

미래기후조건에서 작형별 배추 생산량 전망

김진희^{1*}, 김기덕²

¹경희대학교 식물환경신소재공학과, ²고랭지농업연구소

An Outlook on Chinese Cabbage Production by Cultivation Type under the RCP8.5 Projected Climate

Jin-Hee Kim^{1*}, Ki-Deog Kim²

¹College of Life Sciences, Kyung Hee University, Yongin, Korea

²Highland Agriculture Research Center, RDA

I. 서 언

지난 100년간 우리나라 6대 도시의 평균기온은 약 1.7℃정도 상승하여 세계 평균의 2배를 상회하는 것으로 보고되고 있다. 여름 지속기간은 13~17일 늘면서 열대야 현상은 매년 4~10일씩 증가한 반면, 겨울철 지속기간은 22~49일 단축되었다. 온난화의 영향으로 작물의 재배가능기간이 늘고 있음에도 불구하고 이상기후 발생과 재배환경의 변화로 수량 및 품질의 저하가 우려되고 있는 실정이며, 이미 여름철 채소의 주산지인 고랭지 배추의 재배면적은 10,234ha('01)에서 6,311ha('07)로 크게 감소하였다. 배추의 생산과 소비는 계절적, 지역적으로 집중되어 있어 수급 상황 및 가격추세의 기상 의존도가 더욱 높아 기상위험의 효율적 관리를 뒷받침할 수 있는 기술 개발이 시급하다.

본 연구에서는 배추의 생육·생산성에 영향을 미치는 기상·기후요인을 정량화하여 작형별로 생육단계에 따라 한계기준으로부터 재배 부적합 지역을 여과한 후, 남은 재배 가능지역에 대해 예상 수량을 계산함으로써 연중 최대 생산량을 얻을 수 있는 정식 시기를 찾는 기술을 소개하고자 하였다. 격자형태의 미래 기후자료를 활용한다면 작형별 재배적지의 지리적 이동을 현재-미래에 대해 전망하고, 기존 주산단지는 온난화로 인한 이상기상 조건에서 현재의 생산성을 유지할 수 있는 새로운 작형을 추천하는데 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

II. 재료 및 방법

2.1. 개요

* Correspondence to : 7jhee@naver.com

배추의 생산량 예측은 크게 생육단계 추정, 재배가능지 탐색, 생육모델에 의한 생체중 계산의 3단계 과정을 거쳐 이루어진다. 우선 지표피복, 경사도, 토양자료 등 미래에도 변하지 않는 토지속성에 대해 배추재배의 가능여부를 판단하여 부적합한 지역을 배제한다. 2단계 배추의 생육 단계를 정식기-결구기-구형성기-수확기로 구분하여 해당 기간의 기온의 평균을 계산하고 생육 한계조건에 해당하는 부적지를 여과한다. 마지막 3단계에서 부적지를 제외한 잔류지역을 재배 가능지로 보고 정식 이후의 적산온도를 입력값으로 하는 생육모델을 적용하여 예상 생체중을 계산한다. 배추는 작기가 짧아 출하시기에 따라 작형을 봄배추, 여름(고랭지배추, 가을(김장)배추, 월동배추로 구분하지만 이 연구에서는 현재의 배추 주산단지 작형 정보를 배제하고 모든 지역에 대해 봄배추부터 가을배추까지를 구동기간으로 설정하여 변하는 기후조건에서 정량적인 적지기준에 부합하는 적합한 작형을 추천할 수 있도록 하였다.

2.2. 생육단계 추정

주요 생육단계의 위험한 기후조건 등 적지 판정기준을 정량적으로 적용하기 위해 노지에 아 주심기를 하는 시점을 시작으로 전 생육단계를 정식기-결구기-구형성기-수확기 4개로 설정하였다(Kim, 2015). 배추의 작형, 품종, 지역에 상관없이 정식기는 정식일로부터 20일까지, 결구기는 21일부터 42일까지, 구형성기는 43일부터 63일까지, 수확까지 소요되는 일수를 75일로 통일하고 90일까지를 수확기로 가정하였다. 예를 들어 정식일이 4월15일인 경우 21일이 지난 5월5일부터 결구기가 시작되고 구형성기 시작일은 5월27일, 수확기는 75일이 경과된 6월29일부터 9월8일까지가 된다. 봄배추부터 가을배추까지 온도조건에 의한 재배가능한 정식날을 찾을 수 있도록 구동기간은 정식일 기준 1월15일부터 10월15일까지로 설정한다.

