

한국에서 기온상승이 사과 재배지역의 변화에 미치는 영향*

김선영** · 허인혜*** · 이승호****

Impacts of Temperature Rising on Changing of Cultivation Area of Apple in Korea*

Kim, Sunyoung**, Heo, Inhye***, Lee, Seungho****

요약: 본 연구에서는 우리나라 사과 재배지역을 대상으로 재배면적과 생산량의 시기별 변화를 파악하고, 사례지역을 선정하여 최근의 기온상승이 사과 재배면적 및 생산량 변화에 미친 영향을 파악하고자 하였다. 이를 위하여 전국 사과 재배면적 및 생산량 자료와 사례지역의 기후자료를 분석하였다. 우리나라 사과 재배면적 및 생산량은 대구·경산을 중심으로 하는 경상북도 남부지역에 집중되었으나, 최근 의성·문경을 중심으로 하는 경상북도 북부와 산간 고랭지로 집중 재배지역이 이동하였다. 사례지역인 의성과 장수는 생육기간의 평균기온은 생육 적온 범위에 포함되어 있으나, 대구는 생육 적온 범위보다 고온을 나타내고 있다. 이는 계속되는 기온상승이 대구 사과 재배에 악영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 대구와 장수의 일교차는 감소하는 경향이며, 의성은 증가하는 경향이다.

주요어: 사과 재배면적, 사과 생산량, 기온상승, 생육기간 평균기온, 일교차

Abstract: This paper aimed to analyze the impact of temperature rising on the change of cultivation area and yields of apple. This study used apple data from statistical year book and climate data from Daegu, Uiseong, and Jangsu weather station. It was investigated whether temperature rising have had significant impact on apple. In the 1970s, the apple grew mostly in the southern part of Gyeongsangbuk-do between regions in and around Daegu and Gyeongsan. Recently, the cultivation area and yields of apple were concentrated on northern part of Gyeongsangbuk-do between regions in and around Uiseong and Mungyeong. The mean temperature from April to October is good in Uiseong and Jangsu. But the mean temperature from April to October is higher than optimal condition in Daegu. It means that temperature rising have a bad influence in apple cultivation. The daily temperature range is decreasing in Daegu and Jangsu, but it is increasing in Uiseong.

Key Words: cultivation area of apple, apple yields, temperature rising, mean temperature of growth period, daily temperature range

1. 서론

기후는 작물의 성장에 중요한 요인으로 작물 생육 단계별로 적합한 기후조건이 충족되어야 하며 이를 만족하지 못할 경우 생육이 정지되거나 비정상적으로 성장할 수 있다(이승호 등, 2008). 기상 환경은 작물의 생육과 밀접하게 관련되어 있으나, 인위적으로 조절하는 것이 쉽지 않다. 그러므로 품종 개량 및 농약 살포 등 인위적인 처리에도 불구하고 매년 각 작물의 생산량은 기상 환경에 따라 결정된다(이승호·김선영, 2008).

지난 100년(1906~2005년) 동안 전 지구적인

온난화로 지구 평균기온은 약 0.74°C 상승하였으며(IPCC, 2007), 우리나라의 경우 1.7°C 상승하여 지구 기온 상승의 2배를 상회한다(국립기상연구소, 2009). 이와 같은 기후변화는 생태계는 물론 인간 생활 및 다양한 산업분야 등에 영향을 미치고 있으며 특히 기후에 민감한 농업에 미치는 영향이 크다(장한익 등, 2002; 이승호 등, 2008; 이승호·김선영, 2008; 이운선·이승호, 2008; 허인혜·이승호, 2008; 이경미 등, 2009a, 2009b; 전영문 등, 2009; Heo and Lee, 2008). 기후변화는 과수의 재배환경에도 영향을 미쳐 과수의 생육기와 과실의 품질, 재배적지에 변화를 가져올 수 있다(농촌

* 이 연구는 기상청 기후변화 감시·예측 및 국가정책지원 강화사업(RACS 2009-4003)의 지원으로 수행되었습니다.

** 건국대학교 지리학과 박사과정(Doctoral student, Dept. of Geography, Konkuk University)(sykim@konkuk.ac.kr)

*** 건국대학교 지리학과 강의교수(Lecturer Professor, Dept. of Geography, Konkuk University)(hnhgrace@konkuk.ac.kr)

**** 건국대학교 지리학과 교수(Professor, Dept. of Geography, Konkuk University)(leesh@konkuk.ac.kr)

한국에서 기온상승이 사과 재배지역의 변화에 미치는 영향

진홍청, 2002).

최근 과수 재배에 영향을 미치는 기후요소를 파악하기 위하여 여러 과수를 대상으로 연구가 진행되었다. 장한익 등(2002)은 겨울 기온상승이 온대 낙엽과수의 개화기를 앞당기거나 개화기간의 연장으로 이어져 결실 불량을 유발할 수 있음을 밝혔다. Seo and Park(2003)은 사과 품종의 하나인 '쓰가루'의 과실 품질에 영향을 미치는 기후요소를 분석하여 4~8월의 평균기온과 과육의 경도 사이에 부적의 관계가 있다고 하였다. Jacobs *et al.* (2002)은 겨울 기간의 단축으로 사과의 전엽기가 지연되고 눈의 발아가 비동시적으로 일어나 수확량이 감소한다고 하였다. Lopez and Dejong(2007)은 봄철 기온상승이 복숭아나무의 생육단계를 앞당긴다고 하였다. 또한 지구온난화로 인한 저온요구도 변화에 따른 과수 재배지역의 변화를 파악하기 위한 연구도 진행되었다. Baldocchi and Wong (2008)은 지구온난화로 겨울철 저온요구도가 감소하면 21세기 말에는 살구, 배, 자두 등의 과수와 호두, 아몬드, 피스타치오 등과 같은 견과류 재배 가능면적이 감소할 것이라고 하였으며, Luedeling *et al.*(2009)은 시나리오 자료를 사용하여 캘리포니아 지역의 겨울철 저온요구도의 감소로 자두, 살구, 복숭아와 같은 과수와 호두의 재배가 불가능해 질 것이라고 예측하였다.

이와 같이 기후 요소가 과실의 품질에 미치는 영향에 대한 연구와 과실 생산량 및 재배지역 예측에 관한 연구는 다수 진행 되었으나, 우리나라에서 기온상승이 사과 재배면적 및 생산량에 미치는 영향을 분석한 연구는 사과 품종의 하나인 후지를 대상으로 재배지역의 변화를 분석한 농촌진흥청의 연구를 제외하고는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 사과 재배지역을 대상으로 재배면적과 생산량의 시기별 변화를 파악하고 증감 형태를 분류한 후, 사례지역을 선정하여 최근의 기온상승이 사과 재배면적 및 생산량 변화에 미친 영향을 파악하고자 하였다.

2. 연구 자료 및 방법

본 연구에서 사용한 자료는 전국 169개 시·군의 사과 재배면적 및 생산량 자료이다(그림 1). 또

한 기온상승이 사과 재배면적과 생산량에 미치는 영향을 분석하기 위해 의성, 대구, 장수 기상관측 지점의 일평균기온, 일최고기온, 일최저기온 등의 기상자료를 사용하였다. 분석에서 사용된 자료의 기간은 의성 기상관측소는 1973~2007년의 35년간이며 장수 기상관측소는 1988~2007년의 20년간, 대구 기상대는 1971~2007년의 37년간이다.

사과 재배면적 및 생산량 자료는 각 시군에서 제공하는 통계연보에서 수집하였으며, 자료의 기간은 1971~2007년(37년간)이다. 도·농 통합 등으로 과거와 현재의 행정구역이 상이한 경우는 현재 행정구역을 기준으로 자료를 수집하였다. 예를 들어 강원도 춘성군은 춘천시, 원성군은 원주시, 명주군은 강릉시, 충청북도 증원군은 충주시의 자료에 포함하였다.

