



# 복숭아 생산량의 구조적 변화와 재배면적과의 동태적 관계

김우석 · 정재훈 · 류수현 · 이슬기 · 한점화 · 조정건\* 

국립원예특작과학원 과수과

## Structural Change in Peach Production and Dynamic Relationship between Its Production and Area using Time Series Analysis

Woo Seok Kim, Jae Hoon Jeong, Suhyun Ryu, Seul Ki Lee, Jeom Hwa Han, and Jung Gun Cho\* 

Fruit Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Wanju 55365, Korea

\*Corresponding author: [jgcho@korea.kr](mailto:jgcho@korea.kr)

### Abstract

The purpose of this study was to examine whether climate change has had a nation-wide impact on peach production based on long-term time series data from 1980 to 2019 in Korea. We analyzed the structural change in peach production and the dynamic relationship between its production and cultivation area to provide information that can influence decision making by potential and existing fruit farms and related organizations. First, we found that large-scale natural disasters (freezing damage, typhoons) affected the structural change in the peach production in 2010. Second, the dynamic relationship between peach production and cultivation area was greatly diluted after 2010. The change in the cultivation area from 1980 to 2009 had a positive effect on production, but from 2011 to 2019, the peach cultivation area rapidly increased due to external diseconomy from the 2015 FTA closure support project. Third, due to the rapid increase in cultivation area, it is expected that an excess of nearly 300,000 tons of peaches will be produced in the near future. Therefore, the central government, local governments, and related organizations should take measures to reduce peach cultivation, mitigate the impact of climate change, and establish a timely information delivery system. On the other hand, peaches should be distributed abroad through quality improvement and export expansion. Through this, it is necessary to strengthen the competitiveness of peaches and maintain a stable supply to improve and stabilize farm household income in the long term.

**Additional key words:** climate change, FTA closure support project, long-term time series data, natural disasters

### 서 언

작황은 기상, 병충해 등의 요인에 의해 상대적으로 큰 영향을 받는다(Chae et al., 2014). 기후변화 이

Received: October 22, 2020  
Revised: December 24, 2020  
Accepted: February 9, 2021

 OPEN ACCESS



HORTICULTURAL SCIENCE and TECHNOLOGY  
39(2):263-275, 2021  
URL: <http://www.hst-j.org>

pISSN : 1226-8763  
eISSN : 2465-8588

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright©2021 Korean Society for Horticultural Science.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부관제번호: PJ01436903)의 지원에 의해 수행되었음.

슈가 중요하게 부각됨에 따라 기상은 이전보다 더욱 더 주요한 요인으로 인식되고 있는 현실이다. GCM 기후시나리오 하에서 CERES-Rice 생육모형에 의거하여 벼의 생육 및 10a당 생산량을 예측한 결과, 종에 따라 근소한 차이가 존재하고 있으나 온도가 상승함에 따라 벼 출수기간과 등숙기간이 단축되었다(Shim et al., 2010). 온도가 2°C 상승하였을 때, 10a당 벼 생산량이 4.5% 감소하였으며, 온도가 3°C 상승하였을 때, 10a당 벼 생산량이 8.2% 감소하였다. 기후변화로 인해 우리나라 농작물 재배 지대가 감소하였고, 병해충 관련 재해가 증가하였으며, 작물의 수량 및 품질에 악영향을 미치고 있어 기후변화 적응기술 및 조기대응시스템 개발, 피해예방 대책수립, 온대과수 대체효과 규명, 피해 최소화 등 기후변화에 대한 대응체계 마련이 요구된다(Shim et al., 2008; Yoon et al., 2014).

이러한 기후변화가 과수재배에 미치는 부정적인 영향은 크게 네 가지로 분류할 수 있다(Jang et al., 2002; Shim et al., 2008). 첫째, 과수의 생육단계 및 과실발육에 영향을 미침으로써 과실품질 및 저장력에 영향을 미친다. 둘째, 과수의 주산단지 및 재배적지에 영향을 미친다. 셋째, 과수의 안정적 생산을 통한 농가소득 안정에 불확실성을 증대시킨다. 넷째, 과수작황에 큰 영향을 미치고 있다. 이와 직접적으로 관련된 연구는 다음과 같다.

기후변화에 따라 사과 및 복숭아의 재배지대 확대·복상(경북·대구에서 강원 양구), 참다래 재배면적 증가, 착색불량 및 병해충 발생 증가, 휴면타파 저온요구기간 부족 등 다양한 문제가 발생되고 있어 이와 같은 기후변화에 대응할 수 있는 유용 유전자원 도입·선발, 유용형질 관련 유전자 탐색 및 형질전환기술 확립 필요성이 요구된다(Hwang et al., 2011). 기후변화에 따라 과수의 동해 피해가 여러 차례 발생하여 단기적으로는 동해한계온도 파악과 더불어 이에 대한 대책을 마련하고 장기적으로는 월동기 내한성 및 내한성 물질 변동 등에 대한 종합적 이해가 요구된다(Yun et al., 2015). 기후변화에 따라 겨울철 날씨가 따뜻해질 것이라는 예상과 달리 과수 동해가 자주 발생되고 있으며, 이러한 환경변화 하에서 재배가 증가하고 있는 신 육성품종에 대한 내한성 연구가 요구된다(Han et al., 2015). 미래기후 RCP(Representative Concentration Pathways) 4.5 시나리오 하에서 사과, 배, 포도, 복숭아 등 7개 과수를 대상으로 2040년과 2080년 지역별 재배 적합과수를 제안하였다(Shin et al., 2016). RCP 8.5 시나리오 하에서 주요 온대과수(사과, 배, 포도, 복숭아, 단감, 뽕은감)를 대상으로 2020년, 2050년, 2090년의 과수 재배적지 변화를 예측 및 분석하였는데, 사과의 재배적지는 2020년 48%에서 2090년 1%로 47%p 감소하였으며, 배의 재배적지는 2020년 77%에서 2090년 15%로 62%p 감소하였다. 포도의 재배적지는 2020년 28%에서 2090년 8%로 20%p 감소하였으며, 복숭아, 단감, 뽕은감의 경우도 2090년에 이르러 과종의 재배적지가 크게 감소하였다(Kim et al., 2012).

기상과 관련된 재해의 경우 우발적이고 예측불가능한 경우가 대부분이고 대규모 자연재해의 경우 대응할 수 있는 여력이 부족한 현실이다. 또한 관련 변수는 다양하게 존재하고 있으나 발생빈도가 연속적이기 보다는 이산적으로 발생하고, 그 규모 또한 천차만별이다. 과수의 경우 성과수의 연수, 휴면시기, 생육단계, 수확시기 등 계절적 특성이 매우 강하기 때문에 기상관련 변수를 체계적으로 고려하여 분석하기가 매우 어렵다. 선행연구를 살펴볼 때 기상관련 변수를 고려한 연구의 경우 발생빈도만을 고려하거나 원자료를 평활화하여 사용하고 있는 현실이다(Chang, 2000; Jeong et al., 2018).

