

수도 생육 및 미질에 대한 입상규산질 비료의 시용 효과

장기운* · 홍주화 · 이종은 · 이종진

충남대학교 농업생명과학대학 농화학과

Effects of the Granular Silicate Fertilizer(GSF) Application on the Rice Growth and Quality

Ki-Woon Chang*, Joo-Hwa Hong, Jong-Eun Lee and Jong-Jin Lee

Dept. of Agricultural Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

This study was conducted to investigate effects of granular silicate fertilizer(GSF) on growth, nutrient uptake and quality rice during cultivation. Then the chemical properties of paddy soil used for the cultivation test were pH 5.9, O.M. 13.7 g kg⁻¹, avail. P₂O₅ 48.9 mg kg⁻¹, and avail. SiO₂ 79.8 mg kg⁻¹. The amounts of GSF treated in the paddy soil were 0, 76, 185, 229, 413 and 489 kg 10a⁻¹ for control, S-100(control amounts of soil available SiO₂), S-130, S-160, S-190 and for S-210 treatments, respectively. At results of rice growth leaf length and tiller number were more remarkable results at treatments of GSF than control. The leaf length of rice at S-100 treatment was the highest as 99.4 cm and the tiller number was the highest as 18.9 ear number at S-130 treatment. At the results of rice yield parameters, the grain and straw yield of rice were showed that all of the GSF applied treatments were more predominant level than at the control, especially their levels were the highest values as 841.5 and 815.2 kg 10a⁻¹ at the S-160 treatment, respectively. Also at the results of quality parameters on rice grain, a perfect kernel in the GSF applied treatments was more increased than at control, but a broken kernel rate was inversely decreased. In results of these aspects, the chemical properties of white rice and the taste of rice by the Toyo MA-90A(Toyo rice quality taster) instrument, amylose content was the lowest value as 18.7%(generally about 20%) at S-160 treatment. Also, Mg/K ratio and rice taste value were the highest level as 0.58 and 69.1 at the S-190 and S-160 treatments respectively. The harvest yields of rice at S-160 and S-190 treatments from these growth factors were more produced about 8-13% than control. Therefore, the GSF application for rice cultivation from these results should be expected to obtain the positive effects as enhancement of rice harvest yield and improvement of quality on the cooked rice taste. Amount of GSF application could be recommended as around 200 mg kg⁻¹ for optimal and economical rice cultivation.

Key words : Granular silicate fertilizer(GSF), Rice growth, Quality, Taste

서 언

과거의 농업은 증수를 위한 품종개량과 시비 및 토양관리 측면에서 연구가 집중되어 왔다. 그 결과 쌀 수확량은 2004~2005년 기준 500 kg 10a⁻¹에 접근되고 있어 평년의 쌀생산량 491 kg 10⁻¹를 상회하고 있다. 그러나 최근 쌀 생산량의 지속적 증가와 식생활습관의 서구화는 쌀 소비량 감소와 쌀 재고량 증대라는 새로운 문제로 대두 되었다. 우루과이라운드(UR) 협상으로 쌀 시장이 점차 개방됨에 따라 외국의 저가 양질미와 경쟁하기 위해서는 미질의 향상을 통한 경

쟁력 배양만이 최선의 대책이다. 이에 대한 방안으로 미질개선과 질소 저감 등의 연구를 위해 규산질비료의 적절한 시용량과 시용주기 등에 대해 연구가 진행되었다.

논토양에 대한 규산의 시용효과는 벼 식물체 조직내의 가용태 질소 등의 양분균형 조절에 의한 수량 증대효과가 있다(Kang et al., 1997). 또한 Kim et al.(1986)도 벼 식물체 규산함량이 높은 벼는 잎을 직립시켜 수광태세를 좋게 함으로써 광합성 증가에 따른 등숙율이 향상된다고 하였으며, 식물체 조직의 내도복성을 증진시키는 등 다양한 연구결과를 발표하였다.

