월별 전자기후도를 이용한 생장도일 분포도 제작에 관하여

김진희 · 윤진일*

경희대학교 생태시스템공학과

(2008년 2월 15일 접수; 2008년 3월 14일 수락)

On Mapping Growing Degree-Days (GDD) from Monthly Digital Climatic Surfaces for South Korea

Jin-Hee Kim and Jin I. Yun*

Department of Ecosystem Engineering, Kyung Hee University

(Received February 15, 2008; Accepted March 14, 2008)

ABSTRACT

The concept of growing degree-days (GDD) is widely accepted as a tool to relate plant growth, development, and maturity to temperature. Information on GDD can be used to predict the yield and quality of several crops, flowering date of fruit trees, and insect activity related to agriculture and forestry. When GDD is expressed on a spatial basis, it helps identify the limits of geographical areas suitable for production of various crops and to evaluate areas agriculturally suitable for new or non-native plants. The national digital climate maps (NDCM, the fine resolution, gridded climate data for climatological normal years) are not provided on a daily basis but on a monthly basis, prohibiting GDD calculation. We applied a widely used GDD estimation method based on monthly data to a part of the NDCM (for Hapcheon County) to produce the spatial GDD data for each month with three different base temperatures (0, 5, and 10°C). Synthetically generated daily temperatures from the NCDM were used to calculate GDD over the same area and the deviations were calculated for each month. The monthly-data based GDD was close to the reference GDD using daily data only for the case of base temperature 0°C. There was a consistent overestimation in GDD with other base temperatures. Hence, we estimated spatial GDD with base temperature 0°C over the entire nation for the current (1971-2000, observed) and three future (2011-2040, 2041-2070, and 2071-2100, predicted) climatological normal years. Our estimation indicates that the annual GDD in Korea may increase by 38% in 2071-2100 compared with that in 1971-2000.

Key words : Growing degree days, Gridded data, Geospatial climatology, Heat units, Thermal time

I. 서 론

기후자료 가운데 가장 많이 이용하는 것이 월별 최고, 최저, 평균기온 및 강수량이다. 월별 기후자료는 한 지역의 일반적인 기후특성을 나타내므로 지역간 기후의 비교에 유용하다. 월별 기후자료를 충분히 높은 공간해상도로 얻을 수 있다면 농작물의 적지선정, 신

기술 도입 등 농업분야에서 요긴하게 사용할 수 있으므로 우리나라에서는 이미 전자기후도라는 이름으로 1971-2000년 평년의 월별 최고, 최저기온자료가 사방 30m 격자단위로 남한 전역에 걸쳐 작성된 바 있다 (Yun, 2007). 하지만 월별 기후요약은 농작물 생육이나 생물계절의 주요 단계를 나타내기에는 너무 일반적 이어서 농업적 활용은 제한적이다. 식물의 생장과 발

육은 기온의 적산이나 한계온도와 밀접한 관련이 있기 때문에 일별 평균기온이나 극기온(최고, 최저기온)이 농업적 활용 면에서 더욱 유용하다.

생장도일(growing degree days, GDD)은 일별 기온자료가 영농에 활용되는 좋은 사례로서, 옥수수의 생장은 기온이 10°C 이상이 되어야 시작되며 30°C까지는 생장속도가 기온상승과 비례한다. 성숙기까지 축적되는 GDD를 일별 기온에 의해 품종 별로 계산해 두면 농작물이 그 지역에 적응할 수 있는지 판단하는데 달력날짜보다 훨씬 유용하다. 이것을 넓은 지역에 적용하여 GDD의 분포도를 작성하면 수목이나 작물의 기후학적 적응도 판단의 기준으로 활용할 수 있어 농업기후지대 구분에 많이 이용되어왔다(Booth, 1990; Mackay *et al.*, 1996; Coops *et al.*, 2001). 전 국토에 대하여 30m 공간해상도로 GDD 분포도를 작성할 수 있다면 현재의 기후조건에서 적지적작, 적지적수를 위한 토대를 마련할 수 있을 뿐 아니라 기후변화에 따른 향후 우리나라 농림업 분야 적응방안을 도출하는데 큰 도움이 될 것이다.

