

신 시나리오 기반 농업분야 기후변화 영향



2012. 10. 23.

RDA 농촌진흥청
온난화대응농업연구센터

서 형 호



발표 순서

1. 신 시나리오 기반 농업기후도 제작
2. 신 시나리오 기반 농업분야 영향평가 사례 (6)

1. 신 시나리오 기반 농업기후도 제작

신 기후변화시나리오 활용

농업연구에서 기후변화시나리오의 활용

- 미래 농업생산 예측을 위한 **과학적 예측 근거**로 활용
- 활용분야 : 재배적지, 생산량, 생장, 기상재해, 병해충 발생 등 예측

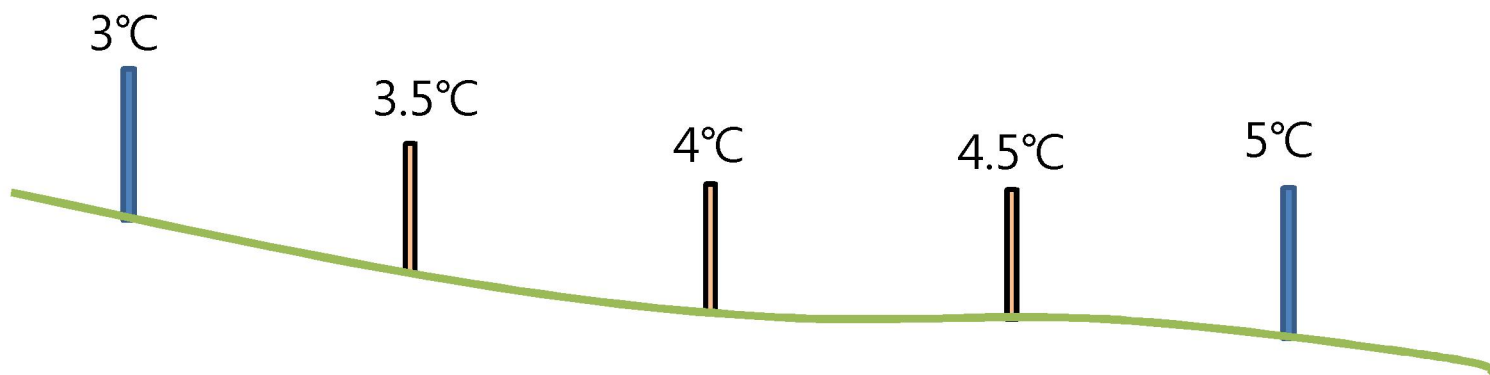
기상청 제공 신 기후변화시나리오(2012. 2.)

한반도 해상도 12.5km (2011~2099)	RCP4.5	최고기온, 최저기온, 강수량
	RCP8.5	최고기온, 최저기온, 강수량
남한 해상도 1km (2011~2099)	RCP4.5	최고기온, 최저기온, 강수량
	RCP8.5	최고기온, 최저기온, 강수량

신 시나리오 기반 농업기후도 제작

☑ 농업기후 값(소기후) 산출

종관기후 기준면이 수평의 잔디밭일 때, 한 지점의 소기후 (종관기후와 편차)는 잔디밭과 한 지점의 지표특성 차이(표고, 경사도, 경사향, 주변지형, 지표 등)로 결정됨



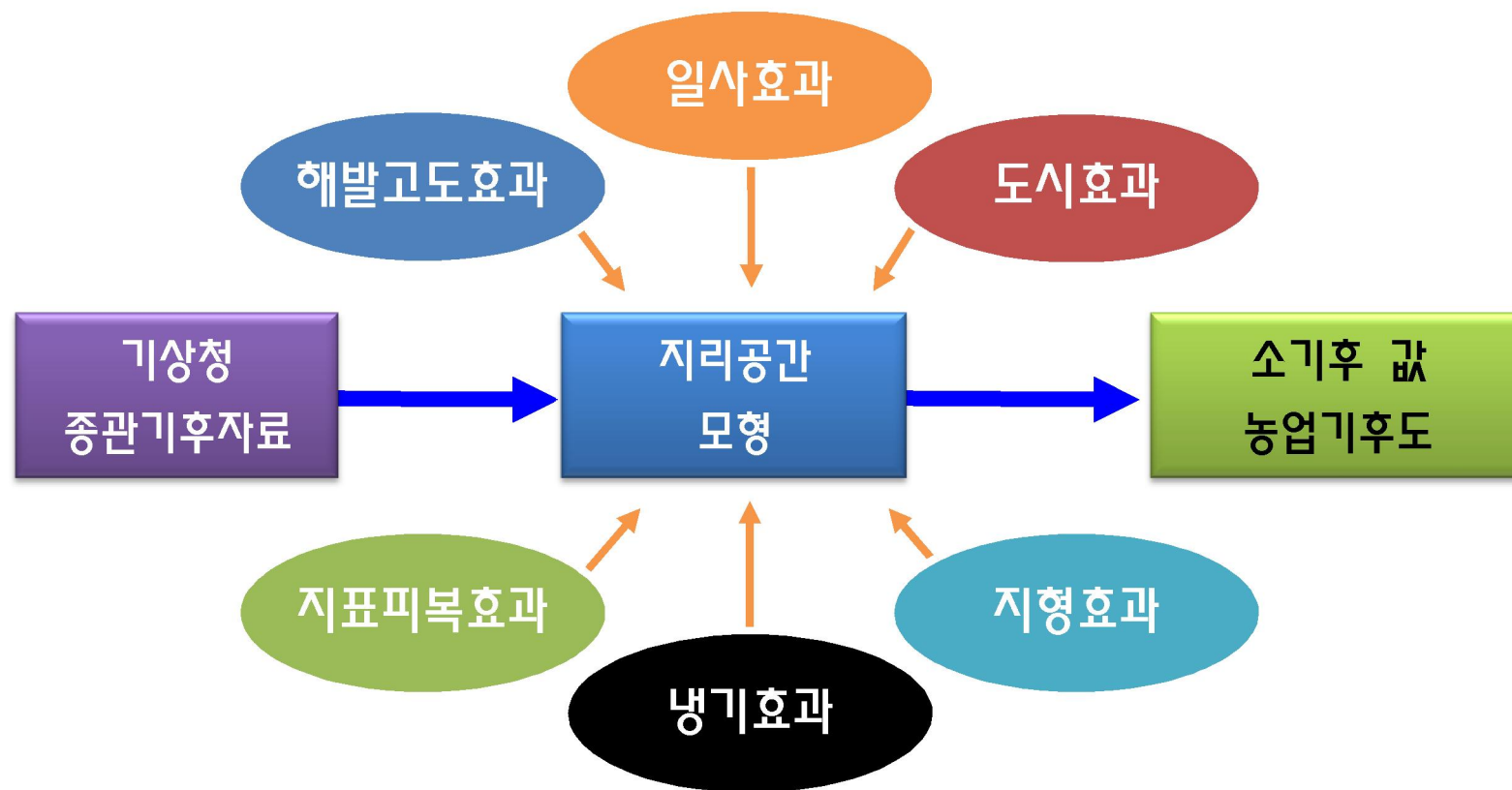
신 시나리오 기반 농업기후도 제작



신 시나리오 기반 농업기후도 제작

☑ 농업기후 값(소기후) 산출

종관기후 기준면이 수평의 잔디밭일 때, 한 지점의 소기후 (종관기후와 편차)는 잔디밭과 한 지점의 지표특성 차이(표고, 경사도, 경사향, 주변지형, 지표 등)로 결정됨



신 시나리오 기반 농업기후도 제작

소기후모형 ▶ 최저기온 (도시열섬, 온난대, 냉기유입량 효과 등 반영)

$$T = \frac{\sum \frac{T_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} + \left[z - \frac{\sum \frac{z_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} \right] \Gamma + \left[P - \frac{\sum \frac{P_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} \right] \Pi + \varepsilon_1 - \varepsilon_2$$

T_i : 지점 'i'의 실측기온

D_i : 내삽 지점으로부터 관측점 'i'까지의 거리

z : 내삽 지점의 해발고도

z_i : 관측점 'i'의 해발고도

Γ : 해발고도에 따른 기온 감률

P : 내삽 지점의 인구 상용로그

P_i : 관측점 'i'의 인구 상용로그

Π : 계수

ε_1 : 온난대 효과

ε_2 : 냉기 유입량 효과

신 시나리오 기반 농업기후도 제작

소기후모형 - 최고기온 (과열지수 등 반영)

$$T = \frac{\sum \frac{T_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} + \left[z - \frac{\sum \frac{z_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} \right] \Gamma - \varepsilon$$

T_i : 지점 'i'의 실측기온

d_i : 내삽지점으로부터 관측점 'i'까지의 거리

z 및 z_i : 내삽지점과 관측점 'i'의 해발고도

Γ : 해발고도에 따른 기온감율

$$\varepsilon = u \cdot R \cdot \Delta T_R$$

u : 과열지수

R : 기온 일교차

ΔT_R : 수평면과 경사면간 일사량 편차에 의한
기온상승분의 상한값, 1℃당 산림군락에서
0.1429 (Regniere, 1996)

$$u = \frac{\varphi_t - \varphi_0}{\Delta \varphi_{\max}}$$

φ_t : 4시간 동안 수평면 일사수광량

φ_0 : 4시간 동안 경사면 일사수광량

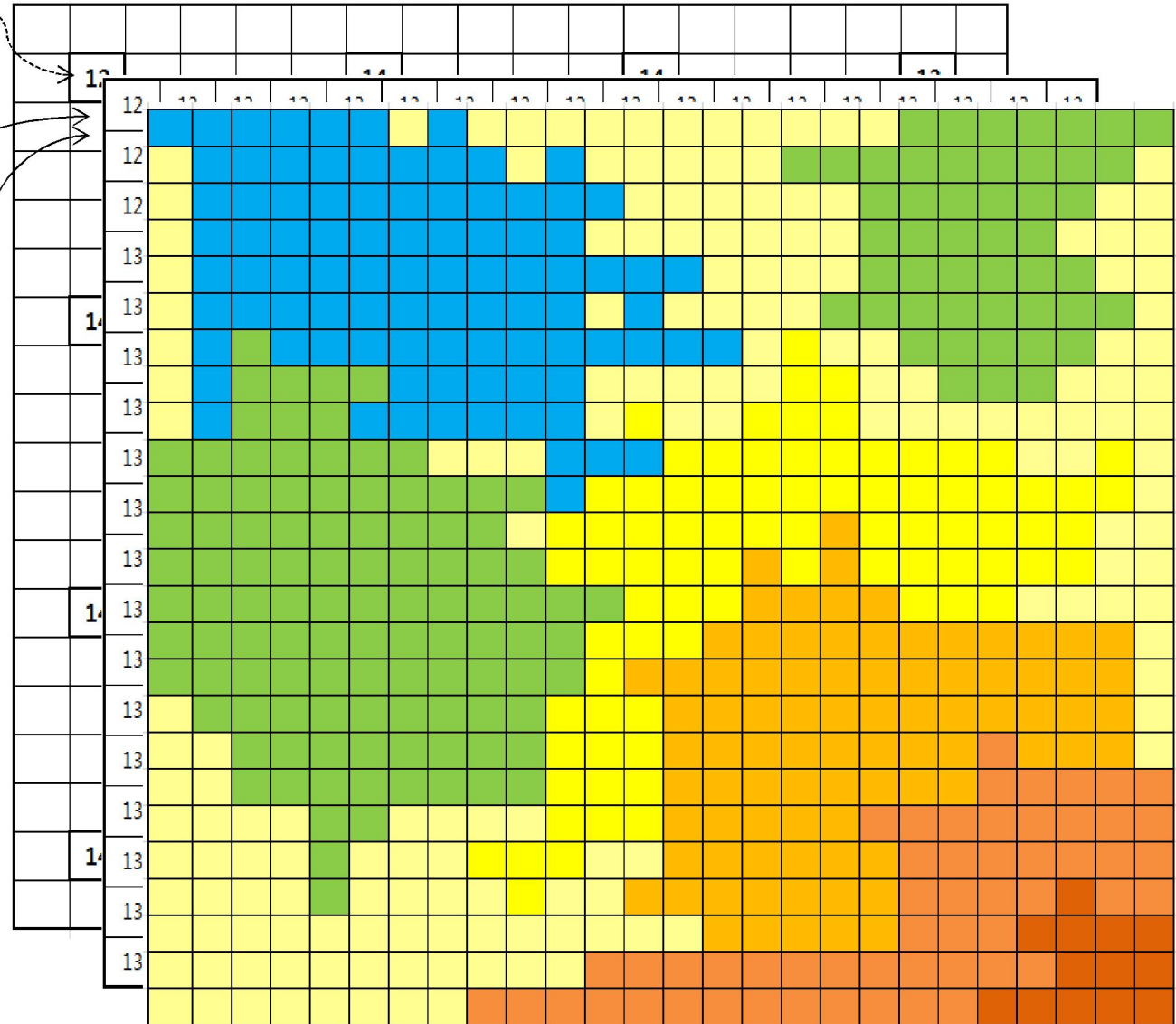
$\Delta \varphi_{\max}$: 수평면과 경사면의 일사량 수
광 편차의 최대값(15MJ/m²)

신 시나리오 기반 농업기후도 제작

시나리오 기후값

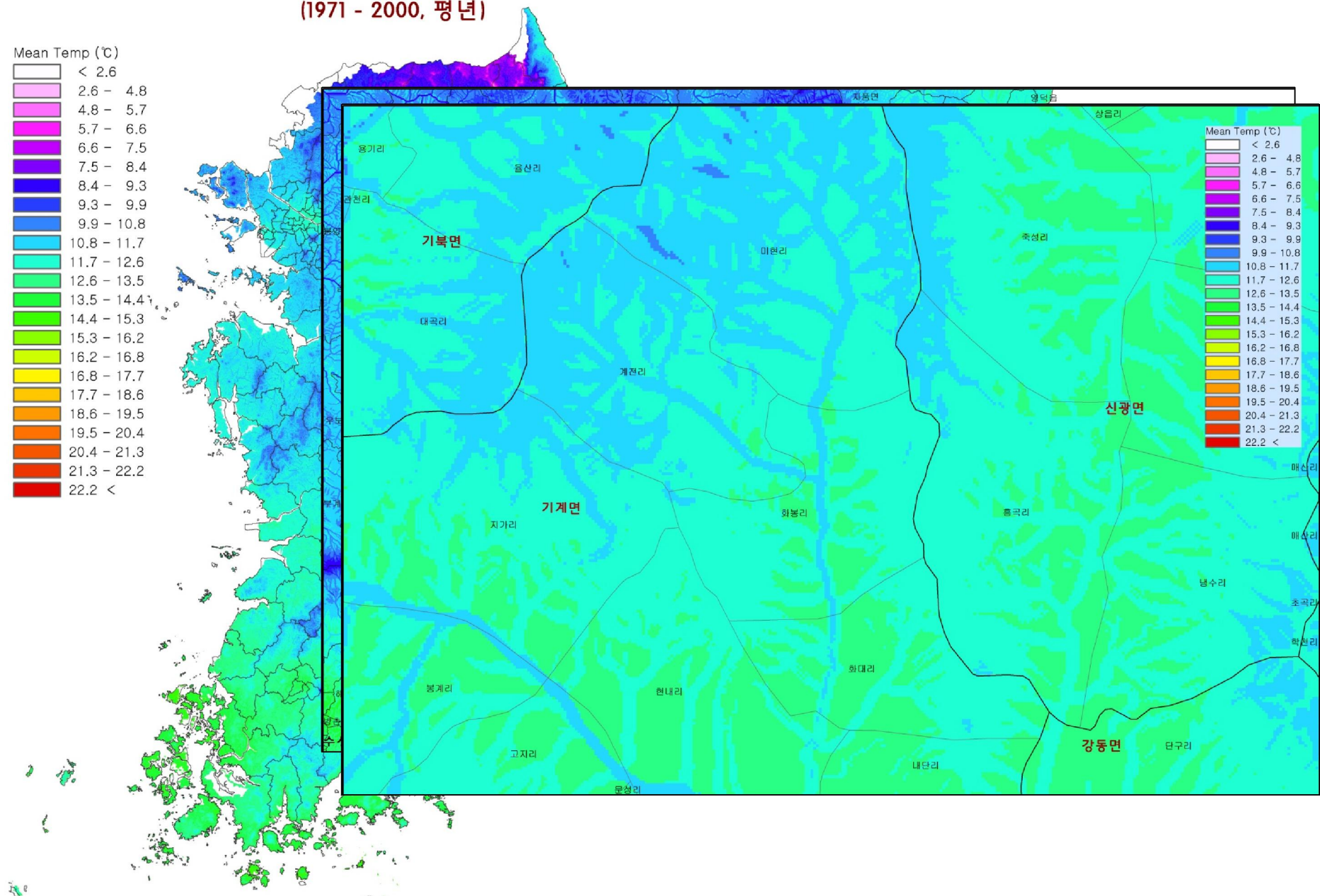
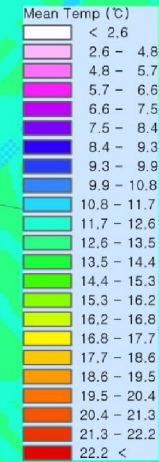
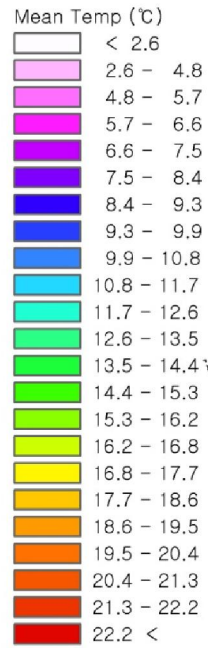
$$T = \frac{\sum \frac{T_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} + \left[z - \frac{\sum \frac{z_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} \right] \Gamma - \varepsilon$$

$$T = \frac{\sum \frac{T_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} + \left[z - \frac{\sum \frac{z_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} \right] \Gamma + \left[P - \frac{\sum \frac{P_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} \right] \Pi + \varepsilon_1 - \varepsilon_2$$



신 시나리오 기반 농업기후도 제작

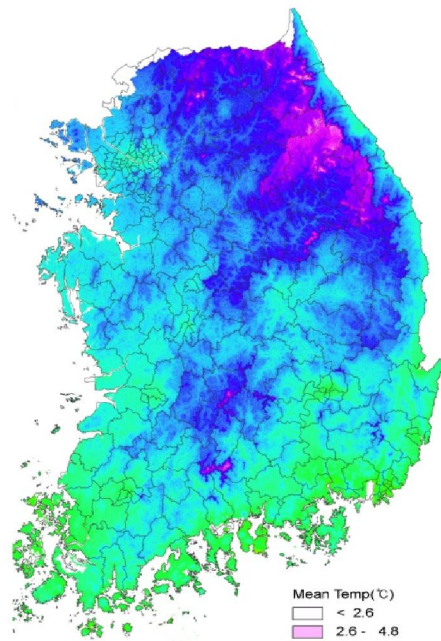
(1971 - 2000, 평년)



