

# 농업부문 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석

김 창 길 선임연구위원  
정 학 균 연구위원  
박 지 연 부연구위원  
문 동 현 연구위원

## **연구 담당**

김창길	선임연구위원	연구 총괄, 분석 종합 및 대응 방안
정학균	연구위원	실태 분석 및 경제적 효과 분석
박지연	부연구위원	적용 수단 경제적 효과 분석
문동현	연구원	해외사례 정리

## 머 리 말

---

기후변화가 심해지면서 이상기상이 빈번해지고, 농업재해가 증가하며, 농산물의 재배 적지가 변화하는 등 기후변화가 농업 분야에 미치는 영향이 상당한 것으로 나타나고 있다. 기후변화가 농업 분야에 미치는 부정적인 영향을 최소화하고 위기를 기회로 활용하려면 여러 가지 적응 수단을 도입하여 체계적이고 단계적인 기후변화 적응 대책을 마련해야한다. 현실적으로 기후변화 적응 대책 마련에는 많은 시간과 예산이 투입되어야 하므로, 사전에 적응 수단의 경제적인 효과를 정밀하게 분석하고, 그에 따라 실효성 높은 적응 방안을 도출해야한다.

이 보고서는 「농업부문 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석」에 관한 연구원 기본 과제의 최종 결과물이다. 여기서는 우선, 농업부문의 기후변화 적응 수단들에 대해 살펴보고 적응 수단의 경제적 효과 분석 방법론을 검토하였다. 다음으로, 농업인의 기후변화 인식도 및 적응 실태를 조사하여 제시하였고, 재해보험, 작목 전환, 기상·기후 정보 활용의 경제적 효과를 실증적으로 분석하였다. 마지막으로, 농업인의 조사 및 실증 분석 결과를 바탕으로 한 실효성 있는 기후변화 적응 시스템을 구축하기 위한 핵심 과제로서, 위험관리 수단으로 보험제도의 활성화, 미래 기후변화를 고려한 작목 전환, 융합 기술을 활용한 스마트 농업의 농가 보급 확대, 체계적인 인력 양성 및 교육·훈련 강화 등을 제시하였다. 아무쪼록 이 연구가 농업부문의 기후변화 적응 시스템을 구축하는 데 기초 자료로 활용되기를 기대한다.

바쁘신 가운데에서도 이 연구의 수행에 연구 자문 위원으로 수고해 준 중앙대학교 김정인 교수와 농림축산식품부 김휴현 사무관 등 관계자들에 감사드린다.

2015. 10.

한국농촌경제연구원장 최 세 균



## 요 약

---

### 핵심 요지

- 지구온난화에 따라 기온이 지속적으로 상승하고, 이상기상이 빈발해지며, 농작물의 주산지가 변동되는 기후변화의 영향이 커지고 있는 상황에서 위험을 최소화하고 기회를 최대화하기 위해 적절한 적응수단 도입이 긴요함.
- 기후변화의 적응수단으로 농작물 재해보험의 가입농가는 미가입농가에 비해 약 132만 원의 경제적 편익이 발생하고, 작목전환은 농업 총이윤을 증가시키며, 기상·기후 정보 활용도가 높을수록 농가소득도 증가하는 것으로 분석됨.
- 기후변화 적응을 위한 핵심과제로 농업재해보험제도 활성화, 미래 기후변화를 고려한 작목전환 유도, 융합기술을 활용한 스마트농업의 농가보급 확대, 적응분야의 전문인력 육성과 농업인 교육·훈련 강화가 필요함.

### 연구의 배경 및 목적

- 기후변화가 농업부문에 미치는 위험을 최소화하고 기회를 최대화하기 위해서는 적절한 기후변화 적응수단 도입을 통한 체계적이고 단계적인 대응책 마련이 필요함. 기후변화 적응 대책을 추진하기 위해서는 상당한 시간과 및 예산 투입이 수반되므로 사전에 적응수단의 경제적인 효과에 대한 심층적인 분석이 요구됨.
- 이 연구는 농업부문의 대표적인 기후변화 적응 수단인 농작물 재해보험과 작목전환, 기상·기후 정보 활용 등의 경제적인 효과에 대해 체계적으로 분석하고, 이를 기초로 실효성 있는 적응시스템 구축 방안을 제시하기 위해 추진됨.

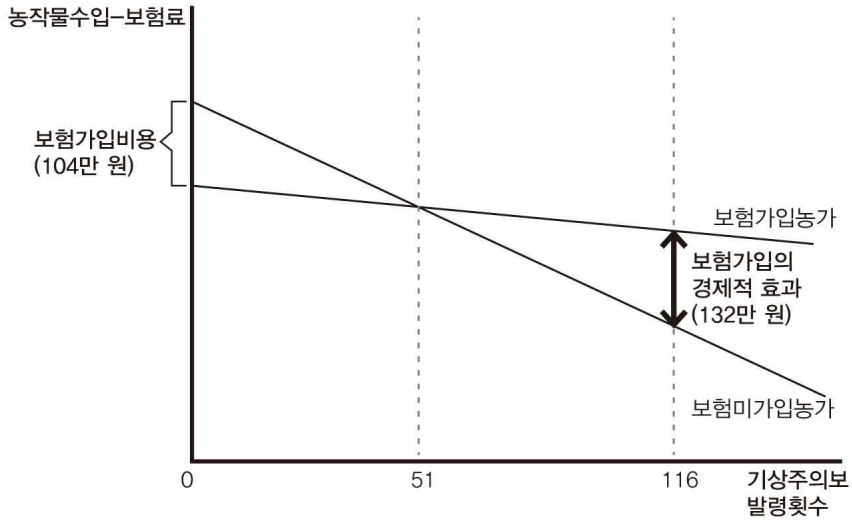
### **농업인들의 기후변화에 대한 인식도 높고 여러 가지 적응수단의 활용**

- 농업인들의 기후변화에 대한 인지도 및 적응 수단에 대한 반응을 파악하기 위해 2015년 9~10월에 농업인(482명)을 대상으로 설문조사를 실시함.
- 설문조사 대상 농가의 82.8%가 기후변화에 대해 알고 있으며, 97.4%가 기후변화가 지속될 것으로 예상하고 있고, 부정적 영향을 미친다고 답한 농가가 83.8%에 달함.
- 기후변화가 농업생산에 미치는 영향으로는 병충해 피해의 증가(26.4%, 단수 감소로 인한 수량 감소(14.5%), 채소류의 품질 저하(9.7%), 품목의 재배기간이 짧아짐(9.0%), ‘착색이 불량해짐(8.3%) 등의 순으로 조사됨.
- 기후변화의 적응방안으로 작목전환(20.1%), 파종 및 수확 시기의 조절(14.1%), 농작물 재해보험 가입(13.7%), 현재 재배하고 있는 작물의 품종변경(13.6%)의 순으로 조사됨.

### **농작물 재해보험 가입농가가 미가입 농가에 비해 132만 원의 경제적 편익 발생**

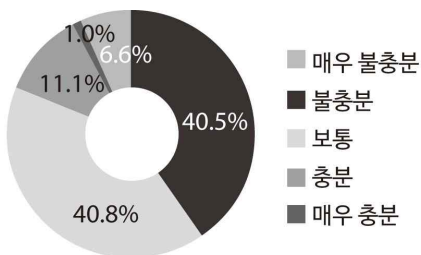
- 농작물 재해보험은 자연재해 등으로 인한 경영 불안을 해소하여 농가의 소득 및 경영 안정을 도모하고자 2001년부터 시행되고 있는 대표적인 기후변화 적응 방안 중 하나임.
- 농작물 재해보험이 가장 먼저 시행되었고 가입률이 다른 품목에 비해 상대적으로 높은 과수농가를 대상으로 재해보험의 효과를 추정한 결과, 보험가입 농가는 미가입 농가에 비해 평균 132만 원의 보험으로 인한 경제적 효과를 얻는 것으로 분석됨. 또한 농작물 재해보험은 경제적 효과뿐만 아니라 자연재해로 인한 피해와 소득 불확실성에 대한 심리적 불안감을 감소시키는 비경제적 효과도 있는 것으로 나타남.

<농작물재해보험의 경제적 효과의 기본구조>

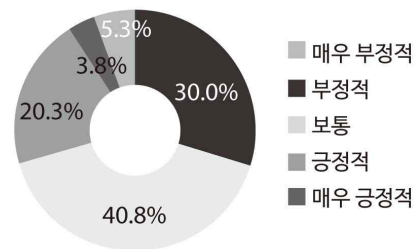


- 하지만 보험을 인지하고 있는 응답자의 절반가량이 보험에 관한 정보가 부족하다고 응답하였으며, 주위 농가의 보험에 관한 인식이 부정적인 것으로 나타나 보험의 실질적인 효과에 관한 정보를 제공할 수 있는 홍보 및 교육이 필요함을 시사함.

<농작물재해보험 관련 농가 설문 주요 결과>



농작물 재해보험에 관한 정보 만족도

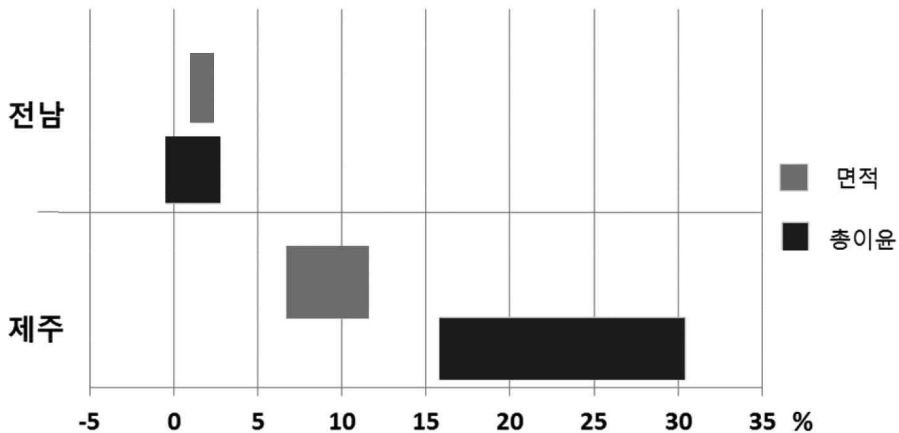


주위 농가의 농작물 재해보험에 관한 인식

### 적응수단으로 작목전환은 농업 총이윤 증가

- 실증적 수리계획 기법을 이용하여 재배작물의 최적화 분석 결과 열대·아열대 작목전환은 전라남도의 경우 전체 식부면적의 1.2~1.9%, 제주도의 경우 6.6~12.0%를 점유하는 것으로 나타남. 작목전환의 적응수단을 도입한 경우의 농업 총이윤은 전라남도의 경우 -0.2~2.6%, 제주도의 경우 16.3~30.1% 증가하는 것으로 분석됨.

<작목전환 이후 대체작목 비중과 농업총이윤 변화>

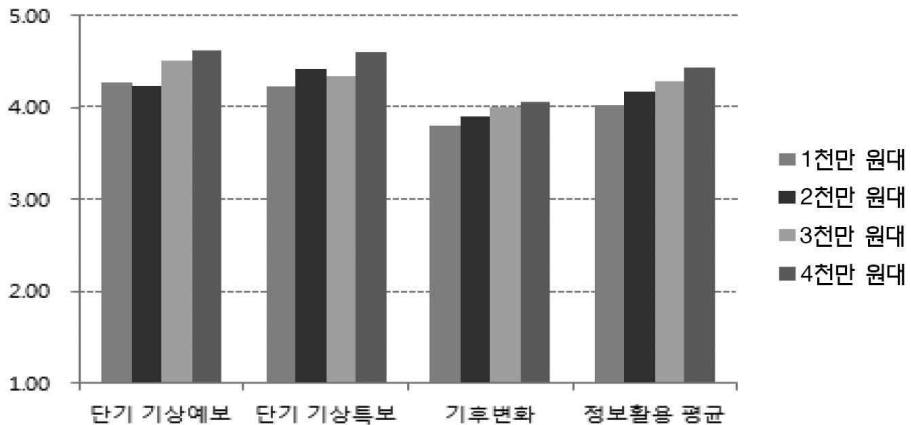


- 작목전환 의사결정 요인 분석 결과, 재배면적이 적을수록 농업관련 교육 횟수가 많을수록 기상·기후정보 활용도가 높을수록, 농작물 재해보험 가입의사가 높을수록 작목전환을 더 많이 하는 것으로 분석됨.
- 작목전환을 경험한 농가들은 작목전환의 주요 애로사항으로 작목 전환 초기의 소득감소, 재배기술 적응, 판로 확보 등을 꼽음. 특히 소규모 농가들의 작목전환에 따른 초기 소득 감소의 위험을 완화시켜 주고, 정확한 기상·기후정보, 재해보험 정보 등을 제공해 줄 필요가 있음.

### 기상·기후 정보 활용도와 농가소득은 양의 상관관계

- 기상·기후 정보 활용이 농가 소득에 미치는 효과 추정 결과, 기상정보, 기상특보, 기후변화 등 기상·기후 정보 활용도가 높을수록 농가 소득이 높은 것으로 분석됨.
- 농가 소득 제고를 위해 보다 정확한 기상 및 기후정보를 적극적으로 확산시키는 정책적 노력이 필요함.

<농업소득별 기상·기후 정보 활용도>



주: 1: 전혀 활용하지 않는 편, 2: 활용하지 않는 편, 3: 보통, 4: 활용하는 편, 5: 많이 활용하는 편

### 농업부문 기후변화 적응시스템 구축 기본방향

- 첫째, 정책의 실효성 제고를 위해 적응수단의 경제적 효과와 농업인 수용력 분석을 기초로 한 적응시스템을 구축함.
- 둘째, 적응 시스템 구축을 위해서는 상당한 기간이 소요되므로 2030년을 목표 연도로 설정하여 시스템구축을 위한 기반구축단계(2016~2020), 도약단계(2021~2025), 정착단계(2025~2030) 등 3단계로 나누어 접근함.

- 셋째, 실효성 있는 적응대책 추진을 위해 관련주체의 적절한 역할분담이 이루어지도록 함.

### 핵심 추진 과제

- 첫째, 위험관리 수단으로 농업부문 보험제도 활성화
  - 농가위험관리를 위한 개인보험 개발 등 지역별·품목별 조건을 고려한 농업재해보험의 확대
  - 보험금 지급기준 및 피해액 산정기준 개선과 농가의 보험부담금을 완화시킬 수 있는 방안 마련이 필요
  - 보험 상품을 다양화하여 농가의 선택의 폭을 넓히는 노력이 필요
  - 농작물재해보험의 내실화를 위해 농협의 역할 분담에 대한 보완
- 둘째, 미래 기후변화를 고려한 작목전환 유도
  - 기후변화에 따른 지역별 여건(주산지 변동과 생태계 변동)을 반영한 신품종 개발과 보급 확대
  - 지역적 특성을 반영하여 주산지 변동에 따른 새로운 품종 도입이 필요한 경우 지역적 적응성과 소비자 기호성, 국내외 경합성 등을 종합적으로 고려하여 도입작목을 선정
  - 기후변화 여건에 적응할 수 있도록 재배적지 조정, 시비, 파종, 수확시기 조절 등 새로운 생산기술 개발
- 셋째, 융합기술을 활용한 스마트 농업의 농가보급 확대
  - 새로운 대체작목 전환으로 인한 농업노동력 부족을 해결하는 방안으로 ICT 첨단기술을 활용한 복합환경제어 시스템을 대체작목 생산에 도입하여 스마트 팜(smart farm)을 구축
  - 사전적 기상정보 제공을 위한 조기경보 시스템 개발, 농업기상재해 발생위험지 상세구분, 농업기후 요소별 상세기후도 구축(전자기후도 활용) 등 기후정보시스템 개발

- 기상 및 기후정보의 정확성 제고와 함께 다양한 농업 기상 및 기후정보를 생산하고, 또, 특정 품목의 농작업별 맞춤형 기상 및 기후정보를 생산
  - 기후변화 적응농업은 기후스마트농업(climate-smart agriculture: CSA)으로 확대 발전
- 넷째, 체계적인 인력양성 및 교육·훈련 강화
- 적응대책 전문 인력 육성과 기후변화 적응 선도농업인 육성을 위한 교육 프로그램 운용
  - 농업재해보험에 관한 정보 제공 및 농업인 교육 요구
  - 기후변화 대응 교육 분야에서는 작목전환, 농업 기상·기후정보 시스템 활용에 대한 농가 인식 제고를 위한 교육 확대

#### 연구의 한계와 향후 과제

- 이 연구에서는 관련 분야 자료의 제약으로 인해 기후변화 적응 수단을 재해보험, 작목 전환, 정보 활용 등에 한정하였으나, 향후 연구에서는 재배 시기 조절, 농업용수 관리, 농업시설 관리 등 다양한 수단을 심층적으로 분석할 필요가 있음.
- 기후변화 적응 수단의 경제적 효과를 종합적으로 분석하기 위해서 기후변화와 경제를 연계한 통합 모형을 이용한 연구도 이루어져야 함.

## ABSTRACT

---

# Economic Analysis of Adaptation Measures to Climate Change in the Agricultural Sector

### **Background of Research**

As climate change progresses, abnormal weathers frequently occur, for example, localized heavy rain falls, typhoons, droughts and cold waves, and disasters by the abnormal weathers increase in agriculture. The subtropicalized Korean Peninsula changes regions the most ideal for growing specific agricultural products, and increases damages due to diseases and harmful insects. This implies a great impact of climate change on agriculture. It is thus necessary to establish a systematic and step-by-step strategy by adopting means to cope with climate change to minimize the negative effect of climate change on the agricultural sector and maximize opportunities. Because promoting the strategies to cope with climate change requires significant time and budgets, it is essential to make a prior in-depth analysis of economic effect of the means to cope with climate change. In this context, this study aims to make a systematic analysis of economic effect of the means to cope with climate change in the agricultural sector, and suggest a strategy for building a system effective for coping with climate change on the basis of the analysis.

### **Research Methodology**

A questionnaire survey for farmers (433 farmers as a sample group) was carried out for analyzing farmer's recognition and response about the means to cope with climate change. Different analysis methods are applied to attain the purpose of this study to analyze the economic effect of the means to cope with climate change. The stochastic production frontier model of Just - Pope is used to measure the economic effect of the Crop Insurance as a means to cope with climate change. The farmer's deci-

sion-making model of Chavas-Holt is used to analyze the economic efficiency of crop switching to cope with climate change, and the Logit model is used to analyze decision-making factors of crop switching. In addition, the Positive Mathematical Programming (PMP) is used to analyze the best crops to cope with climate change. The ordinal logistic regression model is used to analyze the economic effect of using weather and climate information on farmer's income.

### **Research Results and Implications**

The means used generally by most farmers to cope with climate change included crop insurance, crop switching, and use of weather and climate information, and their economic effect was analyzed. First, estimation of the effect of crop insurance through the Just - Pope model reveals that the economic effect of crop insurance is greater as more frequent disastrous weather events occur. It also reveals that insured farmers have the benefit of 1.39 million won in comparison with uninsured farmers. The survey for the farmers reveals that a half of the respondents say they do not have enough information about the crop insurance. This implies that public relations and training are required to provide information about real effect of the insurance.

The analysis of best crops by using the PMP model to analyze the economic effect of crop switching to cope with climate change reveals that subtropical crops including mangos, asparagus, bitter melons and kiwi fruits will account for 1.2~1.9% of the entire crop cultivation area in the Jeollanam-do region around 2040.

The result of analyzing decision-making factors for farmer's crop switching reveals more crop switching is closely related to farmers with less cultivation areas, more training related to farming, more use of weather and climate information and higher interest in joining crop insurances. Farmers who did crop switching say main difficulty of crop switching is reduced income at an early stage of crop switching, adaptation to cultivation technology, and ensuring buyers. Therefore, it is necessary to support farmer's decision-making by alleviating the risk of initial income reduction following small-scale farmer's crop switching, and providing accurate weather and climate information and crop insurance information.

The result of estimating the effect of using weather and climate information on farmer's income reveals farmer's more income is ensured by more use of weather and climate information, for example, weather information, special reports of weather and climate change. This implies that political efforts are required to spread weather and climate information to increase farmer's income.

As an essential direction for building an effective system to cope with climate change, it is necessary to build a system to cope with climate change, based on an analysis of the economic effect of the means and farmer's accepting capability in addition to a systematic approach, and pertinent role sharing of related bodies. In addition, exemplary key projects for building the system to cope with climate change include vitalization of crop insurance as a risk management means, crop switching in consideration of future climate change, further encouraging farmers to be adapted to smart farming using fusion technology, systematic training of human resources, and facilitating training and education.

Although this study describes just crop insurance, crop switching and use of information because of limited available data about the means to cope with climate change, in-depth analysis is required for various means, for example, cultivation time control, water management for farming, and agricultural facility management in future studies. It is also necessary to use an integrated model in future studies for a comprehensive analysis about the economic effect of the means to cope with climate change.

Researchers: Kim Chang-gil, Jeong Hak-kyun and Park Ji-yun

Research Period: 2015. 1. ~ 2015. 10.

E-mail address: changgil@krei.re.kr

## 차 례

---

### 제1장 서론

1. 연구의 필요성 .....	1
2. 연구 목적 및 범위 .....	3
3. 선행 연구 검토 .....	4
4. 연구 방법 .....	9
5. 보고서의 구성 .....	12

### 제2장 국내외 기후변화 실태와 전망

1. 세계 기후변화 실태와 전망 .....	13
2. 국내 기후변화 실태와 전망 .....	20

### 제3장 기후변화 적응의 이론 및 경제적 분석 방법론

1. 기후변화 적응의 이론 체계화 .....	27
2. 기후변화 적응의 경제적 분석 방법론 .....	33
3. 국제기구의 적응 수단 경제적 효과 분석 사례 .....	40

### 제4장 농업인의 기후변화 인식도 및 적응 실태 조사

1. 설문 조사 개요 .....	47
2. 설문 조사 결과 .....	50
3. 설문 조사 결과의 시사점 .....	68

### 제5장 농업부문 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석

1. 농작물 재해보험의 경제적 효과 분석 .....	71
2. 적응 수단으로써 작목 전환의 경제성 분석 .....	89
3. 기후변화 적응 관련 재배 작물 최적화 분석 .....	106

4. 적응 수단으로써 기상·기후 정보 활용 분석 .....	119
5. 실증 분석 종합 및 시사점 .....	126
<b>제6장 농업부문의 기후변화 적응 시스템 구축 방안</b>	
1. 기본 방향 .....	129
2. 적응 시스템 구축 로드맵 .....	130
3. 시스템 구축을 위한 핵심 과제 .....	131
<b>제7장 요약 및 결론</b> .....	147
<b>부록</b>	
부록 1. 기후변화 적응 분석 방법론 .....	150
부록 2. 기후변화 대응 농가 조사표 .....	152
부록 3. 기후변화 인지도 교차 분석 결과 .....	162
부록 4. 기상특보 및 기상주의보의 주요 내용 .....	165
부록 5. 재배 작물 최적화 분석 기초 자료 .....	168
참고 문헌 .....	175

## 표 차례

---

### 제2장

- 표 2- 1. 1986~2005년 대비 21세기 남한의 기후변화 전망 ..... 21

### 제3장

- 표 3- 1. 농업부문 기후변화 적응의 접근 방법 ..... 30  
표 3- 2. 농업부문 기후변화 적응 수단의 인벤토리 ..... 32

### 제4장

- 표 4- 1. 응답자의 사회경제적 특성 비교 ..... 49  
표 4- 2. 기후변화에 대한 인지도 변화 ..... 50  
표 4- 3. 기후변화가 농업생산에 영향을 준 부분 ..... 54  
표 4- 4. 작목 전환 후 소득 변화 ..... 63  
표 4- 5. 작목 전환 후 시기별 소득 변화 ..... 63

### 제5장

- 표 5- 1. 연도별 기상특보 발령 횟수 ..... 73  
표 5- 2. 주요 품목별 농작물 재해보험 가입 현황(2014) ..... 77  
표 5- 3. 지역별 농작물 재해보험 가입 현황(2014) ..... 78  
표 5- 4. 농업정책 보험 예산(2001~2014) ..... 79  
표 5- 5. 주요 변수들의 기초 통계량 ..... 82  
표 5- 6. 농업보험의 기상재해 피해 경감 효과 추정 결과 ..... 84  
표 5- 7. 재해보험의 기상재해로 인한 농작물 수입 변동성 경감  
효과 추정 결과 ..... 86  
표 5- 8. 작목 전환의 유형과 사례 ..... 93  
표 5- 9. 시설 감귤과 시설 망고의 소득·경영비 비교(제주지역) ..... 95

표 5-10.	고랭지 배추와 사과와 소득·경영비 비교(강원지역) .....	97
표 5-11.	작목 전환 현황 .....	98
표 5-12.	작목 전환 의사결정 요인분석의 설명변수 .....	98
표 5-13.	설명변수의 기초 통계량 .....	100
표 5-14.	작목 전환 의사결정 요인 추정 결과 .....	101
표 5-15.	작목 전환에 관한 오즈비 및 작목 전환 확률에 대한 한계 효과(모형 II) .....	103
표 5-16.	전라남도과 제주도의 주요 농산물의 기존 품목과 대체 품목 분류 .....	111
표 5-17.	대체 품목의 소득 및 경영비 자료 .....	112
표 5-18.	전남도 재배작물 최적화 분석 결과(경영비 10% 하락) .....	114
표 5-19.	제주도 재배작물 최적화 분석 결과(경영비 10% 하락) .....	117
표 5-20.	연간 농가 소득 분포 .....	122
표 5-21.	기상·기후 정보 활용 효과의 설명변수 .....	122
표 5-22.	기상·기후 정보 활용 효과 추정 결과 .....	123

## 제6장

표 6- 1.	농업부문 온난화 적응 대책 추진 로드맵 .....	130
표 6- 2.	농작물 재해보험 상품 다양화 예시 .....	133
표 6- 3.	농작물 재해보험과 날씨 지수 보험의 비교 .....	135
표 6- 4.	미국 지수형 날씨 보험의 계약 및 손해 상황 .....	137
표 6- 5.	작목 전환을 위한 HERO모형을 이용한 단계별 핵심 과제 .....	139
표 6- 6.	권역별 기후변화 적응 대체 작목 개발 추진 과제 .....	142
표 6- 7.	기상 및 기후 정보 제공 사례 .....	145

## 부록

부표 1.	기후변화 적응 분석 방법론의 적절성 검토 .....	150
부표 2.	기상특보 발표 기준 .....	165

부표 3. 지역별 기상주의보 발령 현황(2008~2012) .....	167
부표 4. 전라남도 분석 자료 .....	168
부표 5. 제주도 분석 자료 .....	170
부표 6. 전남도 재배 작물 최적화 분석 결과(경영비 5% 하락) .....	172
부표 7. 제주도 재배 작물 최적화 분석 결과(경영비 5% 하락) .....	173
부도 1. 기후변화에 대한 인지도 교차 분석 결과 .....	162
부도 2. 기후변화의 부정적 영향 교차 분석 결과 .....	163
부도 3. 농작물 재해보험 인지도 교차 분석 결과 .....	163
부도 4. 농작물 재해보험 가입률 교차 분석 결과 .....	164
부도 5. 향후 농작물 재해보험 가입 의사 교차 분석 결과 .....	164

## 그림 차례

---

### 제1장

- 그림 1- 1. 적응 수단 경제적 효과 분석 연구의 흐름도 ..... 10

### 제2장

- 그림 2- 1. RCP 시나리오별 IPCC의 세계 기후변화 전망 ..... 15  
 그림 2- 2. 기후변화가 작물 수확량에 미치는 영향 ..... 17  
 그림 2- 3. 기후변화가 작물 단수에 미치는 영향 예측(10년 단위) ... 18  
 그림 2- 4. RCP 시나리오에 따른 남한의 기후변화 전망치 비교 ..... 22  
 그림 2- 5. 21세기 한반도의 아열대 기후구 변화 전망 ..... 23  
 그림 2- 6. 우리나라 사과와 감귤의 재배 적지 변동 예측도 ..... 25

### 제3장

- 그림 3- 1. 기후변화 적응 분석을 위한 영향분석 통합모형 구조도 ... 33  
 그림 3- 2. AgMIP의 기후변화 적응의 효과 분석 개념도 ..... 36  
 그림 3- 3. 농업부문 기후변화와 적응의 효과 분석(개념도) ..... 38  
 그림 3- 4. 기후변화 적응수단의 경제적 효과 분석 기본구조 틀 ... 39  
 그림 3- 5. 기후변화 적응에 따른 작물 수량 반응 ..... 41  
 그림 3- 6. IMPACT 모형의 처리 과정과 구조 ..... 44  
 그림 3- 7. 농업부문 적응 비용의 세계적 산정치 ..... 46

### 제4장

- 그림 4- 1. 기후변화에 대한 체감 정도 ..... 51  
 그림 4- 2. 기후변화에 대한 체감 정도(계속) ..... 52  
 그림 4- 3. 기후변화가 농업생산에 미치는 영향 ..... 53  
 그림 4- 4. 향후 기후변화 예상 ..... 55

그림 4- 5.	현재 적용 중이거나 관심 있는 기후변화 대응 방법	55
그림 4- 6.	농작물 재해보험에 대한 인지도	56
그림 4- 7.	농작물 재해보험 가입 여부	57
그림 4- 8.	농작물 재해보험의 경제적 효과	58
그림 4- 9.	농작물 재해보험 가입 후 자연재해로 인한 생산량 변동의 우려감 변화	59
그림 4-10.	농작물 재해보험 미가입 이유	59
그림 4-11.	주위 농가의 농작물 재해보험에 관한 인식	60
그림 4-12.	향후 농작물 재해보험 가입 의사	60
그림 4-13.	작목 전환의 실태	61
그림 4-14.	작목 전환 시 정부/지자체의 역할	62
그림 4-15.	기상 및 기후 정보 획득 경로	64
그림 4-16.	단기적인 기상예보 활용 실태	65
그림 4-17.	단기적인 기상특보 활용 실태	66
그림 4-18.	기후변화 정보 활용 실태	67

## 제5장

그림 5- 1.	기상특보 발령 추이(1993~2014)	74
그림 5- 2.	자연재해로 인한 총피해액(1958~2014)	75
그림 5- 3.	자연재해로 인한 농경지 유실 및 매몰 피해액(1958~2014)	75
그림 5- 4.	농작물 재해보험의 경제적 효과의 기본 구조	85
그림 5- 5.	시설 감귤에서 열대·아열대 작목 전환(제주 지역)	95
그림 5- 6.	고랭지 배추에서 사과 작목 전환(강원 지역)	96
그림 5- 7.	적응 수단의 경제적 효과 분석 종합 체계도	126

## 제6장

그림 6- 1. 농작물 재해보험 경제적 효과 및 농업인 반응 조사 결과 .....	131
그림 6- 2. 연도별 농작물 재해보험 손해율 현황 .....	134
그림 6- 3. 지수형 날씨 보험 보험금 산정 예시 .....	136
그림 6- 4. 작목전환 경제적 효과 및 농업인 반응조사 결과 종합 .....	138
그림 6- 5. 기후변화 적응 역량 강화를 위한 교육·훈련 체계 .....	146

## 1. 연구의 필요성

기후변화는 수십 년 이상 장기간에 걸쳐 지속되는 기후의 평균 상태나 기후의 변동 속에서 통계적으로 의미 있는 변동을 의미한다.<sup>1</sup> 기후변화는 자연적 내부 과정 또는 외부 강제력(external forcing)으로 인해 일어나거나, 대기 조성이나 토지 이용에서 인위적으로 변화가 지속되어 일어날 수 있다. 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC)는 제5차 기후변화 평가 종합 보고서에서 “인간의 활동이 기후 시스템에 미치는 영향은 분명한 사실이며, 기후변화가 인류와 자연 시스템에 폭넓은 영향을 미치는 것”으로 진단하고 있다(IPCC 2014a).<sup>2</sup> IPCC의 세계의 미래 기후변화 전망을 보면 현재 추세대로 온실가스 배출이 지속된다면(CO<sub>2</sub> 농도가 2100년 936ppm에 도달하는 경우로 RCP 8.5),<sup>3</sup> 21세기 말(2081~2100년)에는 전 지

---

1 기후변화의 개념에 대해서는 IPCC 제5차 평가 보고서(IPCC 2014a)의 부속서 용어 정의에 제시된 내용을 참고로 하여 제시하였다.

2 IPCC는 기후변화와 관련된 전 지구적 위험을 평가하고 국제적 대책을 마련하기 위해 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 공동으로 설립한 유엔 산하 국제 협의체이다. 1990년부터 5~6년 주기로 기후변화에 대한 평가 보고서를 발간하고 있으며, 제5차 평가 보고서가 2014년에 공표되었다.

3 대표 농도 경로(Representative Concentration Pathways: RCP)는 하나의 대표적 인 복사 강제력에 대해 사회-경제 시나리오는 여러 가지가 될 수 있다는 의미

## 2 서론

구의 평균기온이 1986~2005년 대비 3.7℃(2.6~4.8℃), 해수면은 63cm 상승할 것으로 전망하였다. 시나리오 예상대로 지구온난화가 진행되는 경우 가뭄이나 홍수, 태풍 등과 같은 이상기상 현상이 늘어나고 해마다 또는 지역마다 기상 상황이 크게 달라지는 등 기후변동성이 커질 전망이다.

기후변화는 기온 상승, 강수량 변화, 이상기상 등을 통해 농업생산에 직·간접적으로 큰 영향을 미친다. 지구 평균기온이 2℃ 상승하면 2030년부터 밀, 쌀, 옥수수 등 주요 식량작물의 생산이 크게 줄어들어 식량부족 문제가 커질 것으로 예측되었다. 뿐만 아니라 육상 및 담수 종의 멸종 위험 증가, 연안 홍수로 인한 토지 유실 등 전 부문에 걸쳐 위험 수준이 높아지며, 세계 경제의 총손실액이 소득의 0.2%~2.0%(1400억~1조 4천억 달러)에 이를 것으로 추정된다(IPCC 2014a).

기후변화가 작물과 식량 생산에 큰 영향을 미치고 있음이 세계 여러 지역에서 분명하게 관측되고 있으며, 긍정적인 영향보다는 부정적인 영향이 더 보편적으로 나타나고 있다. 특히 3~4℃ 또는 그 이상의 지역 평균기온 상승이 예견되는 기후변화 시나리오하에서 농업 생산성은 지대한 부정적 영향을 받으며, 그에 따라서 세계의 식량생산과 식량안보에 심각한 위험이 닥칠 것으로 전망된다(IPCC 2014b).

우리나라의 경우 지난 100년(1912~2010년) 동안 기온은 1.8℃ 상승하였고, 강수량은 200mm 이상 증가하여, 기후가 세계 평균보다 더 빠르게 변화하고 있는 것으로 보인다(권원태 2012). 미래 기후변화 전망치를 보면 2020년에는 지난 40년(1970~2010년)의 평균치 대비 1.8℃ 상승, 2050년에는 3.7℃ 상승할 것으로 예측된다. 특히 1981~2010년까지 지난 30년간 한반도의 연평균기온은 1.2℃ 상승(0.41℃/10년)하였으며, 연평균강수량은 78mm 내외로 약하게 증가하는 경향을 보인다(기상청 2012).

기후변화가 심해지면서 집중호우, 태풍, 가뭄, 한파, 폭설 등 이상기상이 빈번하게 일어나고 이에 따라 농업재해도 증가하고 있다. 또한 한반도의 아

---

에서 ‘대표(Representative)’라는 표현과 온실가스 배출 시나리오의 시간에 따른 변화를 강조하기 위해 ‘경로(Pathway)’라는 표현을 사용하고 있다.

열대화가 급속히 진행되어 농산물의 재배 적지가 변하고, 월동 병해충 피해가 증가하는 등 기후변화가 농업 분야에 미치는 영향은 상당한 것으로 나타나고 있다(김창길 외 2009). 특히 기후변화는 국제적 협력으로 온실가스 감축 등 적절한 대응 방안을 마련하여 추진해도 향후 상당 기간 지속될 것으로 전망되므로, 기후변화에 대한 적절한 적응 방안 모색은 미래 경제사회를 위한 체계적인 대응의 핵심 과제이다.

농업부문은 타 산업부문보다 더 기후에 영향을 많이 받으므로 기후 위험에 취약하다. 따라서 기후변화의 영향을 과학적으로 분석하여 체계적이고 단계적인 적응 대책을 마련해야 한다. 뿐만 아니라 기후변화 적응 대책을 추진하려면 상당한 시간과 예산을 투입해야 하는 등 제약이 따르므로, 적응 수단의 경제적 효과를 미리 면밀히 분석하여 이를 기반으로 실효성 있는 적응 대책을 수립하여 추진하는 것이 중요하다.

기후변화와 관련된 지금까지의 선행 연구들은 주로 기후변화가 농산물의 생산 및 공급에 미치는 영향을 분석하는 데에 초점이 맞추어졌다. 보다 실효성 있는 기후변화 적응 방안을 추진하기 위해서는 사전에 적응 수단의 경제적 효과를 분석해야 하지만, 이에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 그러므로 농업부문의 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석에 관한 체계적인 연구가 필요하다.

## 2. 연구 목적 및 범위

이 연구에서는 농업부문의 기후변화 적응 수단이 주는 경제적인 효과를 체계적으로 분석하고, 이를 기초로 적응 프로그램을 수립하는 방안을 제시하고자 한다. 보다 세부적인 연구 목적으로 우선, 기후변화 적응 수단의 효과를 분석하기 위해 정립된 모형을 바탕으로 농작물 보험, 작목 전환 등 분석 가능한 적응 수단을 선택하여 그 경제적 효과를 분석한다. 기후변화에 대응하여 농촌 현장에서 중요한 수단으로 제시하는 농작물 재해보험, 작목

전환, 기상·기후 정보이용 등의 심층적인 경제적 효과 분석을 추진한다. 다음으로, 경제적 효과 분석과 적응 수단에 대한 농업인들의 반응 분석을 기초로 농업부문 기후변화 적응 시스템 구축 방안을 제시하고자 한다.

### 3. 선행 연구 검토

#### 3.1. 국내 연구

농업부문의 기후변화 적응과 관련하여 경제적 측면의 분석적 연구는 2000년대 후반부터 유관 기관들이 컨소시엄을 구성하여 협동 연구로 진행되었다. 한화진 외(2008)는 18개 분야별 연구 기관이 참여한 연구에서 기후변화 적응 현황과 성과 평가, 해외 적응 논의 동향과 적응 사례, 부문별 추진 중장기 발전 계획 및 국가 기후변화 적응 마스터플랜을 제시하였다. 이 연구에서는 농업부문의 기후변화 적응 프로그램과 관련 주체의 역할 분담, 향후 적응 분야 연구 과제 등이 제시되었다.

김창길 외(2009)는 ORIZA2000을 이용하여 기후변화 영향 시뮬레이션 분석 결과를 기초로 작물의 수량 반응 함수를 계측하고, 적응 반응에 대한 농업인의 지불 의사 금액을 추정하여 파종 시기 조절을 통한 기후변화 적응의 효과를 추정하였다.

이회성 외(2011)는 실증적 수리계획모형(Positive Mathematical Programming: PMP) 분석 방법을 축차적으로 동태화하여 기후변화에 따른 적응 노력의 유무를 상정, 2100년까지의 생산량 변화와 농업부문 총소득 변화 등 경제적 효과 분석하였다. 그 결과, 기후변화에 대한 적응 수단(지역별 파종 시기 변경)을 취하지 않는 경우, 농업부문의 이윤이 지속적으로 감소하여 2100년에 농업부문 총이윤의 6.4%인 약 6,134억 원의 손실을 초래할 것으로 나타났다.

정진희(2008)와 이준행(2002)은 기후변화 적응 수단으로 날씨 옵션 상품의 가격결정 모형을 살펴보고, 서울 지역 및 우리나라의 기상 자료를 이용

하여 가장 대표적인 날씨 지수인 HDD(Heating Degree Days)/CDD(Cooling Degree Days) 지수의 옵션 가격을 산출함으로써 지수형 날씨 보험의 지수 개발 가능성을 보여주었다. 민경욱(2010)은 기후변화로 인한 환경 위험의 경제적 과급효과 및 관련 시장이 급격하게 성장하는 녹색 금융 상품의 국내의 현황을 살펴보았다. 아직 국내에 도입되지 않은 녹색 금융 상품 중 하나로 날씨 파생 상품을 소개하였으며, 기상이변 증가에 따른 날씨 관련 불확실성 증가와 같은 도입의 필요성을 강조하고, 국가적 위험관리 기능의 확충, 기업의 안정적인 경영 등과 같은 기대 효과를 제시하였다. 조재린 외(2012)는 전통적 날씨 보험이 일부 정책성 보험으로만 판매되고 있는 우리나라 날씨 보험 시장의 현황과 지수형 날씨 보험 시장이 활성화되고 있는 해외 사례를 살펴보았다. 미비한 지수 개발 그리고 상품 개발에 필요한 인력 및 인프라 부족 등과 같은 단점에도 불구하고, 지수형 날씨 보험의 날씨 리스크 관련 부보 능력의 확대 가능성을 높게 평가하였다.

김철욱·김태완(2012)은 작목 전환 분야의 연구로, 특화 계수 분석과 지역 성장률 시차 분석을 활용하여 울산 지역의 특화 작목과 성장 작목을 도출하였다. 이 연구는 울산 지역의 특화 작목으로 쌀, 배, 감 등을, 성장 작목으로 딸기, 감자, 옥수수 등을 제시하였다. 안경아 외(2012)는 작목 전환 과정이 창업 과정과 유사하다는 점에 착안하여 생태계(Habitat, H)·생산자(Entrepreneur, E)·자원(Resource, R)·기회(Opportunity, O)로 이루어진 HERO 모형을 적용하여 작목 전환의 단계별 성공 요인을 도출하였다. 김창길 외(2014)는 소비자 조사를 기초로 기후변화 대체 작목인 망고의 소비 실태를 조사하고, 순위형 프로빗 모형을 통해 망고의 소비 의향을 분석하였다. 이 연구는 향후 망고를 기후변화 대응 작목으로 육성하기 위해 기후 및 토양의 적합성을 평가하고, 양분 관리술, 병해충 방제 기술, 수정 및 적과 기술 등 종합적 재배 기술을 개발할 필요가 있음을 제시하였다.

김창길 외(2014)는 벼 생육모형인 CERES-Rice와 한국농업 시뮬레이션모형(Korea Agricultural Simulation Model: KASMO)을 연계한 기후-농업 연계 시뮬레이션 모형(Simulation Model for Climate-Agriculture Relations: SIMCAR)을 개발하여 RCP 기후변화 시나리오에 따른 2020~2050년까지의

쌀 생산량, 수입량, 자급률 변화 등을 예측하였다. 이 연구에서는 이상기상의 시나리오별 쌀 단수 예측과 기후변화 적응 신규 작목의 시장분석, 기후변화 적응 기술 개발의 우선순위 평가 등도 다루었다.

### 3.2. 해외 연구

해외에서는 미국, 캐나다, 국제기구 등의 여러 연구자들이 기후 모형, 작물 모형, 무역 모형 등을 연계하여 농업 분야의 적응과 관련한 연구를 수행하였다.

Rosenzweig and Parry(1994)는 지구온난화에 따른 이산화탄소 농도의 증가를 반영한 일반순환 모형(General Circulation Model)과 일반균형 모형인 세계 식량 무역 모형(World Food Trade Model)을 연계하고, 또 2060년 세계 작물생산량 예측과 농가 수준의 적응 정도를 고려하여 선진국과 개도국의 식량의 교역량 변화를 분석하였다. 특히 기후변화 적응 조치로 이루어지는 농가 수준의 적응(파종시기 변경, 관개용수의 확대, 품종 다양화 등)과 농업 시스템의 변화(농업 인프라 투자 확대, 관개시설 설치, 품종 개발 등)가 곡물 생산에 미치는 효과를 분석하였다.

Smit and Skinner(2002)는 기후변화에 대한 농업 적응 옵션들을 구별하고 특색이 있는 적응 옵션을 유형화하였다. 이 연구에서는 적응 수단에 대한 경제적 분석을 다루지는 않았지만, 캐나다 농업의 적응 옵션들에 대한 연구를 종합한 뒤 이를 기술 개발, 정부 프로그램과 보험, 생산방식, 농장 재정 관리 등 네 개의 주요 범주로 구분하고, 적응 수단의 인벤토리를 체계화하여 제시하였다.

Malcolm et al.(2012)은 농업부문의 부분균형 최적화모형을 기초로 미국을 48개 지역으로 세분하고 미국 농무부의 농업자원관리 조사 자료를 연계하여 지역 환경·농업 프로그램 모형(Regional Environment and Agriculture Programming: REAP)을 수립하였다. 이 모형을 이용하여 기후변화가 주요

농산물의 단수에 미치는 영향과 농업인들이 적응 행동을 하고 가뭄 저항성 품종(drought-tolerant varieties) 도입하는 등 적응 조치를 취하는 경우 나타날 적응 잠재력을 정량적으로 분석하였다.

Reid et al.(2007)은 취약성 접근법(vulnerability approach)을 도입하고, 캐나다 온타리오 농장에 초점을 맞추어 기후변동에 대응한 농업부문의 적응 가능성을 분석하였다. 특히 농장들의 기후 위험을 식별하고, 농가들의 반응을 조사한 자료를 분석한 결과, 농가들은 농장 운영에 많은 내·외부적인 요인들이 작용하는 복잡한 의사결정 환경 속에 있는데, 기후와 기상이 농장 운영과 의사결정에 영향을 미치는 중요한 요인으로 나타났다.

UNFCCC(2007)는 2030년 농업을 포함한 6개 부문의 적응 비용을 추정하였다. 전 지구의 농업 내 적응 비용은 78~89억 달러, 고소득 국가의 적응 비용은 37~42억 달러로 추정되었는데 이는 공공 및 민간 소비를 합산한 액수이다. 여기서 농업 내 총 적응 비용은 확장 비용을 포함한 R&D 비용, 기후변화 및 인구의 미래 확장 및 식량 수요에 대한 물리적 자본소비 등을 기초로 하고 있다.

Tarleton and Ramsey(2008)는 캐나다 마니토바 지역 농장을 대상으로 사회적, 정치적, 경제적 상황하에서 기후변화에 따른 위험과 기회 들에 대한 농장 수준의 적응 방안을 분석하였다. 특히 농가들은 가뭄과 홍수, 여름과 겨울 기온의 변화, 재배기간의 변화와 연관된 위험에 대하여 많은 적응을 해왔으며, 가장 빈번하게 실용된 것은 재배 형태 및 품종의 변화로 조사되었다.

Kurukulasuriya and Mendelsohn(2008)은 기후변화의 적응 분석과 관련하여 구조적 리카디언 모형을 이용해서 작목 전환을 분석하였다. 이 연구에서는 아프리카 11개 국가에서 5,000가구의 농가를 조사한 결과를 기초로 조건부 순수입을 추정한 결과, 기후변화에 대응하여 작목 전환 전략을 선택한 농가의 수입이 더 높았다.

Nelson et al.(2009)은 IFPRI에서 개발된 IMPACT 모형을 이용하여 2050년 기후변화가 주요 작목의 단수와 생산량, 가격, 식량소비 등에 미치는 영향을 분석하였다. 그리고 개도국을 대상으로 기후변화의 유무에 따른 어린이들의 영양실조를 줄이기 위한 투자 비용 및 기후변화에 대응한 생산성 증

가를 위한 투자 비용 등을 이용하여 기후변화 적응 비용을 산정하였다. 그 결과, 개도국의 기후변화에 대응한 적응 프로그램 비용은 최소한 추가적으로 약 70조 달러로 추정되었다.

World Bank(2010a)에서는 다양한 방법론을 활용한 기후변화 영향 분석과 그 적응의 경제적 비용 및 효과 추정에 대해 토론하였다. 또한 지역별 사례와 프로젝트 정보를 통해서 적응 유형 내 다양한 수단에 대한 경제성 평가 방법론을 제시하였다.

GIZ(2013)는 불확실성하에서 기후변화 적응 수단을 평가하는 경제적 방법론들을 검토하였다. 특히 이 연구에서는 평가하려는 적응 수단의 조건과 이용 가능한 데이터에 따라 적용할 수 있는 방법을 제시하였다. 비용 편익 분석, 비용 효과 분석, 대기준 분석 등을 비교하였고, 리카디언 모형과 작물 모형 등의 적용 가능성도 검토하였다.

Schönhart et al.(2014)은 오스트리아 농업의 기후변화 영향과 적응 수단의 효과성을 분석하기 위해 작물 윤작 모형(CropRota), 생물 물리 과정 모형(EPIC), 상향식 경제적 토지이용 모형을 연계한 통합 모형 체계(Integrated Modelling Framework)를 구축하였다. 이 연구에서 적응 수단에 대한 시뮬레이션 분석 결과, 기후변화하에서 겨울피복작물 재배, 보존 경운, 관개 등 적응 조치들이 단수 손실의 피해를 줄이고, 수익을 증가시키며, 환경 상태를 개선하는 데 효과적인 것으로 제시하였다.

OECD(2014)는 IFPRI에서 개발한 IMPACT 모형을 활용하여 IPCC 제5차 평가 보고서의 시나리오를 기초로, 기후변화가 농업부문에 미치는 잠재적 영향과 부정적 영향을 줄이는 적응 조치 및 OECD 국가의 적응 비용의 추정치를 제시하였다. 특히 연구개발과 물관리의 적응 조치가 이루어지는 경우 수확량, 가격 및 토지 할당 등에 미치는 영향을 분석하였다.

Falco et al.(2014)은 기후적응 수단으로서의 작물 보험을 평가하였다. 모멘트 기반 접근법(moment-based approach)을 이용하여 작물 보험과 작물 다각화가 농가 소득분포의 평균과 분산, 비대칭도에 미치는 영향을 분석하였고, Probit 분석을 통해 농가의 작물 보험 가입 의사결정에 영향을 미치는 요인들을 제시하였다.

### 3.3. 선행 연구와 본 연구의 차별성

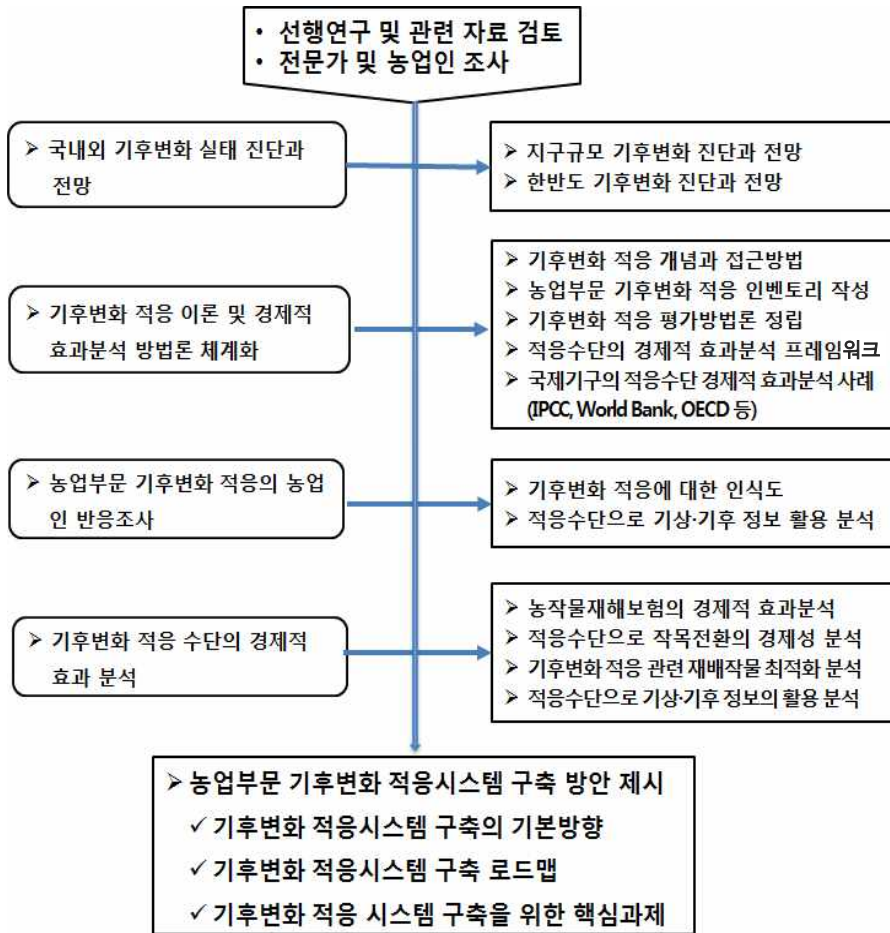
기존 연구에서는 기후변화 적응 수단과 관련하여 주로 정성적인 분석이 주류를 이루어 왔으나, 이 연구에서는 농업인의 기후변화 인식도와 적응 실태 조사를 기초로, 분석 가능한 적응 수단을 선별하여 경제적 효과를 심층적으로 분석하는 실증 분석에 초점을 맞추었다. 특히 농업부문 적응 수단으로 널리 활용되고 있는 농작물 재해보험의 경제적 효과를, 보험 가입 농가와 보험 미가입 농가 간의 농작물 수입 및 보험 가입비용 등을 고려하여 분석하였다. 적응 수단으로서 작목 전환의 경제성 분석과 작목 전환의 의사결정 요인분석을 다루었다. 그리고 기후변화 적응과 관련된 작목 전환 등의 재배 작물 최적화 분석을 통해 적응 조치가 이루어진 경우의 경제적 효과도 계측하여 제시하였다. 적응 수단으로 기상·기후 정보의 경제적 가치와 이러한 정보 활용이 농가 소득에 미치는 효과도 계량경제 모형을 활용하여 추정하였다. 농업부문 기후변화 적응 수단으로 농작물 재해보험과 작목 전환을 선택하여 활용하는 우수 농가 사례를 발굴, 제시하여 벤치마킹할 수 있도록 하였다. 또한 농업부문 기후변화 적응 수단의 경제적 효과를 다룬 실증 분석을 기초로 기후변화 적응 시스템 구축을 위한 기본 방향과 핵심 과제를 제시하였다.

## 4. 연구 방법

기후변화에 따른 농업부문 적응 수단의 경제적 효과를 분석하고 이를 기초로 기후변화 적응시스템 구축 방안을 제시하기 위해 관련분야 문헌검토와 정성적 및 정량적 분석 등 다양한 방법론을 이용하였다. <그림 1-1>의 연구의 흐름도에서 제시된 바와 같이 우선 국내외 관련 분야의 학술 문헌을 검토하였다. 아울러 국립농업과학원과 한국환경정책평가연구원 및 기상청 등 유관 기관과 연구 기관에서 발행한 발간물과 연구보고서를 검토하였다.

또한 이 분야의 해외 연구 동향을 파악하기 위해 IPCC, World Bank, OECD 등 국제기구와 글로벌 연구기관인 국제식량정책연구원(International Food Policy Research Institute: IFPRI)의 관련 자료도 검토하였다.

그림 1-1. 적응 수단 경제적 효과 분석 연구의 흐름도



기후변화 적응 수단의 경제적 효과에 대한 심층적 분석을 위해 농업인 설문조사 결과에 대한 빈도분석과 다양한 계량 분석 방법론을 적용하였다.

첫째, 기후변화에 대한 농업인의 인식도와 적응 수단에 대한 농업인의 반응 및 의사결정에 대해 알아보기 위해 설문조사를 실시하였다. 농업인의 기후변화에 대한 인지도와 체감 정도, 적응방안에 대한 농업인의 반응 등에 대한 설문조사 결과에 대한 빈도분석을 실시하였다.

둘째, 기후변화의 적응수단으로 널리 활용되고 있는 농작물 재해보험의 경제적 효과 분석을 위해 3단계 최소자승법(Ordinary Least Square Methods: OLS)인 Just-Pope 모형을 활용하였다. 이 모형을 이용한 분석에서 농작물 재해보험의 기상재해 피해 경감효과를 계측하였다.

