

# 農業旱魃指數 設定에 관한 研究

## A Study on the Evaluation of Agricultural Drought Index

安 秉 基\* · 金 泰 喆\* · 鄭 道 雄\*\*  
Ahn, Byoung Gi · Kim, Tai Cheol · Jung, Do Woong

### Summary

This study, based on the monthly rainfall data, was carried out to determine the agricultural drought index which enables to describe the regional and seasonal drought characteristics of rice cropping system in Korea.

The results obtained were summarized as follows :

1. A new agricultural drought index (ADI) was evaluated seasonally according to the product of drought intensity and duration. This ADI is proposed as standard design criterion for irrigation planning.
2. The relationship between agricultural drought index and return periods was figured out. These diagrams could be used to estimate the seasonal drought severity of a certain year and to select design year corresponding to the specific drought frequency.
3. The regional drought characteristics were classified and those are useful to determine proper rice varieties and planting time and make drought counterplans.
4. Spring drought occurred once in 3 or 4 years and in a regional respect, rather frequently occurred in Seoul and Daegu areas than in Busan, Daejeon, Kwangju and Chuncheon areas. Summer drought occurred once in 5 years in Daegu and Busan areas and once in 7 or 8 years in other areas.
5. Sequential drought which gave severe drought damage of rice production occurred once in 20 years in Daegu area and in 10 years in Kwangju area.

### I. 緒 論

旱魃이라는 水文事象은 여러가지 地域 조건에 따라 서로 다른 基準을 갖고 있기 때문에 정확하게 定義하기는 대단히 어려우나, 일반적으로는 持續的이고 非正常的인 濕潤不足 상태를 나타내는

氣象學的 旱魃, 特定地域이 正常的으로 必要로 하는 最少用水의 供給不足 상태를 나타내는 水文學的 旱魃, 그리고 農作物 생산을 현저하게 감소시키는 토양수분 부족 상태를 나타내는 農業旱魃의 세가지로 크게 분류할 수 있다.

土壤과 함께 氣象은 농업생산에 필수불가결한

\*忠南大學校 農科大學

\*\*忠南大學校 大學院 (農業振興公社)

自然資源이며, 이 기상환경에 따라 冷害, 旱害, 風水害 등 농업災害를 받게 된다. 특히 旱害는 降水와 밀접한 관계가 있어 地域的으로, 季節的으로 그 變化가 다양하며 피해의 정도도 대단히 크고 넓게 分布되어 있다.

旱害는 旱害強度(Drought Intensity), 旱害持續期間(Drought Duration), 그리고 旱害의 크기(Drought Severity)의 세가지 成分으로 이루어진다. 그리고 旱害의 크기는 旱害強도와 旱害持續期間의 積으로 定義한다. 이 세가지 成分은 서로 다른 分포를 가지기 때문에 旱害事象을 分析한다는 것은 대단히 까다롭다. 따라서 暴雨, 洪水, 平常流出, 渴水 등의 수문사상에 대해서는 強度 및 再現頻度를 나타내는 방법들이 많이 연구, 발표되어 있으나, 旱害의 強度 및 頻度를 計量的으로 나타낼 수 있는 방법은 未備한 실정이다.

最近 農業振興公社<sup>1)</sup>가 水稻作을 中心으로 農業旱害를 計量的으로 나타낼 수 있는 방법의 연구를 수행하였으나 旱害의 연속한날일수(Dry day sequence) 分布의 확률계산을 위한 分布函數 연구에 集中하였으며, 農村振興廳<sup>3)</sup>에서는 旱害피해를 移秧지연형과 生育장해형으로 구분하고, 이때의 旱害부족에 의한 旱害피해정도를 計量化하도록 계절별 累加降雨量, 累加蒸發量, 累加氣温 등의 比較値로 旱害指數를 設定하였다. 이는 季節別 累加量을 채택하여 개략적으로 分析하고, 前期降雨에 의한 토양수분의 移越效果(Carryover effect)와 旱害에 대한 農業生産構造의 自然適應力을 고려하지 않는 등 비교적 단순한 방법이다.

