

# 기후변화와 식량안보

이철호 교수  
고려대학교 생명과학대학  
한국식량안보연구재단

## 식량안보(food security)의 정의

- The World Food Summit of 1996 defined food security as existing “when all people at all times have access to sufficient, safe, nutritious food to maintain a healthy and active life”.
- 모든 사람들이 건강하고 활동적인 삶을 영위하기 위한 **안전하며 영양가 있는 식품을 항상 충분히** 얻을 수 있는 상태

# 식량안보 패러다임의 변천

- 1960년대 - 식량의 양적 공급 가능 여부  
[최소한의 식량 자급률]
- 1970년대 - 식량 구입을 위한 경제능력을 포함  
[비교우위 경제이론]
- 1980년대 - 취약층이 없는 사회적 안보 영역 포함  
[선진국의 식량안보]
- 2000년대 - 식량의 지속적 공급을 위한 생태환경 영역으로 확대  
[녹색성장]

[자료; 오상집, IPET칼럼, 2010]

# 식량안보의 3대 요소

- **가용성(Food availability)**  
식량의 생산 공급
- **접근성(Food access)**  
구매력, 식품가격, 빈부차
- **이용성(Food use)**  
영양 위생 지식, 식수 위생, 안전성

[자료; WHO, 2009]

# 식량안보에 관한 논쟁

- 1. 세계 전체 식량생산량은 충분한가 – 분배의 문제?
- 2. 앞으로의 식량생산은 충분할 것인가?
- 3. 세계화 시대에 국가별 식량자급률이 의미 있는가?
- 4. 세계화가 식량부족 국가에 도움이 될 것인가?

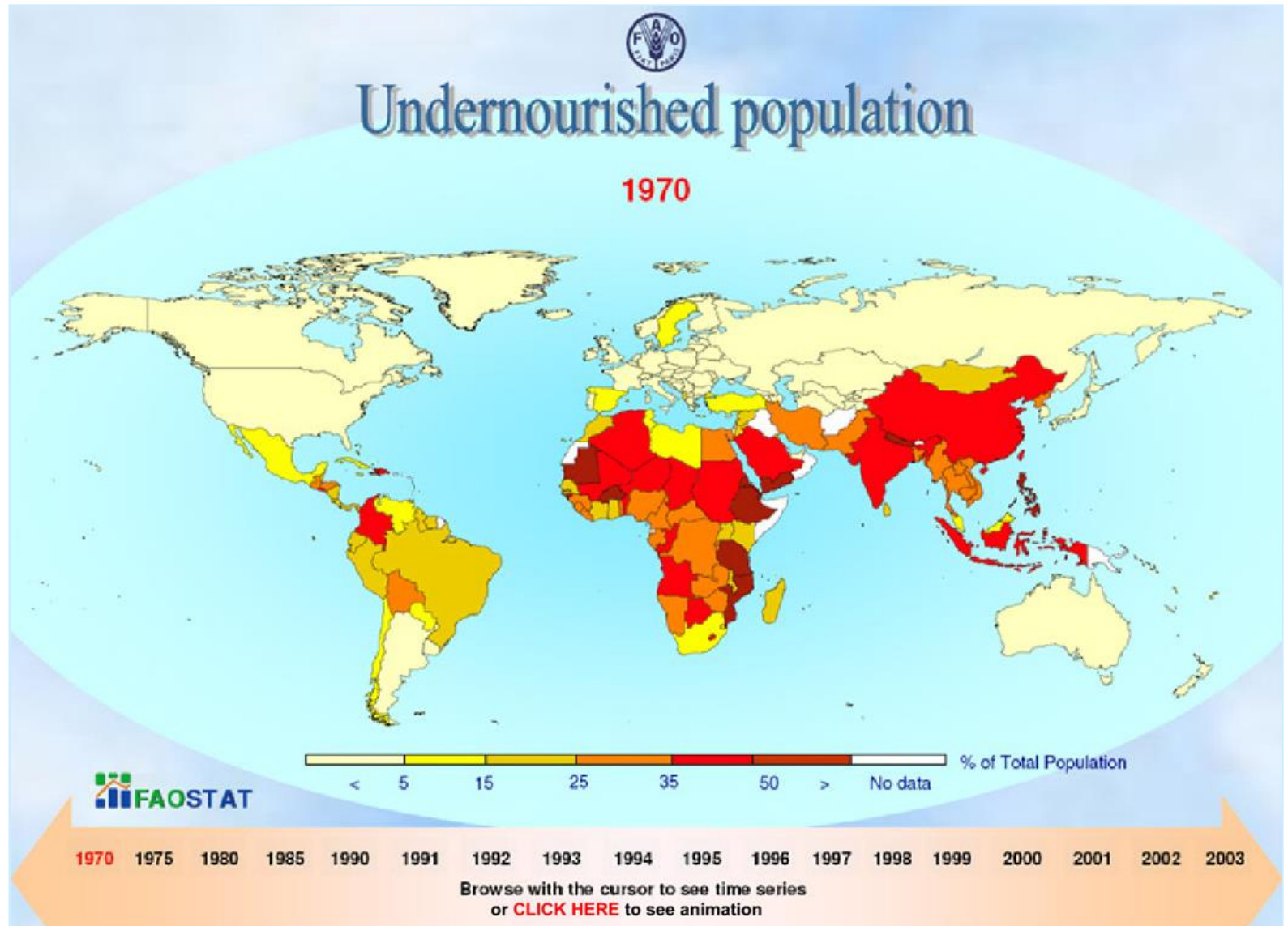
[자료; WHO, 2009]

# 최근의 세계 식량 사정

- 국제 곡물가격의 급등과 재고량 감소
- 세계 총 영양결핍 인구수 10억2천만명(2009년 현재)
- 2007년 이후 세계 영양결핍 인구 1억명 증가
- 매년 5세이하 어린이 1천8백만명 기아와 설사병으로 사망

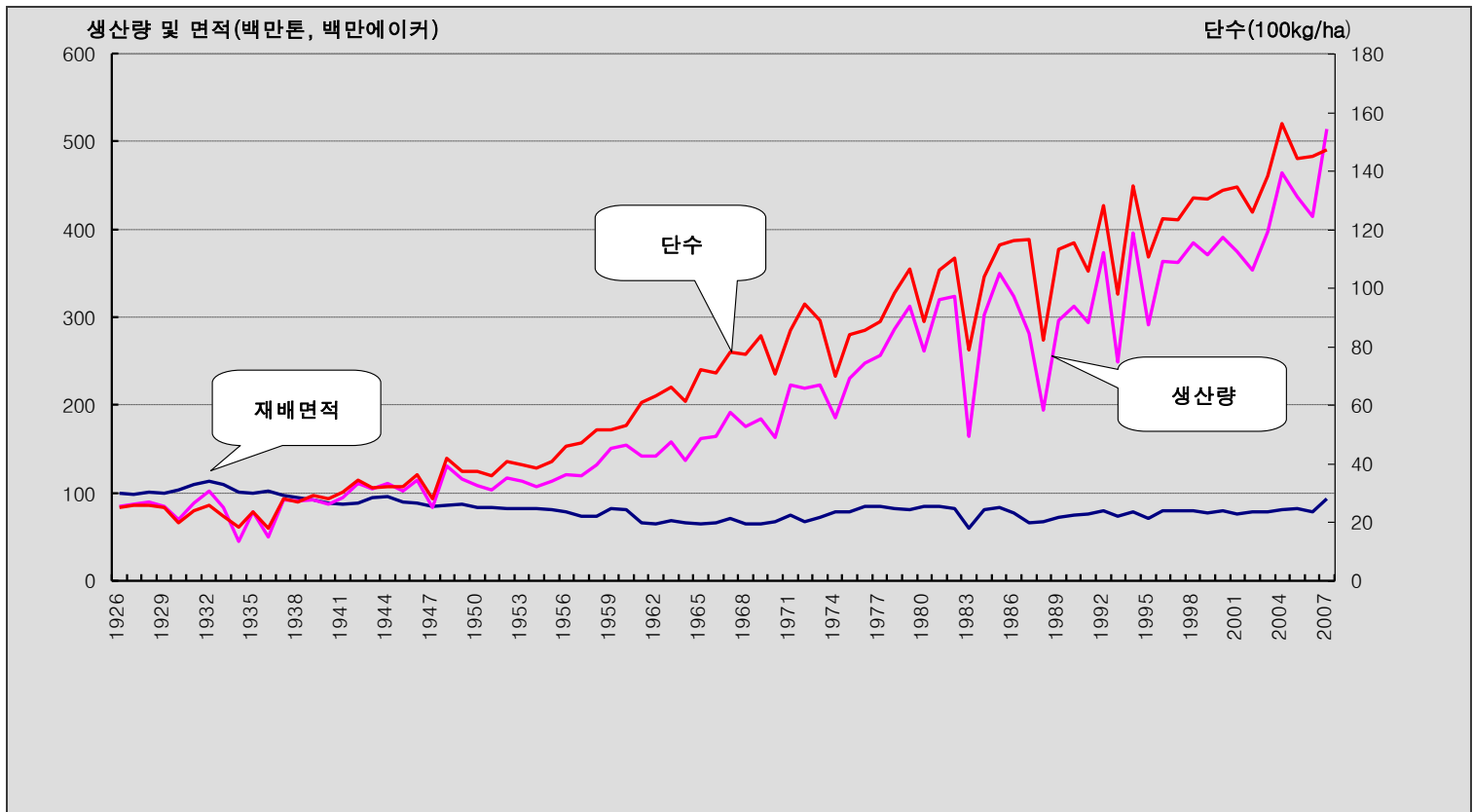
(자료: FAO,2009)

# 영양실조 인구의 세계 분포: 1970

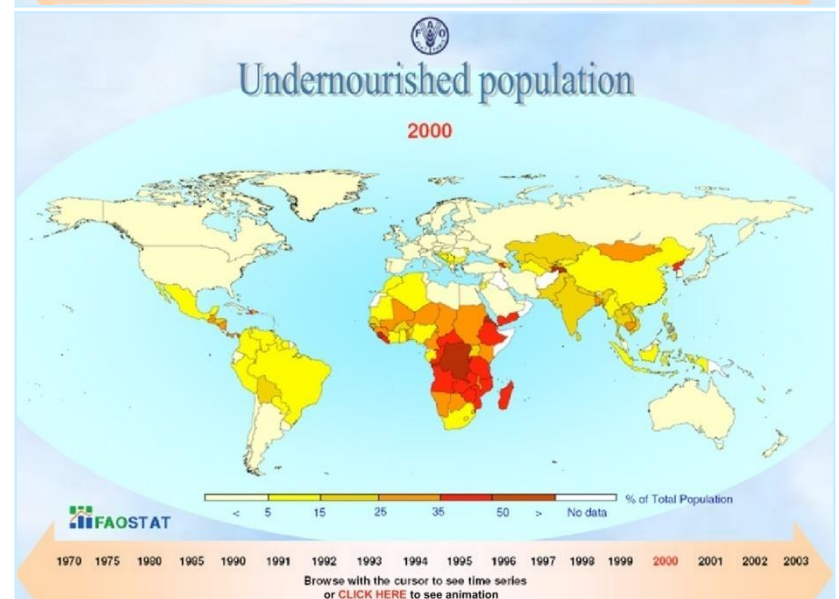
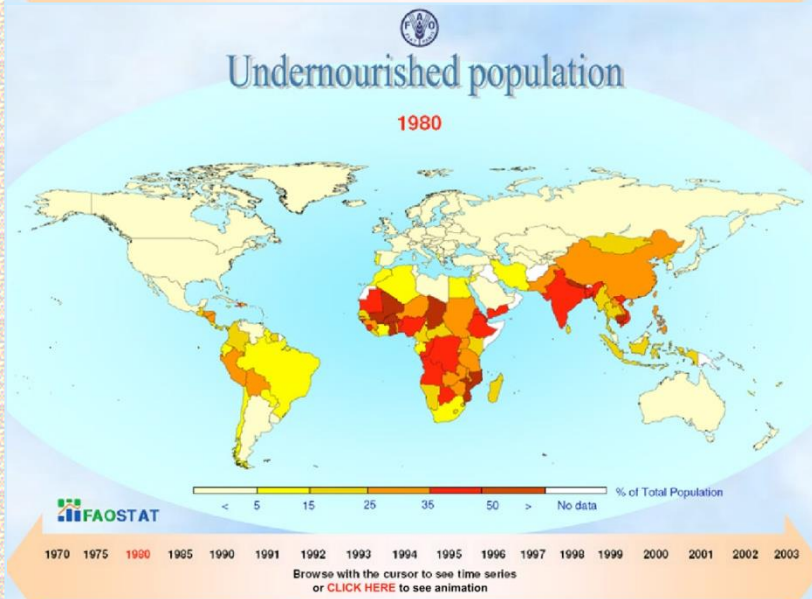
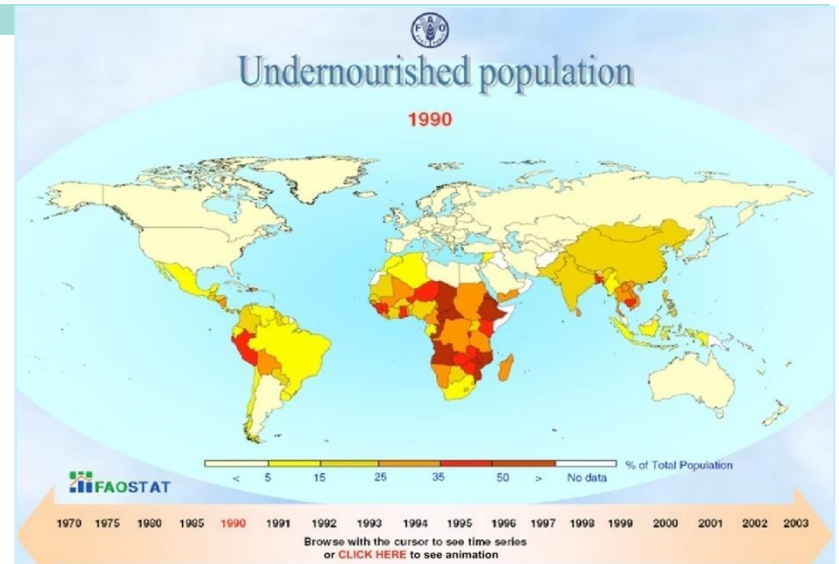
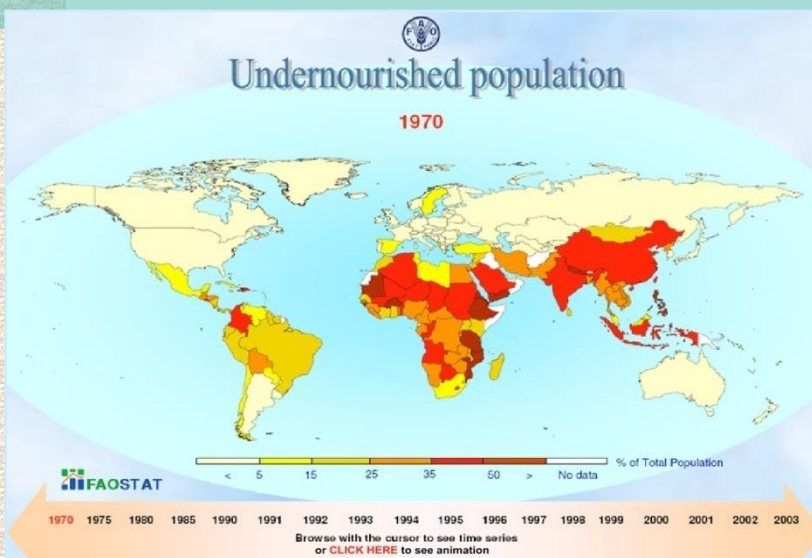


