

水稻栽培時期別 Japonica 및 Tongil型 品種의 穎花間 登熟特性, 發芽勢 및 米質研究

權圭七* · 朴成圭*

Studies on the Ripening Characteristics, Germination Speed and Quality among Different Floret of Japonica and Tongil Type of Rice under Different Growing Season

Kyu Chil Kwon and Seong Kyu Park*

ABSTRACT

This study was carried out to find out the difference of ripening and growth characteristics among the different florets in same panicle.

There were 2 different transplanting date (May 25 and June 10) and 6 varieties were used.

Physiological ripening period, ripening speed, 1000 grain weight, germination speed and grain quality were studied among the different florets (1, 5 and 8 days after heading) in same panicle.

Physiological ripening period was long in late transplanting, late flowering floret, and late varieties by 3~9 days in Japonica. Ripening speed and 1000 grain weight were high in early transplanting and early flowering florets.

There was positive correlation among the ripening speed, 1000 grain weight and a average temperature but negative correlation between the ripening and physiological ripening period.

Germination speed was excellent in early flowering floret after heading.

There was difference in amylose content within varieties and different flowering grains and there was significant correlation between grain quality and meteorological factors in some varieties.

緒 言

水稻의 登熟期間과 米質은 品種의 特性과 栽培時期에 따른 氣象環境에 支配되는 바가 크며^{3, 9, 10, 19, 23, 26, 29, 31}, 施肥條件에 따라서도 그 反應이 다르다.^{18, 23, 31} 또한 品種間 差에 있어서도 同一時期에 栽培하였을 때 早生種은 中, 晚生種에 比하여 高溫期登熟으로 登熟期間이 짧고 이와 反對로 熟期가 늦은 中, 晚生種은 多少 低溫期에 登熟期間을 맞게 되므

로 登熟期間이 遲延된다고 한 바^{21, 22} 있으며 Tongil 型 品種은 Japonica 型 品種에 比하여 米粒發達過程에서 胚乳細胞의 分裂速度가 빠르고 米粒의 增加率 이 높아서 登熟이 빠르다고 하였다.^{8, 30} 笹原³²는 水稻의 登熟過程을 3 段階로 區分하였는데 登熟初期(Lag phase : LP)에는 穗重增加가 緩慢한 反面 同化産物의 受容器官인 왕겨 무게가 急速히 增加하여 同化物質의 受容態勢를 完成하고, 登熟盛期(Linear increasing period : LIP)에는 同化産物을 왕겨內에 蓄積하여 穗重이 急速히 增加하고, 登熟終期

* 忠清北道 農村振興院 (Chungbuk Provincial Rural Development Administration, Cheongju 360-270, Korea)

〈'89. 6. 16. 接受〉

(Late filling period: LFP)에는 穗重增加가 比較的 緩慢하게 이루어지고 왕겨는 水分含量的 減少로 重量이 가벼워진다고 하였다.

水稻는 登熟期間中 溫度의 影響을 많이 받는 것으로 알려져 있는데 李²⁴⁾는 登熟期間의 平均氣溫이 1°C 올라감에 따라 登熟日數는 1.73日이 短縮되어 28°C에서는 34日 程度이나 18°C에서는 早生種이라도 44日 以上, 中·晚生種은 50日 以上 걸린다고 報告한 바 있고 長戶^{27,28)} 등은 成熟進行 速度를 最上部枝梗 및 中央部枝梗의 先端粒은 開花後 22日, 最下部의 2次枝梗粒은 36日이 걸린다^{11,12)}고 하였다. 또한 벼 한알의 生理的 成熟 所要日數를 趙^{6,7,8,21,22)} 등은 15~39日 範圍라고 하였고, Japonica型 品種들이 Tongil型 品種들에 比하여 登熟期間이 길고 한 이삭내에서도 強勢穎花가 弱勢穎花보다 짧다고 報告한 바 있으며, 登熟速度에 있어서도 品種 및 栽培法間에 差가 커서 Tongil型 品種이 Japonica型 品種보다, 大粒種이 小粒種보다, 小肥栽培가 多肥栽培보다 빠르다고 報告한 바 있다^{6,7,8,21,22,32)}. 그러나 이들의 報告는 이삭의 部位別 調査에 그치고 있으나 本 研究에서는 한 이삭내 穎花의 開花時期를 區分하여 栽培時期別, 品種別로 生理的 成熟期間과 登熟速度 그리고 強·弱勢穎花間의 發芽勢, 米質에 主要 factor가 되는 Amylose含量과 Alkali 崩壞度를 究明하여 水稻 栽培法改善 및 品種育成에 必要한 基礎資料를 얻고져 遂行하였다.

材料 및 方法

벼 한 이삭내 穎花들의 開花時期別 登熟特性和 強·弱勢 穎花間 發芽勢 및 米質을 檢討하기 爲하여 1988年 忠淸北道 農村振興院 畝作圃場(淸州:

東經 127°26', 北緯 36°38', 海拔 30m, 新興統)에서 試驗을 實施하였다. 供試品種은 表 1과 같이 Tongil型, 早·中·晚生種 各 1品種씩, Japonica型, 早·中·晚生種 各 1品種씩 6品種을 供試하였다. 栽培時期는 適播適植(I)과 晚播晚植(II)의 2水準을 두었고 主要栽培法은 表 2와 같다. 本畚 施肥量은 두 栽培時間 共히 成分量으로 Tongil型 品種은 窒素 15, 磷酸 9, 加里 11, Japonica型 品種은 窒素 11, 磷酸 7, 加里 8kg/10a를 施用하였고 其他는 本院 標準栽培法에 準하여 遂行하였다.

登熟特性的 調査는 品種別로 같은 날 出穗된 것을 反復別로 200이삭씩 label(Aluminium foil)을 달고, 出穗期부터 3日 間隔으로 出穗後 51日까지 反復當 10이삭씩 採取하여 한 이삭에서 開花時期가 出穗後 1日, 5日, 8日에 該當하는 것을 各各 50粒씩 取하여 生體重을 秤量하고, 90°C에서 2時間 killing한 後 60°C에서 24時間 Dry oven에 乾燥하여 乾物重을 調査하였다. 調査 日字別로 3反復 平均乾物重이 最高值에 達했을 때를 生理的 成熟期로 定하였으며, 登熟速度는 乾物重이 最高에 達했을 때의 重量을 所要日數로 나누어 算出하였고, 有效登熟日數는 種實乾物重이 90%에 達했을 때의 登熟速度로 最大重量을 나누어 算出하였다. 發芽勢는 水分을 充分히 吸收시킨 後 32°C에 處理하여 24時間 間隔으로 調査하였으며, 米質 調査에서 Amylose含量은 Williams³⁵⁾ 등에 依한 rapid procedure法을 利用 spectrophotometer(Gilport starsar-3)를 使用하여 波長 625μm에서 吸光度(O.D.)를 測定하였으며 Alkali 崩壞度는 T. J. S-choch³³⁾法으로 測定하였다. 또한 登熟期間中의 氣象資料는 隣近에 있는 淸州測候所 觀測值를 利用하였으며 登熟期間中의 半旬別 氣象은 表 3과 같다.

Aimi¹⁾는 登熟適溫 範圍를 21~25°C라고 하였

Table 1. Tested varieties.

Varieties	Early variety	Medium variety	Late variety
Tongil type	Taebagbyeo	Samgangbyeo	Hangangchalbyeo
Japonica type	Daeseongbyeo	Hwaseongbyeo	Chucheongbyeo

Table 2. Cultural practices.

Treatment No.	Seeding date	Transplanting date	Planting density	No. of plants per hill
I	Apr. 15	May 25	30 x 15 (cm)	3
II	May 1	June 10	30 x 15	3

Table 3. Air temperature, sunshine hour(SH) and amount of insolation(AI) during the grain-filling period.

