

## 컴퓨터에 의한 작업장 담배의 수분관리에 관한 연구

김기환 · 한정성 · 주영석

한국인삼연구초연구소 담배제조부

### **Studies on the moisture control of tobacco processed by using computer**

K. K. Hwan, J. S. Han, Y. S. Joo

Division of Product Development, K.G.T.R.I., Seoul 133, Korea

(Received Sep. 15, 1987)

#### **Abstract**

1. Under the current workroom conditions, it is very difficult to control the moisture contents of raw materials in season of summer or winter.
2. The moisture absorption of the materials under the contributive conditions showed the efficiency of 65% in relative humidity and temperature of the current workroom.
3. The results from this study, however, appeared the deviation of moisture content of the products by the order of 0.1% compared to the current deviation of 2.6~2.7%.
4. Equilibrium moisture contents of the tobacco was inversely proportional to the temperature and directly related to the relative humidity of the workroom.
5. On the basis of the above results, the standard conditions of the workroom obtained from this study considering with the external temperature in winter could reduce energy by 17.4% through 38.4%.

## 서 론

궤련의 전충양목, 흡인저항 및 경도등의 물리성에 영향을 주는 주요인자는 각초의 각폭과 수분함량의 변화이다.

Yamazaki<sup>17)</sup>는 수분이 높으면 흡인저항이 높아진다고 하였고, 진<sup>3)</sup>, Helmut<sup>6)</sup>, Walker<sup>15)</sup>, Tsuzuki<sup>14)</sup> 등은 수분이 높으면 경도가 감소한다고 하였다.

Abe<sup>1)</sup>는 수분이 증가하면 Strain이 증가하고 Stress는 감소한다고 하였으며 Pederson<sup>13)</sup>은 흡인저항과 통기량의 관계연구에서 수분의 영향을 연구하였고, Yamazaki<sup>18), 19)</sup>는 궤련각초의 각폭과 수분함량은 제품의 향긋미에 영향을 준다고 하였다.

담배에 대한 수분의 흡습 및 탈습에 관한 기초 연구로서는 진<sup>2)</sup> 등의 흡습 및 탈습연구와 Lockain<sup>11)</sup>와 Walton<sup>16)</sup>의 담배 수분흡착에 관한 연구가 있었고 Furusawa<sup>4), 5)</sup>와 Muranaga<sup>12)</sup>등도 궤련의 평형수분에 관해서 연구하였다.

이와같이 제품품질은 수분함량과 상관성이 매우 높고 담배의 수분흡수와 평형수분은 담배의 품질 특성과 환경조건에 의해서 결정된다. 따라서 제품의 최적수분 유지는 품질면과 경제적인 측면에서 매우 중요하다.

본 연구는 궤련의 수분함량에 미치는 작업조건(온도, 상대습도, 조화시간)에 대한 요인분석과 상관관계를 분석하여 작업장에 투입된 원료의 수분에 따라 허용된 조화시간 내에서 최적의 표준수분을 유지할 수 있는 program을 개발하여 작업장의 원료조건과 외기의 온도조건에 알맞는 최적 작업장 온·습도를 쉽게 달성할 수 있는 방법을 제시하고, 이 결과에 따른 경제성 검토결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 시 료

본 실험에 사용된 시료는 1985~1986년 6개월간 시중에서 판매된 술 및 청자 배합제품의 각초를 신탄진 및 수원 제조창 작업장(궤련작업장, 원료 가공 및 잎담배 저장작업장)에서 채취하여 사용하였다.

### 2. 작업장 온·습도 측정 및 현황 분석

본 시험에 사용된 측정기는 온도계(극동초자 1/10 눈금 유리온도계)와 습도계(Bacharach industrial instrument Co. U.S.A)를 한국표준연구소에서 교정검사하여 만든 온·습도 보정표로서 측정하였고, 작업장의 지정된 장소에 미리 준비된 시료를 방치하면서 매일 2시간 간격으로 4회씩 온도, 습도 및 수분을 측정하여 1986년 현재, 작업장 표준의 문제점과 현황을 분석하였다.

