

## 水稻二期作栽培 可能性에 對한 氣象的 調查研究

—積算溫度를 中心으로—

李 康 世

濟州道農村振興院

黃 鍾 奎

全北大學校 農科大學 教授

### Agronomical Studies on the Thermal Conditions for Double Cropping of Rice.

*Kang Sae Lee*

*Cheju Provincial Office of Rural Development*

*Jong Kyu Hwang*

*Professor, College of Agriculture, Jeonbuk National University*

#### Summary

The studies reported herein were conducted to investigate the effect of thermal conditions in double-cropping of rice. The accumulated daily mean and minimum air temperatures, for the period of the last 30 years, were examined at the 10 different meteorological stations which are located in the southern part of Korea. The results obtained could be summarized as follows:

1. The first cropping.

a. It seemed to be free from any frost-damage of rice at the seeding stage at Yeosu, Pusan and Cheju. However, it was found that there were some dangers of frost damage for about 30 to 40 day at Iri, Chonju and Kwangju, for 18 to 28 days at Daegu and Ulsan, and for 4 to 14 days at Mokpo and Pohang, respectively.

b. The early critical transplanting date seemed to be from middle to late-April in the first cropping. As compared with the ordinary lowland seedlings, the semi-protected and upland ones could be planted 5 and 10 days earlier, respectively.

c. The early critical heading date was about late-June and there were some low-temperature damages for 8 to 25 days at young-ear formation stage of rice plant, depending upon location.

d. The early critical ripening date (the early critical transplanting date of the 2nd cropping) was from late-July to early-August. It took about 32 to 39 days in ripening. There was a tendency of  $SS \approx SL < LS \approx LL$  in the ripening duration.

2. The second cropping.

a. The late critical heading date was around early-September at Iri, Chonju, Kwangju and Daegu and around September 17 at the other locations. The suitable critical heading date was about four days earlier than the formers.

b. From the viewpoint of the appearance date of mean air temperature of 15°C ( $\theta_{15}$ ) and the minimum of 10°C ( $\theta_{10}$ ), the ten locations could be divided into two ripening groups of  $\theta_{15} > \theta_{10}$  and  $\theta_{15} < \theta_{10}$ .

c. The late critical ripening date was around October 9 at Iri, Chonju, Kwangju and Daejeon and around October 28 at Mokpo, Yeosu, Pusan and Cheju. Three to four days were more required for a complete ripening of rice, as compared with the above dates.

d. There was an overlap of about 12 to 42 days between the first and second cropping when early-maturing varieties requiring an accumulated mean air temperature of 1,550°C, from transplanting to heading, were grown.

Therefore, some varieties which could head with an accumulated daily mean air temperature of 1,000 to 1,200°C, should be either developed or some new cultural technology be established in order to have a successful double cropping in rice.

## 緒 言

作物乾物生産의 環境要因中 氣候, 土壤 및 經濟條件等이 重要한 立地基盤인 것은 다시 말할 必要가 없으나 그 中에서도 氣象要因, 特히 溫度條件은 水稻作의 경우 人工的인 調節範圍가 極히 限定되어 있기 때문에 品種의 選擇이나 栽培期間을 크게 規制하고 있다. 따라서 어느 地域에 있어서 溫度條件의 推移와 作物의 特性에 맞는 作季를 調査決定 한다는 것은 대단히 重要한 問題라 하겠다. 以上과 같은 觀點에서 우리나라 南部稻作地帶에서 水稻栽培가 可能한 最大 限界期間을 調査하여 氣象條件을 背景으로 한 2期作栽培의 理論的 可能性을 追求하고자 한다.

現在 2期作이 되고 있는 곳은 年平均氣溫이 16°C 以上되는 地帶에 限하고 있으나<sup>11,15,18,34,38</sup> 이 溫度보다 낮은 地帶라도 品種, 栽培法 等이 適當하면 栽培가 可能하며<sup>34,38</sup> 月平均 氣溫으로 볼 때 10°C 以上되는 달이 7~8個月 있고 그 平均氣溫이 20°C 가 되어야 하며<sup>18</sup>, 栽培 北限地帶은 5월의 平均氣溫이 16~17°C 되는 地方이고 그 可能地帶은 17°C 以上이라고 알려져 있다.<sup>29,30</sup> 原田<sup>11</sup> 및 薦田<sup>20,24</sup> 는 4,400~4,800°C 以上の 平均氣溫 積算値가 얻어지는 地域에서 水稻 2期作 栽培가 可能하다고 報告하였으며 한편 內島<sup>55</sup> 는 水溫 10°C 以上되는 期間의 日平均 積算溫度 5,000°C 의 分布線이 水稻 2期作 栽培의 北限線에 該當된다고 하였다.

水稻의 全生育期間에 必要한 積算溫度에 關하여 石塚<sup>16</sup> 는 2,100°C 에서 2,800°C 以上이라 하였으나 많은 研究者들은 早生種은 2,400~3,400°C, 晩生種은 3,500~4,500°C 라고 하였다.<sup>17,18,27,32,33,50</sup> 그리고 朝隈<sup>4,51</sup> 는 品種에 따라 出穗까지에 無効 및 有効 積算溫度가 있으며 이들의 大小에 따라 水稻生育期間의

長短이 決定된다고 報告하였다. 薪田<sup>22,23,24</sup> 는 水稻의 主稈葉數 一枚가 增加되는데 必要한 積算溫度는 幼穗分化前까지는 100°C 內外, 分化後는 170~200°C 程度, 止葉이 나와서 出穗期까지는 200°C, 出穗後 成熟期까지는 700~800°C 로서 水稻의 生長速度가 積算溫度에 規則整然하게 反應되고 있음을 밝혔다. 木根淵<sup>21</sup>, 內島<sup>54</sup>, 八柳<sup>53,61</sup> 는 播種에서 出穗 및 移秧에서 出穗까지의 積算溫度를 調査하고 後에 關하여 極早生種은 1,350°C, 早生種은 1,550°C, 中晩生種은 1,700°C 程度라고 하였다.

移秧이 可能한 限界氣溫은 밭묘 13°C, 保溫折衷苗 14°C, 물묘 15°C 로서 育苗方法에 따라 活着氣溫이 다른 事實을 많은 研究者가 밝힌바 있는데<sup>20,40,52,54,59,60</sup> 林<sup>12,13</sup> 는 7°C 가 移秧 最低限界氣溫이라고 하였다. 播種限界期를 氣溫만으로 定하기가 困難하지만 물못 자리의 경우는 日平均 氣溫 9°C 로 될때라고 알려져 있으나<sup>10,48,54,59</sup> 10°C 以上이라는 報告도 있다.<sup>15,28,35,36</sup>

田中<sup>43,54,46</sup> 는 出穗後 40日間の 登熟氣溫을 分類한 바에 따르면 完全登熟限界氣溫은 22°C (積算氣溫으로 880°C) 實用的 登熟限界氣溫은 20°C (積算氣溫으로 800°C) 로서 溫度가 이보다 낮아짐에 따라 收量이 低下됨을 確認하였고 其他의 많은 研究者들도 같은 研究結果를 發表하였다.<sup>2,8,15,25,28,31,41,42,43,45,49,53,58,59</sup>

여러 研究者들은 日平均氣溫 15°C 가 登熟後期の 限界溫度라 하였고<sup>1,10,40,54,57,59</sup> 最低限界溫度는 10°C<sup>20,57,59</sup> 또는 13°C<sup>16</sup> 라고 研究者에 따라 틀리는 報告를 하고있다.

