

## 냉수처리에 따른 쌀의 품질특성 변화

정응기<sup>†</sup> · 김덕수 · 이정일 · 김선림 · 김기종 · 예종두 · 손종록

작물과학원

### Effects of Cold Water Irrigation on Quality Properties of Rice

Eung-Gi Jeong<sup>†</sup>, Deog-Su Kim, Jeong-Il Lee, Sun-Lim Kim, Kee-Jong Kim, Jong-Doo Yea, and Jong-Rok Son

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

**ABSTRACT** This study was carried out at the Chuncheon Substation, National Institute of Crop Science to determine the effect of cold water irrigation on the milling and polished quality of rice, as well as its physicochemical and amylogram characteristics, and palatability. Chilling by irrigation of cold water (17°C) induced delay of days to heading, reduction of culm length, inferiority of panicle exertion and high sterility of panicle. Head rice ratio was decreased, while the percentage of chalky and creak rice increased with increasing sterility over from 20%. Protein content was gained 0.9-2.0% more than, while whiteness and palatability of the milled grain were reduced under cold water irrigation treatment. Significant decrease in maximum viscosity and breakdown viscosity of rice flour was investigated under cold water treatment by amylogram analysis, while the initial gelatinization temperature and setback viscosity were increased. Sensory panel test showed that the palatability of cooked rice was unfavorable and its stickiness was lower compared with that under normal condition. Differences in the aroma of cold-treated and untreated cooked rice were not performed significantly.

**Keywords** : rice, chilling injury, grain quality, amylogram, palatability

**최근** 식생활 수준 향상에 따라 고품질 쌀의 선호도가 급증하고, 소비를 확대하기 위한 고품질 품종의 육성, 재배기술 개선 및 수확후 관리 기술 등이 중요한 연구과제가 되고 있다(Oh, 1993). 쌀의 품질은 품종, 기상환경, 토양과 재배방법, 수확 후 관리 등에 따라 큰 변이를 나타내며, 일반적으로 밥맛이 좋은 쌀은 색이 희고, 광택이 있으면서, 찰기가

강하고, 연질의 특성을 가지고 있고(Choi, 2002), 소비자들에 의해 구매될 때는 쌀의 입형, 심복백 정도, 입색, 광택 및 완전미 비율 등이 시장성을 관여하는 형질들로 보고되었다(Kim *et al.*, 1988). 또한 Juliano(1985)는 정현비율, 현백비율 및 완전미 도정수율 등의 도정특성, 쌀의 단백질이나 아밀로스함량 등의 화학적 성분도 미질요소로 중요한 요인으로 작용한다고 하였다.

벼의 생육기간중의 저온 피해로는 생육이 저조하고, 출수가 지연되며, 불임이 발생하거나 등숙에 장애를 받아 수량이 낮아진다(Lee *et al.*, 1989). 쌀 품질과 등숙기간의 기상과는 밀접한 관계가 있으며, 등숙기 저온조건하에서는 유백립의 발생이 많고, 아밀로스함량, 취반용출액의 요드정색도 등이 상승하고, 전분의 점성, 강하점도(breakdown)등이 떨어지는 경향이 있다고 한다(Chamura *et al.*, 1979). 특히 생식생장기 저온은 쌀의 단백질 함량을 증가시키고, 쌀가루의 아밀로그래프 특성중 최고점도와 강하점도가 낮았으며, 식미 관능검정에서도 현저히 낮았다고 보고하였다(Jeong *et al.*, 1997). 냉냉성 정도가 다른 품종을 냉수처리 포장에 공시하여 쌀 품질특성을 자연구와 비교한 결과 냉냉성이 약한 품종이 단백질함량이 높고 Toyo-식미계를 이용한 밥의 윤기치는 낮았으며 냉냉성이 강한 품종이 변화가 적은 경향이라고 하였다(Kim *et al.*, 2006).

본 시험은 저온 stress에 의한 장해형 냉해 발생시 불임을 정도에 따라 냉냉성 정도를 구분하고, 이에 따른 냉해 피해 쌀의 미질관련 특성을 조사·분석하여 고품질 쌀 생산 기초자료로 활용하고, 우리나라와 같이 중산간지에 국지적인 저온으로 고품질이나 양질미 특성을 갖추지 않은 냉해피해 쌀을 차별화하여 수확·유통되도록 함으로써, 안정된 쌀품질이 유지될 수 있는 방안을 모색하고자 실시하였다.

