

## 智異山 主要 闊葉樹種의 葉面積 推定式에 對한 研究<sup>1</sup>

金 是 瓊<sup>2</sup> · 李 慶 學<sup>3</sup>

### A Study on the Equations of Estimating the Leaf Area of Broad-Leaf Species in Mt. Jiri<sup>1</sup>

Si Kyung Kim<sup>2</sup> · Kyeong Hack Lee<sup>3</sup>

#### 要 約

智異山 國立公園內의 天然混生林을 構成하고 있는 主要 13個 闊葉樹種을 對象으로, 잎의 幾何學的 形態에 따른 葉面積(A), 葉長(L), 葉幅(W)間의 統計的 相互關係를 糾明함으로써 信賴할 수 있는 葉面積 推定式을 찾고자 하였다. 正確한 推定이 特別히 要求되지 않을 때는  $A=bLW$ 을 이용하는 것이 一般的이다. 이 式에서 係數b의 값은 樹種에 따라 固有한 값을 나타내었으나 全體의으로는 0.579~0.717의 範圍內에 分布하였다. 그러므로 智異山 天然林의 境遇 林分 全體의 概略的인 葉面積 推定時에는  $A=2/3 LW$ 의 推定式을 使用하여도 無妨할 것으로 思料된다. 좀 더 正確한 推定을 要할 時에는 回歸方程式을 利用한다. 本 研究에서는 9가지 形態의 式에 適用하여 決定係數( $R^2$ )를 基準으로 葉面積 推定式에 가장 適合한 式의 形態를 찾아 보았다. 그 결과 單葉을 가진 闊葉樹에서는 이제까지 많이 使用하지 않았던  $\log A = b_0 + \log LW$ 가 8가지 樹種에서 가장 適合한 形態로 나타났다. 이 式의 계산은 조금 複雜하나 컴퓨터를 利用하면 正確하고 實用的인 推定式이 될 수 있다. 그 밖에  $A=b_0 + b_1 LW$  및  $A=b_0 + b_1 L^2 + b_2 W^2$ 도 좋은 形態로 나타났다. 이 두 가지를 比較해 볼 때 決定係數는 비슷하나 F값은 前者가 월등히 큰 값을 보임으로써 이를 使用하는 것이 더 簡便하며 信賴도가 높을 것으로 思料된다.

#### ABSTRACT

This paper is concerned with estimating equations of leaf area(A) obtained from linear measurements - leaf length(L) and leaf width(W) - on the leaves of 13 species composing a natural mixed stand in Mt. Jiri. This method is known to be rapid and non-destructive in estimating leaf area. The equation of  $A=bLW$  is frequently used in rough and rapid estimation. Each species in this study has its own coefficient b according to its geometrical leaf shape. The range of coefficients of 13 species was 0.579 to 0.717. This means that the relationship  $A=2/3LW$  is suitable to most broad leaf species in a natural mixed stand in Mt. Jiri. When more precise estimation of leaf area is needed, full regression equation is used. In this study, the form of  $\log A = b_0 + b_1 \log LW$  was the most precise estimation equation in 8 species. In addition to this, the form of  $A = b_0 + b_1 LW$  and  $A = b_0 + b_1 L^2 + b_2 W^2$  were founded to be suitable for estimation of leaf area. In comparison of these two forms, the determination coefficient were about the same, but the F-value of the former was greater than that

<sup>1</sup> 接受 8月 7日 Received August 7, 1985.

<sup>2</sup> 晉州農林專門大學 Jinju Agri. and For. Junior Technical Coll., Jinju, Korea.

<sup>3</sup> 서울大學校 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suweon, Korea.

of the latter. Therefore, the use of the former seems to be more reliable and practical.

*Key words* : leaf area estimation; regression equation; linear measurement.