# 녹색혁명(Green Revolution, 1960-80)

## 미국의 옥수수 단위와 생산량 변화

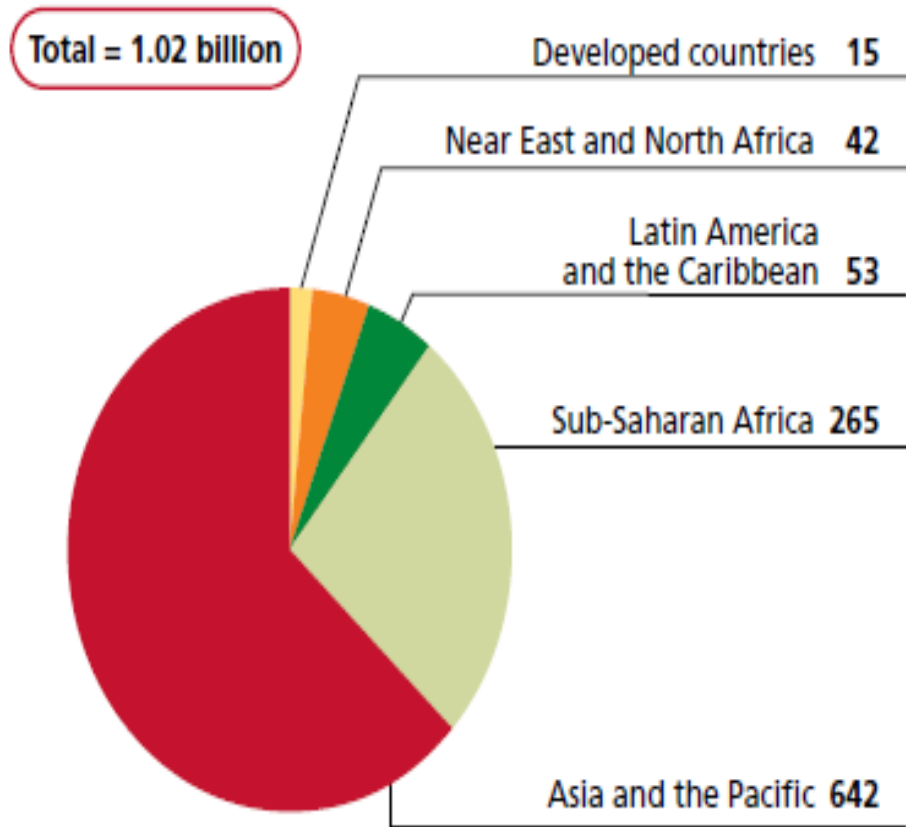


# 영양실조 인구의 세계 분포 변화



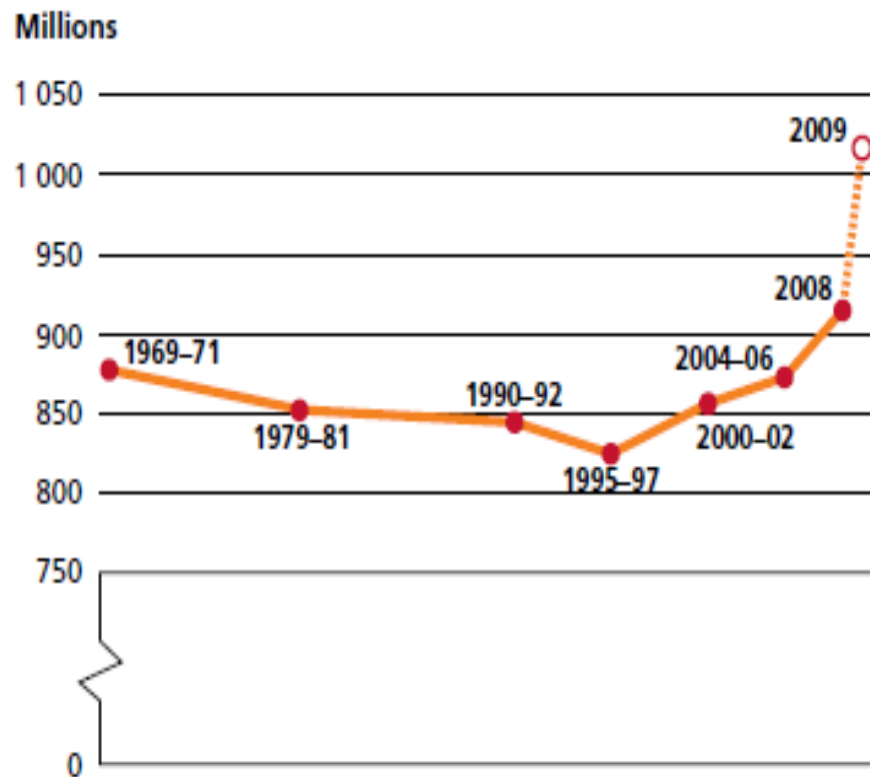
# 지역별 영양실조 인구 분포

Undernourishment in 2009, by region (millions)



Source: FAO.

Learning from the past: number of undernourished in the world, 1969-71 to 2009



Source: FAO.

(자료: FAO, 2009)

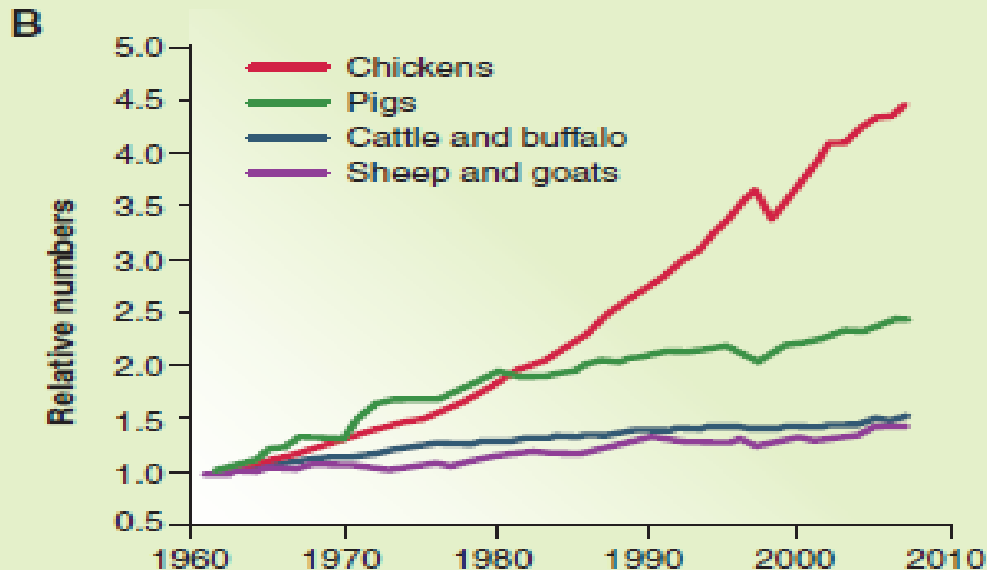
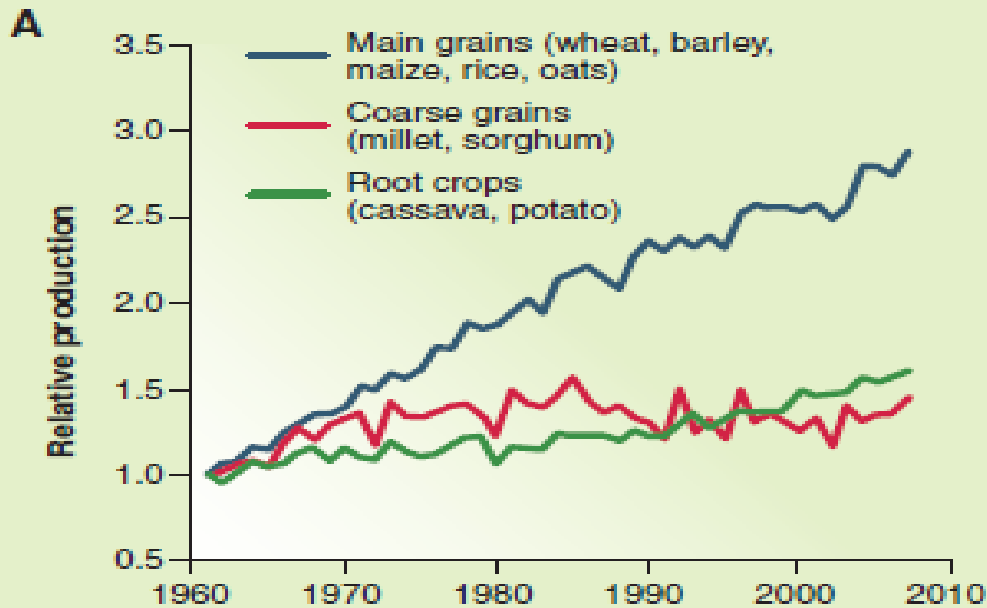
# 세계 곡물 및 축산물 생산량 변화

(1961년도 기준)

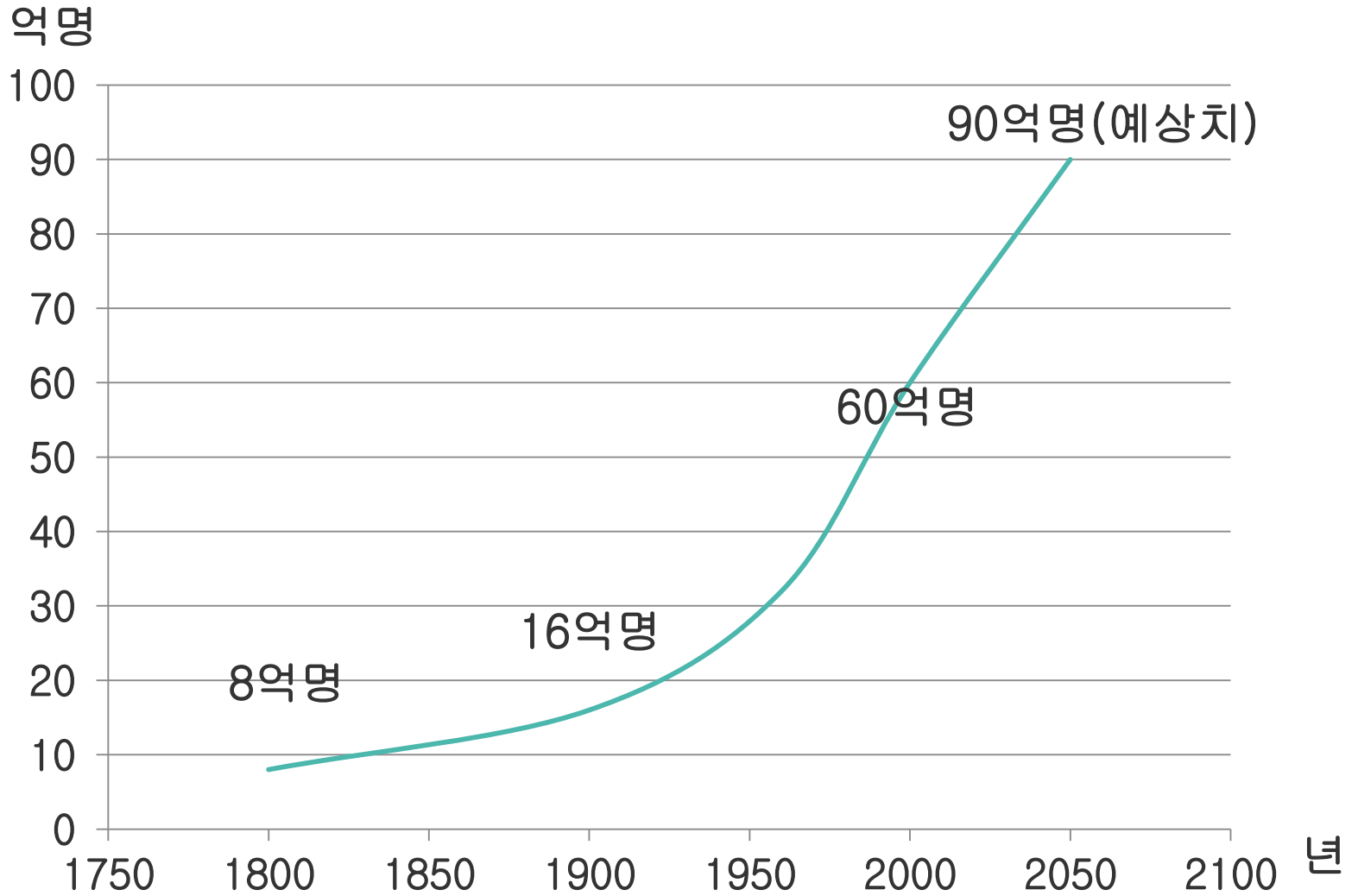
(A) Major crop plants

(B) Major types of livestock.

