

國立屏東科技大學野生動物保育研究所

碩士學位論文

台灣黑熊取食果實對於種子萌芽之影響

Effects of Fruit Consumption by Formosan Black Bears  
(*Ursus thibetanus formosanus*) on Seed Germination

指導教授：黃美秀 博士

研究生：鍾雨岑

中華民國九十七年一月二十五日

## 摘 要

學號：M9317011

論文題目：台灣黑熊取食果實對於種子萌芽之影響

總頁數：90 頁

學校名稱：國立屏東科技大學      所別：野生動物保育研究所

畢業時間及摘要別：96 學年度第 1 學期碩士學位論文摘要

研究生：鍾雨岑

指導教授：黃美秀 博士

論文摘要內容：

種子播遷為影響森林演替的重要因素。台灣黑熊 (*Ursus thibetanus formosanus*) 雖是雜食性的食肉動物，然以植物果實為重要主食，加上攝食量大且活動範圍廣泛，故為潛在的種子播遷者。本研究旨藉探討對於野外台灣黑熊季節性經常使用的不同果實，黑熊取食及消化對於種子萌芽的影響，以瞭解此物種於種子播遷所扮演的角色。

以野外採集的七種果實—青剛櫟 (*Quercus glauca*)、山櫻花 (*Prunus campanulata*)、香楠 (*Machilus zuihoensis*)、呂宋莢蒾 (*Viburnum luzonicum*)、台灣蘋果 (*Malus doumeri*)、山枇杷 (*Eriobotrya deflexa*) 及山柿 (*Diospyros japonica*)，餵食圈養的四隻台灣黑熊，黑熊對不同果實的取食方式有所差異。進食肉質性果實多將整個果實一口吞入 (63-100%)。至於堅果類的青剛櫟，熊通常會將堅果咬碎吐出後，再吃入 (73%)，或是吐出後不再吃 (27%)，而且排遺中除了 2 顆種子之外，幾乎沒有發現完整的種子。六種肉質性果實的種子於熊腸道內停留的平均時間為 6.0-24.4 小時不等。

種子經熊消化排出後之磨損程度因種類而異，肉質果實除了山

枇杷之外，其他種子的受損程度皆以無受損居多(40%-99%)，其次為輕度受損或外覆果肉的種子，僅 $\leq 10\%$ 的種子為中度或重度受損。山枇杷則以輕度及無受損種子為多(48%、23%)，並有較高比例之中度及重度受損種子(29%)。

不管種子是否經過黑熊消化，外覆果肉的六種種子，萌芽率皆比去除果肉且無受損的種子低。尤其對於具休眠性的種子，山櫻花、香楠、呂宋莢蒾及台灣蘋果，種子經熊消化的萌芽率皆顯著高於未經熊消化的對照組。果肉會妨礙種子萌芽，而熊的攝食具有去除果肉的作用，且能促進種子萌芽。

種子經熊取食消化產生不同磨損程度，亦有不同的萌芽率和時間。具有果肉或重度磨損的種子，萌芽情況通常較其他組別差。就三種核果(山櫻花、香楠、呂宋莢蒾)種子而言，外覆果肉的對照組種子皆未萌芽，然熊消化組萌芽率則有 21-70%，平均萌芽時間為 1-8 個月。兩種仁果(山枇杷與台灣蘋果)之熊消化組，整體平均萌芽率為六種種子中最高的(88%、96%)，各為對照組之 1.5 及 1.8 倍，且平均萌芽時間不及對照組的一半。經熊消化的山柿種子的開始萌芽時間，也比對照組提早 1.5 個月。

相較於野外環境的自然落果(即外覆果肉對照組)，台灣黑熊食入非堅果種子，可促使種子提早萌芽或提高萌芽率。如此可減少被種子掠食者取食或病菌感染的機會，進而增加最後成功萌芽的數量。對青剛櫟而言，台灣黑熊為果實掠食者，但對非堅果類種子而言，則為一有效的長距離種子播遷者。

關鍵詞：亞洲黑熊、種子播遷、萌芽、腸道停留時間、磨損

## Abstract

Student ID: M9317011

Title of Thesis: Effects of Fruit Consumption by Formosan Black Bears  
(*Ursus thibetanus formosanus*) on Seed Germination

Total Page: 90

Name of Institute: Institute of Wildlife Conservation, National Pingtung  
University of Science and Technology

Graduate Date: January 2008

Degree Conferred: Master

Name of Student: Yu-Cen Jhong

Adviser: Dr. Mei-Hsiu Hwang

The Contents of Abstract in This Thesis:

Seed dispersal is one of the important factors for shaping forest succession. Formosan black bears (*Ursus thibetanus formosanus*) are omnivorous carnivores, and fruit is comprised of their primary diet. However, because of their enormous intake volume and extensive home range, bears are generally believed to be potential seed dispersers. The objective was to explore the effects of the consumption and digestion of seasonal fruits by black bears on seed germination to understand their role in seed dispersal.

I fed 4 captive Formosan black bears with seven hand-picked fruits, including *Quercus glauca*, *Prunus campanulata*, *Machilus zuihoensis*, *Viburnum luzonicum*, *Malus doumeri*, *Eriobotrya deflexa* and *Diospyros japonica*. The ways of consuming these fruits by bears varied. Bears often swallowed fleshy fruits directly (63-100% of bites). However,

they often crashed and swallowed the *Q. glauca* acorn (73%), or simply spited (27%). No intact acorns were found from feces except two. The retention time of 6 freshy fruits in the digestive tracts of bears averaged 6-24.4 hours.

The abrasion level of ingested seeds varied by fruit species. Except for *E. deflexa*, most seeds of the fleshy fruits collected from bear feces were intact (40%-99%), followed by slightly-damaged or pulp-wrapped seeds. Partially-damaged or severely-damaged seeds accounted for  $\leq 10\%$ . However, higher percentages of slightly-damaged and intact seeds were found from feces in *E. deflexa* (48% and 23%), along with partially- and severely-damaged seeds (29%).

Either ingested by bears or in control groups, seeds with pericarps removed (i.e., intact seeds) had greater germination rate than pulp-wrapped seeds. Especially for seeds with dormancy behavior, such as *P. campanulata*, *M. zuihoensis*, *V. luzonicum* and *M. doumeri*, the germination rate of ingested seeds were significantly greater than those of the control groups. The result indicated that pulps would inhibit seed germination, but bear consumption could help to remove pulps and enhance germination.

The ingestion of bears resulted in diverse abrasion of seeds, which germinated in amount and time differently. Pulp-wrapped or severely-damaged seeds often germinated less than any other groups. Wrapped seeds of all 3 drupes (*P. campanulata*, *M. zuihoensis* and *V. luzonicum*) in control groups did not germinate, but for seeds collected from bear feces, the germination rate were 21-70%, with an average germination time of 1-8 months. Pome seeds of *E. deflexa* and *M. doumeri* ingested by bears had the highest germination rate (88% and 96%) among all species, which was 1.5 and 1.8 times of the control

groups, and their average germination time was only half of the control groups. Ingested seeds of *D. japonica* also germinated 1.5 months earlier than the control group.

Compared to the naturally fallen fleshy-fruit under parent trees (i.e., pulp-wrapped seeds in control groups), Formosan black bears enhanced the seed germination percentage and shortened the average germination time. This may further decrease the possibility of seed predation by other animals or fungal infection, and then improve the ultimate germination success. But for acorns like *Q. glauca*, bears may work as seed predators. Therefore, my study suggested that Formosan black bears could be an legitimate long-distance seed disperser for fleshy-fruits.

Keywords: *Ursus thibetanus*, seed dispersal, germination, gut retention time , abrasion

## 謝誌

從植物領域跨進動物領域，從仰頭張望辨認頭頂植物種類的植群調查，到後來埋頭猛洗猛挑熊排遺裡面的千萬顆種子，栽進種子播遷世界的深淵，姑且不論其中秘辛，這些應該是這輩子最特別的回憶吧！

在此感謝研究過程中影響我最深遠的美秀老師，容忍做研究總大而化之、少根筋，且對數字相當沒概念的我。感謝您三年多來的費心督導！感謝布農族林淵源大哥的帶領，讓我的大分行總是留下最美的回憶；也感謝從研究開始便慷慨讓我使用研究室洗排遺挑種子的森林系張焜標老師，因為您設備齊全的研究室，我才能順利的將種子分級完成。也感謝孫元勳老師於研究計畫書撰寫初期，給予許多建議及鼓勵。更感謝在百忙中抽空前來，給予諸多寶貴建議的四位口試委員—簡慶德老師、楊國禎老師、林宜靜老師以及蘇秀慧老師。

研究期間，感謝屏東長治鄉的李藤正先生、本校農委會保育類野生動物收容中心裴家騏主任、特有生物研究中心低海拔試驗站前任、現任何東輯與何健鎔主任、收容中心的小梅姐、小蘭姐、靜芬、小三學長、美汀學姊、阿潘學長、大寶、肉粽、阿富及蚊子，與試驗站的吳大哥、胡大哥、程先生與程太太、林大哥及劉小姐等中心同仁，大力支持與協助。

此外森林系的阿肥學長、智群學長、同學靜怡，所上的星雯學長及暨大的仁和，感謝你們在我發出植物通緝令後，幫忙協尋研究需要的果實。更感謝合力從深山裡，扛回將近 20 公斤果實的怡如學姊、禎祺學長、阿強學長、阿龍，讓實驗果實不虞匱乏。也感謝所上媛媛、大郭、脖子、大新、小孫、康康、嘉雯、永坤、智筌、昌宏等學長姐三不五時的加油打氣，大學森林系夢蘭學姊、昔日專討戰友西瓜、毛毛，同學猴子、瑋利、雅玲、波樂、寶妹、阿宏、阿普、琨評，社團夥伴美凱、光成、易霖學長，研究所同學阿仁、依蓉、姿均、阿光、嘉玲、孝宇、阿丁、老莫、麗紋，助理中翎、詩佳、珈慈、慧旻、曼怡，學弟妹小芳、阿德、小祥、亞萱、秀芬、小詩、冠甫、幸倩、羽珊、翠涵、常宇、程帆，志工玉茹、光世、玉玲、宏斌、鈞丰、彩星，

高中同學小毛、君、阿枝，無論生活上的關照、信心喊話等支持鼓勵，或是研究上的協助執行、為各項研究需求幫忙奔走，你們的一路陪伴，讓冗長的研究之路風景變得格外賞心悅目，旅程精采萬分。

研究後期進入整理數據、建立資料庫及統計分析階段，感謝信吉、清大統計所的怡慧學姊、佳煒、容慈、欣穎及任遠，協助我在那些錯不斷理還亂的數據堆裡，逐漸統整修正試驗數據及結果。感謝信吉和怡慧學姊，讓我的研究分析有個開端，耐心回覆及指正我外行的提問，更感謝佳煒在最後階段的協助分析，那些熬夜討論的日子裡，感謝你耐著性子回覆我那些反覆又繁瑣的問題，陪我這段最難熬的日子直到最後。

在屏東將近八年的時間，期間往返家與學校的次數隨時日增加而遞減，總是引頸企盼我歸來的親愛家人，儘管聚少離多，但感謝你們無怨無悔的支持包容與鼓勵，讓我安心求學，任性的往自己想走的道路走去。

感恩。感謝這短暫研究生涯中，提攜與成就這個研究的各位貴人。



# 目 錄

摘要.....	I
Abstract .....	III
謝誌.....	VI
目錄.....	VIII
圖表目錄.....	X
壹、前言.....	1
貳、研究方法.....	6
一、研究對象及試驗地點.....	6
二、試驗果實及種子的形質測量.....	6
三、種子活性測驗(TTC).....	8
四、餵食試驗及行為觀察.....	9
五、黑熊排糞及種子受損程度.....	10
六、種子萌芽試驗.....	12
七、資料分析.....	14
參、結果.....	16
一、種子活力測驗(TTC).....	16
二、果實與種子基本形質測量.....	16
三、熊隻進食行為.....	17
四、熊隻排糞行為、排糞量及種子於腸道停留時間.....	18
五、種子受損程度.....	19
六、種子萌芽率.....	23
肆、討論.....	40
一、種子活力.....	40
二、果實及種子型態.....	41
三、種子腸道停留時間及熊隻排糞行為.....	43
四、種子受損程度.....	44

五、種子萌芽趨勢.....	46
六、研究限制.....	50
伍、結論.....	52
參考文獻.....	53
作者簡介.....	90

## 圖表目錄

圖 1、台灣黑熊種子播遷及種子命運之關係簡圖.....	5
圖 2、台灣黑熊進食核果、仁果、漿果及堅果以整個吞入、咬碎吐出再吃及咬碎吐出不再吃之行為所佔比例.....	59
圖 3、台灣黑熊進食核果、仁果及漿果三種型態果實造成種子五種受損程度所佔百分比.....	60
圖 4、山櫻花經黑熊消化排出與對照組的種子在生長箱及苗圃環境中之種子萌芽率.....	61
圖 5、香楠經熊消化排出之外覆果肉及無受損程度種子及對照組在生長箱及苗圃之萌芽率.....	62
圖 6、呂宋莢蒾經熊消化排出之外覆果肉及無受損程度種子及對照組在生長箱及苗圃之萌芽率.....	63
圖 7、山枇杷經熊消化排出之外覆果肉及無受損程度種子及對照組在生長箱及苗圃之萌芽率.....	64
圖 8、台灣蘋果經熊消化排出之外覆果肉及無受損程度種子及對照組在生長箱及苗圃之萌芽率.....	65
圖 9、俄氏柿經熊消化排出之外覆果肉及無受損程度種子及對照組在生長箱及苗圃之萌芽率.....	66
圖 10、香楠消化排出與進食吐之五種受損程度種子在兩生長環境中之種子萌芽率.....	67
圖 11、呂宋莢蒾消化排出之五種受損程度種子在兩生長環境中之種子萌芽率.....	68
圖 12、山枇杷消化排出之五種受損程度種子在兩生長環境中之種子萌芽率.....	69
圖 13、俄氏柿消化排出之五種受損程度種子在兩生長環境中之種子萌芽率.....	70
圖 14、台灣黑熊消化排出山櫻花種子各受損程度於生長箱及苗圃環境下萌芽趨勢.....	71
圖 15、台灣黑熊消化排出香楠種子各受損程度於生長箱及苗圃環境下萌芽趨勢.....	72
圖 16、台灣黑熊消化排出呂宋莢蒾各受損程度種子於生長箱及苗圃環境下萌	

芽趨勢.....	73
圖 17、台灣黑熊消化排出山枇杷各受損程度種子於生長箱及苗圃環境下萌芽趨勢.....	74
圖 18、台灣黑熊消化排出台灣蘋果各受損程度種子於生長箱及苗圃環境下萌芽趨勢.....	75
圖 19、台灣黑熊消化排出俄氏柿各受損程度種子於生長箱及苗圃環境下萌芽趨勢.....	76
表 1、七種試驗植物果實與種子形質.....	77
表 2、台灣黑熊進食七種果實之行為百分比.....	78
表 3、台灣黑熊進食六種果實後種子於腸道停留時間.....	79
表 4、台灣黑熊於四個時段內之排糞量.....	80
表 5、消化排出與進食吐出種子數量與所佔百分比.....	81
表 6、種子於腸道停留時段內受損程度比例.....	82
表 7、台灣黑熊進食山櫻花果實於不同時間區段內排出各受損程度種子之萌芽率.....	84
表 8、台灣黑熊進食香楠果實後於不同時間區段內排出各受損程度種子之萌芽率.....	85
表 9、台灣黑熊進食呂宋莢蒾果實後於不同時間區段內排出各受損程度種子之萌芽率.....	86
表 10、台灣黑熊進食山枇杷果實後於不同時間區段內排出各受損程度種子之萌芽率.....	87
表 11、台灣黑熊進食台灣蘋果果實後於不同時間區段內排出各受損程度種子之萌芽率.....	88
表 12、台灣黑熊消化效應對六種植物種子之影響.....	89

## 壹、前言

台灣黑熊 (*Ursus thibetanus formosanus*) 是台灣唯一原產的熊類，由於生存棲地受威脅的趨勢與日俱增，且狩獵壓力仍存在，因此被列為瀕危物種 (Wang, 1999; Hwang, 2003)。黑熊習性隱蔽，加上台灣山區陡峭崎嶇的地形，使野外調查有一定的困難度，導致目前黑熊之族群數量及相關生態習性資料收集和累積，仍極為有限。過去野外台灣黑熊的食性研究顯示，台灣黑熊是以植物為主的雜食性動物，植物果實是台灣黑熊大量取食的對象，且食用種類有明顯的季節性變化 (Hwang *et al.*, 2002; 吳, 2004)。因此，找出台灣黑熊為關鍵物種 (keystone species) 的證據，並定位其在森林生態系中的角色和功能，可進一步彰顯其生態保育上的重要性。

台灣黑熊的年平均活動範圍至少 100 平方公里；平均活動範圍最大長度，則相當於從國家公園中心至邊界的距離，年平均活動面積約佔五分之一個玉山國家公園大小 (Hwang, 2003)。而台灣黑熊排遺中，經常可發現大量外觀完整的植物種子，加上台灣黑熊活動範圍廣大，故為具潛力的長距離種子播遷者，可增加種子播遷 (seed dispersal) 他處的機會。因此從種子播遷的角度，探討台灣黑熊對所食植物種子產生的可能影響，以協助吾人定位這些雜食性熊類在生態系中所扮演的角色。

早期在鳥類、靈長類及一些哺乳動物的種子播遷研究，多著重於探討這些動物對其所食用植物種子萌芽率的影響。藉由比較被動物消化過的種子 (ingested seed)，以及人工方式去除外覆物質的種子 (extracted seed) 和完全未經處理的果實種子 (intact fruit) 萌芽狀況，研究發現經鳥類消化後的種子，萌芽率皆顯著高於去除外覆物質種子及未經處理果實中的種子 (Yagihashi *et al.*, 1998、1999)。日本獼猴 (*Macaca fuscata yakui*) 的研究則發現，經獼猴消化排出的種子，萌芽率顯著高於直接從樹下撿拾的未經獼猴消化種子 (Otani and Shibata, 2000)。

其它哺乳動物如郊狼 (*Canis latrans*) 與浣熊 (*Procyon lotor*) 所食用果實的種子具保護構造，使種子在通過消化道時雖避免被消化酶損害，卻因此阻礙種子萌芽 (Cypher and Cypher, 1998)。動物的攝食行為及消化作用，除了將阻礙種子萌芽的外層物質去除，或因消化過程磨損而適度減緩外層覆蓋物 (漿質果肉或堅硬種皮) 對種子萌芽的阻礙，然經動物消化排泄後的種子，有時也須有適合生長的季節、溫度及微生物活動等因子配合。

雖然鳥類、靈長類及其他哺乳動物在種子播遷方面的相關研究頗多，許多學者也提到種子因外層覆蓋物，或進食行為、消化影響，而使種子受到損傷，認為受損程度是影響種子萌芽的因素之一，卻未有對種子受損現象加以具體量化，並和是否影響萌芽率的現象做進一步探討。

台灣近年於福山試驗林針對台灣獼猴 (*Macaca cyclopis*) 及鳥類探討動物對種子傳播影響之研究 (陳主恩, 1999; 林佩蓉, 2000)，以及會利用猴糞繼而影響其內種子分布的糞金龜 (*Scarabaeidae* 及 *Trogidae* 兩科)，二次傳播後對植物種子分布和幼苗建立與更新的影響 (林雅玲, 2003)。這些研究指出台灣獼猴與一些鳥種有遠距傳播種子的能力，且其覓食與處理果實種子的行為，可促進某些種子有較高的萌芽率，其中台灣獼猴因體型大，取食果實量多，對大型種子的影響較鳥類大。

有關熊類在種子播遷過程中扮演的角色，曾發表的研究包括馬來熊 (*Helarctos malayanus*, Mcconkey and Galetti 1999)、美洲黑熊 (*Ursus americanus*, Auger et al. 2002)、懶熊 (*Melursus ursinus*, Sreekumar and Balakrishnan 2002)、亞洲黑熊 (*Ursus thibetanus*, Sathyakumar and Viswanath 2003)。藉由觀察四種熊類排遺中不同種類的種子，且利用這些種子進行萌芽試驗，了解經熊類消化處理後的種子，存活率及萌芽率狀況。而另一篇探討經美洲黑熊消化排出，與未消化對照組種子

萌芽率的研究，發現經熊消化後的種子，萌芽率高於對照組。研究中雖未探討美洲黑熊對大型果實種子的影響，但發現大型果實的種子，在熊排遺中多半未遭破壞。因此研究者認為，對於大型果實的種子而言，能長距離移動的熊類可能是潛在種子播遷者 (Rogers *et al.*, 1983)。

肉質果實 (fleshy fruit) 約佔美洲黑熊的食性 38-90% 左右，此類果實能避免熊進食過程中損傷種子，因此未破碎種子常是美洲黑熊排遺中最主要的組成；該研究遂推論熊所食用的果實，通常較大型、顏色鮮豔、氣味濃郁或營養價值高，但並無進一步探討果實或種子的形質如何影響美洲黑熊擇食 (Auger *et al.*, 2002)。懶熊的研究亦提出果實在消化道停留的時間 (retention time)、果實形態 (morphology)，例如核果、漿果等類型、果實大小、種皮厚度及果實漿質的化學成分皆可能影響種子萌芽 (Sreekumar and Balakrishnan, 2002)。亞洲黑熊方面的研究，雖未記錄種子在腸道停留時間，但認為種子停留腸道過程中，熊隻消化道可能有類似回暖作用 (prewarming)，可打破種子休眠而促進種子萌芽 (Sathyakumar and Viswanath, 2003)。由於熊類與種子播遷關係的探討，在近幾年才開始研究，但僅著眼於比較經熊消化與未處理過的種子萌芽率，然而種子播遷機制複雜，影響種子萌芽的因素亦然，五篇研究僅提出可能的影響因素，尚未更進一步探討。

靠動物消化作用 (endozoochory) 而傳播種子的植物，由於播遷機制牽扯到動物本身處理果實種子的方式、種子在動物消化道中所受理化等因素影響，使種子萌芽的機制變的更加複雜 (圖 1)。種子經過動物消化後能否促進萌芽，是當種子被熊類長距離播遷他處後，最先面對的考驗。因此，了解動物攝食、消化活動對播遷種子萌芽率的影響，是探討動物於森林生態系演替過程中，在種子播遷過程扮演的角色首先要釐清的環節。

目前種子播遷的研究多集中在鳥類及靈長類或小型食肉目動物，大型雜食性的食肉目熊類在種子播遷方面的研究也僅五篇，這些研究結果除了對於種子傳播的問題解釋度有限之外，也往往缺乏足夠

的量化數據，包括野外排遺不易收集，因而有些研究的實驗種子數量不足 (Mcconkey and Galetti 1999; Auger *et al.* 2002)，或是試驗設計考量的因素過於簡單，食物類別或種類太少 (Cypher and Cypher, 1998; Yagihashi *et al.*, 1999; Sreekumar and Balakrishnan 2002; Sathyakumar and Viswanath 2003)，或是未考量不同果實混合餵食是否影響試驗結果 (Graae *et al.*, 2004; Varela and Bucher, 2006)。因此，這些研究並無法獲得具說服性的證據。論及這些現有研究提出可能影響種子萌芽的原因，除了動物傳播種子的行為活動模式會影響種子傳播的成效之外，果實或種子特性也是影響播遷後的種子萌芽成敗關鍵。此外，果實型態或種子特性 (種皮厚度、質地軟硬、種子是否休眠等)，也決定果實及種子受到動物的物理或化學因素影響而受損的機會與程度 (Traveset and Verdu, 2002; Celis-Diez J. L. *et al.*, 2004)。這些假設雖然有助我們瞭解經由熊類消化處理後的可能影響萌芽率的因素，但有必要進一步驗證。

有鑑於野外台灣黑熊數量稀少且生性隱蔽，直接研究野外台灣黑熊的種子播遷情況實為不易，且常無法控制野外環境的多變因素，往往影響觀測因子而無法釐清因果關係。因此，採用台灣黑熊在野外大量食用的果實，藉圈養之台灣黑熊進行餵食操弄試驗，觀察進食行為、量化種子形質、追蹤排遺內排出的種子受損及萌芽情況，以人工環境及半天然環境觀察種子萌芽，探討台灣黑熊對中低海拔森林常見食物樹種 (Hwang *et al.* 2002) 種子萌芽的影響。本研究目標如下：

- (1) 了解台灣黑熊利用不同類型果實的進食行為。
- (2) 了解不同類型果實種子，是否受台灣黑熊之進食行為、外層包覆物質、在熊腸道中停留的時間影響，而產生不同的磨損程度。
- (3) 了解在生長箱與苗圃兩種不同種植環境下，種子是否因為熊隻啃食和消化 (排出、熊未消化過的對照組)、磨損程度、具外覆物質



與否，而表現出不同的萌芽率及萌芽趨勢。

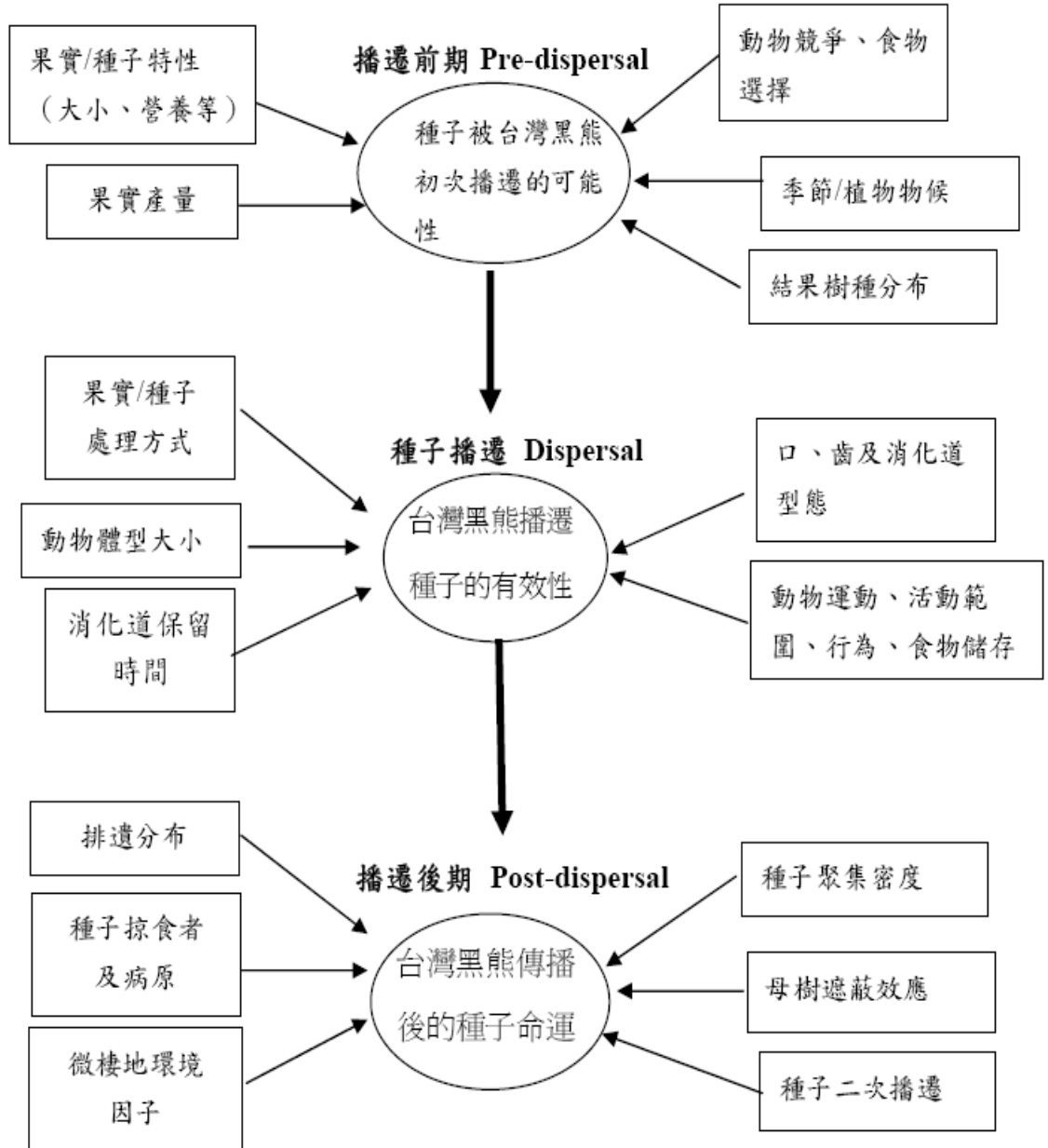


圖 1. 台灣黑熊的種子播遷作用，以及種子命運之關係簡圖（改編自 Garber and Lambert 1998，Wang and Smith 2002）

## 貳、研究方法

### 一、研究對象及試驗地點

本研究以四隻雄性台灣黑熊黑皮 (RM, 約 5 歲)、阿里 (WL, 年齡不詳)、卡特 (WC, 約 12 歲) 及皮皮 (LM, 約 17 歲), 以及四隻雌性台灣黑熊黑妞 (RF, 約 5 歲)、小妞 (WN, 約 3-4 歲)、小熊 (WB, 年齡不詳) 及乖乖 (LF, 約 17 歲), 作為餵食野外黑熊食物並觀察進食狀況, 及排泄後種子受損與萌芽情況之對象。八隻台灣黑熊分別來自屏東科技大學保育類野生動物收容中心 (代號 R)、特有生物研究保育中心台中縣和平鄉之低海拔試驗站 (代號 W), 以及屏東縣長治鄉民間圈養 (代號 L)。

### 二、試驗果實及種子形質測量

#### (一) 果實類型與採集

選擇野外台灣黑熊於各季節大量食用, 且容易大量收集之果實, 並考量後續需以種子進行萌芽試驗, 因此盡量採集成熟之果實。試驗果實包括春季食物山櫻花 (*Prunus campanulata*)、夏季食物山枇杷 (*Eriobotrya deflexa*) 及香楠 (*Machilus zuihoensis*), 以及秋冬季的 山柿 (*Diospyros japonica*)、呂宋莢蒾 (*Viburnum luzonicum*)、台灣蘋果 (*Malus doumeri*)、青剛櫟 (*Quercus glauca*) (Hwang 2003)。除香楠採集於本校 (海拔約 200 m), 呂宋莢蒾採集於北大武山約 600 m 海拔之外, 其他果實皆在中央山脈中海拔山區採集。以高枝剪或徒手方式, 每種果實採集 4-15 公斤。

