

TECHNICAL NOTE

현장 관측 자료를 이용한 금오산 계명대학교 동영학술림 부근의 생물기후환경 분석

김하영 · 박수진 · 김해동^{1)*}

계명대학교 환경과학과, ¹⁾계명대학교 자연과학대학 환경학부 지구환경학전공

Analysis of Bioclimatic Variables in Mt. Geumo Region Adjacent to Keimyung Dongyeong Forest

Ha-Young Kim, Soo-Jin Park, Hae-Dong Kim^{1)*}

Department of Environmental Science, Keimyung University, Daegu 42601, Korea

¹⁾*Major in Global Environment, Faculty of Environment, College of Natural Sciences, Keimyung University, Daegu 42601, Korea*

Abstract

Eight years (2014–2021) of climate data were collected from an automatic weather observation system installed at the foot of Mt. Geumo in Chilgok, Gyeongbuk. Using these data, we investigated local bio-climatological indices (warmth index, WI; coldness index, CI; and effective accumulated temperature, EAT) of the mountain region adjacent to the Keimyung Dongyeong forest. The study area's WI and CI were 109.3°C and -11.3°C per month, respectively, averaged across 8 years. These values are indicative of an evergreen broad-leaved forest in the warm temperate climate zone, suitable for cultivating sweet persimmons and figs. Additionally, EAT in Dongyeong was 2,113.7°C, averaged across 8 years, suitable for growing crops such as corn, soybean, and potato.

Key words : Bio-climatological indices, Effective accumulated temperature, Warmth index, Coldness index

1. 서 론

기후란 어떤 지역에서 정상적으로 나타나는 대기의 상태를 가리키는 말이다. 그리고 기후를 나타내는 데에는 기온과 강수량을 이용하는 빈도가 가장 높다. 이 두 가지 기후요소를 단독으로 또는 조합하여 기후지수를 작성하였을 때 자연환경의 분포와 대응이 좋은 것으로 알려져 있다(Mizukoshi and Yamashita, 1993). 식물

의 성장 및 분포와 관련 있는 기후지수로는 온량지수(Warmth Index, WI), 한랭지수(Coldness Index, CI), 유효적산온도(Effective Accumulated Temperature, EAT) 등이 있다. 그 중 온량지수와 한랭지수는 식물의 성장과 생육을 위해 일정 수준의 유효열량이 필요하다는 개념으로 Kira(1945)에 의해 제안되었으며, 산림 및 농업 식생의 분포, 식생대의 공간적인 이동 및 변화 등 기온을 활용한 기후 분석에 여전히 널리 사용되고 있다.

Received 23 February, 2023; Revised 30 March, 2023;

Accepted 5 April, 2023

*Corresponding author : Hae-Dong Kim, Major in Global Environment, Faculty of Environment, College of Natural Sciences, Keimyung University, Daegu 42601, Korea.
Phone : +82-53-580-5930
E-mail : khd@kmu.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

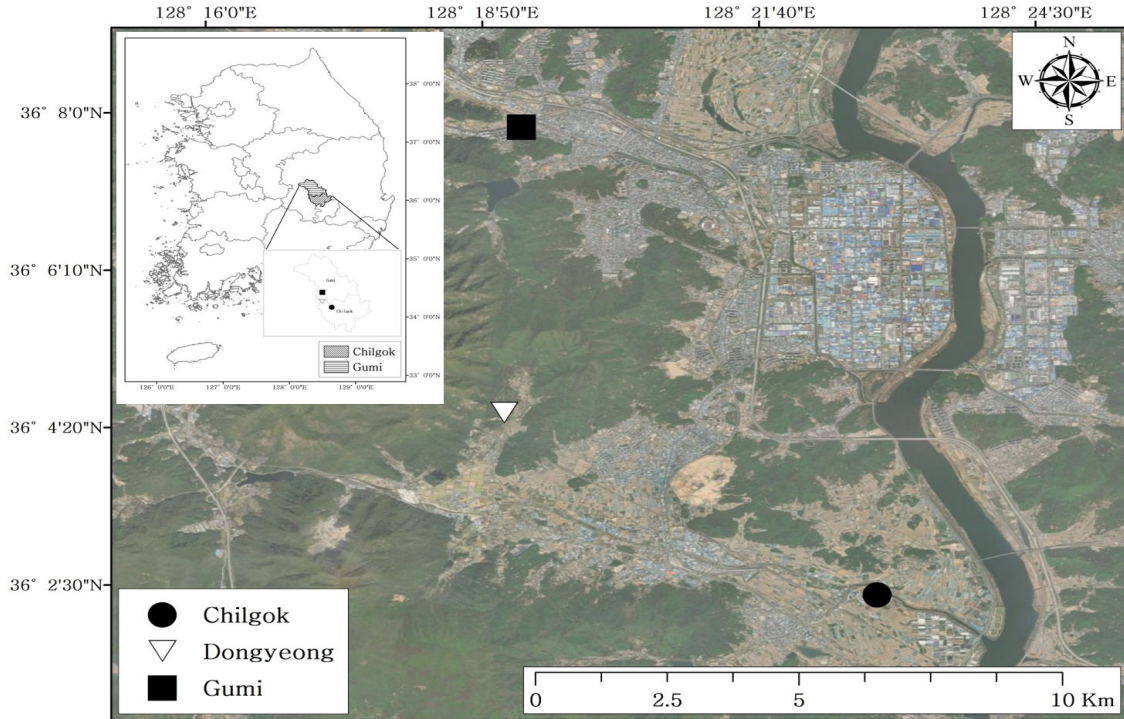


Fig. 1. Location of observing sites.

