

## 근동질유전자 계통인 찰벼와 메벼의 전엽과 절영처리에 따른 등숙특성 비교

김춘송\*† · 안중국\*\* · 정일민\*\* · 강항원\* · 이재생\* · 고지연\* · 박성태\*

\*작물과학원 영남농업연구소, \*\*건국대학교 식량자원학과

### Comparison of Grain Filling Characteristics by Source-Sink Size Control in Glutinous and Non-glutinous Near Isogenic Line of Rice

Choon Song Kim\*†, Joung Kuk Ahn\*\*, Il Min Chung\*\*, Hang Won Kang\*, Jae Saeng Lee\*, Jee Yeon Ko\* and Sung Tae Park\*

\*Yeongnam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Milyang 627-803, Korea

\*\*Department of Crop Science, College of Life and Environment, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

**ABSTRACT:** Two cultivars which are glutinous (Hwacheongchalbyeo) and non-glutinous (Hwacheongbyeo) near isogenic line of rice, were used for this study. The objective of this experiment was to gain the basic information for increasing grain yield of waxy rice by means of source and sink size control. In both Hwacheongbyeo and Hwacheongchalbyeo, the trend of decrease in total and average spikelet weight was ranked as follows; removal of penultimate leaf < removal of flag leaf < removal of flag leaf and 3rd leaf from the top < removal of flag leaf and penultimate leaf < removal of flag leaf, penultimate leaf, and 3rd leaf from the top. The reduction rate of total and average spikelet weight per panicle of Hwacheongbyeo was higher than those of Hwacheongchalbyeo according to the removal of flag leaf, penultimate leaf, and 3rd leaf from the top. In both cultivars, high-density grain ratio and grain filling ratio of the primary branches were higher than those of the secondary branches by leaf clipping treatment. The spikelet number and total spikelet weight per panicle in both Hwacheongbyeo and Hwacheongchalbyeo were decreased by removal of spikelets on branches compared with control, whereas average spikelet weight and grain filling ratio were increased. The increase rate of average spikelet weight of Hwacheongchalbyeo was much higher than that of Hwacheongbyeo by sink size control. High-density grain ratio by removal of spikelets on branches was higher in Hwacheongchalbyeo, but filled grain ratio was higher in Hwacheongbyeo.

**Keywords:** glutinous rice, source and sink size control, leaf clipping, removal of spikelets on the branch, total spikelet weight, average spikelet weight, high-density grain, grain filling ratio

고급 가공식품의 원료로 이용되는 찰벼에 대한 연구가 점차 증가되고 있는 추세이나, 아직도 메벼와 비교하면 극히 미진한 상태이다. 실제로 농가에서도 찰벼의 판매가격이 메벼에 비하여 높음에도 불구하고 수량이 메벼에 비하여 낮기 때문에 재배를 기피하고 있다.

벼의 수량은 광합성에 의한 동화산물의 공급부위(source)와 이들 동화산물을 축적하는 수용부위(sink) 그리고 동화산물의 이동통로인 전류부위의 상호작용에 의해서 결정된다. 즉, 벼의 수량 증대를 위해서는 동화산물을 생산하는 공급부위로서 기능을 가지는 엽신의 면적을 넓게 하고 활력이 오래 유지되도록 하며, 생성된 동화산물이 순조롭게 전류 되도록 하여 최종적으로 수용부위에 축적이 원활히 이루어지도록 해야 한다.

Choi(1984)는 source 관련 형질 중 sink형질에 대한 기여도가 높은 것은 출수기의 엽면적과 비엽면적(SLA)이고, sink형질 중 수량에 대한 공헌도가 큰 것은 수당영화수와 완전등숙립중(potential kernel size)이었다고 보고하였으며, Park(1991)은 source-sink 균형이 잎의 노화에 따라 영향을 받으며, 등숙율과 100립중, 고밀도립(high-density grain)은 절영처리에서 가장 높고, 전엽처리에서 가장 낮다고 하였다. 전엽 처리에 따른 등숙율과 정조율은 전엽의 정도가 클수록 현저히 저하되며(Cho, 1975; Kim *et al.*, 1982; Lee & Mckee, 1979), 엽위별 생산효과는 상위 1,2,3엽이 가장 크다고 보고되었다(Cho, 1975). 벼의 Sink용량은 수량구성요소인 단위면적당 이삭수와 이삭당영화수 및 등숙율로 결정되며(Choi & Kwon, 1985), 단위면적당 이삭수는 생육초기에, 이삭당 영화수와 완전등숙립중은 출수 전 23일에서 출수 전 6일 사이에 결정되고 등숙률은 출수 후 7-20일 사이의 일사량과 개화전 엽초 및 엽신의 축적탄수화물의 전이량에 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 이삭의 부위별 등숙속도는 하부에서 낮고, 등숙기간과 등숙속도는 품종 및 이삭부위간에 차이가 있으며(Cho *et al.*, 1987; 1988),

†Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1281 (E-mail) kcs3925@rda.go.kr

<Received November 4, 2003>

등숙은 영화의 강약에 의해서도 영향을 받아 강세영화는 약세 영화에 비하여 생리적 성숙일수가 3일 정도 빠르다고 한다(Choi, 1986). 이삭의 특성에서 수량에 영향을 주는 1, 2차지경수와 영화착생수는 1차지경보다는 2차지경에서 변이폭이 커서 한 이삭의 영화수는 2차지경의 수에 영향을 받는다고 하며(Choi, 1989), 천립중은 향온보다는 변온에서 무겁고 2차지경보다는 1차지경에서 무겁다고 알려져 있다(Ahn, 1986; Choi *et al.*, 1985; Kim *et al.*, 1995; Lee & Mckee, 1979; Lee *et al.*, 1995). 벼의 상위 6개 분얼은 다른 분얼에 비하여 일찍 발생되어 100% 유효분얼이 되며 출수기가 빠르고 짧은 기간내에 균일한 출수와 등숙이 이루어지므로 미질에 유리하다고 하였으며, 상위 6개의 이삭이 다른 이삭에 비하여 이삭당 영화수가 많고 고밀도립도 많다고 한다(Kim, 1988; Kim & Vergara, 1991a; 1991b).

