



## 가뭄 취약지역의 관정 효율 및 능력에 대한 취약성평가

### Vulnerability Evaluation of Groundwater Well Efficiency and Capacity in Drought Vulnerable Areas

신형진<sup>a</sup> · 이재영<sup>b</sup> · 조성문<sup>c</sup> · 전상민<sup>d</sup> · 김미솔<sup>e</sup> · 차상선<sup>f</sup> · 박찬기<sup>g, †</sup>

Shin, Hyung-jin · Lee, Jae-young · Jo, Sung-mun · Jeon, Sang-min · Kim, Mi-sol · Cha, Sang-sun · Park, Chan-gi

#### ABSTRACT

Recently, the damage caused by climate change has been distinguished in the world. The Korean Peninsula is also suffering from drought, so it is necessary to study the vulnerability assessment to identify and predict the state of the irrigation facility, which is a irrigation facility. As the damage caused by drought is occurring in the Korean peninsula, it is necessary to study the vulnerability assessment to know the condition of the irrigation facility, and to predict it. The target areas were Yeongdong-gun, Cheonan-si, Mungyeong-si, Geochang-gun, Muju-gun, and Yeonggwang-gun. The survey items were selected as positive impacts survey items, including precipitation, groundwater level, and pumping capacity per groundwater well. The negative impacts were selected as the cultivation acreage, Number of days without rain, and the ratio of private underground wells. The survey method was investigated by various methods such as “weather data portal”, “groundwater level status information”, “agricultural drought management system”, “groundwater survey yearbook”. The results of vulnerability assessment were expressed by the score by conducting survey and standardization. As a result, Yeonggwang-gun showed normal vulnerability, and other areas showed “vulnerable” or “very vulnerable”.

Keywords: Vulnerability assessment; groundwater wells; drought; climate change; standardization

#### 1. 서 론

지구온난화와 엘니뇨 현상 등 기후변화로 인한 영향과 심각성은 여러 분야에서 다양한 형태로 나타나는데, 최근 들어 가뭄, 집중호우, 태풍 등과 같은 자연재해가 속출하여 이로 인한 피해가 두드러지게 나타나고 있다 (Shin et al., 2017). 대한민국 역시 자연재해인 가뭄의 영향을 받고 있다. 한국일보 (2019.08.08.)에 따르면 최근 장마 기간 전국 평균 강수일수는 15.8일로 평년 (17.2일)보다 적었고, 강수량도 197.6 mm로 평년(366.4 mm)의 54% 수준에 머물렀다고 한다. 이렇듯 강수량 부족 현상으로 인한 전국 대부분의 지역의 저수율 부족은

논·밭작물들이 말라가는 피해로 가뭄에 대한 사회적 관심이 크게 고조되었으며 이에 대한 대책이 시급한 실정이다 (Lee et al., 2018). 또한 급격한 기후변화로 가뭄의 발생빈도와 강도가 증가하고 있으며, 가뭄발생 빈도는 (1904~2000년) 0.36 회/년에서 (2000~2015년) 0.67 회/년으로 86% 증가하고 있다 (Jeon et al., 2017).

2015년 봄에는 인천·경기·강원·충북·경북 등 5 개 시·도, 39 개 시·군 7,358 ha (논·물마름 2,822 ha, 밭작물 시들음 4,536 ha)에서 가뭄이 발생하고 있지만(Lee et al., 2016; Lee et al., 2018) 현재 가뭄대책은 가뭄예방보다는 가뭄이 발생 후 조치 및 지원하는 사후대응에 중점을 두고 있다. 특히, 국가수자원관리종합정보시스템 (WAMIS; [www.wamis.go.kr](http://www.wamis.go.kr))에서는 2016년 현황 중 용수공급시설을 갖춘 관개전 (田)은 323 천ha로 전국 밭 면적의 43.3% 수준으로 관개답 (畝) 81.3%에 비해 열악한 것으로 나타났다. 이와 같이 농업용수 개발에 의한 관개개선사업은 농업생산 증대 효과가 큰 핵심적인 농업 생산기반정비사업으로 그동안 쌀 자급 기반 확충 차원에서 주로 논 위주로 추진되어 왔으나 최근 경제성장과 소득증대에 따른 농산물 소비 구조의 변화로 쌀 이외의 작물로 증가되고 있다. 최근 한·중 FTA 추진 과정에서 밭 농업의 중요성이 부각되고 밭관개 개선을 포함하는 밭 기반정비 확대 추진이 강조되고 있으며 (Kim, 2014), 고품질 농산물의 수요가 증가함에 따라 농업인의 물 관리에 대한 관심 또한 높아져 밭 관개

<sup>a</sup> Associate Researcher, Rural Research Institute, Korea Rural Community Corporation

<sup>b</sup> Senior Researcher, Research Center, Contecheng Co., Ltd

<sup>c,d,e</sup> MS Course Student, Department of Agricultural Engineering, Kougju National University

<sup>f</sup> Research Professor, Industrial Development Institute, Kongju National University

<sup>g</sup> Professor, Department of Rural Construction Engineering, Kougju National University

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-41-330-1266, Fax: +82-41-330-1260

E-mail: [cgpark@kongju.ac.kr](mailto:cgpark@kongju.ac.kr)

Received: September 18, 2019

Revised: October 15, 2019

Accepted: October 24, 2019

용수에 대한 요구는 늘어나고 있는 실정이다. 따라서 안정적인 용수 공급을 위해 밭 관개시설물의 상태를 파악 및 예측할 수 있는 시설물에 대한 취약성 평가에 관한 연구가 필요하다.

기존의 기후변화에 대한 연구에서는 농업생산기반의 재해에 대한 취약성 평가에 관한 연구 (Kim et al., 2013) 및 도시의 재해에 대한 위험도 평가 (Hwang et al., 2001), 홍수 수에 대한 연구 (Lee et al., 2014), 지진에 대한 연구 (Jeong et al., 2010), 산사태에 대한 연구 (Yun et al., 2009), 등과 같은 자연재해에 대비하기 위한 재해의 위험지도 작성에 관한 연구와 지하수 자원 오염 예방 정책으로 지하수자원 오염 취약성 평가 (Farjad et al., 2012), 지하수위 관리 취약성 평가 (Yang et al., 2017), 사회기반시설의 취약성분석에 대한 연구 (Myong et al., 2010) 등 지하수 수질관련 취약성 평가 및 자연재해에 대한 취약성평가와 사회기반시설에 대한 취약성 평가에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으나, 밭관개시설물 등 농업생산기반 시설에 대한 연구는 미흡하여 최근 기후변화 대응을 위한 취약성평가를 위해 농림축산식품부, 농업진흥청, 산림청 등 정부기관에서 기후변화에 대한 연구를 수행하고 있으며, 이를 위해 “「농업·농촌 및 식품산업기본법」 제47조의 2 (기후변화에 따른 농업·농촌영향 및 취약성 평가)가 2014년 신설되었다. 농촌진흥청에서는 기후변화 영향 및 취약성평가에 대한 연구과제 결과를 통해 고시 제 2016-16호 “농업분야 기후변화 실태조사 및 영향·취약성평가 기준”을 제시하였으며, 한국농어촌공사에서는 “농업생산기반시설의 기후변화영향 안정성 평가 및 관리 기술 개발” 연구를 진행하였다. 또한 산림청에서는 “실태조사방법론 개발(’15.4~’16.6) 및 고시(안) 완료(’16.7) 하였다. 하지만 밭작물과 밀접한 관계가 있는 관정 등 밭관개시설물의 가뭄에 대한 취약성평가는 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기후변화 대응을 위한 밭작물의 용수공급 시설물인 관정에 대한 취약성 평가를 실시하였다.

## II. 연구방법

### 1. 실태조사항목 선정

기존 취약성평가에서의 기후노출, 민감도, 적응능력 등으로 구분하는 경우가 많았으나, 이는 지자체 또는 일정지역에

대한 취약성평가에 적합한 것으로 판단되어 본 연구인 관정에 대한 취약성 평가에는 관정 자체에 긍정적, 부정적 영향을 끼치는 항목들을 실태조사항목으로 선정하였다.

