



**aassa**  
THE ASSOCIATION OF ACADEMIES  
AND SOCIETIES OF SCIENCES IN  
*Asia*

**iap** SCIENCE  
RESEARCH  
HEALTH  
the interacademy partnership

# 아시아의 식량영양안보 및 농업 연구

- 기회와 도전 -





**aassa**  
THE ASSOCIATION OF ACADEMIES  
AND SOCIETIES OF SCIENCES IN  
*Asia*

# 아시아의 식량영양안보 및 농업 연구 - 기회와 도전 -

본 연구보고서는 국제한림원연합회(InterAcademy Partnership)의 '식량영양안보와 농업(Food and Nutrition Security and Agriculture, FNSA)' 프로젝트 중 아시아과학한림원연합회(Association of Academies and Societies of Sciences in Asia, AASSA) 연구보고서를 한국과학기술한림원의 예산지원으로 번역 및 감수를 통해 발간하는 번역본임을 밝히는 바입니다.

#### 〈번역 및 감수〉

김유향 AASSA 회장, 한국과학기술한림원 전 총괄부원장(인하대학교 명예교수)

이무하 AASSA 사무총장, 한국과학기술한림원 회원담당 부원장(서울대학교 명예교수)

윤정한 한국과학기술한림원 농수산학부장(한림대학교 명예교수)

하종규 한국과학기술한림원 농수산학부 종신회원(서울대학교 명예교수)

연구 또는 개인 학습, 비판 또는 검토의 목적을 제외하고, 본 출판물의 어떠한 부분도 출판사의 적절한 서면 허가 없이 어떠한 형태나 방법으로도 복제가 불가합니다. 여기에 명시된 조건을 벗어난 복제와 관련된 문의 사항은 다음 주소로 문의바랍니다.

#### AASSA 사무국

한국과학기술한림원

13630 경기도 성남시 분당구 돌마로 42 (구미동)

e-mail: [aassa@kast.or.kr](mailto:aassa@kast.or.kr)

Web: <http://www.aassa.asia>

#### 인쇄제작

경성문화사 (02-786-2999)

서울시 영등포구 국회대로 66길-11

커버 이미지: Copyright istock by Getty Images

본 보고서는 AASSA 홈페이지에서도 다운로드가 가능합니다.

# 목 차

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 서문                                            | v   |
| AASSA 회장 서문                                   | vii |
| 요약                                            | 1   |
| 제1장 서론                                        | 3   |
| 1.1 전세계적 도전                                   | 3   |
| 1.2 빈곤 퇴치의 중요성                                | 3   |
| 1.3 AASSA 실무연구진의 접근방법                         | 4   |
| 1.4 IAP와 AASSA                                | 5   |
| 1.5 이 AASSA 보고서의 목적과 범위                       | 6   |
| 제2장 문제의 정의                                    | 7   |
| 2.1 국가 그리고 영역(region)적 수준에서의 식량영양안보를 위한 주요요인들 | 7   |
| 2.2 인구규모와 연령 분포의 예상 변화                        | 8   |
| 2.3 중산층의 변화 예상치                               | 9   |
| 2.4. 현재 영양부족과 영양과다 수준                         | 10  |
| 2.5 식량자급률 대 식량안보                              | 12  |
| 2.6 지역적인 접근방법 (사례연구들)                         | 13  |
| 2.7 식량안보의 4 가지 차원                             | 17  |
| 2.8 아시아 태평양 영역에서 핵심 식량영양안보 문제 분야              | 18  |
| 2.9 사회적으로 지속가능한 식이와 환경적으로 지속가능한 식량생산 시스템      | 19  |
| 제3장 과학 및 정책 측면                                | 21  |
| 3.1 유전자변형물질이 들어 있는 작물과 식품의 규제체계               | 23  |
| 3.2 과학기술정책: 협력의 필요성                           | 25  |
| 3.3 과학기술 정책: 무역장벽                             | 26  |
| 제4장 국가적/영역적 수준에서의 과학과 기술의 강점과 약점              | 27  |
| 4.1 식량영양안보에서 장기적 변화 추동력으로서의 과학과 기술            | 27  |
| 4.2 아시아/오세아니아 영역(region) 내에서 국가 수준의 과학과 기술    | 28  |
| 4.3 초국가적 수준에서의 아시아/오세아니아 영역(region)내 과학기술     | 30  |

|                                                           |               |
|-----------------------------------------------------------|---------------|
| <b>제5장 식품, 영양, 건강 분야의 혁신 기회</b>                           | <b>33</b>     |
| 5.1 영양소, 식품, 식이                                           | 33            |
| 5.2 기능성식품 및 식품 강화                                         | 34            |
| 5.3 건강한 식이의 정의                                            | 34            |
| 5.4 식품안전 및 식품의 낭비 - 식품 기술의 역할                             | 35            |
| 5.5 지속 가능한 식이                                             | 36            |
| <br><b>제6장 농업, 수산양식, 해양자원 분야의 혁신기회</b>                    | <br><b>39</b> |
| 6.1 식물농업분야의 발전                                            | 39            |
| 6.2 동물농업의 발전                                              | 41            |
| 6.3 정밀농업/로봇공학                                             | 41            |
| 6.4 대체 식량자원                                               | 42            |
| 6.5 수산양식 및 해양자원                                           | 43            |
| 6.6 잠재적인 파괴적 기술                                           | 45            |
| 6.7 맺는 말                                                  | 45            |
| <br><b>제7장 토지 및 기타 자원 경쟁 관리의 주요 이슈: 지속가능한 개발과 생태계의 확장</b> | <br><b>47</b> |
| 7.1 자원경쟁의 이해                                              | 47            |
| 7.2 아시아에서 토지경쟁과 자원이용이 환경에 미치는 효과                          | 49            |
| <br><b>제8장 결론 및 권고사항</b>                                  | <br><b>55</b> |
| <br><b>참고문헌</b>                                           | <br><b>59</b> |
| <br><b>부록 I. 연구진 구성 및 회의 일정</b>                           | <br><b>65</b> |
| <br><b>부록 II. 본 과제의 공동 주제를 위한 IAP 표준틀</b>                 | <br><b>67</b> |
| <br><b>부록 III. 권고사항</b>                                   | <br><b>69</b> |

## 서문

세계 각국 과학 아카데미들의 네트워크인 국제한림원 연합회(InterAcademy Partnership, IAP)는 이미 결성되어 있는 대륙별 아카데미 연합회들의 역량을 결집하여 현대 사회가 당면하고 있는 문제들에 대해 과학계의 목소리를 내기 위한 새로운 협력체계를 수립하였다.

각종 영양 불균형-영양실조와 미량 영양소 부족 및 과체중과 비만-을 제거하는 것은 모든 국가들이 당면하고 있는 문제이다. 농업생산을 지속가능하게 전환하는 것은 전세계적 문제로서 빈곤퇴치, 고용 및 도시화 등의 전 지구적 도전과 연계되어 있다. 국제 과학한림원들은 이 분야들에 상당한 관심을 보이고 있는데, 일례를 들면 국제한림원평의회(Inter-Academy Council)는 2004년에 ‘아프리카 농업의 장래와 잠재력의 실현’을 발간하였다. 과학은 건강, 영양, 농업, 기후 변화, 생태계 및 인간 행동과 관련된 전 지구적 및 국가적 식량시스템이 당면하고 있는 도전들에 대해 지속 가능한 해법들을 찾을 능력을 갖추고 있다. 또한 과학은 토지이용에 있어서 다른 용도들-예컨대 에너지 생산, 도시화와 산업화-과의 경합 및 자원이용과 생물 다양성과 관련한 환경문제 등에 대해 정책 우선순위를 결정하는데도 맡아야 할 역할이 있다. 2015년에 UN이 채택한 지속가능 개발목표들은 이런 문제들을 이해하고 대처하기 위한 아주 중요한 정책의 틀을 제공하긴 하지만 정책과 프로그램들의 복잡한 문제들을 증거에 기반하여 해결하기 위해서는 과학의 참여가 새롭게 요구된다.

연구와 혁신에 임계량을 확보하고 정책 결정자들과 이해 당사자들에게 자문하기 위해서는 이 자산을 총집결할 필요성이 절실하다. 전세계 한림원들은 지구 전체, 지역 및 국가 차원에서의 식량영양안보 향상을 위한 증거 기반을 강화하는데 광범위하게 참여하기로 뜻을 모았다. 이 한림원 집단의 연구에서 우리의 목표는 지역간의 학습을 촉진하고, 과학한림원들이 논쟁거리 문제들을 해소하고 증거 기반을 개발 및 전파하며 선택된 정책 대안을 알리는데 있어서의 좋은 관행들을 공유하고 실천하는데 어떻게 기여하는가를 보이는데

있다. 본 IAP 프로젝트가 혁신적인 것은 최고의 과학으로 지역적 관점을 함께 모았다는 것이다. 이 프로젝트에서 우리는 한림원들의 토론, 증거수집, 분석 및 자문기능들을 이용하여 식량영양안보 향상을 위한 다양한 방법들을 탐구하고, 과학계에서는 유망한 연구과제들 그리고 과학정책에는 투자 기회를 판별해낸다. 이 연구의 핵심 중 하나는 한 학문 내 및 학제간 연구가 과학과 정책의 접점에서의 문제들 - 예컨대, 농업-영양-건강 연계의 평가 및 강화- 을 해결하는데 어떻게 기여할 수 있는지를 확인하는 것이다. 식량 시스템은 변천하고 있으며, 이 프로젝트를 설계할 때 우리는 재배에서부터 가공, 수송, 교역, 구매, 소비, 식품 폐기물의 처리 및 재활용에 이르는 모든 단계들을 포괄하는 통합 식량 시스템 접근법을 채택하였다.

연구진은 네 개의 지역 한림원 연합; 즉 아프리카 (Network of African Science Academies, NASAC), 미주 (Inter-American Network of Academies of Sciences, IANAS), 아시아-태평양 (Association of Academies and Societies of Sciences in Asia, AASSA), 유럽 (European Academies' Science Advisory Council, EASAC)별로 구성하였다. 각 연구진은 현재 상황과 미래 전망을 분석하고, 증거를 공유하고, 쟁점 대상들을 명확히 하고, 지식의 공백 부분을 판별하는 야심찬 임무를 부여받았다. 정책 대안과 실행에 대한 권고는 이용가능한 자원을 감안하여 국가별-지역별로 제시하였다. 각 연구진은 IAP 회원 한림원들이 추천한 전문가들 중에서 적절한 경험과 과학적 지식의 균형을 맞춰 선정한 위원들로 구성하였다. 이 프로젝트의 특이한 점은 지역에 기반한 체제, 지역간 및 지역내의 지속적 교류·학습의 공유·우수한 사례의 실행 지원 등에 대한 의지이다.

네 대륙별 연구진들은 주요 주제들에 대해 미리 합의된 IAP 표준틀을 공동의 출발점으로 삼고 동시에 연구를 진행하였다. 검토할 주요 주제들 중에는 다음과 관련된 과학적 내용들이 들어 있다.

- 지속가능한 식량생산 (육지 및 바다에서), 지속가능한

식단 그리고 점증하는 타용도와의 토지 이용 경쟁에 직면한 농업의 변모 문제를 포함한 지속가능한 지역사회 확립

- 식단의 질, 취약 집단, 정보에 근거한 선택 등 여러 요인들을 고려하여 건강한 식품 시스템을 증진시키고 영양에 대한 고려를 증가시키기
- 회복력 -생태시스템과 국제시장에서의 회복력을 포함하여- 을 증진시키기 위한 수단의 강구
- 기후변화 및 기타 환경과 사회 변화에 대응하고 대책 마련하기

각 대륙별 연구진은 지역의 필요와 경험에 따라 통합 식량시스템 내에서 각 주제와 각 구성요소들을 얼마만큼 다룰 것인가를 스스로 결정하였다.

네 대륙별 연합회들은 해당 대륙과 국가 차원에서 정책결정자들 및 이해 당사자들과 소통하는 방식의 일부분으로서 각각의 보고서들을 출판중이다. 또한 이 보고서들은 IAP가 준비하고 있는 전세계를 아우르는 다섯 번째 보고서의 자료로 이용될 예정이다. 이 다섯 번째 보고서는 대륙 간 문제들, 지역과 전 세계와의 연결 구조, 그리고 정부간 기구들과 기타 국제적으로 역할과 책임을 부여받고 있는 조직들이 고려해야 할 과학 - 정책 접점에 관련된 문제들에 대해 자문할 것이다. 우리의 의도는 이 IAP 프로젝트가 많은 다른 기관들이 이미 수행한 연구들과는 차별성이 있고 또 이들에 다른 가치를 더하고자 하는 것이다. 대륙별 연구에서 이미 이러한 성과를 이용하고 대륙별 평가와 결론의 다른점의 근거가 무엇인가를 밝힘으로써 이 차별성을 찾고자 한다. 우리는 과학의 여러 학문 분야들을 융합하고 국가별/대륙별 정황을 고려하여 통찰력을 기르는 노력을 계속할 것이다.

이 프로젝트는 네 개의 대륙별 연합회들이 현존하는 과학적 증거에 명확하게 부합하는 한림원들의 공통 기준을 따르면서도 각자의 고유한 경험, 전통 그리고 이미 설정된 정책 우선순위에 따라 해석 및 종합하는

것을 고무하도록 설계하였다. 또한 이 프로젝트 전체 및 대륙별 부분들은 특히 전문가 평가 절차를 거쳐 필요한 질적 평가와 통제를 받았다.

우리는 각 대륙은 공통된 문제들에 대해서도 서로 다른 해결책을 찾을 수도 있으리라고 예상했다. 우리는 이런 이질성은 이 프로젝트의 창의적 설계의 한 장점이라고 생각하며, 결과적으로 우리의 기대에서 벗어나지 않았다. 대륙별 보고서들은 접근 방식, 내용과 체제가 상이하지만 네 개 모두 아주 유용한 결과를 거두었다. 이 보고서들은 국제적 관점을 염두에 두면서도 특정한 대륙별 사정에 맞게 작성되었고 최초 제시한 IAP 표준틀에도 쉽게 대응시킬 수 있다. IAP는 현재 이 대응, 조정 및 재해석 단계를 시작하고 있다. 우리의 중간 평가에 따르면 이 프로젝트는 소기한 두 가지 목적 - (1) 국가별·대륙별 논의와 활동을 촉진시킨, (2) 전세계적 분석과 정책 결정에 기여함 - 을 향해 순항하고 있다.

우리는 네 개의 대륙별 보고서에 대한 그리고 토의의 범위를 넓히고 우리의 건의사항들을 시험함에 있어 다른 사람들과 소통하는 최선의 방법에 대한 고견을 환영한다. 우리는 또한 전 세계적 차원에서 우선적으로 고려해야 할 것이 무엇인지, 빠져서는 안 될 쟁점들 중 생략된 것이 무엇인지, 그리고 새로운 방향이 있다면 어떻게 추구해야 할런지 등에 대한 의견을 주시기를 희망한다.

우리는 이 기회를 빌어 이 야심찬 프로젝트가 혁신적이고 독창적이 되려는 약속을 지키도록 돕기 위해 부단히 애쓴 대륙별 연구진에 참여하여 시간과 노력과 열정을 쏟아부은 전문가들 - 젊은 과학자들을 포함하여 - 에게 감사의 말씀을 드리는 바이다.

우리는 전문가 평가자들의 통찰과 지원에 대해, 그리고 이 IAP 연구를 위해 헌신한 모든 회원 한림원들과 대륙별 연합회들 및 사무국에 감사한다. 또한 이 프로젝트의 자금을 후원한 독일의 연방교육연구부 (Federal Ministry of Education and Research, BMBF)에도 사의를 표하는 바이다.

Krishan Lal  
IAP for Science 공동의장

Volker ter Meulen  
IAP for Science 공동의장  
InterAcademy Partnership 회장

## AASSA 회장 서문

UN은 2015년 9월 총회에서 2030년까지 달성해야 할 17개의 야심찬 “지속가능발전목표”를 설정하면서 그 중에서도 “가난 퇴치”와 “기아 근절”을 가장 핵심적인 제 1, 제 2 목표로 삼았다. 현재도 전세계에 기아에 허덕이는 사람들이 8억명이나 되고 또 2050년에는 세계 인구가 90억명 이상으로 증가하리라는 점을 감안할 때 가난과 기아 - 여러 가지 영양불량 상태를 포함하여 - 퇴치는 지난한 과제이다. 이에겐 과학, 기술, 사회과학과 심지어 인문학까지도 포괄하는 진정한 다학제간, 초학제간 접근이 필요하다. 이에겐 또한 모든 분야의 학술단체들, 특히 각 국가의 한림원들 및 이들의 지역 연합회들간의 전 세계 차원의 협조 및 공동노력이 요구된다.

이런 인식을 기반으로 IAP for Science는 독일 정부의 재정지원을 받아 2015년 6월에 “식량영양 안보와 농업” (Food and Nutrition Security and Agriculture, FNSA) 이라는 야심찬 프로젝트를 발족시켰다. IAP는 산하의 네 대륙별 연합회, 즉 아시아 및 태평양 지역의 AASSA, 유럽의 EASAC, 남북미주의 IANAS, 아프리카의 NASAC, 에게 독일 할레(Halle)에서 레오폴디나국립한림원 주관하에 소집한 전문가들이 철저하고 심도있는 토의를 통해 작성한 10개항 표준틀을 따라 대륙별 보고서를 작성할 책임을 위임하였다. 각 대륙별 연합회는 각자가 대표하는 지역들간 및 각 지역내 소속 국가들간의 공통점과 차이점을 감안하여 자체 보고서를 작성하였다.

AASSA는 회원 한림원들이 추천한 전문가들 중에서 8명을 선정하여 연구진을 구성하였고, 이들은 회원 한림원들이 제공한 정보 또는 공개된 정보를 이용하여

관련 자료를 수집하였다. 연구진은 4회 - 뉴델리에서 2회, 서울에서 2회 - 에 걸친 대면회의와 전자 미디어를 통한 수많은 소통을 거쳐 2017년 9월에 AASSA FNSA 보고서 초안을 완성하였다. 이 초안은 다시 풍부한 경험과 국제적 신망을 갖춘 AASSA 지역 내외 전문가들의 평가를 받았고, 이들이 제공한 비평·수정·첨가·제안 등을 감안하여 2017년 10월에 최종 보고서를 완성하였으며 이 완성본은 각 회원 한림원에 보내져 인준 절차를 밟았다. 출판일에 맞춰 절대 다수 회원 한림원들이 열정적으로 최종안을 인준함으로써 본 책자는 AASSA의 공식문서가 되었다.

이 기회를 빌어 본인은 이 프로젝트를 위해 AASSA에 도움을 준 분들에게 감사의 말씀을 드리고자 한다. 우선 누구보다도 먼저 IAP for Science의 선임 공동 의장인 독일의 ter Meulen 교수의 비전, 추진력, 지도력에 경의를 표한다. 이 프로젝트를 구상하고 필요한 자금을 확보하고 프로젝트를 총괄한 분이 바로 ter Meulen 교수이다. IAP for Science의 또 다른 공동의장이자 AASSA의 직전 회장인 인도의 Lal 교수는 AASSA 자체의 FNSA 프로젝트에 크게 기여하였다. Lal 교수는 AASSA FNSA 프로젝트의 총괄책임자로서 보고서 작성의 전 과정에 참여하였다. 자료를 수집, 평가하여 필요한 자료를 선별한 후 보고서 작성의 힘든 작업을 맡아 준 연구진 전문가들과 초고를 통독하고 귀한 의견을 준 전문가 평가단에게도 각별한 감사의 말씀을 드린다.

끝으로, AASSA 회원 한림원들, 특히 인도국립과학한림원(INSA) 및 한국과학기술한림원(KAST)의 협조와 관심에 사의를 표한다.

아시아과학한림원연합회  
(Association of Academies and Societies of Science in Asia, AASSA)  
회장 김 유 향



## 요약

21세기에 인류가 당면한 최대의 도전은 급속히 증가하고 있는 세계 인구에게 경제적, 문화적, 사회적, 환경적으로 지속가능한 방법으로 영양의 균형이 잡힌 건강한 식량의 공급을 보장하는 것이다. 더군다나 필요한 식량의 순수 증가량 (생산량에서 낭비량을 뺀 것)은 여러 가지 제약 조건들 - 예컨대, 농지, 물 및 기타 자원의 감소와 지구의 기후 변화가 초래할 예측 불가능한 장래 - 하에서 확보되어야 한다. 참으로 엄청난 도전이다.

식량의 생산과 공급은 복잡다단하게 얽혀있는 여러 요인들에 의해 결정되며, 이들 중에는 관련성이 깊고 마땅히 고려해야만 할 비기술적인 것들도 많다. 따라서 장애 요인들을 식별하고 실현 가능한 총체적 해법을 찾으려면 계통분석적 접근이 필요하다. 비기술적 요인들의 중요성을 과소평가하는 것은 아니지만 미래의 식량영양안보(FNS)를 다룸에 있어 가장 중심적인 것이 과학과 기술이라는 것은 의심의 여지가 없다. 이 보고서의 주 관점은 바로 이 과학과 기술 측면이다. 지속가능한 방식의 식량 생산, 식품의 가공과 저장, 음식 폐기물의 최소화 그리고 지역적 조건 및 인구에 최적화된 건강한 식단의 개발이 절대적으로 중요하다. 전 세계의 식량 문제에 대처하기 위해서는 교육과 현장 지도를 통한 현존 과학 지식의 응용, 특정 목표 분야에서의 새로운 과학 지식의 개발 및 이와 관련된 기술의 개발이 필수적이다.

아시아과학한림원연합회(Association of Academies and Societies of Sciences in Asia)는 이 보고서에서 아시아/오세아니아 지역의 장래 식량영양안보의 여러 측면을 광범위하게 - 특히 장래의 인구 증가 및 영양부족과 영양과다 추세와 연관하여 - 살펴 보고자 한다. 보고서는 가장 넓은 의미로서의 과학과 기술 그리고 과학에 기반한 교육과 관련된 문제들에 초점을 두었다. 보고서는 지식의 간극을 찾아내고 이 지역의 식량영양안보를 향상시킬 과학적 방법과 과학적 의제에 대해 논의한다. 한 가지 핵심적인 결론은 지식 개발을 위한 특정 목표 분야를 다루기 위해서는 학제간 협동 연구 교육 프로그램을 설정·지원하고,

전지역으로부터 가장 유능한 인력과 자원을 총동원해야 한다는 것이다.

식량영양안보를 논의함에 있어서는 단순히 열량제 공만 강조해서는 안된다. 오히려 식품의 종류와 영양소 그리고 건강에 영향을 미친다고 알려진 비영양소들을 균형 있게 제공하는 다양한 식단을 강조해야 하며, 식량영양안보는 영양 부족 및 영양과다 등 모든 현대의 영양불량을 다루어야 한다. 어떤 것이 '건강한 식단'인가를 과학적으로 설정하기 위한 연구가 시급하다. 이 보고서에서는 UN 식량 농업기구 (FAO)의 1996년 식량영양안보 정의를 채택하였다.

*‘식량안보는 모든 사람들이 활동적이고 건강한 생활에 필요한 영양적 요구와 음식에 대한 기호를 만족시키는 충분하고, 안전하고, 영양가 있는 식품에 대한 물리적, 경제적 접근이 항상 가능할 때 달성된다.’*

이 보고서는 예상되는 인구증가, 연령 분포, 경제 개발에 대한 아시아와 오세아니아 내 국가별 및 지역별 통계와 영양부족과 영양과다에 대한 현존 추산치를 사용하여 가장 심각한 식량영양안보 문제에 봉착하게 될 것으로 예상되는 국가와 지역('문제 지역')에 초점을 맞추는 접근법을 택하였다. '계통분석'을 사용하여 이 지역의 식량영양안보의 핵심 저해 요소를 알아내고 이런 분석을 써서 현장지도, 교육 및 연구와 개발의 우선순위를 정하는 것이 앞으로 추구할 하나의 전략이 될 것이다. 보고서는 이런 분석에서 지리적 영역 및 사회·경제적 그룹간의 심대한 차이를 인정해 각 영역의 크기를 고려하였다. 식량영양안보 연구에서의 영역적 접근은 '분야별'(보통 농업 생산), '위로부터', '일률적 잣대' 방식으로부터 '다분야', '아래로부터', '정황을 고려한' 방식으로의 전환을 의미한다.

이 연구에서는 지역내에서 장래 식량영양안보에 크게 취약한 몇 국가들을 꼽아보았다. 이 나라들의 특징은 현재도 영양불량의 정도가 심각하고 예측되는 인구 증가율도 높다. 필리핀, 타지키스탄, 이란, 예멘 뿐만 아니라 인도, 방글라데시, 파키스탄, 아프가니스탄, 네팔 및 미얀마 등이 장래 식량영양안보에 특히 취약해

보인다. 그렇다고 이 지역 내 다른 국가들은 장래 식량영양안보와 관련하여 문제가 없다는 얘기는 아니다. 단지 연구가 가장 효과적일 수 있는 곳에 관한 합리적인 시발점일 뿐이다. 이 국가들을 선택함에 있어서는 영양과다 보다는 영양부족에 강조점을 두었는데, 영양 부족은 그 영향이 즉각적이고, 치유할 수 없는 경우도 자주 있다. 다시 얘기하지만 이렇다고 해서 영양과다의 나쁜 영향을 최소화하자는 것은 아니다. 과체중 또는 비만 사례는 오세아니아 전역에서 증가하고 있으며, 식량영양안보 전략은 어느 것이든 비만과 이에 관련된 비전염성 질병을 방지하기 위해 더 다양한 식품을 생산하고 건강한 식습관과 건강한 생활방식에 관한 교육을 증진시킬 필요성을 담아내야 한다.

이 지역에 장래 식량영양안보를 담보할 계획 수립에는 정치가들과 정책결정자들의 강력한 관여가 필요하다. 그러나 이 지역 과학자들도 전문가 동료 평가를 받은 건전한 과학 지식을 제공하고 증거에 기반한 의사결정을 가능하게 할 책임이 있다. 우리는 AASSA가 식량영양안보 관련 기초 연구를 최우선에 두는 지역 내 국제 연구 지원 기제를 설립하는데 일정 역할을 해 주기를 제안한다. 연구에 있어서의 투자와 과실 사이의 상당한 시간상 괴리를 감안해 볼 때 이 지역의 정부들은 식량영양안보 관련 연구·개발과 교육에 대한 지원을 계속해야 될 뿐만 아니라, 재정 지원의 전체 규모도 시급히 크게 증가시켜야 할 것이다. 농·식품 연구개발, 현장지도 및 교육을 부흥시켜야 하며 이런 노력은 과거에 비해 보다 더 학제적이고 시스템 지향적이어야 한다.

과학기술의 몇 가지 신생 분야들은 이 지역에 공통적으로 적용할 수 있으며, 이 점에서 핵심적인 성과를 거둘 수 있는 몇 개 분야를 집중적으로 다루는 우수 연구센터를 창설하기 위한 지역내 협조체제를 갖추 것을 강력히 요망한다. 이런 센터에서는 아시아·태평양 전지역의 가장 우수한 관련 과학자들을 모아 특정 목표를 성취하기 위한 명확히 계획된 연구를 수행하게 될 것이다. 이 지역에 공통적으로 그리고 우선적으로 적용할 핵심 과학기술분야들로는 (1) 게놈(genome)에 기반한 식물 및 동물번식; (2) 빅데이터 수집 및 분석, 정밀 농업 및 로보틱스; (3)

추수, 가공 및 저장과정에서 식량 낭비를 방지하기 위한 식품 기술 혁신; (4) 생물종다양성과 기후 등 광범위한 문제들에 대처할 지속가능한 농사법으로서의 토지 및 물 이용; (5) 양식 시스템 및 통합 농장 생산 시스템 등을 들 수 있다. 이들은 장래의 식량 영양안보를 확립하기 위한 핵심적 혁신 분야로서 공동선을 위한 과학과 심층적 지식 기반을 갖추기 위한 기초과학을 반영한 대형 학제간 프로젝트가 될 것이다. 아시아·태평양 식량 시스템은 방대하고 잠재력이 풍부하여 양질의 식량을 더 많이 생산하고, 식량 낭비를 줄이고, 경제 성장을 이루고, 누구에게나 건강하고 안전한 먹거리를 제공하고, 또 이것들을 지속가능한 방식으로 성취할 능력이 있다. 그렇지만 연구와 교육을 크게 향상시킬 통합된 노력을 전지역에서 조화롭게 전개하지 않는다면 이 능력은 실현되지 않을 것이다. 연구와 교육은 식량 시스템 전체를 아우르고, 학제간 이어야 하며, 다양한 식품의 순 공급량(생산량에서 낭비량을 감한 것) 증가를 목표로 하여야 한다. 다양한 건강 식품들을 예측 가능한 적정 수준으로 공급하는 것이 목표이므로 저변에는 식품 안전·영양·인류복지를 강조해야 한다.

AASSA 연구진은 전세계가 과학과 교육에 충분히 투자하기만 하면 어떤 형태의 영양불량도 다 해결할 수 있고 장래의 아시아의 주민들을 위한 적절한 식량공급이 이루어질 수 있다고 자신한다. 그러나 이렇게 되기 위해서는 할 일이 많이 남아 있다. 식량 생산량을 늘리고 다양한 고품질 식품이 소비자에게 확실히 공급되게 하기 위한 이 지역의 능력에 영향을 미치는 장애요인들을 찾아내야 한다. 지역을 통틀어 최선의 자원을 총동원하는 학제간 협동연구 프로그램을 창설하고 재원을 마련하여 필요한 지식을 개발해야 한다. 그리고 이 지식은 명확히 소통되고 대가 없이 널리 공유되어야 한다.

## 제1장 서론

### 1.1 전세계적 도전

21세기에 인류가 직면한 가장 심각한 도전들 중의 하나는 급속히 증가하는 세계 인구에게 사회적으로나 환경적으로나 지속가능한 방식으로 영양 많고 건강한 식품을 확실하게 제공하는 것이다. 이 엄청난 도전에 대처하려면 과학기술이 중심이 되어야 한다.

2050년에 예상되는 90억 인구에게 균형 잡힌 식단을 보장하려면 여러 가지 식품들(예컨대 곡물, 채소, 과일, 견과류, 유제품, 달걀, 육류 및 어류)을 더 많이 생산하고 또 더 균등하게 분배해야 한다. 지금 당장에도 대략 10억명 정도가 영양 부족이고, 여러 나라들에서는 대사증후군과 이에 수반되는 비전염성 질병이 증가하고 있다. ‘숨겨진 기아’ 역시 심각한 문제이다. 예컨대 인도에서는 전인구중 70%이상이 미량영양소들을 일일권장량의 50%미만밖에 섭취하지 못하고 있고, 세 살 이하 아동들 중 50%가 저체중이다(Arnold 등, 2009). 이 심각한 도전에 대처하기 위해서는 식단-식품-영양소-건강안보에 대한 더 적극적이고 세계적으로 통합된 접근이 요구된다.

필요한 식량의 증산은 여러 가지 제약하에서 이루어져야 한다. 장래에 농업용 토지는 증가할 가능성이 없으며, 오히려 도시화 환경보전, 생태계 그리고 지구 온난화에 따른 해수면 상승에 의한 육지 잠식 등 때문에 감소할 것이다. 기타 필수 자원들(예컨대 화석연료, 비료 및 물)의 공급한계도 문제가 될 것이다. 장래의 식량증산은 환경·경제·문화·사회적으로 지속 가능해야 하고 또 기후 변화가 초래하는 예측 불가능한 결과들을 무릅쓰고 이루어져야 한다. 현재 이미 높은 수준에 있는 농업 생산량을 더 향상시켜야 할 경우도 있고 과학기술을 이용하여 현존하는 ‘생산량 격차’를 메꿔야 할 경우도 있는데 두 경우에 모두 혁신이 필요하다.

2015년에 UN이 채택한 17개의 지속가능개발목표(SDGs)는 전세계 식량공급문제에 대처하는데 있어 중요한 체계를 제공한다. 그러나 이 목표들을 성취하기 위해 필요한 전제조건은 증거에 기반한 과학

이다. 전세계의 과학한림원들은 전세계, 대륙, 국가 차원에서 식량 및 영양안보(FNS)를 향상시키기 위한 과학적 증거 기반을 강화하는데 주력하고 있다. 이를 위해 아시아과학한림원연합회(Association of Academies and Societies of Sciences in Asia, AASSA)는 아시아/태평양 지역 ‘식량영양안보와 농업’(FNSA)에 관한 보고서를 작성할 전문가 연구진을 구성하였다. (연구진의 구성과 회의 일정에 대해서는 부록 I 참조). 전세계 과학한림원연합회 InterAcademy Partnership(IAP) 프로젝트의 일부인 본 AASSA 보고서는 이 중차대한 문제를 해결하는데 과학기술이 도움이 될 메시지들을 담아 아시아와 태평양지역의 정부와 이 지역/국가 정책 결정자들 그리고 더 넓게는 과학계, 교육계 및 기타 이해 당사자들에게 전달하고자 한다.

우리는 식량영양안보를 위해 바람직한 성과는 모든 사람들이 건강하고 경제적으로 적절한 식단을 꾸릴 수 있고, 식량생산도 환경적으로 지속가능하고 문화적으로도 적절하게 이루어지는 것임을 강조한다. 이 보고서는 또한 배움을 촉진하고 대륙과 국가와 한림원들간에 좋은 경험을 공유하고자 하는 IAP의 더 넓은 목표에도 기여하고자 한다.

### 1.2 빈곤 퇴치의 중요성

AASSA 연구진은 처음부터 세계의 장래 인구를 환경적으로나 사회적으로나 지속가능한 방식으로 적절하게 먹이는 문제는 복잡하고 다면적이며, 실현 가능한 전체적 해법과 진로를 제시하려면 시스템 분석이 필요함을 인정하였다. 또한 개인 및 가족 차원에서 먹을 것이 충분하지 못한 근본 원인은 구매력의 부족이고 식량영양안보 확보에는 빈곤퇴치가 핵심임을 인정하였다. 현재 세계 극빈층의 70%는 농촌지역 주민들로서 이들 대부분이 농민으로 식품 구매자들이다. 약 9억명이 하루에 미화 1.90달러(2011, 구매력 등가지수, PPP)미만, 약 24억명이 하루에 미화 2~3달러(2011, PPP) 수입에 의존하여 살고 있다. 2050년까지 예상되는 세계 인구 증가(24억명)의 대부분은 현재 저소득으로 분류되는 국가들에서 이루어지고 (Population

Reference Bureau, 2016), 인구 증가의 거의 반은 아시아에서 생긴다. 식량 수요 증가의 기제는 잘 알려져 있다. 소득이 증가하면 극빈층은 소득 증가분의 대부분을 식품 구매에 쓰고, 하루 미화 2.00달러 정도가 되면 대부분의 ‘굶주림’문제 (칼로리 공급)는 해결되고, 하루 소득이 미화 2.00달러에서 미화10.00달러로 증가함에 따라 육류, 유제품, 과일, 채소, 식용유 등을 더 먹게 되어 농업 생산품 수요가 급증하게 된다. (Thompson, 2015). 하루 약 미화10.00달러 이상이 되면 가공식품과 고급식품을 더 많이 사고 더 많은 음식 서비스를 받으며 먹는 음식의 종류도 증가하지만 음식 재료 농산물 자체를 더 사지는 않는다. 세계 인구가 2050년을 향해 증가함에 따라 중산층도 더 많아 질 것으로 예상된다. (Kharas, 2017). 예상되는 인구 증가와 중산층 증가의 복합 효과로 세계 식량 수요는 현재와 2050년 사이에 약 3분의 2 정도 증가할 것으로 전망 된다. 이 증가량의 대략 반은 세계 인구 증가에 기인할 것이고, 나머지 약 반은 저소득 국가들의 경제성장과 도시화에 기인할 것이다. 현재의 저소득 소비자들 (소득 중 식품에 소비하는 비율이 가장 큰) 중 빈곤에서 탈출하는 수는 미래의 식량 수요와 관련해 가장 중요한 불확실성 요인이다. 또한 2050년까지 생물기반경제 (특히 바이오 연료)에서 농산물을 원료로 사용함에 따라 곡물과 기름 종자에 대한 세계 수요에 큰 변화가 생기겠으나 이에 대해서는 잘 알려져 있지 않다 (HLPE, 2013; Baldos and Hertel, 2014).

식량의 생산 및 개인과 가정의 공급은 여러 가지 상호작용하는 요인들이 복잡하게 얽혀 있는데, 이들 중에는 구매력, 무역장벽, 자본투자, 사회간접자본, 정부정책, 사회관습, 인구변화, 정치적·사회적 안정성, 접근의 평등성, 양성평등, 교육 등 광범위한 비기술적 요인들도 깊이 관련되어 있다. (Godfray 등, 2010; UK Government Office for Science, 2011; World Economic Forum, 2013; Pinstrip-Andersen, 2014). 각국 정부와 관련 국제 기구들은 식량 생산, 가정에서의 공급 및 분배에 결정적인 장으로 작용할 수 있는 이런 요인들에 잘 대처하는 것이 아주 중요하다. 그럼에도 불구하고 지속가능한 방식의 식량 생산, 식품의 가공 및 저장, 식량 낭비의 최소화, 지역 상황과 주민에 적합한 건강 식단의 개발 등도 절대적으로

중요하며 이것들은 과학기술, 교육 및 건전한 지식 기반에 크게 의존한다. 본 AASSA 보고서의 주 강조 점은 바로 이 과학기술 측면이다. 향상된 교육과 현장 지도를 통해 현존 지식을 응용하는 것과 목표 분야에서 새로운 과학 지식과 관련 기술을 개발하는 것은 세계가 당면한 식량 도전에 대처하는데 필수적이고, 전세계의 과학한림원들은 이를 위해 과학적 지도력을 발휘해야 할 책무를 지고 있다.

### 1.3 AASSA 실무연구진의 접근방법

AASSA 실무연구진은 아시아/태평양 지역의 미래 식량 영양안보의 여러 국면들을 장래의 인구증가 및 영양부족과 영양과다와 관련한 이 지역의 예상되는 변화 경향을 염두에 두고 폭넓게 다루기로 하였다. 이 보고서는 가장 넓은 의미에서의 과학기술 및 과학에 기반한 교육과 관련된 문제들에 집중하였다. 이 보고서가 다룬 지역은 아시아와 태평양이다. 여기서 태평양은 오세아니아 (호주, 뉴질랜드, 태평양 제도)로 정의하였고, 아시아는 동쪽으로는 태평양, 남쪽으로는 인도양, 북쪽으로는 북극해로 둘러싸인 지역으로 정의하였다. 서쪽으로 유럽과의 경계선은 역사적·문화적 개념에 근거하였다. (그림 1).

여기에는 48개 UN 회원국들 및 기타 6개국들이 속해 있고, 중국·인도·러시아의 일부·터키·중동 및 동남 아시아 여러 나라들처럼 인구 과밀 국가들이 포함 되어 있다.

그림 1. 보고서에서 다룬 아시아·태평양 영역



AASSA 연구진이 채택한 분석적 접근방법에서는 아시아/태평양 대륙을 다 다루지는 않고 몇 개 국가들(표 1) - 과학한림원의 위상이 높은 -을 선택하여 자세히 연구함으로써 전체를 조망하고자 하였다. 다만 필요한 경우에는 예외적으로 다른 지역과 국가들도 고려하였다. 아태 지역의 여러 나라들은 일인당 국내 총생산(GDP), 경제성장률, 인구증가율, 천연 자원, 영양부족 또는 과다, 그리고 정치적·문화적·사회적 동인들 등에 차이가 크다. 본 보고서는 이와 같은 다양성을 염두에 두고 대륙내 국가들과 지역들에 공통적인 경향과 도전들을 찾아내고자 하였다. 물론 중요한 차이점들에도 유의하였다.

연구진은 식량영양안보를 분석함에 있어 ‘아래에서 위로’(bottom-up) 접근법을 채택하였다. 아·태 지역 과학한림원들에서 추천한 전문가들 중에서 지역을 안내하여 선정해 연구진을 구성하고, 각 전문가는 자신의 국가 또는 지역에 대한 정보와 통찰을 제공하고, 연구진은 이를 종합하여 공통적 주제들을 개발하고, 보편적 또는 구체적 결론들을 도출하였다. 분석은 대체로 IAP에서 이 프로젝트를 위해 개발한 표준틀(표 2)을 따랐고, 수집된 정보는 ‘식량 시스템’ 맥락으로 해석하였다. 과학한림원들간의 협동방식의 장점은 광대한 지역에 걸쳐 여러 관련 과학분야들의 역량을 결집하여 대륙과 전세계 차원에서 뿐만 아니라 국가 그리고 때로는 한 국가 내 소지역 차원에서 국가간 또는 국가내의 다양성까지를 반영하는 과학적 문제와 기회를 알아낼 수 있다는 점이다. 이 방법의 독창성은 과학한림원들의 네트워크를 통해 여러 분야에서 다양한 배경을 가진 뛰어난 과학자들을 모을 수 있다는 것이다.

