

光期與溫度變化對台灣肖楠種子發芽之效應

鍾永立 胡大維

摘 要

在不同溫度及不同光期下進行臺灣肖楠種子發芽試驗，期能獲得適當之發芽條件。結果在24小時光照下，溫度效應之差異並不顯著，但其中 20°C 發芽率可達 46%。在 16 小時光照下，20°C 發芽率最高 (44%)，30°C 最劣 (15%)。在各種變溫組合下，20°C~5°C 時有最高發芽率 (41%)。因此，臺灣肖楠在 24 小時光照中，發芽率較高，其發芽準備期平均為 8.3 日，最後計算日數平均為 35.4 日。16 小時光照下，較其他處理顯示提早發芽與較快之發芽速率，同時亦縮短發芽之最後計算日數。

關鍵詞：光期、溫度、準備期、最後計算日數。

一、緒 言

林木種子之發芽係受內在及外在因子之影響，其中外在因子包括溫度、光線、水分、化學環境和時間因素等 (Koller 1972)。或為溫度、水分、氧、二氧化碳、陽光、X 光、溶液酸鹼度、大氣壓力及生長素等 (王子定 1974)。在這多項因子中，溫度與光線二項條件為實驗室操作上較易控制之兩因子。

本文為研究省產重要造林樹種種子發芽之系列報告之一，目的除供基本資料之參考使用外，亦提供國際林木種子檢驗協會 (ISTA) 之資料增列之用；1976 年出版的該一資料，曾列舉世界各國經研究的林木種子種類及發芽方法，後者包含試驗之介質、溫度、光照、第一次發芽日期、最後計算日期及需特別處理以促進種子發芽之方法等等，但對臺灣重要造林樹種之資料則全未收錄。故參照國際間適用之規則以建立本省林木種子之基本資料實有必要。

臺灣肖楠 [*Calocedrus Formosana* (Florin)

Florin] 為臺灣固有之重要造林樹種，分佈於北部及中部海拔 300~1900m 之山地 (林渭訪 1962, 柳楮 1966)，木材材質緻密，用途甚廣，是本省針葉樹一級材。近年造林面積頗廣，為暖帶 (500~1800 m) 造林最主要樹種，但因現存母樹不多，且時逢結實歉年 (鍾永立、胡大維 1986)，為使有限種子能作有效利用，故其種子之最有利發芽條件，亟待深入探討。

二、材料及方法

供本試驗之種子，係民國 70 年採自大甲林區管理處大甲溪事業區臺灣肖楠母樹林，海拔高約 1,100~1,300m，平均樹高約 30m。種子經精選、取樣、分裝、密封並儲存於 -20°C 之冰櫃中，民國 71 年 2 月開始進行試驗。試驗之方法仍參照紅檜種子發芽研究 (胡大維等 1978)。本發芽試驗全部光照強度為 3,000lux，分為定溫及變溫兩部分，作成三組進行試驗。

(一)定 溫：

1.五個生長箱分別調溫為 10°C、15°C、20°C、25°C及30°C，光照時間為全日24小時。

2.五個生長箱之溫度仍調整如第一組者，每日光照為16小時，另8小時為無光照。

(二)變 溫：

生長箱之每日溫度週期由二種溫度組合而成，共有 15種組合，分別是：30~25°C、30~20°C、30~15°C、30~10°C、30~5°C、25~20°C、25~15°C、25~10°C、25~5°C、20~15°C、20~10°C、20~5°C、15~10°C、15~5°C、及 10~5°C，每一組合均為高溫時 16小時光照，低溫 8 小時無光照。

三組試驗皆使用完全逢機設計，每一發芽盤放置400粒種子，每100粒為一重複。每日檢查發芽數一次。種子發芽之認定以胚根突出種皮為準，每一處理下，記錄至發芽活動全部結束為止。所得資料，先就各處理下之發芽率進行角度變換，再進行變異數分析，對定溫中之兩組試驗並作正交對比，檢定溫度與光照時間之交感效應。