사과 재배면적 및 생산량의 변화 경향을 파악하

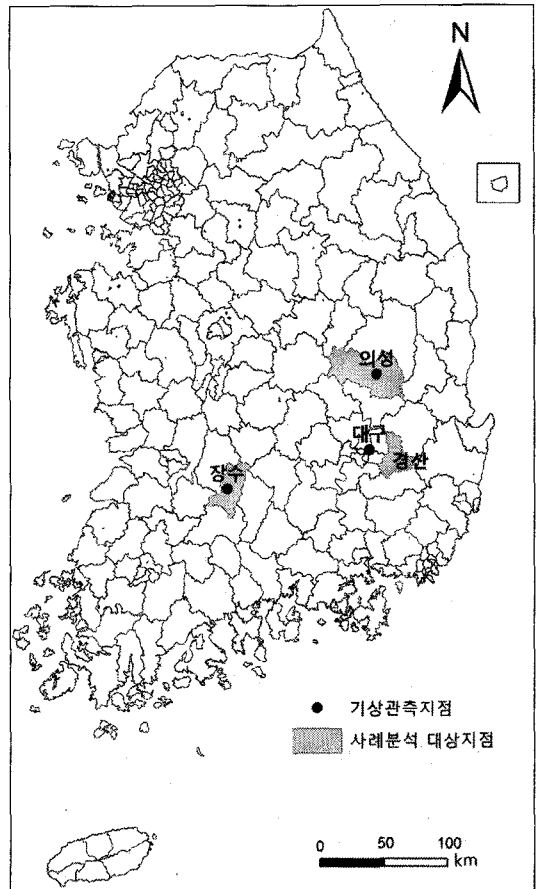


그림 1. 사례분석 대상지역과 기상관측 지점

기 위하여 169개 시·군의 사과 재배면적 및 생산량 자료를 10년별로 평균하여 각 시기별(1970년대, 1980년대, 1990년대, 2000년대)로 지도화하였다. 이때 1971~1980년의 평균값은 1970년대 값으로 1981~1990년의 평균값은 1980년대, 1991~2000년대 평균값은 1990년대, 2001~2007년의 평균값은 2000년대 값으로 정의하였다. 시기별 재배면적 및 생산량의 지도화는 ArcGIS v9.2를 사용하였다.

주요 사과 재배지를 파악하기 위해 전국 대비 각 시·도별 재배면적과 생산량의 비율을 산출하였다. 사과의 재배면적과 생산량이 가장 많은 경상북도는 북부와 남부로 나누어 분석하였다. 이때 북부와 남부를 나누는 기준은 권혁재(1995)의 기준을 이용하였다. 즉, 경상북도 북부의 값은 문경, 상주, 봉화, 영주, 안동, 영양, 청송, 의성의 재배면적 및 생산량을 합산한 값이며, 경상북도 남부의 값은 선산, 김천, 구미, 성주, 고령, 대구, 경산, 영천, 청도, 군위의 재배면적 및 생산량 값을 합산한 것이다. 이 경우 동해안에 인접한 울진, 영덕, 포항, 경주는 사과 생산량 및 재배면적이 상대적으로 적어 분석에서 제외하였다.

각 시군을 재배면적 및 생산량이 꾸준히 증가하는 지역과 과거에 비해 최근에 갑자기 증가한 지역, 감소하는 지역으로 구분하였다. 이 중 생산량 및 재배면적의 변화 경향이 상대적으로 뚜렷한 의성, 장수, 경산을 각각의 사례지역으로 선정하였다.

사과 재배면적 및 생산량 변화에 영향을 미치는 기후요소를 파악하기 위하여, 전 단계에서 선정된 세 지역 혹은 가장 인접한 곳에 위치한 기상관측소의 자료를 이용하여 관련성을 파악하였다. 경산은 기상관측소가 존재하지 않는 지역으로 경산시에는 경산과 하양지점의 AWS 관측소만이 존재한다. 그러나 자료기간이 짧고 관측 초기에는 결측값도 많이 존재하여 분석에 이용하기는 어려움이 있다고 판단하여 경산과 가장 가까운 거리에 있는 대구의 기상자료를 사용하였다. 경산, 하양지점의 자료와 대구기상대의 자료간의 유의성을 검정한 결과, 평균기온, 최고기온, 최저기온 모두 $p < 0.001$ 로 유의하였다. 사과의 생육기간이 4~10월이므로 이 기간의 평균기온을 분석하고 각 지역마다 시기별로 그 값의 변화를 비교하였다. 또한 생육기간 중 일교차를 구하여 사과 재배면적 및 생산량 변

화와의 관계를 분석하였고, 평균기온의 경우와 같이 각 시기별 값을 구하여 지역별로 비교하였다.

3. 사과 재배면적과 생산량의 변화

1) 사과 재배면적의 변화

사과 재배면적은 우리나라에서 재배되는 과수 재배면적의 19.5%로 단감에 이어 두 번째로 높은 비율이다(통계청, 2009). 우리나라는 기후적으로 사과재배에 적당하여 경상북도, 충청북도, 충청남도, 경상남도 북부 등의 내륙과 산간지역에 주요 재배지가 형성되었다.

전국의 시기별 사과재배면적은 1970년대에 30,723.6ha, 1980년대에 33,121.1ha, 1990년대에 43,477.7ha, 2000년대에 32,749.8ha이다. 우리나라의 사과 재배면적은 1970년대 이후 품질 개량과 더불어 소비량 증가로 꾸준히 증가하였으며 1995년도에는 전국에 걸쳐 고르게 재배되면서 그 면적(49,273.1ha)이 정점에 이르렀다(그림 2). 그러나 생산량 과다에 따른 수익성 하락으로 2007년에는 재배면적이 33,053.4ha로 감소하였고, 재배지역이 일부지역으로 집중되었다.

<그림 3>은 각 시기별 사과 재배면적을 나타낸 것이다. 1970년대에는 경상남도의 해안과 전라남도의 해안 및 제주도를 제외하고 전국적으로 재배되었으며, 대구와 경산 등을 중심으로 하는 경상북도 지역에서 주로 재배되었다. 이 시기 경상북

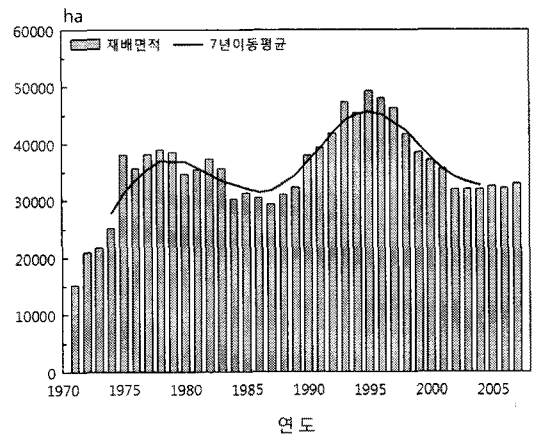


그림 2. 전국 사과 재배면적의 변화 경향(1971~2007년)

한국에서 기온상승이 사과 재배지역의 변화에 미치는 영향

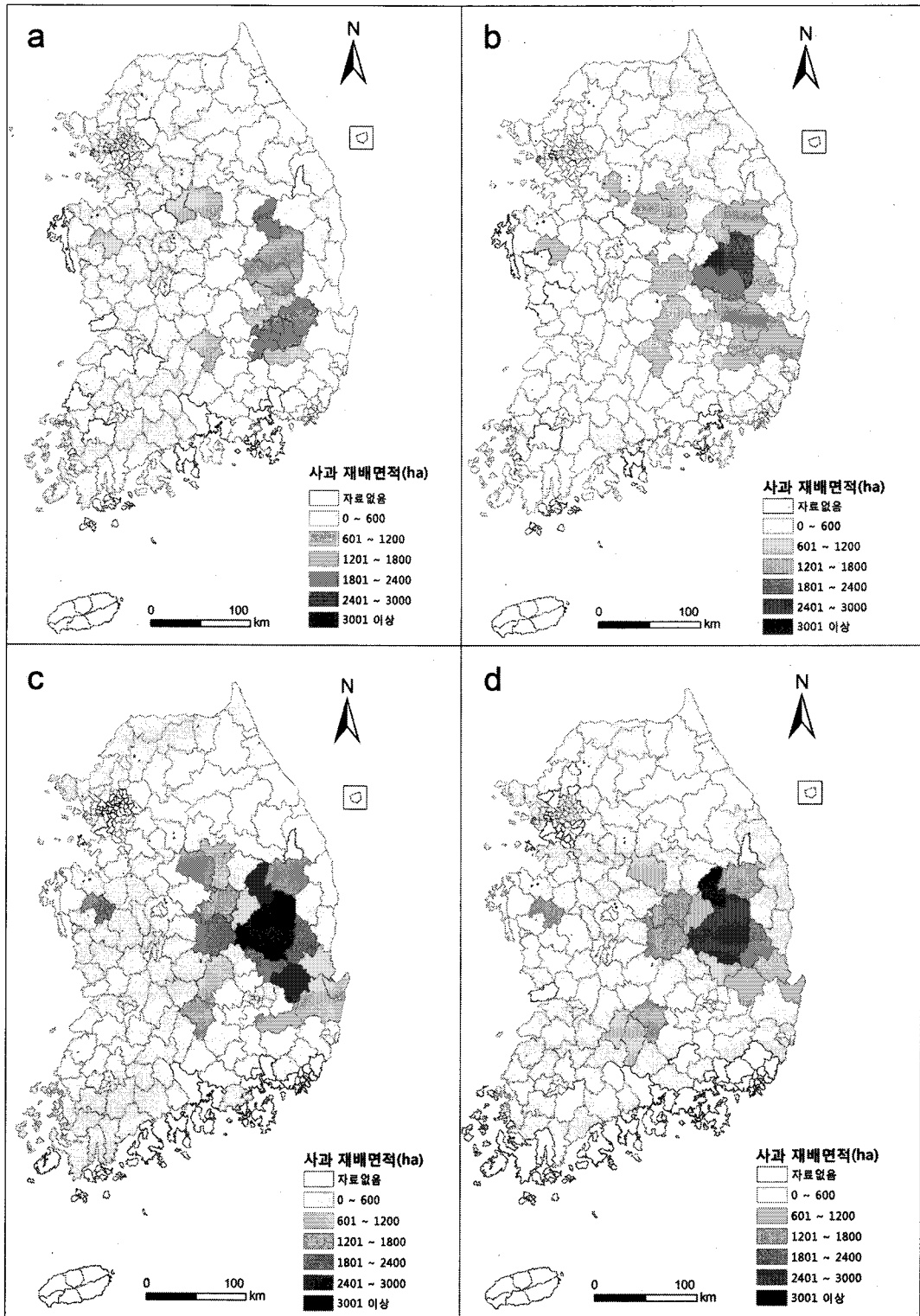


그림 3. 사과 재배면적의 변화 (a: 1970년대, b: 1980년대, c: 1990년대, d: 2000년대)

