

# 기상환경 변화가 배추·무 단수와 가격 변동성에 미치는 영향 분석\*

최병옥\*\*    최선우\*\*\*    임효빈\*\*\*\*

## Keywords

기상환경(Meteorological Environment), 시계열 자료(Time Series Data), 단수 함수(Yield Functions), 가격 변동성(Price Fluctuations)

## Abstract

This study targeted two purposes. Firstly, we examined the effect of climate changes on crop changes such as Chinese cabbages and Korean radishes, which are typically grown in unprotected farm fields. Through this examination, we intended to estimate cabbage and Korean radish yield models reflecting relevant weather factors and examine the effect on cabbage and Korean radish yields. Secondly, we aimed to assess the time series model of cabbages and Korean radishes, reflecting seasonal features to examine characteristics of price changes and find out which climate changes occur when prices significantly change. The result of this study will contribute to examining what climate changes occur in the season and when the price of Chinese cabbages and Korean radishes dramatically changes. We believe that our accomplishment will help the government establish preemptive strategies for stabilized supply and demand of Chinese cabbages and Korean radishes.

## 차례

- 1. 서론
- 2. 연구 자료 및 방법
- 3. 계절별 기상변화 발생 현황
- 4. 기상변화를 반영한 배추·무 작형별 단수 모형 분석
- 5. 시계열 분석 모형을 통한 배추·무 가격 변동성 분석
- 6. 요약 및 결론

\* 이 연구는 한국농촌경제연구원 기본과제 『주요 채소류 수급환경 변화와 대응 방안(2018)』의 일부를 발췌하여 논문화한 것임.

\*\* 한국농촌경제연구원 연구위원, 교신저자. e-mail: bochoi@krei.re.kr

\*\*\* 한국농촌경제연구원 연구원

\*\*\*\* 한국농촌경제연구원 연구원

## 1. 서론

배추와 무는 한국인의 식탁에 가장 중요한 김치의 주원료가 되는 품목이다. 이에 정부는 해당 품목을 비롯한 고추, 마늘, 양파 등의 생산과 유통, 소비 등의 분야에서 수급 안정을 위한 다양한 형태의 사업을 실시하고 있다. 배추와 무는 계절 변화에 따라 봄, 여름, 가을, 겨울 4작기에 생산되므로 정식 시기 이전부터 작기별로 재배면적, 출하 및 가격 등 관측정보를 제공하여 농협과 농업회사 법인 등의 생산자 단체와 농민의 계약재배 사업이 효과적으로 실시될 수 있도록 하고 있다. 또한, 생산 및 출하되는 시기에 생산이 과잉되거나 부족할 때에는 수매비축이나 시장격리를 하는 등의 다양한 수급 안정 사업을 실시하여 가격 안정을 위하여 노력하고 있다.

2000년대 이전에는 채소류를 대표하는 배추·무 수급 불안은 차기 작형 재배면적에 영향을 미치므로 배추·무의 적정 가격을 유지하는 것이 재배면적을 안정적으로 유지할 수 있는 주요한 수단으로 인식되었다.

그러나 2010년 이후에는 농산물의 가격변동에 있어 재배면적 변화에 따른 영향보다는 기상변화가 단수에 미치는 영향이 커지고 있으며, 단수 변화에 의해 가격변동이 발생한다는 선행연구가 많아지고 있다. 최근 기상변화가 농산물 단수와 가격에 미치는 영향을 규명하는 연구가 활발한 것은 지구 온난화 등의 영향으로 집중호우, 폭염 및 한파 등의 이상기상 발생 빈도가 과거보다 증가하여 농산물의 안정적 생산에 위협요인으로 작용하기 때문이다.

세계적으로 농산물의 수급 및 가격 안정은 인간이 안정적인 식생활을 유지하기 위한 중요조건으로 기상변화가 농산물 수급 및 가격 변화에 미치는 효과를 규명하여 농산물 생산량 감소, 식량 부족 등의 현상에 효과적으로 대응하기 위한 연구는 활발히 진행될 것이다.

기후변화가 농업 생산성에 미치는 영향을 분석한 논문은 조재환 외(2012, 2013), 노재선 외(2012), 권오상 외(2008), 김창길 외(2009), 심교문 외(2016), 명수정(2018) 등이 있다. 이들 연구는 기후변화(이상기후) 발생이 농업 생산성 및 경제적으로 미치는 영향을 회귀분석, 균형대체(EDM), 준모수적방법, 리카디언 모형 등을 이용하여 분석하였다. 분석 결과 대부분 기후변화(이상기후) 발생 시 농업 생산성이 유의미하게 감소하면서 경제적 손실도 증가하는 것을 밝혔다.

기상요인과 단위당 수량과의 관계를 분석한 논문도 다수 존재한다. 한석호(2011, 2016), 정호중

외(2016), 조재환 외(2012), 이용선 외(2004)는 쌀과 배추, 과채류 단수에 미치는 영향을 규명하기 위해 변수로 기상요인을 이용하고 패널 자료를 활용하여 단수모형을 분석하였다. 이에 평균기온은 양의 값, 비선형 관계를 설명하는 2차항은 음의 값을 나타냈고, 특히 적산 온도가 단수에 유의한 영향을 미치는 것을 밝혔다.

또한 하용현 외(2016)는 변이계수를 이용하여 채소류 생산 변동성을 재배면적 및 단수효과로 나누어 분석하였다. 분석 결과 대부분 작형에서 재배면적 효과가 크게 나타났으나, 고랭지 배추의 경우 단수효과의 비중이 상대적으로 큰 것으로 나타나 기상환경 변화에 민감한 것으로 분석되었다.

기상과 농산물 생산에 미치는 영향을 분석한 선행연구는 주로 기상변화가 농업 부문 전체와 쌀 생산에 미치는 영향에 관하여 분석하였고, 채소류 분야는 단수모형에서 기온, 강수량, 일조시간 등의 일반적인 기상 변수가 단수 및 생산량 변화에 영향을 미치는 것이라고 밝히고 있다. 기존 연구는 채소류 기상과 단수 관련 통계자료 부족으로 분석 및 추정에 한계가 있었으나, 이 연구는 일반적인 기상 변수 이외에 채소류 생육과 생산량 변화에 큰 영향을 미치는 기뿔과 집중호우를 표준강수지수(SPI)로 대체 및 적용하였고, 태풍 등의 다양한 기상 변수도 포함하였다. 또한, 통계청이 조사 및 발표하지 않는 고랭지 배추·무 단수 자료는 각 시군 지자체 자료를 이용하여 분석한 것이 기존의 선행 연구와 차별성을 갖는 부분이다.

그러므로 이 연구는 채소류 중 가장 중요한 품목인 배추·무를 대상으로 계절별로 발생하는 기상환경 변화가 배추·무 작형별 단수에 어떠한 영향을 미치는가를 분석하고, 배추·무 가격변동이 어떻게 변화하는가를 규명하는 것에 연구 목적이 있다.

따라서 이 연구의 구체적인 연구 목적은 두 가지이다.

첫째, 노지 채소류의 대표적 품목인 배추와 무를 대상으로 계절 변화에 따라 작형별 기상요인을 포함한 단수모형을 추정하여 단수 변화에 영향을 미치는 주요 기상요인이 무엇인가를 밝히는 것이다. 둘째, 배추·무 기상환경 변화로 인한 생산량 변동은 가격 변동을 초래하는 수급의 메커니즘이 존재하므로 배추·무 생산량과 가격의 인과관계를 규명하고 가격 시계열 변동성의 크기를 측정하여 해당 시기에 어떠한 기상환경 변화가 발생했는지를 밝히는 것이다.

이러한 연구는 정부와 농협 등의 생산자 단체가 기상환경 변화에 따른 생산량 변화와 가격 변동성에 대한 예측을 가능하게 하여 평상시 계약재배를 통하여 수급 안정에 이바지하는 물량을 확보하거나, 기상변화가 크게 발생하는 여름철과 가을철을 대비하여 밭 기반 정비, 비축물량 확보 등으로

채소류 수급 안정을 위하여 노력하는 논리적 근거를 제공할 수 있다.