국내외적으로 기후지수들을 활용하여 식생의 분포 파악 및 작물의 생육 예측, 기후 분석 등의 연구가 활발히 수행되었다. Yim and Kira(1975)는 한반도의 148개 관측소에 대한 온량지수와 한랭지수를 산출하고, 그것의 분포도를 작성하여 온량지수와 한랭지수의 분포가 산림 유형의 분포 경계와 잘 일치한다는 사실을 보였다. Dong et al.(2009)는 중국의 연간 유효적산온도의 시공간적 변화와 경작지 이용 간의 관계를 조사하였는데, 유효적산온도 값이 기후변화의 영향으로 대부분의 지역에서 증가하여 경작 조건에 맞는 품종의 종류가 증가하였다고 지적한 바 있다. Park et al.(2012)은 33년(1973~2005년) 동안의 월평균 기온자료를 사용하여 온량지수와 한랭지수의 시계열 추세 및 인구와의 관계를 분석하였다. 그들은 온량지수와 한랭지수 모두 1990년 이후에 대부분의 지역에서 뚜렷한 상승추세가 나타났으며, 온량지수의 상승은 인간의 활동이 활발한 곳에서 더욱 가파르다는 사실을 지적하였다. Shim et al.(2014)은 온량지수의 변화 추세와 그에 따른 단감의

안전 재배 한계지의 확대 가능성을 분석하였다. 그들은 한반도에서 온량지수가 10년에 약 $1.8^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$ 씩 높아지고 있으며, 그에 따라 단감의 안전 재배 지역 또한 빠르게 북쪽으로 확대되고 있음을 보였다. Kim et al.(2015)은 최근 40년 동안의 온량지수와 한랭지수의 시·공간 변화를 분석한 결과, 대도시 지역일수록 상승률이 더 높고, 내륙 지역이 연안 지역보다 온량지수와 한랭지수 모두 상승률이 더 높다고 지적하였다. 특히, 한랭지수의 경우 북쪽 지역일수록 증가 속도가 더 크게 나타남을 지적하였다. Li et al.(2020)은 유효적산온도를 매개변수로 사용한 비선형 모델을 이용하여 중국 북동부 지방에서 옥수수의 성장 예측성을 평가하는 연구를 수행하기도 하였다.

이 연구에서는 지난 8년(2014~2021)간 금오산의 남쪽 산 사면에 위치한 계명대학교 동영학술림에서 관측한 기상관측자료를 이용하여 온량지수, 한랭지수 및 유효적산온도의 현황과 변화추세를 조사하였다. 기상청의 관측소 자료가 아니라 산지에서 장기간 직접 관측

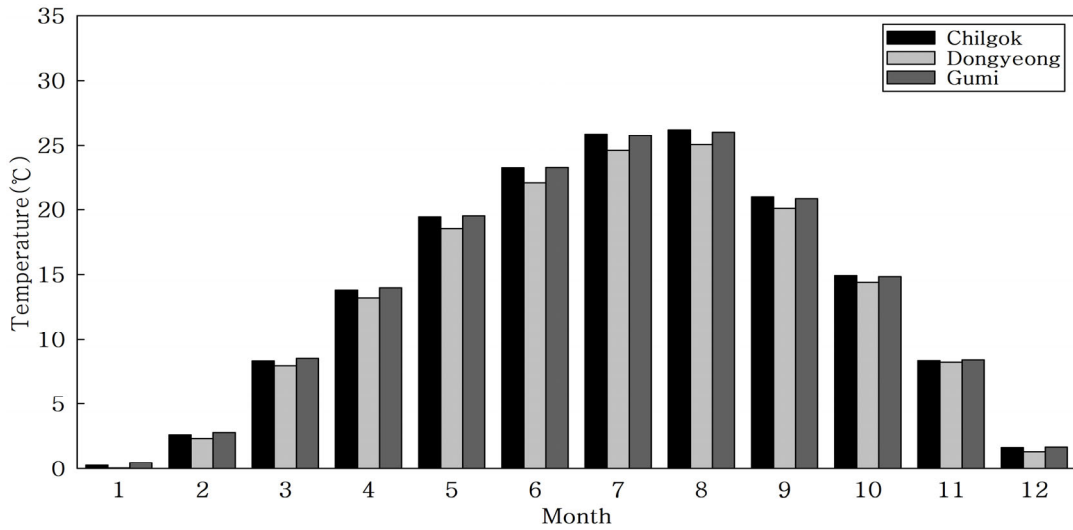


Fig. 2. Monthly mean air temperature at Chilgok, Dongyeong, and Gumi.

한 자료를 분석하였다는 점에서 가치를 찾을 수 있을 것으로 생각한다. 그동안 기상청의 기온자료를 이용하여 수행되어온 연구 결과에서 볼 수 없는 산지의 생물기후학적 환경 특성과 변화의 빠르기를 파악하는 데에 참고 자료로 활용성이 높을 것이다.