本試驗中，種子發芽之準備期 (lag phase) 係取種子置入發芽皿日起，至開始發芽之第一天為準。發芽之最後計算日數 (final counts) 則係依據 Djavanshis & pourbeik 於1976年所發表之發芽值公式求得。

三、結果與分析

(一)在定溫中之第一組24小時及第二組16小時光照下，不同溫度處理對臺灣肖楠種子發芽之結果如表 1 所示。

表 1 臺灣肖楠種子在定溫下發芽之準備期、最後計算日數及發芽率

溫度 (°C)	24小時光滿			16小時光照		
	準備期 (天)	最後計 算日數 (天)	發芽 率 (%)	準備期 (天)	最後計 算日數 (天)	發芽 率 (%)
10	17	48.5	45	14	35	37
15	10.5	39.5	38	8	26.5	41
20	6	38.5	46	7	17.5	44
25	4	32.5	41	5	21	42
30	4	18	35	7	29.5	15

由表 1 顯示，24小時光照下，種子發芽進行時間，隨溫度升高而縮短，發芽率則以 20°C 中46%為最高；16小時光照下，發芽最後計算日數，普遍較短；發芽率亦以 20°C 為最高，其所需發芽時間亦最短。由發芽率結果行角度變換作變方分析結果如表 2。

由表 2 知，不同之發芽溫度在24小時光照下，對臺灣肖楠種子發芽率無顯著差異；但在16小時光照下，則呈極顯著差異。

表 2 臺灣肖楠種子發芽在定溫中不同光照之發芽率變方分析

變異來源	自由度	平方和		均 方		F 值	
		24小時	16小時	24小時	16小時	24小時	16小時
處 理 間	4	247.93	2,194.31	61.98	548.58	2.464	12.7249**
機 誤	15	377.29	646.66	25.15	43.11		
總 計	19	625.22	2,840.97				

F(0.01, 4&15)=4.8932

**表示極顯著差異

另由此兩組試驗之發芽率結果，比較其不同溫度中之關係如圖 1。

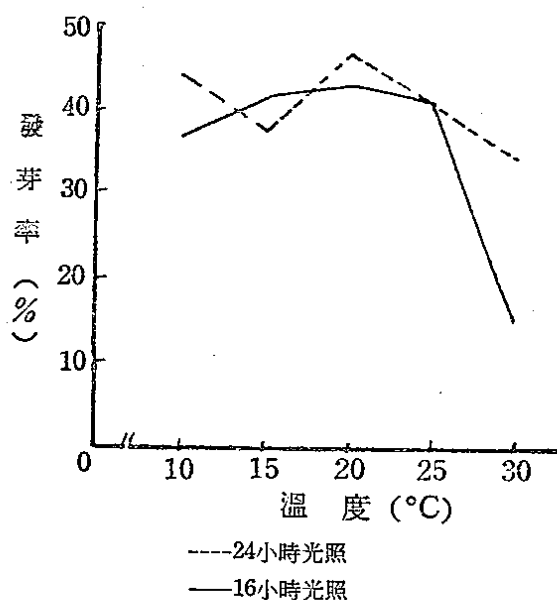


圖 1 不同溫度與發芽率之關係

由圖 1 顯示，16小時光照（實線部分），平均發芽率較 24 小時光照為低，尤其在 30°C 中，表現尤劣。故臺灣肖楠在有晝夜別之下播種，溫度過高極為不宜。

又由進行試驗之日數與發芽率之關係如圖 2 所示。

由圖 2 顯示，溫度愈高，發芽前之準備期愈短，發芽結束之日數亦愈早；在 16 小時光照下，平均發芽率雖較 24 小時光照為低，但其進行日數顯然較短而集中，尤其於 20°C 及 25°C 下，幾呈直線上升，而知在 16 小時光照下 20°C 至 25°C 間，最適於臺灣肖楠種子之發芽。

