

자포니카 다수성 품종 소비벼의 입중과 입형의 유전

이승엽*† · 노태환** · 김보경** · 이중호*

*원광대학교 식물자원과학부 생명자원과학연구소, **호남농업시험장

Inheritance of Grain Weight and Size of a High Yielding Japonica cultivar, Sobibyeo

Seung-Yeob Lee*†, Tae-Hwan Noh**, Bo-Kyeong Kim**, and Joong-Ho Lee*

*Institute of Life Science and Natural Resources, Division of Plant Resources Science, Wonkwang University, Iksan, 570-749, Korea

**National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan, 570-080, Korea

ABSTRACT : To obtain information on the inheritance of grain weight and grain size of japonica cultivar, Sobibyeo which has high yielding potential and large grain in rice, the genetic variation, heritability and phenotypic correlation of 1,000 grain weight, grain length, width and thickness were investigated in two crosses, Iksan 429/Sobibyeo and Iksan 430/Sobibyeo. The grain characteristics of F₁ hybrids exceeded mid-parental values, while grain length: width ratio was intermediate between the parents. In F₂ populations, the average grain length, width and thickness were intermediate as mid-parental values, but grain weight exceeded the mid-parental values. In F₂ populations of Iksan 429/Sobibyeo and Iksan 430/Sobibyeo, mean 1,000 grain weights were 24.86 g and 25.04 g on the average, and ranged 18.4 g-32.2 g and 19.5 g-33.4 g, respectively. The segregation mode for grain weight was regarded as a nearly normal distribution in two crosses of F₂ populations. Estimates of broad sense heritabilities for grain weight in Iksan 429/Sobibyeo and Iksan 430/Sobibyeo were high as 89.00% and 89.06%, and grain length showed the highest heritability among grain characteristics as 97.45% and 97.35%, respectively. Grain weight was highly correlated with grain length, width and thickness, and grain length was highly correlated with grain width and thickness. These grain characteristics were apparently controlled by polygenes. Accordingly, these traits will be readily improved through selection in the early segregating generations.

Key words: inheritance, grain size, grain weight, japonica rice

벼의 입형과 입중은 용도에 따른 품질과 시장성을 결정하는 중요한 요소일 뿐 만 아니라, 입중은 필수적인 수량구성요소

들 중의 하나이다. 우리 나라 쌀의 입형은 단원형이 시장성이 높아 선호되기 때문에 대부분의 장려품종들이 단원형으로 육성되어 왔다. 다수확을 목적으로 한 인디카 품종과 자포니카 품종간 교잡에 의해 육성된 통일형에서도 단원형 품종들이 육성된 바 있다. 그런데, 벼의 입형의 발달은 길이신장이 된 다음 폭과 두께가 신장되기 때문에 수량성 확보 측면에서는 장립형이 적합하다. 국제미작연구소의 초다수성 품종 육성에서도 입의 형태를 장립형으로 선발한다는 것이 최근의 육종전략이다.

일반적으로 입중이 증가하면 심복백이 증가하여 품질이 저하되기 때문에 주로 양조미, 팽화미 등과 같은 가공용으로 이용되며, 대립일수록 도정시에 쏘미발생이 증가하여 30g이상의 대립중은 심복백 및 쏘미율의 증가와 등숙기의 환경에 따른 수량성의 불안정으로 실용적이지 못하다(Takida, 1989). 또한 심복백과 함께 외관상 미질을 결정하는 미립의 형태는 길이, 넓이, 두께 등의 3요소에 의하여 결정되며, 입형을 나타내는 지수로 흔히 장폭비를 사용하는데, 국제미작연구소(IRRI, 1980)는 입형의 분류기준을 장폭비를 기준으로 세립(slender)은 3.1 이상, 중립(media)은 2.0-3.0, 단원립(bold)은 1.1-2.0, 원형립(round)은 1.0이하로 구분하고 있으며, 우리나라의 주요 장려품종들은 장폭비가 대부분 2.0이하인 단원립이다. 또한 최근에 육성된 소비벼와 신동진벼는 다수성 자포니카 품종으로서 천립중이 27g 이상인 중대립이면서 심복백 및 쏘미율이 적고, 밥맛이 좋아 취반용 품종으로 육성되었다. 더욱이 소비벼와 신동진벼는 입중의 증가에도 불구하고 수당립수와 수수가 동진벼와 비슷하여, 물질생산 및 전이능력이 높은 것으로 보이며, 장폭비는 각각 1.86과 1.84로서 단원립에 속한다. 최근 육종현장에서 자포니카 품종의 수량성을 높이기 위하여 중대립 특성을 가진 소비벼와 신동진벼가 교배모본으로 많이 이용되고 있다. 벼에서 입중 및 입형의 유전은 재료 및 관련형질들에 따라 관여하는 인자들의 작용양상이 다른데, 이들 형질들은 대부분 다수의 유전자에 의해 지배되는 양적 형질로서 교배조합 및 등숙기 환경의 영향이

