

벼 穗孕期の 低溫處理에 依한 品種間 反應

金起植* · 金在錄* · 尹景民**

Varietal Differences of Low Temperature Response at Booting Stage in Rice

Kee Sik Kim*, Jae Rok Kim* and Kyung Min Yoon**

ABSTRACT

To investigate varietal differences of anther size, pollen shape, pollen fertility and other agronomic characters under low temperature condition, twenty rice varieties (5 Tongil and 15 Japonica type) were treated at 19°C water temperature from booting to heading stage.

There was varietal difference of low temperature response which was indicated by the delayed heading, the shortening of culm and panicle length, and the decrease of grain fertility and yield potential resulted from cooling treatment at booting stage.

The varieties with low fertility damaged by the low temperature treatment at booting stage showed low pollen density per anther, small or abnormal anthers and pollen, and many sterile pollens. Anther length was correlated significantly with the number of pollens per anther and pollen fertility.

緒 言

벼는 熱帶 또는 亞熱帶 作物로서 氣溫이 높고 降雨量이 많은 地方에서 栽培되기 始作하여 品種改良과 栽培技術의 發達에 따라 世界各地에 擴大栽培되고 있으며, 그 分布는 熱帶地方에서부터 栽培環境이 不良한 寒溫帶의 一部地方에까지 北上栽培되고 있다. 栽培環境이 不良한 곳에서 栽培되고 있는 벼는 여러가지 制約要因이 있겠지만 그중에서 生育期間中 低溫에 依한 冷害 被害가 가장 크다고 하겠다.

우리나라에 있어서 벼의 耐冷性에 關한 研究는 人工氣象室, 山間高冷地 및 北部地方 등에서 耐冷性 品種의 育成과 低溫에 依한 水稻의 生理的 研究가 試圖되고 있으며 冷水處理에 依한 벼 品種의 低溫障

害에 關한 研究는 主로 長期冷水處理方法이 利用되고 있다.^{1,9)}

長期冷水處理方法은 制限된 面積에서 많은 品種이 同時處理가 可能하며 處理方法이 簡單하고 耐冷性 程度를 判別하기는 쉬우나, 生育初期부터 低溫障害가 連續的으로 累積되어 複合的인 障害形態를 나타내기 때문에 特定生育期에 對한 耐冷性을 測定하기 어렵다.¹¹⁾ 李⁶⁾와 吳¹⁰⁾는 같은 品種이라도 生育時期에 따라 耐冷性 程度에 差異가 있다고 하였으며, 松島 等⁸⁾과 紫田 等⁵⁾은 生育初期에는 水溫의 影響을, 後期에는 氣溫의 影響을 많이 받는다고 하였다. 또한 刈屋國男 等^{2,3,4)}은 穗孕期 耐冷性은 葯長, 葯當 充實花粉數와 正의 相關이 認定된다고 하였다. 또한 李 等⁷⁾은 開花期 耐冷性은 葯長, 充實花粉數, 出穗遲延日數와 相關을 나타낸다고 報告하

* 江原道 農村振興院 (Kangweon Provincial Rural Development Administration, Chuncheon 200-150, Korea)

** 江原大學校 農科大學 (College of Agri., Kangweon National Univ., Chuncheon 200-092, Korea)

< '89. 3. 1. 接受 >

었다.

本實驗은 벼 生育期間中 幼穗分化期부터 出穗始까지 長期冷水處理를 하여 花粉의 形態와 稔性を 中心으로 品種間 低溫反應을 研究하고자 試驗을 實施하여 몇가지 結果를 얻었기에 報告한다.

材料 및 方法

本實驗은 우리나라 中北部 地方에 獎勵品種으로 이미 普及되어 있는 品種中 統一型은 太白벼 外 4 品種, 一般型은 大成벼 外 14 品種 等 合計 20 個 品種을 供試하였으며, 播種은 4 月 21 日, 移秧은 5 月 21 日에 實施하였다. 施肥量은 $N-P_2O_5-K_2O$ 를 各各 12-8-8 kg/10 a 으로 施用하고 其中 窒素는 基肥 70%, 分蘖肥 30%로 實施하였다. 栽植 距離는 30×12cm로 1 株 1 本씩 移秧하였다.

