

ORIGINAL ARTICLE

기온 및 강수량 변동이 노지 건고추 단수에 미치는 영향

조재환¹⁾ · 서정민^{1)*} · 강점순²⁾ · 홍창오³⁾ · 김진호⁴⁾ · 이상규⁵⁾

부산대학교 농업경제학과, ¹⁾부산대학교 바이오환경에너지학과, ²⁾부산대학교 원예생명과학과,
³⁾부산대학교 생명환경화학학과, ⁴⁾농촌진흥청 연구운영과, ⁵⁾농촌진흥청 원예작물부 채소과

The Impacts of Changes of Temperature and Precipitation Amount on Red Pepper Yields

Jae-Hwan Cho, Jeong-Min Suh^{1)*}, Jum-Soon Kang²⁾,
Chang-Oh Hong³⁾, Jin-Ho Kim⁴⁾, Sang-Gyu Lee⁵⁾

Department of Agricultural Economics, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

¹⁾*Department of Bio-Environmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea*

²⁾*Department of Horticultural Bioscience, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea*

³⁾*Department of Life Science and Environmental Biochemistry, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea*

⁴⁾*R&D Coordination Division, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea*

⁵⁾*Department of Vegetable Research, Rural Development Administration, Suwon 440-706, Korea*

Abstract

The purpose of this article is analyzing the impacts of climate change on red pepper yield in Korea, with employing a panel data regression model. Our results show that there is a negative impacts of high temperature and precipitation amount on red pepper yields. Especially high temperature and rainfall in July cause serious damage to red pepper yield. According to the reduction schedule on greenhouse gas emission(RCP 8.5 scenario.), red pepper yield would be 25.4% lower than it is, for reasons of high temperature and rainfall damages by the end of 21st century.

Key words : Red pepper yield, Negative impacts of high temperature and rainfall, Panel data regression model

1. 서론

유엔산하 정부간 기후변화협약체(IPCC, 4차 평가 보고서, 2007년)에 따르면 지난 100년 동안 지구의 평균기온은 0.75℃ 상승하였으며, 온실가스 감축정책(RCP 4.5)에도 불구하고 향후 21세기 말에는 기온이 2.8℃ 상승하고, 강수량이 4.5% 증가할 것으로 전망하고 있다.

우리나라의 경우도 기온 상승과 강수량 증가가 예상되고 있다. National Institute of Meteorological Research(2011년)에 따르면 우리나라 평균 기온은 1912년부터 2010년까지 1.8℃ 상승하였으며, 강수량이 200 mm 이상 증가한 것으로 보고하고 있다. 더욱이 국립기상연구소의 기후변화 예측 시나리오에 따르면, 현 추세대로 온실가스를 계속 배출하는 경우, 21세기 말에 한반도 평균 기온은 6.0℃ 상승하며, 강수

Received 17 September, 2012; Revised 8 October, 2012;

Accepted 3 December, 2012

*Corresponding author : Jeong-Min Suh, Department of Bio-Environmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea
Phone: +82-55-350-5436
E-mail: suhjm@pusan.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

량은 20.4% 증가할 것으로 예상하고 있다. 이에 덧붙여 온실가스 감축노력(RCP 4.5)이 실현될 경우에도 기온은 3.4°C 상승하고, 강수량도 17.3% 증가할 것으로 전망하고 있다.

최근에는 기후변화 우려와 함께 다수의 연구를 통해서 기온과 강수량이 곡물 생산에 미친 영향을 계측한 바 있다. Kwon과 Kim(2009)은 우리나라 기후변화가 쌀 단수에 미치는 영향을 비모수적 및 준모수적 분석을 통해 계측하였다. 이들의 연구결과에 따르면 기온이 증가할수록 쌀 생산량은 증가하지만, 평균 기온이 20°C를 넘어서게 되면 생산량이 오히려 감소하며, 강수량이 많을수록 단수에 부정적인 효과를 미친다는 점을 밝히고 있다.

Kim과 Jeong(2010)은 기술요인과 기상요인을 고려하여 쌀 단수 변동요인을 분석하였으며, 쌀 단수정체에는 기상요인이 매우 크게 작용했다는 점을 결론으로 도출한 바 있다.