呂宋莢蒾、山櫻花及香楠皆為單核核果, 具肉質中果皮 (mesocarp), 去除果肉後仍有堅硬的內果皮 (endocarp) 包覆在種子外。台灣蘋果及山枇杷為仁果 (prome), 種子數粒並由軟質內果皮包

覆。山柿為具肉質中果皮和內果皮之漿果(berry)，種子外並包覆一層黏滑膜質假種皮 ( aril )。青剛櫟則為果皮堅硬之單核乾果 ( nut, 劉 1994 )。其中山櫻花、呂宋莢蒾、香楠以及台灣蘋果種子皆有休眠特性。

## (二) 果實與種子之形質測量

### 1. 果實

除台灣蘋果因採集量不足，僅取樣 30 粒果實測量 ( 種子仍取樣 100 粒 )，其他每種果實皆取 100 粒測量：每顆果實之粒徑、長度、寬度或厚度，以及其平均重量。果實及後續測量之種子，長度是指果實及種子 Y 軸方向的長度單位，寬度則為 X 軸方向的的寬度單位，厚度及粒徑則是 Z 軸方向的厚度單位，若為球形體，則粒徑即為球形體之直徑。直接測量果實粒徑者為香楠、呂宋莢蒾、山枇杷、台灣蘋果、山柿及青剛櫟；而山櫻花則以果實長度與寬度之平均，代表其平均粒徑。

果實平均重量則依照固定的每袋果實重量，計算每袋各有多少果實，再將每袋果實重量除以該袋果實數量，每袋計算出的平均值再加以平均，即為果實平均重量。

### 2. 種子

取 100 粒種子測量形質，方法與果實相似。山櫻花、山枇杷以種子長度、寬度或厚度之平均代表種子粒徑；香楠則直接測量種子粒徑；呂宋莢蒾、台灣蘋果及山柿，以種子長度及寬度之平均值代表種子粒徑。

### 三、種子活性測驗

本研究依照國際種子檢查協會 (International Seed Testing Association, 1995) 之國際種子檢查規則，以 TTC (triphenyl tetrazolium chloride) 檢查法測定種子活性，評估種子本身品質對後續種子萌芽試驗的影響程度。此法目的在用藥劑將有活性的細胞染色，以此判斷該種子是否具有活性。將 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride (氯化三苯基四唑)，以緩衝液配成 0.5 % TTC 溶液，將縱切後含有胚芽部份的種子浸泡此溶液中，置於陰暗處 24 小時使藥劑滲入細胞。若細胞含去氫酵素，會將無色 TTC 還原為紅色，致使細胞染成紅色。死細胞則因缺乏去氫酵素，無法還原 TTC 而不被染色。計算 100 粒種子中胚芽被染色的粒數，即為種子之活性百分率。

有些種子因處理技術問題，僅將外層果肉去除，而保留種殼 (即內果皮)。若具休眠性質的種子，則打破休眠後才進行後續試驗，以 100 粒種子直接播種，置於可控制環境變因的生長箱，計算其最後總萌芽率，做為該種植物之種子活性 (郭華仁, 2004)，而非使用 TTC 測試。這些種子及狀況包括：呂宋莢蒾由於種子粒徑小處理不易；台灣蘋果則因水滴形種子尖端，胚芽過小不易切割；山櫻花因種殼過硬，切割過程中易連帶破壞大小不到 0.1 mm 脆弱易斷的胚芽；香楠種子則因扁圓形，無法找出胚芽所在位置加以切割；山枇杷則極易發芽。故以上幾種皆去除果肉後，以新鮮種子 100 粒直接播種，作為種子活性百分率之基礎值。

因此，進行 TTC 測試的試驗果實僅有山柿及青剛櫟種子。另黑熊進食後排出之山柿種子，因數量足夠進行萌芽試驗，且以無受損及輕度受損種子數量最多，種子外形完整，故再挑選無受損及輕度受損種子，各 100 粒進行 TTC 測試，檢視經過熊消化後的種子活性。

#### 四、餵食試驗及行為觀察

本試驗於正式進行之前，曾以龍眼餵食收容中心受試熊隻（RM 及 RF），並以芒果及紅紫色果肉之火龍果，與龍眼混合餵食，觀察熊隻每天排泄龍眼種子的情況及排遺顏色變化，發現兩隻熊通常可在一天到一天半的時間內，將餵食之龍眼種子全數排泄。因此，本研究將一回試驗訂為兩天，每隻熊於試驗期間，以每種果實連續進行三次餵食測試。

依每種果實大小及取得難易度，將春、夏季及秋冬季之 7 種果實，不等量餵食試驗個體。每重覆試驗各以山櫻花 0.5-1 公斤、香楠 0.8 公斤、呂宋莢蒾 0.6 公斤、山枇杷 1.2 公斤、台灣蘋果 1.9 公斤、山柿 1.5 公斤餵食圈養黑熊。

由於受試熊隻並非長期或曾經生活在野外，因此餵食試驗開始的前 2 天，會先餵食約 0.5 公斤試驗用果實，讓熊隻熟悉並嘗試取食。每隻熊在正式試驗進行前 1 天，即開始控制其食物，餵食根莖類蔬菜及去果核水果，以將熊隻腸道內其他殘留食物淨空。配合籠舍設計，以不銹鋼容器盛裝餵食，以便熊隻充份取食，也避免果實放入籠舍時散落一地。

於進行餵食試驗時，同時觀察熊隻進食行為。將熊食用果實的行為歸納成下列三種處理方式（王等，1992；陳，1999）：

1. 整個吞入：熊隻張口直接將單一果實或數粒果實未經咀嚼直接食入。
2. 咬碎吐出再吃：熊隻張口直接將單一果實或數粒果實直接食入，咀嚼後吐出，又馬上將吐出果實再次食入。
3. 咬碎吐出不吃：熊隻張口直接將單一果實或數粒果實直接食入後吐出，不再將吐出之果實食入。

每次餵食，熊隻開始進食到進食結束期間為一次正式試驗時間。若熊隻於試驗中途離開食盤，時間超過 20 分鐘不再回食盤進食，則該次試驗即算結束。記錄進食開始到進食結束時間內，出現上述三種行為的次數。每次試驗各行為發生總次數，除以全部行為發生總次數，所得之百分比，即為三種進食行為的百分比例。

當天進行餵食試驗果實結束，2 小時後隨即餵食根莖類蔬菜及去果核水果 6 公斤（參考國立屏東科技大學保育類野生動物收容中心，兩隻台灣黑熊每餐食用的蔬果量）。進行餵食試驗次日，仍僅供應根莖類蔬菜及去果核水果（每隻熊 6 公斤）。去除供應食物中水果的果核，目的在避免事後挑揀試驗種子時造成混淆，並減少試驗種子受腸道消化受損時可能的干擾。

每回試驗餵食結束後，每隔 1-2 小時收集排遺一次，並在存放排遺的封口袋上加註熊隻個體編號、排遺編號、收集日期與時間。收集之排遺暫存於 4°C 冰箱中冷藏，待篩洗時取出，以保持排遺中的種子水分。自排遺中所收集的試驗種子儘量在 15-20 天內篩洗處理完畢。篩洗時以篩盤（孔目 0.50、0.75、1.00 或 2.00 mm）濾掉排遺內種子以外的殘渣物質，並挑去碎裂的種子殘渣。所有收集自排遺的種子除了用自來水清洗之外，再以 RO 純水做最後洗淨，避免種子因自來水中的雜質或含菌而腐敗發霉。

## 五、黑熊排糞及種子受損程度

### （一）排糞時間

試驗熊隻通常能在餵食後第二天中午前，將含有該試驗果實的種子的排遺全數排出。遂將收集熊排遺所記錄之時間區分成四時段：(1) 第一時段（A）約在當天食用試驗果後，到中午 13:00（約 0-5 hr）。

- (2) 第二時段(B)為餵食當天中午 13:00 到傍晚 18:00(約 5-10 hr)。
- (3) 第三時段(C)為餵食當天 18:00 到隔天早上 9:00(約 10-25 hr)。
- (4) 第四時段(D)為餵食後隔天 9:00 至 18:00(約 25-34 hr)。

本研究分析黑熊進食各種果實後的排糞狀況，將四隻熊每重複收集到含有試驗種子排遺的總量加以平均，求得每回餵食試驗後之平均排遺量。另將每一個體於重複試驗中於各時段內所收集到含有試驗種子的排遺數量先加以平均，各時段的平均排遺數量再平均，即得一隻熊的平均排糞坨數。每種植物種子於各重覆試驗期間，停留腸道最短時間，乃是以進食開始時間為基準，直到收集到第一坨含有種子排遺的時間，種子腸道停留最長時間，則為進食開始時間到收集到最後一坨含有種子排遺的時間。

## (二) 種子受損程度

由於山柿為本研究第一種試驗果實，當初並未依照腸道停留時間取樣各坨排遺中的種子，而是將每次試驗下，每隻熊所收集到的各坨排遺中，同種受損程度種子混合，再由每種受損等級各取樣 200 粒種子，一半數量進行生長箱萌芽試驗，另一半數量種子則置於苗圃環境進行萌芽試驗。故本研究僅山柿收集排遺種子的方式異於其他植物。

青剛櫟則因全數收集到的排遺中，僅有兩粒種子以及大量種子碎片甚或闕如，因樣本數不足，因此無法加以分級及進行萌芽試驗。山櫻花、香楠、山枇杷及台灣蘋果，則將每重複試驗各熊隻所收集到含有種子的排遺，從洗出的種子中隨機取出 100 粒，進行受損程度分級，再將每坨排遺分級出的種子分為兩份，一份為生長箱組一份為苗圃組。若有不足 10 粒的受損等級，則該等級種子全數放置生長箱。呂宋莢蒾因果實較小，故將每重複試驗各熊隻所收集到含有種子的排遺，隨機取出 5 g 洗出的種子，進行受損程度分級，而後分組進行萌芽試驗的取樣方法則同前述。

以解剖顯微鏡分別檢視經熊進食吐出，與經過消化後排出的種子的外觀，以評估種子經熊覓食後的受損情況。視種子表面的受損面積比例，以平面中心為軸而分成 6 等分，檢視損傷所佔比例。種子完好者有兩種情況：外覆果肉或果膜，即種子外層仍包覆果肉或果膜者，以及種子種殼或種皮光滑而無刮痕或破損者。種子表面受損者則進一步分三類：（1）輕度受損，種子種殼或種皮受輕微刮傷但未開裂，未損害到內部胚乳，或受損總面積佔種子總表面積的 1/6-2/6；（2）中度受損，種子種殼或種皮受刮傷，使種皮開裂但未損害到內部胚乳，或受損總面積佔種子表面的 3/6-4/6；（3）重度受損：種子種殼或種皮受刮傷，使種皮開裂且損害到內部胚乳，或受損總面積佔種子表面的 5/6-6/6。

## 六、種子萌芽試驗

### （一）種子萌芽試驗處理

由於試驗果實分屬不同科屬，種子各具生長特性，適用某屬種子的萌芽條件未必適合另外一屬的種子，故本研究參考現有研究文獻，並配合各種子特性，於萌芽試驗開始前，以水苔包覆種子置於培養皿內，採用不同萌芽溫度或層積天數，待層積結束，而後進入萌芽試驗階。其中生長箱組將生長箱溫度改為 28°C，苗圃組則從生長箱移入苗圃溫室，繼續進行後續萌芽試驗。萌芽試驗最晚 25 週結束，但若在試驗末期，連續一個月內各組未再有任何種子萌芽，則視為實驗結束。

試驗種子中，未具休眠的種子為青剛櫟（林，1995）。山枇杷及山柿，因無文獻研究是否具休眠，但本研究萌芽試驗期間，層積一星期左右即有種子萌芽，故歸類於未具休眠種子，這些洗出的種子進行受損程度分級後，置於 15°C 生長箱層積處理 15 天。



具休眠性質的種子，山櫻花以 5-7°C 層積 14 週、香楠種子以 15°C 層積 2 個月（林等，1993；許等，2000；簡等，2002）。本研究以分類上同屬的珊瑚樹的實驗結果（陳等，1999）應用於呂宋莢蒾之層積處理方式，故台灣蘋果及呂宋莢蒾，則將生長箱溫度調至 15°C，以生長燈光照 8 小時作定溫層積處理至少 2 個月（林，1995；Baskin and Baskin, 1998；陳等，1999）。

層積處理期間，每 3 天檢視種子一次。打開培養皿讓種子進行氣體交換，並以 RO 純水保持培養皿內濾紙潮濕。若有發霉現象，則以自來水沖洗整個培養皿中的種子，再以 RO 純水沖洗種子及培養皿，並更換新濾紙，再將種子置回。

萌芽試驗期間，每 3-5 天記錄種子發芽粒數一次。種子發芽判定標準，以胚根突出種皮 3-5 mm 者視為萌芽，記錄後加以移除，避免干擾正要萌芽的種子（林，1996）。

## （二）種子萌芽試驗分組

為了解台灣黑熊覓食活動對種子萌芽可能的影響，將種子依不同的處理方式區分成以下三組。萌芽試驗進行的兩種環境中，皆儘量包含此三種不同處理方式的種子。

1. 熊消化處理組（bear ingested seed）：此組即是熊排遺中取出之種子，除俄氏柿種子是各受損等級各取 200 粒種子之外，其它五種植物之種子則每坨排遺隨機取出 100 粒種子分級後，依不同排遺的不同受損程度種子分別種植。
2. 去果肉組（extracted seed）：以人工方式將果肉等覆蓋物質去除，取出 100 粒種子。操作時避免損傷種皮表面，以免影響後續萌芽

試驗結果。

3. 對照組 (control seed)：自餵食熊隻的試驗果實中，取 100 粒外層有果肉等覆蓋物質的未處理種子。

### (三) 種子萌芽試驗環境

種子萌芽試驗於生長箱環境，乃利用本校野生動物保育研究所提供之生長箱，模擬試驗種子可能的生長環境進行種子萌芽試驗。考量萌芽狀況能否反映野外實際情況，另選擇有透光屋頂，光照充足之苗圃溫室半天然環境進行試驗，並適當加設不會遮擋光線之細鐵絲網蓋防護，避免種子遭受嚙齒類或病蟲侵襲。

## 七、資料分析

資料利用 R-2.5.1 統計套裝軟體進行列聯表 (contingency table) 獨立性檢定、One-way ANOVA 與 Two-way ANOVA 檢定、Kruskal-Wallis 檢定及 Chi-square 檢定。

### (一) 進食果實行為

本研究以 Chi-square 檢定台灣黑熊進食七種果實出現三種覓食行為百分比之差異。將同種果實型態的一隻次行為視為樣本單位，探討進食行為與種子受損程度，以及果實型態之間的關係。

### (二) 種子受損程度與腸道停留時段

每隻熊於各餵食試驗下進食某種果實後，依照四個種子腸道停留時段，將某時段內得到每坨內含種子的排遺，每坨排遺洗出的種子，

隨機取出 100 粒(若該坨排遺內含種子不滿 100 粒,則全數進行分級)進行受損程度分級。該重複試驗得到的各受損等級百分比,即為各等級所得到的種子數,除以該重複之下得到的全部種子數量,再乘以 100%所得。求算四個時間區段內五種受損等級所佔百分比,則將同一時段內,相同受損程度的種子數相加,再各自除以該時段內總種子數並乘以 100%,即為該時間區段內得到的各受損程度種子,受損程度百分比。以列聯表作獨立性檢定,將同種果實型態所屬的一隻次視為樣本單位,探討消化處理方式和種子受損程度的關係。

### (三) 種子萌芽率及平均萌芽時間

每隻熊於各餵食試驗下進食某種果實後,某時段內得到每坨內含種子的排遺,受損程度分級方式同受損程度分法。該受損等級得到的種子數分之該受損等級得到的種子萌芽粒數,再乘以 100%,即為某時間區段內該受損等級種子萌芽率。平均萌芽時間則為種子萌芽試驗開始第  $t$  天,乘上該天所發芽的種子數  $n$ ,累加之後再除以試驗結束時之總發芽數(謝等,2004)。

以 One-way ANOVA 檢定各受損程度種子萌芽率的差異,並以 Simultaneous Tests、T-test 及 Z-test 了解任兩種受損程度種子,萌芽率之間的差異性。另以 Two-way ANOVA 檢定環境與各受損程度種子萌芽率、消化處理方式與各受損程度種子之萌芽率兩因子間的交互作用顯著性

## 參、結果

### 一、種子活力

TTC 測試種子活力結果顯示，山柿為 100% 及青剛櫟為 78%。山柿經黑熊進食排出後，無受損及輕度受損種子活力亦皆為 100%，顯示種子活力未因經過熊消化而受影響。

利用生長箱直接播種的種子，其活力由低到高依次為山櫻花 24%、呂宋莢蒾 67%、香楠 81%、台灣蘋果 89%，山枇杷種子活力則為 100%。

### 二、果實與種子形質

在七種試驗果實種子中，山櫻花、香楠及呂宋莢蒾皆為單核之核果，青剛櫟則屬單核堅果（表 1）。一顆台灣蘋果、山枇杷及山柿果實，所含的種子數量平均分別為  $7.2 \pm 2.7$  粒（mean $\pm$ SD, n=30）、 $2.0 \pm 0.7$  粒（n=100）及  $6.7 \pm 1.2$  粒（n=100）粒。

果實粒徑以台灣蘋果最大（ $34.7 \pm 2.3$  mm, n=30），其他果實粒徑依次為山柿（ $21.6 \pm 1.5$  mm）、山枇杷（ $17.9 \pm 1.7$  mm）、青剛櫟（ $12.9 \pm 1.3$  mm）、山櫻花（ $9.3 \pm 1.0$  mm）、香楠（ $7.4 \pm 0.5$  mm），呂宋莢蒾最小（ $4.4 \pm 0.5$  mm, n=100；表 1）。果實重量以台灣蘋果  $24.9 \pm 0.8$  g 最重（n= 8 袋），呂宋莢蒾  $0.1 \pm 0.001$  g 最輕（n=5 袋），其他果實重量依次為山柿  $5.5 \pm 0.1$  g（n=15 袋）、青剛櫟  $1.8 \pm 0.1$  g（n=12 袋）、山枇杷  $1.2 \pm 0.1$  g（n=9 袋）、香楠  $0.5 \pm 0.03$  g（n=10 袋）、山櫻花  $0.5 \pm 0.02$  g（n=10 袋，表 1）。

種子的平均粒徑則以青剛櫟  $12.9 \pm 1.3$  mm（n=100 粒）最大，呂宋莢蒾  $3.8 \pm 0.3$  mm 最小，其他種子平均粒徑依次為山柿  $10.4 \pm 0.7$  mm、山枇杷  $9.7 \pm 1.1$  mm、台灣蘋果  $6.7 \pm 0.5$  mm、山櫻花  $6.5 \pm 0.5$  mm

及香楠  $6.0 \pm 0.3$  mm (表 1)。

### 三、熊隻進食行為

以試驗的七種果實來看熊隻的覓食行為，發現黑熊對於三種核果（山櫻花、香楠、呂宋莢蒾）的食用方式十分一致，皆以整個吞入的方式進食為主，分別為  $99.9 \pm 0.2\%$  ( $n=12$ )、 $97.1 \pm 6.1\%$  ( $n=12$ ) 及  $100.0 \pm 0\%$  ( $n=4$ )，但對於前兩種果實，黑熊亦偶會出現吐出不再吃的行為，分別佔  $0.1 \pm 0.2\%$  及  $2.9 \pm 6.1\%$  (表 2)。

熊隻進食仁果類雖然也以整個吞入方式比例最高，進食山枇杷及台灣蘋果的行為還是有所差異。仍以整個吞入方式進食的比例居高，尤其是台灣蘋果  $97.2\%$  ( $\pm 2.9\%$ ,  $n=8$ )。然熊隻進食山枇杷時，整個吞入進食的比例僅為  $62.7\%$  ( $\pm 31.8\%$ ,  $n=12$ )，並出現高比例吃掉果肉後再將種子吐出的行為 ( $36.6 \pm 31.2\%$ , 表 2)。可見即使果實屬於同種型態，熊隻的方式進食也會因果實種類而異。

黑熊進食本研究唯一的漿果—山柿，主要是將整個果實吞食 ( $80.0 \pm 27.3\%$ ,  $n=10$ )，但也觀察到不少咬碎吐出後再吃入的行為 ( $13.7 \pm 23.2\%$ )，偶或吐出果實碎片後不再吃 ( $6.3 \pm 8.1\%$ , 表 2)。

研究者現場並沒有觀察到黑熊對於核果以外的試驗果實有明顯或劇烈咀嚼的動作，近距離觀察甚至不易確認黑熊是否直接將果實吞入，抑或經咀嚼後才吞入。黑熊進食堅果（青剛櫟）的食用行為則略異於其他六種果實，以咬碎後吐出再吃的比例偏高 ( $38.4 \pm 41.9\%$ ,  $n=12$ )，其次才是整個吞入 ( $34.4 \pm 27.3\%$ )，其中於進食過程中還出現較多吐出不再吃的行為 ( $27.2 \pm 30.6\%$ , 表 2)。尤其是收容中心的二隻測試個體，常出現將青剛櫟咬碎不食即吐出，而看似玩耍的行為。

#### 四、熊隻排糞行為、排糞量，以及種子於腸道停留時間

台灣黑熊進食六種果實後，種子可在腸道停留的最短時間記錄為 1.9 小時（香楠）至 2.8 小時（山櫻花、山柿）不等，總平均時間為  $6.2 \pm 4.4$  小時（ $n=58$ ）。六種種子於腸道最短停留的時間，依次為山柿  $9.2 \pm 6.8$  小時（ $n=12$ ）、山枇杷  $7.6 \pm 5.4$  小時（ $n=12$ ）、台灣蘋果  $5.9 \pm 1.4$  小時（ $n=8$ ）、呂宋莢蒾  $5.1 \pm 0.1$  小時（ $n=2$ ）、香楠  $4.2 \pm 1.3$  小時（ $n=12$ ）及山櫻花  $4.1 \pm 0.9$  小時（ $n=12$ ，表 3）。六種植物種子在腸道停留最短時間（Kruskal-Wallis test,  $\chi^2 = 25.9$ ,  $df = 5$ ,  $P < 0.0001$ ），以山櫻花及香楠分別與山枇杷、台灣蘋果、山柿有顯著差異（ $\chi^2 = 6.5-11.9$ ,  $P < 0.001$ ,  $df = 1$ ）。

種子可在腸道停留的最長時間記錄為 23.5 小時（香楠）至 32.3 小時（台灣蘋果）不等，總平均時間為  $24.6 \pm 5.2$  小時（ $n=58$ ），各種種子於腸道最長停留時間依次為山柿  $27.8 \pm 3.1$  小時、山櫻花  $25.4 \pm 3.1$  小時、香楠  $24.8 \pm 2.7$  小時、台灣蘋果  $23.9 \pm 7.0$  小時、呂宋莢蒾  $23.4 \pm 0.1$  小時、山枇杷  $21.1 \pm 7.5$  小時（表 3）。六種種子於腸道最長停留時間並無顯著差異（Kruskal-Wallis test,  $\chi^2 = 10.2$ ,  $df = 5$ ,  $P = 0.069$ ）。

山櫻花、香楠、呂宋莢蒾、山枇杷及台灣蘋果五種果實，在每次為期將近兩天（約 34 小時）的餵食試驗中（表 4），A 時段（0-5 小時）除呂宋莢蒾在該時段無含種子的排遺排出，其他四種果實收集到含有種子的平均排遺量約 0.2-0.7 坨，佔該次餵食試驗收集含種子排遺的 2.7-8.6%。B 時段（5-10 小時）平均排糞量約 2.3-3.8 坨，佔該次餵食試驗所收集到含種子排遺的 45.7-61.2%，是所有時段中排遺收集量最多者。C 時段（10-25 小時）平均排遺量約為 1.1-3.3 坨，佔該次餵食試驗收集含種子排遺的 21.8-43.9%。D 時段則有平均 0.3-1.1 坨含有種子的排遺量，佔該次餵食試驗收集含種子排遺的 4.1-8.3%。也就是說，黑熊於取食果實後排遺高峰期集中在 B、C 兩時段，隔夜之後收集到含有種子的排遺數量則會逐漸遞減，因此約有超過 80% 含有種子的排遺會於 5-24 小時內排出。

黑熊吃入六種果實後，消化排出含有種子的排遺數量，每次試驗平均 5 至 8 坨不等（表 4），各種果實每次試驗可收集到含種子的排遺，最多的甚至可高達 7-15 坨，以含香楠、山柿、台灣蘋果種子的排遺量最多，平均每次試驗排出 8.1 坨。相較其餘五種果實，呂宋莢蒾的平均攝食量雖然僅有  $0.3\pm 0.2$  公斤，然而其平均排遺量依然有  $5.5\pm 2.1$  坨，平均腸道停留時間為  $23.4\pm 0.1$  小時，含種子的排遺亦以 B（60.7%）、C（39.3%）兩時段數量最多。

## 五、種子受損程度

### （一）依六種果實檢視種子受損情況

七種果實中，青剛櫟所收集到的完整種子樣本數過少，在熊排遺中僅收集到兩粒種子，因此只比較其餘六種經熊消化排出之種子的受損程度。

熊消化山櫻花果實後，所排出的種子以無受損程度種子最多（59.9%， $n=3,796$ ），其次是外覆果肉種子佔 39.8%，輕度及重度受損種子則佔極少數，各為 0.2%、0.1%（表 5）。此分布比例與呂宋莢蒾十分相似，排出種子以無受損程度種子最多（51.7%， $n=3,796$ ），其次是外覆果肉種子佔 27.5%，輕度至重度受損種子比例遞減，分別為 10.5%、5.8%、4.6%（表 5）。

香楠經過消化排出的種子，以無受損種子所佔比例最多（82.8%， $n=6,136$ ），其次為外覆果肉種子 15.0%，其餘輕度至重度受損的各組種子皆僅佔少數，低於 2%（表 5）。

排遺中的山枇杷種子，以輕度受損種子比例佔 47.8%（ $n=2,450$ ）最多，其次為中度受損（24.0%）、無受損（23.4%）及重度受損種子（4.4%），外覆果肉種子僅佔 0.4%（表 5）。

台灣蘋果在熊隻排遺中，則以無受損種子為主，98.8% (n=2,496)，其他外覆果肉種子、輕度及重度受損種子各佔極少數，皆低於1% (各 0.8%、0.3%、0.04%，表 5)。

山柿種子經熊消化排出得到的種子，以無受損及輕度受損種子為多，各佔 39.8%與 39.5% (n=5,966)，外覆果膜種子佔 10.8%，中度及重度受損種子分別為 4.9%、5.0% (表 5)。

於台灣黑熊進食過程中，觀察發現熊進食時較少咀嚼，而時常以整個吞食的方式將果實吃入。綜觀黑熊消化排出的六種植物種子之受損程度，大致以無受損 (約 60%)、輕度受損 (約 17%) 及外覆果肉種子 (約 16%) 居多，種子數量亦以這幾個受損程度最多，而中度受損及重度受損種子，所佔比例則普遍較低 (約 2.2-4.4%之間)。

## (二) 果實型態與種子受損程度

若以不同果實型態來看種子受損程度，發現果實型態的不同，種子受到損傷的程度也有所差異 ( $\chi^2=6,656.0$ ,  $df=7$ ,  $P<0.0001$ , 圖 3)。核果、仁果、漿果三種型態果實，皆以無受損程度種子所佔比例最高 (各佔 72.4%，n=18、52.7%，n=12 與 40.5%，n=12)。核果的外覆果肉種子及輕度、中度及重度種子則各佔 24.2%、2.1%、0.7%及 0.6%。仁果類型種子則依次為輕度受損種子 34.2%、中度受損種子 10.6%、重度受損種子 2.0%，而外覆果肉種子 0.5%比例最少。漿果則依次為輕度受損種子 40.4%、外覆果膜種子 10.1%、中度受損種子 4.7%及重度受損種子 4.3%。三種果實型態皆以無受損種子比例最高，然核果亦有相當比例之外覆果肉種子，仁果及漿果則是輕度受損種子次之。



### (三) 種子於腸道內停留時間及種子磨損狀況

#### 1. 核果

山櫻花種子經熊消化於四個不同時段排出，然大部分集中在 B、C 後半時段（表 6）。種子受損程度皆以無受損狀況的比例最高，A 至 D 時段分別為 52.0% ( $\pm 37.6\%$ , n=5)、57.8% ( $\pm 15.7\%$ , n=12)、76.0% ( $\pm 20.7\%$ , n=8) 及 81.2% ( $\pm 12.8\%$ , n=2)（表 6）。四時間區段所排出的種子，受損程度有顯著差異 ( $\chi^2=158.7$ , df = 9,  $P<0.0001$ )，四個時段之外覆果肉種子，比例隨時間增加而遞減，顯示停留腸道時間似乎有助於果肉移除。其他受損程度所佔比例，則有隨時間增加而增加之趨勢。外覆果肉之種子，於 A 至 D 時段排出比例分別為 48.0% ( $\pm 37.6\%$ )、42.1% ( $\pm 15.7\%$ )、23.8% ( $\pm 20.4\%$ ) 及 17.2% ( $\pm 15.1\%$ )。輕度、重度受損種子於各時段的比例僅佔 0.1-1.6%。

熊消化排出香楠種子，於四個時段的受損程度中，以無受損種子的比例最高，A 至 D 時段分別為 82.9% ( $\pm 23.2\%$ , n=6)、84.7% ( $\pm 14.0\%$ , n=12)、69.7% ( $\pm 28.6\%$ , n=12) 及 72.2% ( $\pm 25.5\%$ , n=3)（表 6），前半段比例高於後半段所收集之比例。其次為外覆果肉種子，於 A 至 D 時段分別為 16.4% ( $\pm 23.3\%$ )、12.8% ( $\pm 11.9\%$ )、27.8% ( $\pm 28.1\%$ ) 及 16.7% ( $\pm 28.9\%$ )。輕度受損種子則以 B、C 兩時段各 2.1% ( $\pm 2.9\%$ ) 及 1.9% ( $\pm 2.8\%$ ) 所佔比例較高，中度受損種子亦在中間時段有較高的比例，重度受損種子在 D 時段佔 11.1% ( $\pm 19.3\%$ ) 較高。四時間區段所排出的種子，受損程度有顯著差異 ( $\chi^2=210.9$ , df = 12,  $P<0.0001$ )，整體受損程度有隨時間增加而增加的趨勢，重度受損程度尤為明顯。

