

과제구분	수탁의뢰	Code : LS0201	수행구분	전반기	연구기간	'99 ~ '01(완결)
연구과제명	벼 안전 재배기술 확립			연구책임자	함진관	
세부과제명	고령지 벼 재해 상습논 신제조 규산시용 효과 검토					
연구원별임무						
구분	소속	성명	담당임무			
세부과제책임자	작물경영연구과	함진관	연구과제 총괄수행			
공동연구자	"	김용복	조사 및 연구협조			
	환경농업연구과	임수정	생육조사 및 성분분석			
	작물경영연구과	김승경	조사 및 연구협조			
색인용어	벼, 규산질, 입상, 분상, 사상					

## 1. 연구배경

작물이 생육하는데 규산의 필요성에 대해서는 논란이 많으나 적어도 벼에 있어서는 규산의 효과가 크게 인정되고 있다. 규산은 보통 토양에서 50~60% 가량 함유되어 있으나 식물이 흡수 이용 할 수 있는 규산의 함량은 적어서 우리나라 논토양의 경우에는 적정유효규산 함량으로 알려진 130ppm에 비하면 부족하겠다고 하겠으며(박천서, 1970), 특히 벼는 규산을 많이 흡수하는 힘을 가지고 있으며 많은 양의 규산을 흡수함으로써 생육이 왕성하고 좋지 못한 환경에 대한 저항성을 크게 하는 것으로 알려져 있다. 따라서 작물로서 벼의 생산력을 높이기 위해서는 규산질 비료의 공급이 절대적으로 필요하다 하겠다.

현재 규산질 비료의 공급은 정부 지원으로 공급되고 있으며 그중 광재 규산질 비료가 많은 공급 비중을 차지하고 있다. 규회석은 자연산으로 결정질인데 비하여 광재 규산질 비료는 비 결정질로서 두 비종간에는 화학성질이 상이함으로 벼에 있어서는 시용 효과는 크게 다를 것으로 생각된다. 규산에 대한 연구는 과거에 많이 수행되었던 것은 기정 사실이다. 최근 공급되는 규산질 비료중 분말형은 농가에서 사용을 기피하는 현상이 있어 사상형과 입상형으로 제조 공급되고 있다. 그러나 시비하기에 편리한 사상규산질 비료는 유리구조의 침상물질이므로 손으로 시비할 경우 침이 손에 박혀 안전사고 위험과 수경성으로 수분함량(10%이상)이 많으므로 야외에 보관시 고결되는 문제점이 있으며 입상 규산질 비료는 가격이 타 비종보다 고가인 단점이 있다. 따라서 이러한 단점을 보완하고자 기존분상(서냉슬래그 원료)대비 사상(급냉슬래그 원료), 입상(서냉슬래그 분쇄 입자형 조립) 규산질 비료 시용에 따른 토양중 규산 잔존량, 식물체 규산 흡수량, 수량증수 효과 등을 검정하고자 3년간의 포장시험을 수행한 결과를 보고 하는 바이다.

## 2. 재료 및 방법

본시험은 해발 450m인 강원도 평창군 방림면에서 광재 규산질 비료 분상, 사상, 입상제 조형인 비종별 시용 효과를 보기 위하여 1999년부터 2001년까지 3년간 미사질 양토에서 포장시험을 실시하였다. 사용된 규산질 비료의 화학적 성질은 표 1에서 보는 바와 같다.

표 1. 규산질 비료의 화학적 성질

성 분	가용성규산 <sup>♪</sup>	알카리분 <sup>♪</sup>	구용성고토 <sup>♪</sup>
슬러지	25	45	3

♪ Souble in 0.5N- HCl, Unit %

처리내용은 3년 공히 표 2과 같이 처리하였으며 시험구는 53㎡로 하여 난괴법 3반복으로 배치하였으며 규산 처리는 이앙 2주전을 전후하여 처리하였고 경운하였다.

