

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

教師組 教案表單與學習單

教案設計者：林辰駿
課程領域：
<input type="checkbox"/> 物理 <input type="checkbox"/> 化學 <input checked="" type="checkbox"/> 生物 <input type="checkbox"/> 地球科學 <input type="checkbox"/> 科技領域 <input type="checkbox"/> 其他_____
教案題目：
種菜懂生態-族群與群集篇
授課時數：
一學期 (每週 2 節，共 40 節)
教案設計理念與動機：
<p>人類與環境之間的相互依存關係，不僅影響我們的日常生活，也是永續發展的關鍵，因此生態學在科學範疇之中具有普世價值。生態學概念抽象，傳統的講述教學不易給予學生完整的概念，導致學習過程中容易產生迷思 (林達森，2007)。自 108 課綱上路後，探究與實作課程雖給予學生較高的自主性，但受限於課綱對建模能力要求的不足 (李驥、邱美虹，2019) 及學生的學習動機不足，較難達到知行合一的目標。</p> <p>為了克服上述限制，本教案以 108 課綱選修生物 IV 的「族群與群集」為知識背景，先以講述教學建立學生對生物結構的先備知識，再配合校園土地做規劃，以就地取材的方式建構個人的菜圃 (農田生態系)(圖 1)，使每一位學生都能跳脫教室學習的窠臼，進行感官學習。在訓練學生種菜過程中，由教師將先備知識對應到的種菜現象拍照並編製成教材，適時融入迷思概念於教材中，藉由問題的引導式探究，幫助學生發現知識、進行學習遷移；最後由教師分配一種作物給學生進行獨立研究，讓學生根據資料蒐集和個人種菜經驗來找出影響菜圃收成的關鍵因素，並藉由對研究結果的思辨進行建模。於課程告一段落後，由學生親自採收和料理自己種的作物，除了增添課程的趣味性，也使學生在實作過程中體會農事的辛勞 (圖 2)。</p> <p>有別於一般實驗室裡的探究學習，本教案設計試圖將實驗室移至戶外，突破教室使用時間的限制，充分提供學生做中學的機會，希望藉此課程培養學生自給自足的生活技能。課程架構的設計亦滿足 108 課綱的三大面向：讓學生從無到有建構菜圃，藉由過程中各種問題的發現與解決，而成為一位有經驗的園丁，滿足「自主行動」；因菜圃間位置鄰近，使學生有機會比較同儕的栽植狀況，並討論切磋，滿足「溝通互動」；因鄰近菜圃易相互影響，使較有經驗的學生能主動協同較無經驗的同儕解決問題，共同完成課程任務，以學習良好的人際互動，滿足「社會參與」。</p>



圖 1：學生自行建構的菜圃 (獨立研究專區)



圖 2：本教案設計的課程架構

教學目標：

一、認知層次

1. 能分辨並說明菜圃中生物族群的分布類型 (叢狀型、均勻型、隨機型)。
2. 能分辨菜圃中生物族群密度的計算方式 (直接計數法、樣區法、捉放法)。
3. 能推論菜圃中生物族群的成長曲線類型 (J 型、S 型、鐘型)。
4. 能推論菜圃中生物族群的生存曲線類型 (凸型、對角線型、凹型)。
5. 能推論並說明菜圃中生物族群間的互動類型 (捕食、競爭、片利共生、互利共生、寄生)。
6. 能分辨菜圃中群集的消長類型 (初級消長、次級消長)。

二、情意層次

1. 養成求真求實的態度。
2. 養成主動學習的態度。
3. 願意協助同儕解決問題。

三、技能層次

1. 栽培蔬菜。
2. 運用科學方法改善收成。

教育對象：

高二學生

課程設計 (方法與步驟)：

108 課綱上路後，生態學已調整至高三課程內容，對高二學生而言僅存國一所學的模糊印象，故本教案先講述族群與群集的六個學習焦點 (圖 2)，搭配分組活動，幫助學生建立先備知識。接著，進行農事體驗活動，一方面引導學生發現先前建立的先備知識，另一方面則讓學生熟悉種菜的基本要領。透過上述課程活動，使學生對校園中的生物結構有初步的認識，可為將來獨立研究的假說提供一些想法。至於能不能把菜種得更好，則須仰賴研究結果來解答。

