

# 國中生物學網路 模擬實驗軟體的製作與應用

黃顯宗

教授

楊德思

研究助理

劉淑惠

研究助理

東吳大學微生物學系

## 摘要

我們以網路動畫的方式製作了四個內容豐富的模擬實驗軟體，分別為：「檢索表的應用」、「水中的小生物」、「植物的呼吸作用」、「植物細胞觀察」等，屬於實質的模擬與步驟的模擬實驗教材，適合網路傳輸，可供國中學生反覆練習。經過國中學生和教師對製作技術和內容的滿意度調查，「檢索表的應用」並進行了學習成就檢測，評估結果顯示，這幾則具有創新意義的學習軟體，將豐富國中生物學的教學與學習，有效地增強實驗的學習成就。

**關鍵詞：**模擬實驗，生物學，國民中學，網路

## 前 言

教育專家指出：模擬教學可以建立認知架構(cognitive structure)以接受其他學科的學習，同時強化、整合並延伸先前所學。模擬教學提供有效的方法讓學生學取經驗，有利於概念的發展。電腦模擬生物學實驗的優點可以讓學生經驗到一些物質的或生物的情境；實際操作的話，這些情境是很困難、耗費或者需要很長時間才能夠經驗到，有些且會受到倫理或者宗教的影響，例如動物的解剖實驗。在做青蛙解剖時，先前使用過多媒體青蛙解剖互動教材，會顯著地增加學習的成就和態度，模擬的學習效果與學習過程中何時導入模擬學習有關(註1)。

Alessi與Trollip將模擬教材分成下列的模式(註2)：

(一) 實質的模擬(physical simulations)：例如將真實的青蛙和解剖的工具呈現在電腦螢幕上，學生可以瞭解到真實解剖時的情境。

(二) 步驟的模擬(procedural simulations)：設計成模擬機器的操作與反應，學

生學到操作的技術，學到依照步驟解決問題，在生物學上如依照診斷步驟得出診斷結果與處方用藥。

(三) 情境模擬(situational simulations)：在模擬的情境中，學習者可以探索情境中的許多方法，或扮演不同的角色。

(四) 程序模擬(process simulations)：學生並不扮演情境中的角色，也不經常操作真實的或者步驟的模擬，但是可以設定系統中不同的參數，然後觀察模擬系統的發展。

Gredler則將模擬分成實驗模擬和象徵性模擬(symbolic simulation)(註3)。前者可以協助學生進行一些困難操作的實驗，可以再細分為：數據管理、診斷、危機管理和社會程序(social-process)等四類模擬。象徵性模擬是動態的模擬，模擬反應複雜的現象和相互關聯的程序，學生操控模擬教材而自我建構學習經驗。

多媒體影碟式的互動實驗軟體相當成功，如Biolab Frog(Pierian Spring Software, Portland, OR, USA)是給7-12年級學生使用，觀察外觀，解剖內部，呈現各種生理的系統，每節都附有學習問題。同時可以模擬溫度與呼吸、化學品與心跳、電流與肌肉收縮等，學生可以模擬操作這些互動式實驗(註4)。這些互動影碟實驗軟體在生物學的教學上是相當成功的(註5)。由於傳輸效能的影響，網路模擬實驗並不如影碟成功。Sidwell Friend School建立網路上的Virtual Lab(<http://sidwell.edu/sidwell.resources/bio/VirtualLB/index.html>)，裡面包括顯微鏡、核酸、動物解剖、植物生理、色層分析、化石等高中學生的實驗，主要以文字和影像方式呈現。Net Frog是網路上知名的青蛙解剖實驗(<http://curry.edschool.virginia.edu/go/frog/Frog2/>)，使用文字、圖片和Quicktime的電影方式呈現。加州州立大學系統所創立的Biology Labs On-line含有豐富的內容(<http://www.biologylab.awlonline.com/>)，如果蠅、演化、細胞、遺傳等實驗，採用會員制度。關於生物的教學和學習，國內張大慈和葉世榮等(註6)建立高中生物學學習網站，內含高中生物的一些實驗，主要採用文字、影像和部分動畫的方式呈現。先前我們進行大學生微生物實驗改進計畫時，曾以Active X建立立體顯微鏡操作系統(註7)。所以在國內網路模擬生物學實驗的教材例子不多。

模擬實驗教學有許多好處，特別在生物學實驗中，可以減少出錯、危險，減少預算需求等。但是學者也擔心在生物學實驗中，動手操作的實驗(hand-on experiments)，可以熟悉實驗器材、活的實驗對象(living things)，瞭解實驗的可能挫敗，瞭解動手實驗中心靈的感受(註8)。所以我們認為模擬生物實驗的教材可以輔助實驗的學習，但是並不可能完全取代動手的操作。我們獲得國科會的計畫補助下，建構了國中生物學的學習網站，稱為「快樂營」(<http://vschool.scu.edu.tw/HAPPY1/index.php>)。為了更豐富網路的學習資源，我們特別製作了可以透過網路傳輸的模擬生物學實驗教材。

