

## 水稻의 登熟期間 및 登熟速度 研究

### II. 이삭의 部位別 差異

趙東三\* · 鄭丞根\* · 孫錫龍\* · 朴然圭\*

## Studies on the Duration and Rate of Grain Filling in Rice (*Oryza sativa* L.)

### II. Difference between the Parts of a Panicle

Dong Sam Cho\*, Seung Keun Jong\*,  
Suk Yeong Son\* and Yeon Kyu Park\*

#### ABSTRACT

Varietal differences of grain filling duration and rate are generally recognized in rice (*Oryza sativa* L.). But the differences of grain filling characteristics between the parts within a panicle might be present since it takes 6-8 days to finish anthesis in a panicle. To elucidate this, 6 Japonica and 6 Japonica/Indica varieties were grown under three nitrogen levels at the Experimental Farm of Chungbuk National University in 1986, and grain filling characteristics of top, middle and bottom parts of a panicle were analyzed. Rice grain filling duration could be divided into 3 phases, i. e., Lag phase(LP) of 5 days after heading, Linear increasing period (LIP) of 5-20 days after heading and Late filling period (LFP) thereafter. Grain weight difference between the panicle parts was greater during LIP in all the varieties and was decreased during LFP. The difference was greater in Japonica/Indica varieties.

Samgangbyeo and Seomjinbyeo had the shortest and the longest grain filling durations with 22.6 and 37.1 days, respectively. In average, grain filling duration of the bottom part of a panicle was 1-2 days shorter than that of top or middle part. The differences were negligible in Daechongbyeo, Taebaegbyeo and Milyang 23, while it was greater in Tongil with 4.9 days. Grain filling rates were ranged from 0.612 to 1.097 mg · grain<sup>-1</sup> · day<sup>-1</sup>. Milyang 23 showed the lowest rate with 0.612-0.682 mg · grain<sup>-1</sup> · day<sup>-1</sup>, while the rates of Baegyongbyeo, Yongmoonbyeo, Samgangbyeo, Nongbaeg and Daeseongbyeo were about 1 mg · grain<sup>-1</sup> · day<sup>-1</sup>. Grain filling rate of bottom part of a panicle was lower than that of top or middle part. The difference was small in Nongbaeg and Daeseongbyeo, while it was the greatest in Tongil with 0.222 mg · grain<sup>-1</sup> · day<sup>-1</sup>. Grain filling duration and rate were not affected by nitrogen level, but varietal and spatial differences of grain filling characteristics were highly significant. However, the spatial difference of grain filling rates within a variety was not significant. Grain filling characteristics of each part of a panicle were significantly correlated ( $r=0.7207-0.9879$ ) with those of a whole panicle.

\*忠北大學校(College of Agriculture, Chungbuk Nat'l. Univ., Cheongju 360-763, KOREA) <88, 1. 21 接受>

## 緒 言

水稻의 登熟特性을 登熟期間과 登熟速度로 나누어 分析하므로써 登熟段階에서의 收量成立過程을 理解 하고자하는 試圖은 他 穀類에 比하여 比較的 적은 便이다. 水稻의 登熟期間은 品種에 따라서 큰 差異 가 있어 趙 등<sup>2)</sup>, 安<sup>3)</sup>, 金 등<sup>6)</sup>, Sasahara 등<sup>8)</sup> 의 報告에서는 15~51 日의 範圍였는데 一般의 으로 Japonica 品種들이 Indica 品種들에 比하여 登熟 期間이 길다. 登熟速度에 대하여 趙 등<sup>2)</sup>은 品種에 따라서 53.8~136.6 mg·panicle<sup>-1</sup>·day<sup>-1</sup>으로 報告 하고 있으며, Sasahara 등<sup>6)</sup>은 登熟盛期の 登熟 速度가 173~610 mg·panicle<sup>-1</sup>·day<sup>-1</sup>라고 하여 品 種이나 調查方法에 따라서 큰 差異가 있다. 大體로 Indica 品種들이 Japonica 品種들 보다, 그리고 大粒 種이 小粒種보다 登熟速度가 빠른 것으로 報告되고 있다.<sup>2,8)</sup>

