

水稻 主要 形質의 變異와 株內 및 株間 競爭反應

朴成泰* · 金純哲* · 李壽寬* · 黃東容*

Character Variation within Rice Hill and Competitive Response of Rice Cultivar in Association with Plant Spacing and Seedling Number per Hill

Seong Tae Park*, Soon Chul Kim*, Soo Kwan Lee* and Dong Yong Hwang*

ABSTRACT

An experiment was conducted at the Yeongnam Crop Experiment Station to obtain basic informations about cultural techniques for high yield by manipulating plant spacing in association with seedling number.

Cultivars showing relatively low competition index within or between rice hill were Palgongbyeo, Milyang 83, Milyang 90 and Sangpungbyeo, while those with high competition index were Pungsanbyeo, Samgangbyeo, Weongpungbyeo, Taebaegbyeo and Dongjinbyeo.

Variations of agronomic characters such as culm length, spikelets per panicle, grain yield per panicle among each culm within hill were not interrelated among the characters.

This phenomenon was also same within and between cultivar groups. However, cultivars having high competitive ability showed relatively low variation in agronomic characters.

There was a trend that most of rice cultivars had a high positive correlation between total competition index and rice grain yield.

Competition index between rice hill was more significant than that of within rice hill for Tongil type cultivars except Milyang 83 which belonged to low tillering capacity while both types of competition index within and between hill were important for Japonica type cultivars and Milyang 83 of Tongil type cultivar to increase rice yield.

緒 言

植物 個體間의 競爭反應은 栽植密度, 施肥量, 栽培時期 等의 栽培環境에 따라 다를 뿐 아니라 品種의 生理, 生態의 特性에 따라 크게 다르게 나타난다.

水稻 栽培時 收穫期의 株當穗數는 主稈을 包含해서 1次 및 2次分蘗子들의 一部로 構成되는데 品種 및 栽培法에 따라서는 同一株內의 莖間 生育 等에 다른 晝熱의 差異가 있어서 脫穀 調製의 不便을 주는 境遇가 있다.

따라서 一定한 穗數의 確保와 더불어 株內 모든 莖의 生育이 旺盛하고 均一하게 誘導할 수 있는 主要 栽培方法으로 栽植密度의 調節 等을 생각할 수 있고, 또한 벼의 栽植密度는 單位面積當 乾物生産量과 密接한 關係를 가지고 있으며 收量構成面에서 有效穗數의 早期確保라는 面에서 벼의 栽植密度 反應을 究明하는 것은 多收穫 栽培技術 確立을 위한 基本要件이 되며, 實用的인 面에서 品種特性 栽培時期 및 施肥條件 等에 따른 벼 栽植密度에 對한 研究는 지금까지 많이 이루어져 왔다. 1,2,3,6,7)

水稻栽培上 適正 栽植密度의 決定은 品種의 株間

* 嶺南作物試驗場 (Yeongnam crop experiment station, Milyang 627-130, Korea) <'89. 3. 8. 接受>

競爭反應과 株內競爭反應 程度에 따라 株間競爭反應이 甚한 品種은 栽植距離 調節에 의해 株內競爭反應이 甚한 品種은 株當本數 調節에 의해 多收穫을 위한 最適 競爭力을 維持할 수 있는데 統一型 品種에서 株間競爭 指數와 日本型 品種에서 株間 및 株內 競爭指數는 各各 稈收量과 正의 有意相關이 있으며³⁾ 株內 莖別 稈長 및 穗長의 變異는 品種間 施肥方法別 株當 栽植本數에 따라 差異가 있음⁴⁾ 이 報告되었다.

本 研究은 水稻 主要品種들의 株內에서 莖別 形質變異와 株內 및 株間競爭反應 樣相을 檢討하고 品種別 競爭反應 樣相에 따라 栽植距離 및 株當栽植本數 反應을 比較하여 벼 栽植時 適正 栽植密度 決定에 基礎資料를 얻고자 實施하였다.