기후변화 외에 과수의 안정적 생산과 규모 확보에 있어 기상관련 변수보다 선결적이면서 보다 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 주요 요인은 재배면적이다. 2004년 4월 1일부터 발효된 한-칠레 FTA는 과수농가에 있어 대체재 증가에 따른 경쟁심화, 가격하락의 가능성 증대 등의 부담으로 작용하기 시작하였다. 복숭아의 경우 다른 과수에 비해 저장성이 떨어져 수확이 집중된 시기에 수요에 맞는 적정공급이 이루어지기 때문에 다른 과종에 비해 상대적으로 영향을 덜 받는다. 그럼에도 불구하고 다양한 과수의 수입과 대체에 따라 2004년부터 2008년까지 복숭아 등의 농가에 대해 FTA 폐원지원사업이 이루어지게 되어 복숭아 재배면적이 감소하였다. 그러나 2015년 포도 등의 농가를 대상으로 이루어진 FTA 폐원지원사업으로 인해 복숭아 재배면적이 오히려 크게 증가하였다(Ji and Lee, 2016; KREI, 2016; Park et al., 2018). 재배면적과 생산량은 농가의 의사결정, 중앙정부 및 지방정부의 정책 수립 및 추진에 의해서도 영향을 받을 수 있으며, 이러한 재배면적과 생산량에 대한 의미있는 정보는 농가의 의사결정, 중앙정부 및 지방정부의 정책적 의사결정, 관련 발전계획 수립 등에 다시 지대한 영향을 미칠 수 있다.

분석방법론적 측면에서 접근하여 볼 때, 과수 생산량 데이터는 시간의 흐름에 따라 측정·수집된 시계열 자료(time series

data)이기 때문에 자료의 특성에 따라 다양한 시계열 분석(time series analysis)을 적용해 볼 수 있다. 이를 통해 보다 현실적이고 다양한 연구가설을 수립하고 검증할 수 있으며, 기존의 선행연구에서 제시하지 못한 의미있는 정보를 제시할 수 있다. 시계열 자료임에도 불구하고 이에 적합하지 않은 일반적인 분석을 수행할 경우 유의미한 관계가 존재하지 않음에도 불구하고 통계학적으로 유의미한 관계가 존재하는 허구적 관계(spurious relationship)가 나타날 수 있으며, 잘못된 검증 결과 및 설명력을 갖는 오류를 범하게 되어 그릇된 정보를 제공할 수 있다(Yule, 1926; Brooks, 2014). 여기서 동태적이란 자료 그 자체가 아니라 자료 본연의 움직임이나 변화를 살펴보는 것이다.

기후변화의 지속에 따라 자연재해의 발생빈도 및 규모가 커지고 있다는 점을 상기해 볼 때 이와 같은 기후변화는 복숭아 생산량에 지대한 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 기존연구에서는 복숭아 생산량에 영향을 미칠 수 있는 기후 변수와 미래 과수 환경의 변화 예측을 중점적으로 다루고 있으나 장기적인 관점에서 복숭아 생산량 및 재배면적과의 관계를 면밀하게 고려하고 있지는 않다. 따라서 본 연구는 1980년부터 2019년까지의 장기 시계열 자료를 바탕으로 기후변화로 인한 자연재해가 복숭아 생산량에 전국적인 영향을 미쳤는지를 살펴보고, 그에 따라 재배면적과의 동태적 관계(dynamic relationship)를 검토, 분석하여 복숭아와 직·간접적으로 관련된 기관(중앙정부, 지방정부, 유관기관 등)과 농가(잠재·기존 등)의 다양한 의사결정에 영향을 미칠 수 있는 유의미한 정보를 제공하고자 한다.

## 자료 및 방법

복숭아 생산량과 재배면적에 대한 자료의 출처는 다음과 같다. 농림축산식품부에서 공고되는 통계연보자료를 기준으로 하되 공고되지 않은 자료의 경우 통계청 국가통계포털의 자료를 사용하였다. 이와 같은 이유는 대부분의 기간에서 두 기관의 자료가 일치하는 것으로 나타났으나 특정 기간에서 농림축산식품부와 통계청 자료 사이에 불일치가 존재하였기 때문이다. 1980-2018년까지의 자료는 1981년부터 2019년까지 발간된 현 농림축산식품부의 농림축산식품통계연보에서 수집하였으며, 2020년의 경우 통계연보가 아직 공고되지 않아 통계청 국가통계포털에 기재된 자료를 사용하였다.

## 복숭아 생산량

Table 1은 1980년부터 2019년까지 우리나라 복숭아 전체 생산량과 10a당 생산량을 나타낸다. 1980년 8만 8,692톤에 이르던 전체 생산량은 2019년 21만 345톤으로 40년 사이에 2.4배 정도 증가하였다. 1980년 0.86톤에 이르던 10a당 생산량은 2019년에 1.02톤으로 40년 사이에 1.2배 증가하였다. 전체 생산량이 많은 기간은 20만 톤 이상으로 2004-2005년, 2016-2019년이며, 10a당 생산량이 많은 기간은 1.4톤 이상으로 2005-2008년이다.

1980년부터 2019년까지 우리나라 복숭아 생산량을 Fig. 1에서 시각화하였다(MAFRA, 1980-2018), KOSIS(2019)). 전체 복숭아 생산량은 전반적으로 우상향하고 있으며, 2010년의 경우 동해와 태풍(7호 태풍 곤파스, 2010.08.30. - 2010.09.01., 최대 풍속 54m/s)으로 인해 복숭아 생산량이 크게 감소하였다(-59,741톤, -30.1%). 10a당 복숭아 생산량의 경우 2009년까지 증가 추세를 보이고 있으나 2010년에는 동해와 태풍으로 크게 감소(0.53톤, -34.9%)하였으며, 2016년부터 2019년까지는 2016년에 급격하게 증가한 복숭아 재배면적으로 인해 감소하였다.

1992년까지는 10a당 생산량이 1.1톤 미만이었으나 1993년 이후에는 10a당 생산량이 1.1톤을 초과한 것으로 나타나 복숭아 농가의 기술 및 경영이 점진적으로 진보된 것으로 사료된다. 2010년과 2016-2019년에 10a당 생산량이 1.1톤 미만을 하회한 것은 자연재해와 정부제도로 말미암아 나타난 현상이다.

Table 1. Peach production and yield in Korea

Year	Prod (ton)	Yield (kg/10 a)	Year	Prod (ton)	Yield (kg/10 a)	Year	Prod (ton)	Yield (kg/10 a)
1980	88,692	856	1994	114,837	1,130	2008	189,064	1,496
1981	88,740	870	1995	129,640	1,266	2009	198,317	1,529
1982	90,870	940	1996	127,540	1,275	2010	138,576	996
1983	99,199	924	1997	146,793	1,348	2011	185,078	1,342
1984	98,174	831	1998	151,313	1,260	2012	201,863	1,408
1985	131,544	1,001	1999	157,177	1,214	2013	193,243	1,321
1986	138,654	959	2000	170,044	1,225	2014	210,335	1,354
1987	137,774	983	2001	166,275	1,154	2015	237,711	1,423
1988	134,613	1,012	2002	187,542	1,202	2016	207,539	1,044
1989	133,009	1,031	2003	189,413	1,193	2017	222,284	1,057
1990	114,578	929	2004	200,534	1,288	2018	206,889	981
1991	121,654	1,055	2005	223,701	1,490	2019	210,345	1,019
1992	115,792	1,089	2006	193,816	1,448	-	-	-
1993	123,482	1,171	2007	184,497	1,399	-	-	-

Data: Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (1980–2018), KOSIS (2019).

