

기상자료 분석을 통한 대관령 지역의 작물 최저 한계온도일 추정

류종수* · 이정태 · 이계준 · 오동식

농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구센터

Agro-climate Characteristics and Stability in Crop Production of Daegwallyeong Area in Korea

Jong-Soo Ryu*, Jeong-Tae Lee, Gye-Jun Lee, and Dong-Shig Oh

Highland Agriculture Research Center, National Institute of Crop Science, RDA, Pyeongchang, 232-955, Korea

Daegwallyeong area to be formed along the mountainous terrain more above 800 m of sea level is known as the cold zone to occur frequently wind, rain and fog. This study to evaluate the stability of crop production and agricultural production potential in the Daegwallyeong was calculated for the low temperature frequency of occurrence and potential evapotranspiration changes with announce the release of Korea Meteorological Administration (KMA) from 1972 to 2009 up to 38 years. Evapotranspiration calculated FAO and other international standard method authorized under the PENMAN-MONTEITH Method was used, and the low temperature onset and frequency of the Gumbel probability density function was used. As a result, the variation of day evaporation for 38 years were showed to respectively width of variation from maximum 9 mm day⁻¹ to minimum 0.5 mm day⁻¹. The frequency of reappearance to first emergence day that lasts more than 5 days with temperature 5°C over is 3 April a 50-year frequency, 10 April a 25-year frequency, 20 April a 10-year frequency, 28 April a 5-year frequency, 8 May a 2-year frequency. Psychrotrophic crop to growth temperature more than 5°C can be secured to stable production with planting after May 8, prior to planting for normal growth can be seen that the risk of growth.

Key words: Evapotranspiration, Frequency, Highland, Psychrotrophic crop, Temperature

서 언

농업 생산성은 그 지역의 기상과 토양 조건에 의해 좌우되며, 작물 성장과 직결되는 대표적인 기상요인은 기온이다. 기온이 적정 수준을 유지하면 작물의 생리활성이 높아지고 에너지 대사가 왕성해져 증발산량이 늘어나며 생장량이 늘어나면서 작물체가 커지게 되지만, 기온이 낮아지면 농작물 생육이 정지되고 체내 에너지 대사 작용이 없어짐으로써 작물의 증발산이 이루어지지 않는다. 일반적으로 작물은 기저온도 (base temperature)를 기준으로 5°C 이하에서 생장이 정지되는 작물을 저온성 작물, 10°C 이하에서 정지되는 작물을 중저온성 작물, 15°C 이하에서 생장이 정지되는 작물을 고온성 작물로 분류하고 있다 (W. Moon et al., 2000). 그러므로 작물의 생산성은 작물 고유의 온도 반응 특성과 더불어 각 작물별 기저온도인 최저한계온도를 파악하는 것이 매우 중요하다. 작물 생산현장의 기온은 시시각각으로 변화하고, 작물의 생산에 불리한 저온이 언제 나타

날지 예측한다는 것은 매우 어려운 일이다. 그러나 대상 지역에 관측자료 중 기온 자료를 가지고 계절별 및 연차별 형태로 그 기온 값이 나타날 확률을 분석할 수 있고, 분석된 기온 자료의 분포 특성함수를 결정하여, 결정된 특성함수에 근거하여 해당 기상 요인 값으로 나타날 확률 값을 구하여 해당 기상요인 값의 재현성을 제시할 수 있다. 기온 값들을 나타내는 확률분포곡선으로 Gumbel 분포곡선을 많이 이용하고 있다 (J.J. Lee et al., 2006).

따라서, 본 연구에서도 기온 분포 특성함수로 Gumbel의 확률분포함수를 이용하여 기온 값들의 확률분포곡선을 구하고, 이를 이용하여 고령지에 위치한 대관령 지역에서 농작물 생육에 중요한 지표인 최저한계 온도일을 추정하고자 하였다.

