

## 이상기후에 의한 재배시설의 취약성 평가

윤성탁<sup>1</sup> · 이용호<sup>2</sup> · 홍선희<sup>2</sup> · 김명현<sup>3</sup> · 강기경<sup>3</sup> · 나영은<sup>3</sup> · 오영주<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>단국대학교 식량생명공학과, <sup>2</sup>고려대학교 환경생태연구소,

<sup>3</sup>농촌진흥청 국립농업과학원, <sup>4</sup>한반도생물다양성연구소

(2013년 9월 5일 접수; 2013년 10월 4일 수정; 2013년 12월 18일 수락)

## Vulnerability Assessment of Cultivation Facility by Abnormal Weather of Climate Change

Seong-Tak Yoon<sup>1</sup>, Yong-Ho Lee<sup>2</sup>, Sun-Hee Hong<sup>2</sup>, Myung-Hyun Kim<sup>3</sup>,  
Kee-Kyung Kang<sup>3</sup>, Young-Eun Na<sup>3</sup> and Young-Ju Oh<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Crop Science and Biotechnology, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

<sup>2</sup>Institute of Environment and Ecology, Korea University, Seoul 136-701, Korea

<sup>3</sup>National Academy of Agricultural Science, Suwon 441-707, Korea

<sup>4</sup>Korea Biodiversity Research Center Co., Ltd, Pocheon 487-711, Korea

(Received September 5, 2013; Revised October 4, 2013; Accepted December 18, 2013)

### ABSTRACT

Climate changes have caused not only changes in the frequency and intensity of extreme climate events, but also temperature and precipitation. The damages on agricultural production system will be increased by heavy rainfall and snow. In this study we assessed vulnerability of crop cultivation facility and animal husbandry facility by heavy rain in 232 agricultural districts. The climate data of 2000 years were used for vulnerability analysis on present status and the data derived from A1B scenario were used for the assessment in the years of 2020, 2050 and 2100, respectively. Vulnerability of local districts was evaluated by three indices such as climate exposure, sensitivity and adaptive capacity, and each index was determined from selected alternative variables. Collected data were normalized and then multiplied by weight value that was elicited in delphi investigation. Jeonla-do and Gangwon-do showed higher climate exposures than the other provinces. The higher sensitivity to abnormal weather was observed from the regions that have large-scale cultivation facility complex compared to the other regions and vulnerability to abnormal weather also was higher at these provinces. In the projected estimation based on the SRES A1B, the vulnerability of controlled agricultural facility in Korea totally increased, especially was dramatic between 2000's and 2020 year.

**Key words:** climate change, cultivation facility, vulnerability, A1B scenario, abnormal weather

### I. 서 론

기후변화는 극단적인 기후 현상의 빈도와 강도는 증가시키고 단기적인 환경 변화뿐만 아니라 장기간에 걸

친 이산화탄소의 변화, 온도 상승, 강수량의 변화, 해수면 상승 등을 유발할 것으로 예측하고 있다(Kim *et al.*, 2012). IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)에서는 SRES A1B 시나리오에 근거하여 향후



\* Corresponding Author : Young-Ju Oh  
(cave50joo@gmail.com)

100년간 지구의 평균온도는 약 2.8°C 증가할 것으로 예측하고 있으며, 우리나라의 경우에도 약 4°C가 상승할 것으로 예측하고 있다(IPCC, 2007). 대기가 수증기를 포함할 수 있는 용량은 1°C 증가 당 약 7%정도 증가하게 되는데 그 결과 물순환 양상이 변화하며 특히 강수특성(양, 빈도, 강도)도 변화한다(Karl and Trenberth, 2003). 또한 기후자료들에 의하면 단기간에 많은 강우가 발생하는 현상은 주로 온난 지역들에서 발생하였었다(Easterling *et al.*, 2000). 그리고 온도의 상승은 총 강수량이 같더라도 호우나 집중호우를 더 많이 유도하는 것으로 나타났다(Karl and Trenberth, 2003).

강설량도 눈이 비로 바뀌기 때문에 실제 강설량보다 적게 관찰되는 경향이 있지만 지속적으로 측정된 결과 겨울철 강설량은 고위도지방을 중심으로 증가하였고, 강설이 증가하는 것은 눈이 내리는 빈도가 증가하고 강설의 강도 또한 증가했기 때문이다. 캐나다에서는 1970년대 이후로 폭설이 남쪽 지방은 줄어들고 북쪽지방은 늘어나고 있는 것으로 보고되어 있다(Zhang *et al.*, 2001a).

20세기 후반기에 들어 많은 연구 결과에서 지구의 저기압 활동이 변했음을 보여주고 있는데 일반적으로 폭풍경로 위치가 과거보다 북쪽으로 이동하였으며 전체 폭풍의 개수는 줄어들었지만 폭풍의 강도가 증가한 것으로 보고 있다(Simmonds and Keay, 2000; Gulev *et al.*, 2001; McCabe *et al.*, 2001).