## 2. 연구 자료 및 방법

### 2.1. 연구 자료

기상환경과 배추·무 단수의 관계를 분석하기 위하여 사용된 자료는 다음과 같다. 본 연구는 최근 기상환경 변화를 분석하기 위해 기간을 2000년 이후부터 적용하였다. 종속변수로 설정한 봄 및 가을 배추·무 단수는 통계청에서 도별로(경기·강원, 충청, 영남, 호남) 제공하는 2000년부터 2018년까지의 농산물생산조사 자료를, 강원도에 집중되어 있는 고랭지 배추와 무는 2000년부터 2017년까지 강원도 각 시군(삼척, 태백, 정선, 강릉, 평창, 홍천, 횡성, 영월 등 총 8개 시군)의 단수 자료를 이용하였다. 고랭지 배추·무 시군별 단수 자료는 통계청에서 따로 조사 및 발표하지 않기 때문에 각 시군이 직접 조사하여 발표하는 통계연보를 이용하였다. 또한 봄 및 가을과 달리 2017년까지의 단수 자료를 사용한 것은, 아직 각 시군의 2018년 통계가 집계되지 않았고, 발표시점도 2020년이므로, 자료의 수집이 제한되었기 때문이다.

독립변수로 사용한 기상 관련 자료는 기상청에서 제공하는 시군별 기온, 강수량, 표준강수지수(Standardized Precipitation Index: SPI)<sup>1</sup>로, 기간은 2000년부터 2018년까지이다. 특히 표준강수지수(SPI)는 지수 값에 따라서 가뭄(SPI<-1)과 습함(SPI>1)을 구분하였는데, 가뭄의 경우 심한 정도에 따른 효과를 분석하기 위해 수준별로 ‘보통 가뭄(-1.9<SPI<-1)’, ‘심한 가뭄(SPI<-2)’으로 구분하여 사용하였다. 표준강수지수 기상 자료는 도별 통합 자료를 제공하고 있지 않아, 시군별 자료에서 도를 대표하는 배추·무 주산지를 선정하여 도별 자료로 대신하였다.

또한, 단수 함수에 사용된 설명변수와 종속변수는 시계열 자료를 사용하는 것보다 추정의 효율성을 높이기 위해 연도 및 지역별 단수와 기상 자료 형태의 패널데이터를 구축하여 분석에 활용하

<sup>1</sup> Mckee, Doesken & Kleist(1993)가 개발한 가뭄지수로 강수량만을 이용하여 가뭄 심도를 산정하며 각 시간 단위에 따른 강수량의 과잉 혹은 부족을 나타내기 때문에 시간 단위에 따라 장·단기 가뭄을 유연하게 나타낼 수 있음(기상청 수문기상 가뭄정보 시스템).

였다. 회귀분석 시 패널데이터를 사용하면 일반적으로 시계열에서 많이 나타나는 설명변수 간의 공선성(collinearity) 문제가 발생할 수 있는 확률이 낮아진다. 또한, 추정량의 편의(biase)를 감소시킬 수 있는데, 변수가 누락될 경우 횡단면 자료로는 변수를 추가할 수 없으나 패널 자료에서 누락된 변수로 추가하여 편의를 감소시킨다.

배추·무 가격 시계열과 변동성을 분석하기 위한 월별 가격 자료는 농수산물유통정보(KAMIS)에 나타난 특·광역시를 포함한 15개 공영도매시장의 평균 가격 자료이며, 품질은 상품, 1kg당 가격을 사용하였다. 분석 기간은 2000년 1월부터 2018년 6월까지이며 해당 가격은 소비자물가지수를 이용하여 실질 가격으로 환산하였다. 특정 품목의 가격 변동성은 물가 변동분을 제거한 실질 가격 자료를 사용할 때 효과적으로 나타낼 수 있기 때문이다.

표 1. 분석에 이용된 자료 출처 및 내용

구분	세부 변수내용	출처	기간
기상	기온, 강수량, 태풍 횡수 (수원, 홍천, 제천, 서산, 부안, 장흥, 문경, 진주)	기상청	2000. 1.~2018. 12.
가뭄지수	표준강수지수(SPI) (수원, 홍천, 제천, 서산, 부안, 장흥, 문경, 진주)	기상청	2000. 1.~2018. 12.
봄, 가을 작형 단수	봄 및 가을 배추·무 단수 (경기, 강원, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남)	통계청	2000~2018
고랭지 작형 단수	고랭지 배추·무 단수 (강릉, 삼척, 영월, 정선, 태백, 평창, 홍천, 횡성)	각 시군 통계연보	2000~2017
도매가격	전국 15개 도매시장 평균 가격	KAMIS	2000~2018

## 2.2. 분석 방법

### 2.2.1. 단수모형

분석에서 패널 자료 이용 시, 추정량의 편의를 감소시킬 수 있는 장점은 각 패널 자료 간 이질성을 어떻게 제어하느냐에 따라 달렸다. 따라서 본 연구는 고정효과를 반영함으로써 지역 간 단위당 수량의 이질성을 모형에 적용하였다. 일반적인 패널 분석은 고정효과모형과 확률효과모형으로 구분한다. 이는 패널 자료에 일반적으로 적용할 수 있는 분석 방법으로, 아래 식 (1)은 패널모형의 기본으로 첨자  $i$ 는 패널 개체를, 첨자  $t$ 는 시간을 나타낸다.

$$Y_{i,t} = \alpha + \beta_1 X_{i,t} + u_i + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

$\alpha$  = 상수항

$\beta$  = 계수

$X$  = 시간에 따라 변화하는 변수(강수량, 최고온도 등)

$u_i$  = 패널 개체에 따라 변하는 이질적 특성을 나타내는 오차항

$\epsilon$  = 패널 개체의 시간에 따라 변화하는 순수 오차항

패널분석을 사용할 때 누락이 된 변수를 제어하기 위해서 식 (1)과 같이 오차항을 구분하는 방법을 사용한다. 시간 변화에 따라 변동하지 않는 패널 개체의 특성을 나타낸  $u$ 와 기간과 패널 개체에 따라 변하는  $\epsilon$ 이다. 이는 패널데이터에서 개별적인 특성 효과를 포함한 상수항이 각각의 개체마다 상이하다는 가정에서 계수를 추정하는데 이때, 가변수최소자승(Least Squares Dummy Variable: LSDV)모형을 이용하게 된다. 가변수모형을 이용하면 개체마다 상수항을 다르게 추정하여 개별 특성을 분리할 수 있다는 장점이 있으나  $u_i$ 를 고정된 모수로 가정했기 때문에 이를 추정하기 위해서는 필수적으로 자유도가 감소하는 문제가 발생한다. 개체 수가 증가할수록 모수의 수도 함께 증가하기 때문에 우발적인 모수 문제(incidental parameter problem)<sup>2</sup>가 발생할 수 있으며 시계열 자료 수가 적을 경우는 자유도가 감소되므로 고정효과모형 이용은 적합하지 않다.

그러나 확률효과모형은 고정효과모형과는 다르게  $u_i$ 를 확률변수로 가정하여 분석한다. 일반적 확률효과모형 분석 시 GLS모형을 이용한다. 본 연구는 고랭지 채소 단수 및 기상 자료는 지역별 단수인 횡단면 개수보다 많은 28개 연도로 구성되어 있으므로 확률효과모형보다는 가변수최소자승모형을 이용하는 것이 적합하다.

패널데이터 분석 시 ‘독립변수와 오차항이 서로 관련이 없다’라고 귀무가설을 설정하는 hausman-test 결과를 참고하여 확률 및 고정효과모형을 선택하는데, 유의수준 15%에서 기각되어 오차항과 독립변수가 관련이 있으면 고정효과모형을 이용할 수 있으므로 배추·무 2개 품목 모두 고정효과모형 이용이 적합하다고 판단된다. 또한, 일반적으로 지역별로 표본을 추출한 것이 아니라

2 자세한 논의는 Chamberlain(1984)을 참조하였음.

고랭지 채소 대부분을 포함하는 주산지를 선정하여 분석하였기 때문에 이런 경우 고정효과모형을 간접적으로 선택할 수 있다.

본 연구는 기상 변수를 적용한 분석에서 강수량, 최고기온 등의 변수를 단순히 양적 자료로 취급하지 않고 단위당 수량과 비선형 관계를 가정하였다. 이는 기온과 강수량의 경우 단수와와의 관계를 선형적인 관계가 아닌, 일정 온도나 강수량을 넘어서면 단수가 크게 감소하는 배추·무 생육의 특성을 고려한 것이다. 예를 들어 생육시기에 적절한 강수량은 작황에 도움이 되지만 폭우가 발생하면 유실이나 병해충이 발생할 가능성이 매우 높아 작황이 크게 나빠진다.

