

嶺南地域 氣象과 水稻의 限界生産力 解析

金純哲 · 李壽寬 · 鄭根植*

Biological Yielding Potential of Rice in Association with Climatic Factors in Yeongnam Region

Soon Chul Kim, Soo Kwan Lee and Geun Sik Chung*

ABSTRACT

Meteorological year variations for rice crop from 1973 to 1984 were compared by using air temperature and sunshine hour for nursery period, cooling index for reproductive stage and meteorological yield productivity index for ripening period.

The most optimum transplanting date and heading date for crop yield based on real transplanting date-grain yield relationship or heading date-grain yield relationship, meteorological yield productivity index and actual results showed good agreement each other. Around May 26 for transplanting and August 10 for heading were the most optimum date in Indica/Japonica hybrid cultivars while these were about June 8 and August 23 for Japonica cultivars, respectively. On the other hand, theoretical late limiting heading date for safe ripening were August 20 for Indica/Japonica hybrid cultivars and August 30 for Japonica cultivars, respectively, for both methods, cumulative temperature method during ripening with 80% believable frequency and meteorological yield productive index method having 1000(kg/10a) yielding potential.

Based on the yield forecast trial, the highest values of photosynthetic efficiency, 2.5%, and crop growth rate, 23g/m²/day, were recorded during 30 days before rice heading. Considering the photosynthetic efficiency and solar radiation, the potential crop growth rate was more or less 30g/m²/day and the biological grain yielding potential in a existing cultural practices was approximately 900-1000(kg/10a) in Milyang weather condition. To increase further yielding potential, either photosynthetic efficiency or harvest index or both should be improved by manipulating appropriate canopy architecture, plant spacing, fertilizer, chemical, etc.

緒 言

作物의 生育環境을 氣象의 要因, 土壤의 要因, 生物的 要因으로 크게 나눌 수 있다. 이들 個個의 要因이 作物生育에 미치는 影響은 대단히 크지만 이 中에서도 氣象의 要因이 무엇보다도 重要な 位置를 차지하고 있다.

一般의 原因으로 特定地域에서 生育하는 植物은 오랜 期間을 통해 그 地域環境에 適應할 수 있는 能力을 發

展시켜 가는 것이 自然의 한 法則이기도 하다. 最近에 栽培되고 있는 多收型 水稻品種의 大部分은 日本型/印度型 交雜種으로 1970年代初 以後에 開發된 것으로 우리나라 氣候條件에 適應할 수 있는 能力은 過去 栽培되어 오던 日本型 品種에 比해서는 相對的으로 떨어지는 것이 事實이다. 그리고 品種 育成의 目標도 國家的으로 食糧自給이라는 要求 때문에 너무 收量性에 치우친 나머지 收量性 增加에 따른 安定性이 뒤따르지 못한 結果를 招來하였다. 또한 植物 生態學의 한 原理로는 生態系(ecosystem) 內에서는

* 嶺南作物試驗場(Yeongnam Crop Experiment Station) < 1985. 6. 24 接受)

多様性(diversity)이 증가하면 할 수록 安定性(stability)은 그만큼 더 증가되는 것인데 最近의 農生態系(agro-ecosystem)는 品種의 面과 栽培樣式的 面에서 多様性이 缺如되는 傾向이 있어 그만큼 栽培環境에 대한 安定性은 떨어지고 있다. 이와 같은 現實 아래 現代 農業을 가장 成功的으로 이끌기 위해서는 얼마나 주어진 氣象條件을 栽培作物 또는 品種쪽에 有利하도록 利用하느냐에 달려 있다. 앞으로의 氣象展望이 不透明하고 氣象의 威力를 1980年度의 水稻作 冷害 被害로 잘 經驗한 우리로서는 安定性을 바탕으로 한 多收穫 栽培技術을 改善해 나갈 必要가 있다.

本 研究는 南部 嶺南平野를 代表할 수 있는 密陽地方에서 過去의 水稻作 氣象條件을 比較 分析하고 收量 生産 可能量을 光利用 效率 및 收穫指數 側面에서 檢討한 結果를 報告한다.

材料 및 方法

水稻作 氣象分析은 1973년부터 1984년까지 못자리 期間(4~5月), 生殖生長 期間(7~8月), 登熟期間(8~10月)으로 區分하여 못자리 期間의 氣象分析에서는 平均氣溫과 日照時間을 指標로 平年('73~'84)에 對한 相對值로 나타냈으며, 生殖生長期 氣象分析은 冷害指數(Uchijima, '76)⁷⁾와 生殖生長 期間中の 冷害 發生 頻度を 指標로 하여 平年에 대한 相對值로, 그리고 登熟期間中の 氣象分析은 登熟溫度와 日照時間을 利用하여 算出한 氣候登熟量(內島, 羽生 in Tsuboy, '77)⁷⁾에 의해 比較하였다.

嶺南地域의 移秧期와 쌀 收量과의 關係를 알기 위해서 嶺南作物試驗場, 慶北農村振興院, 慶南 農村振興院에서 1965년부터 1983년까지 遂行된 栽培時期 試驗成績을 利用하여 日本型 品種은 Virus罹病性 또는 抵抗性 中晚生 品種群과 Virus罹病性 早生 品種群으로 區分하였고, 日本型/印度型 交雜種(以下 多收型으로 稱함)은 早生 品種群과 中晚生 品種群으로 區分하여 分析하였다.

다음으로 收量 限界生産力을 分析하기 위해서는 1984年度 嶺南作物試驗場에서 實施한 水稻 作況試驗에 使用된 三剛벼와 洛東벼를 適播適植(4月 15日 播種, 5月 25日 移秧)과 適播晚植(5月 5日 播種, 6月 20日 移秧)으로 나누어 光合成 效率과 收穫指數를 Yoshida方法(1981)¹⁰⁾에 의해 算出하였다. 本研究에서 使用된 公式은 다음과 같고, 기타 生育 및 收量

形質 調査는 國際米作研究所(IRRI) 方法(Gomez, '72)³⁾에 따랐다.

