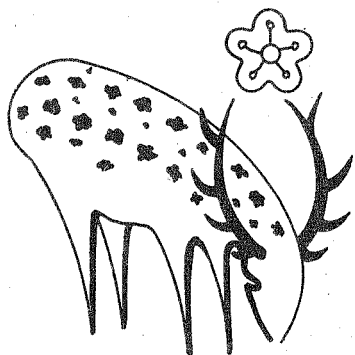




元月份 高中生物教室

楊榮祥 國立臺灣師範大學

上個月我們討論卓播禮博士的「應如何扼殺學生的創造性」，發現中美兩國都有許多中小學科學教師或有關教育行政人員，在無意中扼殺或阻礙著學生的創造性，所以這個月我們應該談一談「應如何培養或發展學生的創造性」。

首先我們要說明，什麼是「創造性(creativity)」。美國的心理學家托浪斯(Paul Torrance, 1962)說：「所謂創造的思想，就是辨識或察覺問題的關鍵或矛盾所在，以形成假說或建立新觀念，表達其思想結果，修正或重驗假說的過程」。其他還有幾位心理學家，都描述所謂創造性，就是一種「較高階的心智活動(higher mental processes)」，不過有的學者着重其思想的「產物(product)」，有的重視思想的「過程(process)」，也有的偏重其「經驗(experience)」論法不一。在1962年紐魏爾(Newell)做過較為綜合性的解釋如下：

創造性思考的條件為：

(1)其思想產物必須對於思想人本身，或整個人類的文化來說，具有新奇性或新的價值性。
(2)思想必脫離傳統思想。
(3)思想必有相當的激發性，持續性或堅持性
由此可見創造性或創造性思考的定義，雖然有許多教育心理學家不同的定義，但似乎都同意，那是「創新的」心智活動。在中小學科學教育中，所謂「新」，不一定以全人類的文化為基礎，而對於思想人本身來說，就是「新」的思想產物，也就可以算是其創造性的產物。

美國猶他州立大學的泰勒(Calvin Taylor 1964)曾述及：「將來我們的國家還不能單靠衆多的人力來維持，我們所需要的是能力精幹高品質的人力，尤其具有高度創造性的人力，以便處理或解決有關我們生存上許多問題。」的確，人類的科學是在進步，人類的社會結構組織，人類的價值觀念也都在改變；但，另一方面人類所要面對的問題，也愈來愈複雜。無論為了維持將來的進步，或適應這些無可避免的變化，或解決那些必然發生的種種問題，中小學的科學教育都必須注重學生創造性的發展。

具有創造性學生的特質

具有創造性的學生，都有其動機上、心智上、或個性上不同的特質，但都有下列各項共同的特徵或表現：

1. 好奇心：大凡創造性高的學生，都很好奇。
2. 機智：對於變化能迅速適應，能隨機應變，表現其機智。
3. 渴望去發現：他喜歡發現對於自己來說是新的，異體的現象，秩序或理論。
4. 樂於從事難事：他不規避難事，愈困難的事，愈使他感興趣。
5. 喜歡解決問題：他以解決問題為樂事。
6. 忠於事業，做事有魄力：他不怕做事，具有進取與奉獻的精神。
7. 思考靈活：他的思考不呆板，腦筋動得快。

8.對於所提的問題，比起一般學生，都能迅速反應，而能提供比問題更多的答案。

9.具有高度綜合能力，也善於發現新的含意。

10.具有堅定的探討精神。

11.具有相當廣大的知識：他喜歡讀書，也讀過很多書，知識範圍比一般學生都大。

總而言之，具有創造性的學生，都善於建立抽象概念，具有高度的分析，組織或綜合能力。他們面對科學問題，能積極尋求工具，線索或資料，以謀解決。如果教師給與適當的指導與機會，通常都會有使老師驚奇的表現。

創造的過程

根據卓播禮在師大科教中心所做的演講，學生創造的過程如下：

1.困惑期：學生對於現象或事物，感覺到困惑或困擾，也就是皮亞傑所謂的「失去平衡（lose equilibrium）」的狀態。這時在學生的認知結構上產生「不平衡」。有時，還會感覺到某些問題的存在。