신 시나리오 기반 농업기후도 제작

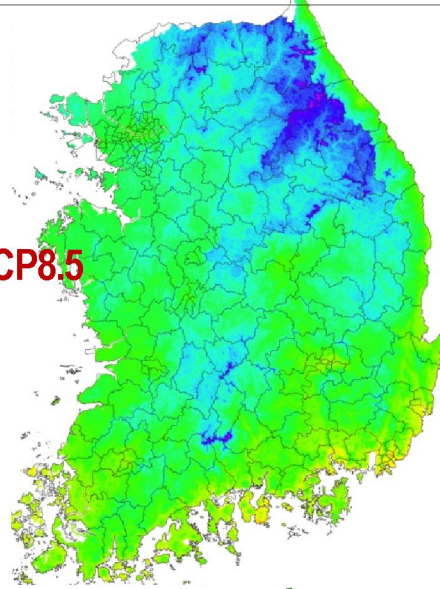
기후변화시나리오별
연평균기온 비교

1971~2000(평년)

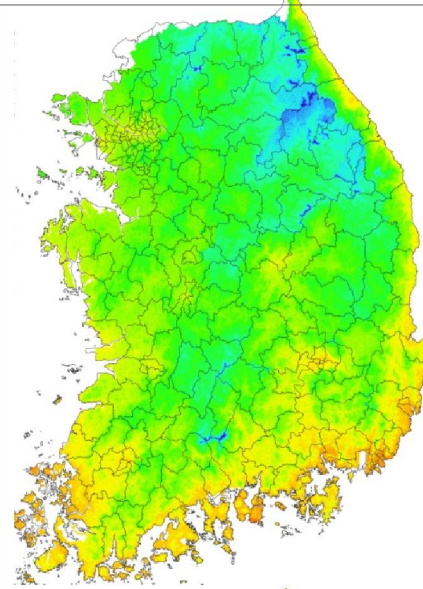


2031~2040

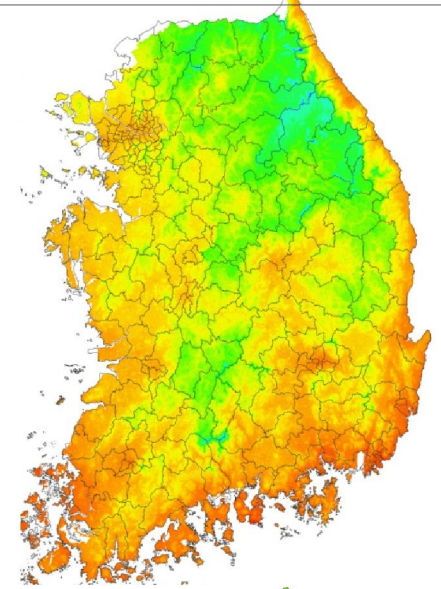
RCP8.5



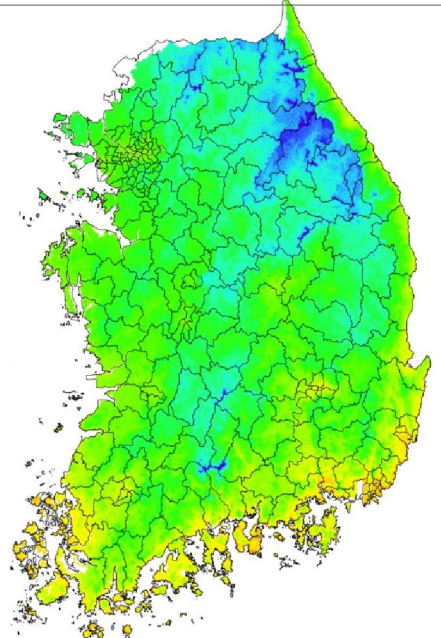
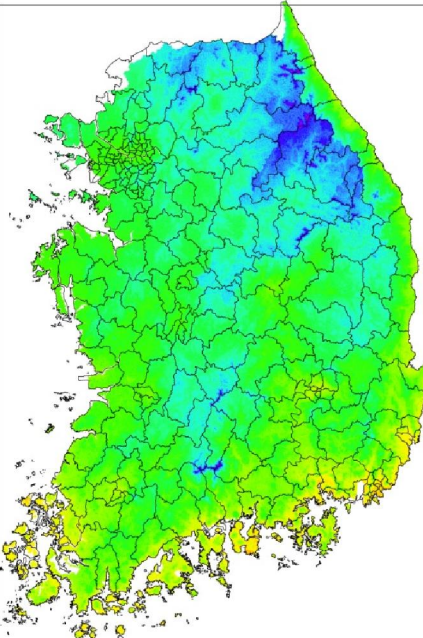
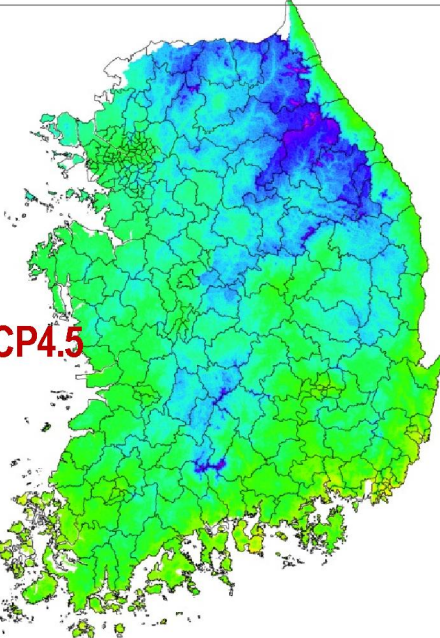
2061~2070



2091~2099



RCP4.5

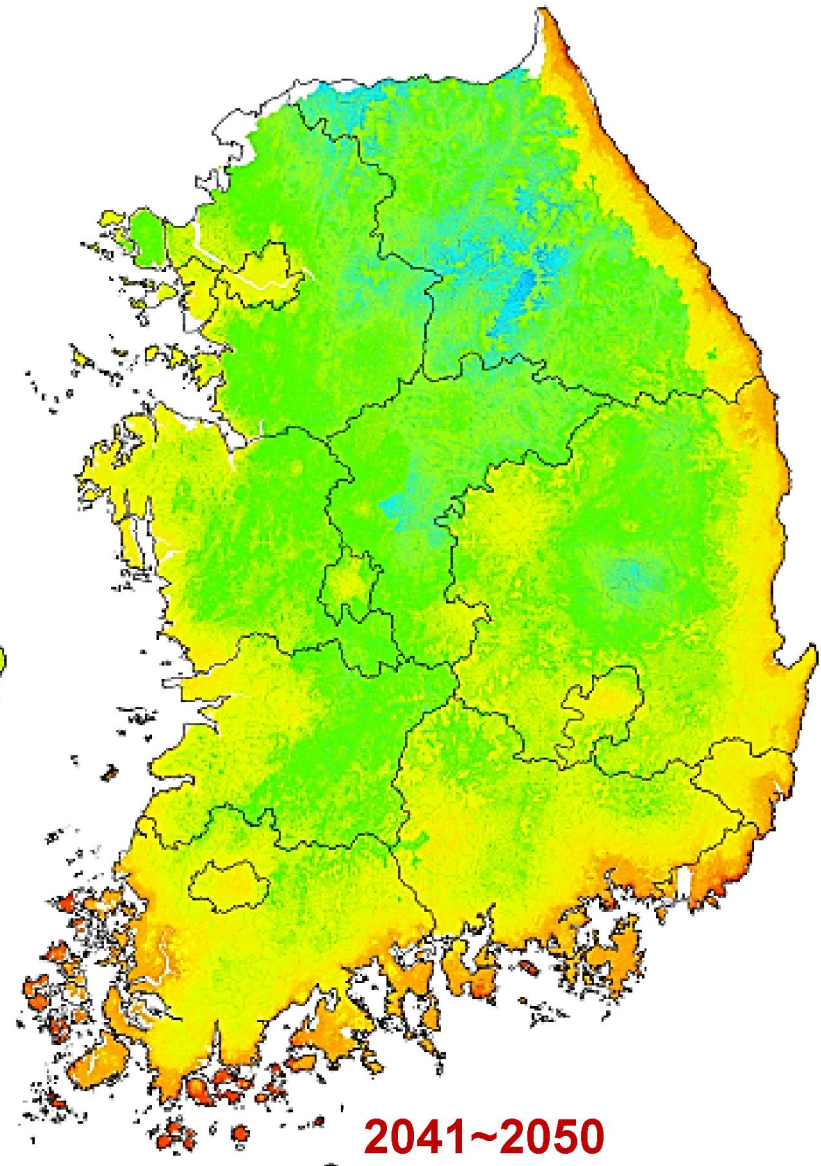
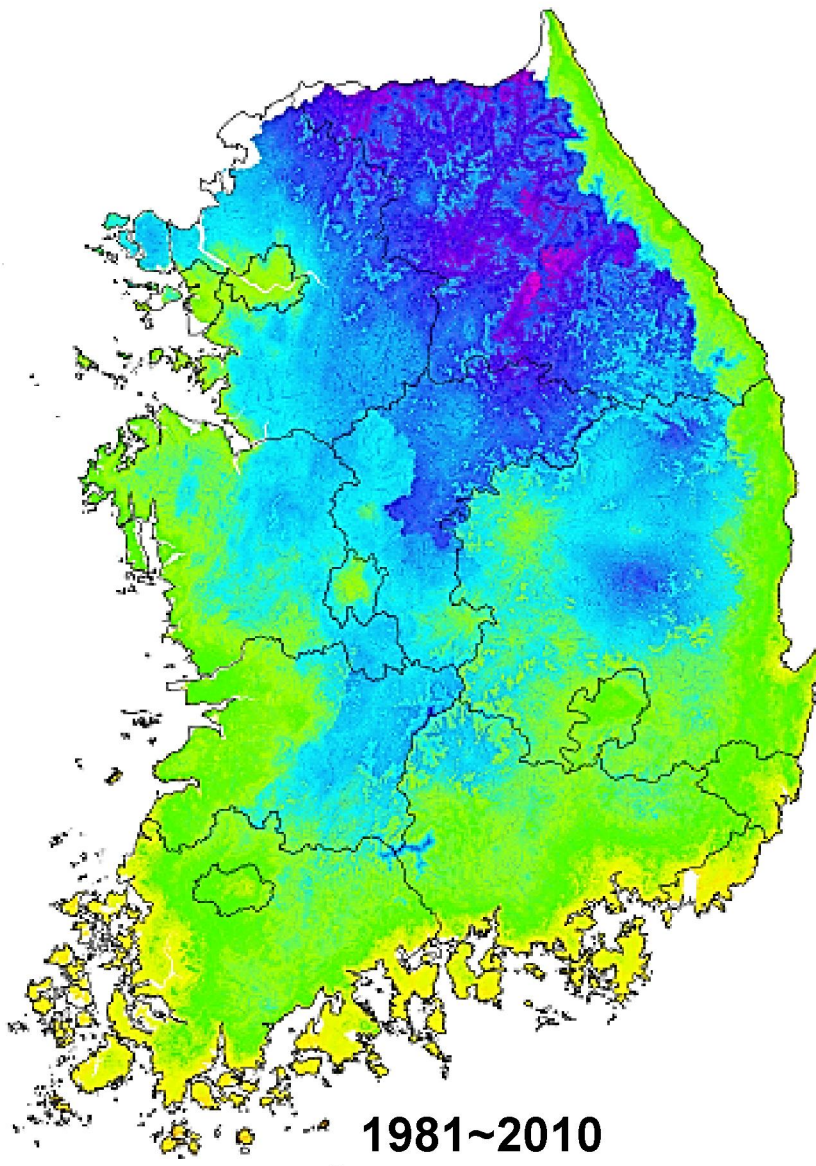
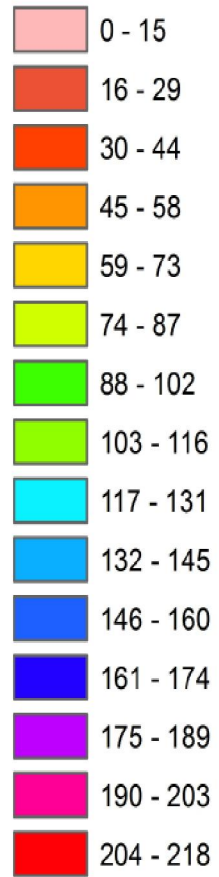


신 시나리오 기반 농업기후도 제작

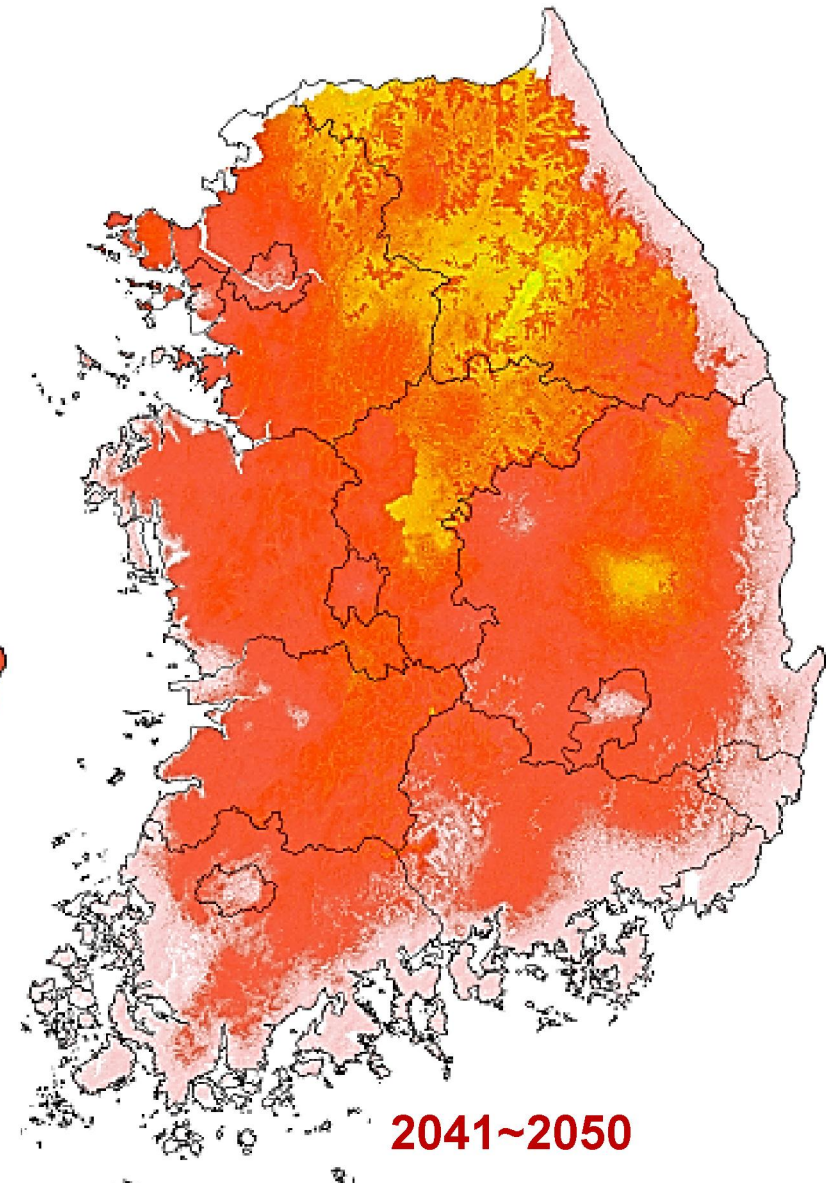
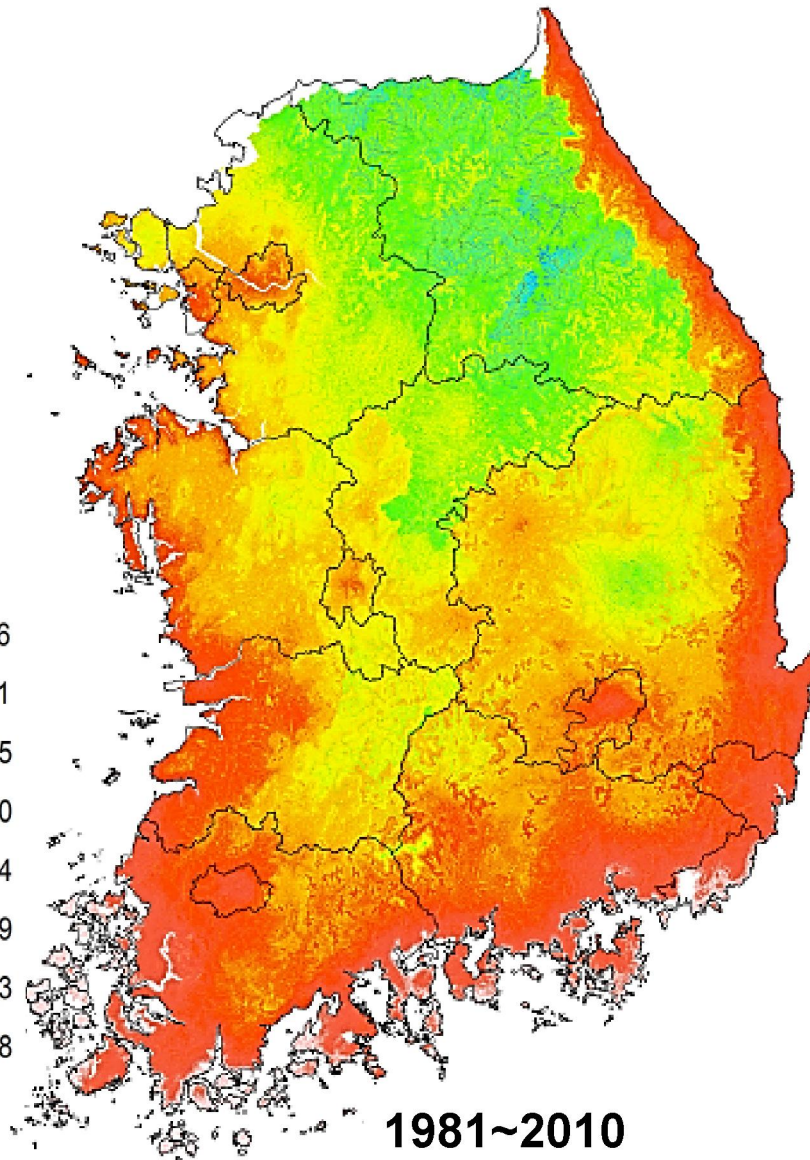
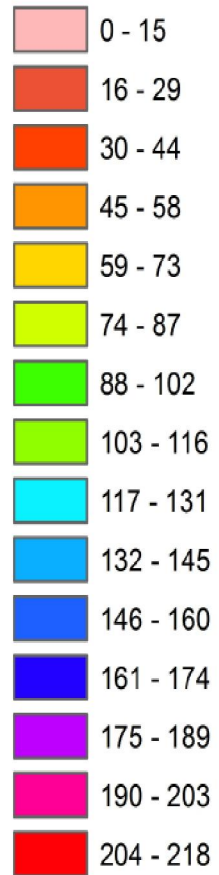
☑ 농업기후도 제작

