

시설 토마토 주산지 형성 원인 구명

이성빈*, 정재원*

*농촌진흥청 농산업경영과

e-mail:jwjeong1015@korea.kr

The Cause Investigation of Greenhouse Tomato's Main Producing Area Formation

Seong-Bean Lee*, Jaewon Jeong*

*Farm & Agribusiness Management Division, Rural Development Administration

요약

본 연구는 우리나라 주요 과채인 시설 토마토의 주산지 형성 원인을 구명하는 데 목적을 둔다. 이를 위해 농업총조사 3개 연도의 시군구 단위 수확면적 값을 종속변수로하여 통합최소자승법으로 수확면적에 영향을 미치는 설명변수들의 계수를 추정했다. 그 결과, 시설재배의 특성상 기상변수와 수확면적 사이에는 통계적으로 유의한 관계가 없는 것으로 나타났다. 오히려 시간이 지남에 따라 전체 시군구의 평균적인 시설 토마토 수확면적은 감소하는 경향, 작형에 따라 겨울작형인 남부지역일 경우 수확면적이 증가하는 경향, 시군구 단위의 고유 특성이 수확면적과 밀접한 관계가 있음을 확인했다. 지역적인 고유 특성에는 정책적 요인과 유통망 등 계량적으로 분석하기 어려운 정성적인 내용이 다수 포함되어 있을 것으로 판단된다.

1. 서론

본 고에서는 우리나라 토마토 생산의 추이와 기후 등 환경적 지리적 특성에 따른 토마토 산지 변화 등을 종합적으로 살펴보고, 분석결과를 토대로 시사점을 도출하고자 한다. 농산물의 산지 변화나 집적지의 변화와 같은 주제로 선행연구들이 수행된 바 있다[1][2][3][4][5]. 그러나 선행연구들은 노지 재배를 대상으로 산지나 집적지의 변화를 관찰했다. 시설채소도 주산지가 형성되어 있지만, 형성 원인을 찾기 위한 노력이 부재했음을 확인하였고, 이에 본 연구가 연구대상의 선정에서부터 차별성을 갖는다는 사실을 확인하였다.

2. 본론

2.1 자료 및 연구방법과 연구모형

시군구 단위의 시설 토마토 재배면적의 경우 통계청 농업총조사자료 2005년, 2010년, 2015년 3개 연도의 자료를 활용한다. 기상 자료는 기상청의 지상중관기상관측자료를 활용하고 시군구 정보는 2017년 기준 행정구역상의 시군구로 총 250개이며, 모든 곳에 기상관측지점이 존재하지 않아 인접한 관

측지점의 기상자료값을 기준으로 보간한 값을 활용한다. 연구결과 투영을 위한 시군구 단위의 shp 파일은 GIS Developer의 2017년 시군구 행정구역 shp 파일을 활용한다.

먼저 시계열적 특성을 갖는 자료의 특성상 시간에 대한 의존성으로 인해 변수 간 관계가 왜곡되는 단위근(unit-root) 문제를 가질 수 있다[6][7]. 이를 시계열 자료의 불안정성 문제라 하는데, 본 연구의 독립변수로 활용될 기상변수 역시 가능성이 있다. 불안정한 자료를 분석에 사용하면 허구적 회귀(spurious regression)가 발생해서 이를 해결하기 위해 패널 단위근 검정(panel unitroot test)을 실시한다. 본 연구는 Harris-Tzavalis(HT)을 통해 검정한다. 농업총조사 자료를 활용하였기 때문에 종단면 수치는 3개 연도(2005년, 2010년, 2015년)이지만 시군구 단위의 횡단면 수치는 250개로 횡단면 수치가 종단면 수치에 비해 크다. 따라서 횡단면 데이터가 무한히 발산하고 고정적인 시계열을 가지는 경우라 볼 수 있고, 이때 단위근 검정은 HT test를 실시하는 것이 적합하다.

HT test 결과에 따라 자료가 단위근을 포함하고 있다는 귀무가설(H0)을 채택하면 해당 변수는 불안정한 변수로써 1차 차분 등을 통해 안정적인 변수로 바꾸어 분석에 활용해야 한다. 귀무가설을 기각하고 자료가 안정적이라는 대립가설(H1)을 채택하는 경우 추가적인 처리 없이 변수를 그대로 분석에

활용할 수 있다[8].

