韓作誌 30(3) 229～235(1985) KJCS 30(3) 229～235(1985)

水稻栽培를 위한 農業地帶氣候區分

崔燉香*·鄭奎祥*·金炳瓚**·金萬壽*

Zoning of Agroclimatic Regions Based on Climatic Characteristics During the Rice Planting Period

Don Hyang Choi*, Yeong Sang Jung*, Byung Chan Kim**, Man Soo Kim*

ABSTRACT

Zoning of the agroclimatic regions was attempted based on the distribution of drought index, effective temperature, meteorological factors and their standard deviation and a climatic productivity derived from yield response of rice to temperature and sunshine hours.

The meteorological data obtained from synoptic weather stations under the Central Meteorology Office and simple weather observatories under the Rural Development Administration at 155 locations throughout the country were computerized in the PDP11/70, RDA Computer Center, to analyze the climatic similarities among the locations, except the Jeju Island.

The nineteen different agroclimatic regions were classified, eg. the Taebaeg Mountainous Region, the Charyung Southern Plain Region, etc., and the climatic characteristics of the regions were identified.

緖 言

氣象은 農業生産을 決定하는 自然環境 要因이므로 作物의 安定生産을 위해서 그 地域의 氣候特徵을 正確히 把握하고 이에 알맞는 作物의 品種과 栽培法을 選擇하여야 한다.

氣候特徵의 區分은 氣象要素의 變異가 크고 豫測하기 어려울 뿐만 아니라[5,14] 測定場所의 局地的 差異에 따라서 달라지므로[2] 標準化된 綜合觀測에 依해 集積된 長期氣象資料의 分析을 土臺로 이루어져야 하며, 그 使用 目的과 分類基準에 따라 多樣하다. 氣象學 分野에서 가장 많이 利用되고 있는 氣候區分은 Köppen[10]이나 Thornthwaite[18] 等의 分類方法에 依한 氣候學的 區分이다.[16] Köppen의 分類方法에 依하면 우리나라의 東海岸 鬱陵島 地方이 Cfa (溫帶多雨夏暑)氣候, 서울 以北 嶺西地方이 Dwa (亞寒帶冬期寡雨夏暑)氣候, 그리고 서울 以北이 Cwa (溫帶冬期寡雨夏暑)氣候에 屬한다.[9] 그러나 이러한 大氣候區分은 農業의 多樣性과 우리나라의 氣象條件의 複雜性等에 依해 農業的으로 利用하기에 너무 單純하다. 우리나라에서 이루어진 氣候區分中 農業的 利用에 目的을 둔 代表的인 것은 氣候分布와 地形 및 自然植生을 考慮한 金[9]의 農業地帶區分과 作物의 栽培環境條件을 基準으로한 朴의 地帶區分[12]이 있다. 그러나 이들은 作物栽培期間中의 氣候變動要因과 作物의 氣象生態反應을 考慮하지 않았기 때문에 安全栽培基準을 地帶別로 設定하여 利用하기에 制限點이 많다.[4]

* 農業技術研究所(The Institute of Agricultural Sciences, RDA, Suwon 170, Korea)
** 中央氣象臺 水原測候所(The Suweon Meteorology Office, CMO, Suwon 170, Korea) (1985. 6. 19 接受)

現在 農業分野에서 가장 많이 使用되고 있는 農業地帶區分은 標高에 따라 平野地·中間地·中山間地 및 山間高冷地로 나누고 東海沿邊地·干拓地 및 極南部地 等 地域의 特殊性을 考慮한 7個農業地帶區分이다.[15] 이도 氣候特性의 分析이 末洽한 狀態에서 이루어진 것이므로 作況의 分析이나 病害蟲 發生樣相等을 綜合的으로 다루는 데 問題點이 指摘되어왔다.[4]

本稿는 우리나라의 農業氣候資源量의 分布와 變動을 正確히 把握하여 벼의 安全栽培基準을 設定하는데 利用하고자 蒐集可能한 全國 155個所의 農業氣象資料를 電算化하여 農業地帶 氣候區分을 試圖하였다.