한편 籾 이삭에 대한 穎花의 開花 및 登熟順序는 穎花의 着生位置에 따라서 定해지는데, 上位의 穎花 부터 進行되며 同一枝梗內에서는 先端의 穎花가 먼저 피기 始作하여 아래로부터 위로 開花된다.<sup>7, 10)</sup> 이삭에는 보통 8~10 個의 1次枝梗이 着生하므로 한 이삭의 穎花가 모두 開花하는데는 6~8 日程度 걸리게 된다. 따라서 同一한 이삭에서도 登熟期間中의 環境이 相異한 것으로 생각된다. 또한 登熟은 穎花의 強弱에 의하여서도 影響을 받아 強勢穎花는 弱勢穎花에 比하여 生理的 成熟日數가 3 日程度 빠르며 品種間의 差異가 있는 것으로 報告되고 있다.<sup>3)</sup>

本 研究에서는 水稻의 Japonica 및 統一型 品種 들에 대하여 이삭部位別 登熟期間과 登熟速度를 比較 分析하므로써 水稻의 登熟에 대한 理解를 넓히고 品種育成의 基礎資料로 提供하고자 하였다.

## 材料 및 方法

熟期가 다른 12 個 品種, Japonica 의 農白, 大成 벼, 常豐벼, 大青벼, 秋晴벼, 蟾津벼와 統一系의 太白벼, 白羊벼, 龍門벼, 三剛벼, 密陽 23 號, 統一을 供試하여 1986 年 5 月 28 日 忠北大學校 農科大學 實驗園場에, 40 日 苗를 30×15cm (3.3 m<sup>2</sup> 當 72 株) 의 距離로 3 本씩 移秧하였다. 施肥는 前報<sup>2)</sup>에 詳 述한 바와 같이 標準肥 및 窒素를 50% 減肥 또는

增施 處理한 3 水準으로 하였다. 試驗區配置는 品種 群別로 窒素施肥量을 主區, 品種을 細區로 한 分割 區配置 2 反復으로 하였다. 其他 管理는 前報에 記 述한 것과 같다.

登熟特性을 調查하기 위하여 品種別로 동일한 時 期에 出穗한 이삭을 標識한 후 5 日間隔으로 採取하 였다. 이삭의 아래로부터 3 枝梗씩 分離하여 3 等分 한 後에 70 °C의 乾燥器에서 乾燥하고 各 部位別로 乾物重을 秤量하였다. 登熟特性의 分析은 部位別로 着生粒의 數가 一定하지 않았으므로 1 粒當 乾物重 의 變化를 計算하여 實施하였다. 統計分析은 前報와 같은 方法으로 하였다.

## 結果 및 考察

供試된 12 個 品種들의 出穗後 各 部位別(上, 中, 下) 粒重의 變化는 그림 1 과 같다. Sasahara 등<sup>8)</sup> 의 登熟期間 區分方法에 따르면 전반적으로 出穗後 5~20 日 사이는 粒重이 直線的으로 增加하는 LIP (Linear increasing period, 登熟盛期)임을 알 수 있으며, 出穗後 5 日까지는 粒重의 增加가 적은 LP

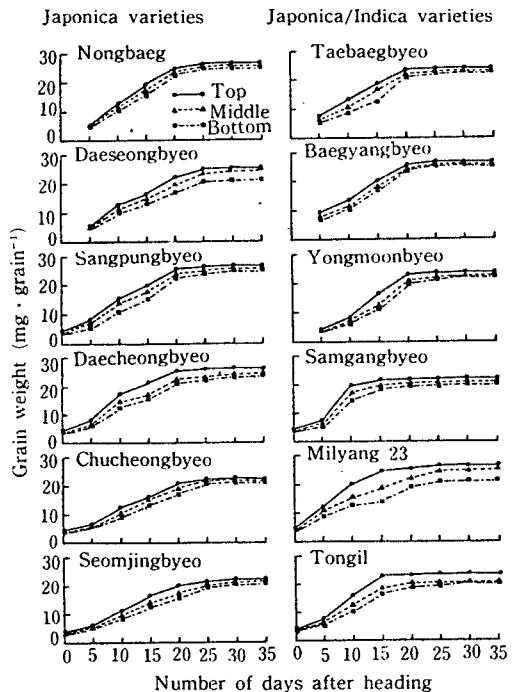


Fig. 1. Grain weight increase after heading for top, middle and bottom parts of a panicle in 6 Japonica and 6 Japonica/Indica varieties.