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6792  
(E-mail) egjeong@rda.go.kr

## 재료 및 방법

본 시험은 2005년도 작물과학원 춘천출장소에서 화성벼를 실험재료로 냉냉성 검정포장에 공시하였다. 4월 25일에 파종하였으며, 이앙은 5월 25일에 주당 1본씩 조건과 주간을 25×15 cm 간격으로 하였다. 시비량(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O)은 12-8-8 kg/10a 수준으로 시용 하였으며, 인산과 가리질 비료는 전량 기비로 시용 하였고, 질소질 비료는 기비를 70% 분얼비를 30%로 분시 하였다. 냉수처리하는 이앙 후 25일부터 등숙기까지 주야 계속 흘려대기로 실시하였으며, 수구의 수온은 17°C 이고 수심은 5 cm로 하여 12 m 거리를 냉수가 흘러가게 하였고, 또한 동일 포장에 대조구인 자연수온구를 별도로 설치하여 냉수처리구와 비교될 수 있도록 하였다. 기타 재배관리는 작물과학원 벼 표준 재배법에 준하여 실시하였다. 냉수처리 하에서 나타나는 냉냉성 관련형질의 조사는 적고의 발생정도, 이삭의 추출도, 분얼기와 성숙기 냉냉성 정도를 1~9까지 등급을 주어서 달판으로 조사하였다. 간장 단축율은 냉수처리구와 자연구의 간장을 측정하여 자연구에 비하여 처리구의 간장이 단축된 정도를 백분율로 환산하였다. 출수지연일수는 냉수처리구와 자연구의 출수기를 비교하여, 그 지연된 일수를 계산하였다. 냉수처리구의 불임율은 냉수 유입구부터 배출구까지 냉해처리 정도를 감안하여 저온 stress에 의한 불임정도를 계산하여 분석 시료로 이용하였다(Jeong *et al.*, 2000).

시료 도정특성은 작물과학원에서 개발한 소형 완전미 도정수율 판정기를 이용하여 제현율, 현백율 및 도정율을 조사하였고, 백미 품위는 근적외선분석기 AN-700(Kett, Japan)를 이용하여 완전미율, 분상질미, 쇠미, 사미 등을 조사하였다. 백도계 C-300-3(Kett, Japan)를 이용하여 쌀의 백도를 측정하였으며, 단백질 함량은 쌀의 전질소량을 Kjeldahl 분석법으로 정량하고 5.95를 곱하여 단백질 함량을 계산하였

으며, 아밀로스함량은 Juliano(1971)의 비색법에 따라 분석하였다. 알카리붕괴도는 1.4% KOH 용액에 쌀알을 담그어 30°C에서 23시간 경과한 다음 쌀알의 붕괴도를 Littel *et al.*(1958)이 제안한 기준에 따라 1~7등급으로 판정하였다. 밥맛을 간이측정 할 수 있는 Palatability 분석은 백미 33 g의 시료를 3반복으로 채취하여 Toyo MB-90A 기계를 이용하여 먼저 80°C의 더운물에 10분간 취반후 상온에서 3분간 뜸을 들이고 Toyo 미도메타를 이용하여 식미치를 분석하고, 실질적인 식미 관능평가는 작물과학원 품질관리과의 훈련된 패널들에 의하여 밥 맛을 상대비교법으로 실시하였다. 기타 생육 및 수량조사 등은 농촌진흥청 농사시험연구 조사 기준에 준하여 실시하였다(농진청, 2000).