為進一步了解光照時間與溫度之交感效應，再進行複因子之變方分析如表 3。

由表 3 顯示，主效應 D 與 G 之實測 F 值均極顯著，其交互效應 (D × G) 亦呈極顯著差異。故知

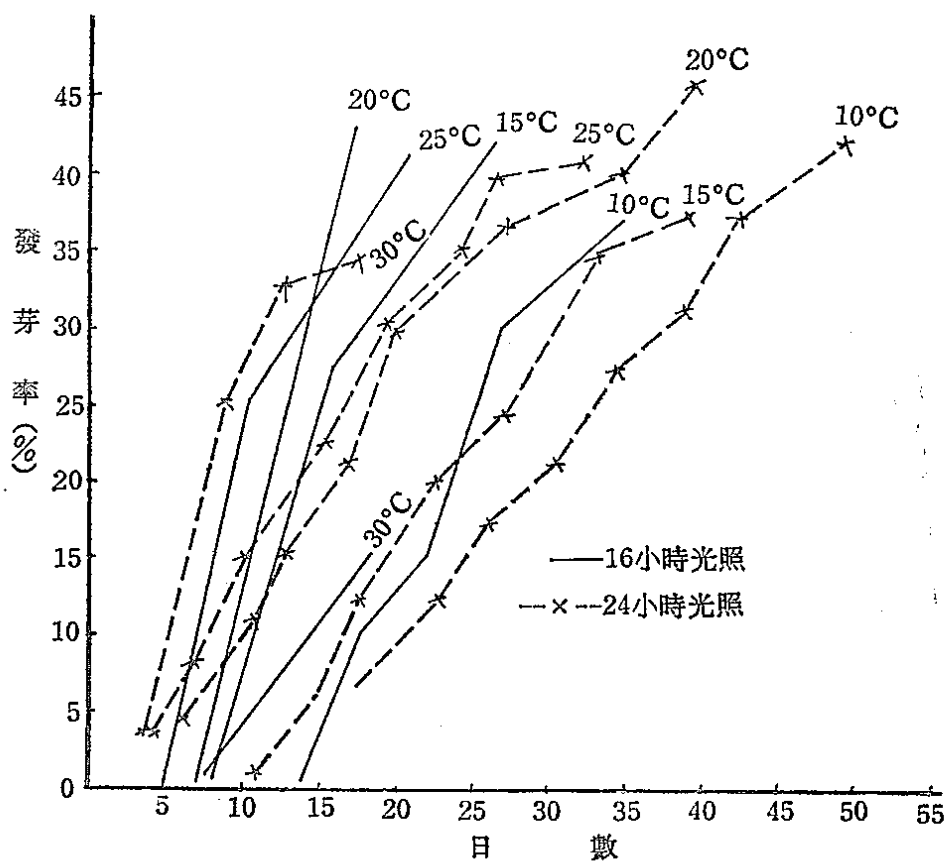


圖 2 定溫下發芽試驗進行之日數與發芽率之關係

溫度及光照對臺灣肖楠種子之發芽，為兩項重要之限制因子。

表 3 臺灣肖楠種子發芽率在定溫中不同光照時間下之變方分析

變異原因	自由度	平方和	均方	F 值
處理	9	2,788.225	309.803	14.66**
光滿時間(D)	1	255.025	255.025	12.07**
溫度(G)	4	1,850.600	462.650	21.90**
D×G	4	682.600	170.650	8.08**
機誤	30	633.861	21.129	
總計	39	3,385.975		

(一)變溫：

由15種變溫組合之第三組試驗中，臺灣肖楠種

子發芽結果如表 4 所示。

由表 4 知在不同變溫組合下，種子發芽以20°C 及 25°C 中之組合效果最佳，其進行之時間較短而發芽率亦較高。溫差最大之30~5°C 之組合最為不良，其最後計算日數達45天而發芽率僅為24%。由本組試驗進行日數與發芽率關係所形成之曲線如圖 3。

由圖 3 顯示，試驗時間愈久，適溫有逐漸移到低溫之趨向，而其最高與最低溫亦有逐漸增大之傾向。如 20~15°C，準備期僅 7 日，全部發芽種子近 1/2 已發芽，至第 17 日發芽即結束；而 10~5°C 近半月方少量發芽，進行期間達 42 日方結束；再如日夜溫差愈大者其發芽進行期間亦愈長，如30~10°C 及30~5°C。

