

生物

Biology Search 搜查線

第22期

COVER STORY

專案特搜 1

榕樹與紫斑蝶的消長關係 ——淺談生態平衡 與植物防禦機制的利用 P.2



本期刊物電子檔

#1



55501N/E/0000000

數位e秘技

遊戲，悄悄改變

教育的世界 P.7

專案特搜①



榕樹與紫斑蝶的消長關係 ——淺談生態平衡與植物 防禦機制的利用

精誠中學 / 教師 李志穎

緣起

在我教書二十多年的經驗中，參與推動校園生態化與校園生物多樣性就占了將近二十年，期間曾協助數十個單位設置生態園，也就是鼓勵學校多多種植臺灣原生的寄主植物（指幼蟲所吃的特定植物，寄主植物是草本植物稱為「食草」，如果是木本植物則稱為「食樹」），成果不但可以美化校園，還可復育原生的昆蟲（如蝴蝶與甲蟲）、爬蟲類、鳥類與哺乳類等，學校還能利用生態圈設置學習點，並規劃後續環境教育的課程，但推行的過程中我最常被問到兩個問題：

1. 為什麼食草都沒有蝴蝶的幼蟲出現，甚至因為食草生長過多，導致最後都被學校砍除？
2. 為什麼食草上的蝴蝶幼蟲會太多，有時數量可以龐大到把植物吃得慘不忍睹，甚至造成食草死亡？

這兩個極端的問題很可能並存於同一個環境中，嘗試解決這些疑難雜症是很有趣的挑戰。若要让校園不噴農藥，食草上必需有消費者，但若想要食草長得好，昆蟲（如蝴蝶的幼蟲）與其他生物就要適量且穩定的出現，這的確是看似極不可能達成的事情。其實在高中選修生物上冊第四章「4-4 植物對環境刺激的反應」，提到植物的

防禦機制對於生態園的平衡問題就有很好的解釋，然而因為理論與實際有一段落差，且一般人都都不擅長活用理論，容易忽略校園其實就是印證生物課程內容的極佳場域，因此本文將以紫斑蝶與榕樹的消長為例說明分享。

植物上為什麼沒有蟲？

植物的防禦機制只要布署完成，防禦功能通常就會很強大，不但幼蟲取食會死亡，其他病蟲害也無法輕易取食，所以植物上自然就沒有蟲，而蝴蝶的幼蟲取食植物，也算是植物的病蟲害，所以食草上就不會有蝴蝶的幼蟲出現。每種植物的防禦機制都不盡相同，某些植物以物理防禦為主，某些植物以化學防禦為主，但大部分的植物會兩種並用，某些植物甚至還有生物性防禦。

榕樹的防禦機制與適應性

榕樹的物理和化學防禦機制都非常強大，除了有很厚的角質層與木栓層可阻隔物理傷害外，還能合成有毒的化學物質進行化學防禦，使榕樹具有很強的排他性，連雜草都很難在榕樹下生存。除擁有很強的防禦機制外，榕樹的抗污染性



及適應力也都很高，種植在彰化台化廠人行道旁的榕樹就是抗汙染性高的最好例子。而臺灣隨處可見榕樹的神木，就是因為榕樹從海邊到低海拔山區都容易種植，具有很高的適應力。此外，榕樹具有氣生根可吸收空氣中的水分，當氣生根長到地面時會發育為支柱根，也能提升榕樹對環境的適應性。因為榕樹的防禦機制相當強、抗汙染性與適應力也很高，是屬於非常容易種植的樹木，相傳命名為「榕」，就是取榕樹能夠包容萬象的特質。

🔍 紫斑蝶的生活史與食性

紫斑蝶的生活史很短，最快只要二十多天就可完成一個世代（卵→幼蟲→蛹→成蟲），且每經過一個世代，紫斑蝶的數量就可以增加到原本

的數倍到數十倍。從四月初到五月下旬，紫斑蝶約已經完成兩個世代，這使得五月底的八卦山，紫斑蝶的數量常常可以多到輕易被馬路上的車子撞死，此現象稱為「路殺」。五月以後，紫斑蝶媽媽就會尋找海拔較高或較陰溼環境的嫩葉，可稱為紫斑蝶的「二度遷移」。所以紫斑蝶不但會有南北的水平遷移，也會有海拔高低的垂直遷移，五月初在合歡山的武嶺上，也曾觀察到遷移的紫斑蝶。