실태조사항목은 관정능력 및 효율에 긍정적 영향을 주는 3가지 항목인 강수량, 지하수위, 관정 당 양수량과 부정적 영향을 주는 3가지 항목은 경지면적, 연속무강우일수, 민간관정 비율로 선정하였다. 긍정적 영향 실태조사항목인 ① 강수량은 연평균강수량이 증가할수록 지하수량이 증가하여 관정의 관개능력발휘가 가능하다 판단되고 되어 선정하였고, ② 지하수위는 지하수자원 부존량을 가늠할 수 있는 척도이며, 지하수위가 높을수록 지하수량이 많다는 것으로 의미한다. 이는 관정의 관개능력발휘가 가능할 것으로 판단되어 선정하였고, ③ 관정 당 양수량은 관정 당 양수량이 많을수록 관개능력이 우수하다 판단되어 선정하였다. 또한 부정적 영향 실태조사항목인 ① 경지면적은 경지면적이 증가하면 관정의 능력 및 효율이 저하될 것으로 판단되어 선정하였으며, ② 연속무강우일수는 연속무강우일수가 증가하면 지하수위가 낮아져 관정의 관개능력이 저하되는 것으로 판단되어 선정하였다. ③ 민간관정비율은 민간관정비율이 높을수록 공공관정에 비해 유지관리 면에서 취약할 것으로 판단되어 선정하였다. 실태조사항목은 Table 1과 같다.

### 2. 실태조사 방법 및 출처

관정의 취약성평가를 위한 실태조사 방법은 Table 2에 제시한 바와 같이 긍정적 영향 실태조사항목인 강수량은 기상자료개방포털 (<https://data.kma.go.kr>), 지하수위는 한국수자원공사에서 제공되는 지하수관측연보를 이용하였으며 관정 당 양수량은 수자원공사에서 제공되는 지하수조사연보에서 조사하였다. 또한 부정적 영향 실태조사항목인 경지면적은 KOSIS 국가통계포털사이트 (<http://kosis.kr>)에서 조사하였으며, 연속무강우일수는 농업기물관리시스템 (ADMS; <http://adms.ekr.or.kr>), 민간관정비율은 지하수조사연보 및 농업생산기반정비통계연보를 참고하여 조사하였다. 조사기간은 2007년~2016년으로 선정하였으며, 실태조사는 평년값인 30년 이상으로 하는 것이 타당하나, 실태조사 자료들의 조사기간의 통일성을 위해 2007년부터 10년간으로 선정하였다.

Table 1 Survey item

Division	Survey item	Division	Survey item
Positive effect	Annual precipitation	Negative effect	Cultivation area
	Groundwater level		The Number of days without rain
	Pumping capacity per groundwater well		Private groundwater well ratio

Table 2 Data survey period and source

Division		Survey period	Source	Division		Survey period	Source
Positive effect	Annual precipitation	2007 ~ 2016	Weather data portal	Negative effect	Cultivation area	2007 ~ 2016	Korean Statistical Information Service
	Groundwater level		National Ground Water Monitoring Network in Korea Annual Report		The Number of days without rain		Agricultural drought management system
	Pumping capacity per groundwater well		Groundwater annual report		Private groundwater well ratio		Groundwater annual report and Statistical yearbook of land and water development for agriculture

### 3. 표준화방법

표준화방법에는 Table 3에 제시한 바와 같이 다양한 방법이 있으며, 이 중 순위매기기(Ranking)는 지표의 값들에 순위를 매기는 방법이지만 하나 많은 정보를 알려주지 못하는 단점이 있으며, 범주 스케일(Categorical scales)은 각 자료를 범주값으로 대입하는 방법이다. 또한 Z-스코어 법은 가장 보편적으로 사용되고 있는 방법으로 평균은 0, 표준편차는 1이 되도록 만드는 방법이다. 평균상위 및 하위 지표(Indicators above or between the mean)는 평균값 부근에 위치하는 경계값 p를 임의로 정하여 이

p값의 상위와 하위 지표들을 고려하는 방법이나, 경계값 수준의 임의성과 절대적 수준의 정보가 누락될 수 있다. 스케일재조정법(Re-scaling)은 표준편차보다 지표의 범위에 기반을 둔 변환방법으로 지표들을 표준화하여 이것들이 모두 동일한 범위를 갖도록 하는 표준화 방법이다. 순환지표(Cyclical indicators)는 비즈니스 경향조사를 수행하는 연구기관에서 주로 사용하는 지표이다. 기준선과의 차이(Distance to reference country)는 기준으로 하는 대리지표에 대한 측정지표의 비율을 이용하는 방법이다. 자연적 구분법(Natural Breaks)은 데이터 값이 자연스러운 방식으로 그룹화 되는 방법으로 데이터 상에 나타난 본래 패턴 및 그룹 특성을 토대로 구분될 수 있는 적을 식별하며, 이 분류점을 기준으로 나누는 방법이다 (Myong et al., 2010).

Table 3 Standardization methods (Myong et al., 2010)

Division	
Ranking	Categorical scales
Z-Score	Indicators above or between the mean
Re-scaling	Cyclical indicators
Distance to reference country	Natural Breaks

이렇게 다양한 표준화방법 중 본 연구에서는 스케일재조정법을 선정하였다. 선정 사유는 스케일재조정법은 상이한 단위 및 분포를 무단위 및 동일한 분포로 변환하는 것으로 취약성점수 산정이 수월하다는 점과 농업생산기반시설 취약성평가에 대한 연구인 “농어촌용수 및 농업생산기반시설 기후변화 영향·취약성평가를 위한 실태(시범)조사 및 관리방안 수립”을 참조하였다.

$$\text{Vulnerability Score}(V) = (\text{Positive effect} - \text{Negative effect}) \times 100 \quad (1)$$

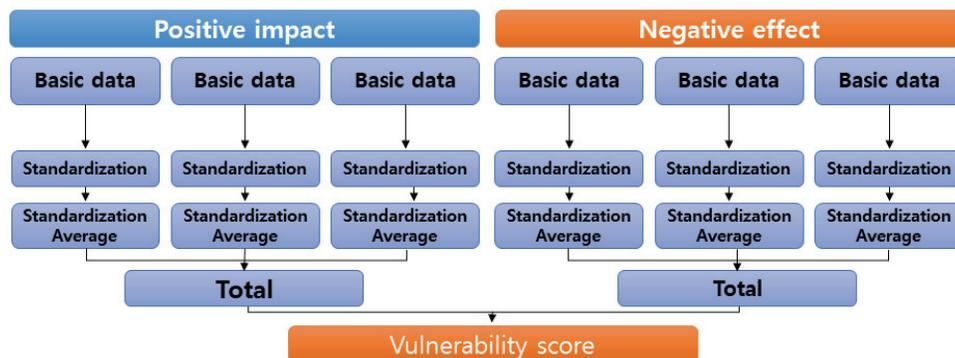


Fig. 1 Vulnerability evaluation method

#### 4. 취약성평가 및 등급산정

취약성평가 절차는 첫째 긍정적 영향 및 부정적 영향의 실태조사, 둘째 실태조사항목들의 표준화, 셋째 표준화 평균들의 합계로 이루어지며, Fig. 1과 같다. 취약성평가의 점수산정을 위한 수식은 식 (1)과 같다.

취약성평가 후 등급은 Table 4와 같이 1~5등급으로 구분하였으며, 점수가 낮을수록 취약성이 크다는 것을 의미한다.

Table 4 Vulnerability evaluation grade

Grade	Score	Content	Grade	Score	Content
I Grade	$V < 20$ Score	Very low	II Grade	$20 \text{ Score} \leq V < 40 \text{ Score}$	Low
III Grade	$40 \text{ Score} \leq V < 60 \text{ Score}$	Moderate	IV Grade	$60 \text{ Score} \leq V < 80 \text{ Score}$	High
V Grade	$80 \text{ Score} \leq V < 100 \text{ Score}$	Very high			

※ If the vulnerability score is negative score, replace it with 0, and replace it with 100 if it exceeds 100.

