

## 월동작형 배추와 무의 생산량에 영향을 미치는 기상요인 분석

김인겸 · 박기준\* · 김백조

국립기상연구소 정책연구과

(2012년 10월 8일 접수; 2013년 5월 20일 수정; 2013년 6월 7일 수락)

## Analysis of Meteorological Factors on Yield of Chinese Cabbage and Radish in Winter Cropping System

In-Gyum Kim, Ki-Jun Park\* and Baek-Jo Kim

Policy Research Division, National Institute of Meteorological Research, 61 Yeouidaebang-ro 16-gil,  
Dongjak-gu Seoul 156-720, Korea

(Received October 8, 2012; Revised May 20, 2013; Accepted June 7, 2013)

### ABSTRACT

Among many factors, especially meteorological conditions can impact agricultural productivities. This study was conducted to analyze the relationships between crop yield and meteorological factors. We collected meteorological data (i.e., temperature and precipitation) from the Automated Weather System (AWS) of Korea Meteorological Administration (KMA) and the yield data of Chinese cabbage and Radish from local Nonghyup (NCAF: National Agricultural Cooperative Federation) and Farmers' Corporate Association. The agricultural data were classified into two groups. These groups are comprised of the farmers who produced a crop under 30 kg per 3.3 m<sup>2</sup> and over 30k g per 3.3 m<sup>2</sup> respectively. The daily meteorological data were calculated from the average value for ten days. Based on the regression analysis, we concluded that the yield of Chinese cabbage (Haenam) was related to average temperature, minimum temperature, precipitation, and number of days with precipitation, whereas that of Radish (Jeju) was related to average temperature, maximum temperature, and minimum temperature. The result suggests that these meteorological data can be used more effectively for the prediction of crop yield.

**Key words:** Crop yield, Meteorological factors, prediction, Chinese cabbage and radish

### I. 서 론

‘2010년 12월 및 연평균 소비자물가동향’에는 배추와 무의 가격이 전년에 비해 각각 80.8%, 98.1% 상승한 것으로 나타나 있다(Statistics Korea, 2010). 당시 식료품 및 비주류음료부문 가격의 전년비 증가치가 6.4%로 다른 부문(의복·신발 2.9%, 주거 및 수도·광열 2.4%, 교통 4.9%, 교육 2.2%, 외식·숙박 2.3% 등)에 비해 높았던 것은 배추·무 같은 농산물의 가격

상승이 큰 영향을 끼친 것으로 보인다. 농산물의 가격 상승은 일시적인 현상이 아니며 집중호우, 가뭄 등의 이상기상 현상은 농산물 수급에 영향을 줘서 가격변동을 심화시키고 있다. 특히 배추와 무는 생산량 변동에 따른 가격의 편차가 매우 커서 10~20%의 생산량 변동만으로도 가격은 3배까지 차이가 날 수 있다(Lee, 1996). 이에 한국농촌경제연구원(Korea Rural Economic Institute, KREI)에서는 가격안정을 위해 다양한 소득 작물들의 가격을 추정하여 관측정보를 홈페이지에서



제공하고 있다(<http://aglook.krei.re.kr/>). 그러한 관측정보는 농민들의 출하시기 조정을 유도하여 농산물의 가격을 안정화 시키는데 도움이 될 수 있다. 하지만 KREI의 관측정보는 농민의 인터뷰에 의존하는 경향이 커서 농산물의 수급을 근본적으로 안정시키기에는 한계가 있다(Lee *et al.*, 2004). 따라서 농산물의 생산량을 체계적으로 예측할 필요성이 대두되고 있다.

농산물의 생산량은 농민의 의향에 의해 결정되는 재배면적과 단위면적당 수확량(단수)에 따라 달라진다. 단수는 기술조건과 기상변동에 영향을 많이 받는다(Lee *et al.*, 2005). 농민의 의향은 작물의 재배를 결정하는 시기의 농산물 가격에 따라 달라지므로 정량적인 분석과는 다른 접근법이 필요할 것이다. 그리고 영농기술은 지역별 혹은 농민 별로 큰 차이가 없다(Lee, 1996). 그렇다면 배추와 무의 단수를 추정하기 위해 생육에 큰 영향을 미치는 기상요소를 활용한 분석이 중요하다고 할 수 있다.

