

벼의 종자특성에 대한 유전분석

정원복 · 오주성* · 황필성

동아대학교 생명자원과학대학 유전공학과

Received September 12, 2006 / Accepted April 6, 2007

Genetic analysis of seed characters in parents and F₁ hybrid of rice. Won Bok Chung, Ju sung Oh* and Pil Seong Hwang. *Dept. of Genetic Engineering, Dong-A University, Busan, 604-714, Korea.* — The study were performed genetic analysis for seed characters of 6 parents of rice cultivar and 15 F₁ hybrids. In terms of heritability, The highest value was observed in the character of No. of grains/spike. Second values was showed 1,000 grains weight and head rice ratio was high value than grain length and width. In an analysis of correlation relation of parent, significant positive coefficients were observed in head rice ratio and No. of grains/spike, grain length and 1,000 grains weight, but the negative coefficients were significantly revealed between grain length and No. of grains/spike. Phenotype coefficient was lowly observed in the relation of grain length and 1,000grains weight, grain width and 1,000 grain weight that highly positive genetic coefficient was showed in an analysis of correlation relation of F₁. In terms of heterosis, highest value was showed 1,000grains weight and second value was No. of grains per spike and 1,000grains weight and second value was No. of grains per spike in terms of heterobeltiosis. In an analysis heterosis of among crossing combination, high ratio was observed 1st combination at seed length, 12th combination at seed width, 3rd combination at head rice ratio, 5th combination at 1,000 grains weight and 11th combination at No. of grains per spike. In an analysis heterobeltiosis of among crossing combination, high ratio was observed 1st combination at seed length, 12th combination at seed width, 3rd combination at head rice ratio, th combination at 1,000 grains weight and 11th combination at No. of grains per spike.

Key words — heritability, correlation, heterosis, heterobeltiosis

서 론

최근 국내에서는 국민들의 식생활이 다양화됨에 따라 쌀 소비가 지속적으로 감소되고 있는데 반하여 작물육종의 기술의 향상에 따른 생산량 증가로 매년 쌀 비축량이 증가되는 추세에 있으며 외국으로부터의 의무적인 쌀 수입의 증가에 따라 논면적의 감소가 지속적으로 증가되고 있는 추세이다. 따라서 다수성 육종기술의 증대와 고품질미 생산이란 두 가지를 만족시켜야 하는 어려움에 직면해 있다.

종자특성 중의 하나인 입형과 입중 그리고 완전미율은 품질과 시장성의 중요한 요소이며, 특히 입중은 필수적인 수량 구성요소의 하나로서 다수성 품종육성의 지표로 사용되고 있어 중요한 특성이라 할 수 있다. 따라서 종자관련 연구는 지속적으로 이루어져 Webb[27]은 벼알의 크기 및 모양은 육종가가 고려하여야할 첫 단계라 하였고 과거부터 벼의 입형에 대해 많은 연구가 이루어졌으며[15,17] 벼알의 크기를 결정하는 형질의 유전양상이 매우 복잡하다고 하였다[3,21]. 그리고 벼의 입중 및 입형의 유전은 대부분 다수의 유전자에 의해 지배되는 양적 형질[11,19]로서 교배 조합 및 등숙기 환

경의 영향이 크게 작용한다는 보고[8,12,26]가 있어 왔다. 따라서 벼에서의 품종간 그리고 교배 조합간에 따른 입형, 입중 및 완전미율 등의 종자특성과 수량관련 형질에 대한 상관성을 구명하고 F₁의 잡종강세성이 높은 유용 교배조합에 대한 연구를 통하여 벼 품종육성의 기초자료로 삼고자 본 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료

공시 재료로는 밀양183호, 밀양165호, 남천벼, 일미벼, 신동진벼, 장령도, 고시히까리, 사사니시키, 동진찰벼 등 9품종과 이들을 단교잡한 1개 조합을 2001년에 채종하였다. 이들 친품종과 F₁세대는 2002년 4월 25일에 파종, 육묘하여 5월 31일에 이앙하였고, 그해 가을부터 각 형질조사를 실시했다.

형질조사

조사형질로는 입장, 입폭, 완전립율, 친립중, 1수립수 등 5개 형질을 조사하였다. 각 형질의 측정치는 난괴법 3반복으로 측정하여 분산분석을 실시하였다.

