

담배의 收量과 收量構成要素의 相關, 回歸 및 經路分析

김 용 암 · 유 점 호* · 반 유 선 · 류 익 상

韓國人蔘煙草研究所 陰城試驗場

*全州試驗場

Correlation, Regression, and Path Analysis between Yield and its Components in Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.)

Y.A. Kim, J.H. Ryu,* Y.S. Ban, and I.S. Yu

Eumseong Experiment Station, Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Chungbuk, Korea

*Jeonju Experiment Station, Jeonbuk, Korea

(Received Aug. 17, 1981)

Abstract

Data for this study were obtained from Burley 21 (*Nicotiana tabacum* L.) grown under various densities on the field in 1978 and 1979 at the Jeonju Experiment Station, Korea Ginseng & Tobacco Research Institute. Interrelations between yield and its components were statistically studied by correlation, regression, and pathway analysis.

Correlation of yield with plant population was significant and positive. Quadratic functions for yield vs. plant population and the length of the largest leaf were fitted to the data. Multiple regression equation between yield and its components (leaf number (X_1), a leaf area (X_5), weight per unit leaf area (X_9), plant population (X_{14})), was significant at the 5% level. Measuring the relative importance of its components on yield, plant population was 49.5%, weight per unit leaf area 25.3%, a leaf 15.6%, and leaf number 9.8%

緒 論

담배의 收量構成要素는 葉數, 葉面積과 單位葉面積重(單面重), 生葉重과 乾燥率, 植付株數를 들 수 있으나 結局 1葉重과 收穫葉數로 歸着된다. 葉面積

은 葉長과 葉幅의 函數(19, 21)로 볼 때 1葉重은 葉長과 葉幅, 單面重으로 細分된다. 收量構成要素와同 決定要素를 從來 區別해 온데 대하여 柴田(16)은 出穗性, 登熟性 및 倒伏性 등을 全部 包含하여 收量成分이라고 하였으나 收量構成要素의 概念은 相乘積으

로 表現되는 收量의 産出因子로서 限定해야 하며 收量要素와 收量과의 相關形質은 區分해야 한다.

이들 收量要素는 氣象要因과 耕種의 要因(1, 8, 18, 20, 23, 25) 即, 品種, 施肥, 栽植密度 및 摘心 등에 따라 變異가 생긴다. 許(10)는 裸地作的 Yellow Pryor에서 5月の 日照와 氣溫, 6月の 降雨가 잎담배의 收量에 影響하며 盧(17)는 Hicks에서 800株/10a 以上の 栽植密度差에서, 申(19)은 8,000~12,000枚/10a의 收穫葉數差에서 收量의 有意差가 있으며 Kit-trell等(13)은 90,000~110,000枚/Ha의 葉數에서 最大收量을 얻고 130,000枚 以上の 葉數에서는 單面重과 葉面積이 減少한다고 하였다.

生召(22)는 黃色種과 Burley種의 全葉數, 最大葉의 長과 幅, 單面重의 相乘積을 代數函數로서 收量의 模型으로 보았으며 許(12)는 全葉數·葉面積, 單面重의 重回歸收量式을 求한바 있다.

실제 自然狀態의 栽培圃場에서는 담배의 收量要素가 株에 따라 變異가 있기 때문에 收量,

$$y = \sum_{i=1}^N P_i = \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^n L_{ij} \right)_i \text{로 表現된다.}$$

P_i 는 植付株數가 N 인 i 株째의 一株葉重이며 L_{ij} 는 收穫葉數가 n 인 1株의 j 葉째의 1葉重이다. 그러나 標本에 依한 平均株當概念下에서는 推定收量, $\hat{y} = F(N \times \bar{P}) = F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m)$ 의 函數式이 되며 回歸式은 $\hat{y} = a + \sum b_m x_m$ 의 一般式이 된다. \bar{P} 는 株當平均葉重이며 x_m 는 收量構成要素이다.

Wright(24)에 依해 始作되어 $L_i(14, 15)$ 가 體系化 시킨 經路分析은 收量에 對한 寄與度와 그 效果 및 形成經路를 解析하는데 必要한 統計手段으로 作物의 育種과 栽培研究에 많이 活用되고 있다(4, 5, 7).

