

學生對遺傳先前概念之探討

薛靜瑩 林陳涌

國立臺灣師範大學 生物系

壹、前言

在邁向西元 2000 年的今天，大家紛紛預測 20 世紀將是什麼樣的世紀，許多趨勢預測家均認為，未來將是遺傳工程的時代。遺傳工程的影響力將分子生物由純粹的科學研究帶進一般人的日常生活中，日常生活中處處可見由遺傳工程製造出來的藥品、食品，甚至營養食品、化妝品都特別標示其中富含 DNA。打開電視，幾乎天天都有有關遺傳工程的新聞報導及討論，基因治療、複製羊桃莉……。在這樣的時代潮流下，學生也被迫在沒有任何正確的遺傳教育前，提早接觸到這些名詞，因此，「遺傳」單元的教學便更形重要了。

在過去的研究中也發現，遺傳是教師們認為在生物中最重要單元之一。但是，卻也是教師們認為最難教，學生認為最困難的單元之一（Finley, Stewart, & Yaroch, 1982; Tolman, 1982）。已經有許多學者就學生在遺傳單元的學習困難這方面作深入研究，例如 Stewart 與 Dale（1989），Hackling 與 Treagust（1984）即指出學生會解題，但卻未必能理解遺傳原理。Longden（1982）發現學生不能理解遺傳的專有名詞。在許多研究中，都顯示學生在遺傳這個單元有許多迷思概念（黃台珠，1990；湯清二，1990；Longden, 1982; Hackling & Treagust, 1984; Cho, Kahle & Nordland, 1985; Stewart et al., 1990; Pashley, 1994）。也有一些學者針對這些迷思概念設計課程或教學策略，試圖促進學生在遺傳單元的學習，但始終沒有非常有效的策略，能夠完全改善學生在遺傳單元的學習。這些在遺傳學習上的困難或成效偏低，主要有下列數項原因：

- (1)學生的認知階段未達皮亞傑的形式操作期，
- (2)學生有不合適的先前概念（preconceptions），
- (3)學生對遺傳學語彙的不了解，
- (4)來自教師與教科書的誤導

（楊坤原，1989；湯清二，1990；Cho, Kahle, & Nordland, 1985; Moll & Allen, 1987）。

在建構主義中，認為學生的知識學習是主動建構的過程，而此建構過程則是依據學生原來所具有的概念，即先前概念（preconceptions）。過去的研究發現，學生的先前概念指引了他們的觀察，在其原有概念下，學生通常只看到他們想看的東西。因此，即使學生觀察到一些反例，不支持學生的先前概念，但學生仍會用一些理由來解釋，並認為這些反例

只是特例罷了 (Gunstone & White, 1981)。而教學也是相同的，學生只注意到支持他原來概念的部份，而誤解了老師所提供的資訊，而且教學也無法使學生改變其原有的概念 (Gilbert et al., 1982)。由此看來，要確實改進遺傳教學，應從學生所具有的先前概念著手，由學生的先前概念為起點，設計教材、課程，如此方能為學生接受，並進而改變學生的先前概念 (Glynn, Yeany & Britton, 1991)。

因此，本文蒐集一些相關文獻，將就學生的先前概念之意義，及就目前遺傳先前概念的研究結果做一評析，希望藉此提供在國內進行有關這方面研究的參考。

貳、學生先前概念的意義與重要性

概念是個人在同一類事件或物件中，抽取出其共同重要特徵，個人會用此抽取出的重要特徵，去認識新事物，若符合此特徵，便將之歸為同一類，此抽取之重要特徵，即為個人對此類事物的概念 (Pella, 1966; Markle & Tiemann, 1972; Novak, 1987.)。由於概念是個人由其自身的觀察與經驗中，所歸納、整理出某一類事物的共同關係，而每個人的經歷都不盡相同，就算是同一個人，在其生命各個階段，所經歷的事物也會有差異。因此，對同一類事物的概念不僅會因人而異，在同一個體中，也會隨著年齡的增長，經驗增多，而有所差異 (Pearsall et al., 1997)。

而在個體成長過程中，會有各式各樣不同的概念，這些概念會根據個人自己的理念，找出這些概念的關連與階層性，並進一步將這些概念組織化，形成一結構井然的概念架構，日後，個人使用此概念架構觀察、評斷事物，而新的概念也會不斷加入此概念架構，使此架構更複雜、更完備，同時此架構也會因新概念的增加而略有調整。

科學概念基本上，也如其他概念一樣，是一歸納出的共同關係與特徵，各個科學概念也會在腦中相互關連形成一概念架構，而此架構會因人因時而異。但由於科學是人類對自己所生存環境的探索與瞭解，因此科學概念對個人來說不僅是共同關係或特徵而已，它還代表一個人的信念、對世界的理解、對事物運作的解釋 (Confrey, 1989)；因此，有一些科學概念一旦建構了，便很難改變 (尤其涉及科學概念架構的大幅更動)，因為一旦改變，則表示個人原來所認知的世界不是真實的，必須重新建構世界。這對一個人來說，是十分大的衝擊，因此，在一些研究中發現，即使是年幼的學生，也已經建構出自己的科學概念，這個在學校正式學習前遍具有的概念，我們稱之為先前概念 (preconceptions)。而這些原有的科學概念 (先前概念) 很難經由傳統的教學而改變 (Champagne, Klopfer & Anderson, 1980; Gunstone & White, 1981; Champagne & Klopfer, 1982; Gilbert et al., 1982)。

