

잎담배의 재배방법에 따른 생장분석에 대하여

김 운동 · 김 용 암*

한국연초연구소 재배부 · 음성시험장*

(1980. 10. 2. 접수)

The Growth-Curve Analysis of Tobacco in Various Cultivation Types

Yoon Dong Kim and Yong Am Kim*

Korea Tobacco Research Institute
(Received Oct. 2, 1980)

초 록

황색종 잎담배의 성장분석에서 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 개량말칭의 성장곡선은 대수변환하여 2차 회귀식에, 기타 작부는 Gompertz 방정식과 유사하였다.
2. 건물량에 있어서 최대성장기의 시점은 개량말칭의 경우에 이식후 50일경, 타 작부는 40일경이고 최대성장기간은 모두 25일 였다.
3. 건물량에 있어서 최대성장기의 성장속도는 개량, 일반, 나지작의 순서로 감소하였다.
4. 파기가 늦을수록 최대성장기 동안의 성장량은 증가했다.
5. 엽면적의 최대성장기간은 건물중에 비하여 약 2일 단축되고 5일 정도 빠르게 나타났다.

ABSTRACT

The growth of flue-cured tobacco was analyzed with the mathematical treatment. The results are summarized as followings:

1. The growth curve was fitted to the quadratic polynomial equation in improved-mulching cultivation, but to the Gompertz equation in the other cultivations.
2. The initial point of the maximum growth phase for dry weight was about 50 days after transplanting in improved-mulching cultivation, but about 40 days in the other cultivations, and the maximum growth period was for 25 days in all cultivations.
3. The growth rate of the maximum growth period in dry weight decreased in the order of improved-mulching cultivation, mulching cultivation, and non-mulching cultivation.
4. A relative growth amount in the maximum growth period was higher in later sowing.

5. The length of the maximum growth phase was 5 days shorter in leaf area than in dry weight. The maximum growth phase was 7 days earlier in leaf area than in dry weight.

緒 論

모든 生物은 개개의 固有한 特性을 지니고 있다. 植物의 生長에 있어서도 독특한 特性을 지니고 있어 이에 대한 數理的인 表現이 可能하므로 最近에는 植物生長에 對한 定量的 分析으로 Model을 設定하여 生物學的 意味를 부여할 수 있는 表現방법을 많이 추구하고 있다. 一般적으로 草本植物의 生長곡선이 sigmoid curve를 이루며 3部分으로 區分해서 생각할 수 있다. 처음에는 완만한 증가를 보이다 生長속도가 점점 빨라지는 log phase, 다음은 生長速度가 일정한 linear phase이며 이 다음은 生長速度가 점점 감소하는 Senescence phase로 區分된다. 生長曲線을 설명하는 데는 간단한 假定下에 increment curve를 사용하는 것이 便利하다.

William (14)은 絶對生長速度는 一定하다고 하였는데 이는 主要生長期間인 linear phase에 해당된다. Blackman (1)은 生長에 복리법을 適用하여 $\frac{dx}{dt} = r \cdot x$ 를 提案하여 $\frac{1}{x} \left(\frac{dx}{dt} \right) = r$ 로서 相對生長速度는 一定하다고 하였다. 이 生長曲線은 $x = X_0 e^{rt}$ 로 기하급수적으로 증가되는 生長초기에는 잘 적용되지만 生物體가 無限히 生長하는 것이 아니라 점점 intrinsic resistance가 생겨 生長速度가 점점 감소하다 결국 죽게된다. 다음의 model들은 이런 현상을 고려하여 설정된 生長곡선이다. sigmoid curve中 絶對生長速度가 現在의 크기와 最大値의 差의 곱에 비례한다는 가정하에 $\frac{dx}{dt} = kx(X_r - x)$ 로 표시되며 이 식에서 x 는 현재의 크기이고 X_r 는 최대치다. 적분하면 $x = X_r / (1 + ce^{-kt})$ 로 된다. increment curve는 $\frac{1}{2}X_r$ 를 中心으로 대칭이므로 symmetric asymptote라 한다. 또 다른 Model은 絶對生長速度가 최대치와의 差에 비례한다는 가정하에 $\frac{dx}{dt} = k(X_r - x)$ 로 표시되며 적분하면 $x = X_r(1 - e^{-kt})$ 로 된다. Erickson (3)에 의하면 식물체의 일부분이 切除된 部位의 生長은 이 Mo-

del에 적용된다고 하였고 Population ecology 에서는 Mitscherlich's law라고 알려졌다.

