

기상요인에 의한 황색종 잎담배의 이화학적 특성 예측

정기택* · 조수현 · 복진영 · 이종률

KT&G 중앙연구원
(2007년 5월 28일 접수)

Prediction of Chemical and Physical Properties by Climatic Factors in Flue-cured Tobacco

Kee-Taeg Jeong*, Soo-Heon Cho, Jin-Young Bock and Joung-Ryoul Lee

KT&G Central Research Institute

(Received May 28, 2007)

ABSTRACTS : This study was conducted in order to predict the chemical and physical properties by climatic factors during the growing season of flue-cured tobacco as soon as possible. The data of eight chemical and five physical properties were collected from "Analysis of physical and chemical properties on farm leaf tobacco" conducted at KT&G Central Research Institute from 1987 through 2006. Data of climatic factors from April to July in 10 districts were collected from Korea Meteorological Administration. Except for yellowness(b), all probabilities of linear regression equations between the climatic factors(X) and the average contents of twelve grades(whole plant) for chemical and physical properties(Y) were significant($P \leq 0.05$). The predicible probabilities within $\pm 20\%$ range of difference were 100% in ether extract content, in nicotine content, and in filling value, 90% in total nitrogen content, and 70% in total sugar content. These results suggest that the regression equations may be useful to predict the average content of twelve grades for eight chemical and four physical properties by climatic factors during the growing season of flue-cured tobacco at the beginning of August.

Key words : Chemical property, physical property, climatic factor.

잎담배의 이화학적 특성은 유전적 요인(품종), 재배방법, 건조방법 및 기상조건에 따라 달라진다. 황색종 잎담배에서 성숙, 수량 및 품질에 미치는 효과는 연차 간(기상) 차이가 품종과 시비량 차이보다 더 크다(Gondola, 1994). 건조한 기상에서 자란 잎담배는 니코틴과 질소 함량이 높고 당분 함량은

낮아 관능에서 자극성과 향kick 강도가 높아진다. 반대로 습한 기상 조건에서 자란 잎담배는 니코틴과 질소 함량은 낮고 당분 함량은 높아 관능에서 자극성과 향kick의 강도는 낮아진다(Abdallah, 2004). 이와 같이 기상요인은 담배식물의 생장과 건엽 중의 화학적 특성 및 연기의 품질을 크게 좌

*연락처 : 305-805, 대전광역시 유성구 신성동 302 번지, KT&G 중앙연구원

*Corresponding author : KT&G Central Research Institute, 302 Shinseong-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-805, Korea(Phone : 82-42-866-5528 ; fax : 82-42-866-5426 ; e-mail : kjjeong@ktng.com)