(Lag phase, 登熟初期)로 認定되었다. 金 등<sup>6)</sup>도 LP 期間을 5~10 日로 報告한 바 있는데 이것은 옥수수의 15~18 日<sup>4)</sup>에 비하면 매우 짧은 것이었다. 한편 直線的인 粒重增加 이후의 LFP(Late filling period, 登熟終期)는 品種에 따라서 상당한 差異를 보여 早生種인 農白, 大成벼(Japonica), 太白벼, 白羊벼(Japonica/Indica) 및 中晩生種인 三剛벼와 統一은 그 期間이 짧았으며 中·晩生種인 大清벼, 秋晴벼, 嫩津벼 및 密陽 23 號 등은 30 日以後까지도 繼續하여 粒重이 增加되었다. 그러나 30 日以後의 粒重 增加는 주로 이삭의 中部 및 下部에서 이루어지는 것으로 나타났다. 대체로 前報<sup>2)</sup>에서 밝힌 바와 같이 登熟期間이 긴 品種들이 登熟終기도 긴 편이었다. 이와같은 結果는 金 등<sup>6)</sup> 및 Sasahara 등<sup>8)</sup>도 指摘한 바 있다.

出穗直後の 粒重은 이삭 部位間的 차이가 거의 없었으나 登熟이 進行되면서 品種間的 차이 없이 上部

의 粒重이 下位の 粒重에 비하여 더 무거웠다. 部位間 粒重의 差異는 LIP에서 가장 컸으며 LFP에서는 그 차이가 감소되는 경향이였다. 이와같은 結果는 같은 이삭에서도 下部枝梗의 穎花가 늦게 開花受精되어 登熟이 되므로 그 차이가 登熟過程을 통하여 나타난 것이며, 下部의 登熟이 늦게까지 이루어지므로 登熟後期에서는 그 차이가 적어지는 것으로 생각된다. 대체적으로 LIP에 있어서 部位別 粒重의 차이는 이삭이 큰 統一型 品種들이 Japonica 品種들보다 더 컸다.

LIP 期間中 粒重의 增加는 統一型 品種들이 Japonica 品種들보다, 그리고 早生種들이 中·晩生種들보다 더 빠른 것으로 나타났다.

前報<sup>2)</sup>에서와 같은 方法으로 구하여진 各 品種들의 部位別 登熟期間 및 登熟速度는 表 1과 같다. 登熟期間은 21.4~37.4 日의 範圍였는데 三剛벼가 가장 짧아서 平均 22.6 日이었으며 嫩津벼와 密陽

Table 1. Average duration and rate of grain filling at different parts of panicle over three nitrogen levels for two groups of rice varieties.