Gompertz (2)는 sigmoid curve中 asymmetric asymptote의 한 형태로 相對生長速度의 대수는 시간에 비례하여 감소한다고 제안했다. 식으로 표시하면 $\ln(d \ln x/dt) = a - kt$ 로 되며 적분하면 $x = X_r(e^{-e^{-kt}})$ 로 된다.

지금까지는 다른 식물에 있어서 生長에 대한 數理的 分析이 있으나 (6, 11) 담배에 있어서는 sigmoid curve를 보인다고 설명되어 있을 뿐(5) 數理解釋的인 접근이 없었으므로 이에대한 試圖를 하고자 한다. 作物은 재배, 토양, 氣象환경에 의하여 영향을 받아 生長 pattern이 달라지므로 재배환경의 한 요소인 作付方式別 生長에 대한 수리적 분석을 하고자 한다.

材料 및 方法

본 연구는 한국연초연구소 음성시험장에서 1976년에 황색종 SC72를 供試하여 作付別 처리를 하여 얻은 자료(10)를 이용하여 分析하였으며 作付別 처리내용은 표 1에서와 같다. 재배 및 시비방법은 황색종 표준재배법에 준하였으며 1주당 건물중과 엽면적을 이식모부터 10일 간격으로 10회 조사한 것이다.

Table 1. Treatments

Treatment No.	Cropping Type	Sowing Date	Transplanting Date
I	improved-mulching	Feb. 21	Apr. 14
II	general-mulching	Mar. 2	Apr. 25
III	general-mulching	Mar. 12	May. 1
IV	non-mulching	Mar. 22	May. 12

주당 건물중과 엽면적에 대한 생장곡선을 구하기 위하여 다음 3가지의 model을 적용하였다.

Model A : $\frac{dx}{dt} = kx(X_f - x)$, $x = X_f / (1 + ce^{-kt})$

Model B : $\frac{dx}{dt} = k(X_f - x)$, $x = X_f(1 - e^{-kt})$

Model C : $\ln\left(\frac{1}{x} \frac{dx}{dt}\right) = a - kt$, $x = X_f(e^{-e})^{a-kt}$

위의 3가지 model을 적용하는데 있어서 계수는 다음의 관계식에 의하여 data transformation 하여서 회귀분석에 의하여 구하였다.

Model A : $\ln\left[\frac{x}{(X_f - x)}\right] = kt$

Model B : $\ln(X_f - x) = \ln X_f - kt$

Model C : $\ln(-\ln x / X_f) = a - kt$

asymptote value는 Davidson의 three point

estimate method(2)에 의하여

$x_f = \frac{2x_1x_2x_3 - x_1^2(x_2 + x_3)}{x_1x_3 - x_2^2}$ 식으로부터 산출하였으며

여기서 x_1, x_2, x_3 는 등간격의 측정치이다.

결과 및 고찰

가. 生長曲線의 modeling

주당 건물중을 3가지의 model에 적용하여 Chi-square test한 결과를 표 2에서 보는 바

Table 2. χ^2 Values of three models for the treatments

Treatment No.	Model Code	χ^2
I	A	41.86
	B	268.89
	C	83.82
II	A	41.95
	B	438.20
	C	26.83
III	A	13.84
	B	203.69
	C	15.90
IV	A	8.95
	B	267.43
	C	11.00

와같이 model B는 모든 처리에, 처리 I에 있어서는 3가지 model이 모두 부적당하였다. model A는 처리 III, IV에서 model C보다 잘 맞지 않으므로 비교적 잘 맞는 model C를 선정하여 분석하였다. 처리 II의 경우에 3가지 model을 적용하여 실측치와 비교하면 그림 1과 같다. 그림 1

