2008년 농업가뭄 현황 및 전망

박기욱
한국농어촌공사 농어촌연구원
pku@ekr.or.kr

1. 서론

우리나라 수자원의 근원은 강수이나 연강수량의 대부분이 7~9월에 집중되는 반면, 5~6월에 이앙용수 등에 많은 용수를 사용하기 때문에 원활한 농업용수의 확보 · 공급을 위해서 저수지, 양수장, 취입보 등을 수리시설물을 설치하여 왔고, 최근 가뭄대책의 일환으로 지하수 개발도 활발히 추진되고 있는 실정이다.

2007년 현재 우리나라 경지면적은 1,782 천ha로 전체 국토면적의 약 18%를 차지하고, 그 중 논이 1,071 천 ha, 밭이 712 천 ha를 차지하는 데, 밭작물의 경우 수리시설 이용률이 매우 미비하고, 주작물이 논벼의 경우도 수원공으로부터 용수공급이 가능한 수리답 면적은 867 천 ha이고, 10년 빈도 가뭄에도 견딜 수 있는 수리안전답은 484 천 ha로 전체 논면적의 44%에 그쳐 가뭄에 대한 취약성이 높다.

농업에 있어서 가뭄은 농경사회가 시작된 이래 극복하여야할 자연재해로서 이를 극복하고자 하는 방법과 수단은 시대의 발전에 따라 많은 변화가 있었다. 우리나라에서도 가뭄은 예외적 현상이 아니라 연중 언제라도 발생할 수 있는 재해중의 하나이며, 가뭄의 발생 시기, 기간 및 심도를 예측하기 어렵다는 점에서 사전대비도 쉽지 않은 재해이다.

한편, 최근엔 이상기후이 발생과 국지성 기후 강화로 인해 가뭄의 빈도와 강도가 증대되고 있어 기상변화에 적응할 수 있는 물관리 대책과 가뭄대응능력의 개선에 대한 필요성이 크게 요구되고 있다. 그러나 우리나라에서도 농업가뭄의 모니터링과 대응 방법에 대한 적지 않은 연구와 논의가 있었음에도 실제 가뭄 발생상황을 분석하기 위한 정보시스템의 구축과 가뭄대책 업무에서의 활용은 체계화되지 못하고 있다고 하겠다.

본 연구에서는 2008년 가을이후 지속된 농업분야의 가뭄상황에 대한 분석을 통해 2009년 영농기 농업가뭄을 전망자료를 제시하고자 한다. 이를 통해 농업가뭄에 미리 대비하고 앞으로 예상되는 가뭄피해를 최소화하는데 도움을 줄 수 있기를 바란다.

2. 농업가뭄지표

가. 가뭄의 정의

일반적인 가뭄의 정의는 기상학적 가뭄, 기후학적 가뭄, 수문학적 가뭄 및 농업가뭄 등으로 구분한다(Wilhite and Glantz, 1985). 기상학적 가뭄은 주어진 기간 동안의 강수량이나 무강수일수 등으로 가뭄을 판단하고, 기후학적 가뭄은 월별 또는 연도별 평균값과 현재의 월별 또는 연간 강수량과의 백분율로 가뭄의 정도를 판단하며, 수문학적 가뭄은 강수의 부족으로 발생하는 하천, 저수지, 지하수 등의 양적인 측면에서 가뭄을 판단하게 된다. 농업가뭄은 농작물의 생육에 직접 관계되는 토양수분량으로 가뭄을 평가하며 농작물의 생육에 관계되는 기상, 기후, 수문학적 조건 등의 다양한 인자를 고려해서 정의할 수 있다.