緒 論

植物體에 있어서 잎이란 一次的인 光合成器官으로서 植物의 生長과 生産性에 큰 영향을 미친다. 이 때문에 生長分析에는 물론 樹木生理 및 森林生態學의 研究, 그리고 葉綠素, 生長調節物質 等과 같은 化學的 構成成分의 濃度에 관한 研究에 있어서 必須的인 部分이다.<sup>1), 13)</sup>

이러한 잎의 重要性으로 인해 이제까지 多岐한 葉面積測定技術이 開發되었다.<sup>11)</sup> 우리나라에서는 이제까지 대부분 重量比法을 利用하여 葉面積을 推定하였다. 그러나 이 방법은 잎을 모두 떼어내어 무게를 測定해야 하기 때문에 繼續的인 生長分析이 不可能하다는 큰 短點을 가지고 있다. 이를 克服하는 方法으로서 잎의 線形的인 크기, 즉 葉長, 葉幅等과 葉面積間에 一定한 數學的인 關係가 있음을 利用한 推定方法이 開發되었다. 이 方法은 迅速하고, 特別한 器具가 必要없으며, 잎의 形象(複寫 등)에도 適用시킬 수 있는 長點을 가지고 있다. 이 方法은 最大約 10%의 推定誤差만을 줄 뿐이라고 報告된 바 있다.<sup>11)</sup> 園藝作物이나<sup>1), 3), 17)</sup> 農作物<sup>4), 8)</sup> 그리고 針葉樹<sup>7), 16)</sup> 等에 對한 이 方法의 研究 및 適用은 오래전부터 이루어져 왔으나 闊葉樹에 關해서는 드물었으며 韓國에서는 Kim과 Lee(1983), 그리고 Lee와 Lee(1984)

가 이 推定方法을 適用하여 포플러의 月別 葉生長量을 計算한 바 있다.

本稿에서는 智異山의 天然混濶林에 있는 主要한 闊葉樹種을 對象으로 잎의 幾何學的 形態에 따른 線型測定值, 즉 葉長(Leaf length : L) 및 葉幅(Leaf width : W)과 葉面積(Leaf area : A)間의 統計學的 關係를 糾明하여 가장 信賴할 수 있는 推定式을 찾아내고자 하였다. 그리하여 이 지리산 지역의 繼續的인 生理·生態學的 研究을 遂行함에 있어서 有用한 基礎資料가 되기를 바라는 바이다.

材料 및 方法

本 研究은 智異山 國立公園에 속하는 慶南 山淸郡 今西面 五峰里와 水鐵里에 位置한 天然混濶林內에서 生育하는 13개의 闊葉樹種을 對象으로하였다. 이들의 葉生長이 거의 完了된 1983年 8月初에 4개 樹種, 그리고 1984年 8月初에 9개 樹種에서 葉試料를 完全任意로 採取하였다. 對象樹種과 標本木의 諸元은 表 1과 같다. 採取된 葉試料를 樹種別로 臺紙에 붙여 複寫한 후 葉先부터 葉底까지의 거리인 葉長과 最大葉幅을 자로 測定하였다. 葉面積은 求積器(planimeter)를 使用하여 두 차례 測定한 후 이의 平均값으로 하였다. 이리하여 얻어진 各 樹種別 葉面積, 葉長, 葉幅을 基礎資料로 하여 서울大學校 農科大

Table 1. Age, Height, DBH, and No. of sample leaves of species studied

Species	Age (yrs)	Height (m)	DBH (cm)	No. of sample leaves
<i>Quercus variabilis</i>	16	6.18	6.84	58
<i>Quercus dentata</i>	17	6.50	6.22	38
<i>Quercus serrata</i>	17	6.10	7.20	161
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	22	5.80	7.40	113
<i>Platycarya strobilacea</i>	24	7.15	11.70	164
<i>Picrasma ailanthoides</i>	19	5.02	4.22	77
<i>Carpinus laxiflora</i>	19	6.90	5.72	208
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	18	6.18	5.88	68
<i>Rhus javanica</i>	17	6.20	6.14	53
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	22	5.98	6.40	83
<i>Cornus controversa</i>	13	7.20	6.50	64
<i>Rhamnus davurica</i>	19	9.15	8.38	73
<i>Styrax obassia</i>	19	6.20	6.80	57