Period	Temperature			SH (Hour)	AI (Cal)
	Mean	Max.	Min.		
Jul.	21-25	24.0	27.2	21.2	1296.6
	26-31	23.1	28.4	17.9	2768.2
Aug.	1- 5	27.2	34.3	20.6	53.1
	6-10	28.2	34.6	23.5	48.4
	11-15	27.2	32.7	22.7	39.0
	16-20	25.8	31.2	22.4	27.5
	21-25	24.1	29.9	20.4	27.7
	26-31	22.5	27.6	18.3	36.1
Sep.	1- 5	22.8	27.9	18.3	24.3
	6-10	22.8	29.4	17.7	38.8
	11-15	20.1	25.8	16.0	20.3
	16-20	20.7	28.1	15.1	41.7
	21-25	19.2	27.6	13.0	48.2
	26-30	16.2	23.7	10.4	46.5
Oct.	1- 5	17.1	25.1	11.7	38.5
	6-10	15.2	23.8	8.7	47.5

으며, 안²⁾은 22℃ 이하에서는 登熟에 支障을 받는다고 하였는데 本 試驗期間에는 9月 10日까지의 平均氣溫은 Aimi의 登熟適溫에 들고 있으나 그以後는 低溫에 의해 登熟에 多少의 影響이 있었을 것으로 생각되었고, 日照는 7月 21日~25日까지 多少 不足되었던 것 外에는 比較的 良好했던 것으로 생각되었다.

結果 및 考察

1. 出穗期와 生育狀況

栽培時期別 出穗期와 生育狀況을 表 4에서 보면 出穗期는 適播適植에 比하여 晚播晚植에서 10日程

度 늦었으며, 出穗遲延 程度를 栽培時期間에 品種別로 보면 早·中生種은 7~19日로 差가 컸으나 晚生種은 4~6日로 그 差가 比較的 적었다. 1988年度 淸州 地方의 水稻 安全出穗限界期는 登熟期 40日間の 平均積算溫度를 Tongil 型 880℃, Japonica 型 840℃로 보았을 때 Tongil 型은 8月 17日, Japonica는 8月 21日이었는데 適播適植에서는 全供試品種이 安全出穗限界期內에 出穗되었으나 晚播晚植에서는 晚生種인 秋晴벼와 漢江 갈벼가 安全出穗限界期보다 2~4日 늦게 出穗되어 登熟에 多少 障害를 받았을 것으로 생각되었다. 한편 栽培時期間 稈長 및 穗長의 差는 大差 없었고, 株當穗數는 適播適植이 晚播晚植에 比하여 0.5個 많았으나 穗當穎花數는 3.6個 적었다.

2. 登熟特性

○ 生理的 成熟期間

벼 한 이삭內에서 開花時期가 다른 穎花의 生理的 成熟期間은 表 5에서 보는 바와 같다. 適播適植에서 出穗後 1日에 開花한 穎花는 生理的 成熟期가 開花後 21日이었고, 5日에 開花한 穎花는 25.5日, 8日에 開花한 穎花는 30日이었다. 한편 晚播晚植에서는 出穗後 1日에 開花한 穎花는 25日, 5日에 開花한 穎花는 28.5日, 8日에 開花한 穎花는 33日이 各各 所要되었으며, 出穗後 1日에 開花한 強勢穎花와 8日에 開花한 弱勢穎花間에는 顯著한 差를 보여 弱勢穎花가 8~9日 登熟期間이 遲延되었는데 趙⁷⁾의 報告에 의하면 生理的 成熟期間은 21.4~37.4日의 範圍였으며 下部枝梗의 登熟期間이 上部나 中部枝梗에 比하여 平均的으로 1~2日

Table 4. Heading date and agronomic characters in different transplanting date.

Cultivars	Heading date		Culm length (cm)		Panicle length (cm)		Panicles / m ²		Spiklets / panicle	
	I *	II	I	II	I	II	I	II	I	II
	Tongil type									
Taebaegbyeo	8.4	8.15	62	63	22	21	14.8	14.4	104	109
Samgangbyeo	8.9	8.16	74	75	22	22	14.5	14.5	121	123
Hangangchalbyeo	8.15	8.19	73	72	24	23	13.3	12.8	110	116
Japonica type										
Daeseongbyeo	7.22	8.11	64	70	20	20	14.0	14.3	72	72
Hwaseongbyeo	8.8	8.19	70	75	20	19	14.5	14.0	79	84
Chucheongbyeo	8.19	8.25	81	78	19	18	16.3	14.6	79	83
Mean	8.8	8.18	70.7	72.7	21.2	20.5	14.6	14.1	94.2	97.8
C.V (%)	25.2	27.0	9.9	7.3	8.7	9.1	6.8	4.7	21.3	21.3

*The roman numbers refer to the number of cultural practices as shown in table 2.

Table 5. Difference of physiological and effective ripening period among the different florets in same panicle.

	Cultivars	I *			II			I-II		
		I **	5	8	1	5	8	1	5	8
Physiological maturity (PM)	Tongil type									
	Taebaegbyeo	20	25	28	23	28	31	3	3	3
	Samgangbyeo	23	25	31	26	28	31	3	3	6
	Hangangchalbyeo	20	25	28	23	25	34	3	0	6
	Mean	21.0	25.0	29.0	24.0	27.0	32.0	3.0	2.0	3.0
	Japonica type									
	Daeseongbyeo	20	25	28	23	25	31	3	0	3
	Hwaseongbyeo	20	25	31	26	31	34	6	9	3
	Chucheongbyeo	23	28	34	29	34	37	6	6	3
	Mean	21.0	26.0	31.0	26.0	30.0	34.0	5.0	5.0	3.0
Total mean	21.0	25.5	30.0	25.0	28.5	33.0	4.0	3.5	3.0	
Effective maturity (EM)	Tongil type									
	Taebaegbyeo	15.6	17.8	23.4	18.9	18.8	24.5	3.3	1.0	1.1
	Samgangbyeo	14.4	20.0	24.4	20.0	24.4	27.8	5.6	4.4	3.3
	Hangangchalbyeo	14.4	19.9	24.4	18.9	22.2	28.8	4.5	2.2	4.5
	Mean	14.8	19.3	24.1	19.3	21.8	27.1	4.5	2.5	3.0
	Japonica type									
	Daeseongbyeo	16.7	21.1	22.2	20.0	23.3	26.6	3.3	2.2	4.4
	Hwaseongbyeo	17.8	22.2	26.7	21.1	26.7	31.1	3.3	4.5	4.4
	Chucheongbyeo	18.9	25.6	31.1	24.5	28.9	35.6	5.6	2.3	4.5
	Mean	17.8	23.3	26.7	21.9	26.3	31.1	4.1	3.0	4.4
Total mean	16.3	21.3	25.4	20.6	24.1	29.1	4.3	2.8	3.7	
PM-EM	Tongil type									
	Japonica type	6.2	5.8	4.9	4.7	5.2	4.9	1.5	0.6	0
	Mean	3.2	3.0	4.3	4.1	3.7	2.9	-1.1	-0.7	1.2
	Mean	4.7	4.4	4.6	4.4	4.5	3.9	0.3	-0.1	0.7

*The roman numbers refer to the number of cultural practices as shown in table 2.