이미 제작된 월별 전자기후도의 농업분야 활용성을 높이기 위해서는 전자기후도에 근거한 GDD분포도 및 파생정보의 생산이 한 가지 방안이 될 수 있다. 본 연구에서는 일별 기온자료 대신 월별 기온자료에 근거하여 GDD분포도를 제작할 수 있는지 검토하고 발생 가능한 문제점을 부각시켜 향후 전자기후도의 활용성 및 신뢰도를 제고하고자 하였다. 이를 위해 농림부 전자기후도 데이터베이스 (1971-2000년 평균 월별 최고 및 최저기온, 격자간격 30m)에서 경남 합천군의 자료를 발췌하고, (1) 이로부터 날씨생성기에 의해 일별 기온자료를 만들어 GDD 분포도를 제작하여 이를 검증기준으로 삼고, (2) 월별 기온자료를 그대로 이용하는 고전적인 방법에 의해 전자기후도를 직접 GDD 분포도로 변환시킨, 소위 “유사 GDD분포도”를 제작하여 검증기준과 비교하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 연구대상지역의 지형과 평년기후

농림부 전자기후도 데이터베이스에서 경상남도 합천군에 해당되는 자료를 발췌하였다(Yun, 2007). 합천군은 16개의 표준유역으로 이루어져 있으며, 전체 격자점은 1,935,584개로서 해발고도는 최저점 10m, 최고점 1,420m이다. 지형은 평균 경사도 16도, 최대경사도 50.4도이다(Fig. 1). 관내 합천기상관측소(북위 35° 33', 동경 128° 10', 해발고도 33m)의 1971-2000년 연평균기온은 12.6°C이지만 전자기후도로 표현할 경우 최저 6.1°C에서 최고 13.6°C로서 변이가 심하며 전체 평균기온은 11.7°C이다(Table 1).

2.2. 월별 기온자료로부터 GDD 계산

월별 기온자료로부터 GDD를 추정하는 방법은 오래

Fig. 1. Topography of the study area represented by elevation (in m) with the location of Hapcheon Weather Station.

Table 1. Monthly mean temperature observed at Hapcheon Weather Station for 1971-2000. Spatial maximum, minimum and mean values are also provided for Hapcheon County extracted from the National Digital Climatic Map database (in °C)

		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Ann
Hapcheon Station		-0.7	1.4	6.4	12.9	17.7	21.7	25.0	25.3	20.3	13.9	7.2	0.3	12.6
Digital Climatic Map	max	0.7	2.4	7.1	13.2	17.9	22.2	25.7	26.2	21.4	15.3	8.6	2.8	13.6
	min	-7.5	-6.2	-1.1	6.8	11.8	15.3	18.0	17.9	12.9	7.5	1.9	-3.6	6.1
	mean	-1.5	0.3	5.1	11.4	16.3	20.5	24.0	24.3	19.3	13.2	6.7	1.0	11.7

Table 2. The factors H and L used in computing degree-days (Adapted from Thom, 1954)