外國의 경우에는 대부분 연속한날일수分析<sup>8, 9, 10)</sup>에 의해 旱害의 토양수분 枯渴상태인 旱害를 해석하고 있으며, 英國 氣象廳<sup>7)</sup>에서의 旱害強度, 持續期間, 크기를 결정하는 방법은 長期間에 걸친 大氣水分상태를 나타내는 것으로 一種의 氣象學的 旱害 解析방법을 제시하고 있다. 또한 中國<sup>6)</sup>에서는 몇가지 기상인자들로 設定된 指數에 따라 農業生産地域을 몇개의 同質區域으로 구분하여, 토지와 수자원이용, 적합한 水稻作 營農組織과 水稻品種선택의 指標로 취하고 있다.

本 研究에서는 장기간 관측된 旱害기록과 既往의 旱害피해實績을 기초자료로 水稻作의 移秧지연형 旱害와 生育장해형 旱害 그리고 이들을 包括하는 農業旱害의 強度, 持續期間, 크기를 計量的으로 나타낼 수 있는 旱害指數를 設定하여 地域別, 季節別 旱害특성을 究明하고자 한다. 이

農業 旱害指數는 農業用水開發의 旱害에 대한 設計基準이 될 수 있을 것이다.

## II. 資料 및 研究方法

### 1. 資料

#### 가. 6개 氣象觀測所의 月降雨量

농업한발은 단순한 旱害부족뿐만 아니라 여러 가지 環境要因의 지배를 받기 때문에 토양수분내의 유효수분량과 작물의 증발산량간의 日別 물收支 분석이 바람직하다. 그러나 日別 물收支 분석은 어느 特定 地域과 時間의 降雨強度, 浸透能, 토양수분상태, 증발산등의 다양한 因子들로 구성되어 있어 地域的으로 넓고 時間的으로 오래 持續되는 旱害의 일반적 특성을 概括하기에는 너무 복잡하고 細部的이다. 本 연구에서는 시간적 旱害부족은 月 單位로 취하고 지역적분포는 서울, 부산, 대전, 대구, 광주, 춘천등 6개 기상관측소를 대상으로 分析한다.

#### 나. 旱害發生 事例蒐集

既往의 旱害발생지역의 旱害부족에 따른 旱害피해정도, 旱害지속기간, 旱害피해범위등을 기상 月報<sup>4)</sup>의 旱害概況, 行政區域別 旱害白書<sup>5)</sup> 各機關의 旱害克服誌<sup>2)</sup> 등으로 부터 수집한다.

### 2. 研究方法

旱害의 強度와 持續期間으로 부터 농업생산 특히 水稻作의 旱害피해정도를 나타낼 수 있도록 다음의 基本假定下에서 農業旱害指數를 設定한다.

#### 가. 基本假定

1) 農業生産構造의 旱害에 대한 適應力(Droughtability) :

어느 地域의 營農構造는 長久한 기간동안 그 지역의 기후변화에 적응할 수 있는 형태로 定着하게 된다. 즉, 영농구조는 기후의 平年的 旱害에는 自然適應力을 가지게 된다. 따라서 어느 달의 旱害량이 그 달의 月 平均旱害 부족량(Mean Monthly Deficit) 이상으로 不足한 달에 旱害피해가 발생할 可能性이 있다고 가정한다.

2) 前期降雨에 의한 토양수분의 移越效果(Carryover effect) :

어느 달의 旱害량이 平均旱害량보다 많으면 過剩旱害는 토양내로 침투, 저류되기 때문에 그 다음 달에 旱害가 없을 경우에도 작물생육에 도움이 된다. 반대로 平均旱害량보다 적으면 토양내

수분이 고갈되어 다음달에 강우가 있어도 상당량은 이것을 補充하는데 소용될 것이다. 따라서 이 같은 강우 移越效果를 고려해야 하며, 效果의 지속기간을 1개월로 가정한다.

3) 農業旱魃指數 (Agricultural Drought Index):

旱魃指數는 한발強度와 한발持續期間의 積 (Product)으로 定義한다. 한발強度는 超過月平均降雨不足量이 모두 (-)인 달의  $\Sigma$ (초과월강우부족량) /  $\Sigma$ (월평균 강우부족량)으로 정의하고 초과월강우부족량이 (-)인 달의 數를 한발 持續期間으로 정의한다.