近數十年來，有關學生概念的研究相當多，儘管對於學生概念的形成與改變，仍有許

多爭議 (Driver, 1989)，但在某些點上，已達成初步共識。Confrey (1989) 整理過去研究，歸納出下列幾點：(1) 學生在正式學習前，便具有自己的科學概念架構，並用此概念架構來描述、解釋科學現象。(2) 這學生自己的概念架構與正式課程所包含的概念不同。(3) 在此學生自己的概念架構中，有些概念跨越年齡、能力、國界，普遍存在於各種背景的學生的概念架構中。(4) 傳統教學難以改變此概念架構。由此四點，可概略知道學生學習時的情形，學生在學習正式科學課程前，便會由日常生活經驗或其他形式的學習 (如父母、同儕、書籍、電視等) 得到許多先前概念，這些概念經過組織連結後，形成一概念架構，學生們用此概念架構來描述、解釋世界，也用此架構選擇接收訊息、學習、經驗新事物，而新經驗、新事物經過組織、編碼後，會再納入此概念架構。當進入課堂時，學生亦用此概念架構來學習科學課程，但由於此科學課程往往與學生的概念架構截然不同，因此，在一般教學中，學生常傾向維持其原有的概念架構，不做改變。

但教育的主要目的之一，便是幫助學生瞭解科學現象及科學定律，並能用此定律來解釋自然現象。要達到此目的，必須使學生改變原有概念。概念的改變是一複雜過程，需要許多因子共同作用方可達成，Posner 等人 (1982) 提出一概念改變的模式，他認為概念改變過程有如概念重建，就是將一新概念納入其原有概念架構中，因此，必須經過同化 (assimilation) 和調適 (accommodation)。由於課堂中所學習的新概念，往往與原有概念架構有很大差異，所以不能直接納入此概念架構，因此，學習的新概念必須做適度調整以納入學生原有的概念架構，這便是「同化」。但是，若課堂上所學習的新概念與學生原有的概念架構有很大的衝突時，學生必須修改其概念架構，方能將新概念納入此新的概念架構，這便是所謂的「調適」。

Posner 等人 (1982) 認為要使學生達到概念改變，必須符合四個條件：(1) 必須對現有概念不滿意：這是一必要條件，必須使學生對其原有概念不滿意，才有改變其概念的可能；(2) 新概念是學生能理解的：學生必須能瞭解新概念，才有可能對新概念作進一步探究、比較；(3) 新概念是合理的：新概念必須能符合學生先前的知識和經驗，才可能被學生接受，並納入自己的概念架構中；(4) 新概念必須能解釋、預測、探究新領域。符合此四個條件，才有可能造成概念改變。例如：在課堂上，老師引發一問題，學生會先用其先前概念來預測、解釋，若發現此預測結果與實際發生狀況不吻合，而用老師所教的新概念預測、解釋較合理，且用此新概念亦能解釋自己過去經驗時，便可能使學生改變原有概念。因此，在教學上，不論教材的編製、教學方式，都必須使學生達到這種情境，才能促使學生改變原有概念。而欲達到此目的，須對學生的先前概念有相當了解，方能編製

適切的教材與修正教學方法。

參、學生的遺傳先前概念

由之前先前概念的介紹，可發現學生的先前概念主導了他們所注意、所接收的訊息。若能瞭解學生的先前概念，在教學時便能配合學生，使學生學習更有效。而遺傳是學生普遍感到學習有困難的概念，因此，更需要瞭解學生的先前遺傳概念，以幫助學生學習遺傳。

由於遺傳是生物此一學科中相當重要的概念，也是學生覺得困難的概念之一（Finley et al., 1982）。有關學生遺傳概念的研究非常多，但在這些研究中，絕大部份是著重於學生經過學習後，所產生的遺傳概念，相形之下，有關學生在學習遺傳課程前所具有的先前概念方面的研究，則為數不多。雖然此類研究數量不多，但這些研究涵蓋的年齡範圍卻相當廣，包含了 4-16 歲的學生。由於在英美國家，遺傳主要是高中的課程，故至 16 歲尚未接受學校正式完整的遺傳課程，因此，在有關遺傳先前概念的研究中，也包含 16 歲的大孩子。由這些研究中可以發現學生在很小的時候（約七歲）便發展出很完整的兒童遺傳概念，他們能從日常觀察中得到一些遺傳現象，並能對這些遺傳現象做解釋。在本節中，將由下面幾個部份探究學生的遺傳想法：