유전분석

유전력은 광의의 유전력으로 하였고, 표현형상관, 유전상

*Corresponding author

Tel : +82-51-200-6535, Fax : +82-51-200-6536

E-mail : o-bagsa@hanmail.net

관은 Robinson et al[22,23], Grafius et al[5]의 분석법에 준하여 실시하였으며, 각 형질 측정값에 대한 heterosis는 $100[(F_1 \text{의 평균값} - \text{교배친의 평균값}) / \text{교배친의 평균값}]$ 으로, heterobeltiosis는 $100[(F_1 \text{의 평균값} - \text{우수 친의 표현값}) / \text{우수 친의 표현값}]$ 으로 계산하였다.

결과 및 고찰

벼의 교배친 및 F₁세대의 정립 특성에 따른 유전분산, 환경분산, 유전력을 나타낸 것은 Table 1과 같다. 교배친의 특성은 대체로 유전분산이 환경분산에 비하여 높았고 유전분산은 1수립수가 1178.517로 가장 높았고, 그 다음이 완전립율, 천립중의 순으로 높았다. 이들 3형질은 환경분산이 유전분산에 비하여 미미한 수치를 보였다. 유전력은 형질 모두에서 50.55~98.18%로 높은 경향을 보였으나 1수립수가 98.18%로 가장 높았고 천립중이 93.61%, 완전립율이 82.88%의 순이었다.

F₁세대에 대한 유전력, 유전분산, 환경분산에 대한 결과를 살펴보면 유전분산은 1수립수가 234.888로 가장 높았고, 완전립율, 천립중의 순이었다. 그러나 입장과 입폭은 유전분산이 매우 낮아 환경의 영향이 크게 작용한 것으로 생각된다. 유전력은 1수립수가 97.99%로 가장 높았으며 천립중, 완전립율의 순으로 나타났다. 유전력이 높은 형질은 교잡육종의 측면에 중요한 지표가 될 수 있으며, 유전력이 높은 1수립수와 천립중과 같은 형질은 환경적인 영향이 상대적으로 적었음을 나타내었고 대체로 벼 교배친이 F₁세대에 비하여 높은 유전력을 나타내었다. 이러한 현상은 각 교배친들의 유전적 특성이 뚜렷하여 고정도가 안정된 집단으로 평가된다. Jun, chang & chang[13]은 포장재배에서 입중이 입장이나 입폭보다 높은 유전력을 보였다고 하였으며 입의 크기에 관련된 형질은 환경조건에 따른 변이 정도가 관여한다고 하였다. 그리고 Bhatt[2]도 입중의 유전력이 높다고 하였다. 이에 반해

Table 1. Analysis of genetic variance, environment variance and heritability of 5 characters of parents of rice

Character	σ^2G	σ^2E	$h^2(\%)$
Seed length	0.002	0.001	67.10
Seed width	0.001	0.001	50.55
Head rice ratio	32.281	6.666	82.88
1,000grains' weight	4.674	0.319	93.61
No. of grains/spike	1178.520	14.093	98.18
Seed length	0.001	0.001	43.06
Seed width	0.001	0.001	23.69
Head rice ratio	15.928	2.689	85.56
1,000grains weight	3.281	0.235	93.32
No. of grains/spike	234.888	4.810	97.99

Under, parent; down, F₁.

Iyama et al[8]와 Lee et al[17]는 입폭의 유전력이 높다고 하여 상반된 결과를 보였다. 벼 종자에 대한 보고에서 Chao[3]는 F₁이 양친의 중간치와 유사하고 유전은 단순요인에 의해 지배된다고 하였으며, Jones et al[11]과 Ramiah & Parthasarathi[21]은 벼알의 길이는 양친의 중간에서 짧은 친에 가깝다고 하였으나 Sauryarao & Misro[24]는 장립을 지배하는 유전자가 우성이라고 보고한 바 있어 일정한 경향을 나타내지 않은 복잡한 유전양식을 갖는 것으로 추정된다.