熊消化排出呂宋莢蒾的外覆果肉種子，於 B、C 時段各為 23.9% ( $\pm 12.1\%$ ) 及 14.4% ( $\pm 20.3\%$ ，表 6)，顯示停留腸道時間似乎有助於果肉移除。無受損程度種子於 B、C 時段比例最高，兩時段各為

46.4% ( $\pm 23.2\%$ , n=2) 及 68.9% ( $\pm 44.0\%$ , n=2)。輕度受損種子則 B 與 C 時段所佔比例相當，各佔  $13.3\pm 15.8\%$  及  $13.2\pm 18.6\%$ 。中度及重度受損種子，受損程度之比例則以 B 時段為高，約在 7.6-8.9% 之間，而 C 時段僅 1.8%。兩時間區段所排出的種子受損程度亦有顯著差異 ( $\chi^2=51.2$ , df=4,  $P<0.0001$ )。

## 2. 仁果

熊消化排出山枇杷種子的四個時段，皆以輕度受損種子的比例最高，A 至 D 時段分別為  $47.5\%(\pm 3.5\%, n=2)$ 、 $55.9\%(\pm 17.1\%, n=10)$ 、 $47.5\%(\pm 23.7\%, n=9)$  及  $41.5\%(\pm 14.2\%, n=3)$ ；表 6)。無受損種子整體比例於 A 至 D 時段分別為  $34.7\%(\pm 1.9\%)$ 、 $27.2\%(\pm 16.3\%)$ 、 $39.3\%(\pm 32.9\%)$  及  $18.2\%(\pm 7.3\%)$ 。中度受損種子比例隨時間而增加，A 至 D 時段分別為  $16.3\%(\pm 0.5\%)$ 、 $13.9\%(\pm 8.8\%)$ 、 $19.2\%(\pm 19.6\%)$  及  $36.8\%(\pm 13.9\%)$ 。重度受損種子比例則在 2.9-3.8% 之間，而僅佔 0.2-0.5% 的外覆果肉種子比例最低。四時間區段所排出的種子受損程度有顯著差異 ( $\chi^2=228.1$ , df = 12,  $P<0.0001$ )，A、B 時段有較高比例之外覆果肉及無受損種子，而 C、D 時段則有較高比例之中度及重度受損種子，顯示腸道停留時間越久，會增加山枇杷種子磨損程度。

熊所排出的台灣蘋果種子，四時間區段之種子受損程度則無差異 ( $\chi^2=14.2$ , df=9,  $P=0.1156$ )。種子以無受損狀況的比例最高(表 6)，A 至 D 時段分別為  $100\%(n=1)$ 、 $98.3\%(\pm 1.4\%, n=8)$ 、 $99.6\%(\pm 0.8\%, n=7)$  及  $97.9\%(\pm 2.9\%, n=2)$ 。其次為輕度受損種子比例，A 至 D 時段分別為 0.4%、0.1% 及 2.1%。而外覆果肉種子僅 A 時段達 1.2%，重度受損種子也僅出現於 B 時段，且比例頗低 ( $0.04\pm 0.1\%$ )。

### 3. 漿果

熊消化排出山柿種子的 B-D 三個時段，種子受損程度皆以無受損的比例最高，B 至 D 時段分別為 53.9% ( $\pm 17.6\%$ , n=3)、61.0% ( $\pm 17.3\%$ , n=5) 及 69.8% ( $\pm 21.2\%$ , n=5)。輕度受損其種子於 B 至 D 時段分別為 19.6% ( $\pm 21.8\%$ )、35.4% ( $\pm 17.3\%$ ) 及 23.0% ( $\pm 18.2\%$ )。外覆果膜種子僅 B 時段所佔比例達 23.3% ( $\pm 23.2\%$ )，但隨時間而遞減 2.3%、1.0%。出現於 D 時段內的中度受損及重度受損種子（各佔 6.0% 及 0.2%），比例皆較其他時段為高（表 6）。由此可見腸道停留時間越久，會增加山柿果肉移除及種子磨損程度。

六種植物種子經熊消化排出後，除山枇杷以輕度受損種子在四時間區段的比例最高之外，其他五種植物皆以無受損程度種子所佔比例最高。而除了香楠之外，所有果實之外覆果肉種子，於各時段的出現比例皆有隨時段增加而減少之趨勢，顯示腸道停留時間有助於果肉移除。除此之外，較為嚴重的種子磨損程度，在一些種類也有隨時間增加的情況，比如香楠、山枇杷、山柿。因此，腸道停留時間對於不同種類的種子，產生的機械性作用不一，但種子整體所受到機械效應（移除果肉或造成種子磨損），似乎有隨時間而遞增之趨勢。

## 六、種子萌芽率

### （一）山櫻花

#### 1. 熊消化組與對照組

山櫻花之熊消化排出的外覆果肉種子，與未去除果肉對照組種子，在生長箱環境下萌芽率各為 8.5% ( $\pm 4.6\%$ ) 及 0%，而苗圃環境下兩組種子萌芽率則分別為 13.7% ( $\pm 7.0\%$ ) 及 0%（圖 4）。兩環境下的二組種子萌芽率皆有差異（生長箱： $t=6.4$ , n=14、苗圃： $t=7.3$ ,

P 皆 $<0.0001$ )。此結果顯示外覆果肉的山櫻花種子皆無萌芽，但經過熊消化的種子則有萌芽跡象，顯示熊的消化可促進種子萌芽。

熊消化排出的山櫻花無受損種子，與去除果肉的對照組種子，在生長箱環境下的萌芽率，分別為 30.5% ( $\pm 15.4\%$ ) 及 2.0% ( $\pm 2.8\%$ )。苗圃環境下的兩組種子萌芽率，則分別為 29.3% ( $\pm 12.8\%$ ) 及 8.0% ( $\pm 5.7\%$ )；此二環境下的二組種子萌芽率分別有顯著差異 (生長箱： $t=6.4$ ， $n=14$ ， $P<0.0001$ 、苗圃： $t=3.9$ ， $P<0.05$ )，兩環境下經過消化的無受損程度種子，萌芽率分別高於對照組之 15 倍、3.7 倍(圖 4)。

於生長箱與苗圃兩環境下，山櫻花果實經過熊隻消化後排出的無受損種子的萌芽率，皆是外覆果肉種子的 2.1-3.6 倍，二者萌芽率有顯著差異 (生長箱： $t=-5.3$ ， $n=24$ ， $P<0.0001$ ；苗圃： $t=-3.5$ ， $n=23$ ， $P<0.001$ ，圖 4)。此差異於對照組亦有類似的情形，顯示外覆果肉會嚴重妨礙種子的萌芽。

## 2. 種子之受損程度及腸道停留時間

在生長箱環境下，熊消化排出山櫻花種子的萌芽率，因種子受損程度而有所差異 ( $F=26.7$ ， $df=1$ ， $P<0.0001$ )，無受損種子的萌芽率 (32.0%) 大於外覆果肉者 (7.8%， $t=5.4$ ， $P<0.0001$ )。雖然無受損種子及外覆果肉種子的萌芽率皆以 D 時段排出的 (分別為 16.7%、38.6%) 較其他三個時段高 (0.0-9.0%、19.2-30.2%)，但是萌芽率與種子停留腸道時間，以及時間與受損程度兩者交互作用無關 (時段： $F=0.6$ ， $df=3$ ， $P=0.601$ ， $n=40$ ；交互作用： $F=0.1$ ， $df=3$ ， $P=0.964$ ) (表 7)。

苗圃環境下，不同時段所排出的各受損程度種子萌芽率亦因受損程度而異 ( $F=16.2$ ， $df=1$ ， $P=0.0003$ )，無受損種子 (32.0%) 高於外覆果肉者 (12.1%)，然不受種子停留腸道的時間，以及時間與種子受

損程度交互作用影響（時段： $F=1.5$ ， $df=3$ ， $P=0.224$ ， $n=36$ ；交互作用： $F=1.0$ ， $P=0.403$ ）（表 7）。因此，在兩環境下，山櫻花種子之萌芽率皆因不同受損程度而有所差異，腸道停留時間對萌芽率的影響則較不明顯。

### 3. 總萌芽率及萌芽趨勢

山櫻花經過熊消化的外覆果肉種子，於生長箱種植後第37天開始萌芽（0.1%），到第349天即維持在8.0%的萌芽率而不再上升，平均萌芽時間約10個月。對照組未去除果肉的種子則完全無發芽跡象（圖 14a）。

經消化之山櫻花無受損種子則在第19天開始萌芽（0.3%），並在第85天達到高峰（11.8%），但此後即維持不變，直到第235天之後才陸續又有種子萌芽（12.0%），到第349天即維持在29.0%未再有種子萌芽，平均萌芽時間約6.7個月。對照組去除果肉種子則約晚無受損種子將近兩星期，直到種植後第31天才開始萌芽（2.0%），此後直到萌芽試驗結束皆未再有種子萌芽，平均萌芽時間約1個月。另外輕度及重度兩組種子分別為7及3顆，於試驗期間皆無種子萌芽紀錄。

經過熊消化的外覆果肉種子，於苗圃環境下種植後第55天開始萌芽（0.1%），到第349天萌芽率即維持在12.8%不再上升，平均萌芽時間約7.7個月（圖 14b）。對照組未去除果肉的種子，在此環境下直到試驗結束仍無發芽紀錄。

無受損種子則在第13天開始萌芽（0.2%），並在349天時達到高峰（27.9%），此後即維持不變直到試驗結束，平均萌芽時間約4.2個月。對照組去除果肉種子，約晚無受損種子將近兩星期，直到種植後第67天才開始萌芽（2.0%），直到第193天萌芽率即維持不變（8.0%），萌芽試驗結束皆未再有種子萌芽，平均萌芽時間約4個月（圖 14b）。

此結果顯示，山櫻花種子於生長箱及苗圃的總體萌芽率相似，且經熊消化的種子，開始萌芽時間皆較對照組早，而經熊消化的外覆果肉種子，平均萌芽時間皆較無受損種子高約3個月；然除了未去果肉的對照組之外，其他各組的平均萌芽時間，於生長箱則較苗圃環境約多2.5個月（圖 14）。顯示果肉的移除或經熊消化作用皆可縮短萌芽時間或提高萌芽率。

## （二）香楠

### 1. 熊消化組與對照組

經熊消化排出的外覆果肉香楠種子，在生長箱與苗圃環境下，萌芽率分別為 4.0% ( $\pm 5.1\%$ ) 及 4.8% ( $\pm 6.3\%$ )，然兩環境下的對照組種子皆無萌芽跡象（圖 5）。熊消化組及對照組種子的萌芽率，於兩生長環境下皆達顯著差異（生長箱： $t=2.5$ ， $n=12$ ；苗圃： $t=2.3$ ， $n=11$ ， $P$  皆 $<0.05$ ）。

生長箱環境下，熊消化排出的無受損種子及對照組去除果肉種子的萌芽率，分別為 84.1% ( $\pm 7.8\%$ ) 及 60.0% ( $\pm 5.7\%$ )，苗圃環境下兩組種子的萌芽率則分別為 89.1% ( $\pm 8.6\%$ ) 及 96.0% ( $\pm 5.7\%$ )。兩環境下，二組種子僅生長箱組的萌芽率有差異（生長箱： $t=5.3$ ， $n=14$ ， $P<0.05$ ；苗圃： $t=-1.5$ ， $P=0.280$ ）（圖 5）。

經過熊隻消化後之無受損種子及外覆果肉種子，在生長箱與苗圃環境下，兩組種子的萌芽率皆有差異（生長箱： $t=-29.1$ ， $n=22$ ；苗圃： $t=-26.0$ ， $n=21$ ， $P$  皆  $<0.0001$ ）。無受損程度種子萌芽率約是外覆果肉程度種子的 20 倍。相較於外覆果肉的對照組種子，去除果肉對於種子萌芽的促進，效應遠比經過熊消化處理來的大（圖 5）。

## 2. 種子之受損程度及腸道停留時間

生長箱環境下，熊消化排出的 5 種不同受損程度之香楠種子，萌芽率之間有顯著差異 ( $F=163.6$ ,  $df=4$ ,  $n=28$ ,  $P<0.0001$ )。其中無受損及輕度受損種子之平均萌芽率較高，分別為  $84.1\pm 7.8\%$  ( $n=12$ ) 及  $79.4\pm 13.9\%$  ( $n=4$ )，二者皆顯著高於外覆果肉種子的萌芽率 ( $4.0\pm 5.1\%$ ,  $t=23.4$ 、 $15.9$ ,  $P$  皆  $<0.0001$ )，以及中度和重度受損程度的種子 (無受損  $t=-7.3$ 、 $-10.1$ ，輕度受損  $t=-6.3$ 、 $-8.9$ ,  $P$  皆  $<0.0001$ )，後二者萌芽率分別為  $23.1\%$  及  $0$  (圖 10)。

苗圃的熊消化過之三組不同受損程度香楠種子，萌芽率亦有所差異 ( $F=311.6$ ,  $df=2$ ,  $n=22$ ,  $P<0.0001$ )，其中外覆果肉種子之萌芽率  $4.8\pm 6.3\%$  ( $n=9$ )，顯著低於無受損及輕度受損之萌芽率 ( $t=24.8$ 、 $8.4$ ,  $P$  皆  $<0.001$ )，其種子萌芽率分別為  $89.1\pm 8.6\%$  ( $n=12$ )、 $73.3\%$  ( $n=1$ )。此組別間之差異趨勢與於苗圃和生長箱的情況相同。

香楠種子經熊消化後，於不同時段所排出的各類受損程度種子，在生長箱環境下的萌芽率，與受損程度有關 ( $F=265.5$ ,  $df=3$ ,  $P<0.0001$ ,  $n=53$ )，無受損 ( $84.0\%$ ) 與輕度受損種子 ( $79.6\%$ ) 和外覆果肉種子 ( $3.5\%$ ) 的萌芽率差異較大 ( $t=27.3$ 、 $16.5$ ,  $P$  皆  $<0.0001$ )，然不受時間區段及二者之交互作用影響 (時段： $F=2.4$ ,  $df=2$ ,  $P=0.099$ ；交互作用： $F=0.6$ ,  $df=3$ ,  $P=0.611$ )。

另苗圃環境下，不同時段所排出的各受損程度種子的萌芽率，因受損程度及時間區段而有差異 (受損程度： $F=627.3$ ,  $df=1$ ,  $n=38$ ,  $P<0.0001$ ；時段： $F=4.3$ ,  $df=2$ ,  $P<0.05$ )，但不受時間與受損程度兩者之交互作用影響 ( $F=0.1$ ,  $P=0.874$ )。苗圃僅外覆果肉 ( $3.5\%$ ) 與無受損種子兩組 (各為  $4.3\%$  及  $88.4\%$ )，以外覆果肉和無受損種子萌芽率差異較大 ( $t=25.7$ ,  $P<0.0001$ , 表 8)。三時段間萌芽率無顯著差異 (A v.s B,  $t=0.8$ ,  $P=0.689$ 、A v.s C,  $t=-0.3$ ,  $P=0.942$ 、B v.s C,

$t=-1.7$ ， $P=0.230$ )，A 時段萌芽率 70.3% ( $n=5$ )，B、C 時段則各為 60.0% ( $n=5$ ) 及 55.4% ( $n=5$ )。受損程度仍較腸道停留時間影響香楠種子萌芽率較多。

### 3. 總萌芽率及萌芽趨勢

香楠經過熊消化排出之外覆果肉種子，於生長箱環境種植後第 37 天開始萌芽 (0.2%)，第 121 天達萌芽高峰，然整體萌芽率極低 (2.8%)，平均萌芽時間約 2.8 個月。未去除果肉的對照組種子，直至試驗結束皆無萌芽紀錄 (圖 15a)。無受損香楠種子則於第 19 天起開始有萌芽紀錄 (0.5%)，隨後萌芽率逐漸上升直至第 169 天達高峰 (81.8%)，平均萌芽時間約 1.8 個月。對照組去除果肉種子開始萌芽時間則較無受損種子晚約 1 個月，於種植後第 43 天始有萌芽紀錄 (2.0%)，達到萌芽率高峰 (60.0%) 的時間雖提早無受損種子約 2.4 個月，然萌芽率仍低於無受損程度種子，平均萌芽時間約 2.6 個月 (圖 15a)。

輕度受損及中度受損種子皆於第 19 天起開始萌芽 (6.0%、15.4%)，前者第 103 天後萌芽率達高峰而不再變化 (83.0%)，平均萌芽時間約 1.3 個月 (圖 15a)。中度受損種子則於第 25 天之後萌芽即停止，總體萌芽率 23.1%，平均萌芽時間約 0.7 個月。

不同磨損程度香楠種子於苗圃環境下的萌芽時間趨勢相似。外覆果肉種子於第 25 天開始萌芽 (0.3%)，在第 163 天後萌芽率達到最高峰 3.7%，平均萌芽時間約 3.2 個月。對照組未去除果肉種子，直到試驗結束仍無種子萌芽。無受損種子於種植後第 19 天開始有萌芽記錄 (0.3%)，之後萌芽率逐漸上升而到第 133 天達萌芽高峰 86.4%，平均萌芽時間約 1.8 個月。去除外覆果肉的對照組則晚無受損種子約 1 個月才開始萌芽 (2.0%)，平均萌芽時間約 2.2 個月。輕度受損種子於第 25 天開始萌芽 (13.3%)，在第 67 天達到萌芽高峰 73.3%，平均



萌芽時間約 1.9 個月（圖 15b）。

經熊消化後四種受損程度香楠種子，除了外覆果肉種子之外，其他三種受損程度種子，平均萌芽時間比去除果肉之對照組短，顯示經過熊消化可縮短種子萌芽時間，且萌芽時間提早對照組去除果肉種子至少一星期甚至將近一個月（圖 15）。

### （三）呂宋莢蒾

#### 1. 熊消化組與對照組

呂宋莢蒾之熊消化排出外覆果肉種子，與未去除果肉對照組種子，在生長箱環境下的萌芽率分別為 18.5% ( $\pm 3.7\%$ ,  $n=2$ ) 及 0%，而苗圃環境下的兩組種子萌芽率則分別為 4.8% ( $\pm 6.3\%$ ,  $n=2$ ) 及 0%（圖 6）。熊消化組的種子萌芽率於兩生長環境下皆大於對照組（生長箱： $t=7.1$ ， $n=4$ ；苗圃： $t=31.6$ ， $P$  皆 $<0.05$ ），顯示熊的消化作用可以促進外覆果肉的種子萌芽。

消化排出的無受損種子與去除果肉對照組種子的萌芽率，在生長箱環境下兩組種子萌芽率分別為 57.1% ( $\pm 5.3\%$ ,  $n=2$ ) 及 56.0% ( $\pm 5.7\%$ ,  $n=2$ )，而苗圃環境下兩組無受損種子萌芽率，則分別為 12.8% ( $\pm 5.8\%$ ) 及 32.0% ( $\pm 11.3\%$ )。於兩生長環境下，熊消化組的種子萌芽率與對照組皆無顯著差異（生長箱： $t=0.2$ ， $n=4$ ， $P=0.860$ ；苗圃： $t=-2.1$ ， $P=0.278$ ）（圖 6）。

呂宋莢蒾經過熊隻消化後之無受損種子在生長箱環境下萌芽率為外覆果肉種子的 3 倍 ( $t=-8.4$ ， $P<0.05$ ， $n=4$ )。苗圃環境下，經熊隻消化後之無受損種子亦為外覆果肉種子的萌芽率 2 倍，然未達顯著差異水準 ( $t=-1.7$ ， $P=0.334$ )，初步結果顯示熊隻消化後將呂宋莢蒾種子果肉去除，對種子發芽有助益（圖 6）。

本研究亦發現無論是熊消化組或對照組，呂宋莢蒾種子於生長箱的萌芽率，皆較苗圃環境下高 2 倍以上，顯示苗圃環境對於呂宋莢蒾種子萌芽較生長箱不利。

## 2. 種子受損程度及腸道停留時間

生長箱環境下，不同受損程度的呂宋莢蒾種子萌芽率有顯著差異 ( $F=8.2$ ,  $df=4$ ,  $P<0.05$ ,  $n=9$ )，已無果肉覆蓋的種子，萌芽率隨受損程度增加而遞減，其中無受損種子萌芽率 (57.1%)，明顯高於萌芽率最低的重度受損種子 (4.6%;  $t=-4.7$ ,  $P<0.05$ )，其他輕度受損、中度受損及外覆果肉種子，萌芽率各為 37.6%、18.6%及 18.5% (圖 11a)。然苗圃環境下的五種受損程度種子，萌芽率則未達顯著水準 ( $F=2.1$ ,  $df=4$ ,  $P=0.353$ ,  $n=7$ )，且萌芽率皆低於在生長箱環境下的種子，但兩環境下無果肉包覆的各受損程度種子，萌芽率皆有隨磨損程度增加而遞減之相似趨勢 (12.8-0%，圖 11b)。

熊消化排出之呂宋莢蒾種子，僅生長箱環境下的種子其萌芽率與受損程度有關 ( $F=16.1$ ,  $df=4$ ,  $P<0.001$ )，又以無受損及輕度受損種子之平均萌芽率較高，分別為 57.4%及 41.5%，二者皆顯著高於中度受損種子的萌芽率 (19.6%， $t=-5.3$ 、 $-3.4$ ， $P$  皆  $<0.05$ )，以及無受損與外覆果肉種子 (17.2%， $t=4.8$ ， $P=0.001$ )。然與腸道停留時段 (僅 B、C 時段) 及二者之交互作用皆無關 (生長箱/時段： $F=0.2$ ， $df=1$ ， $P=0.655$ ， $n=12$ ；交互作用： $F=2.0$ ， $df=3$ ， $P=0.254$ ；苗圃/時段： $F=3.0$ ， $df=1$ ， $P=0.223$ ， $n=10$ ；受損程度： $F=1.1$ ， $df=4$ ， $P=0.521$ ；交互作用： $F=0.9$ ， $df=2$ ， $P=0.505$ ；表 9)。由於樣本有限之故，種子於腸道停留時段對於萌芽率之影響，有待日後累積更多資料分析探討。

## 3. 總萌芽率及萌芽趨勢

生長箱環境下，外覆果肉呂宋莢蒾種子於第 25 天開始萌芽 (0.4%)，在第 79 天最後達到萌芽高峰 (19.7%)，平均萌芽時間約 1.7 個月。對照組未去除果肉種子，則無種子萌芽。無受損種子於第 6 天起開始萌芽 (0.2%)，隨後萌芽率快速上升，直到第 79 天達萌芽高峰 (55.1%)，平均萌芽時間約 1.1 個月。對照組去除果肉種子開始萌芽 (8.0%) 時間與無受損種子相同，達高峰 (56.0%) 時間則早無受損種子一星期，平均萌芽時間約 0.8 個月。輕度與中度受損種子皆在第 13 天開始有種子萌芽 (各為 3.1%及 3.3%)，但萌芽率達高峰的時間分別為 67 天及 37 天 (各為 43.3%及 16.4%)，平均萌芽時間各約 1.0 及 0.8 個月。重度受損則在第 19 天開始有種子萌芽 (2.3%)，於第 37 天萌芽率達高峰後即不再有種子萌芽 (4.5%)，平均萌芽時間約 0.9 個月 (圖 16)。

苗圃環境下，呂宋莢蒾外覆果肉種子 (2.8%)、無受損 (6.0%) 及輕度受損種子 (2.7%) 皆於第 37 天開始萌芽，分別在第 61 天 (5.6%)、及第 79 天 (10.5%) 73 天 (5.4%) 達到萌芽高峰，平均萌芽時間約 1.5、1.6 個月。對照組未去除果肉種子則無種子萌芽記錄。對照組去除果肉種子，則提早無受損種子將近一個月萌芽 (8.0%)，整體萌芽率達 32.0%，平均萌芽時間約 1.0 個月。中度受損種子則在第 49 天開始有萌芽紀錄 (3.0%)，然此後萌芽率即不再有變化，直到試驗結束前皆無種子萌芽，平均萌芽時間約 1.6 個月。重度受損種子在試驗期間則無種子萌芽 (圖 16)。

整體而言，呂宋莢蒾種子於苗圃環境下，整體萌芽率及平均萌芽時間皆較生長箱環境下為低且長。相對於外覆果肉的對照組種子無萌芽情況，經熊消化後之外覆果肉種子，開始萌芽時間較其他受損程度種子晚，且平均萌芽時間較長。其他不同受損程度的無果肉種子，平均萌芽時間則相近 (生長箱：0.8-1.1 月，苗圃皆 1.6 月)。

#### (四) 山枇杷

## 1. 熊消化組與對照組

山枇杷經熊消化排出的外覆果肉種子僅 9 顆，全數在生長箱環境下之總萌芽率為 22.2%，遠低於對照組未去除果肉種子在生長箱及苗圃之萌芽率，分別為 59.3% ( $\pm 16.4\%$ )、 $76.7 \pm 13.5\%$  (圖 7)。熊消化排出的無受損種子與對照組去除果肉種子，在生長箱環境下的種子萌芽率分別為 97.5% ( $\pm 4.8\%$ ) 及 96.0% ( $\pm 4.4\%$ )，與苗圃環境下的兩組種子萌芽率相近，分別為 97.2% ( $\pm 3.4\%$ ) 及 92.0% ( $\pm 7.3\%$ )；兩環境下二組種子萌芽率皆無差異 (生長箱： $t=0.6$ ， $P=0.564$ ， $n=15$ ；苗圃： $t=1.5$ ， $P=0.193$ ， $n=13$ ) (圖 7)。此結果顯示種子經熊消化排出後，無受損種子的萌芽率並無受到特殊影響。

然由於山枇杷對照組未去除果肉種子萌芽率皆低於去除果肉組 (生長箱： $t=-4.8$ ， $P<0.001$ ；苗圃： $t=-2.2$ ， $P<0.05$ ， $n=10$ )，而經熊消化排出的外覆果肉種子，總萌芽率亦不及無受損種子之四分之一，可見去除果肉可促進種子萌芽率，並推論種子可藉由黑熊的消化，移除果肉而達到促進萌芽的效果。

## 2. 種子受損程度及腸道停留時間

生長箱環境下，熊消化排出之四種受損程度山枇杷種子的萌芽率有差異 ( $F=9.3$ ， $df=3$ ， $P<0.0001$ ， $n=35$ )，其中重度受損種子之萌芽率 ( $77.6 \pm 17.4\%$ ) 明顯低於其他三組無受損、輕度受損及中度受損種子之萌芽率 (各為  $97.5 \pm 4.8\%$ 、 $98.2 \pm 2\%$  及  $94.2 \pm 6.6\%$ ； $t=-3.8 \sim -4.9$ ， $P$  皆  $<0.001$ ，圖 12a)。苗圃環境下，每回試驗所得之無受損、輕度受損及中度受損種子之萌芽率皆在 93% 以上，與生長箱環境狀況相近，依次為  $97.2 \pm 3.4\%$ 、 $96.3 \pm 5.4\%$  及  $93.7 \pm 5.9\%$ ，萌芽率無差異 ( $F=21.5$ ， $df=4$ ， $P<0.0001$ ， $n=34$ ， $t=-4.7 \sim -10.1$ ， $P$  皆  $<0.001$ ) (圖 12b)。此結果顯示種子經熊消化後，若造成嚴重磨損則會降低萌芽率，而無果肉

包被的種子在兩種環境下，萌芽率則多少隨磨損程度增加而遞減。

熊消化排出山枇杷種子在生長箱環境下，不同時段所排出的各受損程度種子的萌芽率因時間區段 (A-D)、受損程度 (無損-重度) 而異 (時段:  $F=4.7$ ,  $df=3$ ,  $P=0.006$ ,  $n=49$ ; 受損程度:  $F=13.5$ ,  $df=3$ ,  $P<0.0001$ ), 然不受兩者交互作用影響 ( $F=1.9$ ,  $df=5$ ,  $P=0.110$ ) (表 10)。其中 B 時段的萌芽率 (96.7%) 明顯高於 D 時段 (85.2%,  $t=-3.1$ ,  $P<0.05$ ), 而受損程度則以重度受損的萌芽率 (77.4%) 則遠小於其他受損程度 (無受損 97.9%, 中度受損 92.6%;  $t=-5.8\sim -4.3$ ,  $P$  皆  $<0.001$ )。

苗圃環境下熊消化排出山枇杷種子，萌芽率皆不受時間區段 (A-C)、受損程度，以及兩者交互作用影響 (時間區段:  $F=0.7$ ,  $df=2$ ,  $P=0.491$ ,  $n=32$ ; 受損程度:  $F=1.3$ ,  $df=2$ ,  $P=0.279$ ; 交互作用:  $F=0.5$ ,  $df=3$ ,  $P=0.708$ )。苗圃環境下 A、B 及 C 三時段，除 A 時段無受損、輕度受損種子皆全數發芽，其他 B 時段萌芽率則依次為無受損 (96.9%)、輕度受損及中度受損種子 (各為 96.6% 及 95.7%)。C 時段則依次為無受損 (100.0%) 輕度受損 (97.8%) 及中度受損種子 (92.3%)，三個時段各受損程度種子萌芽率皆在 92 以上%。於兩生長環境下，各時段的相同受損程度種子，萌芽率隨時間增加而普遍有遞減之趨勢。

### 3. 總萌芽率及萌芽趨勢

山枇杷經過熊消化排出之外覆果肉種子僅 8 顆，於生長箱環境種植後第 25 天始有萌芽記錄 (22.2%)，然之後即不再有種子萌芽，平均萌芽時間約 0.8 個月。對照組未去除果肉種子，亦在第 25 天開始萌芽 (4.0%)，唯陸續萌芽直至第 157 天達到萌芽高峰 (59.3%)，平均萌芽時間約 2.1 個月 (圖 17)。外覆果肉的種子萌芽時間為所有組中最晚者，顯示果肉似乎有抑制萌芽時間的作用。

