

國立臺灣大學生農學院園藝學系
碩士論文

Department of Horticulture

College of Bio-Resources and Agriculture

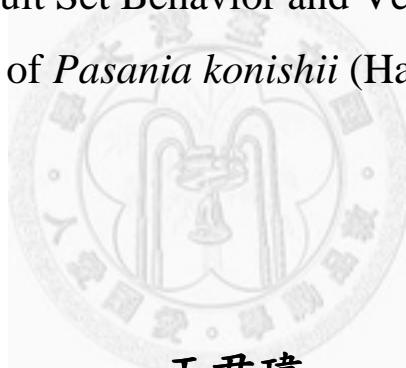
National Taiwan University

Master Thesis

小西氏石櫟之開花結實習性與無性繁殖之潛力

Flowering and Fruit Set Behavior and Vegetative Propagation

Potential of *Pasania konishii* (Hay.) Schottky



王君璋

Chun-Wei Wang

指導教授：陳右人 博士

Advisor: Iou-Zen Chen, Ph.D.

中華民國 99 年 7 月

July, 2010

誌謝

首先感謝恩師 陳右人博士悉心的教導與亦師亦友的關懷，因為有您的鼓勵，論文才得以完成。感謝林業試驗所 黃怡菁博士，給予試驗上的幫助，並擔任口試委員，使論文更加完善。感謝論文輔導委員 阮素芬博士的提點與許多寶貴建議，成為前進的助力。感謝 李金龍博士，您的處事原則與風範是學生最好的榜樣。感謝張祖亮老師、張喜寧老師、曹幸之老師與張耀乾老師，以及生命科學系黃玲瓏老師與陳香君老師，因為您們的指導，使試驗能順利進行。

能作為常綠果樹室的一員，總有說不盡的溫暖與感動。感謝曾阿姨的照料，您的一手好茶陪我度過許多難關；感謝美玲姐總是讓我感受到活力與樂觀，讓我獲得加滿油的衝勁。感謝朝窗學長在試驗上的幫助。感謝書妍學姊的指導與包容，幫助我克服許多實驗上的問題。感謝晉瑋學長陪同出差與協助實驗之進行。感謝慈慧學姊的明信片發揮了莫大的效用。感謝毓翔學長指導 HPLC 操作與樣品製備。感謝銘至學長教授營養分析之方法。感謝世宗學長傳授濾渣淋洗秘技。感謝柏安學長與懷恩學長在試驗設計上的解惑。感謝莉安學姊的鼓勵為支持的力量。感謝于瑩學姊一路相伴總能減輕我的壓力。感謝徐瑾、范函和嘉琦，常能伸出援手，認識妳們十分幸運。也感謝韋竣提供寶貴資料。感謝鼎峯與真如在實驗室的諸多幫忙。

特別感謝怡如學姊與宛玲學姊給予許多幫助。感謝大學同學小寶、大毛、魚蛋、阿秉、之穎、molk、恩旬和毛寶；研究所同學靖玟、美琴和瑞好，因為有你們，好時光壞時光都成為珍貴回憶。感謝高中同學弘揚用美食幫我恢復元氣；陳品總是打開我滿腹糾纏的結。感謝老天在那些寫論文的日子裡落下的雨。感謝與阿櫟相遇。

感謝我的父親 王銘義先生，我的母親 鐘美琦女士，因為您們的付出與支持我才能完成學業，您們的養育讓我快樂無憂的成長。感謝老姐把路途開闢完成，讓我走起來平坦順暢。謝謝帥阿弟，我們有賭不完的氣拌不完的嘴。

謹以此論文獻給我最敬愛的家人。

中文摘要

本試驗第一部分，探討小西氏石櫟之繁殖。分別利用空中壓條之高壓法、扦插以及嫁接法，來了解小西氏石櫟無性繁殖之可行性。高壓法之發根率低且需時較久。經由 14 個月的扦插試驗可以得知，9 月至 1 月皆有扦插發根的可能性，其中又以 1 月為最高。無論幼年性枝條或成熟枝條亦都具有發根成活之能力。以 3 種發根劑處理插穗，與對照組相比，未能顯著提高發根的比例。小西氏石櫟適宜於 1 至 3 月進行嫁接，其中以 2 月有較高之嫁接存活率。

本試驗第二部分，觀察小西氏石櫟之枝梢發育、芽體的分化、小花至成熟果實的生長與發育及發育過程中營養元素與碳水化合物的變化。小西氏石櫟於春季抽出第一次梢，其枝條上有花序原體的形成能萌發出春花。夏季萌發第二次梢，其上亦能觀察到花序原體的形成，於秋季萌發秋花。小花至果實之發育，無論直徑、高度、重量或體積等性狀，皆呈現雙 S 型模式。利用顯微切片觀察可得知，雌花開花時，胚囊尚未分化，花粉管生長至花柱基部後經長時間停滯，春花及秋花並於隔年六至七月以後，即開花 13 及 8 個月後，胚囊才開始發育，方能完成受精。所以雙 S 型發育模式中，第一個 S 曲線為小花的發育，第二個 S 曲線為真正果實的發育。營養元素與碳水化合物的含量變化，與植株的生長發育有相關。

第三部分為小西氏石櫟種子與果實性狀相關性調查與初步選拔。結果顯示種子的重量與果實重量及體積有較高之相關性，可以作為選拔目標。調查小西氏石櫟 16 株植株的果重、種子重與可食率，確實有部分植株具有大果、大種子與高可食率之特性。

英文摘要

The first section of this experiment investigated the propagation of *Pasania konishii*. Layering, cutting, and grafting were practiced. Rooting percentage of layering was low and demanded for a long period. The experiment of cutting among 14 months indicated that cuttings were collected properly from September to January, and the higher rooting percentage occurred in February. There was no discrepancy of rooting percentage among control or rooting stimulator treatments. Both juvenile and mature shoots were able to develop roots. Survival percentages of grafting were higher in January, February, and March, and highest in February.

The second sections were observation of bud development, flowering and fruiting behavior, variation of nutrient and carbohydrate content. *P. konishii* sprouted in spring and autumn, vegetative bud might develop on the new shoot in both season, so inflorescence primordia could be observed on the spring and autumn spouts. The curve of growth from flower to fruit were fitted the double S model in diameter, height, weight, and volume. Since there were no embryo sacs developed in the ovary, the pollen tubes might stay in the base of style until embryo sac matured next year, and resumed growth. As the result, the first S curve was development of flower and the second S curve was development of fruit. Variation of nutrient and carbohydrate content related to growth of *P. konishii*.

The third section were investigated the relationship between seed weight and fruit characteristics. The result indicated that seed weight related to fruit weight and fruit volume. Some fruit characteristics could used as early selection indicators. Among 16 selected trees, fruit weight, seed weight, and edible ratio of the fruits were investigated. We could found some trees had characteristics of big fruit, big seed, and high edible ratio.

目 錄

口試委員會審定書	i
誌謝	ii
中文摘要	iii
英文摘要	iv
目 錄	- 1 -
圖目錄	- 3 -
表目錄	- 5 -
第一章 前言	1
第二章 文獻回顧	2
第一節 世界堅果產業	2
第二節 賀斗科植物之經濟發展潛力	3
第三節 麻櫟屬植物雌雄花序原體與雌雄花原體之發育	4
第四節 賀斗科植物之花序型態	5
第五節 櫟屬植物授粉後花粉管的生長	6
第六節 影響結實率的可能因素	6
第七節 賀斗科植物之繁殖	7
第三章 材料與方法	9
第一節 小西氏石櫟之無性繁殖	9
第二節 小西氏石櫟開花與結實習性	10
第三節 小西氏石櫟之果實性狀及選拔	12
第四章 結果與討論	13
第一節 小西氏石櫟之無性繁殖	13

第二節	小西氏石櫟開花與結實習性	17
第三節	小西氏石櫟之果實性狀及選拔	46
第四節	結語	53
	參考文獻	54
	附錄	60



圖 目 錄

圖 1. 2008 年 5 月至 2009 年 9 月小西氏石櫟高壓之發根率	15
圖 2. 2008 年 9 月至 2009 年 10 月小西氏石櫟扦插之發根率	15
圖 3. 2008 年 11 月至 2010 年 3 月小西氏石櫟嫁接存活率	16
圖 4. 以掃描式電子顯微鏡觀察小西氏石櫟 2009 年 6 月採集之芽體	19
圖 5. 以掃描式電子顯微鏡觀察小西氏石櫟 2009 年 9 月採集之芽體	19
圖 6. 以掃描式電子顯微鏡觀察小西氏石櫟 2009 年 12 月採集之芽體	19
圖 7. 以掃描式電子顯微鏡觀察小西氏石櫟 2010 年 3 月採集之芽體	19
圖 8. 以掃描式電子顯微鏡觀察小西氏石櫟 2010 年 3 月採集之芽體	20
圖 9. 小西氏石櫟花序原體的形成	20
圖 10. 小西氏石櫟雄花原體形成	20
圖 11. 小西氏石櫟花序芽體基部形成多個花原體	20
圖 12. 小西氏石櫟雄花芽上之花藥原體形成	21
圖 13. 小西氏石櫟雌花原體形成	21
圖 14. 小西氏石櫟雌花芽形成	21
圖 15. 小西氏石櫟小花至成熟果實發育時期直徑的變化	24
圖 16. 小西氏石櫟小花至成熟果實發育時期高度的變化	25
圖 17. 小西氏石櫟小花至成熟果實發育時期重量的變化	26
圖 18. 小西氏石櫟小花至成熟果實發育時期體積的變化	27
圖 19. 小西氏石櫟小花至成熟果實發育時期密度的變化	28
圖 20. 小西氏石櫟之花藥石蠟切片	31
圖 21. 小西氏石櫟之花粉掃描式電子顯微鏡圖	31
圖 22. 小西氏石櫟之雌花掃描式電子顯微鏡圖	32

圖 23. 小西氏石櫟花柱石蠟切片	32
圖 24. 小西氏石櫟花粉管生長螢光顯微觀察	33
圖 25. 小西氏石櫟雌花子房位置縱向石蠟切片	33
圖 26. 小西氏石櫟之雌花子房橫向石蠟切片	34
圖 27. 小西氏石櫟之成熟胚	35
圖 28. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之氮含量	42
圖 29. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之磷含量	42
圖 30. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之鉀含量	43
圖 31. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之鈣含量	43
圖 32. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之鎂含量	44
圖 33. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之鐵含量	44
圖 34. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之錳含量	45
圖 35. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之鋅含量	45
圖 36. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之碳水化合物含量	46
圖 37. 小西氏石櫟種子重量與果實重量相關性.....	47
圖 38. 小西氏石櫟種子重量與果實體積相關性.....	48
圖 39. 小西氏石櫟種子重量與果實直徑相關性.....	48
圖 40. 小西氏石櫟種子重量與果實高度相關性.....	49
圖 41. 種子可食率與果實直徑、高度、直徑高度比、重量與體積之相關性	50
圖 42. 小西氏石櫟各植株的果實重量與種子重量成對分布圖	51

表目錄

表 1. 小西氏石櫟果實採收拾之性狀	29
表 2. 2008 年小西氏石櫟葉片營養要素之含量	39
表 3. 2008 年小西氏石櫟葉片碳水化合物含量之變化	40
表 4. 2009 年小西氏石櫟'LK4', 'NCNU 2', 'W8'植株葉片營養要素之含量	41
表 5. 2009 年小西氏石櫟'LK4', 'NCNU 2', 'W8'植株葉片碳水化合物之含量	41
表 6. 小西氏石櫟 16 個標定植株果實重、種子重與可食率之調查結果	52



第一章 前言

臺灣系屬亞熱帶，高山連綿，地勢多變。未開發的區域中，以森林所佔面積最大，北部海拔 500 至 1,800 公尺、中南部海拔 700 至 2,100 公尺間，為暖溫帶與雨林群系，此區域內之構成分子以樟櫟群叢為主(Lauro- Fagaceae association)，其中櫟所指的即為殼斗科的植物。殼斗科植物因其堅硬果實之外常會有鱗片狀木質化之總苞(involute)包覆而得名殼斗(劉等, 1988)。根據臺灣維管束植物簡誌(1999)之記載，臺灣殼斗科(Fagaceae)植物共有 8 屬，分別為栗屬(*Castanea*)、苦櫧屬(*Castanopsis*)、椆屬(*Cyclobalanopsis*)、水青岡屬(*Fagus*)、櫟屬(*Quercus*)、石櫟屬(*Lithocarpus*)、柯屬(*Pasania*)和櫟屬(*Quercus*)，共 59 種。

小西氏石櫟(*Pasania konishii* (Hayata) Schottky)，或稱油葉石櫟。其小枝纖細，葉長橢圓形至倒卵形，前半部具鋸齒緣，先端漸尖至尾狀，基部楔形至鈍，基部常有星狀毛；葉柄長 0.9 至 1.1 cm；殼斗呈淺碟形，鱗片呈三角形，上有絨毛。分布於台灣中部及東部海拔 500-700 m 山區，在台北縣石碇鄉翡翠水庫半天寮、台中市大坑步道、台中縣東卯山、南投縣蓮華池、集集大山、九九峰、惠蓀林場、卓社林道、屏東縣浸水營、大漢山林道、高雄扇屏鳳岡林道和台東縣達仁鄉等地皆有族群分布，而以南投縣最多，為臺灣特有種(劉等, 1994)。小西氏石櫟為臺灣殼斗科植物中，頗具經濟化潛力之一，其種子烘焙後，味美不亞於澳洲胡桃；三裂之堅果形狀更為美麗，又為適應台灣環境之原生種無適應力之問題，同時且具有抗氧化活性(洪等, 2007; 黃等, 2007)。

目前對小西氏石櫟之其了解甚少，於野外觀察發現，植株在春天與秋天皆有開花現象，而果實僅於秋天成熟，開花時可見同時看到小果，故推估由開花至果實成熟需時超過一年。繁殖方面無性繁殖率偏低且種子發芽需時長且不整齊，具體休眠性及物理性障礙，同是似乎具有上胚軸休眠。野外族群之個體間果實形狀差異甚大，圓盤狀至子彈形狀皆有，可能影響可食率。本試驗觀察小西氏石櫟之開花結實習性、繁殖特性、果實及種子可食之相關性與初步優良母株之選拔，期能作為經濟栽培時之參考，並有助於永續利用本土種源。

第二章 文獻回顧

第一節 世界堅果產業

自西元 1998 至 2008 年，世界堅果產業一直處於成長階段，無論堅果類栽培面積或產量皆逐年提高。其栽培面積由 1998 年的 474,418 公頃至 2008 年提高為 590,416 公頃，成長 24.5%；產量則因栽培管理之進步，由 535,220 公噸，提高為 801,546 公噸，成長 49.8%。堅果類平均價格於 2000 年時，每公噸為 1,250 美元，2007 年時，則已達每公噸 2,123 美元，增加了 69.9%。各類堅果產業之產量，於 2007 年最大宗為落花生(Groundnuts)、其次為帶殼腰果(Cashew nuts)、帶殼扁桃(Almond)、帶殼胡桃(Walnuts)、栗(Chestnuts)、帶殼榛子(Hazelnuts)以及阿月渾子(Pistachio)。產值由多至少則為依序落花生、帶殼腰果、帶殼扁桃、帶殼胡桃、阿月渾子、栗和帶殼榛子(FAO, 2009)。

堅果產業之所以能處於持續成長之階段，與近年來飲食觀念之改變，以及健康食品之訴求，有很大的關係。根據 Duke 等(2001)指出，堅果能夠提供豐富的養分，其中有良好的脂質來源，且富含碳水化合物、蛋白質、維生素和礦物質。近年來相當多研究著手研究堅果類中對人體有益的植化素(Phytochemicals)，如：扁桃所含的苦杏仁苷(Amygdalin) (Alasallvar and Shahidi, 2008)。

此外，針對堅果採後處理過程中產生的廢棄部分，也有報告指出其中含有若干抗氧化物。如胡桃(*Juglans regia L.*)種殼具有多種酚類物質，包括兒茶素(catechin)、楊梅黃酮(myricetin)、香草酸(vanillic acid)、丁香酸(syringic acid)、鞣花酸(ellagic acid)、綠原酸(chlorogenic acid)、胡桃醌(juglone)和 1, 4-苯醌(1, 4-naphthoquinone)等(Solar et al., 2006)。歐洲栗(*Castanea sativa Mill.*)之總苞發育成的殼斗部分，以及珠被發育成之種殼部分，分別占其重量的 8.9-13.5% 與 6.3-10.1%，但皆無法食用而需加以去除，Vasconcelos 等(2010)以丙酮溶液加以萃取後，可以獲得豐富之酚類化合物(phenolics)、沒食子酸(gallic acid)和槲黃素(quercetin)等。

隨現代人對健康議題日漸提高關注，世界堅果產業仍有很大發展之空間。然而在臺灣未能有大量栽培堅果果樹而發展形成產業，此與引進之樹種未能適應臺灣氣候有相當之關聯。試驗單位曾於民國 10 年代與 50 年代引進板栗(*Castanea mollissima* Sieb. & Zucc.)，在臺灣中南部種植，但果實成熟季適逢雨季，而使種子含水量過高，品質偏低，未能與進口板栗競爭，目前僅有於台北、台中和南投有少量的栽培與生產。民國 20 年、42 年與 47 年則曾引進澳洲胡桃(*Macadamia integrifolia* and *M. tetraphylla*)，即現今受大眾喜愛之夏威夷豆，分別在嘉義試驗分所與臺灣中南部、東部縣市試種，因其根系淺但樹勢高大，臺灣又常受颱風侵襲，所以容易發生倒伏造成損失(黃等, 2007)。不過，台灣有相當多的殼斗科種質資源，但卻從未加以利用，相當可惜。

第二節 殼斗科植物之經濟發展潛力

殼斗科植物所結的果實又稱之為橡實，外具殼斗，堅硬外殼是由子房壁所形成，橡實內具有種子，種子(即橡實仁)含有豐富的營養。曾有記錄指出橡實仁供應義大利與西班牙貧苦人民的食物需求，因為橡實通常具有較高的熱量，且容易於森林中檢拾獲得(Hill, 1937)。Rakic 等(2007)也指出，橡實仁除富含碳水化合物、胺基酸、蛋白質和脂質，提供易於吸收的養分，另外，還具有若干種抗氧化能力的功能。在英國、義大利和西班牙，仍有部分農戶以橡實仁餵食豬隻，生產高品質豬肉，且具有較高價格(Bainbridge, 1985)。

臺灣，部分殼斗科植物之樹幹為原住民製作家具之原料(劉, 1994)。其中，青剛櫟則已證實具有對空氣污染抗性能力佳之特性，且樹形優美，適於作為行道樹之使用(王等, 1997)。由於，橡實仁多半具有苦澀之口感，且種殼堅硬，加上某些樹種殼厚果實小，並非皆適合發展成為經濟性栽培果樹，但仍有部份適口性甚佳。黃等(2007)評估臺灣殼斗科植物之果實，指出鬼櫟(*Lithocarpus lepidocarpus* (Hayata) Hayata)、小西氏石櫟(*Pasania konishii* (Hay.) Schottky)及后大埔石櫟(*Pasania*

kodaihoensis (Hayata) Li)因種仁適口性佳，而具經濟化之潛力。洪等(2007)也指出，后大埔石櫟與小西氏石櫟的殼斗部分，具有多種酚類化合物，有抗氧化之功能。顯見台灣原生之殼斗科植物，有相當大之發展空間。

第三節 麻櫟屬植物雌雄花序原體與雌雄花原體之發育

Merkle 等(1980)以掃描式電子顯微鏡，觀察生長於北半球的白橡樹(*Quercus alba* L.)之芽體，以了解雌雄花序之發育過程。首先，可於五月底左右，可觀察到雄花序原體(staminate inflorescence primordia)，其位置在莖部頂端之芽原體與葉原體之間，形狀呈半圓形；六月初，花序原體稍微延長，形成一圈隆起之外帶(ridgelike tunica)，此時的雄花序之原體與營養芽(vegetative bud)間已明顯不同，且易於辨別。六月底至七月初時，雄花序原體持續發育而延長，雄花原體(staminate flower primordia)在花序之基部出現，每一雄花原體將發展為一朵雄花，隨後雄花原體之外圍開始隆起，是為花被(perianth)產生之位置。隨著花序芽體延長，雄花原體向頂(acropetally)漸漸形成。八月初，花序芽體即可使用顯微鏡觀察到，雄蕊花藥原體(stamen primordia)由花被包裹，雖尚未分化完成，但已經隆起可辨識。通常，白橡樹單朵雄花具有八枚雄蕊。至八月底，花序頂端停止延長，最後發育之雄花亦完成花被之分化。花序主要之結構變化於秋天完成，九月初雄花延展，使每朵花緊靠充實後，由苞片包裹，進入靜止期。雌花序原體(pistillate inflorescence primordia)於八月初形成，九月底出現苞片(bract)，由苞片包覆進入生長靜止期。翌年春天三月至四月間，在雌花原體分化完成後，於四月底開花。但雌花序上之雌小花在開放時，小花內之胚囊均未開始發育(Merkle et al., 1980)。

在黑橡木(*Quercus velutina*)的冬季芽體內，也可以觀察到其心皮已形成，且雄蕊花藥原體形成，而花藥未分化完成(Conrad, 1900)。白橡木於十月至三月中旬雄花花被各別延長，三月後，花藥深裂漸趨明顯(Merkle et al., 1980)。黑橡木亦是在春季初期花藥完成分化，可以觀察到花藥壁與營養層的形成。四月雄花芽抽出，

花序長度約為 3-7 公分，成熟花藥具四個腔室，花粉為三溝孔橢圓形狀(tricopolate)。

第四節 賽斗科植物之花序型態

Kaul (1986) 觀察石櫟屬(*Lithocarpopsis*)、栗屬(*Castanea*)、栲屬(*Castanopsis*)、櫟屬(*Quercus*)四屬共十七種殼斗科植物後，提出以下之共同模式。1. 殼斗科植物多數具果實發育至成熟須跨年之特性，小果留存於枝條上，隔年才成熟。2. 春天時萌發新枝條，於新枝條上抽出花序，先萌發雄花序後，進而萌發雌花序或雌雄混合花序。3. 同一花序上花性的分布為雌小花在下雄小花在上。4. 經成功授粉受精後的雌小花，將成為小果，然後留存於枝條上，於次年成熟。

但不同屬之花序型態特性仍有差異。石櫟屬的花序向上，有分支，具有雌雄混合或僅有單性花之花序；最大特點為，一花序上可能先出現雄花，接著出現雌花，而後又出現雄花之情況。Kaul (1986) 則指出這種狀況，可能由於石櫟屬花序特化程度最低，因而出現此種混亂花性現象。

栗屬植物則可能同時具有無分叉的花序或是分叉花序，萌發花序初期，一定皆為雄花，較晚期才萌發雌花。雌花 3-5 朵為一小群著生在花序柄上。花序亦直立向上(Kaul, 1986)。

櫟屬植物之雄花與雌花絕大多數分別位於不同花序上，雄花序長而下垂，可能由當年新梢萌發處抽出，也可能於新梢上萌出且帶葉。雌花序短而著生於葉腋下。花朵不具明顯香氣，常呈黃綠色(Kaul, 1986)。

Culley (2002) 等所整理出風媒花與蟲媒花特徵之差異，包含花粉粒的大小或花粉粒表面的紋路質地等，皆與授粉媒介相關。Crepel 和 Daghlian (1980) 測量殼斗科植物各屬數種植物的花粉粒大小後，發現其花粉粒皆偏小，而屬間差異不大，花粉粒皆為長橢圓形三溝孔，花粉粒的大小界於 10-30 μm 間，偏屬風媒花之特徵。水青岡屬、櫟屬、栲屬、石櫟屬植物中，僅有石櫟屬植物具明顯突起構造，其於三屬之花粉表面較為平滑，也較偏向風媒授粉之特性。但此與 Kaul (1986) 利用花序生長的特性，推測殼斗科植物中，僅有石櫟屬為風媒授粉，其餘皆為蟲媒授粉的結論相異。由於石櫟屬植物雄花序下垂，與雌花位置上重疊，型態上較有可能藉由風傳遞花粉，另外他也觀察到，生長在溫帶的石櫟屬植物，開花期短且集中在昆蟲密度尚低的早春，加上花序與葉片顏色相近，且無明顯氣味，而推論其為風媒花。

第五節 櫟屬植物授粉後花粉管的生長與發育

櫟屬植物適宜授粉時之雌花構造，由上而下分別為柱頭(stigma, ST)、花柱(style, SY)、傳遞組織(transmitting tissue, TT)、花被(perianth, P)、中柱(compitum, C)、多腔室子房(paracarpous portion of the ovary, PPO)、隔板(septum, S)、空腔(locule, L)和發展未全胚珠(rudimentary ovule, RO)。

櫟屬植物雌花之柱頭幾乎皆為乾式柱頭型，並且具3個心皮、3個柱頭與6個胚珠。花粉管附著於柱頭上後，由柱頭頂部，表皮組織較為鬆散之孔道(aperture)進入，花粉管向花柱延伸，並不斷形成胼胝體之栓塞物質(callose plug)，花粉粒中物質皆傳送至柱頭上後，空殼很快會脫落而消失。通常，花柱中的花粉管數目多而難以計數。花柱中傳遞組織可見於傳遞組織向下延伸至空腔上方，其外圍有維管束與皮層組織。傳遞組織細胞偏長條型，有利花粉管順勢之生長。三岔型態之柱頭匯聚於中柱，中柱位於空腔的上方，空腔環繞有多腔室子房。傳遞組織向軸面無維管束或皮層組織，直接與中柱相連。花粉管經由中柱或傳遞組織，皆可進入胚珠環繞的空腔，然而通常花粉管到達空腔上方時，胚珠尚未成熟，花粉管於此處暫停生長。

Cecich (1997)觀察白橡樹(*Quercus alba*)、黑橡樹(*Quercus velutina*)和北方紅橡樹(*Quercus rubra*)三種櫟屬植物，觀察到兩種花粉管生長停滯類別：其一以白橡樹為例，四月中左右授粉完成後，花粉管發育、生長並停滯至六月中恢復生長，當年完成受精，同時在當年果實發育至成熟。而黑橡樹與北方紅橡樹於四、五月之間授粉後，花粉管的停滯生長時期超過一年，於翌年五、六月才恢復生長，完成授精。花粉管恢復生長時，胚珠已為成熟狀態，較為膨大，隔板因而向上靠近中柱之位置，花粉管隨機進入不同子房腔內，進入胚珠，而完成授精。

第六節 影響結實率的可能因素

Yacine 和 Bouras (1997)觀察 *Quercus ilex* 植物若干年後，於 1995 年開始對選中的 14 棵植株，進行自交與雜交授粉試驗。他們將花粉於柱頭萌發的過程分為五個階段，即 PT1 階段在柱頭上橫向切片(cross section)時，可計數獲得的花粉管在柱頭口之數目，PT2 階段為在花柱上端橫切可觀察到花粉管，PT3 階段為花柱中端

橫向切片可觀到花粉管、PT4 階段花粉管已達花柱底端，PT5 則花粉管達到子房。授粉後，經不同天數統計所得結果，雜交處理的花，較自交處理者的各階段，花粉管數目都較多。另外，他們以三種花粉授粉，分別為自花粉(自交)、自花與他花之混合花粉、他花花粉(即完全雜交)，對雌花進行授粉，而以開放授粉為對照組。著果率與結實後種子播種的萌發率在四種處理間皆有顯著差異，著果率以完全雜交(即全為他茶花粉者)最高，平均為 24.91%，開放授粉次之為 22.24%，自交最低僅有為 4.24%。種子萌發率亦是自交最低 10.93%，雜交與開放授粉分別為 51.12% 與 55.12%。花朵敗育率(flower abortion rate)與果實敗育率(fruit abortion rate)雜交皆較自交低，著果率則較高。

觀察 1990-1997 年白橡樹與黑橡樹平均著果率，前者為 7%，後者為 12%。白實橡樹果實敗育(abortion)多發生於七月初，即甫受精完畢時。少數黑橡樹植株，即使有開花也無法產生成熟果實；最高的溫度與霜害的日數，會減少堅果的產量；春天的降雨則有助於黑實橡樹授粉、與受精與結實(Cecich and Sullivan, 1999)。

第七節 賽斗科植物之繁殖

針對殼斗科植物繁殖之研究較少。Puigderrajols 等(2001)曾發表栓皮櫟(*Quercus suber* L.)相關之微體繁殖研究。另外也有 *Nothofagus alpine* 根部與莖部微體繁殖之研究 (Jordan et al., 1996)。種子發芽研究方面，歐洲栗 (*Castanea sativa*) 需 2 至 3 個月 0-4°C 的低溫濕冷層積方能發芽(Soylu and Serdar, 2000)，鬼櫟 (*Lithocarpus lepidocarpus* Hayata) 種子濕冷層積兩個月後，萌芽率可提高至 85%，但發芽勢仍差，需 16 週方能達到最高萌芽率，刻傷後種子萌芽率仍為 85%，發芽勢較強，8 週即可達到最高之萌芽率(黃等，2004)。鬼櫟種子休眠性與種殼存在與否有密切關係(張等，2006)。小西氏石櫟種子發芽試驗中，經濕冷層積處理 2 個月的種子，平均萌芽天數減少至原本未經處理的二分之一以下；種殼受破壞的程度，影響小西氏石櫟種子的發根率與平均萌芽天數，完全去除種殼可得最佳的發芽率與最低平均萌芽天數，去除柱頭端的種殼次之，刻傷處理之效果則較不顯著(黃等，2008；黃等，2009)。

在傳統無性繁殖法上，甚少有文獻發表。但依據本研究初步之研究顯示，鬼櫟之幼年樹當年生枝條，帶葉半硬木至軟木插，有發根成活之機會。而由連續三

年之嫁接試驗後，發現接穗之採穗部份、季節及砧木狀況，顯著影響嫁接成活率(陳等, 2010)。其中，嫁接季節以十至四月較佳，當半年最後一次成熟梢中後段枝條較佳，砧木帶葉表現較優(陳等, 2010)。