學의 HP 3000 소형컴퓨터를 이용하여  $A=bLW$ 의  
 식(여기서  $b = \frac{1}{n} \sum \frac{A_i}{L_i W_i}$ ,  $i=1, 2, \dots, n$ )<sup>9)</sup>

과 다음과 같은 여러가지 葉面積 推定 回歸方程式에  
 適用시켜 보았다.

$$A=b_0 + b_1 L$$

$$A=b_0 + b_1 W$$

$$A=b_0 + b_1 L + b_2 W$$

$$A=b_0 + b_1 LW$$

$$A=b_0 + b_1 L^2$$

$$A=b_0 + b_1 W^2$$

$$A=b_0 + b_1 L^2 + b_2 W^2$$

$$A=b_0 + b_1(L + W)$$

$$\log A=b_0 + b_1 \log LW$$

그리하여 決定係數( $R^2$ )의 크기에 따라 上位 3개의  
 回歸式을 選定해 고찰하였다.

### 結果 및 考察

#### 1. $A=bLW$ 의 關係式

線型測定値와 葉面積間의 가장 一般의이고 簡單한  
 關係式의 形態로 널리 認定된  $A=bLW$ 에 適用시켰을  
 때 各 樹種의  $b$  값은 그림 1에서 보는 바와 같이  
 그 樹種의 잎의 固有한 遺傳的 形態에 따라 다르게  
 나타났다.

여기서 智異山內 天然林의 闊葉樹種은 0.579 ~  
 0.717의  $b$  값을 갖고 있음을 알 수 있다. 따라서 林  
 分 全體의 概略的인 葉面積 推定時에는  $A=2/3 LW$   
 의 關係式을 適用해도 無妨할 것으로 思料된다. 이  
 관계식은 Cain과 de Castro(1959)가 熱帶雨林의  
 大部分의 樹種에 適用하였고, Cooper(1960)는 이  
 식을 溫帶林의 大部分의 樹種에서도 利用할 수 있다  
 고 報告하였다.  $A=bLW$ 의 關係式은 原點을 지나  
 며, 野外에서도 簡單하고 迅速하게 適用할 수 있어  
 大面積의 林分에 대한 葉面積 推定을 할 수 있는 長  
 點이 있다.

#### 2. 回帰 方程式

表 2에서는 앞서 말한 9가지의 회귀방정식을 各  
 樹種에 適用시켰을 때 큰 決定係數값( $R^2$ )를 갖는  
 上位 3개의 回歸方程式과 回歸係數에 對한  $t$  값, 決  
 定係數 및 回歸方程式에 對한  $F$  값을 나타냈다. 여  
 기서  $F$  값은 推定된 回歸方程式이 測定된 葉面積들  
 을 어느 정도 잘 설명해 주고 있는가에 對한 尺度로

그 식에 대한 有意性 與否의 判斷基準이 된다. 또한  
 $R^2$ 는 決定係數로서 여기서는 測定된 葉面積의 總變  
 動중에서 推定된 回歸方程式에 의해 說明되는 變動  
 의 比率을 나타내는 것으로서 回歸式의 精度를 判斷  
 하는 基準이 될 수 있다.<sup>10)</sup>

