

## 지역 경제작물 생산 지원을 위한 기후정보서비스

서애숙<sup>1</sup>, 전준항<sup>2</sup>, 최경철<sup>3</sup>, 박정규<sup>4</sup>, 김형섭<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>대전지방기상청, <sup>2</sup>대전지방기상청 기후과, <sup>3</sup>청주기상대, <sup>4</sup>인천기상대, <sup>5</sup>케이웨더(주)

### The Climate Information Service to Support Cultivation of Rural Special Products

A. S. Suh<sup>1</sup>, C. H. Chon<sup>2</sup>, K. C. Choi<sup>3</sup>, J. G. Park<sup>4</sup>, and H. S. Kim<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>*Daejeon Regional Meteorological Administration*

<sup>2</sup>*Daejeon Regional Meteorological Administration Climate Division*

<sup>3</sup>*Cheongju Weather Station, <sup>4</sup>Incheon Weather Station, <sup>5</sup>Kweather Incorporated*

(Correspondence: hskim@kweather.co.kr)

## 1. 서 언

충남 서산은 서늘한 해양성 기후 특성을 나타내며, 서산의 지역경제작물인 생강은 재배면적 718ha로 전국 1위, 전국 생산량의 34.5% 이상을 차지한다. 충북 제천은 산간 지대의 석회질 토양과 서늘한 기후로 약초 재배에 최적 조건을 가지고 있으며, 제천의 지역경제작물인 황기는 전국 유통량의 80%, 생산량의 35%를 차지하는 주요 작물이다. 인천 강화의 지역경제작물인 강화순무는 연간 1850톤이 생산되어 전국에서 가장 많은 생산량을 차지하고 있어 서산 생강, 제천 황기와 마찬가지로 지역의 대표적인 경제작물이라 할 수 있다.

상기 경제 작물은 기온과 강수량, 병해충의 영향을 받는 것으로 알려져 있으나 그 정도가 명확히 연구된 바가 없고, 최근 지구온난화와 빈번한 이상기후 등 기후변화로 인한 위험성에 노출되어있다. 따라서 각 지역의 대표 경제작물(서산생강, 제천황기, 강화순무) 생산에 영향을 미치는 기후요소를 분석하여 기후지수를 개발하고 기상장비 설치 및 작물 샘플링을 통해 파종 및 수확예측정보, 작물생육 정보 등을 개발하여 기후 변화에 따른 농업 생산 피해를 최소화하고 지역 경쟁력을 강화 시키고자 본 연구를 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

## 2.1. 기후 분석 자료

서산의 기후특성 분석은 대전·충남 지역인 대전, 보령, 천안, 부여, 금산의 1981년부터 2010년까지의 30년 기상관측 자료를 이용하였고, 제천의 기후특성 분석은 보은, 충주, 추풍령의 지난 30년 동안의 기상관측값을 이용했으며, 강화의 기후특성 분석을 위해서 해안 지역으로 인천, 서산, 보령을 선정했고 내륙 지역으로 서울, 수원, 양평, 이천을 선정해 각 지역의 상호적 기후특성을 비교했다. 또한, 미래기후분석을 위해 현재 추세(저감 없이)로 온실가스가 배출되는 경우의 기후변화를 나타내는 RCP 시나리오 8.5를 사용했다.

## 2.2. 기상 장비 설치 및 작물 샘플링 지점

서산의 기상과 생강의 생육간의 관계를 분석하기 위해 두 지점에 2m 기온, 습도, 지면온도, 5/10/20/30cm의 지중온도와 10/20/30cm의 토양수분 센서를 설치하였다. 생강 생육 관찰을 위해 총 4회의 샘플링을 실시했다. 제천도 두 지점에 2m 기온, 지면온도, 5/10/20/30/50/100cm의 지중온도와 10/30/50cm의 토양수분 센서를 설치하였으며 총 9회의 샘플링을 실시했다. 강화 역시 두 지점에 2m 기온, 지면온도, 습도, 5/10cm 지중온도와 5/10cm의 토양수분 센서를 설치했으며 총 7회의 샘플링을 실시했다.