材料 및 方法

I. 品種別 株內 및 株間競爭反應과 株內 形質 變異

本 試驗은 1986年 嶺南作物試驗場 水稻試驗圃場에서 實施하였으며, 供試品種은 熟期 等 生育特性을 考慮하여 統一型 品種으로 伽耶벼, 太白벼, 三剛벼, 南榮벼, 圓豐벼, 七星벼, 豐產벼, 密陽 83 號를, 日本型 品種으로는 常豐벼, 八公벼, 盈德벼, 洛東벼, 光明벼, 東津벼, 蟾津벼, 密陽 88 號, 密陽 90 號를 使用하였다. 栽培方法은 催芽된 種子를 4月 20日 m² 當 90g으로 保溫折衷못자리에서 播種하여 6月 5日에 栽植距離 30×15cm와 栽植距離에 影響을 받지 않는 孤立區로 하여 各各 株當本數를 1, 4本으로 심었으며 試驗區 配置는 亂塊法 3反覆으로 하였다. 施肥量은 N-P₂O₅-K₂O를 成分量으로 各各 10a當 15-11-13kg을 窒素는 基肥 60%, 分藥肥 20%, 穗肥 20%로 나누어 施用하였고, 磷酸과 加里는 全量 基肥로 施用하였다. 其他 栽培管理는 嶺南作物試驗場 벼 標準栽培法에 準하였다.

株內 莖別 主要 形質의 變異調査는 成熟期에 各區에서 30株의 稈長 및 穗數를 調査하여 平均値에 가까운 6株를 採取하여 株別로 莖別 稈長, 穗長, 穎花數, 乾物重, 收量 等을 調査하여 變異係數를 求해 平均하였고, 株內 및 株間競爭指數는 石井 等⁵⁾ 이 提示한 다음 식에 의해 算出하였다.

$$\text{즉, } \log \frac{I(n)}{P(n)/n} (\text{全體競爭指數}) = \log \frac{I(1)}{I(n)/n}$$

$$(\text{株內競爭指數}) + \log \frac{I(n)}{P(n)} (\text{株間競爭指數})$$

여기서, I(n); 孤立區 n本栽植株 重量

P(n); 栽植距離 30×15cm n本栽植株 重量

I(1); 孤立區 1本栽植株 重量

P(1); 栽植距離 30×15cm 1本栽植株 重量

을 나타낸다. 其他 벼生育 및 收量調査는 國際米作 研究所(IRRI) 調査法에 準했다.

II. 主要 品種의 競爭反應 樣相別 栽植密度反應

本 試驗은 1987年 嶺南作物試驗場 水稻 試驗에서 實施하였는데, 供試品種은 試驗 1에서 株內 및 株間競爭反應 樣相을 檢討한 結果, 비슷한 競爭反應 樣相을 보인 品種中에서 主要 統一型 및 日本型 品種을 各各 1品種씩 選定하여〔甚; 東津벼, 豐產벼, 中; 洛東벼, 南榮벼, 小; 八公벼, 密陽 83 號〕 使用하였다. 栽培方法은 催芽된 種子를 4月 20日 m² 當 90g으로 保溫折衷못자리에서 播種하여 6月 5日에 栽植距離를 各各 10×10cm, 20×20cm, 30×30cm, 40×40cm와 栽植距離에 影響을 받지 않는 孤立區를 設置하여 各各 株當本數를 1, 3, 5, 7本을 심었으며, 試驗區 配置는 品種別 分割區 配置 3反覆으로 하였다. 其他 栽培管理 및 調査方法은 試驗 1에 準하였다.

結果 및 考察

I. 品種別 株內 및 株間競爭反應과 株內 形質 變異

1. 品種別 競爭反應

栽植距離 30×15cm, 株當栽植本數 4本으로 했을 때 競爭反應을 表 1에서 보면은 대체로 모든 品種에서 株間競爭指數가 株內競爭指數보다, 品種別로는 統一型 品種이 日本型 品種보다 競爭指數가 크게 나타났고, 株內競爭指數와 株間競爭指數와의 關係에서 株內 및 株間競爭指數가 各各이 낮은 品種은 八公벼, 密陽 83 號, 密陽 90 號, 常豐벼였고, 株內 및 株間競爭指數가 各各이 큰 品種은 豐產벼, 三剛벼, 圓豐벼, 太白벼, 東津벼, 光明벼였다.