### 3. 시료의 흡습속도 및 평형수분 측정

시료의 수분을 11~12%로 미리 조화하여 온도와 습도에 대한 2인자 3수준의 실험계획법에 따라 일정조건으로 유지된 desiccator에 넣고 72시간 동안 조화한 후의 수분을 측정하여 평형수분으로 하였다.

흡습속도는 3인자(온도, 습도, 흡습시간) 3수준으로 동일시료를 일정한 조건에 방치하면서 10시간 단위로 72시간까지 시료중 흡습된 수분의 양을 3회 반복 측정하였다.

### 4. 흡습 및 평형수분에 관한 요인분석

통계처리는 李<sup>10)</sup>의 요인시험법에 따른 요인배치와 요인분석을 하였고, 金<sup>9)</sup> 등의 다중회귀분석과 회귀식의 분산분석법으로 회귀식의 유의성을 검증하였다.

### 5. 최적조건 산출을 위한 Software Program 개발

유의성이 있는 회귀식으로 세가지 작업조건(온도, RH%, 조화시간)중 어느 하나가 결정되면 시료가 최적수분에 도달할 수 있도록 주어진 환경

조건내에서 다른 요인들 산출할 수 있는 Program을 개발하였으며 Program의 언어는 Apple Basic Language로 만들었다.

작업장 외기의 일별 최고, 최저 온습도는 중앙 기상대 기상월보<sup>7)</sup>의 측후소 일별 기상표준 대전편을 참조하여 분석하였고 작업장내의 월중 최고, 최저 온도는 실측한 결과로 표시하였다.

현재 필연작업장의 표준온도 23~28℃와 표준상대습도(RH%) 60~65%를 직선으로 나타낸 결과는 그림 1,2와 같다.

## 결과 및 고찰

### 1. 작업장 내외 온·습도 측정 및 현황분석

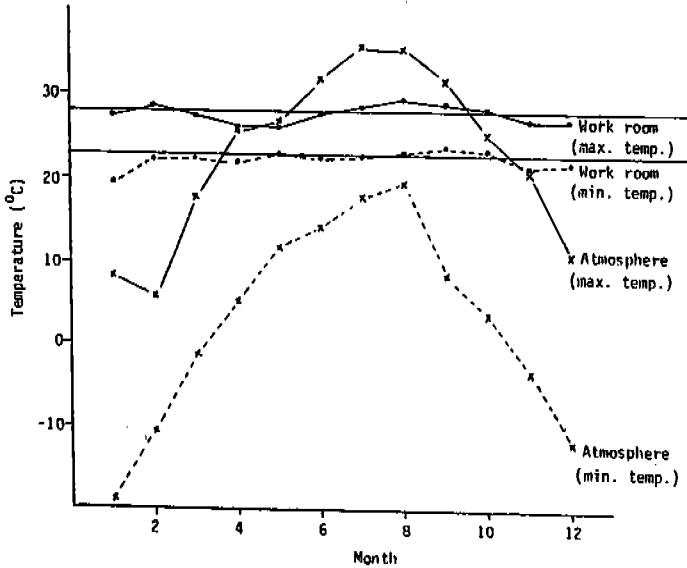


Fig. 1. Minimum and maximum temperature of work room and atmosphere.

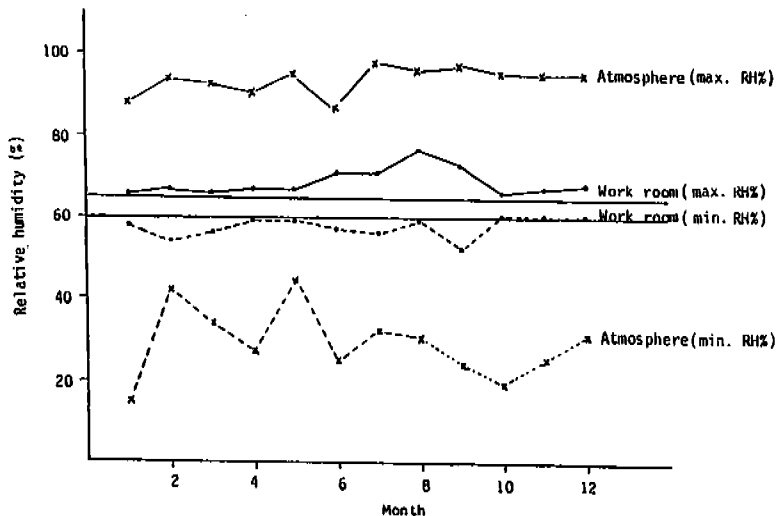


Fig. 2. Minimum and maximum relative humidity of work room and atmosphere.