[자료: Godfray et.al, 2010]

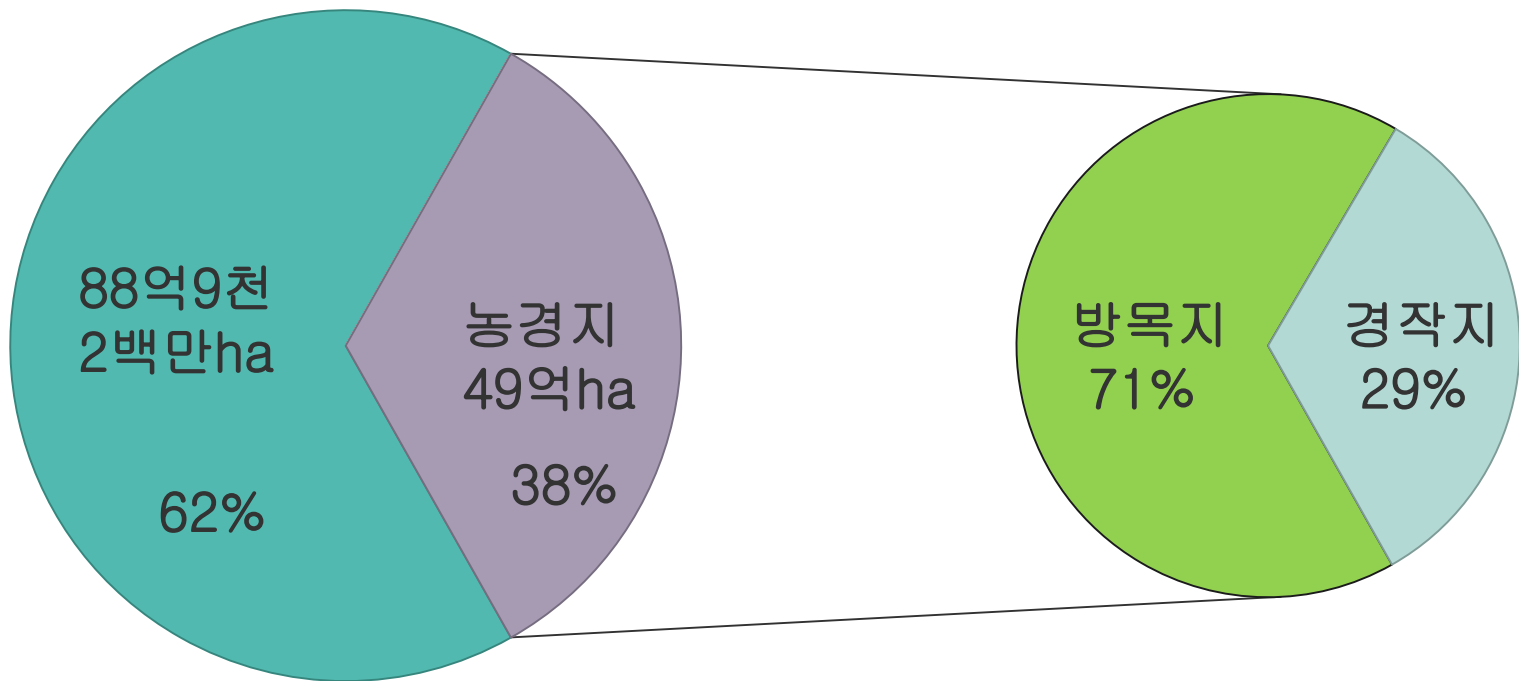


# 세계 인구 증가율



# 지구상의 농경지 이용현황

지구상의 총 육지면적 : 130억 1천 3백만 헥타르



[자료: 박현진, 이철호; 식품저장학, 2008]

# 동물의 사료단백질 전환율

동물	사료의 단백질 전환율 (%)
쇠고기	4.6
돼지고기	12.5
닭고기	17.7
우유	22.9
계란	23.5

[자료: 박현진, 이철호; 식품저장학, 2008]

# 1인 1년분 식량(100만 kcal)을 생산하는데 필요한 면적

식품의 종류	필요한 면적 (ha)
고구마	0.04
설탕	0.05
쌀	0.07
보리	0.11
밀	0.13
대두	0.21
우유	1.10
계란	2.80
닭고기	3.70
쇠고기	6.80

[자료: 박현진, 이철호; 식품저장학, 2008]

# 방목과 기업형 축산의 물 소비량, 사료 요구량 및 메탄 발생량 비교

Water	Measure of water use	Grazing	Intensive
		Liters day <sup>-1</sup> per animal at 15°C	
Cattle	Drinking water: all	22	103
	Service water: beef	5	11
	Service water: dairy	5	22
Pigs (lactating adult)	Drinking water	17	17
	Service water	25	125
Sheep (lactating adult)	Drinking water	9	9
	Service water	5	5
Chicken (broiler and layer)	Drinking water	1.3–1.8	1.3–1.8
	Service water	0.09–0.15	0.09–0.15
<i>Feed required to produce 1 kg of meat</i>		<i>kg of cereal per animal</i>	
Cattle		–	8
Pigs		–	4
Chicken (broiler)		–	1
<i>Methane emissions from cattle</i>		<i>kg of CH<sub>4</sub> per animal year<sup>-1</sup></i>	
Cattle: dairy (U.S., Europe)		–	117–128
Cattle: beef, dairy (U.S., Europe)		53–60	–
Cattle: dairy (Africa, India)		–	45–58
Cattle: grazing (Africa, India)		27–31	–

[자료: Godfray et.al, 2010]

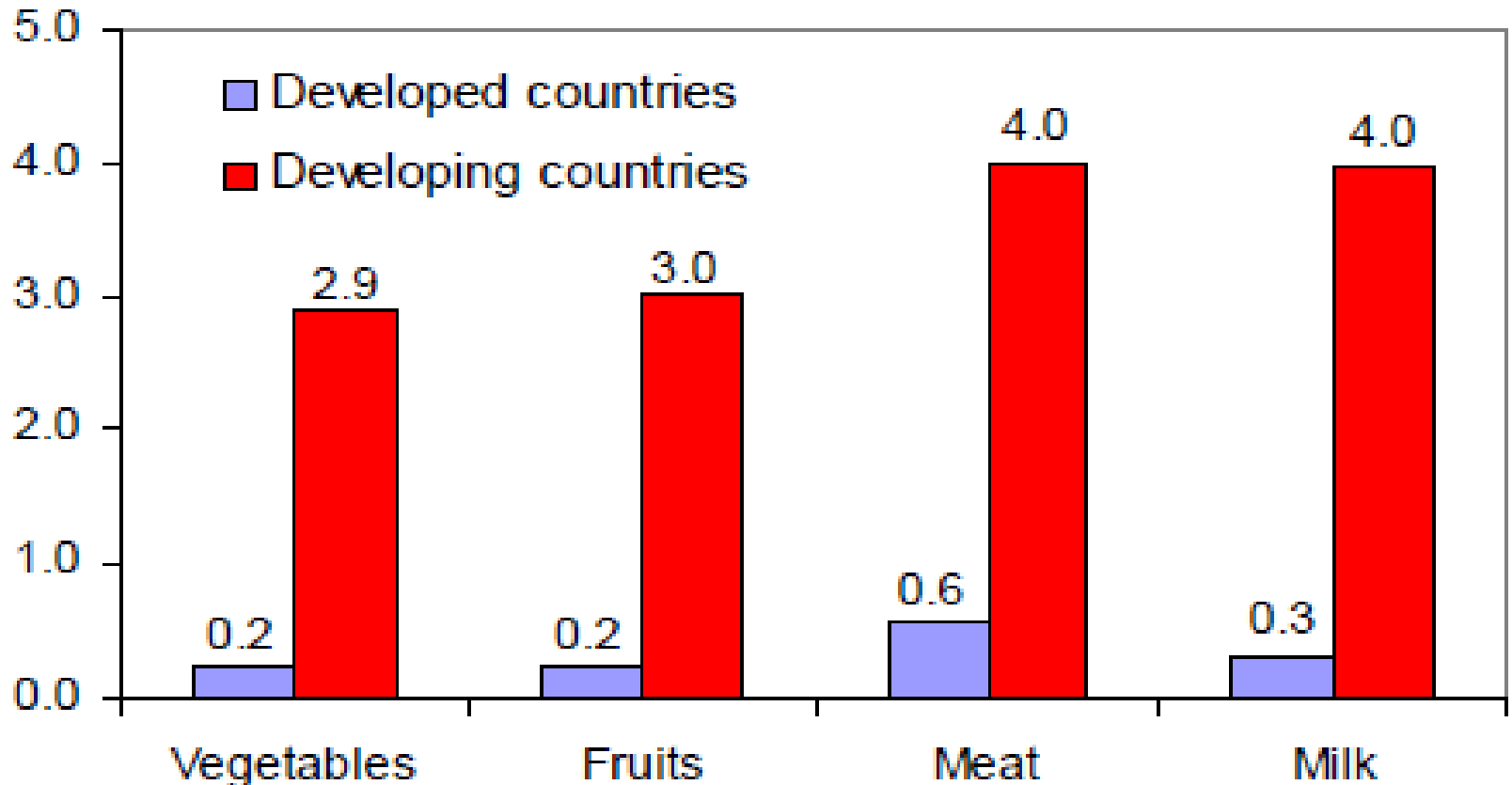
# 중국인의 식품 소비량 변화 (일인당 연간 소비량)

	Urban			Rural		
	1990 (kg)	2006 (kg)	2006/1990 ratio	1990 (kg)	2006 (kg)	2006/1990 ratio
Grain	131	76	0.6	262	206	0.8
Pork, beef and mutton	22	24	1.1	11	17	1.5
Poultry	3	8	2.4	1	4	2.8
Milk	5	18	4.0	1	3	2.9
Fish and aquatic products	8	13	1.7	2	5	2.4
Fruits	41	60	1.5	6	19	3.2

Source: Data from National Bureau of Statistics of China 2007a and 2007b.

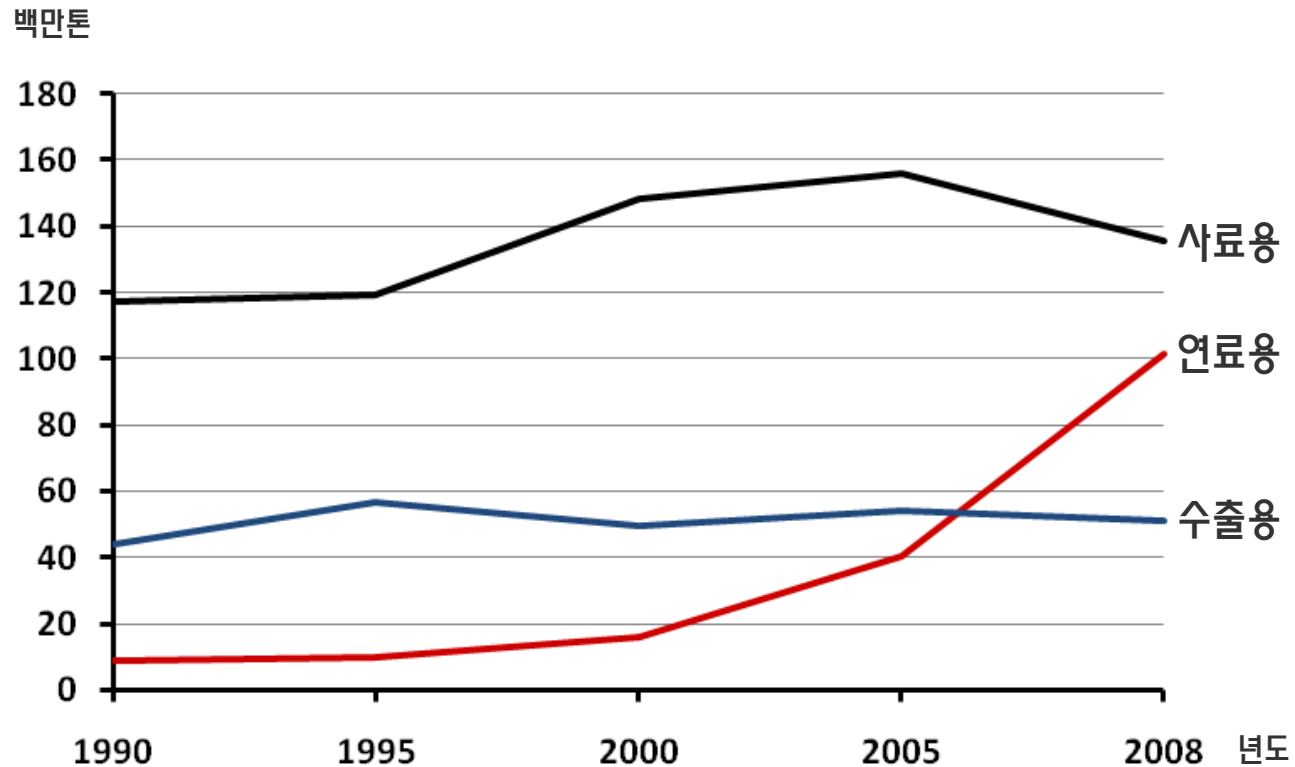
# 고부가 농산물 생산량의 지역별 증가율

2004-2006 (in percent)



Source: Data from FAO 2007a.

