. 有附肢的胚胎——某些鱗翅目。F. 同上——飛蝗 (*Locusta migratoria*) 及其他直翅目。G. 前幼蟲胚胎 (prelarval embryo)——柿舞蛾 (*Lymantria dispar*) 及其他鱗翅目。

行胚轉。若干直翅目〔一種蟋蟀 *Gryllulus commodus*、殊種螞 (*Melanoplus differentialis*)、飛蝗 (*Locusta migratoria*)〕及古毒蛾 (*Orgyia antiqua*) 的卵就是實例(圖 2 E、F) (Browning, 1952 a; Slifer, 1932; Le Berre, 1953; Christensen, 1937)。

最後，發育亦可在胚胎形成的極晚時期停止，此時幼蟲已完全形成且顯然即將孵化(圖 2 G)。這就是日本天蛾、柿舞蛾、黃褐天幕毛蟲 (*Malacosoma testacea*)、一種天幕毛蟲 *M. disstria* (枯葉蛾科 Lasiocampidae)、某些直翅目 [*Campsocleis buergeri*、二條紋

蠅 (*Melanoplus bivittatus*) (Umeya, 1950; Salt, 1949 a) 及鞘翅目(一種蠅 *Timarcha tenebricosa* 和另一種蠅 *T. violacea-nigra*) (Abeloos, 1935, 1941) 的休止階段。

這個概述提出：發育不能伴隨着囊胚層形成的激烈有絲分裂活動期中或在積極分化的較遲時期中停止。這些過程一旦開始之後似乎必須進行到底。另一方面，各種種類幾乎在胚胎初生長期的所有階段中發展其抑止發育的機制。此時細胞增殖已行開始，但尚無細胞分化而已。

事實上卵內生長休止的範圍即使在高溫的時候也常是完全的。殊種蠅滯育胚胎的有絲分裂是稀有的，這正和生長恢復以後發生的真的有絲分裂的“爆發”成對比 (Slifer, 1931)。但在若干于胚胎形成早期進入滯育的卵，其休止並不是絕對的。以適宜的溫度處理的一種蝗蟲 *Austroicetes* 的卵將繼續緩慢地發育，最後約 2 個月到達胚體上升末期 (Andrewartha, 1943)。摩洛哥蝗 (*Dociopterus maroccanus*) 的胚胎形成依同一個過程進行。在伊拉克 (Iraq)，摩洛哥蝗的卵莢在 5 月產于土中。卵在幾天之內胚胎由一個小三角形細胞的帽狀物時進入滯育。在炎熱的夏季發生緩慢而不規則的生長，完成胚體上升需要 2~5 個月。卵在這個階段過冬之後，終於在春季解除滯育；於是胚胎圍繞卵的後極轉動，恢復積極的生長，而最後在 3 月孵化 (Bodenheimer 和 Shulov, 1951)。Umeya 氏 (1950) 所記載的鱗翅目昆蟲櫻白紋毒蛾及櫟斜紋枯葉蛾 (*Dendrolimus undans*) 的卵顯然屬於同一範疇。在所有這些種類中當然只有一個滯育時期 (period)，雖然這個狀態影響胚胎形成的若干不同階段。

第二章 环境与滞育的开始

具有任意性滞育的节肢动物的停止生长主要是受环境所控制。滞育能力可随外界条件在任何世代出现；或无限制的潜伏。这种原则的实例很多。Cousin 氏 (1932) 由于小心照料培养中的细节，得饲养丝光绿蝇 (*Lucilia sericata*) 至 80 代而不发生滞育。曾有人在 20~25°C 温度和 16 小时的光期下连续饲养大菜粉蝶 (*Pieris brassicae*) 达 3 年之久；而其活力或生殖能力 (fertility) 在完成约 30 个不滞育的世代以后，并没有任何丧失的征象 (David 和 Gardiner, 1952 及私人通信)。在同样条件下生长的榆红蛛，曾产生在寄主植物的叶上产不滞育的夏卵的雌虫连续世代达 70 代以上。另一方面，由于环境的改变，能够和在第 50 后滞育世代一样，在第 1 后滞育世代立即出现在枝条上产滞育卵的冬季雌虫 (Lees, 1953 a)。因此并没有征象表示，这些种类的滞育倾向由于以前世代未能经历滞育而有所增加。

