

## 벼 냉해 발생시 피해정도에 따른 쌀 품질 특성 구명

김덕수\*<sup>†</sup> · 송진\*\* · 이정일\* · 천아름\* · 정응기\*\* · 김정태\* · 허은숙\*\*\* · 김선림\*\* · 서세정\*\*\*\*

농촌진흥청 국립식량과학원\*, 농촌진흥청\*\*, 농촌진흥청 농업유전자원센터\*\*\*,  
농촌진흥청 바이오에너지작물센터\*\*\*\*

## Rice Quality Characterization According to Damaged Low Temperature in Rice Plant

Deog-Su Kim\*<sup>†</sup>, Jin Song\*\*, Jung-Il Lee\*, Areum Chun\*, Eung-Gi Jeong\*\*, Jung-Tae Kim\*,  
On-Sook Hur\*\*\*, Sun-Lim Kim\*\*, and Sae-Jung Suh\*\*\*\*

\*National Institute of Crop Science, RDA, Suin-ro 151th, Suwon, 441-857

\*\*Rural Development Administration, Suin-ro 151th, Suwon, 441-707

\*\*\*National Agriodiversity Center, RDA, Suwon, 441-853

\*\*\*\*Bioenergy Crop Research Center, NICS, RDA, Muan, Jeonnam, 534-833

**ABSTRACT** The objective of this study was to provide fundamental data on breeding cultivar and cultural technique to identify quality characterization according to damage degrees in rice when are damaged at low temperature. For induction of cold damage, we treated the irrigation water at 17°C from the panicle formation stage to the heading date. The rice products were harvested by grades according to the sterility ratio and investigated 5 items of quality analysis including ripened grain ratio, brown/rough rice ratio, 1000 grain weight of brown rice, protein content, and amylose content. The quality analysis were characterized by each items according to the sterility ratio. As a result, the ripened grain ratio was  $y=1.0444x-7.6597$  ( $R^2=0.9874^{**}$ ), protein content was  $y=-0.046x+10.875$  ( $R^2=0.6973^*$ ), and head rice ratio was  $y=-0.2306x+104.32$  ( $R^2=0.634^*$ ), but the amylose content, brown/rough rice ratio and the milled/brown rice ratio were not significant. The rice plants, which injured by the low temperature, had bad influence in the yield and quality. Consequently, the breeding of rice cultivar and development of cultural technique are required to improve its cold tolerance.

**Keywords** : cold damage, sterility ratio, Rice quality

벼는 온도가 높은 여름철에 자라는 작물로서 재배하는 기간에 기온이나 수온이 낮으면 생육이 늦어지고, 그 정도가 심하면 수량이 크게 감소되는 등 냉해를 입는다. 벼의 생육

기간중의 저온 피해 증상은 생육이 저조하고, 출수가 지연되며, 불임이 발생하거나 등숙 장애를 받아 수량이 낮아진다(Lee *et al.*, 1989). 우리나라에서 가장 심한 냉해피해는 1980년에 발생한 것으로 10a당 쌀 수량이 288kg이었다. 이는 전년(1979) 쌀 수량의 63.9%수준으로 쌀이 부족하게 되어 농업인은 물론 모든 국민이 고통을 받았다. 그래서 냉해에 강한 벼 품종을 육성하고, 재배기술을 개발하여, 농업인에게 보급 한 결과 이상 저온이 발생한 1993, 2003년에는 쌀수량이 전년대비 90.7%, 93.6% 수준으로 1980년보다 피해정도가 낮았다.

쌀의 품질은 품종, 재배환경, 기상환경, 수확후 관리 등 많은 요인에 의해 변화한다. 밥맛이 좋은 쌀은 쌀알이 투명하고, 광택이 나며, 찰기가 있고, 연질의 특성을 가지고 있다(Choi, 2002). 또한 백미의 완전미율과 단백질 함량, 아밀로스 함량 등의 화학적 성분도 미질과 밀접한 관계가 있다(Juliano, 1985). 정 등(1997)은 생식생장기 저온피해를 받은 벼의 쌀은 단백질 함량이 높고, 쌀가루의 아밀로그램 특성중 최고점도와 강하점도가 낮았으며, 식미 관능검정도 낮다고 하였다. Kim *et al.*(2006)은 내냉성 정도가 다른 품종을 냉수처리하면 냉수처리구의 쌀은 자연구의 쌀보다 단백질함량이 높고, Toyo-식미계를 이용한 밥의 윤기치는 낮았다. 또한, 내냉성 정도가 다른 품종을 냉수처리하면 냉해에 견디는 정도가 강한 품종이 쌀 품질의 변화가 적은 경향이 있다고 하였다.