2. 株內 主要 形質의 莖別 變異

成熟期에 株內 各 莖間 主要 形質別 變異係數를

Table 1. Relationships between competition index within and between rice hill of each rice cultivar

Competition index between hill	Competition index within hill		
	0.58-0.61	0.62-0.65	0.66-0.68
0.58-0.61	Palgongbyeo (1.19)	-	-
0.62-0.65	Milyang 83 (1.25)	-	-
	Milyang 90 (1.22)	-	-
0.66-0.68	Sangpungbyeo (1.27)	-	-
0.69-0.71	Gayabyeo (1.30)	Namyeongbyeo (1.34)	-
	Chilsengbyeo (1.28)	Nacdongbyeo (1.34)	-
	Yeongdoegbyeo (1.28)	-	-
0.72-0.75	Seomjinbyeo (1.28)	Kwangmyengbyeo (1.38)	Taebaegbyeo (1.42)
	Milyang 88 (1.32)	Dongjinbyeo (1.40)	-
0.76-0.78	-	Weonpungbyeo (1.41)	-
0.79-0.81	-	Samgangbyeo (1.43)	-
0.82-0.85	-	-	Pungsanbyeo (1.51)

(): total competition index

表 2에서 보듯이 品種群別로는 稈長, 穗長の 變異係數는 큰 差異가 없었으나, 穎花數, 乾物重, 收量の 變異係數는 統一型에서, 收穫指數는 日本型에서 컸다. 品種別로는 稈長은 伽倻벼, 南榮벼가, 穗長은 太白벼, 三剛벼, 密陽 88 號가, 穎花數는 太白벼, 三剛벼 등 統一型 品種과 常豐벼 外 대부분 日本型 品種들이, 乾物重은 三剛벼, 圓豐벼 등 統一型 品種과 常豐벼, 光明벼, 密陽 90 號外 日本型 品種들이 各各 變異係數가 적었고, 收穫指數는 伽倻벼, 太白벼, 豐產벼, 八公벼, 光明벼, 密陽 88 號, 密陽 90 號 등에서 變異係數가 9.5% 未滿으로 多少 낮

았으며, 莖別 收量の 變異係數는 統一型 品種中에서는 太白벼와 三剛벼가, 日本型 品種中에서는 八公벼, 洛東벼, 密陽 88 號가 적었다.

以上에서 品種別 各 形質의 變異係數를 생각해 볼 때 株内에서 莖別 各 形質의 變異係數가 적은 것이 實用的인 面에서 栽培管理, 收穫 및 脫穀 作業上 有利할 것으로 생각되므로 이와같은 方向으로의 品種 育成이 바람직하며, 또한 모든 莖의 生育이 旺盛하고 均一하게 誘導할 수 있는 栽培의 管理가 重要하리라 생각된다.

한편 各 形質別 變異係數 相互間의 關係를 表 3에

Table 2. Coefficient of variance of major agronomic characters among culms within hill in rice

Cultivar	Coefficient of variance of each trait (%)					
	Clum length	Panicle length	No. of spikelet /panicle	Biological yield	Harvest index	Grain weight
Tongil type						
Gayabyeo	6.8	10.8	31.1	30.6	9.6	35.2
Taebaegbyeo	9.6	8.5	26.1	29.7	8.7	31.7
Samgangbyeo	8.0	8.9	27.4	25.1	11.5	29.1
Namyeongbyeo	6.6	12.2	34.6	32.5	10.8	36.0
Weonpungbyeo	7.5	13.7	32.4	27.6	11.1	34.2
Chilseongbyeo	9.6	11.1	34.9	32.3	13.3	37.2
Pungsanbyeo	10.1	12.9	33.3	34.2	9.0	37.3
Milyang 83	7.9	11.6	30.5	29.1	9.7	33.7
Average	8.2	11.2	31.3	30.1	10.5	34.3
Japonica type						
Sangpungbyeo	11.4	12.8	34.4	34.9	16.3	39.4
Palgongbyeo	7.4	11.7	34.4	24.2	9.4	33.1
Yeongdoegbye	8.2	10.6	30.7	26.0	12.9	29.1
Nacdongbyeo	8.6	11.1	28.6	26.6	12.0	27.5
Kwangmyengbyeo	8.2	10.3	27.6	29.9	9.5	32.6
Dongjinbyeo	9.2	10.9	24.1	25.2	12.8	30.3
Seomjinbyeo	8.5	10.3	25.7	25.3	10.6	29.0
Milyang 88	8.5	9.0	23.8	25.0	7.8	26.0
Milyang 90	9.4	10.8	30.5	31.8	9.4	32.0
Average	8.8	10.8	28.1	27.7	11.2	30.3

