한국의 농업기후지대별 이상일조 출현 특성 평가

심교문* · 김용석 · 정명표 · 최인태 · 민성현

국립농업과학원

(2014년 3월 3일 접수; 2014년 3월 24일 수정; 2014년 3월 29일 수락)

Agro-climatic Zonal Characteristics of the Frequency of Abnormal Duration of Sunshine in South Korea

Kyo-Moon Shim*, Yong-Seok Kim, Myung-Pyo Jung, In-Tae Choi and Sung-Hyun Min

National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea

(Received March 3, 2014; Revised March 24, 2014; Accepted March 29, 2014)

ABSTRACT

The occurrence of abnormal sunshine duration was analyzed using meteorological data collected from 60 observation stations during the last 38 years (1973-2010). The 20 agro-climatic zones defined by the Rural Development Administration, were used as a spatial unit for the analysis. On average, abnormal duration of sunshine occurred 1.24 times per year since 1973. The abnormally long duration of sunshine occurred less frequently in 2000s (0.47 per year) than in 1970s (1.26 per year). However, the frequency of abnormally short duration of sunshine has increased from an average of 0.58 per year in 1970s to 0.98 in 2000s. The highest frequency of abnormally long duration of sunshine appeared in Central Inland zone with an average of 1.35 frequencies per year. On the other hand, abnormally short duration of sunshine was the most frequent in South Eastern Coastal zone with an average of 0.97 frequencies per year.

Key words: Abnormally long duration of sunshine, Abnormally short duration of sunshine, Agro-climatic zone

I. 서 론

가조시간(possible duration of sunshine)은 해 뜨는 시간부터 해지는 시간까지를 의미하고 태양이 구름이나 안개 등에 의하여 차단되지 않고 지면을 비친 시간을 일조시간(sunshine duration)이라고 하는데(차중환 & 김건수, 1989), 단위면적(m^2)당 120와트(W) 이상의 태양에너지로 지면을 비친 시간으로 표시될 수 있다(日本農業氣象學會, 1997). 위도의 고저, 계절, 지역적 특성 등에 따라 일조시간은 크게 변화된다. 일조시간이 농작물에 미치는 영향은 대부분 일사량이나 온도

등과 관련되어 있지만, 일조시간만으로도 농작물에 영향을 미친다고 알려져 있다. 특히 일조시간은 광합성과 같은 농작물의 생리에 영향을 주어 농작물의 개화와 결실을 좌우하게 된다(김광식, 1983). 또한 일반적으로 일조시간이 적으면 농작물이 고사하거나 연약하게 웃자라서 해충이나 병균의 번식에 좋은 조건이 되고, 결과적으로는 충해나 병해가 크게 발생하는 계기가 된다(차중환과 김건수, 1989).

2010년 1월부터 4월까지 연속적인 일조시간 부족으로 남부지방 무가온 시설작물을 중심으로 고사하거나 생육부진의 피해가 발생하였다. 이기간 동안에 전체

* Corresponding Author : Kyo-Moon Shim
(kmshim@korea.kr)

시설면적 51천ha중, 28%인 14천ha에서 피해가 발생하였는데, 작목별로는 채소작물의 피해면적이 12.6천ha로 가장 많은 피해를 보았다(관계부처합동, 2010).

농작물의 재배는 통상 그 지역의 평년 기후에 맞추어 행하여지기 때문에, 평년값을 벗어나는 이상기상은 농작물에 많은 피해를 준다. 최근 기후변화에 따른 이상기상 현상의 증가로 농작물의 생육에 많은 피해가 발생하고 있고, 이와 같은 현상이 미래에는 더욱 심해질 것으로 예상하고 있다.

이상기상과 관련된 국내의 연구결과를 살펴보면, Heo *et al.*(2006)은 기온에 대한 스트레스가 심한 여름과 겨울철에 대하여 지역별 이상기온의 출현 특성을 분석하였다. Choi *et al.*(2008)은 최근의 우리나라 기온 및 강수량에 대한 평균, 그리고 극단적으로 일어나