벼가 저온 피해를 받았을 때 수확 전에 쌀 품질을 예측하여 쌀 수급계획을 수립 할 수 있는 자료제공과 벼 안전재배 기술 개발 및 품종육성 기초자료를 제공하고자 수행한 결과

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6680  
(E-mail) kim0dus@rda.go.kr <Received April 21, 2009>

를 보고하자 한다.

## 재료 및 방법

본 연구는 2006년에는 국립식량과학원 춘천출장소에서 냉수처리에 의한 피해를 받은 삼광벼, 고품벼와 진부시험지에서 자연냉해를 받은 진부올벼, 2007년에는 춘천출장소에서 오대벼 이용하여 수행하였다.

파종은 4월 25일에 중모기계이앙 상자에 80 g씩 인력으로 하였으며, 이앙은 5월 25일에 재식거리 25×15 cm로 손이앙 하였다.

시비량은 질소-인산-칼리를 10a당 12-8-8 kg로 하였으며, 시비방법은 질소는 기비-분얼비-수비를 50-30-20%, 인산은 전량 기비, 칼리는 기비-수비를 70-30%로 분시 하였다. 질소질 비료의 시비시기는 기비를 본답 정지 전, 분얼비를 이앙 후 12일, 이삭거름을 출수전 25일에 하였다.

제초 및 병충해 방제는 시료의 변이를 방지하기 위하여 농촌진흥청 방제기준에 따라 예방위주로 실시하여 잡초 및 병해충 피해는 없었다. 기타 재배방법은 국립식량과학원 표준재배법에 준하여 하였다.

물관리는 이앙 후 유수형성기 전 까지와 등숙기는 관행방법으로 관리를 하고, 유수형성기부터 출수기까지는 수온을 17℃로 조정하여 냉해를 유발 시켰으며, 대조구인 자연구는 이앙에서 수확기까지 관행방법으로 하였다.

벼의 수확은 냉해 정도가 비슷한 시료를 피해 정도에 따라 하였으며, 임실률조사는 피해정도별로 5주를 하였다.

정현비율은 정조 1 kg를 실험용 제현기(T.H.U. 35A, Satake, Japan)로 벼의 왕겨를 분리 한 후 1.6 mm 줄체로 쳐서 체위에 남은 현미량을 평량 하여 백분율로 표시하였으며, 현백비율은 현미 500 g을 실험용 정미기(MCM-250, Satake, Japan)로 현미의 미강층을 제거하여 10분도로 도정 한 후 1.4 mm 그물체로 싸라기를 제거한 후 평량하여 백분율로 표기하였다.

백미 외관품위는 완전미, 분상질미, 동할미, 기타미로 분류하여 시료 전체무게에 대한 백분율로 나타내었다. 완전미는 백미의 외관이 깨지지 않은 쌀과 깨진쌀이라도 완전한 낱알 평균길이의 3/4이상의 형태를 가지고 있는 쌀, 분상질미는 체적의 1/2이상이 분상질 상태의 쌀, 동할미는 1.7 mm

그물체로 쳐서 체 위에 남는 것중에 완전한 낱알 평균길이의 3/4미만의 깨진 쌀, 기타미는 오염된립, 병해립, 충해립, 발아립, 생리장해립, 미숙립, 적조 및 흑조가 낱알길이의 1/4이상 부착된 쌀이다.

단백질 함량은 쌀의 전질소량을 Kjeldahl 분석법으로 정량하고 5.95을 곱하여 구하였으며, 아밀로스함량은 Juliano (1971)의 비색법에 따라 분석하였다. 기타 조사는 작물연구 조사기준에 따라서 하였다.

## 결과 및 고찰

2006년 삼광벼, 고품벼 및 진부올벼를 이용하여 시험한 결과 임실률에 따른 수량구성 요소 및 미질의 상관관계는 표 1과 같이 등숙률은 0.969, 백미완전미율은 -0.847, 단백질함량은 -0.845 였으며, 현미천립중은 일정한 경향이 없었다. 이와 같이 저온피해에 따라서 등숙률, 수량, 완전미율, 단백질함량은 수확전에 불임정도(임실률)에 따라서 쌀의 품질 예측이 가능 할 것으로 생각되어 2007년 오대벼를 이용하여 시험을 하였다.