표 1. 아시아/태평양 대륙 전체 조망을 위해 선택한 국가들

|       |
|-------|
| 호주    |
| 중국    |
| 인도    |
| 인도네시아 |
| 이스라엘  |
| 일본    |
| 한국    |
| 태국    |

표 2. 본 과제의 공동 주제를 위한 IAP 표준틀<sup>1</sup>과 AASSA 보고서와의 연계

| IAP 표준틀                                                   | AASSA 보고서 |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| 1. FNSA <sup>2</sup> 를 위한 국가적/영역적 특징을 기술함에 있어 다뤄야할 주요 요소들 | 제1장       |
| 2. FNSA의 주된 도전/기회, 그리고 해당 영역의 미래 예측                       | 제2장       |
| 3. 국가적/영역적 수준에서 과학기술의 강점과 약점                              | 제3장       |
| 4. 혁신이 농가 규모에서 농업을 향상시키기 위한 전망(예컨대 다음 25년 동안)             | 제4장       |
| 5. 식량시스템의 효율을 증가시킬 전망                                     | 제5장       |
| 6. 보건과 영양문제들은 - 특히 식이변화가 식량수요와 건강에 미치는 영향                 | 제6장       |
| 7. 경작지 사용과 경합하는 것                                         | 제7장       |
| 8. 경관 수준에서 FNSA에 관련한 주요 환경주제들                             | 제8장       |
| 9. FNSA에 대한 국가적/영역적 규제 체계와 기타 부문/부문간 공공 정책의 영향            |           |
| 10. 영역간/세계적 수준에서의 관련사항들                                   |           |

<sup>1</sup> 부록 II 참조.

<sup>2</sup>FNSA(Food and Nutrition Security and Agriculture, 식량영양안보와 농업)

## 1.4 IAP와 AASSA

IAP(InterAcademy Partnership)는 전세계 130개 이상의 한림원들을 대표하는 국제네트워크로서 회원 한림원들의 권능, 권위와 신뢰성을 결집하고 이들의 통합된 과학적 능력에의 접근을 목적으로 하고 있다. IAP는 종전의 InterAcademy Panel, InterAcademy Medical Panel, InterAcademy Council이 최근의 구조 변경을 거쳐 탄생한 새로운 통합 조직이다. 많은 국가 한림원들은 전통적으로 주요 정책 토론 과정에 과학계의 결집된 목소리를 반영할 책임을 지니고 있다. IAP는 산하의 네 대륙별 연합회들(아프리카, 남북미주, 아시아, 유럽)을 동원함으로써 전세계적 차원에서 분야를 초월하여 정책 결정에 과학에 기반한 조언을 할 능력을 갖추고 있다. 많은

국가 한림원들 및 대륙별 한림원연합회들은 이미 식량영양안보 관련 분야의 연구를 수행한 바 있다. IAP 이사회는 2014년 11월에 이 분야를 IAP가 선도적으로 수행해야 할 극히 중요한 과제로 결정하였다. 이 IAP 연구의 목적은 네 개의 대륙별 보고서들과 이들을 바탕으로 대륙간의 유사점과 차이점들을 적시하고 대륙간의 공통 주제들을 탐색하는 종합판을 발간함으로써 각 지역의 상황과 전략적 필요에 맞추어진 전세계, 대륙 및 국가적 차원에서 수행해야 할 일들에 대한 조언과 건의사항들을 제공하는 것이다.

따라서 이 IAP 연구는 전세계 각 지역의 정책의 기대치·목표·대안 등에 있어서의 현존하는 차이에 관한 과학적 기반을 명확히 함과 아울러 전세계 차원에서는 강력한 일치된 메시지를 전달하는 이중의 목적을 가지고 있다. 이 IAP 연구는 2015년 6월 독일 국립과학한림원 레오폴디나에서의 회의를 기점으로 시작하였으며 전문가들을 모아 IAP와 네 대륙별 한림원연합회가 연구를 수행함으로써 이미 다른 과학자들이 이루어 놓은 상당한 양의 업적에 추가하여 정책결정자들에게 자문하고자 하였다. 시작단계 후에는 집단토론을 거쳐 네 개의 대륙 연구진에게 정보를 제공하고 이들을 이끌어 줄 공동의 표준틀(부록 II 및 표 2 참조)을 개발하였다. 이 공유된 표준틀의 구성내용들은 대륙별 특성에 대한 이해, 과학이 정책결정에 도움이 되고 혁신의 도구로 작용할 수 있는 중요한 기회와 도전들의 적시, 여러 가지 대안들의 상호 관련 요인들의 영향, 그리고 과학적 자원의 동원 방안 등에 관한 것들이다.

AASSA는 IAP와 제휴한 대륙별 연합회로서 과학기술과 연관된 비영리기관으로 과학기술을 통해 아시아와 태평양 지역의 개발에 기여함을 주목적으로 하고 있다. AASSA는 과학기술자들이 과학·기술, 연구·개발 및 사회경제적 개발을 위한 기술의 적용 등에 관련한 주제들을 논의하고 이들에 대한 조언을 제공하는 토론장이다. 현재의 AASSA는 기존의 두 연합체, 즉 AASA (Association of Academies of Sciences in Asia, 2000년 창립)와 FASAS (Federation of Asian Science Academies and Societies, 1984년 창립)의 발전적인 통합절차를 거쳐 2012년에 출범하였으며, 30개국 34개 한림원

들로 구성되어 있다.

## 1.5 이 AASSA 보고서의 목적과 범위

이 보고서는 식량영양안보에 연관된 과학기술과 과학-기반 교육에 초점을 두었다. 보고서는 아시아 및 오세아니아의 인구증가와 미래식량수요의 변화에 대한 초학제적·초지역적 증거 기반 평가를 거쳐 도출한 사실들을 요약하고, 미래 식량영양안보에 관련된 주요 속성들을 정의하였다. 이 연구는 식량영양안보가 식량공급과 식량 사용(수요)을 모두 포괄함과 아울러 식량 관련 문제 해결책은 정황·지역·문화 등에 맞춰져야 함을 인정한다. 이 보고서에 들어 있는 내용과 건의들 중에는 국가와 지역에 고유한 것들도 있고 전 세계에 공통적인 것들도 있다. 특히 이 보고서는 지식 격차를 확인하고 지속가능한 식량영양안보를 가능하게 할 과학적 접근 방법과 과학적 주제들을 논의하였다. 보고서는 ‘식량시스템’ 관점에서 작성되었으나 복잡다단한 식량 생산 시스템내의 단절점들도 적시하여 논의하였다.

이 보고서의 메시지와 건의사항들의 지향 대상은 우선적으로 아시아/태평양 지역내 정부들 및 정책결정자들이지만 과학한림원, 과학자, 교육자, 그리고 일반 대중을 포함한 기타 이해 당사자들도 포함된다.

AASSA 전문가 연구진은 과학기술에 충분한 지속적 투자가 이루어진다면 모든 형태의 영양실조는 해결할 수 있고 아시아의 미래 시민들에게 적절한 식량공급이 이루어질 수 있다고 자신한다. 그러나 이렇게 되기 위해서는 할 일이 많이 남아 있다. 식량생산을 증가시키고 다양한 고품질 식품이 소비자에게 확실히 공급되게 하기 위한 해당 지역의 능력에 영향을 미치는 결정적인 장애요인들을 찾아 내어야 한다. 지역을 통틀어 최선의 자원을 총동원하는 초학제간 및 협동 연구프로그램들을 창설하고 재원을 마련하여 필요한 지식을 개발해야 한다. 개발된 지식은 명확히 소통되고 대가없이 널리 공유되어야 한다. 현 AASSA 보고서는 이러한 목적을 향한 노력이다. 이 보고서는 복잡다단한 이 주제에 대해 이미 출판된 다른 보고서들을 토대로 하였으며 또 이들을 보완해 준다.

## 제2장 문제의 정의

### 2.1 국가 그리고 영역(region)적 수준에서의 식량 영양안보를 위한 주요요인들

미래의 식량안보 수요를 다루는 일반적 접근방법은 국가적 수준에서 국민열량필요 예상치를 식량공급 예상치로 모형화하는 것이다. 그러나 단순히 열량을 공급하는 것이 꼭 건강한 식단을 보장하지는 않는다는 것은 잘 알려진 사실이다. 따라서 모든 사람에게 적절하고 다양한 식품 종류가 제공됨으로써 다량 영양소나 미량영양소(미량 원소 및 비타민)가 부족하지 않고 기타 건강을 촉진시키는 식물성 및 동물성 물질들(즉, 해양 오메가 3 및 기타 중요 지방산, 식물 화학물질, 식물성 비전분성 다당류<섬유> 그리고 특정 아미노산)이 양적으로 식사에 충분히 들어있는 진정한 의미에서의 식량영양안보를 강조할 필요가 있다. 균형 잡힌 식단의 필요성은 몇 가지 통계결과가 잘 보여준다. 실 예와 인도네시아의 경우를 통해서 유엔의 식량농업기구(FAO)는 다음과 같이 보고하고 있다:

‘칼로리면에서는 식품의 조달가능성이 상당히 증가하였음에도 불구하고, 인도네시아는 영양부족을 낮추는 데에 느린 진전을 보였다. 가장 최근 통계는 5살 미만의 발육부진아 발생율이 2013년에 37.2%였음을 보여준다. 이것은 그들이 영양 상태를 좋게 유지할 수 있도록 다양한 식품을 충분히 섭취하지 못했음을 의미한다.’(식량농업기구<FAO>, 국제농업 개발기금<IFAD> 및 세계식량계획<WFP>, 2014).

또한 국가적 수준(하향식)의 식량수요공급 예상치의 모형화는, 비록 효과적인 시작점이긴 하지만, 약간은 무딘 방법(일률적 방법)이다. 종종 식량영양안보는 영역(region)적 및 구획(section)적으로 큰 차이가 있다. 다구역(sector)적, 상향식 그리고 상황에 맞는 지역(territory)적 접근방법을 사용해야 함을 이해할 필요가 있다(경제협력개발기구<OECD>, FAO, 유엔자본개발기금<UNCDF>, 2016)

앞서 언급한 것처럼 빈곤은 종종 식량불안의 기저에 있는 원인이며 빈곤을 다루는 것은 지속가능한 해결

책을 찾는 데에 필수적이다. 사업기회를 개발하고, 많은 경우에 농외(농촌빈곤층을 위해)고용을 촉진하는 것은 식량영양안보에 긍정적인 소득관련 효과를 가질 수 있다. 그러나 식량영양안보에서 소득을 올리는 것은 필요하지만 그것이 항상 충분한 해결책은 아니라는 것도 또한 알려져 있다(Warr, 2014). 저소득에 덧붙여 식량불안에 영향을 미치는 다양한 것들에는 실업, 자연자원파괴, 건강취약, 교육수준, 사회기반시설 및 시장 부족, 취약한 제도 및 관리, 그리고 다양한 정책과 각급 정부들을 종합하는 조정력의 결핍 등이 포함된다. 식량영양안보는 다차원적 문제이며 해결책을 창안하는 데에는 ‘총체적 시스템’적 접근이 필요하다.

식량영양안보를 다루는 데에는 영양부족으로 야기된 문제를 규명하는 것에 덧붙여 과도한 식품열량 소비, 불균형한 식단 그리고 운동부족으로 인한 과체중과 비만 국민(그리고 이에 수반되는 대사증상에 관련된 비전염성 질병의 높은 발생 비율과 함께)의 비율이 증가하는 것을 고려하는 것도 중요하다. 언급할 가치가 있는 식량영양안보의 또 다른 측면은 식품안전이다. 안전한 식량공급은 유해한 미생물과 독소들이 없고 변조 및 오염이 없는 식품을 공급함을 의미한다.

*‘식량안보는 모든 사람들이 항상 활동적이고 건강한 생활을 영위하기 위한 식이필요를 만족시키고 좋아하는 식품으로 안전하고 영양가 있는 음식을 물리적으로나 경제적으로 충분히 소비할 수 있을 때 수립된다.’ (FAO, 1996)*

아시아 및 오세아니아에 대해 여기에서 채택한 식량 영양안보 분석의 접근방법은 미래 식량영양안보 문제에 직면할 가능성이 가장 높은 주요 국가들과 지리적 영역에 초점을 맞추면서 영양불량 및 영양과다에 대한 현재 추정치와 함께 인구증가, 인구연령분포, 그리고 경제발전(총인구에 대한 중산층 비율의 변화로 기술된) 예상치에 대한 국가적, 영역(region)적 통계를 이용하는 것이다. 예상되는 문제들의 지구적 성격을 규명함과 아울러, 특정 영역(region)과 인구 집단들이 당면하고 있는 문제들을 규명하는 데에 ‘상향식’ 구역

(territory)적 접근방법이 얼마나 필수적인가에 대한 사례 연구들을 제시하였다.

끝으로 식량영양안보를 다룸에 있어서는 식량영양 안보의 4 가지 구성요소 전부(식량생산과 입수가능성, 접근성, 활용도 그리고 안정성)가 고려될 필요가 있음이 인정된다. 영양과다와 ‘활용도’ 요인에 대하여는 영양 및 건강 과학이 ‘건강한 식사’를 정의하는 데에 주된 역할을 하며, 인간행동과학 및 사회과학은 균형 잡힌 식사와 균형 잡힌 식사/운동 식이요법을 유지 하도록 동기부여를 하는 요인들을 더욱 잘 이해하도록 함에 있어 중요한 역할을 한다. ‘안정성’ 요인은 안정된 관리, 안정된 인구이동, 전쟁과 갈등의 부재, 그리고 재난관리와 관련된 영역적 안정성에 대해 이야기 하지만 또한 환경적으로 그리고 사회적으로 지속가능한 식량생산 시스템을 함축한다. 식량생산은 다양하고 복잡한 상호작용하는 과정과 양방향으로 영향하는 요인들에 좌우되는 결과이다. 미래 식량생산이 안정적이고 지속가능하도록 보장하기 위해서는 시스템 수준에서 농업기반 생태시스템에 대한 이해가 요구된다. 농생태시스템의 안정성은 더욱이 기후변화에 의해 도전받고 또한 생물종다양성 손실로도 도전받는다. 식량생산의 지속가능성과 미래에 닥칠 이것의 중요성은 2.9 절에서 다룬다.

#### 권고사항:

발전을 위한 전략은 식량수확량을 증가시키거나 식량종류별로 충분히 균형 잡히게 공급하는 길에 핵심적으로 장애가 되는 것들을 규명하기 위한 시스템 분석을 수행하는 것이 될 것이다. 시스템 분석은 영역(region)별로 그리고 집단별로 현장적용, 교육 그리고 연구개발 필요의 우선순위를 정하는 것이고 식량생산과 다양성을 지속가능하게 증가시키는 수단에 대한 안내를 해 주는 것이다. 전세계에 해당되고 보편적으로 적용할 수 있는 연구개발/현장적용/교육 집중분야들이 분명 있을 것이다.

## 2.2 인구규모와 연령 분포의 예상 변화

아시아 전체, 오세아니아 그리고 선별된 국가들(표1 참조)에 대한 최근 예상된(유엔 중간 변이 값) 인구 규모는 표 3에 수록하였다. 2050년에 아시아에는 현재보다 대충 10억 명(예상된 세계 인구증가의 약 절반)의 인구가 더 있을 것으로 예상된다. 또한 오세아니아의 인구도 비록 상대적인 비중은 작아도 상당히 증가할 것이다. 그러나 아시아 전반에 걸친

인구 증가 예상치는 균일하지 않아서, 어떤 나라들(특히 중국과 일본)에서는 인구규모가 줄어들고, 또 다른 나라들(예를 들면, 인도, 인도네시아 및 이스라엘)에서는 높은 인구증가율을 보일 것이다. 아시아에서 인구 증가 예상치의 거의 절반은 인도에서 발생한다. 아시아 인구에서(2015-2050) 많은(현재와 비교해서) 증가를 가져올 것으로 기대되는 기타 다인구 국가들은 아프가니스탄, 방글라데시, 이란, 이라크, 카자흐스탄, 말레이시아, 미얀마, 네팔, 파키스탄, 필리핀, 사우디아라비아, 시리아, 타지키스탄, 터키, 우즈베키스탄, 베트남, 그리고 예멘이다. 그러나 아프가니스탄, 시리아 그리고 예멘에서 벌어지고 있는 현재의 갈등사태는 예상을 어렵게 하고 있다.

표 3. 유엔 중간 변이 값에 근거한 아시아, 오세아니아 및 선별 국가들의 총인구규모 예상치

|       | (단위, 백만) |           |
|-------|----------|-----------|
|       | 2015     | 2050(예상치) |
| 아시아   | 4,393    | 5,267     |
| 오세아니아 | 39       | 57        |
| 호주    | 24       | 34        |
| 중국    | 1,377    | 1,348     |
| 인도    | 1,311    | 1,705     |
| 인도네시아 | 258      | 322       |
| 이스라엘  | 8.1      | 12.6      |
| 일본    | 127      | 107       |
| 한국    | 50       | 50        |
| 태국    | 68       | 63        |

자료: 유엔 경제사회문제과 인구계(2015). 또한 Lutz & Samir(2010) 참조.

태평양 군도(호주와 뉴질랜드를 제외한 오세아니아)의 총인구는 2050년까지 거의 배가 될 것인데 이것은 강조할 필요가 있다. 나중에 논의하겠지만 많은 섬 주민들은 영양상태가 이미 열악한 경향이 있고 섬들은 특히 기후 변화 영향에 취약하다. 기후변화 시나리오의 ‘최악의 경우’에서는 키리바티와 투발루 같은 섬들은 태평양의 수위가 높아짐에 따라 완전히 물에 잠길지도 모른다. 이 섬들의 모든 주민들은 재정착을 해야 할 지도 모른다. 앞으로 50년 동안 멜라네시아에서 태평양 연안국들로, 특히 호주와 뉴질랜드로 대규모 순 인구 이동이 일어날지도 모른다

(뉴질랜드 노동부, 2012; Bedford 등, 2014; 유엔 아시아태평양 경제사회위원회, 2014)

아시아와 오세아니아의 여러 나라들의 인구는 규모 뿐만 아니라 연령분포에서도 변화하고 있다. 연령분포 예상치에 대한 자료는 표4에서 볼 수 있다.

표 4. 선별된 연령집단에서의 인구분포 예상비율(%)

|       | 2015  |       | 2050(예상치) |       |
|-------|-------|-------|-----------|-------|
|       | 0-60  | 60+   | 0-60      | 60+   |
| 호주    | 79.60 | 20.40 | 71.70     | 28.30 |
| 중국    | 84.80 | 15.20 | 63.50     | 36.50 |
| 인도    | 91.10 | 8.90  | 80.60     | 19.40 |
| 인도네시아 | 91.80 | 8.20  | 80.80     | 19.20 |
| 이스라엘  | 84.10 | 15.80 | 78.10     | 21.90 |
| 일본    | 66.90 | 33.10 | 57.50     | 42.50 |
| 한국    | 81.50 | 18.50 | 58.50     | 41.50 |
| 태국    | 84.20 | 15.80 | 62.90     | 37.10 |

자료: 유엔 경제사회문제과 인구계(2015). 또한 Lutz & Samir(2010)참조.

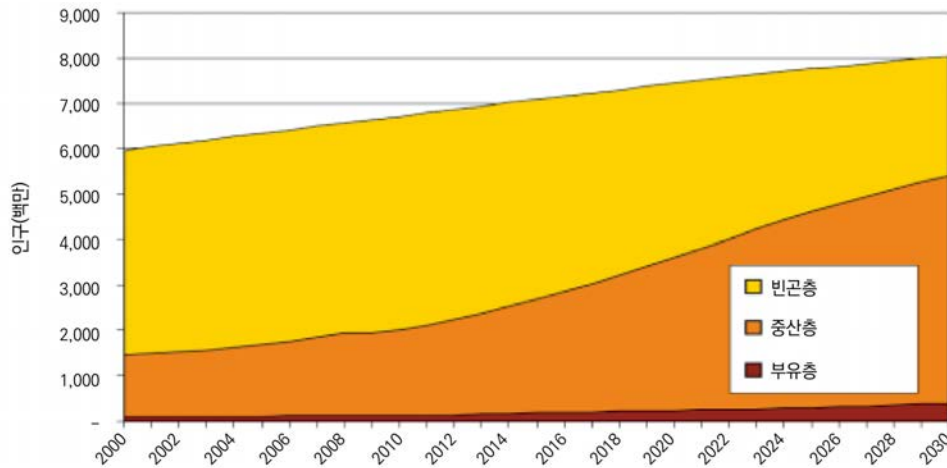
현재 아시아/오세아니아는 지역마다 상이한 연령 분포를 보인다. 인도와 인도네시아는 두드러지게 젊은 인구가 많다. 그러나 거의 모든 국가의 인구의 대부분은 매우 급속히 노령화하여 2050년에 이르러서는 각 국가 인구의 거의 20-40%가 60세 혹은 그 이상이 될 것이다. 인도와 인도네시아 같은 나라들은 비교적 젊은 인구가 많을 것이고 반면에 중국, 일본 그리고 남한 같은 나라들은 노령인구가 더 많을 것이다. 일본과 남한은 인구의 40% 이상이 60세 혹은 그 이상일 것이다. 이것은 이러한 나라들의 미래 식이 및 영양 요구에 매우 중요한 의미를

갖는다. 왜냐하면 나이가 든 사람들은 나이가 들어 가면서 발생하는 일반적인 건강과 신체활동 손상과 관련된 신체근육 손실의 영향을 희석시키기 위하여 에너지밀도가 높은 식사와 더 많은 고품질의 식이 단백질이 요구되기 때문이다.

## 2.3 중산층의 변화 예상치

앞으로 20년간 세계적으로 중산층(2005년 시점의 구매력등가 기준으로 일당 소득 US10-100\$)의 폭발적 증가가 있을 것이다(그림 2와 Kharas & Gertz, 2010 참조). 현재 경제성장율을 가정한다면 세계는 전체적으로는 빈곤층에서 중산층으로 진화하고 있다. 2022년은 최근 역사상 처음으로 세계 인구 중 빈곤층보다 중산층이 더 많은 시기일 것으로 예상된다. 2030년에 이르러서는 50억명이 (지구 인구의 거의 2/3) 중산층일 것으로 예측된다. 이러한 지구 중산층의 잠재적 증가는 유의한 지리적 재배치와 관련이 있다. 왜냐하면 지구 중산층의 새로운 구성원의 거의 전부는 아시아에 거주할 것이기 때문이다(표5 참조) 이 예상은 식량영양안보에 긍정적인 영향을 미친다. 왜냐하면 빈곤은 개인과 가정 수준에서 식량 불안의 근본 이유이기 때문이다. 이것은 또한 미래에 생산되어야 할 식량의 종류에 대한 암시도 준다. 왜냐하면 팽창하는 중산층은 육류, 낙농제품, 알, 생선, 견과류 및 과일 등과 같은 고급 식품에 대한 수요를 증가시키기 때문이다. 소득증가에 따른 이러한 경향에 근거하여 전세계적으로 고기와 유제품 생산이 2050년까지 상당히 증가될 필요가 있을 것으로 예측한다(FAO, 2010, 2013; Alexandratos & Bruinsma, 2012).

그림 2. 세계 중산층 증가의 예상치



자료: Kharas & Gertz(2010).

표 5. 아시아/태평양 지역의 중산층 증가(단위: 백만)

|         | 2009 | 2020<br>(예상치) | 2030<br>(예상치) |
|---------|------|---------------|---------------|
| 아시아/태평양 | 525  | 1,740         | 3,228         |

자료: Kharas & Gertz(2010).

고기, 젓 및 생선의 생산은 자원 집약적이다. 그러나 가축 생산의 효율과 경쟁력은 토지 사용의 경제성과 최종 산물의 단백질 품질에 대한 고려에 달려 있다 (van Zanten 등, 2014; Ertl 등, 2015, 2016; van Zanten 등, 2016). 이것은 지속가능한 식량 생산에 대한 합의를 가지며 더 잘 이해할 필요가 있다. 이러한 식품들은 질적으로 좋은 단백질을 가지고 있고 비교적 많은 양의 필수 광물질과 비타민들을 공급하고 관능적 품질과 더불어 건강에 유익한 다른 것들을 함유하고 있을 수도 있어서 사람들은 소득이 증가할수록 이런 식품들을 찾게 된다. 또한 사람들은 문화적 신념에 근거하여 그런 식품들을 찾을 수도 있다.

## 2.4. 현재 영양부족과 영양과다 수준

### 2.4.1 영양부족

현재 세계에서 약 8억5천만명이 굶주림 (칼로리/단백질 부족)에 시달리고 또 다른 20억명이 ‘숨은 기아’ (칼로리 및 단백질 요구량은 충족되는 것처럼 보이나 미량영양소인 무기질과 비타민의 요구량은 충족되지

않은 영양부족)로 고통받고 있다. 인도 어린이의 식사에서의 ‘숨은 기아’가 그림 3에 설명되어 있다. 이전에 논의된 바와 같이 (2.1절 참조), 칼로리 섭취량이 부족한 (영양부족) 사람의 수를 측정하는 방법만으로는 식량이 확보된 사람들의 숫자를 너무 과대하게 추정할 가능성이 있다. 이러한 이유로 칼로리 공급 한 가지 보다 더 광범위한 항목들을 고려한 지표들이 개발되었다. 표 6에는 아시아/태평양 지역에서 선택한 일부 국가들에 대한 국제식량정책연구기관 (IFPRI)의 세계 기아지수 (GHI) 데이터가 나와 있다. IFPRI GHI는 영양 (칼로리)부족 인구의 비율, 소모성 질환(wasting)으로 분류된 5살미만 어린이의 비율 (체중/키의 비율이 작은 경우); 발육부진(stunting)으로 분류된 5살미만 어린이의 비율 (키/나이의 비율이 작은 경우); 아동 사망률 (5살 이전)을 종합한 것이다. 10점은 가벼운 영양부족을, 20점 이상은 심각한 영양부족을, 35점 이상은 경고할 수준의 영양부족을 나타낸다. 심각한 수준의 영양부족 현상이 지금도 아시아 태평양 지역의 일부에서 발견되고 있고, 인도와 인도네시아 같은 인구가 많은 국가들이 심각한 도전에 직면해 있다는 것이 분명하다. 영양부족 현상이 현저한 (GHI, 2015 기준) 이 지역의 다른 국가들은: 아프가니스탄, 35; 방글라데시, 27; 캄보디아, 23; 이라크, 22; 라오스, 29; 말레이시아, 10; 미얀마, 24; 네팔, 22; 북한, 29; 파키스탄, 34; 필리핀, 20; 스리랑카, 26; 타지키스탄, 30; 투르크메니스탄, 13; 우즈베키스탄, 13; 베트남, 15; 예멘, 34이다. 급속한 미래의 인구 증가에 직면하고

있는 많은 국가들 (인도, 인도네시아, 파키스탄, 방글라데시, 아프가니스탄, 네팔, 미얀마, 필리핀, 이라크, 예멘)이 영양부족에 관한 심각한 식량영양안보 문제로 이미 고심하고 있다는 것은 확실하다.

칼로리 공급 데이터와 GHI 사이의 불일치는 전적으로 미량영양소 결핍의 영향 때문만은 아니다. 최근에는 식이 단백질의 질을 기술하는 개선된 방법들이 추천되었다 (FAO, 2013). 새롭게 개선된 방법론들이 적용된 인도의 식이연구에서는 (Rutherford et al., 2012) 인도에 아미노산과 단백질 결핍이 널리 퍼져있을 수 있다고 결론지었지만, 이전의 방법들을 적용했을 때에는 그런 결핍이 분명하게 드러나지 않았다.

인도는 어린이의 영양실조 발생이 세계에서 높은 나라들 중의 하나다. 인도의 신생아 중 거의 30%는 출생 시에 이미 저체중이며 이는 만년에 퇴행성질환을 포함한 부정적인 결과들을 초래한다 (Bharati et al., 2011; UNICEF, 2016). 지역간(남아시아 및

사하라 사막 이남의 아프리카), 남아시아 내의 국가간 그리고 인도 내의 일부 선택된 주들 사이에서 추정되는 여러가지 요인들을 비교해보면 여성의 생애 동안의 방치가 주요 요인임을 보여준다. 여성의 전 생애 동안 건강과 영양상태를 개선하기 위한 지역의 계획 및 사회적 변화들과 함께 식량, 영양, 환경과 보건 안보를 포함한 다분야 접근법이 필요하다. Awareness (지역 사회와 제공자들의 인식), Access (접근)과 Affordability (경제성)의 '3A' 전략이 개발되어야 한다. 어린이의 단순한 생존을 넘어 건강 확보, 여성의 문맹 탈피를 넘어 교육과 기술의 제공, 임신 및 수유 중인 여성에 대한 강조를 넘어 전 생애 주기에 대한 고려 등과 같은 패러다임의 전환과 아울러 생계 마련을 통한 권능 부여 지원 등이 필요하다. 이 지역에서 특별한 언급이 필요한 또 다른 나라는 티모르-레스테 (Timor-Leste)인데, 현재 인구의 상당 비율이 하루에 미화 1.90달러 미만으로 살고 있으며, 많은 사람들이 일년에 4개월까지 '배고픈 계절'을 겪고 있다 (ACIAR, 2017).

그림 3. 인도에서의 한 어린이의 식사 사진.



인도

인도 어린이 식사의 한 예. 밀, 가지와 감자로 이루어져 있다.

무엇이 결핍되었나?

비타민 A: 5 살미만 어린이의 62%가 비타민 A 가 부족하다.

요오드: 단지 71%의 가정만이 적정량의 요오드가 추가된 소금을 섭취한다.

철분: 5 살미만 아동의 70%가 빈혈증을 앓고 있다.

출처: 시카고 국제문제협의회 (2015). 허락 하에 게재됨.

표 6. 선택된 몇몇 국가들에 대한 IFPRI<sup>1</sup> GHI<sup>2</sup>(2015년)

|       | GHI (2015) |
|-------|------------|
| 호주    | 낮음         |
| 중국    | 8.6        |
| 인도    | 29         |
| 인도네시아 | 22         |
| 이스라엘  | 낮음         |
| 일본    | 낮음         |
| 한국    | 낮음         |
| 태국    | 11.9       |

<sup>1</sup> 국제식량정책연구소(International Food Policy Research Institute).

<sup>2</sup> 세계기아지수(Global Hunger Index): > 10, moderate; > 20, serious; > 35, alarming.

출처: International Food Policy Research Institute (2016).

## 2.4.2 영양과다

영양부족과 이와 연관된 막대한 비용은 식량영양 안보의 모든 정책에서 강조되어야 한다. 그러나 많은 국가들에서 심혈관 질환, 제2형 당뇨병, 특정 형태의

암과 같이 모두 비만과 연관이 되고 비전염성인 질환의 발병이 인간의 고통과 병적 상태의 중요한 근원이 되고 조기 사망의 원인이 되고 있다. 비만과 관련된 이러한 질병들은 전 세계적으로 의료비를 상승시키는 결과를 초래하고 있다 (Bloom et al., 2011; Withrow and Alter, 2011). 비만은 복합적인 질환이지만 기본적으로 신체활동의 감소와 음식과 알코올의 과다섭취, 다량 영양소 (단백질, 탄수화물, 지방)의 균형이 잡히지 않은 섭취로 인해 발생한다. 영양부족과 마찬가지로 비만도 발전되는 식량영양안보 정책의 초점이 되어야 한다. 표 7은 2012년도의 성인 비만율을 나타내고 있다. 언뜻 보기에 오세아니아 지역 외에는 아시아 지역의 비율은 비교적 낮다. 호주에서 발견된 비만 수치가 뉴질랜드에서도 비슷하게 관찰되었고, 태평양 제도에서는 세계에서 제일 높은 일부 비만 지표가 발견되었다 (서태평양 세계보건기구, 2003).

그러나 일부 국가 (예: 일본)에서는 비만 증가율이 빠르며 인도와 중국과 같은 국가의 경우에는 비율은 상대적으로 낮아도 비만 성인들의 수는 많다. 비만이 급격히 증대되는 경향에 대한 추가적 징후는 표 8에 제시된 데이터로 나타난다. 아시아 태평양 지역의 대부분의 국가는 과체중으로 간주되는 아동의 비율이 높다.

이것은 미래의 비만 발생을 암시하는 나쁜 전조이고, 전체 인구 중 특정 구간을 차별적으로 고려할 필요가 있다는 것을 암시하고 있다. 예를 들면, 인도와 같은 국가들은 아마도 미래에 영양부족과 영양과다 양자의 결과로 발생하는 이중적인 문제에 직면하게 될 것이다. 과체중과 비만 증가는 장래에 최적의 식단 구성에 영향을 미친다. 단백질과 식물성섬유질이 지방과 가용탄수화물과 비교하여 포만감이 높고 칼로리를 적게 포함하고 있기 때문에 고단백질식, 고섬유소 식이들이 체중감량에 유용하다 (Westerterp-Plantenga et al., 2012). 또한 고단백질 식이는 체중 감소에 자주 수반되는 지방제외 체중 감소를 억제할 수 있다 (Clifton, 2012, Te Morenga and Mann, 2012, Santarpia et al., 2017).

표 7. 선택된 몇몇 국가들의 성인 비만<sup>1</sup> 비율(2012년)

| 15세 이상 인구 중 비율 (%) |                          |
|--------------------|--------------------------|
| 호주                 | 28                       |
| 중국                 | 2.9 <sup>2</sup>         |
| 인도                 | 2.1                      |
| 인도네시아              | 2.4                      |
| 이스라엘               | 16                       |
| 일본                 | 3.6 <sup>3</sup>         |
| 한국                 | 4.6                      |
| 태국                 | 10.9 (2014) <sup>4</sup> |

<sup>1</sup> 체질량 지수 (BMI) > 30 kg/m<sup>2</sup>로 정의됨.

<sup>2</sup> 중국의 일부 도시에서는 20% 이상으로 보고됨.

<sup>3</sup> 일본 남성의 비만율은 1980 년에서 2000 년 사이에 두 배가 되었음.

<sup>4</sup> 공중보건부 (태국) (2016).

출처: OECD (2014). 또한 Curtis (2004) 참조.

표 8. 5-17살 아동의 과체중<sup>1</sup> (비만 포함)(2010년)

| 해당 연령대중 비율 (%) |                        |
|----------------|------------------------|
| 호주             | 23                     |
| 중국             | 20                     |
| 인도             | 20                     |
| 인도네시아          | 10                     |
| 이스라엘           | 22                     |
| 일본             | 20                     |
| 남한             | 23                     |
| 태국             | 20 (2015) <sup>2</sup> |

<sup>1</sup> BMI > 25 kg/m<sup>2</sup>로 정의됨.

<sup>2</sup> 공중보건부 (태국) (2016).

출처: OECD (2014).

## 2.5 식량자급률 대 식량안보

몇몇 선택된 국가들에서 발표된 곡물생산 수치를 살펴 보는 것은 흥미롭다 (FAO STAT, 1970-2014). 최근 (2013-2014) 자료에 의하면 연간 총곡물생산량 (kg/인)은: 중국, 350; 인도, 190; 한국, 70; 일본, 65; 러시아, 700이다. 조선민주주의인민공화국 (북한)의 일부 지역은 연평균 곡물 생산량이 적다 (<146 kg/인). 러시아에서는 곡물 생산량이 특히 많지만 러시아의 북극, 시베리아와 극동과 같은 지역에서는 식량에 대한 접근성이 문제가 된다. 한국이나 일본과 같은 국가들은 곡물 생산량이 매우 적다. 그러나 이들은

‘식량자급률’이 낮더라도 식량 수입을 통해 ‘식량안보’를 높이고 있다. 한국과 일본과 같은 국가의 낮은 식량 자급률은 이 국가들에 위험을 초래할 수 있다. 국가 내에서 생산되는 식량만으로 칼로리 생산과 소비를 기준으로 했을 때, 2010년에 일본은 오직 39%, 한국은 오직 42%의 식량자급을 달성하였다. 일본과 한국의 농촌인구는 계속 감소하고 있으며 각각의 인구의 단지 2.1%와 6.4%만이 농민들이다. 65세 이상의 농민 비율은 일본에서는 50%, 한국에서는 40%이다. 따라서 일본과 한국의 농업 분야는 더 확대될 여지를 갖추지 못하고 있으며 국제 식량부족과 연료가격 충격에 취약한 상태로 남아있다 (Barrett and Notaras, 2012). 그러나 일본은 식량 자급률을 높이기 위한 잘 마련된 계획을 가지고 있다 (일본농림수산부, 2016).

## 2.6 지역적인 접근방법 (사례연구들)

앞에서 논의한 것과 같이 식량영양안보가 세계 또는 국가의 전체적인 통계에 의존하면 식량영양안보의 뉘앙스의 상당 부분이 사라질 수 있다. 식량영양안보의 차이는 국가간 보다 국가 내에서 더 클 수 있으며 (OECD, FAO 및 UNCDF, 2016) 식량영양안보를 좌우하는 요인의 상태를 보다 잘 이해하기 위해서는 지역에 기반을 두는 분석이 권장된다. 차별화는 지리적 또는 사회적으로 기반을 둘 수 있다 (예: 벽지 대 농촌 대 도시). 식량영양안보 조사를 지역적으로 접근하는 것은 부문별 (일반적으로 농산물 생산, 하향식, ‘일률적 (one-size-fits-all)’ 접근방식에서 다부문별, 상향식, 정황별 접근방식으로 전환하는 것을 의미한다. 지리적, 사회적 단절을 고려해야 하며 서로 다른 그룹들은 그들의 고유한 문제들을 해결하기 위하여 서로 다른 정책적인 대응방식들이 필요하다. 예를 들면 외판 시골 지역의 식량안보 문제는 도시화가 심한 대도시 지역의 식량안보 문제와 같지 않고, 한 농촌 지역에서의 문제들이 (근접한 지역일지라도) 다른 농촌 지역의 문제들과 반드시 같지는 않다. 어떤 지역 또는 그룹에 고유한 측면은 식량안보 및 영양학적 결과에 큰 영향을 미친다. 식량영양안보 분석 (OECD, FAO 및 UNCDF, 2016)을 위한 지역적인 접근법의 강점은 여기 네가지 사례연구들에 의해 잘 드러난다. 첫 번째는 FAO, OECD, UNCDF 프로젝트 팀 (OECD, FAO and UNCDF,

2016)이 수행한 캄보디아의 식량영양안보 분석이고, 두 번째는 힌두쿠시 히말라야 지역의 식량영양안보 연구에 기반한다 (Rasul et al., 2017). 이란의 자료는 미량원소 결핍에 있어 도시와 농촌 지역간의 현저한 차이를 보여주고 있으며, 키르키즈 공화국의 자료는 지역별로 일인당 일일당 에너지와 단백질 섭취량을 나타내고 있다.

### 사례연구 1: 캄보디아

동남아시아에 위치한 캄보디아는 인구가 1,558만명 (2015년)인데, 인구가 증가할 뿐 아니라 고령화되고 있으며 GHI는 23 (Grebmer 외, 2016년)으로 영양부족이 심각한 상황임을 암시한다. 캄보디아는 1990년대 중반부터 2007년 사이에 상당한 수준의 경제성장을 경험했지만 그럼에도 불구하고 빈곤 수준 (GHI에 반영)은 여전히 높다. OECD, FAO, UNCDF (2016)의 지역기반 연구에 따르면 식량영양안보 상태는 캄보디아의 지역과 지방에 따라 다르며, 지역의 불균형에 대처할 수 있는 국가의 능력은 캄보디아에서 활동하는 많은 개발기관들과 비정부기구 (NGO)들 사이에서만 아니라 다양한 각급 정부들간의 조정 실패와 연결 단절로 인해 제약을 받고 있다. 캄보디아에서는 식량영양안보에 대한 지역적 접근방법이 정책이 가장 필요한 곳에 효과적으로 전달되고 또한 지역 상황을 반영하는 것을 보장하며 동시에 정책과 프로그램이 효과적으로 연계되어, 노력의 분산과 중복을 방지하는 데에 도움이 될 것이다 (OECD, FAO UNCDF, 2016). 캄보디아의 농림수산부 (2015)에 의하면, 캄보디아는 적어도 식량 가용 관점에서 보았을 때 식량 확보가 보장되어 있다. 실제로 캄보디아는 주요 쌀 수출국 (2013- 2014년에는 약 300만톤의 쌀 잉여)이다. 국가내 주별 수준에서 캄보디아의 25개주 대부분은 2012, 2013, 2014년에 쌀 생산량이 낙관적인 수준을 달성했다. 그것을 달성하지 못한 유일한 지역들은 프놈펜, 코콩, 프레이시아누크 뿐이었다. 그러나 농업 생산에서 이룩한 이러한 성공의 혜택은 주별 수준에서 균등하게 분배되지 않으며 특히 대부분의 가족이 소농인 농촌 지역에서는 많은 불평등이 존재한다. 캄보디아는 다양한 종류의 과일과 채소를 생산할 수 있는 능력을 가지고 있지만, 이러한 능력은 다른

이유도 있지만 사회기반시설이 불충분하기 때문에 제약을 받고있다. 결과적으로, 캄보디아는 과일과 채소를 대량으로 (공급량의 70%) 수입하고 (CARD, 2014) 캄보디아 사람들은 일반적으로 과일과 채소의 섭취가 불충분하다. 캄보디아의 가축 부문은 기술의 현장지도 서비스와 농민들의 훈련을 통해 최근 몇 년 동안 개선되었다 (OECD, FAO, UNCDF, 2016).

