

온실의 기간난방부하 산정을 위한 난방적산온도 비교분석

남상운^{1*} · 신현호¹ · 서동욱²

¹충남대학교 지역환경토목학과, ²충남대학교 농업과학연구소

Comparative Analysis of Accumulated Temperature for Seasonal Heating Load Calculation in Greenhouses

Sang-Woon Nam^{1*}, Hyun-Ho Shin¹, Dong-Uk Seo²

¹Department of Agricultural and Rural Engineering, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Institute of Agricultural Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract. To establish the design criteria for seasonal heating load calculation in greenhouses, standard weather data are required. However, they are being provided only at seven regions in Korea. So, instead of using standard weather data, in order to find the method to build design weather data for seasonal heating load calculation, heating degree-hour and heating degree-day were analyzed and compared by methods of fundamental equation, Mihara's equation and modified Mihara's equation using normal and thirty years from 1981 to 2010 hourly weather data provided by KMA and standard weather data provided by KSES. Average heating degree-hours calculated by fundamental equation using thirty years hourly weather data showed a good agreement with them using standard weather data. The 24 times of heating degree-day showed relatively big differences with heating degree-hour at the low setting temperature. Therefore, the heating degree-hour was considered more appropriate method to estimate the seasonal heating load. And to conclude, in regions which are not available standard weather data, we suggest that design weather data should be analyzed using thirty years hourly weather data. Average of heating degree-hours derived from every year hourly weather data during the whole period can be established as environmental design standards, and also minimum and maximum of them can be used as reference data for energy estimation.

Additional key words : energy estimation, heating degree-day, heating degree-hour, normal, standard weather data

서 론

온실의 기간난방부하는 재배기간 전체 또는 특정 기간에 대한 난방소비열량으로서 연료소비량 예측, 경영계획 수립, 경제성 평가 등을 위해 필요하다. 기간난방부하를 산정하는 방법은 난방적산온도를 이용하는 방법과 TRNSYS, DOE, EnergyPlus 등의 동적시뮬레이션을 이용하는 방법이 있다(Yoon, 2003; Lee 등, 2012). 난방적산온도에는 매시간의 온도차를 적산한 난방디그리아워(HDH, heating degree-hour)와 매일의 온도차를 적산한 난방디그리데이(HDD, heating degree-day)가 있다. 난방디그리아워와 동적시뮬레이션을 이용하기 위해서는 표준기상데이터가 필요하고, 난방디그리데이는 기상청에서 제공하는 평년값 자료를 이용하여 산정이 가능하다.

최근 건축분야에서는 동적시뮬레이션 방법이 이용되는 추세이지만 국내의 경우 표준기상데이터의 이용이 제한적이고, 상세한 입력정보에 따른 정확도의 문제로 간편하게 에너지 사용량을 예측할 수 있는 난방디그리데이 방법이 이용되고 있다(Cho 등, 2010; SAREC, 2011). 미국의 온실 설계에서도 난방디그리데이 방법을 이용하고 있다(Lindley와 Whitaker, 1996). 일본의 온실설계에서는 난방디그리아워를 이용하고 있으나 표준기상데이터의 제한으로 시간별 자료가 아닌 일별(평균, 최고, 최저) 자료와 일조시간을 결합한 난방디그리아워식을 만들어 사용하고 있다(Hayashi와 Kozai, 1982; JGHA, 2007). 우리나라도 온실설계에서는 일본과 같은 방식을 사용하고 있으나 일부지역은 평균월 기상자료를 이용하여 주간과 야간으로 나누어 구한 난방디그리아워를 이용하고 있다(Kim 등, 1997).

일본의 Mihara(1978)식을 이용하여 Lee(1985)가 구한 국내의 난방디그리아워와 환경설계기준안(Kim 등, 1997)에서 구한 평균월 기상자료에 의한 난방디그리아워를 비

*Corresponding author: swnam@cnu.ac.kr

Received July 22, 2014; Revised August 14, 2014;

Accepted August 21, 2014

교해 보면 큰 차이를 보이는 것으로 나타나고 있다. 난방 설정온도가 5°C인 경우에는 6~53%까지 차이가 있고, 설정온도가 10°C인 경우 11~30% 정도의 차이가 있는 것으로 보고되었다(Nam, 2013). 난방디그리아워와 난방디그리데이를 포함하여 기간난방부하 산정방법에 대한 전반적인 검토가 필요한 것으로 판단된다.