（一）遺傳現象/種內變異

由過去的研究，可以發現「個體的某些性狀是來自其父母」這個一般性的遺傳概念普遍存在於各個年齡層的學生中（Kargbo et al., 1980; Engel Clough & Wood-Robinson, 1985）。即使七歲的小孩也已經具有此遺傳想法（Kargbo et al., 1980）。而在 Solomon 與 Johnson（1996）更深入的研究中發現學生到了七歲才真正瞭解小孩的性狀會像親生父母，而非養父母；七歲之前的學童仍不十分明瞭此關係。但由這些研究可以知道學生至晚到了七歲便已經具有他們自己的遺傳想法，而且「個體的某些性狀是來自其父母」這個一般性的遺傳概念普遍存在於各個年齡層的學生中，甚至是七歲的學童，都已經具有此想法。

當探測學生對「種內變異」（intra-specific variation）這一現象的想法時，卻有十分有趣的發現。學生普遍都知道動物在同種生物中會有變異，而且認為這是相當自然的現象，但此概念似乎僅侷限於人與動物之中，無法推到植物身上。在 Engel Clough 與 Wood-Robinson（1985）的研究中顯示，在其訪談的 84 名 12-16 歲的學生中，有一部份（17%）學生認為，植物在同種生物間不會有變異。甚至在一些研究中發現，有相當部份的學生認為植物並不進行有性生殖（Okeke & Wood-Robinson, 1980; Ramorogo & Wood-Robinson, 1995）。在 Okeke 和 Wood-Robinson（1980）發現在非洲尼日 16-18 歲學生的訪談樣本中，有 40% 的學生相信植物完全不進行有性生殖；而在 Ramorogo 和 Wood-Robinson（1995）的研究中亦發

現，大部分 Botswana 的學生認為 sorghum (Botswana 常見的農作物) 之所以有變異是因為環境的因素，如日光、水分、養分或是不同農夫的照顧，而不是由於父母的遺傳。而同樣的學生對於牛身上花色和顏色的不同，則能夠很輕易地歸因至牛的父母身上。

由這些研究，可以發現學生對動植物的理解不同。在動物方面，大部份學生都認為在動物同種個體間會有差異，而且也能將此個別差異歸因於父母的遺傳。但是，在植物方面，有一部份學生認為，植物在同種個體間沒有個別差異。而認為有個體差異的學生，通常將植物的「種內變異」歸因於環境因素。由此可以發現，學生的遺傳先前概念並不一致，會因為物種的不同而有不同。而科學家的遺傳概念則通常是放諸四海皆準的，不因物種的不同而有不同的遺傳概念。

(二)遺傳機制

1. 對遺傳現象的解釋

由過去的研究中發現，學生在很小的時候（約七歲）便發展出很完整的兒童遺傳概念，他們能從日常觀察中獲得一些較一般性的遺傳概念，如學童們知道性狀會由上一代傳至下一代，也知道不同種類的個體外表不同（如貓和狗不同）。甚至有些學童由課外書籍和電視中知道基因和染色體等遺傳名詞。但學童們大多只瞭解此表面現象，當要對這些現象作解釋時，他們大多以民俗傳說和日常經驗當作解釋，或以那是一自然現象來解釋。而他們對現象所做的解釋常常無一致性，會因為物種與情境的不同而有不同的解釋 (Deadman & Kelly, 1978; Kargbo, Hobb, & Erickson, 1980)。

Kargbo 等人 (1980) 由其對 32 名 7-13 歲學童的訪談結果，將學童對遺傳現象的解釋歸納為四個類型：(1) 環境影響的解釋 (Environmental explanations)：有些遺傳問題學童們會以環境因子如太陽、水、食物、父母的照顧作為遺傳現象的解釋，例如有名七歲的學生便解釋說：「因為母狗照顧小狗的時間比較多，而公狗照顧小狗時間少，所以小狗皮毛顏色會像母狗。」；(2) 身體器官影響的解釋 (Somatic explanations)：學童們認為子代某些性狀是受親代器官決定的，例如心臟、血液、神經、乳頭影響，例如有名十歲的學生便說：「母狗有黑色的乳頭，所以生的小狗是黑色的。」；(3) 自然發生的解釋 (Naturalistic explanations)：認為性狀是自然發生的，不需要解釋。例如有名七歲的學生便說：「男人是高的，而男孩都會變成男人，所以男孩會變高……。」；(4) 符合遺傳學原理解釋 (Genetic principle explanations)：有些學童會用直接或間接地利用遺傳原理來解釋他們的預測，但大多數學童並不會以遺傳定律或類似遺傳定律來解釋。

Engel Clough 與 Wood-Robinson (1985) 以英國 12 至 16 歲學生 84 名為對象的遺傳先前概念的研究也顯示，僅有少數學生 (7%) 的學生能用遺傳定律來解釋遺傳現象。雖然大部分的學生都有「個體的某些性狀是來自其父母」的想法，但卻有將近半數 (49%) 並不認為父母有傳遞任何物質或訊息給子代以影響其性狀。有部份學生 (32%) 雖然會以「某種遺傳組成在受精時傳遞給後代」來解釋，但並不清楚此遺傳組成為何，也不清楚其機制。

