creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000266891
조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

2018년 8월
석사학위 논문

기후변화로 인한 담양군 열대과수 재배 예측에 관한 연구

조선대학교 대학원

대기과학과

고 광 효

2018년 8월 석사학위논문 기후변화로 인한 담양군 열대과수 재배 예측에 관한 연구 고 광 효

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

기후변화로 인한 담양군 열대과수 재배 예측에 관한 연구

A Study on the Growth Prediction of Tropical Fruit by Climate Change at Damyang-gun

2018년 8월 24일

조선대학교 대학원

대기과학과

고 광 효

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

기후변화로 인한 담양군 열대과수 재배 예측에 관한 연구

지도교수 박 영 신
공동지도교수 류 찬 수

이 논문을 이학석사학위신청 논문으로 제출함

2018년 04월

조선대학교 대학원

대기과학과

고 광 효

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

고광효의 석사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교 수 박 두 선 (인)

위 원 조선대학교 교 수 박 영 신 (인)

위 원 조선대학교 교 수 김 선 우 (인)

2018년 05월

조 선 대 학 교 대 학 원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

LIST OF TABLE ····· iii
LIST OF FIGURES ····· iv
ABSTRACT ····· v

제1장 서론 ····· 1
1.1 연구배경 및 목적 ····· 1
1.2 연구자료 및 연구방법 ····· 2
제2장 기후변화(아열대기후화)와 열대과수 재배 현황 ····· 3
2.1 담양군의 지리적 위치 및 기후 특성 ····· 3
2.2 기후변화(아열대기후화) 현상 ····· 4
2.3 열대과수 재배 현황 ····· 8
2.3.1 열대과일의 정의 ····· 8
2.3.2 열대과수의 품목별 특성 ····· 8
2.3.3 국내 열대과수 재배현황 ····· 11
제3장 기후변화에 따른 열대과수 재배지 변화 ····· 14
3.1 담양군의 아열대기후 검증 ····· 14
3.2 열대과수 재배지 북상 ····· 22
제4장 기후변화 시나리오에 따른 재배지 변화예측 24

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4.1 기후변화 시나리오를 적용한 우리나라 6대과수 재배지 예측지도 ····· 24
4.2 담양군의 기후변화 시나리오 도출 ····· 27
4.3 담양군의 기온 ····· 27
4.4 전남, 담양군의 평균기온 비교 ····· 29
4.5 열대과수 생육조건과 담양군 열대과수 재배 예측 · 32
제4장 결론 ····· 35
참고문헌 ····· 38

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

LIST OF TABLE

Table 2.1. Damyang-gun Population Status ····· 4
Table 2.2. Status of non-Jeju tropical fruit cultivation ····· 11
Table 2.3. Domestic tropical fruit cultivation status ····· 13
Table 3.1. Analysis of Temperature(1998~2017, monthly mean temperature over 10 ℃ for more than 8 months, Damyang, Gwangju, Jeongeup, Mokpo, Yeosu, and Seogwipo) ····· 18
Table 3.2. Analysis of Climatological Normal{month normal value(2011 month normal value - 2001 month normal value), Gwangju, Yeosu, Jeongeup, Mokpo, and Seogwipo} ····· 19
Table 4.1. Explanation by RCP scenario and CO2 concentration by 2100 ····· 27
Table 4.2. Daily mean, maximum, minimum temperature and Extreme Climate Index of Damyang-gun in Jeollanam-do (2001-2010) ····· 28
Table 4.3. The annual mean temperature forecasts of Jeollanam-do and Damyang-gun and the deviation from the current climate values(℃)(RCP8.5) - The current climate value is the average from 2001 to 2010 ····· 32
Table 4.4. The annual mean temperature forecasts of Jeollanam-do and Damyang-gun and the deviation from the current climate values(℃)(RCP4.5) - The current climate value is the average from 2001 to 2010 ····· 32
Table 4.5. Optimum growth temperature and minimum temperature of tropical fruit trees ···· 33

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

LIST OF FIGURES

Fig. 2.1. Division of Damyang-gun administrative area and location of observation point 4
Fig. 2.2. Climate change trend in Korea ····· 6
Fig. 2.3. 2050 seasonal length change forecast in Seoul ····· 6
Fig. 2.4. Prospects for climate change in Korea ····· 7
Fig. 2.5. 2050 prospects for a changing subtropical climate ····· 7
Fig. 3.1. Analysis of the temperature for the last 20 years(1998~2017) in each region · 14
Fig. 3.2. Analysis of change in normal temperature in each region during (2011 monthly normal temperature - 2001 monthly normal temperature) ····· 20
Fig. 3.3. Move northward of the country's major agricultural products ····· 23
Fig. 4.1. Prediction of Changes in the Korean Six Major Fruits growing area by Applying Climate Change Scenarios RCP 8.5 ····· 25
Fig. 4.2. Detailed distribution plot of annual mean temperature (℃) by town surface of Damyang-gun (2001~2010) ····· 28
Fig. 4.3. Annual mean temperature of Jeollanam-do and Damyang-gun time series(RCP4.5(up), RCP8.5(down) ····· 29
Fig. 4.4. Annual mean temperature of Jeollanam-do and Damyang-gun time series(RCP4.5(up), RCP8.5(down) ····· 30
Fig. 4.5. Distribution of annual mean temperature(℃) of Damyang-gun{RCP4.5 (left)/8.5(right), 2011~2040(up), 2041~2070(med), 2071~2100(down)} ····· 30
Fig. 4.6. Prediction of cultivation of subtropical fruit trees according to the minimum growth temperature(RCP 8.5). ····· 34

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

A Study on the Growth Prediction of Tropical Fruit by Climate Change at Damyang

Ko Kwang Hyo
Advisor : Prof. Park Young-sin Ph.D.
Co Advisor Prof. Ryu Chan-su. Ph.D.
Department of Atmospheric Science,
Graduate School of Chosun University

In IPCC (2007) report it is stated that the mean temperature of the earth rose 0.74℃ over the past 100 years. According to Korean Peninsula Climate Change Forecast Report(2012, KMA), the annual mean temperature of the Korean peninsula rose by 1. 2℃ (0.41℃/10 years trend) for the past 30 years from 1981 to 2010, showing a trend of increased temperature in all seasons, and continual global warming is predicted until year 2100.

Korea's climate change is rising quicker than the average of rest of the world. As a result, in recent years Korea agriculture has been rapidly producing subtropical vegetable and fruit, and this has become a new source of income and consumers are eating ‘domestic grown' subtropical produce instead of ‘imported' produce. Due to the global warming and climate change more subtropical fruit plantations are growing, and imported fruits are being replaced with domestic fruits. In addition, an increase of overseas tourists brought more interest in various tropical fruits and affects domestic tropical fruit consumption.

Climate change is expected to have a significant impact on the agriculture of the Damyang-gun. Therefore, we will examine the climate change in Damyang-gun and

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

predict the tropical fruit cultivation accordingly. Damyang-gun is selected because it is located in northern part of South Jeolla Province and its annual average temperature (12.6℃, recent 10 years (2001~2010)) is not higher than South Jeolla Province annual average temperature (13.2℃) and not too many various tropical fruits are being cultivated in the county. Damyang-gun recently became a one of popular travel destination. It is the third most visited tourist destination in South Jeolla Province following Yeosu city and Suncheon city. Through the forecasting of tropical fruit cultivation in Damyang-gun, we will try to provide food and entertainment to tourists visiting Damyang-gun and to provide basic data to help local residents to have an opportunity for income generation.

In this study, the coldest month mean temperature and monthly mean temperature from 1988 to 2017 were analyzed to verify subtropical climate of Damyang-gun. Analysis result showed excluding the year 2011 coldest month mean temperature of -4. 3℃ all annual mean temperature was between -3℃~18℃ (95%). However, it is found that there were three times (15%) when the monthly mean temperature of 10℃ or higher were eight months or more in a year. In comparison to other analyzed areas of Seoguipo Jeju Island, Yeosu city and Mokpo city we can state that Damyang-gun does not meet the subtropical climate zone.

In addition, in order to evaluate the long-term climate change, we took ‘monthly temperature of common year 2011(1987-2010)’ subtracted ‘monthly temperature of common year 2001(1971-2000)’; the difference between the two values obtained was compared to the normal values of other analyzed areas. As a result of comparing with the temperature change, the coldest month mean temperature (January, February, December) showed positive value in the whole area, and it can be assumed that it is changing into a subtropical climate. In the case of RCP 8.5 scenario (RCP 8.5) and active mitigation policy (RCP 4.5), the results of the analysis are as follows: From the 2040s, the RCP 4.5 scenario is predicted to be sub-tropical from the 2070s.

Located in northern end of South Jeolla Province which is located in southwest of South Korean, Damyang-gun climate change is still in its beginning stage. It is necessary to further research and develop tropical fruit and vegetable cultivation methods and techniques through future climate change prediction scenarios. I hope that

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

the analysis results of this study will define the climate change tendency of Damyang-gun and identify the most basic foundation to cope with climate change.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제1장 서 론

1.1. 연구배경 및 목적

2018년 기상청 자료(2018, 2017년 이상기후 보고서, 기상청)에 의하면 4월 전국 평균기온이 13.9℃로 1973년 이후 최고 2위를 기록하였고, 5월 평균기온 또한 25.4℃로 1973년 이후 최고 1위를 기록하는 등 4년 연속 평균기온 최고 1위를 경신하였다. 또한 지난해 미국 로스엔젤레스는 131년 만의 기록적인 고온으로 곳곳에서 산불이 이어지고, 중국은 한 달 내내 폭우가 쏟아져 많은 피해를 발생하는 등 세계 곳곳에서 기후변화의 영향에 따른 이상기후로 어려움을 겪고 있다.

IPCC[1](2007) 보고서에서는 지구의 평균기온이 지난 100년간 0.74℃ 상승하였고, 한반도 기후변화 전망보고서(2012, 한반도 기후변화 전망보고서. 기상청)에 따르면 지난 30년동안(1981~2010년) 우리나라의 연평균 기온이 1.2℃ 상승(0.41℃/10년 추세)하였고, 모든 계절에서 상승하는 추세로, 온난화 경향이 2100년까지 지속될 것으로 예상하고 있다.

우리나라의 기후변화는 세계 다른 나라 평균보다 빠르게 상승하고 있다. 그로인해 우리나라 농업부분에서도 심상치 않은 변화가 일어나고 있다. 우리가 주로 먹는 과일들의 재배지가 북상하고 향후 재배지 또한 사라질 위기에 처해있다. 또한, 기온상승에 따른 아열대 채소 및 과수 재배 농가가 최근 몇 년 사이 급격히 늘면서 새로운 소득원으로 부상하고, 소비자들은 '수입산'이 아닌 '국내산'아열대 과일을 먹는 시대가 되었다. 지구온난화 등에 따른 기후 변화로 아열대 과일 재배지가 갈수록 북상하면서 그동안 수입산 과일이 '신토불이'과일로 자리 잡고 있다. 또한 해외 여행객 수가 증가하는 추세이며, 특히 동남아시아 지역을 여행한 여행객수가 많이 늘어나 다양한 열대 과일을 접하게 되면서 열대 과일에 대한 관심을 갖게 되었고, 국내 열대과일 소비 증가에도 영향을 주고 있다.

과일 재배지 북상에 따라 이제 우리나라도 각 지자체별로 과일 품목 전환에 따른 연구가 선행되어야 할 것이고, 더불어 아열대과수에 대한 연구도 지속적으로 준비할 필요가 있어 본 연구를 통해 열대과수 재배에 도움이 되고자 한다.

---

1) IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change : 기후변화에 관한 정부간 협의체)

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

최근 기온상승과 해외 여행객의 증가로 열대 과일의 관심이 높아지고, 재배환경이 좋아지면서 중앙정부에서도 정책적으로 지원을 하고 있으며, 지방정부에서도 지역의 특성에 맞게 지원 및 연구를 하고 있다. 하지만 지방정부가 기후변화에 대응하기 위하여 연구와 예산 및 인력을 투입하기에 많은 제약이 따른다. 기후변화는 담양의 농업에도 상당한 영향을 줄 것이라 예상된다. 따라서 담양군의 기후변화를 살펴보고, 기후변화에 따른 열대과일 재배에 대해 예측해 보고자 한다. 담양군을 선택한 이유는 전라남도 북부에 위치해 있으면서 담양군 연평균 기온(12.6℃, 최근 10년(2001~2010년))이 전라남도 연평균 기온(13.2℃)보다 높지 않아 다양한 열대 과일이 재배되고 있지 않다. 하지만 최근 관광지로 알려지면서 전라남도에서 여수, 순천에 이어 3번째로 많은 관광객이 찾고 있다(2017, 2016년 전국주요관광지점 입장객 통계집, 한국문화관광연구원).

이번 담양군 열대과수 재배 예측을 통해 담양군을 찾은 관광객들에게 먹거리, 즐길 거리를 제공할 수 있고 지역주민에게 소득창출의 기회를 갖는데 도움이 될 수 있는 기초자료로 활용될 수 있도록 연구를 하고자 한다.

1.2. 연구자료 및 연구방법

본 연구에서는 기후자료와 열대작물자료 두 가지를 이용하였다. 먼저 기후자료는 담양군과 담양의 기후변화를 비교하기 위한 지역(광주광역시, 여수시, 정읍시, 목포시, 서귀포시)의 기상청 기후통계자료를 활용하여 최근 20년간(1998-2017)의 최한월 평균기온값과 월평균기온을 통해 아열대기후대의 충족여부를 알라보고, 최근 30년간(1987-2010) 기후월평년값에서 직전 30년간(1971-2000)의 기후월평년값을 뺀 값을 통해 겨울철 기온상승 여부, 기후변화 시나리오를 활용한 열대과수 재배예측에 대해 알아보며, 열대작물자료는 농촌진흥청과 국립원예특작과학원의 열대과수 품목별 특성, 재배현황과 기후변화 시나리오를 적용한 우리나라 6대과수의 재배지 예측지도, 열대과수의 생육온도 등을 바탕으로 아열대 기후대에 위치해 있는 제주, 여수와 담양 근교의 기온 변화 비교와 열대작물과 재배 환경 등을 비교해 보고 향후 담양군 열대과수 재배에 대해 전망하고자 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제2장 기후변화(아열대기후화)와 열대과수 재배 현황

2.1. 담양군의 지리적 위치 및 기후 특성

담양군은 우리나라 서남쪽인 전라남도의 북쪽에 위치하여 동북쪽은 전라북도 순창군, 동쪽은 전라남도 곡성군, 화순군, 남쪽은 광주광역시, 화순군, 서쪽은 광주광역시, 장성군과 각각 접하고, 북서에서 동서로 달리는 노령산맥과 지리산맥으로 도계가 나눠지고 있다.

