

AHP기법을 이용한 수요자 중심의 농업가뭄 영향 평가 기준 도출 연구

이석주 · 송재도 · 장태일 · 설동문 · 손재권[†]

전북대학교 지역건설공학과

A Study on the Derivation of the User-Oriented Agricultural Drought Assessment Criteria Using the AHP technique

Lee, Suk-Ju · Song, Jae-Do · Jang, Tae-Il · Sul, Dong-Moon · Son, Jae-Kwon[†]

Rural Construction Engineering, Chonbuk National University

ABSTRACT : Currently in the drought evaluation, which is a supplier-oriented standard that applies storage rates of reservoirs, evaluation for users that use agricultural water is not done. Therefore, this study established drought evaluation items for drought evaluation based on farmers' judgement, conducted a survey on farmers and experts, compared and analyzed weighted value between two groups, and then classified the evaluation standards per each evaluation item. The agricultural drought evaluation items are 5 major items of water supply lapse rate, agricultural weather, agricultural irrigation facility, crop and soil, and 12 subsections for regional characteristics and opinions of consumers that use water to be reflected. The result of analyzing weighted value of farmers and experts' major items shows that farmers is agricultural irrigation facility(0.219), water supply lapse rate(0.211), agricultural weather(0.204), crop(0.183) and soil(0.183). Experts is agricultural weather(0.297), agricultural irrigation facility(0.202), water supply lapse rate(0.189), crop(0.162) and soil(0.150), which displays difference between the two groups. The agricultural drought criteria standards are established based on precedent studies and cases, and grades of evaluation items are 1st grade(extreme stage), 2nd grade(warning stage), 3rd grade(alert stage) and 4th grade(attention stage). The above analysis per each consumer-oriented agricultural drought evaluation item and the analysis on the standards of evaluation grades are expected to be used as a basic resource for establishing agriculture drought policy and selecting drought area in the future.

Key words : Agricultural Drought, AHP, Criteria, Drought Assessment

1. 서 론

최근 기온상승 및 강우패턴 변화로 인해 전세계에 가뭄과 폭염 피해가 증가하고 있으며, 우리나라는 매년 가뭄으로 인해 농업·생활용수 부족이 발생하고 있다(Kim et al., 2018). 2018년 가뭄과 폭염으로 인해 공사관리 저수지의 평균 저수율은 8월 23일 기준 47.8%로 심각한 수치를 기록하였다(KRC, 2018). 가뭄은 물 부족과 개념상 혼동되지만 '물 부족'은 필요수량에 대한 부족 현상을 말하며, '가뭄'은 평균 필요 수량에 대한 물 부족 현

상이라고 정의하고 있다(Byun, 2009). 가뭄지수를 활용한 연구로 표준강수 증발산지수(SPEI)와 기상청 표준강수지수(SPI)를 활용하여 남한지역의 가뭄을 평가한 결과 6년 주기로 큰 가뭄이 발생한다고 하였다(Kim et al., 2012). 표준강수지수를 보완하여 가뭄평가 및 저수지, 강수 등 수자원을 이용한 가뭄평가 연구를 수행하였다(Kwon et al., 2015). 또한, 포괄적인 가뭄에 대한 정의만 존재하며 법률적 체계가 형성되어 있지 않아 기상학적, 농업적, 수문학적 가뭄의 위기수준 판단 및 기준이 제공되지 못하고 있다(Kim et al., 2016).

농업수리시설을 활용한 가뭄평가 연구로 저수지 가뭄지수를 활용하여 시기별로 부족수량을 산정하고 가뭄강도를 정량화함으로써 2012년 발생한 가뭄을 나타내고자

[†] Corresponding Author : Son, Jae-Kwon
Tel : 063-270-2523
E-mail : sjg@jbnu.ac.kr

하였고(Nam et al., 2013), 농업용 저수지의 저수량을 조사하여 6월 중순과 상순에 가뭄이 가장 크게 발생한다고 분석하였다(Kim et al., 2017). 또한, 토양수분함량을 이용하여 가뭄을 평가 한 연구로는 2000년부터 2015년 까지 토양수분의 시·공간적 변화를 분석하여 지표특성에 따라 가뭄이 다르게 나타났다고 하였다(Choi et al., 2017). 특히, 농업가뭄에 대한 연구는 공급자 중심의 연구가 일부 수행되었으나 농업용수를 사용하는 수요자 중심 연구는 진행되고 있지 않다고 하였다(Lee, 2018). 2016년 기준 수리답 면적은 728천ha이며 저수지로부터 용수를 공급받는 면적은 440천ha로 60.5%의 높은 비중을 차지하고 있지만, 이외에도 하천의 취입보, 관정, 집수암거 등을 통해 288천ha인 39.5%는 타 용수원으로 이루어져 있는 것으로 조사되었다(KRC, 2017). 그러나, 현재 농업가뭄평가에 활용하고 있는 기준은 저수지 저수율을 적용하고 있어 저수지 외 타 용수원에 대한 상황이 반영되지 못하고 있는 실정이다. 가뭄 평가 시 활용이 가능할 수 있도록 구체적인 평가기준 및 평가등급을 제시하고자 한다. 따라서, 농업가뭄의 평가를 위해서는 논 중심의 저수지 저수율과 같은 공급자위주의 평가도 필요하지만, 농업용수를 활용하는 수요자 입장에서 가뭄을 평가하는 기법의 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 이에 본 연구는 가뭄평가에 대한 선행연구 및 관련문헌을 조사하여 논밭 등에서 범용적으로 활용할 수 있도록 수요자 중심의 농업가뭄 평가항목을 도출하였다. 평가항목에 대한 가중치 부여를 위해 계층분석법(AHP)을 이용하였으며, 수요자 중심의 가뭄 평가 시 활용이 가능할 수 있도록 구체적인 평가기준 및 평가등급을 제시하고자 한다.

