

## 育成年度가 다른 벼 品種의 生育 및 收量特性

林俊澤\* · 申東永\* · 金鶴鎮\*

## Growth and Yield Characteristics of Rice Varieties Developed in Different Years

June Taeg Lim\* · Doung Young Shin\* · Hak Jin Kim\*

**ABSTRACT** : This study was conducted 1)to determine the factors responsible for the gradually increased rice yield by examining any improvements in yield-related characters and physiological characters among the historically recommended varieties of rice in Korea, and 2)to reveal the way of achieving further yield improvement by breeding in the future. Eight recommended varieties from 1911 to 1988 were selected and grown at the same conditions. The yield-related characters were observed at the harvest time, and the physiological characters such as RGR, NAR, LAR, SLA and LWR were estimated by the classical method of growth analysis.

The newer varieties are shorter and those released after 1970's are greater in percent of filled spikelets and harvest index than the older varieties. There are no definite changing trends in the variations of number of panicles per hill, number of spikelets per panicle and 1000 grain weight according to the course of evolution in the recommended varieties. There is little evidence of improvement in the physiological characters such as NAR, LAR, SLA and LWR among the recently developed varieties compared with those of the older varieties. The increase in grain yield due to variety improvement, if any, is largely associated with the greater harvest index and percent of filled spikelets by breeding blight resistant and /or lodging resistant genotypes with short culm. It is suggested that increase in NAR should be carried out simultaneously with increase in harvest index to breed high yielding genotypes. It appears to be important to breed genotypes with long culm in order to enhance light penetration into the canopy as long as they are lodging resistant. Since NAR is negatively correlated with LAR, it is unlikely to succeed to improve both characters simultaneously. The direct effect of NAR on RGR by path analysis is much larger than that of LAR, and hence it is suggested that breeding genotype with large NAR is more effective on enhancing RGR. It is also suggested that improving LAR through LWR is likely effective on increasing RGR.

**Key word** : Rice, Harvest index, RGR, NAR, LAR, SLA, LWR, Specific light intercept coefficient

한국의 水稻에 있어서 單位收量은 增加 추세를 보여 왔다. 農村經濟研究院의 報告에<sup>3)</sup> 의하면 玄米收量은 1900~1920년도에는 200~300kg/10a, 1920~1940년도에는 200~400kg/10a, 1940~1970년도에는 250~400kg/10a 그리고 1970년도 이후에는 400~450kg/10a로 절대적 增加를 보인 것은 사실이다. 이러한 收量增大는 栽培技術의 發達에서 뿐 아니라 育種에 의한 品種改良에도 基因한다 할 것이다. Silvey<sup>19)</sup>에 의하면 1947년에서 1977년 사이에 英國의 밀 收量은 80% 增加하였으며 이 가운데 育種에 의한 品種改良의 效果가 40%로 추정되었다. 權<sup>1)</sup>은 栽培法에 따른 時代的 水稻品種들의 여러 形質들을 調査하여 收量增大에 대한 育種效果를 檢討하였으며 多收性 品種育成을 위한 基準으로 生産性 評點의 利用을 提示하였다. 品種改良을 통한 水稻의 收量增大는, 水分이나 養分이 制限要因이 되지 않은 경우, 耐倒伏性, 耐病 害蟲性, 높은 單位葉面積當 光合成率, 同化產物의 同化器官에의 높은 配分率, 光利用效率이 높은 草型의 開發, 그리고 同化器官과 貯藏器官과의 적절한 比率 등을 통해서 이루어 진다.

