

# 温度出現 確率에 의한 水稻安全栽培 適期 設定方法에 관하여

李定澤 · 鄭英祥 · 柳寅秀\*

## A Probability Method to Determine Rice Cropping Period Based on Temperature

Lee, J. T., Y. S. Jung and I. S. Ryu\*

### ABSTRACT

Two methods were tested to establish the cropping period for rice cultivation using the meteorological data. The Hanyu-Uchijima method was based on the normal average temperature to select the earliest possible transplanting date (ETD), the earliest heading date (EHD), the optimum heading date (OHD) and the latest maturing date (LMD). The probability method was based on the temperature occurrence probability.

The cropping period based on the probability method gave higher stability than H-U method for year variability.

The ETD by the probability of 75 to 90 percents was May 12 to 22 for northern part of Korea, May 15 to 25 for east coastal area and May 4 to 16 for southern part, respectively. In Chuncheon area, the rice varieties requiring more than 1700 degree-days from transplanting to heading might not be appropriate due to low temperature condition and those requiring 1900 degree days were not allowable in Kangreung area.

The OHD was July 30 to August 8 in northern part of the country and August 11 to 16 in southern part for Tongil varieties which demand higher temperature than common Japonica varieties. The OHD for Japonica varieties were 5 to 7 days later than Tongil varieties.

The LMD was September 30 to October 2 in northern part, October 13 to 14 in east costal area and October 7 to 14 in southern part, and was earlier than the first frost date.

### 緒 言

水稻의 生産性을 決定하는 環境要因은 土壤과 함께 氣象環境을 빼놓을 수 없다. 氣象條件은 人工의으로 調節할 수 있는 範圍가 限定되어 있고, 또한 대단히 어려운 문제이므로 水稻作의 경우 抵抗性이 강한 品種의 選擇이나 災害를 廻避할 수 있는 栽培期間을 特定地域의 氣象條件과 作物의 特性에 맞게 設定하는 것이 作物의 安定生産을 爲하여 대단히 중요하다.

'70年代에 들어서면서 異常低温의 出現이 頻煩해 지고, 특히 '80年度의 極甚한 夏期低温은 全國의 水稻收量을 40% 減收하게 된 直接的인 原因으로 確認됨에 따라 氣象環境에 대한 關心을 불러 일으키게 되었다.

登熟期에 많은 熱量을 要求하는 統一系統의 多收性 新品種이 擴大普及 됨에 따라 早期栽培가 盛行되었고 이의 效果도 크게 認定되었으나 아직까지 各 農業地帶의 農業氣象特性을 分析하거나 이를 利用한 水稻의 安全栽培期間 設定方法論에 對한 具體的인 研究가 이

\* 農村振興廳, 農業技術研究所.

\* Institute of Agricultural Sciences, ORD, Suweon 170, Korea.

루어진 바 없다.

우리 나라와 比較的 地理的으로나 農業形態가 비슷한 日本에서는 오래전부터 農業氣象에 對한 重要性을 認識하여 長期觀測된 氣象資料를 利用하여 農業地帶를 區分하고 그 地帶에 알맞는 栽培期間을 設定하여 農業氣象災害를 減少시키기 爲한 努力을 계속해 왔다. 八柳<sup>14)</sup>는 主要生育時期의 限界溫度條件으로써 水稻의 計劃栽培에 對한 研究를 시작하였으며, 伊達<sup>9)</sup>은 東北地方의 氣象 安定性을 調査하여 作期設定에 利用한 바 있다. 羽生<sup>4)</sup>과 内島<sup>12)</sup>는 平均氣溫을 利用한 作期設定方法을 提示하였고, 우리 나라에서도 이 方法이 利用되었다.<sup>5, 6)</sup> 그러나, 이들 方法은 氣溫의 累年算術平均氣溫을 使用함에 따라 每年 變하는 氣象에 對해서 安定性이 적다.