이처럼 벼의 수량에 영향을 주는 공급부위와 수용부위에 관한 연구는 많이 수행되었으나 대부분 메벼에 대한 연구들로서 찰벼에 대한 연구는 적은 실정이다. 따라서 본 연구는 식생활의 다양화와 고급화에 따라 수요가 증대될 것이라고 기대되는 찰벼의 수량제한요인을 알아내기 위하여 근동질유전자 계통인 찰벼와 메벼를 공시하여 공급부위(잎)와 수용부위(영화)의 조절이 등숙특성에 미치는 영향을 구명함으로써 찰벼의 수량증대를 위한 기초자료를 얻고자 실험을 수행하였다.

## 재료 및 방법

본 실험은 건국대학교 농업생명과학대학내의 온실에서 수행하였으며 공시재료로는 찰·메 근동질유전자 계통인 화청찰벼와 화청메벼를 사용하였다. 4-5엽기의 묘를 높이가 30 cm인 1/1500a pot에 주당 1본씩 4주를 이양하였다. 시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=110-70-80 kg/ha 수준을 pot당 면적으로 환산하여 질소는 기비, 분얼비, 수비를 각각 50%, 30%, 20%로 3회 분시하였고, 칼륨은 기비와 수비를 70%, 30%로 2회 분시하였으며, 인산은 전량기비로 사용하였다. 그 외의 재배관리는 중부지방의 표준재배법을 따랐다. 분얼기에 각 Pot에서 1주당 강세분얼 5개를 선정하여 표시하고 나머지 분얼은 제거하였고, 새로 발생한 분얼은 2주 간격으로 3회에 걸쳐 조절하여 최종적으로 분얼수를 5개로 하였으며, 출수기에 Table 1과 같이 동화산물의 공급부위(잎)와 수용부위(영화)를 조절하였다. 공급부위의 조절은 대조구를 포함하여 각 엽위별로 1매, 2매, 3매씩 전엽하여 6개의 처리구로 하였고, 수용부위의 조절은 출수기에 1차지경립과 2차지경립, 그리고 상위지경립, 하위지경립, 대조구로 구분하여 5개의 처리구로 지경을 절제하였다.

출수기 조사는 총경수의 40-50%가 출수한 날을 기준으로 하였으며, 지상부 건물중은 출수기에 줄기와 잎을 채취한 후 순환열풍건조기에서 60°C로 3일간 건조하여 측정하였다. 동화산물의 공급부위로서 가장 큰 역할을 하는 엽신의 면적은 출

**Table 1.** Removal of leaves and spikelets of rice at heading stage.

Experiment	Item	Treatment
Source control	L1	Removal of the flag leaf
	L2	Removal of 2nd leaf
	L3	Removal of flag and 2nd leaf
	L4	Removal of flag and 3rd leaf
	L5	Removal of flag, 2nd, and 3rd leaf
	L6	Control
Sink control	P1	Removal of spikelets on the primary branch
	P2	Removal of spikelets on the secondary branch
	P3	Removal of spikelets on the upper branch
	P4	Removal of spikelets on the lower branch
	P5	Control

수기에 처리별로 전엽처리를 하면서 절제한 엽을 Leaf area meter( $\Delta$ -T. England)를 이용하여 측정하였고, 간장과 수장도 출수기에 조사하였다. 화청벼, 화청찰벼 모두 각 처리구에서 출수 후 40일경에 수확하여 순환열풍 건조기에서 60°C로 3일간 건조시킨 후 이삭위치에 따라 1립씩 무게를 측정하였다. 영화의 이삭내 위치에 따라 측정된 입중을 구분되게 표기하여 1차지경과 2차지경의 지경수 및 영화수, 그리고 평균입중과 총입중을 계산하였다. 입중의 등숙정도는 화청벼의 경우 비중 1.06, 화청찰벼의 경우 1.02에서 가라앉은 벼 립의 천립중인 21.0 g과 20.5 g을 기준으로 고밀도립과 등숙립, 저밀도립, 미등숙립을 구분하였다. 화청메벼에서 고밀도립(A)은 입중이 23.0 mg이상, 등숙립(B)은 21.0 mg~22.9 mg, 저밀도립(C)과 미등숙립(D)은 각각 19.0 mg~20.9 mg, 18.9 mg 미만으로 하였고, 화청찰벼에서는 고밀도립(A1)은 입중이 22.5 mg이상, 등숙립(B1)은 20.5 mg~22.4 mg, 저밀도립(C1)과 미등숙립(D1)은 각각 18.5 mg~20.4 mg, 18.0 mg 미만인 입수를 측정하여 등숙정도를 분류하였다.

