

취약성 통합평가 및 해안가 농업지역특성 분석

박종렬* · 임준혁** · 심우배*** · 서형덕**** · 정상만*****†

*㈜어스 이사, **㈜어스 대리, ***㈜어스 대표이사, ****(주)이산 부장, ***** (재)한국재난안전기술원 원장

Analysis of Integrated Assessment and Characteristics of Coastal Agricultural Regions

Park, Jong Ryul* · Im, Jun Hyeok** · Sim, Ou Bae*** · Seo, Hyeong Duk**** · Jeong, Sang Man*****†

*Director, Urban Safety, Anyang, Korea

**Assistant Manager, Urban Safety, Anyang, Korea

***CEO, Urban Safety, Anyang, Korea

****General Manager, ISAN CORPORATION, Anyang, Korea

*****CEO, KOREA INSTITUTE OF DISASTER & SAFETY, Seoul, Korea

ABSTRACT

Recently, climate change is a threat to a wide range of areas such as water resources, ecosystems, forests, agriculture, industry and energy. In particular, in the case of agriculture with high climate dependence, the actual level of damage is serious due to the increased risk of disasters as the occurrence of extreme weather such as drought, heavy rain, typhoon and heat waves increases.

Therefore, in this study, the concept of evaluating climate exposure, sensitivity, and adaptive capacity was established for the evaluation of vulnerability to climate change in the agricultural sector of Korea.

In addition, in order to Integrated Assessment the vulnerability of climate change in the whole agricultural regions of Korea, which is classified and managed by sector, climate influencing factors such as drought and heavy rain were selected. And evaluation groups for agricultural sectors such as crops, livestock, and rural water were selected. Based on this, a total of 27 integrated assessment index were developed for the integrated assessment of climate change vulnerability in the agricultural sectors.

Also, the evaluation was performed by applying the integrated evaluation index, and in particular, the characteristics of climate change in the coastal area were analyzed.

The most important significance of this study established an integrated assessment methodology for climate change vulnerability in the whole agricultural regions of Korea, which has not yet been established amid the climate change crisis. And based on this, an indicator to comprehensively evaluate climate change vulnerability was developed and presented. In addition, an integrated information management platform with information accumulation, management, and monitoring functions was established for adaptation to climate change. This is significant in establishing a framework for adaptation to climate change in the Whole agricultural sectors.

Key words: Climate Change, Vulnerability Assessment, Coastal Area, Agricultural

1. 서론

1.1. 연구 배경 및 필요성

최근 기후변화는 수자원, 생태계, 산림, 농업, 산업 및

에너지 등 광범위한 영역에 위협으로 작용하고 있으며, 특히 기후의존성이 높은 농업의 경우 가뭄, 호우, 태풍, 폭염 등 극한기상 발생 증가에 따라 재해 취약성이 높아져 실질적인 피해수준이 심각한 실정이다. 또한, 해안가에 위치한 지역의 경우, 태풍 내륙시 폭우로 인한 침수피해와

†Corresponding author : smjeong@kids.re.kr, (11, Gyeongin-ro 114ga-gil, Yeongdeungpo-gu, Seoul, 07308, Republic of Korea. Tel : +82-2-780-4624)

ORCID 박종렬 0000-0002-8282-7719
심우배 0000-0002-2691-4068
정상만 0000-0003-4441-6545

임준혁 0000-0002-8835-8810
서형덕 0000-0002-5940-8014

더불어 월파 등의 해안재해가 가중되어 더 큰 피해가 발생하고 있다.

기후변화에 대응하기 위해, 전세계적으로 기후변화의 과학적 근거와 정책방향을 정하기 위하여 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)를 운영하고 있다. IPCC (2019)에서 채택한 특별보고서에 따르면, 토지가 식량과 물을 공급하는 중요한 기반이며, 인간 활동에 의한 온실가스 배출량의 23%를 차지하여 그 중요성이 강조되어 있다. 특히, 토지의 변화는 호우, 폭염, 가뭄 등 극한현상의 강도와 빈도를 증가시킬 수 있으며, 기후변화는 생물다양성, 식량체계, 건강에 악영향을 미치고 앞으로 그 영향력이 커질 것이라 전망했다.

이와 함께 토지의 변화에 가장 밀접한 관계가 있는 농업 분야에 기후변화가 미치는 문제점을 파악하기 위해 우리나라에서는 매년 해당분야의 기후변화 실태조사를 실시하고, 영향·취약성을 평가·공표하도록 법적 근거를 마련하고 있다. 하지만 NIHHS (2011), NIAS (2017) 등 기관에서 각각의 분야별로 실태조사를 위한 마스터플랜을 수립하였으나 조사된 자료를 활용한 취약성 평가방법은 미비한 실정이다.

관련 연구를 살펴보면, 국외에서는 Fellmann (2012)은 농업부문의 기후변화 관련 취약성에 대한 개념적 구조 연구를 통하여 취약성 평가방안을 제시하였고, Donatelli et al.(2012)은 기후변화에 적응하기 위한 효과적 방법을 설계하기 위한 농업 취약성 평가에 대한 연구를 수행하였다. Pearson and Langridge (2008)은 농업 생산성에 대한 취약성 평가 연구 방안을 통하여 농업 분야 중 생산성 관점에서 취약성 평가를 시도하였다. 또한, USA (2014)에서는 미국 기후 행동 보고서에 농업을 포함한 부문별 기후변화 영향 및 취약성에 대한 평가 자료를 수록하여 취약성 평가에 있어 농업 부문을 추가하는 연구를 수행하였다. 유엔환경계획 UNEP (2011)는 취약성을 별도로 취급하지 않고 있고 기후변화의 영향 연구내에서 영향, 취약성, 적응을 연계하여 설명하고 있었으며 기후변화영향평가는 반드시 경제적 고려를 거치게 되는데, 경제적 분석은 농산물의 생산자와 소비자 모두를 고려해야 한다고 제시하고 있다. 국내에서는 KEI (2010)가 환경 측면에서 기후변화의 영향과 취약성 평가, 적응조치 및 국가 기후변화 적응체계 구축방안을 제시하고 벼 부문에 대한 농업 부문 중 개별품목에 대한 취약성 평가방안을 제시하였다. 그리고 기후변화 취약성 평가를 위한 적응능력 지표 개발 연구를 통하여 농업 부문 중 벼, 사과, 한우 등에 대해 취약성을 시범적으로

평가하고 농업부문 취약성평가 프로그램 개발 방안을 제시하였다. 또한, Korea Climate Change Response Research Center (2011)에서는 기후변화 대응 지표 개발 및 지수 산정을 통하여 지자체 기후변화 대응 정도를 평가하고 지자체 기후변화 대응 방안을 도출하여 제시하고 있다. KRIHS (2013), NDMI (2018) 등에서 기후변화에 따른 자연재해를 고려한 위험도, 취약성 평가 연구를 수행하고 있으나, 평가목적에 따라 평가 방법론이 다원화되어 있고 특히 국내 농업 분야를 대상으로 하는 기후변화 취약성 평가방법론 개발은 미비한 실정이다.

한편, 해안가 지역의 농업피해는 점차적으로 증가하고 있다. 특히 조풍피해는 2000년 이후 태풍 경로가 전남, 경남 지역을 통과하는 양상으로 변하여 남해안 농경지의 피해가 늘고 있다. Choi (2015)에 따르면, 태풍 발생에 의한 조풍의 영향에 따른 벼 생산량이 지역평균대비, 해안가 지역이 58%로 낮게 나타났다.

따라서, 현재 우리나라의 전체적인 농업 분야를 대상으로 표준화된 취약성 평가방법론을 정립하고, 이를 기반으로 지속적으로 기후변화 취약성을 평가하고 모니터링할 수 있는 평가관리체계 구축이 필요하다. 그리고 이러한 평가 결과를 활용하여 복합적인 재난이 발생하는 해안가 지역에 대한 농업 관련 기후변화 취약정도를 파악하여 기후변화에 민감한 해안가 농업지역의 기후변화 적응방안 마련이 필요하다.

1.2. 연구목적

본 연구의 목적은 기후변화 위기 속에서 특히 기후의존성이 높은 농업 분야를 대상으로 아직 정립되지 않은 우리나라 농업 분야의 취약성 통합평가 방안을 정립하고, 선정된 평가지표를 적용하여 통합평가를 수행한다. 또한, 해안가에 위치한 지역을 대상으로 농업 관련 기후변화 영향과 취약성의 특성을 분석하고자 한다.