그림 1,2 에서 보면 외기에 비하여 작업장의 온도는 현행 표준조건에 유사하게 관리되고 있었으나 습도는 6~9월 사이에 최고, 최저선을 벗어나는 횟수가 많았고 이 기간동안 현행 표준습도관리가 어렵다는 것을 나타내 주었다. 즉 수분이 12.5 ± 0.5% 인 시료를 현 작업조건으로 방치할 경우

하절기(6~9월)에는 최고 최저수분이 표준수분을 벗어났으며 동절기(12~4월)에는 표준수분 관리가 비교적 잘 되고 있었다.

또한 일별 최고 최저작업장 조건을 측정한 결과가 현 표준조건을 벗어나는 일수를 매월의 작업일수와 비교하면 표 1과 같다.

Table 1. Number of days run counter to workroom standard condition range.

Year	Month	Days*	R.H. (%)		Temp. (°C)		Moisture (%)	
			less than min.	over than max.	less than min.	over than max.	less than min.	over than max.
1985	6	23	6	18	2	-	2	11
	7	25	4	11	4	2	17	7
	8	25	2	23	-	9	24	-
	9	24	5	16	-	6	6	4
	10	21	-	1	-	1	7	-
	11	25	-	1	-	-	7	-
	12	24	-	3	2	-	-	-
1986	1	23	1	4	11	-	-	-
	2	24	1	7	5	1	-	-
	3	24	3	11	1	-	-	-
	4	24	1	7	4	-	-	-
	5	24	3	6	-	-	-	-
Total days		286	26	108	29	19	63	22

\* Days : Total worked days in each month

표 1에서 보면 하절기에 작업장의 상대습도와 온도가 표준보다 높게 유지되었을 경우에도 제품 수분은 표준수분(12.5 ± 0.5%)으로 유지되었고, 동절기와 같은 낮은 작업장 상대습도(RH 65% 이하)에서는 작업장온도를 23°C 이하로 유지하였을 때 제품수분이 표준수분 범위로 유지되었다.

이와같은 결과를 보면 계절별 온습도에 대한 작업표준을 계절에 따라 적절하게 조절할 필요가 있다고 사료되었다.

## 2. 시료의 흡습속도와 평형수분

가. 시료의 수분흡수에 관한 3인자(RH 65 ~

~94%, 조화시간 0~72 hr, 작업장온도 21~30°C)와 작업장 조건별 3 수준에 관한 요인분석 결과는 표 2와 같다.

시료의 흡습에서는 3인자의 단순요인과 상호작용 요인에서 1% 수준의 유의성이 인정되었으며 주요인은 상대습도와 온도이며 두 인자의 기여율이 65% 이상이었다.

나. 시료의 흡습조건과 다중회귀식 분석 상대습도(RH%) 65~94%와 온도 21~30°C사이에서 시료의 초기수분을 12%로 했을 경우 일정한 조건에서 72시간 방치하면서 수분 흡습상태를 측정된 값으로 다중회귀식을 분석한 결과는 표

Table 2. Analysis of variance (cut tob.)

Factor	D. F.	S. S	M. S	F (%)	S'	$\sigma$
Treat	26	264.97	10.191	66.886**		
Repeat	2	.18001	.09001	.59072		
RH%	2	140.69	70.343	461.67**	120.39	44.086
Hour	2	2.4624	1.2312	8.0807**		
Temp.	2	78.723	39.412	258.67**	58.524	21.432
RH	4	29.114	7.2785	47.770**		0
RT	4	7.2615	1.8154	11.915**		0
HT	4	1.8255	.45637	2.9952*		0
RHT	8	4.7964	.59955	3.9349**	112.00	41.014
Error	52	7.9230	.15236			
Total	80	273.07			273.07	100.00

$\sigma$  ; contributive rate (%)

Standard error SX = 3.5131 10.150

L.S.D = T0.05 (DF = 52) \*SX = 2.0\* 3.5131  
= 7.0261

Table 3. Experimental equation of the E.M.C of cut tobacco for optimum condition.

