

작물의 유황영양에 관한 연구(I)

포장재배수도의 유황영양실태

*박 훈 · *김 영 섭 · 이 춘 영

*농촌진흥청 식물환경연구소, 서울대학교 농과대학

(1971. 8. 30. 수리)

Studies on the sulfur nutrition of crop plants (I)

The nutritional status of sulfur in the field-grown rice plants.

*Hoon Park, *Yong Sup Kim, Chun Yung Lee

*Institute of Plant Environment, Office of Rural Development
College of Agriculture, Seoul National University

(Received Aug. 30, 1971)

SUMMARY

The nutritional status of sulfur in rice plants grown on various field conditions different in soil fertility, fertilizers used and weather was investigated as follows.

1. The critical percentage of sulfur in rice shoot grown in a sulfur deficient field appears to be over 0.2 around 30 days after transplanting.

2. The mean sulfur contents at harvesting stage were 0.22% and 0.43% in the ear and straw, respectively and increased more in the straw by the application of ammonium sulfate.

3. The ratio of sulfur contents in the straw and ear (straw/ear) showed the increasing tendency from north to south only in the fertilized fields. But it was not as such in the percent translocation, the mean values of which were 26% and 29% in the fertilized and non-fertilized, respectively.

4. The sulfur uptake amounted to 6kg and 10kg per acre in the non-fertilized and fertilized, respectively.

5. The sulfur content was decreased in the order of leaf blade+leaf sheath, stem and ear, and was higher in the low productive field than that of high productive field.

머 리 말

유황은 식물체에 주로 SO_4^{2-} 로 흡수되어⁽¹⁾ disulfide bond ($-\text{S}-\text{S}-$), sulfhydryl group ($-\text{S}-\text{H}$), thioether group ($-\text{S}-\text{CH}_3$) 등 기타 여러가지 유기화합물 합성에 참여 채구성 및 효소작용에 큰 역할을 하는 대량필수원소이므로 많은 연구가

되어왔으나^(2,3) 아직도 식물체내 유황의 대사경로⁽⁴⁾ 물론 토양중의 유효유황 정량법도⁽¹⁾ 확립되지 아니하였으며 국제미작연구소의 보문들에게도^(5,6) 결핍농도에 일관성이 없는편이다.

우리나라에서는 유황요구도가 수도보다 더 큰 전작물이나 과수작물에 관한 연구조사가 전무한 듯 하며 수도에 관하여는 유황 수소의 특작용이란 관점에서 수계보고^{7,8,9)}가 있고 토양의 양분수지나

체내함량과 생육상과 관련한 영양적인 관점에서 연구된바도 극히 적다^{10,11)}.

수도의 근부원인이 유황환원균과 관련되기 시작¹²⁾하여 토양중에 발생된 H_2S 의 흡수에 의한것이라고 보고¹³⁾되면서 함유황비료의 시비는 수도작의 타부가 되다시되 되었다 그러나 1962년 일본에서는 처음으로 유황결핍토가 보고되어 최고분얼기 유안추비로 5배의 육도 수량을 올리게 되었으며¹⁴⁾ 수종의 추락담에서까지 무유황 비료는 뒷그루 보리에서 첫해에, 수도에서는 삼년째에 함유황연용구보다 수량이 감소하여¹⁴⁾ 무유황비료의 타부는 제검토 되어야만 했다.

1961년 H_2S 발생조건이 이론적으로 분석되어¹⁵⁾ 우리나라 논토양의 pH와 Fe^{++} 함량하에서 H_2S 발생 가능성이 희박할것이 예상되던바 1957년 H_2S 발생이 우려되는 Fe^{++} 함량이 적은 추락담토양을 중심으로 조사하여¹⁶⁾ H_2S 발생의 희박성을 실증하였음에도 외국연구자들에 의하여 H_2S 피해 지역으로 표시되어 있으며¹⁵⁾ 함유황비료시용이 아직도 수도작전면에 타부로 되어있는 현실이다.

급증하는 매연에 의한 대기로부터 유황공급이 증가될것이¹⁶⁾ 예측되나 수도작 질소원이 요소가 대부분이며 기타비료에서도 유황의 공급이 극히 적으므로 조만간 유황이 수도생산에 새로운 제한인자로 작용하는 곳이 많이 나타날것으로 예상된다.

본문은 1967년 수도의 유황영양 실태를 수계지역에 대해 조사검토했던 것으로 수도증수에 이의 연구가 중요한 단계임을 보여주고 있다.

재료 및 방법

1967년 한국토양비옥도사업에서 실시한 각도별 3요소단순 시험1개포장중 무비구와 시비구(12-6-8kg/10a N $P_2O_5K_2O$)의 수확기시료, 1966년도고저수확담 출수기와 수확기시료, 성환저수담의 유안시비구와 요소구의 이양후 25일 시료를 80°C 열풍건조기에 24시간 건조 40mesh 로 하여 화학분석을 하였다.

