

出國報告（出國類別：其他）

出席 2013 年第四屆種子生態學
國際研討會出國報告書

服務機關：行政院農業委員會林業試驗所

姓名職稱：簡慶德 研究員

陳舜英 助理研究員

派赴國家：大陸

出國期間：102 年 6 月 22 日至 102 年 7 月 3 日

報告日期：102 年 9 月 2 日

摘要

2013 年第四屆種子生態學國際研討會(Seed Ecology IV 2013)已於 101 年 6 月 22 日至 101 年 7 月 1 日在大陸瀋陽市舉行。本屆國際研討會是由國際種子科學學會(ISSS; International Society for Seed Science)、中國科學院應用生態研究所(IAE; Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences)和中國國家自然科學基金會(NSFC; National Natural Science Foundation of China)共同主辦。會議分為六大主題：(一)種子生態演化學；(二)種子散佈；(三)種子庫；(四)種子發芽與休眠；(五)種子壽命與儲藏；(六)種子生態、生態多樣性保育與復育。本屆研討會共有 24 個國家 164 位學者和研究人員參加，發表論文合計 132 篇。會議中我們分別以海報方式發表「台灣南部(熱帶)和北部(亞熱帶)呂宋莢蒾種子休眠與發芽/Dormancy and germination in seeds of *Viburnum luzonicum* from southern (tropical) and northern (subtropical) Taiwan」(簡慶德)，和「低溫層積處理對鐘萼木種子發芽之效應/Effect of cold stratification on seed germination of *Bretschneidera sinensis* (Bretschneideraceae)」(陳舜英)的研究成果。

關鍵詞：種子發芽，種子休眠，呂宋莢蒾，鐘萼木，低溫層積處理，種子生態。

目次

摘要	1
目的	3
參加會議過程	4
與會心得	6
考察參觀活動	13
建議事項	19

出席國際學術會議心得報告

計畫編號	NSC 100-2313-B-054-001-MY3 NSC 101-2313-B-054-004-MY3
計畫名稱	林木種子休眠與代謝產物關係之研究 台灣原生植物種子結構休眠與機制之研究
出國人員姓名 服務機關及職稱	簡慶德 行政院農業委員會林業試驗所 研究員 陳舜英 行政院農業委員會林業試驗所 助理研究員
會議時間地點	101 年 6 月 22 日至 101 年 7 月 1 日，大陸瀋陽
會議名稱	第四屆種子生態學國際研討會 Seed Ecology IV 2013
發表論文題目	台灣南部(熱帶)和北部(亞熱帶)呂宋莢蒾種子休眠與發芽 Dormancy and germination in seeds of <i>Viburnum luzonicum</i> from southern (tropical) and northern (subtropical) Taiwan 低溫層積處理對鐘萼木種子發芽之效應 Effect of cold stratification on seed germination of <i>Bretschneidera sinensis</i> (Bretschneideraceae)

一、目的

「2013 年第四屆溫種子生態學國際研討會」是國際種子科學學會 (ISSS; International Society for Seed Science) 每三年召開一次的國際性大會，繼 2004 年在希臘 Rhodes、2007 年在澳洲伯斯，以及 2010 年在美國鹽湖城舉辦後，第四次舉辦的大型國際研討會。國際種子科學學會極具規模，為世界上種子相關科學方面的最大組織。本次國際研討會主辦單位是中國科學院應用生態研究所 (Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences) 和中國國家自然科學基金會 (National Natural Science Foundation of China)。研討會假大陸遼寧省瀋陽舉辦，以提供世界各國從事相關研究人員學術交流的機會。

本次研討會分為六個討論主題：(一)種子生態演化學 (evolutionary seed ecology)；(二)種子散佈 (seed dispersal)；(三)種子庫 (seed bank)；(四)種子發芽與休

眠(seed germination and dormancy)；(五)種子壽命與儲藏(seed longevity and storage)；(六)種子生態、生態多樣性保育與復育(seed ecology, biodiversity conservation and restoration)等。

本次會議的主要目的在於：(一)探討種子的演化及演化過程的不同逆境和干擾；(二)探討種子生態特性、族群形成及擴大之相關性；(三)探討種子生態特性與植物社會結構和植被變動間的關連性；(四)有性繁殖提供劣化生態系植被恢復的貢獻度；(五)天然和人為的因子如何影響種子的儲存；(六)如何善用種子生態學的知識來保護特有種、稀有種和瀕危植物。

