

新竹地區 國小校園生物多樣性之調查研究

蘇宏仁¹、陳京材²

¹新竹教育大學 數理教育研究所 教授

²南投縣平和國民小學 自然科任教師

摘要

本研究首將林憲德(2002)制定之「生物多樣性評估指標」改編成較適合評估小學校園環境狀況的「校園生物多樣性評估表」。而後再考量國小校地面積、海拔高度、學校班級數等因素，採比例分層取樣方式，由新竹縣市114所國小中，隨機選取共29所學校為調查對象，由研究者依「校園生物多樣性評估表」進行實地調查、評分，以了解新竹地區國小校園生物多樣性現況並比較其彼此之間的差異。

結果發現調查的29所國小中約有62%的學校達生物多樣性的標準，它們多半是位於山坡地及都市計畫區內。各國小校園生物多樣性狀況並不會因校地面積、班級數、海拔高度、建校歷史等因素之不同而有所差異，但卻會因校園總綠地面積之不同而有顯著差異。

關鍵詞：校園生物多樣性、校園生物多樣性評估指標

An Assessment Study of Elementary Campus Biodiversity in Hsin-Chu Area

Su, Hung-Jen¹、Chen, Ching-Tsai²

¹Graduate Institute of Mathematics and Science Education, National Hsin-Chu University of Education, Professor

²Ping-He Elementary School, Nan-Tou County, science teacher

Abstract

Based on the literatures review and experts' suggestions, the Lin' s(2002) Biodiversity Assessment Criteria were modified to adapt the needs of the research.

According to school ground size, class figure and altitude, 29 elementary schools at Hsin-Chu area were proportional stratified sampled. In order to find out the biodiversity situation in elementary schools, a field investigation was conducted.

The results show that 62% of 29 elementary schools in Hsin-Chu area corresponded to the standard of biodiversity, and excluding the factor of green field size, there is no significant difference in biodiversity among elementary schools with differ area, class figure, altitude and history.

Keywords: campus biodiversity, biodiversity assessment criteria

緒論

一、研究背景與動機

生物多樣性保育是地球永續發展，人類賴以生存的重要基石。然而從1970年代開始，全球便陸續有許多生物多樣性消失的警訊出現，例如：熱帶雨林的消失、河川與溪流棲地的破壞、珊瑚礁和近海生物群聚的毀損等，人類賴以維生的環境和資源已經遭受到嚴重的破壞，此種基因的消失、物種的滅絕以及生態體系的失衡，深深影響了人類的發展。因此在1992年地球高峰會中特別通過了『生物多樣性公約』，期望各國一致朝著保育生物多樣性、永續發展的方向努力。

「生物多樣性公約」第13條乃是與公眾教育和意識有關的條文，其主要內涵在強調各國政府應加強生物多樣性教育，透過大眾傳媒和教育方法，使民眾瞭解什麼是生物多樣性、它的重要性為何、保育生物多樣性所需要的配套措施等，惟有透過生物多樣性教育，促進大眾對生物多樣性概念及重要性之理解，強化大眾行動的意願和能力，才有可能保育生物多樣性、永續使用生物多樣性。

中、小學學生正處於思想萌芽的學習階段，可塑性高，越早培養其尊重自然、愛護環境的意識越好，因此在中、小學階段進行生物多樣性教學是重要而恰當的（趙榮台，1999）。推動生物多樣性教育的方法有許多種，政府一方面應積極舉辦生物多樣性相關的教師研習，以提升教師對生物多樣性的認識，進而可以教育學生；另一方面生物多樣性教學除了在教室講授外，也應有自然環境的配合，讓學習與環境能結為一體。Petra(2002)針對中、小學階段的學童進行生物多樣性學習實驗研究，發現在自然環境中進行的生物多樣性教學，有助於學童對物種的區別與認識。因此，若校園有豐富的生物多樣性環境，教師便可以在校園內尋找教學材料，讓學童在校園環境中進行生物多樣性的學習，使學生有親自觀察、操作的機會，以使學習更加完整。故而要教導學生生物多樣性觀念，除了老師要具備生物多樣性之相關素養外，學生之學習環境是否具備生物多樣性便相當重要了。

二、研究目的與問題

因此本研究針對新竹地區國小校園生物多樣性環境進行調查研究，希望藉由研究結果可以瞭解新竹地區國小校園生物多樣性現況，並提供推動改善校園環境及進一步相關研究之參考，特提出以下的研究問題：

- (一) 新竹地區國小校園生物多樣性之現況如何？
- (二) 新竹地區國小校園生物多樣性狀況是否會因學校班級數、校園面積、建校歷史、海拔高度、每位學生擁有的空地面積及每位學生擁有的綠地面積之不同而有所差異？

三、文獻探討

(一) 校園綠地空間的重要性

校園空間乃是在都市環境中僅次於公園而有一定規模綠地面積者，屬於都市性綠地空間，有將之歸為特殊公園者（郭瓊瑩，1997），亦有稱其為普通綠地者（井手久登，1993）。林立韙（1999）指出校園空間是另一個維繫都市綠地品質重要之關鍵，因此如何利用現有之校園綠地面積提昇都市環境品質，將是未來環境改善的另一項重要契機。

「綠地空間」整個系統之構成不只是空間面積大小、生物種類、能量及物質等，重要的是「綠地空間之連接」提供生態上關鍵的「生態廊道（ecological corridors）」環境條件。假若綠地空間喪失系統上的連接，每塊綠地空間便僅具視景上的綠化功能，對於環境的保育並無太大幫助；若是綠地空間透過空間連接，則不僅有助於綠化，更能在生態上提供資源，發揮保護作用。顏佩雯（2003）以『廊道』為生態傳輸通道的觀點，討論新竹市生態區位分佈狀態，發現校園環境空間為新竹市最大綠地空間，所以建議在進行校園環境規劃時，應以生態區位分佈狀態考量廊道特性，以增加新竹市生態環境連貫的完整性。

