농작물 재배와 관련된 이상기온 출현 일수의 기후학적 지역 특성

이재규* · 김유진 · 정선희

강릉원주대학교 대기환경과학과

(2010년 7월 3일 접수; 2010년 9월 26일 수정; 2010년 9월 27일 수락)

The Climatological Regional Characteristics of the Occurrence of Extraordinary Temperature Events Associated with Cropcultivation

Jae Gyoo Lee*, Yu Jin Kim and Sun Hee Jeong

Department of Atmospheric Sciences, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 210-702, Korea

(Received July 3, 2010; Revised September 26, 2010; Accepted September 27, 2010)

ABSTRACT

Using 61 observation data of the recent 30 years from 1979 to 2008, we have identified the areas which had climatologically frequent occurrence of extraordinary low and high temperature leading to meteorological disasters. The station of the highest temperature deviation was Gangneung during the period of April through July. Furthermore, the eastern coast region including Gangneung recorded the largest amplitude of temperature deviation in Korea, showing the climatological evidence that the temporal variation was the largest. During the period of April to October, most of the days with extraordinary high temperature were found in April. The regions with more than 30 days of extraordinary high temperature were the eastern and western coast regions. Thus, special attention to prevent the meteorological disaster related to extraordinary high temperature is required in the coast regions particularly during April. Meanwhile, further attention to prevent the disaster related to extraordinary low temperature is required in Gangwon inland, Chungcheong inland, and the southern province especially in August.

Key words : Extraordinary high temperature, Extraordinary low temperature, Meteorological disasters

I. 서 론

최근의 IPCC(2007) 보고서에 의하면, 지난 100년 동안 지구 평균기온 변화는 약 0.74°C로 뚜렷한 상승 경향을 보여 주고 있다. 그런데 이러한 기온 상승폭은 모든 지역에서 일관되게 나타나지 않고 있으며, 지역 별로 기온 상승폭이 다양하게 나타나고 있다. 이러한 기후변화로 이상기상 현상이 보다 빈번히 발생하여 전 지구촌이 어려움을 겪고 있는 실정이다. 예를 들어, 우리나라의 경우, 2002년 8월에 전국적으로 집중호우

가 발생하였고 또한 전국적으로 심한 저온 현상이 나타나는 등 이상기상 현상의 출현으로 많은 피해를 겪기도 하였다. Heo and Lee(2006)는 60년 기상자료 분석을 통하여, 이상고온의 출현 빈도 경향은 여름철과 겨울철 모두 전반적으로 증가하는 경향이 있다고 하였다. 한편, 이상저온의 출현 빈도의 변화 경향을 보면, 겨울철 이상저온은 감소하는 경향이 뚜렷한 반면에, 여름철 이상저온의 경우는 출현 빈도가 감소하다가 증가하는 등의 변동을 보이다가, 최근 1970-1999년 기간에는 출현 빈도가 증가하고 있다고 하면서,

* Corresponding Author : Jae Gyoo Lee (ljgyoo@kangnung.ac.kr)

지구온난화 속에서 이상저온 현상에 대한 경각심을 보인바 있다.

농작물을 재배하는 과정에서 발생하는 기상재해로는 동상해, 냉해, 가뭄해, 풍수해 등이 있으나 그 중 벼농사에 있어 가장 피해가 큰 재해는 냉해이며, 특히 가장 심한 피해를 주는 것은 이앙기의 가뭄해와 유수형성기부터 성숙기까지의 저온 및 냉해임을 밝힌 바 있다(Agricultural Sciences Institute, 1986). 따라서 그 지역의 기후에 맞는 종자를 선택하거나 또는 그 기후에 적합한 품종을 개발하여 사용하고 있다. 다시 말해, 그 지역의 기온의 평년값이 낮으면 낮은 대로 또는 높으면 높은 대로 그 지역의 평년 기온 값에 맞는 농작물을 재배하고 기르고 있다. 그러므로 농작물 재배는 통상 그 지역의 평년 기후에 맞추어 행하여지기 때문에 평년 기온값보다 훨씬 낮은 이상저온이 나타날 경우 냉해에 따른 피해가 발생하게 된다(Yun, 1999).

이러한 이상기온과 관련된 연구들을 살펴보면, 대도시 중심의 특정 지역에서 출현하는 단기간의 기온 특성만을 살펴보고, 그리고 당시의 종관적인 분석을 한 연구가 있으며(Jeong, 1983; Kang and Suh, 1986; Kim *et al.*, 1997a; Kim *et al.*, 1997b; Ha *et al.*, 2004), 종관 및 대기 대순환의 관점에서, Kim *et al.*(1997a)은 한반도 하계 이상저온의 출현을 정의하고 이 때에 나타나는 종관적인 모습을 구명하고자, 동아시아와 북반구의 기상요소의 상하층의 기상요소를 분석하고 종관적인 특징을 밝혔다. Kim *et al.*(1997b)의 연구에서 동아시아와 북반구의 기상요소의 수평요소, 연직요소를 분석하고 상층파의 특징을 조사하여, 한반도 하계 이상저온은 북반구 대기 순환의 일부로서 뿐만 아니라 북반구 전체의 대기순환과 유기적인 관계를 가지고 일어났음을 밝혔으며, 특히 이상저온 일을 전후로 종관 상태의 차이와 대기순환의 역학적 차이를 보여 하계 이상저온이 평년 기후에서 특이한 현상임을 밝혔고, 이러한 현상이 나타나기 전의 징후로서 몇 가지 특징도 확인하였다. Heo and Lee(2006)는 우리나라의 여름과 겨울철 지역별 이상기온의 변화 경향을 분석하고 이에 영향을 미치는 전구 기온 상승 및 대규모 대기 순환과의 관계를 파악하고자 하였으며, Heo *et al.*(2006)는 이상기온 출현 요소의 특성을 파악하기 위하여 기온에 대한 스트레스가 심한 여름과 겨울철 출현 빈도적인 요소를 분석하여 구명하고자 출

현 지역을 구분한 후, 지역별 이상기온의 특성을 파악하였다. Choi *et al.*(2008)는 최근의 우리나라 기온 및 강수량에 대한 평균과 그리고 극단적으로 일어나는 현상에 대한 시간과 공간적 변화 연구에서 최근 35년 동안 우리나라는 평균적으로 겨울철 일 최고(최저)기온은 $+0.6^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ ($+0.54^{\circ}\text{C}/10\text{년}$)의 비율로 상승한 반면, 여름철 극한 기온 평균은 통계적으로 유의미한 변화를 나타내지 않는다고 하였다. 한편, 여러 연구자들(Kim *et al.*, 1997a; Wettstein and Mearns, 2002; Domonkos *et al.*, 2003; Im and Ahn, 2004)은 이상기온의 출현은 전구적인 기온 변동에 의해 영향을 받는다는 가정하에 이러한 기온 변동을 파악할 수 있는 여러 가지 대기 순환지수를 분석하기도 하였다.