지난 10년 이내에 산림청에서 산불 예방 방재를 목적으로 전국적으로 산지 기상관측소를 다수 설치하였다. 앞으로 이들 자료를 체계적으로 분석한다면 우리나라의 산지 생물기후환경의 특성 및 변화를 파악하여 장기적 산림보전 및 산지 농업 부문 대책에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

경상북도 칠곡군 북삼읍 송오리에 위치한 계명대학교 동영학술림 부지 내에 자동기상관측장치(AWS)를 설치하여 2013년 6월 이후 현재까지 연속 관측을 수행하고 있다. 관측 요소로는 기온, 상대습도, 풍향·풍속, 일사량, 지중온도 등으로 10분 평균값이 자동으로 관측 및 저장된다. 동영학술림은 금오산의 남쪽 저지대에 위치하고 있으며 해발고도는 약 180 m이다(Fig. 1). 관측 센서로 Vaisalla 사의 제품이 사용되었으며, 데이터 로거는 CR1000을 사용하였다. 관측 자료의 품질관리는

현장에 가장 근접해 있는 구미기상대의 기온, 습도 자료와 수시로 비교하는 방식으로 이뤄지고 있다. 매달 1주일 분량의 시계열 자료를 비교하는 방식으로 자료의 품질을 체크하고 있다. 이 연구에 사용한 자료는 최근 8년(2014년 1월 1일~ 2021년 12월 31일) 동안 동영학술림(이하 동영)에서 관측한 기상자료이다. 자료 분석에 비교 자료로 기상청에서 운용하고 있는 종관기상관측(ASOS) 자료(구미) 및 방재기상관측(AWS) 자료(칠곡)를 사용하였다.

2.2. 연구방법

과수와 수목의 생육조건 평가에 온량지수와 한랭지수를 많이 사용한다(Mizukoshi and Yamashita, 1993). 온량지수(Warmth index, WI; °C·month)와 한랭지수(Coldness index, CI; °C·month)는 각각 월평균 기온 5°C를 기준으로 5°C를 초과하는 달과 5°C 미만인 달에 대하여 월평균 기온과 5°C와의 차를 1년 동안 적산하여 구한다. 여기서 T_m 은 월평균 기온으로 아래와 같은 식을 통해 산출하며, 식에 의해 산출된 온량지수와 한랭지수는 각각 양의 값과 음의 값을 가진다(Kira, 1945).

$$WI = \sum_{m=1}^{12} (T_m - 5) : (T_m > 5^{\circ}\text{C}) \quad (1)$$

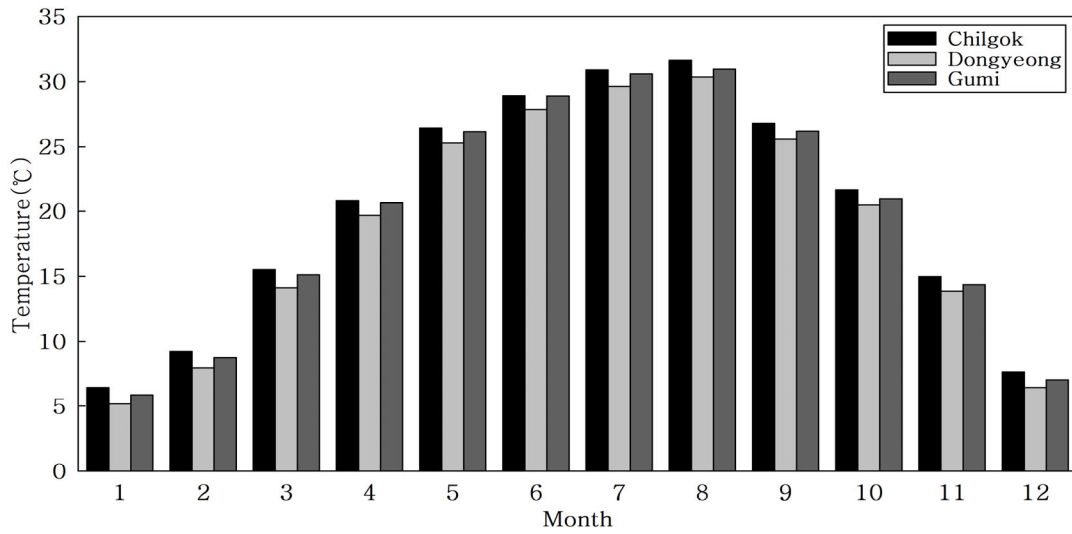


Fig. 3. Monthly mean of daily maximum air temperature at Chilgok, Dongyeong, and Gumi.

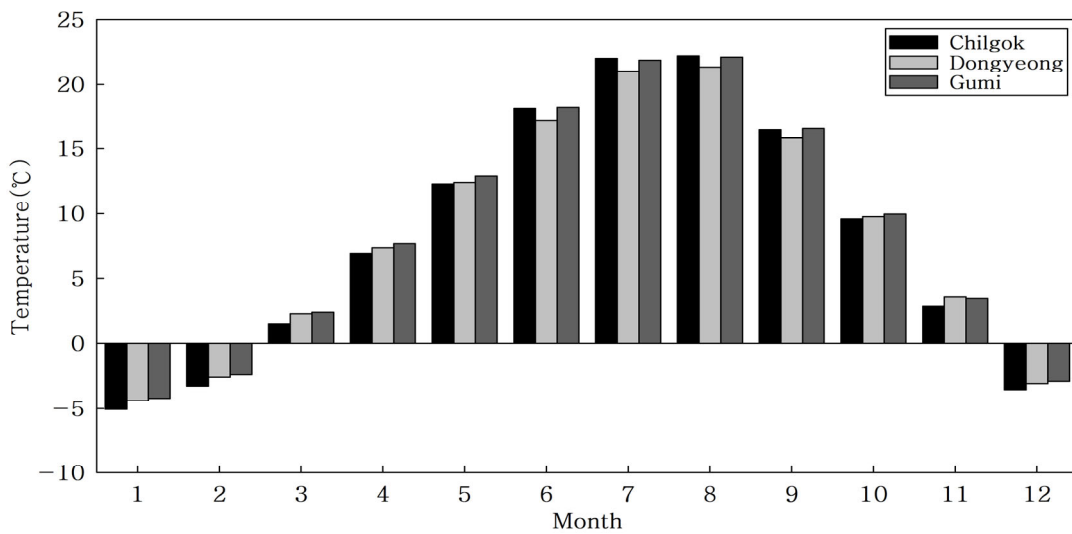


Fig. 4. Monthly mean of daily minimum air temperature at Chilgok, Dongyeong, and Gumi.

