

刻傷、流水浸種、光質及溫度處理對番杏發芽之影響

薛銘童¹

摘 要

番杏果實為堅果狀核果，具硬實性，會阻礙內部種子吸收水分，影響發芽。由於番杏多生長在濱海地區，並且在秋冬季節萌發幼苗，推測光照及溫度亦可能為其發芽的影響因子。為了提高發芽率，本研究探討刻傷、流水浸種、光質及溫度(含定溫及變溫)處理對番杏種子發芽之影響。結果顯示，經刻傷處理之番杏發芽率可提高到46.8%，顯著高於未刻傷處理之19.7%。發芽率隨流水浸種日數增加而升高，以浸種3日之發芽率最高，達40.7%，顯著高於未浸種組之21%。在光質與溫度試驗部分，以白光或紅光處理，播種後14日之番杏發芽率約25.2%~28.9%，顯著高於黑暗處理(13.9%)。以固定溫度進行試驗發現，番杏最適合發芽的溫度介於20°C-25°C，高於25°C或低於20°C，均會顯著抑制其發芽率。而在變溫處理方面，以30/15°C及30/20°C之處理效果最佳，播種後14日發芽率可達50%以上，配合照射白光更可達70.3%。試驗發現，日溫為35°C的變溫處理(35/15°C、35/20°C、35/25°C及35/30°C)，會顯著抑制番杏之發芽，惟若輔以白光或紅光處理，可顯著提高種子發芽效果約30%。整體而言，建議番杏可於刻傷後進行2日的流水浸種，之後以12小時光週期，在30/15°C的變溫處理中進行育苗，有較佳的發芽率。

關鍵詞：番杏、刻傷、流水浸種、光質、溫度

¹ 農業部臺東區農業改良場 副研究員

前言

番杏(*Tetragonia tetragonoides* (Pallos) Kuntze)為番杏科(Aizoaceae)番杏屬一年生草本植物，葉互生，三角狀卵形(deltoid-ovate)或菱狀卵形(rhomboid-ovate)，葉片肉質具有囊狀軟毛⁽¹⁶⁾。原產於澳洲及紐西蘭等地^(5,19)，日本、韓國、大陸東南沿海、臺灣及鄰近島嶼之海岸均可見其自然分布^(4, 8, 14, 18)。近年來，臺灣已有許多農民投入栽培生產，並以「甜菠菜」為名，於國內部分大型通路販售，為一新興的原生蔬菜。

番杏果實構造可概分為2部分，上方為堅果狀核果，內含種子4-8粒；下方為海綿組織所組成的空腔構造，果實可藉此浮於水面，利用水力傳播^(4,12)。由於種子被包埋於質地緻密且不透水的木質化內果皮(endocarp)中，具硬實特性，發芽受物理性休眠機制影響^(8,12,13,14,18)。Heit與Munn (1941)早期投入番杏發芽試驗研究指出，以15°C處理會抑制發芽速度；但若以刀片或紗網刮除表層海綿物質後，於日夜變溫20°C-30°C(8/16 小時)下，播種後30日發芽率可自小於30%提高至58%。該研究同時建議發芽介質應選用泥炭土或堆肥等可以吸收過量水分的介質⁽¹⁰⁾。Heit (1943)接續投入番杏發芽試驗研究，結果與先前研究略有相異，單純浸種雖可加速發芽，但並不一定能在20°C-30°C下提高發芽率；而在浸泡並移除果實表面海綿狀物質後，於15°C下進行發芽28-40日，則可明顯提高發芽率至52%-95%，惟不同來源及批次的種子發芽率差異相當大⁽¹¹⁾。Justice (1947)進一步證實刮除表層海綿物質或可提高發芽速度，但尚需配合播種於土、沙及泥炭土等比例混合之介質中，並於10°C-30°C下進行發芽，才能明顯改善發芽率(播種28日後達85%)⁽¹²⁾。Kalengamaliro (2011)探討國際種子檢查協會(International Seed Testing Association, ISTA)於2010年及2011年制定的番杏種子活力檢查規則發現，不論是2010年的規則要求播種前需預洗2小時，或是2011年則要求以浸種24小時來打破種子休眠的方式，於播種後35日發芽率分別為70%及63%，均低於對照組未處理之發芽率(72%)，顯示單純預洗或浸種均無法有效提高番杏發芽率⁽¹³⁾。惟若配合刻傷去除堅硬的內果皮後，則可使經35日播種仍無法發芽但有活力的種子全數發芽，且發芽率可達85%-91%，顯示物理性休眠可能為影響番杏發芽的重要因素。

光對許多草本植物種子的休眠與發芽誘導影響甚大。依種子對光的發芽反應，可概分為需光性(種子需照光才能發芽)、嫌光性(連續照射白光會抑制種子發芽)以及光中性(種子發芽與光無關)等3種⁽¹⁾。許多草本植物種子甚至可依受光照之強度、光質及照光時間不同，感知所處土壤深度、冠層遮蔽程度以及土壤耕犁狀態等訊息，並依水分及溫度等環境條件不同而觸發種子發芽⁽⁷⁾。番杏自然生育環境位於光照強烈的濱海環境⁽⁴⁾，但其種子發芽受何種光照或光質之影響則未知。過去相關發芽研究，多採日間光照(8小時或12小時)及夜間黑暗方式進行，皆可完成發芽試驗研究，惟未探討連續黑暗或紅光處理對其發芽之影響。

為了解臺東地區番杏種原之栽培生產及發芽特性，臺東區農業改良場(以下簡稱本

場)曾於臺東沿海地區蒐集種原，進行栽培評估發現，臺東之番杏種原具有較佳的耐熱性且葉片較為寬大，適合在臺灣進行栽培生產，值得推廣^(2,3)，惟發芽率過低(未處理直接播種之發芽率低於20%)需進一步研究。本研究探討刻傷、流水浸種、溫度(含定溫及變溫)及光質處理對臺東之番杏種原發芽的影響，用以建立催芽技術。未來推廣時，可供業者及農友進行生產之用。

材 料 與 方 法

一、試驗材料

自臺東縣長濱鄉重光部落海岸之野生族群採集試驗用番杏種原，後於本場進行育苗及種子繁殖。試驗用果實為植株成熟開花結實時，選取外觀充實飽滿且成熟轉色者；去雜後，置於乾燥箱中乾燥1週(溫度30°C，相對濕度<5%)。乾燥後之種子置於鋁箔夾鏈袋中，儲藏於冰箱(4°C)中供後續發芽試驗使用。