## 二、研究目的

製作這些模擬生物學實驗教材的主要目的為：(一) 透過模擬的方式，使得一些不容易在國中校園內操作的實驗，得以在網路重現，學生透過互動的操作模式，體會實驗的進行，並學習到實驗步驟、原理與生物學概念。(二) 吸引學習者：網路的世界五花八門，吸引學習者停駐才能增進學習網站的自主學習效能。一些正式的學習網站除非有師長的壓力，能夠主動上網學習的不多，因此這些模擬生物學實驗教材同時兼具吸引學習者留駐學習的目的。

## 三、模擬實驗軟體的製作

我們參考教材製作的ASSURE模式(註9)來製作這系列軟體：

(一) 分析學習者特性：國中三年，主要在國一時上生物課，國三的學習基本上已全以考試為導向，因此這些軟體基本上是針對國一和國二的學生而設計。

(二) 訂定教學目標：我們參考國立編譯館出版之「國中生物學」上下兩冊之實驗項目，經過合作研究者的調查分析(註10)，選取國中校園不容易妥善操作之實驗項目，作為我們製作的目標單元。編寫劇本，基本上屬於Alessi與Trollip(註11)所稱之實質的模擬與步驟的模擬實驗。每單元的內容比課本內所設計的豐富，例如分類的實驗便設計了兩項先期的訓練，完後才進行小瓢蟲的分類，這樣概念的牽引有助於分類概念的熟悉。所以我們這些模擬實驗比課本所載豐富。這樣才可能吸引學生使用，使瞭解相關之生物學概念、操作過程、器具等。

(三) 製作軟體：為了配合網路的傳輸效率，每一則軟體不可能太大，我們基本上採用Flash軟體製作為主。關於植物細胞觀察部分，我們直接使用植物外觀和植物細胞實驗之真實影像，我們採用部分實際操作影片之畫格，接成連續性動作。依照劇本逐一製作，配合文字說明、旁白，和少量的背景音樂等。因為各單元都有充分的互動選項，並不能以時間長短來準確描述各單元，各單元大小為2.96-23.0 MB(如表1)，最大的「植物細胞觀察」含有多個小檔案，以利傳輸。其後我們並進行了教師和學習者的使用和回饋評量等工作。

表1 本研究製作國中生物學網路模擬實驗軟體簡介

單元名稱	長度(分鐘)	容量(MB)	互動
檢索表的應用	10	3.15	有
水中的小生物	7	2.96	有
植物的呼吸作用	8	5.08	有
植物細胞觀察	40	23.0*	有