국외 연구로는 Pope과 Heady(1982)가 기온이나 강수량이 옥수수, 대두, 밀 단수에 미친 영향을 계측하였다. 또한 Desai(1986), Francisco과 Guise(1988) 등도 기상조건이 곡물 단수에 미치는 영향을 계측하였다. 이들 연구결과에 의하면 기온 상승이나 강수량 증가는 곡물 생산에 부정적인 영향을 미쳤다는 점을 공통적으로 밝히고 있다.

한편 과일류나 채소류에 초점을 맞추어서 기상요인이 단수에 미친 영향을 분석한 연구는 소수에 불과하다. Cho와 Cho(1992)는 연간 시계열 자료 중 전국 평균자료를 이용하여 과수 단수모형을 추정하였다. Lee 등(2004)의 연구에서는 무, 배추, 오이, 호박, 토마토 등 과채류를 봄, 여름, 가을 작형으로 세분한 후 기온, 강수량, 일조량, 태풍 등이 단수에 어느 정도 영향을 미쳤는가를 파악하기 위하여 패널개체 특성을 수용한 고정효과모형을 추정하였다. 이들의 연구에 따르면 과채류 생산과 가격의 불안정성은 일차적으로 단수 불안정에 있으며, 이는 기후요인에 기인된다는 점을 밝히고 있다.

Han 등(2011)은 고랭지 배추의 단수와 기상변수에 대해 패널자료를 구축한 후 고정효과모형을 이용하여 단수예측모형을 개발하였다. 그러나 농작물의 생육시기를 정식기, 개화 및 착과기, 과비대기, 수확기 등으

로 구분한 후 이에 해당되는 기후변수의 영향을 세분할 필요가 있다.

본 연구는 노지에서 재배되는 채소류 중 재배면적 비중이 가장 큰 건고추 작물을 선정한 후 패널개체의 특성을 수용한 단수결정모형을 추정함으로써 생육시기별 기온과 강수량 등이 단수에 미치는 영향을 계측하고, 새로운 기후변화 시나리오에 따른 고온 및 강수 피해를 예측하고자 한다. 참고적으로 고추는 조미용으로 쓰이는 건고추와 생식용으로 쓰이는 풋고추로 구분된다. 그 중 건고추는 노지에서 재배되는 단일 품목임에도 불구하고 노지에서 재배되는 채소 재배면적 전체에서 차지하는 비중이 21.6%(2010년)로 가장 높다. 또한 노지 건고추 생육주기를 월별로 구분하면 정식시기는 4월 중순에서 5월 중순 사이이며, 수확은 7월 하순부터 시작하여 9~10월에 끝물 수확이 이루어진다.

2. 재료 및 방법

2.1. 노지 건고추 단수결정 모형

기온과 강수량이 노지 건고추 단수에 미치는 영향을 생육시기별로 계측하기 위해서는 시계열자료와 횡단면자료가 통합된 패널자료(pooled data)가 필요하며 동시에 패널개체의 특성을 수용할 수 있는 분석모형이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 t 년도에 i 지역에서 재배되고 있는 노지 건고추 단수가 t 년도 i 지역의 기온과 강수량 등에 의해 영향을 받는 것으로 가정하여 식(1)과 같이 단수결정모형을 설정하였다.

$$y_{d,i,t} = X_{i,t}\beta + u_{i,t} \quad (1)$$

여기서 t 는 i 와 연도와 지역을 나타내는 하첨자이며, y 는 t 년도 i 지역의 노지 건고추 단수를 나타내는 종속변수 벡터이다. 또한 $X_{i,t}$ 는 t 년도 i 지역의 기온과 강수량을 생육시기별로 구분해서 나타내는 설명변수 벡터이다. 이때 β 는 기온과 강수량이 단수에 미치는 영향 정도를 나타내는 파라메타 벡터이다.

