

인삼 생산량과 기상요인과의 관련성 분석

지경진* · 이윤숙** · 이종인**

*강원대학교 농업자원경제학과 박사과정 · **강원대학교 농업자원경제학과 교수

Analyzing Relationship between Ginseng Production and Meteorological Factors

Ji, Kyung Jin* · Lee, Yoonsuk** · Lee, Jong In**

*Ph.D. Student, Department of Agricultural and Resource Economics, Kangwon National University

**Professor, Department of Agricultural and Resource Economics, Kangwon National University

ABSTRACT : This study focuses on the relationship between ginseng production per area and meteorological factors. Four areas of major ginseng production are considered in the study. Chungcheongnam-do and Gyengsangbuk-do are selected as the original major production places and Gyeonggi-do and Kangwon-do are selected as the new major places. The meteorological factors applied for study are the average temperature, accumulated precipitation, and integrated sunshine hours. With the data collected across four areas, we used a panel data analysis. From the results of Hausman test, the fixed effects model allowing to control individual area effect is preferable to the random effects model. Based on the results of the fixed effects model, the accumulated precipitation statistically and significantly affect the decreases in ginseng production. Changes in the average temperature negatively affect ginseng production, but the value is not statistically significant. The integrated sunshine positively affect ginseng production, but the value is not statistically significant.

Key words : Meteorological Factors, Ginseng, Panel Data, Fixed Effects Model

1. 서론

기후변화에 따른 문제는 전 영역에 걸쳐 다양한 직·간접적 영향이 관찰되고 있다. 이상고온과 강한 한파, 대규모 홍수 등의 기후변화가 세계 곳곳에서 빈번히 발생함에 따라 기상재난에 대한 대책 요구가 높아지고 있다. 제3차 국가 기후변화 적응대책(관계부처합동, 2020)에 의하면 지구 연평균 기온은 2012년 기준하여 산업화 이전보다 0.85℃ 상승하였고, 우리나라의 경우는 이보다 훨씬 빠르게 변하여 지난 106년간(1912~2017년) 연평균 약 1.8℃ 상승한 것으로 나타났다. 또한, 2020년 여름 최장 장마 기간을 기록하였고, 2018년 1월 말~2월 초 기준 1973년 이래 두 번째로 낮은 평균기온을 기록하는

등 국내 이상기후 빈도도 증가해 그로 인한 인명피해 및 경제적 손실도 상당했던 것으로 나타났다. 이 같은 기후변화가 지속된다면, 21세기 말 우리나라 온도는 전 지구의 온도 상승비율보다 빠르게 변화될 것이며 아열대 기후도 남해안에서 동해안, 그리고 내륙으로 점차 확장될 것으로 전망된다.

농업은 토양, 기후 등의 자연환경에 의해 그 성과가 크게 좌우되는 산업이다. 농작물은 생육 단계별로 그에 적합한 기후 조건이 충족되어야만 정상적으로 성장할 수 있기 때문에 기후변화는 농작물의 생육시기와 생육특성 등의 변화를 일으키는 중요한 요인이다(이승호 등, 2008). 한국 기후변화 평가보고서 2020(환경부, 2020)에 따르면, 기후변화는 작물 적응지역의 변화, 잡초와 병해충 등의 발생종 및 발생량의 변화, 토양 비옥도의 변화, 한발 정도의 변화 등 농업 생산에 직·간접적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 기후변화가 농업에 미치는 영

Corresponding author : Lee, Yoonsuk

Tel : +82-033-250-8669

E-mail : yoonsuklee@kangwon.ac.kr

II. 선행연구 고찰

향은 지역과 작물의 특성에 따라 매우 다양하게 나타나기 때문에 그 영향 정도를 일괄 파악하는 것은 어려울 수 있다. 기온 변화가 농작물에 미치는 영향만 보더라도 작물에 따라 생산성 증대 또는 저하 여부가 상이하다(이변우, 2012).

통계청이 2018년 발표한 기후변화에 따른 주요 농작물 주산지 이동현황자료에 의하면, 기온 상승으로 인해 국내 주요 농작물의 주산지가 남부 지역에서 점차 충북, 강원 등지로 북상하고 있다. 과거 대구를 중심으로 경북 영천 등지가 주산지였던 사과는 강원 정선, 영월, 양구 지역으로 북상하고 있는데, 21세기 말에는 강원 일부 지역에서만 재배될 가능성이 큰 것으로 전망되고 있다. 복숭아의 경우는 경기, 충남 지역에서 충북, 강원 지역으로 재배면적이 증가하고 있고, 포도 역시 경남에서 강원 영월, 삼척, 양구 등으로 재배지가 북상하고 있다. 아울러 1970년대 제주 지역에서 집중적으로 재배되었던 감귤도 2000년대부터는 경기, 충남 일부 지역에서 재배하고 있으며 기온 상승에 따라 강원도 해안 지역까지 재배지가 확대될 것으로 예측되고 있다. 최근 기후변화에 대한 과수 작물 재배지역의 변화는 눈에 띄게 나타나고 있어 이에 대응하는 연구는 다양하게 이루어지고 있다. 그러나 인삼과 같은 약용작물 또한 기후변화에 따라 재배지가 변화할 것으로 예측되고 있지만, 이에 대응하는 연구는 미흡한 실정이다. 인삼은 전통적으로 금산, 음성, 괴산 등의 충청 지역에서 집중적으로 재배되었지만, 현재 재배지역의 북상함에 따라 강원 지역과 일부 내륙 산간지역이 인삼 생산지로 주목받고 있다.