그리고 미질개선 방안으로 육종학적인 우수품종의 선발 및 육성, 쌀 가공공정의 최적화 및 경종학적 재

접 수 : 2005. 12. 21 수 리 : 2006. 4. 7
*연락처 : Phone: +82428216738,
E-mail: kwchang@cnu.ac.kr

배방법의 개선 등이 있다. 이중 시비관리를 통한 미질 개선책으로 규산처리가 미질의 개선에 긍정적 효과가 있는 것으로 여러 연구자에 의해 밝혀진 바 있다 (Kim et al., 1992; Kim et al., 1994). 규산은 완전미 비율의 증대와 복백미 및 심백미 비율 감소를 통한 외관적 품질향상에 기여하는 것으로 보고되어 있으나 미질향상에 관한 쌀의 화학적 조성 및 식미개선 효과에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

본 연구는 입상규산질비료를 이용하여 고품질의 쌀을 생산하고자 규산질비료를 사용하여 연구를 수행하였다. 생육 및 수량 특성을 조사하고, 미질의 개선 효과로 외관품질과 백미의 화학성을 조사함으로써 고품질 쌀 생산과 일정 수량성 유지를 위한 토양내 유효 규산의 조절기준을 설정하고자 하였다.

재료 및 방법

시험 포장 및 공시재료 본 시험의 포장은 시험구 처리를 위하여 유효규산 함량이 80 mg kg⁻¹인 포장을 선정하였다. 충남 논산시 성동면 원복리에 위치하고 있는 농가포장에서 공시품종인 주남벼를 재배하였다. 공시토양은 덕평통(미사질식양토)으로 Table 1과 같으며, pH는 5.9, 유기물 함량 13.7 g kg⁻¹, 총질소 0.98 g kg⁻¹, 그리고 유효인산 48.7 mg kg⁻¹인 논토양의 특성을 보였으며, 유효규산은 79.8 mg kg⁻¹로 우리나라 논토양의 평균 유효규산함량 수준에 미달하고 있다. 또한 시험에 이용된 공시비료인 P회사 제품의 입상규산질비료의 화학적 특성은 Table 2와 같다.

처리구 및 시험방법 처리는 규산질비료를 사용하지 않은 대조구와 사용한 5수준의 S-100(토양 중 유효규산 100 mg kg⁻¹ 조절구), S-130, S-160, S-190, S-210인 6 처리구로 하였다. 이 지역의 이앙 시기인 5월 하순에 기계이앙으로 하였으며, 재식거리는 30 cm ×

15 cm로 하였다. 각 처리구의 재배면적은 3반복으로 총 100 m²이며, 전체 경지면적은 600 m²이었다. 각 처리구별 입상규산질비료의 처리량은 농촌진흥청에서 추천하는 식 [SiO₂ kg 10a⁻¹ = (목표수준 - 토양내 유효규산함량) × 3.8]을 이용하였다. 규산질비료 사용량은 대조구는 무비, S-100은 76 kg 10a⁻¹, S-130은 185 kg 10a⁻¹, S-160은 299 kg 10a⁻¹, S-190은 413 kg 10a⁻¹, 그리고 S-210은 489 kg 10a⁻¹을 기비로 이앙 2주전 경운전에 시비하였다. 그리고 수도재배기간 중 처리되는 3요소비료는 시험수행당시 농촌진흥청의 벼에 대한 표준시비량(N : P : K = 11 : 4.5 : 5.7 kg 10a⁻¹)을 기준으로 밀거름, 가지거름, 이삭거름 등으로 분할 시비하였다(농업과학기술원, 1999).

분석방법 공시비료의 화학적 특성을 분석하기 위하여 농업과학기술원 비료 품질검사방법(농업과학기술원, 2000)에 의해 분석하였다. 가용성규산은 0.5N HCl법을 이용하였고, 알칼리분은 HCl법 그리고 고토는 원자흡광분광법을 이용하여 285 nm에서 분석하였다. 토양의 화학성분 분석을 위하여 농촌진흥청의 토양화학분석법(농업과학기술원, 2000)을 이용하였으며, pH와 EC는 1:5법, 유기물(O.M.)은 Tyurin법, 총질소는 Kjeldahl법, 유효인산은 Bray No.1 법, 유효규산은 1N NaOAc법으로 pH 4.0 1N NaOAc를 이용해 항온수조 60°C에서 90분간 진탕 후 자외선흡광도계(SHIMADZU UV-2240)로 분석하는 비색법을 이용하였다.