在景觀生態學中，主要可將土地分為三個單元，即是「區塊（patch）」、「廊道（corridor）」及「基質（matrix）」。「地表上的任一點均處於區塊、廊道或基質內（趙羿、賴明洲、薛怡珍，2003）。由景觀生態系的觀點大範圍尺度的看學校，校園是一種區塊，它提供了生物棲息之地，也具備了可讓生物生長繁殖的環境條件，更因為所在位置之氣候條件與地形的不同，區域校園會有不同景觀的呈現。同時，校園的據點與其他綠地可連結形成生態綠廊，因此它也兼具著廊道功能，讓動物可以進行遷移、擴散、覓食和交配繁殖。所以，如果學校校園能擁有豐富的生物多樣性狀況，以大尺度範圍來看，在城市島嶼的環境下，學校應可扮演生態功能上的重要角色。

(二) 學校校園規劃

生態系統是一個完整、和諧的系統，由生物與非生物因子所構

成，彼此交互作用，環環相扣，因此生態校園的規劃應考量各類因子，在建置生物多樣化的校園時應充分考慮到土壤、水體、綠地道路、綠籬、植物種類等，以創造多樣化的生物生存條件。

綠色學校的實行主要目的是將校園打造成一個健康、生態、環保與舒適的學習環境，如果能夠達成綠色學校的訴求，相信對生物多樣性教育的推展，必能提供一個絕佳的學習環境。要達成綠色學校可以從環境教學、校園生活、校園環境政策及校園空間規劃四個面向同時來發展進行，其中校園空間規劃方面應

1. 使用綠色設計與建築的手法來興建合乎環保的學校房舍。
2. 應用生態綠美化的手法達到舒適、美觀、安寧、健康的生活空間。
3. 以生態原則規劃校園綠地，達到人與自然和諧、生物與環境共生、物質循環的境界。

林憲德（2002）亦指出，在校園規劃設計上應考慮：

1. 生態綠網的設計：運用綠地溪流、池沼濕地、庭園樹林、綠籬，組成多樣化生態系統。
2. 小生物棲地的規劃：運用環境設計手法創造有利於生物棲息、覓食、求偶、繁殖的環境。
3. 植物多樣化：運用植物多樣化與綠美化塑造適宜發展的生態環境，使其具有更高的涵養水源、淨化空氣、調節氣候、隱蔽美觀及提供生物棲息的功能。
4. 基地表土的保護設計：基地保水性愈佳，土地涵養雨水的的能力愈好，有益於土壤內微生物的活動。因此基地的保水指標應包括直接滲透設計與貯留滲透設計，讓水資源適度滲透、循環，以達成改善土壤的功能。

（三）綠建築之生物多樣性指標及相關研究

綠建築之生物多樣性指標是內政部建築研究所與林憲德教授（2002）考量綠建築政策能操作的範圍，並結合國內景觀、園藝、生態界專家之意見所發展成的指標，依此指標評量已開發的土地或監督正在開發的土地，期望能保留住最大「生物多樣性」的可能。

生物多樣性指標主要以生態綠網、小生物棲地、植物多樣性、土壤生態等內容來反映綠地的生態品質，由於考慮小基地不容易展現出生物多樣性，故此指標適用於二公頃以上的基地規模。生物多樣性指標得分乃依據評估表內各分項得分加總而成，必須其總得分大於基準

值才算合於生物多樣性標準。

陳富強（2003）以南投九二一重建國民小學五所為調查對象，結果只有一所國民小學達合格標準。由其研究發現，小學校園在土壤生態方面、水域生物棲地方面、原生植物的使用方面得分率偏低。

蘇泰瑞（2004）將生物多樣性指標與綠化量指標、基地保水指標結合成生態指標共同研究，發現「生物多樣性」指標與校地面積、總綠地面積比、總透水面積有極高度正相關，其中總綠地面積比 $\geq 30\%$ ，或總透水面積 $\geq 30\%$ 時，都較有機會通過生物多樣性指標。

綠建築生物多樣性指標雖然明定限用於2公頃以上的基地，然考量新竹地區很多學校校地面積都不滿2公頃，故本研究暫不考慮2公頃基地的限制，以指標內的項目加以修飾後，對於各種不同型態的小學作評估研究，期望能分析出適合小學校園的指標。

研究方法

一、研究工具

本研究是以林憲德（2002）編製的綠建築「生物多樣性評估指標」為基準，參酌彭國棟（2001）「生態水池規劃設計基本原則」與凌德麟、吳宗憲（2002）之「生態教育園棲地規劃設計綜合原則」之研究，並考量校園環境的實際特性，擬就校園生物多樣性評估指標細項後，分別送請環境政策、生命科學與建築專長的三位學者專家，協助審視指標細項內容與配分的適切性與完整性，以建立專家表面效度，完成「校園生物多樣性評估表」。校園生物多樣性評估表內容分為生態綠網、小生物棲地、植物多樣性等（如附錄一）。

二、國小校園生物多樣性基準值之制訂

每個學校是否達到國小校園生物多樣性的標準，需看學校的所在位置而給予適合的標準分數以檢定該校是否合格。位在都市的學校標準值最低，而在環境敏感區與山坡地的學校其標準值最高。參考林憲德(2002)對各評估對象所設定之基準值，及考量本研究「校園生物多樣性評估表」之內容項目及總分之差異，加以重新計算，設定合宜本研究的基準值，如附錄二。

三、評分者信度

為建立評分者信度，研究者邀請兩位具有生物背景，對於生物多樣性

具有基本經驗與知識的碩士畢業生為共同評分者，依據校園生物多樣性評估表，三人分別對同一所國民小學進行評分，並進行 Kendall 和諧係數之分析，結果顯示和諧係數值為 0.96， $p < 0.05$ ，代表研究者使用「校園生物多樣性」評估表對於校園加以評分，具有相當的信度。