表 4 不同變溫組合下，臺灣肖楠種子發芽之準備期、最後計算日數及發芽率

種子發芽	各種變溫組合 (°C)														
	30-25	30-20	30-15	30-10	30-5	25-20	25-15	25-10	25-5	20-15	20-10	20-5	15-10	15-5	10-5
準備期(天)	4.5	6	5.5	6	8	5	5.5	6	7	7	10	12	11	10.5	14.5
最後計算日數(天)	22	28	28	48	45	23	27	27	29	17	30	36	32	30	42
發芽率(%)	35	35	37	37	24	38	39	39	37	39	39	41	38	35	37

由發芽率結果作角度變換，進行變方分析如表 5。

表 5 臺灣肖楠種子各種變溫組合中發芽率之變方分析

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值
處理間	14	831.914	59.4224	2.4921*
機誤	45	1,072.990	23.8442	
總計	59	1,094.904		

F(0.05, 14 & 45)=1.92

*表示呈顯著差異

由表 5 可知在不同變溫組合下，發芽率有顯著之差異。

由定溫16小時光照及變溫組合試驗（均為16小時光照）之結果相互對照，顯示臺灣肖楠種子在

種高溫低溫組合之週期下顯現不同之發芽率曲線。見圖 4。

由圖 4 顯示，臺灣肖楠種子在16小時光照下之發芽率，除 30°C 定溫及 30~5°C 之變溫組合呈現顯著之不良外，其餘各種溫度中發芽率相差不大，顯示臺灣肖楠種子就發芽率而言，其適溫範圍頗廣，而其中以 20°C 及其組合為最佳。

就三組試驗結果，取其發芽率最高者列如表 6

表 6 各種處理中，臺灣肖楠種子最高發芽率之溫度、發芽率、準備期及最後計算日數

處理	發芽率最高之溫度	發芽率(%)	準備期(天)	最後計算日數(天)
24小時光照	20°C	46	6	38.5
16小時光照	20°C	44	7	17.5
15種變溫組合	20-5°C	41	12	36