熊消化排出之山枇杷經無受損至中度受損種子皆於種植後第 6 天開始有萌芽紀錄，重度磨損種子開始萌芽則晚一星期，然平均萌芽時間則依次遞減，平均萌芽時間分別為 0.7、0.6、0.5、0.4 (圖 17)。去除果肉對照組種子的萌芽時間，則晚無受損種子一星期才萌芽，於種植後第 13 天始有萌芽紀錄 (3.3%)，達到萌芽率高峰 (96.0%) 的時間和平均萌芽時間 0.8 個月，則均與無受損程度種子相同。此結果顯示相較於外覆果肉對照組種子，經黑熊消化並移除果肉的各組種子萌芽提早且萌芽率增加。

在苗圃環境下，山枇杷對照組未去除果肉種子第 13 天開始萌芽 (2.0%)，至第 97 天達到萌芽高峰 (76.7%)，平均萌芽時間約 1.5 個月，為苗圃環境下唯一時間超過一個月的組別。經過熊消化排出之無受損至中度受損種子，皆於種植後第 6 天開始有萌芽紀錄，重度磨損種子和對照組未去除果肉種子開始萌芽則晚一星期，然平均萌芽時間則依次遞減，平均萌芽時間分別為 0.7、0.6、0.5、0.4 (圖 17)，總萌芽率除重度受損種子偏低 (33%) 之外，其他為 91.5-97.6%。由生長箱和苗圃的平均萌芽時間及趨勢可見，外層若包覆果肉會加倍延長種子萌芽的時間，而黑熊的消化作用，雖然會使重度受損種子降低總萌芽率，但種子的萌芽時間則不受影響。

## (五) 台灣蘋果

### 1. 熊消化組與對照組

台灣蘋果經熊消化排出外覆果肉種子僅一筆資料，在生長箱環境下萌芽率為 35.0%，皆大於對照組未去除果肉種子於生長箱及苗圃萌芽率，分別為  $11.7 \pm 7.6\%$ 、 $18.3 \pm 5.8\%$  ( $n=3$ ，圖 8)。消化排出的無受損種子及對照組去除果肉種子，在生長箱、苗圃環境環境下兩組種子的萌芽率分別為  $97.6 \pm 1.1\%$  及  $98.1 \pm 0.9\%$  ( $n$  皆為 8)、 $10.0 \pm 13.2\%$  及

30.0±0% (n 皆為 3)，兩環境下的二組種子萌芽率皆有差異 (生長箱： $t=11.5$ ， $P<0.001$ ；苗圃： $t=216.6$ ， $P<0.0001$ ，圖 8)。台灣蘋果無受損種子，在生長箱環境下萌芽率約為外覆果肉種子的 3 倍。由此結果顯示，種子經過黑熊消化道後，可因果肉移除以及其他的物化作用而促進種子萌芽。

## 2. 種子受損程度及種子於腸道停留時間

因樣本數之故，單就經熊消化排出的台灣蘋果無受損程度種子來看，在生長箱或苗圃的環境下，萌芽率有隨時間增加而些微遞減之現象，然不同時段排出種子的萌芽率並無顯著差異 (生長箱： $F=2.4$ ， $df=3$ ， $P=0.111$ ， $n=18$ ；苗圃： $F=3.3$ ， $df=2$ ， $P=0.068$ ， $n=16$ )，萌芽率皆介於 94.3-100.0% 之間 (表 11)。

## 3. 總萌芽率及萌芽趨勢

台灣蘋果經過熊消化的外覆果肉種子及無受損種子，於生長箱種植後分別於第 13 天及第 6 天開始萌芽 (15.0%、2.5%)，並皆於第 79 天即達到萌芽高峰 (35.0%、97.4%)，平均萌芽時間各為約 0.9 及 0.6 個月。對照組未去除果肉及無受損種子種子則同時於第 25 天方開始萌芽 (6.7%、1.7%)，直至第 115 天達到萌芽高峰 (11.7%、10.0%)，平均萌芽時間約 1.4、1.9 個月 (圖 18)。可見相較於對照組，台灣蘋果種子經黑熊消化可以提早約 2 星期萌芽，也使芽率增加且萌芽時間縮短。

在苗圃環境下，相較於對照組，經熊消化排出的台灣蘋果，以無受損種子開始萌芽最早 (第 6 天，2.2%)，萌芽率在第 67 天即達高峰 (97.6%)，平均萌芽時間亦最短，約 0.5 個月。對照組未去除果及去除果肉種子兩組，分別在第 25、19 天才開始萌芽 (6.7%、8.3%)，並在第 49、43 天達到萌芽高峰 (18.3%、30.0%)，平均萌芽時間約 1.1、0.9 個月。由此可看出經過熊消化排出對種子萌芽率及時間趨勢的促

進作用，在苗圃環境下與生長箱無異（圖 18）。

## （六）山柿

### 1. 熊消化組與對照組

山柿之消化排出的外覆果肉種子，與對照組未去除果肉種子，在生長箱環境下的萌芽率分別為 72.9% ( $\pm 27.8\%$ ) 及 78.0% ( $\pm 10.1\%$ )，而苗圃環境下的兩組種子，萌芽率則各為 85.8% ( $\pm 14.8\%$ ) 及 53.0% ( $\pm 6.0\%$ )，二組種子萌芽率僅苗圃組萌芽率達顯著水準（生長箱： $t = -0.4$ ， $P = 0.694$ ， $n = 10$ ；苗圃： $t = 4.9$ ， $P < 0.05$ ，圖 9）。外覆果肉種子，其對照組於苗圃環境下的萌芽率遠較生長箱者為低（78% vs. 53%），顯示生長環境是造成此差異之原因。

消化排出的無受損種子與對照組去除果肉種子，在生長箱環境下，兩組山柿種子萌芽率分別為 85.7% ( $\pm 13.1\%$ ) 及 94.0% ( $\pm 5.2\%$ )，而苗圃環境下的兩組種子萌芽率則分別為 92.5 $\pm 1.1\%$  及 98 $\pm 4.0\%$ ，兩環境下二組種子萌芽率皆無差異（生長箱： $t = -1.8$ ， $P = 0.091$ ， $n = 16$ ；苗圃： $t = -1.4$ ， $P = 0.169$ ；圖 9）。此結果顯示黑熊消化對於山柿種子的萌芽率並無特別影響。

山柿在生長箱及苗圃環境下，雖然對照組之無受損種子皆較外覆果肉種子高（94% s. 78%；98% vs. 53%），然經熊消化排出的無受損種子與外覆果肉種子兩組之萌芽率則無顯著差異（生長箱： $t = -1.1$ ， $P = 0.327$ ， $n = 18$ ；苗圃： $t = -1.0$ ， $P = 0.355$ ），顯示種子於黑熊腸道內，移除果肉似乎不影響山柿種子的萌芽率，然資料樣本間之變異極大，或許部分導致統計上無法測出顯著性。

### 2. 種子受損程度及腸道停留時間



山柿在生長箱及苗圃環境下，不同受損程度種子萌芽率皆有顯著差異（生長箱： $F=3.9$ ， $df=4$ ， $n=41$ ；苗圃： $F=29.0$ ， $df=4$ ， $n=42$ ， $P$  皆 $<0.001$ ），以重度受損種子萌芽率最低，分別為  $36.3\pm 37.8\%$ 、 $17.0\pm 16.7\%$ ，顯著低於其他各組之萌芽率（ $t=-3.2\sim -10.3$ ， $P$  皆 $<0.05$ ，圖 13），受損程度未達重度的各組種子，萌芽率皆超過 70%，其中無受損及輕度受損種子萌芽率偏高，達到 80% 以上（生長箱各為 85.7% 及 82.4%；苗圃各為 92.5% 及 88.8%）。此顯示種子經熊消化而導致嚴重磨損者，將大幅降低山柿種子萌芽率。

### 3. 總萌芽率及萌芽趨勢

山柿經過熊消化排出之外覆果肉種子及對照組未去除果肉種子，分別於生長箱環境種植後第 25、55 天開始有種子萌芽（1.1%、16.0%），同時於第 85 天達到萌芽高峰（63.4%、78.0%），平均萌芽時間約 2.4、2.2 個月。無受損種子於第 6 天開始有萌芽紀錄（0.3%），萌芽率在第 85 天即達高峰（85.7%），平均萌芽時間約 2.2 個月。對照組去除果肉種子萌芽時間則較無受損種子晚至少一個月才萌芽，於種植後第 49 天始有萌芽紀錄（2.0%），達到萌芽率高峰（94.0%）的時間則與無受損種子相同，平均萌芽時間約 2.3 個月（圖 19）。由此可見種子經熊消化排出後，並沒有影響平均萌芽時間，總萌芽率甚較對照組偏低，然開始萌芽時間卻可提早約一個月。

山柿輕度至重度受損種子於生長箱環境皆於第 6 天起開始萌芽，且同時於第 85 天後萌芽率達高峰，總萌芽率隨受損程度遞減（82.5%、77.8%、23.2%），且平均萌芽時間亦隨之遞減，分別為 2.0、1.7、1.2 個月。此結果顯示經熊消化處理後，雖不見得能提高種子萌芽率，但卻能提早種子開始萌芽的時間及速率（圖 19）。

苗圃環境下，熊消化的外覆果肉山柿種子，於種植後第 25 天開始萌芽（7.4%），第 61 天即達到萌芽高峰 90.2%，平均萌芽時間約 1.3 個

月。對照組未去除果肉種子則比外覆果肉種子晚一星期以上，第37天才開始萌芽（4.0%），第99天達到萌芽高峰（53.0%），平均萌芽時間約1.8個月。無受損種子則於第13天開始有萌芽紀錄（0.2%），萌芽率在第61天即達高峰（92.8%），平均萌芽時間約1.0個月。

對照組於苗圃環境下，去除果肉種子的萌芽時間則晚無受損種子一星期以上，於種植後第25天始有萌芽紀錄（17.0%），67天即達到萌芽率高峰（98.0%），平均萌芽時間約1.3個月。輕度受損及中度受損種子皆於第19天起開始萌芽（0.4%、0.7%），第55天後萌芽率達高峰（89.0%、77.2%），平均萌芽時間約1.0、1.1個月。重度受損種子則在第25天萌芽後開始萌芽（3.3%），於第43天達到萌芽高峰（16.0%），平均萌芽時間約1.1個月。

不論萌芽環境，五種受損程度種子平均萌芽時間皆普遍短於對照組，顯示經過黑熊消化的種子有較高的萌芽速率，且又以苗圃環境下的熊消化組種子發芽較為迅速（圖 19）。

#### （七）種間種子萌芽比較

本研究針對消化排出種子的萌芽數量及時間，與外覆果肉的對照組種子比較，檢視台灣黑熊取食（熊消化組）非核果果實後，其消化作用對於種子萌芽的效應。故將每種經熊消化排出之各受損程度種子的百分比例（表 5），分別乘以該磨損程度之平均種子萌芽率、平均萌芽時間、開始萌芽時間，再分別予以加總，即獲得黑熊消化對於該種子萌芽率、平均萌芽時間、開始萌芽時間所產生之整體效應。

就熊消化組及對照組的萌芽率比值而言，三種對照組外覆果肉的核果，種子皆不萌芽，且種子幾乎全數壞死，而熊消化組之整體萌芽率雖然在六種種子中偏低，但仍有 21-70%不等的比例，整體平均萌芽時間 1-8 個月，開始萌芽時間則為 13-26 天不等，因此黑熊消化對

於核果萌芽之影響十分明顯（表 12）。

兩種仁果（山枇杷與台灣蘋果），於熊消化組的整體平均萌芽率，為六種種子中居高的兩種，分別為 88.0%、96.4%，為對照組之 1.5 及 1.8 倍，且平均萌芽時間不及對照組的一半，開始萌芽時間亦提早對照組 19 天（表 12）。唯一的漿果類山柿種子，熊消化組及對照組，平均萌芽率與平均萌芽時間，則分別為 78.0%、79.3%，以及 65、62 天，雖兩組之比值近於 1，顯示熊消化作用對於萌芽影響不大，然而熊消化組開始萌芽時間，卻比對照組提早將近 1.5 個月。

由此可知熊的消化處理，對於六種試驗的非堅果種子，常能提高種子之萌芽率，或促使萌芽的時間提早。此外對於具有休眠性質的種子（表 1），比如台灣蘋果及三種試驗的核果種子，經過台灣黑熊消化作用，對於種子萌芽率及萌芽時間的促進效能似乎更大。

## 肆、討論

### 一、種子活力

活力測驗結果可以了解採集到的種子活力狀況，確定後續種子萌芽的結果，是由後天的熊覓食消化，抑或外在環境等因素影響萌芽結果，而非全由種子先天活力所影響。種子活力採用 TTC 活性測驗及直接播種發芽（國際種子檢查規則，1995）。TTC 法針對具休眠性質的種子，快速得到發芽活性，而直接播種發芽則在適合種子萌芽條件的環境下，得到種子活性百分比。TTC 法雖可快速得到種子活性，但仍受限於種子特性，例如種殼過硬或胚芽過小等因素，而無法以此方法切割染色，這也是本研究無法針對所有試驗種類以此法進行檢定的主因。此外，TTC 染色不同深淺亦代表活力之強弱，還需再對顏色深淺代表的活力加上強弱等級，判斷種子活性，故可能導致活性測驗與實際萌芽情況可能有些出入。

本研究以 TTC 進行測試的山柿及青剛櫟，山柿種子於染色後，所有種子的胚芽及胚乳皆呈現深紫紅色，因此較無顏色深淺判定之問題，然青剛櫟種子則出現不同種子各具深淺不同之紫紅色，且有些種子的胚乳甚至未被染色，但本研究未針對胚乳是否染色或染色深淺加以區分活力強弱，僅將種子胚芽有染色者，視為具有活性之種子。造成青剛櫟有較多種子未被染色的原因之一，可能是從採摘到實驗開始，種子有將近一個月的時間存放於冰箱中，期間雖時常更換報紙包裹，以防種子過於潮濕而發霉，但開始試驗時仍發現有種子底部杯斗發霉，甚至從種殼底部流出褐色液體，因此可能已有部分種子開始劣化，然而從外表未能辨認種子是否劣變，因此影響活力測驗結果。

以直接播種萌芽方式取代 TTC 檢測之結果，雖然無法快速得到種子活性，但在生長箱環境下，設定適合種子萌芽的環境，控制環境

變因，儘可能規則且迅速完成萌芽。然本研究所採用的植物，有部分種子具休眠特性，因此也會先以層積處理解除休眠，而後才進行活力測驗的直接播種，以期能降低因直接播種而低估種子活性的情況。本研究唯一進行 TTC 檢測之非堅果種子為山柿，活性不因黑熊消化而改變，維持 100%。然若和直接播種的資料相較，則發現未去除果肉的對照組種子，總體萌芽率於生長箱及苗圃分別為 94%，98% (n=100 顆種子)，此值除了不及 100% 之外，也顯示不同環境對種子萌芽之影響不一。此情況也出現於其他種類的種子，唯影響程度因種類而有所不同 (圖 4-9)。而消化組或對照組種子，於萌芽試驗期間，常受到外在因素例如發霉或高溫影響，也會使試驗結束後得到的種子萌芽率，結果會與活力測驗得到的種子活性結果有所不同。

山櫻花無受損程度之種子，於生長箱及苗圃的整體萌芽率分別為 29%、27.9%，研究期間發現，曾因夏季三十度以上的高溫，而一度使苗圃環境下的山櫻花種子停止生長，生長箱環境下的山櫻花，也在溫度改為 28°C 一段時間後便停止萌芽，苗圃的山櫻花種子直到再一個冬季低溫開始，才又陸續有種子萌芽。此時也改將生長箱環境下的種子移至 5°C 的環境下直到試驗結束，當生長箱組的環境溫度開始降低後，山櫻花種子才又陸續發芽。因此本研究的山櫻花種子萌芽結果，可能還受到環境溫度影響。

## 二、果實及種子型態

果實的大小常限制了可以將其種子播遷他處的物種 (disperser)，果實型態則是增加種子播遷機會的潛在因子，而大型動物通常較小型動物有能力處理大型果實 (Mack, 1993)。美洲黑熊的研究曾提出，果實可能會受果實特性，例如果實大小、色澤、氣味或營養價值等因素而影響黑熊擇食，而果實型態包括果實類型、大小、種皮厚度、果實漿質的化學成分等，也可能會影響動物進食處理種子的方式 (Auger *et al.*, 2002)。

靈長類對於許多型態各異的植物果實，也會以咬碎後吃入、完整吞食或吃掉果肉吐出種子等不同方式進食。Yakushima macaques (*Macaca fuscata yakui*) 所吞食的果實，通常為軟質、多汁 (sapfruit) 或具果肉 (pulp) 的核果、隱花果 (syconus)，能被獼猴吞食的果實粒徑小至 5.0 mm，最大則可到 25.9 mm，而堅果類及一些仁果類的肉質果實 (5.0-10.0 mm) 則通常被咬碎，果實粒徑在 9.7-35.8 mm 左右的多汁果實及柑果 (hesperidium) 則被吐出 (陳, 1999; Otani and Shibata, 2000; Auger *et al.*, 2002)。

本研究雖未針對果實肉質佔整體比例進行量化，但在觀察熊隻進食七種果實的覓食行為發現，小型肉質果 (粒徑 4.4-9.3 mm) 如核果類的山櫻花、香楠及呂宋莢蒾，以及漿果類山柿 (21.6 mm)，台灣黑熊最常以整個吞食的方式攝食 (80.0-98.7%)，而肉質之仁果 (粒徑 17.9-34.7 mm)，台灣黑熊除了仍以整個吞入的方式進食 (76.5%)，還會有吐出不再吃的行為發生 (22.1%)，此行為最常出現在熊隻將山枇杷果肉吃入後吐出種子。堅果 (12.9 mm) 則以吐出再吃的進食行為比例最高 (佔 38.4%)。

Dennis and Westcott (2006) 指出個別被啃食咀嚼的種子難免死亡，然而種皮堅硬的種子則較軟質種皮者不易遭受咀嚼、啃食或腸道消化，且具有堅硬小種子之果實，其種子有較高比例可以從動物嘴中留存不致遭到破壞。本研究中山櫻花種子之種殼，也可能是排遺中輕度以上受損程度種子較少的原因之一 (表 5)，因其堅硬而間接保護種子免受黑熊咀嚼或消化所造成的磨損。

青剛櫟餵食試驗的四隻受試熊隻中，以收容中心的兩隻個體對青剛櫟果實的接受度最低，實驗初期仍會正常進食果食，但後來的試驗過程，卻出現行為觀察紀錄規範以外的舉動，僅吃入數口便開始出現類似把玩果實的行為，不斷將果食吃入再吐出但並未真正吞下或咀嚼，這可能是造成進食青剛櫟的行為中，出現吐出再吃比例頗高的原因。此亦可看出試驗動物於行為表現上的個體差異情況，然此覓食行

為表現在野外個體的差異性應該不高。

### 三、種子腸道停留時間及熊隻排糞行為

台灣黑熊進食的不同型態果實，漿果類的山柿，其腸道停留的最短時間是六種果實中時間最長的，而三種核果則是六種果實中時間最短。研究者於排遺收集期間，曾觀察到熊隻進食三種核果後，最先排出有種子的排遺質地通常較為稀軟，甚至有不成形而攤成一片的情況，而其他含有另外三種果實種子的排遺質地則較硬實，排遺不易散掉，含有山柿種子的排遺，似乎排遺內的水分不多而顯得有些乾硬，內含台灣蘋果種子的排遺，則甚至呈現凍狀質地。因此推測果實或果肉特性可能會影響種子停留腸道的最短時間，至於種子停留腸道的最長時間，各種類間之差異相對較少。

本研究發現似乎種子粒徑較小的三種核果及台灣蘋果，在黑熊腸道停留的最短時間較另兩種較大粒徑種子短，亦即傾向較早被排出體外。此結果與有些鳥類（Browneared Bulbul, *Hypsipetes amaurotis*）研究結果不盡相同，該研究指出大型種子通常最先被排出，而小型種子則於腸道停留較久（Fukui, 2003），然 Varela and Bucher（2006）則指出，種子大小對體型較小的鳥類而言，會因消化道的限制而使大型種子最先被排泄；但對於大型陸域鳥類（例如食火雞）而言，種子大小並不影響種子在腸道停留時間。小型鳥類對於種子大小的特化處理方式，可用以減低飛行所耗費的大量能量（Traveset and Verdu, 2002）。就陸域雜食性且大體型的台灣黑熊而言，其作用可能就不見得相對重要了。本研究結果雖不若一般認為大型或重量重的種子及果實會被最先排泄的結果（Fukui, 2003），然卻與其他食肉類動物的研究結果相似。即 Pampa fox（*Pseudalopex gymnocercus*）、crab-eating fox（*Cerdocyon thous*）Arctic fox（*Alopex lagopus*）進食不同大小的種子（2、5、8 mm），種子在腸道停留時間並無差異（Graae *et al.*, 2004；Varela and Bucher, 2006）。

除了種子體型可能會影響種子於腸道停留時間之外，研究者利用不同食物組合餵食美洲黑熊，發現若種子被漿質或果肉包覆越多，通常果實也越重，使種子在腸道的停留時間較久（Evan J. Cree, unpublished data）。本研究六種果實各別餵食，雖無直接證據顯示種子是否因其所屬果實的漿質或果肉而影響其腸道停留時間，然現場觀察發現，消化排出的山柿和台灣蘋果的種子外常覆有漿質果肉，或許也可部分解釋山柿是所有試驗種類中，種子停留黑熊腸道期間最長的（最短 9.2 小時，最長 27.8 小時，表 3），唯台灣蘋果似乎沒有類似山柿的情況，推測應該尚有其他複雜的因素可能左右食物停留腸道的時間。

種子在腸道停留時間，與取食者的種類及消化道特性有關，鳥類及食果動物的消化道較短，因此種子在消化道停留時間較短，而體型較大的哺乳動物，則因消化道長度較小型動物長，因此種子有機會於大型動物腸道中停留較久的時間，而有機會被帶離母樹播遷他處（Traveset, 1998）。除了堅果之外，各類種子於黑熊腸道的長時間停留，最短至最長平均 4-28 小時，超過 80% 的種子於進食後 5-25 小時內排出，且每日大量而多次的排糞量（約 5-8 坨），亦顯示台灣黑熊將大量種子播遷至母樹以外的潛力不容忽視。

#### 四、種子受損程度

從台灣黑熊進食處理種子的方式來看，本研究觀察熊隻進食青剛櫟後的排遺中，僅發現兩顆完整種子，而將大部分食入的種子咀嚼碎裂，因此對於堅果如青剛櫟扮演種子掠食者（seed predator）的角色。此結果與美洲黑熊的觀察類似，該熊秋冬季食用松果及堅果，常是咀嚼咬碎，而在排遺中無完整形體存在的果實類型（Auger *et al.*, 2002）。然而野外也曾發現含有殼斗科種子的黑熊排遺，此情況可能與櫟實大小有關，較小型殼斗科植物種子，在排遺中被發現的機會較高（黃美秀，私人連絡）。因此，台灣黑熊之於殼斗科種子的播遷角色，攸關完整種子殘留的比例，將有待觀察黑熊對其他比青剛櫟更小



型的堅果之食用狀況。

就台灣黑熊對於非堅果類的其他果實吐出或消化排出的種子數量而言，除了山枇杷有高達 33% 種子吐出，其他種類皆不及 5% (表 5)，但由於消化排出種子乃抽樣該坨排遺中 100 顆種子，故吐出種子的比例應該比此紀錄數據更低許多。這些吐出的種子比例極低，而若在野外情況，則將很難藉由黑熊的移動而將種子攜離，播遷到母樹以外的地區。由此觀察，亦可將台灣黑熊於生態系中的營養棲位 (trophic niche) 界定為以果實及種子為食之 "frugivore-granivore" (Hulme, 2002)。若再加上台灣黑熊食肉的特性 (Hwang *et al.*, 2002)，本研究則可進一步定義其角色為 "frugivore-granivore-carnivore"。

黑熊所能達到的播遷效果，就帶離母樹距離或是所影響的種子相對數量而言，仍是以消化排出的種子為主。本研究發現黑熊消化排出的種子，受損程度因種類而異，粒徑較小、種皮較硬的三種核果 (山櫻花、香楠、呂宋莢蒾)，外覆果肉種子在排遺中出現的比例 (約佔 15-40%，表 5) 相對高於其他種類，且無受損程度種子也佔多數 (52-83%，表 5)。而本研究亦發現種皮越軟的種子，磨損程度似乎越趨嚴重，其中最明顯的例子便屬山枇杷，無受損種子不及 24%。貂科動物 (*Martes foina*) 腸道消化杜鵑花科 (Ericaceae) 的 *Vaccinium myrtillus* 軟質地種子後，對該種子之種皮有明顯的磨損 (Schaumann and Heinken, 2002)；其他研究也指出，種皮較軟的種子易在腸道中磨損，而使內部的胚有機會受消化液侵蝕 (Traveset, 1998)。

種子磨損程度除了與果實或種子型態 (大小、重量、種皮厚度、種子外層覆蓋物質化學成分等；Traveset, 1998) 有關之外，本研究結果顯示，六種非堅果類種子於腸道停留時間越久，重度受損種子的比例似乎有增加之趨勢 (例如香楠、山枇杷、山柿，表 6)，而外覆果肉的比率則有隨之遞減之趨勢 (如山櫻花、香楠、呂宋莢蒾、台灣蘋果)，雖然腸道停留時間長短，對於不同種類種子的影響大小不盡相同，結果卻與一般認為腸道停留時間，會促進種子表面的磨損，包括

移除果肉及造成種皮磨損的情況相符。

## 五、種子萌芽率及趨勢

### (一) 種子外層包覆物質及熊消化處理

綜合生長箱及苗圃環境下，未經熊處理的對照組和經過熊消化的種子，六種非堅果果實的試驗結果皆顯示，無受損的完好種子，萌芽率皆大於外覆果肉的種子。此結果指出去果肉作用（deinhibition effect, Robertson *et al.*, 2006）對於種子萌芽具有促進作用。去果肉作用通常是藉由比較人工移除果肉和完整的果實的萌芽率而評估之（Samuels and Levey, 2005）。種子外層包覆果肉雖可吸引動物取食而幫助傳播，但也可能是阻礙種子發芽的物質，甚至容易因此感染細菌或受昆蟲危害而死亡（Sathyakumar and Viswanath, 2003），而透過熊類消化處理可去除果肉促進萌芽。

現有的文獻多指出，種子外層包覆物質常是限制種子萌芽的原因之一，當限制萌芽的抑制物藉由移除果肉而去除，則有助於種子萌芽生長（Traveset, 1998; Robertson *et al.*, 2006）。薔薇科（*Rosaceae*）植物果實通過鳥類消化道後外層物質去除的種子，萌芽率普遍高於未經過消化的完整果實（Yagihashi *et al.*, 1998; Yagihashi *et al.*, 1999）。亞洲黑熊所食用的灰木科種子，在野外若種子外層完整包覆果肉，則種子會延後將近五個月才發芽，還會因為外層的包覆物質而易受病蟲危害，使種子存活率降低（Sathyakumar and Viswanath, 2003）。林業上處理林木種子使其發芽時，便常將種子外層包覆物質去除，再配合後續濃酸侵蝕或機械割傷等方式，以利種子萌芽（林，1996），而黑熊在進食與消化過程去除種子外層果肉或對種皮造成磨損，或許也有相同功效。

食果性動物對於種子萌芽的直接影響，除了去果肉作用之外，另

一種途徑為種子的層積作用 (sarification effect)。此作用可藉通過動物腸道排出和人為移除果肉方式比較評估，可增加種皮對於氣體和水分的通透性 (Samuels and Levey, 2005)；或者，反而會因此損傷胚的活性，而影響種子活性 (Traveset, 1998)。本研究藉由控制磨損程度，綜合外覆果肉及無受損兩種種子，發現其中 4 種果實經熊消化排出的種子，萌芽率分別高於對照組的種子，包括山櫻花、香楠、呂送英蓮、台灣蘋果，另二種果實 (山枇杷、山柿) 則無顯著差異。顯示消化道的層積作用對於不同種類種子可能有不同影響。

山枇杷、山柿種子雖具外覆物質，但萌芽率卻比其他五種外覆果肉種子萌芽率高，且幾乎沒有受到熊消化道產生的層積作用影響，推測可能與該種子無休眠特性有關，故種子於環境適當下便能直接萌芽。此外，試驗操作過程中，有將對照組中的兩種果肉部分破壞，露出部分較薄的果肉，並非像其他四種果實的種子深埋於果皮及果肉中，因此種子有機會受到光照、吸收養分及空氣，此可能導致山枇杷、山柿外覆果肉或膜質種子相較於對照組或熊消化組皆有較高的萌芽率之原因。

綜合生長箱及苗圃的萌芽環境，比較外覆果肉與無受損種子，相對於對照組與熊消化組的萌芽率，本研究發現種子萌芽受單純的去除果肉的促進作用 (即去果肉作用) 比黑熊消化處理 (即層積作用) 明顯。此與 Traveset (1998) 匯整 68 屬 183 種植物發現，動物腸道所產生的層積作用其實很小而且不一致的結論相符。雖然這些研究主要以鳥類為多，且作用常因不同的播遷動物及種子種類而異 (Wenny, 2000; Kelly *et al.*, 2004; Robertson *et al.*, 2006)。

## (二) 腸道中停留時間及受損程度

消化排出的過程對種子是正面或負面影響，將進一步影響種子是否可成功萌芽 (Traveset and Verdu, 2002)。由於以往的研究多以靈長

類或鳥類居多，這些動物體型通常較小，或具有不同的消化腸道系統，覓食行為也有所差異，故對於大型食肉類動物如台灣黑熊的種子播遷效的解釋可能有所出入。雖然本研究顯示經黑熊消化處理後，種子之萌芽率或萌芽時間皆有促進的作用，然而也發現若種子受損嚴重，可能傷及胚芽則反會降低萌芽率，而且對於不同果實種類的影響層面及程度也不一。

