

# 지리정보시스템과 토양수분모형을 이용한 농업가뭄분석

## Agricultural Drought Analysis using Soil Water Balance Model and Geographic Information System

배 승 종\* · 정 하 우\*\* · 최 진 용\*\*\*  
Bae, Seung Jong · Chung, Ha Woo · Choi, Jin Yong

### Abstract

Drought is a serious disaster in agriculture, especially to upland crops. Hence, the Agricultural Drought Analysis Model(ADAM) that is integratable with GIS was applied to analyze agricultural drought in upland. ADAM is composed of two sub-models, one is a Soil Water Balance Model(SWBM) and the other is a Drought Analysis Model(DAM) that is based on the Runs theory.

The ADAM needs weather data, rainfall data and soil physical characteristic data as input and calculates daily soil moisture contents. GIS was integrated to the ADAM for the calculation of regional soil moisture using digitized landuse map, detailed soil map, thuessen network and district boundary. For the agricultural drought analysis, the ADAM adapt the Runs theory for analyzing drought duration, severity and magnitude. Log-Pearson Type-III probability distribution function and Kolmogorov-Smirnov test were used to test the fitness of good of the model. The integration of ADAM with GIS was successfully implemented and would be operated effectively for the regional drought analysis.

### I. 서 론

우리 나라 밭의 수분공급은 대부분 강우에 의하기 때문에 적기에 비가 오면 밭작물의 생육이 좋아이지만 그렇지 못한 경우에는 작물 생육에 심각한 영향을 초래하는 가뭄을 일으키게 된다. 우리나라의 연평균 강수량은 1,274mm로 세계 연평균 강수량 973mm의 1.3배에 달해 총량 적으로는 풍

부한 편이나 강우가 시기적으로 편중되는 경향이 있어 10월부터 익년 5월까지의 대부분 토양수분의 부족상태에 놓이게 되며, 장마기에는 토양수분이 과잉상태에 놓이게 된다. 특히, 4·5월과 10월의 가뭄은 우리 나라 밭작물 생산에 심각한 문제로 야기되는 경우가 많으며 밭은 급수를 위한 생산기반이 미비하기 때문에 피해가 많이 발생하게 되는 실정으로서 이의 개선을 위해서는 밭에서의 가뭄에

\*서울대학교 대학원

\*\*서울대학교 농업생명과학대학

\*\*\*서울대학교 농업개발연구소

키워드 : 농업가뭄분석, 토양수분모형, 지리정보시스템, GIS, Runs 이론

대한 분석이 요구되는 것이 사실이다.

가뭄 분석에 대한 연구를 살펴보면 박 등(1982)이 한발 기준년 재조정의 연구에서 과우량과 과우일수를 사용하여 가뭄의 빈도표와 과우량별 빈도별 등과우일수도를 제시하였으며, 황과 최(1984)는 유효강우량을 산정시 월별가중계수법을 도입하여 수원을 비롯한 7개 지방에 대해 가뭄을 분석하여 과거의 경험을 토대로 잘 일치한다고 하였다. 안 등(1988)은 농업적 가뭄을 분석하기 위하여 한발강도와 한발지속기간의 적(積)으로 농업한발지수를 정의하였으며, 한발강도를 초과 월평균 강우부족량의 총화를 월평균 강우부족량의 총화로 나눈 값으로 정의하고, 초과 월평균 강우부족량이 음(-)인 달의 수를 한발지속기간으로 정의하여 6개 지역에 대해 적용하여 이양지연형 가뭄과 생육장애형 가뭄을 분석하였다. 정(1989)은 가뭄 연구의 근거를 이루는 Negative Runs 이론을 소개하고 최근의 연구동향을 확률론적 측면과 보다 발전적 단계인 추계학적 경향에 중점을 두어 논하였으며, 추계학적 접근방식에 내재하는 오류인 확률분포형의 가정, 모형에서 자료발생시 생기는 오차, 그리고 Parameter를 산정할 때 발생하는 오차 등을 해결할 수 있는 보다 합리적인 기법의 개발이 필요하다고 하였다. 김과 윤(1996)은 계획되어 있는 홍천댐 지점에서의 연평균 유입량기록을 바탕으로 하여 연속지수모형(Indexed sequential modeling, ISM)과 1차 자기회귀모형에 의해 장기간의 연 평균 유입량 자료를 모의 발생시켜 가뭄 특성치들을 각각 구하여 이를 상호 비교하여 보았다. 이와 같이 국내에서는 농업적 가뭄을 분석함에 있어 수문학적 또는 기상학적 변량을 대상으로 연구되어 왔고 논의 경우로 한정되어 있으며, 발작물 가뭄의 변량인 토양수분을 분석하는 연구는 미흡한 실정이다. 밭의 경우 강우·토양·작물 등 복합요인에 의해 지배를 받기 때문에 비정상적인 강우부족상태를 나타내는 기상학적 가뭄, 특정지역이 정상적으로 필요로 하는 하천유량의 부족상태를 나타내는 수문학적 가뭄으로는 분석이 미흡하며, 토양내의 유효수분합량과 작물의 증발산량간

의 물수지에 의한 토양수분 미흡량에 따라 분석하는 것이 적절할 것이다. 한편, 가뭄은 다른 어떤 자연재해보다 피해가 막심하고 지역적으로도 불규칙적이며 피해지역도 넓다. 따라서 가뭄에 대한 분석을 위해 공간자료의 제공이 가능하고, 공간분석이 가능한 GIS의 이용이 가능할 것이다. GIS는 최근 탁월한 공간자료의 제공 능력과 분석의 제공으로 수문 및 수자원 모델링 분야에 활발히 이용되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 농업가뭄의 변량인 토양수분의 부족을 정량·정성적으로 분석하기 위하여 토양수분모형을 적용, 토양수분의 변화를 추정하고, 이를 기초자료로 삼아 가뭄의 특성치인 크기, 기간, 강도에 대해 분석을 실시할 수 있는 농업가뭄분석모형(ADAM)과 지리정보시스템을 통합 운영하여 지역별 농업가뭄을 분석하였다.