**1-1 days after heading

5-5 days after heading

8-8 days after heading

程度 더 所要되었다는 結果와 傾向은 같았으나, 本試驗에서 登熟日數 差가 큰 原因은 枝梗의 重量을 調査한 것이 아니고 開花時期別로 穀粒의 무게를 調査하였기 때문인 것으로 判斷되며, 또한 崔⁸⁾는 Tongil 型 品種인 水原 264 號와 IR 1317-70-1 은 強 및 弱勢穎花가 15 日과 18 日, Japonica 인 水原 295 號는 強 및 弱勢穎花가 21 日과 24 日로 3 日間의 差異가 있었다고 報告한 바 있는데, 上部에 位置한 強勢穎花가 下部의 弱勢穎花에 比하여 登熟日數가 짧은 것은 強勢穎花의 同化產物 轉用的 優勢性으로 判斷된다. 栽培時期에 따른 登熟日數의 差異는 適播適植에 比하여 晚播晚植栽培가 Tongil 型 品種이 1~3 日, Japonica 型 品種이 3~4 日 길었으며, Tongil 型 品種群과 Japonica 型 品種群間 差異를 보면 出穗後 1 日에 開花한 穎花의 登熟日數

가 適播適植에서는 같았으나 晚播晚植에서는 Japonica 型 品種群이 2 日 길었으며, 出穗後 5 日과 8 日에 開花한 穎花는 適播適植, 晚播晚植 共히 Japonica 型 品種群이 1~3 日 더 所要되었는데, 이는 趙^{6,7)}, 權²²⁾, Nagato³⁰⁾ 등이 Japonica 品種이 Tongil 型 品種보다 登熟期間이 길다고 報告한 것과 同一한 結果였다. 品種의 早·晩性에 따른 生理的 登熟日數가 Tongil 型 品種에서는 큰 差異를 보이지 않고 있으나 Japonica 型 品種에서는 早生種인 大成벼에 比하여 晩生種인 秋晴벼가 3~9 日 길었는데 이는 晩生種인 秋晴벼의 出穗가 늦어 低溫期에 登熟되었기 때문인 것으로 생각된다. 特히 Tongil 型 品種中 漢江갈벼는 中晩生種인데도 中生種인 三剛벼에 比하여 出穗後 1 日, 5 日에 開花한 穎花의 登熟日數가 같거나 3 日 짧았는데 이는 大

粒種의 登熟速度가 빠르기^{6,32)} 때문인 것으로 判斷되었다.

한편 水稻의 登熟期間을 有效登熟期間과 生理的 成熟期間으로 區分하여 檢討할 必要가 있는데, 有效登熟期間은 登熟期間中 種實重이 90%에 到達할 때까지의 登熟速度로 最高值에 達한 重量을 나누어 換算한 日數로서, 벼 한 이삭內 開花時期 差異에 따른 穎花의 有效登熟期間은 表 5에서 보는 바와 같다. 適播適植에서 出穗後 1日에 開花한 穎花의 有效登熟期間은 開花後 16.3日이었으며 5日에 開花한 穎花는 21.3日, 8日에 開花한 穎花는 25.4日 이었고 晚播晚植에서는 出穗後 1日에 開花한 穎花 가 20.6日, 5日에 開花한 穎花가 24.1日, 8日에 開花한 穎花가 29.1日로 開花時期가 늦은 穎花의 登熟日數가 길었는데 開花時期間 有效登熟日數 差異를 보면 出穗後 1日에 開花한 穎花에 비해 8日에 開花한 穎花에서 Tongil型 品種은 平均 7.8~9.3日, Japonica型 品種은 8.9~9.2日이 길었다. 栽培時期間 有效登熟日數의 差는 晚播晚植에서 平均 2.8~4.3日이 길었으며 品種間에는 Tongil型 品種群에서는 큰 差異를 보이지 않았으나, Japonica型 品種群에서는 早生種에 比하여 中生種, 晚生種으로 갈 수록 길어지는 傾向이었다. 生理的 成熟期間과 有效登熟日數間에도 顯著한 差를 보여 Tongil型 品種群은 平均 4.7~6.2日, Japonica型 品種群은 平均 2.9~4.3日로 Tongil型 品種群에서 더 큰

差를 보였는데, 이와같이 한 이삭內에서 開花時期가 다른 穎花間 有效登熟日數의 差異, 生理的 成熟日數와 有效登熟日數間에 差異를 보이는 것은 登熟期間中의 氣象과 密接한 關係가 있는 것으로서 登熟後期로 進展되어 갈 수록 氣溫의 低下, 日射量의 不足 및 葉의 老化 등에 의하여 同化產物의 生産 및 轉流가 낮아지기 때문인 것으로 判斷되며 특히 Tongil型 品種에서 生理的 成熟期間과 有效登熟日數間에 큰 差를 보인 것은 Tongil型 品種이 Japonica型 品種에 比하여 生理的으로 登熟溫度가 높고^{1,13)} 葉의 老化가 빠르기 때문인 것으로 생각되는데 이는 그림 1에서 보는 바와 같이 登熟期間中의 日平均氣溫과 生理的 成熟期間 間에는 有意한 負의 相關關係가 認定되어 登熟期間中의 日平均氣溫이 높을 수록 登熟期間이 짧아짐을 보여 주고 있으며 특히 晚播晚植에서 더욱 密接한 關係를 보여 주었다.

그림 2는 出穗後 3日 間隔으로 한 이삭內 開花時期가 다른 穎花의 穀粒重 增加量을 最高值에 達한 穀粒重의 百分率로 나타낸 것이다. 本研究의 結果를 笹原³²⁾의 登熟過程 分類方法에 따라 區分하여 보면 適播適植에서 Tongil型 및 Japonica型 品種 共히 出穗後 初日에 開花한 強勢穎花는 登熟盛期(LIP)와 登熟終期(LFP)를 區分할 수 없을 程度로 穀粒重이 最高值에 到達할 때까지 거의 直線的으로 增加하고 있는데, 大體로 登熟盛期는 出穗後 3~15日 사이로, 5日째 開花한 穎花는 6~24日

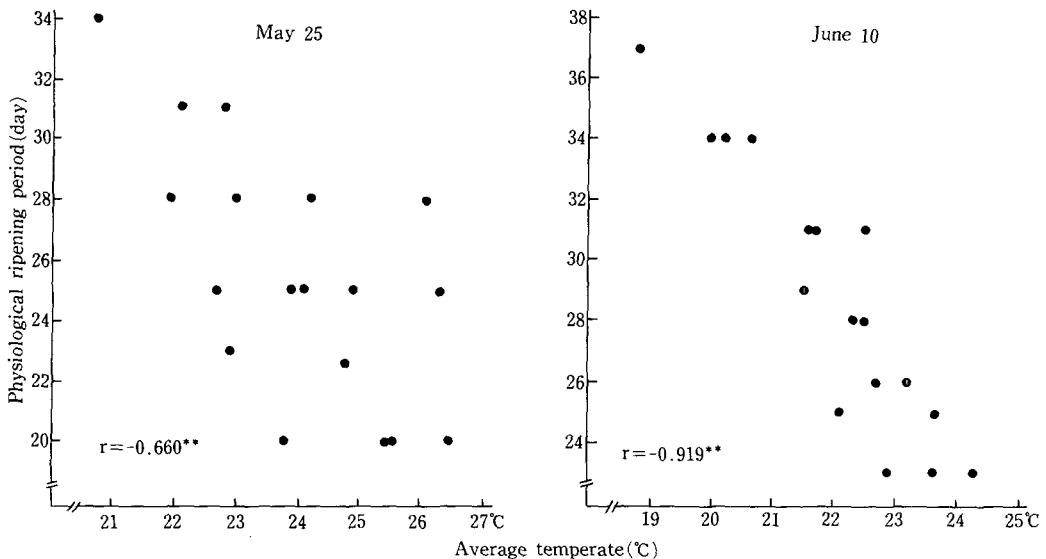


Fig. 1. Relationship between average temperature and physiological ripening period after flowering in May 25 and June 10 transplanting of rice plant.