Ramiah & Parthasarathi[21], Jones[10]등이 입폭의 유전은 Multiple factors에 의해 지배되는 것이라 보고하였으며, Hwang et al[7], Jun & chang[13]도 또한 여러 개의 인자가 관련된 것이라 하였다. Kwak[14]은 1000립중이 낮은 유전력을 보여 환경의 영향을 크게 받는다고 하였으나 이에 반해 Jeong et al[9]은 높은 유전력을 가진다고 하였는데 본 연구에서는 천립중이 높은 유전력을 보여 Jeong et al의 보고와 일치하였다. 그리고 완전립율이 입장이나 입폭에 비하여 높은 유전력을 보여 유전적인 영향이 크게 작용하는 것으로 생각된다.

벼 교배친 및 F₁세대의 형질간 상관관계를 나타낸 것은 Table 2와 같다. 벼 교배친의 각 형질간 상관관계에서는 대체로 유전상관이 표현형 상관보다 높은 경향을 나타내었으며 형질 상호간 상관계수는 표현형 상관과 유전상관의 값이 대체로 같은 부호로서 같은 방향으로 형질간의 변이가 작용하였다. 교배친의 형질간 상관관계를 살펴보면 완전립율과 1수립수, 입장과 천립중 간에 유의한 정의 상관을 보였으나 입장과 1수립수 입폭과 완전립율간에는 유의한 부의 상관을 나타내었다.

Jun & chang[13]의 보고에서는 입중과 입장, 입폭간에 관

Table 2. Phenotypic, genotypic correlation coefficients in parent and F₁ of rice

Characters	SL	SW	HR	GW	NG	
SL	rPh	-	-0.173	-0.089	0.289	-0.095
	rG		-0.725	-0.294	0.518	-0.105
SW	rPh	-0.089	-	-0.166	0.150	0.212
	rG		-0.296	-0.266	0.467	0.225
HR	rPh	-0.123	-0.392*	-	-0.031	0.212
	rG		-0.218	-0.597	-0.039	0.225
GW	rPh	0.474*	0.195	-0.175	-	-0.410*
	rG		0.641	0.124	-0.204	-0.414
NG	rPh	-0.517**	-0.166	0.671**	-0.311	-
	rG		-0.622	-0.191	0.740	-0.322

Correlation between F₁ and parents are shown above and below side of diagonal.

SL, Seed length; SW, Seed width; HR, Head rice ratio; GW, 1,000 grains' weight;

NG, No. of grains/spike. *, P<.05; **, P<.01.

련성이 높다고 하였으며 입장과 입폭은 상대적으로 상관의 정도가 낮다고 하였다. 본 연구에서는 천립중과 입장, 천립중과 입폭간에 정의 상관을 보여 Jun & chang의 보고와 유사하였으나 입장과 입폭은 낮은 부의 상관을 나타내어 차이가 있었다. 입형 관련 형질은 다수 유전자에 의해 지배되는 양적형질이므로 환경의 영향 및 형질들 간의 상호작용에 따라 유전자의 효과가 복잡하게 나타난다는 보고[1,19]로 볼 때, 환경적인 영향이 높게 작용하였을 것으로 생각된다. 천립중과 1수립수간에는 유의성은 없었으나 부의 상관을 보여 1수립수가 높을수록 천립중이 낮아지는 경향이 있음을 알 수 있었다. 이는 수량 구성요소에서 천립중의 영향이 낮아진다는 Choi[4]의 보고와는 유사한 경향을 나타내었다.

F₁세대의 형질간 상관관계를 살펴보면 입장과 입폭간에 높은 부의 유전상관을 보였으나 표현형상관은 유의성이 나타나지 않았으며 입장과 천립중, 입폭과 천립중간에도 높은 정의 유전상관을 나타내었으나 표현형상관은 유의성을 보이지 않았다. 천립중과 1수립수간에는 유의한 부의 상관을 나타내어 Hwang et al[7]의 보고와 유사한 경향이였다. 수량형질인 천립중을 높이기 위해서는 입장과 입폭을 증대시켜야 하나, 1수립수를 증대시키기 위해서는 완전립율을 높이는 방향으로 다수성 육종이 진행되어야 할 것이라 생각된다. 또한 Choi[4]의 보고에 따르면 품종들의 수량은 주로 1수립수와 수수에 의하여 크게 좌우되며, 1,000립중의 기여도는 낮으며 1000립중 이외의 다른 요소를 증대시키는 것이 유리하다고 하였으며 이를 위해서는 완전립율을 높이는 것이 더 효과적인 것으로 생각된다.

