

국내 노지 봄배추 생산량에 대한 엘니뇨 영향

심교문* · 김용석 · 정명표 · 김지원 · 강기경

국립농업과학원

(2018년 10월 12일 접수; 2018년 12월 12일 수정; 2018년 12월 13일 수락)

Influence of El Niño on the Production of Spring Kimchi Cabbage in South Korea

Kyo-Moon Shim*, Yongseok Kim, Myung-Pyo Jung, Ji-Won Kim and Kee-Kyung Kang

National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju, Korea

(Received October 12, 2018; Revised December 12, 2018; Accepted December 13, 2018)

ABSTRACT

El Niño would cause extreme weather conditions, which would result in a negative impact on crop production. The objective of this study was to assess the impact of El Niño on spring kimchi cabbage production for the period from 1981- 2016 in South Korea. In this study, years with less than 1.0 Oceanic Niño index were classified into non El Niño years. The other years were classified as El Niño years. The national average production of spring kimchi cabbage in El Niño years (3,800 kg 10a⁻¹) tended to be less than that in non El Niño years (4,016 kg 10a⁻¹). However, there was no significant differences ($p = 0.078$) in the production between these groups of years. The averaged production of spring kimchi cabbage of El Niño end years (3,707±331 kg 10a⁻¹) was less than those of El Niño start years and non El Niño years by 186 and 309 kg 10a⁻¹, respectively. Still, such difference was not significant statistically ($p=0.127$), either. In contrast, there were provinces where the production of spring kimchi cabbage had significant differences by El Niño occurrence. For example, El Niño end years had significantly less spring kimchi cabbage production than El Niño start years and non El Niño years in Gangwon ($p=0.038$) and Gyeongbuk ($p=0.053$) provinces. It appeared that differences in cabbage production resulted from short sunshine duration, which merits further analysis on the impact of extreme weather conditions during El Niño years on crop production.

Key words: El Niño, Oceanic Niño Index, South Korea, Spring kimchi cabbage



* Corresponding Author : Kyo-Moon Shim
(kmshim@korea.kr)

I. 서 론

최근 들어 전세계적으로 폭우와 폭설, 폭염과 혹한, 가뭄, 점점 강해지는 태풍 등 예상치 못한 각종 이상기상 현상이 자주 발생하고 있다. 이런 이상기상 발생의 원인으로 지구온난화와 적도 태평양에서 나타나는 엘니뇨/라니냐 현상을 들 수 있다. 즉, 적도 해양의 수온 변동은 전세계적으로 큰 기후 변동을 유발시키고 있으며 이 현상과 세계 각지에서 일어나는 기상이변들 간의 연계성은 비교적 잘 알려진 상태이다(Neeln, 1990; Latif *et al.*, 1993a; 1993b; Lau *et al.*, 1992).

엘니뇨 현상은 그 영향력이 광범위하고 지대하기 때문에 수많은 관심과 연구의 대상이 되고 있다. 특히, 엘니뇨에 의해 나타날 지구 온난화의 효과, 강수패턴의 변화 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

전세계적인 엘니뇨의 영향을 분석한 Ropelewski and Halpert(1987)와 Halpert and Ropelowski(1992)에 따르면, 우리 나라는 겨울철의 온도가 높은 경향을 보이나 여름철에는 영향이 유의하지 않은 것으로 나타나고, 일본의 경우 장마 종료가 늦어지는 경향을 나타내어 여름철 기온은 낮아지고, 반면에 겨울철 기온이 높아지는 경향을 나타낸다. Kwon *et al.*(1997)은 엘니뇨 발생 시 한반도의 겨울철 온도가 높아지는 경향이 있으며, 강수에 대해서는 계절별로 뚜렷한 경향성을 찾기 어렵다고 보고하였다. 반면에 Lee(1999)는 엘니뇨와 우리나라의 가뭄과 관계 분석을 통해 엘니뇨가 종료하는 해의 12월부터 6개월 동안 평균이하의 Palmer 가뭄심도지수(PDSI)가 지속되어 엘니뇨의 영향이 있었음을 확인하였다. 기상청(KMA, 2016)은 엘니뇨가 발생하면 전 세계적으로 이상기상 현상이 나타날 가능성이 매우 커지며, 지역에 따라 다양한 형태의 기상재해가 나타날 수 있는데, 일반적으로 엘니뇨가 발생한 해의 겨울철에 호주 중북부, 동남아시아, 인도 지역에서는 가뭄이, 동태평양지역에 인접한 중남미 지역에서는 폭우와 홍수가 나타나는 특징을 나타내며, 엘니뇨가 발생한 해의 겨울철에 우리나라는 평년보다 따뜻하고 강수가 많은 경향을 보인다고 보고하였다.