4) 季節 旱魃形態區分 :

旱魃은 계절적으로는 겨울가뭄, 봄가뭄, 여름가뭄, 가을가뭄으로 분류하고 있으나 水稻作栽培 측면에서는 봄가뭄인 移秧지연형 한발과 여름가뭄인 生育장해형 한발이 가장 중요한 농업한발피해이다. 移秧지연형 한발은 가장 많이 발생하고 피해도 크며 광범위하여 旱害對策의 主對象이 된다. 生育장해형 한발은 생육이 가장 왕성한 7·8월에 作物生理水不足으로 인한 피해를 말하며, 발생빈도는 많지 않으나 이양지연형 한발과 같이 발생하는 連續旱魃일 경우에는 대단히 큰 피해를 주게 된다. 본 연구에서는 4, 5, 6월의 강우부족으로 인한 한발을 移秧지연형, 7, 8월의 강우부족으로 인한 한발을 生育장해형, 그리고 이를 包括하는 4~8월의 강우부족으로 인한 한발을 農業旱魃로 區分한다.

나. 農業旱魃指數

1) 移越效果의 月別 加重因子 決定

年平均강우량과 月平均강우량과의 관계로 부터 月 加重因子 (Weighting factor)를 계산한다.

$$CO(i) = 0.1 * (1 + \frac{MMR(i)}{12} * MAR)$$

여기서, CO(i) : i月的 加重因子

MMR(i) : i月的 月平均강우량

MAR : 年平均강우량

이 經驗公式는 英國 기상청에서 제시한 방법으로서 非灌溉期인 乾期보다는 강우량이 많고 농업적으로 중요한 雨期에 토양수분의 과잉 또는 고갈에 의한 移越效果가 큰 사실을 고려하기 위한 것으로 우리나라의 여건과도 부합된다고 생각된다.

2) 移越效果를 고려한 강우량과 월 평균강우부족량 (Mean Monthly Deficit) 계산 :

어느 特定달(例 : 1월)의 관측된 월 강우량에서 그 달(1월)의 월평균강우량을 빼고 (+ 또는 - 값), 그 다음달(2월)의 月加重因子(CO(2))를 곱하여 얻은 값을 관측된 그 달(2월)의 강우량에 加算하여 移越效果를 고려한 월 강우량(2월)을 구한다. 이 移越效果를 고려한 월 강우량(2월)에서 그 달(2월)의 월평균강우량을 빼고, 그 다음달의 加重因子(CO(3))를 곱하여 얻은 값을 관측된 그 달(3월)의 월강우량에 加算하여 移越效果를 고려한 월강우량(3월)을 구한다. 기록치의 맨 첫 달의 移越效果는 "0"으로 하여 全 관측기간에 걸쳐 계산한다. 이월효과를 고려한 월강우량에서 월평균강우량을 빼면 그 달의 월강우부족량 (Monthly Deficit)을 계산한다. 월강우부족량이 (+)인 과잉강우인 달은 "0"으로 취한 후, 平均值를 구하여 월평균강우부족량 (Mean Monthly Deficit)을 계산한다. 또한 월강우부족량에서 월평균강우부족량을 빼 값을 超過월강우 부족량 (Excess Deficit)이라고 한다.

3) 계절적 한발강도, 지속기간, 크기결정 :

基本假定에 따라 移越效果를 고려한 월 강우량을 구하고, 다시 농업생산구조의 월평균강우부족량에 대한 적응력을 인정하여 초과월강우 부족량이 (-)값인 달에만 한발피해가 일어날 가능성이 있다고 본다.

가) 이양지연형 한발의 基準設定 :

4, 5, 6월 강우량의 超過月降雨不足量이 모두 (-)이고 (한발지속기간 : 3개월), 旱魃強度가 0.5이상인 경우, 即 월평균강우부족량보다 50% 이상 超過不足한 경우, 5, 6월의 초과월강우부족량이 모두 (-)이고, 旱魃強度가 0.75이상인 경우, 6월 강우의 旱魃強度가 1.0이상인 경우의 한발크기 (= 한발강도 \* 한발지속기간)를 이양지연형 한발 指數로 정한다.

나) 生育장해형 한발의 基準設定

6월달의 초과월강우부족량이 (-)이고, 7, 8월의 초과월강우부족량이 모두 (-)이고 (한발지속기간 : 2개월), 한발강도가 1.0이상인 경우의 한발크기를 生育장해형 한발指數로 정한다.

다) 農業旱魃의 基準設定

이양지연형 한발과 生育장해형 한발中 어느 하나만 발생한 해에는 그것을 그해의 농업한발로 취하고, 이양지연형과 生育장해형 한발이 연속해서 발생하는 連續旱魃 (Sequential Drought)인 경우에는 超過월강우부족량이 (-)인 달의 數를 한발

지속기간으로 하고, 그 기간의 한발강도를 곱하여 그 해의 農業早魃指數로 취한다.