本 研究는 氣象資料 分析을 通하여 各 生育時期別 低溫出現率을 考慮한 水稻安全栽培期間 設定方法을 考案하여 平年 平均氣溫을 基準으로 널리 利用되고 있는 Hanyu-Uchijima法과 比較檢討했고, 低溫 被害를 줄일 수 있는 安全栽培期間을 地域別로 設定하였다.

### 材料 및 方法

中央氣象臺 測候所에서 測定된 1日 氣溫을 農村振興廳 電算機에 入力하여 分析하였다. 春川을 1966~1980, 淸州는 1967~1980期間의 資料를 利用하였고, 水原等 8個 地域은 1964~1980期間의 資料를 利用하였다. 水稻栽培에 가장 重要한 時期인 移秧期, 出穗期, 그리고 登熟期 設定에 利用하였다.

移秧期 早限日과 成熟期 晚限日의 設定은 平均氣溫 15°C<sup>3, 4, 13, 14)</sup>, 出穗期 早限日은 日最低氣溫 19°C 出現後 15日<sup>10)</sup>을 基準으로 設定하였고, 安全出穗期는 出穗後 40日間 平均氣溫을 統一系 23°C, 一般系 22°C를 確保할 수 있는 날을 基準으로<sup>1, 6)</sup> 設定하였다.

Hanyu-Uchijima(H-U)法은 平均溫度와 이의 積算溫度를 利用하여 봄에 平均溫度 15°C가 連續 3日 出現하는 初日을 移秧期 早限日(ETD), 가을에 連續出現하는 마지막 날을 成熟期 晚限日(LCRD)로 보며, 日最低氣溫 19°C, 連續 3日 出現, 15日後를 出穗期 早限日(EHD), 成熟期 晚限日로부터 平均氣溫을 逆算하여 積算溫度 800°C를 確保할 수 있는 날을 出穗期 晚限日(LPHD), 그리고 出穗期 早限日과 出穗期 晚限日 사이에 登熟期 40日間 積算溫度 880°C 以上을 確保할 수 있는 날을 最適出穗期(OHD)로 보는

方法이다.

本 研究에서 처음 試圖된 確率法은 氣象資料의 分析을 爲해서 적어도 30年 以上 調査된 資料를 利用하는 것이 通例로 되어 있지만<sup>7)</sup> 우리 나라의 農業地帶의 農業氣象分類에 必要한 資料가 極히 制限되어 있기 때문에 水文氣象에서 利用되는 確率變量의 正規分布確率이나 計數確率을 利用할 수 없다. 따라서 水稻의 生育基準溫度의 出現率을 日字別로 算出하여 確率紙<sup>8)</sup>에 表示하고, 그 出現率이 75% 및 90% 以上 나타나는 날을 水稻安全栽培期間 設定의 基準으로 하였다. 이 方法은 水文統計에서 確率が 複雜하거나 資料數가 적을 때 確率計算을 近似的으로 推定하는 Hanzen의 圖上 推定法<sup>7)</sup>을 遠用하여 日字別로 出現率을 求한 것으로 累積頻度를 直線上에서 求하는 것이다.

### 結果 및 考察

H-U法과 確率法에 依한 水稻栽培期設定 方法上的 比較: 水原地方의 경우 日平均氣溫 15°C 連續 3日 出現初日을 基準으로 設定한 H-U法의 移秧期 早限日은 그림 1에서와 같이 4月 17日, 低溫年에는 5月 19日로 年度間 變異가 甚하며, 4月 30日의 15°C 出現確率은 約 35%로 安定性이 期待되지 않는다. 確率法에 依하면 적어도 75% 以上の 安定性을 期待할 수 있는 날은 5月 13日, 90% 出現日은 5月 22日로 水原地方의 移秧期 早限日은 5월 13日~22日로 보는 것이 妥當하리라 본다.

