

# 學生對「開花植物生長與發育」概念之瞭解

林曉雯

國立屏東師範學院自然科學教育學系教授

本研究主要目的是探討學生對開花植物生長發育概念之學習發展情形。研究者邀集中小學自然科教師四人組成研究小組研擬晤談工具，經學科專家效化概念命題內容與晤談工具後，對國小四、六年級、國一、高一學生各三十人共一百二十名進行個別晤談以收集相關資料。經過分類與統計數量發現，開花植物生長發育的相關概念中有些部分會隨學生學習而成長，如：生活史各階段器官的生長與變化、繁殖、光合作用製造生長所需養分，種子呼吸作用、向性等。有些另有概念則普遍存在在不同年級學生想法中，例如發育等同於生長，忽略花、果實、種子的變化，生命週期線性非循環的改變，土壤能提供植物生長發育及剛萌芽時所需之養分，植物因為需要進行光合作用而朝向陽光的方向生長等。而六年級學生在無性生殖以及果實與種子的來源部分表現較其他年段學生好，可能原因是學生在五年級學過類似的單元。大體上，所有學生對生長與發育現象的機制之瞭解相當有限。上述另有概念值得進一步探討其成因，並為科學教師教學及教材編纂者編輯教材之參考。

關鍵字：個別晤談、概念發展、開花植物生長與發育

## 前言

由中小學課程標準與九年一貫課程綱要中可知「開花植物生長與發育」的相關概念是我國中小學科學課程中重要的內容之一，學生於小學一年級起即陸續於課堂中學習到相關知識，教師不免認為學生經過了長期的學習，有關植物生長與發育的概念應有所增長。然而在教學的過程中或過去的研究中（例：Biddulph, 1984; Ross & Sutton, 1982; Bell, 1985; 裘維玉, 1995），我們不難發現，儘管年級漸增，但是學生對植物生長發育方面持有某些想法或概念。這些想法或概念有很多是學生由自己生活經驗或推理等方式，自行建構出一套解釋法則，且即使經過往後不斷

學習，仍難改變（Wandersee, Mintzes & Novak, 1994）。近年來無論國內外，已有為數不少的關於學生想法或概念的研究，然而，關於學生生物概念的研究為數較少，且少見發展性的探討。是以本研究以生物科學重要概念領域之一「開花植物生長與發育」為主題，選取高屏地區中、小學學生進行跨年段的縱貫性的研究，以了解學生相關想法的特色與發展情形。期望此研究之成果，可以進一步確認學童可能的想法及學習障礙，以提供給科教學者、教科書編撰者與中、小教師參考，以增進學生對於生物科學知識之瞭解與實踐。

## 文獻探討

在科學概念教學中，概念的構成是個最基本且最重要的課題。概念研究亦是科學教育研究中極為重要

且成果豐盛的研究領域之一。概念研究社群使用各種不同的名詞以描述這些相關的概念研究,其中最為通行的是「迷思概念」(misconception)(Wandersee, Mintzes, & Novak, 1994),或有學者翻譯為「迷失概念」或「錯誤概念」,以說明有別於一般公認的「專家概念」的想法。但是從概念學習的角度來想,這些與科學家概念不同的想法亦是學生經過長期學習的結果,只是他們提出的想法跟「專家」不一樣,老師或研究者仍應重視學生的想法,承認學生想法會歷久不變,有其存在的道理。故有科學教育者採用「另有架構」(alternative framework)、「另有概念」(alternative conception)、「自發性推理」(spontaneous reasoning)、「兒童的科學」(children's science)或「先存概念」(preconception)等語來強調學生概念意義的主動建構特性(郭重吉,民77;Wandersee, Mintzes, & Novak, 1994)。本文中研究者採用「另有概念」來說明相關研究,是取其中立且重視學生的想法之意涵。以下先分析我國中小學課程中與「開花植物生長與發育」相關之內容,暨而探討學童概念的特性與成因,並簡介國內外相關實證研究。

### (一)中小學關於「開花植物生長與發育」課程內容之分析

「開花植物生長與發育」屬發展生物學的重要一支,在我國中、小學課程中亦是不可忽略的重要部分。例如民國八十二年我國教育部擬定的國民小學自然科課程標準(教育部,1993)中與植物生長發育有關的部分包括:「生物各具有可辨認的特性」(例如植物之特徵)、「生物的構造與功能是相互配合的」(例如植物的構造、型態與功能)以及「生物及其生活環境」(例如生物生長的條件、生活環境的影響)。而民國八十七年教育部(教育部,1998)公佈的「國民教育階段九年一貫課程總綱綱要的「自然與生活科技」領域中與植物的生長發育有關的部分分別屬於幾個次主題:「生命的共同性」、「生物對環境刺激的反應」、「植物的構造與功能」、「生殖、遺傳與演化」、「生物

和環境」。依據教育部八十四年頒佈之高級中學課程標準(教育部,1995),高一的基礎生物以生態學為主要之內容取向,雖無獨立的章節說明「開花植物生長與發育」的相關概念,但開花植物為生態界重要成員之一,舉凡與生態學的相關主題,如生命世界的交互作用、個體與族群、群集與生態系、生物圈中形形色色的生物及其生活環境等主題中都有觸及相關議題。高二的生命科學中才有專門章節介紹植物的生殖、生長、發育、光合作用與呼吸作用。高三的選修生物則針對光合作用之機制、呼吸作用之機制及植物激素有較深入的探討。

