

多變量分析에 依한 竹稈의 成長解析에 關하여¹

李光南² · 車璟洙²

An Analytical Study on the Growth Factors of Bamboo Culm by the Multivariate Analysis¹

Kwang Nam Lee² · Gyung Soo Cha²

要 約

竹稈의 各種成長因子間의 關係와 그의 背後構造 및 總合的特性 等의 成長生理 現象을 究明하고자, 全南潭陽地方의 王竹林을 對象으로하여, 이에 多變量解析을 實施하였는데, 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1) 上長成長因子群과 肥大成長因子群間의 正準相關에 있어, 前者와 後者の 総合特性은 각각 稈高(x_1)와 最大節間直徑(x_7)의 影響力에 依해서 形成되며, 量的成长因子群과 質的成长因子群間의 正準相關에 있어, 兩者の 總合特性은 前者は 表面積(x_{10}), 後者は 最大節間直徑(x_7)의 決定的인 影響力 下에서 形成됨을 알 수 있다. 2) 竹稈에 對한 10次元의 情報는 有效目標 90% 下에서 2次元으로 簡約化되며, 第1主成分(Z_1)은 “크기의 인자”로서 眼高節間長(x_5)을 除外한 모든 成長因子와 매우 높은 相關이 있으며, 第2主成分(Z_2)은 “形狀의 因子”로서 x_5 와 높은 相關을 가진 豈其他의 成長因子와는 거의 無關한 것으로 나타났다. 3) 竹稈 및 그의 各種成長因子間의 內在現象은 매우 높은 共通性(94.16%)을 지닌 2個의 共通因子에 依해서 規定되며, 이에 依해서 10個의 成長因子는 分量과 形質系 等의 2 가지 屬性的因子들로 分類된다. 4) 供試竹 24本은 大體적으로 總合型, 體積型, 形質型, 劣等型, 中庸型 等의 5個類型으로 分類될 수 있다.

ABSTRACT

The research was carried out to investigate the related phenomena, the latent structures and synthetical characteristics in various growth factors of *Phyllostachys bambusoides* Sieb. et Zucc. growing at Damyang gun, Chollanamdo, using multivariate analysis.

1. By synthetical characteristics in canonical correlation between height-growth factor group and diameter-growth factor group, the former was determined by the culm height (x_1), and the latter by the diameter of the largest internode(x_7). And for those between quantitative growth factor group and qualitative growth factor group, the former was determined by the surface area(x_{10}), and the latter by the diameter of the largest internode (x_7).
2. The ten growth factors of bamboo culm were simplified by two principal components on the basis of accumulated proportion aimed at 90%. The first principal component(Z_1) as a “size factor” showed high correlation with growth factors except eye-height diameter(x_5). The second principal component

¹ 接受 8月 10日 Received on August 10, 1987

² 全南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chonnam National University, Kwangju, Korea.

(Z_2) as a "shape factor" showed high correlation only with x_5 .

3. The bamboo culm, and the latent phenomenon between their growth factors could be determined by two common factors showing high communality(94.16%). The ten growth factors can be grouped into two attribute factors: quantity and quality.
4. The bamboo culms can be classified into five types: total, volume, shape-quality, inferior and middle.

Key words: bamboo culm analysis; canonical correlation, principal component, common factors: *Phyllostachys bambusoides*.

緒論

대(竹)는 木材와 함께各種 資材로서 그의 財貨的價値가 至大함은勿論, 精神 및 藝術文化發展에 크게 寄與하고 있다. 竹材는 예로부터 人類生活의 器資材로서 그의 用途가 多樣한 뿐만 아니라, 最近構造材, 建築材, pulp 製紙, 竹纖維板 및 竹細工藝品等의 各種產業資材로서 그의 需要가 날로 激增되고 있는 實情이며, 이에 따라 竹林經營의合理化와 竹材利用의 效率化가 보다 切實하게 要求되고 있다.

이와 같은 時代의 趨勢에 副應하기 為해서는 竹林의 主體成因인 竹稈에 對한 成長生理, 成長因子間의 各種關係의 現象(變動), 그의 背後構造 및 之에 關한 總合的表現 等의 竹稈에 關한 多次元의 分析檢討와 竹林에 對한 植物社會學的側面에서의 力學的研究가 이루어져야 할 것으로 생각되는 바이다. 따라서 著者は前記命題解決을 為한 基礎課題의一部로서, 이제까지 全혀 이루어진 바가 없는 多面의 特性의 結合體로 보는 觀角에서의 竹稈에 對한 正體即 竹稈의 各種成長因子間의 關係의變動의 分析을 通한 成長生理와 그의 背後構造 및 總合的指標 等을 具體的으로 把握하기 為하여, 대의 主產地인 全南潭陽地方의 王竹(*Phyllostachys bambusoides* Sieb. et Zucc.)을 對象으로 하여, 이에 多變量解析을 實施하고 未洽하나마 그 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

1. 材料

潭陽郡 山林課의 情報에 依해서 當該管內에 分布하고 있는 王竹林을 立地의 條件 特히 地理的 및 土壤條件에 따라 4個地區로 分割하고, 각 區에서 1個林地, 計 4個林을 標本林으로 選定한 다음 各標本林에서 1個所의 都合 4個所의 標準地($20\text{m} \times 20\text{m}$, $30\text{m} \times 30\text{m}$)를 設定하였다.