## 결과 및 고찰

### 냉냉성 관련 특성

벼의 재배기간 중에 저온 stress에 의한 냉냉성관련 특성은 생육시기별로 다르게 나타난다. 영양생장기에 저온에 대한 반응은 잎의 적고, 분얼수의 감소 및 초장의 생육억제 등 지연형 냉해가 발생되며, 생식생장기의 저온반응은 간장단축, 출수지연, 불임발생, 이삭이나 지경 퇴화에 의한 립수 감소 등 장해형 냉해가 발생한다. 특히 불임의 발생은 약의 발육불량, 화분의 불충실, 화사신장의 억제, 약의 열개불량, 주두에서 화분의 발아불량 등이 원인이다(Ito, 1971; Satake *et al.*, 1971). 냉수처리구의 불임율 정도에 따라서 냉냉성 정도는(Table 1), 불임율 정도에 따라서 출수지연일은 자연구에 비하여 5~15일 지연되었고, 간장단축율도 8~23%까지 단축정도가 불임율에 따라 다르게 반응하였다. 이삭추출도는 3~7까지 조사 되었고, 불임율이 높을수록 이삭의 추출은 불량하였다. 냉냉성을 분얼기와 성숙기에 조사한 결과, 성숙기 냉냉성 정도는 이삭추출도와 같은 경향이었으나

**Table 1.** Characteristics of cold tolerance at different degree of spikelet fertility by cold water (17°C) irrigation.

Sterility ratio (%)	Heading delay (days)	Culm length reduction (%)	PA-T <sup>1)</sup>	PA-M <sup>2)</sup>	Panicle exertion (1-9)
80~60	15	23	3	8	7
60~40	13	18	3	5	5
40~20	9	14	3	3	3
20 <	5	8	3	3	3
Control	0	0	1	1	1

<sup>1)</sup>PA-T : phenotype acceptability at tillering stage.

<sup>2)</sup>PA-M : phenotype acceptability at maturate stage.

분얼기 내냉성과는 일치하지 않았다. 내냉성 관련 형질의 상관에서 불임율과 출수지연, 간장단축, 이삭추출도 및 종합적인 내냉성 상호간에는 상관관계가 있다고 보고하여 (Choi *et al.*, 1991; Jeong *et al.*, 1998), 본 연구와 동일한 결과였다. 저온에 의한 냉해로 불임율이 높을수록 출수지연 일수가 길고, 간장의 단축정도는 심했으며, 이삭의 추출은 불량하였다. 따라서 분석에 이용된 시료는 냉해정도에 따라 구분되어질 수 있는 시료임을 간접적으로 알 수 있었다.

**냉해 정도별 도정 품질 특성**

내냉성 정도에 따른 도정특성 중 정현비율은 자연구 82.5%에 비해 불임정도에 따라 77.0~82.1%로서 불임율이 높아질수록 정현비율이 낮았다. 현미에서 미강층을 제거한 백미수율을 현백비율이라 하는데 자연구 90.5%에 냉해 정도에 따라 78.8~89.5%였다. 정현비율과 현백비율을 고려한 도정비율은 자연구 74.2%에 비해 저온 피해구는 63.4~73.6%이었다. 결과적으로 냉해정도가 심할수록 자연구에 비하여 도정 특성이 나빠지는 것으로 조사되었다(Table 2). 쌀의 외관품질 중에서 완전미율은 자연구 95.4%에 비해 냉해정도에 따라 11.9~86.6%이었다. 완전미율의 유의성 검정에서 불임율 20%이상 에서는 불임율이 높을수록 완전미율이 낮아지는 쪽으로 유의성이 인정되었다. 쌀알이 완전하

여도 배유에 심복백이 있는 유백미비율은 완전미율과는 반대로 냉해 정도가 심할수록 많게 조사 되었는데, 특히 불임율 40% 이상에서는 유백미율이 57.7~64.6%로서 쌀 품질이 아주 불량하였다. 도정과정에서 깨어진 쌀이나 피해립 등도 유백미 비율과 같은 경향으로 냉해피해가 심할수록 높았다. Chamura *et al.*(1979)도 등숙기간에 저온으로 유백립이 많이 발생 한다고 보고하여 본 연구와 같은 경향이였다. 배유의 집적 과정에서 저온 stress은 영양분의 이동이 원활하지 못하여 전분구조가 치밀하게 발달되지 못하므로 유백미율이 높고 도정과정에서 쌀이 깨지기 쉬울 것으로 판단된다. Ahn(1993)은 냉수처리포장의 현미 완전립율은 자연구와 차이가 크지 않았으나 변색립은 많다고 보고하였는데, 이는 소형현미기를 이용하여 현미를 조제하고, 조제된 현미를 가지고 완전립, 사미, 청미를 구분한 내용이므로 백미까지 도정하여 분석할 필요가 있을 것으로 판단된다. 따라서 생육 초기부터 성숙기까지 냉수관개만 하여 냉해를 유발했기 때문에 이상 저온 등이 도정품질특성에 미치는 영향에 대하여 보다 더 다양한 시료의 분석이 요망된다.