표 1. 상위 5개 시·도의 시기별 재배면적 비율(%)

시기 \ 지역	경상북도 북부	경상북도 남부	충청북도	충청남도	경상남도	대구
1970년대	21.4	24.6	14.3	13.4	4.9	6.2
1980년대	28.0	20.6	13.0	7.2	5.2	1.4
1990년대	38.5	17.3	10.3	9.1	5.5	0.6
2000년대	44.3	9.2	12.9	7.7	8.3	0.3

자료: 각 시·군 통계연보

도 경산과 영천에서는 사과 재배면적이 2,000ha 이상으로 상대적으로 대규모로 사과 재배가 이루어졌다. 그 외에 사과 재배면적 1,000ha 이상인 지역은 대구와 경상북도의 영주, 안동, 의성, 군위, 충청북도의 충주, 충청남도의 예산으로 주로 경상북도에 집중되었다.

1980년대에는 전국 사과 재배면적이 33,121.1ha로 1970년대에 비해 약 2,000ha 증가하였다. 경상북도 안동과 의성이 사과 재배면적 2,000ha 이상인 집중 재배지역으로 부상하였다. 그 외에 경상북도의 군위, 영천, 경산, 김천, 충청남도의 예산의 사과 재배면적도 1,000ha 이상으로 사과 재배가 활발하였다. 반면, 1970년대에 2,388.4ha로 전국 최대 재배면적을 차지하던 경산은 1980년대에 1,111.6ha로 크게 감소하였다.

1990년대 전국의 사과 재배면적은 43,477.7ha로 연구 기간 중 가장 넓은 지역에서 사과가 재배되었다. 경상북도 의성과 안동의 재배면적은 각각 3,603.1ha, 3,211.4ha로 1980년대에 이어 전국에서 가장 넓은 재배면적을 차지하였으며, 영주, 영천, 상주 등도 2,000ha이상의 면적에서 재배되었다. 1990년대에는 영주의 사과 재배면적이 1980년대의 935.5ha에서 2,871.1ha로 3배 이상 증가하여 사과 재배지가 점차 경상북도 북부로 이동한 특징적인 모습을 볼 수 있다.

2000년대의 전국 사과 재배면적은 32,749.8ha로 1990년대에 비해 약 10,000ha 감소하였다. 이 시기에는 생산량 과다로 가격이 폭락하여 사과 재배면적이 급감하고, 재배지역이 일부 지역으로 집중되었다. 이때부터 안정적으로 재배 가능한 지역을 제외하고 사과재배가 중단되었다. 경상북도 영주와 의성, 안동의 사과 재배면적이 각각 3,020.8ha, 2,691.7ha, 2,582.2ha로 재배면적이 넓은 지역

이다.

〈표 1〉은 재배면적이 넓은 상위 5개 시·도의 시기별 재배면적 비율을 나타낸 것이다. 경상북도는 북부와 남부로 구분하였다. 1970년대에는 경상북도 남부가 24.6%로 가장 높은 비율이며, 경상북도 북부(21.3%), 충청북도(14.3%), 충청남도(13.4%), 대구(6.2%)의 순이다. 이 시기는 전국에서 고르게 사과가 재배되고 있으며, 대구의 사과 재배면적 비율이 경상북도, 충청북도, 충청남도에 이은 4위로 높은 비율을 차지하였다. 1980년대에는 경상북도 북부가 28.0%로 경상북도 남부를 제치고 가장 높은 비율을 차지하고 있다. 그 뒤로 경상북도 남부, 충청북도, 경기도, 충청남도가 각각 20.6%, 13.0%, 7.6%, 7.2%의 비율을 차지하고 있었으며, 대구의 재배면적 비율은 1.4%로 크게 감소하였다. 1990년대에는 경상북도 북부가 38.5%로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 경상북도 남부(17.3%), 충청북도(10.3%), 경상남도(8.3%), 충청남도(7.7%)의 순이었다. 2000년대에는 경상북도 북부가 44.3%로 계속해서 높은 비율을 차지하고 있으며, 충청북도, 경상북도 남부, 경상남도, 충청남도가 각각 12.9%, 9.2%, 8.3%, 7.7%의 비율을 차지하고 있다.

이상과 같이 경상북도 북부의 사과 재배면적 비율은 1970년대부터 최근까지 꾸준히 증가하고 있으며, 경상북도 남부는 꾸준히 감소하고 있다. 경상남도는 1970년대부터 최근까지 증가하였다. 이는 경상남도의 사과 재배면적의 약 90%를 차지하는 거창, 함양, 밀양의 사과 재배면적이 1970년대의 1,292.3ha에서 2000년대의 2,600.4ha로 약 2배 이상 증가한 데 기인한다. 경상남도 거창, 함양, 밀양은 모두 고도가 높은 산간지역에서 사과 재배가 이루어지고 있다. 따라서 해당 지자체에서는

한국에서 기온상승이 사과 재배지역의 변화에 미치는 영향

사과 재배에 적합한 기온범위에 해당하는 지역으로 고품질의 사과가 재배되고 있으며 향후 재배면적이 계속적으로 증가할 것임을 홍보하고 있다. 충청북도의 사과재배면적은 1970년대부터 1990년대까지는 감소하다가 최근 들어 증가하고 있다. 최근 들어서 경상북도 북부와 충청북도 지역을 중심으로 재배되고 있는 것을 확인할 수 있다.

2) 사과 생산량의 변화

사과 생산량은 우리나라에서 재배되는 과수 중 17.5%로 감귤에 이어 두 번째로 높은 비율이다(통계청, 2009). 전국의 시기별 평균 사과 생산량은 1970년대에 260,000 톤, 1980년대에 460,000 톤, 1990년대에 640,000 톤, 2000년대에 560,000 톤이다. 사과 생산량도 재배면적과 같이 1970년대부터 1990년대까지 꾸준히 증가한 후 1990년대 중반 이후 감소하는 경향이다. 사과 생산량이 가장 많았던 1996년도에는 전국적으로 고르게 생산되어 730,000 만 톤에 이르렀지만 그 후 감소하여 2003년도에는 약 510,000 톤으로 1996년에 비하여 200,000 톤 이상 감소하였다(그림 4).

〈그림 5〉는 각 시기별 평균 사과 생산량을 나타낸 것이다. 1970년대의 연평균 사과 생산량은 264,149.7 톤이다. 1970년대에는 경상북도의 경산과 영천을 제외하고는 전국적으로 비교적 고르게 생산되었다. 1970년대의 경상북도 경산과 영천의 연평균 사과 생산량은 각각 44,486.3 톤, 37,050.6

톤이며, 경상북도 영주, 의성, 칠곡, 군위, 청도 등의 생산량도 10,000톤 이상으로 많은 편이었다. 이 시기에는 경산, 영천을 중심으로 하는 경상북도 남부 지역에 사과 생산량이 집중되었다.

1980년대 전국의 연평균 사과 생산량은 459,711.9톤으로 1970년대에 비해 약 42.5% 증가하였다. 재배면적의 증가폭(7.2%)에 비해 사과 생산량의 증가 폭이 더 크며, 이는 품종개량과 재배기술의 발달에 기인한다(농촌진흥청, 2004). 경상북도 안동과 의성이 각각 33,606.8 톤, 34,957.5 톤으로 1980년대에 비해 사과 생산량이 크게 증가하였다. 그 외에 경상북도의 영천과 군위, 경산에서도 20,000 톤 이상 생산하여 이 시기까지는 경상북도 남부의 생산량도 많은 편이다. 경상북도 경산은 1970년대에 44,486.3 톤으로 전국 최대 생산량을 차지하였지만, 1980년대에 연평균 20,912.2톤으로 생산량이 절반 이상 감소하였다.