담배의 經路分析은 生召(22)와 許(12)等の 研究가 있으나 收量과 各種形質間의 關係를 單一模型에 依한 分析이며 收量構成要素의 分析은 研究되어 있지 않은 實情이다. 잎담배의 收量은 한 要素의 單獨作用 보다는 모든 要素의 總體的인 效果의 和이므로 收量要素의 相互關係와 形成經路를 追跡하여 이들이 收量에 미치는 效果를 比較檢討함으로써 栽培法改善의 基礎資料로 活用하기 爲하여 本 結果를 報告한다.

材料 및 方法

本 實驗은 1978년부터 1979년까지 2년 동안 韓國 煙草研究所 全州試驗場에서 Burley21을 供試하여 畦間距離 90cm, 100cm, 110cm, 120cm와 株間距離 30cm, 35cm, 40cm, 45cm로 栽植하였으며 分割區 3 反復으로 一般말칭標準栽培法에 依해 재배하였다.

相關係數는 分散과 共分散으로 求하고, 收量回歸는 收量을 收量構成要素의 相乘積에 依한 函數式, $\hat{y} = a + \sum_{m=1}^d b_m x_m$ 의 重回歸方程式과 $\hat{y} = ax^2 + bx + c$ 의 二次方程式에 依해 行列式으로 常數와 係數를 算定하고(6, 11), 重相關係數, $R^2 = \frac{\sum_{m=1}^d b_m (x_m y - \sum x_m \sum y/n)}{\sum (y - \bar{y})^2}$ 로 回歸式의 適合性を 檢定하였다(2, 3).

Table 1. Correlation coefficients between yield and its components (X)

Component (X)	Yield/10a (X ₁₅)	Component (X)	Yield/10a (X ₁₅)
Leaf number	(X ₁) 0.113	Weight per unit area	
Largest leaf		Fresh	(X ₈) -0.006
Length (L)	(X ₂) -0.381	Dry	(X ₉) 0.187
Width (W)	(X ₃) -0.285	Dry ratio	(X ₁₀) -0.065
LxW/2	(X ₄) -0.352	A total plant	
A leaf area	(X ₅) -0.251	Leaf Area	(X ₁₁) -0.054
A leaf weight (Wt.)		Fresh Wt.	(X ₁₂) -0.142
Fresh	(X ₆) -0.393	Dry Wt.	(X ₁₃) -0.104
Dry	(X ₇) -0.110	Plants/10a	(X ₁₄) 0.467*

* : Significant at the 5% level.

二次式은 $\hat{y} = a\left(x + \frac{b}{2a}\right) - \frac{b^2 - 4ac}{4a}$ 로 變形시켜서 分析하였다.

經路分析은 Wright (24) 의 Causal system으로 標準化偏回歸分析法 (5, 14) 과 다음 關係式에 依해 經路係數와 效果를 推定하였다.

$$X = (x - \bar{x}) / S_x, \quad S_x^2 = [\sum x^2 - (\sum x)^2 / n] / n$$

$Y = P_{iy} X_i + C, \quad 1 = \sum P_{iy} + \sum P_{iy} r_{iy} P_{iy} + R_{iy}^2$
 X 와 Y 는 x 와 y 의 標準化된 變量이며 r_{iy} 는 原因 (i: component) 과 結果 (yield) 의 相關係數며 P_{iy} 는 經路係數, $P_{iy} r_{iy}$ 는 間接效果, R_{iy} 는 殘留效果이다. 寄與度는 全體의 直接效果에 對한 各要素效果의 百分比로 計算하였다.

Table 2. Linear and quadratic regressions between yield and its component.

Regression equation	F-value
$Y = -2151.824 + 72.423 X_2 - 0.547 X_2$	3.768*
$Y = 193.584 + 0.161 X_{14}$	5.336*
$Y = 127.555 + 0.064 X_{14} - 10^{-8} \times 847 X_{14}$	3.740*

X_2, X_{14} : See the table 1.

結果 및 考察

1. 收量과 收量構成要素의 相關

收量과 收量要素의 相關係數는 表 1 과 같다. 10a 當植付株數만이 收量과의 有意性이 認定되며 最大葉長과 一葉生重은 各各 有意性은 認定되지 않으나 他要素에 比해서 相關係數가 큰 傾向이었다.