연구목적을 달성하기 위한 연구수행 절차는 우선, 농업 분야의 취약성 평가를 위한 평가체계 및 세부방법론을 정립하여 취약성 평가방법론을 정립한다. 다음으로 기후변화 실태조사 자료와 피해사례 등을 조사·분석하여 농업 분야의 취약성에 필요한 평가군을 선정하고, 자료의 구득 용이성, 전문가 설문 등을 통하여 취약성 통합평가지표를 개발한다. 이렇게 개발된 통합평가지표를 적용하여 취약성 통합평가를 실시하고 해안가에 위치한 지역을 대상으로 농업 관련 기후변화 특성을 분석하여 제시한다.

본 연구의 수행 절차는 다음 Fig. 1에 도식화하여 제시하였다.

2. 통합평가지표 개발

2.1. 농업 분야 취약성 통합평가방법론 정립

2.1.1. 통합평가방법론 설정

농업 분야 취약성 통합평가는 기후변화에 따른 영향 발생 및 피해 등의 직접적 요소를 중심으로 지역의 잠재적 재난위험환경을 종합적으로 평가하여 이해관계자가 수용할만한 기후변화 적응 계획을 수립하여 의사결정을 지원하는 것에 그 목적이 있다.

따라서 본 연구의 농업 분야 취약성 통합평가는 전세계적으로 취약성을 평가함에 있어 가장 보편적으로 활용되고 있는 IPCC의 기후노출(Exposure), 민감도(Sensitivity), 적응능력(Adaptative Capacity), 취약성(Vulnerability)의

개념 및 평가체계를 준용하여 평가방법론을 설정하였다. 본 연구의 취약성 통합평가를 구성하는 기후노출, 민감도(농업 영향 대상), 적응능력, 기후변화 영향, 취약성의 개념은 다음 수식 1과 같으며, Fig. 2에 나타내었다.

$$\begin{aligned} \text{취약성(Vulnerability)} &= \text{잠재적 영향노출(Exposure)} \\ &+ \text{민감도(Sensitivity)} \\ &- \text{적응능력(Adaptative Capacity)} \end{aligned} \quad (1)$$

1) 기후노출

시스템이 기후와 관련된 자극에 노출되는 정도로 정의하며, 월별 평균기온, 강수일수 등 기상관련 항목이 포함된다.

$$\text{기후노출(Exposure)} = E_1w_1 + E_2w_2 + \dots + E_nw_n \quad (2)$$

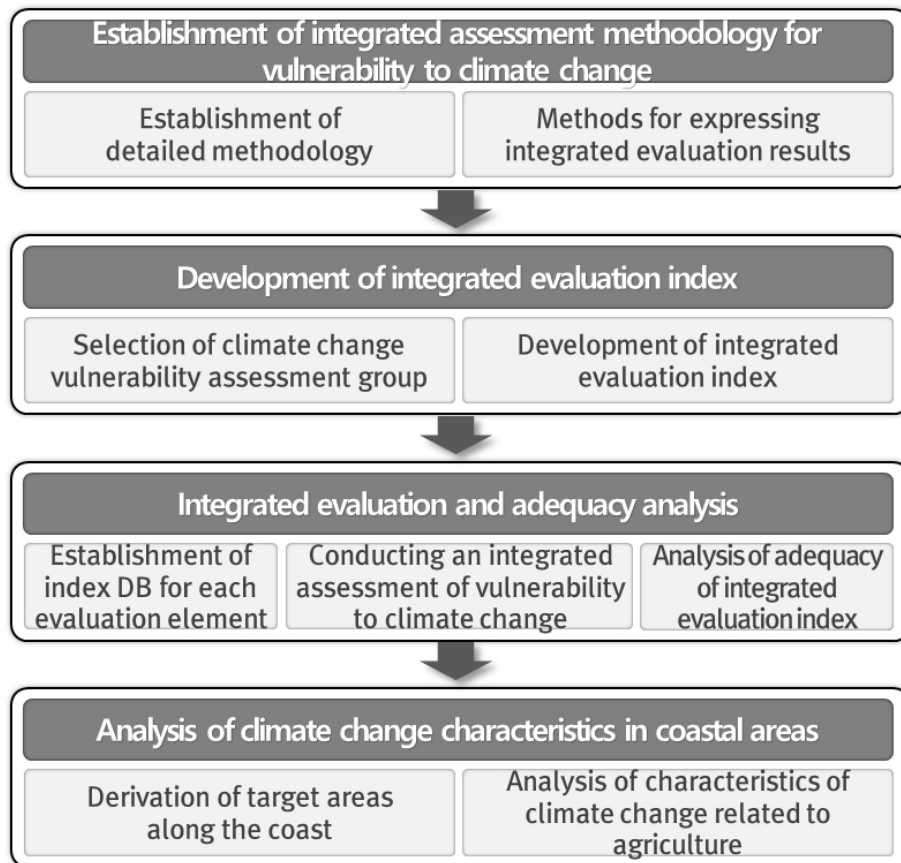


Fig. 1. The flow chart of study

여기서, $E_1 \sim E_n$: 기후노출을 구성하는 세부지표, w_n : 가중치, n: 지표 개수

$$C_e = C_{e_1} w_{e_1} + C_{e_2} w_{e_2} + \dots + C_{e_n} w_{e_n} \quad (6)$$

$$C_a = C_{a_1} w_{a_1} + C_{a_2} w_{a_2} + \dots + C_{a_n} w_{a_n} \quad (7)$$

2) 민감도(농업 영향 대상)

기후관련 자극에 의하여 농업 분야별 항목이 영향을 받는 정도로 정의하며, 농작물 피해면적, 가축 스트레스 지수 등 기후에 영향을 받는 항목이 포함된다.

$$\text{민감도(Sensitivity)} = S_1 w_1 + S_2 w_2 + \dots + S_n w_n \quad (3)$$

여기서, $S_1 \sim S_n$: 민감도를 구성하는 세부지표, w_n : 가중치, n: 지표 개수

3) 적응능력

기후변화를 조절하고 잠재적 피해를 완화하여 주어진 기회를 활용하고 결과에 대처하는 정보로 정의하고, 농업 재해보험, 농업·농촌 교육훈련지원 등 기후 영향에 대처할 수 있는 항목이 포함된다.

$$\text{적응능력(Adaptive capacity)} = C_s + C_e + C_a \quad (4)$$

$$C_s = C_{s_1} w_{s_1} + C_{s_2} w_{s_2} + \dots + C_{s_n} w_{s_n} \quad (5)$$

여기서, C_s : 제도부문, C_e : 경제부문, C_a : 농업 분야별 부문, $C_1 \sim C_n$: 저감능력 지표, w_n : 가중치, n: 지표 개수

특히, 본 연구에서의 적응능력은 재해 위협대상을 정량적·정성적으로 저감하기 위한 영향요소로써 지자체의 정책 및 제도에 대한 추진 실적과 재해복구 및 방재예산 등의 경제적 능력이 포함된다. 본 연구에서 적응능력은 농업 분야에서 실제 수행중이거나 계획 중인 정책 및 제도 실적을 반영하기 위해 해당 정책 및 제도를 전수조사하여 농업, 임업, 농어촌용수 관련 전문가 담당자와 연구전문가를 대상으로 설문을 실시하여 저감능력 요소의 반영을 최종 확정하였다.

4) 기후영향

기후노출과 농업 영향 대상 민감도를 중첩하여 평가한 것으로, 기후변화에 따른 영향정도를 나타내는 지수로 활용이 가능하며 국내에서는 도시계획 수립시 같은 개념을 적용하여 재해취약성을 분석하는데 활용되고 있다.

