

ORIGINAL ARTICLE

노지 가을배추 단수의 고온 및 다우 피해 계측

조재환^{1)*} · 서정민^{1)*} · 진경호¹⁾ · 강점순²⁾ · 홍창오³⁾ · 임우택⁴⁾ · 이상규⁵⁾

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

The Impacts of High Temperature and Heavy Precipitation Amount on Winter Chinese Cabbage Yields

Jae-Hwan Cho, Jeong-Min Suh^{1)*}, Kyung-Ho Jin¹⁾, Jum-Soon Kang²⁾,
Chang-Oh Hong³⁾, Woo-Taik Lim⁴⁾, 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⁾*Department of Applied Chemistry, Andong National University, Andong 760-749, 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 winter chinese cabbage 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 winter chinese cabbage yields. Especially high temperature and rainfall in September cause serious damage to winter chinese cabbage yield. According to the reduction schedule on greenhouse gas emission(RCP 4.5 scenario.), winter chinese cabbage yield would be 7.7% lower than it is, for reasons of high temperature and rainfall damages by the end of 21st century.

Key words : Winter chinese cabbage yield, Negative impacts of high temperature and rainfall, Panel data regression model

1. 서론

유엔산하 정부간 기후변화협약의 4차 평가보고서(2007)에 따르면 지난 100년 동안 지구의 평균기온은 0.75℃ 상승하였으며, 온실가스 감축노력에도 불구하고 향후 21세기 말(2070~2099년)에는 기온이

2.8℃ 상승하고, 강수량이 4.5% 증가할 것으로 전망된다.

우리나라의 경우도 기온 상승과 강수량 증가가 예상되고 있다. 국립기상연구소의 기후변화 예측 시나리오에 따르면, 현 추세대로 온실가스를 계속 배출하는 경우 21세기 말에 한반도 평균 기온은 6.0℃ 상승

Received 8 November, 2012; Revised 19 November, 2012;

Accepted 22 February, 2013

*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.

하며, 강수량은 20.4% 증가할 것으로 예상된다. 이에 덧붙여 온실가스 감축노력(RCP 4.5)이 실현될 경우에도 기온은 3.4°C 상승하고, 강수량도 17.3% 증가할 것으로 전망된다.

한편 기후변화 우려 속에서도 지금까지 기후변화가 농작물 생산에 미치는 영향에 초점을 맞추어 연구가 진행되고 있다. 그 중 김장 김치의 주원료인 가을배추 가격이 주기적으로 폭등 또는 폭락하는 이유를 기상요인 측면에서 규명하기 위하여 단수(10a 당 생산량) 결정모형을 개발한 후 고온 또는 강수 피해를 계측한 선행연구들이 다수 있다.

Lee 등(2004)은 “과채류의 작형별 단수함수 추정”에서 배추 등 과채류를 봄, 여름, 가을 과채류로 세분한 후 계절별로 단수가 기온, 강수량, 일조량, 태풍 등에 어느 정도 영향을 받는가를 분석하였다. 이 연구에서는 패널개체의 특성을 수용한 고정효과모형을 추정함으로써 기온과 강수량의 변동이 단수에 미치는 영향을 계측하였으나, 파라메타 추정치의 통계적 유의성이나 모형의 설명력이 낮은 점을 지적할 수 있다. 그러나 노지에서 재배되는 배추 등 과채류의 생산과 가격이 불안정한 것은 일차적으로 단수 불안정에 있으며, 이는 최종적으로 기후요인에 기인된다는 점을 밝히고 있다.

Kim 등(2006)은 “배추 계절별 수급모형 개발”에서 배추 단수의 변동을 품종개발 및 영농기술 진보를 반영하는 대리변수와 기상재해 피해를 반영하는 터미변수에 의해 설명하고 있다. 그러나 이 연구에서는 모형의 예측력을 높이기 위해서도 기상재해 피해를 반영하는 터미변수보다는 생육시기별 기온이나 강수량 등으로 기상관련 설명변수를 세분한 후 이에 대한 영향을 계측해야 할 것이다.