(본 연구는 2002년도 원광대학교 교비지원에 의하여 수행되었음)

†Corresponding author: (Phone) +82-63-850-6665

(E-mail) sylee@wonkwang.ac.kr <Received August 1, 2002>

크다(Syakudo, 1951; Iyama *et al.*, 1958; Chandraratna & Sakai, 1960; Jun, 1985). 따라서 입중 및 입형의 유전은 재료 및 관련형질들에 따라 관여하는 인자들의 작용양상이 다르므로, 소비벼 및 신동진벼의 입중 및 관련형질의 유전양식을 밝혀 자포니카 품종간 교잡에서 선발효율을 높이는 것이 바람직하다.

본 연구는 자포니카 중대립 품종인 소비벼를 재료로 입중 및 입형의 유전양상을 구명하기 위하여, 2조합의 자포니카 품종간 F₁ 및 F₂를 양성하여 현미 천립중의 유전과 현미 길이, 넓이, 두께 등 관련형질간 상관관계를 분석하였다.

재료 및 방법

재료 양성

공시재료는 소비벼를 부분으로 익산 429호와 익산 430호를 모본으로하여 F₁ 및 F₂를 양성하였다. 재배법은 재식밀도 30 × 15 cm, 재식본수 1본으로 4월 25일 파종하여 5월 25일에 양친 및 F₁은 60개체씩, F₂는 1,500개체씩을 손이양하였다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O가 11-9-7 kg/10a로 질소는 기비-분얼비-수비를 50-30-20%로, 칼리는 기비-수비를 70-30%로 분시하였고, 인산은 전량기비로 사용하였다.

입중 및 입형 관련형질

조사개체수는 양친 및 F₁은 40개체, F₂는 460개체를 주별로 수확하여 탈곡후 건조하였다. 입중의 조사는 약 14-15%로 건조된 재료를 제현한 다음, 완전립을 수선하여 현미 천립중을 측정하였다. 입형 관련형질은 개체당 총실하게 등숙된 현미 10립씩 골라 caliper로 장, 폭, 두께를 조사하였다. 유전력은 다음 식에 의하여 광의의 유전력을 구하였으며, 입중 및 입형 관련형질간 표현형 상관을 구하였다.

$$h_B^2 = \frac{V_{F_2} - V_E}{V_{F_2}} \quad V_E = \frac{V_{P_1} + V_{P_2} + V_{F_1}}{3}$$

