

水稻의 株内 및 株間 競爭反應에 관한 研究

朴成泰 · 金純哲 · 崔忠惇 · 李壽寬*

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

Seong Tae Park, Soon Chul Kim, Choong Don Choi and Soo Kwan Lee*

ABSTRACT

An experiment was conducted at the Yeongnam Crop Experiment Station to obtain basic informations about cultural techniques for high yielding by manipulating plant spacing using two rice cultivars, Samgangbyeo (Indica/Japonica type) and Nakdongbyeo (Japonica type), and four plant spacings, 10x10cm, 20x20cm 30x30cm and 40x40cm, with 4 kinds of seedling number per hill, 1, 3, 5 and 7, respectively.

High photosynthetic efficiency (Eu) exhibited at the Samgangbyeo compared to Nakdongbyeo regardless of plant spacings and seedling numbers. For Samgangbyeo, Eu value was the highest at the 20x20cm plant spacing and five seedlings and seven seedlings per hill showed high Eu values at 10x10cm plant spacing and 20x20cm plant spacing, respectively, while other plant spacings were not significantly differed among seedling numbers. For Nakdongbyeo, however, one seedling plot obtained high Eu value at the 10x10cm plant spacing while this Eu value increased as the seedling number per hill increased in other plant spacings.

There was a high positive correlation between rice grain yield and total competition index for both cultivars while kind of relationships differed in these two cultivars; linear relationship for Samgangbyeo and exponential relationship for Nakdongbyeo, respectively.

Competition index between rice hill was more significant than within rice hill for Samgangbyeo while both competition indexes were important for Nakdongbyeo to increase rice yield.

緒 言

植物 個體間의 競爭은 栽培植物을 對象으로 많은 研究가 이루어져 왔으며, 水稻에 관한 研究도 相當히 많이 報告되고 있다. 群落狀態에서의 植物個體는 물이나 養分, 光, CO₂, O₂와 같은 限定된 供給源에 대해 競爭을 하게 되는데, 여기에는 栽植密度가 가장 크게 影響을 미친다. 栽植密度에 대한 反應은 作物의

種類에 따라서도 크게 다를 뿐만 아니라 同一作物에서도 品種의 生理, 生態의 特性에 따라 크게 影響을 받기 때문에, 乾物重生産面이나 收量生産面에서의 栽植密度 反應을 究明하는 것이 多收穫 栽培技術 確立을 위한 基本 要件이 된다. 水稻는 密植할 수록 稈長과 穗長이 짧아지고^{4,6)} 透光率이 低下되며^{1,4,7)} 個體當 乾物重은 적어지나 單位面積當 乾物重은 增加하여 收量은 올라가나 一定 水準 이상의 密植에서는 乾物重의 增加가 없는 最終收量(Carrying Capacity)의

* 嶺南作物試驗場(Yeongnam crop experiment station, Milyang, 632, Korea) (1985. 6. 24 接受)

法則이 成立된다고 하는데^{4,8,11)} 水稻 栽培上 適正 栽植密度의 決定은 品種의 株間競爭 反應과 株內競爭 反應 程度에 따라 調節할 수 있다. 즉 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 多收稔을 위한 最大 競爭力을 維持할 수 있다. 本研究는 印度型/日本型 品種인 三剛벼와 日本型 品種인 洛東벼에 대한 栽植密度 反應을 究明하여 이들 品種의 多收稔 栽培를 위한 基礎資料를 얻고자 實施하였다.