나. 가뭄지수

이러한 가뭄은 개별적이거나 독립적으로 발생하는 것이 아니며 수문순환에서 나타나는 상관성에 기초하고 있는 현상이다. 예를 들면 기상학적 가뭄이 오래 지속되면 토양수분을 고갈시켜 농업가뭄이 유발되며 하천이나 저수지의 저수량이 감소되어 수문학적 가뭄으로 이어지기도 한다. 따라서 가뭄현상은 강수뿐만 아니라 용수수요, 그리고 하천이나 저수지의 상황이 함께 고려되어 다루어져야 하며, 그 실태를 정확하게 평가하기 위해서는 과거의 가뭄 발생상황에 근거하여 분석을 실시해야 한다. 가뭄의 평가를 위해 국내외에서 일반적으로 많이 쓰이는 가뭄지수는 PDSI, SWSI, SPI, Decile, Pecent of Normal 및 Percent of Median 등이 있다. 이러한 여러 가지 가뭄지수들은 가뭄의 발생상황을 나타내기 위해 강수, 하천유량 및 지표수 공급 등을 지수화하여 나타내고 있어, 모든 가뭄상황에 대표적인 가뭄지수를 선정하는 것은 곤란하며, 각 가뭄지수의 특성에 따라 한 개 혹은 여러 개의 지수를 선정하여 사용하는 것이 일반적이다. 국내에서도 가뭄에 대한 많은 연구가 이루어져 왔으나 대부분은 개별적인 가뭄지수의 산정에 그치고 있는 실정에 있다(김상민 등, 1999; 김선주 등, 1995; 윤용남 등, 1997).

국내에서는 농업분야의 가뭄대책을 수립하기 위한 지표로써 농업용 저수지 저수율 및 과우일수가 일반적으로 쓰이고 있다. 과우일수는 박성우 등(1982)이 농업가뭄분석을 위해 제안한 방법으로 과우량과 과우일수를 사용하여 가뭄에 대한 발생빈도와 빈도별 등과우일수도를 제시하여 농업가뭄을 판단할 수 있는 보조적인 지수로 이용하고 있다.

다. 농업가뭄 발생현황

정부기록에 의한 가뭄의 분석은 기록이 주로 가뭄이 극심했던 해에 대한 것이 집중되어 있어 가뭄이 비교적 경미했던 때의 상황을 파악하기 어려운 점이 있다. 이러한 점을 보완하여 가뭄 상황에 대한 추가적인 자료를 얻기 위하여 신문의 기록을 검토하였다.

대상 신문으로는 기사의 내용이 DB화가 되어 검색이 용이한 중앙일보를 대상으로 하였다. 검색대상 기간은 1966년~2002년의 27개년 전체에 대하여 분석하였으며 검색방법은 전체기사중 본문 또는 내용에 '가뭄'을 포함한 기사를 대상으로 검색한 후 기사내용을 검토하여 단신, 학술기사 등을 제외한 가뭄의 상황, 피해, 대책 등과 관련된 기사를 수집하고 주요 기사내용을 정리하였다.

이렇게 정리한 기사는 총 546건으로서 연평균 20건에 달하고 있다. 546건의 기사를 월별로 분류하여보면 1994년 7월의 40건을 비롯하여 1978년 5월의 34건, 2001년 6월의 26건, 1995년 2월의 23건, 1968년 6월의 19건, 1981년 6월의 17건 등으로 나타나 과거 큰 가뭄

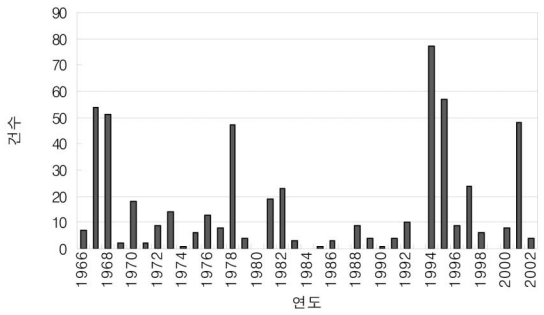


그림 1. 연도별 가뭄발생현황

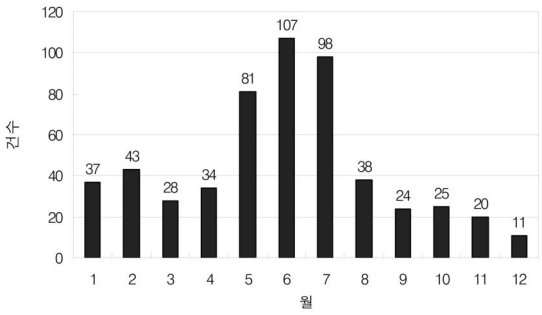


그림 2. 월별 가뭄발생현황

표 1 농업가뭄의 정량화 기준

농업적 측면		경제적 측면		환경적 측면	
발생형태	가중치	발생형태	가중치	발생형태	가중치
파종,모내기지연	10	이재민 발생	10	식수부족	7
작물 고사	10	소득감소	10	제한송전	7
저수량 부족	7	분쟁발생	8	발전량감소	6
하천수질오염	6	수확량감소	7	관련산업	4
농작물 피해	6	식량부족	6	곡물가격상승	4
용수공급 부족	5	대체작물재배	5	질병발생	4
보조수원공 개발	4	대책수립	4	산불발생	2
강수 부족	4	축산피해	3		
하천유황 저하	4	해갈	2	기타	1

피해를 입었던 때를 잘 보여주고 있다.