二、發芽試驗方法

番杏果實為堅果狀核果，種子包覆於堅硬的木質化內果皮中，約1公分大小，內約有4-8粒種子，不易單獨取出進行發芽試驗。為確保發芽試驗過程中，果實內部的種子能充分吸水進行發芽，將果實播種於覆滿泥炭土之128格穴盤中，每穴播種1粒，約2 cm深，上覆泥炭土。調查時以幼苗萌發，露出土面算為發芽。惟因每粒果實中，含有4-8顆不等之種子，實際種子發芽率不易計算，因此在本研究中，每粒發芽之果實，不論其中發芽種子數為何，發芽數均以1計之。

三、刻傷與流水浸種處理對番杏發芽之影響

刻傷處理以電動砂磨機小心磨除果實頂端木質化之內果皮，使種子腔室露出但不傷及種子；處理分無刻傷與刻傷。流水浸種處理係將果實裝入紗網袋中，使之完全浸沒於流水中；處理時間分0、1、2及3日。本試驗採複因子完全隨機設計(Factorial completely randomized design)，5重複，每重複32粒果實。發芽試驗時，將處理後之果實播種於穴盤中，以蒸餾水澆透介質並瀝乾後，置於生長箱中；發芽溫度為25°C，以白光(LED光源，波長400 nm - 750 nm)照射，光照週期為12小時。試驗為期21日，期間每日以蒸餾水補充介質水分，並調查發芽顆數，計算發芽率(germination percentage, %)及平均發芽日數(mean germination time, days)；平均發芽日數計算公式如下：

$$\text{平均發芽日數(日)} = \Sigma (G_d \times d) / G_a$$

其中， G_d 為第d日之發芽果實顆數； G_a 為總發芽果實顆數。

四、光質與溫度處理對番杏發芽之影響

(一) 光質與溫度定溫處理

光質處理分為黑暗(穴盤以鋁箔紙包覆)、紅光(LED光源, 波長620 nm-630 nm)及白光(LED光源, 波長400 nm-750 nm)等3種。定溫處理包含15°C、20°C、25°C、30°C及35°C等5個處理。刻傷與浸種處理試驗結果發現, 以刻傷及浸種2日之發芽率最佳, 並於播種後第14日已接近第21日之發芽率。因此本試驗處理前, 所有番杏果實均先進行刻傷及浸種2日處理, 再進行播種; 隨後將穴盤置於生長箱中進行試驗, 光照週期為12小時(黑暗處理為連續24小時)。試驗採複因子完全逢機設計, 5重複, 每重複32粒果實。試驗期間, 每日以蒸餾水補充介質水分, 並於調查播種後第14日之發芽顆數; 調查時, 調整實驗室百葉窗, 使室內光度低於 $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 以免影響黑暗及紅光處理組之發芽率。

(二) 光質與變溫處理

光質處理同樣分為黑暗、紅光及白光等3種。變溫處理則包含30/15°C、30/20°C、30/25°C、35/15°C、35/20°C、35/25°C及35/30°C等7種。播種前, 果實均先進行刻傷及浸種2日處理, 再進行播種; 隨後將穴盤置於生長箱中進行試驗, 光照週期為12小時(黑暗處理為連續24小時)。試驗採複因子完全逢機設計, 5重複, 每重複32粒果實。試驗期間, 每日以蒸餾水補充介質水分, 並於調查播種後第14日之發芽顆數; 調查時, 調整實驗室百葉窗, 使室內光度低於 $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 以免影響黑暗及紅光處理組之發芽率。

五、統計分析

發芽率數據分析前, 先經反正弦開方根轉換(arcsine-square-root transformation); 平均發芽日數則不轉換。數據統計分析以SAS統計軟體(SAS Enterprise Guide 7.1, SAS institute Inc.)進行, 採二因子變方分析(Two-way ANOVA); 試驗處理如有顯著性差異, 則採用最小差異顯著法(Least Significant Difference Test), 比較處理平均值間的差異。

結 果

一、刻傷與流水浸種處理對番杏發芽之影響

比較刻傷處理對番杏累積發芽率影響得知, 未刻傷處理於播種後第4日, 開始發芽, 並集中於第7-10日間, 隨後減緩, 至第14日後, 已幾無發芽, 第21日之發芽率介於14%-28%(圖1A)。刻傷處理則於播種後第3日開始發芽, 並集中於第5-

10日間，隨後減緩，至第14日後，僅餘少數果實尚陸續發芽，第21日發芽率介於28% - 56% (圖1B)。試驗結果顯示，流水浸種明顯可以改善番杏之發芽率。在未刻傷處理中，流水浸種3日可以明顯提高發芽率；而刻傷處理則僅需處理1日即有明顯改善效果，增加流水浸種日數，則無明顯提升發芽率之效果(圖1)。

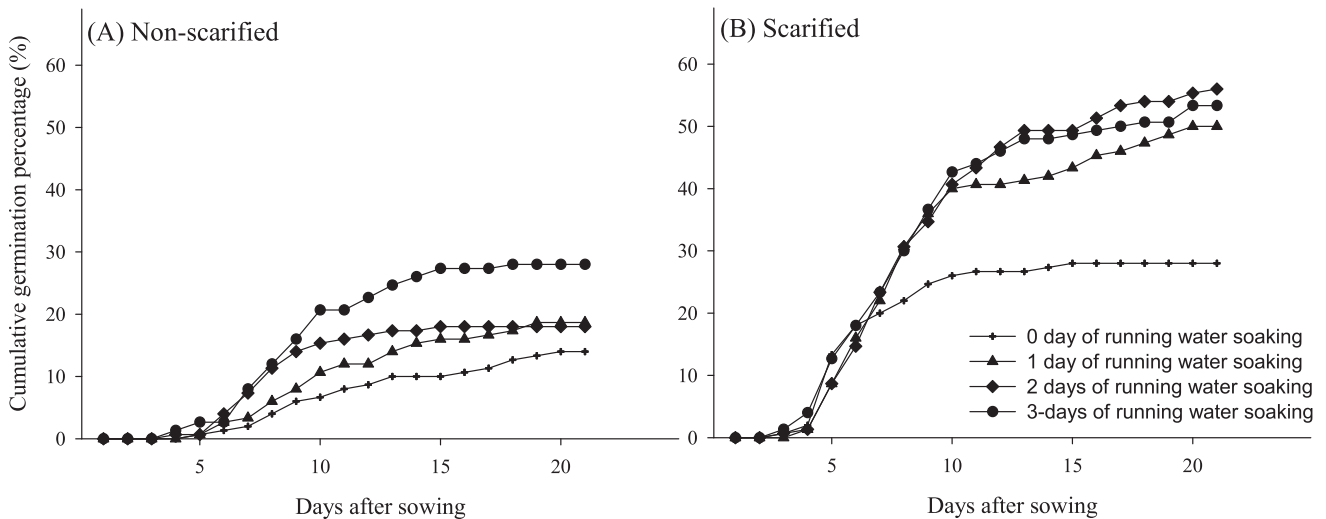


圖1. 刻傷與流水浸種處理下之番杏累積發芽率。

Fig. 1. Cumulative germination percentage of *Tetragonia tetragonoides* fruits subjected to scarification and running water soaking treatments.