會議是由國際種子科學學會(ISSS)召開，希望整合溫帶和熱帶地區研究種子的學者專家們，共同討論植物種子問題和解決之道。林業試驗所長期從事林木種子相關之研究，對以上會議議題確實有必要與會，以增廣知識，使未來的種子研究更有幫助。此外，參加會議除可獲知國際同業之研究成果，瞭解此領域的發展方向外，也可與國外研究人員彼此交流互動，對拓展視野及訂定未來研究方向有很大的助益。此次我們分別發表「台灣南部(熱帶)和北部(亞熱帶)呂宋莢蒾種子休眠與發芽/Dormancy and germination in seeds of *Viburnum luzonicum* from southern (tropical) and northern (subtropical) Taiwan」(簡慶德)和「低溫層積處理對鐘萼木種子發芽之效應/Effect of cold stratification on seed germination of *Bretschneidera sinensis* (Bretschneideraceae)」(陳舜英)的研究成果，並藉此難得的機會聽取其他學者專家的意見與建議，以為後續研究的參考。

二、參加會議經過

本屆會議共有 24 個國家 164 位相關的研究專業人員參加，包括台灣、中國大陸、韓國、印度、埃及、菲律賓、以色列、斯里蘭卡、沙烏地阿拉伯、阿爾及利亞、美國、巴西、澳洲、紐西蘭、希臘、英國、荷蘭、瑞典、波蘭、德國、西班牙、義大利、捷克共和國及新喀里多尼亞(New Caledonia)等。本屆研討會共發表 66 篇口頭報告(oral presentation)，66 篇海報張貼(poster presentation)。會議當中大

會特地安排一天的時間，參訪昆陽林業生態試驗站及瀋陽師範大學的考古學博物館。

我們在這次研討會中分別以海報發表論文，題目及論文摘要內容如下：

- (一) 台灣南部(熱帶)和北部(亞熱帶)呂宋莢蒾種子休眠與發芽(Dormancy and germination in seeds of *Viburnum luzonicum* from southern (tropical) and northern (subtropical) Taiwan)：灌木和小喬木之莢蒾屬樹種(忍冬科)在北半球約有 150 種。莢蒾屬種子皆有胚小，發育不完全胚，當胚根突破種皮之前此胚必須在種子內持續生長發育。二種莢蒾屬種子上胚軸形態生理休眠已被發表，即淺度和深度簡單上胚軸形態生理休眠，前者只需要暖溫(15°C)能使種子根和莖萌發，而後者需要暖溫使根萌發，低溫(0-10°C)使莖萌發。本研究目的是調查研究採自北部亞熱帶和南部熱帶臺灣的呂宋莢蒾(*Viburnum luzonicum*)種子發芽有沒有不同。結果發現呂宋莢蒾採自南北二地區種子最適宜的發芽溫度都是在 20/10°C，其次溫度在 15/5°C。南部種子放在 20/10°C 和 15/5°C 發芽溫度，20 週後發芽率分別為 88% 和 74%，而北部種子發芽緩慢，60 週後發芽率分別為 81% 和 38%。結果顯示比較北部亞熱帶呂宋莢蒾種子，南部熱帶的種子有較弱的休眠性。在模擬季節溫度發芽結果顯示，南部熱帶種子根萌發率在春天有 >20%，秋天增加到 >90%。然而，北部種子直到秋天才迅速萌發至 90%。呂宋莢蒾發育不完全胚必須增加至原胚的 3.6 倍，胚根才會突破種皮。GA₄ 而不是 GA₃ 能有效地促進種子發芽。因此，呂宋莢蒾種子依採收地點不同，有淺度簡單形態生理的休眠或淺度簡單上胚軸形態生理的休眠。
- (二) 低溫層積處理對鐘萼木種子發芽之效應/Effect of cold stratification on seed germination of *Bretschneidera sinensis* (Bretschneideraceae)：鐘萼木 (*Bretschneidera sinensis*) 是鐘萼木科單屬單一種落葉喬木，只稀疏分布在臺灣北部低海拔 1000 公尺以下瑞芳、侯硐、平溪、基隆一帶。為利用種子繁殖鐘萼木以做為未來保育之目的，我們研究鐘萼木種子休眠及發芽特性。結果發現鐘萼木種子在發芽箱 4 週後，發現低於 3% 種子發芽；10 週後在 20/10°C 和 15/5°C 溫度分別有 81% 和 45% 種子發芽，而其他 5 個溫度的種子發芽率皆低於 17%。5°C 低溫層積處理 8 週和 12 週，然後在 25/15°C 下發芽 4 週，顯著地