4) 계절별 한발발생빈도와 한발지수의 頻度分析:

어느 特定年の 계절별 (이양지연형, 생육장해형) 한발크기를 推定하거나 設計頻度에 해당되는 基準年을 선택, 결정할 수 있도록 「한발지수-再現期間」의 관계를 규명한다.

III. 結果 및 考察

基本假定下에서의 農業早魃指數 設定內容을 컴퓨터 프로그래밍하여 서울, 釜山, 大田, 大邱, 光州, 春川 地方의 계절별, 지역별 한발 특성을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 계절별 旱魃의 強度, 지속기간 및 크기

6개 지방 기상관측소의 장기간 강우관측자료로 분석한 이양지연형, 생육장해형, 농업한발의 한발강도, 한발지속기간, 한발지수를 계산하였다. 이 중에서 연속한발 피해가 극심했던 光州地方의 1967~1968년의 한발강도(IT), 한발지속기간(D),

한발크기 (IX)의 계산과정을 圖示하면 Fig. 1과 같다.

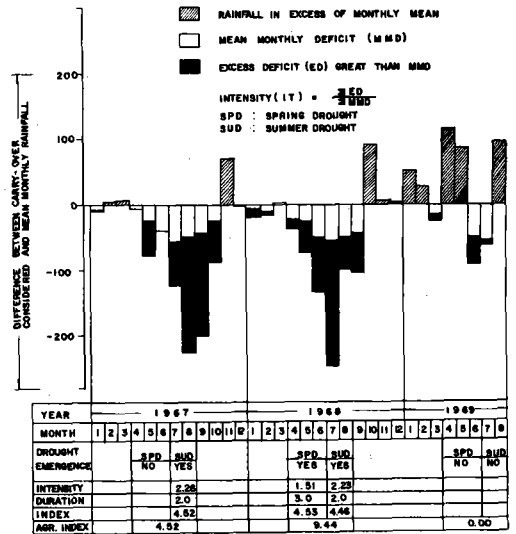


Fig. 1. Example of drought conditions determining the drought intensity, duration and index at kwangju rainfall station from 1967 to 1969.

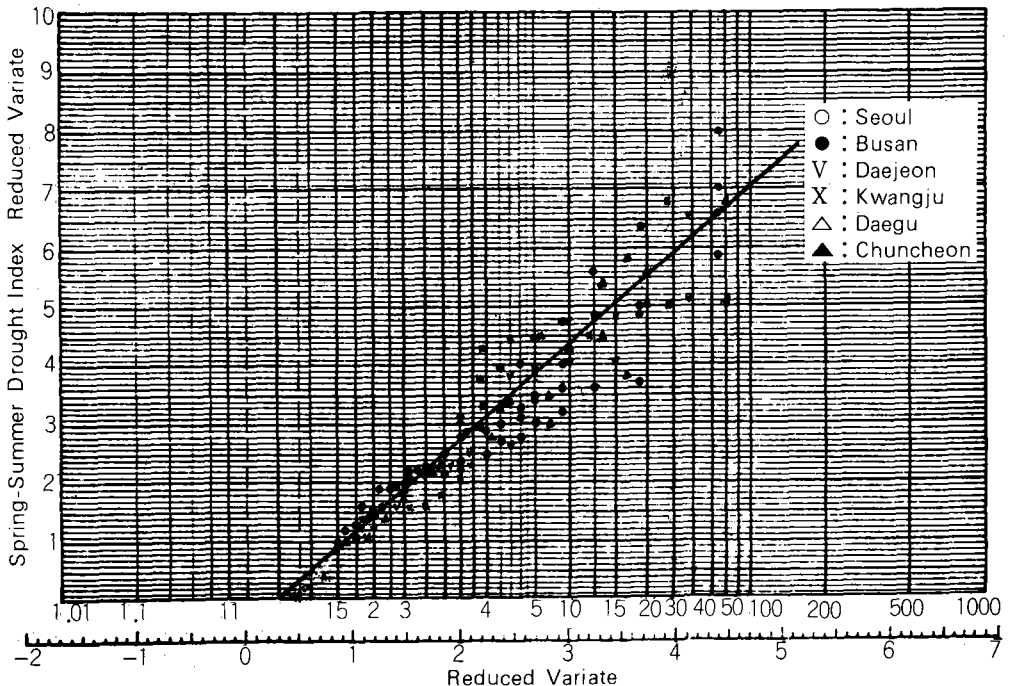


Fig. 2. Spring and Summer drought index frequency curve for the 6 stations, plotted on extremal probability paper.

