

林木生長收穫相關問題之探討

◎顏添明／林務局農林航空測量所技佐

一、前言

森林為人類所賴以依存之重要資源，蘊涵著文明進展之軌跡，不同時期之林業政策及營林方針或許有所差異，然於擬定經營決策前，皆需廣泛蒐集森林基本資訊，諸如林況、地況、氣象及其他各種相關資料，做為經營規劃之憑藉。森林為林地及群生林木(竹)所構成之集合體，林地具固定性，其屬性資料易由調查後建立；但林木具動態(Dynamic)性，會隨時間消長，故需長期實施調查及監測以資為經營規劃之基礎。

對於林木生長之研究，由於人工林及天然林之性質不盡相同，研究者常將其分門別類，人工林樹種組成單純，其培育目的和林木之經濟價值有著密切相關性，推估生長收穫量有利於木材價值之評估；天然林樹種組成複雜，較難僅由經濟性來思維，其尚涉及生態、保育及發揮公益功能等特性，然生長量在評估各種特性時具有指標作用，因此不論人工林或天然林，有效推估林木生長量皆有利於有形及無形價值之評估。

本文以文獻回顧的方式，簡介林木

生長之特性，討論影響生長因子並探討生長模式在森林經營上之應用。

二、生長之特性

生長現象為生物體生命力之表現，生長可解釋為同化作用速率(anabolic rate)及異化作用速率(catabolic rate)共同作用之結果(Richards, 1959)。在外觀之表徵方面，如林木胸高直徑、樹高及材積等介量之增加。生長具有多層面之意義，如其可區分為總生長、連年生長及平均生長；或以木材評價之觀點可分為材積生長、形質生長及騰貴生長。

茲以圖1表示上述生長之概念。

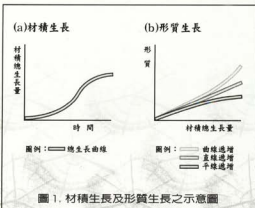


圖 1. 材積生長及形質生長之示意圖

一般標準之總生長曲線為一拉長之 S 型 (sigmoid shaped) 曲線 (Richards, 1959; Seber and Wild, 1989), 如圖 1(a) 所示, 顏添明、李久先 (1998) 研究紅檜人工林之單木生長, 分析胸高斷面積、樹高及材積生長, 結果皆可用這種拉長 S 型曲線予以配置。而材積生長量和形質之間具明顯相關性, 如圖 1(b) 所示, 當材積生長量上升後, 即會促進形質生長, 圖中僅以簡單之線形關係表示其基本之型態, 實際上不同樹種材積生長和形質之關係可能更為複雜。木材價格之評估, 除需考慮形質生長及材積生長, 即「質」與「量」外, 尚要考量其價

值隨時間之波動性, 因此木材之價格為材積生長、形質生長及髓質生長之總和。

就生長現象所探討主體之不同, 可將其區分為: 細胞、組織、器官、植物體、植群、植物社會等不同層級。就植物生理生態學之觀點可能著重於植物體或其以下之層級; 生態學則著重於植物體或其以上層級之探討; 而森林經營對於林木生長之研究則以單木或其以上之層級為範疇, 如單木、林分及林分以上層級, 茲就此三層級探討之, 詳如表 1 所示。

表 1. 單木、林分及林分以上層級所代表之生長意義

層級	人工林 (同齡林)	天然林 (異齡林)
單木	1. 單木可代表林分之平均生長狀態 2. 單木為林分生長之基礎	1. 單木生活史為研究林分生態特性之基礎
林分	1. 林分生長可由時間函數表示之 2. 林分生長為釐定輪伐期之基礎 3. 樹種組成單純, 探討林分結構僅需考慮林分性態偏分布 4. 生長量可由直徑分布變化配合材積式推算	1. 林分生長難由單一時間函數表示之 2. 林分生長為釐定迴歸期之基礎 3. 樹種組成複雜, 探討林分結構需同時考慮樹種組成及林分性態偏分布 4. 生長量除需由直徑分布變化配合材積式推算外, 尚要考量生態介量
林分以上	1. 此層級為林分層級之組合, 故不細分人工林及天然林, 因其可能並存。 2. 本層級並無一定界限, 若以生態經營之觀點可採集水區為單位; 以森林經營之觀點則可採事業區為單位。 3. 林分以上層級之規劃可依林地分級 (林地分類) 為基礎, 整合各不同類型林分之生長, 計算生長之變化。	

