

주요 식량작물의 생산량 예측 모형에 관한 연구¹

장석환²

요약

주요 식량작물인 쌀, 보리, 콩, 그리고 감자의 생산량을 조기에 예측하기 위하여 농림 수산 통계연보와 기상자료를 이용하여 경상북도지방의 작물 재배면적과 10a당 수량(收量)의 예측을 시도하였다. 재배면적의 예측모형식은 $y = \exp(\beta_0 + \beta_1 t + \epsilon)$, 수량의 예측 모형식은 $y = \exp(\beta_0 + \beta_1 t^{1/2} + \beta_2 t + \sum_{i=1}^p \beta_{i+2} x_i + \epsilon)$ 이 가장 적합한 것으로 나타났다. 이들 식에 의하여 재배면적의 R^2 값은 0.9180 ~ 0.9505이었고, 수량의 R^2 값은 쌀의 경우 0.7234로 가장 낮았으나 보리, 콩 및 감자는 0.8855 ~ 0.9098로 비교적 높은 값을 보였다. 추정된 예측모형식에 의하여 2005년까지의 재배면적과 2000년도의 수량을 예측하였다.

주제어 : 주요식량작물, 예측모형, 예측면적, 작물의 수량

1. 서론

우리나라 농산물의 생산량은 농림부 국립농산물 품질관리원에서 전국에 걸친 표본조사에 의하여 추계되며 최종 추정량은 당해년 12월이나 잠정 집계되는 실정이다. 특히 주요식량작물의 생산량을 조기에 정확하게 추계 또는 예측할 수 있다면 정부의 식량수급전략이나 경제 발전계획수립에 큰 도움이 될 것이다. 이와 관련하여 식량작물의 재배면적과 생산량의 예측은 주로 徐(1982,1983), 張(1983), 朱 등(1985), 朴과 徐(1987), 康(1990), 吳 등(1993) 많은 사람들에 의하여 연구되었으며 모형식도 사용된 자료에 따라 다양하였다.

본 연구에서는 기초연구로서 경상북도(대구광역시 포함) 지방의 주요작물에 대한 식부면적의 추이와 10a당 수량(收量)추이를 검토하고 시간(t)과 기상자료($x_i ; i = 1, 2, \dots, p$)를 설명변수로 하여 수량과의 관계를 정립하고 작물 수량의 예측가능성을 검토하였다.

¹본 연구는 1998년도 계명대학교 비사연구비에 의하여 수행되었음.

²대구광역시 달성구 신당동 1000, 계명대학교 기초과학부 통계학전공 교수

2. 자료와 통계적모형

(1) 자료

경상북도지방의 주요식량작물인 쌀, 보리(대맥), 콩 및 감자의 식부면적과 10a당 수량을 기초로 하였고, 기상자료는 대구기상대의 도움으로 1966 ~ 1999년까지의 자료를 이용하였다. 재배면적이나 농업기술의 보급등을 감안하여 비교적 최근(1975 ~ 1998년) 자료를 이용하였으며, 쌀의 10a당 수량예측을 위해서는 1966 ~ 1998년의 자료를 이용하였다.

(2) 통계적 모형

1975년 이후의 작물별 재배면적 추이를 보면 쌀의 경우 1987년까지 완만한 증감을 보이다가 1991년부터 급격하게 감소하는 추세이고, 1997년부터 다시 증가하는 경향을 보이고 있다. 보리와 콩은 1976년부터, 감자는 1978년부터 높은 감소율을 보이다가 점점 감소율이 둔화되는 양상을 보이고 있다. 따라서 쌀, 보리 및 콩의 재배면적을 예측하는 모형으로

$$y = \exp(\beta_0 + \beta_1 t + \epsilon) \quad (1)$$

에 적합하였고, 감자의 경우는

$$y = \exp(\beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \epsilon) \quad (2)$$

에 적합하였다. 여기서 y 는 재배면적, t 는 연도를 나타내는 변수(예를들면 1975 ~ 1998년의 자료에서 1975년은 $t=1$, 1976년은 $t=2, \dots$)로 하였다.

