

콩의 수량에 영향을 미치는 기상요소 평가

김이훈*

Effects of Climatic Elements on Soybean Yields.

E. Hun Kim*

ABSTRACT : The soybean yield forecasting models based on climatic elements in six locations were estimated by the STEPWISE/MAXR, Cp statistics and GLM procedure of SAS. The climatic elements were aerial temperature, sunshine hours and precipitation from May to October in 20 years. The investigated six locations were Chunchon, Suwon, Cheongju, Kwangju, Iri and Jinju.

The important climatic elements for main effects in Chunchon model were August sunshine hours-linear term, August precipitation-quadratic, June temperature to August precipitation and May temperature to August precipitation were interaction terms. The quadratic August precipitation was assumed to be related to yield in Chunchon. The main effects of Suwon were linear-June temperature, quadratic June sunshine hours and June precipitation. These terms affected yields negatively. The main effects of Cheongju were linear June temperature and quadratic August precipitation. May temperature to June precipitation, July to August precipitations were interactions. The main effects of Kwangju were linear July precipitation, quadratic June temperature and July precipitation. June to July sunshine hours of interaction terms influenced yield negatively. The main effects of Iri were linear May sunshine hours, quadratic May and July sunshine hours. May temperature to May precipitation and June to July precipitations affected yields negatively. The main effects of Jinju were linear June and August precipitations. August temperature to August sunshine hours, June sunshine hours to July precipitation and June to August precipitation were interactions. In linear terms, June and August precipitations and, in interactions, August to August sunshine hours were negative efficacies respectively. The included year variables in Chunchon, Suwon, Kwangju, and Jinju model building were recognized as a linear trend based on an assumption that the technological factors have improved through times.

이 논문은 1991년도 교육부지원 한국 학술진흥재단의 자유공모과제 학술 연구 조성비에 의하여 연구되었음.

* 강원대학교 농과대학(Dept. of Agronomy, Coll. of Agric., Kangweon National University)

〈접수일자 : 1992. 8. 4〉

콩의 재배면적은 1973년의 311.6천ha를 정점으로 감소하기 시작하여 1983년 182.1천ha로 10년만에 41.6%나 감소 하였고 1989년 145.4천ha로 계속 감소 추세에 있다.

그러나 콩의 소비량은 식용의 경우만 보더라도 1960년 국민 1인당 연간 5.2Kg 이었는데 1983년 8.2Kg로 57.7%나 증가하였고 1991년 8.8Kg, 2000년에는 9.7Kg으로 예측하고 있다.

현금 생활양식의 다양화에 따라 식용뿐만 아니라 공업, 사료, 비료, 연료, 인조섬유 이용등의 용도가 급증하여 수요증가는 큰 반면 최근 10a당 콩의 생산수량은 165Kg의 저조한 수준에 있다.⁹⁾

콩의 수량이 낮아지는 주요인은 수익성 위주의 재배경향과 콩의 무시비재배, 재배기술의 미확정, 지역작부 체계에 대응하는 적합한 품종을 적용하지 못하는 결점, 콩재배의 영세성등을 들수 있으나 기상자료의 농업적 이용의 기여가 더 큰 원인으로 지적될수 있다.

작물수량에 영향을 주는 기상평가는 작물의 기본적인 생리 과정을 시간적으로 시뮬레이션하여 생육량과 물질생산과정을 추적, 수량을 해석하는 분야와 장기간 자료에 의한 수량과 기상과의 변수를 중회기모텔화하는 방법을 들수 있다. 회기모텔식의 추정결과는 精度 높은 신뢰성을 보이는 장점이 있기 때문에 환경자료와 시설 및 자료의 균일화에 제약을 받는 시뮬레이션방법 보다는 폭넓게 적용, 이용되고 있다.¹¹⁾

본 연구는 춘천이외의 5개 지역의 20여년간의 콩의 수량과 기상요소의 자료에 따른 최적회기모텔식 선택을 목적으로 SAS의 단계별과정(Stepwise procedure)에서 결정계수(R^2)와 총자승오차(C_p), GLM과정을 이용하여 콩수량에 영향을 주는 기상요소 반응을 탐색하여 보고한다.

재료 및 방법

1. 기상요소 및 콩수량 자료 수집

춘천, 수원, 청주, 이리, 광주, 진주의 6개지역 5, 6, 7, 8, 9, 10월의 평균기온, 평균강우, 일조시수의 기상요소와 이지역의 콩의 수량자료를 1971년부터 1990년 까지의 것을 농촌진흥청 작황시험보

고서를 기준으로 이용하였으며 결항부분은 지역 기상 관측소의 자료를 이용하였다.

항목 전부는 평균값으로 하였다.