셋째, 농업부분 기후변화 적응수단으로 작목 전환의 이론적 배경으로 작목 선택의 의사결정을 다루는 Chavas-Holt 모형을 제시하였고, 작목 전환의 유형과 사례를 제시하였다. 또한 농가의 작목 선택 의사결정요인에 대한 분석을 위해 이항 로짓 모형을 이용하였다.

넷째, 기후변화에 따른 농업생산의 여건 변화 속에서 농업인들은 품종선택과 작목 전환 등 적응을 위한 합리적인 의사결정에 따른 최적 자원 배분 경제적 효과 분석을 위해 실증적 수리계획(Positive Mathematical Programming: PMP) 모형을 활용하였다.<sup>4</sup> PMP 모형을 이용하여 상대적으로 타지역 보다 기후변화 적응수단으로 작목 전환이 적절하게 이루어지고 있는 전라남도과 제주도를 대상으로 농업 총이윤에 미치는 효과 등 재배 작물의 최적화 효과를 추정하였다.

다섯째, 기후변화 적응 수단으로써 기상·기후 정보의 활용의 경제적 효과를 분석하기 위해 순서형 로지스틱 회귀 모형을 이용하였다. 이 모형을 이용하여 기상·기후 정보의 활용이 농가 소득에 미치는 효과를 계측하였다.

이밖에도 이 연구에서는 기후변화 적응과 관련하여 농작물 재해보험과 작목전환을 활용하고 있는 농업인들의 우수 사례를 발굴하여 경제적 효과를 제시하였다.

---

4 실증적 수리계획 모형(PMP)을 이용한 기후변화 적응 조치로 작목 전환에 따른 재배 작물의 최적화 분석은 위탁 연구(연구책임자: 서울대학교 권오상 교수)로 이루어졌다(권오상·강혜정 2015 발간 예정).

## 5. 보고서의 구성

농업부문 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석을 다룬 연구의 내용은 7개의 장으로 구성하였다.

서론에서는 연구의 필요성, 연구 목적과 범위, 선행 연구 검토, 연구 방법, 보고서의 구성 등 연구 전반을 개관하였다.

제2장에서는 IPCC의 제5차 기후변화 평가 보고서에 제시된 기후변화 현황 분석과 미래 전망 자료를 활용하여 세계 기후변화 실태를 진단하고 예측하였다. 또한 기상청과 국립기상연구소의 기후변화 시나리오 분석 결과를 활용하여 우리나라의 기후변화 실태를 진단하고 전망하였다. 또한 농촌진흥청의 자료를 이용하여 주요 과일의 재배적지 변동 예측을 제시하였다.

제3장에서는 기후변화 적응의 기본 개념과 농업부문의 기후변화 접근 방법과 적응 수단 등 농업부문에 초점을 맞추어 기후변화 적응 이론을 체계화하였다. 또한 기후변화 적응 평가 방법론, 적응 수단의 경제적 효과 분석에 대한 개념과 기본 틀을 제시하고, IPCC, World Bank, OECD 등 국제기구의 농업부문 기후변화 적응 수단의 경제적 분석 사례를 살펴보았다.

제4장에서는 기후변화 적응에 대한 농업인의 반응 조사로, 기후변화 인식도 변화와 적응 실태를 조사하였다. 또한 농작물 재해보험, 작목 전환, 기상·기후 정보 활용 등에 대한 농업인 반응 조사 결과도 제시하였다.

제5장에서는 농작물 재해보험의 경제적 효과 분석, 적응 수단으로 작목 전환의 경제성 분석, 기후변화 적응 관련 재배 작물의 최적화 분석, 적응 수단으로 기상·기후 정보의 활용 분석 등 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석을 종합적으로 다루었다.

제6장에서는 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석을 기초로 농업부문 기후변화 적응 시스템 구축을 위한 기본 방향과 로드맵 및 핵심 과제 등을 제시하였다.

끝으로 7장에서는 요약과 결론을 제시하였다.

## 국내외 기후변화 실태와 전망

기후변화에 따른 농업부문의 적응 수단을 모색하려면 우선 국내의 기후변화 실태를 파악하고, 전망을 검토해야 한다. 제2장에서는 이를 위해 우선 IPCC의 제5차 기후변화 평가 보고서에서 제시된 대표 농도 경로(RCP) 시나리오를 기초로 한 세계 기후변화의 실태와 전망을 개관하였다. 특히 제5차 기후변화 평가 보고서에서 강조한 기후변화와 식량문제 부분도 살펴보았다. 다음으로 국내 기후변화 실태는 기상청의 RCP 시나리오하의 미래 기온과 강수량 예측 자료와 『한국 기후변화 평가 보고서 2014』에 제시된 내용을 이용하여 진단하였다. 기후변화에 따른 주요 과수의 재배 적지 변동은 농촌진흥청의 예측 자료를 이용하여 제시하였다.

### 1. 세계 기후변화 실태와 전망

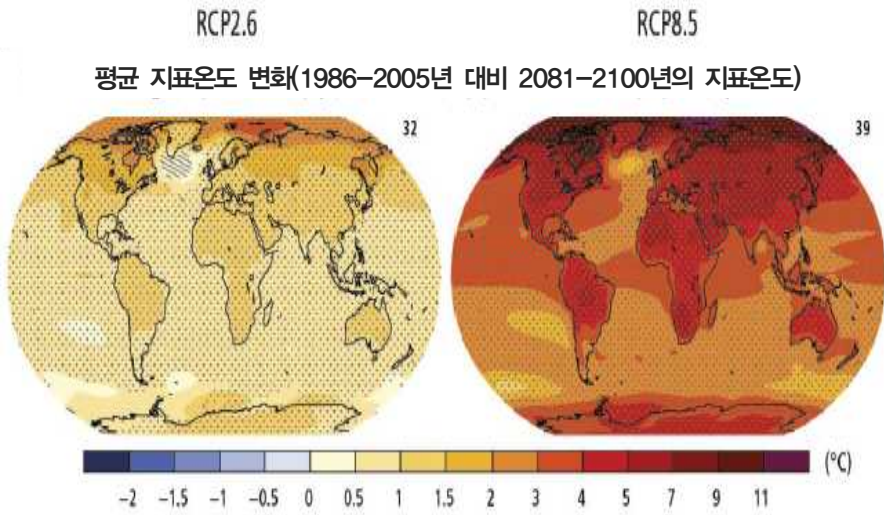
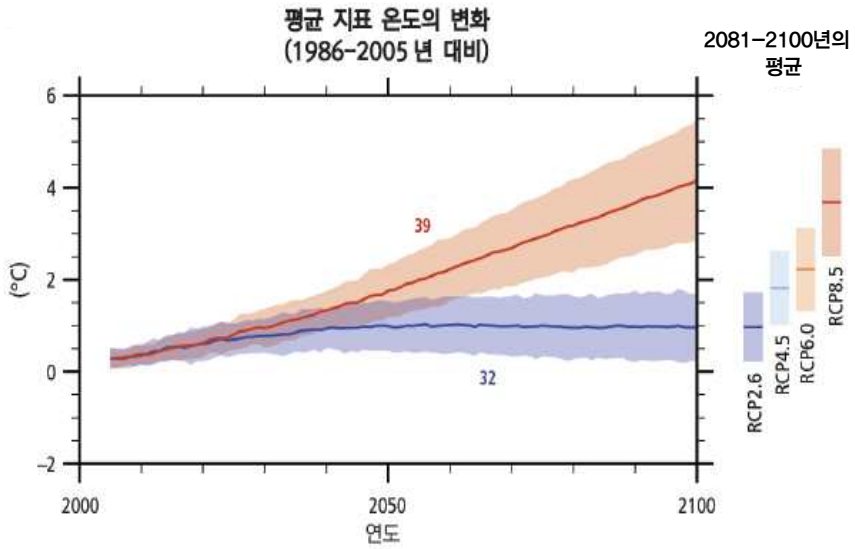
기후는 장기간의 시간적·공간적 대기현상을 종합한 것으로, 상당한 기간 동안(대체로 30년) 특정 지역의 대기 상태를 지칭한다. 기후변화는 기후 특성의 평균이나 변동성의 변화를 통계분석 등을 통해 확인할 수 있는, 수십 년 혹은 그 이상 오래 지속되는 기후 상태를 의미한다(김창길 외 2014). 기후변화는 대기권, 수권, 생물권, 설빙권, 지권 등 기후 시스템을 구성하는 각 요소의 변화 또는 요소 간의 복잡한 상호작용에 의해 발생한다(김창길 외 2009). 과거의 기후변화는 자연적인 원인에 의해 발생하였지만, 지금은 그

렇지 않다. 현재 진행 중인 지구온난화는 인간이 기후 시스템에 영향을 미치고 있기 때문에 발생하며, 그 정도가 점차 심화되고 있을 뿐만 아니라, 지구의 전 대륙과 해양에 걸쳐 관측되고 있음을 확인하였다.<sup>5</sup> IPCC 제5차 기후변화 평가 보고서에 따르면, 지구온난화로 인해 지구의 평균기온은 지난 133년간(1880~2012년) 0.85°C(0.65~1.06°C) 상승한 것으로 나타났다. 특히 지구의 평균기온은 1850년 이래 지난 30년(1983~2012년) 동안이 가장 더웠고, 최근 10년(2001~2010년)이 더 더웠던 것으로 나타나 지구온난화가 지속되고 있음을 알 수 있다. 또한 세계의 미래 기후변화 전망치를 보면, 현재 추세대로 온실가스 배출이 지속된다면(RCP 8.5를 가정하는 경우)<sup>6</sup> 21세기 말(2081~2100년)에는 전 지구의 평균기온은 1986~2005년 대비 3.7°C(2.6~4.8°C), 해수면은 63cm 상승할 것으로 보고 있다<그림 2-1>. 그러나 기후변화와 그 위험을 제한할 방법이 있으며, 기후변화 완화와 적응의 다양한 수단을 마련하여 경제 및 인간의 개발을 지속할 수도 있다고 강조하고 있다(IPCC 2014a). 기온 상승 정도를 산업화 이전 수준과 비교하여 2°C 이내로 안정화시키기 위해서는 즉각적이면서도 근본적으로 현 추세(business as usual: BAU)에서 벗어나야 한다고 지적하고 있다. 또한 우리가 관련 조치를 늦춘다면, 미래에 감당해야 할 기술, 경제, 사회 및 제도적 문제와 비용은 더욱 증가할 것으로 경고하고 있다.

<sup>5</sup> IPCC는 최근 나타나고 있는 지구온난화의 주요 원인이 인간이라는 것에 95%의 확신을 가지고 있다. 또한 제5차 평가 보고서의 종합 보고서에서는 기후 시스템을 방해하는 인간 활동이 많아질수록 관련 위험은 더욱더 심각하고, 만연하며, 인간 및 생태계에 돌이킬 수 없는 영향을 가져올 뿐만 아니라 기후 시스템의 모든 요소가 장기적으로 변화할 수 있다고 밝혔다(IPCC 2014c).

<sup>6</sup> IPCC 제5차 평가 보고서의 기후변화 예측 시나리오는 인간 활동이 대기에 미치는 온실가스 농도인 복사 강제력을 사회적·경제적 여건 변화와 연계한 대표 농도 경로(Representative Concentration Pathway: RCP)로 설정하고 있다. RCP 시나리오는 최근 온실가스 농도 변화 경향을 반영하였으며, 최근 예측 모형에 맞게 해상도 등을 업데이트 하였다. RCP에서는 온실가스 농도에 따라 RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0, RCP 8.5 등 네 가지로 설정하여 사용되고 있다. RCP 8.5는 CO<sub>2</sub> 농도가 2100년 936ppm에 도달하는 경우로 가정하고 있다.

그림 2-1. RCP 시나리오별 IPCC의 세계 기후변화 전망

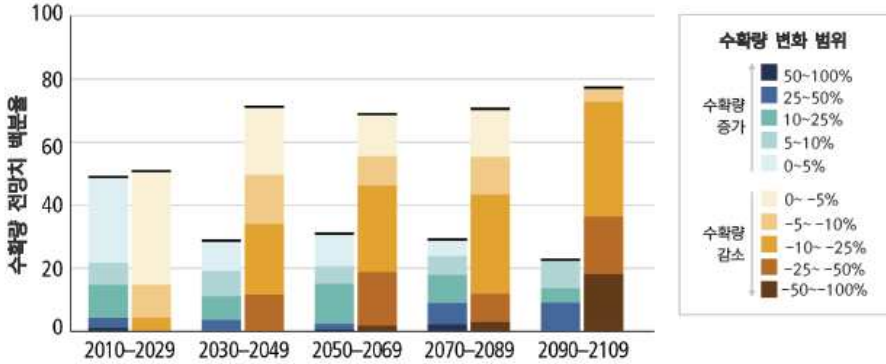


자료: IPCC(2014a).

IPCC 제5차 평가 보고서 가운데 제2작업반의 ‘기후변화 영향, 적응 및 취약성’ 보고서에서 기후변화와 식량생산 변화에 대한 심층적인 진단과 전망을 제시하였다(IPCC 2014c). 이 보고서는 기후변화가 작물과 식량 생산에 미치는 영향이 세계 여러 지역에서 명확하게 나타나고 있으며, 일부 고위도 지역에서 긍정적 영향이 나타나긴 하지만, 부정적 영향이 상대적으로 더 큰 것으로 진단하고 있다. 특히 한국 등 아시아 지역에서는 홍수로 인한 기반시설의 피해, 폭염 관련 사망자 수 증가, 물과 식량 부족이 미래의 주요한 기후변화 위협이 될 것으로 전망하고 있다. 또한 이 보고서는 기후변화에 따른 식량안보와 관련하여 접근성, 활용성, 가격 안정성 등 모든 측면에서 잠재적인 영향이 있을 것으로 지적하고 있다.

특히 IPCC 제5차 기후변화 평가 보고서에서는 기존의 보고서와 달리, 기후변화가 식량생산에 미치는 영향 분석을 다룬 기존의 관련 분야 연구 성과를 종합하여 제시하였다(IPCC 2014b). 작물의 생육은 대기 중의 이산화탄소 농도, 기온, 강수, 일사량 등 여러 가지 요소의 영향을 받는다. 이산화탄소 농도는 광합성 작용을 통해 작물의 양적 성장에 영향을 미치고, 기온은 종자의 발아와 꽃눈의 분화, 성숙 등 발육 단계에 영향을 미친다. 기후변화가 작물의 수확량에 미치는 영향은 작물의 종류, 지리적 위치, 적응 시나리오 등에 따라 다양하게 나타날 수 있다. <그림 2-2>는 21세기 중 기후변화에 의한 밀, 옥수수, 쌀, 콩 등 농작물 수확량의 변화를 나타낸다. 각각의 시간 프레임에서 데이터를 모두 합하면 100%가 된다. 각 연대별 주요 곡물의 생산량 전망에 대한 연구 결과를 종합하여 분석한 결과, 2020년대까지는 기후변화가 곡물 생산량에 긍정적인 영향을 준다는 연구 결과와 부정적인 영향을 준다는 연구 결과가 비슷하게 나타난다. 2030년대부터는 생산량이 감소한다는 연구 결과가 훨씬 많은 것으로 제시되고 있다. 특히 10% 이상 생산량이 감소할 것이라는 연구가 명확하게 많고, 곡물 생산량이 25~50%까지 감소한다는 연구 결과도 있다. 2070~80년대에는 현재 수준보다 곡물 생산량이 절반 이하로 감소할 것이라는 연구 결과가 나타난다. 전반적으로 21세기 전반기보다는 기후변화의 영향이 크게 나타나는 21세기의 후반기로 갈수록 생산량이 크게 감소할 것이라는 연구가 주류를 이룬다.

그림 2-2. 기후변화가 작물 수확량에 미치는 영향



주: 21세기 중 기후변화에 의한 농작물(밀, 옥수수, 쌀, 콩 등) 수확량의 변화를 나타냄. 각각의 시간 프레임에서 데이터를 모두 합하면 100%가 됨.  
 자료: IPCC(2014b: 15).

따라서 기후변화는 미래 식량안보에도 부정적인 영향을 미칠 것을 예측하고 있다. 21세기 중·후반에 전망된 수준으로 기후변화가 진행될 경우, 적응 조치가 없는 상황에서 산업화 이전 수준과 비교하여 지역 기온이 2℃ 혹은 20세기 후반 수준 이상으로 상승한다면, 열대 및 온대 지역에서 밀, 쌀, 옥수수의 수확량은 감소할 것으로 전망되지만, 반대로 이들 작물의 수확량이 증가하여 혜택을 보는 지역이 있을 수도 있다. 그러나 지구 평균기온이 4℃ 혹은 20세기 후반 수준 이상으로 상승하는 경우, 식량 수요 증가 문제와 맞물려 전 세계 및 지역의 식량안보가 막대한 타격을 받을 수 있다는 점을 강조하고 있다. 21세기 후반에는 식량 생산량, 식량 접근성, 식량 가격 안정성 등을 포함한 모든 식량안보 측면들은 기후변화에 잠재적인 영향을 받을 것이다.

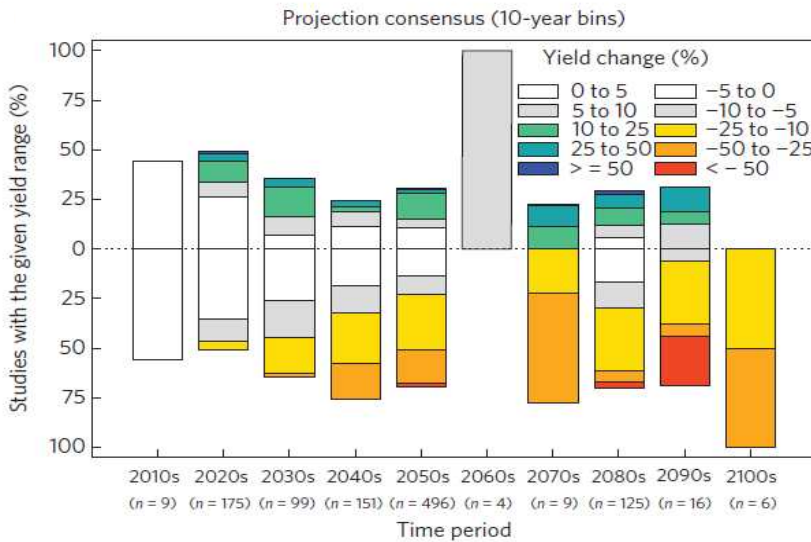
기후변화로 인한 연대별 생산량 변화를 예측한 논문들을 종합하여 검토한 Challinor et al.(2014)에 따르면 밀, 쌀, 옥수수 같은 주요 곡물의 생산량 변화는 재배 지역, 실험 방법과 조건, 기후변화 시나리오 등에 따라 다양하게 나타난다. 여기에서 기후변화 시나리오는 화석 에너지와 비화석 에너지 원 균형, 신기술, 고효율화 기술 도입 등을 가정한 고성장 사회(A1B), 화석

18 국내외 기후변화 실태와 전망

연료에 의존한 현재의 발전 시나리오(A1F1), 낮은 인구증가 및 경제성장, 낮은 환경에의 관심 등을 가정한 다원화 사회(A2), 지역 간 적은 격차, 인구 감소, 청정 자원 절약 기술 도입 등을 가정한 지속 발전형 사회(B1), 지역 공존형 사회(B2), 기준 시나리오<sup>7</sup>(IS92a) 등을 이용하고 있다.

<그림 2-3>에서 노란색은 곡물 생산량 10~25% 감소, 오렌지색은 25~50% 감소, 빨간색은 50% 이상 감소를 의미한다. 그림은 각 연대별 생산량을 전망한 연구 결과 가운데서 각각의 색깔 즉, 감소 또는 증가를 전망한 연구가 차지하는 비율(%)을 나타낸 것이다.

그림 2-3. 기후변화가 작물 단수에 미치는 영향 예측(10년 단위)



주: 기후변화 시나리오는 A1B, A1F1, A2, B1, B2, IS92a를 이용함.

자료: Challinor et al.(2014).

<그림 2-3>에서 보듯이 2020년대까지는 기후변화가 곡물 생산량에 긍정

<sup>7</sup> 기준(non-intervention) 시나리오는 기후변화의 위협에 대비하여 배출량을 낮추기 위해 어떤 새로운 정책도 채택되지 않는 것을 의미한다. 이것은 다른 어떤 것도 바꾸지 않는다는 것을 의미하지는 않는다.

적으로 영향을 미친다는 경우와 부정적으로 영향을 미친다는 연구 결과가 비슷하게 나타난다. 하지만 2030년대부터는 곡물 생산량이 감소한다는 연구 결과가 크게 늘어난다. 특히 10% 이상 곡물 생산량이 감소할 것이라는 연구(노란색)가 눈에 띄게 늘어나고 25~50%까지 줄어든다는 연구 결과도 나온다.

2060년대는 작물생산의 영향 분석을 다룬 연구 성과는 특정 지역과 작목을 대상으로 한 연구로 제한되어 있는데, 그 연구에서는 긍정적인 영향을 미치는 것으로 제시되었다. 한편 2070~2080년대에는 곡물 생산량이 현재보다 절반 이하로 떨어질 것으로 전망(빨간색)된다는 연구 결과가 나타난다. 전반적으로 21세기 전반기보다는 기후변화 영향이 크게 나타나는 21세기 후반기로 갈수록 생산량이 크게 감소할 것이라는 연구가 주를 이룬다. 평균기온이 섭씨 2℃ 정도 상승할 때까지는 곡물 생산량의 감소가 평균 5% 내외로 크지 않지만 기온 상승 폭이 섭씨 2℃를 넘어서면 곡물 생산량이 급격히 떨어질 수 있음을 연구 결과는 보여준다. 종합적으로, 언제쯤부터 기후변화의 부정적 영향이 긍정적 효과를 압도할 것인가? 기후변화에 과학적인 대응을 하지 않을 경우 2030년대부터는 기후변화의 부정적 영향이 급증할 것으로 보인다. 분명한 것은 연구 결과 전체를 종합해 평균적으로 살펴볼 때 지구온난화로 인한 기온 상승에 대하여 품종개량이나 새로운 농법 개발 등 과학적인 대응을 하지 않으면 기온이 상승하면 상승할수록 옥수수, 밀, 쌀 등 주요 곡물의 모든 생산량이 하락한다는 것이다(Challinor et al. 2014).

기후변화로 평균기온이 상승하면서 지역에 따라 해마다 농산물 생산량의 변동 폭이 커지기 때문에 생산량을 예측하기가 더욱 어렵다. 지금까지 연구 결과를 종합해볼 때, 기후변화에 적절한 적응 조치를 하지 않을 경우, 그것은 분명히 농업생산에 상당한 부정적 영향을 미치고 식량안보에 위협 요인으로 작용할 것이다. 따라서 농업부문의 경우 타 산업에 비해 상대적으로 기후변화에 취약하므로 적절한 적응 시스템 구축은 범세계적으로 중요하게 다루어야 할 핵심 과제이다.

## 2. 국내 기후변화 실태와 전망

우리나라의 기상관측 자료는 1900년대 초부터 누적되었으나, 이는 일부 지역에 국한되었고 1970년대 이후에야 전국 약 60개의 기상관측소에서 다양한 기상요소를 관측하기 시작하였다. 우리나라는 지리적으로 북반구의 극동 지역에 위치한 온대성 기후대에 속하여 봄, 여름, 가을, 겨울 사계절이 뚜렷하다. 연평균기온은 전국적으로 12.4℃이나 지역에 따라 편차가 커서 대관령 6.4℃부터 서귀포 16.2℃까지 폭넓게 분포하고 있다. 우리나라의 연평균기온은 지구 평균기온 변화보다 높은 수준을 보여 1954~1999년 동안 +0.23℃/10년의 변화율을 나타내었으나, 최근 관측된 기후변화의 경향을 살펴보면 1981~2010년 동안 0.41℃/10년, 2001~2010년 동안 0.5℃/10년의 변화율을 보여 온난화가 점점 심화됨을 알 수 있다(기상청 2014).

우리나라의 연평균기온은 온실가스 증가에 의해 21세기 후반기까지도 지속적으로 상승될 것으로 전망된다. 남한의 연평균기온 역시 한반도 연평균기온의 상승 경향에 따라 지속적으로 상승할 것으로 전망된다<표 2-1><그림 2-4>. RCP 8.5 시나리오에서는 현재 12.5℃ 수준에서, 21세기 전반기에 +1.4℃, 중반기에 +3.2℃, 후반기에는 +5.3℃로 지속적으로 상승할 것으로 전망된다. 21세기 후반기의 연평균기온은 RCP 8.5에서 17.8℃ 정도로 전망되며, 이러한 기온은 현재 기후에서는 제주도를 포함한 한반도 전역의 어떤 연평균기온보다 높은 수준이다. RCP 4.5 시나리오에서는 RCP 8.5 시나리오보다 적은 기온 상승 전망을 보여, 21세기 전반기에 +1.2℃, 중반기에 +2.2℃, 후반기에 +2.8℃ 상승을 전망한다. RCP 4.5에서는 21세기 후반기 15.3℃를 전망하는데 이러한 기온은 현재 제주도의 연평균기온에 해당된다. 일 최고기온과 일 최저기온 또한 RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오 모두에서 뚜렷한 상승 경향을 보인다. 일 최고기온의 경우 RCP 8.5 시나리오에 따르면 21세기 후반기에는 현재 기후 대비 +5.3℃ 증가할 것으로 전망된다. 일 최저기온의 경우 +5.4℃ 증가할 것으로 전망되어, 일 최저기온의 상승폭이 다소 높은 것으로 나타났다(기상청 2012).

표 2-1. 1986~2005년 대비 21세기 남한의 기후변화 전망(RCP 4.5 적용)

구분	현재 기후값 (1981-2010)	21세기 전반기 (2011-2040)	21세기 중반기 (2041-2070)	21세기 후반기 (2071-2100)	경향성 (10년당)
평균기온	12.5	13.7 (13.9)	14.7 (15.7)	15.3 (17.8)	0.31 (0.59)
일 최고기온	18.1	19.3 (19.5)	20.3 (21.2)	20.8 (23.4)	0.30 (0.59)
일 최저기온	7.7	9.0 (9.1)	9.9 (11.0)	10.6 (13.1)	0.32 (0.60)
강수량	1,307.7	1,402.9 (1,366.6)	1,442.5 (1,562.5)	1,563.9 (1,549.0)	28.47 (26.81)
풍속	2.0	2.0 (2.0)	1.9 (2.0)	1.9 (2.0)	-0.01 (0.00)
상대습도	68.6	68.9 (68.5)	68.6 (69.4)	69.1 (69.7)	0.06 (0.12)
운량	5.0	5.0 (5.0)	5.0 (5.0)	5.0 (5.0)	0.00 (0.00)
폭염 일수	10.1	11.7 (13.9)	15.3 (20.7)	17.9 (40.4)	0.87 (3.37)
열대야 일수	3.8	6.1 (8.9)	14.8 (25.5)	22.1 (52.1)	2.03 (5.37)
호우 일수	2.3	2.6 (2.3)	2.8 (3.3)	3.3 (3.2)	0.11 (0.10)

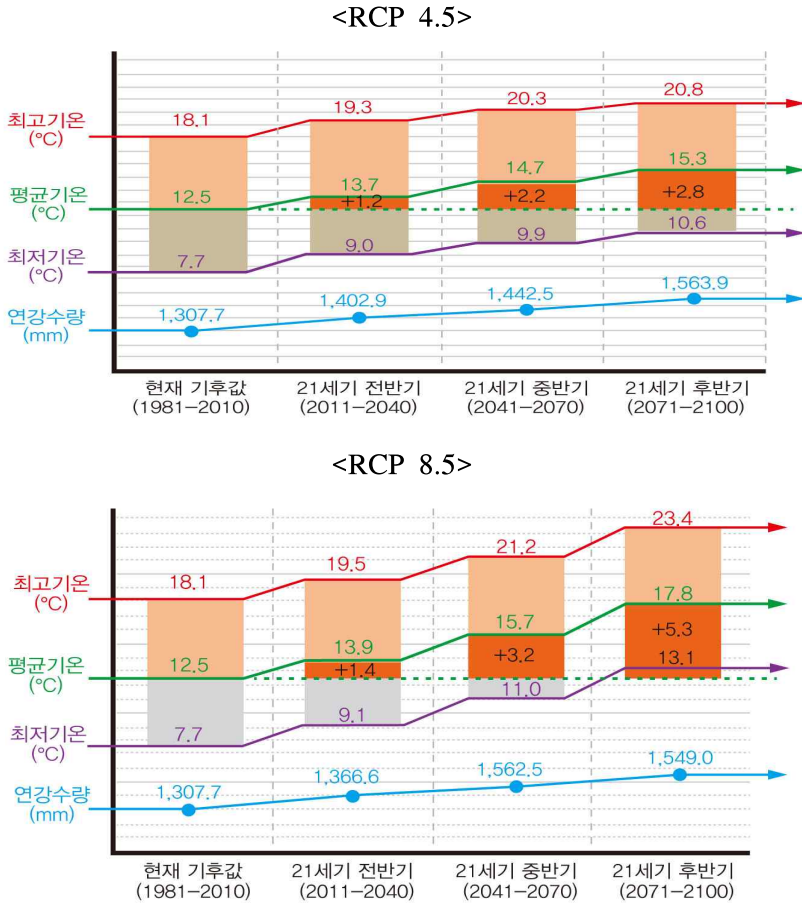
주: 기후변화 전망에서 ( )로 표시한 수치는 RCP 8.5를 적용한 전망치를 나타냄.  
 자료: 기상청(2012: 74).

연평균강수량의 경우, RCP 8.5 시나리오에서는 현재 기후 대비 21세기 전반기에 +4.5%, 중반기에 +19.5%, 후반기에 +18.5% 증가하는 것으로 나타나, 21세기 중반기까지 크게 증가한 후, 21세기 후반기까지는 비슷한 수준으로 유지될 것으로 전망된다. RCP 8.5 시나리오에 의한 21세기 후반기의 남한 평균강수량은 1,549mm로 현재 기후에서 다우지역으로 나타나는 남해안의 강수량에 상응하는 수준으로 볼 수 있다. 호우 일수는 RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오 모두 현재 기후의 연간 호우 일수 2.3일 수준에서 21세기 후반기에 3.3일, 3.2일로 각각 증가할 것으로 전망된다(기상청 2012).

특히 기후변화가 지속됨에 따라 기온 상승과 함께 폭염과 열대야 등 기후 관련 극한 지수도 크게 증가할 것으로 전망하고 있다. 남한 지역의 폭염 일수는 RCP 8.5에 따르면 현재 연간 10.1일 수준에서 21세기 전반기에 13.9일, 중반기에 20.7일, 후반기에 40.4일로 한반도 평균보다 더 급속하게 증가(+3.4일/10년 추세)할 것으로 전망된다. 열대야 일수의 경우 RCP 8.5에 따르면 현재 평균 연간 3.8일 수준에서 21세기 전반기에는 8.9일, 중반기 25.5일, 후반기 52.1일로 급속히 증가할 것으로 전망된다.

22 국내외 기후변화 실태와 전망

그림 2-4. RCP 시나리오에 따른 남한의 기후변화 전망치 비교



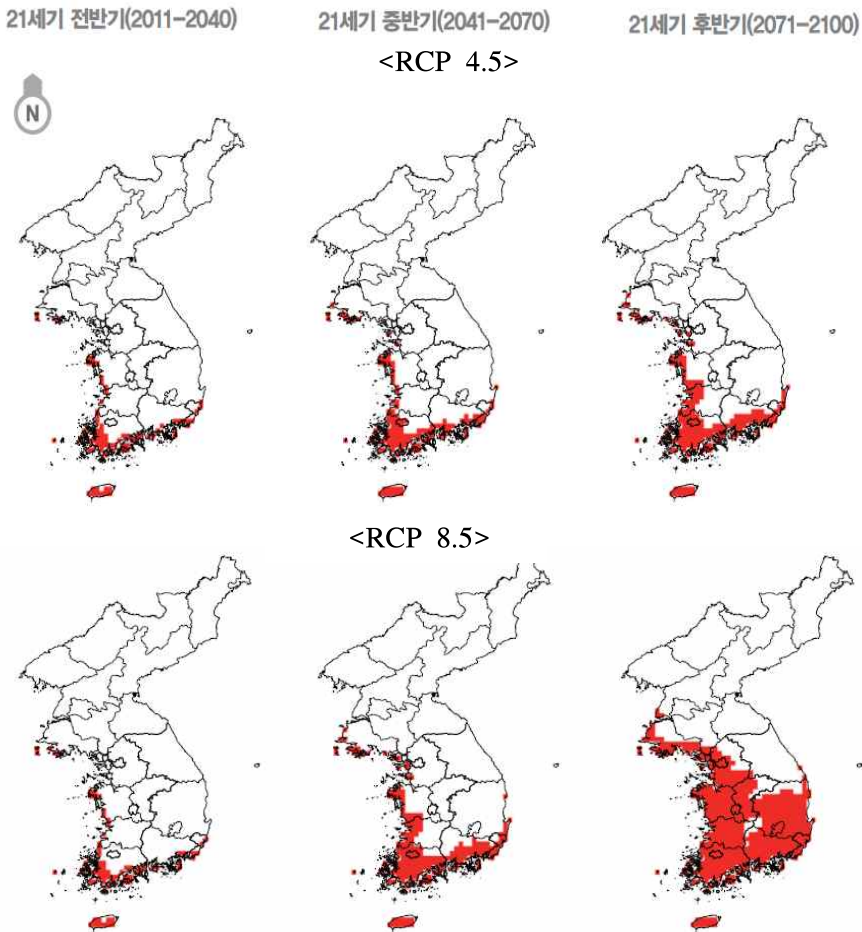
자료: 기상청(2012: 73).

기후변화에 따른 우리나라의 이상기상 예측 자료에 따르면 극한기후는 폭염, 열대야 등 고온 현상이 3~6배 증가하며, 일 강수량 80mm 이상의 집중호우 일수는 2050년 60% 이상 증가할 것으로 전망하였다(기상청 2012). 따라서 농업부문의 경우 이상기상에 대비하여 위험관리 수단으로써 농작물 재해보험과 농업 인프라 관리로써 수리시설 보완 등 적절한 적응 수단을 모색하는 것은 시급한 당면 과제이다.

기후변화에 따라 현재 한반도는 제주도와 부산과 목포를 연결하는 남해

안은 습윤 아열대 기후구(여름철이 고온 다습한 특징)로, 이를 제외한 나머지 대부분의 지역은 대륙성 기후구로 분류된다.<sup>8</sup> 향후 온난화가 가속화됨에 따라 아열대 기후구의 경계가 점차 북상할 것으로 전망된다<그림 2-5>.

그림 2-5. 21세기 한반도의 아열대 기후구 변화 전망



자료: 기상청(2012: 95).

<sup>8</sup> 트레와다 아열대 기후구란 최한월의 평균기온이 18℃ 이하이면서 월 평균기온이 10℃ 이상인 달이 8개월 이상인 경우를 지칭한다(기상청 2012).

RCP 4.5 시나리오의 경우, 21세기 후반기에는 전남북과 충남 서해안, 경기와 황해 서부 해안 지역, 경남으로 아열대 기후구가 북상할 것으로 전망된다. 또한 RCP 8.5 시나리오의 경우, 강원도 산간을 제외한 남한 대부분의 지역이 21세기 후반기에 아열대 기후로 정의될 것으로 전망된다(기상청 2012). 따라서 미래 기후변화에 대응하여 재배 적지 변동과 작목 전환은 농업부문의 기후변화 적응의 중요한 과제이다.

한반도 기후변화 전망 보고서에서 제시된 지역별 기온 및 강수량, 식물성장기간, 서리일수의 전망 및 이상기상 등의 정보는 농업부문 기후변화 영향 분석과 농작물 피해예방과 작황 예측, 대체 작목의 개발 등 적응 수단 선택 등에 대한 의사결정의 기초 정보로 활용될 수 있다.

기후변화에 따라 농작물의 재배 적지가 변동되고 생산량과 품질도 변화할 것으로 예측된다. 특히 주요 농산물 가운데 과수는 다른 원예작물에 비해 기후 의존도가 높아서, 지구온난화에 의한 기후변화는 과수의 생산성, 품질, 생산 여건 등에 광범위하게 영향을 줄 것으로 예상된다(김창길 외 2009).

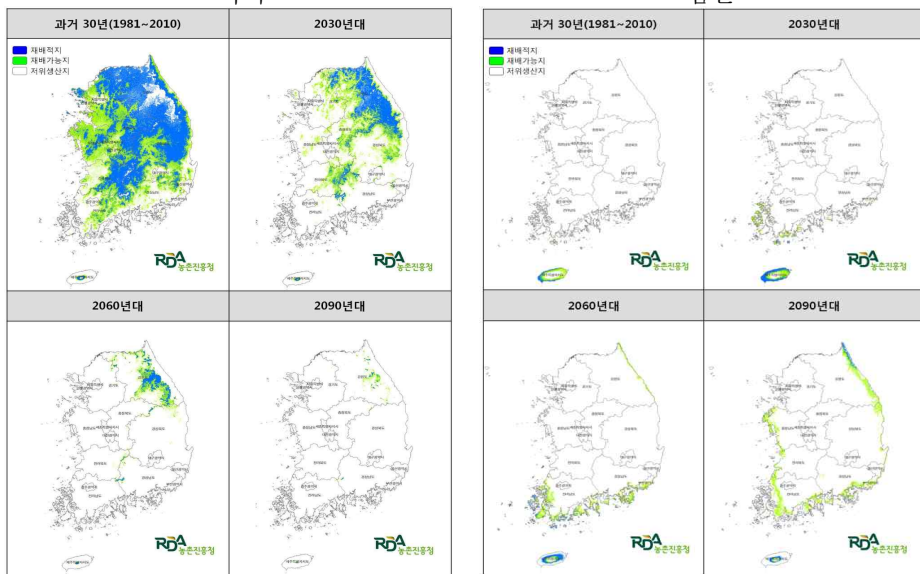
농촌진흥청은 ‘농업용 미래 상세 전자기후도’를 바탕으로 현재 재배되고 있는 품종과 재배양식 등의 재배 시스템이 그대로 유지된다는 조건하에 기후변화 시나리오(RCP 8.5)를 바탕으로 주요 과수의 재배지 변동 예측 지도를 작성하였다(농촌진흥청 2015).<sup>9</sup> 사과는 과거 30년 동안의 재배면적과 비교해 앞으로 재배 적지와 재배 가능지가 모두 빠르게 줄고, 21세기 말에는 강원도 일부에서만 재배할 수 있을 것으로 전망했다.<sup>10</sup> 감귤은 남한 지역의

9 농촌진흥청 국립원예특작과학원은 기상청이 제시한 기후변화 시나리오(RCP)에 근거해서 2100년까지 10년 단위로 월평균 기후(평균기온, 최고기온, 최저기온, 강수량)를 30m 급 고해상도로 나타낸 ‘농업용 미래 상세 전자기후도’를 제작하여 웹으로 제공하고 있다(<http://www.agdcm.kr/index.do>). 이러한 전자기후도를 이용하여 미래 기후변화에 따라 우리나라 농업 환경에 맞는 작물별 재배지 변동 예측 지도를 개발하였다. 현재 사과, 배, 복숭아, 포도, 단감, 감귤 등 6대 과수작물의 재배지 변동 예측 지도를 제시하였다(농촌진흥청 2015).

10 과거 30년간 사과 재배 적지는 401만 ha, 재배가능지가 271만 5천 ha, 저위 생산지가 307만 ha였으나, 2050년대는 재배 적지가 44만 8천 ha, 재배 가능지가 58만 ha로 크게 줄고, 저위 생산지는 875만 6천 ha로 크게 늘어날 것으로 예측하였다(농촌진흥청 2015).

대부분이 아열대 기후구로 전환됨에 따라 총 재배 가능지가 지속적으로 증가할 것으로 전망된다.<sup>11</sup> 감귤 재배 한계선이 남해안 일대로 상승하고, 강원도 해안가와 제주도 중산간 지역으로 총 재배 가능지가 이동할 것으로 예측되었다<그림 2-6>.

그림 2-6. 우리나라 사과와 감귤의 재배 적지 변동 예측도(RCP 8.5)  
<사과> <감귤>



자료: 농촌진흥청(2015).

따라서 기후변화에 따른 과수 작물의 생산성 감소와 품질 저하 문제를 해결하기 위해 고온 적응형 품종 육성과 권역별 작목 배치, 고온 대응 재배 기술 개발, 미래 생산성 변동 예측과 기상재해 조기 경보 시스템 개발 등 기후변화 적응 시스템의 구축이 필요하다(농촌진흥청 2015).

<sup>11</sup> 과거 30년간 감귤 재배 적지는 3만 7천 ha, 재배 가능지가 8만 5천 ha, 저위 생산지가 967만 2천 ha였으나, 2050년대는 재배 적지가 14만 2천 ha, 재배 가능지가 26만 6천 ha로 크게 증가하였고, 저위 생산지는 937만 7천 ha로 감소할 것으로 예측하였다(농촌진흥청 2015).



농업부문의 기후변화 적응 대책을 모색하기 위해서 여러 가지 접근 방법과 수단이 적용되고 있다. 기후변화의 적응에 대해 다양한 개념과 경제적 분석을 위한 다양한 방법론이 제시되고 있다. 제3장에서는 기후변화 적응의 개념과 접근 방법, 농업부문 기후변화 적응 수단의 인벤토리 등 기후변화 적응 관련 이론을 살펴보았다. 다음으로 기후변화 적응의 경제적 분석 방법론으로 기후변화 적응 분석을 위한 영향 평가 방법론, 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석 기본 틀을 제시하였다. 또한 IPCC, World Bank, OECD 등 국제기구에서 논의되고 다루어지는 적응 수단의 경제적 효과 분석 사례를 검토하였다.

## 1. 기후변화 적응의 이론 체계화

### 1.1. 기후변화 적응의 개념

기후변화 대응은 온실가스를 줄이는 완화(mitigation)와 지구온난화를 불가피한 현상으로 받아들이고 발생할 수 있는 위험을 최소화하는 적응(adaptation)으로 대별될 수 있다. 기후변화 적응은 다양하게 정의되고 있는데, IPCC는 ‘기후자극과 기후자극의 효과에 대응하는 자연과 인간시스템의 조절작용’으로 규정하고 있다. 또한 UNFCCC는 ‘현재와 미래 예상되는 기

후변화로 인해 발생할 가능성이 있는 피해를 줄이기 위해 생태학적, 사회·경제적 시스템의 조절 작용'으로 정의한다(한화진 외 2008). 즉, 실제 또는 앞으로 예상되는 기후 및 기후의 영향에 대응하여 적합한 행동이나 태도를 취하는 과정을 의미한다. 이를 통해 기후변화의 부정적 위험이 감소되고 오히려 이로온 기회로 활용될 수 있다. 따라서 기후변화 적응은 적응 능력-변화에 적응하는 개인, 그룹 혹은 조직의 능력-을 배양하는 것과 적응 대책의 실행, 즉 능력을 활동으로 전환하는 것 등을 포함한다. 농업부문의 기후변화 적응 유형은 크게 세 가지로 대별될 수 있다(Wreford, Moran, and Adger 2010).

첫째, 기후변화로 영향을 받는 시스템의 민감성을 줄이는 방안이다. 예를 들면, 홍수방지나 저수지 저장 용량 증가에 투자하고, 기후변화에 더 잘 견디는 농작물을 영농하며, 홍수가 잘 일어나는 지역에 홍수를 견디는 기반 시설을 건설하면 달성될 수 있다.

둘째, 기후변화에 노출되는 시스템의 노출 정도를 변경하는 방안이다. 예를 들면, 계절별 기상 예측과 예방 활동 같은 위험에 대한 준비도와 조기 정보 체제에 투자함으로써 달성될 수 있다.

셋째, 사회적 및 생태 시스템의 회복력을 증가시키는 방안이다. 이것은 자원 보호를 목표로 하는 일반 활동과 특정 종의 수가 회복되도록 하는 특정한 생물다양성 대책 등을 통해 달성될 수 있다.

기후변화 적응을 실시하려면 경제력, 기술, 정보, 인프라, 제도, 형평성 등에 관한 여러 가지 조건이 만족되어야 하며, 이들을 적응 능력의 구성 요인으로 지칭한다. 무상 또는 저가로 실시할 수 있는 적응도 있지만, 대부분의 효과적인 적응 대책을 시행하기 위해서는 일반적으로 어느 정도의 비용이 수반된다. 또한 기후변화 적응에는 이용 가능한 기술이 전제되어야 한다. 적응을 효과적으로 이행하려면 적응 실시의 필요성을 먼저 인식하고, 이용 가능한 적응 대책을 잘 알아야 할 뿐만 아니라, 적응 대책을 평가하여 가장 적절한 것을 선택하여 실천하는 능력도 필요하다(김창길 외 2009).

## 1.2. 기후변화 적응의 접근 방법

농업부문 기후변화 적응의 접근 방법은 영향 중심 접근 방법, 정황 중심 접근 방법, 과정 중심 접근 방법으로 대별될 수 있다(김창길 외 2009)<표 3-1>.

영향 중심 접근 방법은 기후변화가 부문별·품목별로 어느 정도 영향을 미치고, 적절한 기후변화 적응 조치가 이루어지는 경우 부정적 영향을 얼마나 줄일 수 있는지를 파악할 수 있도록 한다. 이 방법은 기후변화 모형을 기초로 시나리오를 설정하여 국가적·지역적 기후변화 정도를 예측하고, 기후변화에 따른 재배 작물의 적지 변동과 농업생산과 농가경제 등에 미치는 영향을 다룬다.

정황 중심 접근 방법은 기후변화가 농업인에게 영향을 미치는 조건은 무엇이고, 적응이 적절하게 이루어지는 조건과 적응을 방해하는 제약 요인을 파악할 수 있도록 한다. 정황 분석의 주요 내용으로는 농가의 기후변화 적응 의사결정에 영향을 미치는 기후적 요인과 비기후적 요인의 식별, 기후변화의 위험성에 대한 이해와 위험관리 방안의 활용, 여러 가지 적응 수단의 최적 선택과 활용 등을 들 수 있다. 정황 분석은 유효한 적응 수단을 모색할 때 중요한 접근 방법으로, 농업인을 대상으로 한 설문 조사와 같은 정성적 분석과 위험관리 수단에 대한 계량적 방법 등이 적용될 수 있다.

과정 중심 접근 방법은 적응 과정이 어떻게 작용하고 어떤 조건에서 적응이 이루어지는지, 도입되는 적응 유형에 어떤 조건이 영향을 미치는지, 미래의 조건에서 실행 가능한 적응 수단은 무엇이며, 적응을 좀 더 용이하게 할 수 있는 방안은 무엇인지에 대한 해법을 제공한다. 과정 분석의 핵심 내용에는 적응 수단에 대한 농업인의 수용력과 의사결정 등 적응 능력 분석이 포함된다. 적응 능력에 영향을 미치는 요인으로는 기후변화에 대한 인식, 인적·사회적 자본, 적응 기술, 관련법과 제도 등 위험관리 시스템 등을 들 수 있다.

농업부문의 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석에 초점을 맞춘 이 연구에서는 주로 실제적으로 활용되는 적응 수단 파악을 위해 농업인 설문 조사와 소득 조사 등을 기초로 한 정황 중심 접근 방법과 적응 수단에 대한

수용력과 위험관리 수단으로 농작물 재해보험의 계량적 방법을 적용하는 과정 중심 접근 방법이 주로 활용된다.

표 3-1. 농업부문 기후변화 적응의 접근 방법

분 류	핵심 질문 사항	주 요 내 용
영향 중심 접근 방법 (Impact-based approach)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기후변화의 예상되는 영향은?</li> <li>▪ 기후변화는 얼마나 심각한가?</li> <li>▪ 예측된 영향을 다룰 수 있는 적응은?</li> <li>▪ 특정 적응으로 영향이 어느 정도 완화되고 상쇄될 수 있나?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 대기순환 모형을 이용한 기후변화 시나리오 선택</li> <li>▪ 농업의 특정 부문에 미치는 영향 모형화</li> <li>▪ 이차적인 영향으로 재배 적지 변동</li> <li>▪ 적응을 포함시켜 여타 영향을 추정</li> </ul>
정황 중심 접근 방법 (Context-based approach)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 생산자에게 영향을 미치는 조건은?</li> <li>▪ 생산자는 조건들을 어떻게 다루는가?</li> <li>▪ 실제로 적응을 용이하게 하는 것 혹은 제약하는 것은?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 농가 의사결정에 영향을 미치는 기후적·비기후적 요인 식별</li> <li>▪ 위험 인지와 위험관리 전략 활용</li> <li>▪ 다양한 적응 수단의 선택과 활용</li> </ul>
과정 중심 접근 방법 (Process-based approach)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 적응의 과정들은 어떻게 작용하는가?</li> <li>▪ 어떤 조건에서 적응이 이루어지는가?</li> <li>▪ 도입되는 적응 유형에 어떤 조건들이 영향을 미치는가?</li> <li>▪ 미래의 조건들 하에서 실행 가능한 적응 수단은 무엇인가?</li> <li>▪ 적응을 용이하게 할 수 있는 방법은?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 농업인의 적응에 대한 의사결정 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실제적인 적응 조치에 대한 반응</li> <li>- 적응 이니셔티브 실행 수단 식별</li> </ul> </li> <li>▪ 현재와 미래 적응 능력 측정                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 노출과 적응 능력</li> <li>- 미래 노출과 미래 적응 능력(인식, 제도, 기술 등)</li> </ul> </li> </ul>

주: Wall, Smit, and Wandel(2007)에 제시된 내용을 종합적으로 요약 정리한 것임.

### 1.3. 농업부문 기후변화 적응 수단

앞에서 제시된 바와 같이 농업부문의 기후변화 적응의 유형은 크게 영향을 받는 시스템의 민감도를 줄이는 방식, 기후변화에 노출되는 시스템의 노출을 변경시키는 방식, 사회적·생태적 시스템의 복원력을 증가시키는 방식 등으로 대별될 수 있다. 또한 적응을 추진하는 관련 주체에 따라 농업인과 유관 업체 등의 민간 부문과 중앙정부와 지방자치단체 등 공공 부문으로 대별된다. 민간 부문은 사적 이윤 극대화를 추구하고, 공공 부문은 공익 극대

화를 추구한다. 적응의 유형 구분 축으로 시스템 특성, 의도성, 시점 등을 들 수 있다(OECD 2006).

시스템은 크게 자연 시스템과 인간 시스템으로 대별되며, 의도성 기준에 따라 자율적 적응과 계획된 적응, 시점에 따라 사전적 적응과 사후적 적응, 기간에 따라 단기와 중·장기, 공간적 범위에 따라 농가 단위, 지역 단위, 국가 단위 등으로 구분이 가능하다. 자율적 적응은 농민들과 지역사회가 기후변화 위협을 인식하고 이에 대응하여 취하는 행동이며, 계획된 적응은 지자체나 중앙정부에 의해 실행되는 것으로, 공공재를 제공하거나 새로운 환경에 민간 부문이 관심을 갖도록 유인하는 것을 의미한다. 계획적 적응은 Hard 적응과 Soft 적응으로 구분할 수 있다. 또한 적용 시점에 따라 사전적 적응과 사후적 적응으로 구분될 수 있으며, 적용 기간에 따라 단기와 중·장기로 구분도 가능하다. 또한 적용 범위에 따라 국가적 수준과 지역적 수준, 부문별 수준, 프로젝트 수준 등으로 대별될 수 있다(OECD 2006).

국가별·지역별 여건에 따라 다르나 실제 농업 분야의 기후변화 적응 수단은 매우 다양하다. 캐나다의 경우 기술 개발(작물 개발, 기상·기후 정보 시스템, 자원관리 혁신), 정부 프로그램, 보험(농업 보조금, 보험, 자원관리 프로그램), 농가 생산 기법(농가 생산, 토지 사용, 관개, 재배 시기 조절), 농가 재정 관리(작물 보험, 선물거래, 소득 안정화 수단) 등 다섯 가지 수단으로 유형화하여 관리하고 있다(Smit and Skinner 2002). 일본은 농업 분야 기후변화 적응 수단으로 물·토양의 보전, 토양 질의 개량, 경작 활동, 물 이용 효율, 정부 및 관행적인 시책, 신기술 연구 투자, 인프라 구축, 교육과 훈련, 토지 관리, 수자원 관리, 인간 행동, 기타 수준의 농가 적응 등 12개 분야로 나누어 관리하고 있다(農林水産省 農林水産技術會議 2007). 우리나라는 환경부의 기후변화 적응 마스터플랜 수립 연구에서 농업부문 기후변화 적응 수단으로 크게 기술적 조치(28개 수단), 법·제도 정비(7개 수단), 경제적 수단(7개 수단), 홍보 및 교육(6개 수단), 평가(모니터링 및 취약성 평가, 14개 수단) 등 다섯 가지 수단으로 유형화하여 총 62개의 세부적인 적응 수단을 제시하였다(한화진 외 2008).

이 연구에서는 IPCC 제5차 평가 보고서에서 제시된 적응 옵션과 우리나라

라 농촌 현장에서 이루어지고 있는 적응 수단을 반영하여 적응 기술, 경제적 수단과 관련 제도, 인력 양성 및 교육, 모니터링 등 크게 네 가지 수단을 고려하였다<표 3-2>.

표 3-2. 농업부문 기후변화 적응 수단의 인벤토리

범 주		적 용 수 단
적용기술	<b>작목 대체 및 품종 개발</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 변화한 기후에 적합한 품종이나 작목으로 전환</li> <li>▪ 온도 변화와 자연재해에 강한 품종 개발</li> </ul>
	생산기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 새로운 병해충·잡초 방제 기술 및 예측 모형 개발</li> <li>▪ 시비, 작목 파종 및 수확 시기 등 재배 기술 개발</li> </ul>
	기반 구축 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 물 이용 효율 최적화 설비 개발</li> <li>▪ 인수(물을 끌어다 댐) 소실 절감 기술 개발</li> </ul>
	기후정보 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 사전적 기상정보 제공을 위한 조기경보 시스템 개발</li> <li>▪ 기상재해 모니터링 및 농업 기상재해 DB구축</li> </ul>
경제수단 및 제도	<b>보험제도</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지역별·품목별 조건을 고려한 농업재해보험 확대</li> <li>▪ 농가 위험관리를 위한 지수형 날씨 보험 개발</li> <li>▪ 농업기반 시설 피해에 대비한 풍수해보험의 재정비</li> </ul>
	자원관리 시스템구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 농작물 피해량 산정 및 지원 시스템 구축</li> <li>▪ 재해 대비 시설물 규격 강화</li> </ul>
인력양성 및 교육	인력 양성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 적응 대책 전문 인력 육성</li> <li>▪ 기후변화 적응 선도 농업인 육성</li> </ul>
	교육·홍보	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 농작물 재해보험 및 위험관리에 대한 농가 교육</li> <li>▪ 적응 대책 매뉴얼·자료 등의 구축 및 보급</li> </ul>
모니터링	<b>정보 제공 모니터링</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상·기후 관련 조기경보 및 정보 제공</li> <li>▪ 농경지 환경 및 기상인자 모니터링 시스템 구축</li> </ul>

주: 진하게 표시된 부분은 이 연구에서 적응 수단의 경제적 효과 분석에서 다루게 될 분석 대상 수단임을 나타냄.

기후변화 적응 수단에 농업인 반응 조사 결과, 농업인들이 현재 적용 중이거나 관심 있는 대응 방법으로 ‘변화된 기후에 적합한 작목으로 변경’(20.1%), 다음으로 ‘작물 파종 및 수확 시기 조절’(14.1%), ‘농작물 재해보험 가입’(13.7%), ‘현재 재배하고 있는 작물 품종 변경’(13.6%) 등의 순으로 나타났다(<그림 4-5> 참조). 따라서 이 연구에서의 기후변화 적응 수단의 분석 대상으로 경제적 실증분석이 가능한 농작물 재해보험과 작목 대체, 정보 제공 등의 수단을 선정하여 분석하였음을 밝혀둔다.