이와 같이 최근 태풍, 폭설, 강풍, 폭우와 같은 이상기상 현상의 발생이 증가하고 있으며, 강도 역시 커지고 있다. 이러한 이상기상에 의한 영향은 농작물에 직접적인 피해를 줄뿐만 아니라 시설재배 농가에 피해가 추가됨으로 더욱 큰 피해를 야기하고 있다. 폭설에 의한 피해의 경우, 2010년 서울 근교의 붉은상추 재배농가에서도 폭설에 의해 생산과 수확의 어려움을 겪어 경매가격이 하루에 64.5% 폭등하는 현상이 발생하였다. 또한 기상이변에 의한 연간 재산피해 순위에서도 태풍 루사의 영향을 받았던 2002년과 태풍 매미로 피해를 입었던 2003년이 1위와 2위를 기록하고 있어 2000년대 들어와서 피해액의 규모가 증가하고 있다(SERI economic reports, 2010). 이러한 기후변화는 다양한 경로를 통해 자연계와 인간 시스템에 영향을 주었고 기후변화 영향에 의한 피해를 최소화하기 위한 적응대책 수립이 필요한 시점이다.

IPCC는 기후변화의 적응이란 기후자극과 기후자극의 효과에 대응한 자연, 인간 시스템의 조절작용이라고 정의하고 있고, IPCC 제3차보고서 이후에 본격적으로 논의되기 시작하였다(IPCC, 2001). 따라서 기후변화에 기인한 취약성을 평가하여 악영향을 최소화하기 위한 적응(adaptation) 조치의 중요성을 권고하기 시작하였다. 하지만 우리나라 농업분야에서는 현재까지 온실가스 배출 감축(mitigation)에 대한 연구들은 일부 진행되어 왔으나 기후변화의 영향평가 및 적응에 대한 연구는 부족한 실정이다(Kim *et al.*, 2012).

기후변화에 대한 적응대책을 수립하기 위해 국가 및 지역 수준의 민감도와 적응능력을 지수화하여 기후 변화에 대한 취약성 정도를 평가할 필요가 있다(Brooks *et al.*, 2005). 국내에서는 CCGIS (Climate Change adaptation toolkit based on Geographic Information System)를 이용하여 행정구역별 취약성 지수를 효율적으로 산출할 수 있는 방법론이 제시된 바 있다(National Institute of Environmental Research, 2010). 하지만 우리나라의 시군구별 기후변화 취약성 평가를 위한 지표의 선정 및 적응에 관한 연구는 극히 미흡한 실정이며, 특히 농업기반시설에 대한 기후 변화에 따른 취약성 평가와 적응 대책 수립이 시급히 요구되는 시점이다.

본 연구는 이상기후에 대한 재배시설들의 취약성 평가에 필요한 기후노출, 민감도, 적응능력 인자들을 선별하고 그 가중치를 도출함으로써 향후 취약성 평가를 수행하는 데 대한 방법론을 제시하고자 하였다. 또한 각 요인에 대한 지역별 비교를 통하여 현재의 취약성을 야기하는 당면과제와 향후 개선책을 도출하고자 국내 232개 시군구를 대상으로 이상 기후에 대한 재배시설의 취약성 평가를 실시하여 현재와 미래의 취약성을 분석하였다.

## II. 재료 및 방법

전국 232개 시군구의 재배시설들의 취약성 평가를 위하여 환경부 국립환경과학원에서 개발한 CCGIS (Climate change adaptation program based on GIS)를 이용하여 취약성지수(Vulnerability index)를 도출하였다. 본 프로그램에는 IPCC SRES의 6개 온실가스 배출시나리오 A2, A1B, A1T, A1FI, B1, B2의 2000년대(1996~2005년), 2020년대(2016~2025년), 2050년

대(2046~2055년), 2100년대(2096~2105년)의 미래 기후 시나리오자료가 구축되어 있다. 시나리오별 기후 예측자료는 국립환경과학원 기후 대기환경 통합시스템 중 전구기후모델인 CCSM3 (Community Climate System Model Version 3) 결과를 다운 스케일링하고 이 자료를 지역기후모델인 RCM (Regional Climate Model)의 입력자료로 사용하여 최종 생산된 자료이다. 본 평가에서는 A1B 기후변화 시나리오를 적용하였으며 도출되어 나오는 각 인자들을 지도화하였다.

취약성 평가를 하기 위해서 기후노출, 민감도, 적응능력의 대응변수를 선정하였고 대응변수는 23개의 항목을 선정하여 평가하였다. 대응변수의 선정은 Kim

*et al.*(2012)의 자료를 토대로 영향을 많이 미칠 수 있는 대응변수를 선발하였고 민감도와 적응능력에서 민감도는 농업적 요인을 중심으로 적응능력은 사회적 자본과 물적, 경제적 인프라를 중심으로 대응변수를 선정하였다. 또한 2회에 걸친 델파이 조사를 통하여 기후노출, 민감도, 적응능력에 대한 대응변수와 가중치를 선정하였다(Table 1)(Books *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2013).