시험구배치는 동화산물의 공급부위 조절시험과 수용부위 조절시험을 각각 완전임의 배치법 4반복으로 하여 실험을 수행하였으며, 통계처리는 SAS(SAS Institute, 1988)를 이용하여 최소유의차 검정법(LSD: Least Significant Difference)으로 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 출수기의 생육특성

벼의 잎은 동화산물을 공급하는 주된 부위로서 생육특성이나 형태적 특징에 따라 생산하는 동화산물의 양에 영향을 미친다는 많은 연구들이 있으므로(Ahn, 1986; Cho *et al.*, 1987; Lee *et al.*, 1995; Mallik *et al.*, 1989), 벼 잎의 품종간 차이를 살펴보는 것은 Source로서의 기능을 비교하는데 매우 유용하다고 생각된다. Table 2는 공시한 화청벼와 화청찰벼의 일관적 생육특성을 출수기에 비교한 것이다. 출수기는 화청찰벼

**Table 2.** Comparison of growth characteristics between Hwacheongbyeo and Hwacheongchal-byeo at heading stage.

Variety	Heading date	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	Shoot dry weight/plant (g)	leaf dry weight/plant (g)	LAI <sup>a</sup>	SLW <sup>b</sup> (mg/cm <sup>2</sup> )
Hwacheongbyeo	Aug.24	88.7	19.8	51.0	12.1	5.2	5.3
wacheongchalbyeo	Aug.22	99.0	20.5	47.6	10.4	4.1	5.7
LSD(0.05) <sup>c</sup>		8.5	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>a</sup>Leaf area index; <sup>b</sup>Specific leaf weight; <sup>c</sup>Least significant difference (0.05).

**Table 3.** Effect of source size and position on the grain weight at leaf clipping treatment.

Treat	Hwacheongbye			Hwacheongchalbyeo		
	RLA	TSW(RRT)	AWS(RRA)	RLA	TSW(RRT)	AWS(RRA)
L1	28.1e <sup>*</sup>	1770.1bc(22.6)	19.2a (6.8)	28.7e	2165.2a (8.6)	18.7b (8.8)
L2	36.9d	1969.9ab(13.9)	19.6a (4.9)	34.0d	2176.2a (8.2)	19.2ab(6.3)
L3	65.0b	1641.5bc(28.2)	16.0bc(22.3)	63.7b	2059.3ab(13.1)	18.5b (9.8)
L4	57.9c	1793.5bc(21.6)	18.5ab(10.2)	57.5c	2148.7a (9.3)	18.6b (9.3)
L5	94.8a	1426.5c (37.6)	14.2c (31.1)	91.5a	1806.0b (23.8)	16.4c (20.0)
L6	0.0f	2287.4a (0)	20.6a (0)	0.0f	2370.0a (0)	20.5a (0)

RLA, Removed leaf area (cm<sup>2</sup>); TSW, Total spikelet weight (mg/panicle); RRT, Reduction ratio of total spikelet weight to control (%); AWS, Average weight of spikelet (mg/spikelet); RRA, Reduction ratio of average weight of spikelet to control (%).

\*Means within treatment followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level (LSD).

가 2일정도 빨랐고, 1주당 지상부건물중, 엽건물중, 엽면적지수(LAI)는 화청벼가 높은 수치를 보였으며, 간장과 수장 및 비엽중(SLW)은 반대로 화청찰벼가 높았다. 그러나 간장을 제외하고는 품종간 유의성이 인정되지 않은 것으로 보아 근동질 유전자 계통의 벼 품종이므로 생육특성이 비슷하다고 여겨진다.

#### 엽면적의 조절에 따른 입중변이와 등숙정도

동화산물의 공급부위인 엽신의 제거된 엽면적(RLA)과 총립중(TSW), 평균립중(AWS)을 화청벼와 화청찰벼사이에 비교한 결과는 Table 3과 같다. 전엽된 엽면적은 처리구간에 지엽처리구(L1) < 차엽처리구(L2) < 상위 1, 3엽처리구(L4) < 상위 1, 2엽처리구(L3) < 상위 1, 2, 3엽처리구(L5) 순이었다. 이삭당 총립중은 두 품종 모두 상위 1, 2, 3엽처리구에서 1426.5 mg과 1806.0 mg으로 가장 낮았으며 대조구에 대한 수량 감소폭도 각각 37.6%, 23.8%로 가장 컸다. 지엽을 절제한 처리구에서 화청벼는 대조구에 비하여 22.6% 감소, 화청찰벼는 8.6% 감소되었다. 차엽을 절제한 처리구는 화청벼가 13.9%, 화청찰벼가 8.2% 정도 감소되었다. 지엽의 엽면적이 화청벼는 28.1 cm<sup>2</sup>, 화청찰벼는 28.7 cm<sup>2</sup>로 차엽의 엽면적 36.9 cm<sup>2</sup>와 41.9 cm<sup>2</sup>보다 훨씬 작은데도 지엽을 절제하였을 때 수량 감소폭이 컸다. 따라서 동화산물 축적에 지엽의 기여도가 매우 큰 것을 알 수 있었다.

이러한 결과는 벼의 엽위별 생산효과에 있어 차엽의 생산효과가 지엽에 비하여 더 낮다는 Cho(1975)의 보고와 일치하며, Kim et al.(1982)의 전엽한 분얼자가 많아질수록 수당 입중이 점차로 감소한다는 실험결과, 그리고 Lee & Mckee(1979)의

Source/Sink Ratio가 감소함에 따라 종실중이 감소한다는 연구보고와 유사한 경향이었다. 이삭당 영화의 평균립중은 두 품종 모두에서 대조구가 20.6 mg과 20.5 mg으로 가장 무거웠고, 대조구에 대한 감소율은 두 품종 모두 상위 1, 2, 3엽처리구에서 각각 31.1%, 20.0%로 가장 컸으며, 차엽처리구에서 각각 4.9%, 6.3%로 가장 낮았다. 전엽처리구에 따른 총립중과 평균립중의 대조구에 대한 감소경향은 대체로 두 품종 모두 차엽처리구 < 지엽처리구 < 상위 1, 3엽처리구 < 상위 1, 2엽처리구 < 상위 1, 2, 3엽처리구 순이었고, 전반적으로 화청벼가 화청찰벼에 비하여 감소폭이 더 컸다. 따라서 화청벼 잎의 생산효과가 화청찰벼에 비하여 더 크다는 것을 알 수 있었다.