由試驗變方分析結果可知，刻傷與流水浸種處理均可顯著影響番杏之發芽率，且兩處理對於番杏發芽的影響無顯著交感作用(表1)。本研究進一步探討刻傷與流水浸種處理兩因子對番杏發芽率之影響效果發現，刻傷處理後，番杏發芽率可提高到46.8%，顯著高於未刻傷處理之19.7% (圖2A)。顯示刻傷對於破開番杏木質化內果皮，使內部種子可以更容易吸水並進行發芽有顯著改善效果。而在流水浸種處理的影響方面，發芽率隨浸種日數增加而升高，以浸種3日之發芽率最高，達40.7%，顯著高於未浸種組之21%。浸種1日及2日之發芽率雖低於浸種3日組，惟處理間之差異不顯著(圖2B)。進一步比較刻傷處理內，不同浸種日數的發芽率發現，儘管浸種1、2及3日間的發芽率並無顯著差異，但由於刻傷配合浸種2日具有最佳的發芽率，顯示在浸種日數上，至多2日即可滿足番杏發芽所需(圖1及圖2)。

表1. 刻傷與流水浸種處理對番杏發芽率影響之二因子變方分析表

Table 1. Two-way ANOVA of the effects of scarification and running water soaking on the germination percentage of *Tetragonia tetragonoides* fruits.

Source	df	SS	MS	F ^z
Scarification	1	63.0010	63.0010	46.58***
Running water soaking	3	18.2263	6.0754	4.49**
Scarification x soaking	3	3.5670	1.1890	0.88 ^{ns}
Error	32	43.2801	1.3525	
Total	39	128.0744		

^z F-test of ANOVA, ns, non-significant; ** and ***, $p < 0.01$ and 0.001 , respectively.

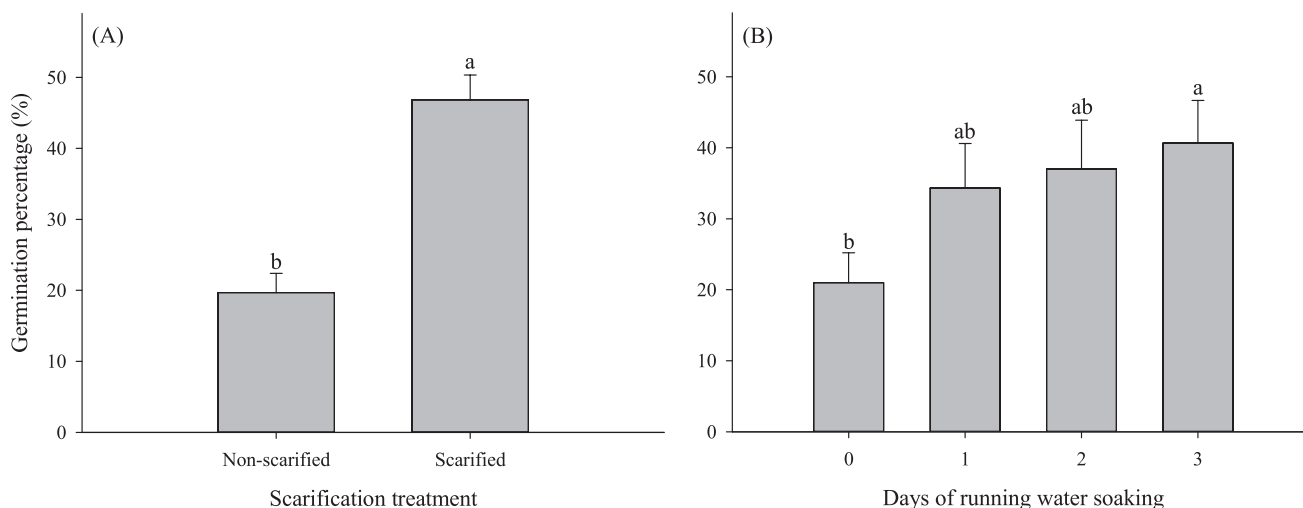


圖2. (A)刻傷與(B)流水浸種處理對番杏發芽率之影響。

Fig. 2. Effects of (A) scarification and (B) running water soaking treatments on the germination percentage of *T. tetragonoides* fruits.

在平均發芽日數之變方分析結果中顯示，刻傷處理及流水浸種日數長短均可顯著影響平均發芽日數，且兩處理對平均發芽日數的影響具顯著交感作用(表2)。為了解兩者之交感作用情形，本研究進一步利用單因子變方分析，分別探討刻傷與流水浸種處理之單純主效果。首先，刻傷處理之單純主效果分析結果顯示，未刻傷處理之平均發芽日數隨流水浸種日數增加而下降，以未流水浸種組之日數最高，為12.5日，顯著高於流水浸種3日(8.9日)及2日(8.5日)。而刻傷處理下，則是以未流水浸種組之平均發芽日數最低，為6.7日，顯著低於流水浸種1日(9.2日)、2日(9.2日)及3日(8.6日)者(圖3)。此一結果顯示流水浸種2日以上，可顯著降低未刻傷處理之平均發芽日數；但刻傷後流水浸種1日以上，則反而會顯著提高平均發

芽日數。

在流水浸種處理之單純主效果部分，分析結果顯示，僅在未流水浸種處理中，未刻傷處理之平均發芽日數(12.5日)顯著高於刻傷處理(6.7日)；其餘流水浸種日數之處理下，刻傷與未刻傷處理間，無顯著差異(圖4)。比較此交感現象及發芽率(圖1)結果可知，番杏果實未進行刻傷處理時，可藉由流水浸種縮短平均發芽日數，但對發芽率的提升有限；而刻傷後，平均發芽日數雖然因流水浸種而延長，但可顯著提升整體發芽率(圖2、圖3)。

表2. 刻傷與流水浸種處理對番杏平均發芽日數影響之二因子變方分析表

Table 2. Two-way ANOVA of the effects of scarification and running water soaking treatments on the mean germination time of *T. tetragonoides* fruits.

Source	df	SS	MS	F ^z
Scarification	1	30.1370	30.1370	12.03**
Running water soaking	3	11.7608	3.9203	1.57*
Scarification x soaking	3	62.0340	20.6780	8.26***
Error	32	80.1490	2.5047	
Total	39	184.0808		

^z F-test of ANOVA, ns, non-significant; *, ** and ***, $p < 0.05$, $p < 0.01$ and 0.001 , respectively.