표 2. 처리내용

처리내용	비 고
1) 관행(N, P, K)	- 규산 시용량 : 200kg/10a
2) 관행(N, P, K) + 분상 규산질 비료 <sup>♪</sup>	- 분 시 방 법 : 전량기비(전총시비)
3) 관행(N, P, K) + 사상 규산질 비료 <sup>♪</sup>	- 재 배 법 : 강원도원 표준재배법에 준함
4) 관행(N, P, K) + 입상 규산질 비료 <sup>♪</sup>	

- ♪ 1. 분상 규산질 비료(서냉 슬래그 원료)
- 2. 사상 규산질 비료(급냉 슬래그 원료)
- 3. 입상 규산질 비료(서냉 슬래그 분쇄입자형 조립)

시험품종은 오대바를 사용하였으며 3요소 시비량은 3년 공히 N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O 11 : 7.7 : 9.3kg/10a로 실시하였으며 분시 비율은 기비, 분얼비, 수비로서 질소는 60 : 20 : 20이었고 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 전량기비, K<sub>2</sub>O는 기비 70, 수비 30으로 분시하였다. 재식거리는 30×12cm, 주당본 수는 5본, 이앙기는 5월중순경이었다. 물관리, 제초, 병해충방제는 표준경종법에 준하였으며 토양 및 식물체 분석법은 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준법으로 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 토양화학성

시험후 토양 화학성 변화는 표 3과 같이 사상 규산질 비료가 가장 많이 토양에 잔류되었고, 규산질 비료 시용으로 pH, 치환성 양이온이 증가되었다. 처리별 식물체 성분분석 결과는 표 3와 같다

표 3. 시험후 토양화학성 변화

구 분	pH (1 : 5)	EC (ds/m)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. Cat(Cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )			SiO <sub>2</sub> (mg/kg)
					Ca	K	Mg	
무 처 리	6.0	0.18	26.3	92.3	4.81	0.24	0.55	109.0
분 상	6.2	0.18	29.0	71.7	5.96	0.33	0.60	212.7
사 상	6.0	0.16	27.3	87.3	5.60	0.25	0.58	222.0
입 상	6.1	0.19	26.3	70.7	5.11	0.20	0.53	209.0

## 나. 식물체 성분분석

처리별 식물체 성분분석 결과는 표 4과 같다. 비종별 식물체내 평균 규산 함량은 표 4와 같이 분상 5.69, 사상 4.69, 입상 4.55, 무처리 4.31mg/kg으로 분상 처리에서 흡수량이 많아 규산질 비료중 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함유량이 증가하면 규산 흡수를 저해한다고(이윤환 등, 1986) 보고한 것과 같이 서냉 슬래그가 급랭 슬래그보다 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 적은 것으로 보고되었다(한국협화학주식회사, 1999). 식물체 부위별 규산 함량은 잎집, 잎, 이삭, 줄기 순으로 나타나(박영대, 1986)가 보고한 규산 함량이 가장 높은 기관은 엽이며, 가장 낮은 것은 뿌리라는 것과는 일치하지 않았다 이것은 하엽에 가장 많이 축적된다는 것을 고려할 때 본 시료는 출수기 지엽에서 시료를 채취한 것 때문에 다소 차이가 있는 것으로 생각되었다.

표 4. 식물체 기관별 성분분석

구 분	식물체	T-N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Ca (%)	MgO (%)	SiO <sub>2</sub> (mg/kg)
무처리	잎	2.40	0.79	1.60	0.74	0.30	5.87
	줄기	1.10	1.20	2.15	0.09	0.15	2.40
	이삭	1.39	0.88	0.77	0.20	0.39	3.40
	잎집	0.68	1.02	1.63	0.11	0.13	5.60
	(평균)	1.39	0.97	1.54	0.29	0.24	4.31
분 상	잎	1.23	0.47	1.56	0.72	0.29	8.07
	줄기	1.45	0.92	2.05	0.08	0.14	2.67
	이삭	1.26	0.56	0.70	0.11	0.15	4.60
	잎집	1.90	0.41	1.17	0.12	0.15	7.34
	(평균)	1.46	0.59	1.37	0.26	0.18	5.69
사 상	잎	2.19	0.92	1.57	0.70	0.29	6.07
	줄기	1.38	1.01	2.07	0.07	0.14	2.07
	이삭	1.96	0.84	0.70	0.11	0.15	3.87
	잎집	2.29	0.59	1.77	0.12	0.15	6.73
	(평균)	1.96	0.84	1.53	0.25	0.18	4.69
입 상	잎	1.29	0.60	1.50	0.68	0.27	5.60
	줄기	1.44	1.04	2.12	0.08	0.15	2.67
	이삭	0.84	0.64	0.73	0.11	0.15	3.67
	잎집	2.33	0.75	1.63	0.12	0.14	6.27
	(평균)	1.48	0.76	1.50	0.25	0.18	4.55

## 다. 초장 및 경수의 변화

이양후 20, 30, 50일의 초장 및 주당경수를 변화는 표 5와 같다. 이양후 처리별 초장의 변화는 큰 차이는 나타나지 않았으나, 경수에 있어 무처리에서 다소 증가된 경향으로 (소아시, 1990)이 보고한 규산질 비료 시용은 초장은 크게 하나 분얼수는 적어진다는 것과 일치 하였으며 규산질 비종간에는 생육차이를 볼 수 없었다.