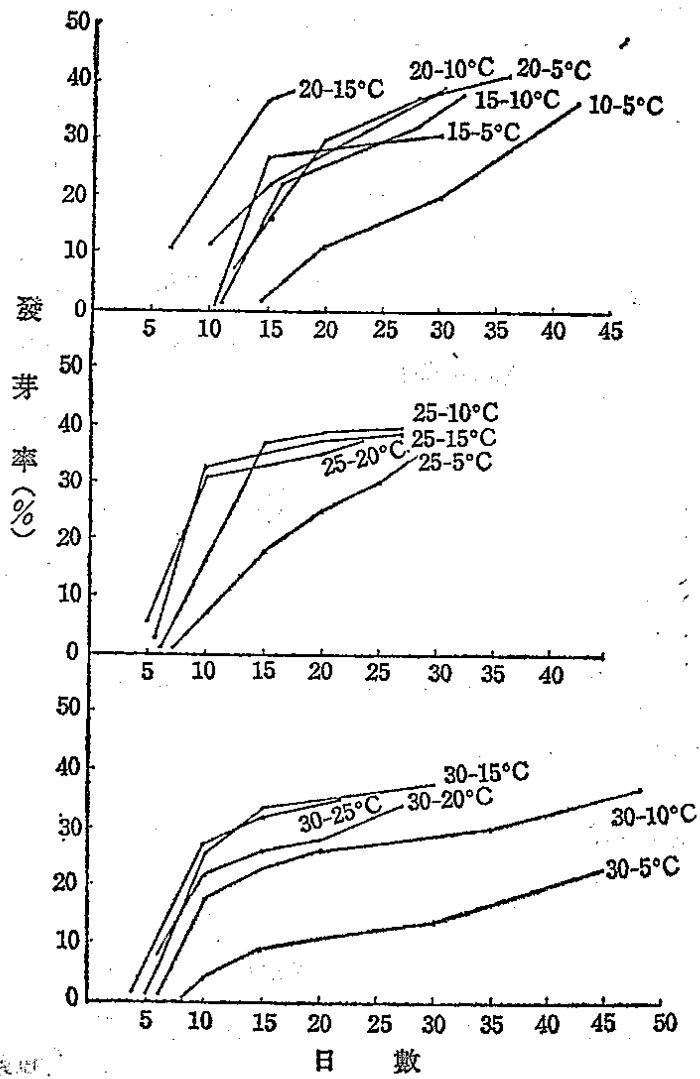


圖 3 變溫組合下，發芽試驗進行之日數與發芽率之關係

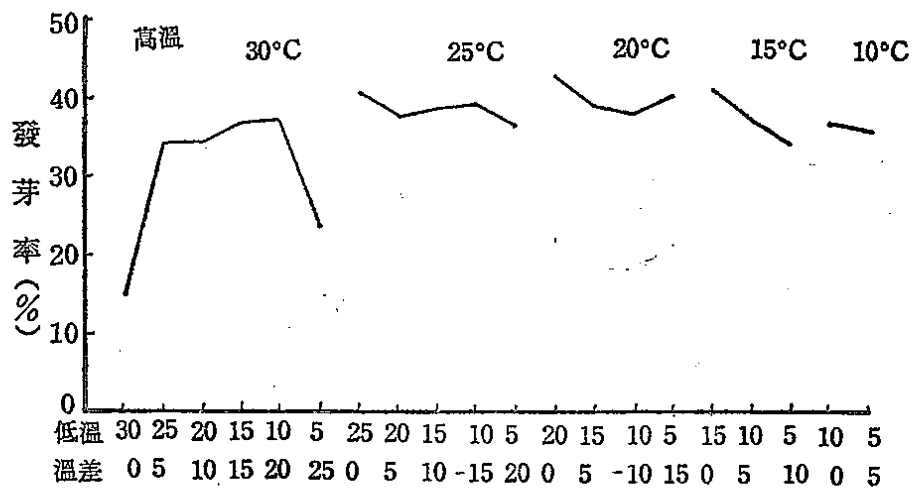


圖 4 16小時光照中，各種高、低溫組合之發芽率變化情形

由表 6 知三組試驗中，發芽率最高之溫度為 20°C 或 20°C 之組合範圍，其中發芽率雖皆相近，但就發芽所進行之期間而言，以 16 小時光照中之 20°C 於播後第 7 日開始、17.5 日結束為期最短，顯示在此條件下，對臺灣肖楠種子發芽所需時間最短而集中。

綜合上述結果，可知臺灣肖楠種子在不同溫度及不同光照下之平均發芽率，甚似臺灣杉和香杉種子之發芽情形（林讚標等 1980，鍾永立等 1980），同在 24 小時光照中具有較佳之發芽率。

通常針葉樹種子之發芽多無須特殊處理即可容易發芽，最多僅需預冷（Prechill）一段時間而已。過去所進行之臺灣杉、紅檜與香杉與諸多針葉樹種（ISTA, 1976）均易發芽。而在木本雙子葉植物種子方面則變化較多。

一般而言，種子發芽受光照與溫度的影響常因植物種類之不同而異，有些種子雖然需要光照以促進發芽，但需要程度時因溫度改變而提高或減少，甚或使光照刺激成為無效；相反的，植物種子對溫度的反應同樣會受光照而改變（李學勇 1976）。對臺灣肖楠種子發芽而言，溫度及光照皆呈極顯著反應已如前述（表 3），但若純就發芽率觀之，光照之影響在 15°C 至 25°C 之間，相差甚微；而發芽進行期間，則 16 小時光照者遠較全光照為迅速，顯示在變光下，能增加發芽速度。

在實際應用上，種子高發芽率固然為育苗成功之決定因素，但在苗圃或野外有自然競爭環境下，若發芽速度過分參差，發芽遲緩之幼苗，常因被壓而遭淘汰或生長不良，部分尚未發芽種子在土中亦可能易受各種為害而損壞，致使實際成苗率或發芽率大打折扣。故發芽速度短而集中者，往往更形重要。本試驗中，24 小時光照雖然發芽率普遍較高，却因發芽期間較長，而事實上亦無定溫全日光照之自然環境，故未能視作可供應用之有利條件。16 小時光照，定溫之 20°C 及 25°C 為期最短（17.5 及 21 日），發芽率亦高（44 及 42%）；證之變溫組合