四、研究樣本

本研究以新竹縣市 114 所國小為研究母群體，將各國小依海拔高度、學校面積、學校班級數等因子加以分層，採比例分層取樣方式，共選取 29 所學校，其中海拔 200 公尺以下之平原地區學校 22 所，海拔 200 公尺以上丘陵山坡地區學校 7 所；面積 9000 平方公尺以下學校 4 所、9000~18000 平方公尺學校 9 所、18000~27000 平方公尺學校 10 所、27000 平方公尺以上學校 6 所；智類學校 11 所、仁類學校 4 所、勇類學校 14 所。

五、資料統計分析

以 SPSS10.0 視窗版進行處理，首先計算各校生物多樣性之總分、標準差與平均數，以瞭解新竹地區國小校園生物多樣性分佈狀況，而後再用單因子變異數分析、t 檢定、Kruskal-Wallis 檢定，以檢測各校生物多樣性狀況是否會因學校班級數、校園面積、建校歷史、海拔高度、每位學生擁有的空地面積及每位學生擁有的綠地面積之不同而有所差異。

研究結果

本研究之進行，首先經由縝密的程序釐定出適合本研究目的之「國小校園生物多樣性評估表」，而後使用此表評估新竹縣市 29 個國民小學校園環境之生物多樣性狀況，以了解其是否達生物多樣性之標準，並加以比較。所得結果如下：

一、生物多樣性細項各國小實地調查結果

(一) 各校總綠地面積比之調查

本研究所指之綠地面積是全校校地面積扣除校舍、運動場、停車場和無綠化之空地等面積所得，由表 1 可知，有 51.72% 之學校其綠地面積高達總面積 50% 以上，另有 37.93% 學校其綠地面積是在大於 40% 小於 50% 的狀況，總計約有九成的學校具有足夠綠地面積，僅近一成學校綠地極為缺乏而無法在此項目得分。

表1 各校總綠地面積比之統計資料

總綠地面積比	個數	所佔比例(%)	平均分數
$50\% \leq A_x$	15	51.72	35
$40\% \leq A_x < 50\%$	11	37.93	30
$30\% \leq A_x < 40\%$	0	0	0
$25\% \leq A_x < 30\%$	1	3.44	20
$15\% \leq A_x < 25\%$	0	0	0
$A_x < 15\%$	2	6.89	0
總數	29		30.17

(二) 各校週邊緣地系統之調查

表2顯示有41.37%的學校有與周邊綠地系統連結，歸納各校與週邊緣地連接的情形有：(1)以路直接區隔校園，沒有任何形式的圍牆，路旁為自然的植物牆，植物密度高可防止學生進入校外綠地；(2)以網狀鐵絲作為區隔校園與防止進入校外綠地；(3)以欄杆當圍牆再以灌木性綠籬綠化。而其他阻隔學校綠地與校外綠地連結者，大部分皆是使用水泥牆區隔，因此阻斷地面生物來往的通道。

表2 各校之週邊緣地系統連結情形

週邊緣地系統	依實際連結狀況	所佔比例(%)	依連接長度與校園週邊比例	所佔比例(%)
得分個數	12	41.37	12	41.37
未得分個數	17	58.62	17	58.62

(三) 各校區內綠地系統之調查

此項目以校內綠地系統之連接狀況是否良好為評估規準，調查中主要以具有多種類植物或大面積的綠地為校園中的綠色區塊，連接區塊的廊道大部分以行道樹較多，其次為長條型的綠化花圃。得5分和3分者為綠地分布狀況較為良好，得1分和0分者其狀況較為不良。調查結果發現近四成學校之綠地分布狀況較為良好，然卻有六成的學校需要多增加綠地空間及連結(表3)。

表3 各校區內綠地系統之調查情形

得分	個數	所佔比例
5	4	13.79
3	7	24.13
1	13	44.82
0	5	17.24
平均分數	1.86	

(四) 各校水域生物棲地之調查

經過調查發現有 16 所學校設有水池，佔 55.18%，水池的設計又可區分為三種，生態池、水生植物池和一般水池。一般水池是指無使用狀態、無穩定的自然生態或僅飼養觀賞用魚者；水生植物池為水泥或瓷磚池底、垂直堤岸、形狀是平整之四方形或圓形居多且無多孔隙空間，池中培養許多水生植物；生態池則具有穩定的生態、形狀不規則、具多孔隙、以及週邊為自然或人工植栽環境等，較能為生物提供棲息環境，較具生態價值，然表 4 顯示，真正具有生態池模式者僅有 10.34%，所以生態池在小學校園中並不普遍。

表 4 各校水池之調查情形

種類	生態池	水生植物池	一般水池	皆無
學校數目	3	6	7	13
所佔比例(%)	10.34	20.68	24.13	44.82

(五) 各校混合密林之調查

混合密林其面積須達 60 平方公尺以上，方得以接受評估。在調查的 29 所樣本中僅有 8 所學校具有此條件，其中有兩所學校保留原有林地；有兩所學校在校園內設有大面積的人造林地，擁有多種樹種，具高密度的種植，覆蓋率達九成以上；另有四所學校其人造林地密度較低，綠覆蓋率也較低，在七成以下（如表 5）。

表5 各校之混合密林各項之調查情形

項 目	得分	個數	所佔比例(%)
原有林地	8分	2	6.89
人造林，覆蓋率達九成	4分	2	6.89
人造林，覆蓋率達七成	2分	4	13.79
人造林，覆蓋率未達七成	0分	21	72.41

(六) 各校雜生灌木草原之調查

雜生灌木草原之判斷評分，主要以草的生長高度和雜生狀況來判斷學校整理的頻率與是否為自然生長；人的進出情況則以是否被人走出路徑作為判斷準則。結果如表6所示，可得三類結果，其中以有整理，多人進出，比率最高，佔86.2%。

表6 各校雜生灌木草原之調查情形

項 目	得分	個數	所佔比例(%)
自然生長，少人進出	5	3	10.34
自然生長，多人進出	3	0	0
有整理，少人進出	1	1	3.44
有整理，多人進出	0	25	86.2