그런데, 지구온난화에 따른 이상기상 현상의 증가로 기온의 변동폭이 극심한 기상 현상이 나타나면, 식물의 성장에 많은 피해가 발생한다. 일반적으로 식물들은 겨울철에 이상난동으로 예년에 비해 따뜻해지면 일찍 휴면이 타파되어 싹이 트게 되는데, 그 상태에서 갑자기 기온이 하강하는 이상저온 현상이 출현하게 되면 식물들은 동상해를 입게 된다. 따라서 기후학적인 각 지역별 이상고온 및 이상저온의 출현 빈도를 조사하여 농작물 피해를 줄이는데 이용될 수 있는 기후학적인 기본 자료를 만들 필요가 있다. 그런데 앞에서 언급한 최근까지의 연구에서는 주로 여름과 겨울이라는 계절별로 이상고온 및 이상저온의 출현 빈도를 분석하였고, 또한 그것도 10일을 최소단위로 하여 순별 평균값을 평년값으로 하였기 때문에, 1일을 최소단위로 한 일별 평균값을 평년값으로 하여 이상고온 및 이상저온의 출현 빈도를 분석한 연구는 거의 없는 것 같다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 전 지역에 걸쳐 있는 기상청의 공식적인 61개 관측소의 일별 30년 기후 평년값을 각각 구하여 그 평년값과의 편차를 계산하여 이상저온과 이상고온의 출현 일수를 구한 후, 그 일수를 각 월별로 합계를 내어 기후학적인 기본 자료를 제시하고, 나아가 지역별 분포 특징을 분석하고자 한다.

II. 연구자료 및 방법

본 연구의 분석 기간은 최근 30년인 1979~2008년의 4월에서 10월까지이다. 이러한 기간을 선택한 이유는 대표적인 농작물인 벼농사의 경우, 파종기인 4월을

Table 1. 61 observation sites of Korea Meteorological Administrations used in this study

No.	Station No.	Station ID	Latitude (°)	Longitude (°)
1	90	Sokcho	38.25	128.56
2	100	Daegwallyeong	37.68	128.72
3	101	Chuncheon	37.90	127.74
4	105	Gangneung	37.75	128.89
5	108	Seoul	37.57	126.97
6	112	Incheon	37.49	126.63
7	114	Wonju	37.34	127.95
8	115	Ulleungdo	37.48	130.90
9	119	Suwon	37.27	126.99
10	127	Chungju	36.97	127.95
11	129	Seosan	36.77	126.50
12	130	Ulsan	36.99	129.41
13	131	Cheongju	36.64	127.44
14	133	Daejeon	36.37	127.37
15	135	Chungcheong	36.22	127.99
16	138	Pohang	36.03	129.38
17	140	Gunsan	36.00	126.76
18	143	Daegu	35.89	128.62
19	146	Jeonju	35.82	127.15
20	152	Ulsan	35.56	129.32
21	156	Gwangju	35.17	126.89
22	159	Busan	35.10	129.03
23	162	Tongyeong	34.85	128.44
24	165	Mokpo	34.82	126.38
25	168	Yoesu	34.74	127.74
26	170	Wando	34.40	126.70
27	184	Jeju	33.51	126.53
28	188	Seongsan	33.38	126.88
29	189	Seogwipo	33.24	126.56
30	192	Jinju	35.16	128.04

Table 1. Continued

No.	Station No.	Station ID	Latitude (°)	Longitude (°)
31	201	Ganghwa	37.71	126.45
32	202	Yangpyeong	37.49	127.49
33	203	Icheon	37.26	127.48
34	211	Inje	38.06	128.17
35	212	Hongcheon	37.68	127.88
36	221	Jecheon	37.16	128.19
37	226	Boeun	36.49	127.73
38	232	Cheonan	36.78	127.12
39	235	Boryeong	36.33	126.56
40	236	Buyeo	36.27	126.92
41	238	Geumsan	36.11	127.48
42	243	Buan	35.73	126.72
43	244	Imsil	35.61	127.29
44	245	Jeongeup	35.56	126.87
45	247	Namwon	35.41	127.33
46	256	Suncheon	35.07	127.24
47	260	Jangheung	34.69	126.92
48	261	Haenam	34.55	126.57
49	262	Goheung	34.62	127.28
50	272	Yeongju	36.87	128.52
51	273	Mungyeong	36.63	128.15
52	277	Yeongdeok	36.53	129.41
53	278	Uiseong	36.36	128.69
54	279	Gumi	36.13	128.32
55	281	Yeongcheon	35.98	128.95
56	284	Geochang	35.67	127.91
57	285	Hapcheon	35.57	128.17
58	288	Miryang	35.49	128.74
59	289	Sancheong	35.41	127.88
60	294	Geoje	34.89	128.60
61	295	Namhae	34.82	127.93

시작으로 수확기인 10월까지의 기간 동안에 발생하는 이상기온 현상은 농작물의 생육에 커다란 영향을 미치기 때문이다. 그리고 분석에 이용된 자료의 경우, 기상청의 주요 기상관측지점은 총 76개 지점이나 그 중에 15개 지점은 관측 기간이 30년에 미치지 못하여 30년의 기준을 충족시키는 61개 지점(Table 1)의 일 평균기온 자료를 이용하였으며, 일 평균기온 자료는 식물의 열환경충족도를 표시하는 참고 자료의 계산에 자주 활용되고 있다. 그리고 대관령은 2006년 11월 7일부터, 군산은 2003년 12월 31일부터, 제주도의 성산은 2008년 9월 4일부터 그리고 진주는 2005년 11월 23일부터 관측 지점의 이동이 있었다. Ryoo *et*

al. (2006)은 관측지점의 이동에 따른 기상변수의 차이를 분석한 결과, 바람이나 증발량에서는 이동에 따른 약간의 차이점을 볼 수 있으나 기온의 영향은 아주 미미하다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 관측지점의 이동에 따른 기온의 차이는 고려하지 않았다.

본 연구를 위하여 사용된 이상기온의 정의는 세계 기상기구(World Meteorological Organization) 기후 위원회에서 제시한 정의를 참고한 것으로, 30년에 1회 정도의 확률로 발생하는 기상현상으로 하였다. 30년에 1회 미만의 출현확률은 그 모집단이 정규분포를 하고 있다고 하면, 표준편차의 2배 이상의 편차를 나타내는 현상이다. 좀 더 구체적인 수식으로 표현하면, X 는

일 평균기온 값을 나타내며, 임의의 날의 평년값은 $\bar{X}_{jk} = \sum_{i=1979}^{2008} X_{ijk} / 30$ 이며, 특정일의 평년값에 대한 표준편차는 $\sqrt{\sum_{i=1979}^{2008} (X_{ijk} - \bar{X}_{jk})^2 / N}$ 이다. 여기서 N은 1개월 동안의 날 수이며, i는 해당년도를, 그리고 j는 월, k는 일을 각각 나타낸다. 구체적으로 살펴보면, 전국 61개 지점의 30년간의 4월에서 10월까지의 일 평균기온에 대해 각 날짜별로 30년 평년값을 구한다. 그리고 각 날짜별로 평년값에 대한 표준편차를 구한다. 그리고

날짜별로 표준편차 값의 2배(2σ) 이상으로 기온이 높은 경우의 날을 이상고온 현상이 출현한 날로, 그리고 2배 이상으로 기온이 낮은 경우의 날을 이상저온 현상이 출현한 날로 정한 후, 이러한 날들을 월별로 합하여 월별 이상고온 및 이상저온 현상 출현 일수로 각각 구하였다. 여기서 평년값에서 크게 벗어나 표준편차 값의 2배(2σ) 이상으로 기온이 높거나 낮은 이상기온 출현 일수가 많은 지역은 기후학적으로 이상기온

Fig. 1. (a) Distribution of the value of monthly mean 2σ during the period of April. Color scales for the value are given at the right side of the figure. (b) Distributions of numbers of days of extraordinary low temperature and (c) those of extraordinary high temperature during the month. Color scales for the number of days of extraordinary low temperature and extraordinary high temperature are given at the right side of the figures, respectively.