氣候登熟量(羽生, in Tsuboy '77)⁷⁾

$$Y = S\{4.14 - 0.13(T-t)^2\}$$

$$Y = \text{氣候登熟量(kg/10a)}$$

$$S = \text{出穗後 40日間 日照時間}$$

$$T = \text{登熟適溫(日本型} = 21.4^\circ\text{C, 多收型} = 23.0^\circ\text{C)}$$

$$t = \text{出穗後 40日間 日平均氣溫}$$

Cooling index(Uchijima, '76)⁸⁾

$$Q = (20 - \theta_0)N \text{ (degree-day)}$$

$$Q = \text{Cooling index}$$

$$20 = \text{critical low temperature limit}(^\circ\text{C})$$

$$\theta_0 = \text{weighted daily mean temperature}(^\circ\text{C})$$

$$N = \text{number of days when } \theta_0 \leq 20$$

Weighted daily mean temperature(Yoshida, '81)¹⁰⁾

$$\bar{\theta}_0 = \frac{D \cdot t_D + N \cdot t_N}{24}$$

$$\bar{\theta}_0 = \text{weighted daily mean temperature}(^\circ\text{C})$$

$$D = \text{daytime in hours}$$

$$t_D = \text{temperature during daytime}$$

$$N = \text{nighttime in hours}$$

$$t_N = \text{temperature during nighttime}$$

Photosynthetic efficiency(Yoshida, '83)¹¹⁾

$$E\mu = \frac{K + \Delta W}{(S) + T} \times 10^{-4}$$

$$E\mu = \text{photosynthetic efficiency}(\%)$$

$$K = \text{heat of combustion}(3750\text{cal/g})$$

$$\Delta W = \text{dry matter increase(g/m}^2\text{)}$$

$$S = \text{average daily incident solar radiation (cal/cm}^2\text{/day)}$$

$$T = \text{number of days}$$

Crop growth rate(CGR)(Yoshida, '83)¹¹⁾

$$\text{CGR(g/m}^2\text{/day)} = \frac{E\mu \times S}{K} \times 10^{-4}$$

Harvest index(Donald and Hamblin, '76)²⁾

$$\text{Harvest index} = \frac{\text{Economic yield}}{\text{Total biological yield}}$$

結果 및 考察

1. 水稻作 氣象分析

벼 一生을 크게 못자리期間과 本畚期間으로 區分할 수 있고, 本畚期間 中에서도 營養生長期間, 生殖生長期間 및 登熟期間으로 나눌 수 있는데 이들 各各의

生育期는 獨立的으로 이루어지는 것이 아니고 前 生育段階 또는 後 生育段階의 原因과 結果的인 作用을 하고 있어 어느 生育段階가 벼 一生을 통해 얼마만큼 重要한가를 한마디로 나타내기란 大端히 어려운 일이다. 다시 말하면 前段階의 生育이 不良하더라도 後 期段階의 生育環境이 좋으면 어느정도 補償이 可能하며, 한편 아무리 좋은 生育을 繼續하였다 하더라도

Table 1. Year variations of meteorological values in various rice growth stages in Milyang.

Year	Nursery stage (Apr.11-May31)	Reproductive stage (Jul.11-Aug.20)	Ripening stage (Aug. 1-Oct. 20)			Summed Index
			Mean	Japonica	Indica/Jap.	
1984	103	108	81	81	80	97
1983	99	91	90	83	97	93
1982	99	92	98	103	93	96
1981	101	91	89	97	81	94
1980	96	91	77	87	66	88
1979	101	108	103	105	101	104
1978	107	108	101	95	106	105
1977	99	101	121	120	121	107
1976	96	108	100	105	95	101
1975	99	108	111	93	128	106
1974	103	91	118	121	115	104
1973	99	108	114	110	118	107
Mean	100	100	100	100	100	100

* Used parameter, Temperature, Sunshine hour, Cooling index, Frequency,

Temperature Sunshine hour

以後의 一時的인 氣象災害로 致命的인 被害를 받을 수 있다는 뜻이 된다. 따라서 水稻作氣象을 한마디로 評價하기란 힘드는 일이지만 表 1과 같이 1973년부터 1984년까지 年度別로 主要 生育時期의 氣象條件을 平年과 比較하여 보았다. 못자리 期間中에는 1978年度가 가장 氣象條件이 좋았던 해였으며 1973년과 1984년도 대단히 좋았던 해에 屬하였으며 特別히 問題가 된 해는 없었다. 本畚에 있어서 生殖生長 期間中에는 低溫에 대단히 敏感한 時期인데 '83, '82, '81, '80, '74年度가 低溫障害 問題가 있었으며, 그밖의 다른 해에는 低溫이 問題가 되지 않았다. 그러나 登熟期의 氣象은 年次間의 差異가 大端히 컸는데 史上類例없이 大豊作을 이루었던 1977년이 가장 높은 氣象의 수치를 보였으며, 그 다음으로 登熟期 氣象條件이 좋았던 해는 1970年, 1973年, 1975年の 順이었으나, 1975年度에는 多收型 品種에 특히 좋았던 해였다. 한편 冷害年이었던 1980年度는 日本型 品種보다 多收型 品種의 登熟條件이 平年の 66%로 가장 不利한 해였음을 알 수 있다. 앞에서도 言及한 바와

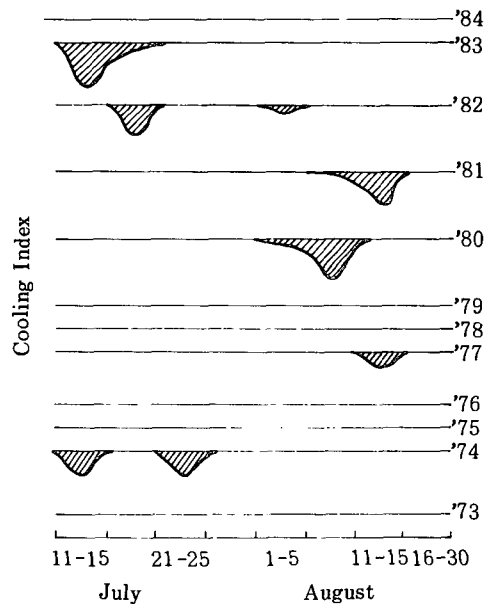


Fig. 1. Year variations of cooling index during rice reproductive stage in Milyang.