### III. 연구결과

#### 1. 대상지역선정

대상지역은 농업기물관리시스템 (Agricultural Drought Management System, ADMS)의 발토양유효수분현황 (2017년~2019년)을 조사, 분석하여 가뭄단계 중 주의 이하의 횡수가 많으며, 토양수분이 가장 적은 값을 나타낸 지역 중 중부지방 및 남부지방으로 선정하였다. Fig. 2에 제시한 바와 같이 발토양유효수분현황을

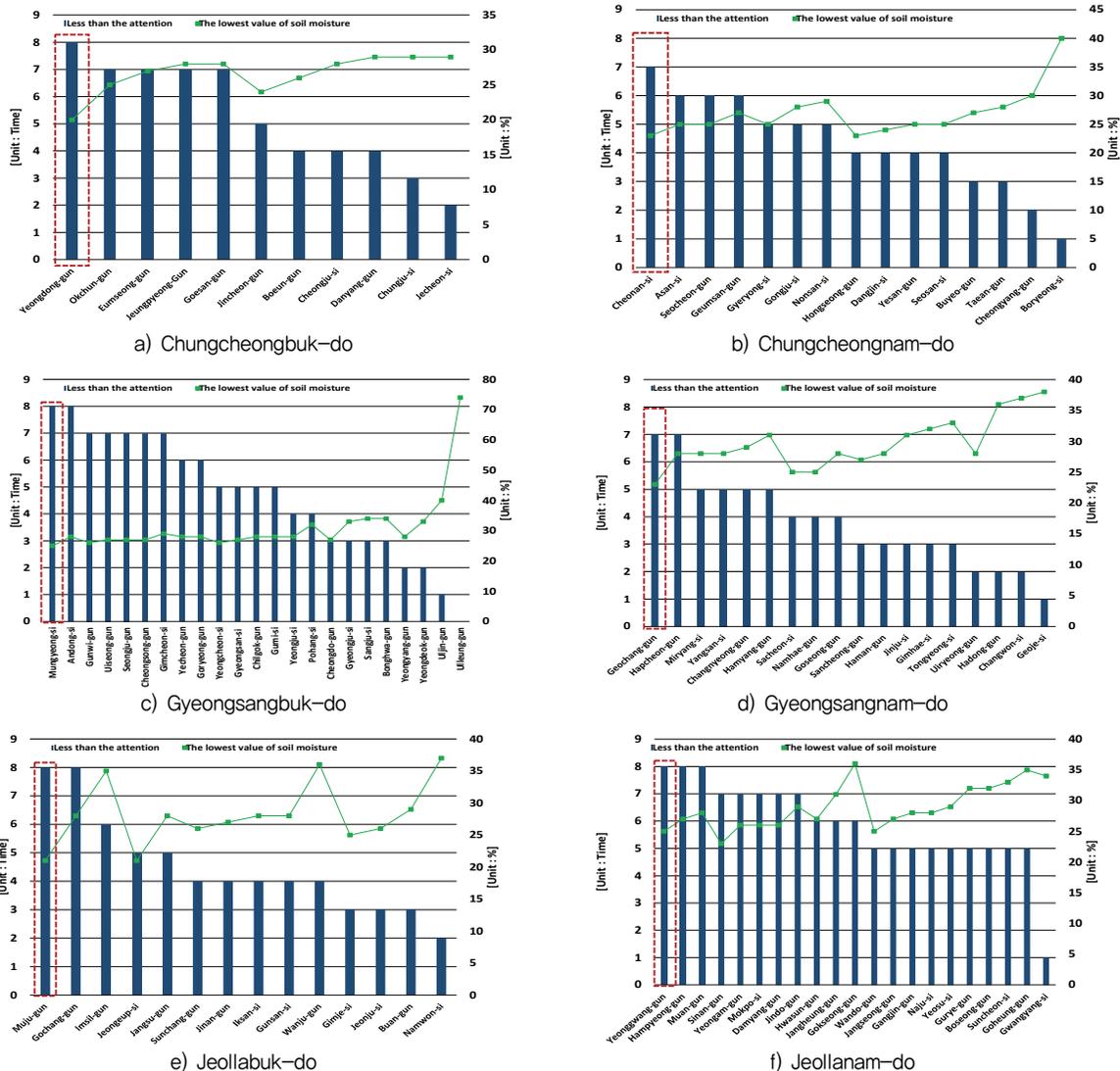


Fig. 2 Status of effective water in soil by each area

조사한 결과 충청북도에서는 영동군에서 발토양유효수분율(이하 토양수분율)이 20%로 가장 낮았으며, 주의이하의 횡수는 8회로 가장 높았다. 충청남도의 경우 천안시에서 토양수분율이 23%로 가장 적었으며, 주의이하 횡수는 7회로 가장 많은 것으로 조사되었다. 경상북도의 경우 문경시에서 토양수분율이 25%로 가장 적었으며 주의이하 횡수는 8회로 가장 높은 값을 보였다. 경상남도는 거창군에서 토양수분율이 23%로 가장 적었으며, 주의이하 횡수는 7회로 가장 많았다. 전라북도는 무주군에서 토양수분율이 21%, 주의이하 횡수는 8회로 분석되었다. 전라남도는 해남군에서 토양수분율은 28%로 전라남도 전체 평균정도의 값을

나타내었으나, 주의이하 횡수가 9회로 가장 많았다. 이와 같이 발토양유효수분현황을 분석하여 충청북도 영동군, 충청남도 천안시, 경상북도 문경시, 경상남도 거창군, 전라북도 무주군, 전라남도 영광군을 최종 대상지역 선정하였다.

## 2. 실태조사 조사 결과

### 가. 강수량

공정적 영향 조사항목 중 강수량 조사결과는 Table 5 및 Fig. 3과 같으며, 모든 대상지역에서 강수량은 감소하는 경향을 보였다. 충청북도 영동군의 경우 최대강수량 대비 최소화

Table 5 Annual precipitation survey result by target area

(Unit : mm)

Year	Yeongdong-gun	Cheonan-si	Mungyeong-si	Geochang-gun	Muju-gun	Yeonggwang-gun
2007	1,532.1	1,349.0	1,448.8	1,729.0	1,471.7	1,620.6
2008	961.9	870.1	974.8	615.7	1,000.0	1,007.2
2009	1,112.2	999.9	1,187.2	975.3	1,163.9	1,488.2
2010	1,262.9	1,378.3	1,238.0	1,548.5	1,462.3	1,573.1
2011	1,810.7	1,807.0	1,666.1	1,321.3	1,621.8	1,300.3
2012	1,522.3	1,336.7	1,395.5	1,538.8	1,359.7	1,626.8
2013	1,125.9	1,095.6	1,273.6	1,085.8	1,264.7	1,245.4
2014	1,089.2	824.0	1,006.0	1,242.4	1,206.8	1,290.3
2015	817.0	728.0	765.3	1,031.2	813.5	1,049.6
2016	1,291.6	1,004.8	1,193.8	1,229.8	1,117.7	1,482.3
Avg.	1,252.6	1,139.3	1,214.9	1,231.8	1,248.2	1,368.4