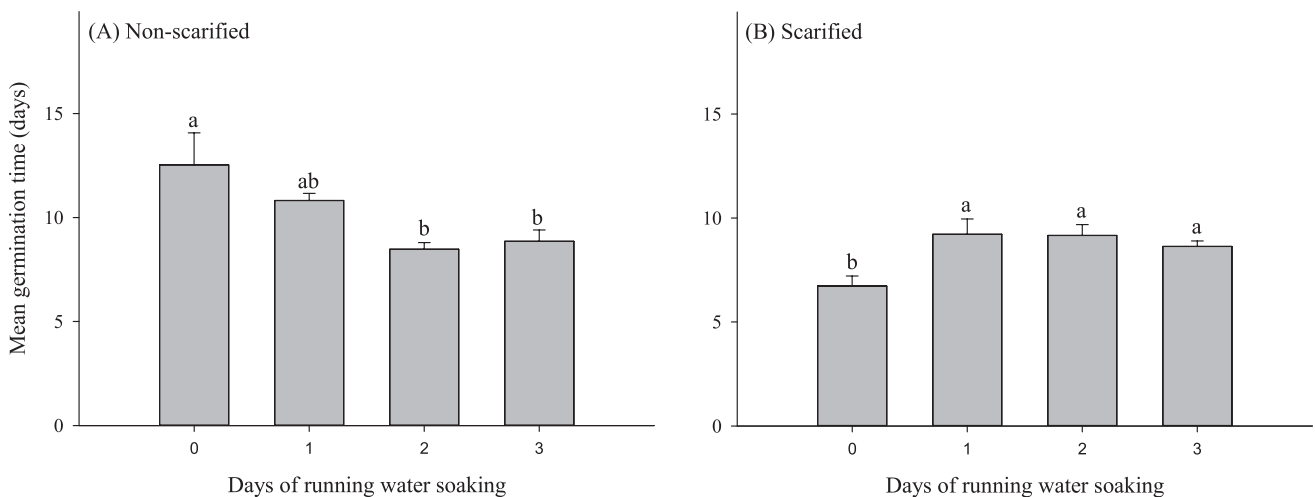


圖3. (A)未刻傷與(B)刻傷處理下，流水浸種日數對番杏平均發芽日數之影響。

Fig. 3. Effects of soaking duration on mean germination time of *T. tetragonoides* fruits under (A) non-scarified and (B) scarified treatments.

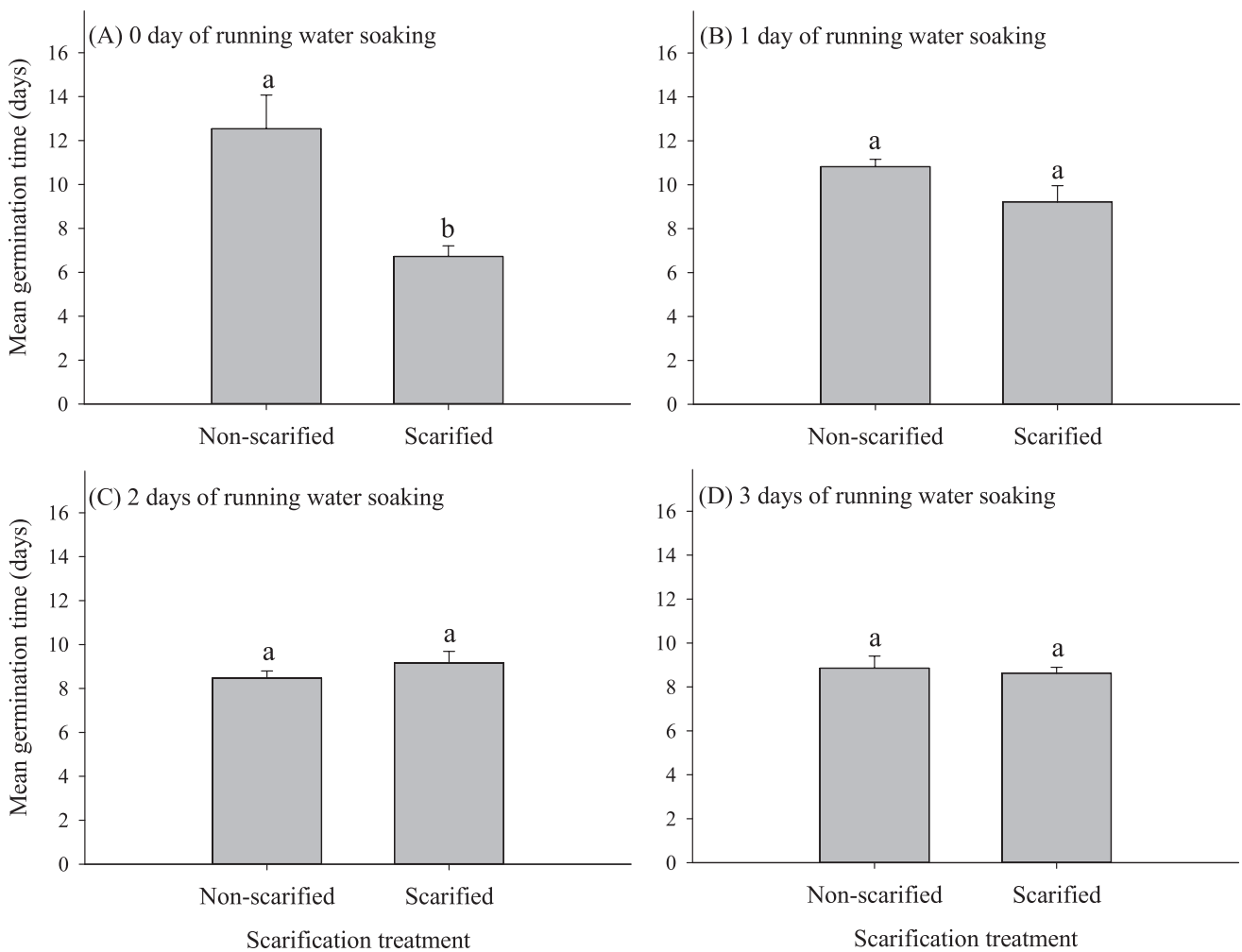


圖4. 流水浸種(A)0日、(B)1日、(C)2日及(D)3日對刻傷與不刻傷處理番杏平均發芽日數之影響。

Fig. 4. Effects of (A) 0, (B) 1, (C) 2, and (D) 3 days of running water soaking on the mean germination time of non-scarified and scarified *T. tetragonoides* fruits.