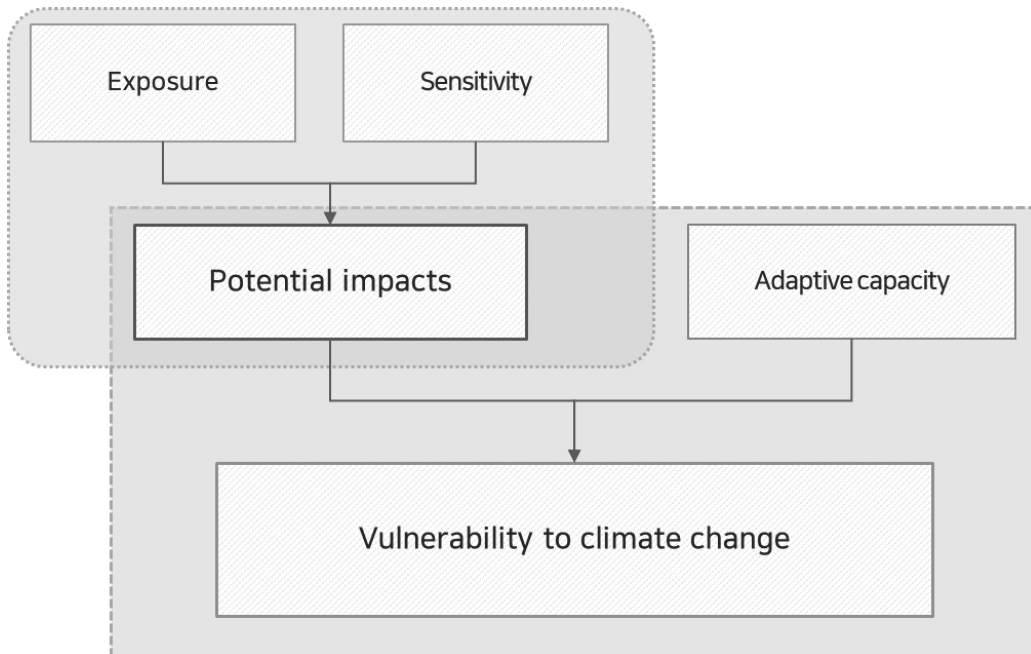


Fig. 2. Vulnerability assessment procedure of this study

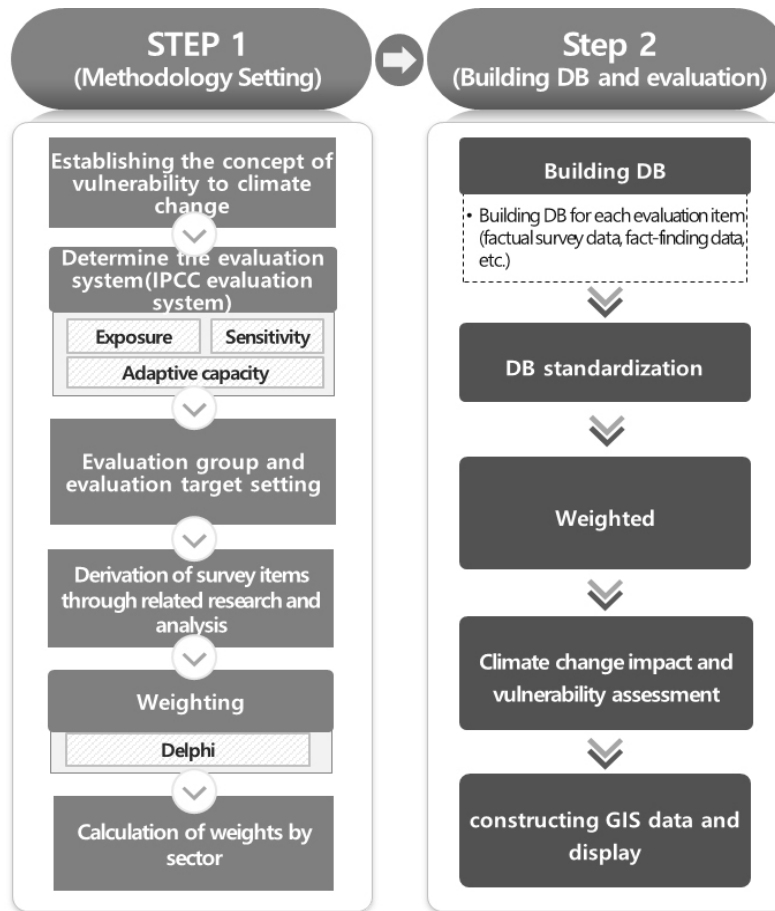


Fig. 3. Process of Climate Change Vulnerability Assessment

5) 취약성

기후노출과 농업 영향 대상 민감도를 중첩한 기후변화 영향 정도에 기후변화 적응 정책 등 기후변화 영향을 저감시키는 적응능력을 추가로 고려하여 대상지역의 취약성을 나타내는 지수이다.

이와 같이 농업 분야 취약성 통합평가는 기존 지자체 단위의 취약성 평가결과의 활용보다는 통합적이고 종합적인 측면에서 평가와 활용이 가능하도록 구성하였다. 또한, 취약한 지역을 전체적으로 파악하는 것이 용이하고, 기후변화 적응정책 관련 적응능력 지표를 고려함으로써 국가차원 종합적인 정책수립이 용이할 수 있다.

2.1.2. 통합평가 세부방법론 제시

1) 평가 절차

본 연구의 농업 분야 취약성 통합평가를 세부적으로 분

류하면 Fig. 3에서와 같이 크게 2단계로 분류할 수 있다.

1단계는 농업 분야 취약성 평가를 위한 방법론 설정이다. 방법론 설정은 세부적으로 6개로 나눌 수 있다. 먼저, 농업 분야의 취약성 개념을 정립하고, 평가체계를 결정한다. 본 연구에서는 앞 절에서 해당 단계에 대한 과정을 제시하였다. 다음으로 통합평가를 위해 농업 분야의 평가군과 평가대상을 설정하고, 관련 연구분석 등을 통하여 평가지표에 해당하는 조사항목을 도출한다. 도출된 평가지표를 대상으로 가중치를 산정하는데 본 연구에서는 다양한 가중치 산정 방법 중 델파이 전문가 조사를 통하여 수행한다. 이를 통하여 통합평가의 기초가 되는 분야별, 부문별 평가지표와 가중치를 산정한다.

2단계의 취약성 세부 평가 절차는 크게 지표별 DB 구축, 표준화, 가중치 적용, 기후노출, 민감도, 적응능력의 세부요소별 취약성 평가와 결과를 GIS 공간정보로 구축하여 표출하는 단계로 구분할 수 있다. 농업 분야의 통계

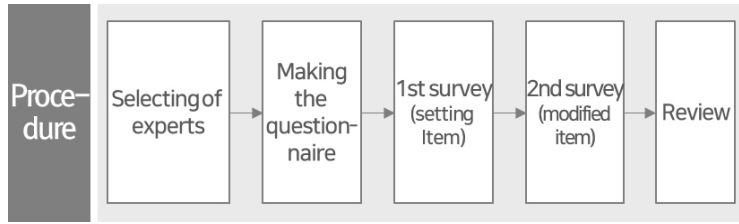


Fig. 4. Procedure of delphi method

자료를 활용하여 지표별 DB를 구축하고, 지표간 비교 및 계산이 가능하도록 가중치를 이용하여 각 지표별 표준화를 실시한다. 도출한 표준화 지수에 대하여 가중치를 적용하며, 기후노출, 민감도, 적응능력별 평가 결과를 도출한다. 세부요소별 평가 결과를 합하여 최종적으로 농업 분야 취약성 평가 결과를 도출하고 GIS 공간정보로 표출한다.

이 과정에서 가중치를 산정하는 방법으로는 엔트로피 방법, AHP (Analytic Hierarchy Process) 기법, 매트릭스 평가표, 델파이 조사에 의한 방법 등이 있으며, 각각의 분석방법을 비교·검토한 결과, 본 연구는 다른 분야에 비하여 기초자료가 상대적으로 부족하고 농업 분야를 대상으로 처음으로 통합적인 지표를 선정하고 가중치를 산정하고 있으므로 농업, 임업, 농어촌융수 등 여러 분야로 구분되어 있는 해당 분야의 각 전문가를 대상으로 가중치를 선정하는 델파이 방법이 적절할 것으로 판단되어 해당 방법을 선정하였다. 델파이 방법의 수행절차는 Fig. 4에서와 같이, 해당 분야의 전문가를 선정하고, 설문지를 작성한다. 설문 항목에 대한 1차 설문을 실시하여 반영하고, 수정된 항목으로 2차 설문조사를 수행하여 최종적인 영향 검토를 거쳐 가중치를 산정하였다.

이렇게 산정된 가중치를 적용하여 세부지표별 중첩을 통해 기후노출, 민감도, 적응능력에 대한 지수 산정 후, 이를 다시 중첩하여 최종 취약성을 산정한다. 취약성 평가 결과를 5등급(1등급 : 매우 취약, 2등급 : 취약, 3등급 : 보통, 4등급 : 다소 안전, 5등급 : 상대적 안전)으로 구분하여 최종적인 취약성을 공간정보로 도출하게 된다.

자료의 등급 구분 방법으로는 자연적 구분법, 등간격법, 표준편차법 사분법 등이 있다. 자연적 구분법은 Jenks의 최적화방법이라고도 하며, 등급구간 분류는 계급의 간격과 등급구간의 경계를 결정하는 방법으로 자료의 도수분포도를 토대로 자연적으로 구분할 수 있는 지점들을 중심으로 하여 분류하는 개성 기술적 분류법이다. 즉, 등급평균으로부터 편차의 제곱의 합이 최소가 되는 지점을 찾아

그룹화하게 되며, 그룹 내에서는 동질성을, 각 그룹 간에는 이질성을 최대화하는 것이다. 계산 절차는 우선 전체 자료집단의 평균값을 산출하고, 각 관측지의 평균으로부터 분산정도를 계산한다. 등급구간 설정 후, 각 등급구간의 평균을 산출하고 각 구간에 속한 관측치들이 구간 평균으로부터의 분산정도를 산출한 후 전체 분산의 합을 계산한다. 다음으로 GVF (Goodness of Variance Fit)을 구하여 값이 1에 근접하는 최대값이 될 때의 최적화된 등급구간으로 변환시킨다. 등간격법은 도수분포상의 자료배열이 사각형 모양으로 나타나고 행정구역도 거의 같은 크기일 때 사용하는 분류법으로 둘 다 연속적 분류법에 해당하고, 표준편차법은 정규분포하는 자료집단의 경우 평균을 중심으로 하여 표준편차의 크기에 따라 구분하는 법이다.

