

조기재배 적합 벼품종 육성을 위한 재조합집단에서 완전미율과 농업형질과의 상관분석

이종희*[†] · 조준현* · 김상열* · 이지윤* · 김춘송** · 여운상** · 송유천* · 손영보* · 오명규* · 강항원** · 남민희*

*농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부, **농촌진흥청 국립식량과학원

Correlation Analysis between Head Rice Ratio and Agronomic Traits in RILs for Developing A Promising Rice Cultivar Adaptable to The Early-Transplanting Cultivation

Jong-Hee Lee*[†], Jun-Hyun Choi*, Sang-Yeol Kim*, Ji-Yoon Lee*, Choon-Song Kim**, Un-Sang Yeo**,
You-Chen Song*, Young-Bo Sohn*, Myung Kyu Oh*, Hang-won Kang**, and Min Hee Nam*

*Department of Functional Crop, NICS, RDA, Milyang 627-803, Korea

**National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

ABSTRACT In this study, we conducted to identify predictive parameters affecting the head rice ratio for developing high quality rice cultivar adaptable to the early-transplanting cultivation. The recombinant inbred lines (RILs) population from a cross between the parents of Pungmi and Koshihikari was used for test materials. Variations were observed in most of the measurements, eg culm length (ranging from 51.0 cm to 97.0 cm), amylose content (14.0~20.1%), protein content (5.2~7.4%), pasting properties (peak viscosity, 227.2~309.8 RVU) and head rice ratio (67.7~96.7%). Significant correlations between head rice ratio versus culm length (0.443) and head rice ratio versus protein content (-0.458) were detected in RIL population. However, culm length was negatively related to lodging tolerance. In order to develop a commercially suitable cultivar, selection for short culm and high head rice ratio of rice grains with physiochemical properties such as protein content, amylase content and taste value should be considered. This results can be used to increase the efficiency of breeding program for developing a new early-maturing rice variety adaptable to early transplanting cultivation in Korea.

Keywords : rice, head rice, early transplanting, breeding, culm length

평야지에 조생종 벼를 일찍 심어 추석 선물용으로 수요가 늘고 있는 햅쌀을 조기에 생산하려는 농가가 점점 늘고 있는

추세이다. 농촌진흥청 자체 조사분석 결과에 따르면 2011년 평야지 조기재배면적은 약 42천 ha로 전체 조생종벼 재배면적의 46%를 차지한다. 대규모 벼 재배 농가들에게는 조기재배와 보통기 재배를 병행하여 수확시기를 조절함으로써 노동력의 분산, 수확 후 건조, 저장 시설의 효율성을 높일 수 있는 장점이 있으나, 조생종 벼의 조기재배로 작기 이동은 벼의 등숙기간중 온도차이로 생육과 품질 저하의 원인이 될 수 있다.

벼의 등숙적온은 주간온도 26°C, 야간온도 16°C가 최적의 온도범위라고 알려져 있으며(Kim *et al.*, 2007, Lee 2001), 야간의 온도가 증가될수록 분상질립의 비율이 증가되어 쌀의 외관품질이 나빠진다(Lisle *et al.*, 2000). 조생종 품종을 조기재배 할 경우 7월 중하순에 출수하며, 8월의 고온 조건에서 등숙이 이루어지기 때문에 쌀의 외관품질과 수량이 낮아질 우려가 있다(Lee *et al.*, 2008). 영남지역의 조기재배시 출수기부터 등숙기까지 평균기온은 등숙기 최적온도 21.5°C보다 약 3~4°C 정도, 야간의 등숙 최적온도 15°C보다 약 5~6°C 정도 높으며(Lee *et al.*, 2008), 여름철 고온 조건에서 조생종 벼 품종들의 완전미율은 낮아지고, 분상질립을 비율이 높아져 쌀의 품질이 떨어지는 것으로 알려져 있다(Nakata *et al.*, 2004).