(七) 各校生態邊坡與圍牆之調查

此項目是評估校園的邊坡與圍牆是否屬多孔隙、有植物攀爬、適合生物生存的生態型邊坡；若校園全部邊坡或圍牆都為水泥填滿，沒有空隙讓生物生長，則不為生態型邊坡。由表7可知，具生態型邊坡的學校有9所，佔31%，而不具有生態性的圍牆與邊坡的學校則高達68.96%。

表7 各校生態邊坡調查情形

項 目	得分	個數	所佔比例(%)
7成以上屬於生態型	4	4	13.79
5成以上屬於生態型	3	2	6.89
3成以上屬於生態型	2	2	6.89
1成以上屬於生態型	1	1	3.44
無生態型	0	20	68.96

(八) 各校濃縮自然之調查

此項環境的製作乃是在校園綠地中一角落，堆置枯木、亂石、堆肥小丘…等，製作多孔隙小生物棲地，以自然吸引小動物的聚集。此項之得分標準是以面積的大小作為評分依據，以10平方公尺作為各項得分之間距。由表8可知調查樣本中有高達一半的學校有設置此種的區域。

表8 各校濃縮自然之調查情形

項 目	得分	個數	所佔比例(%)
30平方公尺以上	3	8	27.58
20~30平方公尺	2	1	3.44
10~20平方公尺	1	6	20.68
10平方公尺以下	0	14	48.27

(九) 各校喬木種類之調查

調查學校的校地面積都小於5公頃，只要達到15種以上的喬木數便可以得到3分，由表9可知在樹木種類達到15種以上的學校佔有86.2%。

表9 各校喬木種類數之調查情形

項 目	得分	個數	所佔比例(%)
$T_n \geq 15$	3	25	86.2
$15 \geq T_n \geq 10$	2	3	10.34
$T_n \leq 9$	0	1	3.44

註： T_n 為喬木種類數

(十) 各校灌木種類之調查

由表10可知樣本學校之灌木種類數最少也有8種以上，每所學校皆能得取2分或3分。

表10 各校灌木種類數之調查情形

項 目	得分	個數	所佔比例(%)
$B_n \geq 13$	3	19	65.51
$13 \geq B_n \geq 8$	2	10	34.48
$B_n \leq 7$	1	0	0

註： B_n 為灌木種類數

(十一) 各校原生植物、誘蝶誘鳥植物綠化之調查

此調查項目結果顯示有76%的學校得分，但卻僅有27.57%的學校具有六成以上屬原生、鄉土、誘鳥誘蝶植物的綠地面積，顯示校園中主要仍以種植園藝觀賞用植栽為主，仍需多注意多採用原生、鄉土、誘鳥誘蝶植物。

表11 原生植物、誘蝶誘鳥植物綠化之調查情形

項 目	得分	個數	所佔比例(%)
八成以上綠地面積為原生、鄉土、誘鳥誘蝶植物	5	1	3.44
六成以上綠地面積為原生、鄉土、誘鳥誘蝶植物	3	7	24.13
三成以上綠地面積為原生、鄉土、誘鳥誘蝶植物	1	14	48.27
三成以下綠地面積為原生、鄉土、誘鳥誘蝶植物	0	7	24.13

(十二) 各校多層次雜生混種之調查

此項目評估標準為使用不同樹種、不同高低喬木、灌木、草花、蔓藤混種的園藝，盡量做最少的修剪管理的狀況。由表12顯示，僅17.24%調查學校之多層次雜生混種綠化地未達該校綠地的一成，高達75.85%學校的綠地有一至五成的多層次雜生混種綠化，少數的6.89%學校其綠地有五成以上是屬雜生混種綠化。

表12 各校多層次雜生混種之調查情形

項目	得分	個數	所佔比例(%)
五成以上綠地面積為多層次雜生混種綠化	5	2	6.89
三成以上綠地面積為多層次雜生混種綠化	3	7	24.13
一成以上綠地面積為多層次雜生混種綠化	1	15	51.72
綠地面積未達一成為多層次雜生混種綠化	0	5	17.24

依據上述結果分析各項得分狀況，可由表13得知，此29所國小校園得分率較高的項目為灌木種類(100%)、喬木種類(96.55%)和總綠地面積比(93.10%)。較高滿分比亦為喬木種類(93.1%)、灌木種類(88.5%)和總綠地

面積(86.2%)三項，顯示小學校園內綠地面積和植物種類方面是足夠。

水域生物棲地、雜生灌木草原和混合密林此三項為較低得分率和滿分比，顯示小學校園環境較少設置此三樣的環境，因此需要多加宣導與適當輔助此三種環境之設置。

表 13 國小生物多樣性之各細項得分、個數與百分比

	生態綠網			小生物棲地					植物多樣性				
	總綠地面積面積比	週邊綠地系統一	週邊綠地系統二	區內綠地系統	水域生物棲地	混合密林	雜生灌木草原	生態邊波與圍牆	濃縮自然	喬木種類	灌木種類	原生、誘蝶誘鳥	多層次雜生混種
得分個數	27	10	11	24	3	8	4	8	15	28	29	22	24
無得分個數	2	19	18	5	26	21	25	21	14	1	0	7	5
得分率(%)	93.10	34.48	37.93	82.75	10.34	27.58	16	38.09	51.72	96.55	100	75.86	82.75
總平均(滿分)	30.17 (35)	0.897 (5)	1 (5)	1.828 (5)	0.465 (6)	1.103 (8)	0.551 (5)	0.862 (4)	1.069 (3)	2.793 (3)	2.655 (3)	1.379 (5)	1.586 (5)
佔滿分比	86.2	17.9	20	36.5	7.7	13.7	11	21.5	35.6	93.1	88.5	27.5	31.7