內島<sup>54</sup> 에 依하면 作季設定에 있어서 作物의 生育限界溫度 中 大部分의 경우 低溫限界溫度가 栽培上 크게 問題된다 하였고, 栽培期間의 設定條件으로는 生育限界溫度 以上の 期間일 것은 勿論 그期間內의

積算氣溫이 充分하여 作物生育이 正常的이어야 한다고 하였다. 八柳<sup>57)</sup> 및 本谷<sup>54)</sup>은 水稻作의 安全栽培 可能期間을 決定할 때 低溫에 敏感한 時期를 考慮할 것을 主張하였다. 한편 崔<sup>6)</sup>, 內島<sup>54)</sup> 및 八柳<sup>58)</sup>는 品種에 따라 移秧後 出穗까지의 積算氣溫은 播種期의 早晚에 關係없이 比較의 一定하다는 事實에서 出穗期 또는 移秧期를 거의 正確하게 推定할수 있음을 實證하였으며, 氣溫條件만을 가지고 日本北部 地方에서의 水稻栽培의 適地, 適期를 決定지을 수 있다고 報告한 研究者들<sup>7,10,54)</sup>도 있다.

### 材料 및 方法

전남북, 경남북, 제주의 主要地點에 對하여 日平均 및 最低氣溫을 各各 調査하였다.

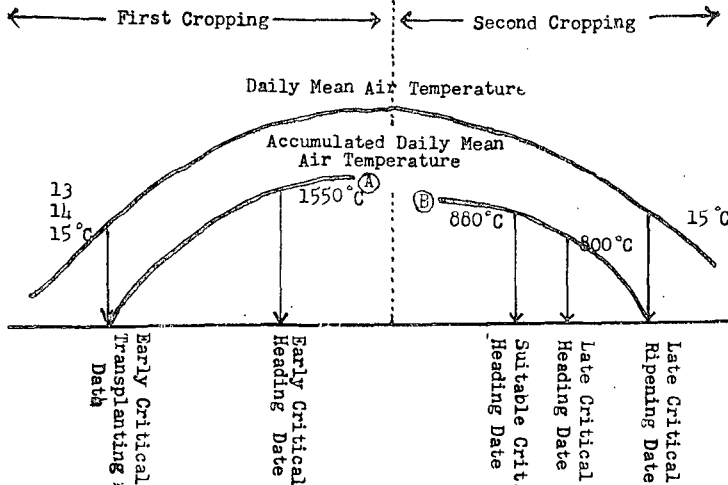


Fig. 1. Diagram for determination of growth stage.

界期 및 登熟期間을 推定하였다. 最低氣溫 曲線에서 는 各 生育期에서의 限界溫度를 檢討하였다.

### 調査 結果 및 考察

#### 1. 水稻 2期作 栽培期間의 檢討

(早生種을 中心으로)

##### (1) 第1期作 栽培期間

##### ① 移秧限界期

八柳<sup>57)</sup> 및 本谷<sup>54)</sup>은 稻作期間中 低溫에 가장 銳敏한 時期의 하나로 活着期를 들었다. 그런데 移秧期의 氣溫條件은 移秧後 苗의 活着 및 初期生育에 크게 影響하므로 早植의 限界가 있기 마련이다. 水稻 活着에 對한 氣溫條件은 日平均 12~15°C 範圍에 있다고 알려져 있다. 1, 12, 13, 14, 15, 20, 38, 40, 51, 54, 56, 57) 특히 八柳<sup>59, 60)</sup>는 育苗法에 따라 活着限界溫度가 다르다는點에서 발묘는 日平均氣溫 13°C, 保溫折衷苗는 14°C, 물묘는 15°C로 發芽를 移秧의 早期 限界라 하였다.

調査資料로서는 全州, 木浦, 大邱, 蔚山, 濟州는 중앙관상대 한국기후표(1968)에서 資料를 引用하였고 光州, 麗水, 浦項, 釜山은 各 則候所의 資料를 裡里는 湖南作物試驗場의 氣象調査表를 各各 引用하였다

調査期間은 全州, 木浦, 大邱, 蔚山, 濟州는 1931~1960年, 裡里, 光州, 麗水, 釜山은 1931~1970年 浦項은 1941~1970年으로 하였다. 作季決定 및 檢討는 主로 羽生<sup>10)</sup>의 方法에 準하였다. (Fig. 1)

즉, 日平均 및 最低氣溫의 季節變化曲線을 그린 다음 氣溫 上昇期에 있어서 移秧限界期를 起點으로 하는 積算氣溫曲線 A를 그려서 第1期作의 出穗限界期 및 出穗期間을 推定하였고 다시 氣溫 下降期에 있어서 登熟限界期를 起點으로하여 逆으로 每日의 日平均 氣溫을 積算한 曲線 B를 그린뒤 第2期作의 出穗限

이러한 觀點에서 裡里의 9개 地域에 對하여 日平均 氣溫이 13°C, 14°C, 15°C 되는 時期를 各各의 育苗 方法에 따른 移秧早期限界로 推定하여 Table 1을 求하였다.

즉 移秧早期限界期는 大개 4月 中下旬頃으로 裡里 浦項이 가장 빠르고 木浦가 가장 늦어 못자리 種類에 關係없이 最大 13日 程度의 地域間 差異를 보였다 그러나 同一地域에서의 못자리 種類間 差異는 물묘에 比하여 保溫折衷苗는 5日程度, 발묘는 10日程度 빨리 移秧할수 있으므로 그만큼 2期作 栽培가 有利하다고 할 것이다. 한편 林<sup>12, 13)</sup>은 發根의 低溫限界溫度를 氣溫으로 보면 最低 7°C, 平均 12~12.5°C라 하고 이 時期를 早植限界期라 하였다. 表 1에서 裡里 地方의 발묘만을 除外하면 移秧限界期가 最低 氣溫 7°C의 時期와 같거나 그 以後에 있으므로 이 時期를 早植限界期로 보아도 安全할 것이다,

Table 1. Expected early critical transplanting date.