出穗期 早限日은 日最低氣溫 19°C 出現後 15日을 基準으로 볼 때 그림 2에서와 같이 H-U法은 7月 18日로서 出現確率 55%의 安定性을 보이나 75% 以上の 安定性을 期待하기 爲해서는 7月 22日 以後로 보는 것이 穗孕期 및 減數分裂期의 低溫障害 危險性을 줄일 수 있는 것으로 判斷된다.

登熟期 40日間에 最適登熟氣溫 23°C(統一系 品種基準)를 確保하기 爲한 好適 出穗期는 그림 3에서와 같이 H-U法이나 確率法 모두가 8月 9日 이었으며, 成熟期 晚限日은 그림 4에서와 같이 H-U法에 依하면 10月 10日로서 出現確率 50%이며, 75%의 安定性을 期待하기 爲해서는 10月 2日 以前에 成熟이完了되어야 한다.

以上の 두 作期設定方法에서 確率法은 우리 나라와 같이 氣象測定年數가 적은 곳에서 連續的인 出現確率을 求할 때, 確率紙上的 直線上에서 쉽게 出現率에

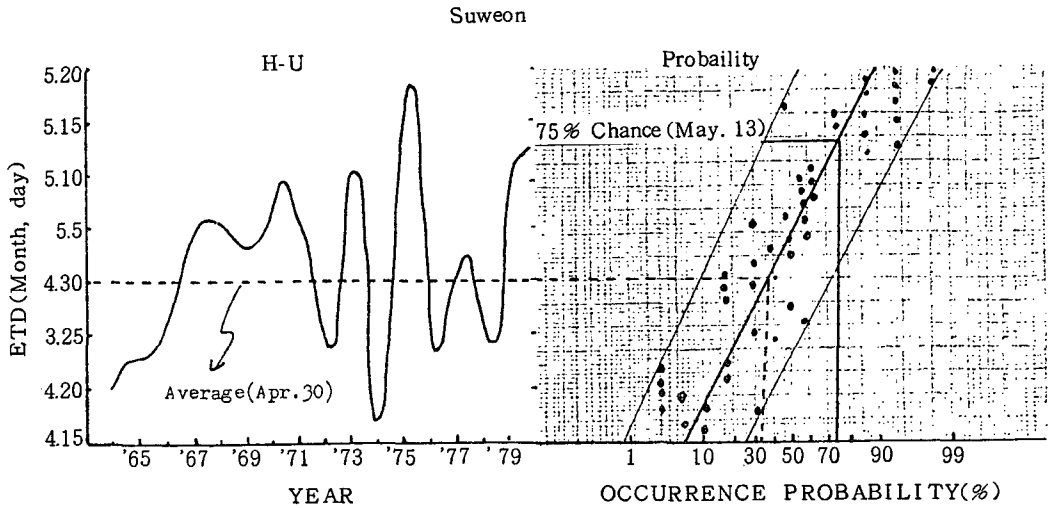


Fig. 1. Difference in the earliest transplanting date (ETD) between the H-U method and probability method at Suweon.

