

온실의 냉·난방 설계용 기상자료의 비교분석

Comparison of Outside Design Weather Data for Greenhouse Heating and Cooling

남 상 운

충남대학교 농공학과

Nam, Sang Woon

Dept. of Agricultural Engineering, Chungnam National University

서 론

온실의 환경설계 중에서 가장 기본이 되는 냉·난방 설비용량의 결정을 위하여는 설계 외기온(냉·난방설계), 외기의 습구온도 및 수평면 일사량(냉방설계)과 같은 기상자료가 필요하다. 시설재배에 있어서 환경설비의 용량 부족은 혹한기 또는 혹서기에 작물의 생육에 치명적인 영향을 미칠 수 있다. 또한 설비용량의 과대설계는 설치비 면에서 비경제적일 뿐만 아니라 에너지의 효율적 이용 측면에서도 불리하므로 적정 설비용량의 결정은 매우 중요하고, 따라서 설계용 기상자료의 선택은 매우 신중을 기하여야 한다.

온실의 냉·난방 설계에 이용할 수 있는 기상자료는 몇 가지가 있으나, 분석 방법이 상이하므로 그 값은 상당한 차이를 보이고 있다. 미국 농공학회의 ASAE Standards에서는 온실의 냉·난방설계시 ASHRAE(미국 공기조화 냉동공학회)의 TAC(Technical Advisory Committee) 1%의 설계기온을 적용하고 있으며, 우리 나라의 건축설비 설계에는 TAC 2.5%를 적용하고 있고 현재 한국 공기조화 냉동공학회에서 전국 16개 지역의 TAC 1%, 2.5% 자료를 제시하고 있다. 일본 시설원예협회에서는 10년빈도의 설계기온을 적용하고 있으며 국내에는 적용 사례가 없다. 원예시설의 환경설계기준 작성연구(김 등, 1997)에서는 전국 71개 지역의 위험율별(1, 2.5, 5, 10%) 설계기온 자료를 제시하고 있다. 본 연구에서는 이상의 3가지 분석 방법별 설계 기상자료를 비교 검토하여 온실의 냉·난방 설계시 적용해야할 기상자료의 선택을 위한 가이드라인을 제시하고자 한다.

자료 및 방법

TAC법이란 전체 자료기간의 기온자료에 대해 크기 순으로 배열하여 극치(냉방설계시에는 최고기온, 난방설계시에는 최저기온)로 부터의 순위에 따라 위험율을 설정하여 선별하는 것이다. ASHRAE방식의 경우 하절기는 6, 7, 8, 9월의 매시간(총 2,928시간) 기온을 동절기는 12, 1, 2월의 매시간(총 2,160시간) 기온을 TAC법으로 분석한 것이고(I 방법), 위험율별 설계기온(김 등, 1997)의 경우 매시간 자료를 구하기가 어렵기 때문에 하절기는 6, 7, 8월의 일 최고 기온을 동절기는 12, 1, 2월의 일 최저 기온을 TAC법으로 분석한 것(II 방법)이 차이점이다. 한편, 일본 시설원예협회 방식의 설계기온을 구하는 방법(III 방법)은 다음과 같다.

$$t_d = \bar{t}_{\max} + n \cdot \sigma \quad (1)$$

여기서, \bar{t}_{max} 은 최고(최저)기온 시계열의 평균, σ 는 표준편차, n 은 4년 빈도일 때 1.0, 10년 빈도 1.6, 20년 빈도 2.0으로 주어지는 재현기간에 따른 값이다.

ASHRAE 방식의 설계용 기상자료는 한국 공조학회에서 제시하고 있는 자료(분석자료 기간 ; 1983~1994년)를 이용하였고, 위험율별 설계기온 자료는 김 등(1997)의 보고서 자료(분석자료기간 ; 지역별 기상관측 시작년~1994년)를 이용하였으며, 일본 시설원예협회 방식은 한국 건설기술연구원에서 제공하는 기상청 데이터베이스 HISS를 사용하여 식(1)의 방법으로 분석(자료기간 ; 1970~1996년)하였다.

결과 및 고찰

우리 나라 건축법중 건축물의 설비기준에 관한 규칙에는 건물벽의 열관류율을 중부지방에서는 $0.5 \text{ kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$ 이하, 남부지방에서는 $0.65 \text{ kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$ 이하로 하도록 규정하고 있다. 이에 대하여 온실의 경우에는 홑겹피복 $5.3\sim 5.7 \text{ kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$, 보온피복 $2.1\sim 2.3 \text{ kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$ 으로써 일반 건물에 비하여 열관류율이 훨씬 높으므로 건축기준 보다는 위험율이 낮은 설계기준이 필요하다.