**냉해 정도별 이화학적 특성**

쌀의 이화학적 특성으로 단백질함량, 아밀로스함량, 알카리붕괴도, 색차 및 밥의 윤기치를 조사한 결과는 Table 3에

**Table 2.** Characteristics of milling and polished rice quality at different degree of chilling injury.

Sterility ratio (%)	Milling (%)			Polished rice quality (%)				
	Brown/rough rice ratio	Milled/brown rice ratio	Milling recovery	Milled head rice recovery	Chalky rice	Cracked rice	Broken rice	Others
80~60	77.0	78.8	63.4	11.9c	64.6	1.7	14.3	7.4
60~40	81.6	80.5	68.8	19.7c	57.7	0.5	9.1	13.0
40~20	79.7	85.0	67.9	73.4b	17.3	1.6	3.2	4.5
20 <	82.1	89.6	73.6	86.6a	6.2	1.4	1.2	4.6
Control	82.5	90.5	74.2	95.4a	2.2	0	0.5	1.9

\*Numbers with the same letter in a column are not different significantly according to DMR test.

**Table 3.** Physicochemical characteristics at different degree of chilling injury.

Sterility ratio (%)	Protein (%)	Amylose (%)	A.D.V. <sup>1)</sup> (1-7)	Whiteness	Palatability <sup>2)</sup>
80~60	8.2 <sup>b</sup>	19.0 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	31.2 <sup>b</sup>	68.1 <sup>b</sup>
60~40	8.2 <sup>b</sup>	19.7 <sup>b</sup>	7.0 <sup>a</sup>	33.4 <sup>a</sup>	67.2 <sup>b</sup>
40~20	8.1 <sup>b</sup>	18.7 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	32.2 <sup>ab</sup>	70.3 <sup>ab</sup>
20 <	7.1 <sup>a</sup>	18.0 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	35.3 <sup>a</sup>	74.1 <sup>a</sup>
Control	6.2 <sup>a</sup>	18.3 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	38.2 <sup>a</sup>	78.4 <sup>a</sup>

\*Numbers with the same letter in a column are not different significantly according to DMR test.

<sup>1)</sup>A.D.V. : alkali digestion value (KOH 1.4%).

<sup>2)</sup>Analyzed by Toyo's rice taste measuring system.

서 보는 바와 같다. 저온 피해를 받은 쌀의 단백질 함량은 7.1~8.2%로서 자연구에서 재배된 쌀(6.2%)에 비해 0.9~2.0% 증가 되었다. 단백질함량이 높으면 밥을 지었을 때 밥이 딱딱하게 느껴지고 탄력과 점성이 떨어지는 경향을 보이며(Choi, 2002), 장기 냉수처리 하에서 생산된 쌀은 품종간에 차이는 있으나 단백질함량이 높았다고 하였다(Kim *et al.*, 2006; Nishimura, 1993). 우리나라에서 1993년도 이상 저온으로 국지적 냉해가 발생하였고, 이 지역에서 생산된 쌀의 단백질함량도 높았다고 보고하였다(Jeong *et al.*, 1997). 아밀로스함량은 자연구 18.3% 비해 불임발생 정도에 따라 18.0~19.7%으로서 자연구에 비해 전체적으로 높게 조사되었으나, 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 냉수처리 하에서 아밀로스함량은 높아진다는 보고(Kim *et al.*, 2006)와 낮아진다는 상반된 보고(Ahn, 1993)가 있으나 통계적으로 유의성은 없다하였고, Jeong *et al.*(1997)은 큰 차이가 없었다고 보고하였다. 알카리붕괴도는 냉해 받은 쌀과 자연구의 쌀이 거의 차이가 없었으나, Ahn(1993)은 냉수 관개답에서 등숙이 되면 그 값이 높아진다고 보고하여 본 시험과 상반된 결과였으나, 차이가 없었다고 보고한 Jeong *et al.*(1997)은 동일한 결과였다. 백도계를 이용한 색차 측정에서 불임율이 높은 것이 색도가 낮게 조사되었다. 이는 앞의 Table 2에서 설명했던 유백미나 변색립의 증가와도 연관이 있는 것으로 판단된다. 밥맛을 간접적으로 비교하는 밥의 윤기치는 자연구의 78.4에 비해 냉수관개에 의해 불임발생되었던 쌀은 67.2~74.1로 낮은 경향을 보였고, 불임율 40% 이상은 통계적으로도 유의성이 인정되었다. Kim *et al.*(2006)도 냉수처리구가 자연구에 비해 밥의 윤기치가 낮았다고 보고하여 본 연구와 같은 결과였다. 위의 결과를 요약해 보면 냉수관개로 냉해를 유발해서 생산된 쌀은 단백질 함량이 높