기후변화가 농업 전 분야에 미치는 영향은 적지 않으므로 우리나라 농업의 경쟁력 강화를 위해서는 과수 작물 이외에도 인삼과 같이 세계적으로 소비가 늘고 있는 작물에 대한 대응책 마련이 필요하다. 특히 인삼은 경제적인 측면에서 타 작물 대비 차별화 요인이 크고 재배면적당 부가가치가 높은 국가 전략적 농산물로, 우리나라는 풍부한 재배 경험과 기술을 보유함으로써 인삼 재배에 유리한 조건을 갖추고 있다(임병욱, 2005). 국내 인삼 산업이 여러 측면에서 위기에 처한 지금 인삼 중주국으로서의 우리나라 위상을 제고하기 위해서는 인삼산업에 영향을 미치는 대내외적인 변화뿐 아니라 생산기반의 영향을 주는 내·외생변수에 주목할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 국내 대표적 인삼 재배지역을 중심으로 기상 조건의 변화가 생산에 미치는 영향을 분석함으로써 인삼 산업이 지속가능하고 성장가능한 산업으로 도약하는데 이바지하고자 한다.

원기 회복, 면역력 강화 등에 효과가 있는 것으로 알려진 인삼은 예부터 약재로 사용된 이래 건강에 대해 관심이 높아진 최근까지 국내외적으로 꾸준히 수요가 높은 편이다. 그러나 전통적으로 인삼을 재배해 온 우리나라는 경영비 상승, 노동력 부족, 적지 확보 어려움 등으로 최근 들어 재배면적이 점차 줄어들고, 긴 생육기간에 따른 자연재해, 병충해 발생 등으로 생산 확대 유인이 점차 감소하고 있는 상황이다(성명환, 2019). 농림축산식품부(2020)의 2019년 인삼 통계자료집에 따르면, 2019년 기준 우리나라 인삼 생산량은 19,582톤으로 전년대비 18.8%(2009년 대비 40.2%) 감소한 것으로 나타났고, 재배면적은 동기간 14,770ha로 전년대비 4.6%(2009년 대비 33.5%) 감소한 것으로 나타났다. 이러한 경영환경 변화에도, 여전히 인삼은 우리나라의 대표적 고소득 작물로 인삼 자체뿐만 아니라 가공제품으로써도 상품적 가치가 높은 농산물이다. 따라서 우리나라 인삼의 경쟁력을 강화하기 위해서는, 빠르게 변화하고 있는 자연환경과 경작조건을 극복함으로써 국내 인삼의 새로운 재배 적지를 확보하는 것이 매우 시급한 문제일 수밖에 없다. 특히 기후변화와 이에 따른 지역별 인삼 생산량의 변화 관계를 분석해보는 것은 필요한 과정이다.

기후변화가 농작물에 미치는 영향을 분석한 연구는 주로 과수 작물에 집중되어 있다. 과수 작물은 다른 농작물에 비해 기후요인에 민감하여 개화기와 수확기 등에 닥친 한파 및 폭염, 폭우 등과 같은 이상기후는 과수의 생산량과 품질에 직접적인 영향을 미친다. 또한, 평균기온 상승 등과 같은 기후변화는 재배지 이동에 빠른 변화를 가져와 이에 대응하는 연구도 다양하게 진행되어 왔다. 정재원 등(2018)은 확률적 프런티어 분석 모형을 이용하여 기상특보 발효횟수가 과수의 생산효율성에 미치는 영향을 분석하였고, 김용석 등(2020)은 포도의 생육과 밀접하게 관련된 기온, 강수량 등의 기후인자와 토양인자를 선정해 포도 작물의 재배적지 분석 연구를 수행하였다. 김미리와 김승규(2014)는 우리나라 사과 주산지 15개 지역의 사과 단수와 월별 기상요인을 패널데이터화하여 두 변수 간의 관계 및 영향력을 분석하였으며, 최돈우 등(2018) 또한 패널 연립방정식모형을 사용하여 기상요인, 유통가격, 농가특성 등이 사과 품종별 재배면적에 미치는 영향을 분석하였다.