본 연구에서는 평가 결과의 표출을 위하여 지역별 경향 파악에 유리하며 취약지역을 두드러지게 나타낼 수 있는 Jenks의 자연적 구분법(Natural Breaks)을 적용하여 사용하였다. 자연적 구분법은 최근 재난위험도를 평가하는 연구와 도시계획 분야의 재해취약성을 평가하는 연구에서도 빈번하게 적용하여 취약성 평가결과를 표출하는데 활용되고 있다.

2.2 농업 분야 취약성 통합평가지표 개발

2.2.1 통합평가지표 개발

통합평가지표 개발을 위해서 우선 측정하고자 하는 농업 분야의 기후변화 영향을 나타나게 하는 요인과 이러한 현상이 미칠 수 있는 영향간의 상관성을 파악하는 인과관계 분석방법을 통하여 기후노출, 민감도, 적응능력의 요소를 정리하고, 각 요소별 영향을 파악하여 영향별 관련 지표를 1차적으로 도출한다.

다음으로, 관련 선행연구의 지표 및 해당 기후영향인자 관련 기후 예·경보 기준 등의 자료 검토를 통하여 1차적으로 도출된 인과관계 분석 결과 지표의 적절성과 자료 획득 및 구축의 용이성을 파악하여 지표를 선정한다. 여기

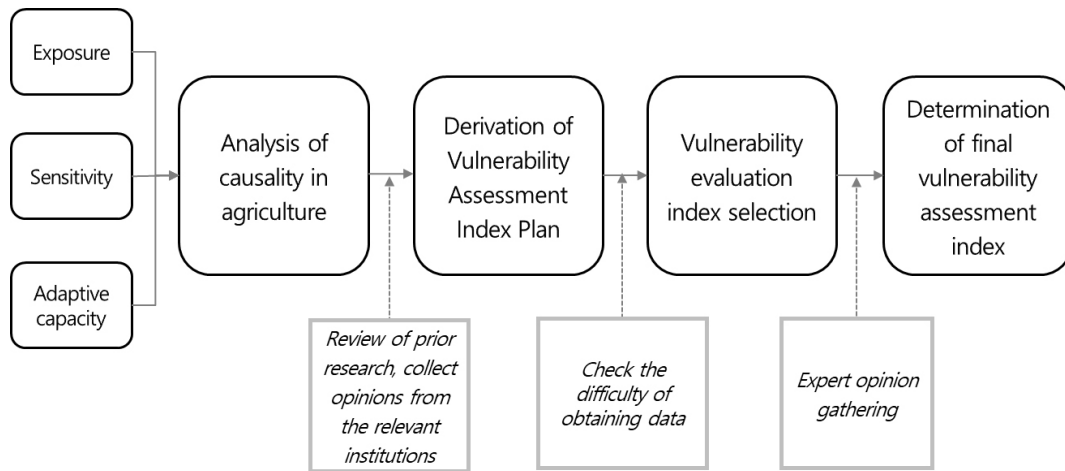


Fig. 5. Development procedure for integrated assessment index for climate change vulnerability in agriculture

서 선행연구는 우리나라에서 취약성 또는 위험도를 평가하고 있는 부처별 연구를 조사하였으며, 행정안전부 NDMI (2018)의 재난 위험도 평가 및 대응 기반기술 구축 연구와 국토교통부 KRIHS (2011)의 기후변화 적응도시

조성방안 연구-도시의 기후변화 취약성 평가방법 정립 및 취약성 평가연구, 환경부 NIER (2012)의 지자체 기후변화 적응 세부시행계획 수립 지원을 위한 기후변화 부문별 취약성 지도 연구를 대상으로 조사하여 검토하였다.

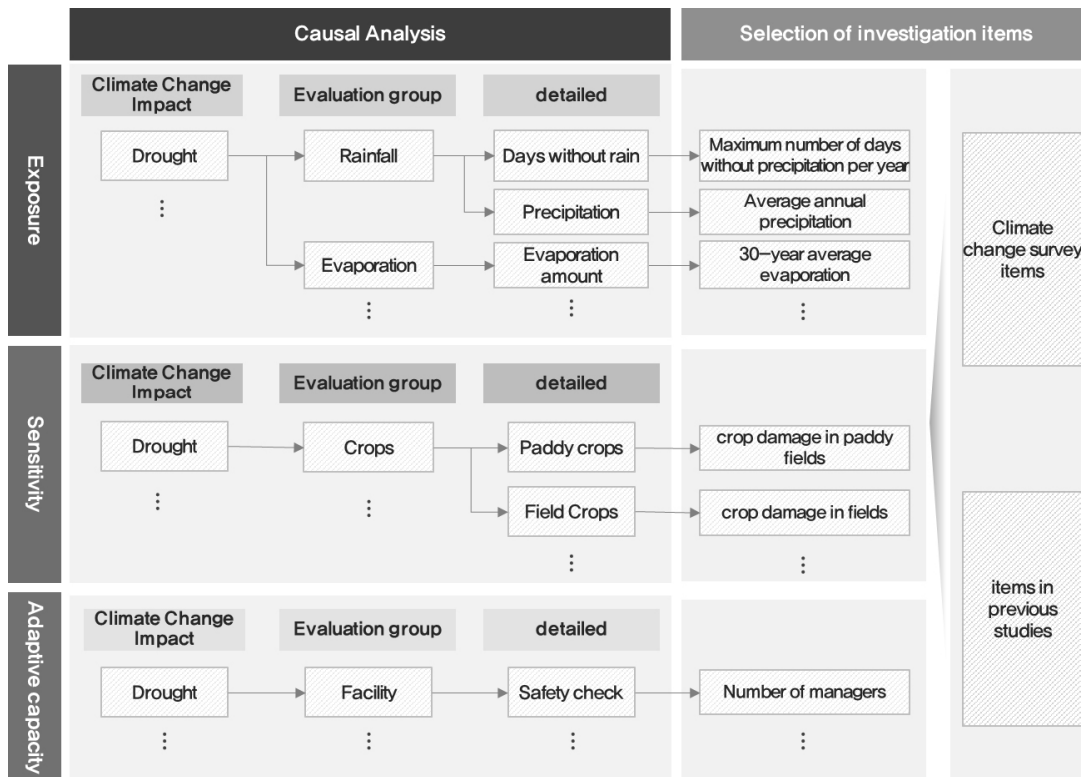


Fig. 6. Evaluation index selection procedure through causal relationship analysis

마지막으로, 인과관계 분석 결과와 관련 선행연구 검토를 통해 도출된 농업 분야 취약성 통합평가지표를 제시하고, 이를 전문가 의견 수렴을 통하여 최종적으로 지표를 도출한다. 통합평가지표 개발 절차는 Fig. 5에 나타내었다.

지표 선정에 활용되는 인과관계 분석방법은 Fig. 6에서와 같이 평가군 선정에서 결정된 가뭄, 호우, 폭염, 고온, 저온, 한파 등의 기후변화 영향인자를 요인으로 설정하고, 기후노출, 민감도, 적응능력 요소별로 평가군을 대입하여 상관성을 고려한 세부영역을 도출한다. 이러한 세부영역을 농업 분야에서 2017년 7월부터 수행중인 기후변화 실태조사 자료와 선행연구의 지표항목을 조사하여 각 요소별 평가지표를 도출한다.

취약성 통합평가를 구성하는 기후노출, 민감도, 적응능력에 대한 지표는 Table 1과 같은 방법과 기준으로 선정한다. 기후노출 지표는 인과관계 분석을 통하여 농업 분야의 지배적 기후요소를 선정하고, 민감도 지표는 평가군이 기후영향인자에 의하여 피해를 입을 수 있는 대상으로 농작물 면적, 가축 사육수 등 선정한다. 적응능력 지표는 인과관계 분석을 통하여 기후변화 영향을 저감하기 위한 제도·정책, 경제, 행정 관련 지표를 도출하여 자료 획득 및 구축의 용이성과 전문가 의견수렴을 통하여 최종 통합평가지표를 개발한다.