# 3. 결 과

## 3.1. 서산생강

### 3.1.1. 서산 기후분석

서산은 보령, 대전, 천안, 부여, 금산 등 총 6지점의 평균적인 기온보다 가을을 제외하고는 모두 낮게 나타나는 등 대체적으로 타 지역에 비해 기온이 낮았다. 연강수량은 평균보다 적은 가운데, 봄·가을은 평균보다 많았고 최근 10년 강수량 증가추세가 뚜렷하게 나타났다. 0.1mm 이상 강수일수는 서산이 다른 대전·충남지역보다 봄철을 제외하고는 모두 많았으며, 습도는 가장 높게 나타났고 일조시간은 가장 짧았다. 이와 같

은 낮은 기온과 높은 상대습도, 겨울의 많은 강수와 같은 해양성 기후와 짧은 일조시간은 광포화점이 낮은 반음지 식물인 생강 재배에 적합한 것으로 나타났다.

### 3.1.2. 서산생강 파종 및 수확시기

일반적으로 서산지역 생강의 파종시기와 수확시기는 농민마다 차이는 있지만, 파종시기는 4월말~5월초, 수확시기는 상강 절기인 10월 23일 경으로 알려져 있다. 생강의 생리적 동해온도로 알려져 있는 10℃를 기준으로 지난 30년간 서산지역의 일 최저기온이 8℃이상 7일 이상 유지된 첫날과, 10℃ 이하로 7일 이상 유지된 첫날을 조사하였다. 파종시기의 경우 고기압에 의한 복사냉각 효과로 인해 일시적으로 기온이 떨어질 수 있는 점을 감안하여 그 기준을 8℃로 하였다.

파종시기의 경우 1981년부터 2010년까지의 평균 시작일은 5월 5일로 실제 생강 재배하는 농민들의 파종시기와 차이가 없었고, 수확시기의 경우도 1981년부터 2010년의 평균 시작일이 10월 19일로 일반적인 수확시기와 큰 차이를 보이지 않았다. 이를 미래에 기후변화가 진행됨에 따라 수확시기와 파종시기가 어떻게 변동할 지에 대한 분석을 위해 현재추세로 온실가스가 배출되는 경우인 RCP 8.5 시나리오를 통해 알아보았다. 그 결과 파종적기 시작일은 4월 6일로 한달 가량 빨라지고, 수확적기 시작일은 11월 20일로 한달 가량 늦어지는 것으로 나타났다.

### 3.1.3. 서산생강 병해충과 관련된 기상분석

생강 재배와 관련하여 가장 큰 피해를 주는 병은 뿌리썩음병으로 알려져 있다. 이전의 연구 결과에서 생강 뿌리썩음병의 경우 5월이후 누적강수량, 누적평균기온과 양의 상관관계를 보이고(Kim *et al.*, 1998), 35℃ 이상의 고온이나 토양수분함량이 포장용수량의 80% 이상으로 될 때, 그 밖에 공기중의 상대습도가 90% 이상일 때 생강 뿌리썩음병의 발병진전도가 빠른 것으로 나타나고 있다(Kim *et al.*, 2004). 위의 연구결과를 통해 농민에게 제공 될 수 있는 뿌리썩음병 예방발병도와 뿌리썩음병 예방전염도 계산식을 개발하였다. 5단계로 구분되어지는 이 지수들은, 기상청 동네예보와 토양수분예측모형을 통해 산출되는 토양수분량으로 계산되어지며 일 1회 생산하게 된다. 이를 통해 기후변화에 민감한 생강 재배 시, 병해에 관련된 피해를 최소화 하고 농민에게 도움이 될 수 있도록 하였다.