라. 농업가뭄의 정량화

가뭄으로 인한 농업분야의 피해 형태를 정량화하기 위해서 우리나라에서 발생한 가뭄의 발생형태에 따라 농업적 피해가 분명한 항목에 높은 가중치를 부여하는 방법을 이용하였다. 시기별로 농업가뭄의 유형화를 정하고자 표 1과 같은 기준을 적용하였다. 시기별 가뭄발생상황을 정량화한 결과는 그림 3과 같이 분석되었다.

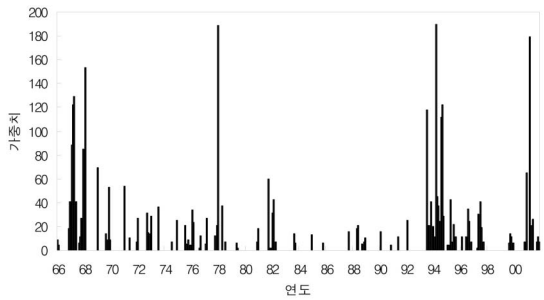


그림 3. 가중치 분석에 의한 연도별 가뭄현황

3. 농업가뭄평가

가. 농업가뭄지표 선정

가뭄지수값은 통상 하나의 숫자이며 의사결정을 위한

표 2 국내 가뭄단계구분에 따른 가뭄심도 설정

구분	가뭄단계		가뭄상황	가뭄심도	PON	SPI	비고
	농식품부	한국농어촌공사					
사전단계	평시대비	평시 · 마무리단계	기상분석 및 생육상황 관찰	0.0~1.0	95	〈 0.0	가뭄시작: 짧은 건조 상태 작물생육 부진 가뭄종료: 물부족 지속 작물생육 부진
			가뭄상습지관리		85	〈-1.0	무강우일수 10일이상
			용수대책추진	1.0~2.0	75	〈-1.5	무강우일수 15일이상
대책단계	가뭄우려	준비단계	가뭄우려	2.0~3.0	60	〈-2.0	저수율 70%이하 무강우일수 21일이상
		경계단계		3.0~4.0	50	〈-2.0	저수율 70%이하 무강우일수 30일이상
	가뭄확산	비상단계	가뭄확산	4.0~5.0	40	≤-2.5	저수율 50%이하
			영농추진대책	5.0~6.0	40	≤-2.5	저수율 30%이하 토양수분 40%이하 지속

원래의 자료보다 더욱 유용하다. 주어진 기간 동안의 강우가 역사적으로 설정된 평균값으로부터 얼마나 편차가 있는지를 측정하는 여러 지수가 있다. 주요한 지수들 중 어느 하나도 다른 것들 보다 모든 상황에서 우월한 것은 없지만 몇몇 지수들은 특정 목적을 위해서는 다른 것들보다 적합하다. 예를 들면 파머지수는 미 농무성이 비상가뭄지원을 언제 해야할 지를 결정할 때 많이 사용되어 왔다. 그러나 파머지수는 균일한 지평의 넓은 지역에서 적용할 때 더 좋다. 산악지형으로 복잡한 국부적인 미기상을 가진 서부지역에서는 파머지수에다가 다른 지수, 즉 적설과 다른 조건들을 반영한 지표수공급지수과 같은 지수들을 보조적으로 이용한다.

농업가뭄의 평가를 위해 농림수산식품부와 한국농어촌공사에서 현재 시행하고 있는 가뭄단계의 구분을 평가하기 위한 기준으로 가뭄심도를 1.0~6.0까지 범위로 세분하고, 가뭄대책단계와 맞게 제1단계에서 제4단계로 범위를 지정하여 나타낼 수 있도록 각 단계별로 저수율지수(RSI), 표준강수지수(SPI), 평년강우지수(MRI) 및 무강우지수(DDI)를 고려하여 세분하였다.