위의 方法으로 設定된 各 標準地에서 直徑階別(3~8cm)로 種形과 冠形이 正常의 同時に 種高가 平均에相當한 王竹(*Phyllostachys bambusoides* Sieb. et Zucc.) 6本식을 選拔伐採하여 都合 24本의 竹稈을 試料로 하였다.

2. 方法

採取된 標本竹의 各種成長因子로서의 種高, 枝下高는 cm 單位로, 節間長 및 節間의 內外直徑(節間數의 70%까지의 節間中央部位) 等은 mm 單位로 測定하였으며, 竹稈의 節間數는 地元部節間의 直上節間을 第1節間으로 하여 全節間數를 세어서 얻었다. (眼高는 1.5m部位로 하였음) 以上과 같은 測定要領에 따라 얻어진 各種成長因子인 種高(x_1), 枝下高(x_2), 節間數(x_3), 最長節間長(x_4), 眼高節間長(x_5), 眼高直徑(x_6), 最大節間直徑(x_7), 容積(x_8), 實積(x_9), 表面積(x_{10}) 等의 10個變量(特性值)을 分析資料로 하여, 이에 正準相關分析(canonical correlation analysis)^{2, 5, 7, 8, 10, 11, 12)}, 主成分分析(principal component analysis)^{2, 5, 7, 10, 11, 12, 15, 16)} 및 因子分析法(factor analysis)^{1, 2, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16)} 等을 適用하였다. 本研究의 統計分析에 있어서 正準相關分析 및 因子分析은 全南大學校 電算所의 HP 3000 (Package SPSS)^{3, 9, 13)}, 主成分分析은 全南大學校 農科大學의 APPLE II Perscom⁶⁾ 를 依해서 計算되었다.

結果 및 考察

1. 成長因子의 正準相關과 그의 關係의 背景

N個의 各標本에 對한 p種의 變量, 即 p個의 多變量 data(x_1, x_2, \dots, x_p)를 r個의 變量群(x_1, x_2, \dots, x_r)과 $p-r=s$ 個의 變量群($x_{r+1}, x_{r+2}, \dots, x_p$)의 2個群(보통 $s \geq r$)으로 區分하여, 各群의 소속變量에 關한 線形結合形式의 合成變量 $u = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_r x_r$ 과 $v = b_1x_{r+1} + b_2x_{r+2} + \dots + b_s x_p$ 를 推定함에 있어, $E\{u\} = a'E\{X_1\} = 0$, $E\{v\}$

$= b' E \{ X_2 \} = 0$ 및 $V \{ u \} = a' V \{ X_1 \} a = 1, V \{ v \}$
 $= b' V \{ X_2 \} b = 1$ 이라는條件下에서 最大의 相關關係를 갖는 合成變量 u, v 를 正準變量(canonical variate)이라 稱하는 것으로서 2.5.7.8.10.11.12), 各群의 所屬因子間 및 兩群의 因子交互間의 相關行列(部分行列)에 依해서 이루어진 行列 $R_{11}^{-1} R_{12} R_{22}^{-1} R_{21}$ 의 固有方程式 $|R_{11}^{-1} R_{12} R_{22}^{-1} R_{21} - \lambda^2 E| = 0$ 를 풀어서 밝혀진 가지가 正準變量에 關한 分析結果는 Table 2 와 같은데, 그 内容을 檢討하여 다음과 같이 要約한다(成長因子에 關한 相關行列(R)은 Table 1 과 같다).

(1). 稗高 (x_1), 枝下高 (x_2), 節間數 (x_3), 最長節間長 (x_4) 及 眼高節間長 (x_5) 及 容積 (x_8), 實積 (x_9) 及 表面積 (x_{10})

上長成長因子인 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 와 양의成长因子인 x_8, x_9, x_{10} 을 각個組로 하여 線形結合된 合成變量間에서 얻어진 正準相關 $r_{uhvi} = 0.99153^{**} (\lambda_1^2 = 0.98313)$ 과 正準變量

$$v_1 = -0.77642 x_1 - 0.15983 x_2 - 0.11352 x_3 + 0.12539 x_4 - 0.12242 x_5$$

에서, 둘合成變量(u_1 , v_1)間에는 매우 높은 正準相關이 있음을 알 수 있는데, 이와 같은 高度相關의 形成에는 上長成長因子中의 稗高 및 量的成長因子中의 表面積과 容積의 支配的인 作用이 있음을 確認할 수 있게 됨으로써, 竹稈의 表面積이나 容積의 形成에는 稗高成長의 至大한 影響을 받게 됨을 알 수 있다.

