

紅檜人工林疏伐林分生長之研究(1)

— Mitscherlich、Logistic 和 Gompertz 模式模擬單木生長效果分析

李久先(2) 顏添明(3)

【摘要】本研究以大雪山地區紅檜人工林疏伐林分為對象，資料係由樹幹解析取得，採用 Mitscherlich、Logistic 和 Gompertz 模式模擬單木胸高斷面積生長，本文的目的即在探討此三種生長模式在紅檜人工林疏伐林分單木生長的適用性。

【關鍵詞】紅檜、Mitscherlich 生長模式、Logistic 生長模式、Gompertz 生長模式。

Studies on Growth for *Chamaecyparis formosensis* Plantations by Different Thinning Intensity (1)

- The Simulation Effects of Individual Tree Growth by Mitscherlich, Logistic and Gompertz Growth Models

Joou-Shian Lee (2) Tain-Ming Yen (3)

【Abstract】The study explored data collected from thinning stand of *Chamaecyparis formosensis* plantations by stem analysis. The study area is located in Ta-Hsueh-Shan, in the central part of Taiwan. Three growth functions were applied in this study, namely Mitscherlich, Logistic and Gompertz

(1) 本研究承行政院農業委員會之經費補助[84科技-2.11-林-17(16)]謹此致謝。

This research project was sponsored by Council of Agriculture.

(2) 國立中興大學森林學系教授

Professor, Department of Forestry, NCHU.

(3) 國立中興大學森林學研究所研究生

Graduate student, Research Institute of Forestry, NCHU.

respectively. The purpose of this study is to discuss the applicability of three growth functions to individual tree growth.

【Key words】*Chamaecyparis formosensis* Mitscherlich growth function, Logistic growth function, Gompertz growth function.

一、前言

紅檜(*Chamaecyparis formosensis* Matsum.)屬於柏科(Cupressaceae)，扁柏屬(*Chamaecyparis*)之大喬木，為本省固有之優良樹種，材質優良聞名中外，在人工栽植造林上佔著舉足輕重的地位。紅檜天然林型原分布於本省中央山脈各主要山區，海拔1,050～2,150公尺之山腰或谷地常呈大面積之純林或與台灣扁柏、鐵杉、松類及闊葉樹混生，據「臺灣省林業統計」1984年至1993年10年間，林務局以紅檜造林總共栽植面積達18,663.79公頃。

人工林由於樹種構成單純，在森林經營上常以提供林木收穫等經濟目的為其重點，故在發揮經濟功能效用佔有重要的地位，而紅檜人工林的經營除了要考量到經濟性的原則外並且要在永續經營的理念下來經營才能提供人類長遠的利益，在此一觀點下，林木生長收穫量的查定就更為重要了，研究林木之生長收穫，除了要對林木的生長特性有所了解外，並且還要能預測其往後的生長量，近年來由於生長收穫模式的發展有助於林木生長收穫量的估測及預測，因此如何選擇一具代表性的生長模式來模擬之，並可有效的估測及預測生長實為研究林木經營所須探討的重要課題，本研究以大雪山地區紅檜人工林疏伐林分為研究對象，採用Mitscherlich、Logistic和Gompertz等三種生長模式模擬單木胸高斷面積之生長，並探討其在紅檜人工林生長的適用性。

二、材料及方法

(一)、試驗材料

本研究之試驗地位於本省中部，屬林務局東勢林區管理處大安溪及八仙山事業區，東經120°、北緯24°，海拔1500～2500公尺，為中央山脈之一部分，係經第三紀始新世之造山運動及漸新世之褶曲運動而形成，主要母岩為粘板岩、頁岩，砂岩副之，或為粘板岩與砂岩之互層，結構不堅，岩石排列鬆弱，易受風化崩離，降水易滲入岩層中，抗侵蝕力弱，土壤屬灰壤，地表混有腐質，表土層頗深厚，排水良好。本研究之試驗地位位置圖如圖1所示，其他相關地理位置及氣象資料請參考李、顏(1994b)。