는 현상에 대한 시간과 공간적 변화 연구를 통해서 최근 35년 동안 우리나라는 평균적으로 겨울철 일 최고(최저)기온은 +0.60/10년(+0.54/10년)의 비율로 상승한 반면, 여름철 극한 기온 평균은 통계적으로 유의미한 변화를 나타내지 않는다고 하였다. 또한, Lee *et al.*(2010)은 일별 30년 기후 평년값을 구하고, 그 평년값과의 편차로 이상저온과 이상고온의 출현일수를 계산하여, 지역별 이상기온의 분포 특징을 분석하였다. 그 결과, 동해안지역이 다른 지역보다 기후학적으로 기온 변동 폭이 상대적으로 큰 지역으로 평가되었다. 최근에는 Shim *et al.*(2013)이 Lee *et al.*(2010)과 유사한 방법으로 우리나라 농업기후지대별 이상고온과 이상저온의 출현특성을 분석하였는데, 최근 우리나라에서는 온난화 현상으로 이상고온 현상이 늘어나고 이상

Table 1. The observation stations of Korea Meteorological Administration used in this study

No.	Station	Lat.(°)	Long.(°)	No.	Station	Lat.(°)	Long.(°)
1	Sokcho	38.25	128.56	31	Yangpyeong	37.49	127.49
2	Daegwallyeong	37.68	128.72	32	Icheon	37.26	127.48
3	Chuncheon	37.90	127.74	33	Inje	38.06	128.17
4	Gangneung	35.75	128.89	34	Hongcheon	37.68	127.88
5	Seoul	37.57	126.97	35	Jecheon	37.16	128.19
6	Incheon	37.49	126.63	36	Boeun	36.49	127.73
7	Wonju	37.34	127.95	37	Cheonan	36.78	127.12
8	Suwon	37.27	126.99	38	Boryeong	36.33	126.56
9	Chungju	36.97	127.95	39	Buyeo	36.27	126.92
10	Seosan	36.77	126.50	40	Geomsan	36.11	127.48
11	Ulsan	36.99	129.41	41	Buan	35.73	126.72
12	Cheongju	36.64	127.44	42	Imsil	35.61	127.29
13	Daejeon	36.37	127.37	43	Jeongeup	35.56	126.87
14	Chupungnyeong	36.22	127.99	44	Namwon	35.41	127.33
15	Pohang	36.03	129.38	45	Suncheon	35.07	127.24
16	Gunsan	36.00	126.76	46	Jangheung	34.69	126.92
17	Daegu	35.89	128.62	47	Haenam	34.55	126.57
18	Jeonju	35.82	127.15	48	Goheung	34.62	127.28
19	Ulsan	35.56	129.32	49	Yeongju	36.87	128.52
20	Gwangju	35.17	126.89	50	Mungyeong	36.63	128.15
21	Busan	35.10	129.03	51	Yeongdeok	36.53	129.41
22	Tongyeong	34.85	128.44	52	Uiseong	36.36	128.69
23	Mokpo	34.82	126.38	53	Gumi	36.13	128.32
24	Yoesu	34.74	127.74	54	Yeongcheon	35.98	128.95
25	Wando	34.40	126.70	55	Geochang	35.67	127.91
26	Jeju	33.51	126.53	56	Hapcheon	35.57	128.17
27	Seongsan	33.38	126.88	57	Miryang	35.49	128.74
28	Seogwipo	33.24	126.56	58	Sancheong	35.41	127.88
29	Jinju	35.16	128.04	59	Geoje	34.89	128.60
30	Ganghwa	37.71	126.45	60	Namhae	34.82	127.93

저온 현상이 줄어드는 경향을 나타낸다고 보고하였다.

이상기상과 관련된 다수의 선행 연구들은 주로 이상 고온과 이상저온 등 이상기온만을 다루었을 뿐, 최근 문제시 되고 있는 일조시간의 변화 특성에 대한 연구 결과는 미흡한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 농업 적 활용성 제고와 기상재해 피해저감을 위한 기초자료 로 활용하기 위해서 농작물의 생육과 개화 및 결실에 밀접한 관련이 있는 이상일조(이상다조, 이상과조)의 지역별 분포 특징뿐만 아니라, 농업기후지대별 분포 특징을 분석하였고, 계절 · 연도 · 연대별과 같이 다양 한 규모의 시간적인 변동특징도 추가로 분석하였다.