從上述分析中我們可以清楚地了解到我國中小學學生在自然科學課程中學習哪些與「開花植物生長與發育」有關的概念及其重要性,同時亦顯示了「開花植物生長與發育」概念包含許多特別的次領域,及其間交互影響的複雜特性。

### (二)另有概念的特性及其成因

在科學教育的研究範疇中,有關自然事件的相關概念之研究相當豐碩。根據過去的研究成果,我們知道學生帶著關於自然界的很多的問題和想法來到教室中。學生不斷的建構心智模型去瞭解他們周遭的世界。然而學生的想法有許多不同種類的認知錯誤,例如語言的小疏忽、行動疏忽、和資訊傳遞錯誤(Fisher, Wandersee, & Moody, 2000)。這些類型的錯誤通常容易改正。另有概念不同於上述的錯誤,它們是學生所共有的,且具有意義的部分,它們很難經由教導而改變(尤其以傳統,教誨的教學方法),它們普遍存在於世界各地的教室中(Wandersee et al., 1994)。在許多情況下,另有概念深植在個人的概念生態中,以至於互相矛盾的訊息不是被反駁,就是被修改以符合先前存在的想法。因此,概念改變是一種廢除根深蒂固信念的認知劇變(Fisher et al., 2000)。

總之,另有概念對個人或者群體不是獨特的,它們是超越過年紀,性別,和文化,他們在科學的歷史中有規律地出現,而且他們在許多成年人的認知架構中也會出現。另有概念是個體試圖以有限的知識合理

的瞭解其所在的世界。學生進入教室之前，一直持續地瞭解他們周遭的世界，有用的另有概念大量存在學生的認知結構中。學習者的另有概念不但是個人知識建構的一個合理的結果，也是建構學習理論的有力驗證(Von Glasersfeld, 1987；Fisher, 1991；Gunstone, 1994)。

另有概念的形成來源非常廣泛，一般而言不外乎由學習者與周遭環境的交互作用，包括直接觀察與理解、同儕文化與語言，以及教科書與教師教學都是可能的來源。Sutton and West(1982)、Head(1986)以及 Blosser (1987a,1987b)等人的研究中，都曾對另有概念的來源加以探討，綜合其看法歸納出另有概念的來源如下：(1)來自日常的經驗與觀察。(2)來自類比、字義的聯想、與日常用語混淆或衝突，或知識的缺乏。(3)來自隱喻字眼的使用。(4)來自同儕文化。(5)來自一些與生俱來的觀念。(6)來自正式或非正式的教學。(7)來自教科書的內容。(8)來自教師教學的過程。

而 Osborne, Bell 和 Gilbert(1983)也提出了三點有關學生們的概念為什麼會與專家的概念不同的原因：(1)學生傾向於以自我中心的觀點觀察事物。(2)學生傾向於對某一特定事件的部分解釋感興趣，而較不關心連貫的、合理的解釋。(3)學生日常所使用的語言和專家們所使用的語言也有些微的不同。

國內學者如熊召弟(1995)對於影響學童生物概念表徵的原因，也提出如下幾點原因：(1)語言：學生未察覺日常生活用語與科學用語意義不同，將之混淆使用，或以望文生義的方式詮釋科學用語而影響科學學習。(2)察覺：因人類生理知覺的限制所造成，如會以「看不到」推論為「不存在」而產生與科學社群不同的看法。(3)聯結：學生缺乏概念與概念間的聯結，難以建構有意義的概念架構來理解科學。

整體而言，學生另有概念可能來源包括學童的知識呈片斷的、不連貫的，缺少有效的認知過程及正確應用知識的能力，以及學生的認知階段未達形式操作期，此外學童與生活環境、社會、文化、語言、正式與非正式學習情境的交互作用都是值得注重與思考的重要因素。

### (三)國內外有關開花植物生長與發育概念之實證研究

近年生物概念之相關研究數量漸增，Wandersee, Mintzes 及 Novak(1994)的文章顯示，在生物概念研究可區分為五個主要內容範圍，包括學生對：(1)生命，(2)物與動物，(3)人體（包括構造與生理功能），(4)延續性（包括生殖、遺傳和演化）及(5)其他生物現象：如細胞的構造、細胞生理（如細胞分裂、蛋白質製造、光合作用、呼吸作用）及食物網的概念等。其中關於植物生長與發育之研究文獻相對較少，且多限於種子發芽(Hickling & Gelman, 1995)、植物生活史(Biddulph, 1984；Hickling & Gelman, 1995)與植物生長(Schaefer, 1979; Ross & Sutton, 1982)三個主要概念。研究者使用的方法以訪談、文字連結及測驗為主。研究發現學生關於植物生長與發育的概念，除少部分與科學概念較吻合外，其餘則反映學生的生活經驗與一般知識或想法。分析國內有關生物概念的研究可發現：研究植物方面的概念相當少，少數例子如「種子萌芽」(潘文福, 1997)、植物特性(黃達三, 1993；熊召弟, 1995)、植物營養(裘維玉, 1995)等。研究對象仍以國小學童為主；在研究方法上，多半為晤談、問卷；研究內容上，以探討學生的概念或概念發展為主。基於上述分析可知有關開花植物生長與發育之全面性、系統性與發展性之研究極少，有待學者進行深入的探究。