2. 콩수량의 예측식 작성

1) 변수 선택

중회기모텔을 적용할경우 종속변수에 영향을 줄 가능성이 있는 설명변수 중에서 어떤변수를 택할것인가 하는것이 중심적 과제이며 가능한한 변수를 모두 설명변수로 잡을 경우 예측은 보다 더 실측값에 가까우겠으나 비효율적이며 독립변수의 상관으로 인하여 어떤 독립변수는 다중공선성(Multicollinearity)문제가 발생하므로 회기모텔의 추정이 곤란하게된다. 그러므로 최적회기모텔을위한 독립변수의 선택방법은 모든 가능한 회기(all possible regression), 앞으로부터 선택하는 방법(forward selection method), 뒤로부터 제거하는방법(backward elimination method), 단계별회기(stepwise method)등이 이제까지 연구자들에 의하여 논의되고 있는 실정이다.^{12,15,23)}

또한 최적회기식 작성의 선택변수 판정에는 잔차자승평균(residual mean square, MSE), 결정계수(coefficient of determination, R^2), 총자승오차(total squared error, C_p)가 제기되며 이러한 기준은 실측치의 불편추정(unbiased estimate)에 목적이 있다.^{18,24,25,27,28)}

2) STEPWISE/ MAXR과정과 C_p 통계

어떤 기준에 의하여 선택된 최적모형식이 항상 최적식이 될수는 없다. 단지 가장좋은 모형일 가능성이 있다는것 뿐이다. 따라서 회기진단에 의한 종합적 관점에서 가장좋은 축소모형을 선택하는 것이 바람직하다.^{3,4,5,13,14)}

최근 SAS의 회기모텔 선택방법에 도움을 주는 9가지 방법(NONE, FORWARD, BACKWARD, STEPWISE, MAXR, MINR, RSQUARE, C_p , ADJRSQ)중 본 연구에서는STEPWISE, MAXR, C_p 를 이용하였으며 GLM과정을 통하여 최소유의 차검정과 Plot를 완료 하였다. 이미 아는대로 단계별회기는 새로운 변수를 추가하여도 중요성을

상실하지 않는 각 단계별로 확인해가는 장점이 있으나 새로이 선택되는 변수가 유의하지 않을 때까지 계속하며 유의한 경우는 미리 선택된 변수들에 대하여 중요성을 다시 확인 하므로 검토 작업이 반복되는 결점이 있다. 이에대하여 MAXR(maximum R² improvement)는 결정계수와 유의수준을 최적변수(Best Variable)로 처리하면서 설명 결정계수의 크기를 위주로 유의성을 판별케할수 있는 기회를 가질수 있게한다. 그러나 출력상 단계별과정 보다 더 장시간 요구되므로 축소모형 선정에는 결정계수가 큰 단계만 참조하고 C_p를 Y축에, P(축소모형에서의 설명변수)를 X축에 잡아 Plot를 하여 C_p≈P+1인 제일 작은P를 찾아내는 방법을 이용하였다.¹⁶⁾

그러므로 본 연구의 예측식은 STEPWISE / MAXR과정에서 R²는 최대이며 C_p값은 최소단계에서 선정 되었다.

random effect를 고려, GLM분석을 하였다.

결과 및 고찰

1. 6개지역의 콩수량예측모형

SAS에 입력시킨 기상 및 수량 변수의 용어는 표 1과 같다.

(i) 춘천지역

STEPWISE / MAXR 과정에 의한 춘천지역의 주효과 기상요소는 결정계수 0.94, 총자승오차 15.16에 따른 17단계에서 9개 최적변수가 선택 되었다.(표2 참조)

모형식은 $Y_{ch} = 266.0839 + 1.1859X_{10} + 0.0006X_{16} \times X_{16} - 0.0367X_2 \times X_8 - 0.0274X_2 \times X_{16} + 0.0029X_8 \times X_{16} + 0.0003X_1 \times X_{14} - 0.0008X_1 \times X_{15} - 0.0031X_1 \times X_{16} + 1.9031YR$ 이며 1차효과(linear)는 8월일조시수(X₁₀), 2차효과(quadratic)는 8월강우(X₁₆ × X₁₆), 교호작용(interaction)은 6월기온과 6월일조시수(X₂ × X₈), 6월기온과 8월강우(X₂ × X₁₆), 6월일조시수와 8월강우(X₈ × X₁₆), 5월기온과 6월강우(X₁ × X₁₄), 5월기온과 7월강우(X₁ × X₁₅), 5월기온과 8월강우(X₁ × X₁₆)를 들수 있고 년차(YR)변이가 있었다.(표1, 표2 참조)

Table 1. Weather variables used.

Variables*	Description
X ₁	aerial temperature of May
X ₂	aerial temperature of June
X ₃	aerial temperature of July
X ₄	aerial temperature of August
X ₅	aerial temperature of September
X ₆	aerial temperature of October
X ₇	sunshine hours of May
X ₈	sunshine hours of June
X ₉	sunshine hours of July
X ₁₀	sunshine hours of August
X ₁₁	sunshine hours of September
X ₁₂	sunshine hours of October
X ₁₃	precipitation of May
X ₁₄	precipitation of June
X ₁₅	precipitation of July
X ₁₆	precipitation of August
X ₁₇	precipitation of September
X ₁₈	precipitation of October
X ₁₉ **	Yield(Kg / 10a)
YR***	

* ; Independent Variables

** ; Dependent Variable

*** ; Year

Table 2. The best weather variables in Chunchon.