種子於腸道停留時間長短，常會影響種子受腸道磨損破壞種皮的程度，且隨種子在消化道停留時間越久，萌芽率反而隨之降低 (Traveset and Verdu, 2002)。種子的磨損程度，是受到動物進食過程中的咀嚼作用，以及腸道的機械和化學作用而造成，這些作用相當於機械力割傷方式，可打破硬粒種子的休眠，故有增加種子萌芽的機會。另一方面，對某些種子而言，消化道內的環境就像暖濕的生長箱環境，提供相當於暖化處理的環境也可打破種子休眠。

本研究發現種子於腸道停留時間除了會影響種子磨損程度之外，對於同一磨損程度種子的萌芽率影響，除了山枇杷之外，其他種類皆不明顯；而且腸道停留時間及磨損程度的交互作用，對於所有試驗種子的影響也不顯著。腸道停留時間長，有機會增加種子種皮受損，對於種皮較厚或內果皮堅硬的種子，可促進種子氣體與養份交換而有利種子萌芽，而即使是在腸道中停留較久萌芽率逐漸降低的種子，也因為有機會被熊帶離到較遠的環境排放，而遠離母樹下的同種競爭及掠食 (Cypher and Cypher, 1998; Fukui, 2003; Varela and Bucher, 2006)。

山枇杷經熊消化依次於 A 至 D 時段排出的無受損至重度受損種子，其萌芽率皆隨時間而遞減。推測可能因為山枇杷本身種皮極薄，便極易萌芽，且無休眠行為，所以在腸道中停留時間越長，則增加種子暴露於消化液的風險，導致萌芽率降低。

試驗期間也發現，受損程度在輕度以上而種殼有破損或裂隙的種子，黴菌便容易由受損處生長，實驗結束時檢視不生長的種子，通常是發霉劣化導致種子死亡，或是種子內部種仁已腐化只留下種殼的情況，而例如香楠或是山枇杷則可從裸露的種仁顏色看出，當顏色轉為暗褐色或黑色，該種子直到萌芽試驗結束，期間皆不會有萌芽跡象，甚至軟化腐爛。因此，本研究對於試驗結束時，沒有萌芽種子檢定為壞死，錯估種子休眠的情況應該十分有限；試驗種子的死亡，可能由後續環境造成，而非黑熊進食或消化後所造成。

經過熊消化的種子，比對照組萌芽率高或提早萌芽的情況，在馬來熊、美洲黑熊及亞洲黑熊消化後的實驗組，萌芽天數提早對照組 4 天至 4 星期左右 (McConkey and Galetti, 1999; Auger *et al.*, 2002; Sathyakumar and Viswanath, 2003)。小型雜食性食肉目動物 (Red fox *Vulpes vulpes L.*、Pampa fox *Pseudalopex gymnocercus*、crab-eating fox *Cerdocyon thous* 及 Arctic fox *Alopex lagopus*) 的研究亦顯示經過消化後的實驗組種子，萌芽率不但高於對照組，且萌芽時間也比對照組提早，該研究並指出，若能迅速發芽將可減少掠食者對種子的威脅 (Juan *et al.*, 2006; Varela and Bucher, 2006)。

本研究結果顯示，果實經熊消化處理後，排出無果肉包覆的種子中，也包含受到低程度磨損的種子，此情況對種子而言有促進萌芽率的作用，但若磨損程度為中度及重度，則反抑制萌芽之發生。種子外層包覆漿狀物質雖可吸引動物取食幫助傳播，但可能容易因此感染細菌或受昆蟲危害，而妨礙種子發芽或死亡，故經過動物消化的種子因其外層物質被去除，而有利於種子發芽。

靠動物體內消化作用而傳播 (endozoochory) 種子的植物，由於播遷機制牽扯到動物本身處理果實種子的方式、種子在動物消化道中所受理化等因素影響，使種子萌芽的機制變的更加複雜。動物種子播遷的有效性 (effectiveness) 取決質性及量性兩方面 (Jordano and Schupp, 2000; Dennis and Westcoot, 2006)。前者包括果實的處理方

式、種子處理或腸道消化作用、播遷距離、排糞地點等；後者則為動物傳播種子的數量，例如有研究指出，一隻雄性美洲黑熊可在 24 小時內傳播六萬顆葡萄 (*Oregon grape*) 種子，相當具種子播遷潛力 (Auger *et al.* 2002)。

本研究結果顯示相較於自然情況下的自然落果 (外覆果肉對照組)，台灣黑熊對於攝入的非堅果種子不是提高其種子萌芽率，便是提早萌芽的時間 (表 12)。提早萌芽可以減少被種子掠食者取食或病菌感染的機會，進而增加最後成功萌芽的數量。加上由於台灣黑熊的取食量龐大，活動範圍廣大且不固定在同一處活動，藉由覓食活動可將所食入之種子帶至他處。

自然環境中，由於母樹下的可利用資源豐富，病菌、昆蟲或掠食者往往傾向在此集中分布，造成母樹下的種子與苗木死亡率高或更新率低，對植物的種子萌芽及苗木更新與否有極大影響，植物要成功繁衍，則需增加其繁殖體從母樹播遷的距離 (LoGiudice and Ostfeld, 2001)。但若果實或種子被動物帶到鄰近的樹進食，或是吞食種子後很快就排泄出來，皆可能使得種子被帶離母樹的距離極為有限 (Andresen, 1999; Duncan and Chapman 1999)。因此，本研究結論除了中大型的堅果如青剛櫟之外，台灣黑熊為一有效長距離種子播遷者 (legitimate seed disperser)。

## 六、研究限制

本研究雖在餵食新的試驗果實前，會先餵食一定量果實讓熊隻適應，但由於圈養環境下的熊隻某種程度對於人為食物已有特定偏好，因此對野外食物接受時有限制。以青剛櫟而言，雖然殼斗果實是野外台灣黑熊秋冬極為重要的食物來源 (Hwang *et al.* 2002)，但部分試驗的圈養黑熊於進食時出現把玩果實的情況，因此差異將可能影響行為觀察結果。

由於黑熊食量大，故每日需攝食大量食物。本試驗果實皆自野外當季採集得來，因此所需的果實數量時常受到限制。此外雖為同一種植物，但每棵樹或是同一棵樹上的果實成熟期也不盡相同，故應盡量將不同棵樹所採集之果時充份混合，避免尚未成熟的果實只被某些熊吃入的情況。而且當果實成熟後其他掠食者也開始採食，有些掠食者甚至在果實尚未成熟前，即開始食用逐漸成熟之果實，遂造成果實採集上的困難度增加。因此，餵食動物的果實數量因此略有差異，從而限制研究者比較黑熊對於不同果實種類的消化排糞行為的解釋度。

由於每一回試驗會同時收集四隻熊的排遺，因此排遺數量可觀，加上又必須儘可能將同一批排遺內種子在最短時間處理完畢，然於排遺中挑揀種子並非易事，尤其像呂宋莢蒾這種小型種子，更需花時間處理，因此在時間的調配掌控仍須留意，以免種子層積時間相差過多，進而影響種子萌芽時間。

本研究試驗的果實除香楠之外，大部分採集自中低海拔山區，生長環境氣候不若平地炎熱及乾燥，因此在苗圃進行萌芽試驗的種子或許會遇到適應與原生長環境不同的氣候，而與原生地的萌芽率有所差異。尤其若試驗期間盛逢夏季，則還需要注意水分的補充灌溉。

種子於苗圃環境變因複雜，但卻可以提供較接近野外生長的模式。反之，生長箱環境則提供一較穩定且單純的環境，容易釐清影響萌芽的因素。然而生長箱屬於高濕度的密閉空間，研究發現種子容易發霉，故須時常清洗培養皿、種子，並更換濾紙。尤其是外覆果肉種子，會因為外層物質而特別容易發霉，影響萌芽結果。雖然研究者會沖洗發霉的外覆果肉種子，卻也因為果肉與種子連結並不緊密，為避免過度沖洗造成果肉與種子分離，而無法充分洗去果肉上的黴菌，如此還是發生生長箱內的外覆果肉種子，比其他受損程度種子更易發霉的情況，即使勤於更換濾紙仍無法避免，最後常因而導致種子劣化。基於上述影響種子萌芽的環境條件不一，所以如 Vander Kloet and Hill

(2000)所建議，利用野外或接近自然的環境，研究結果將比較可以應用於真實環境中。

## 伍、結論

在進食六種非堅果類果實後，種子在台灣黑熊腸道中，停留最久的時間紀錄約 9-28 小時，種子大量排出的時間主要集中在 5-25 小時之內，加上每食用一種果實平均可排出 5-9 坨含有種子的排遺，顯示台灣黑熊的高排糞量，以及種子長時間停留腸道，具有攜帶大量種子移動到他處傳播的潛力。

七種果實在台灣黑熊腸道消化後種子的狀況，除了青剛櫟僅在排遺中發現兩顆完整種子之外，其他六種種子在排遺中以高達 50-99% 的無受損種子最多，輕度受損及外覆果肉種子也能有 28-48% 的比例。顯示經過台灣黑熊消化排出，大多能將種子外層覆蓋物質去除，而造成嚴重受損的比例則在 5.0% 以下，不至於嚴重破壞而影響種子後續存活的機會。這些經過黑熊消化的非堅果類種子，與各自未處理過而外覆果肉的對照組種子相比，則可發現經過熊消化後，對種子而言較有利於後續的萌芽率提高或是萌芽時間提早。對於具休眠性質的種子，也能因黑熊的消化作用而破除休眠狀態，促進萌芽。因此，在森林生態系中，能長距離遷徙的台灣黑熊，對於所食用之植物種子將是有效的傳播者。



## 參考文獻

- 王穎、陳輝勝、黃美秀、高美芳，1992。台灣黑熊之生態調查及其經營管理策略（III）。行政院農業委員會生態研究第 0130 號。
- 李玲玲、陳主恩，2002。食果動物、種子傳播與植群生態。林業研究專訊。47：10-11。
- 林讚標、莊身田、鍾永立，1993。香楠種子儲藏性質屬於異儲型。林業試驗所研究報告季刊。8：297-300。
- 林讚標，1995。數種殼斗科植物種子之儲藏性質-赤皮、青剛櫟、森氏櫟與高山櫟。林業試驗所研究報告季刊。10：9-13。
- 林讚標，1996。林木種子採集、處理、儲藏、休眠與發芽。台灣省林業試驗所林業叢刊。10：9-13。
- 林佩蓉，2000。福山試驗林食果動物對五種樟科樹木果實與種子的利用。國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。85 頁。
- 林雅玲。2003。福山試驗林糞金龜對於台灣獼猴（*Macaca cyclopis*）所傳播種子的影響。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。65 頁。
- 吳煜慧，2004。玉山國家公園台灣黑熊之生態學研究。國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。70 頁。
- 陳主恩，1999。福山試驗林台灣獼猴(*Macaca cyclopis*)對於植物種子傳播的影響。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。73 頁。
- 陳舜英、簡慶德、陳昱成、張萬龍，1999。珊瑚樹種子之休眠和發芽促進。植物種苗。1：101-110。
- 許碧如、簡慶德、陳昱成，2000。山櫻花種子的發芽促進和儲藏。中華林學季刊。33：283-289。
- 郭華仁，2004。台大農藝學系種子研究室全球資訊網  
<http://seed.agron.ntu.edu.tw>
- 劉崇瑞，1994。台灣樹木誌。國立中興大學。925 頁。

- 謝東佑、倪正柱、簡慶德，2004。台灣原生闊葉彌猴桃種子的發芽研究。台灣林業科學。19：173-176。
- 簡慶德、陳舜英、楊正釗，2002。山櫻花種子層積處理與乾燥處理對發芽與儲藏之效應。台灣林業科學。17：413-420。
- 國際種子檢查規則，1995。行政院農委會。264 頁。
- Andresen, E. 1999. Seed dispersal by monkeys and the fate of dispersed seeds in a Peruvian rain forests. *Biotropica* 31: 145-158.
- Auger, J., S. E. Meyer, and H. L. Black. 2002. Are American black bears (*Ursus americanus*) legitimate seed dispersal for fleshy-fruited shrubs? *American Midland Naturalist* 147: 352-367.
- Baskin, C. C., and J. M. Baskin. 1998. Seed ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. p.173–181. In *Oak forest ecosystems: ecology and management for wildlife* (W. J. McShea and W. M. Healy, eds.). Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.
- Celis-Diez, J. L., R. O. Bustamante, and R. A. Vásquez. 2004. Assessing frequency-dependent seed size selection: a field experiment. *Linnean Society* 81: 307-312.
- Calviño-Cancela, M. 2004. Ingestion and dispersal: direct and indirect effects of frugivores on seed viability and germination of *Corema album* (*Empetraceae*). *Acta Oecologica* 26: 55-64.
- Cypher, B. L., and E. A. Cypher. 1998. Germination rates of tree seeds ingested by coyotes and raccoons. *The American Midland Naturalist* 142: 71-76.
- Dennis, A. J., and D. A. Westcott. 2006. Reducing complexity when studying seed dispersal at community scales: a functional classification of vertebrate seed dispersers in tropical forests. *Oecologia* 149: 620-634.
- Duncan, R.S., and C. A. Chapman. 1999. Seed dispersal and potential

- forest succession in abandoned agriculture in tropical Africa. *Ecological Applications* 9: 998-1008.
- Fukui, A. 2003. Relationship between seed retention time in bird's gut And fruit characteristics. *Ornithological Science* 2: 41-48.
- Garber, P. A., and J. E. Lambert. 1998. Primates as seed dispersers: Ecology processes and directions for future research. *American Journal of Primatology* 45: 3-8.
- Graae B. J., S. Pagh, and H. H. Bruun. 2004. An Experimental Evaluation of the Arctic Fox (*Alopex lagopus*) as a seed disperser. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 36: 468-473.
- Hulme, P. E. 2002. Seed-eaters: Seed dispersal, destruction and demography. p. 257-273 in D. J. Levey, W. R. Silva and M. Galetti, editors. *Seed dispersal and frugivory: Ecology, evolution and conservation*. CAB International, Oxon, UK.
- Hwang, M. H., D. L. Garshelis, and Y. Wang. 2002. Diets of Asiatic black bears in Taiwan, with methodological and geographical comparisons. *Ursus* 13: 111-125.
- Hwang, M. H. 2003. Ecology of Asiatic black bears and people-bear interactions in Yushan National Park. Ph.D. dissertation, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota.
- Jordano, P., and E. W. Schupp. 2000. Seed disperser effectiveness: the quantity component and patterns of seed rain for *Prunus mahaleb*. *Ecological Monographs*. 70: 591-615.
- Juan L. Celis-Diez, R. O. Bustamante, and R. A. Vásquez. 2004. Assessing frequency-dependent seed size selection: a field experiment. *Linnean Society* 81: 307-312.
- Juan, T., A. Sagrario, H. Jesús, and C. M. Cristina. 2006. Red fox (*Vulpes vulpes L.*) favour seed dispersal, germination and seedling survival of Mediterranean Hackberry (*Celtis australis L.*). *Acta*

- Oecologia 30: 39-45.
- LoGiudice, K., and R. S. Ostfeld. 2001. Interactions between mammals and trees: predation on mammal-dispersed seeds and the effect of ambient food. *Oecologia* 130: 420-425.
- Kelly, D., J. J. Ladley., and A. W. Robertson. 2004. Is dispersal seeds easier than pollination? Two tests in new Zealand *Loranthaceae*. *New Zealand Journal of Botany* 42: 89-103.
- Mack, A. L. 1993. The Sizes of Vertebrate-Dispersed Fruits: A Neotropical-Paleotropical Comparison. *The American Naturalist* 142: 840-856.
- McConkey, K., and M. Galetti. 1999. Seed dispersal by sun bear *Helarctos malayanus* in Central Borneo. *Journal of Tropical Ecology* 15: 237-241.
- Otani, T., and E. Shibata. 2000. Seed dispersal and predation by Yakushima macaques, *Macaca fuscata yakui*, in a warm temperate forest of Yakushima Island, southern Japan. *Ecological Research* 15: 133-144.
- Robertson, A. W., A. Trass., J. J. Ladley, and D. Kelly. 2006. Assessing the benefits of frugivory for seed germination: the importance of the deinhibition effect. *Functional Ecology* 20: 58-66.
- Rogers L. L., and R. D. Applegate. 1983. Dispersal of fruit by black bears. *Journal of Mammalogy* 64: 310-311.
- Samuels, I. A., and D. J. Levey. 2005. Effect of gut passage on seed germination: do experiments answer the question they ask? *Functional Ecology* 19: 365-368.
- Sathyakumar, S., and S. Viswanath. 2003. Observations on food habits of Asiatic black bear in Kedarnath Wildlife Sanctuary, India : preliminary evidence on their role in seed germination and dispersal. *Ursus* 14: 99-103.

- Schaumann F., and T. Heinken. 2002. Endozoochorous seed dispersal by martens (*Martes foina*, *M. martes*) in two woodland habitats. *Flora* 197: 370-378.
- Sreekumar, P. G., and M. Balakrishnan. 2002. Seed dispersal by the Sloth bear (*Melursus ursinus*) in South India. *Biotropica* 34: 474-477.
- Traveset, A. 1998. Effect of seed passage through vertebrate frugivores' guts on germination: a review. *Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1: 151-190.
- Traveset, A., and M. Verdu. 2002. A Meta-analysis of the effect of gut treatment on seed germination. p. 339-350 in D. J. Levey, W. R. Silva and M. Galetti, editors. *Seed dispersal and frugivory: Ecology, evolution and conservation*. CAB International, Oxon, UK.
- Vander Kloet, S. P., and N. M. Hill. 2000. *Bacca quo vadis*: regeneration niche differences among seven sympatric *Vaccinium* species on headlands of Newfoundland. *Seed Science Research* 10: 89-97.
- Varela O., and E. H. Bucher. 2006. Passage time, viability, and germination of seeds ingested by foxes. *Journal of Arid Environments* 67: 566-578.
- Verdú M., and A. Traveset. 2004. Bridging meta-analysis and the comparative method: a test of seed size effect on germination after frugivores' gut passage. *Oecologia* 138: 414-418.
- Wang, Y. 1999. Status and management of the Asiatic Black Bear in Taiwan. Pages 213–215 in C. Servheen, C. Herrero, and B. Peyton, editors. *Bears: status survey and conservation action plan*. IUCN, Gland, Switzerland.
- Wang, B. C., and T. B. Smith. 2002. Closing the seed dispersal loop. *Trends in Ecology and Evolution* 17: 379-385.
- Wenny, D. G. 2000. Seed dispersal, seed predation, and seedling recruitment of a neotropical montane tree. *Ecological Monographs*

70: 331-351.

Yagihashi, T., M. Hayashida, and T. Miyamoto. 1998. Effects of bird ingestion on seed germination of *Sorbus commixta*. *Oecologia* 114: 209-212.

Yagihashi, T., M. Hayashida, and T. Miyamoto. 1999. Effects of bird ingestion on seed germination of two *Prunus* species with different fruit-ripening seasons. *Ecological Research* 14: 71-76.

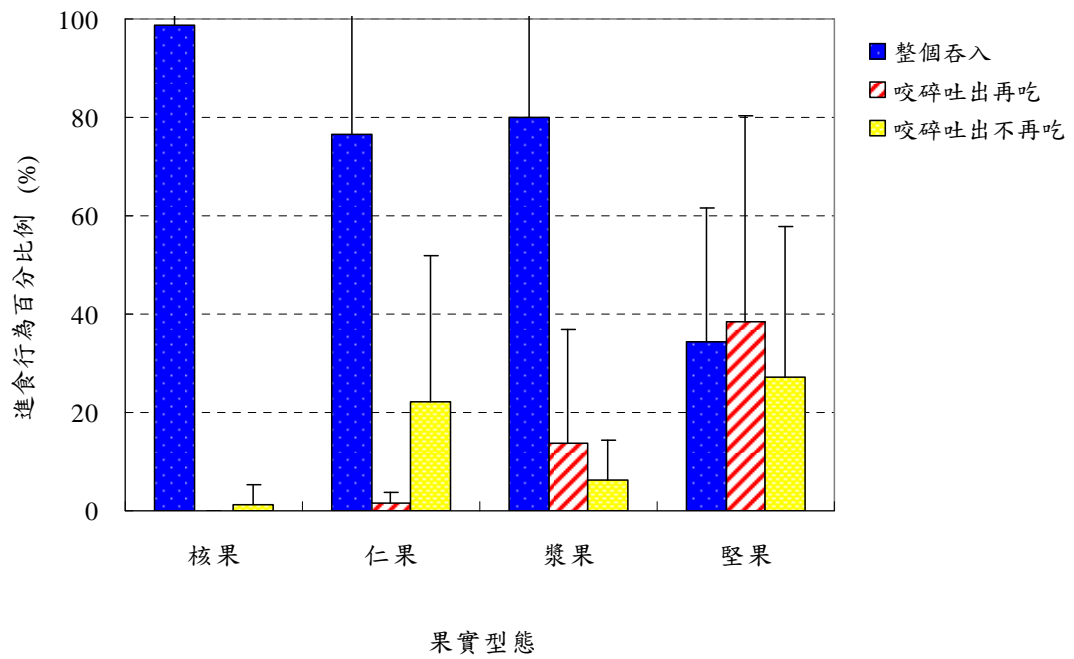


圖 2. 台灣黑熊利用不同類型果實之進食行為表現 (整個吞入、咬碎吐出再吃、咬碎吐出不再吃)

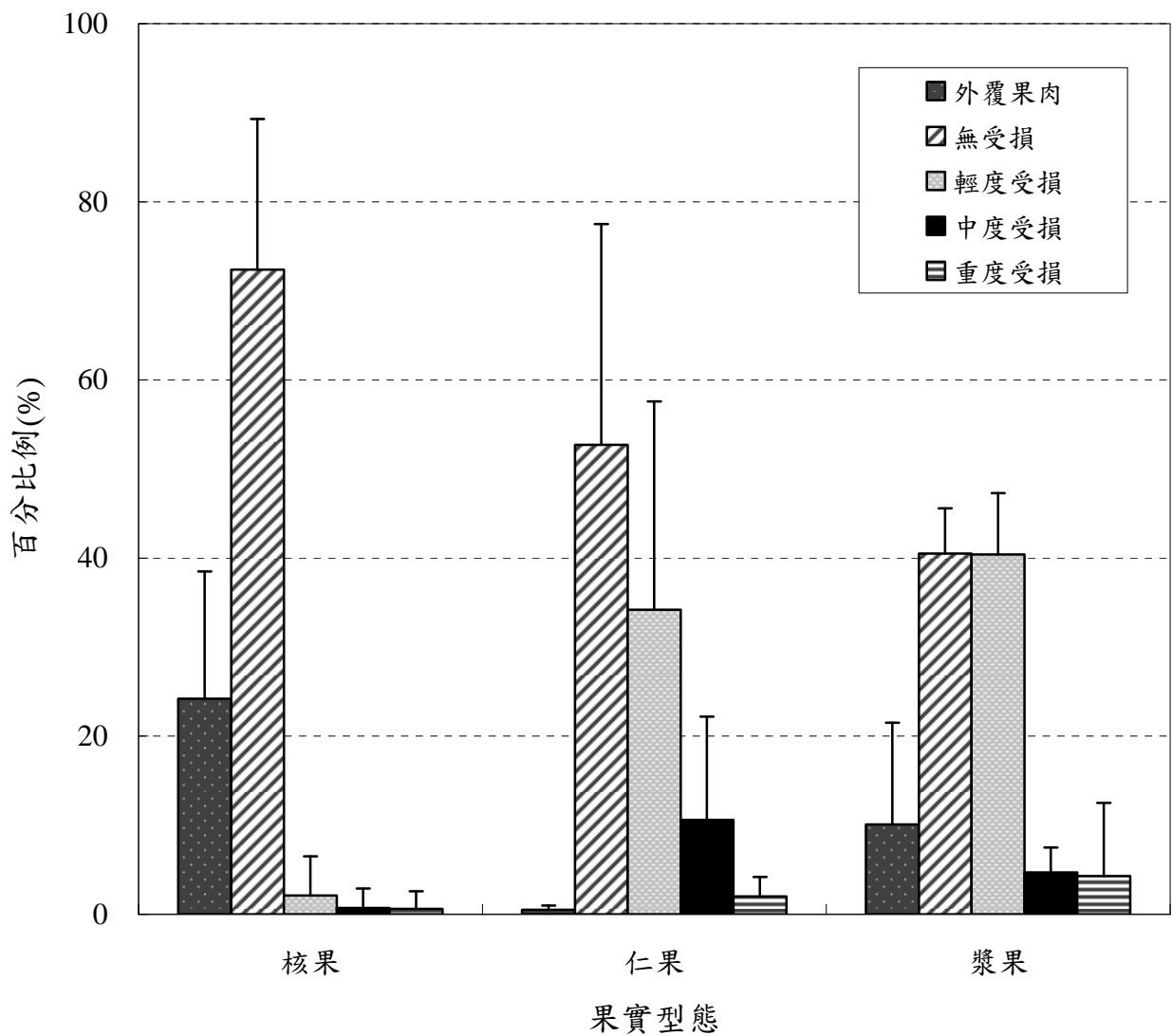
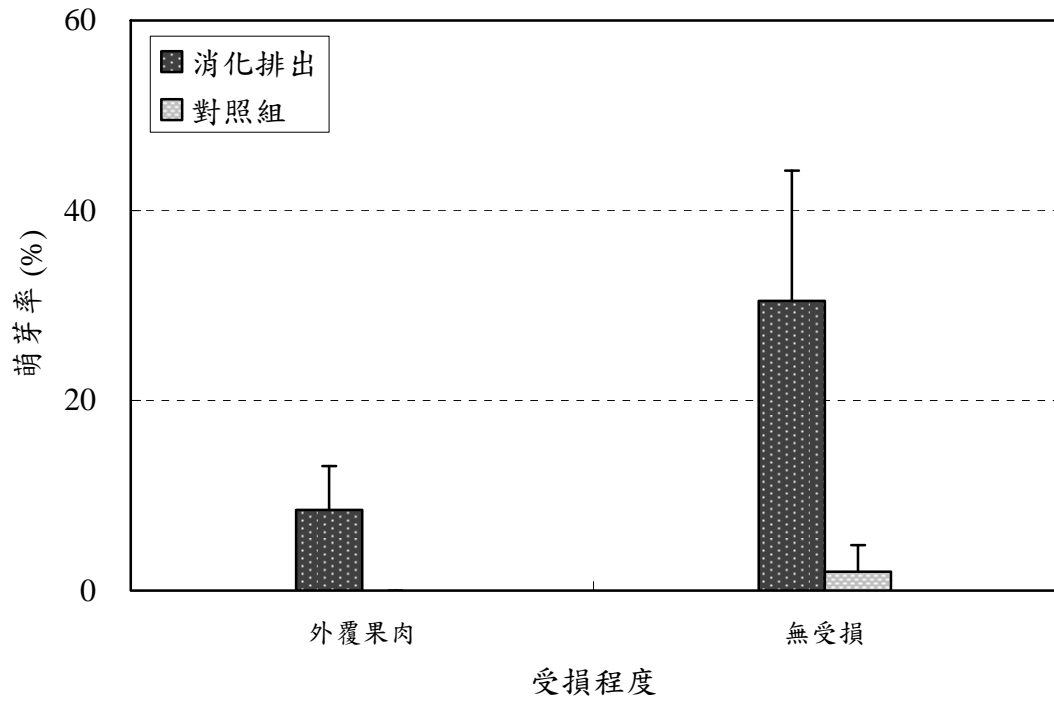


圖 3. 台灣黑熊進食核果、仁果及漿果三種型態果實，造成種子不同受損程度所佔的百分比 (mean±SD)



a. 生長箱



b. 苗圃

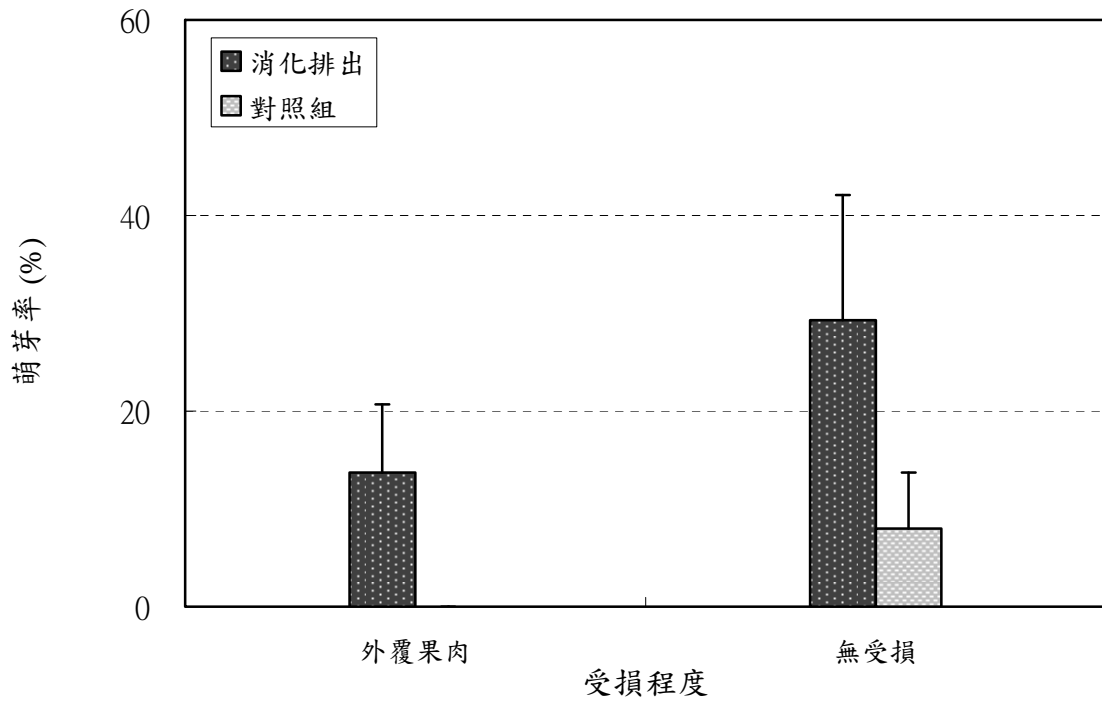
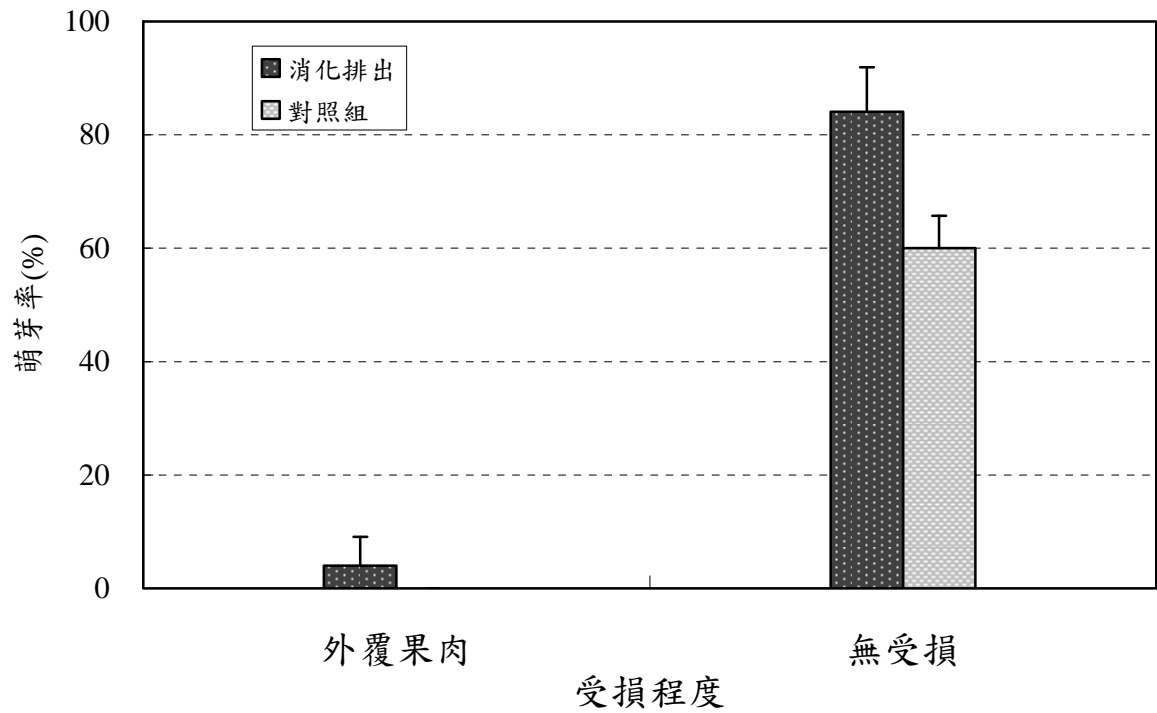