쌀의 외관적인 품질은 시장에서 소비자들이 직접 눈으로 상품성을 판단하는데 결정적인 영향을 미치기 때문에 완전미율 향상은 고품질 벼 품종 육성의 중요한 육종목표이다

[†]Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1156 (E-mail) ccrljh@korea.kr

<Received 16 September, 2011; Revised 21 February, 2012; Accepted 7 March, 2012>

(Choi 2002). 완전미는 불완전미에 비해 단백질함량이 낮고, 밥맛이 우수한 것으로 알려져 있고(Chung *et al.*, 2005), 소비자를 대상으로 한 설문조사에서도 일반 쌀보다 1.13 ~ 1.55배 비싸더라도 구입의사가 있는 것으로 나타났다(Oh *et al.*, 2003). 쌀의 단백질함량, 아밀로스함량 및 전분의 호화 특성 등은 밥맛에 관여하는 중요한 성분으로 알려져 있으며 국내외적으로 많은 연구가 진행되었다(Kim *et al.*, 2007, Tan *et al.*, 2002). 반면, 완전미율과 이화학적 특성과의 관계에 관한 연구는 다소 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 평야지 조기재배에서 적합한 신품종 육성을 위해 품미와 고시히카리가 교배된 재조합집단내에서 여러 형질을 비교하여 완전미율에 미치는 주요 요인을 확인하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 시험재료는 자포니카 계통의 고품질 품종인 품미와 고시히카리를 모본과 부분으로 하여 육성된 재조합 자식계통(RILs, Recombinant inbred lines)을 사용하였다. RIL집단의 육성은 2002년 동계에 인공교배를 실시하고, 2003년 하계 F₂집단에서 출수기가 비슷한 계통을 선발하였으며, F₃~F₅세대는 동계온실을 이용하여 Single seed descent(SSD)방법으로 세대단축을 실시하였다. 2007년 하계 F₆세대의 RIL 집단 146계통을 공시하여 시험을 수행하였다. 농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부 벼 시험포장에서 4월 6일에 파종하여 30일간 육묘한 후 5월 6일에 30 × 15 cm의 재식거리로 1주 1본씩으로 이앙하고, 시비량(N-P2O5-K2O)은 9-4.5-5.7 kg/10a로 하였으며, 그 밖의 재배관리는 농촌진흥청 벼 표준재배법에 준하여 재배하였다(RDA, 2009).

농업적 특성은 농업과학기술 연구조사 분석기준(RDA, 2003)

에 따라 출수기와 간장을 조사하였다. 백미완전미율은 품미 판별기(RN-600, Kett Co.)를 이용하여 조사하였다. 아밀로스함량 분석은 Juliano(1971)의 비색정량법에 따라 100 mg의 백미가루에 95% ethanol 1 ml와 1N NaOH 9 ml를 가해 진탕탕온수조에 10분간 호화시킨 후 증류수로 100 ml를 채운 다음, 그 중 5 ml를 취해 1N CH₃COOH 1 ml와 2% I₂-KI (Iodine solution) 2 ml를 가해 증류수로 100 ml까지 채우고 20분간 발색 반응을 시켜 흡광도 620 nm의 파장에서 UV/Vis 분광광도계(Shimadzu, UV2450)를 이용하여 측정하였다. 단백질함량 분석은 micro-Kjeldahl 질소정량법을 이용하여 시료 100 mg을 Kjeldahl 분해관에 넣고 농황산(H₂SO₄) 20 ml과 분해촉매제 1개를 넣고 400°C에서 2시간 동안 분해한 후 자동질소분석기(Kjeltec Analyzer 2300, Foss Co.)를 이용하여 측정된 총 질소함량에 보정상수 5.95를 곱하여 단백질함량을 분석하였다. 윤기치는 백미 33 g을 정량하여 Toyo meter(Model MA98B, Toyo Co)를 이용하여 측정하였다.