F₁세대의 각 형질에 있어서 양친평균치에 대한 heterosis와 우수친에 대한 heterobeltiosis를 산출한 결과는 Table 3과 같다. 각 형질의 heterosis는 모두 정의 방향으로 강세를 보였고, heterobeltiosis의 정도는 천립중이 5.29%, 1수립수가 1.91%, 완전립율이 1.53%로서 초우성의 경향을 보였다. 천립

중이 7.71, 1수립수가 4.24, 완전립율이 3.57%였다. Yang et al[28]은 천립중이 부분우성이며 수당립수가 초월우성으로 잡종강세가 가장 높다고 하였고, Hwang et al[6], Jun & Chang[13] 경우 입장이 부분우성이라는 이들 보고와 본 시험의 결과는 유사한 경향이였다. Murai & Kinoshita[18]가 입장은 완전우성이라 하여 연구자에 따라 다소의 차이가 있었으며, Park et al[20]은 미립 크기의 형질이 잡종강세가 낮고 작은 쪽이 우성이며, 미립의 크기와 입형을 함께 개량하기 어렵다는 것으로 보아 종자특성에 관한 잡종강세가 연구자에 따라 차이가 있고 잡종강세치가 낮아 특성개량이 어려운 것으로 보인다.

며 F₁세대의 형질에 대한 heterosis와 heterobeltiosis를 나타낸 것은 Table 4와 같다.

입장은 양친평균치에 대한 heterosis에서 정의 잡종강세성은 1(밀양165호×장령도)조합이 13.33%로 가장 높았으며 다음은 6(일미벼×밀양165호)조합의 순으로 나타났으며, 부의 잡종강세성은 2(밀양165호×일미벼)조합이 -8.82%로 가장 높았다. 우수친에 대한 heterobeltiosis에서 정의 잡종강세성은 평균치에 대한 잡종강세와 마찬가지로 1(밀양165호×장령도)조합이 8.80%였으며, 부의 잡종강세 또한 2(밀양165호×일미벼)조합이 -11.43%이었다. 입폭은 양친평균치에 대한 정의 잡종강세성은 12(신동진벼×장령도)조합이 13.79%로 가장 높았으며 5(밀양165호×동진찰벼)조합의 순이었다. 부의 잡종강세성은 11(동진찰벼×고시히까리)조합이 -4.76%로 가장 높았다. 우수친에 대한 정의 우수친의 잡종강세성도 12(신동진벼×장령도)조합이 10.00%로 가장 높았으며 부의 잡종강세성은 3(밀양165호×남천벼)조합이 -8.57%로 가장 높았다. 완전립율은 평균치에 대한 정의 잡종강세성은 3(밀양165호×남천벼)조합이 16.11%로 가장 높았으며, 9(장령도×고시히까리)조합의 순으로 나타났다. 부의 잡종강세성은 8(일미벼×신동진벼)조합이 -6.48%로 가장 높았다. 우수친에 대한 정의 잡종강세성에서도 3(밀양165호×남천벼)조합이 13.06%로 가장 높았고, 부의 잡종강세성에서도 8(일미벼×신동진벼)조합이 -8.48%로 가장 높았다.

천립중은 평균치에 대한 정의 잡종강세성은 5(밀양165호×동진찰벼)조합이 12.64%로 가장 높았으며 다음은 11(동진찰벼×고시히까리)조합의 순으로 나타났다. 부의 잡종강세성은 8(일미벼×신동진벼)조합이 -7.08%로 가장 높았다. 우수친에 대한 정의 잡종강세성은 11(동진찰벼×고시히까리)조합이 10.83%로 가장 높았으며, 부의 잡종강세성은 8(일미벼×신동진벼)조합이 -9.99%로 가장 높았다. 1수립수는 heterosis에서 정의 잡종강세성은 14(일미벼×동진찰벼)조합이 41.06%로 가장 높았으며, 부의 잡종강세성은 3(밀양165호×남천벼)조합이 -14.96%로 가장 높았다. heterobeltiosis에서 정의 잡종강세성은 14(일미벼×동진찰벼)조합이 37.74%로 가장 높았으며, 부의 잡종강세성은 3(밀양165호×남천벼)조합이 -16.52%로 가