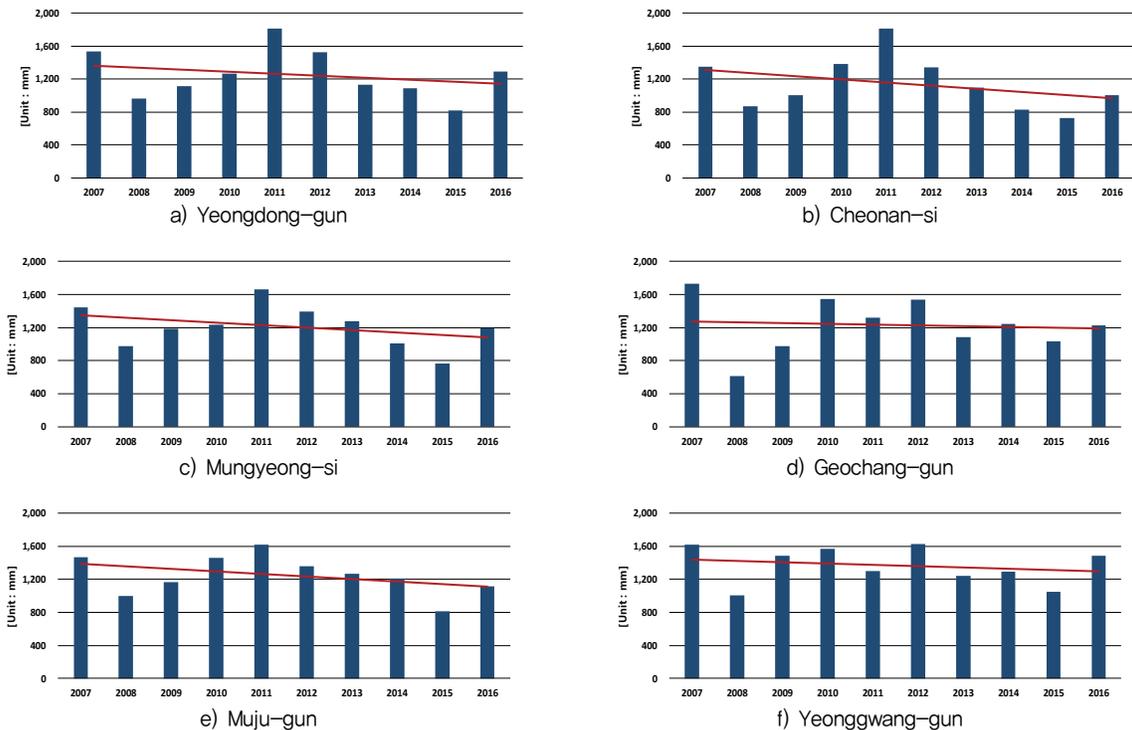


Fig. 3 Annual precipitation survey result by target area

수량은 54.9%의 차이를 보였다. 충청남도 천안시는 59.7%, 경상북도 문경시는 54.1%, 경상남도 거창군은 64.4%, 전라북도 무주군은 49.8%, 전라남도 영광군은 38.1%가 차이가 나는 것으로 분석되었다.

나. 지하수위

공정적 영향 조사항목 중 지하수위 조사결과는 Table 6 및 Fig. 4와 같으며, 경상남도 거창군, 전라북도 무주군은 지

하수위가 높아지는 것으로 조사되었으나, 나머지 지역인 충청북도 영동군, 충청남도 천안시, 경상북도 문경시, 전라남도 영광군은 지하수위가 낮아지는 것으로 분석되었다. 충청북도 영동군의 경우 최대 지하수위 대비 최소 지하수위는 25.2% 차이 나는 것으로 조사되었으며, 충청남도 천안시는 8.8%, 경상북도 문경시는 8.9%, 경상남도 거창군은 3.6%, 전라북도 무주군은 8.6%, 전라남도 영광군은 42.5% 차이 나는 것으로 분석되었다.

Table 6 Groundwater level survey result by target area

(Unit : m)

Year	Yeongdong-gun	Cheonan-si	Mungyeong-si	Geochang-gun	Muju-gun	Yeonggwang-gun
2007	-3.88	-3.62	-3.83	-6.82	-14.41	-3.37
2008	-3.98	-3.69	-4.00	-7.01	-14.67	-3.38
2009	-4.04	-3.72	-4.06	-7.06	-15.15	-3.40
2010	-3.91	-3.58	-3.82	-6.89	-14.69	-3.32
2011	-3.97	-3.49	-3.75	-6.86	-14.58	-3.48
2012	-3.92	-3.62	-3.76	-6.82	-14.18	-3.40
2013	-4.74	-3.62	-3.76	-6.85	-13.95	-3.75
2014	-4.70	-3.65	-3.99	-6.84	-14.43	-4.28
2015	-4.84	-3.71	-4.09	-6.95	-14.00	-4.53
2016	-4.86	-3.79	-3.98	-6.84	-14.40	-4.73
Avg.	-4.28	-3.65	-3.90	-6.89	-14.44	-3.76

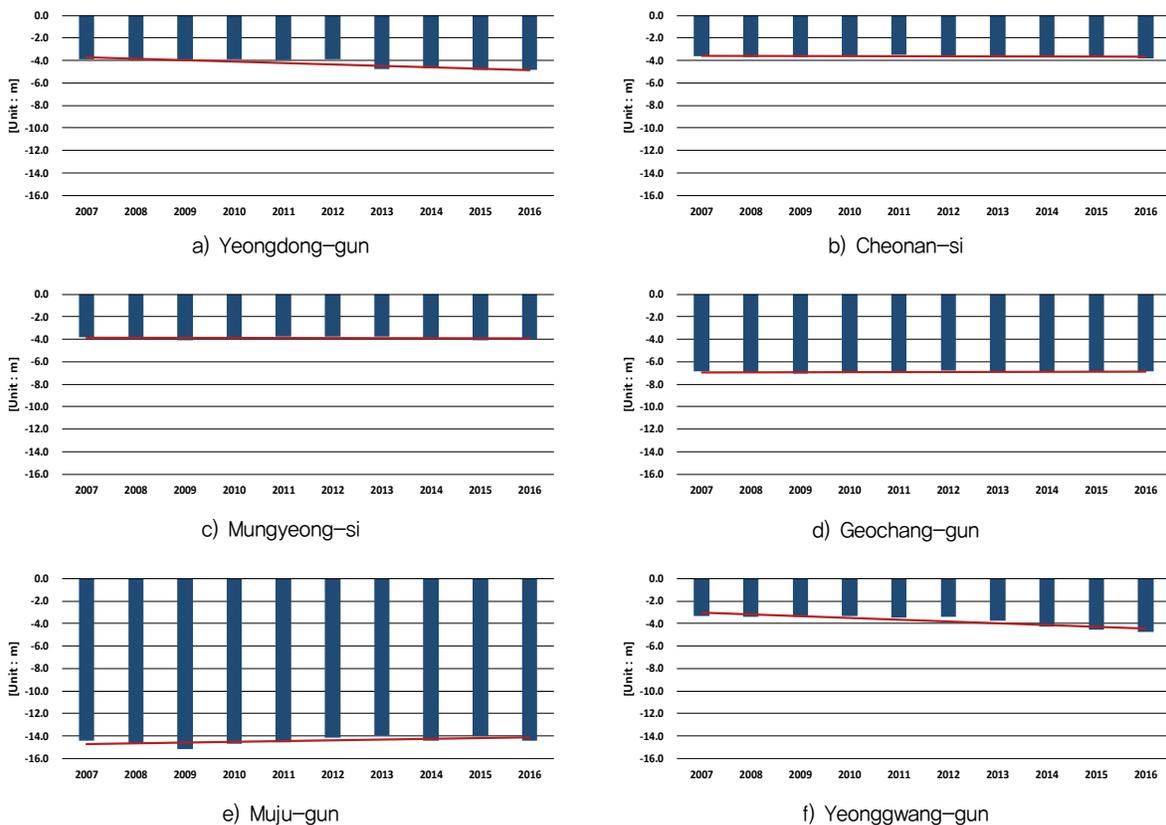


Fig. 4 Groundwater level survey result by target area

다. 관정 당 양수량

긍정적 영향 조사항목 중 지하수위 조사결과는 Table 7 및 Fig. 5와 같으며, 충청북도 영동군, 경상북도 문경시, 전라북도 무주군은 관정 당 양수량이 증가된 것으로 조사되었으나, 충청남도 천안시, 경상남도 거창군, 전라남도 영광군의 관정 당 양수량이 감소한 것으로 분석되었다. 관정 당 최대 양수량 대비 최소 양수량의 차이는 충청북도 영동군은 20.0%, 충청남도 천안시는 59.7%, 경상북도 문경시는 38.1%, 경상남도 거창군은 34.7%, 전라북도 무주군은 50.0%, 전라남도 영광군은 24.4%로 분석되었다.

라. 경지면적

부정적 영향 조사항목 중 경지면적 조사결과는 Table 8 및 Fig. 6에 제시하였으며, 조사결과 대상지역 전 지역에서 경지면적은 증가하는 것으로 조사되었다. 이러한 이유는 재배작물 및 농가수의 변화로 인하여 논에서 밭으로의 전환이 많기 때문이라 판단된다. 대상지역별 최소경지면적에서 최대경지면적의 증가폭은 충청북도 영동군은 13.9%, 충청남도 천안시는 14.2%, 경상북도 문경시는 23.3%, 경상남도 거창군은 32.8%, 전라북도 무주군은 24.8%, 전라남도 영광군은 25.6%로 나타났으며, 대상지역 전체 경지면적 증가는 평균 22.4%로 분석되었다.