一、建立先備知識 (共 4 週/8 節)

每週均採 1 節傳統授課 (含前一週活動檢討) , 搭配 1 節分組活動進行 , 分組活動設計如下 :

1. 辨識校園中的生物族群 (※學生通常能說出族群的定義 , 但是照片上大多呈現群集狀態)

- 方法 : 完成指定類別的族群觀察 (例 : 節肢動物、脊椎動物、木本植物、草本植物、蕨類植物... 等) , 以照片畫面呈現族群的狀態 , 再利用照片編輯軟體圈選並標示指定類別 , 完成後將照片傳至課程群組。
- 評量 : 照片中的族群狀態和指定類別辨識均正確即可得分 , 以照片上傳時間為憑。

2. 調查校園中的族群分布

- 方法 : 完成指定分布類型 (叢狀型、均勻型、隨機型) 的族群觀察 , 以照片畫面呈現族群的分布狀態 , 再利用照片編輯軟體圈選同一物種並標示分布類型 , 完成後將照片傳至課程群組。
- 評量 : 族群分布類型標示正確即可得分 , 以照片上傳時間為憑。

3. 計算校園中的族群豐度

- 方法 : 完成指定位置的指定族群觀察 , 先以照片畫面呈現族群的分布 , 再利用照片編輯軟體標示分布類型 , 然後計算族群豐度 , 計算過程則寫在紙上再拍照 , 兩者完成後傳至課程群組。
- 評量 : 族群分布類型標示和豐度計算過程均正確即可得分 , 以照片上傳時間為憑。

4. 觀察校園中的物種間互動關係

- 方法 : 觀察指定物種間互動關係 (捕食、競爭、片利共生、互利共生、寄生) , 以照片或影片呈現互動關係 , 利用照片編輯軟體圈選兩物種 , 並標示互動類型 , 完成後傳至課程群組。
- 評量 : 物種間互動類型標示正確即可得分 , 以照片或影片上傳時間為憑。

二、累積感官經驗 (共 10 週/20 節)

※十字花科蔬菜的生長期短 (約 1.5 月可採收) , 發芽率高 , 適合作為短期觀察或實驗設計的教材。

1. 十字花科蔬菜的穴盤育苗 (2 週)

- 方法 : 每位學生均分配一個 64 孔穴盤 , 利用滴管吸取泡水一天的種子 , 每個孔僅埋入一顆 (圖 3) , 剩餘的種子撒播至盆器中 , 操作時提醒學生注意此兩種播種方式及將來生長的差異 (對應族群分布) 。菜苗在生長過程中可觀察到向光性造成伏倒 (圖 4) , 甚至發生莖部折斷情形 , 此時應提醒學生定期旋轉穴盤 , 而「合適的旋轉頻率」則留給學生探討。待菜苗長出四片葉子時應定期施肥 , 促進葉片生長 ; 約長至 7 公分高時 , 移植至較大的盆器中 , 亦定期施肥。
- 評量 : 根據白菜生長狀況及觀察紀錄表內容的完整性計分。



圖 3 : 學生練習在穴盤上播種



圖 4 : 走廊上的菜苗表現向光性 (左盤每日旋轉 180 度 , 右盤無旋轉)

2. 十字花科蔬菜的菜圃育苗 (7 週)

(1) 建構個人菜圃 (2 週)

- 方法：由學生利用農具除去原生植物，再鬆土，除了增加透氣也可除去植物的地下部分，可藉機提問「斬草除根」的學理意義 (對應群集消長)。隨後均勻混入有機肥鬆土，使同期作物的生長條件能趨於一致。將鬆好的土堆高，以工程剩餘的磚塊堆砌在四周作為護堤，一方面防止土壤流失，另一方面與外圍土壤保持高度差，營造良好的排水效果。菜圃建構完成後，均勻撒播十字花科的蔬菜種子測試土壤肥力，必要時須局部鬆土和施肥。
- 評量：按工作進度、土壤的平整程度、土壤顆粒的細緻程度、菜苗分布的均勻度計分。

