POSTER 19

RCP 시나리오 기반 농업용 상세 전자기후도를 활용한 사과, 배, 복숭아의 재배적지 변동 예측

안문일[1*], 김성기[1], 박주현[1], 한현희[2], 손인창[3]
[1](주)에피넷, [2]국립원예특작과학원 과수과, [3]국립원예특작과학원 온난화대응농업연구센터

A Study on the Prediction of Suitability Change of Apple, Pear and Peach using High Definition Agricultural Digital Climate Map based on RCP scenario

M. I. Ahn[1*], S. K. Kim[1], J. H. Park[1], H. H. Han[2], I. C. Son[3]
[1]*R&D Center, EPINET Co., Ltd, Anyang 431 - 810, Korea*
[2]*Fruit Tree Cultivation Division, National Horticultural Research Institute, RDA*
[3]*Agricultural Research Center for Climate Change, National Horticultural Research Institute, RDA*

I. 서 언

지구온난화에 따른 기후의 변화는 모든 산업에 영향을 미치지만 농업, 수산업, 축산업 등의 1차 산업에 미치는 경제적 피해가 가장 클 것으로 전망된다. 기후변화에 관한 정부 간 패널(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) 제4차 보고서(2007)에 따르면 지난 100년간 전 지구온도는 0.74℃ 상승하였다. 그리고 농촌진흥청(2008)에 따르면 1973년부터 2007년까지 우리나라 전국 평균 기온은 0.95℃가 상승하였다. 전 지구적으로 1.5 ~ 2.5℃ 상승할 경우 동식물의 20 ~ 30%가 멸종하고 지리적 분포의 변동이 크게 발생할 것이라고 예측하였다(IPCC 제4차 보고서, 2007).

과수는 기후변화에 영향을 많이 받는 작물이다. 한번 심으면 오랜 기간 동안 같은 장소에서 자라고, 인위적으로 재배시기를 조절할 수 없으며 과실의 생육기간 동안의 기상환경에 따라 품질의 차이가 크게 발생하기 때문이다. 2011년 한국기상산업진흥원의 보도 자료에 의하면 30년 전 사과 주산지였던 대구 지역은 현재 재배면적이 75% 이상 감소한 반면, 청송은 210% 증가, 안동은 30배 이상 증가하였다.

본 연구에서는 기상청 RCP 4.5와 8.5 기후변화 시나리오 기반으로 국립원예특작과학원 온난화농업연구센터에서 제작된 고해상도 농업용 상세 미래 전자기후도를 이용하여 사과, 복숭아, 배의 재배적지 전자지도를 제작하였다. 그리고 우리나라 농경지 중 재배적지별 면적을 추출하여 기후변화에 따른 면적 변동성을 검토하였다.

* Correspondence to : ahnmi@epinet.kr

II. 재료 및 방법

2.1 대상 작목의 재배적지 판단 기준

사과 ‘후지’, 복숭아 ‘장호원 황도’, 배 ‘신고’ 품종의 재배적지 판단 기준은 국립원예특작과학원 과수과, 사과시험장, 배시험장의 대상 작목 전문가가 제시해준 기준으로 작성되었다 (Table 1, Table 2, Table 3). 재배적지는 적지, 가능지 그리고 저위생산지 & 부적지로 구분하였다. 사과 ‘후지’의 재배적지를 판단하기 위한 입력 기후자료로는 생육기(4 ~ 10월) 동안의 평균기온(℃), 연평균기온(℃), 성숙기(10월) 평균기온(℃), 극 최저기온(℃)을 활용하였다(Table 1).

Table 1. 사과 ‘후지’ 품종의 재배적지별 판단 기준

구 분	생육기(4~10월) 기온(℃)	연평균기온(℃)	성숙기(10월) 평균기온(℃)	극 최저기온 (℃)
적지	14.5~18.5	7.5~11.5	10~20	-30
가능지	13.5~14.5, 18.5~19.5	6.5~7.5, 11.5~12.5	-	-30
저위생산지 & 부적지	< 13.5 , 19.5<	< 6.5, 12.5 <	< 10, 20 <	-30

< 대상 작목 전문가 : 국립원예특작과학원 과수과 한현희 박사, 국립원예특작과학원 사과시험장 권헌중 박사>

복숭아 ‘장호원황도’의 재배적지를 판단하기 위한 입력 기후자료는 생육기(4 ~ 10월) 동안의 평균기온(℃), 연평균기온(℃), 극 최저기온(℃)을 활용하였다(Table 2).

