

# 打亂害蟲的生理運作

■ 陳美娥

昆蟲生長的生理調節機制若被破壞，就無法長大。因此，打亂害蟲生長可做為防治害蟲的利器。

## 昆蟲經蛻皮而生長

不完全變態昆蟲如蜻蜓、蝗蟲、蟬等的若（稚）蟲，體壁是一層強硬堅固的外骨骼，猶如穿著盔甲，雖可以保護昆蟲內部器官，但也抑制了昆蟲生長。只有當昆蟲脫掉盔甲，且趁著新長出的外骨骼尚未骨硬化成盔甲前，才有生長的機會。完全變態昆蟲如毛毛蟲、蛆等幼蟲，雖然胸部及腹部體壁不似若蟲般堅硬，但也像捆了一圈保鮮膜，且仍具有堅硬的頭殼。在褪去保鮮膜及脫掉頭殼後，幼蟲才能發育生長至下一階段。這解開盔甲或保鮮膜的過程就是蛻皮。

昆蟲經由蛻皮而生長，幼蟲每蛻皮一次就增加一個齡期，數次之後就會蛻皮化蛹繼而蛻變為成蟲。若蟲則不經蛹期直接蛻皮為成蟲，其歷程稱為不完全變態。完全變態昆蟲的生活史是：卵→幼蟲→蛹→成蟲，不完全變態昆蟲的生活史是：卵→若蟲→成蟲。



蜻蜓稚蟲蛻皮羽化為成蟲（圖片來源：黃致玠）



斜紋夜盜幼蟲，黑色的是最後一齡幼蟲，磚紅色的是經由青春激素處理所產生的超齡幼蟲。(圖片來源：吳明城)

## 荷爾蒙影響蛻皮

昆蟲的蛻皮與其生長情形及營養攝取息息相關，也深受荷爾蒙影響。沒錯，昆蟲雖小但也有完善的內分泌系統分泌荷爾蒙，而影響昆蟲蛻皮生長主要的荷爾蒙分子是蛻皮激素與青春激素。

蛻皮激素顧名思義就是用來調節幼、若蟲時期蛻皮；青春激素則調節幼、若蟲蛻皮後仍是幼、若蟲，或是蛹、成蟲。昆蟲蛻皮前會有一段青春激素敏感期，若這時期昆蟲血體液中存有青春激素且超過閾值，則幼蟲蛻皮之後仍是幼蟲。若這時期血體液中無青春激素，則蛻皮後發育為下一階段，幼蟲蛻皮為蛹或蛹羽化為成蟲。

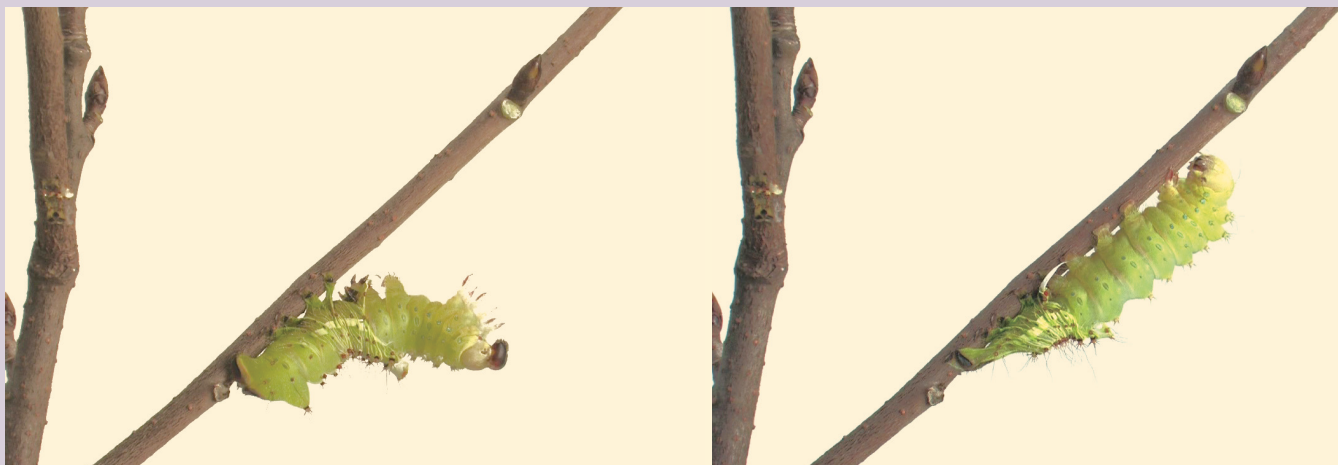
因此，只要能控制昆蟲的蛻皮激素與青春激素，就能控制其生長。例如，在昆蟲不該蛻皮時施加蛻皮激素，使其蛻皮而成為較小隻的昆蟲，甚至持續蛻皮而死亡。又在幼蟲準備變態時施加青春激素，使其在青春激素敏感期血體液中仍有青春激素，幼蟲就無法蛻變為下一階段而成為超齡幼

蟲。在實際應用上，這時期施加青春激素絕大多數會造成昆蟲蛻皮異常而死亡。這樣的觀念誘發出利用昆蟲生長調節劑—蛻皮激素與青春激素一來防治害蟲，因而有第3代殺蟲藥劑的發展。