step17	Variable	x1014	Entered	R-square = 0.94916214	C(P)=15.16383265	
		DF	Sum of squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression		.9	23170.50760947	2574.50084550	20.74	0.0001
Error		10	1241.03039053	124.10303905		
Total		19	24411.53800000			
	Parameter	Standard	Type II			
	WEATHER AND SOYBEAN YIELD IN (PROVINCE - OPTION)			162		
			16:16 Monday, August 5, 1991			
Variable	Estimate	Error	Sum of Squares	F	Prob>F	
INTERCEP	266.08398678	43.01446344	4748.87649537	38.27	0.0001	
x10	1.18594346	0.25550777	2673.63528228	21.54	0.0009	
x16016	0.00062435	0.00009539	5316.56688038	42.84	0.0001	
x208	-0.03674594	0.00932484	1927.16384535	15.53	0.0028	
x2016	-0.02746976	0.00952849	1031.44013291	8.31	0.0163	
x8016	0.00294557	0.00086232	1448.05322274	11.67	0.0066	
x1014	0.00035371	0.00022329	311.42577921	2.51	0.1443	
x1015	-0.00080670	0.00015407	3402.35648429	27.42	0.0004	
x1016	-0.00319517	0.00111154	1025.45991019	8.26	0.0165	
YR	1.90313143	0.54950945	1488.57134346	11.99	0.0061	
Bounds on condition number :				168.0558,	4364.174	
The above model is the best 9-variable model found.						
WEATHER AND SOYBEAN YIELD IN (PROVINCE - OPTION)				163		
				16:16 Monday, August 5, 1991		

5월기온과 6월강우의 교호작용은 유의성이 인정되지 않았으며 6월기온과 6월일조시수, 6월기온과 8월강우, 5월기온과 7월강우, 5월기온과 8월강

우는 負의 交互作用 이었다.

춘천 지역의 8월강우의 2차적 효과변수(quadratic variable)는 고도의 유의성이 인정되고 있다.

최소유의차검정과 무작위효과의 진단을 참고하여 GLM에 1차용어(linear term)만 탐색, 실측값과 예측값을 그림 1에 표시 하였다. SAS plotting이 크게 출력되어 동일한 자료를 HARVARD GRAPHICS에 재입력 축소 하였다.(이하 5개역도 동일하게 하였다.)

20년간 춘천지역의 5월 부터 10월까지의 기온, 일조시수, 강우의 기상요소에 따른 콩수량 실측 및, 예측 평균값은 198.1(198.0)kg /10a 이었다. (그림 1 참조)

(ii) 수원 지역

결정계수 0.98, 총자승오차 12.57의 17단계에서 수원 지역의 기상요소에 따른 콩수량 모형식이 선정 되었다.(3표 참조)

$$Y_{Sw} = 559.48785 - 15.51460X_2 + 0.00015X_8 \times X_8 - 0.00091X_{14} \times X_{14} - 0.00004X_{16} \times X_{16} - 0.00913X_3 \times X_9 - 0.00187X_8 \times X_{15} + 0.00142X_1 \times X_{15} + 0.0059X_{14} \times X_{15} + 3.5008YR.$$

1차효과는 6월기온(X_2)이 負로 영향을 주며 2차효과로는 6월일조시수($X_8 \times X_8$), 6월강우($X_{14} \times X_{14}$)가 負의 변수였고 6월강우(X_{14})는 유의성이 없었다. 교호작용은 7월기온과 7월일조시수($X_3 \times$

Table 3. The best weather variables in Suwon.

step17	Variable	x808	Entered	R-square = 0.98179419	C(P)=12.57052552
Regression	9		28568.50017205	3174.27779689	59.92 0.0001
Error	10		529.75732795	52.97573280	
Total	19		29098.25750000		

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III Sum of Squares	F	Prob>F
SAS 15:18 Monday, August 5, 1991 79					
INTERCEPT	559.48785460	76.87237958	2806.19372871	52.97	0.0001
x2	-15.51460399	4.14605048	741.80403590	14.00	0.0038
x808	0.00015156	0.00015001	54.07535266	1.02	0.3362
x14014	-0.00091378	0.00010617	3924.20553209	74.08	0.0001
x16016	-0.00004833	0.00001152	932.29879116	17.60	0.0018
x309	-0.00913154	0.00220095	911.89737389	17.21	0.0020
x8015	-0.00187626	0.00019993	4665.80111691	88.07	0.0001
x1015	0.00142539	0.00014767	4936.11718996	93.18	0.0001
x14015	0.00059338	0.00014308	911.10217659	17.20	0.0020
YR	3.50087273	0.58237067	1914.39091427	36.14	0.0001

Bounds on condition number :	12.10939,	488.3292
------------------------------	-----------	----------

SAS 15:18 Monday, August 5 1991 80

X_9), 6월일조시수와 7월강우($X_8 \times X_{15}$), 5월기온과 7월강우 ($X_1 \times X_{15}$), 6월강우와 7월강우($X_{14} \times X_{15}$)가 유의성이 인정되며 년차(YR)변이가 있었다.

GLM과정의 plotting에서 실측값과 예측값은 거의 일치하며 모든 지역의 수집자료가 수원의 자료 만큼 精度가 높으면 장기간 기상예측 자료로 실측값에 가까운 예측 모델식을 구할수 있다고 사료된다.

