

# 我國非主修生物大學生對 DNA 認知的 瞭解與改善學習的策略探討

湯清二

國立彰化師範大學 生物系

(投稿日期：民國 88 年 10 月 15 日，修訂日期：88 年 12 月 27 日，接受日期：89 年 2 月 2 日)

**摘要：**DNA 概念是人類文明發展的里程碑，是生物科學的重要概念。本研究主要探討非主修生物大學生對 DNA 的瞭解與學習策略。研究發現有一半以上學生知道 DNA 是遺傳物質，但不知其內涵，對 DNA、基因、染色體完全清楚者佔 29%，對 DNA 組成、構造與複製知道者約 65%~50% 之間，不同背景的學生對 DNA 概念有顯著差異存在。在 DNA 概念學習中，本研究發展之交互式多媒體 DNA 軟體電腦有助於上述學生學習 DNA，以及概念改變。DNA 概念圖亦有助於學生概念的整合。

**關鍵詞：**去氧核糖核酸、非主修生物大學生、交互式多媒體電腦、概念改變。

## 緒 論

自從 1953 年 DNA 的雙螺旋構造由 Watson 和 Crick 兩位科學家提出後，生物學就進入新的紀元，人類的科技文明更邁進一個另一世代，DNA 的概念已經是生物學上基本的、主要的、以及重要的概念。DNA 概念的認識已不僅是生物科系專業的知識，也是非主修生物科系大學生的普通常識；誠如中研院曾志朗院士（1998）說：「二十世紀是基因工程的世紀，做一個二十一世紀的國民，不可不知道的生物知識」。更何況是二十一世紀的知識份子，大學生是社會的中堅，面對新世紀，必須對分子生物學有某些程度的認識與素養，這是研究本

主題的動機。

其次，筆者多年教學經驗與接觸，以及對非主修生物的大學畢業生（國民中學試用教師及代理教師）的初步調查（1995），發現約有八成的準教師，僅知道 DNA 名詞而已，對 DNA 的內容，所知寥寥無幾，或可說「匱乏」的程度，且存有某些迷思和不甚了解，而造成嚴重誤解，甚至於對 DNA 概念與生物複製的了解，有嚴重的迷思，例如，有一次發現某國中教師（非生物科）閒談複製羊之新聞，說道“還了得，生物可以複製 我可以複製另一個老公了”該教師不知複製，須從胚胎，再發育生長，以及“DNA 是什麼？要如何比對呢？由此可見，對非主修生物大學生對 DNA 概念的了解值得研究。

Finley 等人 (1982) 的研究, 指出遺傳概念是學生普遍感到比較困難的章節之一, 另有多位學者研究 (Sigismondi, 1989; Malacinski, 1996) 指出 DNA 概念學習的困難, 主要原因是 DNA 概念是抽象的, 它很少與日常生活的經驗相關聯。總之, DNA 概念對學生來說是困難的, 如何提昇學習效果以及教材教法的探討, 值得深入研究。從過去的研究發現始終沒有非常有效的策略, 能夠完全的改善學生在遺傳單元的學習, 及筆者過去在 IMI (interactive multimedia instruction) 研究的經驗與心得。

基於上述多項理由, 促使個人以自己實際的教學心得與研究動機配合過去在 IMI 的研究經驗與心得, 探討非主修生物大學生對 DNA 的看法, 以及實際行動嘗試利用研發的 DNA 多媒體電腦軟體學習的輔助工具及概念圖等, 協助大學生學習 DNA 的策略, 期冀對學習 DNA 教學有所助益。

## 文獻探討

影響非主修生物大學生對 DNA 感到陌生或產生迷思的主要原因不外乎, 為學生在學校教學為學習過程中「不考, 則不教」或是「不考, 隨便教」學生則隨便學等應付的心態, 以及生物課程設計之瑕疵等因素, 導致使學生的

學習效率與實際期望相距太遠, 今針對就國、高中生物課本課程內有關 DNA 概念內容加以分析, 並探討是否上述內容滿足學生的需求, 抑或有尚待改進之餘地, 國內外有關 DNA 概念學習的研究情形以及 DNA 概念圖與建構學習等項, 分別加以剖析探討分析。

### 一、國中生物及高中生物課本內有關 DNA 之內容分析

依據科教學者 Jonassen (1996) 和 Lynee 和 Leigh (1993) 的研究指出, 要使學生產生有意義的方法之一, 首先, 必須先探查學生原有知識, 因此, 在本研究進行時, 必須先進行了解, 在現行教育體系中, 學生在進入大學之前, 學校究竟提供什麼樣 DNA 內容? 參與本研究學生僅修習過國民中學生物一學年 (上、下冊) 以及高中基礎生物 (全一冊)。在教材課程中, 有關 DNA 概念的部分, 分別出現在國民中學生物下冊第八章和高級中學基礎生物全一冊第一章內, 分述如下:

#### (一)國民中學生物 (75 年版)

在下冊第八章「遺傳」, 此章之第一節中介紹「染色體和遺傳」內提及「染色體和遺傳有關, 因為染色體上有基因, 基因是控制性狀的小單位, 不同的性狀, 是由不同的基因所控制。」(國民中學生物下冊, 民 75)。描述

表 1: 國中、高中生物課本有關 DNA 概念之內容分析

書名	冊別	出版年份	與 DNA 相關內容	評註
國民中學生物	下冊	75	1. 基因位於染色體上 2. 基因乃控制遺傳性狀之小單位	未提及 DNA
高中基礎生物	全一冊	86(14 版)	1. DNA 乃去氧核糖核酸之簡稱 2. DNA 為遺傳物質, RNA 按 DNA 之命令合成蛋白質	DNA 與染色體關係、DNA 組成、DNA 複製等均未提及
國中生物	下冊	87(初版)	1. 基因位於染色體上 2. 基因乃控制某一性狀之遺傳物質小單位 3. 控制生物遺傳之基本物質是 DNA	(雖已改善, 但 DNA 內容未加說明)

染色體和人類性狀的遺傳有關，以及對偶基因乃控制性狀之小單位，文內未直接提及 DNA 名詞和概念。（詳見表 1）

## （二）高級中學基礎生物全一冊

有關 DNA 概念的內容出現在第一章「生物的基本構造 - 細胞」，此章節內關於「細胞的重要組成物」之文字介紹中。「核酸和核苷酸都是非常重要的有機物，生物體內的核酸有兩種：一為去氧核糖核酸（簡稱 DNA）；另一是核糖核酸（簡稱 RNA）。DNA 為遺傳物質，RNA 可按 DNA 的命令在細胞中合成蛋白質。」（高級中學基礎生物全一冊，民 86，14 版）。文中提及了 DNA 的名稱及 DNA、RNA 和蛋白質合成有關係，但並未加以多作說明與解釋，也未提及 DNA 與基因及染色體之間的關係。

（三）在新版（民 87 年 1 月初）的國民中學生物課本中，在「基因與遺傳」的章節內新增了「控制生物遺傳的基本物質是 DNA，而基因則是指控制某一性狀遺傳物質之小單位，基因位於染色體上，每一條染色體上有許多不同的基因（gene），它們分別控制不同的性狀，這是很好的修正但 DNA 的內涵亦未說明，易造成老師實際教學之困擾，（筆者按，本研究樣本之大學生係使用舊版國中教材）。綜合以上所述分析得知，非選讀自然組的大學生，從學校教科書所學之學習有關 DNA 的概念，國中未提及 DNA 高中基礎生物 DNA 與染色體關係 DNA 組成、DNA 複製等均未說明。