## 2. 기후변화 적응의 경제적 분석 방법론

### 2.1. 기후변화 적응 분석을 위한 영향 평가 방법론

기후변화 영향 평가는 적응 조치 마련을 위한 선행 단계이므로 농업부분 기후변화 적응의 경제적 분석을 위해서는 우선 기후변화 영향 평가가 이루어져야 한다. 앞에서 제시된 바와 같이 영향 중심 접근 방법은 기후변화 적응의 접근 방법에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 기후변화 영향 평가에 적용되는 모형으로는 작물 모형, 경제모형, 통합 모형 등 세 가지 방법론으로 요약될 수 있다<그림 3-1>.

그림 3-1. 기후변화 적응 분석을 위한 영향 분석 통합 모형 구조도



첫째, 토양-작물-대기의 요소를 고려하여 작물생산 변화를 시뮬레이션하는 작물 모형(crop models)을 들 수 있다. 작물의 생육에는 대기 중의 이산화탄소 농도, 기온, 강수, 일사량 모두가 크게 영향을 미친다(김창길 외 2014). 기후변화는 작물 중량의 증가나 높이 연장 등 양적 성장(growth)과 발아, 꽃눈 분화, 성숙, 낙엽 등 질적 변화(development)에 직·간접으로 영향을 미친다(杉浦俊彦 2012). 작물 모형은 기후변화의 여건을 반영하여 식물, 토양, 기상 등으로 구성된 작물 생태계의 물질과 에너지 흐름에 대한 물리, 화학, 생물학적 기초 지식을 토대로 그 관계를 수학적으로 나타낸 것이다(임준택 외 2010). 작물 모형은 기후변화에 대응하여 다양한 적응 수단을 적용하는 경우, 농작물의 수량에 미치는 영향을 정량적으로 평가하는 데 활용될 수 있다. 대표적인 작물 모형으로 CERES와 ORYZA2000 등을 들 수 있다(김창길 외 2009).

둘째, 기후변화가 농업부문에 미치는 사회·경제적 영향을 분석하는 경제모형을 들 수 있다. 경제모형은 크게 부분균형모형과 일반균형모형으로 대별된다. 부분균형모형으로는 모수적·비모수적 모형, 리카디언 모형, 실증적 수리계획모형 등이 있고,<sup>12</sup> 일반균형모형으로는 연산일반균형(Computable General Equilibrium: CGE) 모형을 들 수 있다. 기후변화에 따른 농산물 생산성 변화, 기후변화 적응 수단의 경제적 효과, 주요 농작물 재배 지역 변동의 경제적 영향 등을 시뮬레이션하기 위해 사용된다. 경제모형의 경우 기후변화에 따른 작물생산의 영향을 파악하는 데 과거의 시계열 자료를 이용하는 방법과 작물 모형을 이용한 시뮬레이션 분석 결과를 활용하는 방법이 모두 적용될 수 있다. 대체로 작물 모형을 이용하여 기후변화가 작물생산에 미치는 영향을 기초로 경제적 효과 분석이 이루어진다.

<sup>12</sup> 기후변화가 농업 생산성에 미치는 영향 분석과 관련하여 특정 함수를 가정하여 회귀분석을 수행하는 모수적 방법과 함수형태를 가정하지 않고 신축적으로 분석하는 비모수적·준모수적 방법은 과거의 작물 단수에 관한 자료를 이용하고 있다. 또한 기후변화가 농가경제에 미치는 영향 분석과 관련하여 미래 지대의 할인된 현재 가치인 농지 가격 변화를 추정하여 평가하는 리카디언 모형은 과거의 자료를 이용한다(김창길 외 2009).

셋째, 기후 모형과 작물 모형, 경제모형을 통합하여 다양한 요소들의 상호작용을 포함하는 통합 모형(integrated model)을 들 수 있다. 이 모형의 중요한 장점은 유연성에 있다. 특정한 모듈을 추가 또는 제거할 수 있고, 일부 지역적 조건을 상세하게 표현할 수 있다. 경제모형은 작물 모형에서 추정된 단수를 이용하여 생산물의 경제적 가치나 농가 소득을 계산할 수 있다. 기후변화 영향 분석과 적응 수단을 연계한 통합 모형으로는 국제식량정책연구원(International Food Policy Research Institute: IFPRI)에서 개발한 농업 재화 및 교역의 정책 분석을 위한 국제 모형(International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade: IMPACT)이 널리 활용되고 있다(김창길·정학균·임영아 2015).<sup>13</sup>

## 2.2. 적응 수단의 경제적 효과 분석 프레임워크

기후변화에 따른 적응 수단의 경제적 효과 분석에 대한 논의는 최근에 이루어지고 있다. 미국의 농업 모형 비교 및 개선 프로젝트(Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project: AgMIP)의 지역 통합 평가(Regional Integrated Assessment)에서 기후변화 적응 수단의 경제적 분석을 위한 개념적 접근 틀을 제시하고 있다(Antle et al. 2014).<sup>14</sup> 기후변화 적응에 따른 농업 시스템 변화의 정량적 분석을 위한 핵심적인 질문으로  $Q_1$ ,

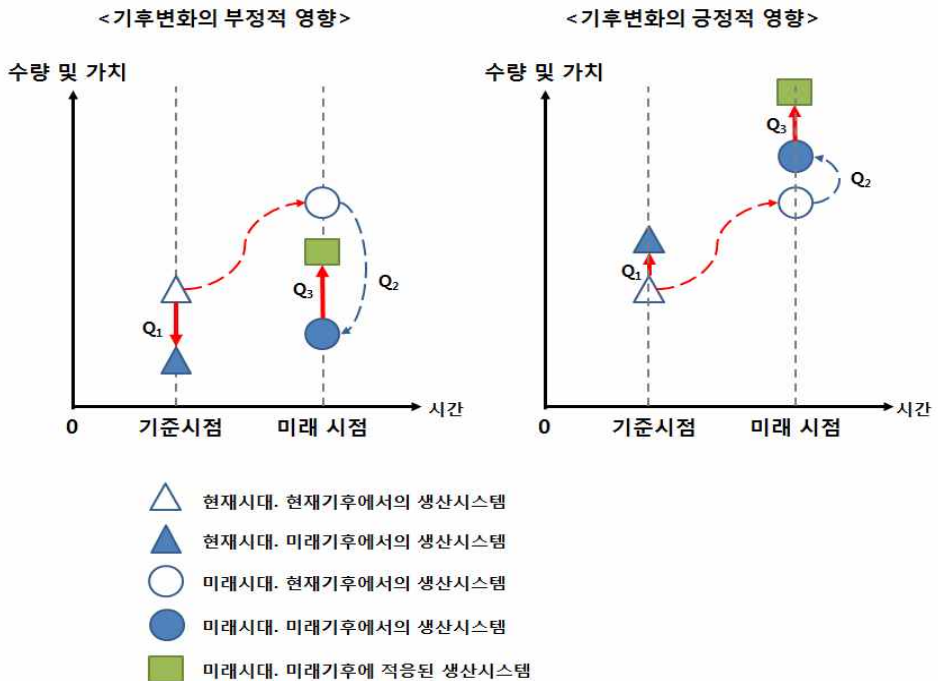
<sup>13</sup> 한국농촌경제연구원은 IFPRI에서 개발된 IMPACT 모형을 활용한 농업부문의 기후변화 완화 및 적응 수단에 대한 경제 분석을 위해 양 기관 간 MOU를 체결하고 모형 운용과 실제적 적용 사례에 대한 연구를 별도로 진행 중에 있다. IFPRI에 의뢰하여 ‘농업부문의 기후변화 영향과 적응의 통합 평가’ 과제가 수행 중에 있으며 2016년 4월 말에 보고서가 발간될 예정이다. 한국농촌경제연구원은 IFPRI와의 효과적인 협동 연구 수행을 위해 ‘IMPACT 모형 운용 T/F’를 설치하여 운영하고 있다.

<sup>14</sup> AgMIP은 기후변화로 인한 주요국의 농산물 수급영향 분석과 지역간 변화, 적응조치의 정책효과 등을 다루기 위해 기후변화 시나리오와 작물모형 및 농업 경제모형을 연계한 통합모형임.

36 기후변화 적응의 이론 및 경제적 분석 방법론

기후변화에 대한 현재 농업 시스템의 민감도는 어떠한가?  $Q_2$ , 미래 농업 생산 시스템에 대한 기후변화의 영향은 무엇인가?  $Q_3$ , 기후변화 적응의 이점은 무엇인가? 등 세 가지를 제시한다<그림 3-2>.

그림 3-2. AgMIP의 기후변화 적응의 효과 분석 개념도



자료: Antle et al.(2014: 150).

첫째, 기후변화에 대한 현재의 농업 생산 시스템의 민감도는 어떠한가? 이 질문은 생산 시스템이 현재 상태 및 사회경제적 조건 아래에서는 변화하지 않는다는 가정에서 기후변화의 영향을 다루고 있다. 이러한 분석 유형은 약간의 통찰력을 제공할 수는 있으나, 기후변화 영향력의 정량화를 위해 현재 사회경제적 조건을 적용하기 때문에 그 연계성은 제한적이다.

둘째, 미래 농업 생산 시스템에 대한 기후변화의 영향은 무엇인가? 이 질문은 기후변화를 고려하지 않은 미래 세계가 투영된 생산 시스템에 대한 기

후변화의 영향력을 평가한다. 여기서의 분석은 기후 영향력과 적응에 대한 잠재적 이점을 이해하는 데 더 적합하다. 그러나 시스템에 영향을 미치는 관련 변수들을 모두 미래에 투영해야하므로 어려움이 많다.

셋째, 기후변화 적응의 이점은 무엇인가? 이 질문은 미래 생산 시스템을 위한 적응 방안의 설계, 시스템의 적응도 및 실제 적용과 관련하여 경제적, 환경적, 사회적 성과를 다룬다. 이러한 적응은 기후변화의 부정적 영향을 상쇄하거나 순 영향의 이점을 활용하도록 설계된다.

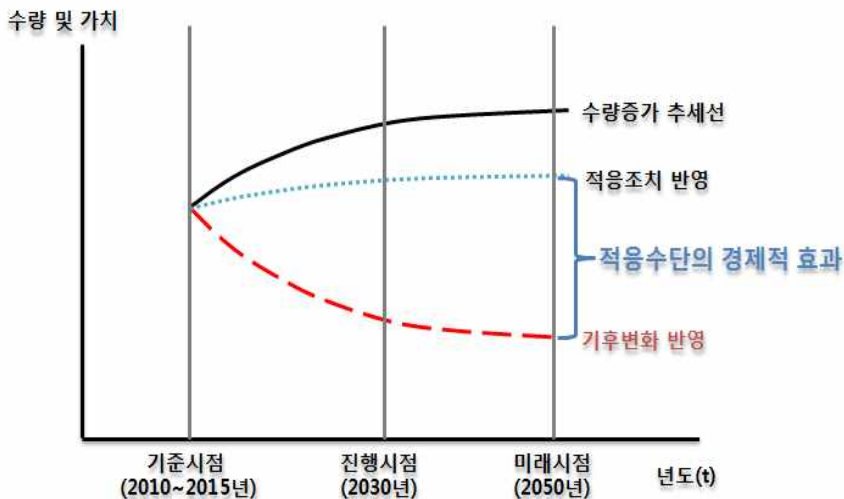
위에서 제시된 세 가지 질문에 대한 답을 구하기 위해 AgMIP에서는 다차원적 상충분석(Tradeoff Analysis-Multi Dimensional: TOA-MD) 시뮬레이션 모형을 개발하여 농업부문의 기후변화 적응에 대한 경제적 분석을 시도하였다(김창길 외 2015).<sup>15</sup>

현실적으로 기후변화 적응의 경제적 분석은 상당히 복잡하고 여러 가지 가정 조건을 수반한다. 특히 기후변화 적응은 완화와 달리 한번으로 끝나는 행동이나 결과가 아닌 지속적인 과정이며, 사회 또는 농업인이 기후변화에 완전하게 적응하기는 매우 어렵다. 현실적으로 농업부문은 타 부문에 비해 기후변화에 취약하며 주기적으로 기후변화에 따른 자연재해를 겪는다. 이러한 영향은 기후변화 용어로 잔류 영향(residual impacts)으로 알려져 있으며 사회가 어느 정도 수용할 만하다고 결정한 영향이다. 잔류 영향은 적응의 비용분석을 어렵게 하는데 왜냐하면 잔류 영향은 어떠한 영향의 비용에서 차감되어야 하기 때문이다. 즉 모든 영향을 피할 필요는 없으며 따라서 무대책의 비용이 반드시 바로 적응의 혜택으로 옮겨 가지는 않는다. 또한 무대책 비교의 기본은 기후변화의 영향이 이미 정상적인 관리 대책으로 적응되는 시간의 경과에 따라 변화한다. 나아가 많은 적응 대책들은 기후와 관계없는 부수혜택을 가질 수 있으며 평가에 고려할 필요가 있다(Metroeconomica 2004; Wreford, Moran, and Adger 2010).

<sup>15</sup> TOA-MD모형은 미국 오레곤 주립대학교의 John M. Antle 교수와 관련 연구진들에 의해 개발되었고, 이 모형을 이용하여 동아프리카와 케냐를 대상으로 기후변화 적응 신기술 적용시 경제적 영향 평가가 이루어졌다(Claessens, 2012).

이러한 맥락에서 이 연구에서는 두 번째와 세 번째 질문에 초점을 맞추어 기후변화 적응의 이점과 관련하여 미래 기후에 적응된 생산 시스템의 경제적 효과 분석을 위한 다차원적 접근을 시도한다. 기후변화 적응의 경제적 분석의 기본 틀은, 기후변화가 농업에 미치는 부정적인 영향(비용)을 계측하고 이와 관련하여 아무런 적응 조치가 없을 경우(without)의 경제적 피해액을 계측하고, 적응 조치가 있을 경우(with)의 적응 기술 적용의 비용/편익, 비용 등을 계측하여 적응의 경제적 효과를 계측할 수 있다<그림 3-3>.

그림 3-3. 농업부문 기후변화와 적응의 효과 분석(개념도)

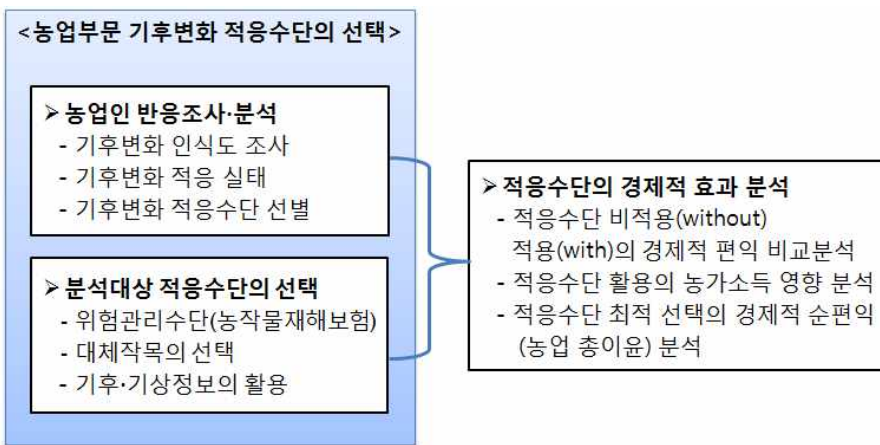


기후변화에 따른 계획된 적응(planned adaptations) 경제적 분석에는 비용-편익의 방법론이 널리 활용되고 있다. 현실적으로 적응의 비용-편익분석에서 분리가 가능한 독립적인 적응 수단의 경우 평가하는데 어려움이 덜하다. 독립적이 수단에 대한 비용과 편익은 해당 수단이 없는 경우와 비교하여 상대적으로 쉽게 평가될 수 있다. 그러나 적응수단이 여러 가지 파급 효과를 갖는 경우 동반편익(co-benefits)을 발생시키기 때문에 비용-편익의 평가에 어려움이 크다. 예를 들어 기후변화 적응수단으로 농지관리 방법의 개선은 토양의

침식과 염류화를 줄이고, 탄소고정을 높여 동반편익을 발생시킨다. 이밖에도 적응 수단은 단기적이 효과뿐만 아니라 장기적인 측면에서 이득과 불확실성을 내포하기 때문에 편익 산정에 있어서 적절한 할인율의 선택도 중요하다.

이 연구에서는 농업부문 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석을 위해 우선 기후변화 인식도와 체감 정도, 농업 생산에 미치는 영향 및 적응 수단에 대한 농업인 반응 조사를 실시하였다<그림 3-4>. 앞의 <표 3-2>에서 제시된 바와 같이 기후변화 적응 수단 인벤토리 가운데 기후변화 적응 수단에 대한 농업인의 반응 조사를 기초로 대표적인 위험관리 수단으로써 경제적 효과 분석이 가능한 농작물 재해보험, 대체 작목의 선택, 기후·기상 정보의 활용 등 세 가지를 분석 대상 적응수단으로 선택하였다. 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석은 생산경제와 위험분석에서 적용되는 다양한 방법론을 이용하였다. 또한 위에서 언급된 바와 같이, 적응 수단을 적용하는 경우와 비적용하는 경우의 경제적 효과를 비교·분석하였고, 적응 수단으로써 작목 전환이 이루어진 경우의 농가 소득과 미래 재배작물의 최적화가 이루어진 경우의 경제적 편익(농업 총이윤)을 분석하였다.

그림 3-4. 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석 기본 구조 틀



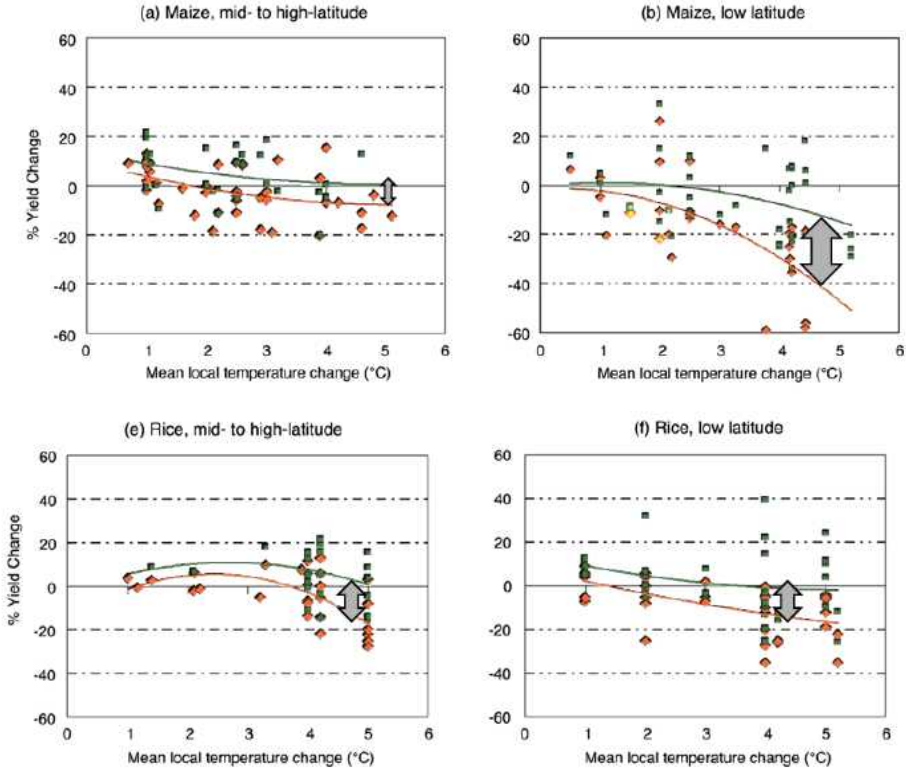
### 3. 국제기구의 적응 수단 경제적 효과 분석 사례

#### 3.1. IPCC 및 UN 기후변화협약(UNFCCC)

IPCC는 기후변화 적응을 실제로 일어나고 있거나, 일어날 것으로 예상되는 기후변화와 그 영향에 적응하는 과정으로서 기후변화로 인한 위험을 최소화하고 나아가 이를 유익한 방법으로 활용하는 방법으로 설정하고 있다. 적응을 통해 기후변화 영향의 위험은 줄일 수 있지만, 기후변화 규모가 커지고 진행 속도가 빨라질 경우 그 효과성은 제한될 수 있다고 제시하고 있다. 농업부문의 적응방안으로 식량생산 감소와 품질 저하에 대응하기 위해서는 새로운 품종개발이 필요하고, 기후 위험관리 역량을 강화해야 하며, 토지 이용 변화에 따른 경제적 영향을 완화해야 한다고 명시하고 있다. 이와 함께 소규모 영농에 대한 재정적 지원과 투자를 늘리는 것이 필요하다고 보고 있다. 이를 통해 농산물 시장을 확대하고 국제농산물 시장의 변동성을 감소시킬 수 있으며, 기후변화에 따른 식량 공급 부족을 효율적으로 관리할 수 있다고 제시하고 있다. 이외에도 가뭄 및 병해충 적응력 강화를 위해 바이오 기술 및 유전자 변형 농작물, 지속적 영농 운영을 위한 재정 안전망 제공을 위해 가뭄 보조금 지원과 재해보험 확대를 들고 있다(IPCC 2014a).

IPCC와 UN 기후변화협약(UNFCCC)에서는 기후변화 적응의 경제적 효과 분석과 관련해서, 관련 분야에서 수행된 연구 성과를 종합하여 제시하고 있다. 주로 기후변화 적응에 소요된 경제적 비용 산출에 초점을 맞추고 있다. 기후변화 적응과 관련한 비용으로는 관련 분야 정보를 취득하는 비용과 조정에 필요한 비용 등을 포함하는 거래 비용(transaction costs)으로 접근하고 있는데, 이들 비용에 대한 실제적 분석은 상당히 어렵다고 지적하고 있다(IPCC 2014a). 농업부문의 적응 수단에 대한 경제적 효과를 분석한 사례는 매우 제한적이며, 주요 작물 대상의 적응 수단으로 관개 조치가 이루어진 경우, 작물 모형을 이용하여 작물의 수량 반응 분석을 제시하고 있다.

그림 3-5. 기후변화 적응에 따른 작물 수량 반응



자료: IPCC(2014b).

<그림 3-5>에서 제시된 바와 같이 품종개량과 재배 시기 조절 등 적응 기술이 적용되는 경우, 화살표로 표시된 부분을 수량 변화의 폭을 줄인 적응 효과로 볼 수 있다. 작물에 따라 적용된 기술들의 적응 수단의 효과는 상당한 차이가 있는 것으로 제시되고 있다. 옥수수의 경우, 중위도~고위도 지역에서는 적응 조치를 취하면 수량 감소를 약간 줄일 수 있으나, 저위도 지역의 경우, 적응 조치를 취하면 수량 감소 폭을 상당히 완화할 수 있는 것으로 종합하고 있다. 또 관련 분야 연구 성과를 종합하여, 쌀은 중위도~고위도 및 저위도 지역 모두에서 적응 조치를 취하면 어느 정도 수량 감소를 완화할 수 있는 것으로 제시하고 있다.

UNFCCC(2007)는 기후변화와 경제모형을 통합한 시뮬레이션 모형을 이

용하여 2030년도 농업을 포함한 6개 부문의 적응 비용을 산출하여 제시하였다. 농업부문의 전 세계 적응 비용은 78~89억 달러에 달하며, 고소득 국가의 경우 37~42억 달러로 추산하고 있는데, 여기에는 공공 및 민간 지출을 포함한다. 농업부문의 총 적응 비용으로 R&D와 기술 보급 비용, 기후변화와 인구 및 식량 요건의 향후 전개 측면에서 물리적 자본 지출 등을 기초로 적응 비용을 산출하였다. 이러한 적응 비용의 평가는 과거 추세 및 여러 기후 시나리오를 기초로 한다. 통상적인 경우(BAU)의 시나리오는 어떠한 기후변화도 가정하지 않는다. 두 가지 기후변화 시나리오는 ① 경감 없음(SRES A1), ② 약소한 경감(SRES B1)을 가정한다. 첫 번째 시나리오의 경우, UNFCCC는 연구와 기술 개발 보급 자금의 10% 증가, 자본 구성에 2% 증가를 가정한 반면, 두 번째 시나리오는 각기 8.6%, 0.4%를 가정하여 적응 비용을 산출하여 제시하고 있다.

### 3.2. World Bank

World Bank는 기후변화 적응의 경제적 분석에 관한 방법론을 체계화하여 제시하였다(<부록 1>; World Bank 2010b). 기후변화의 적응의 유형으로 농민들과 지역사회가 기후변화의 위험을 인식하고 이에 대응하여 취하는 행동인 자율적 적응(autonomous adaptation)과 중앙정부와 지방자치단체에 의해 추진되는 계획된 적응(planned adaptation)으로 나누고 있다. 계획된 적응에는 관개시스템 정비 등 하드웨어를 다루는 Hard 적응과 제도개선과 교육, 기술보급 등 Soft 적응이 포함된다. 기후변화 적응의 경제적 분석을 위해서는 여러 가지 모형이 활용될 수 있다. 농업부문의 경우 기후변화 영향 및 적응 분석에서 널리 활용되는 작물 모형(Crop Model)과 리카디언 모형(Ricardian Model), 다기준 의사결정 분석(Multi-criteria Decision Analysis: MCDA), 확률 기반 방법론(probability based approach), 실물 옵션 분석(Real Option Analysis), 로버스트 의사결정 방법론(Robust Decision Making) 등 다양한 방법을 들 수 있다.

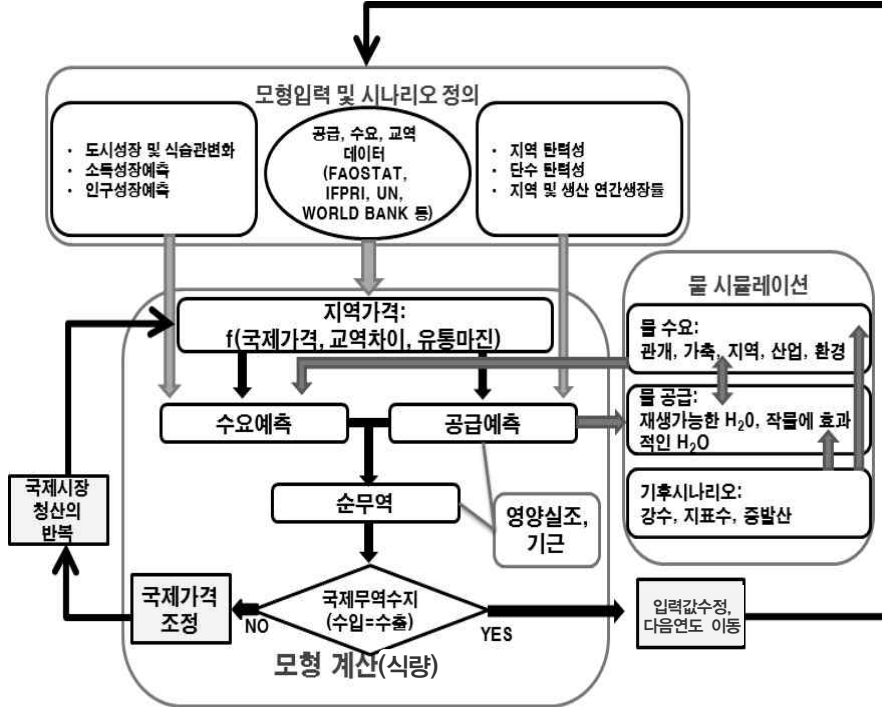
작물 모형은 작물과 토양 및 대기의 요소들 간의 관계를 생물·물리학적 수식을 이용하여 시뮬레이션 하는 모형으로 기후변화 적응 수단들이 농작물 생산성에 미치는 영향을 평가하는 데 활용된다. 리카디언 모형은 기후 조건의 차이가 장기적으로 토지 생산성에 영향을 주어 농경지 자산 가치에 반영된다는 아이디어에서 출발하여, 적응수단이 농가경제에 미치는 효과를 추정하는 데 적용될 수 있다.

다기준 의사결정분석(MCDA)은 상충되는 다수의 기준이 존재하는 상황에서 의사결정을 하는 방법이다. 또한 불확실성하의 의사결정 방법으로 기후변화가 기상 재난의 강도와 발생 확률을 증가시킨다는 전제하에 의사결정을 다루는 확률기반 방법론과 가상 상황을 고려하여 프로젝트의 위험과 위험비용을 추정하는 실물옵션분석 방법 등이 제안되었다. 이밖에도 로버스트 의사결정법은 주관적인 확률 평가와 시나리오 예측을 배제하는 의사결정 방법으로 편익 추정에 대한 지식이 부족하거나 합의가 이루어지지 않은 상황에서 대안을 평가할 수 있는 수단을 제공한다.

World Bank는 2000년대 후반에 개도국을 대상으로 일관된 적응 비용 산정치를 제공하기 위해 기후변화 적응 경제학 연구를 착수하여 발표하였다(Nelson et al. 2010). World Bank의 연구는 국제식량정책연구원(IFPRI)에서 개발한 국제 농산물 거래 정책 분석 모형(IMPACT)을 기초로 이루어졌다.<sup>16</sup> IMPACT 모형은 용수 및 농업, 국제무역을 분석하는 부분균형 모형으로, 시나리오를 이용하는 시뮬레이션 모형이다. 부분균형 모형은 일반균형 모형에 비해서 모형 구축과 운용에 드는 시간과 비용이 적은 편이며, 경우에 따라, 연구자가 중점적으로 다루는 분야에 대해서는 일반균형 모형에 비해서 더욱 구체적으로 모형화할 수 있다<그림 3-6>.

<sup>16</sup> 국제식량정책연구원(International Food Policy Research Institute: IFPRI)은 1990년대 농업 재화 및 교역의 정책 분석을 위한 국제모형(International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade: IMPACT)을 개발하였고, 2000년대 들어서 기후변화 요소를 추가하여 기후변화 영향 및 적응 수단 효과 분석에 활용되고 있다.

그림 3-6. IMPACT 모형의 처리 과정 및 구조



자료: Rosegrant et al.(2008: 42).

또한 IMPACT 모형은 국제적인 기후변화 문제뿐만 아니라 지역적 또는 개별 국가의 기후변화 영향 평가에도 적용할 수 있으며, 기후변화 적응 기술뿐만 아니라 일반적인 농업기술 변화에 따른 작물 생산량 변화와 국제무역량 변화도 분석할 수 있다. IMPACT 모형을 이용한 기후변화 적응의 경제적 분석 결과를 보면, 2050년까지 개도국에서 농업 적응 조치에 필요한 연간 비용은 76~77억 달러로 추정되었다. 이 연구에서 적응 비용은 농업부문의 공공투자 수준이 통상 사업 시나리오 수준까지 맞출 수 있다고 가정하여 산출하였으며, ① 농업 연구개발 ② 관개효율 및 확장 ③ 농촌 도로 등의 공공투자를 적응 수단으로 설정하였다.

### 3.3. OECD

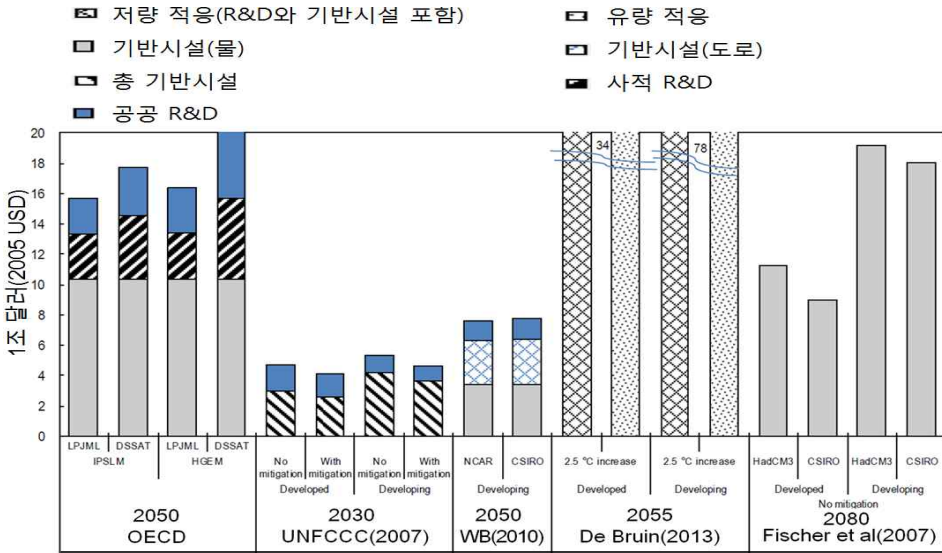
OECD는 농업부문의 기후변화 적응수단으로 가격신호와 시장기능, 기술 개발과 채택, 정부 프로그램과 보험, 농가 수준의 재무관리 등으로 구분하였고, 책임 소재에 따라 민간 및 공공부문으로 나누어 접근하였다(Wreford, Moran, and Adger 2010) 기후변화 적응은 한번으로 끝나는 행동이나 결과가 아닌 지속적인 프로세스로 적응에 따른 비용과 편익의 정량화하는 매우 어려운 작업으로 평가하고 있다.

OECD는 농업부문의 기후변화 적응에 대한 체계적인 분석을 위해 2013~2014년에 ‘적응 모형(adaptation modeling)’ 작업을 추진하였다. 적응 모형의 핵심적인 목적은 기후변화가 농업부문에 미치는 부정적 영향을 줄이는 적응 조치를 제안하고, OECD 국가의 적응 비용 산정치를 제시하는 것이다. OECD는 자체적으로 모형을 개발하지 못하였고, World Bank와 같이 국제식량정책연구소(International Food Policy Research Institute: IFPRI)에서 개발한 IMPACT 모형을 활용하였다(Ignaciuk and Mason-D’Croz 2014). OECD는 인구와 GDP 성장에 대한 가정을 기초로, 사회경제적 특성 변화와 기후변화 정보를 고려하여 정책 시나리오를 설정하였다. 그리고 이 정책 시나리오를 기초로 기후변화가 세계 물가 및 수확량에 미치는 영향과 지역적인 영향, 식량안보에 미치는 영향 등을 계측하여 제시하였다. 농업부문의 기후변화 적응 수단으로는 더위와 가뭄에 내성이 강한 품종 개발을 위한 연구개발과 물 관리 전략의 역할 등 두 가지 수단을 고려하였고, 이 두 가지 적응 조치가 수확량, 가격, 토지 할당(land allocation) 등에 미치는 영향과 적응 비용(adaptation cost)을 분석하였다.

어떤 완화 조치도 취하지 않고, 현재의 배출량 추세가 계속될 경우 전체 기후변화의 적응 비용이 커질 가능성이 있다고 진단하였다. 적응 비용은 분명히 적응 목표 수준에 좌우되며, 한계비용은 항상 그에 따른 한계이득에 대해 평가될 필요가 있다고 강조하고 있다. 적응 효과의 설득력 있는 계량적 방법은 현재로는 제한적이거나, OECD 국가의 경우 R&D 및 관개기술 개

선에 필요한 잠재적 추가 비용은 2050년까지 연간 160~200억 달러에 달할 것으로 제시하였다<그림 3-7>.

그림 3-7. 농업부문 적응 비용의 세계적 산정치



자료: Ignaciuk and Mason-D’Croz(2014: 37).

보다 구체적으로, OECD 국가에서 기후변화로 인한 일부 잠재적 수확량 감소를 줄이는 데에 2050년까지 농업 R&D에서 추가로 필요한 연간 지출은 시나리오에 따라 공공 R&D의 경우 23~45억 달러, 민간 R&D는 30~53억 달러(총 R&D는 53~98억 달러)로 제시하였다. 그 밖에 농업 R&D에서 민간이 차지하는 비율은 현재 45%인데 반해, 2050년까지 50~56%에 달할 것으로 예상하였다. 이는 기후변화로 인한 잠재적 수확량 손실의 50%를 축소 하겠다는 목표 달성에는 상당한 R&D 투자가 필요하므로, 민간 부문이 큰 기회를 만들어 줄 것으로 강조하고 있다. 국가마다 관개효율성 향상에서 72% 목표 달성에 이르는 연간 비용은 104억 달러로 예측하였다. 그러나 관개효율성 총 투자 비용은 R&D 투자 비용보다 더 높지만 이들 조치의 효과는 다르므로, 어느 조치가 더 비용 효과적인지를 결론적으로 추론할 수 없는 것으로 제시하였다.

농업부문의 기후변화 적응 수단 선택과 관련하여, 실제로 현장에서 적용하는 농업인의 반응 분석은 기후변화에 대한 적응의 정황 분석 접근 방법에 있어 중요한 부분을 차지한다. 농업인의 기후변화에 대한 인식도와 적응 수단에 대한 평가는 적응 능력 향상을 위해서 고려해야할 중요한 요소이다. 제4장에서는 우선 기후변화에 대한 농업인의 인식도, 체감 정도, 농업생산에 미치는 영향, 기후변화 대응 방법 등에 대한 조사 결과를 제시하였다. 더 나아가 농업인들의 기후변화에 대한 인식도, 체감 정도, 농업생산에 미치는 영향에 대한 인식 등이 시간에 따라 변화했는지를 살펴보았다. 다음으로 적응 수단으로 농작물 재해보험에 대한 반응 조사와 작목 전환 실태, 기상·기후 정보 활용 실태 등에 대한 조사 결과 제시와 함께 설문 조사 결과의 시사점을 도출하였다.

### 1. 설문 조사 개요

농업인들의 기후변화 인지도 및 적응 수단에 대한 반응을 파악하기 위해 설문 조사를 실시하였다. 설문 조사 내용은 기후변화에 대한 농업인의 인지도, 기후변화 적응여부, 재해보험, 작목 전환, 기상·기후 정보 활용 등 적응 수단 활용 및 애로 사항 등으로 구성되었다. 재해보험은 정보 신뢰도, 미가입 이유 등이, 작목전환은 전환 이유, 정보 획득 경로 등이, 기상·기후 정보 활용

은 활용 정도, 미활용 이유 등이 포함되었다. 그리고 농업인들의 기후변화에 대한 인식도가 시간에 따라 변화했는지를 알아보기 위해 설문 구성은 2009년 8~9월에 조사한 내용과 동일하거나 유사한 내용을 포함하였다. 과거 농업인들의 기후변화에 대한 인식을 현재와 비교하기 위해 포함 시킨 주요 설문 문항은 기후변화 인식도, 기후변화에 대한 체감 정도, 기후변화가 농업생산에 미치는 영향, 기후변화가 농업생산에 영향을 준 부분 등이다<부록 2>.<sup>17</sup>

기후변화 인식도와 적응 수단에 대한 농업인 반응 조사 기간은 2015년 9~10월이며, 조사 대상자는 한국농촌경제연구원 현지 통신원<sup>18</sup>으로 총 433명(인터넷 조사)이다. 참고로 2009년 조사 대상은 한국농촌경제연구원의 현지통신원 377명(우편 조사)과 농업인들 105명(면접 조사)으로 총 482명이다<표 4-1>.

2015년과 2009년 설문 응답자의 사회경제적 특성을 비교해보면 성별과 거주 지역의 경우 비슷한 수준이었다. 2015년을 기준으로 성별을 살펴보면, 남자는 78.3%, 여자는 21.7%를 나타냈다. 거주 지역은 평야 지대 30.2%, 산간 지대 16.3%, 준산간 지대 39.3%, 도시 근교 14.1%를 각각 나타냈다. 한편, 나이의 경우 두 조사 연도 모두 50대가 가장 많은 것으로 나타난 가운데 60세 이상은 2015년이 34.4%로 2009년의 49.0%보다 크게 낮았다. 이는 설문 조사 방법의 차이에 기인한 것으로 보이며, 이는 학력에서도 나타났다. 즉 ‘대학교 졸업 이상’이 2015년에는 50.5%로 2009년의 15.4%보다 크게 높았다.

<sup>17</sup> 기후변화에 대한 농업인의 인식도 조사는 2009년에 수행된 ‘기후변화에 따른 농업부문 영향 분석과 대응 전략’에서 수행된 바 있다(김창길 외 2009). 6년이 지난 시점에서 기후변화에 대한 농업인의 인식도 변화를 알아보기 위해 2009년 조사 결과와 비교하여 제시하였음을 밝혀둔다.

<sup>18</sup> KREI 현지 통신원은 연구원의 각종 연구 사업과 기관 운영을 위한 설문 조사, 농정 여론 및 주민의 대농정 건의 등을 수집하여 알려주고 연구원의 연구자가 농촌 현장 조사를 실시하는 경우 협조하는 일을 담당한다. 2015년 10월 말 현재 전국 각 시군·농협과 농업기술센터 등의 추천을 받은 농가 2,985명으로 구성되어 있다.

표 4-1. 응답자의 사회경제적 특성 비교

단위: %

구 분		2015년	2009년
응답자 수(명)		433	482
조사 기간(월)		9~10	8~9
설문 대상 (조사 방법)		현지 통신원 (인터넷 조사, 433)	현지통신원(우편 조사, 377) 농업인(면접 조사, 105)
성별	남	78.3	82.6
	여	21.7	17.4
나이	40세 미만	5.4	4.2
	40-50세 미만	16.9	14.9
	50-60세 미만	43.3	31.4
	60-70세 미만	31.1	25.2
	70세 이상	3.3	24.3
학력	초등학교 이하	1.3	13.4
	중학교 졸업	8.3	28
	고등학교 졸업	39.9	43.2
	대학교 졸업 이상	50.5	15.4
거주 지역	평야 지대	30.2	25.3
	산간 지대	16.3	20.7
	준산간 지대	39.3	43.0
	도시 근교	14.2	10.9

주: 비중(%)은 유효 응답자 기준으로 제시됨.

자료: 2009년은 김창길 외(2009)를 이용함.

## 2. 설문 조사 결과

### 2.1. 기후변화 인식도 변화

지구온난화와 같은 기후변화에 대하여 ‘잘 알고 있다’가 30.0%, ‘알고 있다’가 52.8%로 82.8%가 기후변화를 인지하고 있는 것으로 나타났다. 또 ‘보통이다’라고 응답한 농업인이 16.5%인 것을 고려하면 99% 이상의 농업인이 기후변화를 인지하고 있는 것으로 나타났다. 기후변화를 인지하고 있다는 응답을 2009년 조사 결과(76.9%)와 비교하면, 5.9%p 확대된 것으로 나타났다.

표 4-2. 기후변화에 대한 인지도 변화

2015년		2009년	
잘 알고 있다	30.0	자세히 알고 있다	10.0
알고 있다	52.8	어느 정도 알고 있다	66.9
보통이다	16.5	들어본 적은 있다	21.4
모른다	0.7	전혀모른다	1.5
전혀 모른다	0.0	기타	0.2
전체	100.0	전체	100.0

단위: %

자료: 2009년 설문 조사 자료는 김창길 외(2009)를 이용함.

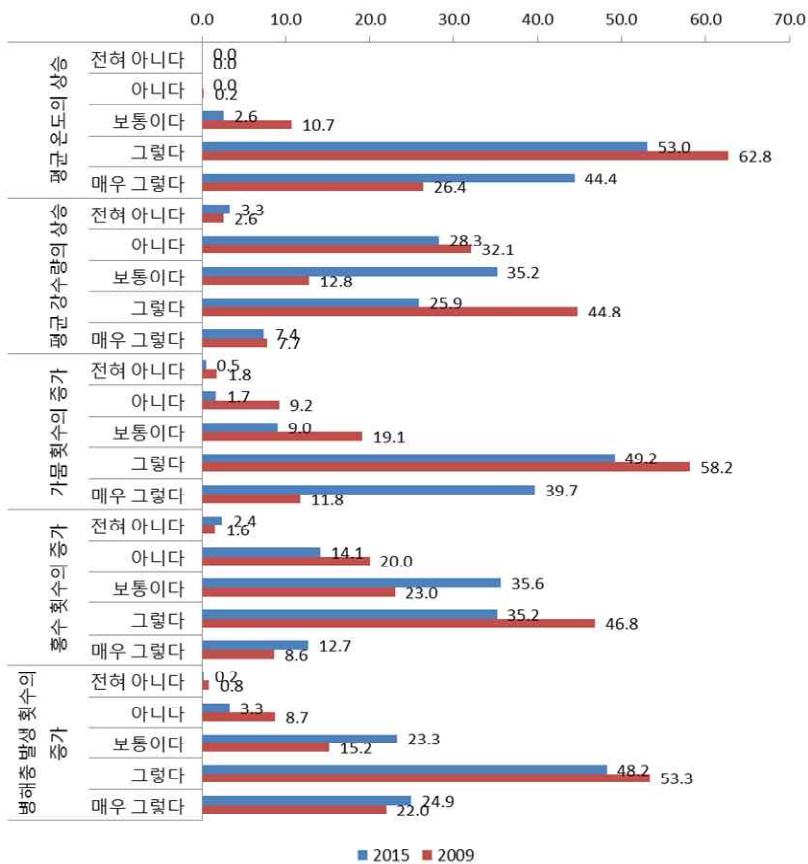
한편, 연령이 낮고 학력이 높을수록 기후변화에 대한 인지도는 높은 것으로 나타났으며, 기후변화에 취약한 준산간 지역 농업인의 인지도가 다른 지역보다 높은 것으로 나타났다. 지역별로는 강원, 제주, 전남에서 인지도가 높은 것으로 조사되었으며, 품목별로는 화훼, 채소, 과수, 특작이 논벼, 전작, 축산보다 낮게 나타났다<부도 1>.

기후변화 때문에 ‘평균온도가 상승하였다’고 응답한 농업인은 97.4%로 대부분의 농업인이 온난화를 체감하고 있는 것으로 나타났다. ‘평균강수량이 상승’하였다는 응답은 33.3%로 비교적 낮은 응답률을 보였고, ‘가뭄의 횟수가 증가’하였다는 응답은 88.9%, ‘홍수의 횟수가 증가’하였다는 응답은

47.9%로 홍수보다는 가뭄에 대한 체감 정도가 큰 것으로 나타났다. 또한 기후변화로 인하여 ‘병해충 발생 횟수가 증가’하였다고 응답한 농업인이 73.2%로 조사되었다. 한편, 2015년 농업인의 기후변화 체감 정도를 2009년과 비교해보면, 평균온도의 상승, 가뭄 횟수의 증가를 체감하는 농업인이 더 늘어난 반면, 평균강수량의 상승, 홍수 횟수의 증가 등은 줄어 들었다. 이는 금년(2015년)의 강수량 감소 및 가뭄 실태를 반영하고 있는 것으로 보인다<그림 4-1>.

그림 4-1. 기후변화에 대한 체감 정도

단위: %

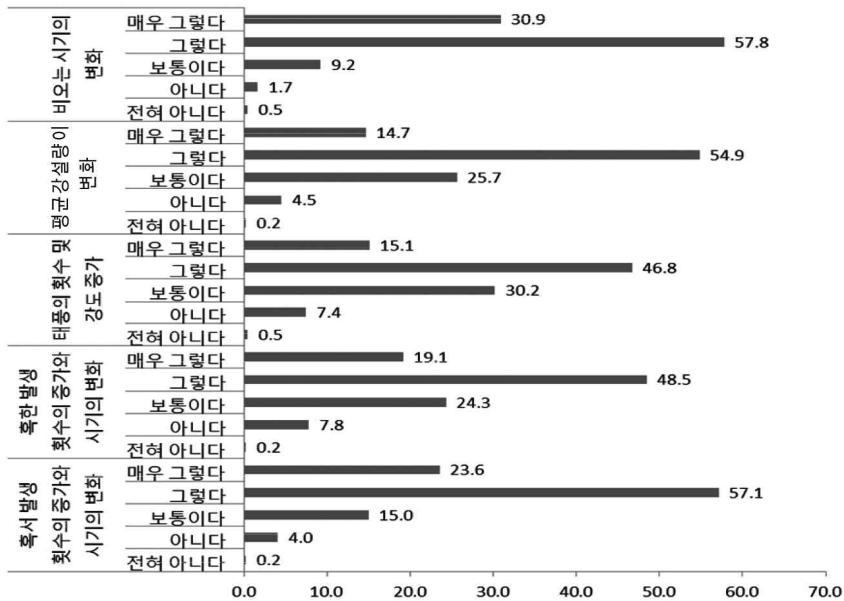


자료: 2009년은 김창길 외(2009)를 이용함.

또한 기후변화 체감과 관련하여 ‘비 오는 시기(패턴)가 변화’하였다는 응답이 88.7%, ‘평균강설량이 변화’하였다는 응답이 69.6%으로 나타났고, ‘태풍의 횡수 및 강도가 증가’하였다는 응답이 61.9%, ‘혹한 발생 횡수의 증가 및 시기의 변화’, ‘혹서 발생 횡수의 증가 및 시기의 변화’를 체감하였다는 응답이 각각 67.6%, 80.7%로 나타났다<그림 4-2>.

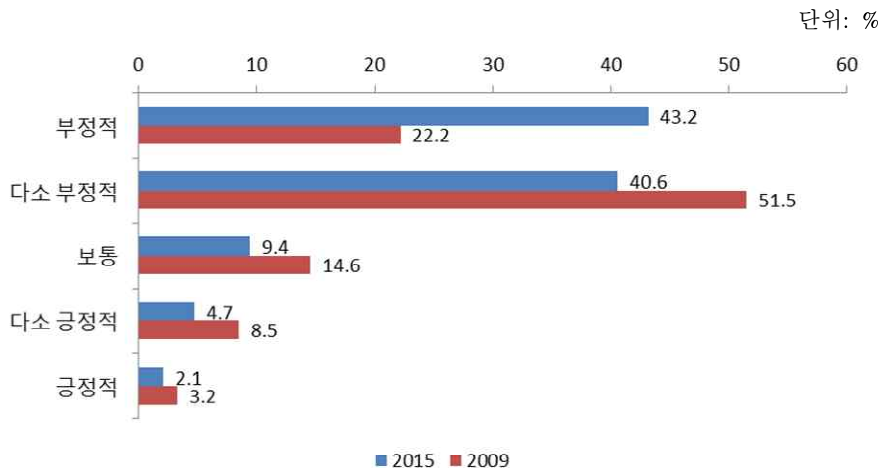
그림 4-2. 기후변화에 대한 체감 정도(계속)

단위: %



기후변화가 농업에 ‘부정적인 영향을 미친다’고 응답한 농업인의 비중은 83.8%로 ‘긍정적인 영향을 미친다’는 응답 6.8%에 비해 크게 높은 것으로 나타났다. 특히 학력이 높고 신기술 도입에 적극적일수록 기후변화가 부정적인 영향을 미친다고 응답한 비중이 높게 나타났다<부도 2>. 한편, 부정적인 영향을 미친다고 응답한 비중을 2009년(73.7%)과 비교할 경우 10.1%p 증가하여 농업인들은 시간이 지날수록 기후변화의 부정적인 영향을 보다 크게 느끼고 있는 것으로 나타났다<그림 4-3>.

그림 4-3. 기후변화가 농업생산에 미치는 영향



자료: 2009년은 김창길 외(2009)를 이용함.

기후변화가 농업생산에 영향을 준 부분에 대하여 세부 항목으로 나누어서 조사한 결과, ‘병충해 피해의 증가’ 항목이 26.4%로 가장 크게 나타났으며, ‘단수 감소로 인한 생산량 감소’(14.5%), ‘채소류 품질의 저하’(9.7%), ‘품목의 재배기간이 짧아짐’(9.0%), ‘착색이 불량해짐’(8.3%) 등의 순으로 나타났다. ‘병해충 피해가 감소’하거나 ‘채소류의 품질의 상승’, ‘벼 또는 맥류의 품질 상승’은 각각 1.6%, 1.1%, 1.6%로 매우 낮게 나타났다. 전반적으로 농업인들은 기후변화로 인하여 농작물의 품질 하락과 생산량 감소 등 부정적인 영향을 겪고 있는 것으로 분석되었다. 한편, 2009년 조사에서도 기후변화가 농업생산에 미친 영향으로 ‘병충해 피해의 증가’가 25.2%로 가장 크게 나타났으며, ‘단수 감소로 인한 생산량 감소’(12.2%), ‘채소류 품질의 저하’(9.6%), ‘착색이 불량해짐’(8.8%), ‘벼 또는 맥류의 품질이 나빠짐’(7.9%), ‘과실의 당도가 낮아짐’(7.4%), ‘과실의 당도가 높아짐’(7.1%), ‘품목의 재배기간이 짧아짐’(7.0%) 등의 순으로 나타났다. ‘채소류의 품질이 좋아짐’, ‘병해충 피해가 감소함’은 각각 1.4%, 2.3%로 매우 낮게 나타났다<표 4-3>.

표 4-3. 기후변화가 농업생산에 영향을 준 부분

단위: %

구 분	2015년	2009년
품목의 재배기간이 짧아짐	9.0	7.0
품목의 재배기간이 길어짐	4.2	-
착색이 양호해짐	2.8	-
착색이 불량해짐	8.3	8.8
단수 증가로 인해 생산량이 증가함	2.5	3.5
단수 감소로 인해 생산량이 감소함	14.5	12.2
벼 또는 맥류의 품질이 좋아짐	1.6	4.9
벼 또는 맥류의 품질이 나빠짐	4.0	7.9
채소류의 품질이 좋아짐	1.1	1.4
채소류의 품질이 나빠짐	9.7	9.6
과실의 당도가 높아짐	4.7	7.1
과실의 당도가 낮아짐	5.5	7.4
병해충 피해가 증가함	26.4	25.2
병해충 피해가 감소함	1.6	2.3
변화 없음	1.6	1.3
기타	2.5	1.3

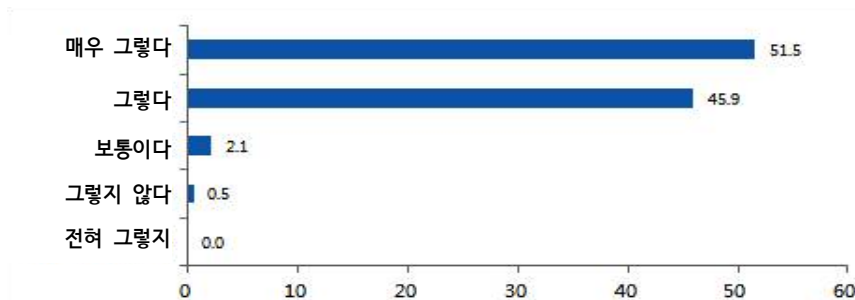
주: 2009년 조사에서는 '품목의 재배기간이 길어짐'과 '착색이 양호해짐'의 항목은 제시되지 않음.

자료: 2009년은 김창길 외(2009)를 이용함.

농업인들에게 '기후변화가 앞으로 지속될 것으로 보이냐'는 질문에 대하여 51.5%의 농업인이 '매우 그렇다', 45.9%가 '그렇다'라고 응답하여 대부분(97.4%)의 농업인이 기후변화가 지속될 것으로 예상하고 있었다<그림 4-4>. 이는 앞서 기후변화가 농업에 '부정적인 영향을 미친다'고 응답한 농업인의 비중이 83.8%로 매우 높았던 점을 감안할 때 향후 기후변화가 농업에 미치는 부정적인 영향을 최소화하는 정책적 노력이 뒷받침되어야 함을 나타낸다고 볼 수 있다.

그림 4-4. 향후 기후변화 예상

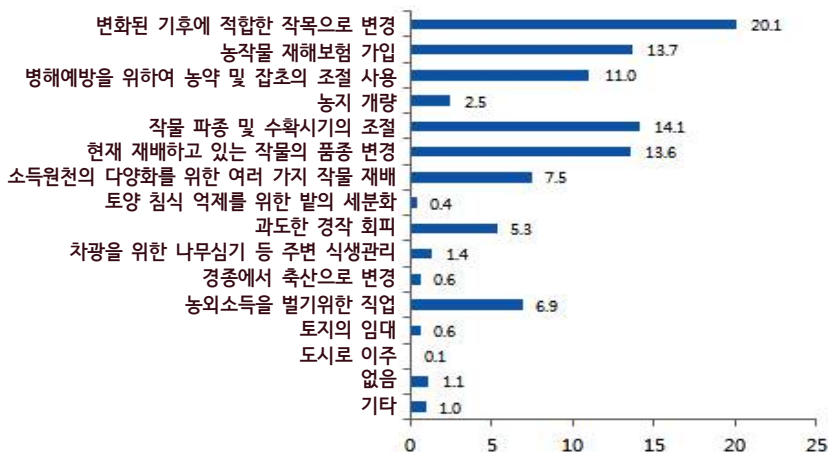
단위: %



다양한 기후변화 대응 방법 중 가장 많은 농업인들(20.1%)이 현재 적용 중이거나 관심 있는 대응 방법으로 ‘변화된 기후에 적합한 작목으로 변경’을 꼽았다. 그다음으로는 ‘작물 파종 및 수확 시기의 조절’(14.1%), ‘농작물 재해보험 가입’(13.7%), ‘현재 재배하고 있는 작물의 품종 변경’(13.6%), ‘병해예방을 위하여 농약 및 잡초의 조절 사용’(11.0%) 등으로 나타났다<그림 4-5>.