赤斑蛱蝶 (*Araschnia levana*) 可作为这个法则的一个例外。在这种两型种里，滞育和不滞育世代的有规则的交替似乎只有一部分受环境所控制。Süffert 氏 (1924) 在他用赤斑蛱蝶所做的实验中指出：蛱蝶春型 (*levana*) 和夏型 (*prorsa*) 世代翅的花斑 (pattern) 的差异一部分可归之于在蛹发育的一定期间中低温作用的结果。假使夏季世代的不滞育蛹加以冷却，就可以获得一个相当程度向春型方面的变化。但是春型花斑的发育似乎是和越冬世代的蛹的滞育条件紧密联系的，因为当这些蛹在高温中培育时从未产生有夏型翅花斑的昆虫。以后，Danilyovsky 氏 (1948) 曾观察

到：假如秋季世代幼虫从四齡起曝露在 9 小時的短日照或 16 小時的長日照中，所有的蛹就會像在自然界中一樣進入滯育。然而赤斑蛺蝶對光是有意義的，因為在連續光照下滯育的範圍降落到 13%；而所有的蝶類又全是夏型的了。雖然如此，在這些環境下的發育不是十分正常的，羽化前的死亡率是特別的高。對於光期缺乏清晰反應是暗示：在這些種類中兩型的交替已經獲得了一定程度的可能是依賴於某些內在因素的穩定性。

滯育的開始有時被認為是對不良條件的一種直接反應。例如，Cousin 氏 (1932) 認為對最適培養條件的任何變更——過分潮濕或過分乾燥的食物、過高或過低的溫度和濕度——都會引起綠蠅 (*Lucilia*) 的生長停止。這個印象可能是從這種昆蟲的反常的滯育行為得來，因為在很多昆蟲中各種重要因子與其個體所經歷的眼前利益常是很少或沒有關係的，所以這並不是典型的；無寧應該把它認為是能使生活週和季節同時發生的“象徵性”(token) 刺激。此種因子的性質及其作用方式將在下文中討論。關於其在物候學上的意義將在第九章中加以論述。

光期對於滯育開始的影響

以後將證明：滯育是受溫度及其所攝取的食物的質和量等許多因子所束縛。雖然必須把這些因子作為是不完全的季節指標，因為這些因子在本質上是易變的，而且其對於昆蟲的影響也多少是直接的。另一方面，日長有着一切一定的特質。它是固定不變的，而反應可以如此適應，就是使昆蟲能在不利的季節條件到來以前進入具有抵抗性的滯育期。認識日長在控制昆蟲滯育中的重要性的是 Kogure 氏，他在 1933 年發表關於家蠶光週期性的非常完整的報告。