인삼과 기후요인 간의 영향관계를 분석한 선행연구는 크게 기후변화가 인삼 시장 및 농가소득에 미치는 연구, 기후변화가 재배지 및 재배방식의 변화에 관한 연구 및

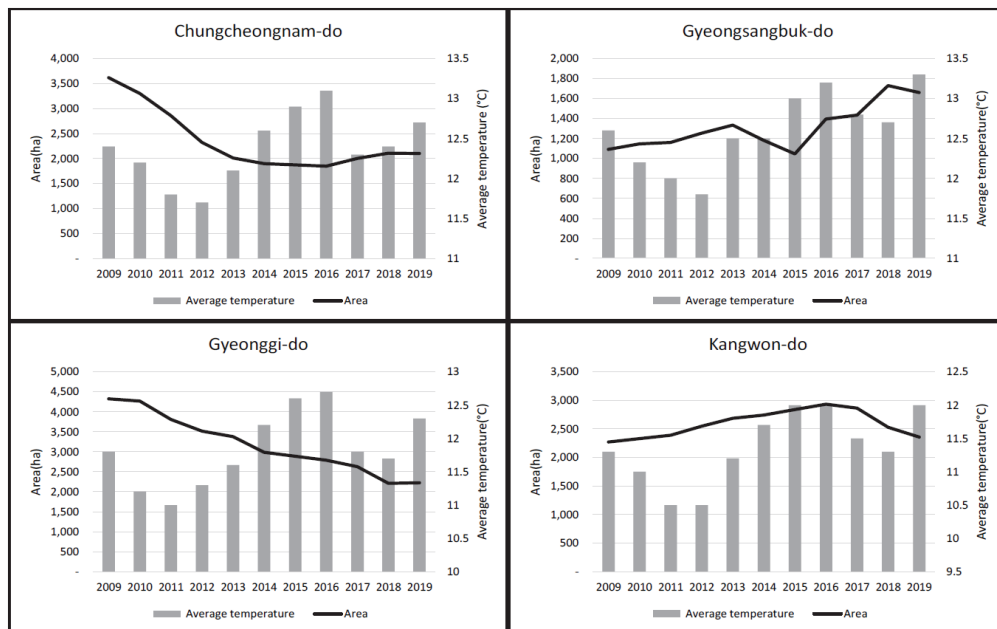
생육조건 혹은 내·외적환경요소가 인삼의 생산에 미치는 영향을 분석한 논문으로 나누어 볼 수 있다. 김용준 등(2015)은 기상요인 변화에 따른 탄저병 발생이 인삼 시장에 미치는 효과를 연구하였고, 임진수 등(2017)은 국내 유기재배 인삼 농가 중 4년근 이상을 수확한 농가들의 수익 및 비용구조와 경영성과 수익성을 비교 분석하였다. 현근수 등(2009)은 토양환경, 인삼수량, 기후 등을 고려하여 인삼 재배 적지 기준을 설정한 후 전 국토를 기준으로 인삼 재배 적지 분포도를 작성하였으며, 윤성환과 장동현(2020)은 이항 로짓모형을 사용하여 인삼 재배방식(이식재배, 직파재배) 선택에 영향을 주는 요인들을 분석하였다. 진현오 등(2009)은 경기 안성 지역의 우량 및 불량 인삼 재배지의 토양 및 잎을 분석하여 인삼의 생육에 적합한 영양환경을 연구하였으며, 이경아 등(2012)는 2년생 인삼을 수경재배할 시 재배환경과 생육시기에 따른 생육특성을 변화를 분석하였다. 본 연구에서는 기후변수의 통계를 바탕으로 인삼 생육에 영향을 분석한 연구를 바탕으로 기후변수를 선정하였다. 김장욱 등(2014)이 변화된 기후에 적합한 신품종 개발의 기초자료로 활용하기 위해 기후변화시나리오에 근거하여 온도 처리별로 인삼의 생육특성을 분석하였고, 김장욱 등(2015)은 집중 강우와 같은 습해에 따른 인삼 품종별 생육특성의 차이를 비교 분석하였으며, 박철수 등(2008)은 생육단계별로 고랑관수에 의한 토양수분 정도가 출아 및 전엽율에 미치는 영향을 분석하였고, 천성기 등(2004)은

생육시기별 광량조절에 따른 인삼의 품질 및 수량 변화를 분석하였다. 이 논문들은 인삼 생육에 기온, 광량(빛의 양) 및 수분 공급이 미치는 영향을 강조하고 있다. 대다수의 인삼 관련 선행연구들은 재배조건이나 재배방식 등을 통제할 수 있는 실험데이터를 중심으로 수행되었기 때문에 같은 데이터를 수집하는데는 한계가 있다. 그래서 본 연구에서는 이러한 데이터와 유사하고 수집 가능한 데이터를 선정하여 연구를 수행하였다. 기온과 연관된 기상요인으로는 평균기온을, 광량과 연관된 기상요인으로는 평균누적일조시간을, 수분과 연관된 기상요인으로는 평균누적강우량을 선택하였다.