선행연구 지표와 RDA (2020)의 농업·농촌 기후변화 실태조사 자료, 관련 통계자료를 검토하여 가뭄, 호우, 폭염, 한파, 고온, 저온의 기후영향인자별 기후노출, 민감도, 적응능력을 선정하였다.

기후노출은 기후영향인자별 기상특보를 활용하여 선정하였으며, 민감도는 평가군의 부정적 영향을 고려하였다. 적응능력은 기존 지표를 활용하였으나 선정된 지표가 본 연구의 목적에는 부적합하여 추가적으로 실제 농업 분야에서 수행중인 기후변화 적응 관련 정책자료를 조사하여 지표 활용 가능성을 검토하였다.

이렇게 검토된 지표에 대하여 농업 분야 전문가를 대상으로 지표의 적정성에 대한 설문을 통하여 최종적인 평가지표를 선정하였다. 또한, 설문과정에서 해당지표에 대한 구득 가능 여부와 정책 반영 여부를 추가적으로 고려하여 기후노출, 민감도, 적응능력에 대한 최종적인 농업 분야 취약성 통합평가지표 27개를 Table 2와 같이 도출하였다.

먼저 기후노출은 기후의존성을 반영하여 농업 분야에 가장 많은 영향을 주는 호우, 가뭄, 폭염, 한파, 고온, 저온에 대한 기상특보 기준과 농촌진흥청의 실태조사 자료를 반영하여 여름철 호우와 관련이 있는 3시간 60 mm 이상 강우횟수, 가뭄과 관련이 있는 최대 무강수 지속일수, 여름철 폭염과 관련이 있는 폭염일수, 겨울철의 한파일수, 여름이 아닌 시기에 발생하는 이상고온 일수, 겨울이 아닌 시기에 발생하는 이상저온 일수 등 총 6개의 지표를 선정하였다.

다음으로 민감도는 농업 영향 대상인 점을 고려하여 본 연구의 평가군인 농산물, 축산, 사료작물, 병해충, 임산물, 농어촌용수 대상별 부정적 영향 요인에 해당되는 지표를 최종적인 민감도 지표로 선정하였다. 특히 해당지표의 경우 구득 가능여부가 최종적인 선정에 있어 중요한 요인으로 작용하였으며 최종적으로 현재 5년 이상의 자료가 구득이 가능한 것을 선정하였으며, 농작물에 대한 재배면적, 생산량, 피해액, 가축에 대한 사육수, 스트레스지수, 임산물에 대한 재배면적, 피해면적과 사료작물 재배면적, 병해충 농업피해면적, 농업용수 필요수량 등 총 10개의 지표를 선정하였다.

마지막으로 적응능력 지표는 본 연구에서 기존 연구와 차별화하여 적용하고자 하는 주요 지표로써 농림축산식품부 등 농업 분야를 관리하는 기관의 역할을 통하여 기후변화 영향을 경감시킬 수 있는 정책 및 사업을 중심으로 적용하고자 하였다. 이를 위하여 1차로 선정된 지표 이외에 추가적으로 농림축산식품부에서 수행 중인 농업 분

Table 1. Agricultural climate change vulnerability integration evaluation method by indicator

Index	Method
Exposure	• Selection of dominant climate factors in agriculture and rural areas through causal relationship analysis
Sensitivity	• Selection of crop area, number of livestock, etc. as targets that the evaluation group may be damaged by climate influencing factors through causal relationship analysis
Adaptive capacity	• Deriving system/policy, economic, and administrative indicators to reduce the impact of climate change through causal relationship analysis

Table 2. Integrated evaluation index in the agricultural sector

Evaluation index	Detailed	Note	Data
Exposure	Average annual rainfall of 3 hours and 60mm or more	Torrential rain	Korea Meteorological Administration
	Annual maximum number of days without precipitation	Drought	
	Average number of heatwave days	Heat wave	
	Average number of cold wave days	Cold wave	
	Average number of days with an average high temperature	High temperature	RDA
	Average number of days of unusually low temperature	Low temperature	
Sensitivity	Crop (paddy/field) cultivation area	Crops	KOSTAT
	Crop yield	Crops	KOSTAT
	Livestock	Livestock	KOSTAT
	Forage crop cultivation area	Forage crops	RDA
	Agricultural damage area by pests	Pest	RDA
	Forest product cultivation area	Forest products	KOSTAT
	Agricultural Water Required Quantity	Rural water	RDA
	Crop damage	Crops	Disaster Document
	Livestock Stress Index	Livestock	RDA
	Damaged area of forest products	Forest products	Korea Forest Service
Adaptive capacity	Amount of agricultural accident insurance compared to Crop cultivation area	-	Agricultural Insurance Yearbook
	Amount of forest product accident insurance compared to Forest product cultivation area	-	Agricultural Insurance Yearbook
	Amount of livestock accident insurance compared to livestock	-	Agricultural Insurance Yearbook
	Agricultural Meteorological Disaster Prediction and Warning System	-	Warning Service for Weather Risk Management
	well-irrigated paddy composition rate	-	KRC
	Drainage improvement rate	-	KRC
	Reservoir/pumping station/drainage station aging	-	KRC
	Agricultural and rural education and training support	-	MAFRA
	Disaster preparedness expenses	-	MAFRA
	Livestock quarantine cost by province	-	MAFRA
Promotion of use of agricultural information	-	MAFRA	

야 사업을 전수조사하여 40여개를 선별하였으며, 각 농업, 임업, 농어촌용수 분야별 전문가를 대상으로 적응능력 지표의 활용 가능성, 자료 구득 여부 등 적정성을 설문하여 최종적인 적응능력 통합지표로 선정하였다. 적응능력 지표에는 농업재해보험연감에서 제시하는 농업, 가축, 임산물 재해보험 가입금액과 농업기상재해 예경보시스템 구축여부, 수리안전담 조성율, 저수지 노후도, 농업·농촌 교육훈련지원 등 총 11개의 적응능력 통합지표를 선정하였다.

3. 통합평가 수행 및 해안지역 특성분석

3.1 통합평가지표 자료구축 및 가중치 산정

3.1.1 평가요소별 자료구축 및 표준화

농업 취약성 통합평가를 위하여 기후노출, 민감도, 적응능력의 세부 평가요소별 자료를 구축하였다. 기상청과 각 관련 기관에서 제공하는 자료를 수집하여 필요한 경우

Table 3. Calculation and standardization of z-scores for climate exposure

Category	Average annual rainfall of 3 hours and 60mm or more	Z-score	Standardization	Annual maximum number of days without precipitation	Z-score	Standardization
Goesan-gun	1.2030	-0.6120	0.1280	19.3442	-0.0743	0.5252
Eumseong-gun	1.3492	-0.4417	0.1502	19.4157	-0.0138	0.5372
Danyang-gun	0.6729	-1.2297	0.0476	18.3295	-0.9320	0.3548

엑셀, GIS 등을 통해 속성자료를 가공하여 최종 162개 농업 분야 지역별 지표값을 구축하였다.

기후노출에 해당하는 자료는 기상청의 기상자료개방포털에서 제공하는 종관기상관측소 102개 지점을 대상으로 각 기후영향인자별로 구축하였으며, 2015년부터 2019년까지 최근 5년치의 자료를 기준으로 강우횟수, 무강수 지속일수, 폭염일수, 한파일수를 구축하였다. 최근 5년을 기준으로 구축한 이유는 농업 분야 취약성 평가 및 공표가 5년 단위로 수행되도록 지정되어 있어 해당 기간과 맞추는 것이 적절하다는 농림축산식품부 및 관련기관의 의견을 반영하였다. 산정한 값을 GIS 툴의 크리깅(Kriging) 기법으로 공간분포(Cell size: 100)로 변환한 후, Zonal 기법을 적용하여 지역별 평균값을 추출하였다.

민감도 지표는 농업에 해당하는 농작물, 축산, 사료작물, 병해충 관련 통계연보 및 농림축산식품부에서 제공하는 자료를 수집하여 구축하였으며, 재배면적, 피해면적 자료의 경우 GIS를 활용하여 시군구 매칭작업을 통하여 구축하였다. 농작물 피해액의 경우 행정안전부에서 제공하는 재해연보 자료의 피해액 자료를 대상으로 하였고, 최근 5년간의 연평균값을 시군구 자료로 구축하여 적용하였다.

적응능력 지표는 농업재해보험연감에서 제공하는 농작물과 가축 관련 재해보험 가입금액을 수집하여 구축 후 적용하였고, 임산물은 최근 가입항목에 포함되어 자료 구축과 조사기간에 한계가 있어 제외되었다. 농림축산식품부에서 제공하는 재해대책비, 교육훈련지원 등의 자료는 조사결과, 기관 내부자료 특성상 적용에 한계가 있어 본 연구의 통합평가지표에는 포함되었지만 분석에서는 제외되었다.