수량예측을 위해서는 연도별 수량추이와 기상요인과의 관계를 고려하여 다음과 같은 모형식을 적용하였다.

$$y = \exp(\beta_0 + \beta_1 t^{1/2} + \beta_2 t + \sum_{i=1}^p \beta_{i+2} x_i + \epsilon) \quad (3)$$

여기서 x_i ($i = 1, 2, \dots, p$)는 기상변수이고, t 는 앞에서 정의한 바와 같다.

3. 연구결과

작물별로 재배면적의 예측모형식은 t 만의 함수이며 수량의 예측모형식을 추정할 때 기상변수 x_i 의 내용은 [표 1]과 같다.

표 1. 작물별 기상변수

기상변수(x_i)	쌀	보리	콩	감자
x_1	9월 평균 기온	3월 평균 기온	7월 평균 기온	5월 평균 기온
x_2	10월 평균 기온	4월 평균 기온	8월 평균 기온	6월 평균 기온
x_3	6~10월 일조시수	5월 평균 기온	9월 평균 기온	7월 평균 기온
x_4	9~10월 일조시수	3월 강수량	10월 평균 기온	8월 평균 기온
x_5	5,6,7월 강수량	4월 강수량	7월 강수량	5월 강수량
x_6	8,9,10월 강수량	5월 강수량	8월 강수량	6월 강수량
x_7	5~10월 강수량	3월 일조시수	9월 강수량	7월 강수량
x_8	8월 초순 평균 최저 초상 기온	4월 일조시수	7월 일조시수	8월 강수량
x_9	8월 평균 최저 초상 기온	5월 일조시수	8월 일조시수	5월 일조시수
x_{10}	10월 평균 최저 초상 기온		9월 일조시수	6월 일조시수

(1) 재배 면적의 예측 모형식의 추정

쌀, 보리 및 콩의 재배면적에 대한 식(1)의 추정식과 감자의 재배면적에 대한 식(2)의 추정식은 [표 2]와 같으며 쌀의 경우 1982년도의 식부면적이 급격히 감소되었기 때문에 이상점(outlier)으로 간주하였다.

표 2. 재배면적 예측모형식의 모수 추정

독립변수(t)의 차수	쌀	보리	콩	감자
절편	12.257184** (0.0252958)	12.211071** (0.0950363)	10.904454** (0.0524198)	9.781611** (0.1002212)
1 차	-0.036371** (0.0034370)	-0.175066** (0.0066512)	-0.057821** (0.0036686)	-0.198794** (0.0184715)
2 차				0.004576** (0.0007173)
R^2	0.9180**	0.9692**	0.9186**	0.9505**

1. **: 1% 수준에서 유의성이 있음. 2. ()내 숫자는 표준오차임.

(2) 10a당 수량의 예측모형식 추정

쌀의 경우 1980년, 보리는 1977년, 그리고 콩은 1994년에 특이하게 낮은 수량을 보였는데 보다 정확한 예측을 하기 위하여 이들 낮은 수량을 이상점으로 간주하여 제외시켰

으며, 시간(t)과 [표 1]의 기상변수에 의하여 작물의 10a당 수량(y)을 예측하는 모형식으로 식(3)을 추정 한 결과는 [표 3]과 같다.