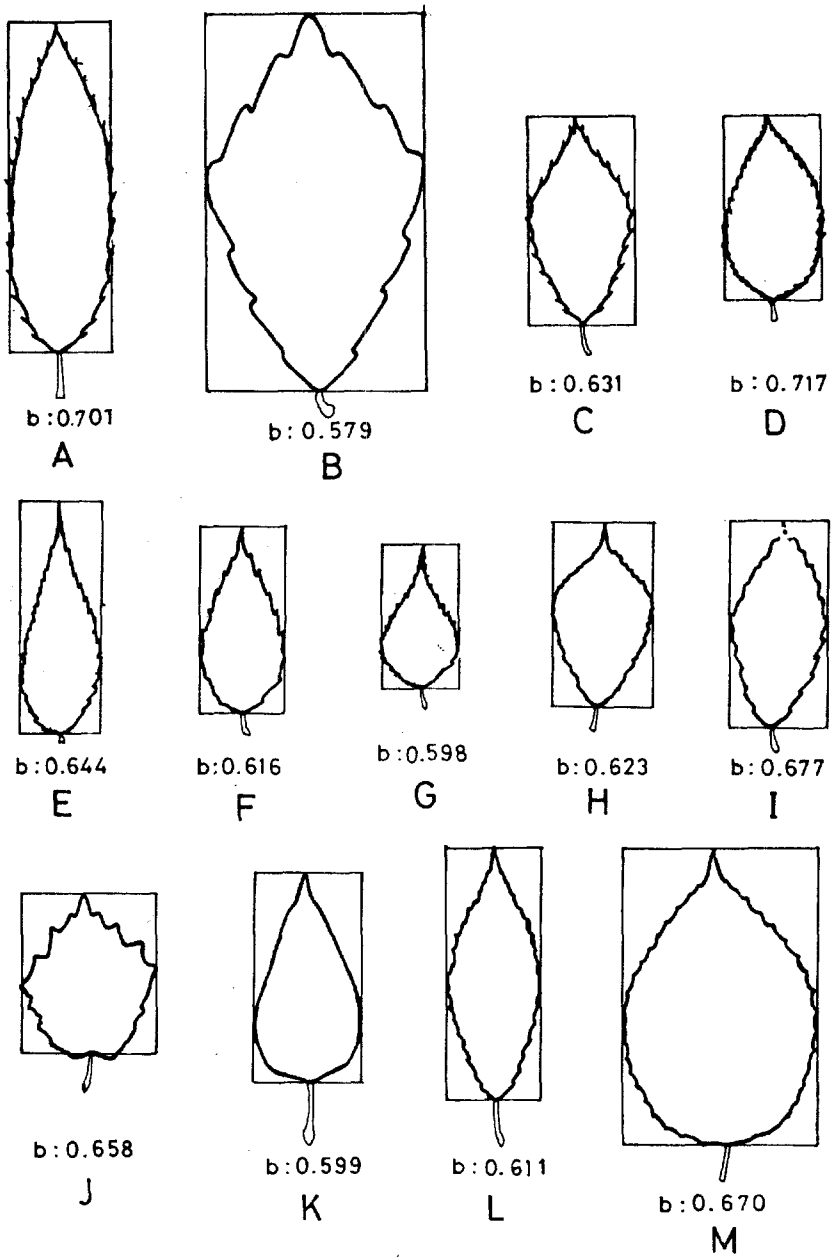
表 2에 나타난 13개의 樹種에 대한 回歸方程式  
 들의  $F$  값을 보면 이 식들은 모두 1%의 수준에서  
 고도의 有意性을 보여주고 있다. 또한 決定係數( $R^2$ )  
 는 0.8911~0.9918로 아주 높은 精度를 갖는다. 따  
 라서 葉面積과 葉長 및 葉幅間에 밀접한 關係가 있  
 음을 알 수 있다.

한편 回歸係數에 대한  $t$ 檢定을 해 본 결과, 개암  
 나무의 回歸方程式 중  $A=b_0 + b_1 L^2 + b_2 W^2$  形  
 態에서  $b_2$ 가 5%수준에서 有意한 것 이외에는 다른  
 모든 回歸係數는 1%수준에서 고도로 有意하였다.

위의 統計量을 綜合的으로 考察해 볼 때 表 2에  
 나타난 回歸方程式들은 고도로 信賴할 수 있는 葉面  
 積 推定式이 될 수 있다.