## 研究方法

本研究目的是探討國小、國中、高中學生對於「開花植物生長與發育」相關概念的特色與發展情形，故

研究者採用個別晤談方法，以期能因應個別學生想法特性，探測出個別學生真正且深層的想法。而分析國

小至高中階段的科學或生物課程，可發現「開花植物生長與發育」的三大主題：相關定義、生活史的變化、生長與發育的調節與控制，在國小中年級以上才有較完整的教學，故小學部分選擇中、高年級中的四年級及六年級學生為代表參與研究，另外國中一年級及高中一年級是國、高中階段全體學生必修生物課程的唯一一年段，因此選擇國中一年級及高中一年級學生參與晤談。分項工作如下：

#### (一)研發晤談工具：

本研究邀請資深優秀之國小自然科教師二名、國中、高中生物教師各一名參與研究。研究進行之初，研究群進行有關的研習活動。研習內容著重在探究學生「另有概念」的相關方法或技術，包括晤談法、概念構圖法等。研究群以小學四至六年級自然、國一生物、高一基礎生物課本進行相關內容分析，以確認命題知識的敘述句，並發展概念圖、連結命題知識與概念圖，進而進行相關文獻的收集與分析，最後研擬晤談工具，並邀集學科專家四人效化概念命題內容與晤談工具。本晤談工具包括三大主題：(1)開花植物生長與發育的定義，(2)開花植物生長與發育各階段型態與構造的變化，(3)開花植物生長與發育的調節與控制。關於晤談問題與相對應命題敘述陳述於下(其中\*表示只以國中、高中學生為訪談對象)：