표 5. 초장 및 경수의 변화

구 분	초 장(cm)			주당경수(개)		
	20DAT	30DAT	50DAT	20DAT	30DAT	50DAT
무처리	29.9	34.5	64.5	11.0	17.1	27.1
분 상	28.4	33.7	63.7	8.4	15.7	25.7
사 상	28.3	34.5	64.5	7.4	14.4	24.4
입 상	28.2	32.1	62.1	8.6	15.7	25.7

라. SPAD 및 식물체 건물중의 변화

출수기 엽색도를 조사한 결과는 표 6와 같으며 비종별 차이는 없었으나, 무처리구에서 다소 낮아지는 것으로 나타나 잎의 노화가 조기에 진행되는 것을 볼 수 있었다. 이것은 규산 성분이 에틸렌 생성을 줄여 엽신 노화억제 및 휘산 질소를 막아 질소 효율을 높인다는 보고와 일치하는 경향이었으며(요시다, 1975) 건물중은 사상 규산질 비료에서 증가되었다.

표 6. SPD 및 식물체 건물중 변화

구 분	SPAD			건물중(g/주)		
	34DAT	57DAT	출수기	34DAT	57DAT	출수기
무처리	42.4	40.5	38.7	3.5	24.3	33.6
분 상	42.5	39.4	40.0	3.2	24.2	35.2
사 상	43.2	40.7	40.3	3.8	25.4	37.9
입 상	43.4	41.2	40.1	3.7	24.2	36.2

♪ DAT : Days After Transplanting(이앙후 일수)

마. 병해충 및 도복발생 정도

병해충 및 도복 발생 정도는 표 7과 같다. 무처리 대비 규산질 비료에서 병해충 발생정도가 감소되어 (아가이, 1953) 의한 도열병의 침입 경로로 표피조직의 구조 및 세포의 규질화와 도열병 저항성에 대한 보고와 일치하였으며(아끼모도, 1959)가 밝힌 수도에 있어 규산 함량이 많을수록 도열병 발병율이 감소한다는 보고와 같은 경향으로 생각되었다. 도복발생 정도는 기상관계로 인한 처리간 큰 차이를 찾아볼 수 없었다.

표 7. 병해충 및 도복발생 정도

구 분	잎도열병 (0~9)	목도열병 (0~9)	문고병 (0~9)	이화명충 (0~9)	백엽고 (0~9)	도 복 (0~9)
무처리	1	1	3	0	0	1
분 상	0	0	1	0	0	0
사 상	0	0	1	0	0	0
입 상	0	0	1	0	0	0

바. 수량구성요소 및 수량

규산사용에 따른 비종별 수량구성요소 및 수량의 변화는 표 8, 9과 같다. 무처리 대비 수수 및 수당입수는 낮았으나, 등숙율이 증가되었으며 규산 비종간에는 차이가 없었다. 규

산 시용이 수도의 수량구성요소에 미치는 경향은 많은 연구자들에 의하여 상이하다(박영대, 1967). 규산 시용이 수당립수 및 수수를 증가 또는 감소되기도 한다(윤석권 등, 1971). 이러한 원인은 수량구성요소간에는 상보작용이 있으면 품종과 재배조건 그리고 기상조건에 따라 다르기 때문으로 생각된다.

표 8. 수량구성요소 변화

구 분	출수기 (월.일)	간장 (cm)	수장 (cm)	수수 (개/주)	수당입수 (개)	등숙율 (%)	천립중 (g)
무처리	7.27	72.4	19.7	19.4	85.3	91.7	25.3
분 상	7.27	72.6	19.9	18.7	82.8	93.9	25.2
사 상	7.27	71.6	19.7	18.9	82.2	93.0	25.0
입 상	7.27	74.8	20.1	18.2	83.1	93.5	25.5

수량증수효과를 표 9에서 보면 무처리 대비 규산 시용이 6% 이상의 증수효과를 보였으며 규산질 비료 비종간에는 입상처리에서 10% 증수(557kg/10a)로 가장 높은 수량증수를 보였다.