第三章 材料與方法

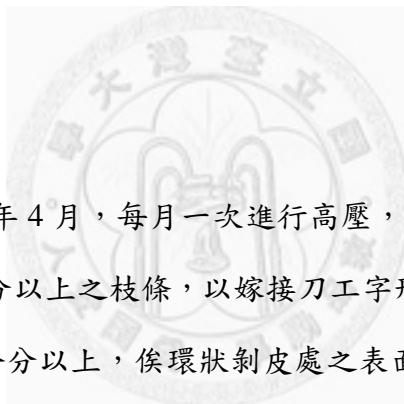
本論文內容分為三個主題：第一部分為小西氏石櫟之繁殖；第二部分為小西氏石櫟開花與結實習性；第三部分則為小西氏石櫟之果實性狀及初步選拔。

第一節 小西氏石櫟之繁殖

一、小西氏石櫟枝條之高壓

試驗材料

於日月潭水岸之樣株。該樣區在約 50 平方公尺範圍內，共有大小植株超過 10 株，共標定 5 株。



試驗方法

2008 年 5 月至 2010 年 4 月，每月一次進行高壓，每次高壓 10 枝枝條。高壓於已木質化，直徑 0.8 公分以上之枝條，以嫁接刀工字形劃開樹皮，並且予以環狀剝除，剝除寬度需達 2 公分以上，俟環狀剝皮處之表面完全乾燥後，再使用前一日已浸溼之水苔，按壓至不再滴水之程度，包覆於枝條傷口位置，再使用透平塑膠袋及魔帶綑綁並標誌。高壓繁殖後每月由塑膠布外調查一次發根情形。

二、小西氏石櫟幼年性枝條與成年性植株枝條之扦插

試驗材料

扦插枝條分為兩類：辦性枝條取實生苗之枝條。實生苗以盆種植於林業試驗所網室，係因嫁接時修剪所得；成年植株枝條則於每月採樣時單一特定個體採回。

試驗方法

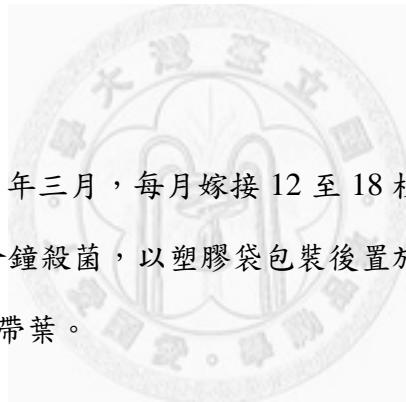
自 2008 年 9 月至 2010 年 3 月，於臺灣大學園藝系旁，露天試驗地進行扦插。使用當年生至一年生枝條為插穗，每穗長度 6 公分。分為對照組以及 3 個處理組。

處理組分別沾施發根劑 NAA 3000 ppm、IBA 3000 ppm 以及 NAA 1500 ppm+ IBA 1500 ppm。共有兩種枝條來源，4 種植物生長素發根劑，18 個月份，計 $2 \times 4 \times 18 = 108$ 處理，每處理視材料之取得量，扦插至少 20 個插穗，每穗帶 2-3 枚健康葉。介質為根基旺 1 號與泥炭土，體積比例為 1:1，必要時葉面噴施尿素 500 ppm，扦插盆上方以透明塑膠袋覆蓋，保持濕度並置於 75% 遮陰網下。

三、小西氏石櫟之嫁接試驗

試驗材料

接穗來自每月自埔里地區採樣採回之單一特定成年個體之枝條。砧木使用林業試驗所南海路網室內，2006 年至 2008 年播種並種植於 5 寸盆內之小西氏石櫟一年生實生苗。



試驗方法

2008 年 11 月至 2010 年三月，每月嫁接 12 至 18 枝條。接穗採回後，需先以 8-HQS 500 ppm 浸泡 30 分鐘殺菌，以塑膠袋包裝後置於嫁用冰箱冷藏室內備用，嫁接以切接法嫁接，接穗帶葉。

第二節 小西氏石櫟開花與結實習性觀察

試驗材料

本試驗於 2008 年 5 月、2009 年 5 月及 10 月、2010 年 5 月於南投縣魚池鄉、埔里鎮等地標示小西氏石櫟之樣株。

試驗方法

分別於小西氏石櫟樣株盛花期吊掛標籤，標示與區別春花以及秋花。並且於 2008 年 2 月至 2010 年 5 月，每月一次採集與觀察小西氏石櫟樣株上之枝梢小花或小果。花期前後以及果熟期前後，改為每兩週採樣一次。除現地登錄樣株當時之生育狀況外，部份枝梢上之葉片供分析 N. P. K. Ca. Fe. Mn 與碳水化合物等必要元

素，芽則供石蠟切片，枝梢供扦插用。小花與幼果供外部形態調查，石蠟切片與掃描式電子顯微鏡觀察用。

(1)外觀性狀調查：於野外採集帶有花序或小果的枝梢後，以封口袋密封，避免失水迅速攜回實驗室插於水瓶中。在實驗室量測雌雄花序、雌雄花數目、小花與小果重量、小花與小果體積、小花與小果之直徑與高度。以 SigmaPlot 10.0 作圖，並分析其生長曲線。每次調查每樣株帶花或果之枝梢各至少與枝。

(2)花與果實之切片觀察：部分小花以徒手切片暨石蠟切片，觀察其發育過程。植物石蠟切片步驟修改自蔡(1975)。步驟概分為固定，脫水、埋臘、切片與鏡檢。但由於小西氏櫟花果組織在中期以後。木質化現象明顯，組織非常硬，因此在脫水與滲臘之前必須要分別先修整與軟化。將小花或小果之樣本浸置於 FPGA(成分與組成配置方法見附錄 1)固定液中，脫氣 2 小時並靜置過夜。固定後之樣本以 50% 乙醇潤洗後，可以暫時保存於 70% 乙醇中，等待脫水。樣本脫水前，須先修整樣品。修整樣品是將已木質化之樣品切割為適當大小，且製造若干不影響觀察之傷口或剝除木質化非常明顯之部分，以利脫水序列時異丁醇(Tetra-Batanol A Solution, TBA)溶液與蠟液之滲入；已完全木質化之樣品，必要時須先經軟化法之前製備步驟。樣品之軟化係以%之 NaOH 浸漬樣品至少 小時，通常花後 個月之樣品即需軟化。樣本經異丁醇 TBA 序列脫水、60°C 烘箱中滲蠟和埋蠟後，蠟塊將分割為適當大小；分割後之臘塊再修整為上窄下寬之梯形，並以碎蠟熔為液態黏附樣本蠟塊於台木上，以旋轉式切片機 (Rotary microtome Leica RM2125)切片。旋轉式切片機之刀刃傾斜角度為 5 度，切片厚度 10-20 μm ，切下之蠟帶以 3% 福馬林溶液延展於經美爾氏附劑(Mayer's adhesive)製備之玻片，於加熱器上 42°C 隔夜烘乾，再以 1 % Safranin O 和 0.5% Fast green 進行雙重染色，以加拿大巴爾森膠(Canada Balsam)封片備用(詳細切片步驟見附錄三)。製作完成的切片，以光學顯微鏡(UNIC G305)，廠商進行觀察，並以外接 CCD (Jenoptic ProgRes CapturePro 2.5)

拍照記錄。

- (3)授粉受精觀察：花粉管生長螢光觀察採苯胺藍染色法。小花浸置於 FAA(比例配置法見附錄四)固定液中隔夜後，以逆滲透水潤洗置換到 10N NaOH 中，在 60°C 中軟化 8 小時後，以流動之逆滲透水清洗樣品，並浸泡於苯胺藍溶液 (Aniline blue) 與甘油(Glycerol) (1: 1=v: v) 中隔夜。壓片後以螢光顯微鏡 (Optima F26)觀察。
- (4)芽體與小花之觀察：芽體部份以 Glutaraldehyde 固定液固定後，於解剖顯微鏡(Nikon M89)下剝除苞片至頂芽可見；小花則直接以 FAA 固定。依掃描式電子顯微鏡樣品製備法(附錄五)進行製備。經二氣化碳臨界點乾燥(Critical point dehydrate Bio-Rad SC502)與金鈀合金鍍膜(Polaron)後，以掃描式電子顯微鏡進行觀察(Topcon ABT-60)並且攝影。

- (5)營養元素暨碳水化合物分析：於 2008 年 1 月至 12 月採集小西氏石櫟成熟的葉片，進行營養元素暨碳水化合物之分析(分析方法詳見附錄六)。共分析

第三節 小西氏石櫟之種子與果實性狀相關性調查及初步選拔

試驗材料

2008 年及 2009 年先後標定南投縣魚池鄉、埔里鎮等地區與台東縣南興、山豬窟地區之小西氏石櫟共 株，於其果實成熟時，再採集其橡實供調查。

試驗方法

調查各標定株橡實之直徑、果高、果重、果實體積、殼斗厚度、種子直徑、種子高度、種子重與種子體積並計算其可食率。由於小西氏石櫟種殼堅硬，去除種殼時需以桌虎鉗固定堅果，再以線鋸去殼，切割位置需小心拿捏避免傷及種子之完整性。其中，果實體積係以排水法測定。

第四章 結果與討論

第一節 小西氏石櫟之繁殖

一、小西氏石櫟之無性繁殖

本試驗分別利用空中壓條之高壓法、扦插以及嫁接法，來了解小西氏石櫟無性繁殖之可行性。

自 2008 年 5 月開始至 2009 年 9 月，於日月潭水岸一帶，每月高壓一次，每次取 10 枝條高壓。高壓後，每月觀察與紀錄。最終，僅在 2008 年 8 月進行高壓者，在高壓 9 個月以後，可獲 40 % 之發根率(圖 1)，其他月份之高壓者，皆未發根率皆為 0。結果顯示小西氏石櫟之高壓無性繁殖率低且需時相當長。其餘未發根之枝條，多數會形成癒傷組織(callus)，且不影響該枝條之生長，僅少數會乾枯死亡。高壓成功後之植株，經假植、定植後均可成活。檢視高壓成功之枝梢，發現可能與受陽量有關。由於處於野生狀態之個體，多數夾雜於其他較高大之林木間，株形通常較高，不易在陽光照射較充足之部位高壓，可能因此影響其成活。不過，至少可知，小西氏石櫟在夏秋之間，有高壓繁殖之可能，至於真正之成功率，應作更詳細之研究。

扦插試驗自 2008 年 9 月開始至 2009 年 10 月為止，共測試 14 個月，每月扦插一次。扦插材料來自嫁接時，由砧木剪下之幼年性枝條，以及採自日月潭岸邊之成年枝條。結果顯示，在 2008 年 11 月、12 月、2009 年 1 月、2 月、9 月與 10 月均可扦插發根(圖 2)亦即在秋末至早春之間，小西氏石櫟有扦插成活之機會，以 2008 年 1 月之發根率最高；而採自日月潭岸邊之成年樹枝條，成活率高於採自砧木上之幼年性枝條。由扦插成活率最高的 2009 年 1 月結果看，未處理植物生長素之處理較處理植物生長素者高。在 2008 年 12 月，未處理植物生長素之成年枝梢，扦插成活率達 10 %，2009 年成活率超過 20 %，當年 10 月則超過 15 %，均高於同

時間經生長素處理者。而採自砧木之幼年性枝條，則成活率均低於 5 %。自扦插至可以觀察到發根通常需 4 個月以上，而本試驗之扦插環境為台北露天自然環境之下頂加蓋透明塑膠布，可能受氣候影響之關係在秋冬季(2008 年 11 月至 2009 年 2 月與 2009 年 9 月和 10 月)進行扦插之枝條不經夏季高溫，較無葉片蒸散量過多造成葉片乾枯脫落的問題；且可以避免高溫環境下，可能有高呼吸速率之作用，使其無法與光合作用速率平衡，發生葉片脫落現象，而能有較高發根之機率。又枝條扦插後到發根所需時間長，必須留意營養原素之補充。由於本次扦插之插穗來自於其他試驗剩餘之植材，材料之變異性極大，並無法代表個別部位之真實扦插成活率。以砧木嫁接時採下之枝條而言，可能同時具有 1 年生與 2 年生之枝條，而採自日月潭岸邊之材料，可能來自結果枝或營養枝，同時因採樣之關係，並未考慮其部位而僅考慮其發育狀態。因此本試驗首先證明，小西氏石櫟具幼年性枝條與成年枝條均具有扦插成活之能力；同時，由成年枝之發根率會優於幼年性枝條上看，小西氏石櫟應屬於易扦插成活之樹種。亦即，將來如能選得表現優異之個體，除非扦插苗根細系不佳，否則，應可用扦插法，大量繁殖營養系，以供經濟生產之需。其次，使用植物生長素處理，無論在成年枝或幼年枝均未能提高其發根率上看，也印證小西氏石櫟應可能不必仰賴發根劑即可發根。由此項結果顯示，小西氏石櫟如能在秋末以後，採取適當的插穗，在適當的扦插環境且不需發根劑下，應會有高的扦插成活機會。

無論和高壓或扦插相比較之下，嫁接為果樹最常使用的無性繁殖方法。自 2008 年 11 月至 2010 年 3 月每月進行一次嫁接試驗，分別在 2009 年 2 月、2010 年 1 月、2 月和 3 月獲得 33%、17%、56% 與 50% 之嫁接存活率(圖 3)。結果顯示小西氏石櫟適合嫁接的月份應為 1 至 3 月，2009 年 4 月以前之接穗皆未經 8-HQS 500 ppm 30 分鐘的殺菌處理，使接穗在高濕的環境下易產生發霉，可能是導致 2009 年的 1 月與 3 月無法嫁接成活，同時 2009 年 2 月的嫁接存活率也低於 2010 年 2 月之因原。

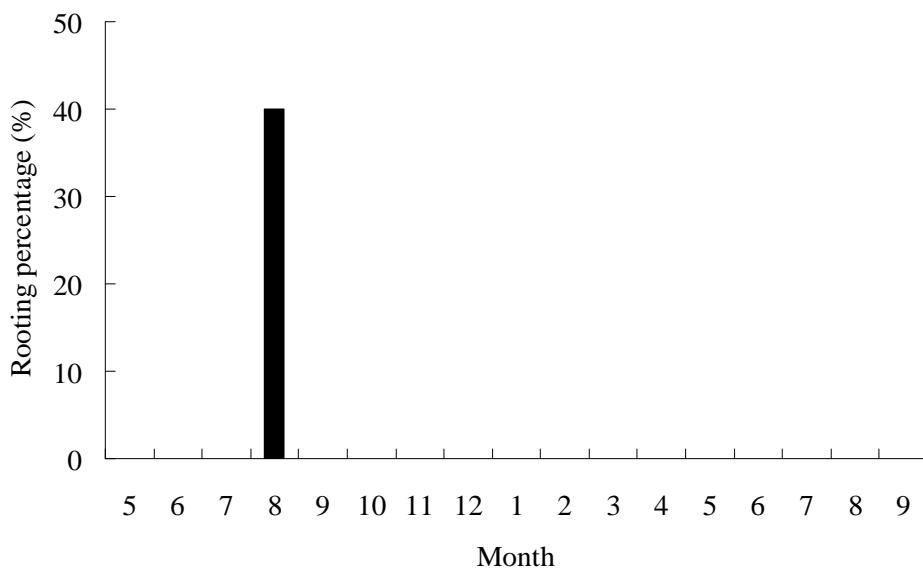


圖 1. 2008 年 5 月至 2009 年 9 月小西氏石櫟高壓之發根率

Fig. 1. Layering rooting percentage of *Pasania konishii* from May, 2008 to September, 2009.

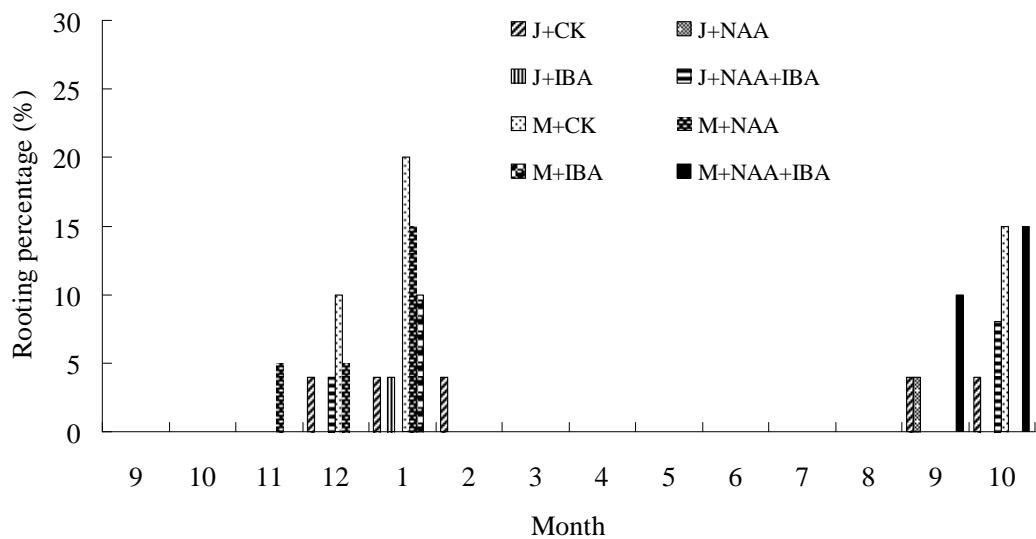


圖 2. 2008 年 9 月至 2009 年 10 月小西氏石櫟扦插之發根率

Fig. 2. Rooting percentage of cuttings of *Pasania konishii* from September, 2008 to October, 2009. J: juvenile stem, M: mature stem, CK: control, NAA: treatment of 3000 ppm NAA, IBA: treatment of 3000 ppm IBA, NAA+IBA: treatment of 1500 ppm NAA and 1500 ppm IBA

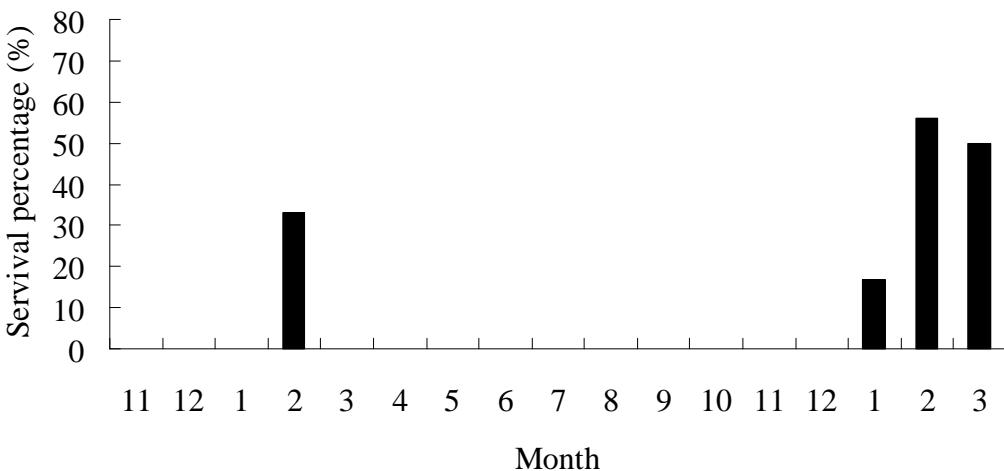


圖 3. 2008 年 11 月至 2010 年 3 月小西氏石櫟嫁接存活率

Fig. 3. Survival percentage of grafting of *Pasania konishii* from November, 2008 to March, 2010.

小西氏石櫟之枝梢甚細，初生新梢成熟時，通常很少超過 3mm，此等粗細之枝條至少可能造成以下兩個問題：1.接穗與砧木在嫁接時不易處理，2.養份之蓄積可能不足。由圖 36 之結果可看出，小西氏石櫟葉片內碳水化合物含量在 11 月以後，明顯較高，與同屬常綠果樹的荔枝(*Litchi chinensis*)、檸果(*Mangifera indica*)、柑橘(*Citrus spp.*)類似。而此類樹種，此時期枝條內之養份含量亦遠高於其他時期，這可能會是影響嫁接成活率的重要因子之一。而在嫁接實作上，小西氏石櫟接穗在切削後，傷口極易乾，加上枝梢過細，也可能影響其成活。由於柑橘、檸果都可在生長季中嫁接成活，而由初步結果看小西氏石櫟則否，或與其養份供應，及接穗不易調理且傷口易乾，有相當之關聯。本研究在嫁接時，未保留葉片，因此無活得知是否如茶樹相同，是否必須帶葉片嫁接。

綜合以上之結果顯示，小西氏石櫟無論高壓、切接與扦插均有成活之機會。雖然以目前之結果顯示，只有在 8 月高壓有發根之機會，但可能在夏秋之際均有高壓成活之機會；雖然由初步結果顯示高壓發根率僅 40%，但依據經驗得知，在

進一步研究後，成活率應可再提高。由於高壓，有機會育成較大型之種苗，因此值得進一步研究。小西氏石櫟顯然是一種易於扦插成活之植物，無論成年枝梢或自幼年枝梢，在冬半季採半硬木插，均有成活之機會。而通常採半硬木插可成活之植物，在夏半季以軟木插至半硬木插於較良好的扦插環境下，亦易成活。不過由於小西氏石櫟枝梢細，相對生長速率較慢，扦插苗育苗時間需較長，或定植後，需較長時間才能成園，是較大的缺憾，否則扦插應為小西氏石櫟最普遍的無性繁殖方法。切接法可在一至三月間作為小西氏石櫟的重要繁殖方法，初步顯示在三月份可獲得 50% 以上之嫁接成活率；由於小西氏石櫟種子發芽問題大致已解決(黃等 2008, 黃等 2009)，如附錄四，因此應可透過切接，在適當季節繁殖嫁接苗。

雖然由初步結果顯示，小西氏石櫟可用以上三種方法行無性繁殖，但何種方法對苗木培育較有利，仍需進一步深入研究。

第二節 小西氏石櫟開花與結實習性

一、枝梢發育

小西氏石櫟一年中可抽出兩次新梢，且於春秋季各萌發一次花序並開花；春季萌發的花序稱為春花序，秋季萌出的花序稱為秋花序。一年中的第一次抽梢發生於初春，是芽體結束冬季休眠後，在三月以前抽出。春花序由春梢頂梢上的芽體萌出；花序芽體的萌發，發生在三月中旬。小西氏石櫟之花序可分為雄花序及雌雄異花同花序(以下簡稱混合花序)兩類，前者僅有雄花，後者同時具有單性的雄花與雌花，混合花序之雄花在上端，雌花在花序基部。一般而言先萌出雄花序再萌出混合花序。花序萌發以後，在四月至五月間開花，雄花序先開花，隨後混合花序開花，但混合花序上先開雌花，後開雄花。小西氏石櫟於冬季結束後之抽梢以及春季的花序萌發皆非常整齊。同年六月以後可以觀察到第二次新梢的萌發，第二次新梢萌發較不整齊，同一棵植株在六月至八月之間皆有新梢陸續萌發。秋梢生長停止後，即在頂梢數個芽體上萌出秋花序。相較於春季之花序抽出的整齊

度，秋季花序的萌發亦較不整齊，從八月到翌年一月都可以觀察到花序的綻放，其中開花的高峰期為中秋節前後一星期。

二、芽體的變化

於 2009 年六月採春梢花序下方未萌出之芽體，以固定液固定，剝除苞片並加以製備後，可以利用掃描式電子顯微鏡觀察到第二次梢葉原體的產生(圖 4)。2009 年九月於二次梢上採集的芽體樣本，以掃描式電子顯微鏡觀察，可見秋花序之花序原體的形成(圖 5)，花序原體上已可以觀察到苞片的發育。在 2009 年十二月採集的芽體，亦觀察到翌年春梢葉原體的形成(圖 6)。2010 年 3 月採集春梢上的芽體，已確定為花序芽，且芽體上已經分化出多個花原體(圖 7、圖 8)。2010 年三月觀察花序原體形成後的發育，如圖 9 至 14，可以觀察到雄花原體先形成，多個雄花芽形成後，花藥原體也分化完成；雌花原體的形成較晚，雌花芽會再分化心皮原體。

一般而言，會開花之枝梢上，春花序平均抽出雄花序 7 個，混合花序 4 個。在瓶插之狀況下，雄花序可開 27 朵雄花，混合花序可開雄花 23 朵，雌花 5 朵；秋花序、春花序開放結束後，六月會由開花部位下方之腋芽抽出，第二次營養梢，發育良好之第二次梢會在當年秋季開出秋花序，故常可見秋花序下方著生春花花序之小果。秋花序之雌小花亦會產生小果，兩季花之小果一起越冬在春夏間才急速生長，並均在第二年秋末冬初成熟，並脫落。

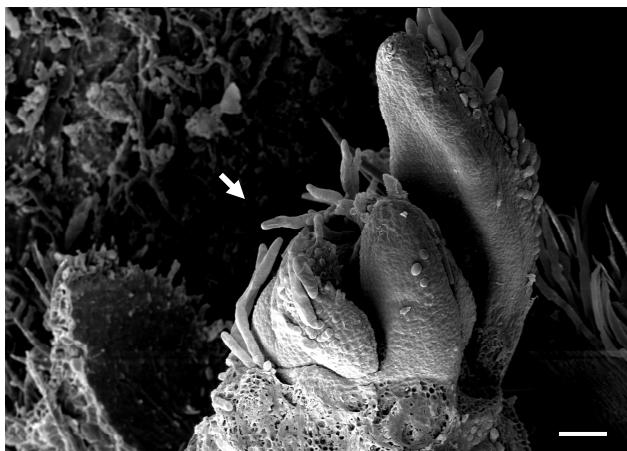


圖 4. 以掃描式電子顯微鏡觀察小西氏石櫟 2009 年 6 月採集之芽體(箭號：葉原體)

Fig. 4. Scanning electronic microscope photograph of bud of *Pasania konishii* in June, 2009. (Arrow indicated leaf primordium. Bar=62.5 μ m)

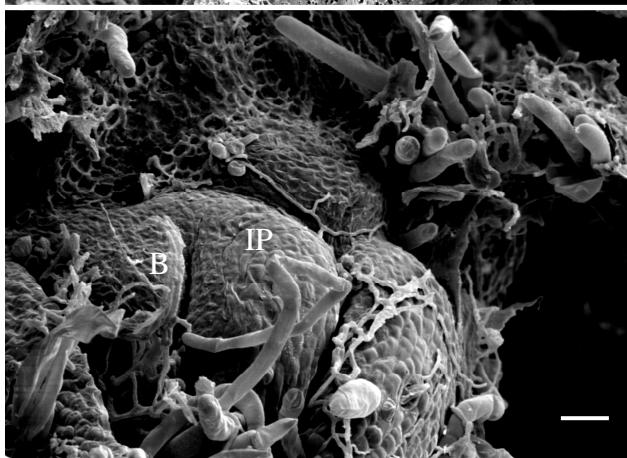


圖 5. 以掃描式電子顯微鏡觀察小西氏石櫟 2009 年 9 月採集之芽體(IP：花序原體；B：苞片)

Fig. 5. Scanning electronic microscope photograph of bud of *Pasania konishii* in September, 2009. (IP: Inflorescence primordium B: Bracts Bar=25.0 μ m)

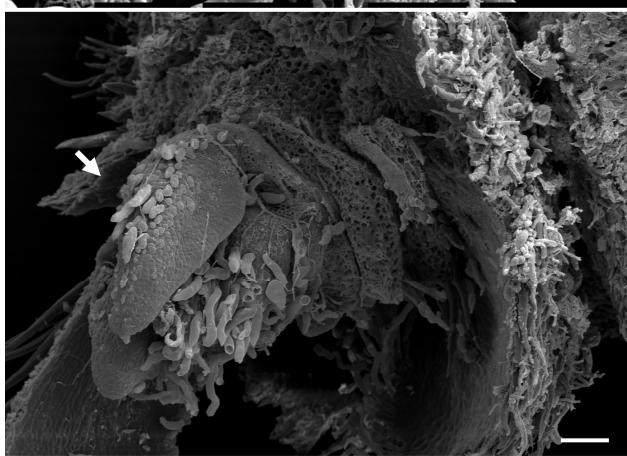


圖 6 以掃描式電子顯微鏡觀察小西氏石櫟 2009 年 12 月採集之芽體(箭號：葉原體)

Fig. 6. Scanning electronic microscope photograph of bud of *Pasania konishii* in December, 2009. (Arrow indicated leaf primordium. Bar=66.6 μ m)

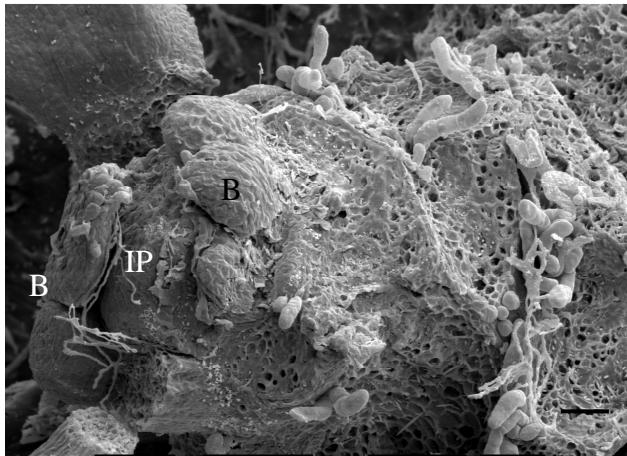


圖 7. 以掃描式電子顯微鏡觀察小西氏石櫟 2010 年 3 月採集之芽體(IP：花序原體；B：苞片)

Fig. 7. Scanning electronic microscope photograph of bud of *Pasania konishii* in March, 2010. (IP: Inflorescence primordium B: Bracts Bar=38.4 μ m)

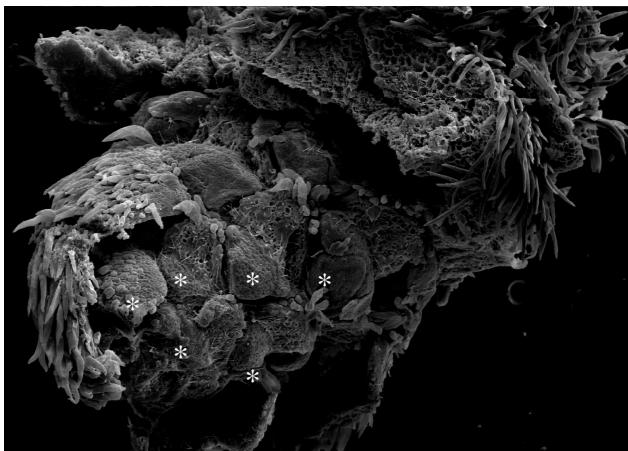


圖 8. 以掃描式電子顯微鏡觀察小西氏石櫟 2010 年 3 月採集之芽體(星號：花原體)

Fig. 8. Scanning electronic microscope photograph of bud of *Pasania konishii* in March, 2010. (*: Flower in florescence Bar=95.2 μ m)



圖 9. 小西氏石櫟花序原體的形成

Fig. 9. Inflorescence primordium of *Pasania konishii*.