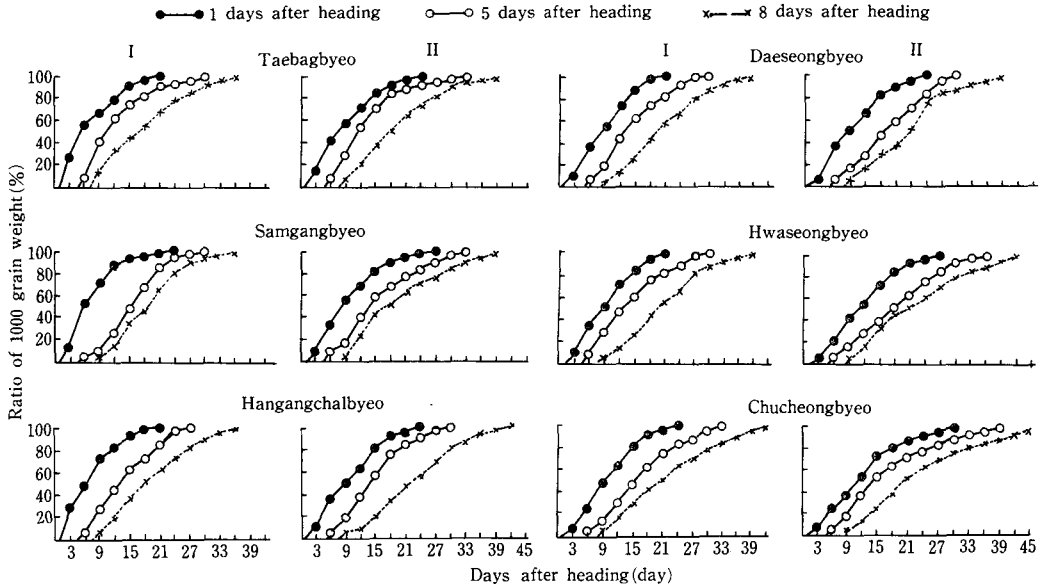


Fig. 2. Change of 1000 grains weight increase with different ripening time among the different florets in same panicle of rice plant

*The roman numbers refer to the number of cultural practices as shown in table 2.

사이, 8일째 開花한 穎花는 9~27日 사이에 該當되는 것으로 判斷되었으며, 出穗後 1日, 5日에 開花한 穎花에 比하여 8日에 開花한 弱勢穎花는 登熟終期가 길어짐을 보여 주고 있다. 한편 晚播晚植에서는 適播適植에 比하여 穀粒增加가 緩慢하였으며, 早·中·晚生種間의 差는 適播適植에서 보이지 않고 있으나 晚播晚植에서는 Tongil型 및 Japonica型 品種 共히 熟期가 늦은 中·晚生種은 出穗가 늦어져 登熟期를 低溫期에 맞게 되므로 出穗後 5日, 8日에 開花한 穎花는 出穗後 36~42日까지도 微微하게 粒重이 增加하고 있어 登熟終期가 適播適植에 比하여 길어졌다.

• 登熟速度

한 이삭內에서 開花時期가 다른 穎花間 登熟速度의 差는 表 6에서 보는 바와 같다. 出穗後 1日에 開花한 穎花는 5日, 8日에 開花한 穎花에 比하여 두 栽培時期 및 全 供試品種에서 登熟速度가 越等히 높았는데 適播適植에서의 登熟速度는 出穗後 1日에 開花한 穎花가 1,104.7, 5日에 開花한 穎花는 808, 8日에 開花한 穎花는 593mg/1,000/day 이고 晚播晚植에서는 出穗後 1日 開花한 穎花가 875, 5日 開花한 穎花가 702.2, 8日 開花한 穎花가 534.7 mg/1,000/day 으로 出穗後 1日에 開花한 穎花에 比하여 5日, 8日 開花한 穎花의 登

熟速度가 顯著히 낮았으며, 또한 栽培時期間 登熟速度의 差에 있어서도 出穗後 1日에 開花한 穎花는 229.7 mg/1,000/day에 比하여 5日, 8日에 開花한 穎花는 85.7~105.8 mg/1,000/day로 큰 差異를 보였다. 이와같은 結果는 適播適植에서 出穗期가 빨라 日射量이 많고 高溫期에 登熟期間을 經過하게 되어 同化産物의 轉流가 빠르기 때문인 것으로 생각되며, 그림 3에서 보는 바와 같이 登熟速度와 登熟期間의 日平均氣溫과는 有意한 正의 相關關係가 認定되고 있어 이를 잘 뒷받침해 주고 있다. 品種間의 登熟速度 差異에 있어서는 Tongil型 品種群이 Japonica型 品種群에 比하여 높았으며, 品種의 早·晚性間에는 大差가 없었으나 粒重에 따라서는 差異가 커 千粒重이 무거울 수록 登熟速度가 빨랐는데 이와같은 結果는 笹原³²⁾, Nagato³⁰⁾ 등이 Indica 品種들이 Japonica 品種에 比하여 登熟速度가 빠르고 大粒種이 小粒種에 比하여 높다고 報告한 바와 같은 結果였으며 그림 4에서 보는 바와 같이 正租千粒重과 登熟速度間에는 有意한 正의 相關關係가 認定되었다. 水稻의 登熟速度를 金¹⁸⁾ 등은 44.5~60.0 mg·day⁻¹, Jones¹⁵⁾ 등은 54.0~90.9 mg·day⁻¹, 趙⁷⁾ 등은 59~136.6 mg, panicle-1·day⁻¹로 報告한 바 있으며 笹原³²⁾ 등은 27個 品種의 登熟最盛期 登熟速度가 穗當 173~

Table 6. Difference of ripening speed among the different florets in same panicle of rice plant.

Cultivars	I *			II			I - II		
	1*	5	8	1	5	8	1	5	8
mg/1000/day									
Tongil type									
Taebagbyeo	1075	816	707	852	646	581	223	170	126
Samgangbyeo	883	672	535	735	600	529	148	72	6
Hangangchalbyeo	1345	996	757	1087	924	594	258	72	163
Mean	1101.0	828.0	621.0	891.3	723.3	568.0	209.7	104.7	98.3
Japonica type									
Daeseongbyeo	1185	856	682	965	816	532	220	40	150
Hwaseongbyeo	1205	840	538	873	636	494	332	204	44
Chucheongbyeo	935	739	532	738	591	478	197	148	54
Mean	1108.3	788.0	574.3	858.7	681.0	501.3	249.7	107.0	73.0
Total mean	1104.7	808.0	593.0	875.0	702.0	534.7	229.7	105.8	85.7
C.V (%)	15.8	15.3	15.9	15.5	19.4	8.6	26.9	61.6	80.0

*The roman numbers refer to the number of cultural practices as shown in table 2.

**1-1 days after heading

5-5 days after heading

8-8 days after heading

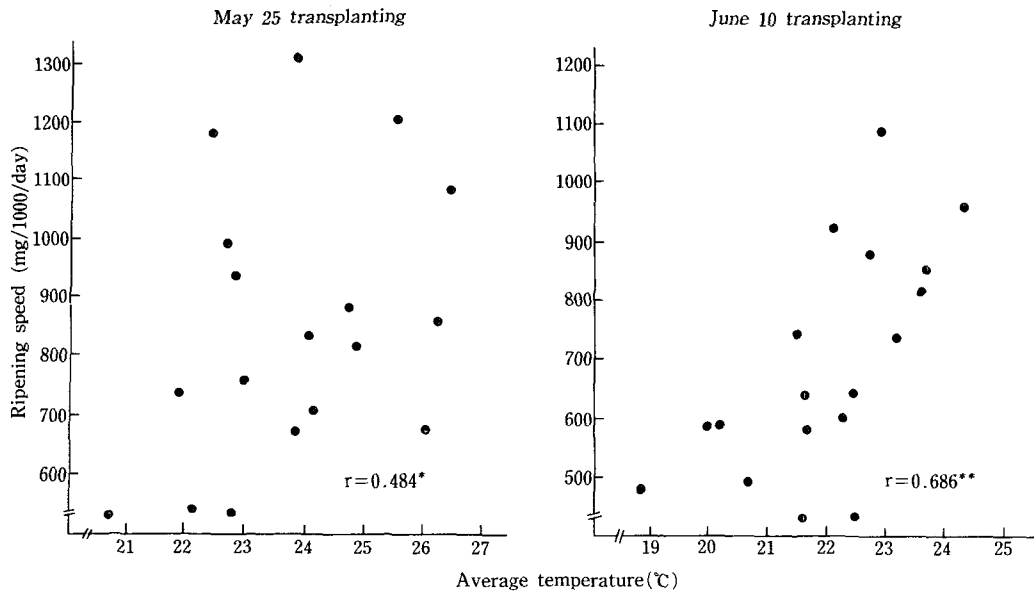


Fig. 3. Relationship between ripening speed and average temperature.