2.心理工作期：這是尋找答案的開端。學生為解決問題，可能根據其已有的知識或方法，或看來毫無頭緒地思索。

3.潛伏或孕育期：第三個階段是思想的孕育，表面上看來毫無動靜，但在心智活動中，那是孕育或組織其思想的階段。

4.頓悟或豁朗期：第四個階段可以說就是「發現」期。學生突然領悟到問題的關鍵，或所謂「靈感來臨」的時候。傳說希臘的哲學家阿基米德奉海羅王之命，為解決金冠純度難題苦思多日，某日在浴池中，見溢出之水，頓時靈感來臨，發現求比重的方法，於是高興地大喊「優利卡！（Eureka，意為我發現了！）」奔出浴室，所以有人說這一期為「優利卡期」。

5.完成或修正期：通常學生（或科學家）所「優利卡」的，都是解決問題一端線索，還需要經過一番思索，以整理充實，或加於修正之後，才能完成這創造的過程。

事實上創造是很複雜的過程，上面這五個階段似乎太過於「簡化」，但仍可為中小學科學教師教學輔導上的具體參考。

發展創造能力

教師應如何發展學童的創造能力？首先必須了解學童的潛能。下面就是最近許多心理學家關於兒童創造潛能的研究成果：

1.凡是人類，無論其年齡都多少有其創造性。

2.個人的創造能力或其表現力，都有顯著的差異。

3.個人創造能力的表現，常受心理健康的影響。

4.學生在「創造性環境」中，學習效率較高。

只要是人類，無論其種族，男女老幼，都多少具有創造性。有些人創造能力較高，另一些則較低。但，創造能力的發揮也與個人心理健康狀態有關係，心理情況不健全時，無從發揮。同時，在創造性的環境中，學童要學得快，學得多，也都能充分發揮其創造能力。

因此科學教師應能為學生建立理想的創造性環境。下面是卓播禮有關發展創造性環境的建議：

- 1.獎勵創造性工作。
- 2.鼓勵新的想法。
- 3.鼓勵學生做示範實驗，並實際參與實驗工作。
- 4.指定富創造性的家庭作業。
- 5.鼓勵有計劃的工作或需要創造性反應的研究工作。
- 6.不要迫使學生倉促了事。
- 7.鼓勵學生探討問題。
- 8.鼓勵學生設計科學猜謎。
- 9.讓學生自行決定研究課題，並負責進行研究。
- 10.不要太過強調團隊合作，因為許多創造能力強的人，往往都喜歡單獨地埋頭研究。
- 11.鼓勵製造或改良科學儀器。

12. 展示學生的創作或創造成果。

13. 鼓勵不同型式或風格的各種創作，例如：實驗、野外實習、藝術、詩或其他寫作作品。

14. 鼓勵探討，發現與發明。

15. 在討論活動中，酌增「等待時間（wait-time，指老師發問之後，等待學生答案的時間，通常要3或5秒，甚至10秒以上）」。

科學教育應以充分發展學生創造的潛能為第一目標。現代化的人類社會正需要具創造能力的人。人類均多少有其創造能力，中小學的科學教師尤應能設計適當的情境，多讓學生自由參與探討活動，尊重其自由思考與操作，以充分發展其創造的潛能。

元月份教材研究

第十八章 顯花植物的生殖與發育

一、教學目標：

在前面的幾章，學生曾以演化的觀點討論過各種植物，包括藻類、苔蘚植物、蕨類以及維管束植物的適應。這一章我們將要討論的主題，就是最高等，也就是高度演化的植物——顯花植物的生殖與發育。學生們已經多次接觸過細胞級的生殖，也討論過各種較低等（演化程度較低）植物的生殖模式，例如：由單胞藻的同型配子開始，經間生藻的異型配子，石莖的世代交替，土馬騮的孢子囊與藏卵器與藏精器，蕨類植物孢子體的分化，直到種子植物的花粉管等，學生應能看得出植物演化的過程與適應的趨勢。

生物科學的教學應注重整體觀念，以避免使學生做片斷的瞭解。生物的形態與特性都隨著時間而改變，生物都時常接受環境的影響，能適應者生存，否則消滅。這些都是生物世界的主要基本概念。教師宜隨時提醒學生注意。

題目顯示，本章的主題有二，一為顯花植物的生殖，另一則為發育。關於前者，在演化與適應的觀點來看，已經在第十三章第七、八、九節討論過。本章則偏重顯花植物生殖的模式，生殖

器官的形態功能方面。關於後者，即發育部分，則以根與莖為例子，研討植物細胞的分化（differentiation）的過程。

本章教材仍可發展學生分析綜合以及評鑑的能力，例如：分析植物生殖器官各部構造與功能的相互關係、綜合各種植物不同的生殖模式、發現其演化趨向、分析花的構造與受精過程、評鑑或欣賞高等植物高度的陸地適應機制等等。千萬不可做片斷瑣碎科學知識的傳授。