패널 분석에서는 임의효과모형(random effect model)과 고정효과모형(fixed effect model)이 주로 활용된다. 그러나 경우에 따라 단순한 최소자승법(ordinary least squares method)을 사용하기도 하는데, 이를 통합최소자승법(pooled ordinary least squares)라 하며, 일반적으로 LM test를 통해 통합최소자승법의 활용 여부를 판단한다. 다음 수식과 같은 기본적인 선형패널회귀모형을 가정해보자.

$$Y_{i,t} = \beta X_{i,t} + u_i + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

여기서 u_i 는 개체 i 들의 관찰되지 않는 특수성을 나타낸다. 이때, u_i 가 독립변수인 $X_{i,t}$ 와 관련이 없는 내재적 특성이라면 임의효과모형(random effect model)을 활용하는 것이 효율적이고, 관련이 있다면 고정효과모형(fixed effect model)을 활용하는 것이 효율적이다. 다만 LM test는 u_i 가 0의 값을 갖는지 검정하는 것으로써, u_i 가 0이라는 귀무가설을 세우고 가설의 기각 여부에 따라 기각하지 못할 경우는 통합최소자승법(pooled ordinary least squares)를 통해서도 효율적인 추정량을 얻을 수 있음을 확인하는 것이다[9].

검정 결과를 미리 기술하자면 본 연구에서 추정코자 하는 연구모형의 LM test 결과 u_i 가 0이라는 귀무가설을 기각하지 못하였다.

연구 모형에 포함된 변수와 변수의 설명, 기초통계량을 정리하면 [표 1]과 같다.

[표 1] 변수의 정의와 기초통계량

Variable	Definition	Mean(Std.dev.)
Area(independent)	Greenhouse tomato cultivation area	17.814(41.009)
Wether	Mintemp Yearly average minimum temperature for the previous year	8.628(1.895)
	Mintemp² Squares of Mintemp	78.024(32.462)
	Maxtemp Yearly average maximum temperature for the previous year	18.589(1.213)
	Maxtemp² Squares of Maxtemp	347.015(44.278)
	Maxwind Yearly maximum wind speed for the previous year	4.953(1.010)
	Sun Yearly total sunshine hours for the previous year	2,235.004(167.665)
D.pattern	Upper (base) if i is Upper region, then=1, otherwise=0	0.380(0.486)
	Middle if i is middle region, then=1, otherwise=0	0.332(0.471)
	Lower if i is lower region, then=1, otherwise=0	0.288(0.453)
D.year	D.2005 (base) if $t=2005$, then=1 otherwise=0	0.333(0.472)
	D.2010 if $t=2010$, then=1 otherwise=0	0.333(0.472)
	D.2015 if $t=2015$, then=1 otherwise=0	0.333(0.472)
D.sigungu	Dummy for each i , Seoul jongno-gu is base	0.004(0.063)

Note : obs=750

보통 전기의 기상 여건 등을 토대로 다음 작기에 대한 의사 결정을 수행하기에 기상변수는 t-1기에 해당하는 2004년,

2009년, 2014년의 자료를 토대로 분석에 포함했다.

또한 본 연구에서는 연평균최저기온·최고기온을 활용하고, 연평균기온은 분석에서 제외했다. 그 이유는 연평균기온은 연평균최저기온·최고기온과 다중공선성의 문제가 발생하고, 농업에 있어 시기별 최저기온(밤)과 최고기온(낮)이 갖는 의미에 비해 갖는 의미가 작기 때문이다. 따라서 기온변수의 경우 제공항을 분석에 포함하였다. 강수량 변수는 강수량 자체에 의한 영향보다는 일조 조건의 불리에 영향을 받으므로 강수량 변수보다는 연누계일조시간 변수를 모형에 포함하는 것이 더욱 타당하다고 판단하였다. 그 외 연중 순간최대풍속 변수를 분석에 포함하였다.