III. 자료 및 방법

1. 자료

과거 인삼 주산지인 대표하던 지역은 충남 금산, 경북 영주 등이었지만 현재는 강원 홍천과 춘천, 경기 연천과 안성 등으로 점차 재배면적이 확대되고 있다. 2019년 기준 인삼을 재배하고 있는 지역은 전국 17개 시·도 가운데 12개로, 재배면적 기준 충북(20.7%), 강원(16.0%), 전북(15.4%), 경기(15.1%), 충남(14.2%), 경북(11.2%) 순이다. 특히 강원도 내 인삼 재배 농가수는 2009년 대비 32.8% 증가하였다(농림축산식품부, 2020). Figure 1은 현



Source: 기상청, 농림축산식품부

Figure 1. Change in ginseng production and average temperature in four provinces

재 주요 인삼재배지로 떠오르고 있는 강원, 경기 지역과 기존 주산지인 충남, 경북 지역의 재배면적과 평균온도 변화를 보여주고 있다. 각 지역의 평균온도 변화 정도는 비슷한 수준에서 유사한 패턴으로 변화하고 있지만, 인삼 재배면적의 경우 뚜렷하게 다른 양상을 나타내고 있는 것을 볼 수 있다.

농작물 생산의 필수요소는 농경지, 물, 기후로서 이중 기후변화로 인해 농작물 생산에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 물과 기후라 할 수 있으며 기후는 온도, 강수량, 바람 요소가 복합적으로 작용해 지역마다 다른 특징을 나타낸다(윤종열, 2011). 최근 추세대로 온난화가 가속화되어 국내 평균기온이 계속해 상승한다면 한반도의 아열대 기후대는 더욱 확대될 것이며 점차 계절별, 지역별 강수량 차이도 극심해질 것이라 예상됨에 따라, 온도와 강수량이 농작물의 생산성 및 경작패턴에 미치는 영향은 더욱 커질 수밖에 없다. 본 연구에서는 농업, 산림, 해양 및 수산 등 각 부문별로 한반도 기후변화의 영향

및 전망, 취약성 원인을 제시한 한국 기후변화 평가보고서(환경부, 2020), 김장욱 등 (2014, 2015), 박철수 등 (2008)과 천성기 등 (2004)의 논문을 참고하여 농작물 생산량 및 품질에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 다양한 기상요인 중 평균기온(°C), 평균누적일조시간(hr), 평균누적강수량(mm)을 분석에 활용하였다.

연구에서 활용된 자료는 패널데이터로, 2009년부터 2019년간 충남, 경북, 강원, 경기 4개 지역별 기상관측지점의 평균기온(Average temperature), 평균누적일조시간(Integrated sunshine hours)과 평균누적강수량(Accumulated precipitation) 이외에 종속변수로 활용된 단위당 인삼 생산량(ton/ha)을 도출하기 위해 재배면적(Cultivated area)과 생산량(Production) 데이터를 수집하였다. 인삼 생산현황과 관련된 자료는 농림축산식품부가 매년 발간하는 인삼 통계자료집을 참조하였다. Table 1은 연구에서 사용된 데이터의 기초통계치를 보여주고 있다.

Table 1. Summary statistics

| Variables | Units | Sample | Mean | Std.Dev | Min. | Max. |
|--------------------------------|--------|--------|----------|---------|---------|---------|
| Area: Chungcheongnam-do | | | | | | |
| Average temperature | °C | 11 | 12.38 | 0.43 | 11.70 | 13.10 |
| Accumulated precipitation | mm | 11 | 1,187.55 | 320.84 | 713.00 | 1821.30 |
| Integrated sunshine hours | hr | 11 | 2,179.64 | 186.03 | 1851.50 | 2434.40 |
| Cultivated area | ha | 11 | 2,358.36 | 617.54 | 1848.00 | 3617.00 |
| Production | ton | 11 | 3,722.18 | 1038.41 | 2314.00 | 5285.00 |
| Production per area | ton/ha | 11 | 1.59 | 0.34 | 1.10 | 2.29 |
| Area: Gyeongsangbuk-do | | | | | | |
| Average temperature | °C | 11 | 12.60 | 0.47 | 11.80 | 13.30 |
| Accumulated precipitation | mm | 11 | 1,094.74 | 176.13 | 823.10 | 1316.60 |
| Integrated sunshine hours | hr | 11 | 2,216.57 | 188.60 | 1834.70 | 2509.00 |
| Cultivated area | ha | 11 | 1,312.18 | 225.58 | 1047.00 | 1730.00 |
| Production | ton | 11 | 2,434.09 | 856.32 | 1410.00 | 4433.00 |
| Production per area | ton/ha | 11 | 1.88 | 0.69 | 1.19 | 3.54 |
| Area: Gyeonggi-do | | | | | | |
| Average temperature | °C | 11 | 11.84 | 0.56 | 11.00 | 12.70 |
| Accumulated precipitation | mm | 11 | 1,304.03 | 406.04 | 799.00 | 2118.80 |
| Integrated sunshine hours | hr | 11 | 2,296.82 | 195.74 | 1875.70 | 2522.30 |
| Cultivated area | ha | 11 | 3,184.45 | 741.13 | 2210.00 | 4326.00 |
| Production | ton | 11 | 1,457.09 | 551.87 | 2641.00 | 4458.00 |
| Production per area | ton/ha | 11 | 1.23 | 0.21 | 0.86 | 1.61 |
| Area: Kangwon-do | | | | | | |
| Average temperature | °C | 11 | 11.36 | 0.55 | 10.50 | 12.00 |
| Accumulated precipitation | mm | 11 | 1,226.56 | 253.02 | 893.90 | 1830.70 |
| Integrated sunshine hours | hr | 11 | 2,194.99 | 196.02 | 1789.30 | 2411.30 |
| Cultivated area | ha | 11 | 2,589.64 | 236.46 | 2271.00 | 2934.00 |
| Production | ton | 11 | 3,271.64 | 809.07 | 1958.00 | 4887.00 |
| Production per area | ton/ha | 11 | 1.26 | 0.25 | 0.86 | 1.71 |