(2) 菜圃維護 (5 週)

- 方法：除草和澆水是菜圃建構完成後的主要工作。若菜圃土壤肥沃，於種子撒播後的第二週起，菜苗生長速率較第一週顯著趨緩，此時應指導學生間拔，或將拔起的菜苗等間距移植到菜苗較稀疏的區域，並提醒學生保留一處未處理作為對照 (紅框內)，一週後即可觀察到菜苗生長速率差異 (圖 5)，教師可藉此現象提問「間拔及等間距移植有何意義？」(對應族群分布、族群密度、種間互動)。儘管克服資源競爭問題，多數菜苗在成長過程中會受到嚴重啃食，通常可在某些葉片上發現菜蟲 (圖 6)，學生因此能注意到除蟲是一項重要工作。在自然界中，蔬菜的消費者並非只有菜蟲，幸運的話可以發現鳥類也是嫌疑犯之一 (圖 7)，藉此機會提醒學生撰寫報告的敘述應嚴謹，尚未發現的現象不代表不存在。因應蟲害問題，可指導學生在被啃食的作物中間種植蔥、蒜、芹等忌避植物，於一週可觀察到蟲害明顯改善，此時應提問「蔬菜和忌避植物之間有何關係？」(對應種間互動)，使學生能發現這是一種「片利共生」的應用。
- 評量：以間拔與等間距移植成效、維護狀況 (除草、除蟲、澆水)、觀察紀錄表內容計分。



圖 5：蔬菜間拔與等間距移植



圖 6：蔬菜的消費者之直接證據



圖 7：蔬菜的消費者之間接證據

3. 作物收成與料理 (1 週)

- 方法：因先前指導學生種植的忌避植物以蔥為主，產量豐富，故本課程以自製蔥油餅進行成果發表。蔥油餅的材料容易取得，製作難度不高，若不要求口感，自行調整製程時間也能有成品，在課程時間有限的情況下是不錯的選擇。在料理前，由學生親自採收，並在菜圃旁邊進行料理，享受自己努力的成果。在製作過程中，可融入低筋、中筋、高筋麵粉對蔥油餅口感的影響，或揉麵階段的先油法和後油法對蔥油餅口感的影響進行探究。
- 評量：在限定時間內完成蔥油餅、燒焦狀況、同儕互評。

三、探究教學 (共 2 週/4 節)

為了讓先備知識與種菜經驗有所連結，本教案將六個學習焦點 (圖 2) 可對應到的種菜現象拍照記錄，作為探究教學的情境，再根據情境設計問題，引導學生發現菜圃中的知識。此外，教學過程中亦藉由認知衝突破解相關迷思，使學生建構正確的知識，並能順利進行學習遷移。

1. 異質性分組 (上課前以抽籤方式分組，透過小組搶答方式計算課堂成績，以提高課程參與度)
2. 概念探究與迷思破解 (圖 8)

(1) 族群分布

- 探究 1-1：穴盤中的菜苗和盆器中「均勻」撒播的菜苗之分布類型分別為何？
- 目的 1-1：提示學生觀察盆器內部的菜苗分布後，可發現即使均勻撒播，仍可能因盆器土壤結構或養分不均等問題而呈現局部的密度差異，且撒播只能約略均勻，無法像穴盤一對一般固定間距，故盆器撒播較像隨機型分布，部分學生可能從問題中了解理論不一定符合實際。
- 探究 1-2：承上題，有何判斷根據？請按照附表內容討論。
- 目的 1-2：一方面提供學生客觀的思考方向，另一方面可利用附表欄位讓學生聚焦討論方向，亦訓練學生科學敘事。
- 探究 1-3：根據附圖，推論生長茂密的菜圃之菜蟲分布類型為何？解釋原因。
- 目的 1-3：通常蔬菜被吃光的時候菜蟲也會離開，即使曾經看過菜蟲的人都是在局部未被啃食殆盡的葉子上發現兩、三隻，故回答叢狀型。另有一部分學生則根據自己種菜經驗，只要發生蟲害，整個菜圃的蔬菜都會被吃光，因為被吃得很均勻而回答均勻型。此兩種回答均未考慮到問題的假設條件是生長茂密 (資源充足)，因此本題先製造認知衝突，再引導學生回憶上課講過的原則，學生即可了解生長茂密象徵資源充足，菜蟲間不太會互相競爭，且不可能每棵蔬菜上都有菜蟲，因此可推論出菜蟲在菜圃中呈隨機分布。