교통은 부산, 순천으로 이어진 호남고속도로가 담양군의 남쪽 3개 면을 통과하고, 호남고속도로 구간 중 광주를 통과하고 있는 구간이 담양군 대전면에서부터 대덕면까지 선형 변경 후 공사완료 되었으며, 고서분기점에서 시작된 광주대구고속도로가 순창, 남원, 함양, 거창을 지나 구마고속도로와 연결되어 대구를 비롯한 영남지방이 1일 생활권으로 묶여 지역간 교류의 거점이 되며, 기존의 국도가 담양읍을 중심으로 해서 광주, 장성, 백양사, 정읍, 순창, 곡성 등을 연결한 사통팔달의 교통 요충지가 되고 있다.

담양군은 1943년에 담양면이 담양읍으로 승격된 후, 1개읍 11개면의 행정체계를 갖추게 되었다(Fig. 2-1). 2016년 12월 현재 총인구는 47,229명이며(Table 2-1), 총면적은 455.0㎢로, 전라남도 총면적(12,303.6㎢)의 3.7%에 해당한다. 담양군 내 가장 넓은 면적을 차지하는 곳은 용면(62.5㎢)이며, 가장 좁은 면적을 차지하는 곳은 봉산면(19.5㎢)이다(담양군통계연보, 2017).

담양군의 기후는 대체적으로 온화하고, 내륙에 위치해 있어 기온교차가 비교적 크다. 담양의 연평균 기온은 15℃, 평균최고기온은 20.1℃, 최고극값은 37.2℃, 평균최저기온은 11.5℃, 최저극값은 -11.7℃이다. 1월 평균기온은 0.9℃, 8월 평균기온은 27.8℃, 연평균강수량은 1,482㎜이다(담양군통계연보, 2017).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

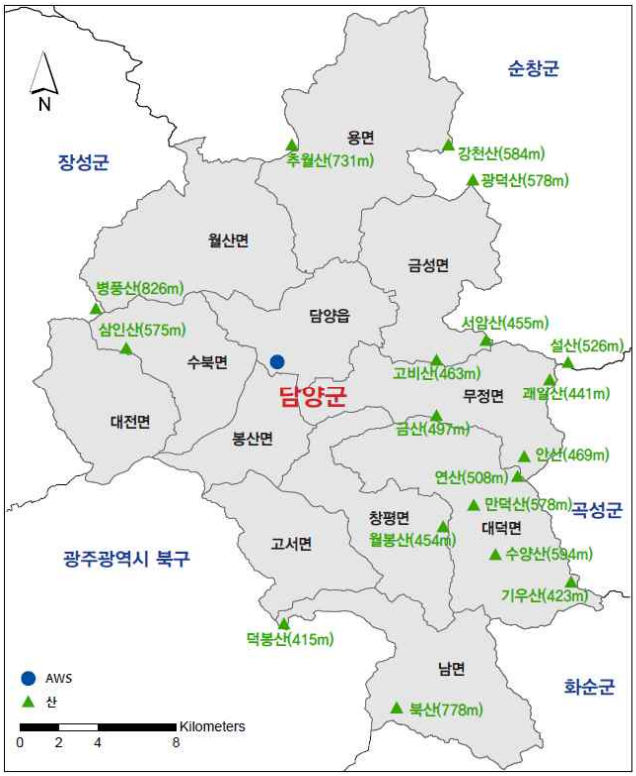


Fig. 2.1. Division of Damyang-gun administrative area and location of observation point(KMA, 2012).

Table 2.1. Damyang-gun Population Status(Damyang-gun statistics annual report, 2016).

Year	Household number	Population(persons)			Growth rate compared to 2015(%)
		Total	Male	Female	
2016	22,334	47,229	23,723	23,506	0.6

2.2. 기후변화(아열대기후화) 현상

기상청(한국기후변화평가보고서, 2011; 국립환경과학원,2010)에 의하면 지구온난화가 지금 추세로 계속된다면 2000년대 말에는 한국의 평균 기온이 6℃ 가까이

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

올라간다고 하고, 2070년에서 2100년 사이에 한반도의 아열대기후가 될 것으로 예측되는 지역에 서울, 강화도, 수원 등 지금 냉대기후 지역인 곳까지 포함하고 있다. 그 외에도 많은 연구결과가 지구온난화로 인하여 이번세기 후반 아시아의 기후변화에 대하여 우려하고 있는데, 과거에 없었던 이런 급격한 기후변화의 규모에 대해서는 아직 논란이 있다.

현재까지 주장된 아열대기후의 정의 중 몇 개만 살펴보면, W. Koppen의 기후구분에서 "아열대기후는 최난월 평균기온이 22℃ 이상이고, 평균기온 10℃ 이상인 월이 4개월 이상인 기후"를 말하며, 이 기준에 따르면 우리나라는 중부 일부 지역을 제외하고 모두 아열대기후로 분류된다. W.Koppen 기후구분을 수정한 G. T. Trewartha의 기후구분은 W. Koppen보다 엄격한 기준을 적용하여 "평균기온이 10℃ 이상인 달이 8개월 이상인 기후"를 아열대기후로 정의했다. 이 기준을 적용하면 제주도 전체(산간지방 제외)와 포항에서부터, 부산, 통영, 거제, 마산, 남해, 여수, 목포, 완도, 흑산도까지 남해안의 대부분 지역이 아열대기후에 속한다(고흥, 장흥, 해남, 진도는 제외).

또한 J. Griffith의 아열대 구분은 "최한월 평균기온이 6℃ 이상 18℃ 미만인 기후"를 아열대기후로 정의했다. 이 기준에 의하면 우리나라에서는 서귀포일부지역만 아열대기후에 속한다.

기상청은 "최한월 평균기온이 5.1℃ 이상 18℃ 미만의 기후"에 대해 아열대기후로 보고 있다. 이 기준에 의하면 한국에서 제주도 전체(산간지역 제외)만 아열대기후에 속한다(제주연구원, 2017) .

Fig 2.2에서처럼 지구온난화로 인해 우리나라는 지난 100년간 연평균기온이 1.8℃ 상승하여 전 지구 평균기온변화인 0.74℃를 크게 웃도는 등 평균기온이 매년 상승하고 있는 추세이다.

농작물을 재배하는데 있어 기후는 가장 중요한 요인 중의 하나이다. 기후가 조금이라도 변화하면 농작물 생산에 많은 영향을 미치게 된다. 기후변화는 봄, 여름, 가을, 겨울 등 사계절이 뚜렷하고, 겨울철 '삼한사온'으로 특징되는 우리나라의 기후 패턴이 여름은 길어지는 반면 겨울이 짧아지고, 봄은 다소 늘어나는 등 계절의 변화를 초래할 것이다(Fig.2.3, 기상청, 2012).

Fig. 2.4에서와 같이 우리나라는 2050년까지 지난 100년간 연평균기온이 1.8℃ 상승한 것보다 약 2배인 3.2℃가 상승하여 우리나라 대부분의 지역이 아열대화가 될 것으로 전망하고, 현재 제주도를 포함한 한반도의 남해안 지역 즉, 전라남도와

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

경상남도의 해안·도서지역들이 아열대 기후대에 속하지만 2050년까지 아열대 기후대가 해안을 중심으로 북상할 것으로 전망하고 있다(Fig. 2.5). 2050년에는 울릉도, 제주도 등은 기온이 영하로 내려가는 날이 거의 나타나지 않아 겨울이 사라질 것으로 예상된다. 또한 아열대기후대의 확대로 제주에서 재배되던 원예작물의 재배지역이 북상하고 면적도 확대될 것으로 예측되고 있다.

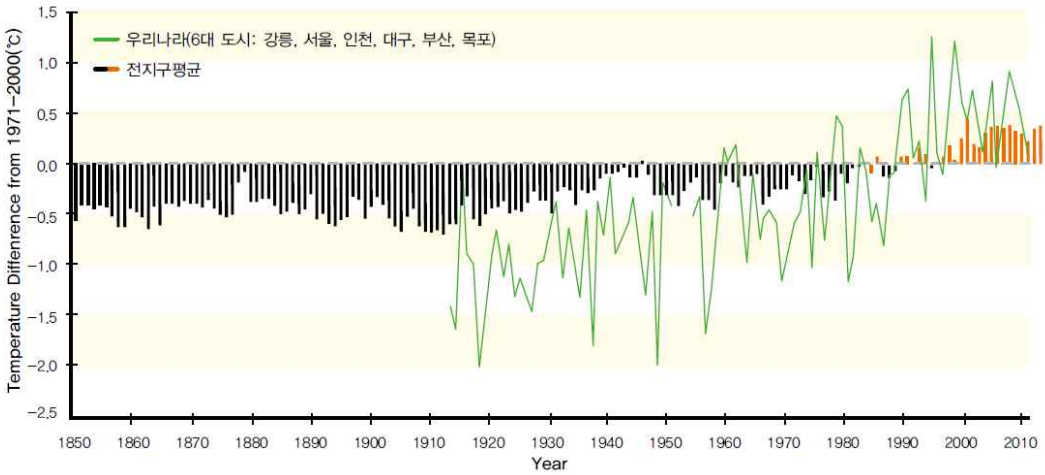


Fig. 2.2. Climate change trend in Korea(KMA, 2012).

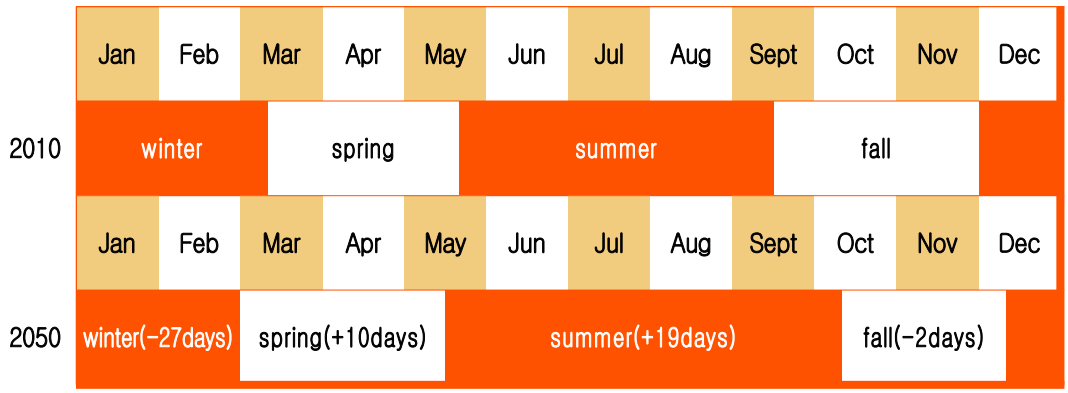


Fig. 2.3. 2050 seasonal length change forecast in Seoul((KMA, 2012).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 2.4. Prospects for climate change in Korea(KMA, 2012).

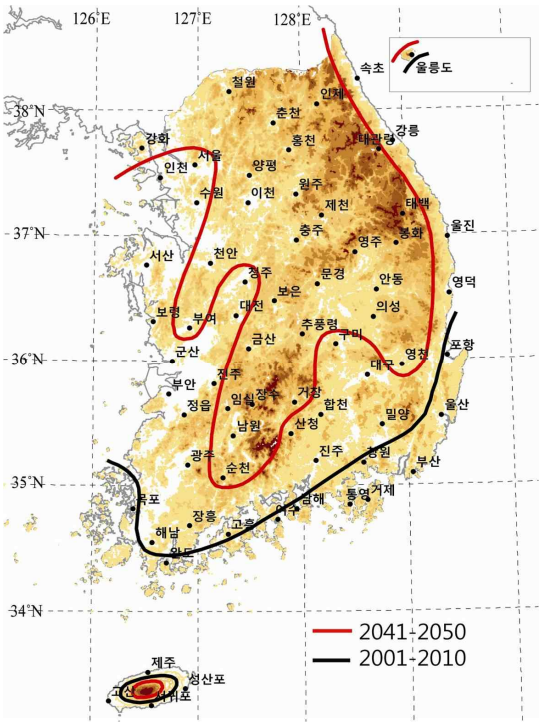


Fig. 2.5. 2050 prospects for a changing subtropical climate(KMA, 2012).

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

2.3 열대과수 재배 현황

2.3.1. 열대과일의 정의

아열대 및 열대 과일은 기원지 또는 상업적 재배지역이 아열대 및 열대인 과일작물과 상록성 다년생 수종으로, 냉해의 저항성이 약해 10℃ 이하에서 생육이 어려운 과일작물을 의미한다. 아열대와 열대 과일작물을 구분하기는 어렵다. 그러나 주로 열대과일 작물은 20℃ 이하의 온도에서 민감하게 반응해 생육이 멈추고, 생존을 위해 월평균 최저기온이 10℃ 이상 되어야 하며, 습기가 많은 환경을 요구한다. Durian, mangosteen, rambutan 등을 예로 들 수 있다.

반면 아열대과일작물은 20℃ 이하의 온도에서 덜 민감한 반응을 보이며, 비교적 추운 아열대지역의 겨울에는 성장을 멈추고 다시 봄이 되면 성장하는 작물로 귤류 및 anona류가 대표적이다. Banana, avocado 등은 아열대 및 열대 지역에서 폭 넓게 재배되며 아열대와 열대의 경계가 뚜렷이 나타나지 않은 경우도 흔하다.

열대지역이란 보통 적도에서 남·북 회귀선(23° N-23° S)까지를 의미한다. 그러나 열대지역이여도 해발고도가 높은 곳은 열대기후가 아니고, 아열대지역이라도 해안지역과 대양 섬의 경우에는 열대에 맞은 생육여건을 가지고 있으므로, 열대지역에 남·북위 30° 지역의 일부가 포함되기도 한다.

기후적으로 보면 열대지역은 연중온도가 27℃ 정도로 비교적 일정하게 유지되며, 가장 더운 달과 추운 달의 평균기온 연교차는 크지 않아 그 차이가 일교차와 크게 다르지 않고, 계절별로 일장(낮 시간의 길이)에 큰 차이가 없으며, 최장일장은 13시간 이하의 다습한 지역을 의미한다.

이에 비해 아열대지역은 여름에는 매우 덥고, 겨울은 비교적 추우며, 습도는 열대지역보다 낮고, 낮의 길이는 위도의 증가에 따라 길어진다. 아열대와 온대의 경계는 가장 추운 달의 평균기온이 10℃ 이상인지 이하인지로 구분하는데 이들 기후조건을 만족하는 지역에서 자라는 과일을 아열대 및 열대 과일작물이라 정의할 수 있다(김기중. 2012).