한편 식(1)에서 패널개체의 특성을 수용할 경우 $u_{i,t}$ 는 무작위 오차항으로 식(2)와 같이 분해될 수 있다.

$$u_{i,t} = v_i + e_{i,t} \quad (2)$$

식(2)에서 v_i 는 지역 특수효과(unobservable region-

specific effects)를 나타내는 오차항이며, $e_{i,t}$ 는 지역과 시간에 따라 변하는 오차항(idiosyncratic error term)이다. 따라서 v_i 는 지역에 따라 서로 다른 값을 가지지만, 동일 지역의 경우 연도에 상관없이 일정 값을 갖는 고정변수이다

다음은 식(2)에서 v_i 를 어떻게 가정하는가에 따라 고정효과모형(fixed effects model)과 확률효과모형(random effects model) 중 하나를 선택해서 파라메타(β)를 추정해야한다. 두 모형의 가장 큰 차이점은 고정효과모형의 경우 v_i 가 설명변수 $X_{i,t}$ 와 상관관계를 갖는 반면, 확률효과모형의 경우 v_i 가 설명변수 $X_{i,t}$ 와 서로 독립적임을 가정하고 있다. 가령 v_i 가 지역에 따라 다른 일정한 값을 갖는 고정변수일 경우 고정효과모형에 기초해서 식(1)의 파라메타를 추정해야만 일치 추정량 이면서 효율적인 추정량을 얻을 수 있다. 반면에 식(2)에서 두 오차항이 모두 확률변수일 경우 확률효과모형에 기초해서 식(1)의 파라메타를 추정해야만 일치 추정량 이면서 효율적인 추정량을 얻을 수 있다(Baltagi, 2008; Lee 등, 2005; Min과 Choi, 2010; Kwon 등, 2010).

따라서 노지 건고추 단수가 기온이나 강수량 등에 의해 어느 정도 영향을 받는가를 계측하기에 앞서 고정효과모형과 확률효과모형 중 어느 것이 더 분석에 적합한가를 사전에 파악해야 한다.

그러나 사전에 v_i 가 고정변수인지 아니면 확률변수 인지를 파악하기는 사실상 어렵다. 그러므로 본 논문에서는 이 두 모형의 파라메타(β)를 각각 추정한 후

그 중 어느 것이 더 적합한가를 사후적으로 판별할 수 있는 Hausman검정법을 채택하고자 한다. 이 경우 귀무가설이 수용된다면 확률효과모형이 더 효율적이다. 그러나 귀무가설이 기각되면 고정효과모형에 의해 추정된 파라메타를 선택한다. 참고적으로 설명변수 벡터($X_{i,t}$)와 지역별로 이질성을 나타내는 확률변수(v_i) 간에 독립성이 보장된다는 귀무가설(H_0)과 이에 대한 대립가설(H_1)은 카이제곱(χ^2) 통계량에 의해 판별된다. ($H_0 : Cov(X_{i,t}, v_i) = 0$, $H_1 : Cov(X_{i,t}, v_i) \neq 0$)

Hausman검정 결과에 의해 두 모형 중 가장 적합한 모형이 최종적으로 선정되면, 이것을 기초로 기온과 강수량 등이 노지 건고추 단수에 미치는 영향을 계측하고, 새로운 기후변화 시나리오에 따른 영향을 예측하고자 한다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 자료 및 추정

식(1)에 투입된 자료는 시계열자료와 횡단면자료가 통합된 패널자료(pooled data)이다. 따라서 시계열 자료 기간은 1980년부터 2011년까지이며, 횡단면자료의 경우 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주 지역이 포함된다.

패널자료의 출처 및 변수 산출 내역을 살펴보면 노지 건고추 단수의 경우 농림수산식품부가 매년 발표하는 『작물통계』의 지역별 자료가 이용되었다.