由以上研究結果可概略瞭解學生觀察到哪些遺傳現象，和他們對遺傳現象的解釋，而學生們的解釋主要是經由直覺或日常觀察而來。大部分學生的對遺傳現象的解釋 (遺傳機制) 與科學家的遺傳概念有很大差異，雖然此情形隨著年齡增加，有所改善。但大部分學生仍不能以遺傳學概念來解釋遺傳現象。

2. 性狀的遺傳--父母的貢獻

依據孟德爾的遺傳法則，基因是控制某一性狀遺傳物質的小單位，其位於染色體上，而控制一性狀的基因通常是成對的，一個來自父親，另一個來自母親。而孟德爾認為控制生物性狀的遺傳因子 (基因) 有顯性和隱性之分，當顯性和隱性基因同時存在時，只有顯性基因控制的性狀會表現出來。在此科學家的遺傳概念中，父母的貢獻是相等的，決定子代性狀表現的是基因的顯隱性，而非此性狀由哪一親代而來。而在學生的概念中，性狀是如何遺傳？性狀的表現又是由誰決定的呢？

在過去有關學生先前概念的研究中，在父母對性狀的貢獻這方面，已有許多相關研究。由過去的研究可以發現，學生在這方面的想法十分分歧，各個研究所得結果並不一致，但由這些研究均發現，許多學生認為在性狀的遺傳上，父母對子代基因型的貢獻並不相等。

整理過去的文獻，可以將學生在「性狀的遺傳」的先前概念分成下面幾個類型：

- (1) 第一種類型認為子代的性狀主要是母親決定的：這一類是在過去研究中，所佔學生人數最多的一項。而認為是由母親決定的學生，有他們自己的解釋，例如在 Engel Clough 和 Wood-Robinson (1985) 的研究中，有些學生認為子女會和父母相像，是因為受精卵在發育時，母親將一些“相像”的因子傳到受精卵中，所以，母親的貢獻較大。而在 Kargbo 等人 (1980) 的研究中，學生 (32 名 7-13 歲的學生) 認為子代會像媽媽，是因為「小孩是媽媽生的，所以會像媽媽。」而有些學生會認為「因為媽媽照顧小孩，所以小孩會像媽媽。」。而國內的學生，則認為子女像母親是由於母親生產、及懷胎的關係，例如「因為在媽媽肚子裡，染到媽媽器官的顏色。」

(陳世輝, 1994)

- (2) 第二種類型的學生，認為父親在遺傳上影響較大。在國外的研究中，此類型的學生人數較少。但是，在陳世輝（1994）的研究中，此類型學生佔多數。且有些學生認為父親有較強的荷爾蒙，影響子代較激烈。
- (3) 第三種類型是認為子女性狀是遺傳親代綜合的性狀：(Deadman & Kelly, 1978; Kargbo et al., 1980; Engel Clough & Wood-Robinson, 1985; Ramorogo & Wood-Robinson, 1995) 這種類型有兩種形式，一種是組合的形式，子代會表現出所有可能性狀，即有的子代像父親，有的子代像母親，有的則像各種組合形式。另一種則為混合形式，認為子代性狀是父母性狀的中間型。這種類型學生亦十分常見。
- (4) 第四種類型是認為子代身上某些性狀會遺傳爸爸，而有些其他的性狀會遺傳媽媽 (Kargbo et al., 1980; Engel Clough & Wood-Robinson, 1985)。例如在 Kargbo 等人 (1980) 的研究中，有學生認為身高會遺傳父親，而有些其他性狀，如眼睛、髮色，會遺傳母親。
- (5) 第五種類型認為子代會像同性的親代，兒子會遺傳父親，女兒遺傳母親，例如在 Kargbo 等人 (1980) 在探究學生對身高這一性狀的遺傳中發現，學生普遍認為在身高此一性狀上，子代會「像」同性的親代。在此題項，有 72% 的學生認為若生出的是男孩，則會像爸爸一樣是高的；而僅有 6% 的學生認為這男孩會像媽媽一樣，身高較矮。
- (6) 第六種類型則常發生於動物的皮毛或顏色這類性狀上，此類型學生認為子代不會像親代，且認為這些性狀是受食物、水、陽光的影響造成的 (Kargbo et al., 1980)。
- (7) 第七種是錯誤的顯隱性概念：有些學生有類似顯隱性的概念，例如在 Ramorogo 和 Wood-Robinson (1995) 以 Batswana 300 名學生為樣本的研究中，要學生解釋 1、為何天生無尾的母山羊和有尾公山羊交配後，會生出無尾小山羊？2、為何天生無尾的母山羊和有尾公山羊交配後，會生出有尾小山羊？在第一題中僅有 6% 不能解釋為何無尾母山羊會生出無尾小山羊。但在第二題，卻有高達 23% 的學生，不知道為何無尾母山羊會生出有尾巴小山羊，也不能提出有意義的解釋。由此數據似乎可以用學生認為母親較父親影響大來解釋。但是，再問學生類似題目，但改成無尾公山羊和有尾母山羊。這時，有 27% 的學生認為生出的小山羊是無尾的；只有 9% 的學生認為小山羊會像媽媽一樣，具有正常的尾巴。此結果與剛才的結論恰好相反，因此 Ramorogo 和 Wood-Robinson 認為，這是因為學童認為無尾的性狀較容易傳給下一代，