二、光質與溫度處理對番杏發芽之影響

(一) 光質與定溫處理

由光質與定溫處理對番杏發芽率影響之變方分析結果可知，兩種處理均可顯著影響番杏之發芽率，但兩者間之交感作用不顯著(表3)。進一步探討光質與定溫處理對番杏發芽率之影響效果發現，發芽率以白光處理最高，為28.9%；其次為紅光處理，發芽率為25.2%；最低為黑暗處理，發芽率為13.9%(圖5A)。其中，白光與紅光處理之發芽率均顯著高於黑暗處理，顯示照光可顯著促進番杏發芽。而在定溫處理部分，以25°C之發芽率最高，為40.4%，其次依序為20°C(33.9%)、

15°C(19.8%)、30°C(12.0%)及35°C(7.3%)。由定溫處理結果視之，番杏最高之發芽的溫度介於20°C-25°C，高於25°C或低於20°C，均會顯著抑制其發芽率(圖5B)，此與野外番杏多於秋冬冷涼季節自然萌發的現象相符。

表3. 光質與定溫處理對番杏發芽率影響之二因子變方分析表

Table 3. Two-way ANOVA of the effects of light quality and constant temperature treatments on the germination percentage of *T. tetragonoides* fruits.

Source	df	SS	MS	F^z
Light quality	2	0.4115	0.2058	28.70***
Constant temperature	4	1.5379	0.3845	53.64***
Light quality x Constant temperature	8	0.0757	0.0095	1.32
Error	45	2.0251	0.0072	
Total	59	2.3477		

^z F-test of ANOVA, *** $p < 0.001$.

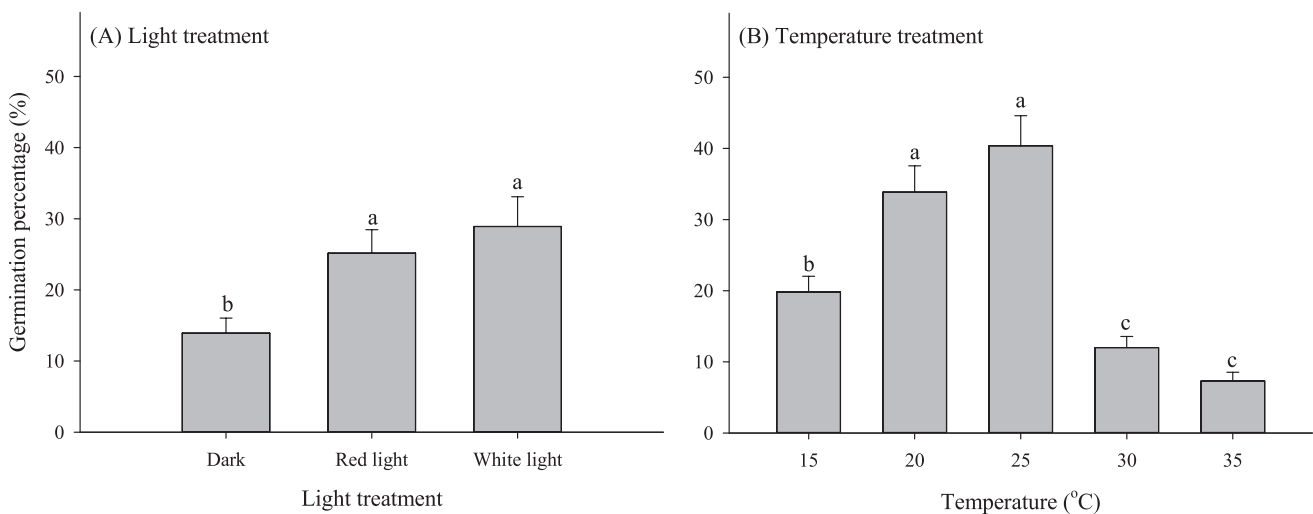


圖5. (A)光質處理與(B)定溫處理下對番杏發芽率之影響。

Fig. 5. Effects of (A) light quality and (B) constant temperature treatments on the germination percentage of *T. tetragonoides* fruits.

(二) 光質與變溫處理

為進一步了解變溫處理對番杏發芽率之影響，由變方分析結果發現，光質與變溫處理均可顯著影響番杏之發芽率；同時，兩者間也存在顯著交感作用(表4)。由單因子變方分析進一步探討這兩種處理之單純主效果發現，首先，在不同光質下，黑暗處理中最高之變溫處理為30/15°C，其次為30/20°C，發芽率分別為52.4%及50.8%，顯著高於其他變溫處理(8.6%~20.0%)。紅光處理下最高之變溫

處理為30/20°C (53.9%)及30/15°C (52.4%)，顯著高於其他變溫處理(21.1%～34.4%)。而在白光處理下，最高之變溫處理為30/15°C (70.3%)及30/20°C (56.3%)，同樣顯著高於其他變溫處理(12.5%～36.0%)。由此結果可知，在不同光質處理下，於日溫30°C條件下，夜間降低10°C-15°C的變溫幅度，可顯著提高番杏之發芽率(圖6)。

表4. 光質與變溫處理對番杏發芽率影響之二因子變方分析表

Table 4. Two-way ANOVA of the effects of light quality and alternating temperature treatments on the germination percentage of *T. tetragonoides* fruits.

Source	df	SS	MS	F ^z
Light quality	2	0.5107	0.2554	24.11***
Alternating temperature	6	2.5980	0.4330	40.88***
Light quality x Alternating temperature	12	0.2775	0.0231	2.18*
Error	63	0.6673	0.0106	
Total	83	4.0536		

^z F-test of ANOVA, * and ***, $p < 0.05$ and 0.001 , respectively.

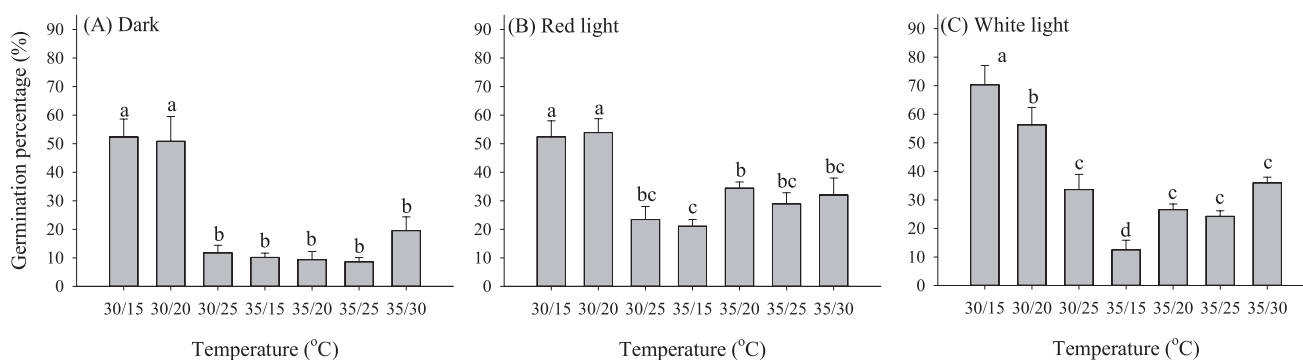


圖6. (A)黑暗、(B)紅光及(C)白光處理下，不同變溫處理對番杏發芽率之影響。

Fig. 6. Effects of different alternating temperature treatments on the germination percentage of *T. tetragonoides* fruits under (A) dark, (B) red light, and (C) white light conditions.