담배의 種類別 分析에서 陰乾種의 葉數와 收量은 高度의 正相關이 있고 最大葉의 長과 幅, 葉面積이 收量에 直接 關여한다는 報告 (11) 와는 다른 傾向이나 本 試驗은 同一品種에 對한 密度處理의 結果이므로

葉數의 變異가 없으며 栽植密度가 收量에 미치는 影響이 너무 커서 他構成要素의 比重이 相對的으로 작게 되는데 起因하는 것으로 생각된다.

2. 回歸關係

收量과 收量構成要素와의 直線 및 曲線回歸方程式은 表 2 와 같다. 最大葉長 (x_2) 과 收量의 二次回歸關係가 認定되며 이 式을 $y = 245.4 - 0.547(x_2 - 66.2)^2$ 로 變形하면 葉長 66.2cm에서 最大收量 245.4kg/10a 이 推定된다. 葉長의 觀測値는 62~73cm 範圍이다.

Table 3. Multiple regression equations between yield and its component.

Multiple regression equation	R
$Y = 88.584 + 0.619X_{13} + 0.033X_{14}$	0.619** (1)
$Y = 55.981 + 3.464X_{10} + 0.059X_{12} + 0.033X_{14}$	0.596** (2)
$Y = 32.529 + 1.849X_9 + 0.002X_{11} + 0.030X_{14}$	0.632** (3)
$Y = 27.599 + 3.172X_1 + 13.244X_7 + 0.027X_{14}$	0.583** (4)
$Y = -14.357 + 2.473X_1 + 0.036X_5 + 1.880X_9 + 0.026X_{14}$	0.624** (5)
$Y = 227.527 - 0.013X_1 - 0.330X_6 - 1.095X_{10} + 0.012X_{14}$	0.514* (6)
$Y = 135.955 + 1.949X_1 - 0.536X_2 + 1.185X_3 + 0.017X_{14}$	0.485* (7)
$Y = -548.501 + 10.883X_2 + 25.894X_3 - 0.757X_4 + 0.016X_{14}$	0.514* (8)

X_1, X_2, \dots : See the table 1.

Table 4. Path coefficient analysis between yield and its components for the multiple regression equation 5 in table 3.

Component	r	Influence
Leaf no. vs. yield	0.113	
direct effect		0.153
indirect effect via a leaf area		0.092
indirect effect via unit area weight		0.023
indirect effect via plant population		0.075
A leaf area vs. yield	-0.251	
direct effect		0.243
indirect effect via. leaf no.		-0.057
indirect effect via. unit area weight		0.118
indirect effect via plant population		-0.554
Unit area dry weight vs. yield	0.187	
direct effect		0.393
indirect effect via leaf no.		-0.009
indirect effect via leaf area		0.073
indirect effect via plant population		-0.270
Plant population vs. yield	0.468	
direct effect		0.767
indirect effect via leaf no.		0.015
indirect effect via a leaf area		-0.175
indirect effect via unit area weight		-0.139

r : Correlation coefficient. Influence : $(r_{ij}) \times (P_{ij})$

北野 等(9)은 burley種生産力評價에서 Burley21의 收量은 273kg/10a이며, 窒素水準試驗의 結果, 最大收量은 질소를 17.3kg/10a 施肥할 때 299kg/10a로 報告한 바 있다.

植付株數와 收量은 1次 및 2次回歸에서 有意하며 $y=248.6-8.47 \times 10^{-6}(x_1-3778)^2$ 의 變換式에서 3778株/10a일때 248.6kg/10a이 最大收量이다. 그러나 3,000株 以上에서는 收量의 增加가 아주 僅少하여 3,000株와 3,778株의 收量差는 5.1kg에 不過하다. 이는 密度가 增加함에 따라 株當葉의 分配率이 漸減하는 데 있는 것 같다. HLC用 close-grown 밭에서 13634株/10a까지도 生産은 增加하나 葉의 分

配率은 커지고 葉의 分配率은 작아진다는 報告(3)로 보아 密度가 增加함에 따라 追加되는 한 株의 限界單位生産力과 株當平均生産力이 같을 때까지가 밀도의 最大値이며 最大의 收量을 確保할 수 있다. 表 7에서 보면 收量의 最小有意差는 25.6kg/10a이며 密度差는 830~1000株/10a에 有意差가 인정되며 Hicks의 800株(17)보다 Burley21이 200株程度가 많은 데 이는 Burley21이 多收性이고 密度適應性이 높은 데 起因하는 것 같다.