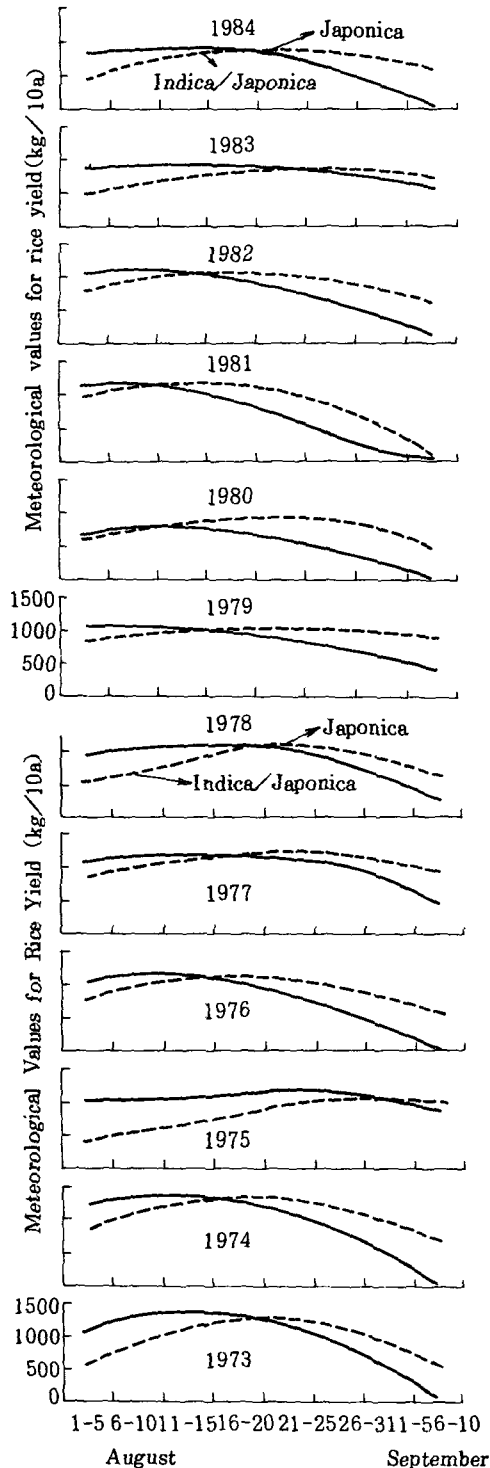


Fig. 2. Year variations of meteorological values for rice yield during ripening stage in association with cultivar type in Milyang.

같이 벼生育은 生育段階에 따라 一時的인 氣象災害 影響이 다르기 때문에 生殖生長期間과 登熟期間을 좀더 具體的으로 分析한 結果는 그림 1, 2와 같다. 生殖生長期間 中の 冷害 頻度는 1982年과 '74年이 各 各 2回이었으며, 冷害程度는 '80年, '81年, '83年度가 가장 컸으나 그 時期는 各各 달랐다. 즉 1983年度에는 生殖生長期間 初期인 7月 11~20日 사이에 低溫 被害가 컸던데 반해 1981년에는 生殖生長期間 末期인 8月 6~15日, 1980年度에는 大部分의 品種이 減數分裂期에 該當되는 8月 1~10日 사이에 低溫 被害가 크게 나타났다. 그림 2에서 보는 바와 같이 1980년에는 登熟期 氣象條件이 全般的으로 不良한 해로 經過하여 生殖生長期의 低溫 被害가 登熟期에 延長되어 被害는 더욱 커졌으며, '81, '82, '83年度에는 비록 生殖生長期 때 低溫 被害를 받았으나 登熟期間 中の 좋은 氣象條件으로 被害를 極少化시킨 것으로 볼 수 있다. 登熟期間 中の 氣象에서 특히 '83年, '78年, '77年 '75年은 後期 登熟氣象이 大端히 좋았던 해로 分析되었다.

2. 水稻 栽培適期 및 限界期 設定

벼는 一生을 통하여 生育時期別로 가장 잘 자라는 溫度 範圍 즉 適溫, 低溫 및 高溫 限界溫度가 있기 때문에 이 限界 溫度 範圍를 벗어나게 되면 벼는 잘 자랄 수 없게 된다. 一般的으로 發芽 限界溫度를 10°C로 보고 出葉 限界溫度를 7~12°C로 볼 경우^{1,5,9)} 密陽地方에서는 5月 10日 以後가 되어야만 自然 溫度條件이 發芽와 出葉이 可能하게 된다. 따라서 지금과 같이 一毛作畚 播種盛期인 4月 15~25日 사이에 播種을 할 경우에는 반드시 保溫을 해주어야 한다는 뜻이 된다. 마찬가지로 成熟 限界溫度를 最低氣溫 10°C로 보면^{1,5,9)} 密陽地方에서는 10月 10日 前後가 된다. 따라서 이 期間內에 安全하게 生育을 마치도록 하는 것이 가장 基本的인 要點이 된다. 좀더 確實한 栽培適期를 究明하기 위해서 登熟期間中(出穗後 40日間)의 登熟氣溫에 의한 方法과 登熟期間 中の 氣溫과 日照時間을 指標로 한 氣候登熟量에 의한 方法으로 區分하여 分析하였다.

먼저 登熟氣溫에 의한 安全 出穗限界期를 登熟溫度別로 나타낸 結果 表 2와 같은데 年次間에 큰 差異를 보이고 있음을 알 수 있다. 예를 들면 多收型 品種의 限界登熟溫度를 880°C로 보면 1975年度에는 8月 31日까지 出穗하여도 安全하게 成熟이 可能한데 반해 1980년에는 8月 2日에 該當되어 29日間의

Table 2. Year variations of heading date in association with various cumulative ripening temperature during 40 days after rice heading in Milyang.

Year	Heading Date			
	880°C	840°C	800°C	760°C
1984	Aug. 19	Aug. 24	Aug. 28	Aug. 31
1983	Aug. 27	Aug. 31	Sep. 4	Sep. 10
1982	Aug. 17	Aug. 21	Aug. 27	Sep. 2
1981	Aug. 9	Aug. 15	Aug. 21	Aug. 25
1980	Aug. 2	Aug. 15	Aug. 20	Aug. 26
1979	Aug. 17	Aug. 23	Aug. 28	Sep. 3
1978	Aug. 23	Aug. 27	Sep. 1	Sep. 5
1977	Aug. 21	Aug. 30	Sep. 3	Sep. 7
1976	Aug. 14	Aug. 19	Aug. 23	Aug. 29
1975	Aug. 31	Aug. 5	Sep. 9	Sep. 14
1974	Aug. 16	Aug. 21	Aug. 27	Sep. 1
1973	Aug. 20	Aug. 25	Aug. 29	Sep. 2

Frequency (%)	50	Aug. 18	Aug. 23	Aug. 29	Sep. 3
	80	Aug. 14	Aug. 19	Aug. 23	Aug. 29
	100	Aug. 2	Aug. 15	Aug. 20	Aug. 26

變異幅을 보이고 있다. 表 2를 基準으로 해서 出穂限界期를 設定할 때 가장 重要한 問題點은 과연 登熟溫度를 몇 度로 하여, 밭을 수 있는 頻度를 어느 範圍로 하느냐에 달려 있다. 가장 바람직한 方法은 氣象展望을 確實히 할 수 있다면 氣象展望에 따라 그해 그해의 農事基本 指針을 定하여 거기에 맞는 登熟溫도와 頻度를 定할 수 있으나, 氣象을 正確히 展望한다는 것은 대단히 어려운 일이므로 頻도와 確率에 依存할 수 밖에 없다.

品種 類型別 安全 出穂限界期를 登熟氣溫 840°C (多收型), 760°C (日本型)로서 80% 밭을 수 있는 날짜는 多收型 品種은 8월 20日 以前이 되며, 日本型 品種은 8월 30日 以前이 되어야 하는 것으로 나타났다.