Table 3. Relationships among coefficient of variance of major agronomic characters within hill in the different rice varietal group

Character	Culm length	Panicle length	No. of spikelet /panicle	Biological yield	Harvest index	Grain weight
Culm length	—	0.535	0.498	0.668*	0.703*	0.625*
Panicle length	-0.210	—	0.844**	0.675*	0.739*	0.830**
No. of spikelet /panicle	-0.122	0.782*	—	0.887**	0.457	0.827**
Biological yield	0.298	0.400	0.663	—	0.386	0.884**
Harvest index	-0.043	0.083	0.437	-0.151	—	0.561
Grain weight	0.110	0.690	0.888**	0.887**	0.104	—

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

Table 4. Relationships between competition index and coefficient of variance of major agronomic characters within hill in each rice cultivar type

Cultivar type	Competition index	Culm length	Panicle length	No. of spikelet /panicle	Biological yield	Harvest index	Grain weight
Japonica type	within hill	0.340	0.397	0.474	0.246	0.411	0.424
	between hill	-0.278	-0.660*	-0.827**	-0.602	-0.090	-0.560
	total	-0.220	-0.432	-0.678*	-0.432	0.329	-0.498
Tongil type	within hill	0.423	-0.394	-0.686	-0.541	-0.303	-0.751*
	between hill	0.272	-0.353	-0.492	-0.381	-0.316	-0.368
	total	0.212	-0.461	-0.528	-0.495	-0.317	-0.562

*** : significant at 1% and 5% level, respectively

서 보면 統一型 品種에서는 穗長과 1穗粒數, 1穗粒數 및 乾物重과 收量の 變異係數間에는 各各 正의 有意相關이 認定되었다. 日本型 品種에서는 收穫指數外 各 形質의 變異係數와 收量の 變異係數間에는 各各 正의 有意相關이 認定되었고, 各 形質의 變異係數 相互間에도 대체로 높은 正相關係數를 나타내거나 有意성이 認定되었다.

全體的으로 볼 때 統一型 品種에서는 稈長の 變異係數와 다른 形質들의 變異係數間에는 一定한 傾向이 없었으나 稈長外 形質들의 變異係數間에 比較的 높은 正相關係數를 나타내었고 日本型 品種에서는 各 形質 變異係數 相互間 대체로 높은 正相關係數를 나타내어 統一型 品種보다는 各 形質間 相互連關係가 좀더 크다는 것을 示唆해 준다.

그리고 栽植距離 30×15 cm, 株當本數 4本에서의 品種別 競爭指數와 主要 形質의 變異係數와의 關係를 表 4에서 보면 日本型 品種은 株間 및 全體 競爭指數와 穎花數 株間競爭指數와 穗長과, 統一型 品種에서는 株內競爭指數와 收量の 變異係數間에 各各 負의 有意相關이 認定되었고, 日本型 및 統一型 品種 各各이 競爭指數와 各 形質의 變異係數와는

有意성은 認定되지 않았으나 대체로 日本型 品種은 株內競爭指數와는 正相關, 株間 및 全體 競爭指數와는 負相關 關係로 나타났고, 統一型 品種은 各 競爭指數들과 稈長은 正相關으로 나타났으며, 各 形質들은 負相關으로 나타났다. 全體的으로 볼 때 日本型 및 統一型 品種 各各이 競爭指數가 높은 品種이 株內에서 主要 形質의 莖間 變異가 적은 것으로 나타나 株內에서 莖間 變異를 줄여 生育시키기 위해서는 競爭指數가 높은 品種 育成이나, 競爭指數를 좀더 높일 수 있는 栽培法 選擇이 바람직할 것으로 생각된다.