## 二、DNA 概念學習相關研究

眾知 DNA 概念是基本與重要的概念，特別在未來二十一世紀。國外有很多針對 DNA 概念學習研究（Sigismondi, 1989; Rode, 1995; 和 Malacinski 和 Zell, 1996），從 Sigismondi 等人（1989）的研究發現，學生在學習有關於 DNA

的結構和複製，感到很大的困難，他們更指出，主要原因大一學生對抽象概念的瞭解有困難；Malacinski 和 Zell 等人（1996）則指出，有部份大二學生，尚停留在具體操作期，未達到形式操作期；因此，他們建議在教 DNA 概念的教學時，可以透過具體教具如試管刷模式（Pipette cleaner models）或工具組合（Kit Components）來模擬 DNA 的複製過程，DNA 環構造等，來輔助教授講解。Sigismondi（1989）則使用白紙與色紙剪出四種鹽基的紙模型並要求學生實際操作；並從操作中了解 DNA 的構造和複製。可見這些研究發現，教學時可以透過比較具體的教具或模型，幫助學生學習 DNA 概念。晚近，更有許多研究（Lynne 和 Leigh, 1993; Parill and Gervay, 1997; 和湯清二, 1997）則利用交互式多媒體電腦軟體，協助學生學習比較微觀的生物概念，諸如細胞 DNA 構造以及細胞分裂等，學者發現學習效率顯著，其主要原因為多媒體電腦可以提供圖片、動畫、影像等具體的圖像，協助解決學生尚未達到形式操作期的困擾；同時，時下的多媒體電腦軟體與過去傳統 CAI 教學截然不同，它具有極高的互動性（interactive），讓學生實際參與學習活動，提昇良好學習效果。

## 三、DNA 概念圖與建構學習

一些研究（Edmondson, 1995; Lynne, 1993; Wallace 和 Mintze, 1990; 和 Wilson; 1996）等，指出概念圖提供了視覺空間，幫助於呈現知識間的關係，有助於知識的建構與組織。筆者（1997）研究，國民學生利用 IMI 學習系統學習細胞分裂時，若配合使用概念圖時，學習效果較佳，並且能提昇學生學習的長期記憶（long-term Memory）又依據一些學者（Briscoe and Lamaster, 1991; Trowbridge 和 Wandersee, 1996）等研究指出，概念圖對大學生學習生物課程時，產生有意義的學習，並影響學生的學

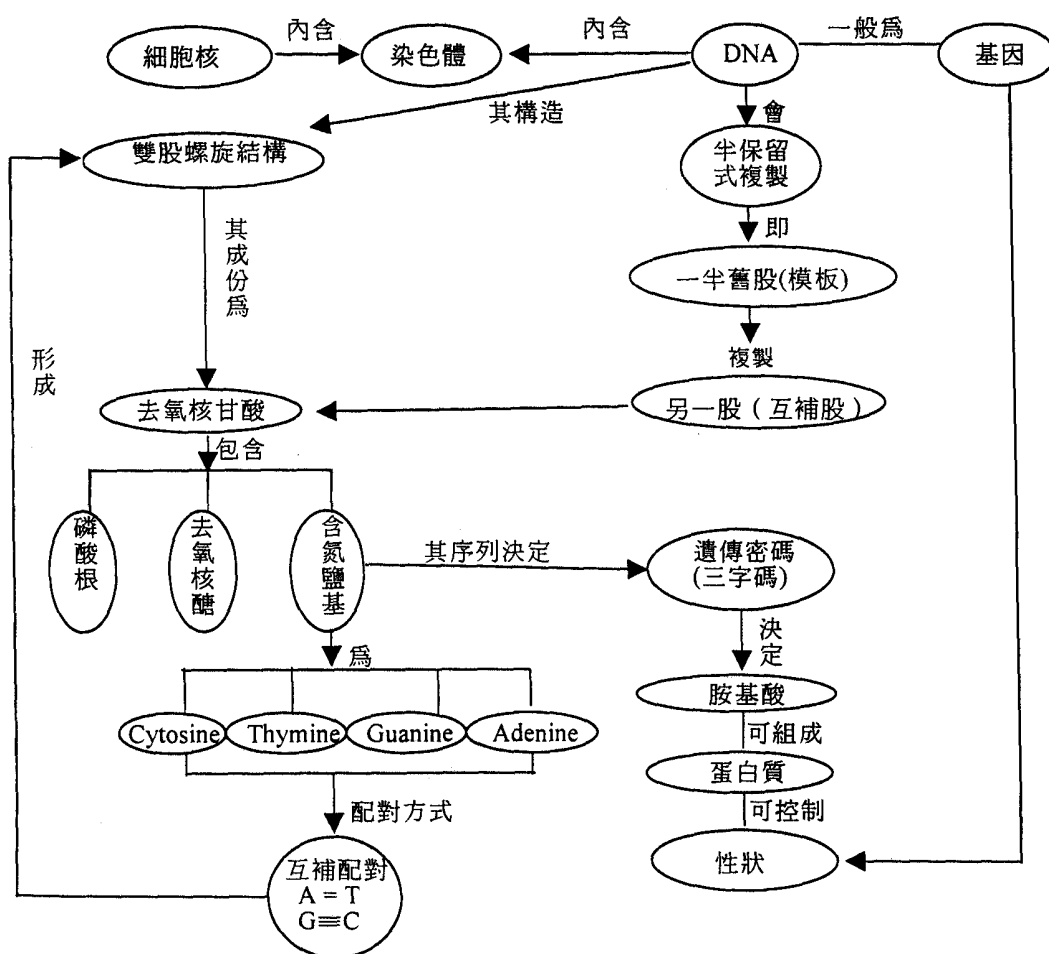


圖 1：DNA 概念圖

習成就。建構學習有別於傳統的學習，依 Wanderingse (1990) 指出學生可利用概念圖來做後設學習 (meta-learning)，Jonassen (1996) 則指出若沒有外在明確清楚的組織，大部分學習者很困難去獲取新的知識，學習者可應用同化其自己的知識結構的能力與意願。總之，概念圖對學習是有所增進的。

本研究乃是結合多媒體電腦系統與 DNA 概念圖 (如圖 1) 為學習工具，協助非主修生物大學生學習 DNA 概念，以建構學習的理論為出發點，探查最佳且有效的學習策略。

## 研究設計

### 一、研究名詞界定及待答問題

#### (一)DNA 概念

本研究所探討的 DNA 概念內容,僅限於 DNA 的最基本概念為原則,如 DNA 是什麼? DNA 在那裡?DNA 的構造和組成如何?以及 DNA 的複製等概念。(見圖 1：DNA 概念圖)

#### (二)待答問題

1. 非主修生物大學生對 DNA 的了解的實察程度如何？
2. 分析探討現行生物課程中，所提供DNA 的概念。
3. 非主修生物大學生中，不同主修(理工背景與人文背景)對 DNA 了解是否有差異？
4. 採用 IMI 軟體學習對DNA 學習有什麼樣的幫助，及概念的改變情形？
5. 探討對非主修生物大學生學習 DNA 概念時，提供學習建議。

### (三)資料之收集方法

為達到研究目的，乃就彰化師範大學非主修生物科系學生為研究對象，先分別以教育學院、職教學院以及理學院隨機抽出樣本，再就上述學生之大一學生及大二學生再隨意抽出班級學生，總共參與本研究學生樣本數共 312 人，實際評量有效樣本收回 256 份，經初步統計分析後，再就上述各系選出 10 位學生自願參與 DNA 之軟體學習，評量學生學習前後之概念圖以及進一步晤談。