低溫處理는 19°C의 冷水를 幼穗分化期로 推定되는 7 月 4 日부터 出穗始까지 深水處理하였으며 藥 및 花粉形態, 花粉稔性を 調査하기 위하여 出穗始 이삭을 採取하여 FAA 溶液에 固定後 藥長을 檢鏡하였으며, 花粉稔性は Aceto-carmin으로 花粉을 染色하여 稔性與否를 判斷하였고, 그 外의 調査는 農村 振興廳 調査基準에 準하였다.

結果 및 考察

1. 低溫處理에 의한 各 器官別 短縮率

幼穗分化期부터 出穗始까지 長期冷水處理를 한 結果, 出穗遲延日數와 植物體 部位別 短縮率을 表 1 에 나타냈다.

出穗遲延은 統一型과 一般型의 差異보다 品種間 差異가 顯著하였는데 가장 컸던 品種은 太白벼, 豐產벼, 五台벼, 花成벼, 雪嶽벼, 白岩벼로 10~15 日 程度 遲延되었고, 가장 적었던 品種은 伽倻벼와 常豐벼로 4~6 日 程度였고, 그 外의 品種은 7~9 日 程度였는데 이는 辛等¹⁰⁾의 結果와 같은 傾向을 나타내었으며 抽出短縮率과는 正의 相關을, 稔實率과 收量과는 負의 相關을 보였다(表 3).

稈長短縮率은 太白벼, 白羊벼가 19.7~21.3%로 가장 컸고, 가장 적었던 品種은 伽倻벼, 天摩벼, 常豐벼, 雉岳벼, 振興 等으로 그 短縮率은 1.6~2.9%이었다. 그 外의 品種은 3.2~11.3%까지 있었고 穗葎粒數와는 負의 相關이 보였다(表 3).

止葉長의 短縮率은 太白벼, 花成벼, 常豐벼, 小白벼, 振興, 道峰벼 등이 23.1~32.9%로 가장 컸고, 大成벼, 雉岳벼, 雲峰벼, 秋光벼 등이 2.5~8.3%

Table 1. Shortening rate of some agronomic characters in various rice varieties as affected by low temperature treatment at booting stage.

Variety	Days to heading	Shortening rate(%)			
		Culm length	Flag leaf length	Panicle length	Panicle extra- ction length
Taebaegbyeo	15	21.3	26.3	26.6	100.0
Samgangbyeo	7	10.7	18.4	23.1	100.0
Baegyangbyeo	10	19.7	14.0	10.0	91.8
Pungsanbyeo	16	11.1	12.9	16.5	100.0
Gayabyeo	4	1.6	9.1	13.5	100.0
Daeseongbyeo	9	3.2	6.8	4.3	41.8
Odaebyeo	11	6.0	22.4	13.1	59.0
Cheonmabyeo	8	2.9	21.2	2.9	9.4
Hwaseongbyeo	12	4.1	30.2	22.5	67.9
Seolagbyeo	14	5.6	10.5	19.5	96.0
Baegambyeo	10	11.3	10.3	24.9	17.9
Sangpungbyeo	6	2.0	23.1	10.3	72.4
Chiagbyeo	8	2.5	8.3	12.5	38.6
Sobaegbyeo	9	4.9	23.8	4.8	74.1
Unbongbyeo	9	3.6	6.4	11.5	46.2
Nongback	7	5.9	18.3	24.1	61.2
Kwanagbyeo	9	4.8	19.1	13.1	76.5
jinheung	7	1.8	32.9	17.1	73.8
Dobongbyeo	8	7.5	29.6	20.4	82.9
Chugwangbyeo	9	8.8	2.5	4.4	42.9

로서 短縮率이 極히 적었으며, 止葉의 葉面積과는 負의 相關이 認定되었다.