增加種子發芽率至 77%和 93%。因此，低溫層積處理是有效的增加鐘萼木種子發芽率，縮短種子發芽時間，且降低對不同溫度的敏感度。從種子繁殖角度來看，低溫層積處理 8 週能打破種子休眠，促進發芽。在此特別提到，新鮮橙紅色的外種皮和中種皮硬，很難去掉，導致種子在發芽階段容易發霉，影響發芽甚至腐爛。然而，種子在發芽 2-3 星期後外種皮和中種皮變為柔軟，容易去除。

三、與會心得

本次研討會由於論文數量龐大，故本報告僅摘錄數篇對我們的研究有特別參考價值的論文如下：

(一) 種子生態演化學(Evolutionary seed ecology)

1. 很多的海岸植物種子能曝露存活在含鹽份海水中，且能經由海洋長距離散布種子，藉由 X-光影像(X-ray mapping)發現，不耐鹽種子容易讓鹽溶液進入種子胚部，而這些耐鹽種子則否，能將 Na^+ 和 Cl^- 離子排斥在外。觀察不耐鹽種子，當鹽溶液進入種子胚部時， Na^+ 離子會逐漸取代 K^+ ，種子發芽活力下降。研究一年生的鹽土植物異子蓬(*Suaeda aralocaspica*)種子和種皮構造，其種子有二型(dimorphic seeds)，只有一層種皮(薄層)之棕色種子和二層種皮(厚層外種皮+薄層內種皮)之黑色種子。前者薄層種皮和後者厚層外種皮扮演重要的角色，抑制 Na^+ 離子進入胚內，並且阻止 K^+ 離子從胚部流出。因此，這二型種子之種皮對族群穩定和種子壽命有絕對的重要性。
2. 研究溫帶雨量低之乾冷沙漠地區草種子，如新疆冷沙漠區一年生角果藜(*Ceratocarpus arenarius*)的種子，具有二種形態，楔形和橢圓狀倒卵形。比較採自植株地表層、中層和上層種子的大小、種子散佈能力和休眠性，結果發現種子形態和重量在上層和地表層有顯著差異，種子散佈能力和休眠性亦有差異，即地表層種子散佈能力弱，愈往上層散佈能力愈好；休眠性正好相反，地表層種子休眠性高，愈往上層休眠性愈弱。這樣的表現推測，植物為了適應乾冷沙

漠環境，在演化上進行二面下注策略(bet-hedging strategy)，即上層和下層種子，能依照環境變化，各取所需，保持種子活力，繁衍後代。

3. 很多乾旱沙漠植物種皮含有黏液(seed coat mucilage)是植物為適應沙漠環境所演化出來的特性之一。黏液成分主要為果膠多醣體(pectinaceous polysaccharide)，能維持種子週遭濕度，等待雨水一來種子立即發芽。種子黏液的功能可幫助種子散佈，經由氧氣進出以調節種子發芽，和增加土壤中微生物含量。例如，羅勒(九層塔)(*Ocimum basilicum*)種子遇水則產生黏液，黏液成分有果膠、半纖維素等，能形成一個水浴的環境，在乾旱地區幫助種子發芽和小苗存活。

(二) 種子散佈(Seed dispersal)

1. 種子散佈(Seed dispersal)是外來種植物進入新領土最主要的方法。外來植物一開始是因人類有意無意將種子帶到新的領土，而種子散佈加速該植物擴散，最後成為入侵種。種子散佈的能力是植物成為入侵種很好的指標，因此種子的形態結構、每年結種子數量、種子壽命，及當地環境條件等，可以預測外來種擴散程度。在新疆地區研究外來種一年生植物黃花刺茄(*Solanum rostratum*)，發現黃花刺茄種子散佈媒介是重力、風、水和動物(牲畜和螞蟻)。種子和果實藉由水漂浮時間長達>48 小時；牲畜吃進果實在體內時間約 4 小時，但此時牲畜已移動數百公尺。農田灌溉水是主要種子散佈機制。農田溝渠容易讓種子發芽，植物大量生長在溝渠邊坡，然後經由風、動物和螞蟻加速散佈到其他地方。避免入侵種植物擴散速度太快的最好辦法是，阻止此植物沿著溝渠邊下種，發芽生長。
2. 胡桃(*Juglans mandshurica*)含有豐富的養分，是嚙齒動物食物來源之一。研究發現當嚙齒動物儲藏胡桃時，胡桃果實大小對果實被散佈和被儲藏的機率大概一樣，但當果實被儲藏超過一次時，較大果實被運送到更遠的距離。換言之，嚙齒動物隨機儲藏果實，對果實大小並不在意，但較大的果實在被重複儲藏時有較高的機會被運送散佈到更遠的距離。

(三) 種子庫(Seed bank)