3種의 收量要素에 依한 收量의 產出組合은 3가지로 設定할 수 있다.

$$\text{收量} = F(\text{株當生重} \times \text{乾物率} \times \text{植付株數}) \dots\dots 2$$

Table 5. Path coefficient analysis between yield and its components for the multiple regression equation 6 in table 3.

Component	r	Influence
Leaf no. vs. yield	0.112	
direct effect		-0.001
indirect effect via a leaf weight		0.093
indirect effect via dry ratio		-0.014
indirect effect via plant population		0.034
A fresh leaf weight vs. yield	-0.393	
direct effect		-0.245
indirect effect via leaf no.		0.000
indirect effect via dry ratio		0.008
indirect effect via plant population		-0.156
Dry ratio vs. yield	-0.065	
direct effect		-0.049
indirect effect via leaf no.		0.000
indirect effect via a fresh leaf weight		0.039
indirect effect via plant population		-0.054
Plant population vs. yield	0.467	
direct effect		0.352
indirect effect via leaf no.		-0.001
indirect effect via a fresh leaf weight		0.108
indirect effect via dry ratio		0.001

r : Correlation coefficient. Influence : $(r_{ij}) \times (P_{iy})$

收量 = F(株當葉面積 × 單面重 × 植付株數) 3

收量 = F(葉數 × 1葉重 × 植付株數) 4

4要素에 의한 組合은 二種이 可能하다.

收量 = F(1葉面積 × 葉數 × 單面重 × 植付株數)
..... 5

收量 = F(1葉生重 × 葉數 × 乾物率 × 植付株數)
..... 6

5要素에 의한 組合은 式5에서 1葉面積을 葉長과 幅으로 表現하거나, 式6에서 1葉生重을 1葉面積과 單面重으로 나타낼 때 成立한다.

3要素에 의한 收量表現은 式3이 $r=0.632$ 로 가장 큰 相關을 보이고 4要素組合에서도 式6이 高度의 有意性이 認定되는 것으로 보아 生葉重보다는 葉面積에 의한 收量推定方法이 더 좋은 것으로 생각된다. 이는 許(12)가 全葉數, 葉面積, 單面重의 收量回歸式에서 陰乾種의 $r=0.615$ 와 거의 같은 傾向으로 보인다.

3. 收量構成要素의 經路分析

經路分析은 變因을 單位分散과 零平均으로 變換시

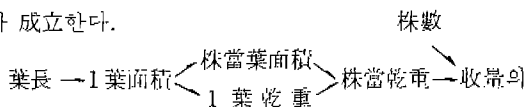
Table 6. Path coefficient analysis for yield and its component for the multiple regression equation 7 in table 3.

Component	r	Influence
Leaf no. vs. yield	0.113	
direct effect		0.120
indirect effect via leaf length		-0.001
indirect effect via leaf width		-0.055
indirect effect via plant population		-0.048
Leaf length vs. yield	-0.381	
direct effect		-0.107
indirect effect via leaf no.		0.001
indirect effect via leaf width		0.129
indirect effect via plant population		-0.405
Leaf width vs. yield	-0.285	
direct effect		0.170
indirect effect via leaf no.		-0.037
indirect effect via leaf length		-0.077
indirect effect via plant population		-0.351
Plant population vs. yield	0.467	
direct effect		0.496
indirect effect via leaf no.		0.012
indirect effect via leaf length		0.087
indirect effect via leaf width		-0.127

r : Correlation coefficient. Influence : $(r_{ij}) \times (P_{iy})$

킨 標準化變量의 偏回歸分析法으로 原因에서 結果로 의 方向과 關聯程度를 나타내고 相關을 한 要素의 直接效果와 他要素를 통한 間接效果로 分割함으로써 여러 要素間에 相對的인 重要性和 寄與度를 加重值로 나타낼 수 있다.