材料 및 方法

本試驗은 1984年 嶺南作物試驗場 水稻試驗圃에서 實施하였는데, 供試品種은 多收型(印度型/日本型)인 三剛벼와 日本型인 洛東벼를 使用하였다. 栽培方法은 催芽된 種子를 4月 15日 m²當 90g으로 保温折衷못 자리에서 播種하여 5月 25日에 栽植距離를 各各 10×10cm, 20×20cm, 30×30cm, 40×40cm로 하여 各 栽植距離別로 株當本數를 1, 3, 5, 7本을 심었으며 栽植距離에 影響을 받지 않는 孤立株를 添加하여 品種別로 亂塊法 配置 3反覆으로 試驗을 實施하였다. 施肥量은 N-P₂O₅-K₂O를 成分量으로 各各 10a當 18-11-13kg을, 窒素는 基肥 60%, 分藥肥 20%, 穗肥 20%로 나누어 施用하였고, 磷酸과 加里는 全鼠 基肥로 施用하였다. 其他 栽培管理는 嶺南作物試

驗場 標準 栽培法에 準하였고, 生育 및 收量調査는 國際米作研究所(IRRI) 調査法에 따랐으며, 競爭指數는 石井¹⁰⁾ 등이 提示한 다음 식에 의해 算出하였다.

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

여기서 I(n); n本 孤立區 重量, P(n); n本 栽植株 重量, I(1); 1本 栽植株 重量, I(n); n本 栽植株 重量을 나타낸다.

結果 및 考察

1. 出穗期

栽植距離別 株當本數에 따른 品種別 出穗期 變化는 表 1과 같다. 두 品種 多같이 栽植距離가 좁을수록, 그리고 株當 栽植本數가 많을수록 出穗期가 빨라졌는데, 栽植距離 40cm×40cm에 比하여 10cm×10cm에서는 三剛벼가 2~4日, 洛東벼는 2日 程度 빨라졌고, 株當 栽植本數別로는 株當本數 1本에 比하여 7本에서 두 品種 多같이 1~3日이 빨랐다. 이는 密植을 하게 되면 株當 莖數는 減少되나 單位面積 當 莖數는 增加되며 最高 分藥期가 빨라지고 따라서 出穗期도 빨라진다고 한 報告와 같은 結果였다.^{1,2,4)}

Table 1. Rice heading date as affected by plant spacing and seedling number per hill

Plant spacing (cm)	Samgangbyeo				Nakdongbyeo			
	1	3	5	7*	1	3	5	7*
10×10	Aug. 2	Jul. 31	Jul. 30	Jul. 30	Aug. 12	Aug. 11	Aug. 11	Aug. 10
20×20	Aug. 2	Aug. 1	Aug. 1	Aug. 1	Aug. 13	Aug. 12	Aug. 12	Aug. 11
30×30	Aug. 3	Aug. 2	Aug. 2	Aug. 2	Aug. 14	Aug. 12	Aug. 12	Aug. 11
40×40	Aug. 4	Aug. 3	Aug. 3	Aug. 3	Aug. 14	Aug. 13	Aug. 13	Aug. 12

* : Seedling number per hill.

2. 穗數 및 穎花數

栽植距離別, 株當 栽植本數에 따른 穗數의 變化를 그림 1에서 보면 두 品種 多같이 栽植距離別로는 密植이 될수록 m²當 穗數는 많았으나 株當穗數는 적어졌으며, 株當 栽植本數間에는 株當本數가 增加할수록 株當 및 m²當 穗數는 많았는데 이러한 傾向은 疎植(30×30cm, 40×40cm)에서 컸다. 株當本數 增加에 따른 穗數 增加 反應은 대체로 三剛벼의 경우 5本, 洛東벼의 경우는 3本에서 最大에 達하였다.

한편 穎花數의 變化는 그림 2와 같이 穗數에서와 마찬가지로 栽植距離別로는 密植이 疎植보다 m²當 穎花數는 많았으나, 株當穎花數는 적었고, 株當栽植本數間에는 두 品種 多같이 株當 栽植本數가 增加할수록 m²當 穎花數가 많았으며, 이러한 傾向은 穗數의 變化와는 달리 密植方向에서 컸고 疎植에서는 穎花數 增加 程度가 적었다. 이러한 點으로 미루어 보아 栽植密度에 따라서 穗數와 穎花數 相互間에는 補完關係^{4, 5, 8, 9)}가 作用하고 있음을 알 수 있다. 그리고