1990년대의 연평균 전국 사과 생산량은 636,029.4 톤으로 연구기간 중 가장 많은 생산량을 기록하였다. 경상북도 의성과 영주, 안동의 연평균 사과 생산량은 각각 49,549.5 톤, 46,842.1 톤, 45,898.5 톤으로 많은 양을 차지하였다. 이 지역은 1980년대에 이어 전국에서 가장 높은 생산량 비율을 차지하였으며, 경상북도 영천과 충청남도 예산의 연평균 사과 생산량도 각각 30,000 톤 이상이였다. 1990년대의 두드러진 특징은 영주의 사과 생산량이 1970년대의 15,965.6 톤에서 55,082.2 톤으로 3배 이상 증가하여 새로운 사과 재배 주산지로 부상했다는 것이다.

2000년대의 연평균 전국 사과 생산량은 560,943.4 톤으로 1990년대에 비해 약 70,000 톤 감소하였다. 이는 사과 재배면적의 변화와 같이 안정적으로 재배 가능한 지역을 제외하고 사과 재배가 중단되었기 때문이다(농촌진흥청, 2002). 이 시기의 경상북도 영주의 연평균 사과 생산량은 55,082.2 톤으로 전국에서 가장 많은 양이며, 안동과 의성도 48,973.3 톤, 40,699.2 톤을 생산하였다. 1970년대에는 경산을 중심으로 한 경상북도 남부에서 사과 생산량이 많았지만 2000년대에 들어서 영주·문경 등 경상북도 북부에 사과 생산량이 집중되었다.

〈표 2〉는 생산량이 많은 상위 5개 시도의 시기

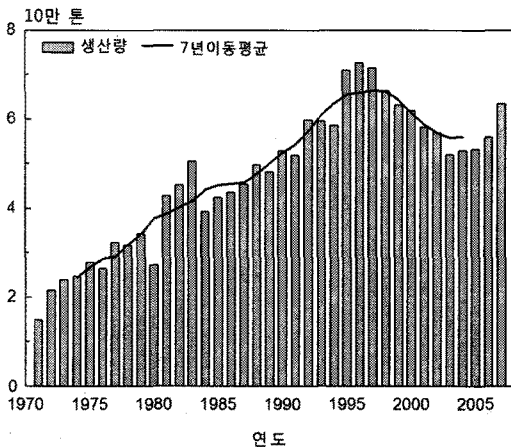


그림 4. 전국 사과 생산량의 변화 경향(1971~2007년)

표 2. 상위 5개 시·도의 시기별 생산량 비율(%)

시기	지역	경상북도북부	경상북도남부	충청북도	경상남도	충청남도	전라북도
1970년대		19.2	43.0	16.0	2.7	7.4	1.7
1980년대		28.2	24.7	12.3	3.9	7.2	2.9
1990년대		37.1	17.0	11.4	6.0	9.8	3.7
2000년대		43.8	8.6	12.6	9.7	8.8	4.9

별 사과 생산량 비율을 나타낸 것이다. 1970년대에는 경상북도 남부가 43.0%로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 경상북도 북부(19.2%)와 충청북도(16.0%), 충청남도(7.4%), 전북(1.7%)의 순이다. 이 시기에는 사과 생산량은 경상북도 남부에 집중되었다. 1980년대에는 경상북도 북부의 사과 생산량 비율이 28.2%로 경상북도 남부(24.7%)를 추월하였다. 그 뒤로 충청북도, 충청남도, 경상남도가 각각 12.3%, 7.2%, 3.9%의 비율이다. 1990년대에는 경상북도 북부가 37.1%로 경상북도 남부와 격차가 더 커졌으며, 경상북도 남부(17.0%), 충청북도(11.4%), 충청남도(9.8%), 경상남도(6.0%)의 순이었다. 2000년대에도 계속해서 경상북도 북부가 43.8%로 높은 비율을 차지하고 있으며, 충청북도, 경상남도, 충청남도, 경상북도 남부가 각각 12.6%, 9.7%, 8.8%, 8.6%의 비율이다.

경상북도 남부의 사과 생산량 비율이 1970년대 이후 꾸준히 감소하였으며, 경상북도 북부는 증가하여 2000년대에 가장 많은 사과 생산량 비율을 기록했다. 경상남도의 사과 생산량도 1970년대부터 최근까지 꾸준히 증가하였다. 이는 재배면적과 같이 경상남도의 사과 생산량의 94.0%를 차지하는 거창, 함양, 밀양의 사과 생산량이 1970년대의 6,892.3톤에서 52,341.1톤으로 약 8배 증가한 것에 기인한다. 경상남도 거창, 함양, 밀양은 모두 고도가 높은 산간지역에서 사과 재배가 이루어지고 있는 지역으로 해당 지자체에서도 이를 홍보하고 있다. 충청북도의 사과 생산량은 1970년대부터 1990년대까지 감소한 후 최근 증가하였다. 이는 최근 들어 경상북도 북부와 충청북도 지역을 중심으로 사과 생산량이 집중되고 있음을 보여준다.

4. 사과 재배면적 및 생산량의 변화와 기후의 관계

사과나무는 재식(栽植) 후 경제수령이 30년 정도인 다년생 작물이다. 사과나무는 오랜 기간 동안 동일한 장소에서 생육하므로 생육 기간 중의 기후 또는 미기상 조건의 영향을 크게 받는다(서형호, 2003). 나무에 영향을 미치는 환경 조건은 수체(樹體)에 매년 누적되어 생산성과 과실 품질에 영향을 미치며, 때로는 사과재배의 성패를 좌우할 수 있다. 이와 같은 환경 요인 중 사과나무의 생육, 수량, 과실 품질에 영향을 주는 가장 큰 인자는 기후와 토양이다(농촌진흥청, 2004). 어느 한 가지의 기후요소가 적합하지 않으면 품질 저하로 이어지므로 기후변화는 고품질의 과실을 생산할 수 있는 기후조건에 영향을 미칠 수 있다(서형호·김점국, 2005). 사과는 생육기간(4~10월)의 평균기온이 13~21°C 범위에 속하며, 야간기온이 높지 않은 지역이 사과재배에 적합한 지역이다.

1) 사과 재배면적 및 생산량의 변화경향

사과 재배면적 및 생산량은 시기에 따라 변화하고 있으며, 이를 1970년대 이후 꾸준히 증가하는 지역, 1990년대 이후 급격히 증가한 지역, 연구기간 내 지속적으로 감소하는 지역으로 구분할 수 있다(표 3). 1970년대 이후 꾸준히 증가하는 지역은 의성, 문경, 영양이며, 1990년대 이후 급격히 증가하는 지역은 무주와 장수이다. 또한 연구기간 내 지속적으로 감소하는 지역은 경산, 고성, 대구, 동해, 임실, 정읍, 칠곡 등이다. 이 세 가지에 속하지 않은 시·군은 뚜렷한 경향이 나타나지 않아 기타로 분류하였다. 분류된 시·군 중 생산량 및 재배면적이 가장 많은 지역인 의성, 장수, 경산을 선정하여 재배면적 및 생산량의 변화 경향을 분석하였다.