Table 1은 지역별 노지 건고추 단수의 기초통계량

Table 1. Summary statistics of yields of red pepper by regional groups

	Mean	Stand deviation	Minimum value	Maximum value
Gyeonggi	175.3	41.4	81.0	245.0
Gangwon	209.2	35.5	120.0	261.0
Chungbuk	221.9	63.1	99.0	325.0
Chungnam	190.4	52.8	91.0	282.0
Jeonbuk	204.6	65.2	67.0	303.0
Jeonnam	210.3	73.8	55.0	327.0
Gyeongbuk	225.5	58.3	100.0	317.0
Gyeongnam	185.8	53.5	88.0	286.0
Jeju	96.0	42.8	31.0	183.0
Total average	191.0	65.9	31.0	327.0

(kg/10a)

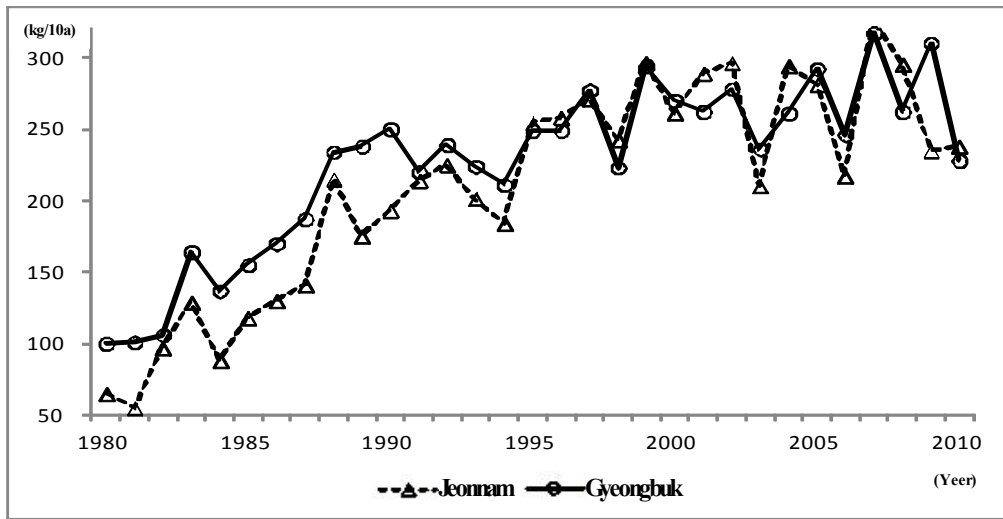


Fig. 1. Annual yield fluctuations of red pepper in Jeonnam and Gyeongbuk area.

으로 지역간 평균 차이가 매우 크다. 또한 노지 건고추 주산지인 경상북도의 경우 10a에 생산되는 생산량이 동일 지역임에도 불구하고 최소 100 kg에서 최대 317 kg으로 무려 3.2배의 차이가 난다.

Fig. 1은 전남과 경북 지역에 해당되는 단수 변동 추이이다. 이에 따르면 지역에 상관없이 노지 건고추의 단수는 지난 32년 동안 상승추세 국면에 있다. 그러나 매 년도 단수는 추세수준에서 벗어나 상하로 불규칙하게 움직이고 있으며, 특히 1990년 후반부터는 변동 폭이 크게 확대되고 있다.

식(1)에 설명변수로 투입된 기후변수에 관해서는 기상청이 1980년부터 지금까지 매월 발표한 「기상월보」 자료를 이용하였다. 그런데 「기상월보」의 관측지

점은 경기도 등 각 도내에 다수 분포되어있다. 따라서 본 연구에서는 경기도 등 각 도내에 속해있는 관측지점들의 평균기온과 강수량자료를 산술평균한 후 이를 이용하였다.

Table 2는 노지 건고추의 생육시기에 초점을 맞춘 지역별·월별 평균기온과 강수량에 대한 기초통계량이다. 이에 따르면 경기도 등 9개 지역의 5월 평균기온은 17.0℃이나, 시간이 지남에 따라 기온이 상승하여 8월 평균기온은 25.0℃이다. 또한 8월 중 28.7℃까지 최고를 기록한 적도 있다.