1. 土壤沖蝕嚴重的地區，其土壤種子庫的種子和種類能提供植被更新。研究中國大陸西北黃土高原土壤種子庫的種子變化，發現平均每年每平方公尺的種子雨 (seed rain) 數量 6,643 粒。然而，因土壤沖蝕而損失的種子，平均每年每平方公尺 240 粒，損失的種子主要集中在 7-10 月份，以 8 月份最多每平方公尺 58 粒，此乃因土壤沖蝕的結果。平均種子苗密度每平方公尺 389 株，種子萌發月份 7-10 月。種子苗密度隨著土壤沖蝕增加而減少，然只減少 4% 左右，其密度低的主要原因是種子發芽率低，只佔土壤種子庫種子的 6%。結果暗示土壤沖蝕地影響種子庫的種子不多，但種子發芽差和苗木不易建立是黃土高原坡地植被恢復主要的受限因子。
2. 研究中國內蒙古東北地區沙丘 (sand dune) 土壤種子庫，四年期間平均每年每平方公尺的種子數量從 15 ± 4 粒至 150 ± 64 粒不等；種子密度在 10 月份最高，而 7 月份最低。植物種類以沙生植物 (psammophytes) 最多，佔全部植物的 80% 左右，其中一年生沙蓬 (*Agriophyllum squarrosum*) 每年種子密度變化最大，而多年生烏丹蒿 (*Artemisia wudanica*) 每年種子密度變化小。結論是 (1) 沙丘土壤種子庫的種子變化大，與沙生植物有關；(2) 每年 5 月是種子發芽小苗生長季，種子主要來自 5-6 種的沙生植物。
3. 研究比較 60 年生二次天然林和 35-45 年生落葉松人工林土壤種子庫，發現種子密度最多的區域是二次天然林和落葉松林交錯地帶。大葉白臘樹 (*Fraxinus rhynchophylla*) 是二次天然林的優勢樹種，調查大葉白臘樹種子從二次天然林擴散到落葉松林，若二次天然林是在落葉松林的坡上方，則落葉松林內的大葉白臘樹種子密度增加，若二者同在一個坡度和方位上，則大葉白臘樹種子密度減少。因此，為改善落葉松單純林成為混交林，單純林栽植選定位置應考慮外來種子散佈的能力。

(四) 種子發芽與休眠 (Seed germination and dormancy)

1. 研究藜科植物 *Suaeda vermiculata*、*Suaeda monoica*、*Suaeda aegyptiaca* 和 *Suaeda maritime* (裸花鹼蓬) 種子對不同 NaCl 濃度和溫度的發芽作用，種子 *S. monoica* 比 *S. vermiculata* 更耐高濃度 NaCl，且 GA₃ 能促進 *S. vermiculata* 和 *S.*

monoica 種子發芽。採自阿拉伯半島耐鹽植物 *S. aegyptiaca* 種子，夏季乾燥冬季潮濕，在較低溫度下發芽率高，但採自紅海海岸的 *S. aegyptiaca* 種子，全年下雨，適合種子發芽的溫度較高，暗示一年生 *S. aegyptiaca* 植物生命週期與區域性氣候條件有關，這也解釋 *S. aegyptiaca* 在中東地區不同的生育地成為廣泛分布種的原因。

2. 巴西學者關心數千公頃崩塌地和干擾地之植被恢復，認為利用種子進行直播造林，會比容器苗省工和降低成本，但必須瞭解被用來直播的種子特性。研究種子發芽和休眠發現，(1)沒有休眠性的種子能在短期間內發芽，(2)有形態生理或生理休眠的種子發芽緩慢，(3)有結構休眠種子的發芽率低，種皮磨破是必要的手段，以提高發芽率。以上三種休眠性種子運用在直播造林時，需考慮雨季造林，沒有休眠的種子直播後很快發芽，但形態生理或生理休眠的種子直播後發芽緩慢，且發芽不一致，但保證在雨季結束時有一些小苗萌發，不發芽的種子可能形成土壤種子庫，等待下一個雨季時萌發。結構休眠的種子除非有種皮磨破處理，使之在雨季時大量發芽，否則不發芽的種子也會形成種子庫。
3. 研究斯里蘭卡熱帶山區森林植物種子休眠性，發現有形態休眠、形態生理休眠、生理休眠及無休眠的種子，如海桐屬(*Pittosporum*)種子有形態生理的休眠，九節屬(*Psychotria*)和萬壽竹屬(*Disporum*)有形態生理的休眠，接骨木屬(*Sarcandra*)和山桂花屬(*Maesa*)有形態的休眠。斯里蘭卡近海植物如 *Hibiscus tiliaceus*(木槿屬)、*Thespesia populnea*(繖楊屬)、*Dendrolobium umbellatum*(木山螞蝗屬)種子有結構休眠，*Phyla nodiflora*(鴨舌癩屬)和 *Clerodendrum inerme*(海州常山屬)有生理的休眠，番荔枝科 *Annona glabra* 有形態生理休眠。
4. 著名種子生物學家 Drs. Jerry Baskin and Carol Baskin 研究及搜尋 13,634 種植物資料(佔全世界植物的 4.5%~5.5%)，更新 1998 年種子休眠之生物地理(world biogeography of seed dormancy) 舊資料。舊資料的熱帶雨林(tropical rain forest)無休眠性種子佔 60%，有休眠種子佔 40%(統計 574 種植物)；2013 年更新後資料，無休眠性種子佔 49%，有休眠種子佔 51%(統計 2,377 種植物)。換言之，現在的資料顯示，熱帶地區植物種子有休眠性數量增加，無休眠性數量減少，而