說明：各單元長度不含互動選項部分，僅計算直接攝影時間。

\* 共50個小檔案以利網路傳輸。

### 四、模擬實驗軟體內容簡述

我們製作了四個內容豐富的模擬實驗軟體，分別為：「檢索表的應用」、「水中的小生物」、「植物的呼吸作用」、「植物細胞觀察」等。內容分別說明如下：

#### 「檢索表的應用」

這個模擬實驗有兩項暖身活動。第一項活動是使用幾個不同顏色的圓球和方塊來練習分類。第二項活動是使用不同顏色和不同花型的花卉作為分類練習，從

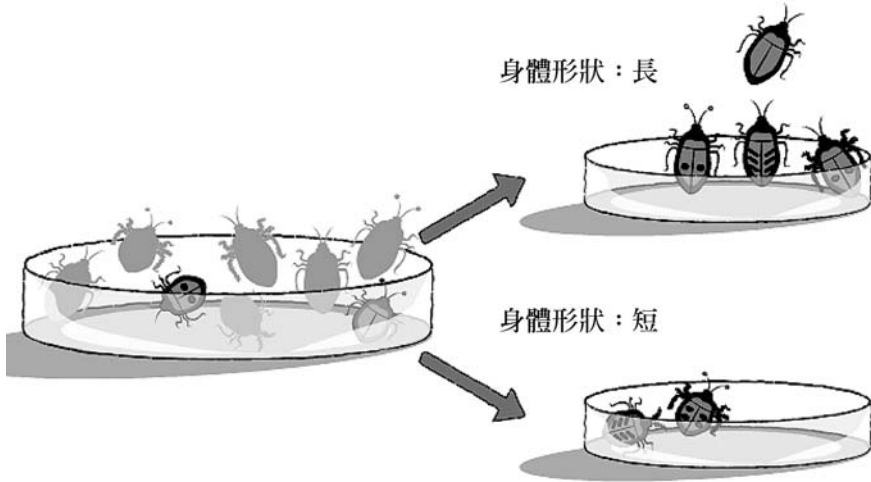


圖1 「檢索表的應用」可依不同特徵，將小瓢蟲分置不同培養皿

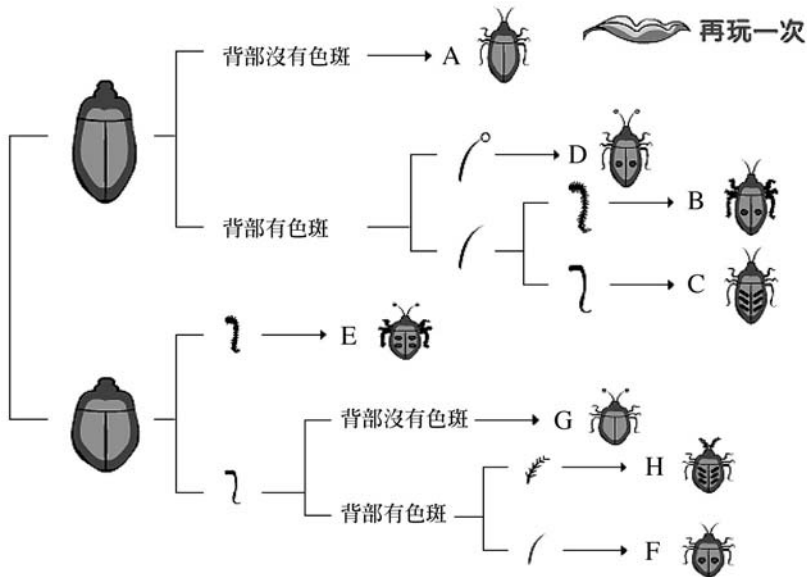
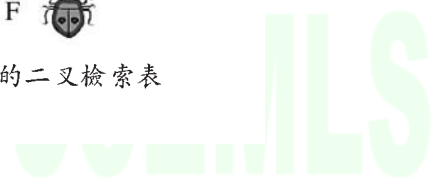


圖2 「檢索表的應用」小瓢蟲類完成後會出現經過的二叉檢索表



第一個非生物的活動進入生物的分類。第三項活動就是將不同體型、斑點、觸鬚、腳型的小瓢蟲進行分類的練習。活動前有活動說明，介紹如何進行活動。每項活動中，學習者都可以自我決定選用甚麼特徵來分類，例如：在第一和第二項活動可以先選顏色或者先選外型，第三項活動可以選擇小瓢蟲不同的特徵，然後使用滑鼠將小瓢蟲移至各類的培養皿中(如圖1)，放對位置後，小瓢蟲會動且會發出蟲鳴，全部放對後，會自動進入下一步，如此依序完成。當分類完畢後，還會出現解說展示分類過程中所形成的二叉檢索表(如圖2)。

### 「水中的小生物」

因為國中常缺乏品質精良的顯微鏡和顯微照相設備，因此對於各種微小的生物和細胞構造不容易觀察；縱然有觀察，但是無法留存實驗結果影像。本單元是觀察在溪水、水溝水和池水樣品中的小生物，主要是藻類和原生蟲等。軟體首先顯示實驗的器材，以動畫方式簡單說明實驗過程和操作的方法。學習者可以自由選擇採集溪水(外雙溪)、溝水(東吳大學水溝)，或池水(雙溪公園)等樣品，製作樣品玻片(如圖3)。觀察時，主要呈現顯微鏡下的面貌，可以選擇顯微鏡接物鏡放大倍數，同時可模擬移動載物台上的玻片(樣品)(如圖4)。當滑鼠游標在小生物上時，畫面會出現該小生物的名稱，點選後會有跳出的畫面介紹該小生物，總共介紹到的小生物有：單胞藻、四聯原藻、新月藻、團藻、矽藻、實球藻、間生藻剛毛藻、空球藻、水綿、波髮藻、盤星藻、草頂藻、念珠藻、鼓藻藍球藻、顫藻等藻類，和喇叭蟲、鐘形蟲、腎形蟲、游仆蟲、眼蟲、太陽蟲、桿尾蟲、變形蟲、草履蟲、輪蟲和線蟲等。