전국 16개 지역에 대하여 I, II, III방법의 설계기온을 비교한 결과는 그림1, 그림2 및 표1과 같다. III방법은 1일의 극치를 사용하여 분석했기 때문에 다른 방법에 비하여 냉방 설계기온은 훨씬 높고, 난방설계기온은 훨씬 낮게 나타나고 있다. III방법의 위험율 1% 및 2.5%는 과대설계될 가능성이 많은 것으로 사료되지만 시설의 종류(고급 시설 등)에 따라서는 III방법의 위험율 2.5% 값을 적용하는 것도 괜찮을 것으로 생각된다. ASHRAE방식의 TAC 1% 및 일본 시설원예협회 방식의 10년 빈도는 대부분 III방법에서의 위험율 5%~10% 사이에 있는 것으로 나타났다.

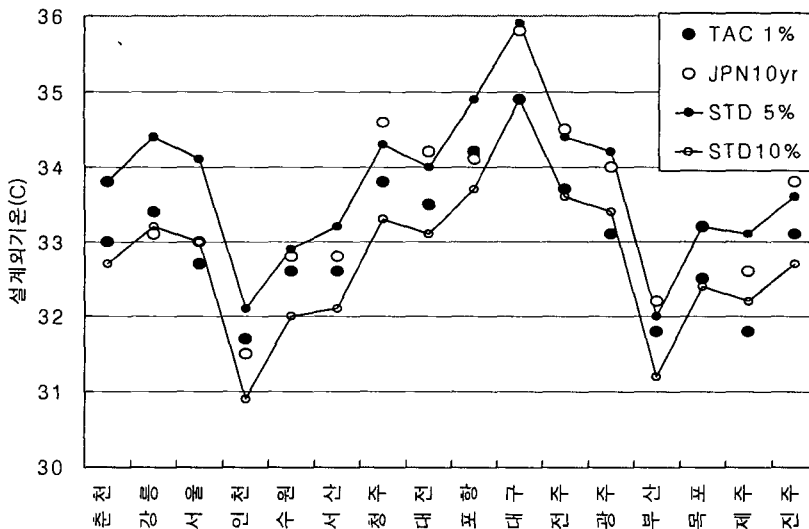


그림 1. 기상자료 분석방법별 냉방설계기온의 비교

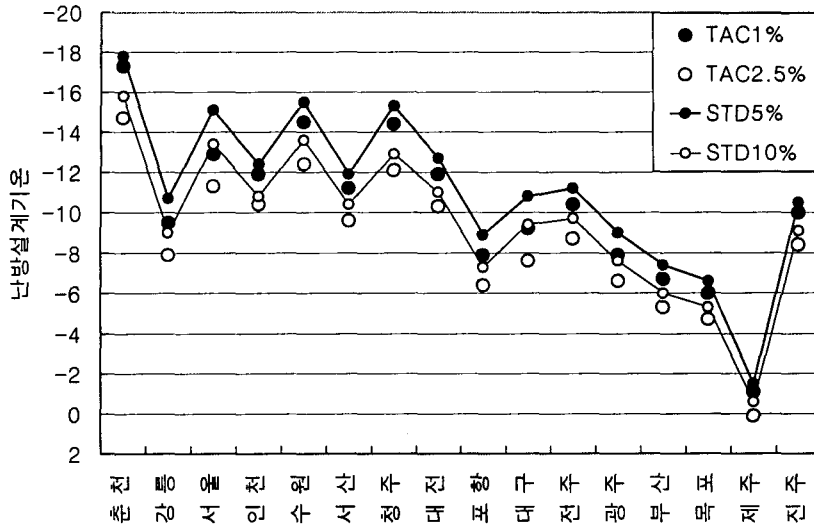


그림 2. 기상자료 분석방법별 난방설계기온의 비교

따라서, 우리 나라의 온실설계에 있어서는 ASAE 권장사항과 같이 건축설계 기준에서 제공하는 TAC 1%의 기상자료(표 2)를 이용하면 될 것으로 판단된다. 설비수준이 비교적 낮은 온실의 경우에는 TAC 2.5%를 적용한다. 단, 여기서 제공되는 자료를 이용하기 곤란한 지역에서는 기상 관측자료의 통계분석에 의하되 매시간 데이터를 구하기는 어려우므로 III방법으로 구하고, 시설의 설비수준에 따라서 5% 또는 10%의 위험율을 적용하면 될 것으로 판단된다.

TAC 1%와 2.5%의 난방 설계기온 차이는 평균 1.7°C, 냉방 설계기온 차이는 평균 1.4°C 정도이다. 그러나 열절감율 50%의 보온커튼을 설치한 1,000평의 연동 플라스틱 온실 설계(보온비 0.8)를 예로 들면 외기온이 1.7°C 낮을 경우 난방설비 용량은 24,000 kcal/hr 정도나 커지므로 선택에 신중을 기하여야 한다.

