

온실의 환경설계기술 현황 및 설계용 기상 자료 비교



남 상 운
충남대학교 지역환경토목학과 교수
swnam@cnu.ac.kr

1. 서론

정부는 간척지에 첨단수출 원예단지 1,500ha, 일반 원예단지 1,100ha 등 대규모 시설농업 단지 조성 계획을 고시한 바 있다. 간척지 활용을 위한 첨단수출 원예 단지 조성사업이 정책적으로 추진되고 있는 바, 원예시설의 기술적 기반을 강화하는 동시에 장래 시설원예의 발전을 위해서는 온실설계에 관한 종합적인 기술개발이 정립되어야 한다. 원예시설에서 환경조절의 성패는 생산물의 품질과 직결되고 난방비는 생산비에 있어서 큰 비중을 차지하게 된다. 설치지역의 기후조건하에서 환경조절이 용이하고 에너지 비용을 절감시킬 수 있는 온실의 최적설계법이 제시되어야 하며, 자재의 규격화 및 국산화와 지역별, 작목별, 시설형태별 환경설계에 필요한 구체적인 자료가 요청된다.

국내에서는 원예시설의 환경설계에 관한 연구가 부분적으로 수행되어 1997년 농어촌진흥공사 농어촌연구원

에서 원예시설의 환경설계기준(안)이 작성된 바 있으나, 이후로는 거의 관련 연구가 수행되지 않았으며 실제 현장에 적용하기 위해서는 대폭적인 수정, 보완이 필요하다. 환경설계기술과 관련된 명확한 기준의 부재로 설계자별로 설계방법 및 적용 기준 등이 상이한 실정이다. 최근의 급격한 기후변화 현상이나 환경제어 기술의 발전에 따른 설계기술의 대응, 특히 간척지의 기후특성을 반영한 원예시설 환경설계기준의 정립은 시급하다.

미국, 일본 등 선진국의 경우에는 자국의 여건에 적합한 온실의 환경설계에 필요한 명확한 설계기준이 정립되어 있어 자재의 규격화, 표준화가 가능하여 시설원예 산업이 발전하고 있다. 미국은 1981년 미국농공학회(ASAE)의 온실공학 실행위원회에서 개발한 온실의 난방, 환기 및 냉방 기준이 ASAE Standards로 채택되었다. 그 후 1990년, 1995년에 개정되고 미국국가표준(ANSI)으로 승인된 후 1997년과 2003년에 다시 개정되었으며 2008년에 ASABE(미국농공학회 개정명칭)와

ANSI로부터 재승인 되어 현재에 이르고 있다. 일본의 경우 시설원예협회에서 1978년부터 고능률 원예시설 계획, 설계기준에 관한 총합 연구를 수행하여 1980년 환경제어기기 및 작업기술 도입지침이 마련되어 활용되고 있고, 1981년 시설원예핸드북이 발간되었으며 지속적인 연구와 실증시험을 거쳐 2003년에는 5차 개정판을 발행하였고, 자료편의 통계를 최근 것으로 치환한 5정판 3쇄를 2007년에 발행하였다.

본 연구에서는 위에 언급한 국내와 미국, 일본의 온실 환경설계기술 현황을 분석하고 이에 따른 환경설계용 기상자료의 차이점을 비교하여 새로운 온실 환경설계기술 정립과 자료 구축에 활용하고자 한다.

II. 온실의 환경설계기술 현황

미국의 기준(ASABE Standards, 2008)은 난방, 환기 및 냉방으로 구성되어 있고, 부수적으로 공기순환, 이산화탄소소비, 차광 등을 포함하고 있다. 일본의 기준(시설원예 핸드북, 2007)은 광환경, 온도(보온, 난방, 냉방), 습도, 이산화탄소, 환기·기류, 토양수분, 복합환경 제어로 구성되어 있다. 우리나라의 기준(농어촌연구원, 1997)은 광환경, 환기, 난방, 냉방, 관수 및 관비, 탄산가스소비, 제어기기로 구성되어 있다. 본고에서는 냉난방과 환기설계 시 부하산정방법을 중심으로 검토하였다.