표 3. 수량 예측모형식의 모수 추정치와 표준오차

기상변수(x_i)	쌀	보리	콩	감자
절편	4.837267** (0.603330)	7.981439** (1.168948)	5.746807** (0.890886)	9.024494** (1.197697)
\sqrt{t}	0.364858** (0.094565)	0.743282** (0.206392)	0.256983* (0.100695)	0.059814 (0.219893)
t	-0.036864** (0.011975)	-0.076360** (0.031920)	-0.025816 (0.016539)	0.042816 (0.036150)
x_1	-0.020970 (0.025248)	-0.004352 (0.034919)	0.022470 (0.016032)	
x_2	0.040086 (0.021884)	-0.018237 (0.043169)	-0.031338 (0.017231)	-0.111009* (0.047599)
x_3		-0.160374* (0.0628631)	-0.040600 (0.033875)	-0.013279 (0.024893)
x_4	-0.000439 (0.000509)	0.003716* (0.001455)	-0.005926 (0.020694)	
x_5		-0.000629 (0.001498)	-0.000114 (0.000179)	0.001597 (0.001091)
x_6	-0.000207 (0.000135)	-0.000715 (0.000952)	-0.000138 (0.000201)	-0.0000546 (0.000125)
x_7		0.004281 (0.002249)	0.0000285 (0.000242)	0.000781 (0.000520)
x_8		-0.002140 (0.002093)	0.0000962 (0.000832)	
x_9		-0.003898 (0.002876)	0.000979 (0.000645)	
x_{10}	0.021520 (0.016506)		0.001655 (0.000789)	0.0009360 (0.0011566)
R^2	0.7234**	0.8993**	0.8855**	0.9098**

* : 5% 수준에서 유의성이 있음. ** : 1% 수준에서 유의성이 있음.

(3) 재배면적과 수량의 예측

본 연구의 궁극적인 목적은 장단기적으로 작물의 생산량을 예측하는데 있으므로 예측 모형식에 의하여 각 작물의 재배면적과 10a당 수량을 예측하므로서 전체 생산량을 예측할 수 있을 것이다. [표 2]의 결과에 의한 각 작물의 연도별 재배면적을 예측한 결과는 [표 4]와 같다.

표 4. 작물별 재배면적의 예측

작 물	1999년도 재배면적 ¹⁾	연 도					
		1999	2000	2001	2002	2003	2005
쌀	139,200	131,185 (± 3,320)	126,449 (± 3,591)	121,980 (± 3,848)	117,624 (± 4,310)	113,423 (± 4,310)	105,465 (± 4,703)
보 리	2,889	2,526 (± 240)	2,120 (± 214)	1,780 (± 191)	1,494 (± 169)	1,254 (± 150)	884 (± 116)
콩	12,832	12,822 (± 672)	12,102 (± 674)	11,422 (± 674)	10,780 (± 672)	10,175 (± 668)	9,063 (± 658)
감 자	2,139	1,824 (± 142)	1,760 (± 146)	1,700 (± 150)	1,643 (± 154)	1,589 (± 157)	1,489 (± 162)

1) 1999 주요 작물 지역별 재배동향(농림부 국립농산물 품질관리원)

또한 [표 3]의 결과에 의하여 1999년도의 기상자료와 2000년도의 기상조건이 평년과 같을 것이라는 가정하에 예측된 각 작물의 10a당 수량은 [표 5]와 같다.

표 5. 작물의 수량 예측

작 물	1999년도		2000년
	실 수 량	예 측 수 량	
쌀	477	429±38	543±92
보 리	428	310±52	475±56
콩	134	145±11	159±10
감 자	2,448	2,593±402	3,040±362

4. 고찰 및 결론

(1) 재배면적의 예측모형식

[표 2]에서 보는바와 같이 식(1)에 의한 쌀, 보리, 그리고 콩의 재배면적의 예측모형식은 높은 R^2 값(0.9180 ~ 0.9692)을 보여 정도높은 예측가능성을 시사하고 있고, 감자는 식(2)에 의하여 R^2 값이 0.9505로 높은 값을 보였으며 회귀계수는 각 작물에서 $p=0.0001$ 로 고도의 유의성을 보였다. 이들 작물의 재배면적의 변화추이가 현재의 추세를 유지한다면 상당히 정확한 재배면적을 예측할 수 있다고 생각된다. 그러나 실제로 쌀의 재배면적은 1997년, 감자는 1995년부터 약간 증가하는 것으로 나타나서 [표 2]의 결과로 이들 작물의 재배면적을 장기적으로 예측하기는 곤란하다. 한편 국산농산물의 가격이나 정부의 증산정책등에 의하여 이들 작물재배면적이 증가하는 경우에는 예측력이 높아질 것으로 본다.