캄보디아의 1인당 국민 소득은 1994년의 1일당 미화 0.67달러에서 2015년에는 미화3.06달러로 증가했다. 이 1인당 GDP의 증가는 캄보디아 국민들의 순구매력과 식량에 대한 접근성을 증가시켰다. 캄보디아의 경제 성장은 특히 건설과 관광 부문의 회복, 농산물 수출의 증가와 의류 수출의 증가에 기인한다. 캄보디아는 경제적으로 계속 성장하고 빈곤이 줄어들었지만, 3백만명 가까운 캄보디아인은 빈곤하게 살고 있으며 (주로 농촌 지역), 또 다른 800만명이 빈곤선 바로 위에 살고 있다 (세계 은행, 2015). 대부분의 농촌 가구들은 순 식품 구매자이며 그들의 가구 소득의 대부분을 식량에 소비한다 (CDRI, 2012). 농촌 가구는 특히 식량부족과 식량가격 상승에 취약하다.

## 지역적인 차원

캄보디아의 빈곤율은 지역별로 크게 다르다. 빈곤 발생률은 일부 지역에서는 6.5% 정도까지 낮고, 다른 지역에서는 51%까지 높다 (OECD, FAO and UNCDF, 2016). 식량소비 자료에 근거한 식량안보 추세분석에 따르면 캄보디아의 전반적인 식량소비는 개선되었지만 (일일 최소 에너지요구량 미만의 인구 비율은 2004년 37%에서 2009년 33%로 감소했다), 식량영양안보는 지역간과 개인간에 상당한 차이가 존재한다. 영양부족은 하위 20%에 속하는 최저빈곤층에서 더 높았으며 (59%) 일부 지역에서는 감소했지만 시엠리프, 북서부 지역, 그리고 남부 해안지역에서는 증가했다. 식량 영양안보에는 도시와 농촌의 격차가 뚜렷하다. 어린 시절의 영양실조는 특히 프놈펜 주변의 빈민촌에서 뚜렷하다.

OECD, FAO, UNCDF (2016) 보고서는 지방간의 매우 큰 차이뿐만 아니라 식량영양안보의 농촌/도시

격차를 명확하게 보여주는 상세한 데이터를 제공하였다. 이 보고서는 캄보디아에서 식량영양안보를 달성하고 유지하기 위하여는 지역적으로나 부문별로 차이가 있는 주요 도전과제와 방해물을 찾아내고 또한 캄보디아 정부가 이러한 문제를 어떻게 다룰 지에 대해서도 설명한다. 보고서는 아래와 같은 결론을 내렸다.

*‘식량영양안보에 지역적인 접근법을 채택하면 식량 영양안보 문제를 해결하기 위한 캄보디아의 노력을 어렵게 만들었던 많은 단점들을 해결할 수 있다. 식량영양안보에 대한 지역적인 접근은 식량영양안보를 다루기 위한 전국 및 지방수준에서의 전략계획의 개발에 지역 이해 관계자들의 참여를 보장해야 할 것이다. 이는 식량영양안보 주도계획을 지역의 요구, 우선 순위와 특수성에 맞게 조정가능하게 한다 ..... 지역적 접근은 식량영양안보와 농촌개발에 대한 포괄적이고 통합된 접근방식의 구현을 촉진할 것이다. 이러한 접근법은 어떤 단일 부문에 대한 의존도를 높이기보다는 농촌경제를 다각화하는 것을 목표로 할 것이다 ..... 간단히 말해서 부문별 정책을 통합적 방식으로 대체해야 할 것이다. 지역적 접근은 또한 캄보디아에서의 식량영양안보 노력을 어렵게 만들어 왔던 협조 문제를 해결하는데 도움이 될 수 있다 ..... 이것은 지속적이고 포괄적인 접근법의 개발을 용이하게 하며 단기적, 임시적, 부문별, 프로젝트 기반 중재에 대한 의존도를 줄일 것이다.’*

## 사례연구 2: 힌두쿠시 히말라야 지역

Rasul et al. (2017년)의 연구에서, 힌두 쿠시 히말라야 지역 (HKH)은 그들의 연구 목적상 아프가니스탄, 방글라데시, 부탄, 중국, 인도, 네팔, 미얀마, 파키스탄 등 8개국의 높은 산악 지역에 걸친 3500 km에 달하는 지역으로 정의되었다.

HKH 지역에는 영양실조와 굶주림이 널리 퍼져 있다. HKH 국가들에서는 4억1천5백만명이 영양부족 상태에 있는 것으로 추산되며, 이는 전 세계적으로 영양불량으로 간주되는 7억9500만명 (FAO, IFAD과 WFP, 2015)의 절반 이상을 차지한다. HKH 지역의 많은

구름 및 산악지대는 사람들의 건강과 영양요구량에 부담을 준다. 사회-경제적, 환경적 (식품생산 포함), 문화적 요소들 간의 복잡한 상호작용이 널리 퍼진 영양실조의 원인으로 간주되고 있는데, 산간 지역이 특히 심하다.

인도 Uttaranchal에있는 Garhwal Himalayas 주민의 30% 이상이 영양부족으로 고통받고 있다 (Dutta and Pant, 2003). 영양부족은 네팔 (2013년 네팔 국가기획위원회)과 파키스탄 (2011년 파키스탄기획위원회)의 산악 지역에서 특히 심한데 총인구 중 식량 안보가 확보되지 않는 비율이 전국적으로는 49% 수준인데 반하여 이 지역에서는 61%에 가깝다. 5살 미만의 어린이의 1/3 - 1/2은 발육부진으로 고통받고 있으며 소모성질병과 저체중의 이환율도 또한 매우 높다. 특히 인도의 메갈라야 (Meghalaya)주, 네팔의 서쪽 산악지와 극서부 구릉지, 파키스탄의 발로치스탄 (Balochistan) 지방, 아프가니스탄의 동부, 미얀마의 친과 산 (Chin and Shan) 주들과 같은 일부 산악 지대에서는 아이들의 소모성질병과 발육부진의 이환율이 높다 (Rasul et al., 2017). 다시 한 번, 영양실조 이환율과 그 기저를 이루는 원인에 대한 지역적인 차이가 드러나고 있고, 이러한 지역들에서 미래의 식량영양안보를 달성하기 위해서는 통합적인 다분야, 다차원 접근법이 채택되어야 한다. 이러한 지역들에서의 식량영양안보의 악화는 식습관의 변화와 함께 진행되어왔다. 전통적인 산악 식품시스템은 농업-생물종다양성의 감소와 함께 중요성이 감소했다. 빈곤, 식량 공급과 접근, 위생시설 부족, 인프라 부족, 불충분한 영양 지식, 환경 악화와 같은 요인들이 중요한 영향으로 알려져 있다.

HKH지역의 산악지대에서는 영양부족 (단백질/에너지, 요오드, 철분과 비타민 A)이 빈곤과/또는 부적절한 식사습관들과 관련된 불충분한 식이 섭취를 포함한 몇 가지 요인들의 영향으로 나타난다. 열악한 위생 시설과 열악한 건강관리 습관과 관련된 감염과 기생충 부담은 영양결핍의 영향을 악화시킨다. 산악 지역은 농업생산을 위한 '지탱능력'이 낮으며 수확시스템은 다양한 전통 작물 품종에 의존해 왔었다. 그러나 급속한 사회-경제적 변화는 토지이용의 변화, 작물 종류의 변화, 새로운 식량 소비패턴으로 이어졌다. 아마란스,

메밀, 작은수수, 손가락수수, 기장, 여우꼬리수수, 수수, 보리, 고구마와 같은 영양분이 풍부한 전통작물들의 재배가 감소하고 있다. 이 작물들은 쌀과 밀과 같은 고칼로리를 내는 작물로 대체되어 농업-생물종다양성을 감소시킨다. 전통적인 작물의 생산은 영양가에 대한 인식부족, 농산물을 거래할 수 있는 지역 시장의 부족, 쌀·밀·옥수수와 같은 작물에 대한 수요 증가 등의 요인에 의해 감소하고 있다. 역설적이게도, 두류 (흔히 '가난한 사람들의 단백질'이라고도 함)의 생산이 이 지역에서 감소해서 (인도정부, 2013) 가격의 상승으로 이어졌기 때문에 수많은 가난한 사람들이 충분한 양의 두류를 구매할 수 없게 되었다 (Rasul et al., 2017). 이런 추세는 식량영양안보에 대해 부정적이다. HKH 지역의 식습관과 식사는 사회-경제적 발달 (도로, 학교, 라디오 및 TV를 통한 정보 접근)로 인해 최근 몇 년간 변화를 겪어왔다. 자가재배 식품들에서 구입 식품들로, 거친 곡물들 (기장, 메밀, 아마란스)에서 고운 음식 (흰쌀과 흰 밀가루)으로, 전통적인 간식과 음료에서 감자칩, 인스턴트 국수와 청량음료로의 변화가 이루어져 왔다 (Rasul 외., 2017). 이러한 변화는 중고도와 저고도 지역 마을들에서 더욱 현저하며, 전통적인 거친 곡물의 소비는 종종 새로운 가치체계에서는 후진적인 것으로 간주된다.

콩과 거친 곡물에서 멀어지고 기름·지방·고설탕 제품 소비에 가까워지는 도시빈민층의 동향은 HKH 지역에만 국한된 것이 아니라 중국과 인도에서도 일반적으로 일어나고 있는 현상이다 (Du et al., 2002).

총 칼로리섭취량은 수년간 증가했지만 영양상태는 악화되어 왔다 (Iyer, 2012). HKH 지역의 식량체계는 변화하고 있고, 농업-생물종다양성은 감소하고 있으며 식량소비패턴도 변화하고 있다. 쌀에 대하여 보조금이 지급되고 있으며 쌀값이 싸기 때문에 소비자의 전통 작물에 대한 수요는 감소하고 있다. 좋은 의도를 가진 개입도 장기적인 식량영양안보에 대해 의도하지 않은 부정적인 결과를 초래할 수 있으며, 지역 차원에서 총 식량 체계를 이해해야 할 필요성이 다시 한 번 더 강조된다.

### 사례연구 3: 이란과 키르기즈스탄에 대한 지역 데이터

표 9는 이란에서의 미량영양소 결핍증들을 시골/도시를 별도로 표시해서 설명하는 자료이다. 상당한 지역적인 차이를 보여주고 있으며, 농촌인구에서 결핍증 비율이 매우 높다. 식이 에너지와 단백질 섭취량의 현저한 차이는 키르기즈스탄의 여러도시들에 관련된 자료에서 볼 수 있다 (표 10). 에너지와 단백질 섭취량이 전체적으로 낮은 것으로 보이는데, 에너지 섭취량의 범위는 2183~2652 칼로리/인/일이고, 단백질 섭취량의 범위는 59.1 ~ 70.9g/인/일이다. 이 데이터는 상당한 지역적 차이를 보여준다. 키르기즈스탄 공화국에서 식이 에너지 결핍으로 고통 받는 인구비율이 2009년 이후로 감소했음에도 불구하고, 여러 문제들—특히 미량영양소 결핍—이 아직도 만연해있다는 것을 주목하여야 한다.

### 사례연구 4: 한반도의 정치적 분단

수천년 동안 통일된 국민으로 함께 살았던 한국인들은 남북으로 나뉘어진 두 개의 지역에서 70년 동안 서로 교류하지 않고 살고 있다. 남한과 북한은 매우 다른 정치이념을 따랐으며 오늘날에는 서로 다른 특성을 가지고 있다 (표 11).

표 9. 이란 (2012년)의 미량영양소 결핍증 (농촌/도시)의 이환율 (%)

|                 | 농촌 | 도시 | 농촌과 도시     |
|-----------------|----|----|------------|
| 철 (빈혈) (2 살 미만) | 62 | 21 | -          |
| 아연 (취학 전)       | 51 | 15 | -          |
| 비타민 A (임신)      | 34 | 6  | -          |
| 요오드 (갑상선종)      | -  | -  | 6.5 (2007) |

출처: Jalal Jamalian 교수.

표 10. 키르기즈스탄에서 식이에너지와 단백질 섭취량의 지역적 차이 (2009)

| 도시/지역      | 1인당 하루 에너지 (칼로리) | 1인당 하루 단백질 (g) |
|------------|------------------|----------------|
| 총 인구       | 5,224,260        |                |
| Batken     | 431,067          | 2345           |
| Jalal-Abad | 993,761          | 2652           |
| Issyk-Kul  | 434,882          | 2349           |
| Naryn      | 271,480          | 2183           |
| Osh        | 1,339,205        | 2297           |
| Talas      | 219,410          | 2443           |
| Chui       | 762,492          | 2485           |
| Bishkek    | 823,795          | 2519           |

출처: 키르기즈 공화국 국가통계위원회 (2009); 우즈베키스탄 과학아카데미 Difuza Egamberdieva 박사 제공.

표 11. 인구구성, 국민소득, 농민 인구의 남북한 비교

|                          | 남한 <sup>1</sup> | 북한 <sup>2</sup> |
|--------------------------|-----------------|-----------------|
| 인구 (명)                   | 47,990,761      | 24,187,000      |
| 인구증가율 (%)                | 0.26            | 0.41            |
| 인구밀도(명/km <sup>2</sup> ) | 485.6           | 196.4           |
| 1 인당 소득(미달러\$)           | 20,562          | 980             |
| 농업인구(명)                  | 3,062,956       | 8,573,000(2008) |
| 농업인구 비율 (%)              | 6.4             | 36.8(2008)      |

출처: 통계청(KOSTAT) (2011).

<sup>1</sup> 대한민국 농림수산물부 통계 (2011).

<sup>2</sup> WFP/FAO/UNICEF, 조선민주주의인민공화국에 대한 식량안보 평가단 (2011).

한국인의 1일 식품섭취량은 평균 1.3kg이며, 그 중 약 20%는 고기, 우유, 생선, 달걀과 같은 동물성 식품들로 구성된다. 일일 평균 식이 에너지섭취량은 1인당 2000kcal (탄수화물 65%, 단백질 15%, 지방 20%)이다. 비만, 특히 소아비만의 증가가 사회적인 문제로 대두되면서 대사 증후군과 그에 따르는 암, 당뇨병, 고혈압과 심장병을 포함한 퇴행성 질환이 널리 만연하고 있다. 식품을 무제한으로 수입하기 때문에 총 식품에너지 생산량의 자급률은 50% 이하로 떨어졌다. 북한 주민들은 1일 500g의 식량 배급 (주로 옥수수)에 의존하고 있으며 동물성 단백질을 거의 섭취하지

못한다. 일일 평균 칼로리섭취량은 1인당 1600kcal로 추정되며 사람들은 만성적인 영양부족에 시달리는 것으로 평가된다. 가구당 식량소비 조사(2004년 한국농촌경제연구원)에 근거한 북한 주민들의 영양상태 보고서에 의하면, 심각하게 취약한 사람들은 영양실조 아동 7만명, 임신 또는 수유기 여성 98만명, 5살 미만의 어린이가 230만명 등, 총 350만명으로 밝혀졌다.

2002년 10월 UNICEF, WFP(세계식량계획)와 북한 정부는 북한 전역의 12개 도시 중 10개 도시에서 무작위로 선정한 6,000가구의 7살미만 어린이들과 그들의 어머니들의 영양상태를 공동으로 조사했다. 어린이들의 영양상태는 지난 4년 동안 상당히 개선되었고 영양실조가 크게 감소되었다. 동일한 연령대의 어린이와 비교했을 때, 6000명의 대상 아동 중 눈에 띄게 저체중인 아동은 21%를 차지하는 반면, 두드러지게 키가 작은 어린이는 42%를 차지하였다.

심각한 영양실조로 간주되는 어린이의 비율은 2002년 설문조사에서 2.7%로 1998년 설문 조사에서 보였던 16%에 비해 상당히 개선되었음을 보여주었다. 그럼에도 불구하고 그들과 같은 연령대에 비해 키가 작은 어린이와 저체중인 아동의 비율은 20% 이상에 달했다. 이와 관련된 더 최근의 자료는 없지만, 북한 어린이의 영양상태는 여전히 열악할 것으로 판단된다.

이 조사는 지역별로 아동 영양상태에 큰 차이가 있음을 보여 주었으며 식량영양안보 분석을 위한 지역적인 접근의 필요성을 다시 한번 시사한다. 저체중 아동의 비율은 수도권인 남포와 평양에서는 15%였지만 중국과의 국경지역인 함경남북도와 량강도에서는 25%였다. 키가 작은 아동의 비율은 10개 대상 도시 중 2곳, 남포와 평양에서는 30% 미만이었지만 함경남도에서는 48%, 다른 지역들에서는 40% 이상이었다. 남포와 평양에서는 소아의 소모성질환(wasting) 비율이 4%에 불과했지만 함경남도에서는 12%였다. 일반적으로 산악 지역 출신의 아이들은 도시 지역의 아이들보다 훨씬 나쁜 상태에 있는 것으로 보고되었다.

식량영양안보는 한국인들이 남한의 잉여와 북한의 부족 문제를 동시에 해결할 수 있도록 다루어져야 한다.

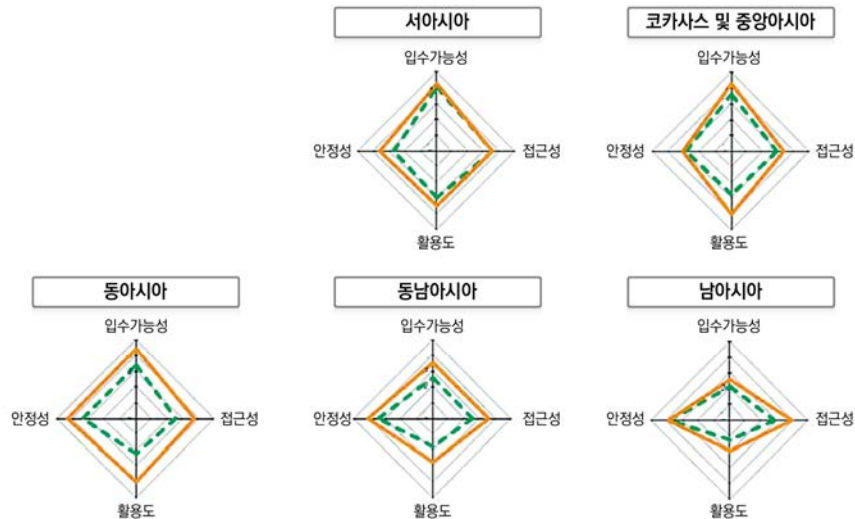
위의 지역적 사례연구에 의해서 재차 강조되는 메시지는 서로 다른 지역들과 소지역들마다 식량영양안보를 위한 지역 특성에 맞는 정책들과 해결방법들이 필요하다는 것과, 비록 농업 생산성 증가가 결정적으로 중요하지만, 그것은 지역정보를 바탕으로 잘 작성된 식량영양안보 발전 전략의 한 부분에 그친다는 것이다.

## 2.7 식량안보의 4 가지 차원

아시아의 일부 지역들을 포함하는 세계의 상이한 영역(region)에서의 식량영양안보의 네 가지 다른 측면(입수가능성, 접근성, 활용도 및 안정성)의 영향에 대한 포괄적인 분석은 이미 출판되었다(FAO, IFAD 및 WFP, 2014). 식량영양안보의 개별 차원은 몇 가지 기저에 있는 지표들의 영향력에 따라 측정되었다. 입수할 수 있는 자료들이 수집되었고 개별 차원을 위한 지표들(1에서 5의 척도로 측정된)은 주요 요인 분석으로부터 유도된 기준치를 사용하여 종합 지표로 합쳐졌다. 그림4는 그 분석결과이다. 이 분석은 현재 아시아에서 식량영양안보를 달성하는 데에 실패한 근본 이유를 규명하는 데에 더욱 가치가 있다. 이 결과는 남아시아가 식량 입수가능성과 활용도 측면에서 특히 취약함을 지적하고 있다. 코카사스 및 중앙아시아는 접근성과 안정성이 우려되는 곳이다. 동남아시아와 서아시아에서는 활용도가 중요한 고려사항이다.

조사에 포함된 국가들은 다음과 같다. 코카사스 및 중앙아시아: 아르메니아, 아제르바이잔, 조지아, 카자흐스탄, 키르기즈스탄, 타지키스탄, 투르크메니스탄, 우즈베키스탄. 동아시아: 중국, 북한, 몽골, 남한. 남아시아: 인도, 아프가니스탄, 방글라데시, 이란, 몰디브, 네팔, 파키스탄, 스리랑카. 동남아시아: 브루나이, 캄보디아, 인도네시아, 라오스, 말레이시아, 미얀마, 필리핀, 태국, 티모르, 베트남. 서아시아: 이란, 요르단, 쿠웨이트, 레바논, 사우디아라비아, 터키, 아랍에미레이트, 예멘, 시리아, 요르단 강 서안 및 가자지구.

그림4. 아시아의 상이한 지역들에서의 식량안보 차원들의 진화. 허락을 받고 FAO, IFAD 및 WFP(2014)에서 전재.



## 2.8 아시아 태평양 영역에서 핵심 식량영양안보 문제 분야

식량영양안보는 복합요인 문제로 인식된다. 비록 모든 측면이 중요하지만 본 보고서는 식량 입수가능성(농업 생산과 공급) 및 활용도의 측면에 주로 집중한다. 우리의 분석은 미래 식량영양안보의 위험이 높은 지리적 지역을 규명하였다. 이들 지역의 특징은 현재의 영양결핍 수준도 높을 뿐만 아니라 미래의 인구증가율도 높을 것으로 예상된다는 것이다. 인도, 방글라데시, 파키스탄, 아프가니스탄, 네팔 및 미얀마뿐만 아니라 필리핀, 이란, 타지키스탄 및 예멘 같은 나라들은 미래 식량영양안보 대비를 위한 특별한 ‘문제 지역(hot spot)’이 될 운명이다. 전자의 나라 집단(인도, 방글라데시, 파키스탄, 아프가니스탄, 네팔 및 미얀마)은 식량영양안보에 대해 공통점들을 가지고 있다(2.6절 참조). 이 나라들이 ‘위험한’ 국가 목록에 포함되었다고 해서 아시아/오세아니아 영역의 모든 나머지 나라들은 식량영양안보에 관련된 미래문제들이 없다는 뜻은 아니다. 오히려 이것은 개선노력이 가장 효과적일 시작점을 알려주기 위함이다. 이 나라들을 선택함에 있어서는 식량영양안보를 위한 주된 필수요인으로 영양과다에 반하여 영양결핍을 강조하였다. 왜냐하면 영양결핍은 결과가 즉각적이고 종종 돌이킬 수 없기 때문이다. 이것을 영양과다가 미치는 장기적 폐해의 중요성을 경시하는 것으로 해석해서는 절대로 안 된다.

식량영양안보 전략은 더 많은 종류의 식품을 생산하고 비만을 방지하기 위해 건강한 식사와 건강한 생활 양식에 대한 교육을 권장할 필요도 포함해야 한다. 그렇긴 해도 배고픔과 기아를 피하기 위하여 매일 적당량의 식량을 공급해야 함은 침해할 수 없는 기본적인 인권이다.

아시아/오세아니아의 대부분 국가들에서 인구는 2050년으로 갈수록 노화되어—일부에서는 심각하게—간다. 아시아와 오세아니아 전반에 걸쳐 과체중 및 비만의 정도도 증가하는 것이 관찰되며 뉴질랜드, 호주 및 태평양 군도와 같은 나라들의 성인들에게서는 걱정스러울 만큼 증가하고 있다. 비만은 일반적이며 인도, 중국, 일본 및 남한과 같은 나라들에서는 사회의 특정 계층에서 특히 더 증가하고 있는 것으로 나타난다. 식량영양안보의 수준을 지속적으로 보장하기 위한 지식을 생산하고 정책을 적용하기 위해서는 식량영양안보의 복잡한 현상을 영역적 및 국가적 수준에서 뿐만 아니라 계층적 및 국가 내 지역적 수준에서 이해하여야 한다는 것이 우리 분석에서 명확해졌다.

### 권고사항:

연구개발과 교육적 노력과 관련한 우선순위는 현재 및 미래 식량 영양안보 면에서 ‘고위험’으로 확인된 나라들과 영역(region)들에 주어져야 한다. 특히 인도, 방글라데시, 파키스탄, 아프가니스탄, 네팔, 미얀마(공통 요소들을 가지고 있는 나라들) 그리고 필리핀, 이란, 타지키스탄 그리고 예멘에게 초점이 맞춰져야 한다.

**권고사항:**

식량영양안보와 관련한 식이형태와 영양적 필요의 측면에서 미래 인구의 상이한 연령분포의 영향을 고려해야 한다.

**권고사항:**

미래 식량영양안보에 대한 고려는 식량열량과 영양소의 생산 증가(잠재적 영양결핍에 대응하기 위하여)뿐만 아니라 더 다양한 식품 종류의 생산 및 비만과 이에 관련된 비전염성 질병을 방지할 전략도 포함하여야 한다.

**권고사항:**

식량영양안보와 이것의 동인들을 더욱 잘 이해하도록 하는 통계를 생산하기 위하여서는 미래 식량영양안보가 '고위험' 상태인 나라들과 영역(region)들에서 좀 더 지역화된 지방별, 계층별로 분화된 수준에서의 활동이 추진되어야 한다.

본 보고서에서 마련한 첫 번째 권고사항(부록 III 참조)에 관련하여, 식량수확량을 증가시키거나 식량종류별로 충분히 균형 잡히게 공급하는 길에 놓여 있는 결정적 장애들을 확인하기 위해서는 위험 상태에 있는 나라들에서 그리고 확연히 다른 지리적 지역들과 그 안에 있는 인구적 계층들에서의 포괄적인 시스템 분석이 농식품 시스템에 적용될 것이라는 것이 예상된다. 주된 장애 요인들의 확인은 연구개발을 위한 마스터 '청사진'의 작성을 가능하게 함으로써 재원의 투입이 투자에 대한 최상의 수익을 가져다 줄 그리고 해결책을 적용하여 가장 많은 개선을 이룰 가능성이 가장 높은 분야에 세심하게 집중될 것이다. 시스템 분석의 결과는 현장지도, 연구개발 그리고 교육 필요의 우선순위를 정하는 데에 이용될 것이다. 비록 완벽하지도 않고 어떤 선행적 가정에 의존하는 것이긴 하지만 이 접근 방법은 연구개발, 교육 그리고 현장지도 계획을 개발하는 데에 최소한 논리적이고 체계적('마구잡이' 식이기 보다)인 접근을 허용한다. 만약 연구 기간으로 매우 촉박한 시간표(2020년에서 2050년 까지) 속에서 만족스러운 진전을 이루려고 한다면 정돈되고 잘 계획된 접근이 절대적으로 중요하다.

## 2.9 사회적으로 지속가능한 식이와 환경적으로 지속가능한 식량생산 시스템

인구 증가, 기후변화, 사회적 및 경제적 불평등, 불안정, 생태시스템 다양성의 추가적 손실을 피할 필요에 대한 압박 그리고 토지, 물, 인산염 및 확보 가능한

에너지와 같은 한정된 자원에 대한 압박 등이 점증하는 시기에 식량영양안보를 발표하는 것은 매우 주목할 만한 지구적 도전이다.

미래의 식단은 동물복지, 토지이용, 윤리, 적정 식이양식, 그리고 신기술에 관련한 위험 등과 같은 요인들에 관련된 신념과 사회의 선호를 고려할 필요가 있다. 따라서 사회적으로 지속가능해야 할 것이다. 이것은 농업과 식량생산에 영향을 줄 것이지만 사회적으로 지속가능한 식단의 정의는 문화적 요구에 따라 각 영역 간에 상이할 것이다.

순 세계 식량공급량이 2050년으로 가면서 급격히 증가해야 할 것이라는 것은 의심할 여지가 없다. 요구되는 순 공급 증가량은 식량낭비를 절감하는 것과 식량소비 양식을 변경함으로써 야기되는 효과를 포함할 것이지만 기존 농지에서 식량생산을 증가시키는 것도 포함할 것이다. 이것은 기존의 수확량 차이를 해소시키는 것(Dogliotti 등, 2014)과 아울러 현재 높은 수준에서 수확된다고 간주되는 토지에서 식량생산을 더욱 증가시키는 것을 포함한다. 집약 농업 생산은 이미 영양소 유실과 물의 부영양화, 온실가스 배출, 토양부식 및 토질저하, 또한 물과 비료 재고의 고갈 같은 자원 비용 등의 특성들을 통해 환경적 비용을 발생시킨다. 미래 농업 생산은 이러한 부정적 환경영향을 감소시킬 것으로 예상된다. '지속가능한 집약화'가 요구될 것이고 이것은 과학과 기술에서 큰 변화를 요구할 것이다(Pretty 등, 2010; Parker 등, 2014). 지속가능한 방법으로 식물 혹은 동물 당 증가된 생산량은 분명히 단위당(예를 들면 곡물 kg당 혹은 고기 kg당) 부산물(예를 들면 메탄) 생산량을 줄여준다.

농업 및 식량생산은 고립되어 존재하지 않고 널리 서로 연계되어 있는 다기능적 경관이나 농생태 시스템의 일부이다(Pretty, 2008; Garnett 등, 2013; Godfray & Garnett, 2014; German 등, 2017). 따라서 지속가능성을 위하여는 시스템에 미치는 변화의 더욱 폭넓은 부수적 영향(환경적, 경제적, 사회적 등)을 세심하게 분석할 필요가 있다. 이러한 시스템은 단지 지역에 그치는 것이 아니고 지역(local), 영역(regional), 지구 식량시스템 간에, 물리적, 생물적, 경제적 그리고

사회정치적으로 상호연관되어 있다. 이에 덧붙여 무역, 기후변화, 토지이용 및 자원이용과 아울러 식량영양 안보와 미래 세계정치안정에 대해서도 심각한 관련성을 가진다. 흔히 이 시스템에서의 자원이용은 부적절하게 비용이 매겨지거나(보조금 등) 자원이 공짜로 취급된다(Garnett 등, 2013). 만약 모든 외부조건들이 완전히 비용으로 처리되어 그 비용이 생산비에 포함되는 자연자원 경제학 원리가 농업에 적용된다면 틀림없이 식량생산 형태에 상당한 변화가 생길 것이다.

또한 만약 영양 및 건강 필요가 농업 및 건강 정책과 관리구조에 확산되면 아마도 식량생산 형태에 변화가 올 것이다. 이러한 확산이 시급하게 필요하다. 건강하고 지속가능한 식이는 무엇으로 구성되는지 그리고 어떻게 만들고 분석되어야 하는지를 완전히 이해시키기 위한 많은 노력이 기울여져야 한다. 전 분야에 걸친 문제들을 다루고, 해결책을 찾는 다학문분야적 접근(다학문분야적 과학과 기술을 포함하는)방법에 대한 기회를 찾아 내려면 통합된 관점이 필요하다. 또한 장래의 식량영양안보 해결책들은 정황과 문화적 특성에 맞아야 할 것이다.

### 제3장 과학 및 정책 측면

미래 식량영양안보문제를 다루는 데는 정치인과 정책 입안자들의 적극적인 참여도 중요하지만 과학적인 자료를 바탕으로 이러한 문제를 다룰 수 있는 전문 과학자들의 참여가 필수적이다. 따라서 식량영양안보 문제나 다른 정부정책에 대한 공론화 과정에는 농업, 영양, 경제 분야 전문가들이 반드시 참여해야 한다.

다국가적인 정책수립과 법 제정이 가능한 유럽연합과는 달리, 아시아/오세아니아 영역은 영역을 포괄하는 정책 기구나 과학단체가 없기 때문에 식량안보문제에 대한 과학자들과 과학단체들의 관여 정도는 국가별로 크게 다르다.

아시아/오세아니아 영역의 국가별 식량영양안보 정책에 관여하는 전문과학자들의 역할을 요약하면 표12와 같다.

표 12. 식량영양안보 관련 정책 수립 및 추진에 대한 국가별 과학전문가의 공식 역할

| 국 가   | 담당 과학자문관                                                                 | 농업 담당자문관과 역할                                                                                                                           |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 호 주   | 수석 과학관- 수상 및 관련 장관에게 과학, 기술, 혁신에 관한 독립적인 고위급 자문제공. 영연방 과학위원회 대표 행정관직을 겸함 | 농업/수자원부 수석농업과학관-부내 과학관련 활동 총괄 및 조율. 부내 의사결정 시 과학적 판단이 주요 근거가 되도록 확인하고 Science Strategy 2013-2018 (DAFF, 2013) 계획추진을 담당함                |
| 중 국   | 중국 농업부                                                                   | 중국 농업부는 농업과 농촌개발을 담당하는 국무원의 한 부서임. 농업부는 농업, 농촌 경제, 농업정책, 농업분야 연구에 관한 발전전략과 중·장기발전 계획을 담당함. 국가식량영양자문 위원회가 식량 및 영양분야 이슈에 대해 농업부에 자문 제공함  |
| 한 국   | 농촌진흥청 연구원들이 식량영양안보관련 정책 개발과 수행을 담당함                                      | 대학과 연구소 소속 학자들이 농업정책 및 관련 업무 자문을 위한 국가위원회에 관여함. 한국과학기술한림원과 한국과학기술단체총연합회가 식량영양안보 관련 정책에 대해 대정부 의견과 권고를 제시함                              |
| 인 도   | 내각 수석과학자문관                                                               | 인도 농업연구위원회 위원장이 농업분야 연구프로그램 계획 수립 및 추진을 담당함                                                                                            |
| 인도네시아 | 인도네시아 농업부                                                                | 인도네시아 농업부에 의해 발표된 전략정책(Strategic Plan for 2015-2019)에 농업발전의 방향, 목표, 프로그램 그리고 제어정책수단 등이 기술되어 있음                                         |
| 이스라엘  | 수석과학관실-산업관련 연구개발(농업분야 포함) 관리                                             | 농업/농촌부 소속 수석과학관·지식격차가 있는 농업분야 문제점 파악, 격차 해소를 위한 연구목표 설정, 연구비 지원(대학 및 정부 연구기관), 연구 성과 모니터링을 실시하고, 연구결과가 농민, 일반대중 및 환경에 순기능을 할 수 있도록 확인함 |
| 태 국   | 국가 연구 및 혁신 정책협의회(농업연구 포함), 태국 국가영양위원회                                    | 국가 연구 및 혁신 정책협의회는 국가발전을 위한 연구와 혁신의 방향, 정책, 로드맵을 정하는 유일한 기구임. 태국 국가영양 위원회는 식량영양안보를 위한 식량관리 전략체계를 수립함                                    |

국가 또는 영역별 식량영양안보 정책에는 다음 사항들이 포함되어야 한다.

1. 전체 식품시스템의 기술적인 면을 포함한 혁신분야를 다루는 정책이 포함되어야 하며 다음과 같은 예들 들 수 있다.
  - 농업분야의 생명공학과 ‘신식품’ 관련 기술
    - 작물과 품종개량에 이용되는 생명공학을 지칭

하는 통일된 용어의 선정. GMO, GM, biotech, genetic engineering 등 다양한 용어들이 나라별로, 기관별로 동일한 의미의 용어로 사용되고 있음. 전통적인 육종과정에도 유전자의 변형이 일어나기 때문에 명확한 용어의 사용이 필요함.

- 동물복지
- 식품에 포함되어 있는 영양소의 종류와 영양가의 표시

## 2. 다음 사항을 포함하는 인적자원개발 정책

- 교육과 훈련
- 식품시스템이나 농업식량분야 연구에 중사할 청년층 유치 방안

## 3. 농업경제—특히 토지이용, 환경 및 농촌개발과 관련된—체제의 재설계에 도움이 되는 정책

- 식량에 대한 접근성을 포함하는 사회정책
- 지속가능한 방법으로 생산되고 건강에 좋은 식품의 섭취를 권장하는 정책
- 기후, 에너지 이용, 수자원 및 수질 확보, 서식지 보전과 생물종다양성에 관한 정책
- 역내 국가 간 또는 다른 지역과의 관계를 증대하는 정책 (예: 무역협정, 개발원조 등)

식량안보문제는 환경, 오염, 질병, 종자 관련 정책 등과 같이 국경에 의해 제약받지 않는 문제들이기 때문에 아시아/오세아니아에서도 영역 전체를 아우르는 국제 협력체제를 구축하여 이 문제를 다루어야 할 것이다. 여러 정책들 중에는 실제로 식량영양안보와 밀접한 관련이 있는 정책들이 많은데, 그 예를 들면 농업, 개발, 무역, 이민, 소비자 건강, 환경보호, 산업, 공공부문 연구, 혁신에 관련된 정책들이다. 그래서 정책이 시행된 후에 그 결과와 효과를 사회과학적인 방법으로는 검증하기 어려운 경우도 있다. 따라서 정책시행의 효과를 검증하는 것은 과학적 자료를 사용해야 하고 또 증거에 기반한 방법을 사용해야 한다. 또한 이러한 검증결과는 공개하여 주변 국가들과 공유함으로써 추후 정책개발에 도움이 될 수 있어야 한다.

정책결정에 과학적 자료를 이용하고자 한다면 먼저 이들 자료에 대한 적절한 전문가 심사를 거쳐야 하며, 연구결과를 정책에 사용하는 사람들은 이해당사자들에게 미칠 수 있는 영향에 대해서도 감안해야 한다. 또한 가능하면 최신의 평가방법을 이용해서 국가 혹은 하위지역단위에서 이들 정책이나 혁신방안이 미치는 영향을 검증해야 한다. 나아가 소규모 지역이나

소농가에도 적용될 수 있는 다단계 평가이어야 하고 이렇게 하기 위해서는 생물학자, 농업전문가, 사회과학전문가, 계량경제 학자 그리고 정책당국자들과의 긴밀한 협력이 요구된다.

아시아/오세아니아 영역의 나라들도 타 영역의 경험으로부터 배우는 게 필요한데, 특히 유럽으로부터는 영역을 총괄하는 통일된 정책방향을, 그리고 아프리카로부터는 여러 국가가 관여하는 초국가 또는 역내 수준에서의 정책방향 수립 노력을 배울 수 있다. 특별히 언급하고자 하는 점은 아시아/오세아니아 영역에서의 중국의 영향력인데, 중국은 수출대상국으로서의 역할이 점차 증가하고 있으며, 기반시설투자규모도 커지고 있고, ‘일대일로’ (신실크로드)나 아시아인프라투자은행(AIIB)과 같은 정책들도 도입하고 있다. 또 다른 국가 혹은 국제적 프로그램을 소개하면, 인도의 식량 안보미션(Food Security Mission), 기후스마트마을(Climate Smart Village), 작물보험제도(Prime Minister's Crop Insurance Plan) 등이 있다. 이 프로그램들은 매우 유용한 것들이지만 대개 따로 운영되는 프로그램이라 효율성을 높이기 위해서는 상호보완적인 연계가 필요하다. ‘기후스마트마을’은 ‘영양스마트마을’, ‘농가소득 스마트마을’이 되도록 해야 한다. 과학기술분야 정책들은 지방과 국가 차원에서 타 정책(예: 전자상거래, 디지털, 정보기술, 기술 숙련도 향상, 취업)들과 연계하여 수립되어야 한다.

아시아/오세아니아 소재 식량영양안보 관련 다국적 국제기구인 표13에서 보는 바와 같다.