1. 최대난방부하

온실의 최대난방부하는 작물재배 기간의 최저 설계외기온 하에서 온실로부터 손실되는 열량으로서 난방설비용량을 결정하는 지표가 된다. 최대난방부하($Q_{g\max}$) 산정에 관한 미국의 기준은 다음과 같다.

$$(Q_g) = q_{rc} + q_i \quad (1)$$

여기서, q_{rc} 는 관류열손실(W), q_i 는 침투열손실(W)이다.

$$q_{rc} = UA_c(t_i - t_o) \quad (2)$$

$$q_i = p_r N V [c_{pi}(t_i - t_o) + h_{fg}(W_i - W_o)] \quad (3)$$

여기서, U 는 관류열전달계수($W/m^2\text{C}$), A_c 는 온실의 피복면적(m^2), t_i 는 실내기온($^{\circ}\text{C}$), t_o 는 실외기온($^{\circ}\text{C}$), p_r 는 실내공기의 밀도(kg/m^3), c_{pi} 는 실내공기의 비열($J/kg\text{C}$), N 은 침투율(s^{-1}), V 는 온실의 체적(m^3), h_{fg} 는 t_i 에서 물의 증발잠열(J/kg), W_i 는 실내공기의 습도비(kg/kg), W_o 는 실외공기의 습도비(kg/kg)이다.

만약 외기온이 -20°C 근처 또는 그 이하이고 실내습도가 40% 이하이면 잠열교환은 제한적으로 일어나므로 침투열손실의 식은 다음과 같이 근사된다.

$$q_i = 1800VN(t_i - t_o) \quad (4)$$

최대난방부하 산정에 관한 일본의 기준은 다음과 같다.

$$Q_g = [A_c(q_t + q_v) + A_s q_s] f_w \quad (5)$$

여기서, A_s 는 온실의 바닥면적(m^2), q_t 는 단위 피복면적당 관류열부하(W/m^2), q_v 는 단위 피복면적당 틈새 환기전열부하(W/m^2), q_s 는 단위면적당 지중전열부하(W/m^2), f_w 는 풍속에 따른 보정계수이다.

$$q_t = h_t(t_i - t_o)(1 - f_r) \quad (6)$$

$$q_v = h_v(t_i - t_o) \quad (7)$$

여기서, h_i 는 열관류율($W/m^2\text{°C}$), f_r 은 보온피복의 열절감율, h_v 는 틈새환기전열계수($W/m^2\text{°C}$)이다. 지중전열부하는 경험치를 사용한다.

우리나라의 기준은 일본과 거의 동일하지만 설계외기온의 적용 방법이 다르다. 우리와 일본의 기준에서는 환기전열부하의 잠열교환을 무시하고 지중전열부하를 고려하고 있는 것이 미국의 기준과 다른 점이다. 관류열부하는 $U=h_i(1-f_r)$ 로 보면 모두 동일하다.

2. 기간난방부하

기간난방부하는 재배기간 전체 또는 특정 기간에 대한 난방소비열량으로서 연료소비량 예측, 경영계획 수립, 경제성 평가 등을 위해 필요하다. 기간난방부하를 산정하는 방법은 다음 3가지로 대별된다.