材料 및 方法

氣象資料는 中央氣象台와 農村指導所를 通하여 蒐集可能한 全國 155個所의 觀測値를 農村振興廳 電算組織인 PDP 11/70에 RMS方式으로 METSYS화일을 構成하여 電算處理하였다. METSYS프로그램에 대한 자세한 內容은 安 等[1](1985)로부터 얻을 수 있다. 地域別로 觀測年이 相異하므로 統一性을 기하기 위하여 1973~'82의 10個年 資料를 標準으로 하였고 農村指導所 資料는 8年 以上 資料를 利用하였다. 그 미만되는 資料는 參考資料로 活用하였다.

農業地帶氣候區分 方法은 水稻栽培期間인 4~9月의 氣溫·降水量·日照時數 等 氣候資源量의 分布와 變動 그리고 作物期間, 旱魃指數, 氣候生産力 指數等[8] 氣候指數의 分布를 階級別로 分類한 다음 이들을 重疊하여 綜合的으로 評價하는 方法[5,16,17,18,19]을 利用하였다.

旱魃指數는 벼 栽培에 있어서 물이 制限要素가 되는 4~6月의 蒸發量과 降水量의 比(ΣE/ΣR)로 하였다. 作物期間은 水稻의 活着과 登熟限界溫度인 平均氣溫 15℃ 以上 有効溫度持續日數를 基準으로 調査하였다. 生殖生長期부터 登熟期까지의 氣候資源量中 가장 重要한 것은 溫度와 日射量이지만[6,11] 우리나라에서 日射量의 測定資料가 不足하기[3] 때문에 日射量과 直接的인 關聯이 있는 日照時間의 分布를 檢討하였다.

地域別 水稻의 生産性을 檢討하기 위하여 村田[13]의 氣候生産力 登熟量指數 算出方法을 變型한 方法을 利用[8]하였다. 먼저 水原地方의 移秧日 5月 25日을 基準으로 하여 移秧後 生育期間(Dg)의 平均氣溫(Tg)로부터 出穗日을 推定하였다(式 1). 推定出穗日로부터 40日間을 登熟期間으로 보고 收量指數(IY)와 登熟期間中 日照時數(Ds)와 平均氣溫(Tr)間의 關係에서 얻어진 重回歸函數式(2)로부터 計算된 相對收量指數를 水原에 대한 對比値(IYs)로 하여 이를 氣候生産力指數라 定義하였다.

$$Dg = 181.0 - 4.58\,Tg \quad (r = -0.862^{**}) \cdots\cdots (式\ 1)$$

$$IYs = IY/DS$$
$$= 0.178 - 0.0034(Tr - 22.75)^2 \cdots\cdots (式\ 2)$$

式1과 式2는 鄭等[8](1982)의 研究結果에서 얻어진 것이었다.

結果 및 考察

1. 4~5月의 平均氣溫과 降水量 및 旱魃指數 分布

4~5月은 벼의 播種과 移秧에 重要한 時期이다. 그림 1은 이 時期의 平均氣溫과 降水量의 等級別 分布로서 氣溫은 10℃ 以下에서 16℃까지 地域間에 6℃ 以上 差異가 있으며 降水量은 160 mm以下에서

April-May air temp. (℃)	Rainfall (mm)
<10.0 A_1	<160 R_1
10.1~11.0 A_2	161~210 R_2
11.1~12.2 A_3	211~260 R_3
12.1~13.0 A_4	261~310 R_4
13.1~14.0 A_5	311~360 R_5
14.1~15.0 A_6	361~410 R_6
15.1~16.0 A_7	