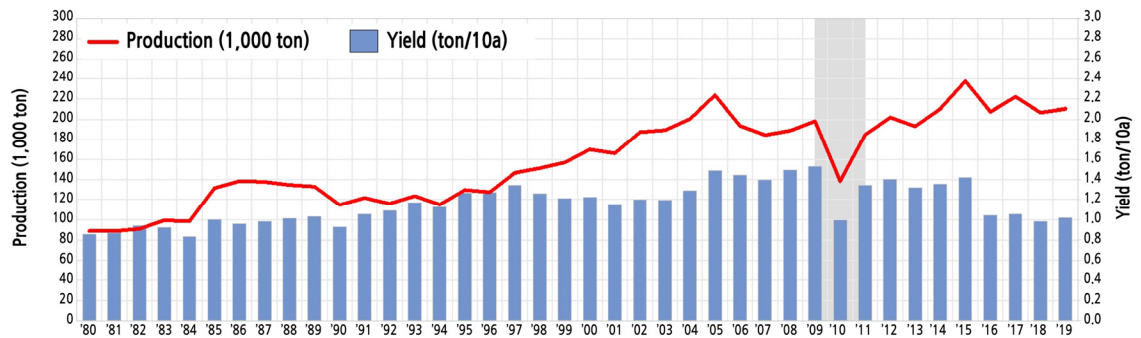


Fig. 1. Peach production and yield in Korea.

### 복숭아 재배면적

Table 2는 1980년부터 2019년까지 우리나라 복숭아 재배면적을 나타낸다. 복숭아 전체 재배면적은 1980년부터 자료가 조사·수집·축적되었다. 1980년 10,359ha에 이르던 전체 재배면적은 2019년 20,636ha로 40년 사이에 2배 정도 증가하였다.

Fig. 2는 1980년부터 2019년까지 우리나라 복숭아 재배면적을 시각화한 것이다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(1980–2018), KOSIS(2019)). 전체 재배면적은 증가와 감소를 반복하고 있으나 전체적으로 우상향하고 있다. 2004년부터 2008년까지는 한·칠레FTA를 배경으로 FTA 폐원지원사업이 실시되어 복숭아 재배면적이 감소하였다(Ji and Lee, 2016). 2010년부터 복숭아 재배면적이 증가하기 시작한 것은 2004–2008년 FTA 폐원지원사업 이후 복숭아에 대한 식재제한이 종료되었기 때문이다. 2016년에 복숭아 재배면적이 급증한 것은 2015년 한·중미FTA를 배경으로 FTA 폐원지원사업이 실시되어 포도농가의 재배면적이 크게 감소하였는데 당시 포도폐원 농가가 포도에서 복숭아로 작목을 전환하였기 때문이다(Korea Rural Economic Institute, 2016; Park et al., 2018). 대내외적 환경변화로 인한 중앙정부 및 지방정부의 제도적 변화가 복숭아 재배면적 변화에 큰 영향을 미쳤다는 것을 알 수 있다. 또한, 2004–2008년과 2015년에 이루어진 FTA 폐원지원사업의 복숭아 재배면적 변화에 대한 영향이 정반대로 나타났다는 점을 유심히 살펴볼 필요가 있다.

**Table 2.** Peach cultivation area in Korea

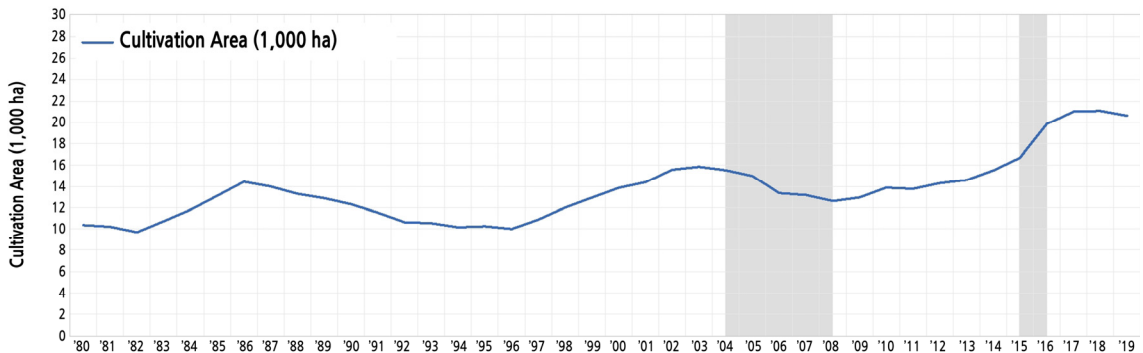
Year	Area (ha)	Year	Area (ha)	Year	Area (ha)	Year	Area (ha)	Year	Area (ha)	Year	Area (ha)
1980	10,359	1987	14,016	1994	10,166	2001	14,412	2008	12,638	2015	16,704
1981	10,195	1988	13,308	1995	10,241	2002	15,598	2009	12,967	2016	19,877
1982	9,668	1989	12,898	1996	10,002	2003	15,880	2010	13,908	2017	21,030
1983	10,732	1990	12,333	1997	10,892	2004	15,566	2011	13,795	2018	21,087
1984	11,820	1991	11,529	1998	12,012	2005	15,014	2012	14,335	2019	20,636
1985	13,138	1992	10,635	1999	12,942	2006	13,383	2013	14,633	-	-
1986	14,456	1993	10,548	2000	13,876	2007	13,188	2014	15,539	-	-

Data: Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (1980–2018), KOSIS (2019).

**Table 3.** Change in peach cultivation area caused by the FTA closure support project

Type	2004–2008						2015	total
	2004	2005	2006	2007	2008	total		
Peach (ha)	490	1,202	1,516	1,335	682	5,225	-	5,225
Grape Fields (ha)	-	-	-	-	-	-	1,406	2,157
Grape Facilities (ha)	69	106	146	99	62	482	269	-

Data: Ji and Lee (2016) rearrangement.



**Fig. 2.** Peach cultivation area in Korea.

Table 3은 2004–2008년, 2015년 2차례에 걸친 FTA 폐원지원사업으로 폐원한 복숭아농가와 포도농가의 재배면적이다. 2004–2008년 FTA 폐원지원사업의 경우 5년에 걸쳐 복숭아 재배면적이 5,225ha만큼 감소하였으며, 2015년 FTA 폐원지원사업의 경우 한해에 걸쳐 포도 재배면적이 1,675ha만큼 감소하였다.