II. 재료 및 방법

현재, 세계기상기구(WMO; World Meteorological Organization) 등에서는 이상기상을 30년간 혹은 그 이상에 걸쳐 관측되지 않았던 만큼 평년치(M)에서 크 게 벗어난 기상현상으로 정의하는데, 30년에 1회 미만 의 출현확률은 그 모집단이 정규분포를 하고 있다고 하면 표준편차(S)의 2배 이상의 편차를 나타내는 현상을 말한다고 한다(坪井八十二, 1976). 즉, 일조시간에 대해서 는 평년치에 대한 편차가 표준편차의 2배 이상을 벗어 난 때를 이상다조(異常多照, abnormally long duration of sunshine) 혹은 이상과조(異常寡照, abnormally short duration of sunshine)로 명명할 수 있다.

본 연구는 기상청 소속 60개소의 기상대 혹은 관측 소에서 1973년부터 2010년까지 38년 동안 관측한 일 누적 일조시간을 기본 자료로 하여(Table 1), 각 관측

지점별로 10일(旬) 누적 일조시간을 분석의 최소단위 로 활용하였고, 분석방법은 앞서 설명한 WMO의 기 준에 따른 표준편차법으로 이상일조의 출현횟수를 조 사하였다. 구체적으로 설명하면, 전국 60개 관측지점에 서 관측한 일 누적일조시간을 기본 자료로 해서 각 해당연도의 순별 누적일조시간을 계산하였다. 그리고 최근 38년 동안의 순 누적일조시간의 평균(M)을 계산 하고, 각 순별 평균에 대한 표준편차(S)를 계산하였다. 다음으로 각 연도의 순 누적일조시간의 평균편차가 표 준편차의 2배 이상으로 일조시간이 많은 경우에 이상 다조 현상의 출현으로, 2배 이상으로 일조시간이 적은 경우에 이상과조 현상의 출현으로 정한 후, 이들의 출 현횟수를 시간규모(월, 계절, 년, 연대)와 공간규모(지 역, 지대, 전국)로 각각 합하여 분석에 활용하였다.

농업기후지대별 특성 평가는 농촌진흥청(1986)이 벼 작물을 기준으로 구분한 내륙의 19개 지대에 제주도를 포함한 총 20개 지대로 구분하여 사용하였고, 각 농업 기후지대에 포함되는 관측지점들의 이상일조 출현일수 를 평균하여 분석하였다.

III. 결 과

3.1. 농업기후지대별 일조시간의 연대변화

1973년부터 2010년까지 38년 동안의 전국 60개 주 요 관측지점의 연간 누적 일조시간의 평균은 2275.9 시간으로 조사되었다. 연대별로 나누어 분석하면, 연간 누적 일조시간은 1970년대(1973~1980년)에는 2431.1 시간, 1980년대(1981~1990년)에는 2347.8시간, 1990년

Fig. 1. Agro-climatic zonal distribution of annual accumulated duration of sunshine from 1970s to 2000s.

대(1991~2000년)에는 2206.6시간, 2000년대(2001~2010년)에는 2151.6시간으로 조사되어, 연간 누적 일조시간이 지속적으로 줄어드는 경향을 나타냈다. 1970년대 대비 2000년대의 연간 누적 일조시간의 변화를 계절별로 분석하면, 여름철의 일조시간이 가장 많이 줄어들었고, 다음으로 봄철에서 많이 줄어들었으며, 겨울철의 일조시간이 가장 적게 줄어든 것으로 조사되었고, 농업기후지대별로 분석하면, 중부내륙지대에서 일조시간이 가장 많이 줄어들었고, 다음으로 태백고냉지대에서 많이 줄어들었지만, 동해안남부지대에서는 조금 늘어난 것으로 조사되었다(Fig. 1).

3.2. 연도 및 연대별 이상일조의 출현현황

과거 38년 동안의 전국 60개 관측지점의 평균 이상일조의 출현횟수(순 기준, 회/년)를 연도별로 나타내면 Fig. 2-3과 같다. 과거 38년 동안의 이상일조의 출현횟수의 전국 평균은 연간 $1.24(\pm 1.22)$ 회였고, 이중에 이상다조가 $0.55(\pm 0.90)$ 회, 이상과조가 $0.69(\pm 0.79)$ 회로 이상과조의 출현횟수가 더 많았던 것으로 조사되었다. 연도별로 살펴보면, 2001년의 연간 이상다조의 출현횟수가 전국 평균 $2.37(\pm 4.06)$ 회로 가장 많았고, 1973년은 전국 평균 $2.12(\pm 3.31)$ 회로 다음으로 많았다. 반면에 이상다조가 전혀 출현하지 않은 연

Fig. 2. Yearly average frequency of abnormally long duration of sunshine from 1973 to 2010.