有「無尾」是顯性性狀的意味在。

雖然，上面將學生的「性狀的遺傳」概念分了幾種類型，但並不是在某一類型的學生，他對所有的性狀的遺傳的答案都很一致。事實上，大部份學生都會受到許多因素的影響，如物種（人、動物或植物）、性狀、環境……。當然，「母親對子代基因型的貢獻大於父親」也是其中之一，在種種因素影響下，學生對各個情境的問題有不同的判斷。因此，學生的想法似乎沒有原來所想像的單純。學生是如何決定一個性狀該依循何種模式遺傳的，由種種跡象均顯示出，學生對遺傳機制有其自己的想法，在哪一種狀況下，該套用哪一種模式，學生自有他的想法。因此，在「性狀的遺傳」這方面，對學生的概念仍有待更進一步的研究。

(三)獲得性性狀 (acquired characteristics)

「後天獲得的性狀可以遺傳」這個想法雖然與現今遺傳學想法相抵觸，但是卻普遍存在於一般人的想法中。甚至在過去一度盛行的拉馬克的用進廢退說中，也存在此種想法。事實上，就遺傳學而言，在個體生存過程中，器官在後天發生的變化（如割雙眼皮、斷指），並不會遺傳給後代，因為這個變化並不會改變生殖細胞中的基因。

過去已有許多學者針對此概念做深入的研究，在多數的研究中均發現許多學生認為某些獲得性性狀是可以遺傳給子代的。例如在 Kargbo 等人（1980）的研究中，有將近半數的學生有此想法。事實上，「獲得性性狀可遺傳給子代」這種概念大半存在於年齡較小的學生中，隨著年齡增大，有這種想法的學生越來越少（Engel Clough & Wood-Robinson, 1985）。

但是當研究者將訪談題目改成，連續多個世代都獲得同一種獲得性性狀時，相信此獲得性性狀能遺傳給子代的學生大幅增多，而且不論年長或年幼的學生，都普遍認為在此狀況下，子代會遺傳親代的獲得性性狀。例如一夫婦接受訓練成為優秀的運動員，則僅有 13% 認為他們的小孩會遺傳此獲得性性狀。但是當題目改成--連續很多代都被訓練成運動好手，則有 48% 的學生認為最後生下的小孩會遺傳此獲得性性狀。由此結果，可以發現「時間」也是一重要決定因素，有一名 16 歲的女孩這樣說：「當一獲得性性狀存在一種族的时间夠長時，便會改變基因，並傳給下一代」（Engel Clough & Wood-Robinson, 1985）。

而在「獲得性遺傳方面」，學生對各種物種的想法是否有差異呢？由國外的文獻看來，學生傾向於認為動物的獲得性性狀會遺傳給子代，而植物則不會，在人和動物上，則無太大差別（Kargbo, Hobbs & Erickson, 1980）。例如在 Kargbo 等人（1980）的訪談的 32 名學生中，在動物方面，有 12 名認為，因車禍斷腿的母狗會生出斷腿的小狗。但在植物的部份，僅有 3 名學生認為，樹皮有刻痕的母株的子代也帶有刻痕。

但是，在陳世輝（1994）對本國學生的研究中，則顯示學生對人和動物的反應上也有很大差異。我國學生多數傾向於，後天改變的性狀在動物會遺傳，但在人不會。而陳世輝認為，這是由於在人體自身，兒童能親眼目睹、親自體會，但是動物則不能。兒童要由人推及其他動物，在觀念上仍有距離，但在研究中顯示，這種人與動物間認知上的差異，有隨年齡增加而逐漸縮短的趨勢。此外，個體得到獲得性性狀的時期也會影響學生的答案。此外學生傾向於認為：得到獲得性性狀的時期若在生物幼年期，會比在成年期才獲得的遺傳給後代的可能性高（Kargbo, Hobbs & Erickson, 1980）。

大多數（約 72%）12-16 歲的學生認為，若獲得性性狀僅發生在某一代，則不會傳給子代（Engel Clough & Wood-Robinson, 1985）。而大多數學生（44%-65%）對此想法的解釋是，因為此獲得性性狀不是「自然」的，不是「天生」的。僅有五分之一的學生能夠用遺傳學概念來解釋。Ramorogo 和 Wood-Robinson（1995）的研究中，在英國學生的樣本中也獲得類似的結論，但是 Batswana 的學生中，卻沒有人能用遺傳學的概念來解釋，而是用「父母生下來時是正常的，所以小孩也是正常」，或「獲得性性狀不自然」這種直覺式、自然的想法來解釋。英國（Engel Clough & Wood-Robinson, 1985）和 Batswana（Ramorogo & Wood-Robinson, 1995）的學生均會受「時間」因素的影響，當獲得性性狀連續多代後，多了 13% 的學生認為會有「部份遺傳」。例如有名 14 歲男孩回答「連續多代的山羊都被剪去尾巴後」這一題時說：