610mg·day⁻¹ 範圍라고 하여 品種間이나 調査者間에 큰 差異를 보이고 있는데 本 研究에서는 穗重을 調査한 것이 아니고 開花時期別로 粒重을 調査한 日當 千粒重의 增加量이기 때문에 絶對値에 있어서 差異를 보이고 있으나 登熟速度를 客觀적으로 理解하는데 穗重의 日當 增加量보다 便利하다고 생각된다.

한편 登熟速度와 生理的 成熟期間과도 그림 5에

서 보는 바와 같이 高度의 有意한 負의 相關關係를 보여주고 있어 登熟速度가 빠를 수록 生理的 成熟期間이 短縮됨을 알 수 있었다.

또한 開花時期가 다른 穎花間 登熟速度의 變化를 그림 6에서 보면 出穗後 1日에 開花한 穎花는 두 栽培時期에서 全 供試品種이 登熟初期에 登熟速度가 높게 維持되었다. Tongil型 品種群은 出穗後 1~10日 사이에 1,272~1,687, Japonica型 品種

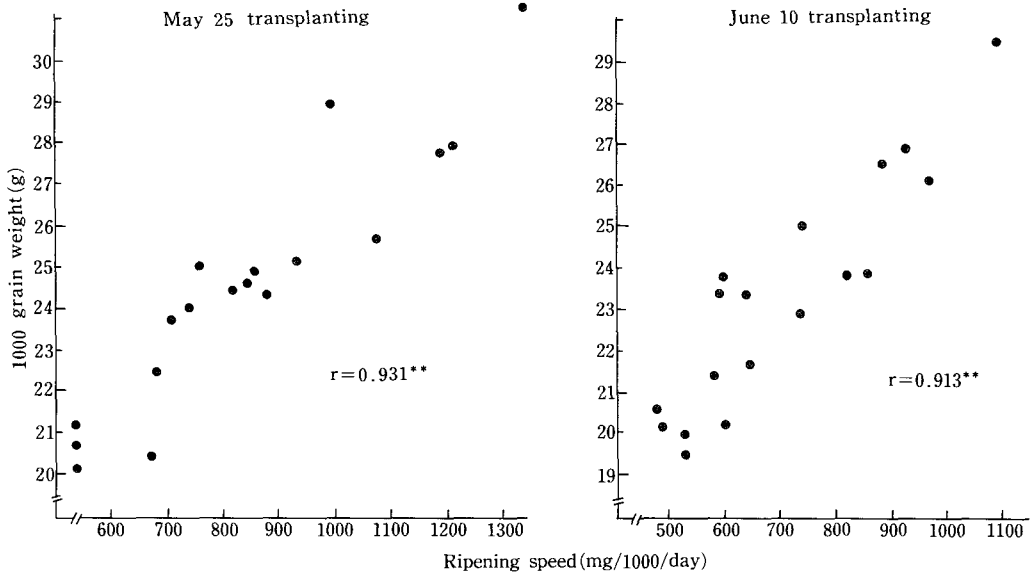


Fig. 4. Relationship between ripening speed and 1000 grain weight.

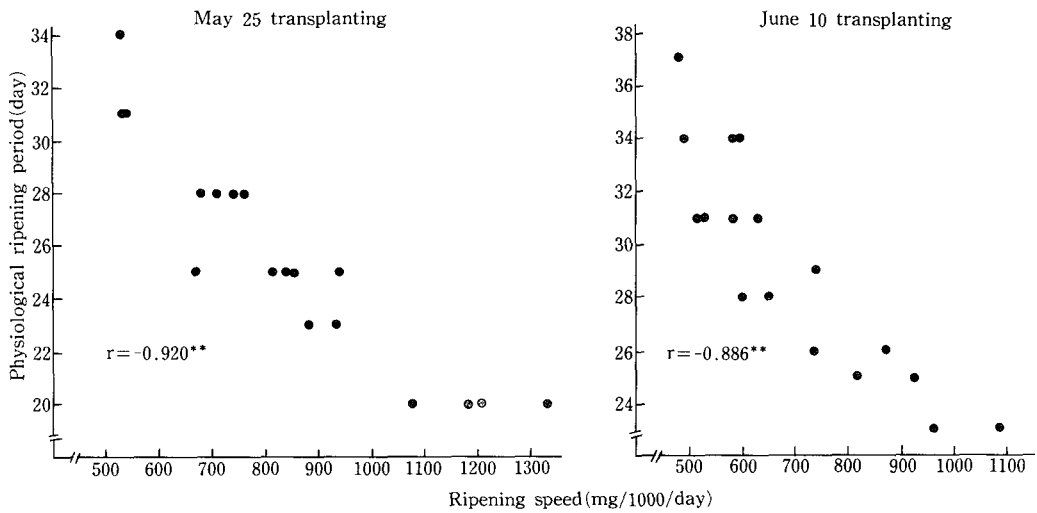


Fig. 5. Relationship between ripening speed and ripening period.

群은 出穂後 6~15日 사이에 1,277~1,522 mg/1,000/day로 높게 維持되다가 그以後 점차 減少되었으며, 出穂後 5日, 8日에 開花한 穎花는 두 品種群 모두 出穂後 11~20日 사이에 가장 높게 進行되었다. 權²⁹⁾은 中間部位 穎花의 平均 登熟速度가 出穂後 5~15日 사이에 847.8~1,130 mg/1,000/day으로 가장 旺盛하였다고 報告한 것과 同一한 結果였으나 한 이삭내 開花時期가 다른 穎花間的 登熟速度는 顯著한 差異를 보이고 있었다. 또

한 同一 開花時期에서 品種間에는 Japonica型 品種에 比하여 Tongil型 品種의 登熟速度가 登熟初期에 더 높았으며, 栽培時期別 登熟速度를 보면 適播 適植에서는 登熟初期부터 中期까지는 出穂後 1日, 5日 開花한 穎花의 登熟速度가 높게 維持되었으나 晚播晚植에서는 出穂後 8日에 開花한 穎花가 登熟後期 出穂後 30~40日까지도 比較的 높은 狀態로 登熟이 進行되는 傾向을 보였다. 이와같은 結果는 Indica型이 生理的으로 澱粉粒의 蓄積되는 速度가

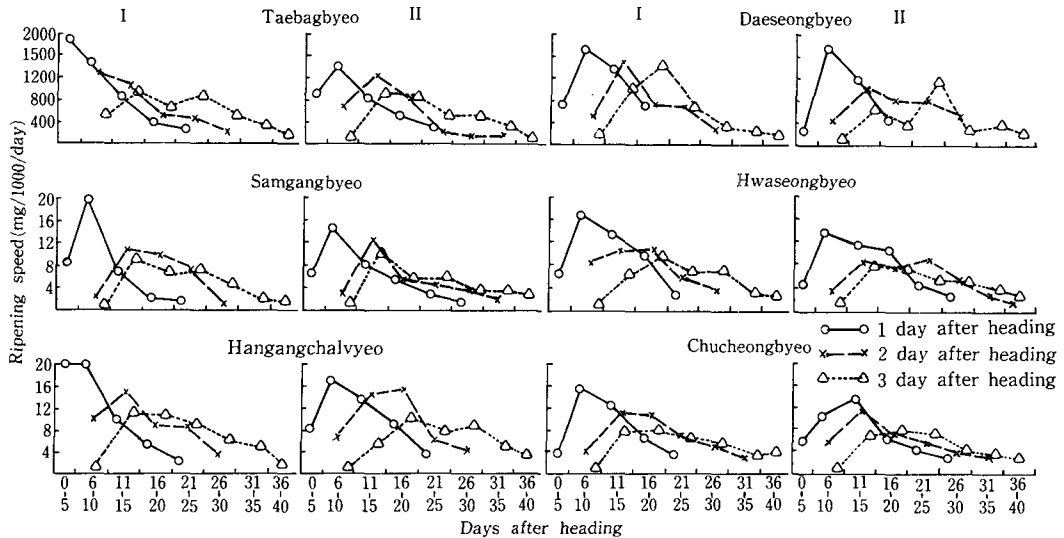


Fig. 6. Change of ripening speed with different of florets among the ripening period after heading of rice plant.