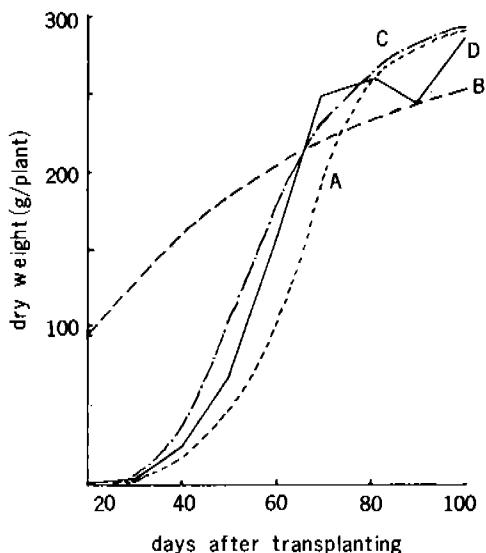


Fig. 1. Comparison of calculated growth curves and observed curve in treatment II :

- A, Model A;
- B, Model B;
- C, Model C;
- D, Observed curve

에서 이식후 90일에서의 이상치를 보정하여 iteration method에 의하여 一次修正한 生長曲線은 實測值에 더욱 접근하였다. 3가지 model 적용이 불가능했던 처리 I에 相對生長速度가 시간에 비례하여 감소한다는 model 즉 $\frac{1}{x} \frac{dx}{dt} = -(At+B)$ 식을 적용하였다. 적분하면 $\ln x = -(at^2 + bt + c)$ 로 되며 polynomial regression에 의하여 계산한 값과 실측치를 비교하기 위하여 χ^2 값을 계산한 결과 11.46으로 비교적 잘 맞았으며 도식화한 결과는 그림 2와 같다.

Gompertz 방정식보다 잘 맞으며 Nicholls (11)가 건물중으로 Atriplex에 대한 생장곡선을 분

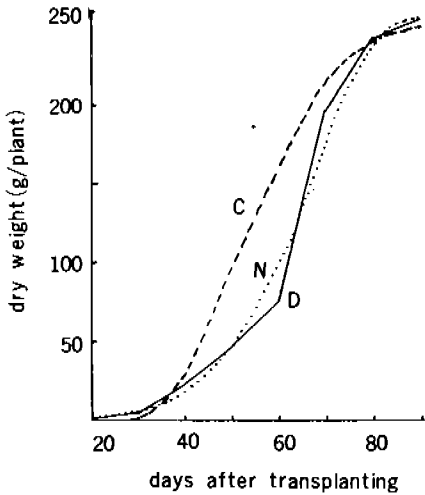


Fig. 2. Comparison of calculated growth curves and observed curve in treatment I:
C, Model C;
N, Quadratic log Model;
D, Observed curve.

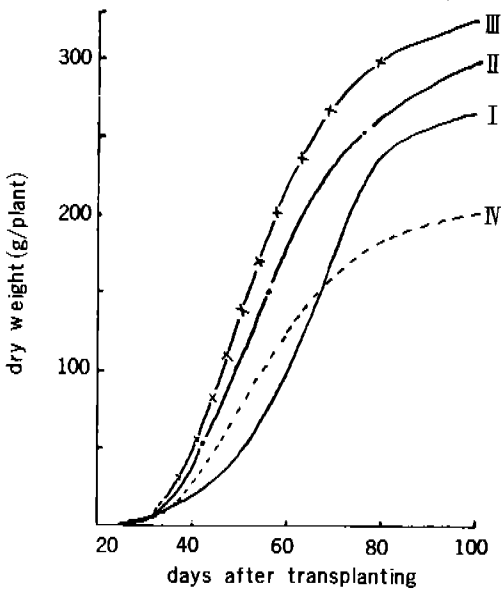


Fig. 3. The growth curves for dry weight; Roman numerals indicate treatment number.

석한 결과와 일치된다. 이론치와 실측치가 서로 병행하는 형태보다는 交叉하는 형이 더 잘 적용되며 log transformation의 二次曲線은 생

육초기에도 model C보다 잘 맞는다. 담배에 있어서 생장곡선은 作付別로 차이가 있으며 특히 개량말칭은 다른 작부와 growth pattern이 다르고 처리 II, III, IV는 동일 pattern이나 계수만 다를 뿐이다(그림 3).