基於學生時間及願意參與研究，儘可能讓學生在沒有學習壓力下完成，進行研究期間，儘力營造輕鬆的學習氣氛，諸如：請學生喝咖啡等，並告知此晤談之結果與成績無關等措施，讓學生放鬆心情下晤談期望學生知無不言；言無不盡。交談內容則為包括：您最後一次修習生物是什麼時候？聽說過 DNA？可不可以說出它的定義？構造和功能？您知道 DNA 與染色體的關連嗎？並給予空白概念圖求學生做出DNA 概念圖 晤談內容全程錄音，並轉譯成文字資料。

### (四)研究工具

以研究需要，主要研究工具有兩種，研究工具一、DNA 概念調查問卷一種(如附錄一)，

以前述 DNA 之基本概念為主要架構，內容分為三部份，第一部份為通俗篇「以日常生活中可能接觸的 DNA 概念，以最通俗，淺顯易懂的文字表達。第二部份為 DNA 之基本概念（基礎篇），以書本內概念為主，如 DNA 的名稱，組成與構造；DNA、基因與染色體之間的關係；DNA 之複製與遺傳密碼等。第三部份，則為進階篇 DNA 概念為主，但以不超過高中生物第三冊教材內容為範疇，本概念調查問卷是以本校生物系學生二三年級作測試，就專業知識部份，並事前申明是準備對非主修生物學生作答題目，文字敘述部份則請進修部學生修正是否恰當，其內部一致性 Alpha 係數為 0.72。研究工具之二，為筆者自行設計之 DNA 交互式多媒體電腦軟體（部份摘錄於附錄二），此軟體係行政院國科會專題研究計劃編號 NSC-86-2511-S-018-001-CL 之部份，以 Microsoft 公司產品 - Director 5.0 套裝軟體編製而成，此軟體係經分析、研究、設計、發展、修正等步驟完成，歷時一年半左右，軟體以配合學生迷思概念及交互式設計原則，（設計原則詳見參考文獻 3，電腦與教學第八章電腦多媒體學習系統）。軟體設計的基本理念主要如下：1.依據學生原來所具有的概念來設計 2.針對（國中、高中）生物課程教科書不清楚之處 3.大多數非主修生物大學生對 DNA 概念未達到皮亞傑的形式操作期（Sigismondi, 1989; Rode, 1995；和 Malacinski 和 Zell, 1996），因此軟體設計時，儘可能利用多媒體的「具體」形式來設計 4.根據課程內容安排，儘可能讓學生與軟體之間產生互動及學習者控制（learner control）等軟體設計原則。其 DNA 概念學習的內容與軟體設計的策略列於表 2。

表 2：DNA 概念學習的內涵與軟體設計的策略表

DNA 概念之學習項目與內容	軟體設計策略
DNA、染色體與基因之關係	將三者之關係以細胞、細胞核、染色體、DNA 雙螺旋構造逐步放大表示之。圖期學生有完整 DNA 概念。見附錄二之插圖
DNA 之組成、構造 雙股螺旋結構	以動畫分成三部份，以大概概念及詳細細目內容，分別介紹之 以圖像、動畫為主，輔之講解
鹽基互補配對問題	以遊戲式為主，讓學生自由拖移、移動增加學習的互動性、趣味性。正確配對時，則停止，不正確則回至原位。
半保留式複製	以遊戲、動畫為主，配合適性回饋評量，闡述為何須半保留式複製。
三字碼的學習	以動畫表示之胺基酸

## 結果與討論

### 一、非主修生物大學生之基本資料分析

從收回問卷之基本資料，經調查統計分析結果發現非主修生物之大學生知道什麼是 DNA 的同學僅佔 21%，知道一點點的同學佔 9.3%，沒有作答學生佔 3.9%，可見非主修生物大學生知道 DNA 是什麼的同學約佔五分之一。又經調查發現非主修生物之大學生的 82.5% 學生在大學課程中，未修習“普通生物”課程。按本研究對象，僅少數化學系學生修過大一普通生物學。

### 二、非主修生物之大學生對 DNA 概念之認識

從大學生對 DNA 答題情形表（表 3）之分析，發現非主修生物之大學生對 DNA 的認識，第一部份（通俗篇）答對百分比從 29% 至 89%。第二部份（基本篇）答對百分比為 8%~65%，第三部份（進階篇）答對百分比為 13%~27%，從以上結果我們發現，非主修生物大學生對 DNA 概念認識之調查，三部份認識有漸次的遞減情形，答對題之高百分比從第一部份 89% 到第二部份 65%，到 27%，依 DNA 的難度，答對的百分比遞減。

在第一部份（通俗篇）學生答題中，第二題，第八題以及第十題等三題學生未達 60 分。第二題，題目為你認為 DNA 是屬於一種（a）激素（b）酵素（c）染色體（d）遺傳物質，答對者佔 47%，由此推知，了解 DNA 是遺傳物質的學生約佔一半，此結果與 Malacinski and Zell（1996）的研究結果頗為一致。我們進一步以答題選項發現，其中選答染色體者達 39%。表示約有四成大學生認為 DNA 是屬於一種染色體。第八題題目為 DNA 位於人體細胞的何處？選不同細胞之 DNA，位置不一樣者，約達四成。第十題，DNA、基因與染色體的關係，完全正確者佔 29%，由此，發現一般非主修生物大學生對 DNA、染色體與基因三者之關係認識不清者約七成，值得我們重視。

在第二部份（基本篇），學生答對之百分比與第一部份答對之百分比下降許多，其中我們發現第一題，DNA 的中文名稱，答對學生平均佔 65%，其餘各題答對者之平均百分比依序為 DNA 構造 56%；DNA 的複製 50%；DNA、染色體與基因之間之關係 36%；DNA 組成成份 35%；DNA 鹽基配對 25%；DNA 鹽基配對關係 18%；DNA 結構維持穩定的化學鍵 8%。由此我們發現非主修生物大學生對 DNA 核酸之分子組成、鹽基之配對以及複製等概念，

表 3：不同系別大學生之 DNA 概念答題情形表。

系別 ( 答對% )							
第一部分							
	A	B	C	D	E	F	平均
1	99	64	94	99	97	95	89
2	58	29	52	83	55	29	47
3	90	71	88	99	87	89	85
4	84	60	76	83	89	80	78
5	74	56	82	86	79	61	70
6	58	53	82	90	65	53	62
7	90	51	70	90	77	74	73
8	68	34	82	83	73	27	56
9	92	67	99	93	85	89	84
10	30	10	52	73	20	29	29
第二部分							
1	94	46	94	83	73	27	65
2	36	46	41	16	36	25	35
3	34	29	35	56	46	21	36
4	64	48	76	90	59	23	56
5	8	4	0	26	8	4	8
6	10	29	29	76	18	6	25
7	12	28	11	26	22	4	18
8	50	43	82	80	55	21	50
第三部分							
1	16	26	5	63	14	6	21
2	18	23	11	30	28	4	20
3	18	25	17	43	24	6	22
4	10	21	35	26	28	2	18
5	14	20	5	36	24	4	19
6	10	18	17	20	12	0	13
7	16	17	23	66	30	2	23
8	12	42	29	33	26	4	27

(表中英文代碼代表下列系別 A：特教系，B：工教系，C：地理系，D：化學系，E：英文系，F：商教系)

表 4：不同系別學生對 DNA 概念了解之變異數分析表

變異來源	SS	DF	Mean Square	F
第一部分				
組間	386.333	5	77.267	21.039
組內	914.467	249	3.673	
全體	1300.800	254		
第二部分				
組間	215.569	5	43.114	19.675
組內	550.026	251	2.191	
全體	765.595	256		
第三部分				
組間	199.996	5	39.999	28.798
組內	348.634	251	1.389	
全體	548.630	256		