收量形成經路는 最初 單位構成要素를 cause로 하여 2個의 cause의 相乘積을 effect로 보아 이 effect를 다시 2段階의 cause로서 連續的으로 收量까지의 形成過程을 經路係數에 依해 多段式經路圖(그림1)에 表現하였다. 그림 1에서 보면 明確한 두갈래의 經路가 成立한다.



形成經路로 單純化할 수 있다.

表 4는 葉數와 1 葉面積, 乾單面重과 株數의 4 要素와 收量과의 直接效果와 間接效果를 分割한 것이다. 收量에 대한 葉數의 直接 및 間接效果는 아주 작 으며 葉面積은 直接效果 보다 株數를 通하여 收量에 미치는 間接效果가 훨씬 크다. 單面重은 直接效果와 株數를 통한 間接效果가 거의 비슷하다. 植付 株數의 直接效果는 아주 크며 他要素에 대한 間接效果는 극히 작다. 收量에 대한 直接效果는 葉數<1 葉面積<單面重<株數順으로 크게 作用하며 收量에 對한 寄與度는 株數가 49.3%, 單面重은 25.3%, 1 葉面積이 15.6%, 葉數가 9.8%이다. 1 葉面積은 株數를 통한 間接效果로서 收量에 크게 影響하였다.

Table 7. Yields of Burley 21 at different population densities.

Population density plants/10a	Yield kg/10a	Population density plants/10a	Yield kg/10a
2004	224	2066	216
2006	214	2361	223
2224	236	2699	227
2449	239	2755	239
2755	229	3149	242
2834	238	3674	261
3149	260		
3225	245		
3542	251	LSD (5%)	25.6

表 5는 葉數, 1葉生重, 乾物率, 株數와 收量間의 分析結果이다. 이 要素들은 1葉生重과 株數가 收量에 直接影響을 주며 葉數와 乾物率의 直接效果는 작다. 1葉重은 株數를 통해서, 株數는 1葉重을 통해서 間接적으로 收量에 作用한다.

表 6은 葉數와 葉長, 葉幅 및 株數와 收量의 經路 分析이다. 直接效果는 葉長 < 葉數 < 葉幅 < 株數順 으 로 크며 收量에 대한 寄與度는 株數가 55.5%, 葉幅이 19%, 葉數는 13.4%, 葉長은 12%이다. 葉長과 葉幅은 收量에 대하여 直接效果 보다 間接效果가 크게 作用한다.

結 論

Burley 21의 收量과 收量構成要素의 相關, 回歸 및 經路分析을 한 結果는 다음과 같다.

1. 收量과 相關이 있는 收量構成要素는 植付株數이며 株數는 最大葉長 및 株當葉面積과 高度의 負相

關이 있으며, 最大葉長과 株當葉面積은 高度의 正相 關이 있다.

2. 最大葉長 및 植付株數와 收量은 2次回歸關係가 成立되며 最大收量은 葉長이 66.2cm일 때 245.4 kg/10a이고, 株數가 3,778株일 때 246.8kg/10a이다.

3. 葉數, 1葉面積, 單面重, 株數의 4要素에 의한 收量重回歸式은 高度의 有意성이 認定되었다.

4. 收量構成要素의 形成經路는

$$\begin{array}{l} \text{最大葉長} \begin{cases} \nearrow \text{1葉面積} \\ \searrow \text{1葉乾重} \end{cases} \begin{array}{l} \nearrow \text{株當葉面積} \\ \searrow \text{植付株數} \end{array} \rightarrow \text{收量이다.} \end{array}$$

5. 收量에 미치는 直接效果는 植付株數 > 單面重 > 1葉面積 > 葉數의 順이며 寄與度는 株數가 49.3%, 單面重 25.3%, 1葉面積 15.6%, 葉數는 9.8%이다. 植付株數는 收量에 約 50% 程度로 큰 影響을 미치며 1葉面積은 株數를 통한 間接效果로서 收量에 影響한다.