### 권고사항:

과학적 증거와 함께 선진화된 평가분석이 정책선택의 수립을 위해 제공되고 영향을 끼쳐야 한다. 국가적 및 영역적 수준에서 과학자들이 정책 결정에 관여하도록 보장하고 더욱 격려하기 위해서는 정부와 NGO 정책 입안자와 과학자들 간에 상호교류를 격려하고 주선하는 영역적 체계가 수립되어야 한다.

### 권고사항:

국제한림원연합회(IAP)는 전문가 집단을 소집하여 생명공학 기술을 통해 개발된 작물을 기술하는 데에 사용할 합의된 용어를 결정하여야 한다. 유전자변형(GM)은 자연현상의 일부로서 현재 흔히 사용하고 있는 용어들과 혼동을 일으킬 수 있다.

### 3.1 유전자변형물질이 들어 있는 작물과 식품의 규제체계

유전자 변형작물에 관한 연구 및 관련 규제의 시행은 국가별로 큰 차이가 있다(표14).

표 13. 아시아/오세아니아의 다국적 국제협력기구

|         | 협력기구                                                                                                          | 회원국가                                                                                                    | 주 목적                                                                  | 설립연도 |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------|
| APEC    | Asia-Pacific Economic Cooperation<br>(아시아 태평양 경제협력)                                                           | 호주, 브루나이, 캐나다, 칠레, 중국, 홍콩, 인도네시아, 일본, 한국, 말레이시아, 멕시코, 뉴질랜드, 파푸뉴기니, 페루, 필리핀, 러시아, 싱가포르, 타이완, 태국, 미국, 베트남 | 아시아/오세아니아 지역의 지속 가능한 경제성장과 번영을 지원함.                                   | 1989 |
| ASEAN   | Association of South East Asian Nations<br>(동남아시아 국가연합)                                                       | 인도네시아, 말레이시아, 필리핀, 싱가포르, 태국, 브루나이, 다루사람, 베트남, 라오스, 미얀마, 캄보디아                                            | 지역 내 경제성장, 사회발전, 문화 발전, 평화를 촉진함.                                      | 1967 |
| SAARC   | South Asian Association for Regional Cooperation<br>(남아시아지역 협력협회)                                             | 아프가니스탄, 방글라데시, 부탄, 인도, 네팔, 몰디브, 파키스탄, 스리랑카                                                              | 남아시아지역 국가들의 경제개발과 완전 자립과 사회적, 문화적 개발을 강화함.                            | 1985 |
| BIMSTEC | Bay of Bengal Initiative for Multi-Sectoral Technical and Economic Cooperation<br>(북합분야 기술 및 경제협력을 위한 벵골만 구상) | 방글라데시, 인도, 미얀마, 스리랑카, 태국, 부탄, 네팔                                                                        | 무역, 투자, 기술, 관광, 인적자원 개발, 농업, 어업, 교통, 통신, 섬유, 피혁 분야의 기술 및 경제협력         | 1997 |
| SCO     | Shanghai Cooperation Organisation<br>(상하이 협력기구)                                                               | 중국, 카자크스탄, 키르기즈스탄, 러시아, 타지키스탄, 우즈베키스탄, 인도, 파키스탄                                                         | 안보 관련 협력                                                              | 1996 |
| MGC     | Mekong-Ganga Cooperation<br>(메콩-강가 협력)                                                                        | 인도, 태국, 미얀마, 캄보디아, 라오스, 베트남                                                                             | 관광, 문화, 교육, 교통 분야의 협력을 통한 무역과 투자환경 개선                                 | 2000 |
| SASEC   | South Asia Subregional Economic Cooperation<br>(남아시아 소 지역 경제협력)                                               | 방글라데시, 부탄, 인도, 몰디브, 네팔, 스리랑카                                                                            | 무역 개선과 경제협력 강화를 통한 지역 번영의 추구                                          | 2001 |
| ADB     | Asian Development Bank<br>(아시아 개발은행)                                                                          | 전체 67 개국 중 48 개의 아시아/태평양 국가와 19 개의 영외 국가로 구성되어 있음                                                       | 아시아 및 극동지역의 경제성장과 협력을 강화하고 해당 영역의 개발 도상에 있는 소속 국가들의 경제 발전을 촉진하는데 기여함. | 1966 |

표 14. 아시아/오세아니아 지역의 식량농업 관련 생명공학기술 허가 현황

| 국 가 | 식량농업 관련 생명공학기술 허가 현황                                                                                                                                                                                                    |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 호 주 | 다양한 유전자변형(GM) 작물의 포장시험이 유전공학 감독관청(OGTR)에 의해 허가된 바 있다. GM 목화(곤충, 제초제 저항성)와 GM 캐놀라(제초제 저항성)가 감독관청의 허가를 받아 여러 주에서 재배되고 있다. 남부 호주와 타즈마니아 지역에서는 무역상황에 따른 유예제도를 도입하고 있다. GM 생산물을 함유하고 있는 식품의 표시(labeling)는 호주/뉴질랜드 식품표준에 따른다. |
| 중 국 | 중국은 7 개의 작물에 대해 안전허가서를 발부하였다. GM 목화와 GM 파파야의 경우 국내 재배를 허용했지만 다른 GM 주곡 작물의 상품화는 금지하였다. 그러나 다른 5 개 작물(대두, 옥수수, 목화, 캐놀라, 사탕무)의 경우 원료상태로 수입이 가능하다. GM 표시 정책은 제품중심의무제를 따르고 있다. 앞으로 GM 기술의 연구와                                |

| 국 가   | 식량농업 관련 생명공학기술 허가 현황                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | 안전관리를 강화할 예정이며, 일반 대중의 인식제고 노력도 강화할 계획이다. GM 기술 연구는 독자 혁신단계에 접어들어서 주요 기능성유전자 발견과 새로운 품종개발에 있어 괄목할 만한 성과를 이룩한 바 있다.                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 일 본   | 일본의 유전공학(GE) 규제는 과학적 사실에 입각해서 매우 투명하게 이루어진다. 새로운 품목(이벤트)의 검토와 허가에 소요되는 기간은 대개 산업계가 기대하는 범위 내에서 이루어진다. 현재까지 160 개 이상의 새로운 품목이 식품용으로 허가되었다. 1 인당 GE 작물 세계 최대 수입국으로서 일본의 GE 규제제도는 생명공학 분야의 장기발전 추세에 보조를 맞추면서 모든 이해당사자들에게 유익한 방향으로 개선시키고 있다. 현재까지 8 개 작목에서 120 개 이상의 품목이 사용허가 되었는데 이에선 실제 재배도 포함된다. 그러나 현재까지 GE 식량작물의 상업적 재배가 이루어진 적은 없다. 2009 년 산토리사가 허가 받은 GE 장미가 현재까지 일본에서 상업적으로 재배되는 유일한 GE 작목이다. |
| 한 국   | 한국에서 재배 허가를 받은 작물은 현재 없지만 식약청의 안전검사와 농림축산식품부의 환경 평가를 받은 경우 식품 및 사료용으로 GM 작물도 수입할 수 있다. 한정된 지역에서 포장시험이 가능하지만 GM 반대 그룹들이 생명공학 연구를 반대하고 있다. GM 대두, 옥수수, 캐놀라, 사탕무, 알팔파 그리고 이들의 가공품에 대한 GM 표시는 의무사항이며, 변형된 DNA 나 이것에서 유래한 단백질이 포함되지 않은 제품의 표시는 면제된다.                                                                                                                                                   |
| 인 도   | 학문적 연구는 장려한다. Bacillus thuringensis(Bt) 목화 외에는 허가받은 GM 작물이 없다.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 인도네시아 | GM 작물에 대한 연구가 계속되고 있으며, 포장시험은 농업부의 규제를 받는다. 아직 상업적으로 GM 작물이 재배되지는 않는다.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 이스라엘  | 학문적 연구는 권장되고, 포장시험은 농업농촌개발부에 의해 규제되고 있다. 유럽이 주 농산물 시장이기 때문에 경제, 통상관계상 상업적으로 재배되는 GM 작물은 없다. GM 생산물 함유식품의 표시 의무정책도 없다.                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 태 국   | GM 작물의 생체안전시험은 각 지역의 환경과 인간의 건강에 미치는 영향에 대한 연구가 있어야 하고, 공청회를 거친 후 내각의 허가를 받아야 한다. 따라서 아직 태국에서 포장시험을 거친 GM 작물은 없다. 태국정부는 GM 작물의 재배는 금지하고 있으나 사료 및 식품가공 산업에서 다양한 용도로 이용할 수 있도록 GM 대두와 옥수수의 수입은 허가하고 있다.                                                                                                                                                                                             |

유럽연합에서 유전자변형작물을 허가 받기 위해서는 매우 광범위한 과학적인 환경안전검사를 거쳐야 하는데, 이 검사는 21명의 과학분야 전문가들로 구성된 유럽 식품안전처(EFSA)에서 주관하고 있다(<http://www.efsa.europa.eu/en/faqs/faqgmo.htm>). 안전성이 인정되면 유럽식품안전처는 유럽연합에 해당 작물의 사용을 추천하고 그리고 “식량사슬 및 동물건강 상임위원회” 소속 “유전자변형 식품 및 사료부”에 제안서를 보내게 된다. 만약 해당위원회가 이 제안을 받아들이면 유럽 위원회가 이를 수용한다.

성분표시문제를 거론하기 위해서는 먼저 유전공학 기법을 이용하여 생산된 작물이 포함된 식품과 사료는 매우 광범위한 위해성 분석을 거쳐 소비자안전에 문제가 없다고 판정을 받아야 하고 그 후 유럽연합의 “유전자변형 식품표시법”의 요구사항을 충족시켜야 한다. 이 법은 과학적인 근거에 기반을 둔 것이 아니라 무역과 관련이 있어서 논란의 대상이 되고 있다.

미국에서는 유전공학을 이용한 작물로 제조한 식품에 대한 표시의무가 없는데 반해 유럽연합에서는 유전자

변형물질이 0.9% 이상이면 이를 표시해야 한다. 이러한 자의적 한계수준은 사실상 식품의 안전성과 무관하고 (안전성검사는 100% 유전자변형 작물을 대상으로 실시됨) 전적으로 규제 목적으로 이용되고 있다 (EC규정 제1829/2003, 1830/2003). 비유럽연합지역에서의 한계수준은 국가별로 달라서 한국은 3%, 일본, 태국, 인도네시아는 5%, 그리고 호주는 1%이다.

제6장에 상세히 설명되어 있는 것과 같이 농업분야에서도 유전자가위(CRISPR) 기술을 이용하면 기존의 정책에 변화를 초래할 수 있고, 또한 세계 농업을 위해 이 기술을 사용할 수 있게 하는 새 정책들이 만들어지기를 희망한다.

다양한 연구그룹에서 적절한 정책개발에 필요한 과학 기술분야와 방안들을 파악하기 위해 예리하면서도 심도 있는 연구를 수행했는데, 제6장에서 일부 논의 하였고, 그 내용은 표 15에서 보는 바와 같다.

표 15. 정책 이슈와 관련된 과학기술적 측면: 식량영양안보 분야의 연구 간격 해소에 필요한 대주제 발굴

| 문 헌                                                                                                                         | 우선 연구분야                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pretty 등, 2010                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 천연자원: 기후, 물, 에너지, 토양, 생물다양성, 생태계 활용 및 보존</li> <li>• 농업 활동: 작물생산성, 유전능력 개량, 해충 및 질병관리, 축산</li> <li>• 농촌 개발: 사회, 자본, 성, 농촌지도 관련활동, 생계, 지배구조 및 경제</li> <li>• 시장 및 소비: 식량공급체계, 가격, 거래, 식습관 및 건강</li> </ul>                                               |
| Parker 등, 2014                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 부유해진 많은 수의 인구를 위한 지속적이고 공평한 식량공급 방안: 생산의 증가와 폐기물의 감소, 투입자원 이용효율 향상, 지배구조들</li> <li>• 기후변화 적응 활동: 농업</li> <li>• 토지의 다기능적 이용 계획: 식량, 에너지, 환경을 위한 균형된 토지이용</li> </ul>                                                                                   |
| Steering Committee of the EU Scientific Programme for Expo, 2015 (2015년 엑스포 유럽연합 과학프로그램 운영위원회)                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 영양관리를 통한 건강개선: 건강하고 지속적인 영양섭취</li> <li>• 식품 안전 및 품질의 개선</li> <li>• 허실량 및 쓰레기 감소: 식량사슬의 효율화</li> <li>• 다양한 생태계를 위한 토지관리: 지속가능한 농촌개발</li> <li>• 지속적인 농업생산량 증가: 지속가능한 방식의 집약화</li> <li>• 식량시장의 이해: 더욱 세계화하는 식량시스템안에서</li> <li>• 식량체계의 공정성 제고</li> </ul> |
| ASEAN Plan of Action on Science, Technology and Innovation (APASTI) 2016-2025 (ASEAN 과학기술혁신 실행계획 2016-20125)                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 식량안보: 생산성 향상, 자원이용의 최적화, 식품안전표준, 적정 영양공급</li> <li>• 건강과 부를 위한 생물종다양성</li> </ul>                                                                                                                                                                      |
| The Future of Food and Farming, Foresight Programme in the UK Government Office for Science (식량과 농업의 미래: 영국 정부 과학청의 미래프로그램) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 지식을 활용한 지속가능한 생산성 향상</li> <li>• 철저한 다면 평가를 통해 검증된, 현재의 지속가능한 생산성의 한계를 뛰어넘을 수 있는 새로운 과학기술(유전자변형, 복제, 나노기술 등)</li> <li>• 식품 낭비 감소</li> <li>• 지속가능한 어업관리</li> <li>• 지속가능한 집약화 방안의 개발,</li> <li>• 기후변화 감소효과</li> </ul>                                |

표15에 기술되어 있는 마지막 보고서(영국 정부)에는 실행계획 (영국과학청, 2011)이 첨부되어 있는데 식량영양안보에 대한 과학적 연구나 정책수립을 위한 훌륭한 지침서이다. 본 보고서의 내용은 영국의 관련 정부부처나 연구위원회를 위해서뿐만 아니라 유엔 세계식량안보 고위전담반이나 경제협력개발기구(OECD), 세계은행, 옥스팜(Oxfam), 빌앤드멜린다 게이트재단, 세계경제포럼 등과 같은 국제기구에도 영향력을 미치고 있다.

### 3.2 과학기술정책: 협력의 필요성

현대 세계경제를 이끌어 나가는 요소가 과학, 기술, 혁신임은 잘 알려져 있고 또 과학연구에 있어 국제 협력의 중요성에 대해서도 세계 모든 국가들이 인정하고 있다.

Palmer(2014)에 의하면 과학은 국제적인 활동이고 과학이 세계적으로 중요한 시안들에 대처하는데 지속적으로 기여하고 있어서 과학의 국제성은 더욱 커지고 있다. 2011년의 예를 보면 전 세계 연구자의 수는 700만명이 넘고 이들이 사용한 연구개발비는 1조 달러가 넘는다. 이는 2002년에 비해 45% 증가한 수치이다(영국왕립협회, 2011). 현재 인류가 직면하고 있는 주요 도전과제들(에너지공급, 식량과 식수 안보, 기후변화 및 인구변화)은 범세계적인 문제이고 고도로 상호 관련된 문제들이다.

따라서 문제해결방안도 다학제적일 수밖에 없으며, 분야를 초월하는 융복합 지식을 창출하고 또 공유하는 데서 찾아야 한다. 적기에 문제해결방법을 제공하기 위해서는 활발한 국가적 및 국제적 정책을 수립

해서 다학제적 과학분야에서의 국제협력을 통해 과학적 근거에 바탕을 둔 지식을 적용하도록 적극 권장해야 한다.

세계적인 중요성을 가진 문제에 대한 학제간 협력의 성공 사례로 강입자충돌기 및 인간게놈프로젝트가 있다. 식량영양안보분야에도 이와 유사한 대형 협력 사업이 장려되어야 한다. 정보통신기술의 발전과 더불어 손쉬운 값싼 여행으로 인하여 지금은 국제 연구협력이 더 원활히 수행될 수 있게 되었다.

국제협력은 연구자 개개인의 네트워크를 이용할 수도 있지만, 목표가 뚜렷한 연구협력프로그램이 있다면 국제협력이 훨씬 쉽게 이루어질 수 있어서 국가별, 영역별로 이런 협력프로그램이 설치될 수 있도록 적극 조장해야 한다. 유럽에서는 이런 협력프로그램의 가장 좋은 예로 유럽과학기술협력프로그램(COST)을 들 수 있다. 전통적으로 세계적 혁신네트워크는 미국과 유럽이 지배적이었으나 이제는 아시아에서 새로운 장이 열리고 있다 (참조: ‘The Asian Century’, Australian Government, 2012). 특히 중국과 인도의 과학기술 분야의 위상이 높아져 이를 적극 이용하면 아시아/오세아니아 지역에서도 공적인 과학기술네트워크와 협력프로그램을 수립할 수 있는 기회가 많을 것이다.

#### 권고사항:

특정 결과를 목표로 하는 다학제적 과학기술 협력프로그램을 구성하기 위해 아시아/오세아니아 내의 국가적 및 영역(region)적 수준에서의 정책들을 적극 개발해야 한다.

### 3.3 과학기술 정책: 무역장벽

아시아/오세아니아는 무역을 통해서 많은 이익을 볼 수 있어서 좀 더 개방적이고 투명한 식량시장은 이 지역의 미래 식량영양안보에 큰 도움이 될 것이다. 무역을 권장하기 위해서는 자유무역협정을 체결함과 아울러 관세, 비관세 무역장벽을 철폐하거나 감소시키는 정책이 필요하다. 특정 식량자원을 많이 생산해서 수출할 수 있는 자연조건을 갖춘 국가에 대해서는 생산량과 수출량을 증가시킬 수 있도록 필요한 경제적, 정치적 인센티브를 줄 수 있어야 한다. 공급시스템의 투명성, 적절하고 일관된 규제정책도 필요하다.

이와 관련된 영역별 전략, 정책 및 규제활동은 서로 보완적이어야 하고 또한 식량 및 농업분야 국제무역 활동을 지지할 수 있어야 한다.

## 제4장 국가적/영역적 수준에서의 과학과 기술의 강점과 약점

### 4.1 식량영양안보에서 장기적 변화 추동력으로서의 과학과 기술

식량영양안보에서의 장기적 개선은 과학기술의 진보에 직접적으로 연결되어 있고 따라서 연구개발에 직결된다. 지난 반세기 동안 식량영양안보에서 전세계적으로 성취한—특히 아시아에서—엄청난 개선은 오랜 기간의 기초 및 응용 연구의 직접적인 결과인 종자와 작물 개발, 관개, 기계화 및 자료분석에서 선진 기술을 채택하였기 때문이다.

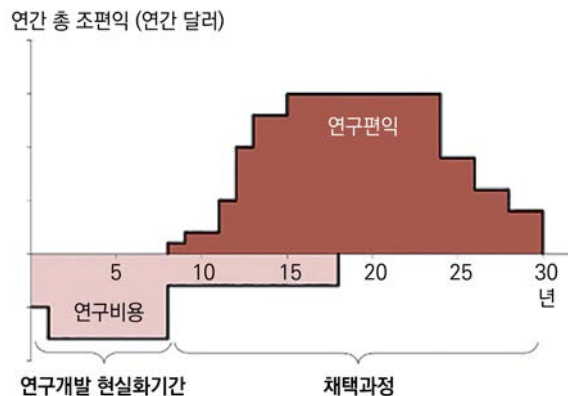
우리의 용어를 명확하게 하기 위해 우리는 여기에서 OECD의 정의를 사용한다.

“기초연구”는 어떤 특정한 응용이나 용도를 염두에 두지 않고 근본적으로 현상과 관찰 가능한 사실의 밑바탕이 되는 근거에 대한 새로운 지식을 획득하기 위하여 이루어진 실험적 혹은 이론적 작업으로 정의된다.

“응용연구”는 새로운 지식을 획득하기 위해 이루어진 독창적인 조사로 정의한다. 그러나 이것은 주로 특정한

실용적 목표나 목적을 지향한다.

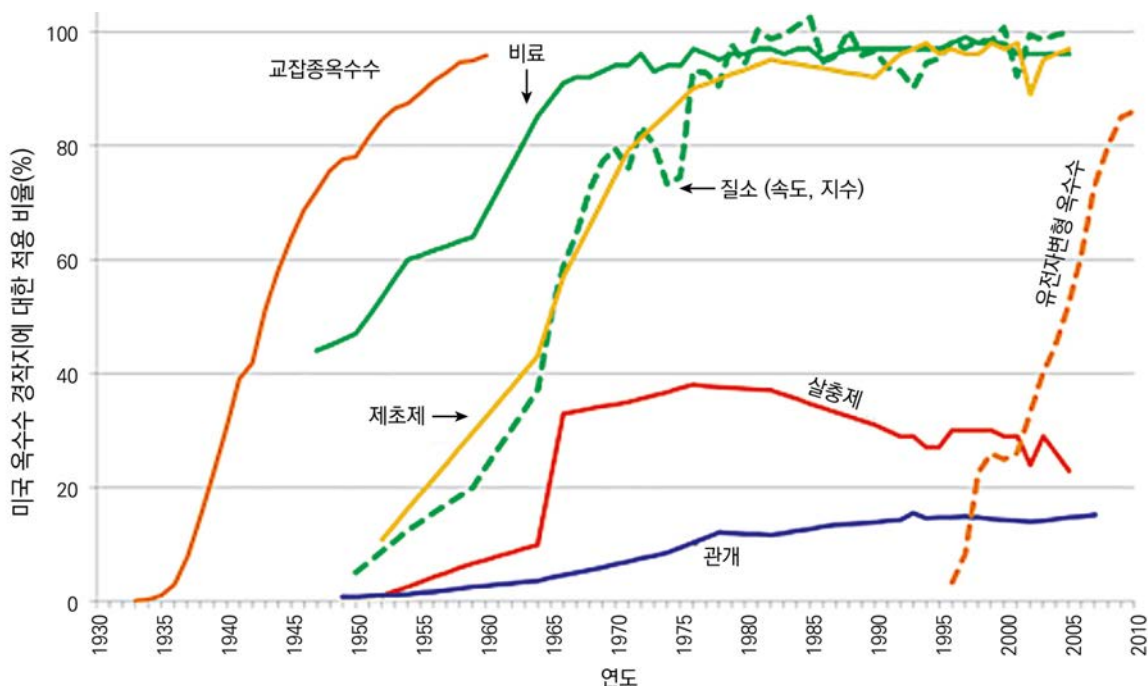
그림5. 연구 투자와 편익 사이의 실현기간.



자료: Alston 등(2008).

이러한 성취는 분명히 인정되지만 그림 5에서 보는 바와 같이 과학기술 연구에 대한 투자의 편익은 초기 연구 투자 후 비록 수십 년은 아니더라도 수년 후에야 실현된다. 투자회수에서의 이 지체기간은 선거 순환주기에 맞춰 신속한 향상을 원하는 정치적 욕구에는 해가 된다.

그림6. 미국 옥수수 생산에 있어서의 신기술 채택 속도(1935-2010)



자료: Beddow(2012)

이러한 투자의 명확한 예는 그림 6(Beddo, 2012)에 기술되어 있다. 이것은 지난 세기동안 미국에서 발명에서 수용까지의 신기술의 채택 속도를 보여준다. 이 자료는 미국에서 얻어진 것이므로 그림들은 성숙한 시장인 자국 내에서 개발된 새로운, 초기에는 증명이 안 됐던, 기술의 수용 속도를 보여준다. 그림에도 불구하고 이러한 경향은 아시아의 상이한 지역에서의 장래 궤적을 이해하는 데에 중요하다.

교잡종 옥수수가 뛰어난 수확량 덕분에 옥수수 산업계에서 지배적인 기술이 되기까지는 25년 이상이 걸렸다. 이와 비슷하게 제초제 사용과 선진 비료의 채택도 시장에 확산되는 데에는 30년이 걸렸다. 흥미롭게도 이러한 연구개발의 현실화기간은 단축되어 왔다—특히 유전자 변형(GM)기술의 도입에서. 어떤 작물에서는 현실화기간이 15년 혹은 그 이하이었다. 대조적으로 대부분의 식량작물을 위한 유전자 변형(GM) 기술의 채택기간은 규제문제로 인해 지금까지 끝이 없다.

대부분의 아시아 지역에서 지난 50 년 동안 식량영양 안보에서 이룬 광범위한 발전은 주로 북미와 서유럽에 있는 실험실에서 이룩한 발전에 기초한 기술들의 채택에 기인한다. 두드러진 예외이며 가능한 것의 모범은 1959년에 이스라엘에서 발명한 점적 관개(drip irrigation) 기술이다. 점적 관개 장치의 첫 번째 상업적 생산회사, 네타핼(Netafim)은 1964년에 설립되었다. 오늘날 네타핼은 점적 관개에서 세계시장의 선두를 점하고 있다. 해당 산업계의 두 번째로 큰 생산자는 인도 난단자인 관개회사(NaanDanJain Irrigation Ltd.)로서 이스라엘 난단(NaaDan)회사와 인도 자인 관개회사(Jain Irrigation Systems Ltd.)가 합병하여 설립되었다. 점적관개 덕분에 지금 작물들은 전에는 가능하지 않았던 사막과 한계기후지역에서 자라고 있다. 가뭄에 취약한 지구상의 일부 지역에서는 물 절약 노력의 일환으로 작물에 물을 주는 주된 방법으로 점적관개를 도입하고 있다. 사실상 거의 모든 환경에서 작물 수확량은 점적 관개 기술 덕분에 더 적은 물을 사용하면서도 뚜렷하게 증가하였다. 예를 들면 필리핀에서는 사탕수수에 지표면 아래 점적 시스템을 설치함으로써 전통적인 관개방법에 비해 수확량이 90% 증가하였고 물 사용량을 70% 절감하였다. 결과적으로

물 생산성에 극적인 증가를 가져왔고 추가적인 이익으로 설탕함량이 5% 증가하였다. 가장 극적인 개선은 중국과 인도에서 이루어졌다. 세계의 이 상위 두 관개국에서는 지난 20년 동안에 미세관개를 채택한 지역이 각각 88배, 111배 확대되었다. 인도는 지금 세계 선두를 달리는데 거의 2백만 헥타가 미세관개 방법을 채택하고 있다. 점적관개의 개발은 국가과학 의제의 장기적인 혜택이 아니라, 처음에는 개인 주도로 시작되었다가 산업계의 연구개발이 뒤따랐다는 것을 지적해둔다.

아시아/오세아니아 지향적인 기술개발 중에서 또 다른 예들은 뉴질랜드의 방목 시스템과 초지종자 개발, 호주에서 개발된 토양보존 방법, 중국에서 개발된 식물/수산 양식 시스템, 수확량이 높은 카셋사르트 50(Kasetsart 50) 혹은 KU50 품종을 만들어낸 태국의 카사바 육종 프로그램 등이 있다. KU50 품종은 세계에서 가장 널리 재배되는 카사바 품종으로 태국과 베트남에서는 백만 헥타가 재배되고, 캄보디아, 인도네시아, 라오스 그리고 필리핀의 넓은 지역에서 재배된다(Schmidt, 2016). 미얀마에서는 해충저항성 생명공학 목화를 개발하고 재배하여 농업 생산성에서 상당한 향상을 이룩하였다(Ngwe Chi 6; James. 2015). 필리핀은 식물기반 생명공학 연구와 상업화가 매우 활발하여 몇 가지 생명공학 품종(GM varieties)들이 개발되고 사용허가를 얻은바 있다. 적절한 투자를 하면 아시아/오세아니아에서는 이 지역에서 개발된 기술들로부터 미래에 성과를 얻을 것이며 이것은 지역고유의 문제들과 기회라는 맥락에서 특히 중요할 것이다.

연구 프로그램에서 생성되는 현재의 지식과 새로운 이해는 투입(예: 물, 비료 및 살충제)의 적정화를 달성하기 위한 역동적 방법을 유도하기 위하여 농업생산 시스템 내에서 실시간 데이터 획득과 관련하여 이용될 수 있을 것이다.

## 4.2 아시아/오세아니아 영역(region) 내에서 국가 수준의 과학과 기술

이 영역(region) 전체에서 이루어지는 과학기술 투자는 크게 다르지만(표16, 그림7) 대충 4 등급으로 구분할 수 있을 것이다.

#### 4.2.1 성숙한 과학기술 국가들

호주, 뉴질랜드, 이스라엘, 한국 및 일본은 북미와 서유럽의 국가들과 대등한 성숙한 과학기술 문화를 가지고 있다. 이 국가들의 국가 연구비 지원기관들은 지난 20년 동안 기초연구를 종종 민간부문을 통해 자금지원을 하여 이전 및 응용을 하면서 조장하여 왔다. 그러나 한국은 분명한 예외이지만, 21세기초의 연구비 지원의 가파른 상승은 정체되고 심지어 감소하기 까지 했다. 이 염려스러운 경향은 세계의 다른 선진국들에서도 나타나고 있다. 투자에서 편익획득까지의 연구 실현기간을 고려하면 농업 연구와 기술의 증명된 역사를 가진 나라들에서의 이 연구비 투자의 쇠퇴는 혁신과 농업 발전을 위한 기회를 잃게 함으로써 21세기 후반부에 지대한 부정적 영향을 끼칠 수 있다.

#### 4.2.2 선진 과학기술 개발도상국들

인도와 중국은 지난 20년간 정부가 학계와 산업계 연구 기반시설 확립과 이러한 연구실들을 이끌어갈 선두 과학권위자들의 영입-종종 서구 국가들에서 잘 알려진 촉망받는 인사들-의 영입에 매진한 국가들의 대표적인 예이다. 초기에는 성격상 응용 연구였지만, 기초 연구에 대한 투자 증가가 빠른 과학기술 개발을 이끌어가고 있다. 공공 부문과 민간 부문의 통합은 종종 어렵지만 여전히 더욱 추진될 필요가 있다. 특히 중국은 지난 20년간 연구개발 지원비가 350% 증가하였고 유럽연합의 연구비 지원을 능가하였으며 곧 미국의 수준도 능가할 것이다. 인도는 비록 총 연구개발비 지출에서 GDP의 비율로 세계 6위를 차지하지만 아직 선두 투자자로서는 뒤처진다.

#### 4.2.3 과학기술 개발도상국들

태국은 정부가 최근에 점점 국가연구개발을 강조하기 시작한 나라의 예를 보여준다. 태국은 지난 20년간 연구개발 지출을 400% 증가시켰고 현재 지역 식량 영양안보에 영향을 미칠 수 있는 몇몇 우수한 국제 과학기술 센터를 보유하고 있다. 식량영양안보에 관련된 연구의 많은 부분이 목표지향적이고, 선두 과학자들은 여전히 대부분 해외에서 교육받은 사람들이다. 그러나 GDP의 비율로서 연구개발비 지출은 아직 낮은 수준

이다. 만약 태국이 최근 수년간의 추세를 유지한다면 연구개발비 지출은 10년 내에 GDP 1.5%에 도달할 수 있을 것이고, 상당한 과학적 경제적 보답을 얻을 것으로 기대된다.

#### 4.2.4 제한적인 과학기술역량을 가진 나라들

아시아/오세아니아 영역(region)의 많은 나라들은-특히 동남아시아, 중앙 및 서아시아-현재 과학기술에 유의한 투자가 부족하다. 예를 들면 인도네시아는 연구개발에 GDP의 0.1% 이하를 투자한다. 이 국가들은 새천년 목표에 도달하려고 고투를 벌이고 있음에 따라 기초과학 기반시설에 투자하기 위한 장기적인 정치적 의지가 시험받고 있다.

동남아시아국가연합(ASEAN, Association of South East Asian Nations)에서는, 연구개발비 지출이 더 높은 말레이시아와 싱가포르를 제외하면, 단지 GDP의 0.2-0.4%가 농업 연구개발에 사용된다. 태국은 연구비 투자가 증가하고 있다. 연구와 기술에 대한 투자 제약은 분명히 농업 부문의 개발에 영향을 미친다. ASEAN 국가들은 또한 아직 유전체학, 유전공학 및 ‘빅데이터’ 디지털 분석 같은 신기술을 충분히 활용하지 못하고 있다(National Science & Technology & Innovation Policy Office, 2012). 이것은 IT 이해도 부족과 신기술을 수용하기 위한 기반시설과 정책의 불충분 등과 같은 기술 준비태세(readiness)의 한계에 기인하는 것으로 보인다. 예를 들면, 태국에서는 현장에서 유전자변형(GM) 작물의 생물안전 검사는 다양한 지역에서의 환경 및 건강에 대한 통제 방법과 그 영향 연구, 공청회, 그리고 내각의 승인이 요구된다. 그 결과 태국에서는 어떤 GM작물도 현장에서 시험받은 적이 없다(National Science & Technology & Innovation Policy Office, 2012). 동남아시아 국가연합(ASEAN)은 농업 연구 인력이 18,000명인 반면에 중국은 43,000명에 이른다(Flaherty 등, 2013). 농업과학이 비교적 적은 숫자의 연구인력을 보유하고 있는 문제는 농업이 고등학교 졸업생들에게 인기가 없는 전공분야이기 때문에 미래에는 더 악화될 것이다. 아시아의 이 영역(region)이 만약 과학기술을 이용하여 농업 생산성을 향상시키겠다는 희망을 가지려면 이 문제를 마주해야 한다.

#### 4.2.5 과학기술을 위한 공공/민간 동반자 관계 (partnership)

식량영양안보 관련 연구와 농업혁신에서 민간부문이 담당하고 있는 중요한 역할은 인정받아야 한다. 기업

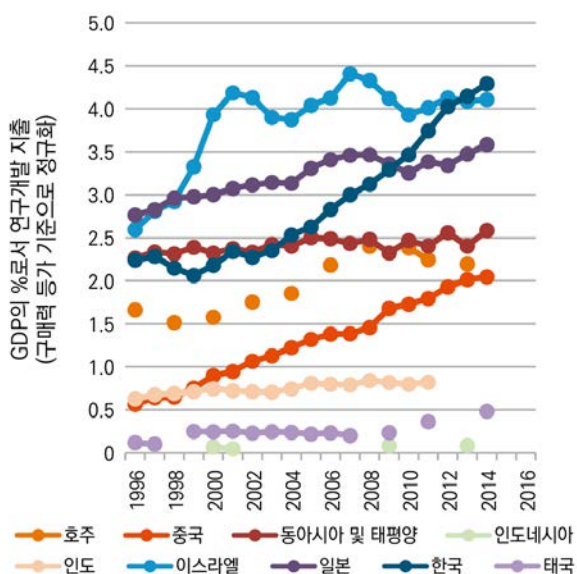
사회공헌을 상승시키는 식량영양안보 연구, 교육 및 현장지도를 겨냥한 공공/민간 동반자 관계를 확대시킬 많은 기회가 있다.

표 16. 아시아/오스트랄라시아의 선별된 국가들에서의 연구개발 투자

| 국가    | 연구개발투자<br>GDP(구매력등가)의 % | 연구개발 총투자<br>(구매력등가 10억 US달러) | 1996년 이후 GDP의<br>변화(%) |
|-------|-------------------------|------------------------------|------------------------|
| 호주    | 2.12                    | 23                           | 137                    |
| 중국    | 2.10                    | 409                          | 360                    |
| 인도    | 0.85                    | 66.5                         | 130                    |
| 인도네시아 | 0.08                    | 2.0                          | 125                    |
| 이스라엘  | 4.30                    | 12.7                         | 158                    |
| 일본    | 3.60                    | 179                          | 129                    |
| 한국    | 4.30                    | 91                           | 192                    |
| 태국    | 0.39                    | 12.7                         | 400                    |

자료: 호주, 호주 통계국(2015); 중국, 중화인민공화국 국가통계국(2016); 인도, 연구개발 잡지(2016); 이스라엘, OECD(2017); 인도네시아, 일본, 한국 및 태국- 세계은행(2017).

그림7. 연구개발비 지출 추세(정규화된 GDP의 %).



자료: 세계은행(2017)

#### 4.3 초국가적 수준에서의 아시아/오세아니아 영역 (region)내 과학기술

세계의 다른 영역(region)들은, 특히 유럽과 아프리카는, 과학기술에서 초국가적 협력과 공동작업의 조직을 시도하는 다양한 체제를 보유하고 있지만 아시아/

오세아니아 영역(region) 내에서는 이런 토대가 없다. 아시아/오세아니아에는 특별히 이들 지역을 위한 유럽과학재단(European Science Foundation)이나 아프리카 생명과학(Biosciences Africa)에 비견할 만한 조직이 없다.

이 조직화의 부족은 국제농업연구자문그룹(Consultative Group on International Agricultural Research, CGIAR)에 의해 자금이 지원되거나 설립된 기관 같은 국제 연구기구들에 의해 어느 정도 채워진다. CGIAR은 세계식량안보에 대해 일하고 있는 15개의 센터를 가지고 있고 개발도상국에서 농업 연구개발에 대한 공적 지출에 기여하고 있다. 이 센터들에서 수행되는 연구는 주로 뚜렷하고 긴급한 농업 필요에 대해 집중하는 최첨단 방법들에 관한 것들이다. 연구 대상 주제들에는 기초과학적 내용과 결과들도 더러 들어있지만 이 센터들은 주로 궁극적으로 특정 분야에 국한되는 응용연구를 권장한다.

그러나 CGIAR 지출은 2008년 아시아 지역에서 총 국가지출의 단지 2%에 지나지 않았다. 역사적으로 CGIAR 센터들에 대한 지원은 주로 서방 국가들과 일본에서 제공되었다. 지난 10년간 그 연구로부터

직접으로 혜택을 받은 많은 나라들은 경제적으로 훨씬 발전하였다(예: 4.2.2 및 4.2.3 절의 '과학기술 선진국 및 개발도상국'). 이러한 나라들로부터의 CGIAR 투자의 가속화는 아시아에서의 식량영양안보를 성취하려는 국가주도 전략을 지원함에 있어 도움이 될 것이다.

국제연구기구들의 활동은 특히 중앙아시아와 코카사스에서 중요했다. 41,600만 헥타를--그 중의 약 70%가 농지로 분류되는--포용하는 중앙아시아와 코카사스(Central Asia & Caucasus, CAC: 중앙아시아의 카자흐스탄, 키르기스스탄, 타지키스탄, 투르크메니스탄 그리고 우즈베키스탄; 코카사스의 아르메니아, 아제르바이잔, 그리고 조지아)는 7,800만명 이상의 인구를 가지고 있다. 단지 15%의 땅만이 경작 가능한데 밀, 면화, 그리고 가축이 중요한 농산물들이다. 중앙아시아의 연구개발 프로그램은 CGIAR 센터들의 활동들로 상당히 보강되었다. 국제식량정책연구소(The International Food Policy Research Institute, IFPRI)는 이 지역에서 농업발전을 조장하고 식량안보를 향상시키는 증거에 기반한 해결책을 제공한다. IFPRI는 중앙아시아와 러시아의 몇 개의 경제, 영양 및 농업 정책 연구 기관들과 협력하여 공동연구를 수행하고 지방의 정책연구 역량을 강화하고, 정부와의 정책 대화에 참여하고 있다. 그들은 경제 전반에 걸친 모델링을 통해 다음 사항들을 평가한다: 대체 성장과 투자 선택사항들, 무역과 영역적 통합정책들; 기후변화와 이것이 이 영역에서의 농업과 식량안보에 미치는 잠재적인 영향; 식품안전과 건강 관점에서의 농업 영양 연계와 가치사슬; 이주 및 송금, 식품과 농산물 시장에서의 시장통합과 가격전이, 농업 생산성 그리고 이 영역의 구조전환에서의 농업과 농촌경제의 역할. 카자흐스탄에서 운영되는 국제건조지 농업연구센터(The International Center for Agricultural Research in Dry Areas, ICARDA)는 농업시스템의 생산성, 자연자원보존 및 관리, 유전 자원 그리고 사회경제적 및 공공정책 연구에 집중하고 있다. 매년 80개의 묘포장(곡물, 두류 및 사료작물)에서 들어온 약 5,000개의 생식질(germplasm)이 이 지역에서

시험되고 있다. 이 8개 CAC 국가들 모두에서 새로운 희망적인 품종들이 확인되어 지역 생식질을 개선하기 위해, 혹은 직접 증식과 농민들에게 분양하기 위해 사용되고 있다.

일반적으로 식량농업 연구개발에 대한 투자는 큰 보답을 준다. 예를 들면 인도에서 연구개발의 투자 수익은 투자한 1루피당 13루피로 추정된다(Fan, 2013). 과학기술 투자를 두 배로 증가시키면 2025년에 세계적으로-예년대로의 투자의 결과로 예상되는 1억 2천4백만 명에 비해-2억 6천백만 명을 빈곤에서 벗어나게 할 수 있다.