기후노출의 대응변수는 각각의 재해 요인은 이상기후에 의해 재배시설에서 발생할 수 있는 문제들 중 기후가 주 원인이 되는 재해요인들을 선발하였는데 이상기후 보고서에 발표된 것과 같이 시설에 영향을 많

**Table 1.** Weights of variables for vulnerability assessment based on main damage of controlled agricultural facility by abnormal weather in Korea.

Variables	Weight	Lists of variables	Weight
Climate exposure	0.4	1. Heavy snow	
		-Snowfall(cm)	0.096
		-Number of days with over 20 cm of snowfall	0.224
		2. Strong wind	
		-Average daily maximum wind velocity (m/s)	0.096
		-Number of days with over 14 m/s of wind velocity	0.224
		3. Heavy rain	
		-Maximum precipitation for 5 days (mm)	0.048
		-Number of days with over 80 mm of 1 day precipitation	0.112
		4. High temperature	
		-Mean maximum temperature (°C)	0.03
		-Number of days with over 30°C of 1 day maximum temperature	0.07
		5. Low temperature	
-Mean minimum temperature (°C)	0.03		
-Number of days with below 0°C of 1 day minimum temperature	0.07		
Sensitivity	0.3	Controlled agricultural facility area (ha)	0.2
		Damage area of controlled agricultural facility area by Typhoon, wind storm, heavy rain and snowfall (ha)	0.2
		Damage by heavy snow in agriculture (₩)	0.15
		Damage by strong wind in agriculture (₩)	0.075
		Number of damage by strong wind	0.075
		Damage by heavy rain in agriculture (₩)	0.15
Damage by wind storm in agriculture (₩)	0.15		
Adaptation ability	0.3	GRDP agriculture	0.2
		Potential labor force for damage restoration (number of farmers per controlled agricultural facility area)	0.2
		Ability of information gathering (number of farm using PC per number of farm)	0.1
		Man power for administrative support (number of public official per population)	0.1
		Creative power for agricultural production (local GRDP agriculture per number of farm)	0.2
Financial independence (%)	0.2		

이 줄 수 있는 폭설, 강풍, 호우와 재배되고 있는 작물에게 피해를 줄 수 있는 고온, 저온을 선발하였다 (Interagency coalition government, 2010; 2011; 2012).

민감도의 대응변수는 생활기반, 토지이용형태, 인구적 특성, 농업, 생태계 등에 다양한 영향을 미칠 수 있어 20여개로 구분한 사례도 있지만(Kim *et al.*, 2012) 그 중 농업부문에만 대응변수를 선정하였다. 농업적

측면에서 시군구의 재배시설면적을 선정하여 재배시설면적이 넓을수록 재해피해가 발생할 수 있는 확률이 높아진다고 판단하였고 이상기후에 의한 영향이 많이 있는 농업기반시설의 피해를 고려하여 비닐하우스 피해 면적과 대설, 강풍, 호우, 폭풍에 의한 농업 보상액도 변수로 선정하였다.

적응능력에 대한 대응변수로 재해예방을 위해서 각

**Table 2.** Top 20 region list on 4 indices of vulnerability assessment based on main damage of controlled agricultural facility by abnormal weather in Korea