Table 2. 복숭아 ‘장호원황도’ 품종의 재배적지별 판단 기준

구 분	생육기(4~10월)기온 (℃)	연평균기온 (℃)	극 최저기온 (℃)
적지	18 ~ 23	11.5 ~ 15.5	-20
가능지	16 ~ 18	10.5 ~ 11.5, 15.5 ~ 16.5	-23 ~ -25
저위생산지 & 부적지	< 16	< 10.5, 16.5 <	-25 <

<대상 작목 전문가 : 국립원예특작과학원 과수과 한현희 박사 & 전지혜 박사>

배 ‘신고’의 재배적지를 판단하기 위한 입력 기후자료로는 생육기(4 ~ 10월) 기온(℃), 연평균 기온(℃), 발아기(4월) 평균기온(℃), 극 최저기온(℃)을 활용하였다(Table 3).

Table 3. 배 ‘신고’ 품종의 재배적지별 판단 기준

구 분	생육기(4~10월)기온 (℃)	연평균기온 (℃)	발아기(4월) 평균기온(℃)	극 최저기온 (℃)
적지	18.5 ~ 21.5	11.5 ~ 15.5	10.5 ~ 13.5	-25
가능지	17 ~ 18.5, 21.5 ~ 23	10 ~ 11.5, 15.5 ~ 17	8.5 ~ 10.5, 13.5 ~ 15.5	-25 ~ -27
부적지 & 저위생산지	< 17, 23 <	< 10, 17 <	< 8.5, 15.5 <	-30

<대상 작목 전문가 : 국립원예특작과학원 과수과 한현희 박사, 국립원예특작과학원 배시험장 임순희 박사>

2.2 사과, 배, 복숭아 재배적지 전자지도 작성

대상 작목인 사과, 배, 복숭아의 평년(1981 ~ 2010), RCP 4.5(2020 ~ 2100), RCP 8.5(2020 ~ 2100) 재배적지 전자지도를 제작하였다. 평년의 기후 자료는 국가농림기상센터(National Center for Agro Meteorology; NCAM, http://www.ncam.kr)에서 제공하는 전자기후도 중 일 최고 및 최저기온의 월 평균 값을 30m 해상도로 나타낸 격자형 자료를 수집하여 이용하였다. 미래의 기후자료는 국립원예특작과학원 온난화대응농업연구센터(http://agdcm.kr)에서 제공하는 30m 해상도의 RCP 4.5 & 8.5 농업용 미래 상세 전자기후도 격자형 자료를 이용하였다.

적지, 가능지 그리고 저위생산지 & 부적지로 분류된 재배적지 중 적지와 가능지는 설정된 기후 조건별 GIS 레이어를 작성한 후 중첩 분석을 하였다. 중첩된 레이어에서 모든 기후 조건을 만족하는 격자만 추출하였다. 저위생산지 & 부적지는 중첩된 레이어에서 1개 이상의 기후 조건을 만족하는 격자를 추출하였다. 재배적지지도의 제작은 ArcGIS (ESRI, Redlands, USA) 공간 정보 분석 프로그램을 사용하였다.

2.3 사과, 배, 복숭아 재배적지 면적변동 분석

2010년 기준 우리나라 농경지 총 면적 중 3단계로 구분된 적지, 가능지 그리고 저위생산지 & 부적지가 차지하는 면적 비율의 변동을 분석하였다. 농경지 면적은 환경부(2010)에서 제공받은 토지피복도 Polygon 자료에서 농업지역(논, 밭, 하우스재배지, 과수원 기타재배지)만 추출하였다. 추출된 농경지 Polygon 자료를 Raster 파일 형태로 변환 한 후 농경지 수치지도와 재배적지 전자지도를 중첩하여 농경지에 해당되는 부분만 추출하였다. 그리고 우리나라 행정구역 도 단위 Polygon 자료를 활용하여 행정구역별 면적 통계자료를 계산하였다.

III. 결 과

농업용 미래 상세 전자기후도를 이용하여 사과의 재배적지를 구분하는 기준에 따라 적지, 가능지, 저위생산지 & 부적지를 나타내는 30m 고해상도 재배적지 전자지도를 작성하였다. 사과 재배가 가능 지역은 RCP 4.5 와 RCP 8.5 시나리오에서 동일하게 감소하였으며, RCP 8.5 시나리오에서 더 빠르게 적지와 가능지가 감소하였다(Fig. 2).