재료 및 방법

작물 성장과 직결되는 기상요인은 기온과 증발산량이다. 증발산량 추정을 위해 FAO에서 제공된 Penman-Monteith 방법을 이용하여 다양한 기상요소들과 식물생육정도를 반

접수 : 2012. 10. 29 수리 : 2012. 12. 3

*연락처 : Phone: +82333301910

E-mail: enviryu@korea.kr

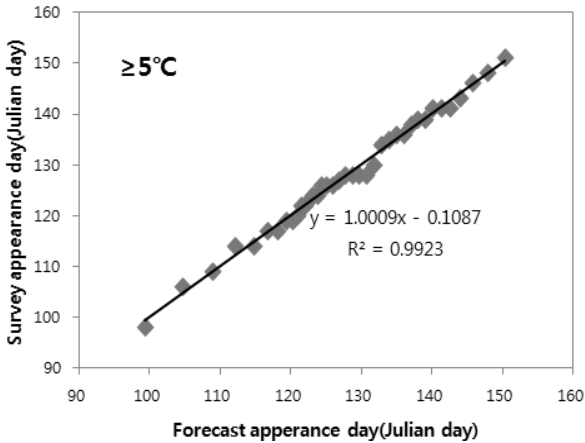


Fig. 1. Comparison of forecast day and survey day to be continued 5 days with above 5°C in temperature.

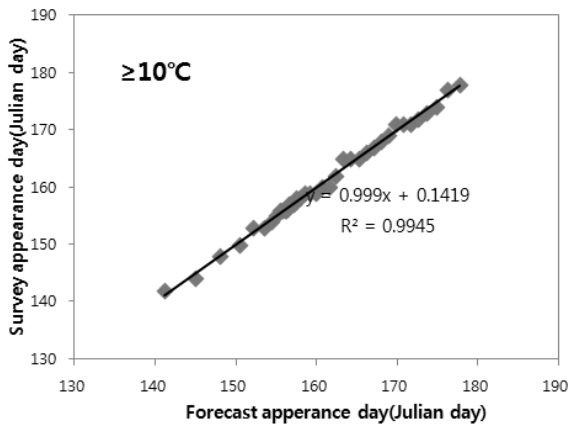


Fig. 2. Comparison of forecast day and survey day to be continued 5 days with above 10°C in temperature.

영하여 1일 증발산량이나 시간 단위의 증발산량을 분석하고, RET (Reference Evapotranspiration) 증발산량 단위로 평가한다 (Kashyap et al, 2001). 이러한 Penman-Monteith 방법을 이용하여 대관령 지역의 증발산량을 추정 및 평가하였다.

기온 및 증발산 분석을 위한 관측자료는 1972년부터 2009년까지 38년간 대관령 기상대에서 관측한 자료를 기상청 홈페이지에서 추출하였고, Excel 프로그램을 이용하여 자료를 분석하였으며, 이러한 자료를 통계처리 하여 대관령 지역의 저온성 및 중저온성 작물의 성장 기저온도인 최저 한계온도를 5°C와 10°C로 설정하였다. 5°C와 10°C 이상 되는 기온이 5일 이상 지속되는 최초 날짜를 표본을 추출하고, 이 값들의 분포를 Gumbel 확률분포곡선을 이용하여 최초 출현 시점으로 재현기간을 설정하였다.

결과 및 고찰

대관령 지역은 기온의 변동이 비교적 심한 지역으로 작

Table 1. The frequency of occurrence to two temperature parameters in daegwallyeong area.

| A period of reappearance (year) | Continuous 5 days | |
|---------------------------------|-------------------|------------|
| | Above 5°C | Above 10°C |
| 50 | 4/3(93)* | 5/15(135) |
| 25 | 4/10(100) | 5/21(141) |
| 10 | 4/20(110) | 5/28(148) |
| 5 | 4/28(118) | 6/3(154) |
| 2 | 5/8(128) | 6/9(160) |

* Accumulation day from first day in January (Julian day).

물 성장과 관련된 최저한계온도를 예측하는 것은 농작물 생산에 매우 중요한 일이다. 최저한계온도를 예측을 위해서는 대상 지역의 기온 분포를 예측하는 확률분포함수를 설정하고 그에 따라 장기간의 기온 자료를 가지고 발생 빈도와 발생 시기를 추정해야 한다. 본 연구에서는 기상청에서 제공되는 1972년부터 2009년 까지 38년간의 누적된 자료를 분석하여 작물의 최저한계온도 발생 빈도를 예측하기 위해 우선, Gumbel 확률분포함수를 이용하여 예측된 값과 실측된 값의 신뢰도를 분석하였다 (Fig. 1, 2). 5°C 및 10°C 이상의 기온이 5일 이상 지속되는 최초 발생일을 예측한 결과는 실측치와 1 : 1에 가까운 고도로 유의한 ($R^2=0.9923$, $R^2=0.9945$) 결과를 얻어 Gumbel 분포함수를 이용하여 작물 성장 최저한계온도의 발생 빈도를 추정할 수 있을 것으로 판단되었다.