Rank	Climate exposure		Sensitivity		Adaptation ability		Vulnerability (standardized)	
	Region name	Index	Region name	Index	Region name	Index	Region name	Index
1	Jeongeup-si, Jeollabuk-do	0.237	Buyeo-gun, Chungcheongnam-do	0.335	Cheonan-si, Chungcheongnam-do	0.418	Jeongeup-si, Jeollabuk-do	0.772
2	Sunchang-gun, Jeollabuk-do	0.215	Nonsan-si, Chungcheongnam-do	0.292	Asan-si, Chungcheongnam-do	0.415	Buyeo-gun, Chungcheongnam-do	0.717
3	Gimje-si, Jeollabuk-do	0.205	Seongju-gun, Gyeongsangbuk-do	0.275	Gwangyang-si, Jeollanam-do	0.413	Gochang-gun, Jeollabuk-do	0.710
4	Jangseong-gun, Jeollanam-do	0.195	Naju-si, Jeollanam-do	0.267	Pohang-si, Gyeongsangbuk-do	0.412	Gwangsan-gu, Gwangju	0.701
5	Jeonju-si, Jeollabuk-do	0.190	Gochang-gun, Jeollabuk-do	0.264	Gumi-si, Gyeongsangbuk-do	0.402	Nam-gu, Gwangju	0.669
6	Damyang-gun, Jeollanam-do	0.187	Changwon-si, Gyeongsangnam-do	0.248	Suwon-si, Gyeonggi-do	0.397	Cheongwon-gun, Chungcheongbuk-do	0.660
7	Jangsu-gun, Jeollabuk-do	0.175	Jeongeup-si, Jeollabuk-do	0.217	Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do	0.378	Buk-gu, Gwangju	0.654
8	Gwangsan-gu, Gwangju	0.169	Goyang-si, Gyeonggi-do	0.202	Suncheon-si, Jeollanam-do	0.376	Gangseo-gu, Busan	0.649
9	Asan-si, Chungcheongnam-do	0.169	Cheongwon-gun, Chungcheongbuk-do	0.196	Seosan-si, Chungcheongnam-do	0.372	Nonsan-si, Chungcheongnam-do	0.648
10	Pyeongchang-gun, Gangwon-do	0.166	Namyangju-si, Gyeonggi-do	0.185	Yeonggwang-gun, Jeollanam-do	0.366	Gimje-si, Jeollabuk-do	0.646
11	Buk-gu, Gwangju	0.164	Gimcheon-si, Gyeongsangbuk-do	0.173	Yeongju-si, Gyeongsangbuk-do	0.366	Pyeongchang-gun, Gangwon-do	0.643
12	Wanju-gun, Jeollabuk-do	0.161	Pyeongchang-gun, Gangwon-do	0.167	Dangjin-gun, Chungcheongnam-do	0.366	Dalseong-gun, Daegu	0.638
13	Nam-gu, Gwangju	0.160	Gongju-si, Chungcheongnam-do	0.163	Changwon-si, Gyeongsangnam-do	0.366	Buk-gu, Daegu	0.634
14	Hwacheon-gun, Gangwon-do	0.159	Yeongam-gun, Jeollanam-do	0.154	Gyeongju-si, Gyeongsangbuk-do	0.364	Naju-si, Jeollanam-do	0.633
15	Gokseong-gun, Jeollanam-do	0.157	Buan-gun, Jeollabuk-do	0.151	Hwasun-gun, Jeollanam-do	0.363	Seongju-gun, Gyeongsangbuk-do	0.631
16	Cheorwon-gun, Gangwon-do	0.155	Gimje-si, Jeollabuk-do	0.144	Yeongcheon-si, Gyeongsangbuk-do	0.363	Yuseong-gu, Daejeon	0.604
17	Cheonan-si, Chungcheongnam-do	0.155	Miryang-si, Gyeongsangnam-do	0.142	Haenam-gun, Jeollanam-do	0.360	Dong-gu, Daegu	0.603
18	Gimcheon-si, Gyeongsangbuk-do	0.154	Andong-si, Gyeongsangbuk-do	0.140	Chilgok-gun, Gyeongsangbuk-do	0.357	Namyangju-si, Gyeonggi-do	0.603
19	Namwon-si, Jeollabuk-do	0.153	Yongin-si, Gyeonggi-do	0.137	Tae'an-gun, Chungcheongnam-do	0.353	Buk-gu, Busan	0.595
20	Gimhae-si, Gyeongsangnam-do	0.153	Yesan-gun, Chungcheongnam-do	0.132	Muan-gun, Jeollanam-do	0.353	Yeongdong-gun, Chungcheongbuk-do	0.592

재배시설 피해에서 많은 자본이 요구된다는 판단하에 경제적 능력으로 지역의 농업총생산과 함께 농가별 농업생산력, 시군구의 재정자립도를 선별하였으며 인력과 사회적 자본으로서 농업인구 중에 재해가 발생하는 시점에 동원할 수 있는 노동력의 수준, 교육의 수준 또한 이상기후에 적응을 총괄할 수 있는 거버넌스로 인구당 공무원 수를 변수로 선정하였다(Kim *et al.*, 2012). 각각의 변수는 UNDP(2005)에서 제안하는 방법에 따라 표준화 과정을 거쳐서 0~1 사이의 값으로 치환시킨 후 취약성 지수의 산출에 이용되었다. 기후 변화에 의한 취약성 지수의 산출은 기후노출과 민감도로 구성된 기후영향과 이에 대응할 수 있는 적응능력의 차로 정의하였다(UNDP, 2005). 대응변수와 가중치에 대한 델파이 조사를 통하여 도출된 가중치를 식에 반영하여 취약성 지수를 산출하였다(Table 1).

$$Vulnerability = \alpha \times climate\ exposure + \beta \times sensitivity + \gamma \times adaptation\ ability$$

(weights :  $\alpha, \beta, \gamma$ )

산출된 취약성지수는 값이 크면 클수록 기후변화에 더 취약함을 나타낸다.