많은 양지만 국내에서 기상과 농산물 생산량의 관계를 직접 분석한 연구가 수행되었다. Lee *et al.*(2005)는 효율적인 수급정책 지원을 위해 ADL (Autoregressive Distributed Lag)모형과 가격신축성함수를 사용하여 배추와 무를 비롯한 청과물의 작형 별 공급 및 가격에 영향을 미치는 월간 기상요인을 구분하고자 하였다. Lee(1996)는 생산함수에 기온과 강우량의 기상요소를 변수로 투입하여 봄·가을 재배 배추와 무의 단수 결정요인을 추정한 바 있다. Lee *et al.*(2004)는 결합추정 방식을 활용하여 과채류의 작형 별 단수에 영향을 주는 기상요인의 영향력을 평가하였다. 그리고 Lee *et al.*(2012)는 월별 기상요소와 다양한 작물들의 연간 생산량간의 상관분석을 실시하였다. 이들의 연구는 작물의 원활한 수급을 위한 생산량 추정에 기상변수가 독립변수로 활용될 수 있음을 보였고, 작물의 단수를 추정하는데 도움을 주었다.

하지만 선행연구들에서 활용한 농산물의 생산량 자료들은 통계청, 농촌진흥청 및 생산지역의 각 도청에서 제공하는 전국 및 도(道)단위의 단수 자료였다. 농업자료의 범위가 넓고, 분석에 활용된 기상자료는 특정 지점에 한정되었다. 예를 들면, 전라도 지역의 농산물 단수와 기상요인을 분석하기 위해 도내 대도시 혹은 주산지의 기상자료를 수집하였다. 주산지가 농산물의 생산량을 대표할 순 있어도, 지역의 기상을 대표할 순 없다. 따라서 개별 재배지들의 기상자료를 직접

하게 사용했다고 보기 어렵다.

본 연구에서는 국민생활에 밀접한 관계가 있는 주요 작물인 배추와 무를 중심으로 재배지에서 가장 가까운 기상관측지점의 기상요소를 사용하였다. 그리고 기상요소와 단수간의 회귀분석을 통해 단수추정에 통계적으로 유의한 기상요소를 도출하고자 하였다. 배추와 무는 재배기술 발달 및 연중 꾸준한 수요로 계절에 관계없이 생산·소비되고 있지만, 그 중에서 태풍 및 집중호우와 같은 재해성 기상현상이 적은 기간에 생산되는 월동작형을 선정하였다.

## II. 자료 및 방법

### 2.1. 작물자료 수집

월동 배추와 무의 자료수집 지역은 대표 주산지인 해남과 제주로 선정하였다. Table 1은 서울특별시농수산물공사의 2012년 출하시분석 자료를 정리한 것이다(Seoul Agro-Fisheries & Food Corporation, 2012). Table 1을 통해 월동 배추·무의 주 출하시기인 1~4월 동안 가락시장에 반입되는 전국 배추·무 물량의 절반 이상이 해남과 제주에서 생산되고 있음을 알 수 있다. 해남의 월동 배추 주요 생산지는 ‘화산농협, 북평농협, 황산농협, 산이농협, 문내농협, 화원농협, 녹색유통, 대명유통, 신진유통, 무진영농, 이레유통’이며, 본 연구에서는 산이농협(해남군 산이면 초송리)와 녹색유통(해남군 문내면 석교리)에 문의하여 배추자료를 수집하였다. 제주의 월동 무는 제주도의 동부지역이 주산지로서 해당지역에 위치한 구좌농협(제주시 구좌읍 세화리)와 성산농협(서귀포시 성산읍 고성리)에서 자료를 제공받았다. 수집된 자료의 기간은 배추와 무 각각 7년(2005년~2011년), 5년(2007년~2011년)이다. 기간이 짧은 이유는 농업자료의 전산화가 실시된 시기와 관계 있다. 농업자료는 기상자료와 달리 자동으로 집계 및 저장이 불가능한데, 해당 농협과 영농조합법인에서 확보된 농산물 생산자료를 전산화하기 시작한 것이 2000년대 중반인 것이다. 하지만 수집된 자료는 연별로 계약자 성명, 계약 면적(3.3m<sup>2</sup>), 생산량(kg), 단위면적당 생산량을 포함하고 있어 세밀한 분석이 가능했다. 특히 본 연구에서는 선행연구들과 달리 계약자 별로 구분된 세부데이터를 획득함으로써 지역차이가 아니라 농민들에 따라 생산량이 변할 수 있음을 알아냈고, 이를 기상과 농산물 단수의 분석에 활용할 수 있