현상이 출현할 가능성이 높은 지역이라고 볼 수 있다. 따라서 출현 일수가 많은 지역은 기후변화에 따른 이상기온 현상이 출현할 가능성이 높은 기상재해 발생 취약 지역이라고 기후학적으로 말할 수 있겠다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 월별 2 σ 값 분포 및 이상저온과 이상고온의 출현 일수의 기후학적인 지역 특성

전국 61개 주요 관측소의 일 평균기온 자료를 이용하여, 먼저, 월별 2 σ 값 크기에 대한 공간 분포를 통해 지역적으로 기온 변동폭이 어느 정도 되는지를 먼저 파악한 후, 2 σ 값 이상 크게 벗어난 일수의 공간 분포 패턴을 조사함으로써, 극심한 이상저온 및 이상고온과 관련된 기상재해 발생 취약 지역을 기후학적으로 파악하였다. 여기서 월별 2 σ 값은 그월에 해당되는 매일의 2 σ 값을 시간적으로 산술평균한 값이다.

3.1.1. 4월

파종기 및 육묘 기간에 저온 및 냉해에 따른 피해를 입기 쉬운 시기인 4월의 2 σ 분포도(Fig. 1a)에서 6도 등치선을 기준으로 보면, 2 σ 가 제일 큰 지역은 동해안 지역으로 이 지역은 기온의 변동폭이 큰 지역임을 기후학적으로 잘 보여주며 그 중에서도 강릉이 7.7도로 전국에서 가장 변동폭이 큰 지역임을 알 수 있다. 또한 강릉의 7.7도는 4~10월 기간 중에서 전국에서 제일 큰 값이다(하지만 뒤에서 언급되겠지만, 동해안 지역에서 이상고온이 최대로 출현한 지역은 속초와 영덕임.). 또한, 전체적으로 볼 때, 2 σ 값은 동해안 지역에서 제일 크고, 서울, 충청과 전북 내륙, 그리고 남해안으로 갈수록 점차 작아지는 분포 특징을 볼 수 있다.

한편, 이상저온 출현 일수 분포도(Fig. 1b)에서, 최소 1일(강릉)에서 최대 23일(여수와 서귀포)의 이상저온 출현 빈도를 볼 수 있다. 출현 일수가 10일인 등치선을 기준으로 분석해보면, 10일 이하인 지역은 동해안을 따라 북쪽으로는 속초에서 시작하여 포항까지이며, 울릉도와 서해안 그리고 일부 중부내륙지역에서도 10일 이하의 출현 일수를 보여준다. 크게 보면, 4월 달에는 서해안과 동해안지역에서는 이상저온 현상의 출현 빈도가 적었음을 알 수 있다.

20일 이상의 출현 일수가 나타난 지역은 주로 남해

안 지역인 부산, 거제, 통영, 여수, 완도, 그리고 경남 내륙지대인 밀양이며, 또한 제주도의 서귀포와 성산 지역이다. 그런데 이와 같이 20일 이상의 출현 일수가 나타난 지역들은 의외로 온난한 지역이다. 따라서 이러한 온난 지역에서도 육묘 기간인 4월 달에 이상저온의 날씨가 종종 출현함을 보여 주어 농작물 관리에 유의하여야 함을 알 수 있다. 그런데 제주도는 이주 적은 9일의 출현 일수를 보여, 같은 제주도내에서도 지역별로 이상저온 출현 일수에 있어 큰 차이가 있음을 알 수 있다.

한편, 이상고온 출현 일수 분포도(Fig. 1c)를 보면, 최소 11일(여수)에서 최대 45일(강화)의 이상고온 현상이 출현하였음을 알 수 있다. 10일 이상 20일 미만인 지역은 주로 남해안 지역과 인제 및 문경이다. 그리고 30일 이상의 일수를 기록한 지역은 대부분의 서해안 지역과 그리고 동해안 지역인 속초와 영덕 그리고 제주이다. 특히 강화에서는 이상고온 출현 일수가 무려 45일이나 되었다. 크게 보면, 동해안 지역과 서해안 지역은 이상고온 출현 일수가 30일 이상인 지역이 많은 반면에, 이상저온 출현 일수는 10일 이내로 적어, 이상고온의 출현 일수가 많은 지역이 이상저온 출현 일수가 적은 경향을 보이며, 역의 경우도 그러한 경향을 보인다. 따라서 4월의 경우, 동해안 지역과 서해안 지역은 이상저온에 따른 냉해보다는 이상고온에 따른 피해 대책에 더욱 유의할 필요가 있겠다. 한편, 제주도의 경우, 제주도는 32일, 서귀포 20일 그리고 성산은 23일의 이상고온 출현 일수를 기록하여 같은 제주도내에서도 지역별로 이상고온이 출현한 일수에서도 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 이상저온의 출현일수에서도 나타나, 제주도내에서도 남제주와 북제주 사이에 기후적인 차이가 존재함을 보여 주는 것이다.

3.1.2. 5월

육묘와 이앙기인 5월의 2 σ 분포도(Fig. 2a)를 보면, 2 σ 값이 제일 큰 지역은 동해안 지역에 집중되어 있어 기온의 변동폭이 큰 지역임을 기후학적으로 잘 보여주며, 그 중에서도 강릉이 7.4도로 전국에서 가장 변동폭이 큰 지역임을 알 수 있다(이상고온일수가 제일 많은 지역은 울진임.). 전체적으로 볼 때, 2 σ 값은 동해안 지역에서 눈에 띄게 제일 크고, 경북 내륙, 중부내륙 그리고 남해안으로 갈수록 점차 작아지는 분포 특징을

Fig. 2. Same as Fig. 1, except for during the period of May.

보여 준다.

5월 한 달 동안의 이상저온 출현 일수 분포도(Fig. 2b)를 보면, 최소 2일(영덕)에서, 최대 28일(인제)의 출현 일수를 볼 수 있다. 출현 일수가 10일인 등치선을 기준으로 보면, 10일 이하인 지역은 4월의 경우와 유사하게 동해안을 따라 속초에서 포항까지이며, 서해안 지역인 강화, 인천, 보령과 남서해안 지역인 완도, 그리고 제주시가 포함된다. 따라서 주로 우리나라의 해안 지역에서 이상저온 출현일수가 적음을 알 수 있다. 20일 이상의 빈도를 보여주는 지역은 우리나라의

내륙지대와 남해안의 일부지역으로 4월의 경우보다 좀 더 광범위하다. 그 중에서도 태백준고랭 지대에 위치한 인제(28일), 태백고랭 지대에 위치한 대관령(25일), 그리고 남부내륙 지대인 거창과 함천(27일)의 출현 일수가 26~28일로 제일 많다. 제주도의 경우, 제주시가 3일이고 서귀포 17일 그리고 성산이 13일로 제주도 내에서도 기후적으로 차이가 크게 나타났는데 이러한 경향은 4월과 비슷하다. 크게 보면, 4월에 비해 우리나라 전 지역에 걸쳐 이상저온 출현일이 증가하였고 특히 해안지대보다 주로 내륙지대에서 이상저온 현상

이 더 많이 출현하였음을 알 수 있다.