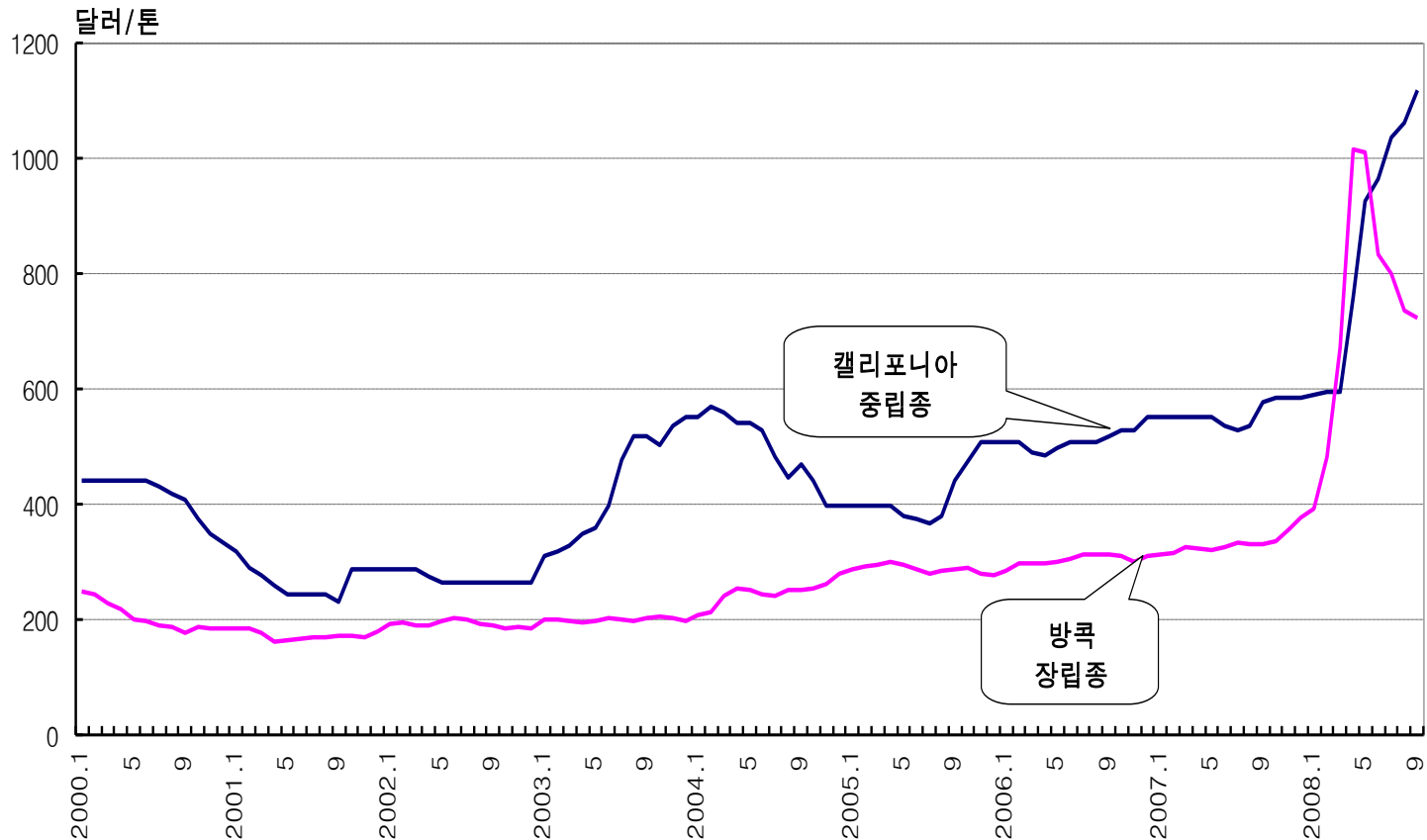
# 곡물을 이용한 바이오 연료의 생산



<미국의 옥수수 용도별 이용량>

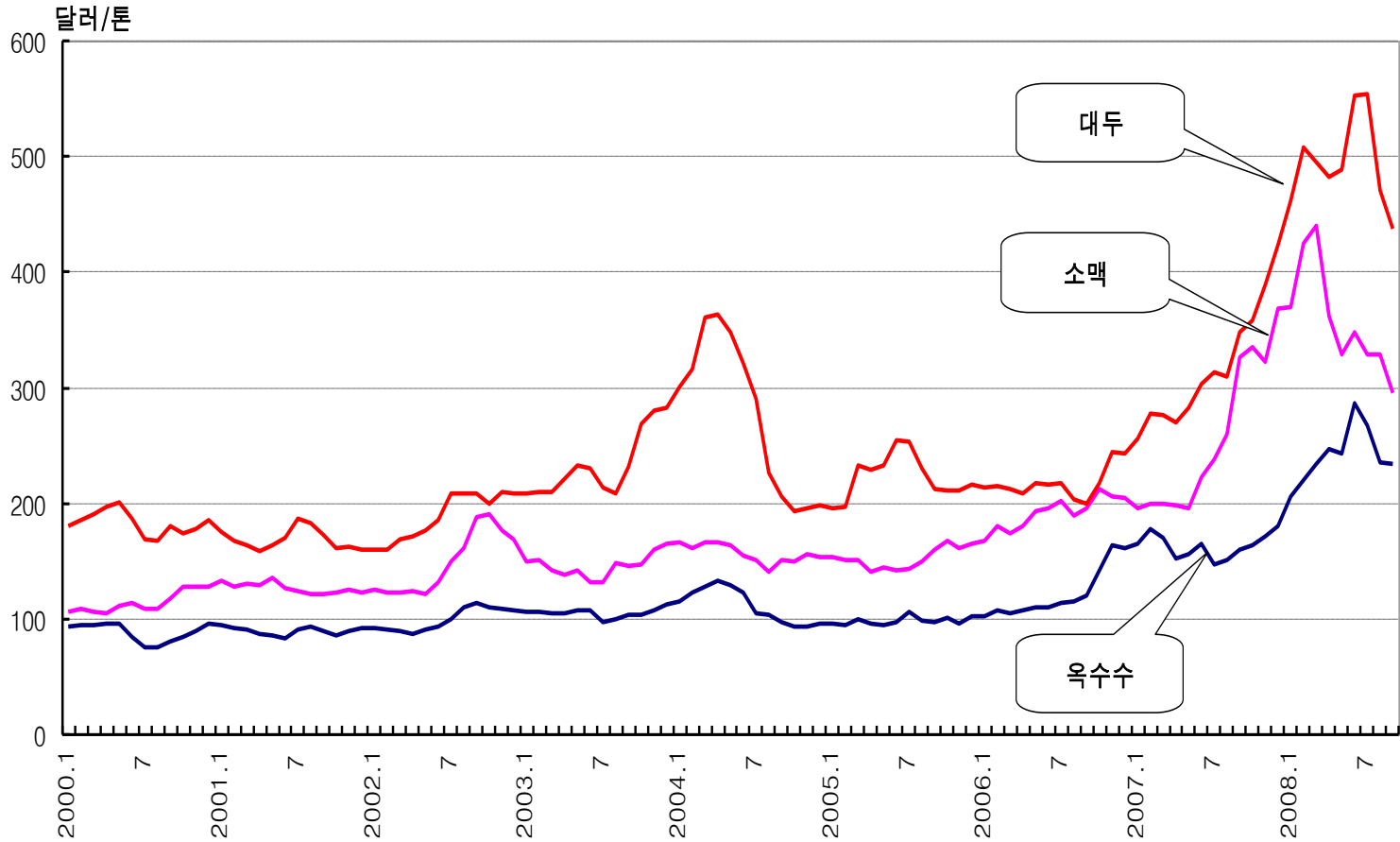
# 쌀의 국제가격 변동 추이 (2000~2008.09)

- 최근 2년 사이에 세계 곡물가격 - **2배 이상 증가**



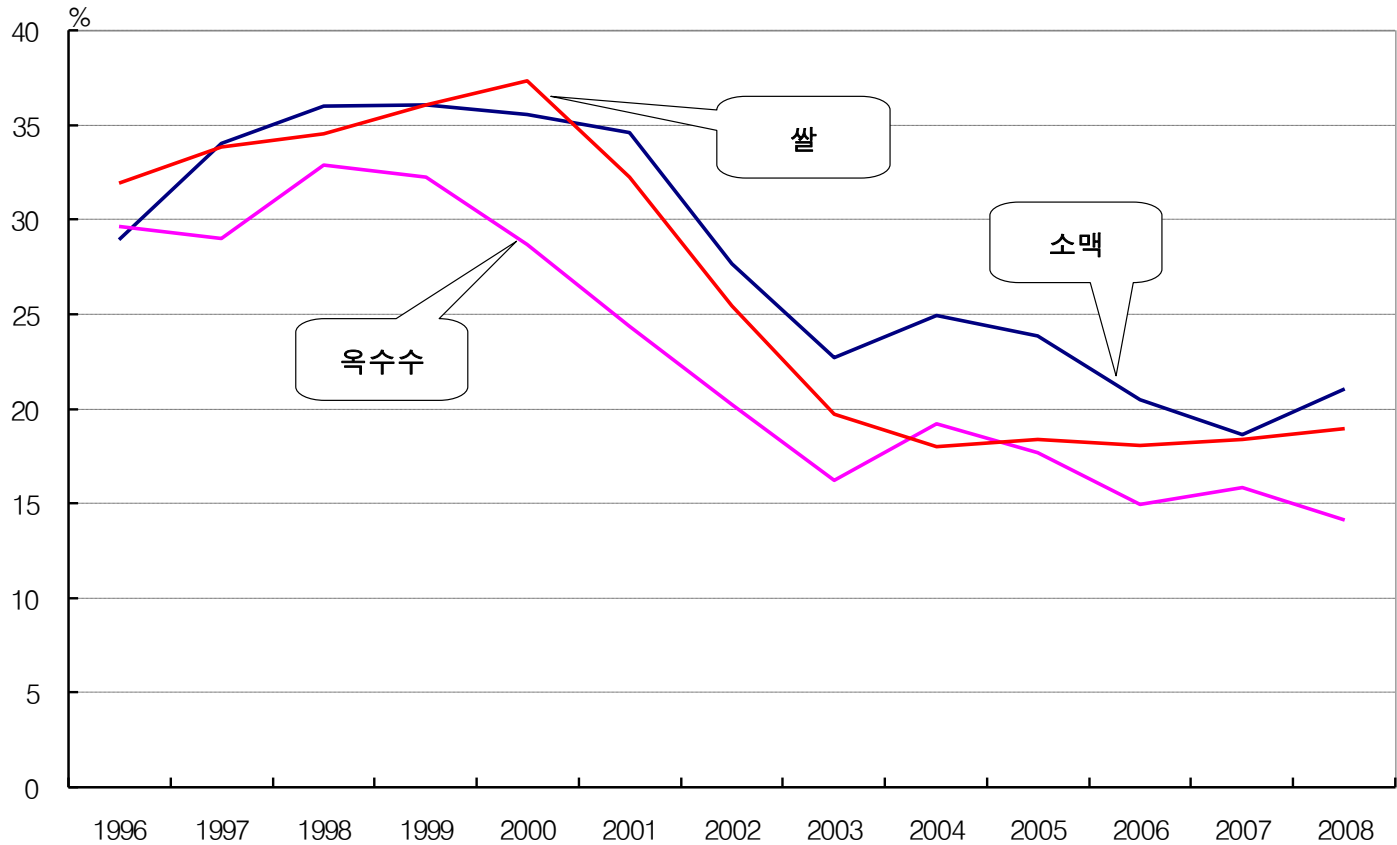
[자료: 이정환, 2008]

# 최근의 곡물별 국제가격 변동 추이



[자료: 이정환, 2008]

# 곡물별 재고율 급감 비교



[자료: 이정환, 2008]

# 바이오연료 생산에 의한 사료곡물 및 설탕의 가격 변화 예측 (현재 대비 2020년 변화율, %)

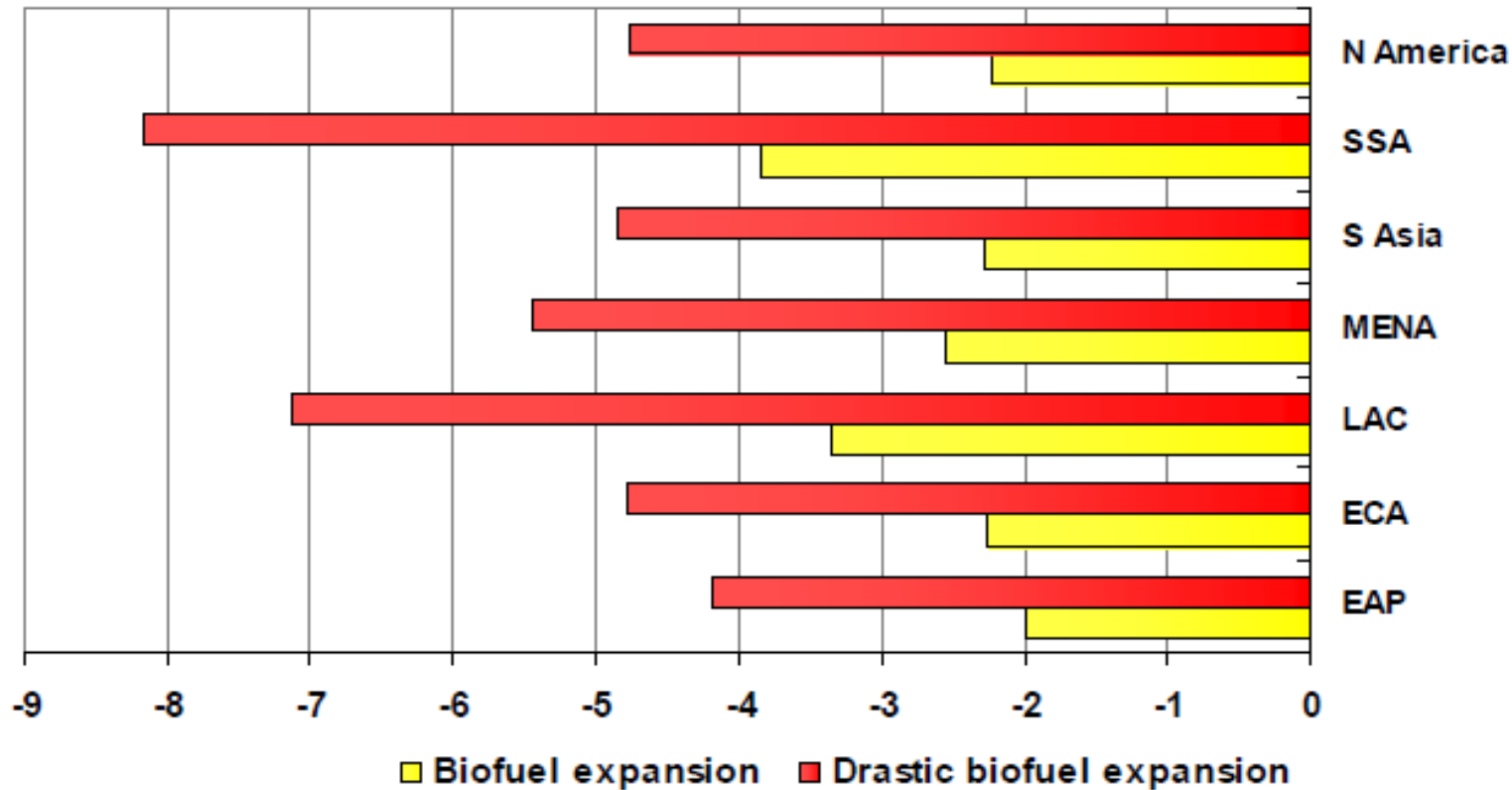
Crop	Scenario 1	Scenario 2
	Biofuel expansion <sup>1</sup>	Drastic biofuel expansion <sup>2</sup>
Cassava	11.2	26.7
Maize	26.3	71.8
Oilseeds	18.1	44.4
Sugar	11.5	26.6
Wheat	8.3	20.0

Source: IFPRI IMPACT-WATER projections.