## II. 농업가뭄분석 모형

본 연구에서는 배(1998)가 개발한 농업가뭄분석모형 ADAM과 지리정보시스템을 이용하여 우리나라 발지역에서의 농업가뭄을 분석하였다.

농업가뭄분석모형 ADAM은 토양수분모형과 토양수분을 빈도분석하는 가뭄분석모형으로 구성되어 있다.

### 1. 농업가뭄 분석 모형

#### 가. 토양수분 물수지

토양 내에서의 일정 기간의 물의 유입 및 유출량을 나타내는 물수지 방정식은 포장의 지형적 조건이나 토양인자, 작물 등에 의해 좌우되며, 아래의 식과 같이 표현된다(Jensen et al. 1971).

$$\Delta SMC = (RF + IR + UP + HI) - (DR + DP + ET + HO) \dots\dots\dots(1)$$

여기서,  $\Delta SMC$ 는 토양 내에서의 토양수분 변화량(mm), RF는 강우량(mm), IR은 관개량(mm),

UP는 모관력에 의한 수분상승량(mm), HI는 횡방향 수분유입량(mm), DR은 지표유출량(mm), DP는 유효토층 하부에서의 심층침투량(mm), ET는 증발산량(mm), HO는 횡방향 수분유출량(mm)이다.

식 (1)에서 수평방향의 유출입량, 모세관력에 의한 수분상승량을 무시하고 무관개라고 가정하면 식 (2)와 같이 단순화 된다.

$$\Delta SMC = (RF) - (DR + DP + ET) \dots\dots\dots(2)$$

식 (2)의 토양 중의 유효수분량의 변화는 토양 수분미흡량을 이용하여 식 (3)과 같이 나타낼 수 있으며, 토양수분미흡량(Soil Moisture Depletion, DD)은 포장용수량에서 잔여토양수분량을 뺀 값으로 정의된다.

$$DD_n = DD_0 + \sum_{i=1}^n (ET_i + DR_i + DP_i - RF_i) \dots\dots(3)$$

여기서, DD<sub>n</sub>은 n일 후의 토양수분미흡량이며, DD<sub>0</sub>는 초기 토양수분미흡량이며 포장용수량이라고 가정하였으므로 0이다.

한편, 동절기(12월~2월)에는 토양이 동결되므로 토양수분을 위의 식으로 계산하는 것은 불가능하고, 본 연구에서의 대상지역이 지역단위이므로 지형조건 등을 고려하기 어려울 뿐만 아니라 이에 따른 토양 및 지표면에서의 동결조건 등을 고려하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 물수지를 고려하여 동절기동안의 총 증발산량에서 총 강우량을 뺀 값을 11월 30일의 토양수분에 합하여 3월 1일의 토양수분을 계산하였다.

## 2. 가뭄분석

농업가뭄은 기상학적 또는 수문학적 가뭄이 농업에 미치는 영향, 즉 강수의 부족, 토양수분의 부족, 지하수나 저수지 수위의 저하 등의 여러 가지 특성에 의해서 정의 될 수 있다. 작물 생장에 필요한 수분은 특정 지역, 특정 기후, 특정 생육기,

특정한 토양상태에 따라 다르기 때문에 정의하기가 특히 어렵다. 따라서 본 연구에서는 농업가뭄을 농작물의 생산량이 감소될 정도의 토양수분인 유효수분백분율의 50% 이하일 때로 정의하고 이를 근거로 해서 농업가뭄에 대해 분석하였다. 유효수분백분율은 현재의 토양수분량에서 위조점에서의 토양수분량을 뺀 값을 포장용수량에서 위조점의 토양수분량을 뺀 값으로 나누어 100을 곱하여 얻을 수 있다.

현재 가뭄의 특성을 분석하는 방법으로써 가장 유용하게 이용되고 있는 방법은 Runs 이론이다. Runs 이론은 가뭄이 가지는 다양한 특성을 세 가지의 특성치로 구분하여 이를 각각 분석하는 이론으로써 가뭄의 세 가지 특성치는 기본수준(truncation level)에 대한 음의 부분 즉, 부족분에 대한 지속기간(duration : D), 크기(magnitude : M), 강도(severity : S)로 분류된다.

따라서, 본 연구에서는 농업가뭄을 가장 잘 고려할 수 있도록 물부족의 형태로서 토양수분, 기간으로서는 1일, 기본수준으로서는 유효수분백분율 50%로 정하였으며, 분석방법으로서는 Runs 이론을 적용하였다.