한편, 5월 한 달 동안의 이상고온 출현 일수 분포도(Fig. 2c)를 보면, 최소 8일(춘천)에서, 최대 35일(울진)의 출현 일수를 볼 수 있는데, 5월의 이상고온 출현 일수는 4월에 비해 중부내륙 지역에 걸쳐 이상고온 출현 일수가 대체로 감소하였다. 출현 일수가 10일인 등치선을 기준으로 보면, 10일 미만인 지역은 인제와 춘천 그리고 대관령 지역이다. 10일 이상 그리고 20일 미만의 빈도를 보여주는 지역은 주로 중부내륙이며, 그 외의 지역인 동해, 서해 그리고 남해의 해안

지역은 20일 이상의 출현 일수를 보여준다. 특히 30일 이상의 이상고온 현상이 출현한 지역은 해안지역인 울진과 강화 그리고 제주도이다. 5월은 4월과 다소 유사하게 해안 지역에서 이상고온 출현 일수가 많았던 반면에 이상저온 출현 일수는 적어 해안 지역에서는 이상고온 현상에 대해 보다 유의할 필요가 있겠다. 이상저온의 출현 일수가 적은 지역이 이상고온 출현 일수가 많은 지역이며, 역의 경우도 성립하였다. 예를 들어 동해안 지역의 경우 이상저온 출현 일수가 적은 속초(6일), 울진(5일), 영덕(2일)에서 27~35일의 많은

Fig. 3. Same as Fig. 1, except for during the period of June.

일수의 이상고온 출현 일수가 나타났다.

3.1.3. 6월

이양기와 최고분얼기인 6월의 2 σ 분포도(Fig. 3a)에서 5도 등치선을 기준으로 보면, 2 σ 값이 제일 큰 지역은 동해안 지역이며, 그 지역 중에서도 강릉이 6.4도로, 4월과 5월에 이어 전국에서 가장 변동폭이 큰 지역임을 알 수 있다(이상고온이 최대로 출현한 지역은 인근의 속초임). 그리고 2 σ 남해안 지역인 통영(2.6도)으로 기온 변동폭이 제일 작다. 큰 패턴으로 보면, 2 σ 값은 동해안 지역에서 제일 크고, 중부내륙 그리고 남해안으로 갈수록 점차 작아지는 분포 특징이며, 이러한 분포 특징은 5월의 경우와 아주 유사하나, 2 σ 값 크기는 4월과 5월에 비해 작다.

6월 한 달 동안의 이상저온 출현 일수 분포도(Fig. 3b)를 보면, 최소 3일(영덕)에서, 최대 34일(추풍령과 합천)의 출현 일수를 볼 수 있다. 출현 일수가 10일인 등치선을 기준으로 보면, 10일 이하인 지역은 동해안을 따라 속초에서 포항까지, 그리고 제주가 포함된다. 그런데 대부분의 동해안 지역에서는 4~6월에 걸쳐 이상저온 출현 일 수가 지속적이고 체계적으로 제일 적다. 이와 같이 타 지역에 비해 뚜렷하게 이상저온 출현일이 적은 이유를 알아보기 위하여 평균기온의 시계열 그림(그림 생략)을 분석한 결과, 동해안 지역의 경우 편 현상에 따른 고온 현상(Kim and Hong, 1996)과 오호츠크해 고기압의 영향에 따른 저온 현상으로 기온의 변동폭이 기후학적으로 큼에 따라, 동해안 지역으로 2 σ 값이 제일 큼을 볼 수 있다. 그런데 동해안 지역의 경우, 오호츠크해 고기압의 영향으로 다른 지역보다 평균기온이 다소 낮으나, 평년값과의 편차가 크기가 표준편차의 2배보다 큰 경우가 드물어 이상저온의 출현 일수가 적었다.

한편, 서해안 지역의 경우, 이상저온 출현 일수가 평균적으로 약 20일 정도로 4월과 5월보다 다소 많아졌으며, 전체적으로 볼 때, 20일 이상의 일수를 보여주는 지역은 4월과 5월의 경우와 달리 우리나라의 대부분 지역에 걸쳐 광범위하게 분포되어 있다. 제주도의 경우, 제주가 4일이고 서귀포 19일 그리고 성산이 20일로 제주도 내에서도 기후적으로 차이가 나타나며 그 경향은 4월과 5월의 경향과 다소 유사하다. 그런데 6월의 경우, 4월과 5월에 나타나지 않았던 30일 이상의 이상저온 현상이 출현하였는데, 그 지역은 충청도

를 포함한 중부내륙 지대인 인제, 대관령, 홍천, 양평, 이천, 제천, 충주, 청주, 보은, 대전, 추풍령과 경남내륙 지대인 합천, 산청 그리고 밀양이다. 따라서 이들 지역에서는 이양기와 최고분얼기인 6월의 농작물 관리에 특히 세심한 배려가 필요한 것으로 보인다.

한편, 이상고온 출현 일수 분포도(Fig. 3c)를 보면, 최소 6일(이천)에서, 최대 39일(속초)의 출현 일수를 볼 수 있다. 10일 빈도의 등치선을 기준으로 보면, 10일 미만인 지역은 중부와 남부의 일부 내륙지역(이천, 청주, 보은, 부여, 전주, 임실, 광주, 산청, 대구)으로 이상고온의 출현 일 수가 적었다. 그 외 지역에서는 10일 이상의 일수를 보였고, 특히 30일 이상의 일수를 보인 지역은 동해안 전 지역과 보령 그리고 제주이다. 여기서 뚜렷한 특징은 동해안 지역에서의 이상고온 출현 빈도가 5월보다도 더 증가하였고, 또한 예외없이 동해안 전 지역이 조직적으로 30일 이상의 빈도를 보인 것이다. 그런데 전 지역 중에서 동해안 지역에서 이렇게 이상고온 출현일이 제일 많은 것은 편 현상으로 기온의 상승폭이 아주 커, 2 σ 값보다 높은 날이 기후학적으로 많기 때문인 것으로 보인다. 그런데 이상저온의 경우, 앞에서 언급하였듯이 오호츠크해 고기압의 영향으로 동해안 지역이 다른 지역보다 평균기온이 다소 낮더라도 평년값과의 편차가 2 σ 값의 범위 밖으로 기온이 낮은 경우가 기후학적으로 적어 이상저온의 출현 일수가 적었다. 제주도의 경우, 제주가 34일이고 서귀포 17일 그리고 성산이 21일로 제주도 내에서도 기후적으로 큰 차이가 나타나며 그 경향은 4월과 5월의 경향과 유사하다.