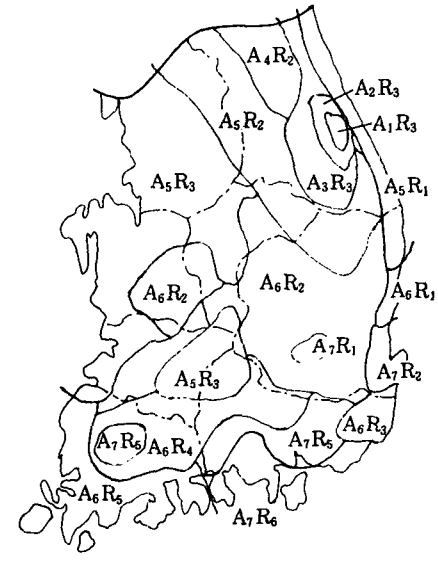

Fig. 1. Distribution of mean air temperature and rainfall during April to May.

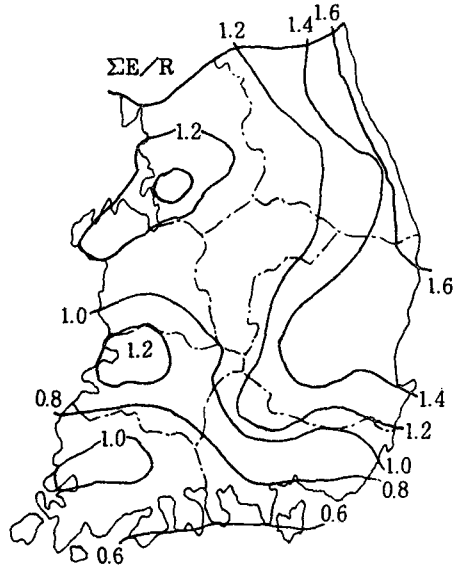

Fig. 2. Distribution of drought index, the ratio between cumulative evaporation and rainfall, during April to June.

410mm까지 250mm以上 差異가 있다.

4~5月 氣溫의 標準偏差가 約 1℃이고 벼의 低溫障碍可能溫度가 13℃인 點을 考慮할 때 14℃ 以下가 되는 地域(A_1~A_5)에서는 恒常 冷害에 有意하여야 한다.

移秧期旱魃被害가 많을 可能性이 있는 地域은 4~5月 降水量이 160mm 以下인 R_1地域이며, R_2 地域中에서도 貯水率이 充分치 않는 곳에서는 旱魃의 危險性이 있는 것으로 判斷된다. 移秧期의 旱魃憂慮地域을 明確히 區分하기 위하여 積算蒸發量과 積算降水量의 比인 旱魃指數 ΣE/ΣR의 分布를 그림 2에서 보면 指數 1, 2以上인 地域으로 判斷되며 指數 1.4以上인 地域은 旱魃常習地로 評價된다.

2. 有効溫度의 出現時期 및 作物期間의 分布

平均氣溫 15℃ 以上 出現하는 期間을 作物期間이라 하며, 벼의 移秧과 登熟限界溫度에 該當되므로 이를 벼 栽培에 있어서 有効溫度라 할 수 있다. 有効溫度의 出現時期를 그림 3에서 보면, 大關嶺地域이 6