오랜 기간의 측정데이터를 통계 처리해 대표성을 갖는 1개년의 데이터로 가공처리한 때 시간별 기상자료를 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(Pedersen, 2007; Yoo, 2011). 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(Kim 등, 1996; Yoon, 2003), 현재는 한국연구재단의 연구로 표준기상데이터를 작성하여 한국태양에너지학회에서 제공하고 있다. 제공되는 지역은 서울과 6대 광역시뿐이고, 1986~2005년까지 20년 데이터를 사용하여 작성되었다(Yoo, 2011; KSES, 2013). 한편 기상관측 값을 30년간 누년 평균한 것을 평년값(normal)이라 하며 10년마다 개정되는데, 현재 기상청에서 제공하는 평년값은 1981~2010년의 평균값으로 하고 있다(KMA, 2013).

우리나라 각 지역별 온실의 기간난방부하 산정을 위한 설계용 자료를 구축하기 위해서는 표준기상데이터가 필요하지만 대부분 지역에서 이용할 수 있는 표준기상데이터가 없기 때문에 이를 대체할 수 있는 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 표준기상데이터를 대체하여 온실의 기간난방부하 산정용 설계자료 구축에 활용할 수 있는 방법을 찾기 위하여 표준기상데이터가 있는 7개 지역을 대상으로 표준기상데이터와 기상청의 일별 평년값 자료 및 30년(1981~2010)간 매 시각 전체 자료를 사용하여 난방디그리아워 및 난방디그리데이를 분석하여 비교하였다.

재료 및 방법

기상청으로부터 우리나라 전 지역의 최근 30년간 매 시각 기상자료를 수집하였다(KMA, 2013). 표준기상데이터는 한국 태양에너지학회에서 제공하고 있는 서울, 부산, 대구, 인천, 대전, 광주, 울산 등 7개 지역의 자료를 이용하였다(KSES, 2013). 기후 예년 평균값의 기준이 30년이고, 현재 사용 중인 평년값은 1981~2010년의 30년이므로 전체 자료도 이 기간의 기상자료를 분석에 사용하였다.

난방디그리아워와 난방디그리데이의 정의는 다음 식 (1), (2)와 같다(Lee, 1985; Cho 등, 2010).

$$HDH = \sum_{i=1}^n \left[\int_{t_1}^{t_2} (T_{in} - T_{out}) \right]_i \quad (1)$$

$$HDD = \sum_{i=1}^n (T_{in} - T_{out}) \quad (2)$$

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

여기서, T_{in} 은 실내 설정온도(°C), T_{out} 은 외기온(°C), t 는 hour, i 는 day이다.

설계용 난방디그리아워를 구하기 위해서는 표준기상데이터가 필요하다. 앞에서 언급한 바와 같이 표준기상데이터의 이용이 제한되므로 다른 방법으로 난방디그리아워를 구하여 비교 검토하였다. 표준기상데이터를 이용한 난방디그리아워는 식 (1)로 구할 수 있다. 또한 30년간 전체 기상자료를 사용하여 매년 난방디그리아워를 식 (1)로 구해 평균값을 취하고 최대값과 최소값을 참고자료로 제시하였다. 평년값을 사용해서 난방디그리아워를 구할 수 있는 Mihara식과 수정 Mihara식을 이용해서 난방디그리아워를 구하고 비교 검토하였다. Mihara식은 다음과 같다(Mihara, 1978).

① $T_d > T_h$ 인 경우

$$HDH = 24(T_d - T_m) - S \left(T_d - \frac{T_h + T_m}{2} \right) \quad (3)$$

② $T_d < T_h$ 인 경우

$$HDH = 24(T_h - T_m) \left(\frac{T_d - T_l}{T_h - T_l} \right)^2 - \frac{S(T_d - T_m)^2}{2(T_h - T_m)} \quad (4)$$

단, $T_d < T_m$ 이면 $T_d - T_m = 0$, $T_d < T_l$ 이면 $T_d - T_l = 0$ 이다.

여기서, T_d 는 난방 설정온도(°C), T_h 는 외기의 일 최고기온의 월 평균치, T_m 은 외기의 평균기온, T_l 은 외기의 일 최저기온의 월 평균치, S 는 1일 일조시간의 월 평균치(h)이다.