II. 자료 및 방법

1. 연구 추진 과정

연구 추진은 먼저, 농업가뭄에 관한 문헌 및 사례검토, 농업가뭄 관련 연구자 등과 협의를 거쳐 대항목, 세부항목으로 평가항목(안)을 구성하였다. 평가항목(안)에 대하여 가뭄관련 전문가(대학교수 4명, 농어촌공사 용수담당 관리자 3명, 민간 연구원 5명) 12인을 대상으로 2017년 8월 1일부터 8월 10일까지 1차 설문을 진행한 후 평가항목을 수정보완 하였고, 농업가뭄 평가를 위한 계층구조를 설정하였다(Figure 1). 다음으로 농업가뭄평가 항목별 가중치 분석을 위해 2차 설문조사를 실시하였고, 농업가뭄 세부평가항목에 대한 평가기준을 설정하였다.

2. 평가항목 설정 및 계층구조

수요자 중심의 농업가뭄평가항목 설정을 위해 문헌조사, 농업가뭄 전문가 검증 과정을 거쳐 용수공급체감율, 농업기상, 농업수리시설, 작물, 토양 등 5개 대항목과 12개 세부항목을 도출하였다.

먼저 용수공급체감율은 농업수리시설(농업용저수지, 관정, 하천)으로부터 용수공급에 대한 체감 정도를 의미한다. 기존 농업가뭄평가에서 강수량이나 토양수분이 낮아도 댐, 저수지 등 시설물과 하천의 수자원 확보량에 따라 체감 가뭄 정도는 다르게 나타날 수 있는 어려움이 있다 (Park et al., 2012). 따라서, 저수지, 하천 등 다양한 농업

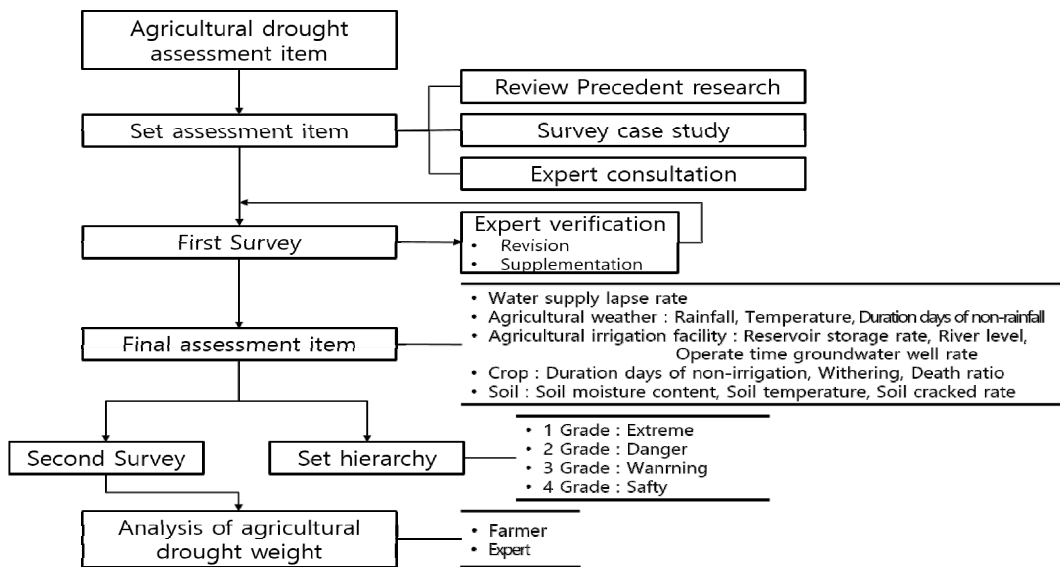


Figure 1. Process of study promotion for agricultural drought assessment

용수에 대한 용수공급체감정도를 농업인 입장에서 종합적으로 판단할 수 있는 용수공급체감율을 설정하였다.

다음으로 농업기상항목은 기상청, 수자원공사, 농어촌공사에서 가뭄평가에 사용되고 있는 가뭄지수를 검토하여 평가항목에 활용하였다. 농업기상에 관련된 인자 중 농업가뭄에 영향을 미치는 요소는 다양하나 정량적 데이터 확인이 가능한 자료를 검토한 결과 강수량, 기온, 무강우일수 등을 정하였다.

농업수리시설으로 농업인이 작물 관개에 사용하고 있는 주요 수리시설물인 저수지, 하천, 지하수 등이 있으며 농업인이 현장에서 정량적 평가가 가능한 요소로 저수지는 저수지 저수율, 하천은 하천 수위, 지하수는 관정 가동시간 등으로 설정하였다.