**Table 1.** A monthly portion and carrying in quantity of Chinese cabbage (Haenam-gun) and Radish (Jeju-si) (The column of “Carrying in quantity” denotes a national trading volumes at the Garak wholesale market) (unit: ton)

Date (yyyy_mm)	Chinese cabbage			Radish		
	Garak market	Haenam-gun	Garak market	Jeju-si		
	Carrying in quantity	Component ratio	Carrying in quantity	Carrying in quantity	Component ratio	Shipment
2008_01	12,099	63.0%	7,622			
2008_02	11,628	58.0%	6,744		No data	
2008_03	12,398	67.1%	8,319			
2008_04	12,522	64.1%	8,027			
2009_01	9,538	59.6%	5,685	13,179	61.1%	8,052
2009_02	11,638	53.6%	6,238	13,801	80.3%	11,082
2009_03	12,370	69.5%	8,597	15,054	85.1%	12,811
2009_04	10,093	62.2%	6,278	14,250	88.9%	12,668
2010_01	11,040	68.7%	7,584	14,339	77.3%	11,084
2010_02	11,400	67.7%	7,718	13,761	83.5%	11,490
2010_03	12,709	70.7%	8,985	15,473	92.6%	14,328
2010_04	10,194	66.2%	6,748	14,263	94.3%	13,450

었다. 자세한 설명은 2.3절에서 다시 하도록 한다.

**2.2. 해남과 제주의 기후 특성 및 기상자료 수집**

산이농협과 녹색유통의 계약재배지에서 가장 가까운 기상청의 자동기상관측지점(AWS)은 지점번호 744번의 AWS(화원면 청용리)이다. 해남군 화원면 청용리는 한반도의 최남서지역으로서 온난한 기후를 보인다. 1997년~2011년 기간 동안 청용리의 연평균기온은 13.9°C이고, 가장 추운 1월의 평균기온도 영상을 기록하였다. 월동 배추의 재배기간인 9월~12월의 평균기온은 13.1°C로서 연평균 기온과 차이가 크지 않다. 최근 15년 동안의 월별 평균기온은 9월 22.4°C, 10월 16.5°C, 11월 9.9°C, 12월 4.1°C로 나타났다. 15년 동안 9월의 강수량은 평균 130.8mm, 강수일수는 평균 8일을 기록하였다. 10월의 강수량은 37.8mm, 4.6일의 강수일수를 보였고, 11월과 12월은 각각 48.2mm (7일), 30.8mm (7.4일)을 기록하였다. 청용리의 15년간 연평균 강수량이 104.2mm/월, 강수일수 8일/월을 기록한 것에 비해 10월, 11월, 12월의 평균 강수량이 다소 적은 것을 확인할 수 있다.

구좌농협과 성산농협의 자료 수집 장소와 가장 가까운 AWS는 지점번호 781번(구좌읍 세화리)이다. 해당 지역은 제주도의 동부 지역으로서 최근 들어 무와 당근이 활발히 재배되고 있다. 1997년 2011년의 기후 분석결과 연평균기온은 16°C이다. 월동 무의 재배기간

인 9월 12월의 평균기온은 15.7°C이다. 최근 15년 동안 월동 무 재배기간의 월별 평균기온은 9월 23.9°C, 10월 18.7°C, 11월 12.9°C, 12월 7.7°C로 나타났다. 9월의 평균 강수량은 249.5mm이고, 10.3일의 강수일수를 기록하였다. 10월은 76.3mm, 5.8일의 강수일수를 기록하였고, 11월과 12월은 각각 95.1mm (7.9일), 59.1mm (8.5일)의 강수가 발생하였다. 청용리와 마찬가지로 세화리도 10월~12월의 강수가 평균보다 적다. 세화리의 월평균 강수량은 143.3mm, 총 4,575일 중 1,717일(37.5%)의 강수일수를 기록하였다. Table 2는 앞서 설명한 청용리와 세화리의 기온과 강수를 정리한 것이다.