우한다. 지금까지 기상과 수량(허일, 1968 ; 정태익 등, 1980 ; 조성진 등, 1989 ; Takahashi *et al*, 1992), 품질(이용득 등, 1989a ; 1989b, 이용득, 1995 ; Takahashi *et al*, 1992) 및 관능특성(Takahashi *et al*, 1992)과의 관계가 보고되어 있고 화학성분과의 기상요인과의 상관 관계(정 등, 2004 ; 김 등, 2006, 정 등, 2006a)가 일부 밝혀져 있으나 기상요인에 의하여 이화학 성분 함량을 예측하는 연구는 찾아 볼 수 없다. 따라서 본 연구는 황색종에서 생육기간의 기상요인에 의하여 잎담배의 이화학적 특성을 가능한 한 조기에 예측하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구의 이화학적 특성은 KT&G 중앙연구원 에서 20년 동안(1987~2006) 조사한 "산지 잎담배의 이화학적 특성 조사(양 등, 1990 ; 박 등, 1997 ; 조 등 ; 2003 ; 정 등, 2006b)" 자료를 이용하였다. 화학성분 분석용 시료는 주맥을 제거한 엽육을 60℃ 건조기에서 건조한 후 분쇄하여 사용하였다. 화학성분(니코틴, 전당, 전질소, 조회분, 에테르추출물, 염소)의 분석은 우리 연구원의 담배 성분분석법에 따랐다. 니코틴과 전당은 자동분석기(Bran+Luebbe), 전질소는 Kjeldahl법('01년 이전)과 CNS 분석기(Leco CNS-2000), 조회분은 전기로, 에테르추출물은 Soxhlet 장치, 염소는 이온분석기(Orion 720A), 부풀성은 Densimeter(Heinr Borgwaldt)를 이용하여 측정하였다. 주맥비율은 주맥(중골)과 엽육을 수작업으로 분리하여 각각의 무게로 계산하였다. 잎담배 색상은 색채색차계(Minolta CR-200)로 측정하였다. 기상요인은 기상청 자료(KMA, 2006)에서 황색종의 재배지역 10 개소(춘천, 강릉, 서울, 수원, 청주, 충주, 서산, 대전, 안동 및 대구)를 선정하여 재배기간(4월~7월) 중 일평균기온, 강수량, 일조시간 및 상대습도에 관한 자료를 수집하였다. 연도별 이화학적 특성의 함량은 하엽, 중엽, 본엽 및 상엽의 각 1, 2, 3등인 12개 등급의 평균값(이하 전엽 평균)을 사용하였다. 회귀식의 산출과 유의성 검정은 통계 프로그램 SPSS를 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 기상요인과 이화학성분의 전엽 평균 함량과의 회귀 관계

이화학적 특성의 전엽 평균 함량과 기상요인과의 회귀식에 대한 유의성 검정 결과는 Table 1과 같다. 황색도(b)를 제외한 모든 특성에서 회귀식의 유의성이 인정되었다($P \leq 0.05$). 기상요인(X_n) 중 X_1 이 주요인이고 X_2 이하는 부요인이다. 따라서 이화학 성분 함량에 크게 영향을 미치는 주요인 기상(X_1)에 관하여 설명한다. 니코틴 함량은 7월의 상대습도와 부(-)의 회귀가 나타났다. 이는 습한 해의 니코틴 함량이 건조한 해보다 적다는 보고(Carkarowski *et al*, 1990)와 유사하였다. 높은 상대습도는 잎 속에서 수분 증발을 감소시키고 뿌리에서 앞으로 영양분의 흐름을 크게 저해시키기 때문에 니코틴 함량이 감소된다(Long and Woltz, 1977). 전질소 함량은 5월의 일조시간과 정(+)의 회귀가 나타났다. 4~7월의 일조시간과 4~7월의 강수량과의 상관은 부($r = -0.759$; $P \leq 0.01$)로 나타났다(Fig. 1). 따라서 일조시간의 증가는 강수량 감소로 토양수분이 감소된다. 토양수분의 감소는 엽중 전질소를 증가시킨다(Liu, 1978). 전질소/니코틴비는 5~7월의 일평균기온과 부(-)의 회귀가 나타났다. 온도(22~26℃)의 상승은 생장동안 질소의 유효성을 감소시키고(Raper and Down, 1976), 주간/야간 온도의 상승으로 알칼로이드 함량이 증가되기(Long and Woltz, 1977) 때문이다. 전당 함량 및 전당/니코틴 비는 4~7월의 일조시간과 부(-)의 회귀가 나타났다. 일조량의 증가는 강수량의 감소를 초래하므로 토양수분이 감소된다. 토양수분의 감소는 환원당을 감소시킨다(Liu, 1978). 조회분 함량은 5월의 일평균기온과 부(-)의 회귀가 나타났다. 온도의 상승은 토양수분의 감소를 초래하고, 토양 수분의 감소는 엽중 조회분 함량을 증가시킨다(Liu, 1978). 에테르추출물은 7월의 일평균기온과 정(+)의 회귀가 나타났다. 주간 최고온도가 높고 강우가 적을수록 에테르추출물의 함량이 증가된다는 보고(Tsai and Hsieh, 1981)와 유사하였다. 염소함량은 4~7월의 일조시간과 정(+)의 회귀가 나타났다. 염소함량은 4~7월의 일조시간과는 정(+)의 상관[$r = 0.646$; $P \leq 0.01$ (Fig. 1)], 4~7월의