폭넓은 체제를 대신하여 상이한 국가들의 국가연구 재단 혹은 대학교들 간에 다양한 연구협약과 더불어 다양한 쌍방 지원 제도가 존재한다. 이러한 것들은 전 영역에 걸친 연구의제의 통합을 조성하고 기초 연구가 계속 조장되게 보장하는 데 아주 중요하다.

#### 권고사항:

미래 아시아/태평양 식량영양안보 연구개발을 위한 청사진을 작성하기 위해 널리 쓰이는 대단히 중요한 기술들과 더불어 지역적(locale), 국가적(nation) 그리고 영역적(region) 수준에서 식량영양안보를 증가시키는 데에 공통적인 장애요인들이 규명되어야 하고 평가되어야 한다.

#### 권고사항:

AASSA는 구성 회원단체들과 함께 식량영양안보에 관련된 기초 연구를 전면에 내세울 초국가적 재정지원 체제를 개발하기 위해 노력해야 한다. 적절한 지원이 이루어진다면 그런 체제는 아시아/태평양 영역(region)에서 과학기술과 식량영양안보 둘 다를 위해 유럽에서 유럽연구위원회(European research Council, ERC)의 통합지원교부금이 과학에 미친 효과와 유사한 지대한 결과를 가져다 줄 수 있다.

#### 권고사항:

AASSA는 식량영양안보에서 두 국가간 연구협력을 더욱 발전시키기 위해 구성 회원국들과 노력해야 한다.

#### 권고사항:

투자자 농업 및 식품연구 결과의 채택 및 투자회수 사이의 지체 기간을 고려할 때 정부는 기초 연구개발에 대한 지원을 지속해야 할 뿐만 아니라 식량영양안보를 위한 전반적인 연구비 지원 수준(GDP대비 백분율)을 증가시켜야 한다.



## 제5장 식품, 영양, 건강 분야의 혁신 기회

### 5.1 영양소, 식품, 식이

전통적으로 인간영양에 대한 연구는 식이는 식사들의 조합으로 보며, 식사는 식품들의 조합, 식품들 자체는 영양소들의 조합, 영양소들(아미노산, 포도당, 지방산 등)은 영양의 기본단위로 간주되는 환원주의적 접근 방식에 의존하여 왔다. 그러나 이러한 패러다임에 대해서는 의문이 제기되었으며 (참조, Jacobs and Tapsell, 2007; Kongerslev Thorning et al., 2017), 영양소가 아닌 식품이 영양의 기본단위로 간주되어야 한다고 제안되었다. 후자의 견해는 아래 두 가지 이유로 설명된다.

첫째, 식품은 복잡한 물리·화학적 구조를 가지고, 위장에서의 소화과정에서 분리되고 변화되며 서로간의 상호작용 또는 식사의 일부로 섭취되는 다른 식품들의 구조들과도 상호작용하며 따라서 내장 내강(lumen)의 물리·화학적 환경에 영향을 미치고 또한 영양소의 소화 정도와 속도에도 영향을 미친다. 이에 대한 예로는 여러가지가 있다. 예를 들면 카제인 (종종 ‘완만’ <slow> 단백질로 불려짐)분자는 위에서 응고되고 유청단백질이나 응고되지 않고 급속하게 소화되며 흡수되는 가수분해된 카제인 (종종 ‘신속’ <fast> 단백질로 불려짐)에 비하여 비교적 천천히 소화되고 흡수된다. 아미노산 흡수 속도는 혈장 아미노산과 식후의 대사에 영향을 미친다 (Boirie et al., 1997; Dangin et al., 2001; Deglaire et al., 2009). 마찬가지로, Barbé et al. (2014)는 산성겔 우유 또는 레닛겔 우유가 주어진 대상에서 혈장 루신 (주요 아미노산과 대사 물질)에 대한 윤곽이 매우 다른 것을 발견하였다. 동일한 원료의 구조상의 차이가 소화와 흡수 패턴을 변화시키는 것이 분명하다. Berry et al. (2008)은 대상들에게 통아몬드 씨앗 거대 입자를 먹이거나 또는 아몬드 가루를 혼합한 아몬드 기름을 먹였을 때 매우 상이한 혈장 트리아실글리세롤 (TAG) 윤곽을 발견하였는데, 이는 소화의 정도와 속도에서 커다란 차이를 나타내기 때문이다. 아몬드를 그대로 섭취한 경우는 8시간이 지나서 TAG 혈장곡선 아래의 면적이 현저하게 감소하였다. 만일 올레산과 같은 불포화지방산 소량이

함께 주어진다면 포화지방 (예: 트리팔미틴)으로 부터의 지방산 흡수가 그 자체만 주어졌을 때에 비하여 급격하게 증가한다는 것이 오래전부터 알려져 왔다(Kidder and Manners, 1978). 두 가지 유형의 지방산 상호간에 상승작용이 발생함으로써 각 지방산에 대해 별도로 정해졌던 소화능력 값이 단순히 합해지는 것이 아니다. 효과가 아마도 장의 교질입자(micelle) 구조의 형성과정을 통하여 조정되기 때문에, 지방산 섭취는 식품 또는 식사에 존재하는 지방과 기름의 유형과 구성요소에 따라 달라지게 된다. 다른 예로는 염분과 포화지방 함량을 기준으로 하면 지방을 제거하지 않은 치즈가 ‘건강에 해로운’ 식품으로 간주되지만, 이와는 반대로 제2형 당뇨병과 심혈관 질환의 예방에 중요한 건강효과를 가진다는 것이 실증되었다 (Kongerslev Thorning et al., 2017). 유익한 박테리아, 무기질, 생리활성 펩티드, 생리활성 단백질, 기타 생리활성 성분과 치즈에 존재하는 복잡한 구성요소 사이의 복잡한 상호작용이 이러한 긍정적인 효과를 초래하는 것으로 생각된다.

둘째, 식품은 고전적으로는 영양소로 간주되지는 않지만 인간의 건강에 중요한 효과가 있는 많은 화합물들을 포함하고 있다 (예: 식물화학물질, 생리활성 단백질과 펩티드, 섬유소). 다양한 예가 있지만 그 중에는 우유에 있는 면역글로불린, 요구르트와 기타 발효식품에 있는 프로바이오틱스, 차에 있는 카테킨, 많은 단백질에서 나오는 생리활성 펩티드, 코코아에 있는 플라보노이드, 과일과 산딸기류에 있는 탄닌과 안토시아닌 등이 있다.

미래에는 영양 연구에서 개별적인 식품의 전체적인 본질과 특성에 대해 많은 관심을 기울일 필요가 있다. 예를 들면, 우유와 같은 식품과 견과류와 같은 식품 사이에는 공급되는 영양소 이외에도 다양한 차이점이 있다. 이 두 가지 음식들은 영양소를 공급하지만 각각은 또한 독특하면서도 매우 상이한 물리적, 화학적 구조때문에 위장 소화에 영향력을 가진다. 이 두 가지 식품은 고전적인 영양소외에도 중요한 화학물질들을 공급하고, 이러한 화합물들의 유형과

표적 조직은 크게 다를 것으로 예상할 수 있다.

식품의 전체적인 가치에 관한 더 나은 정보로 무장함으로써 영양전문가들은 장기간의 건강을 위한 식이와 식이 패턴을 개발하고 확인할 수 있을 것이다. 체내 과정 (식이 필요량)을 지원하기 위한 식이 영양소의 요구량에 대하여 정확한 정보를 가지는 것은 중요하지만 그것만으로는 충분하지 않다. 미래에는 식품 자체의 전체적인 특성과 이러한 특성이 다른 식품의 특성과 어떻게 상호작용을 하는지에 대한 지식이 건강한 식이를 이해하고 정의하기 위하여 중요하다.

인간의 유전자 발현에 영향을 주는 식이의 역할 (nutrigenomics)과 유전적 구성이 생리, 신진 대사, 건강에 대한 식이 효과에 어떻게 영향을 미치는지 (nutrigenetics)는 영양이 건강에 미치는 영향을 더 잘 이해하기 위한 큰 잠재력을 제공하고, 개인맞춤형영양을 위한 방법을 찾는 데 도움이 된다 (Fenech, 2008).

## 5.2 기능성식품 및 식품 강화

일부 식품은 본질적으로 또는 강화에 의해서 매우 높은 수준의 특정 생리활성 화합물을 함유하고 있어서 그러한 식품은 영양소 공급과 관련해서뿐만 아니라 섭취의 결과로 생기는 생리적 영향 때문에 특별한 중요성을 가진다. 이러한 식품을 기능성 식품 (Diplock et al., 1999; Foster and Lunn, 2006; Thompson and Moughan, 2008)이라고 부른다. 이러한 천연 식품의 예로는 해양 오메가-3 지방산 [도코사헥사에노인산 (DHA)과 에이코사펜타에노인산 (EPA)]을 공급하는 기름기 많은 생선, 지방산과 콜레스테롤 흡수를 감소시키는 수용성 섬유소를 함유한 귀리겨, 체내의 산화반응에 영향을 미치는 토마토에 함유된 리코펜과 루테인 (산화방지제) 등이 있다. 강화를 기반으로 하는 기능성 식품의 예로는 혈액의 저밀도지단백질 (LDL) 콜레스테롤 수준을 낮은 수준으로 유지하는데 도움이 되도록 만들어진 식물성 스테롤과 스타놀이 농축된 마가린이 있다. 소화를 방해하는 전분원료 (저항성 전분)는 혈당 수준을

감소시키므로 이것도 또한 기능성식품 또는 기능성 식품을 구성하는 요소로 간주된다.

기능성식품은 ‘건강한’ 식이의 중요한 구성요소로 인식된다. ‘기능성식품’이 서구에서는 비교적 새로운 개념이지만, 그러한 식품은 아시아에서 오랫동안 높은 지위를 유지해 왔다. 일본에서 진행되는 잘 발달된 FOSHU (Foods for Specific Health Uses, 특정한 건강용도를 위한 식품) 운동이 한가지 예이다. 수세기 동안 아시아에서는 식품들의 조합과 식이에 내재하는 식품의 전반적인 균형의 중요성을 강조해 왔다. 미래의 식량영양안보를 위해서는 이러한 지식을 찾아 보급하여야 하며, 전통 식품들은—적절한 경우—건강을 위해 단순히 영양소의 급원 이상이라는 것을 홍보해야 한다.

## 5.3 건강한 식이의 정의

‘건강한 식이’가 무엇을 의미하는지를 식량영양안보에 대한 모니터링과 계획의 측면에서 정의 할 수 있다는 것은 매우 중요하다. 그러나, 수년간에 걸쳐서 건강에 좋은 식이와 건강에 해로운 식이에 대한 견해가 변화하는 것은 ‘건강한 식이’의 정의가 변화하는 타깃이라는 것을 드러내고 있다. 예를 들면, 얼마 전까지 식이 콜레스테롤과 특히 달걀은 건강에 좋지 않은 것으로 간주되었으나 이러한 견해는 달라졌다 (Shin et al., 2013; 미국 보건복지부 및 미국 농무부, 2015). 최근에 와서는 포화지방이 심혈관 질환의 발병에 미치는 영향에 관한 강력한 견해가 표출되었다; 그러나 비록 포화지방산과 트랜스 지방산의 영향에 대한 논란이 남아있지만, 이러한 견해 또한 의문이 제기되고 있다. (de Souza et al., 2015; Hamley, 2017). 현재에는, 가공되지 않은 붉은 살코기는 대장암 발병과 연관된다고 하지만, 상반되는 보고도 존재한다 (Lin et al., 2004; Alexander and Cushing, 2011). 적어도 일부 국가에서는 국가 식품 피라미드가 여러 해에 걸쳐서 변하여 왔으며 최근에는 설탕을 포함하여 탄수화물들은 평가절하되고 있다.

특정 식품과 식품 유형의 영양적 효과와 기타 효과에 관한 지식이 축적됨에 따라 ‘건강한 식이’를 정의하는

것이 쉬워질 것으로 기대되며 ‘지중해 식’ 식이와 같은 식이에 대한 정제된 정의가 개발될 것이다. 지중해 식이에 기능성 식품이 상당히 풍부하다는 것은 흥미롭다. (5.2절 참조, 예: 토마토, 올리브, 녹색 잎채소, 고추, 콩과식물, 아티초크, 생선과 적포도주 - 모두 생리활성성분 등이 들어 있다). 건강한 식이는 과일, 비전분채소, 견과류, 콩과식물, 통곡물시리얼 및 동물성 제품을 포함한 넓은 범위의 식품 유형이 들어있는 다양한 식이가 될 것 같다. (Rajaram, 2003, Esposito et al., 2010; Bertoia 2015; The Chicago Council for Global Affairs, 2015; Bagheri et al., 2016), 그리고 식량영양안보 계획의 측면에서 문화적으로 받아들일 수 있는 매우 다양한 종류의 식품들은 지역 주민이 이용할 수 있도록 해야 한다. 건강하고 사회적으로나 문화적으로 받아들일 수 있는 것으로 간주되는 식이는 지역에 따라서 크게 달라질 수 있으며 이러한 식이는 지역적으로 정의되어야 한다.

소비자가 식품을 선정하는 시점에서 종종 영양학적으로 잘못된 선택이 이루어진다는 증거가 많이 존재하며, 따라서 식품과 영양이 건강에 미치는 영향에 대한 모든 수준에서의 교육이 매우 중요하다.

식이를 다양화하고 영양을 증진시키기 위하여 소규모 농민들에게 영농 프로그램을 장려하기 위한 여지도 많아 보인다. 이러한 프로그램 (Girard et al., 2012)은 상하기 쉽고 풍부한 영양가를 가진 식품들 (예를 들면 과일, 달걀, 육류, 생선, 우유)의 가내 생산을 증가시키는 것을 목표로 한다. 농장에서 이러한 식품들을 직접 생산하면 이들을 쉽게 손에 넣을 수 있고 저장과 운송 손실에 덜 취약하게 한다. 이러한 접근방법은 종종 영양적으로 취약한 소규모 농부들의 식이를 다양화하는 것으로 나타났다 (Iannotti et al., 2009).

완전한 영양을 공급하는 건강하고 다양화된 식이는 생후 처음 1,000일 동안의 아동과 임신기간 동안의 산모에게 특히 중요하다. 생애 처음 1,000일 동안은 정상적인 성장과 올바른 신체적, 정신적 발달에 매우 중요하다. 이 생애주기 동안의 영양 결핍은 돌이킬 수 없으며 그 결과는 평생 동안 지속된다. 모유수유 (임신과 수유기간 동안의 충분한 산모 영양공급과

더불어)가 권장되어야 하며, 영양이 풍부한 식품이 이유 기간 동안과 그 이후에 공급될 필요가 있다. 생후 처음 1,000일은 식량영양안보 전략을 위해 특별한 주의를 기울여야 한다.

#### 권고사항:

건강식이의 특징을 보다 잘 정의하기 위해 개별 식품들과 혼합식이의 통합적인 영양 및 건강특성을 이해하기 위한 연구노력이 있어야 한다.

#### 권고사항:

궁극적으로 건강하고 사회적으로 문화적으로 수용될 수 있는 식품 유형과 식이는 관점과 신념이 아주 다양하다는 것을 고려해서 지역 수준에서 정의되어야 한다.

#### 권고사항:

식품 과학기술, 영양 그리고 식물/동물 육종 분야들은 건강증진 생리활성물질 및 광물질과 비타민들을 자연 수준으로 (혹은 강화를 함으로써) 많이 함유하고 있는 기능성 식품들을 개발하기 위하여 공동으로 노력해야 한다. 이러한 기능성 식품들은 건강한 식이의 목표 구성성분이 되어야 한다.

#### 권고사항:

건강에서의 식품과 영양의 역할에 관하여 더 나은 교육을 해야 하고 그러한 교육은 교육제도의 모든 단계에서 이루어져야 하며 포괄적이어야 한다. 의사와 기타 일선에서 일하는 영향력 있는 인사들을 포함한 건강전문가들을 위한 특별훈련이 있어야 한다. 지역사회에서 영양사들의 역할은 확대되어야 한다.

## 5.4 식품안전 및 식품의 낭비 - 식품 기술의 역할

소비 시점에서의 낭비를 포함하여 수확, 운송, 가공, 저장과 소매점에서의 유통 및 식품공급 체인의 모든 단계에서 상당한 식품이 낭비되고 있다. 이러한 낭비를 최소화하면 식품의 가용성을 증가시키는 아주 중요한 기회를 제공한다. 적절한 식품 가공기술 (가열, 냉동, 통조림, 무균 포장, 건조, 소금 절임, 발효)이 필요할 때 개발되는 것과 마찬가지로 현지 냉장, 냉장 및 냉장 운송이 적절할 때 허용되는 기본 체제가 우선적으로 준비되어야 한다. 이러한 모든 과정은 이미 잘 개발된 현존 기술에 의존하며 식품 안전성을 향상시킬 뿐만 아니라 식품재료와 식품영양분의 생체 이용률의 손실을 크게 줄일 수 있다. 식품 가공은 또한 주식 식품들을 필수 비타민, 무기질 및 생체활성물질들로 강화할 수 있게 해 준다. 또한 HTST (고온, 단시간) 가공, 고압 가공, 진동 전기장 가공,

초음파 가공 및 방사선조사 기술 (Fryer and Versteeg, 2008) 등 흔히 쓰이지는 않지만 가끔은 매우 참신하고 기발한 효과적인 식품기술들도 상당한 잠재력이 있으며, 향상된 새로운 저장 및 가공기술은 식품기술 연구개발을 위한 우선적인 목표로 남아 있어야 한다. 식료품의 유통기간을 연장하고 ‘사용 가능’ 일자에 대한 보다 정확한 데이터를 제공하여 식품 활용을 증가시킬 수 있는 가능성도 있다. 새로운 가공기술의 도입이 더 심하게 가공하여 질적으로 더 낮아진 식품으로 만든다는 뜻은 아니다. 많은 혁신적인 기술 (예: 고압 공정)은 식품의 본래 특성을 유지하도록 설계되어 있다. 식품의 정제 및 효능 저하의 수준을 최소화하고 본래의 식품특성 (예: 온전 식품 <whole food>, 통곡물 식품 및 최소-가공 식품)의 보존을 허용하면서도 식품의 유통수명을 연장시키고 탁월한 기호성을 제공하는 기술이 초점이 되어야 한다. 포장기술 또한 많은 것을 제공하지만 분해성이 아닌 재료 (예: 플라스틱)의 사용은 환경적인 목표와는 거리가 멀고, 따라서 최소의 식품 포장으로 식품의 유통 수명과 안전성을 연장시키고 이에 따라 식품의 낭비를 줄일 수 있는 스마트한 분해성 재료의 생산과 사용을 위한 연구가 필요하다.

식품은 해로운 미생물과 독소가 없어야 하며 식품 알레르기 유발 항원은 효율적인 식품생산과 유통을 위해 적절한 식품가공을 통해 처리되어야 한다. 식품 공급 체인의 이력추적성과 온전 (오염 및 변조 없음) 또한 중요한 이슈이다.

미래에 도시화가 증가함에 따라, 상하기 쉽고 계절적인 식품을 나중에 이용하는데 필요한 보관과 유통을 위해 여러방법으로 처리되는 식품의 범위는 증가될 것이다 (Lillford, 2008). 일부 전통적인 식품가공은 정제과정에서 영양분의 손실을 가져오고 식품 매트릭스에 내재된 본래의 식품 구조 (종종 건강을 증진하는)를 파괴한다는 비난을 받아왔다. 따라서, 식품 구조, 영양과 건강 사이의 관계를 더 잘 이해하는 것은 영양소와 구조를 유지할 뿐 아니라 나아가서는 건강-관련 식품 구조화 (Dickinson, 2014, Donato-Capel et al., 2014, Singh and Gallier, 2014)를 개발하는 새로운 식품가공 접근법으로 이어질 수

있다. 식품 가공 및 저장 과정에서 ‘건강’ 식품 매트릭스의 유지와 실제 생산을 위한 이와 같은 연구 방향은 큰 가치가 있을 것이다. 식품가공 산업은 적응력이 매우 높고, 아주 흔한 건강하게 제조된 식품을 식품 체인에 빠르고 비교적 쉽게 제공할 수 있다.

고도로 가공되고 고도로 정제된 (종종 재구성된) 식품들이 비만의 급증에 기여했을 가능성이 높아 보인다. 이러한 식품에는 종종 필수 비타민과 무기질, 식이섬유소, 식물화학물질이 부족하며 또한 가끔은 자당 (sucrose), 빠르게 소화되는 전분과 지방, 그리고 소금이 매우 많다. 이것들은 맛이 좋고 편리하도록 만들어져 있으며, 종종 소비자가 감당할 수 있도록 가격이 낮아 매력적이다. 동일한 맛, 편의성, 가격 매력을 제공하지만 건강에 해로운 식품성분 (예: 트랜스 지방산, 너무 많이 이용되는 설탕 및 전분)의 함유를 최소화하고 건강한 특성을 갖도록 생산된 제조 식품에 대해서는 인센티브를 주는 장려책이 필요하다. 식품 산업은 유리하게 활용될 수 있다. 또한 최소한으로 가공된 상품에 가치를 부여하는 경제적 기회이기도 하다. 예를 들면, ASEAN의 카사바 (cassava) 수출은 주로 카사바칩의 형태로 이루어지는데, 카사바칩은 무색이며, 글루텐이 없는 고가의 제품으로 가공되면 농부에게 수익을 돌려줄 수 있는 잠재력을 지니고 있다.

#### 권고사항:

식량낭비와 이것이 식량생산시스템과 인구의 사회경제적 부문에 따라 얼마나 다양한 지에 대한 믿을만한 통계를 수집할 필요가 있으며 식량낭비를 최소화하기 위한 전략이 필요하다.

## 5.5 지속 가능한 식이

식이 건강해야 할 뿐 아니라 경제적, 사회적, 문화적, 환경적으로 지속 가능해야 한다. 식품 생산의 환경적 지속가능성은 기후변화에 의해 영향을 받을 가능성이 크다. FAO (식량농업기구, 2012)는 ‘지속 가능한 식이’에 대한 합의된 정의를 아래와 같이 제시하였다.

*‘현재와 미래 세대를 위한 식량영양안보와 건강한 삶에 기여하며 환경적으로 영향이 작은 식이. 지속*

가능한 식이는 생물종다양성과 생태계를 보호하고 존중하며, 문화적으로 수용가능하고, 접근이 가능하며, 경제적으로 공정하고 가격이 적당하며, 영양학적으로 적절하고 안전하면서도 건강에 좋아야 하며, 한편으로는 천연자원과 인적자원을 최적화 하여야 한다.’

이것은 포괄적인 정의로서 지속 가능한 식이의 핵심적인 상호작용 요인들을 포함하고 있다. 그러나 미래에 지속가능성이 있는 영농체계와 식이에 대한 실제적인 묘사는 더욱 어렵다. Johnston et al. (2014)은 다음과 같은 주의를 준다.

‘오늘날, 지속 가능하거나 지속 불가능한 식이가 실제로 무엇으로 해석되는지를 정의하는 것은 매우 어렵다. 식이의 지속가능성 수준을 결정하기 위한 접근방식이나 도구에 대한 합의나 식이의 지속 가능성을 향상시키기 위한 시도나 권고와 관련된 절충안은 아직 존재하지 않는다. 만일 지속 가능한 식이를 발전시키기 위해 노력하는 사람들이 식이를 측정하는 수단을 고안하거나 사용하기 쉬운 측정 메커니즘 (정책입안자와 소비자 모두를 위한)을 개발할 수 있으면 많은 이해당사자들은 지속 가능한 식이의 잠재적 혜택을 이해하고 또한 늘어나는 지속 불가능한 농업과 소비 관행과 연관된 위험을 완화 시키는데 보다 잘 대처하게 될 것이다.’

지금까지 영농 체계에 필요한 변화 (예: 동물 생산 감소/식물 생산 증가)와 관련된 설명은 지나치게 단순화되고 일차원적이었다. 식량 시스템의 모든 상호작용 요소가 동시에 평가되고 조사가 증거를 기반으로 하고, 그 증거가 올바른 맥락에서 적용되는 것이 중요하다. 예를 들면, 온실 가스 배출량과 생산에

대한 생물학적 효율성과 함께 동물 생산의 미래에 대한 결론을 이끌어 내기 위해서는 동물 유형 (그리고 인간과 식품 자원의 직접적인 경쟁), 동물성 식품의 상대적인 영양/건강 특성, 동물로부터 만들어지는 다른 제품 (예: 털, 털실, 가죽, 사육, 분뇨 및 짐 운반), 문화적 측면, 고용과 식품의 감각적인 특성들이 모두 고려될 필요가 있다. 대체토지 이용 논쟁 또한 매우 중요하다 (Mottet et al., 2017). 세계낙농플랫폼 (Global Dairy Platform)은 세계의 방목지 (목초지로는 적합하나 경작에는 적합하지 않음) 지역이 경작지 지역의 두 배임을 지적하고 있다. 목초지의 일부는 집중적으로 풀을 먹고 자라는 젖소의 유제품 생산에 적합하나 대부분은 덜 집중적으로 방목하는 여러 종류의 동물 (소, 양, 염소)에 가장 적합할 것이다. 미래의 지속 가능한 식량생산시스템을 고안하기 위하여는 이러한 모든 요인들과 그들의 복잡한 상호작용이 완전히 이해될 필요가 있다. (Global Dairy Platform, 2014).

지속 가능한 식이는 지속 가능한 식량시스템의 결과이며 국가마다 다를 것이다. 터키나 이스라엘에서의 지속 가능한 지중해식 식이는 중앙아시아나 동아시아에서의 지속 가능한 식이와는 커다란 차이가 있을 것 같다. 각 국가/영역은 영양/보건 전문가, 사회학자, 생태학자 및 농업전문가 등과의 긴밀한 협조를 통하여 자신들의 지속 가능한 식량 시스템과 식이를 스스로 정의해야 한다.

#### 권고사항:

지속 가능한 식이에 대해서 완전한 증거를 기반으로 하는 평가를 하기 위해서는 지속 가능한 영농 체계와 지속 가능한 식이에 대한 실용적인 설명이 가능한 타당한 정량적 지표와 측정메커니즘 및 접근법이 개발되어야 한다.



## 제6장 농업, 수산양식, 해양자원 분야의 혁신기회

식량영양안보 상태를 장기적으로 향상시키는 데는 과학과 기술 발전이 직접적인 영향을 준다. 지난 반세기 동안 특히 아시아 그리고 세계 전체의 식량영양안보 상태가 뚜렷이 향상된 것은 종자 및 작물개발, 관개, 기계화분야의 혁신을 요체로 하는 “녹색 혁명”이라는 신기술을 이용할 수 있었기 때문이다.

지속적인 환경변화 속에서 한정된 경작지로부터 생산량을 증가시키기 위해서는 제3의 녹색혁명이 필요하다. 이런 외적인 압박요인들은 그러나 새로운 연구과제를 만들어 주고 그에 따라 더 많은 연구 성과를 낼 수 있는 기회를 줄 뿐 아니라 기술혁신과 신사업의 기회도 창출해 준다. 이런 연구는 적은 자원의 투입으로도 더 많은 에너지와 더 많은 단백질의 생산을 궁극적인 목표로 하는 “기후스마트농업” 개발을 목표로 해야 한다. 연구를 더 해야 할 식량 영양안보 연구 분야의 우선순위와 아시아/오세아니아 지역의 식량영양안보분야를 다루고 있는 심층 종설 (Pretty 등, 2010; Tonini와 Cabrera, 2011; Parker 등, 2014; EuropeanUnion, 2015)들이 많이 발표된 바 있으며 대표적인 연구분야를 보면 다음과 같다.

### 6.1 식물농업분야의 발전

과거 1만년 동안에 걸친 농업의 발전은 종자의 개량이 그 요체였다. 즉 생산량과 맛 같은 특징이 향상된 작물의 개발이 목표이었다. 장기적인 측면에서 식량 영양안보는 우량한 종자개발이 있어야 확보가능하며, 생산량증가는 우량 유전자형 작물을 사용할 때 비로소 가능하다. 작물생산량을 지금보다 더 증가시킬 수 있는 가능성은 매우 큰데, 예컨대 ASEAN국가들과 세계선진국 간의 쌀, 사탕수수, 카사바, 옥수수 생산량의 차이는 69, 15, 66, 150%이다 (Office of Agricultural Economics, Thailand, 2015).

인도 전체 쌀 재배 면적 4,400만 헥타르 중 6% 이하에서만 하이브리드쌀을 재배하고 있지만 2005년 이후 재배면적이 증가되는 추세이다(Spielman 등, 2013).이에 비하여 중국은 전체 쌀 생산면적의

50%이상에 하이브리드 종자를 재배하고 있는데, 다른 품종에 비해 수확량이 30% 이상 많다(Ma와 Yuan, 2015).태국 학자들은 물속에서 2~3주 잠겨 있던 벼라도 재생 가능한 홍수내성 벼 품종을 표지 지원선발법(MAS)과 전통육종법을 이용하여 개발 하였다. 2008~2016년 사이 홍수내성 벼를 836 헥타르에 재배하였는데 적어도 2,900만 US달러의 경제적 효과를 낼 것으로 기대된다. 동일한 전략으로 생물학적 및 비생물학적 각종 스트레스에 강한 벼 품종도 개발하고 있다. 또한 다양한 식물육종법을 사용하여 Golden rice와 같이 특정성분을 보강한 벼 육종도 시도되고 있고, 인도에서는 전통 식물 육종법을 사용해서 고 베타카로틴 함유 고구마 및 철분과 아연 보강 수수품종개발을 하고 있다.

#### 6.6.1 재래종(Landrace)과 야생 유전자 공급원(pool)의 이용

아시아/오세아니아는 문명 발달을 가능하게 한 식물과 동물의 순화(가축화)가 주로 일어난 곳이다. 쌀, 보리, 밀, 알팔파, 사탕수수, 콩, 사과, 오렌지, 아몬드 등 여러 가지 식물의 순화가 아시아/오세아니아에서 시작되었다. 따라서 이 식물들 대부분의 경우 야생종이 잡초의 형태로 자연환경에서 자라고 있는데, 이들은 각종 생물학적 및 비생물학적 스트레스에 내성을 지니고 있다. 현대 품종과 그들의 야생종과의 1대 잡종의 경우 여전히 수정능력을 지니고 있어 식물육종 프로그램에 이들을 이용할 수 있다.

이에 더하여 이 식물들의 재래종들은 지금도 각 시골 지역에서 이용되고 있다. 재래종은 야생품종과는 유전적으로 차이가 나지만 재래종들 간에는 그 차이가 심하지 않으며 수세기에 걸쳐 일정지역에 적응하며 순화된 품종이다(Camacho-Villa 등, 2005). 재래종은 현대 품종에 비해서는 전체 수확량이 훨씬 떨어지는 경우가 많지만 현대 품종과 마찬가지로 순화에 필요한 주요 형질은 지니고 있다.

녹색혁명 이후 표준화된 다수확품종이 주로 재배됨에

따라 이들의 재래종은 수확량이 낮아서 잘 재배되지 않고 있다. 그러나 이들은 상업화된 품종에서 발견할 수 없는 다양한 유전다양성을 보유하고 있다. 이미 많은 재래종들이 사라졌지만 유전적 다양성 보전 차원에서 이들 재래종과 야생품종의 보존 노력이 지난 수십 년에 걸쳐 점차 탄력을 받고 있다(Maxted 등, 2013).

예를 들면 야생 엠머 밀과 다른 밀 품종을 밀 줄기 녹병(*Triticum aestivum* L.) 퇴치에 이용한 경우이다. 밀 줄기 녹병은 *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. & Henn. 에 의해 발병하는데 특히 악성형태의 줄기 녹병인 UG99b 형이 1998년 우간다에서 발견되었다(Singh 등, 2011). 곰팡이 포자가 바람에 날려가는 특성 때문에 UG99b는 아시아로 유입되었고, 2006년에 예멘에서 처음 발견된 후 2008년에는 이란에 도달함으로써 인도와 중앙아시아의 방대한 밀 경작지도 위협하고 있다. UG99b는 전 세계에서 재배되고 있는 상업용 밀 품종이 지니고 있는 모든 중 특이적 내성유전자를 사실상 무력화시킨다. 전 세계 상업용 밀 품종의 90% 이상이 UG99b에 감염 가능성을 지니고 있으며 동아프리카와 남아시아 사이에서 경작되는 모든 밀이 감염 대상이다. 2008년 초 빌게이트재단이 “항구적인 녹병내성 밀” 생산을 목표로 하는 연구과제를 코넬대학이 주축이 된 연구 사업단에 의뢰했는데, 이 사업단에는 호주·인도·이스라엘·시리아·터키 학자들과 기관들이 포함되어 있다. 이 사업단이 제안한 여러 방법 중 가장 성공적인 것은 야생종으로부터 유래한 UG99b 내성유전자를 현대 품종에 이입하는 방법이었다(Millet 등, 2014).

#### 권고사항:

현재 재배하고 있는 상업용 작물품종들의 다양한 야생종과 재래종을 수집하여 이들의 표현형 규명, 목록 작성 및 보존 등의 사업을 확대해야 한다. 특히 표현형질과 유전형질을 고속대량으로 파악하는 기술개발을 위해 노력해야 한다.

### 6.1.2 분자유종과 유전자가위(CRISPR) 기술

전통적인 식물육종은 야생종이나 재래종을 상업적 품종에 교배한 다음 이를 다시 상업적 품종과 계속적으로 역교배 시키면서 질병내성 혹은 다수확성 등과

같은 원하는 형질은 선발하고 수준 이하의 품종에 포함되어 있는 바람직하지 못한 형질은 제거하는 식으로 진행된다. 이 과정은 수년에 걸쳐 여러 세대가 지나야 하는 과정이고, 또 유전자 연계(linkage) 현상에 의해 유해한 유전자와 원하는 유전자를 완벽하게 분리할 수 없는 문제점도 있다.

반면 분자유종기술이나 CRISPR/Cas9 기술 같은 신육종기술(NBTs)을 이용하면 원하는 변형된 새로운 유전자를 DNA의 발현 조절 또는 DNA의 정확한 편집을 통해 얻을 수 있다. 분자유종과정은 교배와 분리기술을 사용하는데, 이 과정에서 정확한 대립형질을 지닌 자손을 선택하기 위하여 분자표지를 이용하고 이 분자표지는 고속대량 DNA분석법으로 분석한다. Klümper와 Qaim(2014)은 최근 연구에서 147개의 기존 연구결과를 메타분석한 결과 유전자 변형 종자 재배로 작물생산량이 22% 증가되었고 제초제 사용량은 39% 감소하였다고 하였다. 이와 같은 생산량의 증가는 금후 식량영양안보 문제해결의 중심적인 역할을 할 것으로 보인다.

CRISPR/Cas9 기술은 새로운 유전자를 삽입해야 하는 전통적인 유전자전이 방법과는 상당한 차이가 있다. 유전자편집기법과 새로운 신 육종기술을 이용하면 유전공학을 농업분야에 이용하는데 가장 반대하는 사람들이 흔히 문제 삼는 소위 “종의 장벽”을 넘지 않아도 된다. 따라서, 이런 신기술을 이용하여 육종한 동·식물은 전통적인 유전공학 산물에 비해 규제를 덜 받을 것으로 기대된다.

CRISPR/Cas9 편집으로 만들어진 다양한 작물(옥수수, 콩, 카놀라, 쌀, 밀)에 대한 연구결과를 보면 이 작물들은 가뭄내성 및 다수확과 같이 기후변화를 극복하고자 하는 농가가 원하는 특성들을 지니고 있다. 동일한 기술을 이용하여 땅콩 알리지 항원을 제거한다거나 식품의 영양가를 높일 수도 있는데 이러한 효과는 순전히 원래 식물에 존재하는 유전자를 이용하여 얻을 수 있다. 유전공학 반대론자들은 CRISPR나 여타 유전자편집기술을 “극한 공학기술”로 분류하면서 기존 유전자전이기술과 동일하게 규제해야 한다고 주장한다. 어쨌든 결정은 내려야 하나 규제는 증거기반주의에 입각해야 한다. 이 기술들은

수확량을 증가시키고 식물복원력을 향상시키는데 강력한 효력이 있다. 본 실무연구진은 생명공학과 유전자변형기술은, 그 대상이 식물이든 동물이든, 장차 식량영양안보문제 해결에 중심이 될 것으로 판단한다. 과학자들은 생명공학기술을 이용하여 개발한 작물의 이점과 위험성에 대해 좀 더 명확한 의견을 개진해야 한다. 또한 더 많은 의사소통의 기회가 있어야 하고 일반대중의 이해도를 높일 필요도 있다. 아시아/오세아니아에 속하는 모든 국가 과학한림원은 이 중차대한 문제에 대해 사려 깊은 리더십을 발휘해야 할 것이다.

#### 권고사항:

CRISPR/Cas9 또는 이와 유사한 신 육종기술을 더욱 발전시켜 식물생산에 이용할 수 있도록 목표 설정 연구를 포함한 다양한 연구가 필요하다. 규제는 증거기반주의에 기초해야 하며 가능하면 신 육종기술은 비유전자변형기술로 분류되어야 한다(용어와 관련하여 부록 III의 권고사항 7번 참조).

## 6.2 동물농업의 발전

돼지와 닭은 세계 식육생산의 대부분을 차지하고 있고 이들의 중요성은 아시아/오세아니아에서도 매우 크다. 사료 대비 고기 전환 효율은 지금까지 꾸준히 개선되어 왔으나 아직도 생산효율 개선의 여지는 많이 있다. 특히 사료단백질의 식육단백질로의 전환 효율은 낮아서 사료단백질 이용효율 향상을 위한 체계적인 연구가 요구된다. 새로운 사료자원개발 연구도 필요한데 특히 인간의 식량과 직접 경합하지 않는 물질이나 분야가 그 대상이 될 수 있다(예: 돼지, 가금, 어류를 위한 합성아미노산을 이용한 사료제조). 반추동물은 단위동물에 비해 생산효율이 낮고 온실가스 발생에도 상당한 몫을 차지한다. 그러나 다른 측면에서 보면, 지표면적의 대부분은 경작보다는 방목에 더 적합하다. 따라서 토지사용경쟁력 측면에서 보면 반추동물이 생산하는 고기와 젖이 인류 전체 식품 단백질공급 체계의 중요한 한 축을 담당하고 있다(Mottet 등, 2017). 초지기반 사양시스템 개발에 우수기술을 이용하는 문제는 앞으로 매우 전망이 밝은 분야이다.

온실가스 저감은 앞으로도 지속적으로 주요한 목표가

되어야 한다. 전통동물육종기술, 계놈기반 선발, 형질 전환, 신 번식기술 등, 이들 모두는 동물생산효율 향상에 큰 기여를 할 기술들로서(Suttie 등, 2011) 아시아/오세아니아 전 지역에 널리 알리고 또 지지를 받아 마땅하다. 가축의 야생종이나 희귀종의 유전자를 보존하기 위한 유전자은행도 매우 중요한데 식물에 대해서는 6.1.1에서 설명한 바와 같다. 지속가능한 집약형 축산시스템이 앞으로 중요해 질 것이며 이를 통해 1두당 젖 및 고기생산량을 증가시키고 궁극적으로는 단위생산량 당 광물질 배설량과 온실가스 배출량을 감소시켜야 한다(The Royal Society of London, 2009; Bajželj 등, 2014; Pardey 등, 2014).

앞으로는 인간의 영양소요구량을 충족시키면서 이용 효율도 높은 조합(고기, 유제품, 해조류, 곡류, 버섯, 합성아미노산, 그리고 펩타이드) 단백질제제가 개발될 가능성이 높다. 그 좋은 사례가 미국영양위원회와 캘리포니아 주립대학 데이비스 캠퍼스에서 개발한 육류/버섯 혼합물로서 이런 제품개발을 통해서도 소고기단백질의 사용범위가 대단히 증대될 수 있다(Jacewicz, 2016). 고기에 비해 버섯은 에너지가 낮고 나트륨 함량도 낮으며 포화지방산은 아예 포함되어 있지 않다. 또한 소고기에 비해 버섯 생산에 필요한 물 소요량이 적고 필요 토지면적도 작으며 성숙에 소요되는 기간도 짧을 뿐 아니라 탄소함량이 높은 농산부산물을 이용하는 효과도 있다.