Notes: <sup>1</sup> Assumptions are based on actual biofuel production plans and projections in relevant countries and regions.

<sup>2</sup> Assumptions are based on doubling actual biofuel production plans and projections in relevant countries and regions.

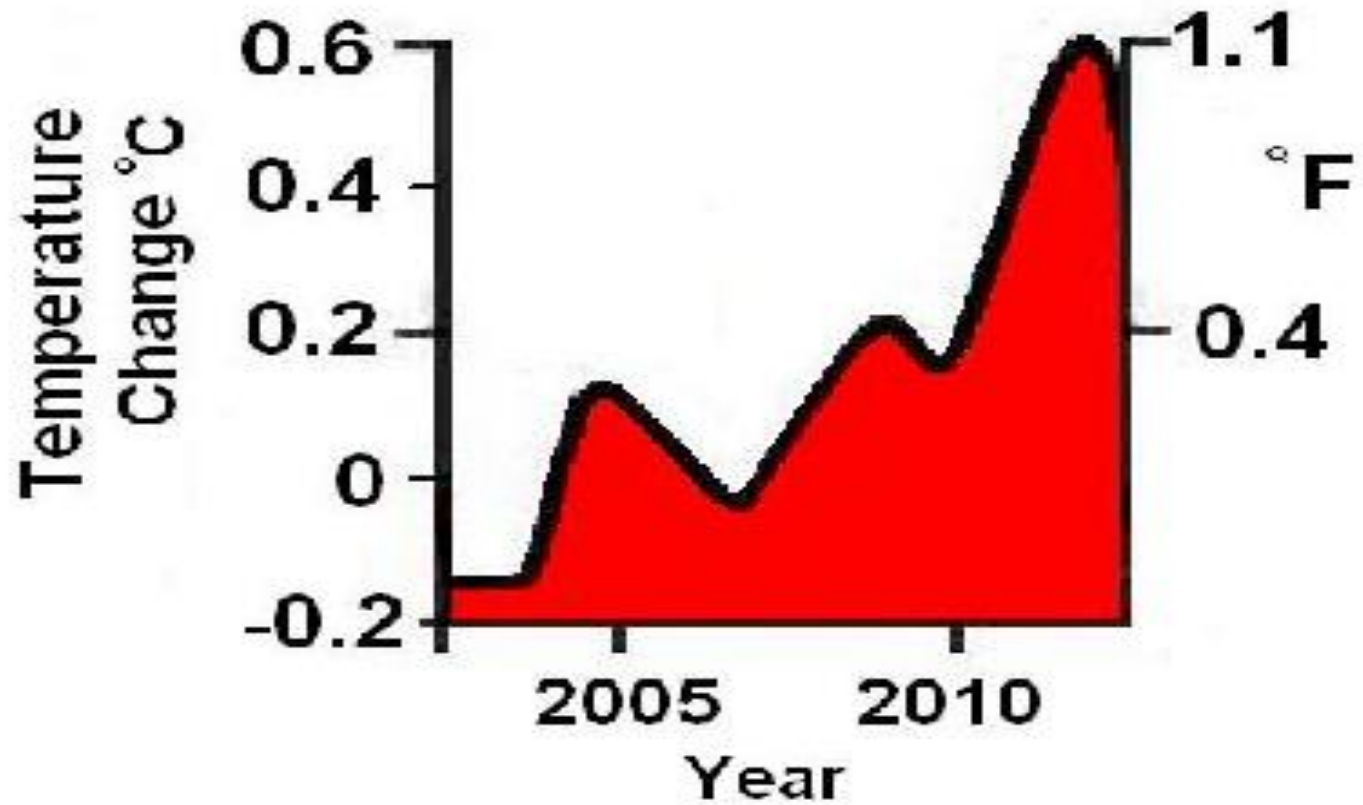
# 바이오연료 생산에 의한 칼로리 가용성 변화 예측(현재기준에 대한 2020년 변화율,%)



Source: IFPRI IMPACT-WATER projections.

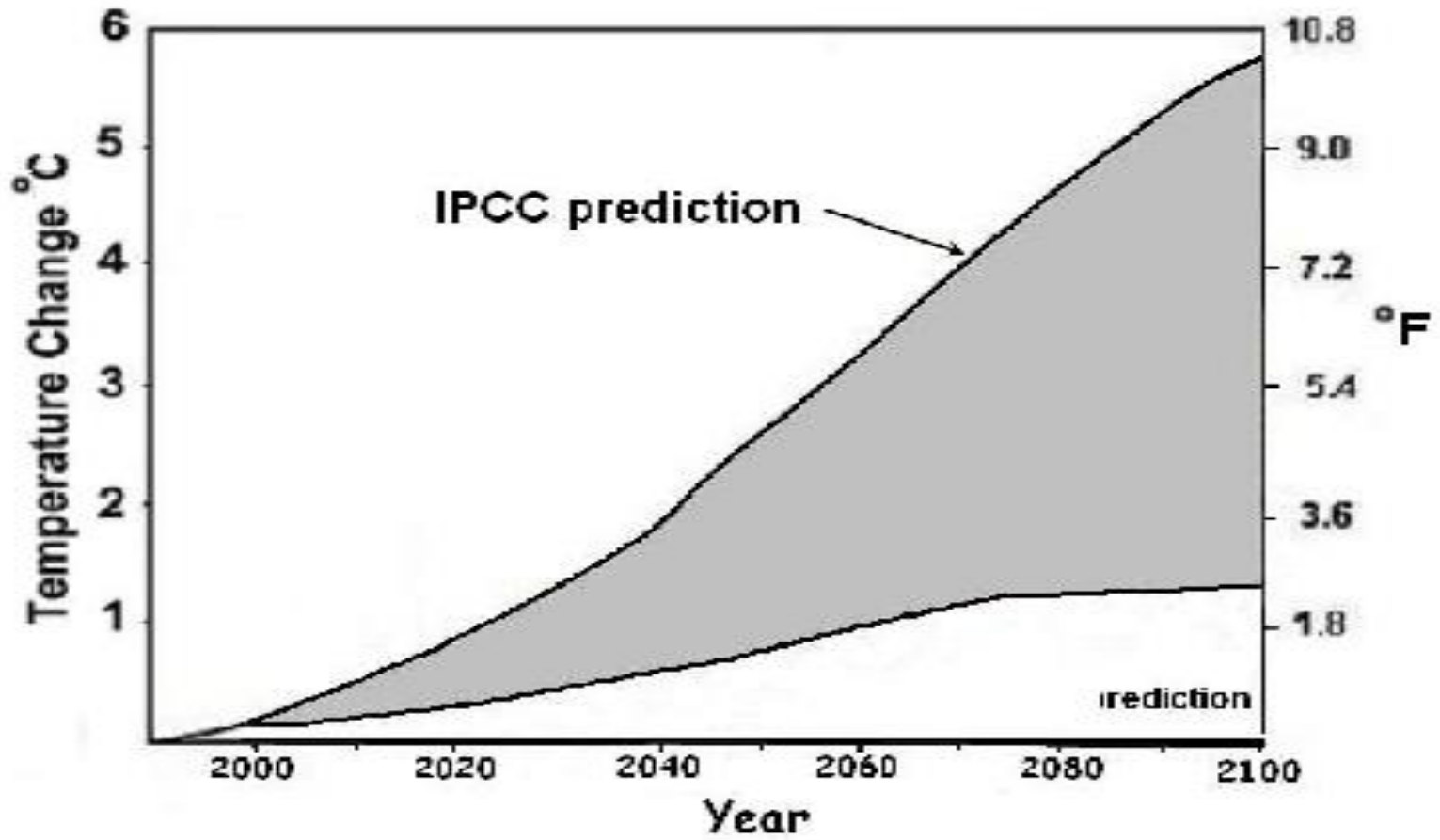
Note: N America = North America, SSA = Sub-Saharan Africa, S Asia = South Asia, MENA = Middle East & North Africa, LAC = Latin America & the Caribbean, ECA = Europe & Central Asia, EAP = East Asia & Pacific.

# IPCC 21세기초 지구 온난화 예측



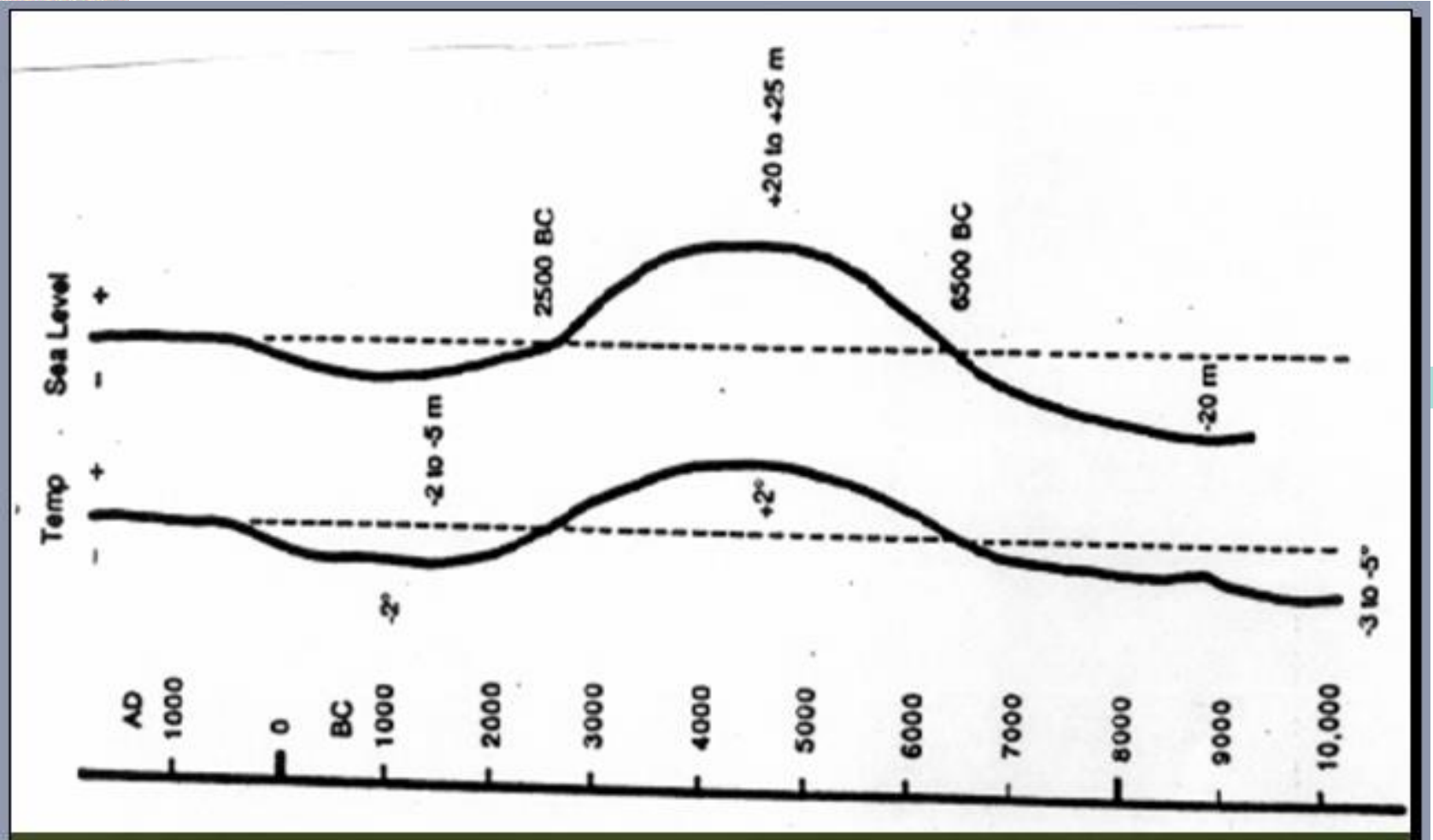
(Sources: IPCC website)

# IPCC 21세기중 지구 온난화 예측



(Sources: IPCC website)

# 충적세 기간중의 지구 온도변화와 해수면 변화



(Barnes, 1993)

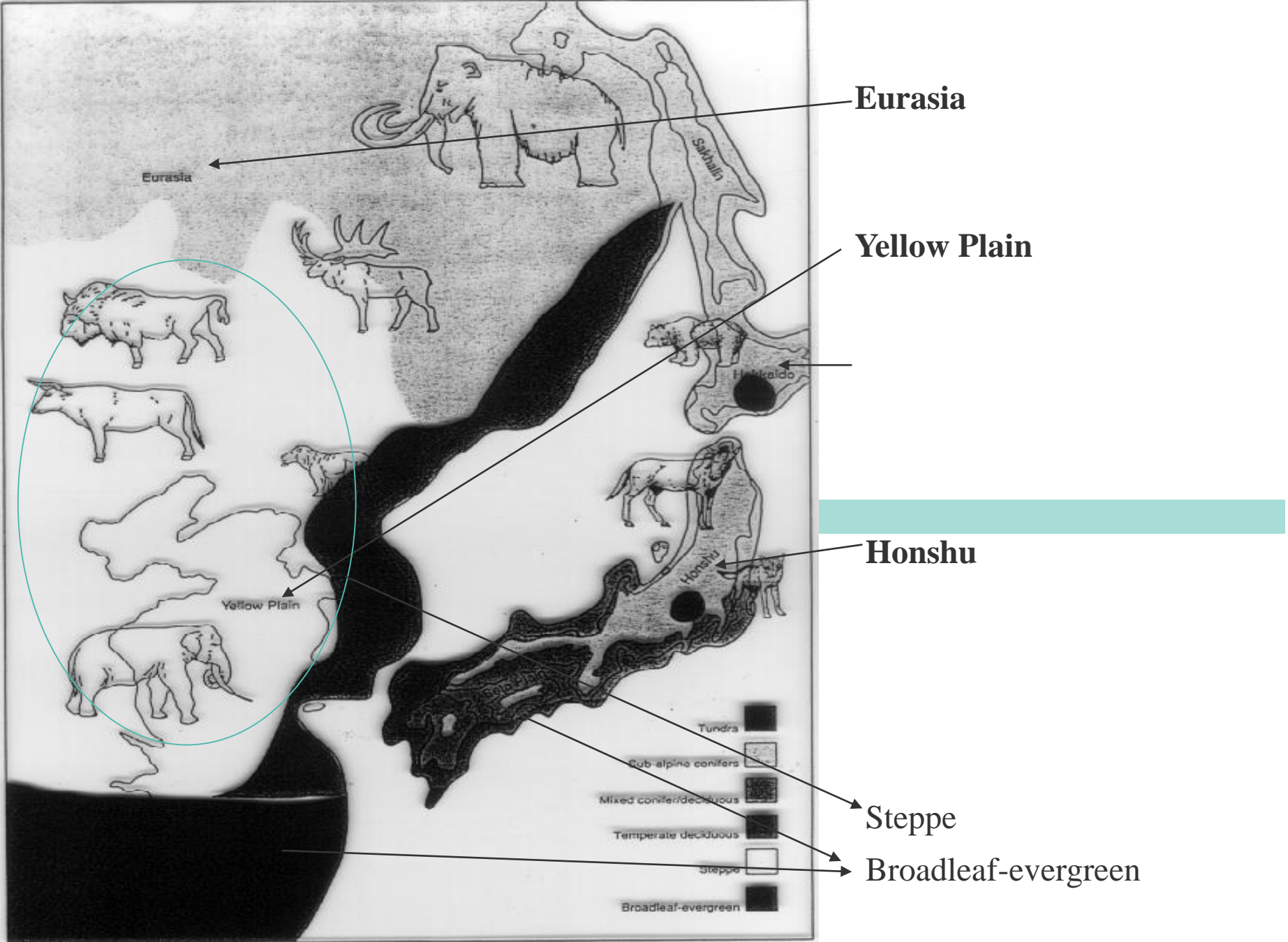


**Map of Northeast Asia**

# 한반도 주변 해역의 수심

Sea	Average	Deepest
East sea	1,864 m	4,049 m
South (Korea Strait)	101	227
Yellow sea	44	103
Bohai bay	21	72