본 연구에서 정의한 가뭄의 특성치를 살펴보면, 가뭄의 시작은 유효수분백분율이 50% 이하로 내려가는 시점이며, 가뭄의 종료는 강우에 의해 충분한 수분이 공급되어 유효수분백분율이 50% 이상이 되었을 때이거나 관개기가 끝나 더 이상 토양수분의 부족이 작물에 영향을 미치지 않는 기간으로 정의하였다. 즉, 유효수분백분율 50%는 발작물에 있어서 관개를 필요로 하는 시점이며, 이 이하의 토양수분이 유지될 경우 발작물의 생산량에 영향을 미치므로 기본수준을 유효수분백분율 50%로 정의하였다. 또한, 토양수분이 발작물의 생산량에 영향을 미치는 기간은 우리나라의 주요 발작물의 생육기간인 4월부터 10월이다. 11월은 수확기이므로 관개가 필요하지 않는 기간이며, 12월부터 3월까지 작물의 재배가 거의 이루어지지 않는 기간이므로 이 기간에 가뭄이 발생하였을 경우에는 농업가뭄에 포함시키지 않았다. 위에서 정의한 가

물의 시작과 종료사이의 기간을 가뭄기간으로 정의하여 일단위로 정리하였다.

가뭄강도는 유효수분백분을 50% 이하일 경우의 기간과 유효수분백분을 50%에서 현재의 토양수분함량을 뺀 값의 곱으로 정의하였으며, 가뭄의 실제적인 크기를 나타내며 유효수분백분율과 기간의 곱(%·day)을 가뭄강도의 단위로 선택하였다.

가. 자료치 계열 및 적정확률분포형의 선정

가뭄의 자료치계열은 가뭄이 홍수량처럼 순간적인 극치가 중요한 것이 아니라 지속되는 기간동안의 총 부족량이 주된 관심사이므로 극치 계열(extreme value series)보다는 부분기간치 계열(partial duration series)을 선정하여야 한다. 즉, 어떤 기준치보다도 큰 값을 가진 모든 자료로 구성되며, 이 계열에 속하는 자료의 숫자가 기록년수와 같게 되도록 기준치를 선정하는 년초과치 계열(annual exceedance series)를 가지고 해석하여야 한다.

가뭄기간, 가뭄강도, 가뭄크기 모두의 경우에서 Log-Pearson Type-III 분포를 가뭄 특성치를 파악하는 확률분포형으로 사용하였다.

Log-Pearson Type-III 분포의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f(x) = \frac{1}{a \Gamma(\beta)} \frac{1}{x} \left( \frac{\ln x - y_0}{a} \right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{\ln x - y_0}{a}\right) \dots\dots\dots(4)$$

여기서,  $a$ 는 축척변수(scale parameter)이고,  $\beta$ 는 분포의 모양(shape)을 결정하는 변수이며,  $y_0$ 는 위치변수이며  $\beta > 0$ 이고  $a$ 와  $y_0$ 는 양 또는 음의 값을 가질 수 있다.

$a > 0$ 일 때 누가확률분포함수는 식 (5)와 같다.

$$F(x) = \int_1^x \frac{1}{a \Gamma(\beta)} \frac{1}{x} \left( \frac{\ln x - y_0}{a} \right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{\ln x - y_0}{a}\right) dx \dots\dots\dots(5)$$

여기서, 1은 하한치로서  $a > 0$ 이면  $e^{y_0}$ 의 값을 가지며  $a < 0$ 이면  $1 = -\infty$ 이다.

확률분포형의 적합도 검정(goodness of fit test)에 사용된 방법은 K-S (Kolmogorov-Smirnov)검정이며, K-S 검정방법은  $\chi^2$ (Chi-Square)검정에 비해 표본자료를 계급구간으로 나누어 이론분포를 표시하기 위한 매개변수를 계산할 필요가 없는 장점을 지니고 있으므로 선택하여 사용하였다.

나. 가뭄 특성치 분석

가뭄 특성치를 분석하기 위하여 각각에 대해 각각 빈도 분석을 실시하였으며 빈도분석시 사용된 방법은 빈도계수법이며 비초과확률(non-exceedance probability)은 년 초과치 계열의 해석에 적합성이 인정된 California 공식(Lee et al., 1986)을 사용하였다.

비초과확률을 결정하는 California 공식은 식 (6)과 같다.

$$P(X \leq x) = 1 - \frac{m}{n} \dots\dots\dots(6)$$

여기서,  $P(X \leq x)$ 는 비초과확률 혹은 누가생기 확률을 뜻하며,  $n$ 과  $m$ 은 자료치 계열을 구성하고 있는 자료의 총수와 전 자료를 제일 큰 것부터 제일 작은 것까지의 순으로 나열했을 때의 순위이다.

III. GIS 통합 운영 및 자료 처리

1. 모형의 구성

가. 모형의 개요

본 연구에서 개발한 농업가뭄분석모형(ADAM)은 토양수분 물수지모형과 가뭄분석 모형이 순차적으로 구성되어 있으며, GIS와 통합 운영에 관한 개념적 구성과 이들간의 자료의 이동은 Fig. 1과 같다(최 등 1997).