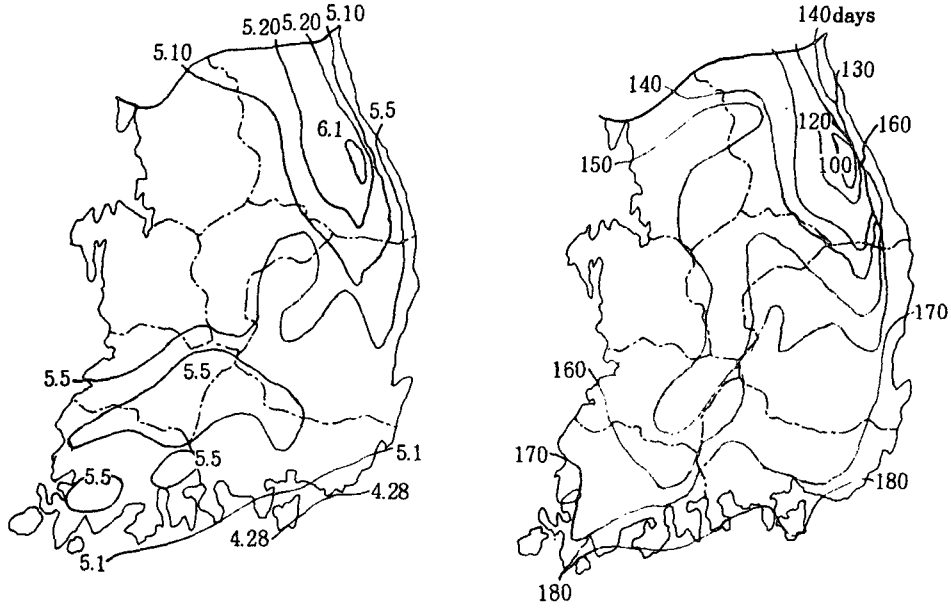

Fig. 3. Distribution of the first appearance day and duration of cropping days based on the mean air temperature over 15℃, the effective temperature.

月 1日로 매우 늦으며 南部 釜山地方이 4月 28日로 34日間의 差異가 있다. 有効溫度의 持續期間인 作物期間은 太白山脈의 高冷地帶에서 100~130日을 보이고 있고, 南部 海岸地帶의 180日에 比해 50日 以上짧다. 이는 같은 山間高冷地인 小白山脈 附近의 山間地 150日에 比해 20日 以上 짧은 것이다.

3. 7~9月의 氣溫과 標準偏差의 分布

7月부터 9月까지의 時期는 벼의 生育期間中 收量構成에 가장 重要한 生殖生長期와 登熟期에 該當하므로 이 때의 氣象條件은 收量性에 決定的인 影響을 주므로 가장 重要한 時期라 할 수 있다. 그림 4는 7~9月의 平均氣溫과 그 標準偏差를 調査한 것이다. 平均氣溫의 範圍는 18℃ 以下에서 25℃까지로 7℃ 以上 差異가 있으며 太白山間地와 小白山間地를 走向하는 22℃ 以下인 地域이 冷害常習地로 보인다. 年次間 變異를 나타내는 標準偏差의 크기는 2℃ 以下에서 3℃까지이며 特히 2.8℃ 以上인 地域은 우리나라에서 典型的인 內陸性 氣候를 보이는 것으로 말할 수 있다. 標準偏差가 2.2以下로 매우 적은 地域은 南海岸地方이다.

July-Sept. air temp. (℃)	Standard deviation
<18.0 A_1	<2.0 S_1
18.1~19.0 A_2	2.01~2.2 S_2
19.1~20.0 A_3	2.21~2.4 S_3
20.1~21.0 A_4	2.41~2.6 S_4
21.1~22.0 A_5	2.61~2.8 S_5
22.1~23.0 A_6	2.61~3.0 S_6
23.1~24.0 A_7	
24.1~25.0 A_8	

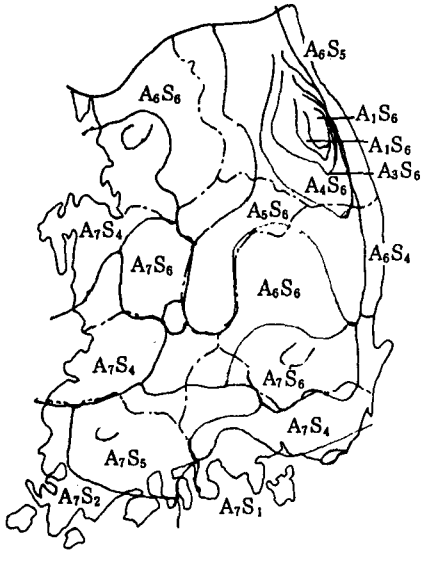

Fig. 4. Distribution of mean air temperature and its standard deviation from July to September.