그림 4-5. 현재 적용 중이거나 관심 있는 기후변화 대응 방법

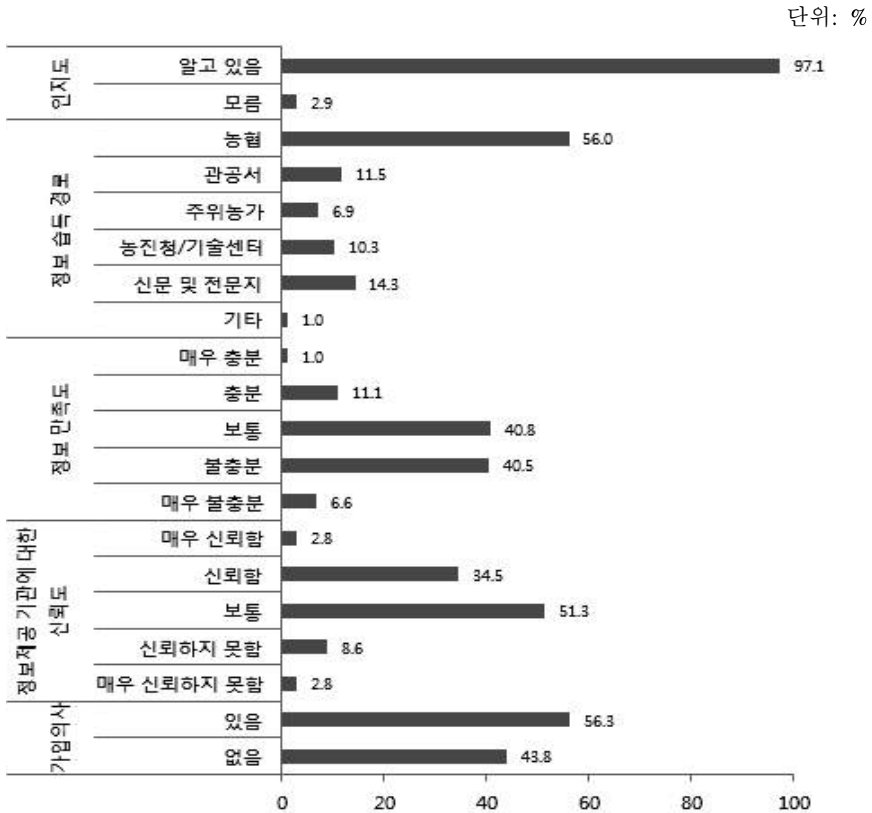
단위: %



## 2.2. 농작물 재해보험 관련 조사 결과

기후변화에 대한 인식과 적응 수단 실태를 파악하기 위해 실시한 농업인 조사 결과에 따르면, 총 응답자 중 97.1%가 농작물 재해보험에 관해 알고 있다고 응답하였다<그림 4-6>. 응답자의 기후변화에 관한 인지도가 높고 기상특보를 농업에 많이 활용할수록 농작물 재해보험에 관한 인지도도 높은 것으로 나타났다<부도 3>.

그림 4-6. 농작물 재해보험에 대한 인지도



농작물 재해보험에 관해 알고 있다고 응답한 농업인들이 보험에 관한 정보를 얻은 경로로는 농협이 56.0%로 가장 많았으며, 신문 및 전문지

(14.3%), 관공서(11.5%) 순으로 나타나, 농업인에게 농작물 재해보험을 소개 및 홍보하는 데에 재해보험 사업을 시행하고 있는 농협의 역할이 큰 것으로 분석된다.

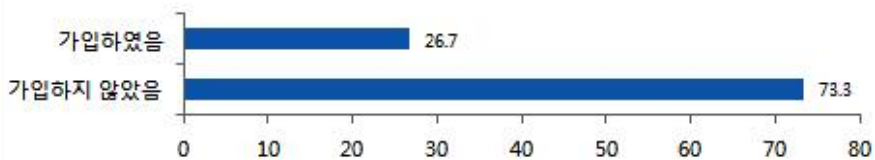
농작물 재해보험에 대해 알고 있다고 응답한 농업인의 47.1%가 제공되는 보험에 관한 정보가 불충분(매우 불충분+불충분)하다고 응답하였으며, 충분(매우 충분+충분)하다는 응답은 12.1%로 낮게 나타났다. 농작물 재해보험에 관한 정보를 제공한 기관에 대한 신뢰도는 보통이 51.3%, 신뢰함(매우 신뢰함+신뢰함)이 37.3%로 정보 제공 기관에 대한 불신은 낮은 것으로 나타났다.

농작물 재해보험에 대해 모른다고 응답한 농업인 16명에게 농작물 재해보험에 관한 간략한 정보를 제공하고 보험 가입 의사를 물었을 때, 56.3%가 가입 의사가 있다고 응답하였다.

농작물 재해보험에 대해 알고 있다고 응답한 농업인 중 실제 농작물 재해보험에 가입한 농업인은 26.7%, 가입하지 않은 농업인이 73.3%로 약 4분의 1이 농작물 재해보험에 가입하지 않은 것으로 나타났다<그림 4-7>. 농업인의 연령 수준별 반응을 보면 61~70세까지는 농업인의 나이가 많을수록 가입률이 높아지지만, 71세 이상에서는 오히려 급감하며, 농업소득이 높아질수록 보험에 더 많이 가입하는 것으로 나타났다<부도 4>.

그림 4-7. 농작물 재해보험 가입 여부

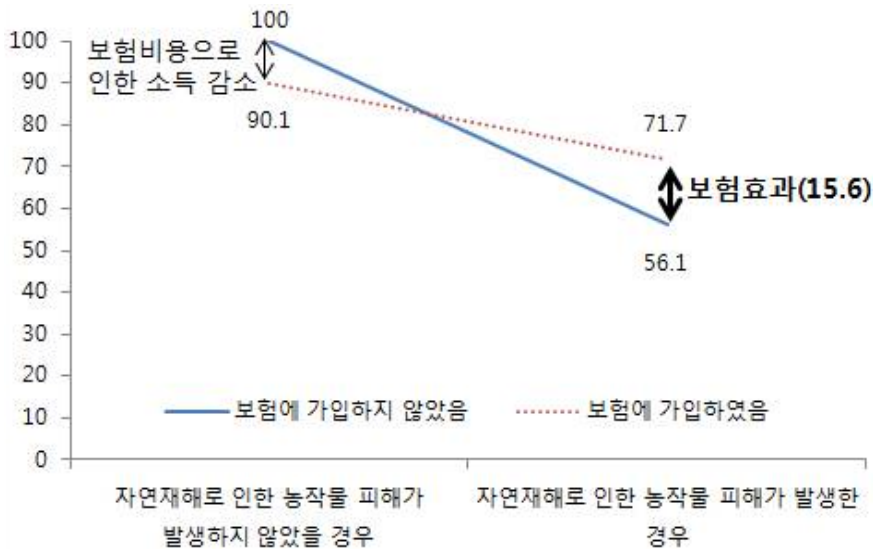
단위: %



농작물 재해보험의 실질적인 경제적 효과를 알아보기 위하여 농작물 재해보험에 가입한 응답자를 대상으로, 보험 가입 전후 자연재해 피해 정도를 조사하였다. 자연재해로 인한 농작물 피해가 발생하지 않았을 경우의 농업

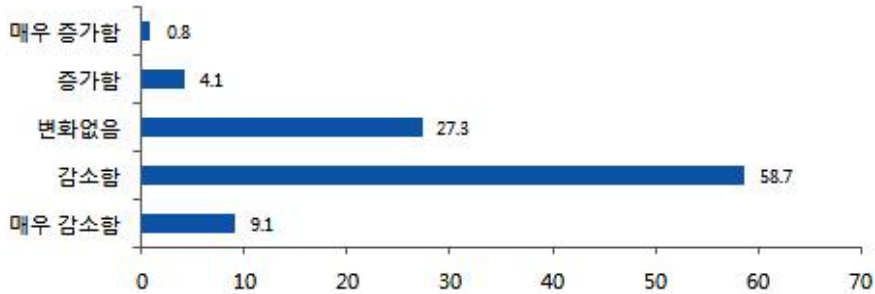
소득을 100이라고 할 때, 농작물 재해보험 미가입자의 경우 자연재해로 인한 평균 농업소득 피해는 43.9, 보험 가입자의 평균 농업소득 피해는 18.4라고 응답하였다<그림 4-8>. 따라서 자연재해 발생 시 보험 가입자가 미가입자보다 피해율이 낮음을 알 수 있다. 보험 가입자와 미가입자의 피해 차이는 25.5로 나타나지만, 재해보험 가입비 지출로 인한 농업소득 감소분 9.9를 고려할 때 농작물 재해보험의 효과는 15.6으로 해석할 수 있다.

그림 4-8. 농작물 재해보험의 경제적 효과



농작물 재해보험 가입자 중 67.8%가 농작물 재해보험 가입 후 자연재해로 인한 생산량 변동에 대한 우려감이 매우 감소 또는 감소하였다고 응답하였으며, 4.9%의 가입자만이 우려감이 매우 증가 또는 증가하였다고 응답하였다<그림 4-9>. 이는 농작물 재해보험이 경제적 효과뿐만 아니라 자연재해로 인한 농업 피해와 농업소득 불확실성에 대한 농업인들의 심리적 불안감을 감소시키는 비경제적 효과도 있음을 보여준다.

그림 4-9. 농작물 재해보험 가입 후 자연재해로 인한 생산량 변동의 우려감 변화  
단위: %



농작물 재해보험에 가입하지 않은 농업인에게 미가입 이유를 물었을 때 ‘높은 보험료’ 때문이라는 응답이 24.3%로 가장 많았고, ‘재배 품목이 보험 대상 품목이 아님’이 21.9%, ‘자연재해 발생을 체감하지 못함’이 14.6%, ‘재배품목의 특성상 자연재해 피해가 잘 발생하지 않음’이 14.2% 등의 순으로 나타났다<그림 4-10>. 기타 의견으로는 지나치게 엄격한 보상 기준 및 보상 금액에 대한 불만 등이 있었다.

그림 4-10. 농작물 재해보험 미가입 이유

단위: %

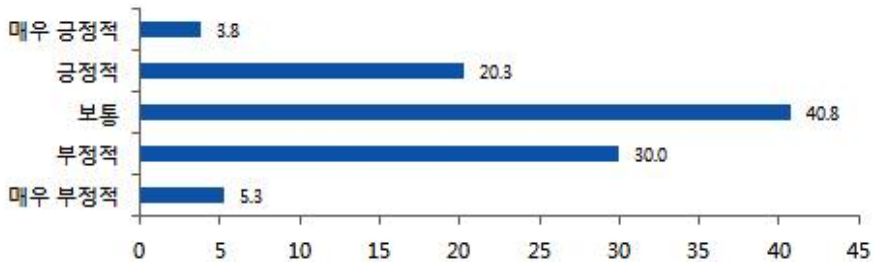


## 60 농업인의 기후변화 인식도 및 실태 조사

주위 농가들의 농작물 재해보험에 관한 인식은 긍정적(매우 긍정적+긍정적)이 24.1%, 보통이 40.8%, 부정적(매우 부정적+부정적)이 35.3%로, 보험 가입 농가가 체감하는 경제적, 심리적 보험 효과에 비해 다소 부정적인 것으로 나타났다<그림 4-11>.

그림 4-11. 주위 농가의 농작물 재해보험에 관한 인식

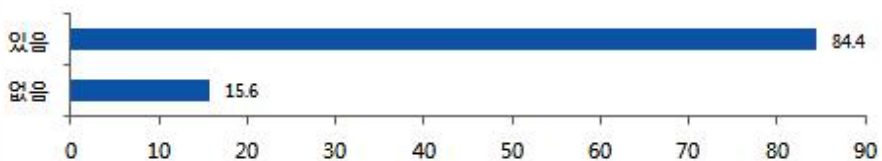
단위: %



향후 기후변화가 진행된다면, 응답자의 84.4%가 농작물 재해보험에 가입할 의사가 있는 것으로 응답하였다<그림 4-12>. 기후변화에 관한 정보를 농사에 적극 활용할수록 보험 가입 의사가 높은 것으로 나타났다. 나이별로는 51~60세까지는 가입 의사가 꾸준히 증가하였으나 61세 이후로는 오히려 가입 의사가 감소하였고, 주변 농가들의 재해보험에 관한 인식이 긍정적일수록 보험 가입 의사가 높은 것으로 조사되었다<부도 5>.

그림 4-12. 향후 농작물 재해보험 가입 의사

단위: %

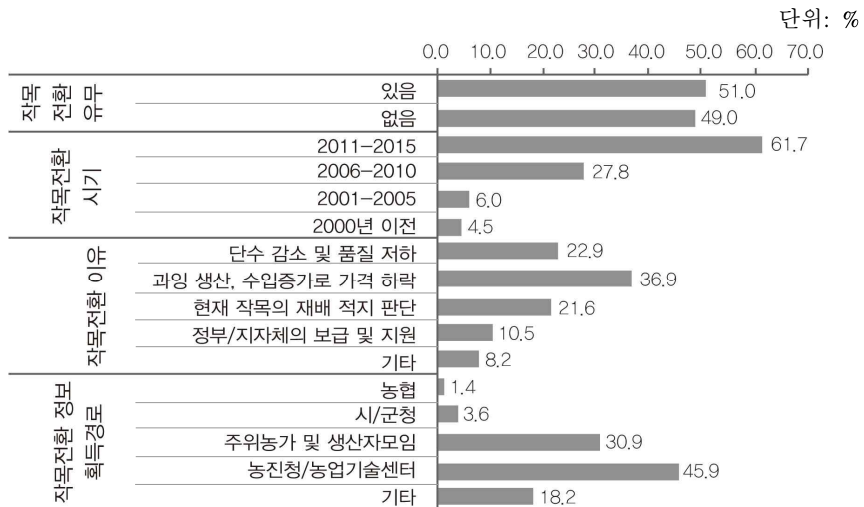


### 2.3. 작목 전환 실태 조사 결과

설문 조사에 응답한 농가들 가운데 51.0%가 작목 전환을 한 경험이 있는 것으로 나타났다<그림 4-13>. 작목 전환 연도는 2011~2015년이 61.7%로 가장 많았으며, 2006~2010년도 27.8%로 나타나 전체의 89.5%가 최근 10년 내에 작목 전환을 한 것으로 나타났다.

작목 전환 이유로는 ‘과거 작목의 과잉생산, 수입 증가로 가격 하락’이 36.9%로 가장 많았고, ‘기후변화로 과거 작목의 단수 감소 및 품질 저하’(22.9%), ‘기온 상승으로 현재 작목의 재배 적지 판단’(21.6%), ‘정부/지자체의 보급 및 지원(10.5%)’이 그 뒤를 이었다. 이로써 기후변화로 작목을 전환한 경우가 전체의 44.5%로 나타났다.<sup>19</sup> 작목 전환에 관한 정보획득 경로는 ‘농진청/농업기술센터’가 45.9%로 가장 많았고, ‘주위 농가 및 생산자 모임’이 30.9%로 그 뒤를 이었다.

그림 4-13. 작목 전환의 실태



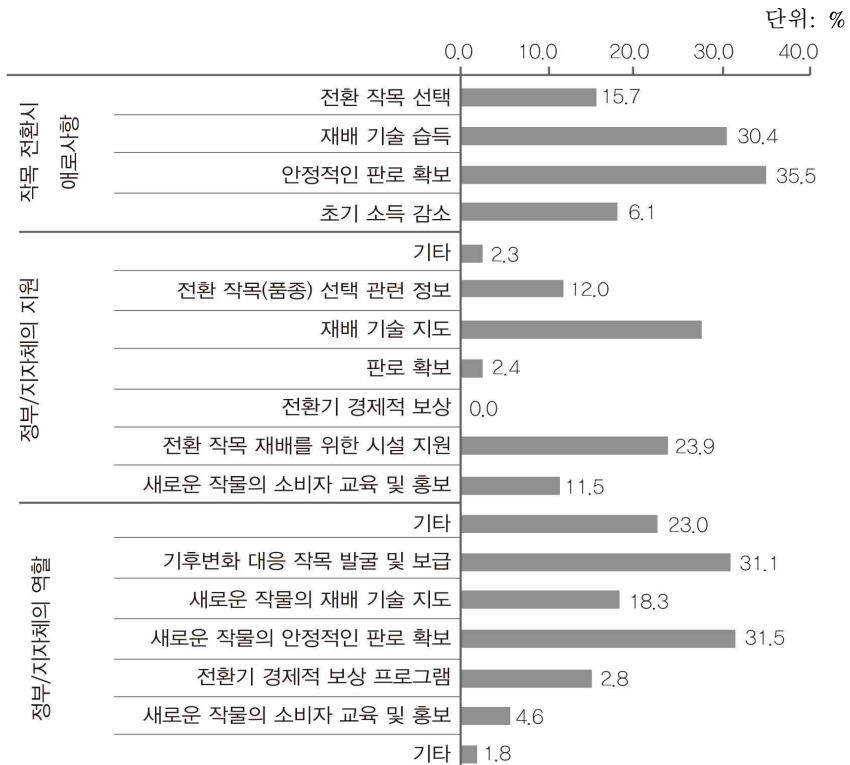
<sup>19</sup> 작목 전환 사유가 명확히 구분되기 어려운 한계가 있다. 즉 농가들은 기후변화와 함께 소득 변화도 고려할 수 있기 때문이다.

62 농업인의 기후변화 인식도 및 실태 조사

작목 전환 시 애로 사항으로는 ‘안정적인 판로 확보’가 35.5%로 가장 많았고, ‘재배 기술 습득’이 30.4%, ‘초기 소득 감소’가 16.1%, ‘전환 작목 선택’이 15.7%로 그 뒤를 이었다. 작목 전환 시 정부/지자체의 지원으로는 ‘재배 기술 지도’가 27.3%로 가장 많았고, ‘전환 작목 재배를 위한 시설 지원’이 23.9%, ‘전환 작목(품종) 선택 관련 정보’가 12.0%로 그 뒤를 이었다.

작목 전환 시 정부/지자체의 역할로는 ‘새로운 작물의 안정적인 판로 확보’가 31.5%로 가장 많았고, ‘기후변화 대응 작목 발굴 및 보급’이 31.1%로 그 뒤를 이었다. 또, ‘새로운 작물의 재배 기술 지도’와 ‘전환기 소득 감소 보전 등 경제적 보상 프로그램’도 각각 18.3%, 12.8%로 나타났다<그림 4-14>.

그림 4-14. 작목 전환 시 정부/지자체의 역할



작목 전환을 한 경험이 있는 농가들에게 작목 전환 후 소득이 어떻게 변화되었는지를 질문한 결과, 전환 농가 전체의 경우에는 전환 작목의 소득이 전환 이전 작목의 소득보다 7.7% 증가했다고 응답했다. 그리고 기후변화에 대응하여 전환하였다고 응답한 농가의 경우도 전환 이전보다 9.1% 증가했다고 응답했다<표 4-4>. 이와 같은 결과를 통해서 볼 때 농가들이 선택하는 작목 전환은 농가 소득을 증가시키는 쪽으로 작용하는 것으로 볼 수 있다.

표 4-4. 작목 전환 후 소득 변화

단위: %		
	전체 전환 농가	기후변화 대응 전환 농가
소득 변화	7.7	9.1

작목 전환 후 시기별 소득 변화를 살펴본 결과, 2010년 이전에 전환한 농가의 경우 전체 전환 농가는 소득이 16.5%, 기후변화 대응 전환 농가는 20.6%가 증가했다고 응답했다<표 4-5>. 2011~2015년에 전환한 농가의 경우 전체 전환 농가는 소득이 3.2%, 기후변화 대응 전환 농가는 4.6%가 증가했다고 응답했다. 최근에 전환한 농가들의 소득 증가율이 크지 않은 이유는 작목 전환 초기에 새로운 작목의 재배 기술에 대한 적응이 미흡하여 단수가 감소하거나 작물(특히 과일류)의 특성상 초기에 소득이 발생하지 않기 때문으로 풀이된다. 이와 같은 결과는 작목 전환 직후 정부나 지자체가 농가들을 지원해 줄 필요가 있음을 시사한다.

표 4-5. 작목 전환 후 시기별 소득 변화

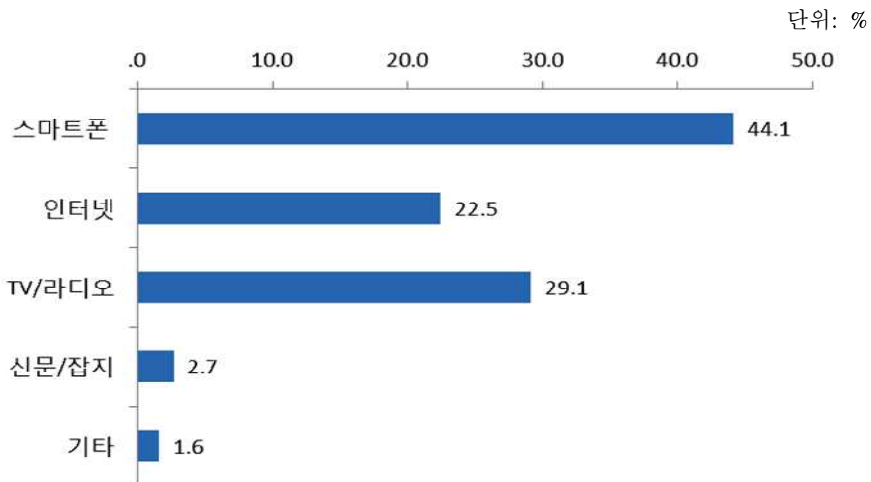
단위: %		
	2011~2015년	2010년 이전
전체 전환 농가	3.2	16.5
기후변화 대응 전환 농가	4.6	20.6

## 2.4. 기상·기후 정보 활용 실태 조사 결과

농업부문의 기후변화 적응 수단으로 널리 쓰이고 있는 기상·기후 정보 활용 실태를 조사하고 시사점을 도출하기 위해 농가 설문 조사를 실시하였다. 한국농촌경제연구원 현지 통신원을 대상으로 2015년 9월 17일~10월 11일까지 인터넷을 이용한 설문 조사를 실시하여 총 433명의 농가로부터 응답을 받았다. 설문의 주요 내용으로, 기상 및 기후 정보 획득 경로, 기상예보, 기상특보, 기후변화 정보 활용 실태 등을 포함하였다<부록 2>.

조사된 433개의 농가 설문 조사 자료를 기초로 농가들의 기상 및 기후변화 정보 활용 실태를 분석하였다. 우선 농가들에게 단기적인 기상예보, 단기적인 기상특보, 장기적인 기후변화에 관한 정보를 어떤 경로를 통해 얻는지에 대하여 질문을 한 결과를 보면, ‘스마트폰’이라는 응답이 44.1%로 가장 많았고, ‘TV/라디오’가 29.1%, ‘인터넷’이 22.5%로 그 뒤를 이었다<그림 4-15>.

그림 4-15. 기상 및 기후 정보 획득 경로

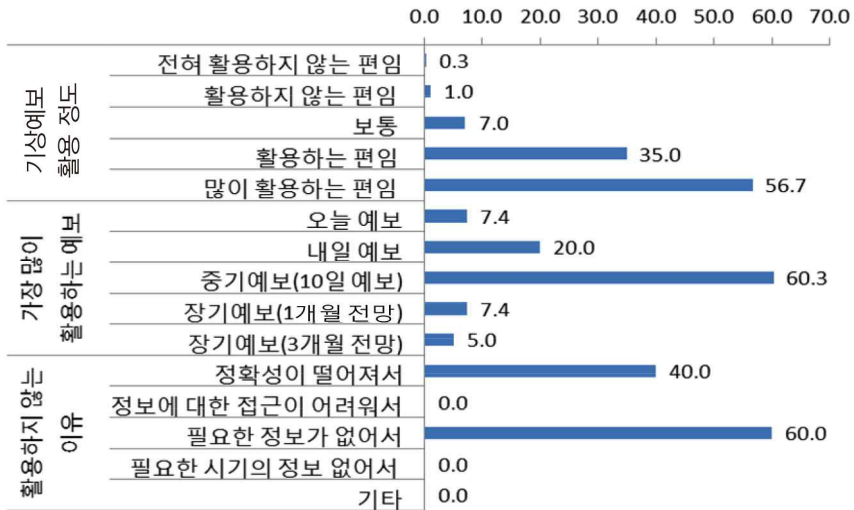


농업인들에게 단기적인 기상예보에 관한 정보를 농사에 활용하는 정도에 대해 5점 척도로 질문하였다. 그 결과, ‘많이 활용하는 편임’과 ‘활용하는 편임’이 각각 56.7%, 35.0%로, 활용한다는 응답이 전체의 91.7%를 차지하여 단기적인 기상예보에 관한 정보를 대부분 활용하고 있는 것으로 나타났다.

단기적인 기상예보에 관한 정보를 활용하는 편이라고 응답한 농가들에게 가장 많이 활용하는 예보에 대해 질문한 결과, ‘중기예보(10일 예보)’가 60.3%로 가장 많았고, 이어서 ‘내일 예보’가 20.0%, ‘오늘 예보’와 ‘장기예보(1개월 전망)’가 7.4%로 나타났다. 단기적인 기상예보를 활용하지 않는 편이라고 응답한 농가들에게 그 이유를 질문한 결과, ‘필요한 정보가 없어서’가 60.0%, ‘정확성이 떨어져서’는 40.0%로 각각 나타났다<그림 4-16>.

그림 4-16. 단기적인 기상예보 활용 실태

단위: %

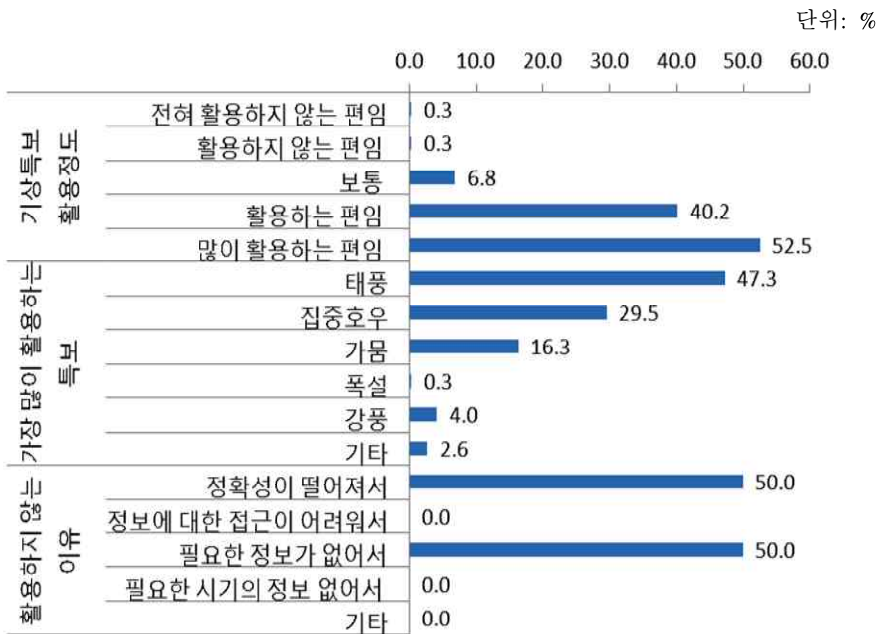


농업인들에게 단기적인 기상특보(태풍, 집중호우, 가뭄 등)에 관한 정보를 농사에 활용하는 정도에 대해 5점 척도로 질문하였다. 그 결과, ‘많이

활용하는 편임'과 '활용하는 편임'이 각각 52.5%, 40.2%로 활용한다는 응답이 전체의 92.7%를 차지하여 단기적인 기상특보에 관한 정보를 대부분 활용하고 있는 것으로 나타났다.

단기적인 기상특보에 관한 정보를 활용하는 편이라고 응답한 농가들에게 가장 많이 활용하는 특보에 대해 질문한 결과, '태풍'이 47.3%로 가장 많았고, 이어서 '집중호우'가 29.5%, '가뭄'이 16.3%로 그 뒤를 이었다. 한편 '강풍'(4.0%)이나 '폭설'(0.35%)에 대한 활용도는 낮은 것으로 나타났다. 단기적인 기상특보를 활용하지 않는 편이라고 응답한 농가들에게 그 이유를 질문한 결과, '필요한 정보가 없어서'가 50.0%, '정확성이 떨어져서' 50.0%로 각각 나타났다<그림 4-17>.

그림 4-17. 단기적인 기상특보 활용 실태

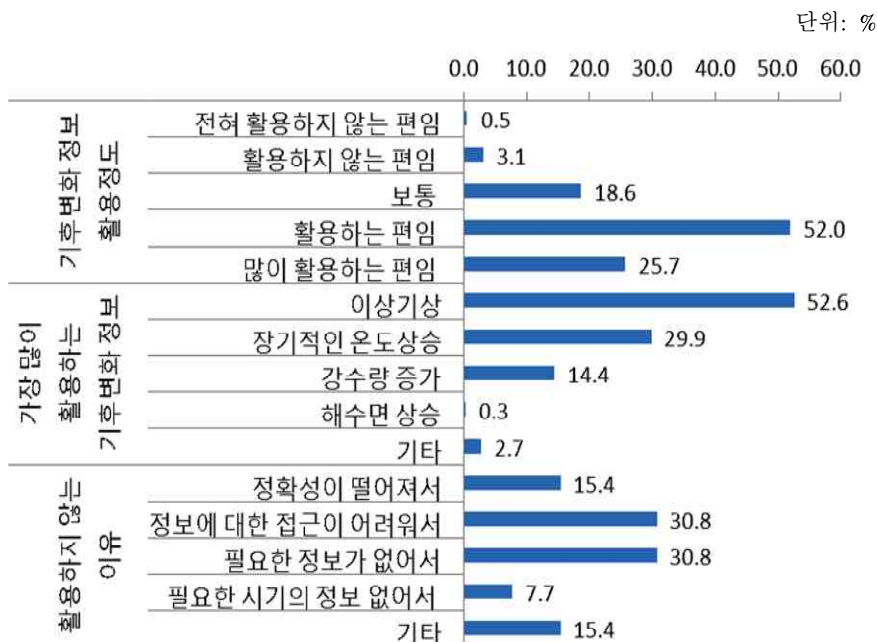


농업인들에게 기후변화(장기적인 기온 상승, 이상기상)에 관한 정보를 농사에 활용하는 정도에 대해 5점 척도로 질문하였다. 그 결과, '많이 활용하

는 편임'과 '활용하는 편임'이 각각 25.7%, 52.0%로 활용한다는 응답이 전체의 77.7%를 차지하였다. 그렇지만 단기 기상예보 및 특보와 비교할 때 활용도는 낮았다.

기후변화 정보를 활용하는 편이라고 응답한 농가들에게 가장 많이 활용하는 정보에 대해 질문한 결과, '이상기상'이 52.6%로 가장 많았고, 이어서 '장기적인 온도 상승'이 29.9%, '강수량 증가'가 14.4%로 그 뒤를 이었다. 기후변화 정보를 활용하지 않는 편이라고 응답한 농가들에게 그 이유를 질문한 결과, '정보에 대한 접근이 어려워서'와 '필요한 정보가 없어서'가 각 30.8%로 가장 많았고, '정확성이 떨어져서'가 15.4%로 그 뒤를 이었다<그림 4-18>.

그림 4-18. 기후변화 정보 활용 실태



### 3. 설문 조사 결과의 시사점

지구온난화와 같은 기후변화에 대해 농업인들의 약 82.8%가 잘 인지하고 있는 것으로 나타났으며, 이러한 인지도는 과거(2009년)에 비해 5.9%p 증가한 것으로 나타났다. 기후변화가 농업에 ‘부정적인 영향을 미친다’고 응답한 농업인의 비중은 83.8%로 매우 높게 나타났으며, 부정적인 영향을 미친다고 응답한 비중을 과거(2009년)와 비교할 경우 10.1%p 증가하여 농업인들은 시간이 지날수록 기후변화의 부정적인 영향을 보다 크게 느끼고 있는 것으로 나타났다. 기후변화가 농업생산에 미친 영향을 세부 항목별로 보면, ‘병충해 피해의 증가’(26.4%), ‘단수 감소로 인한 생산량 감소’(14.5%), ‘채소류 품질의 저하’(9.7%), ‘품목의 재배기간이 짧아짐’(9.0%), ‘착색이 불량해짐’(8.3%) 등의 순으로 나타났다.

농업인들은 대부분(97.4%)이 기후변화가 앞으로 지속될 것으로 예상하고 있었다. 그리고 기후변화에 대응하여 현재 적용 중이거나 관심 있는 적응 조치로 가장 많은 농업인들(20.1%)이 ‘변화된 기후에 적합한 작목으로 변경’을 꼽았다. 그다음으로는 ‘작물 파종 및 수확 시기의 조절’(14.1%), ‘농작물 재해보험 가입’(13.7%), ‘현재 재배하고 있는 작물의 품종 변경’(13.6%) 등을 선택했다.

농업인의 대다수는 기후변화가 계속 진행될 것이라고 예상하고 있으며, 이러한 기후변화에 대응하기 위한 수단으로 농작물 재해보험을 긍정적으로 고려하는 것으로 나타났다. 농작물 재해보험 가입 농가가 보험의 효과를 긍정적인 것으로 평가한 것에 비해 주변 농가들의 보험에 대한 인식이 부정적이며, 보험을 인지하고 있는 응답자의 절반가량이 보험에 관한 정보가 부족하다고 응답하였다. 따라서 농작물 재해보험 자체를 알리는 단순 홍보보다는 보험 가입의 경제적 비용과 편익 등의 실질적 효과에 관한 정확한 정보를 제공할 수 있는 보다 심층적 홍보나 교육을 실시하여 농업인의 합리적 의사결정이 이루어지도록 지원해야 할 것이다.

농가들의 작목 전환 이유로는 ‘과거 작목의 과잉생산, 수입 증가로 가격

하락’(36.9%), ‘기후변화로 과거 작목의 단수 감소 및 품질 저하’(22.9%), ‘기온 상승으로 현재 작목의 재배 적지 판단’(21.6%) 등으로 나타나 기후변화에 의한 이유가 상당히(44.4%) 높은 것으로 파악되었다. 따라서 향후 농업부문의 기후변화 적응 실태 파악을 위해 작목 전환 현황을 보다 면밀히 조사할 필요가 있다. 작목 전환 시 애로 사항으로는 ‘안정적인 판로 확보’(35.5%), ‘재배 기술 습득’(30.4%), ‘초기 소득 감소’(16.1%) 등으로 나타났다. 작목 전환 시 정부/지자체는 ‘새로운 작물의 안정적인 판로 확보’(31.5%)와 ‘기후변화 대응 작목 발굴 및 보급’(31.1%), ‘새로운 작물의 재배 기술 지도’(18.3%), ‘전환기 소득 감소 보전 등 경제적 보상 프로그램’(12.8%) 등의 정책을 추진할 필요가 있는 것으로 나타났다. 작목 전환 후 소득 변화를 질문한 결과, 전환 농가 전체는 소득이 7.7% 증가했고, 기후변화 대응 전환 농가는 9.1% 증가했다고 응답했다. 전환 시기에 따른 소득 변화를 보면, 기후변화 대응 전환 농가의 경우 2010년 이전에 전환했으면 소득이 20.6% 증가하나 2011~2015년에 전환했으면 4.6% 상승하여, 상대적으로 낮은 수준으로 증가하였다. 이로 볼 때 기후변화에 대응하여 작목 전환을 하나의 유효한 전략으로 고려하면서도 동시에 초기에 새로운 작목을 재배하는 기술 적응의 어려움과 과수와 같이 작물의 특성상 초기에 소득이 발생하지 않는 경우를 적절하게 보상하는 방안에 대한 검토도 필요하다.

기상 및 기후 정보 활용 실태를 분석한 결과, 기상예보, 기상특보, 기후변화 정보 등을 농사에 활용한다는 응답이 각각 91.7%, 92.7%, 77.7%로 나타나 대부분 높은 수준이었지만, 기후변화 정보의 활용도가 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 단기 기상예보 중에서는 중기예보(60.3%)를 가장 많이 활용했고, 1개월 전망이나 3개월 전망의 장기예보 활용도는 각각 7.4%, 5.0%로 높지 않아 향후 이러한 정보의 정확도 및 접근성 제고가 필요할 것으로 보인다. 기후변화 정보를 활용하지 않는 이유에 대해 ‘정보에 대한 접근이 어렵고’(30.8%), ‘필요한 정보가 존재하지 않아서’(30.8%) 등으로 나타났다.므로 향후 기후변화 정보 활용도 제고를 위해 맞춤형 정보 생성과 접근성 제고를 위한 정책적 노력이 필요함을 시사한다.



농업부문의 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석을 위해 다양한 방법이 적용되었다. 분석 대상으로 설정한 적응 수단은 농업인 반응 조사에서 적응 수단으로 널리 활용되고 있는 농작물 재해보험, 작목 전환, 기상·기후 정보 활용 등으로 설정하였다. 제5장에서는 우선 기후변화 적응을 위한 위험관리 수단으로 널리 활용되고 있는 농작물 재해보험의 경제적 효과 분석을 다루었다. 다음으로, 농업부문 기후변화 적응 수단으로 대체 작목과 새로운 품종을 활용하는 작목 전환의 경제성 분석 내용을 제시하였다. 또한 실증적 수리계획 모형을 이용하여 기후변화 적응 관련 재배 작물의 최적화 분석 결과를 제시하였다. 그리고 농업부문 적응 수단으로 기상·기후 정보 활용의 경제적 효과 분석을 다루었다. 끝으로, 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석에 대한 실증 분석의 종합과 시사점을 도출하여 제시하였다.

## 1. 농작물 재해보험의 경제적 효과 분석

### 1.1. 자연재해 발생 현황

현재 진행 중인 기후변화란 단순한 평균기온 상승과 강수량 변화뿐만 아니라 극단적인 강수 패턴의 변화나 태풍, 집중호우, 한파와 폭설 등과 같은 자연재해의 빈도 및 강도 증가 현상을 포괄하고 있다. 우리나라의 경우도

과거와 비교하여 태풍, 집중호우, 한파와 폭설 등과 같은 자연재해의 빈도 및 강도가 증가하고 있으며, 이는 기상청에서 발표하는 기상 특보 발령 횟수의 증가 추세에서 알 수 있다. 기상특보란 악기상(severe weather)<sup>20</sup>으로 인해 재해 발생이 예상될 경우에 발표되는 예보를 말하며, 현재 기상특보는 강풍, 풍랑, 호우, 대설, 건조, 해일, 황사, 한파, 태풍, 폭염에 관하여 발령되고 있다. 기존의 폭풍과 파랑 특보는 2005년부터 악기상(severe weather) 발생 지역에 따라 육상은 강풍 특보, 해상은 풍랑 특보로 재편되어 발표되고 있으며, 황사와 폭염 특보는 각각 2002년, 2007년부터 새롭게 추가되어 발표되고 있다.

전체 기상특보 발령 횟수는 1994년 640회에서 2014년 1460회로 지난 20년간 228% 증가하였다<표 5-1><그림 5-1>. 해상에서 발령되는 해일, 2005년에 재편된 강풍과 풍랑(폭풍과 파랑), 2000년대부터 발령되고 있는 황사와 폭염 특보를 제외한 기상특보의 발령 횟수 또한 꾸준히 증가하고 있다. 특히 한파 특보는 2000년대 중후반 이후부터 발령 횟수가 급증하여 1990~1994년 평균 1회 발령에서 2010~2014년 평균 84회로 지난 20년간 약 84배 증가하였다. 건조 특보는 1990~1994년 평균 11회 발령에서 2010~2014년 평균 116회로 약 11배, 호우 특보는 1990~1994년 평균 110회 발령에서 2010~2014년 평균 506회로 약 5배, 대설 특보는 1990~1994년 평균 46회 발령에서 2010~2014년 평균 248회로 약 5배 증가하였다. 이처럼 우리나라의 평균기온과 강수량은 증가하고 있지만 한파와 건조 현상 또한 증가하면서 기상의 변동성이 커지고 있다.

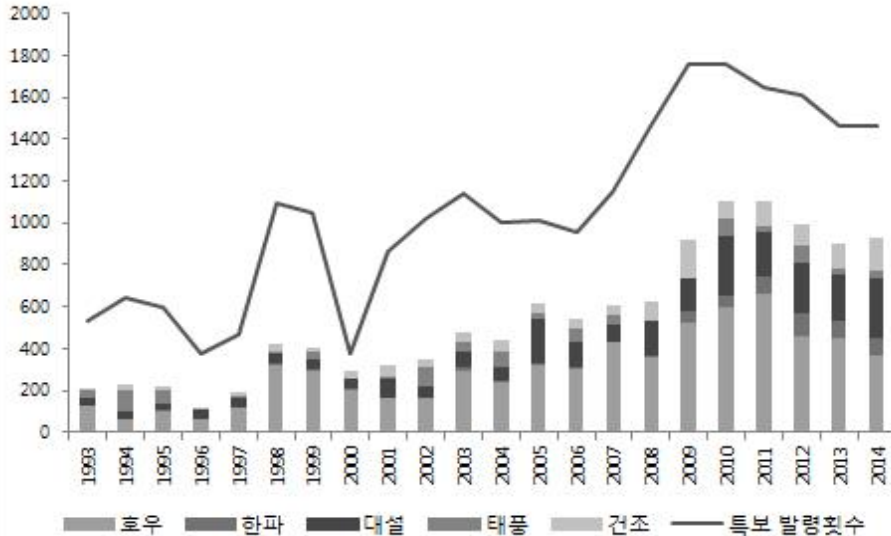
20 생활에 큰 어려움과 위협을 동반하는 기상 현상으로 일반적으로 굵은 날씨를 말한다. 천둥·번개, 강한 난류(亂流), 열대저기압, 강한 착빙, 강한 스콜선, 현저한 산악파, 강한 우박, 광범위한 모래나 먼지 보라 등을 동반한다. 이들 대부분은 규모가 작고 수명이 짧기 때문에 정확한 예보가 어려운 것이 특징이다.

표 5-1. 연도별 기상특보 발령 횟수

연도	총 특보 발령 횟수	호우	한파	대설	태풍	건조
1990	655	169	0	46	18	0
1991	529	114	0	68	83	10
1992	448	82	3	37	20	11
1993	534	127	0	39	32	8
1994	640	58	1	41	100	25
1995	596	101	4	27	68	16
1996	376	58	1	50	1	6
1997	465	116	1	45	7	21
1998	1,097	320	10	47	11	30
1999	1,051	294	7	50	32	25
2000	374	205	4	51	0	30
2001	866	161	5	91	5	59
2002	1,021	167	0	52	91	34
2003	1,138	294	14	81	45	39
2004	1,006	241	8	59	75	55
2005	1,016	323	8	210	32	43
2006	957	305	3	125	60	49
2007	1,152	428	0	82	51	41
2008	1,467	354	12	167	4	89
2009	1,760	526	51	159	0	187
2010	1,760	601	53	280	84	85
2011	1,652	661	86	208	31	117
2012	1,614	458	111	242	85	101
2013	1,465	447	87	222	26	122
2014	1,460	365	82	288	40	155
1990-1994(평균)	561	110	1	46	51	11
2010-2014(평균)	1,590	506	84	248	53	116

자료: 국민안전처 각 연도.

그림 5-1. 기상특보 발령 추이(1993-2014)



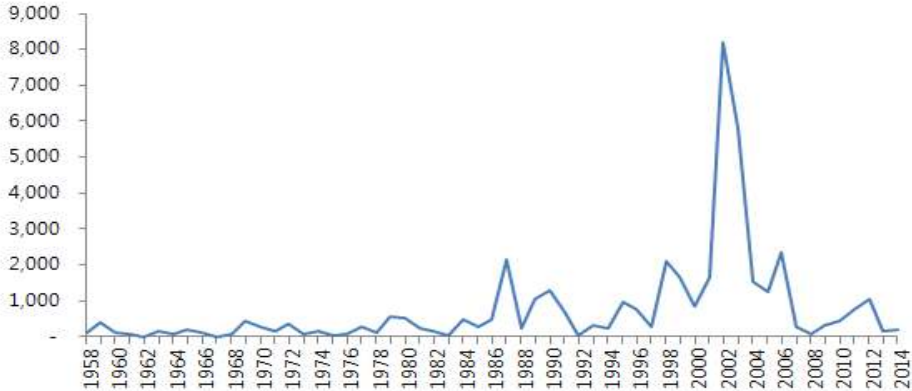
자료: 국민안전처 각 연도.

국민안전처에서 매년 발행하는 재해연보에 따르면, 1990년대 이후 자연재해로 인한 국가경제의 피해 정도가 크게 증가하고 있다<그림 5-2>. 자연재해로 인한 총 피해액은 1960년대의 1조 4360억 원에서 2000년대의 21조 9180억 원으로 크게 증가하였다. 1916년 이후 자연재해 피해를 분석해본 결과 자연재해 피해액이 가장 많이 발생한 10개 연도 중 6개 연도가 2000년 이후였다. 특히 가장 큰 피해가 발생한 2002년에는 태풍 ‘루사’와 집중호우로 인하여 270명의 사망 및 실종 피해와 7만 1천 명 이상의 이재민이 발생하였고 6만 2천 ha의 면적이 침수되었으며 재산 피해 또한 8조원 이상 발생하는 등 사상 최악의 자연재해 피해가 발생하였다.<sup>21</sup> 또한 농업 분야에서도 5853억 원의 농경지 유실 및 매몰 피해 등이 발생하였다.

<sup>21</sup> 태풍 루사는 2002년 8월 말에 한반도에 상륙했던 태풍이다. 그 당시 최대 순간 풍속은 초당 39.7m, 중심 최저기압은 970hPa이었으며, 강원도 동부에 많은 강수를 내리면서 많은 피해를 남겼다.

그림 5-2. 자연재해로 인한 총 피해액(1958~2014)

단위: 십억 원

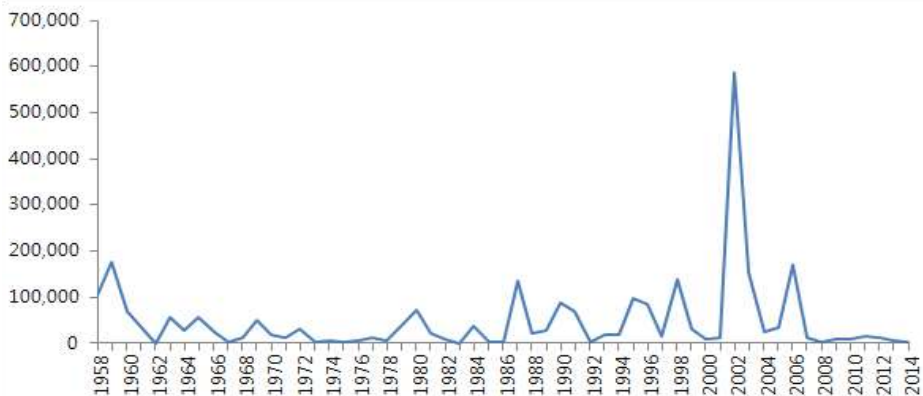


자료: 국민안전처 각 연도.

자연재해로 발생하는 농경지 유실 및 매몰 피해액도 총 피해액과 비슷한 추세를 보이고 있다<그림 5-3>. 농업부문의 자연재해 피해에서 유실이나 매몰과 같은 농경지 피해보다 농작물 피해의 비중이 더 큰 것을 고려하면, 농업부문의 총 피해액은 국민안전처가 발표하는 농경지 피해액보다 더 클 것으로 추정된다.

그림 5-3. 자연재해로 인한 농경지 유실 및 매몰 피해액(1958~2014)

단위: 백만 원



자료: 국민안전처 각 연도.

## 1.2. 농작물 재해보험의 개관

농작물 재해보험은 자연재해 등으로 인한 경영 불안을 해소하여 농가의 소득 및 경영 안정을 도모하고 안정적인 농업 재생산 활동을 지원할 목적으로 2001년부터 시행되고 있으며, 가장 대표적인 기후변화 적응 방안 중 하나이다. 농작물 재해보험 사업의 근거 법령은 농어업재해보험법 제7조, 제8조, 제19조, 제20조, 제25조의 2이며, 사업 대상자는 보험 사업자(NH농협손해보험)가 판매하는 농작물 재해보험에 가입한 농업인 또는 농업 관련 법인이며, 사업 시행 기관은 재해보험 사업자인 NH농협손해보험, 사업 관리 기관은 농업정책 보험금융원이다(농림축산식품부 2015a; 농림축산식품부 2015b).

농작물 재해보험은 사과와 배를 대상으로 태풍, 우박, 동상해로 인한 피해를 보상하는 과수 특정 상품으로 2001년에 시작하였으며, 가입 농가는 8,055호, 가입 면적은 4,096ha, 면적 가입률은 17.5%이었다. 보험 품목 및 대상 재해를 지속적으로 확대하여 2014년 43품목과 다양한 자연재해에 관한 보험 상품이 출시되었고, 2014년 보험 가입 농가 8만 9,038호, 가입 면적 13만 4,264ha로 2001년에 비해 가입 농가는 11배, 가입 면적은 33배 증가하였다. 2009년부터는 벼 보험을 판매하면서 가입 농가수와 가입 면적이 크게 증가하였으나, 가입 대상 면적 비중이 큰 벼의 초기 가입률이 높지 않아 전체 가입률은 오히려 크게 하락한 이후 증가 추세를 보이고 있다(농림축산식품부 2015a). 반면 2001년부터 시행된 과수 특정 품목의 경우, 보험 가입률이 2001년 17.5%에서 2014년 45.4%로 꾸준히 증가하면서 성공적으로 정착한 것으로 보인다.

2014년 품목별 가입 농가 수는 사과가 1만 7,560호로 벼(3만 1,853호)를 제외하고 가장 많고, 그다음은 배로 1만 536 농가가 보험에 가입하였다. 가입 면적률은 배가 87.3%로 가장 높고, 사과 74.5%, 단감 35.4% 순으로 나타났다<표 5-2>. 발작물이나 시설작물의 가입 면적률은 5% 내외의 낮은 수준이며, 2009년부터 시행된 벼의 가입 면적률 또한 17.0%인 것과 비교할 때, 특정 과수의 가입 면적률이 상당히 높은 것을 알 수 있다.

표 5-2. 주요 품목별 농작물 재해보험 가입 현황(2014)

단위: ha, 호, %

구 분		대상 면적	가입 농가	가입 면적	면적 가입률
과수(특정)	사과	20,761	17,560	15,462	74.5
	배	12,178	10,536	10,629	87.3
	감귤	17,667	17	12	0.1
	단감	10,819	3,539	3,833	35.4
	뽕은감	9,777	3,319	2,374	24.3
과수(종합)	복숭아	9,469	1,814	1,159	12.2
	포도	12,087	776	377	3.1
	자두	2,994	682	310	10.4
	매실	7,018	436	315	4.5
밭작물	콩	24,126	726	1,495	6.2
	가을양파	15,200	408	257	1.7
	마늘	15,676	62	35	0.2
	차	749	90	93	12.4
	고추	5,985	885	227	3.8
벼	벼	525,123	31,853	89,426	17.0
시설하우스	단동하우스	46,293	6,135	2,771	6.0
시설작물	시설수박	10,122	242	116	1.2
	시설딸기	4,732	495	184	3.9
	시설참외	4,475	2,015	1,066	23.8
	시설토마토	3,564	485	193	5.4

자료: 농림축산식품부(2015a).

2014년 농작물 재해보험 전국 면적 가입률은 16.1%이며, 가입 농가수는 8만 9,038호이다. 가입 농가수는 전남과 경북, 전북 등의 순으로 높은 것으로 나타났으며, 가입 면적은 벼와 과수 재배가 많은 전남, 전북, 경북 등의 순으로 높은 것으로 나타났다<표 5-3>. 특히 전남의 가입 면적은 4만 5,459ha로 전체 가입 면적의 33.9%를 차지하며, 면적 가입률도 29.1%로 상당히 높은 편으로 나타났다.

표 5-3. 지역별 농작물 재해보험 가입 현황(2014)

단위: ha, 호, %

구 분	대상 면적	가입 농가	가입 면적	면적 가입률
전 국	831,743	89,038	134,264	16.1
서 울	517	11	9	1.8
부 산	3,630	239	185	5.1
대 구	4,680	67	32	0.7
인 천	8,791	894	2,159	24.6
광 주	5,444	342	167	3.1
대 전	1,717	68	52	3.0
울 산	5,168	798	709	13.7
세 종	124	209	128	102.6
경 기	80,966	3,332	4,773	5.9
강 원	36,374	1,074	1,895	5.2
충 북	48,624	2,657	2,646	5.4
충 남	134,235	7,024	16,558	12.3
전 북	100,584	11,638	29,601	29.4
전 남	156,141	25,359	45,459	29.1
경 북	129,949	23,204	18,529	14.3
경 남	89,490	10,832	9,900	11.1
제 주	25,310	1,290	1,462	5.8

자료: 농림축산식품부(2015a).

농작물 재해보험을 포함한 농림축산식품부의 농업정책 보험 예산은 2001년 166억원에서 2014년 2172억원으로 약 16배 증가하였으며, 농식품부 전체 예산에서 차지하는 비중 역시 0.2%에서 2.0%로 크게 증가하였다<표 5-4>. 이는 농업보험이 농업정책에서 차지하는 중요도가 증가하고, 보험의 정책적 역할이 강조되고 있음을 보여준다.

표 5-4. 농업정책 보험 예산(2001~2014)

단위: 억 원, %

연도	농식품부 예산 총액(A)	농업정책 보험 예산(B)	비중(B/A)
2001	93,634	166	0.2
2002	102,450	247	0.2
2003	101,496	363	0.4
2004	106,907	388	0.4
2005	110,630	499	0.5
2006	118,560	998	0.8
2007	121,208	1,031	0.9
2008	124,242	1,161	0.9
2009	129,887	1,218	0.9
2010	129,888	1,319	1.0
2011	131,929	1,663	1.3
2012	136,778	1,856	1.4
2013	135,267	2,348	1.8
2014	135,344	2,701	2.0

자료: 농림축산식품부(2015c).

### 1.3. 분석 모형

증가하는 자연재해의 위협 속에서, 농가의 효과적 위기관리 방안으로서 농작물 재해보험의 역할이 지속적으로 커지고 있음에도 불구하고 농작물 재해보험의 자연재해 피해 경감 효과에 관한 연구는 아직까지 이루어지지 않고 있다. 기존의 재해보험에 관한 연구들은 주로 재해보험의 실시 이후 재배면적 또는 생산량 변동과 같은 재해보험의 정책적 효과만을 다루고 있다.

본 연구에서는 농업부문의 기후변화 적응 수단으로서 농작물 재해보험의

경제적 효과를 추정하기 위하여 재해보험의 주 역할인 자연재해로 인한 농가 소득의 피해 및 변동성 경감 효과에 초점을 맞추어 분석하였다. 이를 위해 위험과 불확실성이 있는 경우 생산함수 분석을 다루는 Just-Pope 모형(Just and Pope 1978)을 이용하였다.<sup>22</sup>

Just-Pope 모형은 3단계 접근법으로 1단계에서 농작물 수입을 최소자승법(OLS)으로 추정하고, 2단계에서는 1단계에서 도출한 오차항의 자승을 종속변수로 하여 농작물 수입의 변동성을 추정한다. 3단계에서는 2단계에서 도출한 오차항의 예측 값을 적용하여 이분산성을 제거하고 농작물 수입을 재추정한다.