먼저, GIS로부터 토지이용도와 토양도를 이용하여

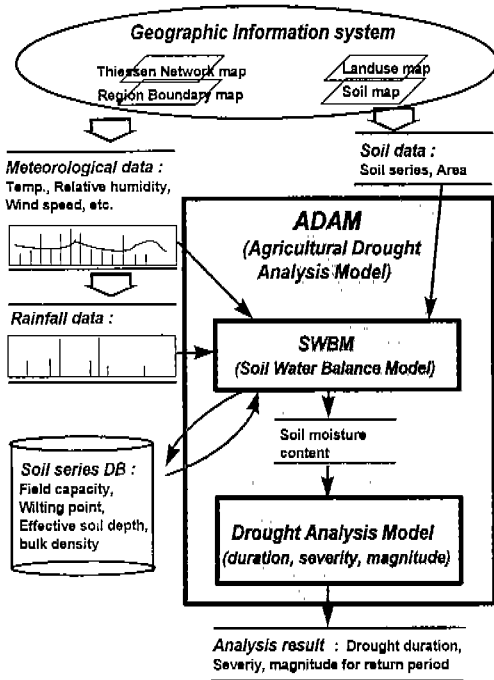


Fig. 1. Conceptual diagram of agricultural drought analysis model

지역별 발토양통 및 토양통별 면적 자료를 입력받고, Thiessen 망에 의해 면적 가중된 기상자료를 입력받아 각 토양통에 대해 각각 일별 토양수분함량을 구한다. 이를 면적 가중 평균하여 지역별 토양수분함량을 계산하게 된다.

나. 모형의 입출력자료

① 모형의 입력자료

ADAM의 입력자료는 크게 기상자료와 토양통별 물리적 특성자료 및 지역별 토양통별 분포면적으로 구분된다. 기상자료는 강우량과 잠재증발산량을 산정하기 위한 평균기온, 최저기온, 평균풍속, 상대습도, 일조시간 등을 이용하였다. 지역별 평균강우량 및 기상치를 산정하기 위하여 Thiessen의 가중법을 사용하였으며, 사용된 기상 측후소는 주요 측후소 28개 지점이다.

지역별로 분석하기 위해서 Thiessen의 가중법을 사용할 경우 수작업에 의하면 전국적인 입력자료 작성에 많은 시간을 필요로 한다. 본 연구에서는

운영의 효율성을 위하여 지리정보시스템을 이용하였다. 먼저, 기상측후소의 위치를 point coverage에 입력 후 이를 이용하여 Thiessen의 다각형을 만들었으며 다각형과 대상지역경계도와 지도의 중첩(map overlay)을 통하여 각 측후소별 지배면적을 계산하였으며, 이는 Fig. 2와 같다.

토양의 물리적 특성자료인 유효토심, 포장용수량, 위조점 등은 농촌진흥청에서 작성한 토양통설명서(농촌진흥청, 1980)를 이용하였다. 또한, 임의 지역의 토양수분함량을 얻기 위하여 발토양통과 토양통별 면적이 필요하며, 이는 토양도와 토지이용도로부터 지리정보시스템을 이용하여 추출할 수 있다. 이는 Fig. 3과 같으며, Table 1은 모형의 입력자료 내용이다.

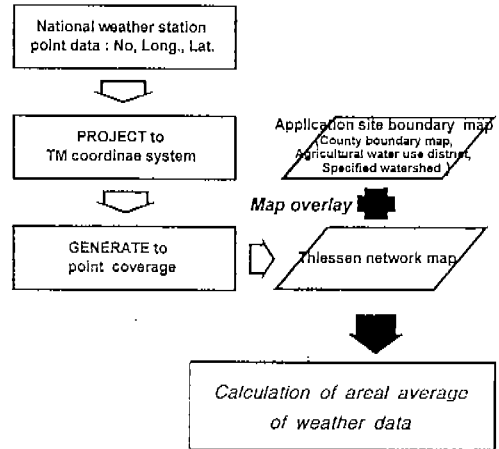


Fig. 2. Construction of thiessen network and map overlay for the weather data interpolation

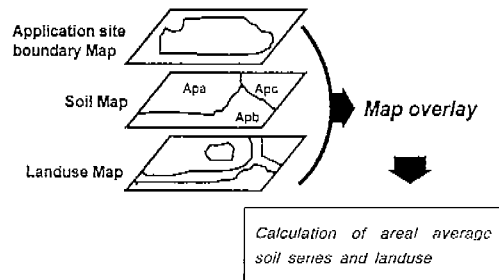


Fig. 3. Map overlay for the areal average soil series and landuse

Table 1. Input variables of agricultural drought analysis model

Type	Variable name	Description
I. Meteorological data	WH	Weather data for Penman equation
II. Rainfall data	RAIN	Rainfall
III. Soil characteristic data	FC	Field capacity
	WP	Wilting point
	BD	Bulk density
	ED	Effective soil depth
IV. Soil series	SN	Soil series name
	AREA	Area for each soil series

Table 2. Output variables of agricultural drought analysis model

Type	Variable name	Description
I. Soil moisture data	SM	Daily soil moisture
	ET	Evapotranspiration
II. Drought characteristic data	Duration	Drought duration
	Severity	Drought severity
	Magnitude	Drought magnitude
	D-Value	Duration for return period
	S-Value	Severity for return period
	M-Value	Magnitude for return period

② 모형의 출력자료

ADAM의 출력자료는 일별 증발산량 및 토양수분함량, 발생한 가뭄의 세 특성치, 각 특성치에 대한 생기빈도별 재현값이며, 그 내용은 Table 2와 같다.