여기서 사용한 지수의 특징은 현재 제공되는 기상자료 중 강우량 자료만으로 얻을 수 있는 것으로 간편하게 가뭄의 정도를 파악할 수 있도록 되어 있다. 특히 기존에 가뭄상황을 판단하기 위하여 지표로 많이 이용하던 농업용저수지의 저수율(평상시 저수율의 70%, 50%, 30% 기준), 토양수분(토양수분 40%)로 구분하던 것은 자료가 충분하고 가뭄발생시마다 모니터링하여 자료를 획득할 수 있는 경우에는 유용하지만 현재의 자료 체계상 일괄적으로 수집하는 것이 쉽지 않으므로 가뭄단계의 구분을 위해 보조적으로 사용할 수 있도록 제시하고 있다.

가뭄을 평가하기 위해 하나의 지수를 이용하지 않고 몇개의 지수를 이용하는 것은 가뭄의 특성상 지역적이고 시간적인 특성을 가지고 있는 점을 반영하기 위한 것이고, 또한 각 가뭄단계를 세분하여 가뭄상황을 적절히 표현하고자 한 것이다. 가뭄단계를 구분하기 위한 가뭄심도의

(a) 마산제(구례) (b) 방광제(구례)

(c) 하동호(하동) (d) 성주호(성주)

그림 4. 농업용 저수지 저수율 현황(2008년 10월 22일 현재)

설정에 대한 자세한 구분 내역은 표 2에 나타내고 있다.

나. 2008년 가을가뭄현황

남부지역의 농업용 저수지에서도 저수지 고갈과 같은 심각한 물부족 현상이 일어나고 있으며 현장조사를 통해 살펴본 바에 의하면 그림 4에 나타낸 바와 같이 전남, 경남 및 경북 지역에 대한 현장 조사결과 저수지가 이미 고갈되어 바닥을 보이고 있는 곳도 나타났고, 저수용량이 각각 3,000만톤, 2,800만톤에 달하는 하동군의 하동호와 성주군 성주호의 경우, 10월 22일 현재 저수율이 12%와 32%를 기록하여 남부지방을 중심으로 가뭄이 심각하게 확산되고 있음을 보여주었다.

2008년의 평년강우비율을 보면 중부지역은 평년강수량과 거의 비슷하게 나타나고 있으나 남부지역은 평년강수량에 크게 못 미치는 결과를 보여주고 있다. 특히 하동지역의 경우 11월 20일 현재 총강수량이 767.1mm로 평년강수량의 52.6%를 기록하였으며, 순별 강수량을 살펴본 바에 의하면 2월 이후, 평년강수량보다 낮은 강수상황을 기록하고 있어 가을철까지 가뭄상황이 전파되어 심화된 결과로 나타난 것으로 보인다.

2008년 12월 현재, 전국 저수지 저수율은 예년 동월 저수지 기록과 비교한 결과는 그림 5에 나타낸 바와 같이 중부지역 및 제주를 제외하고는 전북 55.4%, 전남 46.0%, 경북 65.8% 및 경남 38.1%를 각각 기록하고 있으며, 이 수치는 2002년부터 2007년까지의 평균치와 비교했을 때 각각 -21.7%, -37.8%, -17.7% 및 -44.6%가 부족한 것을 알 수 있다.