- 기상청 기후변화시나리오 자료 확보 (2012. 2.)
- 수치자료 분리, 변환, 산술 등 자료처리 (2012. 3.)
- 디지털 시나리오 기후도 제작 (2012. 4.)
- 소기후모형 적용 디지털 농업기후도 제작 완료 (2012. 4.~)
- 디지털 농업기후도 제작
 - 기상요소 : 월 최저기온, 월 최고기온, 월 평균기온, 월 강수량
최저기온 0°C, -5°C 이하 출현일수/ 출현빈도(10, 30, 50년 빈도)
일사량, 적산온도, 초상일/만상일, 생장유효온도 등
 - 구간 : 월별/10년 평균(평년, 2011~2020, 2021~2030, 2031~2040, 2041~2050,
2051~2060, 2061~2070, 2071~2080, 2081~2090, 2091~2099)
 - 공간(해상도) : 남한(30m)

0 °C 이하 출현일수

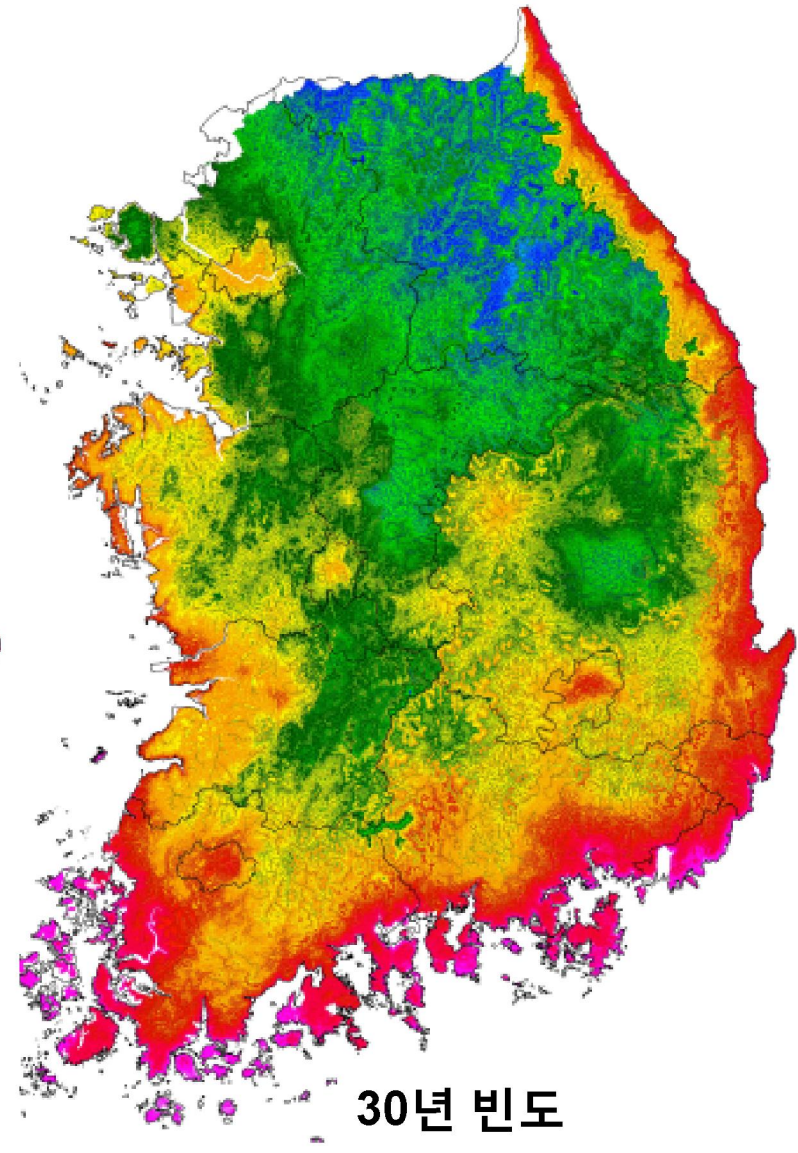
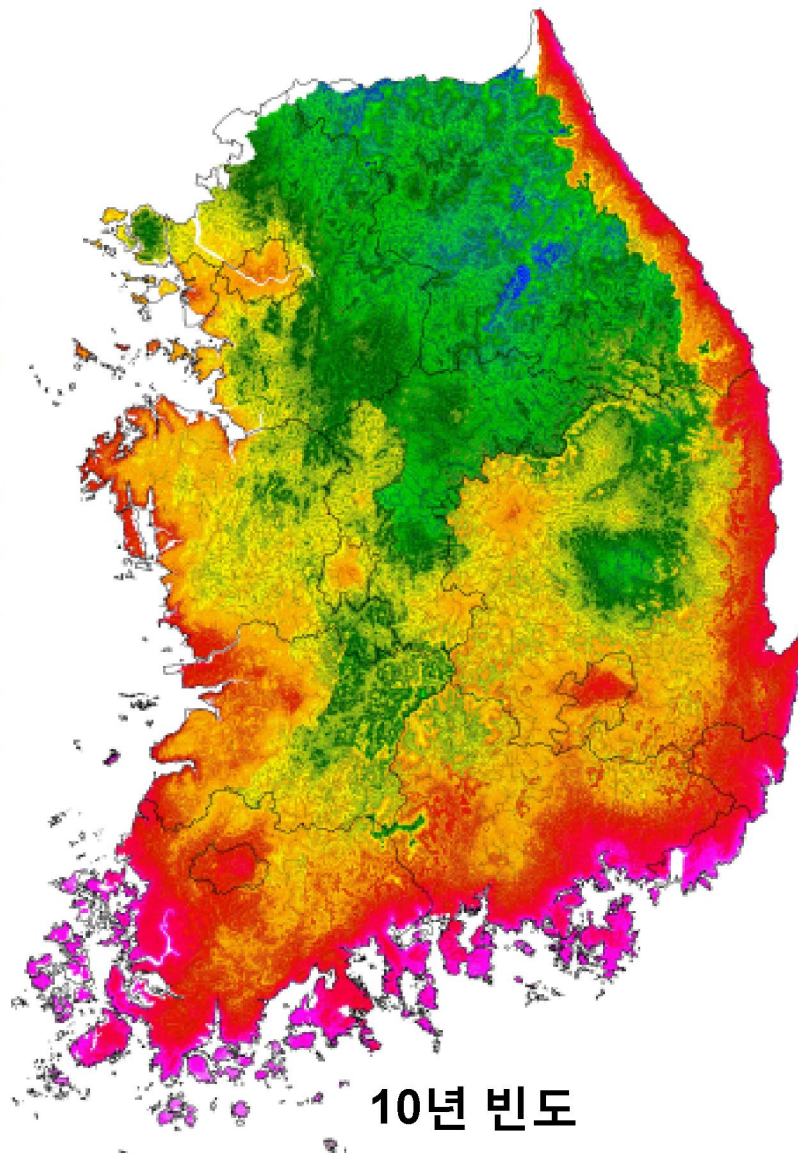
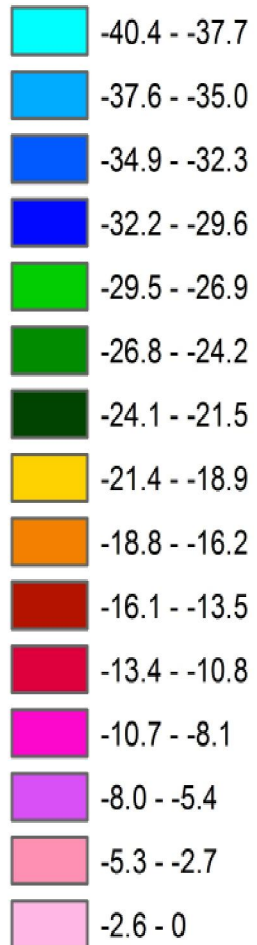


-5 °C 이하 출현일수



출현빈도를 고려한 최저기온 예측 (2011~2020)

최저기온 (°C)

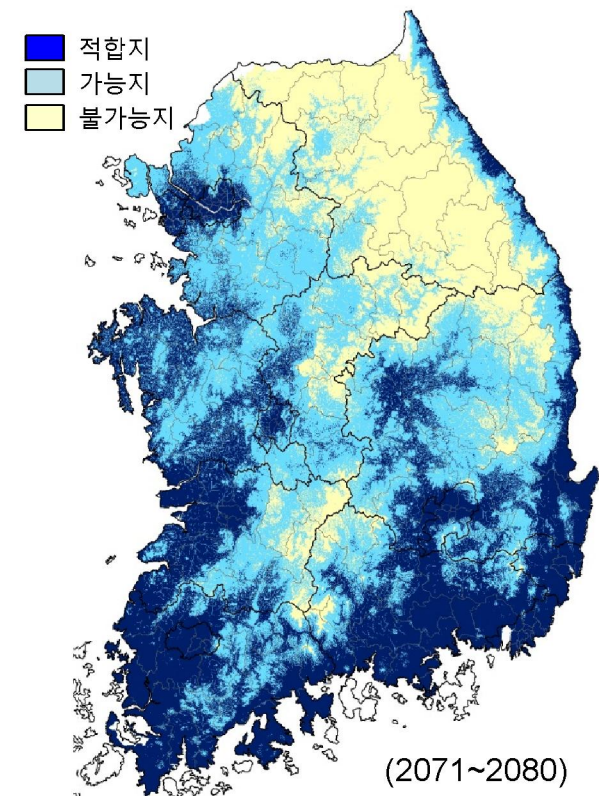
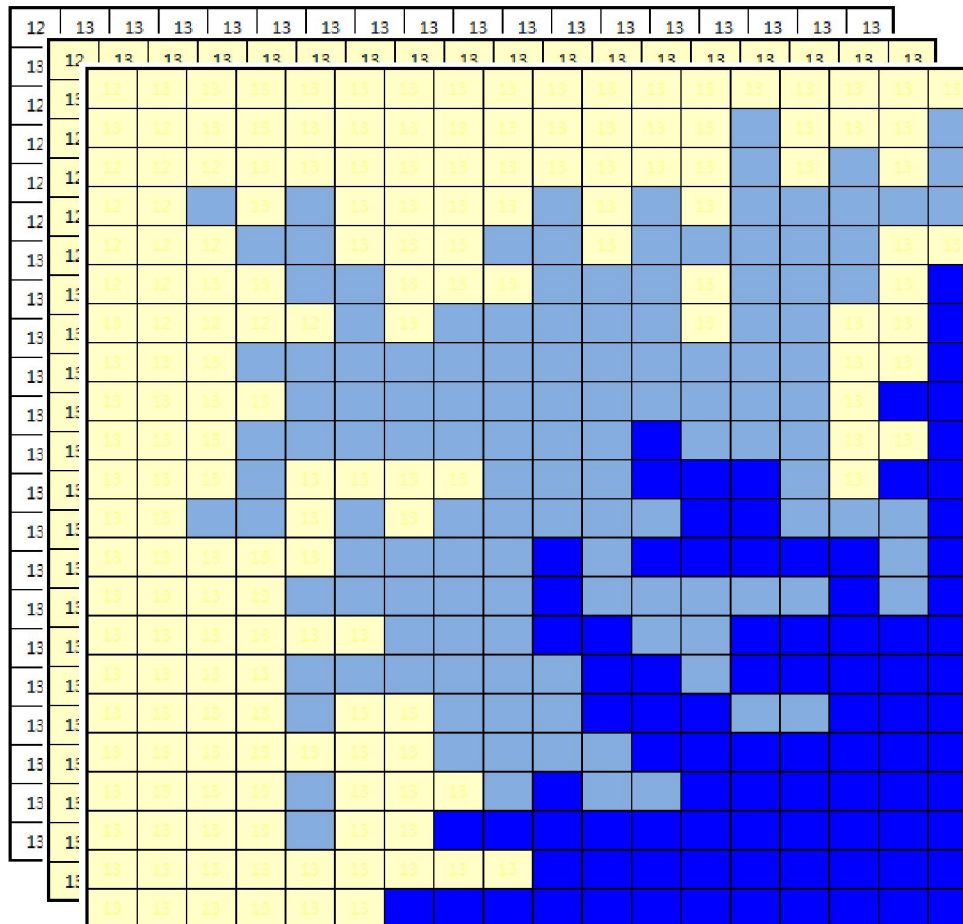


2. 신 시나리오 기반 농업분야 영향평가 사례

1-1. 재배 가능성 분석 (과수 “감귤”)

- 감귤 재배 가능성 분석 기준 (온난화대응농업연구센터, 2008~2009, 서형호 등)

■ 적합지 (> 15.5°C), ■ 가능지 (13.8~15.5°C), ■ 불가능지 (< 13.8°C)



1-2. 재배 가능성 분석 (신작물 “[아]열대과수”)

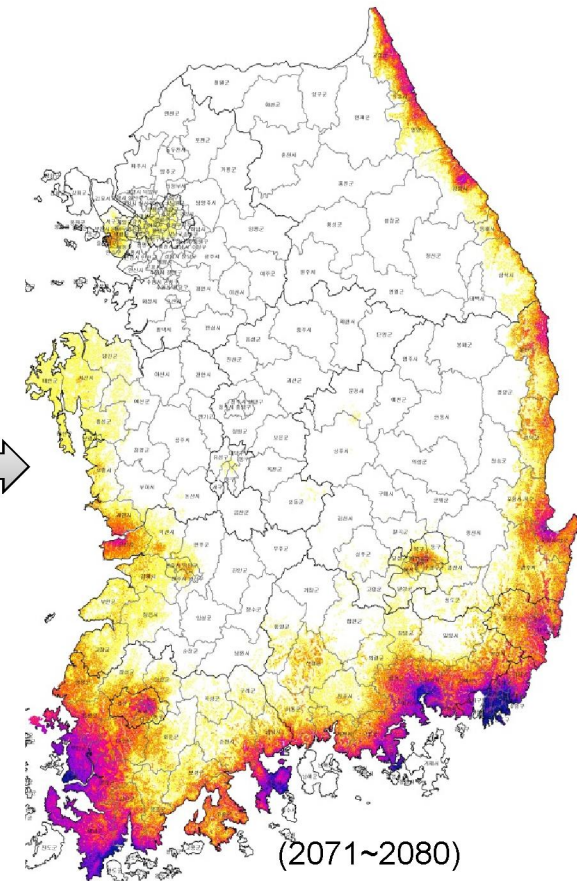
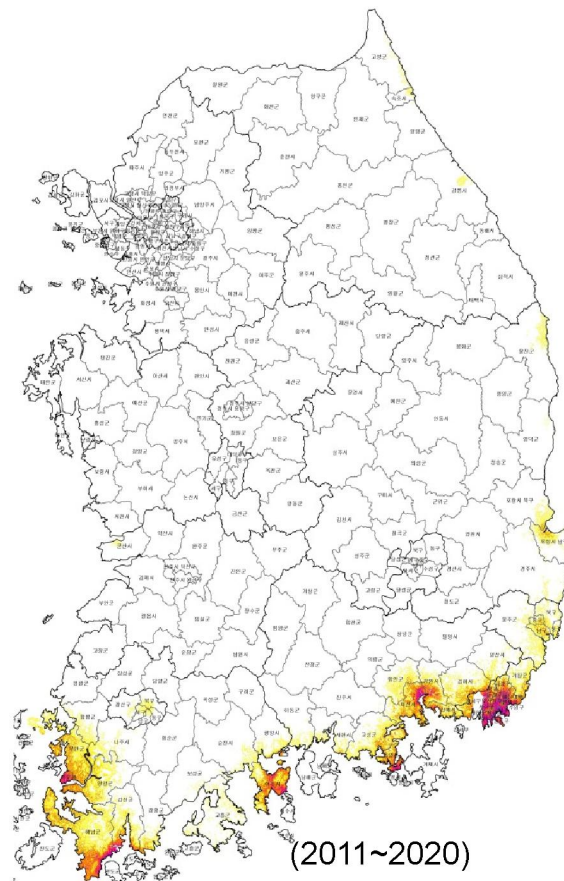
- (아)열대과수 재배 가능성 분석 기준 (온난화대응농업연구센터, 2009~2010, 서형호 등)

[재배가능성 분석] ▶ 월동 여부

Cultivation Safety Zone of Tropical Fruits

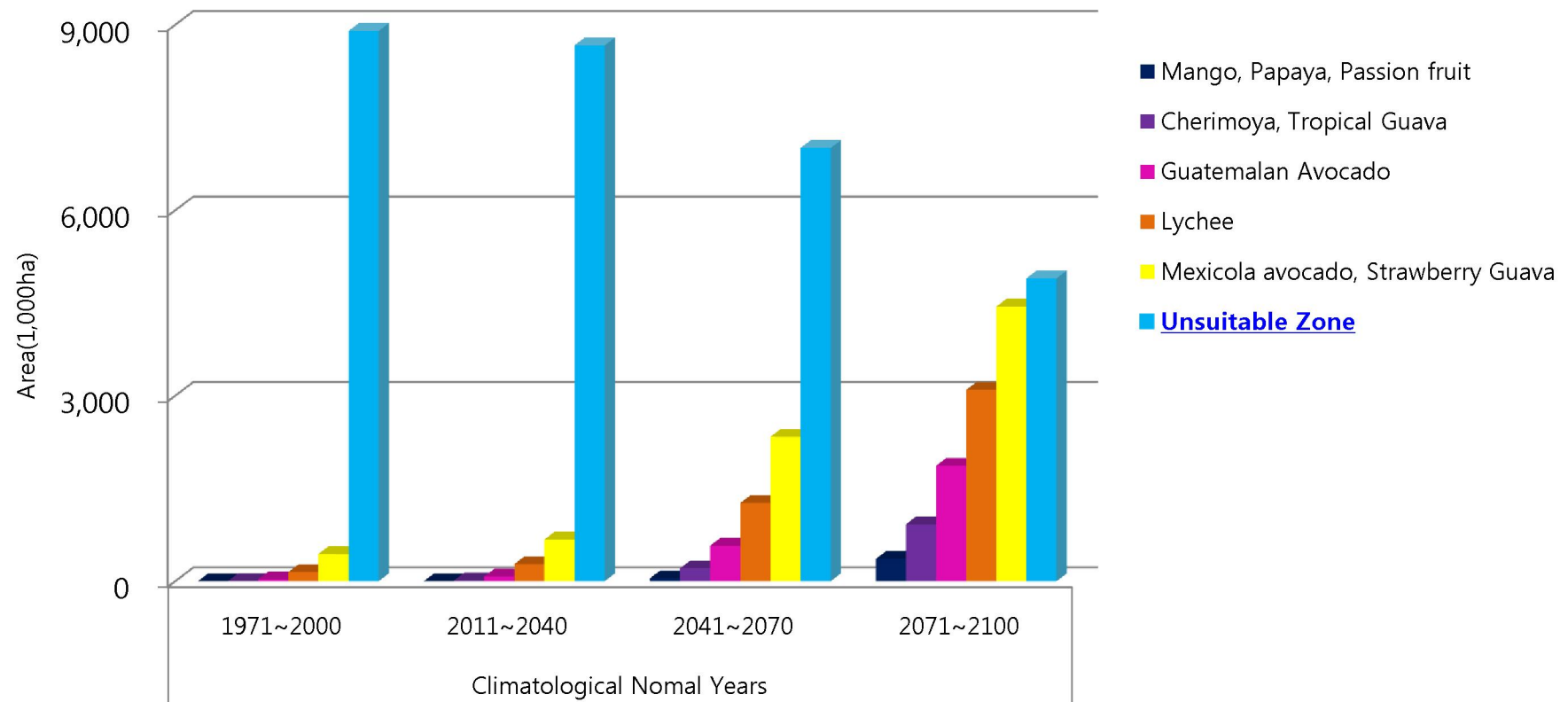
	Unsuitable Zone
	Mexicola Avocado, Strawberry Guava
	Lychee
	Guatemalan Avocado
	Cherimoya, Soursop, Sweetsop, Tropical Guava
	Atemoya, Coffee, Dragonfruit, Macadamia, Mango.