二、新竹地區國小校園生物多樣性現況及比較

(一) 各國小生物多樣性狀況

新竹縣市29所國民小學校園生物多樣性經實地評估，得分情形如表14所示，明顯可見，總分100分，此29所學校所得分數多數集中於30至59分之間。

表14 新竹縣市29所國小校園生物多樣性得分情形

分數範圍	0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89
個數	2	0	0	8	6	10	1	1	1

依據新竹市政府地政局與新竹縣都市計畫書找出各小學之位置所屬區域，並對照找出各校基準值，整理出各學校之生物多樣性現況，如表15。

位於山坡地之學校共有5所，其中有4所學校達生物多樣性基準值，達標準比為80%；位於都市計畫範圍內之學校共有10所，達基準值的有8所，達標準比亦為80%；位於區域計畫範圍內之學校共有14所，達基準值者僅有6所，達標準比只有43%。整體而言，在29所國民小學中，達生物多樣性基準值的學校共有18所，佔62%，雖差強人意，然顯然的，其中位於區域計畫範圍內的學校是有待加強經營或特別輔導的。

表15 不同地區學校達生物多樣性基準值之個數

學校位置	A	D	E
校數	5	10	14
平均總分	58.1	46.1	42.93
達標準校數	4	8	6
達標準比例	0.8	0.8	0.43

註：A是學校位於環境敏感區或法定山坡地之基地；

D學校位於都市計畫範圍內基地；

E學校位於區域計畫範圍內基地

(二) 各國小校園生物多樣性狀況之比較

將學校之基本資料（班級數、校地面積、建校歷史、海拔高度、每位學生擁有的平均空地面積、每位學生擁有的平均綠地面積等）與學校生物多樣性得分經由描述性統計與變異數分析，以了解各校校園生物多樣性得分是否會因學校狀況之不同而有所差異。

1. 班級數與生物多樣性

樣本學校依據班級數分四類，分別為12班以下、13-24班、

25-36班和37班以上，由描述性統計(表16)顯示生物多樣性分數最高為12班以下的學校，平均分數49.57；最低為13-24班的學校，平均分數為35.63

表 16 班級數與生物多樣性分數之描述性統計

細項目	個數	平均數	標準差	標準誤
12班以下	15	49.57	21.79	5.62
13-24班	3	35.63	3.05	1.76
25-36班	7	44.28	6.60	2.49
37班以上	4	45.75	7.08	3.54

以單因子變異數分析(表17)，結果 $F=0.32$ ， $P=0.81>0.05$ ，顯示校園生物多樣性狀況不會因為班級數的不同而有明顯的差異。

表 17 班級數與生物多樣性分數之單因子變異數分析

項目	平方和	自由度	平均平方和	F值	顯著性	
	組間	267.78	3	89.26		
班級數	組內	7080.07	25	283.20	.32	.81
	總和	7347.86	28			

* $P<0.05$ 達顯著差異

2. 校地面積與生物多樣性

本研究之校地面積區分為9000平方公尺以下、9000-18000平方公尺、18000-27000平方公尺和27000平方公尺以上四個項目，經由描述性統計分析(表18)，27000平方公尺以上之學校其生物多樣性分數最高，平均分數為53.07，依序隨著校地面積越小分數越低，分數最低為9000平方公尺以下之學校，平均分數為40.88。

表 18 校地面積與生物多樣性分數之描述性統計

細項目	個數	生物多樣性平均數	標準差
9000平方公尺以下	4	40.88	25.61
9000-18000平方公尺	9	41.50	16.28
18000-27000平方公尺	9	44.89	6.07
27000平方公尺以上	7	53.07	18.95

以單因子變異數分析(表19)比較各型學校之生物多樣性平均分數，結果顯示 $F=0.73$ ， $P=0.54>0.05$ ，表示生物多樣性狀況不會因為校地面積大小

之不同而有明顯的差異。

表 19 校地大小與生物多樣性分數之單因子變異數

項目	平方和	自由度	平均平方和	F 值	顯著性
校地大小 組間	596.16	3	198.72		
組內	6751.71	25	270.07	0.73	0.54
總和	7347.86	28			

*P<0.05 達顯著差異

3. 建校歷史與生物多樣性

本研究將各校之建校歷史區分為0-29年、30-59年、60-89年和90年以上四個類別，經由描述性統計分析(表20)，30-59年之學校其生物多樣性分數最高，平均為57.75；分數最低為90年以上之學校，平均分數為38.00。

表 20 建校歷史與生物多樣性分數之描述性統計

細項目	個數	平均數	標準差
0-29年	2	49.00	2.83
30-59年	11	57.75	9.60
60-89年	13	39.88	19.35
90年以上	3	38.00	8.18

以單因子變異數分析(表21)比較各型學校之生物多樣性平均分數，結果顯示 $F=2.68$ ， $P=0.068>0.05$ ，顯示生物多樣性分數不會因為建校歷史長短不同而有明顯的差異。

表 21 建校歷史與生物多樣性分數之單因子變異數

項目	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	1790.78	3	596.93		
組內	5557.07	25	222.28	2.68	.068
總和	7347.86	28			

4. 海拔高度與生物多樣性

本研究將學校位置區域以海拔200公尺為區分點，因此樣本區分海拔200公尺以上與海拔200公尺以下二個項目，經由描述性統計分析(表22)，海拔200公尺以下之學校其生物多樣性分數較高，平均為47.75；海拔200公尺以上分數較低，平均為42.93。

表 22 學校海拔高度與生物多樣性分數之描述性統計

細 項 目	個數	生物多樣性平均數	標準差
海拔 200 公尺以下	22	47.75	11.92
海拔 200 公尺以上	7	42.93	19.18

以獨立樣本 t 檢定比較兩類學校之生物多樣性平均數，結果如表 23，結果顯示， $t=-1.07$ ， $P=0.29>0.05$ ，顯示生物多樣性狀況不會因為學校海拔高度不同而有顯著的差異。

表 23 學校海拔高度與生物多樣性分數之單因子變異數

	變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定				
	F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)	平均差異	標準 誤差異
得分	2.57	.12	-1.07	27	.29	-6.42	6.01