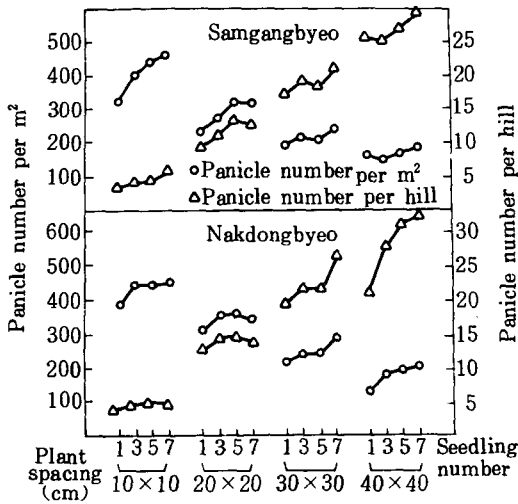


Fig. 1. Panicle number per hill or per m² in association with plant spacing and seedling number.

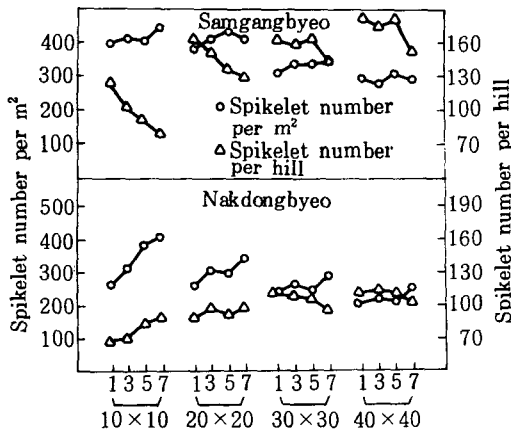


Fig. 2. Spikelet number per hill or per m² in association with plant spacing and seedling number.

穗當穎花數는 三剛벼의 경우 密植區에서는 株當栽植本數가 增加할 수록 적어졌고, 疎植에서는 5本까지는 비슷하고 그 以後에서는 적어졌다. 洛東벼의 경우는 三剛벼와는 反對로 密植에서도 株當栽植本數가 增加함에 따라 穗當穎花數도 緩慢하게 많아졌으나, 疎植에서는 이와 反對로 株當本數를 增加시키면 점차 穗當穎花數가 減少하는 傾向을 보여 주었는데, 이것은 洛東벼의 경우 密植區에서 株當本數를 增加시키면 主莖確保 効果에 의한 穎花數 增加로 解析된다. 이와 같이 密植에서의 株當栽植本數에 따른 穗

當穎花數 反應의 品種間 差異로 미루어 볼 때 密植 즉 個體 相互間의 甚한 競爭狀態 維持에 의한 穎花數 確保는 三剛벼는 株當本數 增加보다는 栽植距離를 좁혀서 穎花數를 確保하는 것이 바람직하며, 反對로 洛東벼의 경우에는 栽植距離 調節과 함께 株當本數를 많이 하여 主莖增加에 의한 穎花數 確保가 有利함을 示唆해 주고 있다.

3. 乾物生産 및 收穫指數

生物學的으로 穀實作物의 收量은 營養體와 生殖器官인 穀實을 合한 總乾物重으로 表現되지만, 作物學的으로는 人間에게 가장 많이 利用되는 部分 즉 穀實 收量이 重要視되고 있다. 穀實收量 成立의 重要한 要素로는 總乾物重에 대한 收穫指數의 比率로 나타내 지는데³⁾ 이들 두 要素는 한 要素가 增加하면 다른 한 要素는 減少하는 一列의 相對性을 지니고 있어 두 要素의 均衡維持가 重要한데, 理論上으로 收量增收을 위해서는 總乾物重을 增加시키면서 收穫指數를 그대로 維持시키거나 總乾物重 增加에 따른 收穫指數의 減少率을 줄이는 方向과 總乾物重은 그대로 維持시키면서 收穫指數를 올릴 수 있는 方法을 생각할 수 있다. 栽植距離別, 株當栽植本數에 따른 乾物重 및 收穫指數의 變化는 그림 3과 같은데 두 品種 다 같이 栽植距離가 좁을 수록 그리고 株當栽植本數가 많을 수록 乾物重이 많았다. 그러나 이와 같은 傾向은 品種間의 差異를 보이고 있는데 洛東벼의 경우는