결과 및 고찰

자포니카 중대립 품종인 소비벼의 입중 및 입형 관련형질의 유전양상을 조사하기 위하여, 2계통의 자포니카 모본과 소비벼, F₁ 및 F₂의 현미 천립중, 현미 길이, 폭, 두께 등을 조사한 결과는 표 1과 같다. 모본인 익산 429호와 익산 430호의 천립중은 21.7g과 21.5 g, 장폭비는 1.70과 1.77의 단원형 중소립이며, 부분으로 사용한 소비벼는 천립중 27.5 g, 장폭비 1.82의 중대립이다. 현미 천립중은 F₁, F₂에서 2조합 모두 양친의 평균치보다 높았으며, F₂집단에서 현미 천립중의 분포범위는 익산 429호/소비벼 조합에서는 최저 18.4g에서 최고 32.2 g, 익산 430호/소비벼 조합에서는 최저 19.5g에서 최고 33.4g으로 두조합 모두 연속적인 빈도분포를 보였다(Fig. 1). 이와 같이 현미 천립중이 F₁에서 2조합 모두 양친의 평균치보다 높고, F₂의 분포가 비슷한 경향이고, 현미 천립중이 무거운 방향으로 연속변이를 보이는 것으로 보아 소비벼의 현미 천립중의 유전은 천립중이 무거운 것이 가벼운 것에 비하여 우성으로 작용하며, 관여 유전자 수는 단순하지 않고 다수의 유전자에 의해 지배된다고 해석할 수 있었다. 또한 2조합 모두 F₂에서 천립중이 초월분리하는 현상을 보였다. 일반적으로 입중의 유전은 대부분 모계의 영향을 없는 것으로 나타나(Jun & Chang, 1984; Shon *et al.*, 1998), 본 실험에서는 정역간 분석은 실시하지 않았다. 입중은 다수의 유전자에 의해 지배되는 것으로 알려져 있으며, 가벼운 친이 우성으로 작용하는 경우(Ramiah & Parthasarathy, 1932; Jun & Chang, 1984)와 본 실험에서와 같이 무거운 친이 우성으로 작용하는 경우가 있어(Chandraratna & Sakai, 1960; Shon *et al.*, 1998), 재료에 따라 유전자 작용의 방향이 일정하지 않음을 알 수 있다. 최근 분자 유전자 지도를 이용한 QTL분석을 통하여 Lin *et al.*(1996)과 Xiao *et al.*(1996)은 각각 1, 4, 5번 염색체와 3, 4, 5번 염색체에 있는 3개의 QTL이 35.9%와 35.2%의 표현형 변이를

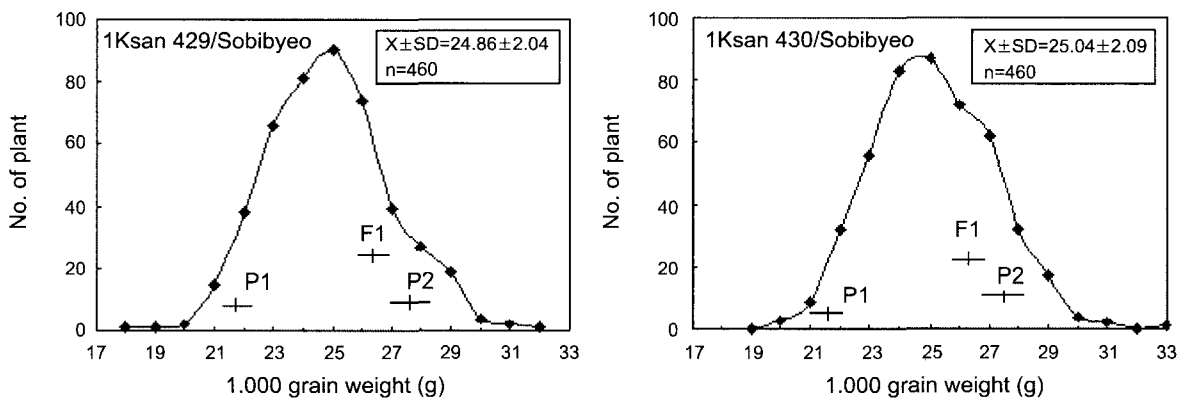


Fig. 1. Frequency distribution of 1,000 grain weight of brown rice in F₂ populations between small grain and large grain (Sobibyeeo) of japonica rice.

Table 1. Variation of grain characteristics in F₁ hybrids, F₂ population and parents between small grain and large grain (Sobibyeo) of japonica rice.

