

## 규산질 비료 시용이 쌀 품질 및 저장 특성에 미치는 영향

원종건\*<sup>†</sup> · 김세종\* · 안덕종\* · 서영진\* · 최충돈\* · 이상철\*\*

\*경상북도농업기술원, \*\*경북대학교 농업생명과학대학 식물생명과학부

### Effect of Silicate Application on Grain Quality and Storage Characteristics in Rice

Jong Gun Won\*<sup>†</sup>, Se Jong Kim\*, Duok Jong Ahn\*, Young Jin Seo\*, Chung Don Choi\*, and Sang Chul Lee\*\*

\*Gyeongbuk Agricultural Research & Extension Services, Taegu 702-708, Korea

\*\*Division of Plant Bioscience, College of Agriculture and Life Science, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

**ABSTRACT** This study was carried out to clarify the effect of silicate application on rice grain quality and storage characteristics in Ilpumbyeo cultivar. In yield and yield components, panicles and spikelet numbers were increased and ripened grain rate was also increased by 2%. Head rice yield was increased by 7.7~9.5% in silicate application. Protein content of milled rice was reduced by 0.2~0.3% and head rice rate was increased by 2.9~6.7% in silicate application due to decrease of chalky and damaged rice rate. In milling characteristics, color separation rate was improved by 4.2~7.2% and colored rice rate was decreased by 5.5~16.6% in silicate application. Acid value of stored brown rice were increased slowly in low temperature and silicate application, but that in room temperature and no silicate application was increased remarkably. The best degree rate of stored brown rice (over than 7.5 of pH) measured by the pH of grain was increased by the silicate application in both low and room temperature. Therefore, it was suggested that the storage characteristics of rice grain was improved by the silicate application.

**Keywords** : silicate application, rice quality, milling characteristics, fatty acid

**우리나라** 논토양의 가급태 규산함량은 대략 70-80 mg/kg 으로 적정치에 크게 부족되고 일본의 논토양에 비해서도 상당히 적은 것으로 알려져 있어, 안정적 벼 생산을 위해서는 앞으로 지속적인 규산질 비료의 시용이 추진되어야 할 것이다. 벼에 있어서 규산의 가장 큰 역할은 벼의 잎을 직립시

켜 수광태세를 좋게 함으로 등숙율을 향상시켜 수량을 증대한다고 알려져 있다(Yoshida *et al.*, 1959). 벼의 식물체 중에는 규산이 질소 등 타 영양성분에 비해 가장 많이 흡수 축적되어 있을 뿐만 아니라, 규산의 기능으로는 토양비옥도를 증진시키고(Park *et al.*, 1986; Kim *et al.*, 1986; Lee *et al.*, 1990; Park *et al.*, 1990), 광합성과 물질전류의 촉진(Kawamitsu *et al.*, 1989; Matoh *et al.*, 1991), 물리·화학적 스트레스의 완화(Matoh *et al.*, 1986; Gu *et al.*, 1999), 영양불균형 문제의 해결(Ma & Takahashi, 1990), 농산물의 품질 향상 등(Miyamori, 1996; Uchimura *et al.*, 2000)이 밝혀졌다. 특히 벼의 품질에 미치는 규산의 효과에 대하여 Miyamori (1996)와 Kim *et al.*(2002)은 규산질 비료 시용으로 질소의 현미 생산효율을 증가시킴에 따라 벼 곡실 내 단백질 함량을 감소시켜 미질 향상과 식미치가 증가되었다고 하였으며, 벼 식물체 부위별 영양생리적 특성 및 토양화학성과의 관련성에 대하여 분석 보고하였다. 그러나 아직 규산 시용에 따른 도정율에 대한 자료와 저장과 관련된 자료가 거의 없기에 대한 연구를 수행하여 그 결과를 보고하고자 한다.

### 재료 및 방법

본 시험은 규산질 비료 시용에 따른 벼 품질, 도정 특성과 저장에 미치는 영향을 검토하고자 중만생종이면서 경북지역에서 가장 많이 재배되고 있는 일품벼를 4월 30일에 파종하여 보온절충 못자리를 이용하여 35일간 중묘로 육묘하였다. 육묘한 묘는 재식거리 30×14 cm로 주당 4-5본씩 6월 5일에 기계로 이앙하였다.