한편 氣候 登熟量에 의한 安全 出穂限界期는 그림 3과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 氣象條件으로 보면 多收型 品種은 8월 13日에 出穂하는 것이, 日本型 品種은 8월 24日에 出穂하는 것이 가장 좋은 登熟條件이 된다. 그리고 登熟條件으로 본 10a當 1000 kg 生産 可能期間을 安全 出穂限界期로 보면 多收型 品種은 8월 5日~8월 22日, 日本型 品種은 8월 16日~9월 2日에 該當된다. 이렇게 본다면 앞에서 登熟氣溫에 의한 分析 結果와는 不過 1~2日 差異로

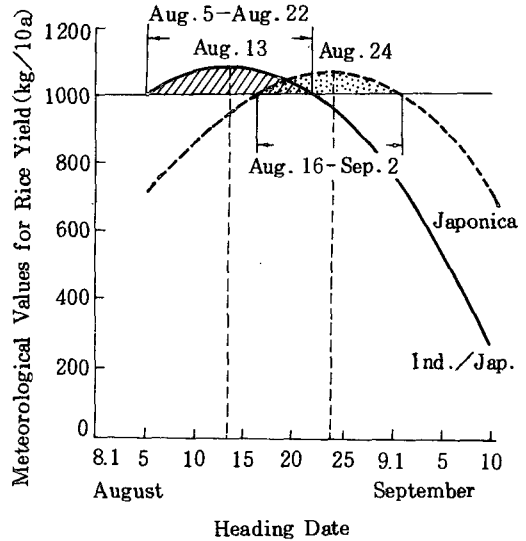


Fig. 3. Meteorological values for rice yield during ripening stage of normal year (1973-'84) in Milyang.

一致됨을 보여준다. 그리고 氣象條件으로 본 最高, 收量을 올리기 위한 最適 移秧期를 最適 出穂期로부터 逆算 分析하여 보면 多收型 品種에서 三剛벼를 例로 들면 8월 13日에 出穂하기 위해서는 5월 28日 (本畚 積算溫度 1700°C)에 移秧이 되어야 하고, 日本型 品種에서 洛東벼를 例로 들면 8월 24日에 出穂하기 위해서는 6월 9日 (本畚 積算溫度 1850°C)에 移秧되어야 하는 것으로 나타났다.

다음으로 過去 1965年 以後 嶺南作物試驗場과 慶尙南, 北道 振興院에서 實施한 栽培時期 試驗을 綜合하여 品種別 移秧期와 쌀 收量과의 關係를 分析한 結果 그림 4와 같은 結果를 얻었다. 그림에서 보는 바와 같이 日本型 品種은 크게는 八紘, 사도미노리, 레이메이, 農白 등과 같은 Virus病에 대한 罹病性 品種群과 洛東벼, 眞珠벼, 中國 41號 등과 같은 Virus病 抵抗性 品種群으로 나눌 수 있고, Virus病 罹病性 品種을 다시 早生 品種群과 中晚生 品種群으로 區分할 수 있다. 이와 같이 3類型的 日本型 品種들의 移秧期에 대한 쌀 收量 反應은 Virus病 抵抗性 品種群은 6월 2日을 前後하여 移秧하는 것이 가장 높은 收量을 보인 反面 Virus病 罹病性 品種群은 熟期에 關係없이 6월 18~19日을 前後하여 移秧하는 것이 가장 많은 收量을 얻을 수 있었다. 그리고 한가지 特記할 事實은 過去 中晚生 品種에 비해 最近에 育成 普及된 中晚種 品種의 收量성이 10a當 100kg 以上이나 높아졌다는 點인데 이것은 多收性 品種 育成

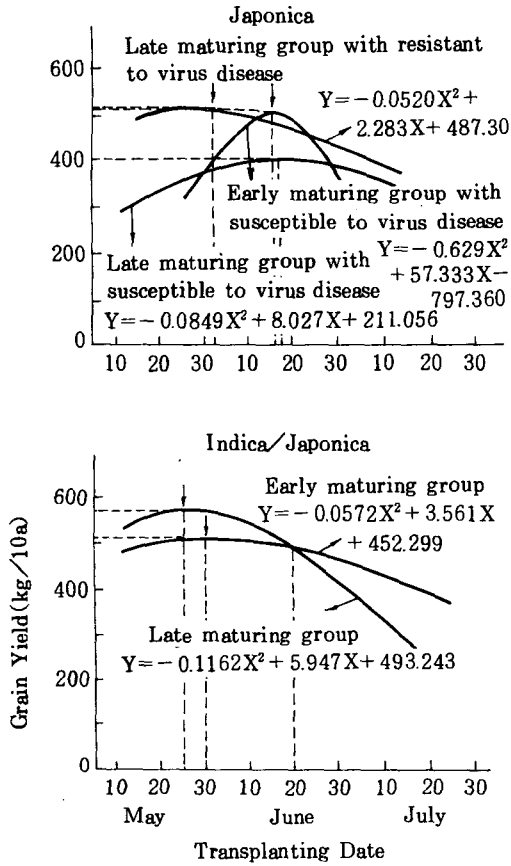


Fig. 4. Relationship between rice yield and transplanting date in two cultivar types in Yeongnam region(1965-1983).

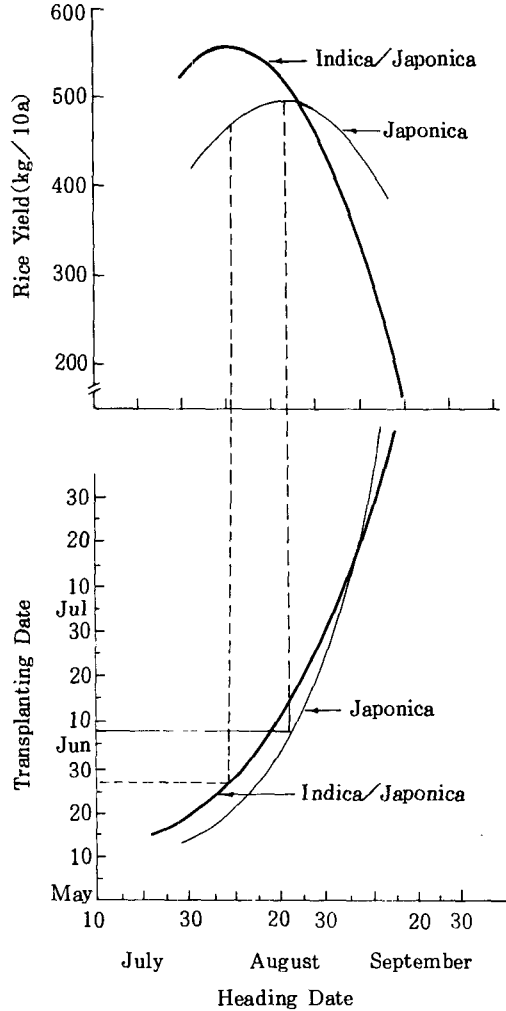


Fig. 5. Relationship between heading date and yield or transplanting date for two cultivar groups in Yeongnam region.