$$CI = - \sum_{m=1}^{12} (5 - T_m) : (T_m < 5^{\circ}\text{C}) \quad (2)$$

유효적산온도(Effective accumulated temperature, EAT)는 농작물의 생육에 필요한 열량을 나타내기 위한 것으로 일평균 기온에서 생육한계온도를 뺀 값을 적산한 값으로, T_a 는 일평균 기온, T_b 는 생육한계온도로 본

연구에서는 10°C 로 설정하여 산출하였다(KMA, 2013).

$$EAT = \sum (T_a - T_b) \quad (3)$$

산 사면에 위치한 동영의 온랑지수, 한랭지수, 유효적산온도의 특성을 인접한 평지에 위치한 구미, 칠곡의

Table 1. Monthly mean of daily maximum and minimum air temperature (°C) at Chilgok, Dongyeong, and Gumi

Month	Daily maximum air temperature			Daily minimum air temperature		
	Chilgok	Dongyeong	Gumi	Chilgok	Dongyeong	Gumi
1	6.5	5.2	5.9	-5.1	-4.4	-4.2
2	9.2	8.0	8.8	-3.3	-2.6	-2.4
3	15.5	14.1	15.1	1.6	2.3	2.4
4	20.8	19.7	20.6	6.9	7.4	7.7
5	26.5	25.3	26.2	12.3	12.4	12.9
6	28.9	27.9	28.9	18.1	17.2	18.2
7	31.0	29.6	30.6	22.0	21.0	21.9
8	31.7	30.4	31.0	22.2	21.4	22.1
9	26.8	25.6	26.2	16.5	15.8	16.6
10	21.7	20.5	21.0	9.6	9.8	10.0
11	15.0	13.9	14.4	2.9	3.6	3.5
12	7.6	6.4	7.0	-3.5	-3.1	-2.9
Mean	20.1	18.9	19.7	8.3	8.4	8.8

그것과 비교·분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 기온의 연간 변화 특성

대상 기간 동안의 월 평균기온을 Fig. 2에 제시하였다. 관측지점 간 고도 차에 따른 기온의 고도 보정이 필요하나, 기온 보정의 효과가 작으며 본 연구는 생물기후학적 환경의 조사가 목적으로 생태학적 평가에 있어 현장의 기온을 이용하여야 함에 따라 보정을 수행하지 않았다. 지난 8년간 평균기온의 연평균 값은 구미, 칠곡, 동영의 순으로 크게 나타났다. 연중 칠곡과 구미의 월평균 기온은 비슷한 값을 나타내었다. 산지인 동영의 기온이 평지의 두 지역보다 낮게 나타났지만, 특히 삼림의 광합성 활동이 많은 기간(4~9월)에 그 차이가 컸고 여름철(6~7월)에 가장 뚜렷하였다. 이러한 차는 삼림의 증발산 효과(동영)뿐만 아니라, 평지의 두 지역(칠곡, 구미)에서 인공구조물에 의한 열저장 효과가 여름철에 가장 크게 나타난 결과로 판단된다.

일 최고기온과 일 최저기온의 월평균 값을 각각 Fig. 3, Fig. 4에 나타내었다. 일 최고기온의 연평균 값(Table 1)은 칠곡 20.1°C, 구미 19.7°C, 동영 18.9°C로 칠곡이 구미보다 높게 나타났다. 지점별 최고기온의 연평균 값과 동영과의 차는 구미와 칠곡이 각각 0.8°C,

1.2°C로 칠곡에서 구미보다 0.4°C 크게 나타났다. 일 최고기온의 월평균 값(Fig. 3)은 8월에 공통적으로 가장 크게 나타났으며, 칠곡 31.7°C, 구미 31.0°C, 동영 30.4°C의 값을 보였다. 동영과의 기온 차는 칠곡이 3월에 1.4°C, 구미가 6월에 1.0°C로 가장 크고 칠곡이 6월에 1.0°C, 구미가 11월에 0.5°C로 가장 작게 나타났다. 칠곡의 기온이 도심지인 구미보다 더 크게 나타났는데, 이러한 결과의 원인으로 칠곡의 지리적 위치를 들 수 있다. 칠곡은 계곡부의 저지대에 있어 주야간에 주위의 산지로 인해 발생하는 산곡풍의 영향을 받는 지역으로, 주간에 도심지에서 불어오는 고온의 기류인 곡풍이 최고기온의 상승에 영향을 주었을 것으로 판단된다.