1.小明想要在院子裡已有的植物栽種出更多的植物，可以用甚麼方法？

對應命題敘述：

主題二-2.大部分的開花植物可藉種子進行有性繁殖。

主題二-3.有些開花植物可藉根、莖或葉進行無性繁殖。

2.這是一些(綠豆或其他種子的)種子，你知不知道種子具有那些構造？(提供圖片或實物如圖一，讓學生指稱其構造)並說明這些構造具備哪些功能？

對應命題敘述：

主題三-10.種子(\*胚乳及子葉)中含有養

分可提供種子剛萌發時利用。

3.現在想讓這些種子發芽，你會怎麼做？這些物質(如光、水、土壤、棉花)的功能是甚麼？一定需要嗎？種子發芽時所需的養分是？來源是？

對應命題敘述：

主題三-6.種子遇適合的環境(包括溫度,氧氣,水)可萌芽長成一株新的植物。

主題三-7.水份可軟化種皮(\*並使細胞內化學反應進行)。

主題三-\*8.溫度會影響種子內酵素的活動。

主題三-9.氧氣為種子細胞呼吸所必需。

4.豆子發芽後，長成成熟之植物的過程中會長出那些構造？(請學生畫出圖形)果實、種子的來源？

對應命題敘述：

主題二-1.開花植物生長時經種子萌芽，並長出根、莖、葉、花、果實及種子等構造。

主題二-4.花受精後將來會發育為果實，果實內有種子。

5.在植物生長的過程中，還會發生什麼不一樣的變化？

對應命題敘述：

主題一-1.生長是大小與量的改變。

主題一-2.發育指開花植物從種子發芽，經過生長、成熟、開花與分化等生命週期中各階段的改變。發育是生長與分化的總稱

主題一-3.分化是細胞、組織與器官質的變化

6.長大、變粗、變多、變不見、變少、變高的原因是？

對應命題敘述：

主題二-\*5.植株莖頂及根尖的細胞不斷分裂，使根、莖增長。

主題二-\*6.多年生的雙子葉植物在莖或根中的形成層不斷分裂,使根、莖

增粗。

主題二－\* 7.木質部細胞生長速度受氣候影響而不同，因此細胞的大小、顏色並不同，在樹幹或樹枝的橫切面上會呈現深淺不同的環紋，稱為年輪。

7.你知道植物根如甘薯變粗、莖如樹幹變粗、果實變大（提供圖片如圖二或實物，）需要甚麼？需要養分嗎？養分從哪裡來？植物如何利用這些養分？說說看養分是什麼？

對應命題敘述：

主題三－3.植物靠養分、水分、日光和空氣來維持生命。

主題三－4.植物可藉光合作用製造生長所需的養分（\*葡萄糖）。

主題三－\* 5.植物細胞經呼吸作用將葡萄糖分解產生能量，以提供植物生長發育所需。

8.你知道植物除了可用播種的方式長成新一棵植物，還可以用甚麼方式？請舉例說明。

對應命題敘述：

主題二－3.有些開花植物可藉根、莖或葉進行無性繁殖。

9.試排出植物的一生（蕃茄或鳳仙花的種子、萌芽、幼苗及成株圖片如圖三，選出某一階段圖片請學生排出順序）。

對應命題敘述：

主題二－1.開花植物生活史歷經種子萌芽，並長出根、莖、葉、花、果實及種子等構造的生命週期。

10.你知到哪些因素會影響植物的生長？

對應命題敘述：

主題三－2.外在環境對生長與發育的調節包括：光、溫度、引力、磁場、聲音、風、土壤的含水量、相對溼度、無機鹽、空氣

\* 11.這盆植物幼苗種在窗台邊，幾天後幼苗的

頂端都向窗戶外側方向生長如圖四，請說明這種現象產生的原因？

對應命題敘述：

主題三－11.地心引力引起根兩側生長激素濃度不同，造成生長差異，產生根的向地性。

主題三－12.光照引起莖的兩側生長激素濃度不同，造成生長差異，是為向光性。

\* 12.不同的植物開花的季節不同，例如鳳凰木夏天開花，聖誕紅卻在冬天開花，為什麼有如此的差別？

對應命題敘述：

主題三－13.有些植物的開花受光或溫度的影響

## (二)資料收集與分析：

研究者與參與教師根據晤談工具進行試訪談，檢討訪談技巧後，研究小組對高屏地區五所中、小學一般學校（非特殊或明星學校）中等程度學生共一百二十人進行個別訪談，以期瞭解一般學校中等程度學生對「開花植物生長與發育」概念的理解。參與晤談學生分別是屏東市平平國小四年級學生三十名、高雄市中國小六年級學生三十名、屏東市萬萬國中一年級學生三十名、屏東市平平高中及屏東縣萬萬高中一年級學生各十五名。由該校該年級自然或生物成績排名位居中上（排名前 20%~40%）、中（排名前 40%~60%）、中下（排名前 60%~80%），且表達能力尚可之學生，進行分層隨機抽樣，各選出十名（高中為兩校各五名），且男女學生各半參與晤談。在二〇〇一年三~六月間研究小組成員至上述學校進行訪談。訪談時研究小組成員與研究者共五人至同一參與學校，選擇課餘時間，在校園中安靜的角落，如實驗室或輔導室，進行個別晤談，每位學生的個別晤談約實施五十分鐘，並輔以錄音機錄音，使同一年級的學生訪談資料都在七至十日內收集完成，以避免晤談時間不同，學習或成長造成之影響。研究小組將晤談內

容轉為文字資料後，參考晤談時學生隨手寫下之札記或圖畫，經過個人獨立作業與小組會議的過程，反覆、詳細的檢視、審思，形成不同類別，依類別歸類

得到不同年級學生想法分佈的頻率。期能經過不斷討論、自我反省的方式，儘可能將分析者本身的主觀影響排除。

## 結果與討論

### (一)開花植物生長與發育的定義

表 1 列出學生在主題「開花植物生長與發育的定義」所探討各概念的想法及其比例分佈。當訪談者請參與學生描述開花植物生長的情形，學生的回答是「長出根、莖、葉」，「根、莖、葉會變粗、變多、變大」。各年級有 7~47% 的學生提到花、果實、種子的生長變化。80% 以上的國一、高一學生以其他構造或功能的產生與變化來描述生長，例如：維管束、木質部、韌皮部、子房或胚珠等。只有一位國中學生提到氣孔、保衛細胞的出現及功能。從上述結果可知學生關於生長的概念包括量（例如大小、輕重、多少、粗細）及質（例如新的器官或構造或組織或細胞）的改變。這種看法和生物學學家只由「量」的變化來描述「生長」的情形頗為不同。基於此發現，訪談者進一步問道：「發育與生長的異同為何？」學生的反應都是：「生長與發育大概是同樣的吧」。學生都無法區辨發育與生長有何不同，視二者為同義字，這發現和 Schaefer(1979) 以及 Ross and Sutton(1982) 的發現類似。可能是生長與發育常伴隨發生，不易在時間上加以區辨，日常生活中也是常將此二名詞混用，而科學教師教學時或教科書編寫時也沒有特別說明或加以區別。此外，不論哪一年段都有大部份的學生忽略對花、果實、種子的生長變化的描述。另一項特色是，幾乎所有學生都由「器官」或「構造」的變化來描述生長，只有一位學生由「細胞」的角度來說明生長或發育的變化，這點和科學家多以較精確的「細胞分裂」及/或「細胞成長」的角度描述成長有所不同。此外，雖然國中、高中學生有較多機會學習到基因表現的相關知識，但也沒有將基因表現與分化的概念與生長發育的概念互相連結。而基因表現屬現代生物學重要一

支，但學生對基因表現與生長發育的關係之了解卻相當貧乏，這是值得相關人士深思的。

### (二)開花植物生活史中各階段型態與構造的變化

表 2 顯示學生關於在植物的生活史各階段型態與構造變化的想法。研究發現，年級愈高的學生對開花植物生活史的了解越多(命題 1)，但高中階段略有下降，因為高一學生較國一學生有更多比例的學生沒有提到花、果實種子的部份。分析教科書，發現在國小階段的教材就有關於開花植物的生活史完整的陳述，但只有 20~30% 的小學生能提出開花植物生活史中各階段正確的變化順序。可能原因是開花、結果的部分在開花植物生活史中出現時間相對較短暫，學生於日常生活中不易觀察到完整生活史的連續變化的情形。此外，國小學生在學習相關單元種植植物的過程中，可能因種植技術的困難或時間的限制，很少延續觀察至開花、結果的部分，因此學童對於植物生活史繁殖階段的變化的概念相對就比較模糊。這結果與 Biddulph(1984) 以及 Hickling & Gelman(1985) 的發現相類似。同時研究中有一重要的發現，即國小、國中學生對於植物生活史的變化都以線性改變描述說明之，沒有一代傳一代循環變化的概念。其後晤談者提供蕃茄與鳳仙花生活史各階段特性的彩色圖片提供學生排序過程中也驗證此一現象。可能原因是學生單純以植物生命始至種子發芽，經過成熟、開花、結果等階段後會死亡，生命結束，劃下句點，而忽略了週而復始，生生不息的現象。此外，有 47% 的四年級學生對開花結果的順序不清楚，其中有些學生(27%)認為植物不需開花就能結果，有些認為學生(20%)則指出會先結果後開花，另有三位四年級學生表示：「種子雖然萌發了，但不會消失」。

