

試驗簡報

初期乾燥溫度對木材乾縮率之影響

熊如珍^{1,2)} 翟思湧¹⁾

摘要

本研究旨在探討初期乾燥溫度變化對木材乾縮的影響。特以台灣櫟(*Zelkova formosana*)為試材，生材製成3 cm×3 cm×0.5 cm(長)正方形試片、3 cm×3 cm×3 cm正方體小角材，氣乾材製成3 cm×3 cm×0.5 cm(長)正方形試片，分別自生材、氣乾材進行乾燥試驗。烘箱溫度之設定：對照組為70℃、100℃；試驗組之生材部分為30℃—70℃、30℃—100℃，氣乾材部分為30℃—70℃、60℃—100℃。

試驗結果顯示：台灣櫟試材自生材始以不同溫度進行乾燥，所測得之木材全收縮率，當試體為長度0.5 cm之正方形試片時，降低最初乾燥溫度為30℃之兩試驗組(30℃—70℃、30℃—100℃)，其全收縮率不論是弦向或是徑向，均分別小於一開始就使用70℃或是100℃之兩對照組，證明台灣櫟木材乾燥時，自生材始若降低初期乾燥溫度，能減低木材之全收縮率。當試體為尺寸不同之兩對照組(100℃)，試材長度3 cm之全收縮率，明顯低於長度0.5 cm者之全收縮率，此證明，尺寸較大之木材在乾燥進行時，其收縮受到較大之限制。此外，試材尺寸不同之兩試驗組(30℃—100℃)中，試材長度3 cm之全收縮率，僅略低於長度0.5 cm者之全收縮率，且其間之差異並不顯著，此證明尺寸較大之木材在進行乾燥時，自生材始，若降低其初期乾燥溫度，其收縮受到之限制將大幅減低。

關鍵詞：木材乾縮、初期乾燥溫度、全收縮率、乾縮應力、台灣櫟。

熊如珍、翟思湧。1998。初期乾燥溫度對木材乾縮率之影響。台灣林業科學 13(2): 169-174。

Research note

Effect of Initial Drying Temperature on Shrinkage of Wood

Ju-chen Hsiung^{1,2)} and Sy-yung Jai¹⁾

【 Summary 】

This study evaluates the effect of initial drying temperature on the shrinkage of *Zelkova formosana* wood.

Green specimens were 3 cm×3 cm×0.5 cm (lengthwise) and 3 cm×3 cm×3 cm; air-dried specimens were 3 cm×3 cm×0.5 cm (lengthwise).

Drying schedules of *Zelkova formosana*: treatments of contrast were drying at 70℃ and 100℃;

¹⁾ 台灣省林業試驗所森林利用系，台北市南海路 53 號 Division of Forest Utilization, Taiwan Forestry Research Institute, 53 Nanhai Rd., Taipei, Taiwan, ROC.

²⁾ 通訊作者 Corresponding author

1997 年 12 月送審 1998 年 3 月通過 Received December 1997, Accepted March 1998.

treatments of test were 30°C — 70°C and 30°C — 100°C for green specimens, and 30°C — 70°C and 60°C — 100°C for air-dried specimens.

The results of this study indicate that: for *Zelkova formosana*, if the lower initial drying temperature in the green state is adopted, a smaller oven-dried shrinkage is realized. If the lower initial drying temperature in the green state is adopted, a smaller drying stress after oven-dried is realized. The lower initial drying temperature conduced lower oven-dried shrinkage, and the reduced shrinkage occurred in the initial stage of wood shrinkage.

Key words: shrinkage of wood, initial drying temperature, oven-dried shrinkage, drying stress, *Zelkova formosana*.

Hsiung, J. C., and S. Y. Jai. 1998. Effect of initial drying temperature on shrinkage of wood. Taiwan J. For. Sci. 13(2): 169-174.