National Chung Hsing University

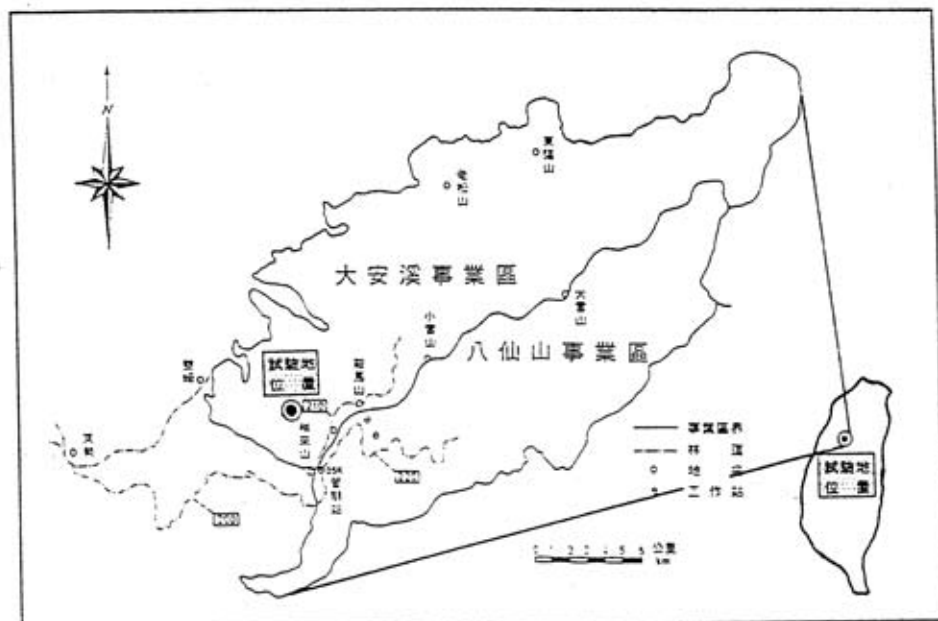


圖1. 本研究之試驗地位位置圖

Fig. 1. Location map of this study area

有關疏伐樣區之林木生長資料，疏伐試驗設定樣區之林分概如次：

大雪山林場210林道距35K管制站2公里路旁，海拔1800~2000公尺，坡度20~25°，屬於大安溪事業區121、123林班內之紅檜人工林，林分於七年生時實施疏伐作業，於十八年生時進行樹幹解析，以取得樣木生長資料。

試驗林分為0.6公頃(0.05公頃×12個)。其疏伐試區之疏伐度、試區排列、疏伐木之排列、疏伐木之選定及樣木解析分述如下：

1. 疏伐度

本研究係以不同疏伐度為處理因子，各試驗林分之疏伐後平均每公頃胸高斷面積保留量(其量為整體扣除疏伐度)，強度疏伐之疏伐度為45%，中度疏伐之疏伐度為30%，弱度疏伐之疏伐度為15%。

2. 試區排列

各試驗林分係採用逢機完全區集設計，四種不同處理(三個不同疏伐強度及一個對照區)三個區集，試驗林分共十二個試區，每一試區0.05公頃，總試區面積為0.6公頃。

3. 疏伐木之選定

疏伐木的選定係依照下層疏伐原則實施疏伐作業，疏伐時疏伐木之選定順序為：(1)枯死木、瀕死木；(2)被害木、被壓木；(3)形質不良木；(4)樹冠過度擴張，壓迫鄰接優勢木之生長者；(5)過密之中庸木或優勢木。

4. 樣木解析

本研究於紅檜人工林疏伐後十一年(即十八年生)，各處理伐除標準木三株，四種不同處理共計樣木十二株，以各處理為單位，採胸高斷面積為介量，取其平均值為基本的資料單位。

(二)研究方法

1. 三種生長模式之基本形態

有關Mitscherlich、Logistic及Gompertz三種生長模式之基本形態如表1所示(參考陳，1985；李、陳，1988；Ratkowsky, 1983; Seber and Wild, 1989; Yang *et al.* 1978)。

表1. Mitscherlich、Logistic及Gompertz三種生長模式之基本形態

Table 1. Basic type of three growth models in this study.

模式名稱	模式型態
Mitscherlich	$Y=A[1-B\exp(-kt)]$
Logistic	$Y=A/[1+\exp(\alpha-kt)]$
Gompertz	$Y=A\exp[-\exp(\alpha-kt)]$