<그림 6>은 각 지역에서 사례 지역으로 선정된

한국에서 기온상승이 사과 재배지역의 변화에 미치는 영향

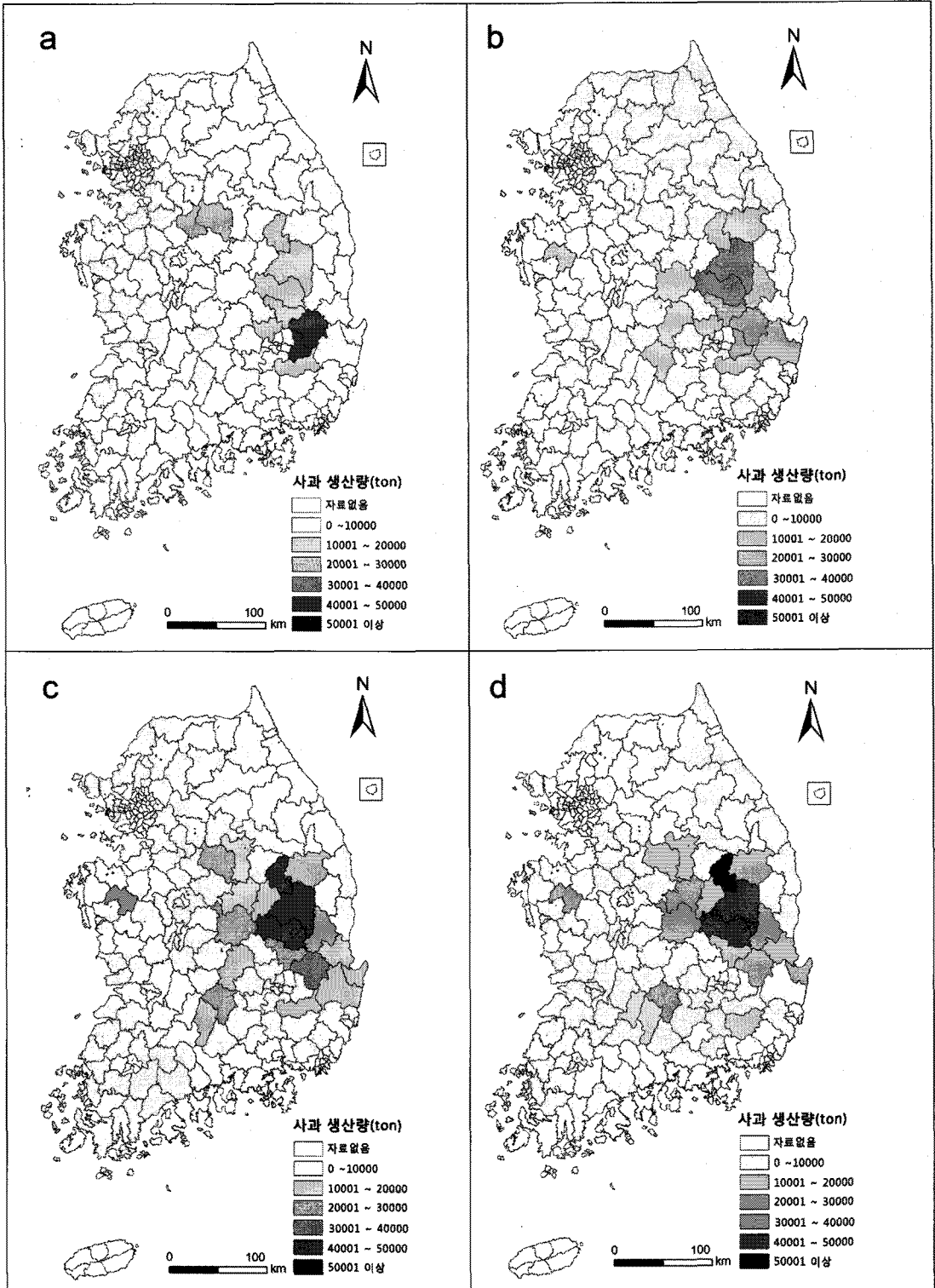


그림 5. 시기별 평균 사과 생산량의 변화 (a: 1970년대, b: 1980년대, c: 1990년대, d: 2000년대)

표 3. 사과 재배면적 및 생산량의 변화 경향 구분

구분	시·군
1970년대 이후 꾸준히 증가	의성, 문경, 영양
1990년대 이후 급격히 증가	무주, 장수
꾸준히 감소	경산, 고성, 대구, 동해, 임실, 정읍, 칠곡
기타	가평, 거제, 경주, 고령, 고창, 과천, 광명, 구례, 구리, 군산, 군위, 군포, 김제, 김포, 김해, 나주, 남양주, 남해, 대전, 동두천, 마산, 부산, 부천, 사천, 상주, 순창, 안성, 양산, 양양, 양주, 양평, 여수, 여주, 연천, 영암, 영천, 오산, 옥천, 완도, 완주, 용인, 원주, 의왕, 의정부, 진도, 진천, 진해, 창원, 철원, 청원, 태백, 통영, 평택, 하남, 하동, 합천, 홍천, 화성, 횡성

의성, 장수, 경산의 사과 재배면적과 생산량 변화 경향을 나타낸 것이다. 의성의 사과 재배면적 및 생산량은 1970년대부터 꾸준히 증가하였다(그림 6-a, 6-b). 1990년대 중반 이후 약간 감소하는 경향을 보이고 있으나 이는 생산량 과다에 따른 수익성 하락으로 전국적으로 재배면적이 감소하는 경향과 같다. 의성은 연평균 기온이 11.2℃로 낮고 일교차가 13.8℃로 커서 사과 생육에 유리하다. 의성 주변에 위치하며 사과 재배가 활발한 안동, 영주의 연평균기온은 각각 11.6℃, 11.3℃로 의성과 비슷하다.

장수는 1970년대에 소규모로 사과를 재배하였으나, 1990년대 중반부터 사과 재배면적이 급격히 증가하였다. 장수는 소백산맥 기슭에 위치하여 문경, 의성과 같이 기온이 낮고 일교차가 커서 고품질의 사과 생산이 가능한 지역이다. 또한, 1995년부터 장수군에서 주산단지를 조성하여 대규모로 사과를 재배하고 있다. 2007년 장수의 사과 재배면적은 873.0ha로 1995년의 183.9ha에 비해 약 5배 증가하였다(그림 6-c, 6-d). 장수의 연평균 기온은 10.6℃이며 일교차는 12.0℃로 사과 재배에 적합한 기후조건이다.

경산은 1970년대부터 최근까지 재배면적과 생산량이 꾸준히 감소하였다. 경산의 2007년 사과 재배면적은 21.0ha로 1972년의 2,288.0ha에 비해 크게 감소하였으며, 생산량도 28,966.7 톤에서 280.5 톤으로 크게 감소하였다. 이에 따라 경산은 주요 사과 재배단지였으나 최근 소규모로 명맥을 유지하고 있다(그림 6-e, 6-f). 경산시 농업기술센

터에 의하면 사과의 품질 저하로 인해 재배면적 및 생산량이 감소하자 대체작목을 연구하였으며 농민들에게 복숭아와 대추 재배를 지도하였다고 한다. 그로 인해 2008년 경산의 복숭아는 1403.5ha, 대추는 801.3ha를 차지한다. 경산에서 가장 인접한 관측지점인 대구의 1971~2007년 사이의 연평균 기온은 13.9℃이며 일교차는 10.1℃이다.

2) 생육기간(4~10월)의 기온과 사과 재배면적 및 생산량과의 관계

과수 재배지의 분포는 겨울철 기온, 즉 저온요구도의 영향을 크게 받는다. 과수가 봄에 개화하기 위해서는 월동기간 중에 저온에 일정기간 이상 노출 되어야만 자발휴면이 타파된다. 사과의 경우 평균 기온 7℃ 이하의 조건에서 1400시간 이상 노출되어야만 다음해 봄에 개화할 수 있다(농촌진흥청, 2002). 최근 기온상승으로 과수가 필요로 하는 저온요구도가 충족되지 못하여 과수 재배지의 이동이 일어난다는 연구결과가 있다(Baldocchi and Wong, 2008; Luedeling *et al.*, 2009). 그러나 우리나라의 경우 2007년의 저온요구도가 1829시간으로 사과가 필요로 하는 저온요구도를 충족한다. 따라서 본 연구에서는 사과 생육기인 4~10월의 기후요소와 사과 재배면적 및 생산량과의 관계만을 분석하였다.

사과나무의 생육기인 4~10월의 기온은 사과 생산지의 분포와 관련이 있다. 사과 재배에 적합한 지역의 생육기간의 평균기온 13.0~21.0℃이다(농