선행연구들에서는 기상과 작물 생산량의 관계를 분석하면서 생육기간 중의 월·연간 기상자료를 사용하였다. 하지만 해남농업기술센터에서의 인터뷰 결과, 수확기에 배추의 가격상승이 예상되면 농민들은 9월 15일~25일의 정식기간을 무시하고, 적정 정식기간에서 ±1주일 기간에 배추모종을 심는 경우가 종종 있는데, 적정 정식기간을 어긴 농민들은 정상적인 수확량을 기대하기 어렵다고 하였다. 그 이유는 정식기보다 이른 파종은 모종이 병충해 피해를 입을 확률이 크고, 늦은 파종은 결구가 지연되어 동해 피해로 인해 수확량이 낮을 확률이 크기 때문이다. 또한 농약살포 시점도 일주일 정도 전에 결정하게 되는데, 농약을 살포할 시점에 비가 예보되면 농약이 비에 중화되거나 씻겨 내려

**Table 2.** An average value of meteorological factors in Cheongyong ri (Haenam-gun) and Sehwa ri (Jeju-si) from 1997 to 2011

1997~2011	Cheongyong-ri		Sehwa-ri	
	Mean temperature	Average precipitation	Mean temperature	Average precipitation
September	22.4°C	130.8 mm	23.9°C	249.5 mm
October	16.5°C	37.8 mm	18.7°C	76.3 mm
November	9.9°C	48.2 mm	12.9°C	95.1 mm
December	4.1°C	30.8 mm	7.7°C	59.1 mm

가 약효가 감소하는 것을 막기 위해 농민은 기존에 계획했던 시점보다 빨리 혹은 늦게 살포하는 결정을 하게 된다. 실제의 영농활동에서 중요한 의사결정들이 1주일 혹은 그 이전에도 이루어지고 있는 것을 인터뷰를 통해 확인할 수 있었다.

월평균 기상자료를 활용한 분석 결과는 농산물의 생육에 영향을 줄 수 있는 특이기상을 놓쳐서, 실제로는 중요할지 모를 기상요소를 제대로 도출하지 못할 수 있다. 그리고 결과를 활용할 기관에서는 수급계획 마련을 위한 생산량 예측 시 월 1회만 가능하기 때문에 빠른 의사결정이 어렵다. 한편, 기상청에서 제공하는 월간 예보는 과거 30년의 평균에 기반을 두고 평년보다 높음/비습/낮음으로 제공되기 때문에, 비록 단수에 영향을 주는 기상요인과 관련 함수가 도출되어도 사전에 월간 예보를 활용한 예측이 불가능하다. 본 연구에서는 농민의 의사결정을 반영하여 향후 영농활동을 지원하고, 더 짧은 기간마다 단수를 추정하는데 도움을 주기 위해 한 달을 상/중/하순으로 나누고, 일(日)기상 자료를 10일 단위로 평균한 자료를 활용하였다.

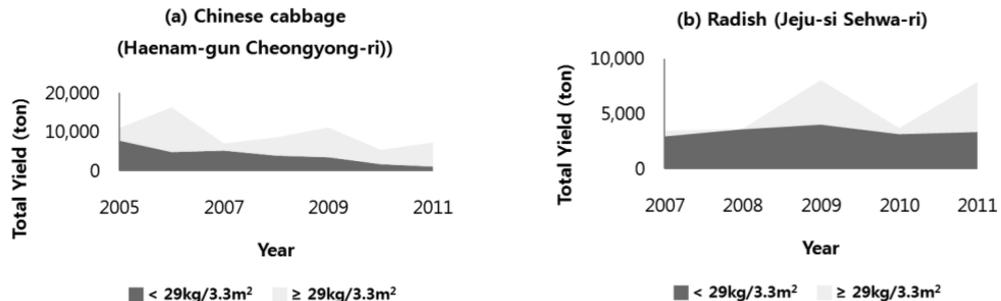
**2.3. 연구방법**

농협과 영농조합법인으로부터 제공받은 단수자료를 살펴본 결과 농민 별로 단수에 차이가 났다. 예를 들

면, 가상의 ‘A’ 계약농민은 다년간의 계약기간 동안 30~40kg/3.3m<sup>2</sup>를 꾸준히 생산했지만, ‘B’ 계약농민은 상대적으로 저조하거나 생산량 변동이 연별로 크게 나타났다. 이 같은 농민에 따른 단수 차이는 해가 바뀌어도 변하는 경우가 거의 없었다. 단수가 항상 큰 농민들이 있었기 때문에 모든 농경지의 재배작물이 기상에 민감한 것은 아닐 수 있음을 가정하고, 단수 자료의 중앙값인 29kg/3.3m<sup>2</sup>을 기준으로 그 미만의 평균 단수를 기록한 계약자들을 기상에 민감한 집단으로 분류하였다. 그리고 단수가 29kg/3.3m<sup>2</sup> 미만인 농민들로 이루어진 집단의 단수를 평균하여 기상요소와의 회귀 분석에 활용하였다.