20년간 수원의 기온, 일조시수, 강우의 기상요소 영향에 따른 콩수량 실측 및 예측 평균값은 178.1(178.1)kg /10a 이었다.(그림 2 참조)

CH

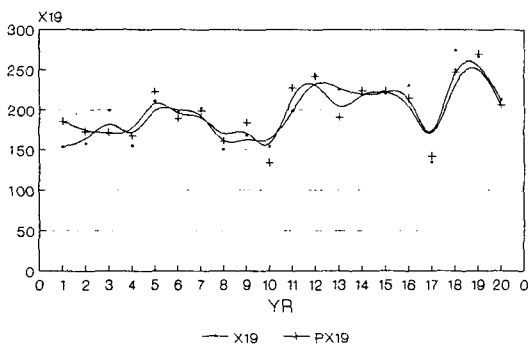


Fig 1. The actual and expected soybean yield in Chuncheon.

(X_{19} :actual yield, PX_{19} :expectedyield, YR:year)

SW

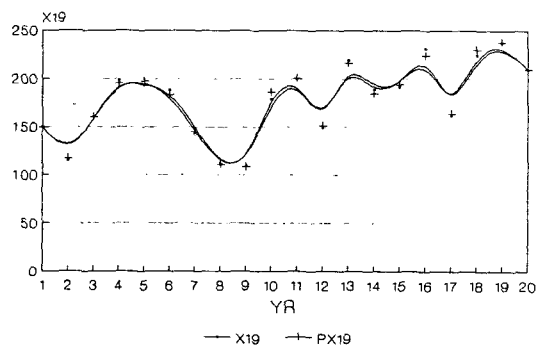


Fig 2. The actual and expected soybean yield in Suwon.

(X_{19} : actual yield, PX_{19} : expected yield, YR : year)

Table 4. The best weather variables in Cheongju.

step 11	Variable	x16016 Entered	R-square = 0.87971878		C(P)=-16.07354975	
		DF	Sum of squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression		9	76695.48644492	8521.72071610	6.50	0.0074
Error		8	10486.33633286	1310.79204161		
Total		17	87181.82277778			
Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F	
INTERCEP	-35605.90207236	7775.60933751	27485.83384398	20.97	0.0018	
x2	3320.80748247	720.35580413	27856.53368699	21.25	0.0017	
x202	-78.30885942	16.86225693	28269.89452078	21.57	0.0017	
x16016	0.00059632	0.00023510	8432.80601682	6.43	0.0349	
x308	0.09772496	0.01833292	37246.14487313	28.41	0.0007	
x3014	-0.48237511	0.11849399	21722.55678251	16.57	0.0036	
x4014	0.56323303	0.13680683	22217.46404871	16.95	0.0034	
x9015	0.00523170	0.00150823	15771.82912908	12.03	0.0085	
SAS 16:16 Monday, August 5, 1991 72						
x1014	-0.00764907	0.00291251	9040.99723615	6.90	0.0304	
x15016	-0.00375224	0.00080293	28626.18167671	21.84	0.0016	
Bounds on condition number:		4727.986,	123289			

The above model is the best 9-variable model found.

(iii) 청주 지역

결정계수 0.87, 총자승오차 16.07, 11단계에서 청주지역의 콩수량 예측 모형식이 선정 되었다. (표4 참조)

$$Y_{Cj} = -35605.9020 + 3320.8074X_2 - 78.3088X_2 \times X_2 + 0.0005X_{16} \times X_{16} + 0.0977X_3 \times X_8 - 0.4823X_3 \times X_{14} + 0.5632X_4 \times X_{14} + 0.0052X_9 \times X_{15} - 0.0076X_{10} \times X_{14} - 0.0037X_{15} \times X_{16}$$

1차효과 6월기온(X₂), 2차효과 8월강우(X₁₆ × X₁₆), 교호작용 7월기온과 6월일조시수(X₃ × X₈), 7월기온과 6월강우(X₃ × X₁₄), 8월기온과 6월강우(X₄ × X₁₄), 7월일조시수와 7월강우(X₉ × X₁₅), 5월

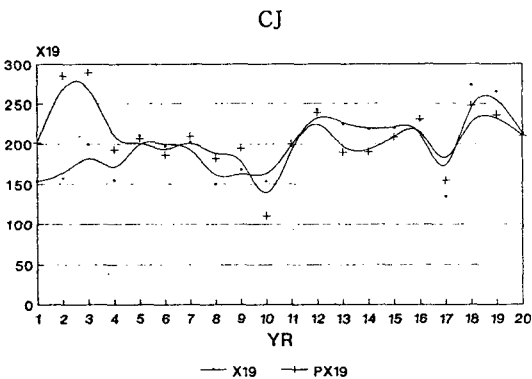


Fig 3. The actual and expected soybean yield in Cheongju.