Table 4는 전엽 처리구간에 화청벼와 화청찰벼의 이삭당 등숙정도를 4등급(화청벼: A, B, C, D, 화청찰벼: A1, B1, C1, D1)으로 분류하여 영화의 수를 표시한 것이다.

화청벼에서 고밀도립수(A)는 대조구와 비교하여 차엽처리구에서 33.7개로 가장 많았고, 지엽처리구는 차이가 없었으며, 그 외 처리구는 고밀도립수가 적게 나타났다. 반면에, 화청찰벼에서 고밀도립수(A1)는 대조구와 비교하여 지엽처리구, 차엽처리구, 상위 1, 3엽처리구에서 차이가 인정되지 않았고, 상위 1, 2엽처리구와 상위 1, 2, 3엽처리구에서는 고밀도립수가 각각 7.8개, 2.8개로 적은 결과를 보였다. 화청벼에서 등숙립수(B)는 대조구와 비교하여 지엽처리구에서 차이가 없었으며, 나머지 처리구들은 등숙립수가 적었으나, 화청찰벼에서는 모든 처리구에서 등숙립수(B1)가 대조구에 비하여 적게 나타났다. 미등숙립수(D, D1)는 두 품종 모두에서 대조구와 비교하여 모든 처리구가 높은 수치를 보였으며, 특히 상위 1, 2, 3

**Table 4.** Effect of source size and position on the number of different grades of spikelet at leaf clipping treatment.

Treat	Hwacheongbye				Hwacheongchalbye			
	A	B	C	D	A1	B1	C1	D1
L1	13.3bc*	39.3ab	23.5ab	22.3bc	22.2a	29.2b	14.0c	41.8b
L2	33.7a	25.7bc	13.8b	20.7bc	34.7a	29.7b	10.2c	23.8c
L3	7.8c	26.2bc	28.5a	37.0ab	7.8b	34.7b	46.7a	29.7bc
L4	5.2c	32.7abc	30.7a	25.5abc	21.7a	31.7b	33.2b	29.0bc
L5	6.7c	23.7c	20.0ab	43.3a	2.8b	8.8c	26.2b	61.3a
L6	20.0b	42.2a	30.2a	14.8c	30.0a	48.0a	25.6b	8.4d

The abbreviations mean numbers of different grades of grains per panicle

A: 23.0 mg ≤ B: 21.0~22.9 mg C: 19.0~20.9 mg D: 19.0 mg >

A1: 22.5 mg ≤ B1: 20.5~22.4 mg C1: 18.5~20.4 mg D1: 18.5 mg >

\*Means within treatment followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level (LSD).

엽처리구에 가장 많이 분포되었다. 이러한 결과는 전엽 정도가 클수록 등숙율과 고밀도립수가 감소한다는 보고(Cho, 1975; Kim *et al.*, 1982; Park, 1991)와 일치하는 경향이였다. 두 품종에서 차엽처리구가 고밀도립수에 있어 각각 33.7개와 34.7개로 대조구와 비교하여 평균값이 가장 높았는데, 이것은 차엽의 생산효과가 지엽에 비하여 낮으며 다른 처리구에 비하여 차엽을 제거하였을 경우에는 남아 있는 다른 엽신이나 이삭, 줄기 등의 동화작용(Lee & Mckee, 1979)이 감소된 엽면적에 의한 동화량의 감소를 충분히 보상한 결과라고 추측된다.

전엽처리구에서 1차지경과 2차지경의 고밀도립수와 등숙립수를 총립수에 대한비율로 나타낸 것이 Table 5이다. 화청벼의 경우 1차지경의 고밀도립비율(HDP)은 차엽처리구에서 26.1%로 대조구와 비교하여 높은 값을 보였고, 상위 1, 2엽처리구와 상위 1, 3엽처리구에서 각각 6.1%, 5.9%로 낮은 값을 보였으나, 화청찰벼에서는 1차지경의 고밀도립비율이 상위 1, 2엽처리구와 상위 1, 2, 3엽처리구에서 6.2%와 2.4%로 낮은 값을 나타냈다. 2차지경의 고밀도립비율(HDS)은 대조구와 비교하여 화청벼에서는 차엽처리구에서만 높은 값을 보였고, 나머지 처리구들은 차이가 인정되지 않았으나, 화청찰벼에서는 모든 처리구에서 유의성이 인정되지 않았다. 두 품종간에 1차

지경의 등숙율(GFP)에서는 대조구와 비교하여 화청벼의 경우 상위 1, 2엽처리구에서 25.1%로 낮은 값을 나타냈고, 화청찰벼에서는 상위 1, 2엽처리구와 더불어 상위 1, 2, 3엽처리구에서 27.2%와 10.2%로 낮은 값을 보였다. 2차지경의 등숙율(GFS)에서는 대조구에 비하여 화청벼의 경우 상위 1, 3엽처리구와 상위 1, 2, 3엽처리구에서 낮은 수치를 보였으나, 화청찰벼에서는 차엽처리구를 제외한 모든 처리구에서 낮은 수치를 나타냈다. 공급부위의 조절에 의한 지경간 등숙정도는 두 품종 모두에서 고밀도립비율과 등숙율에 있어 각 처리구별로 1차지경립이 2차지경립에 비하여 높았으며, 1차지경립과 2차지경립 모두에서 전엽의 정도가 클수록 감소되는 경향이였다. 이것은 전엽한 분얼자의 수가 많아질수록 등숙율이 감소한다는 Kim *et al.*(1982)의 연구 결과와 일치하며, 또 2차지경립이 시기적으로 늦게 분화되어 환경의 영향을 많이 받기 때문에 1차지경에 비하여 변이 폭이 크며 약세영화가 많고, 1차지경립이 2차지경립보다 Sink strength가 크며 충실립의 분포비율이 높고 천립중이 무겁다(Ahn, 1986; Choi, 1989; Kim *et al.*, 1995; Lee & Mckee, 1979; Lee *et al.*, 1995; Mallik *et al.*, 1988; 1989)는 연구 결과와도 유사한 경향이였다.