2. 地域別 旱魃 發生頻度

과거 1908년 이후 長期강우관측자료에 의한 한발 발생빈도를 계산한 결과를 旱魃의 크기 順序로 Table-1에 정리하였으며, 地域別 한발특성을 고찰하면 다음과 같다.

移秧期인 4~6월에 한발이 발생할 確率은 約 27~33%로서 3~4년에 한번 꼴로 나타나며 지역적으로는 서울과 大邱地方이 釜山, 大田, 光州, 春川地方보다 이양지연형 한발이 다소 자주 발생함을 알 수 있다.

생육기인 7, 8월의 한발빈도는 이양기보다 훨씬 작으며, 지역별로 13~21%를 나타내고 있어 부산, 大邱地方은 5년에 한번, 기타 地方은 7~8년에 한번정도 생육장해형 한발이 나타난다.

농업한발의 발생빈도는 大田, 光州, 春川地方이 약 3년에 한번, 서울, 부산, 大邱地方이 약 2년에 한번 정도로 나타나고 있다.

또한 이양지연형과 생육장해형 한발이 같은 해에 연속적으로 발생하는 연속한발의 발생빈도는 5~9%로서 대구지방은 약 20년에 한번 정도 발생하는데 비해 光州地方은 약 10년에 한번 정도 발생하여 湖南地方에 극심한 농업한발피해가 발생함을 알 수 있다.

3. 旱魃指數의 頻度分析

계절별(이양지연형, 생육장해형)한발로 계산된 한발지수를 크기順序로 나열하고 Weibull의 Plotting Position으로 再現期間을 정하고 極值確率紙<sup>11)</sup>(Gumbel's extremal probability paper)에 plot한 결과, 地域別로는 큰 차이를 나타내지 않았으므로 이양지연형-생육장해형 한발지수와 재현기간, 농업한발지수와 재현기간과의 관계를 Fig. 2, 3에 圖示하였다.

이양지연형과 생육장해형 한발의 재현기간별 한발지수는 平年頻度 1.5, 10年 빈도 3.0, 20年 빈

Table-1. Seasonal drought probability for each station.

Rainfall Station	Period of Record	Drought Year			
		Spring Drought	Summer Drought	Agricultural Drought	Sequential Drought
		(Apr.-Jun.)	(Jul.-Aug.)	(Apr.-Aug.)	
Seoul	1908~1949	1965, 68, 72, 17,	1939, 43, 49, 09,	1943, 49, 65, 39,	1943, 49, 62, 28,
	1954~1986	58, 76, 57, etc.	62, 11, etc.	62, 28, 82, etc.	82,
	(75 years)	(25 years)	(11 years)	(31 years)	(5 years)
	Probability (%)	33.3	14.7	41.3	6.7
Busan	1909~1986	1922, 55, 68, 39,	1973, 64, 39, 44,	1939, 44, 29, 22,	1939, 44, 29, 60,
	(1916, 18 missing)	65, 17, 44, etc.	32, 60, etc.	73, 60, 45, etc.	45, 59,
	(76 years)	(21 years)	(16 years)	(31 years)	(6 years)
	Probability (%)	27.6	21.1	40.8	7.9
Daejeon	1929~1986	1968, 52, 51, 39,	1939, 38, 43, 51,	1939, 51, 52, 68,	1939, 51, 52, 76,
		65, 62, 55, etc.	76, 52, etc.	38, 43, 76, etc.	
	(58 years)	(16 years)	(8 years)	(20 years)	(4 years)
	Probability (%)	27.6	13.8	34.5	6.9
Kwangju	1940~1986	1955, 68, 44, 82,	1951, 67, 77, 68,	1968, 42, 55, 51,	1968, 42, 51, 59,
		83, 52, 43, etc.	42, 59, etc.	44, 67, 77, etc.	
	(47 years)	(13 years)	(6 years)	(15 years)	(4 years)
	Probability (%)	27.7	12.8	31.9	8.5
Daegu	1908~1986	1939, 68, 82, 52,	1928, 38, 39, 44,	1939, 44, 68, 82,	1939, 44, 51, 73,
		65, 62, 55, etc.	13, 77, etc.	28, 38, 51, etc.	
	(79 years)	(25 years)	(15 years)	(36 years)	(4 years)
	Probability (%)	31.6	19.0	45.6	5.1
Chuncheon	1954~1986	1965, 58, 68, 76,	1955, 73, 82, 77,	1965, 85, 82, 73,	1985, 82,
		72, 83, 54, etc.	62,	77, 58, 68, etc.	
	(33 years)	(9 years)	(5 years)	(12 years)	(2 years)
	Probability (%)	27.3	15.2	36.4	6.1