「最後生下的小山羊，有些有尾巴，有些沒有尾巴」

另一名學生則說：

「生下的小山羊有尾巴，但是比較短。」

因此，獲得性性狀在一族群存在的「時間」，似乎是一很重要的因素，它影響學生決定一獲得性性狀是否遺傳。

在這兩篇研究中（Engel Clough & Wood-Robinson, 1985; Ramorogo & Wood-Robinson, 1995）還有一相當有趣的發現。這兩篇研究均用三個不同情境來探究學生在「獲得性性狀」部份的概念，第一種是狗或羊被剪斷尾巴，第二種是兩夫婦被訓練成運動好手；第三種是園丁因辛勤工作導致手上長了厚厚的繭。在這兩篇研究中，認為第三種情境會遺傳給後代的人數（< 2%）較其他兩種情境（13-19%）低很多（在單代有獲得性性狀的情形下）。但是，第一種和第三種情境都是人的獲得性性狀，第二種是動物，依照前面的結論，應是人與動物有較大差異才是，但在本研究卻有不同結果。至於學生如何決定哪些情境下的獲得性性狀是可以遺傳的，哪些不可。學生的獲得性性狀的遺傳機制是什麼，這些問題都還

沒有確切的答案，仍需要更進一步的研究。

(四)性別的決定

因為「性別的決定」是遺傳學上與一般性狀較為不同的部份，因此特別將此概念由「遺傳機制-父母的貢獻」中抽出，在此段特別就此概念詳加探究。在過去研究中，有關學生對「性別的決定」概念的研究很少，因此目前對學生的「性別決定」方面的先前概念所知甚少。在 Ramorogo 和 Wood-Robinson (1995) 的研究中，曾對此部份做過研究。研究結果發現，有 16% 的學生認為性別主要是由父親--父親的精子或由父親提供的遺傳組成-決定的，學生對此答案的解釋有「精子較強壯有力」或「父親提供了血液」。但是，大多數的學生 (47%) 是以民俗傳說或宿命論來解釋性別的決定。例如：

一名 16 歲的女孩說：「當你買一個嬰兒時，你可以選擇其性別」

另一名 13 歲的男孩則說：「卵子有兩邊，有右邊的，和左邊的卵。

當左邊的卵受精時，生下來就是女孩。」

Ramorogo 和 Wood-Robinson 認為學生的這些回答，和 Batswana 當地的民俗傳說有關。當地人認為「左右」決定性別，右邊代表力量和男性，左邊代表女性。此外當地的父母對孩子解釋嬰兒的來源時，常用「嬰兒是從醫院買來的」來解釋。由此研究，我們可以發現，Batswana 的學生對於「性別的決定」的概念，大部份是受民俗傳說的影響。也有部份學生認為性別是由血液決定的，或認為精子較有力量，因此可以決定性別。

學生對「性別的決定」的先前概念應該是一相當值得深入研究的主题，一方面由 Ramorogo 和 Wood-Robinson (1995) 的研究可以發現，此概念受地域性民俗傳說的影響很大，因此，各個地區學生的先前概念應有相當差異。此外，過去對這方面的研究相當缺乏，有再進一步研究的必要。

肆、結論與建議

綜合上述，有關學生的遺傳先前概念研究，大概有如下的發現：

1. 學生在學習正式遺傳課程前，對遺傳並非一無所知，即使七歲的學童都有其特定的遺傳想法。
2. 學生只觀察到遺傳的表面現象，並不理解其過程與原因。學生的解釋多半是直覺觀或理所當然的解釋。
3. 學生對動物的理解多於植物，普遍不知道植物的遺傳或有性生殖。
4. 錯誤概念普遍存在，不因年齡差異而不同，而生物學專有名詞的誤解為其原因之一。
5. 後天獲得的性狀，多數認為會遺傳，尤其低年級學生為然。但是，當加入「時間」此一

向度時，即使高年級的學生也認為此後天獲得的性狀會遺傳。

6. 普遍認為父母對子女在遺傳上有不同的影響力。且學生會因性狀或情境的不同，而有不同的遺傳模式。
7. 學生多半用民俗傳說或宿命論來解釋「性別的決定」。

由上面幾點，可以發現學生的遺傳想法與一般遺傳學的想法相距甚遠。由前面也可發現，目前對學生的遺傳先前概念所知仍然很少，例如學生對遺傳機制的概念——他們如何判斷哪些性狀可遺傳，哪些不可；學生對性別的遺傳的想法目前仍不十分明瞭；還有關於學生對「突變」這個概念的想法為何，至今仍缺乏相關研究……。因此，更仔細探究學生的遺傳先前概念，應是如今的當務之急。