쌀의 아밀로그래프 특성은 Rapid visco analyzer(Newport Co.)를 이용하여 쌀가루 100 mg과 물 35 ml를 mixing bowl에 넣고 50°C에서 1분, 50~95°C까지 1분당 12°C씩 상승시키고 95°C에서 2.5분 정도 유지시켰다가 50°C로 냉각시키면서 호화개시온도(gelatinization)첨가한 후 rapid visco analyzer (Co.)를 이용하여 호화온도, 최고점도, 최저점도, 최종점도를 구하였으며, 응집점도(최저점도-최종점도), 강하점도(최고점도-최저점도), 치반점도(최고점도-최종점도)로 구하였다.

통계분석은 상관분석 및 주성분분석은 SAS 프로그램(ver. 6.0)을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

영남평야지에서 품미와 고시히카리 재조합자식계통의 간

Table 1. Variation of major agronomic traits in RILs from a cross Pungmi × Koshihikari.

Traits	Pungmi	Koshihikari	Mid-parent	RILs	
				(Mean±SD)	Range
Culm length (cm)	66.3	91.2	75.2	74.6 ± 9.5	51.0 ~ 97.0
Panicle length (cm)	19	21.3	20	20.1 ± 5.8	16.3 ~ 18.7
No. of panicles	14	19	16.5	15.8 ± 3.0	9.0 ~ 22.0
Grain length (mm)	4.7	4.9	4.7	4.9 ± 0.1	4.5 ~ 5.2
Grain width (mm)	2.8	2.9	2.8	2.8 ± 0.1	2.6 ~ 3.1
Grain Height (mm)	2	2	2	2.0 ± 0.1	1.9 ~ 2.2
Grain L/W ratio	1.7	1.7	1.7	1.7 ± 0.1	1.6 ~ 1.9
Head rice ratio (%)	81.5	90.7	85.5	89.0 ± 4.8	67.7 ~ 96.7

장, 입형 및 백미품질에 대한 변이정도 및 분포에 대해 살펴본 결과는 Table 1과 같다. 간장은 품미 66.3 cm, 고시히카리 91.2 cm이었으며, 재조합 집단내에서 간장은 52.0~97.0 cm 사이에 분포하였다. 현미의 입형에 관련된 특성으로 립장, 입폭, 입후 및 장폭비를 조사한 결과 재조합 집단내에서 이들 특성의 평균이 각각 4.9 mm, 2.8 mm, 2.0 mm, 1.7 mm로 모본 및 부분간의 큰 차이를 나타내지 않았으며, 표준편차가 0.1로 변이폭이 크지 않았다. 쌀의 완전미율은 품미와 고시히카리가 각각 81.5%, 90.7%로 모본 및 부분간에 차이가 많았으며, 재조합 집단내에서 계통간의 변이가 67.7~96.7%로 크게 나타났으며, 정규분포양상을 보여 양적형질에 의해 좌우됨을 알 수 있었다(Table 1).

평야지 조기재배 적응 품종 육성을 위해 포장조건에서 완전미율이 높은 계통 선발을 위한 지표를 탐색하고자 일반적 농업 특성인 간장, 수장, 이삭추출도와 현미의 외형특성인 립장, 입폭, 입후 및 장폭비와 완전미율과의 상관관계를 분석하였다(Table 2). 간장, 수장, 입장의 순으로 백미 완전미

율과 높은 정의 상관을 나타내었다. Takata *et al.*(2008)은 고온조건에서 이삭형태, 천립중, 입형이 유백미 발생에 미치는 영향을 조사한 결과, 이삭형태와 관련된 착립밀도와 천립중은 유백미 발생에 영향을 미치지 않았으며, 입장과 장폭비는 유백미 발생과 부의 상관을 보였고, 입폭은 정의 상관을 보였다고 하였다.