穗長은 太白벼, 三剛벼, 花成벼, 白岩벼, 農白, 道峰벼가 20.4~26.6%로 短縮率이 가장 컸고, 大成벼, 天摩벼, 小白벼, 秋光벼 등이 2.9~4.8%로 가장 적었고, 穗當粒數와 止葉葉面積과는 負의 相關을 보였다.

벼 이삭목의 抽出長은 太白벼, 三剛벼, 豐產벼, 伽鄒벼 등 統一型은 이삭목이 止葉 밖으로 전혀 나오지 못한 狀態였고, 一般型中 雪嶽벼, 常豐벼, 冠岳벼, 振興, 道峰벼는 72.4~96.0%로 短縮率이 컸고, 天摩벼가 9.4%로 가장 적었다. 葯長短縮率과는 正의 相關을 葯當花粉數와는 負의 相關을 보였다(表 3).

2. 低溫處理時 葯長 및 花粉의 形態

가. 葯長과 稔實率

葯長은 自然區에서는 1.7~2.5mm까지, 低溫處理區는 1.1~1.6mm까지 分布되어 있었다. 葯長과 稔實率과의 關係를 그림 1에서 보면 自然區에서는 葯長이 1.9mm 以上인 것이 80% 以上의 稔實率을 보였고 低溫處理區에서는 葯長이 1.5mm 以下로 正常葯長보다 顯著한 減少現象을 보였으며, 稔實率도 40% 以下였다.

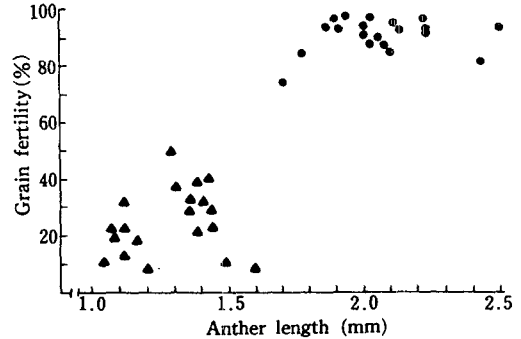


Fig. 1. Relationship between grain fertility and anther length. ● Control ▲ Low temperature treatment

나. 葯長短縮率

葯의 모양은 一般의 樣으로 統一型은 一般型보다 넓고 길며, 葯長短縮率은 統一型과 一般型的 差異보다 品種間 差異가 甚했으며(表 2), 그 中에서 五台벼, 白岩벼, 雉岳벼, 農白, 道峰벼, 秋光벼 등은 短縮率이 44.3~48.2%나 되었다. 葯長短縮이 가장 적었던 品種은 三剛벼였으며, 葯長短縮率과 葯當花粉數, 葯當 正常花粉數, 花粉稔性과는 負의 相關을 보였다(表 3). 一般의 樣으로 葯의 길이가 긴 것이 稔性이 높은 傾向이었다.

低溫處理時 葯長의 變化와 形態를 그림 2에서 보

Table 2. Variation of anther length and pollen of rice varieties under low temperature condition at booting stage.