2. 방법

본 연구에서는 수집된 패널데이터를 바탕으로 국내 인삼 재배지 변화와 기후요인과의 관계를 분석하기 위해 고정효과(Fixed effects) 모델과 임의효과(Random effects) 모델을 고려하였다. 고정효과 모델과 임의효과 모델은 오차항(u_i)에 따라 구분되어 진다. u_i 가 개체의 특성에 따라 다른 값을 갖는다고 가정되면 더미변수로 전환되어 추정할 수 있는 고정효과 모델로 구분되고, u_i 가 확률분포를 따르는 확률변수의 특성을 갖는다면 임의효과 모델로 구분된다(최성천 등, 2016). 고정효과와 임의효과 모델 중 사용된 데이터에 더 적절한 모델을 선정하기 위해 하우스만 검정(Hausman test)을 수행한다. 하우스만 검정은 고정효과 모델과 임의효과 모델 중에서 어느 모델이 주어진 데이터에 더 적절한지를 판단하는데 유용하게 사용되고 있다(Greene, 2012). 하우스만 검정 결과를 바탕으로 귀무가설(H_0 : 임의효과 모델)이 기각되면, 고정효과 모델이 더 적절하다고 판단할 수 있다.

본 연구에서 사용된 패널모델은 다음의 항등식(1)과 같이 표현될 수 있다.

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

$y_{i,t}$ 는 i 번째 지역의 t 기간 동안 단위당 인삼생산량 (ton/ha)을 나타내고, $X_{i,t}$ 는 i 번째 지역의 t 기간과 $t-1$ 기간 동안 벡터 변수로 평균온도(°C), 평균누적일조시간(hr), 평균누적강수량(mm) 포함하고 있다. 농작물과 기후 변화의 관계 분석에서 시차는 매우 중요하게 고려해야 한다. 특히, 인삼의 경우 재배기간의 특성을 고려하여 적절한 시차의 반영이 필요하다. β 는 각 지역의 해당하는 독립변수에 대한 벡터 추정값을 의미한다. u_i 는 인삼 재배에서 발생하는 다양한 지역별 차이를 추정하는 매개변수를 의미하며; 고정효과 모델이 선호되면 추정해야 할 모수로 간주하고, 임의효과 모델이 선호되면 확률변수로 간주한다. 본 연구에서는 관찰되지 않는 지역 차이에 따른 특성을 통제하기 위해 u_i 를 더미변수로 만들어 패널 모델의 그룹 효과를 통제하였다 (민인식 등, 2019). e_i 는 시간에 따라 발생하는 인삼 재배의 차이를 추정하는 매개변수를 의미한다. $\epsilon_{i,t}$ 는 오차항을 의미하며 본 연구에서 포함되지 않은 인삼 생산에 영향을 미치는 미지의 변수를 의미한다. 오차항은 평균값이 0이고 일정한 분산값을 갖는 정규분포를 따른다.

하우스만 검정 결과에 따라 귀무가설이 기각되었고, 본 연구에서는 고정효과 모델을 수행하였다. 고정효과

모델에서는 u_i 는 더미변수로 간주하여 지역에 따른 단위당 인삼생산량에 변화를 추정하였다. 본 연구에 사용된 고정효과 모델의 추정식은 다음의 항등식(2)와 같다.

$$y_{i,t} = \sum_{i=1}^4 \alpha(D_i) + \beta_1 S_{i,t} + \beta_2 R_{i,t} + \beta_3 T_{i,t} + \beta_4 S_{i,t-1} + \beta_5 R_{i,t-1} + \beta_6 T_{i,t-1} + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

$y_{i,t}$ 는 i 번째 지역의 t 기간 동안 단위당 인삼생산량 (ton/ha), D_i 는 i 번째 지역적 차이를 반영하는 더미변수이고, $\sum_{i=1}^4 \alpha(D_i)$ 를 통해 단위당 인삼생산량의 지역적 차이가 추정되고, $S_{i,t}$ 는 i 번째 지역의 t 기간 동안 평균누적일조시간(hr), $R_{i,t}$ 는 i 번째 지역의 t 기간 동안 평균누적강수량(mm), $T_{i,t}$ 는 i 번째 지역의 t 기간 동안 평균온도(°C)를 나타내고, $S_{i,t-1}$ 는 i 번째 지역의 $t-1$ 기간 동안 평균누적일조시간, $R_{i,t-1}$ 는 i 번째 지역의 $t-1$ 기간 동안 평균누적강수량, $T_{i,t}$ 는 i 번째 지역의 $t-1$ 기간 동안 평균온도를 나타내고, $\epsilon_{i,t}$ 는 지역(i)과 시간(t) 모두에 대해 달라지는 값을 반영한 오차항이다.