냉수처리시 임실률에 따른 등숙비율, 현미천립중, 정현비율, 현백비율은 표 2와 같다. 임실률 41.1%에서 등숙비율은 35.3%, 현미천립중은 19.8%, 정현비율은 82.4%, 현백비율은 90.4%였으며, 임실률 55.1%에서 등숙비율은 49.4%, 현미천립중은 21.3%, 정현비율은 82.6%, 현백비율은 90.7%였으며, 임실률 61.6%에서 등숙비율은 56.7%, 현미천립중은 20.1%, 정현비율은 82.1%, 현백비율은 90.6%였으며, 임실률 68.3%에서 등숙비율은 66.3%, 현미천립중은 20.4%, 정현비율은 82.9%, 현백비율은 90.7%였으며, 임실률 81.0%에서 등숙비율은 75.9%, 현미천립중은 21.6%, 정현비율은 82.3%, 현백비율은 90.3%였으며, 대조구인 자연구는 임실률 93.8%에서 등숙비율은 90.6%, 현미천립중은 25.6%, 정현비율은 82.9%, 현백비율은 92.8%이었다. 냉수처리구는 자연구보다 등숙비율은 14.7~55.3% 낮았고, 현미천립중은 4.0~5.8%, 현백비율은 2.1~2.5% 적었으며, 정현비율도 낮은 편으로, 저온 피해를 받으면 등숙비율, 현미천립중, 정현비율, 현백비율이 낮아져 쌀 수량감소에 영향을 미친다.

등숙비율은 그림 1과 같이 임실률이 올라가면 높아지는

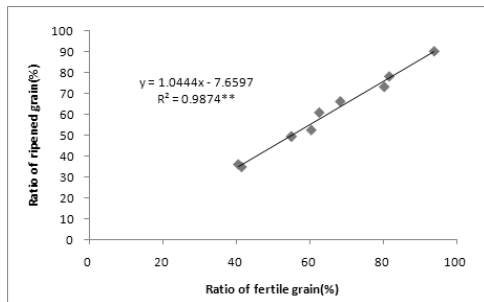
**Table 1.** Correlation coefficients between the ratio of fertile grain and rice quality characterization of rice.

Classification	Ripened grain ratio	1000 grain weight of brown rice	Head rice ratio	Protein content
Ratio of fertile grain	0.969**	-0.088	-0.847**	-0.845**

n = 12 (Samkwangbyeo, Gopumbyeo, Jinbuolbyeo)

**Table 2.** Changes of rice quality characterization with treated the irrigation of cold water.

Treatment	Ratio of fertile grain (%)	Ripened grain ratio(%)	Weight of brown rice (g/1,000 grain)	Brown/rough rice ratio(%)	Milled/brown rice ratio(%)
Irrigation of cold water	41.1	35.3	19.8	82.4	90.4
	55.1	49.4	21.3	82.6	90.7
	61.6	56.7	20.1	82.1	90.6
	68.3	66.3	20.4	82.9	90.7
	81.0	75.9	21.6	82.3	90.3
Control	93.8	90.6	25.6	82.9	92.8



**Fig. 1.** Relationship between ratio of ripened grain and ratio of fertile grain by treated irrigation low temperature of Odaebyeou.

**Table 3.** The regression analysis about change of ratio of fertile grain by ripened grain ratio on damaged at low temperature.

Classification	Ratio of fertile grain (%)					
	40	50	60	70	80	90
Ripened grain ratio(%)	34.1	44.6	55.0	65.4	75.9	86.3

**Table 4.** Comparison of rice appearance quality according to ratio of fertile grain with treated irrigation of cold water.

Treatment	Ratio of fertile grain (%)	Head rice ratio(%)	Floury rice(%)	Broken rice(%)	The others(%)
Irrigation of cold water	41.1	92.5	1.4	2.5	3.6
	55.1	91.5	3.3	2.4	2.8
	61.6	92.0	3.6	2.5	1.9
	68.3	94.7	2.0	1.6	1.7
	81.0	84.8	7.1	4.2	4.0
Control	93.8	79.4	15.7	3.2	1.7

정의 관계가 있는데 이는 최 등(1985)이 등숙비율은 불임립의 발생이 많은 품종 및 처리에서 현저히 저하된다고 한 것과 같은 결과로 임실률에 따라서 등숙정도를 판단 할 수 있을 것으로 생각된다.