Material	1,000 grain weight (g)	Grain characteristics			
		Length (mm)	Width (mm)	Length/Width	Thickness (mm)
Female					
Iksan 429	21.65 ± 0.59	5.08 ± 0.02	2.98 ± 0.03	1.70 ± 0.01	2.07 ± 0.02
Iksan 430	21.45 ± 0.55	5.15 ± 0.02	2.90 ± 0.03	1.77 ± 0.01	2.10 ± 0.02
Male					
Sobibyeo	27.49 ± 0.69	5.91 ± 0.05	3.24 ± 0.03	1.82 ± 0.01	2.25 ± 0.03
F₁					
Iksan 429/Sobibyeo	26.17 ± 0.74	5.53 ± 0.05	3.18 ± 0.05	1.74 ± 0.02	2.22 ± 0.02
Iksan 430/Sobibyeo	26.42 ± 0.71	5.56 ± 0.06	3.16 ± 0.03	1.76 ± 0.01	2.23 ± 0.03
F₂					
Iksan 429/Sobibyeo	24.86 ± 2.04	5.51 ± 0.26	3.11 ± 0.09	1.77 ± 0.09	2.15 ± 0.07
Iksan 430/Sobibyeo	25.04 ± 2.09	5.53 ± 0.30	3.08 ± 0.11	1.79 ± 0.07	2.18 ± 0.08

설명할 수 있다고 하였고, Hwang *et al.*(1987)도 입중의 관여 유전자 수는 한쌍의 주동 유전자에 의해 지배되는 것으로 추정되며, 유전력이 매우 높다고 한 것으로 보아 재료에 따라 다르지만 입중에 관여하는 유전자 수가 많지 않을 것으로 생각되었다.

한편 표 1에서 보는 바와 같이 입중을 결정하는 현미의 길이, 넓이 및 두께 등 3요인 중에서 현미 길이의 유전은 F₁에서 양친의 평균치보다 약간 높고, F₂집단에서 짧은 쪽으로 치우친 연속변이를 보이는 것으로 보아 짧은 것이 긴 것에 비하여 불완전 우성으로 작용하는 다수의 유전자에 의해 지배되는 것으로 추정되었다(Fig. 2). 또한 현미의 넓이와 두께는 2조합 모두 F₁에서 양친의 평균치보다 높았으며, F₂집단의 평균치는 양친과 비슷하였고, 큰 쪽으로 연속적인 빈도 분포를 보이는 것으로 보아 현미의 넓이와 두께는 큰 것이 작은 것에 비하여 우성으로 작용하며, 다수의 유전자가 관여하는 것으로 해석되었다. 특히 익산 430호/소비벼 조합의 F₁에서 현미 두께는 소비벼에 가까운 값을 보여 입형 관련형질의 heterosis도 나타난 것으로 추정되었다. 입형 관련형질 중 장폭비는 F₁, F₂에서 양친의 평균치에 가까운 경향을 보였는데, 이는 양친 모두 자포니카 단원형이기 때문으로 생각되었다.

또한 익산 429호/소비벼와 익산 430호/소비벼 두 조합의 현미 천립중 및 입형 관련형질에 대한 광의의 유전력을 양친과 F₁, F₂ 세대의 분산을 이용하여 추정한 결과, 소비벼의 현미 천립중에 대한 광의의 유전력은 각각 89.00%과 89.06%로 높게 나타났다. 입형관련 형질중 현미의 넓이에 대한 유전력은 각각 80.57%와 93.17%로 높았으며, 두 조합간에 다소의 차이를 보였다. 현미의 길이에 대한 유전력은 두 조합에서 각각 97.45%와 97.35%로 관련형질 중 가장 높게 나타났으며, 현미의 두께에 대한 유전력도 각각 89.32%와 89.73%으로 높게 추정되었다(표 2). 본 실험에서 천립중 및 입형 관련형질에 대