엘니뇨 현상은 전세계적인 기후변동에 영향을 주고 이는 지역별로 다양한 이상기후 현상을 일으키게 되며, 날씨에 가장 많이 의존하는 산업인 농업은 이러한 이상기후에 의해서 막대한 영향을 받을 것으로 예상된다. 그럼에도 불구하고, 국내에서는 엘니뇨가 국내 농작물의 재배와 가축 사양에 미치는 영향을 분석하여

보고한 논문은 아주 미미하여 현재까지 벼 작물이 유일하다. Shim *et al.*(2016)은 과거 30년 동안 발생한 중간 강도 이상의 엘니뇨와 쌀 생산량 비교를 통해서 엘니뇨가 종료한 해의 전국 쌀 생산량이 엘니뇨가 시작한 해와 엘니뇨가 미발생한 해보다 훨씬 낮았지만 통계적으로는 유의하지 않았다고 보고하였다. 다만, 충청남도에서는 엘니뇨가 종료한 해의 쌀 생산량이 통계적으로 유의하게 적은 것으로 분석되었다.

사회적 관심품목인 배추, 무, 고추, 마늘, 양파의 작황은 이상기상에 크게 영향을 받으며 작황 저조에 따른 수급불안은 가격 폭등으로 이어진다. 따라서 이들 채소의 생산량에 대한 이상기상 영향을 미리 예측하는 것은 농산물 수급대책을 강구하는데 있어서 매우 중요하다. 이에 본 논문에서는 1981년 이후 중간 강도 이상의 엘니뇨가 노지 봄배추의 생산량에 미치는 영향을 전국 및 행정구역별로 분석하여 향후 엘니뇨 발생 전망에 따른 채소수급의 선제적인 대책에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

2.1. 엘니뇨 정의

본 연구에서는 3개월 이동평균한 엘니뇨 감시구역(열대 태평양 Nino3.4 지역: 5°S~5°N, 170°W~120°W)의 해수면온도 편차가 +0.5°C 이상으로 3개월 이상 지속될 때 그 첫 달을 엘니뇨 발생의 시작으로 보는 미국의 규정을 이용하였고, 엘니뇨 감시구역의 평균 해수면온도 편차를 3개월 이동평균한 값인 Oceanic Nino Index (ONI)를 이용하여 ONI 값이 1.0 이상인 중간 강도 이상의 엘니뇨가 나타난 해를 엘니뇨가 발행한 해로 선정하였다(NOAA, 2018) (Fig. 1).

이와 같은 규정에 의하면, 1981년부터 2016년까지 36년동안에 중간 강도 이상의 엘니뇨가 발생한 횟수는 총 8회이며, 발생기간은 1982-1983년, 1986-1987년, 1991-1992년, 1994-1995년, 1997-1998년, 2002-2003년, 2009-2010년, 2015-2016년 등이다. 여기서 1982, 1986, 1991, 1994, 1997, 2002, 2009, 2015년 등 8개년은 엘니뇨가 시작한 해로, 1983, 1987, 1992, 1995, 1998, 2003, 2010, 2016년 등 8개년은 엘니뇨가 종료한 해로 각각 선정하여 노지 봄배추의 생산량 변화에 대한 엘니뇨 영향 분석에 이용하였다.

2.2. 노지 봄배추의 생산량

1981년부터 2016년까지 36년간의 연도별 채소생산량(엽채류) 자료는 통계청에서 운영하는 국가통계포털(KOSIS, 2017)로부터 다운받아 활용하였다. 다운받은 자료 중에서 노지에서 재배된 봄배추의 단위면적당(10a) 생산량 자료를 전국 평균과 행정구역(province) 평균으로 구분하여 분석자료로 활용하였다. 특별시와 광역시는 노지 봄배추 재배면적이 극히 적어서 행정구역별 비교 분석에서는 제외하였다.