2.3.2. 열대과수의 품목별 특성

① Mango

Mango의 생육적온은 24~27℃ 이다. 18℃ 이하에서는 생장이 완만해지고 10℃이

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

하가 되면 신초나 화방신장이 정지하며, 특히 6℃에서는 꽃망울이 동해를 입는다. 과일의 생장기에는 온도가 높고 일조시간이 길 때 비교적 품질이 좋아진다. 한편 37℃ 이상에서는 고온장해가 발생한다.

당도는 13 ~ 15° Bx정도로 섬유질이 적고 향기가 우수하고, 탄저병과 저장성은 떨어지며, 시설 재배에 적합한 품종이다.

② Dragon fruit

Dragon fruit는 만성 호흡기 질환 및 다이어트에 효능이 있는 것으로 알려져 있으며, 시설재배 시 수확시기가 늦을수록 당도가 높고 산의 함량은 떨어진다. 꽃은 야행성이면서 향기가 좋고, 재배가 쉬우며 생육속도가 빠르다. 과형이 독특하고, 당도는 백색계 11 ~ 14° Bx, 적색계 13 ~ 15° Bx정도로, 년 3 ~ 4회 정도, 7월 ~ 11월 수확이 가능하다.

③ Passion fruit

Passion fruit는 시계꽃과의 덩굴성 다년생 목질초본에 해당하고, 덩굴은 각 마디에 덩굴손이 있어 생장하면서 나무처럼 단단해져 중심부는 텅 비게 된다. 서리에 약하며, 특히 다음해에 열매가 되는 가을가지는 서리 피해를 받기 쉽다. 자색종인 경우 나무처럼 단단해진 줄기와 주 가지는 내한성을 가지지만 -4℃ 이하가 되면 균열이 생겨 말라죽는다. 따라서 생산성을 위해 -2℃ 이하로 떨어지지 않게 하고 겨울철 한풍 등의 강풍에 노출되지 않고 서리가 적은 장소를 선택해야 한다. 이 수종은 극한 환경은 피해야 하며, 꽃가루가 20℃ 이하에서는 발아되지 않고, 생장과 개화가 15～18℃에서는 잘 되지 않는다. 30～32℃ 이상에서는 영양생장의 촉진으로 개화 및 착과가 잘되지 않는다.

④ Avocado

Avocado는 녹나무과에 속하는 상록교목에 해당하며, 높이가 18~25m에 달한다. 과실은 크게 나누어 Mexico, Guatemala, 서인도계가 있다. Mexico계는 잎이나 과일에 anise(화향풀과)와 비슷한 향이 있으며, 영하 6℃까지 낮은 온도에 견딘다. 과실은 작은 편이지만 익는 시기가 빨라 여름부터 가을까지 수확이 가능하다. Guatemala계는 anise 향이 없으며, 아열대성으로 -4.5℃까지의 저온에도 잘 견딘

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

다. 서인도계는 anise 향이 거의 없지만 과실은 크고, 과피는 얇다. 계통 간 잡종으로 만들어진 우량품종이 있다.

⑤ Papaya

Papaya는 papaya family에 딸린 상록 교목이다. 키는 7~10m쯤 자란다. 줄기는 연하고 가지를 치지 않으며, 줄기 끝에서 잎이 모여나기로 난다. 잎은 손바닥 모양으로 갈라져 있으며, 꽃은 지름이 2cm 가량의 엷은 노란색이다. 암수딴그루로 다섯잎꽃이다. 열매는 길이 20~30cm의 길둥근 모양인데 누렇게 익으며, 향기가 좋아 날로 먹거나 jam, 과자 등을 만들어 먹는다. 씨는 매운 맛이 있어 향신료로 쓰인다. 원산지는 Mexico이며, 열대지방에서 널리 재배된다. 저온에 강하여 제주에서 무가온재배 가능하며, 평균과중 60g, 열매가 많이 달리는 습성(풍산성)으로 당도 15° Bx , 산도 4.8%이며 향기가 매우 우수하며 가공적성 높다.

⑥ Olive

Olive나무는 교목성으로 생장이 매우 빠르며 품종 및 재배 조건에 따라 차이가 있으며, 내건성이 강해 연간 200㎜의 비만 있으면 생육하는 것으로 알려졌다. 그러나 생육, 개화 결실 및 과실의 발육에는 상당량의 수분이 있어야 한다. 따라서 연간강수량 600~800㎜ 이상이 정상적인 생장을 위해 요구된다. 주산지의 조건에서 추정해보면 연간 강수량이 600~1000㎜가 재배 최적지, 1500㎜ 이내가 재배 적지, 2000㎜까지를 재배 가능지로 판단하고 있다. Olive나무는 저온에서 강해 -9.4℃까지 견딘다. 하지만 -12.2℃ 이하에서는 위험하고, -14.4℃가 되면 약한 가지와 어린 가지는 동해로 말라 죽는다.

Olive나무는 햇빛을 매우 좋아하는 양지식물로 반음지는 생육에 적합하지 않다. 그리고 토양에 대한 적응성이 매우 넓지만, 공기의 유통이 잘 안 되는 배수가 불량한 토양이나 사질토양에는 부적합하다. 따라서 olive나무는 물 빠짐이 좋고 지하수위가 낮은 비옥한 사질 양토에서 재배가 잘 된다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

2.3.3. 국내 열대과수 재배 현황

Table 2.2. Status of non-Jeju tropical fruit cultivation(Jeollanam-do Agricultural Research & Extension Service, Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services Press Releases 2013).

Region	Fruit	Remarks
Suncheon	gold kiwi	Registered Haegeum gold kiwi variety in 2010
Yeo su	apple mango	Implementation of pilot program for growing farm from 2011
Jangheung	papaya, passion fruit	Reduction in heating and cooling costs due to district heating and cooling installation
Gohung	apple mango	2011 Transplanting, 2013 yields, Experimental cultivation
Haenam	papaya, guava etc.	Supplied distributors to the metropolitan area through cultivation of tropical fruit and vegetable crop contracts from 2010
Tongyeong	mango, dragon fruit	Establishment of 1,300ha test farm complex from 2010

아열대기후 기준에 비춰보면 우리나라에서 제주도 및 경남과 전남 지역은 아열대 기후로 시설재배 등을 통해 열대 과일 생산이 가능하지만, 기타 지역에서는 겨울철 평균 기온이 낮아 가온시설이 필수인 상황이다.

Table 2.2에서와 같이 제주 이외 전라남도 여수, 장흥, 고흥, 해남, 통영 등을 중심으로 열대과수 재배가 이루어지고 있으며, kiwi는 제주도와 남해안 일대에서 소량 생산되다 최근에는 전남 순천, 고흥, 해남, 보성에서 대량 생산되고 있다.

Table 2.3에서 2015년 국내 주요 열대고수 재배면적은 106.6ha(1,066㎢)로 여의도 면적(2.9㎢)의 약 37% 규모로 아직까지 재배면적이 넓지 않다. 그러나 재배면적과 농가 수가 각각 2014년(58ha, 174가구)보다 83.7%, 51.7% 로 빠르게 증가하는 추세이다. 2014년에는 전체 열대과수 재배농가(174가구) 가운데 절반(86가구, 49%)이 제주농가였으나 2015년에는 제주농가 비율이 33.3%(88가구)로 낮아졌다. 그러면서 경상북도(20.8%), 경상남도(15.2%), 전라남도(14.8%) 등 열대과수 재배는 계속해서 증가하고 있다(한국농촌경제연구원. 2016).

열대과일 중에서도 mango, guava, passion fruit 재배면적은 2015년 각각

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

32.5ha, 10.9ha, 44.4ha로, 2014년 대비 각각 27.6%, 101%, 372% 증가하였으며, 같은 시기 mango, guava, passion fruit 재배농가 수가 33.9%, 33.3%, 165%로 각각 증가하였다.

Table 2.3에서 보듯 전국적으로 passion fruit 증가율이 가장 크게 나타났다. 전라남도의 경우 passion fruit를 2008년에 전남 지역 적응성 검토 후, 2012년 농촌진흥청의 지원을 받아 본격적인 연구 개발을 하여 담양, 무안, 해남, 고흥 등 일부지역에서 재배를 시작하여 2013년에 1.5ha, 2014년에 17ha로 재배면적이 증가하였으며, 담양군의 경우 2018년 현재 15농가에서 3.5ha passion fruit를 재배하고 있다.

열대과수 재배면적이 늘어나는 원인은 기후 온난화에 대비해 일부 지자체의 특화·고소득 작목 육성사업 추진 및 농업인들의 새로운 소득 작목 발굴과 국내 소비자들의 수입과일 수요 증가 등으로 최근 열대과수의 재배면적이 점점 확대고 있다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

Table 2.3. Domestic tropical fruit cultivation status(Korea Rural Economic Institute, 2016). unit : premises(戶), ha, ton

List	Province	2014			2015		
		number of farmhouse	cultivation area	an output	number of farmhouse	cultivation area	an output
mango	Gyeonggi	1	0.2	0.0	1	0.2	0.4
	Gyeongnam	3	0.9	7.0	5	1.9	9.5
	Gyeongbuk	–	–	–	1	0.3	0.0
	Jeonnam	5	0.6	8.9	9	1.3	11.7
	Jeonbuk	–	–	–	1	0.1	0.0
	Jeju	50	23.8	326.6	60	27.9	375.4
	Chungbuk	–	–	–	2	0.8	1.0
	subtotal	59	25.5	342.5	79	32.5	398.0
passion fruit	Gyeonggi	1	0.5	0.2	4	1.6	3.9
	Gyeongnam	10	1.9	2.8	4	0.6	6.3
	Gyeongbuk	25	4.3	95.3	52	27.9	285.1
	Daegu	–	–	–	1	0.7	1.2
	Jeonnam	6	2.4	20.2	25	5.7	41.0
	Jeonbuk	–	–	–	22	5.3	30.2
	Jeju	1	0.3	1.0	3	1.2	15.0
	Chungbuk	–	–	–	3	1.4	26.0
	subtotal	43	9.4	119.5	114	44.4	408.7
guava	Gyeonggi	4	2.1	2.2	4	2.3	2.2
	Gyeongnam	–	–	–	6	3.4	4.9
	Busan	–	–	–	1	0.3	5.0
	Jeonnam	4	0.4	0.4	2	0.2	0.3
	Jeju	13	2.9	2.2	12	3.6	2.0
	Chungnam	–	–	–	1	0.3	0.3
	Chungbuk	–	–	–	2	0.8	0.8
	subtotal	21	5.4	4.8	28	10.9	15.5
banana	Jeju	1	1.0	31.0	2	1.0	32.0
	subtotal	1	1.0	31.0	2	1.0	32.0
pineapple	Gyeongnam	20	4.5	167.0	20	4.5	167.0
	소계	20	4.5	167.0	20	4.5	167.0
Dragon fruit	Gyeongnam	4	1.9	11.0	4	1.2	20.3
	Jeju	15	4.2	75.6	8	3.9	65.7
	subtotal	19	6.1	86.6	12	5.1	86.0
papaya	Gyeongnam	–	–	–	1	1.0	2.0
	Gyeongbuk	2	0.5	8.8	2	0.5	4.9
	Jeonnam	3	1.5	7.0	3	1.9	56.0
	subtotal	5	2.0	15.8	6	3.4	62.9
avocado	Jeju	5	4.0	0.4	2	2.9	0.0
	subtotal	5	4.0	0.4	2	2.9	0.0
atemoya	Jeju	1	0.1	2.0	1	1.8	4.0
	subtotal	1	0.1	2.0	1	1.8	4.0
total		174	58.0	769.6	264	106.6	1174.1

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제3장 기후변화에 따른 열대과수 재배지 변화

3.1. 담양군의 아열대기후 검증

담양군이 아열대기후 조건 중 최한월 평균기온이 -3℃~18℃에 포함되는지를 알아보기 위하여 최근 20년간(1998-2017) 담양군과 광주광역시, 여수, 정읍, 목포, 서귀포의 1월 평균기온, 최저기온 및 최고기온의 변화 경향을 분석하여 Fig. 3.1로 나타내었다.

담양군, 광주광역시, 정읍의 최한월 평균기온 중 2011년 -4.3℃를 제외하고 모든 해의 평균기온이 -3℃~18℃ 안에 포함되었고(95%), 여수, 목포, 서귀포의 최한월 평균기온은 모든 해가 포함되어 최한월 평균기온은 아열대기후대에 조건에 부합하다고 해석된다.

해안지역인 여수, 목포 및 서귀포는 지구온난화에 의한 아열대기후대에 포함되어 있어, 최한월 평균기온이 높은 반면, 내륙지역인 담양, 광주광역시 및 정읍은 해안지역에 비해 상대적으로 낮게 나타났음을 확인할 수 있었다.

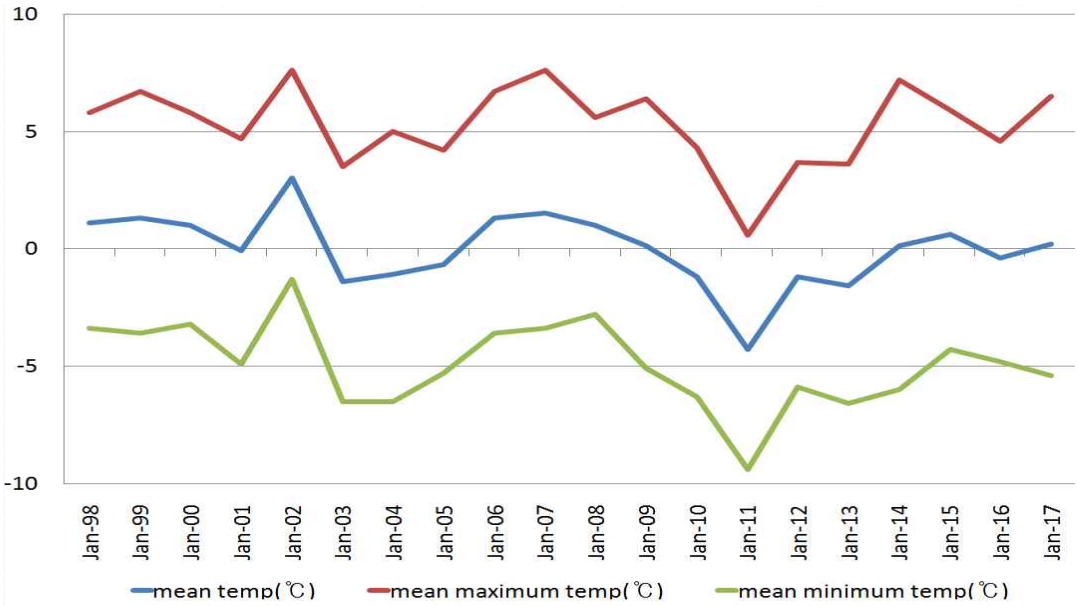


Fig. 3.1. Analysis of the temperature for the last 20 years(1998~2017) in each region, Damyang-gun.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

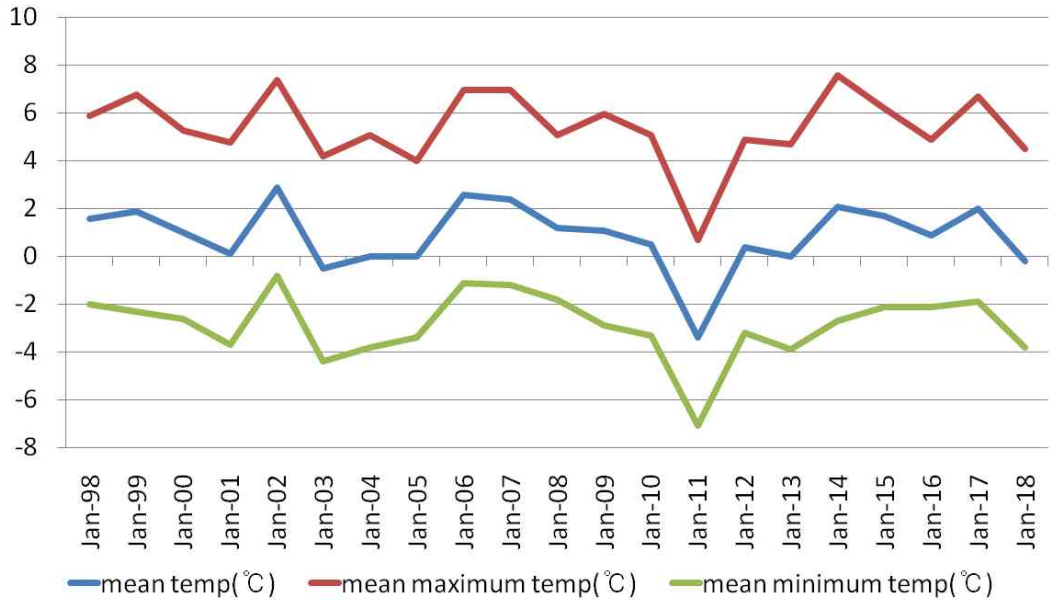


Fig. 3.1. Continued, Gwangju.