도 4.5, 100年빈도 7.0의 값을 보이고 있다. 또한 농업한발의 재현기간별 한발지수는 平年頻度 1.5, 10年빈도 5.0, 20年빈도 6.5, 100年빈도 11.0의 값을 보이고 있다.

4. 過去 特定年の 旱害에 대한 評價

과거 우리나라에는 크고 작은 한발피해가 거의 매년 발생하였으나 그 정도가 가장 심하고 광범위했던 1968年 光州地方의 한발크기에 대한 기록과 他 分析 방법과의 결과를 비교하였다.

가. 旱害白書

1968年 6, 7, 8, 9월에 계속적인 가뭄이 호남 지방에 있었고 平年강우의 20~30%만 내려서 60年만의 大旱魃로 기록되었다.

나. 氣象月報 旱害概況

4월 寡雨, 5월 가뭄계속, 6월 가뭄계속, 農

作物 큰 타격, 食水難, 7월 嶺南 中部地方에는 집중폭우, 호남지방에는 가뭄계속 등으로 농작물에 큰 피해가 발생하였다.

다. 水稻栽培지대의 農業氣候區分의 分析結果

이양지연형 한발지수로 4, 5, 6월의  $\Sigma$ 累加증발량/ $\Sigma$ 累加강우량의 比<sup>3,6)</sup>가 1.6以上 또는  $\Sigma$ 累加氣溫/ $\Sigma$ 累加降雨量의 比가 6.0以上을 한발이 발생하는 한발지수로 假定하였으며, 68年 광주지방의 이양기 한발지수는 2.74였으며 이는 15年頻度에 해당되었다.

라. 本 研究結果에 의한 評價

本 연구방법에 의한 광주지방의 1968年 농업한발지수는 9.4로서 再現기간 60年頻度에 해당되었다. (Fig. 3 참조)