- 溫帶地區≥75%植物種子有休眠性。統計 5 個種子休眠分類中，生理休眠是最普遍被發現的一種，結構休眠是第二種最普遍被發現的，其它 3 種休眠性順序為：形態生理休眠 > 形態休眠 > 結構休眠+生理休眠。另外，在這次更新工作中，將生理休眠再分為一般生理休眠和上胚軸生理休眠(subclasses)，以及 2 級和 7 型；形態生理休眠之簡單級和複雜級，也升格成為次分類(subclasses)。
5. 打破結構休眠的 *Androcalva periarica* 種子(錦葵科 Malvaceae)，可利用熱水或乾熱砂處理，但熱水比乾熱砂處理結果佳。水分通過種表入口處稱 chalazal plug，因受溫度影響而打開，讓水分進入到胚，種子胚獲得足夠水分後發芽。
 6. 沙蓬(*Agriophyllum squarrosum*)是一年生草本植物，能忍受乾旱和貧瘠的土地，也是沙丘先驅植物，但其種子有休眠性，不容易發芽。利用 GA₃和 ABA 生合成抑制化合物 fluridone 能促進種子發芽，以 200 μmole/L GA₃和 0.6 μmole/L fluridone 處理分別獲得最佳 50%和 80%發芽率。
 7. 鳶尾科(Iridaceae) *Crocus alata* 是多年生植物，分布在中亞，具有園藝潛力。研究 *C. alata* 種子休眠性發現，有發育未完全胚，早秋時期胚根突破種皮萌發，但莖萌發必須延長至第二年春天。因此，種子有深度簡單上胚軸的形態生理的休眠(deep simple epicotyl morphophysiological dormancy)。
 8. 結構休眠已知發現在被子植物 18 科，種子/果實 palisade 層阻止水分進入，然休眠打破致種皮/種皮形成小孔隙(water-gap)，讓水分進到胚部。利用光學顯微鏡和掃描式電子顯微鏡和染料追蹤方法，發現整個水分進出之孔隙區是複雜的，此複雜的孔隙區(water-gap complex)可分為 3 類型。一些植物種子，當吸水初期會有大於一個孔隙打開，讓水分進入，此孔隙可分為簡單型(simple)和組合型(compound)。
 9. 研究草種反枝莧(*Amaranthus retroflexus*)的種子休眠和發芽，發現種子在 25°C和 35°C 光照和黑暗下皆無法發芽。4°C 低溫層積處理 4-20 週，能引起種子在黑暗 35°C 溫度下發芽率 65-75%，在光照 25°C 下發芽率 55-80%。低溫層積處理增加種子對 ethephon、GA₃的反應，減少對 ABA 的反應。一氧化氮(nitric oxide)能刺

激反枝莧種子發芽，但此休眠解除作用會被 ABA 所抑制。結論是一氧化氮似乎是反枝莧種子休眠解除重要的因子。

10.地中海氣候區內植物種子，主要是生理的休眠，發芽率低且發芽溫度亦低，在 5~20°C 間。乾燥後熟作用(afterripening)是重要的因子以延遲種子發芽，直到秋天雨季來臨時發芽。分布在地中海鳶尾科 *Crocus* 屬植物有秋天和春天開花二型，研究 23 種 *Crocus* 屬植物發現，所有的新鮮種子都在較低溫度(10-15°C)下發芽(地中海植物典型的特性)。新鮮種子發芽率低，種子成熟落地後有休眠性，但乾燥儲藏或暖溫(20-25°C)層積處理能解除種子的休眠。然這些休眠已解除的種子，如再被放入 5-10°C 低溫濕層積，將誘導二次休眠。此二次休眠種子必須再一次乾燥儲藏或前述暖溫層積處理，以解除此二次休眠。