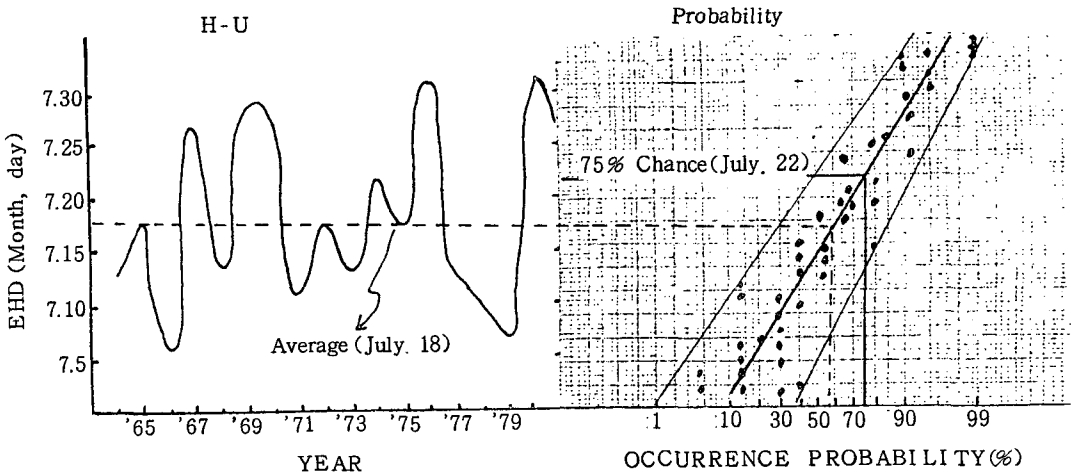


Fig. 2. Difference in the earliest heading date (EHD) between the H-U method and probability method.

依한 確率을 임의적으로 設定할 수 있고 氣溫과 같이 出現頻度가 特定日을 基準으로 正規分布에 가깝게 分布하는 경우 適用할 수 있으나 變異가 한쪽으로 치우치는 降水量같은 경우에는 使用이 困難하다. 이에 비해 H-U法과 같이 連續 3日 出現初日을 基準으로 設定하는 경우 그 以後의 低溫을 전혀 考慮할 수 없고 安定性이 떨어지며, 出穗期의 設定과 같이 40日間 비교적 長期의 平均値를 利用하는 경우에만 安定性을 期待할 수 있다. 따라서, 每年 變하는 氣象變異에 對한 安定性을 갖기 爲해서는 本研究에서 使用된 確率法의 適用이 보다 合理的인 것으로 判斷된다. 確率法에 依한 主要農業地帶別 安全栽培期間: 平均

溫度 15°C를 基準으로 한 移秧期 早限日은 水原地方에서는 5月 13日~22日 사이이며, 東海沿 邊地 浦項과 江陵은 5月 15日에서 25日 사이, 中部 內陸地인 大田과 淸州는 5月 9日~18日 사이로 보여진다. 好適出穗期는 春川이 7月 30日로 가장 빠르며, 대부분의 中部 內陸地方이 8月 3日~11日, 南部地方은 8月 13日~16日이다. 好適出穗期를 基準으로 해서 移秧에서 出穗까지의 所要積算溫度로 算定한<sup>5, 9, 13, 14)</sup> 移秧期 晚限日은 春川地方에서는 1700°C 以上 要求되는 中晚生 品種은 移秧期 早限日에 걸리게 되므로 不適合한 것으로 判斷된다. 北部 東海沿邊地 江陵에서도 1900°C 以上되는 晚生種의 移秧期 晚限日이 5

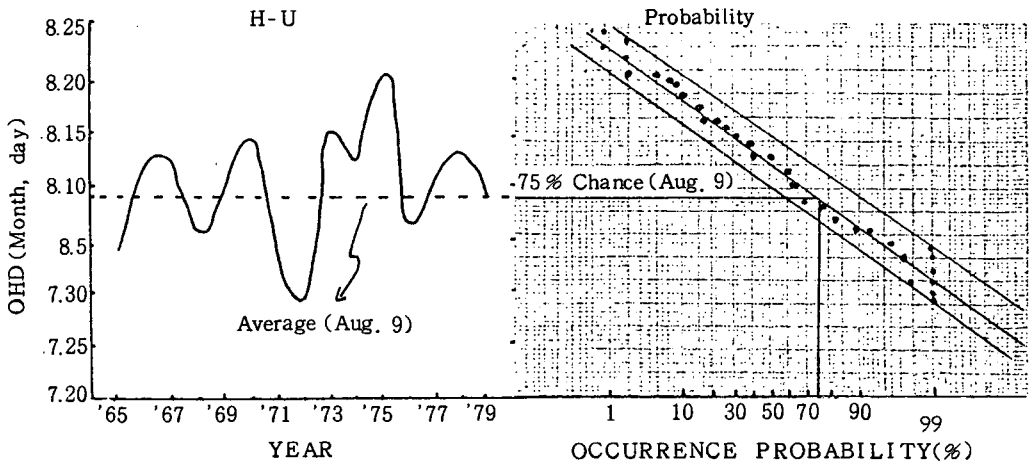


Fig. 3. Difference in the optimum heading date(OHD) between the H-U method and probability method.