(2). 眼高直徑(x_6), 最大箭間直徑(x_7)과 容積(x_8),
實積(x_9) 및 表面積(x_{10})

肥大成長因子인 x_6, x_7 과 量的成长因子인 x_8, x_9, x_{10} 을 각個組로 연결한 各 變量에 關한 合成變量間

의相關關係를 分析하고, 第1正準相關 $r_{u1, v1} = 0.98725^{**}$ ($\lambda_1^2 = 0.97467$)와 正準變量

$$v_1 = -2.06602 x_6 + 3.06355 x_7$$

等을 얻었다. 両合成變量間의 高度相關에 關한 影響力의 構造關係를 檢討함에 따라, 量的成長의 總合特性의 形成은 表面積에 依해서, 肥大成長의 總合特性은 形式上으로나 實質的인 面에서 最大節間直徑의 至大なる 影響力下에서 形成됨을 알 수 있게 됨으로써, 이는 앞의 (1) 項에서 밝혀진 事實과 關聯하여, 竹稈의 表面積, 容積 等의 形成은 最大節間直徑이나 程高成長의 至大なる 影響을 반기됨을 알 수 있다.

(3) 稗高(x_1)，枝下高(x_2)，節間數(x_3)，最長節間長(x_4)，眼高節間長(x_5)，眼高直徑(x_6) 咪 最大節間直徑(x_7)斗 容積(x_8)，實積(x_9) 咪 表面積(x_{10})

(1), (2) 項에서 밝혀진 量의成長因子와 上長成長因子 및 肥大成長因子와의 關係事實을 再確認함과 同時에, 量의成長因子인 x_8, x_9, x_{10} 과 上長・肥大成長因子 等의 全 實의因子인 $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7$ 은 각個組의 線形結合形式으로 連結한 合成變量間의 正準相關關係量 分析檢討하고서 正準相關 $r_{ul, v1} = 0.99864^{**}$ 와 이에 對應한 正準變量

$$v_1 = -0.36270 x_1 - 0.12991 x_2 - 0.06279 x_3 + 0.00295 x_4 - 0.00656 x_5 + 0.04737 x_6 - 0.51698 x_7$$

을 얻었다. 위의 **高度正準相關**에 **對한影響力**의構造分析에 따라 量的成长因子中 係數의 絶對值가 顯著하게 큰 表面積은 量的成长의 總合特性 形成의 絶對的인 因子임을 알 수 있으며, 質的成长因子中 係數의 絶對值가 가장 큰 最大範間 直徑과 그 다음으로 2nd 直徑은 量的成长의 總合特性의 形成에 以상

Table 1 Simple correlation coefficients of the variate combinations

Table 2. Canonical correlation analysis.

Related variate (x)	Canonical variates number		Eigenvector (Coefficient vector of canonical variate)										Eigen- value (λ^*)	Canonical correlation coefficient ($r_{u,v}$)	Signifi- cance (P)	d.f.		
	Group I	Group II	Group I (a)					Group II (b)										
			a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇		
x ₈ , x ₉ , x ₁₀	x ₁ , x ₂ , x ₃	1	-	-	-	-	-	-	-	0.97951	0.44618	-0.40006	-0.77662	-0.15983	-0.11352	-0.12539	-0.12242	-
x ₈ , x ₉ , x ₁₀	x ₄ , x ₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.67369	0.55260	1.11661	-	-	-	-	-	0.98313 0.99153 0.000 15
x ₈ , x ₉ , x ₁₀	x ₆ , x ₇	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.06602 3.06355 0.97467 0.98725 0.000 6
x ₈ , x ₉ , x ₁₀	x ₁ , x ₂ , x ₃	1	-	-	-	-	-	-	-	0.57341	0.24265	-1.80484	-0.36270	0.12991	-0.06279	0.00295	-0.00656	0.64737 -0.51698 0.99728 0.99864 0.009 21
x ₁ , x ₂ , x ₃	x ₆ , x ₇	1	1.02433	-0.06017	0.04766	0.18116	0.22682	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-5.78109 6.76573 0.92833 0.96350 0.000 10
x ₄ , x ₅	x ₆ , x ₇	2	2.30332	-1.34837	-1.85512	0.78340	0.03657	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-35.35429 35.17913 0.40267 0.63456 0.044 4

x₁: Culm-height, x₂: Clear-length, x₃: The length of the longest internode, x₄: The length of eye-height internode, x₅: Eye-height diameter, x₆: The diameter of the largest internode, x₇: Volume, x₈: Actual volume, x₉: Surface area

Table 3. Principal component analysis calculated from correlation matrix.