Han 등(2011)은 “기상요인을 고려한 단수예측모형 개발 연구”에서 고랭지 배추의 단수와 기상변수(최고기온, 강수량)에 대해 패널자료를 구축한 후 고정효과모형을 이용하여 단수예측모형을 개발하였다. 그러나 단수와 기상변수와의 선형관계를 비선형관계로 전환함으로써 개별 기상변수의 최적점을 도출하는 데 중점을 둔 반면에, 고랭지 배추의 생육시기를 개화 및 착과기, 과비대기, 수확기 등으로 구분한 후 이에 해당되는 고온과 다우 피해 계측은 생략하고 있다.

본 연구는 노지에서 재배되는 채소류 중 최근 5년 동안 최저가격(2007년 1월, 상품기준, 295원/kg) 대비 최고가격(2010년 12월 1,117원/kg)이 3.8배 정도 급등했던 가을배추 작목을 선정한 후 패널개체의 특성을 수용하는 단수결정모형을 추정함으로써 생육시기별 기온과 강수량 등이 단수에 미치는 영향을 계측하고, 새로운 기후변화 시나리오에 따른 고온 및 다우 피해를 예측하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 노지 가을배추 단수결정 모형

고온과 다우가 노지 가을배추 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 가을배추 단수가 t 년도 i 지역의 기온과 강수량 등에 의해 영향을 받는 것으로 가정하여 식 (1)과 같이 단수결정모형을 설정하였다.

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

여기서 t 는 i 와 연도와 지역을 나타내는 아래첨자이며, y 는 t 년도 i 지역의 노지 가을배추 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 지역에 따라 변하지만, 시간에 따라 변하지 않는 오차항으로, 즉 지역 특수효과(unobservable region-specific effects)를 감안한 오차항으로 볼 수 있다. 여기서 지역 특수효과를 나타내는 v_i 는 지역에 따라 서로 다른 값을 갖지만, 동일 지역의 경우 연도에 상관없이 일정 값을 갖는 고정변수로 간주된다. 반면에

$e_{i,t}$ 는 지역과 시간에 따라 변하는 오차항(idiosyncratic error term)이다.

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 추정해야 한다. 그런데 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. 따라서 설명변수 벡터($X_{i,t}$)와 지역별로 이질성을 나타내는 확률변수(v_i)간에 독립성이 보장된다는 귀무가설 ($H_0 : Cov(X_{i,t}, v_i) = 0$) 검정이 카이제곱(χ^2) 통계량에 의해 우선적으로 실시되어야 한다.

따라서 노지 가을배추 단수가 기온이나 강수량 등에 의해 어느 정도 영향을 받는가를 계측하기에 앞서 가설검정을 통하여 고정효과모형과 확률효과모형 중 어느 것이 더 분석에 적합한가를 사전에 파악해야 한다. 왜냐하면 v_i 가 지역에 따라 다른 일정한 값을 갖는 고정변수일 경우 고정효과모형에 기초해서 식 (1)의 파라메타를 추정해야만 일치 추정량인면서 효율적인 추정량을 얻을 수 있다. 반면에 식 (2)에서 두 오차항이 모두 확률변수일 경우 확률효과모형에 기초해서 식 (1)의 파라메타를 추정해야만 일치 추정량인면서 효율적인 추정량을 얻을 수 있기 때문이다(Baltagi, 2008; Min과 Choi, 2010; Kwon 등, 2010).

그러나 사전에 v_i 가 고정변수인지 아니면 확률변수인지를 파악하기는 사실상 어렵다. 그러므로 본 논문

에서는 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.

Hausman검정 결과에 의해 두 모형 중 가장 적합한 모형이 최종적으로 선정되면, 이것을 기초로 고온과 다우 등 기상변수가 노지 가을배추 단수에 미치는 한계효과를 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 2010년까지이며, 횡단면자료의 경우 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주 지역이 포함된다.

패널자료의 출처 및 변수 산출 내역을 살펴보면 노지 가을배추 단수의 경우 농림수산식품부가 매년 발표하는 「작물통계」의 지역별 자료가 이용되었다.