圖 4. 山櫻花種子經台灣黑熊消化排出後，以及對照組種子生長箱 (a) 及苗圃 (b) 環境中之種子萌芽率 (mean±SD)

a. 生長箱



b. 苗圃

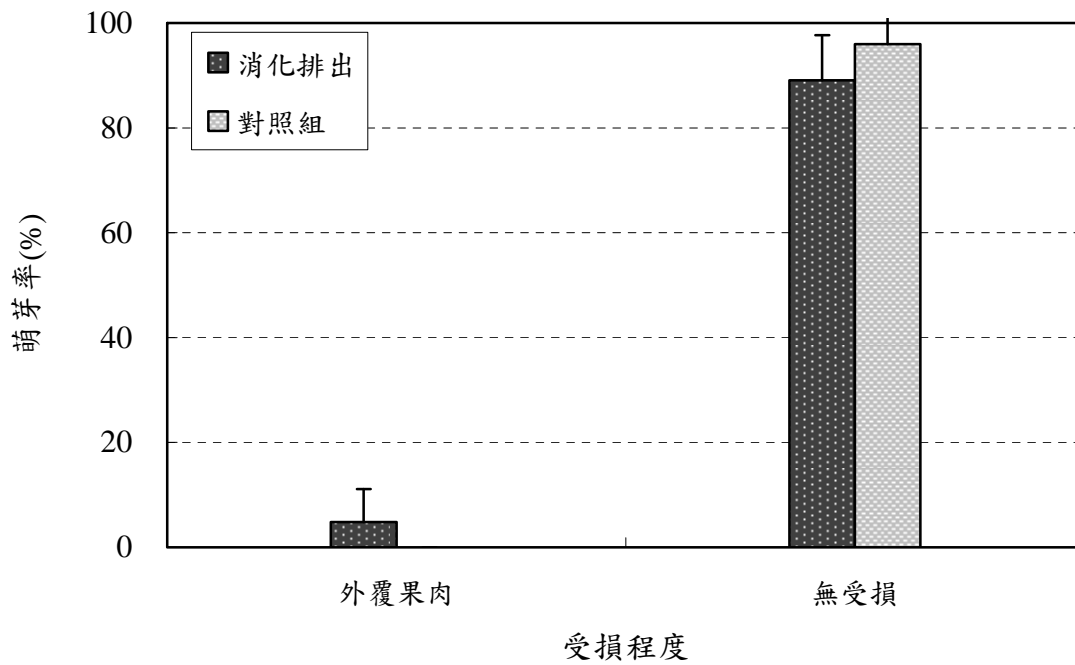
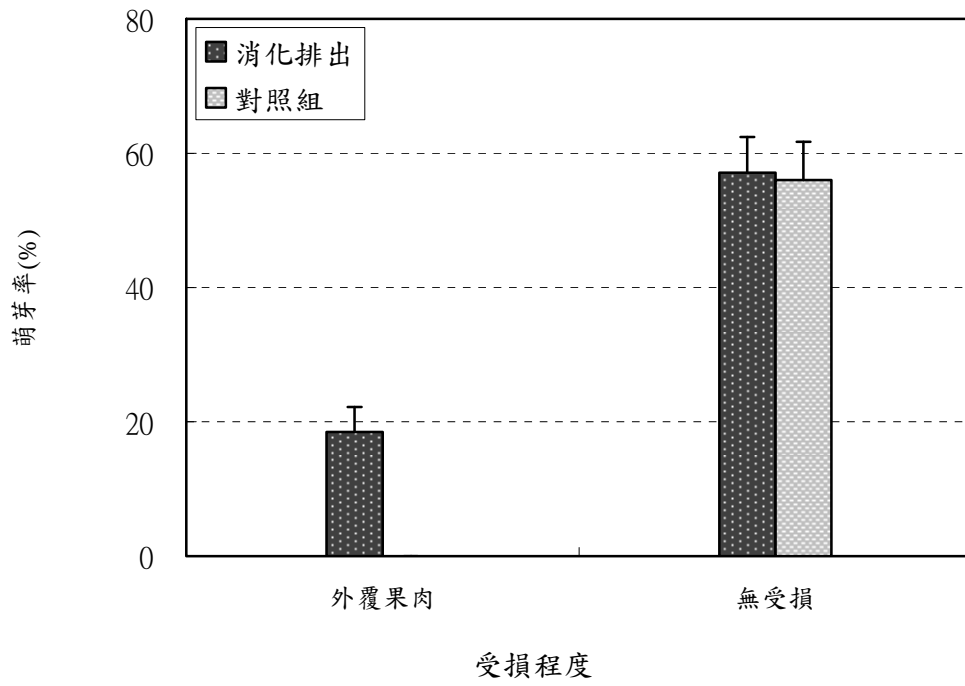


圖 5. 香楠種子經台灣黑熊消化排出後，以及對照組種子生長箱(a)及苗圃 (b) 環境中之種子萌芽率 (mean±SD)

a. 生長箱



b. 苗圃

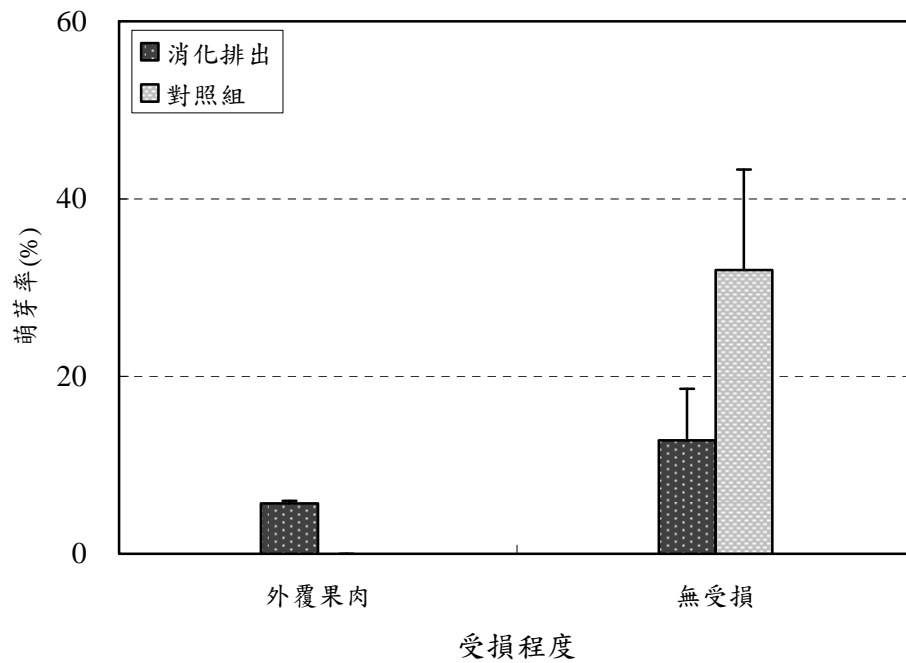
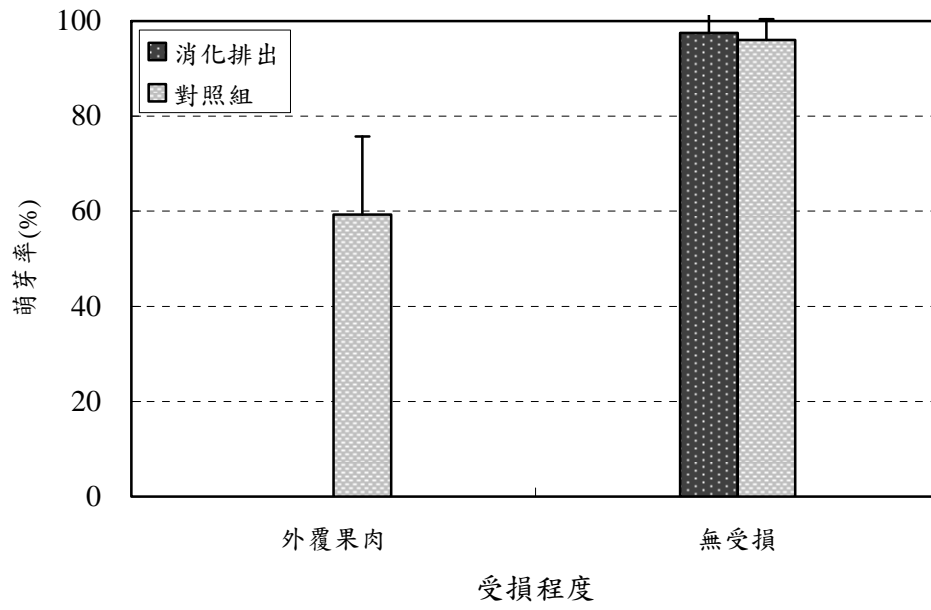


圖 6. 呂宋莢蒾種子經台灣黑熊消化排出後，以及對照組種子在生長箱 (a) 及苗圃 (b) 環境中之種子萌芽率 (mean±SD)

a. 生長箱



b. 苗圃

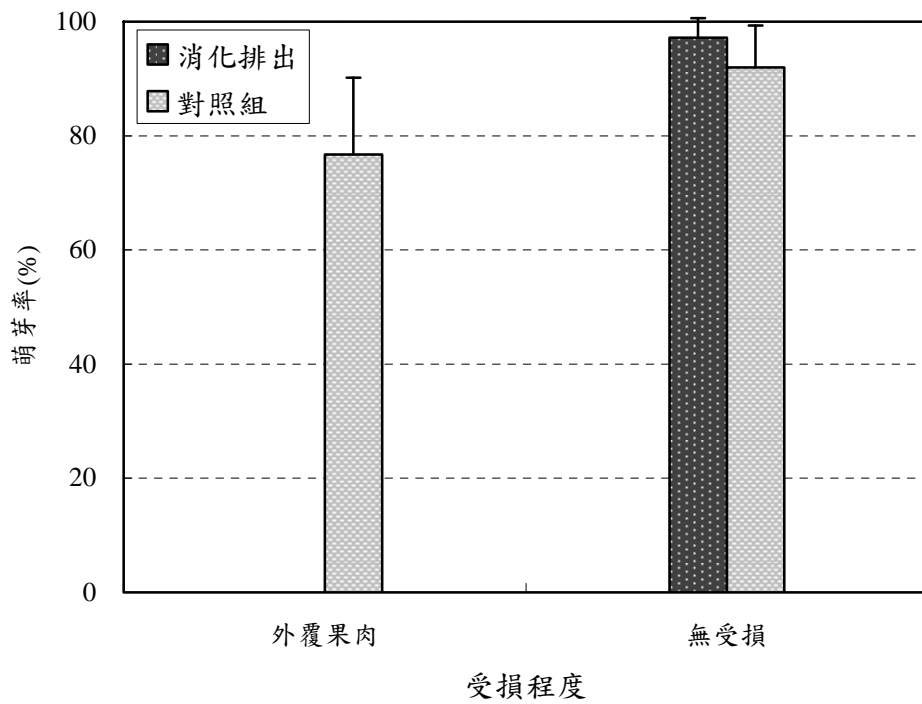
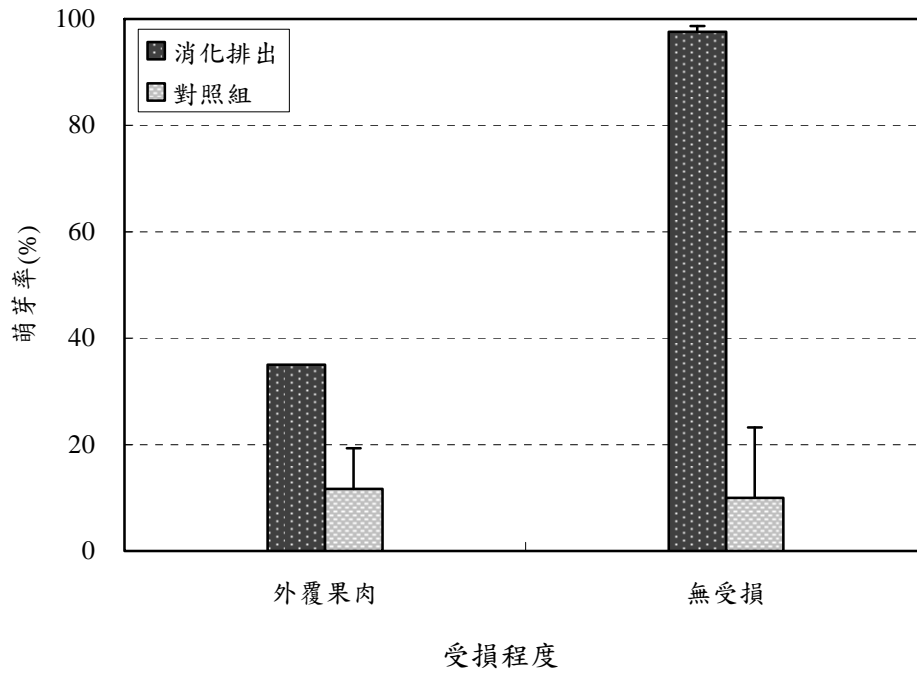


圖 7. 山枇杷種子經台灣黑熊消化排出後，以及對照組種子生長箱 (a) 及苗圃 (b) 環境中之種子萌芽率 (mean±SD)

a. 生長箱



b. 苗圃

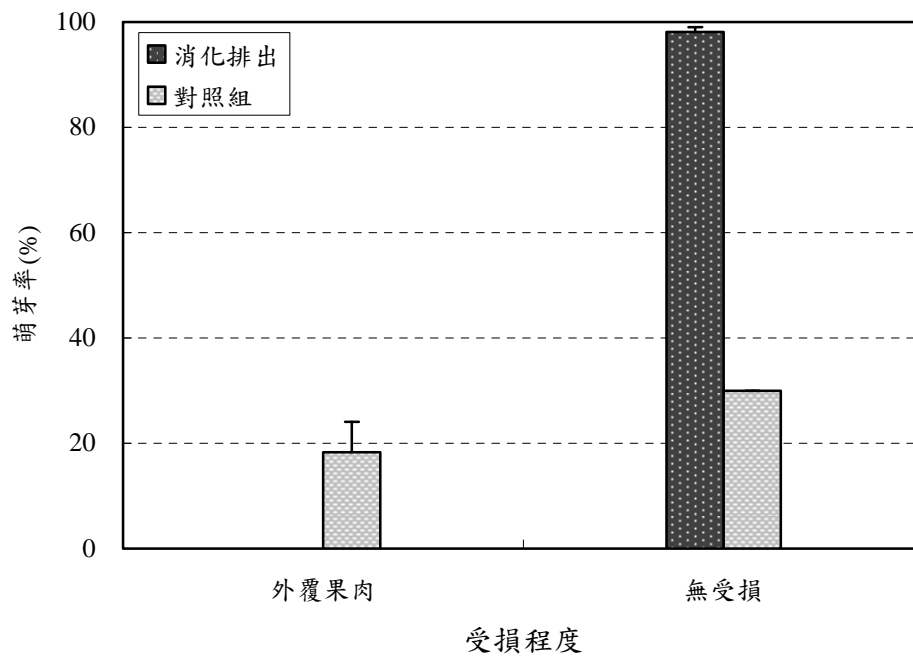
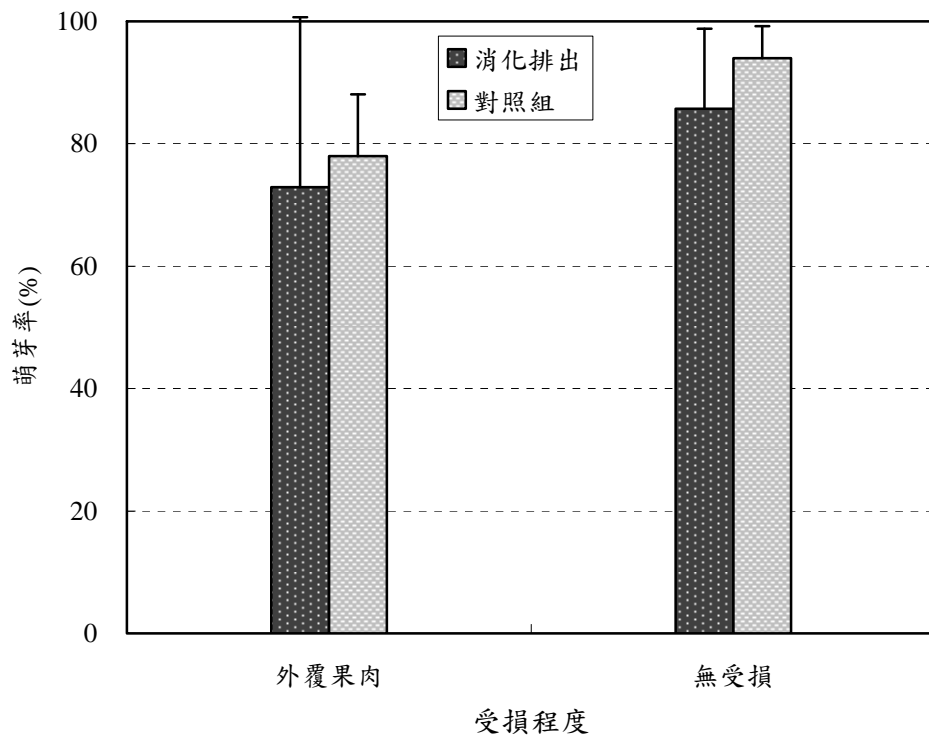


圖 8. 台灣蘋果種子經台灣黑熊消化排出後，以及對照組種子在生長箱 (a) 及苗圃 (b) 環境中之種子萌芽率 (mean±SD)

a. 生長箱



b. 苗圃

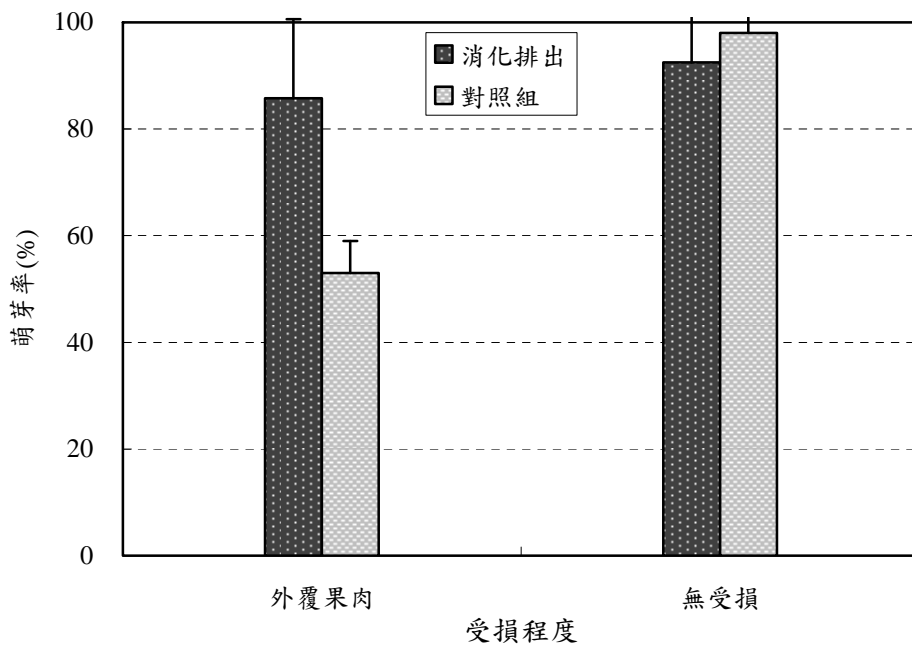
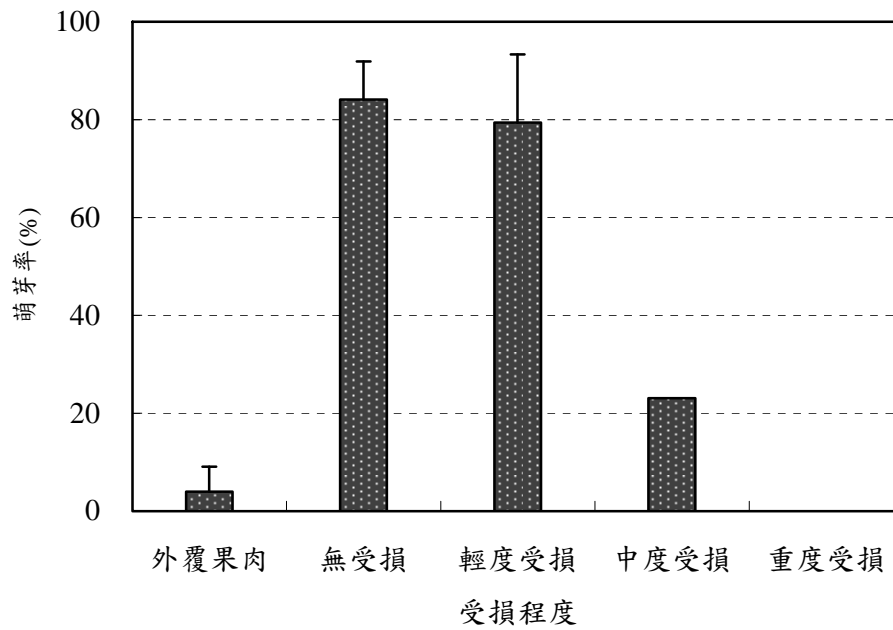


圖 9. 俄氏柿種子經台灣黑熊消化排出後，以及對照組種子在生長箱 (a) 及苗圃 (b) 環境中之種子萌芽率 (mean±SD)

a. 生長箱



b. 苗圃

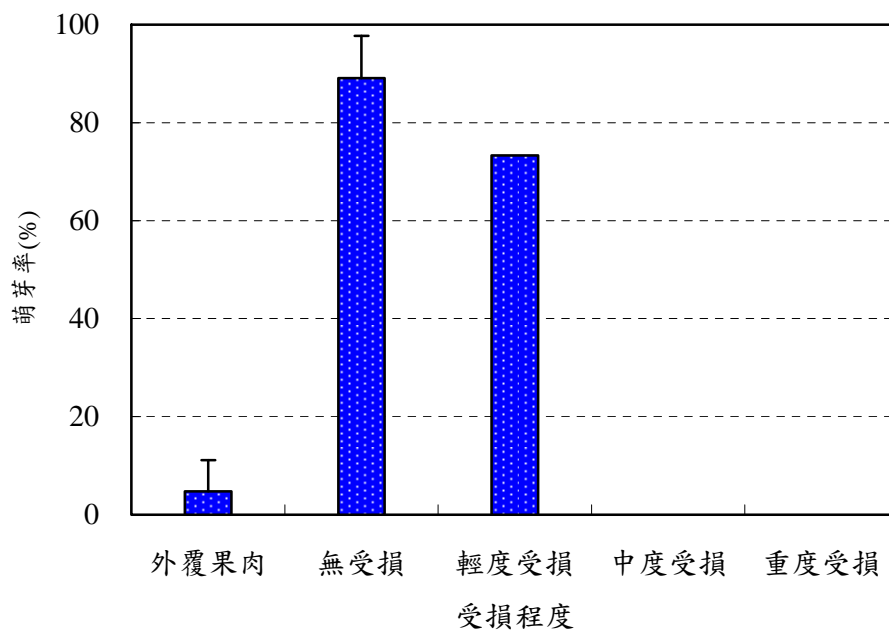
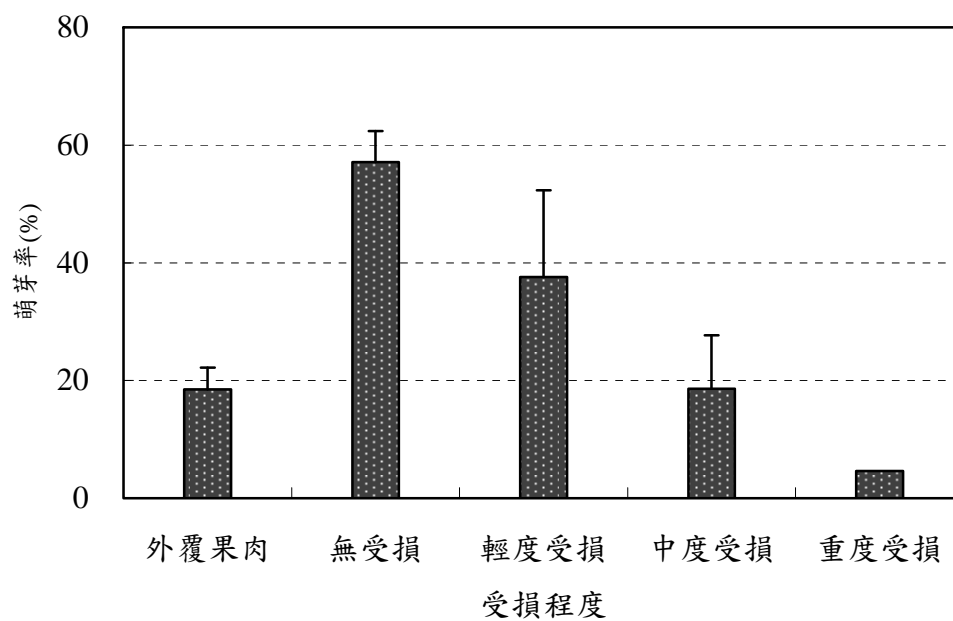


圖 10. 經台灣黑熊消化排出後，不同受損程度之香楠種子在生長箱 (a) 及苗圃 (b) 環境中之萌芽率 (mean±SD)

a. 生長箱



b. 苗圃

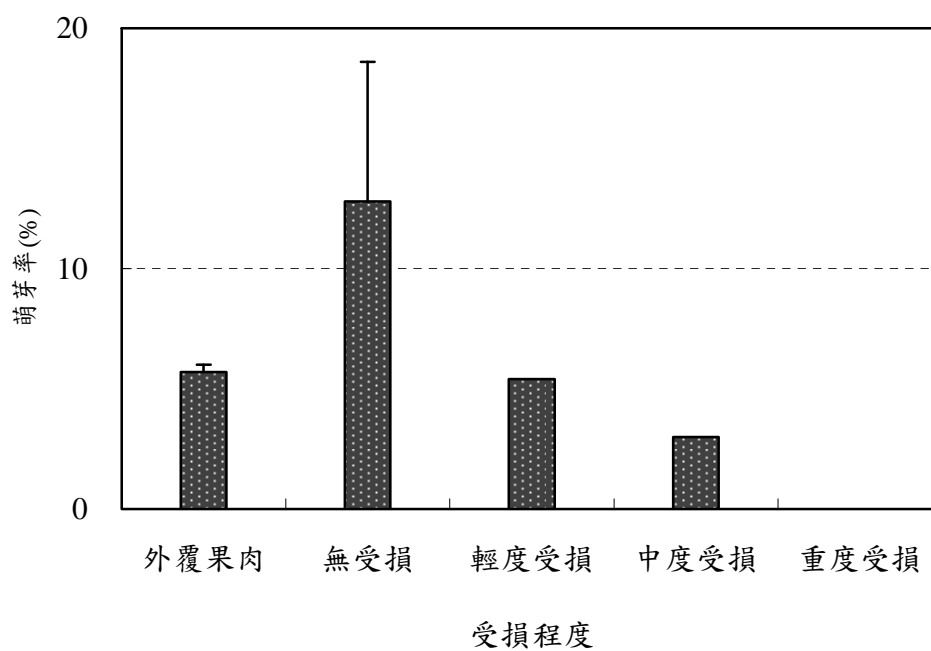
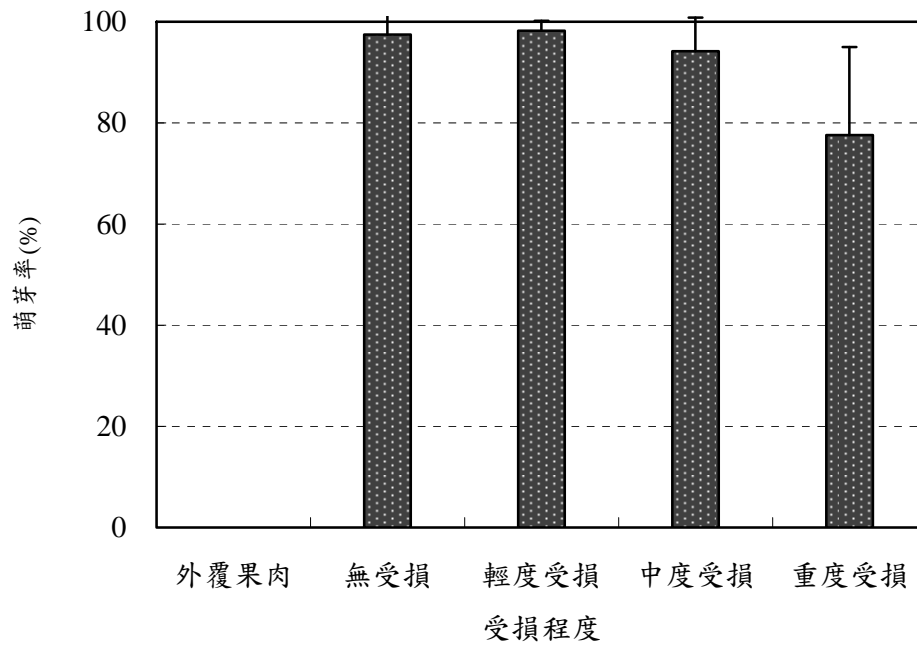