수정 Mihara식은 식(3)과 식(4)의 일조시간 항을 무시한 것으로써 기간난방부하를 구할 때 일조시간 대신 지중전 열부하를 경험적으로 고려하는 것이다(Woo 등, 2001).

난방디그리아워와 난방디그리데이를 구할 때 난방 설정온도는 Lee(1985)의 경우 5, 10, 15, 20°C로 Kim 등(1997)은 3, 5, 8, 10, 12°C로 Woo 등(2001)은 9, 13, 16, 20°C로 설정하여 분석하였다. ASABE(2008)의 설계기준에 의하면 대부분의 작물에 적합한 난방온도는 16°C로 되어 있다. 따라서 본 연구에서 온실의 난방 설정온도는 16°C를 중심으로 20°C까지 4단계로 하여 8, 12, 16, 20°C에 대하여 각각 구하였다.

한편, 미국농공학회에서는 난방디그리데이를 이용하여 기간난방부하를 구하는데, 난방디그리데이는 식(2)를 이용하여 구할 수 있고, 평년값을 사용해서 구하므로 간편한 방법이다. 본 연구에서는 이 방법의 적용성을 검토하기 위하여 난방디그리데이를 구하고 비교하였다.

결과 및 고찰

Table 1~Table 4는 지역별, 난방 설정온도별 난방디그리아워를 구해서 정리한 것이다. 각 표의 Standard는 태양에너지학회에서 제공하는 표준기상데이터(연간 시간별

기상자료)를 이용하여 분석한 것이고, Normal은 기상청에서 제공하는 평년값 자료(연간 일별 기상자료)를 이용하여 분석한 것이다. 30 years는 기상청에서 제공하는 전체 기상자료(1981~2010년, 30년간 시간별 기상자료)를 이용하여 매년 분석하고, 전체 평균과 최대 및 최소값을 제시한 것이다. 대부분의 작물에 적합한 난방온도는 16°C로 되어 있으므로(ASABE, 2008) 본 연구에서는 설정온도 16°C를 중심으로 난방디그리아워를 비교 검토하였다.

Fig. 1은 지역별 기상 자료별 연간 난방디그리아워를 비교한 것이다. 전체 기상자료를 이용하여 기본식으로 구한 난방디그리아워의 평균값이 표준기상데이터로 구한

Table 1. Comparison of heating degree-hour(°C·h) by weather data at the setting temperature of 8°C

Region	Standard weather data	Normal		30 years weather data		
		Mihara	Modify-M	Min.	Avg,	Max.
Seoul	23,220	18,301	22,070	14,864	23,435	36,929
Busan	9,583	7,495	8,222	4,838	10,269	19,031
Daegu	14,174	13,737	14,700	9,775	16,267	25,667
Incheon	23,648	17,521	21,617	13,994	22,757	36,372
Daejeon	21,303	16,636	19,454	13,980	22,466	36,931
Gwangju	16,480	13,451	15,068	10,299	16,904	26,729
Ulsan	13,178	10,966	11,677	7,162	14,074	35,317

Table 2. Comparison of heating degree-hour(°C·h) by weather data at the setting temperature of 12°C

Region	Standard weather data	Normal		30 years weather data		
		Mihara	Modify-M	Min.	Avg,	Max.
Seoul	37,273	30,737	36,762	27,054	37,896	54,049
Busan	20,163	16,555	19,918	13,239	21,255	33,291
Daegu	26,905	23,981	27,941	20,156	29,211	41,476
Incheon	38,423	29,311	36,595	26,375	37,529	53,677
Daejeon	35,304	29,027	33,795	25,337	36,863	54,021
Gwangju	29,720	24,687	28,691	21,090	30,138	42,736
Ulsan	25,431	21,624	24,579	15,901	25,924	36,834

Table 3. Comparison of heating degree-hour(°C·h) by weather data at the setting temperature of 16°C.