시비량은 질소-인산-칼리를 9-4.5-5.7 kg/10a로 사용하였으며, 질소질 비료 분시비율 조절은 기비-분얼비-수비(%)를

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-53-320-0271  
(E-mail) jgwon67@gba.go.kr <Received November 28, 2008>

50-20-30을 사용하였고 인산은 100% 기비, 칼리는 70%를 기비로, 30%는 수비로 사용하였다. 규산질 비료는 Table 1에서 시험전 토양의 규산질 비료를 1N-sodium acetate buffer solution으로 추출한 여액을 비색법으로 정량 분석하여 유효 규산 적정치인 130 mg/kg을 기준으로 조절량의 1배(163.4 kg)에 가까운 150 kg, 1.5배인 225 kg, 2배인 300 kg을 사용하였다.

벼 생육은 출수후 20일경에 반복당 20주를 임의 선정하여 수수를 조사하였다. 영화수와 등숙비율을 수확전 반복당 3주를 채취하여 조사하였으며, 수량조사는 반복당 100주를 수확한 후 10a 당 수량으로 환산하였고, 모든 조사는 3반복 수준으로 실시하였다.

외관상 쌀 품위조사는 Grain Inspector(Cervitec TM 1625, Foss, Sweden)를 이용하여 완전미, 쇠미, 심복백미, 착색립, 피해립 등으로 구분하였으며, 쌀의 단백질 함량 및 아미로즈 함량은 Grain Analyzer(1241, Foss, Sweden)를 이용하여 조사하였다. 도정특성은 쌍용 기계에서 개발한 완전미도정수율 판정기(SY2000, Korea)를 이용하여 조사하였다.

저장 특성 분석은 수확 당해 11월에 현미를 제조하여 상온과 저온(15°C)에서 보관한 뒤 시기별(6, 9, 11월)로 지방산도(fatty acid value)와 쌀알의 pH를 측정하였다. 지방산도는 40 mesh로 분쇄한 백미 분말 10 g을 AOAC의 방법에 준하여 benzene으로 추출하고 alcohol-phenolphthalein 용액

으로 용해시킨 후 KOH 표준용액(0.0178 N)으로 적정하여 KOH mg/100 g으로 표시하였다. 쌀의 신선도인 pH 측정은 RN-820(Kett, Japan)을 이용하여 한번에 72알을 측정하여 평균을 구하였으며, 최상등급 쌀은 기계의 프로그램에서 정한 신선도(pH)가 7.5이상인 쌀의 비율로 구하였다.

## 결과 및 고찰

수확 후 논 토양의 화학적 특성을 분석한 결과는 Table 1과 같으며, pH는 입상 규산시용량이 증가할수록 높아지는 경향이었고, 교환성 양이온 함량도 규산 시용량이 증가할수록 토양내 함량이 증가하였다. 규산 함량 또한 처리량이 증가할수록 수확후 토양의 규산 함량이 증가하였다.

규산 시용에 따른 수량 및 수량구성요소는 Table 2에 나타낸 바와 같다. 수량 구성요소 중에서 규산 시용구에서 수수 및 영화수가 증가하였으나, 등숙비율은 규산 시용 유무에 관계없이 차이가 없었다. 현미천립중도 규산 무시용 또는 규산 시용량간에 차이가 없었으며, 완전미수량은 수수 및 영화수가 많았고, 통계적 유의성은 없었지만 등숙비율이 높았던 규산 시용구에서 약 7.7~9.5%정도 증가하였다. 그러나 규산질 비료 시용량 간에는 규산 225와 300 kg의 시용구에 비해 오히려 규산 150 kg 시용구에서 더 수량이 증가하였다. 벼 생산으로 논에서 탈취되는 규산량은 300평당

**Table 1.** Chemical properties of the soil before and after experiment of silicate application.

Silicate application (kg 10a <sup>-1</sup> )	pH (1:5)	OM (g/kg)	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>†</sup> (mg/kg)	Ex. Cation (cmol <sup>+</sup> /kg)			Av.SiO <sub>2</sub> <sup>‡</sup> (mg/kg)	EC (dS/m)
				K	Ca	Mg		
Before	5.5	39.6	52	0.87	6.77	1.43	87	1.17
0	5.2	30.9	85	0.57	3.90	0.76	67	0.69
150	5.8	31.8	80	0.56	4.32	0.88	133	0.79
225	5.9	32.9	67	0.60	5.41	0.97	241	0.82
300	6.3	30.2	89	0.61	5.51	1.09	357	0.83

<sup>†</sup>Av.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: available phosphate, <sup>‡</sup>Av.SiO<sub>2</sub>: available silicate.