기상요인에 의한 황색종 잎담배의 이화학적 특성 예측

Table 1. Linear regression equation between the climatic factors(X) and the average contents of twelve grades for chemical and physical properties(Y), and its probability in flue-cured tobacco (1987~2006)

Physiochemical properties(Y)	Linear regression equation	Climatic factors(X _n)
Nicotine(%)	$Y_1 = 6.715 - 0.061X_1$ **	1. Relative humidity(July)
Total nitrogen(%)	$Y_1 = 0.995 + 0.005402X_1$ *	1. Sunshine hour(May)
Total nitrogen/nicotine	$Y_1 = 6.005 - 0.229X_1$ **	1. M.D.A.T. ¹⁾ (May~July)
Total sugar(%)	$Y_1 = 53.162 - 0.167X_1$ * $Y_2 = 165.755 - 0.218X_1 - 1.528X_2$ **	1. Sunshine hour(April~July) 2. Relative humidity(April~July)
Total sugar/nicotine	$Y_1 = 29.948 - 0.100X_1$ ** $Y_2 = 63.148 - 0.114X_1 - 0.477X_2$ **	1. Sunshine hour(April~July) 2. Relative humidity(April~June)
Crude ash(%)	$Y_1 = 24.857 - 0.679X_1$ *	1. M.D.A.T.(May)
Ether extract (%)	$Y_1 = -7.276 + 0.539X_1$ ** $Y_2 = -5.245 + 0.476X_1 - 0.0060X_2$ **	1. M.D.A.T.(July) 2. Rainfall(April)
Chloride(%)	$Y_1 = -0.761 + 0.00695X_1$ ** $Y_2 = 2.212 + 0.006775X_1 - 0.169X_2$ **	1. Sunshine hour(April~July) 2. M.D.A.T.(April~June)
Filling value(ml/g)	$Y_1 = 6.896 - 0.00489X_1$ ** $Y_2 = 9.008 - 0.00508X_1 - 0.00938X_2$ **	1. Rainfall(July) 2. Sunshine hour(May)
Midrib ratio(%) ²⁾	$Y_1 = 1.721 + 1.149X_1$ **	1. M.D.A.T.(June)
L(Lightness)	$Y_1 = 83.392 - 0.101X_1$ ** $Y_2 = 40.513 - 0.140X_1 + 2.252X_2$ **	1. Sunshine hour(May~July) 2. M.D.A.T.(June)
a(Redness)	$Y_1 = 1.296 + 0.01638X_1$ *	1. Sunshine hour(July)
b(Yellowness)	NS	

*, ** : Significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.

1) : Mean daily air temperature.

2) : Weight ratio of the midrib to the intact leaf.

강우량과는 부(-)의 상관[r=-0.502 ; P≤0.05(Fig. 1)]이 나타났다. 그러므로 일조시간이 많을수록 염소함량이 증가되는 결과는 강우량의 영향이 컸을 것으로 생각된다. 즉, 적은 강우에서 자란 잎담배의 염소 함량이 보통의 경우보다 높으며(Van der Merwe, 1977), 강우가 염소이온을 토양 깊이 45cm 아래로 이동시키는데 충분하다(Johnson and Sims, 1986). 부풀성은 7월의 강우량과 부(-)의 회귀가 나타났다. 건조하고 더운 기상에서 자란 잎담배의 부풀성이 높다(Nielsen and Collins, 1985).