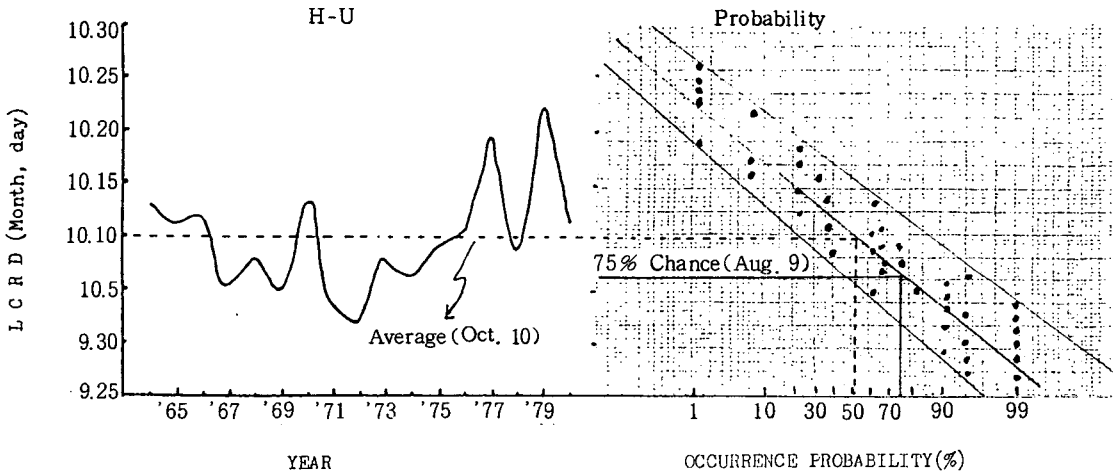


Fig. 4. Difference in the latest critical ripening date(LCRD) between the H-U method and probability method.

月 16日 이어서 移秧期 早限日 5月 16日~26日 사이에 充分한 餘裕가 없기 때문에 冷害를 받을 우려가 있고, 中部地方에서도 晩生種品種 보다는 中生種品種이 더 有利하다. 南部地方에서는 거의 모든 品種에서 移秧期의 充分한 餘裕가 있으므로 2毛作 等の 特殊한 與件이 아닌 한 收量性에 따라 選擇의 幅이 넓다.

出穂期 早限日은 表 4에서와 같이 北部地方은 7月 26日~31日, 南部地方은 7月 19日~21日로서 이 時期보다 빠르게 出穂되도록 하게 되면 穗孕期 및 減數分裂期 低温에 依하여 不稔이 發生할 憂慮가 있다. 一般品種의 安全登熟限界温度는 出穂後 40日간의 積算温度 880°C로 볼 수 있으며, 實用的 登熟限界温度는 800°C로서<sup>11)</sup> 이 보다 낮으면 登熟이 不良하여 收

量이 크게 떨어진다. 이를 基準으로 豐年作의 登熟氣温을 統一系 23°C, 一般系 22°C, 平年作의 경우 各各 21°C와 20°C로 보았을 때<sup>8)</sup> 統一系 品種의 好適出穂期는 南部地方이 8月 13日~16日, 中部地方이 8月 8日~9日이며, 春川과 江陵地方은 7月 30日~8月 3日이었고, 一般系品種은 이보다 5~8日늦다. 安全出穂期間은 出穂早限日과 好適出穂期 사이가 되지만 우리 나라에서는 後期로 갈수록 日照量이 많으므로 品種의 感光性을 考慮하여 安全栽培期間을 選擇하여야 한다.