*The roman numbers refer to the number of cultural practices as shown in table 2.

빠르다는 사실^{30,28)}과穗上位置에 따른穎花發育의差異⁵⁾ 및強勢穎花가 養分競合에서優勢性^{26,30)}을 보이기 때문인 것으로 解析된다.

3. 強·弱勢穎花間의 諸形質變異

○ 千粒重

同一 이삭내 開花時期에 다른穀粒間의 正稈, 玄米, 왕겨 1,000粒重은 表 7에서 보는 바와 같다. 이 중에서 正稈 1,000粒重을 開花時期別로 보면 出穗後 1일이 25.6~27.1g, 5일이 23.2~24.6g, 8일이 20.9~22.9g으로 出穗 初日에 開花한 穀粒을 100으로 보았을 때 5일은 91%, 8일은 82~85%에 不過하여 強勢穎花라고 認定되는 出穗 初日에 開花한 穀粒이 中·弱勢穎花에 比하여 越等히 무거웠다. 同一 品種에서 栽培時期別 正稈 1,000粒重 差를 보면 早生種인 太白벼와 大成벼는 큰 差異를 보이고 있으나, 中·晚生種은 그 差가 比較的 적었다. 또한 玄米 1,000粒重 역시 正稈 1,000粒重과 같은 傾向을 나타내어 出穗後 開花時期가 늦어짐에 따라 玄米 1,000粒重도 가벼워지고 있어 強勢穎花에서 中·弱勢穎花로 갈 수록 낮아졌는데 이와같은 結果는 強·弱勢穎花間의 養分競合에서 勢力이 강한 強勢穎花의 優勢性 때문인 것으로 判斷되었으며 安⁴⁾도 同一 이삭내 粒重別 分布는 1次枝梗의 穎花가 2次枝梗의 穎花보다 炭水化物的 蓄積能力이 컸다고 報告한 바 있어 同一한 結果라고 생각되었다.

同化産物の 貯藏器官인 왕겨 즉 Sink 自體의 무게도 한 이삭내 開花時期에 따라 顯著한 差異를 보이고 있다. 왕겨의 크기는 出穗前 23日부터 出穗後 6日 사이에 決定되며²⁵⁾ 完成된 穎花의 穎花長, 穎花幅, 護穎長 등은 穗上位置에 따라 差異가 있고 上位穎花가 크다고 報告⁵⁾한 바 있는데, 本 研究에서는 開花時期別로 왕겨 무게를 調査해 본 結果 出穗後 1일에 開花한 穎花의 왕겨 1,000粒重은 4.0~4.1g인데 比하여 5日 開花한 穎花는 3.5~3.7g, 8日 開花한 穎花는 3.3~3.5g으로 큰 差異를 보이고 있으며, 栽培時期間에는 晚播晚穫에 比하여 適播適穫에서 多少 무거운 傾向이었다. 品種間에는 Tongil型 品種이 Japonica型 品種에 比하여 多少 무거웠고, 同一 品種群內에서는 品種間에 큰 差異를 보이지 않았다.

○ 發芽勢

上記한 바와 같이 벼 한 이삭內에서도 開花時期에 따라 生理的 成熟期間, 登熟速度, 1,000粒重 등이 顯著한 差異를 보이고 있는데, 이와같은 穀粒中 適播適穫에서 收穫한 穀粒으로 發芽勢를 調査한 結果는 表 8에서 보는 바와 같다. 32°C에서 催芽處理 時間別로 穎花勢의 強·弱에 따른 發芽勢를 보면 強勢穎花穀粒에서 높고, 弱勢穎花穀粒으로 갈 수록 낮아졌으며, 90% 以上の 發芽勢에 到達하는데도 穎花勢의 強弱 및 品種間 差異가 있어, 出穗後 1일에 開花한 強勢穎花穀粒은 24~48時間이, 5

Table 7. Difference of 1000 grain weight among the different florets in same panicle of rice plant

Characters	Cultivars	I *			II			I-II			
		1**	5	8	1	5	8	1	5	8	
1000 grain weight (A)	Tongil type										
		Taebaegbyeo	25.7	24.5	23.7	23.8	21.7	21.4	1.9	2.8	2.3
		Samgangbyeo	24.3	20.4	20.1	22.9	20.2	19.5	1.4	0.2	0.6
		Hangangchalbyeo	31.4	29.0	25.0	29.5	26.9	23.7	1.9	2.1	1.3
		Mean	27.1	24.6	22.9	25.4	22.9	21.5	1.7	1.7	1.4
	Japonica type										
		Daeseongbyeo	27.8	24.9	22.5	26.1	23.8	19.9	1.7	1.1	2.6
		Hwaseongbyeo	27.9	24.7	20.7	26.5	23.3	20.1	1.4	1.4	0.6
		Chucheongbyeo	25.2	24.0	21.2	25.0	23.4	20.6	0.2	0.6	0.6
		Mean	27.0	24.5	21.5	25.9	23.5	20.2	1.1	1.0	1.3
		Total mean	27.1	24.6	22.9	25.6	23.2	20.9	1.4	1.4	1.3
	C.V (%)	9.5	11.1	11.1	9.1	9.7	7.3	45.5	68.6	70.1	
1000 hulled grain weight (B)	Tongil type										
		Taebaegbyeo	21.5	20.4	19.8	19.6	18.1	18.0	1.9	2.3	1.8
		Samgangbyeo	20.3	16.8	16.6	19.1	16.8	16.4	1.2	0.	0.2
		Hangangchal	26.9	24.9	21.2	25.0	23.1	20.2	1.9	1.8	1.0
		Mean	22.9	20.7	19.2	21.2	19.3	18.2	1.7	1.4	1.0
	Japonica type										
		Daeseongbyeo	23.7	21.4	19.1	22.2	20.4	16.5	1.5	1.0	2.6
		Hwaseongbyeo	24.1	21.0	17.3	22.7	19.7	16.8	1.4	1.3	0.5
		Chucheongbyeo	21.5	20.7	18.1	21.4	20.1	17.7	0.1	0.6	0.4
		Mean	23.1	21.0	18.2	22.1	20.1	17.0	1.0	1.0	1.2
		Total mean	23.0	20.9	18.7	21.7	19.7	17.6	1.3	1.2	1.1
	C.V (%)	10.4	12.4	9.1	10.0	10.9	8.1	51.2	68.9	85.4	
1000 chaff weight (A-B)	Tongil type										
		Taebaegbyeo	4.2	4.1	3.9	4.2	3.6	3.4	0	0.5	0.5
		Samgangbyeo	4.0	3.6	3.5	3.8	3.4	3.2	0.2	0.2	0.3
		Hangangchalbyeo	4.5	4.1	3.8	4.5	3.8	3.5	0	0.3	0.3
		Mean	4.2	3.9	3.7	4.2	3.6	3.4	0.1	0.3	0.4
	Japonica type										
		Daeseongbyeo	4.1	3.5	3.4	3.9	3.4	3.3	0.2	0.1	0.1
		Hwaseongbyeo	3.8	3.7	3.4	3.8	3.6	3.4	0	0.1	0
		Chucheongbyeo	3.7	3.3	3.1	3.6	3.3	2.9	0.1	0	0.2
		Mean	3.9	3.5	3.3	3.8	3.4	3.2	0.1	0.1	0.1
		Total mean	4.1	3.7	3.5	4.0	3.5	3.3	0.1	0.2	0.2
	C.V (%)	7.1	8.8	8.4	8.2	5.2	6.5	98.3	89.5	75.2	

*The roman numbers refer to the number of cultural practices as shown in table 2.