1단계의 농작물 수입 추정 함수는 재배면적과 관련분야 속성을 설명변수로 다음과 같다.

$$\begin{aligned} CropInc = a_0 + a_1D_{fulltime} + a_3D_{expert} + a_4Age + a_5Age^2 + a_6Acre + \\ a_7D_{ins} \times Warning + a_8D_{crop} + \varepsilon \end{aligned} \quad (5-1)$$

여기에서 CropInc는 농작물 수입,  $D_{fulltime}$ 은 전업 농가 여부,  $D_{expert}$ 은 전문 농가 여부, Age는 농가주의 나이, Acre는 재배면적,  $D_{ins}$ 은 농작물 재해보험 가입 여부, Warning은 기상주의보 발령 횟수,  $D_{crop}$ 은 품목 더미 변수를 나타낸다.

2단계의 농작물 수입 변동성 추정 함수는 식 (5-1)의 농작물 수입함수에서 도출된 오차항의 지승을 종속변수로 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \ln(CropInc - E(CropInc))^2 = \beta_0 + \beta_1D_{fulltime} + \beta_2D_{expert} + \beta_3Age + \beta_4Age^2 + \\ \beta_5Acre + \beta_8D_{ins} \times Warning + \beta_9D_{crop} + v \end{aligned} \quad (5-2)$$

<sup>22</sup> Just-Pope 모형은 Just and Pope이 1978년에 제안한 모형으로 변동성 추정 연구에서 가장 많이 사용되는 모형 중 하나이다. 이 모형은 생산함수를 생산 부분과 생산의 변동성 부분으로 구성하여 독립변수들이 생산에 미치는 영향과 생산의 변동성에 미치는 영향을 구별할 수 있게 하였다.

## 1.4. 분석 자료

기후변화로 인한 피해를 추정하고 보험의 피해 경감 효과를 알아보기 위하여 『농가경제조사』에서 발표되는 농작물 수입, 보험비 지출액, 농가의 일반적 특성 등의 자료와 『재해연보』에서 발표하는 기상주의보 자료를 이용하였다. 농가경제 조사는 통계청이 전국 560개 표본 조사구 내 2,800 표본 농가를 대상으로 매년 실시하는 통계조사로서, 표본 농가는 4년마다 교체된다. 표본이 교체되면 농가 식별 번호도 변경되어 패널 데이터로서의 활용이 어려워져 본 연구에서는 동일 표본을 유지한 2009년에서 2012년까지의 자료만을 분석에 활용하였다.

본 연구에서는 농작물 재해보험이 가장 먼저 시행되었고 가입률이 다른 품목에 비해 상대적으로 높은 과수 농가 자료를 사용하였다. 또한 전체 과수 농가 자료의 경우, 농업소득의 최소값은 -1억 200만 원, 최대값은 4억 2,600만 원으로 그 격차가 커서 계량 분석 시 유의미한 값을 구하기 힘들므로 본 분석에는 농업소득 기준으로 상위 25%, 하위 25%를 제외한 2·3분위, 총 549개의 자료를 이용하였다.

분석 대상 농가 중 전업농가의 비중은 약 59%이며, 농업보험에 가입한 과수 농가 중 전업농가의 비중은 약 63%, 미가입 과수 농가 중 전업농가의 비중은 약 58%로 나타났다<표 5-5>. 총 과수 농가 중 전문농가의 비중은 약 61%이며, 보험에 가입한 과수 농가 중 전문농가의 비중은 약 74%, 미가입 과수 농가 중 비중은 약 58%로 나타났다. 전업 또는 전문농가가 그렇지 않은 농가에 비해 농업보험에 더 많이 가입하는 것을 알 수 있다.

전체 과수 농가 중 23%인 126호가 농업보험에 가입하였고, 미가입 농가는 423호로 나타났다. 평균 농작물 수입과 농외소득은 각각 3,000만 원, 511만 원이며 보험 가입 농가의 농작물 수입과 농외소득이 3,600만 원, 520만 원으로 미가입농가의 2,812만 원, 508만 원보다 높게 나타났다. 평균 재배면적은 77a이며 보험 가입 농가의 평균 재배면적은 87a로 미가입 농가의 74a보다 넓은 것으로 나타났다.

재해연보는 분기별, 지역별, 특보별로 발령된 기상특보(주의보와 경보) 자

료를 제공하고 있으며, 본 연구에서는 과수의 주 생육기간에 해당하는 2/4 분기와 3/4분기 자료만을 사용하였다. 또한 과수 생육에 영향을 미치지 힘든 풍랑, 해일, 황사를 제외한 강풍, 호우, 대설, 건조, 한파, 태풍, 폭염주의보의 총 발령 횟수를 활용하였다.

표 5-5. 주요 변수들의 기초 통계량

변수	평균	표준편차	최저값	최고값
총 과수 농가 (obs.=549)				
D(전업농가=1, 1종 및 2종 겸업농가=0) <sup>23</sup>	0.59	0.49225	0	1
D(전문농가=1, 일반·부업·자급농가=0) <sup>24</sup>	0.61	0.48731	0	1
D(보험 가입=1, 보험 미가입=0)	0.23	0.42090	0	1
나이	66.05	9.95046	32	91
재배면적(a)	76.84	60.9259	0	447
농작물 수입(천 원)	29937	18614.7	4970.5	221756.1
기상주의보 발령 횟수(2/3분기)t	116.3	42.0317	49	212
보험 가입농가 (obs.=126)				
D(전업농가=1, 1종 및 2종 겸업농가=0)	0.63	0.48554	0	1
D(전문농가=1, 일반·부업·자급농가=0)	0.74	0.44143	0	1
나이	65.40	9.09952	37	91
재배면적(a)	87.10	66.0790	4.1	446.6
농작물 수입(천 원)	36037	23952.6	8129.6	221756.1
기상주의보 발령 횟수(2/3분기)t	127.0	35.2997	49	212
보험 미가입농가 (obs.=423)				
D(전업농가=1, 1종 및 2종 겸업농가=0)	0.58	0.49427	0	1
D(전문농가=1, 일반·부업·자급농가=0)	0.58	0.49465	0	1
나이	66.25	10.1922	32	85
재배면적(a)	73.78	59.0434	0	294.5
농작물 수입(천 원)	28120	16297.4	4970.5	117913.2
기상주의보 발령 횟수(2/3분기)t	113.2	43.3704	49	212

<sup>23</sup> 여기서 전업농가는 연간 30일 이상 농사 이외의 일에 종사한 가구원이 없는 농가를 의미한다. 또한 1종 겸업농가는 겸업농가 중 농업 수입이 농업외 수입보다 많은 농가를 지칭하고, 2종 겸업농가는 겸업농가 중 농업 수입이 농업외 수입보다 적은 농가를 의미한다(통계청 2015).

대다수 과수의 생육기인 2/4~3/4분기 동안 전체 과수 농가가 경험한 평균 기상주의보 발령 횟수는 116회이며, 보험 가입농가는 미가입 농가보다 14회 많은 127회를 경험한 것으로 나타났다. 이는 자연재해가 많이 일어나는 지역에서 보험 가입이 높게 나타나는 것으로 해석할 수 있다.

## 1.5. 분석 결과

농업보험의 기상재해 피해 경감 효과 추정 결과는 <표 5-6>과 같다. 농업보험의 기상재해 피해 경감 효과에 대한 분석 결과, 경영주의 나이와 농작물 수입은 상관관계가 낮았고, 전업농가와 겸업농가 간의 농작물 수입 차이도 통계학적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 그러나 전문농가는 일반농가, 부업농가나 자급농가보다 농작물 수입이 약 907만 원 높은 것으로 분석되었다. 이는 농가 구성원이 농사에 얼마나 집중하는가보다 재배 규모 정도가 농작물 수입에 영향을 미치는 것으로 분석된다. 재배면적이 넓을수록 농작물 수입이 증가하는데, 재배면적이 10a 증가하면 농작물 수입은 약 13만 원 증가하는 것으로 나타났다. 이는 과수 농가에서 영농규모가 커질수록 농작물 수입도 증가하는 규모의 경제가 이루어지고 있음을 의미한다.

작물의 주요 생육기간인 2/4분기와 3/4분기 중 기상주의보 발령 횟수가 많아질수록 농작물 수입이 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 농가가 폭염, 폭서, 태풍, 가뭄 등의 이상기후로 인한 경제적 피해를 실제로 경험하고 있는 것으로 해석할 수 있다. 기상주의보가 1회 발생할 때마다 평균 2만 7,680원의 피해가 발생하는 것으로 추정되며, 2009~2012년의 연평균 기상주의보 발령 횟수인 116회를 적용하면, 기상재해로 인하여 약 321만 원의 농가 피해가 발생한 것으로 추정된다.

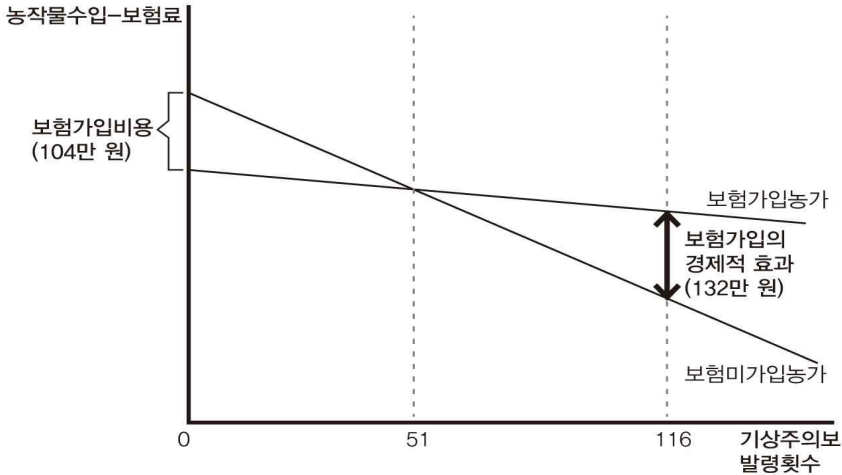
24 여기서 전문농가, 일반농가, 부업농가는 통계청의 농가 분류 기준에 따른다. 전문농가는 경지 규모 3ha 이상 또는 농업 총수입 2,000만 원 이상 농가를, 일반농가는 경지 규모 3ha 미만이면서 농업 총수입 2,000만 원 미만 농가를, 부업농가는 경지 규모 30a 이상 또는 농업 총수입 200만 원 이상 농가 중 농업외 수입이 농업 총수입보다 많은 농가를, 자급농가는 경지가 없거나, 30a 미만 농가 중 농업 총수입이 200만 원 미만인 농가를 말한다(통계청 2015).

표 5-6. 농업보험의 기상재해 피해 경감 효과 추정 결과

변수	Coef.	Std. Err.	P> z
D(전업농가=1, 1종 및 2종 겸업농가=0)	1430.33	905.70	0.114
D(전문농가=1, 일반·부업·자급 농가=0)	9069.64	966.10	0.000
나이	-544.68	571.04	0.340
나이 <sup>2</sup>	1.50	4.61	0.745
재배면적(a)	134.34	12.34	0.000
기상주의보 발령 횟수(2/3분기)	-27.68	14.95	0.064
기상주의보 발령 횟수*D(보험=1)	20.36	6.70	0.002
D(일반사과=1)	-2706.86	1924.01	0.159
D(왜성사과=1)	479.80	2406.97	0.842
D(배=1)	4479.17	1653.94	0.007
D(포도=1)	2310.13	1810.55	0.202
D(복숭아=1)	-53.00	1491.01	0.972
D(감=1)	-481.36	1497.97	0.748
D(감귤=1)	-2746.62	2903.42	0.344
상수항	45303.90	17504.55	0.010
# of obs.		549	
Wald chi <sup>2</sup> (14)		368.12	
Prob>chi <sup>2</sup>		0.000	

한편, 보험을 가입한 농가는 기상재해로 인한 피해의 폭이 줄어드는 것으로 나타났다<표 5-7><그림 5-4>. 기상재해 발생 시 보험 효과는 2만 360원으로, 기상주의보 발생 시 2만 7,680원이던 농가의 피해가 2만 360원 감소한 7,320원으로 추정된다. 따라서 농작물 재해보험에 가입한 농가의 경우, 미가입 농가와 마찬가지로 2009년~2012년간 평균 기상주의보 발행 횟수인 116회를 적용하면 약 85만 원의 피해가 기상재해로 인하여 발생한 것으로 추정되며 이는 미가입 농가의 321만 원보다 약 236만 원이 적다. 본 표본의 보험 가입 농가의 평균 보험료가 104만 원인 것을 고려한다면, 보험 가입 농가와 미가입 농가 간에 총 132만 원의 보험 효과가 존재하는 것으로 나타났다.

그림 5-4. 농작물 재해보험의 경제적 효과 기본 구조



재해보험의 기상재해로 인한 농작물 수입 변동성 경감 효과 추정 결과는 <표 5-7>과 같다. 기상재해가 농가의 농작물 수입 변동성에 미치는 영향을 분석한 결과, 농작물 수입 변동성은 전업 또는 전문농가이며 재배면적이 클수록 변동성이 높아지는 것으로 나타났다. 이는 농가의 농작물 수입이 높아질수록 수입 변동성도 함께 높아지는 것으로 해석할 수 있다.

2/4~3/4분기 동안 기상주의보 발령 횟수가 많아질수록 농작물 수입의 변동성은 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 폭염, 폭서, 태풍, 가뭄 등과 같은 자연재해가 농작물 수입의 불확실성을 증가시킴을 보여준다. 농업보험을 가입하면 수입 변동성이 다소 감소하는 것으로 나타났으나 이는 통계학적 유의성은 없는 것으로 나타났다. 본 분석을 통해, 농가의 농작물 수입 변동성은 자연재해와 재배규모에 의한 영향을 크게 받는 것을 알 수 있다. 자연재해와 재해보험이 농작물 수입 변동성에 미치는 영향을 좀 더 자세히 분석하기 위해서는 재배규모 효과를 제외하고 연구를 진행할 필요가 있다. 따라서 차후 연구에서는 농가의 총 농작물 수입보다는 단위면적당 농작물 수입을 대상으로 분석을 진행한다면 좀 더 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이라 생각한다.

표 5-7. 재해보험의 기상재해로 인한 농작물 수입 변동성 경감 효과 추정 결과

변수	Coef.	Std. Err.	P> z
D(전업농가=1, 1종 및 2종 겸업농가=0)	0.7555	0.2040	0.000
D(전문농가=1, 일반·부업·자급 농가=0)	0.3719	0.2193	0.090
나이	-0.0297	0.0948	0.754
나이 <sup>2</sup>	0.0000	0.0008	0.966
재배면적(a)	0.0116	0.0019	0.000
기상주의보 발령 횟수(2/3분기)	0.0065	0.0032	0.039
기상주의보 발령 횟수*D(보험=1)	-0.0001	0.0018	0.974
D(일반사과=1)	-0.2018	0.3341	0.546
D(왜성사과=1)	0.4127	0.3245	0.203
D(배=1)	0.7183	0.2700	0.008
D(포도=1)	0.4563	0.2535	0.072
D(복숭아=1)	-0.1941	0.2671	0.467
D(감=1)	-0.0402	0.2391	0.867
D(감귤=1)	0.8925	0.4494	0.047
상수항	16.3680	2.9443	0.000
# of obs.		549	
Wald chi <sup>2</sup> (14)		121.04	
Prob>chi <sup>2</sup>		0.000	

## 1.6. 분석 결과의 시사점

농가의 농작물 수입은 나이나 전·겸업 여부와 같은 경영주의 특성이 아닌 경영 규모나 재배 품목, 기상재해 등의 영향을 받는 것으로 나타났다. 경영 규모가 커질수록 농작물 수입과 수입 변동성이 함께 증가하며 반면, 자연재

해의 빈도수가 높아질수록 농작물 수입은 감소하고 불확실성의 증가로 인한 수입 변동성은 증가하는 것으로 나타났다.

기상재해로 인한 수입 감소에 대한 대응책으로서 농작물 재해보험은 경제적 효과가 있는 것으로 나타났으며, 보험의 경제적 효과는 기상재해의 빈도가 증가할수록 커지는 것으로 분석된다.

2009~2012년의 연평균 기상주의보 발령 횟수인 116회를 적용하면 보험은 농가당 약 132만 원의 효과를 가지며, 기상주의보 발령 횟수가 51회 이하이면 보험료 지출로 인하여 보험 가입 농가의 수익이 미가입 농가의 수익보다 낮게 추정되었다. 다시 말해, 기상조건이 좋고 자연재해의 발생 빈도가 낮은 지역에서는 보험의 경제적 예상 효과보다 보험료가 높아, 보험을 가입하지 않는 것이 합리적인 선택이라 할 수 있다. 실제로 타 지역보다 기상주의보 발령 횟수가 적은 제주도의 가입률이 매우 낮게 나타나는 것을 볼 수 있다. 따라서 보험 홍보 및 가입 유도는 기상재해가 많이 발생하는 지역을 중심으로 진행하는 것이 효과적일 것이며, 보험비의 책정도 영농규모나 재배 품종뿐만 아니라, 영농 지역의 기후 조건을 반영하여 다양화할 필요가 있다.

농업인의 대다수는 기후변화가 계속 진행될 것이라고 예상하고 있으며, 이러한 기후변화에 대응하기 위한 수단으로 농업보험을 긍정적으로 고려하는 것으로 나타났다. 보험 가입 농가가 보험의 효과를 긍정적인 것으로 평가한 것에 비해 주변 농가들의 보험에 대한 인식이 부정적이며, 보험을 인지하고 있는 응답자의 절반가량이 보험에 관한 정보가 부족하다고 응답하였다. 따라서 보험 자체를 알리는 단순 홍보보다는 보험의 실질적 효과에 관한 정확한 정보를 제공할 수 있는 심층적 홍보나 교육을 실시하여 농업인의 합리적 선택이 이루어지도록 지원해야 할 것이다. 특히 보험 미가입 농가들을 대상으로 농작물 재해보험에 대한 관심을 높이기 위해서는 적응 수단으로 농작물 재해보험을 활용하는 우수 사례를 발굴하여 홍보 자료로 활용하는 것이 바람직하다<박스 자료 참조>.

### <기후변화 적응 관련 농작물 재해보험 활용 우수 사례>

기후에 민감하며 특히 태풍 피해가 많이 발생하는 품목인 사과와 농작물 재해보험 가입률은 2001년 17.5%에서 2014년 74.5%으로 크게 증가하였고, 사과 농가들은 농작물 재해보험을 기후변화 적응 수단으로 적극 활용하고 있는 것으로 나타났다.

경북 영양군의 사과 재배 농장(농장주 박○○)은 2003년부터 농작물 재해보험에 지속적으로 가입하고 있다. 2012년 서리와 태풍으로 인하여 사과 농장 일부에 피해가 발생하였는데, 농작물 재해보험에 가입한 덕분에 피해액의 일부를 보전할 수 있었다. 당시 농가가 지불한 보험료는 약 330만 원이었지만 지불한 보험료의 약 5.5배인 약 1,800만 원의 보험금을 수령하였다.

본 농가는 처음에는 농협에서 농작물 재해보험을 추천하여 가입하였으나, 현재는 농작물 재배보험에 대한 높은 만족도 때문에 기후변화 및 기상재해 대응의 방법으로 자발적으로 보험에 가입하고 있으며, 주위 사과 농가의 80%가 농작물 재해보험에 가입할 정도로 농작물 재해보험이 중요한 기후변화 및 자연재해 대응 수단으로서 자리를 잡아가고 있다.

경북 청송의 사과 농가와 경기도 일산의 시설작물 농가의 경우도 농작물 재해보험을 가입하여 태풍과 회오리바람 등으로 인한 자연재해의 피해를 보전할 수 있었던 것으로 제시되고 있다.

### <농작물 재해보험 피해보상 사례>

단위: 천 원

품목	지역	농가 수령 보험금	농가 부담 보험료	농가 피해 발생 시기	피해 유형
사과 <sup>1)</sup>	경북 영양	18,000	3,300	2012년	서리와 태풍 피해
사과 <sup>2)</sup>	경북 청송	19,000	570	2012년 8월	태풍으로 인한 낙과
시설 작물 <sup>2)</sup>	경기도 일산	140,000	1,130	2014년 6월	회오리바람으로 인한 하우스 피해

자료 1) 자체 면접 조사 결과를 기초로 작성한 자료임.

2) NH농협손해보험 홍보물을 인용하여 정리한 자료임.

## 2. 적응 수단으로 작목 전환의 경제성 분석

### 2.1. 분석 개관

기후변화가 심화됨에 따라 집중호우와 태풍, 한파와 폭설 등 이상기상이 빈번하게 일어나고, 농업재해가 증가하고 있다. 또한 한반도의 아열대화가 급속히 진행되어 농산물의 재배 적지가 변화하고 있다. 뿐만 아니라 겨울 기온이 상승하면서 월동 병해충 피해가 증가하고 있다. 이와 같이 기후변화가 농업 분야에 상당한 영향을 미치고 있는 것으로 보인다.

앞서 설문 조사 결과에서 제시했듯이, 농가들은 변화하는 기후에 대응하여 적응 수단으로 작목 전환을 가장 선호하고 있고, 작목 전환을 한 농가들은 소득 증가를 경험하고 있음을 확인하였다.<sup>25</sup> 여기에서는 작목 전환의 이론적 배경을 살펴보고, 작목 전환을 유형화하여 제시한다. 또, 사례 지역을 선정하여 작목 전환의 결과로 나타난 재배면적 및 소득의 변화를 통해 작목 전환의 경제성을 살펴보고자 한다. 더 나아가 농가들의 작목 전환 의사결정 요인분석을 통해 작목 전환에 영향을 주는 농가들의 사회경제적 특성을 밝히고자 한다.

### 2.2. 작목 전환의 이론적 배경

기후변화에 따른 농가의 작목 전환 의사결정에 관한 이론적 배경은 Chavas and Holt(1990) 모형을 기초로 한다. 농가의 작목 전환 의사결정에 관한 이론적 배경으로 이 모형을 제시하였는데, 이는 실증적인 분석을 위해

<sup>25</sup> 기후변화 적응 수단으로 작목 전환이라함은 <표 3-2>에 제시되었듯이 농업부문 기후변화 적응 수단들 가운데 작목 대체와 품종 개발을 아우르는 포괄적인 개념으로 설정하였다.

서가 아니라 농가들의 의사결정 행위의 이론적 근거를 살펴보기 위함이다. 기후, 기상, 가격, 생산비 등 여러 가지 불확실성하에서 이루어지는 농가들의 의사결정 행위는 이윤 극대화 모형보다는 기대효용 극대화 모형이 보다 적합하다고 판단하였으며, 대표적으로 Chavas and Holt 모형을 제시하게 되었다.

농업조수입( $R$ )과 농업생산 총비용( $C$ )은 다음과 같다.

$$R = \sum_{i=1}^n p_i Y_i A_i \quad (5-3)$$

$$C = \sum_{i=1}^n c_i A_i \quad (5-4)$$

여기에서  $A_i$ 는  $i$  번째 작목( $i = 1, \dots, n$ )의 재배면적을 나타내며,  $Y_i$ 는 그에 상응하는 단수를 나타낸다. 농가는  $n$ 개의 작물을 생산할 수 있다.  $p_i$ 를  $i$  번째 작목의 시장가격,  $c_i$ 는  $i$  번째 작목의 단위면적당 생산 비용을 나타낸다.

농가는 다음과 같은 예산 제약에 직면하게 된다.

$$I + R - C = qG, \text{ 또는 } I + \sum_{i=1}^n p_i Y_i A_i - \sum_{i=1}^n c_i A_i = qG \quad (5-5)$$

여기에서  $I$ 는 외생적인 소득(혹은 부)을 나타내며, 농업소득을 제외한 소득으로 농외소득, 이전소득, 비경상 소득을 포함한다.  $G$ 는  $q$ 의 상응하는 가격지수를 가지고 구입되는 재화의 가계소비 지수이다. 즉 가계소비 지수  $G$ 는 각 연도에 각 재화의 가격지수가  $q$ 일 때 가계가 각 재화를 소비하는 양을 금액으로 환산하여 지수화한 것이므로  $qG$ 는 가계소비 지출 비용을 나타낸다. 식 (5-5)는 외생적인 소득에 농가이윤 ( $R - C$ )을 합한 것이 소비지출 비용( $qG$ )과 같다는 것을 의미한다.

재배면적 결정의 제약 조건은 아래의 식 (5-6)과 같다.

$$f(A) = 0, \tag{5-6}$$

여기에서  $A = (A_1, \dots, A_n)$ 는 재배면적을 나타낸다. 농가의 선호가 Von Neumann- Morgenstern 효용함수  $U(G)$  ( $\partial U/\partial G > 0$ )로 표현될 수 있다고 가정한다. 만약 그 농가가 경쟁하에서 기대효용을 극대화한다면 그 의사결정 모형은 식 (5-7)과 같다.

$$\max_{A, G} EU(G) \text{ s.t. 식 (5-5)와 식 (5-6)} \tag{5-7}$$

여기에서  $E$ 는 확률변수에 대한 기대치를 나타낸다. 이제 예산 제약식을 효용함수에 대입하면 극대화 문제는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} \max_A \left( EU \left( \frac{I}{q} + \sum_{i=1}^n \left( \frac{p_i}{q} Y_i - \frac{c_i}{q} \right) A_i \right) \right) \text{ s.t. 식 (5-6), 혹은} \\ \max_A \left( EU \left( w + \sum_{i=1}^n \pi_i A_i \right) \right) \text{ s.t. 식 (5-6),} \end{aligned} \tag{5-8}$$

여기에서  $q$ 는 디플레이터이며  $w = (I/q)$ 는 실질 가액으로 표시된 초기 부이고  $\pi_i = (p_i/q) Y_i - (c_i/q)$ 는  $i$  번째 작목 ( $i = 1, \dots, n$ )의 단위면적당 실질 가액으로 표시된 이윤을 나타낸다.

식 (5-8)에서 가격과 생산 불확실성하에서 재배면적  $A$ 의 의사결정이 이루어진다. 단수  $Y$ 와 산출물 가격  $p$ 는 농가가 형성하고 있는 주관적 확률분포를 가진 확률변수들이다. 결론적으로 식 (5-8)에서 기대치  $E$ 는 불확실한 변수  $p$ ,  $Y$ 와 관계가 있으며, 재배 시기(planting time)에 농가에게 알려져 있는 이용 가능한 정보에 그 기반을 둔다.

$A^*$ 를 식 (5-8)의 해, 즉 최적 재배면적 벡터라고 하면, 이는 실질 가액으로 표시된 초기 소득  $w$ , 단위면적당 실질 가액으로 표시된 기대이윤  $\bar{\pi}_i = E\{(p_i/q) Y_i - (c_i/q)\}p$ , 그리고 실질 가액으로 표시된 단위면적당 이

윤,  $\pi_i (i = 1, \dots, n)$ 의 분산(여기에서는  $\sigma$ 로 나타내어짐)의 함수임을 알 수 있다. 다시 말하면 최적 재배면적 결정은  $A^*(w; \bar{\pi}; \sigma_\pi)z$ 로 표현될 수 있다.

대표 농가(representative farmer)의 최적 재배면적 의사결정을 고려하며 단순 기대하에서 기대 가격을 형성한다고 가정하면, 어떤 지역의 최적 재배면적 결정은 자기회귀 분배시차 모형(auto-regressive distributed lag model: ADL model)을 이용하여 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$A_t = a_0 + a_1 A_{t-1} + a_2 P_{t-1} + a_3 SP_{t-1} + a_4 OILP_{t-1} + a_5 SUP_t + a_6 T_{t-1} + CC_{t-1} + e_t \quad (5-9)$$

여기서  $A_t$ :  $t$ 기의 재배면적;  $P_t$ :  $t$ 기의 작물 가격;  $SP_t$ :  $t$ 기의 대체재의 가격;  $OILP_t$ :  $t$ 기의 경유 지수;  $SUP_t$ :  $t$ 기의 정부 지원 사업 비용;  $T_t$ :  $t$ 기의 주산지 평균기온;  $CC_t$ :  $t$ 기의 주산지 기후변화(평균기온의 변화, 강수량의 변화, 이상 고온, 이상 저온 등)를 의미한다.

## 2.3. 작목 전환의 유형 및 사례

### 2.3.1. 작목 전환의 유형

농가들의 작목 전환의 유형은 다음의 두 가지로 구분해볼 수 있다<표 5-8>. 하나는 소득이 보다 높은 작목으로 전환하는 ‘기회 활용’ 유형이다. 다른 하나는 단수 감소 및 품질 저하(기후변화), 가격 하락(공급량 증가, 소비 감소, 비주산지 가속화 등), 경영비 상승(유가 상승, 인건비 상승 등) 등의 위험을 회피하면서 여러 가지 기회를 활용하는 ‘위험 회피 및 기회 활용’ 유형이다.

먼저 기회 활용 유형의 사례들을 살펴보면, 2000년대에 경북(상주) 지역 시설(축성) 오이 재배면적이 정부/지자체의 지원과 온난화에 따른 재배 적지화로 늘어난 것으로 보인다. 그리고 2000년대에 강원 지역에서 웰빙 트렌

표 5-8. 작목 전환의 유형과 사례

유형	작목 전환	주요 위험 혹은 기회	사례지역
기회 활용	2000년대 타작목 ⇨ 경북(상주) 시설 축성 오이	▪ 기회: 정부/지자체 지원, 온난화에 의한 재배 적지화	경북
	2000년대 시설 반축성 오이 ⇨ 시설 반축성 토마토	▪ 기회: 웰빙 트렌드로 토마토 소비 급증	강원
	시설 감귤 ⇨ 열대·아열대 과일	▪ 기회: 온난화로 재배 적지화, 열대·아열대 과일 소비 증가	제주
	타 작목 ⇨ 사과	▪ 기회: 온난화로 재배 적지화	경북, 전북, 강원
	타 작목 ⇨ 한라봉	▪ 기회: 온난화로 재배 적지화	남해안, 전북
	타 작목 ⇨ 열대·아열대 채소	▪ 기회: 온난화로 재배 적지화, 다문화 가정 소비 증가	경남, 전남
위험 회피 + 기회 활용	벼 ⇨ 밭작물	▪ 위험: 과잉생산으로 가격 하락 ▪ 기회: 정부의 지원	전국
	최근 고랭지 채소 ⇨ 사과	▪ 위험: 김치 수입으로 가격 하락, 이 상기상으로 단수 감소 및 품질 저하 ▪ 기회: 온난화로 사과 재배 적지화	강원
	2000년대 시설 축성 오이 ⇨ 시설 토마토	▪ 위험: 경영비(유가) 상승 ▪ 기회: 토마토 소비 증가	전남

자료: 선행 연구 및 인터넷 검색을 통해 정리함.

드로 토마토 소비가 늘어나면서 시설(반축성) 토마토 재배면적이 증가하였다. 최근 제주 지역의 시설 감귤 재배에서 온난화에 따른 재배 적지화와 소비 증가에 의해 열대·아열대 과일 재배로 전환한 경우도 들 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 경북, 전북, 강원 산간 지역의 사과와 남해안, 전북 지역의 한라봉 등은 온난화로 늘어난 사례라고 할 수 있다. 특히 경남, 전남 지역 열대·아열대 채소는 온난화에 따른 재배 적지화와 다문화 가정 소비 증가로 재배면적이 늘어난 사례라고 할 수 있다. 이들은 모두 정부/지자체의 지원, 온난화에 의한 재배적지화, 수요 증가 등으로 소득이 보다 높아지는 작목으로 전환하는 기회 활용 유형의 사례들이다.

다음으로 위험 회피 및 기회 활용 유형의 사례들을 살펴보면, 과잉생산에 따른 가격 하락의 벼 재배에서 정부의 지원이 따르는 밭작물 재배로 전환한 경우를 들 수 있을 것이다. 또 최근 김치 수입 증가에 의한 가격 하락, 이상 기상에 의한 단수 감소 및 품질 저하 등으로 소득이 감소하는 강원도 지역의 고랭지채소 재배에서 온난화로 재배 적지화된 사과 재배로 전환한 사례를 들 수 있다. 그리고 2000년대 전남 지역에서 경영비(유가) 상승으로 난방비 부담이 증가하는 시설(축성) 오이 재배에서 소비가 증가하는 시설 토마토로 전환한 사례도 들 수 있다. 이들은 가격 하락, 단수 감소 및 품질 저하, 경영비 상승 등에 따른 소득 감소의 위험을 회피하면서 정부/지자체의 지원, 온난화에 의한 재배적지화, 수요 증가 등으로 소득이 보다 높아지는 작목으로 전환하는 위험 회피 및 기회 활용의 사례들이다.

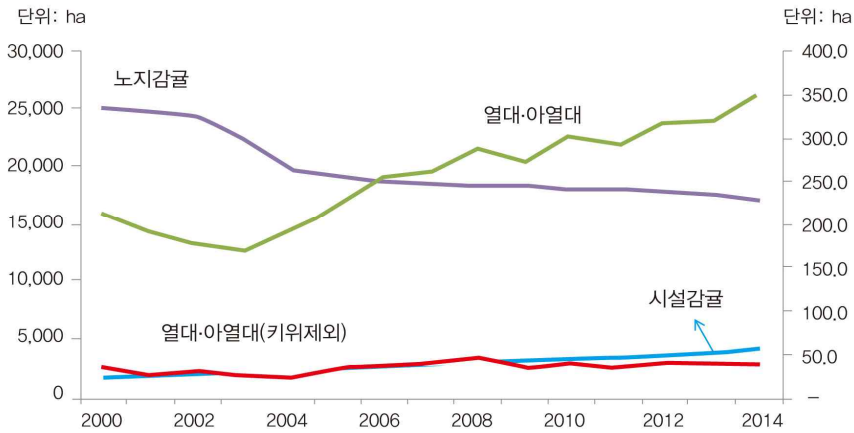
### 2.3.2. 기후변화 대응 작목 전환 사례

앞에서 살펴보았듯이 농가들의 작목 전환 유형은 크게 ‘기회 활용’과 ‘위험 회피 및 기회 활용’ 유형으로 나눌 수 있다. 여기에서는 작목 전환의 대표적인 유형별 사례로 제주도 시설 감귤의 열대·아열대 작목 전환 사례(기회 활용)와 강원도 고랭지 배추의 사과 전환 사례(위험 회피 및 기회 활용)를 제시한다.

#### 가. 제주도 시설 감귤의 열대·아열대 작목 전환 사례(기회 활용)

2001년 이후 노지 감귤 재배면적은 연평균 2.7% 감소하였고, 시설은 노지에서 전환되어 7.3% 증가하였다<그림 5-5>. 열대·아열대 재배는 기존의 시설을 이용하여 재배하므로 시설 감귤을 재배하던 농가가 온난화에 따른 재배 적지화와 소비 증가에 의해 열대·아열대 과일 재배로 전환하여 열대·아열대 과일 재배면적은 연평균 2.0% 증가하였고, 키위를 포함할 경우 4.0% 증가하였다.

그림 5-5. 시설 감귤에서 열대·아열대 작목 전환(제주 지역)



자료: 통계청(<http://kosis.kr/>; 2015. 9. 23.).

시설 감귤 소득은 2000년 342만 1천 원에서 2013년 1,328만 7천 원으로 증가하는 추세를 보이고 있다<표 5-9>. 이와 같이 시설 감귤 소득이 감소하지 않음에도 불구하고 시설 감귤에서 시설 망고로 전환하는 이유는 시설 망고가 시설 감귤에 비해 상대적인 소득이 높기 때문으로 보인다. 시설 망고는 2014년 기준 소득이 2,178만 4천 원으로 나타나 2013년 기준 시설 감귤 소득 1,328만 7천 원보다 1.6배 높았다. 또 시설 망고의 소득률도 60.7%로 시설 감귤 44.7%보다 16.0%p 높은 것으로 나타났다.

표 5-9. 시설 감귤과 시설 망고의 소득 및 경영비 비교(제주 지역)

단위: 천 원

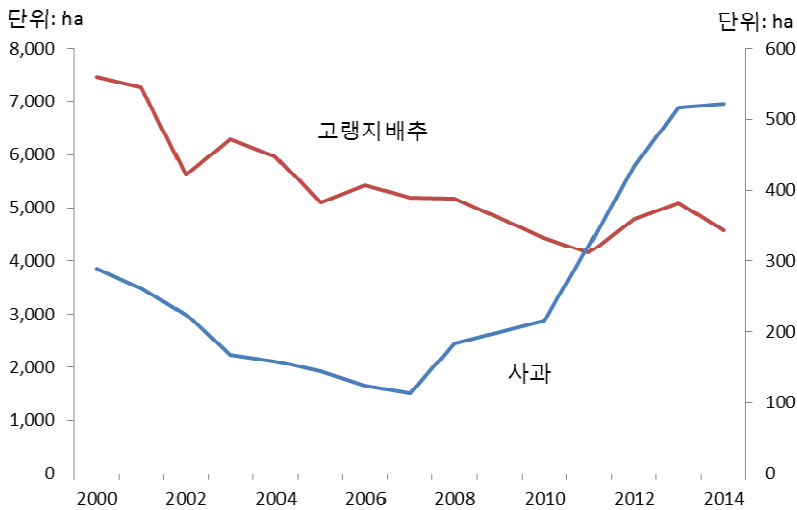
구 분	시설 감귤					시설 망고
	2000년	2005년	2008년	2010년	2013년	2014년
조수입	13,715	17,830	21,182	26,387	29,746	35,917
경영비	10,294	11,210	14,724	13,432	16,459	14,133
소득	3,421	6,620	7,524	12,955	13,287	21,784
소득률	24.9	37.1	30.5	49.1	44.7	60.7

자료: 농촌진흥청. 표준 소득 자료 각 연도; 제주도 농업기술원. 내부 자료.

나. 강원도 고랭지 배추의 사과 전환 사례(위험 회피 및 기회 활용)

<그림 5-6>은 강원도 지역 고랭지 배추 재배면적이 사과 재배면적으로 전환된 사례를 나타내고 있다. 2001년 이후 고랭지 배추 재배면적을 보면 연평균 2.9%로 감소한 데 반해, 사과 재배면적은 6.9%로 증가하였다. 이는 중국으로부터 김치수입이 증가하여 고랭지 배추 가격이 하락하였고, 이상 기상으로 고랭지 배추의 단수도 감소하는 상황에서 이러한 소득 감소의 위험들을 회피하기 위해 고랭지 배추 생산 농가들이 기후 온난화로 재배 적지가 된 사과 작목을 대체 작목으로 도입한 것으로 보인다.

그림 5-6. 고랭지 배추에서 사과 작목 전환(강원 지역)



자료: 통계청(<http://kosis.kr/>; 2015. 9. 23.).

고랭지 배추 소득은 2000년 88만 8천 원에서 2013년 141만 원으로 증가하는 추세를 보이고 있다<표 5-10>. 하지만 고랭지 배추 경영비가 2000년 46만 9천 원에서 2013년 108만 5천 원으로 크게 상승하면서 소득률은 65.4%p에서 56.5%p로 감소하였다. 사과는 2013년 기준 소득이 357만 5천

원으로 고랭지 배추보다 2.5배 높았다. 또 사과와 소득률도 62.2%로 고랭지 배추 56.5%보다 5.7%p 높은 것으로 나타났다.

표 5-10. 고랭지 배추와 사과의 소득 및 경영비 비교(강원 지역)

단위: 천 원/10a

	고랭지 배추				사과
	2000년	2005년	2010년	2013년	2013년
조수입	1,357	1,714	2,154	2,495	5,744
경영비	469	617	830	1,085	2,169
소득	888	1,097	1,324	1,410	3,575
소득률	65.4	64.0	61.5	56.5	62.2

주: 사과는 강원 지역 자료가 없어 전국치를 이용함.

자료: 농촌진흥청. 표준 소득 자료. 각 연도.

## 2.4. 작목 전환 의사결정 요인분석

앞에서 설문 조사 분석 결과, 농가들의 작목 전환은 농가의 소득을 증대시키는 것으로 나타났다. 이제 기후변화에 대한 적응 수단으로 작목 전환을 선택하는 농가들의 특성을 파악하고, 작목 전환을 위한 정책적 함의를 얻고자 작목 전환 의사결정 요인을 분석하였다.

### 2.4.1. 분석 모형 및 자료

설문 조사 자료를 기초로 농가의 작목 전환 의사결정 요인을 분석하기 위해 이항 로짓 모형(binary logit model)을 이용하였다. 종속변수가 0과 1의 값을 갖는 경우 즉 이항분포(binomial distribution)를 이루고 있는 경우 로짓 모형을 사용한다.

조사된 433개의 샘플과 농가들 가운데 2번 이상 작목 전환한 샘플을 모두 포함하여 총 513개의 샘플을 구성하였고, 이 가운데 축산 전업농 17농가를 제외한 496개 샘플을 분석에 이용하였다. 496개의 샘플 가운데 작목을 전환

한 농가 수는 213개로 42.9%를 차지하였고, 미전환 농가 수는 283개로 57.1%를 차지하였다<표 5-11>.

표 5-11. 작목 전환 현황

구 분	단위: 명, %		
	전환	미전환	합계
응답 수	213	283	496
구성비	42.9	57.1	100.0

작목 전환 여부(전환=1, 미전환=0)를 종속변수로 두고, 전환 여부에 영향을 줄 것으로 판단되는 변수로 성별, 재배면적, 나이, 농업 종사 기간, 소득, 교육 참여 횟수 등을 설명변수로 포함시켰다<표 5-12>.

표 5-12. 작목 전환 의사결정 요인분석의 설명변수

변수 명	내 용
SEX	응답자의 성별('남'=1, '여'=0)
ACR	재배면적(3.3m <sup>2</sup> )
AGE	응답자의 나이(세)
CAR	응답자의 농업 종사 기간(년)
INC	연간 농업소득('5백만 원 미만'=1, '5백~1천만 원 미만'=2, '1천만 원대'=3, '2천만 원대'=4, '3천만 원대'=5, '4천만 원 이상'=6)
TRA	농업 관련 교육 참여 횟수('1~2회 미만'=1, '3~4회'=2, '5~6회'=3, '7~8회'=4, '9~10회 이상'=5)
FLOR	홍수 횟수의 증가에 대한 인지(5점 리커트 스케일)
TYPR	태풍의 횟수 및 강도의 증가에 대한 인지(5점 리커트 스케일)
HOTR	혹서 발생 횟수의 증가와 시기의 변화에 대한 인지(5점 리커트 스케일)
PROEFF	기후변화가 농산물 생산에 미치는 영향(5점 리커트 스케일)
SHOUSE	단기 기상예보 활용 정도(5점 리커트 스케일)
EXTUSE	단기 기상특보 활용 정도(5점 리커트 스케일)
CCUSE	장기 기후변화 정보 활용 정도(5점 리커트 스케일)
INSUSE	농작물 재해보험 가입 여부('가입'=1, '미가입'=0)
INSINT	향후 농작물 재해보험 가입 의사('가입'=1, '미가입'=0)

먼저 응답자의 사회경제적 특성 변수들 가운데 성별(SEX)은 남자를 1, 여자를 0으로 설정하였으며, 재배면적(ACR)은 현재 재배되는 면적(3.3m<sup>2</sup>)을 나타낸다. 나이(AGE)의 경우에는 응답자의 실제 나이(세)를 나타내며, 젊을수록 작목 전환 정보를 보다 잘 습득하고 받아들이기 때문에 작목 전환을 더 많이 할 것으로 기대된다. 또 농업 종사 기간(CAR)은 응답자가 농업에 종사한 기간(년)을 나타낸다. 소득(INC)은 응답자의 연간 농업소득이며 '5백만 원 미만'을 1, '5백~1천만 원 미만'을 2, '1천만 원대'를 3, '2천만 원대'를 4, '3천만 원대'를 5, '4천만 원 이상'을 6으로 각각 나타냈다. 그리고 교육 참여(TRA)는 응답자의 농업 관련 교육 참여 횟수이며, '1~2회 미만'을 1, '3~4회'를 2, '5~6회'를 3, '7~8회'를 4, '9~10회 이상'을 5로 각각 나타냈다.

다음으로 응답자의 기후변화에 대한 인지도 및 관련 정보 활용 정도가 작목 전환 의사결정에 영향을 미치는지를 알아보기 위해 설정한 변수들 가운데 홍수 횟수의 증가에 대한 인지(FHOR), 태풍의 횟수 및 강도의 증가에 대한 인지(TYPR), 혹서 발생 횟수의 증가와 시기의 변화에 대한 인지(HOTR), 기후변화가 농산물 생산에 미치는 영향에 대한 인지(PROEFF) 등은 5점 리커트 스케일로 나타냈다. 또 단기 기상예보 활용 정도(SHOUSE), 단기 기상특보 활용 정도(EXTUSE), 장기 기후변화 정보 활용 정도(CCUSE) 등의 변수도 5점 리커트 스케일로 나타내었으며, 이러한 기상·기후 정보 활용도가 높을수록 위험을 완화시키기 위해 작목 전환을 더 많이 할 것으로 기대된다.

마지막으로, 응답자의 작목 전환 이외의 적응 수단(보험) 도입이 작목 전환 의사결정에 영향을 미치는지를 알아보기 위해 설정한 변수들 가운데 농작물 재해보험 가입 여부(INSUSE)는 현재 재해보험에 가입했는지를 의미하며 가입을 1, 미가입을 0으로 나타냈다. 농작물 재해보험 가입 의사(INSINT)는 가입을 1, 미가입을 0으로 나타냈다. 적응 수단(보험)을 도입하거나 도입하려는 농가일수록 적응 수단에 관심이 많기 때문에 작목 전환을 많이 할 것으로 기대된다.

<표 5-13>은 분석에 이용된 설명변수의 기초 통계량을 나타내고 있다. 나이 평균은 56.9세, 소득 평균은 4.51, 즉 연평균 3,000만 원대에 가깝고, 농업 종사 기간 평균은 20.2년으로 나타났다.

농업 관련 교육 횟수(TRA), 기후변화에 대한 인지 관련 변수들(FLOR, TYPR, HOTR)의 평균이 모두 상대적으로 높은 수준으로 나타났고, 기후변화가 농산물 생산에 미치는 영향의 설명변수도 4.17로 부정적인 영향이 보다 클 것으로 인지하고 있음을 나타냈다.

농가들이 기상정보와 기상특보를 활용하는 정도는 각각 4.47, 4.46으로 ‘많이 활용하는 편’이었고, 기후변화 정보도 4.04로 ‘활용하는 편’으로 조사되었다. 또한 기후변화 적응 수단으로 농작물 재해보험 가입 의사 평균은 0.84로 높은 편으로 나타났다.

표 5-13. 설명변수의 기초 통계량

	유효 샘플 수	최소값	최대값	평균	표준편차
SEX	496	0.00	1.00	0.79	0.41
ACR	454	272.25	306000.00	9337.42	18367.70
AGE	487	28.00	76.00	56.92	9.11
CAR	484	3.00	56.00	20.25	12.27
INC	486	1.00	6.00	4.51	1.59
TRA	486	1.00	5.00	2.84	1.44
FLOR	479	1.00	5.00	3.41	0.97
TYPR	480	1.00	5.00	3.66	0.85
HOTR	485	1.00	5.00	3.99	0.74
PROEFF	487	1.00	5.00	4.17	0.91
SHOUSE	449	1.00	5.00	4.47	0.68
EXTUSE	447	1.00	5.00	4.46	0.64
CCUSE	445	1.00	5.00	4.04	0.77
INSUSE	430	0.00	1.00	0.27	0.45
INSINT	458	0.00	1.00	0.84	0.36

## 2.4.2. 분석 결과

<표 5-14>는 작목 전환 의사결정 요인 추정 결과를 나타내고 있다. 농가 기상정보, 기상특보, 기후변화 정보를 정확히 구분하기 어려운 측면이 있을 것으로 판단되고, 그 경우 이 세 가지 변수를 동시에 이용할 경우 다중 공선성이 발생할 수 있다. 따라서 이 연구에서는 하나의 변수만을 활용한 결과를 도출하고자 세 가지 모형을 구축하여 분석하였다.

표 5-14. 작목 전환 의사결정 요인 추정 결과

구분	모형 I (기상정보 활용)		모형 II (기상특보 활용)		모형 III (기후변화 활용)	
	추정 계수	표준 오차	추정 계수	표준 오차	추정 계수	표준 오차
상수	0.0446	0.6659	-0.1241	0.4920	-0.1015	0.5889
SEX	0.3444	0.2526	0.3263	0.2475	0.3155	0.2475
ACR	-0.00004 ***	0.0000	-0.00004 ***	0.0000	-0.00004* **	0.0000
AGE	-0.0105	0.0115	-0.0067	0.0075	-0.0079	0.0098
CAR	0.0002	0.0011	0.0002	0.0011	0.0002	0.0011
INC	0.0040	0.0057	0.0040	0.0057	0.0040	0.0057
TRA	0.1869 **	0.0704	0.1688 **	0.0694	0.1895 ***	0.0690
FLOR	0.0010	0.0007	0.0010	0.0007	0.0010	0.0007
TYPR	0.0003	0.0007	0.0004	0.0007	0.0002	0.0007
HOTR	0.0004	0.0013	0.0004	0.0013	0.0005	0.0013
PROEFF	0.0007	0.0012	0.0007	0.0012	0.0007	0.0012
SHOUSE	0.0035 ***	0.0010	-	-	-	-
EXTUSE	-	-	0.0028 ***	0.0007	-	-
CCUSE	-	-	-	-	0.0017 ***	0.0005
INSUSE	0.0000	0.0003	0.0000	0.0003	0.0001	0.0003
INSINT	0.0014 **	0.0007	0.0015 **	0.0007	0.0015 ***	0.0007
모형 적합도	Num: 496 LR Statistic(p-value) : 97.16(0.000) Pseudo R <sup>2</sup> : 0.14		Num: 496 LR Statistic(p-value) : 91.65(0.000) Pseudo R <sup>2</sup> : 0.13		Num: 496 LR Statistic(p-value) : 79.51(0.000) Pseudo R <sup>2</sup> : 0.12	

주: \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1%의 유의 수준에서 통계적으로 유의함을 나타냄.

작목 전환 의사결정 요인에 대한 로짓 모형 추정 결과를 살펴보면, Pseudo R<sup>2</sup>는 모형 I(기상정보 활용)이 0.14, 모형 II(기상특보 활용)가 0.13, 모형 III(기후 정보 활용)이 0.12로 각각 나타났다. LR 통계량은 각각 97.16, 91.65, 79.51이었으며, LR 통계량에 대한 유의확률이 0.000이므로 모형에 적합시키는 것이 타당한 것으로 나타났다.

작목 전환 의사결정을 설명하는 변수들 가운데 통계학적으로 유의한 변수들로는 재배면적(ACR), 농업 관련 교육 횟수(TRA), 기상예보 활용(SHOUSE), 기상특보 활용(EXTUSE), 기후변화 정보 활용(CCUSE), 향후 농작물 재해보험 가입 의사(INSINT) 등으로 나타났다. 재배면적의 경우 음의 부호로 나타났으며, 세 모형 모두 1%에서 유의하였다. 즉 재배면적 규모가 작은 농가일수록 소득 증대를 위해 작목 전환을 많이 하는 것으로 볼 수 있다. 농업 관련 교육 횟수의 경우 기대된 대로 양의 부호를 나타냈으며, 모형 I과 모형 II는 5%에서 모형 III는 1%에서 유의하였다. 농업 관련 교육을 통해 재배 기술, 기후변화의 영향 등에 대한 정보를 많이 얻은 농가일수록 작목 전환을 많이 하는 것으로 해석할 수 있다.

다음으로, 각 모형에서 설정된 기상예보, 기상특보, 기후변화 정보 변수의 경우 기대된 대로 양의 부호를 나타냈으며, 1%에서 통계적으로 유의하였다. 즉 기상·기후 정보 활용도가 높은 농가일수록 기상·기후가 농업에 미치는 부정적 영향을 예상하고 그에 대응하여 작목 전환 의사결정을 하는 것으로 해석할 수 있다. 한편, 기후변화에 대한 인지와 관련된 홍수(FLOR), 태풍(TYPR), 혹서(HOTR) 등의 인지 변수들의 경우 기대된 대로 양의 부호가 나타났으나 통계적 유의성은 낮았다.

또 농작물 재해보험 가입 의사의 경우 기대된 대로 양의 부호를 나타냈으며, 모형 I과 모형 II는 5%에서 모형 III는 1%에서 유의하였다. 이는 기후변화의 농작물 생산에 미치는 부정적 영향을 고려하여 위험을 관리함으로써 대응하려는 농가일수록 작목 전환을 통한 기후변화 대응에도 관심이 많은 것으로 볼 수 있다.

<표 5-15>는 모형 II의 추정 결과를 바탕으로 작목 전환에 관한 오즈비(Odds Ratio) 및 작목 전환 확률에 대한 한계 효과를 추정한 결과이다. 여러

설명변수들 가운데 다른 조건은 모두 같고 하나의 설명변수에만 변화가 생기는 경우의 오즈비가 어떻게 변하는지를 산정해본 결과, ‘면적’(ACR)과 ‘나이’(AGE)를 제외하고 오즈비는 모두 1보다 큰 것으로 계측되었다. 이는 이러한 변수들이 한 단위 증가할 때 작목 전환 의사결정을 하지 않을 확률보다는 작목 전환 의사결정을 선택할 확률이 1배 이상이 높은 것으로 해석할 수 있다. 오즈비를 그 크기의 순서에 따라서 나열하면, ‘SEX’(1.386), ‘TRA’(1.184), ‘INC’(1.004), ‘EXTUSE’(1.003), ‘INSINT’(1.002) 등의 순이다.

다음으로, 특정 설명변수 한 단위 변화에 따른 작목 전환 확률 변화를 의미하는 한계 효과를 도출한 결과를 보면, 한계 효과의 통계적 유의성이 높은 변수들은 ‘ACR’, ‘TRA’, ‘EXTUSE’, ‘INSINT’ 등 모두 4개 변수이다. 작목 전환 확률에 영향을 미치는 한계 효과 순서대로 살펴보면, ‘TRA’(0.34%), ‘EXTUSE’(0.006%), ‘INSINT’(0.003%), ‘ACR’(0.000%)의 순으로 나타났다.

표 5-15. 작목 전환에 관한 오즈비 및 작목 전환 확률에 대한 한계 효과(모형 II)

	오즈비( $\exp(\hat{\beta})$ )	한계 효과
상수	0.88325	-0.00250
SEX	1.38587	0.00603
ACR	0.99996	0.00000 <sup>***</sup>
AGE	0.99332	-0.00013
CAR	1.00025	0.00000
INC	1.00403	0.00008
TRA	1.18385	0.00340 <sup>**</sup>
FLOR	1.00104	0.00002
TYPR	1.00036	0.00001
HOTR	1.00035	0.00001
PROEFF	1.00070	0.00001
EXTUSE	1.00276	0.00006 <sup>***</sup>
INSUSE	1.00001	0.00000
INSINT	1.00148	0.00003 <sup>**</sup>

주: \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1%의 유의 수준에서 통계적으로 유의함을 나타냄.

## 2.5. 작목 전환 분석 시사점

농가들이 여러 가지 불확실성하에서 그들의 기대 효용을 극대화하는 Chavas and Holt 모형을 살펴본 결과, 농가들의 작목 전환 의사결정 요인은 가격, 생산비, 기후 변수 등으로 나타났다.

앞서 설문 조사 결과가 보여주듯이, 작목 전환은 현재 농가들이 활용하고 있는 가장 선호하는 기후변화 적응 수단이다. 또 농가들이 작목 전환을 선택할 경우 전체 농가는 전환 이전 작목의 소득보다 전환 이후 작목의 소득이 평균 7.7%, 기후변화 대응 농가는 9.1% 증가한 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 사례 지역을 선정하여 작목 전환의 결과로 나타난 재배면적 및 소득의 변화를 살펴본 결과, 제주도의 경우 시설 감귤에서 시설 망고로 전환되었으며, 시설 망고 소득이 시설 감귤보다 1.6배 높았고 소득률도 16.0%p 높은 것으로 나타났다. 강원도의 경우 고랭지 배추에서 사과로 전환되었으며, 사과 소득이 고랭지 배추보다 2.5배 높았고, 소득률도 5.7%p 높은 것으로 나타났다.