생육조사는 수도의 주요 생육시기인 이앙기, 최고분얼기, 유수형성기, 출수기, 수확기에 초장 및 경수를 조사하였다. 그리고 수확 후 정조와 벃짚의 수량, 주당수수, 수당입수, 천립중 그리고 등숙률을 측정하였다. 백미 품질특성은 쌀외관품질측정기(RS-2000X)를 이용하여 완전립비, 분상질비, 피해립비, 동할립비, 쇠립비를 조사하였다. 또한 미질평가를 위해 식미에 직

Table 1. The physico-chemical properties of paddy soil before rice cultivation.

pH (1:5)	EC	Organic matter	Total nitrogen	Available P ₂ O ₅	Available SiO ₂	Exchangeable cation				Texture
						K	Ca	Mg	Na	
	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		cmol _c kg ⁻¹				
5.9	0.45	13.7	0.98	48.7	79.8	0.38	3.77	0.99	0.38	

Table 2. Chemical composition of silicate fertilizer used for the experiment.

Items	CaO	MgO	0.5N HCl soluble SiO ₂
	%		
Testing fertilizer	41.4	2.3	25.9
Process standard	41.0	2.0	25.0

접적인 영향을 미치는 것으로 알려진 Amylose 함량은 Juliano의 요오드 비색 정량법으로 조사하였으며 (Juliano et al., 1981; Perez and Juliano, 1978), 단백질 함량은 Kjeldahl 질소정량법을 이용하여 쌀 총질소 함량(%)에 단백질 환산계수 5.95를 곱하여 환산하였다. Mg/K비는 백미분말을 ternery solution으로 완전히 분해한 후 각각의 함량을 분석하여 계산하였다. 식미치는 최근 미질평가에 널리 이용되고 있는 식미계 (Toyo MA-90A)를 이용하였다.

결과 및 고찰

시험 후 토양 이화학성 수확 후 논토양의 화학적 특성을 분석한 결과는 Table 3과 같으며, pH는 입상 규산질비료의 처리량이 증가할수록 점차 증가하는 추세를 보였으며, S-210 처리구가 pH 6.1로 가장 높은 결과를 나타냈다. 이것은 규산질비료에 함유된 알칼리도가 25%인 것에 기인된 것으로 판단되며, Kim et al.(1983)의 보고가 이를 뒷받침하고 있다. 그리고 규산질비료의 처리량이 증가할수록 토양내 유효규산함량과 유효인산 함량 또한 증가하는 경향을 보였다. 교환성양이온 함량의 경우도 Ca와 Mg는 초기 토양과 비교하면 증가하였으며, 이 역시 규산처리량의 증가에 따라 비료내 다량으로 함유되어 있는 관련성분의

처리량 차이에서 오는 잔존량 증가라고 판단된다. 그러나 교환성 양이온 중 K는 토양내 잔존량이 감소하는 경향을 보였는 데, Park et al.(1970)은 규산 시용 시 식물영양원의 다량원소인 K성분의 흡수가 촉진되어 토양 중 함유량이 적어진 것으로 설명하였다.

생육특성 수도의 생육특성은 Table 4에서 보는 바와 같이 주요 생육시기인 이앙기, 최고분얼기, 유수형성기, 출수기, 수확기에 걸쳐서 초장과 경수를 조사하였다. 전 생육기간으로 볼 때 대조구에 비해 다른 규산처리구의 초장 길이가 다소 증가하였으나 경수는 유의성을 보이지 않았으며, 규산질비료의 처리구가 다소 우세한 경향을 보였다. 이와 같은 결과로 미루어 볼 때 규산질비료를 시비한 처리구가 대조구의 수도의 외형적 생육보다는 다소 향상된 결과와 경수의 유효분얼수 증가가 벼의 정소수량과 벧짚수량의 증가를 가져왔을 것으로 판단된다.

수량구성요소 특성 규산질비료의 시용량에 따른 수량구성요소의 특성은 Table 5와 같다. 각 처리구별 정소수량은 관행구에 비해 규산질비료 처리구가 약 8~13%정도 수량증대를 보였으며, S-160 처리구가 841.5 kg 10a⁻¹로 가장 높은 결과를 보였다. 이는 수당립수와 천립중의 결과를 통해 알 수 있다. 수당립수는

Table 3. The chemical properties of paddy soil after rice cultivation.