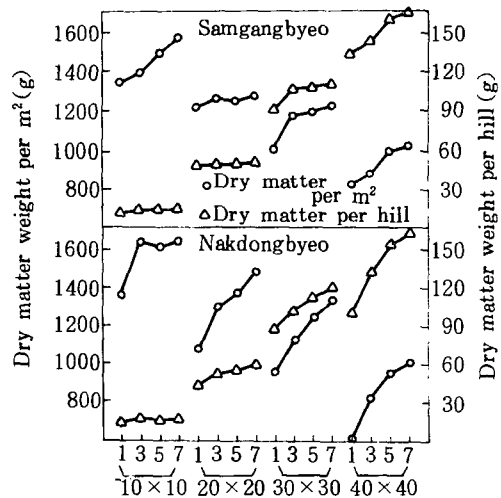


Fig. 3. Dry matter weight per m² or per hill in association with plant spacing and seedling number.

栽植距離 10cm×10cm로 株當 3本에서 最大 乾物 重 生産量을 보였고, 그 以上의 株當本數를 增加시키도 乾物重은 增加하지 않았다. 다음으로 收穫指數

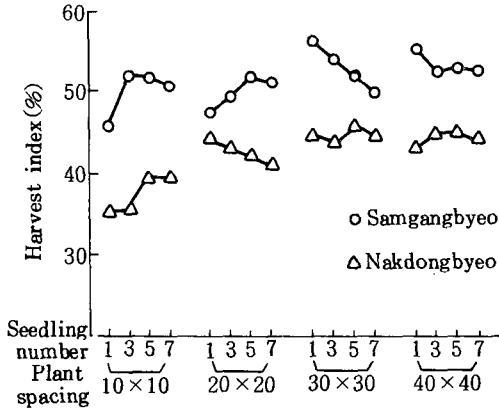


Fig. 4. Harvest index in association with plant spacing and seedling number.

의 變化를 그림 4에서 보면 品種別로는 三剛벼가 洛東벼보다, 栽植距離別로는 대체로 疎植이 될 수록 약간씩 높아지는 傾向이었고 株當 栽植本數別로는 三剛벼의 경우 栽植距離 10×10cm, 20×20cm에서 各各 3本, 5本植에서, 30×30cm에서는 株當本數가 적을 수록 收穫指數가 높았고, 40×40cm에서는 株當本數間 收穫指數는 큰 差異가 없었다. 洛東벼의 경우는 栽植距離 10×10cm에서는 株當本數 5~7本植에서, 20×20cm에서는 株當本數가 적을 수록 收穫指數는 높은 傾向을 보였으며, 그 以上 栽植距離에서는 株當 栽植本數間 큰 差異가 없었다. 以上의 結果를 보면 競爭反應이 甚한 密植條件下에서는 分蘖莖에 依한 穗數確保보다는 主莖에 依한 穗數確保가 收量指數를 올리는데 有利하며, 栽植密度가 점차 넓어져 營養分 등이 充分한 條件下에서는 株當 栽植本數間 收穫指數의 變化는 점차 적어지게 되었다.