주맥비율은 6월의 일평균기온과 정(+)의 회귀가 나타났다. 광과 질소의 증가로 엽육의 형성을 제외

하면 엽맥과 중골의 형성이 조장된다(Brinones, 1980). 명도는 5~7월의 일조시간과 부(-)의 회귀가 나타났고 적색도는 7월의 일조시간과 정(+)의 회귀가 나타났다. 일조시간이 길었던 해의 잎담배 색상은 적색도가 높고 명도가 낮아져 오렌지색 쪽으로, 그 반대일 경우에는 레몬색 쪽으로 변한다는 보고(김 등, 2006)와 유사하였다.

2. 이화학 성분의 예측 값과 실측 값의 비교

기상요인에 의한 이화학성분의 예측 값과 실측 값을 비교한 결과는 Table 2와 같다. 실측값에 대한 예측 값의 차이를 비율로 나타냈다. 실측 값에

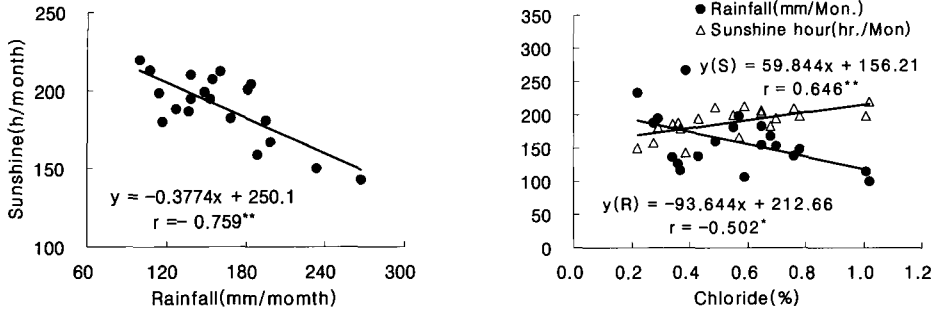


Fig. 1. Relationships between rainfall(April~July) and sunshine hour(April~July), and between chloride content and weather factors during from 1987 through 2006.

Table 2. Ratios of difference between the observed and predicted values in flue-cured tobacco(1987~2006)

Year	Nicotine(%) ¹⁾			Total sugar(%) ²⁾			Total nitrogen(%) ³⁾			Ether ext.(%) ⁴⁾			Filling value(cc/g) ⁵⁾		
	O.V. ⁶⁾	P.V. ⁷⁾	R.D. ⁸⁾	O.V.	P.V.	R.D.	O.V.	P.V.	R.D.	O.V.	P.V.	R.D.	O.V.	P.V.	R.D.
1987	1.86	1.79	3.5	19.8	16.3	17.8	1.91	2.33	-21.9	5.60	5.89	-5.2	4.24	4.96	-16.9
1988	1.70	1.83	-7.4	13.7	19.2	-40.1	2.68	2.27	15.3	6.30	5.70	9.5	4.58	4.98	-8.7
1989	1.73	1.88	-8.6	17.3	17.2	0.8	2.05	2.29	-11.6	5.70	5.93	-4.0	4.43	5.17	-16.8
1990	1.83	1.65	9.9	12.3	20.5	-66.5	1.78	1.98	-11.0	6.10	6.33	-3.7	6.17	5.73	7.2
1991	1.80	1.68	6.9	13.5	17.5	-29.7	2.77	2.35	15.2	6.20	5.88	5.1	5.40	4.54	15.9