註：Y:生長量;t:時間;A、B、k、 α :參數

2. 模式的求解

三個模式的求解係採用非線性最小平方方法(Nonlinear least squares method)求解之。

3. 適合度測驗

採用 Kolmogorov-Smirnov 適合度測驗，詳細方法請參考 Sokal and Rohlf(1981)。

4. 採用之軟體

(1)樣木之解析資料以 EXCEL 建檔及基本運算。

(2)模式之求解以 SPSS for Window(Advanced Statistics Release 6.0)統計軟體之非線性模組求解參數。

三、結果與討論

不同疏伐強度之單木胸高斷面積生長以三種生長模式模擬所得之參數值如表2所示所示。

表 2. 三種生長模式求解所得之參數值

Table 2. Parameter estimates of three growth models

模 式 名 稱	參數	強度疏伐	中度疏伐	弱度疏伐	對 照 區
Mitscherlich	A	97292.2569	68620.8886	58870.5711	11500.4873
	B	1.0004	1.0004	1.0004	1.0014
	k	1.2522×10^{-4}	1.4704×10^{-4}	1.5638×10^{-4}	6.1609×10^{-4}

Logistic	A	200.7599	170.5276	154.4345	109.2772
	α	4.1980	3.9305	3.8675	3.5162
	k	0.3600	0.3376	0.3367	0.3549

Gompertz	A	251.7827	216.9311	194.7057	125.1771
	α	1.9424	1.8085	1.7864	1.7203
	k	0.1745	0.1619	0.1631	0.1951

不同生長模式模擬結果之殘差平方和如表3所示，而 K-S 適合度測驗之結果如表4 所示。

表 3. 三種生長模式之殘差平方和

Table 3. Residual sum of squares of three growth models

模 式 名 稱	強度疏伐	中度疏伐	弱度疏伐	對 照 區
Mitscherlich	2102.3213	1086.5307	804.4568	296.9161
Logistic	226.5292	204.8487	213.2472	393.2339
Gompertz	27.7560	42.6678	60.4087	181.0620

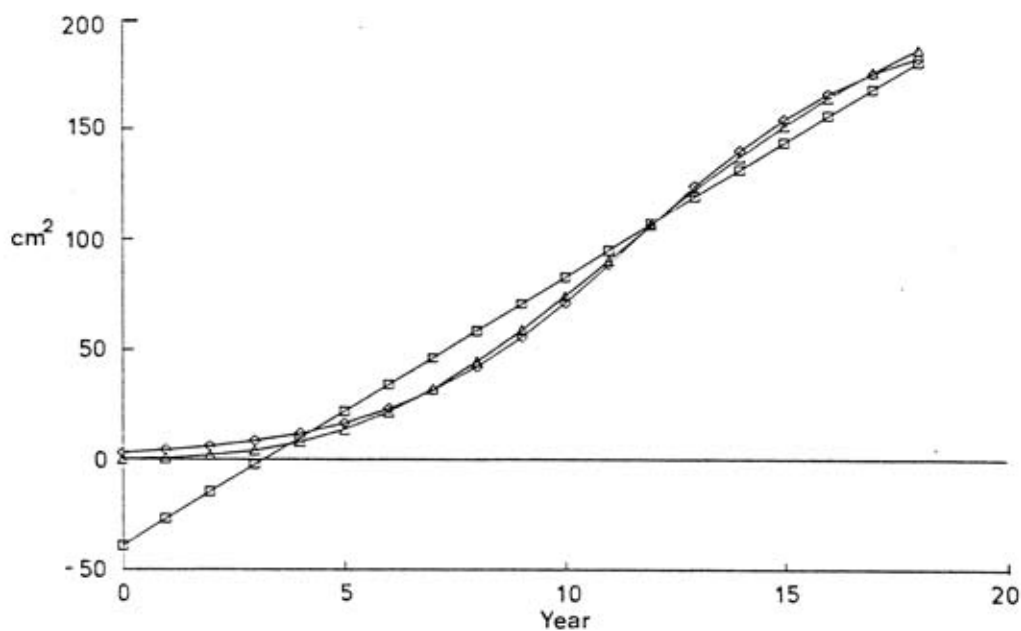
表 4. 三種生長模式之適合度測驗

Table 4. Test of goodness of fit for three growth models

模 式 名 稱	強度疏伐	中度疏伐	弱度疏伐	對 照 區	
Mitscherlich	0.1429	0.1137	0.1024	0.0821	
Logistic	0.0264	0.0334	0.0513	0.0557	
Gompertz	0.0184	0.0185	0.0332	0.0551	

D(α)值	$\alpha = .05$	0.0931	0.1093	0.1140	0.1285
	$\alpha = .01$	0.1190	0.1396	0.1366	0.1537