(X₁₉ : actual yield, PX₁₉ : expected yield, YR : year)

Table 5. The best weather variables in Kwangju.

step 9	Variable	x9015 Removed	R-square = 0.92701674		C(P)= 1.25732328	
		DF	Sum of squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression		6	24451.96457646	4075.32742941	25.40	0.0001
Error		12	1925.08279196	160.42356600		
Total		18	26377.04736842			
Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F	
INTERCEP	-131.01896536	57.24609993	840.31997724	5.24	0.0410	
x15	-0.60249837	0.10633674	5150.07135905	32.10	0.0001	
x202	0.78549543	0.14006919	5045.10584284	31.45	0.0001	
x15015	0.00089325	0.00018033	3936.42950404	24.54	0.0003	
x103	0.28496617	0.09717383	1379.60925916	8.60	0.0125	
x809	-0.00200432	0.00031848	6353.67490460	39.61	0.0001	
YR	2.50938467	0.69018665	2120.65262184	13.22	0.0034	
WEATHER AND SOYBEAN YIELD IN (PROVINCE - OPTION) 454 13:35 Sunday, August 11, 1991						

기온과 6월강우(X₁ × X₁₄), 7월, 8월강우(X₁₅ × X₁₆)가 영향을 미쳤다.

1차, 2차, 교호작용의 기상요소들은 유의성이 인정되며 6월기온의 2차 효과 변수 및 7월기온과 6월강우의 교호작용은 負의 영향을 주었다.

청주 지역에서는 년차 변이가 없었다. 이 지역 20년간 기온, 일조시수, 강우의 기상요소 영향에 따른 콩수량 실측 및 예측 평균값은 198.1(197.9) kg /10a 이었다.(그림 3참조)

(iv) 광주 지역

결정계수 0.92, 총자승오차 1.25의 9단계에서 모형식이 선정되었다.(5표 참조)

$$Y_{Kj} = -131.0189 - 0.6024X_{15} + 0.7854X_2 \times X_2 +$$

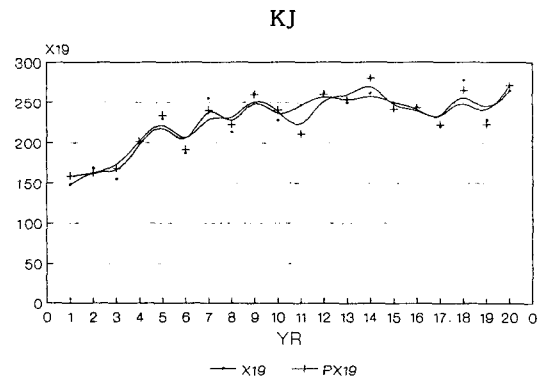


Fig 4. The actual and expected soybean yield in Kwangju.

(X₁₉ : actual yield, PX₁₉ : expected yield, YR : year)

$$0.0008X_{15} \times X_{15} + 0.2849X_1 \times X_3 - 0.0020X_8 \times X_9 + 2.5093YR$$

1차효과는 7월강우(X_{15}), 2차효과는 6월기온($X_2 \times X_2$), 7월강우($X_{15} \times X_{15}$), 교호작용은 5월기온과 7월기온($X_1 \times X_3$), 7, 8월일조시수($X_8 \times X_9$) 이었고 liner term 7월강우는 負의 영향을 미치며 quadratic term 6월기온과 7월강우가 고도의 유의성이 인정되고 있다. 년차(YR)변이가 있었으며 광주 지역 기상 요소에 따른 콩수량 실측 및 예측 평균값은 227.6(227.4)kg / 10a이었다.(그림 4 참조)

(v) 이리 지역

결정계수 0.92, 총자승오차 1.39의 9단계에서 이리 지역의 콩수량 예측 모형식이 선정 되었다.(표 6참조)

$$Y_{1r} = 833.6018 - 4.5603X_7 + 0.0073X_7 \times X_7 - 0.0021X_9 \times X_9 - 0.0154X_1 \times X_{13} + 0.0027X_7 \times X_9 - 0.0006X_{14} \times X_{15}$$

1차효과는 5월일조시수(X_7), 2차효과는 5월일조시수($X_7 \times X_7$), 7월일조시수($X_9 \times X_9$), 교호작용은 5월기온과 5월강우($X_1 \times X_{13}$), 5월일조시수와 7월일조시수 ($X_7 \times X_9$), 6, 7월강우($X_{14} \times X_{15}$)였고 linear term 5월일조시수는 負, quadratic term 5월일조시수는 正의 효과였다.

7월일조시수의 quadratic term은 負의 효과였다, 5월의 기온과 강우는 負교호작용이었다. 6,7월의 강우도 負의 영향을 주었다.

20년간 이리의 기온, 일조시수, 강우에 따른 콩

수량 실측 및 예측 평균값은 160.7(160.4)kg / 10a 이었다.(그림 5 참조)

(vi) 진주 지역

결정계수 0.95, 총자승오차 1.55의 9단계에서 예측 모형식이 선정 되었다.

$$Y_{1j} = 254.5994 - 0.2827X_{14} - 0.1966X_{16} - 0.0076X_4 \times X_{10} + 0.0001X_8 \times X_{15} + 0.0008X_{14} \times X_{16} + 4.1315YR$$

1차효과는 6월강우(X_{14}), 8월강우(X_{16}), 2차효과는 없었으며 교호작용은 8월기온과 8월일조시수($X_4 \times X_{10}$), 6월일조시수와 7월강우($X_8 \times X_{15}$), 6월강우와 8월강우($X_{14} \times X_{16}$) 이었으며, 6, 8월의 강우는 負의 1차효과로 8월기온과 8월일조시수는 負交互作用이었다.

