

關於國中生物實驗3-3(光合作用的產物) 實驗組與對照組的探討

郭人仲
桃園縣立中興國中教師

壹、前言

從多次參與分區教學座談的經驗發現，多數生物老師對於國中生物「實驗3-3：光合作用的產物」當中，實驗組與對照組的判斷非常困擾。許多老師表示，教授們的答案並不能真正的解決他們的問題，因此即使經過多次的研習後，這個問題仍然存在心中。

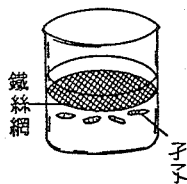
筆者認為每一位生物老師經過四年的專業養成教育，相信對於實驗組和對照組的判斷應不成問題，但為何這個問題會困擾著他們？的確這真是一個值得探討的問題。本文將從此一實驗的學理出發，嘗試解答這個困擾問題。

貳、本文

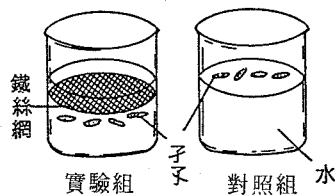
一、關於實驗組與對照組：

實驗組與對照組的差異在於欲試驗的條件不同，為了讓各位更能了解其意義，今以國中生物課本第一章第三節—科學方法中所舉子子的例子來說明。

由觀察得知子子常靠近水面活動，因而推測可能原因是為了呼吸空氣，為了驗證這個想法（假設），因此從事實驗。作法是在燒杯內的液面下加一鐵絲網阻止子子靠近水面（如圖一），不久後子子全數死亡，根據這個結果可知子子靠近水面果然是為了呼吸空氣。



圖一



圖二

這個實驗表面上看起來非常成功的證明原先的假設正確，但事實上卻有許多令人懷疑的地方，例如也許有人會說子子的死是因為水有毒、沒有食物或甚至互相打架致死！

對於這樣的說法，這個實驗的結論可說是一點反駁的力量都沒有，因為沒有證據顯示這些觀點不對呀。

爲了解決這個問題，首先必須要排除這些因素對實驗的影響，想辦法將這些變因加以控制（控制變因），因而才能充分說明實驗的結果真的是如同假設所說的——因爲空氣的關係，而非其他因素造成，對照組便是由這個檢討的說法設計而來。因此改進的實驗作法則增設一組燒杯（也就是對照組），它和原先一組的燒杯、水質、水量都相同，且放置的子子大小也相當，但在液面下不放鐵絲網（如圖二）。經過實驗後，若對照組的子子安然無恙，而實驗組的子子死亡殆盡，這時便可以說子子是因爲缺乏空氣而死，同時也證明了假設的正確，而無原先的疑問。

由上面這個實驗的過程可知，實驗組是根據假設（也就是實驗目的或問題的暫時答案）而來，其目的是爲了驗證假設的正確性；而對照組則在說明可能會影響實驗正確性的因素已經被控制住（或摒除於外）。換句話說，將來研究的結論是要根據實驗組的結果，而對照組只是當作研究正確性的參考。

當然，要國一的學生一下子接受這樣嚴謹的概念恐怕有些困難，因此科學教育月刊還曾提供另一簡便的對照組判斷法則作爲參考，即保持原來狀況的一組就是對照組。例如在子子的例子中，後來增設一組的子子無論在實驗前後皆可自由靠近水面，故爲對照組。但是這樣的說法却可能引來更大的麻煩，例如實驗 4-2（葉和水分散失的關係）在證明葉子和水分散失有關的實驗設計上，保留葉的一組是實驗組（因爲這一組是針對實驗的假設或目的而設立），而去除葉片的一組則是對照組，如果按照科學教育月刊的說法則恰好相反。雖然在說明子子這個實驗的時候似乎很成功，但是却未必能讓學生真正了解對照組的意義，甚至淪爲死背。因此筆者認爲實驗組和對照組的判斷，應該根據實驗的目的（事實上這樣才能和課本第一章第三節的說法一致），而不贊同這樣的說法。

二、實驗 3-3 的學理探究：

這個實驗的目的是想讓學生驗證綠色植物經光合作用後可製造出澱粉，但若直接從野外摘下葉片檢驗，也檢驗出有澱粉存在，是否可以證明植物真的是「經過光合作用」製造出澱粉？當然，答案是否定的，因爲這澱粉是否是因爲「照光」的關係而來誰也不敢保證，甚至可以說這是葉子原先殘餘的澱粉，至於它怎麼來的誰也不知道。所以實驗設計的要點必須要確保澱粉的產生，真的是因爲我們予以照光的關係（即真的是因爲進行光合作用而來）。

爲了符合這個前提，一開始必須先將葉片中的澱粉去除，最簡便的方法便是將植物

放在暗室中（或包鋁箔）約三天，則植物會利用澱粉來維持生命，而將澱粉消耗殆盡。這時將植物取出（或除去鋁箔）再予以照光三天，若能檢驗出澱粉，更可以說植物在經過光合作用後，能製造出澱粉。當然，在此過程中為了避免其他因素的影響，必須再設一組對照組以說明除了日光外，其他因素不會干擾這個實驗（例如也許有學生會認為黑暗時間久一點可能會產生澱粉），所以對照組便是繼續放在暗室或包鋁箔的一組。

三、困擾的癥結：

根據以上的分析，則實驗組和對照組的判斷應該沒有什麼問題才是，但是實際上並非如此。因為雖然教師手冊上說得非常明白，植物事先就要放在暗室三天，以消耗葉中的澱粉，但生物課本中的實驗步驟或器材卻沒提到這回事，因此老師們若沒有注意教師手冊的說明，或分析過這個實驗的學理，那麼多半會直接將植物包好鋁箔（當作實驗組）放在陽光下進行實驗了。可是從以上的分析可知，這樣的作法並不正確！除了不正確外，還會讓學生誤以為實驗組就是進行「特殊處理」的一組，因而產生不正確的聯想，誤會了實驗組和對照組的真正意義。關於這一點，還真是不得不小心！

參、結 語

從以上的說明可知，實驗組和對照組的判斷必須根據實驗目的所建立的假說，而非直覺的認為「特殊處理」者一如有加鐵絲網或包鋁箔者就是實驗組。教師們在教學或命題的時候就不得不小心，以免出現錯誤的訊息（這種錯誤就曾出現在 78 年的中區五專考題）。

為了避免學生採用死背的方式學實驗組和對照組判斷原則，在此筆者願提供淺薄的教學經驗供大家參考。即在介紹實驗的進行時，不妨按照學生的直覺認知一單組實驗設計，然後再用反駁的方式提出質疑，讓學生想想問題的所在，從而引出設置對照組的想法（本文就是以這種方式寫成）。

但是對於課本說本實驗的目的是想證明光合作用的糖可以轉變成澱粉，筆者認為這個實驗恐怕還不能證明！因為我們並沒有追蹤糖是否真的轉變成澱粉：這個問題可能需要先將糖分子用放射性元素「做記號」，然後看看澱粉是不是有放射性元素，如果有的話才能證明糖可以轉變成澱粉，但是這個技術不是國中階段可以做的。此外，也許其他物質也可以轉變成澱粉（事實上可以），若是如此，則光是檢驗出有澱粉的存在也不能說一定就是糖變來的呀！所以筆者認為本實驗的目的在證明光合作用會產生澱粉或是光合作用需要光。