일 최저기온의 월평균 값(Fig. 4)은 구미, 동영, 칠곡의 순으로 크게 나타났으며, 8월에 가장 높고 1월에 가장 낮게 나타났다. 동영과의 차는 구미와 칠곡이 각각 6월과 7월에 약 1°C로 최대로 나타났으며, 구미 11월, 칠곡 5월에 약 0.1°C로 최소로 나타나 동영과 두 지점 간의 차가 같은 값을 보였다. 최저기온의 연간 평균값은 구미가 동영보다 약 0.4°C 높게 나타났으며, 칠곡이 약 0.1°C 낮게 나타났다. 구미는 11월을 제외한 모든 월에서 동영보다 높은 값이 나타났으나, 칠곡은 6~9월을 제외하고 최저기온의 월평균 값이 동영보다 낮게 나타났다. 동영과 두 지점 간의 차는 한후기(11~4월)에 감소

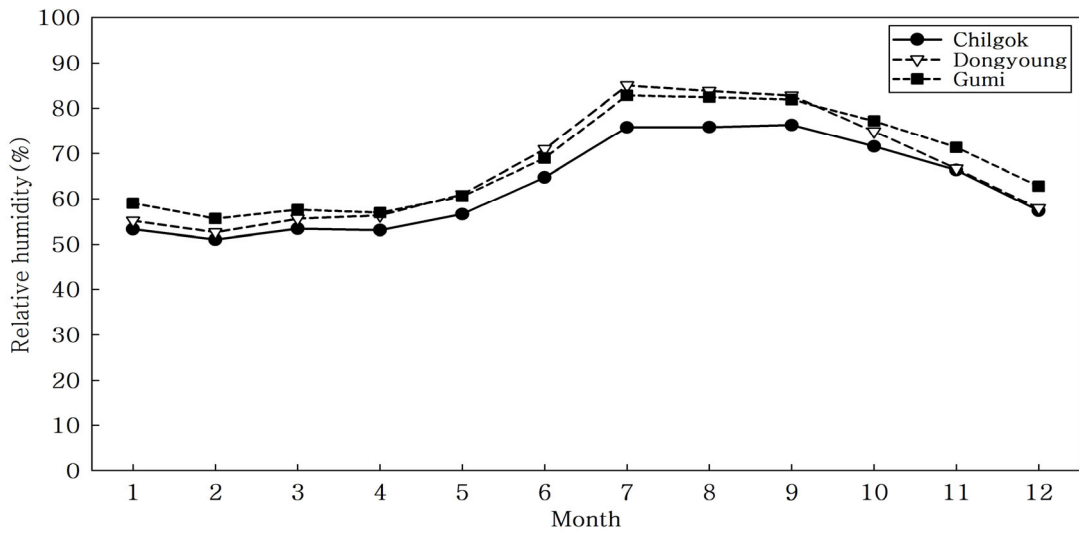


Fig. 5. Monthly mean of relative humidity at Chilgok, Dongyeong, and Gumi.

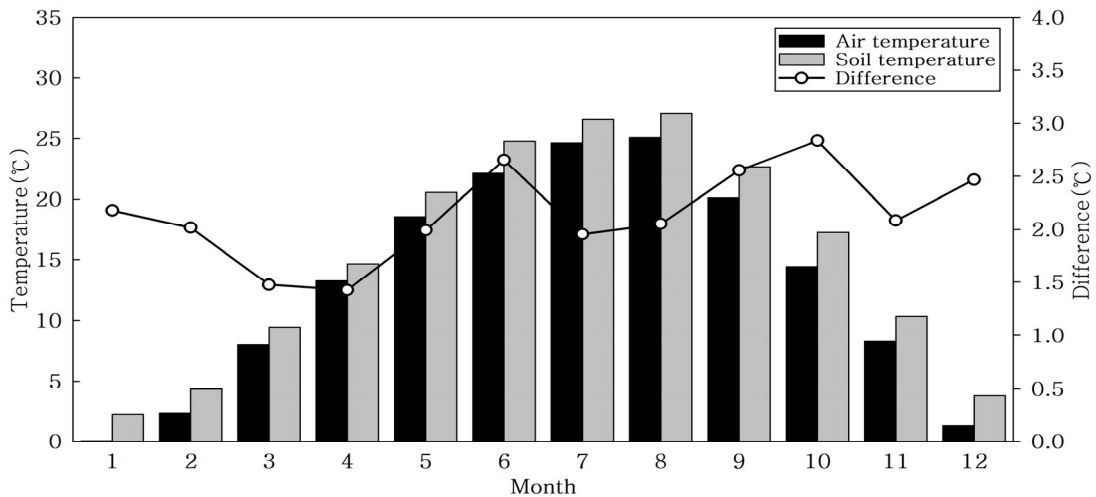


Fig. 6. Monthly mean air temperature and soil temperature (-5 cm) at Dongyeong.

하고 난후기(5~10월)에 증가하여 앞선 평균기온의 분석과 같은 경향을 보였다.

3.2. 상대습도, 지중온도 및 일사량의 연간 변화 특성

3개 지점에서 관측된 8년 평균의 월평균 상대습도를 Fig. 5에 나타내었다. 3개 지점 중 동영의 상대습도는 여름철(6~8월)에 가장 높게 나타났다. 5~9월을 제외하고 구미보다 낮은 상대습도를 보였는데 특히 숲의 광

합성 작용이 현저하게 낮아지는 계절(11~3월)에는 구미에 비하여 더욱 낮았다. 12월의 경우 동영의 상대습도가 구미보다 4.9% 낮게 나타났다.

3.1 절에서 기술한 기온뿐만 아니라 상대습도의 월별 변화를 통해서도 숲의 증발산 작용에 의한 기온 하강과 습도 증가 현상을 확인할 수 있었다.