고, 백미의 투명도가 떨어지며, 밥의 윤기치가 낮은 것으로 판단된다.

#### 아밀로그램 특성

식미를 판단하는데 쌀가루의 아밀로그램 특성이 간접적으로 이용된다. 자연구와 냉수 관개구에서 생산된 쌀가루의 아밀로그램 특성은 Table 4와 같다. 호화개시 온도는 불임율이 높을수록 높아지는 경향이었으며 냉해정도가 40% 이상 불임에서 통계적 유의성이 인정되었다. 일반적으로 호화온도가 낮은 것이 식미가 좋은 것으로 알려져 있으며 Kim *et al.*(2006)도 냉수관개답에서 호화온도가 낮아지는 경향이라고 보고하여 본 연구와 동일한 결과였다. 냉수관개구가 자연구보다 최고점도(maximum viscosity)는 낮아지며 최저점도(minimum viscosity)와 최종점도(final viscosity)는 높아지는 경향이었으나 최종점도에서는 유의성이 인정되지 않았다. 최고점도에서 최저점도를 뺀 강하점도(breakdown)는 낮아졌고, 최종점도에서 최고점도를 뺀 치반점도(set-back)는 높아지는 경향이였다. Jeong *et al.*(1997)은 저온피해 쌀의 아밀로그램 특성 중 최고점도, 최저점도, 최종점도, 강하점도가 낮고 응집점도와 취반점도는 높았다고 보고하여 본 시험성적과 일치하는 결과였다. Lim(1993)은 아밀로그램 특성 간에는 최고점도와 강하점도 간에 정의 상관인, 강하점도 및 최고점도와 취반점도 간에는 부의 상관인 있고, 최고점도와 강하점도는 밥맛, 찰기 및 식미총평과 정의 상관인 있고 취반점도는 부의 상관인 있다고 보고하였다. 호응집성은 품종이나 재배시기에 따라 변이 양상이 다르며 일반적으로 식미가 양호한 품종들이 보통인 품종들에 비해 호응집성과 강하점도는 높고 응집점도와 치반점도는 낮은 특성을 밥맛의 지표로 보고하였다(Choi, 2002). 결과적

**Table 4.** Comparison of amylogram characteristics of rice flour at different degree of chilling injury.

Sterility ratio (%)	I.GT. <sup>1</sup> (°C)	Max. viscosity	Min. viscosity	Final viscosity	Breakdown viscosity	Setback viscosity
		----- BU <sup>2</sup> -----				
80~60	80 <sup>b</sup>	151 <sup>b</sup>	8 <sup>b</sup>	203 <sup>ab</sup>	143 <sup>c</sup>	53 <sup>c</sup>
60~40	79 <sup>b</sup>	161 <sup>b</sup>	8 <sup>b</sup>	214 <sup>a</sup>	153 <sup>c</sup>	54 <sup>c</sup>
40~20	68 <sup>a</sup>	170 <sup>b</sup>	11 <sup>b</sup>	201 <sup>ab</sup>	159 <sup>bc</sup>	31 <sup>b</sup>
20 <	64 <sup>a</sup>	237 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	223 <sup>a</sup>	172 <sup>b</sup>	14 <sup>a</sup>
Control	66 <sup>a</sup>	220 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	222 <sup>a</sup>	209 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>

\*Numbers with the same letter in a column are not different significantly according to DMR test.