산업의 발달과 함께 산업구조의 급격한 변화가 농업구조에도 큰 영향을 끼쳤으며 특히 우리나라가 WTO와 OECD에 가입된 이후 외국농산물의 대량 유입으로 국내 농업의 경쟁력 약화를 초래하였고, 또 국내의 도로, 아파트, 공장등의 건설로 작물의 재배면적의 감소는 불가피한 실정이고 보면 식(1)이 보다 현실적이고 타당하다고 생각된다.

(2) 수량 예측모형식

수량의 예측모형식은 徐(1982), 朱 등(1985), Singh 등(1976)과 Jha 등(1981)이 적용한 모형식에 비하여 식(3)이 가장 좋은 결과를 보였으며 [표 3]에서 보는바와 같이 쌀을 제외하고 비교적 높은 R^2 값을 보였다. 쌀의 생산 예측모형식에서는 연도(t)에 대한 회귀계수가 높은 유의성을 보였고 x_2 (10월의 평균 기온)는 10% 수준에서 유의성을 보였으며, x_6 (8 ~ 10월의 강수량)은 비교적 큰 t-값을 보였으나 유의성을 인정할 수는 없었다.

보리의 경우는 연도(t), x_3 (5월의 평균 기온)과 x_4 (3월의 강수량)만 5% 수준에서 유의성을 보였다. 콩에 있어서는 \sqrt{t} 변수가 5% 수준, x_2 (8월의 평균 기온)와 x_{10} (9월의 일조시수)만 10% 수준에서 유의성을 보였고, 특히 x_4 (10월의 평균 기온), $x_5 \sim x_7$ (7, 8, 9월의 강수량), x_8 과 x_9 (7, 8월의 일조시수)는 콩의 수량을 예측하는데 중요성을 보이지 못하였다. 감자에서는 x_2 (6월의 평균 기온)만 5% 수준에서 유의성을 보였다.

전체적으로 볼 때 쌀의 결정계수는 0.7234이었는데 이는 차과 徐(1987)의 결과보다 낮았으며 보리, 콩 및 감자의 경우는 0.8855 ~ 0.9098로 거의 비슷한 값을 보였다.

(3) 재배면적의 예측

작물별 재배면적을 2005년까지 예측한 결과는 [표 4]에서 보는바와 같이 쌀의 경우 표준오차는 예측면적의 5%이내이었으나 1999년도의 추정재배면적은 131,185ha로 실제 재배면적보다 약 5.8% 하향 추정되었고 보리는 표준오차가 예측면적의 9.5 ~ 13.1%로 비교적 높았다. 식에 의한 추정면적은 실제 면적의 약 12.6% 하향 추정되었다. 콩에 있어서는 예측면적의 표준오차는 5.2 ~ 7.3%로 비교적 낮았으며 1999년도 추정면적은 아주 정확하게 추

정되었다. 감자의 경우는 예측면적의 표준오차가 10% 이내로 나타났으나 1999년도의 추정 면적은 실제보다 무려 14.7%나 낮게 추정되었다. 전반적으로 실제보다 낮게 추정되었는데 이는 [표 2]에서 보는바와 같이 추정된 식은 감소함수인 반면 최근에 콩을 제외하고 작물의 재배면적이 늘어나는 추세를 보인 결과라고 생각된다.