작물을 활용한 가뭄평가는 식생의 활성도 변화 및 지표면의 온도 변화를 통해 가뭄현상을 파악하고 있다(Nam et al., 2015). 그러나, 재배작물의 다양성으로 인해 작물별 시계열자료를 확보하는데 어려움이 있고 대표적인 지표자료를 설정하기도 힘든 상황이다. 따라서, 정량적 평가가 가능한 세부항목을 설정하기 위해 현재 정부에서 가뭄상황 보고 시 활용하고 있는 시들음, 고사율 등을 세부항목으로 정하였고, 농업인이 현장에서 파악할 수 있는 무관개일수를 추가적으로 검토하였다. 시들음이란 발작물이 시들해지는 현상을 말하며, 고사율은 전체 논 면적 중 말라 죽은 작물의 면적 비율을 의미한다.

토양 평가항목은 토양수분지수, PDSI(파머가뭄지수)에 대한 가뭄평가 요소 중 정량적 평가가 가능한 토양수분함량과 지온 항목을 도출하였으며, 피해면적과 농업인이 현장에서 전체적인 가뭄상황을 판단할 수 있는 토양균열

을 평가항목으로 설정하였다.

평가항목 설정 후 가중치 분석을 위해 AHP에 근거한 3계층 구조를 구성하였다. 1계층은 가뭄평가 설문 대상인 농업인, 전문가로 설정하였으며, 2계층은 용수공급체감율, 농업기상, 농업수리시설, 작물, 토양 등 5개의 대항목으로 구성하였다. 3계층은 5개의 대항목 중 용수공급체감율을 제외한 농업기상, 농업수리시설, 작물, 토양 등 4개 대항목에 각각 3개의 세부평가항목으로 하였다(Figure 2).

3. 우선순위 분석 및 설문조사

AHP(Analytic Hierarchy Process)는 1970년대 초 Pennsylvania 대학의 토마스 사티(Thomas L. Saaty)에 의해 개발되었다. AHP는 정성적인 요소를 포함한 문제의 의사결정에 적용될 수 있으며, 사람이 가지고 있는 주관 이 반영될 수 있도록 모델을 구상하였다. 의사결정 방법의 하나인 AHP기법은 평가과정에서 총괄적인 쌍대비교를 하는 것이 두드러진 특징이며, 다수의 목적을 동시에 고려하거나 불확실한 상황을 명확하게 판단할 수 있는 수단으로 활용된다고 하였다(Kinoshita, 2012).

AHP는 의사결정의 여러 요소들을 계층 구조화 하고 같은 계층의 요소들을 쌍대 비교하여 각 요소들의 가중치를 산출하는 특징이 있다(Kinoshita, 2012). 쌍대 비교를 통해 산출된 가중치는 정량적 요소만이 아닌 정성적 요소를 의사결정에 반영할 수 있고, AHP의 의사결정 과정은 4단계로 이루어진다(Jang, 2015). 제1단계에서는 의사결정에 영향을 주는 요소를 계층구조로 구분하고, 2단