Varieties	Grain filling duration				Grain filling rate			
	Top	Middle	Bottom	Mean	Top	Middle	Bottom	Mean
	-days-				-mg · grain <sup>-1</sup> · day <sup>-1</sup> -			
Nongbaeg	25.4	26.6	26.4	26.2	1.046	0.967	0.987	0.997
Daeseongbyeo	25.2	25.2	26.6	25.7	0.991	1.005	0.997	0.998
Sangpungbyeo	27.7	27.7	29.4	28.3	0.954	0.950	0.877	0.927
Daechongbyeo	28.2	25.8	28.2	27.4	0.926	0.953	0.873	0.917
Chucheongbyeo	28.6	27.9	31.5	29.3	0.794	0.799	0.705	0.766
Seomjinbyeo	30.6	33.0	33.9	32.5	0.774	0.685	0.640	0.700
Average	27.6	27.7	29.3	28.2	0.914	0.893	0.845	0.884
LSD(0.05)								
Between varieties				1.72				0.0672
Between parts				1.02				0.0309
Between varieties at the same or different part				2.67				0.0913
Taebaegbyeo	26.1	26.5	26.0	26.2	0.874	0.912	0.937	0.908
Baegyangbyeo	27.4	24.2	25.1	25.5	0.947	1.020	1.045	1.004
Yongmoonbyeo	22.2	23.3	25.8	23.8	1.079	0.975	0.922	0.992
Samgangbyeo	21.4	23.7	22.8	22.6	1.054	1.003	1.048	1.035
Milyang 23	37.8	36.2	37.4	37.1	0.660	0.682	0.612	0.651
Tongil	24.6	27.4	29.5	27.2	1.006	0.827	0.784	0.872
Average	26.6	26.9	27.8	27.1	0.936	0.903	0.891	0.910
LSD(0.05)								
Between varieties				1.09				0.0472
Between parts				0.94				0.0265
Between varieties at the same or different part				2.17				0.0698

23號는 登熟期間이 길어서 各各 37.1日과 32.5日이었다. Japonica 品種들의 平均登熟期間은 28.2日로 統一型品種들의 27.1日에 비하여 1.1日이 길었다. 이와같은 結果는 前報<sup>2)</sup>에서와 같은 傾向이었다.

部位別로는 品種에 따라서 다소의 차이는, 있지만 Japonica 와 統一型品種들에서 다같이 下部枝梗에 있어서의 登熟期間이 긴 것으로 나타났는데 그 차이는 2日未滿이었다. 이 정도의 차이는 한 이삭내에서 穎花間의 開花日數 차이가 6~8日程度인것에 비하여 다소 짧은 것이지만, 이것은 登熟期間이 全登熟期間이라기 보다는 有效登熟期間(Effective Filling Period Duration)<sup>4)</sup>에 가까운 것이며, 또한 穎花別이 아닌 部位別 登熟期間으로 計算되었기 때문인 것으로 생각된다. 品種別로는 蟾津벼, 龍門벼 및 統一은 下位일수록 登熟期間이 길어지는 傾向이었으나, 大清벼, 太白벼, 密陽 23號는 部位間의 차이가 거의 없었다.

登熟速度는 0.612~1.079 mg · grain<sup>-1</sup> · day<sup>-1</sup>의 범위였는데 密陽 23號가 가장 낮아서 0.612~0.682 mg · grain<sup>-1</sup> · day<sup>-1</sup> 였으며, 白羊벼, 龍門벼, 三剛벼, 農白, 大成벼 등은 1 mg · grain<sup>-1</sup> · day<sup>-1</sup> 내외로 높았다. 대체적으로 早·中生種들이 晩生種들에 비하여 그리고 Japonica 品種들에 비하여 統一型品種들의 登熟速度가 빠른 것은 前報<sup>2)</sup>에서 이미 報告된 바와 같다. 部位別 登熟速度는 登熟期間에서와는 반대로 下部에서 낮았는데, 上部와 下部의 차이가 Ja-

ponica 品種들에서는 平均 0.059 mg · grain<sup>-1</sup> · day<sup>-1</sup> Japonica/Indica 品種들에서는 平均 0.045 mg · grain<sup>-1</sup> · day<sup>-1</sup> 이었다. 部位間 登熟速度의 차이는 品種間에 달라서 Japonica 早生種인 農白과 大成벼는 部位間 차이가 적었는데 비하여 Japonica 晩生種 및 이삭이 Japonica 에 비하여 큰 Japonica/Indica 品種들에서는 部位間 차이가 0.1mg · grain<sup>-1</sup> · day<sup>-1</sup> 이상 되는 品種들이 있었다. 특히 統一은 上部와 下部의 登熟速度 차이가 0.222 mg · grain<sup>-1</sup> · day<sup>-1</sup>로 供試品種들 중에서 제일 컸다. 安<sup>1)</sup>은 統一의 登熟速度가 登熟前期에는 빠르나 後期에는 늦어지는데 이것은 溫度와 관계가 있으며 株内の 競合에 따른 弱勢分蘖의 增加도 登熟速度 저하의 원인이라고 지적한 바 있다. 統一은 部位間 登熟期間의 차이가 4.9日로 다른 品種들 보다 크고, 登熟速度의 차이도 다른 品種들에 비하여 매우 커서 이 品種의 特性으로 판단되며 계속 檢討할 여지가 있는 것으로 생각된다.