在教學方面，有下列數項建議供教師教學及教育工作者參考：

1. 應重視遺傳教學：

正如吾人在前言所述，各式遺傳工程產物充斥於日常生活中，學生接觸遺傳名詞的年齡逐漸下降。過去我國鑑於遺傳概念之重要性，故將遺傳課程置於國小六年級的課程中，但近年來發現學生學習成效不佳，且一般認為遺傳概念對於國小學生而言過於困難，因此在新教材中，已將此單元剔除。但是，正如過去研究所示，學生在七歲時便已經具有一些遺傳先前概念，若學校教育一直避免觸碰這個難題，學生只好自己由日常生活、電影、電視中，獲得一些遺傳概念。當學生自己發展出的遺傳先前概念的基礎日益穩固之後，學校教育才企圖於一兩節課的教師講授中，將學生之前所建立的遺傳先前概念完全推翻。有可能嗎？若此為可能，哥白尼不必為地動說而含冤莫白，演化論者也不須和創造論者爭辯不休了。

但是，為何過去的小學遺傳教學無效呢？仔細分析國小、國中、高中、大學的遺傳課程，國小的遺傳單元只是國中遺傳單元的簡化版。在其中是否曾試圖解決學生的先前概念，是否有從學生的先前概念為出發點？若不能由學生先前概念為出發點，加上此科學家的遺傳概念又與學生的先前概念相差過大，學生能接受嗎？這一點也許值得課程規劃者深思。

2. 增加學生的植物學習和各物種間的比較：

在本文中，可以發現學生對植物的理解相當缺乏，而且有許多與科學家概念相距甚大的先前概念。Honey (1987) 指出，植物教學在學校自然科學中，所佔的比率低。內容與授課時數均不如動物教材。我國國小教材亦有類似情形，且植物的教學設計較偏向表象的觀察，而未讓學生思考其原因，亦缺乏類似實驗的設計。陳世輝 (1994) 也曾

對此點提出建議。此外，由於學生對各物種的遺傳想法有很大差異（Ramorogo & Wood-Robinson, 1995），因此，應於教學過程中，加入各物種的比較與討論，以使學生能將所學的遺傳概念由人推到其他物種。

3. 有關「科學名詞」的教學，應更謹慎：

於過去的研究中，發現學生常常使用許多遺傳名詞，如基因、染色體，但是卻不知其真正意義，且常誤用這些名詞，尤其年紀較長的學生，雖然會增加使用抽象的科學語彙，但是在意義的理解程度上卻沒有相對的增加。因此，教師在教學時應謹慎使用「科學名詞」，且在使用時，應做詳盡解釋。

4. 應加強職前教師與在職教師對學生先前概念的瞭解：

學生的先前概念指引了他們的觀察。因此，有時老師教的清晰有條理，實驗數據也支持老師所教授的理論，但學生卻無法接受，亦無法改變其原有想法。若教師在教學前，便能了解學生的「先前概念」，則教學時將力半功倍。正如 Glynnm 與 Yeany 在所著的科學學習心裡學（1991）中說到：「若我們確信教育的主要目的之一是協助學生改變他們的迷思概念（misconceptions），我們必須（1）確定出學習者持有的質樸概念（naïve conceptions），和（2）決定出改變這些概念的適切時間及有效的方法。

而教師要能有效的達到概念改變的教學，必須相當瞭解學生的先前概念，方能設計有效的教學策略與評估學生的概念。因此，在職前老師的師資養成教育，與在職老師的進修教育中，應加強教師對學生先前概念的瞭解，以幫助教師教學。而在一些研究中亦證明，教師若能知道學生常有的先前概念或迷思概念，將能改進其教學，使學生順利達到概念的改變（Pashley, 1994）。

5. 借由討論，達成學生概念改變：

Appleton（1993）認為，當學生遭遇到新的科學現象時，並不是簡單的接受或達成概念改變，他提出了四種可能的結果。除了原有的兩種狀況，（1）藉由「同化」新概念將此新概念納入其原有的概念架構中和（2）改變原有的概念架構以納入新概念，即「調適」，還有學生會（3）接受此新概念，但僅將此概念用於學校、課堂的情境中，並不能將此新概念推到日常生活的情境中；（4）更嚴重的是，有的學生根本對此新現象或新概念麻木了，反正在科學學習過程中，已經遭遇許多挫折。如何幫助第三和第四種學生達成概念改變呢？在這種情況下，也許教師應讓學生進行積極的討論與協商（Gauld, 1989），利用各個學生自己的先前概念去解釋新現象，在經過討論與協商後，藉由他人想法檢討自己先前概念的缺失，並洞察他人現有概念的缺失，進而合力得出較

為合理的概念，順利達成概念改變。

在傳統式教學中，常會產生上述第三類的學生，此類學生在課堂上表現十分良好，成就測驗分數也相當高，但是卻不能運用其所學的科學概念來解決日常生活的問題（DiSessa, 1982），這類學生藉由討論，可以由被動式學習轉為主動式學習，由爭辯個人想法的缺失中，主動發現自己概念的衝突點，進而主動調和其新概念與先前概念，順利達成概念改變。

6. 利用學生先前概念編製成就測驗

一般的成就評量多以科學概念為基礎編製而成，由此種成就測驗往往無法了解學生的先前概念是否改變了。若能以學生先前概念為基礎編製測驗，應可發現學生的先前概念是否因學習而改變。因此，建議教師在編製測驗時，加入以學生的先前概念為基礎編製的題目，以了解學生的先前概念的改變情形。