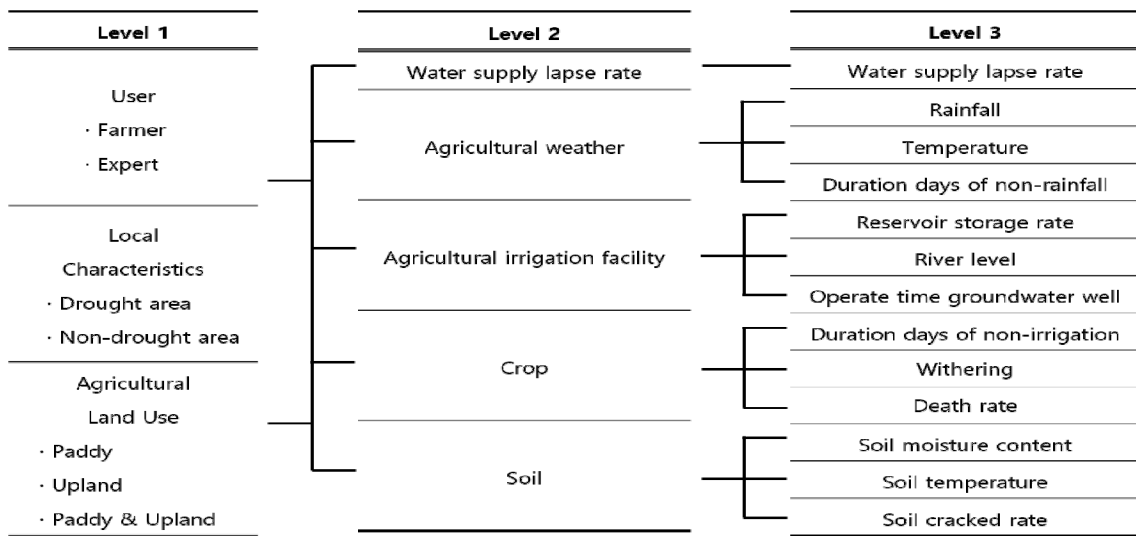


Figure 2. Agricultural drought assessment hierarchy

계에서는 각 계층의 요소 간의 가중치를 도출한다. 가중치 설정과정에서 계층 내 요소들 간 비교와 특정 요소 하에서 대안간 비교로 나뉘지게 되며, 비교분석 방법은 쌍대비교를 사용한다. 제3단계에서는 2단계에서 구해진 각 계층 요소의 가중치의 일관성을 검토한다. 일관성 검토는 의사결정을 위한 필요조건으로 일관성지수(C.I. : Consistency Index)는 $C.I. = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$ 에 의해 계측되며, 행렬의 최대고유치 λ_{max} 와 행렬의 크기 n 의 값으로부터 얻어진다. 그 다음으로 일관성비율(C.R. : Consistency Ratio)을 분석함으로써 쌍대 비교의 일관성을 판단한다. 일관성비율은 일관성지수를 무작위지수(R.I. : Random Index)의 평균값으로 나눈 비율 $C.R. = (C.I./R.I.)$ 로 계산된다. 최종 C.R. 값이 0.1 이하일 경우에는 일관성이 있다고 말하고, 0.1을 초과한 경우 일관성 문제를 재검토하거나 기초자료에서 제외한다. 제4단계에서는 가중치에 대한 일관성 검증 후 가중치에 대한 통합과정을 통해 최종 가중치를 구하고 전체 중요도 순위를 도출 할 수 있다.

2차 설문조사는 경기도 안성시, 충청남도 서산시, 전라북도 장수군의 해당지역 농업인 200명(안성시 56명, 서산시 44명, 장수군 100명)과 가뭄관련 전문가 118명(대학교수 6명, 농어촌공사 용수담당관리자 93명, 민간 연구원 19명)을 대상으로 2017년 9월 14일 부터 2018년 5월 23일까지 실시하였다.

4. 농업가뭄 평가기준 설정

농업가뭄평가 시 농업인의 개인적인 평가와 지역의 다양한 특성을 반영하기 위해서는 구체적인 평가기준 설

정이 필요하다. 농업가뭄 평가항목의 세부 항목마다 선행연구와 기존의 평가기준을 조사하여 평가기준을 등급화 하였다. 평가항목의 등급은 현재 한국농어촌공사에서 가뭄평가에 활용하고 있는 1등급(심각단계), 2등급(경계단계), 3등급(주의단계), 4등급(관심단계) 등 4단계로 설정하였다(KRC, 2017).

III. 결과 및 고찰

1. 평가항목 우선순위 분석

농업인 200명, 수리·수문 관련 전문가 118명을 대상으로 이해도를 높이기 위해 직접 대면하여 설문조사를 실시하였다. 설문조사 후 일관성 분석결과 농업인의 경우 설문대상 200명중 일관성 있는 설문내용은 103명 이었으며, 전문가의 경우 설문조사를 실시한 118명에 대한 내용을 분석한 결과 54명의 일관성 있는 데이터가 분석되었다. AHP설문지는 일관성 있는 표본이 30부 이상 필요하며 이는 중심극한정리에 의해 정규분포를 가정할 수 있는 최소 표본수를 의미한다(Lee et al., 2015).

가. 농업인

농업인의 대항목에 대한 가중치 분석결과는 <Table 1>에서 보는 바와 같이 농업기상(0.219)항목의 가중치가 가장 높게 나타났으며, 다음으로 용수공급채감율(0.211), 농업수리시설(0.204), 작물(0.183)과 토양(0.183) 순으로 분석되었다. 세부항목별 가중치 분석결과는 농업기상항목 중 강수량(0.409)이 가장 높았고, 다음으로 무강우일

Table 1. An analysis of agricultural drought weight of farmer group

Item	Weight	Sub-item	Weight
Water supply lapse rate	0.211	Water supply lapse rate	0.211
Agricultural Weather	0.219	Rainfall	0.409
		Temperature	0.295
		Duration days of non-rainfall	0.296
		Reservoir storage rate	0.387
Agricultural irrigation facility	0.204	River level	0.322
		Operate time ground water well	0.291
		Duration days of no-irrigation	0.461
Crop	0.183	Withering	0.298
		Death rate	0.241
		Soil moisture content	0.381
Soil	0.183	Soil temperature	0.331
		Soil cracked rate	0.288
		Total	1.0

수(0.296)였고, 기온(0.295)항목이 가장 낮게 나타났다. 농업수리시설의 경우 저수지에 대한 저수율(0.387)이 가장 높았고, 하천수위(0.322), 관정 가동시간(0.291)순으로 나타났다. 작물항목은 무관개일수(0.461), 시들음(0.298), 고사율(0.241)순으로 무관개일수 항목이 높게 나타났으며, 토양항목은 토양수분함량(0.381), 지온(0.331), 토양균열(0.288)순으로 분석되었다.