Table 7 Pumping capacity per groundwater well survey result by target area

(Unit : m<sup>3</sup>)

Year	Yeongdong-gun	Cheonan-si	Mungyeong-si	Geochang-gun	Muju-gun	Yeonggwang-gun
2007	2,479.92	2,207.89	1,279.67	4,643.57	1,852.63	2,907.41
2008	2,493.90	2,222.34	1,369.34	4,744.04	2,520.19	3,086.36
2009	2,538.47	2,170.60	1,349.10	4,738.30	2,503.01	3,004.62
2010	2,579.10	2,184.17	1,342.07	4,838.93	3,708.72	2,941.24
2011	2,821.90	2,213.46	1,394.18	4,757.58	3,653.13	2,944.51
2012	3,101.74	2,078.17	1,483.06	4,773.25	3,549.23	2,890.94
2013	3,036.20	1,534.57	1,996.71	4,561.06	3,352.63	2,334.03
2014	2,991.06	895.28	2,067.04	3,550.09	3,187.94	2,423.74
2015	3,007.47	1,050.26	1,633.43	3,413.48	3,105.95	2,472.12
2016	2,952.20	1,596.16	1,637.41	3,160.96	2,917.12	2,471.01
Avg.	2,800.20	1,815.29	1,555.20	4,318.12	3,035.06	2,747.60

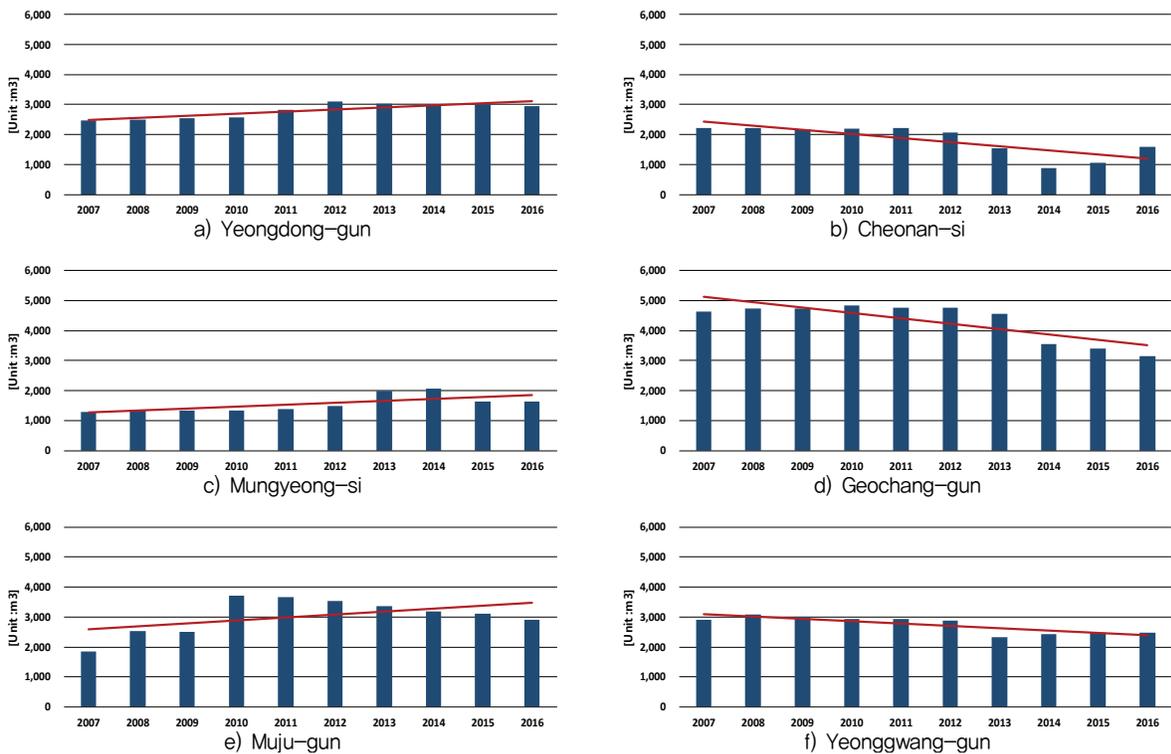
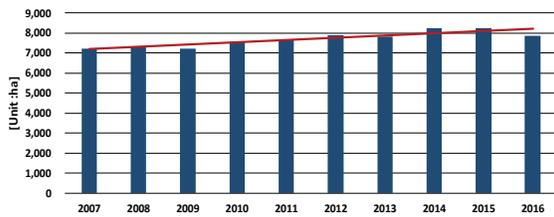


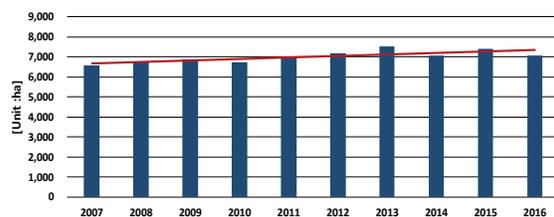
Fig. 5 Pumping capacity per groundwater well survey result by target area

**Table 8** Cultivation area survey result by target area (Unit : ha) Table 8 Cultivation area survey result by target area (Unit : ha)

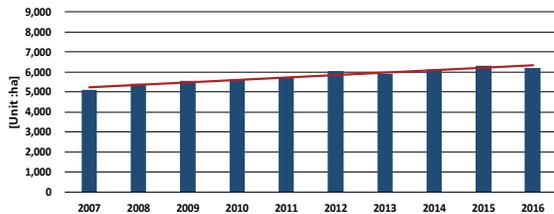
Year	Yeongdong-gun	Cheonan-si	Mungyeong-si	Geochang-gun	Muju-gun	Yeonggwang-gun
2007	7,233.0	6595.0	5,115.0	4,400.0	3,200.0	4,532.0
2008	7,296.0	6744.0	5,396.0	4,376.0	3,214.0	4,398.0
2009	7,235.0	6876.0	5,556.0	4,790.0	3,692.0	4,581.0
2010	7,575.0	6732.0	5,623.0	4,943.0	3,695.0	4,547.0
2011	7,691.0	7016.0	5,729.0	4,908.0	3,739.0	4,474.0
2012	7,892.0	7180.0	6,044.0	5,139.0	3,905.0	4,796.0
2013	7,832.0	7530.0	5,882.0	5,077.0	3,674.0	5,394.0
2014	8,240.0	7052.0	6,119.0	5,386.0	3,841.0	5,519.0
2015	8,240.0	7426.0	6,305.0	5,811.0	3,847.0	5,524.0
2016	7,861.0	7076.0	6,208.0	5,628.0	3,992.0	5,318.0
Avg.	7,709.5	7022.7	5,797.7	5,045.8	3,679.9	4,908.3



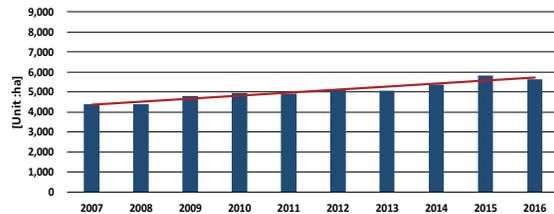
a) Yeongdong-gun



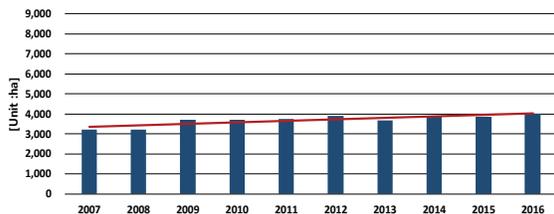
b) Cheonan-si



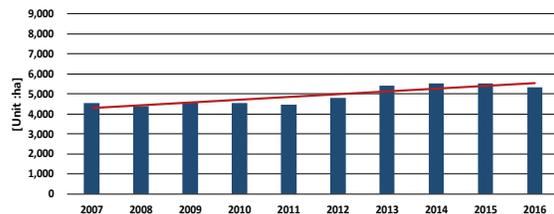
c) Mungyeong-si



d) Geochang-gun



e) Muju-gun



f) Yeonggwang-gun

**Fig. 6** Cultivation area survey result by target area

**마. 무강우연속일수**

부정적 영향 조사항목 중 무강우연속일수 조사결과는 Table 9 및 Fig. 7에 제시하였으며, 조사결과 대상지역 중 충청남도 천안시, 경상북도 거창군은 증가하나, 나머지 지역은 감소하는 것으로 조사되었다. 대상 지역별 최소 무강우연속일수에서 최대 무강우연속일수의 증가폭은 충청북도 영동군은 46.7%, 충청남도 천안시는 26.6%, 경상북도 문경시는 25.5%, 경상남도 거창군은 30.7%, 전라북도 무주군은 25.2%, 전라남

도 영광군은 42.0%로 나타났으며, 대상 지역 전체 경지면적 증가는 평균 32.8%로 분석되었다.