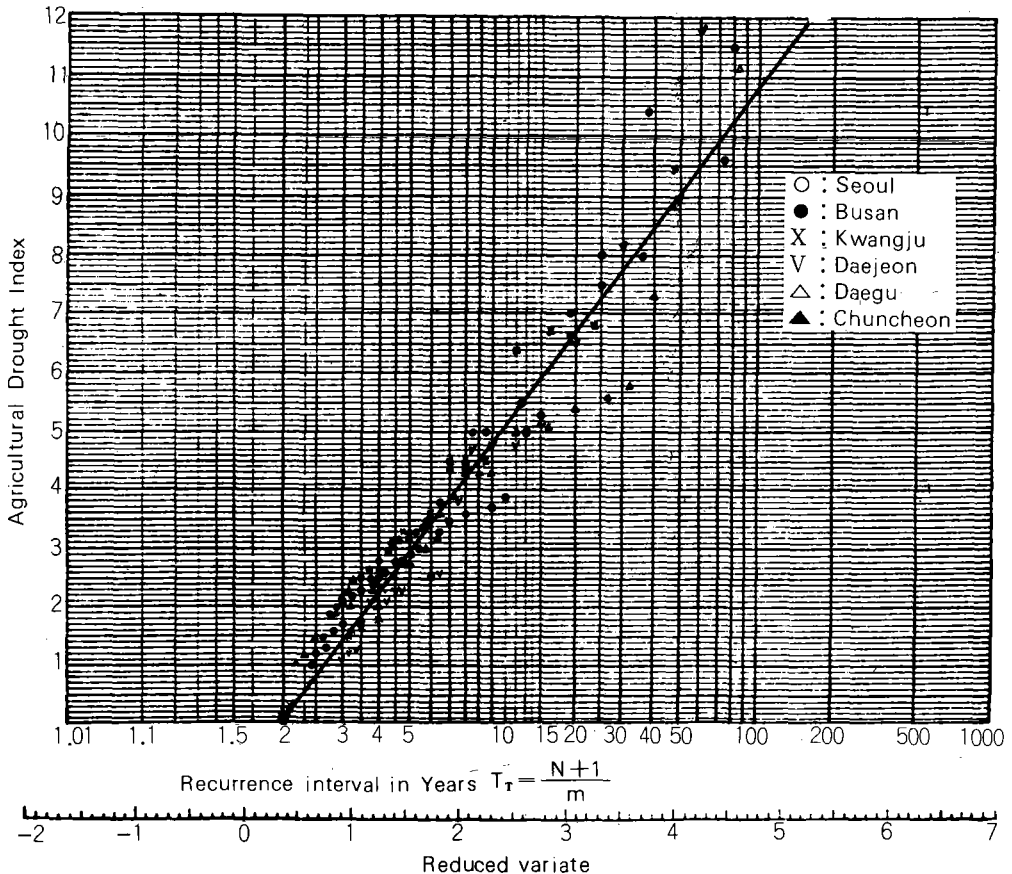


Fig. 3. Agricultural drought Index-frequency curve for the 6 stations, plotted on extremal probability paper.

IV. 結 論

參 考 文 獻

농업한발의 크기를 계절별로 計量的으로 나타낼 수 있는 農業旱魃指數를 設定하기 위하여 우리나라의 農業氣候特性에 따라 서울, 釜山, 大田, 大邱, 光州, 春川등 6개 기상관측소의 장기간 관측강우자료와 既往의 한발피해상황을 기초자료로 季節別, 地域別 旱魃特性을 分析하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 농업한발을 계절별로 한발강도, 한발지속기간 및 한발크기를 指數化하였으며 本 農業旱魃指數를 農業用水開發事業의 旱魃 設計基準의 하나로 제시한다.

2. 이양지연형-생육장해형 한발과 농업한발의 「旱魃指數-再現期間」 관계를 圖表化하여 어느 特定年の 계절별 한발크기를 推定하거나, 設計頻度에 해당되는 基準年을 선택할 수 있다.

3. 지역별 한발발생빈도와 한발특성을 규명하였으며, 이를 바탕으로 移秧時期와 水稻品種을 선택하는 등 營農計劃에 의한 旱害對策을 수립할 수 있다.

4. 우리나라 水稻作의 한발피해는 이양지연형 한발은 3~4년에 한번 꼴로 발생하고, 서울, 大邱地方이 釜山, 大田, 光州, 春川地方보다 다소 자주 일어나며, 생육장해형 한발은 釜山, 大邱地方에서는 5년에 한번, 기타 地方에서는 7~8년에 한번 정도 발생하였다.

5. 이양기와 생육기에 연속하여 발생하는 연속한발의 경우, 大邱地方은 20년에 한번 꼴로 나타나는데 대하여 光州地方은 10년에 한번 꼴로 나타나서 湖南地方에 극심한 농업한발피해가 발생함을 알 수 있다.

이 연구논문은 문교부의 연구조성비 지원으로 이루어 졌음.

1. 농수산부, 농업진흥공사, 1982~1984 농업용수개발시험연구
2. \_\_\_\_\_, 1981~1982 한해극 복지
3. 농수산부, 농촌진흥청, 1986, 水稻栽培지대의 농업기후구분
4. 중앙기상대, ~1986, 기상월보
5. 충청남도, 1981, 旱害詳報
6. Gao Liangzhi, Li Lin and Jin Zhiging, 1987, A climatic classification for rice production in China, Agricultural and Forest Meteorology, 39, pp. 55-65.
7. Herbst P.H., Bredenkamp D.B. and Barker H.H.G., 1966, A technique for the evaluation of drought from rainfall data, Journal of Hydrology 4, pp. 264-272.
8. Hershfield D.M., 1970, Generalizing dry-day frequency data, Journal of America Waterworks Association 62, pp. 51-54.
9. \_\_\_\_\_, 1973, Some measures of Agricultural drought, Floods and droughts, Water Resources Publication, pp. 491-502.
10. \_\_\_\_\_, 1981, Frequency of dry-day sequences, Water Resources Bulletin Vol. 17. No. 2, pp. 317-320.
11. Linsley R.K., Kohler M.A. and Paulhus J. L.H., 1982, Hydrology for Engineers, 3rd ed., McGraw-hill Ltd. Co., pp. 338-373.