자료구축 과정을 통해 산출된 지표 값의 표준화를 위해 적용된 단위 표준화 방법론은 산출된 지표 값들의 크기와 단위의 편차를 해소시키는 과정으로써 도출된 각 지표 값의 표준화를 목적으로 사용된다. 단위 표준화 방법론은 앞장에서 선정한 가장 보편적으로 널리 활용되고 있는

z-score 방법론을 적용하여 지표 값의 표준화를 Table 3에 서와 같이 수행하였다.

z-score 결과 값 산출과정은 먼저 통계학적으로 정규분포를 생성하고, 개개의 경우가 표준편차 상에 어떠한 위치를 차지하는지를 보여주는 차원 없는 수치 표준화 과정으로 z-score 단위 표준화를 위한 사전 작업을 실시하였다.

3.1.2 가중치 산정

가중치 적용을 위해 본 연구에서는 기초자료가 다른 분야에 비하여 상대적으로 부족하고 농업 분야를 대상으로 통합적인 지표를 최초로 선정한다는 점을 고려하여 농업, 임업, 농어촌용수 등 여러 분야로 구분되어 있는 해당 분야의 각 전문가를 대상으로 Table 4와 같은 설문항목 및 배점방법을 작성하여 델파이 방법을 실시하였다.

델파이 방법은 해당 분야의 전문가를 선정하고 설문지를 통하여 각 항목에 대한 1차 설문을 실시하여 반영하고, 수정된 항목으로 2차 설문조사를 수행하여 최종적인 영향 검토를 거쳐 가중치를 산정한다. 설문 대상은 농업 분야와 재난 분야 전문가를 대상으로 학계, 국책연구기관, 산업계 등 전문가 약 200여명을 대상으로 실시하였다. 배점 방법은 기후노출, 민감도, 적응능력의 3개 부문에서 중요도에 따라 총 10점을 배분하고, 각 요소별 지표들의 중요도를 고려하여 합계가 10점이 되도록 점수를 할당하도록 구성하였다.

전문가 설문결과, Table 5에서와 같이 기후노출, 민감도, 적응능력에 대한 평가인자별 가중치와 지표별 가중치가 각각 산정되었다. 우선 각 평가인자별 가중치는 기후노출의 경우 3.6, 민감도 3.2, 적응능력 3.2로 산정되어 기후변화 영향을 가장 많이 주는 기후노출이 가장 높게 나타났다. 다음으로 영향대상이 되는 민감도와 기후변화 영향을 경감시키는 적응능력의 가중치가 비슷한 수치로 산정되었다.

지표별 가중치 산정결과를 살펴보면, 기후노출에서는

매년 지속적인 피해를 유발시키는 강우와 가뭄에 해당하는 지표가 가장 높게 산정되어 농업 분야에 영향을 많이 주고 있는 것으로 조사되었고, 최근 기후변화로 빈번히 발생되고 있는 이상고온과 이상저온에 대한 가중치가 각 1.5, 1.4로 비교적 높게 평가되었다.

민감도에서는 농업 분야의 기후영향을 받는 대상으로 정의되어 총 10개의 지표별로 큰 편차가 없이 가중치가 배분되었고, 농업용수 필요수량, 농작물 재배면적, 농작물 피해액이 1.5 이상으로 가중치가 높은 것으로 산정되었다.

적응능력에서도 대부분 큰 편차없이 가중치가 배분되었다. 세부적으로 살펴보면 3가지의 재해보험 가입금액 중에서는 임산물이 가장 높게 산정되었고, 농어촌용수에 해당하는 수리안전담 조성율, 배수개선율이 적응능력 중에서는 가장 높은 가중치로 조사되었다. 그리고 정책적인

측면에서의 농업·농촌교육지원이 높게 산정되어 기후변화 영향을 경감시킬 수 있는 요인 중 지속적인 교육을 통한 관심이 중요한 적응정책이라는 담당 전문가들의 공통적인 의견이 반영된 것으로 사료된다. 또한, 농업기상재해 예경보시스템 구축여부도 높은 가중치를 나타내어 농업 분야에서 기후영향 모니터링의 중요성이 반영된 것으로 판단된다.

본 연구에서 산정된 가중치는 기후변화를 반영하는 지표의 특성인 점을 고려하여 지속적인 자료 축적과 모니터링을 통한 개선이 필요할 것이며, 농업 분야의 실태자료 조사정보 축적과 담당 전문가의 확대 적용, 농업 분야 취약성 모니터링 등을 통하여 가중치를 개선하는데 기본 자료로 활용할 수 있다.

Table 4. Expert questionnaire items and scoring method for calculating index weights

Category	Detailed	Index
Item	Exposure (points)	Average annual rainfall of 3 hours and 60mm or more (points)
		Annual maximum number of days without precipitation (points)
		Average number of heatwave days (points)
		Average number of cold wave days (points)
		Average number of days with an average high temperature (points)
		Average number of days of unusually low temperature (points)
	Sensitivity (points)	Crop (paddy/field) cultivation area (points)
		Crop yield (points)
		Livestock (points)
		Forage crop cultivation area (points)
		Agricultural damage area by pests (points)
		Forest product cultivation area (points)
		Agricultural Water Required Quantity (points)
		Crop damage (points)
	Adaptive capacity (points)	Livestock Stress Index (points)
		Damaged area of forest products (points)
		Amount of agricultural accident insurance compared to Crop cultivation area (points)
		Amount of forest product accident insurance compared to Forest product cultivation area (points)
		Amount of livestock accident insurance compared to livestock(points)
		Agricultural Meteorological Disaster Prediction and Warning System (points)
		Well-irrigated paddy composition rate (points)
		Drainage improvement rate (points)
		Reservoir/pumping station/drainage station aging (points)
		Agricultural and rural education and training support (points)
		Disaster preparedness expenses (points)
	Sum	Livestock quarantine cost by province (points)
		Promotion of use of agricultural information (points)

Table 5. Calculation of weights for each integrated evaluation index for vulnerability to climate change in agriculture

Category	Index	Weight
Exposure (3.6)	Average annual rainfall of 3 hours and 60mm or more	2.2
	Annual maximum number of days without precipitation	2.2
	Average number of heatwave days	1.5
	Average number of cold wave days	1.2
	Average number of days with an average high temperature	1.5
	Average number of days of unusually low temperature	1.4
Sensitivity (3.2)	Crop (paddy/field) cultivation area	1.5
	Crop yield	1.1
	Livestock	0.8
	Forage crop cultivation area	0.7
	Agricultural damage area by pests	0.8
	Forest product cultivation area	0.7
	Damaged area of forest products	0.7
	Agricultural Water Required Quantity	1.6
	Crop damage	1.5
Livestock Stress Index	0.6	
Adaptive capacity (3.2)	Amount of agricultural accident insurance compared to Crop cultivation area	0.8
	Amount of livestock accident insurance compared to livestock	0.7
	Amount of forest product accident insurance compared to Forest product cultivation area	1.1
	Agricultural Meteorological Disaster Prediction and Warning System	1.1
	Well-irrigated paddy composition rate	1.3
	Drainage improvement rate	1.3
	Reservoir/pumping station/drainage station aging	0.6
	Agricultural and rural education and training support	1.2
	Disaster preparedness expenses	0.6
	Livestock quarantine cost by province	0.6
Promotion of use of agricultural information	0.7	

3.2 통합평가지표를 적용한 평가 및 해안지역 특성분석

3.2.1 통합평가 수행

통합지표를 적용한 농업 분야 취약성 통합평가는 수식 1~4에 따라 각 요소별 표준화된 지표값에 가중치를 부여하여 농업농촌 162개 지역 단위로 평가를 실시하였다.

통합평가결과에 대한 GIS 표출은 기본 5등급으로 표출하고, 취약지역을 쉽게 파악할 수 있도록 Fig. 7에서와 같이 10구간으로 세분화하여 표출하였다.