한 유전력은 비상가적 부분이 포함된 광의의 유전력이므로 대부분 높은 값을 보였다. 입형 관련형질의 유전은 재료에 따라 차이는 있지만, 현미의 넓이는 현미 길이와 서로 독립적으로 유전하며(Rao & Sang, 1989), 조합에 따라 불완전 우성, 완전우성, 또는 초우성인 경우가 있고(Syakudo, 1951; Murty & Govindaswami, 1967; Jun & Chang, 1984), 현미 두께의 유전도 분석재료에 따라 다른 방향으로 작용하기도 하는데, 이러한 입형 관련형질들은 다수의 유전자에 의해 지배되는 양적 형질로서, 환경의 영향 및 형질들간의 상호작용에 따라 유전자의 효과가 복잡하게 나타난다(Murty & Govindaswami, 1967; Syakudo, 1951; Ahmed *et al.*, 1995). 본 실험결과 소비벼의 천립중과 입형관련 형질중 현미길이를 제외하고는 두 조합에서 모두 큰 쪽이 우성으로 작용하였으며, 광의의 유전력도 높아 소비벼를 이용한 자포니카 품종간 교잡에서도 품종유성을 위한 입중 및 입형관련 형질들의 선발효과가 클 것으로 기대되었다.

한편, F₂ 세대에서 입중 및 입형 관련형질 상호간의 표현형 상관관계를 분석한 결과, 입중과 입형 관련형질 상호간에는 고도로 유의한 정의 상관관계가 인정되었으며, 그 정도는 익산 429호/소비벼 조합에서보다 익산 430호/소비벼 조합에서 더 높았다(표 3). 두 F₂ 집단중 익산 429호/소비벼 조합은 현미 길이>넓이>두께 순으로, 익산 430호/소비벼 조합에서는 현미 넓이>길이>두께 순으로 현미 천립중에 대한 집점효과가 큰 것으로 나타나 Jun(1985)의 결과와 유사하였다.

이상에서와 같이 소비벼는 중대립이면서 수당립수도 많고, 장폭비가 작은 단원립의 자포니카 다수성 품종으로 교배모본으로서의 활용가치가 큰데, 소비벼에 대한 현미 천립중의 유전은 다수의 우성 유전자가 관여하는 양적형질로 추정되며, 두 조합에서 모두 유전력이 높게 나타나 교배모본으로 이용할 경우, 초기세대에서 선발이 가능할 뿐 만 아니라(Takida, 1983; 1989; Chauhan & Chauhan, 1994; Sohn *et al.*, 1998), 초