(1st Cropping)

Place	First Appearance Date of Mean Air Temp. of			First Appearance Date of		Late Appear. Date of Frost
	13°C* (U)	14°C (S)	15°C (O)	Min. 7°C	Mean 9°C	
Iri	Apr. 17	Apr. 22	Apr. 27	Apr. 23	Apr. 1	Apr. 18
Chonju	Apr. 24	Apr. 29	May 4	Apr. 22	Apr. 6	Apr. 25
Kwangju	Apr. 21	Apr. 26	Apr. 1	Apr. 20	Apr. 3	Apr. 24
Mokpo	Apr. 29	May 4	Apr. 10	Apr. 18	Apr. 6	Apr. 3
Yeosu	Apr. 20	Apr. 25	Apr. 1	Apr. 5	Mar. 29	Mar. 11
Pohang	Apr. 16	Apr. 21	Apr. 26	Apr. 13	Mar. 28	Mar. 21
Daegu	Apr. 21	Apr. 26	Apr. 30	Apr. 21	Apr. 2	Apr. 11
Ulsan	Apr. 22	Apr. 29	May 5	Apr. 16	Mar. 30	Apr. 10
Pusan	Apr. 19	Apr. 25	May 1	Apr. 5	Mar. 25	Mar. 8
Cheju	Apr. 21	Apr. 28	May 4	Apr. 8	Mar. 24	Mar. 12

\* U : Upland Nursery Seedlings. S : Semi-Protected Seedlings. O : Ordinary Seedlings.

② 播種限界期

育苗時期와 方法에 따라 育苗日數가 달라지겠으나 40日 育苗로 할 경우 播種限界期와 終霜日과의 關係를 Table 1에서 살펴보면 麗水, 釜山, 濟州에서는 終霜日이 발뭇자리 播種限界期 以前에 있으므로 서리에 對한 염려가 없으나 裡里, 全州, 光州에서는 30~40日間, 大邱, 蔚山은 18~28日間, 木浦, 浦項에서는 4~14日間 各 育苗法別로 서리에 對한 保護策이 강구되어야 할 것이다.

한편 물뭇자리에 對한 播種限界氣溫은 日平均 9~10°C로 알려져 있는데<sup>10,15,23,35,39,45,50</sup> 表 1를 보면 釜山, 濟州의 물뭇자리 播種限界期가 9°C의 平均氣溫에 該當되므로 播種이 可能하나 나머지 地點에서는 발뭇자리나 保溫折衷뭇자리를 利用하지 않으면 不可能하다는 結論이 된다.

③ 出穗限界期

水稻가 出穗될때 까지의 積算氣溫은 年差에 關係없이 品種에 따라 比較的 一定한 값을 나타낸다고 한다.<sup>3,5,9,22,23,24,36</sup> 八柳<sup>58,59,60,61</sup>는 移秧後 出穗까지의 積算氣溫이 播種期의 早晚에 關係없이 極早生種 1,350°C, 早生種 1,550°C, 中晚生種 1,700°C임을 밝히고 實際 目標 出穗期에 맞춰서 移秧期를 計劃的으로 決定할 수 있다고 하였고, 內島<sup>54</sup>은 出穗限界期에서 이들 溫度를 逆算하여 移秧限界期를 推定하였으며 木根淵<sup>20</sup>도 이와 비슷한 積算溫度 範圍를 提示하였다.

이제 水稻 2期作 栽培의 第 1期作으로 早生種 品種을 栽培할 것을 前提로 하고 移秧限界期에서 日平均 積算氣溫 1,550°C가 되는 날을 出穗限界期로 調査한 結果는 Table 2와 같다.

Table 2에서 발묘의 出穗限界期는 裡里, 浦項이 7

Table 2. Early critical heading date. (1st cropping).

Unit: Days

Place	First Appearance Date of 1550°C from Transplanting Date.		No. of Days Transp.-Heading Date	
	U	S (O)	U	S (O)
Iri	July 2	July 5	76	74
Chonju	July 9	July 12	76	74
Kwangju	July 8	July 10	78	75
Mokpo	July 15	July 17	77	74
Yeosu	July 8	July 13	79	79
Pohang	July 3	July 6	78	76
Daegu	July 7	July 10	78	75
Ulsan	July 12	July 16	81	78
Pusan	July 10	July 14 (July 17)	82	80 (77)
Cheju	July 10	July 14 (July 18)	81	77 (75)

月 2,3日 頃이나 다른 地域에서는 7月 7日~12日 사이이고 保溫折衷뭇는 이보다 2~3日 더 늦다. 그리고 移秧에서 出穗까지의 日數는 最少 74日間에서 最大 82日間이었다.

④ 登熟限界期

水稻의 登熟期間은 一般的으로 出穗後 40日間으로 알려져 있다.<sup>3,10,14,21,40,41,58</sup> 田中<sup>43,45,46</sup>에 의하면 “完全登熟 限界氣溫”은 積算氣溫으로서 880°C(平均 22°C)이며 “實用的 登熟限界氣溫”은 800°C(平均 20°C)로서 이보다 溫度가 적으면 千粒重이 급격히 低下한다고 하였다. 이밖에 “完全登熟 限界氣溫” 22°C<sup>2,15,25,28,31,41,42,49,53</sup>와 “實用的 登熟限界氣溫” 20°C<sup>2,3,5,19,42,49</sup>에 同調하는 報告가 많이 있다.

Table 3은 出穗限界期에서 日平均氣溫을 積算하여 800°C와 880°C 되는 때를 實用的 및 完全登熟限界期로 各各 推定한 結果를 나타낸 것이다. 이 表에서 발

묘의 경우를 보면 實用的 登熟限界期는 8月 上旬으로 最大 10日間의 地域差가 있고 完全登熟限界期는 이보다 3日 程度 더 늦다. 한편 保溫折衷苗는 登熟

Table 3. Late and suitable critical ripening date. (1st Cropping).

Unit : Days

Place	Date Showing 800°C from Heading		No. of Days Head. -Ripening Date		Date Showing 880°C from Heading		No. of Days Head. -Ripening Date	
	U	S(O)	U	S(O)	U	S(O)	U	S(O)
Iri	July 30	Aug. 2	29	29	Aug. 2	Aug. 4	25	25
Chonju	Aug. 5	Aug. 8	28	28	Aug. 8	Aug. 11	25	25
Kwangju	Aug. 5	Aug. 7	29	29	Aug. 8	Aug. 9	26	24
Mokpo	Aug. 11	Aug. 13	28	28	Aug. 15	Aug. 17	26	25
Yeosu	Aug. 6	Aug. 10	30	29	Aug. 9	Aug. 14	27	27
Pohang	Aug. 1	Aug. 3	30	29	Aug. 4	Aug. 6	26	26
Daegu	Aug. 4	Aug. 7	29	29	Aug. 7	Aug. 10	26	26
Ulsan	Aug. 10	Aug. 13	30	29	Aug. 13	Aug. 17	27	27
Pusan	Aug. 8	Aug. 11 (Aug.14)	30	29 (29)	Aug. 11	Aug. 14 (Aug.17)	26	26 (26)
Cheju	Aug. 7	Aug. 11 (Aug.14)	28	29 (28)	Aug. 10	Aug. 14 (Aug.18)	26	26 (27)

限界期가 발묘 보다 各各 2~3日 뒤에 있다.

(2) 第2期作 栽培期間

① 登熟限界期 및 出穗限界期(登熟期間)

登熟限界溫度에 對하여 八柳<sup>57,59)</sup>를 비롯한 다른 研究者<sup>10,40,54)</sup>은 日平均氣溫 15°C라 하였으며 八柳<sup>57,59)</sup> 및 木根淵<sup>20)</sup>는 最低氣溫 10°C라 하고 이 溫度가 出現되기 以前에 登熟을 마쳐야 한다고 하였다.