- 1) HDH (Heating Degree Hour) 이용법
- 2) HDD (Heating Degree Day) 이용법
- 3) 동적시뮬레이션 이용법 ; TRNSYS, DOE, EnergyPlus 등

난방디그리아워(HDH)와 난방도일(HDD)의 정의는 다음 식(8), (9)와 같다.

$$HDH = \sum_{i=1}^n [\int_{t_i}^{t_{i+1}} (T_{in} - T_{out})_i] \quad (8)$$

$$HDD = \sum_{i=1}^n (T_{in} - T_{out}) \quad (9)$$

단, $T_{in} < T_{out}$ 이면 $T_{in} - T_{out} = 0$

HDH와 동적시뮬레이션을 이용하기 위해서는 표준기상데이터가 필요하다. HDD는 기상청에서 73개 지점

에 대하여 제공하는 평년값자료(30년평균)를 이용하여 산정이 가능하다. 최근 건축분야에서는 동적시뮬레이션 방법이 이용되는 추세이지만 국내의 경우 표준기상데이터의 부재와 상세한 입력정보에 따른 정확도의 문제로 간편하게 에너지 사용량을 예측할 수 있는 HDD 방법이 이용되고 있다.

미국의 온실설계에서도 HDD를 이용하고 있으며, 다음 식으로 기간난방부하를 구한다(Lindley and Whitaker, 1996).

$$Q_d = \frac{Q_g}{t_i - t_o} \cdot HDD \cdot k \quad (10)$$

여기서, Q_d 는 기간난방부하(J), k 는 일조시간에 따른 조정계수(86,400s/day의 단위환산 포함)이다.

일본의 온실설계에서는 HDH를 이용하고 있으나 표준기상데이터의 제한으로 시간별 자료가 아닌 일별(평균, 최고, 최저) 자료와 일조시간을 결합한 HDH식을 만들어 사용하고 있으며, 다음 식으로 기간난방부하를 구한다.

$$Q_d = A_c q_{hn} + A_s q_{sn} \text{ (야간)} \quad (11)$$

$$q_{hn} = 3,600 h_{hn} \cdot HDH_{nt} \quad (12)$$

여기서, q_{hn} 은 야간의 단위피복면적당 방열부하(J/m^2), q_{sn} 은 지중전열부하(J/m^2), h_{hn} 은 야간방열계수($W/m^2\text{°C}$), HDH_{nt} 는 야간난방 디그리아워($\text{°C} \cdot h$)이다. 지중전열부하는 한정된 실측치로부터 추정값을 이용하고, 주간은 경험적으로 야간난방부하의 일부를 취한다(지역에 따라 0~15%). 야간난방 디그리아워는 난방설정온도와 일 최고, 최저기온을 이용한 경험식으로 구한

다. 1990년대 초까지는 주야 구분 없이 HDH를 이용하였으며 최대냉방부하계수의 75%를 이용하여 기간냉방 부하를 구하였고, 현재 국내에서도 이를 적용하고 있다.

우리나라는 일본과 같은 방식을 사용하고 있으나 일부지역은 표준기상데이터의 일종인 평균월 기상데이터를 이용하여 주간과 야간으로 구분하여 HDH를 구한 것을 이용하고 있다(9개 지역).

3. 냉방설계기준

온실의 냉방은 대부분 강제환기 및 증발냉각시스템을 이용하고 있으며, 냉방부하 산정방법은 정립되어 있지 않다. 히트펌프냉방 등을 위해서는 새로운 온실 냉방부하 산정방법의 개발이 필요한 실정이다.

미국의 온실 냉방설계 기준은 강제환기와 냉방시스템(증발냉각)으로 구성되어 있으며 다음의 열수지식을 이용하여 기온과 환기율 관계를 구하는 방법으로 설계한다.

$$(1-E) T I A_s = U A_c (t_i - t_o) + \left(\frac{Q_v A_s c_{p_{ex}}}{V_{ex}} \right) (t_{ex} - t_{inlet}) \quad (13)$$

여기서, E 는 증발산계수, T 는 피복재의 광투과율, I 는 수평면일사량(W/m^2), Q_v 는 환기율($m^3/s \cdot m^2$), V_{ex} 와 $c_{p_{ex}}$ 는 온실을 떠나는 공기의 비체적(m^3/kg)과 비열($J/kg^\circ C$), t_{ex} 는 온실을 떠나는 배기공기의 온도($^\circ C$), t_{inlet} 은 온실로 들어오는 공기의 온도($^\circ C$)로 증발냉각 패드를 사용하는 경우는 패드를 통과한 공기의 온도를 아니면 단순히 외기온을 사용한다.