Table 1은 지역별 노지 가을배추 단수의 기초통계량으로 지역간 평균 차이가 매우 크다. 또한 노지 가을배추 주산지인 전라남도의 경우 10a에 생산되는 생산량이 동일 지역임에도 불구하고 최소 8,766 kg에서 최대 12,751 kg으로 무려 1.5배의 차이가 난다.

Table 1. Summary statistics of yields of winter chinese cabbage by regional groups

	Mean	Stand Deviation	Minimum value	Maximum value
Gyeonggi	9,320.2	971.8	7,568.0	11,054.0
Gangwon	8,081.3	733.2	6,704.0	9,312.0
Chungbuk	9,413.6	1,311.2	7,055.0	12,596.0
Chungnam	10,696.1	1,062.5	8,877.0	12,772.0
Jeonbuk	11,231.3	1,377.6	6,464.0	13,494.0
Jeonnam	10,651.4	928.8	8,766.0	12,751.0
Gyeongbuk	9,204.5	903.1	7,390.0	10,557.0
Gyeongnam	10,630.2	1,234.1	7,708.0	12,919.0
Jeju	8,681.5	1,827.7	5,759.0	12,261.0
Total average	10,050.3	881.2	8,490.0	11,850.0

(kg/10a)

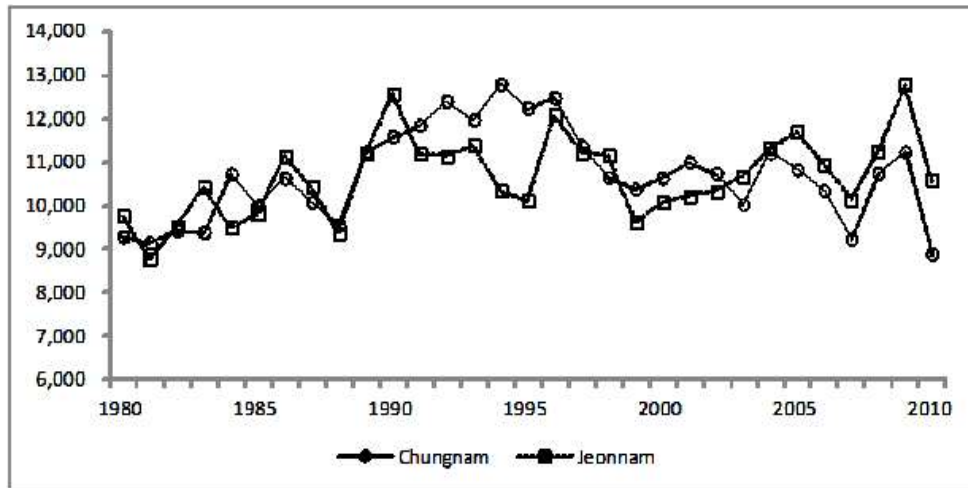


Fig. 1. Annual yield fluctuations of winter Chinese cabbage in Chungnam and Jeonnam area.

Fig. 1은 노지 가을배추 주산지인 충남과 전남 지역에 해당되는 단수 변동 추이이다. 이에 따르면 노지 가을배추의 단수는 지난 1990년 초반까지는 상승추세 국면에 있었다. 그러나 그 이후부터 정체수준에서 상하로 불규칙하게 움직이고 있으며, 특히 2000년 후반부터는 변동 폭이 크게 확대되고 있다.

식 (1)에 설명변수로 투입된 기후변수에 관해서는 기상청이 1980년부터 지금까지 매월 발표한 「기상월보」 자료를 이용하였다. 그런데 「기상월보」의 관측지점은 경기도 등 각 도내에 다수 분포되어있다. 따라서 본 연구에서는 경기도 등 각 도내에 속해있는 관측지점들의 평균기온과 강수량자료를 산술평균한 후 이를 이용하였다.

Table 2는 노지 가을배추의 생육시기에 초점을 맞춘 월별 최고기온과 강수량에 대한 기초통계량이다. 이에 따르면 경기도 등 9개 지역의 8월 평균 최고기온은 29.5°C이나, 시간이 지남에 따라 11월 최고기온이 13.9°C로 하락한다. 또한 11월 중 26.3°C까지 최고를 기록한 적도 있다.