二、學習指導要項：

學生在國中一年級時，應做過馬鈴薯芽眼的發芽實驗（將馬鈴薯切成小方塊，有芽眼的馬鈴薯塊能長芽生長，沒有芽眼的則不發芽）。請老師儘量利用舊經驗來討論。香蕉的分株，落地生根的不定根，均可利用校園的一角，讓學生觀察，或親自栽培，不必用「正課」的時間，讓學生由經驗中去學習更多的知識。

「花的構造」、「花序」這些教材中，有不少專有名詞，這些名詞要怎樣處理？當然，照書記憶其定義是下策。至少老師要給學生有充分的時間，去觀察。關於花的構造部分，材料容易入手，也容易觀察。但仍應注意其教學目標。如果僅要求學生指認各部名稱，就沒有什麼意義。應提示學生仔細觀察，務必能發現或說明其構造與功能之間的相互關係，以發展其創造性。

關於「花序」的部分，如果只要求照圖記憶花序名稱，就毫無意義。每一種花序都應該有標本，讓學生來觀察。因為書上的圖都是「模式圖」，需要拿實物做個比較，才能得到真正的認識（picture）。最好能讓學生親自採集來觀察，如果時間上不容許，只好勞駕老師事先採集準備好。假如學校環境許可（在農村、花園附近），更應該讓學生分組利用課餘時間去採集來，大家分享成果，共同觀察討論。當然，如此一來，這一節的學習活動需要較長的時間（至少二小時），老師可能分配不出這麼多的時間來「教」這一個單元。但，我們又有什麼辦法？難道我們只有讓老師照書講解，學生照圖記憶各種花序名稱？

「花的功能」一節，又有不少名詞，這些名詞所代表的構造，都應讓學生親自操作而觀察。胚珠及胚囊的構造，都宜用模型來解釋種子植物特殊的授精方式。花粉管與雙重受精就是重點。學生應能說明花粉管對於陸地適應的意義。

「種子的形成」與「花的變異」等二節，種子與花，都是高等植物特有的構造，保護後代，保障種族生命延續的結構。學生除了能說明花與種子各部名稱與功能之外，還應能欣賞種子植物在維持種族生命方面巧妙的適應。

第三節植物的發育，主要教材應為細胞的分化。課本都以根與莖為例子，來說明細胞的分化。部分學生關於初生組織與後生組織，常感困擾，但，只要能理解下面幾個基本概念，自應無問題：

- 植物體都由一個個細胞所組成。
- 所有的細胞，都來自已生存的細胞（細胞學說）。
- 植物體內的細胞，只有生長點與形成層的細胞，具有分生能力。
- 由生長點分裂出來的細胞原來都一樣，經分化作用之後，形成各種不同形態與功能的細胞，以組織身體。例如：靠近體表部分的細胞通常都分化成表皮細胞，靠近內部的細胞則可能分化成髓部的細胞，或管狀細胞（導管或篩管等）。
- 由生長點分裂出來的細胞經分化之後，均失去分裂能力，只有部分細胞分化成形成層的細胞，仍有分裂能力。
- 凡由生長點分生而分化的細胞，均屬初生組織。
- 凡由形成層分生而分化的細胞，均屬後生組織。
- 生長點位於根與莖的尖端，故其細胞分裂使根與莖延長。
- 形成層位於根與莖的維管束內，故其細胞分裂使根與莖加粗。

三、參考資料：

- Biale, J. B. 1954, "The Ripening of Fruit." Sci. Am. 190 [5] 40
- Salisbury, F. B. 1958, "The Flowering Process." Sci. Am. 198 [4] 108

四、評量範例：

1 為研究不同種類植物種子之間的相互作用，科學家在同一培養皿內同時播種甲、乙兩種植物的種子。幾天後種子發芽，結果甲顯然比乙都長得快，長得好。

1—1 對於上面實驗結果有如下各種不同的假說，試判斷其適當與否。

- A. 甲種子的萌發期較短。
- B. 乙種子分泌某種物質促進甲的生長。
- C. 甲種子分泌某種物質抑制乙的生長。
- D. 以上三種解釋都可以接受。

1—2 為進一步探討問題，科學家還必須另外播種：

- A. 將甲與乙種子都放在暗處。
- B. 將甲與乙種分別播種在不同的培養皿。
- C. 調整甲、乙兩種種子的播種數。

1—3 為檢查乙種子是否分泌某種物質，以促進甲種子的發芽生長，科學家應該：

- A. 將乙種子的抽出液，放入甲種子的培養皿內。
- B. 準備多數培養皿，分別按甲、乙兩種種子不同比例播種。
- C. 準備多數培養皿，按同一比例播種甲、乙種子。
- D. 將甲種子的抽出液，放入乙種子的培養皿內。