### 2.2.2. 시계열 분석

계절성을 포함한 배추·무 가격 변동성을 분석하기 위해 ARMA모형을 추정하고 가격 변동성의 특성을 파악하기 위해서 ARCH와 GARCH효과를 검정하였다. 먼저 Box-Jenkins Model Specification (박스-젠킨스 모델 구체화법)을 이용하여 채소 품목별 가격 시계열의 ARMA(Autoregressive Moving-Average) 구조를 파악하였다. 배추·무 가격은 과거의 가격 충격과 계절성을 포함한 변동 특성에 영향을 받으므로 자기회귀(AR)항과 이동평균(MA)항을 추가하여 적정 차수를 선택하는 것이 필요하다. AR항과 MA항의 차수선택은 각각의 차수를 늘려 반복 추정하면서 도출되는 Akaike 정보 통계량(Akaike info criterion)이 가장 작은 값을 찾아내는 방법을 활용하였다. 또한 해당 모형에 삼각함수 변수를 추가하여 사인(SIN)함수와 코사인(COS)함수를 변수로 추가하여 가격의 상승, 하락이 반복되는 주기적인 계절성의 특성을 반영하였다.

식 (2)는 ARMA모형 식이다. 품목별 가격의 과거 가격(자기회귀항)과 오차항(이동평균)을 변수로 하여 가격 자료의 자기회귀성과 이동평균항의 조합을 찾아낸다.

$$y_t^i = c + \alpha_1 y_{t-1}^i + \alpha_2 y_{t-2}^i + \dots + \alpha_p y_{t-p}^i + \beta_1 \epsilon_{t-1}^i + \beta_2 \epsilon_{t-2}^i + \dots + \beta_p \epsilon_{t-p}^i \quad (2)$$

$$+ \gamma_1 SIN(2\pi I/6) + \gamma_2 COS(2\pi I/6) + \gamma_3 SIN(2\pi I/12) + \gamma_4 COS(2\pi I/12)$$

( $y$  = 품목별가격,  $i$  = 품목 (배추, 무),  $t$  = 시간,  $p = 1 \dots n$ ,  $\epsilon$  = 오차항)

가격 시계열에 어떠한 충격이 가해지고 균형으로 수렴하지 못하면 변동성이 일정 기간 동안 커지는 현상이 발생한다. 이러한 변동성의 특성을 보인 구간에서는 크게 유지되고 어느 구간에서는 작

아지는 현상이 발생한다. 이처럼 시계열모형에서 변동성이 커지고 작아지는 구간이 반복적으로 발생하는 것을 변동성 군집현상(Volatility Clustering)이라고 한다. 일반적인 평균방정식의 경우 해당 종속변수의 조건부 평균값을 모형화한 것으로 배추·무 가격 변동성 군집현상을 분석하기 위해서는 ARCH(Autoregressive Conditional Heteroscedasticity)효과 검정을 통하여 나타낼 수 있다. 이는 변동성 군집현상과 확률분포의 꼬리가 두꺼워지는 현상을 설명하기 위해 Engle(1982)에 의해 고안된 개념이다.

ARCH효과를 검정하기 위해 사용하는 방법은 LM(Lagrangian Multiplier) 방식이며 귀무가설로 ARCH효과가 없다는 가설을 세우고 가설 검정을 위한 추정을 실시한다.

하지만 일반적으로 ARCH의 경우 얼마나 긴 시차를 선택해야 하는지 모호하다는 것과 많은 수의 오차항이 변수로 들어가야 하기 때문에 비효율이 발생한다. 이를 해결하기 위해 Engle의 ARCH모형을 Bollerslev(1986)<sup>3</sup>가 일반화한 GARCH분석을 실시하였다. GARCH모형은 ARCH모형에 조건부 분산의 시차를 추가하여 분석한 것이다. 따라서 추정된 식을 표현하면 다음과 같다.

$$y_t = \beta X_t + \beta_1 \sin(2\pi I/6) + \beta_2 \cos(2\pi I/6) + \beta_3 \sin(2\pi I/12) + \beta_4 \cos(2\pi I/12) + \epsilon_t \quad (3)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \epsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p \epsilon_{t-p}^2 + \gamma_1 \sigma_{t-1}^2 + \gamma_2 \sigma_{t-2}^2 + \dots + \gamma_q \sigma_{t-q}^2 + \beta_1 \sin(2\pi I/6) + \beta_2 \cos(2\pi I/6) + \beta_3 \sin(2\pi I/12) + \beta_4 \cos(2\pi I/12) \quad (4)$$

3 Bollerslev, T. 1986. "Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity." *Journal of Econometrics*, 31, pp. 307-327.

### 3. 계절별 기상변화 발생 현황

최근 기상은 가뭄, 집중호우 및 태풍, 고온 및 한파 등의 급격한 변화로 농산물의 재배 시기, 품질, 생산량 등에 다양한 영향을 미치고 있다. 그중에서도 배추·무는 기상환경의 변화에 크게 반응하는 노지 채소 작목 중 하나로 계절별 기상에 따라 배추·무에 미치는 영향은 크게 달라진다. 봄철 특히 배추·무가 활발하게 성장하는 6~7월에 가뭄이 지속될 경우, 칼슘 결핍, 생육 불균형 등으로 단수가 감소하게 된다. 여름철은 7~8월 폭염, 집중호우, 태풍 유무에 따라 무름병, 뿌리혹병 등이 발병 및 확산된다. 가을은 기상변화가 크게 발생하는 시기가 아니어서 태풍 발생 여부에 따라 작황이 변동한다. 겨울철은 1~2월의 한파에 따른 동해가 가장 큰 현상이다. 이처럼 기상환경 변화는 작형별 배추·무 생산량에 큰 영향을 미친다.

표 2. 작형별 생산량에 영향을 미치는 기상 현상

작형	봄	여름	가을	겨울
파종 및 생육기	1~7월	6~10월	8~11월	9월~익년 4월
현상	가뭄 집중호우	고온, 폭염 집중호우 태풍	태풍 우박	한파

#### 3.1. 가뭄

1970년대와 비교하여 최근으로 올수록 전국의 강수량은 지속적으로 감소하여 매년 가뭄이 발생하는 것으로 나타났다. 특히, 봄 및 고랭지 채소류의 주산지에 해당하는 전라남도, 경상북도, 강원도는 강수량이 크게 감소한 것으로 나타났다. 이에 따라 주산지에서는 칼슘 결핍, 생육 불균형, 상품성 저하(비상품 증가) 등의 피해가 발생하였다.

표 3. 지역별 연평균 강수량 비교

단위: mm

구분	1970년대(B)	1980년대	1990년대	2000년대	2010년대(A)	차이(A-B)
경기도	12,634	11,843	13,885	13,359	10,567	-2,067
강원도	12,601	12,101	13,810	13,965	10,660	-1,941
충청북도	11,735	12,331	12,613	12,466	9,766	-1,969
충청남도	11,666	12,202	13,196	12,502	10,076	-1,590
전라북도	12,205	13,294	12,748	13,318	9,794	-2,411
전라남도	13,680	14,060	13,096	14,762	10,504	-3,176
경상북도	11,428	10,858	11,292	12,278	8,704	-2,724
경상남도	14,943	15,449	14,553	15,290	12,367	-2,576
제주도	13,701	15,070	15,051	14,768	11,652	-2,049

자료: 기상청 기상자료개방포털.

### 3.2. 집중호우 및 태풍

2010년 이후 1일 강수량 80mm 이상의 비가 내린 날은 연평균 총 66일이고, 1일 강수량 150mm 이상의 집중적인 비가 내린 날은 연평균 27일인 것으로 나타났다. 실제 월평균 집중호우 발생일수를 비교해 볼 경우, 1년 강수량의 80% 내외는 6~9월 중에 내린 것으로 나타났으며, 그중에서도 여름 장마, 태풍 등의 기상 영향을 크게 받는 7월과 8월 여름철에 집중적으로 비가 내리는 것으로 나타났다.