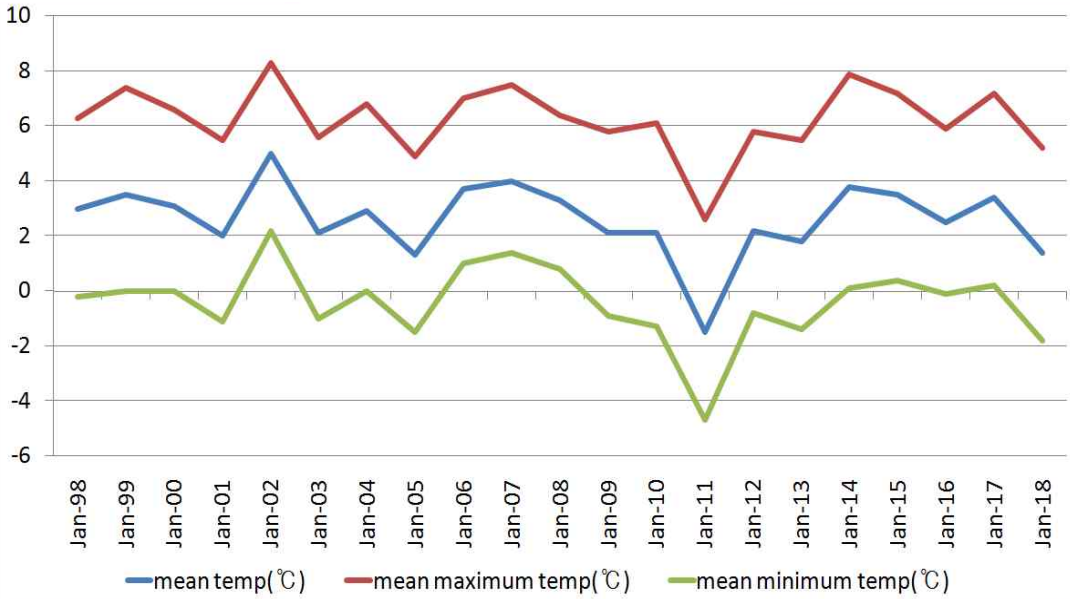


Fig. 3.1. Continued, Yeosu.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

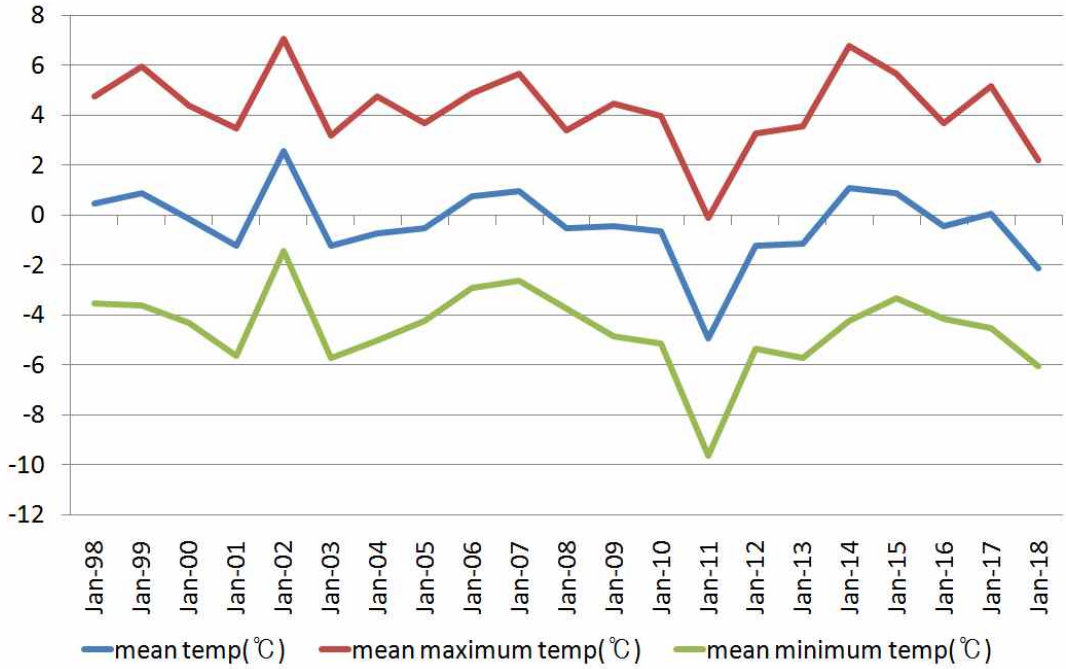


Fig. 3.1. Continued, Jeongeup.

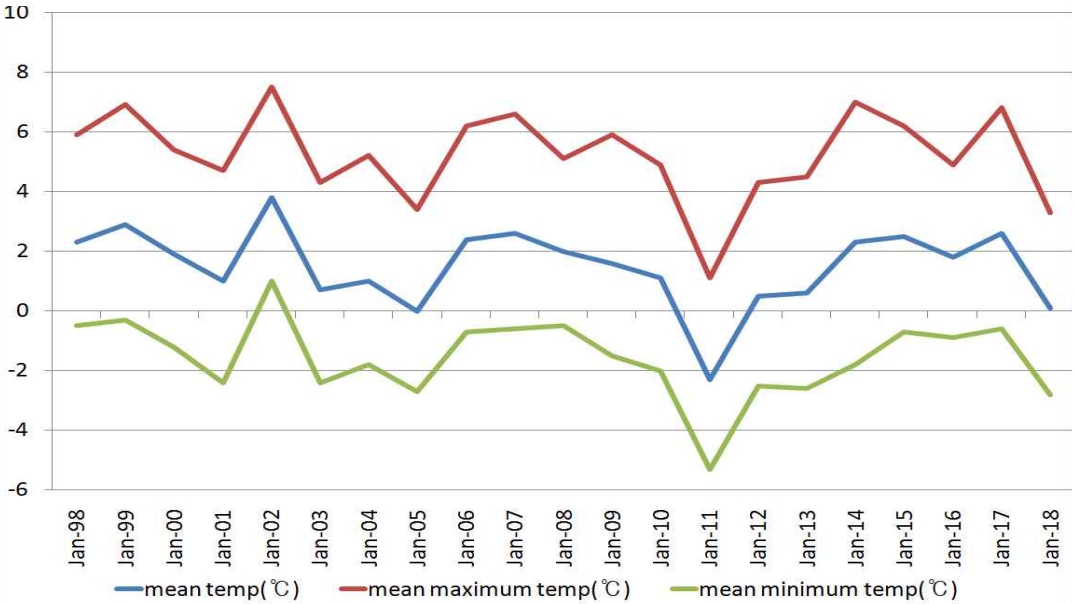


Fig. 3.1. Continued, Mokpo.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

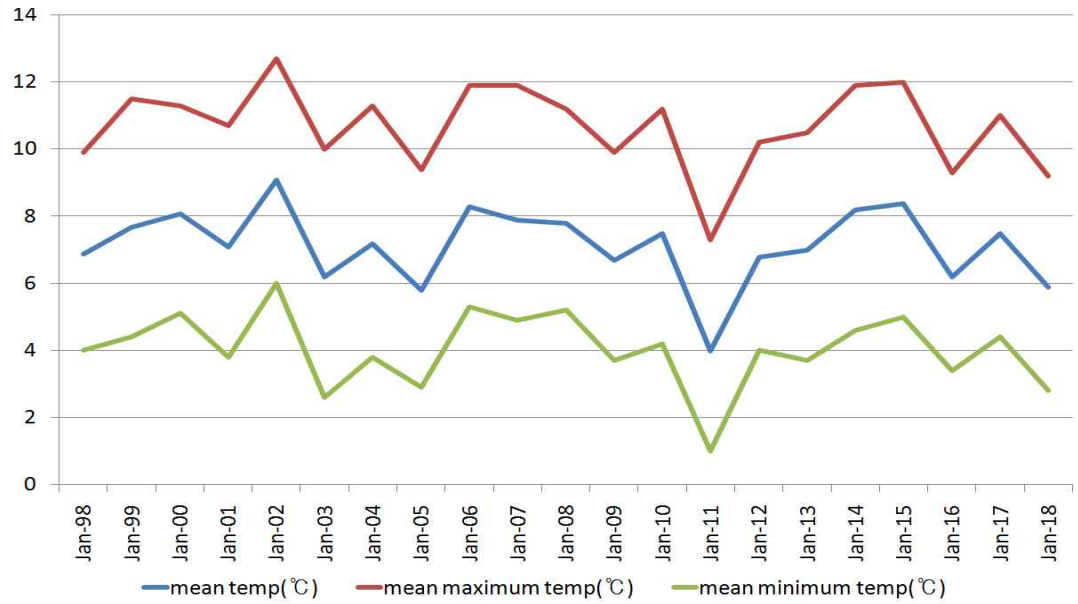


Fig. 3.1. Continued, Seogwipo.

Table 3.1은 아열대기후 조건 중 "월평균기온이 10℃ 이상인 달이 한해에 8개월 이상"에 포함되는지를 알아보기 위하여, 담양군과 비교지역(광주, 정읍, 목포, 여수, 서귀포)의 최근 20년간(1998-2017) "월평균기온이 10℃이상이 8개월 이상인 지역"의 변화 경향을 나타낸 것이다.

담양군, 광주광역시, 정읍의 월평균기온의 비율은 50%미만으로 나타나 아열대기후대에 충족하지 않으며, 여수, 목포, 서귀포의 월평균기온의 비율은 50%이상으로 아열대기후 조건을 충족한다고 해석된다.

여기에서도 해안지역인 여수, 목포와 서귀포는 지구온난화에 의한 아열대기후대에 포함되어 있어 월평균기온이 높은 반면, 내륙지역인 담양, 광주광역시 및 정읍은 해안지역에 비해 비교적 낮은 기온을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

Table 3.1. Analysis of Temperature(1998~2017, monthly mean temperature over 10 ℃ for more than 8 months, Damyang, Gwangju, Jeongeup, Mokpo, Yeosu, and Seogwipo).

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	No	ratio (%)
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
Dam yang	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	3	15
	×	×	×	○	×	×	×	○	×	×		
Gwang ju	×	×	×	×	×	○	○	○	○	×	7	35
	×	×	×	○	×	×	○	○	×	×		
Yeosu	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	19	95
	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○		
Jeong eup	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	2	10
	×	×	×	○	×	×	×	○	×	×		
Mok po	○	○	×	×	×	○	○	○	○	×	11	55
	○	×	×	○	×	×	○	○	○	×		
Seogwi po	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	20	100
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		

Table 3.2와 Fig. 3.2는 장기간의 기후변화를 비교하기 위한 평년값 비교를 하기 위해 2011년 평년(1981~2010) 월평균기온에서 2001년 평년(1971~2000) 월평균기온을 뺀 값을 분석한 것이다.

담양군의 평년값은 기상청 관측자료가 없어 비교대상지역의 평년값 기온변화를 통해 비교해 보았다.

Fig. 3.2의 1월, 2월, 12월의 평균기온이 전 지역의 전 월값의 차이가 양(+)의 값을 보이고 있어 겨울철의 기온상승이 뚜렷하게 나타난다. 이는 전 지역에서 기온상승이 있었음을 설명하는 자료로, 아열대기후로 변하고 있다는 것으로 해석할 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

Table 3.2. Analysis of Climatological Normal{month normal value{2011 month normal value - 2001 month normal value), Gwangju, Yeosu, Jeongeup, Mokpo, and Seogwipo}.

