

기상요인에 따른 주요 작물의 농업생산성 변화 요인 분석*

이상호*

*영남대학교 식품경제외식학과
e-mail:ecolee@yu.ac.kr

Analysis of Agricultural Production Factors by Meteorological Factors

Sang-Ho Lee*

*Dept. of Food Economics and Service, Yeungnam University

요 약

본 논문은 기상요인에 따른 주요 작물의 농업생산성 변화 요인을 계량모형을 통해 분석하였다. 분석자료는 쌀, 고추, 양파, 마늘, 사과, 배이며, 기상변수는 연평균 온도, 강수량, 평균풍속, 일조합, 일사합, 평균습도, 1시간최다강수량, 최대순간풍속이다. 분석기간은 1980년~2020년까지 41개년이다. 주요 분석결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 평균온도, 일조합은 쌀 생산에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 평균연강수량, 평균습도, 최대순간풍속은 쌀 생산을 감소시키는 요인으로 나타났다. 둘째, 기술수준, 평균온도는 마늘 생산에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 1시간최다강수량은 마늘 생산을 감소시키는 요인으로 나타났다. 셋째, 평균온도는 배 생산에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 평균연강수량, 최대순간풍속, 일조합은 배 생산을 감소시키는 요인으로 나타났다.

1. 서론

농업은 기후요소의 노출빈도가 클 뿐만 아니라 민감한 영향을 받는다. 특히 이상기상은 농업 생산의 점진적 변화가 아니라 급격한 변동을 유발하며 이는 사회·경제적 영향으로 확대된다.

기후는 작물의 종류, 파종, 수확 등 재배시기, 작물배치, 수확량 및 품질, 가축의 생산성 등을 결정하는 농업의 중요한 요소로, 기후조건에 민감한 농업이 기후변화에 적응하지 못하면 농업의 미래가 불투명하다. 하지만 지구온난화로 인해 기후변동성이 갈수록 커지고 있으며 이에 따른 농업부문의 생산 및 품질의 불안정성도 높아지고 있다.

기후변화가 진행됨에 따라 동시에 작물, 토양조건, 병해충 등 농업생태계를 구성하는 요소들은 생태계의 안정을 위하여 자기조직화가 일어나겠지만, 농업생태계의 특성상 생태계 교란을 극복하기 위해서는 관리

기술이 적극적으로 투입되어야 할 것이다.

이 논문에서는 지역별 기후자료와 생산성 자료를 이용하여 계량모형을 추정하였다. 시계열 패널모형을 이용하여 기후요소가 생산성에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 기후요인 및 생산성 자료

2.1 작물별 생산성

쌀 평균 생산량은 지역별로 큰 차이가 없지만 변동계수는 강원도와 경북, 경남이 높은 것으로 나타났다. 변동계수가 크다는 것은 연도별 쌀 생산성의 변화가 크다는 것을 의미한다.

[표 1] 지역별 쌀 생산성 자료

1) 본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ015297)의 지원에 의해 이루어진 것임.

		경기 도	강원 도	충청 북도	충청 남도	전라 북도	전라 남도	경상 북도	경상 남도
쌀	평균	619.4	607.5	646.3	690.8	694.0	635.1	646.3	616.1
	표준 편차	43.8	81.2	60.1	48.8	41.8	43.0	81.4	64.3
	최소 값	480.0	285.0	366.0	511.0	535.0	496.0	288.0	370.0
	최대 값	683.0	728.0	724.0	757.0	772.0	721.0	756.0	707.0
	변동 계수	7.1	13.4	9.3	7.1	6.0	6.8	12.6	10.4

자료 : 통계청(2021)

고추 평균 생산량은 경북, 충북, 전남의 순이며, 변동계수는 전남, 전북, 충남이 높은 것으로 나타났다. 변동계수가 크다는 것은 연도별 고추 생산성의 변화가 크다는 것을 의미한다.