Table 3. Heterotic performance of seed characters in the F₁ of rice

	SL	SW	HR	GW	NG
P	0.65	0.31	84.07	22.19	128.07
HP	0.67	0.32	85.76	22.70	131.00
F ₁	0.67	0.32	87.07	23.90	133.50
F ₁ -P	0.02	0.01	3.00	1.71	5.43
F ₁ -HP	0.00	0.00	1.31	1.20	2.50
H	3.08	3.23	3.57	7.71	4.24
HB	0.00	0.00	1.53	5.29	1.91

P, mean among four parental cultivars; HP, highest parental value among four cultivars; F₁, mean value of twelve hybrids; HB, heterobeltiosis.

SL, Seed length; SW, Seed width; HR, Head rice ratio; GW, 1,000 grains weight;

NG, No. of grains/spike.

Table 4. Heterosis and heterobeltiosis of five seed characters in cross combination by the F₁ of rice

	SL		SW		HR		GW		NG	
	H	HB	H	HB	H	HB	H	HB	H	HB
1	13.33	8.80	-1.54	-4.48	3.94	2.33	-2.85	-4.36	4.51	2.21
2	-8.82	-11.43	7.14	0.00	6.23	3.84	-1.56	-4.22	6.59	4.04
3	2.26	0.74	4.48	-8.57	16.11	13.06	1.03	-1.39	-14.96	-16.52
4	-1.73	-2.86	0.00	-7.69	3.55	1.34	10.09	6.64	5.31	3.27
5	-7.05	-8.15	12.90	7.69	7.38	6.84	12.64	10.01	4.14	2.40
6	9.38	7.69	0.00	-7.69	0.35	-1.56	8.94	5.07	11.25	8.58
7	7.20	7.20	3.23	-1.54	1.12	-0.32	7.25	4.12	6.30	4.24
8	-2.90	-4.29	10.00	1.54	-6.48	-8.48	-7.08	-9.99	11.80	8.77
9	5.26	0.00	-1.49	-1.43	12.21	9.37	10.78	7.94	21.69	18.41
10	-2.90	-7.59	6.67	-1.54	-0.28	-2.29	8.01	4.42	-14.38	-16.38
11	2.13	-0.69	-4.76	-7.69	5.44	2.28	12.13	10.83	22.83	21.40
12	-1.25	-6.67	13.79	10.00	1.23	-0.96	8.25	6.27	19.80	16.83
13	4.69	3.08	0.00	-7.69	0.59	-1.33	3.34	-0.33	1.20	-2.29
14	-5.26	-10.00	3.23	-1.54	-4.42	-6.27	11.10	8.32	41.06	37.74

1.,Milyang165×Jangryoungdo;2,Milyang165×Ilmibyeo;3,Milyang165×Namcheonbyeo;, 4,Milyang165×Sindongjinbyeo; 5,Milyang165×Dongjinchalbyeo; 6,Ilmibyeo×Milyang165; 7,Sindongjinbyeo×Milyang165; 8,Ilmibyeo×Sindongjinbyeo; 9,Jangryoungdo×Kosihicari;10,Sindongjinbyeo×Kosihicari; 11,dongjinchaebyeo×Kosihicari;12,Sindongjinbyeo×Jangryoungdo; 13,Milyang183×Sasanisiki; 14,Ilmibyeo×Dongjinchalbyeo
 SL, Seed length; SW, Seed width; HR, Head rice ratio., GW, 1,000 grains weight; NG, No. of grains/spike.
 H,heterosis; HB,heterobeltiosis.