植物의 相對生長率(RGR)은 單位 葉面積當 純同化率(NAR)과 葉面積比率(LAR)의 곱으로, 그리고 葉面積比率는 相對葉面積(SLA)와 葉重比率(LWR)의 곱으로 표현된다. 즉,

$$RGR = NAR \times SLA \times LWR$$

로 표현된다. 單位 葉面積當 光合成率은 純同化率에, 그리고 同化產物의 同化器官에의 높은 配分率은 葉面積比率에 의해 그 크기를 推定할 수 있다. 또한 光利用效率에 關係되는 草型은 葉面積指數를 利用한 消滅係數(extinction coefficient)에<sup>11)</sup> 의해, 그리고 同化器官과 貯藏器官의 比率는 收穫指數에 의해 評價할 수 있을 것이다. 이들 形質들은 獨立의으로 收量 形成에 關與하는 것이 아니며 相對葉面積과 葉重比率에 의해 消滅係數가 影響받으며 消滅係數의 影響은 또한 純同化率에 包含되어 있다<sup>15)</sup>. 相對生長率이 單位 時間當 單位 乾物重當 乾物 生産量임을 勘案할 때 收量은 登熟期의 乾物重, 相對生長率 그리고 이삭에의 配分率의 곱으로

表現될 것이다. 登熟期의 乾物重은 營養 生長期의 相對生長率에 의해 決定되므로 이삭에의 配分率이 一定할 境遇 相對生長率의 收量에 대한 影響은 至大할 것이다.

본 研究는 時代的 獎勵品種들의 收量 形質 및 純同化率등의 生理的 形質에서의 變化를 살펴 收量增大의 原因을 밝히고, 生理的 形質의 改良을 통한 水稻 收量增大 方案을 提示하고자 行하여 졌다.

## 材料 및 方法

1910년대에서 1980년대의 獎勵品種 중 8品種, 즉 다마금, 팔달, 진흥, 낙동벼, 동진벼, 대청벼, 화성벼 그리고 서해벼를 供試品種으로 순천대학교 인접 圃場에 1990년 5월 21일 保溫 折衷못자리에 播種하여 6월 21일 本畝에 栽植距離 25×15cm로 1株 3本으로 移秧하였다. 實驗區 配置는 난괴법 3반 복으로 하였으며 實驗單位 面積은 5坪으로 하였다. 施肥 水準은 요소, 용과린, 염화가리를 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 11-7-8kg/10a 水準으로 施用하였으며, 인산질과 가리질 비료는 이양 직전 全量基肥로 하였고 질소질 비료는 移秧時, 7월 2일, 7월 20일에 4:3:3으로 分施하였다. 株當 地上部 乾物重, 株當 葉乾物重 그리고 株當 葉面積은 7월 12일부터 1週 간격으로 6회에 걸쳐 반복당 4주씩 표本 추출하여 調査하였으며, 株當粒重 및 收量구성요소는 收穫時 반복당 10株씩 표本 추출하여 調査하였다. 葉의 光遮斷率을 測定하기 위해 光量計를 利用하여 canopy위에서부터 0cm, 20cm, 40cm, 60cm 그리고 80cm 깊이의 光量을 測定하였다. 生理的 形質들은  $RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$ ,

$$NAR = (W_2 - W_1) / (A_2 - A_1) \times (\ln A_2 - \ln A_1) / (t_2 - t_1),$$

$$LAR = (A_2 + A_1) / (W_2 + W_1),$$

$$SLA = (A_2 + A_1) / (Lw_2 + Lw_1),$$

$$LWR = (Lw_2 + Lw_1) / (W_2 + W_1),$$

의 식을 통하여<sup>14)</sup> 계산된 平均값을 利用하였는데 이때 W<sub>i</sub>, A<sub>i</sub>, 그리고 Lw<sub>i</sub>는 각 각 시간 t<sub>i</sub>에서의 地上部 乾物重, 葉面積 그리고 葉重이다. 收穫指數는 株當 登熟粒重을 株當 總乾物重으로 나누어서 계

산하였다. 消滅係數를 대신하여 利用되는 單位 葉面積當 光遮斷係數(specific light intercept coefficient, SLIC), k는

$$I=I_0 \exp(-a X),$$

$$k=a/A,$$

를 통해 계산하였는데 이때  $I_0$ 는 canopy위에서의 光量이며, X는 canopy위에서부터 내부로의 거리이고 I는 Xcm 깊이에서의 光量이며 A는 該當 實驗區의 株當 葉面積이다. k값이 크면 單位 葉面積當 光遮斷量이 많은 것을 의미한다.