(Lee, C.H., 2001)



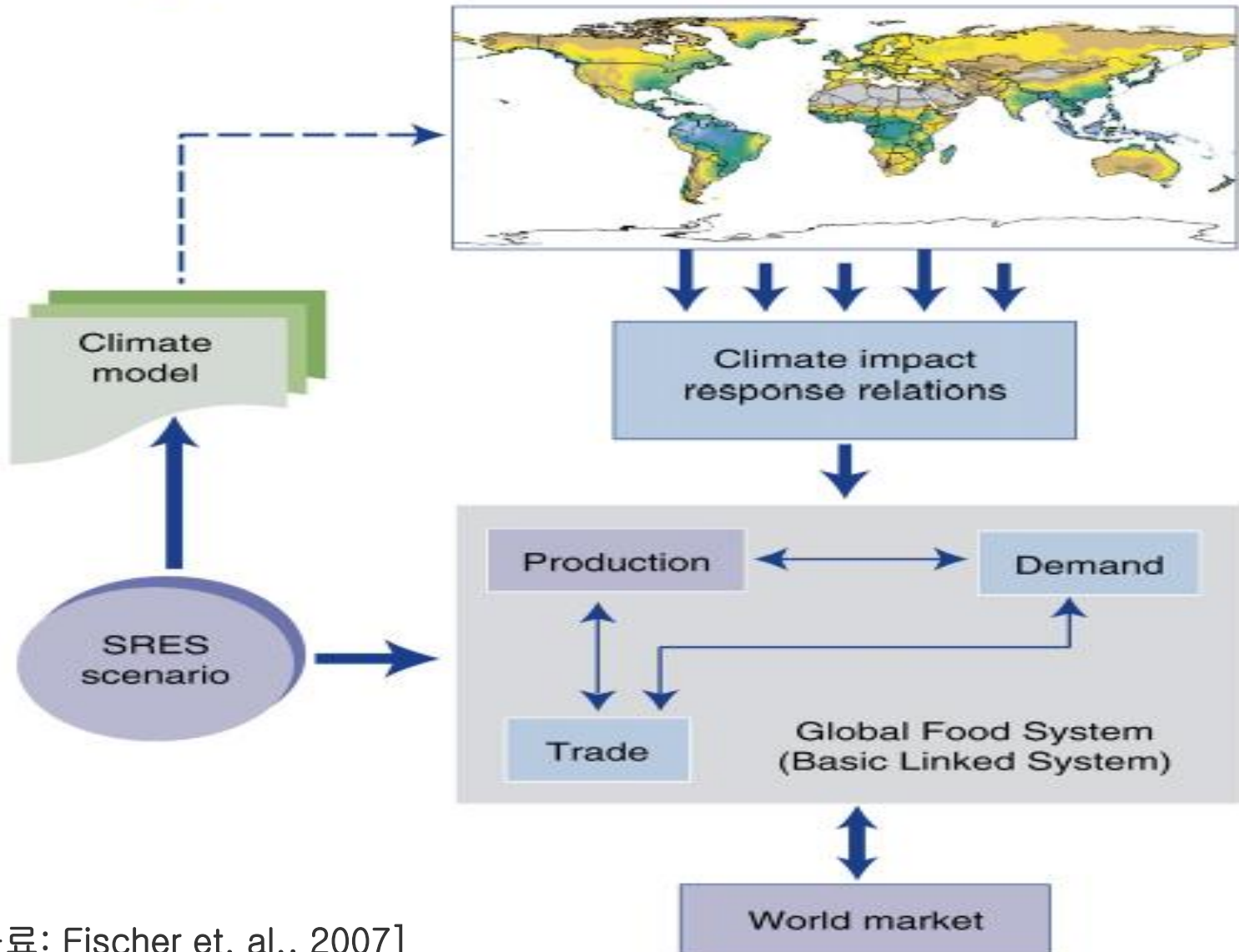
***Geography of Northeast Asia in 16,000 B.P.***

# 기후변화가 식량안보에 미치는 영향

- 1. 해안 경작지의 감소
- 2. 가뭄과 집중호우에 의한 피해
- 3. 농산물 신종 해충 및 질병의 발호
- 4. 식중독균의 변형 및 신종 출현
- 5. 패독, 곰팡이 독소 등의 집중발생
- 6. 천재지변에 의한 질병 및 면역력 감퇴

# 기후변화에 의한 세계 식량 구조 변화 예측 모델

## Ecological-Economic Analysis



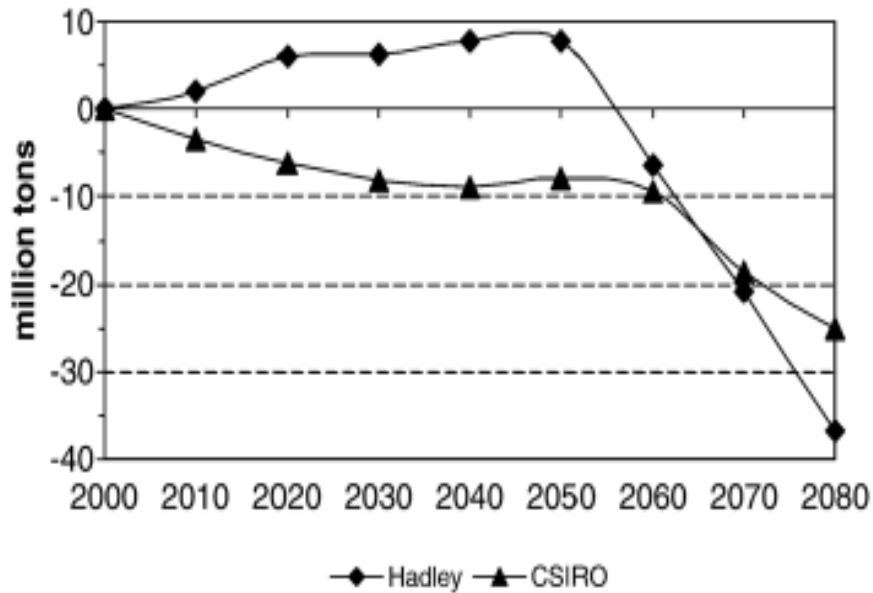
[자료: Fischer et. al., 2007]

# 기후변화에 의한 세계 곡물생산량의 변화 예측

	1990-2080 (% change)
World	-0.6 to -0.9
Developed countries	2.7 to 9.0
Developing countries	-3.3 to -7.2
Southeast Asia	-2.5 to -7.8
South Asia	-18.2 to -22.1
Sub-Saharan Africa	-3.9 to -7.5
Latin America	5.2 to 12.5

Source: Adapted from Tubiello and Fischer 2007.

(a) Global impact of climate change on cereal production



# 기후변화에 의한 세계 곡물생산량의 변화 예측,

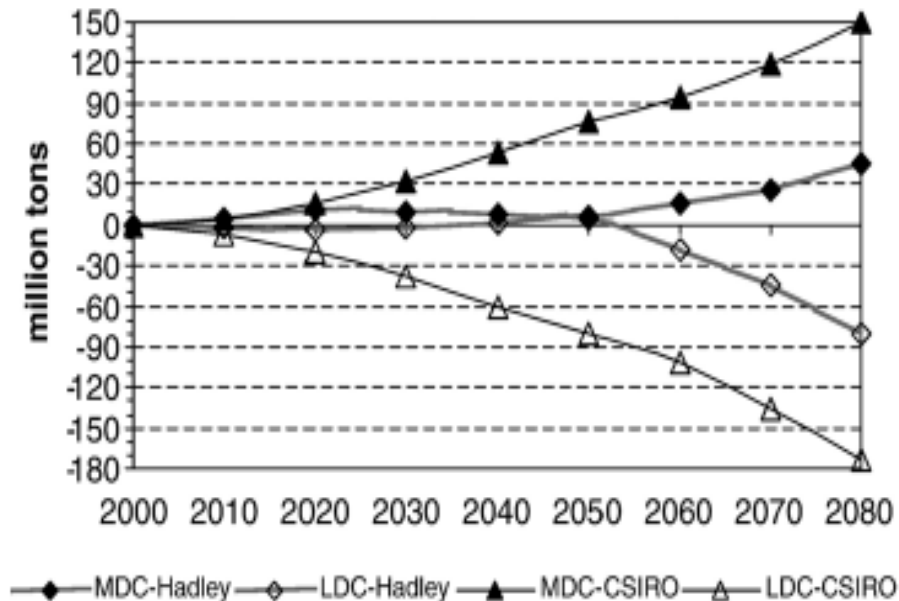
(a) 세계 전체

(b) 선진국과 후진국 구분

(MDC, moderately developed countries; LDC, less developed countries).

(Tubiello and Fischer, 2007)

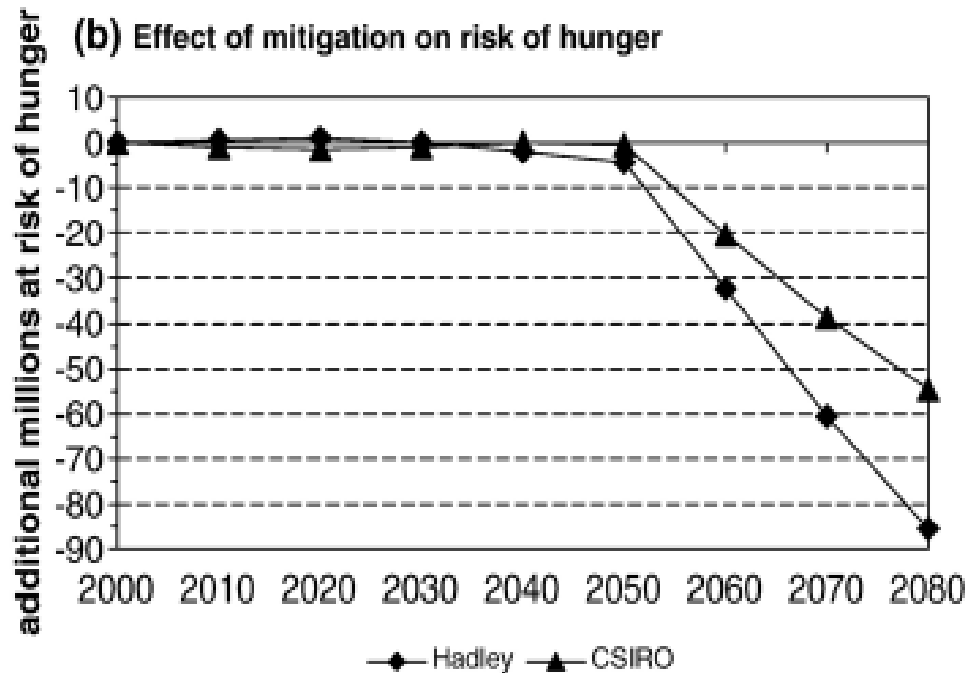
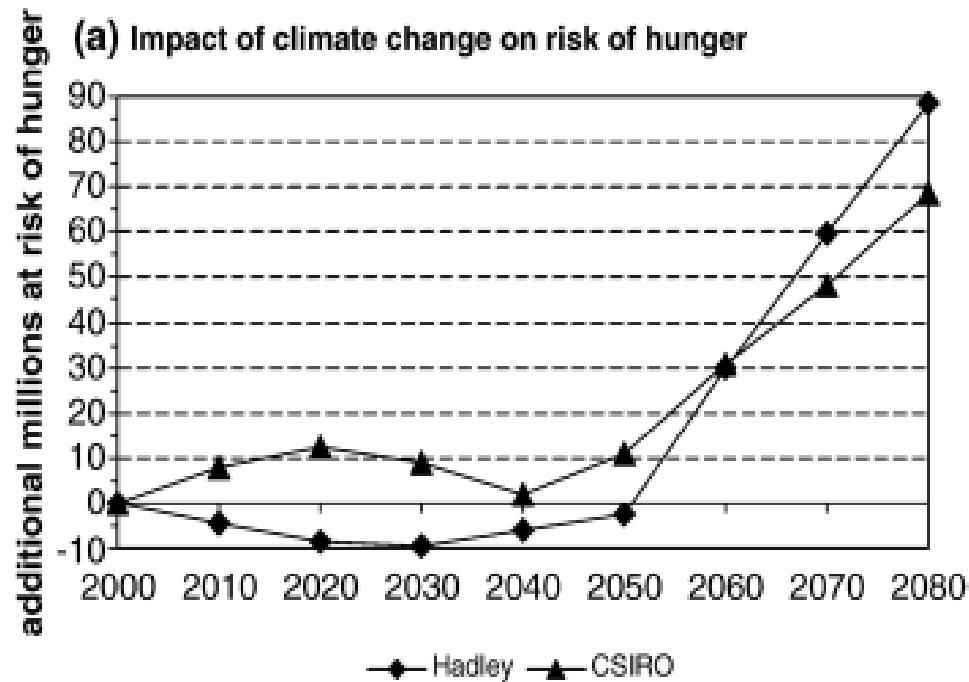
(b) Regional impacts of climate change on cereal production