晤談者問到開花植物繁殖的相關問題時，學生回答：「植物利用種子進行繁殖」的比例隨年級增加而增加(見表 2 命題 2、3)。也有 20% 的六年級學生認為種子為植物繁殖的「唯一」方法。其後晤談者要求學生說明甘藷可以長出新芽，發育為完整新植物的現象。其中兩位六年級學生認為甘藷可以長出新芽，發育為完整新植物的原因是：「甘藷本身就是種子，因為只有種子能萌芽長出新植物」。關於開花植物可以利用根、莖、葉來進行無性繁殖的想法上，六年級學生與高一學生的表現較好，約佔 80%。這可能是因為六年級學童在五年級時學到相關內容，記憶猶新。

關於果實與種子的來源，六年級的學生(100%)可能剛學習到相關內容，對果實的來源最清楚，四年級學生中只有 3 人能說出果實源自花朵，有 57% 的四年級學生認為果實與種子是自然生成，還有幾位學生認為果實由枝條直接發育而成。晤談者進一步理解其理由，學生的說明是：「果實都是一顆顆的吊在枝條上」。

表 2 的命題 5、6、7 因為國小部分並無相關課程內容，故只以國、高中學生為晤談對象，以了解學生關於「細胞分裂、增大，造成根、莖變長、變粗」的相關想法。研究顯示高中學生雖較國中學生了解情形稍有增加，但普遍仍不清楚，只有 10~30% 的學生具有符合命題敘述的概念，大部分學生對細胞分裂、形成層的增生、分生組織的位置、年輪的產生與氣候的變化的關係等都不甚清楚，少數一、二名學生以向性或養分說明根、莖變長、變粗。例如：「植物因為向性所以會增長」、「養分儲存於根使根與莖變長」。

### (三)開花植物生長與發育的調節與控制

關於開花植物生長與發育的調節與控制受到基因、激素與環境三者交互作用影響的相關想法中(見表 3 命題 1)，一般學生都會提到環境因素，只有 30% 的高一學生會提到生長素對於開花植物生長與發育的影響，但幾乎沒有學生提到基因層面的影響，只有一、二位學生以「自然生成」或「天生如此」說明遺傳的影響，也沒有學生提到這三種因素之間交互作用

對植物生長發育的影響部份。這似乎也呼應「生物學中跨越不同領域的相關概念是學生學習困難的重要原因之一」的主張 (Fisher et al., 2000)。

至於學生提到的環境因子以陽光、空氣、水及養分為主(80~100%)，只有 10% 的高中學生會提到溫度也會影響植物的生長與發育。約有 20% 的學生認為植物賴以維生的物質包括：陽光、空氣、水、土壤。大部分的學生(50~87%)忽略「空氣」這項重要物質，可能是空氣無色無味，而我們的生活週遭環境中空氣亦不虞匱乏之故。而學生會指出土壤為植物維持生命所需，是因為學生大都認為：土壤或其中的肥料是植物生長發育所需之養分。

關於植物的營養來源，高中學生回答光合作用的比例最高(80%)，除了光合作用的產物可供植物生長發育所需之養分外，有 27~40% 的學生也同時認為泥土也是養分的來源，這部分的發現 Bell(1985)和裘維玉(1995)的發現頗為一致。甚至有 23% 的四年級學生認為「水」也是養分的來源。晤談者於是請學生說明光合作用產生的養分與土壤或水中的養分有何不同？學生都說不出所以然來，或以「都是養分」說明之。至於呼吸作用能分解光合作用製造的養分，產生能量供植物生長發育之所需的部份，學生們幾乎都不清楚，這結果和過去的研究發現(Bell, 1985)相似。

關於種子萌芽的條件(表 3 命題 6~10)，大部分的學生(約 70%以上)都提到「水」為主要的外界影響因子。至於種子如何利用水，小學生與國中學生以「軟化種皮」與「沒有水就無法生存」來說明為何種子萌芽需要水。除了上述理由，高中學生有其他更多的回答：水可使澱粉分解為葡萄糖、水使種子產生化學作用，水可提供礦物質、或植物需水進行光合作用等理由。此外國、高中學生認為種子萌芽不一定需要水的比例漸增，學生的說明是：「種子只要有養分就能萌芽」或「種子本身具有水，不需另外提供水」。20~33% 的學生認為種子一定要有陽光才能萌芽，原因是：種子需要光進行光合作用製造養分。有 50% 以上的小學生認為土壤是種子萌芽的必備條件，慶幸的是這比例隨年級升高而降低。小學生認為土壤是種子萌芽