## 第1代和第2代殺蟲劑

第1代殺蟲劑包含無機及有機化合物，無機的如砒霜、水銀、鉛等，有機的如來自菊花的除蟲菊、來自魚藤的魚藤酮、來自菸草的尼古丁等。第1代殺蟲劑主要使用於1940年以前，不論無機或有機化合物，都對其他生物如魚與蜜蜂具高毒性。更甚者，上述無機礦物質在環境中不會分解，會累積在土壤中而使土壤變貧瘠。

第2代殺蟲劑是人工合成化合物，主要3大類是氯代烴如DDT、有機磷如馬拉松、氨基甲酸鹽如加保扶。每一類殺蟲劑各有其特性，對哺乳動物的毒性高低也不同。然而第2代殺蟲劑在大量使用下已篩選出具抗性的害蟲，使得藥劑失去作用。



長尾水清蛾四齡幼蟲蛻皮為五齡幼蟲：（左圖）深色舊頭殼已被推出但仍連著淺色新頭殼，新頭殼尚未骨化黑化；體軀正褪去舊表皮。（右圖）舊頭殼已掉落，蛻皮幾近完成。（圖片來源：李信德）

### 第 3 代殺蟲劑

第 3 代殺蟲劑是以昆蟲荷爾蒙為主要成分，奠定利用青春激素防治昆蟲的信心來自於一場養蟲意外事件。

1960 年代，研究者飼養紅蜻象時，發現其若蟲一直蛻皮，但不會變態為成蟲。抽絲剝繭之後發現問題來自於飼養時所使用的紙，其製造原料是美國針葉樹，成分含有青春激素類似物，因此抑制了紅蜻象的變態。起初稱為紙因子，後來鑑定是保幼酮。保幼酮的青春激素效應只對紅蜻科昆蟲有效，符合害蟲防治專一性的優點，且昆蟲不會對自身的荷爾蒙產生抗性。這個發現提高了利用青春激素防治害蟲的希望。

然而，由於昆蟲自身的青春激素在環境中非常不穩定，要大量生產相當困難，成本太高。再加上 3 種主要的昆蟲青春激素 JH I、JH II 和 JH III 廣泛存在於各種昆蟲中，使得利用青春激素防治害蟲不具專一性，可

能危及其他非標的昆蟲。因此，發展化學合成青春激素類似物，提高其效力及環境穩定性便成為考慮的方向。百利普芬和芬諾克都是青春激素類似物，主要抑制幼蟲化蛹和蛹羽化。此外，因為青春激素對成蟲有調節繁殖生理的功能，所以百利普芬也能抑制雌蟲繁殖，讓卵無法順利形成。

由蟲體外施加青春激素類似物能干擾昆蟲生長，反之讓昆蟲無法合成青春激素也能打亂其生長生理作用。研究者曾在紫花藿香薊萃取物中分離出早熟素，能抑制昆蟲青春激素合成而使幼蟲提早變態，但因其對細胞具有毒性，並未發展為殺蟲劑。

除了青春激素類似物之外，蛻皮激素的作用機制也應用在生長調節劑上。得芬諾就是蛻皮激素類似物，它的化學結構與蛻皮激素並不相同，卻能跟蛻皮激素受器結合誘發昆蟲蛻皮。得芬諾主要用於防治鱗翅目害蟲如蛾、蝶等，幼蟲吃了後會提早蛻皮，而蛻

**利用昆蟲生長調節劑可抑制或干擾昆蟲正常生長發育，進而致死以達到害蟲防治的目的。**

使用生長調節劑的一項缺點是需要較久的時間才能看到殺蟲效果，為提高效率，可在低齡期施用生長調節劑，或搭配速效性藥劑一起使用。

皮過程往往失敗致死。得芬諾的高專一性及對其他生物的低毒性，還使得其發明者獲頒美國總統綠色化學挑戰獎。

昆蟲生長調節劑除了以打亂內分泌調節為標的外，另一項作用是抑制幾丁質合成。先前提及外骨骼會抑制昆蟲生長，而外骨骼的主要成分之一是幾丁質，利用幾丁質合成抑制劑可使幼、若蟲無法分泌幾丁質，導致蛻皮失敗而死亡，也使昆蟲受精卵無法正常孵化。昆蟲成蟲不會再蛻皮，因此幾丁質合成抑制劑主要使用在幼蟲期。它對脊椎動物毒性低，對鳥、蜂等授粉者衝擊低，在土壤中的殘留量少，缺點是對水生無脊椎動物有影響。二福隆、得福隆、克福隆等都是幾丁質合成抑制劑。

## 瑕不掩瑜

以昆蟲生長調節劑抑制或干擾昆蟲正常生長發育，進而致死以達到害蟲防治的目的，最初靈感來自荷爾蒙，曾期望害蟲

不會產生抗性。但無論實驗室或田間的試驗都顯示，害蟲會對生長調節劑產生抗性。謹慎使用生長調節劑，降低連續使用的頻率，配合其他防治方法發展綜合管理，當可控制抗性的發展。

使用生長調節劑另一缺點是需要較久的時間才能看到殺蟲效果，因青春激素類似物能對昆蟲變態時產生作用的時間很短，幾丁質合成抑制劑又作用於蛻皮階段，所以施藥後往往無法立即見效。為提高效率，可在低齡期施用生長調節劑，或搭配速效性藥劑一起使用。

儘管生長調節劑有其缺點，但其獨特的生理作用機制對有益生物影響小，且毒性低、污染少，有助於永續農業的發展。

陳美娥  
中興大學昆蟲學系