## 3.2. 제천황기

### 3.2.1 제천 기후분석

지난 30년간(1981~2010) 기후특성 및 변화를 살펴보면 제천은 충청북도의 주요 4지점(보은, 충주, 추풍령, 청주)에 비해 일평균기온·최고기온·최저기온·최저초상온도가 낮고, 변화율 또한 적은 특징을 보이고 있다. 하지만 상대습도 및 강수량은 타 지역에 비해 비슷하거나 많았다. 이같이 타 지역에 비해 비교적 낮은 기온을 나타내는 기후조건은 추위와 큰 일교차에 강한 황기가 생육하기에 적합하지만, 상대적으로 많은 강수량은 오히려 불리한 기후조건이 된다. 이에 기후특성 및 변화에 따른 제천황기 생육에 관한 상세한 연구가 필요함을 확인 하였다.

### 3.2.2 제천황기 파종 및 수확시기

권장하는 황기 파종시기의 적정 기상조건은(Kim *et al.*, 2001) 평균기온 10~12℃이고, 평균강수량은 5~10mm 이다. 지난 30년간 황기 파종시기 적정 기상조건에 적합한 제천의 파종시기는 4월 중순~5월 상순이다. 황기의 파종시기의 적정 기상조건을 제천 17개 읍·면·동에 대하여 RCP 8.5 기후 시나리오에 적용해 본 결과, 제천의 황기 파종시기는 현재보다 약 31일 정도 빨라짐을 보이고 있다. 황기의 수확시기는 첫서리 내리는 시기 전후이다. 제천시의 첫 서리 내린 시기에 대하여 1979년부터 2008년까지 분석한 결과, 전날과 일교차는 약 13℃ 이상, 상대습도는 67% 이하, 풍속은 1.5m/s 이하로 나타났다으며 당일의 최저기온은 0.79℃ 이하, 최저초상온도는 -2.62℃ 이하 일 때 첫 서리가 발생했던 것으로 나타났다. 황기의 수확 적정 기상조건을 제천 17개 읍·면·동에 대하여 RCP 8.5 기후 시나리오에 적용해 본 결과, 제천의 황기 수확시기는 현재보다 약 24일 정도 늦어짐을 보이고 있다.

### 3.2.3 제천황기 병해충과 관련된 기상분석

농민들에게 설문조사 한 결과, 황기 재배 시 가장 영향을 많이 끼치는 부분은 ‘병해’이며, 병해 중 ‘뿌리썩음병·흰가루병·시들음병’이 대표적이라고 하였다. 따라서 황기의 주요 병해 발생 가능한 기상조건을 분석하였고, 그에 관련된 지수를 개발하였다. 첫 번

째로 뿌리썩음병의 발병 최적조건은 강수가 있는 날, 대기 평균기온이 25℃ 이상이며 토양온도가 10℃ 이상일 때이다(Cho *et al.*, 2000). 두 번째로 흰가루병의 발생 최적조건은 비가 내린 후 맑은 날이 11일 이상 지속되면서 대기 평균기온이 13℃ 이상일 때이다(Bhattacharya, 2002). 마지막으로 시들음병의 발생 최저조건은 강수가 있는 날, 대기 평균온도가 25~28℃ (단, 16℃이하이거나 33℃ 이상에선 발병 못함), 토양온도가 20~23℃일 때이다(Popovski, 2012). 황기의 주요 병해 발병 적정 기상조건을 제천 17개 읍·면·동에 대하여 RCP 8.5 기후 시나리오에 적용해 본 결과, 뿌리썩음병은 현재보다 약 63일 발병 가능일이 늘어났고, 시들음병은 약 58일 증가, 흰가루병은 1.6일 증가하는 것으로 나타났다. 위의 연구결과를 통해 농민에게 제공 될 수 있는 황기 주요 병해 지수를 개발하였다. 각 지수는 기상청 동네예보를 이용해 계산되어지며, 일 1회 생산하게 된다. 이를 통해 기후변화에 민감한 황기 재배 시, 병해에 관련된 피해를 최소화 하고 농민에게 도움이 될 수 있도록 하였다.