## 結 果

### 1. 수량구성요소에서의 변이

時代別 獎勵品種들의 收量形質들의 平均과 Duncan 檢定 結果는 表 1에 제시되어 있다. 稈長은 다마금에서 117.7cm로 가장 길었으며 서해벼가 68.4cm로 가장 짧아 최근 品種일수록 대체로 짧아지는 傾向이었으며 稈長의 年減少率은 약 0.006이었다(Fig. 1). 株當穗數는 最新 品種인 서해벼에서 가장 많았고 다마금에서 11개로 가장 적었으나 時代別 品種에 따른 變化에 一定한 傾向은 없었다. 穗當粒數는 다마금 등 옛날 品種에서 많았으며 동진벼나 서해벼에서도 100개 이상으로 높았으나 시간의 흐름에 따라 다소 감소하는 傾向이었다. 株當穗數와 穗當粒數의 곱으로 나타나는 株當總粒數

는 서해벼에서 가장 많았으나 이 品種을 제외하고는 최근에 올수록 다소 감소하는 傾向이었다. 登熟率은 서해벼를 제외하면 最新 品種이 월등히 높은 값을 보였는데 이것은 다마금이나 팔달은 심한 倒伏으로, 그리고 진흥은 이삭 稻熱病의 發病으로 인하여 登熟率의 저하를 보인 것을 勘案할 때 稻熱病 抵抗性和 稈長의 短縮에 의한 耐倒伏性에 의한 結果로 생각된다. 千粒重은 時代別 品種에 따라 一定한 傾向은 없었으나 팔달은 심한 倒伏으로 인하여 낮은 값을 보였고 진흥은 이삭 稻熱病이 發病되지 않은 部位의 벼알들이 sink-source의 關係에서 충실히 成熟되어 높은 千粒重을 보인 것으로 생각된다. 한편, 서해벼는 21.2g의 千粒重으로 最低의 값

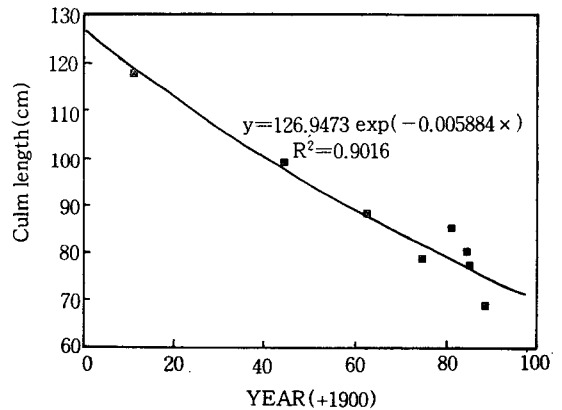


Fig. 1. Variation of culm length in rice cultivars recommended from 1911 to 1988.