(4) 수량의 예측

1999년도 경상북도에서 쌀의 10a당 수량은 [표 5]에서 보는바와 같이 477kg인데 비하여 대구의 기상자료를 근거로 할 때 수량 예측모형식에 의한 수량은 429kg로 추정되어 실제보다 약 10% 하향 추정되었고, 보리는 주로 경주지역에서 많이 재배되므로 대구와 포항의 평균 기상자료에 의하면 310kg/10a로 추정되어 무려 27.6%나 하향 추정되었다. 콩은 약 8.2% 상향 추정되었고 감자는 약 5.9% 상향 추정되었다. 또 대구지방의 평년 기상자료를 적용할 때 쌀은 543kg/10a, 보리는 475kg/10a, 콩은 159kg/10a, 그리고 감자는 3,040kg/10a로 예측되었다. 특히 쌀의 경우 8월 초순(벼의 유수형성기 ~ 수잉기)의 최저 초상기온과 모든 기상조건이 순조로우면 예측된 만큼의 높은 수량을 기대할 수도 있을 것이다. 또 보다 정확한 예측을 위해서는 농업기술의 발전지수와 태풍, 홍수 피해, 특히 벼의 감수분열기의 이상저온 등 기상변수등을 감안한 단기 예측모형 개발과 장기적으로 국가의 산업발전계획에 따른 재배면적 감소의 불가피성, 국제 농산물 가격 그리고 외국 농산물의 수입등 까지도 고려한 모형개발에 의하여 미래의 수량을 예측할 수 있을 것이며, 이들 모형개발은 앞으로의 연구과제이다.

참 고 문 헌

1. 강정혁 (1990). 마아코프 연쇄모형을 이용한 식부면적 추이분석. 농촌경제, 제 13권, 제 4 호. 29-40.
2. 박세권, 서보환 (1987). 수도작 생산예측 시스템 개발. 농촌경제, 제 10권 제 4호. 93-107.
3. 서완수 (1982). 주요 작물의 증산가능성 검토. 장기 식량수급에 관한 연구 부록 . 한국 농촌경제연구원, 129-155.
4. 서완수 (1983). 한국의 미곡 수량 증가에 관한 시계열 자료분석. 농촌경제, 제 6권 제 2호.
5. 오치주, 이장호, 이철현, 강정혁, 이재성 (1993). 주요 농산물의 수급 전망 모형 개발. 한국 농촌경제연구원.
6. 장석환 (1983). Prediction of Rice Yield based on the Pre-harvest Plant Characters. 계명대학교 수리과학논집, 제 3집, 61-84.

7. 주용재, 유남식, 김진수 (1985). 대두의 수급 전망 및 대응 방안. 농촌경제, 제 8권, 제 1호. 1-17.
8. Jha, M. P., Jain, R. C. and Singh, D. (1981). Pre-harvest forecasting of sugarcane yield. *Indian Journal of Agricultural Science*. Vol. 51, No. 11, 757-761.
9. Singh, D., Singh, H.P. and Singh, P. (1976). Pre-harvest forecasting of wheat yield. *Indian Journal of Agricultural Science*. Vol. 46, No. 10, 445-450
10. 농림부 국립 농산물 품질관리원 (1999). 1999 주요 작물 지역별 재배 동향.
11. 농림부 국립 농산물 품질관리원 (1999). '99 작물 생산 동향 분석.

Study on the Prediction Models for the Productions of Major Food Crops ³

Suk-Hwan Chang ⁴

Abstract

In order to predict the productions of major crops such as rice, barely, soybean and potato in Kyongsang Puk Do as early as possible, an attempt has been made to develop some prediction model of crop yields, using the data from the Statistical Yearbooks of Agriculture, Forestry and Fisheries from 1966 through 1999. Among the various models considered, $y = \exp(\beta_0 + \beta_1 t + \epsilon)$ was best fit to the planted area of the crops and $y = \exp(\beta_0 + \beta_1 t^{1/2} + \beta_2 t + \sum_{i=1}^p \beta_{i+2} x_i + \epsilon)$ to the yields. The R^2 values for the planted areas were 0.9180 ~ 0.9505, implying good prediction, while that for rice was 0.7234 and those for barley, soybean and potato were 0.8855 ~ 0.9088. Predictions have also been made for the planted areas upto the year 2005 and yield for the year 2000.

Key Words and Phrases: major food crops, prediction model, predicted area, yield of crops.

³This paper was supported by the Bisa Research Fund for 1998, Keimyung University.

⁴Professor, Department of Statistics, Keimyung University, Daegu, 704-701, Korea.