Fig. 1의 (a), (b)는 각각 해남과 제주지역 계약자들의 연간 총생산량을 보여준다. 그래프의 진한 부분은 단수가 29kg/3.3m<sup>2</sup> 미만인 계약자들의 전체 생산량이고, 연하게 표시된 부분은 단수가 29kg/3.3m<sup>2</sup> 이상인 계약자들이다.

단수 29kg/3.3m<sup>2</sup>을 기준으로 두 집단의 평균 단수를 나타낸 Fig. 2를 살펴보면, 29kg/3.3m<sup>2</sup> 미만 집단의 변동이 29kg/3.3m<sup>2</sup> 이상의 집단보다 크다. 무와 달리 배추는 해가 갈수록 29kg/3.3m<sup>2</sup> 미만인 집단의 생산량이 낮아지고 있지만(Fig. 1), 앞서 과채류는 작은 생산량 변화에도 가격변동이 매우 크다고 하였고,



**Fig. 1.** Total yields of Chinese cabbage (Haenam) and Radish (Jeju).

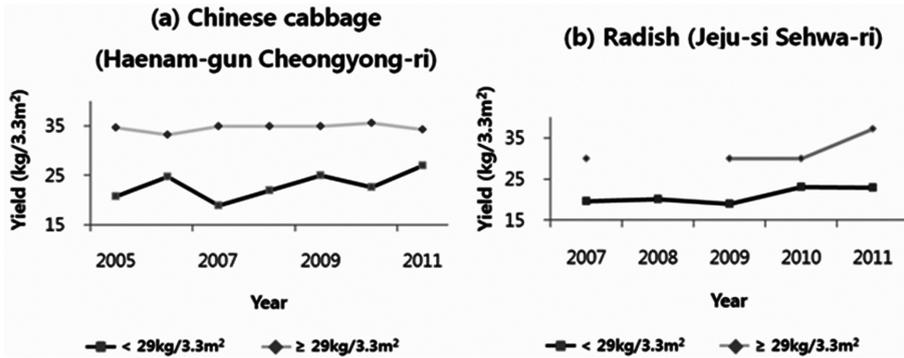


Fig. 2. Average yields ( $3.3 \text{ m}^2$ ) of Chinese cabbage (Haenam) and Radish (Jeju).

29kg/3.3m<sup>2</sup> 미만인 집단의 단수 변화가 심하기 때문에(Fig. 2) 해당 집단을 분석하는 작업이 중요하다고 할 수 있다.

Fig. 2(b)에서 2011년에 29kg/3.3m<sup>2</sup> 이상인 농민들의 평균 단수가 갑자기 증가한 것은 당시의 외부적인 환경요인보다 수집된 자료에 의한 원인일 가능성이 크다. 2011년의 무자료는 성산농협에서만 수집되었는데, 성산지역의 단수가 구좌지역보다 보통 5~6kg/3.3m<sup>2</sup> 많다. 그 이유는 구좌지역의 토양에 모래가 섞인 비율이 높아 무 재배에 있어서 성산지역보다 부적합하기 때문이다. 하지만 본 연구에서 기상민감한 집단으로 분류하고 기상요인과의 관계를 분석한 29kg/3.3m<sup>2</sup> 미만인 농민들의 단수는 성산농협과 구좌농협 간 차이가 거의 없다. 그래서 구좌농협과 성산농협의 자료를 함께 분석에 사용하는데 무리가 없다고 판단하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 3.1. 배추

일반적으로 배추는 생육기에 18~20°C의 온도가 적절하다. 수분함량이 95%이상으로 결구초기에 다량의 수분을 필요로 한다. 그리고 묘령에 관계없이 13°C 이하의 저온에 감응하여 꽃눈분화가 촉진되고, 고온에 의해 추대가 촉진된다(Lee *et al.*, 2005).