Table 2. Photosynthetic efficiency in association with plant spacing and seedling number per hill

Plant spacing (cm)	Photosynthetic efficiency (%)									
	Samgangbyeo					Nakdongbyeo				
	1	3	5	7*	Mean	1	3	5	7*	Mean
10×10	1.5	1.9	2.1	1.8	1.8	2.0	1.6	1.6	1.4	1.7
20×20	1.4	1.9	2.1	2.4	2.0	1.6	1.5	2.1	2.2	1.9
30×30	1.3	1.6	1.4	1.5	1.5	1.0	1.3	1.3	1.3	1.2
40×40	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0.6	0.8	0.9	1.0	0.8
Mean	1.4	1.7	1.7	1.7	1.6	1.3	1.3	1.5	1.5	1.4

* Seedling number.

4. 光合成 効率

一般的으로 栽植密度와 光合成 効率과는 密接한 關係를 維持하는데 本試驗에서의 栽植密度에 따른 光合成 効率 反應은 表 2와 같다. 品種別로는 洛東벼에 比하여 三剛벼가, 栽植距離別로는 20×20cm에서 光合成 效率이 높았고, 栽植本數別로는 三剛벼의 경우 3本, 洛東벼는 5本까지 株當 栽植本數를 增加할 수록 光合成 效率이 增加하였으나, 그 以上에서는 增加되지 않았다. 栽植距離面이나 株當本數面으로 볼 때 三剛벼가 洛東벼보다 높은 光合成 效率을 보이며, 群落狀態에서 보다 效率의인 光合成을 營爲해 가고 있음을 알 수 있다.

5. 株內 및 株間 競爭反應

群落狀態下에서 植物의 競爭은 遺傳子型이 다른 異種間的 競爭과 遺傳子型이 같은 同種間的 競爭을

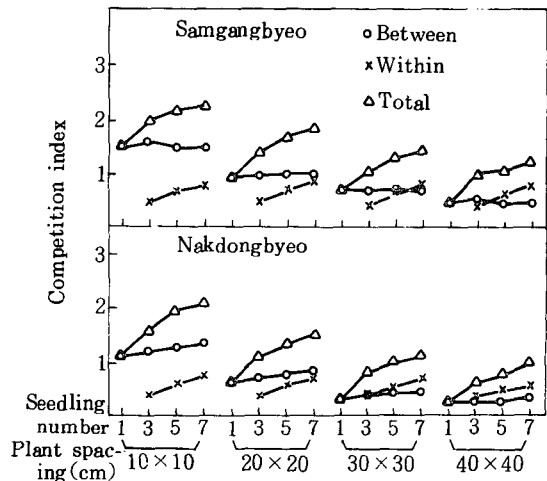


Fig. 5. Competition index in association with plant spacing and seedling number.

생각할 수 있는데,水稻栽培時 일어나는 同種間의 競爭은 株間 및 株內競爭으로 나누어진다. 栽植密度에 따른 競爭指數를 그림 5에서 보면 全體 競爭指數의 경우 品種間에는 洛東벼보다 三剛벼가, 栽植距離別로는 密植이 株當本數別로는 株當本數가 增加할 수록 競爭指數가 높았으며 株間 및 株內 競爭指數 變化의 相互關係는 三剛벼의 경우, 栽植距離 20×20cm까지와, 30×30cm의 3本까지는 株內競爭에 비하여 株間競爭이 높았고, 30×30cm에 株當本數 5本과 40×40cm의 株當本數 3本에서는 株間 및 株內 競爭反應이 서로 비슷하였으며 그 以上 栽植距離에 따른 株當本數에서는 株間競爭보다 株內競爭 反應이 높았다. 洛東벼의 경우는 栽植距離 20×20cm까지는 株內 競爭反應보다 株間 競爭反應이 높았고, 栽植距離 30×30cm, 株當本數 3本에서 株間 및 株內 競爭反應이 비슷하였으며, 그 以上の 栽植距離 및 株當本數에서는 株間 競爭反應보다 株內 競爭反應이 높아 品種間에 多少의 差異를 보여 주고 있다. 이는 株間距離 24cm까지는 株內競爭보다는 株間競爭이 높고 36cm 以上에서는 株間競爭보다 株內競爭이 높다고 한 報告와 비슷한 結果였다.¹⁰⁾