### 변수의 표기와 변환

본 연구의 분석대상은 복숭아 재배면적과 복숭아 생산량이며, 자료의 특성은 연도별 주기를 갖는 시계열 자료이다. 자료의 출처는 농림축산식품부 농림축산식품통계연보와 통계청 국가통계포털(KOSIS)이다. 분석의 적용에 있어 변수의 원자료가 그대로 사용되기 보다는 자료의 변환이 이루어진다. 수준변수(level variables)란 변수의 원자료에 자연로그가 취해진 것을 의미하며, 차분변수(first difference variables)란 후기 수준변수에서 전기 수준변수를 차감한 것으로 변화율( $\Delta X_t = \ln X_t - \ln X_{t-1}$ )을 의미한다. 변수표기의 편의성과 효율적인 정보전달을 위해 복숭아 재배면적의 수준변수와 차분변수, 복숭아 생산량의 수준변수와 차분변수를 각각  $Area$ ,  $\Delta Area$ ,  $Prod$ ,  $\Delta Prod$ 로 표기하고자 한다. 자료의 분석에서 수준변수보다 차분변

수를 사용하게 되면 모든 자료가 퍼센트(%) 단위로 변환되기 때문에 개별 자료가 갖는 단위에 영향을 받지 않는다는 장점이 있다(Tsay, 2012).

### 단위근 검정

단위근 검정(unit root test)이란 시계열 자료의 안정성(stationarity) 유무를 진단해주는 방법이다. 시계열 자료는 시간의 경과에 따라 수집·축적된 자료이기 때문에 다양한 잡음(noise)을 포함하고 있다. 이 때, 해당 시계열 자료의 평균, 분산, 자기공분산이 일정한 수준을 유지할 때, 시계열 자료의 안정성이 확보된다. 안정성이 확보되지 않은 불안정적인 시계열 자료를 이용하여 분석을 수행할 경우 실질적으로는 변수 사이에 통계적으로 유의미한 관계의 수준이 낮거나 그러한 관계가 존재하지 않음에도 불구하고 통계적으로 매우 유의미한 추정치와 높은 설명력(high  $R^2$ )을 갖는 허구적 관계(spurious relationship)를 유인할 수 있다(Yule, 1926; Brooks, 2014). DF 검정(dickey fuller test)은 시계열 자료의 안정성 유무를 진단할 수 있는 최초의 단위근 검정으로 시차의 범위가 1이다(Dickey and Fuller, 1979; Dickey and Fuller, 1981). 시차의 범위가 검정의 제약으로 작용함에 따라 일반화를 위해 DF 검정의 시차 범위를 확대시킨 ADF 검정(augmented dickey fuller test)이 제안되었다(Said and Dickey, 1984). 그리고 이를 보다 효율적으로 개선시킨 ADF-GLS 검정이 추가적으로 제안되었다(Elliott et al., 1996). 다음의 식은 ADF-GLS 검정을 나타낸다.

$$\Delta Area_t^d = \alpha_1 \Delta Area_{t-1}^d + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} \Delta Area_{t-i}^d + \epsilon_{1t}$$

$$\Delta Prod_t^d = \alpha_2 \Delta Prod_{t-1}^d + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} \Delta Prod_{t-i}^d + \epsilon_{2t}$$

### 단절점 검정

특정 환경의 변화에 따라 특정 변수는 충격을 받을 수 있으며, 변수 내 자료에 유의미한 영향을 미치는 한편 자료의 행태를 크게 변화시킬 수 있다. 이러한 자료의 행태 변화가 절편, 추세 등에서 통계적으로 유의미하게 나타난다면 구조적 변화(structural change)가 존재한다고 볼 수 있다. 구조적 변화가 존재함에도 불구하고 이를 고려하지 못하고 분석 및 예측을 수행할 경우 예상치 못한 과도한 오차가 발생할 수 있다.

충격의 정도에 따른 구조적 변화의 발생 여부는 통계학적 방법론을 통해 보다 객관적이고 투명하게 검정할 수 있다. 구조적 변화 검정은 크게 모수 중심적 접근방법(parameter-based approach)과 자료 중심적 접근방법(data-based approach)으로 분류하여 볼 수 있다. 특정 변수들 사이의 관계에 대한 구조적 변화에 대해서는 모수 중심적 접근방법이 적합하다고 볼 수 있으나 특정 자료의 구조적 변화에 대해서는 자료 중심적 접근방법이 적합하다. 대표적인 자료 중심의 구조적 변화 검정이 단절점 검정(breakpoint test)이며, 구조적 변화가 발생한 시기를 단절점(breakpoint)이라 한다(Perron, 1989). 다음의 식은 복숭아 생산량 변화에 대한 단절점 검정을 나타낸다.

$$\Delta Prod_t = \mu_{\Delta Prod} + \beta_1 \tau + \gamma_1 D_{\mu,t} + \gamma_2 D_{\tau,t} + \gamma_3 D_{p,t} + \beta_2 \Delta Prod_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta^2 Prod_{t-i} + \epsilon_t$$

$D_{\mu}$  : 가변수(절편에서의 구조적 변화)

$D_{\tau}$  : 가변수(추세에서의 구조적 변화)

$D_p$  : 가변수(일시적 충격에 의한 구조적 변화)

### 동시 상관관계

일반적으로 두 변수의 방향과 관계 정도를 알아볼 수 있는 가장 기본적인 수단은 공분산과 상관계수이다. 그러나 공분산은 자료의 단위에 대한 영향에서 자유로울 수 없으며, 그 범위가  $-\infty$ 에서  $\infty$ 로 관계 정도를 파악하기 어렵다. 공분산을 표준화한 상관계수는 자료의 단위에 영향을 받지 않으며, 그 범위가  $-1$ 에서  $1$ 로 두 변수 사이의 상대적 관계 정도를 파악할 수 있다. 시계열 분석에서는 동일한 시점에서 상관관계 검정을 수행하기 때문에 일반적인 상관관계를 동시 상관관계(contemporaneous correlation)라고 한다. 동시 상관관계의 정도는 동일한 시점의 변수들로 구성되어 산출된 상관계수로 볼 수 있다. 다음의 식은 동시 상관계수(contemporaneous correlation coefficient)를 나타낸다.

$$Corr(\Delta Area_t, \Delta Prod_t) = \frac{Cov(\Delta Area_t, \Delta Prod_t)}{\sqrt{Var(\Delta Area_t)} \sqrt{Var(\Delta Prod_t)}}$$

### 그랜저 인과관계 검정

일반적으로 변수 사이의 관계를 설정할 때, 하나의 특정 변수가 다른 하나의 특정변수에 영향을 미치는 단방향관계로 설정된다. 회귀분석은 변수들 사이의 관계를 종속변수와 독립변수로 이분함으로써 단방향관계를 설정하며, 독립변수는 종속변수에 영향을 미치지만 종속변수는 독립변수에 영향을 미치지 않는다는 제약을 설정한다. 또한, 동시 상관관계(contemporaneous relationship)만을 반영할 뿐 시차에 따른 선도-지연관계(lead-lag relationship)를 고려하지는 않는다. 그랜저 인과관계 검정(Granger causality test)은 변수들 사이의 선도-지연 관계 유무 및 단방향·양방향 관계에 대한 유의미한 정보를 제공한다(Granger, 1969). 다음의 식은 그랜저 인과관계 검정을 나타낸 것이며, Table 4는 그랜저 인과관계 검정에 따라 도출될 수 있는 변수들간의 관계를 분류한 것이다.

$$\Delta Area_t = \mu_1 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta Area_{t-i} + \sum_{j=1}^q \beta_j \Delta Prod_{t-j} + \epsilon_{1t}$$

$$\Delta Prod_t = \mu_2 + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta Area_{t-i} + \sum_{j=1}^q \delta_j \Delta Prod_{t-j} + \epsilon_{2t}$$

### 모델선정

변수 사이의 관계가 독립적인 관계라면 모델의 선정 및 적용이 어려울 것이다. 분석모형에 있어 일반적으로 적용되는 모델은 하나 또는 그 이상의 변수가 다른 특정 변수에 영향을 미치지 않지만 영향을 받지 않는 단방향 관계이다. 만약 하나 또는 그 이상의 변수가 다른 특정 변수에 영향을 미치기도 하면서 영향을 받는다면 변수 사이의 관계는 양방향관계이다. 변수 사이의 관계가 독립이 아닌 단방향 또는 양방향일 경우 변수 사이의 관계에 의거하여 적절한 모델을 선정할 수 있다.