20년간 진주의 기온, 일조시수, 강우에 따른 콩

IR

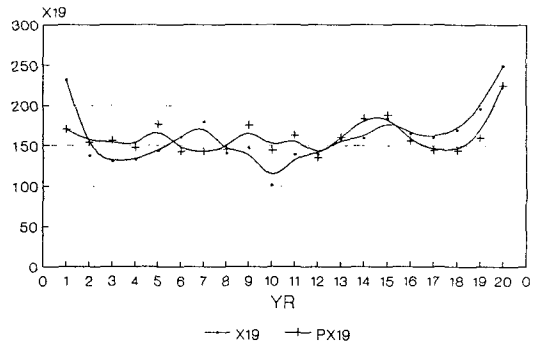


Fig 5. The actual and expected soybean yield in Iri. (X₁₉ : actual yield, PX₁₉ : expected yield, YR : year)

Table 6. The best weather variables in Iri.

stop 9	Variable	x709	Entered	R-square = 0.92392973	C(P) = 1.39844304
	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	6	16694.41972178	2782.40328696	26.32	0.0001
Error	13	1374.50827822	105.74140602		
Total	19	18068.92800000			
Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	833.60189356	89.86884000	9097.10317842	86.04	0.0001
x7	-4.56030086	0.75596841	3847.54498301	36.39	0.0001
x707	0.00736245	0.00174398	1884.35818989	17.82	0.0010
x909	-0.00218186	0.00081283	761.83124552	7.21	0.0187
x1013	-0.01541209	0.00299048	2808.32026256	26.56	0.0002
x709	0.00273160	0.00125322	502.32726814	4.75	0.0483
x14015	-0.00060600	0.00011779	2798.29248394	26.47	0.0002

WEATHER AND SOYBEAN YIELD IN (PROVINCE - OPTION) 365
13:35 Sunday, August 11, 1991

Table 7. The best weather variables in Jinju.

stop 9	Variable	x8015	Entered	R-square = 0.95286644	C(P) = 1.55105623
	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	6	19273.44405365	3212.24067561	43.80	0.0001
Error	13	953.36144635	73.33549587		
Total	19	20226.80550000			
Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	254.59942294	15.35088863	20172.60668815	275.07	0.0001
x14	-0.28276480	0.05328940	2066.37575545	28.18	0.0001
x16	-0.19664625	0.03604752	2182.40277071	29.76	0.0001
x4010	-0.00768004	0.00203121	1048.41417189	14.30	0.0023
x8015	0.00012330	0.00006386	273.40980311	3.73	0.0756
x14016	0.00089253	0.00020707	1362.50124795	18.58	0.0008
YR	4.13154880	0.35670360	9838.41245472	134.16	0.0001

WEATHER AND SOYBEAN YIELD IN (PROVINCE - OPTION) 332
16:16 Monday, August 5, 1991

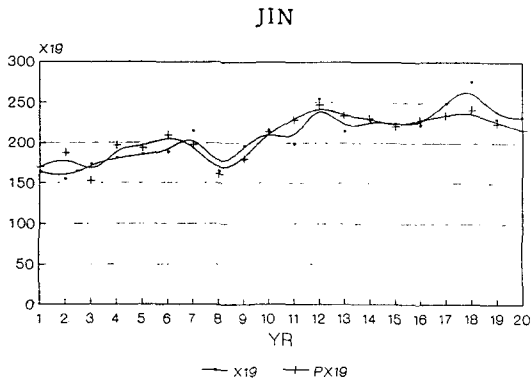


Fig 6. The actual and expected soybean yield in JinJu.
(X₁₉ : actual yield, PX₁₉ : expected yield, YR : year)

의 실측 및 예측의 평균값은 208.3(208.0)kg / 10a
였다. (그림 6참조)

2. 종합 평가

20년간 6개 지역의 기상 요소에 따른 콩 수량 모

형식을 표8에 요약 하였다. 소위 氣候變動에 따른 作物 生産力은 어떻게 될것인가를 評價함에 있어서는 많은 보고와 지론이 있겠으나 쌀과 콩에 대한 氣象變化와 收量性관계를 몇 가지만 살펴보면 李는 1910년 부터 1978년 까지의 쌀수량 감소에 영향을 주는 災害를 分析, 收量性의 변천을 1964년을 接點으로 하는 두개의 회귀식으로 표현 하면서 이 회귀식에서 年次間變化를 品種, 栽培技術및 環境基盤의 變化로 보고 회귀식에서 벗어나는 差는 인위적으로 제어하기 어려운 기상 변동으로 보았으며 이 變異가 7,8月 氣溫偏差와 密接한 關係가 있다고 하였다.¹⁰⁾ 鄭은 8월 평균기온, 尹⁷⁾도 8월 기온을 제시 하고 있다.¹⁰⁾ 콩에 대한 기후-수량 예측 모델에 대하여 李는 9, 10월 平均氣溫이 높을 수록 收量이 증가 되는 것으로 평가하고 있다.⁸⁾ 저자가 1986년 조사한 자료를 鄭이 氣溫과 偏差만 가지고 5년 移動平均으로 指數化 하여 7, 8월 평균 기온과 강수량에 대한 等收量指數線 을 구한 결과 평균기온이 3℃ 높아지면 수량이 20% 감소하는

Table 8. Soybean yield forecasting models based on weather variables in six locations.