#### 권고사항:

단위동물(돼지, 가금, 어류)을 위한 새로운 사료자원(주로 식품체인의 하부단계에서 발생하는 부산물 이용)을 개발하는 연구나 생산효율 향상 기전을 밝히는 연구가 시급히 요구된다. 반추동물 분야에서는 초지기반 생산시스템의 개발과 온실가스 저감기술 개발연구에 우선순위를 두어야 한다. 신 육종기술 및 번식기술은 과학적 증거에 기반하여 그 효능을 평가해야 하며, 적용 가능한 것으로 판단되는 기술의 도입은 강력히 추진해야 한다.

## 6.3 정밀농업/로봇공학

정밀농업은 최근 새로이 부상하고 있는 개념으로서 지리정보를 이용하여 경작지내의 변동성을 알아내고 최소 투입으로 최대 수확을 달성하는 것을 목표로 하고 있다(ESRI, 2008). 정밀농업은 1990년대 초 GPS를 이용하여 트랙터를 유도하는 것이 그 시초

이었으나 이제는 이 기술이 정밀농업의 대표적인 사례로서 전 세계적으로 널리 이용되고 있다. 이 기술을 사용하면 트랙터 운전자의 조향 실수를 줄여주고, 경작지에서 동일 이랑을 반복적으로 지나가는 것을 방지해줌으로써 종자, 비료, 연료의 사용량이나 작업 시간을 줄여준다.

차세대 정밀농업시스템은 데이터과학의 한 부분으로 볼 수 있다. 기후, 토양변수(pH, 수분함량, 질소, 인, 마그네슘 및 칼륨 등 광물질 함량, 그리고 살충제 및 제초제와 같은 유기화합물함량), 대기의 질, 그리고 작물 변수(크기, 광합성량, 색깔, 온도) 등에 관한 자료를 취합하여 얻는 예측 가능한 분석치와 생산량에 대한 자료를 종합하면 더 나은 영농결정을 내릴 수 있다. 농부나 연구자가 경작지 중 자신의 위치를 정확하게 측정할 수 있으면 해당 경작지에 대한 좀 더 다양한 정보를 담은 지도를 작성할 수 있다.

정밀농업시스템에서는 원격조정센터가 있어서 실시간으로 생산되는 수많은 복잡한 자료를 수집하고 가공해서 농장주로 하여금 파종, 시비, 관개, 수확에 관해 최선의 결정을 내릴 수 있도록 도와준다. 각종 자료는 경작지 곳곳에 설치한 센서로부터 받거나 위성사진과 드론을 이용한 원격 센싱을 통해서도 확보한다. 이들 자료는 최소의 투입으로 관비(fertigation), 해충방제, 그리고 수확과 관련한 결정을 내릴 수 있도록 도와준다. 이와 같이 빅데이터를 이용하여 예측모델을 작성하면 이를 이용하여 앞으로의 상황변화를 예측해서 예방적 조치를 할 수 있고 이로 통해 작물수확량의 감소 가능성을 줄일 수 있다.

특히 개발도상국에서는 정밀농업과 신세대 로봇기술이 소규모농가에 큰 도움을 줄 수 있다. 원격으로 자료를 수집하고 분석해서 수확시기 결정과 같은 지시사항을 요즈음 흔히 사용하는 스마트폰에 그래픽형태로 보내줄 수도 있다.

ASEAN국가들도 이제 정밀기법을 농업에 사용하기 시작했다. 예를 들면 필리핀 소재 국제미작연구소(IRRI)에서는 벼 잎의 영양소를 분석해서 적정 시비량을 계산하고 있으며, 태국 소재 국립전자컴퓨터기술센터

(NECTEC)는 식물 잎의 색깔을 측정하여 질소/인산/가리의 시비량을 결정해주는 전화앱을 개발했는데, 이를 활용하면 화학비료 비용이 많이 줄어진다고 한다(Intaravanne와 Sumriddetchkajorn, 2012).

#### 권고사항:

더욱 발전된 통합 감지 및 보고 시스템을 개발하고 정밀 농업과 로봇공학을 활성화하기 위하여 엔지니어, 지리학자, 생물학자 그리고 데이터 과학자들 간의 학제간 연구를 적극 권장해야 한다.

#### 권고사항:

소규모 농민이 정밀농업 시스템을 도입하는 데 있어서의 장애물을 확인하고 극복하기 위하여 파급효과분석을 권장한다.

## 6.4 대체 식량자원

가축에게 공급하는 단백질을 마련하려면 사람이 직접 섭취할 수 있는 단백질이 아닌 대체사료자원이 필요하다. 물론 인간이 섭취할 새로운 대체단백질원도 필요하다. 곤충이나 조류(藻類)는 곡류와 두류와 같은 전통적인 식물성원료에 비해 여러 가지 장점을 지니고 있는데, 특히 단위면적당 생산량이나 온실가스 배출량 등의 차원에서 그렇다. 또한 돼지나 닭과 같은 동물들도 합성아미노산이나 단순 탄수화물(설탕, 정제 전분)을 기초로 배합한 사료로 사육할 수 있으며, 이런 사양방식에 대한 가능성은 계속 추구되어야 한다.

전 세계 곳곳, 특히 동아시아 지역에서는 다양한 곤충을 일상적으로 생으로 혹은 익혀서 섭취한다. van Huis (2013)에 의하면 약 1,900종의 곤충들이 주로 개발도상국에서 식용으로 사용되고 있다. 곤충은 훌륭한 식품이자 사료원료이며 생산효율도 높고 온실가스 배출량도 적다. 어떤 곤충은 유기농법으로 생산할 수도 있어서 환경오염도 줄이고 또 계속 오르기만 하는 배합사료 원료를 대체할 수 있는 고단백질 원료를 폐기물로부터 생산할 수 있다. 이러기 위해서는 비용효율이 높고 자동화된 곤충사육시설에서 믿을 수 있는 안전한 제품을 생산해서 안정적으로 공급할 수 있어야 한다. 이에 더하여 인간이 섭취할 수 있는 식품으로 가공할 수 있는 연구와 혁신기술이 필요하다. 물론 이런 연구를 하자면 전체 식량생산체계의 효율도

관심 있게 보아야 한다. 예컨대, van Zanten 등 (2015)에 의하면 집파리유충분말의 경우 생산 필요 면적은 감소되나 사용 에너지는 증가되어 서로 상쇄 효과가 있으며 지구온난화 지수도 더 높았다.

조류의 인공배양으로부터 얻는 바이오매스는 훌륭한 단백질자원이다. 조류는 단백질함량도 높고 아미노산 균형도 양호할 뿐 아니라 광물질, 비타민 함량도 높다 (Lum 등, 2013). 미세조류는 DHA와 EPA를 포함한 오메가 3 불포화지방산과 같은 생리활성물질의 공급원이기도 하다. 따라서 조류는 앞으로 신 개념의 새로운 가축사료로 이용될 수 있을 것이다.

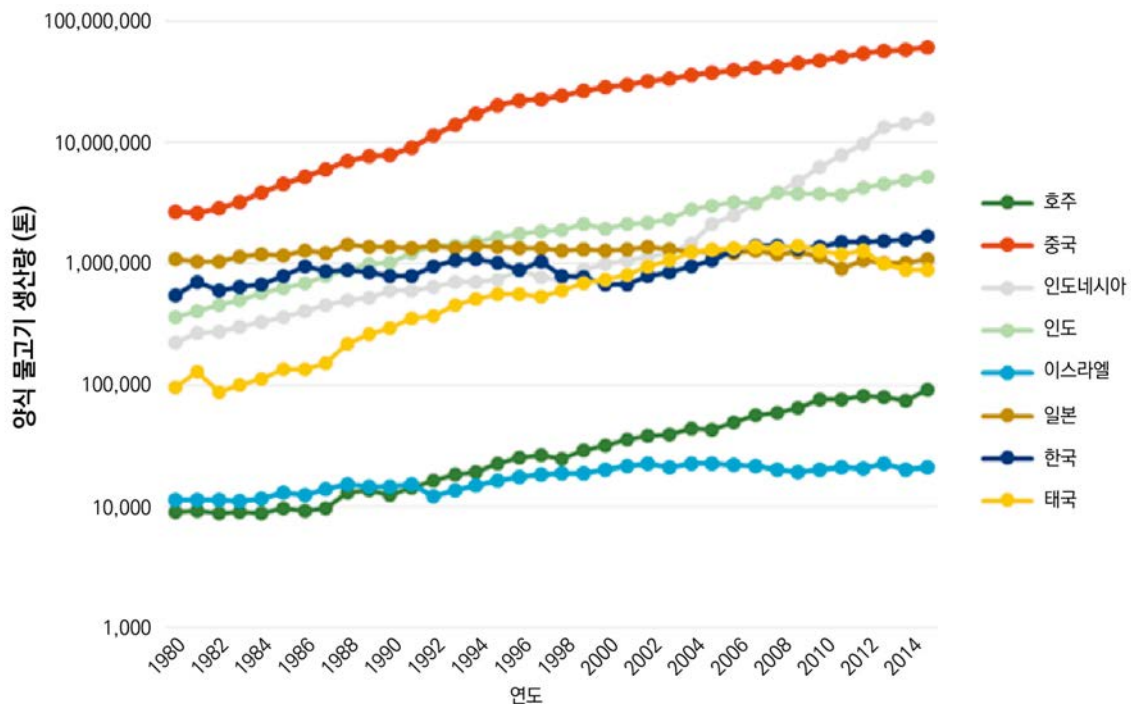
#### 권고사항:

식품산업과 대체 축산시스템에서 이용할 수 있을 만큼 규모화가 가능한 곤충과 조류의 종류를 파악해야 한다. 조류의 수확 전과 후의 이용을 위한 조류화학과 새로운 화학기술의 개발을 위한 연구를 촉진해야 한다.

## 6.5 수산양식 및 해양자원

수산양식은 전 세계적으로 가장 빠르게 성장하고 있는 식량생산분야로서 특히 몇몇 개발도상국에서 두드러진다(그림 8). 수산양식을 가장 많이 하는 나라는 중국이고 그 뒤로 인도와 인도네시아에서도 양식업이 빠르게 성장하고 있다. 양식업이 발전하고 널리 퍼져있음은 그 지역 가정의 식량안보와 여타 복지지수도 개선되었음을 나타내는 중요한 지표이다. 양식업을 통해 식량공급과 상품거래가 가능하기 때문에 양식업은 많은 사람들의 식량 및 영양상태 개선에 크게 기여할 뿐 아니라 특히 귀중한 단백질 공급원이 된다(Ahmed와 Lorica, 2002). 아시아 지역의 새우생산 산업의 획기적인 성장을 수산양식의 한 대표적인 예로서 들면서 Tanticharoen 등(2008)은 과학기술분야 혁신과 교육의 중요성을 잘 보여주는 예라고 하였다. 연구의 우선순위를 파악하고 연구의 결과를 전파하는데 클러스터그룹의 유용성에 대해서도 논의하였다. 아시아/오세아니아가 가지고 있는 방대한 어족자원은 지속적인 공급을 위해 잘 관리해야 하고 장래 수산양식업 발전에 귀중한 자원이 될 것이다.

그림 8. 연도 별 양식 물고기 생산량의 추이. 세계은행 자료(2017) 참조



### 6.5.1 수산양식 기초연구가 양식효율을 향상시킨 두 가지 사례

흔히 대학에서 먼저 시작되지만 기초연구가 식량영양 안보를 크게 향상시킨 사례를 소개하고자 한다. 이 사례들은 농업식량분야 연구개발투자가 어떤 효과를 줄 수 있는지를 잘 보여주는 예이다.

#### 틸라피아 호수 바이러스(Tilapia lake virus)

틸라피아는 전세계에서 양식되고 있으며 생산량으로 보면 세계에서 두번째로 많이 양식하는 어종으로서 비싸지 않은 가격으로 구입할 수 있는 동물성 단백질원이며, 농민 및 어민의 주요 수입원이자 내수 및 수출 소득원이다. 2015년 세계 6대 틸라피아 생산국 중 5개국이 아시아 국가이며 국가별 생산량(괄호 안)은 다음과 같다: 중국(180만 톤), 인도네시아(110만 톤), 방글라데시(32만4천 톤), 베트남(28만 3천 톤), 필리핀(26만1천 톤). 톤당 미화 1,500\$로 보면 틸라피아가 이 지역경제에 미치는 영향은 매우 크다는 것을 알 수 있다.

틸라피아 호수 바이러스(TiLV)는 2014년에 발견된 새로운 바이러스로서 틸라피아산업에 큰 위협이 되고 있다(Eyngor 등, 2014). 이 바이러스의 초기 증세는 뚜렷한 생산량 감소로서 2009년 처음으로 양식장과 자연 서식지 모두에서 발견되었고 그 후 세계 각지에서 보고되었다.

이 전염병의 원인균 연구를 위해 이스라엘 연구팀이 먼저 바이러스를 분리했고 이어서 미국 팀과 공동으로 바이러스 유전체 염기서열을 분석하였다(Eyngor 등, 2014; Bacharach 등, 2016). 기초과학의 측면에서 보면 새로운 오르토믹소 유사바이러스를 발견한 것이며 양식업에 큰 위협이 됨을 확인한 셈이다. 현실적인 측면에서는 이 바이러스의 발견과 연구로 전 세계 양식업에서 사용할 수 있는 백신개발의 첫 걸음이 된 셈이다. 짧은 기간에 이 DNA염기서열을 이용하여 PCR기반 진단키트를 개발할 수 있었다(Dong 등, 2017; KembouTsofack 등, 2017).

#### RNAi를 이용한 새우의 성 조절

축산에서 흔히 볼 수 있는 바와 같이 한 가지 성별의 새우를 양식(단성양식)하면 특정성별에 최적화된 관리가 가능하다. 상업적 새우농장의 경우 숫새우만을 선호하는데 이는 숫새우가 암새우에 비해 몸집이 크기 때문이다. 이에 더하여 암새우로 인해 번식활동에 소모되는 에너지 허실도 방지할 수 있어서 더 빨리 성장하고 더 빨리 성체에 도달한다. 따라서 숫 새우만 생산할 수 있는 기술이 있다면 새우산업은 큰 득을 볼 수 있다. 이것 또한 기초연구가 농업분야의 혁신에 필요한 발전을 가능케 해 주었음을 보여주는 훌륭한 예이다.

갑각류의 옹성분화는 남성호르몬에 의해 조절되는데 이는 암컷의 자성분화 프로그램을 억제시켜 숫새우의 특징이 나타나도록 해 준다. 숫새우에서 이 분비샘을 수술로 제거하면 유전적으로는 숫새우이지만 암컷의 특징을 지닌 새우가 되고 따라서 모든 새끼는 숫새우가 된다. 그러나 대규모 새우농장에서 수술적인 방법으로 남성호르몬분비선을 제거하기는 불가능하다.

이스라엘학자들은 한 가지의 성(단성)을 가진 새우를 생산하는 새로운 분자생물학적인 방법을 개발하였다. 새우의 남성호르몬분비선에서 인슈린유사용성 펩타이드(IAs)가 분비됨을 발견하였다(Rosen 등, 2013; Sharabi 등, 2016). 거대담수새우(Macrobrachium rosenbergii)를 대상으로 RNA간섭기법(RNAi)을 사용하여 여성화된 숫새우를 생산하였다(Sharabi 등, 2016). 이들은 IAGs 유전자를 침묵시킬 수 있는 유전자를 새우에 주사했는데, 그 결과 정상적인 암 새우와 구별이 어려울 정도로 숫 새우가 성전환이 되었고, 이렇게 성 전환된 숫 새우는 숫 새우 새끼만 생산하는 특징을 가지고 있었다.

이 기술은 현재 상업화되어 이스라엘 국내에서 여성화된 치어새우를 생산하고 극동 지역 각국에서는 이들을 수입해 사육하여 상품화시킨다. 이들 새우는 질병(schistosomiasis를 포함한)을 매개하거나 벼논을 망가뜨리는 민물달팽이를 제거하는 '지속 가능한 생물방제제'로도 사용될 수 있다. 이 새우는 번식이 불가능하므로 외래 침입종으로 발전할 위험성도

없다. 이 기술은 현대분자생물학이 수산양식효율 향상에 어떻게 기여할 수 있는 지를 보여주는 훌륭한 사례이며 지역간 협력의 좋은 본보기이다.

**권고사항:**

집약 사육조건과 신제품 개발에 대한 연구를 통한 수산양식기술의 적극 수용이 촉진돼야 한다.

**권고사항:**

타 분야 학자(바이러스 학자, 공학자)들의 관심을 끌 수 있는 수산양식분야 고유의 식량안보연구를 촉진해야 한다.

## 6.6 잠재적인 파괴적 기술

흔히 기초과학분야 연구결과로부터 얻을 수 있는 각종 새로운 발견은 농업생산성을 획기적으로 향상시킬 수 있다. 현재 부각되고 있는 파괴적 기술에는 정보통신기술분야의 3-D 프린팅, 무인자동차, 그리고 선진적이고 효율적이며 친환경적인 방법으로 연료, 화학물질 및 재료들을 생산하는 생물학적 제조공정 등이 있다. 고기 및 우유를 가축없이 생산하는 합성 기술도 최근 언론매체의 주목을 받고 있고 또 특히 실리콘 밸리를 중심으로 벤처투자도 활발하다. 이 제품들은 생산비용, 윤리적 측면, 지속가능성 면에서 유리한 점이 많지만 아직은 소비자의 반응을 더 확인해야 한다.

합성생물학적 방법이 토양의 건강 증진에 필요한 연구개발에 이용되고 있다. 예를 들면 Harvard 대학의 Daniel Nocera와 동료들이 개발한 인공 잎 기술을 보면 질소고정효소가 발현되도록 형질을 변화시킨 박테리아를 이용한다. 이 미생물이 태양광선이

있는 상태에서 수소와 이산화탄소를 결합하여 고체 바이오연료를 합성한 후 이를 식물 체내에 비축한다. 그 후에 이 박테리아를 토양에 뿌리면 체내에 축적된 에너지를 이용하여 공기 중의 질소를 암모니아로 고정하게 되고 따라서 시비의 효과를 보는 셈이 된다. 이 방법을 무 생산에 이용한 결과 대조군에 비해 무게가 150% 증가되었다(O'Driscoll, 2017).

## 6.7 맺는 말

금후 수십 년 간에 걸쳐 아시아/오세아니아 지역 식량 영양안보문제를 해결하는 것은 대단한 도전과제로서, 많은 전문가들의 지혜와 훌륭한 기초 및 응용연구가 필요하다. 두 가지 권고사항을 들면 다음과 같다.

**권고사항:**

아시아/오세아니아 지역의 식량영양안보와 관련된 학제간 연구개발 투자는 크게 증가되어야 한다. 국가나 분야를 망라하는 컨소시움(우수연구센터)을 형성해서 식량영양안보분야의 긴급한 현안들을 다루어야 한다.

**권고사항:**

이 지역에서 다국적으로 추진하는 계획들에는 교육의 양과 농업, 영양 및 식량분야에서 차세대 과학자, 기술자, 농업 지도 공무원과 지도자들의 훈련을 더욱 증가시키는 것이 포함되어야 한다. 훈련은 초학제적 기반에서 이루어져야 한다.

1980년대 중반까지 농업 및 농촌개발이 해외원조나 국제개발은행으로서의 항상 최우선 순위의 과제였으나 그 후로 이 분야 투자가 감소되었다. 농업과 식량문제가 세계개발 아젠다에서 소외되어 왔으나 이제는 이를 바로 잡아야 한다.



## 제7장 토지 및 기타 자원 경쟁 관리의 주요 이슈: 지속가능한 개발과 생태계의 확장

### 7.1 자원경쟁의 이해

전 세계적으로 토지에 대한 경제부문별 경쟁은 더욱 심해지고 있다. 제한된 토지에서 생산되고 있는 재화 및 용역에 대한 수요가 높아질 때 토지에 대한 경쟁이 발생한다(Haberl, 2015). 이러한 경쟁은 인간의 생활에도 압박요인으로 작용하는데 이는 토지가 인간의 생명을 유지해 주는 식량 생산에 필수적인 요소이기 때문이다(NRMED, 2017).

이에 더하여 수자원분야의 경쟁도 전 세계적으로 심화해지고 있다(FAO, 2011b). 아시아 인구 약 10억 명이 앞으로 35년 내에 물 부족을 겪게 될 것으로 우려된다(Kramer, 2016). 유엔은 물 부족문제를 21세기의 가장 중요한 이슈로 삼고 있다(United Nations, 2017). 물은 농업에 필수적인 자원으로서 식량안보와 직결되므로 물 부족은 매우 심각한 문제이다.

세계 인구는 2050년까지 계속 증가될 것으로 예상

되고 있으며(Dimick, 2014), 이런 경쟁문제는 나날이 심각해질 것으로 보인다. 토지와 물 모두 인간의 삶과 직결되므로 과도한 경쟁은 사회적으로나 개인적으로 바람직하지 못한 영향을 초래할 수 있다.

#### 7.1.1 아시아/오세아니아에서의 자원경쟁의 분류

아시아/오세아니아에서의 토지와 물과 관련된 경쟁에는 여러 가지 요인이 영향을 미친다. 이 문제는 좀 더 넓은 생태계와 관련이 있으며 다음 세가지 분야로 나누어 볼 수 있다. 사회적 요인(생활양식에 영향을 주는 요인들), 환경적 요인(환경문제와 관련된 요인들), 경제적 요인(의사결정과정에서 고려해야 하는 재무 데이터 관련 요인들) (BBC, 2014).

여기서는 토지와 물의 이용과 관련된 이슈들(표 17)을 강조하고 또 설명하고자 한다.

표 17. 아시아/오세아니아에서 토지와 물에 대한 경쟁의 발생원인

| 사회적 이슈                                                                                           | 경제적 이슈                                                                               | 환경적 이슈                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 패스트 패션</li> <li>• 인구증가와 도시화</li> <li>• 식량 안보</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유전자변형 식량</li> <li>• 저렴한 노동력과 생산비</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기후변화</li> <li>• 산업 활동과 폐기물</li> <li>• 바이오 연료</li> <li>• 농약 오염</li> </ul> |

아시아/오세아니아에서의 자원경쟁의 분류: 사회적 이슈

**패스트 패션:** ‘패스트 패션’은 패션산업에서 사용하는 새로운 용어로서 신속한 부품구매와 패션제품의 생산을 목표로 한 패션계의 운영모델을 말한다(Ethical Fashion Forum, 2016). 이러한 새로운 모델은 패션제품에 대한 수요증가에 기인한다. 전 세계에서 매년 약 800억 벌의 새로운 옷이 판매되는데 이는 20~30년 전에 비해 400% 증가된 수치이다(CNN Money, 2015).

패스트 패션 산업은 범세계적으로서 중국, 인도, 태국

에서 성행하고 있다. Zara, Marks & Spencer와 같은 세계적 패션회사들은 비록 본사가 서방 국가들에 있기는 하지만 실제 상품제조는 재정적인 이유들로 인해 앞에서 언급한 아시아 국가들로 옮겨졌다.

토지와 물은 패스트 패션산업을 지탱해주는 결정적인 자원들이다. 예를 들면 패스트 패션산업에서 사용하는 가장 중요한 재료인 목화의 경우 과거 식량생산에 이용되던 토지에서 재배되고 있어서 중국, 인도, 태국의 목화생산은 식량생산과 토지를 두고 경쟁을 하고 있다. 또한 목화생산에는 다량의 물이 필요하다. 좀 더 자세히 보면 전 세계 수자원의 2.6%가 목화생산에

소요된다(Sense & Sustainability, 2016). 아시아와 호주에서 목화생산에 소비되는 물의 양이 과도해서 이 지역 전체 수자원, 특히 농업용 수자원 확보에 큰 부담요인이 되고 있다.

**인구증가와 도시화:** 도시화는 농촌지역주민들이 이동하여 도시를 형성하는 과정을 말하며 아시아에서는 중국과 인도에서 특히 급격하게 증가하고 있다. 중국에는 600개 이상의 대도시들이 있는데 이들 중 많은 도시들이 수십 년 전에는 작은 소도시였다. 중국, 인도와 나이지리아가 전 세계 도시인구 증가의 37%를 점할 것으로 예측된다. 예를 들면 2014년과 2050년 사이에 인도에서는 도시인구가 4억4천만명 증가하고 중국에서는 2억9200만명이 증가할 것으로 예측된다.

인도와 중국의 인구증가는 적어도 2031년까지는 계속될 것으로 보이고, 2028년에는 인도의 인구가 대략 14억5천만명이 되어 세계에서 가장 인구가 많은 국가가 될 전망이다 (United Nations, 2015).

이 국가들은, 따라서, 지속적인 인구증가와 도시화를 지탱해야 하기 때문에 토지와 물의 수요량도 증가될 것으로 예측된다.

**식량안보와 도시화:** 중국과 인도는 지속적인 인구증가와 도시화로 인해 식량안보 우려도 크다(European Commission, 2015). 식량수요량이 공급량을 앞서고 있어서 농업용 토지에 대한 수요도 커지고 있다. 이 국가들에서는 도시화도 가속화되고 있어서 예전에 식량생산에 사용되던 토지가 이제는 도시민들을 위한 도서관, 공원, 여가시설 등 사회 인프라 구축에 전용되고 있다.

## 경제적 이슈

**유전자 변형과 산업화:** 유전자 변형기술은 중국과 인도에서 그 이용이 날로 증가하고 있으며, 특히 Bt 목화재배가 가장 뚜렷한 예이다. 실제 2015년의 경우 이들 두 국가의 Bt 목화 생산량이 전 세계에서 가장 많았다(ISAAA, 2015a, 2015b). 문제는 서방국가로

원료나 제품을 더 많이 수출하기 위해 식량작물을 재배하던 농지가 이제는 Bt 목화재배에 이용된다는 점이다.

**저렴한 임금과 생산비:** 중국, 태국, 인도네시아 및 인도와 같은 개발도상국들은 제품생산비용이 저렴하다. 이것은 이 국가들에는 노동조합이 매우 약하고 법제도가 느슨한 편이기 때문에 노동자의 임금이 매우 낮다(Ethical Fashion Forum, 2016). 그 결과 세계 각국의 제조회사들이 생산비를 낮추기 위해 이 국가들로 제조회사를 이전시키고 있다. 토지와 수자원이 이런 제조회사 건설과 운용에 사용됨으로 인해 결과적으로 이 국가들이 국내적으로 사용할 부분은 제한을 받는다.

## 환경적 이슈

**기후변화:** 수자원 고갈, 농지훼손은 기후변화가 미치는 영향들 중 일부이다. 지구온도는 계속 상승하고 있고 이에 따라 물의 증발속도도 훨씬 빨라지고 있는 추세이다(Grace Communications Foundation, 2017). 중국은 토지훼손문제가 세계에서 제일 심각한 국가인데(Geocases, 2017), 중국 전체 토지의 약 35%가 훼손으로 몸살을 앓고 있으며, 식량생산이 가능한 토지는 불과 7%에 불과하다.

중국과 인도 등 남부 아시아 국가들은 기후변화의 심각한 영향을 경험하게 될 것이다. 그러나 이 국가들은 앞으로도 계속해서 더 많은 온실가스를 배출해서 자연자원과 주민복지에 악영향을 미치게 될 것으로 우려된다(Friedrich 등, 2017). 중국, 인도, 태국, 한국, 일본 그리고 인도네시아 등이 세계 10대 온실가스 배출국에 속한다.

**산업활동과 폐기물:** 산업혁명 이후 세계 산업활동은 계속 증가해 왔다(York University, 2016). 중국, 인도, 한국 및 일본 등 환경관리 관련 법규가 강력하지 못한 국가들에서는 수은, 납, 유황 등 인체에 유해 가능성이 있는 물질들이 제조업에서 사용되고 있어서 유해 산업폐기물의 쓰레기 매립지 반입이 증가하고 있고, 이들은 다시 바람을 타고 토지나 수자원을 오염시키고 있다.

**바이오 연료:** 중국과 인도는 산업화와 도시화가 가속화되고 있는데, 이 과정은 에너지를 많이 필요로 한다(Biofuel.org.uk, 2010). 예컨대 중국의 차량 대수는 2005년 7,500만 대였는데 2012년에는 2억 5천만대로 증가하였다. 2035년에는 7억대 이상으로 증가될 예상된다.

중국과 인도의 지속적인 산업화와 도시화에 필요한 에너지 확보가 쉽지 않을 것으로 우려되고 있다. 이 두 나라는 계속 증가되는 에너지 수요량을 충족시키기 위해 바이오 연료로 전환하고 있다.

중국은 재정적인 인센티브 프로그램으로 바이오연료 생산을 유도하고 있으며 현재는 세계 제4위 바이오 연료 생산국이 되었다.

중국, 인도 및 인도네시아는 아시아 3대 바이오 연료 생산국이다. 중국뿐 아니라 특히 인도의 경우 지속적인 인구증가와 경작지의 감소에도 불구하고 바이오 연료 증산 정책을 유지하고 있다. 이로 인해 식량생산용 농지가 바이오 연료생산에 필요한 원료생산에 이용되고 있어서 우려가 커진다. 더욱이 바이오 연료 생산에는 많은 물도 소모된다(Grid Arendal, 2017). 중국 남서부지역은 세계에서 가장 큰 강인 양쯔강과 메콩강이 있어서 바이오 연료 생산 최적지로 꼽히지만 바이오 연료 생산으로 인해 수질이 나빠지고 수량도 줄어들고 있어 우려의 대상이 되고 있다.

**농약과 비료:** 농약은 염소, 산소, 유황, 인, 질소 및 브롬뿐 아니라 비소, 황산구리, 납 및 수은과 같은 중금속도 포함하고 있는 인체에 유해한 화학물질이다(NSW EPA, 2016; US National Library of Medicine, 2017). 작물 재배 농지에 무분별하게 농약을 살포하면 강한 바람이나 빗물을 타고 최초 살포지역에서 가깝거나 먼 다른 지역으로 농약 성분이 이전되어 공기, 물, 그리고 토양을 오염시킨다. 비료는 작물에 영양소를 공급해서 성장을 촉진시킬 목적으로 사용된다(Patton, 2015). 아시아지역은 지난 반세기 동안 녹색혁명의 혜택을 받아 현대적인

농업기법을 받아들였다. 이에 따라 여러 국가 특히 중국, 인도 및 태국의 비료사용량은 크게 증가하였다. 중국은 전 세계 비료의 1/3을 사용하고 있으며 (Patton, 2015), 세계은행 자료에 의하면 중국은 경작 가능지 헥타르 당 시비량이 647.6Kg인데 비해 미국은 131Kg, 스페인은 124.3Kg이었다. 중국에서 시비한 비료의 30%만 실제 식물이 흡수하고 나머지는 유실되어 토양과 수질 오염의 원인이 된다 (Meng, 2012).

이와 같은 과도한 화학비료와 농약의 사용으로 인하여 중국에서 수질오염 문제가 발생하고 있고(Patton, 2014) 토양도 중금속으로 오염되어 결국 토지와 수자원이 인간이 사용하기에 부적합한 상태에 이르게 되었다. 중국을 극단적인 한 예로 들었지만 비슷한 현상을 남아시아나 동남아시아 여러 나라에서도 볼 수 있다.

## 7.2 아시아에서 토지경쟁과 자원이용이 환경에 미치는 효과

앞 절(7.1)에서 나열한 아시아/오세아니아에서의 토지 경쟁을 유발시키는 사회적, 경제적, 환경적 요인은 결국 토지와 수자원과 관련한 인간과 산업활동의 결과로부터 나온 것이다. 여기서는 앞에서 언급한 토지와 수자원 경쟁의 원인(환경적인 면)과 환경에 미치는 파급효과를 보고자 한다.

파급효과란 어떤 과정이나 활동의 결과에 의해 나타나는 환경의 변화이다. 지속가능성 측면에서 볼 때 파급효과는 다음 세가지 형태로 나누어 분석해 볼 수 있다: 자원소비(재료, 에너지, 물, 연료 혹은 토지사용 결과로부터 오는 환경 변화), 건강과 복지(인체나 생태계의 건강 및 복지 분야 변화), 그리고 오염(토지와 대기로의 배출).

또한 7.1절에서 설명한 환경적 요인과 관련된 파급 효과에는 긍정적인 면과 부정적인 면이 있는데, 부정적인 면은 '위험'요인이고 긍정적인 면은 '기회'요인이다.

### 7.2.1 아시아/오세아니아에서의 토지경쟁 및 자원 이용과 관련된 환경측면, 기회요인 그리고 위협요인

#### 패스트 패션

**환경측면:** 중국, 인도, 태국 및 인도네시아는 식량생산 대신 패스트 패션 제품생산에 필요한 목화재배에 과도한 물을 사용하고 있다. 전에 식량생산에 이용되던 토지를 목화 생산에 점점 더 많이 이용한다.

**환경적 기회요인:** 패스트 패션 제품생산으로 중국, 인도, 태국, 그리고 인도네시아에서 수많은 고용기회가 창출되었다. 중국의 경우 1천만명 이상이 의류산업에 종사하고 있어서(Kane, 2015) 패션산업은 중국 GDP의 47%를 차지하고 연간 의류 수출로 1,640 억불을 기여한다.

**환경적 위협요인:** 세계 10대 목화생산국 중 7개국이 AASSA지역에 있고 여기에 중국, 인도 및 호주가 포함되어 있다 (<http://www.worldatlas.com/articles/top-cotton-producing-countries-in-the-world.html>). 목화생산에 필요한 물 소비량 증가의 영향이 더 이상 심각해지지 않기 위해서는 대체원료 개발이나 생산 공정의 획기적인 향상이 있어야 한다(Sense & Sustainability, 2016). 패스트 패션용 목화생산이 농지를 두고 식량생산과 경쟁하는 문제는 점차 더 많은 우려의 대상이 되고 있다. 세계야생동식물기금(World Wildlife Fund)이 전하는 바에 의하면 ‘목화는... 전 세계 살충제와 농약 판매액의 각각 24%와 11%를 차지하고 있다.’(WWF, 2017). 목화 농장에서 사용한 농약은 가끔 수원지로 유입되어 지표수나 지하수 오염의 원인이 되기도 한다.

#### 도시화와 인구증가

**환경 측면:** 중국과 인도에서 진행되고 있는 도시화 과정에는 농업에 이용되어야 할 토지와 수자원이 투입된다.

**환경적 기회요인:** 중국은 투자매력이 있는 나라인데 이는 대도시가 많이 있어서 여러 가지 측면에서 경쟁력이 있기 때문이다(Dumon, 2017). 2000년대 초 중국은 미국을 제치고 세계 1위의 해외자본유치국

으로 부상하였다. 중국의 해외자본 투자 유치액은 연간 1천억 \$ 이상에 달한다.

더욱이 중국은 다양한 기술을 지닌 인구가 많아서 서양 산업체에게는 좋은 기회가 된다. 동아시아나 남부 아시아 국가들의 인구가 증가한다는 것은 이 지역의 상품 수요가 증가하고 이에 따라 시장규모의 확장 가능성도 높아진다는 것이다.

**환경적 위협요인:** 중국과 인도의 도시화 과정은 식량과 물을 포함한 각종 자원에 대한 수요량도 증가시킨다(European Commission, 2015). 이는 도시화가 진행되면 재화와 서비스에 대한 요구도가 더 높아지는 경향이 있기 때문이다. 오늘날 우리가 사용하는 대부분의 제품은 직접적이든 간접적이든 자연자원으로부터 오기 때문에 도시화가 심한 이들 지역에서는 물과 토지가 부족해질수밖에 없다. 또한 대도시의 경우 도시화 과정에서 오는 다양한 활동으로 대기의 질이 나빠져서 인간의 건강과 안전이 위협받고 있다.

#### 식량안보와 도시화

**환경 측면:** 중국, 태국 및 인도 등 아시아 국가들에서 이전에 식량생산에 사용되었던 토지가 도시화로 전용되고 있다.

**환경적 기회요인:** 일자리를 찾는 농촌 인구의 도시 유입이 가속화되고 있다(Woke, 2017). 중국을 예로 들면 도시개발이 1~1.5% 증가하면 1,500만 ~ 2,000만명의 도시인구가 늘어난다. 도시화가 진행되면 도서관과 병원과 같은 사회복지시설을 더 쉽게 이용할 수 있어서 좀 더 문명화된, 건강한 삶을 영위할 수 있다.

**환경적 위협요인:** 중국의 경우 도시지역에서 영양결핍 인구가 늘어나고 있고(Satterthwaite 등, 2010), 유사한 현상을 인도, 인도네시아 그리고 방글라데시에서도 볼 수 있다(Rudert, 2014). 도시인 대비 농민의 비율도 점차 감소하고 있다. 도시개발은 또한 토지와 수자원을 오염시켜서 농업목적으로 사용할

수 없도록 만든다. 도시인구의 일부는 식량부족이나 습관의 변화로 균형된 식사를 하지 못하기 때문에 질병 발생률도 높아지고 있다. 이에 더하여 농촌 인구의 도시유입이 너무 급격하게 일어나면 도시가 혼잡해지고 인프라 이용에 한계가 오면 주민의 건강과 안전에 나쁜 영향을 미치게 된다. 과도한 도시화로 토지이용에 압박이 가해지면 자연경관이 파괴되고 생물종다양성도 치명상을 받게 된다.

#### 유전자변형 작물과 산업화

**환경 측면:** 중국과 인도에서는 유전자 변형기술을 점차 더 많이 채택하는 추세이며 특히 Bt목화 재배를 그 대표적인 예로 들 수 있다.

**환경적 기회요인:** 중국의 목화 농가는 과거 곤충과 해충으로 인해 생산량감소, 건강문제, 지표수오염으로 시달려 왔다(Huang 등, 2002). 2000년도 중국의 사례를 보면, Bt목화를 재배하지 않은 농가의 29%가 농약중독으로 고생했으나 Bt목화를 재배한 농가는 단 7%만 농약중독이 있었다고 보고했다. 부가적인 보너스로 Bt 작물은 비 Bt 작물에 비해 헥타르 당 생산량이 최대 50%까지 높았고 수익은 헥타르 당 400%나 높았다. 인도의 경우 Bt목화 재배 시 해충 피해가 감소되어 24%의 생산량 증가효과가 있었으며 수익은 50% 증가했다(Kathage와 Qaim, 2012). 2013년까지 Bt목화재배로 얻은 효과를 보면, 전 세계 농약사용량의 감소량이 4억9700만 Kg이며, 연간 CO<sub>2</sub>배출량감소는 267억 Kg이었다. 한 연구결과에 의하면, 이와 같이 목화재배지의 농약 살포량이 줄어들면 생물종다양성이 개선되어 무당벌레나 거미의 군집이 많아지는 효과가 있었다(Lu 등, 2012).

**환경적 위험요인:** Bt목화 및 기타 작물 재배로 생산량이 증가되고 소득이 향상되면서 목화재배지는 더욱 확대되었는데 이로 인해 자연환경이 파괴되는 경우가 많았다. 유전자변형 작물재배는 대개 단일 작부체계인이라 생물종다양성을 악화시킨다. Glyphosate 내성작물 (Round up Ready)을 재배한 후 분명 이 제초제의 사용량은 증가되었다. 수많은 검토를 거쳤지만 유럽연합은 Glyphosate의 암 유발위험을 확인하지 못했다. 두 가지 서로 상보적인 평가법인

생체모니터링과 식품잔류모니터링을 실시한 결과에 의하면 Glyphosate의 실제노출수준은 기준수준 이하로 인체에 문제를 야기하지 않는다고 한다 (Tarazona 등, 2017).

#### 저렴한 노동력과 생산비용

**환경 측면:** 중국과 인도의 많은 회사와 그룹들이 농업 생산량을 증가시키고 있어서 토지와 수자원의 사용량도 증가하고 있다.

**환경적 기회요인:** Nestle와 BSR(Business for Social Responsibility)과 같은 회사들은 중국에 많은 일자리를 제공해 준다는 점도 있지만 선진국의 여러 회사들이 제공하는 기술습득의 과정이 중국 노동자의 자기발전의 계기가 되기도 한다. BSR은 '회사 내 여성을 위한 중국 프로그램'이라는 잘 알려진 프로그램을 통해 여성들의 직업기술을 향상시키고 지역사회 발전에 기여하도록 도와준다(BSR, 2017). 서구 회사들은 대개 사회적책임 프로그램을 통해서 소속 직원이나 회사가 소속된 지역사회를 위해 투자하고 있다.