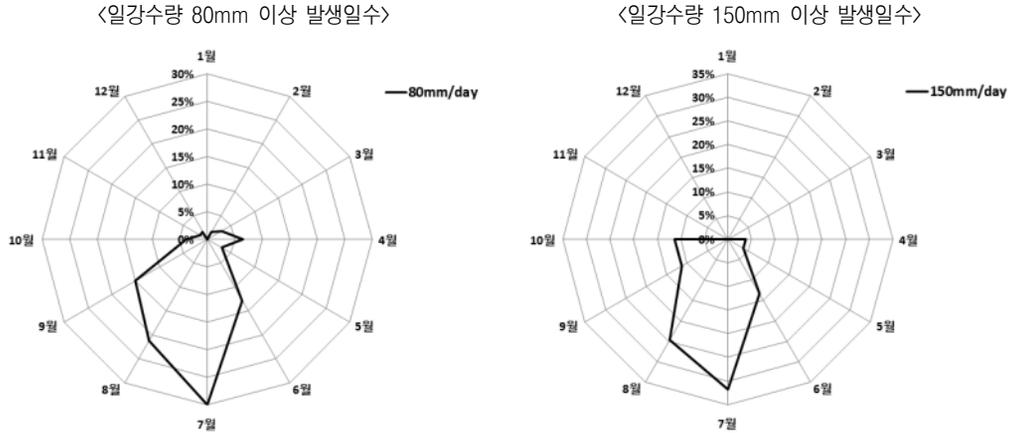
표 4. 월평균 강수량 발생일수(2010~2017년)

단위: 횟수, %

강수량		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
일강수량 ≥80mm 발생일수	평균	0	1	2	4	2	8	20	14	10	3	1	1	66
	비율	0.0	1.5	3.1	6.5	3.1	12.8	30.0	21.2	15.0	3.8	1.5	1.5	100.0
일강수량 ≥150mm 발생일수	평균	0	0	0	1	1	4	8	7	3	3	0	0	27
	비율	0.0	0.0	0.0	3.7	3.7	14.8	29.6	25.9	11.4	11.1	0.0	0.0	100.0

자료: 기상청 기상자료개방포털.

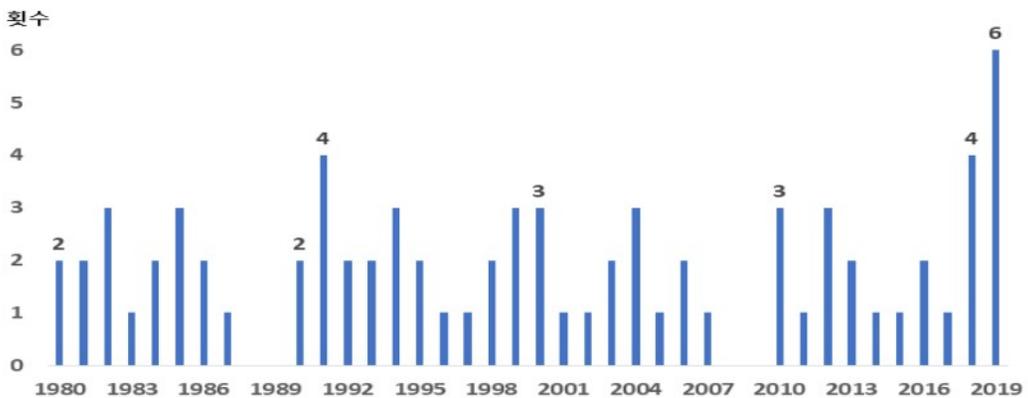
그림 1. 월평균 집중호우 발생일수의 비율(2010~2017년)



자료: 기상청 기상자료개방포털.

가을은 여름과 달리 기온의 변화나 집중호우가 많지 않아 단수 변화가 적다. 다만, 태풍이나 태풍의 간접적 영향에 따른 비가 국지적으로 내릴 경우, 작황 피해가 크게 발생하게 된다. 1980년부터 8~10월 3개월 동안 국내에 영향을 미친 태풍 횟수를 보면 평균 2회로 크게 많지 않아 가을철 배추·무의 단수는 지속적으로 증가하는 추세에 있었다. 그렇지만 2018년과 2019년의 경우 태풍 횟수가 각각 4회, 6회로 크게 증가하였다.

그림 2. 8~10월 국내에 영향을 미친 태풍 발생 횟수 추이

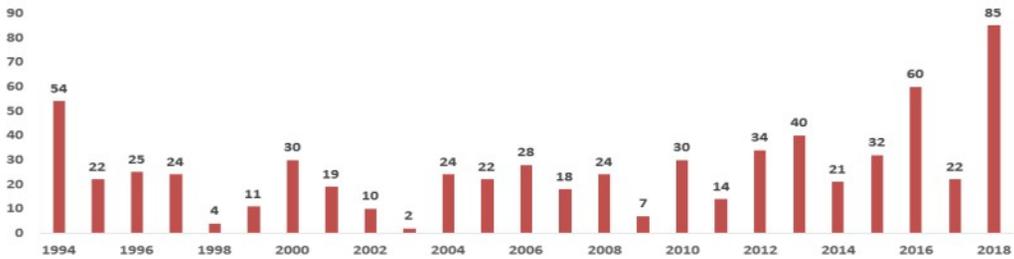


자료: 기상청 기상자료개방포털.

### 3.3. 고온 및 폭염

기온 상승은 작물의 생육에 직접적인 영향을 미쳐 채소류 생산량 감소를 유발하게 된다. 특히 18~20℃의 호냉성 기후에 생육이 잘 이루어지는 노지 채소류의 특성상 기온 상승은 단수를 감소시킨다. <그림 3>에서 살펴볼 경우, 7~9월 평균 강원도 채소 주산지(평창, 강릉, 정선 등) 폭염일수는 2000년대부터 최근까지 증가하고 있으며, 2010년대에 들어 평균 37일 내외까지 증가한 것으로 집계되었다. 이처럼 폭염이 지속되면서 고랭지 배추·무의 단수(단위당 수확량)는 감소한 것으로 나타났다.

그림 3. 고랭지 주산지 폭염(33℃ 이상)일수 추이

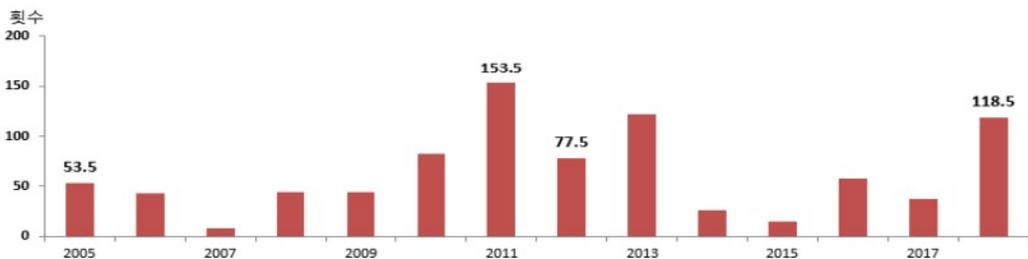


자료: 기상청 기상자료개방포털.

### 3.4. 한파

겨울철에 발생하는 한파는 2010년 이전에는 1~2월 영하 12℃ 이하인 날의 수가 평균 46회 수준이었으나, 2010년 이후에는 평균 76회로 2010년 이전보다 많은 것으로 나타났다. 한파가 발생할 경우 동해를 받아 상품성이 급격히 떨어지며 수확이 불가능한 비중이 크게 높아진다.

그림 4. 겨울철(1~2월) 영하 12℃ 이하를 기록한 횟수



자료: 기상청 기상자료개방포털.

## 4. 기상변화를 반영한 배추·무 작형별 단수모형 분석

### 4.1. 봄 작형 배추·무 단수모형

봄 작형 배추·무 기상변화를 반영한 변수는 평균기온, 최저기온, 일교차가 있으며, 가뭄과 습함을 나타내는 표준강수지수(SPI)도 변수에 포함하여 분석하였다. 분석 결과, 평균기온은 상승할수록 단수가 증가하는 결과를 나타냈다. 봄배추는 4~5월이 생육기이며 무는 5~6월에 주로 생육 및 수확 되므로 품목별로 맞는 시기를 적용하였을 때 유의하게 나타났다. 봄배추와 무의 기온변수 2차항의 경우 모두 음의 부호를 나타내어 일정 온도에 도달하면 단수가 감소하는 것으로 분석되었다. 봄 작형 배추·무에 냉해가 발생하면 생육 과정에서 정상적인 생육이 어려워 배추·무의 속이 여물지 못하거나 크기가 작아져 단수가 감소한다.

봄배추·무는 가뭄을 보통 가뭄과 극심한 가뭄으로 구분하여 추정한 결과 극심한 가뭄에만 단수가 감소하는 것으로 나타나 생산자가 일반적으로 알고 있는 속설과는 다른 결과가 나타났다. 생산자는 봄에 발생하는 가뭄으로 배추와 무의 단수가 감소하여 가격이 상승한다고 알고 있으나, 분석 결과 보통 이하의 가뭄은 봄배추·무의 단수 감소에 영향이 없고 극심한 가뭄만 단수를 감소시키고 있다. 봄배추는 1개월 누적 가뭄지수가 보통 가뭄 이하일 경우 양(+)의 부호로 유의하게 나타났고, 무의 경우 1개월 누적 가뭄지수가 역시 양의 부호로 유의하게 나타났다. 이러한 분석 결과는 과거와 달리 밭 기반 정비와 관개수로 정비에 따른 저수지, 스프링클러 등의 농업용수 설치로 물이 적절한 시기에 공급되면서 심한 가뭄 이외 보통 수준의 가뭄에서는 단수가 큰 폭으로 감소하지 않는다는 것을 의미한다. 반대로 습함 지수는 통계적으로 유의한 수준에서 배추와 무 단수가 감소하는 것으로 나타났다. 봄 작형의 배추·무 단수는 여타 기상요인보다는 심한 가뭄, 비가 계속해서 내려 습함 지수가 나타날 때 감소하는 것으로 나타났다.