**Table 2.** Rice yield and yield components of Ilpumbyeo as affected by silicate application.

Silicate application (kg 10a <sup>-1</sup> )	Panicle (no. hill <sup>-1</sup> )	Spikelet (no. panicle <sup>-1</sup> )	Ripening rate (%)	1000-grain weight (g)	Head rice yield (kg 10a <sup>-1</sup> )
0	13.8b <sup>†</sup>	101c	87.4a	23.7a	481b
150	14.1ab	131a	87.9a	23.1a	528a
225	14.1ab	122ab	89.7a	23.7a	518ab
300	14.6a	116b	90.2a	23.6a	519ab

<sup>†</sup>Values with the same letter in a column are not significantly different at 5% level by DMRT.

조곡 600 kg과 벃짚 500 kg으로 하였을 때 왕겨로부터 약 10 kg, 벃짚으로부터 약 50 kg으로 모두 60 kg 정도가 된다는 보고(이, 2007)와 같이, 규산 시용량간에 수량 등의 차이가 없었던 것은 벃가 규산을 흡수할 수 있는 최대 흡수량 이상으로 시용했을 경우 여분의 규산이 벃에 의해 흡수되지 않고 토양에 남아있기 때문인 것으로 생각되었다(Table 1).

미질 특성의 이화학적 성분 함량은 규산시용에 따라 단백질 함량은 규산을 300 kg 이상 사용한 구에서 무시용에 비해 유의적인 차이가 있어 전체적으로 약 0.2~0.3% 감소하여 미질이 향상되었다(Table 3). 그러나 아밀로즈 함량은 규산 시용 유무에 따른 차이는 없었고 백도도 차이가 없었다. 위와 같은 결과는 직파재배 벃에 규산을 시용해서 얻은 결과(Uchimura *et al.*, 2000)와 일치하였다. Kim *et al.*(2002)에 의한 보고에서도 27년간 규산 시용구에서 조단백질 함량이 낮아져 N, P, K 연용구 또는 퇴비 연용구에 비해 품질이 양호하였다고 하였다. 이는 규산질비료의 시용으로 질소의 현미 생산효율을 증가시킴에 따라 벃 곡실 중 단백질 함량을 감소시켜 미질을 향상시킨 것으로 판단되었다(Miyamori, 1996; Kim *et al.*, 2002).

규산 시용으로 인한 쌀의 외관상 품위 변화는 시용량 증가할수록 분상질립 및 피해립율이 감소하면서 완전미의 비율이 무시용구의 83.2%에서 규산 1배 시용시 85.6%, 1.5배 시용시 86.4%, 2배 시용시 88.7%로 높아지는 효과가 있었다(Table 4). 이는 Kim *et al.*(2002)의 결과에서도 규산 시

용구에서 현미 완전미율이 높아졌다고 보고하고 있어 본 시험의 결과와 일치하였다. 이러한 규산 시용구에서의 완전미 비율 증가가 Table 2에서 보는 바와 같이 완전미 수량의 증가를 유도 한 것으로 판단된다.

규산을 시용함에 따른 도정 특성은 Table 5에서 보는 바와 같다. 규산 시용량에 따른 제현율은 큰 차이가 없었지만 현백율은 규산을 시용함에 따라 높아졌으며, 이에 따라 도정수율도 약간 올라가는 경향을 보였다. 색채 선별기를 거친 쌀의 색채 선별율은 규산 시용구에서 무시용에 비해 현저한 차이가 있어 규산 시용구에서 약 4.2~7.2% 증가되었고, 이와는 반대로 색미율은 규산 시용구에서 5.5~16.6% 낮아져 완전미 도정수율은 5.5~8.6% 향상되는 결과를 얻을 수 있었다.