圖 11. 經台灣黑熊消化排出後，不同受損程度之呂宋莢蒾種子在生長箱 (a) 及苗圃 (b) 環境中之萌芽率 (mean±SD)



a. 生長箱



b. 苗圃

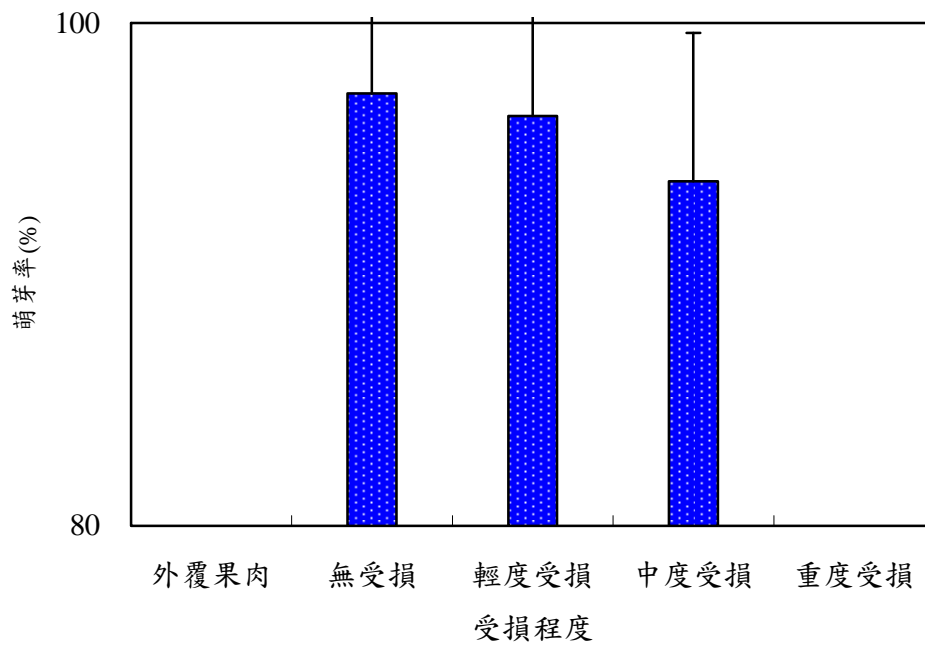
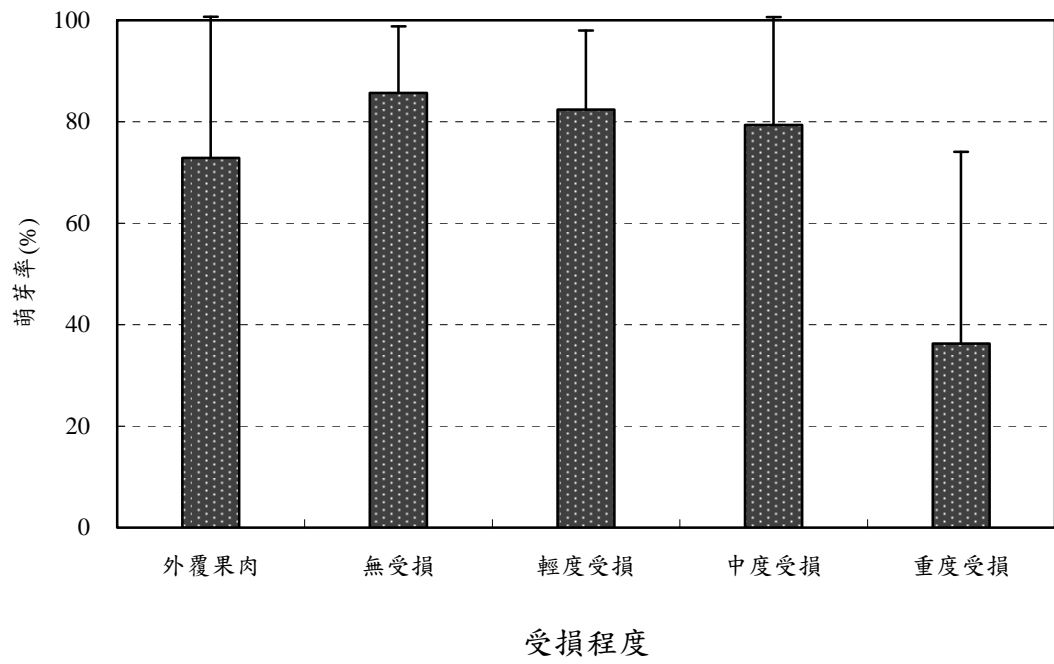


圖 12. 經台灣黑熊消化排出後，不同受損程度之山枇杷種子在生長箱 (a) 及苗圃 (b) 環境中之萌芽率 (mean±SD)

a. 生長箱



b. 苗圃

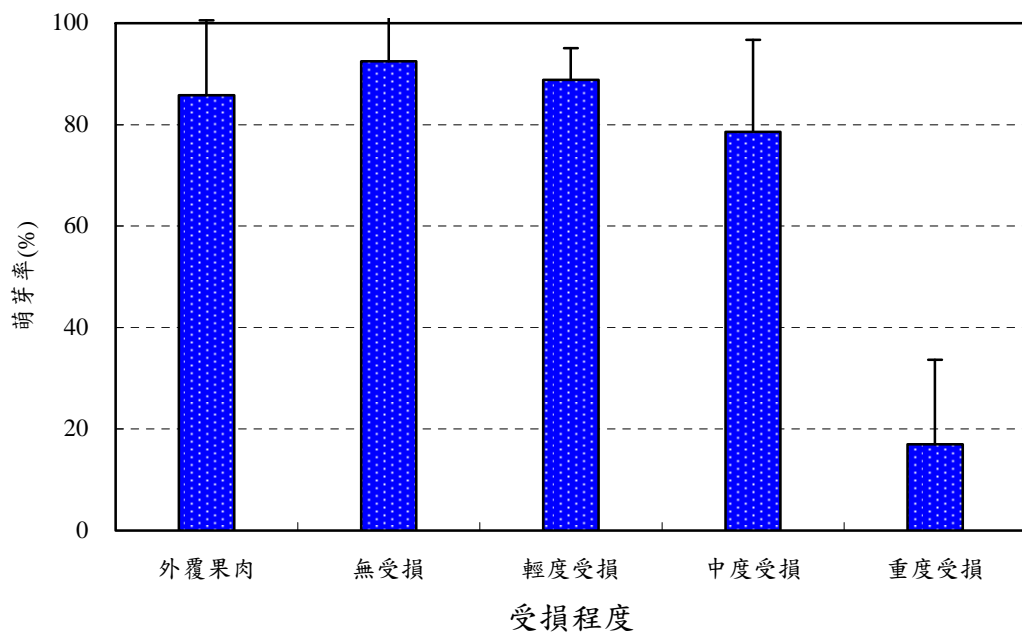


圖 13. 經台灣黑熊消化排出後，不同受損程度之俄氏柿種子在生長箱 (a) 及苗圃 (b) 環境中之萌芽率 (mean±SD)

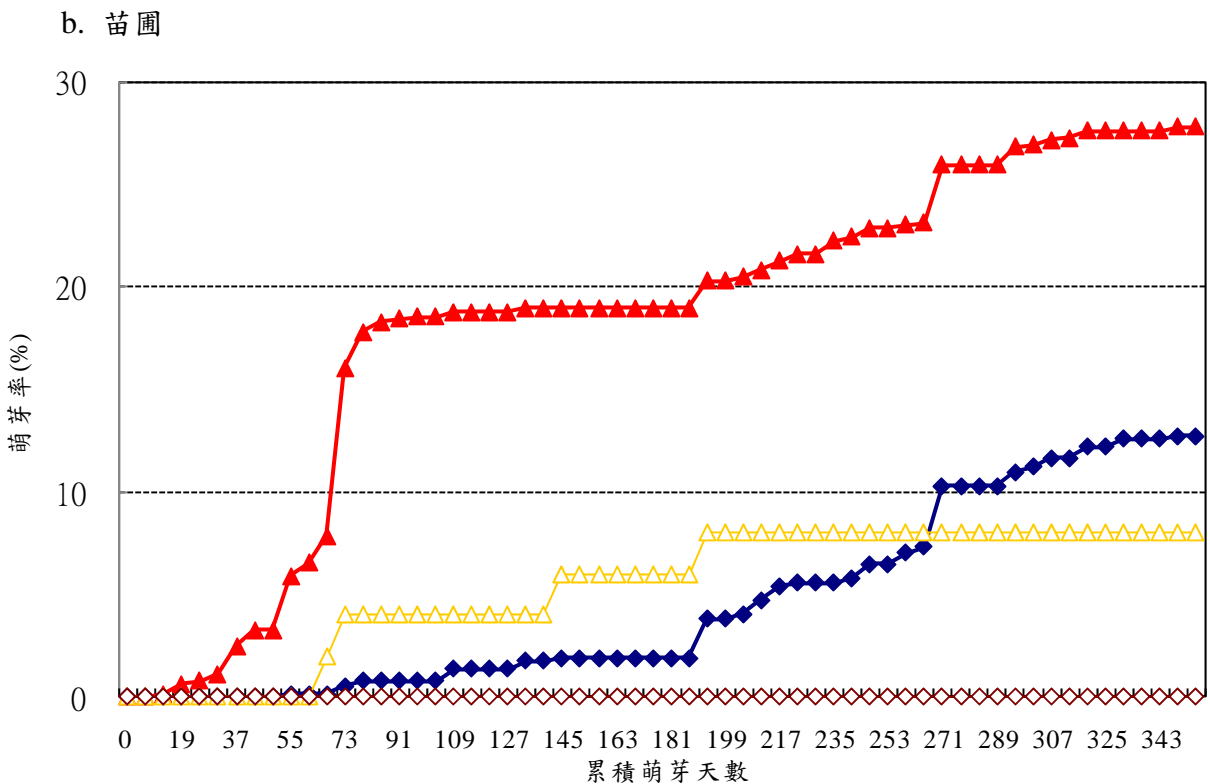
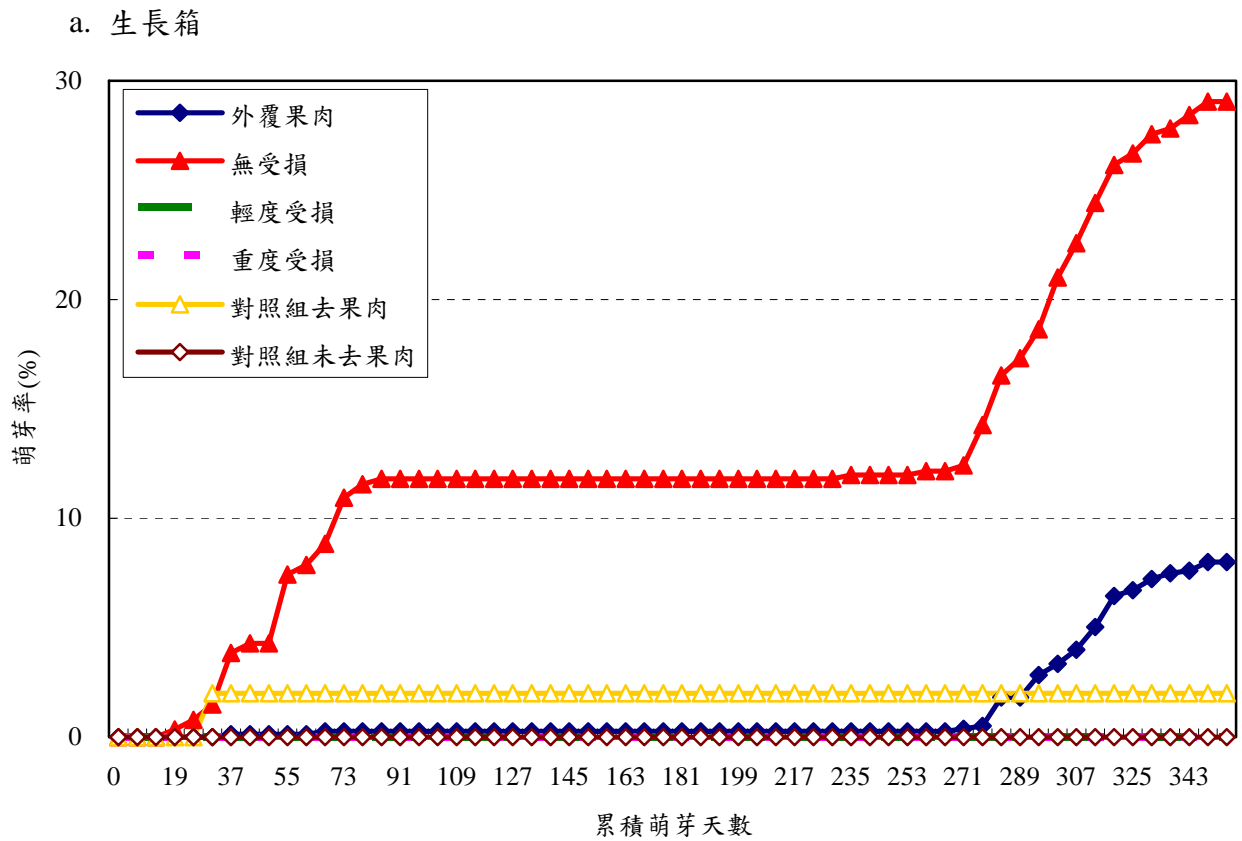


圖 14. 經台灣黑熊消化排出後，不同受損程度的山櫻花種子於生長箱 (a) 及苗圃 (b) 環境下的萌芽趨勢

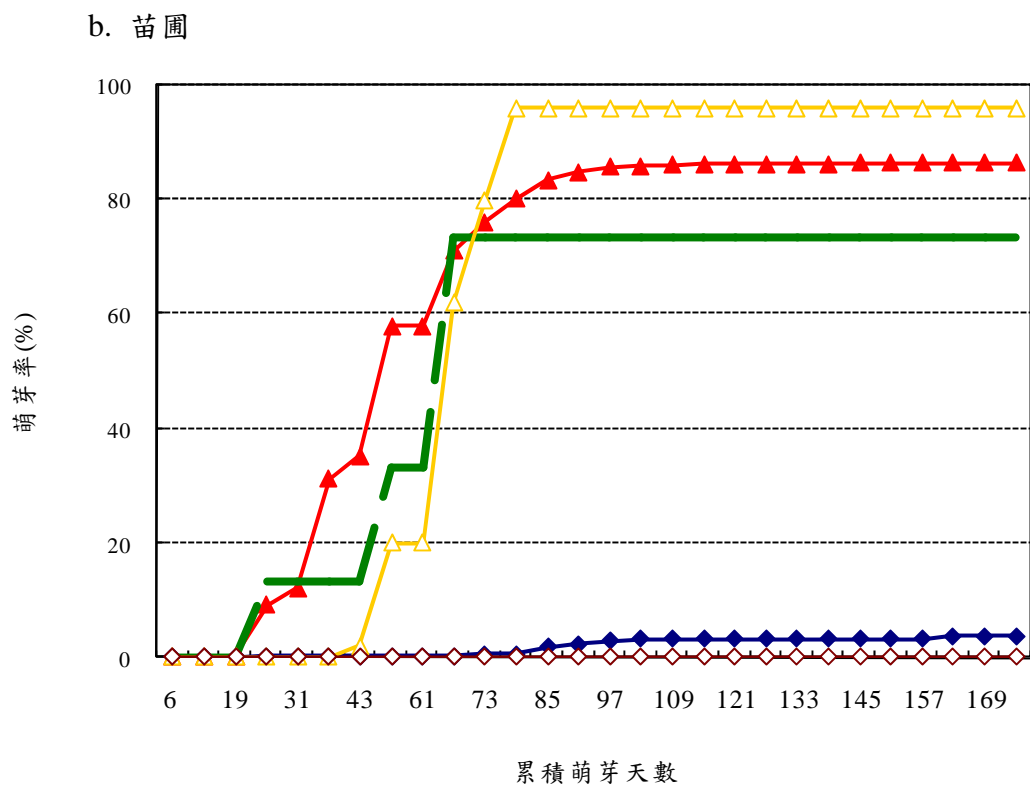
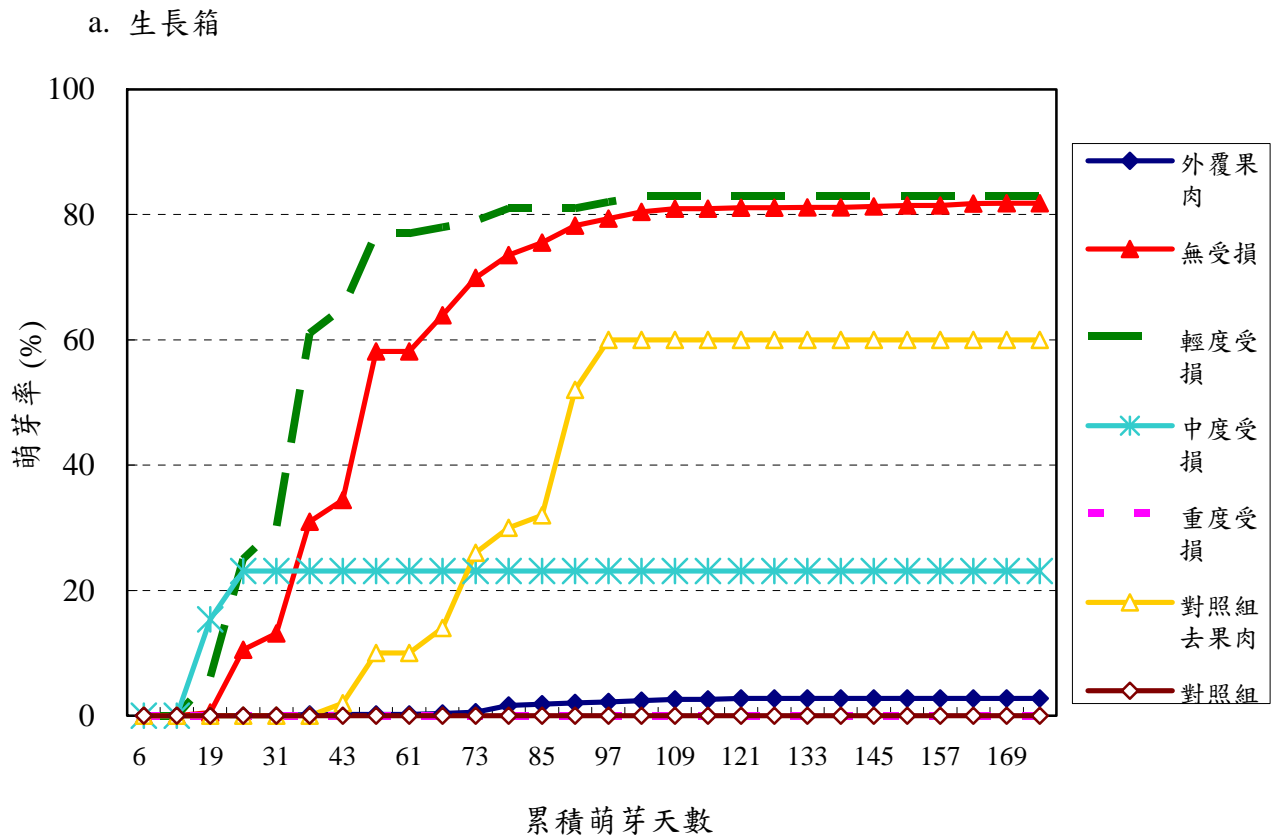
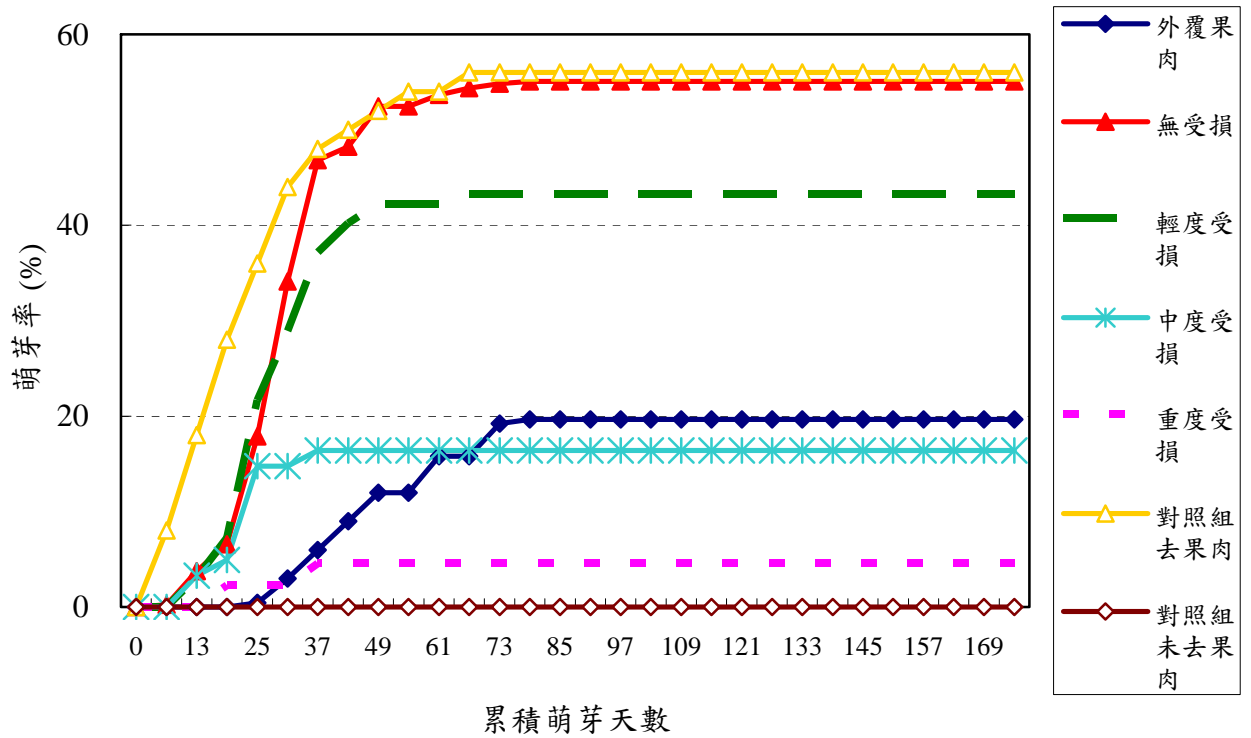


圖 15. 經台灣黑熊消化排出後，不同受損程度的香楠種子於生長箱 (a) 及苗圃 (b) 環境下的萌芽趨勢

a. 生長箱



b. 苗圃

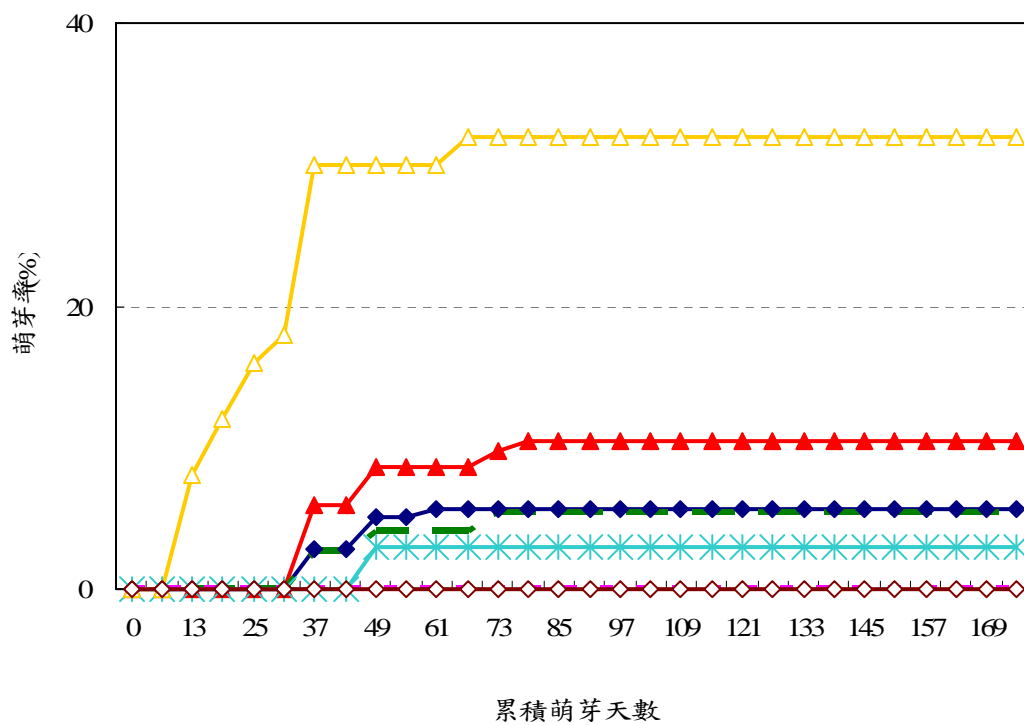
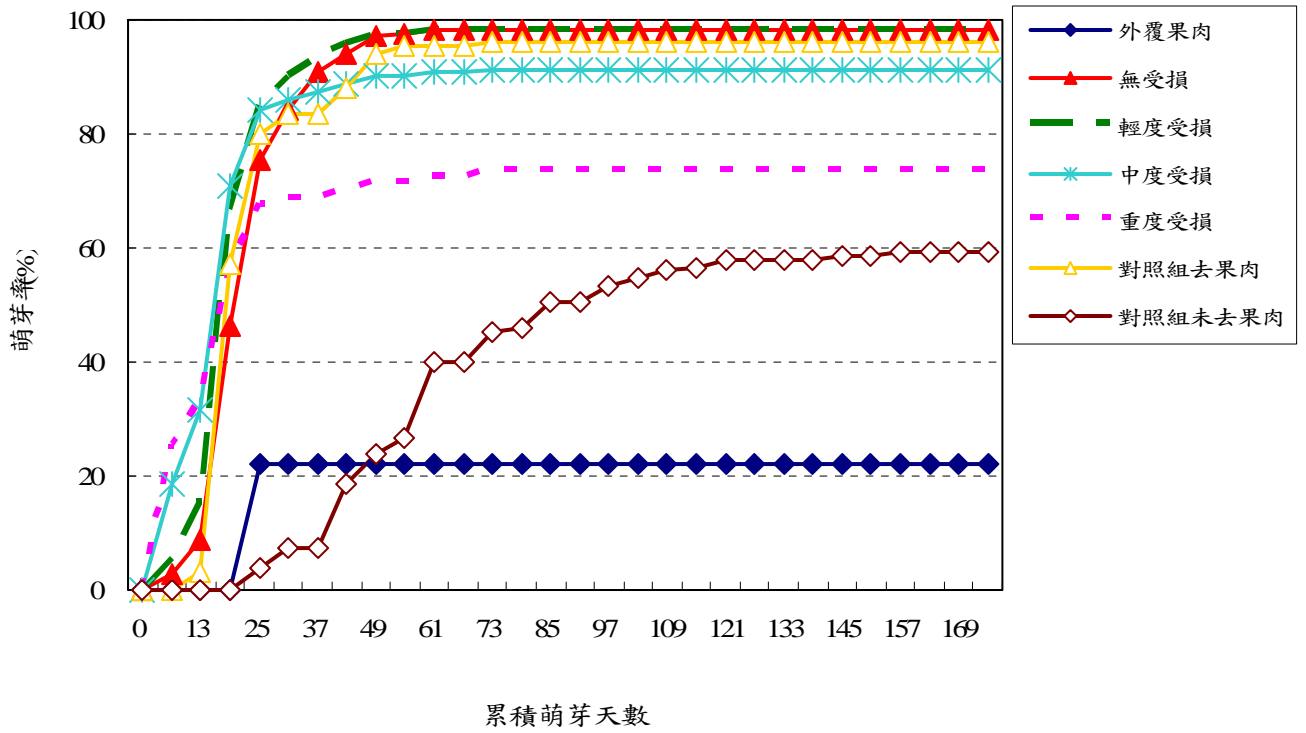