경기도 등 9개 지역에 내리는 평균 강수량은 8월에 279.5 mm를 기록하였다. 그러나 10월의 경우 8월에 비해 무려 0.2배 정도가 적은 강수량(58.2 mm)이 내렸으며, 최대 360.4 mm까지 강수량을 기록한 적도 있다.

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

		Mean	Stand Deviation	Minimum value	Maximum value
monthly high temperature(°C)	Aug.	29.5	1.6	23.9	32.9
	Sept.	25.7	1.3	22.3	30.8
	Oct.	20.6	1.6	15.2	26.2
	Nov.	13.6	2.3	7.7	26.3
monthly Precipitation Amount (mm)	Aug.	279.5	142.9	54.3	867.7
	Sept.	163.9	123.7	3.2	648.5
	Oct.	58.2	48.3	0.3	360.4
	Nov.	52.6	40.7	0.2	310.6

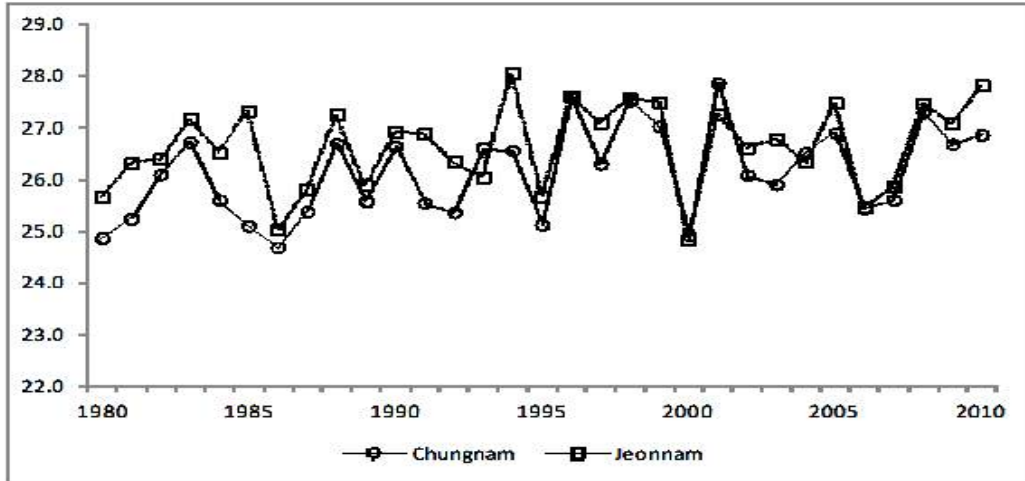


Fig. 2. September high temperature fluctuations by year in Chungnam and Jeonnam area.

다음은 9월 최고기온과 강수량의 변동 추이를 충남과 전남 지역을 중심으로 살펴보고자 한다. Fig. 2에 의하면 매년 9월 최고기온은 불규칙하게 변동하고 있다. 그 중 9월 최고기온이 27°C 이상인 년도의 발생 빈도는 충남 지역의 경우 4회(1998, 1999, 2001, 2008)이며, 전남 지역의 경우 11회(1985, 1994, 1996, 1997, 1998, 1999, 2001, 2005, 2008, 2009, 2010)를 기록하고 있다.

매년 9월에 내리는 강수량 역시 Fig. 3과 같이 연도 간 편차가 크다. 그 중 강수량이 300 mm 이상인 년도

의 발생 빈도는 충남 지역의 경우 3회(1985, 1999, 2007)이며, 전남 지역의 경우 4회(1981, 1998, 1999, 2007)를 기록하고 있다.