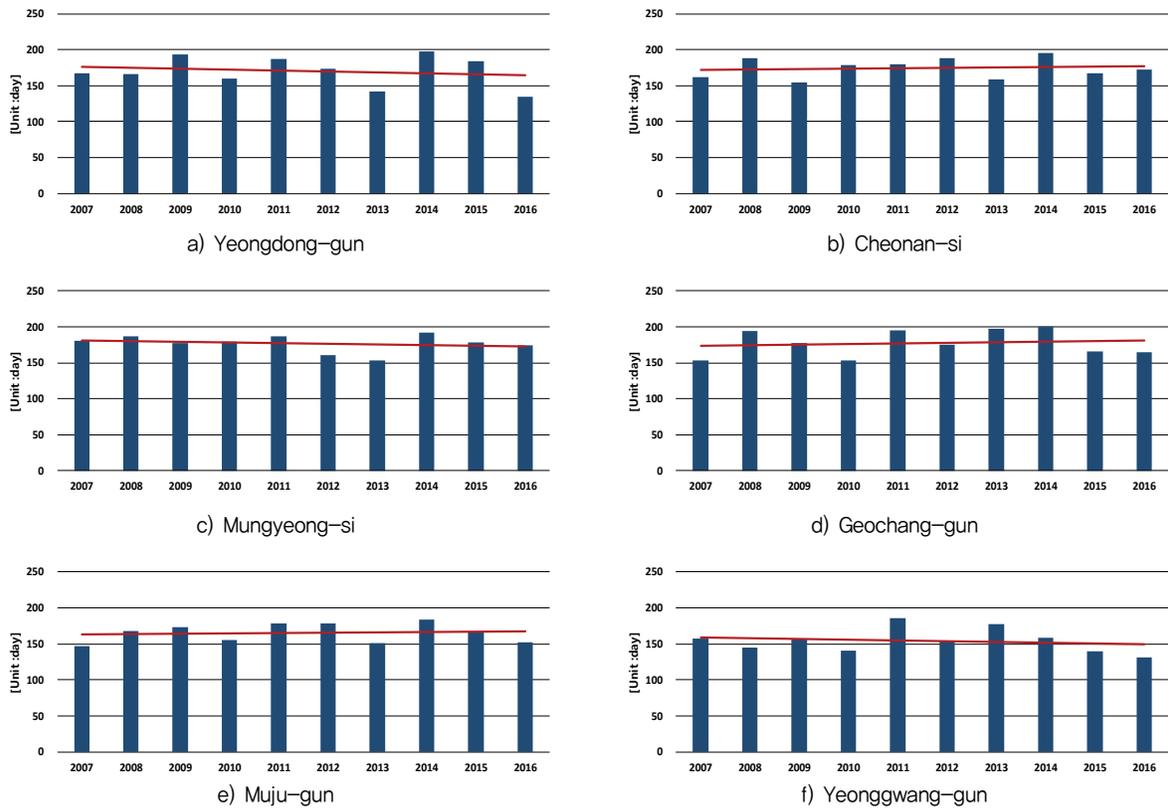
**바. 민간관정비율**

부정적 영향 조사항목 중 민간관정비율 조사결과는 Table 10 및 Fig. 8에 제시하였으며, 조사결과 대상 지역 중 경상북도 문경시만 감소하며 나머지 지역은 증가하는 것으로 조사되었다. 대상 지역별 최소 민간관정비율에서 최대 민간관정

**Table 9** The number of days without rain survey result by target area

(Unit : Day)

Year	Yeongdong-gun	Cheonan-si	Mungyeong-si	Geochang-gun	Muju-gun	Yeonggwang-gun
2007	167.0	162.0	180.0	153.0	147.0	157.0
2008	166.0	188.0	187.0	194.0	168.0	145.0
2009	193.0	154.0	177.0	177.0	173.0	156.0
2010	160.0	179.0	179.0	153.0	155.0	141.0
2011	187.0	180.0	187.0	195.0	179.0	186.0
2012	173.0	188.0	161.0	175.0	179.0	154.0
2013	142.0	159.0	153.0	197.0	151.0	177.0
2014	198.0	195.0	192.0	200.0	184.0	159.0
2015	184.0	167.0	178.0	166.0	166.0	140.0
2016	135.0	172.0	174.0	165.0	152.0	131.0
Avg.	170.5	174.4	176.8	177.5	165.4	154.6



**Fig. 7** The number of days without rain survey result by target area

비율의 증가폭은 충청북도 영동군은 0.4%, 충청남도 천안시는 1.1%, 경상북도 문경시는 1.5%, 경상남도 거창군은 8.2%, 전라북도 무주군은 12.4%, 전라남도 영광군은 0.9%로 나타났으며, 대상 지역 전체 경지면적 증가는 평균 4.1%로 분석되었다. 전라북도 무주군의 민간관정비율 증가폭이 크다는 것은 공공관정비율이 적어지는 것을 의미하며, 이는 관정의 유지 관리 측면에서 불리할 것으로 판단된다.

### 3. 표준화 결과

긍정적인 영향 조사항목의 표준화 점수가 1에 가까울수록 관정의 능력발휘 또는 효율성 등 긍정적인 영향이 크다는 의미이며, 반대로 부정적인 영향의 조사항목의 표준화 점수가 1에 가까울수록 부정적인 영향이 크다는 것을 의미하는 것이다.

대상 지역별 실태조사를 통해 얻어진 결과를 토대로 표준화를 실시한 결과 표준화 점수는 다양하였으며 Table 11에 제시하였다.

Table 10 Private groundwater well ratio survey result by target area

(Unit : %)

Year	Yeongdong-gun	Cheonan-si	Mungyeong-si	Geochang-gun	Muju-gun	Yeonggwang-gun
2007	97.2	96.9	97.6	90.9	84.2	96.8
2008	97.2	96.9	97.6	91.1	92.5	96.8
2009	97.2	96.9	97.6	90.7	93.1	96.8
2010	97.3	96.8	97.5	89.5	93.9	96.9
2011	97.4	96.9	97.6	85.4	94.8	96.9
2012	97.4	97.0	96.3	89.5	95.2	97.0
2013	97.4	97.0	96.5	90.1	95.4	97.6
2014	97.5	97.4	96.6	92.2	95.7	97.6
2015	97.5	97.9	96.3	92.6	95.9	97.6
2016	97.6	98.0	96.2	93.0	96.2	97.6
Avg.	97.4	97.2	97.0	90.5	93.7	97.2