등숙비율과 임실률과의 관계는  $y=1.0444x-7.6597(R^2=0.9874^{**})$ 로 나타낼 수 있는데(그림 1). 이는 임실률이 1% 증가하면 등숙비율은 1.0444%증가하여 임실률이 40~50%일 때 등숙비율은 34.1~44.6%, 임실률 60~70%일 때 등숙비율은 55~65.4%, 임실률 80~90%일 때 등숙비율은 75.9~86.3%이었다(표 3).

현미천립증은 임실률이 높아지면 올라가는 경향이 인데

최 등(1995)은 감수분열기(출수전 15일~출수전 5일)에 10일간 저온처리(주간 21°C/야간 13°C) 하였을 때 일품벼의 정조 천립증이 감소한다고 한 결과와 같았으나, 오대벼는 냉수(17°C)처리를 하였을 때 정조천립증이 25.1g으로 자연구 23.2g보다 무겁다고 한 안(1993)의 보고와 본 연구결과가 상반 되어 자세한 검토가 요구된다.

냉수처리시 임실률에 따른 백미 외관품질 변화는 표 4와 같다. 임실률 41.1%에서 완전미율은 92.5%, 분상질미율은 1.4%, 동할미율 2.5%, 기타미율 3.6%였으며, 55.1%에서 완전미율은 91.5%, 분상질미율은 3.3%, 동할미율 2.4%, 기타미율 2.8%였으며, 임실률 61.6%에서 완전미율은 92.0%,

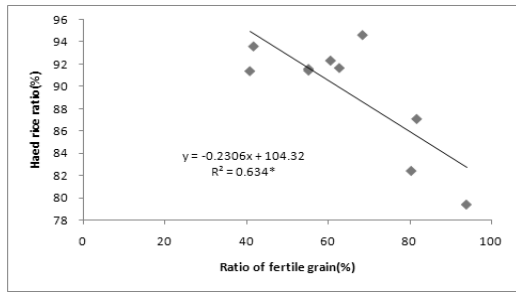


Fig. 2. Relationship between head rice ratio and ratio of fertile grain by treated irrigation low temperature of Odaebyeo.

Table 5. The regression analysis about change of ratio of fertile grain by head rice ratio on damaged at low temperature.

Classification	Ratio of fertile grain (%)					
	40	50	60	70	80	90
Head rice ratio(%)	95.1	92.8	90.5	88.2	85.9	83.6

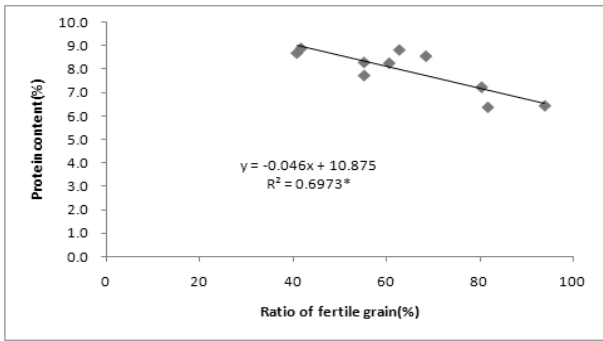
Table 6. Comparison of physiochemical properties of rice with treated the irrigation of cold water.

Treatment	Ratio of fertile grain (%)	Whiteness of rice	Protein content(%)	Amylose content(%)
Irrigation of cold water	41.1	27.1	8.8	17.0
	55.1	32.9	8.0	17.4
	61.6	30.6	8.6	17.1
	68.3	32.6	8.6	17.4
	81.0	35.1	6.8	17.3
Control	93.8	33.0	6.4	16.6