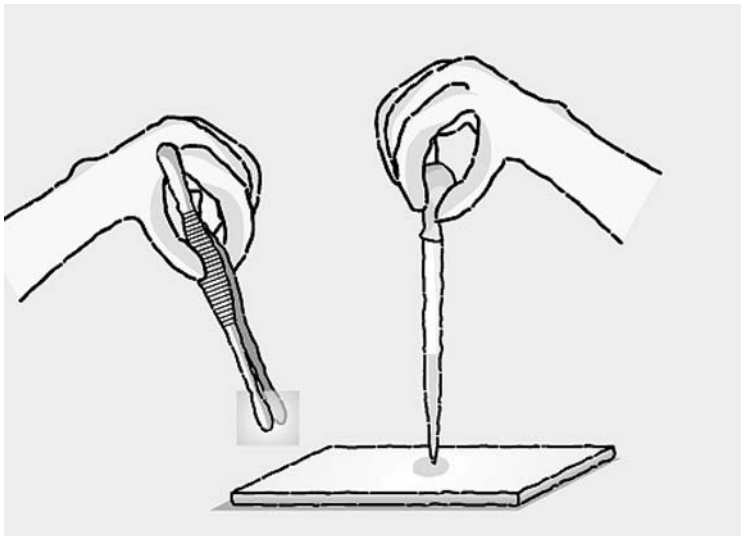


圖3 「水中的小生物」模擬將水樣製作觀察玻片

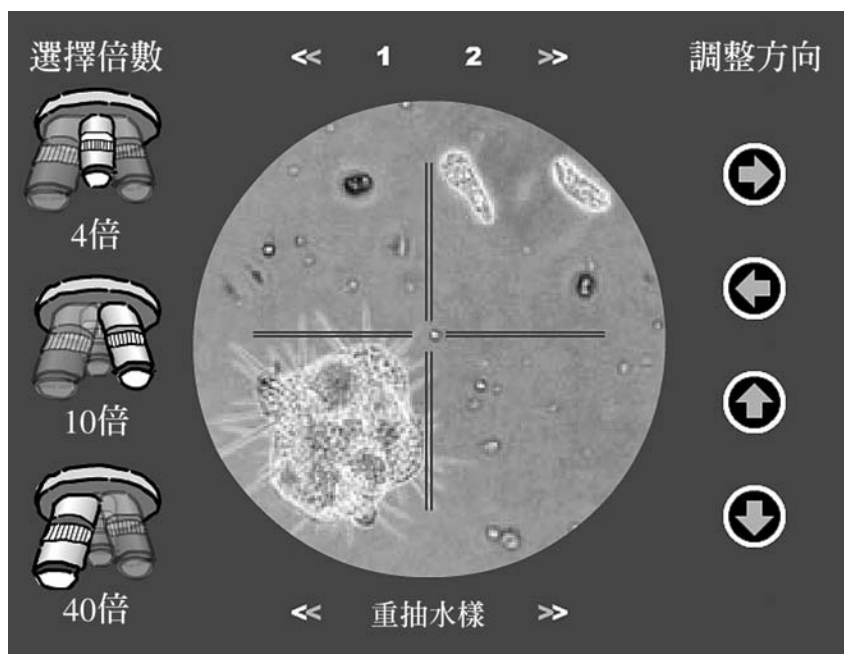


圖4「水中的小生物」模擬顯微鏡觀察情形，可調整放大倍數和移動樣品玻片

#### 「植物的呼吸作用」

首先介紹動植物呼吸作用的基本原理，之後介紹器材和石灰水溶液的配製過程。然後分成四個實驗分項供學習者選擇：(一) 使用氮氣來看看石灰水會否變濁，在這個實驗中如果處理程序不當，水會噴到臉上，說明氮氣不會讓石灰水變濁，同時也要注意實驗的程序(如圖5)。(二) 用打氣筒把空氣打進石灰水，短時間不會變濁，長時間的話，空氣中的二氧化碳灌多後石灰水會變濁。(三) 用口吹氣，石灰水會變濁。(四) 依照課本內容，三角瓶內放萌發24小時或未發芽的綠豆，再將呼吸出來的氣體接入石灰水，石灰水會變濁(如圖6)。以化學反應式表示二氧化碳和石灰水產生變濁的原理。在本單元中，在每個分項實驗中都會讓學習者考慮石灰水會不會有變濁的情形，讓學習者更瞭解每項實驗的原理。

#### 「植物細胞觀察」

我們從校園選取常見的植物，依照其葉子是否容易撕出表皮細胞層而分成容易、普通、困難等三類。容易撕出表皮層的有鴨拓草、大吊竹草、美女櫻、鳳仙花等；普通難度的有姑婆芋、鵝掌藤、黃金葛、蟛蜞菊、金露花等；難度高的有青楓和單子葉植物的鳶尾和黃椰子等。學習者可以自由選擇觀察的對象植物(如圖7)，當然如果選擇到難度高者，撕出來觀察的是一團細胞，而非單層細胞，故無法分清各類細胞；普通難度者可以觀察到少量單細胞層，軟體中呈現撕出表皮細胞層的連續性動作(如圖8)。至於容易者會得到整片單細胞層。這時候可以觀察