Model form ; increase moisture (%) $Y = a_0 + a_1 \times 1 + a_2 \times 2 + a_3 \times 3$					
Work room	$a_0$	X1 (°C) $a_1$	X2 (RH%) $a_2$	X3 (Hr.) $a_3$	Coefficient of determination ( $r^2$ )
- Pine tree silo					
Leaf tobacco	-13.7792	0.1218	0.1391	0.0986	0.99**
Cut tobacco	-9.1404	-0.0441	0.1724	0.0492	0.77**
- Chung ja silo					
Leaf tobacco	-14.9909	0.0319	0.1829	0.1408	0.99**
Cut tobacco	-14.4504	0.1683	0.1696	0.0461	0.77**

3과 같다.

표 3의 결과에서 온도와 상대습도가 증가하면 흡습율도 증가하는 경향을 보이고 있으며 이는 Walton과 Henson<sup>16)</sup>, 진<sup>2)</sup> 등과도 비슷한 결과였다.

같은 Blend에서도 가공 순엽 담배의 조화실 시료와 각종조화실의 시료간에 흡습특성중 온도에 대한 차이가 큰 것은 순엽 잎담배가 각조조화실에 투입될 때 까지의 절각-건조-냉각-2차가향 등

의 공정을 지나는 동안 다소의 특성변화가 발생한 것으로 생각된다.

이 회귀식을 김<sup>9)</sup> 등의 방법에 따라 분산분석한 결과는 1%의 유의성이 있는 것으로 나타났다.

다. 평형수분에 관한 분석

온도 21~30°C, 상대습도 50~80% 범위에서 실험설계에 따라 일정한 조건으로 맞춘 desiccator에서 실험한 결과는 표 4와 같다.

Table 4. Equilibrium moisture content on relative humidity and temperature for products.  
(Conditioning: 72 hr)

Temperature (°C)	RH (%)	E M C (%)		
		Chung ja cut tobacco	Pine tree cut tobacco	Pine tree leaf tobacco
21	50	12.07	12.14	11.79
21	55	13.02	13.37	12.65
21	60	14.08	14.59	13.58
21	65	15.25	15.80	14.61
21	70	16.54	16.99	15.72
21	75	17.93	18.17	16.92
21	80	19.43	19.33	18.21
21	85	21.04	20.49	19.60
25	50	11.91	11.30	11.51
25	55	12.62	12.52	12.13
25	60	13.57	13.85	13.03
25	65	14.76	15.31	14.22
25	70	16.20	16.90	15.70
25	75	17.88	18.61	17.47
25	80	19.79	20.45	19.53
25	85	21.95	22.41	21.53
30	50	11.47	10.05	11.03
30	55	11.48	10.97	11.11
30	60	12.03	12.19	11.64
30	65	13.10	13.70	12.61
30	70	14.70	15.51	14.04
30	75	16.82	17.61	15.91
30	80	19.48	20.01	18.24
30	85	22.67	22.70	21.01

E.M.C = equilibrium moisture content

같은 온도에서 솔각초는 청자각초 보다 상대습도가 60~80% 범위에서 평형수분이 높게 나타났는데 이는 엽배합 내용과 보습제, 가향량 등의 차이에서 연유된 것으로 생각된다. 같은 온도에서 상대습도가 증가될수록 평형수분이 증가되었으며, 같은 상대습도에서 온도가 증가하면 평형수분은 감소하는 것으로 나타났다. 이 결과로서 회귀분석한 결과는 표 5와 같다.

회귀분석 결과 평형수분과 온도는 역상관관계이고 상대습도와는 정상관관계 이었다. 이들 회귀식을 분산 분석한 결과 1%수준의 유의성이 있는

것으로 나타났다.