Region	Standard weather data	Normal		30 years weather data		
		Mihara	Modify-M	Min.	Avg,	Max.
Seoul	54,740	44,727	54,799	42,447	55,830	74,065
Busan	35,870	29,092	35,952	26,565	36,948	51,596
Daegu	43,140	38,019	44,723	34,145	45,922	60,515
Incheon	56,460	45,098	55,181	42,464	55,996	74,018
Daejeon	52,875	42,823	51,582	40,803	54,803	74,046
Gwangju	46,241	38,419	45,955	35,483	47,140	61,820
Ulsan	41,940	34,457	41,465	29,734	42,572	56,306

온실의 기간난방부하 산정을 위한 난방적산온도 비교분석

Table 4. Comparison of heating degree-hour($^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$) by weather data at the setting temperature of 20°C .

Region	Standard weather data	Normal		30 years weather data		
		Mihara	Modify-M	Min.	Avg.	Max.
Seoul	76,418	62,114	76,718	61,743	77,672	97,956
Busan	56,701	45,147	56,969	44,576	57,887	74,979
Daegu	63,153	53,338	65,452	52,148	66,726	83,875
Incheon	78,661	60,703	77,974	62,583	78,618	98,821
Daejeon	74,052	59,938	73,195	60,086	76,578	97,793
Gwangju	66,743	55,191	67,148	54,218	68,168	84,828
Ulsan	63,572	51,108	62,806	48,452	63,742	80,191

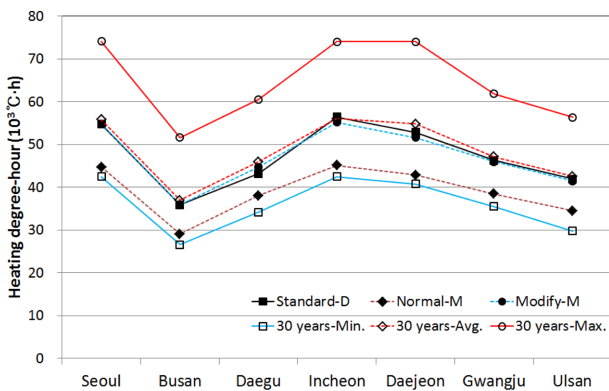


Fig. 1. Comparison of annual heating degree-hour by weather data at the setting temperature of 16°C .

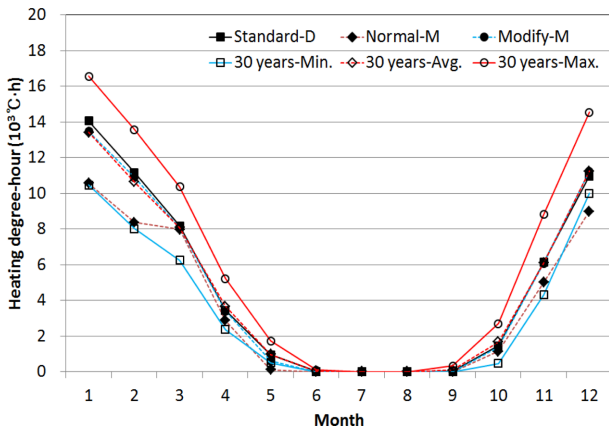


Fig. 2. Comparison of monthly heating degree-hour in Incheon by weather data at the setting temperature of 16°C .

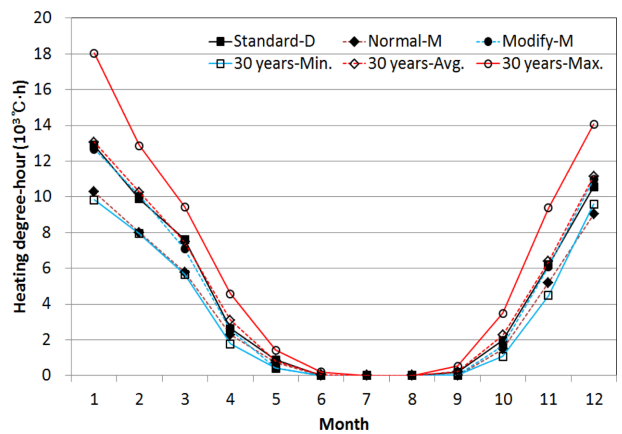


Fig. 3. Comparison of monthly heating degree-hour in Daejeon by weather data at the setting temperature of 16°C .