4. 8~9月의 平均氣溫과 日照時數 分布

8, 9月은 벼가 出穗하여 登熟이 完了되는 時期로

August-Sept. air temp. (℃)	Daily sunshine (hr)
<17.0 A_1	<5.0 H_1
17.1~18.0 A_2	5.1~6.0 H_2
18.1~19.0 A_3	6.1~7.0 H_3
19.1~20.0 A_4	
20.1~21.0 A_5	
21.1~22.0 A_6	
22.1~23.0 A_7	
23.1~24.0 A_8	
24.1~25.0 A_9	

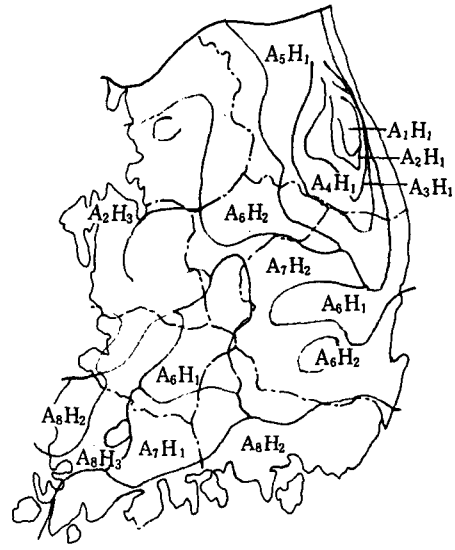

Fig. 5. Distribution of mean air temperature and the daily sunshine hours from August to September.

後期作況에 크게 影響을 주며 主要氣象要素는 氣溫과 日照時數이다. 8, 9月 氣溫의 分布樣相(그림 5)은 대체로 그림 4와 비슷하다. 日照時數는 東海岸과 山間地方이 1日平均 5時間 以內로 대단히 짧고 西海岸地方으로 갈 수록 길어지는 傾向이며 湖南內陸地方의 日照時數도 예상보다 짧은 것이 特徵이다.

東海岸地方은 平均氣溫이 21~22℃로서 嶺西의 內陸地方보다 낮지 않으나 日照時數가 대단히 짧다. 따라서 이 地域에서 벼 栽培上 가장 큰 問題가 되는 氣候要因은 氣溫보다는 日照不足인 것으로 指摘될 수 있다.

5. 氣候生産力指數의 分布

氣候生産力指數의 分布를 그림 6에서 보면 太白山脈을 中心으로 한 山間高冷地와 東海岸地域은 0.9 以

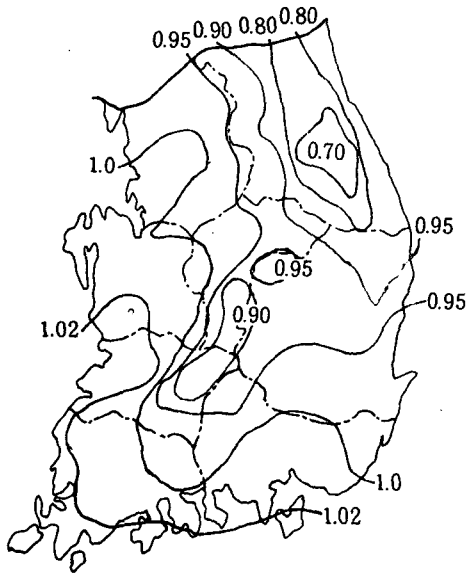

Fig. 6. Distribution of climatic productivity index derived from the yield response to mean air temperature and sunshine hours by Jung et. al. (1983)

下로 가장 낮다. 또 같은 山間 高冷地라 하더라도 小白山脈을 中心으로 分布하고 있는 高冷地의 氣候生産力은 太白高冷地帶보다 높다. 同緯度上에서 東西를 比較하여 보면 西쪽 地方의 氣象生産力이 높으며 嶺東地方은 0.9~1.0을 보이는 데 比해 湖南地方은 1.0 以上이며 가장 높은 곳은 金堤·萬頃平野一帶를 中心으로 하는 地域으로 1.02以上이다.