따라서, 전문가들로 구성된 원예시설 설계위원회와 같은 기구의 설치가 절실히 요청되며 위원회에서 자료기간에 대한 기준을 설정하고 정기적으로(예를 들면 10년 간격) 기상자료를 분석하여 설계기준 및 가이드라인을 제시할 필요가 있다.

인용문헌

1. 공기조화·냉동공학회. 1996. 건물의 공조 부하 계산용 표준 전산 프로그램 개발 및 기상자료의 표준화 연구. 통상산업부.
2. 기상청. 1999. HISS. 한국건설기술연구원 Data Base.
3. 김문기 외. 1997. 원예시설의 환경설계기준 작성연구. 농어촌진흥공사 농어촌연구원.
4. ASAE. 1997. Heating, ventilating and cooling greenhouses. ASAE standards.
5. 農林水産技術會議事務局. 1980. 高効率園藝施設計劃・設計基準に関する研究成果.

표 1. 위험율별 냉방설계기온과 TAC온도 및 일본시설원예협회방식의 비교

지역	TAC온도 ¹⁾			위험율별설계기온 ²⁾			일본시설원예협회방식 ³⁾		
	1%	2.5%	5%	2.5%	5%	10%	4년빈도	10년	20년
춘천	33.0	31.6	30.2	34.6	33.8	32.7	31.6	33.8	35.3
강릉	33.4	31.6	30.0	35.4	34.4	33.2	30.5	33.1	34.8
서울	32.7	31.2	29.9	35.0	34.1	33.0	31.0	33.0	34.4
인천	31.7	30.1	28.8	33.0	32.1	30.9	29.6	31.5	32.8
수원	32.6	31.2	29.9	33.7	32.9	32.0	30.8	32.8	34.1
서산	32.6	31.1	29.8	34.1	33.2	32.1	30.8	32.8	34.1
청주	33.8	32.5	31.1	35.1	34.3	33.3	32.4	34.6	36.0
대전	33.5	32.3	31.0	34.6	34.0	33.1	32.1	34.2	35.6
포항	34.2	32.5	30.9	35.9	34.9	33.7	31.5	34.1	35.8
대구	34.9	33.3	31.8	36.8	35.9	34.9	33.3	35.8	37.5
전주	33.7	32.4	31.1	35.1	34.4	33.6	32.3	34.5	35.9
광주	33.1	31.8	30.6	35.0	34.2	33.4	32.0	34.0	35.4
부산	31.8	30.7	29.7	32.6	32.0	31.2	30.2	32.2	33.6
목포	32.5	31.1	29.9	33.9	33.2	32.4	31.2	33.2	34.5
제주	31.8	30.9	29.9	33.8	33.1	32.2	30.6	32.6	34.0
진주	33.1	31.6	30.4	34.7	33.6	32.7	31.7	33.8	35.2

- 주) 1) TAC온도 : ASHRAE방식으로 분석한 위험율별 설계기온
 2) 위험율별 설계기온 : 인용문헌 3의 환경설계기준연구의 분석방법
 3) 일본시설원예협회방식 : 식(1)에 의한 재현기간별 설계기온

표 2. ASHRAE방식의 냉·난방 설계용 기상자료.

지역	난방설계용		냉방설계용					
	건구온도(°C)		건구온도(°C)		습구온도(°C)		일사량(W/m ²)	
	1%	2.5%	1%	2.5%	1%	2.5%	1%	2.5%
춘천	-17.3	-14.7	33.0	31.6	26.0	25.2	980	938
강릉	-9.5	-7.9	33.4	31.6	25.7	25.1	967	942
서울	-12.9	-11.3	32.7	31.2	26.2	25.5	911	890
인천	-11.9	-10.4	31.7	30.1	25.6	25.0	880	857
수원	-14.5	-12.4	32.6	31.2	26.1	25.5	881	850
서산	-11.2	-9.6	32.6	31.1	26.5	25.8	1017	973
청주	-14.4	-12.1	33.8	32.5	26.4	25.8	934	910
대전	-11.9	-10.3	33.5	32.3	26.1	25.5	960	932
포항	-7.9	-6.4	34.2	32.5	26.7	26.0	957	929
대구	-9.2	-7.6	34.9	33.3	26.4	25.8	921	902
전주	-10.4	-8.7	33.7	32.4	26.5	25.8	912	892
광주	-7.9	-6.6	33.1	31.8	26.5	26.0	947	928
부산	-6.7	-5.3	31.8	30.7	26.7	26.2	1015	963
목포	-6.0	-4.7	32.5	31.1	26.2	25.6	995	972
제주	-1.1	0.1	31.8	30.9	26.8	26.3	987	968
진주	-10.0	-8.4	33.1	31.6	26.9	26.3	963	947