표 5. 봄배추·무 단수모형 추정 결과

구분		배추	무
상수항		-6,864.772 (5115.973)	-45,737.16** (21497.46)
SPI1 (보통 가뭄)	6월	370.5299** (144.7554)	255.3306* (154.8649)
SPI3 (심한 가뭄)	6월	-	-487.6431* (292.2370)
	7월	-536.8036* (280.5065)	-
SPI1 (습함)	6월	-360.5462* (187.2712)	-172.1355* (126.5619)
SPI3 (습함)	6월	-	-236.3266* (145.1971)
평균기온	4~5월	1574.882** (713.5019)	-
	5~6월	-	4,865.60** (2223.412)
평균기온 <sup>2</sup>	4~5월	-55.0407** (24.8048)	-
	5~6월	-	-119.0634** (57.44403)
$R^2$ (adjusted)		0.31	0.46
F-statistic		8.4139	12.6267

- 주 1) \*, \*\*, \*\*\*는 각각 유의수준 10%, 5%, 1%에서 통계학적으로 유의함을 의미하며, ( ) 안은 표준오차를 나타낸다.  
 2) 변수로 사용된 SPI1, SPI2, SPI3은 30일, 60일, 90일 누적 강수량을 지수화한 것이며, 분석의 편의를 위해 가뭄과 습함일 경우 '1', 정상일 때는 '0'인 더미변수로 설정하였음.  
 3) SPI 지수는 수준에 따라 '약한 가뭄(-1.5<SPI<-1)', '보통 가뭄(-1.9<SPI<-1)', '심한 가뭄(SPI<-1.9)'으로 변수를 구분하였음.

#### 4.2. 여름 작형 배추·무 단수모형

여름 작형의 배추·무 단수모형 분석 결과, 가뭄이 단수에 미치는 영향은 배추는 8월 1개월 누적 가뭄지수, 무의 경우 6월 1개월 누적 가뭄지수와 9월 3개월 누적 가뭄지수에서 음(-) 부호를 나타냈으며 통계적으로도 유의하였다. 이는 봄철 강수량 감소가 고랭지 채소 초기 생육인 6월에 영향을 미쳐 고랭지 배추·무 단수가 감소한다는 것을 의미한다. 또한, 강수량 정도를 나타내는 습함 지수는 배추 6월과 9월 1개월 누적 가뭄지수, 무 8월 1개월 가뭄지수가 통계적으로 유의성을 나타냈다. 습함 지수는 여름철 배추·무 단수와 관계에서 모두 음(-)의 부호를 나타냈다. 이는 여름철 강우가 지속하여 습도가 높으면 배추와 무에 무름병, 모자이크병, 노균병 등의 병해가 발생하여 단수가 감소하

는 현상을 설명하고 있다고 여겨진다.

기상 변수들 중 최고기온은 배추·무 모두 통계적 유의성을 나타냈으며 유의하게 나타났다. 또한 단수와 최고기온과의 비선형 관계를 분석하는 2차항 변수는 두 품목 모두 유의하게 나타났다. 배추는 8~9월의 2개월간의 평균 최고기온이 29.3도를 넘고, 무는 27.6도를 초과하면 단수 감소 현상이 발생하였다.<sup>4</sup> 따라서 과거보다 여름철 배추·무 주산지 폭염일수가 증가하는 기상환경 변화는 여름철 배추·무 단수를 감소시키는 결정적 요인 중 하나로 나타났다.

표 6. 여름 작형 배추·무 단수모형 추정 결과

구분		배추	무
상수항		-18442.820*** (6843.291)	-21197.35** (8148.607)
SPI1 (가뭄)	6월	38.083 (162.113)	-367.345** (171.755)
SPI2 (가뭄)	8월	-318.675* (182.343)	
SPI3 (가뭄)	9월		-410.81** (199.008)
SPI1 (습함)	6월	-272.970** (133.309)	
	8월		-284.970* (172.881)
	9월	-201.284* (117.320)	
최고기온	6~7월	1015.454** (388.271)	
	8~9월	712.168* (411.399)	1813.752*** (644.742)
최고기온 <sup>2</sup>	6~7월	-20.180*** (7.514)	
	8~9월	-12.145* (8.254)	-32.843*** (12.671)
$R^2$ (adjusted)		0.31	0.49
F-statistic		5.065	10.508

- 주 1) \*, \*\*, \*\*\*는 각각 유의수준 10%, 5%, 1%에서 통계학적으로 유의함을 의미하며, ( ) 안은 표준오차를 나타낸다.  
 2) 변수로 사용된 SPI1, SPI2, SPI3은 30일, 60일, 90일 누적 강수량을 지수화한 것이며, 분석의 편의를 위해 가뭄과 습함일 경우 '1', 정상일 때는 '0'인 더미변수로 설정하였음.  
 3) SPI 지수는 수준에 따라 '약한 가뭄(-1.5<SPI<-1)', '보통 가뭄(-1.9<SPI<-1)', '심한 가뭄(SPI<-1.9)'으로 변수를 구분하였음.

4 단수 함수인  $y = \beta_0 + \beta_1 T_i - \beta_2 T_i^2$ 에서  $\frac{\Delta y}{\Delta T_i} = \beta_1 - 2\beta_2 T_i$ 이므로, 변곡점(optimal point)  $T^*$ 는  $-\frac{\beta_1}{2\beta_2}$ 로 산출할 수 있음( $T$ =기온).

### 4.3. 가을 작형 배추·무 단수모형

가을 작형 배추·무 단수모형을 분석한 결과 평균기온이 상승할수록 단수가 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 가을 작형 배추·무는 봄 작형과 마찬가지로 극심한 가뭄을 제외하고는 보통 수준의 가뭄에는 별다른 영향이 없고 오히려 가을 배추·무의 단수를 증가시키는 것으로 나타났다. 11월 1개월 누적 보통 가뭄지수는 배추는 유의하지 않았지만, 무는 양(+)의 부호로 유의하게 나타났다. 반대로 심한 가뭄의 경우 배추·무 모두 음(-)의 부호가 나타났고 통계적으로 유의성을 나타냈다. 이러한 현상은 9~11월 김장철을 앞두고 고랭지 배추 2기작과 가을배추·무의 생육 시기에 심한 가뭄이 발생하였을 경우, 생육 지연 등의 피해가 나타나 단수가 감소하는 것으로 판단된다.

또한 3개월 누적 11월 습함 지수는 배추·무 모두 음(-)의 부호이며 유의하게 나타났다. 우리나라의 강수량은 보통 7월에서 9월까지 장마와 집중호우 등의 발생으로 150mm 이상의 많은 비가 내리지만, 10월부터는 비가 자주 내리지 않아 강수량이 100mm 이하로 감소하는 특성이 있다. 여름철에 장마가 시작되거나 집중호우 등의 기상 현상이 발생하여 비가 많이 내리면 침수 피해, 바이러스 피해 등이 발생하여 단수가 감소하는 것으로 판단된다. 가을배추·무 정식(파종)기 및 생육 시기에 태풍이 자주 발생하여 우리나라에 집중호우, 강풍 등으로 농작물에 큰 피해를 주기 때문에 태풍을 더미변수로 처리하여 태풍의 영향도 분석하였다. 태풍을 변수로 포함함에 있어, 태풍마다 태풍의 강도도 상이하고 배추·무 주산지에 직접적인 영향을 미치는 지역도 달라, 가을배추·무 주산지(호남, 충청) 8~10월 강풍이 경보 기준(풍속 21m/s 또는 순간풍속 26m/s)에 도달하거나, 총 강우량이 200mm 이상인 경우에 한해서만 더미처리를 실시하였다. 분석 결과, 두 품목 모두에서 태풍 발생 시 통계적으로 유의한 수준에서 단수가 감소하였다.