\*\* P &lt; .01

約一半的學生缺乏上述概念。

第三部份（進階篇），從學生答題情形，發現答對之百分比更是降低，在百分之三十以下，有許多同學是空白未作答。可見學生對 DNA 概念了解十分缺乏。

### 三、不同系別學生對 DNA 概念之認識比較

參與本研究之非主修生物大學生計有特教系、工教系、地理系、化學系、英文系與商教系，不同學生背景對 DNA 的了解是否有差異？我們從調查答對情形做比較；結果發現有顯著差異（見表 4）。表示不同系別大學生對 DNA 的認識有差異存在。我們進一步以 Duncan's Multiple Range test 事後檢定比較各系之間之差異性，結果發現第一部份（通俗篇）化學系學生與其他五個系學生有差異，地理系、特教系及英文系三個系與商教系、工教系兩系之間亦有差異，造成此項結果，作者初步推測可能是化學系同學修過大學生物，對 DNA 概念較了解之原故，其次，地理系、特教系與英文系三個系經過大學聯招進入大學的學生，修過高中全一冊生物，但商教系與工教系學生，則為高職生背景，僅讀過國中生物，因此造成此項顯著差異，但，是否如作者推測，則尚待進一步研究求証，第二部份與第三部份亦有類似情形。

從上述結果，我們可以得到一個概括性的結論，即非主修生物大學生知道 DNA 是什麼者佔五分之一，知道 DNA 是遺傳物質的學生約僅佔一半，學生對 DNA 存在某些迷思概念，且大部份學生對 DNA 染色體與基因三者之關係弄不清楚。

### 四、DNA 概念晤談之分析

晤談主要是佐証 DNA 調查之結果以及 IMI 的學習效果，研究者分別就參與學生晤談

表 5：不同系別之事後比較表(Duncan's)

第一部分	D		
	C	7.3125*	21.039
	A	7.44400*	
	E	7.8235*	
	F		
	B		
第二部分		1	2
	F		
	B	2.7813*	
	A	3.0800*	3.800*
	E	3.2041*	3.2041*
	C		3.7059*
第三部分	D		
		1	2
	F		
	A	1.1400*	
	C	1.4706*	1.4706*
	E		1.8980*
	B		1.9531*
	D		

\*  $P < .05$

之錄音原始資料帶，經轉譯、整理、歸納、合併、分析、綜合、比較與解釋。

R：表示研究者 S：表示學生(S1、S2、S3 表示不同的學生)

#### (一)學生的背景分析

(R)：(研究者) 您最後一次接觸生物學科是什麼時候？

(S)：(學生答) 結果分析，參與研究非主修生物大學生有兩位同學是修過國中生物後經職業學校進入大學的，有七位修畢高一全一冊生物，一位修畢高三生物

#### (二)DNA 概念

##### 1.DNA 的定義、構造與功能

(R)：請教一下，DNA 的定義是什麼？

(S1)：遺傳物質吧！學名忘了！

(S2)：不知道！

(S3)：。



(S4): 基因吧！

(R): 你知道它的構造嗎？

(S1): 不知道！

(S5): 我想它的成份是蛋白質。

(R): 不是啦！

(S5): 。

(S5): 不然就是胺基酸

(R): DNA 的構造呢？

(S7): 是不是 X、Y 那些東西。

(S5): 就是和基因有關，一對一配在一起。

從實際的晤談過程，我們發現對非主修生物大學生晤談 DNA 概念，極端困難，因為學生擁有 DNA 之原有概念 (prior knowledge) 很缺乏，學生不是答不知道，就是沉默，有的學生，天馬行空的回答，筆者很難將學生切入或導引入主題。筆者認為 DNA 概念很抽象，學生較不易瞭解，大部份學生僅知道 DNA 之空蕩名詞而已。晤談的資料是經過轉錄與整理，將學生相關的想法，整合陳述，因此，為節省篇幅起見，而資料呈現非以傳統質的研究，對大學生的 DNA 概念以概括式與精要式的解說：供大家參考，但筆者認為不宜過渡的詮釋。

## 2. DNA、基因與染色體的關係

(R): DNA 存在何部位？

(S7): 細胞裡面

(R): 細胞裡面的那一部位呢？

(S7): 細胞 (無聲)，我只知道外面的圈圈和裡面的圈圈。

(R): 那 在那一個圈圈裡面？

(S7): 在外面的圈圈裡

(R): 在外面的圈圈裡？

(S7): 嗯！

(R): 好。OK，妳的意思是指在細胞質裡，那裡面的圈圈是細胞核嗎？

(S7): 嗯，

大部份學生不太了解染色體與 DNA 的關係，例如：

(R): 您知道染色體與 DNA 的關係嗎？

(S): 不太了解。(S2、S3、S7、S8、S9)

(S5): 不知道耶

(R): 好，那染色體在那裡？

(S3): 好像在細胞核裡面

從晤談中，發現絕大多數的學生不知道 DNA、基因與染色體的關係，也不知道 DNA 在那裡，有一位學生 (S7) 認為 DNA 在細胞質裡，筆者發現造成學生不知道三者之關係，或許與生物課本片斷介紹染色體，或基因與染色體概念有關，待進一步求証。但，若教師實施教學時，能將此三個名詞一起介紹給學生，並加以說明三者關係，學生可得到完整的概念。本研究以動畫方式將此三者呈現，學生學習效果良好，即為明証。

## 3. DNA 的複製

(R): 你知道 DNA 會不會複製嗎？

(S4): 複製羊呀！

(R): 我問的是 DNA 會不會複製？

(S4): 。

(R): DNA 會複製嗎？

(S): 不知道耶。(S5、S6、S8)

(R): DNA 為什麼需要複製？

(S3): 也不清楚！

(S6): 科學研究需要吧！

誠如 DNA 調查結果，大部份學生不知道 DNA 會複製 (S4、S5、S6、S8)，也不知道怎麼複製，甚至扯到最近熱門新聞-複製羊。

## (三)學習 DNA 的困難

(R): 妳覺得學習 DNA 的最大困難是那一部分？

(S6): 可能是 DNA 和日常生活沒有那麼必要。

(S): 專有名詞比較難記。(S2、S10)

(S5): 專有名詞吧！

(S8): 一些專有名詞, 唸起來很拗口。

(S2): 還有, A、T、C、G 什麼的。

(S6): 剛剛所學的半保存式複製, 為何會這樣呢? 我還是不懂, 或許是沒有生物背景吧!

總之, 從以上對話得知大多數學生覺得 DNA 的概念與其日常生活無關, 因此不易引起關連與學習動機, 學生也覺得沒有學習 DNA 的需要, 加上 DNA 概念學習內容涉及許多專有名詞, 對非主修生物學生感到相當的困難, DNA 概念既難記又陌生, 加上 DNA 概念抽象, 很難從觀察或實物來形容, 也不易在日常生活或學習經驗中作聯結和想像, 因此更增加學生對 DNA 學習上的障礙及困難度。所以, 筆者認為教此單元時, 往往必須借助於教學媒體的特殊功能, 方能排除學生學習之困難, 而達到學習目的。

## 五、IMI 學習效果檢討

基於過去筆者對國中生學習細胞之有絲分裂與減數分裂的研究(1997), 發現應用交互式電腦多媒體軟體在抽象的生物概念之學習, 對學生學習與增進長期記憶有顯著的效果。

### (一) 學生學習答題部份:

本研究針對本主題內容設計之軟體, 探討學生的學習效果, 發現大部分概念學習前後有顯著的改進, 少部分概念學習則無效果。從學生學習前後, 我們發現第一部份通俗篇, 1~4 題, 學習前後, 變化不大, 第 5、8、10 學習改變最大, 經詳加探查發現 DNA 存在於生物體之何處(第五題), DNA 位於人體細胞何處?(第八題) 以及 DNA、基因與染色體的關係(第十題) 等問題, 因電腦軟體針對上述概念設計, 所以對學生幫助較大, 至於電腦課程腳本內沒有設計安排的部份, 學習前後的概念變化不顯著, 此項結果與國外研究相符合, 依據 Clark (1982) 的研究, 發現學生對 DNA 的構