(五) 種子壽命與儲藏(Seed longevity and storage)

1. 研究山茶(*Camellia sinensis*, 茶科 Theaceae)種子儲藏性，發現不同來源的種子可乾燥的程度是不同的，有些種子可乾燥至 5%，仍有 15% 發芽率，但有些種子乾燥至 10% 已無發芽率。山茶種子可能屬於中間型的儲藏性。
2. 研究樹種間和樹種內不同的種源間之種子乾藏壽命，可先儲藏種子在 60% 相對濕度，然後在 45°C 溫度下發芽，發芽資料經由機率分析(probit analysis)評估起始活力和標準偏差，以獲得種子發芽率降至 50% 之或然率(P_{50})，探討不同壽命和植物種類或氣候特性的關係。研究不同水稻品系及來源，利用上述機率分析結果發現，同一品系之不同種源間變異大。
3. 利用串連式電噴灑離子化質譜儀(tandem electrospray ionization mass spectrometry)分析不耐乾藏之青剛櫟種子磷脂(phospholipids)，以探討種子細胞膜磷脂和種子活力喪失的關係，結果發現磷脂分解能有效評估種子的耐旱性，即不能忍受乾藏的種子，當種子在乾燥環境下細胞膜磷脂會被分解，種子活力喪失。
4. 櫟屬(*Quercus*)植物種子不耐乾藏，是濕(異)儲型。種子水分喪失速度會影響種子活力，有些種子水分喪失快，活力下降也快，有些則稍慢。果實之種皮基部痕跡(近胚根處)是水分進出的地方，觀察解剖此處水分進出快慢，可了解不同的櫟

屬植物種子喪失速度，在生態上有助於了解種子對水分逆壓風險和植物更新等問題。

(六) 種子生態、生態多樣性保育與復育(Seed ecology, biodiversity conservation and restoration)

1. 地中海特有種植物 *Abies cephalonica* (冷杉屬)森林，據報告由於空氣污染、乾旱、冬天溫度低、蟲害等，面積減少。其他冷杉屬植物因氣候變遷和森林火災頻率，已受到嚴重的威脅。研究 *Abies cephalonica* 林下毬果種子，5年(2007-2010年和2012年)的資料顯示，2007-2009年種子空粒 57.5-76.4%，種子不佳 11.1-29.7，種子死亡 9.6-19.2%，真正能發芽的種子 0.4-3.4% (測試種子數 13,507-17,368 粒)。2010年種子豐收，種子發芽率達 34.7%；2012年種子最佳，經 8 週低溫層積後發芽率 43%。林下小苗在空曠的火災跡地不能存活，甚至給予天然或人工遮陰，結果小苗死亡率仍高。這些結果暗示，火災後的森林經營和復育的困難度。
2. 氣候暖化影響植物棲息地種子發芽和更新，利用室內溫控設備模擬目前和未來棲息地溫度變化，研究高山植物種子發芽和苗木建立試驗。模擬目前氣候結果，高山植物大部分種子在春天發芽；但模擬氣候暖化結果，顯著地增加植物種類在秋天發芽。野外試驗與室內試驗結果一致，種子在春天發芽，但暖化導致種子發芽從春天改變為秋天，即小苗木能在秋天被發現。此外，未來氣候暖化，有休眠不發芽的種子，在秋天結束後將暴露在較短的冬天和低溫的春天，這樣的溫度變化預料將不會太衝擊種子的發芽。
3. 歐洲櫟木(*Zelkova abelicea*)是瀕危植物，種子只在冬天低溫(5-10°C)下發芽，且發芽緩慢。但預測氣候暖化結果，對這類侷限在低溫下發芽的種子，將大大地減少種子萌發和苗木建立。
4. 紅松(*Pinus koraiensis*)是北半球分佈廣的樹種(一束五針葉)，研究發現中度光線適宜種子發芽和初期苗木建立，因此林下光線過低時將阻礙紅松的天然更新。

疏伐作業的森林擾動，將允許較多的光線進入林內，以增加種子發芽數量和苗木的生長。

四、考察參觀活動

時間：102年6月27日至7月1日(5天)

地點：中國大陸內蒙古東部地區

一、102年6月27日(第一天)

目的地：內蒙古赤峰市克什克騰旗下轄區的經棚鎮

從瀋陽到內蒙古經棚鎮約 760 公里，途中經過大城赤峰市。因路程遙遠，從一大早 5:30 搭車出發，整天都在高速公路上行駛，直到下午 5:30 才抵達晚上的住宿地經棚鎮。中國大陸的高速公路採計程收費方式，費用比台灣高出許多倍，使得偌大的高速公路上行駛的車輛寥寥可數，可明顯感受到以價制量的效果。