1. Chunchon : R²=0.94, C(P)=15.16,

mean : 198.1(198.0)kg / 10a

$$Y_{Cb} = 266.0839 + 1.1859X_{10} + 0.0006X_{16} \times X_{16} - 0.0367X_2 \times X_3 - 0.0274X_2 \times X_{16} + 0.0029X_8 \times X_{16} + 0.0003X_1 \times X_{14} - 0.0008X_1 \times X_{15} - 0.0031X_1 \times X_{16} + 1.9031YR$$

2. Suwon : R²=0.98, C(P)=12.57,

mean : 178.1(178.1)kg / 10a

$$Y_{Sw} = 559.48785 - 15.51460X_2 + 0.00015X_9 \times X_9 - 0.00091X_{14} \times X_{14} - 0.00004X_{16} \times X_{16} - 0.00913X_3 \times X_9 - 0.001876X_8 \times X_{15} + 0.00142X_1 \times X_{15} + 0.00059X_{14} \times X_{15} + 3.5008YR$$

3. Cheongju : R²=0.87, C(P)=16.07,

mean : 198.1(197.9)kg / 10a

$$Y_{Cj} = -35605.9020 + 3320.8074X_2 - 78.3088X_2 \times X_2 + 0.0005X_{16} \times X_{16} + 0.09773 \times X_9 - 0.4823X_3 \times X_{14} + 0.5632X_1 \times X_{14} + 0.0052X_9 \times X_{15} - 0.0076X_1 \times X_{14} - 0.0037X_{15} \times X_{16}$$

4. Kwangju : R²=0.92, C(P)=1.25,

mean : 227.6(227.4)kg / 10a

$$Y_{Kj} = -131.0189 - 0.6024X_{15} + 0.7854X_2 \times X_2 + 0.0008X_{15} \times X_{15} + 0.2849X_1 \times X_3 - 0.0020X_8 \times X_9 + 2.5093YR$$

5. Iri : R²=0.92, C(P)=1.39,

mean : 160.7(160.4)kg / 10a

$$Y_{Ir} = 833.6018 - 4.5603X_7 + 0.0073X_7 \times X_7 - 0.0021X_9 \times X_9 - 0.0154X_1 \times X_{13} + 0.0027X_7 \times X_9 - 0.0006X_{14} \times X_{15}$$

6. Jinju : R²=0.95, C(P)=1.55,

mean : 208.3(208.0)kg / 10a

$$Y_{Jj} = 254.5994 - 0.2827X_{14} - 0.1966X_{16} - 0.0076X_4 \times X_{10} + 0.0001X_8 \times X_{15} + 0.0008X_{14} \times X_{16} + 4.1315YR$$

Note : Mean value of parenthesis is expected soybean yield.

가능성을 시사 하였다.¹⁰⁾ 본 실험에서도 춘천 지역의 8월강우는 깊은 관심을 갖게 하며 수원은 6, 7월강우와 일조시수, 청주는 6월기온, 광주 7월강우와 일조시수, 이리는 5, 7월일조시수, 진주는 7, 8월강우에 더 면밀한 분석의 관심을 갖게 한다.

적 요

춘천, 수원, 청주, 광주, 이리, 진주의 20년간 (1971년 부터 1990년 까지) 氣溫, 日照時數, 降雨氣象資料에 따른 콩 수량 豫測模型을 SAS의 STEPWISE, MAXR, Cp에 의하여 작성 되었으며 선정된 說明變數들(explanatory variables)은 GLM에 의하여 有意差 檢定을 하였다. 6개 지역 콩 수량에 영향을 미치는 氣象要素의 反應은 다음과 같다.

1. 춘천 지역의 주효과 기상 요소에서 1차 효과(linear term)는 8월일조시수, 2차 효과(quadratic term)는 8월강우, 교호작용(interaction)은 6월기온과 8월강우, 5월기온과 8월강우였으며 8월강우는 고도의 유의성이 인정 되었다. 콩 수량 예측 평균값은 198.0kg/10a였으며 年次 變異가 인정되었다.
2. 수원 지역의 기상 요소 1차 효과는 6월기온이 負影響 이었으며 2차 효과는 6월일조시수, 6월강우(負效果)였다. 교호작용은 7월의기온과 일조시수, 6월일조시수와 7월강우, 5월기온과 7월강우, 6, 7월강우가 유의성이 인정 되었으며 年次 變異가 있었다. 콩 수량 예측값은 178.1kg/10a 였다.
3. 청주 지역은 1차 효과는 6월기온, 2차 효과는 8월강우, 교호작용은 5월기온과 6월강우, 7월과 8월의강우, 7월기온과 6월강우이었다. 콩수량 예측 값은 197.9kg/10a였다.
4. 광주 지역의 1차 효과는 7월강우(負), 2차 효과는 6월기온과 7월강우였으며 6, 7월일조시수가 負交互作用 이었다. 콩 수량 예측 평균값은 227.4kg/10a였다.
5. 이리 지역의 기상요소 1차 효과는 5월일조시수, 2차 효과는 5월일조시수와 7월일조시수, 교호작용은 5월의 기온과 강우, 5, 7월의 일조시수,

6, 7월의 강우였고 7월일조시수의 quadratic term은 負效果 였다. 5월의기온과 강우, 6, 7월의강우도 負交互作用 이었다. 콩 수량 예측값은 160.4kg/10a였다.