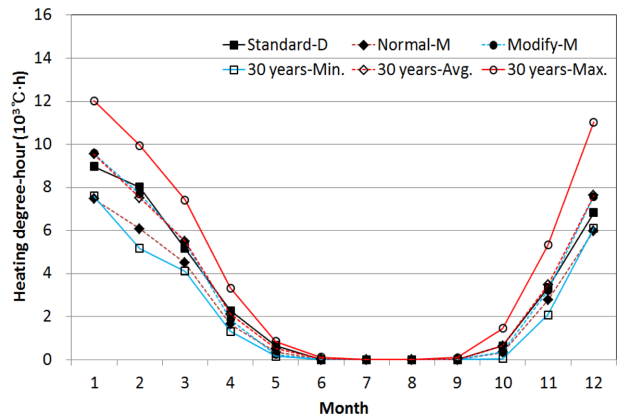


Fig. 4. Comparison of monthly heating degree-hour in Busan by weather data at the setting temperature of 16°C .

것과 잘 일치하는 것으로 나타났다. 또한 평년값을 이용하여 수정 Mihara식으로 구한 난방디그리아워도 표준기상데이터로 구한 것과 거의 비슷한 경향을 보였다. 이에 비하여 평년값을 이용하여 Mihara식으로 구한 난방디그리아워는 표준기상데이터로 구한 것 보다 훨씬 작았고 전체 기상자료의 최소값에 가까운 것으로 나타났다. Mihara식으로 구한 난방디그리아워가 작게 나온 이유는 식 (3) 및 (4)와 같이 일조시간을 고려하였기 때문으로

이는 난방디그리아워를 이용하여 기간난방부하를 구할 때 온실의 보온피복 방법별 열관류율을 일정비율 감소시킨 평균 난방부하계수를 적용하는 방법(Kim 등, 1997; JGHA, 2007)과 지역별 연간 일조시간에 따라 감소계수를 적용하는 방법(Lindley와 Whitaker, 1996)을 난방디그리아워 식에 미리 적용한 것으로 생각된다.

Fig. 2~Fig. 4는 분석에 사용한 기상자료별 난방디그리

아위의 월별 분포를 나타낸 것이다. 연간 난방디그리아 위와 마찬가지로 전체 기상자료를 이용하여 기본식으로 구한 난방디그리아위의 평균값은 표준기상데이터로 구한 것과 거의 일치하는 것으로 나타났다. 평년값을 이용하여 수정 Mihara식으로 구한 난방디그리아위도 표준기상 데이터에 의한 것과 대체로 일치하는 것으로 나타났다.

온실의 에너지 분석과 경제성 평가를 위해서는 표준기상데이터를 이용하는 것이 가장 합리적이다. 그러나 서울과 6대 광역시를 제외하고는 표준기상데이터가 제공되고 있지 않기 때문에 우리나라 각 지역의 온실 환경설계를 위한 기상자료 구축에서는 기상청에서 제공하는 전체 기상자료를 이용할 수밖에 없다. 온실의 설계를 위해서는 지역적 편차가 크기 때문에 시군 단위의 기상자료 구축이 필요하며, 최소한 현재 기상청에서 제공하고 있는 78개 지역의 기상자료 구축은 필수적이다(KMA, 2013). 표준기상데이터는 분석방법이 다양하여 국가적인 표준이 제정되어야 하지만 아직까지 그렇지 못한 실정이고, 또한 표준기상데이터의 구축에는 많은 시간과 비용이 소요되므로 온실의 환경설계용 기상자료는 별도의 분석방법을 이용할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 전체 기상자료를 이용하여 매년 월별 난방디그리아위를 구하고, 전체기간의 평균값을 설계자료로 제공하며 동시에 최대값과 최소값을 참고자료로 제공하는 것이 합리적인 것으로 판단되었다.

Table 5는 평년값 기상자료를 이용한 지역별 난방디그리데이를 난방 설정온도별로 나타낸 것이다. 난방디그리데이는 일별 자료를 이용하여 구하기 때문에 평년값 기상자료를 이용하는 것이 가능하다. 평년값 기상자료는 대부분 지역에 대하여 기상청에서 제공하고 있으므로 난방디그리데이를 분석하는 것은 비교적 간단한 편이다. 난방디그리데이는 기간난방부하 산정방법을 검토하기 위하여 분석하였으며 난방디그리아위와 비교하였다.