### 3.3. 강화순무

#### 3.3.1. 강화 기후분석

강화는 비교대상인 해안 3지점, 내륙 4지점에 비해 일평균기온과 일최고기온이 낮고 타 해안지역과는 달리 일최저기온이 낮아 내륙과 비슷한 수준이었으며 일교차가 큰편에 속했다. 또한 습도도 해안지역 중 도심지인 인천을 제외하고는 낮게 나타났으며 일강수량 0.1mm 이상일수가 가장 작게 나타났다. 운량이 작고 일조시간이 길며 풍속은 타 지역에 비해 낮게 나타났다. 5, 10cm 지중온도는 타 지역보다 낮게 나타났다. 낮은 기온과 낮은 지중온도는 내한성이 강한 순무가 성장하기에 유리한 조건이며 일조시간이 길고, 일교차가 클수록 맛도 좋고 신선하며 생산량이 많은 다른 작물과 마찬가지로 이와 같은 기후 특성이 순무의 성장에 긍정적인 영향을 미친 것으로 보인다. 강화의 기후 분석을 통해 고품질 강화순무의 원인을 정량적으로 분석했다는 것이 강화 기후분석의 큰 의의이다.

#### 3.3.2. 강화순무 파종 및 수확시기

권장하는 봄순무의 파종시기는 4월 10일이므로, 1981년부터 2010년까지 지난 30년간

4월 10일을 전후로 5일(4월 5일~4월 15일)동안 계산해 본 평균기온은 9.97°C였다. 봄순무의 파종적기를 9.97°C에서  $\pm 1^\circ\text{C}$ 에 도달하는 날로 정하고 RCP 8.5에 적용해 본 결과, 봄순무의 파종적기는 2014년 4월 6일에서 2100년 3월 6일로 31일가량 앞당겨졌다. 파종적기를 기준으로 순무의 발육이 완료되는 유효 적산온도인 1400~1600 (Haberlandt, 1878)을 적용하여 수확적기를 RCP 시나리오 상으로 산출 해 본 결과, 봄순무의 수확적기는 2014년 7월 1일에서 2100년 5월 31일로 31일 앞당겨졌다.

권장하는 가을순무의 파종시기는 8월 20일이며, 1981년부터 2100년까지 지난 30년간 8월 20일을 전후로 5일(8월 15일~8월 25일)의 평균기온은 24.11°C이다. 가을순무의 파종적기를 24.11°C에서  $\pm 1^\circ\text{C}$ 에 도달하는 날로 정했다. 또한 가을순무는 수확시기의 서리 발생 여부가 매우 중요하다. 강화의 지난 1981년부터 2008년까지의 첫서리 발생일의 평균기온은 7.42°C이므로 일평균기온이 7°C이하로 떨어지는 마지막 날을 수확한계기로 설정하였다. 수확한계기를 기준으로, 날짜의 역순으로 누적적산온도를 계산하여 1400도일이 되는 날짜를 파종한계기로 설정했다. RCP 시나리오 상으로 가을순무의 파종적기는 2014년 8월 25일에서 2100년 9월 21일로 27일 가량 늦춰지며, 가을순무의 수확적기는 2014년 11월 16일에서 2100년 12월 12일로 26일가량 늦춰진다. 현재와 같이 수십년간 동일한 날짜에 파종하는 경향에서 벗어나 기후변화에 대응하는 순무 맞춤형 기후정보가 필요한 것이다.