**Table 4.** Relationship between variables according to the Granger Causality test

Type	Uni-direction	Uni-direction	Bi-direction	Independent
Result	$\sum \beta_j \neq 0, \sum \gamma_j = 0$	$\sum \beta_j = 0, \sum \gamma_j \neq 0$	$\sum \beta_j \neq 0, \sum \gamma_j \neq 0$	$\sum \beta_j = 0, \sum \gamma_j = 0$
Direction	$\Delta Prod_t \Rightarrow \Delta Area_t$	$\Delta Area_t \Rightarrow \Delta Prod_t$	$\Delta Area_t \Leftrightarrow \Delta Prod_t$	$\Delta Area_t \nLeftrightarrow \Delta Prod_t$



## 결과 및 고찰

### 단위근 검정 결과

ADF-GLS 검정을 통한 복숭아 생산량 자료와 재배면적 자료에 대한 단위근 검정 결과, 모든 구간에서 일부 수준변수는 안정적인 것으로 나타났으나 다른 수준변수는 불안정적인 시계열 자료로 나타났다. 이와는 대조적으로 모든 차분변수는 1% 유의수준 하에서 안정적인 시계열 자료로 나타났다. 즉, 모든 구간에서 차분변수 하에서 안정적인 시계열 자료인 것으로 나타났다 (Table 5).

### 단절점 검정 결과

단절점 검정 결과, 2010년에 복숭아 생산량 변화에서 구조적 변화가 발생하였다(Table 6). 절편과 일시적 충격의 경우 5% 유의수준 하에서 통계적으로 유의미한 구조적 변화가 발생하였고, 추세의 경우 10% 유의수준 하에서 통계적으로 유의미한 구조적 변화가 발생하였으나 5% 유의수준에 매우 근사하였다.

2010년에 기상변화에 따른 대규모의 자연재해(동해, 태풍)가 발생하였고, 이에 따른 충격으로 복숭아 생산량 변화에서 통계적으로 유의미한 구조적 변화가 발생하였다고 추정된다. 우리나라는 계절에 따른 기상의 영향에 매우 민감하게 반응하며, 이에 따라 계절적 특성이 매우 뚜렷하게 나타난다. 또한, 과수가 가지고 있는 본연의 생물학적 특성으로 인하여 계절적 특성과 높은 연관성을 갖으며, 과수에 속하는 복숭아는 휴면시기, 생육단계, 수확시기에 있어 이와 같은 영향에 항상 노출될 수밖에 없다. 따라서 계절적 특성으로 인해 유인되는 기상변화로 인해 유발되는 피해는 일정부분 감수해야하는 부분이 존재한다. 그럼에도 불구하고 2010년에는 이와 같은 구조적 변화가 발생한 것은 다른 해와 다르게 대규모의 자연재해가 한 해에 중첩되었기 때문이다. 2010년 상반기에 동해로 인해 상당한 규모의 성과수가 고사한 것에 이어 복숭아 수확시기에 7호 태풍 곤파스가 상륙하였다. 특히 7호 태풍 곤파스가 이전 태풍과 다르게 이례적으로 서해안으로 진입한 뒤 동해안으로 나가 한반도를 관통함은 물론 중부지방과 남부지방이 위험반원 안에 속하게 되면서 그 피해가 매우 크게 나타났다.

Table 5. Results of unit root test

Variable	P. A		P. I		P. II	
	Level Variable	1st Difference Variable	Level Variable	1st Difference Variable	Level Variable	1st Difference Variable
Area	-3.580**	-3.229***	-3.899***	-3.383***	-2.806	-3.477***
Prod	-3.144*	-8.579***	-2.284	-6.180***	-1.718	-4.151***

\*\*\* ( $p < 0.01$ ), \*\* ( $p < 0.05$ ), \* ( $p < 0.10$ )

Table 6. Results of break point test

Coefficient	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$
Estimates	0.181**	-0.024*	-0.517***
Break Point	In 2010		

\*\*\* ( $p < 0.01$ ), \*\* ( $p < 0.05$ ), \* ( $p < 0.10$ )

Table 7. Division of analysis period

Division	P.A (Period All)	P. I (Period I)	P. II (Period II)
Analysis Period	1980 - 2019year	1980 - 2009year	2011 - 2019year



단절점 검정 결과에 따라 2010년을 구조적 변화가 발생한 시기로 분류하여 분석기간을 전체 외에 기간 I(1980-2009년)과 기간 II(2011-2019년)로 크게 양분하였다(Table 7).

### 기술통계량

재배면적 변화에 대한 평균과 중앙값은 기간 I 이 전체기간과 기간 II 보다 작은 것으로 나타났으며, 기간 II가 전체기간과 기간 I 보다 큰 것으로 나타났다(Table 8). 재배면적 변화에 대한 표준편차는 기간 I 이 전체기간과 같고 기간 II보다 큰 것으로 나타났으며, 기간 II가 전체기간과 기간 I 보다 작은 것으로 나타났다. 평균과 중앙값의 경우 기간 I 이 기간 II보다 큰 것으로 나타났으며, 표준편차의 경우 기간 II가 기간 I 보다 큰 것으로 나타났다.

생산량 변화에 대한 평균과 중앙값은 기간 I 이 전체기간보다 크거나 같은 것으로 나타났으며, 기간 II가 전체기간과 기간 I 보다 더 큰 것으로 나타났다(Table 8). 표준편차는 기간 I 이 전체기간과 기간 II 보다 작은 것으로 나타났으며, 기간 II가 전체기간과 기간 I 보다 더 큰 것으로 나타났다. 평균과 중앙값의 경우 기간 II가 기간 I 보다 큰 것으로 나타났으며, 표준편차의 경우도 기간 II가 기간 I 보다 큰 것으로 나타났다.