的必備條件的理由是：土壤能固定植物，提供養分。只有高中學生(79%)談到溫度會影響種子萌芽，其中只有 13%知道是因溫度會影響酵素的活動，進而影響種子萌芽。分別有 34%與 70%的國、高中學生中提到種子需氧氣進行呼吸作用，但也有 47%與 27%的國、高中生認為種子需二氧化碳行光合作用，以提供萌芽時所需之養分。而種子剛萌芽時所需的養分除來自種子本身(自四年級至高一分別為 10%、20%、48%、80%)，有 37~50%學生指出還包括土壤，27%的四年級學生則認為水也是種子萌芽時之養分來源之一。

植物的向性部份只有針對國、高中學生進行訪談，由結果(表 3 命題 11~12)可知高中學生較國中學

生表現較佳，但只知道植物會因外界刺激如光或地心引力而有所感應，但對其原因：生長素的分佈不均造成生長差異的部份，只有 20%的國、高中學生能明確的回答，約有 50%的國、高中學生認為植物要行光合作用或需要光線故造成向光性。關於影響開花的因素中(命題 13)，大部份國一(64%)、高一(80%)學生指出是受環境因素影響，有 50%的學生指出其中重要的環境因子是陽光，約有 10%的學生指出是植物體內荷爾蒙的影響。只有一位國中學生提到植物的特性及成熟度會影響植物的開花。可見大部分學生對植物激素的功能以及植物激素與環境間的影響所知有限。

## 結論與建議

隨年級增加科學課程中有關開花植物的生長發育的相關內容有較深較廣的介紹，然而學生的相關概念是否也一起成長呢？本研究發現，有關開花植物生長與發育的三大主題中，其中顯而易見，具體可觀察的概念確實會隨學生學習而成長，這樣的觀念有：生活史各階段器官的生長與變化，生命週期的變化順序，植物可用種子或根、莖、葉進行繁殖。此外，關於植物可藉光合作用製造生長所需養分，種子需氧氣行呼吸作用，向地性、向光性等概念在高年級有較深廣的介紹，表現也較好。有些概念可能訪談的當時學生剛好學過相關單元，因此有較傑出的表現，如六年級學生，在開花植物無性生殖、果實與種子的來源等概念都有傑出的表現，可能學習時間漸久，學生逐漸淡忘，或自己原來的想法又逐漸浮現，因此國一與高一學生的表現反而不如六年級學生。而有些另有概念普遍存在於不同年級學生想法中，例如發育等同於生長，忽略花、果實、種子的變化、生命週期線性非循

環的改變，土壤能提供植物生長發育及剛萌芽時所需之養分，植物因為需要進行光合作用而朝向陽光的方向生長。即使學生似乎隨著年級增加，對某些現象較能掌握，但對於現象背後的解釋多半不清楚，如生長變化的原因，根、莖變長，變粗的原因，基因對植物生長發育的影響、養分的定義、能量的定義，呼吸作用扮演的角色，溫度、水份對植物種子萌芽的影響，向性產生的原因，開花的機制等。

後續研究可依本研究之發現為基礎，發展量化工具，進行大樣本學生調查研究，以了解學生關於開花植物生長與發育概念的發展及另有概念的類別。此外，本研究並未針對另有概念的成因進行深入的探究，研究者可以另有概念的類別進行概念來源及成因之探討，以了解學生學習困難之所在。而教材編輯者與科學教師亦可參考本研究之發現，審慎地編輯教材與設計課程。

## 參考文獻

- 教育部 (1993): 國民小學課程標準。台北市: 台捷國際文化。
- 教育部 (1995): 高級中學課程標準。
- 教育部 (1998): 國民教育階段九年一貫課程總綱綱要。
- 裘維鈺 (1995): 國小學童植物概念及其相關迷思概念之探究。台中市: 國立台中師院初等教育研究所碩士論文(未出版)。
- 郭重吉 (民 77): 從認知的觀點探討自然科學的學習。國立台灣教育學院學報, **13**, 351~397。
- 黃達三 (1993): 國小學生的生命、動物、植物概念發展及另有概念的研究。行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告 (NSC-82-0111-S-143-003-530042)。
- 熊召弟 (1995): 學童的生物觀。台北市: 心理出版社。
- 潘文福 (1997): 國小學生種子萌芽迷思概念之探究。屏東科學教育, **6**, 18~27。
- Bell, B. (1985). Students' ideas about plant nutrition: what are they? *Journal of Biological Education*, *19*(3), 213-218.
- Biddulph, F. (1984). *Pupils' ideas about flowering plants. Learning in Science Project (Primary)*. Working Paper No. 125(ERIC Document Reproduction Service No. ED 252 406).
- Blosser, P. E. (1987a). *Science misconception research and some implications for the teaching of science to elementary school*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 282 776).
- Blosser, P. E. (1987b). *Secondary school students' comprehension of science concepts : Some findings from misconception research*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 286 757).
- Fisher, K.M.(1991). SemNet: A tool for personal knowledge construction. In P. A. M Kommers, D. H. Jonassen, & J. T. Mayes (Eds.), *Cognitive tools for learning* (pp.63-75). Berlinm: Springer-Verlag.
- Fisher, K.M., Wandersee, J. H., & Moody, D. (2000). *Mapping biology knowledge*. London:Kluwer.
- Gunstone, R. F. (1994). The importance of specific science content in the enhancement of metacognition. In P. Fensham, R. Gunstone, & R. White (Eds.), *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning*(pp.131-146). London: Falmer Press.
- Head, J. (1986). Research into 'alternative framework': Promise and problems. *Science & Technological Education*, *4*(2), pp.203-211.
- Hickling, A. K., & Gelman, S.A. (1995). How does our garden grow? Early conceptualization of seeds and their place in the plant growth cycle. *International Journal of Science Education*, *10* (5), 571-579.
- Osborne, R. J., Bell, B. F., & Gilgert, J. K. (1983). Science teaching and children's views of the word. *European Journal of Science Education*, *5*(1), pp.1-14.
- Ross, K. A., & Sutton, C.R. (1982). Concept profiles and the cultural context. *European Journal of Science Education*, *4*(3), 311-323.
- Schaefer, G. (1979). Concept formation in biology: The concept growth. *European Journal of Science Education*, *1*(1), 87-101.
- Sutton, C. & West, L. (1982). *Investigating children's existing ideas about science*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 230 424).
- Von Glasersfeld, E. (1987). Learning as a constructive activity. In C. Janvier (Ed.), *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics* (pp. 215-227). Hillsdale, NJ.: Lawrence Erlbaum.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D.(1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp.177-234). New York: Macmillan.