동영에서 관측한 5 cm 깊이의 지중온도를 월평균하여 월평균기온과 함께 Fig. 6에 나타내었다. 아울러 월

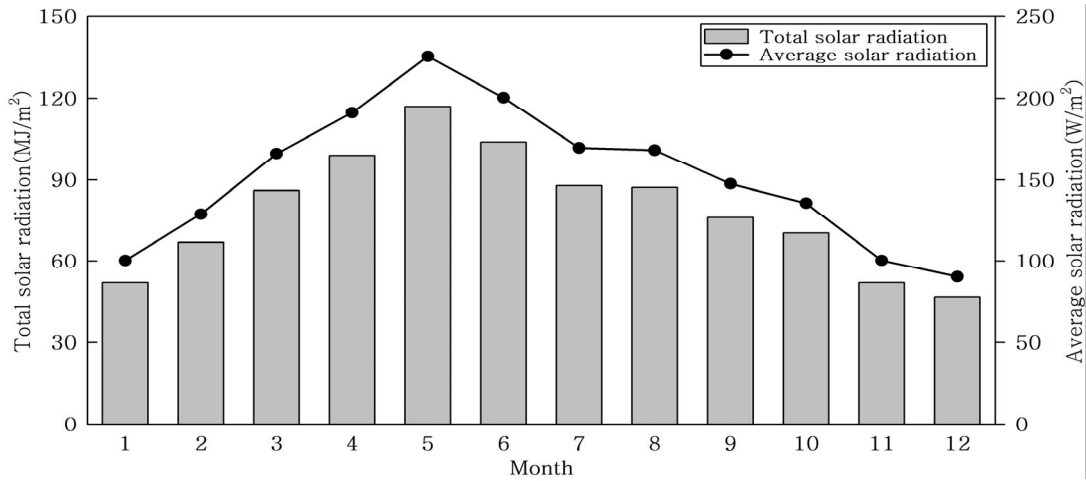


Fig. 7. Monthly mean total solar radiation and average solar radiation at Dongyeong.

평균 기온과 지중온도 간의 차도 꺾은선 그래프로 표시하였다. 지난 8년간 평균한 연평균 지중온도는 15.3℃로 나타났는데, 그것은 연평균 기온보다 2.1℃ 높은 값이다. 월평균 지중온도는 8월에 27.1℃로 가장 높았고, 1월에 2.2℃로 가장 낮았다. 기온과의 차는 10월에 2.8℃로 가장 컸고, 4월에 1.4℃로 가장 작았다.

동영에서 관측된 일 적산일사량 (Total solar radiation)과 일평균일사량(Average solar radiation)의 월평균 값을 Fig. 7에 나타내었다. 지난 8년간 일 적산일사량과 일평균일사량의 연평균 값은 각각 78.8 MJ/m², 152.1 W/m²로 나타났다. 5월에 일 적산일사량 117 MJ/m², 일평균일사량 225.6 W/m²로 가장 높았고, 12월에 46.8 MJ/m², 90.2 W/m²로 가장 낮았다.

3.3. 생물기후학적 환경 특성

세 지역의 기온자료로 산출한 온량지수(WI), 한랭지수(CI) 및 두 값의 차(WI-CI)를 Table 2에 제시하였으며 기후를 판단하는 데 있어 8년이라는 비교적 단기간의 자료지만 전반기와 후반기로 나누어 각각 4년간의 경향을 조사하였다. 8년간 평균한 온량지수는 구미에서 116.4℃·month로 가장 높았고, 이어서 칠곡(116.3℃·month)과 동영(109.3℃·month)의 순서로 나타났다. 한랭지수 또한 구미(-14.5 ~ -6.6℃·month), 칠곡 (-15.3 ~ -6.5℃·month), 동영 (-15.9 ~ -7.9℃·month)의 순서로 나타났다. 세 지역에서 모두 온량지수와 한랭지수가 과거 4년 (2014~2017)의 평균

에 비하여 최근 4년 (2018~2021) 평균에서 대체적으로 약간 온난화한 경향을 보였다.

산출된 온량지수 값은 Yoshiro (1971)의 생물기후환경 분류에 따르면 85℃·month < WI ≤ 180℃·month의 범위에 포함되어 난온대 상록활엽수림대에 해당하였다. 한편 Kira(1948, 1949)와 Yim and Kira(1975)는 100℃·month ≤ WI를 난온대로 정의하고, CI = -10℃·month를 난온대 상록활엽수림의 북방한계선으로 정의하였다. 이 분류에 의하면 동영의 기후는 냉온대를 넘어서 난온대에 해당하고, 상록활엽수림대로 접어들었다고 평가할 수 있다.

난온대는 생물기후대의 구분에서 아열대와 냉온대 사이의 중간에 위치하며, 온대 기후대에서 가장 온난한 영역에 해당한다 (Kim et al., 2016). 상록활엽수림대는 열대와 온대 중간의 난온대에 좁게 나타나는 식생대로 주요 수종으로는 불가시나무, 가시나무, 구실잣나무, 녹나무, 동백나무, 종가시나무, 생달나무, 후박나무 등이 있다(Hong et al., 2020).

온량지수를 이용한 과수의 적지는 사과 65℃·month 이상, 배 85℃·month 이상, 무화과 105℃·month 이상, 단감 100~200℃·month (적지 95℃·month 이상, 최적지 105℃·month 이상)으로 구분되므로(RDA, 2013, 2019), 동영은 이를 뛰어넘는 고온 지역으로 변하고 있음을 알 수 있다.