분상질미율은 3.6%, 동할미율 2.5%, 기타미율 1.9%였으며, 68.3%에서 완전미율은 94.7%, 분상질미율은 2.0%, 동할미율 1.6%, 기타미율 1.7%였으며, 임실률 81.0%에서 완전미율은 84.8%, 분상질미율은 7.1%, 동할미율 4.2%, 기타미율 4.0%이었으며, 대조구인 자연구는 임실률 93.8%이고 완전미율 79.4%, 분상질미율 15.7%, 동할미율 3.2%, 기타미율 1.7%이었다. 냉수처리구는 자연구보다 임실률은 낮았으며, 완전미율은 5.4~15.3% 높았고, 분상질미율은 8.6~14.3%, 적었으며, 동할미율은 임실률 41.1~68.3%일 때는 적었으나 임실률 81.0% 일 때는 1.0% 많았다. 이와 같이 냉수 처리에 따른 쌀 품질은 임실률이 낮아지면 완전미율은 높아지고, 분상질미율, 동할미율, 기타미율은 임실비율에 변화에 따른 뚜렷한 경향이 없었다. 안(1993)은 냉수관개가 벼 생육, 수량 및 미질에 미치는 영향에 대한 연구에서 냉수(17℃)를 이양후 25일부터 성숙기까지 처리한 결과 정조천립중은 처리구와 대조구의 차이가 품종에 따라서 상이한 반응을 보였고, 완전미율은 소백벼, 운봉벼, 치악벼, 진미벼 등은 냉수처리구에서 떨어졌으나 오대벼, 여명벼, 백암벼, 대관벼, 도봉벼 등은 증가하여 품종간에 일정한 경향이 없다고 하였다. 본 시험에서의 백미 완전미율은 임실률이 높아지면 완전미율이 낮아지는 경향으로 그 관계는  $y = -0.2306x + 104.32$  ( $R^2 = 0.634^*$ )이었다(그림 2). 저온 피해를 받았을 때 관계식

에 의하여 임실률에 따른 완전미율을 예측 할 수 있어서 임실율이 40%일 때 완전미율은 95.1%, 임실률이 50~60%일 때 완전미율은 92.8~90.5%, 임실률이 70~80%일 때 완전미율은 88.2~85.9%, 임실률이 90%일 때 완전미율은 83.6%로 임실률이 높으면 완전미율은 낮았다(표 5). 안(1993)은 냉수처리 시험에서 완전미율은 품종에 따라서 일정한 경향이 없었으나, 오대벼는 냉수처리구가 자연구보다 높다고 한 결과와 같았다.

냉수처리시 임실률에 따른 백미의 백도, 단백질함량, 아밀로스 함량변화는 표 6과 같다. 임실률 41.1%에서 백도는 27.1, 단백질 함량은 8.8%, 아밀로스 함량은 17.0%였으며, 임실률 55.1%에서 백도는 32.9, 단백질 함량은 8.0%, 아밀로스 함량은 17.4%였으며, 임실률 61.6%에서는 백도는 30.6, 단백질 함량은 8.6%, 아밀로스 함량은 17.1%, 임실률 68.3%에서 백도는 32.6, 단백질 함량은 8.6%, 아밀로스 함량은 17.4%였으며, 임실률 81.0%에서 백도는 35.1, 단백질 함량은 6.8%, 아밀로스 함량은 17.3%이었다. 자연구에서는 임실률 93.8%에서 백도는 33.0, 단백질 함량은 6.4%, 아밀로스 함량은 16.6%으로 냉수처리에 의한 냉해피해를 받으면 피해를 받지 않는 자연구보다 백도는 임실률 41.1~68.3 일 때는 0.4~5.9 낮았으나, 81.0%일 때는 2.1 많았으며, 단백질 함량은 0.4~2.4%, 아밀로스 함량은 0.4~0.8%가 높았다.



**Fig 3.** Relationship between protein content and ratio of fertile grain by treated irrigation low temperature of Odaebyeou.

쌀은 단백질함량이 높으면 밥을 지었을 때 밥이 딱딱하게 느껴지고 탄력과 점성이 떨어지는 경향이 있어 밥맛에 나쁘게 영향하므로 품질등급 설정기준으로 활용하고 있는 지표이다. 저온 피해를 받은 쌀의 단백질 함량은 7.1~8.2%로서 자연답에서 재배된 쌀(6.2%)에 비해 0.9~2.0%증가 되었고(정 등, 2006), 장기 냉수처리 하에서 생산된 쌀은 품종간에 차이는 있으나 단백질함량이 높고(Kim *et al.*, 2006; Nishimura, 1993), 1993년도 이상저온으로 저온 피해를 받은 쌀의 단백질함량도 높아(정 등, 1997) 본 시험과 같은 결과였다.

Kim *et al.*(2006)은 아밀로스함량은 자연구 18.3% 비해 불임발생 정도에 따라 18.0~19.7%으로 자연구에 비해 높다고 하였고, 안(1993)은 낮아진다고 하여 연구자에 따라서 견해 차이가 있는데 본 연구 결과 냉수처리구는 자연구에 비해 단백질 함량이 높고, 냉수처리에 의한 임실률이 낮을수록 단백질 함량이 높은 경향으로 저온에 의한 피해가 클수록 쌀의 품질이 떨어졌다.