장 높았다. 따라서 천립중과 1수립수에서 우수한 잡종강세성을 보인 11(동진찰벼×고시히까리)조합과 품질관련 특성인 완전립율에서 우수한 잡종강세성을 보인 3(밀양165호×남천벼)조합에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

전체적으로 살펴보면 조합에 따라 잡종강세의 경향이 매우 다양하게 나타났으며 유전성향도 매우 변화가 크게 나타나는 것을 알 수 있었다. 입중과 입장의 유전에 대해 Lee[16]는 조합에 따라 부분우성, 초월우성적 유전현상을 보고하였으며 Somirith et al[25]은 유전자의 상가적 작용과 부분우성에 의해 나타난다고 하였다. 따라서 종자특성에 대해 많은 polygene의 지배에 의한 유전성이 환경적 특성에 따라 다양한 변이를 보여 그 유전양상을 해석하기가 쉽지 않다는 것을 알 수 있었다. 그러나 수량형질인 1수립수와 품질관련 형질인 완전립율이 높은 유전력을 보였다는 점과 이러한 1수립수와 완전립율간에 교배친에서의 상관관계에 비하여 F₁의 상관관계에서 낮은 상관치를 보였으나 정의 상관성을 나타내었다는 점에서 중요한 의미를 가지며 수량특성과 품질특성간의 상관에 대한 지속적인 연구가 시급하다고 생각된다..

요 약

벼 잡종 F₁세대의 종자특성에 대한 유전분석과 잡종강세에 대한 결과는 다음과 같다.

1. F₁세대의 유전력은 1수립수가 97.99%로 가장 높았으며 천립중, 완전립율의 순으로 나타났고 완전립율이 입장이나 입폭에 비하여 높은 유전력을 보였다.

2. 교배친의 형질간 상관관계는 완전립율과 1수립수, 입장과 천립중간에 유의한 정의 상관을 보였으나 입장과 1수립수, 입폭과 완전립율간에 유의한 부의 상관을 보였다. 그리고 F₁세대의 형질간 상관관계는 입장과 입폭간에 높은 부의 유전상관을 보였으나 표현형상관에서는 유의성이 인정되지 않았다. 입장과 천립중, 입폭과 천립중간에도 높은 정의 유전상관을 나타내었으나 표현형상관은 유의하지 않았다.

3. heterosis는 천립중이 7.71%였고, 다음이 1수립수, 완전립율의 순이었다. heterobeltiosis 또한 천립중이 5.29%였고, 다음이 1수립수, 완전립율의 순이었다.

4. 교배조합간의 heterosis는 입장이 1(밀양165호×장령도)조합에서 13.33%, 입폭이 12(신동진벼×장령도)조합에서 13.79%, 완전립율이 3(밀양165호×남천벼)조합에서 16.11%, 천립중이 5(밀양165호×동진찰벼)조합과 11(동진찰벼×고시히까리)조합에서 각각 12.64%, 12.13%, 1수립수가 11(동진찰벼×고시히까리)조합에서 22.83%로 높았다.

그리고 heterobeltiosis는 입장이 1(밀양165호×장령도)조합에서 8.80%, 입폭이 12(신동진벼×장령도)조합에서 10.00%, 완전립율이 3(밀양165호×남천벼)조합에서 13.06%, 천립중이 5(밀양165호×동진찰벼)조합과 11(동진찰벼×고시히까리)조합에서 각각 10.01%, 10.83%, 1수립수가 11(동진찰벼×고시히까리)조합에서 21.40%로 높았다.