위에서 검정된 신뢰성을 바탕으로 대관령 지역에서의 작물 성장 최저한계온도 발생 빈도를 예측한 결과는 Table 1과 같다. 대관령 지역에서는 평년 기준 5월 초순 (5월 8일)이 되어야 Table 2에서 보듯이 저온성 작물인 배추, 샐러리 및 토마토 등의 작물이 노지에서 재배가 가능함을 보여준다. 그리고 10년 내 한번 빈도로 4월 중순 (4월 20일)에 저온성 작물들의 노지재배가 가능하다. 또한 최저한계온도가 10°C인 비교적 중저온성 작물들 (가지, 수박 등)의 노지재배는 보통 6월 초순 (6월 9일)가 되어야 노지에서 생육이 가능할 것으로 판단되었다. 저온성 작물과 중저온성 작물은 예측된 최저한계온도 발생일 보다 빨리 노지에 파종하거나 정식하면 저온피해를 입어 생산량이 감소할 것이고, 재현기간 50년과 25년의 발생빈도로 본다면 저온피해로 인해 농가 소득 보전이 어려울 것으로 판단되었다.

Fig. 3은 대관령 지역에서 5°C 및 10°C 이상의 기온이 5일 이상 지속되는 최초 발생일이 나타나는 확률 빈도를 julian day로 제시하였으며, Fig. 4와 5은 기온이 5°C 이상 또는 10°C 이상의 발생 시기가 빠른 해일수록 그 온도에 적응한 작물은 보다 긴 생육기간을 확보할 수 있고 (David Atkinson et al., 1996; Chiew et al., 1995), 그 만큼 생산성과 수량성에 유리하므로 농가 소득을 올릴 수 있음을 알 수 있다. 이것은 성장을 위한 최저한계온도의 최초 발생일이 빠를수록 생육

Table 2. The distribution of limitation temperature and optimum temperature with growth by crops.

| Section | Min. | Growth | Max. |
|-------------|-----------------|---------------|------------------|
| | Limitation temp | Optimum Temp. | Limitation Temp. |
| | °C | | |
| Tomato | 5 | 20~25 | 35 |
| Eggplant | 10 | 23~28 | 35 |
| Pepper | 12 | 25~30 | 35 |
| Cucumber | 8 | 23~28 | 35 |
| Water melon | 10 | 23~28 | 35 |
| House melon | 12 | 25~30 | 35 |
| Melon | 8 | 20~25 | 35 |
| Pumpkin | 8 | 20~25 | 35 |
| Spinach | 8 | 12~20 | 25 |
| Radish | 8 | 12~20 | 25 |
| Cabbage | 5 | 12~20 | 23 |
| Celery | 5 | 12~20 | 23 |
| Crown daisy | 8 | 12~20 | 25 |
| Lettuce | 8 | 12~20 | 25 |
| Strawberry | 3 | 18~23 | 30 |
| Potato | 10 | 19~21 | 30 |
| Yacón | 10 | 18~25 | 40 |
| Blueberry | 4 | 25~30 | 35 |

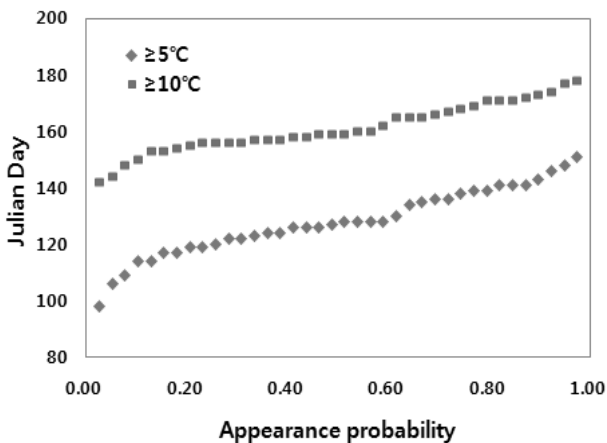


Fig. 3. The first day of occurrence by frequency of occurrence (appearance probability) to two temperature parameters in daegwallyeong area.

후기 한계 저온 이하로 떨어지는 시기가 늦어져 그 만큼 충분한 생육 기간을 확보할 수 있음을 보여주는 것이다. 일반적으로 작물은 생장 기간이 길어 영양생장 기간을 충분히 확보할수록 최종적으로 수량이 늘어나게 된다. 특히, 배추 등 영양채를 먹는 채소 작물은 더욱 생산성이 향상될 것으로 보인다.