2차지경에서 고밀도립 비율은 처리구간에 두 품종 모두 차이가 인정되지 않았으나, 등숙율은 처리구간에 화청찰벼가 화

**Table 5.** Varietal difference of high-density grain and grain filling ratio on the primary and secondary branch by leaf clipping treatment.

Treat	Hwacheongbye				Hwacheongchalbye			
	HDP	HDS	GFP	GFS	HDP	HDS	GFP	GFS
L1	12.2bc*	1.9b	35.1abc	20.5ab	17.1b	3.6ab	33.3abc	14.7c
L2	26.1a	9.4a	40.3a	22.1a	28.3a	8.1a	41.9a	23.6ab
L3	6.1c	2.3b	25.1c	9.5bc	6.2c	0.9b	27.2c	10.6c
L4	5.9c	0.0b	36.2ab	5.1c	12.9bc	6.1ab	30.6bc	15.2bc
L5	7.3bc	0.0b	26.6bc	5.7c	2.4c	0.5b	10.2d	1.2d
L6	15.5b	3.0b	38.2ab	19.3ab	23.3ab	3.3ab	39.3ab	30.3a

HDP, High-density grain ratio (HDGR) on primary branch (%); HDS, HDGR on secondary branch (%); GFP, Grain filling ratio on primary branch (%); GFS, Grain filling ratio on secondary branch (%).

\*Means within treatment followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level (LSD).

**Table 6.** Effect of sink size and position on the grain weight per panicle at removal of branch treatment.

Treat	Hwacheongbyeo				Hwacheongchalbyeo			
	SNP	TSW	AWS	GFR	SNP	TSW	AWS	GFR
P1	54.0b*	1348.3b	20.9b	80.1a	61.8bc	1171.9c	22.5ab	83.9a
P2	53.2b	1171.2b	22.6a	81.8a	46.8d	1051.9c	23.3a	92.0a
P3	65.7b	1325.6b	21.1ab	81.3a	65.3b	1479.4b	22.6ab	91.0a
P4	52.5b	1083.6b	21.3ab	75.3a	50.8cd	1109.4c	21.9b	89.3a
P5	107.2a	2287.4a	20.6b	57.4b	112.0a	2570.0a	20.5c	69.6b

SNP, Spikelet number per panicle; TSW, Total spikelet weight (mg/panicle); AWS, Average weight of spikelet (mg/grain); GFR, Grain filling ratio per panicle (%).

\*Means within treatment followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level (LSD).

찰벼에 비하여 대조구와 뚜렷한 차이가 인정되었으므로 화청찰벼에서는 엽면적의 조절에 의해 2차지경의 등숙율이 화청벼보다 더 크게 영향을 받음을 알 수 있었다. 지경별 등숙정도를 대조구와 비교하여 각 처리구별로 살펴볼 때 두 품종 모두 대부분의 조사항목에 있어 차엽처리구에서 전엽에 의한 효과가 가장 적게 나타났고, 상위 1, 2, 3엽처리구에서 가장 크게 나타났으며, 특히 화청찰벼에서는 상위 1, 2, 3엽처리구가 모든 조사항목에서 가장 낮은 수치를 보여 상위 1, 2, 3엽이 동화물질 생산의 대부분을 차지함을 알 수 있었고, 또 출수 전 저장동화물질에 의한 보상작용(Lee, 1976; Weng *et al.*, 1982)과 출수 후의 상위 1, 2, 3엽을 제외한 나머지 엽신이나 튼얼자에 의한 보상작용(Kim *et al.*, 1982) 그리고 이삭이나 줄기의 동화작용에 의한 보상작용(Lee & Mckee, 1979)이 상위 1, 2, 3엽 제거시에는 약하게 작용한다고 추측된다.

#### 영화의 조절에 따른 입중변이와 등숙정도

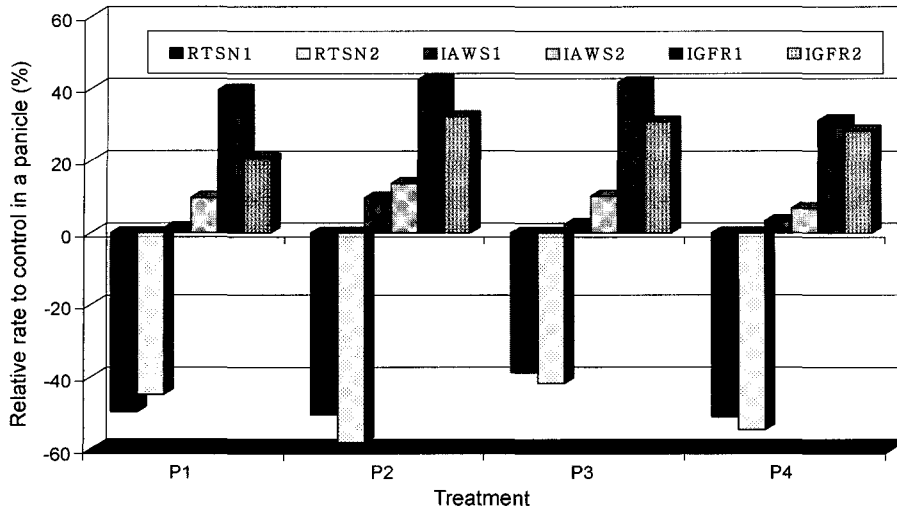
지경절제 처리구간에 화청벼와 화청찰벼의 이삭당 총립수(SNP)와 총립중(TSW), 평균립중(AWS), 등숙율(GFR)을 비교한 결과는 Table 6과 같다.