### 동시 상관관계 검정 결과

Fig. 3은 동시 상관관계 검정에 앞서 변수 사이의 관계를 시각적으로 확인하기 위해 분석기간에 따라 산점도와 더불어 회귀선을 시각화하였다. 선형관계의 정도는 분석기간에 따라 다르게 나타났다. 기간 I의 경우 기울기가 전체기간보다 가파르게 나타났다으나 기간 II의 경우 다른 기간들과 다르게 기울기가 부(-)의 방향으로 더 가파르게 나타났다. Fig. 3의 A(1980-2019년), B(1980-2009년), C(2011-2019년)의 비교를 통해 2010년의 동해와 태풍 등의 자연재해로 인한 구조적 변화 이전 이후, 재배면적 변화와 생산량 변화 사이의 선형관계가 크게 변화하였다는 것을 직관적으로 알 수 있다.

동시 상관관계 검정 결과, 분석기간에 따라 동시 상관관계의 통계적 유의미 정도와 부호가 상이하게 나타났다(Table 9). 기간 I에서 통계적으로 유의미한 상관관계가 나타났으나 전체기간과 기간 II에서는 통계적으로 유의미한 상관관계가 나타나지

Table 8. Descriptive statistics

Type	$\Delta Area_t$			$\Delta Prod_t$		
	P.A	P. I	P. II	P.A	P. I	P. II
Mean	0.018	0.008	0.044	0.022	0.028	0.046
Median	0.007	-0.015	0.038	0.024	0.024	0.069
Std. De.	0.064	0.064	0.059	0.113	0.087	0.125

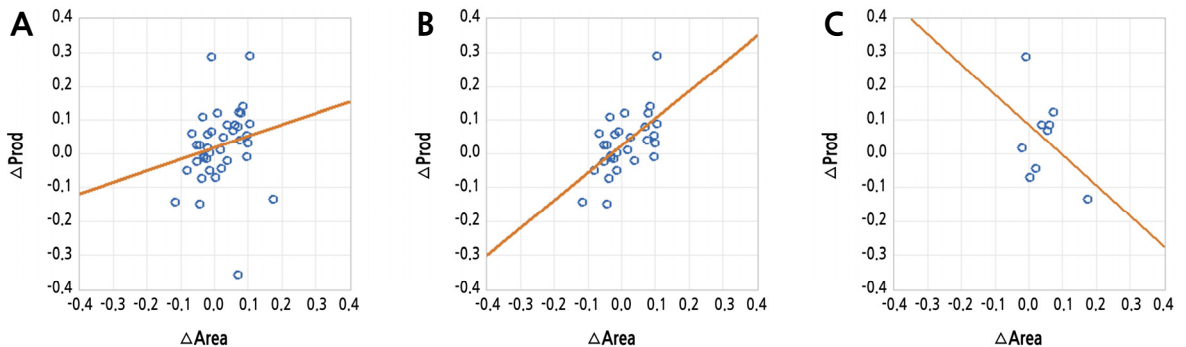


Fig. 3. Scatter plot between and for 1980-2019 (A), 1980-2009 (B), and 2010-2019 (C).

않았다. 또한, 기간 I에서는 높은 수준의 정(+)의 상관관계가 나타났으나 비록 통계적으로 유의하지 않더라도 기간 II에서는 상당한 수준의 부(-)의 상관관계가 나타났다. 복숭아 유목이 성과수가 되기까지 4-5년을 걸린다는 것을 고려해보면 기간 I에서 재배면적 변화와 생산량 변화 사이의 유의미한 상관관계는 복숭아 농가들이 장기적인 생산량 확대 의사결정에 있어 유목과 유목 관련 재배면적에 대해 적절한 수준에서 효율적인 운영 및 관리를 추구하는 것으로 추정된다. 또한, 기간 I의 경우 FTA폐원지원사업이 5년에 걸쳐 점진적으로 이루어진 반면에 기간 II의 경우 FTA폐원지원사업이 한 해에 걸쳐 이루어짐으로써 포도농가의 복숭아로의 급격한 작목전환이 발생하였다. 이와 같은 현상이 복숭아 재배면적의 급증으로 이어짐으로써 생산량과 재배면적과의 관계를 약화시킨 것으로 추정된다.

**그랜저 인과관계 검정 결과**

그랜저 인과관계 검정 결과, 전체기간에서는 재배면적 변화가 생산량 변화에 통계적으로 유의미한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났으나 기간 I과 기간 II에서는 재배면적 변화가 생산량 변화에 통계적으로 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 유의미한 시차는 기간 I에서 지속적인 4시차, 기간 II에서 일시적인 1시차로 나타났다(Table 10).

기간 I과 기간 II에서 재배면적 변화와 생산량 변화 사이의 그랜저 인과관계는 재배면적 변화에서 생산량 변화로의 단방향(uni-direction) 관계이다( $Prod_t \Rightarrow \Delta Area_t$ ). 재배면적 변화에서 생산량 변화로 그랜저 인과관계가 존재한다는 것은 재배면적 변화가 생산량 변화에 시차를 두고 유의미한 영향을 미친다는 것을 의미한다. 기간 I에서 그 지속성이 4시차까지 유의미하다는 것은 당해 재배면적 변화가 차년도 생산량 변화를 포함하여 4개년도 생산량 변화에 유의미한 영향을 미친다는 것이다. 기간 II에서 일시적이라도 1시차에서의 통계적 유의미성은 재배면적 변화가 생산량 변화에 시차를 두고 영향을 미치는 주요한 요인이라는 것을 반증하여 준다. 재배면적 변화에도 불구하고 생산량 변화로 크게 이어지지 않은 것은 이 기간에 이루어진 2015년 FTA폐원지원사업으로 인해 폐원한 포도농가의 상당수가 복숭아로 작목을 전환했기 때문이다. 2016년부터 복숭아 재배면적은 급증하였으나 복숭아 유목이 성과수가 되어 과수를 생산하기까지 4-5년이 소요되기 때문에 생산량 증가까지는 상당한 시차가 소요될 것이다.

**Table 9.** Results of contemporaneous correlation test

Type	P.A		P. I		Period II	
	$\Delta Area_t$	$\Delta Prod_t$	$\Delta Area_t$	$\Delta Prod_t$	$\Delta Area_t$	$\Delta Prod_t$
$\Delta Area_t$	1.000	-	1.000	-	1.000	-
$\Delta Prod_t$	0.192	1.000	0.596***	1.000	-0.421	1.000

\*\*\* ( $p < 0.01$ ), \*\* ( $p < 0.05$ ), \* ( $p < 0.10$ )

**Table 10.** Results of granger causality test

Type	Null Hypothesis	F-Statistics					
		lag1	lag2	lag3	lag4	lag5	lag6
P.A	$\Delta Area_t \Rightarrow \Delta Prod_t$	2.178	2.835*	2.356	1.814	0.532	0.738
	$\Delta Prod_t \Rightarrow \Delta Area_t$	1.262	0.680	0.985	0.572	0.809	1.718
P. I	$\Delta Area_t \Rightarrow \Delta Prod_t$	6.072**	3.821**	4.253**	4.746**	2.526*	2.035
	$\Delta Prod_t \Rightarrow \Delta Area_t$	0.350	0.156	0.118	0.305	0.422	1.435
P. II	$\Delta Area_t \Rightarrow \Delta Prod_t$	0.512	10.651***	3.980	-	-	-
	$\Delta Prod_t \Rightarrow \Delta Area_t$	2.792	1.275	0.907	-	-	-

\*\*\* ( $p < 0.01$ ), \*\* ( $p < 0.05$ ), \* ( $p < 0.10$ )

### 복숭아 생산량 예측

전체기간과 기간Ⅱ에서 절편과 기울기는 5% 유의수준 하에서 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타났다(Table 11). 이와 대조적으로 기간Ⅰ에서는 절편은 5% 유의수준 하에서 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타났으나 기울기는 5% 유의수준 하에서 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 설명력과 적합도 역시 기간Ⅰ이 가장 높게 나타났다.