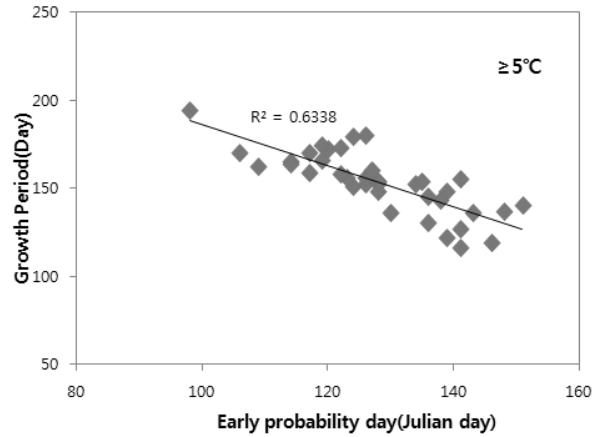


Fig. 4. Change of gap (growth period, day) to appearance day between above 5°C in growth limitation minimum temperature and below 5°C in growth stop temperature.

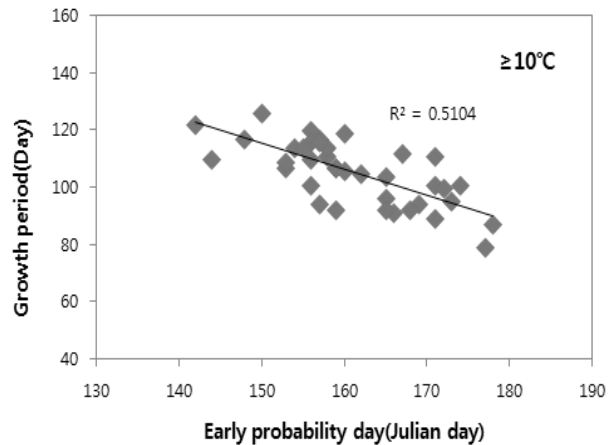


Fig. 5. Change of gap (growth period, day) to appearance day between above 10°C in growth limitation minimum temperature and below 10°C in growth stop temperature.

요 약

대관령 지역의 과거 38년간 (1972-2009)의 기상자료를 수집하여 최저한계온도를 추정하였다. 최저한계온도 출현 빈도 추정은 Gumbel의 극한치 확률분포이론을 도입하여 기온 자료의 확률분포함수를 도출하여 이루어졌다. 그 결과 저온 출현일 빈도는 작물의 생산안정성과 밀접한 관계가 있기 때문에 조사하였으며, 저온 출현일이 앞당겨질수록 작물을 일찍 심어 안정된 생육을 유지할 수 있어 그 만큼 수량을 높일 수 있을 것으로 판단되었다. 대관령 지역에서 한계 저온 5°C 이상이 5일 이상 지속되는 날짜를 보면 4월 3일, 4월 10일, 4월 20일, 4월 28일, 5월 8일로 나타났으며, 한계저온이 나타나는 시기가 앞으로 당겨질수록 그 시기 (한계저온 5°C 출현일)가 출현할 확률이 작아지고 재현되는 기간이 길어져, 작물을 재배할 기회가 줄어들어 작물 파종 및 정식이 어렵게 된다. 따라서 재현기간을 순서대로 보면 50, 25, 10, 5, 2

년 이었다. 기온 5°C에 적응하는 저온성 작물 (배추, 샐러리, 토마토, 딸기 등)은 5월 8일 이후에 파종 또는 정식하면 대관령 지역에서 안정된 수량을 얻을 수 있을 것으로 판단되었다.

인 용 문 헌

- Chiew, F.H.S., N.N. Kamadalasa, H.M. Malano and T.A. McMahon. 1995. Penman-Monteith, FAO-24 reference crop evapotranspiration and class-A pan data in Australia, *Agric. Water Manage.* 28:9-21.
- David Atkinson and John R. Porter. 1996. Temperature, plant development and crop yields. *Trends in Plant Science*, Elsevier Trends Journals, 68 Hills Road, Cambridge, UK CB2 1LA: pp. 119-124.
- J.J. Lee, J.S. Lee and S.D. Park. 2006. *Hydrology*. D.H. Tech. Publisher. pp. 44-64.
- Kashyap, P.S.K and R.K. Panda. 2001. Evaluation of evapotranspiration estimation methods and development of crop-coefficients for potato crop in a sub-humid region. *Agri. Water Manage.* 50:9-25.
- W. Moon and S.G. Lee. 2000. *Cultivation plant physiology*. Korea National Open University. pp. 304-305.