Variety	Anther length(mm)		Shortening of anther length(%)	No. of pollens per anther						Pollen fertility(%)		Grain fertility(%)	
	Cont.	19℃		Total		Normal		Sterile		Cont.	19℃	Cont.	19℃
			Cont.	19℃	Cont.	19℃	Cont.	19℃					
Taebaegbyeo	2.06	1.43	30.6	506	231	474	97	32	134	93.6	42.0	89.5	7.1
Samgangbyeo	1.71	1.33	22.2	598	274	570	216	28	58	95.3	78.8	84.3	39.4
Baegyangbyeo	2.11	1.44	31.8	530	191	501	154	29	37	94.6	80.6	85.3	28.9
Pungsanbyeo	2.08	1.57	24.5	565	294	522	120	43	174	92.4	40.8	87.2	9.9
Gayabyeo	2.44	1.71	29.9	476	195	456	145	20	50	95.8	74.4	81.0	8.6
Daeseongbyeo	1.90	1.18	37.9	620	79	537	11	83	68	86.7	13.9	96.5	13.1
Odaebyeo	2.51	1.30	48.2	558	89	481	28	77	61	86.2	31.5	94.1	29.1
Cheonmabyeo	1.78	1.17	34.3	422	120	402	60	20	60	95.3	50.0	84.1	19.1
Hwaseongbyeo	2.24	1.37	38.8	420	262	410	179	10	83	97.6	68.3	92.0	38.2
Seolagbyeo	2.24	1.42	36.6	438	170	426	80	12	90	97.3	47.1	92.5	22.3
Baegambyeo	2.03	1.10	45.8	408	85	315	30	93	55	77.2	35.3	88.5	22.0
Sangpungbyeo	2.23	1.43	35.9	448	146	437	71	11	75	97.5	48.6	96.6	31.4
Chiagbyeo	2.03	1.15	43.3	519	269	496	148	24	121	95.3	55.0	96.5	31.4
Sobaegbyeo	1.94	1.20	38.1	420	41	385	3	35	38	91.7	7.3	97.3	8.1
Unbongbyeo	2.01	1.33	33.8	553	143	533	48	20	95	96.4	33.6	93.7	48.8
Nongback	2.01	1.12	44.3	523	63	512	14	11	49	97.9	22.2	95.0	22.0
Kwanagbyeo	1.87	1.21	35.3	472	254	438	127	34	127	92.8	50.0	93.4	36.9
Jinheung	2.14	1.41	34.1	510	204	485	49	25	155	95.1	24.0	92.4	32.1
Dobongbyeo	2.12	1.18	44.3	501	169	485	31	16	138	96.9	18.3	94.9	18.2
Chugwangbyeo	2.01	1.11	44.8	442	74	426	17	16	57	96.4	23.0	90.3	9.7

Table 3. Correlation coefficients among some agronomic characters under low temperature treatment at booting stage.

Character	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Delayed days to heading	0.413	0.183	-0.252	0.460*	0.150	-0.510*	-0.386	0.239	-0.328	0.218	0.145	0.151	-0.453*
2. Shortening of culm length (%)		0.369	0.007	0.351	-0.454*	-0.191	-0.274	-0.007	-0.245	0.104	0.157	0.242	-0.426
3. Shortening of panicle length (%)			0.334	0.383	-0.476*	0.169	0.009	-0.479*	-0.068	0.392	0.301	0.216	0.019
4. Shortening of flag leaf length (%)				0.263	-0.213	0.120	-0.009	-0.770**	-0.025	0.241	0.074	-0.083	0.248
5. Shortening of panicle extraction length (%)					-0.107	-0.084	-0.025	-0.070	0.577**	-0.453*	0.416	0.301	0.062
6. No. of spikelets per panicle						-0.136	-0.011	0.348	0.109	-0.207	-0.251	-0.242	-0.253
7. Grain fertility (%)							0.854**	-0.187	-0.099	0.328	0.395	0.409	0.672**
8. Percentage of ripeness (%)								-0.098	-0.173	0.463*	0.460*	0.370	0.705**
9. Leaf area of flag leaf									-0.079	-0.421	-0.183	-0.021	-0.402
10. Shortening of anther length (%)										-0.501*	-0.536*	-0.500*	-0.052
11. No. of pollens per anther										0.871**	0.649**	0.438	
12. No. of normal pollens per anther											0.902**	0.360	
13. Pollen fertility (%)													0.264
14. Unhulled rice yield													