Fig. 3. Yearly average frequency of abnormally short duration of sunshine from 1973 to 2010.

도는 2007년으로 유일하였다(Fig. 2). 반면에 이상과조의 연간 출현횟수는 2010년에 전국 평균 $1.95(\pm 0.93)$ 회로 가장 많았고, 1998년은 $1.82(\pm 1.41)$ 회로 다음으로 많았으며, 이상과조가 전혀 출현하지 않은 연도는 없었던 것으로 분석되었다(Fig. 3).

연대별로 분석하면, 1970년대의 이상다조의 연간 출현횟수는 전국 평균 $1.26(\pm 1.78)$ 회로 가장 많았고, 1980년대는 전국 평균 $0.29(\pm 0.56)$ 회 출현으로 가장 적었다. 이상다조의 출현은 1980년대 이후로 조금씩 증가하여 2000년대의 이상다조의 출현횟수는 연간 $0.47(\pm 0.87)$ 회이었지만, 1970년대에 비해서는 0.79 회/년 감소한 것으로 분석되었다. 반면에 연대별 이상과조의 연간 출현횟수는 1970년대는 전국 평균 $0.58(\pm 0.88)$ 회였고, 1980년대는 전국 평균 $0.39(\pm 0.59)$ 회였지만, 1980년대 이후로 증가하여 2000년대는 연간 $0.98(\pm 0.92)$ 회로 조사되어 1980년대보다 연간 0.59 회 증가한 것으로 분석되었다.

3.3. 계절별 이상일조의 출현현황

과거 38년 동안의 이상다조의 연 평균 출현횟수를 계절별로 구분하여 분석하면, 여름철이 연간 $0.21(\pm 0.38)$ 회로 가장 많았고, 봄철이 $0.16(\pm 0.33)$ 회로 다음으로 많았다. 반면에, 가을철의 출현횟수는 연간 $0.07(\pm 0.22)$ 회로 가장 적었다. 이들을 연대별로 다시 구분하여 분석하면, 1970년대의 이상다조의 출현횟수는 4계절 모두에서 다른 연대보다 많았던 것으로 조사되었다. 여름철의 이상다조의 출현횟수는 1970년대에는 연간 $0.47(\pm 0.68)$ 회로 가장 많았지만, 1980년대 이후로는 출현횟수가 급속히 줄어들어 연간 $0.13\sim 0.17$ 회 출현한 것으로 분석되었다. 봄철의 이상다조의 출현횟수도 1970년대에는 연간 $0.40(\pm 0.69)$ 회로 가장 많았지만, 1980년대와 1990년대는 각각 연간 $0.07(\pm 0.22)$ 회, $0.05(\pm 0.16)$ 회로 급속히 줄어들었고, 2000년대에는 연간 $0.15(\pm 0.33)$ 회 출현으로 조금 증가한 것으로 분석되었다. 겨울철과 가을철도 봄철과 유사한 이상다조 출현횟수의 연대별 변화 패턴을 보였다(Fig. 4).

과거 38년 동안의 이상과조의 계절별 출현 특성을 분석하면, 겨울철이 연간 $0.23(\pm 0.39)$ 회로 가장 많이 출현했고, 봄철이 $0.20(\pm 0.32)$ 회로 다음으로 많이 출현했다. 반면에, 동일 기간동안에 이상다조의 출현횟수가 가장 많았던 여름철에는 이상과조의 출현횟수가 연간 $0.10(\pm 0.22)$ 회로, 4계절 중에서 가장 적게 출현한

Fig. 4. Seasonal average frequency of abnormally long duration of sunshine from 1970s to 2000s.

Fig. 5. Seasonal average frequency of abnormally short duration of sunshine from 1970s to 2000s.