한국에서 기온상승이 사과 재배지역의 변화에 미치는 영향

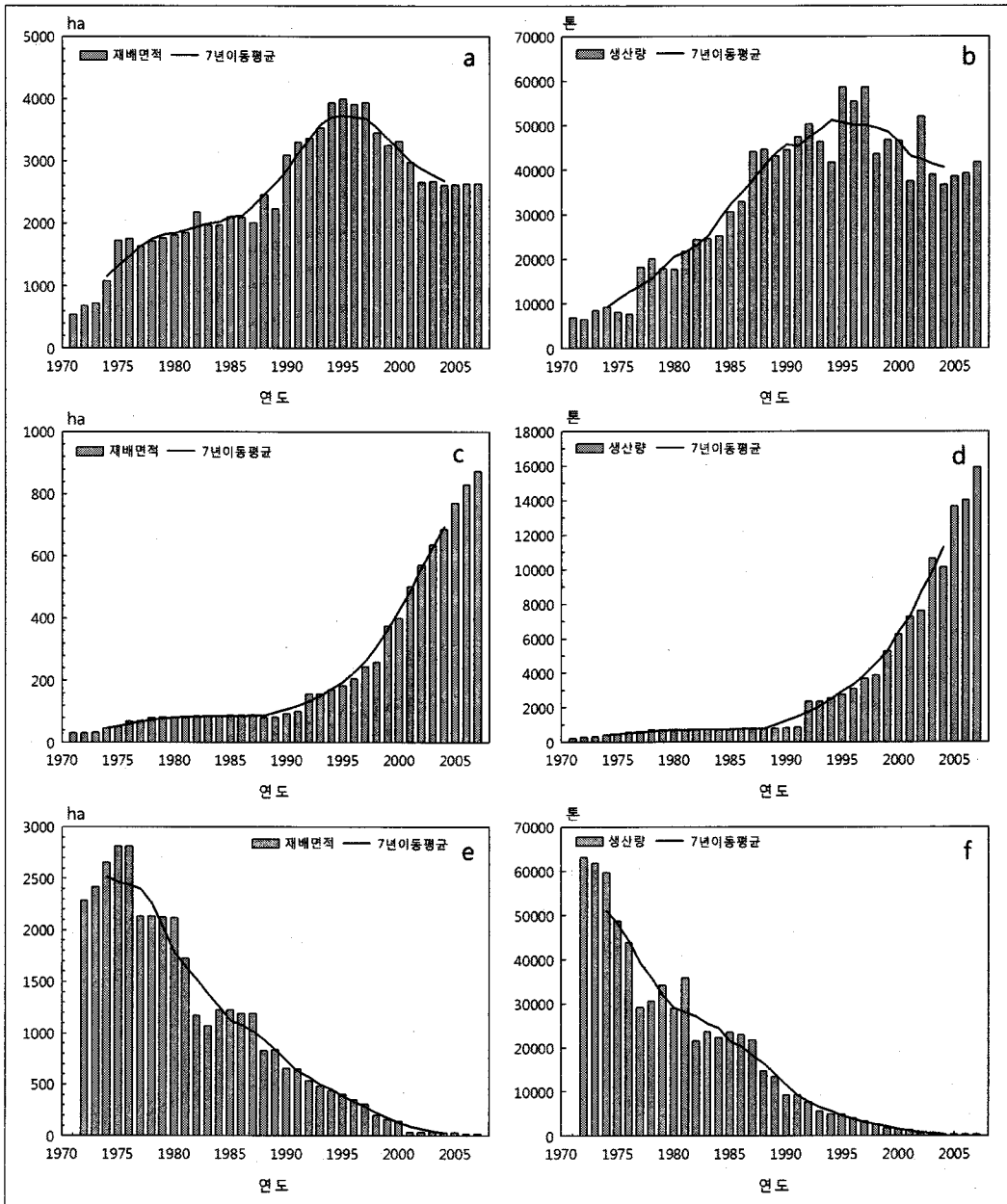


그림 6. 지역별 사과 재배면적 및 생산량의 변화 경향 (a, b: 의성, c, d: 장수, e, f: 경산)

촌진홍청, 2008). 세계적 사과 재배지인 이탈리아 남티롤(süd-Tirol)의 사과 생육기간의 평균기온은 17.4°C이며, 일본 나가노(Nagano)의 경우는 18.7°C이다. 생육기에 고온이 지속되면 과육이 연화되어 저장력이 떨어지고 착색이 불량해지며 수확 전 낙과가 발생할 수 있다. 그러나 냉량한 지역에서는 사과의 과육이 단단하고 품질이 좋은 사과가

재배될 수 있다.

〈표 4〉는 의성과 장수, 대구의 사과 생육기간 평균기온을 나타낸 것으로, 사과 재배가 대규모로 이루어졌던 1970년대부터 최근까지 시기별로 비교한 것이다. 1970년대부터 2000년대까지 모든 시점에서 대구의 평균기온이 의성보다 1.4~2.5°C 높았으며, 장수에 비해서 9.7~10.6°C 더 높다. 대구

표 4. 각 지역의 시기별 생육기간(4~10월) 중 평균기온은 비교(°C)

시기 \ 지역	의성	장수	대구
1970년대	18.7	-	20.2
1980년대	18.6	17.2	20.5
1990년대	18.5	17.1	20.9
2000년대	18.6	17.5	21.1

의 시기별 사과 생육기간 중 평균기온은 20.2~21.1°C이다. 사과 재배가 활발하게 이루어지던 1970년대의 경우에도 이미 대구의 사과 생육기간 평균기온은 생육 적온 범위에 거의 도달한 상태이고 2000년대는 사과의 생육적온 범위를 벗어났다. 의성의 시기별 사과 생육기간 평균기온은 18.5~18.7°C로 사과재배가 활발하지 않았던 1970년대부터 2000년대까지 모든 시기에서 생육적온 범위에

해당한다. 장수의 시기별 사과 생육기간 평균기온은 17.1~17.5°C이다. 장수의 생육기간 중 평균기온은 사과재배가 활발한 의성보다 낮다. 장수는 고랭지 사과로 유명한 곳으로 냉량한 지역에서 고품질의 사과가 생산되므로 최근 사과 재배가 증가하고 있는 것으로 판단된다.

〈그림 7〉은 의성과 장수, 대구의 생육기간(4~10월) 중 평균기온 변화를 나타낸 것이다. 대구를 제외한 의성, 장수의 사과 생육기간 중 평균기온은 생육적온 범위에 해당하는 것을 보여준다. 의성은 17.0~20.0°C 범위 내에 포함되며, 장수는 16.0~18.5°C, 대구는 19.0~22.5°C이다. 의성과 장수의 경우는 사과 생육기간 중 평균기온이 사과 생육적온 범위를 유지한다. 그러나 대구의 경우는 사과의 생육적온에서 벗어나는 21.0°C 이상인 해가 1970년대에는 단 한차례였던 반면, 2000년 이후에는 5회나 출현하여 고품질의 사과 재배가 점차 어

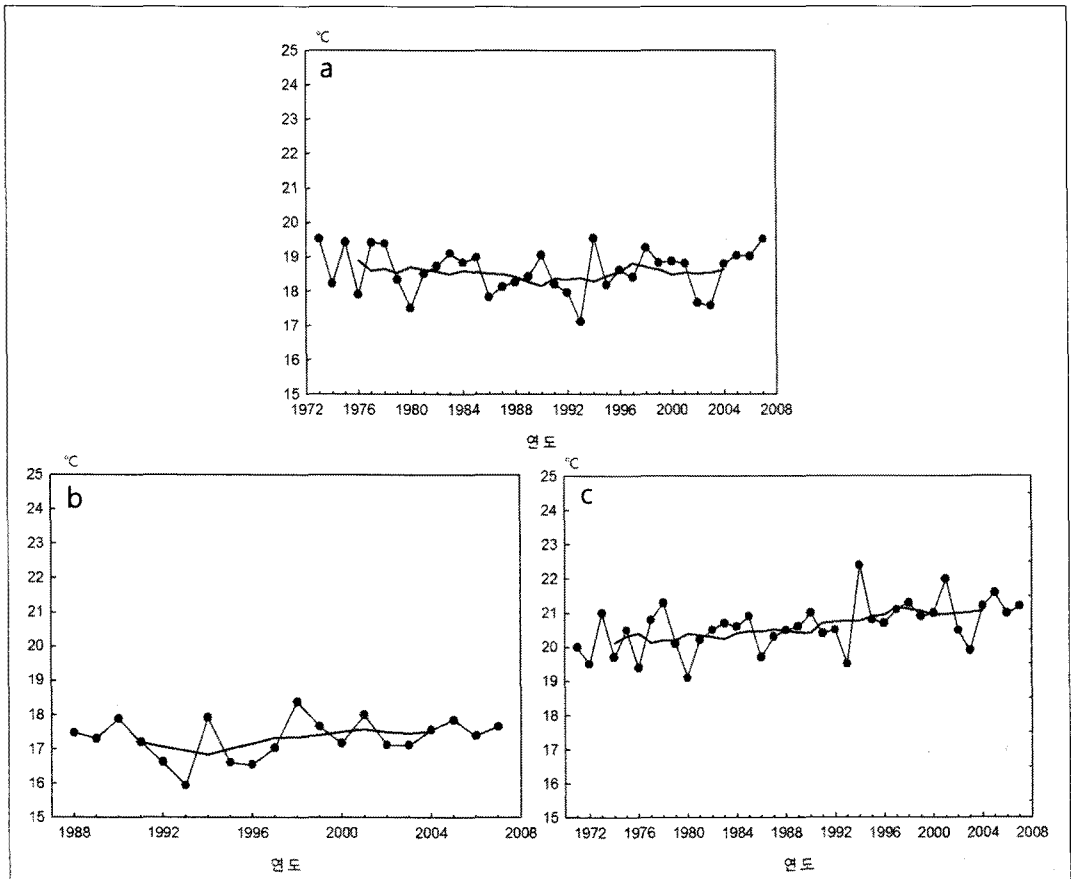


그림 7. 생육기간(4~10월)의 평균기온 변화 (a: 의성, b: 장수, c: 대구)

한국에서 기온상승이 사과 재배지역의 변화에 미치는 영향

표 5. 각 지역별 재배면적 및 생산량과 기후요소 간의 상관계수(r)

구 분	지역	평균기온(4~10월)	최고기온(4~10월)	최저기온(4~10월)
재배면적	의성	-0.098**	0.329	-0.339**
	장수	0.283	0.122	0.395
	경산	-0.450**	-0.239**	-0.566**
생산량	의성	-0.198**	0.218	-0.371**
	장수	0.269	0.099	0.383
	경산	-0.449**	-0.272**	-0.552**

* $\alpha=0.05$ 에서 유의, ** $\alpha=0.01$ 에서 유의

려워지고 있음을 보여준다. 그러므로 현재와 같이 기온상승이 지속된다면, 대구는 사과 생육적온에서 벗어나는 빈도가 더 자주 발생할 것이다. 이와 같은 생육기간 중 평균기온의 시기별 변화는 최근에는 주요 재배지역이 경상북도 북부 및 산간 고랭지로 북상한 것이 기후변화와 관련이 있음을 보여준다고 할 수 있다(그림 3, 5).