臺灣原生的紫斑蝶有四種，其中端紫斑蝶（圖1）與圓翅紫斑蝶（圖2）會取食榕樹，這兩種紫斑蝶的幼蟲會取食桑科榕屬的植物，也會取食榕樹嫩葉。雖然榕樹是校園中常見的植物，但是想要在校園的榕樹中找到紫斑蝶的幼蟲並不容易，這需要敏銳與持續的觀察力，以及深厚的生物素養。



(a)成蟲（♂）



(b)終齡幼蟲



(c)蛹的側面與正面



(d)卵

📌 圖1 端紫斑蝶的不同階段



(a)成蟲（♀）



(b)終齡幼蟲



(c)蛹的側面與正面



(d)卵

圖2 圓翅紫斑蝶的不同階段

紫斑蝶的生存策略

植物的防禦機制有漏洞時，就可能會出現病蟲害，再強大的防禦機制總有漏洞出現的時候。爲了要取食榕樹，紫斑蝶就得等待適當的時機，根據我多年的觀察經驗，校園的榕樹在四月春雨到五月梅雨季長出大量嫩葉時，就會出現防禦漏洞，雖然人的肉眼看不出來，紫斑蝶媽媽已趁此時來產卵，但究竟榕樹出現了哪些防禦漏洞呢？

1.生物防禦的漏洞：經過寒冬漫長的考驗，榕樹上的肉食性天敵（如蜥蜴、螞蟥、蜘蛛、螳螂等）會大量減少，鳥類也會遷移到溫暖的南方過冬，而紫斑蝶最可怕的天敵——寄生蜂，也會因爲缺乏寄主而消失，留下榕樹一年之中最完美的嫩葉，而北返的紫斑蝶媽媽就會把握這個最佳產卵的時機，在榕樹的嫩葉上大肆產卵。

2.物理防禦的漏洞：榕樹剛長出來的嫩葉角質層很薄，纖維素也很少，無法有效保護嫩葉。這時物理防禦機制出現漏洞，紫斑蝶的幼蟲就用牠銳利的口器，切割並咀嚼榕樹的嫩葉。

3.化學防禦的漏洞：因爲冬天的陽光不足，溫度很低，光合作用也不足，因此榕樹在冬天幾乎是停止生長。經過春雨與梅雨的滋潤，環境溫度開始上升，陽光也變得充足，榕樹會開始長出大量的嫩葉。但此時嫩葉有毒化學物質的濃度會比一般的葉子低很多，而紫斑蝶具有製造解毒酵素的基因，使幼蟲的消化腺可以分泌解毒酵素，將榕樹嫩葉中較低濃度的有毒化學物質，分解爲幼蟲生長的必要養分，因此化學防禦機制也出現漏洞。因爲酵素對受質具有專一性，蝴蝶幼蟲對寄主植物也存在專一性。



嫩葉不在

當梅雨季結束，榕樹就會減緩萌芽的速度，嫩葉會開始長出厚厚的角質層，有毒化學物質的濃度也會開始提高。此時，紫斑蝶的幼蟲就無法有效的消化有毒物質，因此紫斑蝶媽媽不會在老葉上產卵。另外，如果摘取較老化的榕樹葉子給紫斑蝶幼蟲吃，通常紫斑蝶幼蟲很快就會死掉，這也就是為什麼五月以後校園的榕樹上，很難找到紫斑蝶幼蟲。當榕樹的防禦機制即將布署完成，紫斑蝶就會放棄取食榕樹，轉而取食其他種類的桑科榕屬植物（如雀榕、九丁榕、糙葉榕、臺灣榕或島榕等）。臺灣桑科榕屬的原生植物共有三十多種，但紫斑蝶幼蟲最喜歡取食的是臺灣榕（又稱羊奶榕）。端紫斑蝶還會取食部分的夾竹桃科植物，所以族群數量較圓翅紫斑蝶多。