라. 최적수분관리를 위한 작업장 조건 산출용 전산 Program 작성

유의성이 인증된 중회귀식을 상수로 지정하고 작업장에서 인위적으로 조절 가능한 조건 범위와 작업장에서 요구된 최적수분의 편차범위를 지정할 수 있도록 설계하였고, 주어진 조건에서 투입된 원료의 함수량을 입력시키면 인위적으로 조절 불가능한 외부환경에 알맞는 가장 경제적인 작업장 조건이 출력되도록 Basic Software program 을 작성한 것이 표 6 과 같다.

Table 5. Experimental equation of the E.M.C of tobacco for optimum condition.

Model from E.M.C(Y) = A0 + A1×1 + A2×2						
Product	A0 (constant)	A1 (temp.) (°C)	A2 (RH) RH%	r	r <sup>2</sup>	Sx
Chung ja cut tobacco	-1.73797	-0.150317	0.31415	0.97	0.94	0.948
Pine tree cut tobacco	-2.7822	-0.121508	0.32524	0.97	0.95	0.963
Pine tree leaf tobacco	-5.9652	-0.08958	0.3486	0.96	0.91	1.492

E.M.C ; equilibrium moisture content  
 r<sup>2</sup> ; coefficient of determination  
 r ; coefficient of multiple correlation  
 Sx ; standard error of estimate

Table 6. CONDITIONOR MOISTURE

```

10 BO = -.91404 : B1 = -0.0441 : B2 = 0.1724 : B3 = 0.0492
20 YDV = 0.05 : YT = 0
30 XA = 19 : XB = 30 : XC = 40 : XD = 65 : XE = 0 : XF = 24
40 STM = 12.5
100 TEXT : HOME : VTAB 10 : HTAB 10 : INVERSE : PRINT "? " : NORMAL : PRINT
    " INPUT MOISTURE : "
110 VTAB 10 : HTAB 26 : INPUT " " : IPMS : IPM = VAL ( IPMS )
120 Y = STM - IPM : POKE 1657, 80 : PR # 1
130 PRINT : PRINT " INPUT MOISTURE : " : IPM : PRINT
140 FOR X1 = XA TO XB : FOR X2 = XC TO XD : FOR X3 = XE TO XF
150 YT = BO + (B1 * X1) + (B2 * X2) + (B3 * X3) : IF YT > Y + YDV OR YT < Y - YDV
    THEN 150
160 Q = Q + 1 : PRINT SPC ( 2 ) ; " OK / " : IPM + YT ; " : " : X1 ; SPC ( 4 ) ; X2 ; SPC ( 4 ) ;
    X3 ;
170 IF Q = 2 THEN Q = 0 : PRINT
180 NEXT X3, X2, X1
190 PRINT : PRINT " END " : PR # 0 : PRINT
    
```

이 program에서 제품별 흡습특성이 다르므로 제품별 중회귀식의 상수를 변수로 지정해 주면 제품에 알맞는 조건을 산출할 수 있다.

시료수분을 임의로 12.0, 12.5, 13.0 으로 시켰을 때 computer에서 출력된 최적조건을 임

체적으로 표현하면 그림 4와 같다.

그림 4에서 초기수분이 12%이면 온도 19~30 °C에서 RH 60~63%로 유지해야 하고, 초기수분이 13%일 경우는 같은 온도 범위에서 RH 55~58%이어야 한다. 적정수분이 12.5%일 경우 같