것으로 분석되었다. 연대별로 다시 구분하여 분석하면, 계절별로 연대별 특성이 다르게 나타났다. 즉, 겨울철의 경우에는 1990년대까지는 이상과조의 출현횟수가 줄어들었지만, 2000년대에는 급속히 늘어나는 특징을 나타내었고, 봄철의 경우에는 1980년대에는 이상과조의 출현횟수가 가장 낮았지만(0.07회/년), 그 후 지속적으로 증가하여 2000년대에는 연간 $0.35(\pm 0.39)$ 회 출현해서, 1980년대비 5배 증가한 것으로 분석되었다. 여름철의 경우에는 1990년대에는 이상과조의 출현횟수가 $0.20(\pm 0.33)$ 회 가장 많았고, 2000년대에서는 줄어드는 특징을 나타냈고, 가을철의 이상과조의 출현횟수는 1970년대 이후로 증가하였고, 1990년대와 2000년대에서는 연간 $0.23(\pm 0.35)$ 회와 $0.22(\pm 0.38)$ 회 발생한 것으로 조사되었다(Fig. 5).

3.4. 관측지점별 이상일조의 출현현황

과거 38년 동안의 이상다조의 출현횟수에 대해서 60개 주요 관측지점별로 분석한 결과, 원주 관측지점은 총 69회(1.82회/년) 출현으로 가장 많았고, 이천 관측지점은 총 63회(1.66회/년) 출현으로 다음으로 많았다. 반면에, 강릉과 임실 관측지점은 분석기간 동안에 총 6회의 이상다조 현상이 출현해서 가장 적은 지점으로 조사되었다. 각 관측지점별 이상다조의 출현횟

수를 연대별로 분석하면, 1970년대에서는 이천 관측지점이 총 58회(7.25회/년)로 이상다조의 출현횟수가 가장 많았고, 강릉과 서울 관측지점은 1970년대에는 이상다조가 출현하지 않았다. 1980년대에서는 원주 관측지점에서 총 14회(1.4회/년) 이상다조의 출현으로 가장 많았고, 이상다조가 출현하지 않은 관측지점은 총 11개 지점으로 분석되었다. 반면에, 1990년대에서는 순천 관측지점에서 총 11회로 이상다조의 출현횟수가 가장 많았고, 이상다조가 출현하지 않은 지점은 9지점으로 조사되었으며, 2000년대에서는 제천 관측지점이 총 23회 이상다조 현상이 출현해서 가장 많은 지점이었으며, 이상다조가 출현하지 않은 지점은 총 8곳으로 조사되었다(Table 2).

다음으로 과거 38년 동안의 이상과조의 관측지점별 출현횟수를 분석하면, 인천 관측지점이 총 45회(1.18회/년)로 가장 많이 출현했고, 포항 관측지점이 총 42회로 다음으로 많은 곳이었으며, 강릉과 제천 관측지점은 11회(0.29회/년)로 분석지점 중에서 가장 적은 곳으로 조사되었다. 각 관측지점별 이상과조의 출현횟수를 연대별로 분석하면, 1970년대에는 포항 관측지점의 이상과조의 출현횟수가 총 17회로 가장 많았고, 원주 관측지점 등 총 8개 지점에서는 이상과조의 출현이 분석되지 않았다. 1980년대에는 인천 관측지점의 이상과조의 출현횟수가 가장 많았고(총 12회), 충주 등 4개 관측지점에서는 이상과조의 출현이 분석되지 않았으며, 1990년대에는 완도와 서산 관측지점에서 이상과조의 출현이 총 15회로 가장 많았고, 강릉 관측지점이 유일하게 이상과조 현상이 나타나지 않은 것으로 조사되었다(Table 2).

3.5. 농업기후지대별 이상일조의 출현현황

과거 38년간 이상다조의 출현횟수가 가장 많았던 농업기후지대는 중부내륙지대(원주, 이천 등)로서 연평균 1.35회이었고, 태백고냉지대(대관령 등)는 0.95회 출현으로 다음으로 높았다. 반면에 이상다조의 출현횟수가 가장 낮았던 기후지대는 영남내륙산간지대(추풍령, 영주 등)로 연평균 0.21회 출현한 것으로 조사되었다. 대부분의 기후지대에서는 1970년대에 이상다조의 출현횟수가 가장 많았고, 1980년대에는 출현횟수가 급속히 줄어들었다가 1990년대와 2000년대에 조금씩 증가하는 경향이였다. 따라서 대부분의 농업기후지대에서는 2000년대보다 1970년대의 이상다조 출현횟수