두 품종 모두 지경절제시 대조구(P5)에 비하여 이삭당 총립수와 총립중이 감소한 반면 평균립중과 등숙율은 증가되었다. 화청벼에서 지경절제 처리구간에 총립수와 총립중은 유의적 차이가 인정되지 않았으나, 화청찰벼에서는 총립수와 총립중이 처리구간에 유의적 차이를 보였으며, 특히 2차지경립 절제구(P2)에서 46.8개와 1051.9 mg으로 가장 낮은 값을 보였다. 평균립중은 화청벼와 화청찰벼 모두 2차지경립 절제구(P2)에서 각각 22.6 mg, 23.3 mg으로 가장 높은 수치를 보였으며, 등숙율도 같은 경향을 나타냈으므로 1차지경립이 2차지경립에 비하여 Sink Strength가 크다는 것을 알 수 있었다. 평균립중과 등숙율을 이삭의 상·하위지경립 절제구(P3, P4)간에 비교하였을 때 화청벼와 화청찰벼 모두 유의성이 인정되지 않았으며, 모든 처리구에서 화청찰벼가 화청벼에 비하여 지경절제 처리시 평균립중과 등숙율이 높은 결과를 보였다. 따라서 이러한 결과는 지경절제 처리에 의해 이삭당 평균립중은 증가하나 총립중은 감소하고(Ahn, 1986; Lee & Mckee, 1979; Park,

1991), 1차지경립이 2차지경립에 비하여 Sink Strength가 크며, 약세영화는 대부분 2차지경에서 유래한다(Ahn, 1986; Lee & Mckee, 1979; Mallik *et al.*, 1988; 1989)는 보고와는 일치하는 경향이었으나, 두 품종 모두에서 평균립중과 등숙율의 상·하위지경립 절제구(P3, P4)간 비교에서 유의적인 차이가 인정되지 않아 하위지경립이 종실수량에 대한 기여도가 낮다는 보고(Ahn *et al.*, 1997)와 일치하지 않는 경향이였다. 이것은 하나의 이삭에서 1차지경에 착생한 영화수는 위치에 관계없이 비슷하나, 2차지경에 착생한 영화수는 상부나 하부보다는 중간위치에 존재하는 영화수가 월등히 많으므로(Ahn, 1986) 중간위치의 종실이 수량에 대한 기여도가 가장 높은데(Ahn *et al.*, 1997), 본 실험은 상·하위지경으로만 구분하여 절제 처리한 결과 중간위치에 존재하는 영화가 상부와 하부의 어느 한 쪽으로 편중된 결과라 여겨진다.

Fig. 1은 화청벼와 화청찰벼에서 지경절제시 대조구에 대하여 감소된 이삭당 총립수와 증가된 평균립중, 등숙율을 백분율로 표현한 것이다. 화청벼의 경우 1차지경을 절제하거나 2차지경을 절제하였을 때 대조구에 비하여 약 50% 정도의 영화수를 보였으나 화청찰벼의 경우 1차지경 영화를 절제하였을 때 44.8%, 2차지경 영화를 절제하였을 때는 58.2%로 2차지경을 절제하였을 때 영화수 감소가 크게 나타났다. 이것은 화청찰벼는 2차지경에 착립한 영화수가 1차지경보다 많았기 때문이다. 1차지경립 절제구에서 평균립중의 증가 비율이 화청벼에서는 아주 적었으나, 화청찰벼에서는 크게 증가하였으며, 특히 2차지경립 절제구에서는 화청벼와 화청찰벼 모두 높은 증가율을 나타냈다. 따라서 화청찰벼의 수량 증대를 위해서는 영화수를 적정수준으로 조절하여 1차지경립 및 2차지경립의 평균립중을 증가시키는 것이 유리하다고 판단된다.

벼의 Sink 용량은 단위면적당 수수와 수당영화수, 완전등숙립중, 고밀도립비율로 결정되므로(Choi, 1984; Choi & Kwon, 1985; Mallik *et al.*, 1988; 1989) 수당영화수와 고밀도립비율을 살펴보는 것은 수량과 미질을 결정하는데 매우 중요하다. 화청벼와 화청찰벼의 영화수 조절시험에서 각 처리구의 고밀도립, 등숙립, 저밀도립, 미등숙립을 이삭당 총립수에 대한 비율로 표시한 것이 Table 7이다. 화청벼의 고밀도립비율(HDR)



**Fig. 1.** Effect of spikelet removal treatment on the spikele number, spikelet weight and grain filling ratio as percent value to control. RTSN 1, 2: Reduction rate of total spikelet number to control in Hwacheongbyeo and Hwacheongchalbyeo, respectively, IAWS 1, 2: Increasing rate of average weight of spikelet to control in Hwacheongbyeo and Hwacheongchalbyeo, respectively, IGFR 1, 2: Increasing Rate of grain filling ratio to control in Hwacheongbyeo and Hwacheongchalbyeo, respectively.

**Table 7.** Percent distribution on the number of different grades of spikelets to total spikelet number at spikelet removal treatment.