2 某種顯花植物的胚乳細胞染色體數為 24。

2—1 這種植物的花粉所產生之花粉管內精核的染色體數應有：

- A. 8 B. 12 C. 16 D. 24

2—2 這種植物根尖尚未分裂的細胞染色體

數應有：

A. 8 B. 12 C. 16 D. 24

2—3 這種植物所產生種子的種皮細胞染色體數應為：

A. 8 B. 12 C. 16 D. 24

3 將玉米種子分別播種在甲乙兩個培養皿內。培養皿內都有充分潮濕的濾紙，兩皿均播種20粒健康的玉米種子，均以黑紙覆蓋，但將甲皿的溫度控制在 4°C ，乙皿則在 25°C 的環境。五天之後檢查兩皿，結果發現甲皿的種子都沒有發芽，乙皿中則有18粒萌芽。

試運用下面的代號評鑑下列各項解釋：

- [代號] A. 所做之解釋有理可接受。
B. 所做之解釋無理不能接受。
C. 本實驗無具體數據資料以憑評鑑。

3—1 玉米種子在黑暗環境不能發芽。

3—2 玉米種子在低溫環境時不能發芽，因為低溫使玉米幼苗凍死。

3—3 植物在 4°C 的環境中都不生長。

3—4 播種五天內， 25°C 環境下的玉米種子，比 4°C 下的玉米種子萌芽數多。

3—5 潮濕就是玉米種子發芽的必要條件。

3—6 玉米種子在 30°C 時，萌芽率比 25°C 時更高。

第十九章 植物的感應與生長的調節

一、教學目標：

這是上册最後一章，也是第二篇「植物界」的最後一個單元。學生已學過各種植物的適應情形，也討論過植物演化的模式。最後的一章所處理的是植物對於環境的感應，以及生長的調節，應可以使學生更了解植物的適應與演化的概念。

本章最主要的概念應為：「植物對於環境的刺激也會產生反應」，「這種感應或調節的機制中，都可能植物激素等化學物質的參與」。此外，關於植物生長激素的發現，科學家所做的生物鑑定法(bioassay)，也是主要的學習標的。所以老師仍要藉過去科學家所做的實驗，以培養

或發展學生的科學過程技能，千萬勿使學生記憶或了解科學家的研究成果就了事。

二、學習指導要項：

植物的莖都會向光生長，根則向地或向潮濕的地方生長。顯然植物具有這種「特性」，才能生存。因為莖向光的方向生長，結果使葉能接受陽光以行光合作用，根向地或有水的地方延伸，結果能吸收到水分，以維持生命。但，植物的莖、根的這種特性（稱為向性）的機制是怎樣的？究竟植物體內有何種物質，促使植物莖與根都表現如此「合理」的特性？這就是本章的「問題」。

首先老師也許需要（也許不要）為學生解釋「趨性」與「向性」的不同。動物（如蛾）或單細胞的綠藻，也有「向光運動」的特性，這時整個身體向光的方向運動，稱做趨性(taxis)。但，如植物莖向光的方向彎曲生長，則稱為向性(tropism)，都有所區別。

關於植物的向性，BSCS的原版課本，以及我國很多課本都以達爾文(Darwin)，強生(Boysen Jansen)或文特(Went)等科學家，以燕麥的芽鞘為材料所做的實驗來說明發現植物激素的經過。此教材的主要目的並不是「介紹」激素的發現史，而是「藉過去科學家所做的實驗或研究，以讓學生理解科學知識的來源，進而啟發其探討科學的思想，培養其科學技能」。學生還可以學到「生物鑑定法」。本教室已屢次提及，無論中小學的科學教育，目的並非知識的傳授，而應為啟發學生創造性，培養科學態度，以及發展其探討科學解決問題的技能為最重要的目標。