1981 ~ 2010년 평년 기후자료에 의한 사과 재배적지는 우리나라 전체 농경지 면적 중 적지 23.2%, 가능지 34.4%, 저위생산지 & 부적지 42.4%로 나타났다. 2100년 사과 재배적지는 RCP 4.5 시나리오에서 적지와 가능지는 각각 22.4%, 33.1%가 감소하였고, 저위생산지 & 부적지는 55.6% 증가하였다. 그리고 RCP 8.5 시나리오에서는 적지와 가능지가 0%, 0.2%로 고품질의 사과 재배가 가능한 지역이 거의 없는 것으로 예측되었다.

RCP 4.5 시나리오에서 복숭아 '장호원황도'의 미래 재배적지의 변동은 평년과 비교하여 적지 0.2% 증가, 가능지 7.6% 감소, 저위생산지 & 부적지 7.4% 증가하였다. RCP 8.5 시나리오에 따른 재배적지 면적률의 변화는 적지 36.7% 감소, 가능지 26.6% 감소, 저위생산지 & 부적지는 63.3%가 증가하였다(Fig. 4, 5).

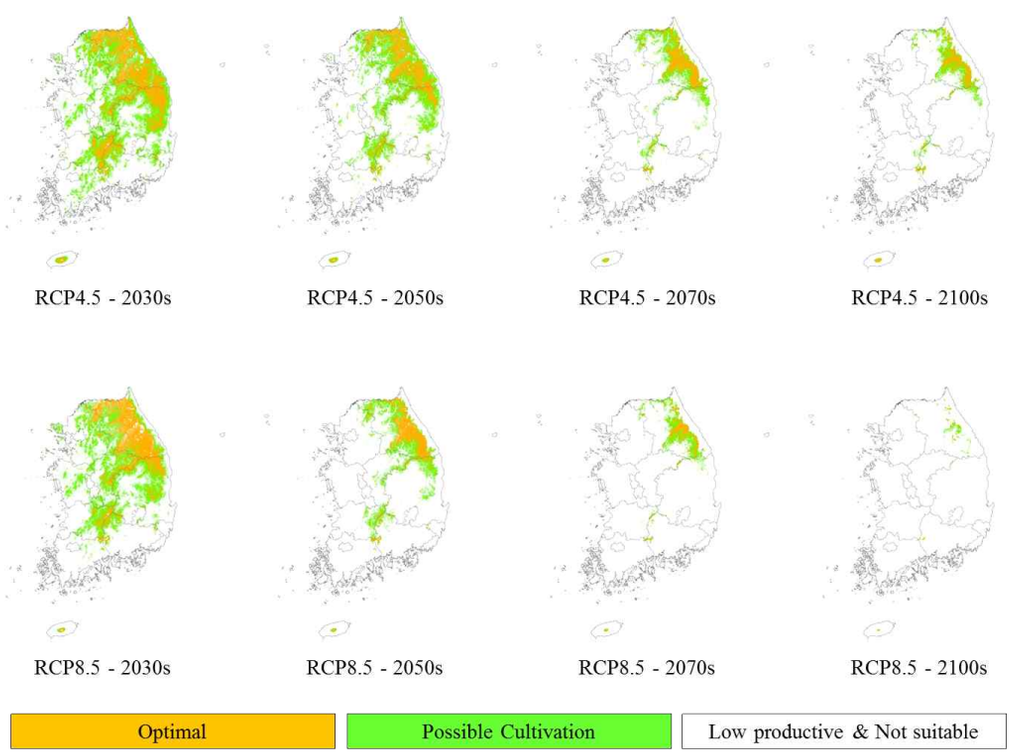

Fig. 1. 고해상도(30m) 농업용 상세 전자기후도를 이용한 사과 '후지' 품종의 미래 재배적지 예측 지도

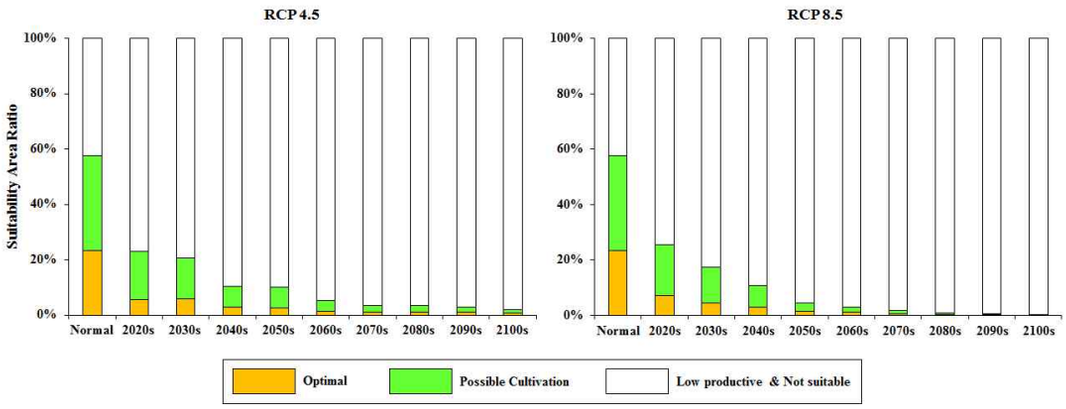

Fig. 2. 우리나라 농경지 총 면적(환경부, 2010) 중 RCP 시나리오에 따른 사과 '후지' 품종의 2020년부터 2100년까지 10년 단위의 재배적지구분별 면적률