Variate	P.c.(z)		z ₁		z ₂		S.p.e.-p.c.v.		z ₃		z ₄		z ₅		z ₆		z ₇		z ₈		z ₉		z ₁₀	
	E.v.	F.I.	E.v.	F.I.	E.v.	F.I.	E.v.	F.I.	E.v.	F.I.	E.v.	F.I.	E.v.	F.I.	E.v.	F.I.	E.v.	F.I.	E.v.	F.I.	E.v.	F.I.		
x ₁	0.33401	0.27850	0.04870	-0.049769	95.97	-0.14571	0.06883	0.50564	0.16224	-0.19999	-0.05672	0.99117	-0.01756	-0.71878	-0.07494	0.06359	0.00324	0.19335	0.00498	0.03625	0.00046			
x ₂	0.31409	0.92015	0.03719	0.03642	84.80	-0.73986	-0.34950	0.33796	-0.10851	0.46427	0.13228	0.12267	0.02362	-0.04589	0.00478	-0.04527	-0.00234	0.05838	0.00147	-0.01365	-0.00017			
x ₃	0.32184	0.94285	-0.23542	0.23052	94.21	-0.00915	-0.00433	0.65879	0.21151	0.34473	0.09882	0.12226	0.02356	0.52124	0.05334	-0.02677	-0.00139	0.01715	0.00043	-0.01829	-0.00023			
x ₄	0.28429	0.83285	0.51167	-0.14229	94.47	-0.30143	-0.14239	0.07339	0.02356	-0.63469	0.18084	-0.06071	-0.01169	0.39274	0.04095	0.01699	0.00088	-0.00882	0.00022	0.00060	0.00001			
x ₅	0.21433	0.62789	0.76291	0.74703	95.23	0.37379	0.17657	0.03026	0.00972	0.43630	0.12431	0.143387	0.02770	-0.14108	-0.01471	0.01797	0.00093	0.00098	0.00025	0.00479	0.00006			
x ₆	0.33322	0.97619	-0.13459	-0.12200	96.78	0.29192	0.17790	0.18121	-0.05818	0.0676	0.00193	-0.56888	-0.09761	0.11040	0.01151	0.06335	-0.00523	0.11366	0.00285	0.68514	0.00867			
x ₇	0.33408	0.97871	0.11098	-0.10867	96.97	0.29167	0.17778	0.15436	-0.04956	-0.02642	-0.00753	-0.48447	-0.09329	0.04379	0.00457	-0.06999	0.00357	0.08979	0.00203	-0.72011	-0.00911			
x ₈	0.33192	0.97238	-0.18493	-0.18098	97.83	0.10564	0.0990	0.28602	0.09183	-0.09154	-0.02608	0.49021	0.09440	0.04152	0.00433	0.64935	0.03662	0.29360	0.00373	-0.0663	-0.00084			
x ₉	0.33469	0.98050	-0.14309	-0.14011	98.10	0.13026	0.06153	-0.21628	-0.06944	-0.14427	-0.04111	0.43986	0.08470	-0.04482	-0.00467	-0.74492	-0.03956	0.16502	0.00414	0.07297	0.00092			
x ₁₀	0.33856	0.99183	0.12068	-0.11797	99.76	0.04784	0.03260	0.06744	0.02165	0.05346	0.01523	0.10862	0.02092	0.13255	0.01182	0.00857	0.00448	0.30769	0.02278	0.02016	0.00026			
Eigenvalue	8.58234	0.95881	85.82	9.59	-	0.22115	-	0.10308	-	0.08118	-	0.03708	-	0.01087	-	0.00268	-	0.00063	-	0.00016	-			
P.v. (%)	85.82	9.59	-	2.23	-	1.03	-	0.81	-	0.37	-	0.11	-	0.03	-	0.006	-	0.002	-	-	-			
A.p.v. (%)	85.82	95.41	-	97.64	-	98.67	-	99.48	-	99.85	-	99.96	-	99.99	-	99.996	-	99.998	-	-	-			
T.F.	Size factor	Shape factor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

E.v.: Eigenvector, F.I.: Factor loading, P.C.: Principal component,

S.p.e.-p.c.v.: Summed proportion of the efficient principal component (1st, 2nd p.c.) to each variate,

P.v.: Percentage variate proportion, A.p.v.: Accumulated proportion,

T.F.: Type of factor

相對的으로 有力한 影響因子임을 알 수 있다. 따라서 量의因子와 質의因子間의 正準相關에 있어 最大節間直徑과 種高는 그의 寄與度가 큰因子임이 分明하게 되므로써, 兩因子는 竹稈의 容積 및 表面積 등의 間接推定에 있어 必須의인 有力因子가 될 수 있음을 立證해 주고 있다.

(4). 種高(x_1), 枝下高(x_2), 節間數(x_3), 最長節間長(x_4) 및 眼高節間長(x_5)과 眼高直徑(x_6), 最大節間直徑(x_7)

上長成長因子인 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 와 肥大成長因子인 x_6, x_7 을 각個組로 연결한 各變量에 關한 合成變量間의 相關關係를 分析하고 第 1 正準相關 $r_{u1, v1} = 0.96350^{**}$ ($\lambda_1^2 = 0.92833$) 및 第 2 正準相關 $r_{u2, v2} = 0.63456^*$ ($\lambda_2^2 = 0.40267$)과 第 1 正準變量

$$u_1 = 1.02433 x_1 - 0.06017 x_2 + 0.04766 x_3$$

$$- 0.18116 x_4 + 0.22082 x_5$$

$$v_1 = -5.78109 x_6 + 6.76573 x_7$$

및 第 2 正準變量

$$u_2 = 2.30332 x_1 - 1.34837 x_2 - 1.85512 x_3$$

$$+ 0.78340 x_4 + 0.03657 x_5$$

$$v_2 = -35.35429 x_6 + 35.17913 x_7$$

等을 얻었다. 이에 따라 兩 總合特性間의 높은 相關에 關한 影響力構造와 그의 力學關係를 檢討해 보면, 第 1 正準變量에서 上長成長의 總合特性은 種高의 絶對의인 影響力에 依해서, 肥大成長의 總合特性은 最大節間 및 眼高直徑의 對等作用에 依해서 各各形成되며, 第 2 正準變量에서 另外 第 1 正準變量에서 的 影響力分布의 內容과 大同小異함을 알 수 있는 데, 第 2 正準變量에서는 u_2, v_2 兩式이 다같이 係數의 代數和가 0에 近似한 것으로 되어 있어 各式의 總合特性이 各變量(特性值)의 差에 依해서 形成되는 것이다. 實際上 種高와 最大節間直徑의 計測値가 其他의 것보다 크기 때문에 結果의으로 第 2 正準變量 역시 總合特性은 이 兩因子에 依해서 決定되는 것으로 解釋된다. 따라서 上長因子群과 肥大因子群의 正準相關은 種高와 最大節間直徑에 依해서 決定되어짐을 알 수 있다.