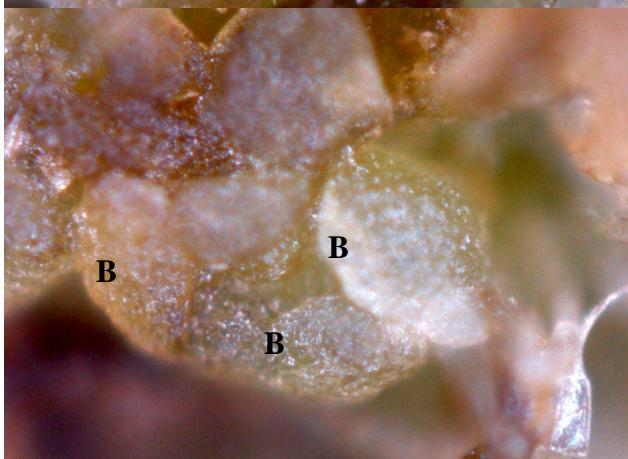


圖 10. 小西氏石櫟雄花原體形成，由苞片包覆(B: 苞片)

Fig. 10. Staminate flower primordium of *Pasania konishii* covered with bracts.(B: bracts)



圖 11. 小西氏石櫟花序芽體基部形成多個花原體

Fig. 11 Various flower primordia on the base of inflorescence bud of *Pasania konishii*.

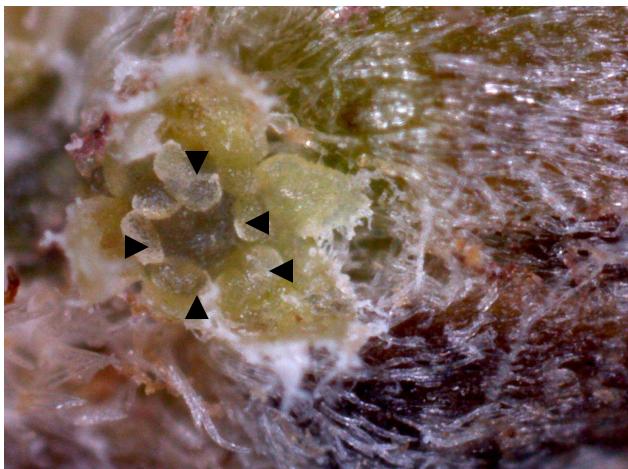


圖 12. 小西氏石櫟雄花芽上之花藥原體形成 (箭號: 花藥原體)

Fig. 12. Staminate flower bud of *Pasania konishii* with stamen primordia.

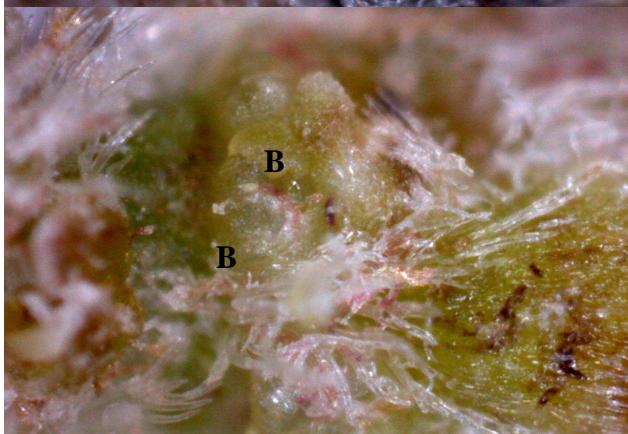


圖 13. 小西氏石櫟雌花原體形成，由苞片包覆(B: 苞片)

Fig. 13. Pistillate flower primordium of *Pasania konishii* covered with bracts.
(B: bracts)



圖 14. 小西氏石櫟雌花芽形成，心皮原體明顯可見

Fig. 14. Pistillate flower bud of *Pasania konishii* with carpel primordia.



三、小花至成熟果實之發育

無論春花或秋花，在當年開花後果實直徑在略為增加後，即停滯不再發育，一直到翌年 4 月起，兩季雌花小果才開始明顯膨大，六到八月再略為停滯後，九月起果徑急速增加，一直到採收為止(圖 15)。由果實發育之曲線看，小西氏石櫟之果實發育屬於雙 S 型之生長模式。其中，春花部分：第一個 S 曲線模式為 2008 年五月至 2009 年六月間之發育，符合 $Y=20.595+8.730/(1-(x/11.432)^{49.107})$ 之單 S 型迴

歸模式，迴歸方程式之 $R^2=0.9995$, $P<0.0001$ 。第二個 S 曲線模式為 2009 年五月至 2009 年十二月間之發育，符合 $Y=11.516+30.743/(1+\exp^{(-(x-5.839)/0.924)})$ 之單 S 型迴歸模式，迴歸方程式之 $R^2=0.9817$, $P=0.0006$ 。秋花部分：第一個 S 曲線模式為 2008 年十月至 2009 年六月間之發育，符合 $Y=2.543+10.154(1+\exp^{(-(x-7.524)/0.425)})$ 之單 S 型迴歸模式，迴歸方程式之 $R^2=0.9939$, $P<0.0001$ 。第二個 S 曲線模式為 2009 年五月至 2009 年十二月間之發育，符合 $Y=11.207+25.293/(1+\exp^{(-(x-5.646)/1.014)})$ 之單 S 型迴歸模式，迴歸方程式之 $R^2=0.9839$, $P=0.0005$ 。

果實高度在開花年之表現趨勢，大致與果實直徑相同，但秋花之果高略小於春果，使春果較接近橢圓形，而秋果較接近扁圓形至圓形(表 2)；而秋果果高在四月以後即開始明顯增加，春花果之發育則較慢，使之在七月以後，果高反而顯著小於秋花果，但至採收前，兩者差異不大(圖 16)。由生長曲線上看果高之發育，亦屬於雙 S 型曲線。其中，春花部分：第一個 S 曲線模式為 2008 年五月至 2009 年六月間之發育，符合 $Y=5.125+3.330/(1+\exp^{(-(x-3.037)/0.546)})$ 之單 S 型迴歸模式，迴歸方程式之 $R^2=0.9875$, $P<0.0001$ 。第二個 S 曲線模式為 2009 年五月至 2009 年十二月間之發育，符合 $Y=8.640+13.261/(1+\exp^{(-(x-5.069)/0.514)})$ 之單 S 型迴歸模式，迴歸方程式之 $R^2=0.9962$, $P<0.0001$ 。秋花部分：第一個 S 曲線模式為 2008 年十月至 2009 年六月間之發育，符合 $Y=3.460+5.068(1+\exp^{(-(x-7.866)/0.890)})$ 之單 S 型迴歸模式，迴歸方程式之 $R^2=0.9662$, $P=0.0004$ 。第二個 S 曲線模式為 2009 年五月至 2009 年十二月間之發育，符合 $Y=5.955+13.908/(1+\exp^{(-(x-3.847)/0.859)})$ 之單 S 型迴歸模式，迴歸方程式之 $R^2=0.9878$, $P=0.0003$ 。

果重及果實體積的生長曲線，大致上與果高及果徑類似，為雙 S 之生長曲線，但第二個 S 曲線之顯著性較差。果重的迴歸方程式，決定係數與差異顯著性，春花第一個 S 曲線為迴歸方程式之迴歸方程式之 $R^2=0.9726$, $P=0.0008$ ；秋花第一個 S 曲線迴歸方程式之 $R^2=0.9673$, $P=0.0004$ ；春花第二個 S 曲線迴歸方程式之 $R^2=0.9431$, $P<0.0001$ ；秋花第二個 S 曲線迴歸方程式之 $R^2=0.8400$, $P=0.2945$ 。果

實體積的迴歸方程式決定係數與差異顯著性分別為春花第一個 S 曲線迴歸方程式之 $R^2=0.9461$, $P<0.000$; 秋花第一個 S 曲線迴歸方程式之 $R^2=0.9653$, $P=0.0005$; 春花第二個 S 曲線迴歸方程式之 $R^2=0.7760$, $P=0.0502$; 秋花第二個 S 曲線迴歸方程式之 $R^2=0.9653$, $P=0.0005$ 。分別如圖 17 與圖 18。

小花至果實成熟期間，密度的變化見圖 19。春花開放後至翌年六月以前，密度均小於 1g/cm^3 ，七月以後至十月間，密度會急速提高到 1.1 g/cm^3 左右。秋花之比重在開放後，比重及大多在 1.0 g/cm^3 以上，一直到翌年春季三月調查時才降到 1.0 g/cm^3 以下，五月時甚至降到 0.9 g/cm^3 以下，六月起，比重亦開始迅速提高，最後與春花果相近。由於果實體積係以排水法測定，而小西氏石櫟在開花後，總苞的發育狀況、大小果實及包裹果實的程度，均會顯著影響基本體積與比重。以肉眼觀察春花果之總苞在秋季即可包裹到花柱基部，但同時間內，秋花果則尚未完全包覆住小果；而在十二月以後秋花果之重量會超過春花果，但體積幾乎相同，顯然與總苞包覆之緊密度以及小果木質化有關。由以上兩個因素，導致秋花果初期之密度大於春花果。翌年三月起秋花果之總苞開始明顯生長，使其體積與重量與春花果相近；六月以後，尤其是七月以後由石蠟切片上看，小果開始木質化，同時果實開始發育，使殼斗之比重逐漸提高。

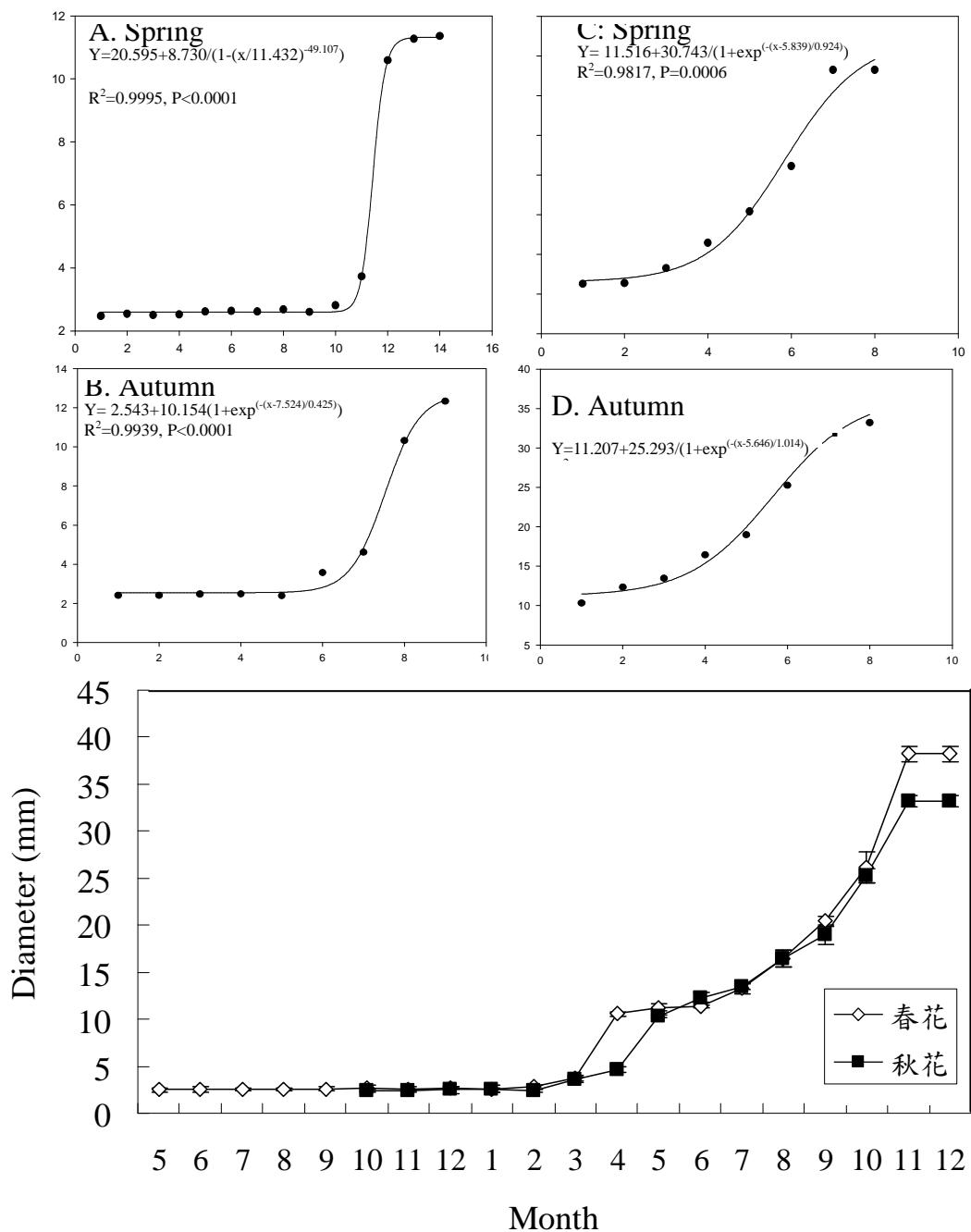


圖 15. 小西氏石櫟小花至成熟果實發育時期直徑的變化(附圖 A：春花 2008 年 5 月至 2009 年 7 月間之發育；附圖 B：秋花 2008 年 10 月至 2009 年 7 月間之發育；附圖 C：春花 2009 年 6 月至 2009 年 12 月間之發育；附圖 D：秋花 2009 年 6 月至 2009 年 12 月間之發育)

Fig. 15. Diameter variation of *Pasania konishii* from flower to mature fruit.

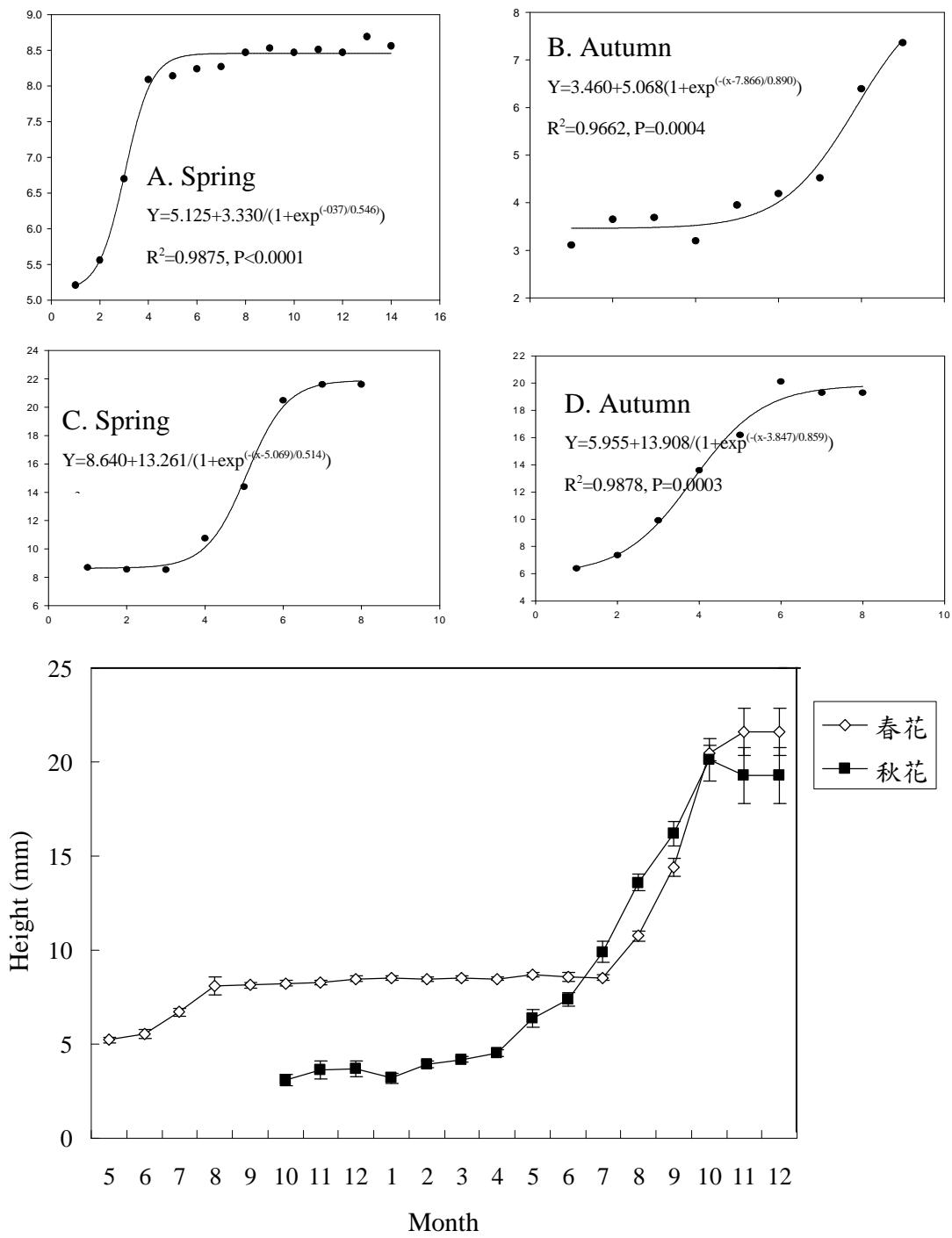


圖 16. 小西氏石櫟小花至成熟果實發育時期高度的變化(附圖 A：春花 2008 年 5 月至 2009 年 7 月間之發育；附圖 B：秋花 2008 年 10 月至 2009 年 7 月間之發育；附圖 C：春花 2009 年 6 月至 2009 年 12 月間之發育；附圖 D：秋花 2009 年 6 月至 2009 年 12 月間之發育)

Fig. 16. Height variation of *Pasania konishii* from flower to mature fruit.

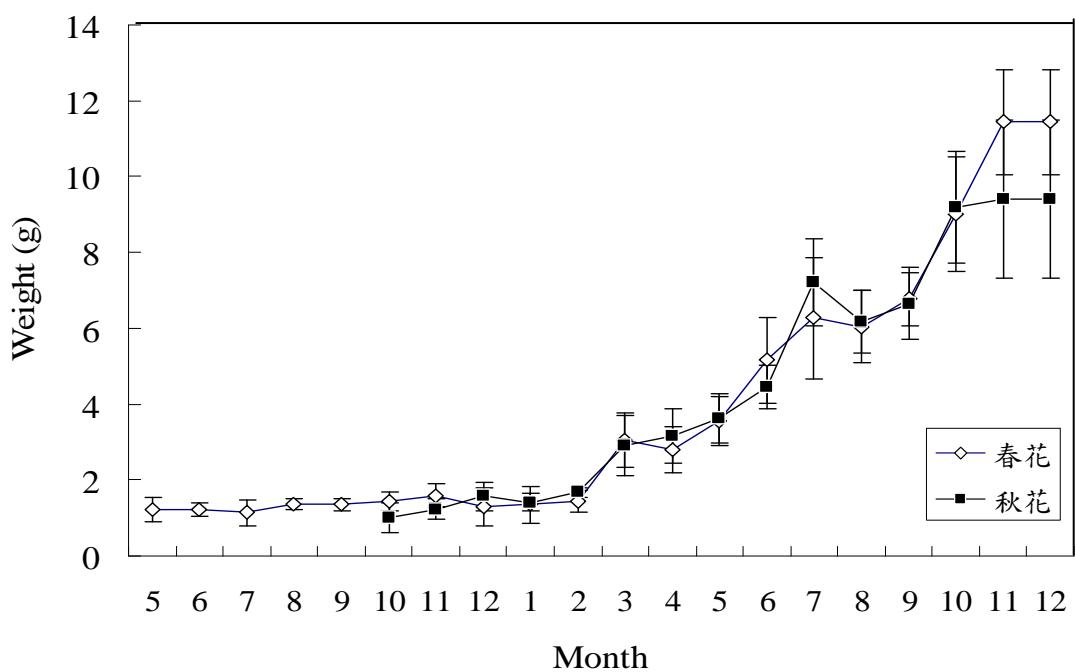
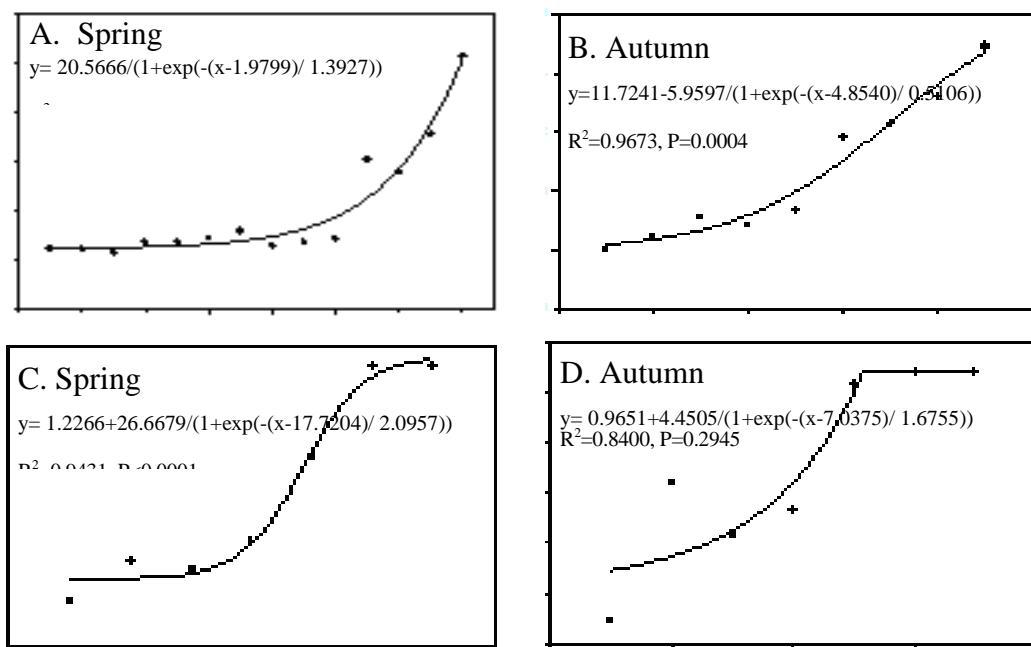


圖 17. 小西氏石櫟小花至成熟果實發育時期重量的變化(附圖 A：春花 2008 年 5 月至 2009 年 7 月間之發育；附圖 B：秋花 2008 年 10 月至 2009 年 7 月間之發育；附圖 C：春花 2009 年 6 月至 2009 年 12 月間之發育；附圖 D：秋花 2009 年 6 月至 2009 年 12 月間之發育)

Fig. 17. Weight variation of *Pasania konishii* from flower to mature fruit.

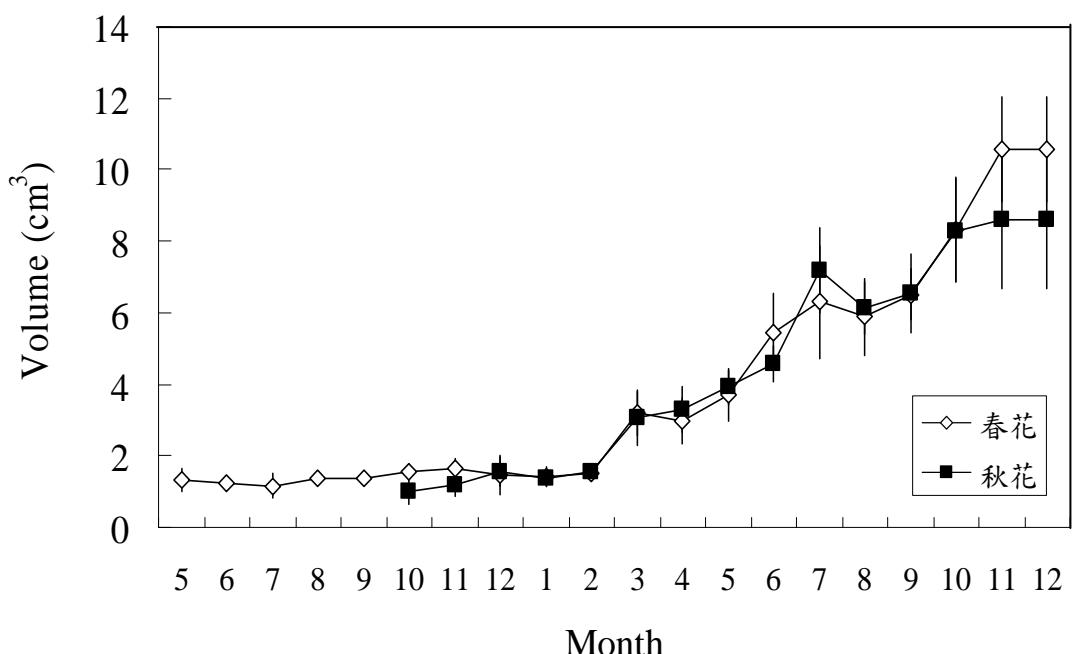
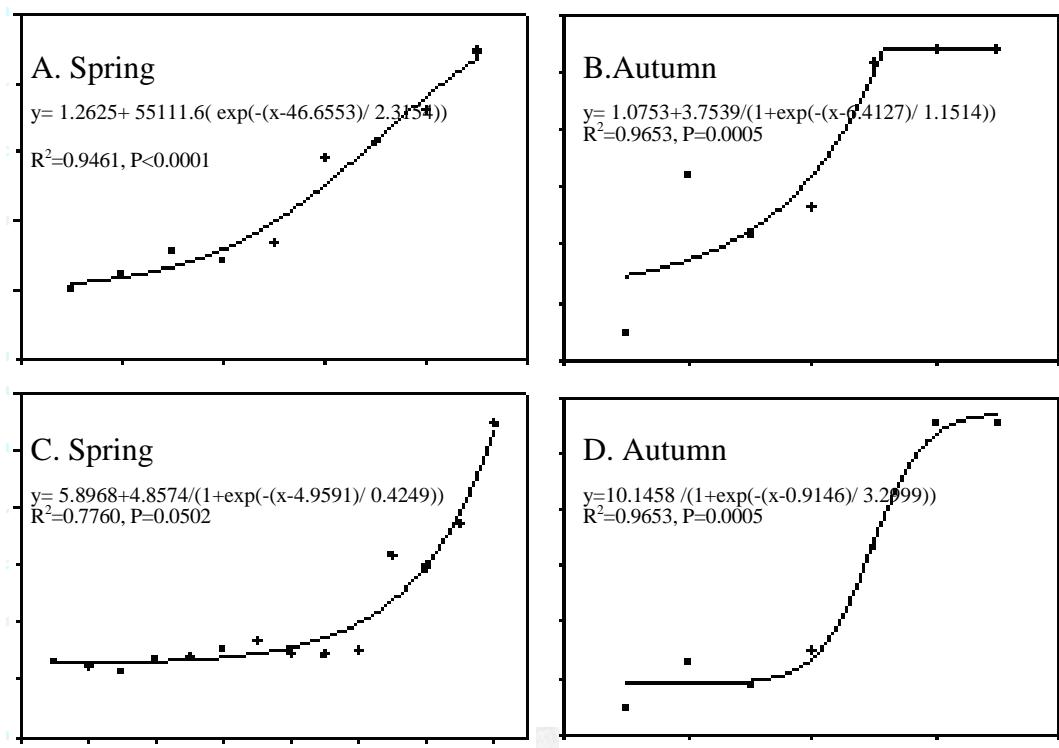


圖 18. 小西氏石櫟小花至成熟果實發育時期體積的變化(附圖 A：春花 2008 年 5 月至 2009 年 7 月間之發育；附圖 B：秋花 2008 年 10 月至 2009 年 7 月間之發育；附圖 C：春花 2009 年 6 月至 2009 年 12 月間之發育；附圖 D：秋花 2009 年 6 月至 2009 年 12 月間之發育)

Fig. 18. Volume variation of *Pasania konishii* from flower to mature fruit.

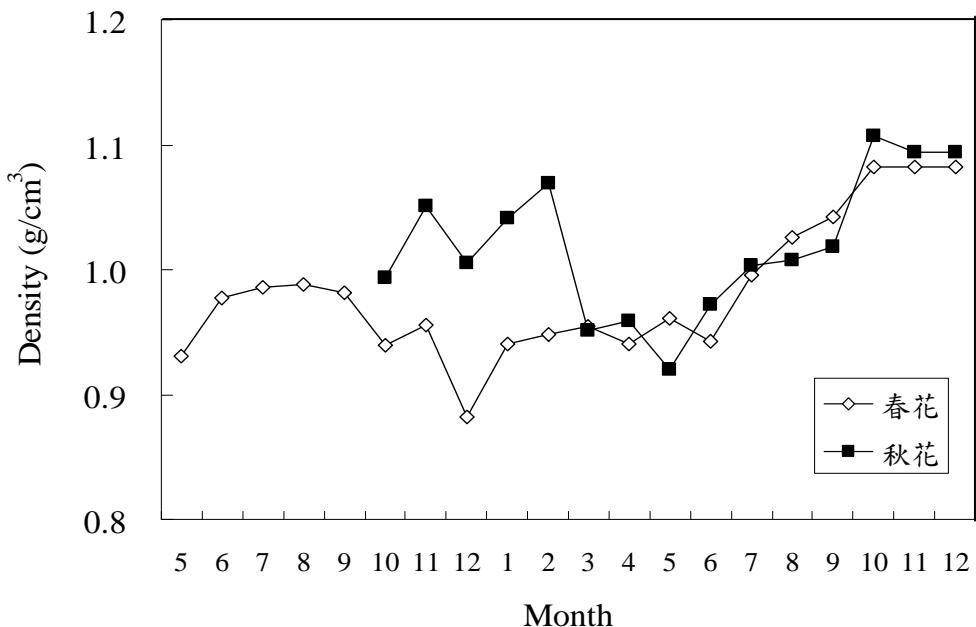


圖 19. 小西氏石櫟小花至成熟果實發育時期密度的變化

Fig. 19. Density variation of *Pasania konishii* from flower to mature fruit.