임실률과 단백질함량과의 관계는 그림 3에서와 같이 임실률이 높아지면 단백질함량이 낮아지는 부의 관계가 있으며 그 관계는  $y = -0.046x + 10.875 (R^2 = 0.673^*)$ 였다.

따라서 벼 저온피해를 받았을 때 관계식에 따라 임실률에 변화별 백미단백질 함량을 예측 할 수 있는데, 그 관계는 임실률이 1% 증가하면 등숙비율은 0.046%이 낮아지는 부의 관계가 있어서 임실률이 40~50%일 때 단백질함량은 9.0~8.6%, 임실률 60~70%일 때 단백질함량은 8.1~7.7%, 임실률 80~90%일 때 단백질함량은 7.2~6.7%이었다(표 7).

**적 요**

본 시험은 벼가 저온 피해를 받았을 때 수확 전에 쌀 수량 및 품질변화를 예측하여 쌀 수급계획 수립 및 벼 안정성

**Table 7.** The regression analysis about change of ratio of fertile grain by protein content on damaged at low temperature.

Classification	Ratio of fertile grain (%)					
	40	50	60	70	80	90
Protein content (%)	9.0	8.6	8.1	7.7	7.2	6.7

산기술 개발의 기초자료를 제공하고자, 2007년 국립식량과학원 춘천출장소 냉해검정 포장에서 오대벼를 이용하여 수행하였다. 냉해를 유발하기 위해서 수온이 17℃인 물을 유수형성기부터 출수기까지 관개 처리하였다. 수확은 임실률에 따라서 하였고, 품질분석 항목은 등숙률, 제현률, 현미천립중, 단백질함량 등을 조사하였다. 품질특성분석은 임실률 변화에 따라서 각 항목별로 하였다.

1. 임실률에 따른 등숙률은  $y = 1.0444x - 7.6597 (R^2 = 0.9874^{**})$ 의 관계가 있어서 임실률이 1% 증가하면 등숙비율은 1.0444% 증가하여, 임실률이 40~50%일 때 등숙비율은 34.1~44.6%, 임실률 60~70%일 때 등숙비율은 55~65.4%, 임실률 80~90%일 때 등숙비율은 75.9~86.3%이었다.

2. 완전미율은 임실률 변화에 따라 회귀분석을 하면  $y = -0.2306x + 104.32 (R^2 = 0.634^*)$ 로 임실률과 부의 관계가 있어서, 저온 피해를 받았을 때 임실률에 따른 완전미율 예측이 가능하여 임실률이 40%일 때 완전미율은 95.1%, 임실률이 50~60%일 때 완전미율은 92.8~90.5%, 임실률이 70~80%일 때 완전미율은 88.2~85.9%, 임실률이 90%일 때 완전미율은 83.6%로 임실률이 높으면 완전미율은 낮았다.

3. 단백질함량은 임실률에 따라서  $y = -0.046x + 10.875 (R^2 = 0.6973^*)$ 의 관계가 있어서 임실률이 증가하면 감소하는 경향으로 임실률이 40~50%일 때 단백질함량은 9.0~8.6%, 임실률 60~70%일 때 단백질함량은 8.1~7.7%, 임실률 80~90%일 때 단백질함량은 7.2~6.7%이었다. 이와 같이 저온피해 정도가 커서 임실률이 적어지면 단백질함량은 높아져서 쌀 품질을 저하시킨다.

4. 저온피해를 받은 벼의 쌀은 자연구보다 아밀로스함량은 높고, 현미천립중, 정현비율, 현백비율은 낮으며, 백미의 백도는 비슷하였으나, 임실률에 따른 뚜렷한 경향은 없었다.

## 인용문헌

- 안종국. 1993. 냉수관개가 벼 생육, 수량 및 미질에 미치는 영향. *한작지*. 38(6) : 554-559.
- 최경진, 김제규, 이경희, 이문희, 노영덕. 1995. 벼 체내 질소함량이 냉해발생에 미치는 영향. *작물시험장 시험연구보고서* : 425-429.
- 정응기, 김덕수, 이정일, 김선립, 김기중, 예종두, 손종록. 2006. 냉수처리에 따른 쌀의 품질특성 변화. *한작지* 51(S) : 119-124.
- 정응기, 최해춘, 홍하철, 문헌팔, 신영섭. 1997. 생식생장기 저온이 미질에 미치는 영향. *한작지*. 42(6) : 805-809.
- 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.
- 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.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.
- 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.