Table 2. Frequency of abnormally long duration of sunshine at 60 stations

Station	A*	B	C	D	E	Station	A	B	C	D	E
Sokcho	10	10	5	4	29	Yangpyeong	8	0	0	14	22
Daegwallyeong	24	4	5	3	36	Icheon	58	4	0	1	63
Chuncheon	9	11	9	2	31	Inje	4	5	2	3	14
Gangneung	0	4	2	0	6	Hongcheon	14	0	1	9	24
Seoul	0	6	3	3	12	Jecheon	1	0	1	23	25
Incheon	2	3	5	3	13	Boeun	4	1	3	6	14
Wonju	54	14	0	1	69	Cheonan	3	1	0	16	20
Suwon	5	4	3	4	16	Boryeong	1	3	1	4	9
Chungju	34	6	4	2	46	Buyeo	14	5	0	0	19
Seosan	7	4	9	2	22	Geomsan	2	0	1	13	16
Ulsjin	9	5	4	1	19	Buan	4	2	1	3	10
Cheongju	5	5	5	2	17	Imsil	3	2	1	0	6
Daejeon	5	0	5	3	13	Jeongeup	5	1	2	0	8
Chupungnyeong	7	3	4	4	18	Namwon	4	0	4	4	12
Pohang	2	2	4	7	15	Suncheon	32	0	11	5	48
Gunsan	12	4	4	6	26	Jangheung	6	0	3	15	24
Daegu	1	3	3	4	11	Haenam	2	1	3	13	19
Jeonju	12	6	5	0	23	Goheung	6	0	1	5	12
Ulsan	6	4	1	4	15	Yeongju	5	0	0	3	8
Gwangju	10	3	9	1	23	Mungyeong	3	1	0	16	20
Busan	1	3	7	0	11	Yeongdeok	10	2	0	3	15
Tongyeong	5	2	4	2	13	Uiseong	11	2	1	8	22
Mokpo	11	2	10	3	26	Gumi	6	1	2	4	13
Yoesu	4	1	5	0	10	Yeongcheon	10	3	2	4	19
Wando	20	5	5	4	34	Geochang	6	1	2	5	14
Jeju	12	4	7	6	29	Hapcheon	38	3	2	1	44
Seongsan	17	4	4	3	28	Miryang	16	1	3	3	23
Seogwipo	6	5	7	4	22	Sancheong	5	1	5	3	14
Jinju	8	1	5	7	21	Geoje	10	2	2	0	14
Ganghwa	5	0	0	8	13	Namhae	9	2	3	2	16

*A: 1973~1980, B: 1981~1990, C: 1991~2000, D: 2001~2010, E: 1973~2011

Fig. 6. The average frequency of abnormally long duration of sunshine from 1970s to 2000s by 20 agro-climatic zones.

Table 3. Frequency of abnormally short duration of sunshine at 60 stations

Station	A*	B	C	D	E	Station	A	B	C	D	E
Sokcho	9	8	11	13	41	Yangpyeong	0	4	7	10	21
Daegwallyeong	2	9	8	10	29	Icheon	0	0	5	14	19
Chuncheon	3	8	4	11	26	Inje	1	4	7	9	21
Gangneung	3	5	0	3	11	Hongcheon	0	1	8	9	18
Seoul	4	3	3	17	27	Jecheon	0	5	3	3	11
Incheon	15	12	4	14	45	Boeun	0	5	5	9	19
Wonju	0	4	6	9	19	Cheonan	1	2	5	13	21
Suwon	9	9	4	13	35	Boryeong	1	5	2	10	18
Chungju	1	0	3	21	25	Buyeo	0	0	8	9	17
Seosan	6	5	4	14	29	Geomsan	3	4	5	9	21
Ulsjin	5	7	12	12	36	Buan	1	1	11	8	21
Cheongju	7	5	5	19	36	Imsil	1	1	10	6	18
Daejeon	7	5	4	13	29	Jeongeup	4	1	7	9	21
Chupungnyeong	11	2	10	7	30	Namwon	1	10	8	3	22
Pohang	17	6	10	9	42	Suncheon	3	6	5	2	16
Gunsan	2	5	11	5	23	Jangheung	7	5	8	1	21
Daegu	11	5	11	9	36	Haenam	6	0	11	9	26
Jeonju	4	8	7	9	28	Goheung	2	1	9	10	22
Ulsan	9	5	12	6	32	Yeongju	1	2	15	6	24
Gwangju	10	4	4	10	28	Mungyeong	0	0	7	6	13
Busan	16	2	7	14	39	Yeongdeok	2	2	13	11	28
Tongyeong	16	5	9	8	38	Uiseong	2	4	7	9	22
Mokpo	11	4	5	8	28	Gumi	3	2	7	10	22
Yoesu	9	4	9	18	40	Yeongcheon	4	3	11	7	25
Wando	3	5	15	10	33	Geochang	1	1	9	11	22
Jeju	8	3	7	10	28	Hapcheon	2	1	11	11	25
Seongsan	2	6	15	15	38	Miryang	0	2	10	10	22
Seogwipo	10	4	11	10	35	Sancheong	5	1	8	10	24
Jinju	11	2	9	8	30	Geoje	2	1	11	12	26
Ganghwa	2	6	8	10	26	Namhae	4	1	12	7	24