규산 시용에 따른 일품벼의 저장성에 있어서 지방산도의 계절별 변화를 Table 6에 나타내었다. 지방산도는 지방산화의 지표로서 백미의 지방질이 공기중의 산소와 결합하여 가수분해 되어 유리지방산을 생성하게 되어 고유의 맛과 풍미가 떨어지게 된다고 하였다(김 등, 2004). 저온 저장(15°C)의 지방산도는 무시용구가 6월에 2.02 KOH mg/100 g에서 11월에는 3.19 KOH mg/100 g, 규산 150 kg/10a 시용구가 6월에 2.05 KOH mg/100 g에서 11월에는 2.94 KOH mg/100 g으로 규산 시용구가 규산 무시용구에 비해 변화가 적었다. 상온저장에서는 6월 이후 증가하여 노화가 급격하게 진행되어 무시용구가 6월에 2.21 KOH mg/100 g에서 11월

**Table 3.** Physicochemical characteristics of milled rice of Ilpumbyeo as affected by silicate application.

Silicate application (kg 10a <sup>-1</sup> )	Moisture (%)	Protein (%)	Amylose (%)	Whiteness
0	14.0	6.7a <sup>†</sup>	19.0a	32.0a
150	13.9	6.5ab	18.9a	32.3a
225	14.2	6.5ab	18.9a	32.1a
300	13.9	6.3b	19.0a	31.7a

<sup>†</sup>Values with the same letter in a column are not significantly different at 5% level by DMRT.

**Table 4.** Appearance quality of milled rice of Ilpumbyeo as affected by silicate application.

Silicate application (kg 10a <sup>-1</sup> )	Appearance quality (%)					Cracked (%)
	Head	Broken	Chalky	Damaged	Colored	
0	83.2b <sup>†</sup>	2.8a	6.9a	6.9a	0.2	2.4a
150	85.6ab	4.0a	6.3a	3.9b	0.2	2.3a
225	86.4ab	4.1a	5.7ab	3.6b	0.2	1.8a
300	88.7a	3.4a	4.1b	3.7b	0.1	2.4a

<sup>†</sup>Values with the same letter in a column are not significantly different at 5% level by DMRT.

**Table 5.** Milling characteristics of milled rice of Ilpumbyeo as affected by silicate application.

Silicate application (kg 10a <sup>-1</sup> )	Milling characteristics (%)					
	Hulling recovering	Milled /brown rice rate	Milling recovering	Color separation	Colored rice	Head rice
0	82.3a <sup>†</sup>	89.2b	73.4b	55.4a	18.1a	54.4b
150	82.6a	90.6a	74.8a	57.7a	17.1ab	57.4ab
225	82.5a	90.7a	74.8a	58.0a	16.3bc	57.7ab
300	82.2a	90.7a	74.6ab	59.4a	15.1c	59.1a

<sup>†</sup>Values with the same letter in a column are not significantly different at 5% level by DMRT.

**Table 6.** Changes of acid value of Ilpumbyeo as affected by silicate application during storage of brown rice.

Storage condition	Silicate application (kg 10a <sup>-1</sup> )	Acid value (KOH mg/100 g)		
		June	September	November
Low temperature (15°C)	0	2.02a <sup>†</sup>	2.55a	3.19a
	150	2.05a	2.19b	2.94b
	225	1.98a	2.28b	2.93b
	300	1.93a	2.27b	2.85b
Room temperature	0	2.21a	3.04a	4.77a
	150	2.16ab	3.06a	4.57b
	225	2.14ab	2.92ab	4.51b
	300	1.90b	2.87b	4.50b

<sup>†</sup>Values with the same letter in a column are not significantly different at 5% level by DMRT.

에는 4.77 KOH mg/100 g, 규산 시용구가 6월에 2.16 KOH mg/100 g에서 11월에는 4.57 KOH mg/100 g으로 저장기간에 따라 크게 높아져 노화가 급격히 진행되었다. 한편 11월의 지방산도는 규산 시용량 간에는 큰 차이는 찾아볼 수 없었으나, 규산 무시용구와 규산 시용구 사이에는 지방산도에 있어서 현저한 차이를 보여, 저장기간이 길어질수록 그 차이가 커지는 것을 알 수 있었다. Kim *et al.*(2002)의 보고에서도 규산을 시용한 시험구에서 지방산도가 낮았다는 결과와 일치하는 것으로 쌀의 노화와 관련된 특성으로 지방산도에 의해 규산 무시용구에 비해 유리한 결과를 얻을 수 있었다.