緒言

木材在乾燥時，其尺寸和體積隨吸著水的散失而減小，稱之為乾縮(Chen, 1985)。木材的乾縮，主要由於當木材乾燥時，水分向外蒸發，細胞壁上纖維之間、微纖維之間和微晶之間的吸著水數量減少，其間的水層減薄，纖維、微纖維和微晶彼此間就將靠攏，以至細胞壁，乃至整個木材的尺寸因之縮小。

木材的乾縮是其加工、利用上之一大問題，它不僅引起木材尺寸和體積的縮小，更因木材乾縮不均勻而發生開裂、翹曲變形等缺陷，同時乾燥後的木材尺寸和體積並非永久不變，它隨著周遭空氣濕度的變動而繼續發生變化。因此了解木材的乾縮性，在木材加工、利用上有很重要的意義。

一般文獻中(Wang, 1981; Jai, 1986)對於木材因水分散失所引起之收縮，均指出影響其收縮

率之因子為樹種及其本身構造。唯 Stevens指出(Kollmann, 1968)，木材收縮率受到溫度之影響，唯在含水率低於25%時不受影響。

本研究以省產優良闊葉樹材中之台灣樺，針對木材乾燥溫度的變化對木材乾縮率的影響進行探討。

材料與方法

一、試驗材料

台灣樺(*Zelkova formosana*) 採自新竹林區管理處計兩株，截取2 m長之原木段，共得17段，平均直徑35.2 cm，最大57.8 cm，最小20.3 cm。鋸製試材其規格為：厚度 3cm，寬度10~15 cm，長度 180 cm；再就心材部份，選取正徑或正弦面部份製成橫斷面為3 cm× 3 cm，其長度為45 cm之試材，包裝冷藏備用。有關試材特性詳如 Table 1。

Table 1. Characteristics of materials used in the experiment¹⁾

Species	Diameter (cm)	Avg. green	Avg. specific gravity ³⁾	Avg. oven-dry shrinkage (%)		
		M.C. (%)	(Wo/Vg)	Tangential (T)	Radial (R)	T / R
<i>Zelkova</i>	Avg. 35.2	72.92	0.742	7.33	3.73	1.96
<i>formosana</i>	Max. 57.8	(0.78) ²⁾	(0.014)	(0.51)	(0.23)	(0.06)
	Min. 20.3					

¹⁾ Number of specimens is 6 for each category.

²⁾ Values in parentheses represent standard error.

³⁾ Based on oven-dried weight (Wo) and green volume (Vg).

二、試驗方法

(一)乾燥試驗設計

以烘箱分別自生材、氣乾材進行乾燥試驗。

1. 對照組烘箱溫度之設定，分別為100℃、70℃進行乾燥。
2. 試驗組烘箱溫度之設定，生材部分為30℃—100℃、30℃—70℃，氣乾材部分為60℃—100℃、30℃—70℃進行乾燥。

烘箱溫度與乾燥時間之設定值詳如 Table 2。

(二)試體之製作

生材製成3 cm×3 cm×0.5 cm(長)兩面徑切面之正方形小試片，以及3 cm×3 cm×3 cm正方體小角材。

氣乾材製成3 cm×3 cm×0.5 cm(長)兩面徑切面之正方形小試片。

(三)乾燥試驗

試體製妥後，每一乾燥試驗條件各隨機選取5個。台灣樺3 cm×3 cm×0.5 cm(長)之正方形小試片分別自生材狀態、氣乾材狀態(自生材至氣乾狀態需時十天)進行乾燥試驗，測定生材含水率、全收縮率及氣乾材含水率、氣乾收縮率；其3 cm×3 cm×3 cm正方體小角材僅自生材狀態進行乾燥試驗，測定生材含水率、全收縮率。

對照組：試體稱取重量(W_g、W_a)及度量其徑、弦向測定基準線(L_g、L_a)後，分別置於70℃、100℃之烘箱中，乾燥至重量不變為止(3 cm×3 cm×0.5 cm者24小時，3 cm×3 cm×3 cm者72小時)後，稱量各試體之重量(W_o)及徑、弦向測定基準線長(L_o)。

試驗組：試體稱取重量(W_g、W_a)及度量其徑、弦向測定基準線(L_g、L_a)後，生材部分先置於30℃之烘箱中4小時，氣乾材部分則分別先置於30℃4小時、60℃烘箱2小時。生材部分轉置於70℃、100℃之烘箱中；氣乾材部分則將經30℃處理者轉置於70℃烘箱中，經60℃處理者轉

置於100℃烘箱中。乾燥至重量不變為止(3 cm×3 cm×0.5 cm者24小時，3 cm×3 cm×3 cm者72小時)後，稱量各試體之重量(W_o)及徑、弦向測定基準線長(L_o)。