採收時果實部分性狀如表 1。春花果之果徑 38.24 ± 0.80 mm，秋花果之果徑為 33.19 ± 0.69 mm，全年平均為 35.71 ± 2.73 mm。春花果明顯大於秋花果。果高部分，春花果為 21.61 ± 1.24 mm，秋花果為 19.30 ± 1.48 mm，全年平均為 21.15 ± 1.40 mm；由於秋花果之變異甚大，故雖然春花果高高於秋花果，但差異不顯著。觀測樹果形較扁，果形指數小於 1；其中，春花果為 0.565 ± 0.027 ，秋花果為 0.624 ± 0.056 ，全年平均為 0.590 ± 0.052 ；顯示春花果平均扁於秋花果，但由於秋花果之變異較大，使兩者間差異不顯著。果重部分，春花果為 11.44 ± 1.38 公克，秋花果為 9.41 ± 2.09 公克，全年平均為 10.43 ± 1.99 公克；雖然秋花果果重僅為春花果的 82%，但秋花果果重之變異係數 (Coefficient of Variation, CV) 高達 22.2%，使兩者間差異不顯著。亦即，春花果果形略扁，通常大、重於秋花果，果實較整齊；秋花果仍有潛力形成大果，但整齊度不佳，多數小於春花果。

表 1. 小西氏石櫟果實採收拾之性狀

Table 1. Characters of seeds of *Pasania konishii*.

季節	果徑 (mm)	果高 (mm)	果形指數 (果高/果徑)	果重
				(g)
春花果	38.24±0.80	21.61±1.24	0.565±0.027	11.44±1.38
秋花果	33.19±0.69	19.30±1.48	0.624±0.056	9.41±2.09
全年	35.71±2.73	21.15±1.40	0.590±0.052	10.43±1.99

二、小花與果實發育時期之顯微觀察

小西氏石櫟雄花原體在三月迅速發育，花藥原體形成後(圖 19)，很快可見花藥之發育。5 月分混合花序抽長時，採取雄花，可見其在開放前花藥囊內已具有成熟之花粉(圖 27A)。而雌花雖為單性花，但在子房的基部也常可觀察到敗育之雄蕊與花藥(圖 27B)，花藥不開裂且無花粉。顯見小西氏石櫟之雌小花在分化前期，應為雌雄同花，旦發育至某一階段時，雄蕊因故無法發育，最終形成單性之雌花。柱頭上花粉(圖 28ABC)，大小約為 $13 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ ，但一般乾燥花粉(圖 28D)的大小則平均為 $12.5 \mu\text{m} \times 8 \mu\text{m}$ ，花粉掉落柱頭上後略微的膨大，形狀也由原本的長橢圓形變化為偏圓形的橢圓形。此外花粉皆具有三溝孔。

以掃描式電子顯微鏡觀察雌花，可見雌花具有三裂之柱頭(圖 22A)。柱頭在雌小花發育初期，筆直向上，隨後會張開。柱頭屬於乾性柱頭，無黏液分泌。柱頭頂端之細胞分部與排列使之有一凹陷區域(圖 22B)，有利於花粉之附著。將柱頭端放大觀察，孔隙明顯可見；本樣品之柱頭屬於初期筆直向上之狀態，但孔徑周圍已有花粉散佈(圖 22C)。將小西氏石櫟柱頭以石蠟切片進行觀察，可以發現柱頭頂端位置之橫向切片，可切出中央之空洞(圖 23A)，與與掃描式電子顯微鏡觀察結果相同，也與 Cecich 與 Sullivan (1999)觀察白橡木柱頭亦同。持續將花柱向下橫向切片後，至少可以將其中的組織分為五層(圖 23C)，最內側之髓部細胞為傳遞組織

(transmitting tissue)染色後呈紫紅色，排列緊密，其中夾雜一定數量之空腔(圖 23C I)。第二層細胞木質化呈輪狀排列呈現紅色，略有木質化的現象(圖 23C II)。第三層細胞小型而緊密排列(圖 23C III 之部位)，第四層細胞屬於大型厚角化細胞(圖 23C IV)，最外層細胞則有明顯木質化現象(圖 23C V)。花柱縱切後可見中央的傳遞組織(圖 23B)，細胞細長而緊密排列(圖 23D)。Cecich 與 Sullivan (1999)指出傳遞組織有利於花粉管萌發後，花粉管延細胞所排列之方向往子房基部延長。透過螢光顯微鏡觀察花粉管生長可見其因為缺乏化學向性而產生曲折的現象(圖 24A)，在花粉管生長過程中將形成多個胼胝體(callose plug)(圖 24B 如箭號所示)。此與 Cecich 與 Sullivan (1999)觀察所得之結果相近。由於小西氏石櫟授粉時雌花的胚尚未發育，觀察當年春花開花 3 個月後採得之樣品，子房基部仍未見任何膨大跡象(圖 25A)，無空腔形成，也無法觀察到胚細胞；同時間觀察前一年所開之春花(圖 25B)，開花經過 15 個月以後，子房基部可以觀察到空腔，其中有珠被(integument)與胚囊(embryo sac)之形成，但尚未觀察到受精之現象。因此，推測花粉管應和紅橡樹與黑橡樹一樣，花粉管會停留在三花柱結合的中柱內。而花粉管發育初期扭曲與分岔，可能是因為初期小花未形成完整胚囊，導致無法因胚囊而對花粉管產生誘導物質，缺乏一般認知中，植物開花授粉受精時期有的化學向性(楊與陳, 1998)，故傳遞組織的排列，是影響該時期花粉管生長方向的主要因子。在六月與七月分別採集小花樣本(去年之春花)進行石蠟切片觀察，可以在六月觀察到胚囊內珠被的形成(圖 26A)。但是，尚未能區分出外層珠被(outer integument) 或 內層珠被(inner integument)(圖 26B)。隨後外層珠被與內層珠被於七月初漸可辨別，外層珠被形成後，向外膨大，而內層珠被為剛開始發育之階段，所以二者之間有部分空隙(圖 26C)。七月底，已可見內層珠被細胞層數的增加，而空隙也被內層珠被的細胞充實(圖 26D)。小西氏石櫟具有 3 子房腔，腔中各有 2 枚胚囊，最後將形成 6 枚胚珠。八月及其之後的樣品，由於組織木質化嚴重，石蠟切片易斷裂，目前尚無法取得具水準之圖片，但曾於八月底的切片中觀察到圓球期之胚，推測小西氏石櫟之花

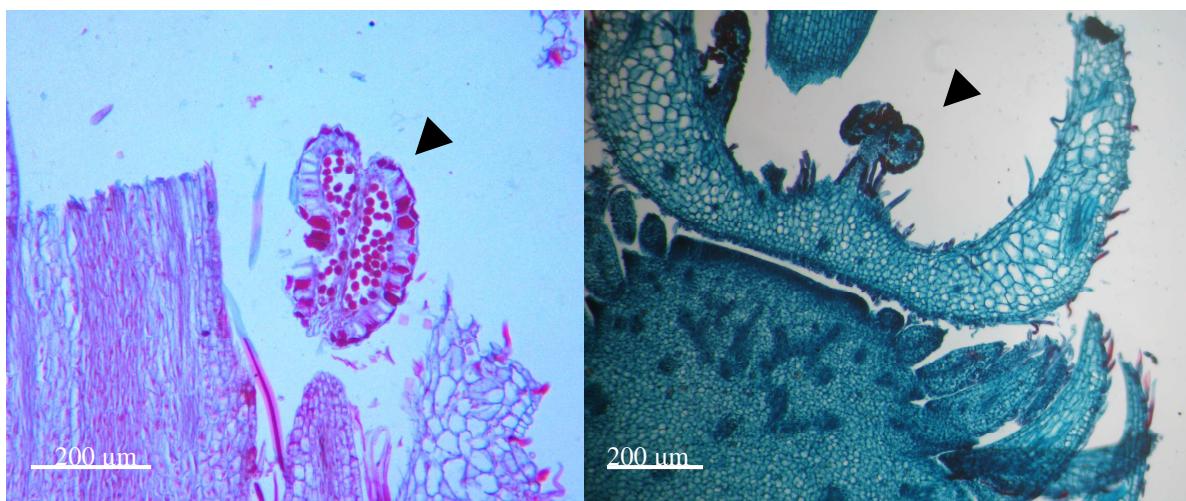


圖 20. 小西氏石櫟之花藥 (A)雄花之花藥(五月) (B)雌花基部的花藥(五月)

Fig. 20. Stamen of *Pasania konishii*. (A)Stamen of staminate flower. (B)Stamen of pistillate flower.

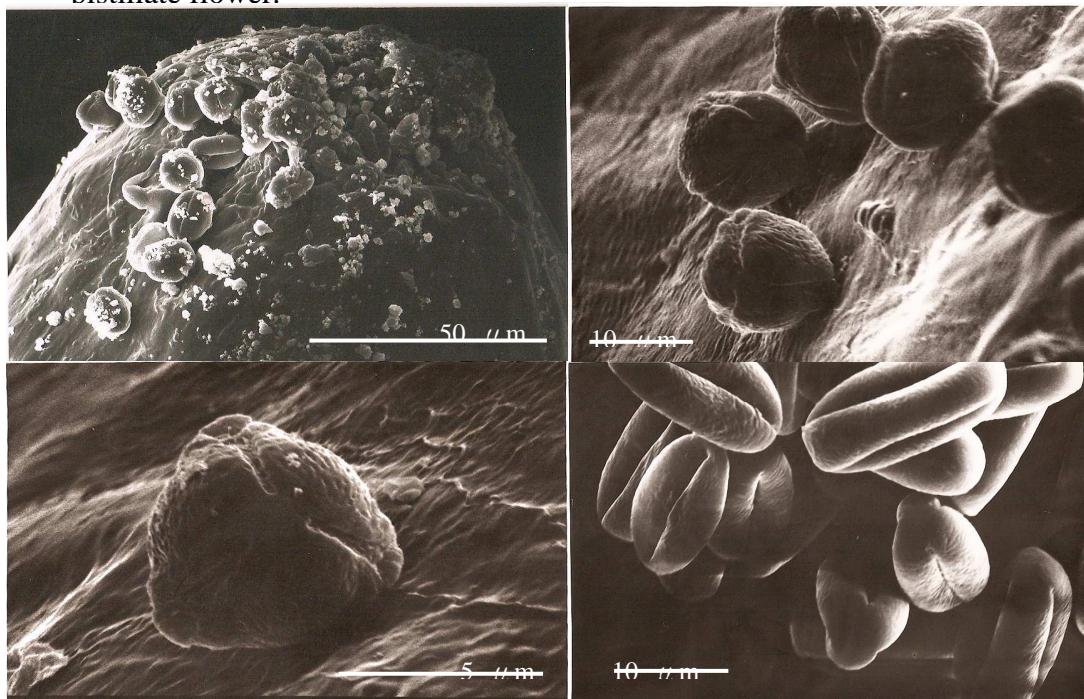


圖 21. 小西氏石櫟之花粉 (A)花粉著落於柱頭上方 (B)花粉落於柱頭上方後略為膨大 (C)花粉之極面 (D)乾燥取得的花粉

Fig. 21. Pollen of *Pasania konishii*. (A)Pollen landed on stigma of pistillate flower of *Pasania konishii*. (B)Pollen enlarged after landed on the stigma. (C)Polar side of pollen. (D)Pollen collected by dehydration.

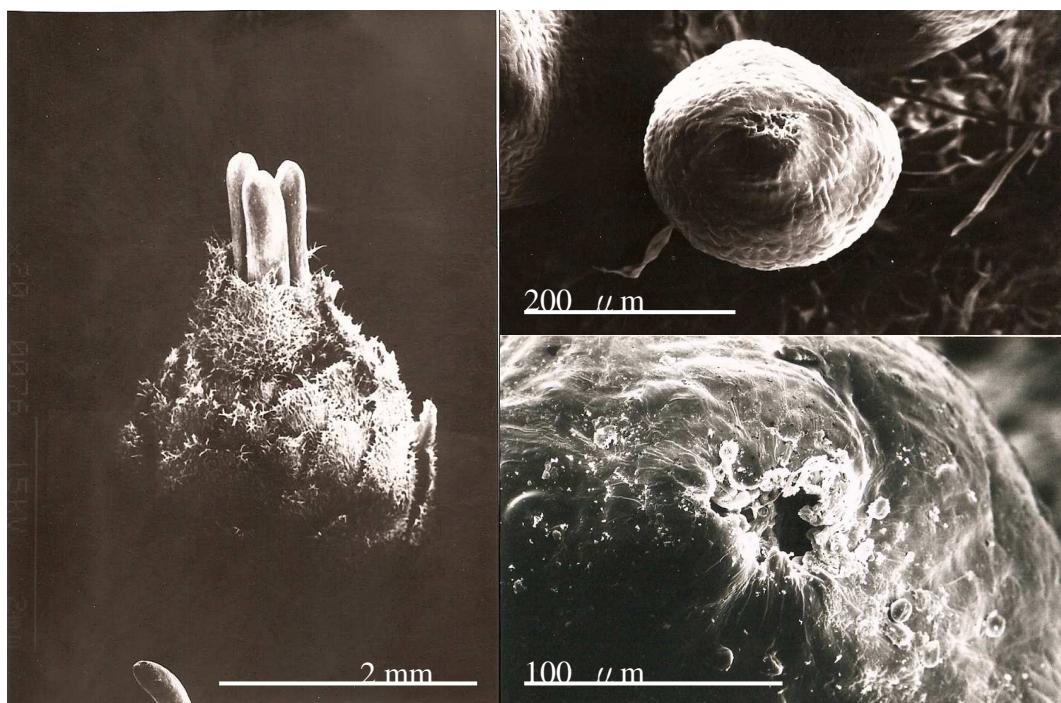


圖 22. 小西氏石櫟之雌花 (A)雌花之總苞與三叉狀花柱 (B)柱頭上方 (C)柱頭上方具明顯孔隙

Fig. 22. Pistillate flower of *Pasania konishii*. (A)Involucrum and three style of pistillate flower. (B)Top view of stigma. (C)The obvious aperture of stigma.

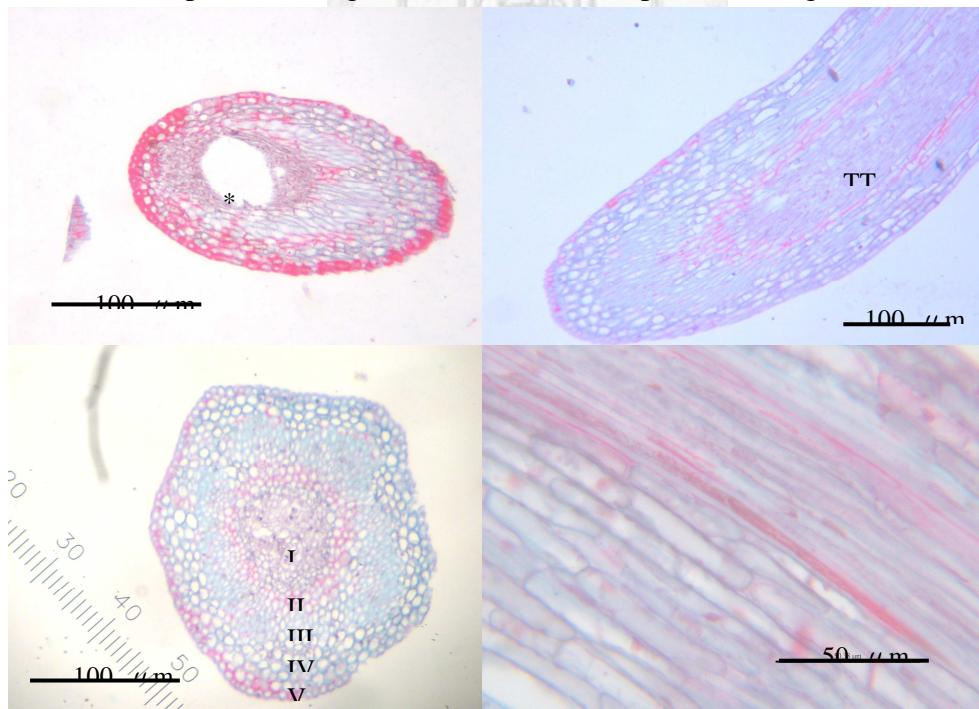


圖 23. 小西氏石櫟花柱切片 (A)花柱上方橫向切片(*孔隙) (B)花柱縱向切片(TT:傳遞組織) (C)花柱中段橫向切片 (D)傳遞組織

Fig. 23. Section of style of *Pasania konishii*. (A)Cross section of top style. (B)Longitudinal section of style. (C)Cross section of middle style. (D)Transmitting tissue.

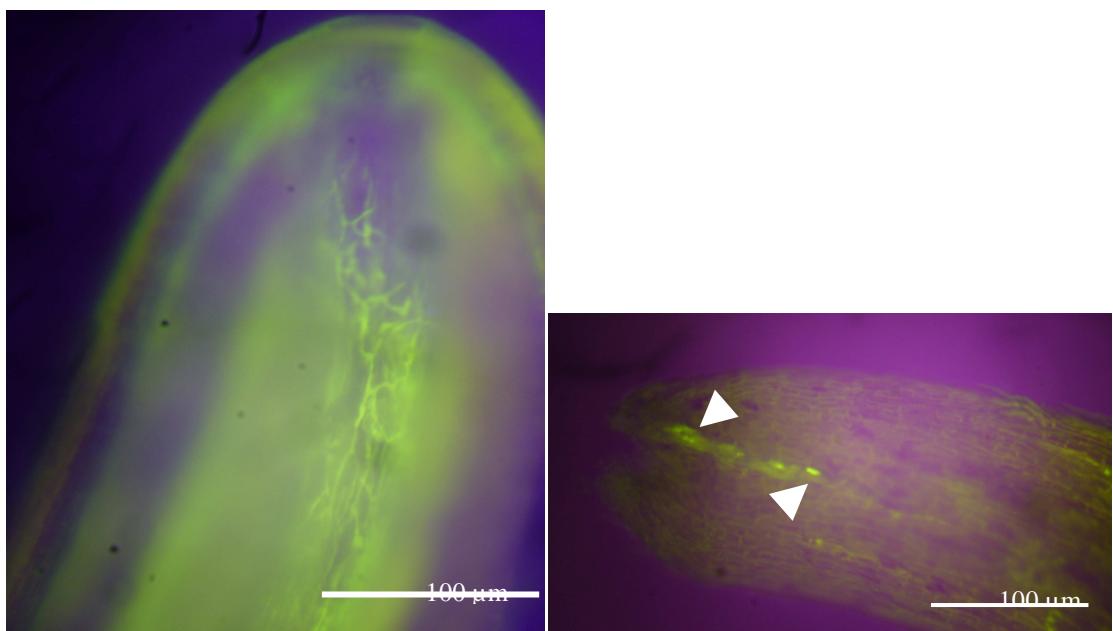


圖 24. 花粉管生長螢光顯微觀察 (A)花粉管生長曲折多岔 (B)花粉管生長過程中形成多個胼胝體

Fig. 24. Fluorescence photographs of pollen tube growth of *Pasania konishii*.
 (A)Branching of pollen tubes inside the style. (B)Callose plugs (arrow) of pollen tubes.

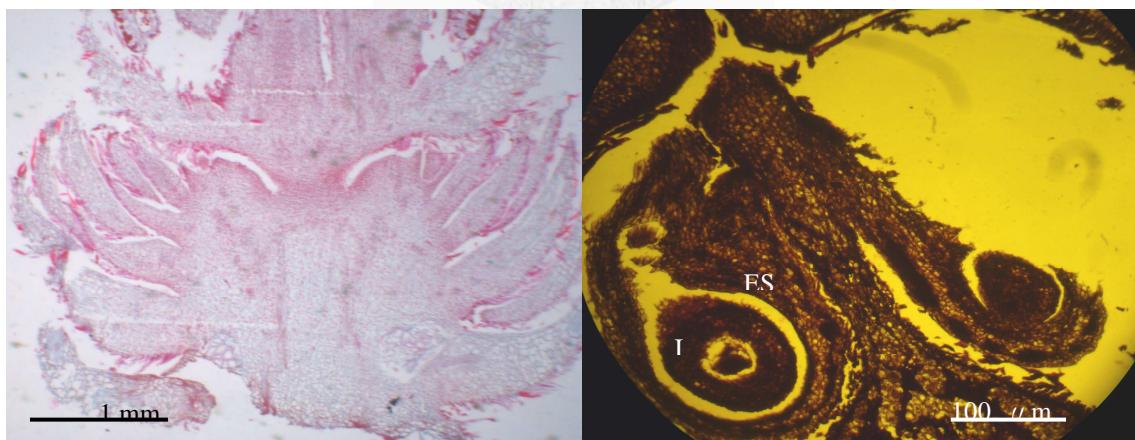


圖 25. 小西氏石櫟雌花子房位置縱向切片 (A)開花 3 個月後 (B)開花 15 個月後

Fig. 25. Longitudinal section of ovary of *Pasania konishii*. (A)Bloomed after 3 months.
 (B)Bloomed after 15 months. (ES: embryo sac, I: integument)

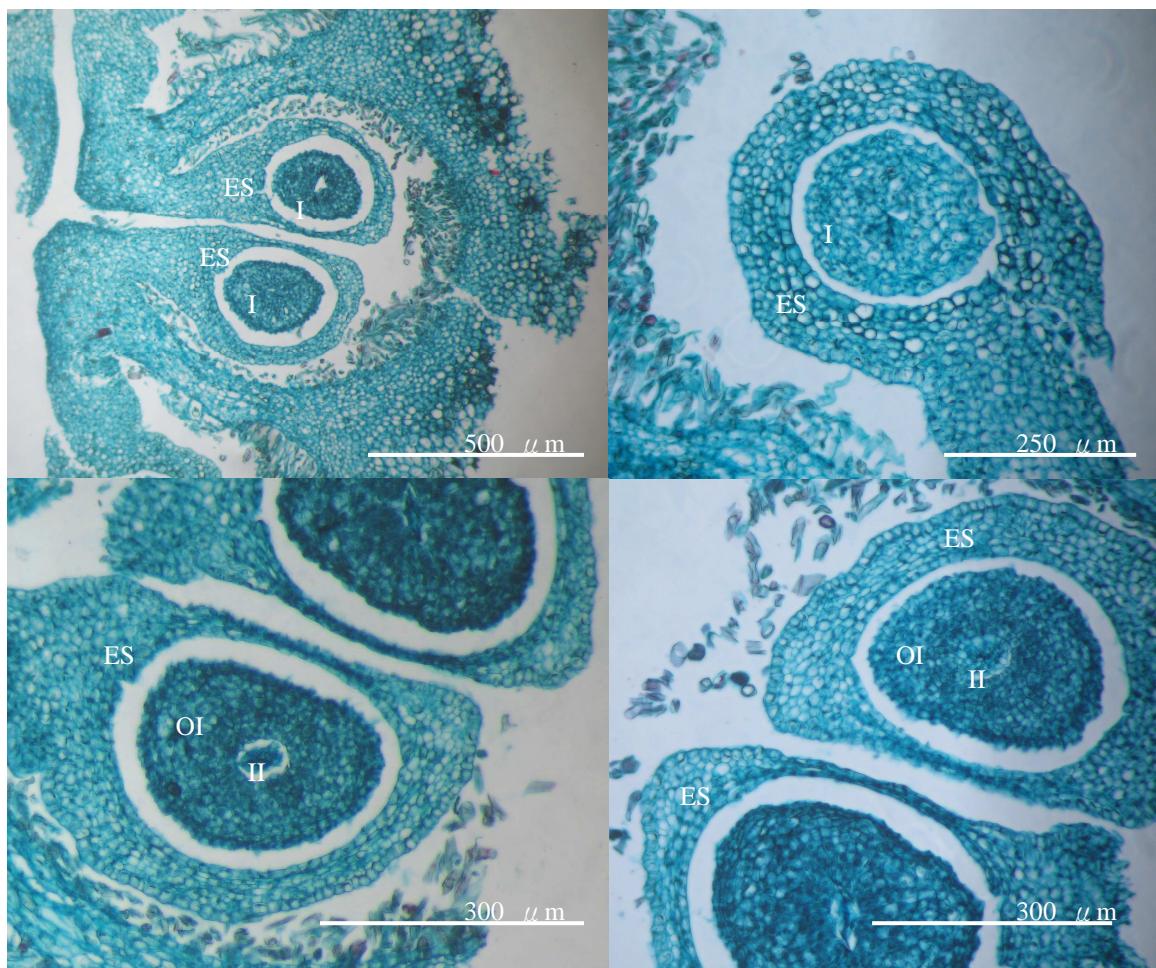


圖 26. 小西氏石櫟前一年開之雌花子房橫向切片 (A)六月採集 (B)六月胚囊中的珠被 (C)七月採集之樣本 (D)七月胚囊中的珠被

Fig. 26. Cross section of ovary of pistillate flower bloomed in previous year. (A) Sample collected in June. (B) The integument developed in embryo sac. (C) Sample collected in July. (D) The integument developed in embryo sac. (ES: embryo sac, I: integument, OI: outer integument, II: inner integument)

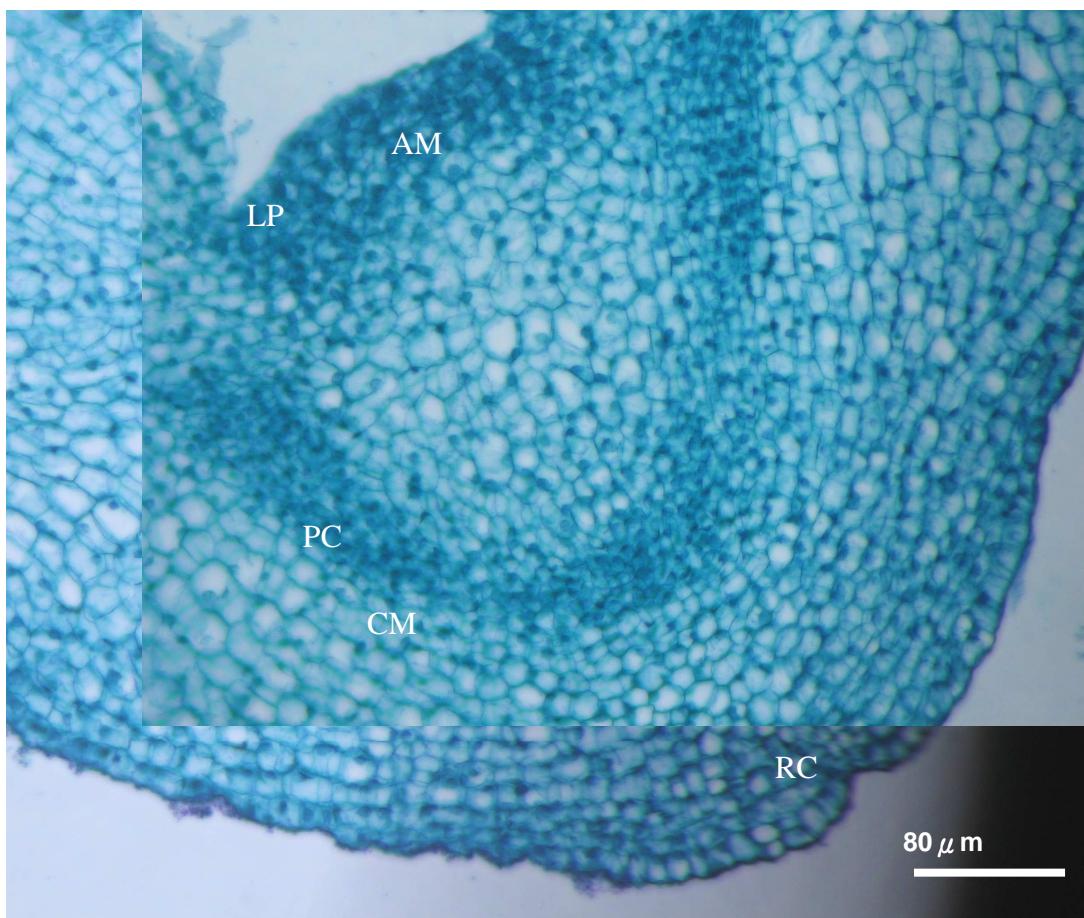


圖 27. 小西氏石櫟之成熟胚

Fig. 27. Mature embryo of *Pasania konishii*. (AM: apical meristem, LP: leaf primordium, PC: procambium, CM: cortex meristem, RC: root cap)

在七月以前完成胚珠的發育且於八月完成受精。果實採收前的胚(圖 27)則已經具有明顯頂端分生組織(apical meristem)與原始形成層(procambium)，兩者皆細胞小而排列緊密，細胞核占細胞比例較高。此外與歐洲栗(*Castanea sativa*)成熟果實之胚的縱向切片相比對(Botta et al., 1995)，亦可辨別出根冠、皮層分生組織和葉原體的位置。

比對小花至果實各項調查項目之生長曲線，可以看出小西氏石櫟果實發育過程中的雙 S 型發育曲線中，第一個 S 曲線(即第一年至翌年六月)，實際上屬於未完成受精前小花的發育，此時胚囊尚未完成形成，因此在開花後至當年年底小花增

重有限，屬於子房壁木質化及總苞木質化與略微增厚所致。到翌年春季胚囊開始發育之前，總苞與子房壁才開始急速發育造成 3-6 月間雌小花之第一個急速生長期。當第一個急速生長期結束時，胚囊發育完全，開始逐漸受精。受精完成後(八月份)，細胞分裂期間果實增重不大，在 7-8 月以後結束細胞分裂隨後細胞急速增大，果實亦快速增大，直到果實成熟為止，此段生長構成第二個 S 生長曲線。典型的單 S 果實生長曲線包括蘋果(*Malus domestica*)、番茄(*Lycopersin esculentum*)和草莓(*Fragaria xananassa*)等，在果實的細胞分裂期無明顯增加果實大小或果重，於其後的細胞膨大期果實生長曲線明顯急劇增加，並果實成熟期恢復平緩，形成單 S 型生長曲線；雙 S 果實生長曲線則以桃(*Prunus persica*)和葡萄(*Vitis spp.*)為例，於細胞分裂期即出現果重明顯增加或果實大小增加的情形，形成第一個 S 曲線部分，經過一段緩和期再進入細胞膨大期，形成第二個 S 曲線部分。本研究中小西氏石櫟之果實生長曲線起始點為小花時期，由小花開放至小果膨大至成熟果實之發育為雙 S 型，但小花於 2009 年 6 月前胚囊尚未發育完成，倘若以受精後之標準來看，亦即植物學之標準看，小西氏石櫟果實生長發育曲線，則應為單 S 型，亦即第 2 個 S 曲線，而第一個 S 曲線應屬於花的部份。但由通俗或實用之眼光看，小西氏石櫟果實發育，仍可視為雙 S 之發育曲線。而 Kanl(1986)認為多數殼斗科植物小果發育需跨年之論點，就植物學上看，應是未經植物解剖下的判斷。