산출된 기후노출, 민감도, 적응능력의 각 인자들의 경향성을 파악하기 위하여 전체 232개의 지방자치단체 중 시설재배 면적이 100 ha 미만인 시군구를 제외한 후 129개 시군에서 각 지수별로 취약성 지수에 영향을 많이 나타낼 수 있는 상위 20위까지의 시군구를 정리하였다(Table 2). 상위 20위까지의 시군구는 각 지수별로 주성분분석을 실시하여 우리나라 상위그룹들의 일반적 경향을 파악하였다. 주성분 분석은 공분산을 이용하였으며 SAS 9.2의 Proc princomp로 수행하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 3.1. 현재의 재배시설의 이상 기후에 대한 취약성 평가

전국 232개의 시군구 중 재배시설 면적이 작은 지역을 제외한 129개 시군구에 대한 CCGIS를 이용한 취약성 평가 결과 각 시군구별 기후노출, 민감도, 적응능력, 취약성 지수가 도출되었다(Fig. 1). 취약성 지수를 도출하기 위해서 기후노출, 민감도, 적응능력에 해당하는 세부대용변수를 선정하고 기후노출, 민감도,

적응능력의 세부대용변수의 실제값을 취약성 평가식에 도입하여 연산하였다.

##### 3.1.1. 기후 노출

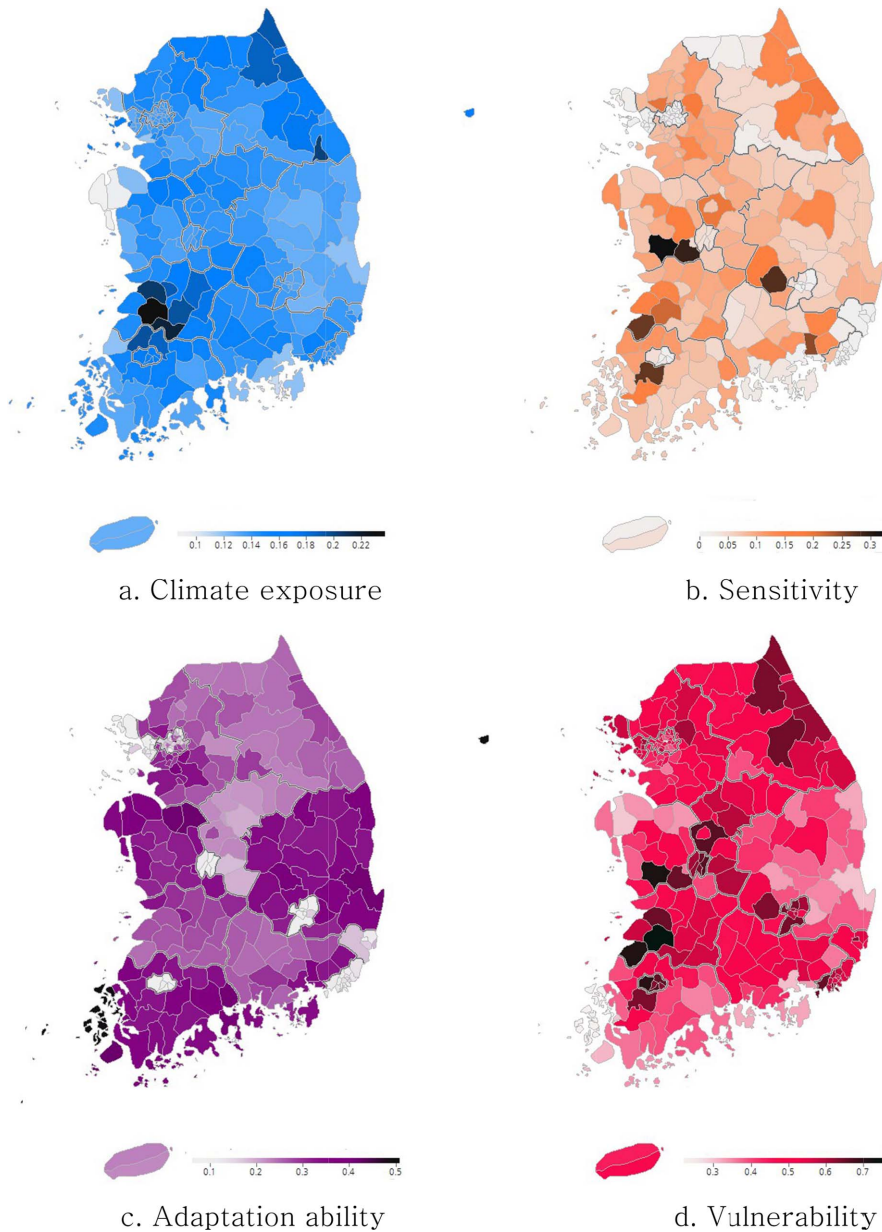
이상기후로 인한 재배시설들의 취약성분석 결과 현재의 기후노출 지수가 가장 높은 지역은 129개 시군구 중 전라북도 정읍시였다. 도 수준에서 파악한다면 기후 노출지수가 가장 높은 상위 20위까지의 시군구 중에서 전라북도가 7개로 가장 많았고 광주광역시, 전라남도, 강원도, 충청남도, 경상남, 북도 순으로 나타났다(Table 2). 상위 20위까지의 시군구에 대한 주성분 분석 결과 전라북도와 전라남도는 폭설, 경상남도과 경상북도는 강우와 강풍, 강원도는 저온이 기후노출을 증가시키는 주요 요인으로 분석되었다. 이는 각 도 수준에서 다른 도와 구분되는 독특한 기후 노출 특징을 보여주는 것으로서 향후 대비에 고려할 여지가 있다고 판단되었다(Fig. 2).