재조합 집단을 이용하여 평야지 조기재배에 적응하는 고품질 계통선발을 위한 실내 선발지표를 탐색하고자 쌀의 이화학적 특성 및 호화특성과 상관관계를 분석하였다(Table 3, Table 4). 아밀로스 함량은 품미와 고시히카리가 각각 16.4%와 16.7%로 모본 및 부분간에 큰 차이를 나타내지 않았으나, 재조합 집단에서는 15.0%~20.1%까지 분포하였다. 또한 단백질 함량은 품미가 6.2%를 보여 5.6%를 보인 고시히카리보다 높았으며, 재조합 집단의 변이폭은 5.2~7.4%까지 분포하였다. 도요식미계로 측정된 밥의 윤기는 품미와 고시히카리가 각각 69.7, 74.2였으며, 재조합 집단의 평균은 72.0이며 계통내 변이는 57.5~80.4로 분포하였다. 최고, 최

Table 2. Correlation coefficients among major agronomic traits in RILs from a cross Pungmi × Koshihikari.

	CL	PL	GL	GW	GH	GLW	HR
CL	-						
PL	0.570 ***						
GL	0.337 ***	0.335 ***					
GW	0.103	0.001	0.276 ***				
GH	0.037	0.021	0.138	0.346 ***			
GLW	0.174 **	0.262 ***	0.546 ***	-0.654 ***	-0.192 **		
HR	0.443 ***	0.275 ***	0.242 ***	0.011	0.059	0.182	-

CL: culm length, PL: panicle length, PE: panicle exertion, GL: grain length, GW: grain width, GH: grain height, GLW: grain length and width ratio, HR: head rice ratio

Table 3. Variation of a physicochemical properties in RILs from a cross Pungmi × Koshihikari.

Traits	Pungmi	Koshihikari	Mid-parent	RILs (Mean ± SD)	Range
TV	69.7	74.2	72	72.2 ± 3.6	57.5 ~ 80.4
Pro (%)	6.2	5.6	6	6.1 ± 0.4	5.2 ~ 7.4
Amy (%)	16.4	16.7	16.7	16.8 ± 1.0	14.0 ~ 20.1
PV (RVU)	264.8	267.8	259.9	277.1 ± 14.6	227.2 ~ 309.8
Con (RVU)	160.9	158.1	156	165.0 ± 10.6	133.6 ~ 191.6
BD (RVU)	103.9	109.7	103.9	112.1 ± 12.0	74.7 ~ 140.3
FV (RVU)	249.8	247	243.5	250.6 ± 13.3	209.2 ~ 281.8
SB (RVU)	-15	-20.8	-16.4	-26.5 ± 12.2	-54.9 ~ 6.8

TV: taste value, Pro: protein content, Amy: amylase content, PV: peak viscosity, Con : consistency, BD: break down, FV: final viscosity, SB: setback

Table 4. Correlation coefficients among a physicochemical properties in RILs from a cross Pungmi × Koshihikari.

	HR	TV	Pro	Amy	PV	Con	BD	FV	SB
HR									
TV	0.252 ***								
Pro	-0.458 ***	-0.224 ***							
Amy	0.269 ***	0.023	-0.270 ***						
PV	0.421 ***	-0.083	-0.300 ***	0.054					
Con	0.291 ***	-0.117	0.124 *	0.008	0.564 ***				
BD	0.252 ***	0.001	-0.466 ***	0.058	0.707 ***	-0.184 **			
FV	0.347 ***	-0.174 **	-0.041	0.112	0.614 ***	0.941 ***	-0.074		
SB	-0.120 *	-0.090	0.314 ***	0.057	-0.516 ***	0.355 ***	-0.918 ***	0.359 ***	

HR: head rice ratio, TV: taste value, Pro: protein content, Amy: amylase content, PV: peak viscosity, Con : consistency, BD: break down, FV: final viscosity, SB: setback