4. 2008년 농업가뭄현황 및 전망

가. 강수량 및 저수율 변화 예측

현재까지의 가뭄상황에서 향후 발생할 가뭄상황을 예

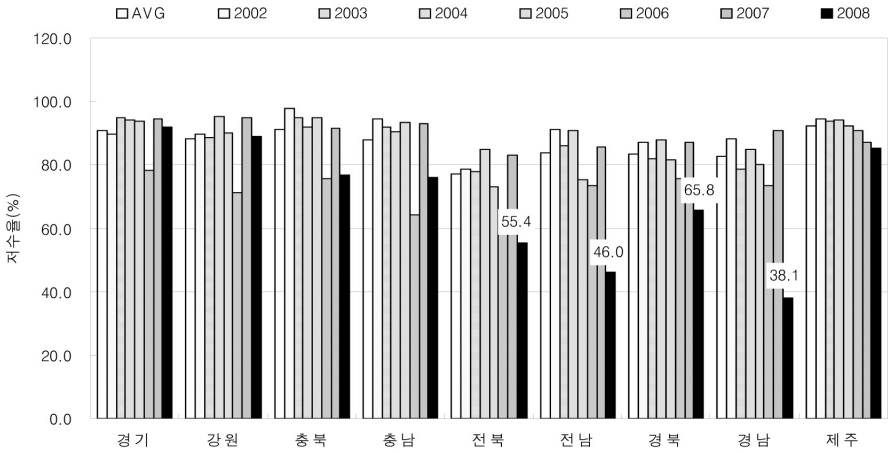


그림 5. 전국 저수율 현황(2008년 12월 31일 현재)

측하는 것이 가뭄대책을 수립하는 데 있어 절대적으로 필요하다. 농업가뭄지표의 분석과정에서 기존의 저수율로 판단하던 가뭄분석보다 2~3개월 이전에 가뭄발생여부를 판단할 수 있음을 알 수 있었다. 이것과는 달리 농업용수의 사용에 있어 물이 많이 필요한 시기는 이앙기, 개화기, 출수기 등 특정한 생육단계에 집중되고 있다. 과거 자료를 보면 매년 이앙기가 시작되는 4~5월경에 봄가뭄이 빈번히 발생하고 있으며 실용적인 가뭄분석을 위해서는 수확기가 끝나는 10월 이후 최장 6개월 정도의 기간에 대한 가뭄전망을 필수적이라고 하겠다.

농업가뭄지표를 선정함에 있어 본 연구에서는 강수량과 저수율을 이용하고 있다. 일별 강수량으로부터 표준강수지수, 평년강수비율 및 무강우일수를 산정하고, 저수율로부터 평년대비 저수율 부족치를 계산하여 최종적으로 각각의 지수를 조합하여 최종적으로 농업가뭄단계를 산정한다. 따라서 가뭄전망을 위해서는 강수량과 저수율의 예측이 무엇보다 필요하다.

기상청에서는 일별 기상관측치를 제공하는 것 이외에 기후예측자료를 제공하고 있다. 제공되는 기후예측자료는 동네예보, 주간예보, 기후전망 혹은 장기예보의 형태로 생활, 농업, 정책수립 등에 필요한 자료이다. 동네예보는 강수확률, 12시간 강수량, 적설량 등의 자료를 3시간 간격으로 일 8회 제공하고 있으며, 주간예보는 현재부터 3일후로부터 6일간의 기후예보자료를 제공하고, 장기예보에서는 1개월~3개월까지의 예측치를 제공하고 있다. 그러나 본 연구에서 분석하는 과정에서는 순별 강수량을 입력하여야 하기 때문에 기상청에서 제공하는 자료를 직접 활용하기 힘든 실정이다. 따라서 본 연구에서의 순별 강수량 예측은 각 측후소별 현재까지의 평년강수비율과 순별 평년 강수량을 곱하여 향후의 강수량을 예측한 결과를 사용하였다.

저수율 자료는 각 저수지별로 관리자가 입력하여 본사에서 취합한 자료이다. 저수율 변화의 예측을 위해서는 기상자료와 저수지별 입력자료를 이용하여 수문학적 분석을 통한 물수지를 해석하여 저수율 변화를 예측하는 과정이 필요하다. 그러나 공사에서 관리하는 저수지가 약 3,328개로 이들 저수지에 대해 저수율 변화를 시뮬레이션 하는 것은 농업가뭄 분석과정에서 실질적으로