##### 3.1.2. 민감도

민감도의 전국적인 분포는 집단적으로 높은 지역이 몰려 있기보다는 민감도가 높은 지역이 여러 도에 산개하여 분포하였다(Fig. 1). 이는 민감도 요인 중 재배시설 면적에 의한 것으로 시설재배 농업의 특성상 대규모 단지를 형성하는 특성에 의한 것으로 판단된다. 민감도 상위 그룹들에 대한 주성분분석결과 전라남도, 전라북도는 폭설에 의한 피해액이 주요 인자로 경상북도와 경상남도는 태풍피해가 주요인자로 나타났다(Fig 3). 이는 기후노출 지수의 주성분 분석 결과와 일치하는 결과로 기후노출지수 분석에서 나타난 주요 재해 요인들이 실제 피해를 발생시켜온 주원인임을 보여주었다.

##### 3.1.3. 적응능력

적응능력의 전국적인 분포는 도 단위로 크게 구분되는 성향이 나타났다. 경기도, 충청남도, 전라남도, 경상북도가 다른 도들에 비하여 상대적으로 높은 경향이 나타났으며 이는 적응능력 요인 중 농업총생산에 의한 영향으로 판단된다(Fig. 1). 적응능력에 대한 주성분 분석 결과 또한 농업총생산과 공무원수가 각 도를 구분하는 주 지표로 나타났으나 경기도와 같은 도시화된 지역을 제외하고는 큰 차이를 보여주고 있지 못하였다(Fig. 4).



**Fig. 1.** Results of vulnerability assessment based on main damage of controlled agricultural facility by abnormal weather in Korea.

### 3.1.4. 취약성

기후노출, 민감도, 적응능력을 종합하여 도출된 취약성 지수는 129개 시군구 중 경상북도와 전라남도는 낮게, 나머지 지역들은 높게 나타났으며 취약성이 높은 지역들은 각 시, 도에 흩어져서 나타났다. 취약성이 가장 높은 지역은 전라북도 정읍시이고 다음은 충청남도 부여군으로 나타나서 기후노출, 민감도, 적응능

력이 모두 낮은 지역의 취약성이 높게 분석되었다. 반면 취약성이 가장 낮은 지역인 충청남도 서산시와, 경상북도 포항시는 각각 기후노출과, 적응능력에서 강점을 나타냈다(Fig. 1).

전국의 취약성 지수 산출결과 적응능력은 취약성을 낮추는 강력한 지표임이 확인되었다. 전남과 경북의 적응능력이 높아서 취약성이 전체적으로 낮은 것이 그

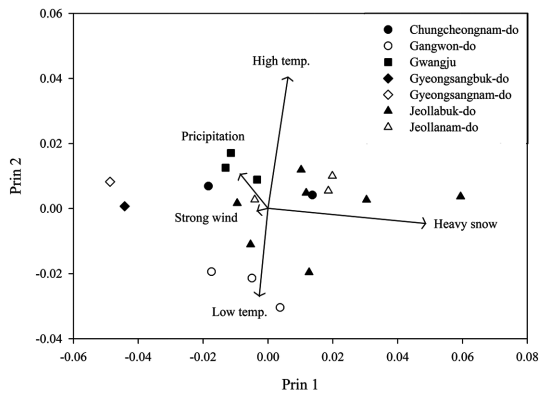


Fig. 2. Principle component analysis of top 20 climate exposure index of vulnerability assessment based on main damage of controlled agricultural facility by abnormal weather in Korea regions.

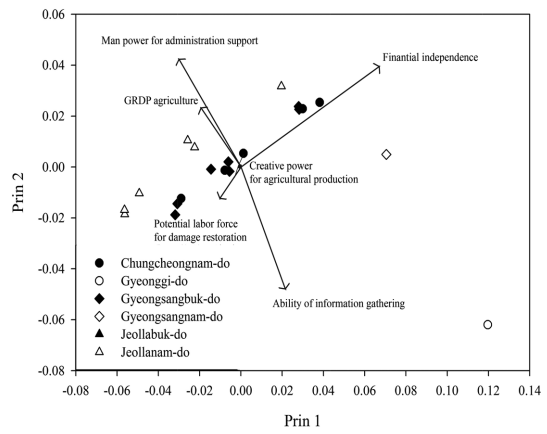


Fig. 4. Principle component analysis of top 20 adaptation ability index of vulnerability assessment based on main damage of controlled agricultural facility by abnormal weather in Korea regions