저 및 최종점도는 풍미와 고시히카리가 각각 비슷하였으며, 재조합 집단에서는 최고점도(227.2~309.8 RVU), 최저점도 (133.6~191.6 RVU), 최종점도(209.2~281.8 RVU) 변이를 나타내었다. 또한 치반점도는 풍미와 고시히카리가 각각 -15.0과 -20.8 RVU였으며 재조합 집단의 변이는 -54.9~6.8 RVU로 변이를 나타내었다. 아밀로스함량, 단백질함량 및 호응집성은 호화특성에 영향을 미쳐 밥맛과 상관관계가 매우 높아 벼 품종 육성 시 가장 중요시되는 이화학적 특성으로 알려져 있다(Choi 2003, Tan & Croke 2002). 쌀의 완전미율은 아밀로스함량과 정의 상관을 나타내었고, 단백질함량과는 높은 부의상관(-0.458)을 보였으나, 취반미의 윤기치, 전분의 특성과는 상관을 나타내지 않았다. 쌀의 이화학적 성분인 단백질함량과 아밀로스함량은 완전미율에 상관이 있으며, 완전미율은 취반의 윤기, 전분의 호화특성에 많은 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 단백질함량은 백미 완전미율, 아밀로스함량, 취반미의 윤기치, 전분의 최고점도와 최종점도와 부의 상관을 보였으며, 치반점도와의 정의 상관을 보였다. 즉 단백질 함량이 높을수록 완전미율은 낮고, 윤기가 없으며, 전분의 노화를 촉진되는 것으로 나타나 단백질함량이 낮은 계통의 선발이 필요한 것으로 판단되었다. 등숙기 고온에서 배백미의 발생은 품종간의 차이가 있으며, 고온등숙성이 우수한 품종이 현미 단백질함량과 배백미의 발생이 낮다는 보고(Wakamatsu *et al.*, 2008)를 고려할 때 단백질 함량이 낮은 계통을 선발하는 것이 유리한 것으로 보여진다.

풍미/고시히카리 재조합 집단을 이용하여 조기재배에서 백미완전미율을 관여하는 요인을 분석한 결과를 종합하기 위해서 재조합 집단에서 조사된 결과들을 SAS프로그램을

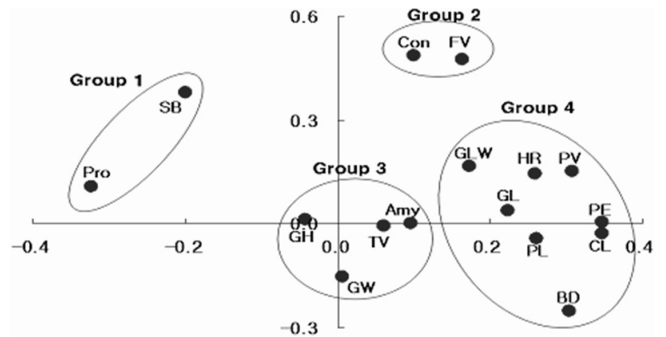


Fig. 1. Cluster analysis by principal components in Pungmi and Koshihikari RILs.

CL: culm length, PL: panicle length, PE: panicle exertion, GL: grain length, GW: grain width, GH: grain height, GLW: grain length and width ratio, HR: head rice, TV: taste value, Pro: protein content, Amy: peak viscosity, Con: consistency, BD: breakdown, FV: final viscosity, SB: setback

이용하여 주성분분석을 수행하였다(Fig. 1). 제 1주성분과 제2 주성분으로 분석을 수행한 결과, 그룹1은 단백질함량과 치반점도, 그룹2는 최종점도와 강하점도, 그룹3은 아밀로스함량, 식미치, 입폭 및 입후, 그룹4는 백미완전미율, 간장, 수장, 이삭추출도, 입장, 장폭비, 취반점도, 최고점도이었다. 그룹4에 포함된 백미 완전미율은 포함된 간장, 입폭 및 장폭비등이 농업적 특성에 영향을 받으며, 백미완전미율은 밥의 호화특성인 최고점도(PV), 치반점도(BD)에 영향을 줄 것으로 판단된다. 단백질함량과 치반점도는 그룹1에서 군집되어 완전미율과 부의상관이 있음을 알 수 있었다.