3.1.4. 7월

7월은 최고 분얼기와 유수형성기 그리고 감수 분열기가 있는 달로서 농작물의 재배에서 중요한 기간이다. 이러한 7월의 2 σ 분포도(Fig. 4a)를 보면, 강릉이 6.9도로 여전히 전국에서 제일 크며, 강화와 서산은 3.3도로 제일 작다. 7월에도 6월과 유사하게 2 σ 값이 제일 큰 지역은 동해안 지역으로 이 지역은 기후학적으로 기온의 변동폭이 큰 지역임을 확인할 수 있다. 큰 패턴으로 보면 2 σ 값은 동해안 지역에서 제일 크고, 점차 서쪽 지역으로 갈수록 작아지는 분포 특징이 잘 나타나 있다.

한편, 7월의 이상저온 출현 일수 분포도(Fig. 4b)를 보면, 최소 2일(울진)에서, 최대 33일(인제와 고령)의

Fig. 4. Same as Fig. 1, except for during the period of July.

출현 일수를 볼 수 있다. 10일 빈도의 등치선을 기준으로 보면, 10일 이하인 지역은 4월, 5월, 그리고 6월의 경우와 유사하게 동해안을 따라 속초로부터 포항까지이며, 그 외의 지역은 모두 10일 이상의 출현 일수를 보여준다. 20일 이상의 출현 일수를 보여주는 지역은 서해안의 일부지역을 제외하곤 우리나라 대부분의 지역에 걸쳐 광범위하게 나타나 있다. 특히, 30일 이상의 빈도를 보여 주는 지역을 살펴보면, 중부산악지대인 인제와 대관령, 그리고 충청내륙 지대인 충주, 전라내륙 지대인 장흥과 남해안 지대인 고흥이다. 따

라서 이 지역에서는 더운 계절인 7월에도 이상저온 현상이 기후학적으로 빈번히 출현하였으므로, 7월의 농작물 관리에 세심한 주의가 필요하다. 제주도의 경우, 제주가 20일, 서귀포 26일 그리고 성산이 27일로 제주도 내에서도 4월, 5월, 6월과 마찬가지로 역시 기후적으로 다소 차이가 나타났으며, 제주도 전체적으로 볼 때, 이상저온 출현일이 6월보다 훨씬 더 많아졌다.

큰 유형으로 보면, 7월의 경우, 우리나라 내에서도 중부내륙의 고산지대와 그 부근에서, 그리고 남서 해안지대에서 이상저온 현상이 상대적으로 보다 빈번히

출현하였다. 그리고 동해안 지대를 제외한 전 지역에서 이상저온의 출현일이 4월과 5월에 비해 크게 증가하였으나, 이전 월인 6월의 출현 일수와는 거의 비슷하였다.

한편, 이상고온 출현 일수 분포도(Fig. 4c)를 보면, 최소 6일(남원)에서, 최대 29일(목포)의 출현 일수를 볼 수 있다. 10일 빈도의 등치선을 기준으로 보면, 10일 미만인 지역은 춘천, 대관령, 영주, 남원이며, 20일 이상인 지역은 대부분의 서해안 지역과 중부내륙 일부지역, 동해안 지역인 속초와 울진 그리고 남해안 일부지

역이다. 6월에 비해 동해안 지역에서는 출현 일수가 감소한 반면에 서해안 지역에서는 다소 증가하였지만 여전히 동해안 지역의 이상고온 출현일수가 타 지역에 비해 대체로 많음을 알 수 있다. 또한, 이상저온의 출현 일수가 적은 지역에서는 이상고온 출현 일수가 많았다.

3.1.5. 8월

출수기 및 성숙기에 해당되는 8월의 2 σ 분포도(Fig. 5a)에서 5도 등치선을 기준으로 보면, 강릉이 5.4도로 제일 크며, 완도 3.4도, 서귀포 3.3도, 성산 3.2도로

Fig. 5. Same as Fig. 1, except for during the period of August.

제일 작다. 2 σ 값이 제일 큰 지역은, 7월처럼 조직적이지는 않지만, 주로 동해안 지역으로, 여전히 8월에도 기온 변동폭이 다소 큰 지역임을 알 수 있다. 하지만, 변동폭의 크기는 7월의 크기보다 줄어들었다. 크게 보면 7월과 다소 비슷하게, 2 σ 값은 동해안 지역에서 제일 크고, 점차 서쪽 지역으로 갈수록 작아지는 분포 특징이 남아 있어, 서해안 지역의 2 σ 값이 제일 작다.

8월의 이상저온 출현 일수 분포도(Fig. 5b)를 보면, 최소 10일(속초와 강릉)에서, 최대 43일(남해)의 출현 일을 볼 수 있다. 10일 빈도의 등치선을 기준으로 보면, 10일 이하인 지역은 4월, 5월, 6월 그리고 7월의 경우에 비해 지역이 더욱 축소되어 동해안을 따라 속초와 강릉만이 해당되며 그 이외의 모든 지역은 10일보다 더 많은 출현 일수를 보여준다. 그리고 20일 이상의 빈도를 보여주는 지역은 동해안을 제외한 전 지역에서 아주 광범위하게 나타나 4~7월의 경우보다 더 넓은 지역이다.

한편, 30일 이상의 이상저온 출현 일수를 보여주는 지역을 살펴보면, 충청도를 포함한 중부내륙지대인 원주, 제천, 영주, 천안, 문경, 청주, 보은, 의성, 대전, 부여, 추풍령, 금산과, 남해안을 포함한 남부 지역인 구미, 대구, 합천, 밀양, 울산 산청, 남원, 광주, 순천, 진주, 부산, 거제, 통영, 남해, 여수, 장흥, 고흥, 해남, 완도, 목포이며, 그리고 제주와 성산이다. 이와 같이 8월은 4월~10월의 조사 기간 중에서 30일 이상의 이상저온 출현 일수를 보여주는 지역이 제일 많이 나타난 달이다. 또한 이상저온 출현 일수도 대부분의 지역에서 다른 달보다 제일 많았으며, 특히, 남해에서 이상저온 출현 일수가 43일로 분석 기간 중에서 최대로 나타났다. 그런데 4~6월의 동해안 지역의 경우, 표준편차, σ 값 자체가 커, 평년값과 일 평균기온의 편차값이 2 σ 값보다 작은 경우가 다소 많아, 이상저온 현상의 출현 일수가 적었지만, 8월의 남해의 경우, 표준편차 값 자체가 다소 작으면서, 평년값과 일 평균기온의 편차값이 2 σ 값보다 큰 날이 많아, 이상저온의 출현 일수가 많았다. 제주도의 경우, 제주시가 31일, 서귀포 29일 그리고 성산이 32일로 4월, 5월, 6월 그리고 7월과 달리 제주도 내에서 기후적으로 큰 차이가 나타나지 않았으나 제주도 전역에 걸쳐 이상저온 출현 일수는 늘어났다.

8월은 기후학적으로 더운 계절이지만, 이상저온 출현 일수가 30일 이상이 되는 지역이 제일 광범위하며, 또

한 이상저온 출현 일수가 제일 많은 달이다, 특히, 강원도 내륙, 충청도 내륙, 그리고 남부 지방에서 최대이었다. 따라서 기후학적으로, 8월은 이상저온과 관련하여 농작물 재배에 있어 제일 세심한 관리가 요구되는 달이다.