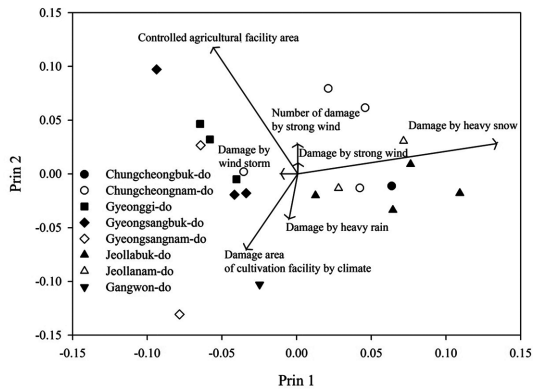


Fig. 3. Principle component analysis of top 20 sensitivity index of vulnerability assessment based on main damage of controlled agricultural facility by abnormal weather in Korea regions.

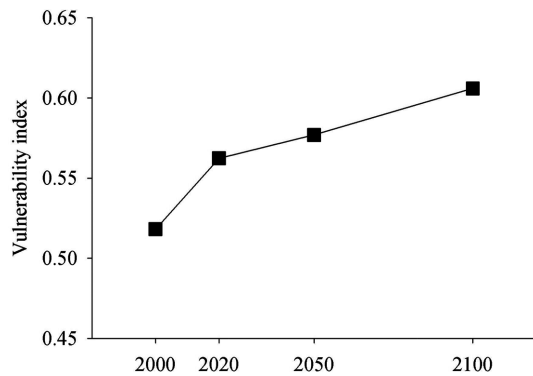


Fig. 5. Chronological comparison by vulnerability index based on main damage of controlled agricultural facility by abnormal weather in Korea.

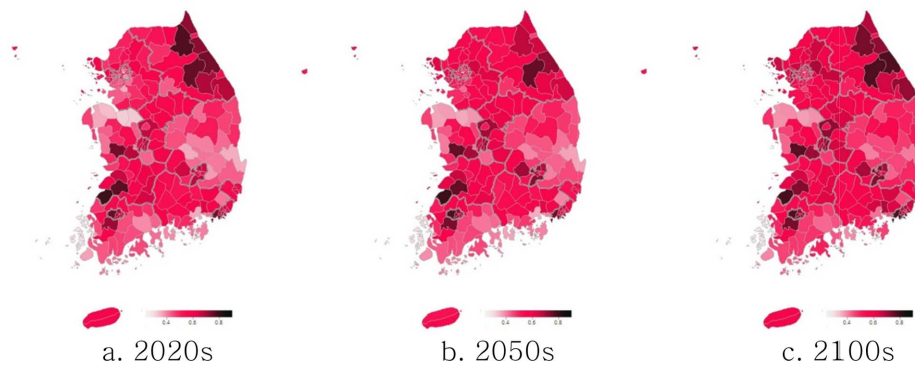


Fig. 6. Results of chronological vulnerability assessment based on main damage of controlled agricultural facility by abnormal weather in Korea.

예이다. 이러한 결과는 벼 병해충 발생에 대한 취약성 평가 결과(Kim et al., 2013)와 그 경향이 일치한다. 결론적으로 기후 변화에 노출되더라도 적응능력의 향상을 통하여 그 취약성을 개선할 수 있을 것으로 판단되었다.

### 3.2. 미래의 이상기후에 대한 재배시설 취약성 변화 예측

SRES A1B시나리오에 따른 2020년대, 2050년대, 2100년대의 취약성 예측결과 2100년대까지 취약성은 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 5). 현재부터 2020년대까지 급격한 취약성의 증가가 나타났으며 2020년대부터 2100년대 까지는 일정한 증가가 나타났다. 민감도와 적응능력이 변하지 않는다는 가정 하에 이루어진 본 예측 결과 특성상 이러한 증가는 기후노출 값의 증가에 기인하며 이는 현재 급격한 기후변화가 이루어지고 있다는 것을 보여준다. 이러한 증가 양상은 어느 한 지역에 국한해서 증가하는 것이 아니라 전국 모든 지역에서 같이 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 6). 이는 시나리오에 따른 온도와 강수량의 증가가 폭설, 강풍, 폭우 등의 기상이변의 빈도와 강도 또한 증가시킬 수 있기 때문이라고 판단되었다.

## IV. 적 요

기후변화는 기온의 상승과 강수량의 변화뿐만 아니라 이상기후 발생과 강도 증가의 원인이 되고 있다. 최근의 농업 재배시설의 피해는 기후변화에 의한 강우 강도의 증가와 폭설 등에 의해 증가하고 있다. 이와 같이 기후변화에 취약한 부분에 대한 평가와 국가차원의 적응정책이 중요한 시점에 와 있다. 본 연구는 232개 시군구를 대상으로 재배시설의 취약성 평가를 실시하였고 취약성 평가의 기간은 현재는 2000년, 미래는 A1B 시나리오를 기준으로 2020년, 2050년, 2100년에 대한 자료를 취합하였다.