II. 主要 品種의 競爭反應 樣相別 栽植密度 反應

1. 株內 및 株間競爭 反應

水稻 栽培時 一定한 穗數를 確保하면서 株內 모은 莖의 生育이 旺盛하고, 均一하게 誘導할 수 있는 栽培法으로 栽植距離 및 栽植本數 調節을 첫번째 方法으로 생각할 수 있는데 栽植密度의 調節은 群落狀態下에서 品種別 株內 및 株間競爭 反應에 따라 달라진다. 앞에서 言及하였던(表 1) 바와 같이 株

Table 4. Competition index in association with plant spacing and seedling number

Cultivar type	Cultivar	Competition index within hill				Competition index between hill			
		1	3	5	7 ^{a)}	10×10	20×20	30×30	40×40 ^{b)}
Tongil type	Milyang 83	0	0.44	0.57	0.69	1.34	0.65	0.54	0.45
	Namyangbyeo	0	0.45	0.61	0.78	1.50	0.96	0.65	0.49
	Pungsanbyeo	0	0.50	0.64	0.76	1.70	1.57	1.17	0.84
	Average	0	0.46	0.61	0.74	1.51	1.06	0.78	0.59
Japonica type	Palgongbyeo	0	0.40	0.52	0.61	1.14	0.66	0.44	0.29
	Nacdongbyeo	0	0.40	0.59	0.70	1.26	0.74	0.43	0.33
	Dongjinbyeo	0	0.46	0.65	0.75	1.36	0.86	0.55	0.43
	Average	0	0.42	0.59	0.69	1.25	0.75	0.47	0.35

a) Seedling number per hill, b) Plant spacing (cm)

內 및 株間競争反應 樣相이 달랐던 主要 品種들의 栽植密度에 따른 競争指數를 表 4에서 보면 株內 및 株間競争指數 다같이 品種群別로는 統一型 品種이 日本型 品種보다 컸고, 株當本數別로는 株當本數가 增加할수록 栽植距離別로는 密植할수록 컸다. 株內 및 株間競争指數 變化의 相互關係는 統一型 品種의 경우 密陽 83號와 南榮벼는 栽植距離 30×30cm

와 株當本數 5本, 豐產벼는 栽植距離 40×40cm와 株當本數 7本, 日本型 品種에서는 八公벼와 洛東벼는 栽植距離 30×30cm, 東津벼는 40×40cm에서 各各 株當本數 3本과 株內 및 株間競争指數가 비슷 하였으나, 그 以上の 栽植密度에서는 株間競争指數 보다 株內競争指數가 높아 品種間 多少 差異를 보여 주고 있다.