表에 나타난 回歸方程式은 크게 세 가지 形態로 區  
 분된다. 첫째는 葉長×葉幅을 獨立變數로 한  $A =$   
 $b_0 + b_1 LW$ 의 形態로서 많은 學者들에 의해 信賴할  
 수 있다고 認定받았다.<sup>1, 11)</sup>

둘째로는 Wendt 등(1967)이 發表한 mesquite  
 에 있어서 複葉의 길이( $X$ )와 葉面積( $Y$ )間의 關  
 係를 잘 說明한  $\log Y=b_0 + b_1 \log X$ 의 형태에서  $X$   
 대신에  $LW$ 를 適用시킨  $\log A=b_0 + b_1 \log LW$ 의  
 형태이다. 마지막으로 새로운 형태인  $A=b_0 + b_1 L^2$   
 $+ b_2 W^2$ 이다. 특히  $\log A=b_0 + b_1 \log LW$ 의 形  
 태는 졸참나무, 물푸레나무, 느릅나무, 붉나무, 갈매  
 나무를 除外한 나머지 8樹種에서 가장 높은 決定係  
 數를 보였다. 이 형태는 계산이 다소 복잡하지만 최  
 근에는 컴퓨터의 使用과 함께 충분한 實用性을 갖을  
 수 있게 되었다. 따라서 이 형태는 溫帶闊葉樹種의  
 單葉에서도 實用的으로 使用할 수 있는 可能性이 있  
 다고 하겠다. 느릅나무, 붉나무, 갈매나무에서는  $A =$   
 $b_0 + b_1 LW$ 라는 傳統的인 推定式이 가장 높은 決  
 定係數를 나타내었으며, 졸참나무, 물푸레나무에서  
 는  $A=b_0 + b_1 L^2 + b_2 W^2$ 라는 새로운 형태의 식이  
 가장 높은 決定係數를 보였다. 그런데 전체적으로  
 $A=b_0 + b_1 LW$ 의 형태와  $A=b_0 + b_1 L^2 + b_2 W^2$   
 의 형태에 資料를 適用시켰을 때 決定係數는 그다지  
 큰 차이를 보이지 못했으나,  $F$  값에서는 前者가 상  
 대적으로 큰 값을 나타내었다. 따라서 이 경우  $A =$   
 $b_0 + b_1 LW$ 를 適用하는 것이 계산이 용이하며 信賴



- |                             |   |                            |
|-----------------------------|---|----------------------------|
| A : <i>Q. variabilis</i>    | B : <i>Q. dentata</i>                             | C : <i>Q. serrata</i>      |
| D : <i>F. rhynchophylla</i> | E : <i>P. strobilacea</i>                         | F : <i>P. ailanthoides</i> |
| G : <i>C. laxiflora</i>     | H : <i>U. davidiana</i> var. <i>japonica</i>      | M : <i>S. obassia</i>      |
| I : <i>R. javanica</i>      | J : <i>C. heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i> |                            |
| K : <i>C. controversa</i>   | L : <i>R. davurica</i>                            |                            |

Fig. 1. Effect of leaf shape on the approximate value of the coefficient used to transform the product of leaf length times maximum leaf width (rectangle area) into leaf area. The equation is  $A = b \cdot LW$ .

**Table 2.** Regression equations for leaf area as a function of leaf length and leaf width for 13 species in a natural forest in Mt. Jiri. Three of nine equations for each species were chosen on the basis of coefficient of determination ( $R^2$ ).