2.3. 통계분석

농업기술의 발전 등으로 농작물의 생산성은 연도별로 증가하는 경향이 있다. 따라서 본 연구에서는 회귀분석을 통해 노지 봄배추의 단위면적당 생산량의 연도별 경향성을 파악한 다음, 경향성이 있는 경우에는 잔차분석을 통해 경향성을 제거한 후, 엘니뇨 영향에 대한 통계분석에 활용하였다. 통계분석은 t-검정과 일원분산분석(one way ANOVA)을 실시하였다. t-검정에서 독립변수는 2개로 엘니뇨가 발생한 해(n=16)와 엘니뇨 미발생한 해(n=20)의 노지 봄배추 생산량으로 하였다. 분산분석에서 독립변수는 3개로 엘니뇨가 발생

한 해를 엘니뇨가 시작한 해와 엘니뇨가 종료한 해로 구분하여, 엘니뇨가 시작한 해(n=8)와 엘니뇨가 종료한 해(n=8), 그리고 엘니뇨 미발생한 해(n=20)의 노지 봄배추 생산량으로 하였다.

III. 결 과

3.1. 엘니뇨의 발생 현황

본 연구에서 이용한 엘니뇨 발생 규정 기준에 의하면, 1981년부터 2016년까지 과거 36년동안에 엘니뇨는 총 11회 발생하였다. 이중에 1997-1998년 기간의 엘니뇨와 2015-2016년 기간의 엘니뇨는 ONI가 최대 +2.3으로 관측되어 강도 측면에서 가장 강했고, 2004-2005년 기간의 엘니뇨는 가장 약한(최대 ONI = +0.7)것으로 조사되었다(Fig. 1).

반면에 엘니뇨 발생의 지속기간 측면에서는 2015-2016년 기간의 엘니뇨가 2014년 11월에 시작하여 2016년 5월까지 19개월로 가장 길게 지속되었고, 1994-1995년 기간의 엘니뇨는 1994년 10월에 시작하여 1995년 3월까지 6개월로 지속기간이 가장 짧은 것으로 조사되었다.

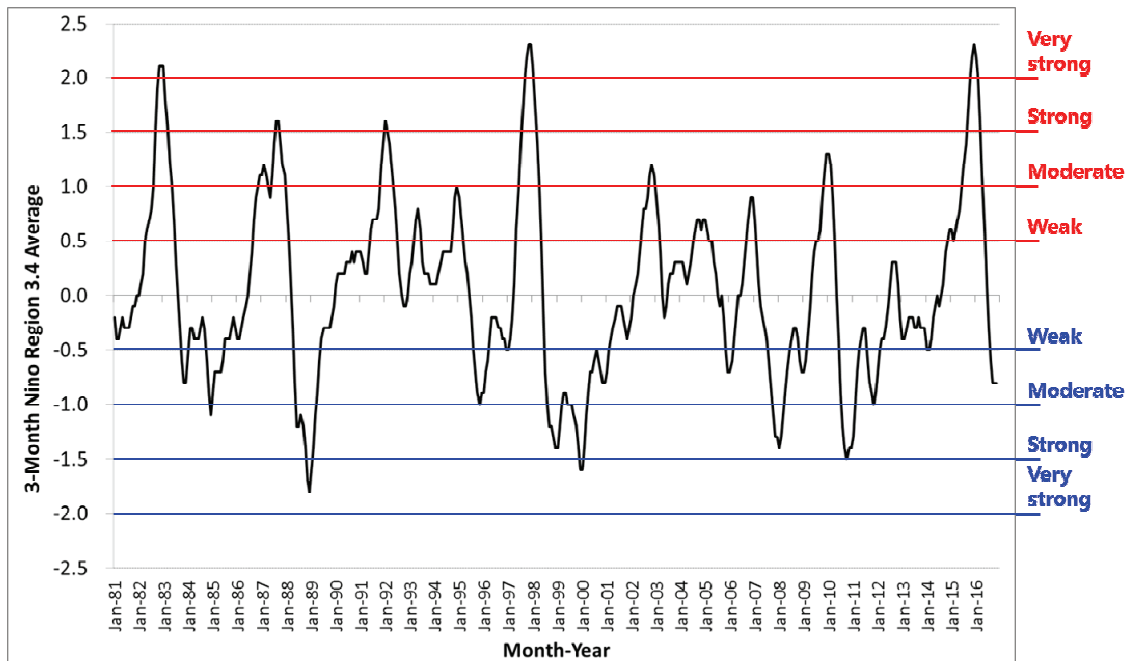


Fig. 1. El Niño and La Niña years, and intensities based on Oceanic Niño Index (ONI). Events are defined as 5 consecutive overlapping 3-month periods at or above the +0.5°C anomaly for warm (El Niño) events, and at or below the -0.5°C anomaly for cold (La Niña) events.