試驗內 20~15°C、25~20°C 及 25~15°C 中，俱有較短發芽期及較高之發芽率。因此，我們推測在有晝夜別的自然條件下，臺灣肖楠種子發芽適溫範圍，應為日溫 25°C 以下及夜溫 15°C 以上。

四、結論與建議

(一) 臺灣肖楠種子在定溫中發芽，所需時間長短與發芽溫度高低成反比，即溫度愈高，開始發芽及發芽結束期間愈短。

(二) 在定溫中，16 小時光照，種子發芽進行之期間較 24 小時光照為短，發芽率則以 24 小時光照普遍較高。

(三) 變溫變光中，溫度愈低及溫差愈大，其發芽進行期間愈長，發芽率亦普遍較劣。

(四) 臺灣肖楠種子發芽之適溫範圍，為日溫 25°C 以下及夜溫 15°C 以上，故其播種宜避免在溫度過低及溫差過大之高海拔中實施。

五、參考文獻

1. 王子定，1974，應用育林學上卷 國立編譯館 p.222-253 及 190-194.
2. 李學勇，1976，光照對林木種子發芽的影響中華林學季刊 9(2):51-61。
3. 林讚標、鍾永立、楊武係、胡大維 1980 杉種子發芽研究。中國文化學院森林年刊第五臺灣期 p.7-15.
4. 林渭訪 1962 臺灣森林帶主要樹種垂直分佈一覽表 臺灣省林業試驗所參考資料。
5. 柳楮 1966 臺灣產松柏科植物地理之研究 林試所試驗報告第 122 號。
6. 胡大維、林讚標、鍾永立、楊武俊 1978 紅檜種子發芽研究 林試所試驗報告 315 號。
7. 鍾永立、林讚標、楊武俊、胡大維 1980 光期與溫度變化對香杉種子發芽之效應 林學季刊 13(4):117-127.
8. 鍾永立、胡大維 1986 省產五種重要針葉樹種

子儲藏試驗 林試所試驗報告第467號。

9. Asa Kawa, S. 1957 Studies on the delayed germination of *Fraxinus mandshurica* var. *japonica* seeds. (7) Thermoperiodicity in germination. Ringyo Shikenjo Ken Kyu Hokoku 103. 25.
10. Djavanshir K. & H. Pourbeik 1976 Germination value—a new formula, *Silvae Genetica* 25(2):79-83.
11. International Seed Testing Association 1976. International Rules for Seed Testing, *Seed Sci & Tech.* 4(1).
12. Koller, D. 1972. *Seed Biology I: Environmental control of Seed germination.* 1:20 Academic Press., Inc. New York.
13. Stotzky, G. & E. A. Cox. 1962. Seed germination studies in *Musa balbisiana*. II. Alternating temperature requirement for the germination of *Musa balbisiana*. *Amer. J. Bot.* 49(7): 763-770.

The Effect of Different photoperiods and
Temperatures on the Germination of the seeds
of *Calocedrus formosana* (Florin) Florin

Yong-Ly Chung Ta-Wei Hu

Summary

Germination studies on the *Calocedrus formosana* (Florin) Florin under different temperatures and photoperiods, were conducted to find a suitable condition for germination. Under 24 hours light, the seeds reached the maximum germination percentage in constant temperature 20°C (46%). Under 16 hours light, the seeds reached the maximum germination percentage in constant temperature 20°C (44%). Under various alternating temperatures and different photoperiods, the seed reached the maximum percentages in 20-5°C, 16 hours light (41%). It is concluded that the seeds of *Calocedrus formosana* (Florin) Florin showed better germination percentage under 24 lights, but the seeds germinated earlier and faster than other treatments under 16 hours light and can shorten the final counts of germination duration.

Key words: photoperiod, temperature, lag phase, final counts.