H	L	H	L	H	L	H	L
-0.70	0.70	-0.32	0.39	0.05	0.17	0.42	0.05
-0.69	0.70	-0.31	0.38	0.06	0.17	0.43	0.05
-0.68	0.69	-0.30	0.38	0.07	0.16	0.44	0.04
-0.67	0.68	-0.29	0.37	0.08	0.16	0.45	0.04
-0.66	0.67	-0.28	0.36	0.09	0.15	0.46	0.04
-0.65	0.66	-0.27	0.36	0.10	0.15	0.47	0.04
-0.64	0.65	-0.26	0.35	0.11	0.14	0.48	0.04
-0.63	0.64	-0.25	0.34	0.12	0.14	0.49	0.03
-0.62	0.63	-0.24	0.34	0.13	0.13	0.50	0.03
-0.61	0.62	-0.23	0.33	0.14	0.13	0.51	0.03
-0.60	0.61	-0.22	0.32	0.15	0.13	0.52	0.03
-0.59	0.60	-0.21	0.32	0.16	0.12	0.53	0.03
-0.58	0.59	-0.20	0.31	0.17	0.12	0.54	0.03
-0.57	0.58	-0.19	0.30	0.18	0.11	0.55	0.03
-0.56	0.58	-0.18	0.30	0.19	0.11	0.56	0.02
-0.55	0.57	-0.17	0.29	0.20	0.11	0.57	0.02
-0.54	0.56	-0.16	0.29	0.21	0.10	0.58	0.02
-0.53	0.55	-0.15	0.28	0.22	0.10	0.59	0.02
-0.52	0.54	-0.14	0.27	0.23	0.10	0.60	0.02
-0.51	0.53	-0.13	0.27	0.24	0.09	0.61	0.02
-0.50	0.53	-0.12	0.26	0.25	0.09	0.62	0.02
-0.49	0.52	-0.11	0.25	0.26	0.09	0.63	0.02
-0.48	0.51	-0.10	0.25	0.27	0.08	0.64	0.02
-0.47	0.50	-0.09	0.24	0.28	0.08	0.65	0.01
-0.46	0.50	-0.08	0.24	0.29	0.08	0.66	0.01
-0.45	0.49	-0.07	0.23	0.30	0.07	0.67	0.01
-0.44	0.48	-0.06	0.23	0.31	0.07	0.68	0.01
-0.43	0.47	-0.05	0.22	0.32	0.07	0.69	0.01
-0.42	0.47	-0.04	0.22	0.33	0.07	0.70	0.01
-0.41	0.46	-0.03	0.21	0.34	0.06	0.71	0.01
-0.40	0.45	-0.02	0.20	0.35	0.06	0.72	0.01
-0.39	0.44	-0.01	0.20	0.36	0.06	0.73	0.01
0.38	0.44	0.00	0.19	0.37	0.06	0.74	0.01
-0.37	0.43	0.01	0.19	0.38	0.06	0.75	0.01
-0.36	0.42	0.02	0.18	0.39	0.05	0.76	0.01
-0.35	0.41	0.03	0.18	0.40	0.05	0.77	0.01
-0.34	0.41	0.04	0.17	0.41	0.05	0.78	0.00
-0.33	0.40						

To obtain L, the following equation was used to calculate H : $H = \frac{(T_a - T_b)}{\sigma \cdot \sqrt{N}}$

where T_a is monthly mean temperature, T_b is base temperature, σ is standard deviation of the monthly mean temperature, and N is number of days in the month. For $H \geq 0.78$, $L=0$; For $H \leq -0.70$, $L=-H$

전에 Thom(1954)에 의해 발표되었으며, 캐나다 농업 부에서는 이 방법을 토대로 주요 지역에 대해 다양한 기준온도에서의 GDD를 계산하여 영농지도에 활용한 바 있다(Edey, 1977). 월별로 GDD 추정에 사용되는

식은

$$GDD = N \cdot [(T_a - T_b) + L \cdot \sigma \cdot \sqrt{N}] \quad (1)$$

이다. 이 식에서 N 은 해당 월의 날수, T_a 는 월 평균

기온, T_b 는 임계온도(생장개시온도), σ 는 월평균기온의 표준편차, 그리고 L 은 비례상수로서 Table 2로부터 얻어진다.

식 (1)과 Table 2에 의해 합천지역 내 1,935,584개의 격자점 월별 GDD를 계산하였다. 이 때 생육임계온도(T_b)는 0, 5, 10°C 등 3종으로 두었다. 월 평균기온의 표준편차(σ)는 합천기상관측소에서 1971-2000년 기간 중 관측된 일 평균기온의 월별 표준편차로 대체하였다.

2.3. 검증기준 GDD 준비

2.3.1. 월별 기온자료로부터 일별 기온자료의 생성

월별 기후자료로부터 일별 혹은 시간별 기상자료를 복원하는 방법 가운데 하나는 날씨생성기(weather generator)를 이용하는 것이다. 미국의 경우 장기간의 기상자료를 분석하여 기온의 장단기 변동을 몇 개의 모수로 표현하는 통계학적 방법이 개발되어 월별 평균으로부터 일별 자료를 생성하는데 널리 활용되고 있다(Hutchinson, 1986). 일본 기상청에서는 평년의 월별 기온자료를 일별 최고, 최저기온값으로 변환하는데 일종의 Fourier 함수인 조화해석법을 사용한다(Seino, 1993). 이 방법에서는 월별 기온값 12개로부터 365개의 일별 기온을 얻기 위해 주기가 1/6~1년인 6개 사인곡선의 합으로 기온값을 표현한다. 월일을 각각 i, j 로 두면, 일의 월 날짜 j 의 기온 T_j 는 3월에서 7월까지

$$T_j = B_0 + \sum_{k=1}^6 \left[B_k \cos \frac{(j+16)}{365} 2\pi \cdot k \right] + \sum_{k=1}^6 \left[C_k \sin \frac{(j+16)}{365} 2\pi \cdot k \right] \quad (2)$$