IV. 모형의 적용

ADAM을 이용하여 임의 지역의 가뭄을 분석하기 위해서는 토양자료와 강우량과 같은 기상자료를 필요로 한다. 본 연구에서는 농어촌진흥공사에서 1989년 농어촌지역의 농업용수를 합리적으로 개발하고 이용, 관리하기 위하여 전국을 464개로 구분한 농어촌용수구역에서 1개 지구를 선택하였으며(서울대학교, 1993), 전국에서 8개 군을 선택하여 적용 대상으로 선정하였다. 이는 지역 단위가 상이한 지역을 선택적으로 적용하므로써, GIS의 활용성을 검토하기 위해서 이루어 졌다.

1. 농촌용수구역에의 적용

본 연구에서 분석대상으로 선정한 농촌 용수구역은 Fig. 3과 같이 경상북도 청도군 청도지구이다.

가. 자료의 구축

① 기상자료

ADAM에서 필요한 기상자료는 강우량과 잠재 증발산량에 필요한 평균기온, 최저기온, 평균풍속, 상대습도, 일조시간의 6가지이며, 청도지구의 경우 측후소별 지배면적을 계산한 결과 모두 대구측후소의 Thiessen 다각형안에 포함되어 대구측후소의 자료를 사용하였다. 분석기간은 1966년부터 1994년까지 29개년으로 결정하였다.

② GIS 자료 구축

본 대상지구에 ADAM을 적용하기 위하여 GIS 자료의 구축하였으며, 이는 ARC/INFO를 이용하였다. 구축한 GIS 자료는 Thiessen network, 용수구역 경계, 토지이용도 및 토양도이다. Thiessen

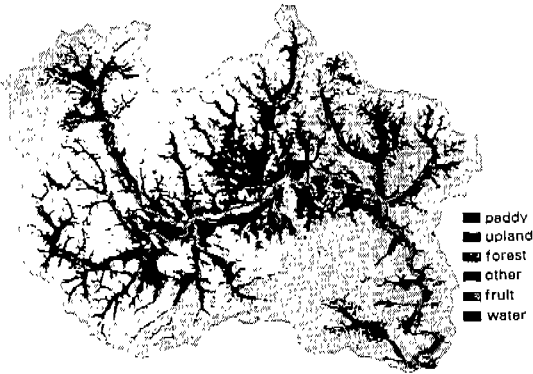


Fig. 4. Landuse map of the Cheongdo district

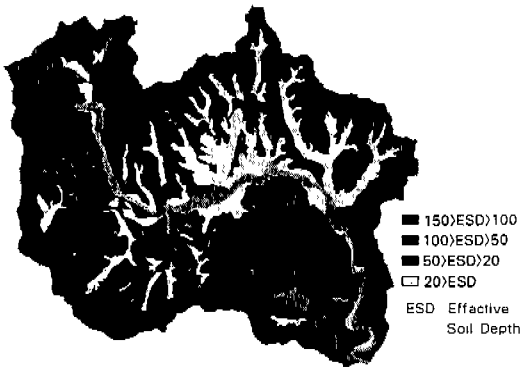


Fig. 5. Soil map of the Cheongdo district

network은 분석 대상지역의 기상자료의 지역평균값을 추출하기 위한 것이며, 토지이용도와 토양도는 대상지역의 토지이용-토양통별 분포면적과 이에 대한 물리적 특성자료를 추출하기 위하여 필요로 하였다. 따라서, 본 연구에서는 서울대 농업개발연구소에서 개발한 GIS 자료 구축 알고리즘에 따라 구축하였으며, Fig. 4는 유효토심별 토양도를 나타내며 Fig. 5는 토지이용도이다.

③ 토양통 물리적 특성자료

토양수분함량을 결정하기 위한 토양의 물리적 특성자료는 토양통설명서(농촌진흥청, 1980)로부터 추출하였으며, 그 내용은 포장용수량(% Wt.), 위조점(% Wt.), 유효토심(cm), 가비중(g/cm<sup>3</sup>)이고, 이 중 유효토심을 제외한 3개 특성치에 대해서 우리 나라 378개의 토양통 중 밭으로 이용되는 토양통인 125개에 대한 자료를 입력하여 토양도의

속성으로 구축하였다.

나. 토양통 특성자료의 추출

각 대상지역의 토양통 특성자료는 GIS를 이용하여 추출하였으며, 일부 토양통의 경우 밭토양통은 아니지만 밭으로 이용되고 있는 토양통에 대해서는 추가로 자료를 구축하였다.

다. 모형의 적용결과

① 토양수분의 추정

토양수분 물수지모형은 긴 시간동안에 대해 계산하기 때문에 큰 강우의 발생이나 시간이 경과함에 따라 자동으로 초기화 된다. 대부분 모형의 운영시 초기조건은 사용자의 경험에 의존하거나 실측치를 이용하여 결정된다. 그러나, 본 연구에서는 각 지역별로 토양수분을 실측한 자료가 없으므로 포장용수량을 초기토양수분으로 가정하였다.