登熟期間과 登熟速度에 대한 分散分析 結果 窒素水準의 차이는 認定되지 않았으며 品種間 및 部位間의 차이는 有意한 것으로 나타났다(表 2). 그러나 要因間의 相互作用은 品種群에 따라서 차이가 있어 Japonica 品種들에서는 有意하지 않았으나, Japonica/Indica 品種들에서는 窒素水準×品種, 品種×部位, 그리고 登熟速度의 窒素水準×品種×部位의 相互作用들이 有意한 것으로 나타났다. Japonica/Indica 品種들에서 相互作用이 有意하게 나타난 것은

Table 2. Analysis of variance for duration and rate of grain filling for two groups of rice varieties.

Source of variation	Df	Mean squares			
		Grain filling duration		Grain filling rate	
		Japonica	Japonica/Indica	Japonica	Japonica/Indica
Replications	1	83.56	3.20	0.1769	0.0172
Nitrogen levels(N)	2	7.54	1.74	0.0130	0.0121
Error(a)	2	22.85	2.06	0.0291	0.0059
Varieties (V)	5	111.25**	485.37**	0.2757**	0.3583**
N x V	10	9.08**	14.40*	0.0123	0.0239**
Error(b)	15	5.89	2.36	0.0089	0.0044
Parts(P)	2	33.74**	14.15*	0.0454**	0.0199**
N x P	4	1.17	0.84	0.0031	0.0011
V x P	10	5.56	14.51**	0.0064	0.0271**
N x V x P	20	3.19	6.95	0.0022	0.0066*
Error(c)	36	4.50	3.80	0.0041	0.0030
CV(%) N		16.9	5.3	19.3	8.5
V		8.6	5.7	10.7	7.3
P		7.5	7.2	7.3	6.0

\*, \*\* Significant at the 5 and 1 percent levels, respectively.

**Table 3.** Mean squares of deviation from common regression to compare grain filling rates of top, middle and bottom parts of panicles in two groups of rice varieteis.

Varieties	Source of variation	Df	Mean squares		
			Top vs. middle	Top vs. bottom	Middle vs. bottom
<i>Japonica</i>					
Nongbaeg	Bewteen regressions	1	0.566	0.012	0.423
	Within regressions	8	11.027	9.017	6.531
Daeseongbyeo	Bewteen regressions	1	0.302	0.249	0.003
	Within regressions	8	5.035	4.166	3.035
Sangpungbyeo	Bewteen regressions	1	0.424	1.341	0.257
	Within regressions	8	3.837	4.142	3.921
Daechongbyeo	Bewteen regressions	1	2.606	3.302	0.041
	Within regressions	8	5.913	4.894	2.954
Chucheongbyeo	Bewteen regressions	1	0.016	1.440	1.152
	Within regressions	8	1.212	1.588	1.205
Seomjinbyeo	Bewteen regressions	1	1.627	3.812	0.457
	Within regressions	8	1.797	2.026	1.211
<i>Japonica/Indica</i>					
Taebaegbyeo	Bewteen regressions	1	2.340	8.404	1.875
	Within regressions	8	9.286	8.889	5.995
Baegyangbyeo	Bewteen regressions	1	0.658	2.606	1.875
	Within regressions	8	10.956	11.464	11.660
Yongmoonbyeo	Bewteen regressions	1	0.029	0.145	0.302
	Within regressions	8	16.517	14.699	10.544
Samgangbyeo	Bewteen regressions	1	0.098	0.172	0.528
	Within regressions	8	15.137	12.843	8.173
Milyang 23	Bewteen regressions	1	0.743	6.909	3.120
	Within regressions	8	9.956	9.865	2.022
Tongil	Bewteen regressions	1	1.170	3.271	0.528
	Within regressions	8	6.959	7.373	2.929