8월에서 2월까지

$$T_j = B_0 + \sum_{k=1}^6 \left[B_k \cos \frac{(j+15)}{365} 2\pi \cdot k \right] + \sum_{k=1}^6 \left[C_k \sin \frac{(j+15)}{365} 2\pi \cdot k \right] \quad (3)$$

로 표현되며, 이 식에서

$$B_0 = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} (T_i)$$

$$B_k = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^{12} \left(T_i \cos \frac{ik\pi}{6} \right)$$

$$C_k = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^{12} \left(T_i \sin \frac{ik\pi}{6} \right)$$

이다. 본 연구에서는 이 방법을 합천군 내 1,935,584개의 격자점에 대하여 각각 적용하여 월별 기온자료(최고기온 12개, 최저기온 12개)로부터 일별 기온자료를 생성하고 최고기온 365개, 최저기온 365개의 자료표면(ArcGIS GRID)에 저장하였다.

2.3.2. 기준 GDD 계산

앞에서 월별 기온자료에 의해 추정된 월별 GDD를 검증하기 위해 기준 GDD를 작성하였다. 우선 매일 평균기온과 생육임계온도 간 차에 해당하는 하루단위 열량(daily heat contribution, DHC)은 다음 식으로 계산하였다.

$$DHC = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_b \quad (4)$$

GDD는 온도가 상승할수록 식물의 생장량이 비가역적으로 늘어나는 것을 표현하는 것이므로 생육임계온도 이하의 저온조건에서 마이너스 생장이 발생하는 것을 막기 위해 이 식을 적용할 때 일 최저기온이 생육임계온도보다 낮을 경우 일 최저기온을 생육임계온도로 대체한다. 또한 30°C 이상의 고온조건에서는 대부분 식물의 급격한 호흡량 증가 때문에 계산된 GDD와 무관하게 실제로는 생장량이 축적되지 않을 수 있으므로 일 최고기온의 상한은 30°C로 둔다. 앞서 작성된 365개씩의 일 최고최저기온 표면(ArcGIS GRID)을 월별로 나누고 해당 월의 날짜별로 모든 격자점에 대해 식을 적용하였다. 월별 적산 GDD는 다음 식에 의해 계산하였다(Neild *et al.*, 1978).

$$GDD = \sum_{\max} (DHC, 0) \quad (5)$$

III. 결과 및 고찰

3.1. 월별 기온자료에 근거한 GDD 분포도의 신뢰성

먼저 합천기상관측소의 1971-2000년 (30년) 평년 일 기온자료를 식 (4)와 (5)에 대입하여 계산한 GDD를, 같은 관측소의 평년 월 평균기온과 식 (1)에 의해 추정한 GDD와 비교해 보면 생육임계온도별 최대편차

Table 3. Comparison of the spatial maximum and minimum values in GDD based on monthly and daily temperature data across 1,935,584 grid cells comprising Hapcheon County. Annual sums were obtained by using the data from March to November. For comparison, GDD based on daily temperature observations at Hapcheon Weather Station and their monthly mean are provided