나. 生長曲線에 對한 解釋

표 3에서 R.G.R(Relative Growth Rate)에 대하여 보면 개량말칭에서는 시간에 비례하여 감소하지만 일반말칭과 나지작에서는 급격히 감소하므로 개량말칭은 비대생장이 거의 끝난 성숙기에도 다른 작부에 비하여 R.G.R. 값이 크므로 단위엽중이 클것으로 생각되며 이는 개량말칭의 경우에 건조비율이 높다는 보고와 일치된다(8). Davidson방법(2)에 의하여 구한 주당 건물중의 최대치는 표 3에서와같이 나지작은 말칭작보다 현저히 작으며 말칭작은 파기가 늦을 수록 증가하는 경향이였다. 처리 II, III은 모두 일반말칭재배이며 단지 이식기에서만 6일의 차이가 있으며 6일 늦게 이식한 경우가 최대생장기의 생장속도가 현저한 차로 커서 최종치 값에 있어서 21.4%의 증가를 가져올 뿐만 아니라 성숙기는 3~4일 차로 줄었다. 이러한 결과로 보아 이식시기에 대한 좀 더 세밀한 검토가 이뤄져야 할 것으로 생각된다.

최대생장기를 결정하는데 A.G.R. (Absolute Growth Rate) 방정식의 첫번째 變曲點을 最大生長期의 始點으로 간주하고 終點은 始點과 같은 速度인 時期로 定하였으며 이 두점에 있어서의 생장속도는 같기 때문에 이 기간동안은 linear phase에 해당된다. 最大生長期을 基準으로 前期는 영양생장기로 log phase이고 後期는 성숙기로 decreasing growth rate phase 이다(12). 표 4 및 그림 4에서 최대생장기의 시점은 개량말칭이 이식후 50일경이고, 일반과칭과 나지작은 약 40일로 10일의 차이가 있다. 최대생장기간은 처리별 별 차이가 없이 약 25일이였다. 許等(5)에 의하면 최대생장기는 이식후 35일부터 약 1개월이라고 하였다. 최대생장기의 시점에서는 개량말칭은 상대생장량이 약 20% 인

Table 3. Growth curves for dry weight (g/ plant)

Treatment No.	Growth function(x)	R. G. R. ($\frac{1}{x} \frac{dx}{dt}$)	X_r
I	$\ln x = -(0.0011863t^2 - 0.2086t + 3.6440)$	$-(0.0023726t - 0.20886)$	259.35
II	$\ln(-\ln X / X_r) = 3.5649 - 0.07122t$	$0.07122e^{3.5649 - 0.07122t}$	269.71
III	$\ln(-\ln X / X_r) = 3.71715 - 0.076746t$	$0.076746e^{3.71715 - 0.076746t}$	327.43
IV	$\ln(-\ln^x / x_r) = 3.4681 - 0.06892t$	$0.06892e^{3.4681 - 0.06892t}$	208.74

Table 4. Characteristics of growth curves for dry weight

Treatment No.	Maximum Growth Phase				Maximum A. G. R					
	Initial Point		Terminal Point		Relative growth amount (%)	Length of Period (day)	V	X	X/X	t
	t (day)	x_i/x_r (%)	t (day)	x_t/x_r (%)			g/day	g	%	day
I	52.4	21.7	77.6	85.3	63.6	25.2	7.59	155.85	60.1	67.5
II	39.9	13.2	65.3	71.8	58.6	25.4	6.67	95.04	35.2	50.0
III	39.2	13.1	60.7	67.7	54.6	21.4	9.24	120.14	36.7	48.4
IV	40.2	13.4	63.5	66.8	53.4	23.7	5.29	76.80	36.7	50.03

x_i : Dry weight at the initial point of the maximum growth phase

x_t : Dry weight at the terminal point of the maximum growth phase.

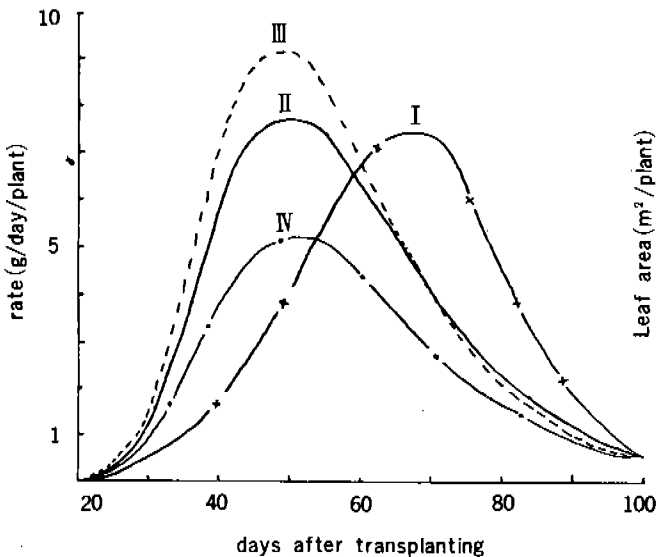


Fig. 4. The increment curves for dry weight; Roman numerals indicate treatment number.