IV. 결 과

본 연구에서 사용된 자료에 대한 모델의 적절성을 판단하기 위해 하우스만 검정을 시행한 결과, 5% 유의수준에서 귀무가설이 기각되었고, 고정효과 모델을 이용해 주어진 데이터를 분석하였다(Table 2). 고정효과 모델이 선택되었다는 것은 지역에 따른 인삼 생산량의 차이를 더미변수를 활용하여 추정할 수 있다는 의미를 내포하고 있다.

Table 2. Results from Hausman test

| H_0 : Random effects | |
|------------------------|---------|
| H_A : Fixed effects | |
| Test statistics | p-value |
| 4.48 | 0.01 |

Table 3는 모델의 적합성과 안전성을 검증할 수 있는 평균제곱근편차(Root Mean Squared Error, RMSE) 값과 결정계수(R^2)값을 보여주고 있다. 평균제곱근편차는 모델의 예측값과 실제 데이터의 추정값의 차이를 계산할 때 사용되는 측도이고, 결정계수 값은 회귀모델의 적합

도를 나타내는 측도이다(최성천 등, 2016). 모델의 정확성을 평가할 수 있는 평균제곱근편차 값은 임의효과 모델과 고정효과 모델에서 비슷하게 나타나고 있다. 그러나, 결정계수 값은 고정효과 모델이 임의효과 모델보다 더 높게 나타나고 있다. 고정효과 모델의 결정계수 값 0.516은 기후변수로 사용된 평균온도, 평균누적강수량, 평균누적일조시간은 인삼의 단위면적당 생산량을 약 52% 정도 설명한다는 것을 의미한다.

Table 3. Model fitness between random effects and fixed effects

| Model statistics | Fixed effects model | Random effects model |
|------------------|---------------------|----------------------|
| RMSE | 0.031 | 0.030 |
| R-Square | 0.516 | 0.186 |

Table 4는 고정효과 모델의 결과치를 보여주고 있다. 고정효과 모델의 분석결과에 따르면, 5% 유의수준 하에서 인삼의 단위당생산량에 통계적으로 유의미한 영향을 미친 기후변수는 평균누적강수량(Accumulated precipitation)으로 나타났다. 당해연도 평균누적강수량이 1% 증가하면 단위당 인삼생산량은 0.058% 감소하는 것으로 설명할 수 있다. 통계적으로 유의하지 않은 값은 실제로 활용되기 어려우므로 정(+)과 부(-)의 방향성만 명시한다. 당해연도(t) 누적일조시간(Integrated sunshine hours)은 통계적으로 유의하지는 않지만, 단위당 인삼생산량의 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다. 그러나 전년도(t-1) 누적일조시간은 생산량에 부(-)의 영향을 미치고 있지만, 통계적으로 유의하지는 않은 추정치이다. 당해연도 및 전년도 평균온도(Average temperature)은 단위당 인삼생산량

에 부(-)의 영향을 주는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 인삼의 재배기간 특성을 반영하여 시차변수를 추정하였지만 모든 시차변수는 통계적으로 유의한 값을 나타내지 않았다. Table 4는 지역적 차이(cross sectional effects)를 통제하고 있는 통제변수의 역할을 한 더미변수의 결과를 제공하고 있다. F 테스트의 결과(귀무가설 기각)는 개체별(지역별) 효과가 존재함을 나타내고 있다.

V. 요약 및 결론

본 연구는 기존 인삼 재배 지역인 충남과 경북, 새로운 재배지역으로 떠오르는 경기과 강원 4개 지역을 중심으로 기상요인이 인삼 생산에 미치는 영향을 분석해보고자 하였다. 4개 지역을 바탕으로 2009년부터 2019년까지 수집된 평균기온, 평균누적일조시간, 평균누적강수량은 독립변수로 설정하였고, 단위당 생산량을 종속변수로 설정하여 패널모델을 수행하였다.