2. 成長因子의 主成分과 그의 情報力量

N 個의 各標本에 對한 相互關聯性이 있는 p 種의 變量(x_1, x_2, \dots, x_p)을 相互 獨立性을 지닌 m ($m \leq p$)個의 線形結合形式의 合成變量 $Z_i = a_{1i} x_1 + a_{2i} x_2 + \dots + a_{pi} x_p$ ($a_{1i}^2 + a_{2i}^2 + \dots + a_{pi}^2 = 1$ 의 條件)로 變換할 時遇, Z_i 가 最大分散을 갖는다는 條件下에서

의 變量 x_1, x_2, \dots, x_p 等의 關한 合成變量 Z_i ($i = 1, 2, \dots, m$)을 第 i 主成分이라 하는데, 本試料의 10種의 成長因子의 特性值에 對한 相關行列(correlation matrix) R 의 固有值問題(eigenvalue problem) $R\alpha = \lambda\alpha$ 를 解決함으로써, 即 固有方程式 $|R - \lambda E| = 0$ 을 풀어서 얻은 R 의 固有值 λ_i (主成分 Z_i 의 分散)에 對應한 R 의 固有 vector α_i ($i = 1, 2, \dots, 10$) (主成分 Z_i 의 係數 vector)를 反復法(iteration method, power method)에 依해서 算出하고, 算定된 λ_i 와 α_i 에 따라 얻어진 主成分에 關한 分析結果는 Table 3과 같다. 本研究에서는 材料의 各種變量(特性值)의 單位가 相異한 뿐만 아니라 各變量에 對한 均衡있는 weight를 取하기 為하여 相關行列(Table 1)을 使用하였다.

(1). 主成分과 그의 寄與度

竹稈에 對한 各種主要變動을 分析檢出하여 그의 特徵을 把握할 目的으로 相關性이 있는 10種의 特性值을 最大의 情報吸收力を 지닌 相互無相關의 總合特性值을 Table 3에 導出하였다. 本研究에서는 有效目標은 90%로 設定했는데, Table 3에서와 같이 第 2 主成分까지의 累積寄與率이 95.41%로서 有效目標 90%를 超過하게 되므로 2次元까지의 簡略化로 充分함을 알 수 있다. 即 2個의 主成分으로 10種의 原變量이 保有하고 있는 全情報量을 95.41%나 說明하고 있으며, 이에 따른 有效次元의 主成分은 다음과 같다.

第 1 主成分(Z_1):

$$Z_1 = 0.33401 x_1 + 0.31409 x_2 + 0.32184 x_3 \\ + 0.28429 x_4 + 0.21433 x_5 + 0.33322 x_6 \\ + 0.33408 x_7 + 0.33192 x_8 + 0.33469 x_9 \\ + 0.33856 x_{10}$$

第 2 主成分(Z_2):

$$Z_2 = -0.04870 x_1 + 0.03719 x_2 - 0.23542 x_3 \\ + 0.51167 x_4 + 0.76291 x_5 - 0.12459 x_6 \\ - 0.11098 x_7 - 0.18483 x_8 - 0.14309 x_9 \\ - 0.12048 x_{10}$$

(2). 主成分의 因子負荷量과 因子型

Table 3에서 各主成分은 各標本에 對한 種高의 特徵을 端의으로 表現하는 總合的指標가 되며, 各主成分의 係數와 因子負荷量을 主成分內에서의 自體(關係)變量의 影響力과 當該 主成分과의 相關度를 各各 나타낸다.

第 1 主成分(Z_1)은 그의 係數가 모두 正(+) 으로 되어 있으므로 變量의 크기에 따라 그의 값이 커지게

되는데, 이는 곧 竹稈의 總合的인 크기의 指標가 되는 것임을 알 수 있다. 따라서 Z_1 은 竹稈의 “크기의 因子(size factor)”가 되며, 이 size factor인 Z_1 은 10種의 成長因子中 係數와 因子負荷量이 相對적으로 작은 x_4, x_5 를 除外한 其他 8種의 變量에 對한 係數와 因子負荷量이 각각 0.32, 0.95 内外인 것으로 나타나므로써, Z_1 은 x_4, x_5 를 除外한 8種의 變量과 同等水準의 高度의 相關을 지니며, 이에 副應하는 각 變量의 影響을 받게 되므로 이에 따라서 Z_1 의 主成分得點(principal component score)은 이를 8個變量에 依해서 決定됨을 알 수 있다. 第2主成分 Z_2 에 있어서는 最長節間長(x_4)과 眼高節間長(x_5)의 係數와 因子負荷量이 逆に 反하여, x_4, x_5 를 除外한 모든 變量의 係數가 매우 작으로써, Z_2 의 score는 眼高節間長, 最長節間長의 決定의 影響을 받게 됨을 알 수 있으며, 또한 Z_2 는 각 係數의 符號가 +, -로 離在되어 있어 竹稈의 形狀을 決定해주는 形狀의 指標로서의 “形狀의 因子(shape factor)”임을 알 수 있다. 따라서 Z_2 는 竹稈의 形狀 및 形質을 나타내주는 總合特性值가 되는 것으로 判斷된다.