Table 1. Means of yield-related characters, and Duncan's multiple range test

Varieties	Recommended Year	Variable							
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Damakeum	1911	117.7 <sup>a+</sup>	11.0 <sup>c</sup>	121.2 <sup>a</sup>	1325.6 <sup>ab</sup>	61.2 <sup>ab</sup>	27.7 <sup>bc</sup>	20.96 <sup>ab</sup>	8.7
Paldal	1944	98.9 <sup>b</sup>	12.3 <sup>c</sup>	108.6 <sup>a</sup>	1333.6 <sup>bc</sup>	47.1 <sup>b</sup>	22.7 <sup>cd</sup>	14.50 <sup>b</sup>	9.0
Jinheung	1962	88.4 <sup>c</sup>	13.4 <sup>bc</sup>	106.2 <sup>bc</sup>	1419.0 <sup>b</sup>	47.4 <sup>b</sup>	29.4 <sup>a</sup>	19.77 <sup>ab</sup>	0.0
Nagdongbyeo	1975	79.3 <sup>d</sup>	15.2 <sup>ab</sup>	83.4 <sup>bc</sup>	1248.2 <sup>bc</sup>	78.9 <sup>a</sup>	26.7 <sup>ab</sup>	26.14 <sup>a</sup>	0.0
Dongjinbyeo	1981	85.2 <sup>c</sup>	12.3 <sup>c</sup>	107.7 <sup>a</sup>	1321.1 <sup>bc</sup>	72.2 <sup>ab</sup>	26.2 <sup>b</sup>	24.81 <sup>a</sup>	0.0
Daechungbyeo	1984	80.5 <sup>d</sup>	14.8 <sup>ab</sup>	78.6 <sup>bc</sup>	1155.3 <sup>c</sup>	70.9 <sup>ab</sup>	25.5 <sup>bc</sup>	20.92 <sup>ab</sup>	0.0
Hwasungbyeo	1985	77.9 <sup>d</sup>	12.9 <sup>bc</sup>	85.8 <sup>bc</sup>	1109.4 <sup>c</sup>	74.8 <sup>a</sup>	27.6 <sup>ab</sup>	22.81 <sup>a</sup>	0.0
Suhaebeyeo	1988	68.4 <sup>e</sup>	15.9 <sup>a</sup>	102.5 <sup>ab</sup>	1633.0 <sup>a</sup>	58.1 <sup>ab</sup>	21.2 <sup>d</sup>	21.20 <sup>d</sup>	0.0

\* X1 : culm length(cm), X2 : number of panicles/hill, X3 : number of spikelets/panicle, X4 : number of spikelets/hill, X5 : percent of filled spikelets, X6 : weight of 1000 grains, X7 : grain weight/hill, X8 : lodging(0-9).

+ The different character indicates the significant difference between treatment means at the 5 percent significant level.

Table 2. Means of physiological characters

Varieties	RGR (g g <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	NAR (g dm <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	LAR (dm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	SLA (dm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	LWR (g g <sup>-1</sup> )	SLIC (dm <sup>-2</sup> )	Harvest index
Damakeum	.0726	.0451	1.5534	2.4984	.6186	—	.39
Paldal	.0712	.0438	1.5768	2.5744	.6073	—	.38
Jinheung	.0828	.0553	1.4342	2.3556	.6004	.00493	.41
Nagdongbyeo	.0754	.0432	1.7440	2.8168	.6095	.00523	.52
Dongjinbyeo	.0778	.0465	1.6111	2.6158	.6097	.00497	.49
Daechungbyeo	.0783	.0419	1.8181	2.9312	.6125	.00403	.45
Hwasungbyeo	.0778	.0529	1.3857	2.3902	.5752	.00473	.48
Suhaebyeo	.0765	.0442	1.7214	2.6728	.6317	.00557	.47

\* SLIC of varieties, Damakeum and Paldal could not be measured because of severe lodging.

을 보였는데 이는 과도한 株當 總粒數에 따른 同化器官과 貯藏器官의 不均衡에 基因한 것으로 판단되며 이러한 不均衡은 또한 서해벼가 보이는 낮은 登熟率에 대한 原因을 說明하는 것으로 생각된다. 株當粒重은 倒伏이 심했던 팔달을 除外하면 나머지 品種間 아무런 有意한 差異를 찾아 볼 수 없었다.

## 2. 생리적 형질에서의 변이

供試品種들의 生長解析을 통해 구해진 生理的 形質들, 收穫指數 그리고 單位 葉面積當 光遮斷係數(SLIC)는 表 2에 提示되어 있다. 相對生長率은 진홍 이후의 獎勵品種들이 다마금이나 팔달보다 높은 값을 보였으나 1970년도 이후에는 어떠한 增加도 찾아 볼 수 없었다. 單位 葉面積當 純同化率은 진홍이나 화성벼에서 비교적 높은 값을 보였을 뿐 시간의 흐름에 따른 어떠한 傾向도 찾을 수 없었다. 葉面積比率은 純同化率과 高度로 有意한 負의 相關을 보여(表 3) 純同化率이 높은 品種은 葉面積比率이 낮은 傾向을 보였다. 純同化率과 葉面積比率과의 負의 相關關係는 여러 研究者에 의해 報告된 바 있는데<sup>8,10,18)</sup> 이것은 光合成率이 높은 葉은 그 크기가 비교적 작는데 基因한다고 하며, 個體의 總光合成量이 單位 葉面積當 純同化率과 個體의 葉面積의 곱으로 결정됨을 고려할 때 이러한 負의 關係는 純同化率과 收量이 아무런 關係가 없는 것으로 나타나는 結果를 초래한다. 相對葉面積 및 葉重比率은 葉面積比率과 높은 正의 相關關係가 있어 이들의 品種變遷에 따른 變化는 葉面積比率과 비슷할 뿐 어떠한 傾向도 찾아 볼 수 없었다. 光透過率의 指標가 될 수 있는 單位 葉面積當