變溫處理的單純主效果分析結果顯示，在日溫為30°C的變溫處理(30/15°C、30/20°C及30/25°C)中，發芽率最高為白光，其次為紅光，最低為黑暗處理，但其中僅30/25°C之白光處理的發芽率顯著高於黑暗處理。而在日溫為35°C的變溫處理(35/15°C、35/20°C、35/25°C及35/30°C)中，除35/30°C之白光最高外，其餘處理以照射紅光之發芽率最高(圖7)。與日溫為30°C的變溫處理不同的是，雖然日溫為35°C的變溫處理的發芽率顯著較低，但照射紅光或白光，對番杏發芽率多有顯著改善效果。整體而言，光質與變溫處理結果顯示，在合適的變溫處理(30/15°C及

30/20°C)下，不論照光與否，對番杏的發芽率均有良好的促進效果，14日的發芽率即可達50%以上；如配合照射白光，甚至可達70%。而在夏季高溫(如35/30°C及35/25°C)或日夜溫差變化較大的地區(如35/20°C及35/15°C)進行番杏育苗，若無降溫設備可以輔助的情況下，照射紅光或白光，可有效改善發芽率。

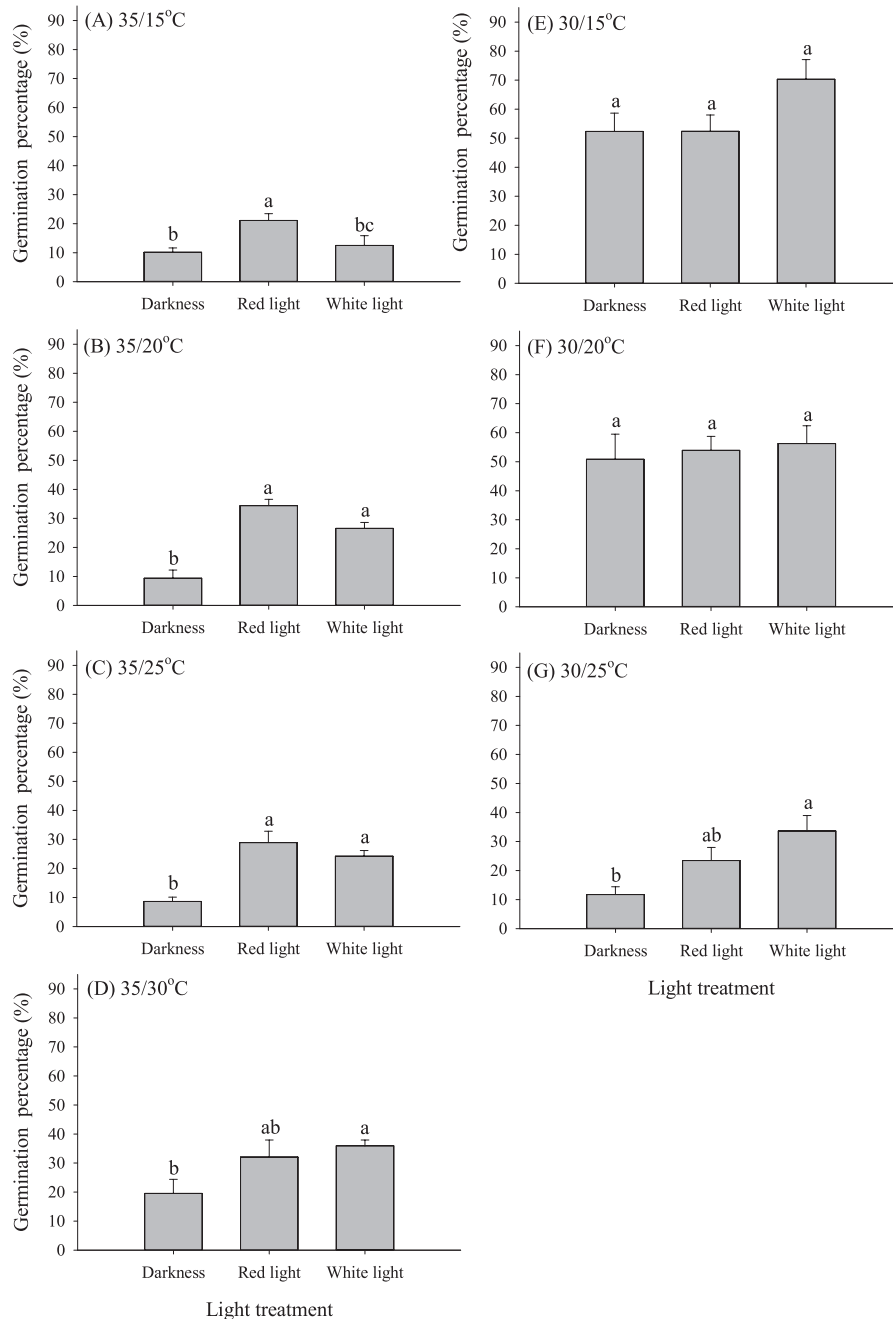


圖7. (A)35/15°C、(B)35/20°C、(C)35/25°C、(D)35/30°C、(E)30/15°C、(F)30/20°C及(G)30/25°C等變溫處理下，不同光質對番杏發芽率之影響。

Fig. 7. Effects of different light qualities on the germination percentage of *T. tetragonoides* fruits under alternating temperature regimes of (A)35/15°C, (B)35/20°C, (C) 35/25°C, (D) 35/30°C, (E) 30/15°C, (F) 30/20°C, and (G) 30/25°C.