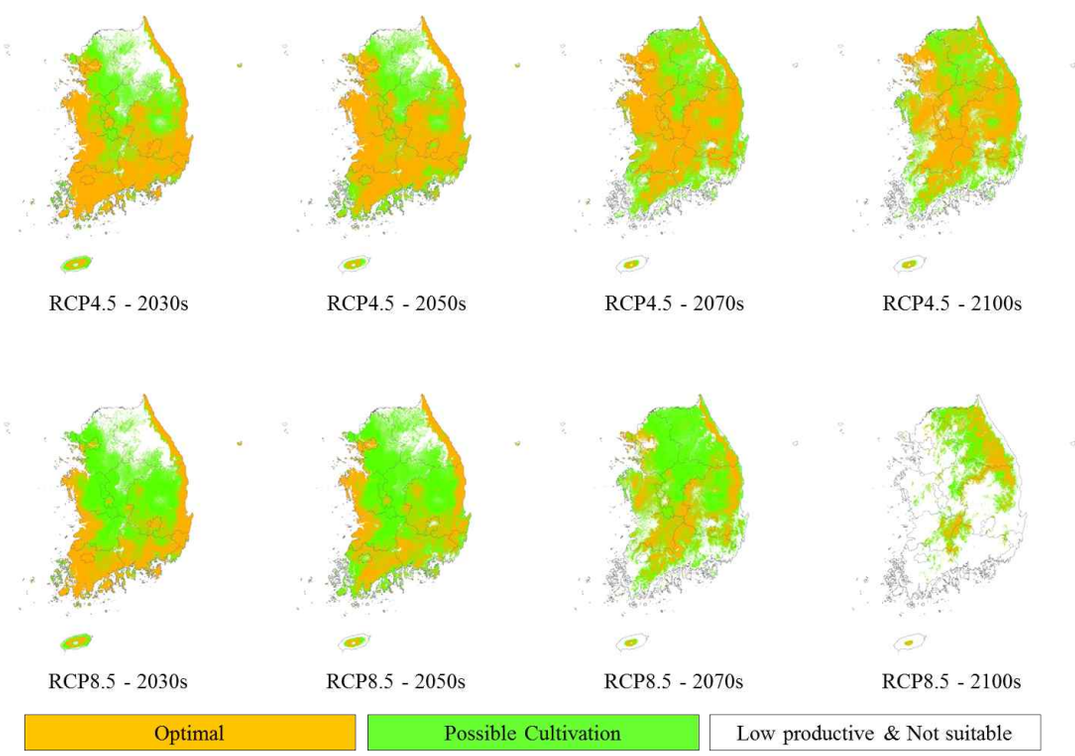

Fig. 3. 고해상도(30m) 농업용 상세 전자기후도를 이용한 복숭아 '장호원황도' 품종의 미래 재배적지 예측 지도

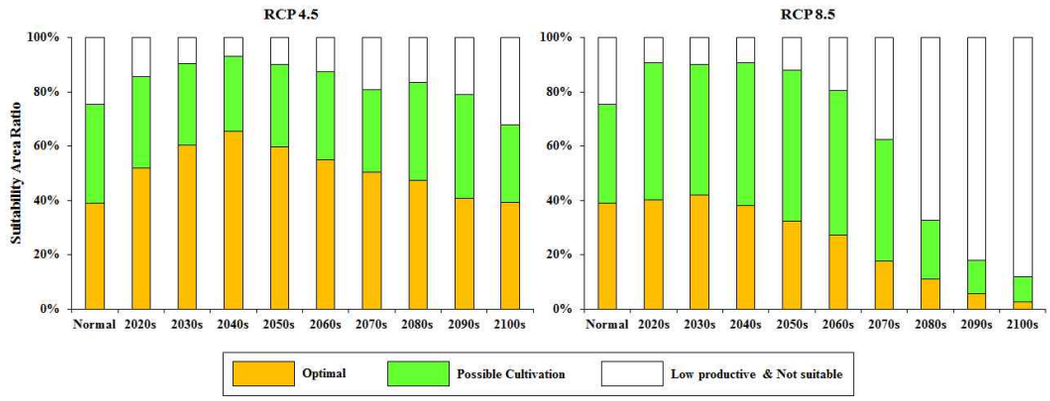

Fig. 4. 우리나라 농경지 총 면적(환경부, 2010) 중 RCP 시나리오에 따른 복숭아 '장호원황도' 품종의 2020년부터 2100년까지 10년 단위의 재배적지구분별 면적률

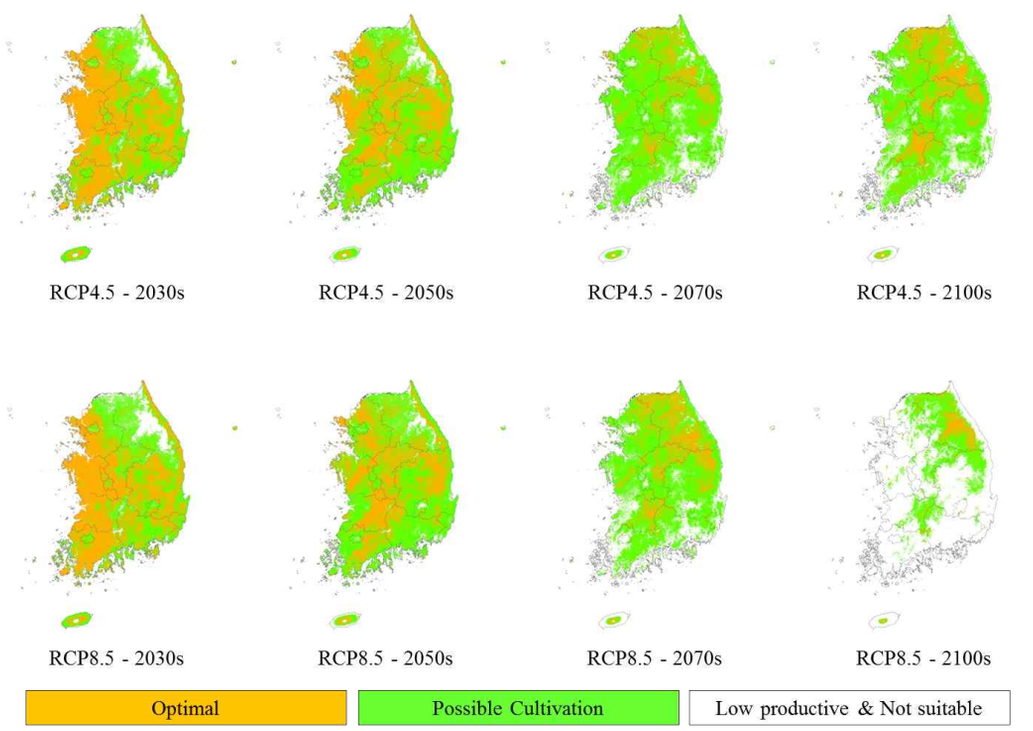

Fig. 5 . 고해상도(30m) 농업용 상세 전자기후도를 이용한 배 '신고' 품종의 미래 재배적지 예측 지도

농업용 상세 전자기후도를 이용하여 배 '신고' 30m 고해상도 미래 재배적지 전자지도를 작성하였다. RCP 4.5 시나리오에 따른 재배적지 면적의 변동은 적지는 점차적으로 감소하고 가능지는 증가하였다. 그리고 현재 적지가 점차적으로 북쪽으로 이동하였다(Fig. 6). RCP 8.5 시나리오에 따른 면적 변동은 2070 ~ 2100년 사이에 저위생산지 & 부적지가 63%로 급격하게 증가하였다.