Treat	Hwacheongbyeo				Hwacheongchalbyeo			
	HDR	FGR	LDGR	UFGR	HDR	FGR	LDGR	UFGR
P1	17.9b*	62.2a	14.3b	5.6b	65.2bc	18.7bc	2.8b	13.4a
P2	53.6a	28.2b	10.3b	8.0ab	85.1a	6.9c	0.4b	7.7a
P3	51.4a	29.9b	9.4b	9.4ab	79.0ab	12.0c	3.0b	6.0a
P4	39.9ab	35.5b	12.5b	12.2ab	58.9c	30.4ab	3.1b	7.5a
P5	18.5b	38.9b	27.4a	15.2a	26.6d	43.0a	22.8a	7.7a

HDR, Percentage of high-density grain to total spikelet number (Hwacheongbyeo: 23.0 mg≤, Hwacheongchalbyeo: 22.5 mg≤); FGR, Percentage of filled grain to total spikelet number (Hwacheongbyeo: 21.0~22.9 mg, Hwacheongchalbyeo: 20.5~22.4 mg); LDGR, Percentage of incomplete filled grain to total spikelet number (Hwacheongbyeo: 19.0~20.9 mg, Hwacheongchalbyeo: 18.5~20.4 mg); UFGR, Percentage of low-density grain to total spikelet number (Hwacheongbyeo: 19.0 mg >, Hwacheongchalbyeo: 18.5 mg >).

\*Means within treatment followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level (LSD).

은 1차지경을 절제하여 영화수를 약 반으로 줄였어도 대조구와 차이가 없었으나, 2차지경, 상위 또는 하위지경을 절제하였을 때는 고밀도립비율이 증가하였다. 화청찰벼의 고밀도립비율은 모든 처리구에서 현저히 증가하였으며, 화청벼보다 화청찰벼에서 증가율이 현저히 높았다. 등숙립비율(FGR)은 화청벼에서는 1차지경립 절제구(P1)가 62.2%로 대조구보다 높게 나타났으며, 화청찰벼에서는 하위지경립 절제구(P4)를 제외한 모든 처리구에서 대조구보다 낮게 나타났다. 저밀도립비율(LDGR)은 두 품종 모두에서 대조구에 비하여 낮았고, 미등숙립비율(UFGR)은 대조구와 차이가 인정되지 않았다. 이상의 결과를 종합하면 지경절제에 의한 영화수 조절시 두 품종 모두 대조구에 비하여 저밀도립이나 미등숙립의 비율이 감소하였고, 반면에 고밀도립비율이나 등숙립비율이 증가되었으며, 특히 화청찰벼에서는 고밀도립비율이 화청벼에 비해 훨씬 높게 나타났다.

**엽면적과 영화의 조절에 따른 이삭당 총립수와 입중, 등숙율간의 관계**

화청벼와 화청찰벼에서 제거된 Source의 면적(RLA) 및 Sink 조절에 의해 남겨진 이삭당 총립수와 평균립중(AWS), 총립중(TSW), 고밀도립비율(HDR), 그리고 등숙율(GFR)간의 상관관계를 살펴본 결과는 Table 8과 같다. 전엽된 엽면적은 두 품종 모두에서 이삭당 평균립중과 총립중, 고밀도립비율 그리고 등숙율과 고도의 부의 상관관계를 보였다. 따라서 전엽된 엽면적이 증가할수록 평균립중과 총립중, 고밀도립비율 그리고 등숙율이 감소된다고 볼 수 있으며, 전엽된 엽면적과 등숙율간에 상관값이 화청벼는 -0.5408, 화청찰벼는 -0.8023으로 화청찰벼가 훨씬 높게 나타났다. 이러한 결과는 엽면적비율(LAR)과 등숙율간에는 부의 상관을 보이며(Choi, 1980), 등숙율과 고밀도립이 전엽처리에서 낮고(Park, 1991), source 관련 형질 중 sink 형질에 대한 기여도가 높은 것은 출수기때의 엽

**Table 8.** Correlation coefficients among removed leaf area and spikelet number per panicle and grain filling characters at source-sink control in Hwacheongbyeo and Hwacheongchalbyeo.

Treatment	Cultivars	AWS	TSW	HDR	GFR
Source control (RLA)	Hwacheongbyeo	-0.673**	-0.574**	-0.405**	-0.541**
	Hwacheongchalbyeo	-0.630**	-0.535**	-0.583**	-0.802**
Sink control (SNP)	Hwacheongbyeo	-0.287	0.843**	-0.397*	-0.526**
	Hwacheongchalbyeo	-0.631**	0.975**	-0.725**	-0.643**

RLA, Removed leaf area; SNP, Spikelet number per panicle; AWS, Average weight of spikelet; TSW, Total spikelet weight; HDR, High-density grain ratio; GFR, Grain filling ratio; \*, Significance at  $P \leq 0.05$ ; \*\*, significance at  $P = 0.01$ .

면적이라는 보고(Choi, 1984)와 유사한 경향이였다. 이삭당 총립수는 두 품종 모두 총립중과는 정의 상관관계를 보였으나, 등숙율 및 고밀도립비율과는 부의 상관관계를 나타냈다. 그리고 총립수와 평균립중간에는 화청벼에서는 부의 상관관계를 나타냈으나 유의적 차이가 없었고, 화청찰벼에서는 -0.6311로서 고도의 부의 상관관계를 보였다.

## 적 요

본 시험은 찰벼의 수량제한요인을 알아내기 위하여 찰·메 근동질유전자 계통인 화청찰벼와 화청벼를 공시하여 공급부위(잎)와 수용부위(영화)의 조절이 등숙에 미치는 영향을 구명함으로써 찰벼의 수량증대를 위한 기초자료를 얻고자 수행하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

이삭당 총립중과 평균립중의 감소경향은 두 품종 모두 차엽처리구 < 지엽처리구 < 상위 1, 3엽처리구 < 상위 1, 2엽처리구 < 상위 1, 2, 3엽처리구 순이었다. 상위 1, 2, 3엽 제거에 의한 총립중과 평균립중의 감소율은 화청찰벼에 비하여 화청벼에서 컸다.