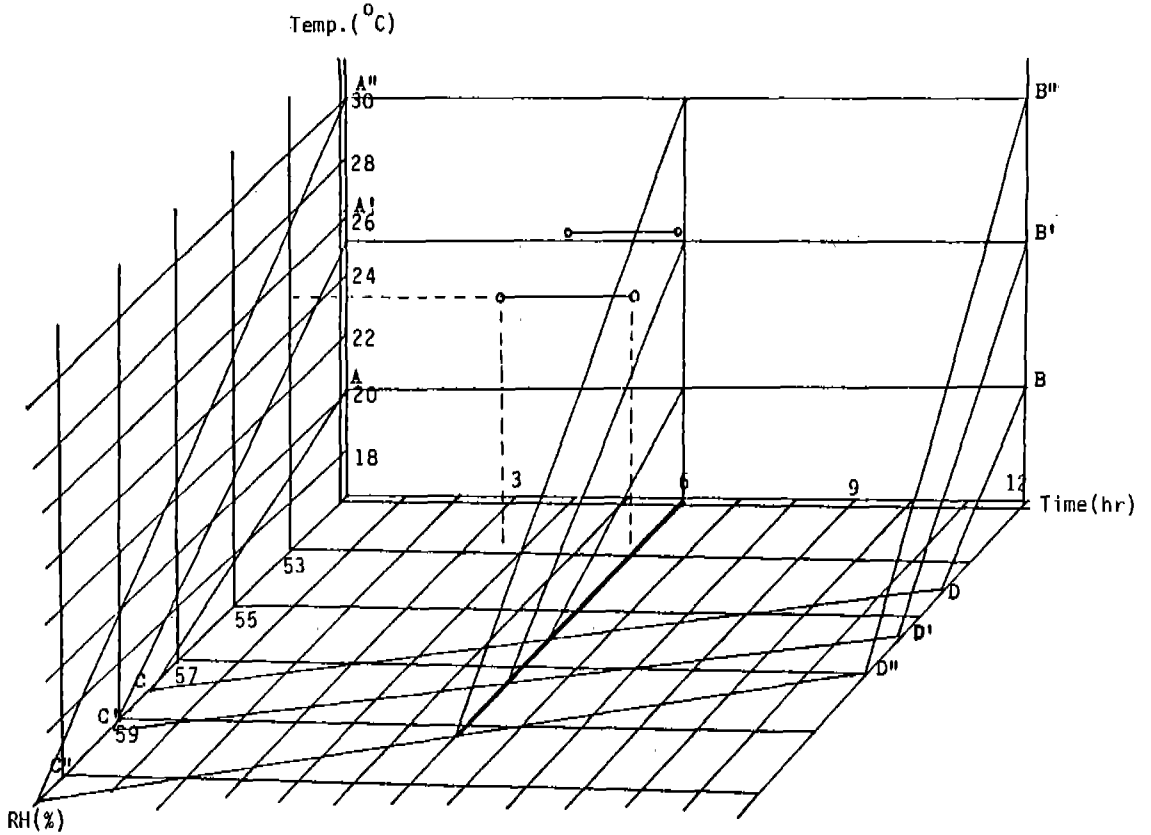


Fig. 4. Constraining response surfaces for optimal region.

은 온도에서 상대습도는 58~60%로 작업조건이 유지되어야 최적의 제품수분을 유지할 수 있음을 알 수 있다.

3인자(조화시간, 상대습도, 온도)에 대한 최적조건 범위는 □ABCD, □A'B'C'D', □A''B''C''D'' 등의 평면조건에서 최적수분을 유지할 수 있고 온도가 증가하면 상대습도를 증가시켜야 최적수분이 이루어진다.

또한 온도 3°C 상승에 RH는 1% 상승시키는 비율로 최적조건이 산출되므로 온도보다 상대습도가 더 민감하게 기여한다고 생각된다.

현재 작업장 조건설정은 4계절이 동일하게 되어 있어 겨울철과 여름철의 경우에 제품수분을 적절히 조절하기가 어려웠다.

본 연구결과는 외기환경을 최대한 이용하여 인위적으로 조절할 수 있는 경제적인 조건을 제시할 수 있어 앞으로 이를 활용할 수 있는 전산화 System의 개발이 매우 필요하다고 생각된다.

마. 경제적 효과분석

증양기상대의 기상연보에 보고된 5년간 겨울철(11~4월) 평균기온을 감안하여 본 연구에서 도출된 작업장 표준조건을 적용하면 작업장온도를 19°C로 할 때 난방비 절감효과는 표 7과 같다.

표 7에서 현 작업장 표준온도가 23~28°C 이므로 평균온도를 25.5°C로 하고 각 온도별 에너지 절감율을 계산한 결과는 표 8과 같다.