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

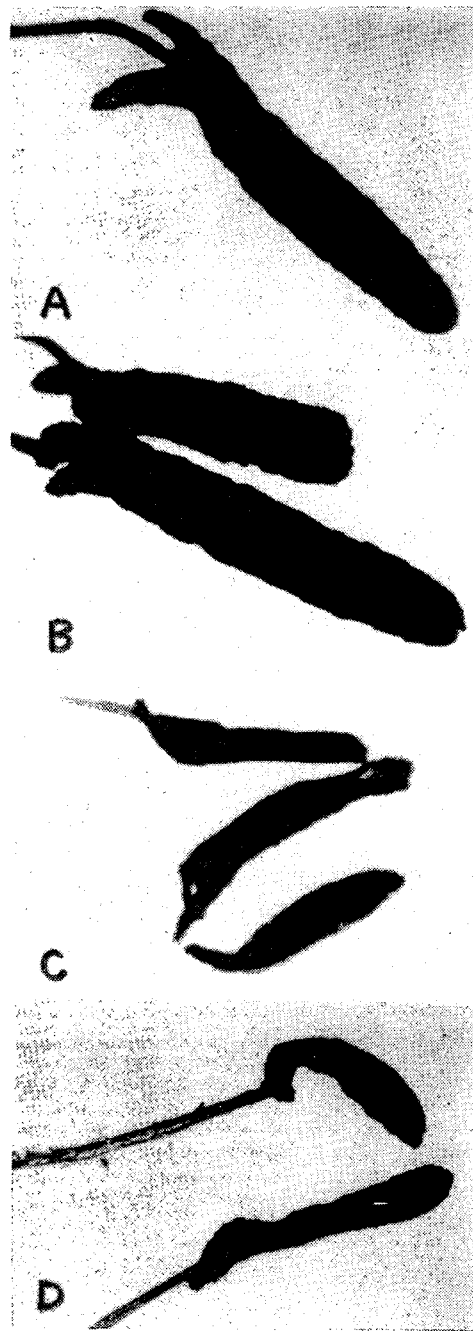


Fig. 2. Shapes of anther under low temperature treatment at booting stage.

- A : Normal anther
- B : Shortened anther
- C : Small anthers
- D : Abnormal anther

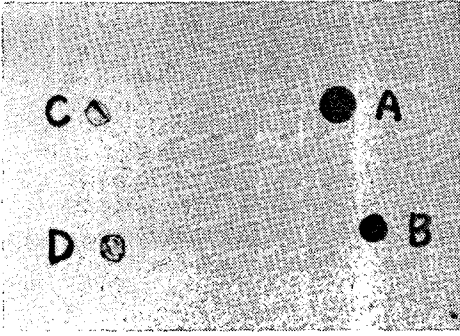


Fig. 3. Shapes of pollen grain under low temperature treatment at booting stage.
 A : Normal (fertile)
 B : Small size
 C : Complete sterile
 D : Insufficient

면, 正常的인 葯(그림 2-A)에 比하여 低溫障害를 받은 葯은 꾸부러진 것(그림 2-D), 全體的으로 葯의 模樣이 작아진 形態(그림 2-C) 또는 葯의 길지만 縮少된 形態(그림 2-B) 등을 나타내고 있었다.

다. 花粉의 形態

低溫處理로 因하여 變化된 花粉의 形態를 그림 3에 나타내어 正常花粉(그림 3-A)과 比較하여 보면, 正常花粉과 같이 둥근 模樣을 이루고 Aceto-carmin에 의해 染色도 잘되지만 크기가 작아진 形態(그림 3-B), 染色이 되지 않고 透明하게 겹질 形態만 보이는 完全不稔型(그림 3-C)과 内容物이 不充實한 것(그림 3-D) 등으로 分類할 수 있었다.

그림 4는 低溫 被害 程度에 따른 花粉稔性의 差

異를 나타냈다. 모두 正常花粉으로 花粉稔性이 높은 것(그림 4-A), 低溫에 의한 被害가 中程度로 正常과 不稔花粉이 混在되어 있으면서 花粉密度가 떨어지지 않은 것(그림 4-B)과 被害가 深하여 花粉密度가 낮고 不稔花粉이 많아 花粉稔性이 極히 낮은 것(그림 4-C)을 보여 주고 있다.