Gwangju(156)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Mean temp.	0.1	0.6	0.5	0.3	0.5	0.4	0.1	0.1	0.5	0.4	0.4	0.3
Max. temp.	0.2	0.8	0.6	0.3	0.4	0.3	-0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1
Min. temp.	0.2	0.5	0.5	0.2	0.6	0.4	0.1	0.2	0.6	0.6	0.3	0.3

Yeosu(168)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Mean temp.	0.2	0.6	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2
Max. temp.	0.1	0.7	0.3	0.2	0	0	-0.1	0	-0.1	0	0.2	0.1
Min. temp.	0.3	0.6	0.4	0.2	0.3	0.3	0	0.2	0.5	0.5	0.3	0.4

Jeongeup(245)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Mean temp.	0.2	0.5	0.4	0.2	0.5	0.3	0	0.1	0.4	0.3	0.3	0.1
Max. temp.	0.1	0.5	0.4	0.3	0.4	0.4	0	0.1	0.4	0.2	0.3	0
Min. temp.	0.4	0.5	0.4	0.3	0.7	0.4	0.3	0.3	0.7	0.5	0.4	0.3

Mokpo(165)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Mean temp.	-0.1	0.3	0.2	0	0.3	0.3	0	0.1	0.2	0	0	0
Max. temp.	-0.4	0.2	0.1	-0.1	0.1	0.2	-0.1	0	0	-0.1	-0.2	-0.3
Min. temp.	-0.1	0.1	0.1	0	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0	-0.1	-0.1

Seogwipo(189)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Mean temp.	0.2	0.7	0.5	0.4	0.5	0.4	0.3	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4
Max. temp.	0.2	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.1
Min. temp.	0.4	0.8	0.6	0.5	0.5	0.6	0.2	0.5	0.8	0.6	0.5	0.5

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

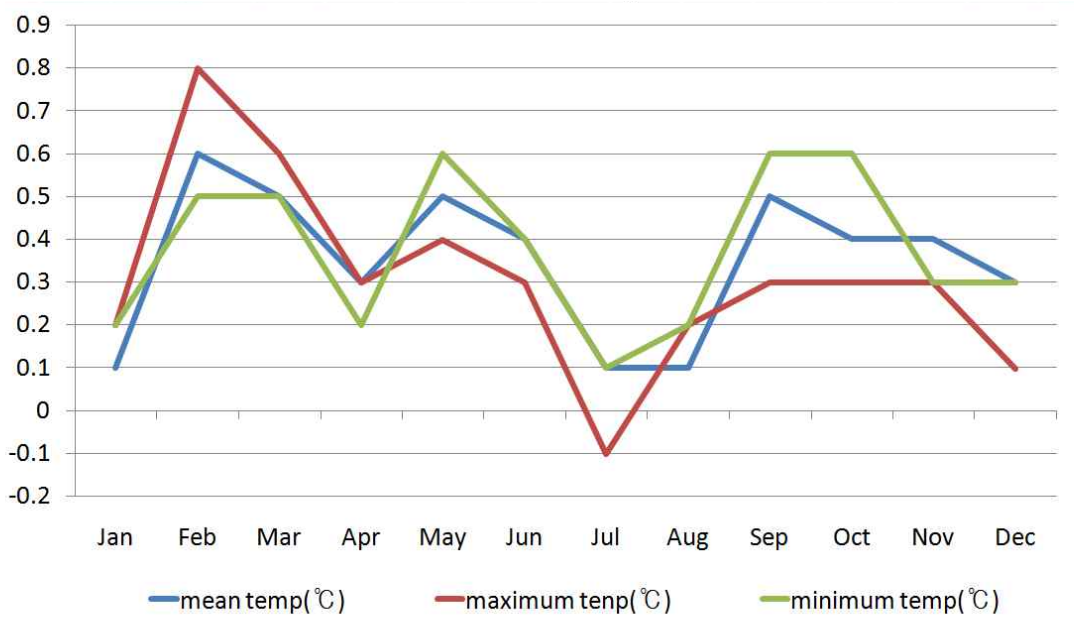


Fig. 3.2. Analysis of change in normal temperature in each region during (2011 monthly normal temperature - 2001 monthly normal temperature), Gwangju.

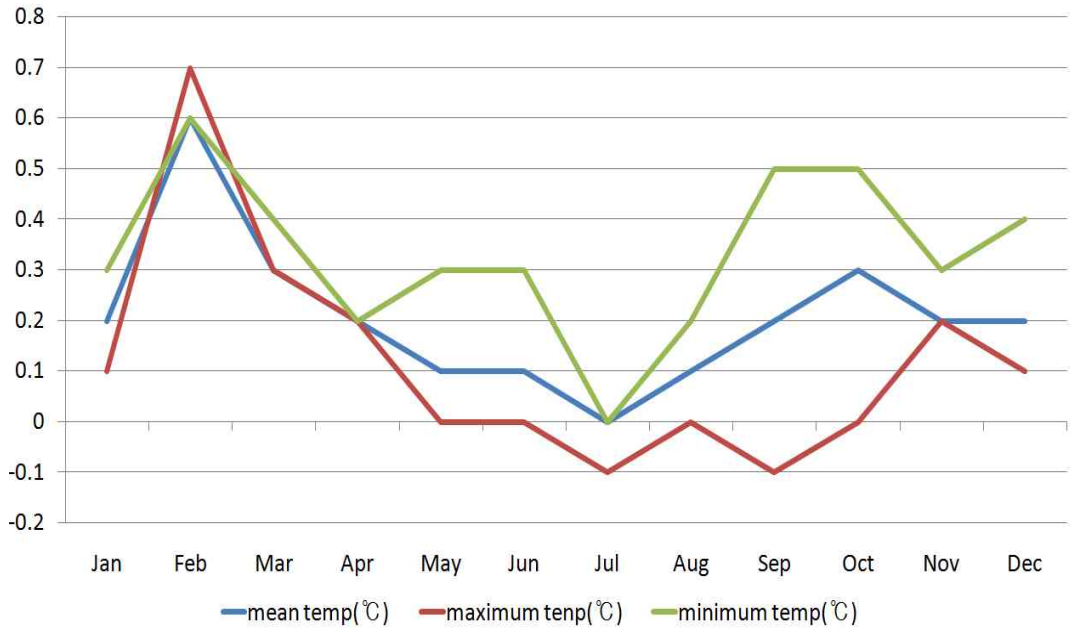


Fig. 3.2. Continued, Yeosu.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

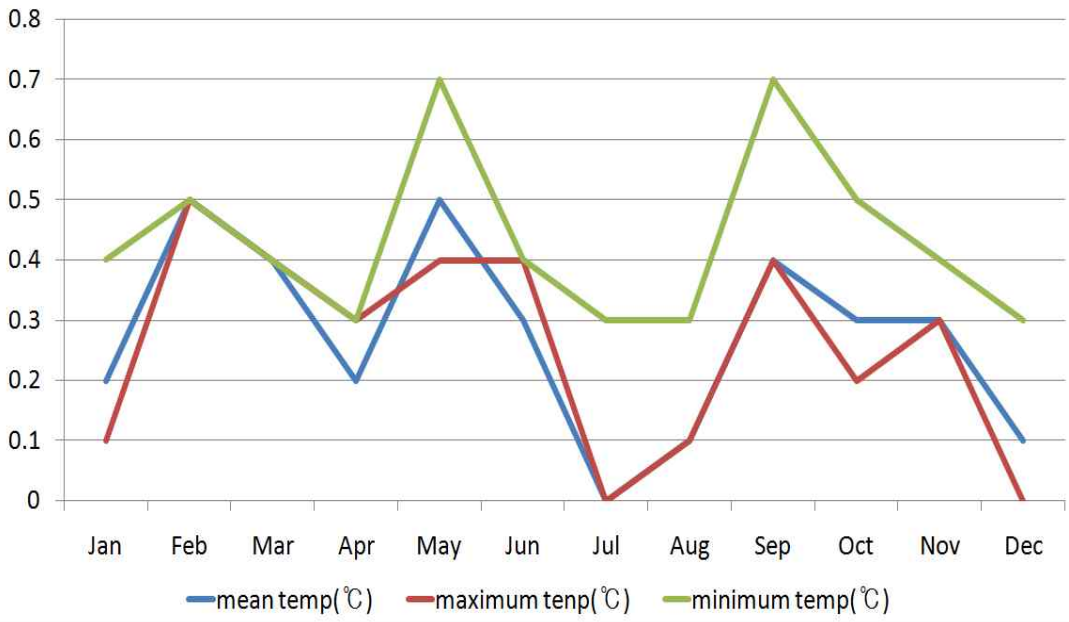


Fig. 3.2. Continued, Jeongeup.

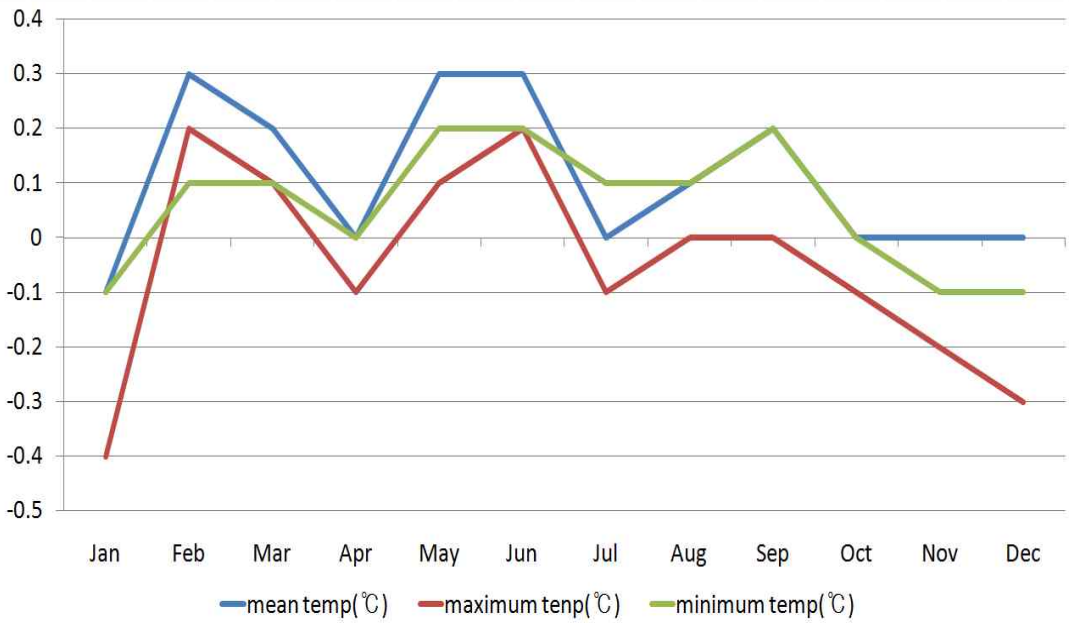


Fig. 3.2. Continued, Mokpo.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

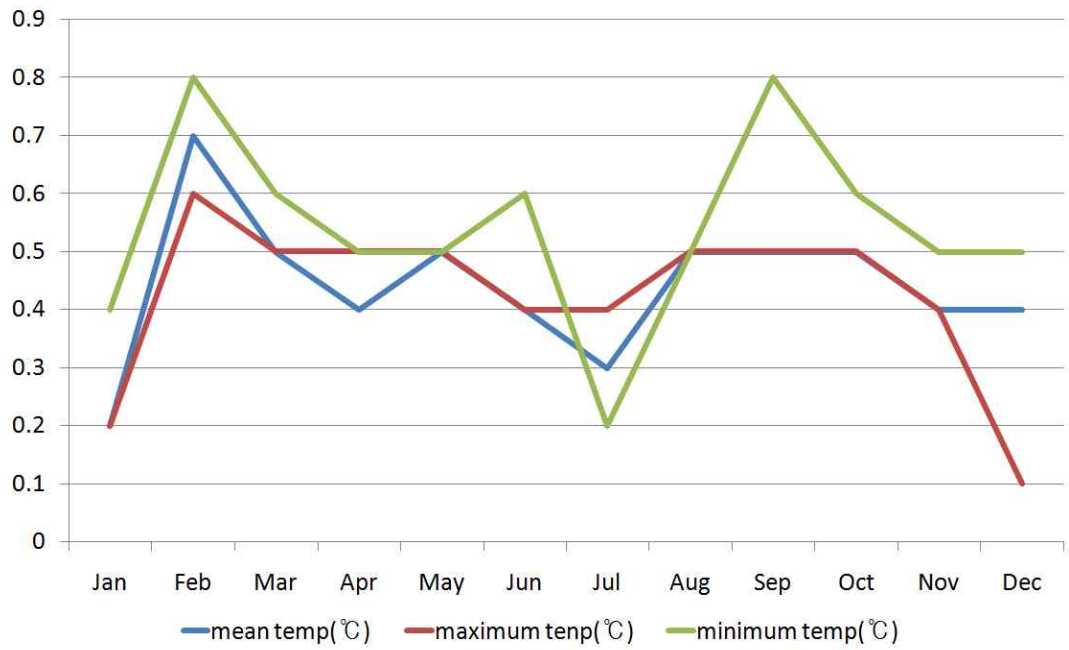


Fig. 3.2. Continued, Seogwipo.

3.2. 열대과수 재배지 북상

모든 작물에는 생육에 필요한 적정 온도가 있다. Fig. 3.3 에서처럼 기후변화는 주요 농작물의 재배환경에도 영향을 주어 복숭아, 사과는 경북에서 경기, 강원까지, 한라봉과 감귤은 제주에서 거제, 고흥, 나주까지 북상하였고, 녹차는 보성, 하동에서 강원 고성까지 재배지가 북상한 것을 알 수 있다.

이처럼 기후변화로 인해 우리나라의 기후가 미래에도 급변할 것으로 전망되며, 작물재배 한계선이 바뀌어 생산량, 품종도 달라질 것으로 예상된다. 현재 우리나라에서 재배하는 농작물의 재배 한계선이 북상하여 재배면적은 점점 줄어들고, 그 자리를 열대과수 재배지역이 점점 북상하여 차지할 것이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

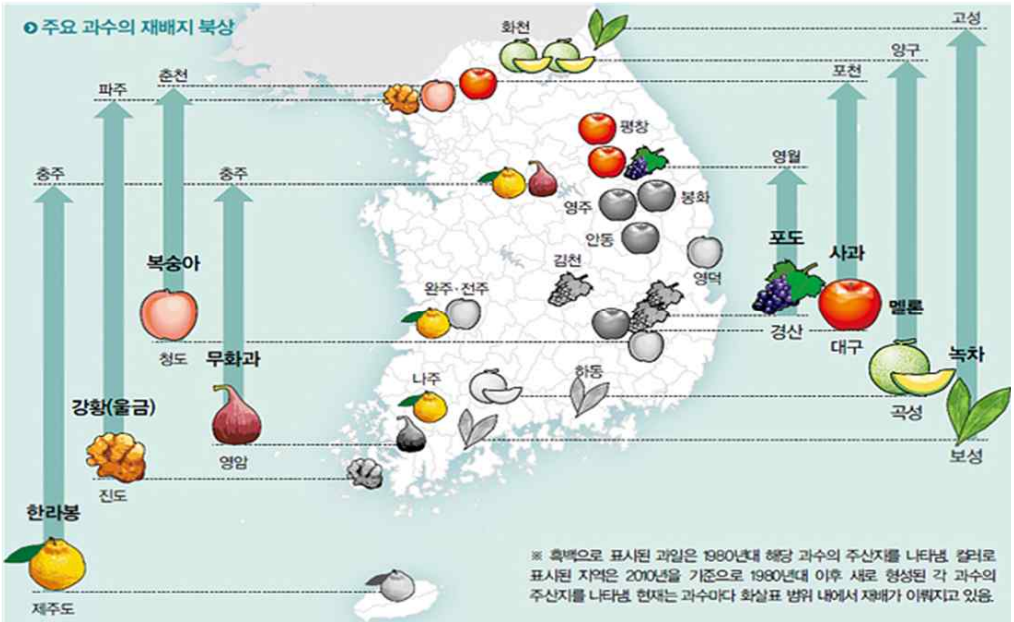


Fig. 3.3. Move northward of the country's major agricultural products(Rural Development Administration, 2014).