표 7. 가을배추·무 단수모형 추정 결과

구분		배추	무
상수항		-21589.870** (9352.876)	-30961.03** (14241.500)
SPI1 (보통 가뭄)	11월	96.431 (242.3612)	769.7268*** (261.648)
SPI2 (심한 가뭄)	11월	-971.268* (638.596)	-2003.480* (1283.120)
SPI3 (습함)	11월	-595.781*** (168.818)	-495.889*** (176.494)
평균기온	8~11월	3661.869*** (1158.178)	3492.265** (1460.690)
평균기온 <sup>2</sup>	8~11월	-104.063*** (35.802)	-79.646** (37.430)
태풍여부	8~11월	-170.801*** (63.698)	-171.657*** (70.112)
$R^2$ (adjusted)		0.62	0.50
F-statistic		22.828	15.520

- 주 1) \*, \*\*, \*\*\*는 각각 유의수준 10%, 5%, 1%에서 통계학적으로 유의함을 의미하며, ( ) 안은 표준오차를 나타냄.  
 2) 변수로 사용된 SPI1, SPI2, SPI3은 30일, 60일, 90일 누적 강수량을 지수화한 것이며, 분석의 편의를 위해 가뭄과 습함일 경우 '1', 정상일 때는 '0'인 더미변수로 설정하였음.  
 3) SPI 지수는 수준에 따라 '약한 가뭄(-1.5<SPI<-1)', '보통 가뭄(-1.9<SPI<-1)', '심한 가뭄(SPI<-1.9)'으로 변수를 구분하였음.

#### 4.4. 겨울작형 배추·무 단수모형

타 작형(봄, 고랭지, 가을)은 통계청(KOSIS)에서 재배면적과 생산량 데이터를 과거부터 제공하였으나, 월동 배추·무의 경우는 통계에서 제외되어왔다. 그러나 최근 월동 작형의 중요성 및 필요성이 꾸준히 부각되면서 2014년에 신설되었다. 이에 따라 시계열 자료 부족으로 단수 패널 모형 구축이 제한적이어서 단수모형을 분석하는 데 한계가 존재하였다. 다만 월동 배추·무 단수와 주산지 한파 횟수를 보면 상관관계가 있음을 알 수 있다. 배추는 한파가 자주 발생하였던 2015~2017년산 단수가 상대적으로 낮게 나타나지만 큰 차이는 보이지 않고, 월동 무는 한파 발생으로 2017년 단수가 뚜렷하게 감소한 것으로 나타났다.

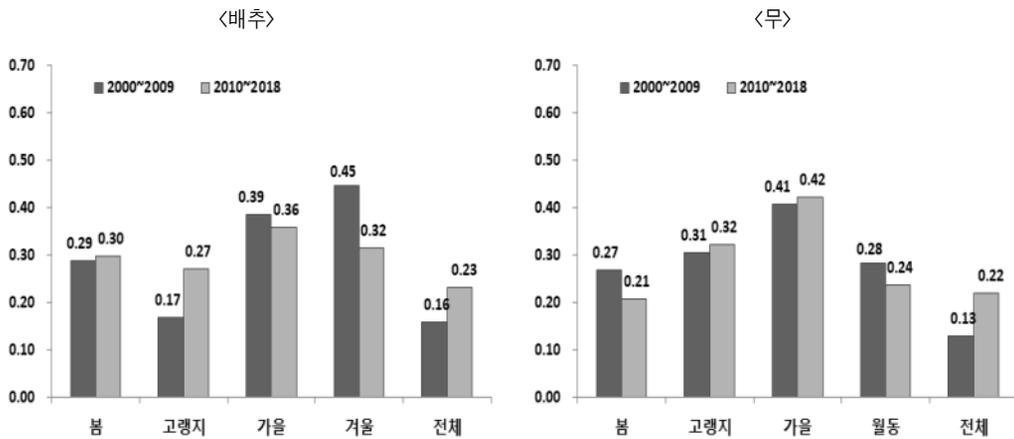


## 5. 시계열 분석 모형을 통한 배추·무 가격 변동성 분석

### 5.1. 가격 변동성 추이

배추와 무의 시기별 변이계수 산출 결과 대부분의 작형에서 가격 변이계수가 2000년대에 비해 2010년대에 확대된 것을 알 수 있다. 특히 겨울 작형은 최근 계속된 겨울철 따뜻한 기온으로 가격 변동성이 감소하지만, 여름철인 고랭지 작형은 태풍, 집중호우 등의 기상변화가 심하여 가격 변동성이 커지는 것을 알 수 있다.

그림 6. 배추·무 시기별 변이계수 변화



### 5.2. 시계열 분석 결과

#### 5.2.1. 단위근 검정

본고에서는 시계열 자료의 정상성 여부를 검증하기 위해 ADF검정과 PP검정 방법을 사용하여 단위근 검정을 실시하였다. 검정모형은 상수항만 포함한 모형과 상수항과 추세항을 모두 포함한 모형으로 구분하였다. 또한 시차는 통상적으로 이용하는 AIC(Akaike Information Criteria) 기준을

적용하여 적정 수준의 시차를 도출하였다. <표 9>는 배추·무의 단위근 검정 결과를 나타낸다. 배추·무 가격 시계열 자료 모두 절편과 추세를 포함한 상태에서 단위근 검정을 실시하였다. ADF검정과 PP검정 모두 절편과 추세를 포함한 수준에서 귀무가설을 5%, 1% 유의수준에서 기각하는 것으로 나타나 단위근이 존재하지 않는 안정적 시계열로 판명되었다.

표 9. 단위근 검정 결과

구분	ADF검정		PP검정	
	절편	추세 포함	절편	추세 포함
배추	-2.587	-2.922*	-8.739**	-8.997**
무	-6.325**	-7.575**	-6.265**	-7.609**

주 1) ADF와 PP검정 임계치

절편: 1%=-3.463 5%=-2.876, 추세포함: 1%=-4.004 5%=-3.432

2) \*, \*\*는 각각 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 나타냄.

### 5.2.2. ARMA 분석

배추·무 월별 도매가격에 대해 단위근 검정을 실시한 결과 안정 시계열로 판명되어 Box-Jenkins 방법을 이용하여 ARMA모형의 적정 시차를 추정하였다. AR항은 과거의 가격이 현재 가격이 미치는 영향을 나타내고 MA항은 현재 가격에 일정 기간 동안의 평균 가격 추세가 미치는 영향을 의미한다. <표 10>은 배추·무에 대한 ARMA모형 분석 결과로 배추·무는 AR(1) 모형이 가장 적합한 것으로 나타나 1개월 전의 가격에 현재 가격이 영향을 받는 것으로 나타났다. 또한 12, 13개월 전의 가격도 현재 가격에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 배추·무의 품목 특성상 작기가 1년에 4번으로 구분되어 연중 생산과 출하체계가 이루어져 1개월 전 가격변동이 현재의 가격에 영향을 미치지 만, 전년도 동일시기 가격 변화도 현재 가격에 영향을 미치는 것을 의미한다. 또한, 품목별 가격 시계열이 계절성을 포함하고 있는가를 분석하기 위하여 사인(SIN)함수와 코사인(COS)함수를 ARMA구조 분석에 추가하였다. 분석 결과, 배추와 무의 계절성이 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다. 배추와 무는 여름 작형인 2분기에 통계적인 유의성이 나타나 여름 작형의 계절성이 뚜렷한 것으로 분석되었다. 또한 배추는 겨울 작형인 4분기에 통계적으로 유의한 수준에서 계절성이 존재하는 것으로 나타났다.

표 10. 계절성을 포함한 배추·무의 가격 시계열 모형 추정 결과

변수	배추	무
상수	552.1470 (28.439***)	418.4639 (24.7567***)
1차 자기회귀	0.4016 (6.8919***)	0.5783 (11.8583***)
2차 자기회귀	-	-
12차 자기회귀	0.2419 (3.1677***)	-
13차 자기회귀	-0.2186 (-3.0023***)	-
36차 자기회귀	-	-
SIN(2*3.1415*1/6) (1분기 계절성)	19.9199 (1.8619*)	-3.3174 (-0.5180)
SIN(2*3.1415*1/12) (2분기 계절성)	25.4928 (2.1743**)	-21.3636 (-2.2589**)
COS(2*3.1415*1/6) (3분기 계절성)	0.5824 (0.0536)	3.7332 (0.5517)
COS(2*3.1415*1/12) (4분기 계절성)	36.2366 (2.7811***)	-8.8487 (-0.8903)
추세	0.2948 (1.9370*)	0.5911 (4.2050***)
Adjusted R-squared	0.3346	0.5026
Durbin-Watson stat	1.9740	1.9591

주: \* 10% 유의수준, \*\* 5% 유의수준, \*\*\* 1% 유의수준

### 5.3. GARCH 변동성 분석

ARCH효과가 존재하는 배추·무에 대하여 GARCH 검정을 실시하였다. 배추 가격에 대해 GARCH효과 분석 결과 GARCH(2,1)모델이 가장 적합한 모형으로 나타났다. 오차항과 분산이 변수인 분산식에서는 계절적 영향이 없는 것으로 나타났으나, 평균 방정식에서는 1분기, 4분기에서 계절적 영향을 받는 것으로 나타나, 해당 시기에는 가격이 상승하는 계절성이 존재하는 것으로 추정된다. 또한 GARCH효과를 의미하는 분산의 계수 값이 유의수준 1%에서 유의한 것으로 나타나 과거의 변동성이 현재의 변동성을 설명할 수 있다는 것을 나타낸다.