Table 1. Averaged production of spring kimchi cabbage and regression analysis of changes of the production of spring kimchi cabbage from 1981 through 2016 according to administrative districts

Administrative district (Province)	Production of spring kimchi cabbage (kg 10a ⁻¹)	Regression analysis		
		Slop (kg 10yr ⁻¹)	r ²	P-value
Gyeonggi	4,012±596	469	0.68	<0.001
Gangwon	3,539±405	120	0.09	0.061
Chungbuk	4,209±655	492	0.62	<0.001
Chungnam	3,874±606	431	0.56	<0.001
Jeonbuk	3,932±682	541	0.69	<0.001
Jeonnam	4,415±947	744	0.68	<0.001
Gyeongbuk	3,902±600	355	0.38	<0.001
Gyeongnam	4,027±821	689	0.78	<0.001
Jeju	4,160±1,541	757	0.26	0.001
Mean	3,920±553	393	0.56	<0.001

3.2. 노지 봄배추의 생산량 변화

통계청에서 발표한 1981년부터 2016년까지 과거 36년 동안의 전국 평균 노지 봄배추의 생산량은 단위 면적(10a) 당 3,920kg(±553)이었다. 노지 봄배추의 생산량이 가장 많았던 해는 2007년으로 전국 평균이 4,899kg 10a⁻¹이었고, 가장 적었던 해는 1984년으로 3,060kg 10a⁻¹로 조사되었다. 전국 평균 노지 봄배추의 생산량은 10년에 393kg 10a⁻¹씩 증가하는 경향으로 (Fig. 2a), 통계적으로도 유의(p<0.001)하게 증가한 것으로 분석되었다(Table 1).

과거 36년 동안의 전국 평균 노지 봄배추의 단위면적당 생산량 변화를 행정구역으로 나누어 분석하면, 전라남도(4,415±947kg 10a⁻¹)에서 노지 봄배추의 생산량이 가장 많았고, 다음으로 충청북도(4,209±655kg

10a⁻¹)에서 많았으며, 강원도(3,539±kg 10a⁻¹)는 행정 구역 중에 생산량이 가장 적은 것으로 조사되었다.

노지 봄배추의 단위면적당 생산량의 증가 경향은 제주도(757kg 10yr⁻¹)에서 가장 컸고, 단위면적당 평균 생산량이 가장 컸던 전라남도(744kg 10yr⁻¹)에서 다음으로 컸다. 반면에 단위면적당 평균 생산량이 가장 적었던 강원도(120kg 10yr⁻¹)에서 증가 경향이 가장 낮은 것으로 분석되었다.

노지 봄배추의 단위면적당 생산량의 증가 경향은 강원도(p=0.061)를 제외하면, 대부분의 행정구역에서 통계적으로 유의 [제주도(p=0.001), 그외(p<0.001)]한 것으로 분석되었다(Table 1).

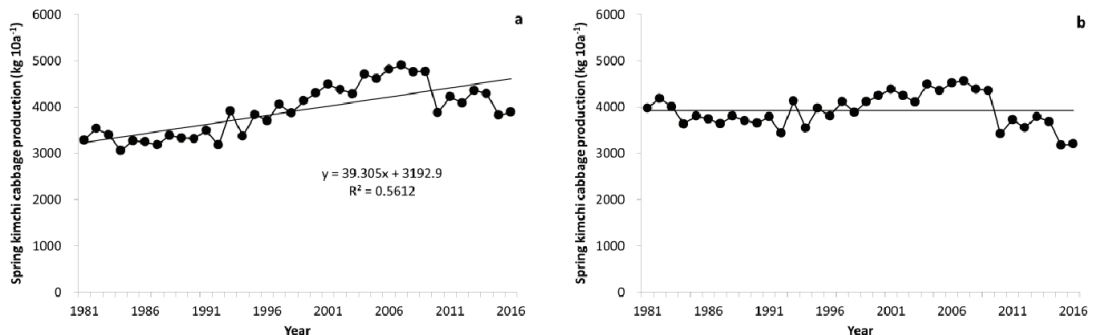


Fig. 2. Yearly changes of nationally averaged production of spring kimchi cabbage (a) downloaded from the Korean Information Service and (b) after removing the residuals according to the increase tendency of production from 1981 through 2016.