나. 전문가

전문가의 대항목 가중치 분석결과는 <Table 2>에 나타난 바와 같이 농업기상(0.297)이 가장 높게 나타났으며, 다음으로 농업수리시설(0.202), 용수공급체감율(0.189)

과 작물(0.162), 토양(0.150)순으로 나타났다. 세부항목별로 농업기상항목에서 강수량(0.485), 무강우일수(0.293), 기온(0.222)순으로 나타났다. 농업수리시설의 경우 저수율(0.498), 하천수위(0.289), 관정 가동시간(0.213)순으로 중요도를 보였다. 작물항목은 무관개일수(0.516), 고사율(0.256), 시들음(0.228) 순으로 농업인의 설문결과와 마찬가지로 무관개일수가 가장 높았고, 토양항목에서는 토양균열(0.347), 토양수분함량(0.327), 지온(0.326) 순으로 토양균열이 가장 높게 분석되었다.

다. 농업인과 전문가의 그룹별 비교

농업인과 전문가의 대항목 가중치를 비교하면 <Figure

Table 2. An analysis of agricultural drought weight of Expert group

Item	Weight	Sub-item	Weight
Water supply lapse rate	0.189	Water supply lapse rate	0.189
Agricultural Weather	0.297	Rainfall	0.485
		Temperature	0.222
		Duration days of non-rainfall	0.293
		Reservoir storage rate	0.498
Agricultural irrigation facility	0.202	River level	0.289
		Operate time ground water well	0.213
		Duration days of no-irrigation	0.516
Crop	0.162	Withering	0.228
		Death rate	0.256
		Soil moisture content	0.327
Soil	0.150	Soil temperature	0.326
		Soil cracked rate	0.347
		Total	1.0

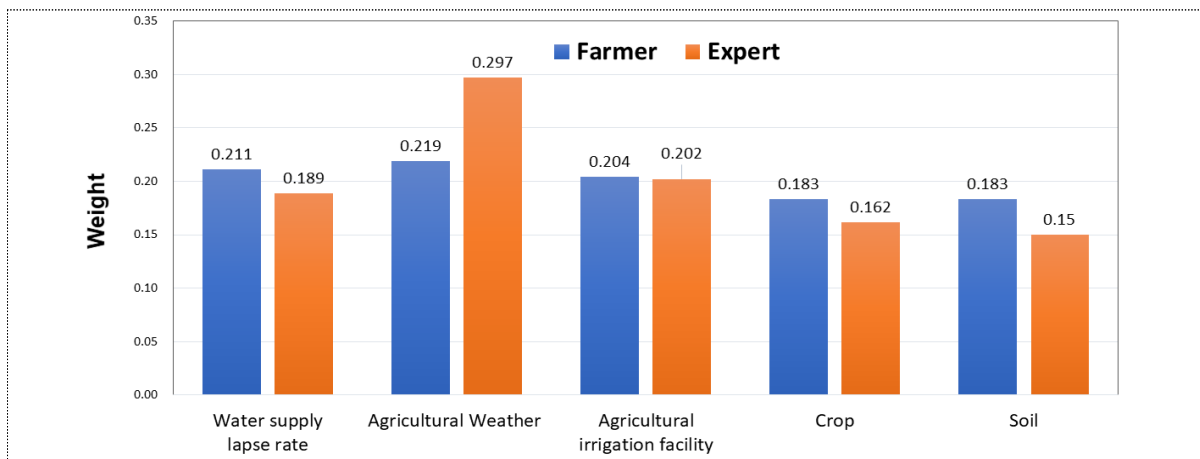


Figure 3. Comparison of item-weight between farmers and experts

3>에서 보는 바와 같이 농업기상 항목에서 상대적으로 두드러진 차이를 보이고 있었다. 농업인은 농업기상(0.219)>용수공급체감율(0.211)>농업수리시설(0.204)>작물(0.183)>토양(0.183) 순으로 나타났으며, 전문가는 농업기상(0.297)>농업수리시설(0.202)>용수공급체감율(0.189)>작물(0.162)>토양(0.150)순으로 분석되었다.

2. 농업가뭄 평가기준 설정

수요자 중심의 농업가뭄평가가 이루어지기 위해서는 평가항목별 구체적인 평가기준 설정이 필요하며, 농업가뭄 평가항목의 세부 항목마다 선행연구와 기존의 평가기준을 조사하여 등급화한 자료는 <Table 3>에서 보는 바와 같다.

가. 용수공급체감율

용수공급체감율은 농업인이 용수공급을 체감하는 정도를 나타내는 것으로 정성적 평가를 바탕으로 하고 있다. 평가등급은 국가가뭄정보분석센터의 가뭄기준을 참조하여 1등급 매우 심한가뭄~극심한 가뭄, 2등급 심한가뭄, 3등급 보통가뭄, 4등급 정상~보통건조 등으로 구분하였다(NDIAC, 2018).

나. 농업기상

농업기상은 강수량, 기온, 무강우일수 등으로 구성하였다. 강수량은 기상청에서 사용되고 있는 월별 강수평년비(KMA, 2018)를 활용하였고, 평가등급은 1등급 35% 미만, 2등급 35~45%, 3등급 45~55%, 4등급 55%이상으로 구분하였다. 기온은 기상청에서 제공하고 있는 지역별 30년 평년의 월평균 최저기온에서 최고기온까지를 4단계로 구분하였다. 월평균 최고기온이상, 월평균 최저기온+증감분, 월평균 최저기온미만으로 구분하였고, 증감분(Δt)은 월평균 최대기온과 월평균 최저기온의 차를 2로 나누어 적용하였다. 무강우일수의 평가등급은 농촌진흥청 농업기상지도에서 활용하고 있는 기준을 이용하였다. 무강우일수는 1mm미만 일강수량의 최대지속일수이며, 무강우 지속기간이 12일 미만인 경우 4등급으로 하며, 12~14일은 3등급, 14~16일은 2등급, 16일 이상은 1등급으로 구분하였다(RDA, 2018).