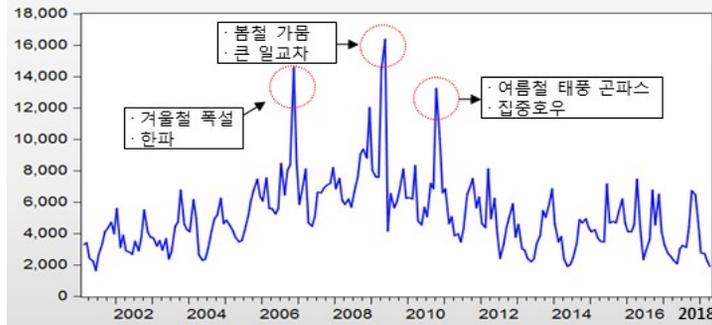
표 11. 계절성을 포함한 배추의 GARCH 추정 결과

변수	z-통계량	변수	z-통계량
평균 방정식			
상수	555.6408 (29.6399***)	SIN(2*3.1415*1/6) (1분기 계절성)	23.1347 (2.1814**)
1차 자기회귀	0.4247 (5.9903***)	SIN(2*3.1415*1/12) (2분기 계절성)	6.1028 (0.4443)
12차 자기회귀	0.2344 (3.4832***)	COS(2*3.1415*1/6) (3분기 계절성)	3.3333 (0.2938)
13차 자기회귀	-0.2128 (-3.2898***)	COS(2*3.1415*1/12) (4분기 계절성)	40.0978 (3.1337***)
추세	0.2260 (1.5585)		
분산 방정식			
상수	35.6660 (1.8462*)	SIN(2*3.1415*1/6) (1분기 계절성)	151.3310 (0.2037)
RESID(-1)^2	0.1501 (259.6164***)	SIN(2*3.1415*1/12) (2분기 계절성)	-532.7775 (-1.3023)
RESID(-2)^2	-0.1845 (-233.7262***)	COS(2*3.1415*1/6) (3분기 계절성)	-247.1280 (-0.3553)
GARCH(-1)	1.0291 (4073.5470***)	COS(2*3.1415*1/12) (4분기 계절성)	-197.4814 (-0.5152)
설명 통계량			
R-squared	0.3449	AIC	11.4715
Adj. R-squared	0.3185	D-W stat.	1.9729

주: \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 나타냄.

또한 일정 구간 변동성이 크게 변동하는 변동성 군집현상이 나타났다. <그림 7>의 배추가격 조건부 분산 그래프에서 배추 가격은 2006년, 2008년, 2009년, 2010년에 각각 변동성이 크게 증가하는 구간이 나타나고 있다. 특히 2006년, 2009년, 2010년의 경우 다른 시기보다 상대적으로 조건부 분산이 3~4배가량 높게 나타났다. 조건부 분산이 높았던 연도의 기상환경을 보면, 2006년에는 겨울철 폭설과 한파, 2009년에는 봄철 가뭄과 큰 일교차, 2010년에는 강한 태풍과 집중호우가 발생하였다. 해당 시기에는 기상이변으로 배추의 단위당 수확량이 감소하여 가격이 큰 폭으로 상승하였다.

그림 7. 배추 가격의 조건부 분산 변화 추이



무 가격에 대해 GARCH효과 분석 결과, GARCH(1,1)모델이 가장 적합한 것으로 나타났다. <표 12>에 나타난 무 가격의 조건부 분산은 2분기, 3분기, 4분기에 계절적 영향을 받는 것으로 나타났으며, 계절성의 영향으로 무 가격의 변동성은 2분기, 3분기에는 증가하고 4분기에는 감소하는 것으로 분석되었다.

표 12. 무의 GARCH 추정 결과

변수	z-통계량	변수	z-통계량
평균 방정식			
상수	411.6047 (27.5218***)	SIN(2*3.1415*1/12) (2분기 계절성)	-9.5313 (-1.0399)
1차 자기회귀	0.5753 (9.4349***)	COS(2*3.1415*1/6) (3분기 계절성)	15.5756 (2.7947***)
추세	0.6724 (5.6140***)	COS(2*3.1415*1/12) (4분기 계절성)	-4.2932 (-0.5238)
SIN(2*3.1415*1/6) (1분기 계절성)	-6.4202 (-1.0849)		
분산 방정식			
상수	614.5420 (2.5383***)	SIN(2*3.1415*1/12) (2분기 계절성)	398.5259 (2.4800**)
RESID(-1)^2	0.2811 (3.4386***)	COS(2*3.1415*1/6) (3분기 계절성)	660.1392 (2.2099**)
GARCH(-1)	0.5590 (4.9368***)	COS(2*3.1415*1/12) (4분기 계절성)	-519.9563 (-1.9812**)
SIN(2*3.1415*1/6) (1분기 계절성)	274.6458 (1.1526)		
설명 통계량			
R-squared	0.5116	AIC	10.8760
Adj. R-squared	0.4978	D-W stat.	1.9488

주: \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 나타냄.

<그림 8>의 무 가격 조건부 분산 그래프에서는 2000년, 2007년, 2011년, 2017년에 변동성이 크게 증가하는 구간이 나타난다. 무 가격은 변동성이 주기적으로 상승과 하락을 반복하는 패턴이 나타나는데, 이는 계절적 요인이 작용하고 있음을 나타낸다. 변동성이 증가하는 해당 연도의 기상환경을 보면, 2000년에는 가을철 태풍과 집중호우, 2007년에는 봄철 가뭄 및 고온, 여름철 집중호우, 2011년에는 여름철 장마 및 이후 가뭄, 2017년에는 장마와 가뭄이 발생하였다. 해당 시기에는 이와 같은 기상이변으로 인해 단위당 수확량이 감소하여 가격이 큰 폭으로 상승하였다.

그림 8. 무 가격의 조건부 분산 변화 추이

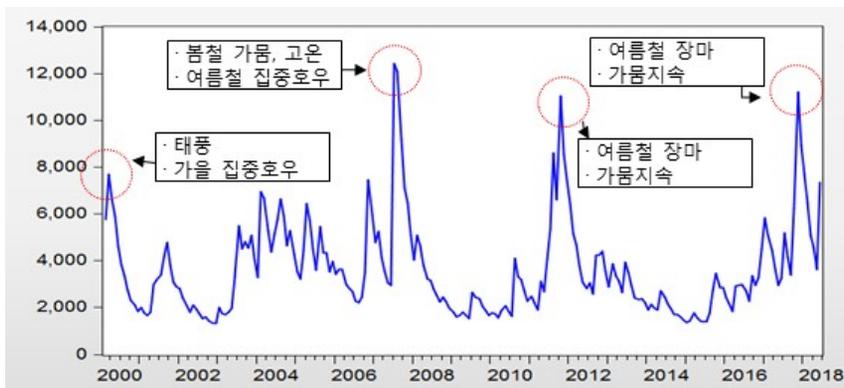


표 13. 배추·무 변동성 크기에 영향을 미친 이상기후

구분	현상	시기	영향
2010년	폭염	7~9월	고랭지 배추·무 단수 감소
	집중호우	8월	고랭지 배추·무 단수 감소
	태풍, 집중호우	9월	태풍 '곶파스'로 고랭지 및 가을 배추·무 단수 감소
2011년	집중호우	7월	7~8월 고랭지 배추·무 작황 악화
	폭염	8~9월	8월 고랭지 배추·무 작황 악화
2016년	폭염	7~8월	고랭지 배추·무 7~9월 작황 악화
	태풍, 집중호우	10월	태풍 '차바'로 인해 가을 및 월동 배추·무 작황 악화
2017년	한파	1~2월	월동 배추·무 일시적 작업 제한, 단수 감소
	가뭄	6월	봄배추·무 및 고랭지 배추·무 단수 감소
	폭염	7~8월	고랭지 배추·무 7~9월 작황 악화
	우박	9월	가을배추·무 단수 감소, 결구 및 비대 지연
2018년	한파	1~2월	월동 배추·무 일시적 작업 제한, 단수 감소
	집중호우	7월	고랭지 배추·무 7~8월 작황 악화
	폭염	7~8월	고랭지 배추·무 7~8월 작황 악화

주: 이상기후 판단 기준은 배추와 무 작황에 유의한 영향을 주었을 경우로 한정함.