질소, 인산, 가리, 및 규산은 $H_2SO_4-H_2O_2$ 로 습식분해하여 microkjeldahl 증류법, vanadomolybdo 황법·염광광도법, 중량법으로 각각 정량하였다. 유황은 전석회화법¹⁷⁾에 의하여 아래와 같이 정량하였다. 2g 시료를 자체증발접시에 담고 10ml의 질산마그네슘용액(113g MgO 를 300ml 물로 반축하여 MgO 가 다녹을때 까지 7.5 N HNO_3 를 가

하고 MgO 를 소량 더 첨가하여 끓인후 여과 1L로 만든것)을 넣어 잘 섞은후 전열판위에서 반응완료시까지 저으면서 가열하고 550°C~600°C의 전기로에서 약 4시간 태운후 냉각, 물로 적신후 시계반으로 덮고, 10 ml의 6 N HCl 을 가하여 증발 건조한다. 다시 6 N HCl 로 적시고 증발건조하여 silica 를 탈수한다. 6 N HCl 5ml 를 가하고 충분히 잠기도록 물을 가하여 여과 100 ml 가 되게 한다. 이 여액 50 ml 를 250 ml 비카에 넣고 2~3 적의 methyl red (0.1% 95% ethanol 용액)를 가하고 농염산을 가하여 핑크 빛이 되면 1 ml 의 농염산을 더 가한다. 약 100 ml 되게 물을 가하고 가열하여 끓이면서 10 ml 의 10% $BaCl_2$ 용액을 저어주면서 적하한다. 시계반을 덮어 수조위에서 용액이 약 50 ml 남을 때까지 여러시간 방치후 냉각 Toyo 여지 No. 7 으로 여과 crucible 에 넣어 전기로에서 태우고 $BaSO_4$ 로 칭량하였다.

결과 및 고찰

전국 9개지역의 무비구와 시비구의 수확기 이삭과 버짚의 유황 및 기타성분은 Table 1에서와 같다. 이삭중 유황함량은 최소 0.177%에서 최고 0.286%로 평균 0.22%이며 두곳에서 시비구가 낮은데 버짚에서는 시비구가 높다. 강원도 한곳의에는 모두 버짚함량이 시비구에서 높으며 평균치는 0.43%이다. 토양중 유황함량이 가장 많은 것으로 예상되는 특이산성토¹⁸⁾에서 버짚의 함량이 0.525%로 가장높아서 이삭보다는 버짚이 토양유황과 관련이 깊은것 같다. 경염중 SO_3 가 0.57% 뿌리에 0.68% 이삭에 0.64%와¹⁶⁾ 비교하면 이삭의 함량은 같으나 경염의 함량은 약배가량 높은편이다. 본시험에서는 이삭의 함량이 짚의함량의 반에 해당하는데 위의 예는 이삭의 함량이 짚에서보다 높다. 북방형 수도의 시기별 변화는¹⁶⁾ 이양시기부터 점감하여 수확기 이삭에서 0.22% SO_3 로 본시험결과의 반에 미달이며 짚에서는 임계농도¹⁹⁾ 0.1%의 반에도 미달되며 짚의 함량은 이삭에서의 반이어서 본시험결과와는 반대의 결과로 수도의 유황영양에 관하여 전면적 제검토가 필요할것 같다. 본시험의 버짚과 이삭의 함량비는 모두 1.6 과 2.6 사이에 분포하며 Fig. 1에서 보는바와 같이 시비구에서는 북에서 남으로 오면서 증가하는 경향을 보이고 있다. 수도의 유황흡수속도는 이양시기로부터 점감하지만²⁰⁾ 함량은 흡수량뿐 아니라 생

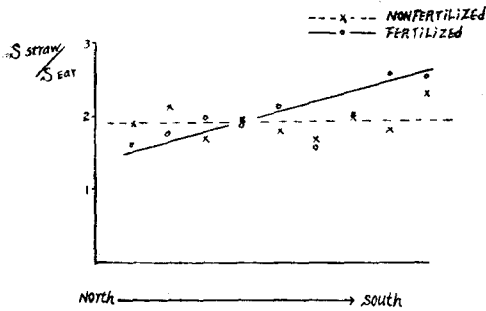


Figure 1. The locality of the Ratio of Sulfur content in straw to that in ear.