日長作用在很多昆蟲中是與溫度緊密聯繫的。典型的“長”日

照和“短”日照的最大差别影响常只在一个比较狭窄的温度范围内显现。在本文中通过检查此温度中的反应，来单独讨论光期是适宜的。

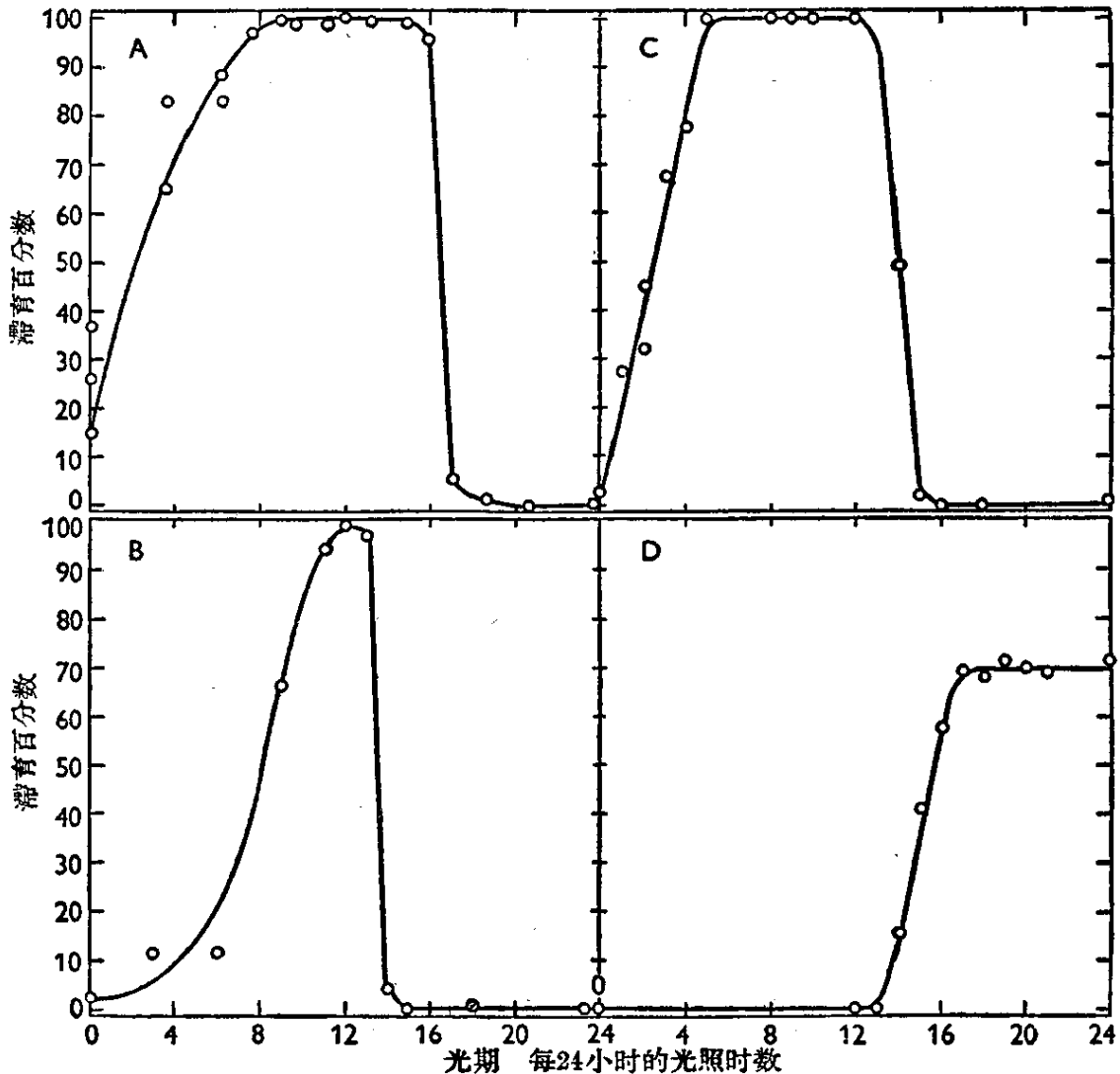


圖3 四种鳞翅目昆虫的光期对滞育发生范围的影响。

A, 27~28°C 时的酸模剑纹夜蛾(做 Danilyevsky);

B, 24°C 时的梨小食心虫(做 Dickson);

C, 柞蚕(做 Tanaka);

D, 15°C 时的家蚕 (Shohaku 的二化宗)(做 Kogure)。

圖3中表示了四种昆虫的光期和滞育范围间的关系，飼育在27~28°C 的酸模剑纹夜蛾 (*Acronycta rumicis*) 的情况是一群种所特有的(圖3 A)。假使把攝食期的酸模剑纹夜蛾幼虫曝露在短日照中(其日照范围可由6小时左右到15小时),那么每一个体在