Table 3. Correlation coefficients among physiological characters derived from growth analysis

	NAR	LAR	SLR	LWR
RGR	.8486**	-.5366	-.5346	-.5441
NAR		-.8930**	-.8766**	-.7785*
LAR			.9756**	.7938*
SLA				.6503

\* and \*\* indicate statistically significant relationship between two variables at the 5% and 1% significant level, respectively

光遮斷係數에서도 진홍 이후의 品種들 간에 아무런 有意한 差異가 없었으나 낙동벼나 서해벼와 같이 稈長이 짧은 品種들에서 다소 높은 값을 보여, 짧은 稈長에 따른 葉들의 重疊에 의해 上位葉에 의한 光遮斷이 높음을 알 수 있었다. 收穫指數는 다마금이나 팔달의 0.38~0.39에서 낙동벼의 0.52로 상당히 높은 增加를 보였으나<sup>2)</sup> 낙동벼 이후의 品種들에서는 아무런 增加 趨勢를 찾을 수 없었다(Fig. 2).

## 考 察

이상의 結果를 綜合해 볼 때 育種을 통한 水稻 品種改良에 의한 收量增加가 있었다면 그것은 耐倒伏性, 短稈 및 耐病性 品種育成을 통한 登熟率의 向上과<sup>3)</sup>(Fig. 3) 收穫指數의 增大에<sup>2)</sup>(Fig. 4)의 한 것임을 알 수 있었다. 反面에, 生長解析을 통해 구해진 生理的 特性, 즉 純同化率이나 同化產物의

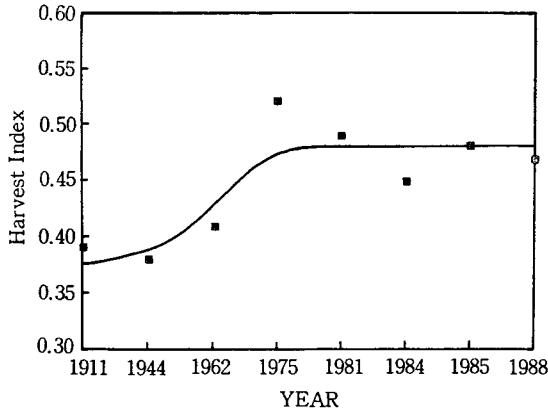


Fig. 2. Variation of harvest index in rice cultivars recommended from 1911 to 1988.

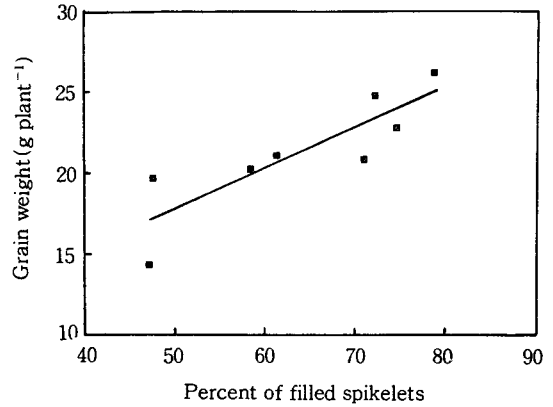


Fig. 3. The relationship between percent of filled spikelets and grain weight.