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

제4장 기후변화 시나리오에 따른 재배지 변화 예측

4.1. 기후변화 시나리오를 적용한 우리나라 6대 과수 재배지 예측지도

Fig. 4.1는 현재 재배되고 있는 품종과 재배양식 등의 재배시스템이 그대로 유지된다는 조건 하에 기후변화시나리오(RCP 8.5[2])를 바탕으로 제작한 예측 지도이다(농촌진흥청. 2015).

우리나라 6대 과수작물에 해당하는 사과, 배, 복숭아, 포도, 단감 및 감귤을 10년 단위로 2010년대부터 2090년대까지 재배지 변동을 상세히 예측하였다.

주요 과수작물 총재배가능지(재배적지 + 재배가능지) 면적 변동에 대해 예측한 결과 사과 재배면적이 지속적으로 감소하였고, 배, 복숭아, 포도는 21세기 중반까지는 조금 증가하다 다시 감소하였으며, 단감과 감귤은 지속적으로 증가할 것으로 예측되었다. 사과의 재배면적은 과거 30년 동안 재배적지와 재배가능지가 모두 빠르게 감소하였고, 21세기말 정도에는 강원도 일부에서만 재배할 것으로 나타났다.

사과는 2020년까지는 지금과 비슷한 국토의 48%에서 재배가 가능하지만, 2050년대는 13%, 2090년대는 1% 정도로 급감할 것으로 나타났다. 최악의 경우, 국내산 사과를 못 먹게 될 수도 있다.

배는 2030년대까지 총재배가능지 면적이 증가하다 2060년대부터 줄어드는 것으로 나타났다. 복숭아는 2060년대까지 총재배가능지 면적이 과거 30년 평균과 비교해 소폭 증가하나 이후부터 급감하는 것으로 전망된다. 포도는 총재배가능지 면적이 2060년대까지 완만하게 증가하다가 이후 급격히 감소하고, 고품질 재배가 가능한 지역은 2010년대부터 크게 감소할 것으로 나타났다.

단감은 고품질 재배가 가능한 재배지 면적이 꾸준히 증가하여 총재배가능지가 증가하며, 중부 내륙 전역(산간 지역 제외)으로 확대될 것으로 나타났다.

감귤은 총재배가능지가 계속 증가하고, 재배 한계선이 남해안과 강원도 해안지역으로 확대될 것으로 나타났다.

이처럼 총재배가능지가 늘어나면 작물의 실제 재배면적이 증가할 개연성이 크므로 생산 증가에 따른 수출이나 가공품 개발 등의 소비를 확산하는 연구가 필요하

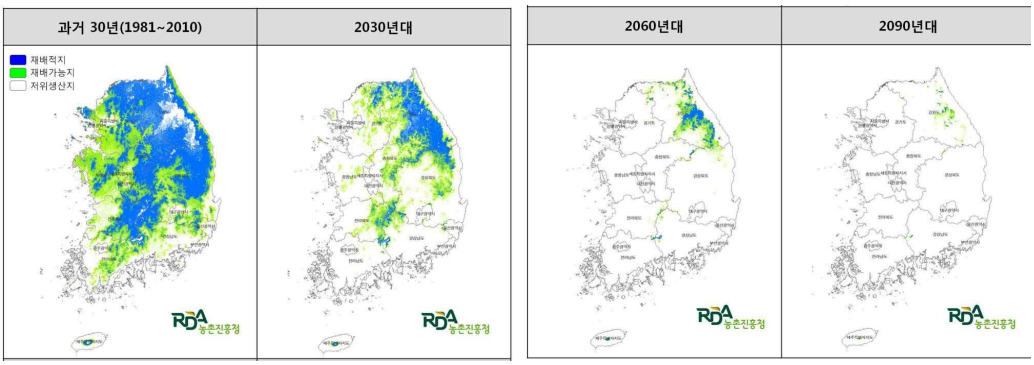
2) RCP(Representative Concentration Pathway). RCP 8.5는 현재 추세대로 온실가스가 배출될 경우에 예상되는 기후 변화 시나리오

Collection @ chosun

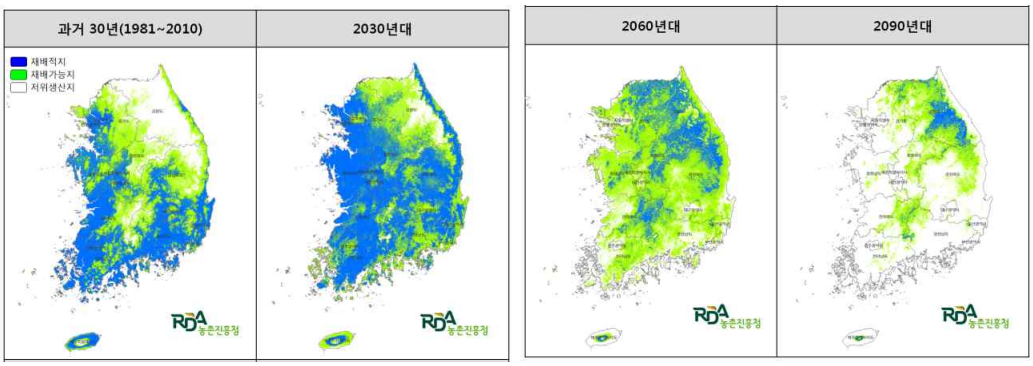
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다. 반면 고품질의 과실 생산이 가능한 재배적지가 줄어들고 기후변화시의 기상 상황에서 각 지역의 환경에 맞는 품질이 우수한 과실 생산이 가능한 품종과 재배법의 개발이 요구된다.

<apple>



<pear>



<peach>

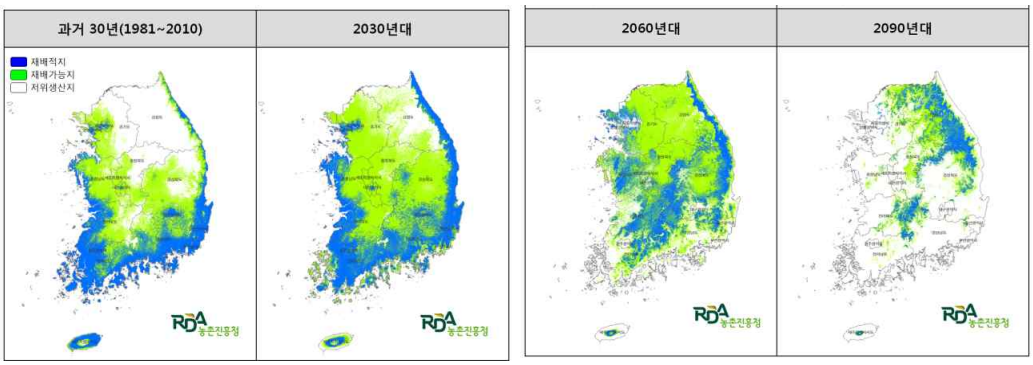
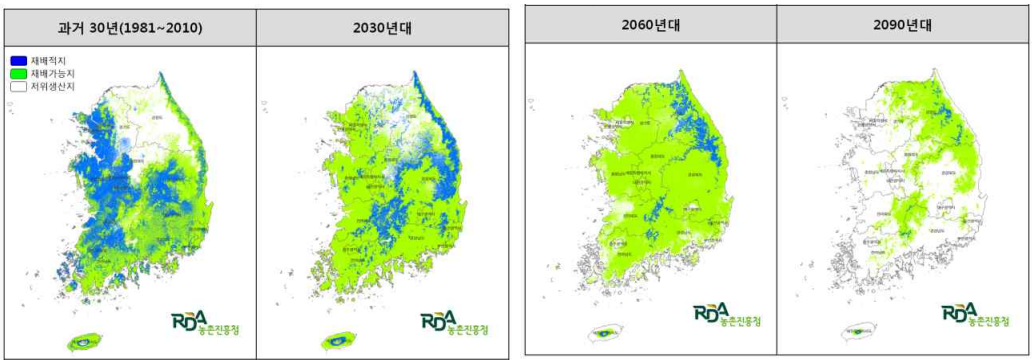


Fig. 4.1. Prediction of changes in the Korean Six Major Fruits growing area by applying climate change scenarios RCP 8.5 (Rural Development Administration, 2015).

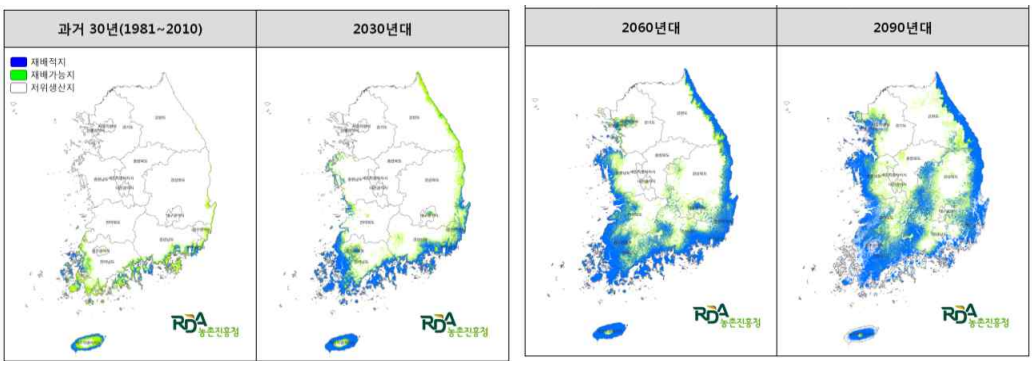
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

<grape>



<sweet persimmon>



<tangerine>

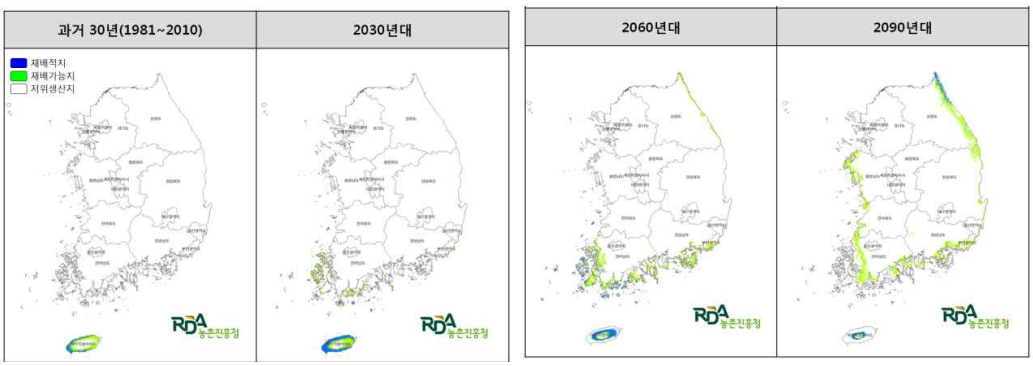


Fig. 4.1. Continued.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

4.2. 담양군의 기후변화 시나리오 도출(RCP 4.5/RCP 8.5 시나리오)

기후변화 시나리오는 기후변화에 관한 정부간협의체(IPCC)에서 5차 평가보고서용으로 발표한 온실가스 배출 시나리오인 RCP(Representative Concentration Pathways) 시나리오를 기초로 하였다.

온실가스 배출 시나리오는 table 4.1과 같이 기본 4종 중 본 연구에서는 온실가스 배출 정도를 현재 추세대로 계속 유지하였을 경우(RCP8.5)와 적극적으로 저감 정책을 시행하였을 경우(RCP4.5)를 기준으로 분석하였다.

Table 4.1. Explanation by RCP scenario and CO2 concentration by 2100(KMA. Detailed analysis report on climate change in Jeollanam-do and Damyang-gun, 2012).

Scenario	Description	Concentration of CO_2 as of 2100(ppm)
RCP2.6	The earth itself is affected by human activity Where possible. (Inaccessible)	420
RCP4.5	When the policy for reducing greenhouse gases is realized considerably.	540
RCP6.0	When the policy for reducing greenhouse gases is realized considerably.	670
RCP8.5	If the current trend is to emit greenhouse gases without mitigation	940

4.3. 담양군의 기온

전라남도 북부에 위치한 담양군의 연평균기온은 12.6℃로 전라남도 연평균기온(13.2℃)보다 낮게 나타났고, 담양군의 연평균 일최고기온은 18.5℃, 연평균 일최저기온은 7.7℃로 나타났고, 연평균 일교차는 10.8℃이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 4.2. Daily mean, maximum, minimum temperature and Extreme Climate Index of Damyang-gun in Jeollanam-do (2001-2010)(KMA, 2012).

	Air temperature(℃)			Tropical night (days)	Heat days
	daily mean	daily maxi.	daily mini.		
Jeollanam-do	13.2	18.4	8.7	4.9	8.5
Damyang-gun	12.6	18.5	7.7	1.9	10.5

Fig. 4.2. Detailed distribution plot of annual mean temperature(℃) by town surface of Damyang-gun (2001~2010, KMA, 2012).

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

4.4. 전남, 담양군의 평균기온 비교

Fig. 4.3과 Fig. 4.4는 전라남도와 담양군의 평균기온 경년변화도이다.

온실가스를 저감하지 않는 RCP8.5 시나리오(Fig 4.4)에서 담양군 연평균기온은 2000년대에 비해 2040년대에는 2.1℃, 2090년대에는 5.3℃ 상승할 것으로 예측된다.

현재 담양군 연평균기온은 전라남도 평균보다 낮으며, RCP8.5에서 담양군의 미래 기온 상승 정도[3])는 전라남도와 동일하다. 담양군과 전라남도의 기온 상승폭은 우리나라 전체 상승폭[4])보다 모두 0.6℃ 낮게 나타났다.

Fig. 4.3과 같이 온실가스 감축정책을 적극적으로 수행하였을 경우는 온실가스 배출 정도를 현재 추세대로 계속 유지하였을 때와 비교하면 기온 상승폭은 절반 이하 수준[5])에 그쳐, 담양군은 RCP8.5 시나리오(Fig 4.4)에서 2040년대부터, RCP4.5 시나리오(Fig 4.3)에서 2070년대부터 아열대기후에 속할 것으로 전망된다.