	Hapcheon Station (Daily)			Hapcheon Station (Monthly)			Monthly data derived GDD						Daily data derived GDD					
	0	5	10	0	5	10	0		5		10		0		5		10	
							min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Mar	199	0	0	198	0	0	18	221	0	0	0	0	0	222	0	0	0	0
Apr	388	233	78	387	237	90	203	395	84	245	12	156	194	389	0	239	0	98
May	549	394	239	549	394	239	367	556	212	401	90	246	359	549	204	394	0	239
Jun	651	496	341	651	501	351	459	665	309	515	159	365	458	662	308	512	158	362
Jul	775	620	465	775	620	465	558	795	403	640	248	485	551	786	396	631	241	476
Aug	785	630	475	784	629	474	555	810	400	655	245	500	551	796	396	641	241	486
Sep	608	453	298	609	459	309	386	641	236	491	95	341	386	641	236	491	86	341
Oct	432	277	122	431	276	125	233	475	97	320	23	191	236	476	0	321	0	166
Nov	217	62	0	216	84	0	75	258	18	170	0	0	76	260	0	151	0	0
Ann	4605	3165	2018	4600	3200	2053	2854	4816	1759	3437	872	2284	2811	4781	1540	3380	726	2168

가 1.5% 미만으로 양자 간 실질적인 차이가 없다고 할 수 있다(Table 3).

이러한 양상이 지역 전체로 확장될 수 있는지 살펴 보기 위해 먼저 1,935,584개의 합천지역 전체 격자점 월별 기온자료를 이용하여 생육임계온도를 0, 5, 10°C로 두고 식(1)에 의해 GDD를 추정하였다. 이렇게 월별자료에 의해 계산된 GDD의 신뢰성 검증을 위해 같은 지역의 일별 기온자료를 근거로 식 (4)와 (5)에 의해 계산된 결과와 비교하였다. 3월부터 11월까지 GDD를 누적시켜 보면 생육임계온도가 0°C일 경우 식 (1)에 의한 추정 GDD는 격자점에 따라 13에서 72, 전체 격자점에서 평균 22만큼 기준값에 비해 큰 값을 나타냈다. 이를 백분율로 표현하면 평균 0.5% 과다추정으로서, 일별 기온자료 대신 월별 기온자료에 의해 GDD를 추정하여도 실용상 문제가 없을 것으로 판단 된다. 하지만 생육임계온도가 5°C일 경우 오차는 평균 +90으로서 3.1% 과다추정이며, 10°C일 경우 평균 +256 과다추정으로서 오차 백분율은 15.3%에 이른다. 식 (1)은 월 평균기온에 의한 GDD 추정시 나타나는 오차를 줄이기 위해 생육임계온도와 평균기온간 차이에 따라 보정값을 적용한다. 즉 이른 봄이나 늦가을 등 기온이 낮은 시기에는 GDD를 올려주고, 여름에는 낮춰서 연중 적산 GDD를 실제값에 근접시키는 방법이다. Table 2에는 북미대륙에서 얻은 장기간 기후자료에 근거하여 도출된 경험적인 보정값이 수록되어 있

다. 하지만 합천군의 경우 이 방법을 적용하여도 임계온도를 올릴 경우 6월과 9월을 제외한 시기(이른봄, 늦가을, 한여름)에는 보정효과가 충분치 못하여 오차가 점점 커지는 것으로 보인다. 격자점에 따라서 이 오차는 더욱 커지므로 월별 기온자료에 근거한 GDD 추정값이 일별 기온자료에 의해 계산한 GDD를 대체하기 어렵다.

합천기상관측소의 1971-2000년 (30년) 평년 일 기온자료에 의해 계산된 월별 GDD를, 월별 기온자료에 의해 작성된 합천지역 1,935,584개 격자점 GDD의 범위와 비교해보면 평균값이 아니라 항상 거의 최대값에 가까운 것으로 나타났다. 따라서 합천기상관측소의 기온자료에 의해 단일 GDD를 계산하고 이를 합천지역 전체의 영농의사결정(예, 품종 및 작부체계 선택)에 활용하기 보다는 전자기후도에 의해 추정된 격자점별 GDD를 따로 추정하여 각각의 경우에 적용하는 것이 합리적이다.

월별 기온자료를 이용한 GDD 분포도를 기준 분포도와 비교하여 오차의 공간변이를 살펴 본 것이 Fig. 2이다. 평야지에서는 큰 차이가 없지만 산간, 계곡, 저지대 등 지형이 복잡해질수록 오차값이 커지는 경향을 볼 수 있다. 이는 냉기유입, 온난대효과, 사면일사효과 등 지형이 복잡할수록 그 효과가 두드러지는 전자기후도의 특성에 기인하며, 전자기후도의 신뢰성에 비추어 이 양상이 실제로 가까울 것으로 기대한다.