5. 每位學生擁有的空地面積與生物多樣性

本研究將學校空地面積平分於該校之學生人數，將樣本區分 0-29 平方公尺、30-59 平方公尺、60-89 平方公尺和 90 平方公尺以上四個類別，經由描述性統計分析(表 24)，90 平方公尺以上之學校其生物多樣性分數最高，平均為 56.29；30-59 平方公尺之學校分數最低，平均為 36.83。

表 24 每位學生擁有的空地面積與生物多樣性分數之描述性統計

細 項 目	個數	生物多樣性平均數	標準差
0-29 平方公尺	12	42.33	5.84
30-59 平方公尺	3	36.83	6.79
60-89 平方公尺	7	42.86	17.57
90 平方公尺以上	7	56.29	24.63

以單因子變異數分析(表 25)比較各型學校之生物多樣性平均分數，結果顯示 $F=1.34$ ， $P=0.28>0.05$ ，表示生物多樣性狀況不會因為每位學生擁有的空地面積大小不同而有明顯的差異。

表 25 每位學生擁有的空地面積與生物多樣性分數之單因子變異數

項目		平方和	自由度	平均平方和	F 值	顯著性
每位學生擁有的空地面積	組間	1018.314	3	339.438	1.34	0.284
	組內	6329.548	25	253.182		
	總和	7347.862	28			

6. 每位學生擁有的綠地面積與生物多樣性

本研究將學校綠地面積平分於該校之學生人數，將樣本區分 0-19 平方公尺、20-39 平方公尺、40-59 平方公尺、60-79 平方公尺和 80 平方公尺以上五個類型，經由描述性統計分析(表 26)，80 平方公尺以上之學校其生物多樣性分數最高，平均為 70.63；再者為 40-59 平方公尺之學校，平均為 54.00；20-39 平方公尺者，平均為 39.25；0-19 平方公尺者，平均為 38.96；60-79 平方公尺者，平均為 37.17，結果顯示後三種類型學校之分數偏低。

表 26 每位學生擁有的綠地面積與生物多樣性分數之描述性統計

細項目	個數	生物多樣性平均數	標準差
0-19 平方公尺	14	38.96	11.11
20-39 平方公尺	4	39.25	3.95
40-59 平方公尺	4	54.00	2.58
60-79 平方公尺	3	37.17	25.71
80 平方公尺以上	4	70.63	11.54

由於同質性檢定結果有顯著性差異，不符合單因子變異數分析基本假設之規定，故改用無母數 Kruskal-Wallis 檢定(表 27)比較各型學校之生物多樣性平均數，結果顯示 $\chi^2=15.53$ ， $P=0.004<0.05$ 達顯著差異，經事後比較顯示 80 平方公尺以上的學校之生物多樣性得分明顯高於 0-19 平方公尺和 20-39 平方公尺者。

表 27 每位學生擁有的綠地面積與生物多樣性分數之 Kruskal-Wallis 檢定

每位學生平均綠地	個數	等級平均數	卡方	自由度	漸進顯著性
0-19 平方公尺	14	11.07			
20-39 平方公尺	4	9.50			
40-59 平方公尺	4	23.00	15.53	4	0.004*
60-79 平方公尺	3	14.67			
80 平方公尺以上	4	26.50			

* <0.05 達顯著差異

結論與建議

一、結論

(一) 國小校園生物多樣性評估表

國小校園生物多樣性評估表主要是詳細的規範細項目，能具體且完整的評估國民小學校園環境，以評斷其是否具有生物多樣性。

此評估表主要分為生態綠網、小生物棲地和植物多樣性三大類，在生態綠網方面細分總綠地面積比、週邊緣地系統和區內綠地系統，著重於校園的綠地面積大小、與校外之綠地是否有良好的連結以及校內綠地的各部連結狀況；小生物棲地方面，細分為水域生物棲地、綠塊生物棲地和多孔隙生物棲地，分別評估三種不同環境是否具有適合小生物生存的條件；植物多樣性方面，細分基地內喬木、灌木或藤蔓種類、原生植物與誘蟲誘鳥植物綠化和多層次雜生混種綠化等四細項，主要對植物方面做細緻的評分，檢視植物的種類數是否足夠、植物是否具有適地適種，以及有無注重綠地多層次的配置。

(二) 新竹地區校園生物多樣性狀況

1. 新竹地區位於山坡地和都市計畫區內之學校達生物多樣性基準值比較高，而學校位於區域計畫區內者達生物多樣性基準值比較低。推測其原因也許是山坡地學校本身先天的環境條件，而都市計畫區內學校則因位於市區，早經經營規畫，資源較多。故對於處在過渡的區域計畫區內學校，應督促加強規畫、努力經營，並提供特別的輔導與資源，俾使能朝向生物多樣性環境改變。
2. 新竹地區國小校園生物多樣性狀況會因每位學生擁有的綠地面積不同而不同，擁有的綠地面積較大者，校園生物多樣性通常較高，但

不會因學校班級數、校園面積、建校歷史、海拔高度、每位學生擁有的空地面積之不同而有所差異，此結果推測其原因可能是因樣本數太小而分類又多，在差異不是很大的狀況下，故無法顯現推論統計上的顯著性意義。

(三) 校園生物多樣性實地調查狀況

1. 生態綠網

新竹縣市國小校園綠地平均面積達總校地面積比40%以上，校園平均綠化良好，但平均校內綠地之間的連結有待加強，可多設置花圃和行道樹加強連結狀況。週邊綠地系統方面，過半數學校未能與週邊綠地有連結，且連結長度比例狀況平均來說偏低，因此校園的週邊與校外綠地連結部分可考慮捨棄堅實的水泥圍牆，改採用綠籬或欄杆代替。

2. 小生物棲地

水域生物棲地、混合密林和雜生灌木草原此三類項目在學校並不普遍。水域生物棲地的建造在小學環境中仍不足，大部分學校僅建造出能提供水生植物以及水生動物生存的環境，而忽略了具生態功能的生態池，因此學校在建造水池之前需考量建造真正具有生態功用的水池，避免只建造養殖水生植物或動物的池子。