2.3. 재배가능지 판정

우선 지형이나 토양정보 등 미래에도 변하지 않는 불변속성의 재배환경 조건으로부터 재배가능여부를 판단하였다. 환경부에서 제공하는 30m 해상도의 지표피복도에서 초지, 농경지, 산림에 해당하는 격자를 추출한 후 수치고도모형(digital elevation model, DEM)을 이용하여 경사도 30% 이상인 지역을 재배 부적지로 설정하여 여과한다. 흙토람에서 제공하는 토양환경지도(<http://soil.rda.go.kr/webgis/webgis.jsp>) 정보에 따라 토성이 사질, 역질, 사력질이거나 배수등급이 불량, 매우불량 혹은 매우 양호로 나타나는 경우 부적지로 설정하고, 유효토심이 20cm 미만이거나 자갈함량이 35%를 초과하는 경우도 재배가능지에서 제외한다.

저온추대, 고온에 의한 결구불량 등 배추의 생육단계별로 정상적인 생육이 불가능해지는 한계조건을 설정하고, Ahn *et al.*(2008)이 제시한 결구 이후 20일간의 적산온도에 따른 재배위험시대 기준을 적용하여 농업기후정보에 따른 재배 부적지 분류 작업을 진행하였다(Fig. 1).

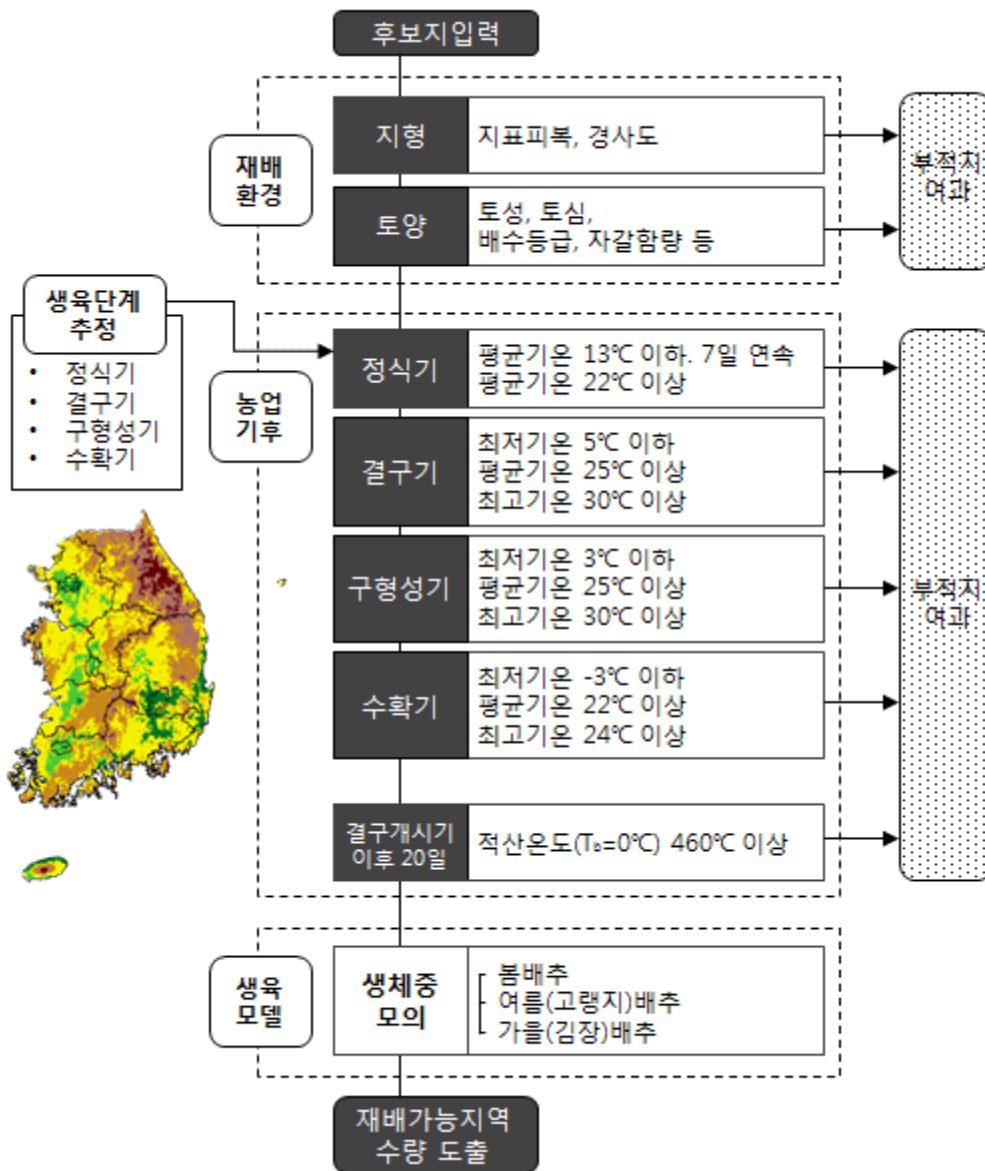


Fig. 1. 배추 재배 가능지역 및 수량 도출 과정.

2.4. 수량예측

생육기간의 적산온도로부터 배추의 성장량을 정량적으로 예측할 수 있는 모델을 수집하여 재배 가능지역에 대한 예상 수량을 도출하였다. 출하시기에 따라 봄배추와 가을배추는 Lee (2013)가 제시한 지상부 건물중에 관한 3차 다항회귀식 결과를 생체중으로 변환하여 적용하고 여름배추는 Ahn *et al.*(2014)의 생체중 예측모형을 이용하였다.

- 봄배추의 성장모의 (X: 정식부터 수확까지의 적산온도값, $T_{base}=5^{\circ}\text{C}$)

$$\text{지상부생체중} \rightarrow \text{건물중} (g) = -0.0000008X^3 + 0.001X^2 - 0.0958X + 0.3426 (R^2 = 0.9584)$$

$$\text{지상부생체중} \rightarrow \text{건물중} (g) = -0.000007X^2 + 0.0628X + 0.0305 (R^2 = 0.9618)$$

- 고랭지배추의 성장모의 (X: 정식부터 수확까지의 적산온도값, $T_{base}=0^{\circ}\text{C}$)

$$\text{지상부생체중} (g) = 3500 / (1 + \exp(5.175 - 1.153 \times (6 / ((1 + \exp(6.367 - 0.0064 \times X))))))$$

- 가을배추의 성장모의 (X: 정식부터 수확까지의 적산온도값, $T_{base}=5^{\circ}\text{C}$)

$$\text{지상부생체중} (g) = -0.0000002X^3 + 0.0004X^2 - 0.0391X + 0.2869 (R^2 = 0.9217)$$