Fig. 1~Fig. 3에서와 나타난 바와 같이 기후변수의 연간 변동 폭이 큰 시기일수록 단수 또한 매우 불안정한 시기인 것으로 나타났다. 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 OLS 추

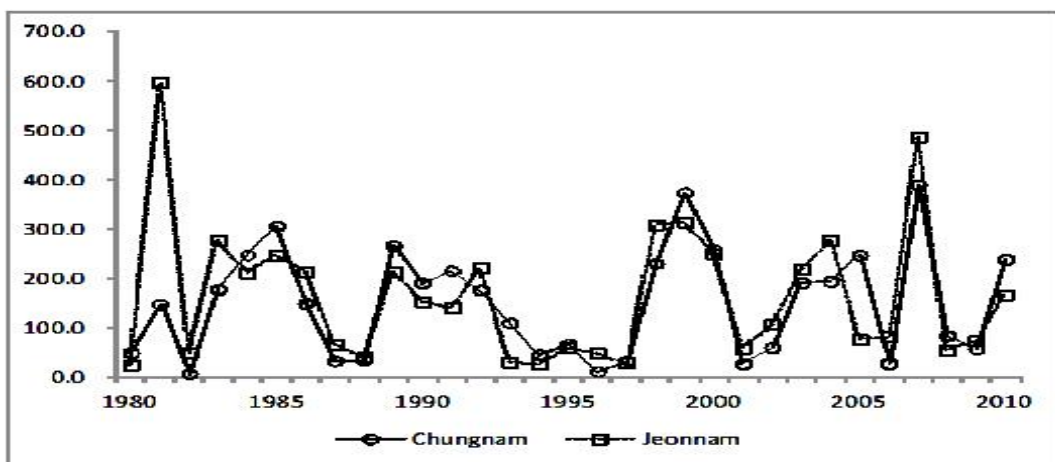


Fig. 3. September precipitation amount fluctuations by year in Chungnam and Jeonnam area.

정법(pooled ordinary least square estimation method)에 의해, 그리고 확률효과모형의 경우 GLS추정법(generalized least square)에 의해 파라메타(β)를 추정하고자 하였다.

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

3.2. 추정결과

식 (1)의 단수결정모형 추정시 고정효과모형과 확률효과모형으로 구분한 후 파라메타(β)를 추정한 결과는 Table 3과 같다. 여기서 설명변수 벡터에는 8월부터 11월까지 최고기온(*htemp*)과 강수량(*rain*), 그리고 기술진보를 반영하는 대리변수(*tech*)가 투입되었다. 또한 각 변수에서 아래첨자는 8, 9, 10, 11월을 구분하는 첨자이며, 종속변수와 설명변수는 로그값으로 변환되어 투입되었다.

Table 3에서 Hausman검정을 실시한 결과에 따르면 설명변수벡터와 지역간 단수차이를 나타내는 확률변수(v_i)간에 독립성이 보장된다는 귀무가설(H_0)은

1%의 통계적 유의수준하에서 기각되었다. 이에 따라 고정효과모형이 확률효과모형의 경우보다 추정결과가 더 적합한 것으로 밝혀졌다. 특히 Table 3에서 σ_v 와 σ_e 는 식 (2)의 오차항 v_i 와 $e_{i,t}$ 의 표준편차 추정치이다. 또한 ρ 값(v_i 와 $e_{i,t}$ 의 총분산 중 v_i 분산이 차지하는 비율)이 0.5480로 추정됨에 따라 본 연구에서 패널개체 특성을 고려한 추정방법이 매우 적절하였음을 잘 알 수 있다. 참고적으로 Min과 Choi(2010)에 따르면 ρ 값이 1에 가까울수록 시간에 따라 변하지 않는 패널개체의 특성을 감안하는 것이 중요하다고 지적하고 있다.

Table 3에서 제시된 고정효과모형의 파라메타 추정치($\hat{\beta}$) 중 통계적으로 유의한 설명변수를 중심으로 기온과 강우량이 단수에 미치는 영향을 계측하면 다음과 같다. 우선 식(1)에 투입된 설명변수 중 8~11월 최고기온과 관련된 파라메타 추정치 부호가 마이너스(-) 부호를 갖고 있으며, 그 중 9월 최고기온과 관련된 파라메타 추정치의 경우 1%이내에서 통계적으로 유의한 것으로 확인되었다. 따라서 가을 배추의 경우 9월 최고기온이 1°C 상승함으로써 단수 감소의 한계효과(marginal effect)는 208.6 kg(10 a기준)이다.