成熟期 晚限日은 表 5에서와 같이 中北部 地方은 9月 30日~10月 2日이며, 東海沿邊地는 10月 13日~14日, 南部地方은 10月 7日~14日로서 H-U法에 比해 地域的 差異는 있으나 7~10日 가량 빠르게 極

**Table 1.** The earliest transplanting date (ETD) and the latest transplanting date (LTD) in different regions.

Region	E T D*		L T D**			Optimum heading date (Ripening Temp 23°C)
	Probability		1500°C	1700°C	1900°C	
	75 %	90 %				
Suweon	May. 13	May. 22	Jun. 6	May. 26	May. 15	Aug. 9
Chuncheon	May. 12	May. 20	May. 20	—		July. 30
Kangreung	May. 15	May. 25	Jun. 7	May. 27	May. 16	Aug. 3
Pohang	May. 15	May. 25	Jun. 9	May. 29	May. 23	Aug. 11
Cheongju	May. 9	May. 18	Jun. 7	May. 27	May. 16	Aug. 8
Daejeon	May. 10	May. 17	Jun. 6	May. 27	May. 15	Aug. 8
Daegu	May. 4	May. 12	Jun. 14	Jun. 4	May. 25	Aug. 13
Jeonju	May. 7	May. 16	Jun. 16	Jun. 7	May. 28	Aug. 14
Kwangju	May. 8	May. 15	Jun. 17	Jun. 8	May. 29	Aug. 16

\* ETD based on probability 75-90%

\*\* LTD based on cumulative temperature from transplanting to heading (having various heading time)

**Table 2.** Permissible heading date to obtain each ripening temperature. (Month, day)

Region	Earliest heading date	Ripening temperature (°C) mean temperature for 40 days			
		23°C*	22°C**	21°C	20°C
Suweon	July. 22	Aug. 9	Aug. 14	Aug. 19	Aug. 24
Chuncheon	July. 28	July. 30	Aug. 6	Aug. 12	Aug. 17
Kangreung	July. 31	Aug. 3	Aug. 11	Aug. 14	Aug. 20
Pohang	July. 26	Aug. 11	Aug. 17	Aug. 22	Aug. 28
Cheongju	July. 22	Aug. 8	Aug. 13	Aug. 16	Aug. 23
Daejeon	July. 22	Aug. 8	Aug. 13	Aug. 19	Aug. 23
Daegu	July. 21	Aug. 13	Aug. 19	Aug. 23	Aug. 30
Jeonju	July. 19	Aug. 14	Aug. 19	Aug. 23	Aug. 28
Kwangju	July. 20	Aug. 16	Aug. 20	Aug. 25	Aug. 30

\* 23°C for Indica x Japonica variety

\*\* 22°C for Japonica variety

**Table 3.** The latest maturing date in different regions (Month, day)

	Latest maturing date		Average	Earliest
	probability 75	H-U Method	1st frost date	1st frost date
Suweon	Oct. 2	Oct. 10	Oct. 9	Oct. 2
Chuncheon	Sept. 30	Oct. 5	Oct. 8	Sept. 30
Kangreung	Oct. 13	Oct. 20	Nov. 14	Oct. 12
Pohang	Oct. 14	Oct. 21	Nov. 16	Oct. 13
Cheongju	Sept. 30	Oct. 12	Oct. 7	Oct. 3
Daejeon	Oct. 7	Oct. 15	Oct. 3	Oct. 3
Daegu	Oct. 14	Oct. 20	Oct. 20	Oct. 8
Jeonju	Oct. 9	Oct. 17	Oct. 16	Sept. 26
Kwangju	Oct. 11	Oct. 22	Oct. 18	Sept. 27

初霜일에 거의一致하므로收穫期霜害에 대해서도安全性을期待할 수 있고, 또登熟氣溫 20℃를確保할 수 있는出穗期로부터 40日後에該當하는날과 거의一致하여登熟遲延型被害를 줄일 수 있으므로晚植을 하는 경우成熟期晚限日を充分히考慮해야 될 것으로判斷된다.