의 효과로 볼 수 있겠다. 이와 같은 日本型 品種들의 移秧期 反應에 대해 太白벼, 密陽 21 號, 密陽 23 號, 曙光벼 等과 같은 多收型 品種들의 移秧期 反應은 早生 品種, 中晚生 品種 다같이 5 月 25~30 日 사이에 移秧하는 것이 가장 높은 收量性을 보여 주어 日本型 品種群보다는 早期移秧 效果가 뚜렷한 것으로 나타났다. 위의 結果를 다시 品種 類型別로 移秧期와 出穗期와의 關係에서 다시 出穗期와 쌀 收量과의 關係를 그림 5와 같이 同時에 考慮하여 最高收量을 올리기 위한 最適 移秧期를 算出하여 보았는데, 그 結果 多收型 中晚生 品種群은 5 月 26 日 前後, 日本型 中晚生 品種群은 6 月 8 日 前後가 된다. 以上の 結果를 앞에서 言及한 氣候 登熟量 分析 方法에 依해 算出한 三剛벼와 洛東벼의 最適 移秧期와 아주 잘 一致하는 것으로 미루어, 이들 移秧期를 各各 多收型 品種 및 日本型 品種의 移秧適期로 看做하여도 큰 無理

가 없을 것으로 보여 진다.

3. 收量限界 生産力 分析

密陽地方에서의 水稻 限界 生産力을 分析하기 위해 嶺南作物試驗場에서 遂行한 水稻 作況 試驗成績을 利用하였는데, 收量 및 出穗期, 乾物重, 收穫指數는 表 3과 같다. 1984年度 氣象條件에서 5 月 25 日 移秧의 경우 三剛벼는 8 月 3 日에 出穗하였고, 總 乾物重은 約 1500g/m², 收穫指數 0.47로 精粗收量은 809kg/10a였고, 洛東벼는 8 月 11 日 出穗로 約 1200g乾物重을 보였고 0.47의 收穫指數로 669kg/10a의 精粗收量을 얻었다. 그러나 6 月 20 日 晚植區

Table 3. Heading date, total dry weight, harvest index and grain yield of two leading cultivars in different transplanting date in Milyang.

Trans-planting	Cultivar	Heading date	Dry weight (g/m ²)	Harvest index	Grain yield (kg/10a)	Sowing date	Plant spacing (cm)
May 25	Samgangbyeo	Aug. 3	1470	0.47	809	Apr. 15	30 × 15
	Nakdongbyeo	Aug. 11	1216	0.47	669	Apr. 15	30 × 15
June 20	Samgangbyeo	Aug. 13	1216	0.52	741	May 5	30 × 12
	Nakdongbyeo	Aug. 22	1279	0.47	696	May 5	30 × 12

Table 4. Crop Growth Rate and Photosynthetic Efficiency in various rice growth stages in Milyang.

Growth Stage	Item	May 25 Transplanting		June 20 Transplanting	
		Samga-nbyeo	Nakdon-gbyeo	Samgan-gbyeo	Nakdon-gbyeo
Nursery					
0-25DAS	CGR	7.7	7.4	4.3	6.5
	E μ	0.8%	0.8%	0.5%	0.7%
26-45DAS	CGR	3.6	4.4	16.6	10.1
	E μ	0.4%	0.5%	1.8	1.1%
Transplanted					
0-30DAT	CGR	4.5	4.9	-	-
	E μ	0.5%	0.5%	-	-
31-heading	CGR	23.2	16.9	-	-
	E μ	2.5%	1.8	-	-
Whole season	CGR	15.0	12.1	18.9	16.2
	E μ	1.6%	1.3%	2.0%	1.7%

* CGR=Crop growth rate(g/m²/day),
E μ =Photosynthetic efficiency(%)

에서는 5월 25일 移秧區에 비해 出穗期가 約 10日 늦어졌고, 收量은 三剛벼에서는 60kg程度 적어졌으나, 洛東벼는 오히려 約 30kg 增加되었다. 洛東벼 晚植區의 主要增收 要因은 登熟後期の 好氣象과 密植의 効果에 의한 것이었으며, 못자리 期間과 本畝期間 中の 主要 時期別 光合成 効率(E μ) 및 乾物重 增加率(CGR)은 表 4와 같다. 表에서 보는 바와 같이 光合成 効率が 높다는 것은 乾物重 增加率도 높다는 뜻이 되는데 光合成 効率は 못자리 期間보다 本畝에서 높고, 本畝에서도 乾物 生産能力이 가장 旺盛한 出穗前 30日間이 가장 높고, 5월 25일 移秧區보다 6월 20日 移秧區에서 높았는데 이것은 주로 氣溫上昇 要因에 의한 것이며, 品種別로는 洛東벼 보다 三剛벼에서 높았다. 그러나 5월 25일 移秧區의 못자리 期間中에서는 洛東벼가 오히려 三剛벼보다 약간 높게 나타났는데, 이것은 못자리 期間이 아직 低溫期에 該當되어 低溫抵抗性이 相對的으로 낮은 三剛벼가 初期 生育에 影響을 받기 때문으로 보인다. 表 4에서 보는 바와 같이 光合成 効률과 乾物重 增加率의

Table 5. Required CGR(g/m²/day) in association with grain yield and rice growth stage in case of Samgangbyeo.

Trans-planting	Target Yield (kg/10a)	May. 28- Jun. 10	Jun. 11- Jun. 20	Jun. 21- Jun. 30	Jul. 1- Jul. 10	Jul. 11- Jul. 20	Jul. 21- Jul. 31	Aug. 1- Aug. 10	Aug. 11- Aug. 20	Required Dry Matter (kg/10a)
May 25 (HI. 0.50)	1000	13	19	24	26	31	34	(HD Aug 3)	-	1720
	900	11	18	21	23	28	31	-	-	1550
	800	9	15	18	21	26	28	-	-	1380
	700	7	13	17	19	23	25	-	-	1200
	600	6	11	13	16	20	22	-	-	1030
June 20 (HI. 0.40)	800	-	-	17	22	30	38	44	(HD Aug 13)	1720
	700	-	-	15	19	26	33	38	-	1500
	600	-	-	13	16	22	29	32	-	1290
	500	-	-	11	13	19	24	26	-	1080