1992	2.21	2.11	4.7	14.0	16.7	-19.1	2.57	2.25	12.6	6.40	6.38	0.3	6.22	6.04	2.9
1993	1.71	1.89	-10.6	19.2	20.7	-8.0	2.54	2.22	12.6	5.40	5.01	7.2	5.94	5.34	10.1
1994	2.08	2.20	-6.0	17.3	16.5	4.5	2.22	2.17	2.2	7.90	8.03	-1.7	6.54	6.44	1.5
1995	1.87	2.09	-12.0	18.7	22.6	-21.0	2.35	2.21	6.0	5.80	6.19	-6.7	5.45	5.60	-2.7
1996	1.86	2.03	-9.0	20.2	20.2	0.0	2.19	2.26	-3.3	5.90	5.98	-1.3	5.21	5.64	-8.3
1997	1.71	1.89	-10.7	19.7	18.5	6.4	2.16	1.99	7.9	6.73	6.39	5.0	5.53	5.69	-3.0
1998	1.91	1.92	-0.5	22.3	24.1	-8.2	2.07	2.13	-3.3	5.44	5.77	-6.1	5.67	5.54	2.2
1999	2.46	2.09	15.1	17.4	17.0	2.5	2.39	2.40	-0.1	6.19	5.91	4.5	5.29	5.47	-3.4
2000	2.44	2.24	8.3	24.6	25.0	-1.5	1.85	2.02	-9.3	7.56	6.92	8.5	5.66	5.89	-4.1
2001	2.58	2.17	16.0	26.6	25.4	4.3	2.06	2.14	-3.4	7.24	6.90	4.8	6.13	5.51	10.2
2002	2.14	2.19	-2.5	33.9	25.2	25.6	1.87	2.06	-10.2	5.78	5.97	-3.3	5.80	5.90	-1.7
2003	1.68	2.01	-19.1	30.6	28.6	6.3	1.81	2.08	-15.4	4.97	4.84	2.7			
2004	2.17	1.98	8.7	27.1	25.6	5.7	1.90	1.97	-3.5	6.07	6.35	-4.5	6.11	5.53	9.6
2005	1.98	2.02	-1.9	29.5	22.8	22.2	1.86	2.34	-25.8	5.92	6.28	-6.1	5.25	5.51	-5.1
2006	1.85	1.65	10.7	31.4	29.5	6.0	2.44	2.00	18.0	4.60	5.17	-12.4	3.54	3.68	-4.1
Mean	1.98	1.96	-0.2	21.5	21.5	-4.6	2.17	2.17	-1.5	6.09	6.09	-0.4	5.43	5.43	-0.8