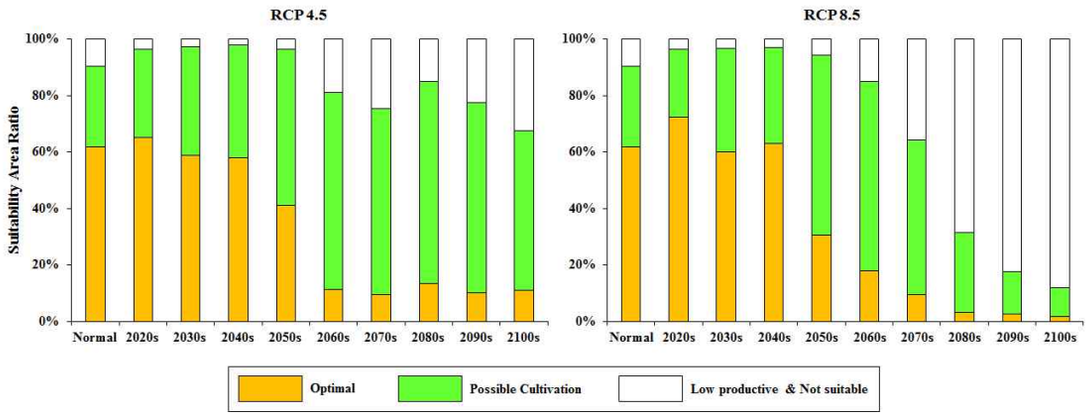

Fig. 6. 우리나라 농경지 총 면적(환경부, 2010) 중 RCP 시나리오에 따른 배 '신고' 품종의 2020년부터 2100년까지 10년 단위의 재배적지구분별 면적률

우리나라 농경지 면적 중 사과 적지의 비율은 평년 23.2%였고, 경상북도 지역이 6.4%로 비중이 가장 높았다(Table 4). 2010년도 통계청 시·군별 사과 재배면적 통계자료에 의하면 가장 많이 재배되고 있는 지역이 영주시, 안동시, 의성군 순으로 조사되었다. 이는 본 연구에서 적용하는 재배적지 판단 조건이 타당하게 설정되었음을 알 수 있다. RCP 4.5와 8.5 시나리오에 따르면 2020년대 이후 적지 면적이 급격하게 감소하였다.

Table 4 . RCP 4.5 & 8.5 기후변화 시나리오에 따른 우리나라 총 농경지 면적 중 행정구역 도 단위 사과 '후지' 품종 적지 면적률(%)

	Administrative district	Normal	2020s	2030s	2040s	2050s	2060s	2070s	2080s	2090s	2100s
RCP 4.5	Metropolitan City	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Sejong-si	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Gyeongi-do	3.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Gangwon-do	3.4	1.5	2.0	1.5	1.6	1.2	1.1	1.0	1.0	0.8
	Chungcheongbuk-do	3.5	0.7	0.7	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Chungcheongnam-do	2.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Jeollabuk-do	2.2	1.0	0.9	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
	Jeollanam-do	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Gyeongsangbuk-do	6.4	1.6	1.6	0.5	0.5	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2
	Gyeongsangnam-do	1.2	0.5	0.5	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	Jeju-si	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Total Area Ratio	23.2	5.5	5.8	2.8	2.7	1.4	1.1	1.1	1	1.2
RCP 8.5	Metropolitan City	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Sejong-si	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Gyeongi-do	3.0	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Gangwon-do	3.4	2.4	1.9	1.6	1.2	1.0	0.6	0.2	0.1	0.0
	Chungcheongbuk-do	3.5	1.4	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Chungcheongnam-do	2.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Jeollabuk-do	2.2	0.8	0.6	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Jeollanam-do	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Gyeongsangbuk-do	6.4	1.6	1.1	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Gyeongsangnam-do	1.2	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Jeju-si	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Total Area Ratio	23.2	7.3	4.6	2.9	1.4	1	0.6	0.2	0.1	0

Metropolitan City = Total optimal area of Seoul, Incheon, Daejeon, Gwangju, Ulsan and Busan

복숭아의 적지 면적률은 우리나라 전체 농경지 중 39.2%로 나타났으며, 전라남도 지역이 14.4%로 가장 높았다. 하지만 RCP 4.5 시나리오에 따르면 전라남도 지역은 점차적으로 적지 면적이 감소하고 경기도, 충청남도, 경상북도 지역은 적지 면적이 증가하였다. 전체적으로는 적지 면적이 2040년까지 1.5배 가까이 증가하였으며, 그 이후 점차적으로 2100년에는 평년 수준으로 감소하였다. RCP 8.5 시나리오에서는 2040년까지는 평년 수준으로 적지 면적이 유지되었으며, 그 이후 급격하게 감소하여 2100년에는 우리나라 전체 농경지 중 2.4%만이 적지로 예측되었다 (Table 5).