기후노출, 민감도, 적응능력에 대한 각 요소별 통합평가 결과를 살펴보면, Fig. 8에서와 같은 기후노출의 경우 전체적으로 경기권, 경남권에서 높게 나타났다. 지표별로는 연평균 3시간 60 mm 이상 강우횟수는 경기권과 경남

Grade	Section	Vulnerability
Grade 1	1	Very vulnerable
	2	
Grade 2	3	Sort of vulnerable
	4	
Grade 3	5	Moderate
	6	
Grade 4	7	Sort of adaptable
	8	
Grade 5	9	Adaptable
	10	

Fig. 7. Integrated evaluation expression level and vulnerability

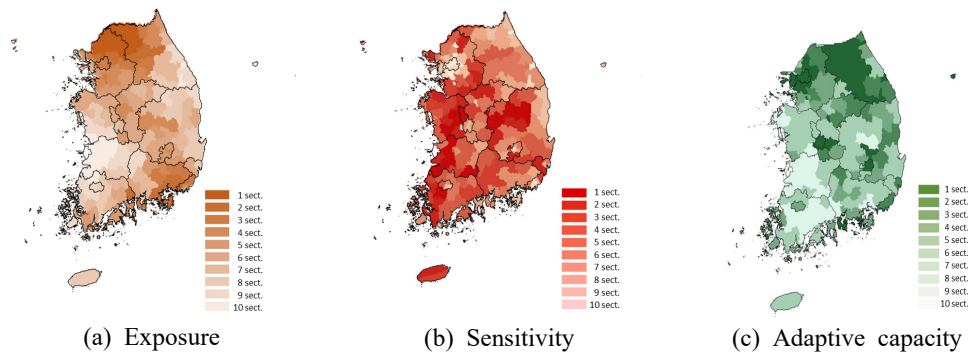


Fig. 8. Integrated evaluation results for each element in the agricultural sector

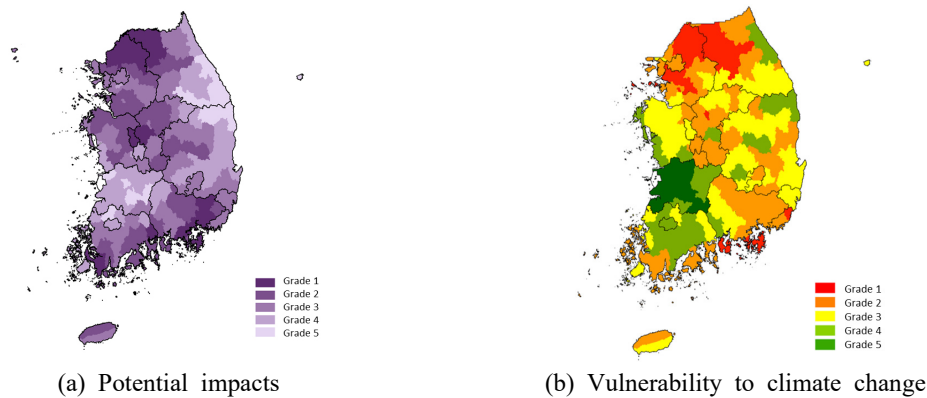


Fig. 9. Results of integrated assessment of climate change impact and vulnerability in agriculture

권에서 높게 나타나 상대적 다소 취약지역으로 평가되었고, 최대 무강수 지속일수도 경기권과 경남권, 전남권에서 높게 나타났다. 폭염일수는 경상권에서 전체적으로 높게 나타나 상대적 매우 취약지역 또는 다소 취약지역으로 평가되었고, 한파일수는 반대로 경기 북부와 강원권에서 상대적 매우 취약지역으로 평가되었다. 이상고온 일수는 경기권과 중부권, 경남 일부지역에서 취약지역으로 평가되었고, 이상저온의 경우 경기 북부권에서 매우 취약지역으로 평가되었다.

민감도의 경우 전체적으로 호남권, 영남 북부권, 제주권에서 전반적으로 높게 나타났다. 주요 지표별로는 농작물 재배면적의 경우 충청, 전라의 서해권을 중심으로 다소 높게 나타났고, 가축 사육수는 경기권과 충청권, 전라권을 중심으로 높게 분포되었다. 임산물 재배면적도 전라권과 강원권 충청권을 중심으로 분포되었고 전반적으로 보통이상의 취약성을 나타냈다. 농업용수 필요수량은 농경지가 많은 지역을 중심으로 일부지역에서 취약하게 평가되었으며 임산물 피해면적도 피해가 일어났던 지역을

중심으로 충청권에서 다소 취약지역으로 평가되었다.

적응능력은 호남권에서 전반적으로 적응능력이 좋은 것으로 나타났다. 적응능력이 좋다는 것은 취약성에 상대적으로 적응하고 있다는 지표로 해당 평가결과의 경우 현재 기준으로 농업기상재해 예·경보 시스템이 전라도 지역을 중심으로 구축되어 있어 나타난 결과로 평가되었으며, 정책적으로 전국적인 예·경보시스템 구축이 필요하다고 분석할 수 있다.

Fig. 9에서는 농업 분야 기후변화 영향 및 취약성에 대한 통합평가 결과를 나타내었다.

Fig. 9의 평가결과를 살펴보면, 기후노출과 민감도를 중첩한 기후변화 영향의 경우 경기북부, 강원권, 중부권, 영남권, 제주권에서 기후변화 영향정도가 전반적으로 높은 것으로 나타났다. 여기에 적응능력을 고려한 취약성은 강원권과 경기북부에서 가장 높게 나타났고, 영남권 해안지방에서 취약성이 전반적으로 높은 것으로 나타났다. 기후변화 영향 평가결과를 보면 농업 분야에 영향을 주는 기후요소가 경기북부와 강원권, 중부권 등에 주로 분포되어

있는 것으로 나타났고, 적응능력이 고려된 취약성 통합평가 결과는 강원권, 경기권 등에서 취약성이 높은 양상을 보여 해당지역에 대한 기후변화 적응정책을 검토하기 위한 근거로 활용할 수 있다.

이와 같이 본 연구의 통합평가지표를 적용한 농업 분야 취약성 평가는 기후영향인자와 농업 분야 영향대상, 기후변화 적응정책 등을 종합적으로 고려하여 통합적인 분석이 가능한 것으로 나타났으며, 세부지표별 원인분석을 통하여 농업 분야의 취약성 평가와 적응정책을 수립하는데 활용이 가능할 것으로 사료된다.

본 연구에서 제시된 27개의 통합평가지표는 현재 수행 중인 기후변화 실태조사와 통계자료, 선행연구 등을 종합한 통합평가지표로서 향후 이를 활용한 기후변화 영향·취약성 평가의 기본 지표로 활용이 가능할 것으로 판단되고, 매년 수행되는 실태조사 자료를 기반으로 지표의 개선과 이에 대한 각 분야의 전문가 의견 수렴을 통하여 통합지표의 신뢰도 향상이 필요할 것으로 판단된다.

3.2.2 통합평가결과를 활용한 해안지역 특성분석

해안 지역의 취약성을 분석하기 위해, MOF (2011)의 연안통합관리계획에 제시된 8대 연안 권역별로 해안가에 위치

한 지자체를 Table 6과 같이 도출하였다. 지리적 특성이 유사한 해안 지역을 묶어 강원·경북 연안은 동해안, 인천·경기, 충남, 전북 연안은 서해안, 전남, 경남, 부산·울산, 제주 연안은 남해안으로 구분하였다. 해안에 인접하지 않은 특광역시와 충북지역은 분석에서 제외하였다. 전국에 해안과 인접한 지자체는 59개이며, 동해안 11개, 서해안 19개, 남해안 29개로 나타났다.

전국을 동해안/서해안/남해안/내륙으로 구분하여 Table 7과 같이 취약성 평균등급을 도출하였다. 평균등급을 기준으로 살펴보면, 해안지역보다 내륙지역이 농업 부문에 있어서 취약성이 상대적으로 높은 것으로 나타났으며 해안지역 중에서는 남해안이 2.55 등급으로 가장 취약한 것으로 나타났다.

Table 7. Average grade of vulnerability by region

Category	Average grade about Vulnerability
East coast	2.91
West coast	2.84
South coast	2.55
Inland	2.41
Nationwide	2.53

Table 6. Calculation of weights for each integrated evaluation index for vulnerability to climate change in agriculture

Category	Coastal region	Local governments
East coast (11)	Gangwon-Gyeongbuk coast (11)	Samcheok-si, Donghae-si, Gangneung-si, Sokcho-si, Yangyang-gun, Goseong-gun, Pohang-si, Gyeongju-si, Yeongdeok-gun, Uljin-gun, Ulleung-gun
West coast (19)	Incheon/Gyeonggi coast (8)	Incheon-si, Ganghwa-gun, Ongjin-gun, Ansan-si, Pyeongtaek-si, Siheung-si, Gimpo-si, Hwaseong-si
	Chungnam Coast (7)	Seosan-si, Boryeong-si, Asan-si, Dangjin-si, Taean-gun, Seochon-gun, Hongseong-gun
	Jeonbuk Coast (4)	Gunsan-si, Gimje-si, Buan-gun, Gochang-gun
South coast (29)	Jeonnam Coast (16)	Suncheon-si, Muan-gun, Mokpo-si, Gwangyang-si, Yeosu-si, Yeonggwang-gun, Hapyeong-gun, Shinan-gun, Yeongam-gun, Haenam-gun, Jindo-gun, Wando-gun, Gangjin-gun, Jangheung-gun, Boseong-gun, Goheung-gun
	Gyeongnam Coast (7)	Changwon-si, Geoje-si, Sacheon-si, Tongyeong-si, Hadong-gun, Namhae-gun, Goseong-gun
	Busan/Ulsan coast (4)	Busan-si, Gijang-gun, Ulsan-si, Ulju-gun
	Jeju Coast (2)	Jeju-si, Seogwipo-si

Table 8은 보다 구체적으로 취약성이 높은 지역을 도출하기 위해, 연안 권역 기준으로 지자체를 해안가와 내륙으로 구분한 결과이다. 내륙보다 해안가의 취약성이 높은 지역은 전남 연안, 경남 연안, 전북 연안이며, 전남 연안이 가장 취약한 지역으로 나타났다.