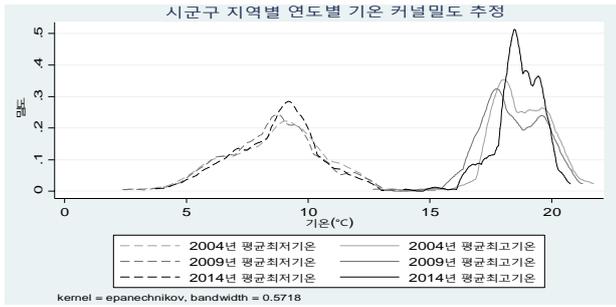
작형 더미 변수(D.pattern)는 우리나라 시설 토마토의 지역별 주요 작형에 따른 차이를 모형에 반영하기 위해 추가한 변수다. 북부지역(수도권, 강원)의 작형은 여름작형으로 이른 봄에 정식하여 여름에 수확을 시작하는 것이 일반적이다. 중부지역(대전, 세종, 충청도와 경북 일대)은 북부지역보다 조금 일찍 정식에 들어가 수확을 빨리 마치게 된다. 남부지역은 겨울작형으로 여름에 정식을 하고 그해 겨울부터 수확을 시작해 이듬해 초여름까지도 수확을 계속한다. 이러한 작형의 차이를 모형에서 고려함에 따라 모형의 추정 결과가 더 현실을 잘 설명할 수 있게 된다. 그 밖에도 연도별 특성과 시군구 단위의 지역별 특성을 고려하기 위한 연도 더미 변수와 시군구 더미 변수를 분석에 포함했으며, 연도 더미 변수의 경우 2005년을 기준으로 나머지 2개 연도를 비교하고, 시군구 더미 변수의 경우 서울특별시 종로구를 기준으로 나머지 249개 시군구의 차이를 살펴보고자 한다.

2.2 분석결과

2004, 2009, 2014, 3개 연도의 연평균최저기온과 연평균최고기온의 추이를 Fig 1을 통해 살펴보았다. 먼저, 연평균최저기온의 경우 해가 지남에 따라 큰 변화가 발생하지 않았다. 2004년대비 2014년에 약 9℃ 부근에 많은 시군구가 몰려있음을 알 수 있다.

연평균최고기온은 연평균최저기온보다 많은 변화가 었다. 약 17~18℃ 부근의 밀도가 높아짐을 알 수 있는데, 이는 연평균최고기온이 과거에는 시군구별로 편차가 컸지만 시간이 지남에 따라 그 차이가 줄어들었음을 의미한다.

실제로 기상 변수들의 연도별 평균값과 표준편차를 정리하면 [표 2]와 같다. 연평균최저·최고기온의 지역별 평균값은 2004년 대비 2014년에 큰 변화가 있었다고 보기 힘들다. 다만 주목할만한 사실은 앞서 기술한 바와 같이 연평균최고기온에 있어 표준편차가 2004년 1.243에서 2014년 0.998로 크게 줄어든 것이다.



[그림 1] 시군구 지역별 연도별 기온 커널밀도 추정

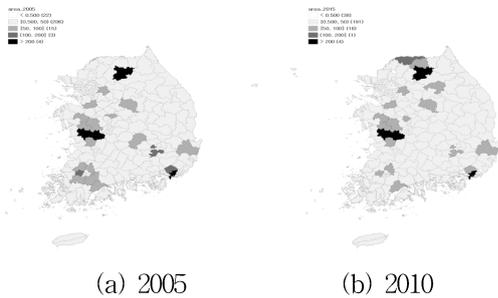
[표 2] 연도별 기온의 평균과 표준편차

Year	Mintemp mean (Std. Dev.)	Maxtemp mean (Std. Dev.)
2004	8.648 (1.974)	18.766 (1.243)
2009	8.532 (1.937)	18.368 (1.343)
2014	8.703 (1.771)	18.632 (0.998)

[표 3]에서 시군구별 시설 토마토 수확면적은 해가 거듭될 수록 감소하는 것을 확인할 수 있다. 2005년 시군구 평균 18.908ha였던 재배면적은 2015년에 17.188ha로 1.72ha 감소했다.

[표 3] 연도별 시군구별 시설토마토 수확면적 통계(ha)

Year	Mean	Std. Dev.	Min	Max
2005	18.908	40.854	0	322
2010	17.346	43.723	0	365
2015	17.188	38.420	0	338



(a) 2005

(b) 2010

[그림 2] 시군구 단위 시설 토마토 수확면적분포

[그림 2]는 시군구 단위의 시설 토마토 수확면적 분포를 시각화한 그림이다. 2005년의 상황을 나타내는 (a)에서 전통적인 시설 토마토 주산지인 부산 강서구와 경남 김해시, 충남 논산시와 부여군, 강원도 춘천시의 색상이 진하게 나타나 수확면적이 넓은 것을 확인할 수 있다. (b)는 2015년의 상황으로 (a)에서 미미하게 있던 전남 지역의 수확면적이 대폭 감소한 것을 확인할 수 있고, 경남 김해시의 수확면적 역시 줄어들었으며, 강원도 춘천시의 연장선상에서 화천군과 철원군의 수확면적이 증가한 것을 확인할 수 있다. 과거 전통적으로 시설 토마토 주산지라 여겨졌던 지역의 수확면적은 큰 변화가 없었지만, 중·남부지역의 소규모 수확면적이 있던 시군구에서는 그 면적이 감소하였고, 강원지역을 중심으로 새로운 산지가 형성되어가는 과정을 확인한 것이다.