Table 2. Comparison of the production of spring kimchi cabbage between El Niño years and non El Niño years

Administrative district (Province)	Production of Spring kimchi cabbage (kg 10a ⁻¹)		T-test	
	non El Niño years (n=20)	El Niño years (n=16)	T statistic	P-value
Gyeonggi	4,004±272	4,022±405	-0.153	0.879
Gangwon	3,638±304	3,416±445	1.697	0.101
Chungbuk	4,217±420	4,199±384	0.133	0.894
Chungnam	3,878±317	3,868±498	0.070	0.944
Jeonbuk	3,975±431	3,879±347	0.600	0.552
Jeonnam	4,474±552	4,341±511	0.742	0.462
Gyeongbuk	4,032±294	3,739±595	1.798	0.086
Gyeongnam	4,067±364	3,977±410	0.704	0.486
Jeju	4,293±1,693	3,993±609	0.736	0.468
Mean	4,016±342	3,800±370	1.812	0.078

3.3. 노지 봄배추의 생산량에 대한 엘니뇨 영향

전국 및 행정구역별 노지 봄배추의 단위면적당 생산량은 매년 증가하는 경향이고 그 추세가 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다(강원도는 제외) (Table 1). 따라서 잔차분석을 통해 경향성과 변동성을 제거하여 연도별 노지 봄배추의 단위면적당 생산량을 재 산정하였고(Fig. 2b), 재산정된 생산량 자료를 이용하여 엘니뇨 발생이 우리나라 노지 봄배추 생산량에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

3.3.1. 엘니뇨 발생해와 미발생해의 비교

중간 강도 이상의 엘니뇨가 발생한 해(n=16)의 전국 평균 노지 봄배추의 생산량은 4,016±342kg 10a⁻¹으로 미발생한 해(n=20)의 생산량(3,800±370kg 10a⁻¹)보다 216kg 10a⁻¹ 적었으나, 통계적으로는 유의(<0.05)하지 않는 것으로 분석되었다(t=1.812, p=0.078). 하지만 0.1 수준에서는 엘니뇨가 발생한 해의 노지 봄배추의 생산량이 통계적으로 유의하게 적은 것으로 평가되었다.

행정구역으로 세분해서 엘니뇨 발생과 노지 봄배추의 생산량의 관련성을 통계분석했을 경우에도 전국 평균과 유사한 결과가 나타났다. 대체로 엘니뇨가 발생한 해가 미발생한 해보다 노지 봄배추의 단위면적당 생산량이 적은 경향이었으나, 통계적으로는 유의(<0.05)하지 않았다(p=0.086~0.944). 다만, 경상북도에서는 0.1 수준에서 통계적으로 유의한 것으로(p=0.086), 강원도에서도 거의 유의한 것으로(p=0.101) 분석되었다(Table 2).

3.3.2. 엘니뇨 발생 시작해와 종료해 및 미발생해의 비교

중간 강도 이상의 엘니뇨가 발생한 해를 시작한 해(n=8)와 종료한 해(n=8)로 각각 세분하고, 이들의 단위면적당 노지 봄배추의 생산량과 엘니뇨 미발생한 해(n=20)의 생산량 차이를 분석하였다. 엘니뇨가 종료한 해의 전국 평균 노지 봄배추의 생산량은 3,707±331kg 10a⁻¹으로 엘니뇨가 시작한 해(3,893±405kg 10a⁻¹)와 엘니뇨가 미발생한 해(4,016±342kg 10a⁻¹)에 비해서 각각 186kg, 309kg 10a⁻¹씩 적은 것으로 분석되었다. 이와 같이 엘니뇨가 종료한 해의 전국 평균 노지 봄배추의 단위면적당 생산량이 엘니뇨가 시작한 해와 엘니뇨가 미발생한 해보다 낮은 경향을 보였지만, 통계적으로 유의(<0.05)하지 않는 것으로 분석되었다(df=2, f=2.195, p=0.127) (Table 3).