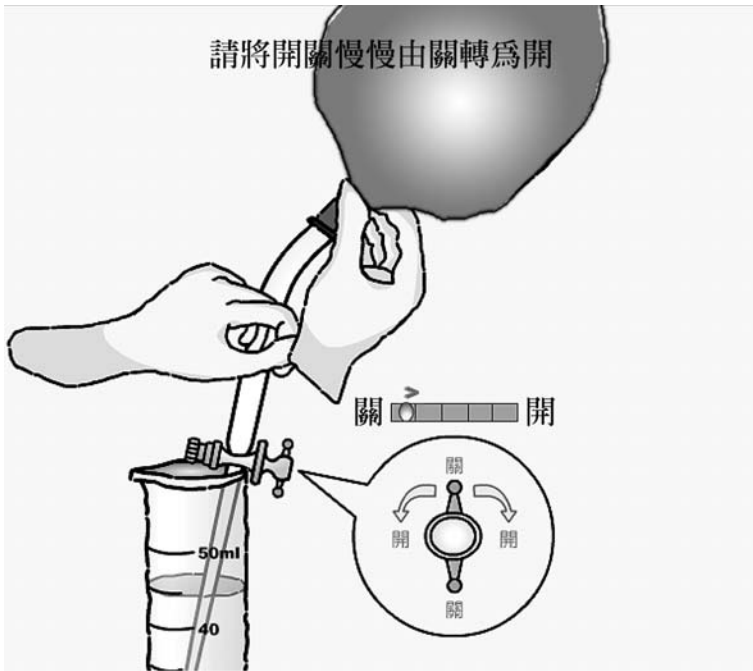


圖5 「植物的呼吸作用」前置實驗，觀察其他氣體變化和操作程序



圖6 「植物的呼吸作用」模擬監測綠豆的呼吸作用

## 植物細胞觀察

請任選一種葉子進行植物細胞觀察



圖7 「植物細胞觀察」可選擇校園常見植物作細胞觀察



圖8 「植物細胞觀察」示範撕出植物葉子表皮細胞層的動作

到葉子表皮上各類細胞，主要是含有葉綠體的保衛細胞、氣孔等(如圖9)，顯微鏡畫面會標示出細胞壁、葉綠體等結構。對於選擇到容易者，可以繼續進行亞甲藍和碘液的染色處理，和染色後的觀察結果。再進行鹽水處理，細胞會因為鹽水之故進行收縮，這時候細胞膜會與細胞壁分離，我們標示出細胞膜。



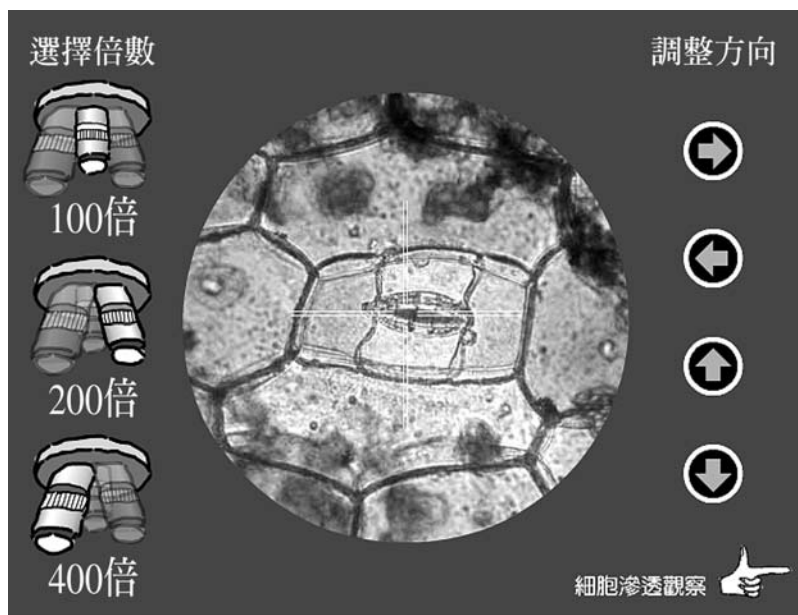


圖9 「植物細胞觀察」顯微鏡觀察植物葉子表皮細胞情形，展示氣孔、保衛細胞和其他表皮細胞觀察

## 五、模擬實驗軟體的特色

各單元都依據國立編譯館生物學課本的實驗內容作為基礎，然後在這個基礎上增加豐富的內容，具有如下特色：

(一) 內容豐富：各單元內容都超越國立編譯館課本的範圍，例如「檢索表的應用」就有兩個前置實驗，藉以瞭解分類的觀念；「植物的呼吸作用」中多增添一些生活情境實驗，可以增強多動物和植物呼吸作用的瞭解；「植物細胞觀察」包含多種觀察難易度不同的植物樣品。在「水中的小生物」單元，介紹了多種藻類和原生蟲和線蟲。

(二) 表達適合國中生品味：我們以整合實物和卡通動畫的表達方式，每個模擬實驗單元都有許多互動式設計，增強參與度與自我學習的能力，文字說明並附有旁白，強化多媒體效果。這些表達方法較能吸引網路學習者的留駐和使用。

(三) 適合網路傳輸：除了「植物細胞觀察」外，其餘三個單元約3至5MB大小；大小等同於一個網路上最常下載的電腦病毒碼檔案。因此這些多媒體互動軟體適合在網際網路上傳輸，特別是在寬頻網路日趨發達的時候，這些多媒體學習資料的傳輸更不成問題。其中最後製作的「植物細胞觀察」單元，因為使用許多實物的影像和部分影片畫格和比較多的植物品種，所以比較大，但是我們分成許多小檔案，有助於網路的傳輸。