WI-CI 값은 연간 온도 범위의 척도로 대륙성 기후의 특성을 나타내어 대륙도를 산정하는 데에 지표로도 활

Table 2. WI (°C·month), CI (°C·month), and WI-CI (°C·month) of study sites for 8 years (2014-2021)

Year	Chilgok			Dongyeong			Gumi		
	WI	CI	WI-CI	WI	CI	WI-CI	WI	CI	WI-CI
2014	112.6	-12.8	125.4	105.0	-12.7	117.7	113.9	-12.0	125.9
2015	114.6	-8.6	123.2	107.8	-10.0	117.8	116.8	-8.2	125.0
2016	119.8	-10.8	130.6	111.0	-11.7	122.7	119.3	-9.9	129.2
2017	116.8	-12.5	129.3	110.0	-13.4	123.4	116.5	-11.8	128.3
2018	117.9	-15.3	133.2	111.1	-15.9	127.0	117.2	-14.5	131.7
2019	117.5	-8.7	126.2	111.6	-9.2	120.8	117.5	-8.1	125.6
2020	114.0	-6.5	120.5	107.3	-7.9	115.2	113.4	-6.6	120.0
2021	117.5	-8.8	126.3	110.9	-9.6	120.5	116.3	-9.4	125.7
2014~2017	115.9	-11.2	127.1	108.4	-11.9	120.3	116.6	-10.5	127.1
2018~2021	116.7	-9.8	126.5	110.2	-10.7	120.9	116.1	-9.6	125.7
Mean	116.3	-10.5	126.8	109.3	-11.3	120.6	116.4	-10.1	126.5

Table 3. EAT and annual mean air temperature (°C) of study sites for 8 years (2014-2021)

Year	Chilgok		Dongyeong		Gumi	
	EAT	Temp.	EAT	Temp.	EAT	Temp.
2014	2,229.4	13.4	2,011.4	12.8	2,268.2	13.6
2015	2,206.0	13.7	2,029.0	13.1	2,269.3	14.0
2016	2,453.0	14.1	2,209.3	13.3	2,427.2	14.2
2017	2,388.1	13.8	2,200.4	13.2	2,369.7	13.8
2018	2,339.4	13.5	2,138.5	12.9	2,300.6	13.5
2019	2,349.0	14.1	2,188.4	13.6	2,346.4	14.2
2020	2,183.8	13.9	2,009.8	13.2	2,169.8	13.8
2021	2,302.8	14.1	2,123.1	13.5	2,270.8	14.0
Mean	2,306.4	13.8	2,113.7	13.2	2,302.7	13.9

용할 수 있는데 (Kim, 1964), $110^{\circ}\text{C}\cdot\text{month} \leq \text{WI}-\text{CI} < 120^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$ 일 때 온화한 기후, $120^{\circ}\text{C}\cdot\text{month} \leq \text{WI}-\text{CI} < 130^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$ 에서 대륙성 기후로 구분할 수 있다고 한다 (Yim and Kira, 1975). 동영의 경우 2014~2015년에는 WI-CI 값이 $117.7^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$ 로 나타났지만, 그 이후로는 $120^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$ 을 넘어서고 있다. 단기간의 자료를 사용하여 산출한 값으로 단정할 수 없으나, WI와 CI 값을 바탕으로 평가한 동영의 기후 환경은 난온대로 나타나고 있고 WI-CI가 다소 높게 나타나는 해가 있어 아직은 대륙성 기후의 성격이 존재함을 추론할 수 있다.

지난 8년간 세 지역의 유효적산온도와 연평균 기온

을 Table 3에 제시하였다. 유효적산온도는 곡물의 재배 적지를 판단하는 데에 널리 이용되고 있다 (Mizukoshi and Yamashita, 1993), 8년 평균한 연평균 유효적산온도는 칠곡($2,306.4^{\circ}\text{C}$), 구미($2,302.7^{\circ}\text{C}$), 동영($2,113.7^{\circ}\text{C}$)의 순으로 높게 나타났다. 이 값은 옥수수, 대두, 감자 등의 재배 적지에 해당한다. 지금과 같은 수준(연간 2°C 내외의 상승)으로 유효적산온도가 상승해간다고 하더라도 상당 기간에 걸쳐서 현재의 곡물 재배 조건이 유지될 것으로 전망된다. 장래에 기온상승으로 유효적산온도가 $2,500^{\circ}\text{C}$ 를 넘어서게 된다면 수수, 벼, 포도 등의 재배 적지(KMA, 2013)로 변해갈 수 있을 것이다.

4. 결 론

지난 8년간 금오산 남쪽 산자락에 위치한 계명대학교 동영학술림에서 관측한 기상관측자료와 기상청의 구미, 칠곡의 기상관측 자료를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 동영학술림의 기온이 평지에 위치한 두 지점(구미, 칠곡)보다 낮게 나타나는 시기는 산림의 광합성 작용이 가장 활발한 시기(6~9월)와 일치하였다.

둘째, 상대습도는 세 지점 중 구미에서 연중 가장 높았지만 산림의 증발산 활동이 활발한 여름철(6~8월)의 경우에는 산지인 동영학술림의 상대습도가 더 높게 나타났다. 기온과 상대습도의 월별 변화에 동영학술림 산림의 증발산 효과가 잘 드러난 것으로 해석할 수 있다.