造的認識, 是以課本的平面的圖示, 缺乏整體的概念。因此本軟體以動態的方式, 將染色體、基因以及 DNA 的關係清晰呈現, 確實對學生學習有所助益, 未來課程修正時, 應可考慮, 增加三者之關係之描述或闡明。

第二部份, DNA 基本概念學習的效果, 發現學生對 DNA、基因、染色體之關係, 有改進情形, 對 DNA 四種鹽基的配對, 亦有助益, 這與本軟體除介紹配對外, 還借用遊戲搬動鹽基, 若搬動成功, 則固定, 配對不對, 則退回原位, 有助於學生對四種鹽基的配對組合, 此項結果與 Malacinski 和 Zell (1996) 使用試管刷模組 "Pipe leaner models" 以及 Sigismondi (1989) 使用卡紙與色紙剪出四種鹽基模型, 幫助學生了解 DNA 的構造與複製, 等教學有異曲同工之處, 主要的原因是將抽象的 DNA 概念, 轉變成具體(像), 讓學生易於理解, 加上設計上的互動, 除增加學習的參與感與趣味性外, 對知識的操弄, 有助於加強認知的深度, 對學習產生正面的效果。此項結論為教師講述 DNA 時, 不應照本宣科, 應配合適當的輔助教具。學習軟體後, 大多數學生明瞭 DNA 複製發生於任何細胞分裂。有關於 DNA 結構化學鍵問題, 則本軟體沒有學習的效果, 值得再研究或修正軟體。

第三部份, DNA 進階篇學習的效果, 因為學生作答空白太多, 意願不高, 所得結論, 不宜做過多的引伸及應用。由下圖發現學習效果偏低或不明顯, 發現一般非主修生物大學生對進一步的 DNA 鹽基序列等概念, 意願甚低, 本研究亦無強迫性, 強迫學生所難因此, 發現學生答題率偏低不感到興趣或不覺得有學習的需要, 答題率甚低, 我們也發現學習沒有很明確的差別, 但在 DNA 的複製是半保存式的複製與遺傳密碼會有幾個含氮鹽基, 學習進步情形則較明顯。

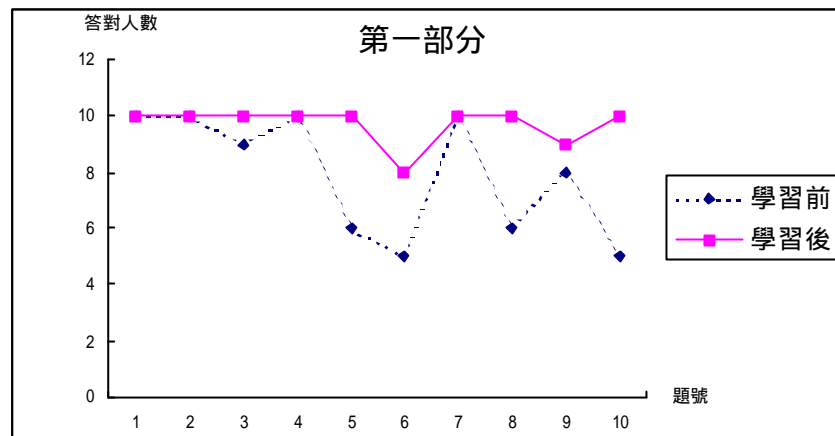


圖 2：第一部份學習前後效果比較圖

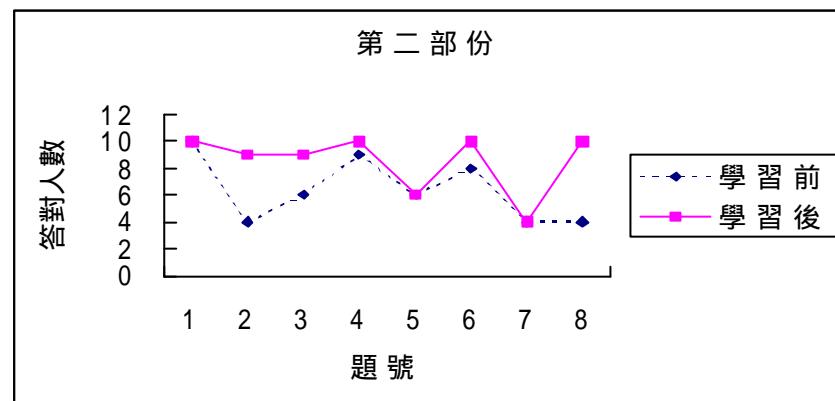


圖 3：第二部份學習前後效果比較圖

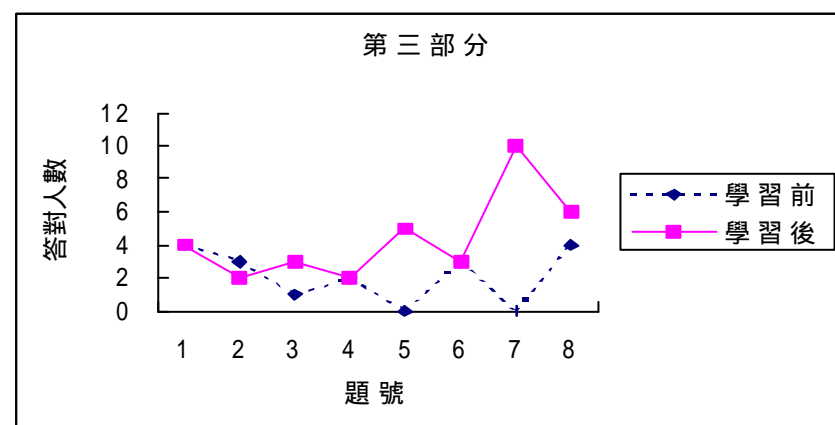


圖 4：第三部份學習前後效果比較圖

(二)學生學習 DNA 概念之前、後概念圖比較：

為探究學生學習 DNA 軟體後，對 DNA 的了解是否有改變？以及如何改變？並檢驗本研究發展之教學策略是否有效？經與學生作答調查卷及學生學習 DNA 軟體之前，學生所繪之概念圖，詳加比對，發現學生對 DNA 的概念了解，有長足正向的轉變，今特舉其中兩位較具代表性的同學加以闡述與分析。

陳同學，李同學分別為數學系及特教系學生，學習前，陳同學對 DNA 概念的了解十分有限，(由圖 5、圖 6 以及圖 7、圖 8 顯示)但經本研究所安排提供的環境，學習後，我們發現陳同學在 DNA 的雙螺旋構造及構成鹽基的配對有長足的進步。李同學學生對 DNA 的基本概念更明顯的進步，學習前，僅知道 DNA 為遺傳基因，但學習後，則有更明確的 DNA 概念，此項結果，發現概念圖對學生知識的整合有正面效果，雖然不能十全十美，但，筆者認為已達到本研究的基本要求，何況大部分同學對概念圖的敘寫方式都很陌生的情況下，相當不錯。

概念圖的使用對學習是有所助益的，利用概念圖學習，不但能使概念持久外，且能增加問題解決能力 (Briscoe 和 Lamaster 1991; Edmondson, 1995; Lynne 和 Leigh, 1993; 和 Mintze 和 Wallace, 1996) 等研究，不勝枚舉，本研究與同學晤談之間發現 DNA 概念圖確實能將零碎的知認整合與統整，學生容易得到較完整的概念。