參考文獻

1. 陳世輝（1994）：兒童遺傳概念之研究，行政院國科會專題研究計畫成果報告。
2. 黃台珠（1990）：中學生遺傳相關錯誤類型的探討，科學教育月刊，第 133 期，34-53。
3. 黃台珠（1993）：中學生遺傳學習的現況及問題，高雄師大學報，第四期，269-300。
4. 黃台珠（1993）：國中生物遺傳教學的改進研究，高雄師大學報，第五期，114-135。
5. 湯清二（1990）：迷失概念與科學教學改進研究(I)「以遺傳概念為例」，彰化師範大學學報，第 1 期，367-393。
6. 楊坤原（1989）：中學生認知能力與遺傳學概念學習之相關研究，國立台灣教育學院科學教育研究所碩士學位論文。
7. 楊坤原（1996）：高一學生認知風格、認知策略、遺傳學知識與遺傳學解題之研究，國立台灣師範大學科學教育研究所博士學位論文。
8. 熊召第、王美芬、段曉林、熊同鑫譯（1996）：科學學習心理學。台北市：心理。
9. Appleton, K. (1993). Using theory to guide practice: Teaching science from a constructivist perspective. *School Science and Mathematics*, 93, 269.
10. Cho, H-H., Kahle, J. B. & Nordland, F. H. (1985). An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestion for teaching genetics. *Science Education*, 69, (5), 707.
11. Champagne, A. B., & Klopfer, L. E. (1982). A causal model of students' Achievement -- a college physics course. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 299.

12. Champagne, A. B., Klopfer, L. E. & Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074.
13. Confrey, J.(1989). A review of the research on student conceptions in mathematics, science, and programming. *Review of Research in Education*, 16, 3.
14. Deadman, J. A. and Kelly, R. J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*.12,7.
15. DiSessa, A. (1982). Unlearning Aristotelian Physics: a study of knowledge based learning. *Cognitive Science*. 12, 7.
16. Engel Clough, E. and Wood-Robinson, C. (1985). Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19(4), 304.
17. Finley, F. N., Stewart, J., and Yarroch, W. L. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education*, 66(4), 531.
18. Gauld, C. F. (1989). A study of pupils' responses to empirical evidence. In R. Millar(Ed.) *Doing Science: Images of science in science education*, 62-82, London: The Falmer Press.
19. Gilbert, J., Osborne, R. & Fensham, P. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66. 623.
20. Gunstone, R. F. & White, R. T. (1981). Understanding gravity. *Science Education*, 65, 291.
21. Hackling, N. W., and Treagust, D.(1984). Research data necessary for Meaningful review of grade ten high school genetics curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(2), 197.
22. Honey, J. W. (1987). Where have all the flowers gone?—The place of plants in school science. *Journal of biological Education*, 21(3), 185-189.
23. Kargbo, D. B., Hibbs, D., and Erickson, G. L(1980). Children's beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14, 137-146.
24. Longden, B. (1982). Genetics - are there inherent learning difficulties? *J. of Bio. Educ.*, 20(1), 47.
25. Markle, S. M. and Tiemann, P. W.(1972). Behav. Analy. of cogn. content. *Educ. Tech.*, 10(1), 40.
26. Moll, M. B. & Allen, R. D.(1987). Student difficulties with Mendelian genetics problems. *American Biology Teacher*. 49(4), 229.
27. Novak, J. D.(Ed)(1987). *Proceeding of the Second International Seminar on Misconceptions and Educated Strategies in science and Mathematics*. Ithca, N. Y. Cornell University.

28. Okeke, E. A. C. and Wood-Robinson, C. (1980). A study of Nigerian pupils' understanding of selected biological concepts. *Journal of Biological Education*, 14(4), 329.
29. Pashley, M. (1994). A-level students: Their problems with gene and allele. *J. of Biol. Education*, 28(2), 120.
30. Pella, M. O.(1966).Concept learning in science. *The Science Teacher*, 33(1), 31.
31. Pearsall, N. R., Skipper, J. E., & Minizes, J. J. (1997). Knowledge restructuring in the life science: A longitudinal study of conceptual change in Biology. *Science Education*, 81, 193.
32. Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., and Gertzog, W. A.(1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211.
33. Ramorogo, G. and Wood-Robinson, W. (1995). Batswana Children's understanding of biological inheritance. *J. of Biol. educ.*, 29(1), 60.
34. Solomon, G. E. A., Johnson, S. C., Zaitchik, D. & Carey, S. (1996). Father, like son :young children's understanding of how and why offspring resemble their parents. *Child Devel.*, 67, 151.
35. Springer, K. and Keil, F. C. (1989). On the development of biologically specific beliefs: the case of inheritance. *Child Development*, 60, 637.
36. Stewart, J., and Dale, M.(1989) High school students' understanding of chromosome/ gene behavior during meiosis. *Science Education*, 73(4), 561.
37. Stewart, J., Hfner, R., and Dale, M.(1990). Students' alternative views of meiosis. *The American Biology Teacher*, 52, 228.
38. Tolman, R. R. (1982). Difficulties in genetics prob. Solv. *Amer. Bio. Teacher*, 44(9), 525.