풍미/고시히카리 재조합 집단을 이용하여 조기재배에서 백미 완전미율에 관여하는 요인을 분석한 결과를 종합하면,

Table 5. Comparison of major agronomic and quality- related characteristics among Pungmi and Koshihikari and intermediate parents lines.

RILs	CL (cm)	PL (cm)	NP	GL (mm)	GW (mm)	GH (mm)	GL/GW	HR (%)	TV	PC (%)	AC (%)	PK (RVU)	SB (RVU)
Pungmi	66.3	19.0	14.0	4.67	2.83	2.04	1.65	81.5	69.7	6.2	16.4	264.8	-15.0
Koshihikari	91.2	21.3	19.0	4.90	2.87	2.02	1.71	90.7	74.2	5.6	16.7	267.8	-20.8
PKRIL-033	67.7	18.3	21.0	5.12	2.91	2.03	1.76	92.7	78.0	5.2	15.2	278.5	-39.3
PKRIL-071	77.0	19.3	16.0	4.89	2.82	1.88	1.74	93.5	80.4	5.4	16.2	290.	-37.3

CL: culm length, PL: panicle length, NP: number of panicles per hill, PE: panicle exertion, GL: grain length, GW: grain width, GH: grain height, GLW: grain length and width ratio, HR: head rice ratio, TV: taste value, Pro: protein content, Amy: amylase content, PK: peak viscosity, SB: setback

외형적인 요인으로는 간장과 입장과 상관의 정의 상관을 나타내었으며, 키가 크고 입장이 길수록 완전미율이 높은 경향을 보였다. 종실 내부적 요인으로는 단백질함량과는 부의 상관을 나타내었고 아밀로스함량과는 정의 상관을 나타내었다.

주요 농업적 특성과 완전미율과의 상관분석 결과를 토대로 간장이 작으면서, 단백질함량이 낮고, 완전미율과 윤기치가 우수한 계통을 PKRIL-033과 PKRIL-071를 선발하였다(Table 5). 선발된 우량계통의 간장은 67.7과 77.0 cm로 풍미(66.3 cm)보다 약간 크고, 고시히까리(91.2 cm)보다는 적었으며, 단백질함량은 5.2%와 5.4%로 풍미(6.2%)와 고시히까리(5.6%)보다 낮았고, 윤기치는 78.0과 80.4로 풍미(69.7%)와 고시히까리(74.2)보다 높았다. 또한 완전미율은 92.7%와 93.5%로 풍미(69.7)와 고시히까리(90.7%)보다 높았다. 풍미 고시히까리 재조합 집단에서 간장이 작으면서, 완전미율이 높고 식미가 양호한 계통은 전체계통의 1.4% 정도로 선발효율이 낮은 편이었다.

최근 쌀의 품질에 관련된 양적형질에 있어서도 QTL 분석 및 유전자 정밀지도 작성을 통하여 실용적인 분자마커 개발과 MAS(marker assisted selection)에 활용하고 있다(Li *et al.*, 2000, Wan *et al.*, 2004). 금후 평야지 조기재배에 적합한 고품질 품종 육종의 효율증진을 위해 풍미 고시히까리 재조합 집단을 이용하여 간장, 완전미율 및 윤기치 등 주요 농업적 형질에 대한 QTL 분석 및 분자마커 개발이 필요한 것으로 판단된다.

적 요

평야지 조기재배에 적합한 신품종 육성을 위해 풍미와 고시히까리가 교배된 재조합 집단내에서 주요 농업적 형질을 비교하여 완전미율에 미치는 주요 요인을 확인하고자 수행

한 결과는 다음과 같다. 재조합 집단의 주요 농업적 형질의 변이는 분석한 결과 간장은 51.0~97.0 cm, 아밀로스 함량은 14.0~20.1%, 단백질 함량은 5.2~7.4% 및 쌀가루 호화 특성인 최고점도는 -227.2~309.8 RVU이며, 완전미율은 67.7~96.7% 등으로 분포하였다. 주요 형질과 상관분석을 수행한 결과 완전미율과 간장은 정의상관(0.443)을 보였으며, 단백질함량과는 부의상관(-0.458)을 나타내었다. 평야지 조기재배에 적합한 고품질 품종개발을 위해서는 포장에서는 간장, 단백질 함량 및 완전미율 등 주요 농업적 특성을 고려하여 선발할 필요가 있다.