일본의 온실 냉방설계 기준은 증발냉각법으로 구성되어 있으며 VETH 선도를 이용하여 설계한다. 증발냉각은 물리현상으로 온실내 흡수 일사량, 외기의 건구온도,

외기의 습구온도, 환기량, 실내증발산량의 5조건을 주변 계산으로 온실내의 건습구온도를 추정할 수 있다. 포그냉방에 의한 온실내 기온(T) 및 상대습도(H)를 환기율(V)(단위면적, 단위시간당 환기량)과 실내증발산율(E)(단위면적, 단위시간당 온실내의 증발산량)의 관계로부터 추정할 수 있는 VETH선도(Ventilation-Evaporation-Temperature-Humidity선도)를 이용하여 설계한다.

미국의 방법은 강제 환기시스템과 증발냉각(팬 앤 패드 시스템)의 설계에 편리하고, 일본의 방법은 포그 방식 증발냉각시스템의 설계에 편리하다. 우리나라 기준에는 팬 앤 패드시스템과 포그 시스템을 설계할 수 있도록 2가지 방법을 결합한 설계방법을 제시하고 있다.

4. 환기설계기준

미국은 별도의 환기설계 기준이 없으며 강제환기 및 냉방시스템 설계와 같이 취급하고 있고, 자연환기 및 강제환기 시스템의 설치 가이드라인을 제공하고 있다.

일본은 필요환기량 산정 기준과 환기방식 선정 가이드라인 및 환기설비 결정의 방법이 제시되고 있다.

- 1) 필요환기량 산정 ; 온도 조절을 위한 환기량, 습도 조절을 위한 환기량, 탄산가스 농도 조절을 위한 환기량
- 2) 환기방식 선정 ; 자연환기, 강제환기
- 3) 환기설비 결정 ; 천창, 측창 등의 환기창 구조, 환기팬 용량, 설치대수

우리나라도 일본과 거의 동일한 설계기준을 갖고 있으며, 추가로 자연환기 설계이론을 설정하고 있다.

그 밖에 공기유동(순환)과 관련해서는 미국의 경우 난방 영역에서 공기순환시스템에 대한 가이드라인을 제공

표 1. 온실 환경제어기술의 범위 (일본시설원예협회, 2007)

제어항목	환경제어기술의 구성
광환경제어	차광, 시설 구조와 방위, 반사판 이용, 산광 피복재 이용, 전조(일장제어), 보광
온도제어	보온피복, 난방(온풍, 온수, 증기, 전열, 기타), 지중가온, 배지 및 양액 가온, 냉방(증발냉각, 히트펌프), 지중 또는 양액 냉각
습도제어	관수조절, 가습장치, 제습기, 환기
탄산가스제어	탄산시비(액화탄산방식, LP가스 연소방식, 백등유 연소방식)
환기·기류제어	자연환기, 강제환기, 순환팬
토양수분제어	관수, 배수
복합환경제어	환기, 난방, 보온, CO ₂ , 광, 분무(증발냉각), 냉방(히트펌프), 공기유동, 관수, 양액재배(배양액 농도, 급액)
에너지절감 환경제어	온실구조와 난방, 태양열, 히트펌프, 태양광, 풍력

하고 있고, 일본과 우리나라는 환기 영역에서 온실내 공기교반에 대한 가이드라인을 제공하고 있다. 일본의 시설원예핸드북에서 다루는 온실환경제어기술의 범위는 표 1과 같다.