(3) 各 變量에 對한 有效主成分의 寄與度

이는 設定된 有效目標 90%에 맞추어 採擇된 第1(Z_1), 第2主成分(Z_2)의 各 變量에 對한 情報의 吸收率을 意味하는 것으로서 Table 3에서 x_2 (枝下高)를 除外한 모든 變量의 情報가 有效主成分에 依해서 94% 以上씩 說明되고 있음을 알 수 있다.

3. 成長因子의 潛在的 性能과 그의 構造

前節의 主成分分析에서 얻은 分析結果를 別法의 視角에서 再確認함과 同時に 各 成長因子內部에 藏在되어 있는 潛在的因子(latent factor)를 檢出함으로써, 成長因子들의 潛在的性能과 屬性 및 그의 共通性乃至는 各 竹稈의 類型的 特徵을 把握하고서 因子分析을 施行하여 그 內容을 檢討하여 본 바 다음과 같았다.

(1). 成長因子와 共通因子와의 相關

觀測된 成長因子의 data 와 所定數의 潛在的因子(共通因子)間의 關係를 表現할 수 있는 統計的 model로서 $Z_{ji} = a_{j1}f_{1i} + a_{j2}f_{2i} + \dots + a_{jk}f_{ki} + \dots + a_{jm}f_{mi} + e_{ji}$ 即 $Z_i = A f_i + e_i$ { j (成長因子 No.)=1, 2, ..., p; i (標本 No.)=1, 2, ..., n; k (共通因子 No.)=1, 2, ..., m}라 設定하고, 設定된 model에 따른 潛在的 共通因子의 數를 各 成長因子間의 相關行列 R (Table 1)의 1以上의 値을 가진 固有值의 個數

인 2로 決定하여, 統計的 model을 $Z_{ji} = a_{j1}f_{1i} + a_{j2}f_{2i} + e_{ji}$ 即 $Z_i = A f_i + e_i$ (i =1, 2, ..., 24)로 確定하였다.

上記 確定 model에 關한 未知의 共通因子負荷行列(common factor loading matrix)即 初期(回轉前)因子負荷行列(initial factor loading matrix)을 可能한 少數個의 共通因子(common factor)에 依해서 原變量의 變動을 說明할 수 있도록 한다는 見地에서, 主因子法(principal factor method)을 適用하여 Table 4와 같이 推定하였는데, 이 때 共通性(communality) h_j^2 의 推定值로서는 重相關係數의 2乘値($SMC = 1 - 1/r_{jj}^{-1}$)를 採用하였다.^{2,15)}

Table 4에서 밝혀진 因子負荷量에 따라 各 成長因子와 共通因子와의 關係를 살펴보면, 第1因子(Factor f_1)는 眼高節間長(x_5)과 最長節間長(x_4)特に 眼高節間長을 除外한 모든 成長因子와 거의 完全에 가까운 程度의 높은 相關을 가지고 있는 것으로서, 第1因子는 眼高節間長以外의 모든 成長因子는 量的成長系의 要素임을 나타내는 總合的인 因子가 되는 것으로 解釋되는데 反해서, 第2因子(Factor f_2)는 眼高節間長과 最長節間長 等 節間長과의 關聯性이 相對的으로若干 높을 뿐, 其他的 成長因子와는 거의 無關한 것으로 나타나며, 또한 第2因子에서는 眼高와 最長節間의 兩節間長이 其他的 것들과 相反된 符號를 가지므로써, 이는 서로 다른 性質 即 竹稈의 各種成長因子에 對한 屬性(量的 및 形質的)을 分別해 주는 総合因子인 것으로 解釋될 수 있다.

그런데 初期(回轉前)因子負荷量 그대로에 依한 因子解説이란, 解釋 그 自體가 매우 어려울 뿐만 아니라, 이에 依해서 解釋된 內容 또한 適切한 因子解説이 되지 못한 것이 通常의境遇이다.

Table 4. Initial factor loading matrix.

Variate (x_j)	Factor loading		Communality (h_j^2)
	Factor f_1	Factor f_2	
x_1	0.97892	-0.03538	0.95954
x_2	0.91368	0.05266	0.83759
x_3	0.94112	-0.22497	0.93632
x_4	0.82850	0.51548	0.95213
x_5	0.61647	0.66861	0.82707
x_6	0.97763	-0.11972	0.97010
x_7	0.98014	-0.10553	0.97180
x_8	0.97357	-0.17956	0.98009
x_9	0.98160	-0.13646	0.98216
x_{10}	0.99320	-0.11254	0.99912

따라서 위에서 論述한 因子解釋內容 亦是 初期因子負荷行列에 依한 것으로서 適正한 것이 될 수 없는 可能性이 크다.