이제 各地에서의 日平均氣溫 15°C의 出現期( $\theta_{15}$ )와 最低氣溫 10°C의 出現期( $\theta_{10}$ )를 調査하고 地域相互間에는  $\theta_{15} > \theta_{10}$ 型和  $\theta_{15} < \theta_{10}$ 型の 두가지 Group이 있다고 보았다. 즉, 前者는 平均氣溫 15°C의 出現期가 最低氣溫 10°C의 出現期보다 뒤에 오는 地帶로서 裡里, 光州, 全州, 浦項, 大邱가 여기에 屬하며 裡里에서 11日 늦은 것을 除外하면 대개 2~5日 程度 늦고 있다. 이러한 곳에서는  $\theta_{10}$ 를 登熟限界期로 보아야 安全할 것으로 본다. 한편  $\theta_{15} < \theta_{10}$ 日型은 前者와 正反對로  $\theta_{15}$ 를 登熟限界期로 보아야 安全할 것이며 木浦, 麗水, 釜山, 濟州가 여기에 該當되는데  $\theta_{15}$ 가  $\theta_{10}$ 보다 6~8日 程度 더 앞에 있다. 本調査에서는 上述한 대로  $\theta_{15}$ 와  $\theta_{10}$ 의 두 條件을 同時에 成立시켜 주는 線에서 登熟限界期를 Fig. 2와 같이 決定하였다.

第2期作의 出穗限界 및 登熟期間은 羽生<sup>10)</sup>, 鉛本<sup>40)</sup> 및 內島<sup>54)</sup>의 作季決定方法에 準하여 推定하였다. 즉, 登熟限界期에서 每日의 平均氣溫을 逆으로 積算하여 800°C에 達할 때를 登熟安全 出穗期(H1c)로서 求하고 다시 880°C 되는 때를 登熟好適 出穗期

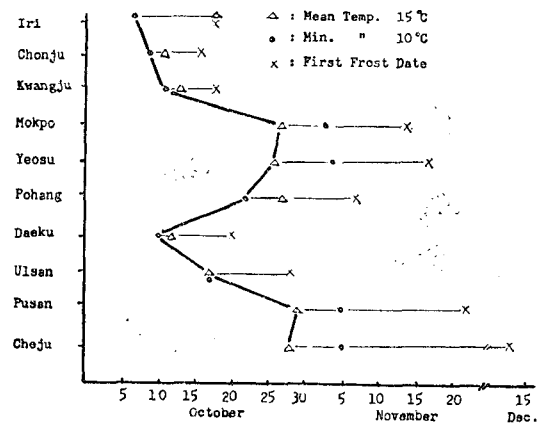


Fig. 2. Expected late critical ripening date (2nd cropping).

(H3c)라 하였다. 이와같이 하여 얻어진 各地의 出穗限界期 및 登熟期間은 Table 4와 같다.

Table 4에서 登熟安全出穗期(H1c)는 裡里, 全州, 光州, 大邱가 9月上旬頃이나 나머지 地域에서는 9月 17日 頃으로 地域間에 약 2週間の 差異가 있으며, 登熟好適出穗期(H3c)는 이보다 4日 程度 더 앞에 있음을 알 수 있다. 濟州의 경우를 例로 들면 第2期作은 10月 28日 以前에 收穫을 끝마쳐야 하며 實用的 登熟粒을 얻기 위해서는 9月 17日 以前에, 完全登熟粒을 目標로 하면 9月 14日까지는 出穗가 되어야 할 것이다.

**Table 4.** Critical heading and transplanting date (late and suitable). (2nd cropping). Unit : Days

Place	Late Crit. Ripening Date (R)	Heading Date of		Days Head.-Ripen.		Transp. Date from*		Days Head.-Trans.	
		Late Crit. (H <sub>Lc</sub> )	Suitable Crit. (H <sub>Sc</sub> )	R-H <sub>Lc</sub>	R-H <sub>Sc</sub>	Late Crit. (T <sub>Lc</sub> )	Suitable Crit. (T <sub>Sc</sub> )	H <sub>Lc</sub> -T <sub>Lc</sub>	H <sub>Sc</sub> -T <sub>Sc</sub>
Iri	Oct. 7	Sep. 3	Aug. 31	34	37	July 10	July 7	55	55
Chonju	Oct. 9	Sep. 2	Aug. 30	37	40	July 7	July 4	57	57
Kwangju	Oct. 11	Sep. 4	Aug. 31	37	41	July 10	July 5	56	56
Mokpo	Oct. 27	Sep. 16	Sep. 12	41	45	July 20	July 16	58	58
Yeosu	Oct. 26	Sep. 16	Sep. 12	40	44	July 17	July 14	61	60
Pohang	Oct. 22	Sep. 14	Sep. 10	38	42	July 19	July 15	57	57
Daegu	Oct. 10	Sep. 2	Aug. 29	38	42	July 7	July 1	57	59
Ulsan	Oct. 17	Sep. 7	Sep. 4	40	43	July 9	July 6	60	60
Pusan	Oct. 29	Sep. 18	Sep. 14	41	45	July 21	July 17	59	59
Cheju	Oct. 28	Sep. 17	Sep. 14	41	44	July 21	July 18	58	58

\* Dates showing 1,550°C counting back from each heading date (H<sub>Lc</sub>, H<sub>Sc</sub>).

한편 登熟期間을 보면 登熟安全限界 出穗期까지는 34~41日間이며 登熟好適出穗期까지는 37~45日間으로 後者が 前者보다 地域에 關係없이 대개 3~4日 더 所要되고 있다. 兩者는 모두 登熟期間으로 알려진 40日<sup>2,3,10,14,22,40,41,42,43,45,46,58</sup>과 거의 一致하고 있는 것도 興味있는 일이다.

② 移秧限界期(出穗—移秧期間)

이와같이 하여 推定된 登熟安全 및 登熟好適 出穗期에서, 日平均氣溫을 다시 逆算하여 積算溫度가 1,550°C 되는 때를 移秧限界期로 求하고, 各各 登熟安全移秧期(T<sub>Lc</sub>) 및 登熟好適移秧期(T<sub>Sc</sub>)라 하였으며 이 結果를 出穗—移秧期間과 함께 Table 4의 오른쪽에 나타내었다. 登熟好適 移秧期를 보면 裡里, 光州, 大邱, 蔚山은 7月 1日~7日 사이에 있고, 木浦,

麗水, 浦項, 釜山, 濟州 地方은 7月 14日~18日 사이에 있어서 前者보다 有利하다고 할 수 있으며, 登熟安全을 目標로 하면 이보다 3~4日 더 늦게 移秧해도 좋을 것이다. 그리고 出穗에서 移秧까지의 期間은 55~60日間으로서 地域間差異가 크지 않은데, 特히 登熟安全移秧期와 登熟好適 移秧期間에는 差異가 없었다. 第1期作에 있어서의 이 期間은 74~82日로서, 같은 積算溫度 1,550°C를 얻는데 2期作에서 1期作보다 20日 程度 더 짧았다. 이는 第2期作의 栽培期間이 第1期作 보다 高溫으로 經過되어 生育日數가 短縮되었다고 본다.<sup>9,22,60</sup>