學習前後概念圖比較 (陳同學)

學習前

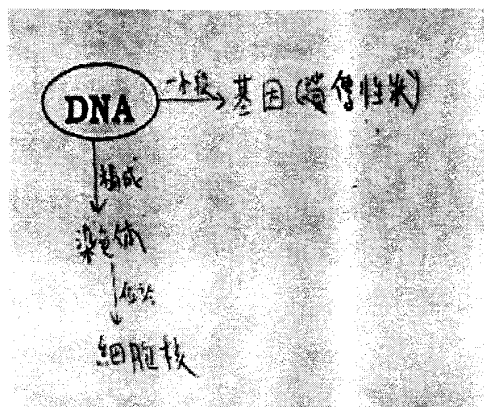


圖 5：陳同學學習前概念圖

學習後

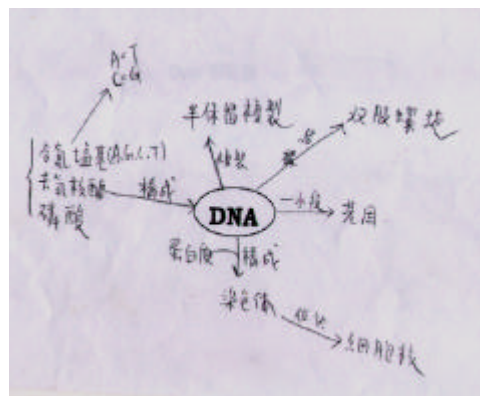


圖 6：陳同學學習後概念圖

## 學習前後概念圖比較 (李同學)

## 學習前

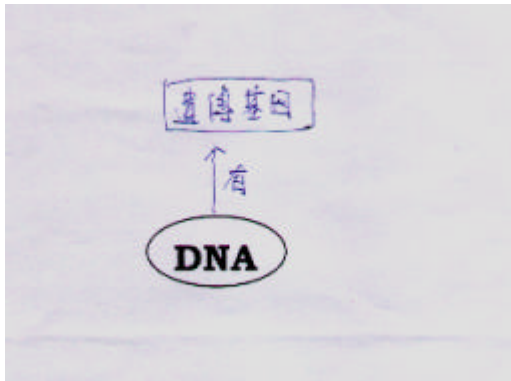


圖 7：李同學學習前概念圖

## 學習後

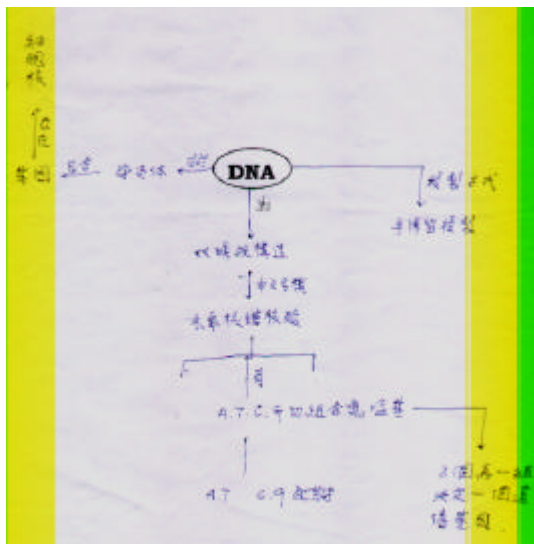


圖 8：李同學學習後概念圖

## 結論與建議

## 一、結論

非主修生物大學生對 DNA 概念的認知情形，經調查發現學生對 DNA 中概念的認識以及 DNA 學習的策略分述如下：

(一)一半以上的非主修生物大學生知道 DNA 是遺傳物質，但不知道其內涵，學生不清

楚 DNA 位於何處，對 DNA、基因與染色體的關係，完全清楚者佔 29%。

(二)知道 DNA 中文名稱為去氧核糖核酸者佔 65%，對 DNA 的組成、構造與複製知道者約 65%~50% 之間，但知道 DNA 基配對的學生僅佔 25%，DNA 基配對的關係與化學鍵等概念，則比率更低。

(三)不同背景非主修生物大學生對 DNA 概念的了解有顯著的差異存在，化學系的學生與地理系、特教系、英文系、商教系、工教系等五個系學生有統計上的差異存在。地理系、特教系和英文系學生與商教系、工教系學生之間，彼此有差異存在，筆者推測可能是部份化學系同學修過大一生物，對 DNA 概念的了解較佳，至於，商教系和工教系學生因僅修過國中生物，對 DNA 了解程度遠遜於修過高一全一冊學生的地理系、特教系與英文系學生，這種差異情形，亦是理解的。

## (四)對 DNA 概念學習策略的檢討

在 DNA 概念的學習中，本研究設計及發展之 DNA 多媒體電腦軟體，對學習確有實際幫助，因為具體的圖像動畫、互動等，有助於學生克服學習 DNA 等抽象生物概念的困難，此發現與國外研究 (Malacinski 和 Zell 等人，1996) DNA 學習結果頗為一致，國外學者推測是因許多學生尚未達到形式操作水準 (formal thinking level) 有關。特別在 DNA、基因及染色體三者的關係澄清；DNA 半保存式的複製以及鹽基的配對等學習影響最大，對 DNA 的鹽基序列等概念的增進不明顯，原因為學生對此項內容不感到需要與興趣。

## 二、建議

## (一)課程內容方面：

筆者發現有關 DNA 概念，學校所給予的內容十分有限，75 年版之國民中學生物，內容隻字未提 DNA，事實上我們很難期待學生

有完整 DNA 基本概念。因此在此建議，將來課程修訂時應將 DNA 為去氧核糖核酸的組成、構造詳加介紹或加強。在未修訂前，教師在課堂中應補充最基本的 DNA 概念，並將 DNA 基本概念詳細說明，以符合及迎接生物工程時代的需要。DNA、基因與染色體彼此的關係亦須一併解釋補充，讓學生有清楚的概念。

## (二)教材教法方面：

首先，非主修生物大學生學習 DNA 概念時，應著重激發學生的學習需求與興趣，例如從 DNA 指紋分析，刑事案 DNA 比對等問題切入，激發學生學習 DNA 之興趣與動機。其次，建議教師使用適當的輔助工具(電腦軟體、紙版、鐵刷等)，均有助於 DNA 概念的了解。當然，亦可透過網站(Parrill 和 Grevay, 1997)去搜尋輔助教學網站，提供學生另一種有效教學資源之選擇。

## (三)利用概念圖來作學習的總結：

從本研究的過程發現，學生在學習 DNA 知識所得到的，往往較屬零碎的概念與知識，若配合 DNA 概念圖的解說與統整，有助於學生獲得完整的知識。

# 誌謝

本研究的完成承蒙國科會專題計劃經費補助(NSC86-2511-S018-001-CL)及本校邱守榕教授、郭秋勳教授、段曉林教授等之指正及郭允文研究員等對本研究軟體之卓見、建議及審稿委員的修正指導，特此感謝。