小西氏石櫟無論在春季或秋季開花且授粉，將來受精後均可能發育成有效之果實，其中春花果果徑平均大於秋花果。兩季雌小花開放後，直到翌年四月以前胚均未發育，大致在四月以後，胚之空腔才開始逐漸形成，六月時部分胚才發育完成。八月及其之後的樣品，由於組織木質化嚴重，石蠟切片易斷裂，目前尚無法取得足以發表水準之圖片，但依據 Cecich (1997)調查北方紅橡木之結果推測五、六月花粉管恢復生長，同時胚開始發育，七月後才真正完成受精，果實才開始發育。因此圖 15 至圖 18 中之直徑、高度、體積及重量，在 2009 年以前，屬於花的階段，其後才是真正之果實發育曲線。單就真正果實之發育曲線而言，屬於單 S

型曲線，但如含小花之發育，則呈雙 S 型發育曲線，其中第一個 S 屬於小花之發育，第二個 S 則果實之發育。就經濟生產而言，一年內完成果實的生長與發育較為有利，如能深入了解其調控機制，利用生長調節物質調控其生長發育，或可更提高其經濟利用價值。

四、小西氏石櫟週年營養元素與碳水化合物含量之變化

從 2008 年一月至十二月小西氏石櫟葉片中的營養元素變化，氮含量變動不大(圖 22)，最低時候為九月(17.17 mg/g DW)最高則為 11 月(23.94 mg/g DW)，其餘則介於 19 至 22 mg/g DW 間(表 2)。鉀的含量四到八月大致在 27 mg/g DW 以上，其他的月份則皆在 25 mg/g DW 以下，又以 1 月為最低僅有 21.10 mg/g DW (圖 30)。鈣與鎂的含量變化趨勢相近(圖 31 圖 32)，兩者皆在七月與九月含量較高(鈣分別為 14.77 、 16.06 mg/g DW ，鎂為 1.34 、 1.24 mg/g DW)，鈣則在四月含量最低 7.12 mg/g DW ，鎂含量最低之月份為 3 月僅有 0.68 mg/g DW 。鐵(圖 33)含量於小西氏石櫟開花時會明顯降低，四月、五月、十月與十一月分別為 19.01 、 18.71 、 19.59 、 19.37 mg/kg DW ；在芽體休眠的十二月至一月則有較高含量 26.71 、 23.85 與 29.79 mg/kg DW 。錳(圖 34)普遍在一到六月含量較低，七至十二月含量較高，最低含量為六月 17.78 mg/kg DW ，最高含量在十一月，達 31.52 mg/kg DW 。鋅含量在十二月有最大值 18.25 mg/kg DW (圖 35)，與其他月份落差相當大，一到十一月的鋅含量皆落在 10 至 12 mg/kg DW 之間，其中在十月有最小值， 9.72 mg/kg DW 。總碳水化合物(表 3)的含量在三到十月的生長季較低，而十一月至二月則較高。由於，澱粉含量變動不大，主要是受 80 % 乙醇可溶性糖之影響。此種現象與芒果(賴, 1990)、荔枝(鄧, 1988)及柑橘(謹, 1969)常綠果樹相同。顯然與其植株生長與發育有關。

由於目前觀測的小西氏石櫟成熟植株皆在自然環境下生長，未經人為的栽培控制的影響，但本身的生長環境及略有不同，於 2009 年十二月採集 3 株觀測植株葉片，分析營養元素與碳水化合物之含量，來自不同植株之葉片確實會有些許差

異。其中鉀、鈣、鐵、錳、鋅 5 種元素的含量變化較大(表 4)。碳水化合物方面，無論是可溶性糖或澱粉含量也略有差異(表 5)。

營養元素和碳水化合物的含量與新梢生長及小花至成熟果實發育之曲線相比對下，三月萌芽導致葉片中碳水化合物含量大幅減少，尤其可溶性糖減少最明顯；五月與十月各有一次花期之小西氏石櫟，在開花時期，鎂、鐵、錳和鋅四種營養元素含量有降低的趨勢。小花膨大的時期為翌年三至七月，配合顯微切片之觀察，翌年四月以後胚囊才有明顯發育到七月確定有胚之形成，鈣、鎂與錳三種元素在胚囊發育製胚珠階段為含量較低之時期，至七月胚珠發育完成以後含量有升高的現象。九月至十月之間則有明顯果重之增加，平均由 6.777 公克增加至 9.021 公克，增加了 2.244 公克，此時可溶性糖亦有顯著的下降，由 33.15 降為 17.94 mg/g DW，降低了 15.21 mg/g DW，同時，澱粉含亦下降 3-4 %，顯然是供應果實充實之用。十二月果實脫落後，葉片內碳水化合物，尤其是可溶性糖，可急速回升到超過 55 mg/g DW，此時氣溫變低，澱粉含量亦下降至全年最低。小西氏石櫟與其他常綠果樹相同，冬半季會在葉片蓄積大量碳水化合物，供早春生長、開花與結果之用。

再將葉片中碳水化合物含量高的時期，扦插與嫁接成活率亦較高，其間之關係尚待進一步之研究。

表 2. 2008 年一月至十二月小西氏石櫟葉片營養要素之含量

Table 2. Nutrient content of leaves of *Pasania konishii* among different months in 2008.

Month	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
	mg/g DW					mg/kg DW		
1	20.33	3.74	21.10	9.76	0.97	23.85	20.65	10.99
2	20.64	6.19	21.92	11.90	0.93	29.79	24.37	10.49
3	19.91	3.01	24.82	8.62	0.68	20.11	18.81	10.78
4	20.71	7.78	31.52	7.12	1.21	19.01	18.45	12.32
5	21.25	6.36	28.05	9.12	1.16	18.71	18.13	11.33
6	21.84	2.66	31.08	7.12	1.15	21.43	17.78	10.77
7	19.77	10.28	27.40	14.77	1.34	22.24	28.35	12.35
8	21.30	10.68	26.96	8.42	1.10	19.01	23.27	11.38
9	17.17	6.07	23.48	16.06	1.24	25.32	31.13	10.21
10	22.10	3.57	24.78	9.49	1.07	19.59	25.21	9.72
11	23.94	7.32	23.33	12.10	1.14	19.37	31.52	10.60
12	18.90	6.81	22.59	12.06	1.22	26.71	27.37	18.25

表 3. 2008 年一月至十二月小西氏石櫟葉片碳水化合物含量之變化

Table 3. Carbonhydrates content of leaves of *Pasania konishii* among different months in 2008.

Month	Soluble sugar	Starch	Carbonhydrates
	mg/g DW		
1	55.78	16.62	72.40
2	47.83	17.42	65.25
3	34.35	18.00	52.35
4	14.13	19.05	33.18
5	24.72	18.32	43.04
6	25.69	18.04	43.72
7	26.65	18.21	44.86
8	28.33	18.22	46.55
9	33.15	18.00	51.15
10	17.94	18.24	36.18
11	42.78	17.94	60.72
12	34.11	17.64	51.75

表 4. 2009 年 12 月小西氏石櫟'LK4', 'NCNU 2' 和 'W8' 植株葉片營養要素之含量

Table 4. Nutrient content of leaves of *Pasania konishii* 'LK4', 'NCNU 2', and 'W8' in December 2009.

Plant	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
	mg/g DW					mg/kg DW		
LK4	19.13	3.81	21.89	12.47	0.86	22.68	23.23	10.00
NCNU 2	19.67	4.08	26.93	23.30	0.86	18.20	22.38	9.88
W8	18.59	4.35	30.00	27.18	0.71	19.01	39.34	23.31

表 5. 2009 年 12 月小西氏石櫟'LK4', 'NCNU 2' 和 'W8' 植株葉片碳水化合物之含量

Table 5. Carbonhydrates content of leaves of *Pasania konishii* 'LK4', 'NCNU 2', and 'W8' in December 2009.

Plant	Soluble sugar	Starch	Carbonhydrates
	mg/g DW		
LK4	51.51	17.76	69.27
NCNU 2	47.46	1.01	48.47
W8	51.51	17.42	68.92

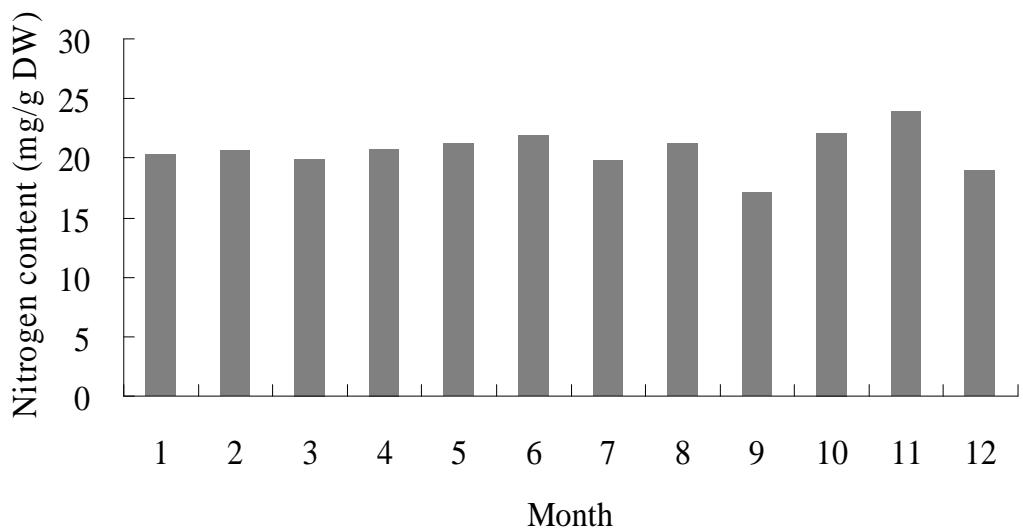


圖 28. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之氮含量

Fig. 28. Nitrogen content of *Pasania konishii* leaves in 2008.

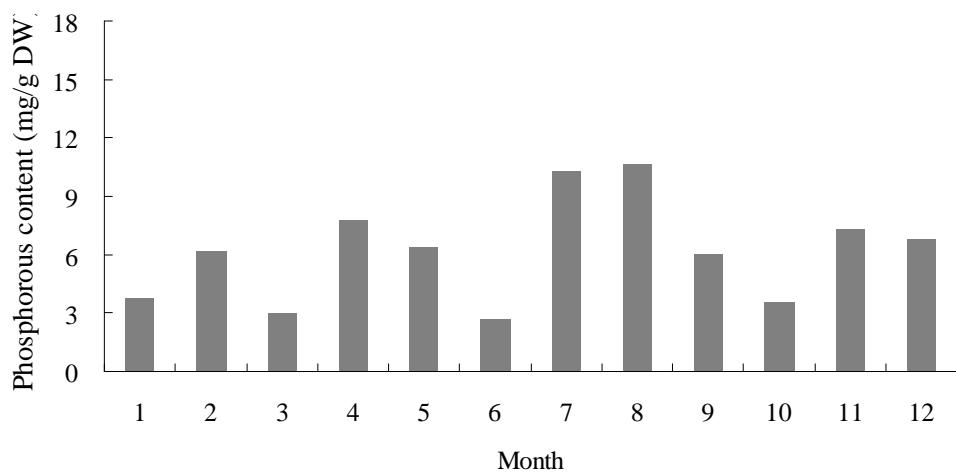


圖 29. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之磷含量

Fig. 29. Phosphorus content of *Pasania konishii* leaves in 2008.

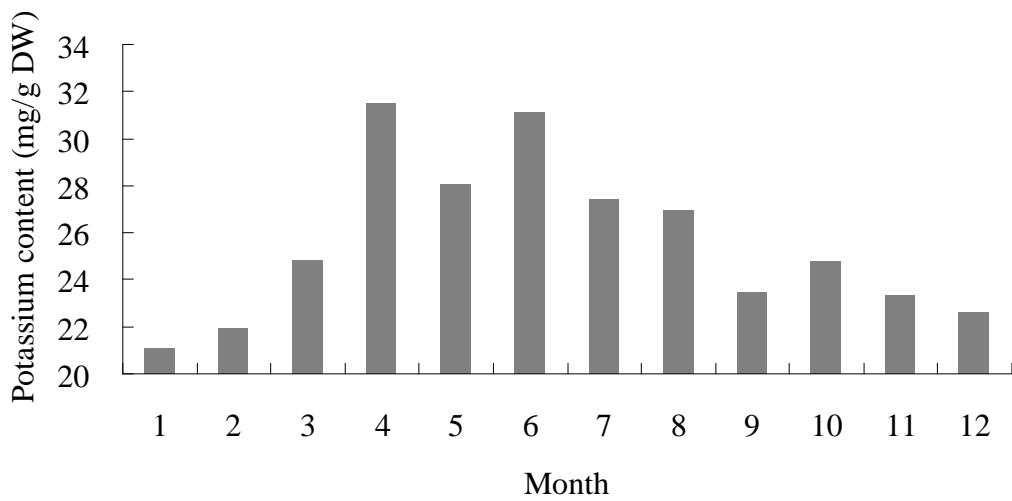


圖 30. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之鉀含量

Fig. 30. Potassium content of *Pasania konishii* leaves in 2008.

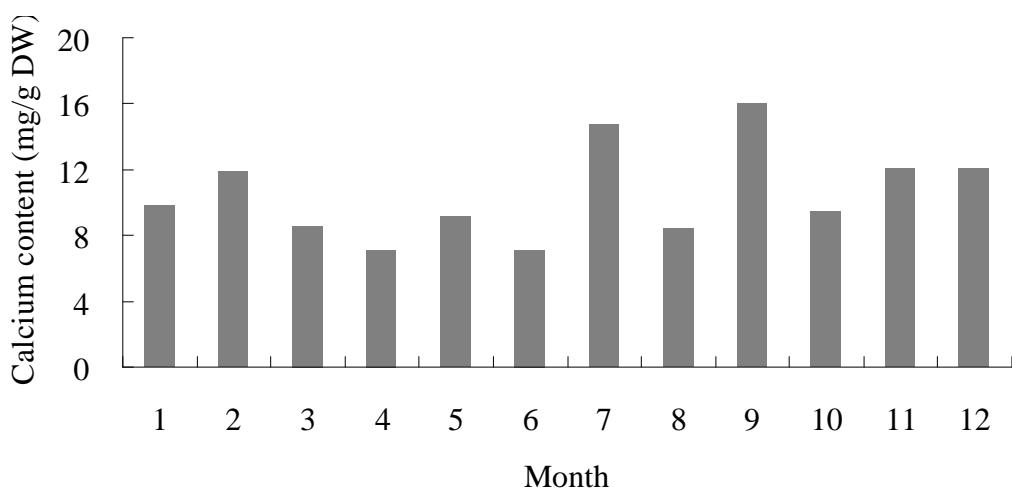


圖 31. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之鈣含量

Fig. 31. Calcium content of *Pasania konishii* leaves in 2008.

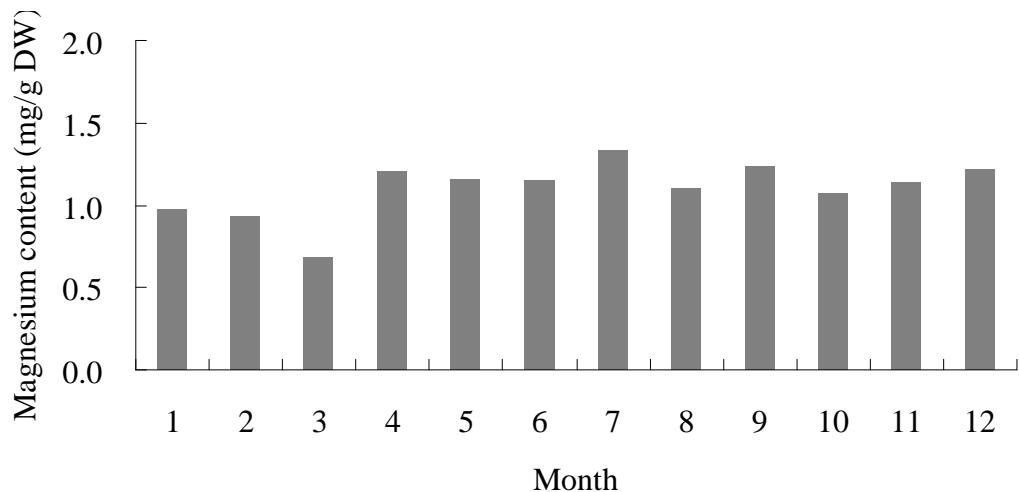


圖 32. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之鎂含量

Fig. 32. Magnesium content of *Pasania konishii* leaves in 2008.

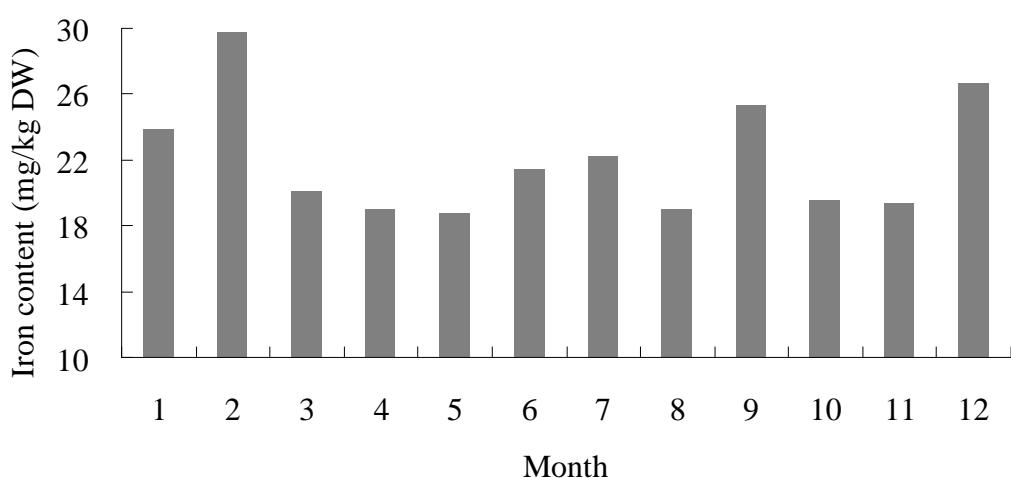


圖 33. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之鐵含量

Fig. 33. Iron content of *Pasania konishii* leaves in 2008.

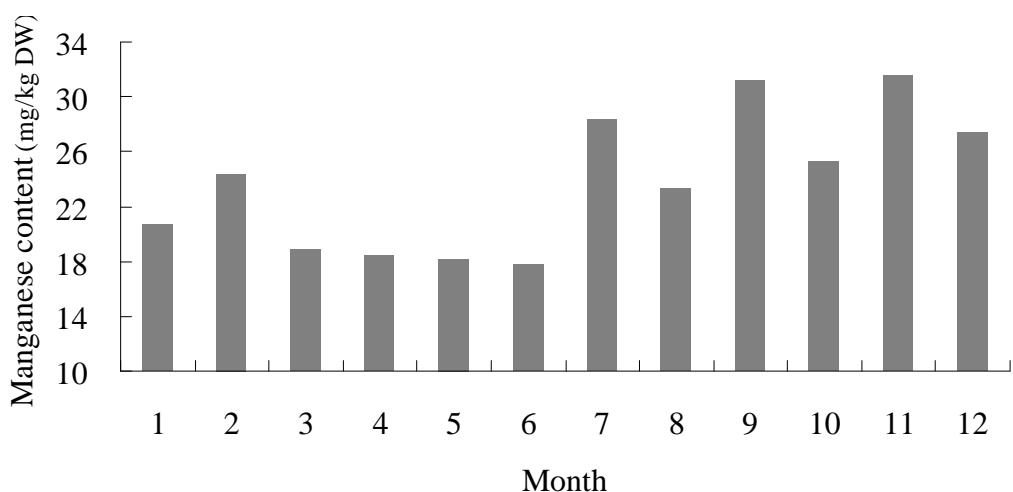


圖 34. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之錳含量

Fig. 34. Manganese content of *Pasania konishii* leaves in 2008.

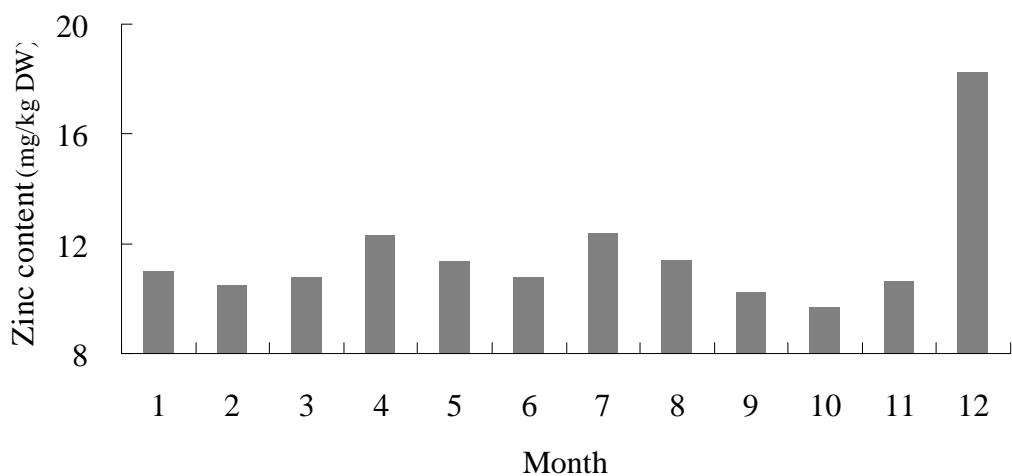


圖 35. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之鋅含量

Fig. 35. Zinc content of *Pasania konishii* leaves in 2008.

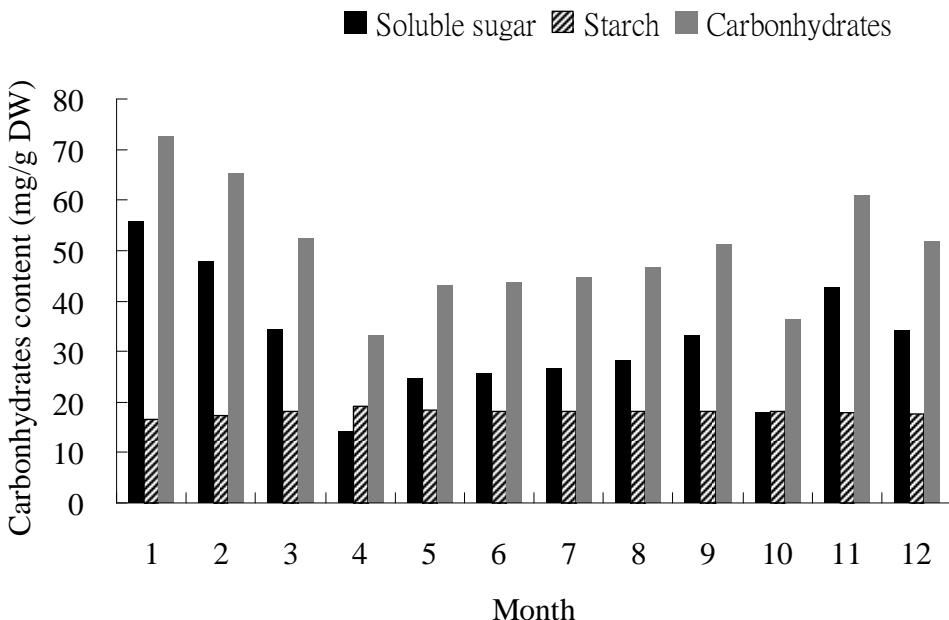


圖 36. 小西氏石櫟 2008 年每月採集葉片之碳水化合物含量

Fig. 36. Carbonhydrates content of *Pasania konishii* leaves in 2008.

第三節 小西氏石櫟之種子與果實性狀相關性調查及初步選拔

小西氏石櫟具有堅硬之種殼，去除種殼後的種子為可食用之部分，若能了解種子與果實各性狀之迴歸關係，將有助於日後對野生植株進行選拔時，降低人力時間的耗費，省略剝除種殼等繁複的步驟，並作為早期選拔指標。

將所採集到的小西氏石櫟果實量測直徑、果高、重量和體積後，與種子之重量進行迴歸分析，結果種子的重量與果實的體積及重量具極顯著之相關性，P 值均小於 0.0001，而種子重與果實重量的迴歸方程式之 $R^2=0.6369$ ，其迴歸方程式為 $Y=25.446+1.892x$ (圖 37)；種子重與果實重體積的迴歸方程式之 $R^2=0.6367$ 回歸方程式則為 $Y=5.995+1.352x$ (圖 38)。依此結果，可以得知當果實之重量或體積較大的時候，種子的重量會相對較大。

而種子重量與果實的直徑及果高分析出的結果，P 值均達顯著水準，分別為

0.0257 及 0.0142。種子重量與果實直徑之迴歸方程式之 $R^2=0.4858$ ，方程式為 $Y=18.761+0.369x$ (圖 39)；種子重量與果高之迴歸方程式之 $R^2=0.5784$ ，方程式為 $Y=6.821+1.662x$ (圖 40)。亦及小西氏石櫟果實直徑與果高愈大，種子之重量也愈重。

將種子重量與果實重量進行計算出可食率以後，以可食率再對各項果實性狀進行初步之迴歸分析，其相關性不顯著且為負值 (圖 41)，可食率與果實的直徑、高度、直徑高度比、重量與體積之相關性依序如下：迴歸方程式為 $Y=32.78-27.087x$ ， $R^2=0.1786$ ；迴歸方程式為 $Y=19.631-1.908x$ ， $R^2=3.324e^{-3}$ ；迴歸方程式為 $Y=1.681-1.257x$ ， $R^2=0.1179$ ；迴歸方程式為 $Y=10.804-16.746x$ ， $R^2=0.1755$ 與迴歸方程式之 $R^2=0.1723$ ， $Y=32.783-20.116x$ 。所以在可食率的部分，並非越大或越重的果實其可食之比例就越高。如將各植株的種子重量與果實重量繪製其成對散布圖(圖 42)，可發現小西氏石櫟各植株的果實重量及種子重量相關性並非很一致，如果要藉由果實的性狀來作為選拔之依據，還需更多的植株與樣本數量，較能符合期望的標準。

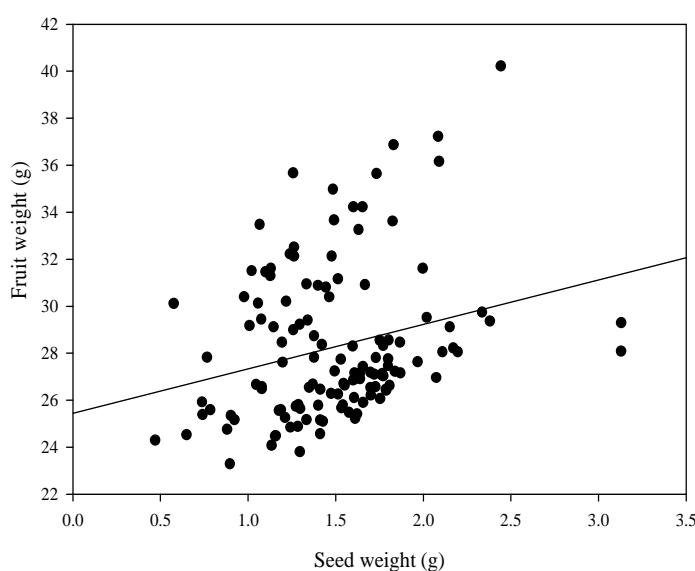


圖 37. 小西氏石櫟種子重量與果實重量相關性

Fig. 37. Relationship between seed weight and fruit weight in *Pasania konishii*.