## 摘 要

水稻의 安全栽培期間을 設定하기 爲하여 水原等 9 個地域의 氣溫條件을 分析하여 栽培時期別 基準溫度의 出現確率을 利用하는 方法과 平年 平均氣溫을 利用하는 H-U法과 比較檢討하고 確率法에 依한 地域別 安全 移秧期, 出穗期 및 成熟期를 設定하였다.

確率法에 依한 作期는 氣象의 年次別 變異에 對한 安定性을 基할 수 있었으나 H-U法은 安定性이 적었다.

確率法에 依한 移秧期 早限日은 出現率 75~90 %를 期待할 수 있는 경우 中北部地域은 5月 12日~22日, 東海沿邊地는 5月 15日~25日, 南部地方은 5月 4日~16日이었다. 春川地方에서는 移秧에서 出穗까지 所要積算溫度가 1700℃ 以上인 中晩生種 品種은 不適合한 것으로 보이며 東海沿邊地인 江陵에서는 1900℃ 以上 晩生種은 不適合한 것으로 判斷된다.

好適出穗期는 南部地方에서 統一系品種은 8月 初旬, 一般系品種은 8月 中旬이며, 江陵과 春川地方에서는 統一系品種의 安全出穗期間이 짧아 栽培가 不適合한 것으로 나타났다.

成熟期 晚限日은 中北部 地方에서 9月 30日~10月 2日, 東海沿邊地에서 10月 13日~14日, 그리고 南部地方에서 10月 7日~14日이며, 極初霜日에 가까워 收穫期에 霜害에 對한 安定性도 期待할 수 있다.

## 引 用 文 獻

1. 阿部亥三(1961) 青森縣の氣候の地域に關する研究.

- 第一報一定溫度の出現日字ならび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. 青森農試研究. 5:18-23.
2. Brain, C. A., Dudely(1977) Mathematical and Biological Interrelations. New York Department of Education University of Keele, p.7.
3. 大後美保(1978) 農業氣象學通論. 東京. 養賢堂. pp.73-278.
4. 羽生壽郎・内島立郎・齋藤式雄・原剛(1966) 北日本における水稻直播栽培の適地適期の決定方法に關する農業氣象學的研究. 東北農業試驗場研究報告. 34:1-15.
5. 伊達了(1963) 東北地方の水稻栽培期間の決定法に關する農業氣象學的研究. 東北農業試驗場研究報告. 28:1-41.
6. 李康世・黃鍾奎(1973) 水稻作二期作栽培 可能性에 對한 氣象學的 調查研究. 韓國作物學會誌. 14: 53-61.
7. 閔丙燮(1973) 水文學. 서울. 郷文社. pp.73-278.
8. 農村振興廳(1981) 水稻冷害實態分析과 綜合技術對策. pp.63-173.
9. 坪井八十二(1964) 水稻の冷害による被害量推定につし. 農業氣象. 19(4):129-132.
10. 坪井八十二(1973) 農業氣象學ヘントブック. 東京. 養賢堂. pp.440-444.
11. 田中稔(1950) 登熟期適溫に安全登熟の限界出穗期. 日本作物學會紀事. 19:51-61.
12. 内島立郎・羽生壽郎・伊達了・菅原剛(1964) 標高가異なる地域内の作物栽培期間の推定方法に關する農業氣象學的考察. 東北農業試驗場研究報告. 30: 1-12.
13. 内島善兵衛(1962) 水溫環境かみた日本の農業氣候區分. 農業技術研究報告. A-9:1-28.
14. 八柳三郎(1960) 稻作の計劃栽培について(1). 農業及園藝. 35(6): 31-34.