[표 2] 지역별 양념채소류 생산성 자료

		경기 도	강원 도	충청 북도	충청 남도	전라 북도	전라 남도	경상 북도	경상 남도
고추	평균	180.7	209.0	221.5	200.5	212.9	217.7	231.7	199.2
	표준 편차	42.6	35.7	61.4	58.3	62.4	67.5	55.1	54.9
	최소 값	81.0	120.0	99.0	91.0	67.0	55.0	100.0	88.0
	최대 값	257.0	261.0	325.0	316.0	310.0	327.0	317.0	286.0
	변동 계수	23.5	17.1	27.7	29.0	29.3	31.0	23.8	27.5
양파	평균	4,045.7	4,369.7	4,075.3	4,545.3	4,809.9	5,335.0	6,202.0	5,893.8
	표준 편차	1,742.5	1,146.0	2,384.8	1,150.0	1,484.3	1,273.0	1,117.3	1,460.1
	최소 값	1,374.0	1,294.0	0.0	2,258.0	1,478.0	2,561.0	3,325.0	2,408.0
	최대 값	6,573.0	6,224.0	6,500.0	6,628.0	7,957.0	7,883.0	8,098.0	8,783.0
	변동 계수	43.1	26.2	58.5	25.3	30.9	23.9	18.0	24.8
마늘	평균	729.1	690.8	680.2	944.8	884.5	1,094.9	1,080.6	1,184.0
	표준 편차	141.5	146.2	107.2	261.5	226.5	204.6	301.7	305.1
	최소 값	395.0	404.0	385.0	478.0	441.0	558.0	548.0	420.0
	최대 값	1,087.0	1,049.0	935.0	1,466.0	1,301.0	1,341.0	1,679.0	1,668.0
	변동 계수	19.4	21.2	15.8	27.7	25.6	18.7	27.9	25.8

자료 : 통계청(2021)

사과 평균 생산량은 충남, 경남, 경북의 순이며, 변동계수는 전남, 강원, 경기도가 높은 것으로 나타났다. 변동계수가 크다는 것은 연도별 사과 생산성의 변화가 크다는 것을 의미한다.

[표 3] 지역별 과수 생산성 자료

		경기 도	강원 도	충청 북도	충청 남도	전라 북도	전라 남도	경상 북도	경상 남도
사과	평균	1,015.2	913.5	1,364.0	1,573.8	1,267.7	1,005.7	1,467.9	1,497.5
	표준 편차	352.7	339.9	246.7	354.3	344.5	448.3	186.9	375.0
	최소 값	314.0	320.0	799.0	611.0	525.0	225.0	1,106.0	600.0
	최대 값	1,811.0	1,990.0	1,738.0	2,300.0	1,820.0	1,841.0	1,936.0	2,020.0
	변동 계수	34.7	37.2	18.1	22.5	27.2	44.6	12.7	25.0
배	평균	1,686.7	1,110.2	1,389.9	1,757.9	1,781.7	1,914.3	1,282.0	1,614.9
	표준 편차	517.4	432.6	649.7	747.2	622.4	642.1	565.9	444.1
	최소 값	528.0	483.0	295.0	724.0	664.0	668.0	411.0	540.0
	최대 값	2,672.0	2,875.0	2,497.0	3,264.0	2,910.0	2,977.0	2,283.0	2,346.0
	변동 계수	30.7	39.0	46.7	42.5	34.9	33.5	44.1	27.5
복숭아	평균	988.7	903.4	1,027.8	1,174.1	1,166.0	1,010.7	1,109.5	1,216.2
	표준 편차	363.8	304.9	254.8	288.5	296.1	310.4	270.7	304.6
	최소 값	608.0	418.0	670.0	798.0	724.0	395.0	627.0	739.0
	최대 값	1,715.0	1,398.0	1,530.0	1,605.0	1,623.0	1,493.0	1,520.0	1,624.0
	변동 계수	36.8	33.8	24.8	24.6	25.4	30.7	24.4	25.0
포도	평균	1,296.2	1,102.3	1,266.8	1,259.0	1,212.1	1,158.4	1,266.2	1,409.4
	표준 편차	410.6	328.0	423.7	343.9	406.9	331.4	431.2	311.5
	최소 값	682.0	385.0	592.0	890.0	381.0	395.0	662.0	855.0
	최대 값	1,872.0	1,680.0	1,979.0	1,915.0	1,827.0	1,717.0	1,916.0	1,850.0
	변동 계수	31.7	29.8	33.4	27.3	33.6	28.6	34.1	22.1

자료 : 통계청(2021)

2.2 지역별 기상 자료

지역별 기온은 큰 차이가 없는 것으로 나타났지만, 변동계수는 최저기온의 경우 충북, 강원, 경기도가 높게 나타났다. 변동계수가 크다는 것은 연도별 최저기온의 변화가 크다는 것을 의미한다.