### 3.3.3. 강화순무 생육 및 병해충과 관련된 기상분석

샘플링결과 순무는 파종 후 약 49일까지 줄기관련 값인 줄기무게, 엽폭, 초장 등이 꾸준히 증가하다가 성장이 주춤해지기 시작하고 그 이후로는 뿌리관련 값인 근중이 급격하게 늘어났다. 그 기준이 되는 날의 누적적산온도는 1000도일로 1000~1200도일에 해당하는 날까지를 ‘줄기성장기간’으로 볼 수 있고 그 이후를 ‘뿌리성장기간’으로 볼 수 있다. 따라서 순무청을 목적으로 재배하는 경우 이 시기에 수확하면 수확량을 늘릴 수 있다.

농민 설문 결과 순무 재배에 가장 큰 영향을 주는 병해충으로 뿌리혹병을 들었다. 뿌리혹병은 감염시기가 빠를수록 피해정도가 현저히 증가하여 정식 후 20일 이전 감염 시 피해율이 100%에 이른다(Kim *et al.*, 2000). 또한 온도조건 25°C에서, 토양수분량이 최대 용수량의 80%일 때 혹의 형성이 가장 빠르고 크며 60%, 100% 순으로 위험하다(Kim *et al.*, 1999). 위의 연구결과를 통해 농민에게 제공 될 수 있는 뿌리혹병 예측식을

개발하였다. 5단계로 구분되는 이 지수는, 기상청 동네예보와 토양수분예측모형을 통해 산출되는 토양수분량으로 계산되어지며 일 1회 생산하게 된다. 이를 통해 기후변화에 민감한 순무 재배 시, 병해에 관련된 피해를 최소화 하고 농민에게 도움이 될 수 있도록 하였다.

## 인용문헌

- Bhattacharya, A., and P. Schukla, 2002: Effect of environmental factors on powdery mildew severity in field pea under irrigated and rainfed conditions. *Indinan Journal of Agricultural Research* **36**(3), 149-155.
- Cho, I. C., K. Y. Ryu, Y. I. Hahm, J. S. Kim, and H. J. Jee, 2000: Root Rot of Astragal (*Astragalus membranaceus*) caused by *Phytophthora drechsleri*. *The Korean Society of Plant Pathology* **6**(2), 88-92.
- Haberlandt, Friedrich., 1878: Zweite Abtheilung. Anbauversuche im Jahre 1875 und 1876 [Part 2: Culture trials in the years 1875 and 1876 (Document part)].
- Kim, C. H., K. S. Park, and K. W. Nam, 1998: Occurrence status on Rhizome Rot of Ginger and research of develop environment. *Research Paper of Rural Development Administration*, 186p.
- Kim, C. H., W. D. Cho, and J. M. Yang, 1999: Effects of temperature, soil moisture, soil pH and light on Root Gall development of Chinese Cabbage by *Plasmodiophora brassicae*. *Research in Plant Disease* **5**(2), 84-89.
- Kim, C. H., W. D. Cho, and H. M. Kim, 2000: Yield loss of Spring Chinese Cabbage as affected by infection time of Clubroot Disease in fields. *Research in Plant Disease* **6**(1), 23-26.
- Kim, Y. G., J. K. Bang, H. W. Park, H. S. Yu, N. S. Seong, and Y. H. Ryu, 2001: Comparison of the growth and yield at different seeding time of *Astragalus membranaceus* Bunge. *Journal of the Korean Society of International Agriculture* **13**(2), 143-148.
- Kim, C. H., 2004: Review of researches on Rhizome Rot of Ginger and future tasks for its management in Korea. *Research in Plant Disease* **10**(2), 87-93.
- Kwon, Y. A., H. S. Lee, W. T. Kwon, and K. O. Boo, 2008: The weather characteristics of frost occurrence days for protecting crops against frost damage. *Journal of the Korean Geographical Society* **43**(6), 824-842.
- Poposki, S., and F. A. Celar, 2012: The impact of environmental factors on the infection of cereals with *Fusarium* species and mycotoxin production – a review. *Acta Agriculturae Slovenica* **101**(1), 105-116.