인용문헌

- Choi H. C. 2002. Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value-added products. *Korean J. Crop Sci.* 47(S) : 15-32.
- Chung N. J, J. H. Park, K. J. Kim and J. K. Kim. 2005. Effect of head rice ratio on rice palatability. *Korean J. Crop Sci.* 50(S) : 29-32.
- Kim C. E., J. K. Sohn and M. Y. Kang 2007. Relationship between Palatability and Physicochemical Properties of Carbohydrate Components in Rice Endosperm. *Korean J. Crop Sci.* 52(4) : 359-480.
- Kim C. S., J. S. Lee, J. Y. Ko, E. S. Yun, U. S. Yeo, J. H. Lee, D. Y. Kwak, M. S. Shin, and B. G. Oh. 2007. Evaluation of optimum rice heading period under recent climatic change in Yeongnam area. *Korean J. Agri. and For. Meteorol.* 9(1) : 17-28.
- Juliano B. O. 1971. A simplified assay for milled rice amylase. *Cereal Sci. Today* 16 : 334.
- Lee J. H., D. S. Park, D. Y. Kwak, Y. S. Yeo, Y. C. Song, C. S. Kim, M.G Jeon, B.G. Oh, M. S. Shin and J. K. Kim. 2008. Yield and grain quality of early maturing rice cultivars as affected by early transplanting in yeongnam plain area. *Korean J. Crop Sci.* 53(3) : 326-332.

- Lee S. H. 2005. Analysis of rice quality and environmental factors based on different agricultural regions in Gyeongbuk province. Ph.D. Thesis Kyungpook National University. p. 55.
- Li J., J. Xiao, S. Grandillo, L. Jiang, Y. Wan, Q. Deng, L. Yuan and S. R. McCouch. 2000. QTL detection for rice grain quality traits using an interspecific backcross population derived from cultivated Asian (*O. sativa* L.) and African (*O. glaberrima* S.) rice. *Genome* 47(4) : 697-704.
- Lisle A. J., M. Martin and M. A. Fitzgerald. 2000. Chalky and translucent rice grains differ in starch composition and structure and cooking properties. *Cereal Chemistry* 77(50) : 672-632.
- Oh S. H., S. S. Lee, P. S. Park, H. K. Jung and S. D. Lee. 2003. Measuring consumers' value of the head rice using the CVM. *Kor. J. Intl. Agri.* 15(2) : 140-147.
- RDA. 2003. 농업과학기술 연구조사분석기준.
- Takata S., M. Sakata, M. Kameshima, M. Yoshinori and Y. Yamamoto. 2008. Relationship between occurrence of white immature grains and ear characteristics, grain weight and grain shape among rice cultivars. *JPN. J. Crop. Sci.* 77(S2) : 60-61.
- Tan Y. and H. Corke. 2002. Factor analysis of physicochemical properties of 63 rice varieties. *J. of the Sci. of Food and Agri.* 82(8) : 745-752.
- Wakamatsu K., O. Sasaki, T. Mochida, A. Tanaka and Y. Komaki. 2008. Relation between protein content of brown rice and white-back kernel of rice in warm regions of Japan. *JPN. J. Crop. Sci.* 77(S2) : 24-25.
- Wan X. Y., J. M. Wan, C. C. Su, C. M. Wang, W. B. Shen, J. M. Li, H. L. Wang, L. Jiang, S. J. Liu, L. M. Chen, H. Yasui and A. Yoshimura. 2004. QTL detection for eating quality of cooked rice in a population of chromosome segment substitution lines. *Theor Appl Genet* 110(7) : 71-79.