Treatments	pH (1:5)	O.M. g kg ⁻¹	Avail.- P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	Avail.- SiO ₂	Ex.-cations cmolc kg ⁻¹			
					K	Ca	Mg	Na
Control	5.8	25.5	34.9	95.2	0.29	3.66	1.10	0.12
S-100	5.9	25.6	35.7	115.7	0.29	4.72	1.22	0.12
S-130	5.9	26.3	36.2	148.3	0.26	4.96	1.27	0.13
S-160	6.0	26.6	39.1	167.3	0.26	5.02	1.35	0.15
S-190	6.0	26.9	41.6	207.5	0.22	5.04	1.36	0.15
S-210	6.1	27.0	41.9	233.2	0.20	5.42	1.37	0.13

Table 4. Changes of rice growth parameters on the growing stages.

Treatments	Transplanting time		Maximum tillering stage		Panicle formation stage		Heading stage		Harvesting season	
	PH [†]	NT [‡]	PH	NT	PH	NT	PH	NT	PH	NT
	cm	No. ear ⁻¹	cm	No. ear ⁻¹	cm	No. ear ⁻¹	cm	No. ear ⁻¹	cm	No. ear ⁻¹
Control	16.8	5.0	27.8	15.0	61.9	20.9	76.1	18.7	94.9	18.1
S-100	17.0	5.0	28.1	13.1	59.6	21.2	75.9	19.1	99.4	18.3
S-130	18.4	5.0	28.6	12.7	58.6	21.8	73.9	19.8	97.5	18.9
S-160	18.3	5.0	28.3	15.7	60.1	21.1	76.1	18.9	96.3	18.0
S-190	17.5	5.0	27.6	13.0	61.6	21.5	77.5	19.7	98.4	18.3
S-210	16.9	5.0	27.6	16.1	58.7	21.3	73.9	19.3	95.8	17.9

[†] PH : Plant height, [‡] NT : Number of tiller

S-160 처리구에서 약 106개로 가장 높게 조사되었으며, 천립중 역시 S-160 처리구가 24.7 g으로 가장 높은 수치를 보였으며, 벧짚수량 역시 정조수량과 비슷한 경향을 보였다.

그리고 본 연구 결과에서는 Park (1970)에 의한 결과자료보다는 다소 높은 유효규산함량을 보인 처리구에서 최고 수량을 보였는데, 이는 규회석과 규산질비료 간의 0.5N HCl 가용성 SiO₂ 함량 차이에 따른 결과로 판단된다. 또한 Kim et al.(1983)도 규산질비료 시용시 토양중 유효규산함량이 180~200 mg kg⁻¹일 때 최고수량을 얻은 것으로 보고하였다.

백미 도정 및 화학적 특성 백미의 품위 특성은 Table 6에 나타내었다. 백미의 도정 특성 중 완전립 비율은 규산질비료의 시용량 증가에 따라 완전립 비

율이 증가하는 경향을 보였으며, S-210 처리구에서 63.7%로 가장 높게 나타났다. 이는 완전립 형성의 관련 인자로서 등숙률 의한 규산처리구에서 완전립 비율이 보다 높은 결과를 보였던 것으로 판단된다. 그러나 완전립 비율이 양질미의 기준치인 90% 이상까지 미치지 못하였던 것은 수도재배 과정 중 유수형성기와 출수기인 7월과 8월에 장마와 등숙기인 9월 태풍 등의 기상 악화로 일조량이 적었기 때문이라 생각된다. 또한 흑명나방과 잎마름병 등의 병충해 발병으로 등숙률이 크게 저하되면서 완전립 비율이 저조한 것으로 판단된다. 쉼립비는 벼의 건조시 수분함량에 따라 많은 영향을 받게 되며, 본 연구 결과에서는 규산질비료의 시용량이 증가할수록 낮아진 수치를 보인 것으로 보아 규산의 시용효과로 해석된다.

식미와 관련된 쌀의 이화학적 특성과 식미계로 분

Table 5. The growth characteristics of rice plant after harvest.

Treatments	Grain yield		Straw yield	Ear number	Ear grain no.	1000 grains	Ripening rate
	kg 10a ⁻¹	Index	kg 10a ⁻¹	No. ear ⁻¹	grain ear ⁻¹	g	%
Control	741.3	100	725.1	17.7	96.2	24.4	80.5
S-100	799.8	108	776.3	19.0	98.1	23.9	87.6
S-130	821.6	111	794.8	20.0	103.5	24.0	87.9
S-160	841.5	113	815.2	20.0	106.2	24.7	87.0
S-190	816.6	110	809.6	20.3	105.7	23.6	88.3
S-210	812.1	109	785.2	20.0	103.2	23.7	87.2

Table 6. The rate of quality parameters on grain rice.