**환경적 위험요인:** 해외 제조업체들이 중국이나 인도에 제조공장을 두고 있는 것은 이들 국가의 임금이 싸고 관련법규가 엄격하지 않기 때문이다. 이런 회사들의 제품 생산에는 고도의 기술이 필요한 것도 아니고 또 노동자들은 낮은 임금도 쉽게 받아들인다(Turker and Altuntas, 2014). 중국, 인도, 인도네시아 및 태국에서는 여성과 어린이가 노동력의 상당 부분을 차지하고 있어서 이 나라들에서는 아동 노동과 같은 어려운 도전과제가 존재한다. 무임금 또는 장기노동을 수반하는 강제노동 사례도 많이 보고된다. 예컨대 CCC(Clean Clothes Campaign)의 최근 보고에 의하면 중국의 의류산업 노동자는 하루 13~14시간을 쉬지 않고 작업한다고 한다(Ethical Fashion Forum, 2016). 장기간의 노동은 우울, 실의, 자신감 상실 등을 불러오고 이러한 감정은 노동자의 생활에 영향을 주어서 관계단절, 범죄 등 사회문제의 원인이 될 수도 있다.

#### 기후변화

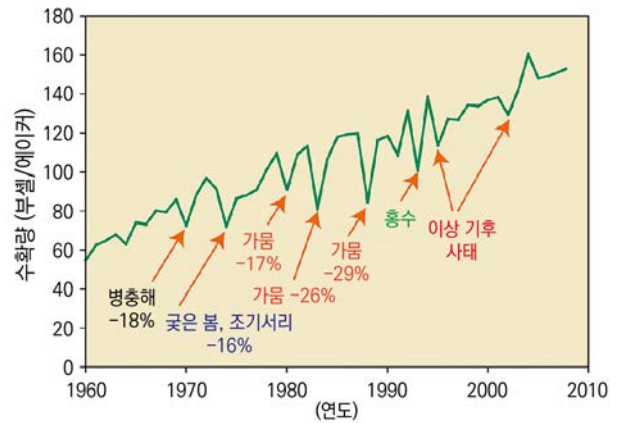
**환경 측면:** 아시아/오세아니아 지역에서 인간과 산업

활동을 위해 토지와 수자원이 사용되고 이로 말미암아 환경이 영향을 받는다. 중국 및 인도와 같은 남부 아시아 일부지역에서는 물 부족과 토지의 황폐화가 진행되고 있는데 기후 변화가 일부 그 원인이다(Blum, 2013; Feng 등, 2015).

**환경적 기회요인:** 최근 기후변화 이슈가 부각됨에 따라 기후변화 관련 정책의 개발이 가속화되고 있고 그에 따라 기후변화 정책의 관리도 쉬워졌다. 중국, 인도, 한국, 그리고 일본은 기후변화에 적응하고 또 그 영향을 경감시키기 위해 풍력터빈이나 태양광발전 등 새로운 혁신방안을 개발하고 있다. 이러한 시도는 환경보전을 위해서뿐 아니라 일반 대중에게도 유익하다. 이뿐 아니라 지구온난화는 북부 위도에 위치한 지역의 농업에 새로운 지평을 열어 주었고 또 앞으로도 이런 영향은 계속될 것으로 보인다. 지역에 따라서는 재배기간이 길어지고 겨울날씨가 온화해지거나 기간이 짧아져서 새로운 농업이 가능해졌다. 이에 따라 기존 재배작물의 생산량이 증가되고 새로운 작물이나 혹은 좀 더 소득이 높은 작물을 선택하여 재배할 수 있게 되었다 (Agriculture and Agri-Food Canada, 2014).

**환경적 위험요인:** 중국은 세계 최대 온실가스 배출국 이고(Meyer, 2015) 중국과 인도에서 진행되고 있는 도시화는 화석연료에 의존하고 있다. 홍수, 물 부족, 토지의 황폐화, 폭풍, 허리케인, 들불, 질병 등 모두는 기후변화의 산물이다. 비록 기술이 향상되어 옥수수의 생산량이 증가되었음에도 불구하고 극심한 기상 변화가 있었던 해에는 전체 생산량이 감소했다(그림 9, USGCRP, 2009). 대기 중 CO<sub>2</sub>농도가 증가되면 식물의 성장은 촉진되지만 반대로 대부분 농작물의 영양가치는 떨어진다. 대기 중 CO<sub>2</sub>함량이 증가하면 밀, 콩, 쌀을 포함한 대부분 곡물의 단백질과 필수 광물질 함량은 떨어지는데 이는 인간의 건강에 잠재적 위험요인이 될 수 있다. 인간의 건강은 또한 농약 사용량 증가에 의해 위협받고 있다. 농약사용량이 증가된 것은 해충의 피해가 증가하고 농약의 효과가 감소한 점에서 그 원인을 찾을 수 있다(USGCRP, 2016).

그림 9. 기후여건에 따른 미국의 옥수수 수확량



출처: USGCRP(2009)

## 산업활동과 폐기물

**환경 측면:** 중국, 인도, 한국 및 일본의 제조업체들이 사용하는 수은, 납, 유황 등 유해 화학물질의 양이 계속 증가하고 있는데 이는 사업환경 관리법규가 일관되게 적용되지 못하는데 그 원인이 있다.

**환경적 기회요인:** 중국의 각종 산업에서 사용하는 화학 물질로부터 폐기물이 발생하고 이들이 물과 토양을 오염시킨다. 이에 따라 중국 화학 산업계는 이 문제를 해결하는데 필요한 연구개발의 기회를 더 많이 가질 수 있다. 예를 들면 환경 부담이 적은 지속가능한 화학물질 개발을 위한 연구과제가 중국에서 진행되고 있다(IBIS World, 2016). 에틸렌, 프로필렌, 순수한 테레프탈산(PTA), 벤젠, 톨루엔, 자일렌, 스타이렌과 같은 유기화합물들이 중국에서 생산되어 전 세계로 수출되고 있다. 유기화합물 분야는 중국의 주요산업 분야이다.

**환경적 위험요인:** 화학물질을 사용하는 산업으로부터 유해 산업폐기물이 발생하고 이들이 수원으로 유입 되어 물고기와 같은 수생생물을 죽이고 생물종다양성을 위협에 빠뜨리는 일이 종종 발생한다. 유해 폐기물은 또한 토양을 오염시켜서 pH를 변화시키고 식량 생산이 불가능한 불모지로 만든다(Singh 등, 2016).

## 바이오 연료

**환경 측면:** 중국과 인도는 바이오 연료 증산 프로

그램을 추진하고 있어서 식량작물 재배지가 바이오 연료 작물 생산지로 더 많이 전용될 우려가 제기되고 있다.

**환경적 기회요인:** 중국은 급격한 경제발전과 인구 증가를 겪고 있다. 이러한 경제발전에는 에너지의 원활한 공급이 필수적이다. 중국은 에너지 수요량의 일부를 바이오 연료로 충당하고 있으며 이를 통해 국가 에너지안보와 자립도를 향상시키고자 한다. 중국은 바이오 에타놀 생산량을 지속적으로 늘려왔으며 바이오 에타놀 혼합 연료는 2005년 중국 전체 연료사용량의 20%에 달했다 (Wang 등, 2009). 중국은 현재 중·장기 재생에너지 생산계획을 수립해서 2020년까지 바이오 디젤유의 사용을 2백만 톤으로 증가시킬 계획인데, 이 계획이 성공하면 환경에는 긍정적인 파급효과를 줄 것으로 기대된다.

**환경적 위험요인:** 중국, 인도 및 기타 지역에서 재배하고 있는 바이오 연료작물의 재배에는 상당한 물과 토지가 필요하다(Grid Arendal, 2017). 그 동안 식량생산을 위해 사용되어 왔던 토지와 물이 이제는 더 이상 식량생산을 위해 사용할 수 없게 됨에 따라 기아문제와 질병문제를 걱정해야 한다.

## 농약

**환경 측면:** 중국, 인도 그리고 몇몇 아시아 국가들에서는 인구가 급격하게 증가함에 따라 식량수요가 증가하고 있다. 보고에 의하면 이 국가들의 비료 사용량은 계속 증가해 왔는데 중국의 경우 비료나 농약을 과도하게 사용해서 이미 수질오염문제가 발생하였다 (Patton, 2015). 토양도 가끔 중금속으로 오염되어 경우 물과 토양이 사람이나 가정용수로 사용하기에 부적절 상태로 된다.

**환경적 기회요인:** 중국과 인도는 농약을 사용해서 작물의 생산량을 향상시키고(Aktar 등, 2009) 곤충과 해충의 영향을 줄여왔다. 예를 들면 인도의 곡류 생산량은 2013~ 2014에 최고치를 기록했는데 그 때가 곡물생산량으로 2억6,557만톤이었다(Mohan, 2015). 중국 100대 농화학회사들은 2014년에 농약 판매로 1,700만 달러의 수익을 거두었으며(Agronews, 2015) 판매고는 매년 증가하고 있고 이렇게 얻은 수익으로 중국 내 고용기회를 계속 창출하고 있다.

**환경적 위험요인:** 농약오염과 농약중독은 인간의 건강을 해친다(Alton, 2016). 농약으로 오염된 토양이나 물에 사람이 노출되면 질병을 유발시킨다. 농약 오염과 연관이 있는 질병에는 파킨슨병이나 뇌와 폐 손상 등을 들 수 있다. 또한 농약중독은 유아의 성장을 둔화시키고 심각한 위해를 가할 수 있다. 농약에 노출되면 수태에도 문제가 생길 수 있다.

### 권고사항:

비식량 작물 생산(의류와 바이오 연료 포함), 도시화 및 산업확장에 따르는 토지 이용이 식량영양안보와 생물종다양성 보존에 미치는 함의를 잘 이해하여 정책과 계획수립에 반영하여야 한다.

### 권고사항:

세계 기후의 급격한 변화는 장래 세계 식량생산에 심각한 불확실성을 주고 또 위험요인으로 작용할 것이다. 파리기후변화협약(Paris 215), 재난위험감소를 위한 센다이 체계(Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030) 그리고 유엔 지속가능한 발전 목표(UN SDGs 2015)를 포함한 주요 국제 기후협약들의 권고사항들에 유의하여야 한다. 아시아/태평양 영역(region)에서 이러한 위험들을 저감할 방안들이 우선적으로 마련되어야 한다.

### 권고사항:

물과 토양 이용관리 (그리고 비료, 제초제 및 농약에 의한 물, 토양 및 식품의 오염) 문제는 식량생산성 증대 전략의 필수적인 부분이 되어야 하며 지속가능한 식량생산의 중요성은 항상 우선되어야 한다.



## 제8장 결론 및 권고사항

본 보고서는 아시아/오세아니아 영역(region)에서의 식량영양안보에 집중하고 있지만 해당 지리적 영역의 크기와 중요성 그리고 식량생산, 식량소비, 영양 및 인간 복지에 영향을 미치는 주제들의 상당한 상호 연결성을 고려할 때 이 보고서에서 제시한 많은 관측과 권고사항들은 전지구적 성격을 가진다. 이러한 것들은 국제한림원연합회(InterAcademy Partnership(IAP))의 전세계를 포괄하는 보고서에서 다룰 것이다.

우리의 발표가 목표하는 결과는 미래 식량영양안보, 즉 모든 사람들이 환경적으로 사회적으로 그리고 문화적으로 지속가능한 생산/유통/소비 시스템에 의해 지원되는 다양한 건강식이에 접근하는 것이다. 식량영양안보에는 많은 측면이 있고 분석을 위한 과학적 및 기술적(물리화학적, 생물학적 그리고 환경적), 경제적, 정치적, 사회적, 그리고 문화적 차원들을 함께 고려하는 시스템 접근방법이 추천된다. 그럼에도 본 보고서를 준비함에 있어 실무연구진은 전문성과 부여된 임무들을 숙고하면서 미래 식량영양안보를 확보함에 있어 과학기술(연구개발과 교육)이 해야 하는 결정적인 역할에 집중하기로 하였다. 인구증가, 도시화, 토지이용가능성, 자원 및 물 이용가능성, 오염, 지구기후변화 그리고 생물종 다양성 상실로부터의 점증하는 압박은 식량영양안보를 가까운 날의 심각한 도전으로 만들고 있다. 과학기술은 해결책을 제공하지만 계획은 지금 준비할 필요가 있고, 만약 재앙과 엄청난 고통을 피하려면 대담하고 단호하게 행동을 취할 필요가 있다. 다시 농식품 연구개발, 보급 및 교육이 상당히 강조될 필요가 있으며 이러한 집중은 과거보다 더 다학제간이어야 하고 과거보다 시스템 지향적이어야 한다.

아시아/태평양 영역(region)을 위한 우리의 분석은 식량입수가능성, 접근성 그리고 활용도에의 장애들이 종종 국가별, 국가내에서는 지역별 그리고 지역 내에서는 집단별로 특이하다는 것과 투자에 대한 최대수익을 낼 수 있는 목표를 설정하려면 일률적 잣대 접근 방법보다는 맞춤형 접근방법이 요구된다는 것을 발견했다. 많은 경우에 기존의 지식을 채택해도 상당한

성과를 거둘 수 있고, 이러한 경우에는 이런 지식의 적용과 교육이 우선되어야 한다. 이 영역에서 가장 위험한 지역과 인구 집단을 위한 식량영양안보에 대한 장애를 더욱 잘 이해하기 위해서는 많은 투자가 이루어져야 한다. 이러한 분석에 기초하여 교육, 보급 및 국가적/국제적 과학기술 프로그램을 위한 청사진을 그려놓아야 한다. 만약에 현재와 미래의 식량영양안보의 문제를 통상적이고 국가적인 경계를 초월하는 것으로 보고, 해당 영역의 나라들이 공동의 최종목표를 가지고 해결책을 성취하는 데에 협력하여 노력한다면 많은 것을 성취할 수 있다. 이런 측면에서 과학기술의 많은 최신 분야들은 그들의 활용성 측면에서 이 영역에서 널리 활용될 수 있을 것으로 보며, 주요 기회분야들에 집중하는 잘 구성된 영역 우수연구센터를 설립하기 위하여 협력적인 영역적 접근방법을 택할 것을 강력히 권장한다. 이런 잠재적인 센터들에는 아시아와 태평양을 통틀어 ‘최고’의 관련 과학자들이 모여들 것이고 특정 목적을 가진 연구 계획들이 분명하게 추진될 것이다. 영역 전체에 걸쳐 보편적이고 우선적으로 적용할 수 있다고 여겨지는 주요 과학기술 분야들은 (1) 유전체학에 기초한 식물 및 동물 육종 방법, (2) 빅데이터 획득과 분석, 정밀 농업 및 로봇공학, (3) 식량낭비를 절감하기 위한 수확, 가공 및 저장에서의 식품기술 혁신, (4) 생물종 다양성과 기후 같은 폭 넓은 주제를 염두에 둔 토지와 물 사용을 위한 지속가능한 농사관행, (5) 수산양식과 통합 농업생산시스템 등을 포함한다. 이러한 것들은 미래 식량영양안보를 확보하기 위한 결정적인 혁신 분야들로 간주되는 것으로서 공익 과학을 반영하고 깊은 지식기반을 확립하는 근본적인 과학을 활용하는 거대한 다학제적 사업이다.

우리의 분석은 개별 국가와 영역 전체로 세부적인 식량영양안보와 농업의 계획을 정리된 목표, 결과 그리고 이행 과정을 포괄하도록 마련하고 실행할 것을 권장한다. 시스템 지향적이고 다학제적이며 다각적인 성질의 식량영양안보는 관련된 행정부처와 산하조직들을 결속시켜 잘 규정된 책임 그리고 기대하는 결과와 의무사항들을 부여하여 국가적인 공동

작업 임무 형태로 운영되어야 한다.

보고서는 부록 III에 여러 가지 특정한 권고사항들을 모아 제시하였다. 이 권고사항들은 모두 중요하지만 특히 매우 중요한 높은 수준의 권고사항들은 다음과 같다.

1. 연구개발 및 교육적 노력과 관련한 우선순위는 현재 및 미래 식량영양안보에 관해서 '고위험'으로 확인된 나라들과 지역들에 주어져야 한다. 특히 인도, 방글라데시, 파키스탄, 아프가니스탄, 네팔, 미얀마(공동 요소들을 가지고 있는 나라들) 그리고 필리핀, 이라크, 타지키스탄 그리고 예멘에게 초점이 맞춰져야 한다.
2. 발전을 위한 전략은 식량수확량을 증가시키거나 식량종류별로 충분히 균형 잡히게 공급하는 길에 핵심적인 장애요인을 규명하기 위한 시스템 분석을 수행하는 것이 될 것이다. 시스템 분석은 지역별로 그리고 집단별로 현장지도, 교육 및 연구개발 필요의 우선순위를 정하고, 지역식량생산과 다양성을 지속가능하게 증가시키는 수단에 대한 안내를 해줄 것이다. 세계적으로도 적절하고 보편적으로 적용할 수 있는(위를 참고) 연구개발/현장 적용/교육 집중분야들이 분명 있을 것이다.
3. AASSA는 구성 회원들과 함께 식량영양안보에 관련된 기초 연구를 전면에 내세울 초국가적 지원체제를 개발하기 위해 노력해야 한다. 그런 체제는 적절한 지원이 이루어진다면 아시아/태평양 영역에서 과학기술과 식량영양안보 둘 다를 위해 유럽에서 유럽연구위원회(European Research Council, ERC)의 통합 지원교부금이 과학에 미친 효과와 유사한 지대한 성과를 가져다 줄 수 있다.
4. 아시아/오세아니아의 식량영양안보에 타당한 학제간 연구개발에 대한 투자는 유익하게 증가시켜야 한다. 식량영양안보에 관련하여 정립된 긴급한 주제들에 집중하기 위하여 다국가간, 다학제간 협력단(우수연구센터)을 구성하는 것을 고려해야 한다.
5. 농업, 영양 및 식량분야에서 차세대 과학자, 기술자, 농업지도직 공무원과 지도자들에 대한 교육과 훈련의 양을 더욱 증가시키는 영역내 국가들을 포괄하는 계획들을 실행해야 한다. 훈련은 초학제적 기반에서 이루어져야 한다.

아시아/태평양 식량시스템의 자연유산은 방대하고 풍부하다. 이것은 더 좋은 식량을 더 많이 공급할 수 있고, 식량낭비를 줄이고, 경제성장을 추구하고, 건강하고 안전한 식이를 모두에게 제공할 수 있는, 그리고 이것을 지속가능한 방법으로 추진할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 그러나 이 잠재력은 연구와 교육을 엄청나게 강화하기 위한 전 영역에 걸친 조화로운 노력이 경주되지 않으면 실현되지 않을 것이다.

연구는 식량시스템 전체를 아우르고, 학제간이며, 목표로서 다양한 종류의 식량의 순공급량(생산과 낭비절감)을 증가시키는 것을 추구할 필요가 있다. 다양하고 건강한 식이가 목표 결과이어야 함으로 식품안전, 인체영양 그리고 복지에 대한 강조가 중시되어야 한다. 이 영역(region)은 이미 농업과학, 식품과학 그리고 영양 분야에서 강한 배경과 명성을 지닌 수많은 대학교와 훈련시설들을 가지고 있고, 이 상당한 지적자산 기반은 농업, 식량 및 영양 분야의 차세대 지도자들을 훈련시키기 위하여 충분히 활용되어야 한다. 연구와 마찬가지로 교육은 식량시스템의 복잡성과 상호 연결성을 이해할 수 있는, 그리고 따로 떼어서는 충분히 고찰할 수 없는 문제와 기회들과 씨름할 자질을 갖춘 졸업생을 배출하기 위하여 학제간 경계를 넘어서는 필요가 있다.

세계적 식량시스템을, 그리고 본 보고서의 초점인 아시아/오세아니아 식량시스템을 해결할 조치가 긴급하게 요구된다는 것을 보여주는 증거들은 압도적으로 많다. 물, 에너지 그리고 토지 같은 자원들이 점점 더 부족해지고, 세계의 일부지역에서는 이미 영양 실조가 널리 퍼져 있는 마당에 다가오는 시대에는 증가하는 인구의 필요도 만족시켜야 할 것이다. 단순히 식량생산을 증가시키는 것만로는 충분하지 못하다. 식품품질, 지구 기후변화, 생물종다양성 상실 그리고 환경오염과 같은 동일하게 경종을 울리는 주제들을 해결하는 것은 무엇보다도 중요하다. 개별적 접근법은 효과가 없을 것이고, 총체적인 해결책이 필요하다.

여바나 삼페인의 일리노이 주립대학교 (University of Illinois at Urbana-Champaign) 농업 정책 명예 교수인 경제학자 로버트 톰슨은 장기적인 전망을 밝혔는데, 인용하면 다음과 같다.

*“세계 농민들은 오늘날보다 더 적은 양의 물과 약간 더 넓은 땅을 사용하여 향후 40년간 농업 생산을 두 배로 늘려야 한다. 말서스는 2 세기 좀 더 동안 틀렸었다. 19세기와 20세기보다 21세기에서 그가 옳아야 할 이유는 더 이상 없다. 그러나 그는 농업 연구와 교육에의 투자가 세계 농업 생산성을 수요 증가보다 빠르게 증가시킬 때에만 계속 틀릴 것이다.*

세계 시장 가격이 21세기에 상향, 하향, 혹은 측향 경향을 보일지는 농업연구가 토지와 물 생산성을 세계 식량 수요가 증가하는 속도보다 더 빠르게, 더 느리게, 혹은 동일하게 증가시키는 지에 달려 있다. 만약 소득의 많은 부분을 식품구입에 지출하는 저소득 소비자들에게 치명적인 타격을 줄 가격의 상향 경향을 방지할 여하한 기회라도 포착하기 위해서는 농업개발(그리고 특히 농업 연구)에서 공공부문 투자의 감소는 반드시 반전시켜야 한다.”

2017년 3월.  
로버트 톰슨 박사 강연에서 인용.

본 보고서의 1장의 마지막에서 언급한 것처럼 AASSA 전문가 실무연구진은 과학과 교육에 대해 전세계적으로 충분한 투자가 이루어지는 한 모든 형태의 영양실조는 타개될 수 있고, 아시아의 미래 주민들은 적절히 먹을 수 있다고 자신한다. 그러나 이를 위해서는 해결할 많은 일들이 남아 있다. 식량 생산을 증가시키고 다양한 고품질 식량이 소비자에게 보장되도록 하는 이 영역(region)의 능력에 영향을 미치는 결정적인 분야는 확인되어야 한다. 이 영역 전체를 아울러 최선의 자원을 모으는 초학제간 그리고 학제간 협력 연구 프로그램이 결성되어야 하고 지식을 개발하도록 자금을 지원해야 한다. 그런 지식은 명확하게 소통되어야 하고, 대가없이 그리고 광범위하게 공유되어야 한다.



## 참고문헌

- ACIAR (2017). Timor-Leste Babilak Ai-luka (*cassava ball with coconut*). Crop Improvement and Management, Partners, Issue One, 28-29.
- Agriculture and Agri-Food Canada (2014). *Impact of climate change on Canadian agriculture*. Available at: <http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/agricultural-practices/agriculture-and-climate/future-outlook/impact-of-climate-change-on-canadian-agriculture/?id=1329321987305>. [Accessed 02 October 2017].
- Agronews (2015). *Total sales of China top 100 pesticide companies up 9% in 2014*. Available at: <http://news.agropages.com/News/NewsDetail-14801.htm>. [Accessed 13 July 2017].
- Ahmed M and Lorica MH (2002). Improving developing country food security through aquaculture development—lessons from Asia. *Food Policy* **27**, 125-141.
- Aktar MW, Sengupta D and Chowdhury A (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology* **2**, 1-12.
- Alexander DD and Cushing CA (2011). Red meat and colorectal cancer: a critical summary of prospective epidemiologic studies. *Obesity Reviews* **12**, e472-e493.
- Alexandratos W and Bruinsma J (2012). *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*. ESA Working Paper No 12-03, FAO, Rome, Italy.
- Alston JM, Pardey PG and Ruttan VW (2008). *Research lags revisited: concepts and evidence from U.S. agriculture*. InSTePP Paper 08-02. Available at: <http://purl.umn.edu/50091>. [Accessed 02 October 2017].
- Alton L (2016). *9 diseases linked to pesticides*. Natural Health 365. Available at: <http://www.naturalhealth365.com/pesticides-toxic-chemicals-1868.html>. [Accessed 16 July 2017].
- Arnold F, Parasuraman S, Arokisamy P and Kothari M (2009). *Nutrition in India. National Family Health Survey (NFHS-3), India, 2005-06*. International Institute for Population Sciences, Mumbai, India.
- Australian Bureau of Statistics (2015) *Gross expenditure on R&D (GERD)*. Available at: <http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/Latestproducts/8104.0Main%20Features42013-14>. [Accessed 16 August 2017].
- Australian Government (2012). *Australia in the Asian Century*. White paper. Commonwealth of Australia, Creative Commons Attribution 3.0 Australia Licence, Canberra, Australia. 320 pp.
- Bacharach E, Mishra N, Briesse T, et al. (2016). Characterization of a novel orthomyxo-like virus causing mass die-offs of tilapia. *MBio* **7**, e00431-16.
- Bagheri F, Siassi F, Koohdani F, et al. (2016). Healthy and unhealthy dietary patterns are related to pre-diabetes: a case-control study. *British Journal of Nutrition* **116**, 874-881.
- Bajželj B, Richards KS, Allwood JM, et al. (2014). Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change* **4**, 924-929.
- Baldos ULC and Hertel TW (2014). Global food security in 2050: the role of agricultural productivity and climate change. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* **58**, 554-570.
- Barbé F, Ménard O, Le Gouar Y, et al. (2014). Acid and rennet gels exhibit strong difference in the kinetics of milk protein digestion and amino acid bioavailability. *Food Chemistry* **143**, 1-8.
- Barrett BFD and Notaras M (2012). Future of food in Japan. *Our World, Development & Society: Food Security, Agriculture, Energy, Asia*. Available at: <https://ourworld.unu.edu/en/future-of-food-in-japan>. [Accessed 02 October 2017].
- BBC (2014). *Social and environmental issues*. Available at: <http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/design/foodtech/socialenvironmentalissuesrev3.shtml>. [Accessed 03 July 2017].
- Beddow JM (2012). *A bio-economic assessment of the spatial dynamics of U.S. corn production and yields*. Retrieved from the University of Minnesota Digital Conservancy. Available at: <http://hdl.handle.net/11299/162800>. [Accessed 02 October 2017].
- Bedford R, Hugo G, Burson B, Bedford C and Rarere G (2014). Population mobility in the Pacific region in the 21st century: trends and prospects. In: *Australia's Population in a Global World. 17th Biennial Conference of the Australian Population Association, Hobart, 3-5 December 2014*.
- Berry SE, Tydeman EA, Lewis HB, Phalora R, Rosborough J, Picout DR and Ellis PR (2008). Manipulation of lipid bioaccessibility of almond seeds influences postprandial lipemia in healthy human subjects. *American Journal of Clinical Nutrition* **88**, 922-929.
- Bertoia ML, Mukamal KJ, Cahill LE, Hou T, Ludwig DS, Mozaffarian D, Willett WC, Hu FB and Rimm EB (2015). Changes in intake of fruits and vegetables and weight change in United States men and women followed for up to 24 years: analysis from three prospective cohort studies. *PLoS Med* **12**(9), e1001878.
- Bharati P, Pal M, Bandyopadhyay M, Bhakta A, Chakraborty S and Bharati P (2011). Prevalence and causes of low birth weight in India. *Malaysian Journal of Nutrition* **17**(3), 301-313.
- Biofuel.org.uk (2010). Asia. Available at: <http://biofuel.org.uk/asia.html>. [Accessed 07 July 2017].
- Bloom DE, Cafiero ET, Jané-Llopis E, et al. (2011). *The Global Economic Burden of Non-communicable Diseases*. World Economic Forum, Geneva, Switzerland. 48 pp.
- Blum WEH (2013). Soil and land resources for agricultural production: general trends and future scenarios - a worldwide perspective. *International Soil and Water Conservation Research* **1**(3), 1-14.
- Boirie Y, Dangin M, Gachon P, Vasson M-P, Maubois J-L and Beaufrère B (1997). Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* **94**, 14930-14935.
- BSR (2017). *Women in factories China program*. Available at: <https://www.bsr.org/collaboration/groups/women-in-factories-china-program>. [Accessed 14 July 2017].
- Camacho-Villa TC, Maxted N, Scholten M and Ford-Lloyd B (2005). Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources* **3**, 373-384.
- CARD (2014). National progress report on food security and nutrition. Council for Agricultural and Rural Development, Phnom Penh, Cambodia.
- CDRI (2012). *Rapid assessment of the impact of rising food prices on the poor and vulnerable and policy responses in Cambodia*. Cambodia Development Research Institute in partnership with the NGO Forum on Cambodia, Phnom Penh. Available at: <https://www.cdri.org.kh/publication-page-old/pub/conpap/foodpriceincreases.pdf>. [Accessed 02 October 2017].

- Clifton P (2012). Effects of high protein diet on body weight and comorbidities associated with obesity. *British Journal of Nutrition* **108**, S122-S129.
- CNN Money (2015). *Your clothes are killing us*. Available at: <http://money.cnn.com/2015/05/22/news/economy/true-cost-clothing/>. [Accessed 01 July 2017].
- Curtis M (2004). The obesity epidemic in the Pacific Islands. *Journal of Development and Social Transformation* **1**, 37-42.
- DAFF (2013). DAFF Science Strategy. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Canberra, Australia. 32 pp.
- Dangin M, Boirie Y, Garcia-Rodenas C, et al. (2001). The digestion rate of protein is an independent regulating factor of postprandial protein retention. *American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism* **280**, E340-E348.
- Deglaire A, Fromentin C, Fouillet H, et al. (2009). Hydrolyzed dietary casein as compared with the intact protein reduces postprandial peripheral, but not whole-body, uptake of nitrogen in humans. *American Journal of Clinical Nutrition* **90**, 1011-1022.
- de Souza RJ, Mente A, Maroleanu A, et al. (2015). Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of observational studies. *British Medical Journal* **351**, h3978.
- Dickinson E (2014). Understanding food structures: the colloid science approach. In: Boland M, Golding M and Singh H (Eds), *Food Structures, Digestion and Health*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 3-49.
- Dimick D (2014). *As world's population booms, will its resources be enough for us?* National Geographic. Available at: <http://news.nationalgeographic.com/news/2014/09/140920-population-11billion-demographics-anthropocene/>. [Accessed 02 July 2017].
- Diplock AT, Aggett PJ, Ashwell M, Bornet F, Fern EG and Roberfroid MB (1999). Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus document. *British Journal of Nutrition* **81**, S1-S27.
- Dogliotti S, Giller KE and Van Ittersum MK (2014). Achieving global food security whilst reconciling demands on the environment: report of the First International Conference on Global Food Security. *Food Security* **6**, 299-302.
- Donato-Capel L, Garcia-Rodenas CL, Pouteau E, et al. (2014). Technological means to modulate food digestion and physiological response. In: Boland M, Golding M and Singh H (Eds), *Food Structures, Digestion and Health*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 389-422.
- Dong HT, Siriroob S, Meemetta W, et al. (2017). Emergence of tilapia lake virus in Thailand and an alternative semi-nested RT-PCR for detection. *Aquaculture* **476**, 111-118.
- Du S, Lu B, Zhai F and Popkin BM (2002). A new stage of the nutrition transition in China. *Public Health Nutrition* **5**(1a), 169-174.
- Dumon M (2017). *Top 6 factors that drive investment in China*. Available at: <http://www.investopedia.com/articles/economics/09/factors-drive-investment-in-china.asp>. [Accessed 13 July 2017].
- Dutta A and Pant K (2003). The nutritional status of indigenous people in the Garhwal Himalayas, India. *Mountain Research and Development* **23**(3), 278-283.
- Ertl P, Klocker H, Hörtenhuber S, Knaus W and Zollitsch W (2015). The net contribution of dairy production to human food supply: the case of Austrian dairy farms. *Agricultural Systems* **137**, 119-125.
- Ertl P, Knaus W and Zollitsch W (2016). An approach to including protein quality when assessing the net contribution of livestock to human food supply. *Animal* **10**(11), 1883-1889.
- Esposito K, Kastorini C-M, Panagiotakos DB and Giugliano D (2010). Prevention of type 2 diabetes by dietary patterns: a systematic review of prospective studies and meta-analysis. *Metabolic Syndrome and Related Disorders* **8**(6), 471-476.
- ESRI (2008). *GIS for Sustainable Agriculture*. GIS Best Practices. ESRI Publications, New York, NY, USA. 36 pp.
- Ethical Fashion Forum (2016). Standards & labelling. Available at: <http://www.ethical-fashionforum.com/the-issues/standards-labelling>. [Accessed 01 July 2017].
- European Commission (2015). *Regional Perspectives on Food Supply and Demand*. EU Agricultural Markets Briefs, Number 7. 10 pp.
- European Union (2015). *The Role of Research in Global Food and Nutrition Security*. Expo 2015 EU Scientific Steering Committee. Discussion paper. 32 pp.
- Eyngor M, Zamostiano R, Kembou Tsofack JE, et al. (2014). Identification of a novel RNA virus lethal to tilapia. *Journal of Clinical Microbiology* **52**, 4137-4146.
- Fan S (2013). *Ensuring Food and Nutritional Security in Asia: the Role of Agricultural Innovations*. 7th TAAS Foundation Day Lecture. 11 January 2013. Trust for Advancement of Agricultural Sciences, New Delhi, India. 24 pp.
- FAO (1996). *World Food Summit 1996*, Rome Declaration on World Food Security. FAO, Rome, Italy.
- FAO (2010). *The State of Food and Agriculture 2009: Livestock in the Balance*, FAO, Rome, Italy. 180 pp.
- FAO (2011a). *Mapping Supply and Demand for Animal-source Foods to 2030*. By TP Robinson and F Pozzi, Animal Production and Health Working Paper No 2, FAO, Rome, Italy. 154 pp.
- FAO (2011b). *Scarcity and degradation of land and water: growing threat to food security*. Available at: <http://www.fao.org/news/story/en/item/95153/icode/>. [Accessed 04 July 2017].
- FAO (2012). Sustainable diets and biodiversity: directions and solutions for policy, research and action. In: Burlingame B and Dernini S (Eds), *Proceedings of the International Scientific Symposium on Biodiversity and Sustainable Diets United Against Hunger*, FAO, Rome, Italy. 309 pp.
- FAO (2013). *Dietary Protein Quality Evaluation in Human Nutrition*. FAO Food and Nutrition Paper Number 92, FAO, Rome, Italy. 79 pp.
- FAO, IFAD and WFP (2014). *The State of Food Insecurity in the World 2014. Strengthening the Enabling Environment for Food Security and Nutrition*. FAO, Rome, Italy. 57 pp.
- FAO, IFAD and WFP (2015). *The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 International Hunger Targets: Taking Stock of Uneven Progress*. A joint publication of the Food and Agriculture Organisation (FAO) of the United Nations, the International Fund for Agriculture Development (IFAD) and the World Food Programme (WFP), FAO, Rome, Italy. 62 pp.
- Fenech M (2008). The human genome, nutrigenomics and nutrigenetics. *Innovation: Management, Policy and Practice* **10**, 43-52.
- Feng Q, Ma H, Jiang X, Wang X and Cao S (2015). What has caused desertification in China? *Scientific Reports* **5**, 15998.
- Flaherty K, Stads G-J and Srinivasacharyulu A (2013). *Benchmarking*

- Agricultural Research Indicators across Asia-Pacific*. 28 pp. Available at: <https://www.asti.cgiar.org/pdf/ASTI-Asia-Pacific-Regional-Synthesis.pdf>. [Accessed 02 October 2017].
- Foster R and Lunn J (2006). How can we optimise the potential benefits of foods with a healthier trait? *Nutrition Bulletin* **31**, 247-254.
- Friedrich J, Ge M and Pickens A (2017). *This interactive chart explains world's top 10 emitters, and how they've changed*. Available at: <http://www.wri.org/blog/2017/04/interactive-chart-explains-worlds-top-10-emitters-and-how-theyve-changed>. [Accessed 01 July 2017].
- Fryer PJ and Versteeg C (2008). Processing technology innovation in the food industry. *Innovation: Management, Policy and Practice* **10**, 74-90.
- Garnett T, Appleby MC, Balmford A, et al. (2013). Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. *Science* **341**, 33-34.
- Geocases (2017). *Desertification and land degradation in China*. Available at: <http://www.geocases1.co.uk/china1.htm>. [Accessed 01 July 2017].
- German RN, Thompson CE and Benton TG (2017). Relationships among multiple aspects of agriculture's environmental impact and productivity: a meta-analysis to guide sustainable agriculture. *Biological Reviews* **92**, 716-738.
- Girard AW, Self JL, McAuliffe C and Olude O (2012). The effects of household food production strategies on the health and nutrition outcomes of women and young children: a systematic review. *Pediatric and Perinatal Epidemiology* **26**(Suppl. 1), 205-222.
- Global Dairy Platform (2014). *Perspective: Dairy's Need to Engage in the Sustainable Food System Debate*. Global Dairy Platform, Chicago, IL, USA.
- Godfray HCJ and Garnett T (2014). Food security and sustainable intensification. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* **369**, 20120273.
- Godfray HCJ, Beddington JR, Crute IR, et al. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* **327**, 812-818.
- Government of India (2013). *State-wise Land Use Statistics*. Directorate of Economics and Statistics. Department of Agriculture, Cooperation and Farmers Welfare. Ministry of Agriculture and Farmers Welfare, Government of India.
- Grace Communications Foundation (2017). *The impact of climate change on water resources*. Available at: <http://www.gracelinks.org/2380/the-impact-of-climate-change-on-water-resources>. [Accessed 01 July 2017].
- Grid Arendal (2017). *Biofuels in China: crop production and water scarcity*. Available at: <https://www.grida.no/resources/6186>. [Accessed 04 July 2017].
- Haberl H (2015). Competition for land: a sociometabolic perspective. *Ecological Economics* **119**, 424-431.
- Hamley S (2017). The effect of replacing saturated fat with mostly n-6 polyunsaturated fat on coronary heart disease: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Nutrition Journal* **16**(1), 30.
- HLPE (2013). *Biofuels and food security*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome, Italy. 132 pp.
- Huang J, Hu R, Fan C, Pray CE and Rozelle S (2002). Bt cotton benefits, costs and impacts in China. *AgBioForum* **5**(4), 153-166.
- Iannotti L, Cunningham K and Ruel M (2009). *Improving diet quality and micronutrient nutrition: homestead food production in Bangladesh*. IFPRI Discussion Paper 00928. International Food Policy Research Institute, Washington DC, USA. 44 pp. Available at: <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/ifpridp00928.pdf>. [Accessed 02 October 2017].
- IBIS World (2016). *Organic chemical material manufacturing in china: market research report*. Available at: <https://www.ibisworld.com/industry-trends/international/china-market-research-reports/manufacturing/chemical-materials-products/organic-chemical-material-manufacturing.html> [Accessed 10 July 2017].
- Intaravanne Y and Sumriddetchkajorn S (2012). Baikhao (rice leaf) app: a mobile device-based application in analyzing the color level of the rice leaf for nitrogen estimation. *Proceedings SPIE 8558, Optoelectronic Imaging and Multimedia Technology II, 85580F* (30 November 2012).
- International Food Policy Research Institute (2016). *Global food policy report*. International Food Policy Research Institute, Washington DC, USA.
- ISAAA (2015a). *Biotech country facts & trends: China*. 2 pp. Available at: [https://www.isaaa.org/resources/publications/biotech\\_country\\_facts\\_and\\_trends/download/Facts%20and%20Trends%20-%20China.pdf](https://www.isaaa.org/resources/publications/biotech_country_facts_and_trends/download/Facts%20and%20Trends%20-%20China.pdf). [Accessed 02 October 2017].
- ISAAA (2015b). *Biotech country facts & trends: India*. 2 pp. Available at: [https://www.isaaa.org/resources/publications/biotech\\_country\\_facts\\_and\\_trends/download/Facts%20and%20Trends%20-%20India.pdf](https://www.isaaa.org/resources/publications/biotech_country_facts_and_trends/download/Facts%20and%20Trends%20-%20India.pdf). [Accessed 02 October 2017].
- Iyer D (2012). *Gender and diet change in the Central Himalaya*. Masters Thesis, Michigan State University, East Lansing, MI, USA.
- Jacewicz N (2016). *'The Blend,' a meat-mushroom amalgam, hits restaurants and school cafeterias*. Scientific American. April 2016. Available at: <https://www.scientificamerican.com/article/the-blend-a-meat-mushroom-amalgam-hits-restaurants-and-school-cafeteria-s/>. [Accessed 02 October 2017].
- Jacobs DR Jr and Tapsell LC (2007). Food, not nutrients, is the fundamental unit in nutrition. *Nutrition Reviews* **65**(10), 439-450.
- James C (2015). 20th Anniversary (1996 to 2015) of the Global Commercialization of Biotech Crops and Biotech Crop Highlights in 2015. ISAAA Brief No. 51. ISAAA, Ithaca, New York, NY, USA.
- Japan Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (2016). *FY2015 Annual Report on Food, Agriculture and Rural Areas in Japan*. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan. 51 pp.
- Johnston JL, Fanzo JC and Cogill B (2014). Understanding sustainable diets: a descriptive analysis of the determinants and processes that influence diets and their impact on health, food security, and environmental sustainability. *Advances in Nutrition* **5**, 418-429.
- Kane G (2015). *Facts on Cambodia's garment industry*. Cambodia Factsheet. 13 pp. Available at: <https://cleanclothes.org/resources/publications/factsheets/cambodia-factsheet-february-2015.pdf>. [Accessed 10 July 2017].
- Kathage J and Qaim M (2012). Economic impacts and impact dynamics of Bt (*Bacillus thuringiensis*) cotton in India. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* **109**(29), 11652-11656.
- Kembou Tsoufack JE, Zamostiano R, Wattel S, et al. (2017). Detection of tilapia lake virus in clinical samples by culturing and nested reverse transcription-PCR. *Journal of Clinical Microbiology* **55**, 759-767.
- Kharas H (2017). *The Unprecedented Expansion of the Global Middle Class, an Update*. Global Economy & Development Working Paper 100, February 2017, Global Economy and Development at Brookings Institution, Washington DC, USA. 32 pp.