# 參考文獻

1. 曾志朗(1998)：迎接基因複製新紀元。載於洪蘭譯：基因複製。台北市：遠流出版社。
2. 王倬(1999)：教育以啟發知能需求為重。

載於中國時報 8 月 26 日第 9 版。台北市：中國時報。

3. 湯清二(1998)：電腦多媒體學習系統。載於郭秋勳等主編：電腦與教學，(PP. 161~222)。台北市：正中書局。
4. 湯清二(1997)：交互式多媒體教學系統在國中生學習細胞分裂的成效研究。科學教育學刊, 5(3), 267-294。
5. Briscoe, C., & Lamaster, S. U. (1991). Meaningful learning in college biology through concept mapping. *The American Biology Teacher*, 53, 214-219.
6. Clark, S. A. (1982). A hands on model of DNA. *The American Biology Teacher*, 44, 100-110.
7. Demastes, S. S., Good, R.G., & Peebles, P (1995). Students' conceptual ecology and process on conceptual change in evolution. *Science Education*, 79, 637-666.
8. Edmondson, K. M. (1995). Concept mapping for the development of medical curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 777-793.
9. Erikson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching in M. Wittrock, Handbook of research on teaching (3<sup>rd</sup> Ed, pp. 119- 161 ). New York. Macmillan.
10. Fineley, F. N., Stewart, J., & Yaroch, W. L. (1982). Teacher' perceptions of important and difficult science content. *Science education*. 66. 531-538
11. Jonassen, D. H. (1996). Computers in the classroom. New Jersey, Prentice-Hall.
12. Lawson, A. E. & Renner, J. W. (1974). A quantitative analysis of responses to Piagetian tasks and its implications for education. *Science Education*, 58, 545-559.
13. Lynne, A. I. & Leigh, Z. (1993). Computer-based concept mapping: active studying for

- active learners. *The Computing Teacher*, August/September, 6-11.
14. Malacinski, G. M. & Zell, P. W. (1996). Manipulating the "Invisible" learning molecular biology using inexpensive models. *The American Biology Teacher*, 58, 428-432.
  15. Novak, J. K. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 937-949.
  16. Offner, S. (1992). Teaching biology around themes. Teach proteins and DNA together. *The American Biology Teacher*, 54, 93-101.
  17. Parrill, A. L. & Gervay, J. (1997). Fostering Curiosity-Driven learning through interactive multimedia representation of biological molecules. *Journal of Chemical Education*, 74, 1141 - 1142.
  18. Piagage, H. K. (1991). The central dogma in action. *The American Biology Teacher*, 53, 436-438.
  19. Rode, G. A. (1995). Teaching protein synthesis using a simulation. *The American Biology Teacher*, 57, 50-52.
  20. Rogan, J. M. (1988). Development of a conceptual framework of heat. *Science Education*, 72, 103-113.
  21. Sigismondi, L. A. (1989). A Paper model of DNA structure & replication. *The American Biology Teacher*, 51, 422-423.
  22. Stencel, J. & Barkoff, A. (1993). Protein synthesis: Role playing in the classroom. *The American Biology Teacher*, 55, 102- 103.
  23. Trowbridge, J. E., & Wandersee, J. H. (1996). How do graphics presented during college biology lessons affect students' learning? *Journal of College Science Teaching*, 26, 54-57.
  24. Trumper, R. (1997). Applying conceptual conflict strategies in the learning of the energy concept. *Research in Science & Technological Education*, 15, 5-18.
  25. Wallace, J. D. & Mintze, J. J. (1990). The concept map as a research tool: Exploring conceptual change in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 1033-1052.
  26. Wilson, J. (1996). Concept maps about chemical equilibrium and students' achievement scores. *Research in Science Education*, 26, (2), 169-185.

## 附錄一：DNA 概念調查問卷

各位同學您好：

這是一項國科會專題研究，無關成績，但是對爾後課程的學習有所助益，請儘力配合，謝謝您的合作，。

國立彰師大生物系啟

請填上您的資料

系別\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_

高中時選讀的組別是 \_\_\_\_ 第一類組

\_\_\_\_ 第二類組

\_\_\_\_ 第三類組

\_\_\_\_ 第四類組

上大學後是否修過生物課程 \_\_\_\_ 是 \_\_\_\_ 否

您知道什麼是 DNA 嗎？

\_\_\_\_ (a) 沒聽過 (或聽過)，但不清楚。

\_\_\_\_ (b) 知道一點點。

\_\_\_\_ (c) 知道。

第 部份

1. 你認為 DNA 是一種 (a) 藥名 (b) 維他命 (c) 細胞內之構造 (d) 殺蟲劑。
2. 承第一題，你認為 DNA 是屬於 (a) 激素的一種 (b) 酵素的一種 (c) 一種染色體 (d) 一種遺傳物質。
3. 若在侏儸紀時，有隻餓壞了的蚊子，吸了一隻恐龍的血，很不幸的，此隻蚊子才剛吸飽，就被樹脂包住，經過幾億年後，形成琥珀，且被你發現了，如果你想讓恐龍重現于現代的話，你需要抽取蚊子身上的什麼物質？  
(a) 蚊子體內的某種物質。  
(b) 蚊子本身原來血中的某種物質。  
(c) 蚊子所吸的血中的某種物質。
4. 承第三題，你認所取出的某種物質是  
(a) 蛋白質 (b) RNA (c) DNA (d) 生長素
5. DNA 存在于生物體的何處？  
(a) 只在體細胞內 (b) 所有細胞內均有之  
(c) 乃為生殖細胞所特有 (d) 只在血液中



6. 前陣子的華航空難，屍骨難以辨認，為了辨認出罹難者身份，而請刑事局鑑識科的人員前來作 DNA 比對，為什麼作 DNA 比對就可知道罹難者身份？
  - (a) 因為有親緣關係的人，其 DNA 相同
  - (b) 因為有親緣關係的人，其 DNA 相似
  - (c) 因為有親緣關係的人，其血型相同
7. 若你現在是刑事局鑑識科的人員，要對某人作 DNA 鑑定，需採集人體的那一部份？
  - (a) 血液
  - (b) 皮膚
  - (c) 毛髮根部
  - (d) 以上各部位皆可
8. 就你的看法，DNA 位于人體細胞的何處？
  - (a) 細胞核內
  - (b) 嵌在細胞膜內
  - (c) 於細胞質內，隨細胞質流動
  - (d) 不一定，不同細胞，DNA 的位置就不一樣
9. 你聽過“複製羊” - 桃麗 (Dolly) 嗎？就你所知，所謂的複製羊乃是：
  - (a) 透過精子與卵結合而產生與原來一模一樣的羊
  - (b) 透過複製技術，在實驗室所製出與原來一模一樣且大小相同的羊
  - (c) 透過複製技術，在實驗室所製出與原來一模一樣的胚胎，長大後與原來的羊相同
10. 下列何者的敘述是正確的？(可複選)
  - (a) DNA 是染色體的一部份
  - (b) 染色體包含 DNA 與蛋白質
  - (c) 基因包含染色體與蛋白質
  - (d) 染色體是 DNA 的一部份

#### 第 部份

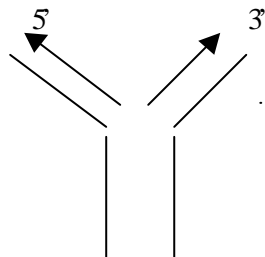
1. 就你的了解，DNA 的中文名稱叫：
  - (a) 氨基酸
  - (b) 去氧核糖核酸
  - (c) 核糖核酸
  - (d) 以上皆非
2. 有關 DNA 的組成成份，包括下列何者？
  - (a) 含氮鹽基
  - (b) 五碳糖
  - (c) 磷酸根
  - (d) 以上皆非
3. 下列有關「DNA、基因和染色體間之關係」的敘述，何者是正確的？
  - (a) 一染色體包含了上百個由蛋白質所組成的基因
  - (b) 一染色體包含了上百個由 DNA 所組成的基因
  - (c) 一基因包含了上百個由 DNA 所組成的基因
  - (d) 一基因是由 DNA 所組成，但和染色體無關
  - (e) 一基因包含了上百個由 DNA 所組成的染色體
4. 有關動物 DNA 的構造：
  - (a) 像一條蚯蚓一樣
  - (b) 像一個圓形細胞一樣
  - (c) 像一條樓梯般扭曲一樣
5. 承 4. 使 DNA 此種結構維持穩定的化學鍵是：(複選)
  - (a) 氫鍵
  - (b) 共價鍵
  - (c) 離子鍵
  - (d) 雙硫鍵
  - (e) 磷酸鍵