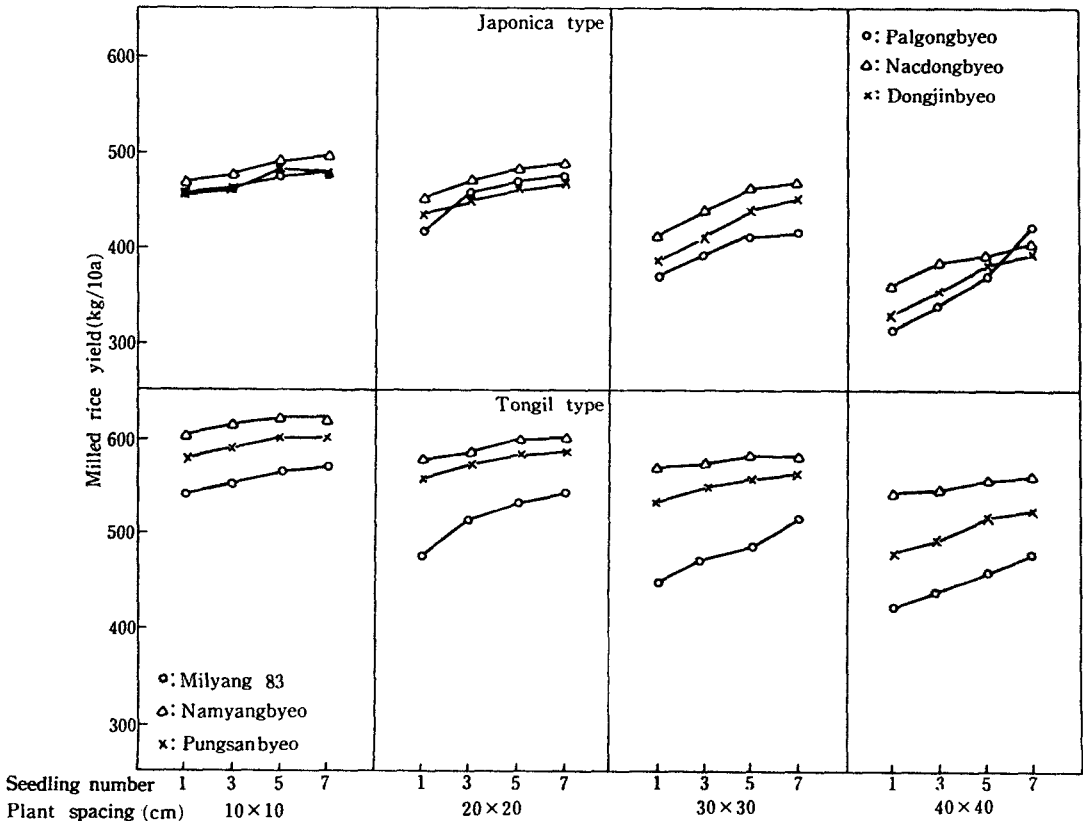


Fig. 1. Yield in association with plant spacing and seedling number

이는 株間距離 24 cm까지는 株内競争보다는 株間競争이 높고 36 cm 이상에서는 株間競争보다 株内競争이 높다고 한 報告와 비슷한 結果였다.⁹⁾

2. 收量反應

栽植密度別 收量反應을 그림 1에서 보면 品種別 다같이 栽植距離 10×10 cm에서는 株當本數別 收量差異가 크지 않았으나 그 이상의 栽植距離에서는 密植할수록, 그리고 株當本數가 많을수록 收量이 높았다. 栽植密度에 對한 影響은 대체로 株内 및 株間競争指數가 높은 品種에 比하여 낮은 品種에서 컸는데, 特別히 株當本數에 影響은 統一型 品種보다 日本型 品種이, 統一型 品種中에서는 豐産벼보다 密陽 83號가 株當本數 增加에 따라 收量增加가 컸다.

한편 品種別 栽植密度에 따른 競争指數와 畝收量과의 相互關係를 보면 株間競争指數와의 關係는 그림 2에서와 같이 豐産벼는 $Y = 68.78X + 494.41$ ($R = 0.950^{**}$)의 1次直線回歸式이, 그外 品種들은 2次曲線回歸式 關係가 成立되었다. 現在 標準

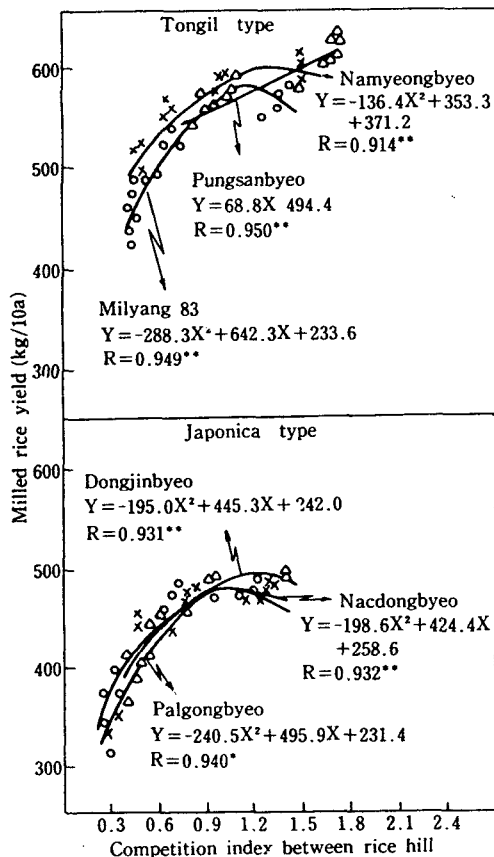


Fig. 2. Correlation between competition index between rice hill and milled rice yield