* HI=Harvest index

* HD=Heading date

* Grain moisture content = 14%

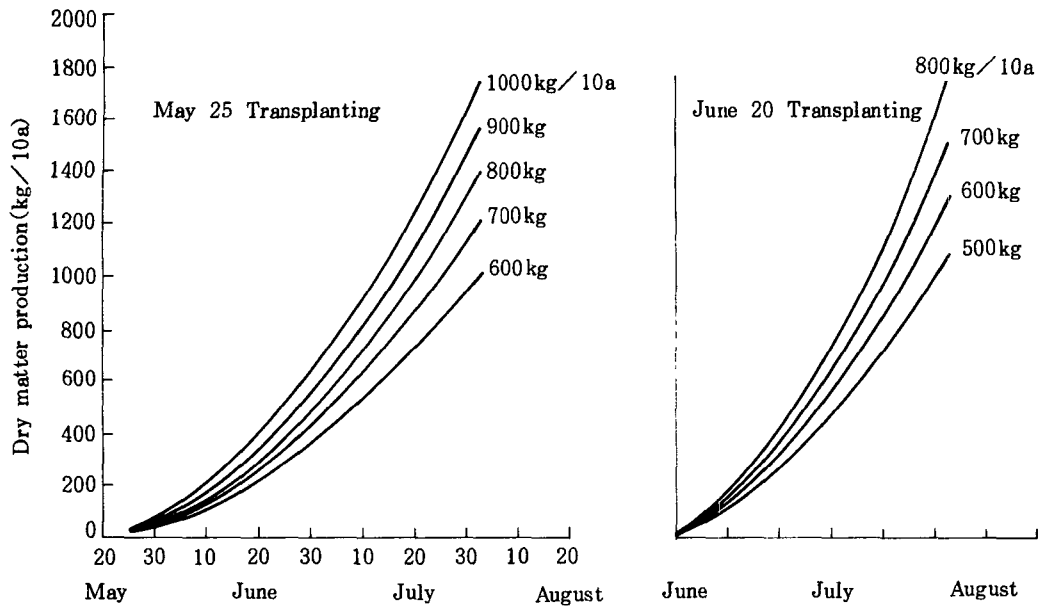


Fig. 6. Crop growth rate during rice growing season in association with target yield and transplanting date in Sanggangbyeo.

Table 6. Required CGR($g/m^2/day$) in association with grain yield and rice growth stage in case of Nakdongbyeo.

Trans-planting	Target Yield (kg/10a)	May. 28- Jun. 10	Jun. 11- Jun. 20	Jun. 21- Jun. 30	Jul. 1- Jul. 10	Jul. 11- Jul. 20	Jul. 21- Jul. 31	Aug. 1- Aug. 10	Aug. 11- Aug. 20	Required Dry Matter (kg/10a)
May 25 (HI.0.50)	800	9	14	17	20	24	27	28	—	1530
	700	8	11	16	18	22	24	25	—	1340
	600	6	9	13	15	19	21	22	—	1150
	500	4	8	11	12	16	18	19	—	960
June 20 (HI.0.40)	700	—	—	13	15	22	26	28	33	1505
	600	—	—	11	13	18	22	25	30	1290
	500	—	—	8	10	14	18	21	27	1080
	400	—	—	5	8	12	14	17	22	860

*HI=Harvest index *HD=Heading date *Grain moisture content=14%

最高値는 各各 2.5%(E μ)와 約 23g(CGR)인 것을 알 수 있다. 以上の結果를 土糶로 三剛벼와 洛東벼를 使用하였을 경우 目標收量에 必要한 生育 時期別 乾物重 增加 曲線을 만들 수 있는데 그 結果는 그림 6(三剛벼) 및 그림 7(洛東벼)과 같다. 이 그림에서 適用한 收量指數는 過去 成績을 綜合 分析한 結果에 의해 5月 25日 移秧區의 三剛벼는 0.50, 洛東벼는 0.45, 그리고 6月 20日 移秧區는 두 品種 다같이 0.40을 適用하였고 精收收量은 水分含量 14%로 補正하였다. 위의 두 그림을 利用하여 目標收量에 必

要한 品種別 各 生育時期에 따른 乾物重 增加率을 表 5(三剛벼)와 表 6(洛東벼)과 같이 算出할 수 있다.

表 5에서 보는 바와 같이 三剛벼를 5月 25日에 移秧하여 目標收量 1,000kg/10a을 올리기 위해서는 7月 11日~7月 20日 사이의 乾物重 增加率(CGR)은 30g/m²/day이 넘어야 하고, 마찬가지로 洛東벼를 6月 20日에 移秧하여 600kg/10a 以上을 올리기 위해서는 8月 11日~8月 20日 사이의 乾物重 增加率이 역시 30g이 넘어야 된다는 뜻이 된다(表 6). 그러면 다음으로 擧頭되는 問題點으로는 과연

Table 7. Maximum CGR in association with solar radiation(\bar{S}) and photosynthetic efficiency($E\mu$).

\bar{S} (cal/cm ² /day) \ $E\mu$ (%)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
100	1.33	2.67	4.00	5.33	6.67	8.00
150	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00
200	2.66	5.34	8.00	10.66	13.34	16.00
250	3.33	6.67	10.00	13.33	16.67	20.00
300	4.00	8.00	12.00	16.00	20.00	24.00
350	4.67	9.33	14.00	18.67	23.33	28.00
400	5.33	10.67	16.00	21.33	26.67	32.00
450	6.00	12.00	18.00	24.00	30.00	36.00
500	6.67	13.33	20.00	26.67	33.33	40.00
550	7.33	14.67	22.00	29.33	36.67	44.00
600	8.00	16.00	24.00	32.00	40.00	48.00
650	8.67	17.33	26.00	34.67	43.33	52.00
700	9.33	18.67	28.00	37.33	46.67	56.00

$$* \text{CGR}(\text{g/m}^2/\text{day}) = \frac{E\mu \times \bar{S}}{K(3750\text{cal})} \times 10^4$$

Table 8. Expected grain yield(kg/10a) of rice in association with solar radiation(\bar{S}) and photosynthetic efficiency($E\mu$).

Solar rad'n (cal/cm ² /day)	$E\mu$ 1.5 %	$E\mu$ 2.0 %	$E\mu$ 2.5 %	$E\mu$ 3.0 %	$E\mu$ 3.5 %
200	(349)* 436**	(465) 581	(582) 727	(698) 872	(814) 1,017
250	(436) 545	(581) 727	(727) 908	(872) 1,090	(1,017) 1,272
300	(523) 654	(698) 872	(872) 1,090	(1,047) 1,308	(1,221) 1,526
350	(610) 763	(814) 1,017	(1,017) 1,272	(1,221) 1,526	(1,424) 1,781
400	(698) 872	(930) 1,163	(1,162) 1,453	(1,395) 1,744	(1,628) 2,035
450	(785) 981	(1,047) 1,308	(1,308) 1,635	(1,570) 1,962	(1,831) 2,289
500	(872) 1,090	(1,163) 1,453	(1,454) 1,817	(1,744) 2,180	(2,035) 2,544
550	(959) 1,199	(1,279) 1,599	(1,599) 1,999	(1,919) 2,398	(2,238) 2,798
600	(1,046) 1,308	(1,395) 1,744	(1,744) 2,180	(2,093) 2,616	(2,442) 3,052
650	(1,134) 1,417	(1,512) 1,890	(1,890) 2,362	(2,267) 2,834	(2,645) 3,307
700	(1,221) 1,526	(1,628) 2,035	(2,035) 2,544	(2,442) 3,052	(2,849) 3,561

* Brown rice ** Rough rice

Table 9. Expected grain yield(kg/10a) in association with dry matter production and harvest index.