Reference Temp.(℃)	Tropical/subtropical fruit trees
0 <	Atemoya, Dragonfruit, Fragrant Granadilla Passionfruit, Jackfruit, Macadamia, Mango, Mangosteen, Papaya, Passionfruit, Red Granadilla Passionfruit, Tree tomato, Yellow Granadilla Passionfruit
-1 ≤	Anaheim Avocado, Cherimoya, Donnie Avocado, Giant Granadilla Passionfruit, Hass Avocado, Miguel Avocado, Nabal Avocado, Pinkerton Avocado, Pollock Avocado, Reed Avocado, Russell Avocado, Simmonds Avocado, Soursop, Sweet Granadilla Passionfruit, Sweetsop, Tropical Guava
-2 ≤	Banana Passionfruit, Fuerte Avocado, Guatemalan Avocado, Hall Avocado, Sweet Calabash Passionfruit
-3 ≤	Choquette Avocado, Lula Avocado, Lychee, Monroe Avocado, Zutano Avocado
-4 ≤	Bacon Avocado, Brogdin Avocado, Mexicola Avocado, Sea Anemone Passionfruit, Strawberry Guava, Stewart Avocado



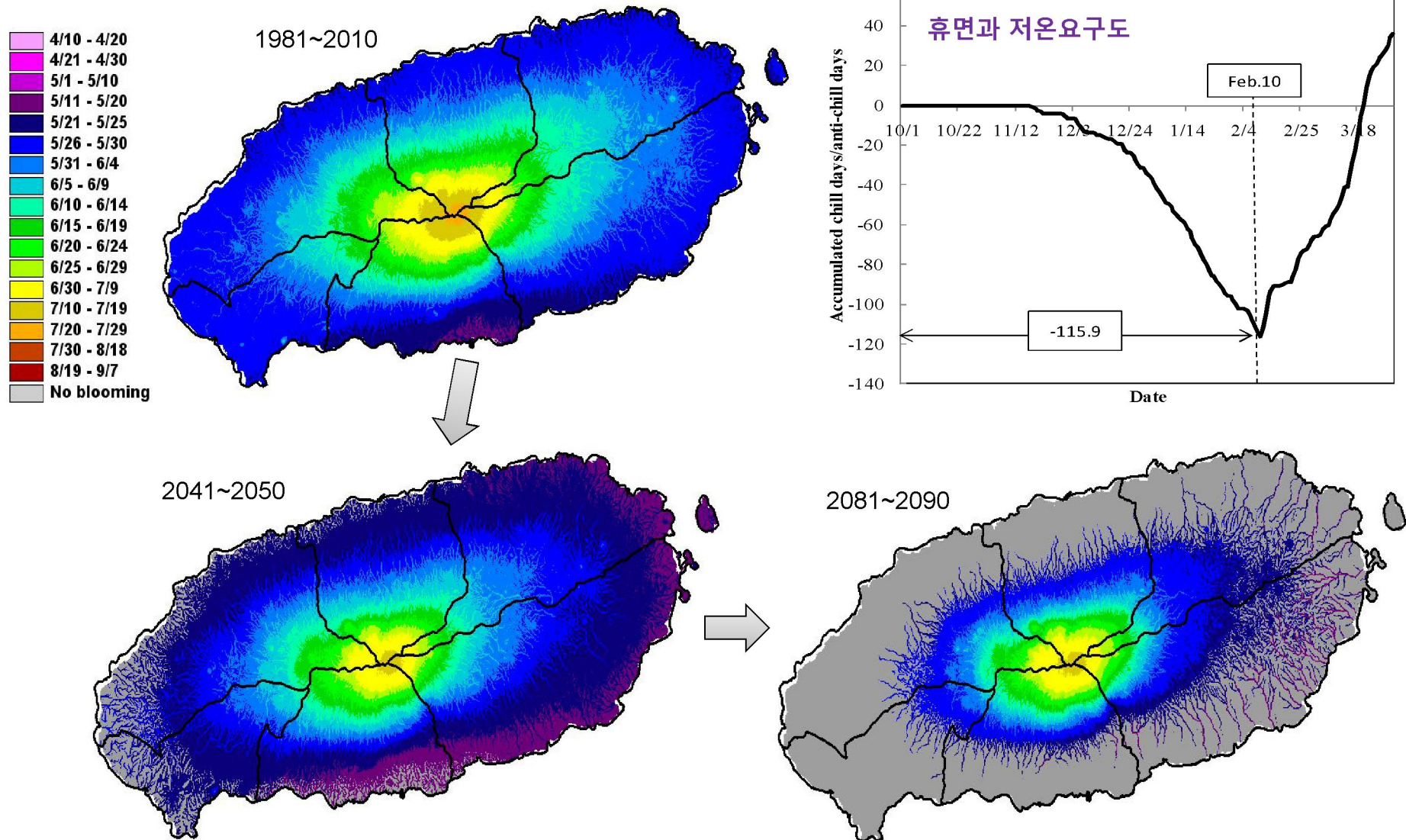
1-2. 재배 가능성 분석 (신작물 “[아]열대과수”)

● (아)열대과수 재배가능면적 예측



2. 생물계절 분석 (과수 “참다래 개화기”)

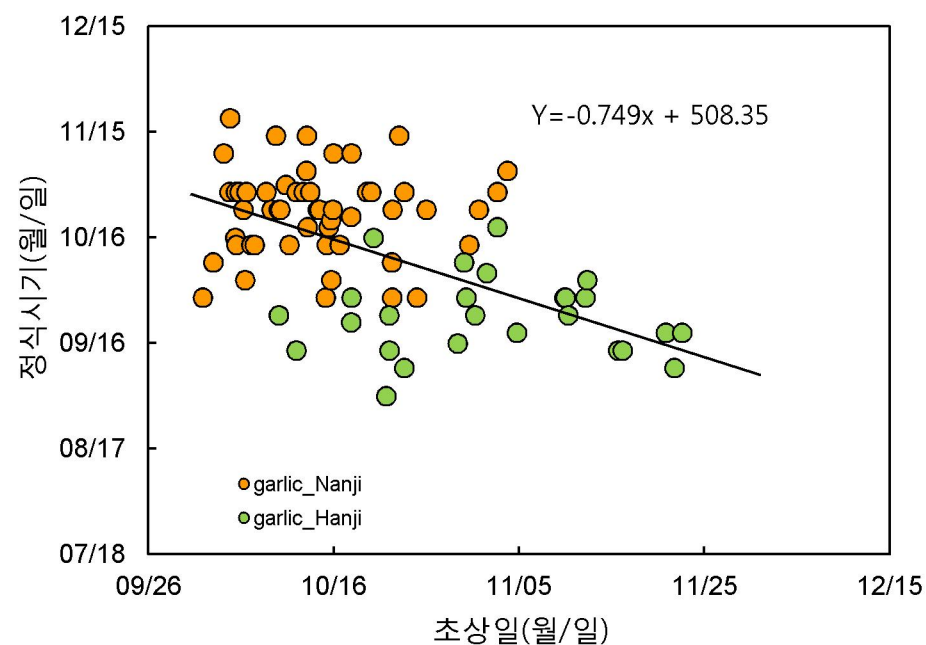
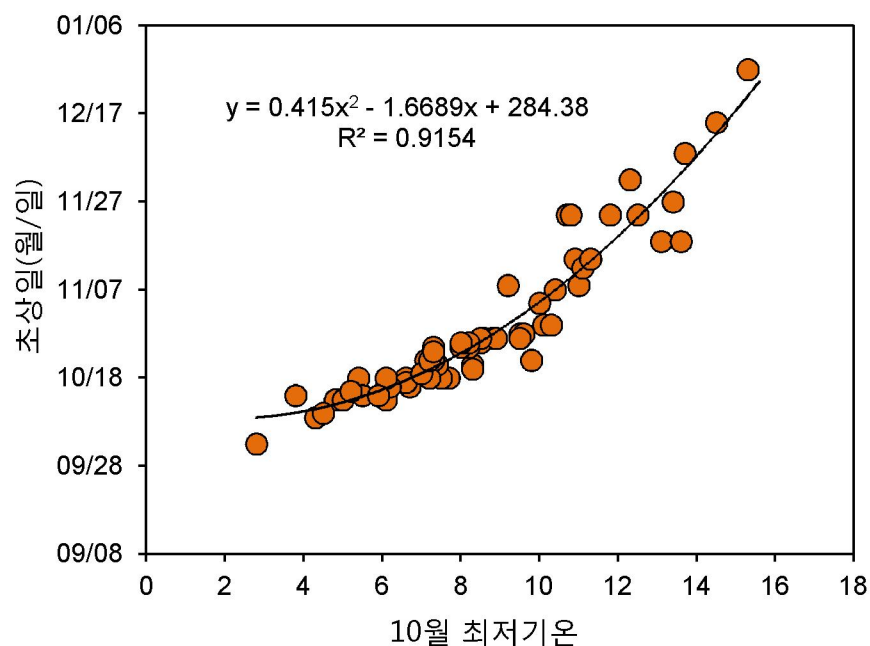
- 참다래 (헤이워드) 생물계절 모델 활용 분석 (온난화대응농업연구센터, 2009~2010, 권영순 등)



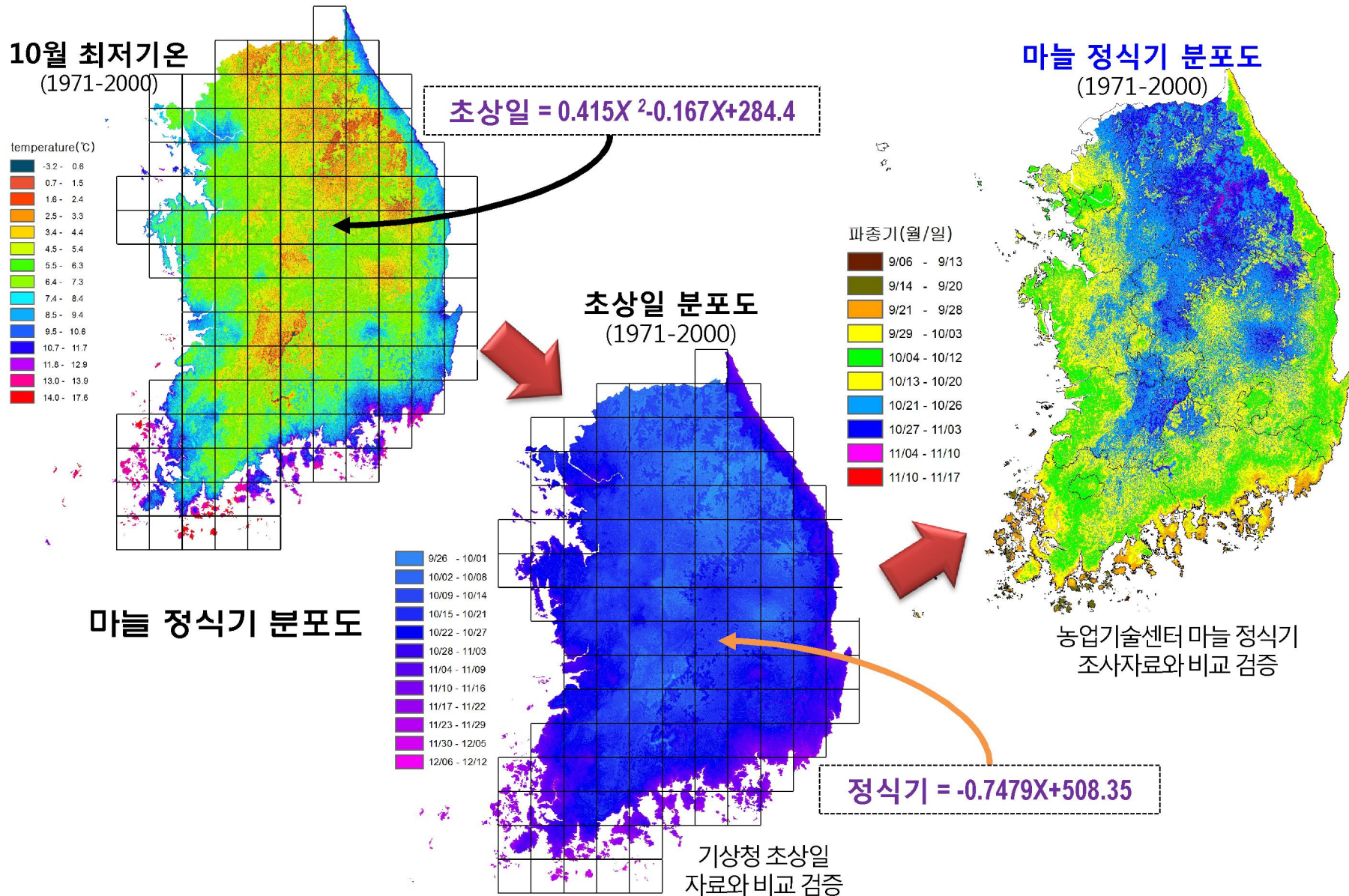
3. 경종시기 예측 (채소 “마늘 정식기”)

[초상일 예측에 의한 마늘 정식기 예측] (온난화대응농업연구센터, 2012, 문경환 등)

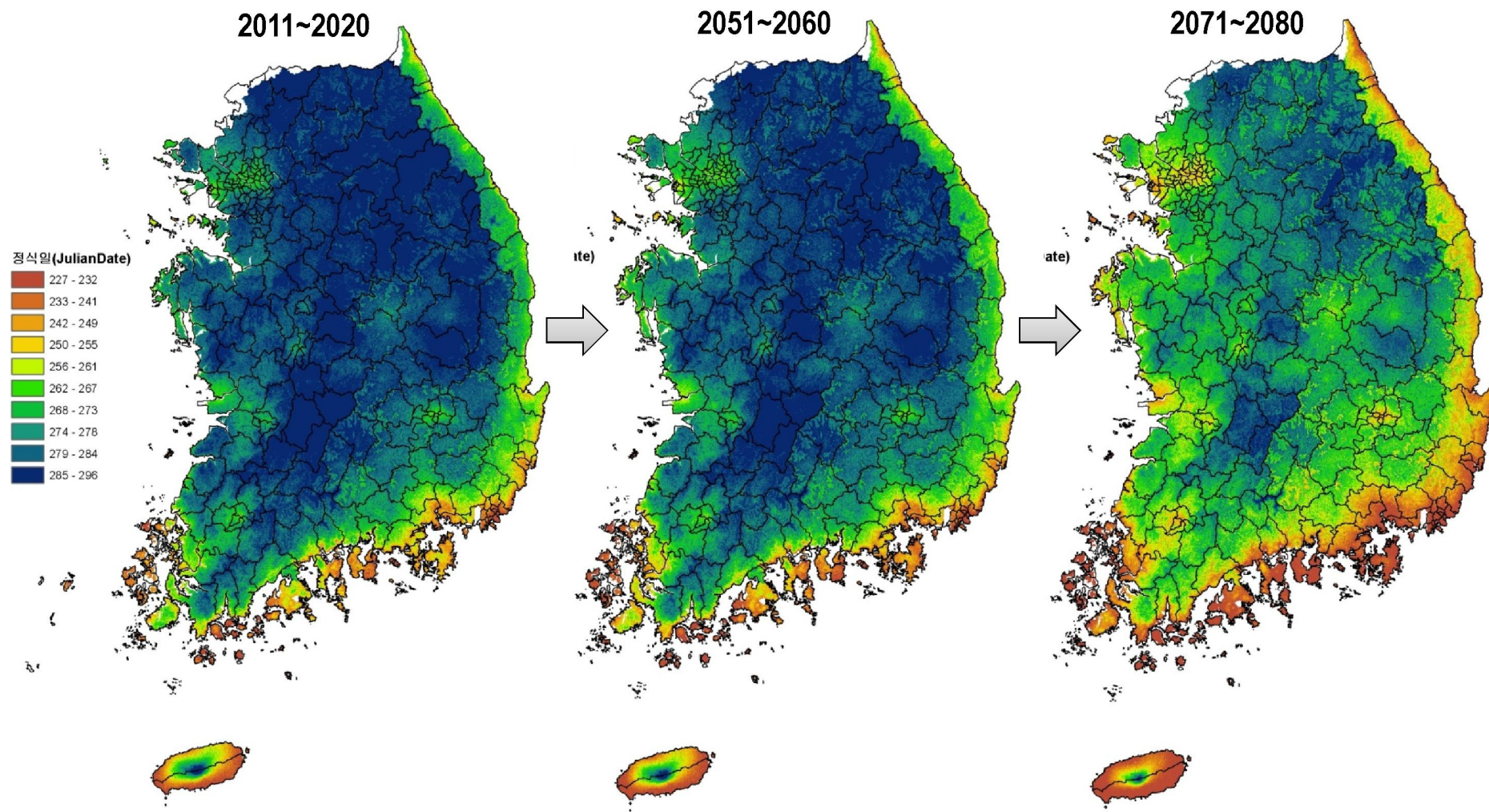
- 마늘 정식시기를 조사한 결과, 마늘의 정식기가 초상일이 빠른 지역은 정식기가 늦고, 초상일이 늦은 지역은 정식기가 빠른 것으로 나타났다.
- 초상일과 밀접한 ① 10월 최저기온 이용 초상일 분포를 예측하고, 다시 ② 초상일과 정식기 관계를 분석하여 정식기 예측식을 만들어 마늘 정식기 분포도를 작성하였다.