경기도 등 9개 지역에 내리는 평균 강수량은 5월에 109.4 mm를 기록하였다. 그러나 7월의 경우 5월에 비해 무려 2.7배정도가 많은 강수량(299.4 mm)이 내렸

Table 2. Summary statistics of monthly mean temperature and precipitation amount

		Mean	Stand deviation	Minimum value	Maximum value
monthly mean temperature(℃)	May	17.02	0.85	14.3	19.9
	Jun.	21.12	0.83	18.5	23.1
	Jul.	24.38	1.35	20.2	28.4
	Aug.	25.00	1.46	19.6	28.7
monthly Precipitation Amount(mm)	May	109.49	54.48	12.3	322.6
	Jun.	169.90	99.37	11.3	795.1
	Jul.	299.46	142.96	41.8	996.1
	Aug.	280.24	141.94	54.3	867.7

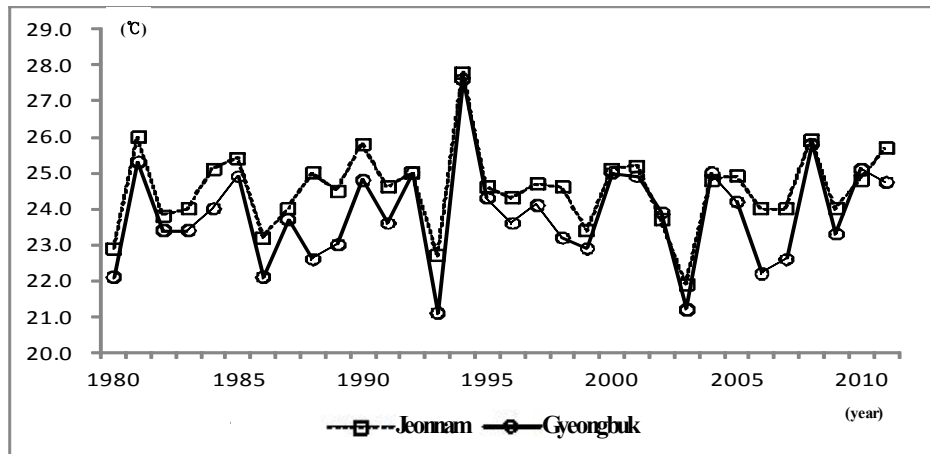


Fig. 2. July mean temperature fluctuations by year in Jeonnam and Gyeongbuk area.

으며, 최대 996.1 mm까지 강수량을 기록한 적도 있다.

다음은 7월 평균기온과 강수량의 변동 추이를 전남과 경북 지역을 중심으로 살펴보고자 한다. Fig. 2에 의하면 연도별 7월 평균기온은 불규칙하게 변동하고 있다. 그 중 평균기온이 25°C 이상인 년도의 발생 빈도는 경북 지역의 경우 7회(1981, 1992, 1994, 2000, 2004, 2008, 2010)이며, 전남 지역의 경우 11회(1981, 1984, 1985, 1988, 1990, 1992, 1994, 2000, 2001, 2008, 2011)를 기록하고 있다.

연도별 7월에 내리는 강수량 역시 Fig. 3과 같이 연도간 편차가 크다. 그 중 강수량이 400 mm 이상인 년도의 발생 빈도는 경북 지역의 경우 3회(2003, 2006,

2011)이며, 전남 지역의 경우 5회(1987, 1999, 2003, 2006, 2009)를 기록하고 있다.

Fig. 1 ~ Fig. 3에서와 나타난 바와 같이 매년 7월 기온과 강수량의 연간 변동 폭이 매우 크며, 이에 따라 단수 역시 연간 변동 폭이 큰 것임을 잘 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 기후 변동이 단수에 미치는 영향을 파악하기 위하여 식(1)의 단수결정모형을 고정효과모형과 확률효과모형으로 구분한 후 각각에 해당하는 파라메타(β)를 추정하고자 한다. 이때 고정효과모형의 경우 합동 OLS추정법(pooled ordinary least square estimation method)에 의해, 그리고 확률효과모형의 경우 GLS추정법(generalized least square)에 의해 파