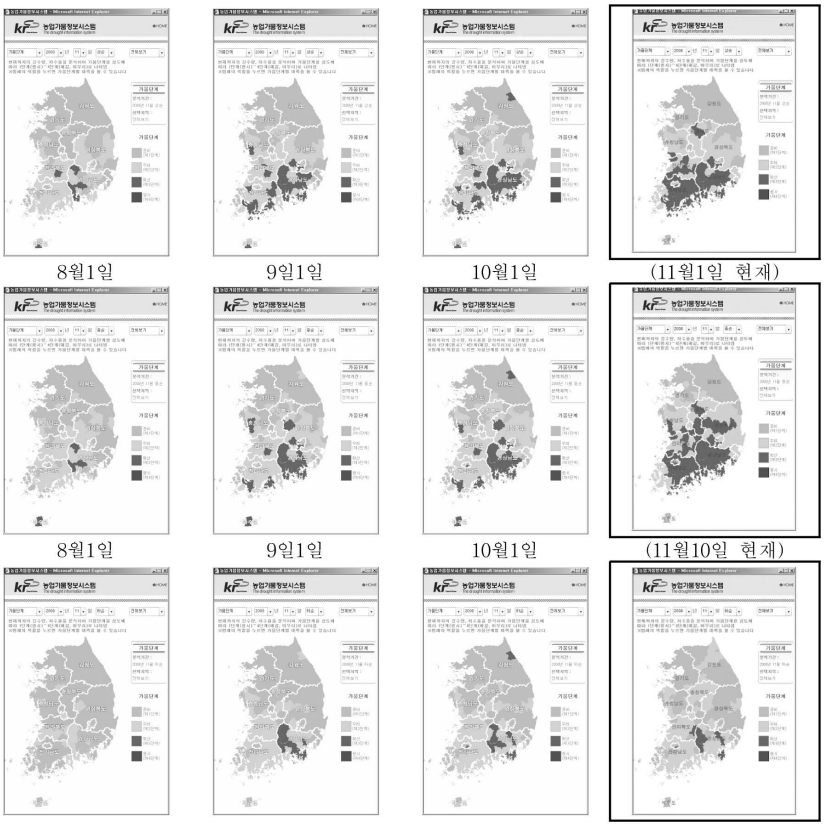


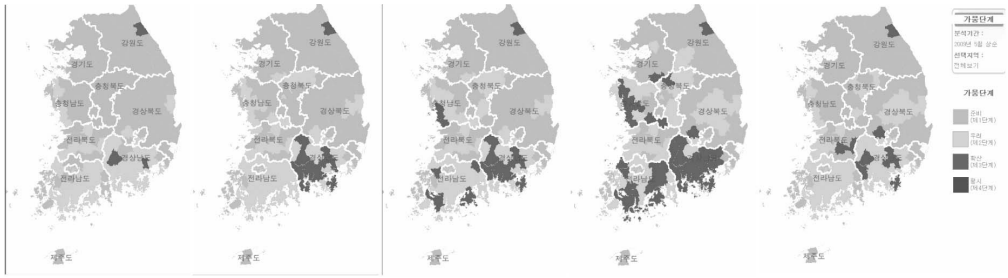
그림 6. 농업가뭄예측결과 검토

어려운 실정에 있다. 따라서 저수율 분석은 2001년에서 현재까지 수집된 일별저수율과 도별 평균저수율 자료로부터 각 시군별 저수율 변화추이를 산정하고 현재저수율로부터 감소 혹은 증가하는 형태로 향후 저수율 변화를 산정하는 것이 합리적이라고 하겠다.

농업가뭄 평가모형과 향후 강우량, 저수율 변화 예측 알고리즘을 적용하여 현재의 가뭄상황을 몇 개월 이전의 자료로부터 예측한 결과를 그림 6에 도시하였다. 예측결과는 11월의 상순, 중순, 하순에 분석한 현황자료와 8월부터 10월까지 한 달 간격으로 11월의 가뭄상황을 예측한 것으로 가뭄발생 시점 3개월 이전부터 예측기간이 짧아질수록 예측결과의 정확도가 높아지는 것으로 나타났다. 특히 10월 이후의 남부지방의 가뭄상황은 전반적으로 잘 반영하고 있는 것으로 나타나고 있어 예측결과가 실용성이 있을 것으로 판단되었다.

나. 2009년 영농기 가뭄전망

2008년 8월 이후 전국에 걸쳐 평년대비 부족한 강수로 인해 지속되고 있는 가뭄현상은 10월 중순 이후 남부지방을 중심으로 확산되고 있다 이러한 가뭄현상은



('09.1) ('09.2) ('09.3) ('09.4) ('09.5)

그림 7. 2009년 영농기 농업가뭄전망 결과

2009년 봄철까지 충분한 강수량을 기록하지 못한다고 하면 지역적으로 심각한 가뭄을 초래할 것으로 예상된다. 본 연구에서 향후 강수량, 저수율 예측자료를 바탕으로 2009년 영농기 가뭄전망을 실시한 결과는 다음의 그림 7에 나타내고 있다.