3. 植物多樣性

各校植物種類數目以喬木、灌木最豐富，但原生、誘鳥誘蝶植物種類的比例則偏低，可見學校雖重視校園美觀卻往往種植大量觀賞用的外來種園藝植物。以多層次配置之綠地大致存在每所學校，只是其面積佔總綠地面積百分比卻相當低，顯示學校應加強重視綠鋪面多層次種植，避免綠地中種植大面積的單一種類植物。

二、建議

(一) 給學校行政者的建議

永續校園的發展，強調校園的綠美化及綠建築的營造，生物多樣性環境的創造，正符合此一要求，因此現有學校應逐漸朝向此方向改善校園環境。對於學校環境的施作建議如下：水泥圍牆雖有維護校園安全的功用，卻也阻斷了生物往來的路徑，若能改以植栽方式配置，不但能達阻擋校外人士輕易入侵校園之效果，同時也能增加綠地間生物的交流；植栽方面以當地原生植物為主要栽種對象，且多種植當地

動物的食材以吸引生物的到來；綠地植物中規劃林地與草原地使之能自然生長與運作，成為長效性的生物棲地；邊坡的設置採用多孔隙之材質，避免使用水泥填縫。諸如此類，採用自然且生態方式管理環境，便可擁有生物多樣性之校園。

(二) 給後續研究者的建議

本研究只針對校園評估生物多樣性環境，因人力和時間限制而未調查生物量之狀況，建議後續研究可利用評估表調查環境中生物種類和生物量之實際狀況，以給予生物多樣性環境因子更多回饋與建議。此外，比較同一地區達生物多樣性基準值的校園與未達生物多樣性基準值之校園其學生對於生物多樣性知識方面的廣度與深度的差異，及調查教師在教導生物多樣性及永續發展相關課程時，運用校園生物多樣性資源的狀況及教學方式，以印證校園生物多樣性對於教學之重要。

參考文獻

一、中文部分

- 井手久登（賴明洲等譯）（1993）。**綠地保全的生態學**。台北：淑馨出版社。
- 林立韙（1999）。綠地空間系統連接設計之初探。**中國工商學報**，21，303-331。
- 林憲德（2002）。**綠建築解說與評估手冊2003更新版**。內政部建築研究所。
- 凌德麟、吳宗憲（2002）。台灣低海拔地區生態教育園棲地規劃設計之研究。**科學農業**，50(5,6)，259-272。
- 郭瓊瑩（1997）。如何自環境綠化建構生態都市之基盤。**造園季刊**，23，10-15。
- 陳富強（2003）。綠建築評估指標於南投縣921重建之國民小學之應用。**2003環境教育學術研討會論文集**，521-527。
- 彭國棟（2001）。如何營造有生命力的生態水池。**自然保育**，35（3），6-10。
- 趙榮台（1999）。生物多樣性保育趨勢。**科學月刊**，30（6），471-473。
- 趙羿、賴明洲、薛怡珍（2003）。**景觀生態學理論與實務**。台北市：

地景。

顏佩雯（2003）。以景觀生態學角度探討校園環境規劃設計-以新竹市為例。2003環境教育學術研討會論文集，599-604。

蘇泰瑞（2004）。綠建築生態指標群運用於台中市國民小學之評估研究。逢甲大學：台中。

二、英文部分

Petra, L. M., (2002). The influence of an educational program on children's perception of biodiversity. *The Journal of Environmental Education*, 33(2), 22-32.

附錄

附錄一 國小生物多樣性評估表

大分類	小分類	說明	最高得分Xi					
生態綠網	總綠地面積比	$50\% \leq Ax$	35分					
		$40\% \leq Ax < 50\%$	30分					
		$30\% \leq Ax < 40\%$	25分					
		$25\% \leq Ax < 30\%$	20分					
		$15\% \leq Ax < 25\%$	10分					
		$Ax < 15\%$	0分					
	週邊綠地系統	校園週邊與週邊外綠地系統且未被30公尺以上道路、封閉圍牆或設施物截斷，使用兩種評估方式做給分準則：						
		分數	A<9000m ²	9000<A<18000	18000<A<27000	27000<A<36000	36000<A<45000	45000<A
		5	達300m	達400m	達500m	達600m	達700m	達800m
		4	達250m	達350m	達450m	達550m	達650m	達750m
		3	達200m	達300m	達400m	達500m	達600m	達700m
		2	達150m	達250m	達350m	達450m	達550m	達650m
		1	未達150m	未達250m	未達350m	未達450m	未達550m	未達650m
		0	完全截斷	完全截斷	完全截斷	完全截斷	完全截斷	完全截斷
		A: 校地面積(平方公尺)						
		(2)						
	a. 校園週邊皆是良好連結且未被截斷者可得5分							
	b. 校園週邊達3/4未達4/4有良好連結且未被截斷者可得4分							
c. 校園週邊達2/4未達3/4有良好連結且未被截斷者可得3分								
d. 校園週邊達1/4未達2/4有良好連結且未被截斷者可得2分								
e. 校園週邊未達1/4但有良好連結且未被截斷者可得1分								
f. 校園週邊完全截斷者不予給分								
區內綠地系統	基地內綠地連貫性良好且未被30公尺以上道路或設施物截斷							
								