배추의 단수와 기상요소의 회귀분석 결과는 Table 3에 정리하였다. 9월 하순에는 평균기온과 단수가 서로 음(-)의 상관관계에 있다. 2005년~2011년 청용리의 9월 하순 평균기온은 20.8°C인데, 이 시기의 기온이 생육적온보다 다소 높아 낮은 온도일수록 단수를

증가시키는 것으로 보인다. 배추는 정식기의 고온이 생육에 유리하지만 저온에 노출되어 꽃눈이 분화된 후에 고온이 지속되면 추대의 위험이 있기 때문에 고온에 대한 피해가 반영된 것으로 보인다(Lee *et al.*, 2005). 최저기온은 9월 하순과 10월 상순에 단수와 음(-)의 상관관계지만, 11월 상순부터 양(+)의 상관관계이다. 10월 상순 평균 최저기온은 14.0°C이지만, 10월 중순부터 11.8°C를 나타낸 후 계속 낮아진다. 꽃눈분화의 가능성이 있는 13°C보다 높은 10월 상순에는 기온이 낮을수록 단수증가에 효과적이지만, 13°C 이하로 기온이 내려간 11월 상순부터는 최저기온이 높은 것이 단수를 증가시키는 것이다. 강수량은 9월 중순과 12월 하순에 음(-)의 상관관계이고, 10월 중순에는 양(+)의 상관관계이다. 강수일수는 11월 상순에 양(+)의 상관관계가 도출되었다. 정식기에 즙음하여 발생하는 9월 중순의 강수는 경지에 살포된 농약의 효과를 반감시키거나 병해발생의 원인이 될 수 있지만, 결구 초기(10월 중순경)엔 많은 물을 필요로 하므로 강수량이 많을 수록 단수를 증가시킨다. 물론 분석기간의 10월과 11월 평균 강수일수가 각각 3.9일, 7일을 기록하여 연속적으로 강수가 발생시 뿌리혹병의 발생위험이 높아질 수 있지만, 병해보다 가뭄에 대응하는 것이 천수답에서 배추를 재배하는 농민에게 더 어려운 일일 것이다. 그리고 결구가 거의 완료되는 12월 중순의 강수는 결속 전 냉해피해를 유발하거나 무름병의 발생을 유발할 수 있어 단수 증가에 부정적인 것으로 추정된다.

Lee(1996)는 겨울배추와 재배시기가 비슷한 전남지역 가을 배추의 단수 결정 요인으로 11월 평균기온을 제시한 바 있다. 본 연구에서는 평균기온에 대해 9월

**Table 3.** The results of regression analysis between yield of Chinese cabbage (Haenam-gun Cheongyong-ri) and meteorological data of Cheongyong-ri

Period	Mean temperature	Minimum air temperature	Precipitation	Number of days with precipitation
9.11 ~ 9. 20 (R-square) (standard error)			$y=-0.48x+25.24$ (0.69) (0.13)	
9.21 ~ 9. 30 (R-square) (standard error)	$y=-1.7x+58.35$ (0.48) (0.66)	$y=-1.37x+45.98$ (0.59) (0.44)		
10.1 ~ 10.10 (R-square) (standard error)		$y=-1.24x+40.36$ (0.496) (0.47)		
10.11 ~ 10.20 (R-square) (standard error)			$y=3.94x+21.72$ (0.54) (1.38)	
11.1 ~ 11.10 (R-square) (standard error)		$y=0.7x+16.7$ (0.41) (0.31)		$y=1.93x+17.76$ (0.89) (0.27)
11.11 ~ 11.20 (R-square) (standard error)		$y=1.21x+17.06$ (0.42) (0.53)		
12.1 ~ 12.10 (R-square) (standard error)		$y=1.38x+21.47$ (0.47) (0.55)		
12.21 ~ 12.31 (R-square) (standard error)			$y=-2x+24.32$ (0.39) (0.91)	

**Table 4.** The results of regression analysis between yield of Radish (Jeju-si Sehwa-ri) and meteorological data of Sehwa-ri

Period	Mean temperature	Maximum air temperature	Minimum air temperature
9.21 ~ 9. 30 (R-square) (standard error)	$y=-1.95x+64.82$ (0.82) (0.44)	$y=-2.8x+92$ (0.73) (0.81)	$y=-1.18x+44$ (0.92) (0.17)
10.11 ~ 10.20 (R-square) (standard error)			$y=3.08x-23.85$ (0.996) (0.1)
10.21 ~ 10.31 (R-square) (standard error)		$y=-0.87x+38.47$ (0.55) (0.36)	
11.11 ~ 11.20 (R-square) (standard error)		$y=0.7x+10.32$ (0.64) (0.25)	
11.21 ~ 11.30 (R-square) (standard error)	$Y=1.37x+6.55$ (0.63) (0.49)	$y=1.37x+1$ (0.66) (0.46)	

하순이 단수와 관계 있는 것으로 나타났다. 하지만 청용리의 11월 평균기온은 10.1°C로서 꽃눈분화를 촉진하는 12°C이하의 기온에서 양(+의 관계가 도출된 최저기온-단수의 결과와 연결될 수 있다. Lee(1996)의 연구에서 강수량과 단수간에 유의하게 도출된 결과가