Treatments	Perfect rice	Powdery	Damaged grain	Cracked grain	Broken grain
----- % -----					
Control	49.8	15.1	2.6	3.0	22.2
S-100	54.7	25.9	4.6	3.4	16.8
S-130	57.2	27.5	2.9	2.1	12.9
S-160	58.1	20.1	2.9	3.4	15.6
S-190	58.4	24.1	4.9	2.1	10.6
S-210	63.7	21.1	1.3	2.7	11.3

Table 7. Characteristics of chemical substance and taste on rice.

Treatments	Amylose	Protein	Moisture	Mg/K ratio	Taste value [†]
----- % -----					
Control	19.5	8.0	11.6	0.53	67.7
S-100	19.1	8.0	12.1	0.54	68.6
S-130	18.9	7.5	11.5	0.55	69.0
S-160	18.7	7.7	11.5	0.57	69.1
S-190	18.8	8.0	11.3	0.58	69.1
S-210	18.8	7.9	11.1	0.56	68.9

[†] Measured by TRQT(toyo rice quality taster) instrument

석된 식미치 특성을 살펴보면 Table 7과 같다. 아밀로스 함량은 입상규산질비료의 처리량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며, S-160 처리구에서 아밀로스 함량이 가장 낮은 18.7%로 조사되었다. 단백질 함량은 처리구간에 큰 차이를 보이지 않았으나, S-130 처리구에서 7.5%로 가장 낮은 수치를 보였다. Mg/K비역시 규산 처리량이 증가할수록 조금씩 증가하는 경향을 보였으며, S-190 처리구가 0.58로 가장 높게 나타났다. 식미치의 정확한 평가를 위해서는 백미 중 수분함량이 15% 수준을 유지하는 것이 중요하며 식미치 75 이상을 양질미로 평가하고 있다(작물과학원, 2003). 식미분석에 사용된 백미의 수분함량은 11% 내외로 다소 과다 건조되어 식미치가 낮게 조사된 원인으로 판단된다. 이와 같은 결과를 종합하여 볼 때 규산 처리는 백미의 품질과 미질개선에 기여하였다고 판단되며, 그 중 S-160(185 kg 10a⁻¹) 처리구가 다른 처리구와 비교했을 때 보다 나은 미질 개선효과를 보여주는 것으로 인정됨을 예측할 수 있었다.

적 요

본 연구는 현행 추천되고 있는 논토양에서의 적정 유효규산(SiO₂) 목표치 130 mg kg⁻¹이 최고수량 획득을 위해 설정된 조건으로 미질개선을 위한 유효규산의 적정관리농도와는 다소 차이가 있을 것으로 판단되어 미질개선에 적합한 유효규산 농도를 찾는 데 그 목적을 두고 본 연구를 수행하였다. 이상의 결과를 요약하면 다음과 같다.

시험 후 토양의 화학적 특성을 보면 토양내 pH는 초기 토양보다 약간 상승하는 결과를 보였으며, 규산질비료의 사용량이 증가할수록 높아지는 경향을 보였다. 그리고 규산질비료의 사용량이 증가할수록 토양내 유효규산함량은 증가하는 경향을 보였고, 유효인산함량역시 유사한 경향을 보이며 증가하였다. 이는 토양내 과량의 가용성 규산에 의해 식물체내 인산의 흡수량이 저해되는 길항작용에 의해 토양내 유효인산함량이 증가한 것으로 판단된다.

초장과 경수는 규산질비료 처리구가 대조구에 비해 다소 우세한 경향을 보였다. 초장은 S-100 처리구가 가장 높은 결과를 나타냈으며, 경수는 S-130 처리구가 주당 18.9개로 가장 높은 결과를 보였다. 수량구성요소에서는 규산질비료 처리구가 대조구보다 높은 결과로 조사되었다. 정조수량의 경우 관행구와 비교하여 8~13% 수량증대효과가 있었으며, 그 중 S-160 처리구가 841.5 kg 10a⁻¹로 가장 높은 결과를 보였다. 수당입수와 천립중은 S-160 처리구가 가장 높게 조사되었다. 이러한 결과에 의해 규산질비료는 수량 증대효과가 인정되는 것으로 판단된다.