자료: 기상청, 이상기후보고서 2010~2018.

## 6. 요약 및 결론

이 연구는 기상변화가 배추·무 생산에 미치는 영향을 분석하기 위하여 계절별 이상기상이 배추·무 단수에 어떠한 영향을 미치는지 개괄적으로 살펴보고 배추·무 단수 변화에 영향을 미치는 기상변화를 설명변수로 활용하여 작형별 단수 함수를 추정 및 분석하였다. 배추·무 작형별 단수 함수 추정 결과, 봄철 배추와 무는 보통 이하의 가뭄은 단수감소에 큰 영향이 없으나 극심한 가뭄이 발생하거나 비가 계속 내리서 습할 때 단수가 감소하는 것으로 분석되었다. 또한, 다양한 기상변화가 발생하는 여름철에는 가뭄과 폭염 일수 증가, 비가 계속되는 습함 지수가 높을수록 무름병, 모자이크병, 노균병 등이 확산되어 단수가 감소하는 것으로 나타났다. 매년 김장철이 시작되는 가을 작형의 배추와 무는 생육기에 자주 발생하는 태풍을 동반한 집중호우에 취약한 것으로 분석되었다. 실제로 2019년 가을배추·무는 정식 시기인 9월과 10월에 세 차례의 태풍으로 경작지가 유실되고, 배추·무의 뿌리가 약해져 뿌리썩음병, 뿌리혹병 등이 발생, 단수가 크게 감소하여 작황이 양호하였던 전년 대비 가격이 큰 폭으로 상승하는 현상이 나타나고 있다. 월동 배추·무는 기상 상황과 관련된 시계열 자료가 부족하여 단수모형 구축이 제한적이지만 배추보다는 월동 무에서 한파 발생으로 인한 단수 감소 현상이 뚜렷하게 나타나는 것으로 분석되었다.

또한, 시계열 분석방법을 활용하여 30여 년 동안의 배추·무 월별 가격 시계열을 활용하여 계절적 변동성 특성을 고려한 ARMA모형을 추정하고 변동성의 구조를 파악할 수 있는 GARCH모형 추정과 동시에 조건부 분산의 변동성 크기를 파악하였다. 분석 결과 2010년 이후 배추·무 변동성 크기에 가장 영향을 미친 기상요인은 가을 작형 생육과 수확 시기인 8월부터 10월까지 폭염, 집중호우, 태풍 등으로 나타났다.

고랭지 배추·무 출하기에는 폭염이나 집중호우에 의해 작황이 부진해질 가능성이 높아 비교적 안정적으로 생산되는 봄배추·무를 저장하여 이상기상으로 인한 물량 부족에 대비해야 할 것이다. 특히 10월 하순부터는 김장철로 배추·무 소비가 집중되는 시기이며, 해당 시기의 물량 부족은 김장 비용을 크게 높일 수 있다. 따라서 가을 배추·무 생육기에 집중호우 발생이 예상될 경우 수급이 불안정해질 가능성이 있으므로 해당 시기에 출하예정인 배추·무의 계약재배 물량은 출하기 시장 가격 상승분을 반영하거나 의무 출하물량 부과, 작업비 및 물류비 지원 등의 대책으로 농가가 계약재배

이행률을 높이는 방안이 마련되어야 한다.

또한 현재 배추·무 수급과 관련하여 가용한 자료는 통계청에서 제공하는 연 단위, 도 단위 자료가 대부분이어서 정확한 관측을 하는 데 제한이 따른다. 따라서 이상기상이 발생했을 경우 조기에 대처하기 위해 지역별·시기별 기상, 단수, 피해 여부 등의 세부 데이터를 구축하고 예측모형 개발 등의 관측 고도화가 필요하다.

중장기적인 배추·무 수급 안정을 위해서는 밭 기반 정리사업, 내한 및 내습성 품종 개발, 농가별 재배기술 교육 등 급격한 기후변화에 대응할 수 있는 체계적인 인프라 구축이 필요할 것으로 보인다.

참고 문헌

권오상, 김창길. 2008. “기후변화가 쌀 단수변화에 미치는 영향: 비모수적 및 준모수적 분석.” 『농업경제연구』 49(4): 45-64. UCI: G704-000586.2008.49.5.002

김창길, 이상민. 2009. “기후변화가 농업부문에 미치는 경제적 영향 분석.” 『농업경제연구』 50(2): 1-24.

노재선, 권오상, 조승현. 2012. “기후변수와 쌀 단수간의 인과성 및 이상기후가 쌀 단수에 미치는 영향 분석.” 『농업경제연구』 53(1): 21-39. UCI: G704-000586.2012.53.1.001

명수정. 2018. “기후변화 관련 자연재해가 우리나라의 쌀 생산에 미치는 영향.” 『한국방재학회논문집』 18(7): 53-60.

심교문, 정명표, 김용석, 최인태, 김호정, 강기경. 2016. “엘니노 발생연도의 우리나라의 이상기상 특징과 쌀 수량과의 관계.” 『한국농림기상학회지』 18(3): 143-150. DOI: 10.5532/KJAFM.2016.18.3.143

이용선, 정학근, 김원태, 최익창. 2004. 『과채류의 작형별 단수함수 추정』. P73. 한국농촌경제연구원.

정호중, 정원호. 2016. “배추수급모형 추정을 통한 가격변동 시나리오 분석.” 『농업경영·정책연구』 43(4): 897-920.

조재환, 서정민, 진경호, 강점순, 홍창오, 임우택, 이상규. 2012. “기온 및 강수량 변동이 노지 견고추 단수에 미치는 영향.” 『한국환경과학지』 21(12): 1503-1510. DOI: 10.5322/JES.2012.21.12.1503

조재환, 서정민, 진경호, 강점순, 홍창오, 임우택, 이상규. 2013. “노지 가을배추 단수의 고온 및 다우 피해 계측.” 『한국환경과학지』 22(2): 235-242. DOI: 10.5322/JESI.2013.22.2.235

하용현, 김관수. 2016. “변이계수를 이용한 채소류 생산 변동성의 단수효과 및 재배면적효과로의 분해.” 『농업경제연구』 57(3): 37-53. UCI: G704-000586.2016.57.3.004

한석호. 2016. “쌀 단수 예측모형 개발연구.” 『농업생명과학연구』 50(3): 219-229. DOI: 10.14397/jals.2016.50.3.219

한석호, 이병훈, 박미성, 승준호, 양현석, 신성철. 2011. 『기상요인을 고려한 단수예측모형 개발 연구』. P152. 한국농촌경제연구원.

Bollerslev, Tim. 1986. “Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity.” *Journal of Econometrics*. vol. 31, pp. 307-327. DOI: 10.1016/0304-4076(86)90063-1

Chamberlain, G. 1984. “Panel data.” in Z., Griliches and M. Intriligator, eds., *Handbook of Econometrics*. vol. 2, New York: Elsevier.

Engle, Robert F. 1982. “Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of U.K. Inflation.” *Econometrica*. vol. 50, pp. 987-1008. DOI: 10.2307/1912773

McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist. 1993. “The relationship of drought frequency and duration to time scales.” Eighth Conf. on Applied Climatology, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., pp. 179-184.

KAMIS 농산물 유통정보. <<https://www.kamis.or.kr>>. 검색일: 2019년 5월~12월.

KOSIS 국가통계포털. <<http://kosis.kr>>. 검색일: 2019년 5월~12월.

기상청 수문기상 가뭄정보 시스템<<http://hydro.kma.go.kr>>. 검색일 2019년 5월~12월.

기상청 기상자료개방포털. <<http://www.kma.go.kr>>. 검색일: 2019년 5월~12월.

기상청 기후정보포털<<http://www.climate.go.kr>>. 이상기후 보고서. 검색일: 2019년 5월~12월.

각 시군(강릉시, 삼척시, 영월군, 정선군, 태백시, 평창군, 홍천군, 횡성군). 각 연도 『통계연보』. 검색일: 2019년 5월.

원고 접수일: 2019년 10월 29일
원고 심사일: 2019년 11월 7일
심사 완료일: 2020년 3월 17일