〈표 5〉는 의성과 장수, 대구의 사과 재배면적 및 생산량과 사과 생육기간 평균기온, 최고기온, 최저기온과의 관계를 나타낸 것이다. 경산의 사과 재배면적과 평균기온 및 최저기온 사이에 각각 $r=-0.450$, $r=-0.566$ 의 통계적으로 유의한 부적인 상관관계가 있다. 이는 기온이 상승하면 사과 재배면적이 감소할 수 있음을 의미한다. 생산량과 기온과의 관계도 재배면적의 경우와 비슷한 경향이다(표 5).

의성의 경우, 유의성은 낮지만 최고기온과 재배면적 및 생산량과의 관계는 각각 $r=0.329$, $r=0.218$ 로 정적이며, 최저기온과는 각각 $r=-0.339$, $r=-0.371$ 로 부적인 관계가 있으나 경산에 비하여 상관계수의 절대 값이 작다. 즉, 이는 단순히 기온에 의해서 의성의 사과 재배면적이나 생산량 변화를 설명하기에 어렵다는 것을 의미한다. 의성은 1990년대 중반 이후 사과 재배면적과 생산량의 변화가 없는 지역으로 기온과의 관계를 파악하기 위해서는 보다 장기간의 분석이 필요하다고 생각된다. 장수의 경우 기후자료의 보유기간이 짧아서 유의한 관계를 파악하기 어렵다.

3) 일교차와 사과 재배면적 및 생산량과의 관계

고품질의 사과 재배를 위해서 과실의 착색, 모양 및 당 함량을 고려하는 것은 중요하다. 일교차가 클수록 과실의 착색 상태가 양호하고 당 함량이 높은 사과를 재배할 수 있으며, 야간 기온이 낮을수록 호흡에 의한 소모량이 적어 착색과 당 축적에 효과적이다(농촌진흥청, 2003). 심교문 외(2005)에 따르면 야간 기온 상승에 따른 품질 저하로 사과 주산지였던 경북 영천의 사과 재배면적이 지난 10년간 37% 감소하였다고 한다.

〈표 6〉은 의성과 장수, 대구 지역의 사과 생육기간 중 일교차를 시기별로 비교한 것이다. 모든 시기에 의성의 일교차가 장수나 대구보다 더 크다. 즉, 의성의 일교차가 장수보다 1.2~1.8°C, 대구보다 2.1~3.7°C 더 크다. 장수의 각 시기별 일교차도 대구보다 1.2~2.5°C 더 크다. 사과 생육에 적절한 일교차 범위가 별도로 연구되지는 않았지만 야간 기온상승으로 인한 일교차 감소는 고품질의 사과 재배에 불리한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 일교차가 지속적으로 감소하고 있는 대구의 경우 고품질의 사과 재배에 어려움이 있어 사과 생산량이 감소하고, 그에 따라 재배면적도 감소할 수 있다.

〈그림 8〉은 의성과 장수, 대구의 사과 생육기간

표 6. 각 지역의 시기별 생육기간(4~10월) 중 일교차 비교(°C)

시기 \ 지역	의성	장수	대구
1970년대	12.6	-	10.4
1980년대	13.3	11.7	10.5
1990년대	14.0	12.2	10.1
2000년대	13.0	11.8	9.5

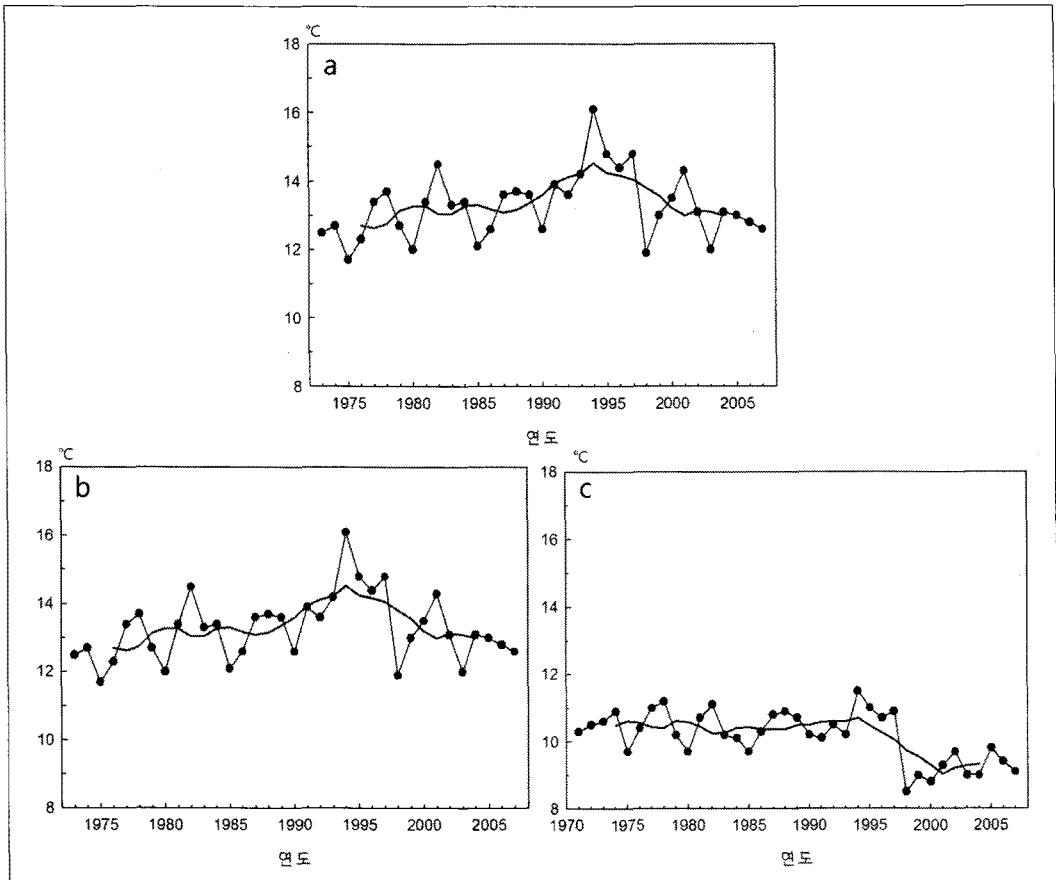


그림 8. 생육기간(4~10월)의 일교차 변화 (a: 의성, b: 장수, c: 대구)

중 일교차 변화를 나타낸 것이다. 일교차는 전구 기온 상승시 최저기온의 뚜렷한 상승률에 의하여 전반적으로 감소하는 경향이다(IPCC, 2001). 의성은 1970년대부터 1990년대 중반까지 일교차가 꾸준히 증가하다가 1990년대 중반 이후 최근까지 감소하는 경향이다. 장수는 매년의 변동이 크지만 1990년대부터 최근까지 꾸준히 감소하는 경향이 있지만 관측기간이 짧아서 설명하기 어렵다. 대구의 일교차는 1990년대 중반까지 증가와 감소를 반복하다가 1990년대 중반 이후 급격하게 감소하였다.

일교차가 사과 재배면적 및 생산량에 직접적인 영향을 미치는 것은 아니지만 착색 및 당 함량 등 사과 품질에 영향을 미치므로 장기적으로 보았을 때 재배면적 및 생산량에 영향을 줄 수 있다. Seo et al.(2003)은 야간 기온과 수확 전 낙과는 정적인 관계가 있다고 하였다. 따라서 야간 기온상승으로 인한 일교차 감소는 수확 전 낙과 발생을 초래할

수 있으며, 이로 인해 생산량이 감소할 수 있다.

〈표 7〉은 의성과 장수, 대구의 사과 재배면적 및 생산량과 일교차의 관계를 나타낸 것이다. 의성의 사과 재배면적 및 생산량과 일교차는 각각 $r=0.548$, $r=0.476$ 의 통계적으로 유의한 관계이다.