6. 農業地帶 氣候 區分

위에서 論議된 여러 氣候因子의 分布를 重疊하여 綜合的으로 評價해 보면 그림 7에서와 같이 濟州道를 除外한 全國을 19個 農業地帶로 氣候區分을 할 수 있다.

各 農業地帶의 벼 栽培期間中 重要한 氣候 特性을 보면 表 1과 같다. 大體로 地形을 考慮하여 山間, 內陸, 海岸平野 및 東海岸 地帶로 크게 나누어 볼 수 있는데, 같은 山間地帶內에서도 氣候條件이 크게 다름을 알 수 있다. 即 太白高冷地帶와 南部의 山間地帶인 慶嶺小白山間地帶間에는 有效溫度의 持續日數가 120日에서 152日로 한달 가까이 차이가 있으며, 8月의 氣溫도 3.4℃차이가 있다. 嶺南內陸山間地帶는 氣溫도 높으며 有效溫度持續日數가 길지만 移秧期인 봄철 4~6月의 降水量이 比較的 적다. 內陸地帶

1	태백고냉지대
2	태백준고냉지대
3	소백산간지대
4	노령소백산간지대
5	영남내륙산간지대
6	충북부내륙지대
7	충부내륙지대
8	소백서부내륙지대
9	노령동서내륙지대
10	호남내륙지대
11	영남분지지대
12	영남내륙지대
13	충서부평야지대
14	차령남부평야지대
15	남서해안지대
16	남부해안지대
17	동해안북부지대
18	동해안중부지대
19	동해안남부지대

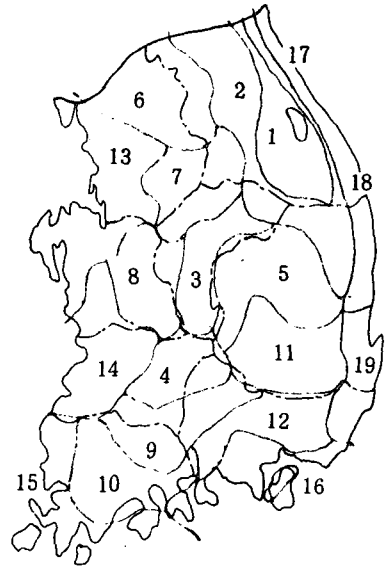

Fig. 7. Zoning of the agroclimatic regions.

間을 比較해 보면 中北部內陸地帶와 南部內陸地帶間에는 有效溫度持續日數가 15日, 7~9月 氣溫은 15℃가량 差異가 나며 4~6月 降水量도 180mm 가량 다르다. 東海岸地帶에서도 北部와 南部사이에 비슷한 差異를 보인다.

農業生産性을 提高하고 安定性을 높이기 위해서는 위에서 밝혀진 各農業地帶의 氣候特性에 알맞는 品種과 栽培法의 選拔이 必要하다. 例를 들어서 品種의 配置에 있어서 局地的인 差異가 있겠으나 作物期間이 100日未滿인 地域에서는 經濟的 벼 栽培가 어려울

Table 1. Climatic characteristics of the agricultural climate regions.