기간Ⅰ의 경우 재배면적이 1% 변화할 때 생산량은 0.811% 변화하는 것으로 나타났다. 설명력은 35.5%로 나타났으며 적합도는 5% 유의수준 하에서 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 기간Ⅱ에서 재배면적 변화와 생산량 변화 사이에 통계적으로 유의미하지 않은 관계가 나타난 것은 2015년 FTA폐원지원사업으로 인한 포도농가의 복숭아로의 작목 전환이라는 급작스러운 재배면적 증가가 이루어졌기 때문이다. 이와 같은 예상치 못한 외부효과(external effect)가 재배면적 변화와 생산량 변화 사이의 관계 분석에 부정적인 영향을 미친다는 것을 보여준다.

위와 같은 분석결과는 구조적 변화의 발생여부를 고려하지 않고 분석을 수행할 경우 변수들 사이에 통계적으로 유의미한 관계가 존재하는 기간이 있음에도 불구하고 이를 고려하지 못한다는 한계를 보여주고 있다. 즉, 구조적 변화가 있음에도 이를 고려하지 않은 분석은 변수 사이의 명확한 관계를 희석시킬 수 있으며, 변수들 사이의 관계 변화를 포착할 수 있는 기회를 상실하게 만들 수 있다는 것이다.

복숭아 생산량의 예측에 있어 복숭아 생산량과 재배면적 사이의 동태적 관계가 기간Ⅰ과 같이 상대적으로 자료의 길이가 길 경우 정밀한 모형에 근거하여 정량적 예측을 수행하고 이를 분석할 수 있으나 기간Ⅱ와 같이 상대적으로 자료의 길이가 짧은 경우 단순 명확한 논리에 근거하여 정량적 예측을 수행할 수밖에 없다.

따라서 보다 단순·명확한 논리에 근거하여 향후 복숭아 생산량 예측을 다음과 같이 하고자 한다. 2015년 FTA폐원지원사업으로 인해 폐원한 포도농가의 대부분이 복숭아로 작목을 전환하였기 때문에 2016년 복숭아 유목에 대한 재배면적이 크게 증가하면서 복숭아 재배면적이 크게 급증하였다. 복숭아 유목이 성과수가 되어 복숭아 생산으로 이어지기까지 5년 정도가 소요된다는 점을 고려해 볼 때 적어도 2020년에서 2021년에는 복숭아 생산량이 크게 증가하게 되는 새로운 전환점을 맞이하게 될 것이다. 대규모 자연재해가 복숭아 생산량에 영향을 미친 2010년 이후부터 FTA폐원지원사업으로 인해 복숭아 재배면적이 급격하게 증가하기 이전인 2015년까지의 10a당 생산량이 최대 1.42톤, 최소 1.32톤, 평균 1.37톤인 것으로 미루어 볼 때 기상재해에 의해 큰 피해가 없고 재배면적의 변화가 크게 이루어지지 않을 경우 2020년 또는 2021년 복숭아 생산량은 최대 29만 3천 톤, 최소 27만 3천 톤, 평균 28만 3천 톤 수준에 이를 것으로 예측된다. 이와 같은 수준은 2019년 복숭아 생산량 대비 29.6-39.5% 정도 증가한 것이다. 공급의 증대와 더불어 최근 들어 더욱 잦아지고 있는 크고 작은 기상재해가 과수의 품질에 부정적인 영향을 미칠 경우 복숭아 가격 수준이 더욱 낮아져 상품성과 수익성이 크게 악화될 것이다. 가장 심각한 사항은 코로나바이러스감염증-19(COVID-19) 사태로 가속화된 경기둔화가 장기적인 경기침체로 이어져 가계소득 저하에 대한 불확실성을 확대하고 있다는 것이다. 이와 같은 현상은 가계의 실질구매력 감소를 통해 소비의 감소로 곧바로 이어지기 때문에 당분간 복숭아 가격 수준과 그에 따른 농가소득의 불확실성이 매우 우려되는 현실이다.

차후 중앙정부·지방정부·유관기관 등 관련기관은 잠재·기존 농가의 복숭아 재배 선택 및 확대에 대한 권고를 자제해야 하며,

Table 11. Results of linear regression

Type	P. A	P. I	P. II
intercept	0.016	0.021	0.086
$\Delta Area_t$	0.341	0.811***	-0.897
$R^2$	0.037	0.355	0.177
F-statistics	1.410	14.857***	1.505

\*\*\* ( $p < 0.01$ ), \*\* ( $p < 0.05$ ), \* ( $p < 0.10$ )

기후변화에 대한 부정적인 영향을 경감할 수 있는 다양한 대책을 연구하고 적시에 알릴 수 있는 체계를 구축해야 한다. 다른 한편으로 국내에 집중되어 있는 복숭아 공급을 품질향상 및 수출확대 등을 통해 국외로 분산시켜야 한다. 이를 통해 복숭아의 경쟁력 강화, 안정적 공급으로 적정 수준의 가격을 유지할 수 있도록 하여 장기적으로 농가소득의 향상과 안정을 유인할 수 있도록 하여야 한다.

본 연구는 첫째, 시계열 분석을 통해 기후변화가 복숭아 생산량에 구조적인 영향을 미쳤다는 것을 입증하였으며, 이와 같은 영향으로 2010년 복숭아 생산량에 구조적 변화가 발생하였다는 점, 둘째, 구조적 변화 전후로 생산량과 재배면적과의 동태적 관계가 크게 달라졌다는 점, 셋째, 구조적 변화 이후에서의 생산량을 예측하였다는 점에서 기존 선행연구와 차별화된다.

다른 시계열 연구분야와 달리 1년을 주기로 하는 과수 생산의 특성상 복숭아에 대한 생산량과 재배면적에 대한 자료는 장기에 걸쳐 측정·수집되었음에도 불구하고 자료의 규모 또는 길이가 상대적으로 제한적일 수 없었다. 구조적 변화를 명확하게 탐색할 수 있었으나 그로 인해 특정 기간에 해당하는 자료의 길이가 짧아져 부득이하게 소표본으로 구성되었다. 그럼에도 불구하고 이와 같은 연구결과는 제한적이거나 의사결정에 영향을 미칠 수 있는 유의미한 정보를 제공할 수 있다는 점에서 필수불가결하다고 사료된다. 차후 자료의 길이가 더 확보되었을 경우 추가적인 분석을 수행하고 그에 따른 예측을 수행해 볼 필요가 있다. 또한, 다른 주요과수에 대해서도 이와 같은 현상이 동일하게 발생하였는지에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

본 연구에서는 복숭아 생산량과 재배면적과의 동태적 관계의 분석에 있어 기상과 관련된 변수를 반영하지 못하였다. 기상과 관련된 변수는 발생빈도가 연속보다는 이산에 가깝기 때문이다. 또한, 매 시각 발생하여 연속성을 갖는 기상관련 변수들의 경우 1년을 주기로 하는 자료로 변환할 경우 정보의 손실이 발생할 수 있다. 생물학적으로 계절적 특성과 높은 연관성을 갖는 복숭아의 특성상 휴면시기, 생육단계, 수확시기를 고려해야 하며, 분석적 측면에서 평균 중심의 정량적 분석의 경우 평균의 한계(이상점의 영향 등)를 최소화하고 더 많은 정보를 반영하여 논리적 타당성을 갖추어야 한다. 이를 위해 최소 일별(daily)로 구성된 고빈도(high-frequency)자료의 측정 및 수집이 선행적으로 이루어져야 하며, 이를 활용하여 분석함으로써 기상관련 변수들에 내재하고 있는 정보들을 효과적으로 도출할 수 있다고 사료된다.