討 論

一、刻傷及浸種對番杏發芽之影響

早期針對番杏緩慢且不穩定發芽情形的研究，曾認為主要原因在於果實外層的海綿組織吸收過多水分會阻礙果實內部的種子發芽，因而建議經過預先浸種，使該層海綿組織呈現漿狀後，以工具刮除，再進行播種以改善發芽率之方法^(10, 11)。隨後的研究指出，該方法雖然可以改善番杏的發芽率，但刮除浸種後之果實上方的漿狀組織，需要耗費許多時間。若不經任何預處理，直接播種於等比例之土、砂及泥炭土混合介質，雖然發芽需要花費較長時間(56日)，但更有利於長期穩定評估大量批次的番杏發芽率⁽¹²⁾。近期的研究認為，單純浸種(含流水浸種)並無法完整打破番杏的休眠，主要是物理性休眠機制未被確實的移除，阻礙內部種子的吸水及氧氣的供應所致⁽¹³⁾。

本研究亦發現物理性休眠應是影響臺東地區番杏種原發芽的主要原因。刻傷不僅可以顯著改善發芽率，若配合流水浸種，可以更進一步提高發芽率(圖2)。惟與先前研究不同在於，本試驗係先以砂磨機將果實頂部木質化內果皮磨除後再進行流水浸種，而其他研究則是浸種(非流水)後，再以器具刮除果實頂部的漿狀組織，使胚孔露出，促進水分及氧氣通透，促進種子發芽^(10, 11, 12, 13)。比較預措方法的差異發現，過往採用浸種，其效果並不穩定^(10, 11, 13)，有時延長浸種時間甚至會使發芽率下降，但原因不明⁽¹³⁾。而在本研究中，雖然刻傷與浸種次序與過往研究不同，但採用流水浸種結果顯示未有明顯抑制現象發生。整體而言，隨處理時間延長，發芽率大致隨刻傷及流水浸種處理時間增加而提升(圖1及圖2)，平均發芽時間則未有明顯差異(圖3)。

二、溫度對番杏發芽之影響

溫度是另外一個影響發芽率的重要因子，但各學者研究結果有明顯差異。Pipe 與 Hope (1930)⁽¹⁷⁾指出，番杏果實未經浸種或刻傷等前處理，於20°C-30°C及18°C-20°C下，以吸水紙進行發芽試驗，28日後發芽率分別為59.7%及56%；若以20°C-30°C/18°C-20°C (16/8 h) 變溫處理，則可提高至66.7%，顯示變溫處理對番杏發芽有不同程度的促進效果。Heit (1943)⁽¹¹⁾則有不同的看法，該研究發現有些批次的果實，不論是否進行浸種、刻傷或改變播種介質等處理，在20°C-30°C下，均無法有理想的發芽率，但若經浸種並刮除果實表面的漿狀組織後，在15°C下，可有效改善發芽率，顯示低定溫處理較變溫處理表現佳。Justice (1947)⁽¹²⁾則指出，刮除表層海綿物質，播種於土、沙及泥炭土等比例混合之介質中，並於10°C-30°C下進行發芽，可使番杏發芽率於播種28日後達85%；而以15°C處理，播種後56日發芽率則僅46%。此結果與Pipe 與 Hope⁽¹⁷⁾早期研究相似，認為變溫處理對番杏發芽有

促進效果。然而Kang等(2014)⁽¹⁴⁾的研究結果則明顯不同，渠等發現，番杏經刻傷處理後，於20°C及25°C下之發芽率分別可達88.4%及90.2%。惟該試驗係特別挑選完整發育(授粉後50日)之果實進行試驗，與混合不同成熟度果實之發芽率(12.6%)有極大差異。

由本研究之定溫處理結果可知，以20°C及25°C處理之發芽率最佳，低於15°C處理則會抑制發芽(圖5B)，此與Heit(1943)⁽¹¹⁾之試驗結果相異，但與Justice(1947)⁽¹²⁾相似。本試驗同時發現，30°C以上的高溫對番杏發芽的抑制效果，更甚於15°C低溫處理，顯示其發芽對高溫更為敏感。而在變溫處理方面，與早期研究結果相仿^(12, 17)，變溫處理對番杏有明顯促進發芽的效果；惟本研究進一步發現，其高溫不宜超過30°C，否則有顯著抑制效果(圖6)。高溫對番杏發芽的明顯抑制現象，或與其生長不耐高溫有關。本場夏季栽培番杏發現，如無輔助設施(如遮陰網)時，植株新芽容易發生頂燒現象，不易於夏季正常生長⁽⁴⁾。此與野外番杏果實多於秋冬冷涼季節萌發，於春季完成生活史的習性相符。亦即在自然環境中，番杏適合發芽的溫度與其植株生長適溫有密切關係。

三、光質對番杏發芽之影響

過往有關番杏的試驗多未探討光質對其發芽之影響，僅以光週期(16/8 h)的照光模式進行試驗^(10, 11, 12, 13, 14)，顯示照光對番杏發芽應無抑制效果。本研究探討白光、紅光及黑暗處理對番杏發芽之影響發現，在定溫處理中，與黑暗處理比較，照光(白光與紅光)可顯著提高番杏發芽率(圖5A)。然而，在變溫處理中則發現，於適合番杏發芽之30°C/15°C以及30°C/20°C等條件下，3種光質處理對番杏發芽並無明顯影響(圖7)。然而，在其他發芽率較低的變溫處理中，相較於黑暗處理，照光(白光與紅光)對發芽多有促進效果，特別在高溫為35°C的變溫處理中，照射紅光對番杏發芽有明顯的促進效果。試驗結果顯示，在不適宜的溫度環境中，照光有助於改善番杏的發芽，此現象與常見於北美鹽鹼地的墨節木(*Allenrolfea occidentalis* (S. Watson) Kuntze)的發芽現象相似，該種植物在30°C/20°C及35°C/25°C的變溫處理中，不論光照與否，均有良好的發芽率；但在較低且不適宜生長的變溫處理中，黑暗處理會明顯抑制發芽率⁽⁹⁾。此現象同樣可見於鹽生獐毛草(*Aeluropus lagopoides* (L.) Thwaites)及鹼蓬(*Halopyrum mucronatum* (L.) Stapf)等兩種濱海草本植物⁽¹⁵⁾。

種子發芽對光照的需求，主要來自可刺激合成生長物質並促進發芽的光敏素的調節^(6, 9)。對於生長在濱海地區的植物而言，當種子埋藏砂礫中時，鹽度及溫度是影響發芽的關鍵因子，但當種子位於淺層土壤，可接收光照時，鹽度及溫度等因子對發芽的影響程度也會隨之改變⁽¹⁵⁾。以墨節木、鹽生獐毛草、鹼蓬及番杏而言，研究指出這些植物在光照環境適宜時，即使種子處於鹽度或溫度逆境中，仍