III. 온실의 환경설계용 기상자료 비교

1. 외기설계온도

시설재배에서 환경설비의 용량 부족은 혹한기 또는 혹서기에 작물의 생육에 치명적인 영향을 미칠 수 있다. 또한 설비용량의 과대설계는 설치비 면에서 비경제적일 뿐만 아니라 에너지의 효율적 이용측면에서도 불리하므로 적정 설비용량의 결정은 매우 중요하고, 따라서 기상 자료의 선택은 매우 신중을 기하여야 한다.

미국의 ASABE Standards에서는 ASHRAE(미국공

기조화냉동공학회)의 TAC(Technical Advisory Committee) 1%의 설계기온을 적용하고 있으며, 일본 시설원예협회에서는 10년빈도의 설계기온을 적용하고 있다. 우리나라의 건축설비 설계에서는 TAC 2.5%를 사용하고 있고, 온실설계에서는 명확한 기준 없이 위험율별 (1, 2.5, 5, 10%) 설계기온을 제시하고 있다.

ASHRAE방식의 TAC 온도는 하절기 6, 7, 8, 9월의 매시간(총 2,928시간) 기온을 동절기는 12, 1, 2월의 매시간(총 2,160시간) 기온을 극치로부터의 순위에 따라 위험율을 설정하여 선발한 것이고(김두천, 1996), 김문기(1997)의 위험율별 설계기온은 매시간 자료를 구하기 어렵기 때문에 하절기는 6, 7, 8월의 일 최고기온을 동절기는 12, 1, 2월의 일 최저기온을 TAC법으로 분석한 것이 차이점이다. 일본의 10년빈도 최저기온(난방설계) 및 최고기온(냉방설계)은 다음 식으로 구한다.

$$t_{\min} = \overline{t_{\min}} - 1.6\sigma_t \quad (14)$$

$$t_{\max} = \overline{t_{\max}} + 1.6\sigma_t \quad (15)$$

여기서, t_{\min}, t_{\max} 은 10년빈도 최저, 최고기온(°C), $\overline{t_{\min}}, \overline{t_{\max}}$ 은 최저, 최고기온 평균, σ_t 는 표준편차이다.

본 절에서는 TAC온도(미국 ASHRAE 방식)와 위험율별 설계기온(국내기준) 및 10년빈도 설계기온(일본기준)을 비교해 보았다. 표 2는 난방설계기온, 표 3은 냉방설계기온을 비교한 것이고 그림 1과 그림 2는 TAC 1%와 JPN10yr(10년빈도)의 분포를 국내기준 위험율 5% 및 10%와 비교한 것이다. 국내기준 위험율별 설계기온은 1일의 극치를 사용하여 분석했기 때문에 다른 방법에 비하여 냉방설계기온은 훨씬 높고, 난방설계기온은 훨씬 낮게 나타나고 있다. 이 방법의 위험율 1% 및 2.5%

표 2. 위험율별 난방설계기온과 TAC온도 및 일본시설원예협회 방식의 비교

지역	TAC온도 ¹⁾		위험율별설계기온 ²⁾			10년빈도 ³⁾
	1%	2.5%	2.5%	5%	10%	
춘천	-17.3	-14.7	-19.5	-17.8	-15.8	-16.7
강릉	-9.5	-7.9	-12.1	-10.7	-9.0	-9.8
수원	-14.5	-12.4	-17.1	-15.5	-13.6	-13.7
대전	-11.9	-10.3	-14.0	-12.7	-11.0	-11.6
광주	-7.9	-6.6	-10.5	-9.0	-7.6	-8.3
대구	-9.2	-7.6	-12.0	-10.8	-9.4	-10.0
부산	-6.7	-5.3	-8.6	-7.4	-6.0	-6.2
목포	-6.0	-4.7	-7.7	-6.6	-5.3	-6.3
제주	-1.1	0.1	-2.2	-1.5	-0.6	-0.6

주) 1) ASHRAE 방식으로 분석한 위험율별 설계기온(김두천, 1996), 2) 환경설계기준연구의 방법으로 분석한 설계기온(김문기, 1997), 3) 일본시설원예협회 방식(식 14)의 10년빈도 설계기온