## 초 록

본 연구는 1980년부터 2019년까지의 장기 시계열자료를 기반으로 기후변화가 우리나라 복숭아 생산량에 전국적인 영향을 미쳤는지를 살펴보고, 재배면적과의 동태적 관계를 명확히 검토·분석하여 관련기관 및 잠재·기존 농가의 다양한 의사결정에 영향을 미칠 수 있는 유의미한 정보를 제공하는데 있다. 분석결과, 첫째, 2010년 대규모의 자연재해(동해, 태풍)가 복숭아 생산량에 영향을 미쳤고 이로 인해 복숭아 생산량에 구조적 변화가 발생하였다. 둘째, 1980년부터 2009년까지 재배면적의 변화가 생산량의 변화에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으나 2011년부터 2019년까지는 2015년 FTA 폐원지원사업으로 인한 외부효과로 복숭아 재배면적이 급격하게 증가하면서 생산량과의 동태적 관계가 크게 희석되었다. 셋째, 재배면적의 급격한 증가로 머지않아 30만 톤에 육박하는 복숭아가 생산되어 과잉공급될 것으로 전망된다. 따라서 중앙정부·지방정부·유관기관 등은 복숭아 재배 권고자제, 기후변화 영향 경감대책 마련과 적시 정보전달체계를 구축해야 하며, 다른 한편으로 품질향상 및 수출확대 등을 통해 복숭아를 국외로 분산시켜야 한다. 이를 통해 복숭아의 경쟁력 강화, 안정적 공급으로 적정 수준의 가격을 유지할 수 있도록 하여 장기적으로 농가소득의 향상과 안정을 유인할 수 있도록 하여야 한다.

**추가 주요어 :** 기후변화, 자연재해, 장기 시계열자료, FTA 폐원지원사업

## Literature Cited

- Brooks C (2014) Introductory econometrics for finance. Cambridge University Press, UK. doi:10.1017/CBO9781139540872
- Chae WB, Ha SM, Kang ES, Kim DY, Park SY, Cheong SR, Choi KJ (2014) Changes in radish (*Raphanus sativus* L.) and kimchi cabbage (*Brassica rapa* L.) growing area and main producing area by different cropping system. Korean J Hortic Sci Technol 127-128
- Chang SH (2000) Study on the prediction models for the productions of major food crops. J Korean Data Inf Sci Soc 11:47-55
- Dickey DA, Fuller WA (1979) Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. J Am Stat Assoc 74:427-431. doi:10.1080/01621459.1979.10482531
- Dickey DA, Fuller WA (1981) Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. Econometrica 49:1057-1072. doi:10.2307/1912517
- Elliott G, Rothenberg TJ, Stock JH (1996) Efficient tests for an autoregressive unit root. Econometrica 64:813-836. doi:10.2307/2171846
- Granger CWJ (1969) Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. Econometrica 37:424-438. doi:10.2307/1912791
- Han JH, Han HH, Ryu SH, Do KR, Kwon YH, Lee HC, Choi IM (2015) Freezing damage based safety zone mapping of fruit tree cultivation. Korean J Hortic Sci Technol 43-43
- Hwang HS, Shin IS, Kwon SI, Kang SS, Nam EY, No JH, Kwack YB (2011) Fruit breeding strategy corresponding to climate changes. Korean J Hortic Sci Technol 38-39
- Jang HI, Seo HH, Park SJ (2002) Strategy for fruit cultivation research under the changing climate. Hortic Sci Technol 20:270-275
- Jeong JW, Kim SS, Lee IK, So NH, Ko HS (2018) Negative effect of abnormal climate on the fruits productivity - Focusing on the special weather report. Korean J Agric For Meteorol 20:305-312. doi:10.5532/KJAFM.2018.20.4.305
- Ji ST, Lee HG (2016) The current status and implications of support for grapes closing in 2015. Korea Rural Economic Institute
- Kim SH, Cho JG, Han JH, Do KR (2012) Changes of cultivation area of major fruit crops from the RCP8.5 scenario in Korea. Korean J Hortic Sci Technol 108-109
- Korea Rural Economic Institute (KREI) (2016) Agricultural observation monthly report - May 2016. KREI, Naju, Korea
- Korean Statistical Information Service (KOSIS) (2019) <https://kosis.kr/index/index.do>
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (1980-2018) Statistical yearbook of agriculture, food and rural affairs., <https://www.mafra.go.kr/sites/mafra/index.do>
- Park MS, Lee MS, Kim SW (2018) In-depth research to understand the status of major fruit trees. Korea Rural Economic Institute
- Perron P (1989) The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. Econometrica 57:1361-1401. doi:10.2307/1913712
- Said SE, Dickey DA (1984) Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order. Biometrika 71:599-607. doi:10.1093/biomet/71.3.599
- Shim KM, Kim GY, Jeong HC, Lee JT (2008) Adaptation and assessment of the impacts of global warming on agricultural environment in Korea. J Bio-Environ Control 17:78-81
- Shim KM, Roh KA, So KH, Kim GY, Jeong HC, Lee DB (2010) Assessing impacts of global warming on rice growth and production in Korea. J Climate Change Res 1:121-131
- Shin YJ, Kim YS, Park CM, Ko YH, Kyung DH, Lee DK, Shin HJ (2016) Data analysis to recommend future fruit trees and plantations. Korean Institute of Industrial Engineers(KIIE) Abstracts 2824-2824
- Tsay RS (2012) An introduction to analysis of financial data with R. John Wiley & Sons, USA
- Yoon DH, Oh SY, Nam KW, Eom KC, Jung PK (2014) Changes of cultivation areas and major disease for spicy vegetables by the change of meteorological factors. J Climate Change Res 5:47-59. doi:10.15531/KSCCR.2014.5.1.47
- Yule GU (1926) Why do we sometimes get nonsense-correlations between Time-Series? - a study in sampling and the nature of time-series. J R Stat Soc 89:1-63. doi:10.2307/2341482
- Yun SK, Yoon IK, Nam EY, Kwon JH, Jun JH, Choi IM (2015) Current researches on cold injury and clod hardness in fruit trees. Korean J Hortic Sci Technol 43-43