## 誌謝

本研究承國科會科教處給予經費補助

(NSC89-2511-S-153-018) (NSC90-2511-S-153-020)，研究助理群在進行晤談及資料整理時齊力投入，以及參與學生的

耐心配合，使本研究得以順利完成，僅在此致上最高的謝意。

表一：開花植物生長與發育的定義

命題陳述	學生想法	小四	小六	國中	高中
		(30人)	(30人)	(30人)	(30人)
1. 生長是大小與量的改變	* 根、莖、葉會變多、變大、變重、變粗	30%	50%	87%	70%
		7%	40%	47%	20%
	* 花、果實、種子會發生變化	10%	0%	0%	0%
	* 種子在長大後不會消失	0%	0%	80%	93%
	* 植物體在生長過程中會出現其他構造或組織(如維管束、木質部、韌皮部、子房、子房內的胚珠、氣孔、保衛細胞)				
2. 發育指開花植物從種子發芽，經過生長、成熟、開花與分化等生命週期中各階段的改變。發育是生長與分化的總稱	* 發育等同於生長	100%	100%	100%	100%
3. 分化是細胞、組織與器官質的變化	* 分化是細胞、組織與器官質的變化	—	—	0%	0%

表二、開花植物生長與發育各階段型態與構造的變化

命題陳述	學生想法	小四	小六	國中	高中
		(30人)	(30人)	(30人)	(30人)
1. 開花植物生活史歷經種子萌芽，並長出根、莖、葉、花、果實及種子等構造的壽命週期。	* 開花植物成長過程可有根、莖、葉、花、果實、種子等構造的壽命週期	20%	30%	73%	57%
	* 只會長出根、莖、葉的構造	27%	40%	10%	23%
	* 沒有提到種子	57%	57%	17%	37%
	* 沒有提到開花部分，就直接跳到結果	27%	0%	10%	0%
	* 先結果後再開花	20%	17%	10%	0%
	* 植物生命的週期，只有線性的改變沒有循環的概念	100%	100%	100%	13%
2. 大部分的開花植物可藉種子進行有性繁殖。	* 植物可利用種子來繁殖	47%	47%	60%	84%
	* 植物只能利用種子繁殖	7%	20%	0%	3%

3. 有些開花植物可藉根、莖或葉進行無性繁殖。	* 開花植物可用根、莖、葉來繁殖	50%	80%	53%	80%
	* 植物不可用葉繁殖	13%	0%	10%	0%
	* 植物不可用根繁殖	13%	0%	17%	0%
4. 花受精後將來會發育果實，果實內有種子。	* 花受精作用後，內部可發育成種子、果實	10%	100%	43%	40%
	* 果實自然會長出來	57%	0%	7%	0%
	* 果實自枝條長出來	10%	0%	13%	0%
5. 植株莖頂及根尖的細胞不斷分裂，使根、莖增長	* 細胞分裂使根、莖增長但不知細胞分裂位於莖頂或根尖	—	—	0%	30%
	* 向性使根、莖增長	—	—	3%	0%
	* 養分儲存在根使根、莖增長	—	—	3%	0%
6. 多年生的雙子葉植物在莖或根中的形成層不斷分裂，使根、莖增粗	* 植物莖內有形成層分裂使莖變粗	—	—	13%	20%
	* 根內形成層分裂使根變粗	—	—	0%	0%
7. 木質部細胞生長速度受氣候影響而不同，因此細胞的大小、顏色並不同，在樹幹或樹枝的橫切面上會呈現深淺不同的環紋，稱為年輪。	* 年輪，會使植物愈來愈粗，但不是一年一輪	—	—	3%	0%
	* 年一輪	—	—	10%	13%
	* 只知年輪和形成層分裂有關，但無法深入了解植物如何產生年輪	—	—	—	—

表三、生長與發育的調節與控制

命題陳述	學生想法	小四 (30人)	小六 (30人)	國中 (30人)	高中 (30人)
1. 植物的生長與發育受本身基因、激素、環境因素的影響三種因素互相作用且交互重疊。	* 環境的會影響植物的生長與發育	100%	100%	100%	100%
	* 激素會影響植物的生長與發育	—	—	0%	30%
	* 天生如此	7%	10%	3%	3%
2. 外在環境對生長與發育的調節包括：光、溫度、引力、磁場、聲音、風、土壤的含水量、相對溼度、無機鹽、空氣。	* 陽光、空氣、水、養分會影響植物的生長與發育	88%	80%	100%	80%
	* 溫度會影響植物的生長與發育	0%	0%	0%	10%