[표 4] 지역별 기온 자료

		경기 도	강원 도	충청 북도	충청 남도	전라 북도	전라 남도	경상 북도	경상 남도
평균 온도	평균	12.0	11.8	11.4	12.0	13.1	13.8	12.7	13.5
	표준 편차	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6
	최소 값	10.3	10.4	10.0	10.6	11.6	12.6	11.4	12.2
	최대 값	13.2	13.3	12.5	13.0	14.1	14.7	13.9	14.4
	변동 계수	5.8	5.9	5.4	4.6	4.7	3.5	4.8	4.2
최저 기온	평균	7.9	7.3	6.1	7.0	8.4	9.6	7.6	8.6
	표준 편차	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	0.5	0.7	0.6
	최소 값	5.9	5.6	4.7	5.6	6.7	8.5	6.3	7.4
	최대 값	9.0	8.6	7.3	8.1	9.8	10.7	8.7	9.8
	변동 계수	9.5	10.5	11.3	8.9	8.6	5.4	8.6	7.2
최고 기온	평균	16.8	17.1	17.5	17.9	18.6	18.7	18.4	19.3
	표준 편차	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6
	최소 값	15.4	15.8	16.0	16.2	16.9	17.4	17.1	17.7
	최대 값	18.1	18.5	18.6	19.1	19.4	19.7	19.6	20.5
	변동 계수	4.2	3.7	3.5	3.4	3.3	2.7	3.4	3.0

자료 : 기상청(2021)

지역별 강수량은 큰 차이가 없는 것으로 나타났지

만, 변동계수는 평균강수량의 경우 경기, 경남, 전남이 높게 나타났다. 변동계수가 크다는 것은 연도별 평균 강수량의 변화가 크다는 것을 의미한다.

[표 5] 지역별 강수량 자료

		경기도	강원도	충청북도	충청남도	전라북도	전라남도	경상북도	경상남도
평균 강수량	평균	1,300.4	1,353.8	1,277.4	1,266.8	1,287.2	1,409.3	1,130.0	1,447.3
	표준편차	309.0	258.2	271.4	267.2	269.5	310.0	245.1	338.5
	최소값	710.8	938.5	801.6	740.1	726.8	833.3	706.9	819.3
	최대값	2,193.6	2,006.0	1,843.2	1,821.3	1,860.1	2,189.6	1,847.9	2,085.9
	변동계수	23.8	19.1	21.2	21.1	20.9	22.0	21.7	23.4
1시간최다강수량	평균	68.6	54.3	59.2	62.9	63.9	73.1	59.0	75.0
	표준편차	17.2	11.0	14.6	16.7	12.5	21.2	14.5	18.6
	최소값	45.0	35.8	40.0	37.0	39.5	42.6	38.1	44.0
	최대값	123.5	87.3	95.0	116.0	87.0	145.0	104.5	119.5
	변동계수	25.1	20.3	24.6	26.6	19.6	29.0	24.5	24.8

자료 : 기상청(2021)

3. 작물의 생산성 변화 요인 분석

기상환경이 국제적으로 특정 작물 단수에 미치는 영향은 Roberts et al.(2012)의 방법을 바탕으로 다음과 같은 관계를 가정하여 8대 작물의 단수를 추정하였다. 작물별 단수 추정은 동태패널모형(dynamic panel model)을 이용하여 추정하였다. 동태패널모형은 종속변수의 과거 값이 설명변수로 사용됨으로써 종속변수의 과거 값이 통제된 상태에서 변수들 사이의 상관관계와 인과관계를 분석할 수 있는 장점이 있다. 특히 작물 단수의 경우 정부의 농업정책의 영향을 받으므로 전기의 값에 영향을 받는 자기상관(autocorrelation) 문제를 내재할 가능성이 있기 때문이다. 또한 지역별 관측되지 않은 영향(unobservable effects)을 제거할 수 있으며, 변수들 간의 공선성(collinearity) 문제도 해결할 수 있는 장점이 있다(Marques and Fuinhas 2011).