본 연구에서는 하우스만 검정을 통해 고정효과 모델이 선호되어 추정값을 도출하였다. 분석결과 평균누적강수량 1mm가 증가하면 단위당 인삼 생산량은 0.058% 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 김장우 등(2015)과 박철수 등(2008)의 선행연구에서도 강조했던 과잉수분 공급은 인삼 생육에 부정적인 영향을 준다는 점과 유사한 결론을 도출하였다. 평균누적일조시간은 다른 기후변수들과 다르게 일조시간의 증가는 생산량에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 통계적으로 유의미한 값은 아니었지만, 천성기 등(2004)이 강조하였던 광량(빛의 양) 조절은 인삼근 무게 증대에 영향을 미친다는 결

Table 4. Results from panel model

| Variables | Fixed effects model | | | |
|--|---------------------|------------------|-----------------|-------|
| | Estimates | Std.dev | p-value | |
| Intercept | 3.041 | 0.868 | 0.001 | |
| Integrated sunshine hours | 0.042 | 0.065 | 0.525 | |
| Accumulated precipitation | -0.058 | 0.019 | 0.007 | |
| Average temperature | -0.228 | 0.228 | 0.325 | |
| Integrated sunshine hours(t-1) | -0.095 | 0.076 | 0.221 | |
| Accumulated precipitation(t-1) | -0.029 | 0.032 | 0.361 | |
| Average temperature(t-1) | -0.180 | 0.161 | 0.271 | |
| Cross sectional effects | Chungcheongnam-do | 0.063 | 0.025 | 0.017 |
| | Gyeongsangbuk-do | 0.086 | 0.026 | 0.002 |
| | Gyeonggi-do | 0.017 | 0.017 | 0.227 |
| F test for all u_i ($H_0 : u_i = 0$) | | F(9, 34) =12.410 | p-value = 0.000 | |

과와 유사한 결과를 도출하였다. 또한 기상요인에 따른 지역별 차이가 존재함을 추정결과로부터 도출하였다.

본 연구에서는 인삼의 재배기간 특성을 반영하여 당해연도(t)와 전년도($t-1$)의 시차를 반영하여 패널모형을 분석하였다. 선행연구에서는 인삼의 재배 특성을 고려하여 5년부터의 시차를 반영하여야 분석하였지만, 본 연구에서 다양한 시차를 고려하기 어려운 한계점이 존재하였다. 수집한 데이터는 4개 지역의 11년 동안의 자료로, 5년부터의 시차를 고려하여도 최소 자유도(degree of freedom)가 되기 위한 조건($n > k+1$)을 위반하지 않았지만, 모델의 안정성에는 영향을 미쳤다 (Jones, 1983; Ye, 1998). 본 연구는 모델의 안전성을 유지하면서 고려할 수 있는 최소한의 시차만을 반영하여 모델을 분석하였다는 점에서 한계점이 존재한다.

본 연구는 기상조건과 국내 지역별 인삼 생산량에 관련성을 분석하기 위해 접근 가능한 기상 데이터를 활용하였다는 점에서 의의가 있다. 그러나 단위당 생산량에 영향을 미치는 변수 중 중요한 경제적 요인을 반영하지 못하였고, 제한적인 기상조건만을 고려했기 때문에 필요한 변수의 누락으로 인한 편향 문제가 잠재적으로 존재할 수 있다. 패널데이터로 구성된 인삼 재배환경에 관한 자료 수집 기간이 10년 정도의 단기간이라서 인삼 생산량에 직·간접적 영향을 미치는 요인을 세밀히 파악하기 위해서는 더 장기적인 데이터가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 인삼 생산량에 영향을 줄 수 있는 변수를 다양하게 고려하지 못했다는 것이다. 인삼은 장기간 재배가 소요되는 작물로서 보통 밭의 휴작기간이 10년 이상으로 타 작물과 비교하면 토지 생산성이 매우 낮고 긴 생육기간 동안 동일한 위치에서 자라기 때문에 토양 특성에 따른 영향을 더 많이 받는다(진현오, 2009). 또한, 인삼은 차양을 설치해 장기간 재배가 이루어져 강우량, 온도, 광량, pH, 토양 비옥도 및 수분 함유량 등의 재배환경 영향을 많이 받아 성장할 때 형태적, 생리적 특성이 생기기 때문에 적절한 재배지 선정이 중요한 요인이 된다(안철현, 2017). 이처럼 인삼 생산량에 영향을 미칠 수 있는 요인은 기상조건 외에도 토양조건, 영양환경 등의 재배환경과 재배방식이 고려될 수 있기에 향후 이를 보완한 연구가 필요할 것으로 보인다.