Fig. 5와 Fig. 6은 난방 설정온도 8°C와 16°C일 때 월별 난방디그리데이의 분포를 나타낸 것이다. 난방 설정온도 8°C일 때 난방이 전혀 필요 없는 기간 즉, 난방 적산온도가 0인 월을 살펴보면 난방디그리아위는 대부분 지역에서 5~9월(5개월)인데 반하여 난방디그리데이는 4~10월

(7개월)로 2개월의 차이가 나는 것으로 분석되었다. 실제로 우리나라 온실에서 난방이 필요한 시기는 11월부터 3월까지로 난방디그리데이가 더 잘 맞는 것으로 생각할 수도 있으나, 시간별 자료와 시간별 자료의 평균인 일별 자료를 사용하였고, 설정치 보다 낮은 값만 적산하였기 때문에 이것만으로 정확한 판단을 내리기는 곤란하다. 따라서 난방디그리아위와 난방디그리데이는 사용목적에 따라 장단점을 검토하여 채택할 필요가 있을 것으로 판단된다.

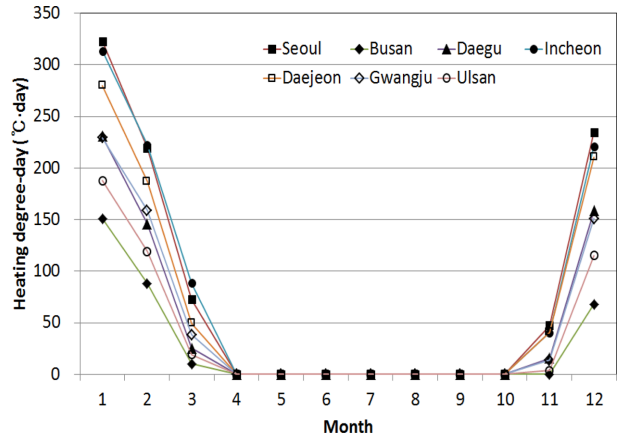


Fig. 5. Comparison of monthly heating degree-day by region at the setting temperature of 8°C.

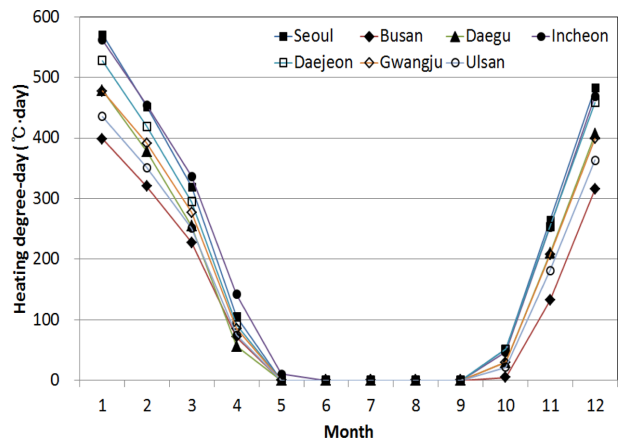


Fig. 6. Comparison of monthly heating degree-day by region at the setting temperature of 16°C.

Table 5. Annual heating degree-day using normal weather data by region and the setting temperature.

Setting temperature (°C)	Annual heating degree-day (°C·day)						
	Seoul	Busan	Daegu	Incheon	Daejeon	Gwangju	Ulsan
8	897.3	317.0	576.0	885.8	768.0	592.0	445.4
12	1,499.3	809.9	1,122.7	1,501.1	1,361.9	1,152.2	983.6
16	2,246.8	1,471.0	1,813.1	2,272.6	2,098.1	1,868.0	1,679.2
20	3,162.3	2,349.8	2,672.2	3,224.6	3,060.1	2,755.0	2,572.1

온실의 기간난방부하 산정을 위한 난방적산온도 비교분석

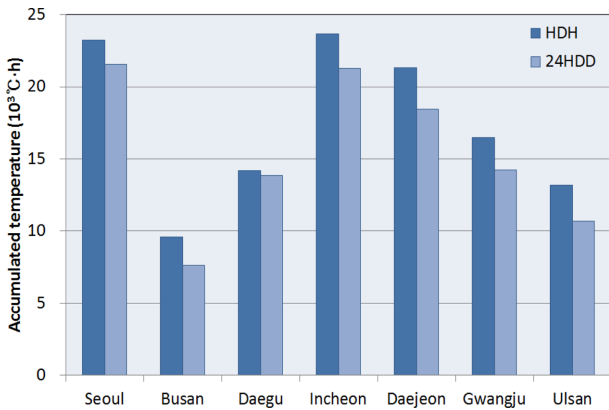


Fig. 7. Comparison between heating degree-hour and heating degree-day at the setting temperature of 8°C.