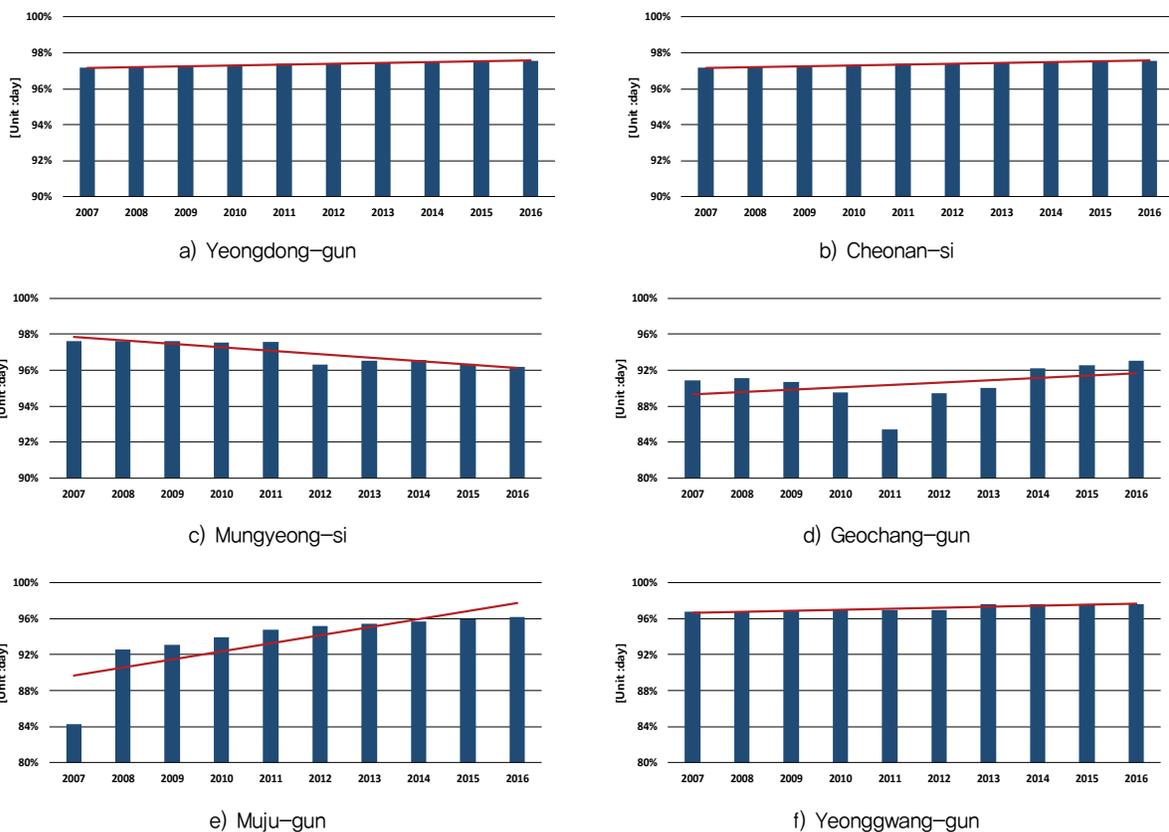


Fig. 8 Private groundwater well ratio survey result by target area

#### 4. 취약성평가 결과

실태조사항목의 표준화를 거쳐 취약성평가 결과를 Table 12에 제시하였다. 그 결과 전라남도 영광군이 47.85점으로 취약 정도는 보통으로 가장 좋은 결과를 보였으나, 충청북도 영동군 (2.82), 경상북도 문경시 (-34.29), 전라북도 무주군 (-13.39)의 경우 매우 취약한 결과를 나타내었으며, 매우 취약한 지역의 경우 관정에서의 관개가 불가하거나 추가 관정개발이 이루어져야 한다고 판단된다.

#### IV. 결 론

관정에 대한 취약성평가 결과를 요약하면 다음과 같다.

실태조사항목은 관정능력 및 효율에 긍정적 영향을 주는 3가지 항목인 강수량, 지하수위, 관정 당 양수량과 부정적 영향을 주는 3가지 항목 경지면적, 연속무강우일수, 민간관정비율로 선정하였다. 실태조사 자료들은 조사의 통일성을 위해

Table 11 Standardzation result by target area

Division		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	AVG.
Yeongdong-gun	①	0.72	0.15	0.30	0.45	1.00	0.71	0.31	0.27	0.00	0.48	0.44
	②	1.00	0.90	0.83	0.97	0.91	0.96	0.13	0.16	0.02	0.00	0.59
	③	0.00	0.02	0.09	0.16	0.55	1.00	0.89	0.82	0.85	0.76	0.52
	④	0.00	0.06	0.00	0.34	0.45	0.65	0.59	1.00	1.00	0.62	0.47
	⑤	0.51	0.49	0.92	0.40	0.83	0.60	0.11	1.00	0.78	0.00	0.56
	⑥	0.00	0.01	0.10	0.31	0.47	0.57	0.65	0.76	0.90	1.00	0.48
Cheonan-si	①	0.58	0.13	0.25	0.60	1.00	0.56	0.34	0.09	0.00	0.26	0.38
	②	0.58	0.33	0.25	0.71	1.00	0.58	0.58	0.48	0.27	0.00	0.48
	③	0.99	1.00	0.96	0.97	0.99	0.89	0.48	0.00	0.12	0.53	0.69
	④	0.00	0.16	0.30	0.15	0.45	0.63	1.00	0.49	0.89	0.51	0.46
	⑤	0.20	0.83	0.00	0.61	0.63	0.83	0.12	1.00	0.32	0.44	0.50
	⑥	0.02	0.05	0.04	0.00	0.05	0.10	0.15	0.49	0.95	1.00	0.29
Mungyeong-si	①	0.76	0.23	0.47	0.52	1.00	0.70	0.56	0.27	0.00	0.48	0.50
	②	0.78	0.25	0.07	0.81	1.00	0.97	0.99	0.28	0.00	0.32	0.55
	③	0.00	0.11	0.09	0.08	0.15	0.26	0.91	1.00	0.45	0.45	0.35
	④	0.00	0.24	0.37	0.43	0.52	0.78	0.64	0.84	1.00	0.92	0.57
	⑤	0.69	0.87	0.62	0.67	0.87	0.21	0.00	1.00	0.64	0.54	0.61
	⑥	0.99	1.00	1.00	0.94	0.96	0.07	0.22	0.25	0.09	0.00	0.55
Geochang-gun	①	1.00	0.00	0.32	0.84	0.63	0.83	0.42	0.56	0.37	0.55	0.55
	②	0.98	0.19	0.00	0.68	0.84	1.00	0.85	0.90	0.44	0.90	0.68
	③	0.88	0.94	0.94	1.00	0.95	0.96	0.83	0.23	0.15	0.00	0.69
	④	0.02	0.00	0.29	0.40	0.37	0.53	0.49	0.70	1.00	0.87	0.47
	⑤	0.00	0.87	0.51	0.00	0.89	0.47	0.94	1.00	0.28	0.26	0.52
	⑥	0.71	0.75	0.69	0.54	0.00	0.53	0.61	0.88	0.94	1.00	0.66
Muju-gun	①	0.81	0.23	0.43	0.80	1.00	0.68	0.56	0.49	0.00	0.38	0.54
	②	0.62	0.40	0.00	0.38	0.48	0.81	1.00	0.60	0.96	0.62	0.59
	③	0.00	0.36	0.35	1.00	0.97	0.91	0.81	0.72	0.68	0.57	0.64
	④	0.00	0.02	0.62	0.63	0.68	0.89	0.60	0.81	0.82	1.00	0.61
	⑤	0.00	0.57	0.70	0.22	0.86	0.86	0.11	1.00	0.51	0.14	0.50
	⑥	0.00	0.70	0.75	0.81	0.88	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	0.79
Yeonggwang-gun	①	0.99	0.00	0.78	0.91	0.47	1.00	0.38	0.46	0.07	0.77	0.58
	②	0.96	0.96	0.94	1.00	0.89	0.94	0.70	0.32	0.14	0.00	0.69
	③	0.76	1.00	0.89	0.81	0.81	0.74	0.00	0.12	0.18	0.18	0.55
	④	0.12	0.00	0.16	0.13	0.07	0.35	0.88	1.00	1.00	0.82	0.45
	⑤	0.47	0.25	0.45	0.18	1.00	0.42	0.84	0.51	0.16	0.00	0.43
	⑥	0.00	0.02	0.08	0.14	0.16	0.24	0.97	0.98	0.98	1.00	0.46

① Annual precipitation ② Groundwater level ③ Pumping capacity per groundwater well ④ Cultivation area  
 ⑤ The Number of days without rain ⑥ Private groundwater well ratio

2007년부터 2016년까지 10년간의 자료를 조사하였다. 취약성 점수 산정을 위한 실태조사항목들의 표준화는 스케일재조정 방법을 이용하였다. 취약성평가 등급은 1~5등급으로 구분하였으며 점수가 낮을수록 취약성이 큰 것을 의미한다.

대상 지역은 수도권 및 제주도를 제외한 중부 및 남부지방에서 농업가뭄관리시스템 (ADMS)의 발토양유효수분현황 (2017년~2019년)을 분석하여 주의이하 횡수가 많으며, 토양 수분이 가장 적은 값을 나타낸 지역(충청북도 영동군, 충청남도 천안시, 경상북도 문경시, 경상남도 거창군, 전라북도 무주

군, 전라남도 영광군)을 선정하여 실태조사 조사 및 취약성평가를 실시하였다.