③ 第1期作 및 第2期作 栽培期間의 重複日數

第1期作의 收穫期(Table 3)와 第2期作의 移秧期(Table 4)를 比較하면 栽培期間이 서로 重複되고 있

**Table 5.** No. of days over-lapped between the first and second cropping season of rice.

Place	800*+800** (S+S)		880+800 (L+S)		800+880 (S+L)		880+880 (L+L)	
	U	S (O)	U	S (O)	U	S (O)	U	S (O)
Iri	20	23	23	25	23	26	26	28
Chonju	29	32	32	35	32	35	35	38
Kwangju	26	28	29	31	31	33	34	35
Mokpo	22	24	26	28	26	28	30	32
Yeosu	20	24	23	27	23	28	26	31
Pohang	13	15	16	18	17	19	20	22
Daegu	28	31	31	34	34	37	37	40
Ulsan	32	35	35	38	35	39	38	42
Pusan	18	21(24)	22	25(28)	21	24(27)	25	28(31)
Cheju	17	21(24)	20	24(27)	20	24(28)	23	27(31)

\* As accumulated daily mean air temperature during ripening stage in the first cropping of rice.

\*\* The same as above in the second cropping.

음을 Table 5를 통해서 쉽게 알 수 있다.

重復期間은 第1期作의 育苗方法이나 第1期作 및 第2期作의 登熟目標에 따라서 달라지는데 제일 짧은 浦項이 13~22日間, 가장 긴 蔚山이 32~42日間으로 이 期間이 긴 地方은 水稻2期作 栽培가 그만큼 어렵다 할 것이다.

## 2. 水稻2期作 栽培를 위한 作季設定

### (1) 作季의 設定

우리나라에서의 水稻2期作 栽培條件을 氣溫積算面에서 더욱 追求하기 위하여 먼저 第1期作의 活着限界氣溫과 第2期作의 登熟限界氣溫이 나타나는 時期를 作季設定上 限界固定要因으로 取扱하였고 다만 第1期作의 移秧期에서 第2期作의 出穗期 사이만을 可變期間으로 하여 水稻2期作 栽培를 위한 作季設定을 試圖하였다. 그런데 第1期作 및 第2期作의 登熟溫度는 目標 이하에 따라 다음의 4가지 型(組合)으로 나누어 檢討하였다.

Ripening Type	Accumulated Temp. in Ripen. Stage	
	1st Cropping	2nd Cropping
SS	800°C	800°C
LS	880	800
SL	800	880
LL	880	880

다음, 第1期作의 各 育苗方法別 移秧限界期(Table 1)에서 第2期作의 登熟安全 및 登熟好適 出穗期(Table 4)까지의 日平均氣溫을 積算하고, 이 값에서 다시 第1期作의 登熟溫度인 880°C와 800°C를 減하였다. 그러나 이와같이 計算된 積算值를 第1期作 및 第2期作에 얼마 만큼씩 分配할 것인가를 決定하는 것은 至極히 어려운 問題로서 地域, 栽培法, 品種 및 其他 要因들을 綜合적으로 고려해야 하기 때문이다.

原田<sup>11)</sup>가 말한 水稻2期作의 作型 分類에 依하면

Table 6. Expected critical accumulated daily mean air temperatures necessary for each rice cropping from transplanting to heading date.

Unit : °C

Place	S S		L S		S L		L L	
	U	S(O)	U	S(O)	U	S(O)	U	S(O)
Iri	1,174	1,141	1,134	1,101	1,137	1,104	1,097	1,064
Chonju	1,055	1,021	1,015	981	1,019	985	979	945
Kwangju	1,116	1,082	1,076	1,042	1,067	1,034	1,028	994
Mokpo	1,142	1,105	1,102	1,065	1,097	1,061	1,057	1,021
Yeosu	1,185	1,151	1,145	1,111	1,139	1,106	1,100	1,066
Pohang	1,277	1,244	1,237	1,204	1,232	1,199	1,192	1,159
Daegu	1,084	1,051	1,044	1,011	1,027	1,004	997	964
Ulsan	1,068	1,003	1,028	963	1,015	969	975	929
Pusan	1,206	1,166 (1,122)	1,166	1,126 (1,082)	1,162	1,122 (1,079)	1,122	1,082 (1,039)
Cheju	1,205	1,158 (1,114)	1,165	1,118 (1,074)	1,173	1,125 (1,081)	1,133	1,085 (1,041)

分配의 比重에 따라 第1期作 重點型, 第2期作 重點型 및 中間型으로 細分할 수 있으나, 本 調査에서는 作季設定의 便利를 도모함과 同時에 第1期作 및 第2期作에 同一 積算值를 가지는 品種을 栽培하는 것을 前提로 하여 “中間型”을 取하였다. 즉 上記 積算值를 兩分함으로서 第1期作과 第2期作에 各各分配할 수 있는 積算溫度 範圍를 Table 6과 같이 調査하였다.

### (2) 第1期作 出穗限界期 및 出穗期間

Table 6은 第1期作의 移秧限界와 登熟溫度 및 第2期作의 登熟限界期와 登熟溫度를 限界固定要因으로 보았을 때, 移秧後 적어도 이 積算溫度 보다 낮은 範

圍에서 出穗하는 品種이 아니면 2期作栽培가 困難함을 나타낸다. 즉 地域間 積算氣溫值를 보면 登熟目標型 및 育苗法 다같이 最大 250°C의 큰 差가 있으며, 그 分布 範圍는 대개 1,000~1,200°C로서 八柳<sup>58,61)</sup>나 內島<sup>54)</sup>가 말한대로 移秧後 出穗까지 極早生種이 必要로 하는 1350°C의 積算值에도 未達되고 있다. 따라서 積算溫度가 現 極早生種에 比하여 150~350°C 모자라도 出穗가 되는 즉, 生育期間으로 보아 7~15日 程度 더 短縮된 極早生種 品種이 出現되어야 한다고 본다. 이제 第1期作의 移秧限界期(Table 1)부터 起算하여 Table 6의 溫度積算值가 出現하는 時期를 Table 7과 같이 調査하고 各各의 出穗限界期로

**Table 7.** Expected early critical heading date and no. of dangerous days due to low temperature at young ear formation stage. (1st cropping) Unit: Days

Place	S S		L S		S L		L L		No. of Dangerous Days*			
	U	S(O)	U	S(O)	U	S(O)	U	S(O)	S S	L S	S L	L L
Iri	June 20	June 22	June 19	June 20	June 18	June 20	June 16	June 18	19	20	21	23
Chonju	June 22	June 24	June 20	June 22	June 20	June 22	June 18	June 20	18	20	20	22
Kwangju	June 22	June 23	June 20	June 21	June 20	June 21	June 18	June 19	16	18	18	20
Mokpo	June 30	July 2	June 29	June 30	June 28	June 30	June 26	June 28	11	12	13	15
Yeosu	June 26	June 28	June 24	June 26	June 24	June 26	June 22	June 24	8	10	10	12
Pohang	June 24	June 25	June 22	June 23	June 22	June 23	June 20	June 22	19	21	21	23
Daegu	June 18	June 22	June 18	June 20	June 18	June 19	June 16	June 17	23	23	23	25
Ulsan	June 23	June 25	June 21	June 23	June 21	June 23	June 19	June 21	21	23	23	25
Pusan	June 27	June 29 (July 1)	June 25	June 27 (June 30)	June 25	June 27 (June 29)	June 23	June 25 (June 27)	12	14	14	17
Cheju	June 29	July 1 (July 3)	June 27	June 29 (July 1)	June 27	June 29 (July 1)	June 25	June 27 (June 30)	9	11	11	13

\* In the case of upland nursery seedlings.