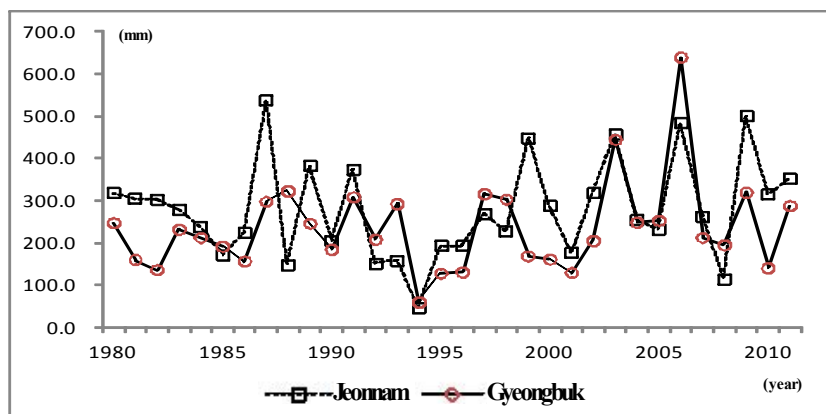


Fig. 3. July precipitation amount fluctuations by year in Jeonnam and Gyeongbuk area.

라메타(β)를 추정하고자 한다.

끝으로 각 모형이 추정되면 Hausman검정에 의해 고정효과모형과 확률효과모형 중 어느 모형에 의해 추정된 것이 더 적합한가를 사후적으로 판별하고자 한다.

3.2. 추정결과

식(1)의 단수결정모형 추정시 고정효과모형과 확률효과모형으로 구분한 후 파라메타(β)를 추정한 결과는 Table 3과 같다. 여기서 설명변수 벡터에는 5월부터 8월까지 평균기온($temp$)과 강수량($rain$), 그리고 기술진보를 반영하는 대리변수($tech$)가 투입되었다. 또한 각 변수에서 하첨자는 5, 6, 7, 8월을 구분하는 하첨자이며, 종속변수와 설명변수는 로그 값으로 변환되어 투입되었다. 계속해서 Hausman검정에 의하면 설명변수($temp_5 \sim temp_8$, $rain_5 \sim rain_8$, $tech$, $X_{i,t}$)벡터와 지역간 단수차이를 나타내는 확률변수(v_i) 간에 독립성이 보장된다는 귀무가설(H_0)은 1%의 통계적 유의 수준하에서 기각되었다. 이에 따라 고정효과모형이 더 적합한 것으로 밝혀졌다.

추정된 고정효과모형의 파라메타 추정치($\hat{\beta}$) 중 통

계적으로 유의한 설명변수를 중심으로 기온과 강수량이 단수에 미치는 영향을 계측하면 다음과 같다. 단, Table 3에서 σ_v 와 σ_e 는 식(2)의 오차항 v_i 와 $e_{i,t}$ 의 표준편차 추정치이다. 또한 ρ 는 오차항의 총 분산에서 패널개체 특성을 의미하는 오차항(v_i)의 분산이 차지하는 비율이다. 따라서 ρ 값이 1에 가까울수록 시간에 따라 변화하지 않는 패널개체 특성을 감안할 필요가 있으며, 0에 가까울수록 그 특성을 감안할 필요가 없다.

우선 식(1)에 투입된 설명변수 중 5월, 6월, 7월 평균기온과 관련된 파라메타 추정치 부호가 마이너스(-) 부호를 갖고 있으며, 유의수준 10%이내에서 통계적으로 유의한 것으로 확인되었다. 그 중 7월 평균기온과 관련된 파라메타 추정치는 절대치가 가장 크다. 더욱이 이 값은 1%이내에서 통계적으로 유의하다. 이와 같은 검정결과를 종합할 경우 7월 평균기온이 1°C 상승함으로써 단수 감소에 미치는 순수한 한계효과(marginal effect)는 11.3 kg(10a기준)이라고 볼 수 있다.

식(1)에 투입된 설명변수 중 7월과 8월 강수량과 관련된 파라메타 추정치 부호가 마이너스(-) 부호를 갖고 있으며, 유의수준 1%이내에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 이와 같은 추정결과에 미루어 볼 때