취약성 평가 결과 기후노출과 민감도, 적응능력 모두에 크게 영향을 주었고 취약성 지수가 가장 높은 지역들은 기후노출과 민감도가 높은 지역들이었다. 기후노출은 전라도와 강원도에서 높게 나타났으며 민감도는 대규모 시설재배 단지가 형성된 지역들에서 높게 나타났다. 또한 적응능력은 도 수준에서 차이가 나타났는데 적응능력이 상대적으로 높은 전라남도과 경상북도는 취약성이

상쇄되어 낮은 취약성 지수가 나타났다.

SRES A1B 시나리오에 의한 미래 예측결과 우리나라 전반적으로 취약성이 상승했으며 그 상승폭은 2000년대부터 2020년 사이에 급격하게 나타났다. 또한 취약성의 향상은 우리나라 전국에 걸쳐 높아졌으며 이는 우리나라의 재배 시설 피해를 주는 기상재해의 위험이 전국적으로 증가할 것을 나타내는 것으로 판단되었다.

본 조사를 통하여 전국 시군구의 이상기후에 대한 재배시설의 취약성을 평가하는 방법으로서 CCGIS를 제시하였으며 그 결과 전국의 기상재해에 대한 기후노출, 민감도, 적응능력들의 분포를 파악할 수 있었다. 또한 취약성 지수가 높은 주요 시군구를 중심으로 주 성분 분석의 결과 지역의 취약한 요소들을 판단할 수 있었다. 이는 각 지역별로 이상기후에 대한 재배시설의 대책 마련에 기초자료로 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 본 조사는 선행연구, 전문가를 활용한 델파이조사 등 합리적인 방법을 통하여 이루어졌으나 신뢰성의 향상을 위해서는 재배시설의 피해와 관련된 더욱 상세하고 연관성 있는 자료가 확보되어야 할 것으로 판단되었다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 지원(과제번호: PJ0083172013)에 의해 수행되었음.

## REFERENCES

- Brooks, N., W. N. Adger, and P. M. Kelly, 2005: The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation, *Global Environmental Change*, **15**, 151-163.
- Easterling, D. R., 2000: Climate extremes: Observations, modeling and impacts, *Science*, **289**, 2068-2074.
- Gulev, S. K., O. Zolina, and S. Grigoriev, 2001: Extratropical cyclone variability in the Northern Hemisphere winter from the NCEP/NCAR reanalysis data, *Climate Dynamics* **17**, 79-809.
- Interagency coalition government., 2010: 2010 abnormal climate report. pp. 31-35, Korea.
- Interagency coalition government., 2011: 2011 abnormal climate report. pp. 32-41, Korea.
- Interagency coalition government., 2012: 2012 abnormal climate report. pp. 24-32, Korea.
- IPCC., 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis*.



- Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 75-451, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC., 2007: *Climate change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, IPCC Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 719-737, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Karl, T. R., and K. E. Trenberth, 2003: Modern global climate change, *Science* **302**, 1719-1723.
- Kim, M. H., H. S. Bang, Y. E. Na, M. R. Kim, Y. J. Oh, K. K. Kang, and K. J. Cho, 2013: Vulnerability assessment of rice production by main disease and pest of rice plant to climate change, *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* **16**(1), 147-157.
- Kim, C. H., C. K. Song, Y. D. Hong, J. A. Yu, S. H. Ryu, and G. Y. Yim., 2012: Development and application of CCGIS for the estimation of vulnerability index over Korea, *Climate Change Research* **3**(1), 13-24.
- Kim, S. J., T. Y. Park, S. M. Kim, and S. M. Kim, 2012: The proxy variables selection of vulnerability assessment for agricultural infrastructure according to climate change, *Korean National Committee on Irrigation and Drainage Journal* **18**(2), 33-42.
- McCabe, G. J., M. P. Clark, and M. C. Serreze, 2001: Trends in Northern Hemisphere surface cyclone frequency and intensity, *Journal of Climate* **14**, 2763-2768.
- SERI(Samsung economic research institute), 2010: Climate Change Economics, *SERI economic reports*, No.278. p.6
- Simmonds, I., and K. Keay, 2000: Variability of Southern Hemisphere extratropical cyclone behavior 1958-97, *Journal of Climate* **13**, 550-561.
- UNDP, 2005: *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, policies, and measures*, pp. 29-205, Cambridge University Press. USA.
- Zhang, X., W. D. Hogg, and E. Mekis, 2001a. Spatial and temporal characteristics of heavy precipitation events over Canada, *Journal of Climate* **14**, 1923-1936.