기상변수로는 연평균 온도와 강수량, 평균풍속, 일조합, 일사합, 평균습도, 1시간최다강수량, 최대순간풍속을 반영하였다.

$$Y_{irt} = f(Y_{irt-1}, Tech_{irt}, Temp_{rt}, Pre_{rt}, Wind_{rt}, Sun_{rt}, Solar_{rt}, Hum_{rt})$$

단, Y_{irt} : 생산성, $Tech$: 기술수준, $Temp$: 평균온도, Pre : 평균연강수량, $Wind$: 평균풍속,

Sun : 일조합, $Solar$: 일사합, Hum : 평균습도

분석자료는 쌀, 고추, 양파, 마늘, 사과, 배이며, 기상변수는 연평균 온도, 강수량, 평균풍속, 일조합, 일사합, 평균습도, 1시간최다강수량, 최대순간풍속이다. 분석기간은 1980년~2020년까지 41개년이다.

3.1 기후변화가 쌀 생산성에 미치는 영향 분석

분석모형 1은 기상변수가 쌀 생산성에 미치는 영향이고, 분석모형 2는 기상변수와 기상이변(1시간최다강수량, 최대순간풍속)을 반영하여 쌀 생산성에 미치는 영향을 분석한다.

분석모형 1의 경우 쌀 생산성에 영향을 미치는 유의미한 변수는 전년도 쌀생산성, 평균온도, 평균연강수량, 일조합, 평균습도로 분석되었다.

분석모형 2의 경우 쌀 생산성에 영향을 미치는 유의미한 변수는 전년도 쌀생산성, 평균온도, 평균연강수량, 최대순간풍속, 일조합, 평균습도로 분석되었다.

평균온도, 일조합은 쌀 생산에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 평균연강수량, 평균습도, 최대순간풍속은 쌀 생산을 감소시키는 요인으로 나타났다.

[표 7] 기후변화가 쌀 생산성에 미치는 영향 분석

분석모형 1			분석모형 2		
변수	추정계수	t-값	변수	추정계수	t-값
생산성	0.319***	7.23	생산성	0.318***	7.27
기술수준	-0.055	-0.18	기술수준	-0.059	-0.19
평균온도	25.332***	4.77	평균온도	25.019***	4.77
평균연강수량	-0.036***	-4.14	평균연강수량	-0.032***	-3.57
평균풍속	-4.417	-0.33	1시간최다강수량	0.019	0.14
일조합	0.035**	2.34	평균풍속	-2.537	-0.19
일사합	0.002	0.39	최대순간풍속	-1.282***	-3.27
평균습도	-4.477***	-4.94	일조합	0.029*	1.95
상수	384.580**	3.39	일사합	0.002	0.27
	0.651		평균습도	-4.500***	-4.99
			상수	436.915***	3.85
			자기상관계수	0.624	

주 : ***, **, *는 각각 1%, 5%, 10% 유의수준에서 유의성 있음

3.2 기후변화가 채소류 생산성에 미치는 영향 분석

분석모형 1은 기상변수가 마늘 생산성에 미치는 영향이고, 분석모형 2는 기상변수와 기상이변(1시간최

다강수량, 최대순간풍속)을 반영하여 마늘 생산성에 미치는 영향을 분석한다.

분석모형 1의 경우 마늘 생산성에 영향을 미치는 유의미한 변수는 전년도 마늘생산성, 기술수준, 평균온도로 분석되었다.

분석모형 2의 경우 마늘 생산성에 영향을 미치는 유의미한 변수는 전년도 마늘생산성, 기술수준, 평균온도, 1시간최다강수량으로 분석되었다.

기술수준, 평균온도는 마늘 생산에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 1시간최다강수량은 마늘 생산을 감소시키는 요인으로 나타났다.