以上各組試體所稱量之重量係供測定其生材含水率及氣乾材含水率之用；而度量基準線之長度則分別供測定全收縮率及氣乾收縮率之用。

(四)分析項目

1. 生材含水率(%) = $\frac{W_g - W_o}{W_o} \times 100$
2. 氣乾材含水率(%) = $\frac{W_a - W_o}{W_o} \times 100$
3. 全收縮率(%) = $\frac{L_g - L_o}{L_g} \times 100$
4. 氣乾收縮率(%) = $\frac{L_a - L_o}{L_g} \times 100$

式內，W_g：生材時，試體之重量(g)。

W_a：氣乾材時，試體之重量(g)。

W_o：絕乾材時，試體之重量(g)。

L_g：生材時，基準線長(cm)。

L_a：氣乾材時，基準線長(cm)。

L_o：絕乾材時，基準線長(cm)。

結果與討論

一、生材部份

(一)台灣樺3 cm×3 cm×0.5 cm(長)正方形小試片

乾燥溫度採100℃或70℃之兩對照組所測得之生材含水率(100℃組72.21%；70℃組69.05%)，分別與採30℃—100℃或30℃—70℃之兩試驗組所測得者(30℃—100℃組71.56%；30℃—70℃組67.50%)，不論最終乾燥溫度採100℃或採70℃，對照組與試驗組間之差異在95%信賴區間測試下均不顯著。其結果詳如 Table 3。

降低最初乾燥溫度為30℃之兩試驗組(30℃—100℃、30℃—70℃)，所測得之全收縮率(弦向：30℃—100℃組6.62%，30℃—70℃組5.92%；徑向：30℃—100℃組3.60%，30℃—70℃

Table 2. Drying schedules for green wood and air-dried wood of *Zelkova formosana*

Sample	Green wood		Air-dried wood	
	Contrast	Test	Contrast	Test
3 cm×3 cm×0.5 cm	100℃	30℃—100℃	100℃	60℃—100℃
	(24 h)	(4 h) (24 h)	(24 h)	(2 h) (24 h)
	70℃	30℃—70℃	70℃	30℃—70℃
	(24 h)	(4 h) (24 h)	(24 h)	(4 h) (24 h)
3 cm×3 cm×3 cm	100℃	30℃—100℃		
	(72 h)	(4 h) (72 h)		

組3.30%)，不論是弦向或是徑向，均分別小於一開始就採用乾燥溫度 100℃或70℃之兩對照組(弦向：100℃組7.35%，70℃組6.53%；徑向：100℃組3.86%，70℃組3.47%)，且其差異在95%信賴區間測試下均顯著。其結果詳如 Table 3。此顯示：自生材始，降低其初期乾燥溫度，可減低台灣檫木材之全收縮率。此試驗結果符合 Stevens (Kollmann, 1967)所稱木材之收縮率隨溫度升高而變大。

(二)台灣檫3 cm×3 cm×3 cm正方體小角材

乾燥溫度採 100℃之對照組所測得之生材含水率 (74.81%)，與採30℃—100℃之試驗組所測得者 (74.09%)，二處理間之差異在95%信賴區間測試下不顯著。其結果詳如 Table 4。

降低最初乾燥溫度為30℃之試驗組(30℃—100℃)，所測得之全收縮率(弦向6.36%，徑向3.30%)，不論是弦向或是徑向，均小於一開始就採用 100℃之對照組(弦向6.44%，徑向3.43%)，但其差異在95%信賴區間測試下均不顯著。其結果詳如 Table 4。

綜觀 Table 3與 Table 4，試材尺寸不同之兩對照組 (100℃)中試材尺寸較大(3 cm×3 cm×3 cm)之全收縮率(弦向6.44%，徑向3.43%)，明顯低於試材尺寸較小(3 cm×3 cm×0.5 cm)之全收縮率 (弦向7.35%，徑向3.86%)。此顯示，尺寸較大之木材在乾燥進行時，其收縮受到較大之限制。