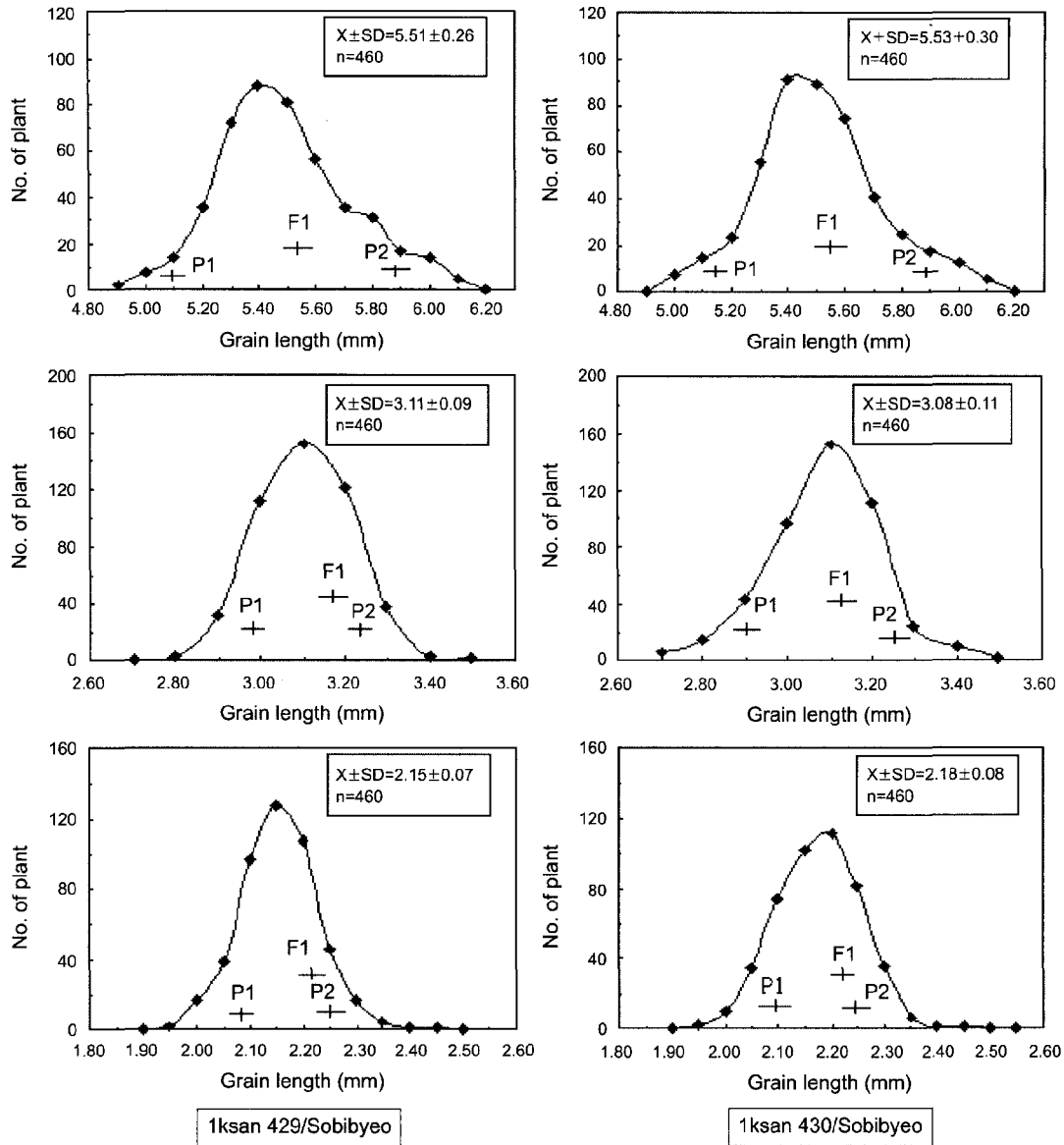


Fig. 2. Frequency distribution of grain size of brown rice in F₂ populations between small grain and large grain (Sobibyeo) of japonica rice.

Table 2. Heritability estimates for grain characteristics in two crosses of F₂ populations between small grain and large grain (Sobibyeo) of japonica rice.

Characteristics	Cross combination	
	Iksan 429/Sobibyeo	Iksan 430/Sobibyeo
1,000 grain weight	89.00	89.06
Grain length	97.45	97.35
Grain width	80.57	93.17
Grain thickness	89.32	89.73

월분리도 나타나므로, 입중 증대에 의한 자포니카 다수성 품종육성 및 양조용과 같은 대립 품종의 육성시에 육종효율을 크게 높일 수 있을 것으로 기대되었다.

Table 3. Phenotypic correlations among grain characteristics in F₂ population between small grain and large grain (Sobibyeo) of japonica rice.

Characteristics	Cross combination	
	Iksan 429/Sobibyeo	Iksan 430/Sobibyeo
1,000 grain weight vs.		
Grain length	0.6889**	0.8311**
Grain width	0.4324**	0.8644**
Grain thickness	0.2614**	0.5189**
Grain length vs.		
Grain width	0.2407**	0.7260**
Grain thickness	0.2587**	0.5287**
Grain width vs.		
Grain thickness	0.3661**	0.4854**

** significant at 0.01 probability level.

적 요

자포니카 중대립 소비벼의 입중 및 입형 관련형질의 유전양상을 구명하기 위하여, 2조합의 자포니카 품종간 F_1 및 F_2 를 이용하여 현미 천립중, 현미 길이, 넓이, 두께 등의 유전 및 관련형질간 상관관계를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 장폭벼를 제외한 현미 천립중, 현미 길이, 넓이, 두께 등은 익산 429호/소비벼, 익산 430호/소비벼 두 조합의 F_1 에서 모두 양친의 평균치보다 높게 나타났으며, 현미 천립중은 F_2 집단에서 18.4 g-32.2 g과 19.5 g-33.4 g 범위로 연속적인 빈도 분포를 보였다.