(2) 族群密度

- 探究 2-1：根據附圖，如何有效率地計算兩菜圃的蔬菜豐度(個體數)？
- 目的 2-1：在國中生物的考題中，常以生物是否會運動來決定族群豐度的計算方式，會動的生物用捉放法，不會動的生物用樣區法，無形中建立學生錯誤認知，因此學生多直觀回答樣區法。部分學生會回答左邊菜圃應使用直接計數法，其理由是個體數少，而這樣的解釋並不完整。此時教師可提問「在面積小的情況下，直接計數法所耗費的時間可能和樣區法差不多，為何不適合用樣區法？」，透過此問題能讓學生注意到左方菜圃的菜苗分布並不均勻，利用直接計數法可使結果更精確。
- 探究 2-2：假設在一大規模農田中，蔬菜生長良好，應如何有效率地計算菜蟲豐度？解釋原因。
- 目的 2-2：根據「大規模農田」，學生均知道不可能使用直接計數法。自上一題解答後，部分學生開始注意到自己的錯誤認知，並根據菜蟲運動能力較弱而回答樣區法。但也是有學生延續國中錯誤認知，認為菜蟲是動物而回答捉放法。此時教師可提示學生往「蔬菜生長良好」思考，並提問「如果葉片多到吃不完，菜蟲會離開嗎？」或請學生隨便找一隻菜蟲計算平均

運動速率，使學生能了解只要計算時間不長，菜蟲不會跑太遠。

(3) 成長曲線

- 探究 3-1：若有一個剛建構好的菜圃，環境資源充足，酢醬草成長曲線應為何？
- 目的 3-1：根據先前所學，剛建構好的菜圃相當於初始的自然環境，且題目假設環境資源充足，多數學生都能回答出 J 型，藉此題讓學生注意到剛播種時需頻繁除草的原因。
- 探究 3-2：承上題，若菜圃維持養分和水分，酢醬草就會維持 J 型成長？
- 目的 3-2：研究指出學生普遍認為只要食物充足，族群數量就會持續增加（林達森，2007），故以常觀察到的酢醬草包裝此迷思概念進行破解。待誘答出菜圃空間有限時，學生便能注意到環境負荷量的問題。
- 探究 3-3：若將 J 型成長的酢醬草連土移植到其它剛建構好的鄰近菜圃，會繼續 J 型成長？
- 目的 3-3：研究指出學生普遍認為只要原族群保留著，即使換到新環境也不受影響（林達森，2007）。然而承上題解答，學生會聚焦在負荷量思考，J 型成長又容易聯想到個體間資源競爭，顯然是破解迷思後的節外生枝。教師可提問「鄰近的菜圃環境因子就完全相同嗎？」，此時可能會有學生分享自己的菜圃位置不佳，有的被樹木遮蔽，有的土壤貧瘠，導致不管怎麼施肥都和鄰近菜圃有顯著生長差異。此時教師可針對土壤貧瘠，提示學生移植的土壤有限，讓學生聯想到可能會有養分稀釋的問題，進而能注意到生物不僅受生物影響，也受環境影響。

(4) 生存曲線

- 探究 4-1：根據隨機挑選的白菜種子在穴盤中的發芽率推論，白菜的存活曲線類型為何？
- 目的 4-1：讓學生根據「高發芽率」喚起幼苗容易種植的經驗，於是能很快回答出凸型曲線（幼年有較高的存活率），接著再提問「白菜是幾年生草本？」，學生就會根據講義內容回答一年生，並在當下發現不需種植到壽終正寢也能透過幼苗期的觀察得知。