$$\text{지상부생체중} \rightarrow \text{건물중} (g) = -0.000003X^2 + 0.0465X (R^2 = 0.8864)$$

III. 향후 계획

1월15일부터 10월15일까지 구동기간을 설정하여 매일 정식일에 따른 적지판정 및 예상 수확량을 계산하면 해당 지역에 대해 언제 배추 정식이 가능한지, 가능한 경우 예상 수확량은 얼마나 되는지를 예상할 수 있게 된다. 좌표값이 내장된 격자형의 고해상도 시나리오 자료를 활용하면 다른 공간정보와 중첩분석이 가능하므로 재배환경과 기상조건에 만족하는 재배가능지에 대해 생산량의 분포 차이를 지역별로 확인할 수 있을 것이다. 기존의 작형(작기, 작부체계)을 고수할 경우 발생하는 재배적지의 지리적 이동을 현재-미래에 대해 전망하고, 기존 주산단지를 고수할 경우 현재의 생산성을 미래에도 유지할 수 있도록 변경될 작형을 추천할 수 있도록 할 계획이다.

감사의 글

이 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ009292)에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

- Ahn, J. H., C. Y. Park, J. S. Ryu and Y. I. Jin, 2008: Distribution Mapping for Optimal of Highland Agricultural Zone in Current and Global Warming Future in Korea. *10th Conference on Agricultural and Forest Meteorology* **17**(1), 82-86.
- Ahn, J. H., K. D. Kim and J. T. Lee, 2014: Growth modeling of Chinese cabbage in an alpine area. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **16**(4), 309-315. (in Korean with English abstract)
- Kim, K. D., 2015: Development of technology for environment-friendly and stable production of highland kimchi cabbage, National Institute of Crop Science, pp36.
- Lee, S. K., 2013: Development of growth model for radish and Chinese cabbage to adapt extreme climate. National Institute of Horticultural & Herbal Science, pp11-17.