由表 1 可知, 於不同層級之林木生長, 人工林及天然林所代表之意義有所差異, 至林分以上層級由於所含範圍廣泛, 此時人工林及天然林可能同時存在, 而林地分級 (林地分類) 可做為規劃該層級生長之基礎。

三、影響生長之因子

探討影響林木生長因子所涉及之知識領域相當廣泛，其內容包括生態學所需之相關知識，較為常見之分類即將其分為可預期及不可預期因子兩大類，前者又稱之為規則型態(regular type)因子；後者則稱之為不規則型態(irregular type)因子。

估生長之變化者，如人工林之生長可由林分密度、地位等因子推估以建立相關模式。不可預期因子即在生長過程中較難預期其發生機率者，如火災、病蟲害等，因該類因子具突發性質，故本文對此部份不予深入探討。

有關影響林木生長之因子，茲以人工林為例，採用顏添明（1997）整理以往文獻所繪製之圖(圖2)，探討影響單木及林分生長之因子。

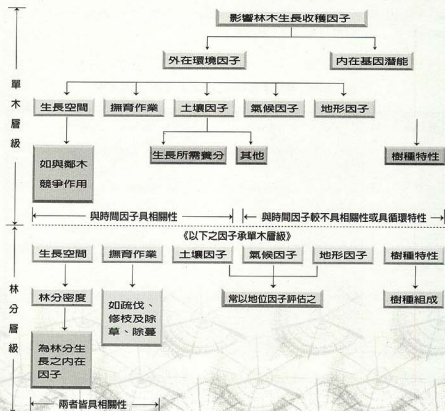


圖 2. 影響人工林單木及林分生長之因子 (顏添明, 1997)

由圖2可知，於單木層級中基本之影響因子可分為內在基因潛能及外在環境，及至林分層級時則需考量樹種組成及林分密度等各項因子。以生長空間之觀點而言，當於單木層級時為單木與鄰木間之競爭作用，屬於單木外部問題，至林分層級時，林木彼此生長空間之競爭為林分內部問題，因此相同影響變因於不同層級時所呈現之觀點亦可能有所差異。

四、生長模式在林木生長之應用

林木生長之表示方式以定性描述不如定量具體，定量之表示方式有利於經濟或生態等價值之評估，故將生長量予以「數量化」有其必要性。「生長模式」為將生長量數量化之工具，一般係指可以用來表達生長現象之數學模式。其在生物學之研究上佔有舉足輕重地位，舉凡醫學、農學、林學、生態學等各方面。

良好之生長模式不但可以有效推估實際之生長狀況，並能對未來之發展趨勢進行預測，生長模式在林學領域上之應用很廣泛，諸如林木育種改良(孔繁浩，1987)、疏伐效果探討(李久先、顏添明，1996)及人工林生長收穫系統之建立(顏添明，1997)等各方面。由於其能提供數量化之具體資訊，故為經營決策所不可或缺之重要依據。

早期對於生長現象之描述常採用手繪曲線法，此法雖可概略描述生長之離型，但對於推估及預測林木之生長，大都需靠經驗法則行

之，然較缺乏科學依據及準則則是其缺點。數學模式應用於林木之生長行之有年，至目前為止其種類繁多已不勝枚舉，僅舉數例說明之。

早期所發展之生長模式較具代表性者可追溯至1939年之Schumacher模式，該模式之型態為 $\log V = a + b \cdot (1/A)$ (V：材積；A：林齡；a、b：迴歸係數)，此模式於X-Y座標軸上可表現出拉長S型曲線型態，Schumacher(1939)並將地位因子導入該模式中，建立導德達松、維吉尼亞松及長葉松之生長收穫模式。其後Richards(1959)以生物學之理論—同化作用及異化作用為基礎，發展出Richards模式，其型態為 $Y = A \cdot [1 - \exp(-k \cdot t)]^{1/(1-m)}$ (A、k、m：模式參數；Y：生長量；t：林齡)，該模式不但具有良好之生物學理論基礎，且曲線富彈性(flexibility)，可應用於單木個體及林分全體，如顏添明、李久先(1988)、Pienaar and Turnbull(1973)皆曾深入探討該模式之適用性，不論應用於單木或林分生長皆具斐然之成效。就此模式與其他生長模式間之相互包含關係而言，其可涵蓋以往著名之三大生長模式—Mitscherlich、Logistic及Gompertz生長模式，故於該模式發展之後已廣泛的被應用於林木之生長。

近年在探討林木生長收穫有關林分層級除了「量」的考慮外，也涉及「質」之思維，在質之方面，常以直徑分布模式配合材積式推算不同直徑階林木之蓄積量，Bailey(1973)曾將