다. 葯當 花粉數

葯當 花粉數는 自然區에서 小白벼의 420個부터 大成벼의 620個까지 分布되어 있었으며, 低溫處理區에서는 大成벼, 五台벼, 白岩벼, 小白벼, 農白, 秋光벼 등이 葯當 總花粉數 및 正常花粉數가 顯著히 減少한 것을 알 수 있었으며, 그 중에서 大成벼, 小白벼, 農白이 深하였다(表 2). 또한 葯當 總花粉數는 葯當 正常花粉數, 花粉稔性과 正의 相關을, 葯當 正常花粉數는 花粉稔性과 正의 相關을 보였다(表 3).

葯當 正常花粉數와 稔實率과의 關係를 그림 5에서 보면, 自然區에서는 花粉數가 400個 以上으로 80% 以上の 稔實率을 보였으나, 低溫處理區에서는 花粉이 200個 以下로 40% 以下の 稔實率을 보였다.

3. 花粉稔性和 稔實比率

稔實比率에 影響을 미치는 健全花粉의 比率을 花粉의 稔性으로 表示하여 表 2에서 보면 自然區에서는 모든 品種이 最低 86.2%에서 最高 97.9%까지 分布되어 있었으나, 低溫處理時는 最少 7.3%에

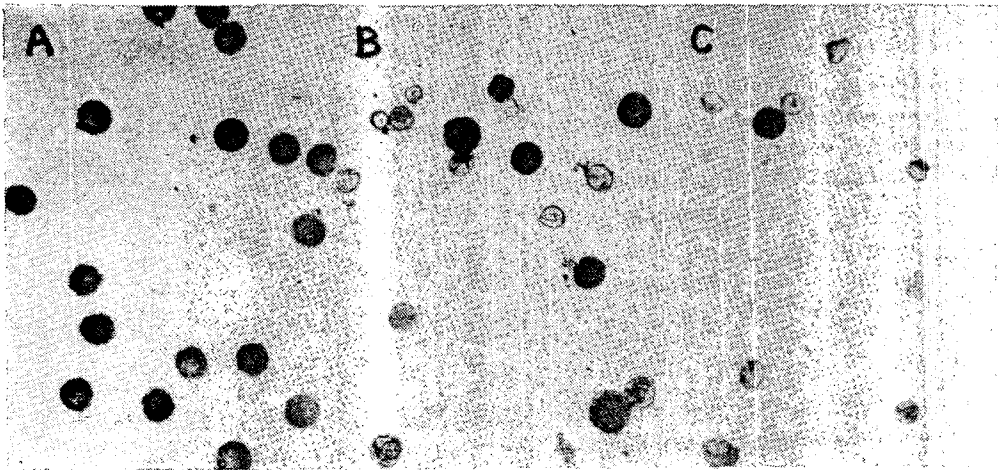


Fig. 4. Comparison of pollen fertility damaged by low temperature at booting stage.
 A : Normal B : Medium damage C : Severe damage

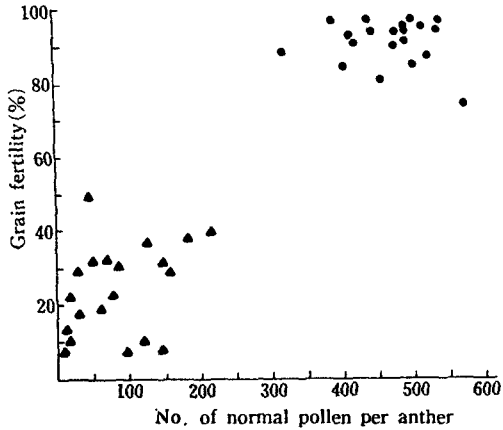


Fig. 5. Relationship between grain fertility and number of normal pollen per anther. ● Control ▲ Low temperature treatment

서 最高 80.6%까지 分布되어 있었는데, 花粉稔性이 제일 낮은 品種은 小白벼였고, 제일 높은 品種은 白羊벼였다.