(a)榕透翅毒蛾（雄蟲）



(c)長斑擬燈蛾

植物防禦機制的利用

每種植物都有其防禦機制，認識並加強植物的防禦機制自然就能減少或避免病蟲害的產生。如果因為不了解而弱化植物的防禦機制，病蟲害就很容易找上門，這時即便施用農藥，也未必能拯救生病的植物。舉例來說，榕樹是屬於喜歡陽性環境（強日照）的先驅植物，種植在陽光充足、土壤肥沃且通風良好的環境中都能快速的生長，健康的榕樹葉子又厚又硬（物理防禦很強）且乳汁很多（化學防禦很好）。如果榕樹種在陰暗不通風的陰性環境中，葉子會變薄變軟（物理防禦出現漏洞）且乳汁也會變少（化學防禦出現漏洞），此時就容易出現介殼蟲、榕樹薊馬、榕透翅毒蛾、圓端擬燈蛾、長斑擬燈蛾與榕擬燈蛾等病蟲害（圖3）。校園中，榕樹最大的威脅是褐根菌，某些地區感染狀況非常嚴重，而且褐根菌的傳染性很高，一旦擴散感染，幾乎很難搶救。



(b)圓端擬燈蛾



(d)榕擬燈蛾

圖3 榕樹常見的病蟲害

某些植物喜歡在低日照與潮溼的環境中生長，稱為陰性植物。陰性植物的角質層較薄，若種植在強日照的陽性環境，就會因失水而生長不良，防禦機制也變得非常脆弱，發生病蟲害的機會大增，甚至很快就會死亡。陰性植物如蕨類、秋海棠科與天南星科植物，大部分都喜歡低日照的陰性環境，在強日照環境會黃化、發育遲緩而病變，因此生長在森林下層的姑婆芋反而能翠綠且生氣盎然（圖4）。



(a)陰性環境：姑婆芋翠綠



(b)陽性環境：姑婆芋黃化

圖4 環境日照強度對姑婆芋生長的影響

結論

植物的防禦機制和動物的免疫系統很類似，要在適當的生態環境才能保護植物免於病蟲害，而認識植物的生態環境，是保護植物最重要的一步。植物防禦機制的效能會隨時間的不同而改變，就像人的免疫力會隨季節轉換而轉變。雖然

植物的防禦機制下降時，病蟲害就會找上門，但某些病蟲害其實很輕微並不需要投以強效的藥物，例如：紫斑蝶的幼蟲出現時，不要輕易下藥殺蟲。因為紫斑蝶是極佳的活體教材，可以為校園增添美麗的色彩，豐富校園的生物多樣性，且當榕樹的防禦機制提升後，紫斑蝶很快就會離開，並不會對校園的榕樹產生極大的致命危害。

每年春天嚴寒的東北季風結束後，溫暖潮溼的西南氣流吹起，紫斑蝶就會搭乘西南氣流北返，這就是利用自然能源使物種得以永續生存的極佳例子。西南氣流帶來的春雨與梅雨也改變了植物的生存策略，因為吸收水分使嫩葉得以大量生成，防禦機制較弱的嫩葉則提供紫斑蝶繁衍後代的環境。引導學生觀察這些有趣的消長現象，認識生物間的依存關係，而非僅將紫斑蝶視為病蟲害。落實從校園中開始環境教育，以環境教育印證生物課程內容，才是校園最重要的功能，也是校園生態化與校園生物多樣的最終目的。

除了榕樹以外，其他桑科榕屬的植物防禦機制也都非常強大，這些植物是熱帶地區的代表性植物；樟科植物俗稱楠木，也是熱帶與亞熱帶地區的優勢種，二者因常生長在同一環境中，故合稱為楠榕林。儘管榕屬防禦機制強大，卻也會在適當的時機降低防禦機制，讓動物有分享資源的機會，例如：榕屬的隱花果含有豐富的營養，隱花果成熟時，植物也會完全解除防禦機制，以吸引昆蟲、鳥類與哺乳類來取食，幫助果實的散播。榕樹上賴以維生的動物種類，是所有的植物之冠，甚至連枯枝都可作為種植木耳的優良段木，還可用來復育多種天牛，也因為榕樹包容萬物的生態意義，佛教的部分經典將榕樹奉為聖樹。看似普遍的榕樹，卻是極佳的活體教材，經常有豐富的生命現象，是提升學生學習興趣，培養生物素養的極佳教材。