6. 收量反應

栽植密度別 收量性を 그림 6에서 보으면 栽植距離別로는 두 品種 다같이 10×10cm까지는 密植할 수록 收量이 높았고, 株當本數別로는 대체로 三剛벼의

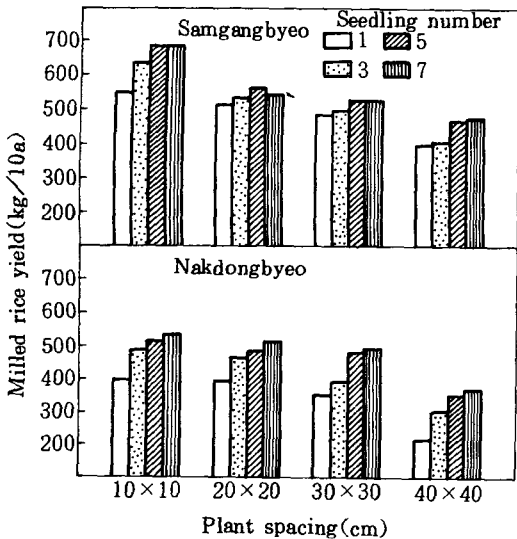


Fig. 6. Yield in association with plant spacing and seedling number.

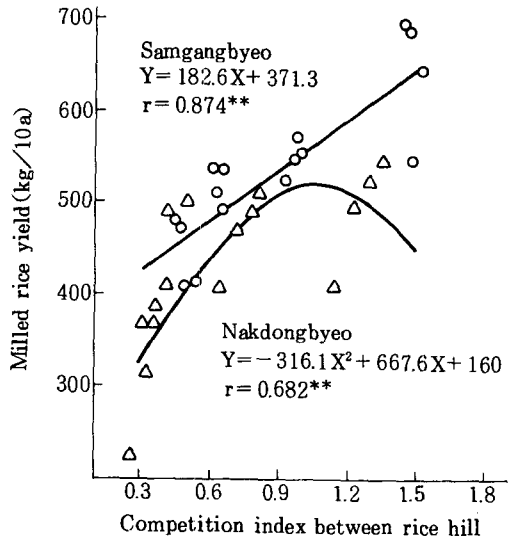


Fig. 7. Correlation between competition index between rice hill and milled rice yield.

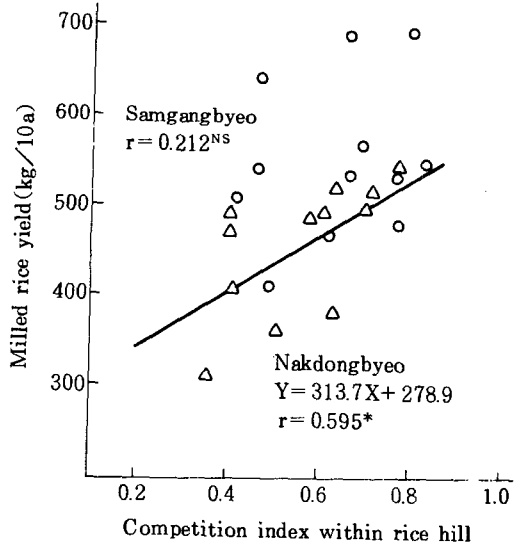


Fig. 8. Correlation between competition index within rice hill and milled rice yield.

경우 5本까지는 株當本數를 增加할 수록 收量이 높았으나, 그 以上에서는 큰 差異가 없었으며 洛東벼는 株當本數 7本까지 株當本數를 增加시킬 수록 收量이 높았다.