셋째, 동영학술림의 8년 평균 온량지수는 109.3℃·month, 한랭지수는 -11.3℃·month로 나타나 과수의 재배 적지 평가로는 사과, 배의 적지의 기준을 넘어서 단감, 무화과 등의 재배 적지에 해당하였다. 온량지수와 한랭지수 간의 차(WI-CI)는 2014년 무렵에 117.7℃·month이었는데 현재(2021년)는 120.5℃·month로 나타났다. 온량지수와 한랭지수를 바탕으로 판단한 동영학술림의 기후는 난온대 상록활엽수림대 기후로 평가할 수 있으며, 두 지수 간 차(WI-CI)로 볼 때 대륙성 기후의 성격도 남아있음을 유추할 수 있다. 동영학술림의 유효적산온도는 8년 평균하여 연평균 2,113.7℃로 나타나 옥수수, 대두, 감자 등의 적지로 판단되었고 이 조건은 상당 기간 유지될 것으로 전망된다. 하지만 기온 상승이 이어져서 유효적산온도가 2,500℃ 이상으로 증가하게 되면 수수, 벼, 포도의 재배 적지로 변화해 가게 될 것이다.

특정 지역의 기후를 판단할 때 30년 동안의 자료를 평균하여 산출하지만, 본 연구에서는 8년간의 관측자료를 사용하여 동영학술림 부근의 생물기후환경을 판단하였다는 점에서 연구의 한계성을 지닌다. 앞으로 산림청의 산불 방재를 목적으로 설치한 산지 기상관측시스템의 자료가 장기적으로 축적된다면 우리나라의 산지 생물기후환경 조건의 평가와 장기적 변화 경향에 대한 연구를 수행해가고자 한다. 이런 연구는 수치모델로 평가된 기후변화로 인한 우리나라의 생태환경변화를 검증하는 기초자료로 널리 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

이 연구는 2022년도 계명대학교 비사업연구기금으로 이루어 졌음(20220320)

REFERENCES

Dong, J., Liu, J., Tao, F., Xu, X., Wang, J., 2009, Spatio-temporal changes in annual accumulated temperature in China and the effects on cropping systems, 1980s to 2000, *Clim. Res.*, 40, 37-48.

Hong, S. B., Jang, I. Y., Jeong, H. M., Yeo, I. A., Shin, M. S., Kim, J. Y., Kim, D. G., Park, S. H., Ahn, J. S., Ahn, N. H., Lee, C. H., Han, S. H., Kim, B. J., Lee, S. H., Jeong, G. S., Park, I. G., Park, Y. M., 2020, Climate change risk assessment for Korean ecosystem, National Institute of Ecology, Seochon, Korea.

Kim, H. Y., Choi, S. H., Kim, H. D., 2016, Observational study on local climatological environment of the mountain adjacent the Dongyeong Herb Garden in Chilgok, *J. Environ. Sci. Int.*, 25, 897-904.

Kim, H. Y., Yu, S. T., Yi, M. H., Kim, G. S., Shin, H. T., Kim, B. D., 2015, A Study on the change of warmth index · coldness index in Korea, *J. Clim. Res.*, 10, 153-164.

Kim, Y. O., 1964, A Study of continental air temperature in Korea, *J. Kor. Cult. Res. Inst.*, 5, 225-234.

Kira, T., 1945, A New classification of climate in eastern Asia as the basis for agricultural geography, Horticultural Institute, Kyoto University, Kyoto, 23.

Kira, T., 1948, On the altitudinal arrangement of climatic zones in Japan: A contribution to the rational land utilization in cool highlands, 2, *Kanti-Nogaku*, 143-173.

Kira, T., 1949, Forest zones of Japan, Ringyo Kaisetsu Series, 17, Nippon Ringyo Gijutsu Kyokai, Sapporo and Tokyo, 42.

KMA, 2013, Detailed analysis report on climate change in Chilgok-gun, Gyeongsangbuk-do, Korea Meteorological Administration, Seoul, Korea.

Li, R., Guo, J., Song, Y., 2020, Optimizing parameters of a non-linear accumulated temperature model and method to calculate linear accumulated temperature for spring maize in Northeast China, *Theor. Appl. Climatol.*, 141, 1629-1644.

Mizukoshi, S., Yamashita, S., 1993, Introduction to Climatology, 1st ed., Kokin Press, Tokyo, 55-59.

Park, J. C., Jung, I. W., Chang, H. J., Jang, D. H., 2012, Relationship between population and changes in warmth and coldness indices in South Korea, *J. Clim. Res.*, 7, 210-225.

RDA, 2013, Fruit selection technology-agricultural

- technology guide 81(revised edition), Rural Development Administration, Jeonju, Koera.
- RDA, 2019, Agricultural technology guide 215(revised edition) the Fig, Rural Development Administration, Jeonju, Koera.
- Shim, K. M., Kim, Y. S., Jeong, M. P., Choi, I. T., Hur, J. N., 2014, Assessment of safety cultivation zones for Sweet Persimmon by warmth index change in South Korea, *J. Climate Change Res.*, 5, 367-374.
- Yim, Y. J., Kira, T., 1975, Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. I. Distribution of some indices of thermal climate, *Jap. J. Ecol.* 25, 77-88.
- Yoshiro, R. O., 1971, Nature from the ecological viewpoint, Kawadeshobou Press, Tokyo, Japan, 259.
-
- Doctor's course. Ha-Young Kim
Department of Environmental Science, Keimyung University
hyk2410@naver.com
 - Doctoral Candidate. Soo-Jin Park
Department of Environmental Science, Keimyung University
createpark@naver.com
 - Professor. Hae-Dong Kim
Major in Global Environment, Faculty of Environment, College of Natural Sciences, Keimyung University
khd@kmu.ac.kr