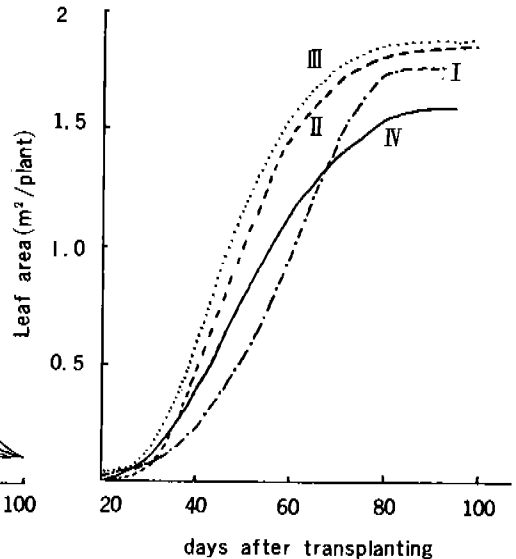


Fig. 5. The growth curves for leaf area; Roman numerals indicate treatment number.

반면에 타작부에서는 13%로 이틀간에는 차가 없다(표 4). 이기간의 相對生長量은 개량, 일반, 나지작의 순서로 감소하였으며 일반말칭의 경우

에 이식기를 늦출 수록 증가하는 경향을 나타냈다. 약 25일 동안의 최대생장기간에 전 생육기간에 걸쳐 크는 양의 약 60% 내외가 자라는 것

으로 나타났다. 最大生長速度의 時期는 개량말칭이 이식후 67일, 일반말칭과 나지작은 이식후 50일째로 17일간의 時差가 있다. 최대生長속도는 개량, 일반, 나지작의 순서이며 일반말칭에서 파기를 늦출 수록 최대生長속도는 커지므로 수확기의 時差는 적어질 것으로 사료된다.

표 5와 그림 5에서 보면 건물중에 대한 성장곡선과 엽면적에 대한 성장곡선은 유사한 형태이나 엽면적 측정치에 변이가 커서 완전한 분석이 곤란하므로 이에 대한 접근방식이 앞으로 연구되어야 할 것으로 생각된다. 그리하여 정확한 N. A. R. (Net Assimilation Rate) 이 계산되어 물질생성에 대한 구체적인 분석이 가능할 것이다. 엽면적의 최대치는 나지작, 개량말칭, 일반말칭의 순서로 증가하며 일반말칭에서 이식기를 늦출 수록 증가하여 건물중과 같은 경향이다.

표 6과 그림 6에서 엽면적의 최대성장기간은 20일 내외이며 개량말칭에서만 약간 길어지고 건물중에 비하면 약 2일이 짧고 최대성장기는 약 5일 정도 빨리 도달한다. 엽면적의 최대성장기의 시점에서 엽면적의 상대성장량은 개량말칭이 23%, 기타 작부는 13%로 건물중에 대한 것과 같은 결과였다. 最大生長期間 동안의 엽면적의

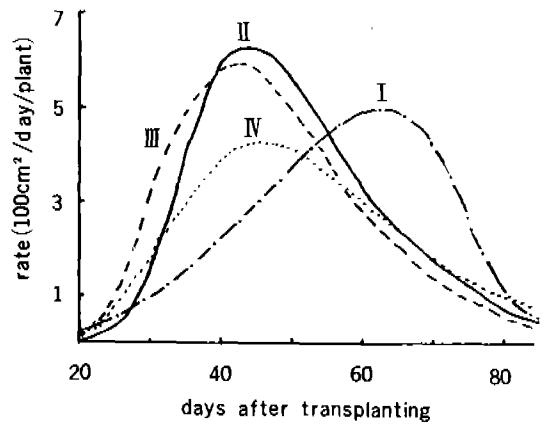


Fig. 6. The increment curves for leaf area; Roman numerals indicate treatment number.