關於膨壓運動，最好能讓學生用顯微鏡看一看葉枕部分的橫切面，以解釋其細胞含水量、膨壓與膨壓運動之間的相互關係。除了含羞草以外，鳳凰木、合歡樹的葉都是好標本。

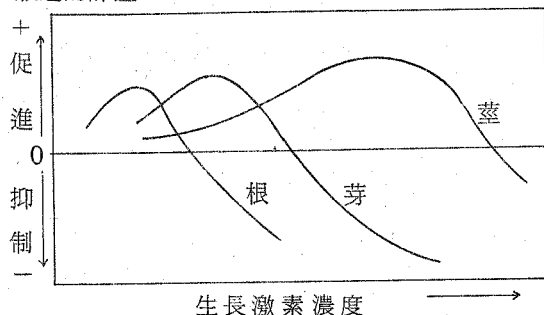
無論是IAA，NAA，吉貝素，2,4—D，開花激素，植物色素或春化素，切勿讓學生記憶現象就了事，應以科學家或學生親自做過的各項有關實驗過程與結果為依據以討論。

三、參考資料

- Butler, W., and R. Downs. 1960.
"Light and Plant Development."
Sci. Am. 203 [6] 56
- Salisbury, F. B. 1957. "Plant Growth Substances." Sci. Am. 196
[4] 125
- Steward, F. 1963. "The Control of Growth in Plant Cells." Sci. Am. 209 [4] 104

四、評量範例：

1. 用不同濃度的生長激素 (Auxin) 分別處理同一個植物體的根、芽與莖，結果得數據如下圖。試以下面「解答代號」表示你對於下列各種敘述的評鑑。



〔解答代號〕

- A. 本實驗所得數據可支持。
- B. 本實驗所得數據可反駁。

C. 本實驗所得數據並不支持亦不反駁。

1—1 促進莖的生長最適當濃度的生長激素，可能阻礙根的生長。

1—2 經生長激素處理過的植物莖不長分枝。

1—3 不同濃度的生長激素對於莖、芽、根都有不同的影響。

1—4 沒有任何一種濃度的生長激素，能促進莖、芽、根三種器官的生長。

1—5 某些濃度的生長激素，可促進莖的生長，却抑制根的生長。

【設計說明】這一套評量試題主要的測驗目標為「解釋數據」的能力。生長激素濃度不同，其作用也不同；植物體各部分，如根、莖、芽對於生長激素的敏感度（或稱反應）都不同。同一濃度的生長激素，可促進莖的生長，却可抑制根的發育。課本內並沒有敘述到這些「知識」。但，本題還不能說：超過範圍。因為學生只要能了解課本內所載有關文特萊麥芽鞘實驗的過程及結果解釋，他一定照樣能「解釋」本試題所提供的實驗數據。

「不照課文文字出題，即算超過範圍」，這種逃避責任式而違反教育原理的論調，應早日拋棄，難道我們只能要求學生照書記憶，不能要求老師努力發展學生的創造性思想？

（上接 68 頁，臺灣省教育廳公布全省高中科學評鑑結果）

③化學科——優良學校：高雄、新竹、嘉義、彰化、嘉義女中、台中一中、新竹女中、彰化女中、台中女中、台中二中、虎尾、台南二中、屏東、羅東、台南女中、馬公、台南一中、新營、基隆、左營、虎尾女中、高雄女中、南投、宜蘭。待改進學校：新莊、竹山、新豐、民雄、東石、基隆女中、曾文、潮州、台東女中、屏東女中、西螺、竹南、大甲、花蓮女中、恒春、埔里、台東、北斗、頭城、玉井。

④生物——特優學校：新竹、前鎮、苗栗、屏東、虎尾。優良學校：新化、彰化、台中女中、潮州、高雄、斗六、新竹女中、台南女中、台中二中、埔里、虎尾女中、善化、左營、豐原、彰化女中、馬公、嘉義、嘉義女中。待改進學校：花蓮、武陵、宜蘭、民雄、北港、屏東女中、

新營、桃園、岡山、玉井、東石、台東女中、北門、清水、玉里、頭城、南投、竹山、花蓮女中、後壁、台東、恒春、竹南。

⑤地球科學——特優學校：嘉義、新竹女中、台中二中、台中女中。優良學校：武陵、豐原、基隆、竹東、新竹、台中一中、板橋、竹南、旗美、中壢、北門、楊梅、新豐、大甲、桃園、台南女中、羅東、玉里、員林、屏東、崇實。待改進學校：台南一中、南投、清水、高雄女中、花蓮女中、後壁、虎尾女中、前鎮、北港、屏東女中、東石、家齊女中、潮州、恒春、岡山、花蓮、苗栗、基隆女中、嘉義女中、新化、彰化女中、北斗、民雄、善化、台東女中、新營、左營、台東。