Table 3. Parameter estimates of red pepper yield determination model

variable	Fixed effects model		Random effects model	
	Estimate($\hat{\beta}$)	t value	Estimate($\hat{\beta}$)	z value
ln temp ₅	-0.6467	-1.84*	-1.5904	-3.60***
ln temp ₆	-0.7489	-1.73*	0.3827	0.69
ln temp ₇	-1.4423	-3.92***	-1.3695	-2.70***
ln temp ₈	-0.1200	-0.36	-1.2968	-2.88***
ln rain ₅	-0.0363	-1.40	-0.0892	-2.52***
ln rain ₆	0.0059	0.29	-0.0310	-1.10
ln rain ₇	-0.2171	-6.80***	-0.1769	-4.10***
ln rain ₈	-0.0904	-3.35***	-0.1277	-3.43***
ln tech	63.5946	21.01***	67.0103	16.48***
constant	-467.1052	-20.91***	-489.8770	-16.06***
σ_v		0.2527		0.0000
σ_e		0.2135		0.2135
ρ		0.5835		0.0000
Test of Goodness of fit		$F(7,272)=54.56^{***}$		$\chi^2(7)=314.42^{***}$
$H_0 : cov(x_{i,t}, u_i) = 0$ $\chi^2(6), (P > \chi^2)$				144.20, (0.0000)

Note: *, ** and *** indicate significance at the 10%, 5% and 1% level.

노지 건고추 생육시기 중 7월 강수량이 10 mm증가할 경우 단수는 1.38 kg(10a기준) 감소가 예상되며, 8월 강수량이 10 mm증가할 경우 단수 감소 피해는 0.62 kg(10a기준)에 달할 것으로 예상된다.

그 밖에도 식(1)에 투입된 설명변수 중 기술변수와 관련된 파라메타 추정치 부호는 플러스(+) 부호를 갖고 있으며, 유의수준 1%이내에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 이에 따르면 품종 개발 및 영농기술 등의 기술 진보에 의해 매년 6.0 kg(10a기준)씩 단수가 증가하는 것으로 나타났다.

Table 4.는 기후관련 설명변수의 파라메타추정치 중 임계치 1%이내에서 통계적으로 유의한 파라메타 추정치를 중심으로 새로운 기후변화 시나리오에 따른 영향을 예측한 결과이다. 기상청에 따르면 기후변화를 완화하기 위한 노력 없이 현 추세대로 온실가스를 계속 배출한다면(RCP 8.5) 21세기 말에는 한반도 평균기온은 6.0℃ 상승하고, 강수량은 20.4% 증가할 것으로 예상하고 있다. 따라서 이와 같은 기후변화 시나리오에 따르면 노지 건고추의 경우 고온피해로 단수가 현재 수준(191 kg/10a)보다 35.4%정도 감소되며, 강수피해로 6.3%정도 감소될 것으로 예상된다.

반면에 온실가스 저감 노력이 실현된다면(RCP 4.5) 21세기 말에는 한반도 평균기온은 3.4℃ 상승하고, 강수량은 17.3% 증가할 것으로 예상하고 있다. 이와 같은 기후변화 시나리오에 따르면 노지 건고추의 경우 고온피해로 단수가 현재 수준보다 20.1%정도 감소되며, 강수피해로 5.3%정도 감소될 것으로 예상된다. 이 경우 단수 감소는 10a당 48.6 kg에 달함으로써 현재 단수보다 25.4%정도 줄어든 것이다.

4. 결론

본 연구는 패널개체의 특성을 고려한 노지 건고추의 단수결정모형을 추정함으로써 생육시기별 기온과 강수량 등이 단수에 미치는 영향을 계측하고, 새로운 기후변화 시나리오에 따른 고온 및 강수 피해를 예측하였다.

노지 건고추의 단수결정모형 추정 및 Hausman 검정 결과에 따르면 단수결정모형은 고정효과모형이 확률효과모형보다 더 적합한 것으로 밝혀졌다. 따라서 고정효과모형의 추정결과에 기초하여 고온 및 강수 피해를 산출하였다. 고온 피해는 생육시기 중 7월에 집중적으로 발생하며, 평균기온이 1℃ 상승할 경우 단수 감소 피해는 11.3 kg(10a기준)에 달하는 것으로 밝혀졌다. 강수 피해는 7~8월에 발생하는데 그 중 7월 강수피해가 가장 큰 것으로 확인되었다. 7월 중 강수량이 10 mm증가할 경우 단수는 1.38 kg(10a기준) 감소가 예상된다.