二、102年6月28日(第二天)

目的地：參訪內蒙古白音敖包自然保護區(Baiyin Aobao Nature Reserve)和「克什克騰世界地質公園」(Hexigten Global Geopark of China)。

上午前往白音敖包國家自然保護區，參觀沙地雲杉(*Picea mongolica*)古樹群，樹齡平均達 300 年；最大的 1 株樹齡 500 年，胸徑 60 公分，樹高 25 公尺。這些沙地雲杉老樹的樹幹常有許多天然樹洞，則多成爲赤麻鴨(*Tadorna ferruginea*)等鳥類的繁地巢穴。沙地雲杉是稀有植物，此保護區稱得上生物基因庫(biological gene bank)(如下圖)。



參訪時發現，在沙地雲杉林下有許多剛發芽的小苗，顯示其種子發芽並沒有問題，而苗高 50 公分以上的大苗也不難發現，顯示在此保護區沙地雲杉應可順利進行天然更新。



下午參訪克什克騰世界地質公園的花崗岩景觀，花崗岩首先在地底冷卻凝固後結成巨大的岩石，當地殼隆起後外層的岩石因風化侵蝕過程被移除，大大地減少岩體所承受的壓力，於是岩石得以舒張，因此產生與表面水平的裂隙。同期間花崗岩可能受到來自不同方向的擠壓，產生幾組不同的垂直裂隙，當風雨侵蝕時，裂隙擴大，整個花崗岩體就被分割成一塊一塊，成為目前的模樣(如下照片)。



三、102 年 6 月 29 日(第三天)

目的地：參訪克什克騰境內達里諾爾湖(Dalinor Lake)、達里諾爾草原和烏蘭布統草原(Wulanbutong Grassland)。

今天首先參訪的是克什克騰境內的達里諾爾湖。達里諾爾湖是內蒙古第二大內陸湖，已設定為自然保護區，保護乾旱生態系、濕地生態系、沙草地生態系等，有 160 種以上鳥類棲息，其中 8 種受到一級保護。其中屬於鷗科鷗屬的稀有鳥類遺鷗(*Larus relictus* Lonnberg)在此亦有分佈。值得一提的是，遺鷗在今(2013)年 3 月間曾在金門浯江溪口被發現，而成為台灣的新記錄鳥種。此外，達里諾爾湖有超過 60,000 隻天鵝 Whooper，在每年 10-11 月飛到此湖停留休息。根據當地的調查指出，天鵝的食量很大，每隻天鵝一天消耗的水草量約 7 公斤，亦即 6 萬餘隻天鵝每天會吃掉 40 餘萬公斤的水草，這對於湖中水草和湖區雜草的清除，以及維持該湖生態平衡扮演著相當重要的角色。

接著參觀獨特的廣闊草原和蒙古包，並且參觀達里諾爾附近自然博物館。烏蘭布統草原是康熙皇帝與噶爾丹的戰場，也是清朝木蘭圍場(Mulan Paddock 清代皇家獵場)的一部分，位於森林與草原界線帶，近年已成為著名的電影和電視劇影片拍攝場所(如下圖)。