3. 경종시기 예측 (채소 “마늘 정식기”)



3. 경종시기 예측 (채소 “마늘 정식기”)

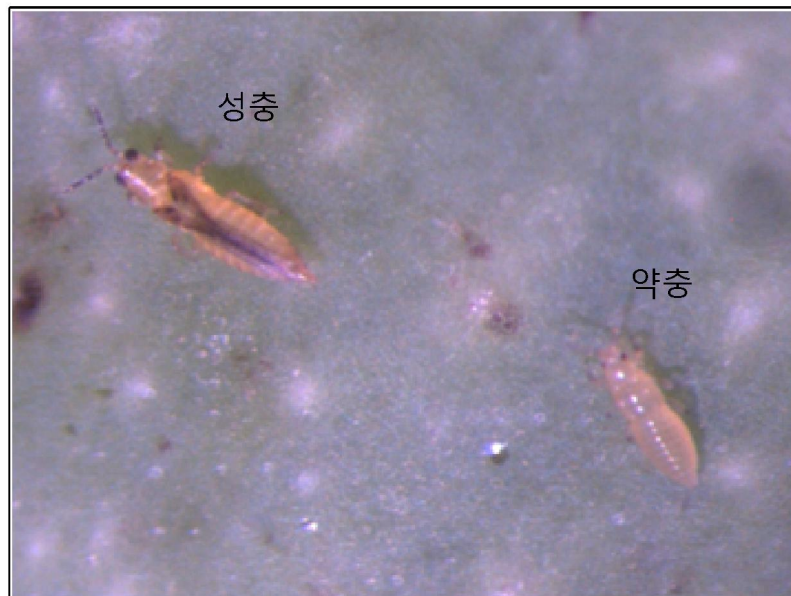


RCP8.5 시나리오 적용 마늘 정식기 분포 변화 분석

4. 병해충 발생 예측 (“볼록총채벌레”)

[볼록총채벌레 월동 가능성 평가] (온난화대응농업연구센터, 2012, 최경산 등)

- 2002년 서귀포 감귤 농가에서 피해보고가 시작되어 지속적으로 발생되고 있으며, 2010년 이후부터 시설 망고 재배 전 농가에서 발생되고 있는 고온성 해충
- 볼록총채벌레의 미래 월동 가능성을 분석함으로써 국내 정착여부 판단



유과 피해(산란흔)



유과 피해(갈변)



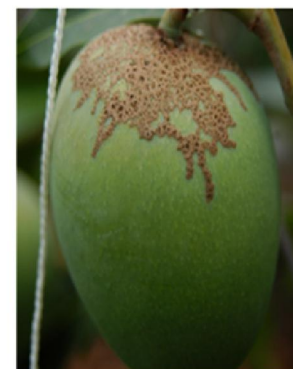
유과 피해(착색불량)



성숙과 피해



성숙과 피해



성숙과 피해

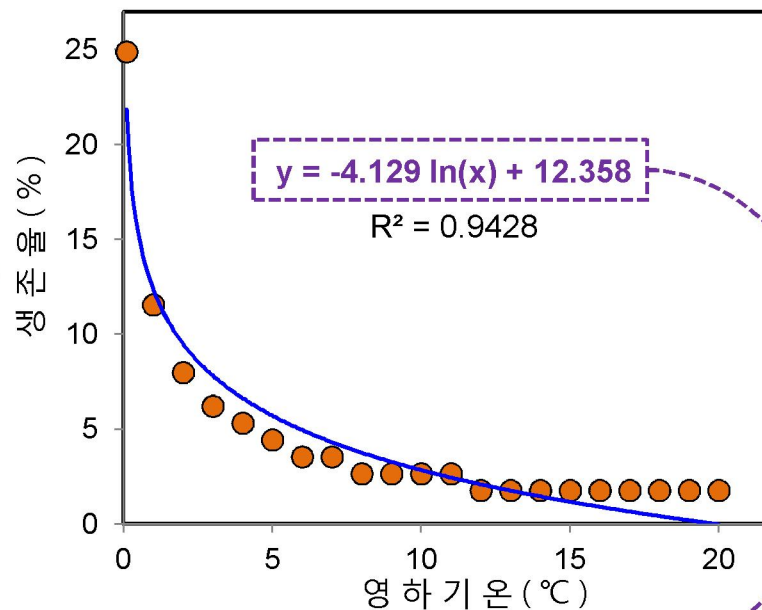
4. 병해충 발생 예측 (“블록총채벌레”)

[최저기온과 생존일수]

기온	생존일수(일)
0	28
-1	13
-2	9
-3	7
-4	6
-5	5
-6	4
-7	4
-8	3
-9	3
-10	3
-11	3
-12	2
-13	2
-14	2
-15	2
-16	2
-17	2
-18	2
-19	2
-20	2

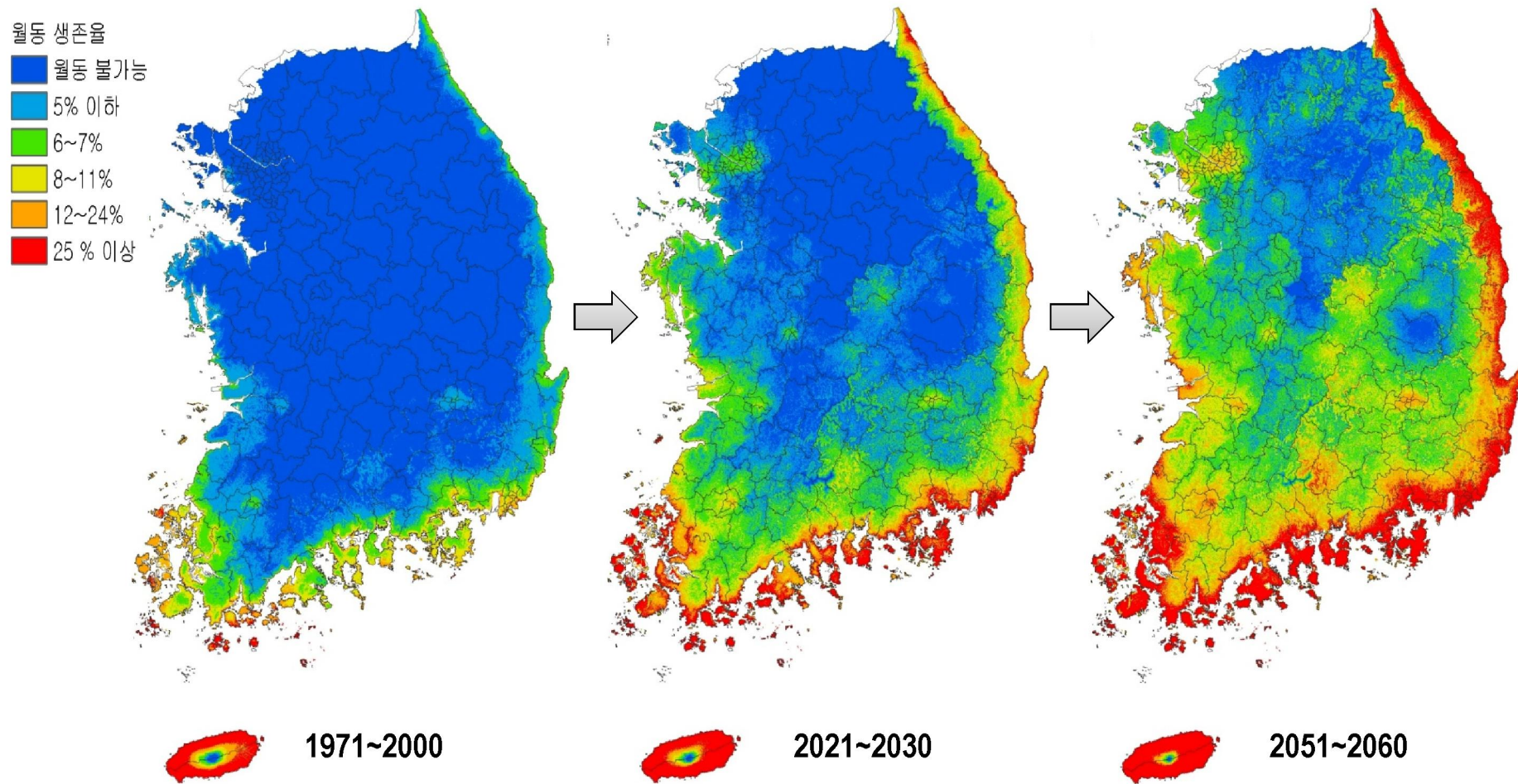
월동 생존율(%) =
기본생존율(80%)X(생존일수 / 월동기간)

기온	생존율(%)
0	24.9
-1	11.6
-2	8.0
-3	6.2
-4	5.3
-5	4.4
-6	3.6
-7	3.6
-8	0
-9	0
-10	0
-11	0
-12	0
-13	0
-14	0
-15	0
-16	0
-17	0
-18	0
-19	0
-20	0



최저기온 지도에 모형을 내삽하여
블록총채벌레 월동생존율 분포도 작성

4. 병해충 발생 예측 (“볼록총채벌레”)



볼록총채벌레 월동생존율 분포도

감귤 그리닝병(황룽병) 확산



외래병해충 예측정보시스템 - Windows Internet Explorer

[http://npqs.epinet.co.kr/html/page2_2.html](#)

파일(E)

편집(E)

보기(V)

즐거찾기(A)

도구(T)

도움말(H)

즐거찾기

외래병해충 예측정보시스템

페이지(P)

안전(S)

도구(O)

미래 병해충 예측

미래 병해충 발생예측

미래 병해충 년도별 발생예측 비교

병해충 실태예측

병해충 예방방법

소개

자유게시판

미래 병해충 예측

참나무역병

감굴그린병 매개충

감굴그린병 매개충

미래 병해충 예측

1. 지역범위 설정

설명

우측의 조회 년월을 선택하시고 지도상에서 조회하고자 하는 영역을 마우스 드래그로 선택하시거나 오른쪽 구역에서 설정하신 뒤 속성보기를 클릭하시면 하단에 선택하신 영역에 대한 속성이 표시됩니다.

지도크게

지도작게

범례

10000

20000

30000

40000

50000

성충발생

선명도

1 2 3 4 5 6 7 8 9

지역선택

전체

확대

축소

이동

년월선택

2015

6

월

자료조회

영역선택

위도 : 32.885 - 33.59

경도 : 126.238 - 126.871

속성정보보기

속성조회

항목	내용
1.병해충명	감굴그린병매개충
2.선택년월	2020년 06월
3.선택영역	<div>경도범위</div> <div>128.123~128.111</div> <div>위도범위</div> <div>35.904~35.904</div> <div>면적</div> <div>(선택/감굴재배지).km2</div> <div>3.84/0</div>
4.기후정보 (영역통계)	<div>평균기온</div> <div>13.2°C</div> <div>최고기온</div> <div>18.7°C</div> <div>최저기온</div> <div>10.5°C</div> <div>평균습도</div> <div>75.4%</div> <div>강수량</div> <div>131.2mm</div>
5.발생위험을 (감굴재배지대비)	<div>선택 영역(지점)은</div> <div>발생예측대상</div> <div>영역(지점)이 아님</div>

원본자료 내려받기

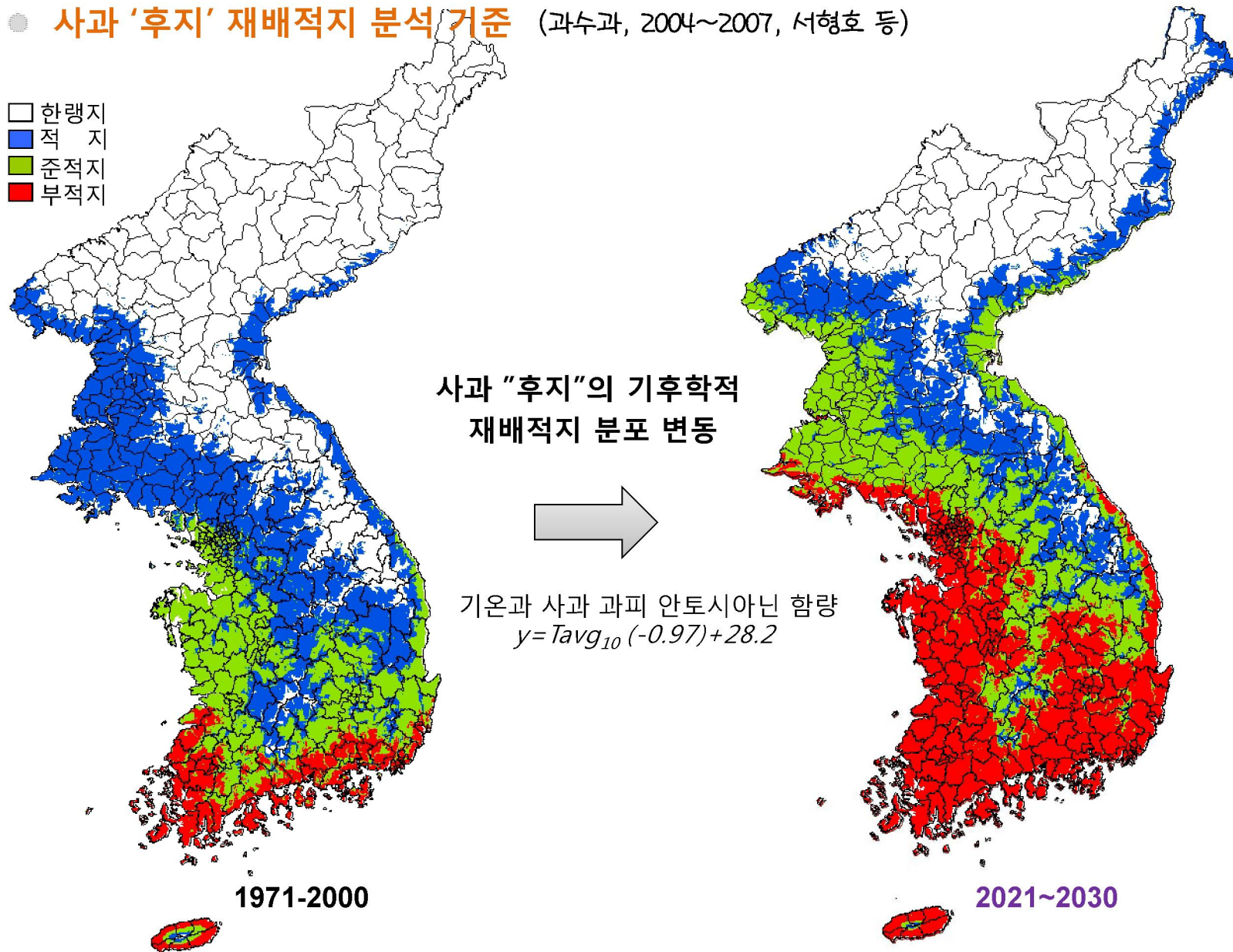
제공자료	기후(5요소), 병해충발생위험수준
자료설명	<div>원본자료의 대상은 좌측에 선택하신 년월과 공간영역에 대한 자료이며 아스키(text) 파일 형태로 제공되고 있습니다.</div> <div>기후자료는 평균기온부터 강수량까지 5개 요소별로 각각 파일이 생성됩니다.</div> <div>생성된 파일이 여러개이므로 한개의 파일로 압축하여 제공하고 있으니 압축 해제 후 활용하시기 바랍니다.</div>

자료내려받기

5-1. 재배적지 예측 (과수 “사과 후지”)

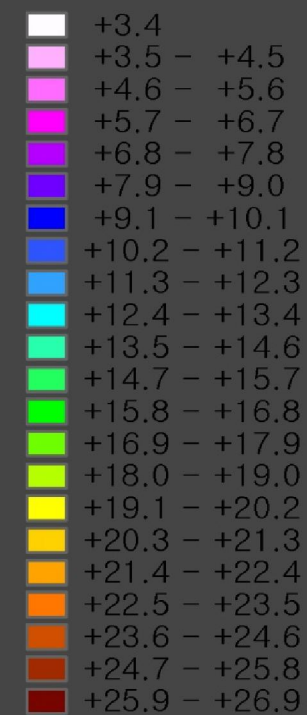
● 사과 ‘후지’ 재배적지 분석 기준 (과수과, 2004~2007, 서형호 등)