**1-1 days after heading

5-5 days after heading

8-8 days after heading

日 開花한 穀粒은 48~72時間이, 8日에 開花한 弱勢穎花穀粒은 48~96時間이 所要되었고, 品種別로 보면 花成벼 및 秋晴벼가 24~48時間, 太白벼가 24~72時間, 三剛벼 및 漢江찰벼가 48~72時間, 大成벼가 48~96時間이 所要되었다. 한편 穎花勢의 強弱 및 催芽時間에 따른 發芽勢의 品種間 變異程度를 보면, 出穗後 1日에 開花한 強勢穎花穀粒에서 낮았고, 弱勢穎花穀粒으로 갈 수록 높아졌으

며, 또한 催芽時間이 길 수록 낮아졌다. 이와같은 結果는 일찍 開花해서 充實한 穀粒은 品種에 關係 없이 發芽가 잘 되나 開花가 늦은 穀粒은 品種間에 發芽率 差가 크며, 催芽時間이 길면 充實치 못한 穀粒도 發芽가 되기 때문이라고 생각된다.

○ 米 質

米質의 良否를 評價할 수 있는 形質들은 品種間 差異가 크기 때문에 育種에서 選拔對象形質로 되어

Table 8. Difference of germination speed among the different florets in same panicle of rice plant

flowering day after heading (day)	Incubation hour (hour)	Tongil type				Japonica type				Total mean	C.V (%)
		Tag-baeg-byeo	Sam-gang-byeo	Hangang-chal-byeo	mean	Dae-seong-byeo	Hwa-seong-byeo	Chu-cheong-byeo	mean		
1*	24	94.3	76.0	88.3	86.2	83.0	98.3	95.3	92.2	89.2	9.3
	48	97.6	93.3	97.6	96.2	95.7	100	98.3	98.0	97.1	2.4
	72	100	98.0	100	99.3	100	100	100	100	99.7	0.8
	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
5	24	74.0	64.3	57.3	65.2	47.0	93.7	86.0	75.6	70.4	25.1
	48	88.3	91.0	91.3	90.2	78.3	99.0	95.0	90.8	90.5	7.8
	72	95.6	97.3	97.6	96.8	95.0	100	100	98.3	97.6	22.0
	96	100	100	100	100	99.7	100	100	99.9	100	0.1
	120	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
8	24	34.7	50.7	34.3	39.9	19.0	70.7	75.7	55.1	47.5	47.0
	48	82.0	82.7	78.3	81.0	57.3	96.7	92.0	82.0	81.5	16.8
	72	93.3	94.4	93.3	93.7	87.0	99.7	89.2	92.0	92.8	4.8
	96	97.6	99.1	97.6	98.1	95.0	100	100	98.3	98.2	1.9
	120	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0

*1-1 days after heading
 5-5 days after heading
 8-8 days after heading

Table 9. Difference of rice quality among the different florets in same panicle of rice plant

Cultivars	Characters					
	Amylose content(%)			ADV		
	1**	5	8	1	5	8
Tongil type						
Taebaegbyeo	20.2a**	20.8a	19.7b	6.3a	6.3a	6.2a
Samgangbyeo	19.3b	19.3b	20.4a	6.2a	6.2a	6.2a
Hangangchalbyeo	2.5a	2.7a	2.5a	1.3a	1.5a	1.4a
Japonica type						
Daeseomgbyeo	17.9a	17.7a	17.7a	5.6a	5.6a	5.4a
Hwaseongbyeo	19.0a	18.9a	18.5b	6.2a	6.1a	6.1a
Chucheongbyeo	18.2b	18.5a	18.7a	6.0a	6.1a	6.1a

*: Means followed by the different letters in a column are significantly different at 5% probability level. by Duncan's multiple range test.

**1-1 days after heading
 5-5 days after heading
 8-8 days after heading

있으며^{16,20,24)} 栽培環境에 따라서도 큰 變異를 보이고 있어 米質에서 가장 重要한 要因이 되고 있는 Amylose 含量과 Alkali 崩壞度는 高溫과 短日條件에서 登熟이 되면 그 값이 낮아지고, 出穗가 늦은 低溫條件에서는 그 값이 높아진다고 한다.^{14,16,17)} 本 研究에서는 同一 籾内에서 開花時期가 다른 穀粒間의 Amylose 含量과 Alkali 崩壞度를 調査한 結果를 보면 表 9 와 같다.

太白벼와 花成벼는 開花時期가 늦은 弱勢穎花穀粒에서 Amylose 含量이 떨어졌고, 三剛벼와 秋晴벼는 이와 反對의 傾向을 나타내고 있었으며 Alkali 崩壞度도 역시 Amylose 含量과 같은 傾向을 나타내고 있으나 統計的 有意性은 認定할 수 없었다. 한편 米質과 氣象과의 關係를 表 10 에서 보면 大體로 品種에 따라서 若干 다른 傾向을 나타내고 있는데 三剛벼와 秋晴벼는 高溫條件에서 登熟된 穀粒들이

Table 10. Correlation coefficients between grain quality and meteorological factors during the ripening period of rice.

Cultivars	Meteorological factors	amylose content	ADV
Tongil type			
Taebaegbyeo	Average temp. (°C)	0.913**	0.129
	Duration of sun. (hrs)	0.295	0.181
	Amount of Ins. (cal)	0.246	0.156
Samgangbyeo	Average temp. (°C)	-0.809**	-0.258
	Duration of sun. (hrs)	-0.541	-0.239
	Amount of Ins. (cal)	-0.669*	-0.251
Hangangchalbyeo	Average temp. (°C)	-0.402	-0.507
	Duration of sun. (hrs)	0.278	0.287
	Amount of Ins. (cal)	-0.151	-0.229
Japonica type			
Daeseongbyeo	Average temp. (°C)	-0.036	-0.291
	Duration of sun. (hrs)	0.001	0.574
	Amount of Ins. (cal)	-0.032	-0.089
Hwaseongbyeo	Average temp. (°C)	0.787*	0.706*
	Duration of sun. (hrs)	0.669*	0.732*
	Amount of Ins. (cal)	0.684*	0.733*
Chucheongbyeo	Average temp. (°C)	-0.849**	-0.711*
	Duration of sun. (hrs)	0.835**	0.696*
	Amount of Ins. (cal)	0.833**	0.690*

*** : Significant at 5%, 1% probability level respectively.

Amylose 함량이 낮았으나 太白벼와 花成벼는 反對의 傾向을 보였으며 其外 品種들은 統計의 有意한 相關關係를 보이지 않았다. 그러므로 開花時期가 다른 穀粒間의 米質 差異가 登熟期間中의 氣象에 依한 것인지 아니면 品種固有의 特性인지는 좀더 研究 檢討되어야 할 것으로 생각된다.