## 六、能力分析

參考九年一貫課程「生活與自然科技」領域中的能力項目分析，這四個模擬實驗單元與下列能力指標有關：

過程技能方面，每一個實驗單元都可以讓學習者在既有規劃，也可以有自我選擇下操作各模擬實驗項目。例如在「檢索表的應用」中，學習者可以決定在分類上使用何種特徵，在「水中的小生物」決定使用何種水樣、何種顯微鏡放大倍數等，在「植物的呼吸作用」中使用何種操作程序，在「植物細胞觀察」中使用何種植物，學習者的選擇都會影響到實驗的結果。學習者在這些過程中可以練習有計畫的觀察(能力指標編號1-4-1-2)、進行分類(1-4-1-3)，如果經過討論思考，學習者應會產生假設(1-4-2-3)、判斷因果關係(1-4-3-2)與獲得研判的論點(1-4-4-2)等。

在認知層次上，學生比較容易從模擬實驗的過程中，學習到科學探討的方法與科學知識和技能(2-4-1-1)。在「植物的呼吸作用」和「植物細胞觀察」學習到植物的器官、組織、細胞和呼吸的作用(2-4-2-1)，在「水中的小生物」學習到生物的多樣性並探討與環境的關係(2-4-2-2)。

學習者透過使用這些模擬實驗軟體，同時配合教師輔導討論，對於科學本質和創造思考也應該會有所體會。

## 七、評量過程與結果

這幾個模擬實驗軟體，原是設計作為學習網站的項目，目的在輔助學習者學習。我們針對的學習階層是國中學生，在原先的國一課程，或九年一貫課程的國一或國二，在校內課程中已經有講授生物學，也應該實際操作過這些實驗，但是由於設備和時間的限制，所以這些模擬軟體正可以在課堂外輔導學生的學習。因此，我們選取在國一已經接受過生物學課程的國二學生作為評量對象，以瞭解這些軟體作為課外輔導學習的功能。

給學習者的評量問卷分成兩類，一類是品質檢核(quality review)滿意度調查，另一類是針對輔助學習的成就做一簡易的測試。品質檢核問卷為五等級量表方式，從非常不同意至非常同意，依序分別配分一至五分，問卷的設計經過各測試國中和本群體計畫相關教授評估修正，隨機選擇23名學生進行測試。本問卷信度為Cronbach ( 0.93。至於測驗學習成就測驗則採用單組前測後測之準實驗設計(註12)，因為模擬實驗需要讓學習者反覆操作，而參與測試學校所能提供的時間有限，無法讓學生反覆使用全部軟體，我們僅能就「檢索表的應用」一項讓學習者進行反覆操作，然後進行成就測試，採用筆試的方式，題目給予五種有不同分

類特徵的植物，如：植物A：灌木，葉輪生，葉邊緣有鋸齒狀，葉面平滑。花粉紅色。植物B：灌木，葉輪生，葉邊緣有鋸齒狀，葉面有柔毛。花鮮黃色。植物C：草本植物，單葉對生，葉邊緣有鋸齒狀，葉面平滑。花紫色。植物D：灌木，單葉對生，葉邊緣有鋸齒狀，葉面有柔毛。花鮮黃色。植物E：灌木，葉輪生，葉邊緣平滑，葉面有柔毛，花粉紅色。讓學習者自行繪製檢索表，就完整性和正確性給予1-5分，其效度經過任課教師評定。各數據採用SPSS for Windows第10.01版軟體進行分析，主要為t檢定(t-test)。

學生評估進行時，集合進行10分鐘的前測測試。後測則分成輔導進行和自行進行兩類。輔導進行是統一集合在電腦教室，依序播放模擬實驗軟體各單元後，再由學生主動使用「檢索表的應用」15分鐘，然後進行測驗10至15分鐘，含品質檢核和學習成就問卷。至於自行進行部分，則由學生回家後自行上網使用這些軟體，並回答問卷，故無法控制進行的質量和時間。

此次接受評量的學生可以分成台北城內(大直高中國中部、內湖國中、福安國中、衛理女中國中部、蘭雅國中)和台北市外(台北縣之竹林中學國中部，和三芝國中)，全是國二的學生。

由於時間的限制，我們僅能在使用者前展示軟體，讓學習者使用其中「檢索表的應用」，從各項評量數據中，已然獲得肯定的回饋。國二學生對於技術層面和內容的有趣、吸引力和對軟體協助學習的評價頗高，各項約五至六成回應同意或非常同意(如表2)。

表2 國二學生對本網路模擬實驗軟體滿意度評估結果

評估項目	得分					平均±標準差 n=830
	1	2	3	4	5	
技術						
動畫製作具有水準	5.0	4.0	38.4	34.3	18.3	3.57 ± 1.00
配音具有水準	4.5	5.6	40.7	33.7	15.4	3.50 ± 0.97
說明文字清晰易懂	3.6	3.3	35.9	38.1	19.1	3.66 ± 0.94
容易上手操作	3.2	3.2	35.2	36.5	21.9	3.71 ± 0.95
內容						
過程具有趣味性	3.9	4.3	34.4	38.5	18.9	3.64 ± 0.96
能模擬實際操作時狀況	3.4	3.6	35.4	39.8	17.8	3.65 ± 0.93
能吸引學生使用	4.8	4.5	36.7	34.0	20.0	3.60 ± 1.01
能幫助學生學習生物學實驗	4.7	3.7	34.2	34.0	23.4	3.68 ± 1.02