Table 8. Average grade of vulnerability of local governments by coastal region

Category	Average grade about Vulnerability of local governments			Difference (Inland - Coastal)
	All	Coastal	Inland	
Gangwon-Gyeongbuk coast	2.59	2.91	2.47	-0.44
Gyeongnam Coast	2.17	2.00	2.27	0.27
Busan/Ulsan coast	2.25	2.25	-	-2.25
Incheon/Gyeonggi coast	1.44	1.88	1.31	-0.57
Jeonnam Coast	3.09	2.88	3.67	0.79
Jeonbuk Coast	4.14	4.00	4.20	0.20
Jeju Coast	2.50	2.50	-	-2.50
Chungnam Coast	3.00	3.29	2.75	-0.54
Nationwide	2.53	2.71	2.41	-0.30

동해안, 서해안, 남해안 지역별 취약성 등급이 높은 지자체를 Table 9과 같이 도출하였다. 동해안은 강원도 속초시, 서해안은 경기도 시흥시, 남해안은 경상남도 남해군이 가장 취약한 것으로 나타났다.

Table 9. 1st to 3rd priority for local governments with high vulnerability grade for each coastal area

Category	East coast	West coast	South coast
1st	Sokcho-si (Gangwon)	Siheung-si (Gyeonggi)	Namhae-gun (Gyeongsangnam)
2nd	Goseong-gun (Gangwon)	Ansan-si (Gyeonggi)	Tongyeong-si (Gyeongsangnam)
3rd	Yeongdeok-gun (Gangwon)	Ongjin-gun (Incheon)	Geoje-si (Gyeongsangnam)

Fig. 10은 보다 세부적인 취약성 원인분석을 위해 해안 지역별 취약성 등급이 높은 지자체 1~3순위를 평가지표

별로 분석한 결과이다. 해안지역별 취약성 등급이 높은 지자체는 전국평균보다 기후노출의 영향을 많이 받는 것으로 나타났으며, 적응능력이 취약하지 않게 평가되고 있음에도 최종적인 취약성이 전국 평균 및 해안가 평균 보다 높게 산정되고 있는 것으로 분석되어 적응능력을 높이기 위한 방안을 추가적으로 고려할 필요가 있을 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 우리나라 농업 분야의 취약성 통합평가 방법론과 통합평가지표를 개발하여 통합평가를 수행하고, 해안가에 위치한 지역의 농업 분야 취약성 특성을 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1) 농업 분야의 취약성을 통합적으로 평가하기 위하여 기후노출, 농업 영향대상(민감도), 적응능력으로 구성되며, 기후노출과 농업 영향대상을 중첩하여 기후변화 영향을 평가하고 기후변화 영향에 적응능력을 고려하여 취약성을 평가하는 농업 분야 취약성 통합평가방법론을 정립하였다. 특히, 적응능력은 실제 기후변화 적응정책을 반영하도록 구성하여 정책결정자 측면에서 농업 분야의 통합적이고 종합적인 평가가 가능하도록 통합평가방법론을 정립하였다.

2) 선행연구 지표와 기후변화 실태조사 자료, 농업 분야 관련 통계자료 등을 조사·분석하여 농업 분야의 취약성 평가를 위한 대표 평가군을 도출하였고, 분야별 인과관계 분석과 지표자료의 구득 가능 여부, 분야별 전문가 설문 단계를 거쳐 농업 분야 취약성 통합평가지표를 개발하였다. 통합평가군은 가뭄, 호우, 폭염, 한파, 고온, 저온의 6가지 기후영향인자와 농작물, 축산, 사료작물, 병해충, 임산물, 농어촌용수의 총 6개의 평가군을 선정하였고, 기후노출 및 농업 영향대상, 적응능력에 대한 통합평가지표 27개를 개발하였다.

3) 본 연구의 통합평가지표를 적용한 농업 분야 취약성 통합평가는 기후영향인자와 농업 영향대상, 관련 적응 정책 등을 통합적으로 분석이 가능한 것으로 나타났으며, 세부지표별 원인분석을 통하여 지역별, 지표별 취약성을 평가하는데 활용이 가능하였다. 그리고 해안가에 위치한 지역의 농업 관련 취약성 특성을 분석한 결과, 해안가 지역은 전국 평균보다 취약성이 낮게 나타났으나, 취약성이 높은 지자체를 대상으로 분석해보면 기후노출의 영향이



Fig. 10. Result by integrated evaluation index

크게 작용하여 취약성이 상대적으로 높게 나타나는 것으로 분석되었다.

본 연구는 기후변화 위기 속에서 아직 정립되지 않은 우리나라 농업 분야의 취약성 통합평가방법론을 정립하

고, 통합평가를 위한 지표를 개발하여 제시하였다는 것에 의의가 있다. 그리고 통합평가결과를 활용하여 우리나라 해안가에 위치한 지역의 농업 분야 취약성 특성을 분석해보았다. 이를 통하여 본 연구의 통합평가지표는 향후 농업 분야의 취약성을 지속적으로 모니터링하는데 필요한

기존 자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 그리고 향후 지속적으로 수행되는 농업 분야의 기후변화 실태조사 정보와 연계하여 본 연구에서 제시한 통합평가지표를 검증하고 개선한다면 실제 실현가능한 농업 분야 기후변화 적응사업을 제시하는데 근거자료로 활용될 수 있고, 나아가 우리나라 농업 분야의 기후변화 적응능력을 제고할 수 있다고 판단된다.

사사

본 연구는 행정안전부의 극한재난대응기반기술개발 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2018-MOIS31-008-01020000-2021).

References

- Choi WY. 2015. Quantity of rice by degree of wind damage. Gunsan, Korea: Gunsan Agricultural Technology Center Report.
- Donatelli, M., G. Duveiller, D. Fumagalli, A. Srivastava, A. Zucchini, V. Angileri, D. Fasbender, P. Loudjani, S. Kay, V. Juskevicius, T. Toth, P. Hastrup, R. M'barek, M. Espinosa, P. Ciaian, S. Niemeyer. 2012. Assessing agriculture vulnerabilities for the design of effective measures for adaption to climate change (AVEMAC Project). European Union.
- Fellmann, T. 2012. The assessment of climate change-related vulnerability in the agricultural sector: reviewing conceptual framework - In: Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector, Proceedings of Joint FAO/OECD Workshop 23-24 April 2012, pp.37-61.
- IPCC. 2019. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.
- KEI. 2010, Assessing Vulnerability to Climate Change of the Physical Infrastructure and Developing Adaptation Measures in Korea II.
- Korea Climate Change Response Research Center. 2011, Climate change response index development and index calculation.
- KRIHS. 2011. A study on how to create a city adapted to climate change - establishment of a method for evaluating the vulnerability of cities to climate change and evaluation of vulnerability.
- MOF. 2011. The 2nd Coastal Integrated Management Plan 2011-2021.
- NDMI. 2018. Construction of Fundamental Technology for Disaster Risk Assessment and Response (V).
- NIAS. 2017. Studies on methodology development of vulnerability assessment for livestock husbandry and forage crops by climate change.
- NIER. 2012. Vulnerability guidance by climate change sector to support the establishment of detailed implementation plans for adaptation to climate change by local governments.
- NIHHS. 2011, Evaluation of agroclimatic zone in major horticultural crops under the climatological normal year and future warmer climatic condition in Korea.
- Pearson, L. and J Langridge. 2008. Climate change vulnerability assessment: Review of agricultural productivity. CSIRO Climate Adaptation Flagship Working paper No.1. CSIRO.
- RDA. 2020. Agricultural Field Climate Change Survey and Impact/Vulnerability Assessment Criteria. Rural Development Administration Notice No. 2020-17.
- UNEP. 2011. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication.
- USA. 2014. United State climate action report 2014.