다. 농업수리시설

농업수리시설의 평가기준은 저수지 저수율, 하천수위, 관정 가동시간을 대상으로 하였다. 저수지 저수율은 한

국농어촌공사의 평년대비 저수율을 평가기준으로 적용하여, 평년대비 저수율 50%미만은 1등급, 50~60%는 2등급, 60~70%는 3등급, 70%이상을 4등급으로 구분하였다(KRC, 2018). 하천수위는 평년대비 하천수위 비율이 50%미만은 1등급, 2등급은 50~60%, 60~70%는 3등급, 70%이상을 4등급으로 설정하였다. 관정 가동시간은 농업인이 평년 가동하는 시간 대비 추가가동시간 비율이 70%이상은 1등급, 60~70%는 2등급, 50~60%는 3등급, 50%미만은 4등급으로 설정하였다.

라. 작물

작물은 무관개일수, 시들음, 고사율 등으로 구성되어 있다. 무관개일수는 비관개일 최대지속일수를 의미하는 것으로 평가기준은 무강우일수의 평가등급을 적용하였다. 2017년 기준 밭 가뭄피해 면적은 1,677ha로 전체 밭 면적 609,163ha 대비 0.3%의 비율을 나타내었다(KRC, 2017). 이를 근거로 시들음의 평가등급은 시들음 면적비율이 0.3%이상인 경우 1등급, 0.2~0.3%미만은 2등급, 0.1%~0.25%미만 3등급, 0.1%미만을 4등급으로 구분하였다. 고사율은 전체 논 면적 중 작물이 고사한 면적의 비율을 나타내며, 2017년 전국 논 면적에 대한 논 가뭄 피해면적 비율로 평가기준을 설정하였다. 2017년 기준 논 가뭄피해 면적은 7,780ha로 전체 논면적 756,358ha의 1.0%의 비율로 조사되었다(KRC, 2017). 고사면적 비율이 0.3%이상은 1등급, 0.2~0.3%는 2등급, 0.1~0.2%는 3등급, 0.1%미만을 4등급으로 구분하였다.

마. 토양

토양인자는 토양수분함량, 지온, 토양균열 등으로 평가기준을 설정하였다. 토양수분함량의 평가등급은 국가가뭄정보분석센터에서 설정한 유효수분백분율을 4등급으로 구분하였으며, 토양수분함량 50% 이상은 4등급, 40~50%는 3등급, 20~40%는 2등급, 토양수분함량이 20%이하(영구위조단계)는 1등급으로 설정하였다. 지온의 경우 기온-지온 관계식을 통해 추정된 월평균 최저지온에서 최고지온을 계산하였으며, 평가등급은 기온항목의 평가등급을 적용하여 4단계로 등급화 하였다. 토양 균열은 관개면적에 대한 토양 균열 면적 비율로 기준을 적용하여 40%이상은 1등급, 30~40%는 2등급, 30%미만은 3등급, 0%를 4등급으로 구분하였다.

Table 3. Assessment criteria of agricultural drought

Item	Sub-item	Grade	Criteria	Remark
Water supply lapse rate		1	Very severe drought~Extreme drought	Drought stage (NDIAC, 2018)
		2	Severe drought	
		3	Moderate drought	
		4	Normal~Weak drought	
Agricultural Weather	Rainfall	1	35% <	Percentage of rainfall to normal rainfall (KMA, 2018)
		2	35~45%	
		3	45~55%	
		4	≤ 55%	
	Temperature	1	Monthly maximum air temperature ≤	Mean monthly normal temperature * Δt : (Maximum temperature - Minimum temperature)/2
		2	Monthly minimum air temperature+ Δt ~ Monthly maximum air temperature	
		3	Monthly minimum air temperature ~ Monthly minimum air temperature+ Δt	
		4	< Monthly minimum air temperature	
	Duration days of non-rainfall	1	16days ≤	Duration days of non-rainfall (RDA, 2018)
		2	14~16days	
		3	12~14days	
		4	< 12days	
Agricultural irrigation facility	Reservoir storage rate	1	50% >	Percentage of reservoir storage to normal reservoir storage (KRC, 2018)
		2	50~60%	
		3	60~70%	
		4	≥ 70%	
	River level	1	50% >	Percentage of River level to normal river level
		2	50~60%	
		3	60~70%	
		4	≥ 70%	
	Operate time ground water well	1	70% ≤	Percentage of additional operating time to normal operating time
		2	60~70%	
		3	50~60%	
		4	< 50%	
Crop	Duration days of no-irrigation	1	16days ≤	Duration days of no-irrigation
		2	14~16days	
		3	12~14days	
		4	< 12days	
	Withering	1	0.3% ≤	Percentage of withering area to upland area (KRC, 2017)
		2	0.2~0.3%	
		3	0.1~0.2%	
		4	< 0.1%	
	Death rate	1	0.3% ≤	Percentage of death area to paddy field area (KRC, 2017)
		2	0.2~0.3%	
		3	0.1~0.2%	
		4	< 0.1%	
Soil	Soil moisture content	1	20% >	Available moisture range (NDIAC, 2018)
		2	20~40%	
		3	40~50%	
		4	≥ 50%	
	Soil temperature	1	Monthly maximum soil temperature ≤	Monthly normal soil temperature * Δt : (Maximum soil temperature - Minimum soil temperature)/2
		2	Monthly minimum soil temperature+ Δt ~ Monthly maximum soil temperature	
		3	Monthly minimum soil temperature ~ Monthly minimum soil temperature+ Δt	
		4	< Monthly minimum soil temperature	
	Soil cracked rate	1	40% ≤	Percentage of soil cracked area to field area (MOLEG, 2018)
		2	30~40%	
		3	< 30%	
		4	0%	