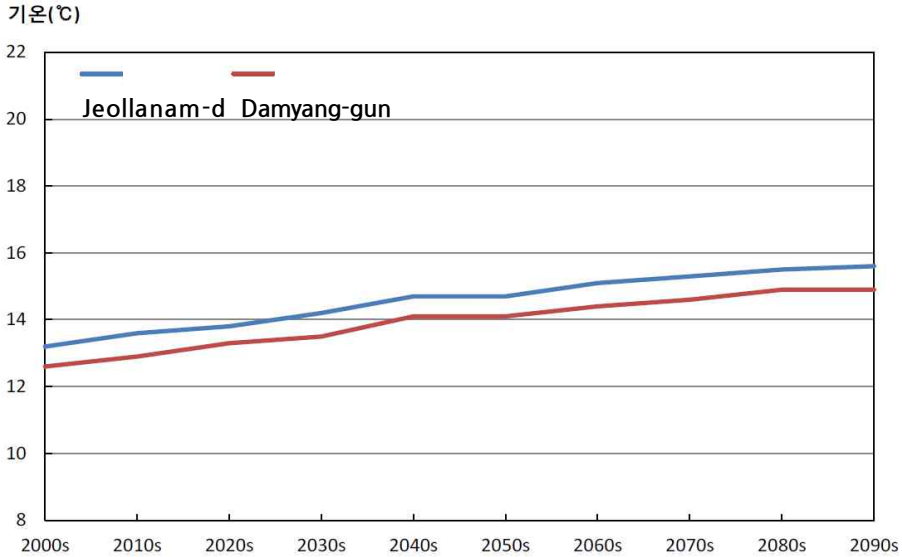


Fig. 4.3. Annual mean temperature of Jeollanam-do and Damyang-gun time series (RCP4.5)(KMA, 2012).

3) 미래 기온상승폭(2071~2100) 담양군 4.7℃, 전라남도 4.7℃
4) 우리나라 기온상승폭 : (1981~2010) 12.5℃ → (2071~2100) 17.8℃(5.3℃ 상승)
5) 2090년대 담양군 평균 기온상승(RCP8.5) 5.3℃ → (RCP4.5) 2.3℃ 상승

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

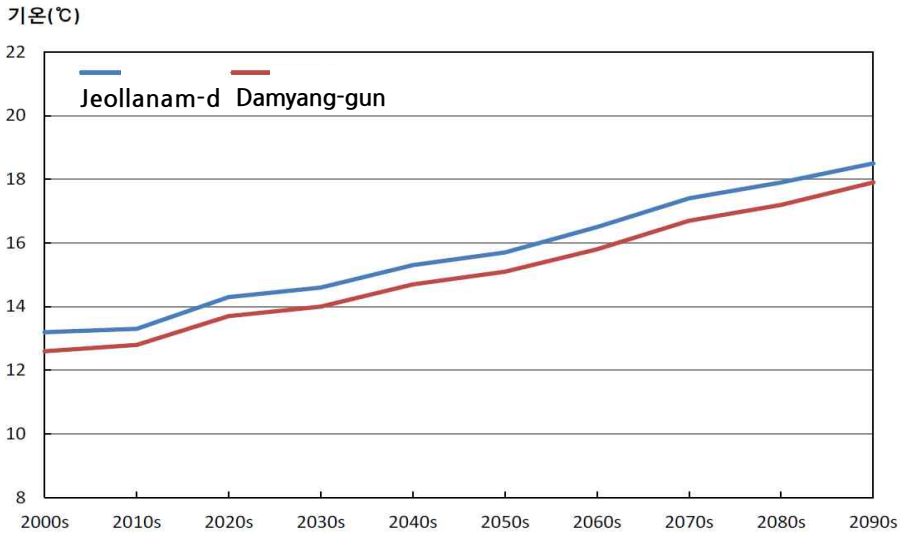


Fig. 4.4. Annual mean temperature of Jeollanam-do and Damyang-gun time series (RCP8.5)(KMA, 2012).

Fig. 4.5는 담양군의 읍면별 평균기온(℃) 분포도이다. 이 분포도에서도 담양군은 RCP8.5 시나리오에서 2040년대부터, RCP4.5 시나리오에서 2070년대부터 아열대 기후에 속할 것으로 전망된다.

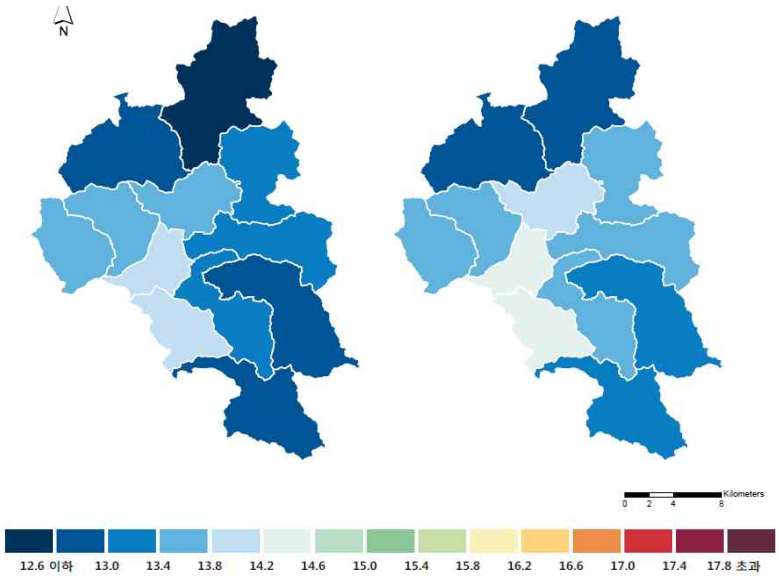


Fig. 4.5. Distribution of annual mean temperature(℃) of Damyang-gun {RCP4.5(left)/RCP8.5(right), 2011~2040(KMA, 2012).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

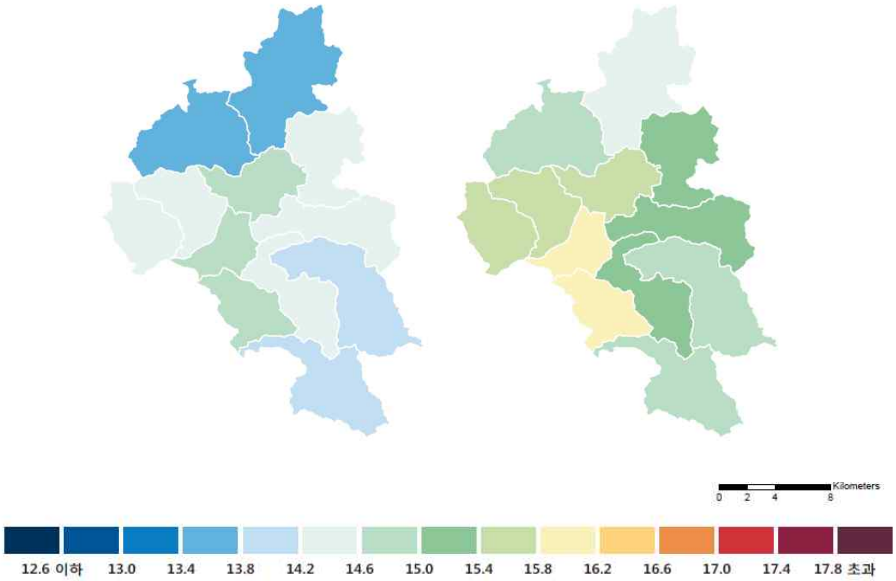


Fig. 4.5. Continued, 2041~2070.

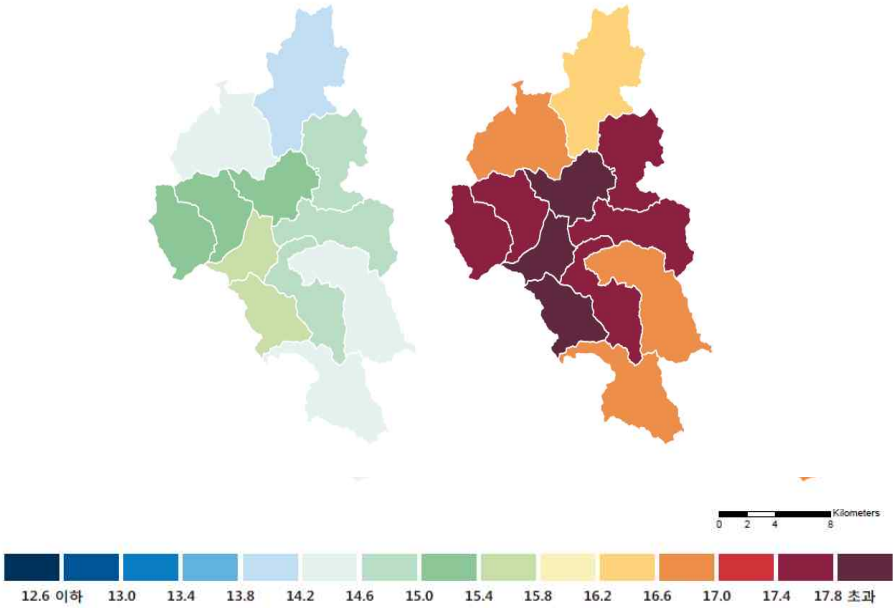


Fig. 4.5. Continued, 2071~2100.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

Table 4.3. The annual mean temperature forecasts of Jeollanam-do and Damyang-gun and the deviation from the current climate values(℃)(RCP8.5)
- The current climate value is the average from 2001 to 2010 (KMA, 2012).

	2001~2010	2011~2020	2021~2030	2031~2040	2041~2050	2051~2060	2061~2070	2070~2080	2081~2090	2091~2100
Jeollanam-do	13.2	+0.1	+1.2	+1.4	+2.1	+2.5	+3.3	+4.2	+4.7	+5.3
		+0.9			+2.6			+4.7		
Damyang-gun	12.6	+0.2	+1.1	+1.4	+2.1	+2.5	+3.2	+4.1	+4.6	+5.3
		+0.9			+2.6			+4.7		

Table 4.4. The annual mean temperature forecasts of Jeollanam-do and Damyang-gun and the deviation from the current climate values(℃)(RCP4.5)
- The current climate value is the average from 2001 to 2010 (KMA. 2012).

	2001~2010	2011~2020	2021~2030	2031~2040	2041~2050	2051~2060	2061~2070	2070~2080	2081~2090	2091~2100
Jeollanam-do	13.2	+0.4	+0.6	+1.0	+1.5	+1.5	+1.9	+2.1	+2.3	+2.4
		+0.7			+1.6			+2.2		
Damyang-gun	12.6	+0.3	+0.7	+0.9	+1.5	+1.5	+1.8	+2.0	+2.3	+2.3
		+0.6			+1.6			+2.2		

4.5. 열대과수 생육조건과 담양군 열대과수 재배 예측

아열대기후는 최한월 월평균 기온이 18℃ 이하이면서 월평균기온이 10℃ 이상인 달이 8～12개월일 때를 기준으로 한다(Trewartha and Horn, 1980).

Table 4.5에서 열대과수의 생육적온을 보면 냉해피해를 입지 않는 최저온도인 생육최저온도가 4℃이상일 경우 passion fruit, dragon fruit, star fruit, litchi 등을

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

재배할 수 있고, 생육최저온도가 2℃이상일 경우 avocado, pomegranate, fig, pitch 등을 재배할 수 있는 것을 알 수 있다. 또한 생육최저온도가 0℃이상일 경우는 olive, feijoa 등을 재배할 수 있다.

Table 4.5. Optimum growth temperature and minimum temperature of tropical fruit trees(Rural Development Administration, 2015).

Fruit	Optimum temperature[6]	Minmum temperature[7]	Cold damage	Remarks
Irwin(Apple) Mango pineapple	20~30℃	6℃	4℃ ≧	increase cultivation
Passion fruit, dragon fruit, star fruit, litchi, longan	20~30℃	4℃	-4℃ ≧	minimum increase cultivation
Avocado, pomegranate, fig, loquat	15~28℃	2℃	-4℃ ≧	non heating cultivation
Olive, feijoa, tropical grape(muscat)	15~28℃	0~2℃	-5℃ ≧	outdoor cultivation

담양의 경우는 Fig. 4.5(2001~2100년 최한월 최저기온)에서 보면 냉해피해를 입지 않는 최저온도인 생육최저온도가 0℃이상일 경우 21C중반에 노지재배가 가능한 과수는 olive, feijoa, muscatin grape 이며, 21C후반에 생육최저온도 2℃이상일 경우 무가온재배로 avocado, pomegranate, fig, pitch가 가능할 것으로 나타났다. 생육최저온도가 높은 mango, passion fruit, dragon fruit 등은 겨울철 온도가 낮기 때문에 하우스 재배를 통해서 가능할 것으로 예상된다(www.climate.go.kr).

본 연구에서 사용된 자료는 200년 제어적분 RCP 4.5/8.5 남한상세 시나리오(1㎞)를 바탕으로 전국 230개 시·군·구에 해당하는 기초자치단체(읍·면·동)별 행정구역 자료를 시계열 자료로 제공되는 것을 사용하였다. 자료의 표현은 2001년부터 2100까지 10년 간격으로 1월 최저기온을 나타내었다.