6. 진주 지역의 기상 요소 반응에 따른 1차 효과는 6월과 8월강우, 교호작용은 8월의기온과 일조시수, 6월일조시수와 7월강우, 6, 8월강우였다. 6, 8월강우는 linear term에서 負效果, 8월의 기온과 일조시수는 負交互作用이었다. 콩 수량 예측 평균값은 208.0kg/10a였다.
7. 춘천, 수원, 광주, 진주 지역의 모형식에 선정된 年次變異(YR)는 기술 개선 요인(technological improvement factors)으로 인정된다.

인용 문헌

1. 김이훈, 1986. 大豆數量 豫測을 爲한 氣象資料 利用. 한국의 콩연구 3(2) : 16-24.
2. 권신환, 1982. 夏作物의 氣象災害와 그 對策. 韓作誌 27(4) : 398-410.
3. 박경열, 1987. 홉프의 栽培環境과 開花後 日數에 따른 α -acid 含量 變化 韓作誌 32(1) : 97-102.
4. 박경열, 1988. 氣象要素에 따른 홉프(*Humulus lupulus* L.)의 收量 및 α -Acid 含量 豫測模型에 關한 研究 I. 生穗花 收量 豫測模型. 韓作誌 33(3) : 215-221.
5. 박경열, 1988. 氣象要素에 따른 홉프(*Humulus lupulus* L.)의 收量 및 α -Acid 含量 豫測模型에 關한 研究 II. α -Acid 含量 豫測模型. 韓作誌 33(4) : 323-328.
6. 원종락, 1983. 氣象要因이 大豆種實收量에 미치는 影響. 韓作誌 28(3) : 351-357.
7. 윤진일, 1990. 대기중 이산화탄소 배증조건하의 기후시나리오에 의한 국내 쌀생산 추정. 韓國氣象學會誌 26(4) : 263-274.
8. 이영호, 1989. 豆類의 氣象災害. 韓作誌(栽培生理研究 1號) 81-95p.
9. 작물시험장, 1990. 작물생산과 연구의 국내외 동향(상) 식량작물편. 269-321p.
10. 정영상, 1991. 氣候變動과 韓國의 農業生產性.

농업환경 보전에 관한 심포지움 145-174p.

11. 1989. 日本作物學會シンポジウム記事. 日作紀 58(3) : 460-487.
12. J. C. Baskerville, 1982. Guided Regression Modeling for Prediction and Exploration of Structure With Many Explanatory Variables. *Technometrics* 24(1) : 9-17.
13. Martin A. Hamilton, 1991. Determining the Appropriate Sample Size for Nonparametric Tests for Location Shift. *Technometrics* 33(3) : 327-337.
14. Douglas M. Hawkins, 1991. Multivariate Quality Control Based on Regression-Adjusted Variables. *Technometrics* 33(1) : 61-75.
15. Douglas M. Hawkins, 1991. Diagnostics for Use With Regression Recursive Residuals. *Technometrics* 33(2) : 221-234.
16. C. L. Mallows, 1973. Some Comments on Cp. *Technometrics* 15(4) : 661-675.
17. Ray L. Marr, 1991. A NU Test for Serial Correlation of Residuals From One or More Regression Regimes. *Technometrics* 33(4) : 441-457.
18. Max D. Morris, 1991. Factorial Sampling Plans for Preliminary Computational Experiments. *Technometrics* 33(2) : 161-174.
19. Samuel D. Oman, 1991. Random Calibration With Many Measurements: An Application of Stein Estimation. *Technometrics* 33(2) : 187-195.
20. S. R. Paul, 1991. A Generalized Extreme Studentized Residual Multiple-Outlier-Detection Procedure in Linear Regression. *Technometrics* 33(3) : 339-348.
21. Daniel Pena, 1991. Measuring Influence in Dynamic Regression Models. *Technometrics* 33(1) : 93-104.
22. James R. Rieck, 1991. A Log-Linear Model for the Birnbaum-Saunders Distribution. *Technometrics* 33(1) : 51-60.
23. Ellen B. Roecker, 1991. Prediction Error and Its Estimation for Subset-Selected Models. *Technometrics* 33(4) : 459-468.
24. William H. Swallow, 1981. Variances of Locally Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimators ("MIVQUE's") of Variance Components. *Technometrics* 23(3) : 271-283.
25. Edward V. Thomas, 1991. Errors-in-Variables Estimation in Multivariate Calibration. *Technometrics* 33(4) : 405-413.
26. Louis M. Thompson, 1986. Climatic Change, Weather Variability, and Corn Production. Published in *Agron. J.* 78 : 649-653.
27. G. Geoffrey Vining, 1991. A Graphical Approach for Evaluating Response Surface Designs in Terms of the Mean Squared Error of Prediction. *Technometrics* 33(3) : 315-326.
28. Sanford Weisberg, 1981. A Statistic for Allocating Cp to Individual Cases. *Technometrics* 23(1) : 27-31.
29. G. Alex Whitmore, 1991. A Multivariate Survival Distribution Generated by an Inverse Gaussian Mixture of Exponentials. *Technometrics* 33(1) : 39-50.