Table 5 . RCP 4.5 & 8.5 기후변화 시나리오에 따른 우리나라 총 농경지 면적 중 행정구역 도 단위 복숭아 '장호원황도' 품종 적지 면적률(%)

	Administrative district	Normal	2020s	2030s	2040s	2050s	2060s	2070s	2080s	2090s	2100s
RCP 4.5	Metropolitan City	2.3	2.9	3.4	3.2	2.8	2.1	1.8	1.9	1.7	1.4
	Sejong-si	0.0	0.0	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4
	Gyeongi-do	0.2	1.1	2.5	4.9	4.5	6.8	7.7	5.6	4.7	6.9
	Gangwon-do	0.8	1.2	1.2	1.5	1.3	1.4	1.7	1.0	0.9	2.1
	Chungcheongbuk-do	0.0	0.2	1.4	3.1	2.5	3.6	4.3	2.9	2.6	4.5
	Chungcheongnam-do	3.4	7.4	10.3	11.9	11.8	12.0	11.4	11.2	10.2	7.2
	Jeollabuk-do	6.4	9.0	9.8	10.9	10.5	8.7	6.4	7.3	5.3	4.1
	Jeollanam-do	14.4	14.6	13.2	9.0	7.7	3.9	2.4	3.2	2.5	1.5
	Gyeongsangbuk-do	3.1	7.0	10.1	13.6	12.0	11.9	11.2	10.6	9.6	8.8
	Gyeongsangnam-do	6.3	7.7	7.8	6.8	6.1	3.9	2.9	3.2	2.8	2.4
	Jeju-si	2.3	0.7	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Total Area Ratio	39.2	51.8	60.4	65.6	59.8	54.8	50.4	47.4	40.8	39.3
RCP 8.5	Metropolitan City	2.3	2.2	2.3	2.2	1.5	1.2	0.9	0.3	0.1	0.0
	Sejong-si	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0
	Gyeongi-do	0.2	0.2	0.3	0.5	1.0	1.4	2.1	1.3	0.2	0.0
	Gangwon-do	0.8	1.1	1.2	1.2	1.2	0.8	0.4	1.2	1.4	0.9
	Chungcheongbuk-do	0.0	0.1	0.2	0.1	0.3	0.9	1.2	1.3	0.6	0.1
	Chungcheongnam-do	3.4	4.9	5.7	5.9	7.3	7.8	4.4	1.1	0.2	0.0
	Jeollabuk-do	6.4	6.8	7.4	7.2	7.1	4.6	2.4	1.7	1.1	0.6
	Jeollanam-do	14.4	13.8	13.2	10.7	5.1	2.5	0.9	0.2	0.0	0.0
	Gyeongsangbuk-do	3.1	4.2	5.2	4.8	5.7	5.7	3.7	3.0	1.5	0.6
	Gyeongsangnam-do	6.3	6.3	6.1	5.1	3.2	2.0	1.2	0.9	0.5	0.2
	Jeju-si	2.3	0.7	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Total Area Ratio	39.2	40.3	42	37.9	32.6	27.1	17.3	11.1	5.6	2.4

Metropolitan City = Total optimal area of Seoul, Incheon, Daejeon, Gwangju, Ulsan and Busan

배의 적지 면적은 평년이 전체 농경지 면적 중 62%였으며, 전라남도 지역이 15.2%로 면적률이 가장 높았다. 제주도 지역은 전체 면적의 60% 이상이 적지에 포함된다. 이는 본 연구에서 재배적지를 구분하기 위한 기후요소로 바람을 고려하지 못했기 때문인 것으로 생각된다. RCP 4.5 시나리오에 따르면 적지 면적은 2040년까지 서서히 감소하다가 그 이후 급격하게 감소하는 경향을 보였다. RCP 8.5 시나리오에서는 2040년까지 평년 수준의 적지 면적이 유지되었으며, 그 이후 급격하게 감소하여 2100년에는 적지가 1.7%로 예측되었다. 그리고 RCP 4.5 와 8.5 시나리오 모두 배의 주 재배적지가 전라남도에서 충청남도로 변할 것으로 예측되었다.