없었던 것은 본 연구결과와의 차이점이다. Lee *et al.*(2012)는 배추의 생산량과 일사량만이 음(-)의 상관관계를 보인다고 하여 강수량과 기온이 단수에 영향을 미치는 요소로 도출된 본 연구의 결과와 차이가 있다. 이러한 차이가 나타나는 이유는 설명변수의 범위가 원

인일 수 있지만, 근본적으로 분석에 활용된 기상과 농산물의 원시자료 때문일 가능성이 크다. 선행연구들과 달리 본 연구에서는 상/중/하순의 기상요인이 단수에 미치는 영향을 분석하였기 때문에, 월평균 기상요인을 활용한 분석에서 나타나지 않았던 결과가 도출될 수 있다.

### 3.2. 무

무는 17~20°C가 생육적온이며, 5°C 전후에서 꽃눈 분화가 촉진된다. 지역에 따라 다르지만, 무의 월동작형은 9월 중하순까지 파종 및 정식을 완료하고, 12월 하순이면 수확이 가능하다(Jeju Special Self-Governing Province Agricultural Research & Extension Service, 2012).

무의 단수와 기상요소의 회귀분석 결과를 나타낸 Table 4를 보면 평균기온, 최고기온, 최저기온이 10% 유의수준에서 유의하게 도출된 것을 알 수 있다. 배추와 달리 무의 단수는 강수와 관련이 없는 것으로 나타났고, 배추의 분석에서는 나타나지 않았던 최고기온 요소가 도출되었다. 강수량, 강수일수와 단수간에 유의한 결과가 도출되지 않은 이유는 제주도의 토질 특성 때문으로 사료된다. 즉, 화산지형으로서 배수가 빠른 제주도의 토양 특성은 강수로 인해 발생한 토양 수분이 빠르게 바다로 배출되거나 지하 깊이 흡수되어 무의 생산량에 영향을 주기 어렵기 때문이다. 9월 하순의 기온은 낮을수록 단수 증가에 유리하다. 2007년~2011년 세화리의 9월 하순 최고/평균/최저기온은 각각 25.4°C, 22.5°C, 19.7°C인데, 최저기온을 제외하고 생육적온보다 다소 높은 기온을 기록하고 있어 음(-)의 상관관계가 도출된 것으로 보인다. 9월 하순 평균 최저기온이 무의 생육적온 범위였음에도 단수증가에 부정적인 이유는 해당시기에 평균 최저기온이 20°C를 넘었던 2007년(21.1°C)과 2009년(21.1°C) 평균 단수가 20kg/3.3m<sup>2</sup>에도 미치지 못해 도출된 결과이다. 농산물 자료가 지속적으로 축적된 후 재분석 해 볼 필요가 있다. 그리고 10월 중순의 최저기온은 높을수록 단수를 증가시키는 것으로 나타났는데, 세화리의 10월 중순 최저기온이 14.5°C로서 생육적온보다 낮았기 때문이다. 반면에 10월 하순의 최고기온은 여전히 20.2°C로 다소 높아 단수와 음(-)의 상관관계를 나타냈지만, 11월 중순에는 15.1°C를 나타내어 단수가 증가하기 위해선 최고기온이 높은 것이 유리하다. 11월

하순의 평균기온, 최고기온과 단수가 양(+)의 상관관계인 이유는 전술한 11월 중순의 최고기온-단수의 관계와 같다. 12월의 기상요소는 단수와 유의하게 도출된 결과가 없었다.

Lee(1996)는 월동 무와 재배시기가 비슷한 제주지역 가을 무의 단수 결정 요인으로 10월 평균기온을 제시하였지만, 본 연구에서 평균기온은 9월과 11월에 단수에 영향을 주는 것으로 나타났다. Lee *et al.*(2012)은 일사량만이 생산량과 음(-)의 상관관계를 보인다고 하여 본 연구의 결과와 차이가 있다. 단수에 영향을 주는 기상요인이 이렇게 연구마다 다르게 나타나는 것은 전술한 것처럼 설명변수의 범위 혹은 원시자료의 활용 방법 때문일 것이다.