F(1, 8) 0.05=5.32

이삭이 크기 때문에 統一과 같이 部位間 차이가 큰 品種이 있는가 하면 太白벼나 三剛벼처럼 部位間 차이가 적은 品種들도 있기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 이처럼 相互作用이 有意한 경우 結果의 해석에 慎重을 기해야 할 것이다.

따라서 部位間 登熟速度的 差異가 品種別로 有意한 차이가 있는가를 回歸分析法로 檢定하여 보았다.<sup>9)</sup> 窄葉水準間의 차이는 認定되지 않았으므로 品種別로 各 部位의 平均値를 利用하여 回歸式에서의 기울기가 서로 有意한 차이가 있는가를 判斷하므로써 部位間 登熟速度가 서로 다른지를 알 수 있을 것이다. 그 結果는 表 3에서 보는 바와같이 全 供試 品種들에서 部位間에 登熟速度的 차이는 없는 것으로 나타났다. 대부분의 경우 F 값이 1 보다 적었으며 어느 경우에도 有意성이 없었다. 分散分析에서의 部位別 차이가 有意한 것으로 認定되었지만 登熟速도를 計算하는데 이용한 방법인 回歸分析의 結果

를 適用하는 것이 더 合理的인 것으로 생각이 된다.

이삭을 部位別로 구분하여 登熟期間과 登熟速度를 分析하는 것은 登熟特性的 部位間 차이 有無를 檢定하는 외에도 登熟特性的 分析을 위한 標本의 量을 줄일 수 있는가를 檢討하는 데에도 意義가 있으므로 各 品種의 部位別 登熟期間 및 登熟速度和 이삭 전체의 登熟期間 및 登熟速度間의 相關係數를 구하였다(表 4). Japonica/Indica 品種群에 있어서의 下部를 제외한 모든 경우에 部位別로 計算한 登熟期間 및 登熟速度는 이삭 전체의 登熟期間 및 登熟速度和 有意한 正의 相關이 認定되었다. 그러나 相關係數를 計算하기 위한 標本數가 적었기 때문에 Japonica/Indica 品種群 下部의 相關係數가 有意성이 없는 것으로 나타난 것으로 보이며, 결과적으로 어느 한 部位의 登熟特性만 調査하여도 品種間의 登熟特性을 비교하는 데는 큰 문제가 없는 것으로 판단된다.

Table 4. Correlation coefficients between grain filling characteristics of three parts and a whole panicle.

Parts	Japonica <sup>1)</sup>		Japonica/Indica <sup>1)</sup>		Combined <sup>2)</sup>	
	Duration	Rate	Duration	Rate	Duration	Rate
Top	0.8853*	0.9879**	0.9120*	0.9669**	0.8908**	0.7626**
Middle	0.9621**	0.9386**	0.8559*	0.8142*	0.9261**	0.6595**
Bottom	0.9499**	0.9370**	0.7798	0.7559	0.9232**	0.7207**

<sup>1)</sup>n=6, <sup>2)</sup>n=12.

그러나 실용적인 면에서 登熟特性을 分析하기 위해서는 이삭의 部位別 調査보다는 이삭 전체의 調査가 時間과 努力이 적게 들므로 별다른 목적이 없는 한 部位別 調査를 할 必要는 없을 것으로 생각된다.