Table 6 . RCP 4.5 & 8.5 기후변화 시나리오에 따른 우리나라 총 농경지 면적 중 행정구역 도 단위 배 '신고' 품종 적지 면적률(%)

	Administrative district	Normal	2020s	2030s	2040s	2050s	2060s	2070s	2080s	2090s	2100s
RCP 4.5	Metropolitan City	2.9	2.5	2.0	1.9	1.4	0.5	0.3	0.3	0.4	0.1
	Sejong-si	0.4	0.6	0.5	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Gyeongi-do	3.9	7.6	9.0	9.1	7.2	1.2	1.2	1.6	1.0	1.1
	Gangwon-do	0.4	1.1	1.6	3.0	2.0	1.3	1.9	1.9	1.3	2.6
	Chungcheongbuk-do	2.0	3.8	4.8	5.8	4.2	1.4	1.4	1.7	1.3	1.9
	Chungcheongnam-do	9.4	12.5	12.5	11.8	9.8	2.5	1.3	2.0	1.8	0.8
	Jeollabuk-do	9.0	10.4	8.4	7.5	5.2	2.1	1.3	2.0	1.8	1.9
	Jeollanam-do	15.2	11.8	7.9	5.5	2.6	0.6	0.2	0.6	0.5	0.4
	Gyeongsangbuk-do	8.8	10.0	8.6	9.4	6.4	1.4	1.5	2.4	1.4	1.7
	Gyeongsangnam-do	7.9	4.2	3.3	3.2	2.0	0.3	0.4	0.6	0.4	0.5
	Jeju-si	2.1	0.7	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Total Area Ratio	62	65.2	58.9	57.8	41.2	11.3	9.5	13.1	9.9	11
RCP 8.5	Metropolitan City	2.9	2.8	2.1	2.2	1.1	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0
	Sejong-si	0.4	0.6	0.5	0.5	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	Gyeongi-do	3.9	8.3	7.4	8.6	5.3	2.4	0.9	0.2	0.0	0.0
	Gangwon-do	0.4	1.4	1.1	1.4	1.2	2.1	2.3	1.7	1.7	1.4
	Chungcheongbuk-do	2.0	4.6	4.6	4.8	3.9	2.7	1.7	0.4	0.2	0.0
	Chungcheongnam-do	9.4	12.5	12.7	12.6	6.1	2.2	0.7	0.0	0.0	0.0
	Jeollabuk-do	9.0	10.0	9.8	9.2	3.6	2.5	1.3	0.5	0.3	0.2
	Jeollanam-do	15.2	13.8	9.5	9.1	2.2	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0
	Gyeongsangbuk-do	8.8	11.8	8.6	10.1	5.1	3.5	1.8	0.4	0.2	0.1
	Gyeongsangnam-do	7.9	5.8	3.3	4.2	1.7	1.1	0.4	0.1	0.1	0.0
	Jeju-si	2.1	0.7	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Total Area Ratio	62	72.3	60	62.9	30.5	18	9.4	3.3	2.5	1.7

Metropolitan City = Total optimal area of Seoul, Incheon, Daejeon, Gwangju, Ulsan and Busan

결과적으로 우리나라가 RCP 4.5 와 8.5 시나리오에서 제시하는 기후로 변화가 진행이 된다면 사과와 배의 고품질의 과실 생산이 크게 감소할 것으로 예측되었다. 그리고 복숭아의 경우는 RCP 4.5 시나리오와 같이 온실가스의 저감 정책이 상당히 실현되는 경우에는 2050년대까지 재배 최적지의 면적이 증가하였고 2100년에는 현재와 비슷한 수준의 면적으로 예측되었다. 하지만 RCP 8.5 시나리오와 같이 현재 추세로 온실가스가 배출되는 경우에는 사과, 배와 마찬가지로 고품질의 과실을 생산할 수 있는 최적지가 크게 감소하였다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 '농업기후변화 적응체계 구축' 공동연구사업(과제번호: PJ010174)의 지원에 의해 수행되었음

인용문헌

IPCC. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Group I, II, and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 기상청 역. 「기후변화 2007 – 종합보고서」.