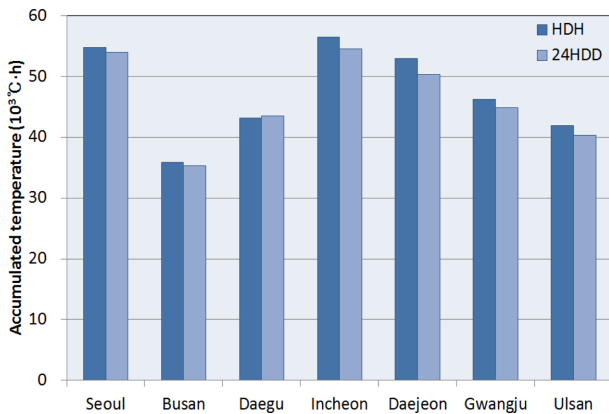


Fig. 8. Comparison between heating degree-hour and heating degree-day at the setting temperature of 16°C.

난방디그리아워는 시간별 온도차를 적산한 것이고 난방디그리데이는 일별 온도차를 적산한 것이므로 난방디그리데이(C·day)에 24배를 하면 난방디그리아워(C·h)가 되어야 한다. Fig. 7과 Fig. 8은 난방디그리아워(HDH)와 난방디그리데이의 24배(24HDD)를 비교한 것이다. Fig. 8과 같이 난방 설정온도가 높은 경우에는 난방디그리아워나 난방디그리데이로 구해 24배한 것이나 거의 일치하는 것으로 나타났다. 그러나 Fig. 7과 같이 난방 설정온도가 낮은 경우에는 차이가 비교적 큰 것으로 나타났다. 난방 설정온도 8°C일 때 HDH가 24HDD에 비하여 3~26% 크게 나왔고, 12°C일 때에는 0~8%, 16°C일 때에는 -1~5%, 20°C일 때에는 -2~3%로 나타났다. 온실의 기간난방부하 산정을 위한 설계용 기상자료를 구축함에 있어서 난방디그리데이는 난방디그리아워 보다 훨씬 간편한 방법이지만 난방 설정온도가 낮은 경우 오차가 크기 때문에 난방디그리아워 방식이 더 합리적인 방법으로 판단된다.

이상의 결과를 종합해보면 온실의 환경설계용 기상자료 구축에서 난방적산온도는 전체 기상자료(평년값과 동

일한 30년간 시간별 자료)를 이용하여 매년 난방디그리아워를 구하고 전체 자료기간의 평균값을 설계 자료로 활용할 것을 제안한다. 또한 최대 및 최소 난방디그리아워 자료를 제공함으로써 기상상황에 따른 에너지 소비량 예측 및 경제성 평가에 활용할 수 있도록 하면 좋을 것으로 판단된다.

요약 및 결론

우리나라 각 지역별 온실의 기간난방부하 산정용 난방적산온도 자료를 구축하기 위해서는 표준기상데이터가 필요하다. 그러나 국내에는 서울과 6대 광역시 등 7개 지역만 표준기상데이터가 제공되고 있어서 이를 대체할 수 있는 방법을 찾아야 한다. 전국적으로 이용이 가능한 기상자료는 기상청의 일별 평년값 자료 및 30년(1981~2010)간 매 시각 전체 기상자료이므로 이를 이용하여 난방디그리아워와 난방디그리데이를 구하였다. 표준기상데이터가 있는 7개 지역을 대상으로 평년값 자료 및 전체 기상자료를 사용하여 구한 난방디그리데이와 난방디그리아워를 표준기상데이터를 사용하여 구한 결과와 비교하였다. 전체 기상자료를 이용하여 기본식으로 구한 난방디그리아워의 평균값이 표준기상데이터로 구한 것과 잘 일치하는 것으로 나타났다. 또한 평년값을 이용하여 수정 Mihara식으로 구한 난방디그리아워도 표준기상데이터로 구한 것과 거의 비슷한 경향을 보였다. 이에 비하여 평년값을 이용하여 Mihara식으로 구한 난방디그리아워는 표준기상데이터로 구한 것 보다 훨씬 작았고 전체 기상자료의 최소값에 가까운 것으로 나타났다. 난방디그리아워와 동일한 단위로 환산했을 때, 난방 설정온도가 높은 경우에는 난방디그리데이와 난방디그리아워의 차이가 별로 없었으나, 설정온도가 낮을 경우에는 난방디그리데이 방식이 난방디그리아워 방식보다 지역에 따라 3~26%나 작게 나타나는 것으로 분석되었다. 난방디그리데이는 평년값을 이용하여 기본식으로 구할 수 있기 때문에 간편한 방법이지만 설정온도가 낮을 경우 오차가 크게 발생되므로 난방디그리아워 방식이 더 합리적인 방법으로 판단된다. 결론적으로 온실의 환경설계용 기상자료 구축에서 난방적산온도는 평년값과 동일한 30년간의 시간별 기상자료를 이용하여 매년 난방디그리아워를 구하고 전체 자료기간의 평균값을 설계 자료로 활용할 것을 제안한다. 또한 최대 및 최소 난방디그리아워 자료를 제공함으로써 기상상황에 따른 에너지 소비량 예측 및 경제성 평가에 활용할 수 있도록 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