References

1. 관계부처합동, 2020, 제3차 국가 기후변화 적응대책 (2021-2025).
2. 기상자료개방포털(<https://data.kma.go.kr>).
3. 농림축산식품부, 2020, 2019년 인삼 통계자료집.
4. 농촌진흥청, 2020, 2019 농축산물소득자료집.
5. 환경부, 2020, 한국 기후변화 평가보고서 2020 -기후 변화 영향 및 적응-.
6. Ahn, C. H., 2017, Effect of Fine Bubble Treatment on the Growth of Two-year-old Ginseng, Korean Journal of Plant Resources, 30(5), 549-555
7. Akaike, H., 1987, Factor Analysis and AIC, Psychometrika, 52, 317-332.
8. Choen, S. K., Lee, T. S., Yoon, J. H., Lee, S. S., Mok, S. K., 2004, Effect of Light Transmittance Control on the Root Yield and Quality during the Growing Season of Panax ginseng, The Korean Society of Ginseng, 28(4), 196-200.
9. Choi, D. W., Kim, D. C., Lim, C. R., 2018, Analysis of Factors Influencing Cultivation Area of Apple Cultivars, Journal Of The Korean Society Of Rural Planning, 24(3), 25-31.
10. Choi, S. C., Baek, J. S., 2016, Garlic Yields Estimation Using Climate Data, Journal of the Korean Data & Information Science Society, 27(3), 969-977.
11. Greene, W.H., 2012, Econometric Analysis(7th Edition), Pearson, Chapter 11, 419-420.
12. Hyeon, G. S., Kim, S. M., Song, K. C., Yeon, B. Y., Hyun, D. Y., 2009, Establishment of the Suitability Class in Ginseng Cultivated Lands, Korean Journal of Soil Science and Fertilizer, 42(6), 430-438.
13. Im, B. O., 2005, Local and Foreign Ginseng Industry Trades and Prospects, Bulletin of Food Technology, 18(2), 16-30.
14. Jeong, J. W., Kim, S. S., Lee, I. K., So, N. H., Ko, H. S., 2018, Negative Effect of Abnormal Climate on the Fruits Productivity -Focusing on the Special Weather Report-, Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology, 20(4), 305-312.
15. Jones, D.A., 1983, Statistical Analysis of Empirical Models Fitted by Optimisation, Biometrika, 70(1), 67-88.
16. Jin, H. O., Kim, U. J., Yang, D. C., 2009, Effect of Nutritional Environment in Ginseng Field on the Plant Growth of Ginseng (Panax ginseng C. A. Meyer), Journal of Ginseng Research, 33(3), 234-239.
17. Kim, J. U., Kim, Y. C., Bang, K. H., Kim, D. H., Son, I. C., Jung, W. S., Kim, K. H., 2014, Proceedings of The Korean Society of Medicinal Crop Science,

- 22(2), 94-95.
18. Kim, J. U., Lee, J. W., Jo, I. H., Kim, D. H., Kim, K. H., Kim, Y. C., 2015, Growth characteristics of 2-year-old cultivars in Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) conditioned artificial wet injury, *Korean Journal of Agricultural Science*, 42(4), 299-304.
 19. Kim, M. R., Kim, S. G., 2014, Examining Impact of Weather Factors on Apple Yield, *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 16(4), 274-284.
 20. Kim, Y. J., An, D. H., Kim, K. S., 2015, An Estimation of Damages caused by Ginseng Anthracnose based on a Weather-Related Damage Function Approach, *Korean Journal of Agricultural Economics*, 56(3), 105-128.
 21. Kim, Y. S., Choi, W. J., Hur, J. N., Shim, K. M., Jo, S. R., 2020, Study on Land Suitability Assessment of Grapes with Regards to Climate and Soil Conditions in South Korea, *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 22(4), 250-257
 22. Lee, B. W., 2012, The Impact and Response of Climate Change on Global Agriculture, *World Agriculture*, 146, 1-16.
 23. Lee, G. A., Chang, Y. K., Park, S. Y., Kim, G. A., Kim, S. H., Song, B. H., 2012, Studies on Growth Responses and Yields of *Panax ginseng* C. A. Meyer Grown under Hydroponic Culture with different Temperatures and Growth Stages, *Korean Journal of Medicinal Crop Science*, 20(3), 184-189.
 24. Lee, S. H., Heo, I. H., Lee, K. M., Kim, S. Y., Lee, Y. S., Kwon, W. T., 2008, Impacts of Climate Change on Phenology and Growth of Crops: In the Case of Naju, *Journal of the Korean Geographical Society*, 43(1), 20-35.
 25. Lim, J. S., Park, K. C., Yun, E. J., Choi, D. C., 2017, Analysis of Economic Effects for Organic Cultivation in *Panax Ginseng* C.A. Meyer, *The Journal of the Korean Society of International Agriculture*, 29(2), 160-171.
 26. Min, I. S., Choi, P. S., 2019, *Advanced Panel Data Analysis*, 2nd edit, Jiphil Media, 1-8.
 27. Park, C. S., Kang, J. Y., Lee, D. Y., Ahn, D. J., 2004, Effects of Furrow Irrigation on the Growth and Quality of *Panax Ginseng* Plant in a Loam, *Journal of Ginseng Research*, 28(4), 196-200.
 28. Sung, M. H., 2019, *Ginseng Industry Changes and Policy Tasks*, Korea Rural Economic Institute.
 29. Ye, J., 1993, On Measuring and Correcting the Effects of Data Mining and Model Selection, *Journal of the American Statistical Association*, 93(441), 120-131.
 30. Yoon, J. Y., 2011, Effects of Climate Change on the Crop Production, *World Agriculture*, 125, 1-17.
 31. Yun, S. H., Jang, D. H., 2020, Determinants Analysis of the Selection of Cultivation Methods on Ginseng Farmers, *Journal of Regional Studies*, 28(1), 44-57.
-
- Received 5 April 2021
 - First Revised 26 April 2021
 - Finally Revised 18 May 2021
 - Accepted 26 May 2021