(5) 種間互動

- 探究 5-1：菜圃中的雜草和蔬菜間有何關係？解釋原因。
- 目的 5-1：本題的重點在於訓練學生言簡意賅的敘述能力，待誘答出「兩者都是植物，生存資源相似」說明競爭關係時，教師應繼續提問「兩者互相競爭會有什麼結果？」，當學生回答「蔬菜會長不好」時，自然能了解每週要求除草的意義。
- 探究 5-2：根據附圖（無蟲害的高麗菜），西洋芹和高麗菜間有何關係？解釋原因。
- 目的 5-2：因先前曾指導學生利用忌避植物防治蟲害，學生幾乎一口咬定是「片利共生」，甚至直接指著沒有蟲害的高麗菜說西洋芹會幫高麗菜驅蟲，顯然文不對題，可藉此讓學生重新讀題，學生就能發現自己過度解釋，甚至忽略兩者位置鄰近且都是植物，具有競爭關係。然後簡報再出現左圖（有蟲害的高麗菜），提問「兩者間有何關係？」，學生會再次回答片利共生，於是再提問「只有一種關係嗎？」學生會意識到自己又忽略競爭關係。
- 探究 5-3：樹蛙和高麗菜有何關係？
- 目的 5-3：由於先前的問題都聚焦在菜圃中，學生大多先入為主，聯想到樹蛙幫高麗菜吃蟲，

而高麗菜依賴樹蛙吃蟲而長得較好，兩者具有互利共生的關係，顯然忽略照片中並無菜圃。教師藉由提問「是否有限定樹蛙只能在菜圃中？」提醒學生注意題意，為下一題做伏筆。

● 探究 5-4：菜圃中的樹蛙和高麗菜有何關係？

- 目的 5-4：承上題經驗，多數學生因看到「菜圃中」便直接回答互利共生，再次忽略題目資訊不足。教師在學生回答之後應提問「題目是否有透露高麗菜的訊息？」，再列出所有可能性帶領學生一一討論。在討論完畢後，學生大致能了解不同的答案來自不同的假設，並能認同自然界充滿了許多未知的可能，此觀念建立後將有助於提升建模能力。

(6) 群集消長

● 探究 6-1：比較菜圃建構前和建構後的差異，可發現群集消長的何種特性？

- 目的 6-1：透過教師提示「觀察植物種類有何差異？」學生可根據自身經驗回答開墾之前長滿蕨類，開墾之後則是以酢醬草為主。接著對照講義內容，能很快找到「不可逆」，學生因此了解到他們正實際經驗抽象的學理知識。

● 探究 6-2：根據附圖，土地開墾後將進行何種消長？解釋原因。

- 目的 6-2：引導學生回憶消長的定義（初級消長：從無生命到有群集結構之變化過程；次級消長：原有的群集結構經環境擾動後再繼續變化之過程），待有人回答「地下莖或種子」可以進行次級消長時，其他學生就能理解即使鬆完土，地面上空無一物，仍不能稱為初級消長，因為透過地下殘存部分仍會繼續發展，甚至能舉出雜草幾天內就長滿空菜圃的例子。

探究1-1：菜苗的分布類型為何？



探究1-2：承上題，有何判斷根據？

- 假設環境資源(土壤、陽光、水分等)均充足時，試比較下列兩者的差異

	穴盤育苗	撒播育苗
菜苗分布類型	均勻型	隨機型
盆器特徵	等距分隔	同一空間
菜苗生長	大小相近	參差不齊
菜苗密度 (個體數/單位面積)	均勻 (一穴一株)	不均勻 (過度集中或過度稀疏)