- 한랭지
- 적 지
- 준적지
- 부적지



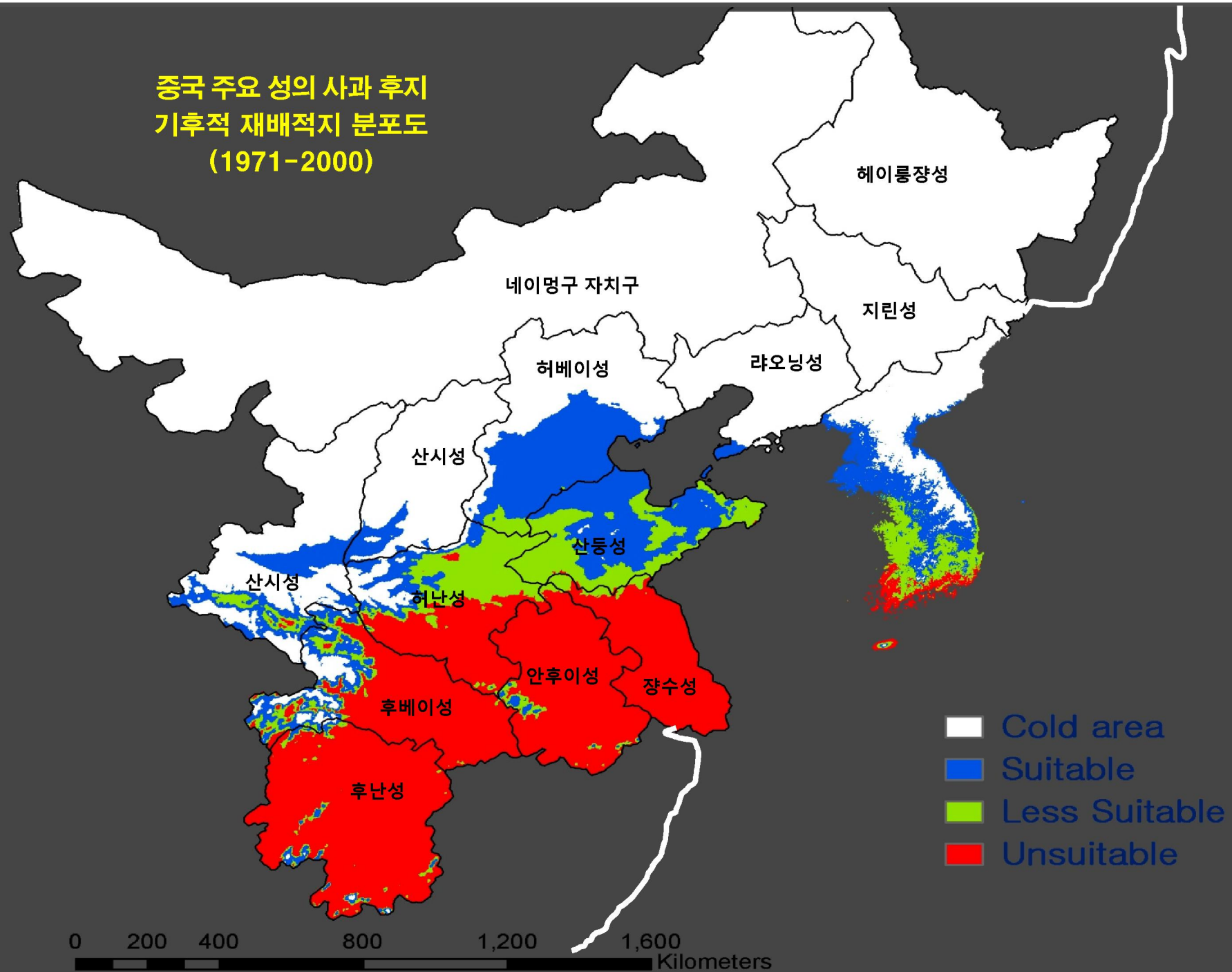
생육기(4월~10월) 평균기온
(1971~2000)

Mean Temp. (°C)



0 200 400 800 1,200 1,600 Kilometers

중국 주요 성의 사과 후지
기후적 재배적지 분포도
(1971-2000)



5-2. 재배적지 예측 (채소 “고랭지 배추”)

(온난화대응농업연구센터, 2012, 손인창 등)

- 배추는 재배면적이 4만 ha에 이르며, 연간 250만 톤을 생산하는 중요한 기간작물로 서늘한 기온에서 품질과 생육이 양호한 호냉성 작물임
- 배추는 재배시기에 따라 봄, 고랭지, 김장, 월동 배추 4개 작형으로 각 작형의 유기적인 연결로 주년생산이 가능해 수요량을 충족시키고 있음
- 배추는 기상조건에 매우 민감한 작물로 특히, 주년생산체계에서 중요한 고랭지 배추 재배면적 변화에 대한 영향평가 필요함

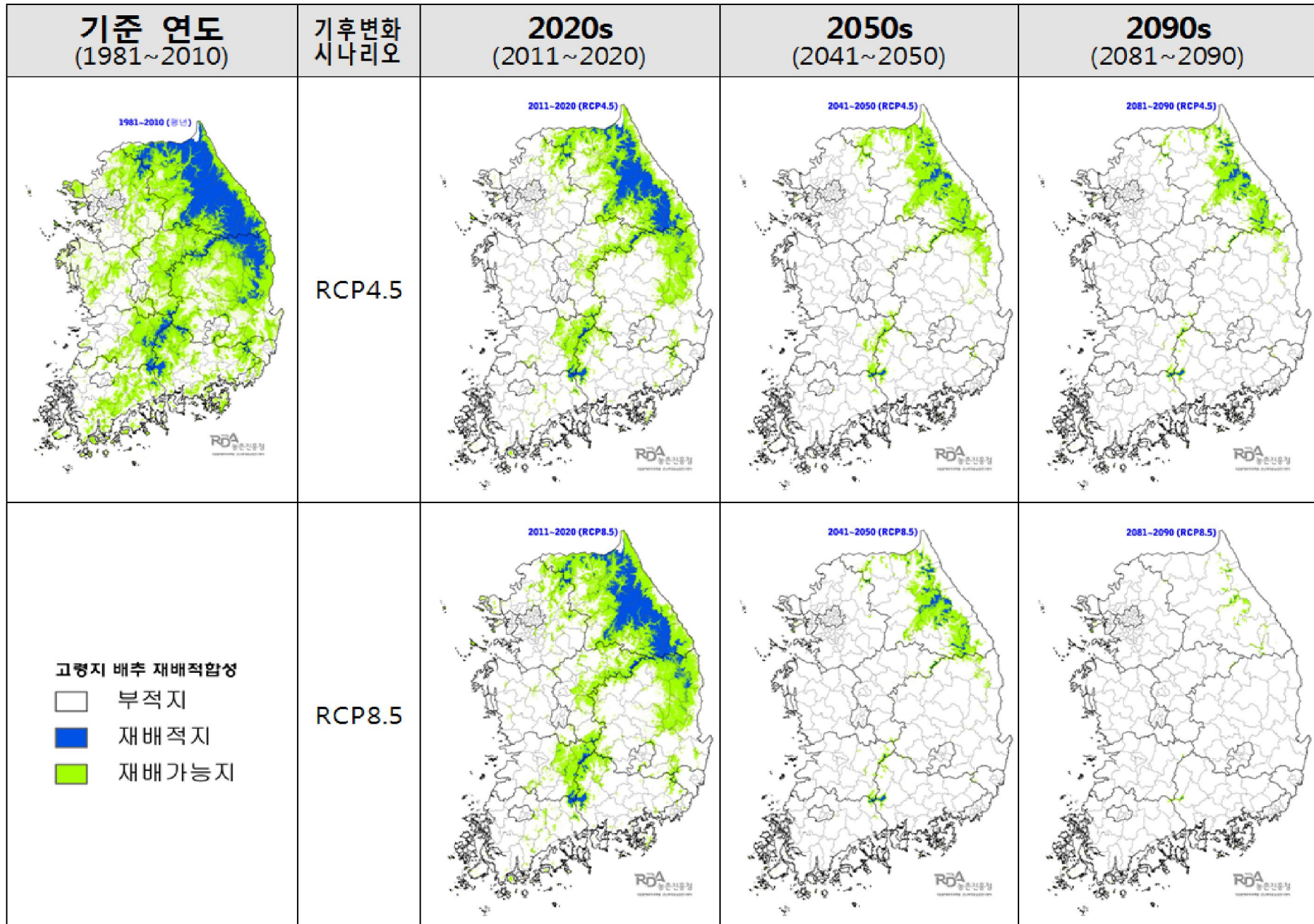




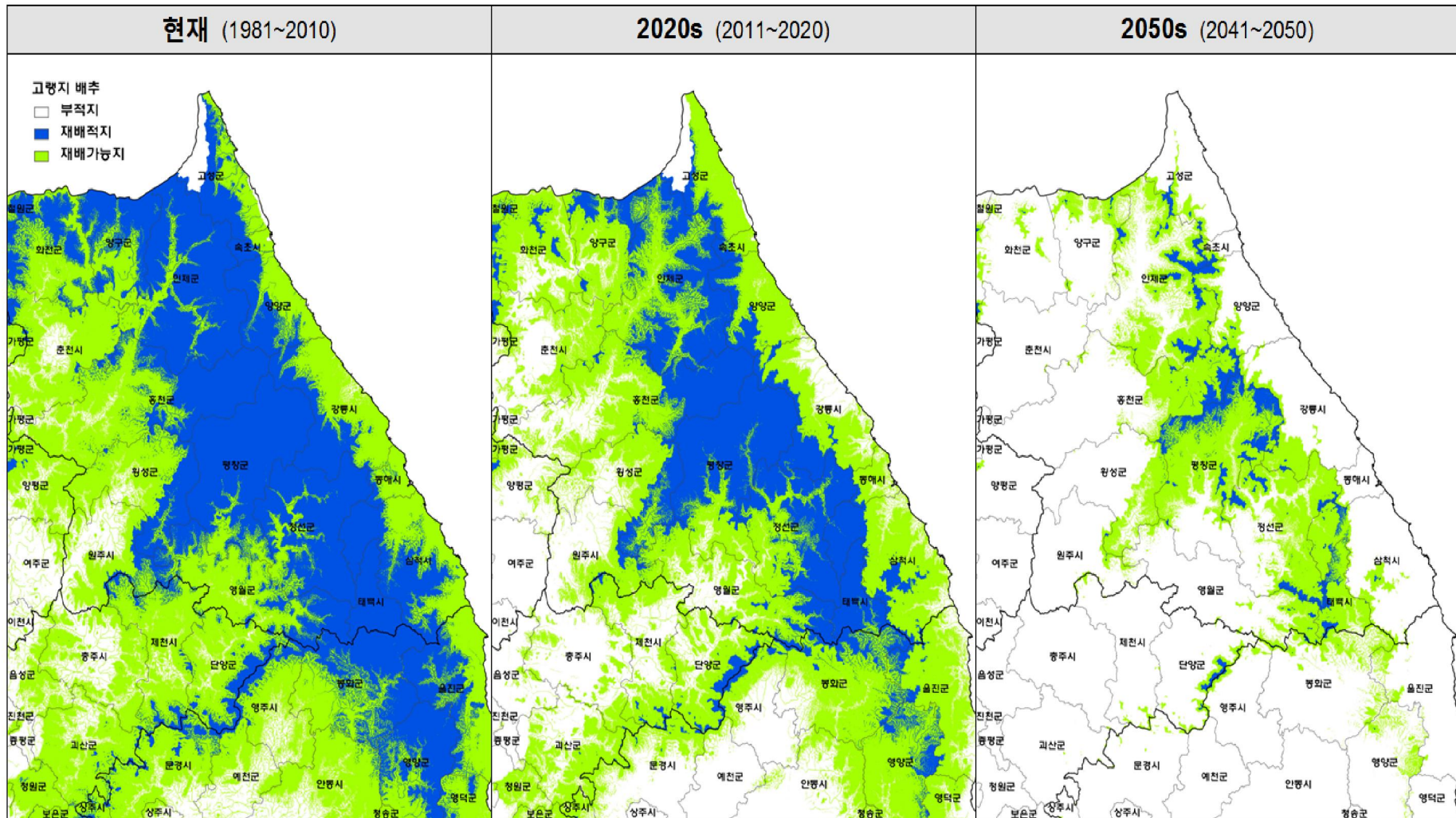
5℃ 상승	4	3	2	1
				
				

[기후변화 조건별 배추 생장 반응 연구]

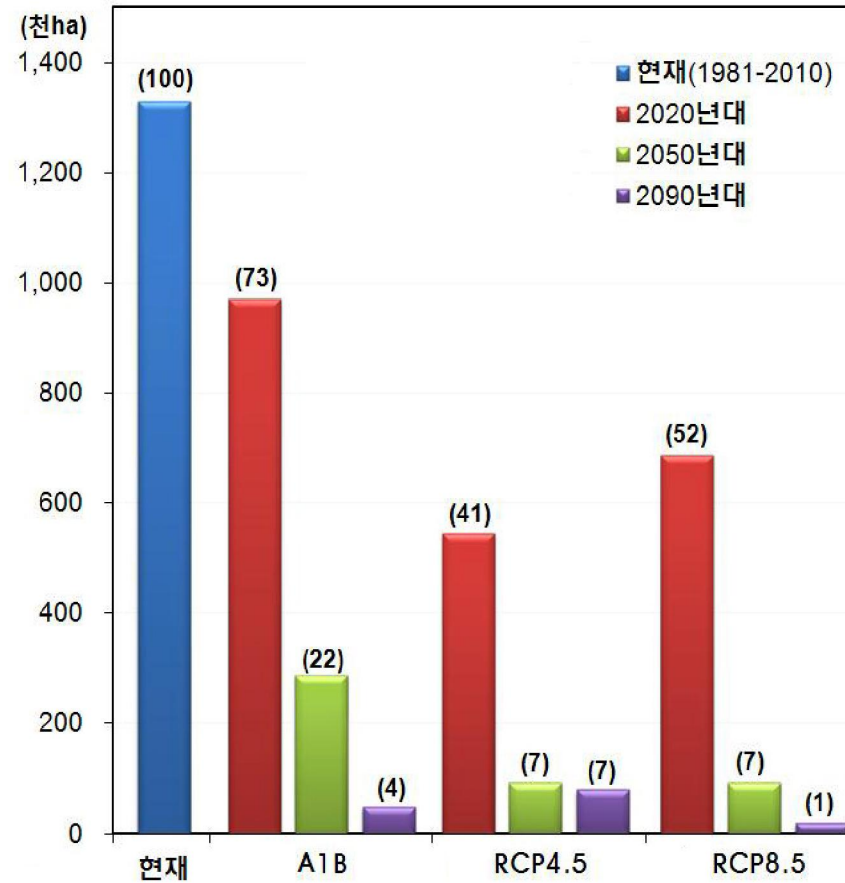
● 신 시나리오 기반 “고랭지 배추” 재배적지 변동 예측도 (전국)



● 신 시나리오(RCP8.5) 기반 “고랭지 배추” 재배적지 변동 예측도 (강원도 상세)



- 신 시나리오 기반
고랭지배추 재배적지
면적 변화 예측 결과



연 대	고랭지 배추 재배적지 (ha)		
	A1B	RCP4.5	RCP8.5
2020s	975,457 (73.4)	543,657 (40.9)	688,446 (51.8)
2050s	287,894 (21.7)	93,333 (7.0)	93,333 (7.0)
2090s	49,340 (3.7)	86,235 (6.5)	4,031 (0.3)

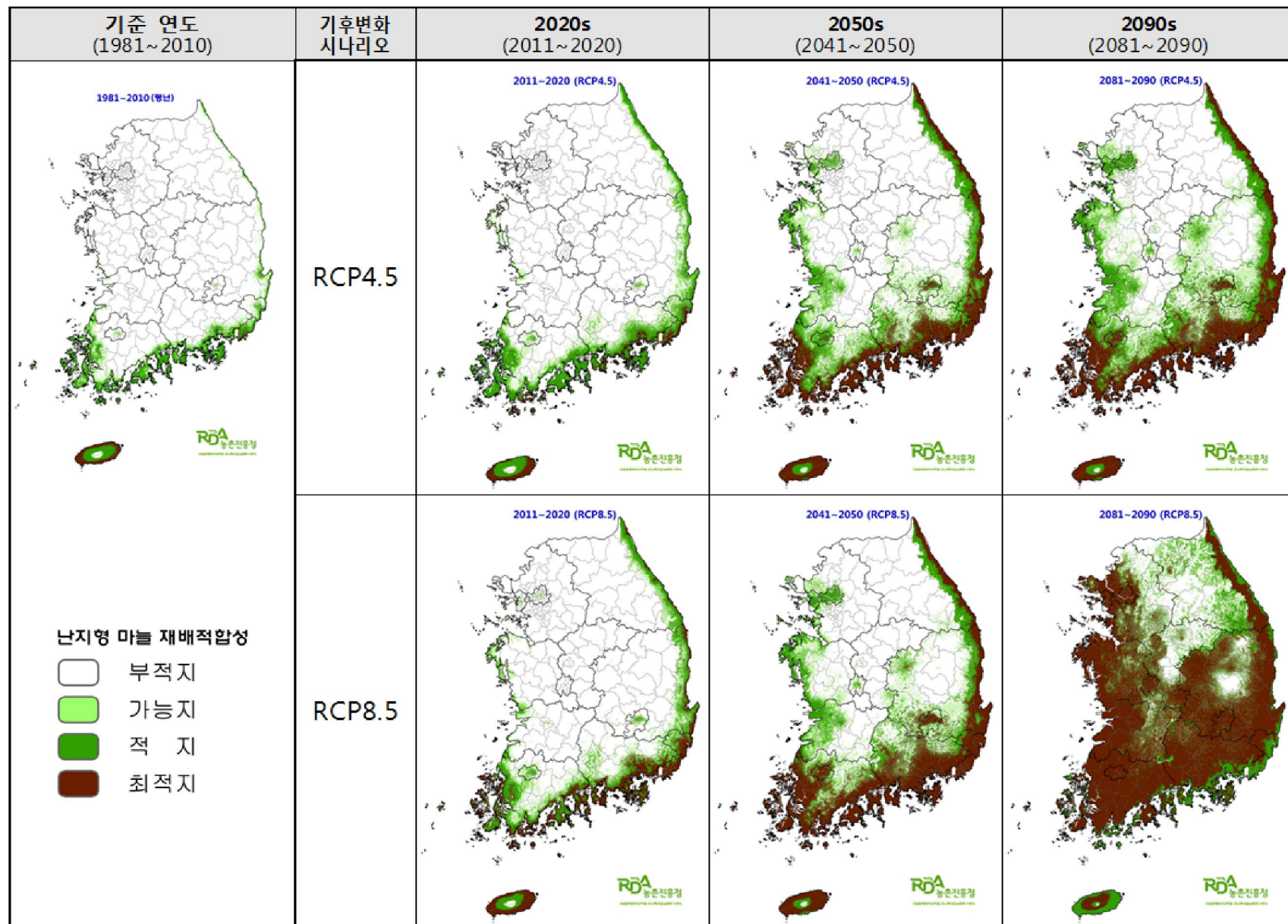
5-3. 재배적지 예측 (채소 “난지형 마늘”)

(온난화대응농업연구센터, 2012, 문경환 등)