圖片來源

李志穎 老師



數位 e 秘技



遊戲，悄悄改變教育的世界

教師 巫昶昕

桃園市立大溪高中化學科

前言

現在的科技進步飛快，「天生數位化」的孩子愈來愈多，生活中他們能輕易的接觸到遊戲或複雜的虛擬情境，並渴望用一種前人不曾體驗的方式進行學習，筆者發現考試領導教學的授課方式，除了讓學生痛苦，也無法真正體會學科的有趣之處，爲了改善學習氛圍，嘗試將資訊與遊戲融入自己的課堂之中。遊戲式學習 (Game-Based Learning, GBL)，一直以來有許多專家學者的資料顯示其有助於學生學習，隨著教育近年鼓吹翻轉的浪潮下，未來 GBL 的影響力會愈來愈大，漸漸也有不少教師表示有興趣將遊戲應用於教學中，而本篇目的在於希望幫助教師們能順利展開。

教育遊戲設計的第一步

教育遊戲的重點在遊戲，因此得先學會玩，不管是數位遊戲、桌遊或其他不插電遊戲，必須盡情的體驗遊戲所帶來的樂趣及感受，遊戲對教師或任何人而言都是屬於新穎且複合型的領域，其中除了遊戲內容的設置之外，還必須融入說故事的元素，以及美編的美感設計，才能造就遊戲的流暢感，身爲教師的我們必須充分地去體驗遊戲中的每一項元素與環節，才能開始將我們的學科專業融入遊戲內容之中。

筆者在個人的教學領域已有數種教育遊戲作品，包含簡單的卡牌遊戲、數位桌遊¹、實體補救教具桌遊²以及接下來要與龍騰合作推出的教育桌遊，並規畫每年持續設計新的遊戲式學習教材，而爲了破除普遍認爲「遊戲是不務正業」的

思維及模式推廣，長久與臺科大侯惠澤教授合作，針對每種遊戲教材設計進行研究與分析，在理論的支持下用數據去證實確實能有效幫助學生學習，以及教材的合適性，而 108 新課綱的到來，正好給了我們很好的機會去發揮，行動研究則有機會再與大家分享。

對於想要著手進行設計的新手教師們，相信都會冒出一個關鍵問題，該從哪部分開始？接下來筆者會將範圍先鎖定在**卡牌遊戲**（初階）及**教育桌遊**（進階），並跟各位分享這幾年做中學的摸索經驗。



圖 1 卡牌遊戲設計



圖 2 數位桌遊操作畫面



圖 3 實體補救教具桌遊學習

設計時的重要原則

既然要設計一款教育遊戲，首先，一定要好玩，才能夠吸引學生來玩，其次才是讓使用者在遊戲中不知不覺地學會裡面的知識與技能，進而產生流暢、完整且有效的教學，這一切端看教師如何去設計與操作，接下來筆者將針對**遊戲性**與**學習性**的設計，分別說明。

遊戲性

遊戲的玩法千變萬化，要好玩具吸引力，可引入市場上常見的桌遊機制類型，如**建設、偽裝、談判、交易、計算、收集及競速**等二、三十種多元機制，我們在挑選使用的機制時，可以先從自己喜愛的部分下手，例如筆者喜歡**收集**東西，則使用此機制去尋找合適的教學單元，或者可以考量我們想要設計的主題在學習上有什麼樣的特性，例如想要的主題為化學分析，則可選擇**計算**的機制。當然，並非只能選用一種機制，也可以多種搭配使用，這會使得遊戲更豐富及多變化，但設計上仍需考慮課堂上能夠使用的時間，高中一節課為 50 分鐘，因此設計出來最合適的遊戲時間為 15 ~ 30 分鐘，加上考量大腦的認知負荷，建議使用 2 ~ 3 種組合較佳。