쌀의 신선도와 관련이 있는 pH는 저장기간이 길어질수록 쌀 성분 중 지방산도의 증가로 인해 산도가 높아져 pH는 떨어지게 된다. 따라서 pH의 낮아지는 정도에 따라 쌀의 노화 정도를 판단할 수 있다. 본 시험에 사용된 기기는 특성상 1회에 쌀알 72개를 분석할 수 있어 72알에 대한 평균 pH를 측정할 결과와 pH 7.5 이상을 최상위 등급으로 따로 분류하여 그 비율을 Table 7에 나타내었다. 현미의 저장조건에 따른 pH 변화는 저온에서 상온과 비교했을 때 노화 진행이 지연되었으며, 저장 기간이 길어질수록 쌀의 pH변화가 현

저하였다. 그러나 규산 무시용구와 시용구 간의 pH는 통계적으로 차이가 없었다. 한편 쌀의 pH에 의한 최상위 등급쌀 비율에 있어서 저온 저장에서는 6월 97.9%, 9월 87.1%, 11월 59.6%로 11월에 가서 많이 떨어지는 경향이었으나, 상온 저장에서는 6월 85.4%, 9월 28.0%, 11월 17.3%로 9월부터 급격히 낮아져 쌀의 pH 변화와 일치하는 경향이였다. pH 7.5 이상의 쌀알에 대한 최상위 등급만으로 보았을 때 저온, 상온저장 모두 규산 무시용구와 규산 시용구간에 차이가 있었으며, 저온에서는 9월부터, 상온에서는 6월부터 차이가 나타나기 시작하였다. 따라서 저장특성에 있어서 저장기간 중에 산패정도와 유리지방산이 많아짐으로 인해 산성화가 진행되어 나타나는 pH에 대하여 최상위 등급쌀 비율을 살펴볼 때 규산시용에 따른 저장성이 향상되었음을 알 수 있었다.

이상의 결과로 규산을 시용함에 따라 벼의 완전미 수량은 증대되었으며, 쌀의 이화학적 특성에서 단백질 함량이 낮아져 미질이 향상되었고, 특히 분상질립과 피해립의 감소로 완전미 비율이 증대되었으며, 도정특성에서 색미율의 감소로 색채 선별율이 향상되었다. 저장 특성 분석에서 규산 시

**Table 7.** Changes of pH and best grade rice rate of Ilpumbyeo as affected by silicate application during storage of brown rice.

Storage condition	Silicate application (kg 10a <sup>-1</sup> )	pH of rice <sup>↓</sup>			Best grade rice (%) <sup>♯</sup>		
		June	September	November	June	September	November
Low temperature (15°C)	0	7.6a <sup>†</sup>	7.4a	7.2a	97.2a	72.9b	48.6b
	150	7.6a	7.6a	7.4a	97.2a	87.3ab	71.8a
	225	7.6a	7.6a	7.2a	98.6a	92.4a	50.0b
	300	7.7a	7.6a	7.4a	98.6a	95.7a	68.0a
Room temperature	0	7.3a	7.1a	7.0a	62.5b	14.7c	10.4c
	150	7.5a	7.3a	7.1a	86.1a	46.5a	19.4ab
	225	7.6a	7.1a	7.1a	95.9a	26.4b	22.9a
	300	7.7a	7.1a	7.1a	97.2a	24.3b	16.4b

<sup>↓</sup> Average pH of 72 grains, <sup>♯</sup> The best grade rice; over than 7.5 of pH.

<sup>†</sup> Values with the same letter in a column are not significantly different at 5% level by DMRT.

용구에서 지방산도가 낮았으며, 저장기간이 길어질수록 지방산도 변화폭은 규산 무시용구에서 증가하는 경향이였다. 비록 쌀의 pH 변화는 저장방법 및 저장기간별로 유의적인 차이가 없었으나 최상위 등급쌀 비율이 높은 것으로 보아 저온과 규산 시용으로 저장성이 향상된 것으로 생각되었다.

### 적 요

규산 시용에 따른 수량 및 미질 관련해서는 많이 보고되고 있지만 도정 특성과 관련된 보고와 특히 저장관련 자료가 거의 없어 이에 대한 연구를 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 수량 및 수량구성요소에서는 규산 시용구에서 수수 및 영화수가 증가하였으며, 등숙비율도 2%이상 증가하여 완전미 수량은 7.7~9.5%정도 증가하였다.