하였다.

出穂限界期는 大部分 6月下旬에 該當되며, 이 時期보다 빠른수록 穗孕期에 低溫에 부딪칠 危險이 그만큼 클 것이다. 本谷들<sup>44)</sup>에 依하면 水稻가 溫度에 가장 銳敏하게 反應하는 時期들을 主眼點으로 하여 安全 栽培期間을 決定할 것이며 幼穗形成期에 低溫障害가 우려되는 危險溫度는 17°C라 하였고 다른 研究者들<sup>17,49,52,58)</sup>도 같은 報告를 하고 있다.

本 調査에서는 幼穗形成期の 低溫障害有無와 그 程度를 알고자, 出穂限界期前 24日을 幼穗形成期로 보고 日最低氣溫 17°C가 마지막으로 나타나는 時期를 調査한 바, 各 地域 다같이 幼穗形成期 以後에 17°C

가 最終으로 出現하였다. 이제 兩者가 重復되는 期間을 低溫 危險期間으로 보면(Table 7) 심히 어려운, 그리고 消極的인 일이나 이 期間은 深水灌溉 또는 其他의 栽培法을 강구하여 幼穗形成期の 低溫障害를 最大限으로 廻避해야 될 것으로 본다.

田中<sup>44)</sup>에 依하면 水稻에는 多收에 必要한 最低의 生育日數가 있는데 東北地方에서는 70~80日이라고 하였다. 그는 다시 收量과는 絶對的인 關係는 없지만 移秧에서 出穂까지의 最適日數는 極早植 및 早植栽培가 58~66日이며, 極晚植 및 晚植栽培는 42~48日이라고 하였다. Table 8에서 移秧後 出穂까지의 日數를 보면 밭묘는 55~70日, 保溫折衷苗는 52~65日로서

**Table 8.** Expected no. of days from transplanting to heading date (1st cropping). Unit: Days

Place	S S		L S		S L		L L	
	U	S(O)	U	S(O)	U	S(O)	U	S(O)
Iri	64	61	63	59	62	59	60	57
Chonju	59	56	57	54	57	54	55	52
Kwangju	62	58	60	56	60	56	58	54
Mokpo	62	59	61	57	60	57	58	55
Yeosu	67	64	65	62	65	62	63	60
Pohang	69	65	67	63	67	63	65	62
Daegu	58	57	58	55	58	54	56	52
Ulsan	62	57	60	55	60	55	58	53
Pusan	69	65(61)	67	63(60)	67	63(59)	65	61(57)
Cheju	69	64(60)	67	62(59)	67	62(58)	65	60(57)

田中<sup>44)</sup>의 極早植과 早植에 該當되었다.

(3) 登熟限界期 및 登熟期間

第1期作의 出穂限界期(Table 7)에서 日平均 氣溫을 積算하여 800°C 및 880°C가 되는 時期를 登熟日



Table 9. Expected early critical ripening date (1st cropping).

Place	SS		LS		SL		LL	
	U	S(O)	U	S(O)	U	S(O)	U	S(O)
Iri	July 22	July 24	July 24	July 25	July 20	July 22	July 22	July 23
Chonju	July 25	July 26	July 26	July 28	July 23	July 25	July 24	July 26
Kwangju	July 25	July 26	July 26	July 27	July 23	July 24	July 25	July 26
Mokpo	Aug. 2	Aug. 3	Aug. 4	Aug. 5	July 31	Aug. 2	Aug. 1	Aug. 3
Yeosu	July 30	July 31	Aug. 1	Aug. 2	July 28	July 30	July 30	Aug. 1
Pohang	July 27	July 28	July 29	July 30	July 25	July 26	July 27	July 29
Daeku	July 25	July 25	July 25	July 27	July 22	July 23	July 23	July 24
Ulsan	July 28	July 29	July 29	July 31	July 26	July 28	July 28	July 29
Pusan	Aug. 1	Aug. 2 (Aug. 4)	Aug. 2	Aug. 4 (Aug. 6)	July 30	Aug. 1 (Aug. 2)	Aug. 1	Aug. 2 (Aug. 4)
Cheju	July 31	Aug. 2 (Aug. 4)	Aug. 2	Aug. 3 (Aug. 5)	July 29	July 31 (Aug. 1)	July 31	Aug. 2 (Aug. 4)

標型別로 調査하고, 實用的 및 完全登熟限界期로 各 各 推定하였는데 第2期作의 移秧期에 該當된다. (Table 9)

Table 9에서 발묘는 各 地域間 實用的 登熟의 限界期가 7月 22日~8月 2日 사이에 있고, 完全登熟限界期는 7月 24日~8月 4日로서, 兩者間 差異가 아주 근소하므로 登熟目標 溫度를 無視해도 좋을 것으로 보였으며, 保温折衷苗의 경우는 발묘보다 1~2日 더 늦고 있다. 地域間 登熟限界期를 보면 木浦, 麗水, 釜山, 濟州地方이 다른 곳 보다는 늦어서 그만큼 2期作 栽

培가 有利할 것으로 思料되었다. 登熟期間(Table 10)은 地域間 差異가 아주 적었는데 이 時期가 高溫期에 經過되어 一般의으로 알려진 登熟期間 40日<sup>2,3,10,14,21,40,42,43,45,46,47</sup>보다 短縮되었다고 믿어진다. 田中<sup>44</sup>에 依하면 出穗後 成熟까지의 日數는 氣溫의 高低에 따라 25~60日이나, 最適日數는 40~45日 程度라고 하였다. 本 調査에서 登熟日數는 32~39日로서, 발묘와 保温折衷苗 사이에 거의 差異가 없었으나, 登熟目標型 間에는 SS=SL<LS=LL의 關係를 보여 登熟日數가 第2期作의 登熟溫度 보다는 第1期作의 高

Table 10. Expected no. of ripening days (1st cropping).