한편, 이상고온 출현 일수 분포도(Fig. 5c)를 보면, 최소 1일(부산)에서, 최대 29일(속초)의 출현 일수를 볼 수 있다. 10일 빈도의 등치선을 기준으로 보면, 10일 이하인 지역은 4월, 5월, 6월 그리고 7월의 경우에 비해 지역이 보다 더 넓어져 동해안과 서해안 일부지역을 제외한 전 지역이 해당된다. 그리고 10일 이상인 지역은 서해안 지역과 장흥, 거창, 합천, 제주 그리고 동해안 지역이며, 20일 이상인 지역은 동해안 지역 중에서 속초, 울진으로 여전히 동해안 지역에서 이상고온의 출현일수가 많음을 알 수 있다. 4~7월의 경우처럼, 이상저온의 출현일수가 적은 지역이 이상고온 출현 일수가 대체로 많은 지역이며 역의 경우도 성립됨을 알 수 있다. 또한, 8월이 제일 더운 달이지만 전체적으로 볼 때 이상고온 출현일수가 제일 적은 반면에, 이상저온 출현 일수가 제일 많은 달이다.

3.1.6. 9월

성숙기 및 수확기에 해당되는 9월의 2 σ 분포도(Fig. 6a)에서 4도 등치선을 기준으로 보면, 4~8월과 달리, 2 σ 값이 제일 큰 지역은 동해안 지역이 아닌 주로 내륙지역인, 대관령, 원주, 임실, 거창, 그리고 남원으로 이 지역에서는 모두 4.4도로 가장 큰 값을 보였고, 가장 작은 값을 보인 지역은 서귀포로 3.3도이었다. 그런데 강릉(4.3도)을 제외한 동해안 지역에서는 2 σ 값이 4도 이하로 중부내륙지역에 비해 다소 작은 편이지만, 30일 이상의 이상고온 출현 일수를 보이는 지역은 대부분의 동해안 지역이다(뒤에서 자세히 언급함).

9월의 이상저온 출현 일수 분포도(Fig. 6b)를 보면, 최소 10일(강릉)에서, 최대 25일(강화와 완도)의 출현 일을 볼 수 있다. 10일 빈도의 등치선을 기준으로 보면, 10일 이하인 지역은 4월, 5월, 6월, 7월과 8월의 경우에 비해 지역이 더욱 축소되어 오직 강릉 지역만 해당되며, 그 외의 지역은 모두 10일보다 더 많은 출현 일수를 보였다. 한편, 20일 이상의 일수를 보여주는 지역은 충청도를 포함한 중부 지역인 춘천, 서울, 수원, 이천, 제천, 충주, 서산, 추풍령, 대전과, 서해안 지역인 강화, 인천, 서산, 군산, 부안, 목포 그리고 경

Fig. 6. Same as Fig. 1, except for during the period of September.

남 내륙지역인 밀양 그리고 남해안 지역인 거제, 여수, 남해, 고흥 완도이다. 그런데 8월의 경우와 비교하여 보면, 20일 이상의 빈도를 보여주는 지역이 크게 축소 되었을 뿐만 아니라, 출현 일수가 30일 이상인 지역은 전혀 없어, 8월보다 이상저온 현상이 출현한 일수가 전 지역에 걸쳐 현저히 줄어들었음을 알 수 있다. 제주도의 경우, 제주시가 14일, 서귀포 13일 그리고 성산이 18일로 제주도 내에서 기후적으로 크게 차이가 나지 않았다.

한편, 이상고온 출현 일수 분포도(Fig. 6c)를 보면,

최소 10일(강화)에서, 최대 37일(강릉)의 출현 일을 볼 수 있다. 20일 미만인 지역은 중부지역 중에서 강화, 서울, 이천, 충주, 천안, 청주, 보은, 대전, 부여, 보령 지역과, 임실, 합천, 그리고 전라내륙 및 해안지역, 그리고 서귀포와 성산이다. 그 외의 지역은 20일 이상의 이상고온 출현 빈도 분포를 보이며, 특히 30일 이상의 출현 일수를 보이는 지역은 대부분의 동해안 지역으로 강릉, 울진, 영덕, 포항이다. 따라서 특히 이 지역에서는 이상고온에 따른 농작물 피해를 줄이는데 유의할 필요가 있다. 제주도의 경우, 제주시가 30일,

서귀포 16일 그리고 성산이 19일로 제주도 내에서 기 후적으로 크게 차이가 났다.

3.1.7. 10월

수확기인 10월의 2 σ 분포도(Fig. 7a)에서 5도 등치 선을 기준으로 보면, 2 σ 값이 제일 큰 지역은 원주로 5.7도이고, 제일 작은 지역은 제주로 3.7도이다. 그런데 2 σ 값이 5도 이상으로 크게 나타난 중부지역에서는 특이하게 이상저온의 출현 일수가 많은 경향을 보여 주고 있는 반면에, 이상고온의 출현 일수는 오히려 타

지역에 비해 다소 적었다(Fig. 7b와 7c 참조). 그런데 4~8월의 경우, 대체로 2 σ 값이 큰 지역, 즉 기온의 변동폭이 큰 지역에서는 이상고온의 출현 일수가 많은 반면에 상대적으로 이상저온의 출현 일수가 적었다.

10월의 이상저온 출현 일수 분포도(Fig. 7b)를 보면, 최소 16일(합천 및 해남)에서, 최대 38일(부산)의 출현 일을 볼 수 있다. 따라서 10월 출현 일수의 등치 선은 분석되지 않았다. 한편, 20일 미만의 출현 일수를 보여주는 지역은 남부 지역인 거창, 합천, 진주, 순천, 해남이며, 이 지역 외의 모든 전 지역에서는

Fig. 7. Same as Fig. 1, except for during the period of October.

20일 이상의 출현 일수를 기록하였다. 특히, 30일 이상의 빈도를 보여 주는 지역은, 동해안 지역인 속초, 울진, 포항 그리고 중부지역인 서울, 인천, 수원, 춘천, 홍천, 원주, 양평, 이천, 천안, 충주, 청주, 문경, 보은, 대전, 추풍령, 그리고 전라도 지역인 전주, 정읍, 광주, 목포, 그리고 남해안 지역인 완도, 여수, 통영, 부산으로, 9월의 경우보다 이상저온 출현 일이 급격히 늘어났다. 특히, 동해안 지역의 경우, 4~9월까지 이상저온 출현일이 많지 않았으나 10월에 들어서서 출현일이 급격하게 늘어, 이상저온 현상 출현일이 제일 많은 달이 되었다. 제주도의 경우, 제주가 26일, 서귀포 22일 그리고 성산이 24일로 제주도 내에서 기후적으로 큰 차이가 나타나지 않았다.

크게 보면, 10월의 경우, 동해안 지역, 중부내륙 지역, 그리고 남해안 지역에서 이상저온 현상이 보다 빈번히 출현하였으며, 8월의 경우와 비슷하게 전 지역에 걸쳐 이상저온 출현 일이 많은 달이다. 특히, 30일 이상의 출현 일수가 나타난 지역에서는 이상저온 현상이 기후적으로 자주 나타날 수 있어 수확기인 10월의 농작물 관리에 세심한 주의가 필요한 것으로 보인다.