표 3. 위험율별 냉방설계기온과 TAC온도 및 일본시설원예협회 방식의 비교

지역	TAC온도 ¹⁾		위험율별설계기온 ²⁾			10년빈도 ³⁾
	1%	2.5%	2.5%	5%	10%	
춘천	33.0	31.6	34.6	33.8	32.7	33.8
강릉	33.4	31.6	35.4	34.4	33.2	33.1
수원	32.6	31.2	33.7	32.9	32.0	32.8
대전	33.5	32.3	34.6	34.0	33.1	34.2
광주	33.1	31.8	35.0	34.2	33.4	34.0
대구	34.9	33.3	36.8	35.9	34.9	35.8
부산	31.8	30.7	32.6	32.0	31.2	32.2
목포	32.5	31.1	33.9	33.2	32.4	33.2
제주	31.8	30.9	33.8	33.1	32.2	32.6

주) 1) ASHRAE 방식으로 분석한 위험율별 설계기온(김두천, 1996), 2) 환경설계기준연구의 방법으로 분석한 설계기온(김문기, 1997), 3) 일본시설원예협회 방식(식 15)의 10년빈도 설계기온

는 과대설계될 가능성이 많은 것으로 사료되지만 시설의 종류(고급 시설 등)에 따라서는 이 방법의 2.5% 값을 적용하는 것도 괜찮을 것으로 생각된다. ASHRAE 방식의 TAC 1% 및 일본 시설원예협회 방식의 10년빈도는

대부분 국내기준의 위험율 5~10% 사이에 있는 것으로 나타났다. 따라서 우리나라의 온실설계에 있어서는 ASABE 권장사항과 같이 건축설계 기준에서 제공하는 TAC 1%의 기상자료를 이용하면 될 것으로 판단된다.

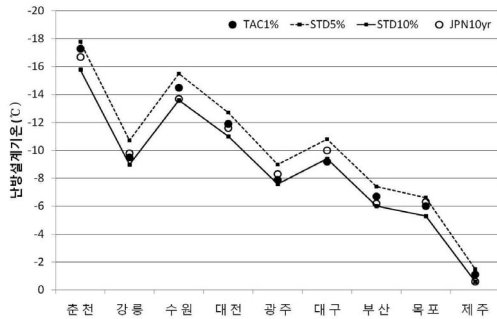


그림 2. 기상자료 분석방법별 난방설계기온의 비교

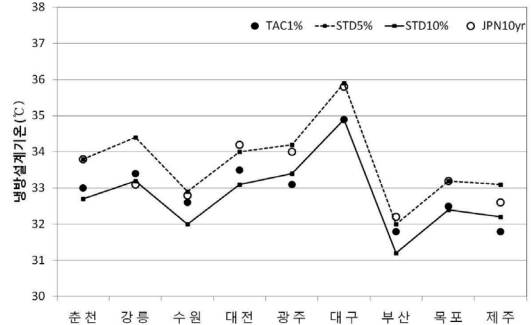


그림 3. 기상자료 분석방법별 냉방설계기온의 비교

설비수준이 비교적 낮은 온실의 경우에는 TAC 2.5%를 적용한다. TAC 1%와 2.5%의 난방설계기온 차이는 평균 1.7℃, 냉방설계기온 차이는 1.4℃ 정도이다. 그러나 열절감율 50%의 보온커튼을 설치한 3,300m²의 연동 플라스틱 온실(보온비 0.8) 설계를 예로 들면 외기온이 1.7℃ 낮을 경우 난방설비 용량은 28kW나 커지므로 선택에 신중을 기하여야 한다.