*A: 1973~1980, B: 1981~1990, C: 1991~2000, D: 2001~2010, E: 1973~2011

Fig. 7. The average frequency of abnormally short duration of sunshine from 1970s to 2000s by 20 agro-climatic zones.

가 더 많았으나, 노령소백산간지대(임실 등), 소백서부내륙지대(청주, 대전 등), 동해안남부지대(포항, 울산 등) 등 3개 기후지대에서는 2000년대에서의 이상다조 출현횟수가 1970년대보다 더 많았던 것으로 분석되었다(Fig. 6).

과거 38년 동안의 이상과조의 출현횟수가 가장 많았던 농업기후지대는 동해안남부지대(포항, 울산 등)로 연 평균 0.97회로 조사되었고, 다음으로 제주지역에서 출현횟수가 많았으며(0.89회/년), 이상과조의 출현횟수가 가장 적었던 농업기후지대는 소백산간지대(충주, 보은 등)로 연 평균 0.48회로 조사되었다. 대부분의 농업기후지대에서 2000년대의 이상과조 출현횟수가 1970년대보다 크게 늘었는데, 특히 중부내륙지대(이천, 원주 등)는 이상과조 현상이 1970년대에는 전혀 나타나지 않았다가 2000년대에는 연 평균 1.10회 출현되어, 가장 많이 증가한 농업기후지대로 조사되었다. 반면에 호남내륙지대(광주, 순천 등), 남부해안지대(부산, 남해 등), 동해안남부지대(포항, 울산 등) 등 3개 기후지대에서는 2000년대의 이상과조 출현횟수가 1970년대보다 줄어든 것으로 분석되었다(Fig. 7).

IV. 고 찰

최근 기후변화에 따른 이상기상 현상의 증가로 농작물의 생육에 많은 피해가 발생하고 있고, 이와 같은 현상이 미래에는 더욱 심해질 것으로 예상하고 있다. 본 연구는 기상청 소관 60개 주요 관측지점의 1973년부터 2010년까지 38년 동안의 일별 누적 일조시간을 분석자료로 하고, 10일 누적값을 분석 최소단위로 하여, WMO에서 정한 이상기상의 정의에 따라 이상일조(이상다조, 이상과조)의 발생횟수를 시공간규모로 나누어 분석하였다. 농업기후지대별로 이상다조의 출현은 대부분의 농업기후지대에서는 1970년대보다 2000년대에 줄어드는 것으로 분석되었다. 반면에 이상과조의 출현은 대부분의 농업기후지대에서 1970년대보다 2000년대에 크게 늘어난 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 Shim *et al.*(2013)이 보고한 농업기후지대별 이상기온의 출현 특성과 반대되는 현상이다. 즉, Shim *et al.*(2013)의 보고에 의하면, 2000년대는 1970년대보다 이상고온의 출현은 늘어났고, 이상저온의 출현은 줄어들었다고 보고하였다. 이와 같은 현상은 최근 온난화의 진행 과정에서 나타난 우리나라 날씨의

특징인 흐리고 비 오는 날이 늘어 난 것으로 해석될 수 있다.