Region No.	April-June rainfall (mm)	Effective Temp. (15℃) 1st day (M.D.)	Duration (days)	T15 (℃)	Low temp. prob. (%)	August Mean temp. (℃)	August S.D.	July-Sept. Mean temp. (℃)	July-Sept. S.D.	Aug-Sept. daily sunshine hours	Climatic crop productivity	1st frost day	Last frost day
1	358	6.1	130>	1,734	28.1	20.7	1.6	17.5	3.0	4.6	0.70	9.27	5.11
2	352	5.15	140	2,910	9.7	23.3	1.3	21.7	2.9	4.6	0.81	10.4	5.1
3	372	5.7	148	3,140	6.8	23.9	1.2	22.0	2.9	5.5	0.90	10.14	4.1
4	404	5.7	152	3,145	6.3	24.1	1.3	22.2	2.9	4.9	0.92	10.9	4.25
5	388	5.5	155	3,297	4.7	24.3	1.4	22.8	2.8	5.0	0.94	10.3	4.22
6	376	5.6	149	3,158	5.7	24.0	1.2	22.5	2.9	5.4	0.95	10.14	4.17
7	383	5.8	148	3,170	3.0	24.3	1.2	22.6	2.9	5.4	0.97	10.16	4.12
8	397	5.5	156	3,364	3.2	24.8	1.1	23.1	2.9	5.6	1.00	10.18	4.13
9	448	5.5	160	3,468	3.7	25.1	1.3	23.4	2.8	4.9	0.97	10.17	4.10
10	496	5.5	163	3,535	2.5	25.5	1.2	23.8	2.6	5.2	1.00	10.24	4.14
11	316	5.2	164	3,511	3.0	25.1	1.6	23.4	2.9	5.5	0.96	10.27	3.26
12	467	5.4	157	3,554	2.0	25.5	1.4	24.0	2.7	5.6	1.00	10.20	3.30
13	375	5.8	153	3,235	5.3	24.5	1.1	22.9	2.5	6.0	0.98	10.16	4.19
14	366	5.6	157	3,442	2.9	25.5	1.2	23.5	2.7	6.2	1.03	11.12	4.1
15	500	5.3	171	3,668	1.8	25.5	1.3	23.8	2.3	5.8	1.01	11.17	3.29
16	544	4.27	185	3,878	1.6	25.3	1.3	23.9	2.3	5.7	1.01	11.21	2.22
17	281	5.5	159	3,275	9.1	23.8	1.6	22.3	2.7	5.0	0.89	11.15	3.30
18	304	5.3	167	3,484	7.6	24.2	1.6	22.5	2.6	5.0	0.92	11.4	3.23
19	369	5.2	172	3,638	3.0	25.3	1.6	23.5	2.5	5.5	0.96	11.16	3.15

것으로 보이며 120～130日인 地帶에서는 極早生種 品種이, 131～150日인 地帶에서는 早生種, 151～160日인 地帶에서는 中生種 그리고 16日 이상이 되는 地帶에서는 中晩生種 내지 晩生種 品種이 適合하리라 본다. 東海岸地帶는 同緯度上의 太白山脈 西쪽 地帶보다 作物期間이 10日가까이 길고 氣溫이 높지만 登熟期의 日照時數가 짧고 8月 氣溫의 標準偏差가 크므로, 해에 따라서는 冷害에의 危險이 있으므로 이를 充分히 考慮해서 中生種 品種의 栽培가 바람직하며 嶺西의 內陸地帶보다 多少 늦게 移秧하는 것이 좋을 것으로 보인다.

끝으로 本稿에서는 다루어지지 않았으나 앞으로 各 農業地帶의 旱魃·水害·冷害 等 災害氣象條件의 出現頻度와 再現期間 等을 時期別로 算出하고 病害蟲 等의 多發生 氣象要因, 作物의 氣象生態反應 等을 綜合的으로 解析하여 災害對策을 樹立하는 硏究가 繼續되어져야 할 것으로 생각한다.

摘　　要

우리나라의 農業氣候資源量의 分布와 變動을 把握하여 벼의 安全栽培基準을 設定하는 데 利用하고자 蒐集可能한 全國 155個所의 農業氣象資料를 電算化하여 農業地帶의 氣候區分을 試圖한 結果 다음과 같다.