6. 各種生物具有不同之 DNA 成份，但均為 A、T、C、G 四種鹽基所構成，此鹽基的配對，請問鹽基 C 與下列何者鹽基相配？  
 (a) A (b) T (c) C (d) G
7. 承上題 6. 下列何者為正確？  
 (a)  $A=C$  (b)  $A=G$  且  $C=T$  (c)  $A+C=G+T$  (d)  $A+T=G+C$  (e) b 和 c 都是
8. 關於 DNA 複製的敘述，下列何者為正確？  
 (a) 只在傳承下一代時才發生  
 (b) 於生殖細胞產生時發生  
 (c) 於任何細胞分裂時都會發生  
 (d) 只在減數分裂時發生

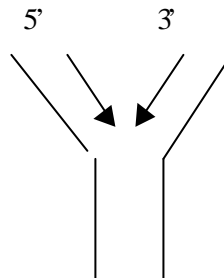
### 第 部份

1. 有一股 DNA 上的一組含氮鹽基序列為 AGT，請問，只一股互補的 DNA 之含氮鹽基序列為何？  
 (a) AGT (b) UCA (c) TCA (d) GAC (e) 真核生物為 T C A，原核生物為 U C A。
2. 承第一題，此股 DNA 經轉錄形成的 mRNA 上之密碼子 (codon) 為何？  
 (a) AGT (b) UCA (c) TCA (d) AGU (e) 視情況而定，有的是 UCA，有的是 TCA。
3. 若一股 DNA 的含氮鹽基序列為 5' -AATCGATTGC-3'，則另一股序列應為  
 (a) 3' -GGCTAGCCAT5' (b) 5' -TTAGCTAACG3'  
 (c) 5' -GGCATGCCAT3' (d) 3' -TTAGCTAACG5'
4. A、核苷酸 B、DNA 分子 C、遺傳密碼 D、含氮鹽基。請問其構造或分子大小，由大到小如何排列？  
 (a)  $A > B > D > C$  (b)  $A > D > B > C$  (c)  $C > A, B > D$   
 (d)  $B > C > A > D$
5. 若一 DNA 分子有 180 個含氮鹽基 (base pair)，其中有 36 個 A (腺嘌呤)，請問，C (胞嘧啶) 占多少百分比？  
 (a) 20% (b) 30% (c) 40% (d) 60%
6. 當 DNA 在進行複製時，其複製模式為：(表複製方向)

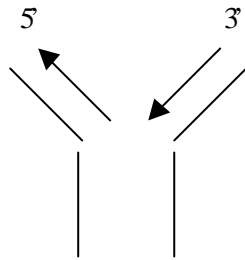
(a)



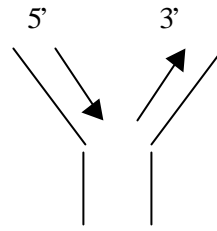
(b)



(c)



(d)



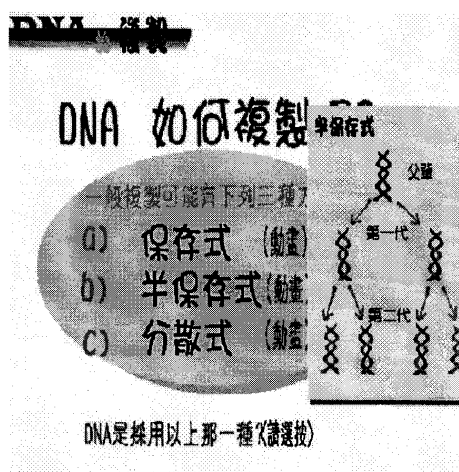
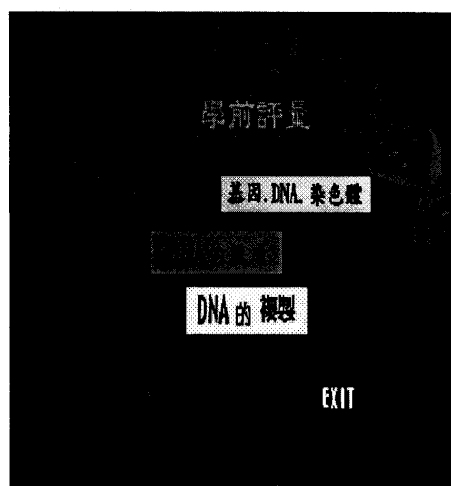
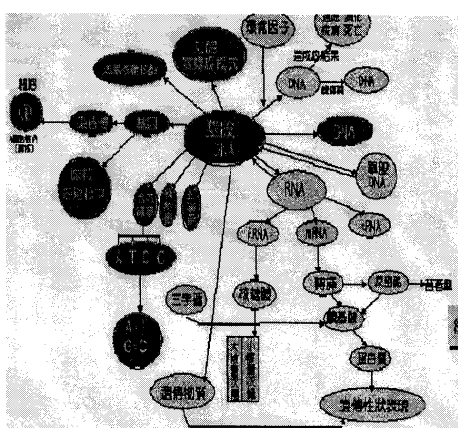
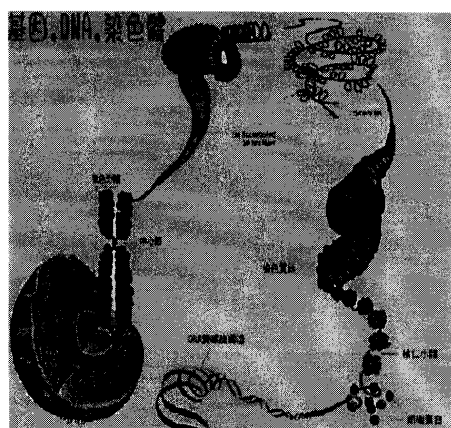
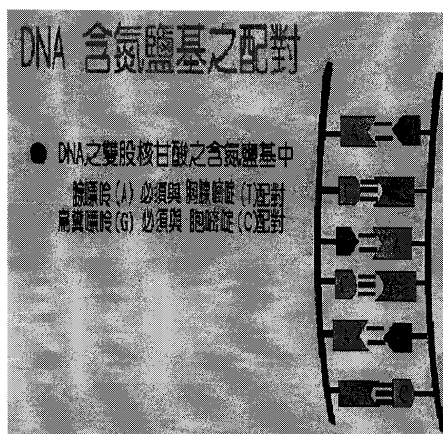
7. 承第 6 題，DNA 此種複製方式稱為：

(a) 完全複製 (b) Y 型複製 (c) 半保留複製 (d) 等長複製

8. DNA 之含氮鹽基序列代表了遺傳密碼，請問一組遺傳密碼含有幾個含氮鹽基？

(a) 1 個 (b) 2 個 (c) 3 個 (d) 4 個

## 附錄二：DNA 多媒體電腦軟體（摘錄部份）



## **Investigation and Learning Strategies by Non-Biology-Major College Students : DNA Concept**

**Ching-Erh Tong**

Department of Biology  
National Changhua University of Education

### **Abstract**

DNA is a fundamental and important concept to the biological sciences. All university students (i.e., majors and non-majors) should be familiar with this concept. This research found that only half of the students knew the acronym "DNA", but even less knew about its meaning, only 29% of the students knew the relationship between chromosome, DNA and genes. The students that come from different majors were found to have an improvement in response to use of author developed DNA software. A concept map was used as a tool to help students integrate their learning.

**Key word:** DNA, non-biology major college student, interactive multimedia instruction, concept change.