쌀의 도정 특성 중 완전립 비율은 규산질비료 사용량이 증가할수록 증가하는 경향을 보여주었으며, S-210 처리구의 정조 완전립 비율은 관행구에 비해 8.4%의 향상을 보였다. 쉼립비는 사용량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 백미의 화학성 분석결과 아밀로스 함량은 규산질비료의 사용량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며, S-160 처리구에서 18.7%로 가장 낮게 조사되었다. 단백질 함량은 규산질비료 처리구가 대조구와 비교하여 더 낮은 결과를 보였으며, S-130 처리구가 최저 7.5%로 조사되었다. Mg/K비는 규산질비료 사용량 증가와 함께 높아지는 경향을 보였으며, 특히 S-160 처리구가 가장 높은 결과를 보여 주었다. 또한 식미치도 규산질비료 사용량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 이를 통해 규산 사용이 미질개선에 효과가 인정되며, S-160 처리구에서 미질개선효과가 가장 좋은 것으로 해석된다.

그러므로 수도 생육 및 미질개선의 효과를 위한 규산의 적정관리 농도는 S-160 처리구의 초기 유효규산 농도인 약 200 mg kg⁻¹ 이내로 설정하여 관리하는 것이 가장 바람직할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 농림부 농림기술개발과제 연구의 일부이며, 연구비를 지원해 준 농림기술관리센터에 깊은 사의를 표합니다.

인 용 문 헌

- Elgawhary, S.M., and W.L. Lindsay. 1972. Solubility of silica in soils I. Soc. Amer. Proc. 36:439-442.
- Juliano, B.O., C.M. Perez, A.B. Blakeney, T. Castillo, N. Kongseree, B. Laignelet, E.T. Lapis, V.V.S. Murty, C.M. Paule, and B.D. Webb. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. *Stärke*. 33:157-162.
- Kang, Y.S., J.H. Lee, J.I. Kim, and J.S. Lee. 1997. Influence of silicate application on rice grain quality. *Korean J. Crop Sci.* 42:800-804.
- Kim, C.B., and J. Choi. 2002. Changes in rice yield, nutrients use efficiency and soil chemical properties as affected by annual application of slag silicate fertilizer. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 35:280-289.
- Kim, C.B., N.K. Park, S.D. Park, D.U. Choi, S.G. Son, and J. Choi. 1986. Changes in rice yield and soil physico-chemical properties as affected by annual application of silicate fertilizer to the paddy soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 19:123-131.
- Kim, H.M., K.Y. Lee, J.D. So, D.I. Um, and Y.H. Shin. 1983. Effect of silicate application in different paddy soils. *Res. Rept. ORD* 25(S.P.M.U):85-95.
- Kim, Y.S., S.W. Hwang, B.Y. Yon, Y.D. Park, and D.S. Kim. 1992.

- Study on the improvement of rice quality; 1. Effect of chemical composition in brown rice. Korean J. Soil Sci. Fert. 25:357-363.
- Kim, Y.W., C.H. Yun, and K.S. Kim. 1994. Effect of fly ash application on the yield of rice and silicate availability in paddy soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 27: 275-283.
- Park, Y.S., C.S. Park, Y.S. Kim, and J.Y. Ko. 1970. Effect of potash in relation to the application of wollastonite on rice. Korean J. Soil Sci. Fert. 3:1-9.
- Park, C.S. 1970. Studies on the relation between available silica content and the effect of silica distribution pattern of available silica content and requirement in Korea Paddy top soil. Res. Rept. RDA(Plant environment). 13:1-30
- Perez, C.M., and B.O. Juliano. 1978. Modification of the simplified amylose test for milled rice. *Stärke*. 30:424-426.
- Yoo, S.H., L.D. Park, Y.H. Lee, and K.Y. Kang. 1978. Korean J. Soil Sci. Fert. 11: 89-95.
- Yoo, S.H., M.E. Park, L.D. Park, and H.M. Ro. 1982. Residual effect of silicate fertilizer on rice. Korean J. Soil Sci. Fert. 15:95-100.