如果我們把參與評量的學校分成台北城內和台北城外者，城外學生則對各項的回應顯著地高於城市內學校學生(如表3)。可能城內學生對於這些多媒體教材較有認識，要求的水準高些，導致較低的滿意度。如果把學生分成輔導下進行評量者和自行進行試用和評量者比較，自行進行者各項的評分略高，但是經過統計分

析後都沒有達到顯著性差異。如果把學生先分成城內和城外來比較，輔導進行和自行進行者的結果也沒有顯著的差異(如表4)。

表3 城內和城外學生對本網路模擬實驗軟體滿意度

評估項目	城內 n=501	城外 n=315
技術		
動畫製作具有水準	3.42 ± 1.02	3.73 ± 0.95*
配音具有水準	3.36 ± 0.99	3.64 ± 0.93*
說明文字清晰易懂	3.53 ± 0.96	3.80 ± 0.90*
容易上手操作	3.56 ± 0.95	3.86 ± 0.92*
內容		
過程具有趣味性	3.47 ± 1.00	3.82 ± 0.89*
能模擬實際操作時狀況	3.51 ± 0.98	3.80 ± 0.85*
能吸引學生使用	3.42 ± 1.01	3.79 ± 0.97*
能幫助學生學習生物學實驗	3.52 ± 1.05	3.85 ± 0.96*

說明：台北城外和城內學生的結果比較分析，數據為平均±標準差。  
\*，t-test 檢驗後為顯著差異者， $p < 0.05$ 。

表4 輔導進行和自行進行評量學生對本模擬實驗軟體滿意度

評估項目	輔導進行 n=509	自行進行 n=321
技術		
動畫製作具有水準	3.55 ± 1.03	3.60 ± 0.94
配音具有水準	3.47 ± 1.00	3.54 ± 0.93
說明文字清晰易懂	3.65 ± 0.94	3.68 ± 0.95
容易上手操作	3.70 ± 0.94	3.72 ± 0.97
內容		
過程具有趣味性	3.62 ± 0.97	3.67 ± 0.95
能模擬實際操作時狀況	3.61 ± 0.94	3.71 ± 0.91
能吸引學生使用	3.56 ± 1.00	3.66 ± 1.02
能幫助學生學習生物學實驗	3.66 ± 1.03	3.71 ± 1.01

說明：比較輔導進行和自行進行滿意度結果，數據無顯著差異者， $p < 0.05$ 。

教師們對於技術和內容各項回應同意或非常同意者約七至八成(如表5)，都高於學生的回應。因為教師熟悉實驗內涵和課程的關係，所以教師的評量中我們多了三則問題：關於劇本、符合課程、能否取代動手實驗課程等。關於劇本和與課程的相關性都有極高的評價(如表5)，不過認為可以取代者只有23.1%，不認為可以取代者為46.2%。這和我們先前預期相同。

前測和使用「檢索表的應用」後之後測相比，從檢索表的製作瞭解他們對分類的瞭解和實作能力，結果見表6，本模擬實驗軟體有顯著增強的效果。如果把後測分為輔導進行和自行進行兩類，輔導進行平均得分2.91，而自行進行者平均得分為4.16，兩者都顯著地高於前測。但是自行進行者的成績高於輔導進行者，可能是自行進行者無法控制其使用時間，可能使用比較多時間，所以獲得較高分

數。合計前後測之分數，城內學生平均得分為3.21，而城外學生得分為2.89，顯著地低於城內學生。但是對於使用此軟體後的學習成就而言，對於城內學生有顯著的增強意義，前測平均得分2.99，使用後平均得分為3.44。對於城外學生而言，前測平均得分為2.23，後測平均得分為3.42，亦有顯著的增強意義。

表5 教師對本生物學網路模擬實驗軟體滿意度評估結果

評估項目	得分					平均±標準差 n=13
	1	2	3	4	5	
技術						
動畫製作具有水準	0	0	23.1	53.8	23.1	4.00 ± 0.71
配音具有水準	0	0	15.4	76.9	7.7	3.92 ± 0.49
說明文字清晰易懂	0	0	15.4	53.8	30.8	4.15 ± 0.69
容易上手操作	0	0	15.4	69.2	15.4	4.00 ± 0.58
內容						
劇本編寫流暢	0	0	38.5	46.2	15.4	3.77 ± 0.73
符合國中課程需求	0	0	15.4	61.5	23.1	4.08 ± 0.64
過程具有趣味性	0	0	30.8	53.8	15.4	3.85 ± 0.69
能模擬實際操作時狀況	0	0	30.8	46.2	23.1	3.92 ± 0.76
能吸引學生使用	0	7.7	23.1	46.2	23.1	3.85 ± 0.90
能幫助學生學習生物學實驗	0	7.7	7.7	61.5	23.1	4.00 ± 0.82
能取代實際的生物學實驗	7.7	38.5	30.8	23.1	0	2.69 ± 0.95