Fig. 2. Spatial pattern of percent deviation in GDD based on monthly data from the reference GDD based on daily data at base temperatures of 0, 5, and 10°C.

Fig. 3. Distribution of GDD based on monthly temperature data for South Korea at a 30m resolution for the current normal year (1971-2000). A zoomed image is provided for Hapcheon County.

3.2. 기후변화시나리오에 따른 남한 GDD 분포 예측

이 연구를 통해 실용성이 확인된 생육임계온도 0°C의 GDD 추정방법을 남한 전역 전자기후도에 적용하여 현재평년의 GDD 분포도를 30m 해상도로 작성하였다. 또한 IPCC SRES A2 시나리오에 근거하여 제작된 한반도 25km 해상도 미래 100년간 기온자료를 기상연구소로부터 수집하여 Yun(2006)의 방법에 의해 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100년 기간의 월별 기온자료를 30m 공간해상도로 생산하고 이를 이용하여 3개 평년의 GDD를 역시 30m 해상도로 추정하였다. 그 결과 현재 평년의 GDD는 제주도를 제외한 전국 평균이 4,432인데, 국토를 구성하는 103,098,056개의 30m×30m 격자점 가운데 가장 낮은 GDD는 2,125, 최대값은 5,663이다(Fig. 3).

SRES A2 시나리오에 따른 지구온난화를 고려하면 2011-2040년 기간에 전국평균 GDD는 4,898로서 현재평년에 비해 약 10% 증가할 것으로 예상되었다. 최대값 역시 6,242로서 거의 비슷한 증가율을 보였지만 최소값은 2,570으로 약 20% 정도 증가하는 것으로

Fig. 4. Spatial pattern of percent change in GDD estimated for the future normal years (2011-2040, 2041-2070, and 2071-2100) under the IPCC SRES A2 scenario. GDD was calculated based on monthly temperature data with base temperatures of 0°C.

나타났다. 2041-2070년 기간에는 전 국토의 평균 GDD가 5,456으로서 현재의 평균 4,432에 비해 23% 증가할 것으로 예상된다. 지역별로는 전국에서 가장 큰 값을 갖는 격자점은 6,874로서 21% 증가하지만, 가장 적은 격자점에서는 3,073을 기록해 현재에 비해 45%나 증가한다. 나아가 2071-2100년 기간에는 전국 평균 GDD가 현재보다 38% 증가한 6,093에 달할 것으로 예상되며, 최대 격자점에서 7,519, 최소 격자점에서 3,676으로서 현재에 비해 각각 33 및 73% 더 늘어날 것으로 예상된다. 이 결과는 현재 GDD가 충분하여 주요작물의 주생산지 역할을 하는 평야지대에 비해 GDD가 부족한 고랭지에서 더욱 증가경향이 뚜렷할 것임을 말한다. 강원고랭지의 경우 100년 후에는 최소한 현재보다 1.5배의 GDD를 갖게 되어 우리나라 농업기후지대 구분 및 작부체계에 커다란 변화가 예상된다(Fig. 4). 같은 자료에 의해 벚꽃 개화시기를 예상한 Yun(2006)에 따르면 100년 후에는 영남뿐 아니라 전남지방 대부분과 경북북부내륙 및 동해안지방에서도 3월 상순 이전에 벚꽃의 개화를 볼 수 있을 것이라 하였는데, 생장도일의 증가는 개화 이후 식물의 생장과 발육, 나아가 작물의 품질과 수량에도 큰 변화를 가져올 것이다.

월별 기온자료를 이용하여 GDD를 추정하는 방법은 기준온도 0°C 이상의 적산온도의 경우에만 실용성이 인정되므로 대부분 작물의 생육임계온도가 0°C 이상인 점을 감안하면 사실상 농업 분야 활용에 한계가 있다. 현재의 컴퓨터성능과 정보처리기술만으로도 전자기후도(평년 월별 기후자료)로부터 월별 기상자료를 복원하는 일이 어렵지 않으므로 굳이 월별 기온자료를 이용하여 GDD를 추정하는 방법을 개선하기 위해 애쓸 필요는 없을 것이다. 월별자료를 이용할 경우 적산온도 분포뿐 아니라 서로 다른 식물의 생육개시일자의 분포도를 제작할 수 있으며, 생육기간 중 GDD 분포, 특정 GDD 도달에 걸리는 시간의 분포까지 정확하게 구할 수 있어 그 활용성이 크게 확장된다.