Species	Regression equation	t-value for		$R^2$	F-value
		$\beta_1$	$\beta_2$		
<i>Q. variabilis</i>	$\log A = -0.159 + 1.002 \log LW$	41.164		0.9680	1694.5
	$A = 0.271 + 0.110L^2 + 1.068W^2$	12.351	9.592	0.9568	608.3
	$A = 0.443 + 0.690LW$	34.385		0.9548	1182.3
<i>Q. dentata</i>	$\log A = -0.191 + 0.977 \log LW$	51.414		0.9866	2644.4
	$A = 1.032 + 0.150L^2 + 0.524W^2$	6.400	10.261	0.9661	498.9
	$A = 0.477 + 0.573LW$	31.891		0.9658	1017.0
<i>Q. serrata</i>	$A = 0.723 + 0.118L^2 + 0.918W^2$	17.187	28.031	0.9796	3337.4
	$A = 0.631 + 0.601LW$	72.335		0.9705	5232.3
	$\log A = 0.127 + 0.947 \log LW$	65.390		0.9641	4275.9
<i>F. rhynchophylla</i>	$A = 1.208 + 0.148L^2 + 0.556W^2$	16.999	18.970	0.9746	2106.8
	$A = 1.267 + 0.575LW$	53.276		0.9624	2838.3
	$A = -11.754 + 1.247L + 5.723W$	7.311	17.249	0.9549	1153.4
<i>P. strobilacea</i>	$\log A = -0.174 + 0.985 \log LW$	42.004		0.9160	1767.8
	$A = 0.447 + 0.124L^2 + 0.738W^2$	14.691	7.682	0.9039	757.3
	$A = 0.217 + 0.634LW$	38.442		0.9012	1477.8
<i>P. ailanthoides</i>	$\log A = -0.147 + 0.949 \log LW$	25.630		0.9676	2246.2
	$A = 0.101 + 0.095L^2 + 0.896W^2$	8.243	11.767	0.9629	982.7
	$A = 0.433 + 0.589LW$	42.668		0.9604	1820.6
<i>C. laxiflora</i>	$\log A = -0.189 + 0.975 \log LW$	54.498		0.9351	2970.1
	$A = -6.260 + 1.410L + 2.804W$	16.819	12.899	0.9285	1331.9
	$A = 0.562 + 0.555LW$	51.571		0.9281	2659.6
<i>U. davidiana</i> var. <i>japonica</i>	$A = 0.200 + 0.609LW$	27.364		0.9190	748.8
	$A = 0.855 + 0.257L^2 + 0.191W^2$	14.069	3.011	0.9032	310.1
	$\log A = -0.164 + 0.964 \log LW$	23.243		0.8911	540.3
<i>R. javanica</i>	$A = -0.666 + 0.707LW$	67.427		0.9889	4546.3
	$A = -0.429 + 0.158L^2 + 0.745W^2$	20.770	19.983	0.9878	2021.6
	$\log A = -0.186 + 1.011 \log LW$	52.844		0.9820	2792.5
<i>C. heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	$\log A = -0.192 + 1.006 \log LW$	57.438		0.9760	3299.1
	$A = -14.208 + 0.409L + 1.750W$	13.247	5.107	0.9470	715.0
	$A = -0.293 + 0.441L^2 + 0.057W^2$	22.376	2.287	0.9463	704.4
<i>C. controversa</i>	$\log A = -0.325 + 1.070 \log LW$	65.848		0.9859	4335.9
	$A = -0.709 + 0.132L^2 + 0.720W^2$	12.760	22.604	0.9838	1857.5
	$A = -0.795 + 0.639LW$	59.210		0.9826	3505.9
<i>R. davurica</i>	$A = 0.888 + 0.574LW$	62.117		0.9819	3858.5
	$\log A = -0.127 + 0.938 \log LW$	58.742		0.9798	3450.6
	$A = 0.583 + 0.095L^2 + 0.857W^2$	25.238	18.040	0.9778	1542.9
<i>S. obassia</i>	$\log A = -0.160 + 0.992 \log LW$	81.708		0.9918	6676.2
	$A = 0.174 + 0.666LW$	50.979		0.9793	2598.9
	$A = -2.237 + 0.260L^2 + 0.438W^2$	9.441	10.981	0.9701	1120.8

Note : All of the regression equations are highly significant (1% level) and all of the regression coefficients are significant (5% level).

성이 있고 實用的이라 思料된다.

서어나무, 물푸레나무 및 개암나무에서  $A = b_0 + b_1L + b_2W$ 의 형태가 좋은 결과를 보였지만 이것의 決定係數가 가장 큰 決定係數와 비교적 큰 差異를 보이기 때문에 이를 使用하는 데는 어려움이 있다. 이 외에 表 2에 나타나지 않은 나머지 5가지 형태의 回歸式은 위의 推定式에 비해 相對的으로 精度가 많이 떨어지므로 葉面的 推定式으로 使用하기 어렵다.