# 기후변화에 의한 기아 인구의 변화 예측

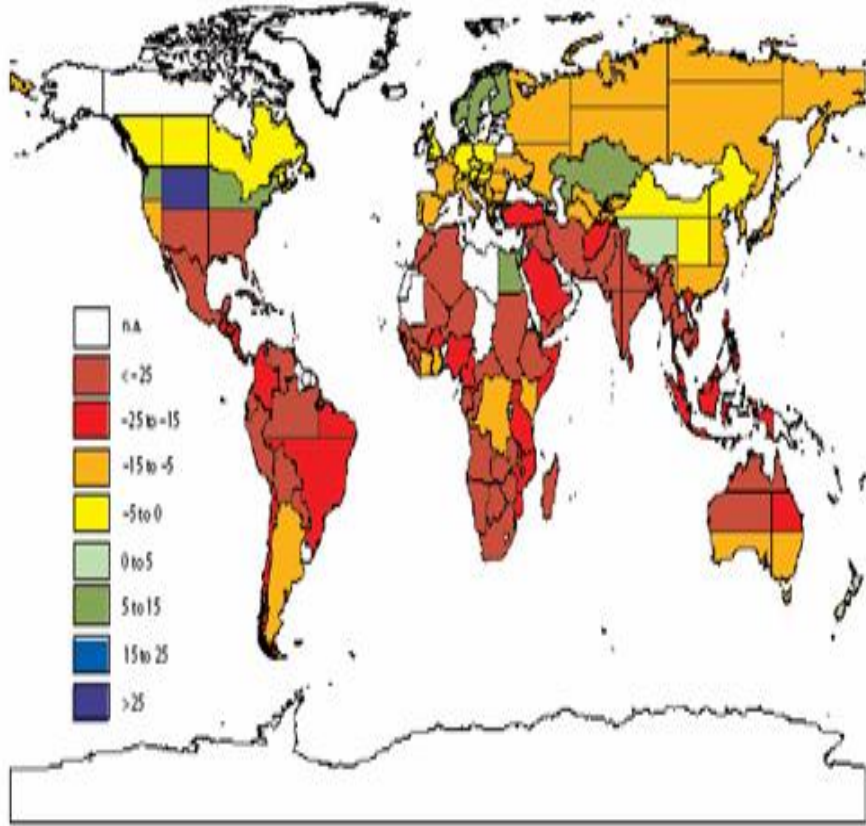
(a) 현재 추세로 방임

(b) 온실가스를 규제할 경우

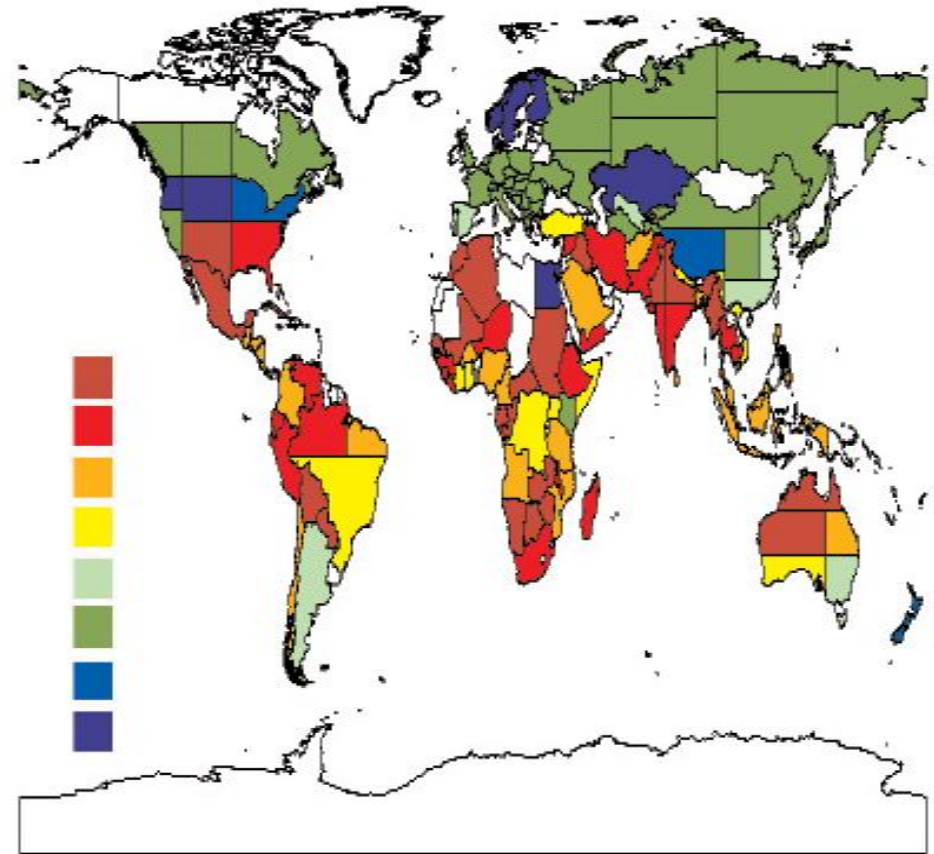


(Tubiello and Fischer, 2007)

# 기후변화로 인한 세계 각국의 농산물생산의 변화[%] 예측 (2080년)



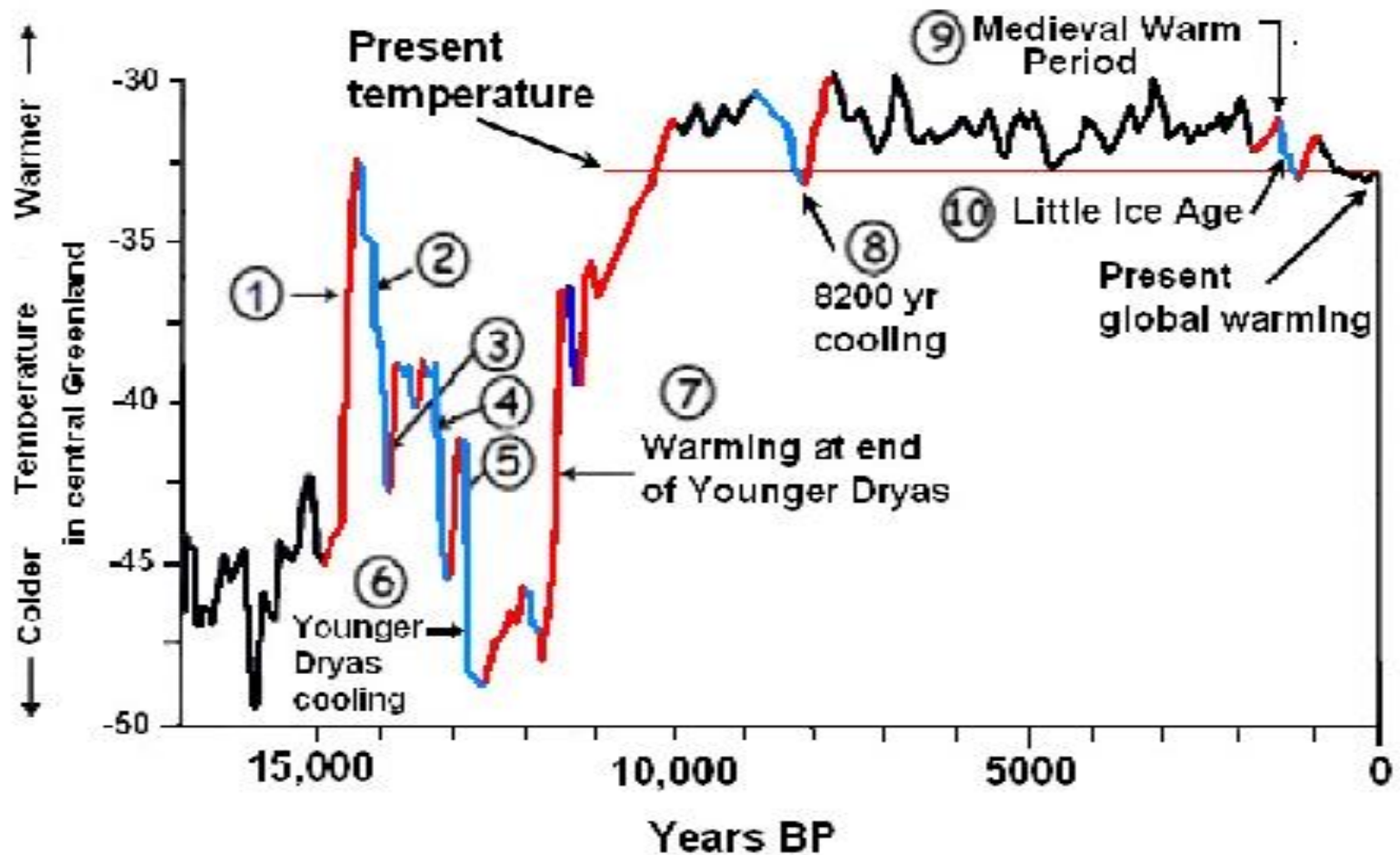
(a) 현재 추세로 방임



(b) 온실가스를 규제할 경우

# 지난 17,000년 동안의 지구 온도변화

Red = warming, blue = cooling



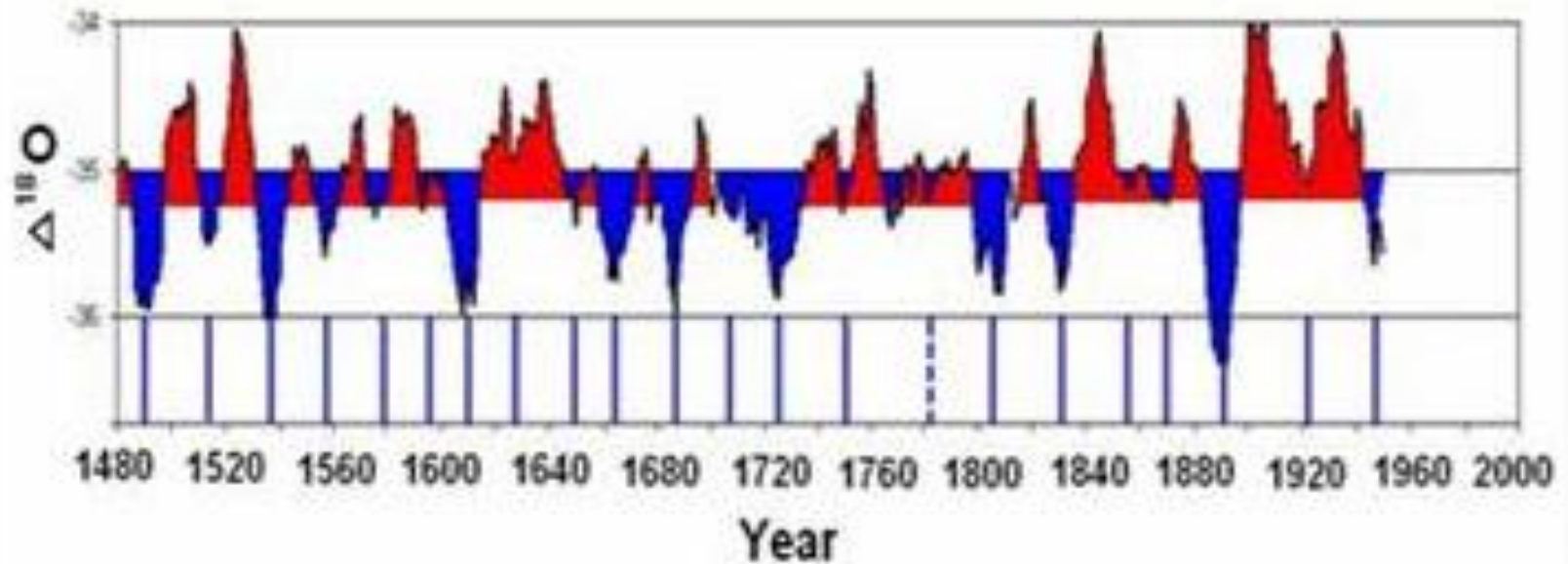
(Easterbrook, 2008, Modified from Cuffy and Clow, 1997)



# 1470 AD 이후의 지구 온냉 주기(warm and cool cycles)

Blue = cool, red = warm.

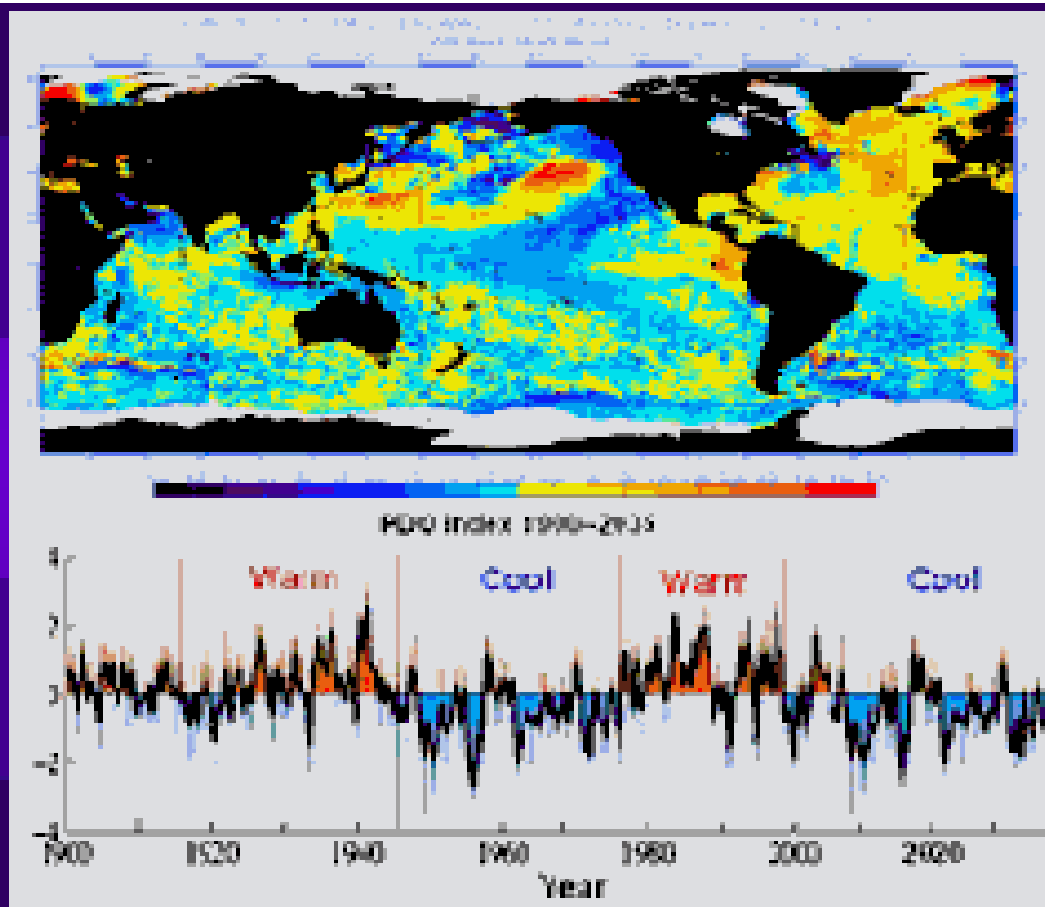
Alternating climatic warming and cooling has occurred about every 27 years since 1470 AD, well before atmospheric  $CO_2$  began to increase



(Sources: IPCC website)

# Pacific Decadal Oscillation (PDO)

Setting up of  
the PDO cold  
phase assures  
global cooling  
for the next  
~30 years.