6) 생육최적온도 : 정상적 생육이 가능한 온도(여름철 평균기온)
7) 생육최저온도 : 냉해피해를 입지 않는 최저온도(겨울철 평균최저기온)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

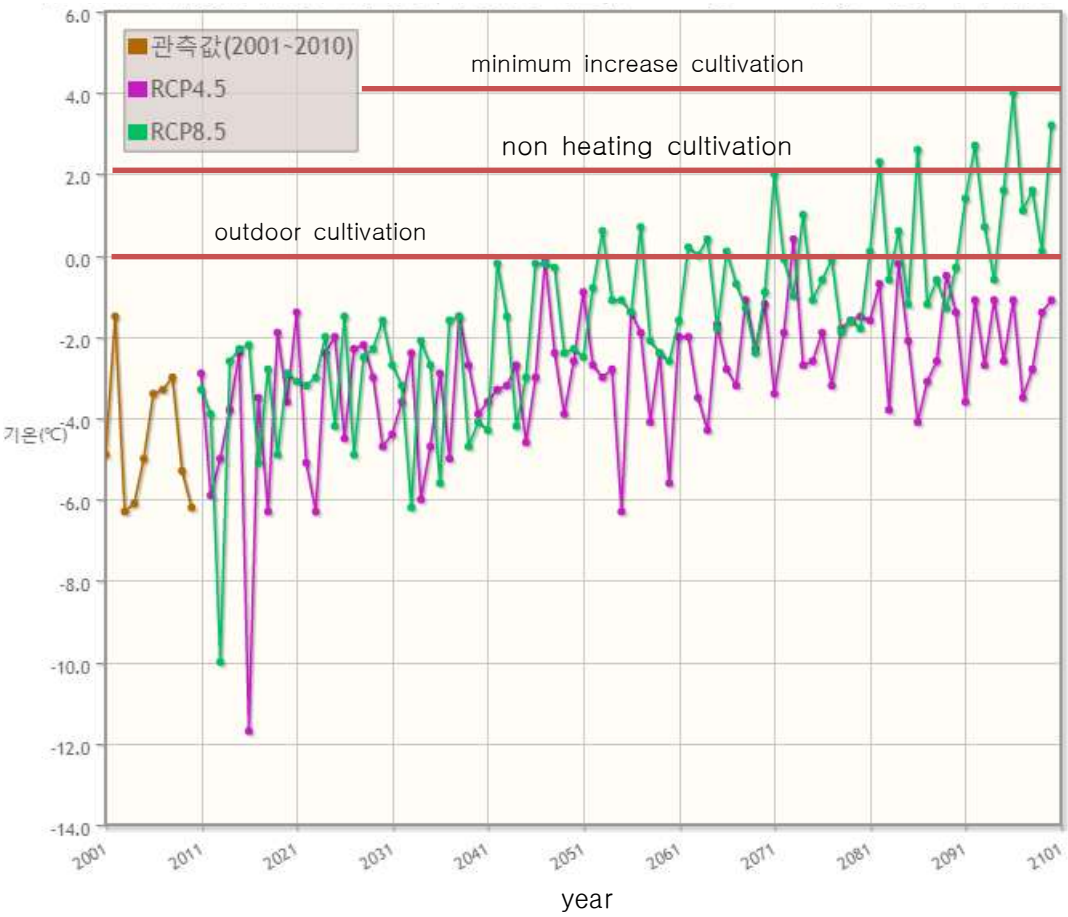


Fig. 4.6. Prediction of subtropical fruit cultivation for changes in growth minimum temperature of Damyang-gun in 2001 ~ 2100(RCP 8.5).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4. 결론

기후변화는 수십 년 또는 그 이상 지속되는 통계적으로 중요한 기후의 변동을 의미하며, 현재 우리나라의 평균기온은 같은 기간 세계평균보다 현저하게 빠르게 상승하고 있다. 기후변화로 인해 바다는 점점 아열대해역으로 변하면서 이름조차 몰랐던 아열대 어종이 발견되고, 육지에서는 열대작물이 재배되고 있다. 또한 열대과일 소비패턴이 pineapple, banana 등 일부 품목 위주에서 mango, passion fruit, dragon fruit 등 다양한 품목으로 확대되고, 신선과일 위주에서 과일빙수, 아이스크림, 주스 등 가공품으로 확대되는 추세이다. 또한 동남아 여행객의 증가로 열대과일을 다양하게 접함으로 열대과일에 더 많은 관심을 갖게 되었고, 국내 열대과일 소비에도 영향을 주고 있다.

기상청에서는 최한월 평균기온이 5.1℃ 이상 18℃ 미만인 기후를 아열대기후로 잠정 정의하였다. 이 기준에 의하면 제주도(산간지역 제외)만 아열대기후에 속한다. 그러나 아열대기후대가 지속적으로 북상하여 경남 남해안, 전남 남해안 지역으로 점차 확대되어 가고 있다.

이에 우리나라에서 기후변화정도와 열대과수의 재배지 변화경향과 기후변화로 인한 담양군의 열대과수 재배 가능 여부에 대하여 분석하였다.

그 결과는 다음과 같다.

첫째, 담양군의 아열대기후를 검증하기 위해 1988년부터 2017년까지 최한월 평균기온, 월 평균기온을 분석한 결과는 최한월 평균기온 중 2011년 -4.3℃를 제외하고 모든 해의 평균기온이 -3℃ ~ 18℃ 안에 포함되어(95%) 있으나, 월평균기온 10℃이상이 8개월 이상으로 나타난 해가 3회(15%)로 비교 조사한 지역인 서귀포, 여수, 목포에 비해 아열대기후에는 충족하지 못하는 것으로 나타났다. 그러므로 월평균기온의 분석에 의하면 담양군의 점점 평균온도가 상승하고 있지만 단기간에 아열대기후대에 속하진 않을 것으로 예상되며, 온실가스 배출 정도를 현재 추세대로 계속 유지한다면 남해안 지역으로 분포되어 있는 아열대기후대가 북상하여 21C 후반기에는 아열대기후에 속할 것으로 전망된다.

둘째, 장기간의 기후변화를 알아보기 위한 평년값 비교에서 '2011년 평년(1987~2010 기간 평년) 월별 기온'에서 '2001년 평년(1971~2000 기간 평년) 월별 기온'을 뺀 값을 비교대상지역의 평년값 기온변화를 통해 비교해 본 결과, 최

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

한월(1월, 2월, 12월)의 평균기온이 전 지역과 전 월의 값이 양(+)의 값으로 나타났고, 겨울철의 기온상승이 뚜렷하게 나타나고 있어 전 지역에서 기온상승이 있음을 알 수 있으며, 지금처럼 기온상승이 꾸준히 이어진다면 향후 담양지역은 아열대기후로 변할 것으로 전망된다.

셋째, 기후변화 시나리오에 따라 비교하기 위해 온실가스 배출 정도를 현재 추세대로 계속 유지하였을 경우(RCP8.5)와 적극적으로 저감 정책을 시행하였을 경우(RCP4.5)를 기준으로 분석한 결과, RCP8.5 시나리오에서는 2040년대부터, RCP4.5 시나리오에서는 2070년대부터 아열대기후에 속할 것으로 전망된다.

넷째, 열대과수 생육조건을 통해 담양군 열대과수 재배를 예측한 결과 21C 중반에는 냉해피해를 입지 않는 최저온도인 생육최저온도 0℃이상이 되어 olive, feijoa, tropical grape(muscat) 등은 노지재배가 가능할 것으로 추정되며, 21C후반에는 생육최저온도 2℃이상이 되어 avocado, pomegranate, fig, pitch 등이 무가온재배가 가능할 것으로 전망된다. 또한, 생육최저온도가 높은 mango, passion fruit, dragon fruit 등은 담양의 겨울철 온도가 낮기 때문에 시설하우스를 통해서 재배가 가능할 것으로 예상된다.

한편, 최근 열대과일에 대한 관심과 수요 증가로 일부 지자체의 지원과 새로운 소득작목으로 관심을 받고 있고 재배면적도 확대되는 추세이다. 기후변화에 따라 평균기온도 올라가고 있지만 아직까지는 가온시설에 의지해야 하는 상황에서 초기 투자비용과 난방비 등 유지·관리비용에 대한 부담이 크고, 재배기술 연구 및 안정적인 판로가 개척되지 않아 어려움이 예상된다. 또 열대과일 주요 수출국과의 FTA 체결과 관세율 인하 등으로 수입과일이 증가할 경우 가격인하에 따른 우리나라 열대과수 재배 농가들의 피해에 대비하여 가격경쟁력보다 신선도와 안전성 등에서 수입과일과 차별화를 통해 품질을 제고할 필요가 있다.

본 연구에서는 월평균기온을 분석해서 결과를 나타내 보았으나, 아열대과수의 특성이 영하의 날씨에서 냉해피해를 볼 수 있기 때문에 월평균기온에서 나타나지 않은 일평균 온도변화에서 생육최저온도보다 낮게 나타나면 작물이 냉해피해를 입어 작물을 재배할 수 없게 되는 경우가 발생할 수 있다. 또한, 기후변화를 예측함에 있어 기온변화도 중요하지만, 강수량, 극한기후지수(폭염, 열대야, 서리, 지면결빙 등), 해수면 상승 등 많은 요소를 통해 예측할 수 있다. 그리고 아열대과수 재배에 있어서 기온변화 뿐만 아니라, 토양의 특성, 병충해 등도 중요 요소에 해당된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

추후, 보다 구체적인 기후(기상)요소와 인자를 활용한 연구를 진행한다면, 좀 더 정확한 아열대과수의 재배 예측을 할 수 있을 것이다.

본 연구에서 지구 온난화에 의한 기후변화를 통해 열대과수의 재배에 대해 알아보았다. 선행 연구와 이번 연구 자료를 바탕으로 전국의 기후변화체험교육관과 에코센터 등 기후관련 전시관 등에서 기후변화에 의한 아열대과수의 재배전망과 아열대과수 특성 및 재배방법, 정부 등 기관들의 움직임, 재배 현장설명, 수입현황 등의 전시를 통해 기후변화의 일부분인 아열대과수 재배에 대해 설명할 수 있을 것이다.

우리나라 서남단인 전라남도의 북단에 위치한 담양군의 기후변화는 아직 시작단계라 볼 수 있다. 향후 더 많은 기후변화 예측 요소와 시나리오를 통해 열대과수 및 채소류 등의 재배방법 및 재배기술 연구 개발이 필요하며, 본 연구의 분석결과가 담양군 기후변화 경향을 정의하고, 기후변화에 대응하고자 하는 가장 기초적인 토대가 될 수 있으리라 기대한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참 고 문 헌

강민협, 2011, 제주도 북부와 남부에서의 기후변화 연구. 석사학위논문, 제주대학교 산업대학원.

국립환경과학원, 2011, 한국 기후변화 평가보고서 2010. 국립환경과학원, pp. 291 - 292.

권오상, 강혜정, 정학균, 김창길, 2016, PMP 최적화 모형을 이용한 기후변화 대응 작물전환 분석. 농촌경제 제39권 2호, pp.1-27.

기상청, 2007, 기후변화종합보고서. [IPCC, Climate Change 2007 : Synthesis Report. Contribution of Working Group I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Inter government Panel on Climate Change].기상청.

기상청, 2011, 지역기후변화정보 어떻게 활용해야 하나? 기후변화적응정책 수립에 대한 제언 중심. 기상청, pp.27-32.

기상청, 2012, 광주・전라남도 기후변화 전망보고서. 기상청, pp.6-33.

기상청, 2012, 한반도 기후변화 전망보고서. 기상청, pp.10-14.

기상청, 2012, 제주도 기후변화 전망보고서. 기상청, pp.6-47.

기상청・광주지방기상청, 2015, 전라남도 담양군 기후변화 상세 분석보고서. 기상청・광주지방기상청, 62pp.

기상청, 2018, 2017년 이상기후 보고서, 기상청, pp.20-52.

김기중, 2012, 열대의 과일자원. 지오북

김성용, 최선우, 김윤식, 전상곤, 성기철, 2013, 아열대채소의 국내 생산・유통 및 국내거주 외국인 소비 실태. 식품유통연구, 제30권 3호, pp.30-42.

성기철, 문경환, 김천환, 임찬규, 위승환, 손다니엘, 2014, 아열대 작물 전람회 RDA Interrobang(139호). 농촌진흥청, pp.1-13.

농촌진흥청, 2012, 새로운 아열대 및 열대과수. 농촌진흥청, 187pp.

농촌진흥청, 2015, 기후 변화에 민감한 과수, 100년 뒤 재배지 모습은? (우리나라 6대 과수 재배지 변동, 기후 변화 시나리오로 예측). 농촌진흥청, 28pp.

농촌진흥청, 2017, 미래 먹거리, '아열대작물'로 대비한다. 농촌진흥청, 20pp.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

담양군, 2017, 제57회 2017 담양통계연보. 담양군청, pp.31-43.

문화관광연구원, 2017, 2016년 전국주요관광지점 입장객 통계집. 한국문화관광연구원, 312pp.

박원배, 2017, 제주지역의 가뭄 발생 특성과 중장기 대응방안. 제주연구원, pp 1-8.

서형호, 2016, 2016 주요연구결과(열대/아열대 과수 분야). 한국과수, pp.70-71.

안중배, 김준, 류찬수, 박선기, 서명석, 이화운, 정일웅, 정형빈, 2009, 대기과학 제10판. ㈜시그마프레스, pp.470-504.

유통 in, 2016, '기후변화' 농산물 생산·유통 지도를 바꾼다. 유통in 07/08월, pp.6-11.

이경미, 2011, 한반도 식물계절과 기후에 관한 연구. 건국대학교 박사학위논문, pp.125-127.

이기섭, 2014, 기후변화와 농작물 재배환경에 미치는 영향. 석사학위논문, 전남대학교 산업대학원.

이수한, 2017, 국내 도입 과수 경쟁력 찾기. 디지털농업, 667호, pp.48-55.

이홍진, 2014, 국내 아열대채소의 소비량과 재배면적 전망. 석사학위논문, 경상대학교대학원 농업경제학과.

임철희, 2013, 기후변화에 대응한 제주 농업의 기회와 도전. 제주발전연구원, pp. 24-41.

정회성, 고윤화, 이동근, 이해춘, 최충익, 변병설, 문태훈, 안병옥, 김태용, 강승진, 신창호, 조화섭, 이윤미, 박윤미, 모용원, 백경혜, 강보영, 유상민, 채정은, 김병석, 2012, 2050 기후친화적 안전사회 모형 개발을 위한 기초연구. 국립환경과학원, pp. 41-59.

전라남도, 2017, 제2차 전라남도 기후변화 적응대책 세부시행계획(2017~2021). 전라남도, 388pp.

제주연구원, 2017, 제주지역의 가뭄 발생 특성과 중장기 대응방안. 제주연구원 정책이슈브리프, p.3.

지성태, 이수환, 2016, 최근 열대과일 수급 동향 및 시사점. 한국농촌경제연구원, 14pp.

최영은, 김유진, 김민기, 문자연, 2015, 우리나라는 아열대기후로 변화하고 있는가?. 대한지리학회 학술대회논문집, 175p.

통계청, 2018, 기후변화에 따른 주요 농작물 주산지 이동현황. 통계청, 29pp.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

한상윤, 2013, 기후변화가 농업에 미치는 영향분석. 석사학위논문, 전북대학교 대학원 농업경제학과.

한용구, 2014, 기후변화 시나리오를 이용한 한국산 박각시과(Lepidoptera: Sphingidae)의 서식분포 변동에 관한 연구. 대전대학교 박사학위논문, 156pp.

황성은, 2014, 우리나라에서 기후변화에 대한 작물의 변화 연구. 조선대학교 박사학위논문, 119pp.

홍지형, 정휘철, 최영은, 김상균, 김대곤, 홍성철, 이재범, 문경정, 차준석, 홍준석, 마영일, 김승연, 이동근, 2014, 한국 기후변화 평가보고서 2014(기후변화 영향 및 적응). 국립환경과학원, pp.121-165.

참고사이트

경상남도 농업기술원 : www.gnares.go.kr

기상청 기상자료개방포털 홈페이지 : http://data.kma.go.kr

기상청 기후정보포털 : www.climate.go.kr

농민신문 : www.nongmin.com

농촌진흥청 농사로 홈페이지 : www.nongsaro.go.kr

담양군청 : www.damyang.go.kr

무등일보 : www.honam.co.kr

산림청 : www.forest.go.kr

오마이뉴스 : www.ohmynews.com

전라남도 농업기술원 : www.jares.go.kr

통계청: www.kostat.go.kr

한국농촌경제연구원 : www.krei.kr.kr

Collection @ chosun