한편 品種別 栽植密度에 따른 競爭指數와 쌀收量과의 相互關係를 그림 7에서 보면 株間 競爭指數와의 關係는 三剛벼가 $Y = 182.6 + 371.3(r = 0.874^{**})$ 의 -

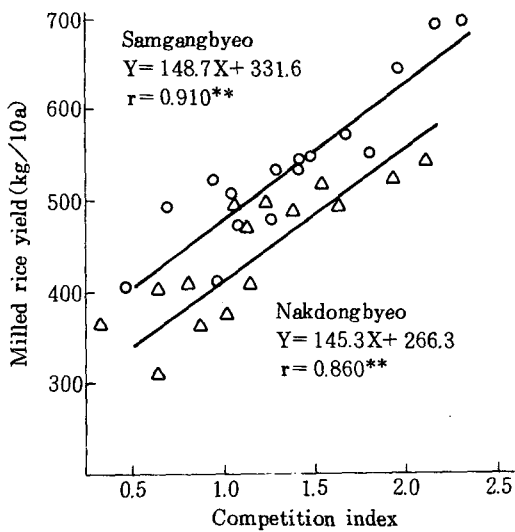


Fig. 9. Correlation between competition index and milled rice yield.

次 直線回歸式이 成立되는데 반해 洛東벼는 $Y = -316.1X^2 + 667.6X + 160.0$ ($r^2 = 0.682^{**}$)의 二次 曲線回歸式의 關係가 成立되었다. 現在 標準 栽植距離인 $30 \times 15\text{cm}$ 로 株當 栽植本數를 3本으로 栽培할 경우 株間 競爭反應 指數는 三剛벼가 0.93, 洛東벼가 0.69程度로 나타났는데 收量 增收을 爲해서는 三剛벼는 1.53, 洛東벼는 1.01까지 株間 競爭指數를 높여 주는 것이 바람직 하였다.

한편 株內 競爭指數와 實收量과의 相互關係를 그림 8에서 보려면 三剛벼는 有意性이 認定되지 않았으나 洛東벼는 正의 有意 相關關係가 認定되어 株內 競爭指數 즉 株當本數가 收量에 미치는 影響은 三剛벼와는 달리 洛東벼는 상당히 重要하게 影響함을 알 수 있다. 이것을 좀더 具體적으로 살펴보면 洛東벼의 경우 標準栽培(栽植距離 $30 \times 15\text{cm}$, 株當本數 3本)에서의 株內 競爭指數는 0.40前後가 되는데 이것을 0.82까지 增加시켜 줌에 따라 收量도 함께 增加되는 것을 볼 수 있다.

다음으로 株間 및 株內 競爭指數를 合한 全體競爭指數와 收量과의 相關關係는 그림 9와 같은데, 두 品種 다같이 正의 有意 相關關係가 認定되었는데 現在 標準 栽植距離인 $30 \times 15\text{cm}$, 株當本數 3本の 경우 全體 競爭指數는 三剛벼 1.39, 洛東벼 1.09程度인데, 위의 關係式에 依하면 收量增收을 爲해서는 栽植距離 및 栽植本數의 調節에 依해 全體 競爭指數를 三剛벼 2.3, 洛東벼 2.1까지는 높여주는 것이 가장 높

은 收量을 올릴 수 있는 方法이 될 것으로 나타났다.

摘 要

水稻 主要 形質의 栽植密度 反應을 究明하여 多收穫 栽培技術 改善을 위한 基礎資料로 利用하고자 多收型 品種(印度型/日本型)인 三剛벼와 日本型 品種인 洛東벼를 供試하여 栽植距離를 $10 \times 10\text{cm}$, $20 \times 20\text{cm}$, $30 \times 30\text{cm}$, $40 \times 40\text{cm}$ 로 하고, 各 栽植距離別 株當本數를 1, 3, 5, 7本으로 하여 試驗을 實施하였던 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 出穗期는 密植할 수록, 株當本數가 많을 수록 빨랐는데 栽植距離 $10 \times 10\text{cm}$ 에 株當本數 7本은 $40 \times 40\text{cm}$ 1本보다 三剛벼는 5日, 洛東벼는 4日이 빨랐다.