$Y=25.446+1.892x$ ，迴歸方程式之 $R^2=0.6369$, $P<0.0001$

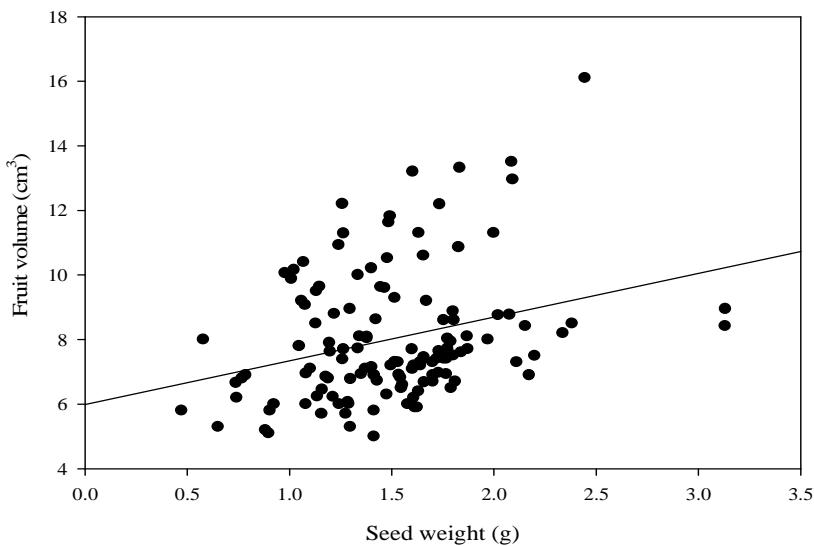


圖 38. 小西氏石櫟種子重量與果實體積相關性

Fig. 38. Relationship between seed weight and fruit volume in *Pasania konishii*.

$$Y=5.995+1.352x, R^2=0.6367, P<0.0001$$

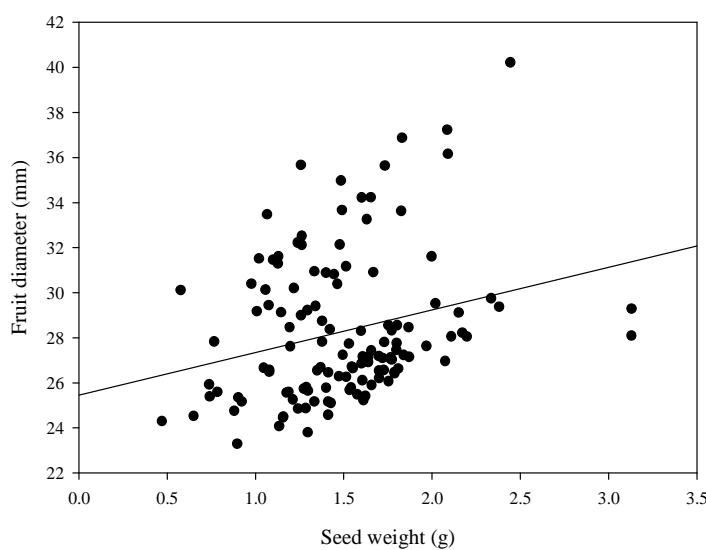


圖 39. 小西氏石櫟種子重量與果實直徑相關性

Fig. 39. Relationship between seed weight and fruit diameter in *Pasania konishii*.

$$Y=18.7612+0.369x, R^2=0.4858, P=0.0257$$

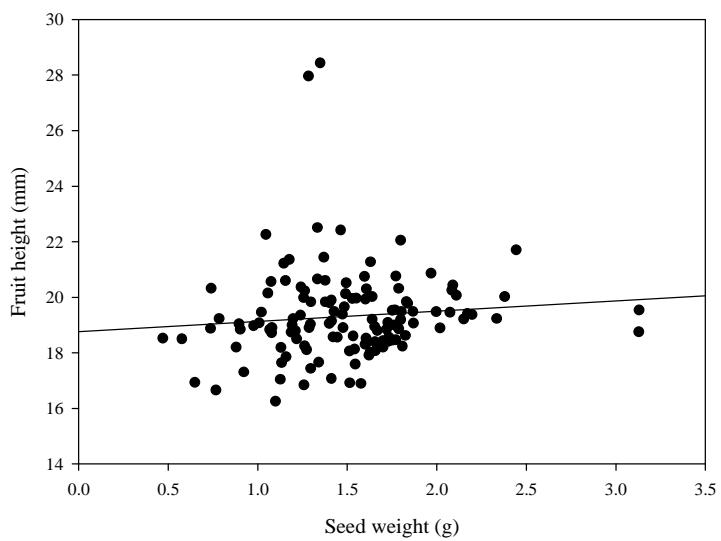


圖 40. 小西氏石櫟種子重量與果實高度相關性

Fig. 40. Relationship between seed weight and fruit height in *Pasania konishii*.

$$Y=6.821+1.662x, R^2=0.5784, P=0.0142$$



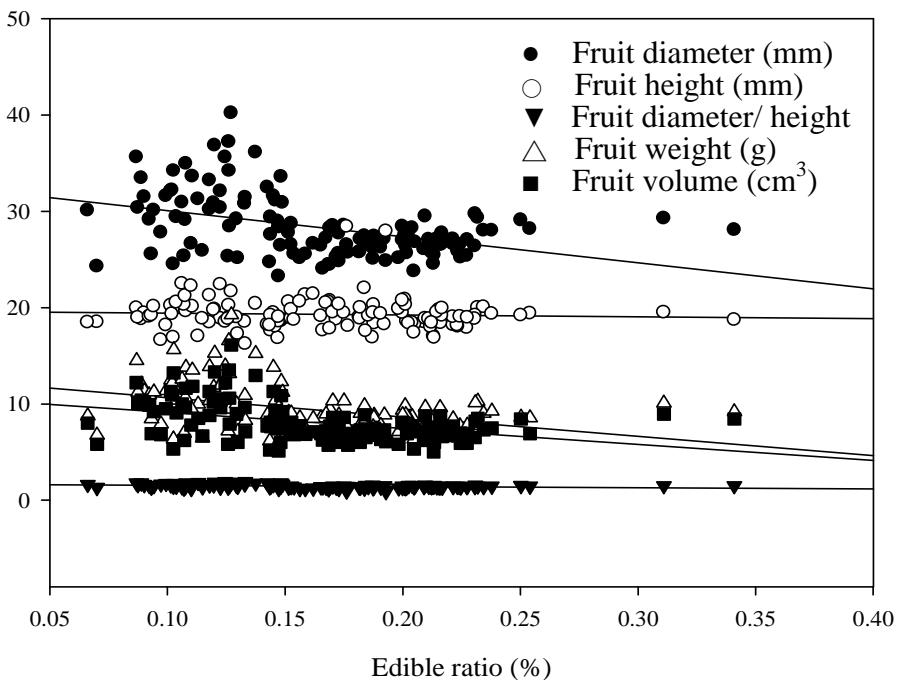


圖 41. 小西氏石櫟種子可食率與果實直徑、高度、直徑高度比、重量與體積之相關性

Fig. 41. Relationship between edible seed ratio and fruit diameter, height, ratio between diameter and height, weight and volume in *Pasania konishii*.

The relationship between edible seed ratio and fruit diameter : $Y=32.783-27.087x$, $R^2=0.1786$; The relationship between edible seed ratio and fruit height: $Y=19.631-1.908x$, $R^2=3.324e^{-3}$; The relationship between edible seed ratio and fruit ratio between diameter and height : $Y=1.681-1.257x$, $R^2=0.1179$; The relationship between edible seed ratio and fruit weight : $Y=32.783-20.116x$, $R^2=0.1755$; The relationship between edible seed ratio and fruit volume : $Y=10.804-16.746x$, $R^2=0.1723$

就可食率看，大部分果實可食率在 25 % 以下（圖 41），有 4 個樣品超過 25 %，其中有 2 個超過 30 %，3 個來自於編號 A1 之植株，另一粒則為編號 NT2 之植株。如比較已標定的 16 個個體之果實調查結果(表 6)，可以看出平均果實重量之前 4 個個體分別為 NT2 (12.63 ± 2.89 g)、SD1 (12.27 ± 0.43 g)、NT10 (12.06 ± 2.53 g) 及 NT9 (11.03 ± 1.47 g)，果實重量均超過 10 公克；種子重之前 4 株為 NT10 (2.01 ± 0.53 g)、

A1 (1.93 ± 0.49 g)、A4 (1.72 ± 0.15 g) 及 C1 (1.72 ± 0.68 g)，種子重量在 1.72 公克以上；可食率則為 A1 (23.19 ± 4.23 %)、C1 (21.65 ± 7.17 %)、A4 (21.46 ± 1.23 %) 及 B4 (19.89 ± 2.65 %)，可食率在 19% 以上。如以選拔大果、大種子與高可食率之個體而言，則 A1、NT10、A4 和 C1 將是值得注意追蹤之個體，其中尤以 A1 最具潛力，因其不但果皮薄(極殼薄)且具備 2.5 公克種子之潛力。其次是 NT10，具有大果、大種子之特性。再其次是 C1 及 A4，均有高可食率，果皮薄之特性。

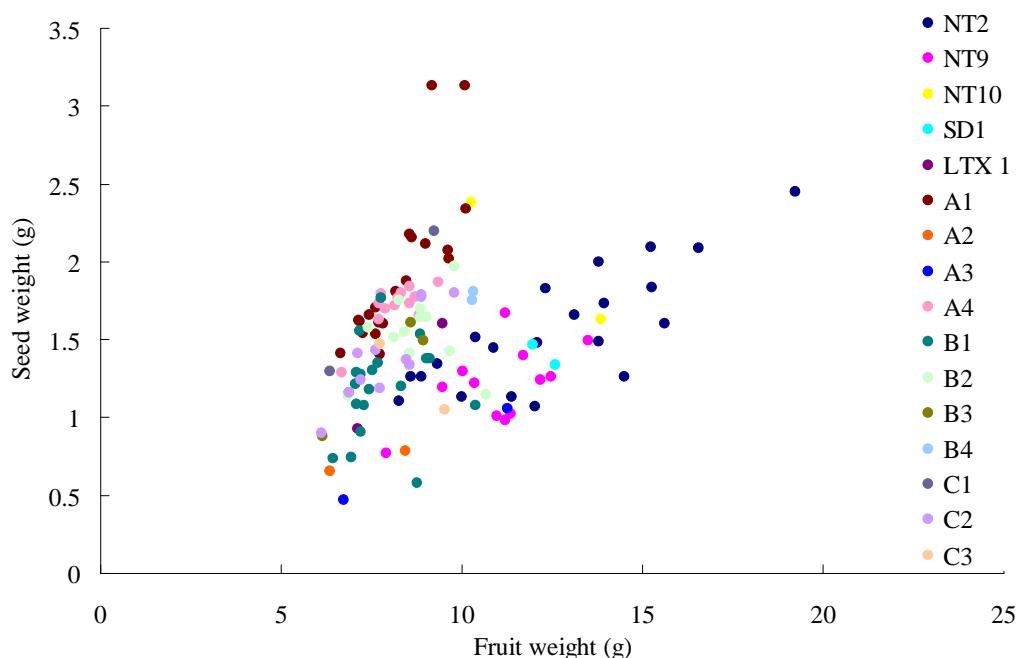


圖 42. 小西氏石櫟各植株的果實重量與種子重量成對分布圖

Fig. 42. Distribution of pair between fruit weight and seed weight in *Pasania konishii*.

表 6. 小西氏石櫟 16 個標定植株果實重、種子重與可食率之調查結果

Table. 6. Fruit weight, seed weight, and seed edible ratio in 16 labeled plants of *Pasania konishii*.

Plant No.	Fruit weight (g)	Seed weight (g)	Edible ratio (%)
A1	8.28±1.04	1.93±0.49	23.19±4.23
A2	7.40±1.47	0.72±0.10	10.22±1.76
A3	9.00±3.19	0.77±0.42	8.39±1.54
A4	8.19±0.27	1.72±0.15	21.46±1.23
B1	7.82±1.00	1.21±0.30	16.77±4.25
B2	8.71±1.04	1.53±0.24	18.96±3.24
B3	8.35±2.09	1.42±0.47	17.55±2.21
B4	8.33±2.81	1.55±0.36	19.89±2.65
C1	8.22±1.45	1.72±0.68	21.65±7.17
C2	8.01±1.11	1.42±0.30	18.42±2.02
C3	8.63±1.26	1.26±0.30	15.27±8.55
LTX	8.29±1.66	1.26±0.30	15.39±4.79
NT2	12.63±2.89	1.56±0.38	12.66±2.03
NT9	11.03±1.47	1.21±0.25	11.43±2.18
NT10	12.06±2.53	2.01±0.53	17.59±8.23
SD1	12.27±0.43	1.40±0.09	11.24±1.56

第四節 結語

由本研究之觀察，小西氏石櫟無性繁殖部分，高壓、扦插與嫁接均可成功。高壓於夏末八月有發根之潛力。扦插之插穗採收時間則宜在入秋九月以後，當年生枝條無論成熟樹或幼年樹都具有發根之潛力，初步顯示未經由發根劑處理之情況下，扦插即具有 20 % 之發根率，顯示以扦插作為小西氏石櫟之無性繁殖方法頗具潛力。經初步研究觀察，小西氏石櫟於一至三月之嫁接存活率亦可能達 50 % 以上。小西氏石櫟之無性繁殖部分，考量其繁殖成功率以及時間之縮減，仍有進一步研究之空間。

小西氏石櫟之生長習性為一年抽兩次梢，分別在春季及秋季，抽出之枝梢上能抽出花序，分別成為春花序及秋花序；兩者之雌花皆有可能結成果實，果實則一致於翌年秋季成熟。由小花至果實成熟需時長達一年至一年半之時間。觀察其發育過程顯示，開花後，雌小花發育至果實成熟之過程中，無論直徑、高度、重量或體積之變化皆符合雙 S 之發育曲線。配合顯微觀察之結果顯示，第一個 S 曲線發育為小花之發育：此時雌花由原本無子房空腔發育至可觀察到胚囊，理論上仍屬於花的發育階段；第二個 S 曲線發育才為真正果實之發育：小花具有胚囊受精後，果實的生長才會加速，並明顯膨大。葉片營養元素的分析與碳水化合物的含量變化則與植株生長發育相關。

初步調查小西氏石櫟種子與果食性狀之相關性，顯示種子重量與果實重量或果實體積之相關性較高。以目前蒐集之 16 株植株之果實重、種子重和可食率來比較，部份野外標定之個體具有大果、大種子與高可食率之潛力，其中以編號 A1、NT10、C1 及 A4 最具有發展之潛力。

參考文獻

- 王亞男、姜家華、孫岩章、李鎮宇、余金益. 1997. 木本樹種淨化臭氧與二氧化但能力之評估(一). 台大實驗林報告 11:55-72.
- 李慈慧、吳紹宏、林書妍、陳右人、彭思錦、黃朝窗、廖于瑩、鄭正勇. 2007. 臺灣具有成為栽培果樹潛力之原生樹種. 林業研究專訊 14(4):17-19.
- 洪昆源、吳玉慧、黃怡菁. 2007. 后大埔石櫟及小西氏石櫟殼斗具有高的抗氧化能力. 林業研究專訊 14(4):37.
- 陳幼光. 1990. 芒果環狀剝皮對抽梢開花枝梢營養和光合作用的影響. 國立台灣大學園藝學系碩士論文.
- 陳右人、賴宏輝. 1985. 檬果樹體內碳水化合物之季節性變化. 中國園藝 31: 240-246.
- 張祖亮、黃怡菁、李啟陽、呂勝由、邱輝龍. 2006. 鬼櫟 (*Lithocarpus lepidocarpus* (Hayata) Hayata) 種子的儲藏行為、休眠與種苗育成. 中華農學會報 7:511-529.
- 黃子銘. 2003. 青剛櫟之胚胎學. 國立臺灣大學農學院森林學研究所碩士論文
- 黃怡菁、陳右人、呂勝由、張庚申. 2004. 溼冷層積、刻傷與去殼對鬼櫟(*Lithocarpus lepidocarpus* (Hayata) Hayata)種子發芽之影響. 中國園藝 50:515-520.
- 黃怡菁、陳右人、呂勝由、李培碩. 2007. 開發中的台灣豆-台灣堅果產業及小西氏石櫟、后大埔石櫟的評估. 林業研究專訊 14:20-23.
- 黃怡菁、王君璋、呂勝由、陳韋竣、陳右人. 2008. 小西氏石櫟種子發芽促進 I. 刻傷與濕冷層積的影響. 科學農業 56:197-204.
- 黃怡菁、陳韋竣、阮素芬、黃志堅、王君璋、陳右人. 2009. 小西氏石櫟種子發展潛力之研究 II. 去除種殼部位與濕冷層積對種子萌發上胚軸發育之影響. 科學農業 57:236-246.

- 楊美珠、陳右人. 2000. 茶樹自交不親合現象之觀察. 中國園藝 46:83-92.
- 楊美珠、陳右人. 2003. 水溶性擴散物對茶樹自交不親合性之影響. 台灣茶業研究彙報. 22:33-41.
- 蔡淑華. 1975. 植物組織切片技術綱要. p. 30-44.
- 廖日京. 1994. 臺灣殼斗科植物之學名訂正(再版). 國立臺灣大學農學院森林學系刊行.
- 鄧永興. 1988. 玉荷包荔枝穩定生產方法之探討. 國立台灣大學園藝學系碩士論文.
- 譙克終. 1969. 柑桔栽培學. 國立編譯館. 中正書局印行. P. 17-40.
- 賴宏輝、陳右人. 1984. 檬果開花前後樹體光合產物之運移與利用. 中國園藝 30: 180-186.
- 劉業經、呂福原、歐辰雄. 1994. 臺灣樹木誌. 國立中興大學農學院出版委員會.
- Ashton, M. S. and B. C. Larson. 1996. Germination and seedling growth of *Quercus* (section Erythrobalanus) across openings in a mixed-deciduous forest of southern New England, USA. Forest Eco. Mgt. 80:81-94.
- Bainbridge, A. A. 1985. The rise of agriculture: a new perspective. Ambio 14:148-151.
- Berridge, E. M. 1914. The structure of the flower of Fagaceae, and its bearing on the affinities of the group. Ann. Bot. 28:509-526.
- Boavida, L. C., M. C. Varela, and J. A. Feijo. 1999. Sexual reproduction in the cork oak (*Quercus suber* L.). I. The progamic phase. Sex Plant Reprod. 11:347-353.
- Boavida, L. C., J. P. Silva, and J. A. Feijo. 2001. Sexual reproduction in the cork oak (*Quercus suber* L.). II. Crossing intra- and interspecific barriers. Sex Plant Reprod. 14: 143-152.
- Borgardi, S. J. and K. B. Pigg. 1999. Anatomical and development study of petrified *Quercus* (Fagaceae) fruits from the middle Miocene, Yakima canyon, Washington, USA. Ame. J. Bot. 86 : 307-325.

- Borgardt, S. J. and K. C. Nixon. 2003. A comparative flower and fruit anatomical study of *Quercus acutissima*, a biennial-fruiting oak from the Cerris group (Fagaceae). Amer. J. Bot. 90: 1567-1584.
- Brett, D. W. 1964. The inflorescence of *Fagus* and *Castanea*, and the evolution of the cupule of the Fagaceae. New Phytologist 63:96-118.
- Brown, R. C. and H. L. Mogensen. 1972. Late ovule and early embryo development in *Quercus gambelii*. Amer. J. Bot. 59:311-316.
- Cecich, R. A. 1997. Pollen tube growth in *Quercus*. Forest Sci. 43:140-146.
- Cecich, R. A. and N. H. Sullivan. 1999. Influence of weather at time of pollination on acorn production of *Quercus alba* and *Quercus velutina*. Can. J. For. Res. 29 : 1817-1823.
- Cheung, A. Y. and H. Wu. 2001. Pollen tube guidance-right on target. Sci. 293:1441-1442.
- Cheung, A. Y. 1996. Pollen-pistil interactions during pollen-tube growth. Trends Plant Sci. Rev. 1:45-51.
- Colombo, P. M., F. C. Lorenzoni, and F. Grigoletto. 1983. Pollen grain morphology supports the taxonomical discrimination of Mediterranean oaks (*Quercus*, Fagaceae). Plant Systematics Evaluation 141:273-284.
- Conrad, A. H. 1900. A contribution to the life history of *Quercus*. Bot. Gaz. 29:408-418.
- Crepet, W. L. and P. D. Charles. 1980. Castaneoid inflorescences from the Middle Eocene of Tennessee and the diagnostic value of pollen (at the subfamily level) in the Fagaceae. Amer. J. Bot. 67:739-757.
- Crepet, W. L. and K. C. Nixon. 1989. Earliest megafossil evidence of Fagaceae: phylogenetic and biogeographic implications. Amer. J. Bot. 76: 842-855.

- Culley, T. M., G. W. Stephen, and K. S. Ann. 2002. The evolution of wind pollination in angiosperms. *Trends Ecol. Evol.* 17:361-369.
- Duke, J. A. 2001. Handbook of nuts. CRC. Inc. N. Y. p. 248-458.
- Forman, L. L. 1966. On the evolution of cupules in the Fagaceae. *Kew Bul.* 18:385-419.
- Garcia-Gusano, M., P. Martinez-Gomez, and F. Dicenta. 2004. Breaking seed dormancy in almond (*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb). *Scientia Hort.* 99:363-370.
- Goodrum, P. D., V. H. Reid, and C. E. Boyd. 1971. Acorn yields, characteristics, and management criteria of oaks for wildlife. *J. Wildlife Mgt.* 35:520-532.
- Higashiyama, T., S. Yabe, N. Sasaki, Y. Nishimura, S. Miyagishima, H. Kuroiwa, and T. Kuroiwa. 2001. Pollen tube attraction by the synergid cell. *Sci.* 293:1480-1483.
- Jordan, M., J. Velozo, and A. M. Sabja. 1996. Organogenesis in vitro of *Nothofagus alpine* (P. et E.) Oerst., Fagaceae. *Plant Cell Reports* 15:795-798.
- Kang, Y. D., R. J. Weaver, and R. M. Pool. 1968. Effect of low temperature and growth regulators on germination of seeds of 'Tokay' grapes. *P. Amer. Soc. Hort. Sci.* 92: 323-329.
- Kaul, R. B. 1985. Reproductive morphology of *Quercus* (Fagaceae). *Amer. J. Bot.* 72:1962-1977.
- Kaul, R. B. 1986. Evolution and reproductive biology of inflorescence in *Lithocarpus*, *Castanopsis*, *Castanea*, and *Quercus* (Fagaceae). *Ann. Miss. Bot. Garden* 73:284-296.
- Langdon, L. M. 1939. Ontogenetic and anatomical studies of the flower and fruit of the Fagaceae and Juglandaceae. *Bot. Gaz.* 101:301-327.
- Manchester, S. R. and M. D. Richard. 2004. *Fagus* (Fagaceae) fruits, foliage, and pollen from the Middle Eocene of Pacific Northwestern North America. *Can. J. Bot.* 82:1509-1517.

- Manos, P. S., Z. Zhe-Kun, and H. C. Charles. 2001. Systematic of Fagaceae: Phylogenetic test of reproductive trait evolution. *J. Plant. Sci.* 162:1361-1379.
- Martinex-Gomez, P. and F. Dicenta. 2001. Mechanisms of dormancy in seeds of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) cv. GF305. *Scientia Hort.* 91:51-58.
- Merkle, S. A., P. P. Feret, J. G. Croxdale, and T. L. Sharik. 1980. Development of floral primordial in white oak. *Forest Science* 26: 238-250.
- Mongensen, H. L. 1975. Ovule abortiton in *Quercus* (Fagaceae). *Amer. J. Bot.* 62:160-165.
- Nizinski, J. J. and B. Saugier. 1988. A model of leaf budding and development for a mature *Quercus* forest. *J. Appl. Ecol.* 25:643-652.
- Puigderrajols, P., G. Mir, and M. Molinas. 2001. Ultrastructure of early secondary embryogenesis by multicellular and unicellular pathways in cork oak (*Quercus suber* L.). *Annal. Bot.* 87:179-189.
- Primack, R. B. 1987. Relationships among flowers, fruits, and seeds. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18:409-430.
- Regal, P. J. 1982. Pollination by wind and animals: ecology of geographic patterns. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 13:497-524.
- Solomon, A. M. 1983. Pollen morphology and plant taxonomy of white oaks in Eastern North America. *Amer. J. Bot.* 70:481-494.
- Soylu, A. and U. Serdar. 2000. Rootstock selection on chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in the middle of black sea region in Turkey. *Acta Hort.* 538: 483-488.
- Stebbins, G. L. 1970. Adaptive radiation of reproductive characteristics in angiosperms, I: pollination mechanisms. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 1:307-326.
- Tilki, F. and C. U. Alptekin. 2006. Germination and seedling growth of *Quercus vulcanica*: effects of stratification, desiccation, radicle pruning, and season of

sowing. New Forests 32:243-251.

- Vasconelos, M. C. B. M., R. N. Bennett, S. Quideau, R. Jacquet, E. A. S. Rosa, and J. V. Ferreira-Cardoso. 2010. Evaluating the potential of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) fruit pericarp and integument as a source of tocopherols, pigments and polyphenols. Industrial crops and products. 31:301-311.
- Yacine, A. and F. Bouras. 1997. Self- and cross-pollination effects on pollen tube growth and seed set in holm oak *Quercus ilex* L. Ann. Sci. Forest 54:447-462.



附錄一 石蠟切片法

- ◆ 固定(Fixation)
- ◆ 沖洗
- ◆ 脫水(Dehydration)
- ◆ 渗蠟
- ◆ 埋蠟
- ◆ 切片
- ◆ 染色脫水
- ◆ 顯微鏡觀察

一、固定(Fixation)

FAA 固定液

福馬林 5mL

冰醋酸 5mL

酒精 (50~70%) 90mL

抽氣 overnight，至無氣泡

二、沖洗

50% 酒精置換三次，每次約 30min

三、脫水(Dehydration)

TBA 序列

	t-butanol	95% ethanol	H ₂ O	time
Step 1	10	40	50	2hrs
Step 2	20	50	30	2hrs
Step 3	35	50	15	2hrs
Step 4	55	45	0	2hrs
Step 5	75 (無水酒精)	25	0	2hrs
Step 6	100	0	0	8-12hrs

時間視材料特性可做調整

四、滲蠟

自製濾紙小漏斗於固定瓶中，蠟塊分 3~5 次放入，於 40°C 烘箱滲蠟。

蠟塊熔完後，開蓋使第三級丁醇揮發。

五、埋蠟

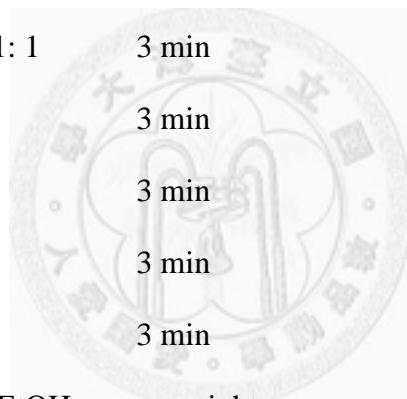
樣品連蠟液倒入已抹上甘油(glycerol)之金屬模型中，調整樣品方向。

六、切片

以轉動式切片機切出連續蠟帶，鋪於滴有數滴 3% 福馬林之載玻片上，加熱器 40°C 烘乾約半天。載玻片須塗上黏附劑 Mayers's adhesive，製作：過濾的蛋白:甘油=2:1，加少許防腐劑(thymol phenol)，存放於冰箱。

七、染色脫水

Xylene (95%)	10 min
Xylene: 100% EtOH=1: 1	3 min
100% EtOH	3 min
95% EtOH	3 min
85% EtOH	3 min
75% EtOH	3 min
1% Safranin O in 50% EtOH	overnight
50% EtOH	3 min
70% EtOH	3 min
85% EtOH	3 min
Fast green in 95% EtOH	3-10sec
95% EtOH	3 min
100% EtOH	3 min
100% EtOH	3 min
Xylene: 100% EtOH=1: 1	3 min
Xylene(95%)	10 min



八、顯微鏡觀察

附錄二 掃描式電子顯微鏡樣品製備

- ◆ 固定(Fixation)
- ◆ 沖洗(Washing)
- ◆ 脫水(Critical point drying, CPD)
- ◆ 鎔膜(Ion coating)

一、固定

2.5% glutaraldehyde in 0.1M/pH7.3 phosphate buffer

25% glataraldehyde 10ml

PBS (0.2M/pH7.3) 50ml

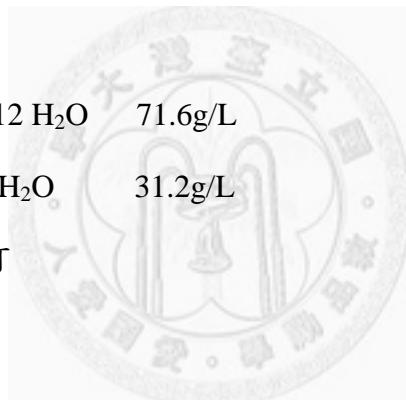
dd H₂O 40ml

PBS (0.2M/pH7.3)

A stock : Na₂HPO₄•12 H₂O 71.6g/L

B stock : Na₂HPO₄•2 H₂O 31.2g/L

A 77ml + B 23ml 即可



二、沖洗

二次水潤洗 3-5 次

三、脫水

酒精序列 35%、50%、70%、85%、90%、95%、100%

酒精(100%)：丙酮(100%)=1:1

分別 2hrs

丙酮(100%) overnight

四、CPD

操作時應避免樣品乾燥

CO₂ 氣態應達 1300psi，放氣每分鐘不得大於 50psi

五、Ion coating

45 秒為單位，鍍 2-5 次

附錄三 營養分析

一、取樣

根據實驗目的取樣並確實標記

二、前處理

1. 秤重：秤鮮重，若過髒則稍微除去葉面沾附物。
2. 清潔：迅速用棉花沾一次水擦拭，去除沾覆之塵土。
3. 烘乾：將樣品置於烘箱以 70~80 °C 烘 48 小時至完全乾燥(恆重)為止。
4. 秤重：秤取乾重。
5. 磨粉：以磨粉機磨粉

三、礦物元素(K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, P)測定之前處理 (灰化)

〈I.〉試藥製備

1.2 N HCl 溶液

HCl : deionized H₂O = 1 : 9 (v/v)



〈II.〉灰化處理

1. 精秤樣品 0.2 g 放於坩鍋中，記錄坩鍋號碼，放入灰化爐 450°C 灰化 6-8 小時，至呈灰白色為止。(灰化溫度高於 500°C 時，磷、鉀會揮發)
2. 放涼後取出坩鍋，加入 5 mL 1.2N HCl。
3. 過濾，以熱去離子水沖洗濾紙多次。
4. 冷卻後以去離子水定量至 50 mL，溶液可測礦物元素(鉀鈣鎂鐵錳鋅磷)。
5. 定量後樣品溶液可貯存於室溫。

四、碳水化合物

〈I.〉試藥製備

1. Anthrone 硫酸溶液 (2 g / L 濃硫酸) ※需現配現用，只能保存 48 小時呈色用，依待測溶液的需要量配置 anthrone。

Glucose 標準溶液

Standard : 20, 40, 60, 80, 100 ppm

2. HEPES 水溶液 (N-2-Hydroxyethyl Pierazine-N-ethanolsulfonic acid)
(1)取 4.766 g HEPES 溶於 500 mL dH₂O，即為濃度 40 mM 水溶液

(2)以稀鹼液(1N NaOH)調整 pH 至 6.3~6.4

3. α -amylase stock ($\geq 1,000$ units/mL)

α -amylase 藥品為 1360 unit./mg (EC 3.2.1.1, SIGMA A-6380)

取 0.01g 完全溶於 10 mL 去離子水，配置的藥品母液必須貯存於-20°C。

working solution: 136 units/mL (母液稀釋 10 倍使用)

〈II.〉前處理

1. 精秤 0.2 g 樣品加入適量 80 % 乙醇。
2. 水浴煮沸至 80°C，達 80°C 後繼續加熱約 30 分鐘。
3. 過濾(濾紙標明編號)，以 80°C 乙醇淋洗 4-5 次，盡可能將圓底試管內濾渣完全淋洗乾淨。直接收集濾液至樣品瓶中，濾液放置於室溫。
4. 濾渣陰乾。陰乾後將濾渣以藥杓刮下，置於圓底試管備用。