此外，Table 3與 Table 4中，試材尺寸不同之兩試驗組 (30℃—100℃) 中，試材尺寸較

大(3 cm×3 cm×3 cm)之全收縮率 (弦向6.36%，徑向3.30%)，僅略低於試材尺寸較小(3 cm×3 cm×0.5 cm)之全收縮率 (弦向6.62%，徑向3.60%)，且其間之差異並不顯著。此顯示：尺寸較大之木材在乾燥進行時，若自生材始，降低其初期乾燥溫度，其收縮受到之限制將大幅減低。

理論上，木材乾燥時，若收縮受到較大限制，乾燥結束後存在之乾縮應力亦較大。本試驗證明，木材尺寸較大者，乾燥時其收縮受到較大限制，故其乾燥結束後存在著較大之乾縮應力，此點與前人文獻中所述相符(Chen, 1985)。本試驗亦證明，大尺寸乾燥時其收縮受到之限制，30℃—100℃組小於100℃組；亦即尺寸較較大者施以降低初期乾燥溫度之處理，本試驗證明其收縮受到之限制大幅減少。故乾燥結束後，其乾縮應力當隨著乾燥初期溫度之降低而減少。

二、氣乾材部份

乾燥溫度採 100℃或70℃之兩對照組所測得之氣乾材含水率(100℃組11.78%；70℃組11.93%)，分別與採60℃—100℃或30℃—70℃之兩試驗組所測得者(60℃—100℃組11.78%；30℃—70℃組11.83%)，不論最終乾燥溫度採100℃或採70℃，對照組與試驗組間之差異在95%信賴區間測試下均不顯著。其結果詳如 Table 5。

降低開始乾燥溫度為60℃或30℃之兩試驗組(60℃—100℃、30℃—70℃)，所測得之全收

Table 3. Drying data for green wood of *Zelkova formosana*(1) (3 cm × 3 cm × 0.5 cm)

Treatment ¹⁾	Avg. oven-dry shrinkage ³⁾ (%)		M. C. ⁴⁾ (%)
	Tangential	Radial	
100°C	7.35 ²⁾ (0.16)	3.86(0.04)	72.21(1.04)
30°C – 100°C	6.62 (0.21)	3.60(0.05)	71.56(1.24)
70°C	6.53 (0.02)	3.47(0.03)	69.05(0.45)
30°C – 70°C	5.92 (0.07)	3.30(0.05)	67.50(0.67)

¹⁾ Contrast: 100°C, 70°C; Test: 30°C – 100°C, 30°C – 70°C.

²⁾ Values in parentheses represent standard error.

³⁾ After analysis of variance, differences between treatments 100°C and 30°C – 100°C, or 70°C and 30°C – 70°C are significant at the 0.05 level.

⁴⁾ After analysis of variance, differences between treatments 100°C and 30°C – 100°C, or 70°C and 30°C – 70°C are not significant at the 0.05 level.

Table 4. Drying data for green wood of *Zelkova formosana*(2) (3 cm × 3 cm × 3 cm)

Treatment ¹⁾	Avg. oven-dry shrinkage ³⁾ (%)		M. C. ³⁾ (%)
	Tangential	Radial	
100°C	6.44 ²⁾ (0.29)	3.43(0.15)	74.81(0.72)
30°C – 100°C	6.36 (0.54)	3.30(0.08)	74.09(0.73)

¹⁾ Contrast: 100°C; Test: 30°C – 100°C.

²⁾ Values in parentheses represent standard error.

³⁾ After analysis of variance, differences between treatments 100°C and 30°C – 100°C are not significant at the 0.05 level.

Table 5. Drying data for air-dried wood of *Zelkova formosana* (3 cm × 3 cm × 0.5 cm)

Treatment ¹⁾	Avg. oven-dry shrinkage ³⁾ (%)		M. C. ³⁾ (%)
	Tangential	Radial	
100°C	3.35 ²⁾ (0.05)	1.93(0.10)	11.78(0.02)
60°C – 100°C	3.39 (0.08)	2.00(0.06)	11.78(0.03)
70°C	3.10 (0.12)	1.94(0.06)	11.93(0.04)
30°C – 70°C	2.86 (0.10)	1.77(0.08)	11.83(0.03)

¹⁾ Contrast: 100°C, 70°C; Test: 60°C – 100°C, 30°C – 70°C.

²⁾ Values in parentheses represent standard error.