2. m^2 當 穗數 및 穎花數, 總乾物重, 收量은 一般의 所以로 密植할 수록, 株當本數가 많을 수록 높은 傾向이었으나, 總乾物重은 洛東벼의 경우 栽植距離 $10 \times 10\text{cm}$, 株當本數 3本에서 最大에 達하여 그 以上에서는 增加되지 않았다.

3. 收穫指數는 密植보다 疎植이 높았고, 株當本數別로는 密植에서는 本數가 많은 쪽이, 疎植에서는 株當本數間 差異가 없었다.

4. 光合成 效率는 洛東벼보다 三剛벼가 높았고, 栽植距離別로는 $20 \times 20\text{cm}$ 에서 높았다. 栽植距離別 株當本數에 따른 影響은 三剛벼의 경우 $10 \times 10\text{cm}$ 에서는 5本, $20 \times 20\text{cm}$ 에서는 7本에서 각각 높았고, 그 以上 栽植距離에서는 株當本數間 差異가 없었다. 洛東벼는 栽植距離 $10 \times 10\text{cm}$ 에서는 株當本數 1本에서 높았으나, 그 以上 栽植距離에서는 株當本數가 增加할 수록 높은 傾向이었다.

5. 栽植密度에 따른 全體 競爭反應은 洛東벼보다 三剛벼가, 密植이 疎植보다, 株當本數가 增加할 수록 높았고, 株內 및 株間 競爭反應의 相互關係는 三剛벼의 경우 栽植距離 $30 \times 30\text{cm}$ 에 株當本數 3本까지, 洛東벼는 栽植距離 $20 \times 20\text{cm}$ 까지는 株間 競爭反應이 높았으나 그 以上에서는 오히려 株內 競爭反應이 높았다.

6. 競爭指數와 收量과의 相關關係는 두 品種 다같이 綜合 競爭指數와는 正의 有意 相關이 있었으나, 株間 競爭指數와는 三剛벼는 直線的인 關係式이, 洛東벼와는 指數曲線의인 關係가 成立하였고, 株內 競爭指數와는 洛東벼만 有意 相關이 있었고, 三剛벼는 有意 相關이 認定되지 않았다.

7. 以上の結果를 綜合해 볼 때 三剛벼와 洛東벼는 競合指數가 2.1~2.3程度까지 增加할 수록 收量은 直線的으로 增加하는 傾向이었으며, 競爭指數 增加面에 있어서는 三剛벼는 株間距離에 依해, 洛東벼는 株間距離와 株當本數에 依한 調節이 바람직 하였다.

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. _____. 1974. 水稻의 登熟向上을 위한 栽培法. 韓作誌 16:47~57.
3. Donald C.M. and J. Hamblin. 1977. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria, *Advances in agronomy* 28:361~406.
4. 洪環植, 李浩鎮, 洪有基. 1983. Fan-Design을 利用한 水稻品種別 適正栽植密度 推定. 農試報告. 25:106~117.
5. 伊藤隆二. 1962. 作物大系 IV. 水稻の栽培. 養賢堂.
6. 金純哲, K. Moody. 1980. 雜草群落型別로 본 窒素施肥量과 栽培密度가 水稻의 競合에 미치는 影響. 韓作誌 25(4):17~27.
7. 권항광, 김용주, 박준규, 권영섭, 1971. 栽植密度와 窒素 및 鉀의 施用量이 벼의 光合成에 미치는 效果. 農試報告 14(植環):73~81.
8. 李殷雄. 1972. 新稿 水稻作. 鄉文社.
9. _____, 朴淳直, 李映泰, 具滋玉. 1978. 相異한 肥沃度下에서 栽植密度에 따른 水稻品種別 生育 및 收量變異. 서울大. 農學研究 제3권 제2호 제1집;89~100.
10. 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 株間補償と個體間 競爭. 日作紀 41:57~61.
11. 武田友四郎. 1961. 密植の問題と水稻の增收限界[1] 農業及園藝 36(4):627~632.