행정구역별 분석에서도 전국 평균 분석의 결과와 마찬가지로, 전반적으로 엘니뇨가 종료한 해의 노지 봄배추의 단위면적당 생산량이 낮았으나, 그 경향이 통계적으로는 유의(<0.05)하지 않았다. 다만, 강원도에서는 엘니뇨가 종료한 해의 평균 노지 봄배추의 생산량이 3,242±455kg 10a⁻¹으로 엘니뇨가 시작한 해와 엘니뇨가 미발생한 해의 생산량보다 각각 349kg, 396kg 10a⁻¹씩 적었고, 그 경향이 통계적으로 유의(<0.05)한 것으로 분석되었다(df=2, f=3.588, p=0.038) (Table 3). 그리고 경상북도에서는 엘니뇨가 종료한 해의 노지 봄배추의 단위면적당 생산량이 0.1 수준에서 통계적으로 유의하게 적은 것으로 분석되었다(df=2,

Table 3. Comparison of the production of spring kimchi cabbage between El Niño start years, El Niño end years, and non El Niño years

Administrative district (Province)	Production of spring kimchi cabbage (kg 10a ⁻¹)			ANOVA	
	non El Niño years (n=20)	El Niño start years (n=8)	El Niño end years (n=8)	F-ratio	P-value
Gyeonggi	4,004±272	3,925±448	4,120±359	0.693	0.507
Gangwon	3,638±304	3,591±384	3,242±455	3.588	0.038
Chungbuk	4,217±420	4,150±435	4,248±348	0.123	0.884
Chungnam	3,878±317	3,813±199	3,922±697	0.148	0.862
Jeonbuk	3,975±431	3,922±415	3,827±320	0.408	0.667
Jeonnam	4,474±552	4,329±522	4,352±536	0.271	0.763
Gyeongbuk	4,032±294	3,915±481	3,564±676	3.200	0.053
Gyeongnam	4,067±364	3,971±493	3,982±342	0.242	0.785
Jeju	4,293±1,693	4,112±760	3,873±430	0.284	0.753
Mean	4,016±342	3,893±405	3,707±331	2.195	0.127

f=3.200, p=0.053).

IV. 고찰

통계적으로는 유의(<0.05)하지 않았지만, 전국 평균 노지 봄배추의 단위면적당 생산량은 엘니뇨가 발생한 해가 미발생한 해보다 적은 것으로 조사되었고, 엘니뇨가 발생한 해에서는 엘리뇨가 종료한 해가 엘니뇨가 시작한 해보다 생산량이 적은 것으로 분석되었다. 행정구역별로 세분하여 분석하면, 대부분의 행정구역에서는 엘니뇨가 종료한 해의 노지 봄배추의 단위면적당 생산량이 엘니뇨가 시작한 해와 엘니뇨가 미발생한 해보다 적었지만, 통계적으로 유의하지는 않았다. 다만, 강원도(<0.05)와 경상북도(<0.1)에서는 통계적으로 유의하게 적은 것으로 분석되었다. 이와같이 엘니뇨가 종료한 해에 노지 봄배추의 생산성이 낮아진 한 가지 원인으로 일조부족 현상을 들 수 있었다. 노지 봄배추의 재배기간인 3월 상순부터 7월 상순까지의 기간을 대상으로 이상기상 발생 현황을 조사한 결과, 이상과조(異常寒照, 일조부족) 현상은 엘리뇨가 종료한 해에서는 순(旬) 기준으로 0.5회/재배기간 발생했으나, 엘니뇨가 시작한 해와 엘니뇨가 미발생한 해에서는 각각 0.19회, 0.28회 발생한 것으로 분석되었다. 반면에 온도와 강수관련 이상기상 현상은 뚜렷한 차이가 발견되지 않았다(분석자료 미제시). 따라서 중간 강도 이상의 엘니뇨 발생이 종료될 것으로 전망되는 해

에는 노지 봄배추 재배기간에 일조부족 현상 등으로 강원도와 경상북도의 노지 봄배추 재배지역을 중심으로 생산성이 낮아질 것으로 예상되므로, 노지 봄배추의 생산량 확보를 위해서는 재배면적을 늘리는 등 선제적인 농정대책의 추진이 요구된다.