Harvest Index	Dry Matter (kg/10a)												
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
0.35	203	244	285	326	366	407	448	488	529	570	610	651	692
0.40	233	279	326	372	419	465	512	558	605	651	698	742	791
0.45	262	314	366	419	471	523	576	628	680	733	785	837	890
0.50	291	349	407	465	523	581	640	698	756	814	872	930	988
0.55	320	384	448	512	576	640	703	767	831	895	959	1023	1087
0.60	349	419	488	558	628	698	767	837	907	977	1047	1116	1186
0.65	378	453	529	605	680	756	831	907	983	1058	1134	1209	1285
0.70	407	488	570	651	733	814	895	977	1058	1140	1221	1302	1384

* Grain yield based on 14% moisture.

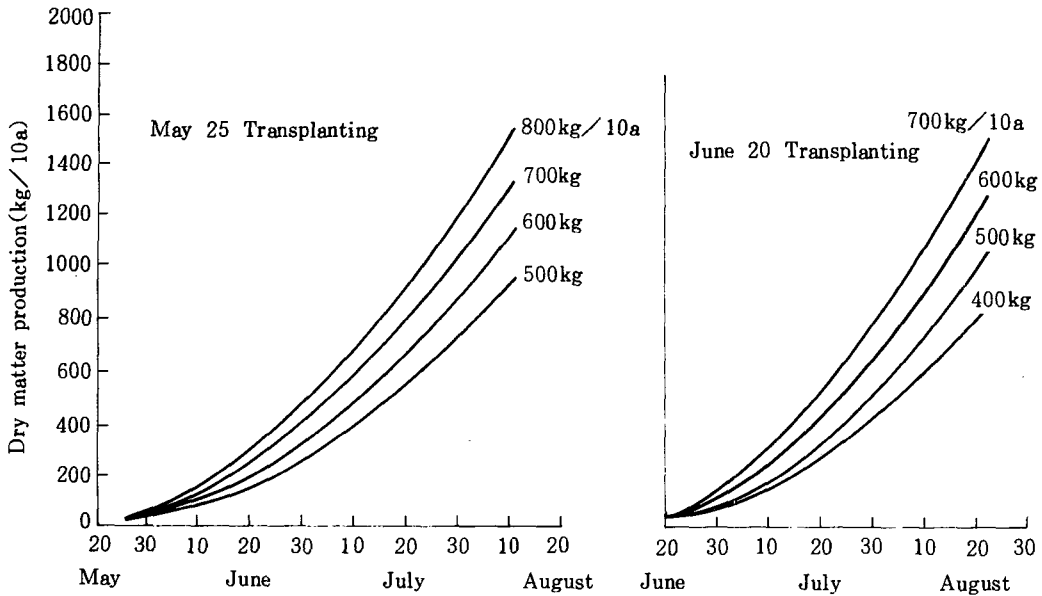


Fig. 7. Crop growth rate during rice growing season in association with target yield and transplanting date in Nakdongbyeo.

密陽地方의 氣象條件으로 現在의 光合成 效率로 乾物重 增加率이 30g을 넘을 수 있을 것인가에 있다. 이와 같은 疑問點을 解決하기 위해 光合成 效率과 日射量에 의한 乾物重 生産可能量을 算出하였는데 그 結果는 表 7과 같다. 最近 벼 生育 期間中의 日射量을 Gunn-Bellani(IRRI)方法에 의해 調査한 結果 平均의으로 450cal/cm²/day前後였다. 그러면 表 7에서 보는 바와 같이 日射量이 450cal로서 光合成 效率이 2.5% 以上이 되어야만 乾物重 增加率이 30g이 可能해지는 것을 알 수 있다. 다시 말하면 現在 栽培되고 있는 品種으로 現在의 栽培方法으로는 密陽

地方에서 乾物重 增加率이 30g이 넘기란 대단히 어려운 問題라는 것을 말해주고 있다. 이와 같은 原理를 다시 벼 登熟期에 局限하여 보면 登熟期間中의 光合成 效率(E_μ)이 2%만 되면 日射量 450cal에서 精粗重으로는 約 1300kg/10a, 玄米重으로는 約 1000kg/10a의 收量을 얻을 수 있음을 表 8에서 볼 수 있다. 이와 같은 結果를 앞의 說明과 다시 綜合하면 出穗期까지만 目標 乾物重을 確保하면 登熟期間中에는 氣象的으로는 別問題가 없다는 것을 意味한다.

다음으로는 總乾物重과 收穫指數와의 關係에 의해 豫算收量을 算出하여 보았는데 그 結果는 表 9와 같

Table 10. Required spikelet number(per m²) in association with target yield(brown rice) for several leading cultivars.

Cultivar	600kg/10a (Brown rice)		700kg/10a		800kg/10a		900kg/10a		1000kg/10a	
	Panicle no./m ²	Spikelet no./m ²	Panicle no./m ²	Spikelet no./m ²	Panicle no./m ²	Spikelet no./m ²	Panicle no./m ²	Spikelet no./m ²	Panicle no./m ²	Spikelet no./m ²
Milyang 23 (24.3g) {123}	251	30,864	293	36,008	335	41,152	376	46,296	418	51,440
	11.4a		13.3		15.2		17.1		19.0	
	9.0b		10.6		12.1		13.5		15.1	
	7.5c		8.8		10.1		11.3		12.5	
Gayabyeo (20.4g) {125}	294	36,765	343	42,892	392	49,020	441	55,147	490	61,275
	13.2		15.4		17.6		19.8		22.1	
	10.6		12.4		14.1		15.9		17.6	
	8.8		10.3		11.8		13.2		14.7	
Samgangbyeok (19.4g) {117}	330	38,660	385	45,103	441	51,546	496	57,990	551	64,433
	14.9		17.3		19.8		22.3		24.8	
	11.9		13.9		15.9		17.9		19.8	
	9.9		11.6		13.2		14.9		16.5	
Nakdongbyeok (22.1g) {83}	409	33,937	477	39,593	545	45,249	613	50,905	681	56,561
	18.4		21.5		24.5		27.6		30.6	
	14.7		17.2		19.6		22.1		24.5	
	12.3		14.3		16.4		18.4		20.4	
Dongjinbyeok (22.4g) {91}	368	33,482	429	39,063	491	44,643	552	50,223	613	55,804
	16.6		19.3		22.1		24.8		27.6	
	13.3		15.4		17.7		19.9		22.1	
	11.0		12.9		14.7		16.6		18.4	

(): 1000 brown rice weight { }: spikelet number per panicle
 spikelet number/m² included 20% more number than actual requirement
 abc : Number of panicle per hill at plant spacing in 30 × 15 cm (22.2hill/m²), 30 × 12 cm (27.8),
 and 25 × 12 cm (33.3), respectively.