<sup>1</sup>I.GT : Initial gelatinization temperature, <sup>2</sup>BU : Brabender units

**Table 5.** Comparison of palatability on sensory evaluation at different degree of chilling injury.

Sterility ratio (%)	Appearance	Flavor	Taste	Stickiness	Hardness	Palatability
80~60	-1.0	0.2	-0.8	-0.9	-0.5	-0.9
60~40	-0.4	0.4	-0.1	-0.3	0.3	-0.5
40~20	-0.3	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
20 <	0.3	0.5	0.5	0.5	0.2	0.4
Control	1.2	0.6	1.2	1.4	1.5	1.6

Evaluation score : good(+3) ~ bad(-3)

으로 냉수관개에 의해 저온피해를 받은 쌀의 아밀로 그래프 특성은 호화개시온도가 높고, 최고점도와 강하점도는 낮았으며, 치반점도는 높은 값을 보였다. 이를 종합해보면 밥맛에 영향을 미치는 아밀로그래프 특성 미질구성요소는 밥맛이 떨어지는 쪽으로 변하는 것으로 판단된다.

**식미특성 검정**

식미특성검정에서 밥의 모양, 냄새, 맛, 찰기 및 질감의 평가결과는 Table 5와 같다. 밥맛을 검정하는 패널들은 불임발생이 심할수록 밥맛을 구성하는 식미관능평가의 모든 항목에서 자연구에 비해 많이 떨어진다고 판단했다. 평가항목 중에서 밥맛의 차이가 많았던 것은 밥의 찰기와 식미총평 이었으며, 차이가 적었던 것은 밥의 냄새였다. Jeong *et al.*(1997)은 냉해발생 답에서 생산된 쌀의 식미 관능검정보고에서 밥의 모양과 식미총평에서 밥맛의 차이가 많았고, 밥의 냄새는 차이가 적었다 보고하여, 본 시험과 동일한 결과였다. 밥맛과 관련하여 본시험의 결과 저온 stress로 쌀의 밥맛에 영향을 미치는 요소들을 정리하면 외관품질특성에서 완전미율이 낮았고, 이화학적특성 중에서 단백질함량이 높았으며, 아밀로그래프특성 중 호화개시온도가 높고, 최고점도와 강하점도는 낮았으며, 치반점도는 높았다. 이런 요소들이 복합적으로 작용하여 결과적으로 저온피해를 받으며 생산된 쌀은 식미관능평가에서 밥맛이 떨어진 것으로 판단된다. 벼 재배기간 중에 저온은 냉해를 유발해서 생육을 지연시키고 수량을 감소시키지만, 본 연구의 결과와 같이 쌀의 품질도 심각하게 떨어뜨린다. 우리나라는 주기적으로 중산간지에서 국지적으로 냉해가 발생하는데, 최근에 소비자들이 쌀의 품질에 관심이 많으므로 냉해피해 지역에서 생산된 쌀의 소비를 차별화 할 필요가 있다고 판단된다.

**적 요**

고품질 쌀 생산을 위한 기초자료를 얻기 위하여 작물과학원 춘천출장소 냉수처리 포장에서 냉해피해 정도가 다른 시료를 채취하여 벼의 도정특성, 쌀의 이화학적특성, 쌀가루의 아밀로그래프특성 및 밥의 식미관능검정을 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 냉수관개에 의한 냉해 발생은 불임율이 높을수록 출수 지연일수가 길고, 간장의 단축정도는 심했으며, 이삭의 추출은 불량하였다.
2. 쌀의 외관품질은 불임율 20% 이상부터 완전미율이 낮아지고, 유백미율과 깨어진 쌀이 증가하는 경향이였다.
3. 쌀의 이화학적특성은 냉수관개로 냉해를 유발하고 생산된 쌀이 자연구에 비해 단백질 함량이 0.9~2.0% 높았으며, 백미의 투명도가 떨어지며, 밥의 윤기치도 낮았다.
4. 쌀가루의 아밀로그래프특성은 저온피해를 받은 쌀은 호화개시온도가 높고, 최고점도와 강하점도는 낮았으며, 치반점도는 높았다.
5. 식미관능검정에서는 냉해로 인해 불임율이 높을수록 식미관능이 자연구에 비해 많이 떨어졌다. 평가항목 중에서 밥맛의 차이가 큰 것은 밥의 찰기와 식미총평 이었으며, 차이가 적었던 것은 밥의 냄새였다.