IV. 결 론

현재 가뭄평가는 저수지 저수율을 적용하는 공급자 위주의 기준으로 실시되고 있으며, 농업인 등 농업용수를 사용하는 수요자를 위한 평가가 이루어지지 않고 있는 상황이다. 이에 본 연구에서는 수요자인 농업인의 판단에 의한 농업가뭄 평가를 위해 가뭄평가항목을 설정하여, 농업인과 전문가를 대상으로 설문조사한 후 두 그룹간의 가중치를 비교분석 하고, 평가항목별 평가기준을 등급화 하였다. 이에 대한 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 농업가뭄평가항목은 용수를 사용하는 수요자의 지역특성, 의견이 반영될 수 있도록 평가항목을 용수공급체감율, 농업기상, 농업수리시설, 작물, 토양 등 5개 대항목과 12개 세부항목으로 설정하였다.

2. 농업인과 전문가의 가중치 분석결과 농업인의 경우 농업기상인자(0.219)>용수공급체감율(0.211)>농업수리시설(0.204)>작물인자(0.183)>토양인자(0.183) 순이었고, 전문가는 농업기상인자(0.297)>농업용수(0.202)>용수공급체감율(0.189)>작물인자(0.162)>토양인자(0.150) 순으로 나타났다. 두 그룹간의 가중치 분석결과 수요자인 농업인의 경우 농업가뭄평가시 현장에서 판단하는 용수공급체감율이 전문가보다 가중치가 높은 것으로 분석되었다.

3. 농업가뭄평가 기준은 선행연구, 가뭄 사례조사 자료를 토대로 설정하였으며, 평가항목의 등급은 1등급(심각단계), 2등급(경계단계), 3등급(주의단계), 4등급(관심단계) 등 4단계로 구분하였다.

4. 용수공급체감율의 평가 기준은 농업인이 판단하여 1등급은 매우 심한가뭄~극심한 가뭄, 2등급은 심한가뭄, 3등급은 보통가뭄, 4등급은 정상~보통건조로 설정하였다.

5. 농업기상 중 강수량은 기상청 월별 강수평년비 대비 35%미만은 1등급, 2등급은 35~45%, 3등급은 45~55%, 4등급은 55%이상으로 구분하였고, 기온은 월평균 최저기온 미만은 4등급, 월평균 최저기온~월평균 최저기온+증감분은 3등급, 월평균최저기온+증감분~월평균 최대기온을 2등급, 월평균 최대기온 이상은 1등급으로 하였다. 무강우일수는 무강우 지속기간이 12일 미만은 4등급, 12~14일은 3등급, 14~16은 2등급, 16일 이상은 1등급으로 하였다.

6. 농업수리시설의 경우 저수지 저수율은 저수율을 활용하여 저수율이 70%이상은 4등급, 60%~70%는 3등급, 50%~60%는 2등급, 50%미만은 1등급으로 하였고, 하천수위는 평년대비 하천수위 비율이 70% 이상은 4등급,

60~70%는 3등급, 50~60%는 2등급, 50%미만은 1등급으로 설정하였다. 관정 가동시간은 농업인의 평년대비 추가가동시간 비율이 70%이상은 1등급, 60~70%는 2등급, 50~60%는 3등급, 50%미만은 4등급으로 설정하였다.

7. 작물의 평가기준은 무관개일수의 경우 비관개일 최대지속일수가 12일 미만 4등급, 12~14일은 3등급, 14~16일은 2등급, 16일 이상은 1등급으로 하였으며, 시들음은 전체 밭 면적 중 시들음 면적의 비율이 0.3%이상은 1등급, 0.2~0.3%는 2등급, 0.1~0.2%는 3등급, 0.1%미만을 4등급으로 하였다. 고사율은 전체 논 면적 중 고사면적 비율이 0.3%이상은 1등급, 0.2~0.3%는 2등급, 0.1~0.2%는 3등급, 0.1%미만은 4등급으로 구분하였다.