2009년 1월부터~5월까지 가뭄단계를 분석한 결과 4월에 전국적으로 가뭄이 확산되어 심화될 것으로 보이며 이 기간은 이앙을 준비하는 기간으로 영농작업에 많은 지장을 초래할 것으로 보이며, 사전에 이에 대한 대비가 필요할 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구는 농업가뭄정보의 정확하고 신속한 제공을 위하여 농어촌연구원에서 개발하여 시범운영중인 농업가뭄정보시스템을 이용하여 농업가뭄 현황을 분석을 통하여 가뭄상황에 대처하고, 앞으로 발생가능한 가뭄상황을 판단하고자 실시하였다.

농업가뭄 분석결과는 평가시스템과 정보시스템에 적용하여 2008년 가을가뭄과 비교한 결과 현재의 가뭄상황을 잘 반영하고 있는 것으로 나타났으며, 농업가뭄정보시스템을 통하여 향후 농업가뭄을 분석한 결과, 2008년 가을가뭄이 해갈되지 못하고 2009년 5월까지 심화될 것으로 전망되고 있으며 특히 2009년 4월에는 전국적으로 확산되어 많은 피해를 야기할 것으로 분석되었다. 가뭄해갈을 위해 많은 강수량이 필요하나 우리나라의 기상특성상 겨울철에서 봄철에 이르기까지는 충분하게 내리지 않을 것으로 보여 가뭄대책 수립을 통한 2009년 영농기 준비에 만전을 기하는 것이 필요할 것으로 판단되었다.

참고문헌

1) 건설교통부, 2001, 2001년 가뭄기록조사보고서
2) 김상민, 박승우, 1999, 우리나라 주요지점에 대한 가뭄지수의 산정과 비교, 한국농공학회지, Vol. 41(5), pp.43-52
3) 김선주, 1995, 관개용 저수지의 한발지수산정, 한국농공학회지 1995,12. vol. 37(6), pp.103-111
4) 김태철, 2002, 관개저수지의 가뭄평가 방법, 한국농공학회지 2002.03 vol. 44(2), pp.75-80
5) 김현영, 1996, 우리나라 농업한발 지수의 결정, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 291-296
6) 농림부, 2006, 농업재난 및 위기관리 표준지침서
7) 류재희 외, 2002, 가뭄평가를 위한 가뭄지수의 비교연구, 한국수자원학회논문집, vol. 35(4), pp.397-410

8) 박기욱 외, 2005, 농업가뭄의 평가를 위한 가뭄지수의 적용성 분석, 한국관개배수, 제12권 제2호, pp.37-44
8) 배승종, 1998, 토양수분물수지모형과 지리정보시스템을 이용한 가뭄분석에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문
9) 변희룡 외, 2000, 한반도의 가뭄주기와 이를 이용한 2000년도 가뭄의 예측, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp.304-314
10) 변희룡 외, 2002, 봄철가뭄의 예측가능성 연구, 2002 한국기상학회지
11) 안병기, 1988, 농업한발지수 설정에 관한 연구, 한국농공학회지, vol.30(1), pp.31-37
12) 윤용남, 1997, Palmer의 방법을 이용한 가뭄의 분석, 한국수자원학회논문집, vol. 30(4), pp.317-326
13) 최영진 외, 1994, 한국의 기후자료를 이용한 PALMER 가뭄지수와 습윤이상지수의 비교분석, 수공학연구발표회논문집, pp.233-239
14) Alley, W. M. 1984, The Palmer drought severity index : Limitations and assumptions. Journal of Climate and Applied Meteorology, vol. 23, pp: 1100-1109
15) Hayes, M. J. 2003. What is Drought? (http://drought.unl.edu/whatis/ indices.htm)
16) Jensen, M.E., R. D. Burman and R. G. Allen. 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practices No. 70. New York, NY.
17) Wilhite, D. A. and M.H. Glantz, 1985, Understanding the drought phenomenon : The role of definitions, Water International, 10, 111-120