2. 화청벼와 화청찰벼 모두 전엽처리에 의한 고밀도립비율과 등숙율이 2차지경보다 1차지경에서 높았다.

3. 화청벼와 화청찰벼 모두 영화의 절제처리에 의하여 이삭당 총립수와 총립중이 대조구에 비하여 감소한 반면 평균립중과 등숙율은 증가되었다. 대조구와 비교한 평균립중의 증가율은 1, 2차지경립 및 상·하위지경립의 절제구 모두에서 화청찰벼가 화청벼보다 높았다.

4. 영화의 조절의 의하여 두 품종 모두 고밀도립비율과 등숙립비율이 증가되었으며, 고밀도립비율은 화청찰벼가 화청벼에 비하여 높았던 반면에, 등숙립비율은 화청벼에서 높은 결과를 보였다.

## 인용문헌

Ahn, J. K. 1986. Physiological factors affecting grain filling in rice. Ph.D Thesis, University of the Philippines at Los Banos.  
 Ahn, J. K., I. M. Chung, and H. J. Ju. 1997. Variation of quality at different position in rice panicle. J. Agricultural Resources Development 19 : 1-8.

Cho, D. S. 1975. Studies on the productivity of individual leaf blade of paddy rice. Korean J. Crop Sci. 18 : 1-27.  
 Cho, D. S., S. K. Jong, Y. K. Park, and S. Y. Son. 1987. Studies on the duration and rate of grain filling in rice (*Oryza sativa* L.) I Varietal difference and effects of nitrogen. Korean J. Crop Sci. 32(1) : 103-111.  
 Cho, D. S., S. K. Jong, S. Y. Son, and Y. K. Park. 1988. Studies on the duration and rate of grain filling in rice (*Oryza sativa* L.) II. Difference between the parts of a panicle. Korean J. Crop Sci. 33(1) : 5-11.  
 Choi, H. C. 1984. Studies on the inheritance and selection of some characters related to source and sink in rice (*Oryza sativa* L.). Ph.D Thesis, Seoul National University.  
 Choi, H. C. 1986. Varietal difference in changing aspect of daily sink filling during the grain filling period in the rice plants. Korean J. Crop Sci. 31(1) : 43-48.  
 Choi, H. C. and Y. W. Kwon. 1985. Evaluation of varietal difference and environmental variation for some characters related to source and sink in the rice plant. Korean J. Crop Sci. 30(4) : 460-470.  
 Choi, S. I. 1989. Physiological and ecological response of agronomic characters related to source and sink in rice. Korean J. Crop Sci. 34(3) : 239-245.  
 Choi, S. I., J. S. La, J. D. So, and M. S. Lee. 1985. Studies on the growth characters and nutrient uptake related to source and sink by cool water temperature at reproductive growth stage I. Influence of cool water irrigation on the degeneration and differentiation of rachis branches and spikelets, sterility ratio ripening ratio of rice. Korean J. Crop Sci. 30(4) : 359-367.  
 Kim, C. K., B. T. Jun, and J. K. Kim. 1995. Plant architecture and dry matter production in large-grain rice variety. Korean J. Crop Sci. 40(5) : 655-661.  
 Kim, J. K. 1988. Physiological studies on low-tillering rice: an ideotype for increasing grain yield potential. Ph.D Thesis, University of the Philippines at Los Banos.  
 Kim, J. K. and B. S. Vergara. 1991a. A low tillering ideotype of rice plant for increasing grain yield potential. Korean J. Crop Sci. 36(2) : 134-142.  
 Kim, J. K. and B. S. Vergara. 1991b. Morpho-anatomical characteristics of different panicles in low and high tillering rices. Korean J. Crop Sci. 36(6) : 568-575.  
 Kim, K. H., Y. J. Lee, and S. J. Kim. 1982. Effect of defoliation and panicle removal at heading stage on grain weight in rice plant. Korean J. Crop Sci. 27(1) : 20-27.  
 Lee, H. J. and G. W. Mckee. 1979. Translocation of  $^{14}C$ -assimilates during grain filling and influence of defoliation and emasculation on grain weight in oats. Korean J. Crop Sci. 24(4) : 38-44.  
 Lee, J. I., J. C. Shin, J. K. Kim, E. H. Kim, and D. H. Cho. 1995. Effect

- of temperatures during ripening period on morphological characteristics of rachis-grain in rice. Korean J. Crop Sci. 40(5) : 662-669.
- Lee, J. Y. 1976. The Effect of the photosynthetic ability and the nutritional status on dry matter production and yield components of the rice plant at the latter half of the growth stage. Korean J. Crop Sci. 21(2) : 187-202.
- Mallik, S., A. M. Agular, and B. S. Vergara. 1988. Rice panicle characteristics. IRRN. 13(5) : 7-8.
- Mallik, S., A. M. Agular, and B. S. Vergara. 1989. Analysis of rice panicle structure. IRRN. 14(3) : 10-12.
- Park, T. S. 1991. Physiological aspects of leaf senescence during spikelet filling in rice (*Oryza sativa* L.). Ph.D Thesis, University of the Philippines at Los Banos.
- SAS Institute. 1988. SAS/STAT User's Guide, 6.03 ed., SAS Institute, Cary, NC, p. 108.
- Weng, J. H., T. Takeda, W. Agata, and S. Hakoyama. 1982. Studies on dry matter and grain production of rice plants I. Influence of the reserved carbohydrate until heading stage and the assimilation products during the ripening period on grain production. Japan. J. Crop Sci. 51(4) : 500-509.