相對生長量은 개량말칭, 일반말칭, 나지작의 순서로 감소하여 건물중에 대한 것과 같은 경향이다.

결론적으로 종합하면 말칭재배와 나지작의 성장곡선 pattern은 같았으며 말칭작이 나지작에 비하여 生長速度가 커서 수량이 많았으며 늦게 이식할 수록 生長速度가 증가하는 경향이었으며 개량말칭은 타작부에 비하여 最大生長期가 늦게 오는 다른 生長曲線 pattern을 보이고 있는데 이

Table 5. Growth curves for leaf area (cm²/plant)

Treat. No.	Growth function(x)	R. G. R. ($\frac{1}{x} \frac{dx}{dt}$)	x _r (cm ² /plant)
I	$\ln x = -(0.001089t^2 + 0.18089t + 2.29445)$	$-0.002178t + 0.18089$	17305.3
II	$\ln(-\ln X/X_r) = 4.00274 - 0.09122t$	$0.09122e^{(4.00274 - 0.09122t)}$	18785.0
III	$\ln(-\ln X/X_r) = 3.5506 - 0.08514t$	$0.08514e^{(3.5506 - 0.08514t)}$	19081.0
IV	$\ln(-\ln X/X_r) = 3.1518 - 0.06815t$	$0.06815e^{(3.11518 - 0.06815t)}$	16781.5

Table 6. Characteristics of growth curves for leaf area (cm²/plant)

Treat. No.	Maximum Growth Phase						Maximum A. G. R			
	Initial Point		Terminal Point		Relative growth amount (%)	Length of Period (day)				
	t (day)	x _i /x _r (%)	t (day)	x _i /x _r (%)			V	X	x/x _r (%)	t (day)
I	45.9	23.3	73.7	91.3	68.0	27.8	498.5	10620	61.4	61.4
II	36.1	13.1	54.7	68.9	55.8	18.6	630.4	6923	36.8	43.9
III	33.4	13.2	53.3	68.9	55.7	19.9	597.6	7048	36.8	41.7
IV	35.6	13.6	58.7	66.2	52.6	23.1	422.7	420	36.8	45.7

는 말칭방법이 달랐기 때문이라기 보다는 생장 초기에 낮은 온도에서 자랐기 때문으로 생각된다.

參考文獻

1. Blackman, V. H. , *Ann. Bot.* , 33 : 353 - 360 (1919), (quoted from ref. 5)
2. Bliss, C. I. , "Statistics in Biology", Vol. 3. p. 119 - 127, 1970.
3. Erickson, R. O. , *Ann. Rev. plant Physiol.* , 27 : 407 - 435 (1976).
4. 韓鍾求, 權九鴻, 林海建, 李哲煥, 韓國煙草研究所, 담배研究報告書(耕作分野 栽培編), p. 3 - 20, 1978.
5. 許益, 趙武鎮, 鄭厚燮, 崔承允, 南基桓, 裴孝元, "新制煙草學", 鄉文社, 서울, 1971.
6. Hughes, A. P. and P. R. Freeman, *J. appl. Ecol.* , 4 : 533 - 560 (1967).
7. 田口亮平, "作物生理學", p. 301 - 304; 371 - 376, 1962.
8. Kroontje, W. , A. Badr, and H. C. Hahne, *Tob. Sci.* , 15 : 7 - 10 (1971).
9. Leopold, A. C. and P. E. Kriedemann, "Plant Growth and Development", 2nd Ed., McGraw - Hill, New York, p. 77 - 105, 1975.
10. 南基元, 申昌浩, 許益, 中央煙草試驗場報告書, p. 177 - 212, 1976.
11. Nicholls, A. O. and P. M. Calder, *New Phytol.* , 72 : 571 - 581 (1973).
12. Salisbury, F. B. and C. W. Ross, "Plant Physiology", p. 223 - 233, 1973.
13. Vernon, A. J. , *Nature*, 200 : 814 (1963).
14. Williams, R. F. , *Ann. Bot.* , 10 : 41 - 72 (1946) (quoted from ref. 5)
15. Zar, J. E. , "Biostatistical Analysis". Prentice - Hall, Inc. , U. S. A. , 1974.