表에 나타난 回歸方程式을 推定式으로 使用하는 데 있어서 注意해야할 점은 回歸係數가 전체적인 環境이 다르거나 同一한 樹種이라 할 지라도 品種이 다르면 統計的인 側面에서 달라질 수 있다는 것이다. 따라서 實驗을 할 때마다 狀況이 다르면 반드시 檢定해 주어야 한다.

끝으로 樹木전체의 葉面積을 推定할 때 이 推定式을 利用하려면 한 나무내의 모든 잎에 대하여 葉長과 葉幅을 測定하는 것은 非實用的이므로 標本을 推定하는 데 이것에 對한 研究는 繼續的으로 이루어질 分野이다.

### 引用 文 獻

- Ackley, W. B., P. C. Crandall and T. S. Russell. 1958. The use of linear measurements in estimating leaf areas. Proc. Amer. Soc. hort. Sci. 72: 326-330.
- Bailey, W. G. and R. B. Stewart. 1982. A method for assessing leaf area. Can. J. Plant Sci. 62: 211-214.
- Boynton, D. and R. W. Harris. 1950. Relationships between leaf dimensions, leaf area, and shoot length in McIntosh apple, Elberta peach, and Italian prune. Proc. Amer. Soc. hort. Sci. 55:16-20.
- Epstein, E. and R. R. Robinson. 1965. A rapid method for determining leaf area of potato plants. Agron. J. 57: 515-516.
- Grier, C. C. and S. W. Running. 1977. Leaf area of mature northwestern coniferous forests: relation to site water balance. Ecology 58: 893-899.
- Harms, W. R. 1971. Estimating leaf-area growth in pine. Ecology 52: 931-934.
- Johnson, J. D. 1984. A rapid technique for estimating total surface area of pine needles. Forest Sci. 30:913-921.
- Johnson, R. E. 1967. Comparison of methods for estimating cotton leaf area. Agron. J. 59: 493-494.
- Kemp, C. D. 1960. Methods of estimating the leaf area of grasses from linear measurements. Ann. Bot. N. S. 24: 491-499.
- Kim, G. T. and D. K. Lee. 1983. A technique for selecting superior *Populus alba* x *Populus glandulosa* F<sub>1</sub> clones with some physiological characters. Jour. Korean For. Soc. 59: 15-30.
- Kvet, J. and J. K. Marshall. 1971. Assessment of leaf area and other assimilating plant surfaces. Pages 517-555 in Z. Sestak, J. Catsky, and P. G. Jarvis eds. Plant photosynthetic production: manual of methods. Dr. W. Junk N. V., The Hague.
- Lee, K. H. and D. K. Lee. 1984. Morphological characters of superior *Populus alba* x *Populus glandulosa* F<sub>1</sub> clones under intensive culture. Jour. Korean For. Soc. 64:1-10.
- Loomis, R. S. and W. A. Williams. 1963. Maximum crop productivity: an estimate. Crop. Sci. 3:67-72.
- Loomis, R. S., W. A. Williams, W. G. Duncan, A. Dovrat and F. Nunez A. 1968. Quantitative descriptions of foliage display and light absorption in field communities of corn plants. Crop. Sci. 8:352-356.
- Marshall, R. E. 1933. An apparatus for the ready determination of areas of compound leaves. J. Agr. Res. 47:437-439.
- Rutter, A. J. 1957. Studies in the growth of young plants of *Pinus sylvestris* L. Ann. Bot. N. S. 21:399-426.
- Wendt, C. W., R. H. Haas and J. R. Runkles. 1967. Area measurement of mesquite (*Prosopis glandulosa*) leaves by using leaf-length measurement. Bot. Gaz. 128:22-24.
- 朴聖炫. 1981. 回歸分析. 大英社. 604 pp.