이상고온 출현 일수 분포도(Fig. 7c)를 보면, 최소 4일(서울)에서, 최대 26일(해남)의 출현 일수를 볼 수 있다. 10일 미만의 출현 일수를 보여주는 지역은 서울, 강화, 인천, 원주, 이천, 문경, 추풍령, 부산 그리고 군산이다. 그 외의 모든 지역은 10일 이상이며, 특히 20일 이상이 되는 지역은 영남내륙 지역인 영덕, 의성, 영천, 거창, 함천, 밀양과 남해안 지역인 해남이다. 한편, 9월에 이상고온 출현 일수가 높았던 동해안 지역의 경우는 대체로 20일 이하로 출현 일수가 줄어들었다. 제주도의 경우, 제주가 17일, 서귀포 17일 그리고 성산이 18일로 제주도 내에서 기후적으로 큰 차이가 나타나지 않았다.

IV. 요약 및 결론

월별 2σ값 분포 및 이상저온과 이상고온 출현 일수의 지역 분포에서 나타난 기후학적인 주요 특징은 다음과 같다. 월별 2σ값 분포에서, 4~7월까지 4개월 동안, 전국에서 2σ값이 가장 크게 나타난 곳은 강릉이었으며, 또한, 전체적으로 볼 때, 동해안 지역 전체가 다른 지역에 비해 상대적으로 제일 큰 값이 나타나, 동해안 지역이 기후학적으로 기온 변동폭이 큰 지역임

을 잘 알 수 있었다. 또한, 8월에도 여전히 강릉에서의 월별 2σ값이 제일 크나, 7월처럼 다른 지역에 비해 동해안 지역 전체가 크지는 않았고, 그 값의 크기도 7월보다 줄어들었다. 9월의 경우, 2σ값이 제일 큰 지역은 동해안 지역이 아닌 주로 내륙지역이었고, 강릉을 제외한 대부분의 동해안 지역에서는 2σ값이 4도 이하로 중부내륙지역에 비해 다소 작은 편이었다. 10월에 2σ값이 제일 큰 곳은 원주이었으며 전체적으로 볼 때, 중부지역이 컸다. 한편, 우리나라 전체를 평균하여 월별로 2σ값의 크기를 조사해보면, 4월의 2σ값이 5.6도로 제일 크며, 그다음은 10월(4.8도), 5월(4.6도), 7월(4.3도), 8월(4.1도), 9월(4.0도) 그리고 6월(3.8도)의 순서로 작아졌다.

월별 이상저온의 출현 일수를 보면, 4월과 5월에는 출현 일수가 30일 이상 되는 곳이 없었으나, 6월의 경우, 4월과 5월에 나타나지 않았던 30일 이상의 이상저온 현상이 출현하였는데, 이 지역은 충청도를 포함한 중부내륙 지대와 경남내륙 지대로 이 지역에서는 이상저온의 날씨가 기후학적으로 빈번히 출현할 수 있으므로 이앙기와 최고분얼기인 6월의 농작물 관리에 세심한 배려가 필요한 것으로 보였다. 그리고 7월의 경우, 30일 이상의 빈도를 보여 주는 지역은, 중부산악 지역과 충청내륙 지역, 전라내륙 지역, 그리고 남해안 지역인 고흥으로, 이들 지역에서는 더운 계절인 7월에도 농작물 관리에 세심한 주의가 필요함을 알 수 있다. 8월은 기후학적으로 제일 더운 계절이지만, 이상저온 출현 일수가 30일 이상이 되는 지역이 분석 기간 중에서 제일 광범위하며, 또한 이상저온 출현 일수가 제일 많은 달이다. 특히, 강원도 내륙, 충청도 내륙, 그리고 남부 지방에서 컸다. 따라서 8월은 모든 월 중에서 이상저온과 관련하여 농작물 재배에 있어 제일 세심한 관리가 요구되는 달임을 확인하였다. 9월의 경우, 8월과 비교하여 보면, 20일 이상의 빈도를 보여주는 지역이 크게 축소되었을 뿐만 아니라, 출현 일수가 30일 이상인 지역은 전혀 없어, 8월보다 이상저온 현상이 출현한 일수가 전 지역에 걸쳐 현저히 줄어들었다. 10월은 이동성 고기압의 영향으로 맑은 날씨가 제일 많은 달이지만, 30일 이상의 이상저온 출현 일수가 나타난 지역은, 동해안 지역, 중부지역, 전라도 지역, 그리고 남해안 지역으로, 8월의 경우와 비슷하게 전 지역에 걸쳐 이상저온 출현 일이 많아, 수확기인 10월의 농작물 관리에 특히 유의할 필요가

있다. 한편, 우리나라 전체를 평균하여 월별로 이상저온 출현 일수를 조사해보면, 8월이 29.9일로 최다이며, 그다음은 10월(28.5일), 6월(23.8일), 7월(22.5일), 9월(18.4일), 5월(17.7일) 그리고 4월(12.2일)의 순서로 작아졌다.

한편, 월별 이상고온의 출현 일수를 보면, 4월의 경우, 30일 이상의 일수를 기록한 지역은 대부분의 서해안 지역과 동해안 지역인 속초와 영덕, 그리고 제주이다. 특히 강화에서는 이상고온 출현 일수가 무려 45일이나 되었으며, 조사 월인 4~10월 중에서 이상고온 출현 일수가 제일 많은 월로 나타났다. 동해안 지역과 서해안 지역은 이상고온 출현 일수가 30일 이상인 지역이 많은 반면에, 이상저온 출현 일수는 10일 이내로 적어, 이상고온의 출현 일수가 많은 지역이 이상저온 출현 일수가 적은 경향을 보이며, 역의 경우도 그러한 경향을 보인다. 따라서 4월의 경우, 동해안 지역과 서해안 지역은 이상저온에 따른 냉해보다는 이상고온에 따른 피해 대책에 더욱 유의할 필요가 있겠다. 5월, 한 달 동안에 30일 이상의 이상고온 현상이 출현한 지역은 해안 지역인 울진과 강화 그리고 제주이다. 5월은 4월과 다소 유사하게 해안 지역에서 이상고온 출현 일수가 많았던 반면에 이상저온 출현 일수는 적어 해안 지역에서는 이상고온 현상에 대해 보다 유의할 필요가 있겠다. 6월의 경우, 30일 이상의 일수를 보인 지역은 동해안 전 지역과 보령 그리고 제주이다. 뚜렷한 특징은 동해안 지역에서의 이상고온 출현 빈도가 5월보다도 더 증가하였고, 또한 예외없이 동해안 전 지역이 조직적으로 30일 이상의 빈도를 보인 것이다. 이렇게 전 지역 중에서 동해안 지역에서 이상고온 출현 일수가 제일 많은 것은 썬 현상으로 기온의 상승폭이 아주 커, 2 σ 값보다 높은 날이 기후학적으로 많기 때문인 것으로 보인다. 7월에는 이상고온 출현 일수가 30일 이상이 되는 지역은 없다. 6월에 비해 동해안 지역에서는 출현 일수가 감소한 반면에 서해안 지역에서는 다소 증가하였지만 여전히 동해안 지역의 경우, 이상고온 출현일수가 타 지역에 비해 대체로 많은 편이다. 8월의 경우, 7월과 마찬가지로 30일 이상이 되는 지역이 없다. 더구나 20일 이상이 되는 지역은 동해안 지역 중에서 오직 속초와 울진뿐이다. 그리고 4~7월의 경우처럼, 이상저온의 출현일수가 적은 지역이 이상고온 출현 일수가 대체로 많은 지역이며 역의 경우도 성립됨을 알 수 있다. 또한, 8월이 제일 더운 달이지만 전체적으로 볼 때 이상고온 출현일수가