또한 收量에 큰 影響을 주는 稔實比率性은 太白벼, 豐産벼, 伽鄜벼, 小白벼, 秋光벼가 10% 以下の 낮은 稔實率을 나타냈으며, 雲峰벼, 花成벼, 冠岳벼, 常豐벼, 雉岳벼, 振興, 三剛벼 등은 높은 稔實率을 나타내고 있으며, 이들 品種들은 冷害에 比較的 강한 것들이라 思料된다.

花粉稔性和 稔實率을 그림 6에서 보면 相關은 認定되지 않았으나, 自然區는 花粉稔性이 90% 以上

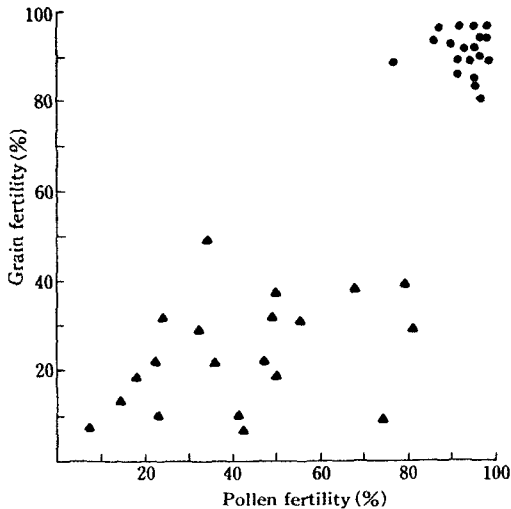


Fig. 6. Relationship between grain fertility and pollen fertility. ● Control ▲ Low temperature treatment

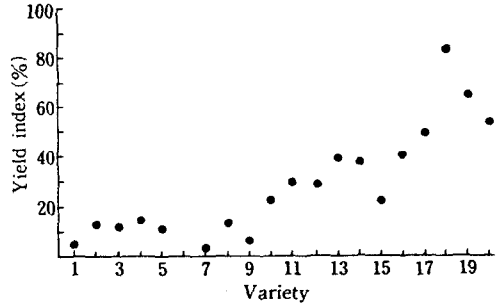


Fig. 7. Comparison of yield potential among rice varieties under low temperature treatment at booting stage. 1) Taebaegbyeo 2) Pungsanbyeo 3) Gayabyeo 4) Daeseongbyeo 5) Cheonmabyeo 6) Baegambyeo 7) Sobaegbyeo 8) Nongback 9) Chugwangbyeo 10) Baegyangbyeo 11) Odaebyeo 12) Seolagbyeo 13) Unbongbyeo 14) Kwanagbyeo 15) Dobongbyeo 16) Samgangbyeo 17) Hwaseongbyeo 18) Sangpungbyeo 19) Chiagbyeo 20) Jinheung

으로 稔實比率도 80% 以上을 나타냈으나, 低溫處理區에서는 花粉稔性이 7.0~80.6%까지 分布되어 있었으나 稔實比率은 7.1~48.8%의 낮은 稔實率의 分布를 보였다.

4. 品種間 收量性

品種間 收量性을 그림 7에서 보면, 自然區에 比하여 20% 以下の 收量을 보인 品種群은 太白벼, 豐産벼, 伽鄜벼, 大成벼, 天摩벼, 白岩벼, 小白벼, 農白, 秋光벼 등이었고 그 中에서 白岩벼가 가장 적은 收量을 보였으며, 21~40% 水準인 것은 白羊벼, 五台벼, 雪嶽벼, 雲峰벼, 冠岳벼, 道峰벼 등이었고 41% 以上인 것은 三剛벼, 花成벼, 常豐벼, 雉岳벼, 振興 등으로 供試한 20個 品種中에서 上記한 常豐벼 外 4品種은 耐冷性이 있는 品種으로 思料된다.

摘 要

中北部 地方의 獎勵品種中 統一型은 太白벼 外 4品種, 一般型은 大成벼 外 14品種 등 合計 20品種에 對하여 幼穗分化期부터 出穗始까지 長期冷水(19℃)를 處理하여 植物體 部位에 나타나는 障害 程度, 藥과 花粉의 變化 形態, 花粉稔性 등을 調査하여 品種間 低溫反應을 調査하였다.