겨울철의 예를들면, 지구온난화현상으로 겨울날씨가 포근하다고 하면 자칫 햇볕 쬌이는 시간이 많고 기온이 올라가서 시설재배에 더욱 유리할 것이라고 판단하기 쉬우나 그 반대로 우리나라 겨울철 날씨가 포근하면 구름 끼는 날이 많아지는 특징이 있다. 겨울철에 햇볕이 나는 날은 바깥 날씨가 흐린 날보다 으레 춥다. 그러나 비닐하우스 안은 흐린 날보다 훨씬 따뜻하다. 그러나 '포근한 겨울'은 바깥 기온은 크게 낮지 않지만 구름과 안개가 해를 가리는 날이 많아서 비닐하우스 안이 추울 수밖에 없다. 따라서 낮에도 난방을 해야 하는 경우가 생긴다. 난방을 하면 온도는 유지되나 작물은 광합성을 못하여 연약해지고 햇볕을 찾아 웃자라기까지 한다. 따라서 작물의 출하하기까지 기간이 길어질 뿐만 아니라 품질 좋은 농산물을 기대하기도 어렵게 된다. 특히 중부내륙지대(이천, 원주 등)는 이상과조 현상이 1970년대까지는 전혀 나타나지 않았다가, 2000년대에는 연 평균 1.10회 출현으로 가장 많이 증가한 농업기후지대로 조사되었고, 소백산간지대(충주, 보은)에서도 1970년대 대비 2000년대의 이상과조 현상의 출현이 급속히 증가한 기후지대로 분석되었다. 또한, 소백서부내륙(청주, 금산 등)과 중서부평야(수원, 서산 등)지대에서는 2000년대의 이상과조 현상이 다른 기후지대보다 많이 출현한 지대로 조사되었다. 따라서 이들 기후지대에서는 시설작물에 대한 겨울농사 대책으로서, 햇볕을 좋아하고 높은 온도를 요구하는 고온작물 대신에, 어느 정도 그늘에 견디는 저온작물을 선택하는 것이 좋을 것이다.

적 요

1973년부터 2010년까지의 38년 동안의 순별 누적 일조시간을 평년값과 비교하여 표준편차법으로 이상다조와 이상과조의 출현횟수를 시·공간적으로 분석하였다. 과거 38년 동안 이상일조의 출현횟수는 연 평균 1.24회(이상다조 0.55회, 이상과조 0.69회)로 조사되었다. 연도별로는 2001년에 이상다조의 출현횟수가 2.37회로 가장 많았고, 이상과조의 출현횟수는 2010년에 1.95회로 가장 많았다. 연대별 이상다조의 연간 출현횟수는 1970년대의 1.26회에서 2000년대의 0.47회로 크게 감소한 반면에, 이상과조의 연간 출현횟수는 1980

년대의 0.39회에서 2000년대의 0.98회로 증가하는 경향을 나타내었다. 농업기후지대로 구분하여 분석하면, 과거 38년 동안 이상다조의 출현횟수가 가장 많았던 농업기후지대는 중부내륙지대로서 연 평균 1.35회이었고, 이상다조의 출현횟수가 가장 적었던 농업기후지대는 영남내륙산간지대로 0.21회였다. 반면에 과거 38년 동안 이상과조의 출현횟수가 가장 많았던 농업기후지대는 동해안남부지대로 연 평균 0.97회이었고, 이상과조의 출현횟수가 가장 적었던 농업기후지대는 소배산간지대(충주, 보은 등)로 연 평균 0.48회이었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ00852201)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- 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)
- 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.
- Lee, J. G., Y. J. Kim, and S. H. Jeong, 2010: The climatological regional characteristics of the occurrence of extraordinary temperature events associated with crop cultivation. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, **12**(3), 157-172. (in Korean with English abstract)
- Shim, K. M., S. Y. Kim, M. P. Jung, S. C. Kim, S. H. Min, and K. H. So, 2013: Agro-climatic zonal characteristics of the frequency of abnormal air temperature occurrence in South Korea. *Climate Change Research*, **4**(2), 189-199. (in Korean with English abstract)
- 관계부처합동, 2010: 2010 이상기후 특별보고서, 녹색성장위원회 · 기상청, 114pp.
- 김광식(대표저자), 1983: 증보 농업기상학, 향문사, 367pp.
- 농촌진흥청, 1986: 한국농업 기후특징과 수도 기상재해대책, 농촌진흥청, 194pp.
- 차중환, 김건수, 1989: 농업기상학. 신진문화사, 306pp.
- 日本農業氣象學會, 1997: 新編 農業氣象學用語解説集-生物生産と環境の科學-, 日本農業氣象學會, 技研プリント株式會社, 日本, 313pp.
- 坪井八十二, 1976: 異常氣象と農業, 朝倉書店, 日本, 1-3.