농가 조사와 사례 지역 분석 결과를 종합해 볼 때, 작목 전환은 농가의 소득을 증가시킬 것으로 예상되며, 따라서 작목 전환을 기후변화의 유력한 대응 수단으로 고려해야하며, 농가의 작목 전환을 정책적으로 지원할 필요가 있다. 특히 기후변화 적응 수단으로 작목 전환을 실천한 우수 사례를 발굴하여 추진함으로써 농가의 인식도 제고와 정책 수립의 기초 자료로 유용하게 활용할 수 있다<박스 자료 참조>.

작목 전환 의사결정 요인을 추정한 결과, 재배면적, 농업 관련 교육 횟수, 기상예보 활용, 기상특보 활용, 기후 정보 활용, 향후 농작물 재해보험 가입 의사 등의 변수에 대해 유의하게 추정되었는데, 소규모 농가를 중심으로 작목 전환이 추진되는 경향이 있으므로 초기 소득 감소에 대한 보전 등의 지원, 농업인 대상 교육의 확대, 보다 정확한 맞춤형 기상 및 기후 변화 정보의 제공, 작목 전환과 연계된 농작물 재해보험 추진 등의 정책이 필요함을 시사한다.

**<기후변화 적응 관련 작목 전환 활용 우수 사례>**

아스파라거스 재배 농장(농장주 김○○)은 전남 강진군에 있으며, 처음 아스파라거스를 재배하게 된 것은 강진군 농업기술센터에서 소득 증대와 기후 온난화를 고려하여 벼 대체 작목으로 아스파라거스를 추천하였기 때문이다. 초기에 새로운 작목을 도입하는 데 있어 재배 기술 적응, 판로 개척 등의 어려움이 있었지만, 2007년에 조직된 연구회 활동, 농업기술센터의 기술 지원 등으로 극복할 수 있었다. 아스파라거스의 소득은 2014년 기준 10a당 570만 8천 원으로 쌀에 비해 9.3배 높았고, 소득률은 69.1%로 쌀에 비해 11.0%p 높았다.

여주(쓴오이) 재배 농장(농장주 김○○)은 전남 해남군에 위치해 있으며, 처음 시설 오이를 재배하다가 다문화 인구의 증가에 따라 열대·아열대 채소류의 수요가 증가할 것을 예상하고, 상대적으로 따뜻한 해안가의 날씨를 이용하여 여러 가지 열대·아열대 채소류를 재배하고 있다. 여주의 소득은 2014년 기준 10a당 1,121만 5천 원으로 시설(억제) 오이에 비해 3.0배 높았고, 소득률은 71.2%로 시설(억제) 오이에 비해 19.1%p 높은 수준이다.

**<기후변화 적응작목 도입 농가의 소득 조사 결과>**

단위: 원/10a

	쌀	시설(억제) 오이	아스파라거스	여주(쓴오이)
총 수입	1,058,090	7,272,596	8,255,325	15,750,000
경영비	442,873	3,481,570	2,547,047	4,534,858
생산비	721,478	6,836,935	5,034,610	7,555,952
소득	615,217	3,791,026	5,708,278	11,215,142
소득률	58.1	52.1	69.1	71.2

자료: 쌀은 2014년 전국 기준 통계청 자료이고, 시설(억제) 오이는 2013년 전국 기준 진흥청 자료이며, 아스파라거스와 여주(쓴오이)는 2014년 기준 대표 농가를 방문 조사한 결과치임.

### 3. 기후변화 적응 관련 재배 작물 최적화 분석<sup>26</sup>

#### 3.1. 분석 개관

기후변화에 따른 농업생산의 여건 변화 속에서 제한된 투입 요소를 가진 농업인들은 최적의 품목과 생산방법을 선택하게 되는데, 이러한 행위를 분석하기 위해서는 생산자들의 품종 선택과 작목 전환 등 기후변화 적응을 위한 합리적 의사결정을 반영하는 최적화 모형의 분석이 필요하다.

농업 경영분석을 위해 사용되는 최적화 모형은 주로 선형 계획 모형으로서, 생산자의 부존자원 현황과 기술 여건을 매우 효과적으로 반영할 수 있는 장점을 가진다. 그러나 선형 계획 모형의 특성상 최적해가 실제 관측되는 생산 행위와 일치하지 않는 문제가 발생한다. 이 문제는 전통적으로 해가 가질 수 있는 범위를 제약하는 방식을 통해 해결해왔지만, 이러한 방식은 상당한 정도의 자의성을 가질 수밖에 없으며, 특히 기후변화의 효과를 시뮬레이션할 때에도 기후변화 이전의 자료를 기준으로 자의적으로 부과한 제약을 계속 유지해야하는 문제가 발생한다.

이 연구에서는 기후변화에 대한 적응 조치로서 생산자가 생산 작물 선택을 바꾸는 행위를 명시적으로 분석하되, 기존의 선형 계획 모형이 가지는 이러한 문제점을 해결하고자 실증적 수리계획(Positive Mathematical Programming) 기법을 적용하였다. PMP 기법의 최근까지의 연구 성과를 본 연구의 목적에 맞게 변형·적용하여, 관측되는 생산자의 실제 행위와 모형의 최적해가 일치하도록 하며, 목적함수의 비선형화를 통해 기후변화 여건에 보다 신축적으로 생산자가 반응할 수 있도록 모형을 구축하였다. 구축된 모형은 내륙의 전라남도과 남방형 농업 특성을 지닌 제주도를 대상으로 각 지역별 예상 작목 전환 행위를 도출하고 시사점을 얻도록 하였다.

<sup>26</sup> 기후변화 적응 관련 재배 작물의 최적화 분석은 서울대학교 농경제학부 권오상 교수에게 위탁한 연구 결과의 주요 내용을 요약하여 정리한 자료이다.

### 3.2. 분석 방법론

LP 모형의 경우 목적함수도 선형이고 부존자원 제약식도 선형인 관계로 상당수의 선택 변수가 일종의 구석 해(corner solution)로 선택이 되고, 따라서 실제 관측되는 생산자의 의사결정과는 관계없이 특정 품목으로 생산이 모아지고 다른 많은 수의 품목은 아예 생산되지 않는 일종의 과잉 특화(over-specialization) 현상이 일반적으로 발생한다.

PMP 기법은 통상적인 LP 모형의 해가 BAU(Business As Usual)<sup>27</sup>에서의 실제 해와 매우 가깝도록 하는 제약을 가한 상태의 LP 문제를 푼 후, 이때 얻는 정보를 이용해 해의 범위를 제약하지 않지만 목적함수를 선형이 아닌 2차함수의 형태로 변형하는 QP 문제를 설정한다(Howitt 1995). PMP 분석의 단계적 절차를 보면, 1단계에서는 LP 모형의 해가 BAU에서 관측되는 자료로부터 벗어나지 않도록 하는 추가 제약을 포함하는 모형을 푼다.

$$\begin{aligned} & \max \{p'x - c'x\} \\ & \text{s.t., } Ax \leq b \quad (\mu) \\ & x \leq x_0(1+\epsilon) \quad (\lambda). \end{aligned} \tag{5-10}$$

2단계에서 수식 (5-10)에서  $\mu$ 와  $\lambda$ 는 각각 부존자원 제약식과 캘리브레이션 제약식의 승수벡터이므로 쌍대(dual) 문제로 다음과 같이 전환될 수 있다.

$$\begin{aligned} & \min_{\mu, \lambda} \{b'\mu + \lambda'x_0(1+\epsilon)\} \\ & \text{s.t., } A'\mu + \lambda + c = p \\ & \mu \geq 0, \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{5-11}$$

3단계 분석에서는 식별된 2차 형식의 비용 함수를 목적함수에 반영하고,

<sup>27</sup> BAU는 인위적인 조치를 취하지 않고 현행 추세가 지속되는 경우를 말한다.

대신 1단계 LP 모형의 캘리브레이션 제약은 삭제한 QP 모형을 다음과 같이 설정한다.

$$\begin{aligned} \max_x \quad & \left\{ p'x - \hat{\alpha}'x - \frac{1}{2}x'\hat{\beta}x \right\} & (5-12) \\ \text{s.t.,} \quad & Ax \leq b \end{aligned}$$

PMP 모형은 위에서 살펴본 바와 같이 목적함수의 일부인 비용 함수를 비선형 특히 2차함수로 전환함으로써 BAU에서의 관측치가 모형의 해로 정확히 복원되도록 할 수가 있다. 이렇게 설정된 QP 모형에 여건 변화를 반영하여 그 효과를 분석하는 것이 연구 절차의 마지막 단계인데, 이 마지막 단계에서의 시물레이션이 신뢰할 수 있으려면 PMP 모형은 단순히 BAU에서의 관측치를 복원할 수 있다는 성질에서 나아가 추가적인 몇 가지 조건을 충족할 필요가 있다.

본 연구는 농가가 기후변화에 적응하는 가장 주된 수단으로 작목 대체를 제시하고, 이를 분석하고자 한다. 예를 들어, 전남 지역 농업인의 경우 열대 과일 중 하나인 망고를 현재는 생산하지 않고 있는데, 이는 기후 여건상 여타 작목에 비해 생산성이나 수익성이 낮기 때문이다. 하지만 기온 상승이 계속 진행되면 망고의 생산성과 수익성은 높아지는 반면 쌀을 비롯한 기존에 경작하고 있는 작물의 생산성은 열 피해로 인해 감소하고 따라서 망고를 생산하기 시작할 수가 있다. 이러한 효과를 분석하기 위해 망고 경작을 농가가 현재에도 선택할 수 있는 생산 활동 중 하나로 포함하면 관측되는 활동 수준이 0이기 때문에 망고의 2차 비용 함수는 식별할 수 없다는 문제가 발생한다.

물론 이 문제는 현재 망고를 생산하고 있는 농가를 찾아서 이 농가에서의 비용 함수 등을 계량 추정 기법 등을 이용해 분석하여 망고를 생산하지 않는 농가의 문제에 반영하는 등의 방법을 적용하여 해결할 수 있지만, 이때에는 2차 비용 함수를 바로 추정해야하고, PMP의 계획 모형들을 활용하기는 어려워진다. 위에서 제시된 PMP의 절차를 따르고자 한다면 망고와 같은

선택되지 않은 품목의 경우도 그 평균생산비  $c_i$ 만 알고 있는 상태에서 2차 비용 함수를 도출해낼 수가 있어야 한다.

본 연구는 총 70여 가지의 생산 가능 품목을 선택하는 행위를 분석하되, 이를 다시 미곡, 맥류, 서류, 잡곡/두류, 노지 채소, 시설 채소, 과수, 특용작물, 화훼/수원지 등의 9개 품목군으로 분류한다. 즉  $K=9$ 이다. 품목 집합에 속하는 세부 품목 중에는 망고처럼 관측치 상으로는 경작되지 않는 품목도 있지만, 이들의 평균생산비  $c$ 는 조사되어 알려져 있고, 기술 계수 행렬  $A$ 의 값도 알려져 있다.

이러한 상황에서 PMP 1단계 LP 모형이 풀어지는데, 이제는 일부  $x_{0k,i}$ 는 0의 값을 가진다. 그러나 특정 품목군  $k$ 에 속하는 모든  $x_{0k,i}$ 가 0인 것은 아니라고 가정한다. 즉 생산자는 각 품목군에서 적어도 한 가지는 생산을 한다. PMP의 2단계를 실행하기 전에  $k$ 품목군의  $i$ 품목에 대한 생산 활동의 한계비용은 다음과 같다고 가정한다.

$$MC_{k,i} = \alpha_{k,i} + \beta_i x_{0k,i} + \delta_{k,i} = c_{k,i} + \lambda_k + \lambda_{k,i} \quad (5-13)$$

즉 한계생산비는 파라미터  $\alpha_{k,i}$ 와  $\beta_i$ , 그리고  $\delta_{k,i}$ 에 의해서 영향을 받는데, 이는 또한 최적화 조건에 의해  $c_{k,i}$ 와 1단계 LP 모형에서 얻어지는 두 승수  $\lambda_k$  및  $\lambda_{k,i}$ 의 합이 된다. 이제  $\bar{x}_{0k}$ 를  $k$ 번째 품목군에 속하는 품목 중 식부면적이 가장 큰 품목, 즉 생산자 입장에서는 가장 효율적인 품목이라 하자. 이어서 식 (5-13)의 조건을 이용해 파라미터들은 다음처럼 식별될 수 있다.

$$\hat{\alpha}_{k,i} = c_{k,i}, \quad \hat{\beta}_{k,i} = \frac{\lambda_{LPk}}{x_{0k}}, \quad \hat{\delta}_{k,i} = \lambda_{LPk,i} + \lambda_{LPk} \left( 1 - \frac{x_{0k,i}}{x_{0k}} \right) \quad (5-14)$$

이상의 한계생산비에서  $\hat{\alpha}_{k,i}$ 는 품목 고유의 단위당 생산비를 반영한다. 그리고 총 비용 함수의 2차항을 구성하는  $\hat{\beta}_{k,i}$ 는 각 품목군별 고유한 단위당 생산비를 반영한다. 마지막으로  $\hat{\delta}_{k,i}$ 는 품목  $i$ 가 스스로 속한 품목군  $B_k$  내에서 상대적으로 어느 정도의 효율성을 가지는지를 나타낸다. 만약  $i$ 가 품목군에서 가장 효율적인 품목이라면, 즉  $x_{0k,i} = \bar{x}_{0k}$ 라면  $\hat{\delta}_{k,i} = \lambda_{LPk,i}$ 가 되고, 따라

서 이 품목은 다른 조건이 같다면  $B_k$ 에 속하는 다른 어떤 품목에 비해서도 낮은 한계생산비를 가지게 된다. 반면 이 품목이 BAU에서 선택되지 않았다면, 즉  $x_{0k,i}=0$ 이라면,  $\hat{\delta}_{k,i}=\lambda_{LPk,i}+\lambda_{LPk}$ 이 되고, 이 품목은  $B_k$  내의 다른 품목에 비해 더 높은 한계생산비를 가져야 한다. 그리고  $\hat{\beta}_{k,i}$ 는  $x_{0k,i}=0$ 인 경우에도 잘 정의된다.

마지막으로 PMP의 3단계에서는 다음과 같이 캘리브레이션 제약을 포함하지 않는 QP 모형을 푼다.

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{k=1}^K \sum_{i \in B_k} \left( p_{k,i} - \hat{\alpha}_{k,i} - \frac{1}{2} \hat{\beta}_{k,i} x_{k,i} - \hat{\delta}_{k,i} \right) x_{k,i} \\ \text{s.t.}, \quad & \sum_{k=1}^K \sum_{i \in B_k} a_{k,i,j} x_{k,i} \leq b_j, \quad j=1, \dots, M \end{aligned} \quad (5-15)$$

### 3.3. 분석 자료

본 연구에서 구축된 PMP 모형은 내륙의 전라남도와 남방형 농업 여건을 갖춘 제주도에서 실제로 선택된 생산 행위에 적용되었다. 농작물 식부면적으로 『2012 농림수산물 통계연보』에 제시된 도별 자료와 각 도별 주요 생산물의 10a당 판매 수입(= $p_{k,i}$ ), 임차료, 위탁 영농비와 고용 노력비를 포함하는 경영비(= $c_{k,i}$ ), 자가 노동 투입량(= $a_{k,j,L}$ ) 등은 『2012 지역별농산물 소득자료』를 이용하였다.

소량 생산 작목의 경우, 가장 인접한 도의 자료를 판매 수입 및 비용 자료로 활용하였다. 그러나 『2012 농림수산물 통계연보』에서 아예 생산이 되지 않는 것으로 집계된 작목의 경우(전남의 경우 조, 호밀, 수수 등) 인접한 도의 판매 수입 및 비용 자료를 적용하되, 생산 여건이 불리하여 생산이 이루어지지 않았다는 점을 반영하여 그 비용이 인접도 비용보다 20% 정도 더 비싸도록 설정하였다.

자원 부존량 제약은 현재 생산이 이루어진 총 식부면적과 총 자가 노동

투입량이 각각 토지와 노동의 부존량으로 반영되었다. 기존의 두 자료원으로부터 총 67가지의 작목에 관한 식부면적 및 판매 수입, 경영비, 자가 노동 투입량 자료를 얻을 수 있다.

전라남도에서 기후변화에 적응하기 위한 대체 작목으로 고려할 수 있는 것으로서, 비교적 경영비 등의 자료를 확보할 수 있는 것으로는 참다래, 망고, 여주, 아스파라거스, 유자 등이고, 제주도의 경우 망고, 참다래, 구아바, 용과 등이다.

표 5-16. 전라남도와 제주도의 주요 농산물의 기존 품목과 대체 품목 분류

품목군	기존 품목	대체 품목
미곡	논벼, 밭벼	-
맥류	겉보리, 쌀보리, 맥주보리, 밀, 호밀	-
서류	봄감자, 가을감자, 시설감자, 고구마	-
잡곡/두류	조, 수수, 옥수수, 메밀, 기타잡곡, 콩, 팥, 녹두, 기타콩	-
노지 채소	오이, 호박, 참외, 수박, 토마토, 딸기, 봄배추, 가을배추, 시금치, 상추, 양배추, 봄무, 가을무, 당근, 고추, 마늘, 파, 양파, 생강, 기타채소	-
시설 채소	시설 오이, 시설 호박, 시설 참외, 시설 수박, 시설 토마토, 시설 딸기, 시설 배추, 시설 시금치, 시설 상추, 시설 무, 시설 고추, 기타 시설 채소	여주(전남), 아스파라거스(전남),
과수	사과, 배, 복숭아, 포도, 감귤, 감, 자두, 기타과일, 참다래(제주, 전남), 망고(제주), 구아바(제주), 용과(제주), 유자(전남)	망고(전남)
특용작물	참깨, 들깨, 땅콩, 약용작물, 기타특용작물	-
화훼/수원지	시설 화훼, 기타 수원지	-

여주와 아스파라거스는 본 연구진에 의해 조사된 자료이고, 나머지 자료는 농촌진흥청과 제주도 농업기술원의 자료<sup>28</sup>인데, 망고의 경우 전라남도의 유력 대체 작목이지만 경영 관련 자료가 직접 조사되지 않아 제주도의 생산비를 적용하였다<표 5-17>.

<sup>28</sup> 제주도의 경우 제주특별자치도 농업기술원 고승찬 연구사에게 원고 의뢰하여 제시하였음을 밝혀둔다.

표 5-17. 대체 품목의 소득 및 경영비 자료

품목	지역	조수입 (원)	단수 (kg)	경영비 (원)	자가 노동시간 (시간)
참다래	전남	5,111,290	1,565	1,934,397	남 59.5, 여 52.1
유자	전남	4,295,184	1,939	1,253,487	남 43.6, 여 29.2
아스파라거스	전남	8,255,325	1,270	2,547,047	남 49.2, 여 222.9
여주	전남	15,750,000	5,250	4,534,858	남 53.6, 여 304.5
망고	제주	25,141,900	1,767	14,133,000	남 223.2, 여 136.8
참다래	제주	5,049,044	2,002	2,196,552	남 54, 여 43.5
구아바	제주	11,900,000	3,500	8,230,000	남 163.8, 여 88.2
용과	제주	19,383,000	2,769	11,283,000	남 290.0, 여 124.0

주: 망고, 구아바, 용과의 조수입은 미래의 공급량 증가에 따른 가격하락을 고려하여 현재의 70% 수준을 적용함.

최적화 문제의 해법을 기초로 기후변화에 따른 생산성 변화 요인을 반영하였다. 이때 적용하는 기후변화의 생산성 변화 효과는 모든 작목에 대해 알려져 있는 것이 아니라 현 단계에서는 어느 정도의 가정이 불가피하다.

쌀, 보리, 콩의 경우 한국 자료를 이용한 연구를 통해 기후변화에 따른 생산성 변화가 예측이 되어 있다. 박경원·권오상·김광수(2015)는 농촌진흥청의 연구 결과를 이용해 1979~2000년 평균 단수 대비 2010~2040년의 평균 단수가 쌀(전남)의 경우 7.8% 감소, 보리의 경우 3~7% 증가, 콩의 경우 9.1% 증가 등을 예측하였다. 본 연구는 이들 수치를 전남과 제주도에 대해 일단 반영하였다.

그리고 망고 등의 대체 작물의 경우, 향후 기온 상승에 따라 경영비가 하락할 것이지만 이 경우 생산량이 늘어남으로 인해 가격이 지금보다 하락할 수가 있다. 수요의 가격탄력성이 어느 수준이냐에 따라서 비교적 큰 폭의 가격 하락이 있을 수 있고 경우에 따라서는 경영비 하락보다 가격 하락 폭이 더 클 수도 있다. 잠재적인 가격 하락폭을 감안하여 이들 품목은 모두가 가격은 현재 수준을 유지하더라도 경영비는 10%씩 감소하는 생산성 증대 효과가 있다고 보는 비교적 보수적인 기후변화 효과를 가정하였다. 이러한 수치는 방향은 서로 다르지만 그동안 한국에서 행해진 기후변화가 쌀, 보리, 콩 등에 미치는 생산성 변화의 실증 분석치와도 유사한 수준이기도 하다.

그 외 다른 작목들의 경우 현재의 경영비가 그대로 유지된다고 가정하였다. 한편 시물레이션 분석을 위해 더욱 보수적인 기후변화 효과를 가정하여 대체 작목의 경영비가 5% 감소하는 경우도 설정하였다.

### 3.4. 분석 결과

PMP에 적용한 품목은 상기 71개 혹은 72개 품목이며, PMP 절차에 의해 BAU에서의 생산량을 정확히 도출하는 것으로 확인되었다.

#### 3.4.1. 전라남도

분석 결과에 의하면 상대적으로 생산성이 하락한 쌀의 경우 논벼는 10% 가까이 생산이 줄어들고, 생산 조건이 논벼보다도 불리한 밭벼는 생산이 모두 소멸된다. 쌀은 절대적인 수치로는 가장 큰 면적 변화를 보이는 품목이 된다. 직접적인 생산성 증대 효과가 있는 보리류와 콩의 생산면적은 반대로 늘어나는 것을 볼 수 있다. 먼저 보리류의 기후변화 적응 이전과 이후의 생산면적 변화를 비교하여 살펴보면, 겉보리는 682.7%, 쌀보리는 10.5%, 맥주보리는 11.6%, 밀은 10.1% 증가한다. 그리고 콩의 경우는 17.4% 증가한 것으로 나타난다. 그러나 다른 종류의 상품군, 특히 채소 및 과채류의 경우 기후변화가 있어도 생산면적이 거의 달라지지 않는 것으로 나타났다. 오직 특용작물에서만 식부면적이 넓은 참깨를 중심으로 어느 정도의 생산 변화가 나타난다<표 5-18>.

최적 선택에서는 5가지 관심 작목의 식부면적이 5,922ha로서 현재 전라남도 전체 식부면적의 1.9%를 점하는 것으로 나타났다. 이 중 망고의 식부면적이 2,544ha로 가장 크며, 이어서 유자 1,671ha(bau 770ha), 참다래 669ha(bau 529ha), 여주 667ha, 아스파라거스 371ha 등의 순서로 높은 채택을 보인다.

114 농업부문 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석

표 5-18. 전라남도 재배 작물 최적화 분석 결과(경영비 10% 하락)

단위: ha

품목군	품목	BAU	적응 후	변화율 (%)	품목군	품목	BAU	적응 후	변화율 (%)	
미곡	논벼	172,842	156,030	-9.7		양파	12,166	12,120	-0.4	
	밭벼	2,088	0	-100.0		생강	103	34	-67.2	
맥류	겉보리	96	751	682.7	시설 채소	기타 채소	4,467	4,170	-6.6	
	쌀보리	6,203	6,856	10.5		시설 오이	203	165	-18.8	
	맥주보리	5,014	5,595	11.6		시설 호박	254	231	-9.1	
	밀	5,182	5,704	10.1		시설 참외	25	10	-60.5	
	호밀	0	0	N/A		시설 수박	601	595	-1.0	
서류	봄감자	2,042	2,038	-0.2	시설 채소	시설 토마토	835	725	-2.9	
	가을감자	280	277	-1.0		시설 딸기	746	746	-2.8	
	시설 감자	0	0	N/A		시설 배추	361	352	-2.4	
	고구마	3,818	3,812	-0.1		시설 시금치	137	133	-2.7	
잡곡/ 두류	조	0	0	N/A	과수	시설 상추	28	17	-37.6	
	수수	0	0	N/A		시설 무	350	348	-0.5	
	옥수수	1,735	1,661	-4.3		시설 고추	572	549	-4.0	
	메밀	143	87	-39.5		기타 시설	1,793	1,761	-1.8	
	기타 잡곡	1,737	1,681	-3.3		사과	292	269	-7.9	
	콩	13,563	15,925	17.4		배	3,672	3,643	-0.8	
	팥	1,087	903	-16.9		복숭아	387	334	-13.7	
	녹두	925	741	-19.9		포도	283	235	-16.8	
	기타 콩	741	557	-24.8		감귤	13	0	-100.0	
	노지 채소	오이	15	0		-100.0	과수	감	6,872	6,851
호박		1,088	1,058	-2.7	자두	92		64	-30.1	
참외		19	0	-100.0	기타 과일	5,112		5,093	-0.4	
수박		249	198	-20.3	참깨	8,410		0	-100.0	
토마토		0	0	N/A	특용 작물	들깨	2,081	0	-100.0	
딸기		9	0	-100.0		땅콩	225	0	-100.0	
봄배추		1,242	1,192	-4.0		약용작물	1,208	0	-100.0	
가을배추		3,605	3,545	-1.7		기타 특용	1,436	0	-100.0	
시금치		610	560	-8.1		화훼/ 수원지	시설 화훼	144	0	-100.0
상추		39	4	-87.8			기타 수원지	8,200	8,169	-0.4
양배추		1,502	1,471	-2.1	관심 작물	참다래	529	669	26.5	
봄무		931	910	-2.2		망고	0	2,544	N/A	
가을무		1,382	1,349	-2.4		여주	0	667	N/A	
당근		70	51	-27.3		아스파라거스	0	371	N/A	
고추		7,265	7,023	-3.3		유자	770	1,671	117.0	
마늘		7,546	7,448	-1.3						
파		5,537	5,507	-0.5						
총이윤(10억 원)							4,049	4,156	2.64	

반면 기존 품목의 경우 기후변화에 따른 생산성 증대가 예측되는 맥류와 콩은 경작면적이 늘어나지만, 생산성이 하락할 것으로 예상되는 쌀 재배면적은 줄어든다. 아울러 특용작물과 약용작물의 재배면적은 소멸될 정도로 크게 줄어들 것으로 보인다. 그 외 품목의 경우 비교적 고르게 재배면적이 줄어들고 이 줄어든 면적이 기후변화로 인해 생산성이 높아지는 품목으로 배정되는 것으로 나타났다. 즉 경지면적이 넓고 대단히 다양한 품목을 생산하고 있는 전남의 경우, 아열대성 과수의 도입이 있어도 전체적인 농업 생산구조 자체는 크게 변하지 않을 것으로 보이며, 품목 간 부분적인 대체에 의해 아열대성 신규 작물의 재배면적이 늘어날 것으로 보인다.

마지막으로, 전남의 농업 총이윤(판매수입-경영비)은 5대 대체 작목이 활발히 도입될 경우에는 4조 490억 원에서 4조 1560억 원으로 2.64% 증가할 것으로 나타났다. 이는 망고 등의 새로운 열대 과일의 부가가치가 높고, 맥류와 콩의 생산성이 높아지긴 하지만 동시에 가장 넓은 재배면적을 차지하는 쌀의 경영비가 기후변화로 인해 상승할 것으로 예상했기 때문에 두 효과가 서로 상쇄되는 경향이 있지만, 성공적인 작목 전환이 있을 경우 전자의 긍정적인 효과가 조금 더 클 수 있음을 의미한다. 한편 대체 작목의 경영비가 5%만 감소한다고 가정할 때, 5가지 관심 작목의 식부면적은 전체의 1.2%를 점하며, 농업 총이윤은 4조 490억 원에서 4조 390억 원으로 0.24% 감소할 것으로 나타났다<부표 6>.

전라남도 모형의 분석 결과를 해석함에 있어 하나 검토해야할 것은 전체 식부면적의 감소 문제이다. 망고 등 새로운 열대 과일의 부가가치가 매우 높기 때문에 기후변화로 인해 발생하는 이들 작목으로의 전환은 농업소득을 높일 수가 있다. 그러나 이들 대체 품목은 특성상 매우 많은 자가노동을 필요로 하고, 직접적인 기후변화의 생산성 변화 영향을 도입했던 품목 중에서도 콩은 식부면적이 줄어드는 쌀에 비해 역시 노동력 수요가 더 크기 때문에 이들 품목으로의 전환은 전라남도의 부존 가족노동을 모두 소진하여도 농경지는 다 이용하지 못해 약 8%에 달하는 식부면적이 줄어들 것으로 예상된다. 따라서 기후변화에 따른 열대 과일로의 대체는 농업 노동과 가족 노동에 대한 수요를 늘리고 그로 인해 농업 노동력 부족에 따른 휴경지 면

적의 증가라는 부작용도 낳을 것으로 예상된다. 기후변화에 대한 적응에 있어 농가 노동력 부족이 하나의 장애 요인으로 작용할 수 있음은 본 연구가 발견한 흥미로운 내용 중 하나라 할 수 있는데, 새로운 대체 작목 전환으로 인한 농업 노동력 부족의 부작용을 해결하는 방안으로는 최근 활발히 논의되고 있는 ICT 첨단기술을 활용한 복합환경제어 시스템(hybrid environmental control system)을 망고, 여주 등의 대체 작목 생산에 도입하여 스마트 팜(smart farm)을 구축하는 것을 고려할 수 있다. 더 나아가 시설 온실의 온도, 습도, 일사량 등 환경 측정 데이터 및 생육, 기후 정보 등의 빅데이터를 활용한 스마트 팜의 생산관리 체계 구축은 대체 작목의 생산비 절감 및 생산성 향상에도 기여할 것이다.<sup>29</sup>

### 3.4.2. 제주도

제주도에서는 아열대 과일 중심으로 대단히 큰 폭의 작목 전환이 발생할 것으로 나타났다<표 5-19>. 현재 재배되고 있는 면적이 276ha로 가장 넓고, 아열대 작물에 비해서 단위당 수익성이 낮은 참다래의 경우 기후변화 적응 후 재배면적은 337ha로 소폭(22.1%) 늘어나지만, 망고는 2,760ha(bau 26ha), 구아바는 1,507ha(bau 4ha), 용과는 1,941ha(bau 5ha)로 매우 많이 늘어나는 것으로 나타났다. 이들 4개 품목의 재배면적은 기후변화 적응 이전에 310ha이나 기후변화 적응 이후 총 6,545ha로 증가하여 2012년 제주도 총 식부면적의 약 12%에 달할 것으로 보인다. 하지만 제주도의 경우 기타 과일에도 참다래, 망고, 구아바, 용과 등 4대 관심작물 이외의 일부 아열대성 과일이 포함되어 있어 아열대성 과일이 차지하는 면적 비중은 이보다도 더 높을 것으로 보인다.

<sup>29</sup> 전남 화순군 영농조합 APC 자료에 따르면, 데이터 활용 5년차인 A농가는 3.3㎡당 토마토 생산량이 105kg, 2년차인 B농가는 85kg, 이제 시작하는 C농가는 60kg으로 빅데이터의 활용도에 따라 생산성이 다르게 나타났다(농촌진흥청 보도자료 2015년 8월 21일자).

표 5-19. 제주도 재배 작물 최적화 분석 결과(경영비 10% 하락)

단위: ha

품목군	품목	BAU	적용 후	변화율 (%)	품목군	품목	BAU	적용 후	변화율 (%)
미곡	논벼	17	0	-100.0		양파	1,252	648	-48.2
	밭벼	413	356	-13.8		생강	15	0	-100.0
맥류	겉보리	0	9,349	N/A	시설 채소	기타 채소	3,176	0	-100.0
	쌀보리	536	0	-100.0		시설 오이	4	0	-100.0
	맥주보리	779	0	-100.0		시설 호박	4	0	-100.0
	밀	75	0	-100.0		시설 참외	0	0	N/A
	호밀	0	0	N/A		시설 수박	8	0	-100.0
	시설토마토	1,237	0	-100.0		시설 딸기	15	0	-100.0
서류	가을감자	1,548	25	-98.4	시설 감귤	31	0	-100.0	
	시설 감자	0	0	N/A	시설 배추	3,557	5,150	44.8	
	고구마	86	0	-100.0	시설 배추	2	0	-100.0	
	조	0	0	N/A	시설 시금치	7	0	-100.0	
잡곡/ 두류	수수	0	0	N/A	시설 상추	4	0	-100.0	
	옥수수	25	0	-100.0	시설 무	2	0	-100.0	
	메밀	886	203	-77.1	시설 고추	1	0	-100.0	
	기타 잡곡	2,623	1,940	-26.0	기타 시설	98	0	-100.0	
	콩	5,732	4,945	-13.7	과수	사과	0	0	N/A
	팥	26	0	-100.0		배	7	0	-100.0
	녹두	213	0	-100.0		복숭아	1	0	-100.0
	기타 콩	56	0	-100.0		포도	0	0	N/A
오이	9	0	-100.0	노지 감귤		17,767	16,522	-7.0	
호박	248	0	-100.0	감		92	0	-100.0	
참외	35	0	-100.0	자두	0	0	N/A		
수박	265	0	-100.0	기타 과일	238	2,673	1,023.7		
노지 채소	토마토	0	0	N/A	특용 작물	참깨	644	566	-12.1
	딸기	55	0	-100.0		들깨	4	0	-100.0
	봄배추	273	0	-100.0		땅콩	118	17	-85.9
	가을배추	96	0	-100.0		약용작물	218	149.6	-66.1
	시금치	122	0	-100.0	기타 특용	866	714	-17.6	
	상추	0	0	N/A	화훼/ 수원지	시설화훼	203	0	-100.0
	양배추	2,177	1,780	-18.2		기타수원지	1,299	702	-46.0
	봄무	1,461	1,129	-22.7	관심 작물	참다래	276.3	337	22.1
	가을무	90	0	-100.0		망고	25.6	2,760	10,688
	당근	1,706	1,179	-30.9		구아바	3.6	1,507	41,767
	고추	37	0	-100.0		용과	4.6	1,941	42,099
	마늘	2,806	0	-100.0					
	과	941	0	-100.0	총이윤(10억 원)		1,786	2,324	30.1

그 외 작물의 변화를 보면, 제주도의 대표 작물인 노지 감귤의 재배면적은 기후변화 적응 이전에 17,767ha에서 적응 이후 16,522ha로 7.0% 줄어드는데, 이는 현재의 비용 및 가격 조건이 유지된다고 가정한 상태에서의 도출결과이며, 현재도 재배면적이 줄어드는 추세를 반영하기 위해가격 하락 등을 가정하면 더 큰 폭의 식부면적 감소가 일어날 것이다. 반면, 시설 감귤의 재배면적은 다른 조건은 현재와 불변인 채 기후변화 시나리오만 도입할 경우 현재의 기후변화 적응 이전 3,557ha에서 적응 이후 5,150ha로 44.8%가 늘어나는 결과가 도출된다.

아울러 기후변화에 따른 생산성 증대를 가정했던 보리류 중에서는 쌀보리로 생산이 모아지면서 큰 폭의 재배면적 증가가 예상되지만, 역시 생산성이 높아질 것으로 가정된 콩은 아열대 과일 등으로 식부면적이 둘러지면서 소폭의 재배면적 감소가 나타난다. 쌀보리 재배면적의 큰 증가가 실제로 발생할지는 보리류의 생산성이 크게 높아질 것으로 예측한 작물학 분야 연구 결과를 반영했기 때문에 이 가정의 충족 여부에 크게 의존하지만, 이 가정 하에서는 제주도의 기존 노지 작물이 차지하는 비중의 상당한 정도가 보리류 재배로 전환될 것으로 모형은 예측한다.

그 외 품목들은 모두 재배면적이 줄어드는데, 현재에도 재배면적이 작은 많은 수의 품목이 더 이상 재배되지 않아 제주도에서 재배되는 총 작물의 수가 현재의 71개에서 22개로 감소한다. 쌀의 경우 지금도 비중이 작은 논벼는 소멸되며, 밭벼는 소폭 면적 감소가 있다. 서류는 가을감자만 일부 남게 된다. 잡곡 중에는 현재도 재배면적이 비교적 넓고 제주도의 입지조건이 비교적 양호한 메밀, 기타 잡곡, 콩이 지금보다는 줄어든 면적을 가진 채 재배될 것이다. 노지 채소는 상당수가 재배되지 않지만, 양배추, 봄무, 당근, 양파 등 제주도산이 전국적인 지명도를 가진 품목들은 면적이 줄긴 하나 여전히 생산된다. 제주도에는 시설 감귤을 제외하고는 시설 채소 재배면적이 현재에도 미미한데, 이들 품목들이 모두 생산되지 않을 것이다. 과수도 노지 감귤과 기타 과일을 제외하고는 생산되지 않을 것이며, 반면 기타 과일에는 아열대 과일도 포함되기 때문에 상당한 정도의 면적 증가가 예상된다. 특용작물이나 화훼, 기타 수원지 역시 면적 감소 혹은 소멸 현상을 보인다.

제주도의 경우 아열대 작물로 성공적으로 작목 전환을 할 경우 농업 총이윤 증대시킬 수 있다. 생산량 증가에 따른 가격 조건이 어떻게 될지가 불명확한 면이 있으나 10%의 경영비 절감을 기후변화 효과로 가정했을 때, 비중이 늘어나는 아열대 작물과 시설 감귤 등의 수익성이 높기 때문에 연간 총이윤이 현재의 1조 7,900억 원에서 2조 3,240억 원으로 30.1% 증가할 것 이란 분석 결과가 도출되었다. 이는 물론 향후 생산량 증가에도 불구하고 순 가격 즉 가격과 경영비 격차가 감소하지는 않는다는 가정에서 도출된 결과이다. 한편 대체 작목의 경영비가 5%만 감소한다고 가정할 때 참다래, 망고, 구아바, 용과 등 네 가지 관심 작목의 식부면적은 전체의 6.6%를 점하며, 농업 총이윤은 현재의 1조 7,900억 원에서 2조 780억 원으로 16.3% 증가할 것 이란 분석 결과가 도출되었다<부표 7>.

## 4. 적응 수단으로 기상·기후 정보 활용 분석

### 4.1. 기상·기후 정보의 경제적 가치

농업은 기후의존적인 산업으로 기상과 기후가 농업 생산 분야에 미치는 영향은 상당한 것으로 알려져 있다. 이는 농업이 타산업에 비해 기상·정보의 경제적 가치가 상대적으로 큼을 의미한다. 농가는 기상과 기후 예보에 적절하게 반응함으로써 위험을 최소화하거나 기회를 극대화할 수 있다. 만약 벼 수확을 계획하는 농가가 기상정보의 도움을 받지 않는다면 단수 감소의 위험에 직면하게 된다. 반대로 만약 이들 정보를 적절하게 활용할 경우 그 농가는 수확 시기를 조절함으로써 경제적 손실을 최소화할 수 있을 것이다.

기상과 기후 정보의 가치를 평가하는 방법으로는 첫째로 의사결정 모형화에서 기상 예측 정보를 포함할 때와 포함하지 않을 때의 차이를 조사하고, 이들 각각의 의사결정에 따른 예측된 결과를 비교하는 방법이 있다. 둘째로는 사람들에게 설문 조사를 통하여 기상 예측 정보에 대한 가치 추정치

를 얻는 것이다. 셋째로, 실제 관측된 사례로부터 자료를 조사하는 것으로 예보나 특보가 있었던 경우와 없었던 경우에 대한 기상현상의 관측된 효과를 조사하는 방법이 있다(김지영 2009).

국내에서 기상과 기후 정보의 가치를 평가한 사례는 매우 제한적이다. 이중우(2007)는 기상예보에 민감한 유통산업을 선정하여 잠재적 부가가치 창출 효과를 분석했다. 기상청(2008)은 건설업 분야를 대상으로 설계, 시공 단계(배수 설계, 레저 시설) 시공 후 유지 보수(건물 냉난방 효율)의 활용에 대한 단기 기상예보의 가치를 5조 4,640억 원으로 추정했으며, 제조업 분야를 대상으로 계절상품의 생산관리 계획, 제품의 품질관리 정보 등의 활용에 대한 장기 기상예보의 가치를 5,840억 원으로 추정했다. 기상청(2008)은 또 농업 분야를 대상으로 작물 선택, 관개 시기, 냉해 방지, 수확 시기, 목장의 건초 관리 등의 활용에 따른 기상정보의 가치를 단기 1,200억 원, 장기 2,900억 원 등 4,100억 원 등으로 추정했다.

해외의 선행 연구를 보면, Weiher(2005)는 미국의 가정에서 사용된 예보의 연간 가치가 총 114억 달러라는 연구 결과를 발표했다. 또 ENSO 예보<sup>30</sup>의 편익 추정 결과에 따르면, 미국의 농업은 연간 2~3억 달러, 세계 농업은 연간 4억 500만~5억 5,000만 달러의 편익을 내는 것으로 추정되었다. Lazo, Morss and Demuth(2009)는 미국의 기상정보의 가치를 315억 달러(가구당 연평균 286달러)로 추정했다.

기상·기후 정보를 제공하기 위해 투입되는 비용이 크고, 많은 시간이 소요되기 때문에 기상·기후 정보 활용을 기후변화 적응 수단으로써 도입하기 이전에 기상·기후 정보 활용의 효과를 분석하는 작업은 매우 중요하다. 따라서 여기에서는 기상 및 기후변화 정보 활용에 대한 농가 설문 조사 자료를 기초로 기상·기후 정보 활용이 농가 소득에 미치는 효과를 순위형 로짓 모형을 이용하여 분석하였다.

<sup>30</sup> ENSO 예보는 미국 콜럼비아대 기후·사회를 위한 국제연구원(International Research Institute for Climate and Society: IRI)의 엘니뇨-남방진동(El Nino Southern Oscillation (ENSO))에 대한 예측 정보를 말한다.

## 4.2. 기상·기후 정보 활용이 농가 소득에 미치는 효과 분석

### 4.2.1. 분석 모형 및 자료

농가 설문 조사 자료를 기초로 기상·기후 정보 활용이 농가 소득에 미치는 효과를 분석하였다. 농가를 대상으로 연간 농업소득을 ‘5백만 원 미만’, ‘5백만 원~1천만 원 미만’, ‘1천만 원대’, ‘2천만 원대’, ‘3천만 원대’, ‘4천만 원 이상’ 등 여섯 가지 범주로 조사하였다. 종속변수가 세 개 이상의 범주를 가지고 있고, 순서 형태를 취하고 있는 경우, 보다 유의한 결과를 도출할 수 있는 순서형 로지스틱 회귀 모형(Ordinal Logistic Regression Model)<sup>31</sup>을 분석 모형으로 이용하였다. 분석의 편의를 위해 연간 농업소득을 ‘1천만 원대 이하’, ‘2천만 원~3천만 원대’, ‘4천만 원 이상’ 등 3개의 순위형으로 범주를 설정하였다. 그리고 순서형 로지스틱 실증 분석 모형을 아래와 같이 구축하였다.

$$\log\left(\frac{P_1(4천만 원 이상)}{P_2(2천만 \sim 3천만 원대) + P_3(1천만 원대 이하)}\right) = \alpha_0 + \alpha_1 \text{면적} + \alpha_2 \text{나이} + \alpha_3 \text{경력} \dots$$

$$\log\left(\frac{P_1(4천만 원 이상) + P_2(2천만 \sim 3천만 원대 이하)}{P_3(1천만 원대 이하)}\right) = \beta_0 + \beta_1 \text{면적} + \beta_2 \text{나이} + \beta_3 \text{경력} + \dots$$

(5-16)

기상·기후 정보 활용이 농가 소득에 미치는 효과 분석을 위해 전체 433개 농가 샘플 가운데 논벼, 과수, 과채, 채소, 특작을 주로 재배하는 농가 샘플만 이용하였다.<sup>32</sup> 이용된 분석 자료 수는 347개이며, ‘1천만 원대 이하’ 그룹에 속한 농가가 76명(21.9%), ‘2천만 원~3천만 원대’ 그룹에 속한 농가가 128명(36.9%), ‘4천만 원 이상’ 그룹에 속한 농가가 141명(40.6%)으로 나타났다<표 5-20>.

31 순서형 로지스틱 회귀 모형에 대한 설명은 정학균·장정경(2011)에 제시되어 있다.

32 축산 및 화훼 농가와 미응답이 많은 농가의 샘플은 분석에서 제외하였다.

표 5-20. 연간 농가 소득 분포

					단위: 명, %
구 분	1천만 원대 이하	2천만 원 ~3천만 원대	4천만 원 이상	무응답	합계
농가 수	76	128	141	2	347
구성비	21.9	36.9	40.6	0.6	100.0

기상·기후 정보 활용이 농가 소득에 미치는 효과 분석의 설명변수는 사회경제적 변수와 소득에 영향을 미칠 수 있는 개별 특성 변수들로 아래 <표 5-21>와 같이 설정하였다.

표 5-21. 기상·기후 정보 활용 효과의 설명변수

구분	변수 명	내용
종속 변수	INC	‘1천만 원대 이하’(=0), ‘2천만 원~3천만 원대’(=1), ‘4천만 원 이상’(=2)
	SEX	응답자의 성별(‘남’=1, ‘여’=0)
독립 변수	ACR	재배면적(3.3m <sup>2</sup> )
	AGE	응답자의 나이(세)
	CAR	농사 경력(년)
	TRA	농업 관련 교육 참여 횟수(‘1~2회 미만’=1, ‘3~4회’=2, ‘5~6회’=3, ‘7~8회’=4, ‘9~10회 이상’=5)
	CCKNO	기후변화에 대한 인지(5점 리커트 스케일)
	ACC	새로운 재배 기술/품종/마케팅 기법 도입에 대한 태도(‘매우 소극적’=1, ‘소극적’=2, ‘보통’=3, ‘적극적’=4, ‘매우 적극적’=5)
	PROEFF	기후변화가 농산물 생산에 미치는 영향(5점 리커트 스케일)
	SHOUSE	단기 기상예보 활용 정도(5점 리커트 스케일)
	EXTUSE	단기 기상특보 활용 정도(5점 리커트 스케일)
	CCUSE	장기 기후변화 정보 활용 정도(5점 리커트 스케일)
	INSKNO	농작물 재해보험에 대한 인지(‘알고 있음’=1, ‘모름’=0)

### 4.2.2. 분석 결과

기상·기후 정보 활용이 농가 소득에 미치는 효과에 대한 추정 결과는 <표 5-22>에 제시되어 있다. 여기에서도 다중공선성이 발생할 것을 고려하여 기상정보, 기상특보, 기후변화 정보 활용도 변수를 함께 설정하지 않고, 한 모형에 한 가지 변수만을 설정함으로써 세 가지 모형을 구축하였다.<sup>33</sup>

표 5-22. 기상·기후 정보 활용 효과 추정 결과

구분	모형 I (기상정보 활용)		모형 II (기상특보 활용)		모형 III (기후변화 활용)	
	추정치	표준오차	추정치	표준오차	추정치	표준오차
상수항1	-3.648**	1.716	-3.611**	1.724	-3.420**	1.699
상수항2	-1.329	1.702	-1.249	1.708	-1.191	1.686
SEX	0.898***	0.331	0.793**	0.327	0.761**	0.325
ACR	0.000***	0.000	0.000***	0.000	0.000***	0.000
AGE	-0.103***	0.018	-0.100***	0.018	-0.103***	0.018
CAR	0.074***	0.012	0.074***	0.012	0.075***	0.012
TRA	0.307***	0.094	0.292***	0.093	0.300***	0.093
CCKNO	0.042	0.190	0.029	0.191	0.135	0.190
ACC	0.148	0.127	0.151	0.126	0.168	0.125
PROEFF	0.108	0.136	0.079	0.141	0.150	0.135
SHOUSE	0.458**	0.214				
EXTUSE			0.542**	0.218		
CCUSE					0.119	0.193
INSKNO	-0.576	1.002	-0.629	1.016		
모형 적합도	-2Log-Likelihood: 559.73 Chi-Square(x2): 105.92(P=0.000)		-2Log-Likelihood: 548.77 Chi-Square(x2): 101.08(P=0.000)		-2Log-Likelihood: 560.68 Chi-Square(x2): 100.29(P=0.000)	

주: \*\*\*, \*\*, \*은 각 1%, 5%, 10% 수준에서 유의함.

<sup>33</sup> 농가는 기상정보, 기상특보, 기후변화 정보를 정확히 구분하기 어렵고, 따라서 세 가지 변수를 한 모형에서 동시에 이용할 경우 다중공선성이 발생할 수 있음을 고려하였다.

순위형 로짓 모형(Ordinal Logistic Regression Model)의 추정 결과를 살펴보면, 변수를 투입시킨 후  $-2\text{Log-Likelihood}$ 는 모형 I(기상정보 활용), 모형 II(기상특보 활용), 모형 III(기후변화 활용)에 대해 각각 559.73, 548.77, 560.68이고, 카이제곱 통계량에 대한 유의확률이 1% 수준에서 모두 유의한 것으로 나타나 모형(Model)에 적합시키는 것이 타당한 것으로 나타났다.

분석 결과를 보면, 사회·경제적 변수인 성별(SEX), 재배면적(ACR), 나이(AGE), 농사 경력(CAR) 등이 예상되는 부호를 가졌고, 세 가지 모형 모두에서 유의하게 추정되었다. 모형 II를 기준으로 보면, 소득에 미치는 효과의 성별에 대한 부호는 양의 부호를 가졌고, 5% 수준 하에서 유의한 것으로 나타났다. 즉 남성일수록 소득이 증가할 확률이 높음을 나타낸다. 또 소득에 미치는 효과의 재배면적에 대한 부호는 양의 부호를 가졌고 1% 수준 하에서 유의한 것으로 나타났다. 즉 경영하는 재배면적 규모가 클수록 소득이 증가할 확률이 높음을 나타낸다. 또 소득에 미치는 효과의 나이에 대한 부호는 음의 부호를 가졌고 1% 수준 하에서 유의한 것으로 나타났다. 즉 나이가 젊을수록 소득이 증가할 확률이 높음을 나타낸다. 뿐만 아니라 소득에 미치는 효과의 농사경력에 대한 부호는 양의 부호를 가졌고 1% 수준 하에서 유의한 것으로 나타났다. 즉 농사경력이 많을수록 소득이 증가할 확률이 높음을 나타낸다. 또, 소득에 미치는 효과의 농업관련 교육 참여 횟수에 대한 부호는 양의 부호를 가졌고 1% 수준 하에서 유의한 것으로 나타났다. 즉 농업관련 교육 참여 횟수(TRA)가 많을수록 소득이 증가할 확률이 높음을 나타낸다. 한편 기후변화에 대한 인지(CCKNO), 새로운 재배 기술/품종/마케팅 기법 도입에 대한 태도(ACC), 기후변화가 농산물 생산에 미치는 영향에 대한 인지(PROEFF) 등도 예상되는 부호를 나타냈으나 유의성은 낮았다.

기상정보(SHOUSE), 기상특보(EXTUSE), 기후변화(CCUSE) 등 기상·기후 정보 활용도에 대한 부호는 모두 양의 부호를 나타내어 이들 정보를 활용할수록 농가 소득이 높은 것으로 분석되었다. 모형 II를 기준으로 보면 소득에 미치는 효과의 기상특보 활용에 대한 부호는 양의 부호를 가졌고 5% 수준 하에서 유의한 것으로 나타났다. 즉 기상특보 활용을 많이 할수록 소

득이 증가할 확률이 높음을 나타낸다. 이는 농가 소득증대를 위해 정확도가 높은 기상특보를 제공할 필요가 있음을 시사한다. 한편 기후변화의 경우 유의성이 낮은 것으로 나타났는데, 이는 미래의 기후변화 정보 활용이 현재의 소득에는 크게 영향을 주지 못하는 것으로 보인다.

### 4.3. 기상·기후 정보 활용 분석의 시사점

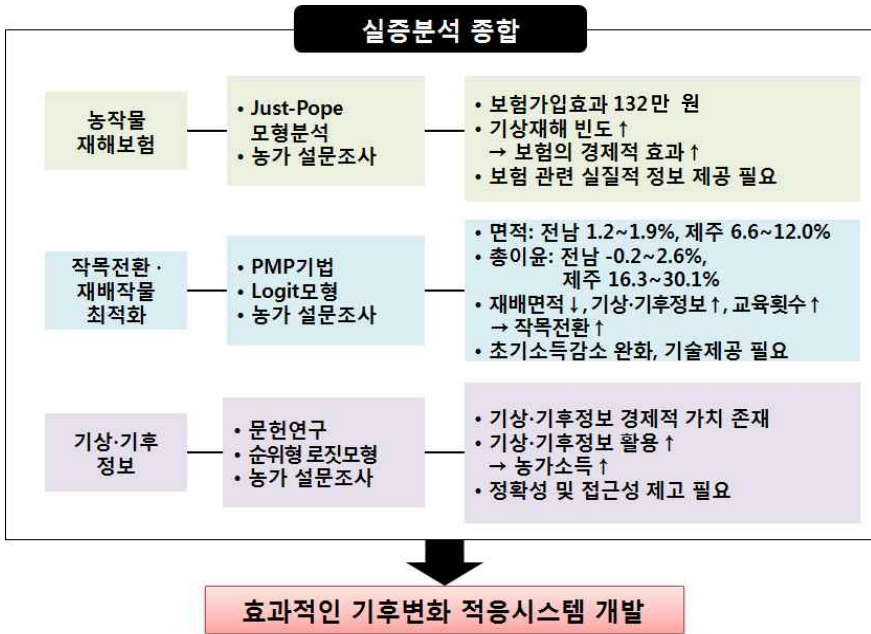
농업 분야는 기상과 기후에 매우 취약하여 기상과 기후가 농업 분야에 미치는 부정적인 영향은 매우 크기 때문에 기상과 기후 정보의 경제적 가치 또한 매우 크다고 볼 수 있다. 농가는 농작물 생산 과정에서 부정적인 영향을 완화시키기 위해 기상과 기후 예보에 반응하여 농작업에 대한 의사결정을 한다. 농가가 농작업 의사결정에 관련분야의 정보를 어느 정도 활용하느냐에 따라 기상과 기후 예보가 갖는 경제적 가치도 달라질 것이다. 기상 및 기후 정보의 가치 평가와 관련된 선행 연구를 검토한 결과, 농업에 적용할 경우 상당한 규모의 경제적 가치가 존재하는 것으로 제시되었다.

기상 및 기후 정보 활용이 소득에 미치는 효과를 추정한 결과, 기상정보(SHOUSE), 기상특보(EXTUSE), 기후변화(CCUSE) 등 기상·기후 정보 활용도에 대한 부호는 모두 양의 부호를 나타내어 이들 정보를 활용할수록 농가 소득이 높은 것으로 분석되었으며, 기상정보와 기상특보의 경우 5% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 추정되었다. 이는 기후변화에 대응하여 농가소득 제고를 위해 기상 및 기후 정보를 적극적으로 확산시키는 정책적 노력이 필요함을 시사한다. 즉 농업인이 보다 적극적으로 기상 및 기후 정보를 농업 생산 활동에 실제로 활용하여 의사결정을 할 수 있도록 유도할 필요가 있다. 농가들은 정확도가 높은 기상·기후 정보를 가장 필요한 시기에 이용하기 편리한 방법으로 신속하게 제공해 줄 때 더 많이 이용할 것이기 때문에 기상·기후 정보 확산 정책에 이러한 점을 고려할 필요가 있을 것이다.