**인용문헌**

Ahn, J. K. 1993. Effect of cold water irrigation on the growth, yield and grain quality in rice. *Korean J. Crop Sci.* 38(6) : 554-559.

Chamura, S., H. Kaneco, and Y. Saito. 1979. Effect of temperature at ripening period on the eating quality of rice. - Effect of temperature maintained in constant levels during the entire ripening period. *Japan J. of Crop Sci.* 48 : 475-482.

- Choi, H. C., J. D. Yea, S. Y. Cho, and R. K. Park. 1991. Evaluation of varietal difference in cold tolerance of rice by cold-water irrigation system. Res. Rept. RDA(R). 33(1) : 10-24.
- Choi, H. C. 2002. Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value-added products. Korean J. of Crop Sci. 47(S) : 15-32.
- Ito, N., H. Hayase, T. Satake, and I. Nishiyama. 1971. Male sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage in rice. III. Male abnormality at anthesis. Proc. Crop Sci. Soc. Japan. 39 : 60-64.
- Jeong, E. G., H. C. Choi, H. P. Moon, and Y. B. Shin. 1997. Influence of low temperature at reproductive stage on rice grain quality. Korean J. of Crop Sci. 42(6) : 805-809.
- Jeong, E. G., K. M. Yoon, M. G. Back, J. D. Yea, and H.P. Moon. 1998. Screening of characters related cold tolerance of Korean leading rice varieties. RDA. J. Crop Sci.. 40(2) : 25-32.
- Jeong, E. G., J. D. Yea, M. K. Back, H. P. Moon, H. C. Choi, K. M. Yoon, and S. N. Ahn 2000. Investigation of critical temperature for cold tolerance related traits in rice. Korean J. of Breed. 32(4): 363-368.
- Juliano, B. O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. Cereal Sci. Today 16 : 334-340.
- Juliano, B. O. 1985. Criteria and tests for rice grain qualities rice : Chemistry and Technology, AACC : 443-524.
- Kim, K. H., J. C. Chae, M. S. Lim, S. Y. Cho, and R. K. Park. 1988. Research status and prospects in rice quality. Korean J. of Crop Sci. 33(S) : 1-17.
- Kim, K. T., J. I. Choung, B. K. Kim, S. H. Shin, J. K. Ko, H. K. Park, and C. K. Kim. 2006. Effect of cold water irrigation on rice grain quality. Korean J. Intl. Agri. 18(1) : 58-63.
- Lee, M. H., N. K. Park, and S. H. Park. 1989. Mechanism of cold injury and cultural practices for reducing damage of rice. Korean J. of Crop Sci. (Physicochemical Injuries No. 1) : 34-44.
- Lim, S. J. 1993. Efficient screening method and genetic analysis on the physicochemical properties related with eating quality of rice (*Oryza sativa* L.). Kyungpook Univ. Korea. Ph.D. Thesis.
- Little, R. R., G. B. Hilder, and E. H. Dawson. 1958. Differential effect of dilute alkali in 25 varieties of milled white rice. Cereal Chem. 35 : 111-126.
- Nishimura, M. 1993. Lowering eating quality induced by sterility due to cool weather damage in Hokkaido rice varieties. Japan J. Crop Sci. 66(2) : 242-247.
- Oh, Y. B. 1993. Varietal and culture-seasonal variation in physicochemical properties of rice grain and their inter-relationships. Korean J. of Crop Sci. 38(1) : 72-84.
- Rural Development Administration. 2000. Agricultural experimental guidelines, Version 3. Rural Development Administration, Suwon, Korea. pp. 487-490.
- Satake, T., and H. Hayase. 1971. Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants. V. Estimating of pollen developmental stage and the most sensitive stage to coolness. Proc. Crop Sci. Japan. 39 : 468-473.