3. 植物靠養分、水分、日光和空氣來維持生命。	* 植物需要陽光、水、土壤、空氣來維持生命	17%	23%	23%	23%
	* 植物只需要陽光、水、土壤來維持生命	40%	37%	27%	47%
	* 植物只需要陽光、水	17%	17%	23%	30%
4. 植物可藉光合作用製造生長所需的養分。	* 植物生長所需的主要養分來源來自光合作用。	33%	43%	33%	80%
	* 土壤的養分供植物生長發育所需	33%	37%	40%	27%
	* 水是植物生長發育所需的養分	23%	3%	0%	0%
5. 植物細胞經呼吸作用將葡萄糖分解產生能量，以供植物生長發育所需。	* 呼吸作用將葡萄糖分解為能量	—	—	0%	10%
	* 呼吸作用只在晚上進行	—	—	0%	10%
6. 種子遇適合的環境(包括溫度、氧氣、水)可萌芽。	* 一定要有水，種子才會萌芽	100%	100%	68%	77%
	* 一定要有陽光，種子才會萌芽	33%	27%	24%	20%
	* 一定要有土壤，種子才會萌芽	67%	50%	12%	3%
	* 種子需在適當的溫度才會萌芽	0%	0%	0%	79%
7. 水份可軟化種皮並使細胞內化學反應進行。	* 水可軟化種皮，使種皮破裂，種子可萌芽	3%	13%	10%	13%
	* 養分可溶解於水中，隨著水運送到植物體每一部份	0%	0%	3%	7%
	* 種子在吸收水分後，會利用光合作用把它變成葡萄糖	7%	10%	57%	6%
	* 種子需要水就像人要喝水一樣需要	—	—	—	—
8. 溫度會影響種子內酵素的活動。	* 溫度會影響酵素活動	—	—	0%	13%
9. 氧氣為種子細胞呼吸所必需。	* 種子需要「氧」來行呼吸作用	—	—	34%	70%
	* 種子需要「空氣」才會萌芽	—	—	17%	17%
	* 種子需要「二氧化碳」來行光合作用	—	—	47%	27%
10. 種子(胚乳及子葉)中含有養分可提供種子剛萌發時利用。	* 種子本身含有養分可提供種子剛萌發時利用。	10%	20%	48%	80%
	* 種子可行光合作用以供給種子剛萌發時所需之養分	30%	40%	17%	7%
	* 種子可由土壤獲得剛萌芽時所需之養分	50%	50%	40%	37%
	* 種子可由水獲得剛萌芽時所需之養分	27%	7%	0%	0%

11. 地心引力引起根兩側生長激素濃度不同，造成生長差異，產生根的向地性。	* 根的向地性是受地心引力的刺激所引起者	—	—	47%	57%
	* 因為根不會行光合作用，所以會朝太陽相反的方向生長	—	—	3%	0%
12. 光照引起莖的兩側生長激素濃度不同，造成生長差異，是為向光性。	* 植物受光線的刺激而有向光性	—	—	57%	90%
	* 植物體內生長激素引起莖的向光性	—	—	27%	20%
	* 植物需要陽光要行光合作用，所以會朝光的方向彎曲	—	—	53%	50%
13. 有些植物的開花受光或溫度的影響	* 溫度、季節、氣候、陽光所影響植物開花	—	—	7%	30%
	* 陽光影響植物開花	—	—	57%	50%
	* 陽光影響植物開花	—	—	13%	7%
	* 植物體內的荷爾蒙影響開花	—	—	3%	0%
	* 植物本身的習性影響開花	—	—	3%	0%
	* 開花與成熟度有關	—	—		



圖一、種子圖片



圖二、根、莖、果實圖片



圖三、植物生活史圖



圖四、植物幼苗的向光性

# Students' Understanding of Flowering Plants Growth and Development

Lin, Sheau-Wen

National Pingtung Teachers College, Department of Science Education, Professor

## Abstract

The purpose of this study was to investigate students' understanding of flowering plants growth and development. The research group developed an interview guideline that was validated by four biologists. Individual interview, guided by the guideline, was used to collect 120 grade 4, 6, 7, and 10 students (30 students from each grade) views on flowering plants growth and development. Group response percentage frequencies for the interviews were reported. Students' understanding on life cycle, reproduction, plant nutrition, seed respiration, and tropism increased as they progressed through the junior and senior high school. However, there were some alternative conceptions among four groups. For example, development was synonymous to growth, only root, stem, and leaf would grow, life cycle was linear, plants got food from soil, and tropism was an outcome of trapping sunlight for photosynthesis. Sixth grade students performed better on flowering plant asexually reproduction and origin of fruit and seed than other graders. This better performance of sixth graders seemed result from the exposure to similar textbook information at fifth grade. In general, all students understood little on mechanism of flowering plants growth and development. The result could be the base for further exploration on origins of student alternative conceptions and could contribute to science teaching and science material developing.

**Keywords:** Individual interview, Conceptual development, Flowering plant growth and development