以上과 같은 因子解釋上의 問題點을 解消하기 為하여 (座標軸의) 回轉의 不定性이 있는 Table 4의 初期因子負荷行列을 單純構造의 原理(principle of simple structure)를 滿足시킬 수 있도록 變換 即 因子解釋을 適正하고 쉽게 할 수 있도록 直交回轉(orthogonal rotation)의 varimax 法에 依한 因子軸의 回轉(CW 方向으로 $\theta = 28^\circ 21'$ 回轉)을 施行하여 Table 5에서와 같이 回轉後의 因子負荷行列(rotated factor loading matrix)을 推定하였다. 因子의 適正解釋이 可能하도록 單純構造로 接近시킨 回轉後의 因子負荷行列(Table 5)의 内容과 이들 共通因子와 成長因子負荷量과의 關係를 圖示한 Fig. 1에 따라 各成長因子와 兩共通因子(Factor f_1^* , Factor f_2^*)との 關係를 檢討하여 보면,前述한 初期因子負荷行列에 있어서의 境遇와 類似한 傾向을 띠면서 各成長因子와 共通因子와의 關係的事象을 훨씬 鮮明하고 보다 密度있게 나타내주고 있다.

Table 5와 Fig. 1에서 第 1 因子(Factor f_1^*)는 眼高節間長(x_5)과 最長節間長(x_4)을 除外한 其他 8種의 成長因子와는 매우 높은 關聯性을 갖는 反面, 眼高와 最長節間等의 節間長과는 거의 關聯性이 없는 것으로 나타남으로써, 眼高 및 最長節間의 節間長과 容積(x_6)을 비롯한 8種의 成長因子와는 相異한 性質의 成長因子임을 確認할 수 있을 뿐 아니라, 第 1 因子는 竹稈의 크기 即 上長, 肥大等의 量的成長系의 因子로서, 이는 85.60%의 說得

Table 5. Rotated factor loading matrix.

Variate (x_j)	Factor loading		Communality (h_j^2)
	Factor f_1^*	Factor f_2^*	
x_1	0.87833	0.43367	0.95954
x_2	0.77911	0.48018	0.83759
x_3	0.93509	0.24887	0.93632
x_4	0.48439	0.84705	0.95213
x_5	0.22508	0.88114	0.82707
x_6	0.91725	0.35883	0.97010
x_7	0.91271	0.37251	0.97180
x_8	0.94209	0.30424	0.98009
x_9	0.92868	0.34599	0.98216
x_{10}	0.92754	0.37254	0.99912
Eigen value	8.5595	0.8564	9.4159
P.v. (%)	85.595	8.564	.
A.p.v. (%)	85.595	94.159	.

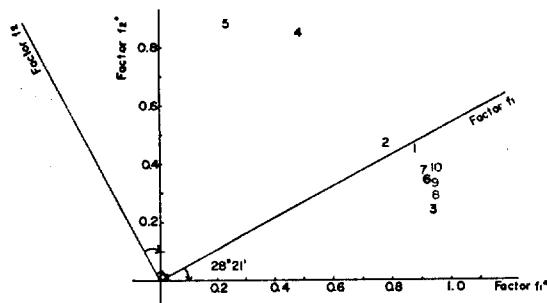


Fig. 1. Unrotated and rotated factor structure.

力을 지니고 있음을 알 수 있다. 第 2 因子(Factor f_2^*)는 第 1 因子와는 매우 關聯性이 稀薄했던 眼高節間長 및 最長節間長과의 相關이 類別하게 높을 뿐 其他의 成長因子와는 매우 낮은 同水準의 關聯性을 지니고 있으므로써, 第 2 因子는 各種成長因子內에潛在된 各其의 屬性을 檢索分別 即 眼高節間長 및 最長節間長 等 節間長內에는 竹稈의 品質을 象徵的으로 表現하는 共通된 基本能力의 要因이 作用하고 있음을 나타내주는 것으로서, 第 1 因子와는 서로 다른 形質系의 因子임을 確認할 수 있게 된다. 따라서 10個의 成長特性値를 基礎로 해서 얻고자하는 竹稈에 關한 綜合의 背後現象과 그의 構造는 2個의 共通因子에 依해서 約 94.16%의 매우 높은 說得力으로 規定되어 진다는 事實을 알 수 있다. 또한 Table 5의 共通性의 内容에 따라 各種成長因子들이 保有하고 있는 變動(情報)이 82.7~99.9%나 되는 莫強한 說得力を 가진 2個의 共通因子에 依해서 說明되어 진다는 事實亦是 特記할 수 있는 일이라 생각된다.