지역별 토양수분은 지역별 토양통 중 밭으로 이용되는 각 토양통별로 토양수분 물수지모형을 이용해 유효수분백분율을 산정하였고, 이를 면적가중평균하여 계산하였다.

$$RSW = \frac{\sum SW_i \times AREA_i}{\sum AREA_i} \dots\dots\dots(7)$$

여기서, RSW는 지역별 토양수분함량이며 유효수분백분율(%)로 표시된다. SW와 AREA는 각 토양통별 유효수분백분율(%)과 분포면적(ha)이다.

② 가뭄기간 분석

Fig. 6은 청도지구의 토양함수량 분포도이며 Fig. 7은 가뭄기간의 Log-Pearson Type-III 확률분포형의 누가확률분포를 도시한 그림이다. K-S 적합도 검정을 한 결과 5% 유의수준에서 적합성

Table 3. Drought duration for return period in the Cheongdo district

District	Return period(year)				GOF*
	5	10	20	50	
Cheongdo	84	111	147	217	S**

\*GOF : Goodness of fit test, \*\*S : Significant

이 인정되었으며, 5년 빈도의 경우 84일, 50년 빈도의 경우 217일로 나타났으며 재현기간별 가뭄기간은 Table 3과 같다.

③ 가뭄강도 분석

Fig. 8은 청도지구에서 본 연구의 가뭄정의에 의해 발생한 가뭄강도의 Log-Pearson Type-III 확률분포형 누가확률분포를 도시한 그림이다. K-S 적합도 검정을 하여 5% 유의수준에서 적합성이 인정되었으며, 5년 빈도의 경우 3,218(%·day), 50년 빈도의 경우에는 9,381(%·day)로 나타났으며 재현기간별 가뭄강도는 Table 4와 같다.

④ 가뭄크기 분석

Fig. 9는 청도지구에서 본 연구의 가뭄정의에 의해 발생한 가뭄크기의 Log-Pearson Type-III 확률분포형의 누가확률분포를 도시한 그림이다. K-S

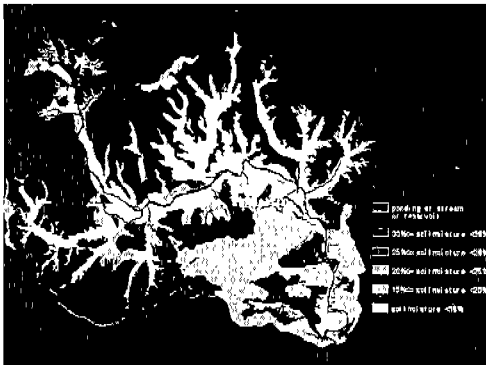


Fig. 6. Soil moisture distribution of Cheongdo district

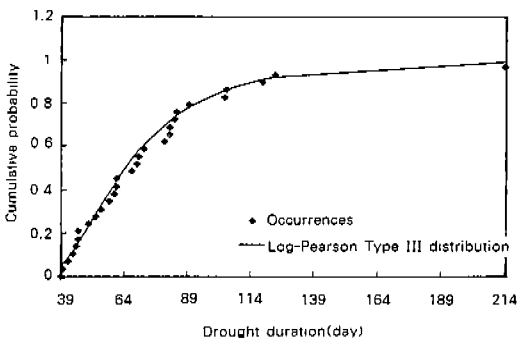


Fig. 7. Cumulative probability distribution function for drought duration in the Cheongdo district

Table 4. Drought severity for return period in the Cheongdo district

(Unit : %·day)

District	Return period(year)				GOF
	5	10	20	50	
Cheongdo	3,218	4,418	6,163	9,381	S

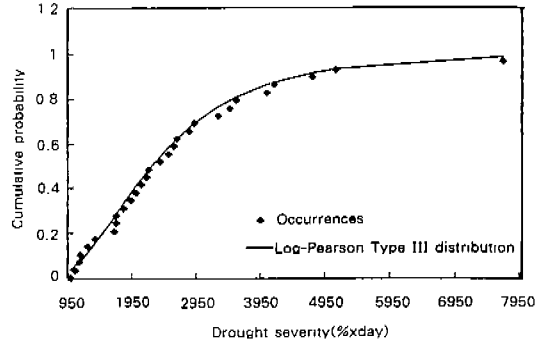


Fig. 8. Cumulative probability distribution function for drought severity in the Cheongdo district

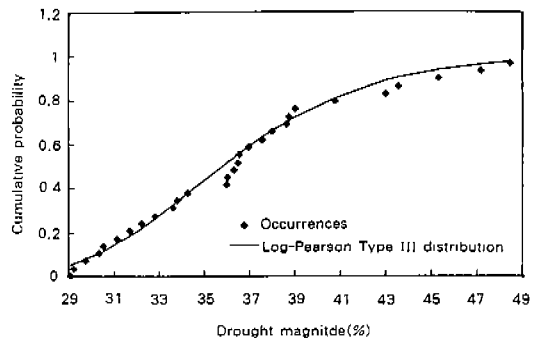


Fig. 9. Cumulative probability distribution function for drought magnitude in the Cheongdo district

Table 5. Drought magnitude for return period in the Cheongdo district

(Unit : %)

District	Return period(year)				GOF
	5	10	20	50	
Cheongdo	40.4	43.5	46.5	50.5	S



적합도 검증결과 5% 유의수준에서 적합성이 인정되었으며, 5년 빈도의 경우 40.4(%), 50년 빈도의 경우 50.5(%)로 나타났다. Table 5는 재현기간별 가뭄크기를 나타내고 있다.