기상요소와 농산물 생산량간의 관계를 분석한 기존 연구들은 주로 연간 작물 생산량과 월평균 기상자료를 활용하였다. 선행연구들에선 월중(月中)의 기상변화를 제대로 반영하기 어려운 평균의 특성으로 인해 유의하게 도출된 기상요소가 적었고, 분석된 결과의 유의수준도 낮았다. 이러한 결과는 재배 농민, 계약농협 및 영농조합법인, 수급기관 등에서 기상정보를 단수추정에 정량적으로 활용하는데 어려움이 있다. 본 연구는 그러한 자료상의 단점을 극복하고자 좁은 지역의 세밀한 분석을 시도하였고, 그 결과 9월에서 12월에 이르는 월동작형의 생육시기에 단수를 추정할 수 있는 기상요소들이 높은 유의성으로 도출되었다.

2007년 해남 배추의 단수가 전체적으로 낮았던 것은 그 해 9월 우리나라에 영향을 미친 태풍 '나리', '위파'와 12월초의 폭설로 추정되어 분석 시 제외하는 것이 마땅하지만 농업자료의 부족으로 인해 분석에 포함한 것은 한계점이다. 농업과 기상분야의 부족한 자료문제는 지속적인 축적을 통해 향후 개선해 나가야 할 부분이라 생각된다. 그럼에도 불구하고 노지에서 재배된 모든 농산물이 기상에 민감하지 않아서 분석 시 기상에 민감한 집단과 둔감한 집단으로 구분할 필요가 있으며, 재배지에서 가까운 기상자료를 활용한 분석이 요소간의 상관계수를 높이는데 기여할 수 있음을 보인 데 의의가 있다고 할 수 있다.

## 적 요

본 연구는 급격한 가격변동으로 소비자 물가에 직접

적인 영향을 미치고 있는 배추와 무를 선정하여 단위 면적당 수확량과 기상요소의 관계를 밝히고자 하였다. 기존에 농작물과 기상요소의 관계를 분석한 연구들은 넓은 지역을 대표하는 특정 지점의 기상자료를 사용하였으나 본 연구에서는 개별 농경지에서 가장 가까운 지점의 기상자료를 사용하였다. 특히 지역의 계약재배 담당자들과의 인터뷰에 기반하여 수집된 농업자료를 그대로 사용하지 않고, 농업과 기상자료의 가공을 통해 좀 더 세부적인 분석을 시도하였으며, 도출된 유의한 기상요소들은 기존의 연구들에서 제시한 상관계수들보다 높게 나타나 농산물의 단수추정에 기상요소가 중요하게 활용될 수 있음을 보였다. 분석 결과 월동배추·무의 생육기간 동안 각각 최저기온과 최고기온이 단수와 관련이 많은 것으로 드러났는데, 향후 기상청과 같은 기상정보 제공자들은 재배 지역에 농업기상정보를 제공하고자 할 때, 농산물과 지역의 특성을 고려한 세부기상요소를 중점적으로 제공하면 효과를 거둘 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 국립기상연구소 2012년 주요사업 “예보 기술지원활용연구”의 지원으로 수행되었습니다.

### REFERENCES

- Jeju Special Self-Governing Province Agricultural Research & Extension Services, 2012: *Cultivation Techniques of Economic Crops*. Jeju Special Self-Governing Province. (in Korean)
- Lee, J. W., 1996: *A Study on the Analysis of Determinant Factors of Production for Radish and Chinese Cabbage*, Korea Rural Economic Institute, 77pp. (in Korean)
- Lee, K. K., K. K. Ko, and J. W. Lee, 2012: Correlation Analysis between Meteorological Factors and Crop Products. *Journal of the Environmental Sciences* **21**, 461-470. (In Korean with English abstract) doi:10.5322/JES.2012.21.4.461
- Lee, Y. S., H. K. Jeong, W. T. Kim and Y. C. Choi, 2004: *An Estimation of Yield Functions of Korean Fruit-Vegetables*. Korea Rural Economic Institute. 61pp. (In Korean with English abstract)
- Lee, Y. S., H. K. Jeong, and S. B. Shim, 2005: *A Study on determinants of Seasonal Supply and Price of Produce in Korea: With Special Emphasis on Weather*. Korea Rural Economic Institute. 131pp. (In Korean with English abstract)
- Seoul Agro-Fisheries & Food Corporation, 2012: *Analysis on the Place of Shipment*. Seoul Metropolitan Government. (in Korean)
- Statistics Korea, 2010: *2010 Annual Average Customer Price Trend*. Statistics Korea (in Korean)
- Korea Rural Economic Institute, <http://aglook.krei.re.kr/> (2013.06.30)