Table 3. Parameter estimates of winter chinese cabbage yield determination model

variable	Fixed effects model		Random effects model	
	Estimate($\hat{\beta}$)	t value	Estimate($\hat{\beta}$)	z value
ln htemp ₈	-0.0440	-0.25	0.1897	0.90
ln htemp ₉	-0.5333	-2.69***	0.3376	1.47
ln htemp ₁₀	-0.1088	-0.58	0.4789	2.30**
ln htemp ₁₁	-0.0230	-0.35	-0.1560	-2.06**
ln rain ₈	-0.0392	-2.49***	-0.0034	-0.17
ln rain ₉	-0.0215	-2.45**	-0.0200	-1.82*
ln rain ₁₀	-0.0004	-0.06	-0.0124	-1.25
ln rain ₁₁	0.0217	2.27**	0.0012	0.11
ln tech	8.4029	4.35***	0.3852	0.17
constant	-52.1669	-3.63***	3.6132	0.21
σ_v		0.1338		0.0000
σ_e		0.1215		0.1215
ρ		0.5480		0.0000
Test of Goodness of fit		$F(7,272)=4.40$ ***		$\chi^2(7)=37.41$ ***
$H_0 : cov(x_{i,t}, u_i) = 0$				116.57, (0.0000)
$\chi^2(6), (P > \chi^2)$				

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

식 (1)에 투입된 설명변수 중 8월, 9월, 10월 강수량과 관련된 파라메타 추정치 부호가 마이너스(-) 부호를 갖고 있으며, 8월과 9월에 해당하는 파라메타 추정치의 경우 1% 이내에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 또한 11월 강수량에 해당되는 파라메타 추정치는 부호가 플러스(+)이며, 유의수준 1% 이내에서 통계적으로 유의한 것으로 밝혀졌다.

이와 같은 추정결과에 미루어 볼 때 노지 가을배추 생육시기 중 8월 강수량이 평균치(279.5 mm)에 비해 10% 증가(28.0 mm 증가)할 경우 단수는 39.4 kg(10a 기준) 감소가 예상되며, 9월 강수량이 평균치(163.9 mm)에 비해 10% 증가(16.4 mm 증가)할 경우 단수 감소 피해는 21.6 kg(10a 기준)에 달할 것으로 예상된다. 이와는 반대로 가뭄 피해가 자주 일어나는 11월의 경우 강수량이 평균치(52.6 mm)에 비해 10% 증가(5.3 mm 증가)할 경우 단수는 21.8 kg(10a 기준)정도 증가할 것으로 예상된다. 참고적으로 이와 같은 추정결과는 Table 3의 개별 탄성치(파라메타 추정치)를 이용하여 산출하였다.

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 발전 등에 의해 매년 42.3 kg(10a 기준)씩 단수가 증가하는 것으로 나타났다.

Table 4는 기후관련 설명변수의 파라메타 추정치 중 유의수준 1% 이내에서 통계적으로 유의한 파라메타 추정치를 중심으로 새로운 기후변화 시나리오에 따른 영향을 예측한 결과이다. 기상청에 따르면 기후

변화를 완화하기 위한 노력없이 현 추세대로 온실가스를 계속 배출한다면(RCP 8.5) 21세기 말에는 한반도 평균기온은 6.0℃ 상승하고, 강수량은 20.4% 증가할 것으로 예상된다. 따라서 이와 같은 기후변화 시나리오에 따르면 노지 가을배추의 경우 고온피해로 단수가 현재 수준(1980~2010년 평균치 10050.3 kg/10a)보다 12.4%정도 감소되며, 강수피해로 0.8%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 가을배추의 경우 고온피해로 단수가 현재 수준보다 7.1%정도 감소되며, 강수피해로 0.7%정도 감소될 것으로 예상된다. 이 경우 단수 감소는 10a당 776.7 kg에 달함으로써 현재 단수보다 7.7%정도 줄어들 것이다. 참고적으로 이와 같은 추정결과는 Table 3의 개별 탄성치(파라메타 추정치)를 이용하여 산출하였다.