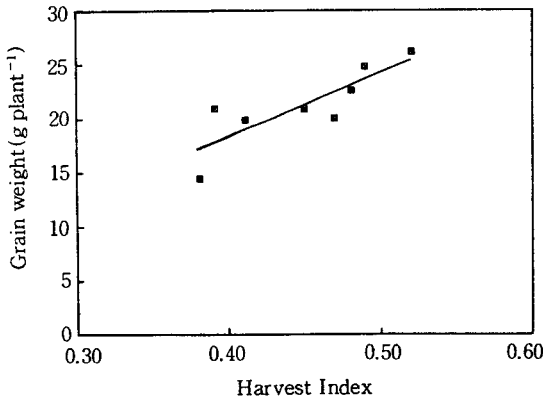


Fig. 4. The relationship between harvest index and grain weight.

同化器官에의 配分率에서는 時代的 品種 變遷에 따른 어떠한 改良도 찾아 볼 수 없었다. 權<sup>1)</sup>에 의하면 時代的 品種 間에 相對生長率의 差異가 없었으며 純同化率은 다마금, 은방주, 팔달, 낙동벼에서 높아 오히려 옛날 品種이 最新 品種보다 높은 傾向이었고, 相對葉面積이나 葉面積比率도 出穂以前에는 品種간 뚜렷한 差異가 없었다. 收量 增大면에서도 草型이 短稈化되고 이삭이 커짐에 따라 收穫指數가 높아져 收量이 增加된 것으로 나타났다. Austin 등<sup>6)</sup>에 의하면 英國에 있어서 밀의 時代的 獎勵品種들을 倒伏과 病害蟲을 防除한 조건에서 比較해 보았을 때 育種에 의한 收量增大의 대부분

이 收穫指數의 增大에 基因하였고 地上部 總生産量(biological yield)이나 總光合成量에서는 아무런 增加가 없었다. 이들 結果는 現行 育種方法에 의한 收量增大에 대한 品種改良의 效果面에서 본 研究의 結果와 一致한다.

作物의 收量和 單位 葉面積當 光合成率과는 아무런 關係가 없다는 많은 報告가 있으나<sup>9,13)</sup> 이는 앞에서 言及했던 바 個體의 葉面積을 考慮하지 않았을 境遇이며 Zelitch<sup>20)</sup>에 의하면 canopy 光合成率과 作物 收量은 밀접한 關係가 있다고 한다. 作物에 있어 同化產物의 葉으로부터 他 器官으로의 轉移率(translocation rate)은 貯藏器官의 크기(sink strength)나 活性度(sink activity)가 커질수록 높아지며 轉移率이 높은 品種은 또한 光合成率도 높다<sup>7)</sup>. 반면, 限定된 貯藏器官을 가진 品種에 單位 葉面積當 純同化率을 높이는 것은 同化產物의 葉에의 蓄積을 誘發하게 되는데 이 경우 葉의 光合成率은 抑制된다<sup>12,16)</sup>. 따라서 canopy 光合成率과 作物 收量과의 密接한 關係는 單位 葉面積當 純同化率의 增大가 收穫指數의 增大와 並行하여 이루어졌을 때 보다 確實할 것이다<sup>5,17,20)</sup>. 또한 Evans<sup>9)</sup>에 의하면 이제까지의 品種改良에 있어 貯藏容量(sink capacity)과 收量은 光合成能力(photosynthetic capacity)에 의해 주어진 限界까지 並行하여 增加된 傾向이 있다고 하며, 대부분의 主要 作物에서 光合成能力과 貯藏容量이 均衡을 이루고 있어, 보다 높은 收量を 얻기 위해서는