(Easterbrook, 2008)

# 한국의 특수 상황

- **식량안보 – 대단히 취약**
  - 곡물 수요의 70%를 수입에 의존
- **식품안전 요구 수준 – 대단히 높음**
  - 잦은 식품안전 사고
  - 정부에 대한 불신감
  - 일부 시민단체나 언론의 무책임한 발언과 불매운동
  - 과학계의 소극적 대응

[KRR-55]

KAST Research Report

한림연구보고서 55

2009

# 우리나라 식량안보의 문제점과 개선방안

Food security problems and countermeasures  
in Korea



**KAST** 한국과학기술한림원  
The Korean Academy of Science and Technology

연구보고서 55

# 우리나라 식량안보의 문제점과 개선 방안

Food security problems and countermeasures  
in Korea

2009



연구책임자 : 이 철 호 (고려대학교 교수)  
 연구원 : 문 현 팔 (북방농업연구소 연구위원)  
           최 양 도 (서울대학교 교수)  
           김 용 택 (한국농촌경제연구원 선임연구위원)  
           유 명 애 (ILSI Korea 사무총장)  
 연구조원 : 손 흥 석 (고려대학교 박사과정)

**KAST** 한국과학기술한림원  
The Korean Academy of Science and Technology

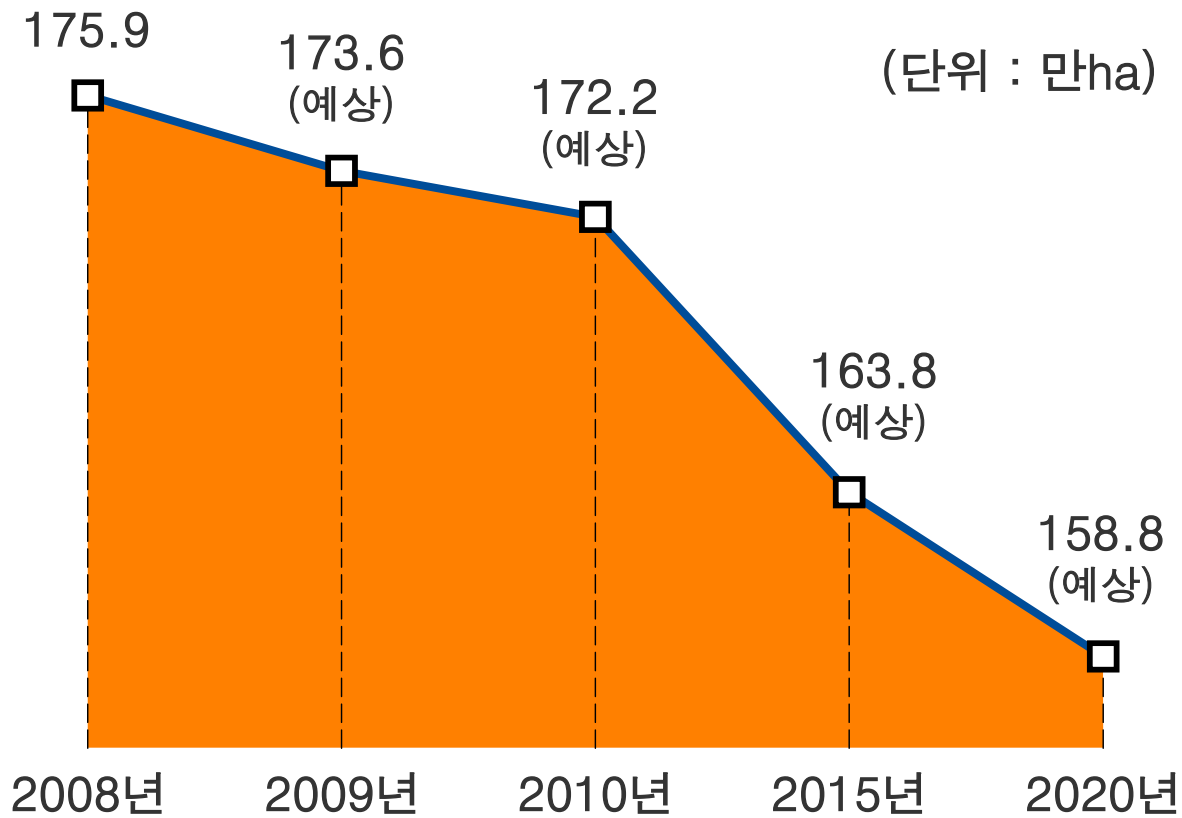
# 식량안보를 위한 정책 방향

- 식량안보의 문제를 식량의 생산과 분배의 측면에 중점을 두고 해결하려고 하는 **기존의 방식에 수정**을 가할 필요가 있다.
- 지역별 **사회, 경제, 문화적 배경과 과학기술에 대한 신뢰성**이 함께 고려되는 거시적 국가경영의 틀에서 접근해야 한다.
  - 식량 생산 및 공급 구조
  - 세계의 식량사정과 교역 환경
  - 식사 행태를 결정하는 식습관과 음식문화
  - 식품 안전 의식과 구매 행태

# 식량정책의 계획과 현실

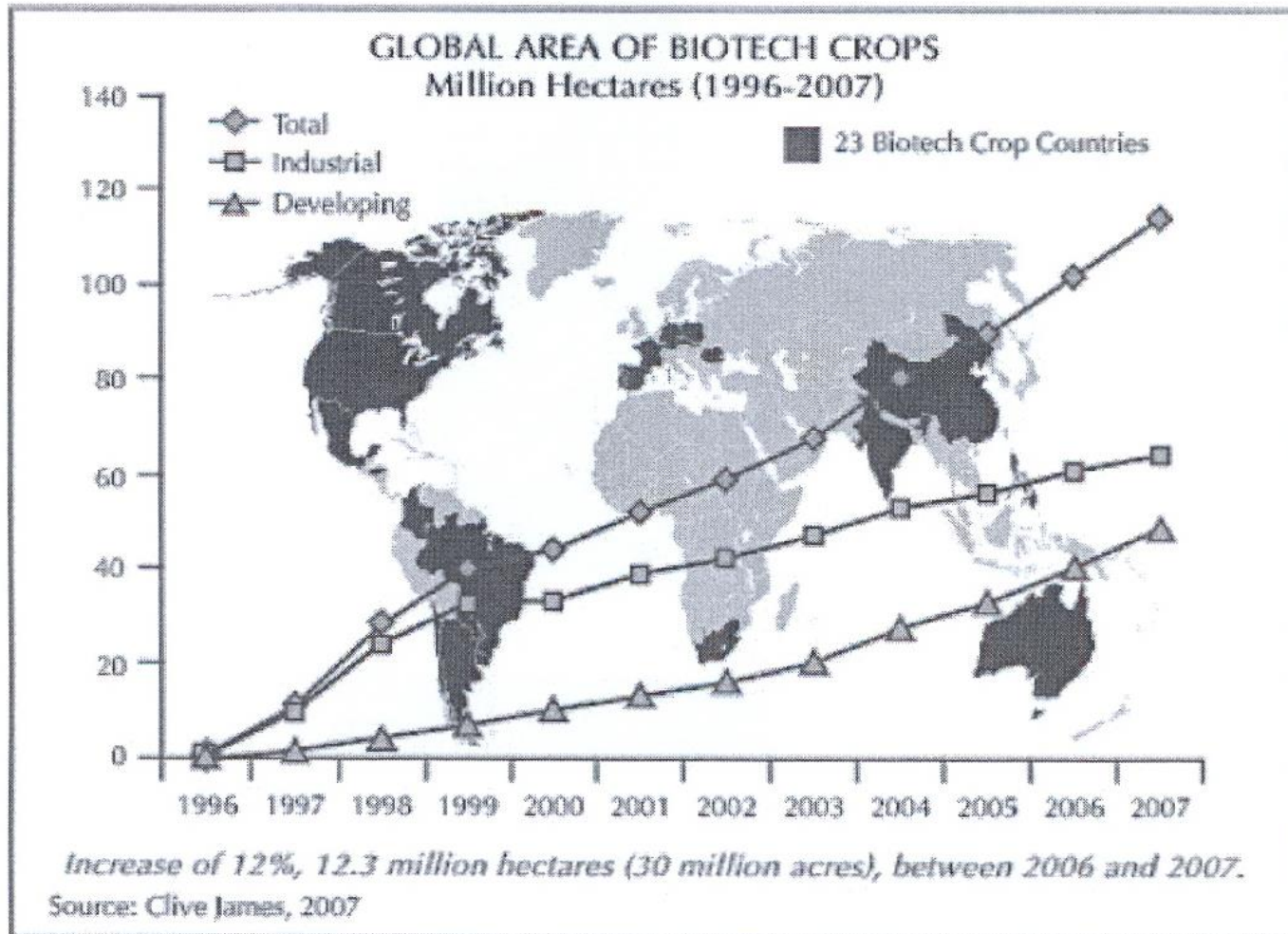
- 2015년의 식량자급률 목표치(2007년 12월 제정)
  - 주식용 곡물자급률 54%,
  - 사료용 포함 곡물자급률 25%
  - 칼로리 자급률 48%
  - 품목자급률로서 쌀 90% 등을 설정
- 아직 구체적인 세부추진 방안이 마련되지 않고 있음
- 농지전용 규제 완화, 농업진흥지역 전용시 대체농지 조성 의무 면제, 새만금 농지 비율 축소 등 국내생산기반의 보호 정책에 역행

# 한국의 경지면적 추이



자료 : 통계청, 농촌경제연구원

# 생명공학 (GM) 농작물의 생산량 변화



# GM 기술의 장단기 개발 계획과 잠재력

Time scale	Target crop trait	Target crops
Current	Tolerance to broad-spectrum herbicide	Maize, soybean, oilseed brassica
	Resistance to chewing insect pests	Maize, cotton, oilseed brassica
Short-term (5–10 years)	Nutritional bio-fortification	Staple cereal crops, sweet potato
	Resistance to fungus and virus pathogens	Potato, wheat, rice, banana, fruits, vegetables
	Resistance to sucking insect pests	Rice, fruits, vegetables
	Improved processing and storage	Wheat, potato, fruits, vegetables
Medium-term (10–20 years)	Drought tolerance	Staple cereal and tuber crops
	Salinity tolerance	Staple cereal and tuber crops
	Increased nitrogen-use efficiency	
Long-term (>20 years)	High-temperature tolerance	
	apomixis	Staple cereal and tuber crops
	Nitrogen fixation	
	Denitrification inhibitor production	
	Conversion to perennial habit	
	Increased photosynthetic efficiency	

# 신기술에 대한 소비자 수용도

생명공학(GM) 농작물에 대한 지역간 갈등



VS.

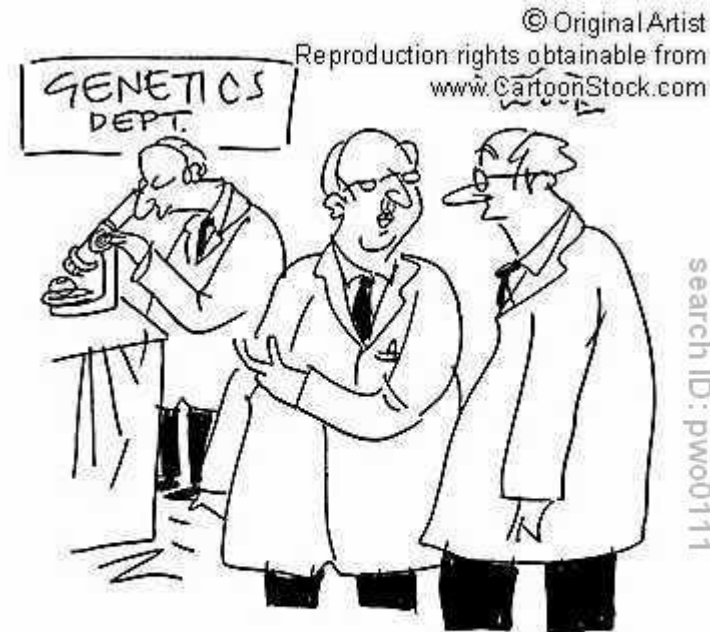


# 한국 식량안보의 문제

1. 30%를 밑도는 식량자급률에 대한 위기의식을 느끼고 있으며 이를 개선하기 위한 정책의지가 있는가?
2. 2015년에 개방될 쌀시장에 대비하여 국산 쌀의 경쟁력 확보 방안이 있는가?
3. Non-GM 곡물을 세계시장에서 구입할 수 없게 되는데 국민의 불안감은 증폭되고 있는 상황에서 식량공급 대책이 있는가?
4. 식품공급의 주체가 되고 있는 국내 식품산업이 각종 규제로 국제경쟁력을 잃어가고 있는데 이에 대한 대책이 있는가?

# Thank you for your attention

## COUNTERTHINK



"Wilson's working on a gene programme that will make modified vegetables 100% organic."