## 2. 군단위 지역에서의 적용

군단위 지역의 적용대상은 전국을 대상으로 하기 위하여 각 도에서 1개군을 임의 선정하였다. 선정된 군은 경기도 여주군, 강원도 영월군, 충청북도 괴산군, 충청남도 논산군, 전라북도 순창군, 전라남도 곡성군, 경상북도 청도군, 경상남도 산청군으로 모두 8개로 하였다.

### 가. 자료의 구축

#### ① 기상자료

본 모형에서 필요한 기상자료는 농촌용수구역 청도지구의 경우와 동일하며, 각 대상지역의 기상자료는 28개 측후소 티센망과 군경계 지도를 중첩(overlay)하여 측후소별 지배면적을 계산, 이를 가중 평균하여 사용하였다. 적용대상지역의 각 분석기간은 대부분 1966년~1994년까지 29개년을 분석기간으로 선정하였다.

#### ② GIS 자료

군단위 지역의 적용을 위해 구축한 GIS 자료는 측후소 Thiessen network과 수치화 군경계 지도이다. 토지이용도 및 토양도는 대상지역의 토지이용

-토양통별 분포면적과 이에 대한 물리적 특성자료를 추출하기 위하여 필요로 하지만, 군단위 지역은 정밀토양도와 토지이용도의 구축이 미흡하며, 정밀토양조사 당시 조사한 토양통별 면적이 계산되어 있어 이를 이용하였다.

#### ③ 토양통 물리적 특성자료

농촌용수구역 청도지구와 동일하게 적용하였으며, 일반적으로 밭으로 이용되는 토양통인 125개에 대한 자료를 이용하였다.

### 나. 모형의 적용결과

#### ① 토양수분의 추정

군단위 대상지역에서의 지역별 토양수분은 지역별 토양통 중 밭으로 이용되는 각 토양통별로 토양수분 물수지모형을 이용해 유효수분백분율을 산정하였고 이를 면적가중평균하여 계산하였다.

#### ② 가뭄기간 분석

Table 6은 지역별 재현기간별 가뭄기간을 나타내고 있으며, 5년 빈도의 경우 영월군이 42일로 가장 가뭄기간이 짧았으며 청도군이 72일로 가장 긴 기간을 나타내었다. 10년 빈도의 경우 50~85(day)의 값을 가지는 것으로 나타났으며, 50년 빈도의 경우에는 순창군이 145로 가장 긴 기간을 나타내었고, 영월군이 73일로 가장 짧은 기간을 나타내었다. 모든 지역에서 5% 유의수준내에서 Log-Pearson Type-III 확률분포형의 적합성이 인정되었으며, Log-Pearson Type-III 확률분포형을

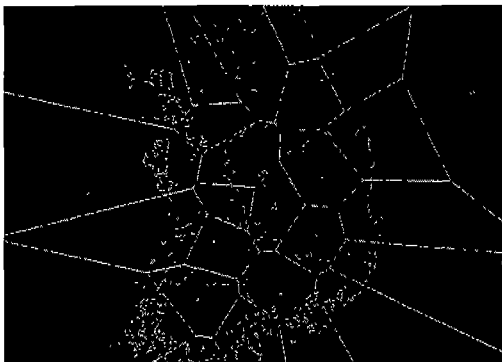


Fig. 10. Digitized Thiessen network of weather station and county boundary map

Table 6. Drought duration for return period in counties

(Unit : day)

County	Return period(year)				GOF
	5	10	20	50	
Yeosu	55	67	81	104	S
Yeongweol	42	50	59	73	S
Goisan	61	80	103	144	S
Nonsan	46	63	85	127	S
Sunchang	53	72	98	145	S
Gogseong	57	76	100	142	S
Cheongdo	72	85	101	124	S
Sancheong	56	71	89	116	S

가뭄기간분석에 사용이 가능한 것으로 판단되었다.

③ 가뭄강도 분석

Table 7은 지역별 재현기간별 가뭄강도를 나타내고 있으며, 이를 살펴보면 5년 빈도의 경우 논산군이 1,195(%·day)로 가장 작은 값을 보이고 있었으며, 10년 빈도의 경우 1,678~3,476(%·day)의 값을 가지는 것으로 나타났다. 50년 빈도의 경우 순창군이 6,897(%·day)로 가장 큰 값을 보이고 있었으며 영월군이 2,580(%·day)으로 가장 낮은 값을 보였다. 모든 지역에서 5% 유의수준내에서 Log-Pearson Type-III 확률분포형의 적합성이 인정되었으며, Log-Pearson Type-III 확률분포형을 가뭄강도분석에 사용이 가능한 것으로 판단되었다.