Table 7. Economic evaluation from Heating degree days (°C. day/month).

Month	Heating days	Ave. temp. outside	Heating degree days	
			25.5 (°C)	19.0 (°C)
11	25	6	487.5	325.0
12	25	-0.2	642.5	480.0
1	25	-2.1	690.0	527.5
2	25	-0.3	645.0	482.5
3	25	4.3	530.0	367.5
4	7	11.9	95.2	49.7
Total	132	19.6	3090.2	2232.2

Table 8. Energy reduction rate of workroom

Heating temp.	Energy reduce rate
19	38.44
20	32.50
21	27.05
22	22.03
23	17.40

작업장의 평균온도를 현재의 25.5°C에서 19~23°C로 낮출 경우 겨울철 난방비 절감효과는 17.4~38.4%이고 여름철에도 가능한 작업장온도를 외기온도와 비슷하게 유지하는 방향에서 작업표준을 설정한다면 겨울철과 비슷한 에너지 절감효과를 얻을 수 있으리라고 생각된다.

## 결 론

1. 현 작업장 표준조건에서는 하절기나 동절기의 경우 제습수분을 적절하게 조절하기 어려웠다.
2. 시료의 흡습에 대한 작업장조건외 기여율은 상대습도와 온도가 65%였다.
3. 본 실험에서 산출된 흡습 및 평형수분 다중회귀식으로 만들어진 Basic program으로 최적조건을 산출하여 적용할 경우 수분편차를 현재 2.6~2.7%에서 ±0.1% 수준까지 정확하게 관리할 수 있다.

4. 평형수분은 온도와 역상관 관계이고 상대습도와는 정상관관계에 있다.

5. 동절기에 외기온도를 고려하여 작업장 표준을 설정할 경우 에너지 절감율이 17.4~38.4%가 될 것으로 추정되었음.

## 참 고 문 헌

1. Abe, I., H. Yada, K. Tsuzuki, and H. Sato, Jap. Monop. Corp. Cent. Res. Inst. Sci. Papers 107:131 (1965).
2. 진학용, 최승찬, 이태호, 유광근, 한국연초학회지, 3(1): 30-40 (1981).
3. 진학용, 김남원, 담배연구보고서, 85-97 (1979).
4. Furusawa, M., and K. Nozawa, Jap. Monop. Corp. Cent. Res. Inst. Sci. Paper, 107:101 (1965).
5. Furusawa, M. and K. Nozawa, ibid, 108:129-135 (1966).
6. Helmut, W. and Louis, W., Tob. Sci., 20:164-167 (1976).
7. 중앙기상대 기상월보, 1985. 7-1986. 6
8. 한국기후표, 중앙기상대, 5(1951-1980) (1982).
9. 김우철, 김재주, 박성현, 박홍래, 현대통계학, 영지문화사, 215-259 (1985).

10. 이대현, 실험생물통계학, 134-178 (1961).
11. Locklair, E. E., L. G. Veasey, and M. Samfield Agr. Food Chem., 5(4): 294 (1957).
12. Muranaga, T., and T. Kurosawa, Jap. Monop. Corp. Cent. Res. Inst. Sci. Paper, 107:283 (1965).
13. Pederson, P. M., and E. S. Harlow, Tob. Sci. 5 (1961).
14. Tsuzuki, K., H. Tadokoro, K. Kinashi, and I. Abe, Jap. Monop. Corp. Cent. Res. Inst. Sci. Paper, 114:33 (1972).
15. Walker, E. K., and Voisey, P. W., Tob. Sci. 18:37-39 (1974).
16. Walton, L. R., and W. H. Henson, Transactions of ASAE, 466 (1970).
17. Yamazaki, M., H. Ninomiya, T. Kurosawa, and Y. Sakae, Jap. Monop. Corp. Cent. Res. Inst. Sci. Paper, 106:107-111 (1964).
18. Yamazaki, M., T. Kurosawa, and Y. Sakae, *ibid*, 105:185 (1963).
19. Yamazaki, M., T. Kurosawa, and Y. Sakae, *ibid*, 105:191 (1963).