探究1-3：此區菜蟲的分布類型？

- 食物充足+菜蟲間無互動→隨機型



探究2-1：如何有效率地計算豐度？



探究2-2：如何有效率地計算豐度？

- 假設：一大規模農田的蔬菜生長良好



探究3-1：剛建構好的菜圃之酢醬草成長曲線為何？

- 假設剛鬆好土、施完肥、土壤濕潤的狀態
- 養分和水充足且無種間競爭→J型



探究3-2：承上題，菜圃維持養分和水分，酢醬草就會維持J型成長？



探究3-3：若將J型成長的酢醬草連土移植到其它剛建構好的鄰近菜圃，會繼續J型成長？

- 生物受環境影響，即使鄰近，環境因子也不完全相同



探究4-1：白菜的存活曲線類型為何？

- 提示：一穴埋入一顆隨機挑選的種子
- 幼體存活率高→凸型



探究5-1：雜草和蔬菜間有何關係？



探究5-2：西洋芹和高麗菜間有何關係？



探究5-3：樹蛙和高麗菜有何關係？



探究5-4：菜園中的樹蛙和高麗菜有何關係？

※ 假設樹蛙僅以菜園為棲地

- 情況1：高麗菜單獨生長 + 無蟲害
- 樹蛙是肉食性消費者 → 無互動關係
- 情況2：高麗菜單獨生長 + 有蟲害
- 高麗菜供樹蛙菜蟲當作食物
- 樹蛙吃菜蟲幫助高麗菜生長 } 互利共生
- 情況3：高麗菜旁有西洋芹
- 同情況1

探究6-1：此區有群集消長的何種特性？

- 提示：根據圖片資訊判斷，且忽略蔬菜的存在
- 開墾前此區充滿蕨類，開墾後則無 → 不可逆



探究6-2：土地開墾後將進行何種消長？



圖 8：探究教學教材

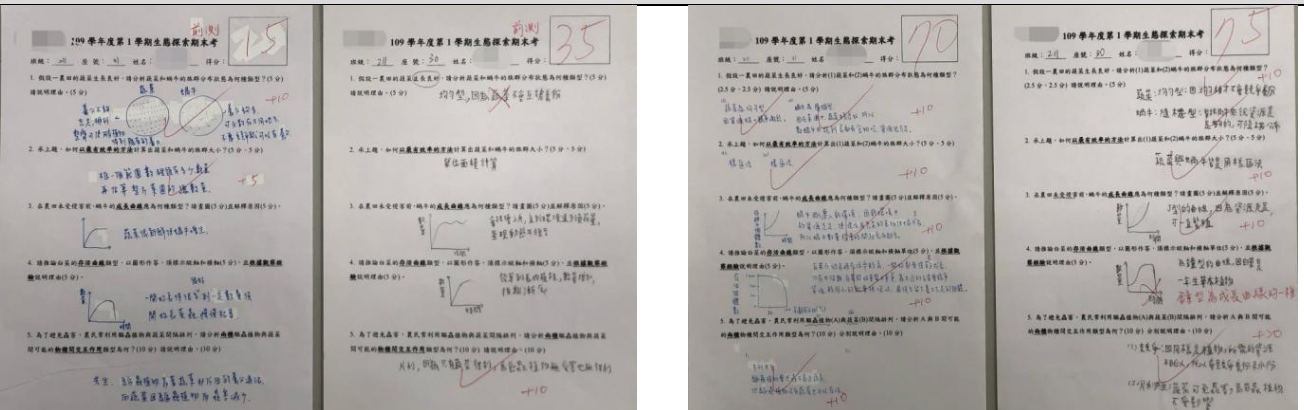
3. 科學方法演練

- (1) 學生以「探討水分對種子萌發的影響」為例，套用至科學方法的步驟中，完成學習單演練。
- (2) 教師分配一種作物給學生，並讓學生以「找出影響菜圃收成的關鍵因素」為題，讓學生根據自己的經驗提出假說，並根據假說，利用課餘時間領取作物，在自己的菜圃中進行實驗設計。

四、獨立研究 (共 4 週/8 節)

1. 學生根據自己的實驗假說，在菜圃旁口述實驗設計，教師則根據口述內容提問，若實驗設計有瑕疵者，應重新規劃實驗。
2. 實驗以一個月為限，學生應按照科學方法流程製作簡報，報告實驗結果。

學習評量內容



參考資料：

1. 林達森 (2007)。國中生對生態與環境概念的認知。《教育實踐與研究》，20 (2)，65-94。
2. 李驥、邱美虹 (2019)。NGSS 和 12 年國民基本教育中探究、實作和建模的比較與分析。《科學教育月刊》，421，19-31。