인용문헌

1. Atkinson, W.O. and J.L. Sims. Tob. Sci.

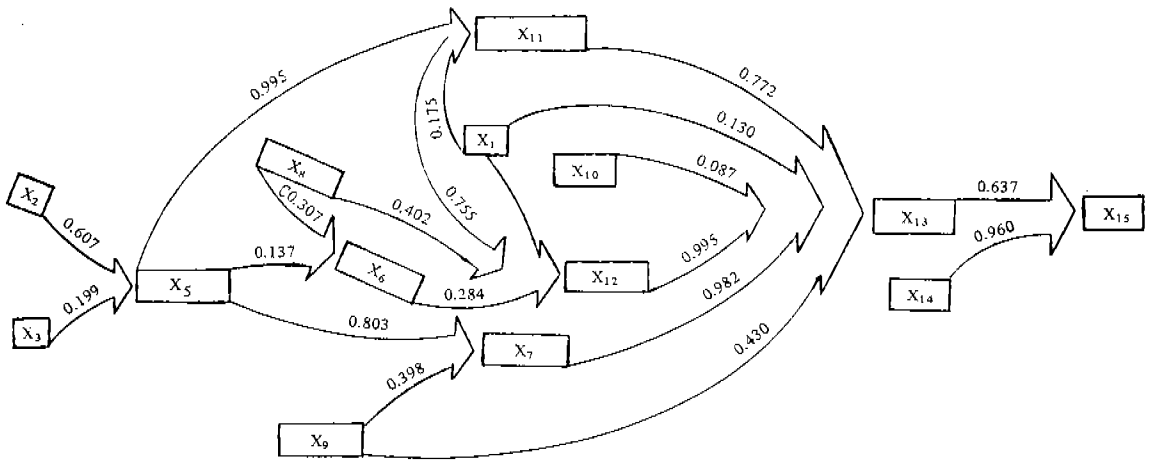


Fig. 1. A diagram of multiple-step pathway to yield.
Numbers are path coefficients in tables 4, 5 and 6.

- 17:175-176 (1973).
2. Bliss, C.L. "Statistics in Biology", Vol. 2, pp. 291-317, McGraw-Hill, New York, U.S.A. (1970).
3. Cambel, C.R., F. Chaplin, W.H. Johnson, and G.S. Miner. *Agron. J.* 72:774-777 (1980).
4. Cambill, W.F., R.J. Wagent, A.M. Bamatraf, and O.L. Turner. *Agron. J.* 72:1012-1016 (1980).
5. Dewey, D.R. and K.H.Lu. *Agron. J.* 51(8); 515-518 (1959).
6. Draper, N.R. and H. Smith, "Applied Regression Analysis". pp. 142-158, John Wiley & Son, New York, U.S.A. (1966).
7. Durarte, R.A. and M.W. Adams. *Crop Sci.* 12:579-582 (1972).
8. Ferrish, H. *Tob. Sci.* 18:49-51 (1974).
9. 北野薄. 津崎私夫・川床邦夫・鈴木智子. 盛岡試報 9:39-56 (1973).
10. 許溢. 韓作誌 4:97-101 (1968).
11. 許溢. 韓作誌 . 5:65-68 (1969).
12. 許溢. 韓作誌 . 11:11-44 (1972).
13. Kittrell, B. V., W.K. Collins, H. Seltmann, and W. Week. *Tob. Sci.* 19:119-122 (1975).
14. Li, C. C. *Biometrics* 12:190-210 (1956).
15. Li, C.C. "Path Analysis", 2nd Ed. pp. 100-186, Boxwood, California, U.S.A. (1977).
16. 柴田和博. 北海道農試 9:69-87 (1962).
17. 盧菽榮. 煙草研究 3:71-104 (1976).
18. Seltmann, H., H. Ross, and L. Shaw. *Tob. Sci.* 13:6-9 (1969).
19. 中周植. 煙草研究 5:47-57 (1978).
20. Smith, G. A., S.S. Martin, and K. A. Ash. *Crop Sci.* 17:249-253 (1977).
21. Suggs, C.W. and W. E. Splinter. *Tob. Sci.* 4:194-197 (1960).
22. 生沼忠夫. 盛岡試報 5:1-6 (1970).
23. Wallace, A. J., H. Smiley, and W.O. Atkinson. *Tob. Sci.* 18:75-76 (1974).
24. Wright, S. J. *Agr. Res.* 20:557-585 (1921).
25. 辻崎保行. 飯塚良樹. 盛岡試報10:91-114 (1974).