- Kharas H and Gertz G (2010). The new global middle class: a cross-over from west to east. In: Li C (Ed.), *China's Emerging Middle Class: Beyond Economic Transformation*. Brookings Institution Press, Washington DC, USA, pp. 32-52.
- Kidder DE and Manners MJ (1978). *Digestion in the Pig*. Scientifica, Bristol, UK. 201 pp.
- Klümper W and Qaim M (2014). A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops. *PLoS ONE* **9**(11), e111629.
- Kongerslev Thorning T, Bertram HC, Bonjour J-P, et al. (2017). Whole dairy matrix or single nutrients in assessment of health effects: current evidence and knowledge gaps. *American Journal of Clinical Nutrition* **105**(5), 1033-1045.
- Korea Rural Economic Institute (KREI) (2004). *The Abstracts of KREI Reports*. KREI, Seoul, South Korea. 227 pp.
- Kramer S (2016). *The largest continent on Earth is running out of fresh water*. Business Insider. Available at: <http://uk.businessinsider.com/asia-may-run-out-fresh-water-2050-2016-3?r=US&IR=T>. [Accessed 05 July 2017].
- Lillford PJ (2008). Food supply chains: recent growth in global activity. *Innovation: Management, Policy and Practice* **10**, 29-39.
- Lin J, Zhang SM, Cook NR, Lee IM and Buring JE (2004). Dietary fat and fatty acids and risk of colorectal cancer in women. *American Journal of Epidemiology* **160**, 1011-1022.
- Lu Y, Wu K, Jiang Y, Guo Y and Desneux N (2012). Widespread adoption of Bt cotton and insecticide decrease promotes biocontrol services. *Nature* **487**, 362-365.
- Lum KK, Kim J and Lei XG (2013). Dual potential of microalgae as a sustainable biofuel feedstock and animal feed. *Journal of Animal Science and Biotechnology* **4**, 53.
- Lutz W and Samir KC (2010). Dimensions of global population projections: what do we know about future population trends and structures? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* **365**, 2779-2791.
- Ma G-H and Yuan L-P (2015). Hybrid rice achievements, development and prospect in China. *Journal of Integrative Agriculture* **14**, 197-205.
- Maxted N, Magos Brehm J and Kell S (2013). *Resource Book for the Preparation of National Plans for Conservation of Crop Wild Relatives and Landraces*. Commissioned by the FAO, Rome, Italy. 463 pp.
- Meng Y (2012). *The damaging truth about Chinese fertiliser and pesticide use*. Available at: <https://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/5153-The-damaging-truth-about-Chinese-fertiliser-and-pesticide-use>. [Accessed 01 July 2017].
- Meyer R (2015). *China, the world's biggest polluter, commits to cap-and-trade carbon emissions*. The Atlantic. Available at: <https://www.theatlantic.com/science/archive/2015/09/the-worlds-largest-cap-and-trade-program/407371/>. [Accessed 16 July 2017].
- Millet E, Manisterski J, Ben-Yehuda P, et al. (2014). Introgression of leaf rust and stripe rust resistance from Sharon goatgrass (*Aegilops sharonensis* Eig) into bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genome* **57**, 309-316.
- Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (2015). *Annual Report 2014-2015*. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Phnom Penh, Cambodia.
- Ministry of Public Health (Thailand) (2016). *Thai National Health Examination Survey, NHESV* (in Thai).
- Mohan V (2015). *Foodgrain production to decline by 3% in 2014-15 in India*. The Times of India. Available at: <http://timesofindia.indiatimes.com/business/india-business/Foodgrain-production-to-decline-by-3-in-2014-15-in-India/articleshow/46288538.cms>. [Accessed 16 July 2017].
- Mottet A, de Haan C, Falcucci A, Tempio G, Opio C and Gerber P (2017). Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the fee/food debate. *Global Food Security* **14**, 1-8.
- National Bureau of Statistics of the People's Republic of China (2016). *Statistical data*. Available at: [http://www.stats.gov.cn/tjsj/sjjd/201605/t20160531\\_1362661.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/sjjd/201605/t20160531_1362661.html). [Accessed 16 August 2017].
- National Planning Commission of Nepal (2013). *Nepal Thematic Report on Food Security and Nutrition 2013*. National Planning Commission, Central Bureau of Statistics, Government of Nepal. In collaboration with the World Food Program, the World Bank, AusAID and UNICEF. 99 pp.
- National Science Technology and Innovation Policy Office (2012). *Thailand. Technology needs assessment report for climate change. Adaptation*. Publication coordinated by National Science Technology and Innovation Policy Office (STI), Ministry of Science and Technology, Bangkok, Thailand. 251 pp. Available at: <https://www.google.co.nz/search?q=Thailand+Technology+Needs+Assessment+Report+for+Clim ate+Change+Adaptation>. [Accessed 01 October 2017].
- New Zealand Department of Labour (2012). *Population Movement in the Pacific: A Perspective on Future Prospects*. New Zealand Department of Labour, Wellington, New Zealand. 110 pp.
- NRMED (2017). *The approach - facing the challenge*. FAO Corporate Document Repository. Available at: <http://www.fao.org/docrep/004/x3810e/x3810e04.htm>. [Accessed 05 July 2017].
- NSW EPA (2016). *What are pesticides and how do they work?* Available at: <http://www.epa.nsw.gov.au/pesticides/pestwhathow.htm>. [Accessed 05 July 2017].
- O'Driscoll C (2017). Bottled sunlight boosts crops. In: *Chemistry and Industry*, Issue Three, 2017, Science and Chemical Industry (SCI), John Wiley & Sons Ltd, UK, p. 7.
- OECD (2014). *Obesity Update*. OECD Directorate for Employment, Labour and Social Affairs. OECD, Paris, France.
- OECD (2017). *Gross domestic spending on R&D (indicator)*. doi: 10.1787/d8b068b4-en. [Accessed 16 August 2017].
- OECD, FAO and UNCDF (2016). *Adopting a Territorial Approach to Food Security and Nutrition Policy*. OECD Publishing, Paris, France. 158 pp.
- Office of Agricultural Economics (2015). *Agricultural Statistics of Thailand 2015*. pp. 2-32.
- Palmer L (2014). Policy forum. Public policy in the Asian century. Science, technology and innovation policy and collaboration in the Asian century. *Australian Economic Review* **47**, 386-394.
- Pardey PG, Boddow JM, Hurley TM, Beatty TKM and Eidman VR (2014). A bounds analysis of world food futures: global agriculture through to 2050. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* **58**, 571-589.
- Parker M, Acland A, Armstrong HJ, et al. (2014). Identifying the science and technology dimensions of emerging public policy issues through horizon scanning. *PLoS ONE* **9**, e96480.
- Patton D (2014). *More than 40 percent of China's arable land degraded: Xinhua*. Reuters. Available at: <http://www.reuters.com/article/us-china-examination-survey>

soil-idUSKBN0IOOY720141104. [Accessed 06 July 2017].

Patton D (2015). *China farm pollution worsens, despite moves to curb excessive fertilisers, pesticides*. Reuters. Available at: <http://www.reuters.com/article/china-agriculture-pollution-idUSL4N0XA3CO20150414>. [Accessed 16 July 2017].

Pinstrup-Andersen P (2014). Contemporary food policy challenges and opportunities. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* **58**, 504-518.

Planning Commission of Pakistan (2011). *National Nutrition Survey 2011*. Planning Commission, Planning and Development Division, Government of Pakistan. 82 pp.

Population Reference Bureau (2016). *2016 World Population Data Sheet*. Population Reference Bureau, Washington DC, USA. 22 pp.

Pretty J (2008). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* **363**, 447-465.

Pretty J, Sutherland WJ, Ashby J, et al. (2010). The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability* **8**, 219-236.

Prins C and Vojevoda K (2016). *Asia-Pacific: the rise of China in a (geo)politically diverse continent*. Rabo Research | Economic Research, Rabobank, 18 February 2016. Available at: <https://economics.rabobank.com/publications/2016/february/asia-pacific-the-rise-of-china-in-a-geopolitically-diverse-continent/>. [Accessed 02 October 2017].

R&D Magazine (2016). *2016 Global R&D Funding Forecast*, Industrial Research Institute, ABM Science Group, Rockaway, NJ, USA. 36 pp.

Rajaram S (2003). The effect of vegetarian diet, plant foods, and phytochemicals on hemostasis and thrombosis. *American Journal of Clinical Nutrition* **78**(Suppl.), 552S-558S.

Rasul G, Hussain A, Mahapatra B and Dangol N (2017). Food and nutrition security in the Hindu Kush Himalayan region. *Journal of the Science of Food and Agriculture* doi: 10.1002/jsfa.8530.

Rosen O, Weil S, Manor R, Roth Z, Khalaila I and Sagi A (2013). A crayfish insulin-like-binding protein: another piece in the androgenic gland insulin-like hormone puzzle is revealed. *Journal of Biological Chemistry* **288**, 22289-22298.

Rudert C (2014). *Malnutrition in Asia*. UNICEF East Asia Pacific. Available at: <http://www.ipu.org/splz-e/vientiane14/malnutrition.pdf>. [Accessed 19 July 2017].

Rutherford SM, Bains K and Moughan PJ (2012). Available lysine and digestible amino acid contents of proteinaceous foods of India. *British Journal of Nutrition* **108**, S59-S68.

Santaripa L, Contaldo F and Pisanis F (2017). Dietary protein content for an optimal diet: a clinical view. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* **8**, 345-348.

Satterthwaite D, McGranahan G and Tacoli C (2010). Urbanization and its implications for food and farming. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* **365**, 2809-2820.

Schmidt K (2016). *Fighting cassava diseases with resistant varieties*. Available at: <http://www.scidev.net/asia-pacific/agriculture/news/fighting-cassava-diseases-with-resistant-varieties.html>. [Accessed 02 October 2017].

Sense & Sustainability (2016). *The fashion industry and its impact on the environment and society*. Available at: <http://www.senseandsustainability.net/2016/03/02/the-fashion-industry-and-its-impact-on-the-enviro>

ment- and-society/. [Accessed 16 July 2017].

Sharabi O, Manor R, Weil S, et al. (2016). Identification and characterization of an insulin-like receptor involved in crustacean reproduction. *Endocrinology* **157**, 928-941.

Shin JY, Xun P, Nakamura Y and He K (2013). Egg consumption in relation to risk of cardiovascular disease and diabetes: a systematic review and meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition* **98**(1), 146-159.

Singh H and Gallier S (2014). Processing of food structures in the gastrointestinal tract and physiological responses. In: Boland M, Golding M and Singh H (Eds), *Food Structures, Digestion and Health*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 51-81.

Singh RP, Hodson DP, Huerta-Espino J, et al. (2011). The emergence of Ug99 races of the stem rust fungus is a threat to world wheat production. *Annual Review of Phytopathology* **49**, 465-481.

Singh V, Ram C and Kumar A (2016). Physico-chemical characterization of electroplating industrial effluents of Chandigarh and Haryana region. *Journal of Civil & Environmental Engineering* **6**(4), 237.

Spielman DJ, Kolady DE and Ward PS (2013). The prospects for hybrid rice in India. *Food Security* **5**(5), 651-665.

Statistics Korea (KOSTAT) (2011). *Major Statistical Data of North Korea*. Statistics Korea. 154 pp.

Suttie J, McEwan J and Vishwanath R (2011). Animal genomics. In Moughan PJ and McCool P (Eds), *Floreat Scientia: Celebrating New Zealand's AgriFood Innovation*. Wairau Press, Auckland, New Zealand, pp. 204-209.

Tanticharoen M, Flegel TW, Meerod W, Grudloyma U and Pisamai N (2008). Aquacultural biotechnology in Thailand: the case of the shrimp industry. *International Journal of Biotechnology* **10**(6), 588-603.

Tarazona JV, Court-Marques D, Tiramani M, et al. (2017). Glyphosate toxicity and carcinogenicity: a review of the scientific basis of the European Union assessment and its differences with IARC. *Archives of Toxicology* **91**, 2723-2743.

Te Morenga LA and Mann J (2012). The role of high-protein diets in body weight management and health. *British Journal of Nutrition* **108**, S130-S138.

The Chicago Council on Global Affairs (2015). *Healthy Food for a Healthy World: Leveraging Agriculture and Food to Improve Global Nutrition*. Report from an Independent Advisory Group, Chicago, IL, USA. 136 pp.

The Royal Society of London (2009). *Reaping the Benefits: Science and the Sustainable Intensification of Global Agriculture*. Royal Society, London, UK.

The Royal Society of London (2011). *Knowledge, Networks and Nations: Global Scientific Collaboration in the 21st Century*. Royal Society, London, UK.

Thompson RL (2015). *Essential roles of agricultural technology & international trade in future food security*. FOODCROPS. Available at: <https://www.slideshare.net/FOODCROPS/2015-robert-l-thompson-essential-roles-of-agricultural-technology-and-international-trade-in-future-food-security>. [Accessed 02 October 2017].

Thompson AK and Moughan PJ (2008). Innovation in the food industry: functional foods. *Innovation: Management, Policy and Practice* **10**, 61-73.

Toojinda T, Siangliw M, Tragoonrungs S and Vanavichit A (2003). Molecular genetics of submergence tolerance in rice: QTL analysis of key traits. *Annals of Botany* **91**(2), 243-253.

- Tonini A and Cabrera E (2011). *Opportunities for Global Rice Research in a Changing World*. IRRI Technical Bulletin No. 15. International Rice Research Institute, Manila, The Philippines. 31 pp.
- Turker D and Altuntas C (2014). Sustainable supply chain management in the fast fashion industry: an analysis of corporate reports. *European Management Journal* **32**, 837-849.
- UK Government Office for Science (2011). *Foresight: The Future of Food and Farming: Challenges and Choices for Global Sustainability. Final Project Report*. The Government Office for Science, London, UK. 211 pp.
- UNICEF (2016). *The State of the World's Children 2016: A Fair Chance for Every Child*. UNICEF, New York, NY, USA. ISBN: 978-92-806-4838-6. 184 pp.
- United Nations (2015). *China vs India population*. Statistics Times. Available at: <http://statisticstimes.com/population/china-vs-india-population.php>. [Accessed 01 July 2017].
- United Nations (2017). Water. Available at: <http://www.un.org/en/sections/issues-depth/water/>. [Accessed 01 July 2017].
- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). *World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables*. Working Paper No ESA/P/WP.241. United Nations. Published in FAO, United Nations (2014). 66 pp.
- United Nations Economic and Social Commission for the Asia and Pacific (2014). *Climate Change and Migration Issues in the Pacific*. United Nations, Fiji. 34 pp.
- US Department of Health and Human Services and US Department of Agriculture (2015). *2015-2020 Dietary Guidelines for Americans*, 8th edn. December 2015. 144 pp.
- US National Library of Medicine (2017). *Pesticides*. Tox Town. Available at: [https://toxtown.nlm.nih.gov/text\\_version/chemicals.php?id=23](https://toxtown.nlm.nih.gov/text_version/chemicals.php?id=23). [Accessed 01 July 2017].
- USGCRP (2009). *Global climate change impacts in the United States*. US Global Change Research Program. Available at: <https://19january2017snapshot.epa.gov/climate-impacts/climate-impacts-agriculture-and-food-supply.html>. [Accessed 02 October 2017].
- USGCRP (2016). *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. US Global Change Research Program, Washington DC, USA, pp. 189-216.
- van Huis A (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology* **58**, 563-583.
- van Zanten HHE, Mollenhorst H, de Vries JW, van Middelaar CE, van Kernebeek HRJ and de Boer IJM (2014). Assessing environmental consequences of using co-products in animal feed. *International Journal of Life Cycle Assessment* **19**, 79-88.
- van Zanten HHE, Mollenhorst H, Oonincx DGAB, Bikker P, Meerburg BG and de Boer IJM (2015). From environmental nuisance to environmental opportunity: housefly larvae convert waste to livestock feed. *Journal of Cleaner Production* **102**, 362-369.
- van Zanten HHE, Mollenhorst H, Klootwijk CW, van Middelaar CE and de Boer IJM (2016). Global food supply: land use efficiency of livestock systems. *International Journal of Life Cycle Assessment* **21**, 747-758.
- von Grebmer K, Bernstein J, Nabarro D, et al. (2016) *2016 Global hunger index: getting to zero hunger*. Welthungerhilfe, International Food Policy Research Institute, and Concern Worldwide, Bonn, Germany. doi.org/10.2499/9780896292260.
- Wang F, Xiong X-R, and Liu C-Z (2009). Biofuels in China: opportunities and challenges. *In Vitro Cellular & Development Biology - Plant* **45**, 342-349.
- Warr P (2014). Food insecurity and its determinants. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* **58**, 519-537.
- Westerterp-Plantenga MS, Lemmens SG and Westerterp KR (2012). Dietary protein - its role in satiety, energetics, weight loss and health. *British Journal of Nutrition* **108**, S105-S112.
- Withrow D and Alter DA (2011). The economic burden of obesity worldwide: a systematic review of the direct costs of obesity. *Obesity Reviews* **12**, 131-141.
- Woke L (2017). *Benefits from urbanization*. Available at: [http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2013-01/28/content\\_16178725.htm](http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2013-01/28/content_16178725.htm). [Accessed 16 July 2017].
- Wolfe RR (2012). The role of dietary protein in optimizing muscle mass, function and health outcomes in older individuals. *British Journal of Nutrition* **108**, S88-S93.
- Wolfe RR, Rutherford SM, Kim I-Y and Moughan PJ (2016). Protein quality as determined by the digestible indispensable amino acid score (DIAAS): evaluation of factors underlying the calculation. *Nutrition Reviews* **74**(9), 584-599.
- World Bank (2015). *Cambodia: Overview*. Available at: [www.worldbank.org/en/country/cambodia/overview](http://www.worldbank.org/en/country/cambodia/overview). [Accessed 02 October 2017].
- World Bank (2017). *Research and development expenditure (% of GDP)*. Available at: <http://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>. [Accessed 16 August 2017].
- World Economic Forum (2013). *Achieving the New Vision for Agriculture: New Models for Action*. A report by the World Economic Forum's New Vision for Agriculture Initiative. Prepared in collaboration with McKinsey & Company. World Economic Forum, Geneva, Switzerland. 30 pp.
- World Health Organization for the Western Pacific (2003). *Diet, Food Supply and Obesity in the Pacific*. World Health Organization, Geneva, Switzerland. 63 pp.
- WWF (2017). *Cotton farming*. Available at: [http://www.panda.org/about\\_our\\_earth/about\\_freshwater/freshwater\\_problems/thirsty\\_crops/cotton/](http://www.panda.org/about_our_earth/about_freshwater/freshwater_problems/thirsty_crops/cotton/). [Accessed 16 July 2017].
- York University (2016). *The chemical industry*. Available at: <http://www.essentialchemicalindustry.org/the-chemical-industry/the-chemical-industry.html>. [Accessed 01 July 2017].

## 부록 I

### 연구진 구성 및 회의 일정

이 보고서는 AASSA 회원 한림원들이 추천한 전문가들 중에서 선정한 실무연구진이 작성하였다.

#### 실무연구진

- Paul Moughan 교수 (집필자, 뉴질랜드)
- Daniel A Chamovitz 교수 (집필자, 이스라엘)
- Xiangzheng Deng 교수 (중국)
- Tan Swee Lian 교수 (말레이시아)
- Morakot Tanticharoen 교수 (태국)
- Subbanna Ayyappan 교수 (인도)
- Jalal Jamalian 교수 (이란)
- Cherl-Ho Lee 교수 (대한민국)

#### 과제총괄

AASSA의 IAP 식량영양안보 및 농업 (FNSA) 과제 수행 책임은 Krishan Lal 교수 (IAP 공동의장 겸 AASSA 직전 회장)와 인도국립과학한림원내의 보좌진 (Dr. Umesh Srivastava, Mr. Sandeep Kumar Chauhan, Dr. Ila Mukul Tiwari, Mr. Pradeep Kumar)이 맡았다.

#### 행정지원

행정지원과 재정관리는 AASSA 사무국의 김유향 교수 (AASSA 회장)와 이무하 교수 (AASSA 사무총장) 및 한국과학기술한림원의 김상철 선임행정원과 김륜혜 행정원이 담당하였다. 보고서 초안의 타자와 편집은 Riddet 연구소 (뉴질랜드)의 Mrs. Terri Palmer가 수행하였다.

#### 회의일정

제1차 회의 (인도국립과학한림원 주관): 2016년 4월 25일~27일, 뉴델리

제2차 회의 (한국과학기술한림원 주관): 2016년 7월 18일~19일, 서울

외부 참석자: Volker ter Meulen 교수 (IAP 공동의장), Robin Fears 교수 (영국), Claudia Canales 박사 (노르웨이)

제3차 회의 (인도국립과학한림원 주관): 2017년 2월 6일~9일, 뉴델리

이 회의에는 특별히 Global Young Academy가 추천한 다음 젊은 과학자들도 참여하였다.

- Dr. Dilduza Egarberdieva (우즈베키스탄), Dr. A. Arunachalam (인도), Dr. Monir Uddin Ahmed (방글라데시), Dr. Zhihui Li (중국)

제4차 회의 (한국과학기술한림원 주관): 2017년 9월 14일~15일, 분당

외부참석자: Robin Fears 교수 (영국)

## 전문가 동료 평가단

- R. B. Singh 교수 (인도 Central Agricultural University 총장, 전 FAO 사무차장 겸 FAO 아시아·태평양 지역 대표, 인도 국립농업과학원 직전 회장)
- Bruce Tolentino 교수 (필리핀 IRRI 이사회 사무차장 겸 서기)
- Kazim Sahin 교수 (터키과학원)
- Adel El Beltagy 교수 (FAO Global Forum for Agricultural Research 전 의장)
- Mei Fang Quan 교수 (중국과학원, FAO Committee on Food Security 위원)

## 부록 II

### 본 과제의 공동 주제를 위한 IAP 표준틀

#### 1. 식량영양안보를 위한 국가(nation)적/영역(region)적 특징을 기술함에 있어 다뤄야할 주요 요소들은 무엇인가?

- 식량영양안보의 정의와 개념적 체계. 측정하는 방법, 건강과의 연계, 전반적인 현재 '목적에의 적합성'을 평가하기 위한 수요측 주제와 공급측 주제를 취급하고 주제들의 틀을 짜기 위해 경계를 분명히 하는 것들을 포함한다.
- 인구 집단(영역 내의 변이, 인구구조, 취약계층)의 상황 및 표준을 포함한다.
- 영양부족뿐만 아니라 과도한 소비도 다룬다.

#### 2. 식량영양안보 및 농업의 주된 도전/기회, 그리고 해당 영역의 미래 예측은 무엇인가?

- 기후변화(식량영양안보 및 농업에 대한 기후변화의 영향과 기후변화에 대한 농업의 기여).
- 인구 증가, 도시화, 이주.
- 공급 불안 및 기타(예컨대 정치적, 경제적, 재정적)
- 지속가능성(환경적, 경제적, 사회적)을 확보하고 극한 사태에 대한 회복력(예컨대 점증하는 균일한 식량 공급이 방해받음으로써 오는 증가하는 구조적 위험을 해결하는 것)을 키운다.
- 생물경제(bio-economy)에서의 농업과 식량.
- 시나리오 확립.

#### 3. 국가적/영역적 수준에서의 과학기술의 강점과 약점은 무엇인가?

- 적절한 첨단 능력들: 사회과학, 학제간 및 초학제간 연구, 모형화 등을 포함한다.
- 식량영양안보 및 농업에서 주된 취약점들을 해결하고자 하는 맥락에서 연구 시스템의 기회와 문제들. 공공부문과 민간부문의 상대적인 기여도.
- 식품 및 영양의 빅데이터/공개 데이터 기회들을 취급하고 사용하는 것.
- 과학을 동원하고 연구진행에서 얻어진 결과의 보급, 혁신 격차의 해결, 그리고 차세대 연구자, 농민, 기타 등의 확보에 관한 문제들.
- 과학-정책 접점. 영역 내에서 과학의 공유.
- 외부(간접적) 영향 - 영역 내의 연구와 혁신이 영역 외부에 미치는 영향.

#### 4. 혁신이 농가 규모에서 농업을 향상시키기 위한 전망(예컨대 다음 25년 동안)은 무엇인가?

- 사회적 수용에 대한 문제들.
- 작물(예컨대 작물육종, 유전적 다양성의 보장).
- 가축(예컨대 계능 편집 출현).
- 해충과 질병 해결.
- 식품 안전 문제.
- 농경법(예컨대 정밀농업).
- 육상자원만이 아닌 - 또한 수산양식/해양자원의 사용, 유전자 다양성의 과도한 착취 및 고갈을 방지하면서 시장잠재력을 개발함.

#### 5. 식량시스템의 효율을 증가시킬 전망은 무엇인가?

- 통합적 식량시스템의 문제들을 규명하기 위한 농업/식품 가치사슬과 구조적 틀의 이해.
- 식량활용과 낭비 최소화(수확도중, 가공, 소비단계를 포함하여)에 관한 문제들.

- 구입할 수 있는 식량을 보장하고 시장불안을 최소화하기 위한 식량관리구조/시장/무역 문제들의 해결.
- 식품과학 문제들, 식품소매 문제들.

#### 6. 공중보건과 영양문제들은—특히 식이변화가 식량수요와 건강에 미치는 영향과 관련하여—무엇인가?

- 식량영양안보 및 농업의 문제들과 관련하여 건강에 대한 현재 경향을 규명.
- 소비양식(그리고 식량수입에 대한 시사점)의 기대되는 변화에 대한 주제들; 행동변화의 이해와 장려, 새로이 대두되는 개인맞춤형 영양.
- 혁신적인 식품들과 새로운 식량자원들.
- 식품안전 주제들.
- 자원이용과 식품가격에 대한 주제와 연결하여 건강하고 지속가능한 식이를 제공하기 위하여 영양에 민감한 농업을 권장함.

#### 7. 경작지 사용과 경합하는 것은 무엇인가?

- 도시화(농업인구와 새로운 도시농업의 기회에 대한 주제들뿐만 아니라 획득가능한 경작지에 대한 주제들을 포함하여)의 영향
- 생물에너지(bioenergy) 및 기타 생물경제(bio-conomy) 생산물.
- 다기능적 토지 이용 - 생물종다양성 및 생태시스템 제공을 위한 목표들.
- 경작지 획득가능성(예컨대 한계토지로부터)을 확대할 가능성.
- 산림경향의 함의.
- 또한 해양지속가능성에 관하여 자원의 경합.

#### 8. 경관 수준에서 식량영양안보 및 농업에 관련하여 기타 주요 환경주제들은 무엇인가?

- 농업의 기후변화에 대한 기여.
- 기타 자연자원투입(물, 에너지, 토양 건강)과 비료/기타 화학물질들의 상호작용.
- 식량영양안보 및 농업과 지속가능한 발전을 위한 목표들의 균형 찾기.

#### 9. 식량영양안보 및 농업에 대한 국가적/영역적 규제 체계와 기타 부문/부문간 공공 정책의 영향

- 기술혁신을 조성하는 정책들.
- 인적자원(예컨대 교육, 성별, 평등)을 키우는 정책들.
- 전체 농업생태(토지사용, 생물경제 등)를 재설계하는 정책들.
- 건강한 식품의 소비를 권장하는 정책들.
- 정책일관성을 위한 주제들.

#### 10. 영역간/전 지구적 수준에서의 관련사항들은 무엇인가?

- 세계적 목표들, 예컨대 UN의 2015년 지속가능한 발전목표들 및 제21차 유엔기후변화협약 당사국총회 - 그들의 과학적 기반과 상반되는 목표들의 해결에 관한 주제들.
- 국가적/영역적 정책수단들, 예컨대 무역, 개발정책들, 의 폭넓은 영향.
- 식량영양안보 및 농업 연구와 연구효과 확산에서의 국제적 공동작업.
- 국제적 식량영양안보 및 농업 과학 관리기구 기반조직과 과학 자문 체제.

## 부록 III

### 권고사항

1. 발전을 위한 전략은 식량수확량을 증가시키거나 식량종류별로 충분히 균형 잡히게 공급하는 길을 가로막는 핵심적인 장애요인들을 규명하기 위한 시스템 분석을 수행하는 것이 될 것이다. 시스템 분석은 지역별로 그리고 집단별로 현장지도, 교육 그리고 연구개발 필요의 우선순위를 정하고 식량생산과 다양성을 지속 가능하게 증가시키는 수단에 대한 안내를 해 줄 것이다. 세계적으로도 적절하고 보편적으로 적용할 수 있는 연구개발/현장적용/교육 집중분야들이 분명 있을 것이다.
2. 연구개발 및 교육적 노력과 관련한 우선순위는 현재 및 미래 식량영양안보 면에서 ‘고위험’ 으로 확인된 나라들과 지역들에 주어져야 한다. 특히 인도, 방글라데시, 파키스탄, 아프가니스탄, 네팔, 미얀마(공동 요소들을 가지고 있는 나라들) 그리고 필리핀, 이라크, 타지키스탄 그리고 예멘에게 초점이 맞춰져야 한다.
3. 식량영양안보와 관련한 식이형태와 영양적 필요의 측면에서 미래 인구의 상이한 연령분포의 영향을 고려해야 한다.
4. 미래 식량영양안보에 대한 고려는 식량열량과 영양소의 생산 증가 (잠재적 영양결핍에 대응하기 위하여) 뿐만 아니라 더 다양한 식품 종류의 생산 및 비만과 이에 관련된 비전염성 질병을 방지할 전략도 포함하여야 한다.
5. 식량영양안보와 이것의 동인들을 더욱 잘 이해하도록 하는 통계를 생산하기 위하여서는 미래 식량영양안보가 ‘고위험’ 상태인 나라들과 영역(region)들에서 좀 더 지역화된 지방별, 계층별로 분화된 수준에서의 활동이 추진되어야 한다.
6. 과학적 증거와 함께 선진화된 평가분석이 정책선택의 수립을 위해 제공되고 영향을 끼쳐야 한다. 국가적 및 영역적 수준에서 과학자들이 정책 결정에 관여하도록 보장하고 더욱 격려하기 위해서는 정부와 NGO 정책 입안자와 과학자들 간에 상호교류를 격려하고 주선하는 영역적 체계가 수립되어야 한다.
7. 국제한림원연합회(IAP)는 전문가 집단을 소집하여 생명공학 기술을 통해 개발된 작물을 기술하는 데에 사용할 합의된 용어를 결정하여야 한다. 유전자변형(GM)은 자연현상의 일부로서 현재 흔히 사용하고 있는 용어들과 혼돈을 일으킬 수 있다.
8. 특정 결과를 목표로 하는 다학제적 과학기술 협력프로그램을 구성하기 위해 아시아/오세아니아 내의 국가적 및 영역(region)적 수준에서의 정책들을 적극 개발해야 한다.
9. 미래 아시아/태평양 식량영양안보 연구개발을 위한 청사진을 작성하기 위해 널리 쓰이는 대단히 중요한 기술들과 더불어 지역적(locale), 국가적(nation) 그리고 영역적(region) 수준에서 식량영양안보를 증가시키는 데에 공통적인 장애요인들이 규명되어야 하고 평가되어야 한다.
10. AASSA는 구성 회원단체들과 함께 식량영양안보에 관련된 기초연구를 전면에 내세울 초국가적 재정지원 체제를 개발하기 위해 노력해야 한다. 적절한 지원이 이루어진다면 그런 체제는 아시아/태평양 영역(region)에서 과학기술과 식량영양안보 둘 다를 위해 유럽에서 유럽연구위원회(European Research Council, ERC)의 통합지원교부금이 과학에 미친 효과와 유사한 지대한 결과를 가져다 줄 수 있다.
11. AASSA는 구성 회원단체들과 함께 식량영양안보에서 두 국가간 연구협력을 더욱 발전시키기 위해 노력해야 한다.
12. 투자와 농업 및 식품연구 결과의 채택 및 투자회수 사이의 지체기간을 고려할 때 정부는 기초 연구개발에 대한 지원을 지속해야 할뿐만 아니라 식량영양안보를 위한 전반적인 연구비 지원 수준 (GDP대비 백분율)을 증가시켜야 한다.
13. 건강식이의 특징을 보다 잘 정의하기 위해 개별 식품들과 혼합식이의 통합적인 영양 및 건강특성을 이해하기 위한 연구노력이 있어야 한다.

14. 궁극적으로 건강하고 사회적으로 그리고 문화적으로 수용될 수 있는 식품유형과 식이는 관점과 신념이 아주 다양하다는 것을 고려해서 지역수준에서 정의되어야 한다.
15. 식품 과학기술, 영양 그리고 식물/동물 육종 분야들은 건강증진 생리활성물질 및 광물질과 비타민들을 자연 수준으로 (혹은 강화를 함으로써) 많이 함유하고 있는 기능성 식품들을 개발하기 위하여 공동으로 노력해야 한다. 이러한 기능성 식품들은 건강한 식이의 목표 구성성분이 되어야 한다.
16. 건강에서의 식품과 영양의 역할에 관하여 더 나은 교육을 해야 하고 그러한 교육은 교육제도의 모든 단계에서 이루어져야 하며 포괄적이어야 한다. 의사와 기타 일선에서 일하는 영향력 있는 인사들을 포함한 건강전문가들을 위한 특별훈련이 있어야 한다. 지역사회에서 영양사들의 역할은 확대되어야 한다.
17. 식량낭비와 이것이 식량생산시스템과 인구의 사회경제적 부문에 따라 얼마나 다양한 지에 대한 믿을만한 통계를 수집할 필요가 있으며 식량낭비를 최소화하기 위한 전략이 필요하다.
18. 지속 가능한 식이에 대해서 완전한 증거를 기반으로 하는 평가를 하기 위해서는 지속 가능한 영농 체계와 지속 가능한 식이에 대한 실용적인 설명이 가능한 타당한 정량적 지표와 측정메커니즘 및 접근법이 개발되어야 한다.
19. 현재 재배하고 있는 상업용 작물품종들의 다양한 야생종과 재래종을 수집하여 이들의 표현형 규명, 목록 작성 및 보존 등의 사업을 확대해야 한다. 특히 표현형질과 유전형질을 고속대량으로 파악하는 기술개발을 위해 노력해야 한다.
20. CRISPR/Cas9 또는 이와 유사한 신 육종기술을 더욱 발전시켜 식물생산에 이용할 수 있도록 목표 설정 연구를 포함한 다양한 연구가 필요하다. 규제는 증거기반주의에 기초해야 하며 가능하다면 신 육종기술은 비유전자변형기법으로 분류되어야 한다.
21. 단위동물(돼지, 가금, 어류)을 위한 새로운 사료자원(주로 식품체인의 하부단계에서 발생하는 부산물 이용)을 개발하는 연구나 생산효율향상 기전을 밝히는 연구가 시급히 요구된다. 반추동물 분야에서는 초지기반 생산시스템의 개발과 온실가스 저감기술 개발연구에 우선순위를 두어야 한다. 신 육종기술 및 번식기술은 과학적 증거에 기반하여 그 효능을 평가해야 하며, 적용 가능한 것으로 판단되는 기술의 도입은 강력히 추진해야 한다.
22. 더욱 발전된 통합 감지 및 보고 시스템을 개발하고 정밀 농업과 로봇공학을 활성화하기 위하여 엔지니어, 지리학자, 생물학자 그리고 데이터 과학자들 간의 학제간 연구를 적극 권장해야 한다.
23. 소규모 농민이 정밀농업 시스템을 도입하는 데 있어서의 장애물을 확인하고 극복하기 위하여 파급효과 분석을 권장한다.
24. 식품산업과 대체 축산시스템에서 이용할 수 있을 만큼 규모화가 가능한 곤충과 조류의 종류를 파악해야 한다. 조류의 수확 전과 후의 이용을 위한 조류화학과 새로운 화학기술의 개발을 위한 연구를 촉진해야 한다.
25. 집약 사육조건과 신품종 개발에 대한 연구를 통한 수산양식기술의 적극 수용이 촉진돼야 한다.
26. 타 분야 학자(바이러스 학자, 공학자)들의 관심을 끌 수 있는 수산양식분야 고유의 식량안보연구를 촉진해야 한다.
27. 아시아/오세아니아 지역의 식량영양안보와 관련된 학제간 연구개발 투자는 크게 증가되어야 한다. 국가나 분야를 망라하는 컨소시엄(우수연구센터)을 형성해서 식량영양안보분야의 긴급한 현안들을 다루어야 한다.
28. 이 지역에서 다국적으로 추진하는 계획들에는 교육의 양과 농업, 영양 및 식량분야에서 차세대 과학자, 기술자, 농업 지도직 공무원과 지도자들의 훈련을 더욱 증가시키는 것이 포함되어야 한다. 훈련은 초학제적 기반에서 이루어져야 한다.
29. 비식량 작물 생산 (의복과 바이오 연료를 포함), 도시화 및 산업 확장에 따르는 토지의 이용이 식량영양안보와 생물종 다양성 보존에 미치는 함의를 잘 이해하여 정책과 계획수립에 반영하여야 한다.

30. 세계 기후의 급격한 변화는 장래 세계 식량생산에 심각한 불확실성을 주고 또 위험요인으로 작용할 것이다. 파리기후변화협약(Paris 215), 재난위험감소를 위한 센다이 체계(Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030) 그리고 유엔 지속가능한 발전 목표(UN SDGs 2015)를 포함한 주요 국제 기후협약들의 권고사항들에 유의하여야 한다. 아시아/태평양 영역(region)에서 이러한 위험들을 저감할 방안들이 우선적으로 마련되어야 한다.
31. 물과 토양 이용관리 (그리고 비료, 제초제 및 농약에 의한 물, 토양 및 식품의 오염) 문제는 식량생산성 증대 전략의 필수적인 부분이 되어야 하며 지속가능한 식량생산의 중요성은 항상 우선되어야 한다.



AASSA, the Association of Academies and Societies of Sciences in Asia, consists of the following national academies and academic bodies in Asia and Australasia.

Academy of Sciences of Afghanistan  
National Academy of Sciences of Armenia  
Australian Academy of Science  
Azerbaijan National Academy of Sciences  
Bangladesh Academy of Sciences  
Chinese Academy of Sciences  
Georgian National Academy of Sciences  
Indonesian Academy of Sciences  
Indian National Science Academy  
The Academy of Sciences of IR of Iran  
Israel Academy of Sciences and Humanities  
Royal Scientific Society, Jordan  
Science Council of Japan  
National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan  
**The Korean Academy of Science and Technology**  
The National Academy of Science  
National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic  
Academy of Sciences Malaysia  
Mongolian Academy of Sciences  
Royal Nepal Academy of Science and Technology  
Royal Society of New Zealand  
Pakistan Academy of Science  
National Academy of Science and Technology, Philippines  
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences  
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences  
Singapore National Academy of Science  
National Academy of Sciences of Sri Lanka  
The Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan  
Thai Academy of Science and Technology  
The Science Society of Thailand Under the Patronage of His Majesty the King  
Turkish Academy of Sciences  
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan  
Vietnam Academy of Science and Technology  
ASEAN Academy of Engineering and Technology

AASSA Secretariat  
The Korean Academy of Science and Technology(KAST)  
42 Dolrha-ro, Bundang-gu, Seongnam-si  
Gyeonggi-do 13630, Republic of Korea

E-mail: [aassa@kast.or.kr](mailto:aassa@kast.or.kr)  
Web : [aassa.asia](http://aassa.asia)

후원기관