Unit : Days

Place	SS		LS		SL		LL	
	U	S(O)	U	S(O)	U	S(O)	U	S(O)
Iri	32	32	35	35	32	32	36	35
Chonju	33	32	36	36	33	33	36	36
Kwangju	33	33	36	36	33	33	37	37
Mokpo	33	32	36	36	33	33	36	36
Yeosu	34	33	38	37	34	34	38	38
Pohang	33	33	37	37	33	33	37	37
Daeku	33	33	37	37	34	34	37	37
Ulsan	35	34	38	38	35	35	39	38
Pusan	35	34(34)	38	38(37)	35	35(34)	39	38(38)
Cheju	32	32(32)	36	35(35)	32	32(31)	36	36(35)

것에 더 크게 影響받음을 알 수 있었다.

(4) 第2期作의 移秧—出穗期間

第2期作의 移秧限界期에서 出穗限界期까지의 日數는 麗水, 浦項, 釜山, 濟州가 43~48日, 기타 地方에서는 37~43日을 보여 地域間에 約 10日의 差異가 있었으나 育苗法 間에는 1~2日 程度이었다. 이 期間을

第1期作의 경우(Table 8)와 比較할 때 훨씬 짧은 榮養生長期間을 經過하였다. 佐本<sup>37</sup>은 幼穗形成期→出穗期 出穗期→成熟期間의 積算溫度는 栽培時期間에 大差 없으나, 全 生育期間의 積算溫度는 主로 榮養生長期의 積算溫度에 支配된다고 報告한 바 있다.

(5) 水稻 2期作 栽培 可能性에 對한 綜合考察

우리나라에서의 水稻 2期作 栽培에 對한 可能性을 生育限界溫度及 積算溫度의 概念만을 가지고 理論的으로 推定하였다. 第 1期作에 밭못자리 秧를 移秧하고, 第 1 및 第 2期作 다같이 移秧後 1,550°C의 積算溫度에서 出穗되는 早生種品種을 栽培할 것과 800°C를 登熟目標溫度로 할것을 前提로 하면 移秧後 成熟까지의 栽培期間은 第 1期作에서 平均 107日((104~111日), 第 2期作에서 平均 97日(85~101日)이 所要되었으나 兩 栽培期間中 23日 程度(17~32日)가 서로 重復되었다(Table 5). 따라서, 水稻 2期作 栽培가 可能하려면 上述된 重復期間이 解決되어야 하는데 그 方案으로서는 먼저 育種面을 들수 있다. 즉, 移秧後 1,000~1,200°C의 積算溫度에서 出穗되는 品種, 다시 말하면 重復期間만큼 生育日數가 短縮되어 移秧後 第 1期作은 99日 程度(93~105日), 第 2期作은 84日 程度(76~90日) 以內에서 成熟되는 品種이 育成되어야 할 것이다. 다음에 栽培面으로는 여러가지 있겠으나 烏津<sup>51)</sup>이 研究提唱한 “水稻重復 2期作 栽培法”에 對한 導入 可能性과 栽培技術上의 問題點을 檢討하는 것이 비록 現在로서는 困難한 點이 많다하더라도 有効한 解決方法의 하나라고 할 것이다.

## 摘 要

우리나라 南部 稻作地帶에 있어서 水稻 2期作 栽培의 可能性과 이에 對한 地域間 差異를 알고자 裡里外 9個地域에서 30年間の 氣象資料를 調査하고 生育限界氣溫 및 積算溫度를 檢討하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

第 1期作 栽培에 있어서

1. 麗水, 釜山, 濟州地方은 播種時 서리에 對한 罣려가 없으나 裡里, 全州, 光州에서는 30~40日間, 大邱, 蔚山은 18~28日間, 木浦, 浦項은 4~14日間の 霜害 危險期間을 各各 보였었다.

2. 移秧限界期는 대개 4月 中下旬頃으로 밭못자리 秧에 比하여 保溫折衷苗는 5日, 밭못자리 秧는 10日 程度 더 빨라서 2期作栽培에 有利하였다.

3. 出穗限界期는 6月下旬頃이며, 幼穗形成期の 冷害危險期間은 地域에 따라 8~25日 間이었다.

4. 登熟限界期(第 2期作의 移秧限界期)는 7月下旬~8月上旬頃이며, 登熟期間은 32~39日로서  $SS \approx SL < LS \approx LL$ 의 關係가 있었다.

第 2期作 栽培에 있어서

1. 登熟安全出穗期( $H_{Lc}$ )는 裡里, 全州, 光州, 大邱가 9月 上旬頃이고 其他地域에서는 9月 17日頃으로 登熟最適出穗期( $H_{Sc}$ )는 이보다 4日 程度 더 빨랐다.

2. 登熟終期를 規定하는 平均氣溫 15°C의 出現期( $\theta_{15}$ )와 最低氣溫 10°C의 出現期( $\theta_{10}$ )의 相互間에는  $\theta_{15} > \theta_{10}$ 型과  $\theta_{15} < \theta_{10}$ 型의 두 地域으로 나눌수 있었다.

3. 登熟限界期는 裡里, 全州, 光州, 大邱가 10月 9日 頃이고, 木浦, 麗水, 釜山, 濟州는 10月 28日 頃이었다. 登熟이 完全하려면 實用的 登熟을 目標로 할 때보다 登熟期間이 3~4日 더 必要하였다.

4. 移秧後 1,550°C의 積算溫度에서 出穗하는 早生種을 栽培할 경우 第 1期作과 第 2期作의 栽培期間中 13~42日이 서로 重復되었다. 따라서 水稻 2期作 栽培가 可能하려면 移秧後 1,000~1,200°C의 積算溫度에서도 出穗가되는 品種의 育成과 “重復 2期作 栽培技術”이 再 檢討되어야 할 것이다.

## 引用 文 獻

1. 阿部玄三. 1961. 青森縣의 氣候의 地域에 關する 研究. 第 1報, 一定溫度의 出現期日 ならびに 退行期日 および 一定溫度 以上の 繼續日數による 地帶區分, 青森農研報 5: 18-23.
2. 阿部玄三, 大野昊, 小野清治外. 1965. 青森縣における 水稻登熟의 地域性에 關する 研究, 青森農研報, 11: 37-56.
3. 青森縣農業試驗場. 1966. 青森縣における 農業氣象環境의 解明에 關する 研究, 青森農研報, 11: 1-36.
4. 朝隈純隆. 1958. 生態的 特性から みた 水稻 早晚期用 品種 (1). 農業技術, 13(4): 152-54.
5. 朝隈純隆. 1958. 水稻의 出穗에 關する 生態的 研究(Ⅱ報), 日本稻의 基本榮養生長性, 感光性, 感溫性に 就いて, 日作記, 27(1): 61-66.
6. 崔鉉玉. 1965. 栽培時期 移動에 依한 水稻의 生態變異에 對한 研究 Ⅱ, 栽培時期 移動에 依한 水稻 出穗期의 年次間 變異와 그 早期豫測, 韓國作物學會誌, 3: 41-48.
7. 伊達了. 1963. 東北地方의 水稻栽培期間의 決定方法에 關する 農業氣象學的 研究, 東北農試研報 28: 1-41.
8. 江副浩. 1959. 北九州における 水稻晩期栽培法 農及園, 34(7): 1063-67.
9. 羽生壽郎, 內島立郎. 1962. 作物生育と氣象との 關聯性에 關する 研究, 第一報, 出穗期と 氣象との 關係(1), 農業氣象. 18(3): 109-117.
10. 羽生壽郎, 內島立郎, 齊藤武雄外. 1966. 北日本における 水稻直播栽培의 適地, 適期의 決定方法