2. 미질 특성의 이화학적 성분 함량은 규산시용에 따라 단백질 함량은 0.2~0.3% 감소하였으며, 쌀의 외관상 품위 변화는 시용량이 증가할수록 분상질립 및 피해립율이 감소되면서 완전미의 비율이 규산 무시용(83.2%)에 비해 규산 1배 시용시 85.6%, 1.5배 시용시 86.4%, 2배 시용시 88.7%로 높아지는 효과가 있었다.

3. 규산을 시용함에 따른 색채 선별율은 4.2~7.2% 향상되었고, 색미율은 5.5~16.6% 낮아져 완전미 도정수율은 5.5~8.6% 향상되었다.

4. 규산 시용에 따른 저장성 변화에 있어서 지방산도는 저온 저장(15°C)에서는 저장기간에 따른 큰 변화는 없었으나, 상온저장에서는 6월 이후 증가하여 노화가 급격하게 진

행되었다.

5. 쌀의 pH에 의한 최상위 등급 비율은 저온 저장에서는 9월 이후부터 낮아지는 경향이나, 상온 저장에서는 6월부터 급격히 낮아져 신선도가 현저히 저하되었으며, 저온과 상온 저장 모두 규산 시용구에서 쌀의 신선도가 무시용구에 비하여 오래 지속되는 경향이였다.

### 인용문헌

Gu, M. H., K. Kayama, and T. Hara. 1999. Effect of supply of silicon in different forms on injury and distribution of aluminum in rice root tissues. *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 70 : 731-738.

Lee, C. H., S. G. Cheon, W. K. Shin, and H. S. Ha. 1990. Effects of silica and compost application on the availability of accumulated phosphate in paddy and upland soil. *Korean J. Soc. Sci. Fert.* 23 : 281-286.

Ma, J. F. and E. Takahashi. 1990. The effect of silicic acid on rice in a P-deficient soil. *Plant Soil* 126 : 115-119.

Matoh, T., S. Murata, and E. Takaghshi. 1991. Effect of silicate application on photosynthesis of rice plants. *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 62 : 248-251.

Matoh, T., P. Kairusmee, and E. Takaghshi. 1986. Salt-induced damage to rice plants and alleviation effect of silicate. *Soil Sci. Plant Nutr.* 32 : 295-304.

Miyamori, Y. 1996. Role and guideline of silicon nutrition in low protein rice production. *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 67 : 696-700.

Kawamitsu, M., Y. Kawamitsu, W. Agata, and P. Kaufman. 1989. Effect of SiO<sub>2</sub> on CO<sub>2</sub> assimilation rate, transpiration rate, leaf conductance and dry matter production in rice plants. *Sci. Bull. Fac. Kyushu. Univ.* 43 : 161-169.

- Kim, C. B., D. H. Lee, and J. Choi. 2002. Effects of soil improvement on the dependence of rice nutrient contents and grain quality. *Korean J. Soc. Sci. Fert.* 35 : 296-305.
- Kim, C. B., N. K. Park, S. D. Park, D. U. Choi, S. G. Son, and J. Choi. 1986. Changes of in rice yield and soil physicochemical properties as affected by annual application of silicate fertilizer. *Korean J. Soc. Sci. Fert.* 19 : 123-131.
- Park, J. K., W. K. Oh, and W. C. Kim. 1990. Effect of long-term application of ammonium sulfate, urea, composts and calcium silicate on macroelements and rice yield in paddy soil. *Korean J. Soc. Sci. Fert.* 23 : 287-292.
- Park, M. H., W. C. Kim, and S. B. Ahn. 1986. The effect of long-term application of compost, lime and wollastonite on rice yield and physico-chemical properties of paddy soil. *Res. Rept. RDA(P. M&U)* 28 : 59-68.
- Uchimura, Y., T. Ogata, H. M. Sato, and Y. Matsue. 2000. Effects of silicate application on lodging, yield and palatability of rice grown by direct sowing culture. *Jpn. J. Crop Sci.* 69 : 487-492.
- Yoshida, S. Y., Y. Ohnishi, and K. Kitagishi. 1959. Role of silicon in rice nutrition. *Soil & Plant Food.* 5 : 23.
- 김의웅, 김후, 임태규. 2004. 냉각저장방식에 따른 백미의 냉각 및 저장특성. *한국 식품저장유통학회지.* 11(4) : 448-454.
- 이인중. 2007. 벼의 생육과 규소. *수도작특화전문경영. 경북대학교 최고농업경영자과정.* pp. 254-265.