表6 學生對本網路模擬實驗軟體使用成就評估結果

得分	前測 n=363	後測(全部) n=392	後測(輔導) n=230	後測(自行) n=162
1分	27.8	24.7	33.9	11.7
2分	21.5	7.4	11.7	1.2
3分	19.6	10.2	10.9	9.3
4分	20.9	15.6	16.1	14.8
5分	10.2	42.1	27.4	63.0
平均	2.64 ± 1.35	3.43 ± 1.65*	2.91 ± 1.65*	4.16 ± 1.35*

說明：前測有363名學生統一在教室進行測試，平均得分為2.64分。

全部有973名學生使用「檢索表的應用」模擬軟體，但因時間限制，

只有392名能夠參加後測筆試，230名學生在教室進行測驗(輔導)；

另有162人自行進行上網使用並自我進行測驗(自行)。

\*，以t-test 檢驗後測和前測，結果為顯著差異者， $p < 0.05$ 。

## 八、結語

生命科學是新世紀非常重要的科技，影響我們經濟、生活和倫理甚巨。其實生命科學時刻在人們的生活中，但是對於國中學生而言，在升學壓力下，許多學校班級的教學變成為考試服務，生物學中的實驗也會受到各校資源的影響，例如

顯微鏡不足，而影響實驗成效。模擬實驗教學的效用已經多所證明(註13)，我們希望製作網路可以傳輸的虛擬實驗軟體，使得透過網路就可以使用，而能夠補充各校之不足。我們順利完成五個單元，單元如「水中的小生物」和「植物細胞觀察」等能夠協助顯微鏡較為缺乏者，「檢索表的應用」和「植物的呼吸作用」各校雖然容易操作，我們的內容更豐富，而且增加趣味性，希望學習者更樂於使用。

我們順利完成製作這四則模擬實驗學習軟體，能增強實驗學習成就，除了學生可以使用這些軟體自我學習外，教師也可以使用作為輔助的教材，將豐富國中生物學的學習，期待後續工作能夠擴充、修正和強化這系列學習軟體。

## 致 謝

我們感謝國家科學委員會的計畫經費補助，使得相關的系列計畫能夠完成，計畫編號為：NSC90-2520-S-031-004、NSC91-2520-S-031-004。我們同時感謝鍾育君協助旁白配音。我們感謝大直高中國中部、內湖國中、福安國中、衛理女中國中部、蘭雅國中、竹林中學國中部和三芝國中等師長協助進行各項評量工作。

## 註 釋

註1 J. P. Akpan, "Issues associated with inserting computer simulations into biology instruction : A review of the Literature," *Electronic Journal of Science Education*, 5 : 3(2001).

註2 S. M. Alessi, & S. R. Trollip, *Computer-based Instruction: Methods and development* (New Jersey: Prentice Hall, 1985).

註3 M. E. Gredler, "Educational games and simulations: A technology in search of (research) paradigm," In : *Handbook of Research of Technology and Communications*, chapter 17 (New York : Simon and Schuster Macmillan, 1992), pp. 521-538.

註4 Anonymous, "CD-ROM & software review," *School Library Journal*, (February 1998) :58-59.

註5 張大慈，「微觀生物概念模擬教學」，國科會計畫報告(計畫編號：NSC89-2511-S007-010)(民國89年)。

註6 黃顯宗、陳培敏、林聰武、郭豐州，「大學生微生物學與相關實驗能力培養研究計畫」，子計畫III：電腦資源的應用(II)，國科會計畫報告(計畫編號NSC88-2511-S031-004-E)(民國88)。

註7 M. S. Jensen, "Finding a place for the computer in the introductory biology laboratory," *Journal of College Science Teaching*, 27 : 4(1988) : 247-249.

註8 張玉燕，教學媒體(台北：五南圖書出版公司，民國83年)。

註9 路光予、宋宏紅、陳培敏，「電腦網路在中等學校生物學學習之應用」，子計畫一：中等學校生物學網路學習多媒體資料庫之建立與應用，國科會計畫報告(計畫編號NSC90-2520-S031-002)(民國91年)。

註10 鼎茂編著，教育研究法評量，初版(台北：鼎茂圖書，民國90年)。



# Making of Simulated Biology Laboratory Exercises to Be Used in Internet for Junior High School Students

**Hin-chung Wong**

Professor

E-mail; wonghc@mail.scu.edu.tw

**Te-szu Yang**

Research Assistant

**Shu-Hui Liu**

Research Assistant

Department of Microbiology, Soochow University

Taipei, R.O.C.

## *Abstract*

*We report on the making of four simulated laboratory exercises software for the learning of biology for junior high school students. These software include the 1. use of dichotomous key, 2. microorganisms in water, 3. respiration of plant, and 4. observation of plant cells. Results of evaluation by teachers and students show that these software will help their teaching and learning of biology.*

**Keywords :** *Simulated laboratory exercise; Biology; Junior high school; Internet*