다. 表에서 보는 바와 같이 收穫指數는 그대로 두고 總乾物重을 增加시키던가, 總乾物重을 그대로 두고 收穫指數를 높이던가, 아니면 두 要因을 다같이, 增加시키면 벼 收量은 그에 따라 增加하게 되는데, 一般의으로 總乾物重을 增加시키면 收穫指數는 相對的으로 떨어지는 傾向이 있는데^{2,6)} 그 程度는 品種 및 栽培環境에 依한 差異가 큰 것으로 알려져 있다.^{3,4,6)} 現實的으로 三剛벼나 洛東벼를 利用하여 얻을 수 있는 限界收量 生産力은 表 9에서 보는 바와 같이 總乾物重이 1500~1600g/m²範圍에서 收穫指數가 0.50~0.55程度로 보면 精粗收量으로 約 900~1,000kg/水準으로 볼 수 있다. 따라서 앞으로 이 收量水準을 超越하기 위해서는 光合成 效率을 增進시켜 乾物重 生産能力을 높이던가, 乾物重 生産能力을 減退시키지 않으면서 收穫指數를 높이던가 아니면 이들 두 가지

要因을 다같이 發展시켜 나가야 할 것으로 본다. 끝으로 最近 多收穫 品種으로 많이 栽培되는 主要 品種들 중에서 密陽 23號, 伽倻벼, 三剛벼, 洛東벼, 東津벼를 使用하여 目標收量別, 그리고 栽植距離別로 m²當 必要한 總穎花數를 算出하였다(表 10). 算出指標에 使用된 玄米 1,000粒重과 穗當粒數는 1983~'84年度 嶺南作物試驗場 水稻 展示栽培 試驗成績을 利用하였고, 登熟比率는 一律的으로 80%를 適用하였다.

摘 要

嶺南地域 南部 2毛作 平野地를 代表할 수 있는 密陽地方의 年度別 水稻作 氣象條件을 比較하고 水稻作 移秧適期 및 限界期를 氣象條件에 의한 分析方法과

水稻栽培 時期試驗 成績結果에 依한 方法으로 推定하였고 氣象要因에 의한 收量限界 生産力을 分析하였다.

1. 水稻作 氣象은 年次間에 뚜렷한 差異를 보였는데 못자리 期間中의 氣象이 問題되었던 해는 1980年과 1976年度이었고 生殖生長期의 冷害가 問題된 해는 1983, '81, '80, '74年度이었다. 한편 벼 登熟期 氣象은 多收型 品種에 가장 不利하였던 해는 1980年度가 平年度の 66%의 氣候登熟量으로 1973年以後가 가장 좋지 못한 해이었고, 反對로 多收型 品種 登熟에 가장 좋았던 해는 平年 氣象의 128%를 보인 1975年과 121%인 1977年이었다.

2. 벼 登熟期 登熟 積算溫度(出穗後 40日)로 본 安全出穗限界期는 年次間에 뚜렷한 差異를 보였는데 多收型 品種의 登熟 積算溫度를 880°C로 볼 경우 1975年度에는 8月 31日에 出穗하여도 되었던 것이 1980年度에는 8月 2日이었다. 한편 出穗限界期를 多收型 品種 840°C, 日本型 品種 760°C로 보고 80% 信憑性을 지니는 日字는 各各 8月 20日 以前(多收型)과 8月 30日 以前(日本型)이었다. 이는 氣候登熟量 分析方法에서 收量 1000kg/10a을 生産할 수 있는 氣候限界期와 거의 一致하였다.

3. 密陽地方에서 最高 收量生産을 올리기 위한 最適 移秧期와 最適 出穗期 設定은 氣候登熟量 方法과 實際 移秧期와 쌀 收量과의 關係에 의한 方法과는 서로 잘 一致하였는데 多收型 品種은 5月 26日 前後 移秧에서 8月 10日 前後의 出穗가, 日本型 品種은 6月 8日 前後의 移秧으로 8月 23日 頃의 出穗가 가장 높은 收量을 올릴 수 있었다.

4. 光合成效率($E\mu$)과 乾物重 增加率(CGR)은 5月 25日 移秧區보다 6月 20日 移秧區에서 높았고 品種別로는 三剛벼가 洛東벼보다 높았는데 出穗前 30日 間이 가장 높은 수치인 光合成 效率 2.5%와 乾物生産 增加率은 約 23g/m²/day였다.

5. 密陽地方에서 日射量과 光合成 效率面에서 本 最大 乾物重 生産可能量은 30g/m²/day 未滿이며, 目標收量 1,000kg/10a生産을 위한 制限要因은 出穗期까지의 乾物生産이었으며 登熟期 氣象條件은 制限要因이 아니었다.

6. 密陽地方에서 三剛벼를 標準 栽培法으로 栽培할 경우 乾物重 生産能力面과 收穫指數面으로 볼 때 收量限界 生産力은 精租收量으로 900~1,000kg/10a 水準으로 分析되었다.

引用 文 獻

1. DeDatta, S. K. 1981. Principles and practices of rice Production. John Wiley & Sons. New York. 618P.
2. Donald, C. M. and J. Hamblin. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. In P.361-405. Advances in Agronomy Vol. 28, 411P.
3. Gomez, K. A. 1972. Techniques for field experiments with rice. IRRI, Philippines. 46P.
4. Kawano, K. and P. R. Jennings. 1983. Tropical crop breeding-achievements and challenges. In P81-99 Potential Productivity of field crops under different environments. IRRI. Philippines. 526P.
5. Nishiyama, I. 1976. Effects of temperature on the vegetative growth of rice plants. In P. 159-185 Climate and rice. IRRI. Philippines. 565P.
6. Stoskopf, N. C. 1981. Economic yield, biological yield, and harvest index. In P. 129-156. Reston Publishing company, Inc., Reston, Virginia. A prentice-Hall company.
7. Tsuboy, S. 1977. Handbook of agroclimate. Yanghyendang press Inc., Japan. 854P.
8. Uchizima, T. 1976. Some aspects of the relation between low air temperature and sterile spikelet numbers in rice plants. J. Agric. Meteorol. 31: 199-202.
9. Yoshida, S. 1977. Rice. In P. 57-87. Paulo de To. Alvim and T. T. Kozlowski, eds. Ecophysiology of tropical crops. Academic press, Inc. New York. 502P.
10. _____ 1981. Fundamentals of rice crop science. The International Rice Research Institute(IRRI). Philippines. 269P.
11. _____ 1983. Rice. In P103-124. Potential Productivity of field crops under different environments. IRRI. Philippines. 526P.