2. 난방디그리아워

일본의 Mihara식을 이용하여 구한 HDH(이석건, 1998)와 국내 환경설계기준안(김문기, 1997)에서 구한 표준기상자료에 의한 HDH를 비교해 보았다. 표 4에서 보는바와 같이 두 방법으로 구한 난방디그리아워는 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 난방 설정온도가 5℃인 경우에는 6~53%까지 차이가 있고, 일부 지역에서는 역전 현상이 나타나기도 한다. 난방 설정온도가 10℃인 경우 11~30% 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다. 난방디그리아워와 난방디그리데이를 포함하여 기간난방 부하 산정방법에 대한 전반적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

3. 표준기상데이터

오랜 기간의 측정데이터를 통계처리해 대표성을 갖는 1개년의 데이터로 가공처리한 기상자료(시간별)를 표준기상데이터라고 하며 에너지 성능 및 소비량 평가에 사용한다. 표준기상데이터의 종류에는 TRY(test reference year)형식, TMY(typical meteorological year)형식, WYEC(weather year for energy calculation)형식, HASP/ACLD형식 등이 있다.

국내의 경우 아직 각 지역별 시간별 표준기상데이터가 확립되어 있지 못한 실정이다. 개별 연구자에 의해 일부 지역에 대한 표준기상데이터를 작성한 사례는 상당수 있지만 공식적인 데이터로 인정받지 못하고 있으며 대부분 일본의 HASP형식으로 작성되었다. 대한설비공학회에서 1989년 서울의 표준기상데이터를 지정한 것이 유일하며, 1996년 13개 지역에 대하여 새로운 표준기상데이터를 작성하였으나 내부사정으로 공식적인 데이터로 공개되지는 못하고 있다. 현재는 한국연구재단의 연구성과로 2009년부터 대한민국 표준기상데이터를 한국태양에너지학회에서 제공하고 있다(유호천, 2011). 제공되는 지역은 서울, 부산, 대구, 인천, 대전,

표 4. 산정방법별 난방디그리아워(HDH)의 비교 (난방기간: 11~3월, 단위: °C · h)

지역	난방설정온도 5°C			난방설정온도 10°C		
	A	B	B/A(%)	A	B	B/A(%)
춘천	15,911	17,400	109	25,923	30,700	118
강릉	7,194	7,920	110	15,980	19,513	122
수원	12,466	16,140	129	22,208	28,973	130
대전	10,646	12,900	121	19,919	25,872	130
광주	7,462	7,920	106	16,459	20,077	122
부산	4,290	3,660	85	11,752	13,080	111
목포	6,192	5,220	84	15,014	16,662	111
제주	1,585	750	47	7,437	8,700	117

주) A: 표준기상자료를 이용하여 구한 HDH(김문기, 1997), B: Mihara식을 이용하여 구한 HDH(이석건, 1998)

광주, 울산의 7개 도시이고, 1986~2005년까지 20년 데이터를 사용하여 작성되었다.

표준기상데이터를 작성하기 위해서는 정확한 일사량 측정자료가 있어야 하지만 국내의 경우 10년 이상의 일사량 관측자료가 있는 지점은 22개 지역에 불과하고, 분석방법이 다양하여 신뢰성에 문제가 있으며 방대한 작업을 수행해야 하기 때문에 에너지 성능 및 소비량 평가와 관련된 학회나 기관에서도 공식적인 자료를 제공하지 못하고 있는 실정이다.

IV. 결 론

우리나라와 미국, 일본의 온실 환경설계기술 현황을 분석하고, 각국에서 사용하고 있는 설계용 기상자료의 분석방법을 적용하여 국내 대표지역의 냉난방 설계기온을 비교하였다.