표 7. 각 지역별 재배면적 및 생산량과 일교차 간의 상관계수(r)

구 분	지역	일교차
재배면적	의성	0.548**
	장수	-0.236**
	경산	0.393**
생산량	의성	0.476**
	장수	-0.247**
	경산	0.338**

* $\alpha=0.05$ 에서 유의, ** $\alpha=0.01$ 에서 유의

이는 일교차가 클수록 사과 재배면적 및 생산량이 증가한다는 것을 의미한다. 실제로 경상에서 가까운 대구의 일교차는 0.04°C/년의 비율로 감소하고 있으며, 재배면적 및 생산량도 각각 83.4ha/년, 1,662.4톤/년의 비율로 감소한다. 일교차의 감소는 고품질의 사과 생산량에 부정적 영향을 미칠 수 있다. 따라서 경상 지역의 사과 품질 저하가 재배면적 및 생산량이 감소에 영향을 미쳤을 수 있다.

의성의 일교차는 0.02°C/년의 비율로 증가하고 있으며, 재배면적 및 생산량도 각각 65.6ha/년, 1,197.1톤/년의 비율로 증가하였다. 의성의 경우는 경상과 달리 일교차 및 재배면적, 생산량이 증가하고 있다. 일교차 증가로 인한 고품질 사과 생산 가능성의 확대는 의성의 사과생산량 및 재배면적 증가에 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

5. 요약 및 결론

본 연구에서는 우리나라 사과 재배지역을 대상으로 재배면적과 생산량의 시기별 변화를 파악하고 기후요소가 사과 재배면적 및 생산량 변화에 미친 영향을 파악하였다. 이를 위하여 사과 재배면적 및 생산량의 시기별 분포를 분석하고, 생육기간의 평균 기온과 일교차를 분석하여 다음의 결과를 얻었다.

우리나라 사과 재배면적 및 생산량은 1970년대에 대구·경산을 중심으로 하는 경상북도 남부지역에 집중되었으며 2000년대에 들어 의성·문경을 중심으로 하는 경상북도 북부지역과 산간 고랭지로 집중 재배지역이 이동하였다.

의성과 장수는 생육기간인 4~10월의 평균기온이 생육 적온 범위에 포함되어 있었다. 그러나 대구의 경우에는 생육 적온 범위보다 고온을 나타내고 있다. 이는 1970년대에는 사과의 최대 재배 지역이었던 대구와 경산이 기온상승으로 인해 2000년대 들어서는 사과 재배에 부적합한 지역이 되었음을 의미한다. 각 지역의 사과 재배면적 및 생산량과 평균기온과의 관계를 분석한 결과 경상도의 재배면적 및 생산량과 부적합한 관계를 나타내고 있었다. 이는 기온이 상승하면 사과 재배면적이 감소할 수 있음을 의미한다.

일교차도 대구와 장수에서 감소하는 경향을 보이고 있었으며, 의성의 경우 증가하는 경향이다.

경산의 재배면적 및 생산량과 일교차와는 정적인 관계가 있다. 즉, 일교차가 감소하면 생산량도 감소한다는 것을 의미한다. 따라서 계속되는 기온상승은 과거에 사과 재배 적지였던 지역이 현재는 사과 재배 부적지로 변화할 수 있음을 의미한다.

기온은 사과 재배면적 및 생산량에 미치는 영향이 크므로 사과 재배적지의 이동에 영향을 미치는 중요한 변수이다. 그러나 사과 재배면적 변화를 기온만으로 예측하기에는 어려움이 많다. 즉, 기온상승과 같은 자연적인 요인 이외에 품종개량, 기술발달 등과 같은 인문적인 요인이 사과 재배적지 변화에 영향을 줄 수 있다.

기후변화가 작물에 미치는 영향은 다양하다. 기온상승은 일부 작물에게는 유리한 조건으로 작용하기도 한다. 그러나 과수와 같은 다년생 작물은 한 번 심으면 경제 수령이 다할 때 까지 제자리에서 재배되어야 하므로 기후변화는 과수원의 개원, 과종, 품종 및 작형의 선택에 중요한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 기후요소와 과실의 생장 및 품질과의 관계를 정량화 하여 기후변화로 인한 과실 재배의 피해를 최소화해야 할 것이다.

문헌

국립기상연구소, 2007, 기후변화 영향평가 및 적응 방안을 위한 파일럿 연구(II), 국립기상연구소.
 국립기상연구소, 2009, 기후변화 이해하기 II: 한반도 기후변화: 현재와 미래, 국립기상연구소.
 권혁재, 1995, 한국지리 -지방편-, 법문사.
 김수옥·김진희·정유란·김승희·박건환·윤진일, 2009, 신고 배의 개화기 결정에 미치는 온도영향의 정량화, 한국농림기상학회지, 11(2), 61-71.
 농림부, 2006, 한국농업 행복 네트워크 : 지역농업 클러스터, 농림부.
 농촌진흥청, 2002, 기후변화와 농업생태계 변동 연구동향, 농촌진흥청.
 농촌진흥청, 2003, 표준영농교본-5 사과재배, 농촌진흥청.
 농촌진흥청, 2008, 국지기후 분석을 통한 충청북도지역 사과주산지의 과실생산과 재배환경 해석 연구, 농촌진흥청.
 농촌진흥청 농업과학기술원, 2007, 기후변화에 따

- 른 농업생태계 영향, 취약성 평가 및 적응 방안 구축, 농촌진흥청 농업과학기술원.
- 서형호 · 김점국, 2005, 기후변화가 과수재배에 미치는 영향, 제3회 기후변화 학술대회 발표자료집, 103-106.
- 이경미 · 권원태 · 이승호, 2009a, 우리나라 식물계절 시기의 변화 경향에 관한 연구, 한국지역지리학회지, 15(3), 337-350.
- 이경미 · 권원태 · 이승호, 2009b, 우리나라 식물계절 시기의 분포 특성에 관한 연구, 국토지리학회지, 43(3), 339-352.
- 이승호 · 김선영, 2008, 기후변화가 태백산지 고랭지 농업의 생육상태와 병충해에 미치는 영향, 지리학연구, 42(4), 621-633.
- 이승호 · 허인혜 · 이경미 · 김선영 · 이윤선 · 권원태, 2008, 기후변화가 농업생태에 미치는 영향 -나주 지역을 사례로-, 대한지리학회지, 43(1), 20-35.
- 이윤선 · 이승호, 2008, 기후변화가 벼의 생산량에 미치는 영향, 지리학연구, 42(3), 405-416.
- 장한익 · 서형호 · 박서준, 2002, 기후변화에 따른 과수재배 연구방향, 원예과학기술지, 20(3), 270-275.
- 전영문 · 홍문표, 권재환 · 이재석 · 정홍락 · 이승호, 2009, 설악산 분비나무림의 군집구조와 생육변동에 관한 연구, 국토지리학회지, 43(2), 125-137.
- 허인혜 · 이승호, 2008, 스키장 초기 개설과 기후변화에 관한 연구 -용평스키장을 사례로-, 기후연구, 3(2), 55-63.
- Ahas, R., Aasa, A., Menzel, A., Fedotova, V. G., and Scheifinger, H., 2002, Changes in European spring phenology, *International Journal of Climatology*, 22, 1727-1738.
- Baldocchi, D. and Wong, S., 2008, Accumulated winter chill is decreasing in the fruit growing regions of California, *Climatic Change*, S153-S166.
- Chmielewski, F. M., Müller, A., and Bruns, E., 2004, Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961~2000, *Agricultural and Forest Meteorology*, 121, 69-78.
- Heo, I. and Lee, S., 2008, The Impact of Climate Change on Ski Industries in South Korea, *Journal of Korean Geographical Society*, 43(5), 715-727.
- Ho, C. H., Lee, E. J., Lee, I., and Jeong, S. J., 2006, Earlier spring in Seoul, Korea, *International Journal of Climatology*, 26, 2117-2127.
- IPCC, 2007, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996pp.
- Lopez, G. and Dejong, T. M., 2007, Spring temperatures have a major effect on early stages of peach fruit growth, *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82(4), 507-512.
- Luedeling, E., Zhang, M., and Girvetz, E. H., 2009, Climatic changes lead to declining winter chill for fruit and nut tree in California during 1950~2009, *PLoS ONE*, 4(7), e6166. doi: 10.1317/journal.pone.0006166.
- Prasad, V. K., Badarinath, K. V. S., and Eaturu, A., 2008, Effects of precipitation, temperature and topographic parameters on evergreen vegetation greenery in the Westren Ghats, India, *International Journal of Climatology*, 28, 1807-1819.
- Seo, H. and Park, H., 2003, Fruit quality of 'Tsugaru' apples influenced by meteorological elements, *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 5(4), 218-225. <http://www.wunderground.com>
- 교신 : 이승호, 143-701, 서울시 광진구 화양동 1번지 건국대학교 지리학과(이메일: leesh@konkuk.ac.kr, 전화:02-450-3380)
- Correspondence: Seungho Lee, Department of Geography, Konkuk University, 1 Hwayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul, 143-701, Korea(e-mail: leesh@konkuk.ac.kr, phone: +82-2-450-3380)
- (접수: 2010.3.23, 수정: 2010.4.20, 채택: 2010.5.15)