〈III.〉含 80 % 乙醇可溶性糖

1. 先取適量 PVPP 溶於水中備用。(PVPP 溶液呈白色濃稠狀態即可)
2. 將製備完成之 80 % 乙醇濾液倒入圓底燒瓶中，以濃縮裝置(evaporator)去除乙醇。將 0.5 g PVPP(約為藥勺一匙之量)加入已濃縮完成的濃縮液中(圓底燒瓶內)，以去除酚類化合物。
3. 濃縮液與 PVPP 溶液混合均勻後過濾，以水淋洗，再定量濾液至 100 mL，留 50 mL 備用。(除完酒精後之樣品溶液需貯存於-20°C)
4. 將樣品適當稀釋後取 2 mL，在冰水浴中加入 4 mL anthrone，迅速混合均勻。(稀釋經驗建議 濾液：水 = 1:1 /2mL)。分別取各濃度標準品 2 mL 並加入 4 mL anthrone。
5. 95°C 水浴加熱 6.5 分鐘，取出後迅速冷卻。
6. 以光電比色計測量 625 nm 吸光值。

〈IV.〉澱粉

1. 置於圓底試管中之濾渣分次加入共 8 mL 之 40 mM HEPES (pH 6.3~6.4)。(每樣品可分 2 次加入 HEPES 水溶液 2 mL(共 4 mL)，每次均勻搖晃使乾燥濾渣充分濕潤，並盡量浸於 HEPES 溶液內，置放隔夜。糊化前再加入另外的 4 mL HEPES 溶液)。
2. 以滅菌釜(autoclave)加熱糊化 30 分鐘 (121°C / 壓力 1.5 kg)。
3. 糊化後冷卻至室溫，每樣品加入 α -amylase 0.5 mL (136 units/mL，至少應大於

100 units/mL)。

4. 37°C 隔水加熱至少 14 小時(overnight)。
5. 14 小時候將水浴溫度提高至 80°C 停止酵素作用。
6. 趁熱過濾，收集濾液，濾液以去離子水定量至 50 mL。
7. 將定量濾液稀釋至適當濃度後，取 2 mL 濾液，在冰水浴中加入 4 mL anthrone 硫酸溶液，迅速混合均勻。分別取各濃度標準品 2 mL 並加入 4 mL anthrone。
8. 混合均勻之溶液置入 95°C 水浴加熱 6.5 分鐘，取出後急速冷卻。
9. 以光電比色計測量 625 nm 吸光值。

五、全氮(凱氏氮)分析 (Kjedahl nitrogen)

〈I.〉試藥製備

1. 10 N (10 M) NaOH 水溶液 (40% NaOH)
400 g NaOH 先溶於 700-800 mL 水中，攪拌至完全溶解後，定量至 1 L
2. 0.01N H₂SO₄ 溶液
將 0.1N 標準酸液稀釋至 0.01N
3. 催化劑 (K₂SO₄ : CuSO₄ : Selenium = 100:10:1)
使用 Merck 製備好之 mixture 商品
4. 4 % 硼酸溶液 (H₃BO₃)
4 g H₃BO₃ 溶於 80 mL 水中，加熱攪拌至完全溶解後冷卻，定量至 100 mL
5. 指示劑 (bromophenol blue)
取 0.2 g bromophenol blue 溶於 100 mL 酒精，加入 1~2 滴 1N NaOH 溶液
[變色範圍： pH < 3.0 黃色， pH > 4.6 藍色]

※ 使用前將 4、5 以 [1000 mL H₃BO₃ 溶液 : 5 mL 指示劑] 之比例先行混合

〈II.〉不含 NO₃⁻的氮萃取法

1. 樣品 0.2 g 加催化劑 0.2 g (K₂SO₄ : CuSO₄ : Selenium = 100:10:1)，以秤藥紙包裹，置入氮分解管(digestion tube)中。
2. 加入 5 mL 濃 H₂SO₄。
3. 置於氮分解器中加熱至 400°C，加熱至分解瓶內液體澄清。
4. 取出冷卻，分次加入去離子水均勻混合，完全冷卻後定量至 50 mL。

〈III.〉氮的測定

1. 取 5 mL 的氮萃取液於大的培養皿(Petri dish)中，加入 5 mL 一次水。
2. 小玻璃皿內裝入 4 mL 已混合指示劑之硼酸溶液，並將小玻璃皿置於大培養皿

中央。

3. 加入 10 mL 10 N NaOH 後，立刻以膠帶密封大培養皿，輕微搖晃使其混合均勻，於常溫下放置 48 小時。
4. 開蓋，小培養皿中的硼酸溶液變為藍色。以 0.01N H₂SO₄ 滴定至原先的淺黃綠色。(比對已混合指示劑之硼酸溶液)



六、磷的測定 (鉬藍法)

〈I.〉試藥製備

1. 磷標準溶液

使用 K_2HPO_4 配置成 P 1000 ppm (mg/L) ➔ 取 0.4394 g K_2HPO_4 ，定量至 100 mL

(a) stock : 1000 ppm，置於-20°C，有效期限 1 年

(b) working conc. : 100 ppm，置於-20°C，有效期限 3 個月

(c) 配置適合之標準溶液濃度範圍，保存於-20°C

2. P-B solution (Acid molybdate stock solution)

(1) 取 37.63 g $(NH_4)Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ (ammonium molybdate) 溶於 250 mL 去離子水

(2) 加熱至 60°C 至完全溶解後，冷卻至室溫，加入 750 mL HCl (37.5%)

(4) 定量至 1000 mL，置於褐色血清瓶，再加入 H_3BO_3 至無法溶解為止

(使 H_3BO_3 為過飽和溶液)

3. P-C powder (Drying reducing agent) (以下為可裝入 50 mL 樣品瓶容器之量)

(1) 取 1.25 g 1-amino-2-naphthol-4-sulfonic acid

(2) 取 2.5 g Na_2SO_3 (sodium sulfite)

(3) 取 73.125 g $Na_2S_2O_5$ (sodium pyrosulfite)

(4) 將以上三種藥品充分混合均勻，密封並遮光，可存放 6 個月

4. P-C solution (Dilute reducing agent)

P-C powder : 水 = 3.2 g : 20 mL 之比例取用適量 P-C powder 溶解於去離子水，加熱至 60°C 後冷卻，以錫箔紙包覆燒杯使其不透光。若需保存請裝入不透光之血清瓶，置於 4°C，至多存放三個星期。

〈II.〉磷的測定

- 平底試管中先加入 0.25 mL P-B 溶液。
- 加入水 4 mL 及樣品溶液 1 mL (經驗建議稀釋 5 倍；稀釋倍率依樣品不同調整)，充分混勻。標準液管則分別加入各濃度之 5 mL 標準液，需兩組重複。
- 最後加入 0.25 mL P-C 溶液後再次混勻。
- 靜置 40 分鐘待其反應，再以光電比色計測定 660 nm 吸光值。

附錄四 小西氏石櫟種子發芽之相關研究



小西氏石櫟種子發展潛力之研究

I、種子刻傷與濕冷層積對發芽之影響*

黃怡菁** 王君璋*** 呂勝由** 陳韋竣*** 陳右人***

關鍵詞：殼斗科；種子休眠；濕冷層積；種子發芽

Key words : Fagaceae ; Seed dormancy ; Stratification ; Seed germination

摘要

採自南投縣魚池地區之小西氏石櫟種子，經刻傷及濕冷層積處理，以瞭解其種子發芽之行為。處理後每星期調查種子萌芽狀況，並將萌發之種子定植於 5 吋盆之中，再調查其成苗率。結果顯示經刻傷與濕冷層積，均可顯著影響小西氏石櫟種子之發芽。刻傷者萌芽率顯著低於未刻傷者。濕冷層積 2 個月後，萌芽率即由對照組的 27.2%，顯著提升至 47.9%，以處理 14 個月者的萌芽率最高，可達 59.72%。萌芽平均日數會隨濕冷層積時間之延長而縮短，但濕冷層積達到 14 個月時，雖然萌芽率高且播種後長至成苗期短，但成苗率顯著下降，反而不利。相同時間的濕冷層積下，多數刻傷處理者之萌芽率與總成苗率反而較低，但平均萌芽日數較短。由試驗結果顯示，小西氏石櫟之堅硬種殼並不構成發芽之物理障礙，種子具有輕微之休眠性，必須濕冷層積至少 2 個月以上，才能較整齊的發芽，濕冷層積建議不要超過一年。

* 本研究承行政院農業委員會 96 農科-11.2.3-森-G3 及 97 農科-11.2.3-森-G3 計畫補助僅此誌謝。

** 行政院農業委員會林業試驗所副研究員、助理研究員

*** 國立台灣大學園藝學系碩士班研究生、大學部學生及副教授

Abstract

Pasania konishii (Hay.) Schottky seeds were collected in Yuchih area Nantou County in 2006 and 2007. The seeds were treated with scarification and cold stratification. Germination rate was investigated every week, survival plant rate were recorded. Result indicated that there were significant effect in both treatment of scarification and stratification. But the germination rate of seeds after treated with 2 months cold stratification were 47.9%, higher than the rate of control which was 27.2%. The best germination rate was 59.72% that cold stratified for 10 months. Mean day of germination were shorter as the cold stratification time longer, but the plant survival rate was decreased after 14 months cold stratification. Treatment of scarification in the same stratification time can lead into shorter germination time but less plant survival rate than non-scarification seeds. Thick shell of *Pasania konishii* seed didn't lead into mechanical barrier of germination. The slight dormancy can be overcome by at least 2 months cold stratification, but cold stratification should be not more than 1 year.

前言

台灣具有相當豐富之殼斗科植物資源，但多數殼斗科植物所產生之種子，不是苦澀味過重無法食用，就是過小而無經濟價值。經筆者等之調查與整理，發現其中至少有三種 (species) 可生產大型且種子味甘的種實：包含小西氏石櫟 (*Pasania Konishii* (Hayata) Schottky) 、鬼櫟 (*Lithocarpus lepidocarpus* (Hayata) Hayata) 及后大埔石櫟 (*Pasania Cornea* (Lour.) Liao) (李等, 2007；洪等, 2007；黃等, 2007)。小西氏石櫟又稱油葉石櫟、細葉肚仔、尖仔。葉部橢圓形，尾尖，上半部粗齒。殼斗淺皿狀，包被堅果不及一半，直徑約 2.6 公分。於台灣中南部海拔 500 公尺左右成林狀分布，並以埔里附近

分布最多。為台灣原生殼斗科植物中種實較大，樹型較小，且海拔分布較低者，是最容易馴化成經濟作物之殼斗科原生樹種。不過，國內之園藝及森林學者對其研究甚少，殊為可惜。

本研究為殼斗科植物果樹化計畫之一部分，希望能建立小西氏石櫟之無性繁殖法，篩選出良好的品系後，藉大量無性繁殖以建立營養品系。由已獲得之結果顯示，小西氏石櫟空中壓條發根率極低；幼年株扦插有發根之潛力，但成年枝仍不清楚；因此本文調查小西氏石櫟種子發芽行為，期能建立嫁接繁殖時砧木來源。

小西氏石櫟之殼斗極為堅硬，多數殼斗科植物種子萌芽需濕冷層積處理，如歐洲栗 (*Castanea sativa*) 需 2 至 3 個月 0~

4°C的低溫濕冷層積方能發芽 (Soylu and Serdar, 2000)。鬼櫟 (*Lithocarpus lepidocarpus* Hayata) 種子濕冷層積 2 個月後萌芽率提高至 85%，但發芽勢仍差，需 16 週方能完成，刻傷後種子萌芽率仍為 85%，發芽勢較強，8 週即可達到最高之萌芽率 (黃等, 2004)。其他果樹種子如巨峰葡萄之種子，5°C 濕冷層積 16 週後發芽率較高，刻傷處理則無明顯促進種子發芽之效果 (宋和歐, 2003)。鬼櫟種子休眠性與種殼存在與否有密切相關 (張等, 2006)；桃 (*Prunus persica* (L.) Batsch cv. GF305) 種子可藉由 7°C 低溫層積 2 週，再移除內種皮 (endocarp)，可克服種皮休眠性 (Martinez-Gomez and Dicenta, 2001)。由於小西氏石櫟同樣具有堅硬之種殼，因此本研究利用濕冷層積與刻傷處理，來探討小西氏石櫟種子發芽之行為，以尋求最佳之發芽條件。

材料與方法

採自南投縣魚池鄉陶米社區至暨南大學間之小西氏石櫟殼斗，去除中、外果皮後，裹以濕水苔置於塑膠袋內，並放置 4 °C 冷藏庫內作濕冷層積處理，處理時間分別為 0、2、4、6、10 及 14 個月。濕冷層積結束後，取 40 粒種子，一半以剪刀除去種殼至種子可見作為刻傷處理，另一半則保留原狀，作為對照。兩種處理之種子均置於濕水苔中，每週檢查一次，取出胚根伸出超過半個種子者，將之登記為發芽種子，並種植於 5 吋盆內，再調查其種植成活率，最後計算平均發芽日數。試驗方法分別有六組不同時間的濕冷層積處理，每

組又分為刻傷處理及無刻傷的對照組，總計為 12 處理，每處理 4 重複，每重複 20 粒種子，共 960 粒種子。

結果與討論

以複因子設計分析刻傷與濕冷層積處理對小西氏石櫟種子萌發之影響，結果如表 1。對照組無刻傷種子總萌芽率有 51.8%，極顯著的高於刻傷的 41.6%。濕冷層積 10 個月有最高的萌芽率，達 57.4%，其次是濕冷層積 4 個月的 56.6%，兩者差異並不顯著，但均極顯著高於其他處理。濕冷層積 2、6 及 14 個月者之間差異不顯著，萌發率分別為 47.9、47.5 及 43.3%；無濕冷層積者極顯著低於其他處理，僅有 27.2% 之萌芽率。

種子發芽後，種植於 5 吋盆後之存活率，以總種子數為計算基礎時，各處理間的差異皆未達 5% 之顯著差異水準。種子刻傷處理之成活率也僅無刻傷者的三分之二。濕冷層積處理者，處理時間少於 10 個月的成活率大致上高於三分之一，但儲存超過 14 個月時，成活率降到四分之一以下。若以萌芽之種子數來計算時，種子刻傷與否之差異並不顯著，但刻傷處理者略高於對照組。種子濕冷層積時間越長，成活率越低；無濕冷層積者可達 70%，層積處理不超過 10 個月者仍高於 50%，但處理 14 個月者僅餘 38.2%。

刻傷處理對種子平均萌芽日數影響不大，而濕冷層積處理則有極顯著影響，且隨著濕冷層積時間的延長，而縮短平均萌芽日。

表 1 刻傷與濕冷層積對小西氏石櫟種子萌發之影響

Table 1 Effects of scarification and cold stratification on seed germination of *Pasania konishii*

	萌芽率 (%)	存活率		MGT ^x (Days)
		2 ^z	1 ^y	
刻傷處理				
無刻傷(對照)	51.8 a ^w	46.7 a	52.7a	73.9 a
有刻傷	41.6 b	31.3 a	58.5a	72.7 a
濕冷層積時間(月)				
0	27.2 c	48.3 a	70.8 a	157.9 a
2	47.9 b	35.6 a	54.7 ab	83.6 b
4	56.6 a	44.3 a	57.8 a	54.1 bcd
6	47.5 b	38.1 a	59.2 a	76.1 bc
10	57.4 a	44.3 a	52.9 ab	38.8 cd
14	43.3 b	23.3 a	38.2 b	29.1 d
Source		P value		
Main effect				
Scarification (S)	0.0002	0.0847	0.2272	0.9113
Cold stratification (C)	<0.0001	0.6200	0.0141	<0.0000
Interaction				
S*C	0.0026	0.5311	0.0439	0.8470

^z：以總種子數為基數之存活率^y：以萌芽種子數為基數之存活率^x：MGT (mean germination time)：平均萌芽日數^w：同一主效因子內同欄數字後方英文字母有相同者，表示未達鄧肯氏多變域分析之 5% 差異顯著水

準。Number within same main factor and same column with same letters has non-significant difference according to Ducans' multiple range test for 5% level.

由於小西氏石櫟種子在萌芽率及存活率上，對刻傷與濕冷層積處理間有交互作用，因此將其數據改以單因子分析，結果如表 2。對照組種子萌發率雖然以濕冷層積 14 個月者最高，可達 59.72%，約為無濕冷層積者的兩倍，平均萌芽日數也減少至 30.20 日，約為無濕冷層積者的六分之一，但總成苗率卻不如表現最好的濕冷層積 4 個月者，同時已萌發之種子成苗率也

偏低，僅 42.63%，甚至低於無濕冷層積者。若排除濕冷層積 14 個月之處理，小西氏石櫟種子的濕冷層積時間只要超過 2 個月，種子萌發率即會大於 50%，但處理時間越長，對萌發率則影響不大，其中以濕冷層積 4 個月者最佳，可達近 60% 之萌發率。總成苗率在濕冷層積後明顯提高，也以濕冷層積 4 個月最高，達 47.23%，但濕冷層積 2 至 10 個月間的差異不顯著。已萌

發種子之成苗率雖然在對照組之間差異不顯著，但仍以濕冷層積 4 個月者最高，可達 74%，比無濕冷層積者高出 20% 以上，除濕冷層積 14 個月者之外，其餘處理均高於 50%。平均萌芽日數在濕冷層積後明顯縮短，且隨層積時間之增加而縮短。

刻傷處理之種子萌發率在層積後，除

層積 14 個月者外，萌發率會隨層積時間增長而提高，層積 10 個月之萌發率為最高，達 59.88%。總成苗率除濕冷層積 14 個月者之外，濕冷層積處理有明顯提昇之效果，且趨勢與萌發率相同；但已萌發之種子成苗率，則隨濕冷層積時間之拉長而明顯降低；平均萌發日數也有相同之趨勢。

表 2 刻傷與濕冷層積對小西氏石櫟種子萌發與成苗率之單因子分析結果

Table 2 Analysis result of scarification and stratification on germination rate and planting rate of *Pasania konishii*

處理	濕冷層積	萌發率 (%)	總成苗率 (%)	萌芽種子之成苗率 (%)	MGT * (Days)
無刻傷 (對照)	0	31.45de	23.73cd	51.64bcd	171.63a
	2	55.32ab	39.89ab	62.50abcd	71.98cd
	4	59.03a	47.32a	74.00abcd	54.08cd
	6	50.05abc	39.92ab	57.10bcd	74.83cd
	10	54.97ab	43.54ab	58.01bcd	40.45cd
	14	59.72a	35.78abc	42.63cd	30.20d
有刻傷	0	22.91e	22.91cd	90.00a	144.15ab
	2	40.53cd	31.42bc	68.00abc	95.75bc
	4	54.22ab	41.34ab	66.50abc	54.08cd
	6	45.00bc	36.19abc	61.21abcd	59.11cd
	10	59.88a	45.00ab	55.23bcd	40.00cd
	14	27.11e	10.73d	33.75d	28.00d

註：同欄數字後方英文字母有相同者，表示未達鄧肯氏多變域分析之 5% 差異顯著水準。

Number within same column with same letters has non-significant difference according to Ducans' multiple range test for 5% level.

* : MGT (mean germination time)：平均萌芽日數

從以上資料顯示，單純刻傷對小西氏石櫟種子的萌發率並無幫助，濕冷層積則可獲得相當好的效果。雖然濕冷層積 14 個月有很高的種子萌發率，但萌發後之種子易死亡，導致總成活率偏低。因此，野

外採集之小西氏石櫟種子，大致上以濕冷層積處理 4 個月即可，其種子萌發率約為六成，總成苗率近五成，播種後長至成苗的時間約兩個月。

由刻傷不濕冷層積(即刻傷之對照組)

的種子萌發結果觀察，小西氏石櫟種子萌發時，種殼所造成之物理性阻力不大。在相同濕冷層積時間下，刻傷與否對萌芽率、成苗率及平均萌芽時間的影響不大；甚至於在儲藏超過 1 年後，反而效果不佳。顯示小西氏石櫟種子具有一定的休眠性，此種休眠性在 4°C 下 2 個月以上即可打破。此種較低之低溫需求量應與其分布區域海拔較低有關。

小西氏石櫟種子經不同時間濕冷層積

處理的發芽率如圖 1 所示，顯示濕冷層積對小西氏石櫟種子之發芽勢有顯著之影響，濕冷層積 2 個月以上，即可顯著改善其發芽勢，且大致隨層積時間之延長，種子發芽所需之時間愈短。但是處理重複間之變異相當大，使其標準差較大，故層積超過 2 個星期後，處理間即無法達到 5% 顯著差異水準。從經濟的角度考量，野外採集小西氏石櫟之有效種子，大約濕冷層積超過 2 至 4 個月之間即可整齊發芽。

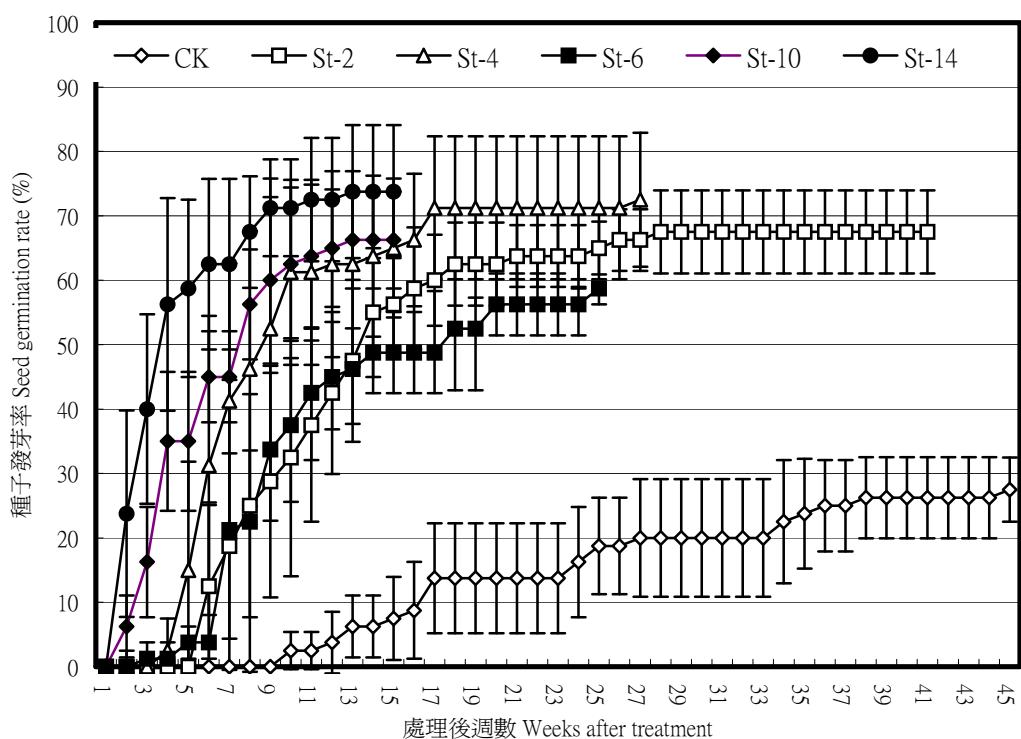


圖 1 濕冷層積時間對小西氏石櫟種子發芽之影響。
CK：對照；St-2, St-4, St-6, St-10 及 St-14 分別為濕冷層積 2、4、6、10 及 14 個月。

Fig. 1 Effect of cold stratification durations on seed germination of *Pasania konishii*.

進一步比較濕冷層積下，刻傷與否，對小西氏石櫟種子之發芽勢（圖 2），結果顯示刻傷處理並未增加小西氏石櫟種子之

發芽，兩者之差異不顯著。在相同濕冷層積時間下，刻傷處理者的種子發芽率均低於未刻傷者。

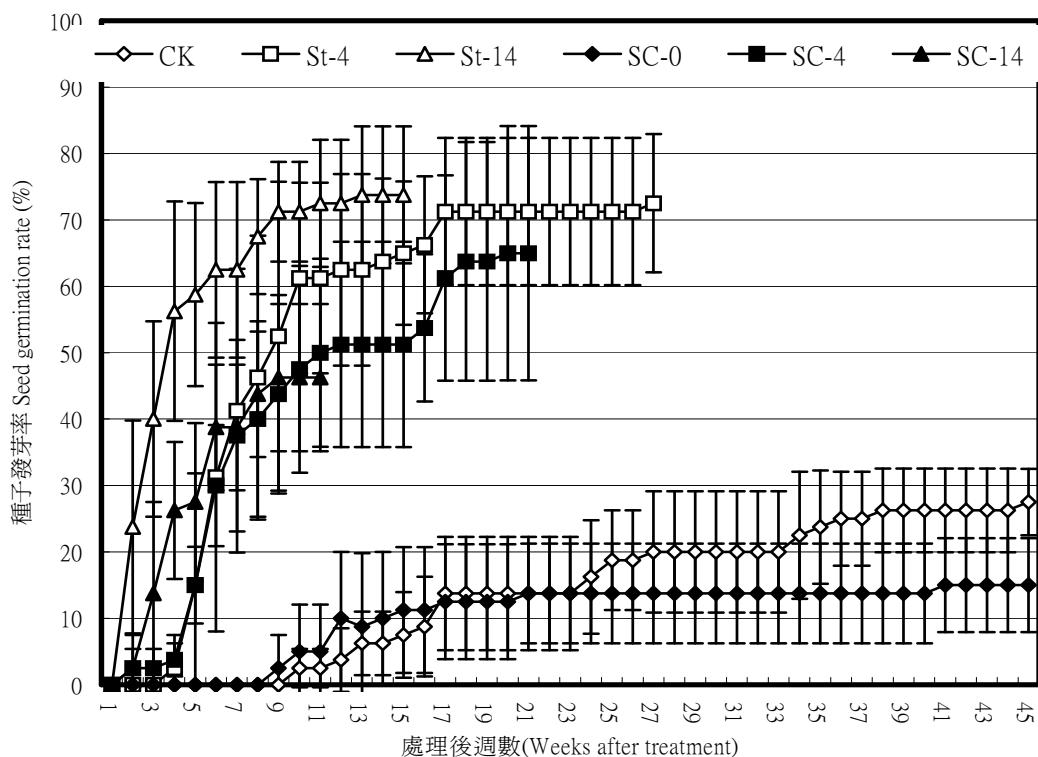


圖 2 刻傷與濕冷層積對小西氏石櫟種子發芽之影響。
CK：對照；St-4 及 St-14 分別為濕冷層積 4 及 14 個月；Sc-0、Sc-4 及 Sc-14 分別為濕冷層積 0、4 及 14 個月後刻傷處理。

Fig. 1 Effect of scarification and cold stractification on seed germination of *Pasania konishii*.

小西氏石櫟是分佈於台灣中低海拔的小型殼斗科喬木，所生產之殼斗較大型且種子味甘可食，是極具開發成為經濟堅果品種之原生植物。然至目前為止仍無詳細

且有效之繁殖方法，筆者等經一年不同月份之高壓繁殖試驗，已知其高壓之發根率極低，幼年期枝條有發根之潛力，嫁接繁殖則有砧木培育之問題。由本試驗之結果

顯示，小西氏石櫟雖然有堅硬之種殼，但在濕冷層積超過 2 個月之後，即可大幅改善其發芽率。濕冷層積處理 14 個月雖可得到最佳之發芽勢與發芽率，但萌芽後之種子成苗率反而下降，建議其濕冷層積處理盡量不超過 1 年。種子刻傷，一向是突破堅硬種殼類種子發芽之有效方法，但在本試驗中，對小西氏石櫟種子萌發助益不大，主要原因除了小西氏石櫟之種殼可能不構成萌芽之物理性障礙外，其堅硬的種殼在刻傷時易造成種子之傷害，反而影響其發芽與成活率，再則經濕冷層積後刻傷之種子，極易引發微生物二次感染，進而

影響其儲藏壽命，導致長期儲藏者發芽率與成苗率偏低。

若從整體之發芽情形觀察，即使在濕冷層積 14 個月下，小西氏石櫟種子發芽仍須約 10 個星期，如以濕冷層積 4 個月而言，大致需要 17 個星期（圖 2），顯然時間仍過長，對經濟季繁殖種苗依然不利。由於種子刻傷可縮短平均發芽日數，因此應尋求更安全與簡易操作之刻傷方式，以縮短育苗時間。此外，應再設法選拔發芽更迅速或更整齊之品種，以提升其繁殖之效率。

參考文獻

1. 宋家瑋、歐錫坤。2003。中華林業研究 52:14-22。
2. 李慈慧等。2007。林業研究專訊 14(4):17-19。
3. 洪昆源等。2007。林業研究專訊 14(4):37。
4. 張祖亮等。2006。中華農學會報 7:511-529。
5. 黃怡菁等。2004。中國園藝 50:515-520。
6. 黃怡菁等。2007。林業研究專訊 14(4):20-23。
7. 廖日京。2004。台灣殼斗科植物之學名訂正(2nd ed)。臺大森林學系。
8. 劉業經、呂福原、歐辰雄。1988。台灣樹木誌。國立中興大學農學院出版委員會 p. 314-318。
9. Garcia-Gusano, M., P. Martinez-Gomez and F. Dicenta. 2004. Scientia Horti. 99:363-370.
10. Kang, Y. D. et al. 1968. Hort. Sci. 92: 323-329.
11. Martinez-Gomez, P. and F. Dicenta. 2001. Scientia Hort. 91:51-58.
12. Soylu, A. and U. Serdar. 2000. Acta Hort. 538: 483-488.

小西氏石櫟種子發展潛力之研究¹

II、去除種殼部位與濕冷層積 對種子萌發與上胚軸發育之影響

黃怡菁² 陳韋竣³ 阮素芬⁴ 黃志堅⁵ 王君璋³ 陳右人³

關鍵詞：殼斗科；種子休眠；上胚軸休眠；機械障礙；濕冷層積；溫度

Key words : Fagaceae ; Seed dormancy ; Epicotyl dormancy ; Mechanical barrier ; Stratification ; Temperature

摘要

小西氏石櫟種子播種後，經 320 日，種子萌發率僅 55%，上胚軸萌出率僅 30%。種子完全除去種殼後，無論濕冷層積與否，種子萌發率可達 90%，而濕冷層積可提高上胚軸萌出率至 75%以上，且縮短種子萌發與成苗時間。未除去種殼種子，濕冷層積可使萌發率達到 70%，但上胚軸發育率仍僅有 30%。顯然胚或種殼均會影響種子之萌發與幼苗之發育，其中種殼具有機械性之障礙及抑制上胚軸之發育，胚則影響上胚軸之發育。同時，小西氏石櫟種子應具有上胚軸休眠性，將其堅果之遠軸端，即柱頭端之堅硬組織切除，可明顯提

¹ 本研究承行政院農委會 96 農科 11.2.3-森-G3、農委會 97 農科 11.2.3-森-G3 計畫補助，僅此誌謝

² 行政院農委會林業試驗所副研究員

³ 國立台灣大學園藝學系研究生，研究生及副教授（通訊作者）

⁴ 私立文化大學助理教授

⁵ 行政院農委會林業試驗所蓮華池分所研究助理

高種子之萌發率與縮短萌發所需時間，但仍明顯低於將種殼完全去除者。種子萌發後，置於日/夜溫 25/20°C 以上之環境中，有利於上胚軸之生長。

Abstract

Pasania konishii (Hay.) Schottky seeds were sown under outdoor condition in Taipei city for 320 days and passed through a winter, the percentage of seed germination, which root growth and longer than two times of seed diameter, was only 55%, and epicotyl emergence ratio was only 30%. While seed germination ratio and epicotyl emergence ratio of those removed the woody pericarp, were getting higher to 90%, no matter whether they had cold stratified or not. Although cold stratification could enhance seed germination to 70%, but the epicotyl emergence rate was still only 30%. The results show that some factors in both embryo and woody pericarp of *P. konishii* seeds affected seed germination and epicotyl emergence rate of seed. Woody pericarp had both physical barrier and biological inhibition, and embryo had biological inhibition only, and *P. konishii* seed should have epicotyl dormancy. Removed the distal end woody pericarp of *P. konishii* seed could promote seed germination and reduce mean germination days too, but not totally the same efficacy as those removed whole of the woody pericarp. After seed germinated, 25/20°C (day/night temperature) could facilitate epicotyl growth.