^{1), 3)} : Calculated by Y₁ of linear regression equation, respectively.

^{2), 4), 5)} : Calculated by Y₁ and Y₂ of linear regression equations, respectively.

⁶⁾ : Observed value, ⁷⁾ : Predicted value,

⁸⁾ : Ratio of difference[(100 * Observed value - Predicted value)/Observed value]

Table 3. Changes of the predicable probability in proportion to the range of difference for predicted values to observed values in flue-cured tobacco(1987~2006)

Range of difference	Predicable probability(%) ¹⁾				
	Nicotine	Total sugar	Total nitrogen	Ether extract.	Filling value
± 5%	25.0	30.0	30.0	55.0	47.4
± 10%	65.0	60.0	45.0	95.0	73.7
± 15%	85.0	60.0	70.0	100.0	84.2
± 20%	100.0	70.0	90.0		100.0
± 25%		80.0	95.0		
± 30%		90.0	100.0		
± 35%		90.0			

¹⁾ : (100 x Number within range of difference/total number).

결 론

대한 예측 값의 20년간 평균치는 차이율에서 5개 성분이 0.2~4.6%로 비교적 정확하였다. 실측 값에 대한 예측 값의 차이 범위에 따른 예측 확률(% ; $100 \times$ 차이범위내의 개수/전체 개수)을 계산한 결과는 Table 3과 같다. 니코틴 함량은 차이범위 ±5%, ±10%, ±15% 및 ±20% 이내에서 예측 확률이 각각 25.0%, 65.0%, 85.0% 및 100.0%이었다. 전당 함량은 차이범위 ±5%, ±10%, ±15%, ±20%, ±25%, ±30% 및 ±35% 이내에서 예측 확률이 각각 30.0%, 60.0%, 60.0%, 70.0%, 80.0%, 90.0% 및 90.0%이었다. 전질소 함량은 차이범위 ±5%, ±10%, ±15%, ±20%, ±25% 및 ±30% 이내에서 예측 확률이 각각 30.0%, 45.0%, 70.0%, 90.0%, 95.0% 및 100.0%이었다. 에테르추출물 함량은 차이범위 ±5%, ±10% 및 ±15% 이내에서 예측 확률이 각각 55.0%, 95.0% 및 100.0%이었다. 부풀성은 차이범위 ±5%, ±10%, ±15% 및 ±20% 이내에서 예측 확률이 각각 47.4%, 73.7%, 84.2% 및 100.0%이었다. 전체적으로 ±20% 이내의 차이에서 이화학 특성을 예측할 수 있는 확률은 에테르추출물함량, 니코틴 함량 및 부풀성이 모두 100%, 전질소와 전당 함량이 각각 90%와 70%이었다. 따라서 황색종 잎담배에서 12 항목의 이화학적 특성에 대하여 12개 등급(전엽) 평균 함량을 생육기간(4월~7월)의 기상요인에 의하여 조기(8월 상순)에 예측하는 데 활용할 수 있을 것이다.

본 연구는 생육기간의 기상요인에 의하여 황색종 잎담배의 이화학적 특성을 가능한 한 조기에 예측하고자 수행하였다. 13 항목의 이화학적 특성은 KT&G 중앙연구원에서 20 년간(1987~2006) “산지 잎담배의 이화학적 특성 조사” 자료를 이용하였다. 기상요인은 기상청 자료에서 황색종의 재배지역 10 개소(춘천, 강릉, 서울, 수원, 청주, 충주, 서산, 대전, 안동 및 대구)와 생육기간(4월~7월)의 일 평균 기온, 강우량, 일조시간 및 상대습도에 관한 자료를 사용하였다. 기상요인(X)과 이화학 특성의 12 개 등급(전엽) 평균 함량(Y)과의 회귀식에서 황색도(b)를 제외하고 모두 유의성이 인정되었다($P \leq 0.05$). ±20% 이내의 차이에서 이화학 특성의 함량을 예측할 수 있는 확률은 에테르추출물 함량과 니코틴 함량 및 부풀성이 모두 100%, 전질소와 전당 함량이 각각 90%와 70%이었다. 본 연구 결과는 황색종 잎담배에서 12 항목의 이화학적 특성에 대하여 12 개 등급 평균 함량을 생육기간(4월~7월)의 기상요인에 의하여 조기(8월 상순)에 예측하는 데 활용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