8. 토양항목 중 토양수분함량은 토양의 유효수분함량이 50%이상일 때는 4등급, 40~50%는 3등급, 20~40%는 2등급, 20%이하는 1등급으로 하였으며, 지온은 월평균 지온자료를 등급화 하여 월평균 최저지온 미만은 4등급, 월평균 최저지온에서 월평균 최저지온+증감분을 3등급, 월평균최저지온+증감분에서 월평균최대지온을 2등급, 월평균최대지온 이상을 1등급으로 구분하였다. 토양균열의 경우에는 관개면적 대비 균열면적 비율이 40%이상은 1등급, 30~40%는 2등급, 30%미만 3등급, 0%는 4등급으로 구분하였다.

본 연구 결과 농업가뭄에 대한 수요자 중심의 명확한 평가 기준 및 등급을 확립하기 위해서는 다음과 같은 사항이 고려되어야 할 것으로 판단되었다.

첫째, 본 연구에서는 수요자 중심의 가뭄평가기준은 기존의 정량적 평가기준 외에 정성적 평가기준의 도입을 검토하였다. 정성적인 평가기준 요소에는 포괄적 개념인 용수공급체감율을 제안하였으나 보다 합리적인 가중치 적용을 위해서는 용수공급체감율에 대한 세부항목 도출이 필요할 것으로 판단된다.

둘째, 본 논문에서 제시한 세부항목들의 실제 적용을 위해서는 용수공급체감율 등에 대한 기초 자료 확보와 분석 프로그램을 개발하여 정책에 반영 될 수 있도록 지속적인 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

본 논문은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 농업가뭄 위험 및 대응관리 시스템 개발 연구로 수행되었음(316022031SB010)

References

1. Byun, H. R., 2009, Comparative analysis of the drought diagnosis and related systems, *Journal of KOSHAM*, Vol. 9(2), pp. 7-18.
2. Choi. J. H., T. H. Lee, S. W. Kim, Y. C. Shin, 2017, Comparison of Drought Characteristics using RAI and Soil Moisture, *Proceedings of the Korean Society of Agricultural Engineers Conference*, Vol. 2017, pp. 237.
3. Eizo Kinoshita, Takao Oya, 2012, 戦略的意思決定手法 AHP, Cheongram book publishing company, pp. 3-30.
4. Jang D. H., 2015, A Relative Importance Evaluation for the Perception of Managers on the Comprehensive Rural Village Development Project using Analytic Hierarchy Process, *Journal of Korean Society of Rural Planning*, Vol. 21(1), pp. 41-50.
5. KMA, 2016, 2017, Abnormal climate report, 11-1360000-000705-01, Korea Meteorological Administration, pp. 22-30, pp. 23-30.
6. KMA, 2018, Korea Meteorological Administration, <http://kma.go.kr/> (accessed May 27, 2018).
7. Kim. B. S., J. H. Sung, H. S. Kang, and C. H. Cho, 2012, Assessment of Drought Severity over South Korea using Standardized Precipitation Evapotranspiration Index(SPEI), *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 45(9), PP. 887-900.
8. Kim. J. H., S. H. Lee, B. S. Kim, 2018, An Assessment of Past and Future Droughts in North Korea Using Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, *Crisisonomy*, Vol. 14(2), 139-151.
9. Kim. S. J., M. W. Park, S. M. Kang, H. K. Kwon, P. S. Kim, 2017, Comparison of Reservoir Drought Index According to the Period Reservoir Storage Data on Agricultural Reservoir, *Agricultural Engineers Conference*, Vol. 2017, pp. 71.
10. KRC, 2017, Statistical yearbook of land water development for agriculture, Korea Rural Community Corporation, pp. 30-57.
11. KRC, 2017, Current status and countermeasures of drought by si-do (Internal data).
12. KRC, 2017, Reservoir storage rate of reservoir by si-gun (Internal data).
13. KRC, 2018, Korea Rural Community Corporation, <http://www.alimi.or.kr> (accessed July 11, 2018)
14. Kwon. H. J., H. J. Lim, and S. J. Kim, 2007, Drought Assessment of Agricultural District using modified SWSI, *The Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 10(1), pp. 22-34.
15. Lee, S. J., 2018, User-oriented agricultural drought analysis sin AHP techniques, Master Thesis, pp. 1.
16. Nam. W. H., J. Y. Choi, M. W. Jang, and E. M. Hong, 2013, Agricultural Drought Risk Assessment using Reservoir Drought Index, *Crisisonomy*, Vol. 14(12), pp. 139-151.
17. Nam. W. H., Tsegatye Tadesse, Brain D. Wardlow, M. W. Jang, S. Y. Hong, 2015, Satellite-based Hybrid Drought Assessment using Vegetation Drought Response Index in South Korea (VegDRI-SKorea), *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, Vol. 57(4), pp. 1-9.
18. NDIAC, 2018, National Drought Information-Analysis Center, <http://drought.kwater.or.kr/> (accessed June 1, 2018).
19. MOLEG, 2018, Countermeasures Against Natural Disasters Act Enforcement Ordinance, Ministry of Government Legislation, pp. 3.
20. RDA, Agricultural Weather Information Service, <http://weather.rda.go.kr/riskMap.jsp> (accessed June 4, 2018).
21. Son. J. K., 2016, 2017, Development of agricultural drought risk and response management system, Yeongsong publishing company, Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food(IPET), pp. 1-5.

-
- Received 28 September 2018
 - First Revised 30 October 2018
 - Finally Revised 14 November 2018
 - Accepted 14 November 2018