2. 현미 천립중에 대한 광의의 유전력은 두 조합에서 각각 89.00과 89.06으로 높게 추정되었으며, 현미의 길이에 대한 유전력은 각각 97.45와 97.35로 관련형질 중 가장 높게 나타났다.

3. 입중과 입형 관련형질 상호간에는 고도로 유의한 정의 상관관계가 인정되었으며, 현미 천립중은 현미 길이, 넓이, 두께 순으로 고도의 상관관계를 보였다.

따라서 소비벼의 입중 및 입형관련 형질들은 우성으로 작용하는 다수의 유전자가 관여하는 양적형질로 나타났으며, 교배 모본으로 활용할 경우 초기세대에서 선발이 가능하여 육종효율을 높일 수 있을 것으로 기대되었다.

인용문헌

- Ahmed, T., K. 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.
- Chandraratna, M. F. and K. I. Sakai. 1960. A biometrical analysis of macroclinous inheritance of grain weight. *Heredity* 14(3) : 365-373.
- Chauhan J. S. and V. S. Chauhan. 1994. Genetic analysis of grain dimensions and weight and their association with grain yield in rainfed rice (*Oryza sativa* L.). *Indian J. Agr. Sci.* 64(9) : 613-618.
- Hwang, H. G., J. K. Sohn, and S. K. Lee. 1987. Studies on the yield potential increment by grain weight in rice, 2. genetic study on the grain weight and length. *Korean J. Breed.* 19(2) : 151-157.
- IRRI. 1980. Standard evaluation system for rice. International Rice Research Institute(IRRI) 2nd edition, p. 113.
- Iyama, S., H. Morishima, and H. Oka. 1958. Inheritance of size and shape of grain in rice. *Ann. Rep. Natl. Inst. Genet. Jap.* 9 : 73-79.
- 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.
- 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.
- 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.
- Lin, H. X., Qian, H. R., Zhong, Z. Y., Lu, J., Min, S. K., Xiong, Z. M., Huang, N., and Zheng K. L. 1996. RFLP mapping of QTLs for yield and related characteristics in rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 92 : 920-927.
- Ramia, K. and N. Parthasarathi. 1932. Inheritance of grain length in rice (*Oryza sativa* L.). *Indian J. Agr. Sci.* 3(5) : 808-819.
- Rao, M. J. B. and L. V. Sang. 1989. Inheritance of grain length, width, thickness, and weight in Pakistan Basmati/IR1469 and Pakistan Basmati/Paizam 242. *International Rice Research Newsletter* 14(5) : 10-11.
- Sohn, J. K., Y. S. Kwon, K. M. Kim and T. S. Kwak. 1998. Inheritance of grain size of large-grain mutants derived from anther culture of japonica rice, Hwayeongbyeo. *Korean J. Breed.* 30(1) : 65-68.
- Syakudo, K. 1951. Studies on the quantitative inheritance ($\bullet\delta$). (A) Rice (*Oryza sativa* L.) (d) (1) On the quantitative function of the genes Gr1, Gr2 and Ka. *Japan J. Genetics* 26 : 13-29.
- Takida, T. 1983. Breeding of a rice line with extraordinarily large grains as a genetic source for high yielding varieties. *JARQ* 17(2) : 93-97.
- Takida, T. 1989. Breeding for grain shape in rice. *Agricul. & Technol.* 44(6) : 279-282.
- Xiao, J., Li J., and Tanksley S. D. 1996. Identification of QTLs affecting traits of agronomic importance in a recombinant inbred population derived from a subspecific rice cross. *Theor. Appl. Genet.* 92 : 230-244.