적 요

생장도일을 품종별로 계산해 두면 농작물의 지역 적응여부를 판단하는데 유용하며, 넓은 지역에 적용하여 분포도를 작성하면 수목이나 작물의 기후학적 적응도 판단의 기준으로 활용할 수 있어 농업기후지대 구분에

이용된다. 이미 제작된 30m 해상도 전자기후도를 이용하여 생장도일(GDD) 분포도를 작성할 수 있다면 현재의 기후조건에서 적지적작, 적지적수를 위한 토대를 마련할 수 있을 뿐 아니라 기후변화에 따른 향후 우리나라 농업 분야 적응방안을 도출하는 데 큰 도움이 될 것이다. 전자기후도 형태로 공급되는 기후학적 평년의 월별 기온자료에 의해 식물의 생장도일 분포도를 작성할 수 있는지를 경남 합천지역을 대상으로 검토한 결과, 생육임계온도 0°C에서 계산된 GDD만이 월별 기온자료에 의해 계산된 GDD와 그 값이 유사했으며, 생육임계온도가 5°C와 10°C로 높아질수록 오차가 급격하게 증가하여 실용성이 떨어지는 것으로 나타났다. 실용성이 인정되는 기준온도 0°C에서 1971-2000년 평년의 남한 전역 GDD를 30m 해상도로 추정하고, 이것을 IPCC SRES A2 시나리오(2011-2040, 2041-2700, 2071-2100년)에서 예상되는 미래 GDD 분포와 비교한 결과 100년 후에는 현재의 GDD보다 약 38% 증가할 것이며 그 증가폭은 평야지보다는 고랭지에서 현저하게 나타날 것으로 예상되었다.

감사의 글

한반도 기후시나리오를 제공한 기상연구소 기후연구실에 감사드린다. 이 연구는 농림부 농림기술개발사업(과제명: 전자기후도 기반 유역단위 농업기상예보시스템)의 지원으로 이루어졌다.

REFERENCES

- Booth, T. H., 1990: Mapping regions climatically suitable for particular tree species at a global scale. *Forest Ecology and Management* **36**, 47-60.
- Coops, N., A. Loughhead, and P. Ryan, 2001: Development of daily spatial heat unit mapping from monthly climatic surfaces for the Australian continent. *International Journal of Geographical Information Science* **15**, 345-361.
- Edey, S. N., 1977: *Growing Degree-Days and Crop Production in Canada*. Agriculture Canada Publication 1635, 63pp.
- Hutchinson, M. F., 1986: Methods of generating weather sequences. *Agricultural Environments*, A. H. Bunting (Ed.), C. A. B. International, Wallingford, 147-157.
- Mackey, B. G., D. W. McKenny, Y. Yang, J. P. McMahon, and M. F. Hutchinson, 1996: Site regions revisited: a climatic analysis of Hill's site regions for the province of Ontario using a parametric method. *Canadian Journal of*

- Forest Research* **26**, 333-354.
- Neild, R. E., M. W. Seeley, and N. H. Richman, 1978: The computation of agriculturally oriented normals from monthly climate summaries. *Agricultural and Forest Meteorology* **19**, 181-187.
- Seino, H., 1993: An estimation of distribution of meteorological elements using GIS and AMeDAS data. *Journal of Agricultural Meteorology (Japan)* **48**, 379-383. (In Japanese with English abstract)
- Thom, H. C. S., 1954: The relationship between heating degree-days and temperature. *Monthly Weather Review* **82**(9), 1-6.
- Yun, J. I., 2006: Climate change impact on the flowering season of Japanese cherry (*Prunus serrulata* var. *spontanea*) in Korea during 1941-2100. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **8**, 68-76. (in Korean with English abstract)
- Yun, J. I., 2007: Applications of "High Definition Digital Climate Maps" in restructuring of Korean agriculture. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **9**, 1-16. (in Korean with English abstract)