[표 4]에서 통합최소자승법을 활용한 추정 결과를 보면 모든 전년도 기상변수는 당해연도 수확면적과 통계적으로 유의미한 관계에 있지 않다. 달리 말하면 농업경영체는 기상여건과 관계없이 시설 토마토 수확면적을 결정하고 있음을 의미한다.

실제로 온실의 경우 외부환경을 차단하고 내부환경 제어로 작물 생육의 최적 조건을 조성하고 있음을 볼 수 있다. 야간에는 레일 난방 등으로 내부온도를 높이고 있고, 주간에는 천창과 측창, 수막을 활용하는 등으로 내부온도를 낮추는 노력을 하고 있다. 풍속의 경우 태풍의 영향으로 최대풍속이 빨라지면 온실의 파손 등 피해가 예상되고, 이에 따른 보수작업이 필요하겠으나 수확면적을 결정하는 데에 영향을 미치는 중요 변수는 아닌 것으로 나타났다. 일조시간 역시도 최근 보광등과 같이 부족한 일조시간을 일정부분 상쇄할 수 있는 영농기술이 보급되고 있어 수량에 부정적인 영향이 있을 수는 있지만 수확면적 자체를 줄이는 의사결정으로 이어지지 않는 것으로 나타났다.

[표 4] 통합최소자승모형 추정 결과

Variable	Coef.	Std. Err.	p-value	
Wether	Mintemp	2.834	4.458	0.525
	Mintemp ²	-0.192	0.249	0.442
	Maxtemp	-6.152	9.324	0.510
	Maxtemp ²	0.205	0.256	0.424
	Maxwind	-0.701	0.814	0.389
	Sun	0.002	0.003	0.380
D.pattern	Middle	4.814	7.371	0.514
	Lower	31.161***	11.238	0.006
	D.year	D.2010	-0.831	0.874
	D.2015	-1.726**	0.821	0.036
Intercept	34.391	75.926	0.651	

Note : 1) * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

2) Results of D.sigungu are left out

3) Adj $R^2 = 0.959$

작형의 경우 북부의 여름작형에 비해 중부의 작형은 수확면적에서 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났지만, 남부의 겨울작형은 수확면적에서 통계적으로 유의한 양(+)의 값을 갖는 것으로 나타났다.

연도의 경우 기준 연도인 2005년에 비해 2010년은 통계적으로 유의한 수준에서 시군구별 평균적인 수확면적이 줄어들지 않은 반면, 2015년은 유의한 수준에서 줄어든 것을 확인할 수 있다.

시군구 더미 변수의 경우 기준 시군구인 서울특별시 종로구를 제외한 249개 시군구 더미의 추정결과를 모두 나열하는데 한계가 있어 [표 6]에서 생략하였다.

다른 모든 조건이 동일하다는 가정(ceteris paribus)하에 계수 값이 300이상인 지역은 부산 강서구와 강원 춘천시로 나타났다. 계수 값이 200이상, 300미만 지역은 논산시와 부여군으로 나타났다. 계수 값이 0이상, 200미만인 지역은 대구광역시 달성군을 포함해 총 43개 시군구로 나타났다.

3. 결론

연구 결과, 시설 토마토 주산지 형성하는 데 기상변수는 현재까지 밀접한 관계가 없다는 것을 확인하였다. 지역적인 차이가 줄어들었다는 경향성을 제외하면 기온은 2004년에 비해 2014년 연평균최저·최고기온이 크게 변화했다고 말할 수 없음을 확인하였다. 이는 외부환경의 변화 미미, 시설의 냉난방기술 발전, 보광 기술 발전 등으로 그 영향의 일부를 상쇄시켜가고 있다는 것을 의미한다.