設計後可先找幾位夥伴或認真學生進行內部測試，檢測是否有掌握遊戲設計的核心要素，包



圖 4 桌遊多元機制



含新奇感、自由度、控制感、不確定性及成就感³。其中**新奇感**包含遊戲機制的簡單有趣、故事元素及美編設計；**自由度與控制感**包含遊戲內容與操作必須彈性且自主性高；**不確定性**在於自主行動後的部分隨機性、團隊助力與阻力；**成就感**在於目標達成的回饋。以上五項必須充分體現才足夠好玩及吸引力，而要讓遊戲的流暢度再提升，裡面還有許多的細節可以討論。

筆者觀察市場桌遊，發現牌卡占了很高的比例，這與牌卡有兩面可用、成本低及彈性大的特性有關，給了設計者很寬敞的創想空間，而新手在設計尚無法到達桌遊的複雜層次時，可先以卡牌進行簡單遊戲開發，並採用**配對、排序、交換、組合、選擇或書寫**等簡單的機制。

學習性

教育桌遊拆成兩部分來看，**教育**是希望以學生為中心且兼顧差異化的學習，而**桌遊**是一款使用者能夠自己玩且清楚勝負的遊戲。因此，教育桌遊應該是一款學生能夠自己揪團玩並自主**即時診斷**的學習教材，但學生卻難以對學科專業的東西進行診斷，往往都需要由老師們來判斷，這部分的確會讓教師們在設計上面臨較高門檻的挑戰。從筆者的經驗來看，除了遊戲過程中要能隨時診斷之外，設計時還必須掌握幾項認知要素，包括**遊戲目標、情境脈絡、鷹架探索、協作討論及心流投入**⁴。

設計的首務是要讓**遊戲目標**等於學習目標，才能讓樂趣與學習同步；**脈絡情境**在於讓學生有如身歷其境，自己當英雄的主動學習，關鍵在故事的包裝；**鷹架探索**是在遊戲的機制或配件上巧妙設計讓學生探索去完成短期目標，也在過程中學會周邊相關知識或技能；**協作討論**在設計上可讓學生有陣營的感覺，可討論合作，不至於陷入學習焦慮；**心流投入**與否可檢視教材的合適性，本篇暫不討論。

🔍 團隊合作更能有效優化設計

如同前述所提，一款優質的教育遊戲，除了有好的遊戲內容之外，在故事包裝與產品美編上必然做過一番努力，而教師並非全能，團隊合作各展專業才能激盪出更棒的遊戲教材，筆者是個在遊戲中長大的教師，希望自身經驗能有所用途，也開始在桃園及周邊經營社群，今年也在社群教師的設計中建議多種機制玩法，學科內容則由同科教師把關，用這樣的模式產出了不少遊戲教材，期盼更多有興趣的夥伴來共創與共好，歡迎透過龍騰或 FB 社群⁵來加入。



圖 5 教師社群運作

— 參考資料 —

1. 數位桌遊平台 (<http://61.216.137.189/Ebg/>)
2. 桌遊操作歷程分析說明 (<https://flipedu.parenting.com.tw/article/2796>)
3. 臺科大侯惠澤教授，微翻轉模式，遊戲核心元素。
4. 臺科大侯惠澤教授，微翻轉模式，認知分析要素。
5. # 教育桌遊及數位遊戲發展教師社群；# 巫魚子的海洋

— 圖片來源 —

圖 1、2、3、5：巫昶昕老師提供。

圖 4：中華民國圖板推廣協會主任講師，劉力君老師提供。

衝破高分 新關鍵

「龍騰」學測新關鍵書系
數、物、化、生、地科、歷、地、公



稱霸，
幫你戰勝學測！



林口康橋 登記中

為孩子打開通往世界的大門



林口康橋開學資訊

- 幼兒園預計於106學年度（2017年9月）開學。
- 小學、國中、高中預計於107學年度（2018年9月）開學。

諮詢專線

- 幼兒園 (02) 8195-8866
- 小學~高中 (02) 8195-2022、(02) 8195-2033



欲參加
課程說明會
立即掃描



最新消息
都在LINE@



康橋 KANG CHIAO BILINGUAL SCHOOL
雙語學校