## 5. 실증 분석 종합 및 시사점

농업부문 기후변화 적응 수단의 경제적 효과에 대한 실증 분석 결과를 종합해 볼 수 있다<그림 5-7>. 앞에서 제시한 바와 같이 이 연구에서는 기후변화 적응 수단들 가운데 재해보험, 작목 전환, 기상·기후 정보 활용에 초점을 맞추었다. Just-Pope 모형을 통해 농작물 재해보험의 경제적 효과를 분석한 결과, 기상재해 빈도가 증가할수록 보험의 경제적 효과가 커지며, 보험 가입 농가가 미가입 농가에 비해 132만 원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 농가 조사 결과, 보험을 인지하고 있는 응답자의 절반가량이 보험에 관한 정보가 부족하다고 응답하였는데, 이는 보험의 실질적인 효과에 관한 정보를 제공할 수 있는 홍보와 교육이 필요함을 시사한다.

그림 5-7. 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석 종합



농업생산의 최적화 모형(PMP 기법)을 이용하여 전라남도와 제주도 지역의 작목 전환에 대한 경제적 효과를 분석한 결과, 열대·아열대의 대체 작목이 전라남도의 경우 전체 식부면적의 1.2~1.9%, 제주도의 경우 6.6~12.0%를 점유하는 것으로 나타났다. 전라남도의 주요 전환 작목으로는 망고, 유자, 여주, 아스파라거스 등이며, 제주도는 망고, 구아바, 용과 등을 들 수 있다. 기후변화에 대응하여 작목 전환의 적응 수단을 도입한 경우의 농업 총이윤은 전라남도의 경우 -0.2~2.6%, 제주도의 경우 16.3~30.1% 증가하는 것으로 분석되었다. 이는 향후 생산량 증가에도 불구하고 순 가격 즉 가격과 경영비 격차가 감소하지는 않는다는 가정에서 도출된 결과이다. 한편, 전라남도의 경우 기후변화에 따른 열대 과일로의 대체는 농업 노동과 가족노동에 대한 수요를 늘리고 그로 인해 농업 노동력 부족에 따른 휴경지 면적의 증가라는 부작용도 낳을 것으로 예상되었으며, 이는 농업 노동력을 해소할 방안이 필요함을 시사한다.

작목 전환 의사결정 요인을 분석한 결과, 재배면적이 적을수록, 농업 관련 교육 횟수가 많을수록, 기상·기후 정보 활용도가 높을수록, 재해보험 가입 의사가 높을수록 작목 전환을 더 많이 하는 것으로 분석되었다. 농가 조사 결과, 작목 전환 초기의 소득 감소, 재배 기술 적용, 판로 확보 등이 작목 전환의 애로 사항이라고 응답했다. 따라서 소규모 농가들의 작목 전환에 따른 초기 소득 감소의 위험을 완화시켜주고, 정확한 기상·기후 정보, 재해보험 정보를 제공해줌으로써 작목 전환 의사결정을 지원할 필요가 있다.

선행 연구 검토 결과, 기상 및 기후 정보에는 경제적 가치가 존재하는 것으로 나타났다. 또 기상 및 기후 정보 활용이 소득에 미치는 효과를 추정한 결과, 기상정보, 기상특보, 기후변화 등 기상·기후 정보 활용도가 높을수록 농가 소득이 높은 것으로 분석되었다. 이는 농가 소득 제고를 위해 기상 및 기후 정보를 적극적으로 확산시키는 정책적 노력이 필요함을 시사한다.

실증분석 결과를 종합하면 효과적인 기후변화 적응시스템을 구축하기 위해서는 농작물 재해보험 확대를 위한 홍보와 교육을 강화하고, 열대·아열대 작목 전환이 적절하게 이루어지고, 기후·기상 정보를 적극적으로 확산시킬 수 있는 여러 가지 정책 프로그램의 개발이 필요함을 시사한다.



농업부문 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석 결과를 기초로 적응 시스템 구축 방안을 모색하였다. 제6장에서는 농업부문의 적응 시스템 구축 방안 수립과 관련하여 기본 방향을 설정하고, 적응 시스템 구축을 위한 단계별 적응 대책 추진 로드맵, 적응 시스템 구축을 위한 핵심 과제를 제시하였다. 적응 시스템 구축을 위한 핵심 과제로, 위험관리 수단으로서 보험제도의 활성화 방안, 미래 기후변화를 고려한 작목 전환, 융합 기술을 활용한 스마트 농업기술의 농가 보급 확대, 적응 역량 강화를 위한 체계적인 인력 양성 및 교육·훈련 강화 등 크게 네 가지 과제를 제시하였다.

### 1. 기본 방향

농업부문 기후변화 적응 시스템 구축의 기본 방향으로 세 가지 방향을 설정했다.

첫째, 정책의 실효성 제고를 위해 적응 수단의 경제적 효과와 농업인 수용력 분석을 기초로 한 적응 시스템을 구축한다.

둘째, 적응 시스템 구축을 위해서는 상당한 기간이 소요되므로 단계적으로 접근한다. 2030년을 목표 연도로 설정하고 시스템 구축을 위한 기반 구축 단계(2016~2020년), 도약 단계(2021~2025년), 정착 단계(2026~2030년) 등 3단계로 나누어 접근한다.

셋째, 실효성 있는 적응 대책 추진을 위해 관련 주체의 적절한 역할 분담이 이루어지도록 한다.

## 2. 적응 시스템 구축 로드맵

농업부문의 기후변화 적응 시스템 구축은 크게 위험관리(재해보험), 작목 전환, 스마트 농업, 인력 양성 교육 등 4개 분야로 나누어 단계별 적응로드맵 제시했다<표 6-1>.

표 6-1. 농업부문 온난화 적응 대책 추진 로드맵

구분	기반 구축 단계 (2016~2020년)	도약 단계 (2021~2025년)	정착 단계 (2026~2030년)
위험 관리 재해 보험	<ul style="list-style-type: none"> <li>•농업 재해보험 제도 개선                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-보험금 지급 기준 개선</li> <li>-농가 부담금 지원 사업 확대</li> </ul> </li> <li>•농협의 역할 분담 보완 개선</li> <li>•풍수해보험 제도 확대</li> <li>•지수형 날씨 보험의 도입 검토</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•농업 재해보험 제도 활성화</li> <li>•풍수해보험 제도 활성화</li> <li>•농가 소득 안정화 프로그램 운용</li> <li>•농작물 피해량 산정 및 지원 시스템 구축</li> <li>•지수형 날씨 보험의 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•농업 재해보험 제도 활성화</li> <li>•풍수해보험 제도 활성화</li> <li>•농가 소득 안정 프로그램 정착</li> <li>•농작물 피해량 산정 및 지원 시스템 정착</li> <li>•지수형 날씨 보험의 정착</li> </ul>
작목 전환	<ul style="list-style-type: none"> <li>•작목 전환 단계별 핵심 과제 추진</li> <li>•대체 작목 매뉴얼 작성 보급</li> <li>•소비 다수성·내열성 신품종 개발</li> <li>•재배 적지 조정, 시비, 파종, 수확 시기 조절 등 생산기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•대체 작목 매뉴얼 작성 보급</li> <li>•소비 다수성·내열성 신품종 보급</li> <li>•재배 적지 조정, 시비, 파종, 수확 시기 조절 등 생산기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•대체 작목 매뉴얼 작성 보급</li> <li>•소비 다수성·내열성 신품종 정착</li> <li>•재배 적지 조정, 시비, 파종, 수확 시기 조절 등 생산기술 정착</li> </ul>
스마트 농업	<ul style="list-style-type: none"> <li>•분야별 스마트 농업기술 개발</li> <li>•기후 스마트 농업의 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•분야별 스마트 농업기술 활용</li> <li>•기후 스마트 농업의 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•분야별 스마트 농업기술 활용</li> <li>•기후 스마트 농업의 정착</li> </ul>
인력 양성 교육	<ul style="list-style-type: none"> <li>•위험관리 전문 농업인 육성</li> <li>•위험관리전문 컨설턴트 육성</li> <li>•농작물 재해보험 및 위험관리에 대한 농가 교육 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•위험관리 전문 농업인 육성</li> <li>•위험관리 전문 컨설턴트 활용</li> <li>•온난화 적응 매뉴얼 보급</li> <li>•적응 교육 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•위험관리 전문 농업인 육성</li> <li>•온난화 적응 매뉴얼 보완</li> <li>•관련 주체별 온난화 적응 체계적 교육 시스템 구축</li> </ul>

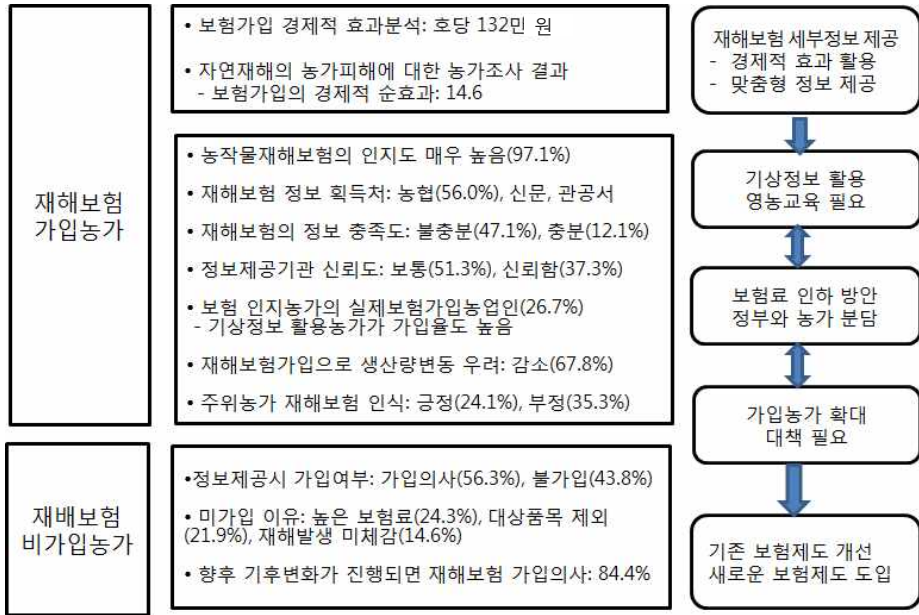
### 3. 시스템 구축을 위한 핵심 과제

#### 3.1. 위험관리 수단으로 보험제도의 활성화

##### 3.1.1. 농작물 재해보험 제도의 개선 방안

기후변화에 따른 이상기상 빈발과 자연재해에 대비하여 위험을 분산하고 재해 손실을 최소화하기 위해 농작물 재해보험의 경제적 효과 분석 및 농업인 반응 조사 분석을 기초로 하여, 핵심적인 위험관리 수단인 보험 제도의 활성화 방안을 수립해야한다<그림 6-1>.

그림 6-1. 재해보험 경제적 효과 및 농업인 반응 조사 결과 종합



첫째, 농가 위험관리를 위한 개인 보험 개발 등 지역별·품목별 조건을 고려한 농업 재해보험을 확대할 필요가 있다. 본 연구의 분석 결과에 따르면 재해보험의 효과는 자연재해의 발생 빈도수와 밀접하게 연관되어 있는 것으로 나타났다. 따라서 보험금 산정 시 해당 지역의 재해 빈도수 및 재배 품목의 자연재해에 대한 민감도를 고려하여 보험금이 산정되어야 하며, 보험에 관한 홍보 및 가입 유도도 위험 지역을 우선으로 이루어질 필요가 있다.

둘째, 보험금 지급 기준 및 피해액 산정 기준을 개선할 필요가 있다. 현재 농작물 재해보험은 보험금 지급에 자연재해 발생과 자연재해로 인한 농가 피해율이라는 이중 기준을 적용하고 있다. 다시 말해 일정 수준 이상의 자연재해가 발생함과 동시에 발생한 자연재해로 인한 낙과 등의 피해가 20% 이상 발생해야 보험금이 지급되는데, 이와 같은 보험금 지급 기준은 지나치게 엄격한 것이라는 농업인들의 의견이 많았다. 또한 피해율 산정 기준이 모호하여 농작물 재해보험에 대한 농업인들의 신뢰를 낮추는 요인으로 작용하기도 하였다. 따라서 보험금 지급에 관한 농업인의 이해를 돕기 위하여 보험금 지급 기준을 좀 더 명확하게 보완하고 개선해야 할 필요가 있다. 과수의 경우, 농작물 재해보험의 피해액 산정은 대부분 낙과율을 기준으로 한다. 하지만 감귤의 경우 과실의 꼭지 부분이 단단하여 자연재해가 발생해도 자연 낙과는 거의 발생하지 않으며 대신 과실에 상처가 발생하거나 당도가 떨어지는 등 품질 저하로 인한 피해가 발생한다. 이와 같은 품목의 특성이 피해액 산정에 반영되지 않아, 감귤의 경우 보험 가입률이 1% 미만으로 매우 저조하다. 따라서 품목의 생육 특성을 고려하여 피해액 산정 기준이 개선될 필요가 있다.

셋째, 보험 상품을 다양화하여 농가의 선택 폭을 넓히는 노력이 필요하다. 본 연구 결과에 따르면, 농작물 재해보험료에 관한 정부와 지자체 지원에도 불구하고 비싼 보험료가 가장 큰 미가입 요인으로 나타났다. 이러한 농가의 보험료 부담을 경감시키고 보험 가입을 확대하기 위하여 지자체와 정부의 지원금 확대뿐만 아니라 보험 상품 다양화를 통해 보험 가입을 유도할 수 있다<표 6-2>. 현재는 동일 품목에는 동일한 기준으로 보험료와 보험금이 책정되고 있어, 각 농가의 경제적 상황이나 선호도에 따라 보험 상품을 선

택할 수 없다. 따라서 동일 품목에도 보상 범위나 보상 내용을 다양화한 보험 상품 개발로 보험 가입 확대를 유도할 필요가 있다.

표 6-2. 농작물 재해보험 상품 다양화 예시

현행	보험 상품 다양화 예시	보험료 변동
낙과율 20% 이상부터 보상	낙과율 10% 이상부터 보상	인상
	낙과율 30% 이상부터 보상	인하
피해의 70% 보상	피해의 90% 보상	인상
	피해의 50% 보상	인하

넷째, 농작물 재해보험의 확대를 유도하기 하기 위해서는 농가의 보험 부담금을 완화할 수 있는 방안을 마련할 필요가 있다. 지자체에서 추진하고 있는 자연재해로 인한 경영 불안 해소와 농가 소득 안정을 위해 농작물재해보험의 농가 부담금 지원 사업을 확대토록 해야한다. 전라북도의 경우 지자체가 농작물 재해보험 농가 부담액의 54%(도비 24%, 시·군비 30%)를 지원하고 있으며(농가의 자부담은 46%), 문경농협은 조합원을 대상으로 농작물 재해보험 가입과 관련해 농업의 자부담금 전액을 지원해주고 있다.

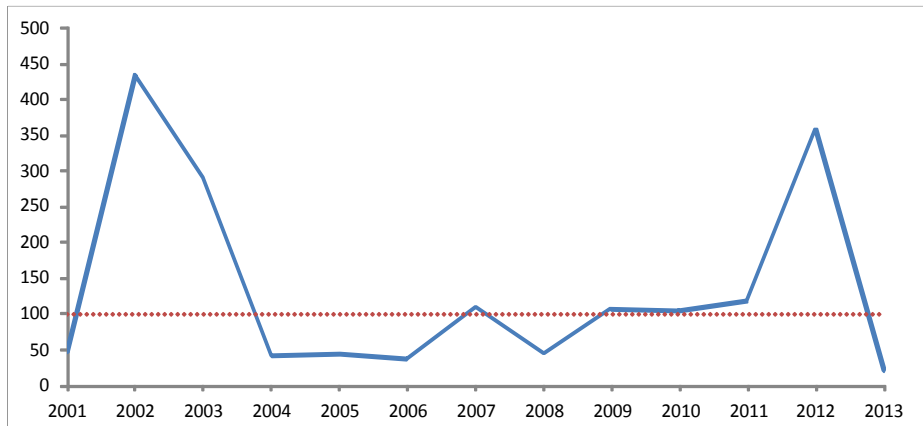
다섯째, 농작물 재해보험의 내실화를 위해 농협의 역할 분담에 대한 보완이 필요하다. 농협 조직의 변화에 따른 책임 분담을 검토하는 등 추진체계 재점검이 필요하다. 농업인의 실질적인 보험 혜택 증가보다는 NH손해보험 자체의 손실 최소화만 생각하는 소극적인 보험 운영 등 지역 농협은 보험 실무 업무만 수행하고 있기 때문에 도덕적 해이 발생 가능성도 배제할 수 없다. 따라서 농협과 민영 보험사와의 역할 분담, 관리 운영비의 효율적 지원 방안 등도 검토해야한다.

### 3.1.2. 지수형 날씨 보험(또는 날씨 지수 보험)의 도입 검토

본 연구 결과에 따르면 농가의 농작물 재해보험 효과는 긍정적인 것으로 나타나지만, 보험료와 운영비의 50%를 정부가 지원하고 있어서 재해보험

가입이 확대될수록 국가 예산 지출도 증가하는 구조로, 재원 확충에 대한 문제 또한 존재한다. 특히 최근 5년 동안 2013년을 제외하고는 매년 100% 이상의 높은 손해율을 기록하였으며, 향후에도 자연재해가 증가할수록 정부의 재정적 부담도 증가할 것으로 보인다<그림 6-2>.

그림 6-2. 연도별 농작물 재해보험 손해율<sup>34</sup> 현황



자료: 농림축산식품부(2015a).

또한 농작물 재해보험은 태풍, 우박, 동해 등으로 인한 농작물의 손실을 실손으로 보상해주는 실손 보험의 특징으로 인해 상품 개발 및 보급에 몇 가지 단점이 있는 것으로 나타났다. 날씨에 따른 재무 손실 분포의 추정이 용이하지 않아 보험료 산출이 어려운데, 이를 해결하기 위해서는 많은 자료와 경험이 요구된다. 특히 피해액 또는 보험금 산정이 복잡하여 많은 갈등의 소지가 있으며, 농가 피해 발생 시 피해를 파악하기 위해 보험사에서 직접 농가를 방문, 조사하는 등 관리 비용이 많이 발생한다. 또한 실손 보험의 특성상 역선택(adverse selection)과 도덕적 해이(moral hazard)의 가능성이 있으며, 날씨와 재무 손실 간의 인과관계 증명이 어려워 손해 사정이 쉽지 않다.

<sup>34</sup> 손해율: 보험금÷최종보험료×100 (2012년 이후 보험금÷위험보험료×100으로 계산)

이와 같은 문제를 해결할 수 있는 대안으로 지수형 날씨 보험(weather-index-based insurance)의 도입을 검토할 필요가 있다<표 6-3>. 지수형 날씨 보험은 새로운 보험제도로, 특정 기간 동안 특정 지역에서 발생하는 측정 가능한 기상정보를 지수화하여 사전에 정한 지수와 실제 관측 결과 간의 차이에 따라 보험금을 지급하는 상품이다(조재린 외 2012).

표 6-3. 농작물 재해보험과 날씨 지수 보험의 비교

구 분	농작물 재해보험	지수형 날씨 보험
대상 위험	자연재해로 인한 손해	-
보상 형태	실손 보상	지수 변동으로 인한 정액 보상
보상 기준	보험 사고로 인한 실손	Trigger Event
손해 사정	필요	불필요
구입 주체	피보험 이익이 있는 자	-

자료: 조재린 외(2012).

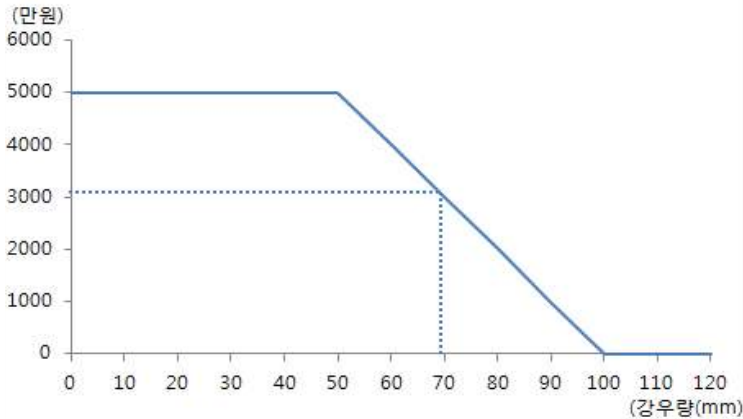
기온, 강수량, 태풍 등의 자연재해 발생 여부 그리고 같은 지역의 기상정보를 바탕으로(지수화) 농작물 손실액이 계산되며, 따라서 보험 설계나 피해 발생 시 손실액을 측정하기 위한 현지 조사가 필요 없기 때문에 이에 따르는 비용이 발생하지 않는다. 또한 보험 구매자들은 실제 손실 액수와는 관계없이 기상 상태 또는 자연재해 발생 여부에 따라 일정 금액을 보상받기 때문에 지수보험은 농부들의 도덕적 해이와 역선택의 문제를 피할 수 있으며, 보험에 가입한 농부들은 보험에 가입하지 않은 농부들과 동일한 경제적 유인을 가지게 된다.

지수 보험은 일단 계약이 이루어지면 비교적 저렴하게 설계되며, 보험 설계를 위해 보험 구매자에 대한 과거 기록이나 해당 지역을 방문해서 조사할 필요가 없다. 또한 피해 발생 후 농가의 손실액을 파악하기 위해 피해 지역을 방문하여 손실 사정 등을 하지 않아도 되기 때문에 관리 비용이 적게 소요된다.

지수형 날씨 보험의 예로 강우량에 따라 최대 5,000만 원까지 보상받을 수 있는 지수형 날씨 보험 상품에 농업인이 가입하였다고 가정할 때, 실제

강우량이 70mm인 경우 농업·인은 3,000만 원의 보험금을 지급받을 수 있다  
<그림 6-3>.

그림 6-3. 지수형 날씨 보험 보험금 산정 예시



해외의 경우 인도, 미국, 캐나다, 중국 등은 이미 정부 주도로 농작물 재해 보험에 지수형 날씨 보험을 도입하여 시행하고 있으며, 특히 미국은 가축 사료용 작물이 가뭄 등 기상이상으로 수확량이 줄어든 경우 농가 손실을 보상해주기 위한 지수 기간 날씨 보험을 성공적으로 도입하였다. 미국은 2000년 농업위험보호법(Agricultural Risk Protection Act)이 실시되면서 목초지와 방목지를 대상으로 사료용 작물 손실에 따른 손해 보장을 위해 강우량과 초목의 푸르른 정도를 지수로 사용한 지수형 날씨 보험 사업을 실시하였고, 보험료 관련 정부 보조금은 보장 정도에 따라 41~49% 정도로 책정되어 있다. 참고로 강우량 지수는 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)가 제공하는 강우량 자료를 이용하여 산출되고 있으며, 푸르름 정도는 EROS(U.S. Geological Survey's Earth Resources Observation and Science)가 제공하는 자료를 이용하여 산출되고 있다(조재린 외 2012). 2007년 이후 지수형 날씨 보험에 대한 계약 건수와 가입 면적이 꾸준히 증가하고 있으며 손해율도 대체적으로 낮게 나타나고 있다<표 6-4>.

표 6-4. 미국 지수형 날씨 보험의 계약 및 손해 상황

단위: 건, 1,000USD, 1,000Acre, %

구분	연도	계약 건수	가입 면적	보험료	보조금	보험금	손해율
PRF -RI	2007	8,024	24,502	63,524	37,474	40,472	63.71
	2008	7,623	23,062	60,076	35,529	79,190	131.82
	2009	12,592	33,599	85,599	46,422	43,997	51.40
	2010	10,838	27,756	77,312	42,182	54,893	71.00
	2011	13,791	30,854	104,349	56,948	175,926	168.59
PRF -VI	2007	1,687	3,959	6,998	3,979	3,442	49.18
	2008	1,511	6,336	8,988	5,093	1,349	15.01
	2009	3,021	7,231	8,384	4,421	1,218	14.53
	2010	1,625	3,378	3,496	1,870	121	3.47
	2011	2,011	3,533	5,289	2,903	4,485	84.80

자료: 조재린 외(2012) 재인용.

국내에서는 2006년부터 지수 기반 날씨 보험이 출시되었으나 현재까지의 판매 실적은 미미하며 농업부문에는 아직 도입되지 않았다. 농업부문의 지수 기반 날씨 보험이 성공적으로 도입되려면 다음과 같은 사항을 면밀히 검토하여 치밀한 정책 프로그램을 마련할 필요가 있다.

실제 손해액과 날씨 지수에 근거한 지급 보험금 간에 차이(basic risk)가 발생할 수 있으므로 실제 손해액과 손해 발생 시 지급되는 보험금의 상관관계를 더 정확하게 반영할 수 있는 지수 개발이 이루어지도록 해야한다. 현재 날씨 지수 개발에 관한 연구는 해외에서 사용되는 지수 모형의 소개와 해외 지수 모형의 단순 도입 정도 수준에 머물러있다. 국내 실정에 적합한 날씨 지수 모형 개발이 시급하다. 하지만 신뢰성 있고 상품 목적에 적합한 지수 개발은 쉽지 않다. 또한 신뢰할 수 있는 날씨 정보를 제공하는 기관이 필요하다. 우리나라는 기상정보 시스템이 잘 구축되어 있어 지수형 날씨 보험을 도입하는 데 필수적인 인프라가 잘 구축되어 있다는 강점이 있다.<sup>35</sup> 따

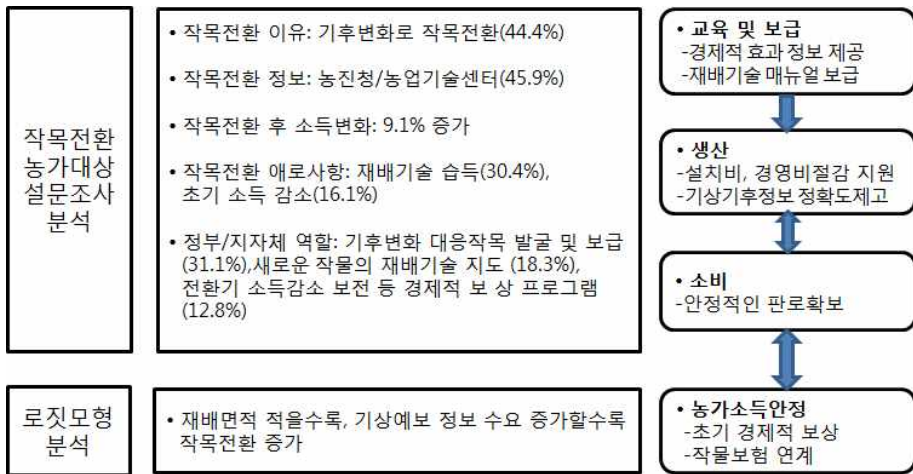
<sup>35</sup> 기상청은 총 548개의 기상 관측소(유인 관측소 51개, 무인 자동 관측소 26개, 완전 무인 방재 목적 관측소 471개소)와 1904년 이후에 해당하는 기상 관측 데이터를 확보하고 있으며, 1973년 이후부터는 전국 대부분의 지역에 대한 시별 관측 데이터를 보유하고 있다.

라서 우리나라가 가지고 있는 기상정보 인프라를 잘 활용하여 효과적인 지수를 개발하고 지수 기반 날씨 보험 프로그램을 도입한다면 기존 재해보험의 단점을 상쇄하고 농업인의 기상재해 관련 위험관리를 지원할 수 있는 효과적인 기후변화 적응 수단으로서의 역할을 기대할 수 있을 것이다.

### 3.2. 미래 기후변화를 고려한 작목 전환

<그림 6-4>는 기후변화에 대응한 작목 전환의 경제적 효과 및 농업인 반응 조사 분석 결과를 종합한 것이다.

그림 6-4. 작목 전환 경제적 효과 및 농업인 반응 조사 결과 종합



미래의 기후변화를 예측한 새로운 작목 전환(crop switching)은 위험과 기회를 동시에 가지고 있다. 위험 요소를 최소화하고 기회 요소를 극대화하기 위해서는 철저한 준비와 체계적인 작목 전환 대책 마련이 필요하다.

작목 전환은 ‘준비→시행→안정 단계’로 이어지는 일련의 과정으로 단계별 생태계(Habitat), 생산자(Entrepreneur), 자원(Resources), 기회(Opportunity)로 구성된 HERO 모형을 이용하여 체계적인 대응책을 마련할 필요가 있다.<sup>36</sup>

생태계는 작목 전환을 잘 안착시킬 수 있는 제도적, 물리적 및 사회적 환경을 의미한다<표 6-5>.

표 6-5. 작목 전환을 위한 HERO 모형을 이용한 단계별 핵심 과제

구분	준비 단계	시행 단계	안정 단계
생태계 (H)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당 작목의 매뉴얼</li> <li>• 해당 작목 교육 존재</li> <li>• 성공 모형의 존재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실패에 대한 감수 정도</li> <li>• 시장 여건 조성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주산지와 경쟁 가능</li> <li>• 작목 전환 주체의 역할 변화</li> </ul>
생산자 (E)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작목 전환 경험 유무</li> <li>• 기술 경영 지원 조직</li> <li>• 행위자의 비전·목표·동기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경영 능력과 리더십</li> <li>• 초기 재배 기술 인력 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작목 전환 주체의 역할 관리</li> <li>• 성장/위기관리 능력</li> </ul>
자원 (R)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술·경영 인적 자원 네트워크 형성</li> <li>• 전환 자금의 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초기 운영 자금 확보</li> <li>• 적합한 품종 선택</li> <li>• 영농 물자의 적기 조달</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 외부 자원의 활용</li> <li>• 지속적인 자금 조달</li> <li>• 생산자의 기술 향상</li> </ul>
기회 (O)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기회 포착</li> <li>• 주산지 생산성·수익성 비교</li> <li>• 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 체계적 영농 설계서 작성 및 실천</li> <li>• 초기 시장 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시장 변화에 신속 대응</li> <li>• 재배면적의 확대 조절</li> <li>• 새로운 기회 도출 가능성</li> </ul>
핵심 과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생산자의 뚜렷한 비전, 목표, 동기</li> <li>• 생산자 지원 기술 경영 지원 조직 마련</li> <li>• 시장조사를 통한 수요 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작목 전환 리스크 분담</li> <li>• 지자체 차원의 전략 품목 육성</li> <li>• 전환 작목 영농 설계서 작성과 시행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생산자의 기술 향상 및 비용 절감</li> <li>• 수확 후 관리 시설 구축 및 출하 시기 조절</li> <li>• 작목 전환에 따른 혜택 공유</li> </ul>

자료: 안경아 외(2012: 709, 722)의 HERO 모형 표에 제시된 내용을 기후변화 대응 작목 전환 내용에 맞도록 보완하여 작성한 것임.

기후변화에 따른 지역별 여건(주산지 변동과 생태계 변동)을 반영한 신제품 개발과 보급 확대가 필요하다. 변화한 기후에 적합한 새로운 품종 개발,

<sup>36</sup> HERO 모형은 벤처기업의 창업 단계별 성공 요인 분석에 활용되고 있으며, 안경아 외(2012)는 이 모형을 작목 전환의 성공 요인 분석에 적용한 사례 분석을 제시함.

새롭게 발생하는 외래종 연구, 고온에서 착색이 용이한 과수 품종 개발 분야의 연구개발에 중점을 둘 필요가 있다(김창길 외 2009).

기후변화에 대응하여 작목 전환을 시도한 농가들의 소득 변화를 조사한 결과, 전환 이전 작목에 비해 소득이 9.1% 증가하는 것으로 나타났다. 또한 PMP 기법을 이용한 분석 결과에서도 작목 전환이 농업의 부가가치를 증대시키는 것으로 분석되었다. 따라서 새로운 품종 개발과 함께 지역별로 적합한 기후변화 대응 작목을 보급할 필요가 있다. 농가 조사 결과에서도 작목 전환 시 정부나 지자체의 역할로 ‘기후변화 대응 작목 발굴 및 보급이 필요하다’는 의견(31.1%)이 상당히 높게 나타났다.<sup>37</sup>

기후변화 대응 작목 가운데 최근 제주도를 비롯하여 전라남도, 경상남도 등지에서 열대·아열대 작목의 적응 시험 및 도입이 이루어지고 있는데, 대표적으로 망고, 패션프루트, 파파야, 용과 등의 과일과 여주, 아스파라거스, 오크라 등의 채소가 재배되고 있다. 열대·아열대 작목을 보급하기 위해서는 보급 대상 지역의 적응 시험이 먼저 이루어져야 할 것이다. 적응 시험은 농가 단위에서 접근하기 어렵기 때문에 각 도 농업기술원이나 각 시·군 농업기술센터에서 담당할 수 있으며, 적응 시험을 위한 전용 시설이나 전문 인력에 대한 지원을 해줄 필요가 있을 것이다. 농가 조사에서도 나타난 것처럼 정부나 지자체의 역할로 ‘새로운 작물의 재배 기술 지도가 필요하다’는 의견(18.3%)이 있으므로 매뉴얼을 작성하여 보급하거나 지속적인 기술 컨설팅을 통해 지원해줄 필요가 있다.

적응 시험이 이루어진 작목의 보급 확대를 위해서는 농가 단위에서 직면할 수 있는 여러 가지 문제가 우선 파악이 되어야한다. 열대·아열대 작목은 우선 초기 고비용의 시설 하우스에 대한 투자가 이루어져야하므로 시설 설치 비용이 지원될 필요가 있다. 이 시설 설치에는 중앙정부의 첨단 온실 신축 지원

<sup>37</sup> 전문가들의 기후변화 적응 방안의 종합평가 결과를 보면 새로운 작목 도입을 포함한 ‘품종 개발’이 1위로 나타났다(김창길 외 2009). 또한 농림수산 식품 기후변화 적응 기술 개발 우선순위 평가에서 ‘기후변화에 적응성과 생산량이 우수한 농림수산물 품종 육성’이 2위로 나타났다(김창길 외 2014).

사업<sup>38</sup>과 연계하거나 지자체별 특화 작목 지원 사업과 연계할 수 있을 것이다. 고비용의 시설 설치 비용 이외에도 과일의 경우에는 초기 1~3년간 수확이 이루어지지 않아 소득이 발생되지 않는 문제도 있다. 농가 설문 조사 결과에서도 ‘전환기 소득 감소 보전 등 경제적 보상 프로그램이 필요하다’는 의견(12.8%)이 있었는데, 초기 소득을 보전해줄 수 있는 방안을 모색해야 할 것이다. 또 열대 과일류의 경우 난방비 부담이 매우 크게 발생하는데 망고의 경우, 경영비에서 차지하는 비중이 50%를 넘어 큰 부담으로 작용한다.<sup>39</sup> 그러므로 난방비를 낮출 수 있도록 폐열을 이용하도록 하거나 지열 히트 펌프나 목재 펠릿 등의 신재생 에너지를 보급할 필요가 있다. 특히 신재생 에너지 보급은 온실가스 감축에도 기여하여 소위 말하는 ‘공동 편익(Co-Benefit)’이 발생하므로 향후 기후 스마트 농업기술로 적극 검토할 필요가 있다.

농산물의 고유한 품종 특성을 고려하여 품종개량과 함께 새로운 품종 개발이 이루어져야 한다. 벼의 경우 기후 조건과 토양 등을 고려하고 각종 재해에 견딜 수 있는 내재해성, 고온 등숙성, 지역 적응성이 높은 품종을 개발해야 한다. 사과는 저온 요구에 둔감하고 고온에서 착색이 용이한 품종 개발이 요구된다(김창길 외 2009).

지역적 특성을 반영하여 주산지 변동에 따른 새로운 품종 도입이 필요한 경우 지역적 적응성과 소비자 기호성, 국내외 경합성 등을 종합적으로 고려하여 도입 작목을 선정해야 한다. 열대 또는 아열대 작물을 도입하는 경우 환경 적응성이 높고 재배하기 쉬우며 기능성을 함유하고 있어 소비자의 기호성이 높고 해외에서 수입하기 어려우며 수익성이 높은 작물을 선정해야 한다(김창길 외 2009).

지자체는 작목 전환 희망 농업인을 대상으로 작목반이나 연구회를 조직

<sup>38</sup> 첨단 온실 신축 지원 사업은 첨단 온실의 신축과 개축에 대한 전략적 지원을 바탕으로 고부가가치 농산물의 안정적인 수출 및 물가 안정을 위한 공급 기반 구축을 목적으로 2013년부터 추진되고 있는 사업이다(농림축산식품부 2015d).

<sup>39</sup> 제주도 농업기술원 조사 자료에 따르면 망고 생산을 위한 경영비에서 광열 동력비가 차지하는 비중이 51%로 산정되었다.

하여 열대·아열대 과일에 대한 시범 사업 추진과 특정 지역을 단지화하여 기술 보급 및 판로 확보 등 미래 경쟁력이 유지될 수 있도록 선제적인 대응 전략을 수립하여 추진토록 한다.

기후변화 여건에 적응할 수 있도록 재배 적지 조정, 시비, 파종, 수확 시기 조절 등 새로운 생산기술 개발이 필요하다. 권역별·지역별 기후변화 여건 변화를 반영하여 해당 지역에 적합한 대체 작목을 발굴하여 적응 시험 및 농가 보급 추진이 필요하다. 전라권의 경우 감귤과 한라봉 등 난대성 과일의 적응성 연구와 중·장기적으로 아열대 과수와 채소에 대한 적응성 연구, 고랭지에 적합한 사과 품종개량 등의 품종 개발이 이루어져야 한다. 또한 제주권의 경우 고온성 감귤 및 한라봉 품종개량과 열대 및 아열대 과수와 채소의 신품종 적응성 연구가 필요하다<표 6-6>(김창길 외 2009).

표 6-6. 권역별 기후변화 적응 대체 작목 개발 추진 과제

권역	기술 개발 분야
충청권	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 기후변화 대응 고등숙 적응 고품질 조생종 벼 품종 선발</li> <li>● 조생종 벼 조기 이앙과 적정 재식 거리 설정 등 적응 기술 개발 및 보급</li> <li>● 충남 서산시: 노지 감귤, 키위, 구아바, 무화과, 체리, 올리브, 자두 등 선발</li> </ul>
전라권	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 벼 이모작 확대 기술 개발 및 보급                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이상 고온에 따른 병해충의 작물별 피해율 산 정기술 개발</li> </ul> </li> <li>● 온난화 대응 과수류와 채소류 품종 개발 및 보급                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 감귤·한라봉 등 난대성 과일 재배 기술 보급</li> <li>- 아보카도, 망고, 패션프루트, 체리모야 등 아열대 과일 적응 및 재배 기술</li> <li>- 아티초크, 오크라, 아스파라가스 등 아열대 채소류 적응 연구</li> </ul> </li> </ul>
강원권	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 기후 온난화 대비 강원 지역 과수류 품종개량 및 재배 기술 보급                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 강원 지대별 사과, 포도, 배 등 주요 과수류 적응 및 재배 기술 보급</li> <li>- 영동 지역의 난지 과수 재배 가능성 연구</li> </ul> </li> </ul>
제주권	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 온난화 대응 열대/아열대 작물 개발 연구                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열대 과수로 망고, 패션프루트의 적응성 평가</li> <li>- 도입 파종: 망고, 아보카도, 패션프루트, 용과, 마카다미아, 아메모야, 체리모야, 구아바 등 8과종 12품종</li> <li>- 채소류: 오크라, 아티초크, 열대 시금치, 차요테, 공심채, 페피노, 구와이, 열대 토마토, 양빈 등 10개 품종</li> </ul> </li> </ul>

자료: 김창길 외(2009: 193)의 표에 제시된 내용을 기후변화 대응 작목 전환 내용에 맞도록 보완한 것임.

농업부문의 기후변화 적응을 위한 생산기술 개발도 중요한 분야이다. 생산기술에는 새로운 병해충·잡초 등에 대응한 방제 기술 및 예측 모형 개발, 새로운 시비·작목 파종 및 수확 시기 조절 등의 재배 기술 개발, 새로운 재배 적지의 조정, 과실의 결실 안정 기술, 난지 작물 내륙지역 적응성 검증 기술 등을 들 수 있다. 기후변화에 적응할 수 있는 품목별·지역별 재배 기술 개발은 비용 효과적인 적응 수단으로 활용될 수 있다. 특히 온난화 적응 관련 생산기술에 있어서 파종 시기 조절과 재배 적지 조정 분야는 실제로 농가 단위에 쉽게 적용되는 분야로 활용도가 매우 높은 기술 개발 분야이다 (김창길 외 2009).

### 3.3. 융합 기술을 활용한 스마트 농업의 농가 보급 확대

기후변화에 대응하여 온실가스 저감과 위험을 최소화하기 위해 융합 기술을 기반으로 하는 스마트 농업이 제안되었다(김정호 외 2012). 스마트 농업은 농업 가치 사슬 전반에 IT 등 융합 기술을 접목하여 고기능·고효율을 달성함으로써 부가가치 제고, 생산비 절감, 환경오염 최소화 등을 통해 지속가능한 농업을 구현하는 농업을 의미한다(김연중 외 2013). 스마트 농업은 농촌 인구 감소와 노동력 부족, 기상 이변에 따른 각종 재해 빈발의 대비책으로 중요성이 확대되고 있다. 스마트 농업은 생산·유통·소비 등 전 과정에서 이루어지고 있다. 특히 생산 부문에서 각종 기술과 정보 및 유비쿼터스 기술을 활용한 스마트 농장을 통해 효과적인 병해충 관리와 비용 절감이 가능하다.

PMP를 이용한 기후변화 적응 관련 최적 자원 배분 효과 분석 결과, 미래 농업에서 기후변화에 효과적으로 대응하기 위해 스마트 농업의 필요성이 제시되었다. 또한 열대·아열대 작목의 재배는 노동력이 매우 많이 필요한 것으로 조사되었다. 망고의 경우 재배에 투입된 자가 노동시간이 남자 223시간, 여자 137시간, 여주의 경우 남자 54시간, 여자 305시간으로 사과나 쌀과 비교할 때 크게 많은 수준으로 나타났다. 이렇게 작목 특성상 필요로 하

는 많은 노동력 때문에 PMP 분석 결과에도 나타났듯이 휴경지 발생이라는 애로 사항이 초래된다. 새로운 대체 작목 전환으로 인한 농업 노동력 부족을 해결하는 방안으로 최근 활발히 논의되고 있는 ICT 첨단 기술을 활용한 복합 환경제어 시스템을 망고, 여주 등 대체 작목 생산에 도입하여 스마트팜(smart farm)을 구축할 필요가 있다.

사전적 기상정보 제공을 위한 조기 경보 시스템 개발, 농업 기상재해 발생 위험지 상세 구분, 농업 기후 요소별 상세 기후도 구축(전자 기후도 활용) 등 기후 정보시스템 개발도 필요하다. 기상 및 기후 정보의 가치는 기후 변화에 따라 온난화되고, 이상기상 현상이 자주 발생할수록 커지게 될 것이다. 전문가들의 기후변화 적응 방안 평가에서 ‘기후 정보시스템’은 전체 19개 적응 방안 가운데 7위를 차지했다(김창길 외 2009). 또 농림수산물식품 기후변화 적응 기술의 피해 방지 및 기반 구축 기술 분야 우선순위 평가에서 전체 19개 대안 가운데 ‘이상기상(폭염, 강풍, 폭설, 가뭄 등) 조기 경보 시스템 구축’이 1위를 차지했다(김창길 외 2014). 농가들의 기상 및 기후 정보 활용 실태를 분석한 결과, 기상예보 중에서는 장기 예보의 활용도가 10% 미만으로 나타났고, 기후변화 정보를 활용하지 않는 이유로 ‘정보에 대한 접근이 어렵다’는 의견(30.8%), ‘필요한 정보가 존재하지 않아서’라는 의견(30.8%)이 가장 많았다. 한편 기후변화에 대응하기 위한 농업 기상정보 관련 적응 방안 가운데 가장 필요한 사항으로 ‘지속적인 정확도 제고’ 의견(40.1%) 매우 높게 나타났다(김창길 외 2012).

향후 기상 및 기후 정보의 정확성 제고와 함께 다양한 농업 기상 및 기후 정보를 생산하고, 또, 특정 품목의 농작업별 맞춤형 기상 및 기후 정보를 생산하는 것도 필요할 것으로 보인다<표 6-7>. 열대·아열대 과일 생산 농가의 경우, 이상 저온에 한번 노출될 경우 과목이 죽기 때문에 피해가 대규모로 나타나게 된다. 따라서 향후 기후변화가 진행됨에 따라 이상기상 현상이 보다 빈번해질 것으로 예상되고 있으므로 농업 분야에 특화된 이상기상 조기 경보 시스템을 구축함으로써 피해를 미연에 방지할 필요가 있다. 또 정보에 대한 접근성 제고를 위해 농가들이 정보를 쉽게 이용할 수 있도록 스마트폰, SNS 등을 활용하여 확산시킬 필요가 있다.

표 6-7. 기상 및 기후 정보 제공 사례

구분	전자 기후도	농림 기상 관측	농림 기상 모형
주요 콘텐츠	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기본 기후도</li> <li>· 이차 기후도</li> <li>· 분석 기후도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기상 실태 지도(일평균 기온, 일최고 기온 등)</li> <li>· 농림 기상 관측 자료 (기상청, 경기도 농업기술원, 충남도 농업기술원 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국지 대기 모의</li> <li>· 모형 정보</li> <li>· 표출 변수 설명</li> <li>· 활용법 등</li> </ul>

자료: 국가농림기상센터(<http://www.ncam.kr/>; 2015. 10. 15.).

기후변화 적응 농업은 기후 스마트 농업(climate-smart agriculture: CSA)으로 확대 발전시킬 필요가 있다. 기후 스마트 농업은 기후변화 적응뿐만 아니라 온실가스 감축을 위한 기후변화 완화와 농업 생산성 증대 등 세 가지 목적을 동시에 추구한다. 기후 스마트 농업으로의 전환은 특정한 지역 조건에 즉각 반응하는 통합적 접근법(integrated approach)을 필요로 한다. 기후 스마트 농업의 확산을 위해서는 적절한 제도적·거버넌스적 메커니즘이 필요하다. 적절한 제도적·거버넌스적 메커니즘을 통해 정보를 확산시키고, 정책 참여와 조화를 높일 수 있다. 기후 스마트 농업의 핵심적인 개념은 스마트한 농업기술을 활용하여 농업 생산성 개선도 추구하면서 기후변화 완화와 적응의 시너지 효과를 달성하는 방법을 말하며, 기술적·정책적 측면에서 국제사회가 공동으로 적절한 방안을 모색하기 위한 중·장기적인 로드맵 제시가 필요하다.

### 3.4. 체계적인 인력 양성 및 교육·훈련 강화

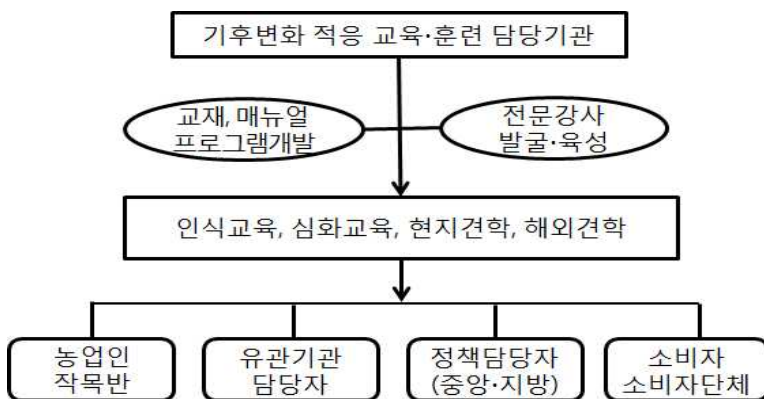
농업 분야 기후변화 대응 인력 양성 분야에서는 적응 대책 전문 인력 육성과 기후변화 적응 선도 농업인 육성을 위한 교육 프로그램 운용이 필요하다. 농촌 현장에서의 기후변화 대응은 시·군 농업기술센터의 지도, 작목반장 또는 선도 농업인 등을 통해 이루어지고 있으므로 이들 기관과 핵심적인 지도자에 대한 체계적인 교육이 필요하다. 성공적인 기후변화 대응을 위한

공감대 형성과 인식 제고를 위해서는 효과적인 교육 프로그램 개발과 상당한 예산 투입이 필요하다(김창길 외 2009).

농업 재해보험에 관한 정보 제공 및 농업인 교육이 요구된다. 효과적인 적응 교육·훈련이 이루어지기 위해서는 교재 개발, 적응 대책 및 품목별 재배 매뉴얼 작성·보급, 교육 담당 전문 강사 발굴·육성 등을 위한 과감한 인프라 구축 투자가 필요하다. 보험 가입 농가들이 농작물 재해보험으로 인한 경제적, 비경제적 효과를 경험하고 있음에도 불구하고, 보험에 관한 정보 부족 및 주위의 그릇된 인식으로 인하여 재해보험 인지도에 비하여 보험 가입률이 낮게 나타나고 있다. 따라서 재해보험의 실제적인 보험 효과 제시 등과 같은 좀 더 심화된 농업인 교육, 현장 교육 및 해외 견학 등을 실시하여 보험에 대한 인식 제고가 필요하다.

기후변화 대응 교육 분야에서는 작목 전환, 농업 기상·기후 정보 시스템 활용에 대한 농가 인식 제고를 위한 교육 확대가 필요하다. 재배면적이 적고, 농업 관련 교육 참가 경험이 많을수록, 기상·기후 정보 활용 빈도가 높을수록 작목 전환을 할 가능성이 높다. 따라서 효과적인 작목 전환을 위해 재배면적이 적은 농가들을 대상으로 이상기상에 관한 정보나 작목 전환의 효과 등에 대해 교육할 필요가 있다<그림 6-5>.

그림 6-5. 기후변화 적응 역량 강화를 위한 교육·훈련 체계



IPCC의 제5차 기후변화 평가 보고서에 따르면 지구의 평균기온이 2°C 상승하면 밀, 쌀, 옥수수 등 주요 곡물의 생산량이 감소하여 식량문제가 심화될 것으로 제시하고 있다. 지구온난화로 평균기온이 2°C 상승하는 것이 먼 훗날의 얘기가 아니라는 것이 문제다. IPCC 제5차 보고서에 따르면 1880년부터 2012년까지 전 지구 평균기온은 0.85°C 상승했다. 한편 한반도의 기온은 지난 100년 동안 1.8°C 상승하였으며 이는 전 지구 평균보다 상당히 높은 수준이다. 한반도의 경우 기온 상승 폭이 머지않아 2°C를 넘어선다는 뜻이다. 타 산업 부분에 비해 상대적으로 기후 의존적인 농업부문의 경우, 기후변화에 따른 위험을 최소화하고 기회로 활용하기 위한 적절한 적응 방안 모색은 중요한 시대적인 과제이다. 이러한 맥락에서 농업부문 적응 수단에 대한 경제적 효과 분석을 기초로 기후변화 적응 시스템 구축 방안을 제시하였다.

농업인의 기후변화 인식도와 적응 실태 조사에 따르면, 기후변화에 대응하여 농가들이 전반적으로 많이 활용하고 있는 적응 수단은 농작물 재해보험, 작목 전환, 기상·기후 정보 활용 등으로 조사되었으며, 이러한 적응 수단들에 대해 경제적 효과를 분석하였다. 먼저 Just-Pope 모형 분석을 통해 농작물 재해보험의 효과를 추정한 결과, 기상재해 빈도가 증가할수록 보험의 경제적 효과가 커지며, 보험 미가입 농가보다 보험 가입 농가에 132만원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 농가 조사 결과, 보험을 인지하고 있는 응답자의 절반가량이 보험에 관한 정보가 부족하다고 대답하였는데, 이는 보험의 실질적인 효과에 관한 정보를 제공할 수 있는 홍보 및 교육이 필요함을 시사한다.

기후변화 적응 관련 작목 전환의 경제적 효과 분석을 위해 PMP 모형을 이용한 재배 작물의 최적화 분석 결과에 따르면, 열대·아열대의 대체 작목이 전라남도의 경우 전체 식부면적의 1.2~1.9%, 제주도의 경우 6.6~12.0%를 점유하는 것으로 나타났다. 또 기후변화에 대응하여 작목 전환의 적응 수단을 도입한 경우의 농업 총이윤은 전라남도의 경우 -0.2~2.6%, 제주도의 경우 16.3~30.1% 증가하는 것으로 평가되었다.

농가들의 작목 전환 의사결정 요인을 분석한 결과, 재배면적이 적을수록, 농업 관련 교육 횟수가 많을수록, 기상·기후 정보 활용도가 높을수록, 농작물 재해보험 가입 의사가 높을수록 작목 전환을 더 많이 하는 것으로 분석되었다. 또 작목 전환을 경험한 농가들은 작목 전환의 주요 애로 사항으로 작목 전환 초기의 소득 감소, 재배 기술 적응, 판로 확보 등을 꼽았다. 따라서 소규모 농가들의 작목 전환에 따른 초기 소득 감소의 위험을 완화시켜주고, 정확한 기상·기후 정보, 농작물 재해보험 정보 등을 제공해줌으로써 적절한 작목 전환 의사결정을 지원할 필요가 있다.

기상·기후 정보의 활용이 농가 소득에 미치는 효과를 추정한 결과, 기상 정보, 기상특보, 기후변화 등 기상·기후 정보 활용도가 높을수록 농가 소득이 높은 것으로 분석되었다. 이는 농가 소득 제고를 위해 기상 및 기후 정보를 적극적으로 확산시키는 정책적 노력이 필요함을 시사한다.

농업 분야의 기후변화 적응을 위해 기술 개발(R&D), 기반 시설 관리, 경제적 수단, 법·제도 정비, 인력 양성 및 교육 등 다양한 수단이 활용되고 있다. 현실적으로 널리 활용되고 있는 농작물 재해보험과 작목 선택의 핵심 수단에 대한 경제적 효과와 적응 관련 최적 자원 배분의 효과 및 기상·기후 정보의 활용 등에 대해 심층적으로 분석하였다.

농작물 재해보험은 농업인의 인지도가 높고 농가 측면에서 상당한 경제적 효과를 가지는 유력한 기후변화 적응 수단임에도 현실적으로는 보험 정보의 제공도 불충분하고 가입률이 낮은 실정이다. 따라서 기존 제도에 대한 심층적인 진단을 기초로 적절한 보완이 필요하고, 여건 변화를 반영하여 특정 기간 동안 해당 지역에서 발생하는 기상정보를 지수화한 새로운 제도로 지수형 날씨 보험 도입을 적극적으로 검토할 필요가 있다. 지수형 날씨 보험은 기존의

실손 보험에서 발생하는 도덕적 해이와 역선택의 문제를 피할 수 있다.

작목 전환은 미래의 기후변화를 고려한 선제적 대응책으로서 또한 실제적인 기후변화 적응 수단으로서 널리 활용되고 있다. 특히 작목 전환은 농가의 입장에서 위험과 기회를 동시에 가지고 있으므로 위험을 최소화하고 기회를 극대화하기 위해 전략적 접근이 필요하다. 통상적으로 작목 전환은 ‘준비→시행→안전 단계’로 이어지는 일련의 과정으로 이루어지기 때문에 각 단계별 HERO 모형을 이용하여 핵심 과제를 발굴하여 단계적으로 추진해야 한다.

효과적인 기후변화 적응을 위해서는 정보통신기술(ICT)·바이오기술(BT)·환경기술(ET) 등 융합 기술을 활용한 스마트 농업의 실천이 중요하다. 최근 FAO, World Bank, OECD 등 국제기구를 중심으로 농업 생산성을 높이고 기후변화 완화와 적응을 동시에 추구하는 기후스마트농업(Climate-Smart Agriculture)에 대한 관심이 크게 증가하고 있다. 또한 우리나라의 경우 이미 다양한 분야에서 스마트 농업이 실현되고 있다. 따라서 이를 통해 미래 농업의 제약 요소로 작용할 노동력 부족 문제를 해결하고 선제적 대응이 가능한 기후변화 적응 시스템 구축이 이루어질 수 있다.