由表3之殘差平方和顯示Gompertz生長模式模擬不同疏伐林分之單木生長有優於其他二者之趨勢。表4之適合度測驗結果可知除Mitscherlich模式的部份效果較差，未能通過測驗外，其餘二者皆能通過K-S統計檢測。綜合表3之殘差平方和及表4之K-S統計檢測可明顯的瞭解Gompertz模式的優異性，如將本模式和李、顏(1995)採用之Chapman-Richards生長模式模擬結果比較，本模式不亞於該模式。在實際的應用上本模式應具有發展潛力，而陳(1985)亦曾以此三種生長模式模擬紅檜人工林之單木生長，惟其模式的求解係經線性轉換而得，而本研究則直接以非線性求解的方法直接求解其參數，此可更有效的描述生長之特性，茲以強度疏伐為例，將三種生長模式模擬所得曲線形態做一比較，如圖2所示。



註：□:Mitscherlich生長模式; ◇:Logistic生長模式;

△:Gompertz生長模式

圖2. 疏伐林分之單木胸高斷面積生長

Fig. 2. Individual tree basal area growth of heavy thinning stand.

由圖2之三種生長模式模擬強度疏伐林分之單木胸高斷面積生長曲線可知，Mitscherlich模式之曲線形態為非對稱性，且無反曲點，故其曲線受限多，Logistic模式雖具反曲點，但其曲線之微分(生長速率)則於反曲點兩側呈對稱，故曲線的彈性較小，而

Gompertz模式的曲線除具反曲點又為非對稱性故曲線的彈性大，此可解釋表3及表4所得的結果。

四、結論

本研究以Mitscherlich、Logistic及Gompertz三種生長模式模擬大雪山地區不同疏伐強度之紅檜人工林單木胸高斷面積生長，由模式模擬結果比較其殘差平方和及以K-S統計測驗檢測理論值和觀測值間的差異，結果顯示Gompertz生長模式有優於其他二者的趨勢。

五、參考文獻

- 李久先 1985 紅檜人工林疏伐之研究(第三年總報告) 國立中興大學森林學系研究報告第202號，50頁。
- 李久先、陳朝圳 1988 大雪山地區紅檜人工幼齡林單木生長模式之研究 中華林學季刊，21(2): 25-43。
- 李久先、顏添明 1994a 人工林林分生長之探討—疏伐對林分結構及生長的影響 中興大學實驗林研究報告，16(1):103-113。
- 李久先、顏添明 1994b 紅檜人工林單木生長之研究(一)·未疏伐林分及疏伐林分單木生長模式模擬效果分析 中興大學實驗林研究報告，16(2):129-141。
- 李久先、顏添明 1995 紅檜人工林單木生長之研究(二)·Chapman-Richards生長模式在疏伐林分之應用 中興大學實驗林研究報告，17(1):125-136。
- 林務局 1994 臺灣省林業統計
- 陳朝圳 1985 大雪山地區紅檜人工幼齡林生長模式之研究 國立中興大學森林學研究所碩士論文，125頁。
- 顏添明 1993 不同間伐強度對紅檜人工林生長之影響 國立中興大學森林學研究所碩士論文，75頁。
- 羅卓振南、鍾旭和、羅新興、周朝富 1985 紅檜人工林疏伐效果之研究 林試所研究報告第448號，9頁。
- 羅卓振南、鍾旭和、羅新興、周朝富 1987 六龜地區紅檜人工林疏伐效果之研究 林業試驗所研究報告季刊，2(3):187-189。
- Berry, G.J., R.J. Cawood., and R.G. Flood. 1988. Curve fitting of germination data using the Richards function. *Plant, Cell and Environment*, 11:183-188.
- Clutter, J.L., J.C. Fortson., L.V. Pienaar., G.H. Brister., and R.L. Bailey. 1983. *Timber management A quantitative approach*. Wiley, New York, p.1-139.
- Ratkowsky, D.A. 1983. *Nonlinear regression modeling*. Marcel Dekker: New York
- Seber, G.A.F. and C.J. Wild. 1989 *Nonlinear regression*. Wiley, New York, p.325-365.
- Sokal, R.R., and F.J. Rohlf. 1981. *Biometry*. 2nd ed. W.H. Freeman and Company, San Francisco. p.691-778.

- Wykoff, W.R. 1990. A basal area increment model for individual conifers in the Northern Rocky Mountain. *For. Sci.* 36(4):1077-1104.
- Yang, R.C., A.Kozak, and J.H. Smith. 1978. The potential of Weibull-type function as flexible growth curve. *Can. J. For. Res.* 8:424-431.

國立中興大學 

National Chung Hsing University