참 고 문 헌

1. Ahmed, T., K. Sharma and G. R. Das. 1995. Inheritance of

- grain size and shape in rice(*Oryza sativa* L.). *Indian J. Genet. & Plant Breed.* **55(2)**, 132-137.
2. Bhatt, G. M. 1972. Inheritance of heading date, plant height and kernel weight in two spring wheat crosses. *Crop. Sci.* **12**, 95-97.
 3. Chao, L. F. 1982. Linkage studies in rice. *Genetics* **13**, 133-165.
 4. Choi, S. J. 1980. Diallel analysis of grain weight and inter-relationships between components of grain size. *Korean J. Breed.* **12(1)**, 13-18.
 5. Grafius, J. E., W. L. Nelson and Dirks. 1952. The heritability of yield in barley as measured by early generation bulked progenies. *Agron. J.* **44**, 253-257.
 6. Hwang, H. G., J. K. Sohn and S. K. Lee. 1985. Comparison of grain characters and genetic analysis of grain weight among rice cultivars that grain weight. *Korean J. Breed* conference. 14-14.
 7. Hwang, H. G., J. K. Sohn and Y. C. Kim. 1984. Studies on the inheritance of grain characters of rice. *Korean J. Breed.* **6(2)**, 225-232.
 8. Iyama, S., H. Morishima and H. Oka. 1958. Inheritance of grain in rice. *Ann. Rpt. Natl. Inst. Genet. Jap.* **9**, 73-75.
 9. Jeong, O. Y., J. H. Lee, H. C. Hong, P. J. S. Aek, E. G. Jeong, S. J. Yang and Y. T. Lee. 2005. Inheritance of grain shape in rice. *J. Korean Soc. Crop Sci.* 232-233.
 10. Jones, J. W. 1919. Inheritance of characters in rice. *Jour. Agri. Res.* **17(10)**, 771-781.
 11. Jones, W. J., C. R. Adair, H. M. Beachell and L. L. Davis. 1975. Inheritance of earliness and length of Kern in rice. *Jour. Amer. Soc. Agron.* **27**, 910-921.
 12. Jun, B. T. 1985. Studies on the inheritance of grain size and shape in rice(*Oryza sativa* L.). *Korean Res. Rep. RDA(Crops)* **27(2)**, 1-27.
 13. Jun, B. T. and K. Y. Chang. 1984. Studies on the inheritance of quantitative characteristics in rice. 1. Studies on the inheritance of grain size in rice. *Korean J. Breed.* **16(1)**, 62-70.
 14. Kawk, T. S. 2002. Genetic analysis of yield and characters related to yield of different ecological types of rice. *Korean J. Intl. Agri.* **14(3)**, 151-155.
 15. Kim, K. H. and J. K. Ahn. 1997. Classification of grain type and marketing grades for Korean rice varieties. *J. Korean Soc. Crop Sci.* **42(3)**, 357-366.
 16. Lee, K. H. 1976. Studies on the inheritance of dimension and weight of grain in rice. Seoul national Univ. master's thesis.
 17. Lee, S. Y., T. H. Noh, B. K. Kim and J. H. Lee. 2003. Inheritance of grain weight and size of a high yielding japonica cultivar, Sobibyeeo. *J. Korean Soc. Crop Sci.* **48(3)**, 142-146.
 18. Murai, M. and T. Kinoshita. 1986. Diallel analysis of traits concerning yield in rice. *Japan. J. Breed.* **36**, 7-15.
 19. Murty, P. S. N. and S. Govindaswami. 1967. Inheritance of grain size and its correlation with the hulling and cooking qualities. *Oryza* **4(1)**, 12-21.
 20. Park, G. H., H. T. Kim and S. H. Choi. 1988. Genetic studies on grain shape and quality in rice. *Agric. Res. Kyungpook Natl. Univ.* **6(2)**, 25-30.
 21. Ramiah, K. and N. Parthasarathi 1932. Inheritance of grain length in rice(*Oryza sativa* L.) *Indian Jour. Agr. Sci.* **3(5)**, 809-819.
 22. Robinson, E. R., R. E. Comstock and P. H. Harveys, 1949. Estimates of heritability and the degree of dominance in corn. *Agron. J.* **41**, 353-359.
 23. Robinson, E. R., R. E. Comstock and P. H. Harveys, 1951. Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implication in selection. *Agron. J.* **43**, 282-287.
 24. Saryarao, A. and B. Misro. 1968. Linkage studies in rice (*Oryza sativa* L.) VIII. Inheritance of genes governing long palea, red pericarp, grain shape and shattering of grain and their inter-relationships. *Oryza* **5(4)**, 5-9.
 25. Somirith, B., T. T. Chang and B. R. Jackson. 1979. Genetic analysis of rice. *IRRI. Res. paper series* **35**, 1-14.
 26. Syakud, K. 1951. Studies on the quantitative inheritance. (A) Rice(*Oryza sativa* L.) (d)(1) On the quantitative function of the genes Gr1, gr2 and Ka. *Japan J. Genetics* **26**, 13-29.
 27. Webb, B. D. 1980. Rice quality and grades. Rice: Production and utilization. B. B. Luh, ed. Ava. Publ. (O., Inc.) westport, CT.
 28. Yang, B. K., C. H. Kim, Y. T. Lee, S. H. Bae and S. J. Park. 1985. Genetic analysis and heterosis of yield component and characters according to Diallel Cross of recommended cultivar in rice *J. Korean Soc. Crop Sci.* conference 3-3.