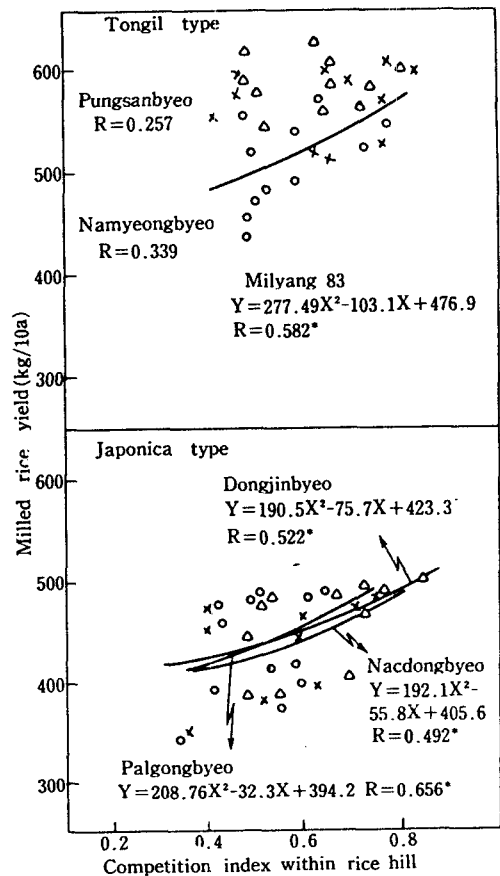


Fig. 3. Correlation between competition index within rice hill and milled rice yield

栽植距離인 30×15cm로 株當 栽植本數를 3本으로 栽培할 경우 株間 競争指數는 豐産벼 1.36, 南榮벼 0.85, 密陽 83號 0.62, 八公벼 0.62, 洛東벼 0.71, 東津벼 0.83程度로 나타났는데 收量增收을 위해서는 豐産벼 1.71, 南榮벼 1.30, 密陽 83號 1.11, 日本型 品種들은 1.03~1.14까지 株間 競争指數를 높여주는 것이 바람직한 것으로 보인다.

그리고 株内 競争指數와의 關係는 그림 3에서와 같이 統一型 品種에서 豐産벼와 南榮벼는 有意性이 認定되지 않았으나 密陽 83號와 日本型 品種들은 2次回歸曲線式에서 上向의 關係式으로 有意相關關係가 認定되어 株内 競争指數, 즉 株當本數가 收量에 미치는 影響은 日本型 品種들과 統一型 品種에서도 密陽 83號와 같이 小藥性 品種은 相當히 重要하게 影響함을 알 수 있다. 標準栽培(栽植距離 30×15 cm, 株當本數 3本)에서의 株内 競争指數는 日本型 品種은 0.40~0.46, 統一型의 密陽 83號는 0.48

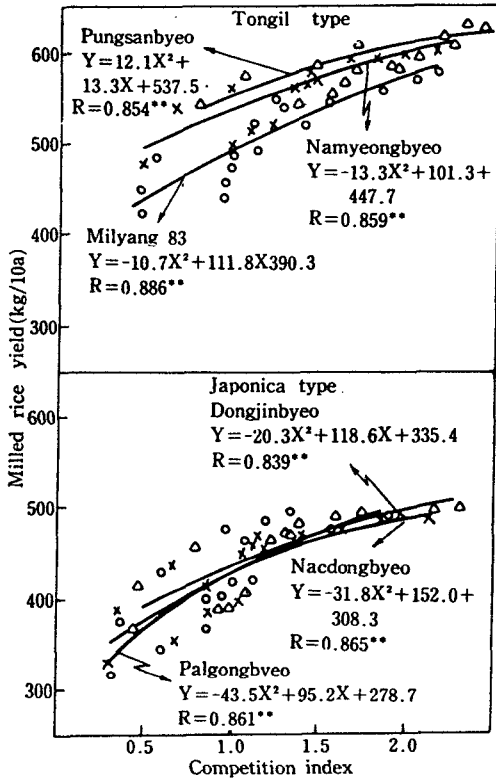


Fig. 4. Correlation between competition index and milled rice yield

前後가 되는데, 이것을 日本型の 八公벼는 0.64, 洛東벼와 東津벼는 0.76~0.84, 統一型の 密陽 83 號는 0.77 까지 增加시켜 줌에 따라 收量도 함께 增加되는 것을 알 수 있다.