그 결과 현재 추세대로 온실가스를 계속 배출한다면(RCP 8.5) 21세기 말경에는 노지 건고추 단수가 고온피해로 인해 현재 수준(191 kg/10a)보다 35.4%정도 감소되며, 강수피해로 6.3%정도 감소될 것으로 예상된다. 반면에 온실가스 저감 노력이 실현된다면(RCP 4.5) 고온피해로 단수가 현재 수준보다 20.1%정도 감소되며, 강수피해로 5.3%정도 감소될 것으로 예상된다. 이 경우 단수 감소는 10a당 48.6 kg에 달함으로써 현재 단수보다 25.4%정도 줄어든 전망이다. 따라서 노지 건고추의 안정적인 생산을 위해서는 내고온성과 내습성 등 내재해성 품종을 육성하여 보급하거나 간이 비가림시설 재배 등 생산기반을 조성하

Table 4. Predictions of red pepper yield reduction by new climate change scenarios

	Yield reduction damage(kg/10a)		
	High temperature	Heavy precipitation	Total
Reducing the current level of greenhouse-gas emissions (RCP4.5)			
-Temperature 3.4℃ Increasing	38.4 (20.1%)	10.2 (5.3%)	48.6 (25.4%)
-Precipitation 17.3% Increasing			
Maintaining the current level of greenhouse-gas emissions (RCP8.5)			
-Temperature 6.0℃ Increasing	67.8 (35.4%)	12.0 (6.3%)	79.8 (41.7%)
-Precipitation 20.4% Increasing			

여 보급해야 할 것이다.

한편 본 연구는 지구 온난화가 본격적으로 진행된 시기에 기후자료를 이용하기보다는 과거 32개년의 지역별 단수와 기후자료를 이용하여 계량경제모형을 추정하고, 이에 기초하여 단수 감소 피해를 전망하였다는 점에서 통제된 시험장에서의 연구결과와는 다를 수 있다. 앞으로 21세기 말에 예상되는 기후조건하에 고온과 다우 피해를 분석하는 실험연구 뿐만 아니라 품종 및 영농기술 진보효과에 대한 실증연구도 병행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ008316)의 지원에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Baltagi, B. H., 2008, *Econometric Analysis of Panel Data*, 4th ed., Wiley & Sons.
- Cho, J. H., Cho, D. R., 1992, *Determinant Factors for Demand and Supply for Apples, Pears, and Oranges*, Korea Rural Economic Institute.
- Desai, P., 1986, *Weather and Grain Yields in the Soviet Union*, International Food Policy Research Institute, Research Report 54.
- Francisco, E. M., Guise, J. W. B., 1988, *A Note on Establishing Yield-Rainfall Relationships*, Elsevier Science Publishers B. V.
- Han, S. H., Lee, B. H., Park, M. S., Seung, J. H., Yang, H. S., Shin, S. C., 2011, *A Study of Building Crop Yield Forecasting Model considering Meteorological elements*, Research Report P152, Korea Rural Economic Institute.
- Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC), 2007, *Fourth Assessment Report (AR4)*.
- Kim, C. G., Jeong, H. K., 2010, *Weather Impacts on Rice Production in Korea*, Korean Journal of Agricultural Management and Policy, 37(4), 621-642.
- Kwon, O. S., Kim, C. G., 2009, *Climate Change and Rice Productivity: Nonparametric and Semiparametric Analysis*, Korean Journal of Agricultural Economics, 49(4), 45-64.
- Kwon, O. S., Lee, H. J., Roh, J. S., 2010, *The Impacts of Agricultural R&D Expenditures on Food Self-Sufficiency*, Korean Journal of Agricultural Economics, 51(2), 109-125.
- Lee, Y. S., Jeong, H. K., Sim, S. B., 2005, *A Study on Determinants of Seasonal Supply and Price of Produce in Korea: With Special Emphasis on Weather*, Research Report R94, Korea Rural Economic Institute.
- Min, I. S., Choi, P. S., 2010, *STATA Panel Data Analysis*, The Korean Association of STATA.
- National Institute of Meteorological Research, 2011, *Future global climate change estimates calculated*, Climate Research Division, Press Release(2011.6.27).
- Pope, A. C., Earl, O. H., 1982, *The Effects of Technological Progress and Weather on Corn Belt Crop Yields*, CARD Report 113T.