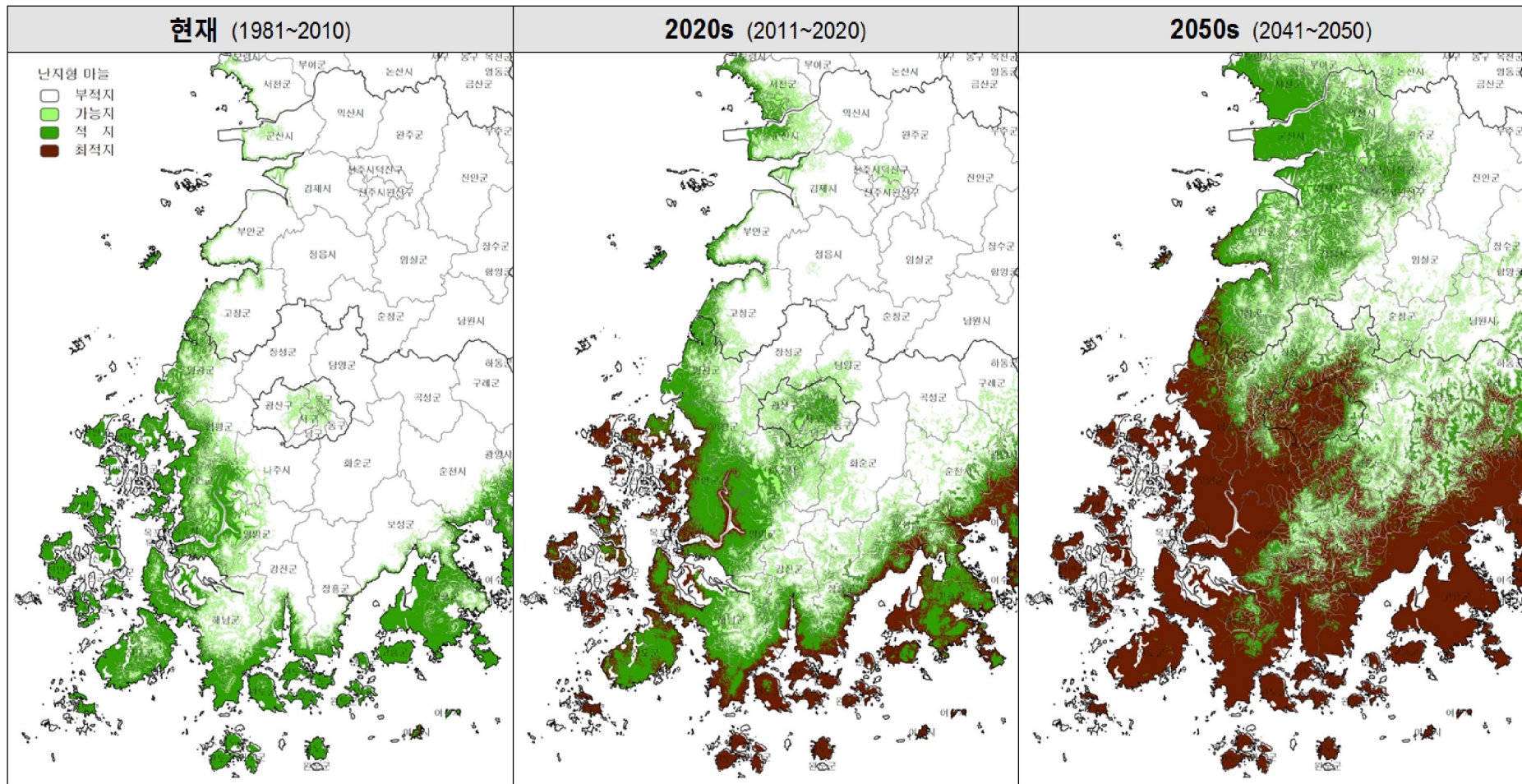
- 마늘은 우리나라 고유의 향신채소로서 면적이 24천ha이고, 연간 30만 톤이 생산되는 중요한 기간작물임
- 마늘은 국내의 재래품종인 한지형 마늘이 주로 재배되다가 1970년대 후반 수량성이 우수한 난지형 마늘이 도입되어 재배 비중이 점차 높아지고 있음
- 마늘은 뿌리만 내린 채 월동하는 한지형 마늘보다 잎이 어느 정도 자란 후에 월동하는 난지형 마늘이 추위에 취약하여 재배의 제한요소로 작용하고 있음
- 최근, 겨울철 기온이 상승하여 중부지역까지 난지형 마늘 재배가 가능해져 기온 상승 시 난지형 마늘 재배 확대 가능성에 대한 평가가 필요함



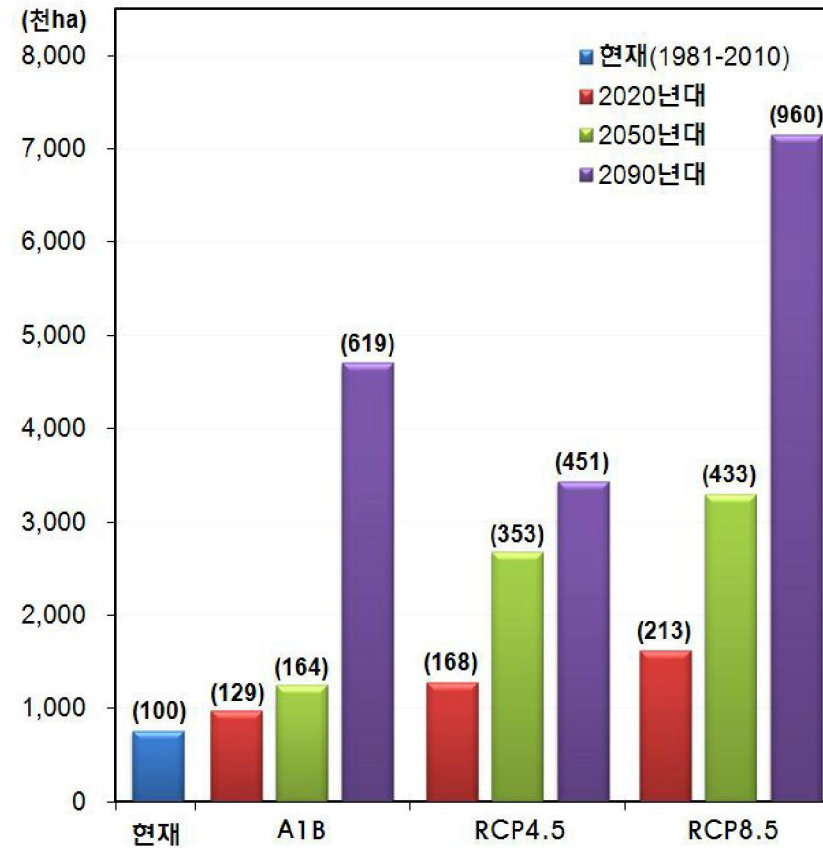
● 신 시나리오 기반 “난지형 마늘” 재배적지 변동 예측도 (전국)



● 신 시나리오(RCP8.5) 기반 “난지형 마늘” 재배적지 변동 예측도 (전남 상세)



- 신 시나리오 기반
난지형 마늘 재배적지
면적 변화 예측 결과



연 대	난지형 마늘 재배적지 (ha)		
	A1B	RCP4.5	RCP8.5
2020s	980,729 (129)	1,277,007 (168)	1,621,215 (213)
2050s	1,245,237 (164)	2,682,305 (353)	3,289,550 (433)
2090s	4,704,270 (619)	3,428,421 (451)	7,298,237 (960)

6. 생산성 예측 (식량작물 “벼, 보리, 콩”)

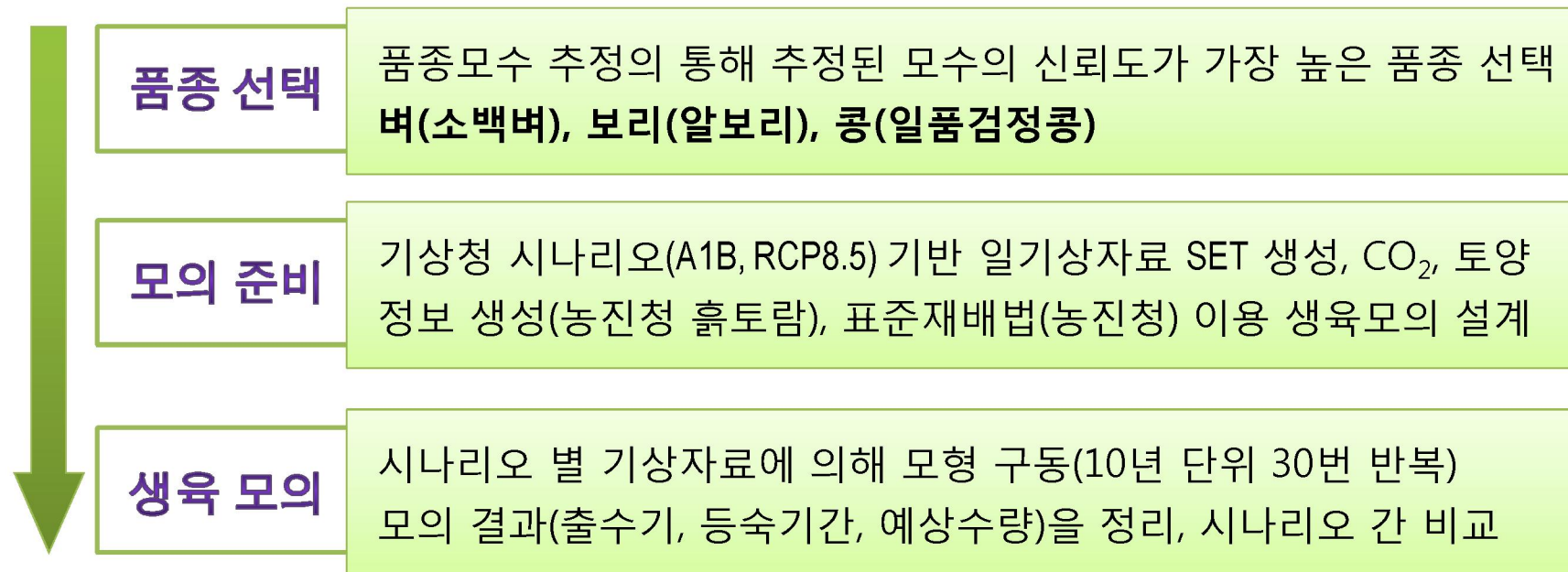
[벼, 보리, 콩 생산성 영향평가] (농촌진흥청, 2012, 수행 국가농림기상센터 김진희 등)

- 영향평가에 활용한 작물모형

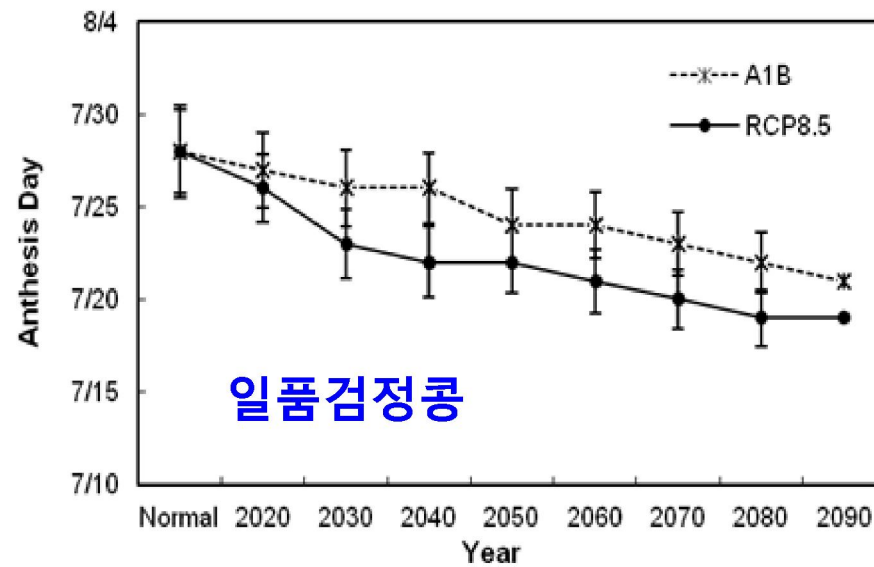
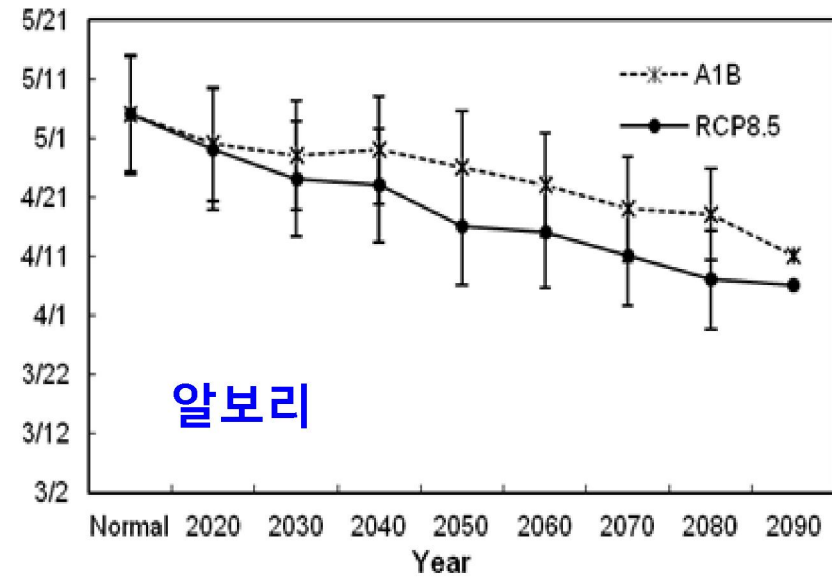
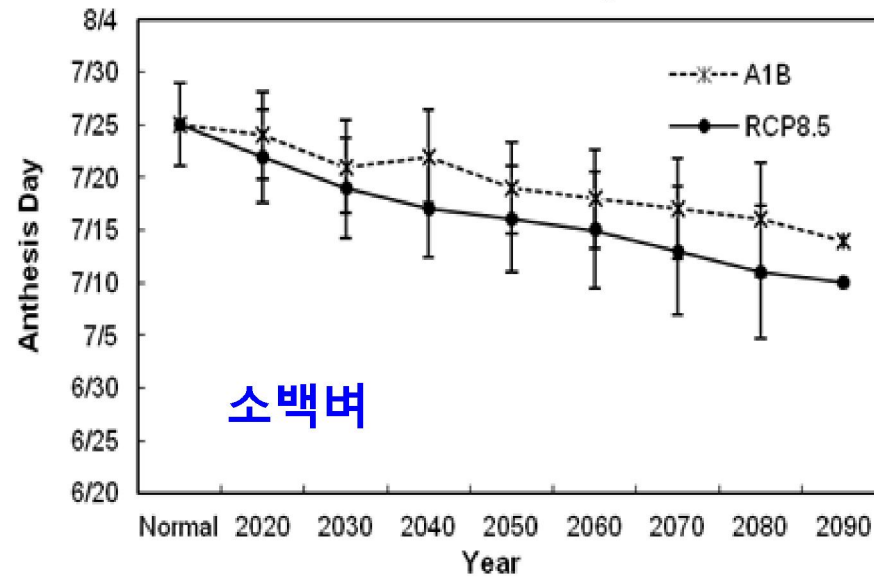
DSSAT (Decision Support System for Agro-technology Transfer)

벼 (CERES-Rice), 보리 (CERES-Barley) 콩 (CROPGRO-Soybean)

- 분석자료 : 농촌진흥청 국립식량과학원 작황시험보고서
(장기 작황자료) 활용



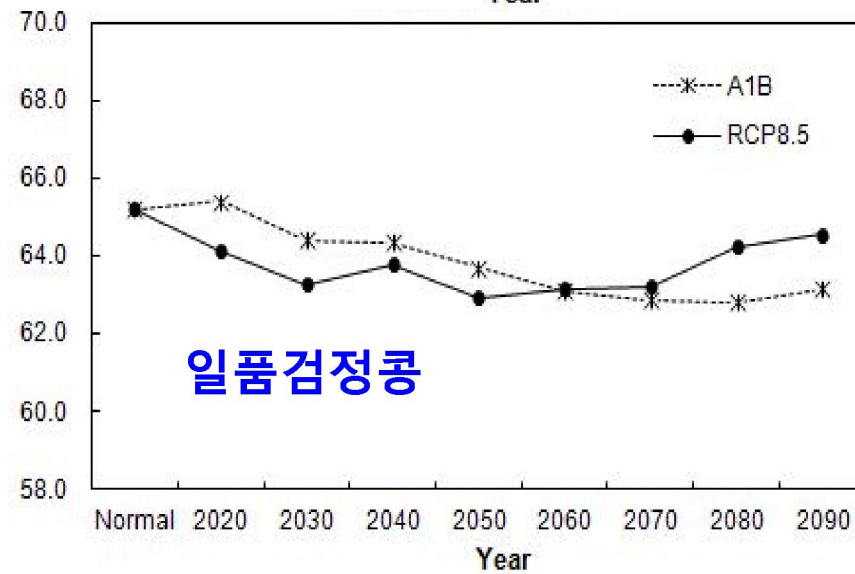
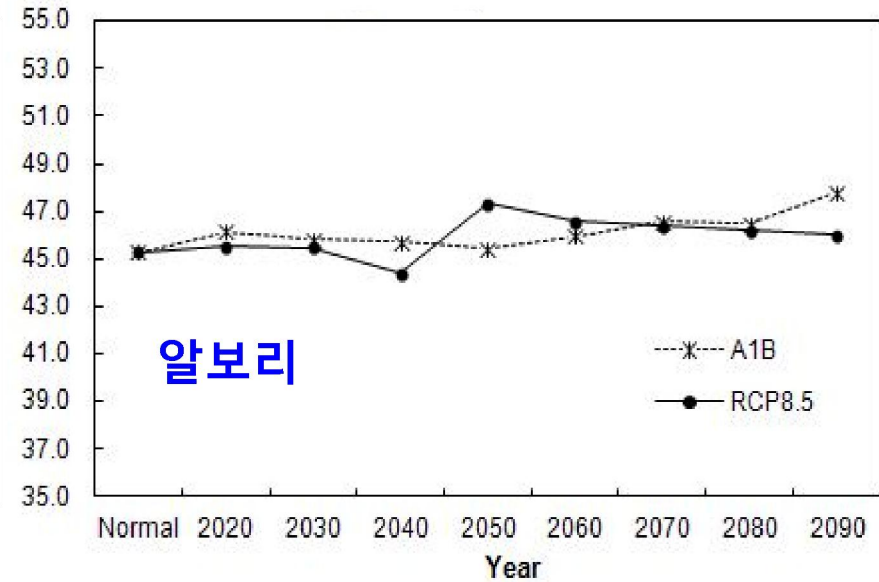
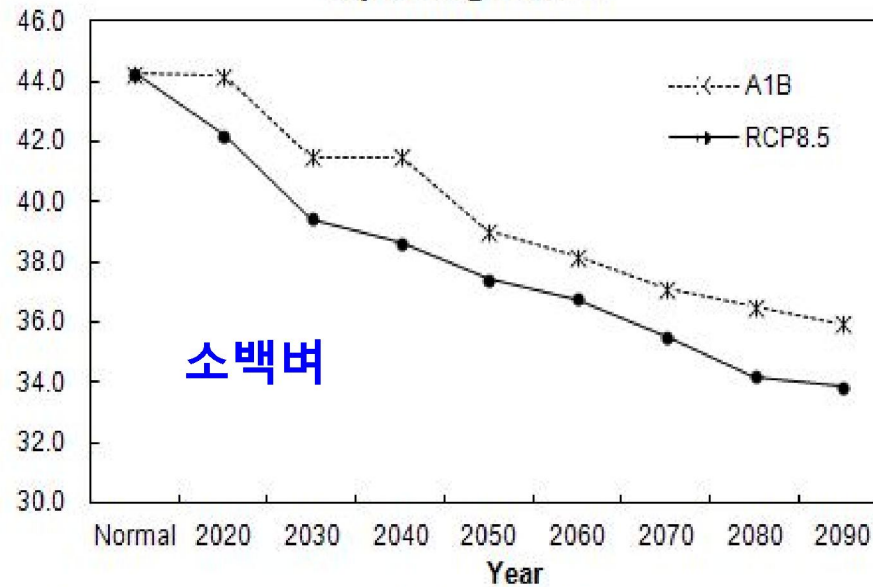
Anthesis Day