	棲地分佈集中，得5分	棲地分佈較近，部分生物可自由移動，得3分	棲地分佈較遠，但有廊道連接，得1分	棲地分佈零散，且無廊道連接，得0分				

小生物棲地	水域生物棲地	(1) 水池、溪流底質為泥土、碎石、小卵石為主，且有深淺不一之設計 (2) 池中植栽依不同水深，栽植原生之濕生、挺水、沈水及浮葉等植物 (3) 基地內邊緣形狀採用曲線，並盡可能複雜化 (4) 聯外邊緣形狀以曲線化為原則，或植栽能以自然式配置 (5) 邊緣結構採用密林帶；可局部與鄰接地呼應 (6) 有5小時以上的日照與適當的遮陰 (7) 有保育區、緩衝區及活動區之設置，避免生物通道被截斷 (8) 地形設計有明顯的起伏變化 (9) 水源採用地下水、循環水、或雨水回收 (10) 水岸採用礫石、沙、土及水生植物等自然素材，布置成多孔隙生態空間 (11) 園路以透水材質為鋪面 (12) 栽植當地潛在植被，或可適應其環境之原生植物，並允許當地植物自然入侵	6分
-------	--------	--	----

附錄一 國小生物多樣性評估表(續)

大分類	小分類	說明	最高得分 Xi
小生物棲地	綠塊生物棲地	多層次、多種類、高密度之喬木、灌木、地被植物混種之密林面積 60 m ² 以上，最好被隔離而少受干擾 (1) 原有林地得 8 分 (2) 人造林具有明顯的三個層次，且覆蓋率達九成得 5 分 (3) 人造林具有明顯的三個層次，且覆蓋率達七成得 2 分 (4) 人造林不具有明顯三個層次，且覆蓋率未達七成者 0 分 (註：明顯三個層次者是同時有喬木、灌木與地被植物組成；不具明顯三個層次則是僅喬木與灌木或喬木與地被植物)	8分
	雜生灌木草原	當地原生雜草、野花、小灌木叢生的自然綠地面積 60 m ² 以上，少灌溉，少修剪，最好被隔離而減少受干擾 (1) 自然生長，少人進出者可得 5 分 (2) 自然生長，多人進出者可得 3 分 (3) 有整理，少人進出者可得 1 分 (4) 有整理，多人進出，0 分	5分

小生物棲地	多孔隙生物棲地	生態邊坡與圍牆	<p>基地邊坡與圍牆以多孔隙材料疊砌而成，且不以水泥填縫，並有植生攀附，或圍牆以透空綠籬做成，視其比例斟酌給分</p> <p>(1) 7成以上之邊坡與圍牆是屬於生態邊坡或圍牆者得4分</p> <p>(2) 5成以上之邊坡與圍牆是屬於生態邊坡或圍牆者得3分</p> <p>(3) 3成以上之邊坡與圍牆是屬於生態邊坡或圍牆者得2分</p> <p>(4) 1成以上之邊坡與圍牆是屬於生態邊坡或圍牆者得1分</p> <p>(5) 無邊坡與圍牆是屬於生態邊坡或圍牆者得0分</p>	4分
		濃縮自然	<p>在隱蔽綠地中堆置枯木、薪材、亂石、瓦礫、空心磚、堆肥的生態小丘，或其他人造成高密度、多孔隙動物棲地，最好被隔離而少受干擾，視其面積給分</p> <p>(1) 30平方公尺以上者可得3分</p> <p>(2) 20~30平方公尺者可得2分</p> <p>(3) 10~20平方公尺者可得1分</p> <p>(4) 10平方公尺以下者可得0分</p>	3分
植物多樣性	基地內喬木種類 Tn (三棵以上喬木認定為一樹種)	<p>基地小於 5 公頃者，$Tn \geq 15$ 得 3 分；$15 \geq Tn \geq 10$ 得 2 分；$Tn \leq 9$ 得 0 分</p> <p>基地 5~10 公頃者，$Tn \geq 25$ 得 3 分；$25 \geq Tn \geq 15$ 得 2 分；$Tn \leq 14$ 得 0 分</p> <p>基地大於 10 公頃者，$Tn \geq 35$ 得 3 分；$35 \geq Tn \geq 25$ 得 2 分；$Tn \leq 25$ 得 0 分</p>	3分	
	基地內灌木或蔓藤種類 Bn	<p>基地小於 5 公頃者，$Bn \geq 13$ 得 3 分；$13 \geq Bn \geq 8$ 得 2 分；$Bn \leq 7$ 得 0 分</p> <p>基地 5~10 公頃者，$Bn \geq 18$ 得 3 分；$18 \geq Bn \geq 13$ 得 2 分；$Bn \leq 12$ 得 0 分</p> <p>基地大於 10 公頃者，$Bn \geq 24$ 得 3 分；$24 \geq Bn \geq 19$ 得 2 分；$Bn \leq 18$ 得 0 分</p>	3分	
	原生植物、誘鳥誘蟲植物綠化	<p>八成以上綠地面積為原生植物、鄉土植物或誘鳥誘蝶植物綠化得 5 分</p> <p>六成以上綠地面積為原生植物、鄉土植物或誘鳥誘蝶植物綠化得 3 分</p> <p>三成以上綠地面積為原生植物、鄉土植物或誘鳥誘蝶植物綠化得 1 分</p> <p>綠地面積未達三成為原生植物、鄉土植物或誘鳥誘蝶植物綠化不得分</p>	5分	

植物多樣性	多層次雜生混種綠化	五成以上綠地面積為多層次雜生混種綠化得5分 三成以上綠地面積為多層次雜生混種綠化得3分 一成以上綠地面積為多層次雜生混種綠化得1分 綠地面積未達一成為多層次雜生混種綠化不得分	5分
土壤生態	表土保護	在生態條件良好的山坡地、農地、林地、保育地之基地新開發案中，對於原有表土層50cm土壤有適當堆置、養護並再利用者	3分
	有機園藝	全面禁用農藥、化肥、殺蟲劑、除草劑，並採用堆肥、有機肥料栽培	5分

附錄二 各種環境下之校園生物多樣性基準值

評估對象		原基準值	修改後基準值
A	位於環境敏感區或法定山坡地之基地	60分	53.59
B	位於海岸區域之基地	50分	44.65
C	位於都市計畫農業區、風景區、特定專用區之基地	55分	49.11
D	位於上述以外之都市計畫範圍內基地	45分	40.18
E	位於上述以外之區域計畫範圍內基地	50分	44.65