## 摘 要

이들의 均衡있는 改良이 要求된다고 한다. 金 등<sup>2)</sup>에 의하면 1958년에서 1977년까지 育成된 品種들의 收量性 向上은 地上部 乾物重과 收穫指數의 增大가 함께 作用하였음을 報告하였는데 이는 canopy 光合成率과 收穫指數의 並行된 品種改良의 重要性을 직접적으로 보여주는 결과이다. 이들의 주장에 의하면 한국의 水稻 品種에 있어서 生理的 特性, 특히 純同化率의 改良은 보다 높은 單位收量을 가져올 수 있음을 말해 준다. 특히, 서해벼와 같이 過度한 貯藏器官을 形成하는 品種은 單位 葉面積當 光合成率, 葉面積 그리고 光透過率의 增大를 통해서 登熟率을 增大시킬 수 있을 것이며 이에 따른 收量增大 效果도 얻을 수 있을 것이다. 光透過率을 높이기 위해서는 葉이 直立인 品種개발도 重要할 것이지만, 倒伏이 抑制되는 한, 稈長이 긴 品種을 개발하여 葉의 증첩을 피하는 것도 重要할 것이다<sup>6)</sup>. 植物體 器官들 間의 相關生長(allometry)을 考慮할 때 稈長이 긴 品種은 葉面積이나 穗當粒數의 增大를 가능케 하여 收量增大에 二重의 效果를 줄 수 있을 것이다. 單位 葉面積當 純同化率과 葉面積比率는 負의 相關關係가 있어 이들을 동시에 增大시키는 것은 어려울 것으로 생각되나 純同化率이 相對生長率에 미치는 寄與度는 葉面積比率의 그것보다 커(Fig. 5) 純同化率이 높은 品種 選拔이 收量增大에 보다 有利할 것으로 생각된다. 또한 葉面積比率에 대한 相對葉面積과 葉重比率의 直接 效果와 純同化率과 葉面積比率과의 負의 相關을 考慮할 때 葉重比率의 增大를 통한 葉面積比率의 增加가 相對生長率을 높이는데 보다 效果的일 것으로 생각된다.

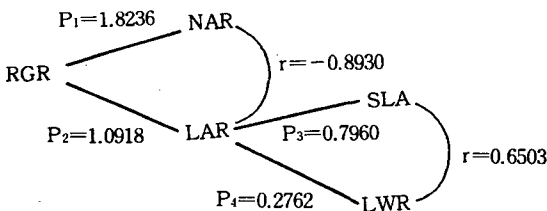


Fig. 5. Path coefficients diagram on the interrelationships among characters derived from growth analysis.

본 研究은 벼의 時代的 獎勵品種들 사이의 收量 形質이나 生理的 形質에서의 變化를 살펴 育種에 의한 收量增大의 原因을 밝히고, 生理的 形質의 改良을 통한 水稻 收量增大 方案을 찾아 보고져 행하여 졌다. 1911년부터 1988년도 사이의 8개의 獎勵 品種을 選擇하여 栽培한 後 收量形質들을 調査하고 生長解析을 통해 生理的 形質들의 값을 推定하여 品種變遷에 따른 이들 形質들의 變異를 比較하였다.

최근에 올수록 獎勵品種들의 稈長은 짧아 졌으며 '70年代 以後의 品種들의 登熟率이나 收穫指數는 그 이전의 品種보다 높아 졌으나, 株當穗數, 穗當粒數, 그리고 千粒重의 變異에서는 時代的 品種變遷에 따른 一定한 傾向이 없었다. 純同化率, 葉面積比率, 相對葉面積, 그리고 葉重比率에 있어서도 最新 品種에서 아무런 改良을 찾아 볼 수 없었으며 育種을 통한 水稻의 收量增大가 있었다면 그것은 주로 稻熱病 抵抗力 品種 育成이나 短稈種의 開發에 따른 倒伏 減少를 통한 登熟率의 向上과 收穫指數의 增大에 基因하였음을 알 수 있었다. 收量增大를 위해서는 純同化率의 增大와 收穫指數의 增大가 並行하여 이루어 지는 것이 必要하며 光透過率을 높이기 위해서는 倒伏이 抑制되는 한 長稈種을 育成하는 것이 重要할 것으로 나타났다. 純同化率은 葉面積比率과 負의 相關關係가 있어서 이들을 동시에 增大시키는 것은 어려울 것으로 생각되나 純同化率이 相對生長率에 미치는 寄與度는 葉面積比率의 그것보다 커, 純同化率이 높은 品種 選拔이 보다 有利할 것으로 생각된다. 또한 葉重比率의 增大를 통한 葉面積比率의 增加가 相對生長率을 높이는데 보다 效果的일 것으로 생각된다.