실태조사 결과 긍정적 영향 조사항목인 강수량은 모든 대상 지역에서 강수량이 감소하는 경향을 보였으며, 지하수위 조사결과 거창군과 무주군의 지하수위가 상승하고 다른 지역은 감소하는 것으로 분석되었다. 관정 당 양수량은 영동군, 문경시, 무주군은 증가하고 천안시, 거창군, 영광군은 감소하였다. 부정적인 영향 조사항목인 경지면적은 전 지역에서 경지면적(밭)이 증가하고 있으며, 무강우연속일수는 천안시, 거

Table 12 Vulnerability evaluation result

Division	Vulnerability evaluation result					
Yeongdong-gun	Positive effect	① 0.44	② 0.59	③ 0.52	Total 1.54	Vulnerability Score(Score) 2.82
	Negative effect	④ 0.47	⑤ 0.56	⑥ 0.48	Total 1.51	
Cheonan-si	Positive effect	① 0.38	② 0.48	③ 0.69	Total 1.55	Vulnerability Score(Score) 31.29
	Negative effect	④ 0.46	⑤ 0.50	⑥ 0.29	Total 1.24	
Mungyeong-si	Positive effect	① 0.50	② 0.55	③ 0.35	Total 1.40	Vulnerability Score(Score) -34.02
	Negative effect	④ 0.57	⑤ 0.61	⑥ 0.55	Total 1.74	
Geochang-gun	Positive effect	① 0.55	② 0.68	③ 0.69	Total 1.92	Vulnerability Score(Score) 26.63
	Negative effect	④ 0.47	⑤ 0.52	⑥ 0.66	Total 1.65	
Muju-gun	Positive effect	① 0.54	② 0.59	③ 0.64	Total 1.76	Vulnerability Score(Score) -13.39
	Negative effect	④ 0.61	⑤ 0.50	⑥ 0.79	Total 1.90	
Yeonggwang-gun	Positive effect	① 0.58	② 0.69	③ 0.55	Total 1.82	Vulnerability Score(Score) 47.85
	Negative effect	④ 0.45	⑤ 0.43	⑥ 0.46	Total 1.34	

① Annual precipitation ② Groundwater level ③ Pumping capacity per groundwater well ④ Cultivation area  
⑤ The Number of days without rain ⑥ Private groundwater well ratio

창균은 증가하고 나머지는 감소하는 것으로 분석되었다. 민간관정비율은 문경시만 감소하고 나머지는 지역은 증가하는 것으로 이는 공공관정비율이 감소하는 것을 의미하며, 관정의 유지관리 측면에서 불리할 것으로 판단된다.

취약성평가 결과 전라남도 영광군이 가장 높은 점수인 47.85점으로 취약성등급은 보통수준을 보였으며, 영동군(2.82), 문경시(-34.02), 무주군(-13.39)은 매우 취약으로 분석되었다. 매우 취약한 지역은 관정의 개발 또는 다른 관개방법 강구가 필요한 것으로 분석되었다.

본 연구에서의 조사기간은 실태조사항목마다 통계자료의 조사연도가 상이하여 동일한 조사기간을 위해 2007년부터 2016년까지 10년의 짧은 조사기간 선정하였으나 향후 기상학적 평년(30년)이상을 조사기간으로 하여 취약성평가의 신뢰도를 향상할 필요가 있다 판단되며, 대상 지역으로 선정된 6개 지역 외 다양한 지역에 대한 관정 취약성평가를 실시하여 지역특성을 반영할 수 있는 실태조사항목 또는 취약성평가 방법을 선정할 필요가 있을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 연구사업(과제번호: PJ012569032019)과 행정안전부 극한재난대응기반기술개발사업의 연구비 지원(2019-MOIS31-010)에 의해 수행되었습니다.

### REFERENCES

1. Annual statistics, Agricultural Area Statistics. [http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M\\_01\\_01&vwcd=MT\\_ZTITLE&parmTabId=M\\_01\\_01](http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01&vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01)
2. Annual statistics, Amount of precipitation. <http://sts.kma.go.kr/jsp/home/contents/statistics/newStatisticsSearch.do?menu=SFC&MNU=MNU>
3. Annual statistics, Rainless days. <http://adms.ekr.or.kr/droughtInfo/rainCalendarMain.do>
4. Farjad, B., Zuhaidi, H., Mohammed, T. A., Pirasteh, S., and N. Wijesekara, 2012. Groundwater intrinsic vulnerability and risk mapping. *water Manage*, 165: 441-450.
5. Ground Water Annual Report, Groundwater amount.

- <https://www.gims.go.kr/waterAnnals.do?tgu=A>
6. Ground Water Monitoring Network in Korea Annual Report, Groundwater level. <https://www.gims.go.kr/waterAnnals.do?tgu=A>
  7. Han kook il bo, This year, the rainy season has fallen on the southern coast and Jeju. <https://www.hankookilbo.com>. Accessed 8 Aug. 2019.
  8. Hwang, H. Y., K. Y. Baek, B. H. Park, M. H. Lee, J. H. Hwang, E. L. Ryu, and T. Kim, 2001. Empirical application for the urban disaster risk assessment: fire, facility and escape cases in Cheongju city. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation* 1(2): 123-137 (in Korean).
  9. Jeon, J. C., H. D. Kim, S. M. Jeon, S. M. Cho, M. S. Kim, Y. J. Choo, J. H. Lee and C. G. Park, 2017. Analysis of upland irrigation facilities for upland drought impact assessment. The 2017 Korean Society of Agricultural Engineers Annual Conference, 155. Jeju, Jeju-do, Korea.: KSAE.
  10. Jeong, E. D., C. H. Shin, and H. Y. Hwang, 2010. A study on the evaluation model of disaster risk for earthquake: centering on the cases of Cheongju city. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation* 10(5): 67-73 (in Korean).
  11. Kim. H. S., We must build a field irrigation facility management system. [Http://www.agrinet.co.kr/news/articleView.html?idxno=133106](http://www.agrinet.co.kr/news/articleView.html?idxno=133106). Accessed 21. November. 2014.
  12. Kim, S. J., S. M. Kim, and S. M. Kim, 2013. A study on the vulnerability assessment for agricultural infrastructure using principal component analysis. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 55(1): 31-38 (in Korean) doi:10.5389/KSAE.2013.55.1.031.
  13. Lee, G. Y., S. I. Lee, J. W. Do, and T. H. Ha, 2016. Meteorological drought information production and utilization technologies. *Journal of Disaster Prevention* 18(2): 47-60 (in Korea).
  14. Lee, J. Y., H. H. Hwang, H. J. Shin, H. D. Kim, H. J. Kwon, J. C. Jeon, S. S. Cha, and C. G. Park, 2018. Evaluation of drought impact and function improvement effect of agricultural hydraulic structures. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 60(3): 1-13. doi: 10.5389/KSAE.2018.60.3.001
  15. Lee, M. S., D. H. Jang, and S. H. Lee, 2014. An analysis of flooded areas by flood frequency for drawing a flood risk map: focusing on Nonsancheon and Noseongcheon basin. *Journal of Climate Research* 9(2): 153-166 (in Korean)
  16. Myong, S. J., 2010. Assessing vulnerability to climate change of the physical infrastructure and developing adaptation measures in Korea II, 53. green growth study 2010-13, City Hall-daero, Sejongsi, Korea: Korea Environment Institute.
  17. Shin, H. J., H. J. Kwon, J. Y. Lee, J. H. Lee, and C. G. Park, 2018. Vulnerability evaluation for water supply of irrigation facilities: Focusing on Dangjin-si, Yesan-gun, Cheongyang-gun, South Korea. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 60(6): 33-42. doi: 10.5389/KSAE.2018.60.6.033
  18. Shin, H. J., H. D. Kim, J. N. Lee, and S. M. Kang, 2017. Evaluation of agricultural water impacts due to climate change of precipitation. The 2017 Korea Water Resources Association Annual Conference, 227. Changwon, Gyeongsangnam-do, Korea.: KWRA.
  19. Yang, J. S., J. B. Lee, and I. H. Kim, 2017. Assessment of the vulnerability of groundwater level management in Nakdong river basin. *J. Korea Water Resour. Assoc.* 50(12): 815-825 (in Korean).
  20. Yun, H. S., D. H. Lee, and Y. C. Suh, 2009. Preparation of landslide hazard map using the analysis of historical data and GIS method. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 12(4): 59-73 (in Korean).