³⁾ After analysis of variance, differences between treatments 100°C and 60°C – 100°C, or 70°C and 30°C – 70°C are not significant at the 0.05 level.

縮率(弦向：60°C – 100°C組3.39%，30°C – 70°C組2.86%；徑向：30°C – 100°C組2.00%，30°C – 70°C組1.77%)，不論是弦向或是徑向：與一開始就採用乾燥溫度 100°C或70°C之兩對照組(弦向：100°C組3.35%，70°C組3.10%；徑向：

100°C組1.93%，70°C組1.94%)，其間差異在95%信賴區間測試下均不顯著。其結果詳如 Table 5。此顯示：已達氣乾程度(相當於一般乾燥至後期)之木材，才開始實施人工乾燥，雖將溫度減低，卻不能獲致如生材部份中所顯示之結果(降

低初期乾燥溫度可減低木材之乾縮)，亦即並不能減低台灣檫木材之氣乾收縮率。此點與 Stevens (Kollmann, 1968) 所稱相符，即木材含水率在25%以下時，其收縮率不受乾燥溫度影響。

綜觀 Table 3 與 Table 5，台灣檫3 cm×3 cm×0.5 cm(長)試片所作之乾燥試驗結果，降低初期乾燥溫度，所減低之木材收縮，並不屬於乾縮後期，當屬於發生乾縮之前期，亦即一般實施人工乾燥之部份。

結論

- 一、台灣檫木材乾燥時，若自生材始，即降低其初期乾燥溫度，可減低木材之全收縮率。
- 二、台灣檫木材乾燥時，若自生材始，即降低其初期乾燥溫度，乾燥結束後，其收縮受到之限制大幅減少，故其內部存在之乾縮應力因而減少。
- 三、台灣檫木材乾燥時，自生材始降低其初期乾

燥溫度，所減低之木材收縮當屬於發生乾縮之前期。

- 四、木材窯乾，採較低之初期乾燥溫度，當可減低木材之乾縮率，且可減輕內部乾縮應力之發生。

引用文獻

- Chen, J. C. 1985. Science of wood. China For. Publ. Co., Beijing. pp. 429-437. [in Chinese].
- Jai, S. Y. 1986. Moisture content changes of the wood during storage. Woodworking & Furniture Digest 21(3): 27-29. [in Chinese].
- Kollmann, F. F. P., and W. A. Côte, Jr. 1968. Principles of wood science and technology 1. Springer-Verlag New York Inc., Germany. p. 205.
- Wang, S. Y. 1981. Physics of wood. Taiwan For. J. 7(3): 45-47. [in Chinese].

第十二卷第四期勘誤表(作者更正)

Page	Column	Line	Original	Corrected
379		11	concentrations	concentrations,
379		13	concentrations	concentrations,
380	1	25-26	whi-ch	which
380	2	Fig. 1	Experimental	Experimental area
380	2	3-4	hardwo-od	hardwood
380	2	7-8	<i>Cunningha-mia</i>	<i>Cunningham-ia</i>
380	2	14	area and	area, and
380	2	24	mℓ	mL
381	1	13	insect ,	insect,
381	1	23	science	Science
381	1	30	design	designed
381	1	39-40	concentr-ations	concentra-tions
381	1-2	41- 1	concent-rations	concen-trations
381	2	9-10	th-an	than
381	2	10-11	concentr-ations	concentra-tions
382	1	5-6	precipit-ation	precipi-tation
382	1	6	a entire	the entire
382	1	11	appears	appears to
382	2	1	canopy(Miller, 1984---	canopy (Miller, 1984---
382	2	7	pH than	than that of
382-383	2-1	12-1	precipitat-ion	precipita-tion
383	1	13	30-40%	30%-40%
383	1	Fig. 5	showed	shown
383	2	24-25	concentr-ation	concentra-tion
383	2	25	the factor	a factor
383	2	30	siginificant	significant
383	2	32	lics ,	lics,
384	1	22	there	there-
		23	-fore	fore
384	1	46	show-	showed
384	2	1	ammonia -N	ammonia-N
384	2	15	stands .	stands.
384	2	34	concentration	concentrations
384	2	42	the anion	ion
385	1	9-10	concentr-ation	concentra-tion