## 引用文獻

1. 權 圭七. 1988. 水稻의 品種 및 栽培法變遷에 따른 諸形質變異에 관한 研究. 농시논문집(수도작) 30(1) : 1-33.
2. 金 光鎬, 鄭 根植, 林 茂相. 1981. 水稻 品種改

- 良에 따른 收量性과 乾物重 및 收穫指數와의 關係變異. 李 正行 博士 回甲紀念論文集 : 218-227.
3. 吳 潤鎮, 姜 永吉, 李 錫淳. 1979. 普及年代가 다른 水稻 品種의 形態 및 生理的 特性과 그 收量性에 關한 研究. 農試報告 21(作物):37-48.
  4. 農村經濟研究院 報告書. 1989. 한국 농정 40년사. 307-417.
  5. Austin, R. B. 1980. Physiological limitations to cereal yields and ways of reducing them by breeding. 3-19. In Hurd, R. G. et al.(Eds.), *Opportunities for Increasing Crop Yields*. Pitman, Boston.
  6. \_\_\_\_\_, J. Bingham, R. D. Blackwell, L. T. Evans, M. A. Ford, C. L. Morgan and M. Taylor. 1980. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci., Camb.* 94 : 675-689
  7. Bhagsari, A. S. and R. H. Brown. 1976. Translocation of photosynthetically assimilated <sup>14</sup>C in peanut (*Arachis*) genotypes. *Peanut Sci.* 3 : 5-9.
  8. \_\_\_\_\_ . and \_\_\_\_\_ . 1986. Leaf photosynthesis and its correlation with leaf area. *Crop Sci.* 26 : 127-132.
  9. Evans, L. T. 1975. The physiological basis of crop yield. 327-335. In Evans, L. T. (ed.). *Crop Physiology : Some Case Histories*. Cambridge University Press, London.
  10. Evans, L. T. and R. L. Dunstone. 1970. Some physiological aspects of evolution in wheat. *Aust. J. Biol. Sci.* 23 : 725-741.
  11. Gardner, F. P., R. B. Pearce and R. L. Mitchell. 1985. *Physiology of Crop Plants*. Iowa State University Press, Ames.
  12. Gifford, R. M. and L. T. Evans. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning, and yield. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 32 : 485-509.
  13. Gifford, R. M. and C. L. D. Jenkins. 1982. Prospects of applying knowledge of photosynthesis toward improving crop production. 419-455. In Govindjee(ed.), *Photosynthesis ; Development, Carbon Metabolism, and Plant Productivity. Vol. II*. Academic Press, New York.
  14. Kvet, J., J. P. Ondok, J. Necas and P. G. Jarvis. 1971. Methods of growth analysis. 343-391. In Sestak, Z. et al.(eds.), *Plant Photosynthetic Production : Manual of Methods*. Junk, The Hague.
  15. Monteith, J. L. 1981. Does light limit crop production? 23-38. In Johnson, C. B. (ed.). *Physiological Processes Limiting Plant Productivity*. Butterworths, London.
  16. Neals, T. F. and L. D. Incoll. 1968. The control of leaf photosynthesis rate by the level of assimilate concentration in the leaf : A review of the hypothesis. *Bot. Rev.* 34 : 1107-1125.
  17. Nelson, C. J. 1988. Genetic associations between photosynthetic characteristics and yield : Review of evidence. *Plant Physiol. Biochem.* 26(4) : 543-554.
  18. Poorter, H. and C. Remkes. 1990. Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. *Oecologia* 83 : 553-559.
  19. Silvey, V. 1979. The contribution of new varieties to increasing cereal yield in England and Wales. *J. of the National Institute of Agricultural Botany* 14 : 367-384.
  20. Zelitch, I. 1982. The close relationship between net photosynthesis and crop yield. *Bioscience* 32(10) : 796-802.