본 연구는 노지 봄배추의 생육과 생산량에 영향을 미치는 기온, 폭우 등 악기상과 병해충에 의한 대규모 피해 등이 반영되지 못한 결과일 수도 있으므로, 이들과의 관계에 대한 세밀한 분석결과가 향후 보완되어야 할 것이다. 그리고 노지 봄배추의 재배기간에 생육과 생산량에 영향을 주는 각종 환경요소와 엘니뇨의 관련성에 대한 추가 연구도 요구된다.

적 요

본 논문에서는 1981년 이후 중간 강도 이상의 엘니뇨가 발생한 해의 노지 봄배추의 단위면적당 생산량의 변화를 분석하였다. 엘니뇨가 발생한 해(n=16)의 전국 평균 노지 봄배추의 생산량은 4,016±342kg 10a⁻¹으로 미발생한 해(n=20)의 전국 평균 노지 봄배추의 생산량(3,800±370kg 10a⁻¹)보다 단위면적당 216kg 적었지만, 통계적으로는 유의하지 않았다(t=1,812, p=0.078). 또한, 엘니뇨가 종료한 해의 전국 평균 노지 봄배추의 생산량이 엘니뇨가 시작한 해와 엘니뇨가 미발생한 해보다 낮은 경향을 보였지만, 이 또한 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다(df=2, f=2.195,

$p=0.127$). 하지만, 강원도와 경상북도에서는 엘니뇨가 종료한 해의 노지 봄배추의 단위면적당 생산량은 통계적으로 유의하게 엘니뇨가 시작한 해와 엘니뇨가 미발생한 해보다 줄어드는 것으로 분석되었다. 이러한 원인으로 노지 봄배추 재배기간의 일조부족 현상이 1차적으로 조사되었으나, 앞으로 작물기상환경 측면에서 엘니뇨 발생이 작물생산성에 미치는 영향에 대한 추가 연구가 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ01329001)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Halpert, M. S., and C. F. Ropelewski, 1992: Surface temperature patterns associated with the Southern Oscillation. *Journal of Climate* **5**, 577-593.
- KMA (Korea Meteorological Administration), 2016: http://web.kma.go.kr/notify/press/kma_list.jsp. El Niño status and outlook (Press release (No. 3972)). (in Korean)
- KOSIS (Korean Statistical Information Service), 2017: http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ET0028&conn_path=I3. (in Korean)
- Kwon, W. T., S. E. Hwang, and M. Y. Park, 1997: The trend of climate variability in El Niño years of South Korea. *Proceeding of autumn conference of Korean Meteorology Society*, 182-184. (in Korean)
- Latif, M., A. Sterl, E. Maier-Reimer, and M. M. Junge, 1993a: Climate Variability in a Coupled GCM. Part I: The Tropical Pacific. *Journal of Climate* **6**, 5-20.
- Latif, M., A. Sterl, E. Maier-Reimer, and M. M. Junge, 1993b: Structure and predictability of the El Niño/Southern Oscillation phenomenon in a coupled ocean-atmosphere general circulation model. *Journal of Climate* **6**, 21-50.
- Lau, N. C., S. G. H. Philander, and M. J. Nath, 1992: Simulation of ENSO-like phenomena with a low-resolution coupled GCM of the global ocean and atmosphere. *Journal of Climate* **5**, 284-307.
- Lee, D. R., 1999: Relationship between El Niño/Southern Oscillation and drought in Korea. *Journal of Korea Water Resources Association* **32**(2), 111-120.
- Neelin, J. D., 1990: A hybrid coupled general circulation model for El Niño studies. *Journal of The Atmospheric Sciences* **47**(5), 674-693.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2018: http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
- Ropelewski, C. F., and M. S. Halpert, 1987: Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review* **115**, 1606-1626.
- Shim, K. M., M. P. Jung, Y. S. Kim, I. T. Choi, H. J. Kim, and K. K. Kang, 2016: Some meteorological anomalies and their relationships with rice yield for El Niño years in South Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **18**(3), 143-150. (in Korean with English)