有少量種子會因光誘導而發芽生長。在本研究中，由於紅光有助於誘導光敏素由 P_r 轉變為具促進發芽活性的 P_{fr} 形式⁽⁶⁾，因此在不適宜的變溫環境(日溫為35°C或夜溫為25°C之處理)中，部分番杏因照射紅光或白光受誘導而發芽，而紅光的誘導效果則略高於白光(圖7)。

結 論

本研究探討刻傷、流水浸種、光質及溫度對番杏發芽之影響，試驗結果顯示刻傷配合流水浸種2日對番杏發芽有明顯改善，播種14日後即相當於21日之發芽率；單獨刻傷或流水浸種，對發芽的促進效果均相當有限。在光質與溫度的試驗當中，以30/15°C的變溫處理搭配照射白光效果最佳，發芽率可達70.3%，30/20°C搭配照射白光之處理次之，發芽率為56.3%。本研究同時發現，在不適宜的變溫處理中，如35/15°C、35/20°C及35/25°C等處理，照光有助於提高番杏的發芽率。換言之，在夏季高溫(如35/30°C及35/25°C)或日夜溫差變化較大的地區(如35/20°C及35/15°C)進行番杏育苗，照光處理，特別是以紅光照射，對番杏發芽有改善效果。整體而言，針對臺東地區的番杏種原，建議可於刻傷後進行2日的流水浸種，之後以12小時光週期，在30/15°C的變溫處理中進行育苗，有較佳的發芽率。

參 考 文 獻

1. 郭華仁。2015。種子學。初版，135-144。臺北：國立臺灣大學出版中心。
2. 薛銘童。2017。臺灣冰花(番杏)-您吃過了嗎? 臺東區農情月刊第216期。
3. 薛銘童、吳婉貞、楊瑞玉。2017。好吃又營養的番杏。臺東區農業專訊102：22-25。
4. 薛銘童、吳婉貞、楊瑞玉。2018。氮肥與遮陰處理對番杏夏季生長之影響。臺東區農業改良場研究彙報28：25-40。
5. Ahmed, A. K. and K. A. Johnson. 2000. The effect of the ammonium: nitrate nitrogen ratio, total nitrogen, salinity (NaCl) and calcium on the oxalate levels of *Tetragonia tetragonioides* Pallas. Kunz. J. Horti. Sci. Biotechnol., 75(5): 533-538.
6. Baskin, C. C. and J. M. Baskin. 2014. Seeds: Ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination. 2nd ed. California, U.S.A.: Academic Press.
7. Batlla, D. and R. L. Benech-Arnold. 2014. Weed seed germination and the light environment: Implications for weed management. Weed Biol. Manag., 14: 77-87.
8. Gray, M. 1997. A new species of *Tetragonia* (Aizoaceae) from arid Australia. Telopea, 7(2): 119-127.
9. Gul, B. and D. J. Weber. 1999. Effect of salinity, light, and temperature on germination in *Allenrolfea occidentalis*. Can. J. Bot., 77(2): 240-246.
10. Heit, C. E. and M. T. Munn. 1941. New Zealand spinach germination studies. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts* 33: 90-95.
11. Heit, C. E. 1943. Recent findings on laboratory germination and longevity of New Zealand spinach seed. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts* 35: 115-120.
12. Justice, O. L. 1947. Observations on the germination of New Zealand spinach seed. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts* 37: 120-127.
13. Kalengamaliro, C. A. 2011. A comparison of pre-soaking and pre-washing as methods of increasing beet (*Beta vulgaris*) and New Zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*) seed germination. Master thesis, Palmerston North New Zealand.: Massey University, Department of Seed Science and Technology.
14. Kang, J. S., E. J. Park, S. H. Kim, Y. Heo, Y. H. Park, Y. W. Choi, B. G. Son, W. T. Lim, and J. M. Suh. 2014. Effect of seeds treatment on germinability of *Tetragonia tetragonoides* seeds. J. Environ. Sci. Int., 23(5): 771-780.
15. Khan, M. A. and S. Gulzar. 2003. Light, salinity, and temperature effects on the seed germination of perennial grasses. Am. J. Bot., 90(1): 131-134.

16. Liu, H. Y. 1998. Aizoaceae. In “Flora of Taiwan Vol. 4.” 2nd ed. 329-334. Editorial Committee of the Flora of Taiwan. (eds.), Taipei, Taiwan: Department of Botany, National Taiwan university.
17. Pipe, F. H. and A. Hope. 1930. Investigations in the germination of New Zealand spinach using eight different methods. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts of North America* 23: 122-125.
18. Prakash, N. 1967. Life history of *Tetragonia tetragonioides* (Pall.) O. Kuntze. *Aust. J. Bot.*, 15(3): 413-424.
19. Roskruge, N. 2011. The commercialisation of kōkihi or New Zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*) in New Zealand. *Agronomy New Zealand*, 41: 149-156.

Effects of Scarification, Running Water Soaking, Light Quality, and Temperature Regimes on the Germination of *Tetragonia tetragonoides* (Pallos) Kuntze

Ming-Tung Hsueh¹

Abstract

Tetragonia tetragonoides (Pallos) Kuntze produces nut-like fruits that impose physical dormancy by restricting water uptake. Since *T. tetragonoides* mainly grows in coastal areas and its seedlings germinate in autumn and winter, it is speculated that light and temperature may also affect its germination. To improve germination efficiency, we investigated the effects of scarification, running water soaking, light quality, and temperature (constant and alternating temperatures) on *T. tetragonoides* fruits. The result showed that the mechanical scarification significantly enhanced germination, increasing the germination rate from 19.7% to 46.8%. Hydropriming under continuous running water for up to three days further improved germination, with a maximum of 40.7% after 3 days of soaking, significantly higher than the 21% of the non-soaked group. Germination was positively influenced by white or red light exposure, yielding rates of 25.2%–28.9%, compared to 13.9% in darkness, indicating positive photoblastism. Constant temperature experiments revealed the highest germination rate between 20°C and 25°C, with both supra- and sub-temperatures suppressing germination. Alternating temperature regimes of 30/15°C and 30/20°C (day/night) produced the highest germination rates (>50%), reaching up to 70.3% under white light. In contrast, alternating regimes with daytime temperatures of 35°C (35/15°C, 35/20°C, 35/25°C, 35/30°C) markedly inhibited germination, although the inhibitory effects were partially mitigated by supplemental red or white light. These results suggest that physical dormancy in *T. tetragonoides* can be effectively overcome through a combination of scarification, a 2-day running water soak, and germination under a 12-h photoperiod at 30/15°C.

Keywords: *Tetragonia tetragonoides*, Seed scarification, Running water soaking, Light quality, Temperature regimes

¹Associate Researcher of Taitung DARES, MOA.