추가주제어 : 난방디그리데이, 난방디그리아워, 에너지예측, 평년값, 표준기상데이터

사 사

본 연구는 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임.

Literature Cited

- ASABE. 2008. Standard: Heating, ventilating and cooling greenhouses, ANSI/ASAE EP406.4. American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Cho, S.H., S.S. Kim and C.Y. Choi. 2010. Study on the revision of HDD for 15 main cities of Korea. *Korea Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering* 22(7): 436-441 (in Korean).
- JGHA. 2007. Handbook of protected horticulture 5th edition. Japan Greenhouse Horticulture Association. p.127-152 (in Japanese).
- 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.
- Kim, D.C., S.H. Kim, J.S. Seo, S.G. Lee and J.S. Geum. 1996. Development of the standard computer software and weather data for cooling and heating load calculation. Ministry of Commerce and Industry. p.115-142 (in Korean).
- Kim, M.K., S.G. Lee, W.M. Seo, and J.E. Son. 1997. Design standards for greenhouse environment. Rural Development Corporation. p.130-137 (in Korean).
- KMA. 2013. Weather data(1981-2010). Korea Meteorological Administration.
- Ko, J.K., M.K. Kim, S.G. Lee, W.M. Seo and H.R. Choi. 1990. Agricultural structures engineering. Seoul National University Press. p.373-379 (in Korean).
- KSES. 2013. Korean Standard Weather Data. The Korean Solar Energy Society.
- Lee, S.B., I.B. Lee, S.W. Hong, I.H. Seo and P.J. Bitog. 2012. Prediction of greenhouse energy loads using building energy simulation. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 54(3): 113-124 (in Korean).
- Lee, S.G. 1985. Analysis of the heating degree hour for greenhouses. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 27(3): 85-96 (in Korean).
- Lindley, J.A. and J.H. Whitaker, 1996, Agricultural buildings and structures, ASAE. p.471-479.
- Mihara, Y., 1978, Computation formula for greenhouse heating degree hour with consideration for sunshine, *Journal of Agricultural Meteorology* 34(2): 83-85.
- Nam, S.W. 2013. Present status of design technology for greenhouse environment and comparison of design weather data. *Magazine of the Korean Society of Agricultural Engineers* 55(4): 28-36 (in Korean).
- Pedersen, L. 2007. Use of different methodologies for thermal load and energy estimations in buildings including meteorological and sociological input parameters. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 11: 998-1007.
- SAREC. 2011. Handbook of facilities engineering. Vol. 2 Air-conditioning. The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea. p.1-22 (in Korean).
- Woo, Y.H., T.Y. Kim and I.H. Cho. 2001. Decision of period heating load with consideration for soil heat flux of greenhouse. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* 42(5): 523-526 (in Korean).
- Yoo, H.C. 2011. A Study on the weather data with climate change scenarios in relation to building energy performance. Ministry of Education and Science Technology. p.7-16 (in Korean).
- Yoon, J.H. 2003. Domestic and international status of standard weather data for evaluation of building energy performance. *Magazine of the SAREK* 32(8): 7-14 (in Korean).