1. 4～5月의 平均氣溫은 10～16℃의 分布를 보이며 有效溫度 15℃ 以上인 作物期間은 太白山脈의 高冷地帶가 100～130日이며, 南部海岸地帶에서는 180日로 50日 以上 差異가 있다.

2. 移秧期에 旱魃被害가 憂慮되는 地域은 4～6月 旱魃指數(ΣE/ΣR)가 1.2以上이 되는 嶺南盆地 및 東海岸地帶이다.

3. 7～9月의 平均氣溫은 18℃以下에서 25℃까지 7℃以上 差異가 있으며 太白山脈山間地와 小白山間地를 走向하는 22℃以下 地域이 冷害憂慮地이며 標準偏差 2.8℃ 以上인 地域은 內陸性을 보인다.

4. 東海岸地帶와 太白山間地帶는 嶺西內陸地帶보다 特히 日照時數가 짧다.

5. 氣候生産力指數는 太白高冷地帶가 0.7～0.8로 가장 낮으며 小白山間地帶는 0.9～0.95이다. 氣候生産指數가 가장 높은 地帶는 湖南의 車嶺南部 平野地이다.

6. 氣候資源量의 分布와 變動 및 氣候指數를 重疊하여 綜合的으로 評價하면 太白高冷地帶 等 19個 農業地帶로 氣候區分된다.

引 用 文 獻

1. 安正烈, 韓元植, 鄭英祥. 1985. 農業氣象資料利用을 위한 電算化 METSYS 프로그램開發. 農試研報 27卷(1) : 60－63.
2. Budyko, M.I. 1980. 氣候と環境－ 過去・未來 (上・下) 內嶋善兵衛譯. 高今書院.
3. 崔燉香, 鄭英祥, 柳寅秀. 1982. 農業地帶別 氣候特性 分析. 農技研報告書(生物部編). 137－145.
4. 崔燉香, 鄭英祥, 柳寅秀, 金柄瓚. 1984. 氣候特性에 依한 中北部 水稻栽培地帶 區分設定. 韓國氣象學會誌 Vol. 20:51－58.
5. Critchifield, H.J. 1974. General Climatology, Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs. N.J: 141－155.
6. 日野義. 1980. 南東北 太平洋側 地點の 氣候特性に基づく 水稻作季の 改善に 關する研究. 宮城縣農業センター研究報告 46:89－90.
7. 鄭英祥, 谷信輝. 1984. 우리나라 農業技術資源의 特徵과 分布. 韓日農業交流十年. 農振廳 : 79－100.
8. 鄭英祥, 徐完洙, 金相喆. 1982. 水稻 收量 豫測公式 確立에 관한 研究. 農技研報告書 生物部編 161－163.
9. 金光植. 1983. 新制農業氣象學. 鄕文社 : 209－214.
10. Köppen, W. 1931. Grurdriss der Klimarkunde. Watter der Gruyter Co. Berlin.
11. 李殷雄. 1983. 稻作. 韓國放送通信大學出版部 : 119－192.
12. 李泳澤. 1976. 韓國의 氣候. 一志社 : 91－98.
13. 村田吉男. 1974. わが國の 水稻收量の 地域性に及ぼす日射と 温度の 影響について. 日作紀 33: 59－62.
14. McKay, G.A. 1984. Uncertainties in the physical world. Seminar on Climate Changes. Canadian Atmospheric Environment Services : 53－65.
15. 農村振興廳. 1980. 食糧作物指導. 農振廳: 1－8.
16. 小澤行雄. 1962. 農業氣象. 18:39－41.
17. 谷信輝. 1983. 氣候資源分布と 變動. 耕地氣候環境の 制御と 異常氣象對策. 農業氣象編 農村統計協會 : 32－73.
18. Thornthwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geo. Physi. Rev. 31:55－94.
19. 坪井八十二. 1977. 新編 農業氣象 ハンドブック 養賢堂 : 47－434.