한편 株間 및 株內 競爭指數를 합한 競爭指數와 收量과의 關係를 그림 4에서 보면 全 品種에서 2次回歸曲線式에서 上向의 關係로 나타났다. 標準栽培(栽植距離 30×15cm, 株當本數 3本)에서의 全體 競爭指數는 八公벼 1.15, 洛東벼 1.06, 東津벼 1.60, 密陽 83 號 1.12, 南榮벼 1.17, 豐産벼 1.40 程度인데 收量增收을 위해서는 위의 關係式에 따르면 栽植距離 및 株當本數의 調節로 全體 競爭指數를 八公벼 2.24, 洛東벼 2.40, 外 品種들은 250 以上으로 높여주는 것이 보다 높은 收量을 올릴 수 있는 方法이 될 것으로 나타났다.

摘 要

水稻 主要 品種別 株內 및 株間競爭反應과 株內에서 主要 形質의 莖間 變異 程度를 區分하고 主要 反應 樣相別 栽植密度 反應을 究明하여 多收穫 栽培技術 改善을 爲한 基礎資料로 利用하고자 試驗을 實

施하였던 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 株內 및 株間競爭指數가 다같이 낮은 品種은 八公벼, 密陽 83 號, 密陽 90 號, 常豐벼였고, 株內 및 株間競爭指數가 다같이 큰 品種은 豐産벼, 三剛벼, 圓豐벼, 太白벼, 東津벼 등이었다.

2. 株內 各 莖間 主要 形質의 變異는 形質에 따라 品種別 反應이 若干 달랐으나, 대체로 各 形質의 變異係數 相互間에는 正相關關係가 있었으며, 競爭指數가 높은 品種이 株內에서 主要 形質의 莖間 變異係數가 낮은 傾向이었다.

3. 競爭指數와 收量과의 關係에서 株內 競爭指數가 增加하면 日本型 品種들과, 統一型 品種中에서 小稈性인 密陽 83 號는 收量이 增加하였으나, 豐産벼와 南榮벼는 一定한 傾向이 없었다. 그러나 全品種 다같이 株間 및 全體 競爭指數가 增加하면 收量이 增加하였다.

4. 競爭指數 增加에 따른 收量의 增加 程度는 競爭指數가 낮았던 八公벼, 密陽 83 號 등에서 크게 나타났다.

引 用 文 獻

1. 姜在哲·崔富述. 1976. 統一벼의 株當苗數가 出穗 및 收量에 미치는 影響. 農事試驗研究報告 第18輯(作物編); 101.
2. 近藤頼己. 1961. イネ深耕密植栽培の意味と役割. 農及園36(12); 1881.
3. 水島倍一·伊藤 彊. 1942. 水稻に於ける栽植密度と耐冷性の 關係に就て. 農及園 17(12); 1511.
4. 金光鎬·李殷雄. 1979. 水稻 株當栽植本數에 따른 稈長 및 穗長の 株內分布에 관한 研究. 韓作誌 24(1): 24-29.
5. 朴成泰·金純哲·崔忠惇·李壽寬. 1985. 水稻의 株內 및 株間 競爭反應에 관한 研究. 韓作誌 30(3): 252-258.
6. 農村振興廳試驗局. 1962. 農事試驗研究 結果要覽(1905-1960). p. 23.
7. 角田公正·石井龍一·町田寬康. 1971. 作物の生育·收量に及ぼす栽植の不均一性の影響に關する 研究. 第1報. 1株植付苗數の不均一性が水稻の生育·收量に及ぼす影響. 日作紀 40(1); 1.
8. 石井龍一·角田公正·町田寬康. 1972. 1株植付苗數の不均一な水稻個體群におけると株間補と個體間 競爭. 日作紀 41: 57-61.