圖 16. 經台灣黑熊消化排出後，不同受損程度的呂宋莢蒾種子於生長箱 (a) 及苗圃 (b) 環境下的萌芽趨勢

a. 生長箱



b. 苗圃

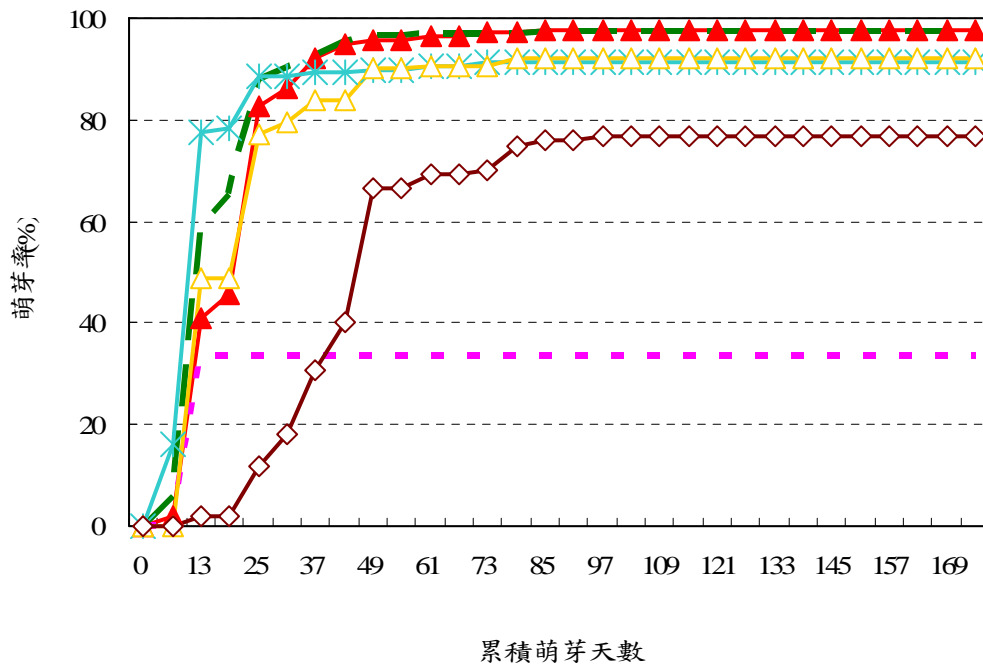


圖 17. 經台灣黑熊消化排出後，不同受損程度的山枇杷種子於生長箱 (a) 及苗圃 (b) 環境下的萌芽趨勢

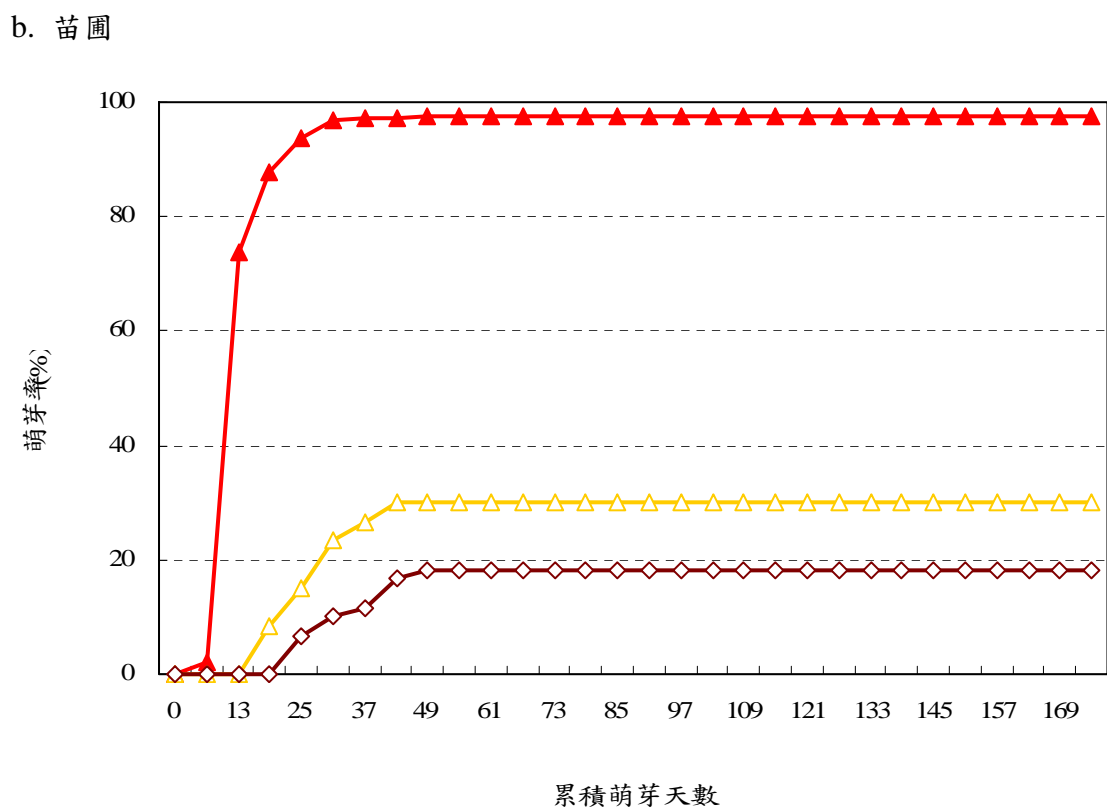
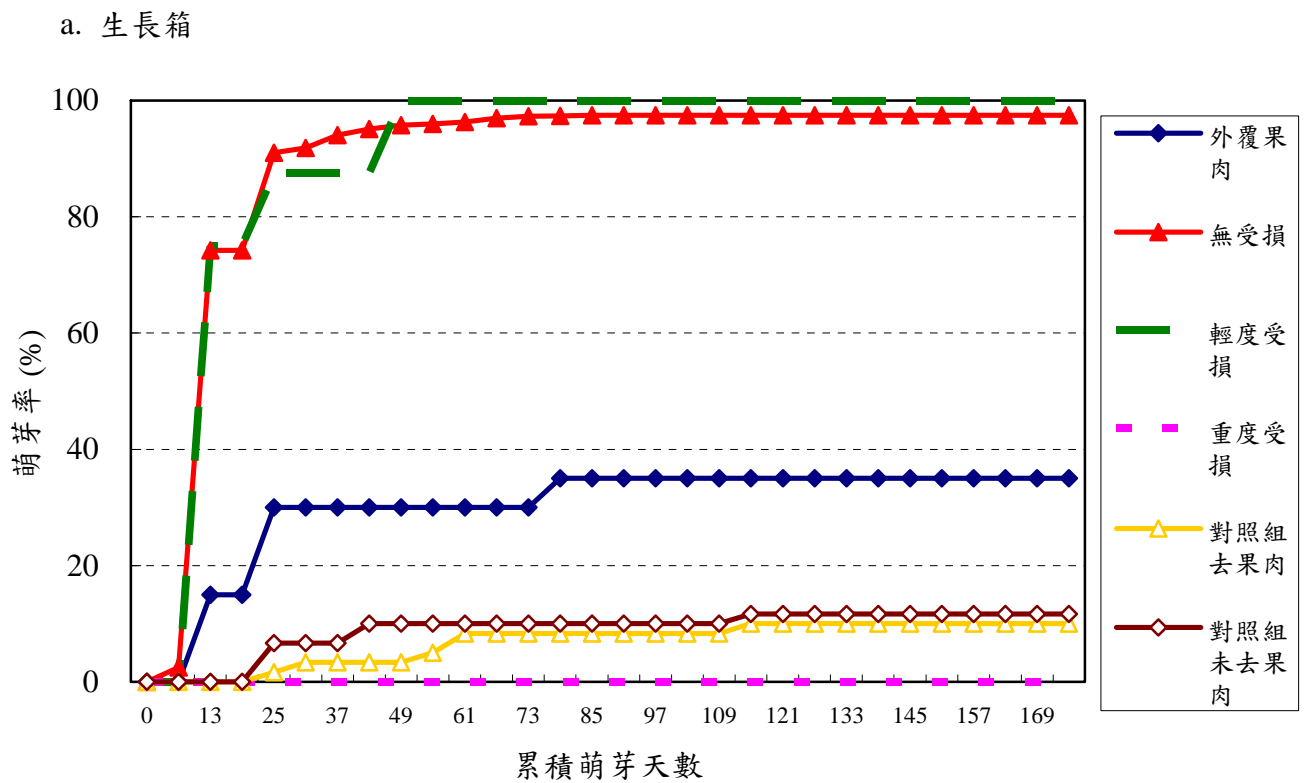
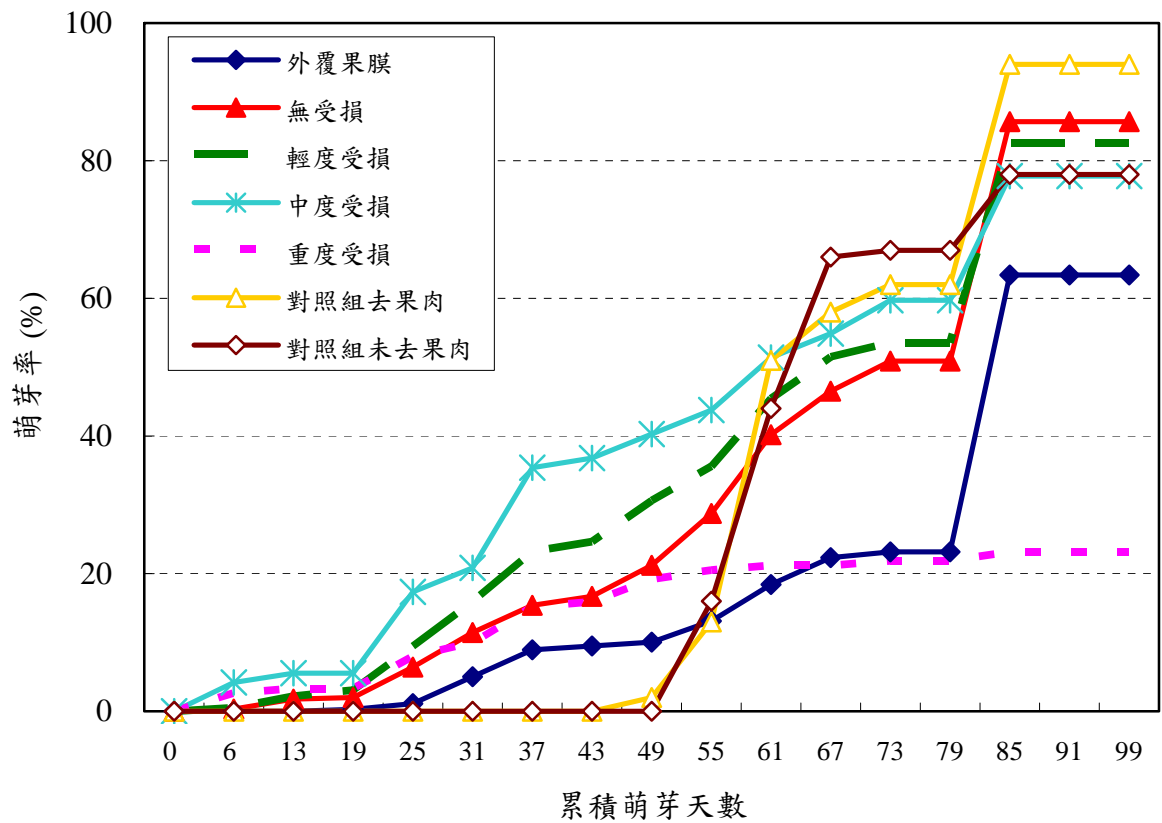


圖 18. 經台灣黑熊消化排出後，不同受損程度的台灣蘋果種子於生長箱 (a) 及苗圃 (b) 環境下的萌芽趨勢

a. 生長箱



b. 苗圃

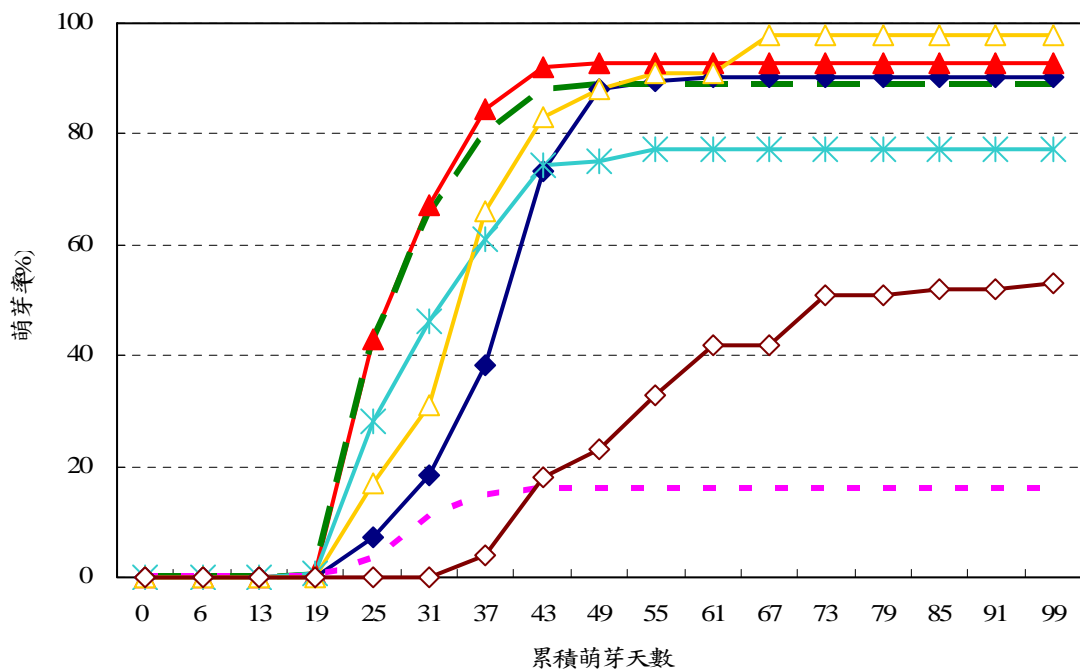


圖 19. 經台灣黑熊消化排出後，不同受損程度的俄氏柿種子於生長箱 (a) 及苗圃 (b) 環境下的萌芽趨勢



表 1. 七種試驗植物果實與種子形質 (mean±SD)

植物名稱	學名	果實 型態	採集 月份	種子休眠 方式	果實(n=100 粒)			平均種子粒 徑 <sup>b</sup> (mm, n = 100)
					內含種子 粒數	平均粒徑 <sup>a</sup> (mm)	平均重量 (g)	
山櫻花	<i>Prunus campanulata</i>	核果	3-4	結構與生理休眠	1.0	9.26±1.02	0.47±0.02 (n=10 袋)	6.45±0.54
香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>	核果	4-6	結構休眠	1.0	7.36±0.46	0.47±0.03 (n=10 袋)	5.97±0.28
呂宋莢蒾	<i>Viburnum luzonicum</i>	核果	11-12	形態休眠	1.0	4.39±0.50	0.05±0.001 (n=5 袋)	3.76±0.33
山枇杷	<i>Eriobotrya deflexa</i>	仁果	7-10	無休眠	1.96±0.67	17.91±1.65	1.20±0.05 (n=9 袋)	9.67±1.08
台灣蘋果	<i>Malus doumeri</i>	仁果	8-10	生理休眠	7.20±2.70	34.74±2.26 (n=30 粒)	24.86±0.78 (n=8 袋)	6.66±0.47
山柿	<i>Diospyros oldhamii</i>	漿果	11-12	無休眠	6.65±1.17	21.63±1.47	5.49±0.11 (n=15 袋)	10.37±0.67
青剛櫟	<i>Quercus glauca</i>	堅果	10-12	無休眠	1.0	12.85±1.31	1.75±0.10 (n=12 袋)	12.85±1.31

<sup>a</sup>粒徑除山櫻花為果實長度與寬度之平均之外，其他皆採果實粒徑平均值。<sup>b</sup>採用種子粒徑平均者為香楠及青剛櫟；採長度、寬度與厚度之平均者為山櫻花與山枇杷；採長度與寬度之平均者為台灣蘋果、山柿及呂宋莢蒾。

表 2. 台灣黑熊進食果實之五種行為的出現百分比例（%， $m \pm SD$ ）

植物名稱	整個吞入	咬碎吐出再吃	吐出不再吃	試驗回數（隻次）	行為總次數
山櫻花	99.9±0.2	0.0	0.1 ± 0.2	12	5,295
香楠	97.1 ± 6.1	0.0	2.9 ± 6.1	12	4,241
呂宋莢蒾	100.0±0	0.0	0.0	4	336
山枇杷	62.7 ± 31.8	0.8 ± 1.7	36.6 ± 31.2	12	2,682
台灣蘋果	97.2 ± 2.9	2.5 ± 3.1	0.3 ± 0.9	8	612
山柿	80.0 ± 27.3	13.7 ± 23.2	6.3 ± 8.1	10	2,157
青剛櫟	34.4 ± 27.3	38.4 ± 41.9	27.2 ± 30.6	12	4,715

表 3. 台灣黑熊進食六種果實後，從排遺估計種子於腸道停留時間（單位：小時）

植物 名稱	攝食量 (kg)	停留腸道 最短時間	停留腸道 最長時間	最短時間 紀錄	最長時間 紀錄	試驗回數 (隻次)
山櫻花	0.8±0.2	4.1±0.9	25.4±3.1	2.8	31.7	12
香楠	0.7±0.1	4.2±1.3	24.8±2.7	1.9	31.3	12
呂宋莢蒾	0.3±0.2	5.1±0.1	23.4±0.1	5.0	23.5	2
山枇杷	0.6±0.3	7.6±5.4	21.1±7.5	2.5	31.4	12
台灣蘋果	1.9±0.0	5.9±1.4	23.9±7.0	2.6	32.3	8
俄氏柿	1.3±0.3	9.2±6.8	27.8±3.1	2.8	31.1	12

表 4. 台灣黑熊進食果實後，於四個時段內之排糞量

植物 名稱	餵食 量(kg)	攝食量 (kg) <sup>b</sup>	平均排糞量 (坨)				個 體	排遺量/試驗次				試驗 隻次
			A (0-5hr)	B (5-10hr)	C (10-25hr)	D (25-34hr)		平均	SD	最大值	最小值	
山櫻花	0.5-1.0	0.8±0.2	0.3±0.4 (8.6)	3.2±0.9 (61.2)	1.1±0.5 (21.8)	0.3±0.4 (8.3)	4	5.0	1.2	7.0	3.0	12
香楠	0.8	0.7±0.1	0.7±0.4 (8.1)	3.8±1.0 (47.5)	3.3±0.6 (40.4)	0.3±0.4 (4.1)	4	8.1	1.7	11.0	5.0	12
呂宋莢蒾	0.6	0.3±0.2	NS <sup>a</sup>	3.5±2.1 (60.7)	2.0±0.0 (39.3)	NS	2	5.5	2.1	7.0	4.0	2
山枇杷	1.2	0.6±0.3	0.2±0.3 (2.7)	2.3±1.5 (45.7)	2.5±2.5 (43.9)	0.8±1.7 (7.7)	4	5.8	3.9	14.0	1.0	12
台灣蘋果	1.9	1.9±0.0	0.3±0.5 (3.1)	3.4±1.3 (53.1)	2.7±2.3 (35.7)	1.1±2.3 (8.0)	4	7.9	4.5	15.0	2.0	8
山柿	1.5	1.3±0.3					4	8.1	1.8	11.0	5.0	12

<sup>a</sup> NS：無內含種子排遺

<sup>b</sup> 基本飼糧 6 公斤 (去籽水果及根莖類蔬菜)

表 5. 台灣黑熊取食果實後，消化排出與進食吐出的種子狀況、數量及所佔百分比 (%)

植物名稱	取食總重量(g)	消化處理	外覆果肉		無受損		輕度受損		中度受損		重度受損		總種子數(%)	試驗隻次
			(%)	種子數	(%)	種子數	(%)	種子數	(%)	種子數	(%)	種子數		
山櫻花		排遺	39.8	1512	59.9	2274	0.2	7	0.0	0	0.1	3	3,796 (100%)	12
呂宋莢蒾		排遺	27.5	448	51.7	843	10.5	171	5.8	94	4.6	75	1,631 (100%)	2
香楠		排遺	15.0	918	82.8	5080	1.9	115	0.2	13	0.2	10	6,136 (96.2%)	12
		吐出	2.0	5	94.7	231	1.6	4	1.2	3	0.4	1	244 (3.8%)	3
山枇杷		排遺	0.4	9	23.4	574	47.8	1171	24.0	588	4.4	108	2,450 (66.7%)	12
		吐出	9.8	120	38.8	476	26.7	327	22.5	276	2.3	28	1,227 (33.3%)	12
台灣蘋果		排遺	0.8	20	98.8	2467	0.3	8	0.0	0	0.04	1	2,496 (99.8%)	8
		吐出	66.7	4	33.3	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	6 (0.2%)	1
俄氏柿		排遺	10.8	643	39.8	2375	39.5	2354	4.9	293	5.0	301	5,966 (95.6%)	12
		吐出	42.5	117	14.9	41	36.0	99	2.2	6	4.4	12	275 (4.4%)	8
總種子數				3,796		14,363		4,256		1,273		539	24,227	

表 6. 食入種子停留於台灣黑熊腸道內的不同時段，以及受損程度的比例（%，mean±SD）

植物名稱	消化時段	外覆果肉	無受損	輕度受損	中度受損	重度受損	試驗 隻次	總種 子數	內含種子 排遺數
山櫻花	A	48.0±37.6	52.0±37.6	NS	NS <sup>a</sup>	NS	5	232	5
	B	42.1±15.7	57.8±15.7	0.1±0.2	NS	0.1±0.1	12	3116	36
	C	23.8±20.4	76.0±20.7	0.1±0.3	NS	0.1±0.4	8	270	14
	D	17.2±15.1	81.2±12.8	1.6±2.3	NS	NS	2	178	5
	總種子數	1512	2274	7	0	3		3796	60
香楠	A	16.4±23.3	82.9±23.2	0.3±0.4	0.1±0.2	0.3±0.8	6	619	8
	B	12.8±11.9	84.7±14.0	2.1±2.9	0.3±0.5	0.2±0.4	12	4134	46
	C	27.8±28.1	69.7±28.6	1.9±2.8	0.2±0.8	0.4±1.0	12	1376	39
	D	16.7±28.9	72.2±25.5	NS	NS	11.1±19.3	3	7	4
	總種子數	918	5080	115	13	10		6136	97
呂宋莢蒾	B	23.9±12.1	46.4±23.2	13.3±15.8	8.9±9.8	7.6±9.7	2	1461	7
	C	14.4±20.3	68.9±44.0	13.2±18.6	1.8±2.5	1.8±2.5	2	170	4
	總種子數	448	843	171	94	75		1631	11

<sup>a</sup> 無內含種子的排遺

表 6. 食入種子停留於台灣黑熊腸道內的不同時段，以及受損程度的比例（%，mean±SD）（續）

植物名稱	消化時段	外覆果肉	無受損	輕度受損	中度受損	重度受損	試驗 隻次	總種子數	內含種子 排遺數
山枇杷	A	0.5±0.7	34.7±1.9	47.5±3.5	16.3±0.5	1.0±1.4	2	106	2
	B	0.2±0.4	27.2±16.3	55.9±17.1	13.9±8.8	2.9±2.6	10	1345	27
	C	0.2±0.5	29.3±32.9	47.5±23.7	19.2±19.6	3.8±4.0	9	947	30
	D	NS	18.2±7.3	41.5±14.2	36.8±13.9	3.5±6.1	3	52	10
	總種子數	9	574	1171	588	108		2450	69
台灣蘋果	A	NS <sup>a</sup>	100.0	NS	NS	NS	1	107	2
	B	1.2±1.5	98.3±1.4	0.4±0.9	NS	0.04±0.1	8	1564	28
	C	0.3±0.7	99.6±0.8	0.1±0.3	NS	NS	7	783	24
	D	NS	97.9±2.9	2.1±2.9	NS	NS	2	42	9
	總種子數	20	2467	8	0	1		2496	63
山柿	A	NS	NS	NS	NS	NS		0	0
	B	23.3±23.2	53.9±17.6	19.6±21.8	3.2±4.8	0.02±0.1	3	1611	5
	C	2.3±1.0	61.0±17.3	35.4±17.3	1.2±0.6	0.1±0.3	5	4286	25
	D	1.0±2.3	69.8±21.2	23.0±18.2	6.0±6.4	0.2±0.5	5	346	12
	總種子數	422	4001	1737	72	11		6243	42

<sup>a</sup> 無內含種子的排遺

表 7. 台灣黑熊進食山櫻花果實，於不同時間所排出的各受損程度種子之萌芽率 (mean±SD)

生長 環境	開始進食起 之時間區段	外覆果肉		無受損	
		萌芽率 (% , mean±SD)	試驗 隻次	萌芽率 (% , mean±SD)	試驗 隻次
生長箱	A (0-5 hr)	5.6±4.8	3	29.2±26.7	3
	B (5-10 hr)	9.0±4.6	12	32.4±15.4	12
	C (10-25 hr)	0.0±0	2	30.2±17.7	5
	D (25-34 hr)	16.7	1	38.6±35.4	2
苗圃	A (0-5 hr)	5.6±3.9	2	31.3±26.5	2
	B (5-10 hr)	14.2±6.9	12	27.9±10.4	12
	C (10-25 hr)	4.8	1	40.3±19.1	4
	D (25-34 hr)	8.3	1	40.9±39.7	2



表 8. 台灣黑熊進食香楠果實後於不同時間區段內排出各受損程度種子之萌芽率 ( $\pm$ SD)

生長環境	時間區段	外覆果肉		無受損		輕度受損		中度受損	
		萌芽率 (%)	n	萌芽率 (%)	n	萌芽率 (%)	n	萌芽率 (%)	n
生長箱	A (0-5 hr)	5.3 $\pm$ 7.4	2	82.7 $\pm$ 11.1	5	—	—	—	—
	B (5-10 hr)	4.3 $\pm$ 5.4	10	85.6 $\pm$ 8.3	12	76.6 $\pm$ 15.3	4	10.0	1
	C (10-25 hr)	1.8 $\pm$ 3.2	7	82.7 $\pm$ 13.3	10	85.7 $\pm$ 20.2	2	—	—
	D (25-34 hr)	—	—	—	—	—	—	—	—
苗圃	A (0-5 hr)	0.0	1	87.8 $\pm$ 5.6	4	—	—	—	—
	B (5-10 hr)	7.7 $\pm$ 9.3	7	90.5 $\pm$ 8.7	12	—	—	—	—
	C (10-25 hr)	0.3 $\pm$ 0.8	5	86.0 $\pm$ 14.2	9	—	—	—	—
	D (25-34 hr)	—	—	—	—	—	—	—	—

表 9. 台灣黑熊進食呂宋莢蒾果實後於不同時間區段內排出各受損程度種子之萌芽率 ( $\pm$ SD)

生長環境	時間區段	外覆果肉		無受損		輕度受損		中度受損		重度受損	
		萌芽率 (%)	n	萌芽率 (%)	n	萌芽率 (%)	n	萌芽率 (%)	n	萌芽率 (%)	n
生長箱	A (0-5 hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B (5-10 hr)	22.3 $\pm$ 1.8	2	57.5 $\pm$ 5.7	2	37.2 $\pm$ 14.1	2	19.6 $\pm$ 7.6	2	5.3	1
	C (10-25 hr)	6.9	1	57.1	1	50.0	1	—	—	—	—
	D (25-34 hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
苗圃	A (0-5 hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B (5-10 hr)	2.8 $\pm$ 3.9	2	13.7 $\pm$ 7.1	2	3.9	1	3.0	1	0.0	1
	C (10-25 hr)	15.8	1	12.9	1	9.1	1	—	—	—	—
	D (25-34 hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 10. 台灣黑熊進食山枇杷果實後於不同時間區段內排出各受損程度種子之萌芽率 ( $\pm$ SD)

生長環境	時間區段	外覆果肉		無受損		輕度受損		中度受損		重度受損	
		萌芽率(%)	n	萌芽率(%)	n	萌芽率(%)	n	萌芽率(%)	n	萌芽率(%)	n
生長箱	A (0-5 hr)	—	—	100.0	1	100.0	1	—	—	—	—
	B (5-10 hr)	—	—	99.6 $\pm$ 1.2	8	98.9 $\pm$ 2.2	9	95.5 $\pm$ 6.1	7	85.6 $\pm$ 8.4	3
	C (10-25 hr)	—	—	93.9 $\pm$ 8.3	4	97.0 $\pm$ 4.9	6	92.2 $\pm$ 7.2	5	65.0 $\pm$ 24.3	2
	D (25-34 hr)	—	—	—	—	90.9 $\pm$ 12.9	2	73.7	1	—	—
苗圃	A (0-5 hr)	—	—	100.0	1	100.0	1	—	—	—	—
	B (5-10 hr)	—	—	96.9 $\pm$ 3.8	8	96.6 $\pm$ 6.0	8	95.7 $\pm$ 5.2	3	—	—
	C (10-25 hr)	—	—	100.0	1	97.8 $\pm$ 3.2	5	92.3 $\pm$ 6.0	5	—	—
	D (25-34 hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 11. 台灣黑熊進食台灣蘋果果實後於不同時間區段內排出各受損程度種子之萌芽率 ( $\pm$ SD)

生長環境	時間區段	外覆果肉		無受損	
		萌芽率 (%)	n	萌芽率 (%)	n
生長箱	A (0-5 hr)	—	—	96.2	1
	B (5-10 hr)	38.9	1	98.0 $\pm$ 1.4	8
	C (10-25 hr)	—	—	96.5 $\pm$ 2.5	7
	D (25-34 hr)	—	—	94.3 $\pm$ 0.2	2
苗圃	A (0-5 hr)	—	—	100.0	1
	B (5-10 hr)	—	—	98.9 $\pm$ 0.8	8
	C (10-25 hr)	—	—	96.1 $\pm$ 3.2	7
	D (25-34 hr)	—	—	—	—

表 12. 台灣黑熊消化效應對六種植物種子萌芽之影響

植物名稱	外覆果肉對照組			熊消化組				熊消化效應 (消化組/對照組)		
	平均萌芽率	平均萌芽時間 (天)	開始萌芽時間 (天)	平均萌芽率	SD	平均萌芽時間 (天)	平均開始萌芽時間 (天)	平均萌芽率	平均萌芽時間 (天)	開始萌芽時間差 (天)
山櫻花	0.0			21.2	8.4	240.4	26.1			
香楠	0.0			69.5	11.9	57.9	22.0			
呂宋莢蒾	0.0			38.0	4.1	36.3	13.1			
山枇杷	59.3	62.9	25	88.0	28.2	21.1	6.1	1.5	0.3	-18.9
台灣蘋果	11.7	43.0	25	96.4	2.5	17.1	6.1	8.2	0.4	-18.9
山柿	78.0	65.0	55	79.3	11.9	61.5	8.3	1.0	0.9	-46.7