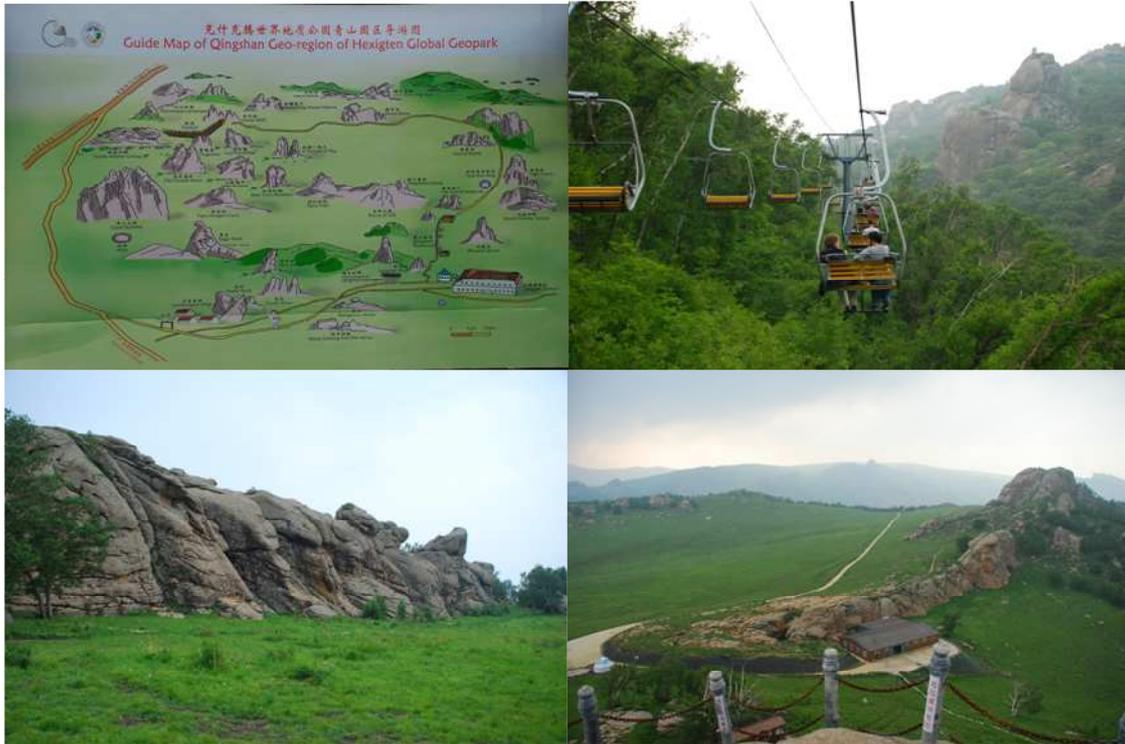


左上圖：達里諾爾湖；右上圖：廣闊的蒙古草原；左下圖：蒙古包；右下圖：烏蘭布統草原。

四、102年6月30日(第四天)

目的地：青山園區(Qingshan Mountain)

今天我們主要是參訪青山園區(Qingshan Mountain)，整個園區是屬於花崗岩地貌，有超過 1,000 以上的冰河壺穴(moulin)，相信是冰河所造成的，因從波浪起伏的花崗岩石推測的結果。大部分穴坑是圓形或橢圓形。青山園區有登山索道，搭乘索道時間約 25 分鐘。青山園區植物的植物相當多樣性，部分樹木是人工栽種的，例如園區登山步道兩旁栽種不少野梨(*Pyrus spp.*)，而在山壁間、草地上林立的則多為樹皮雪白的白楊樹(*Populus spp.*)。





左上圖：青山園區導覽圖；右上圖：青山園區索道；左中圖：波浪起伏花崗岩石；右中圖：波浪起伏花崗岩石；右下二圖：左冰河壺穴。

五、102年7月1日(第五天)

目的地：參訪內蒙古烏丹附近半乾旱區沙丘生態系

參訪內蒙古烏丹附近半乾旱區沙丘生態系。內蒙古科爾沁沙地(Horqin sand land)是大陸四大沙地中面積最大的一個沙地，曾為水草豐富的大草原，由於過去任意墾殖的結果，造成現今沙漠化。此處也是每年乾旱季節(11月至5月)引起沙塵暴地區之一。我們造訪的烏丹附近沙丘，年雨量300-400mm，還算不少，但雨水集中在夏季；至於每年沙丘的移動距離，據大陸中國科學院應用生態研究所學者研究估計每年平均4-5公尺。沙丘生態系的植物很少，包括錦雞兒(豆科)(*Caragana fruten*)、山竹岩黃耆(豆科)(*Hedysarum fruticosum*)、沙蓬(藜科)(*Agriophyllum squarrosum*)、白榆(榆科)(*Ulmas pumila*)、烏丹蒿(蒿屬)(*Artemisia wudanica*)、黃柳(柳屬)(*Salix gordejvii*)等，皆為耐旱植物。沙地綠化治理是件相當重要的工作，大陸學者研究沙丘種子庫多年，瞭解到種子庫對沙丘植被恢復的貢獻。與會學者也期待沙丘生態系的研究工作應持續進行，以便將來能有效地解決沙漠化的問題。當天回到瀋陽已經是晚上10點。



左上圖：沙丘；右上圖：黃柳；左下圖：雨季時部分沙丘植被恢復；右下圖：種子庫種子發芽。

伍、建議事項

種子生態國際研討會自 2004 年首次舉辦以來，每三年一次，至今已屆第四屆。在近幾次的參與中發現，有關種子方面的研究主題在世界各國日益被重視，會議中除了許多熟悉的國際學者之外，今年更明顯吸引了不少年輕學者及研究生的參與，尤其一些新興國家近幾年來更投注了許多研究經費和人力在此領域，這是值得我們藉鏡之處。此外，主辦單位設置口頭報告和壁報展示論文獎，於研討會最後一天送別宴會中公開頒獎，此作法值得我們學習。



研討會後考察參訪內蒙古乾旱生態系之全體人員合影留念(大概只有全部與會人員的三分之一參加此活動)