4. 결론

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

노지 가을배추의 단수결정모형 추정 및 Hausman 검정 결과에 따르면 단수결정모형은 고정효과모형이 확률효과모형보다 더 적합한 것으로 밝혀졌다. 따라

Table 4. Predictions of winter chinese cabbage yield reduction by new climate change scenarios

	Yield Reduction Damage(kg/10a)		
	High Temperature	Heavy Precipitation	Total
Maintaining the current level of greenhouse-gas emissions (RCP8.5)			
-Temperature 6.0℃ Increasing	1,251.0 (12.4%)	80.0 (0.8%)	1,331.0 (13.2%)
-Precipitation 20.4% Increasing			
Reducing the current level of greenhouse-gas emissions (RCP4.5)			
-Temperature 3.4℃ Increasing	708.9 (7.1%)	67.8 (0.7%)	776.7 (7.7%)
-Precipitation 17.3% Increasing			

서 고정효과모형의 추정결과에 기초하여 고온 및 강수 피해의 한계효과를 살펴보면, 고온 피해는 생육시기 중 9월에 집중적으로 발생한다. 또한 9월 평균기온이 1°C 상승할 경우 단수 감소 피해는 208.6 kg(10a기준)에 달하는 것으로 밝혀졌다. 강수 피해는 고온 피해에 비해 상당히 작은 것으로 확인되었다. 노지 가을배추 생육시기 중 8월과 9월 강수량이 10% 증가할 경우 단수(10a기준)는 39.4 kg와 21.6 kg 정도 감소할 것으로 각각 예상된다. 이와는 반대로 가뭄 피해가 자주 일어나는 11월의 경우 강수량이 10% 증가할 경우 단수는 오히려 21.8 kg 정도 증가한다.

앞으로 이와 같은 한계효과가 유지되고, 또한 현재 추세대로 온실가스를 계속 배출한다면(RCP 8.5) 21세기 말경에는 노지 가을배추 단수가 고온피해로 인해 현재 수준(10050.3 kg/10a)보다 12.4% 정도 감소되며, 강수피해로 0.8% 정도 감소될 것으로 예상된다. 반면에 온실가스 저감 노력이 실현된다면(RCP 4.5) 고온피해로 단수가 현재 수준보다 7.1% 정도 감소되며, 강수피해로 0.7% 정도 감소될 것으로 예상된다. 이 경우 단수 감소는 10a당 776.7 kg에 달함으로써 현재 단수보다 7.7% 정도 줄어들 전망이다. 따라서 노지 가을배추의 품종개량이나 생산기반 조성은 고온에 대한 적응력을 높이는 쪽으로 진행되어야 할 것이다.

한편 본 연구 결과는 1980~2010년의 지역별 단수와 기후자료를 이용하여 계량경제모형을 추정하고, 이에 기초하여 21세기 말에 예상되는 기후조건하에 고온과 다우 피해를 계측하였다는 점에 국한되고 있다. 앞으로 21세기 말에 예상되는 영농기술과 경영조건 변화 등을 종합적으로 고려하는 실험연구가 병행되어야 할 것이다.

감사의 글

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

참고 문헌

- Baltagi, B. H., 2008, *Econometric Analysis of Panel Data*, 4th ed., Wiley & Sons.
- Han, S. H., Kim, B. R., 2004, Prospects and Simulation Model of Chinese Cabbage Under Open Market, *Journal of Rural Development*, 27(3), 35-53.
- 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.
- Kim, Y. J., Kim B. S., Song, S. H., Park, Y. G., 2006, The Seasonal Cabbage Model, Korea Rural Economic Institute, Discussion papers W28.
- 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., Kim, W. T., Choi, I. C., 2004, An Estimation of Yield Functions of Korean Fruit-Vegetables, Korea Rural Economic Institute, PO73.
- 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, 2010, And understanding of climate change, the use of climate change scenarios.