Table 7. Drought severity for return period in counties

(Unit: %·day)

County	Return period(year)				GOF
	5	10	20	50	
Yeoju	1,699	2,357	3,215	4,775	S
Yeongweol	1,356	1,678	2,036	2,580	S
Goisan	1,644	2,510	3,780	6,423	S
Nonsan	1,195	1,927	3,063	5,591	S
Sunchang	1,503	2,417	3,819	6,897	S
Gogseong	1,681	2,542	3,802	6,422	S
Cheongdo	2,762	3,476	4,331	5,745	S
Hamyang	1,249	1,786	2,516	3,911	S

④ 가뭄크기 분석

Table 8은 지역별 재현기간별 가뭄크기를 나타내고 있다. 5년 빈도의 경우에는 28.4~42.6(%)의 값을 보였으며 각각 논산군과 청도군에서 가장 작은 값과 큰 값이 나타났다. 10년 빈도의 경우에는 27.8~45.0(%)의 값을 가지는 것으로 나타났고, 50년 빈도의 경우에는 39.8~50.2(%)사이의 값을 보였으며 순창군이 가장 작은 값을 보였다. 적합도 점정한 결과, 모든 지역의 경우 5% 유의수준에서 Log-Pearson Type-III 확률분포형의 적합성이 인정되었으며, Log-Pearson Type-III 확률분포

Table 8. Drought magnitude for return period in counties

(Unit : %)

County	Return period(year)				GOF
	5	10	20	50	
Yeoju	33.6	36.9	40.1	44.2	S
Yeongweol	34.6	27.8	41.0	45.6	S
Goisan	30.2	34.1	37.9	42.8	S
Nonsan	28.4	33.4	38.7	46.2	S
Sunchang	30.8	35.8	40.9	42.3	S
Gogseong	32.2	36.7	41.6	48.7	S
Cheongdo	42.6	45.0	47.0	49.8	S
Sancheong	33.8	36.9	40.1	44.2	S

형을 가뭄크기분석에 사용이 가능한 것으로 판단되었다.

V. 결 론

본 연구에서는 우리 나라 발지역에서의 가뭄을 분석하기 위해 지리정보시스템과 통합 운영이 가능한 토양수분 물수지모형과 가뭄의 특성치를 분석할 수 있는 가뭄분석모형(ADAM, Agricultural Drought Analysis Model)을 결합하여 농업가뭄을 분석하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 지리정보시스템을 이용하여 가뭄분석을 할 수 있도록 티센망, 용수구역 경계, 군 행정경계, 토지이용도 및 토양도를 구축하고, 이로부터 기상 자료 등을 면적 평균에 의하여 계산하였으며, 토양도와 토지이용도를 이용하여 용수구역에서의 공간적 토양수분분포를 계산하였다.

2) 농촌 용수구역인 경상북도 청도군 청도지구 에 ADAM을 지리정보시스템과 통합하여 적용하였고, 가뭄기간, 가뭄강도, 가뭄크기 모두의 경우 Log-Pearson Type III 분포가 5% 유의수준에서 적합성이 인정되었으며, 10년 빈도의 경우에는 111(day), 4,418(%·day), 43.5(%)로 나타났다.

3) 전국 8개 군에 ADAM을 적용할 수 있도록 티센망과 군 행정경계를 중첩(overlay)하여 기상 자료를 계산하였고, 가뭄을 분석하여 본 결과 가

물기간은 Log-Pearson Type III 분포가 5% 유의수준에서 적합성이 인정되었으며, 10년 빈도의 경우 50~85(day)의 값을 가지는 것으로 나타났다. 가뭄강도는 Log-Pearson Type III 분포가 5% 유의수준에서 적합성이 인정되었으며, 10년 빈도의 경우 1678~3476(%·day)의 값을 가지는 것으로 나타났다. 가뭄크기도 Log-Pearson Type III 분포가 5% 유의수준에서 적합성이 인정되었으며, 27.8~45.0(%)의 값을 가지는 것으로 나타났다.

4) 공간적 분포를 이루는 가뭄 분석에 지리정보시스템의 적용이 효과적이었으며 향후 이를 이용한 가뭄 분석이 가능할 것으로 사료되었다.

### 참 고 문 헌

1. 김형수, 윤용남, 1996, 연속지수모형에 의한 가뭄 특성의 감시, 한국수자원학회지, 29(6), pp. 179-188.
2. 농촌진흥청, 1980, 토양통설명서 (I)~(V).
3. 농촌진흥청, \_\_\_\_\_, 정밀토양해설도.
4. 박성우, 안재숙, 이기춘, 1982, 한발 기준년 재조정, 농업개발시험연구, 서울대 농업개발연구소.
5. 배승중, 1998, 토양수분물수지모형과 지리정보시스템을 이용한 농업가뭄분석에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문집.
6. 서울대학교 농업개발연구소, 1993, 농어촌용수 이용 합리화계획 자료정보 데이터베이스 구축 연구(III), 농림수산부, 농어촌진흥공사.
7. 안병기, 김태철, 정도용, 1988, 농업한발지수 설정에 관한 연구, 한국농공학회지, 30(1), pp. 31-37.
8. 정상만, 1989, Negative Runs 이론에 의한 한발의 연구 동향, 한국수문학회지, 22(1), pp. 26-30.
9. 최진용, 정하우, 김대식, 1997, 지리정보시스템을 이용한 장기유출모형의 개발(II) - 전후처리시스템 개발-, 한국농공학회지, 39(2), pp. 103-112.
10. Jensen, M. E., J. L. Wright and B. J. Pratt, 1971, Estimation soil moisture depletion from climate, crop and soil data, Trans. of the ASAE, 14:954-959.
11. Lee, K. S., Jarnshid s. and J. A. Dracup, 1986, An approach for frequency analysis of multiyear drought durations, Water Resources Res. 22(5), 655-662.
12. Smart, G. M., 1983, Drought analysis and soil moisture prediction, J. of Irri. and Drain. Engrg. 109(2), 251-261.