[표 10] 기후변화가 마늘 생산성에 미치는 영향 분석

분석모형 1			분석모형 2		
변수	추정계수	t-값	변수	추정계수	t-값
생산성	0.560***	14.06	생산성	0.563***	14.11
기술수준	6.030***	5.93	기술수준	5.949***	5.85
평균온도	48.337***	3.57	평균온도	49.604***	3.66
평균연강수량	-0.012	-0.55	평균연강수량	-0.002	-0.07
평균풍속	32.764	0.92	1시간최다강수량	-0.623*	-1.74
일조합	-0.041	-1.04	평균풍속	28.487	0.8
일사합	-0.006	-0.35	최대순간풍속	0.065	0.06
평균습도	1.240	0.53	일조합	-0.038	-0.96
상수	-352.263	-1.18	일사합	-0.004	-0.22
기상관계수	0.275		평균습도	0.723	0.3
			상수	-317.204	-1.05
			자기상관계수	0.277	

주 : ***, **, *는 각각 1%, 5%, 10% 유의수준에서 유의성 있음

3.2 기후변화가 과수류 생산성에 미치는 영향 분석

분석모형 1은 기상변수가 배 생산성에 미치는 영향이고, 분석모형 2는 기상변수와 기상이변(1시간최다강수량, 최대순간풍속)을 반영하여 배 생산성에 미치는 영향을 분석한다.

분석모형 1의 경우 배 생산성에 영향을 미치는 유의미한 변수는 전년도 배생산성, 평균온도, 평균연강수량으로 분석되었다.

분석모형 2의 경우 배 생산성에 영향을 미치는 유의미한 변수는 전년도 배생산성, 평균온도, 평균연강수량, 최대순간풍속, 일조합으로 분석되었다. 평균온도는 배 생산에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 평균연강수량, 최대순간풍속, 일조합은 배 생

산을 감소시키는 요인으로 나타났다.

[표 12] 기후변화가 배 생산성에 미치는 영향 분석

분석모형 1			분석모형 2		
변수	추정계수	t-값	변수	추정계수	t-값
생산성	0.651***	14.58	생산성	0.620***	14.05
기술수준	2.400	0.75	기술수준	2.843	0.91
평균온도	90.645*	1.82	평균온도	90.087***	1.85
평균연강수량	-0.431***	-4.99	평균연강수량	-0.400***	-4.51
평균풍속	-31.799	-0.21	1시간최다강수량	1.240	0.93
일조합	-0.219	-1.49	평균풍속	98.894	0.67
일사합	0.035	0.61	최대순간풍속	-16.895**	-4.34
평균습도	-10.469	-1.17	일조합	-0.299**	-2.07
상수	1034.767	0.94	일사합	0.023	0.41
자기상관계수	0.086		평균습도	-7.085	-0.8
			상수	1213.662	1.13
			자기상관계수	0.051	

주 : ***, **, *는 각각 1%, 5%, 10% 유의수준에서 유의성 있음

참고문헌

- [1] 김명현 · 이상호 · 김병무 · 이기웅 · 송경환 · 이지혜 · 박근아, 「기후변화 취약성 평가를 위한 적응능력 지표 개발」, 농촌진흥청, 2014.
- [2] 김성섭 · 서상택, "혼합전략하의 내쉬균형을 이용한 농작물재해보험의 최적 검증조사전략 연구", 「농업경영 · 정책연구」, 41(1): 152-171, 한국축산경영학회 · 농업정책학회, 2014.
- [3] 김성재 · 김성민 · 김상민, "기후변화에 따른 농업생산기반 취약성 평가지표 개발방법 연구", 「농업생명과학연구」, 47(1): 205-213, 경상대학교 농업생명과학연구원, 2013.
- [4] 박재화 · 김충실, "농작물재해보험 국가재보험제의 시뮬레이션 모형연구", 「농업경영 · 정책연구」, 33(2): 405-423, 한국축산경영학회 · 농업정책학회, 2006.
- [5] 이버들 · 김봉태 · 조용성, "국내 수산 부문의 지역별 기후변화 취약성 평가 연구", 「수산경영론집」, 42(1): 57-70, 한국수산경영학회, 2011.
- [6] 이주관 · 정진화, "한국 농작물재해보험 시장에서의 역선택과 도덕적 해이", 「농업경제연구」, 55(1): 29-47, 한국농업경제학회, 2014.
- [7] 정원호, "농작물재해보험의 위험분산체계 개선방안", 「농업경영 · 정책연구」, 40(2): 223-247, 한국축산경영학회 · 농업정책학회, 2013.