摘 要

水稻의 栽培時期를 달리하고 Tongil 型 3 品種과 Japonica 型 3 品種 都合 6 個 品種을 供試하여 同一 畝內에서 開花時期가 다른 強·中·弱勢 穎花間의 登熟特性 發芽勢 및 米質에 關한 差異를 究明하고자 1988 年 忠淸北道農村振興院 畝作圃場에서 適播適植(5 月 25 日 移秧)과 晚播晚植(6 月 10 日 移秧)으로 栽培하고 出穗後 同一 畝內에서 1 日, 5 日, 8 日에 開花한 穎花들의 生理的 成熟期間 登熟速度, 千粒重, 發芽勢 및 米質의 差異를 調査한 바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 生理的 成熟期間은 適播適植에서 出穗後 1 日

開花한 強勢穎花는 21 日, 5 日 開花한 中勢穎花는 25.5 日, 8 日 開花한 弱勢穎花는 30 日이었고, 晚播晚植에서는 各各 25 日, 28.5 日, 33 日로 두 栽培時期에서 強勢穎花와 弱勢穎花間 差는 8~9 日이었다.

2. 登熟速度는 適播適植에서 出穗後 1 日 開花한 穎花는 1,104.7, 5 日은 808, 8 日은 593 mg/1,000 /day 이었고 晚播晚植에서는 各各 875, 702.2, 534.7 mg/1,000 /day 으로 強勢穎花보다 弱勢穎花가 顯著히 낮았다.

3. 開花時期가 다른 穀粒間의 正祖千粒重 差는 適播適植 및 晚播晚植에서 共히 出穗後 1 日 開花한 粒의 千粒重이 25.6~27.1, 5 日은 23.2~24.6, 8 日은 20.9~22.9 g으로 同一 畝內에서 開花時期가 빠른 強勢穎花일수록 粒重이 무거웠으며 玄米 1,000 粒重, 왕겨 1,000 粒도 같은 傾向이었다.

4. 32°C의 催芽條件下에서 90% 以上の 發芽勢에 到達하는 期間은 두 品種群 共히 出穗後 1 日에 開花한 強勢穎花穀粒이 24~48 時間, 5 日 開花한 中勢穎花穀粒이 48~72 時間, 8 日 開花한 弱勢穎

花穀粒이 48~96時間 所要되어 強勢穎花穀粒에서 높았고, 弱勢穎花穀粒으로 갈 수록 낮아졌다.

5. Amylose含量은 太白벼와 花成벼의 경우 開花時期가 늦은 弱勢穎花穀粒에서 낮아졌고 三剛벼와 秋晴벼는 이와 相反되는 傾向을 보여 有意性이 認定되었으며, Alkali 崩壞度도 Amylose含量과 같은 傾向을 보였다.

引用文獻

1. Aimi, R. 1976. Cell-Physiological and Biochemical aspects in the physiological of ripening. IRC Newsletter special issue : 106-111.
2. 安壽奉. 1973. 水稻登熟의 品種間 差異와 向上에 關한 研究. 韓作誌. 14(1) : 1-40.
3. _____ · 李鍾喆. 1981. 登熟期의 溫度 및 日照가 水稻品種의 光合成과 呼吸에 미치는 影響. 崔鉉玉博士 回甲記念 論文集 : 131-136.
4. 安淙國 · B.S. Vergara · 朴錫洪. 1987. 水稻登熟에 미치는 生理的 要因. II. 穎花數와 位置가 登熟에 미치는 影響. 韓作誌 32卷 別冊1號 : 14-15.
5. 荒井邦夫 · 河野恭廣. 1978. 水稻の穂の發育に關する 研究. 第1報 穂上位置別にみに穎花の發育の特徵. 日作紀 47(4) : 669-706.
6. 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(1) : 103-111.
7. _____ · _____ · _____ · _____. 1988. 水稻의 登熟期間 및 登熟速度 研究. II. 이삭의 部位別 差異. 韓作誌 33(1) : 5-11.
8. 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.
9. David, A.R., H.O. James and P. Charles. 1982. Soybean germplasm evaluation for length of the seed filling period. Crop Sci. 22 : 319-322.
10. Evans, L.T. and I.F. Wardlaw. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. Advance in Agron. 28 : 301-359.
11. 星川清親. 1968. 米の胚乳發達に關する組織形態學的研究. 第10報. 胚乳澱粉の發達について. 日作紀 37 : 97-105.
12. _____. 1968. 米の胚乳發達に關する組織形態學的研究. 第11報. 胚乳組織における澱粉粒の蓄積と發達について. 日作紀. 37 : 207-215.
13. 許輝. 1978. 水稻 Indica × Japonica 遠緣交雜品種의 生理生態的 特性에 關한 研究. 特히 溫度反應을 中心으로 農試研報 17 (作物篇) : 1-47.
14. 許文會 · 徐學洙 · 金光鎬 · 朴淳直 · 文憲八. 1976. 米粒內의 蛋白質과 아밀로스含量 및 알칼리 崩壞性의 環境에 따른 變異. 서울大 農學研報 1(1) : 21-37.
15. 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.
16. Juliano, B.O. 1979. The Chemical bass of rice grain quality chemical aspects of rice quality. IRRI : 69-90.
17. _____. 1985. Criteria and tests for rice grain qualities. Rice chemistry and technology, AACC : 443-524.
18. 金柱憲 · 權容雄. 1977. 水稻 遠緣交雜 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.
19. Kim, K.C. 1982. Studies on the effects of temperature during the reduction division and the grain filling stage in rice plant. Chosun Uni. Dissertation for Docter of philosophy in Biology.
20. 金成坤 · 蔡濟天 · 林茂相 · 李正行. 1985. 쌀의 아밀로스含量과 物理的 特性間의 相互關係. 韓作誌 30(3) : 320-325.
21. 權圭七. 1988. 水稻의 品種 및 栽培法 變遷에 따른 諸形質 變異에 關한 研究. 農試論文集 (水稻篇) 30(1) : 1-33.
22. _____ · 朴成圭. 1988. 水稻 栽培法의 差異가 Japonica 및 Tongil型 品種의 登熟特性에 미치는 影響. 韓作誌 33(3) : 298-308.
23. 李殷雄 · 李浩鎮 · 李國敦. 1974. 栽培時期 및

- 施肥條件이 水稻의 登熟과 收量性에 미치는 영향 및 品種間 差異. 서울大 論文集 生農系 1-24.
24. 李錫淳. 1983. Growing Degree days를 이용한 水稻 品種의 生育期間 測定方法과 利用. 韓作誌 28(2) : 173-183.
 25. 松島省三. 1957. 水稻收量の成立と豫察に關する作物學的研究. 日農技研報 A5 : 271.
 26. 村山 登・大島正男・塚原貞雄. 1961. 水稻の登熟過程における物質の動態に關する研究. 日土肥誌 32(6) : 261-265.
 27. 長戸一雄. 1941. 穂の位置に依する米粒成熟の差に就いて. 日作紀 13(2) : 156-169.
 28. _____・鈴木清太・佐渡敏弘. 1975. 米粒の乾物增加過程と米質. 日作紀 44(4) : 431-437.
 29. _____・江幡守衛. 1959. 登熟期の氣溫が水稻の稔實に及ぼす影響. 日作紀 28 : 275-278.
 30. Nagato, K. and F.M. Chaudhry. 1970. A comparative study of ripening process and kernel development in Japonica and Indica rice. Proc. Crop Sci. Japan 38 : 425-433.
 31. 吳潤鎮. 1981. 水稻의 低溫障害에 關한 生理生態學的 研究. 서울大 博士學位論文.
 32. Sasahara, T., M. Takahashi and Kambaysh. 1982. Studies on structure and function of the rice ear. III. Final ear weight and increasing rate of ear weight and decreasing rate of weight. Japon. J. Crop Sci 51 : 18-25.
 33. T.J. Schoch, C.C. Jensen. 1940. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed 12, 531.
 34. Webb, B.D. 1985. Criteria of rice quality in the United States. Rice chemistry and technology, AACC : 403-442.
 35. Williams, P.C., F.D. Kuzina, and I. Hyinka. 1970. A rapid procedure for estimating the amylose content of starches and flours. Cereal Chem 47 : 411-420.