출수기(개화기)

벼, 보리, 콩 모두에서 개화(출수)가 앞당겨지는 경향

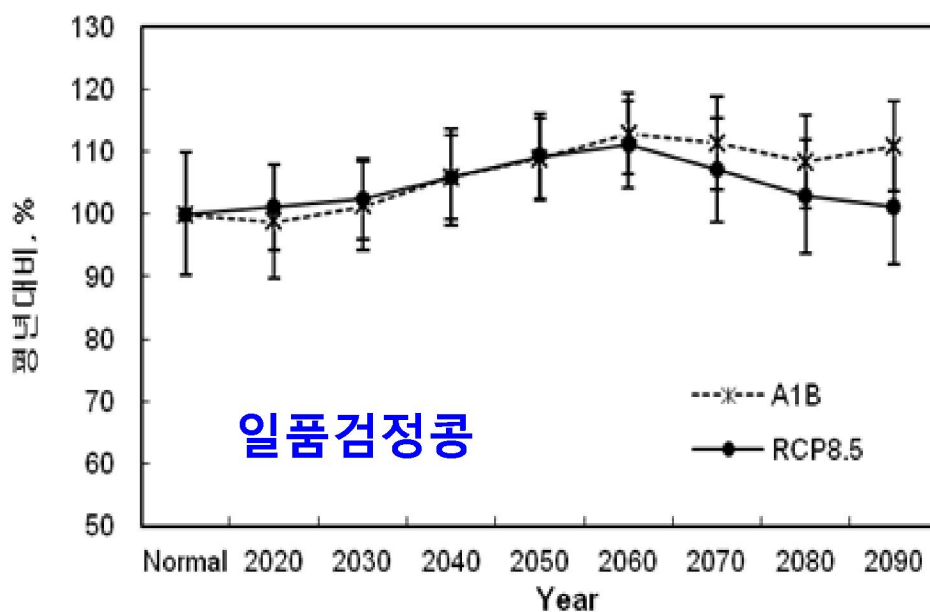
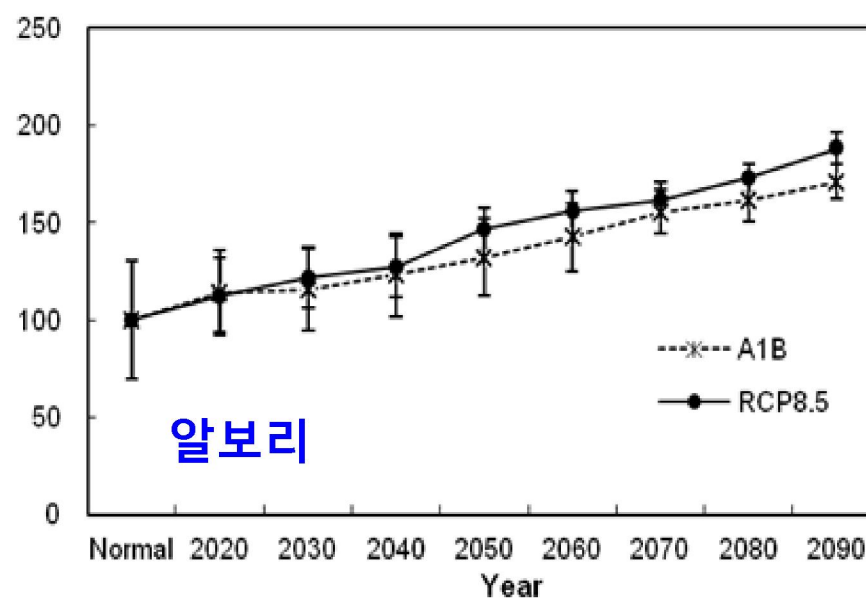
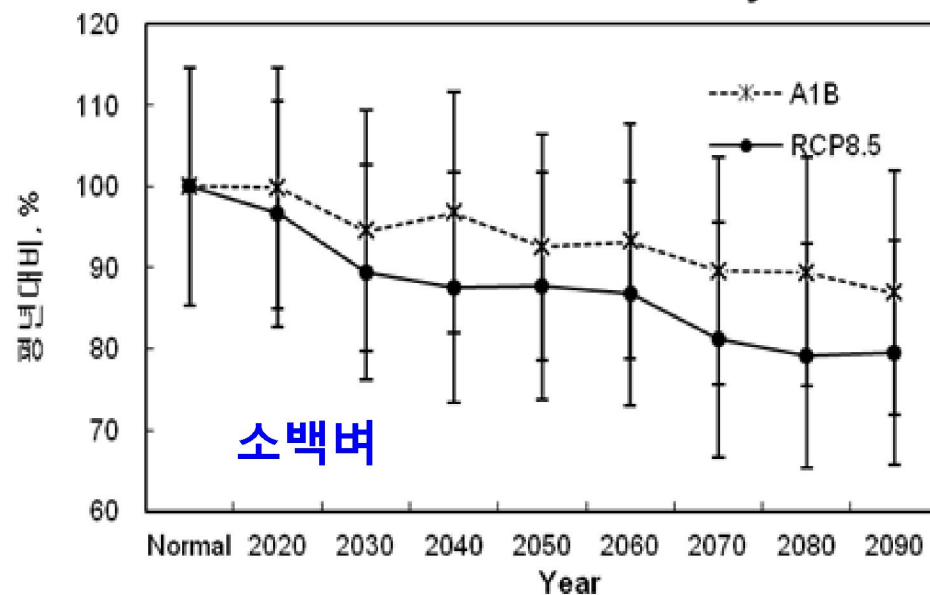
Ripening Period



등숙기간

벼는 등숙기간의 단축이 예상됨

Yield at Harvest Maturity

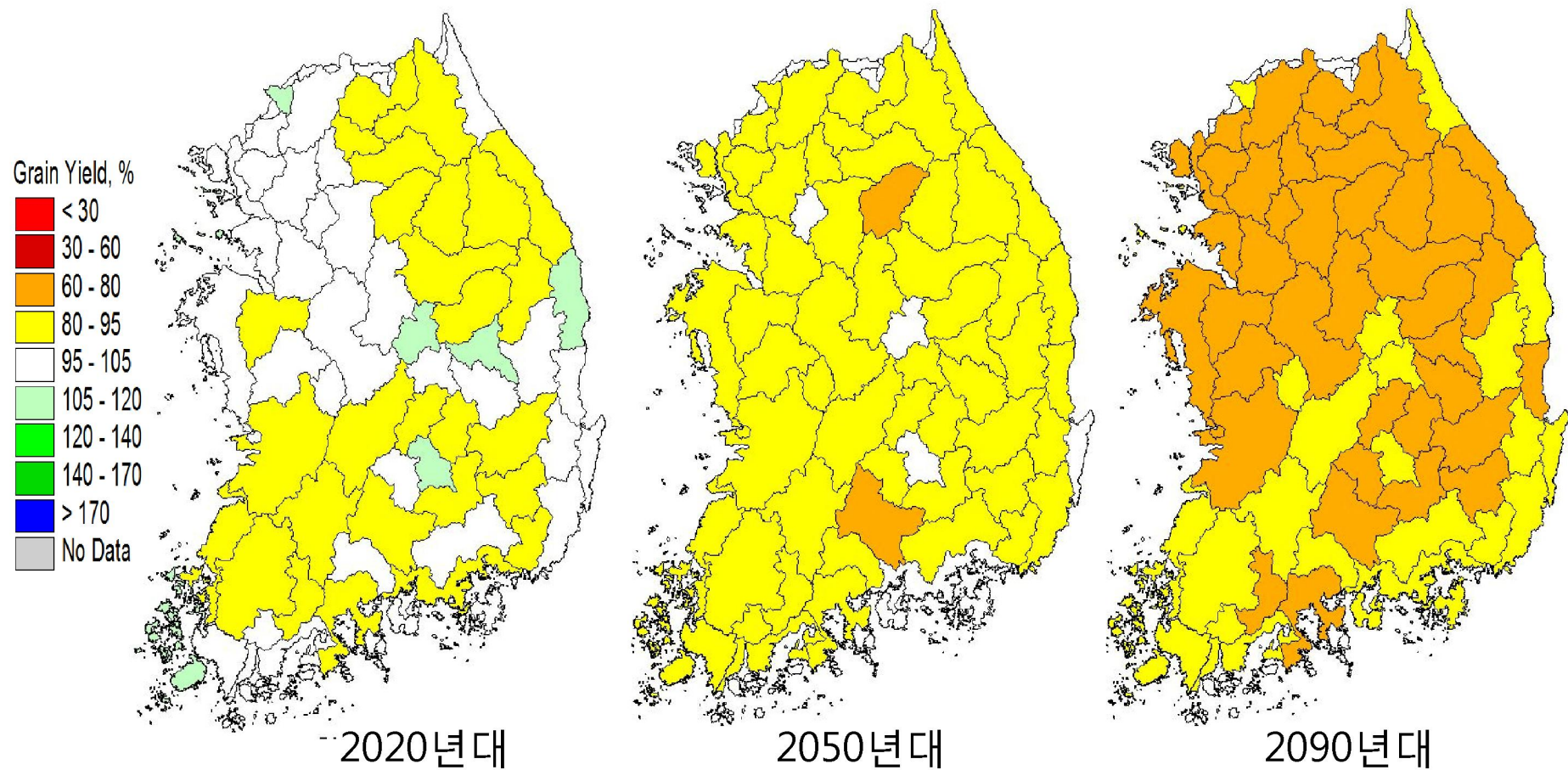


예상 수량

보리의 경우 수량이 증가함

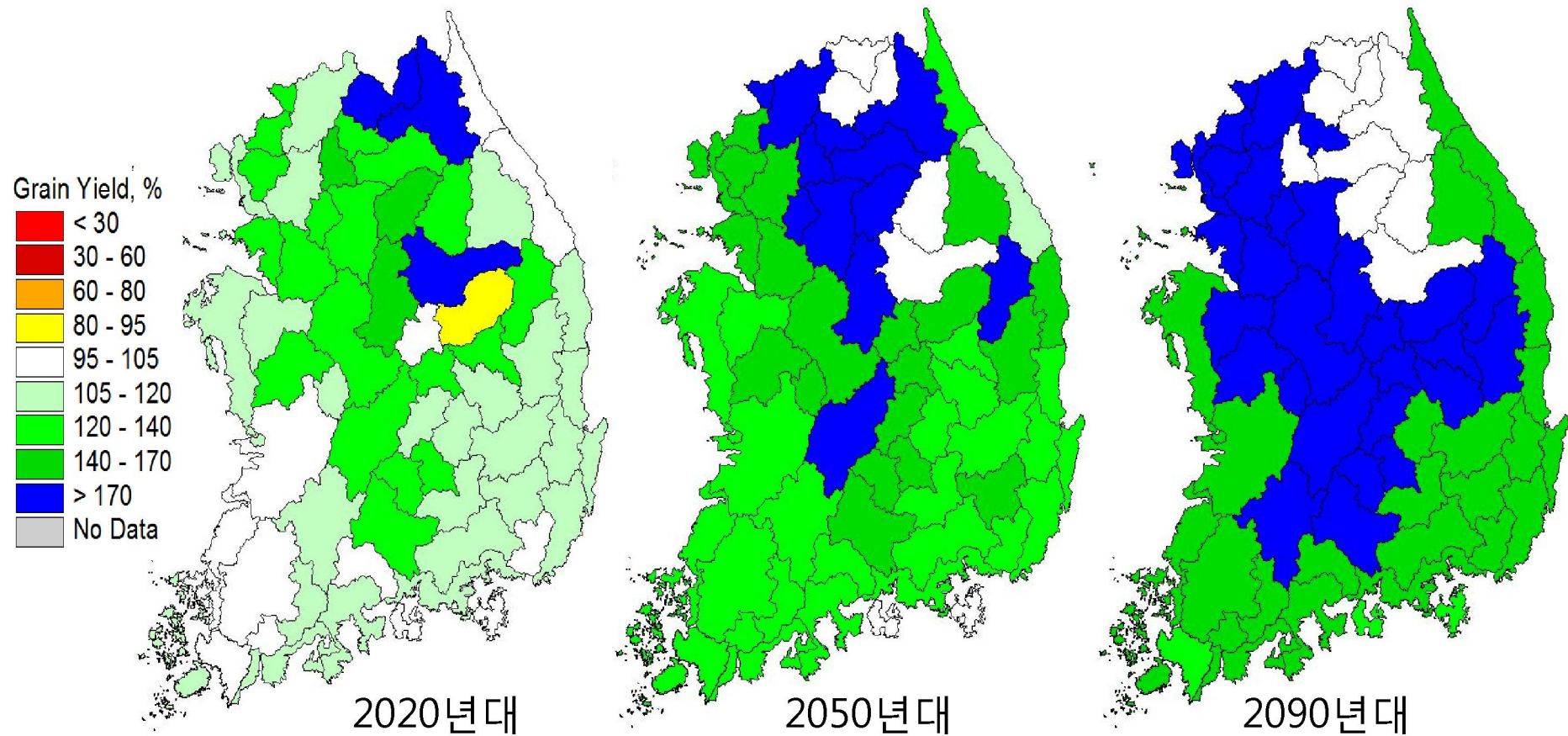
콩의 경우 수량변화가 적음

예상수량 (소백벼)



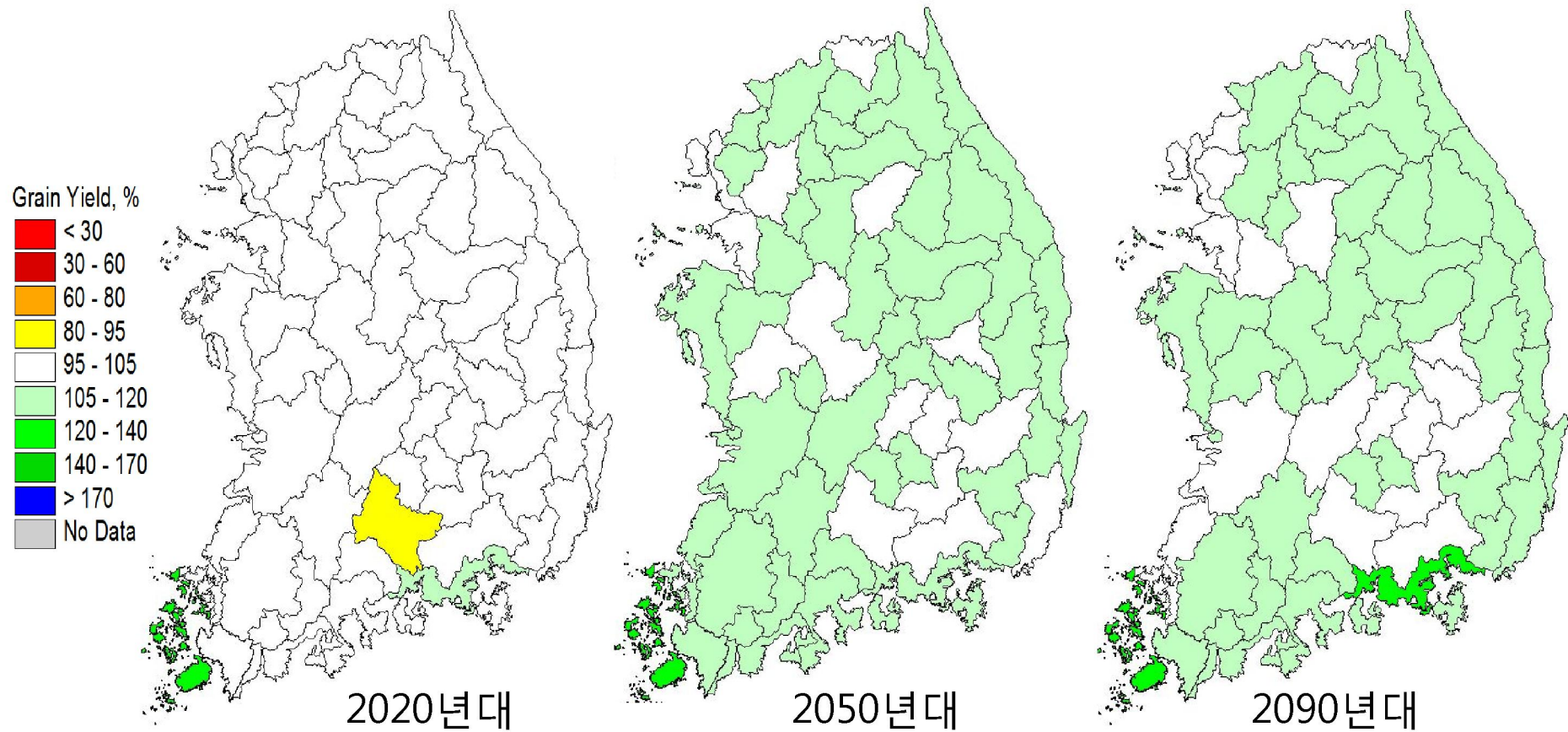
강원도와 남서부지역을 시작으로 전국적으로 감소하는 경향을 보임

예상수량 (알보리)



중부내륙지방을 중심으로 크게 증가하는 경향을 보임

예상수량 (일품검정콩)



전국적으로 적은 량의 수량 증가가 있으나 큰 차이는 없음

벼, 보리, 콩 모두 지역에 따라서 기후변화 영향이 다르게 나타남

감 사 합 니 다



2012

국가 기후변화 시나리오 Workshop