Abdallah, F. (2004) Cigarette Production

- Development, Blending and processing know-how sensory testing of cigarette smoke, *Tobacco Reporter*, Raleigh, North Carolina 27609 : 87.
- Briones, R. C. (1980) Dry matter accumulation in tobacco under different levels of shade and nitrogen fertilization. *Bul. Spa. CORESTA*, 1980, Congr. Manila, p. 57, abstr. A08., ISSN.0525-6240.
- Cavkaroski, D., Grabuloski, T., Aceska, N. and Risteski, I. (1990) The effect of biological conditions(climate) upon the chemical content of Virginia tobacco varieties. *CORESTA, Symposium Kallithea*, p. 120. abstr. A 11.
- Gondola, I. (1994) Weather conditions and nitrogen supply on ripening rate, yield and quality of flue-cured tobacco cultivars. *CORESTA, Congr. Harare*, p. 48. Abstr. A 39.
- Johnson, G. D. and Sims, J. L. (1986) Response of burley tobacco to application data, source, and rate of potassium fertilizer. *Tob. Sci.* 30 : 138-41.
- KMA (2006) 기상청 ; http://web.kma.go.kr/gw.jsp?to=/open/open_main.html/기상자료제공/기상자료제공신청/민원안내/용도/무료자료제공.
- Liu, C. U. (1978) Influence of soil moisture and meteorological factors on the plant water relations and on the yield and quality of flue-cured tobacco. *Bull. Taiwan Tob. Res. Inst.* 8 : 25-37.
- Long, R. C. and Woltz, W. G. (1977) Environmental factors affecting the chemical composition of tobacco. In *Recent Advances in the Chemical Composition of Tobacco and Tobacco Smoke*. 173d *Am. Chem. Soc.*, New Orleans. 116-163.
- Nielsen, M. T. and Collins, G. B. (1985) Genotypic and environmental influences on smoke components and leaf chemical constituents in burley tobacco. *Tob. Sci.* 29 : 139-143.
- Raper, C. D. and Downs, R. J. (1976) Field phenotype in phytotron culture—a case study for tobacco. *Bot. Rev.*, 42, 317-43.
- Takahashi, Y., Tadimi, K. and Takahashi, T. (1992) Influences of different mulched cultivation on growth, yield, quality and smoking quality of Burley tobacco. *Bull. Leaf Tob. Res.* 2(43) : 301-316.
- Tsai, C. F. and Hsieh, R. H. (1981) Study on the petroleum ether extracts content in Taiwan flue-cured tobacco. *Bull. Taiwan Tob. Res. Inst.* 14 : 53-61.
- Van der Merwe, M. S. (1977) Chloride distribution in the tobacco leaf. *CORESTA Meet. Agro-Phyto Groups/Relation Groups Agro-Phyto, Montreux*, AP35.
- 김상범, 정기택, 조수현, 복진영, 이종률 (2006) 생산 연도 및 지역별 황색종 잎담배의 이화학적평가. *한국연초학회지* 28(1) : 1-8.
- 박태무, 이윤환, 안동명, 김상범, 이경구, 김용규 (1997) 원료 잎담배 품질 분석 및 개선에 관한 연구. *한국인삼연초연구원, 담배연구보고서(제조분야)* : 775.
- 양광규, 이윤환, 안동명, 김상범, 이경구 (1990) 원료 잎담배 특성에 관한 연구. *한국인삼연초연구원, 담배연구보고서(제조분야)* : 209.
- 이용득, 김정환, 한원식 (1989a) 황색종 잎담배 품질과 기상요인과의 관계분석 I. 박엽의 등급별 수량분포와 기상요인. *한국작물학회지* 34(2) : 163-169.
- 이용득, 한원식, 김정환 (1989b) 황색종 잎담배 품질과 기상요인과의 관계 분석. II. 후엽 등급별 수량분포와 기상요인. *한국작물학회지* 34(3) : 229-234.
- 이용득 (1995) 기상요인과 잎담배의 품질과의 관계. *한국작물학회지* 40(1) : 120-124.
- 정기택, 김상범, 조수현, 정열영 (2004) 기상요인과 황색종 잎담배의 화학성분과의 관계. *한국연초학회지* 26(2) : 93-101.
- 정기택, 김상범, 조수현, 복진영, 이종률 (2006a) 토양환경, 재배방법 및 기상요인이 황색종 잎담배 화학성분에 미치는 영향. *한국 연초학회지* 28(1) : 17-22.

- 정기택, 복진영, 조수현, 김윤동, 이종률 (2006b) 원료 잎담배 품질의 평가 및 향상 연구. KT&G 중앙연구원 연구보고서 : 62-14.
- 정태익, 정원채, 신주식 (1980) 기상환경이 잎담배 생산에 미치는 영향에 관한 연구. 한국기상학회지 16(1) : 37-44.
- 조성진, 이운환, 홍순달, 김재정 (1989). 연초생육기간동안의 강수량, 일조시간 및 증발량 등과 연초수량과의 상호관계. 한국토양비료학회지 22(4) : 285-289.
- 조수현, 김상범, 정기택, 복진영, 안대진, 김용규, 정열영, 이종률 (2003) 원료엽 품질평가 및 품질균일성 향상 연구. KT&G 중앙연구원 연구보고서 : 42.
- 허일 (1968) 잎담배 수량에 영향하는 기상요소에 대한 고찰. 한국작물학회지4(1) : 97-102.