온실의 환경설계 관련 국내 연구 자료는 15년 이상이 경과하였으므로 모두 재분석이 필요한 상태이며, 미국과 일본의 자료는 비교적 최근까지의 연구내용을 반영한 것으로써 국내 설계기준 정립을 위한 참고자료로 활용 가능하다. 추후 국내 설계기준의 정립을 위해서는 원예시설의 환경설계와 관련된 분야 전반을 심도있게 연구할 필요가 있으며, 특히 간척지 적응 온실 설계를 위한 세부 검토가 필요하다. 경량철골 플라스틱 온실 등 새로운 형태의 신개념 온실 보급과 신재생 에너지, 지열 히트펌프 시스템, CHP 등의 도입을 위한 새로운 설계기준 제정이 필요하다.

온실의 환경설계에 이용할 수 있는 기상자료는 몇 가지가 있으나, 분석방법이 상이하므로 그 값은 상당한 차이를 보이고 있다. 또한 최근의 기후변화 문제로 냉난방 설계기온의 급격한 변화가 예상된다. 따라서 이러한 문제에 대응하기 위해서는 전문가들로 구성된 원예시설 설계위원회와 같은 기구의 설치가 절실히 요청되며 위

원회에서 자료기간 및 분석방법에 대한 기준을 설정하고 정기적으로(예를 들면 10년 간격) 기상자료를 분석하여 설계기준 및 가이드라인을 제공할 필요가 있다.

사 사

본 연구는 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업의 연구비 지원에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

- Albright, L.D., 1990, Environment control for animals and plants, ASAE.
- ASABE, 2008, Standard: Heating, Ventilating and Cooling Greenhouses, ANSI/ASAE EP406.4.
- ASHRAE, 2013, ASHRAE Handbook Fundamentals SI Edition, ASHRAE.
- Hayashi, M. and T. Kozai, 1982, Comparison of actual and calculated heating degree hour and a proposition of heating degree hour diagram, Journal of Agricultural Meteorology 38(1): 29-36.
- Lindley, J.A. and J.H. Whitaker, 1996, Agricultural buildings and structures, ASAE.
- Mihara, Y., 1978, Computation formula for greenhouse heating degree hour with consideration for sunshine, Journal of Agricultural Meteorology 34(2): 83-85.
- 김두천, 1996, 건물의 공조부하계산용 표준 전산프로그램 개발 및 기상자료의 표준화 연구, 통상산업부.
- 김문기, 1997, 원예시설의 환경설계기준 작성연구, 농어촌진흥공사 농어촌연구원.
- 김환용, 이정재, 2007, 냉난방 부하계산을 위한 전국 17개 도시의 표준기상데이터 및 TAC 맵 작성, 대한건축학회 논문집 23(9): 197-204.
- 남상운, 2000, 온실의 냉난방 설계용 기상자료의 비교분석, 한국생물환경조절학회 학술발표논문집 9(2): 94-97.
- 대한설비공학회, 2011, 설비공학편람-공기조화, 대성사.
- 우영희, 김태영, 조일환, 2001, 지중 전열량을 고려한 온실의 기간난방부하 결정, J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42(5): 523-526.
- 유호천, 2011, 불확실한 기후변화에 대응하기 위한 건물성능평가 표준기상자료 개발에 관한 연구, 한국연구재단 보고서.
- 윤종호, 2003, 건물에너지 성능평가를 위한 표준기상자료의 국내외 현황, 대한설비공학회 설비저널 32(8): 7-14.
- 이석건, 1998, 고효율 환경조절 및 에너지 절약형 온실구조의 최적설계, 농림부.
- 이성복, 인인복, 홍세운, 서일환, J.P. Bitog, 2012, BES 프로그램을 이용한 국내 대표적 대형온실의 에너지 부하 예측, 한국농공학회논문집 54(3): 113-124.
- 조성환, 김성수, 최창용, 2010, 국내 15개 주요지역의 난방도일 재산정에 관한 연구, 설비공학논문집 22(7): 436-441.
- 農林水産技術會議事務局, 1980, 高能率園藝施設計劃・設計基準に關する研究成果
- 日本施設園藝協會, 2007, 五訂 施設園藝ハンドブック.

기획: 이현우 whlee@knu.ac.kr