표 9. 비종별 년차간 수량성

구 분	정현비율 (%)	년차별 수량성				수량지수
		1999	2000	2001	평 균	
무처리	84.4	547	389	581	506	
분 상	84.4	563	464	618	548	108
사 상	84.4	551	416	648	538	106
입 상	84.7	556	477	634	557	110
계	84.5	554	437	620	537	

#### 사. 품질특성

현미와 백미의 외관은 上米收量이나 상품성 및 품질에 직접 관여하는 요인으로서 규산 시용 유무에 따른 영향 및 비종별 효과를 표 10에 나타내었다. 품질 특성중 완전미율은 무처리 대비 2~4% 높았고, 비종별 효과는 입상 처리에서 74.0%로 가장 높았다. 규산 시용이 무규산 시용보다 심·복백이 적었다. 심·복백미는 등숙기간중 일시적인 미립내 물질 공급의 불균형으로 부분적인 발생이 되므로 규산은 칼리와 함께 물질 전류를 촉진시켜서 등숙을 양호하게 하기 때문에 발생이 적을 것으로 생각된다(강양순 등, 1997).

표 10. 처리별 품질특성

구 분	완전미율	심복백	청 미	동할미	기 타
무처리	70.3	7.7	6.0	8.9	7.2
분 상	72.5	6.9	4.2	7.8	8.6
사 상	73.1	5.6	7.5	7.7	7.5
입 상	74.0	6.1	4.8	7.3	7.8

#### 4. 적 요

벼 재해 상승은 신제조 규산시용(粒度別) 효과 검토를 위해 시험을 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 시험후 토양 화학성 분석결과 규산함량은 무처리구 109.0mg/kg을 보일 때 비중간 토양 잔류량은 입상(209.0), 분상(212.7), 사상(222.0) 순이었음
- 나. 처리별 식물체 분석중 유효 규산함량은 잎짚 > 잎 > 이삭 > 줄기 순이었으며, 비중별 흡수율은 분상 > 사상 > 입상 순이었음
- 다. 비중에 따른 주당경수 증가는 입상 > 분상 > 사상 순이었으며, 건물중은 사상 처리에서 다소 증가되었음
- 라. 출수기 SPAD 색도차이는 무처리구에서 낮아 일찍 노화현상을 보였으며, 비중별 차이는 나타나지 않았음
- 리. 병해충 및 도복 발생 정도는 무처리 대비 발생 정도가 낮아 규산시용 효과에 의한 것으로 생각되었음
- 마. 3년평균 쌀수량은 무처리 대비 입상 처리에서 10% 증수(557kg/10a) 효과를 보였으며, 입상 > 분상 > 사상 > 무처리 순이었음
- 바. 품질특성중 완전미율은 입상 처리에서 74.0% 가장 높았고, 무처리 대비 규산질 비료 처리에서 동할미율이 높았음

#### 5. 인용 문헌

- 강양순, 이종훈, 김정일, 이재생. 1997. 규산시용이 미립의 품질에 미치는 영향. 한작지 42(6) : 800 ~ 804.
- 박영대. 1967. 수도의 생육에 미치는 규산의 효과. 농진농시연보 10(3) : 55 ~ 61.
- 박천서. 1970. 한국 논토양갈이흙(작토)의 유효규산함량과 규산질 비료의 효과와의 관계. 농촌진흥연보 13 : 1 ~ 29.
- 小野侍. 1917. 도열병의 화학적 연구. 日農學會報 p. 180 ~ 606.
- Akai, S. 1959. "Histology of defence in plants" in plant pathology, an advanced treatise Academic press. 1 : 392.
- 秋元眞次. 1959. 수도규산 및 질소흡의 관계가 품종 차이에 의한 도열병 저항성 발생 관계. 農園 p. 14 ~ 2279.
- 한국토양비료학회. 2001. Workshop 규산질 비료의 시용실태와 발전 방향.

#### 6. 연구결과 활용제목

벼 재해상승 발생지역 규산 제조형별 비효 검증후 안전재배 및 증수대책 기초자료 활용