(2). 竹稈의 形質과 類型

各種成長因子의 觀測 data에 依한 竹稈의 形質이나 크기 및 形狀의 直接的인 判定은 困難乃至는 不可能한 일이 아닐 수 없다. 이와 같은 事實을 因子分析方法으로 克服될 수 있는지의 可能與否 또는 可能할 境遇의 收容程度를 알아보기 위하여 本試驗에 提供된 竹稈 24本에 對한 共通因子得點(common factor score)을 回歸法인 $f_i^* = Z_i W = Z_i R^{-1} A^*$ ($W = R^{-1} A^*$: 加重值行列, A^* : 回轉後의 因子負荷行列, $i = 1, 2, \dots, 24$)에 依하여 Table 6과 같이 推定하고, 各 竹稈에 對한 得點의 分布를 Fig. 2와 같이 圖示하였다. Fig. 2에서 알수있는 바와 같이 供試竹 24本은 大體적으로 5個類型으로 區分될 수 있는데, 그 分布樣相을 살펴보면, 7.8 cm 直徑階의 19, 24番竹은 總合型에, 8 cm直徑階의 21, 22, 23

Table 6. Common factor score.

Sample No.	Common factor	
	Factor f_1^*	Factor f_2^*
1	-0.93177	-0.24318
2	-0.60384	-0.83576
3	-1.44128	-0.10487
4	-0.73023	-1.80650
5	-0.65158	-0.86750
6	-1.08242	0.37900
7	-0.81271	-0.34862
8	-1.25471	0.41870
9	-0.46249	0.15123
10	-0.77081	1.69845
11	-0.74607	0.62642
12	-0.66944	0.63847
13	0.13175	-0.23154
14	0.63345	-0.75985
15	-0.49939	2.04417
16	2.20754	0.64650
17	0.97527	-0.97999
18	1.08608	-0.31756
19	0.81576	1.02510
20	0.87785	0.27499
21	1.37225	-0.34526
22	1.46301	-0.27124
23	1.86654	0.22240
24	1.22724	0.98641
Mean value	0.00000	0.00000
Standard deviation	1.00000	1.00000

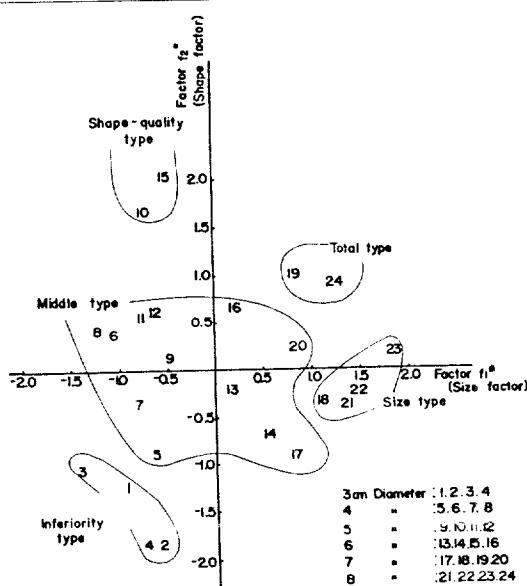


Fig. 2. Structure of common factor score.

番竹은 體積型에, 5, 6 cm 直徑階의 10, 15番竹은 形質型에, 3 cm 直徑階의 1, 2, 3, 4番竹은 모든 面에서의 劣等型에, 其他의 竹稈은 中庸型에 各各 屬한 것 으로 推斷된다. 위에서와 같은 類型判別은 判別方式으로서의 未洽한點이 적지 않을 것이다, 이에 積極的인 研究가 거듭 더해진다면 보다 有效한 方法으로 發展할 수 있을 것으로 期待되며, 判別된 類型에 따라 竹稈의 用途를 選別하는데 寄與할 수 있다면 하나의 好은 成果라 생각된다.

引用文獻

- Karson, M. J.: 1982. Multivariate Statistical Method. Iowa State University Press. pp. 191-214, 225-247.
- 河口至商: 1980. 多變量解析. 森北出版. pp. 35-51, 53-60, 106-130.
- 金海植: 1984. SPSS 컴퓨터 분석기법. 博英社. pp. 85-100, 104-108, 112-115.
- Kreyszig, E.: 1983. Advanced Engineering Mathematics. John Wiley & Sons. pp. 345-349.
- 李光南: 1985. 主成分 및 正準相關分析에 依한 樹幹成長 解析에 關하여. 韓林誌. 70: 7-16.
- 李榮萬 外 2人: 1986. 應用電算統計分析. 鄭文社. pp. 48-55, 130-136.
- Morrison, D. F.: 1987. Multivariate Statistical Methods. McGraw-Hill. pp. 259-263, 279-289, 304-329.
- 中村慶一: 1979. 應用多變量解析. 森北出版. pp. 196-224.
- Nie, N. H., et. al.: 1975. SPSS (manual), 2/e, McGraw-Hill. pp. 468-527.
- 農林水產技術會議: 1972. 農林水產試驗研究のための 統計的 數學的方法. pp. 137-146.
- 奥野忠一: 1980. 多變量解析法. 日科技連. pp. 159-257, 323-384.
- _____: 1982. 應用統計ハンドブック. 菲賢堂. pp. 318-377, 390-403.
- 吳傑燮: 1984. 社會科學 データ 分析法. 나남. pp. 217-234, 269-284, 303-343.
- 芝祐順: 1986. 因子分析法. 東京大學出版會. pp. 62-71, 105-110, 175-189.

15. 田中 豊：1983. 多變量統計解析法. 現代數學社.
pp. 53-97, 179-199.
16. 浦 昭二：1980. 多變量解析の基礎. サイエンス社..
pp. 5-41, 56-70.