농업부문의 기후변화 대응 수단을 활용한 적응 시스템 구축을 위해서는 관련 주체의 적응 능력 제고를 위한 교육·훈련이 중요하다. 농업부문의 기후변화 적응 시스템이 제대로 구축되기 위해서는 정부, 농업인, 연구자, 유관 기관(한국농어촌공사, 농협 등) 등 관련 주체 간의 네트워킹과 역할 분담이 적절하게 이루어져야 한다. 농업부문 기후변화 적응 수단의 경제적 효과에 관한 종합적인 분석을 위해서는 IFPRI에서 개발된 IMPACT 모형을 이용한 분석과 같이 적용되는 적응 수단별로 적절한 파라미터를 설정하여 통합 모형(integrated model)을 이용하여 분석하는 연구가 이루어져야 할 것이다. 아울러 이 연구에서는 관련 분야 자료의 제약으로 인해 기후변화 적응 수단을 재해보험, 작목 전환, 정보 활용 등에 한정하였으나, 향후 연구에서는 재배 시기 조절, 농업용수 관리, 농업시설 관리 등 다양한 수단을 심층적으로 분석할 필요가 있다.

## 부록 1

### 기후변화 적응 분석 방법론

부표 1. 기후변화 적응 분석 방법론의 적절성 검토

방법론	프로젝트 수준에서의 경제적 평가	자율적 적응의 평가와 계획적 적응의 평가	Soft 적응의 평가 Hard 적응의 평가	기후변동성, 기상이변의 확대 및 기후변화	불확실성의 모형화	결과의 정밀성
작물 모형 (Crop Model)	높음. 단, 경제적 모델이 모형에 통합되어야 함.	자율적 적응과 계획적 적응 모두 보통. 실증 데이터에 대한 의존 없이 연구자가 특정한 조치를 결정	Soft 적응과 Hard 적응 모두 높음.	기후변동성과 기상이변의 확대, 기후변화 모두 높음.	보통. Monte Carlo 시뮬레이션 등을 통하여 미래 기후변화 시나리오를 시뮬레이션할 수 있음.	보통. 작물 모형이 기후변화 영향의 과대 추정에 영향을 받음. 가정에 따라 적응의 효과도 과소 또는 과대 추정될 수 있음.
리카디언 모형 (Ricardian method)	보통. 지역적 수준에 더욱 적합. 리카디언 함수를 지역 단위로 추정하고, 방정식에서 지역 기후변수를 대체할 수 있어야 함.	자율적 적응은 높음. 계획적 적응은 보통에서 높음. 리카디언 모형은 비계획적 시나리오에 더욱 적합함.	Soft 적응과 Hard 적응 모두 보통. 설명 변수에 따라 다름.	기후변화와 기후변동성은 높음. 기상이변은 낮음에서 보통.	여러 가지 미래 기후 시나리오를 고려했을 때만 낮음.	방법과 지역 특성에 따라 다름. 자율적 적응을 기초로 하기 때문에 일반적으로 영향 추정치가 작물 모형보다 더 낮음.
다기준 의사결정 분석 (MCDA)	일반적으로 낮음. 경제학적 기준들이 의사결정 기준들에 포함된다면 높음.	자율적 적응과 계획적 적응 모두 높음. 계획적 적응이 더 적합함	Soft 적응과 Hard 적응 모두 높음.	기후변동성과 기상이변의 확대, 기후변화 모두 높음.	확률적 가중 시나리오에서 보통.	각 의사결정 기준에 대한 프로젝트 성과가 어떠한지에 따라 다름.

(계속)

방법론	프로젝트 수준에서의 경제적 평가	자율적 적응의 평가와 계획적 적응의 평가	Soft 적응의 평가 Hard 적응의 평가	기후변동성, 기상이변의 확대 및 기후변화	불확실성의 모형화	결과의 정밀성
확률 기반 방법론 (Probability based approach)	낮음. 특정한 적응 수단의 평가에 더욱 적절함.	일부 계획적 적응 수단에서는 높음(주로 hard) 자율적 적응은 낮음.	Hard 적응은 높고, Soft 적응은 낮음.	기후변동성과 기상이변은 높음. 기후 변화는 낮음.	현재는 낮음. 잠재적으로는 미래 기후 시나리오하에서 기후변수의 확률분포를 이용하여 높음.	낮음. 부정확한 확률 분포 문제와 기후변화하에서의 미래 확률의 불확실성 문제
실물 옵션 분석 (Real Option Analysis)	높음. 프로젝트 준비 시기에 적절하게 일찍 적용될 때 특별히 장점이 있음.	계획적 적응은 높음. 자율적 적응 능력 배양을 높이는 정부 개입을 포함	Hard 개입적 적응은 높음. soft 적응은 잠재적으로 높음.	기후변동성과 기상이변의 확대, 기후변화 모두 높음.	보통. 다양한 미래 상태를 확률적으로 고려할 수 있음.	낮음. 현재가치 계산을 위한 많은 가정이 필요
로버스트 의사결정 Robust Decision Making	높음. 프로젝트 규모를 양하게 할 수 있음.	계획적 적응은 보통 자율적 적응은 보통에서 낮음. 시나리오를 만들 때 일반적으로 reduced-form 모형을 이용함.	Hard 투자개입 적응은 높음. soft 적응은 잠재적으로 높음.	기후변동성과 기상이변의 확대, 기후변화 모두 높음.	높음. 불확실성의 묘사가 중요한 요소임.	보통. 여러 가지 프로젝트 계획의 취약성을 강조할 수 있음. 보상의 정확한 수단은 제시하지 못함.

자료: World Bank(2010b)에 제시된 기후변화 적응 분석 방법론에 대한 설명 자료를 기초로 요약한 내용을 표로 작성함.

## 부록 2

### 기후변화 대응 농가 조사표

#### 『농업부문 기후변화 적응 농업인 조사』

안녕하십니까?

본 설문 조사는 기후변화가 농업부문에 미치는 영향을 알아보고 농업부문의 피해를 최소화하는 장기적인 대책을 마련하는 데 필요한 농업인의 의견을 수렴하고자 실시하는 것입니다. 답변해주시는 내용은 연구 자료 이외에 다른 용도로 사용되지 않을 것이며, 개인에 관한 사항은 일체 공개되지 않음을 약속드립니다. 바쁘시더라도 설문 조사에 많은 협조를 부탁드립니다. 감사합니다.

#### I. 기후변화에 대한 인식

※ 아래의 질문들은 기후변화에 관한 일반적 인식에 관한 질문입니다.

1. 지구온난화와 같은 기후변화에 대해 어느 정도 알고 계십니까?

잘 알고 있다	알고 있다	보통이다	모른다	전혀 모른다
①	②	③	④	⑤

2. 귀하께서는 지난 20년 동안 기후변화로 인해 다음과 같은 변화가 어느 정도 있다고 생각하십니까?

	매우 그렇다	그렇다	보통이 다	아니다	전혀 아니다
평균온도의 상승	①	②	③	④	⑤
평균강수량의 상승	①	②	③	④	⑤
비 오는 시기(패턴)의 변화	①	②	③	④	⑤





<소득 변화 보기>

25% 이상 감소	15~25% 감소	5~15% 감소	5% 감소~ 5% 증가	5~15% 증가	15~25% 증가	25% 이상 증가
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

8. 귀하의 작목 전환 이유는 무엇입니까? 우선순위에 따라 2가지를 응답해주세요.

1순위	2순위

- ① 기후변화로 과거 작목의 단수 및 품질 저하
- ② 과거 작목의 과잉생산, 수입 증가로 가격 하락
- ③ 기온 상승으로 현재 작목의 재배 적지 판단
- ④ 전환 작목에 대한 정부/지자체의 보급 및 지원
- ⑤ 기타( )

9. 귀하는 작목 전환에 대한 정보를 어느 곳을 통해 얻으셨습니까?

- ① 농협 ② 시/군청 ③ 주위 농가 및 생산자 모임 ④ 농진청/농업기술센터
- ⑤ 기타( )

10. 귀하의 작목 전환 시 애로 사항은 어떤 것이 있었습니까?

- ① 전환 작목 선택
- ② 재배 기술 습득
- ③ 안정적인 판로 확보
- ④ 초기 소득 감소
- ⑤ 기타( )

11. 귀하는 작목 전환 시 정부/지자체로부터 어떤 도움이나 지원을 받았습니까?

- ① 전환 작목(품종) 선택 관련 정보
- ② 재배 기술 지도
- ③ 판로 확보
- ④ 전환기 소득 감소 보전 등 경제적 보상
- ⑤ 전환 작목 재배를 위한 시설 지원
- ⑥ 새로운 작물의 소비자 교육 및 홍보
- ⑦ 기타( )

12. 기후변화에 대응하여 작목을 전환할 경우 정부/지자체의 역할은 무엇이라고 생각하십니까?

- ① 기후변화 대응 작목 발굴 및 보급
- ② 새로운 작물의 재배 기술 지도
- ③ 새로운 작물의 안정적인 판로 확보
- ④ 전환기 소득 감소 보전 등 경제적 보상 프로그램
- ⑤ 새로운 작물의 소비자 교육 및 홍보
- ⑥ 기타( )

### III. 기후변화 대응 수단: 기상·기후 정보 활용

13. 귀하는 단기적인 기상예보, 단기적인 기상특보, 장기적인 기후변화에 관한 정보를 주로 어디에서 얻고 있습니까?

- ① 스마트폰 ② 인터넷 ③ TV/라디오 ④ 신문/잡지 ⑤ 기타( )

14. 귀하는 단기적인 기상예보에 관한 정보를 귀하의 농사에 어느 정도 활용하고 있습니까?

- ① 많이 활용하는 편임
- ② 활용하는 편임
- ③ 보통
- ④ 활용하지 않는 편임
- ⑤ 전혀 활용하지 않는 편임

14-1.(①과 ②응답자만) 귀하는 다음의 단기적인 기상예보 중 가장 많이 활용하는 예보는 무엇입니까?

- ① 오늘 예보 ② 내일 예보 ③ 중기예보(10일 예보)
- ④ 장기예보(1개월 전망) ⑤ 장기예보(3개월 전망)

14-2.(④와 ⑤응답자만) 귀하가 단기적인 기상예보를 활용하지 않는 이유는 무엇입니까?

- ① 정확성이 떨어져서 ② 정보에 대한 접근이 어려워서 ③ 필요한 정보가 없어서
- ④ 필요한 시기에 정보가 제공되지 않아서 ⑤ 기타( )



#### IV. 기후변화 대응 수단: 보험 활용

※ 다음은 농작물 재해보험에 관한 질문입니다.

17. 농작물 재해보험에 관하여 알고 계십니까?

- ① 알고 있음    ② 모름

(17-1~17-3은 문항17에서 “① 알고 있음”을 선택하신 분만 답변해주세요.)

17-1. 농작물 재해보험에 관한 정보를 어디서 얻으셨습니까?

- ① 농협    ② 관공서(시군청)    ③ 주위 농가 및 생산자 모임  
 ④ 농진청/농업기술센터    ⑤ 신문 및 전문지    ⑥ 기타(    )

17-2. 농작물 재해보험에 관하여 제공되는 정보가 충분하다고 생각하십니까?

- ① 매우 불충분    ② 불충분    ③ 보통    ④ 충분    ⑤ 매우 충분

17-3. 평소 17-1의 기관(모임)이 제공하는 정보에 관하여 어떻게 생각하십니까?

- ① 매우 신뢰하지 못함    ② 신뢰하지 못함    ③ 보통  
 ④ 신뢰함    ⑤ 매우 신뢰함

(17-4는 문항17에서 “② 모름”을 선택하신 분만 답변해주세요.)

농작물 재해보험이란 자연재해로 인한 농작물의 손해에 대해 보장해주는 보험입니다.	
과수	보상하는 자연재해로 인한 과수의 손해에 대해 보장 *보험 대상 품목: 사과, 배, 감귤, 단감, 뽕, 복숭아, 포도, 자두, 참다래, 밤, 매실, 대추, 복분자, 오디
벼	벼의 수확량 감소 손해에 대해 보장
원예 시설	자연재해, 조수해, 화재로 인한 농업용 시설물, 부대 시설에 대한 피해와 시설 작물의 생산비를 보장
밭작물	밭작물의 수확량 감소 보장 또는 생산비를 보장 *보험 대상 품목: 감자, 콩, 양파, 고구마, 옥수수, 마늘, 고추, 차(茶), 인삼
버섯	태풍(강풍), 집중호우, 폭설, 침수, 낙뢰, 조수해, 화재으로 인한 농업용 시설물, 부대 시설에 대한 피해와 버섯 작물의 생산비를 보장

17-4. 농작물 재해보험에 가입하실 의향이 있으십니까?

- ① 있음 ② 없음

(18~31은 문항17에서 “① 알고 있음”을 선택하신 분만 답변해주십시오.)

18. 농작물 재해보험을 가입하셨습니다가?

- ① 가입하였음 ② 가입하지 않았음

(18-1~18-3은 문항18에서 “① 가입하였음”을 선택하신 분만 답변해주십시오.)

18-1. 보험대상 작물은 무엇입니까? ( )

18-2. 농작물 재해보험 가입 전 자연재해로 인한 농작물 피해가 발생하지 않은 해의 농업소득을 100이라고 할 때, 자연재해로 인한 농작물 피해가 발생한 해의 소득이 보험 가입에 따라 어떻게 변화하였습니까?

	자연재해로 인한 농작물 피해가 발생하지 않았을 경우	자연재해로 인한 농작물 피해가 발생한 경우
재해보험에 가입하지 않음	100	
재해보험에 가입함		

<예시>

	자연재해로 인한 농작물 피해가 발생하지 않았을 경우	자연재해로 인한 농작물 피해가 발생한 경우
재해보험에 가입하지 않음	100	50
재해보험에 가입함	95	80

※ 보험 가입 후, 농작물 피해가 발생하지 않은 해의 소득이 재해보험비로 인하여 감소한 것으로 가정하였음.

18-3. 농작물 재해보험 가입 후 기상재해로 인한 생산량 변동에 대한 우려가 어떻게 되었습니까?

- ① 매우 감소함 ② 감소함 ③ 변화 없음 ④ 증가함 ⑤ 매우 증가함

160 부록

(18-4는 문항18에서 “② 가입하지 않았음”을 선택하신 분만 답변해주세요.)

18-4. 미가입 이유는 무엇입니까?

- ① 농작물 재해보험에 대한 정보 및 홍보 부족
- ② 비싼 보험료
- ③ 자연재해 발생을 체감하지 못함
- ④ 재배 품목의 특성상 자연재해 피해가 잘 발생하지 않음
- ⑤ 재배 품목이 보험 대상 품목이 아님
- ⑥ 보험 및 보험사에 대한 신뢰 부족
- ⑦ 기타

19. 주위 농가들은 농작물 재해보험을 어떻게 생각합니까?

- ① 매우 부정적    ② 부정적    ③ 보통    ④ 긍정적    ⑤ 매우 긍정적

20. 향후 귀하께서 예상하는 기후변화가 진행된다면 농작물 재해보험을 가입할 의사가 있으십니까?

- ① 있음    ② 없음

21. 귀하께서 생각하시는 농작물 재해보험의 개선점을 말씀해주세요.

## V. 응답자 특성

※ 다음은 귀하의 일반적 특성 및 현황에 관한 질문입니다.

22. 귀하의 연령은? 만 (            )세

23. 귀하의 학력은?    ①초졸 이하    ②중졸    ③고졸    ④대제 이상

24. 농업에 종사한 기간은? (            )년

25. 지난해 귀하의 연 농업소득은?

- ① 5백만 원 미만    ② 5백~1천만 원 미만    ③ 1천만 원대    ④ 2천만 원대
- ⑤ 3천만 원대        ⑥ 4천만 원 이상

26. 귀하의 재배 지역의 형태는?

- ① 평야 지대    ② 산간 지대    ③ 준산간 지대    ④ 도시 근교

27. 최근 1년간 귀하가 자발적으로 참석한 농업 관련 교육 횟수는?

- ① 1~2회 미만    ② 3~4회    ③ 5~6회    ④ 7~8회    ⑤ 9~10회 이상

28. 귀하께서는 새로운 재배 기술/품종/마케팅 기법 등을 도입하는 것에 적극적이십니까?

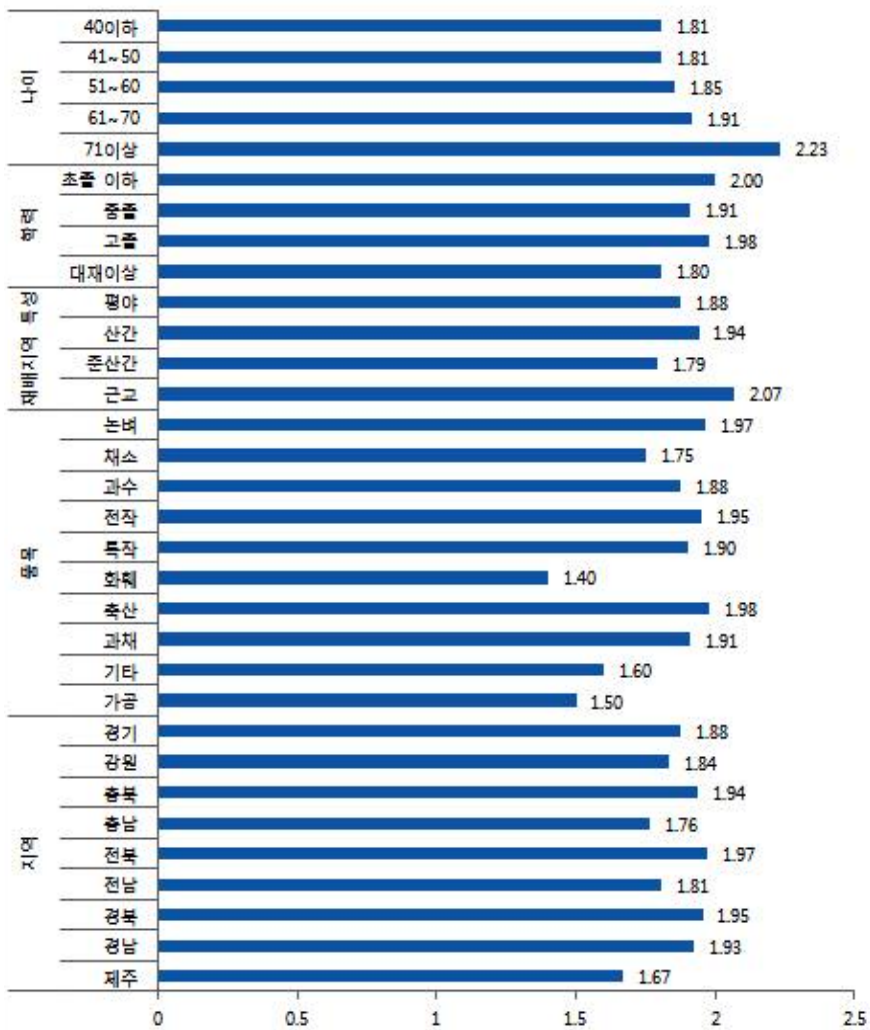
- ① 매우 소극적    ② 소극적    ③ 보통    ④ 적극적    ⑤ 매우 적극적

### 부록 3

## 기후변화 인지도 교차 분석 결과

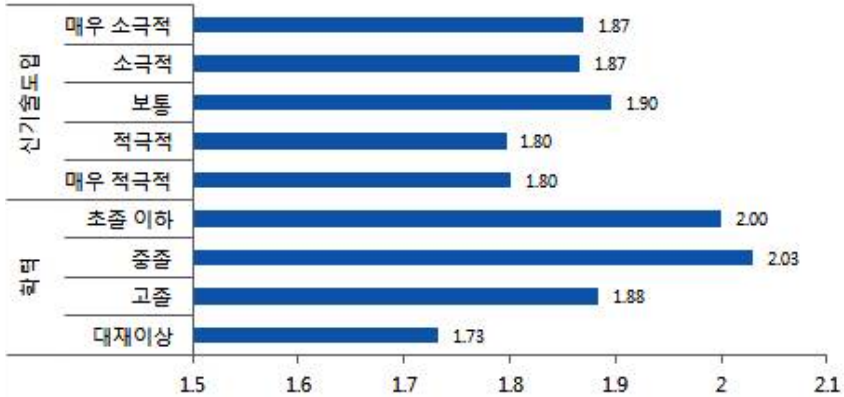
부도 1. 기후변화에 대한 인지도 교차 분석 결과

단위: %

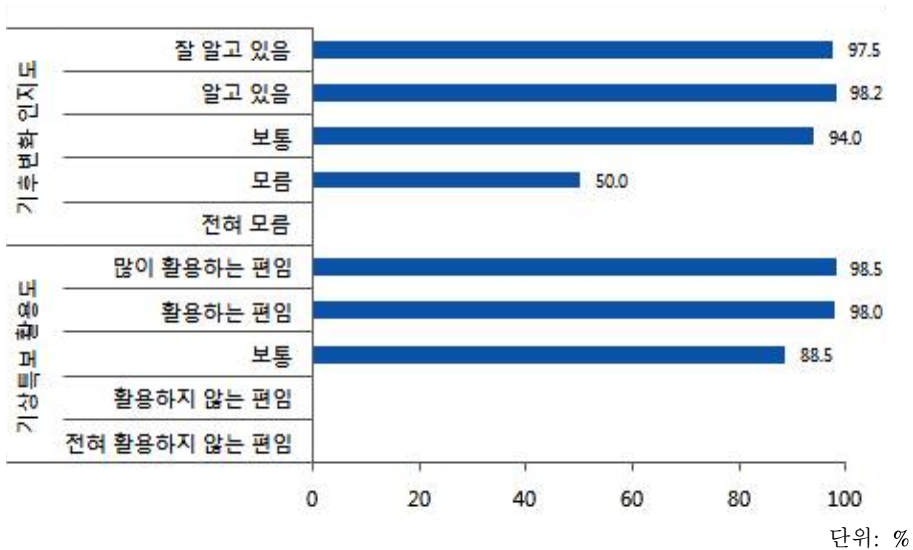


부도 2. 기후변화의 부정적 영향 교차 분석 결과

단위: %



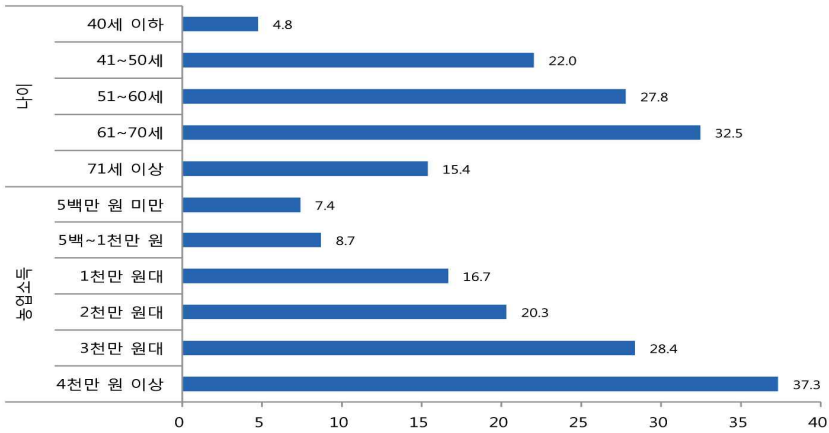
부도 3. 농작물 재해보험 인지도 교차 분석 결과



단위: %

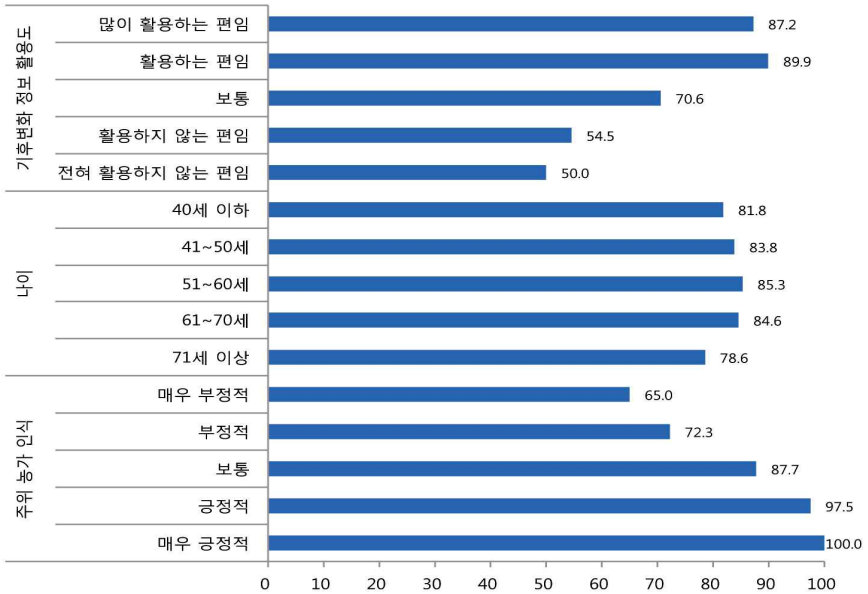
부도 4. 농작물 재해보험 가입률 교차분석 결과

단위: %



부도 5. 향후 농작물 재해보험 가입 의사 교차분석 결과

단위: %



## 부록 4

## 기상특보 및 기상주의보의 주요 내용

부표 2. 기상특보 발표 기준

종류	주의보	경보
강풍	육상에서 풍속 14m/s 이상 또는 순간풍속 20m/s 이상이 예상될 때. 다만, 산지는 풍속 17m/s 이상 또는 순간풍속 25m/s 이상이 예상될 때	육상에서 풍속 21m/s 이상 또는 순간풍속 26m/s 이상이 예상될 때. 다만, 산지는 풍속 24m/s 이상 또는 순간풍속 30m/s 이상이 예상될 때
풍랑	해상에서 풍속 14m/s 이상이 3시간 이상 지속되거나 유의 파고가 3m 이상이 예상될 때	해상에서 풍속 21m/s 이상이 3시간 이상 지속되거나 유의 파고가 5m 이상이 예상될 때
호우	6시간 강우량이 70mm 이상 예상되거나 12시간 강우량이 110mm 이상 예상될 때	6시간 강우량이 110mm 이상 예상되거나 12시간 강우량이 180mm 이상 예상될 때
대설	24시간 신적설이 5cm 이상 예상될 때	24시간 신적설이 20cm 이상 예상될 때. 다만, 산지는 24시간 신적설이 30cm 이상 예상될 때
건조	실효습도 35% 이하가 2일 이상 계속될 것이 예상될 때	실효습도 25% 이하가 2일 이상 계속될 것이 예상될 때
폭풍해일	천문조, 폭풍, 저기압 등의 복합적인 영향으로 해수면이 상승하여 발효기준값 이상이 예상될 때. 다만, 발효기준값은 지역별로 별도 지정	천문조, 폭풍, 저기압 등의 복합적인 영향으로 해수면이 상승하여 발효기준값 이상이 예상될 때. 다만, 발효기준값은 지역별로 별도 지정
지진해일	한반도 주변 해역(21N~45N, 110E~145E) 등에서 규모 7.0 이상의 해저지진이 발생하여 우리나라 해안가에 해일 파고 0.5~1.0m 미만의 지진해일 내습이 예상될 때	한반도 주변 해역(21N~45N, 110E~145E) 등에서 규모 7.0 이상의 해저지진이 발생하여 우리나라 해안가에 해일 파고 1.0m 이상의 지진해일 내습이 예상될 때
한파	10월~4월에 다음 중 하나에 해당하는 경우 ① 아침 최저기온이 전날보다 10℃ 이상 하강하여 3℃ 이하이고 평년값보다 3℃가 낮을 것으로 예상될 때 ② 아침 최저기온이 -12℃ 이하가 2일 이상 지속될 것이 예상될 때 ③ 급격한 저온 현상으로 중대한 피해가 예상될 때	10월~4월에 다음 중 하나에 해당하는 경우 ① 아침 최저기온이 전날보다 15℃ 이상 하강하여 3℃ 이하이고 평년값보다 3℃가 낮을 것으로 예상될 때 ② 아침 최저기온이 -15℃ 이하가 2일 이상 지속될 것이 예상될 때 ③ 급격한 저온 현상으로 광범위한 지역에서 중대한 피해가 예상될 때

(계속)

종류	주의보	경보
태풍	태풍으로 인하여 강풍, 풍랑, 호우, 폭풍해일 현상 등이 주의보 기준에 도달할 것으로 예상될 때	태풍으로 인하여 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우 ① 강풍(또는 풍랑) 경보 기준에 도달할 것으로 예상될 때 ② 총 강우량이 200mm 이상 예상될 때 ③ 폭풍해일 경보 기준에 도달할 것으로 예상될 때
황사	황사로 인해 1시간 평균 미세먼지(PM10) 농도 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때	황사로 인해 1시간 평균 미세먼지(PM10) 농도 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때
폭염	일 최고기온이 33 $^{\circ}\text{C}$ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때	일 최고기온이 35 $^{\circ}\text{C}$ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때

자료: 기상청(<http://www.kma.go.kr/>: 2015. 5. 11.).

부표 3. 지역별 기상주의보 발령 현황(2008~2012년)

연도	지역	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기
2008	서울·경기도	31	19	47	14
	부산·경상도	30	40	145	23
	광주·전라도	37	61	94	72
	대전·충청도	16	12	50	14
	강릉·강원도	65	27	65	45
	제주도	12	20	27	14
2009	서울·경기도	24	10	46	36
	부산·경상도	79	60	92	29
	광주·전라도	101	65	147	89
	대전·충청도	22	15	46	47
	강릉·강원도	52	28	38	57
	제주도	26	27	40	22
2010	서울·경기도	35	14	141	38
	부산·경상도	64	36	92	46
	광주·전라도	62	38	135	73
	대전·충청도	44	8	83	37
	강릉·강원도	74	29	61	61
	제주도	29	28	34	11
2011	서울·경기도	20	35	101	16
	부산·경상도	63	43	93	24
	광주·전라도	60	50	103	49
	대전·충청도	22	32	70	13
	강릉·강원도	73	55	60	37
	제주도	22	26	23	18
2012	서울·경기도	33	23	71	44
	부산·경상도	49	26	109	50
	광주·전라도	73	27	115	62
	대전·충청도	28	15	66	32
	강릉·강원도	75	19	60	62
	제주도	15	18	32	18

자료: 국민안전처 각 연도.

## 부록 5

### 재배 작물 최적화 분석 기초 자료

부표 4. 전라남도 분석 자료

품목군	품목	식부면적 (ha)	면적당 판매수입(원/10a)	면적당 경영비(원/10a)	필요가족 노동량(시간)
미곡	논벼	172,842	814,116	387,092	12.7
	밭벼	2,088	814,116	387,092	12.7
맥류	겉보리	96	550,282	241,812	8.3
	쌀보리	6,203	413,400	238,792	5.3
	맥주보리	5,014	371,424	215,138	8.2
	밀	5,182	395,494	198,856	14.8
	호밀	0	395,494	238,627	17.8
서류	봄감자	2,042	2,677,935	1,206,395	34.4
	가을감자	280	2,548,715	1,202,697	24.5
	시설감자	0	2,548,715	1,443,236	29.4
	고구마	3,818	2,941,479	1,094,841	46.1
잡곡/ 두류	조	0	1,523,661	902,255	66.4
	수수	0	1,523,661	902,255	66.4
	옥수수	1,735	1,215,872	572,093	50.6
	메밀	143	1,278,416	569,263	38.6
	기타잡곡	1,737	1,278,416	569,263	38.6
	콩	13,563	2,828,165	754,650	125.7
	팥	1,087	2,828,165	754,650	125.7
	녹두	925	2,828,165	754,650	125.7
	기타콩	741	2,828,165	754,650	125.7
노지 채소	오이	15	6,508,020	2,322,787	579.3
	호박	1,088	2,048,280	702,008	29.5
	참외	19	3,388,486	1,232,218	50.9
	수박	249	3,388,486	1,232,218	50.9
	토마토	0	2,048,280	8,424,09.6	35.4
	딸기	9	1,695,926	745,512	34.4
	봄배추	1,242	1,774,542	906,825	49.8
	가을배추	3,605	4,083,696	981,168	59.8
	시금치	610	1,897,676	692,335	49.7
	상추	39	1,695,926	745,512	34.4
	양배추	1,502	1,481,417	678,090	31.6
	봄무	931	1,873,536	1,004,846	20.7
	가을무	1,382	1,945,195	622,422	32.8
	당근	70	2,920,230	1,082,489	19.2

부표 4. 전라남도 분석 자료(계속)

품목군	품목	식부면적 (ha)	면적당 판매수입(원/10a)	면적당 경영비(원/10a)	필요가족 노동량(시간)
노지 채소	고추	7,265	33,426,675	23,926,267	242.3
	마늘	7,546	5,220,978	1,880,795	98.4
	파	5,537	3,114,810	971,643	29.5
	양파	12,166	2,070,712	1,349,738	45.8
	생강	103	5,682,875	2,305,665	69.5
	기타 채소	4,467	6,954,944	2,520,628	298.2
시설 채소	시설 오이	203	22,462,388	13,323,513	697.7
	시설 호박	254	22,514,739	13,695,038	422.7
	시설 참외	25	10,140,738	4,192,633	277.2
	시설 수박	601	5,065,380	2,227,415	108.7
	시설 토마토	835	20,783,640	11,753,425	442.2
	시설 딸기	746	22,352,046	8,972,342	383.9
	시설 배추	361	9,857,657	5,098,062	158.6
	시설 시금치	137	3,055,272	1,462,518	66.8
	시설 상추	28	8,232,275	4,575,082	192.7
	시설 무	350	3,110,736	1,175,764	29.1
	시설 고추	572	22,134,947	12,858,578	420.3
기타시설채소	1,793	14,084,001	5,568,290	585.9	
과수	사과	292	6,769,920	2,684,851	86.6
	배	3,672	5,036,872	2,070,561	106.1
	복숭아	387	6,572,985	1,286,938	199.8
	포도	283	4,928,158	1,432,233	180
	감귤	13	3,085,608	1,000,363	81.1
	감	6,872	2,731,130	1,115,327	76.5
	자두	92	2,795,305	1,217,812	104.9
	기타 과일	5,112	2,868,470	935,596	69.9
특용 작물	참깨	8,410	899,898	400,322	81.7
	들깨	2,081	1,375,466	315,296	57.7
	땅콩	225	2,476,408	920,566	29.8
	약용작물	1,208	4,297,860	2,099,361	114.1
	기타특용작물	1,436	19,299,105	7,468,585	122.3
화훼/ 수원지	시설 화훼	144	29,919,240	16,107,077	536.5
	기타 수원지	8,200	2,659,500	1,322,615	84.8
관심 작물	참다래	529	5,111,290	1,934,397	111.6
	망고	0	35,917,000	16,959,600	432
	여주	0	15,750,000	4,534,858	358.1
	아스파라거스	0	8,255,325	2,547,047	272.1
	유자	770	4,295,184	1,253,487	72.8

부표 5. 제주도 분석 자료

품목군	품목	식부면적 (ha)	면적당 판매수입(원/10a)	면적당 경영비(원/10a)	필요가족 노동량(시간)
미곡	논벼	17	968,667	394,946	14
	밭벼	413	968,667	394,946	14
맥류	겉보리	0	550,282	241,812	8
	쌀보리	536	413,400	238,792	5
	맥주보리	779	362,175	225,834	8
	밀	75	395,494	198,856	15
	호밀	0	395,494	198,856	15
서류	봄감자	1,237	2,195,127	1,107,162	26
	가을감자	1,548	2,587,232	1,210,387	24
	시설 감자	0	1,305,850	808,273	58
	고구마	86	1,305,850	808,273	58
잡곡/ 두류	조	0	1,523,661	751,879	55
	수수	0	1,523,661	751,879	55
	옥수수	25	1,523,661	751,879	55
	메밀	886	1,278,416	569,263	39
	기타 잡곡	2,623	1,278,416	569,263	39
	콩	5,732	2,828,165	754,650	126
	팥	26	2,828,165	754,650	126
	녹두	213	2,828,165	754,650	126
노지 채소	기타 콩	56	2,828,165	754,650	126
	오이	9	6,508,020	2,322,787	579
	호박	248	2,048,280	702,008	30
	참외	35	3,388,486	1,232,218	51
	수박	265	1,572,648	574,114	39
	토마토	0	2,048,280	702,008	30
	딸기	55	5,211,080	2,328,915	182
	봄배추	273	1,313,928	639,650	54
	가을배추	96	2,133,531	856,923	65
	시금치	122	2,785,438	728,621	169
	상추	0	1,695,926	745,512	34
	양배추	2,177	3,187,665	699,593	27
	봄무	1,461	1,873,536	1,004,846	21
	가을무	90	1,589,998	786,561	39
	당근	1,706	6,630,258	1,273,865	39
	고추	37	33,426,675	23,926,267	242
	마늘	2,806	8,025,820	3,284,571	318
	파	941	6,603,213	1,687,035	229

부표 5. 제주도 분석 자료(계속)

품목군	품목	식부면적 (ha)	면적당 판매수입(원/10a)	면적당 경영비(원/10a)	필요가족 노동량(시간)
	양파	1,252	2,070,712	1,349,748	46
	생강	15	5,682,875	2,305,665	70
	기타 채소	3,176	6,954,944	2,520,628	298
시설 채소	시설 오이	4	15,567,642	7,730,358	573
	시설 호박	4	7,682,850	3,517,885	334
	시설 참외	0	6,136,850	2,540,149	186
	시설 수박	8	6,067,542	2,526,468	135
	시설 토마토	15	15,373,540	8,544,400	373
	시설 딸기	31	16,439,376	6,881,402	525
	시설 감귤	3,557	30,062,630	15,476,675	143
	시설 배추	2	9,857,657	5,098,062	159
	시설 시금치	7	3,605,505	1,775,838	43
	시설 상추	4	8,232,275	4,575,082	193
	시설 무	2	2,941,785	1,056,114	46
	시설 고추	1	27,758,130	14,904,779	478
	기타시설채소	98	12,417,020	5,198,878	272
과수	사과	0	5,241,873	1,538,366	86
	배	7	6,219,482	2,490,348	136
	복숭아	1	5,424,219	2,378,444	220
	포도	0	6,827,079	2,009,525	183
	노지 감귤	17,767	3,085,608	1,000,363	81
	감	92	2,731,130	1,115,327	77
	자두	0	2,795,305	1,217,812	105
	기타 과일	238	13,407,597	5,510,561	163
특용 작물	참깨	644	1,375,466	315,296	58
	들깨	4	1,375,466	315,296	58
	땅콩	118	1,626,246	393,082	78
	약용작물	218	4,761,330	2,219,620	115
	기타특용작물	866	19,299,105	7,468,585	122
화훼/ 수원지	시설 화훼	203	40,546,512	26,777,453	557
	기타 수원지	1,299	1,609,039	669,609	100
관심 작물	참다래	276	5,049,044	2,196,552	98
	망고	25.6	35,917,000	14,133,000	360
	구아바	3.6	17,000,000	8,230,000	252
	용과	4.6	27,690,000	11,283,000	414

부표 6. 전남도 재배 작물 최적화 분석 결과(경영비 5% 하락)

단위: ha

품목군	품목	BAU	적용 후	변화율 (%)	품목군	품목	BAU	적용 후	변화율 (%)	
미곡	논벼	172,842	156,257	-9.6	시설 채소	양파	12,166	12,166	0	
	밭벼	2,088	0	-100.0		생강	103	103	0	
맥류	겉보리	96	769	700.9		기타 채소	4,467	4,467	0	
	쌀보리	6,203	6,868	10.7		시설 오이	203	203	0	
	맥주보리	5,014	5,613	11.9		시설 호박	254	254	0	
	밀	5,182	5,735	10.7		시설 참외	25	25	0	
	호밀	0	0	N/A		시설 수박	601	601	0	
서류	봄감자	2,042	2,042	0		시설 토마토	835	835	0	
	가을감자	280	280	0		시설 딸기	746	746	0	
	시설감자	0	0	N/A		시설 배추	361	361	0	
	고구마	3,818	3,818	-0.1	시설 시금치	137	137	0		
잡곡 /두류	조	0	0	N/A	시설 상추	28	28	0		
	수수	0	0	N/A	시설 무	350	350	0		
	옥수수	1,735	1,735	0	시설 고추	572	572	0		
	메밀	143	143	0	기타 시설	1,793	1,793	0		
	기타잡곡	1,737	1,737	0	과수	사과	292	292	0	
	콩	13,563	16,109	18.8		배	3,672	3,672	0	
	팥	1,087	1,087	0		복숭아	387	387	0	
	녹두	925	925	0		포도	283	283	0	
기타콩	741	741	0	감귤		13	13	0		
노지 채소	오이	15	15	0		감	6,872	6,872	0	
	호박	1,088	1,088	0		자두	92	92	0	
	참외	19	19	0		기타 과일	5,112	5,112	0	
	수박	249	249	0		특용 작물	참깨	8,410	0	-100.0
	토마토	0	0	N/A			들깨	2,081	1,013	-51.3
	딸기	9	9	0	땅콩		225	223	-1.0	
	봄배추	1,242	1,242	0	약용작물		1,208	680	-43.7	
	노지 채소	가을배추	3,605	3,605	0	기타 특용	1,436	870	-39.4	
		시금치	610	610	0	화훼/수원지	시설 화훼	144	144	0
		상추	39	39	0		기타 수원지	8,200	8,200	0
양배추		1,502	1,502	0	관심 작물	참다래	529	616.9	16.6	
봄무		931	931	0		망고	0	1,283.8	N/A	
가을무		1,382	1,382	0		여주	0	343.3	N/A	
당근		70	70	0		아스파라거스	0	192.8	N/A	
고추		7,265	7,265	0		유자	770	1,230.1	59.8	
마늘		7,546	7,546	0						
과		5,537	5,537	0	총이윤(10억 원)	4,049	4,039	-0.24		

부표 7. 제주도 재배 작물 최적화 분석 결과(경영비 5% 하락)

단위: ha

품목군	품목	BAU	적용 후	변화율 (%)	품목군	품목	BAU	적용 후	변화율 (%)	
미곡	논벼	17	0	-100.0		양파	1,252	901	-28.0	
	밭벼	413	359.0	-13.0		생강	15	0	-100.0	
맥류	겉보리	0	6,466	N/A		기타 채소	3,176	1,761	-44.5	
	쌀보리	536	0	-100.0		시설 오이	4	0	-100.0	
	맥주보리	779	0	-100.0		시설 호박	4	0	-100.0	
	밀	75	0	-100.0		시설 참외	0	0	N/A	
	호밀	0	0	N/A		시설 수박	8	0	-100.0	
서류	봄감자	1,237	123	-90.1	시설 채소	시설토마토	15	0	-100.0	
	가을감자	1,548	469	-69.7		시설 딸기	31	0	-100.0	
	시설 감자	0	0	N/A		시설 감귤	3,557	4,554	28.0	
	고구마	86	0	-100.0		시설 배추	2	0	-100.0	
잡곡 /두류	조	0	0	N/A		시설 시금치	7	0	-100.0	
	수수	0	0	N/A		시설 상추	4	0	-100.0	
	옥수수	25	0	-100.0		시설 무	2	0	-100.0	
	메밀	886	470	-47.0		시설 고추	1	0	-100.0	
	기타 잡곡	2,623	2,207	-15.9		기타 시설	98	0	-100.0	
	콩	5,732	5,961	4.0		과수	사과	0	0	N/A
	팥	26	0	-100.0			배	7	0	-100.0
	녹두	213	0	-100.0			복숭아	1	0	-100.0
기타 콩	56	0	-100.0	포도	0		0	N/A		
오이	9	0	-100.0	노지 감귤	17,767		17,136	-3.6		
호박	248	0	-100.0	감	92		0	-100.0		
참외	35	0	-100.0	자두	0		0	N/A		
수박	265	0	-100.0	기타 과일	238		2,054	763.3		
노지 채소	토마토	0	0	N/A	특용 작물	참깨	644	601	-6.6	
	딸기	55	0	-100.0		들깨	4	0	-100.0	
	봄배추	273	0	-100.0		땅콩	118	66	-43.9	
	가을배추	96	0	-100.0		약용작물	218	150	-31.4	
	시금치	122	0	-100.0	기타 특용	866	794	-8.3		
	상추	0	0	N/A	화훼/수원지	시설 화훼	203	0	-100.0	
	양배추	2,177	1,906	-12.4		기타수원지	1,299	1,009	-22.4	
	봄무	1,461	1,216	-16.8	관심 작물	참다래	276.3	336.1	21.6	
	가을무	90	0	-100.0		망고	25.6	1,451.7	5,570	
	당근	1,706	1,385	-18.8		구아바	3.6	790.9	21,869	
	고추	37	0	-100.0		용과	4.6	1,043.1	22,576	
	마늘	2,806	1,307	-53.4						
파	941	0	-100.0	총이윤(10억 원)		1,786	2,078	16.3		



## 참고 문헌

- 국민안전처. 『재해연보』. 각 연도.
- 권오상·강혜정. 2015. 『농업생산 최적화모형을 이용한 기후변화 적응 조치의 경제적 효과 분석』. 서울대학교 산학협력단. 발간 예정.
- 권원태. 2012. “기후변화 시나리오와 농업적 활용.” 『농업전망 2012(II)』. EO4-2012. pp. 997-1026. 한국농촌경제연구원.
- 기상청. 2008. 『날씨활용 사례집 II』.
- 기상청. 2012. 『한반도 기후변화 전망보고서』.
- 기상청. 2014. 『한국 기후변화 평가 보고서 2014-기후변화 과학적 근거』.
- 기상청. 2015. 『기후변화 2014-종합 보고서』. IPCC 제5차 평가종합 보고서 번역판.
- 김연중 외. 2013. 『스마트 농업의 현황과 발전 방향』. P176. 한국농촌경제연구원.
- 김정호 외. 2012. 『한국농업 미래 비전: 21세기 선진국형 산업을 향하여』. 진샘미디어.
- 김지영. 2009. “기상정보의 사회·경제적 가치와 편익추정.” 『기상기술정책』 2(3): 79-85.
- 김창길 외. 2009. 『기후변화에 따른 농업부문 영향 분석과 대응전략』. R593. 한국농촌경제연구원.
- 김창길 외. 2012. 『기후변화가 식량공급에 미치는 영향 분석과 대응 방안』. R663. 한국농촌경제연구원.
- 김창길 외. 2014. 『농림수산식품 기후변화 영향 분석 및 영향 평가 모델 구축』. C2014-69. 한국농촌경제연구원.
- 김창길·정확균·임영아. 2015. 『농업부문 기후변화 경제적 영향 분석 모형 개발을 위한 기초연구』. P2015-8. 한국농촌경제연구원.
- 김철욱·김태완. 2012. “지역농산물의 성장 유망 작목의 선정을 위한 연구: 울산시를 중심으로.” 『농대논문집』 46(1): 1-9. 전북대학교 농업과학기술연구소.
- 농림축산식품부. 2012. 『2012 농수산식품통계연보』.
- 농림축산식품부. 2015a. 『2015 농업재해보험연감』.
- \_\_\_\_\_. 2015b. 재해보험팀 내부자료. 농작물 재해보험 사업시행지침.
- \_\_\_\_\_. 2015c. 재해보험팀 내부자료. 농업정책 보험 예산.
- \_\_\_\_\_. 2015d. 농림축산식품사업시행지침서.
- 농촌진흥청. 2013. 『2012 지역별농산물소득자료』.

- 농촌진흥청. 『표준소득자료』. 각 연도.
- 농촌진흥청. 2015. 2. 27. “기후변화에 민감한 과수, 100년 뒤 재배지 모습은?” 보도 자료. 온난화대응농업연구소.
- 민경욱. 2010. 2. 『기후변화관련 신상품의 도입 검토』. KRX Market.
- 박경원·권오상·김광수. 2015. “농업부문모형을 이용한 기후변화의 지역별, 품목별 경제적 효과 분석.” 『경제학연구』 63(1): 61-91. 한국경제학회.
- 안경아 외. 2012. “작목 전환의 단계별 성공 요인 분석- HERO 모델 적용.” 『농촌지도와 개발』 19(3): 699-727. 한국농촌지도학회.
- NH 농협손해보험. 2015. 농작물재해보험 홍보자료.
- 이수재 외. 2012. 『신 시나리오를 반영한 기후변화 영향 평가』. 환경부·한국환경정책평가연구원·국가기후변화적응센터.
- 이준행. 2002. “날씨옵션 상품의 가격결정에 대한 연구: CDD/HDD 지수 옵션을 중심으로.” 『한국증권학회지』 31: 229-255. 한국증권학회.
- 이중우. 2007. 『기상정보의 경제적 가치평가모형 개발』. 인제대학교.
- 이희성 외. 2011. 『우리나라 기후변화의 경제학적 분석(II)』. 환경부.
- 임준택 외. 2010. 『작물생육 모델링의 이론과 실제』. 도서출판 경진.
- 정진희. 2008. “날씨 파생 상품 가격결정 모형연구.” 한국과학기술원 석사 학위 논문.
- 정학균·장정경. 2011. 『유기가공식품의 소비 실태분석 연구』. 한국농촌경제연구원.
- 조재린 외. 2012. 『보험회사의 날씨 리스크 인수 활성화 방안: 지수형 날씨 보험을 중심으로』. 보험연구원.
- 제주도 농업기술원 내부자료. 망고 재배실태 조사 및 작형별 경제성 분석.
- 통계청. 2015. 『2014년 농가 및 어가경제조사 결과』.
- 통계청. 『농가경제조사』. 각 연도.
- 한화진 외. 2008. 『국가 기후변화 적응 마스터플랜 수립 연구』. 한국환경정책·평가연구원.
- 기상청 홈페이지. <<http://www.kma.go.kr/>>. (검색일: 2015. 5. 11.).
- 국가농림기상센터 홈페이지. <<http://www.ncam.kr/>>. (검색일: 2015. 10. 15.).
- 통계청 홈페이지. <<http://kosis.kr/>>. (검색일: 2015. 9. 23.).
- 農林水産省 農林水産技術會議. 2007. 地球温暖化が農林水産業に与える影響と對策. 農林水産研究開發レポート No. 23.
- 杉浦俊彦. 2012. 温暖化が進むと農業食料はどうなるのか? 技術評論社.
- Antle, J., et al. 2014. “AgMIP’s Trans-disciplinary Approach to Regional Integrated

- Assessment of Climate Impact, Vulnerability and Adaptation of Agricultural Systems.” D. Hillel and C. Rosenzweig, ed. *Handbook of Climate Change and Agroecosystems*. ICP Series on Climate Change Impacts, Adaptation, and Mitigation Vol. 1. Imperial College Press.
- Challinor, A.J., et al. 2014. “A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation.” *Nature Climate Change* 4: 287-291.
- Chavas, J-P. and M.T. Holt. 1990. “Acreage Decisions under Risk: The Case of Corn and Soybeans.” *American Journal of Agricultural Economics* 72(3): 529-538.
- Claessens, L. et al. 2012. A Method for Evaluating Climate Change Adaptation Strategies for Small-Scale Farmers Using Survey, Experimental and Modeled Data. *Agricultural Systems* 111:85-95.
- Falco, S.D., et al. 2014. “Crop insurance as a strategy for adaptation to climate change.” *Journal of Agricultural Economics* 65(2): 485-504.
- GIZ(Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). 2013. *Economic Approaches for Assessing Climate Change Adaptation Options under Uncertainty: Excel tools for Cost-Benefits and Multi-Criteria Analysis*.
- Howitt, R.E. 1995. “Positive Mathematical Programming.” *American Journal of Agricultural Economics* 77(2): 329-342.
- Ignaciuk, A. and D. Mason-D’Croz. 2014. “Modeling Adaptation to Climate Change in Agriculture.” *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers* No. 70. OECD Publishing. <<http://dx.doi.org/10.1787/5jxrelljnbxq-en>>.
- IPCC. 2014a. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- \_\_\_\_\_. 2014b. *Summary for Policymakers. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*.
- \_\_\_\_\_. 2014c. “Chapter 7. Food Security and Food Production System.” in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. 485-533.
- Just, R.E. and R.D. Pope. 1978. Stochastic specification of production functions and economic implications. *Journal of Econometrics* 7(1): 67-86.

- Kurukulasuriya, P. and R. Mendelsohn. 2008. "Crop switching as a strategy for adapting to climate change." *The African Journal of Agricultural and Resource Economics* 2(1): 105-125.
- Lazo, J.K., R.E. Morss, and J. Demuth. 2009. "300 Billion served: Sources, perceptions, uses, and values of weather forecasts." *Bulletin of the American Meteorological Society* 90(6): 785-798.
- Malcolm, S., et al. 2012. *Agricultural Adaptation to a Changing Climate-Economic and Environmental Implications Vary by U.S. Region*. USDA-ERS Economic Research Report 136.
- Metroeconomica. 2004. *Costing the Impacts of Climate Change in the UK: Overview of Guidelines*. UKCIP Technical Report, UKCIP, Oxford, United Kingdom.
- Nelson, G.C., et al. 2009. *Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation*. Food Policy Report. International Food Policy Research Institute.
- Nelson, G.C., et al. 2010. *The Cost of Agricultural Adaptation to Climate Change*. World Bank.
- OECD. 2006. *The Impact of Climate Change on Agriculture and Options for Adaptation*. COM/AGR/CA/ENV/EPOC(2006)25.
- OECD. 2014. *Modeling Adaptation to Climate Change in Agriculture*. COM/TAD/CA/ENV/EPCO(2013)109/REV2. Joint Working Party on Agriculture and the Environment.
- Reid, S., et al. 2007. "Vulnerability and adaptation to climate risks in Ontario Agriculture." *Mitigation & Adaptation Strategies for Global Change* 12(4): 609-637.
- Rosegrant, M.W., et al. 2008. *International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade (IMPACT): Model description*. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Rosenzweig, C. and M.L. Parry. 1994. "Potential impact of climate change on world food supply." *Nature* 367: 133-138.
- Schönhart, M., et al. 2014. "Integrated analysis of climate change impacts and adaptation measures in Austrian agriculture." *German Journal of Agricultural Economics* 63(3): 156-176.

- Smit, B. and M.W. Skinner. 2002. "Adaptation options in agriculture to climate change: a typology." *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 7: 85-114.
- Tarleton, M. and D. Ramsey. 2008. "Farm-Level Adaptation to Multiple Risks: Climate Change and Other Concerns." *Journal of Rural and Community Development* 3(2): 7-63.
- UNFCCC. 2007. *Investment and Financial Flows to Address Climate Change*.
- Wall, E., B. Smit, and J. Wandel. eds. 2007. *Farming in a Changing Climate: Agricultural Adaptation in Canada*. Toronto, Canada: UBC Press.
- Weiher, R.F. 2005. "Valuing Weather Forecasts." International Workshop of the American Meteorological Society. Jan. 2005 at San Diego, California.
- World Bank. 2010a. *Economics of Adaptation to climate change: Synthesis Report*. <<http://documents.worldbank.org/curated/en/2010/01/16436675economics-adaptation-climate-change-synthesis-report>>.
- \_\_\_\_\_. 2010b. *Economic Evaluation of Climate Change Adaptation Projects - Approaches for the Agricultural Sector and Beyond*. <[http://siteresources.worldbank.org/ENVIRONMENT/Resources/DevCC1\\_Adaptation.pdf](http://siteresources.worldbank.org/ENVIRONMENT/Resources/DevCC1_Adaptation.pdf)>.
- Wreford, A., D. Moran, and N. Adger. 2010. *Climate Change and Agriculture: Impacts, Adaptation and Mitigation*. OECD.



연구보고 R749

농업부문 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석

---

등 록 제6-0007호(1979. 5. 25.)

인 쇄 2015. 10.

발 행 2015. 10.

발행인 최세균

발행처 한국농촌경제연구원

우) 58217 전라남도 나주시 빚가람로 601

대표전화 1833-5500 <http://www.krei.re.kr>

인쇄처 이호문화사(프리비)

061-332-1492

<http://www.pribe.co.kr>

---

ISBN 978-89-6013-811-7 93520

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있습니다.  
무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.