제일 적은 반면에, 이상저온 출현 일수가 제일 많은 달이다. 9월 한 달 동안에 30일 이상의 출현 일수를 보이는 지역은 대부분의 동해안 지역으로 강릉, 울진, 영덕, 포항이다. 따라서 특히 이 지역에서는 이상고온에 따른 농작물 피해를 줄이는데 유의할 필요가 있다. 10월의 경우, 7~8월과 마찬가지로 30일 이상이 되는 지역이 없다. 20일 이상이 되는 지역은 영남내륙 지역과 남해안 지역이다. 9월에 이상고온 출현 일수가 높았던 동해안 지역의 경우는 대체로 20일 이하로 출현 일수가 줄어들었다. 한편, 우리나라 전체를 평균하여 월별로 이상고온 출현 일수를 조사해보면, 4월이 25.5일로 최다이며, 그다음은 5월(20.9일), 9월(20.6일), 7월(19.9일), 6월(15.6일), 10월(14.5일) 그리고 8월(8.2일)의 순서로 작아졌다.

적 요

월별 2 σ 값 분포를 보면, 4~7월까지 4개월 동안, 전국에서 2 σ 값이 가장 크게 나타난 곳은 강릉이었으며, 또한, 동해안 지역이 다른 지역에 비해 상대적으로 제일 큰 값이 나타나, 기후학적으로 기온 변동폭이 큰 지역임을 뚜렷이 잘 보여주었다. 그리고 전 지역 평균한 2 σ 값의 월별 크기를 비교해보면, 4월의 2 σ 값이 5.6도로 제일 컸다. 월별 이상저온 및 이상고온 출현 일수 분포에서는, 4월의 경우, 30일 이상의 이상고온 출현 일수를 기록한 지역은 대부분의 서해안 지역과 동해안 지역인 속초와 영덕, 그리고 제주이다. 특히 강화에서는 이상고온 출현 일수가 무려 45일이나 되었으며, 조사 월인 4~10월 중에서 이상고온 출현 일수가 제일 많은 월로, 그리고, 이상저온 출현 일수가 제일 적게 나타난 월이었다. 따라서 4월의 경우, 동해안 지역과 서해안 지역은 이상저온에 따른 냉해보다는 이상고온에 따른 피해 대책에 더욱 유의할 필요가 있겠다. 한편, 8월은 기후학적으로 제일 더운 계절이지만, 이상저온 출현 일수가 30일 이상이 되는 지역이 분석 기간 중에서 제일 광범위하며, 또한 이상저온 출현 일수가 제일 많은 달이다. 특히, 강원도 내륙, 충청도 내륙, 그리고 남부 지방에서 최다인 반면에, 이상고온 출현 일수가 제일 적게 나타난 월이었다. 따라서 8월은 모든 월 중에서 이상고온보다는 이상저온과 관련하여 농작물 재배에 있어 제일 세심한 관리가 요구되는 월로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: 200806A01036056)의 지원에 의해 이루어 졌다.

REFERENCES

- Agricultural Sciences Institute, 1986: Korea's agricultural climate features and a measure to mitigate meteorological disaster of affecting paddy rice. Rural Development Administration, 194pp.
- Choi, G. Y., W. T. Kwon, K. O. Boo, and Y. M. Cha, 2008: Recent spatial and temporal changes in means and extreme events of temperature and precipitation across the republic of Korea. *Journal of the Korean Geographical Society* **43**(5), 681-700. (in Korean with English abstract)
- Domonkos, P., J. Kysely, K. Piotrowicz, P. Petrovic, and T. Likso, 2003: Variability of extreme temperature events in south-central Europe during the 20th century and its relationship with large-scale circulation. *International Journal of Climatology* **23**, 987-1010.
- Ha, K. J., E. H. Ha, C. S. Yoo, and E. H. Jeon, 2004: Temperature trends and extreme climate since 1909 at big four cities of Korea. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* **40**(1), 1-16. (in Korean with English abstract)
- Heo, I. H., and S. H. Lee, 2006: Changes of unusual temperature events and their controlling factors in Korea. *The Korean Geographical Society* **41**(1), 94-105. (in Korean with English abstract)
- Heo, I. H., S. H. Lee, and W. T. Kwon, 2006: The characteristics of summer and winter unusual temperature distribution in Korea. *Proceedings of the Spring Meeting of the Korea Meteorological Society*, 40-41. (in Korean with English abstract)
- Im, E. S., and J. B. Ahn, 2004: Analysis of relationship between Korean winter temperature variability and global circulation indices. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* **40**(4), 441-452. (in Korean with English abstract)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007: Climate Change 2007-The scientific basis. Contribution of working group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 996pp.
- Jeong, Y. J., 1983: On the occurrence of extraordinary high and low temperature of the winter in South Korea. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* **19**(2), 78-87. (in Korean with English abstract)
- Kang, Y. K., and Y. S. Suh, 1986: relationships between air temperature and sea surface temperature anomalies in Korea. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* **22**(3), 7-13. (in Korean with English abstract)
- Kim, H. G., K. D. Min, K. E. Kim, and K. M. Lee, 1997a: Summer extraordinary low temperature in Korea and its relation to the characteristics of atmospheric circulations verNorthern Hemisphere. PartI: Onset of the summer extraordinary low temperature and its synoptic aspects. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* **33**(1), 137-154. (in Korean with English abstract)
- Kim, H. G., K. D. Min, K. E. Kim, and K. M. Lee, 1997b: Summer extraordinary low temperature in Korea and its relation to the characteristics of atmospheric circulations verNorthern Hemisphere. PartII: Structures and characteristics of the atmospheric circulations. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* **33**(1), 155-177. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y. S., and S. G. Hong, 1996: A study of quasi-Foehn in the Youngdong-district in late spring orearly summer. *Journal of the Korean Meteorological Society* **32**(4), 593-600. (in Korean with English abstract)
- Ryoo, S. B., Y. H. Kim, T. H. Kwon, and I. S. Park, 2006: Inhomogeneities in Korea climate data (I): Due to site relocation. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* **16**(3), 215-223. (in Korean with English abstract)
- Wettstein, J. J., and L. O. Mearns, 2002: The influence of the North Atlantic-Arctic Oscillation on mean, variance, and extremes of temperature in the northeastern United States and Canada, *Journal of Climate* **15**, 3586-3600.
- Yun, J. I., 1999: *Agricultural meteorology*. Arche Inc., 337pp.