1. 出穂遲延은 統一型과 一般型과의 差異보다 品種間 差異가 顯著하였으며, 太白벼, 豐産벼, 雪嶽벼, 白羊벼, 白岩벼 등이 10~15일로 가장 컸다.

2. 稈長短縮率은 1.6~21.3%까지 分布되어 있었으며, 短縮이 가장 甚했던 品種은 太白벼였고, 가장 적었던 品種은 伽倻벼, 振興이었다.

3. 穗長의 短縮率은 2.9~26.6%까지 分布되어 있었으며, 가장 甚했던 品種은 太白벼, 가장 적었던 品種은 天摩벼였다.

4. 葯長은 自然區에서는 1.71~2.51mm 까지, 低溫處理區는 1.01~1.61mm 까지 分布되어 있었으며, 低溫處理時 葯의 形態를 보면 구부러진 것, 길이와 너비가 줄어든 것, 길이만 短縮된 것 등 여러 가지가 觀察되었다.

5. 葯當 花粉數는 自然區에서 420~620 個까지 있었으나 低溫處理區는 花粉數가 顯著히 減少되어 41~294 個까지 分布되어 있었고, 花粉稔性은 7.3~80.6%까지 있었다.

6. 花粉의 形態는 正常的인 것은 圓型이고 染色도 잘 되었으나, 低溫障害를 받은 花粉은 形態가 一定하지 않고 주그러졌거나 内容物이 不充實한 것, 形態는 正常이나 크기가 작아진 것 등을 觀察할 수 있었다.

7. 低溫處理區의 收量은 自然區에 비해 白岩벼 외 8 品種이 20% 以下였고, 五台벼 외 5 品種은 21~40% 水準이었고, 常豐벼 외 4 品種은 41% 以上으로서 높은 收量性을 보였다.

引用文獻

1. 鳥山國土·蓬原雄三. 1961. 稻の耐冷性檢定に關する研究. 日作東北支部會報 3: 36-37.

2. 刈屋國男·佐竹徹夫·小池説夫. 1985. イネの葯當たり花粉數の懸濁法による簡易計則. 日作紀 54(別2): 230-231.

3. _____ · _____ · _____. 1986a. 開花期耐冷性と穂ばらみ期耐冷性の品種間反應. 日作紀 55(別2): 183-184.

4. _____ · _____ · _____. 1986b. 穂ばらみ 期耐冷性と花器形質との關係. 日作紀 55(別 2): 185-198.

5. 柴田和博·佐々木一男·島崎佳郎. 1973. 時期別の水溫處理が水稻の生育に及ぼす影響. (第2報) 量夜別氣溫, 水溫及び處理日數と出穂期との關係. 日作紀 42(3): 267-274.

6. Lee, J.H. 1979. Screening methods for cold tolerance at Crop Experiment Station Phytotron and at Chun Cheon. Report of rice cold tolerance workshop (IRRI): 77-90.

7. 李弘祐·趙享烈·林炳琦·許輝. 1974. 水稻의 障害型 冷害에 關한 研究. 韓作誌 15: 85-97.

8. 松島省三·田中孝辛·星野孝文. 1965. 水稻收量の成立原理とその應用に關する作物學的研究. (第71報). 生育各期の氣溫, 水溫, 各種の組合せが水稻の生育および他諸形質に及ぼす影響. 日作紀 33: 135-140.

9. 蓬原雄三·鳥山國土. 1964. 水稻に於ける耐冷性檢定方法に關する研究. 育雜 14(3): 166-171.

10. 吳潤鏞. 1981. 水稻의 低溫障害에 關한 生理生態學的研究. 韓作誌 26(1): 1-31.

11. 辛英範·芮種斗. 1984. 生育時期別 低水溫이 水稻生育에 미치는影響. 江原大論文集 20: 15-21.