- に 關する 農業氣象學的研究, 34: 1-26.
11. 原田哲治. 1960. 水稻の二期作, 地球出版.
  12. 林政 衛. 1958. 水稻二期作に關する 研究, 農業氣象, 13(3).
  13. 林政 衛. 1959. 關東地方における 水稻の 早期栽培, 續稻作講座, 1: 203-26.
  14. 本谷耕一, 速水昭彦. 1964. 水稻の 生育調整に關する 榮養生理的研究, 東北農試研報, 30:13-94
  15. 池 隆肆. 1962. 水田の 整備 および利用, 作物大系, 養賢堂, 65-69.
  16. 石塚喜明, 田中 明. 1965. 水稻の 榮養生理, 養賢堂.
  17. 池泳鱗. 1964. 栽培學汎論, 郷文社.
  18. \_\_\_\_\_. 1972. 水稻作, 郷文社.
  19. 加茂 巖. 1951. 水稻二期作の 研究, 農及園, 25(5): 416.
  20. 木根淵旨光. 1963. 東北地方における 水稻の 多收穫方法, 農及園, 38(5): 765-69.
  21. 木根淵旨光. 1966. これからの 稻作改善法 [6]. 農及園, 41(2): 389-92.
  22. 薦田快夫. 1954. 水稻の 早期栽培と 晩期栽培, 養賢堂.
  23. \_\_\_\_\_. 1954. 東北農試研報, 28(引用).
  24. \_\_\_\_\_. 1959. 水稻栽培時期の 可動性について, 續稻作講座, 1: 13-24.
  25. 松島省三. 眞中多喜夫, 1957. 水稻收量の 成立と 豫察に 關する 作物學的研究, XXXIX, 水稻の 登熟機構の研究(5). 日作記, 25(4): 203-4.
  26. \_\_\_\_\_. 1957. 登熟歩合の 成立と 豫察, 農技研報, A5: 140-92.
  27. 御子紫晴夫. 1968. 東南アジア 稻作の 作期と 栽培法 概観, 東南アジアの 稻作, 日本 作物學會, 11-28.
  28. 三浦肆玖樓. 1964. 食用作物各論, アヅミ書房.
  29. 森田 潔. 1952. 北限地帯に おける 水稻二期作の研究, 農及園, 27(3): 389-90.
  30. 森田 潔. 1953. 北關東に おける 水稻二期作の研究と 氣温から 見た我國水稻二期作 地帯の分類, 日作記, 21(3-4): 249-50.
  31. 村田吉男. 1964. 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(1): 59-63.
  32. Nagai I. 1958. Japonica Rice. Yokendo Press.
  33. 農林省振興局 研究部. 1961. 農業氣象ハンドブック, 養賢堂.
  34. 岡田正憲. 1958. 水稻早期栽培に 適する 品種の特性と 選び方, 農及園, 33(11): 1649-52.
  35. 齋藤武雄. 1965. 寒冷地帯の 直播水稻に 對する 氣温の 作用性に 關する 研究, 東北 農試研報, 32: 1-26.
  36. 佐本啓智, 杉本勝男, 字田昌義外. 1964. 栽培時期の 移動による 水稻の 生態變異に 關する 研究, 水稻早期, 早植栽培の 多收穫機構と その栽培技術上の 二, 三の 問題點について, 東海近畿農試研報, 10: 1-81.
  37. 瀬古季生. 1958. 暖地に おける 水稻の 二期作栽培, 農及園, 33(1): 177-81.
  38. 杉谷文之. 1951. 水稻育苗技術の 要點, 農及園, 26(2): 233-36.
  39. 鈴木恒雄, 羽生奉郎, 酒井英外. 1966. 昭和40年 豪雪と 農業技術對策, 東北農試研究速報, 6:1-16
  40. 田中 稔. 1949. 水稻冷害の 實際的研究, 第1報, 登熟期における 氣温の 精粒千粒重に 及ぼす 影響, 日作紀, 18(2-4): 156-58.
  41. 田中 稔. 1950. 水稻冷害の 實際的研究, 第2報, 登熟適温 並に 完全登熟の 限界出穂期, 日作紀, 19(1-2): 57-61.
  42. \_\_\_\_\_. 1962. 水稻の 冷水並びに 出穂遲延 障害に 關する 研究, 青森農試研報, 7: 1-108.
  43. \_\_\_\_\_. 1955. 生育日數から 見た 水稻品種の 選擇, 農及園, 30(5): 657-60.
  44. \_\_\_\_\_. 1965. 水稻冷害の 診斷とその 防ぎ方, 農及園, 40(7): 1073-76.
  45. \_\_\_\_\_. 1967. 水稻の 冷水被害と 出穂遲延障害の 對策, 農及園, 42(7): 1049-52.
  46. 大後美保, 1967. 農業氣象學通論, 養賢堂.
  47. 戸苅義次, 松尾孝嶺. 1957. 稻作講座 (3): 朝倉書店.
  48. \_\_\_\_\_. 天辰克己. 1964. 稻作診斷法( ), 農業技術協會, 養賢堂.
  49. \_\_\_\_\_. 菅 天郎. 1970. 食用作物, 養賢堂.
  50. 鳥津重義, 1958. 水稻重複二期作栽培法, 農及園, 33(8): 1192-96.
  51. 坪井八十二. 1961. 氣象と 農業[4]. 農及園, 36(4): 641-44.
  52. 津森重邦. 1957. 水稻晩期栽培の 問題點と 實際, 農及園, 32(7): 1015-18.
  53. 内島一郎, 羽生壽郎, 伊達了外. 1964. 標高が異なる 地域内の 作物栽培期間の 堆定方法に 關する 農業氣象學の 考察, 東北農試研報, 30: 1-2.

54. 内島善兵衛. 1962. 水温環境からみた日本の農業気候区分, 農技研報, A-9: 1-28.
55. 山崎正枝. 1958. 稲作計画と 苗代準備をめぐる問題〔1〕, 農及園, 33(1): 21-24.
56. \_\_\_\_\_. 1960. 稲作計画と 苗代準備をめぐる問題〔2〕, 農及園, 35(7): 1095-98.
57. \_\_\_\_\_. 1960. 稲作計画と 苗代準備をめぐる問題〔3〕, 農及園, 35(8): 1248-52.
58. \_\_\_\_\_. 1960. 稲作計画と 苗代準備をめぐる問題〔4〕, 農及園, 35(9): 1425-28.
59. \_\_\_\_\_. 1960. 稲作計画と 苗代準備をめぐる問題〔5〕, 農及園, 35(10): 1565-69.
60. \_\_\_\_\_. 1960. 稲作計画と 苗代準備をめぐる問題〔6〕, 農及園, 35(11): 1717-22.