Weibull 機率密度函數應用於林分直徑分布，該函數由於求解容易、累積分布函數易於計算，參數具幾何意義等多項優點，故廣泛地應用於林分直徑分布模擬，若將其與生長模式結合，即可求得不同直徑階林木隨時間之變化。

從生長模式之演進歷史可知，早期由於受限於求解技術，故在應用上受到侷限，但自電腦科技及相關軟體發展後，生長模式之發展可謂突飛猛進，一日千里，由近年來發表於期刊之研究報告可瞭解，整合型態之生長收穫模式系統為目前在探討林木生長所常採用之方式，雖結構較為複雜，但可提供更為詳盡之林木資訊，故在應用上也日趨廣泛。

五、林木生長相關問題之討論及展望

一、由林業經營演進之歷史可知，光復後林業政策以木材收穫量為主，此時期以經濟性考量為重點；至六〇年代後，林業經營邁向多目標；近年來保育觀念興起，將森林視為整體生態系之經營理念逐漸形成。然經營思想的演進是循序漸進的，不論任何時期皆離不開永續經營的理念，而林木係構成森林之主軸，無論經營理念上強調林木之經濟性或生態性，皆必需以林木為基礎，此亦為森林經營永續性之根本。

二、以經濟觀點而言，林木種類及立木尺度和木材價格高低有著密切的關係，木材價值需依賴明確生長收穫量之推算以提供正確

資訊，而建立林木之推估及預測系統不但可瞭解生長之現況，並能有效的預測未來之生長趨勢，以提供木材市場供需之具體指標。

三、以生態特性而言，定量分析較定性分析具意義，定量分析除需掌握重要之生態介量外，更需探討植群脈動，在生態資源日益受到重視的今日，對於生態系各項資訊之需求必然更為詳盡，藉由生長模式系統之分析探討，可有效掌握生態系之脈動，以資為生態經營之根據。

四、以經營體系整體規劃之觀點而言，森林為林地及林木之集合體，於擬定經營計畫初期即需實施林地規劃，亦即由林地分級(林地分類)來確定經營目標，之後更需深入探討林木生長及生態變化，以建立完整之經營體系。

五、以技術層面而言，建構生長模式所需之相關資料雖源自地面調查，但就其在應用層面上應廣泛地結合各項科技，以利生長量之推估，如配合航空攝影測計推估林木生長量、植群變化，並可將其與地理資訊系統結合，探討生長量和地形屬性之關係，以期發揮該領域技術層面之最大效率。

六、結語

森林經營應掌握森林生態系脈動，以資為

經營之依歸，故林木生長資訊為擬訂森林經營計畫所不可或缺者，瞭解生長特性及其影響之變因，有利於推估生長之變化，林木動態資訊為探討生長及植群變化之基礎，而生長模式可將生長資訊具體予以數量化，生長模式在林木經營之應用就技術層面已臻成熟，且隨著電腦科技之發展，其在應用上也日趨廣泛，由於林木之生長期長，要能有效的瞭解生長量與其影響因子之關係需要長期進行資料蒐集及分析，以建立完整之模式系統(庫)，此在森林經營資訊需求上將更具實質之意義。

七、參考文獻

- 1.孔繁浩 1987 生長模式在林木遺傳育種上之應用。中華林學季刊 20(1):1-6。
- 2.李久先、顏添明 1996 三種生長模式在紅檜人工林生長適用性之探討。中華林學季刊 29(2):83-94。
- 3.顏添明 1997 臺灣大雪山地區紅檜人工林生長收穫系統之研究。國立中興大學森林研究所博士論文 178 頁。
- 4.顏添明、李久先 1998 七種生長模式模擬紅檜人工林疏伐林分單木胸高斷面積生長適用性之比較。中華林學季刊 31(1):13-24。
- 5.Bailey, R. L., and T. R. Dell. 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. For. Sci. 19:97-104.
- 6.Pienarr, L. V., and K. J. Turnbull. 1973. The Chapman-Richards generalization of von Bertalanffy's growth model for basal area growth and yield in even-aged stands. For. Sci. 19:2-22.
- 7.Richards, F. J. 1959. A flexible growth function for empirical use. J. Exp. Bot. 10(29):290-300.
- 8.Seber, G. A. F., and C. J. Wild 1989 Nonlinear regression. John Wiler & Sons, New York. 768pp.
- 9.Schumacher, F. X. 1939. A new growth curve and its application to timber-yield studies. J. For. 37:819-820. ■