### 摘 要

水稻의 登熟特性이 이삭의 部位에 따라서 어떻게 다른지를 究明하고자 Japonica 및 統一型의 12品種을 1986年 5月 28日 忠北大學校 實驗圃場에 移秧하여 3水準의 窒素施肥 條件에서 栽培하고 出穗後 5日 間隔으로 이삭을 採取하여 上, 中, 下部로 구분하여 登熟期間과 登熟速度를 調査한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 出穗後 5日까지는 LP (Lag phase, 登熟初期)이며, 5~20日이 LIP (Linear increasing period, 登熟盛期)이고 LFP (Late filling period, 登熟終期)는 品種間 差異가 커서 中·晚生種들은 30日 以後까지도 繼續 粒重增加가 이루어졌다.

2. 部位間 粒重은 어느 品種에서나 LIP에서 그 차이가 제일 컸으며 LFP에서는 차이가 감소되었는데 部位別 粒重의 차이는 統一型品種들에서 더 컸다.

3. 登熟期間은 21.4~37.4日의 範圍였는데 三剛벼가 가장 짧아서 平均 22.6日이었고 蟾津벼와 密陽 23號는 各各 平均 37.1日과 32.5日로 길었다.

4. 下部의 登熟期間이 上部나 中部에 비하여 平均 1~2日程度 길었는데, 大淸벼, 太白벼, 密陽 23號는 部位間 차이가 거의 없었고 統一은 그 차이가 컸다.

5. 登熟速度는 0.612~1.079 mg · grain<sup>-1</sup> · day<sup>-1</sup>의 範圍였는데 密陽 23號가 가장 낮아서 0.612~0.682 mg · grain<sup>-1</sup> · day<sup>-1</sup>였으며, 白羊벼, 龍門벼, 三剛벼, 農白 및 大成벼는 1 mg · grain<sup>-1</sup> · day<sup>-1</sup>내외로 높았다.

6. 部位別 登熟速度는 下部에서 낮았는데, Japoni-

ca의 早生種인 農白과 大成벼는 그 차이가 적었으며 統一은 上部와 下部의 登熟速度 차이가 0.222 mg · grain<sup>-1</sup> · day<sup>-1</sup>로 供試品種들 중에서 제일 컸다.

7. 登熟期間과 登熟速度는 窒素施肥量間에는 有意한 차이가 認定되지 않았으며, 品種 및 이삭 部位間에는 모두 有意한 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 品種別로는 部位間의 登熟速度 차이는 認定되지 않았다.

8. 部位別 登熟特性과 이삭 전체의 登熟特性間에는 有意한 正의 相關(r=0.7207~0.9879)이 있었다.

### 引 用 文 獻

1. 安壽奉. 1973. 水稻登熟의 品種間 差異와 그 向上에 關한 研究. 韓作誌 14: 1~40.
2. 趙東三·鄭丞根·朴然圭·孫錫龍. 1987. 水稻의 登熟期間 및 登熟速度 研究. I. 品種間 差異 및 窒素의 影響. 韓作誌 32: 103~111.
3. 崔海春. 1986. 水稻登熟期間中 Sink 充填의 經時的 變化와 그 品種間 差異. 韓作誌 31: 43~48.
4. Daynard, T.B., J.W. Tanner and W.G. Duncan. 1971. Duration of the grain filling period and its relation to grain yield in corn, *Zea mays* L. Crop Sci. 11: 45~48.
5. Jones, D.B., M.L. Peterson and S. Geng. 1979. Association between grain filling rate and duration and yield components in rice. Crop Sci. 19: 641~644.
6. 金柱憲·權容雄. 1977. 水稻 遠緣品種들의 登熟期間中 葉身老化, 米粒發達 및 그 品種間 差異. 서울大 農學研究. 2(2): 29~42.
7. 李殷雄. 1986. 四訂 水稻作. 鄉文社.
8. Sasahara, T., M. Takahashi and M. Kambayash. 1982. Studies on structure and function of the rice ear. III. Final ear weight and increasing rate of ear weight and decreasing

- rate of straw weight at the maximum increasing period of ear weight. Japan J. Crop Sci. 51 : 18-25.
9. Snedecor, G.W. and W.G.Cochran. 1967. Statistical methods (6th ed.). Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa.
10. Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. International Rice Research Institute, LosBanos, Laguna, Philippines.