작형 변수를 통해 주산지 형성의 원인을 설명하면 전통적으로 토마토를 많이 생산해오던 겨울작형의 남부지역일수록 여름작형인 북부지역보다 수확면적이 넓다. 2000년대부터 강원지역을 중심으로 토마토 재배가 확대되긴 했지만, 다른 조건들이 일정하다면 오래전부터 주산지를 형성하고 있는 겨울작형의 남부지역의 시군구일수록 토마토 수확면적은 넓을 것이라 기대할 수 있다.

한편, 2005년 대비 2010년, 2015년의 수확면적은 점점 감소하는 경향을 나타냈다. 2005년을 기준변수로 2010년, 2015년 더미 변수의 계수값이 모두 음(-)의 값을 나타냈다. 특히 2015년에는 통계적으로 유의한 수준에서 음(-)의 값을 나타내 수확면적은 점차 감소하는 추세임을 알 수 있다. 이는 시설 토마토 공급이 포화상태에 이르러 시장가격이 정체됨에 따라 시장을 이탈할 여건이 생겼고, 시설 내에서 재배할 수 있는 다른 작물의 종류가 다양해지면서 수확면적이 감소하는 추세가 보다 뚜렷하게 나타나는 것이라 해석할 수 있다.

끝으로 본 연구에서는 분석에 포함된 250개 시군구를 모두 더미 변수로 처리하여 시군구별 특성에 따른 시설 토마토 수확면적의 차이를 구명하고자 하였다. 서울특별시 종로구를 기준 지역으로 할 때, 계수값이 300이상인 지역은 부산 강서구와 춘천시, 200이상 300미만인 지역은 논산시와 부여군으로 나타났다. 이들 지역은 시군구 단위의 지역적 특수성에 의해 시설 토마토의 수확면적이 기준이 되는 서울특별시 종로구에 비해 월등히 높다는 것을 의미하며, 양(+)의 유의한 계수값을 갖는 다른 시군구의 계수값보다 상대적으로 큰 계수값을 가지며 주산지로서 자리매김하고 있음을 알 수 있다. 시군구 단위의 지역적 특수성에는 본 연구의 분석모형에 포함하지 못한 지역별 정책 요인, 유통 여건 등이 해당 지역의 시설 토마토 수확면적을 넓히는 데 영향을 미쳤을 것이라 예상할 수 있다. 특히 정책요인의 경우 대규모의 투자설비가 필요한 시설 토마토의 특성상 시설 투자에 대한 장기융자나 보조금 지급 등 정책지원의 지역별 노력 여하에 따라 시설 토마토 수확면적은 크게 좌우될 수 있다.

사사

본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(과제번호 : PJ01492102)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

- [1] J. H. Hwang, H. J. Kim, S. W. Lee, "Specialization strategy for regional agriculture based on the relationship between development on specialized crops and impact of climate change -focused on orchard crops-", Journal Of The Korean Society Of Rural Planning, Vol.23, No.1, pp135-146, 2017.
- [2] H. J. Kim, S. W. Lee, "Spatial shift of specialized crops with the application of multi-level model and spatial clustering method", Journal of the Korean Regional Science Association, Vol.29, No.4, pp61-81, 2013.
- [3] S. J. Bae, D. S. Kim, S. J. Kim, Y. G. Yun, "Spatial characteristic analysis for the main production areas of vegetables based on landscape indices", Journal Of The Korean Society Of Rural Planning, Vol.23, No.1, pp135-146, 2017.
- [4] S. O. Kim, U. Chung, S. H. Kim, I. M. Choi, J. I. Yun, "The suitable region and site for 'fuji' apple under the projected climate in south korea", Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology, Vol.11, No.4, pp162-173, 2009.
- [5] Y. S. Kim, K. M. Shim, M. P. Jung, I. T. Choi, "A trend analysis of meteorological elements in the main producing area of vegetables", Journal of Climate Change Research, Vol.6, No.4, pp283-290, 2015.
- [6] D. A. Dickey, W. A. Fuller, "Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root", Journal of the American Statistical Association, Vol.74, pp427-431, 1979.
- [7] C. R. Nelson, C. I. Plosser, "Trends and random walks in macroeconomic time series: some evidence and implications", Journal of monetary economics, Vol.10, pp139-162, 1982.
- [8] R. D. Harris, E. Tzavalis, "Inference for unit roots in dynamic panels where the time dimension is fixed", Journal of Econometrics, Vol.91, pp201-226, 1999.
- [9] T. S. Breusch, A. R. Pagan, "The lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics", Review of Economic Studies, Vol.47, pp239-253, 1980.