前言

台灣原生的殼斗科植物有四屬，約四十多種，主要分布於低至中海拔地區，組成櫟林帶；於 1,500 至 2,500 山區與樟科植物混生，組成樟櫟林，是台灣中海拔闊葉林的重要樹種（廖，2004；李，2005；林，2005；鄭，2008）。多數殼斗科之堅果帶有苦澀味，甚少食用，但其中少數之原生種，如鬼櫟 (*Lithocarpus lepidocarpus* (Hay.) Hay.)、火燒柯 (*Castanopsis fargesii* Franch.) 與 小西氏石櫟 (*Pasania konishii* (Hay.) Schottky) 的堅果較大且幾無苦味，是原住民經常採集食用之堅果類（劉，

1960；廖，2004），因此具有發展為經濟生產作物之可能性，但探討的不多。筆者等目前的研究（未發表資料）發現，小西氏石櫟與鬼櫟均可嫁接繁殖，同時亦篩選較大型種子之個體，但扦插成活率不佳。因此，有必要發展實生砧木大量繁殖體系，提供進一步的試驗及發展成為經濟產業之所需。

小西氏石櫟種子具有堅硬之外殼，可能有一定之休眠性與物理障礙，致使種子萌發困難且不整齊，又其為台灣特有種，以致過去之研究甚少。黃等（2008）指出，刻傷與濕冷層積均可顯著影響小西氏石櫟

種子之萌發，刻傷者萌芽率顯著低於未刻傷者；濕冷層積 2 個月後，萌發率即由對照組的 27.2%，顯著提升至 47.9%，以處理 14 個月者萌發率最高，可達 59.72%。相同時間的濕冷層積下，多數刻傷處理者之胚芽萌芽率與總成苗率反而較低，但萌芽所需日數較短；主要是因其種殼堅硬，去殼過程中，常傷及胚所致（黃等，2008）。研究指出多數的殼斗科植物種子萌芽需一段濕冷層積的時間，如：歐洲栗(*Castanea sativa*)需 2 至 3 個月 0~4°C 的低溫濕冷層積方能發芽(Soylu and Serdar, 2000)，鬼櫟種子濕冷層積 2 個月後萌芽率提高至 85%，但發芽勢仍差，需 16 週方能完成，刻傷後種子萌芽率仍為 85%，發芽勢較強，8 週即可達到最高之萌芽率（黃等，2004）。進一步觀察，鬼櫟的種子以 4°C 濕冷層積 6 個月後，種殼開始自然開裂，24 個月後開裂率高達 60~70%（張等，2006）。小西氏石櫟則在柱頭端有裂開之現象。原生於北美洲的 *Quercus rubra L.*，新鮮之種子移除距生長點端(chalazal end)約三分之一的種殼(pericarp)，並保留種皮(testa)，與完整(intact)果實比較，發芽率可由 10% 提升至 55%；同時於濕冷層積期間，種子增大促使種殼開裂，並促進發芽(Hopper et al, 1985)。張等（2006）指出，鬼櫟種子休眠性與種殼存在與否有密切相關；Hopper et al (1985)也認為，雖然濕冷層積促進種子萌發，但於 4 週內種子休眠會加深，而 6 至 8 週以後才會顯著提升萌發率和萌發速率(germination rate)，同時必需濕冷層積達 8 至 12 週，才能提高幼苗之生長速率和株高。產於土耳其之殼斗科植物 *Quercus vulcanica* (Boiss. Heldr. ex)

Kotschy 也有類似之結果 (Tilki and Alptekin, 2006)。

濕冷層積常用以克服許多果樹的種子休眠，以桃(*Prunus persica* (L.) Batsch cv. GF305)為例，種子藉由 7°C 低溫層積提高萌發率，但如能再移除內種皮(endocarp)，可完全克服種皮休眠性(Martinez-Gomez and Dicenta, 2001)。由於小西氏石櫟在濕冷層積與僅刻傷種殼至種子可見之程度下，最高之種子萌發率約近 60%，且需費時 14 個月之久（黃等，2008），因此有必要尋求更迅速、整齊萌芽且安全之種子處理方法，以迎合實生砧木大量繁殖之所需。本研究即在短時間的濕冷層積下，比較完全除去種殼及除去柱頭端種殼之部分，對種子萌發與胚芽萌出之影響，同時探討萌發種子處於不同之溫度環境下的生長與發育，以縮短播種所需之時間。

材料與方法

一、剝除種殼對小西氏石櫟種子萌發之影響

於 2007 年 11 月間自南投縣海拔 500~600 m 地區採集小西氏石櫟橡實(acorn)，將橡實去除殼斗後之堅果(nut)放入含濕水苔之封口袋中以 4°C 冷藏，進行濕冷層積處理。濕冷層積時間分為 0 個月和 2 個月兩種處理，每種處理再分為兩組：(1)對照，不剝除種殼；(2)完全剝除種殼使種子裸露。合計兩種濕冷層積處理，兩種種子處理，共四處理，每處理三重複，每重複 10~20 顆種子。處理完成後亦放入含濕水苔之封口袋，置於日/夜溫 30/25°C 之生長箱中，調查各處理種子之萌發。因處理間

種子萌發後的數量差異甚大，故合併單一處理三重複所得之萌發種子，移入網室內調查胚芽發育率與時間。調查方法以種子發根至 1.5 cm 視為發根，以上胚軸萌出作為萌芽時間，株高 5 cm 者視為成苗株，且依此計算其成苗率；其中種子萌發率與其標準差係三重複之平均，萌芽率與成苗率為萌發種子總數之百分比，標準差以二項分佈計算。成苗率分為絕對成苗率及相對成苗率，前者以所有種子數為分母，萌芽之種子數為分子；後者以萌發之種子為分母，萌芽之種子為分子計算。

二、剝除柱頭端種殼對小西氏石櫟種子萌發之影響

以 2008 年 11 月間自南投縣海拔 500~600 m 地區和台東縣太麻里（南興及山豬窟地區）採集之小西氏石櫟橡實供試。濕冷層積時間分為 0 個月和 2 個月兩種處理。每處理再分為三組：(1) 對照，不剝除種殼；(2) 剪去宿存花柱和其周圍部分種殼；與(3) 完全剝除種殼使種子裸露。採三重複，不剝除種殼處理每重複為 15 顆；剪去宿存花柱端種殼者每重複 15 顆；完全剝除種殼處理每重複 12 顆。處理完成後亦放入含濕水苔之封口袋內，置於日/夜溫 30/25°C 之生長箱。調查各處理種子萌發時間及比率，調查標準與統計方法與試驗一相同。

三、日/夜溫對小西氏石櫟幼苗生長之影響

將已發根之種子種植於穴盆中，以根基旺 3 號為介質，置於日/夜溫 30/25、25/20、20/15 和 15/13°C 之生長箱中，調

查其上胚軸生長狀況。

結果與討論

一、剝除種殼對小西氏石櫟種子萌發之影響

於 2007 年 11 月採集之小西氏石櫟堅果，試驗結果如表 1 及圖 1 所示。種子置於 30/25°C 之生長箱，不經濕冷層積和種殼處理，平均發芽日數為 158.27 ± 41.10 天，於 280 天後發芽率為 $55.00 \pm 7.07\%$ ；若將種殼去除，則平均發芽日數可縮短至 16.67 ± 0.46 天，且發芽率達 $89.26 \pm 11.13\%$ 。相同時間採集之堅果經 4°C 濕冷層積 2 個月，未去除種殼之處理，平均發芽日數可縮短至 87.94 ± 10.69 天，發芽率提高至 $70.00 \pm 14.14\%$ ；將種殼去除者，則平均發芽日數為 11.98 ± 0.93 天，發芽率高達 $93.33 \pm 5.77\%$ 。由圖 1 之發芽趨勢顯示，去除堅果殼可有效提升發芽率，且其效果較濕冷層積處理顯著，顯示堅硬種殼造成的機械障礙，是影響小西氏石櫟種子發芽重要因子之一，且黃等（2008）的試驗指出小西氏石櫟種子萌發芽之低溫需求時間約需 12~14 個月之間。濕冷層積或將種子置於低溫環境，是提高育苗時萌發率和整齊度常用之處理方式，Tilki and Alptekin (2006) 將 *Quercus vulcanica* 經 2~4 週之濕冷層積處理可提高種子萌發速率，但不提高萌芽率。此結果與小西氏石櫟去除堅硬種殼之處理比對時，完全去除種殼者幾乎可在 2 個月內，使 90% 種子萌發長出胚根；而經 2 個月濕冷層積後，種子在 1 個月內萌發率更高達 93.3%，較黃等（2008）之研究僅刻傷至種子可見程度之 59% 萌發率顯著改善。

表 1 濕冷層積與去除種殼對小西氏石櫟種子萌發與萌發後生長之影響

Table 1 Effects of cold stratification and woody pericarp removed on *Pasania konishii* seed germination and seedling growth

	woody pericarp removed		intact nuts	
	stratification	no stratification	stratification	no stratification
germination rate (%)	93.33±5.77	89.26±11.13	70.00±14.14	55.00±7.07
mean germination time (days)	11.98±0.93	16.67±0.46	87.94±10.69	158.27±41.10
mean seedling time(days)成苗時間	38.51±1.87	71.60±24.65	126.34±24.52	160.00±46.67
seedling survival rate (%)				
for total seeds	90.00±5.00	75.76±7.70	30.00±0.00	30.00±14.14
for germinated seed	96.48±3.06	84.87±4.50	73.33±9.43	48.75±15.19
plant height (cm)	17.23±0.71	12.20±0.26	13.55±0.04	12.64±0.96
number of leaves	17.00±2.00	13.00±0.00	11.00±3.00	15.00±3.00

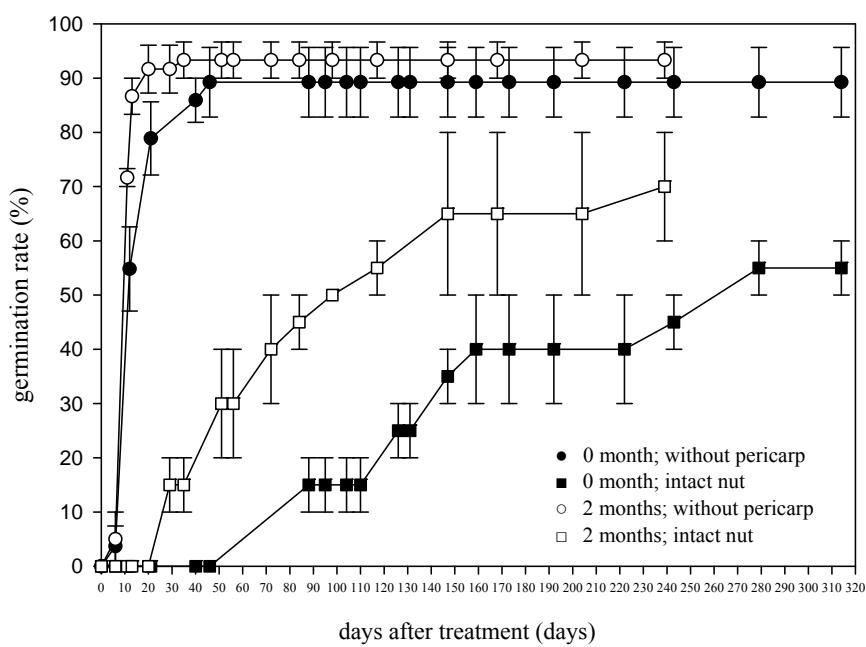


圖 1 濕冷層積與去除種殼對小西氏石櫟種子萌發之影響。

Fig. 1 Effects of cold stratification and woody pericarp removed on seed germination of *Pasania konishii*.

於 2007 年採集之堅果，經種子萌發試驗後，種植於以根基旺為介質之穴盆中，觀察胚芽生長情形。由表 1 就完全去除堅硬種殼且未經濕冷層積處理者，若以胚根萌出者為基數，計算胚軸萌出者/萌發種子而得之相對成苗率，達 $84.87 \pm 4.50\%$ ，但萌芽不整齊，需費時 6 個月才能超過 80%；經濕冷層積 2 個月之相同處理的種子，其相對成苗率可高達 $96.48 \pm 3.06\%$ ，並在 2 個月內即達到最高點。而未去除種殼處理之相對成苗率會降低，且又未經濕冷層積處理者，其相對成苗率為 $48.75 \pm 15.19\%$ ，若經 2 個月濕冷層積之相對成苗率為 $73.33 \pm 9.43\%$ ，兩者均在調查結束時達到最高點。由於未去除種殼之處理，其胚芽伸出土面之時間有延遲之現象，必需

至播種 115 日後上胚軸才會萌出，但最終之萌出率仍可達到萌發種子之 73.3%（表 1；圖 2）；又由上胚軸萌出者/萌發種子計算而得之絕對成苗率知，完全去除種殼且加上濕冷層積者，絕對成苗率可達 $90.00 \pm 5.00\%$ ，顯著高於去殼不濕冷層積者的 $75.76 \pm 7.70\%$ ；而兩組不去殼處理，則均只有 30% 之絕對成苗率。

本試驗未經濕冷層積處理之種子於冬天種植，而經 2 個月濕冷層積之種子於春天種植，結果顯示完全未處理之對照組，亦需經過自然低溫，即在處理後 115 日，萌發之種子的上胚軸才有較多之萌出。未去除種殼之處理組別，因為必需滿足低溫需求後才能萌芽，因此也是皆於 4 月中旬氣溫升高後才觀察到成苗現象。

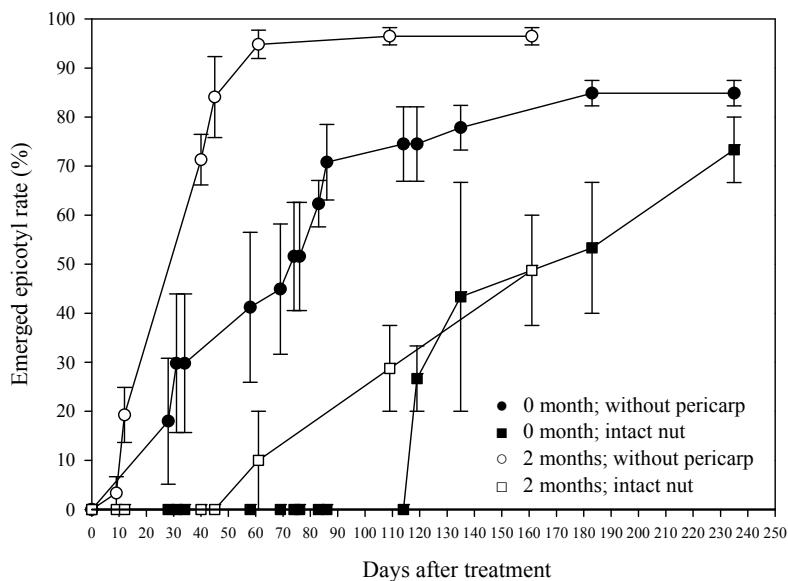


圖 2 濕冷層積與去除種殼對小西氏石櫟已萌發種子上胚軸發育之影響。

Fig. 2 Effects of cold stratification and woody pericarp removed on epicotyl emergence of germinated *Pasania konishii* seeds.

本研究調查至 2008 年 8 月。將圖 2 橫座標以日期標示如圖 3，去除堅硬種殼且未經濕冷層積處理(●)之種子，成苗不整齊，於 7 月 1 日達到最高點；濕冷層積 2

個月者(○)，整齊度提升，可提早 1 個月達到成苗率之最高點，且顯著提高成苗率，故在育苗總時程上依然有利。

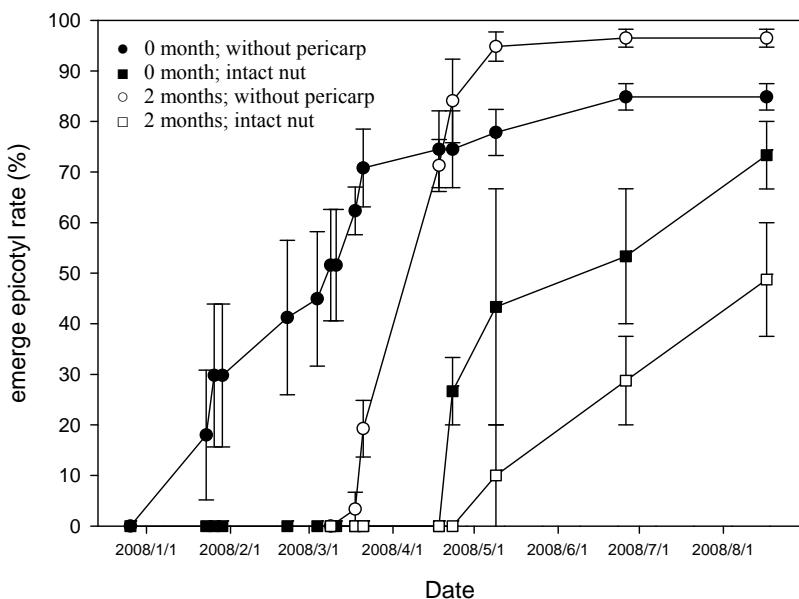


圖 3 以總處理時間觀察濕冷層積與去除種殼對小西氏石櫟已萌發種子上胚軸發育之影響。

Fig. 3 Total time for epicotyl emergence of *Pasania konishii* seed that treated with cold stratification and woody pericarp removed.

由上述結果可知，小西氏石櫟種子的萌發或上胚軸之發育與生長受種殼存在與否之影響，包括有機械與化學性兩項的加成作用。在自然狀況下，完全未處理的對照組種殼有一定比例會裂開，又經冬天之自然低溫約有 50%之種子長出胚根，30%種子長出上胚軸；若以 2 個月 4°C 之濕冷層積處理取代自然低溫，則胚根萌出之比例可提高至超過 70%，但上胚軸萌出率並

未提高。如將堅硬之種殼完全去除，則可使胚根萌出率及絕對成苗率分別顯著上升至 89 及 75%以上，經濕冷層積者又較未經濕冷層積者更高，且提早 15~30 日達到種子萌芽之最高點。由以上結果顯示，堅硬之種殼確實造成種子萌發上之機械性障礙，雖然濕冷層積處理對胚芽成長有促進之效果，但胚本身亦存在影響上胚軸發育之化學因子。

二、剝除柱頭端種殼對小西氏石櫟種子萌發之影響

本研究觀察小西氏石櫟種子發根之過程，發現胚根是由堅果之離軸端(distal end)伸出；而完整未受損之堅果於離軸端有宿存之花柱硬組織，若此硬組織較早脫落或因碰撞而脫落，種子發芽則較早；而花柱硬組織仍宿存之種子則需待脫落後，胚根才會伸出。將堅果縱切可見種殼上由種子生長點至離軸端開口處存有孔道，水分及胚根應可藉由此通道進入或伸出。

為了驗證上述現象，將 2008 年採集之種子，分為花柱硬組織宿存之完整堅果、剪去離軸端之堅果與完全去除種殼之種子三組，試驗處理分為不經濕冷層積與 2 個

月之濕冷層積兩項。結果顯示如圖 4 及表 2，花柱硬組織宿存且未經濕冷層積處理之完整堅果(■)，於處理後 130 天，種子萌發率僅 $8.89\pm10.18\%$ ；經 2 個月之濕冷層積處理者(□)，於處理後 70 天，種子萌發率亦僅 $8.89\pm3.85\%$ 。而剪去離軸端、未經濕冷層積處理之堅果(▲)，於處理後 130 天，種子萌發率為 $37.78\pm7.70\%$ ，經 2 個月之濕冷層積處理者(△)，於處理後 70 天，種子萌發率可達 $70.00\pm4.71\%$ 。但此兩組處理之發芽率和平均發芽天數，皆不如將種殼完全去除之處理。完全去除種殼處理，未經濕冷層積(●)與 2 個月濕冷層積(○)處理者，種子萌發率分別為 86.67 ± 12.64 及 $93.06\pm3.40\%$ ，平均發芽天數則分別為 25.52 ± 17.76 及 9.35 ± 1.47 天。

表 2 濕冷層積與種殼去除部位對小西氏石櫟種子萌發率與萌發時間之影響

Table 2 Effect of woody pericarp removed position and stratification on germination rate and mean germination time on *Pasania konishii* seed

treatments	root germination rate (%)	mean germination time (days)
without pericarp & 0 month stratification	86.67 ± 12.64	25.52 ± 17.76
distal end clipped & 0 month stratification	37.78 ± 7.70	46.47 ± 23.47
intact nuts & 0 month stratification	8.89 ± 10.18	74.33 ± 9.24
without pericarp & 2 month stratification	93.06 ± 3.40	9.35 ± 1.47
distal end clipped & 2 month stratification	70.00 ± 4.71	40.00 ± 18.00
intact nuts & 2 month stratification	8.89 ± 3.85	37.71 ± 18.01

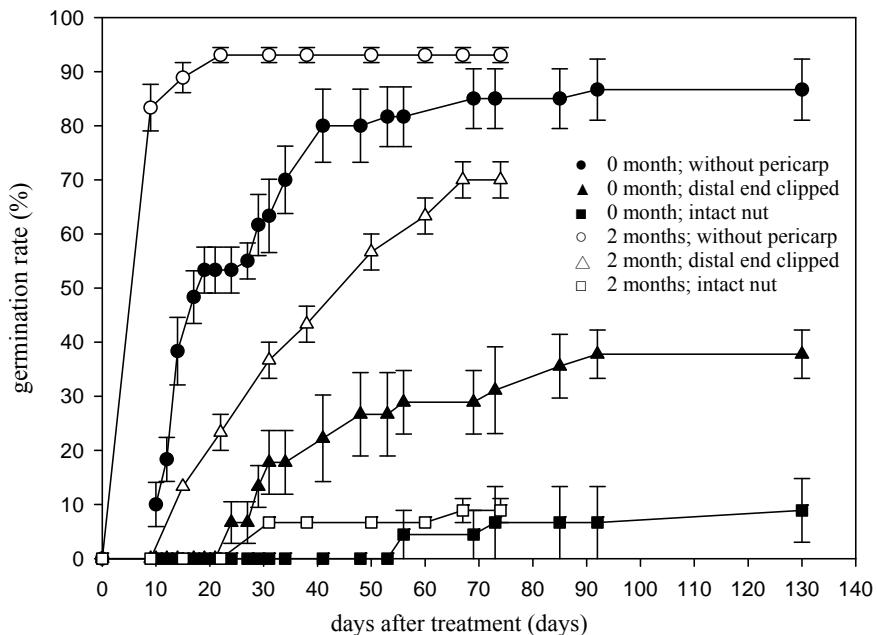


圖 4 濕冷層積與種殼去除部位對小西氏石櫟種子萌發之影響。

Fig. 4 Effect of cold stratification, woody pericarp removed and distal end clipped on seed germination of *Pasania konishii*.

由上述結果可知，將離軸端剪除並經 2 個月濕冷層積處理之堅果，其發芽率和平均發芽日數皆較完全未處理者高，因此種殼之機械障礙是影響小西氏石櫟種子發芽率之重要因子，而濕冷層積處理則可改善其發芽率。雖然完全去除種殼之種子可有最佳之發芽率及平均發芽時間，但欲除去堅硬之種殼需耗費極大之工續和時間，且完全裸露之種子因形狀不完整而極為脆弱，相對僅將離軸端剪去之工續則較簡便和迅速。若能進一步將剪去離軸端的範圍擴大，使種子發芽所受之機械障礙降至更低，相信其發芽率和整齊度能更加改善。

黃等 (2008) 小西氏石櫟種子之刻傷處理試驗，因刻傷部位於堅果之近軸端，遠離胚根伸出之位置，雖然可促進種子吸水，但活化之胚根仍受堅硬而緻密之種殼阻礙而不能發芽，因此其刻傷處理之效應不顯著。

觀察小西氏石櫟裸露種子發芽之過程，發理種子吸水後，生長點附近組織膨大並分化為胚根伸長，胚根伸長至約可見根毛時，胚根近生長點處之組織由白色轉為藍綠色，漸漸分化為胚芽。

三、日/夜溫對小西氏石櫟幼苗生長之影響

進一步試驗氣溫對小西氏石櫟種子胚芽生長之影響，將已發根之種子，置入不同日/夜溫之生長箱，調查其上胚軸生長之趨勢。圖 5 結果顯示，日/夜溫 30/25°C 之處理(○)於處理後 100 天，平均株高可達 12 cm；日/夜溫 25/20°C 之處理(△)於處理後 100 天，平均株高達 7 cm。日/夜溫 20/15 和 15/13°C 處理之幼苗，上胚軸僅平均生長至 2 cm 即不再生長。於日/夜溫 20/15 和 15/13°C 之處理，莖頂生長點轉黑而生長停

滯，但幼苗並未死亡。日/夜溫 30/25°C 之高溫處理，雖然平均株高較高，但葉片出現畸形、小而厚之生長障礙現象，部分莖頂亦出現乾枯現象，而由莖基部抽新芽取代舊胚芽。日/夜溫 25/20°C 之處理，幼苗外觀較健康，葉片完整，但仍有莖頂乾枯現象。結果顯示小西氏石櫟實生苗嫩梢對溫度和相對濕度敏感，溫度過高、過低或相對濕度過低皆會造成莖頂死亡，致使幼苗長出側芽。此現象未出現於網室內栽培之幼苗，但野生族群則常發現。

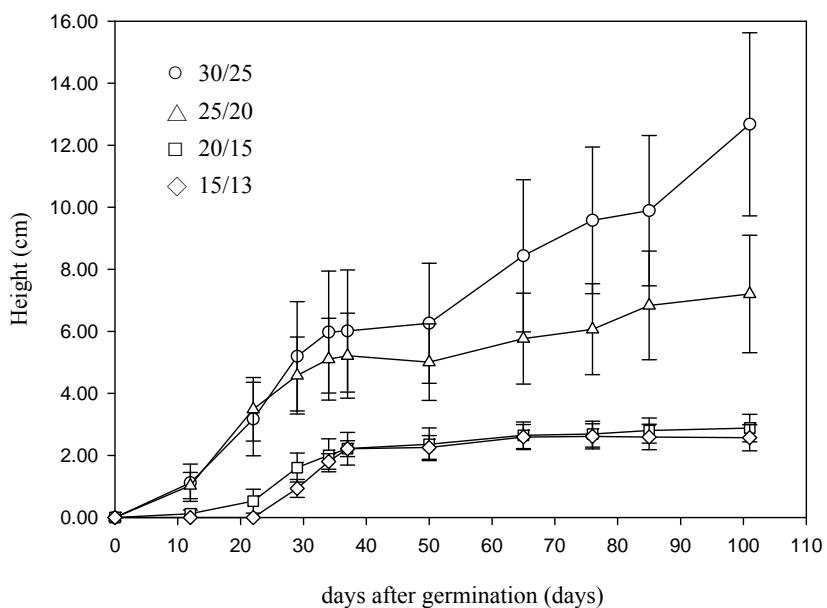


圖 5 日/夜溫對小西氏石櫟實生苗上胚軸生長之影響。

Fig. 5 Effect of day/night temperature on epicotyl height of *Pasania konishii* seedling.

黃等（2008）之結果顯示，小西氏石櫟種子於低溫濕冷層積期間會萌發，萌發率隨濕冷層積時間增長而提高，但萌發種子之成苗率則隨濕冷層積時間降低。推測可能因小西氏石櫟種子之胚根對低溫忍受度較高，胚根伸長後胚芽隨之分化生長，由於莖頂對低溫之忍受度低，因此濕冷層積時間越長，雖種子萌發率提高，但成苗

率卻降低。

為了生產快速且萌芽整齊的小西氏石櫟種苗，根據本研究之觀察和試驗結果，發根種子經約2個月內的適度濕冷層積，以滿足種子低溫需求後，移至20~25°C之環境下，促進上胚軸之發育與生長，即可整齊成苗。

參考文獻

1. 李權裕。2005。自然保育季刊 49:36-39。
2. 林怡芳。2005。四種殼斗科幼苗在不同光度下生長優勢與形態之表現。國立台灣大學森林學系碩士論文。
3. 張祖亮等。2006。中華農學會報 7:511-529。
4. 黃怡菁等。2004。中國園藝 50:515-520。
5. 黃怡菁等。2008。科學農業 56(10,11,12):197-204。
6. 廖日京。2004。台灣殼斗科植物之學名訂正(2nd ed)。作者自行出版(臺大森林學系)。
7. 鄭育斌。2008。科學發展 425:26-35。
8. 劉棠瑞。1960。臺灣木本植物圖誌卷上。國立臺灣大學農學院印行 p. 602, 608。
9. Garcia-Gusano, M., P. Martinez-Gomez and F. Dicenta. 2004. Sci. Horti. 99:363-370.
10. Hopper, G. M. et al., 1985. Forest Sci. 31:31-39.
11. Martinez-Gomez, P. and F. Dicenta. 2001. Scientia Hort. 91:51-58.
12. Soylu, A. and U. Serdar. 2000. Acta Hort. 538:483-488.
13. Tilki, F. and C. U. Alptekin. 2006. New Forests 32:243-251.