육량의 함수이기도 하므로 반드시 북방형에서 점감하는형(6) 어에서나 적용시킬수 없을 것이다. 아홉개의 점수는 충분한 수자가 되지 못하지만 북방형 수도에서는 특히 질중의 함량이 이삭에 비해 떨어지는 것일지도 모른다는 결론으로 이러한 위도별 유향영양의 차이점은 유향의 이동및 흡수에 기후의 영향이 크게 관여하는것이 아닌가 생각된다. 이러한 경향이 시비구에서만 나타나는 것은 토양중 유향함량이 많을수록 남방에서 흡수량이 증가하는 반면 이삭으로의 이동은 북방과 남방에서 별로차이가 없기 때문인듯하다. Clover에서 S^{36} 는 온도가 높을수록 뿌리로부터 지상부로의 이동이 촉진 되었는데(21) 수도에서는 질로부터 이삭으로의 전이가 온도에 어떠한 영향을 받는지는 알수없다. 수에로의 전이율을 보면(Table 2) 위도별 어떤 경향을 볼수없으며 일반적으로 시비로 감소하여 시비구는 평균 26%이고 무비구는 29%이다. 북방형수도에서 이삭의 유향함량이 높은것이 특징이라면 기온에 따라 유향의 이삭생산 능력이 달라지며 이삭형성과정에서 훨씬많은 유향이 요구되는지도 모른다. 부위별 함량은 전이뿐아니라 생육량에 관계되므로 이점에 관하여는 더많은 시료를 대상으로 생육량과 관련 시기별로 검토하므로써 해결될 것으로 본다. 이상에서 본바와같이 유향의 수에로의 전이는 질소나 인산과 같지 아니하고 칼리와 같이 벼질에 많다(Table 1). 유향의 10a 당 수도에 의한 흡수량은 (Table 2) 시비구에서 훨씬 많아서 평균 SO_3 10kg, 무비구에서 6kg이며 이는 답토양의 양분수지에서 유향시비가 없는경우 10a 당 5kg의 감소(10)와 유사한 결과이다. 유안시비구는 10a 당 34.3 kg의 SO_3 가 첨가된 것인데 유안시비구의 10kg 흡수량의 약 3배에 해당된다. 기타성분과의 흡수총량을 보면 (Table 4) 질소와

같다. 질소시비량(10kg)이 대략 탈취량을 첨가해 주는데 반하여 유향은 약 3배를 가하게 되므로 질소와 유향이 토양중에서의 유효도가 유사하고 벼질이 첨가되지 아니한다면 3년째에 유향이 문제가 되기시작한 것으로 수중추락담에서 무유향비료의 연용이 3년차에 수량감수가 시작한다(14)와 합치하고 있다. 벼질이 모두 눈에 남겨진다면 칼리와 같이 70~80%가 다시 토양에 되돌아갈 것이다. 무비구에서보다 시비에의하여 약 4kg/10a이 더 탈취되어 칼리나 질소에는 미달이지만 인산보다 배이상이다.

질소인산 칼리, 규산등과의 함량비를 본결과 (Table 1) 아무런 일관된 경향을 찾아볼 수가 없었다. 벼질의 N/S 값은 강원도한곳에서만 1 이하인데 질중의 질소함량이 심히 낮기 때문이며 유향의 과다에 의한것이 아니다. 추락담과 건진담수도체 분석의 한에(22)에서 N/S 값을 계산해보면 추락담에서만 1 이하로서 이는 건진담에비해 추락담수도체내유향함량이 배가되기 때문이다. N/S 값을 결정하는 주요인이 어느편인가에 따라 N/S 값이 갖는 영양생리적의의가 다른것으로 생각된다.

수확기 질의함량이 비교적 높은 편인데 생육초기로 부터 점감한 결과라면 초기농도는 상당히 높을것으로 추정된다. 그러나 유향함량은 연도별 차이를 보여 1966 년도 고저수확담 시료에서는 (Table 5) 질의 함량보다 이삭이 낮으며 이는 67 년의 결과와 일치하나 함량은 상당히 낮은 편이다. 동일한 포장에서 조사한것이 아니므로 토양조건이 서로다른데 기인한 우연한 결과가 아니라면 연도별 기상조건에 영향된것으로 더욱 검토해봐야 할것이다.

수확기시료의 부위별 함량은 엽신+엽초>간>이삭의 순서이며 고수담수도보다 저수담수도에서 모든부위에서 높운데, 저수담중 성환은 1967 년도 근상시험에서 이양 40 일후 엽신에서 0.7%로 부친의 고수담보다 훨씬 높았던 곳이다(11). 고저수담수도의 이러한 차이는 그리큰것은 아니나 이러한정도에서도 수량에 관련이 있는지의 여부는 아직 알수없다. 저수담수도가 H_2S 에 의한 흡수때문이라면(23,24) H_2S 로의 흡수량이 그렇게 많을것인지 의문되며 그런정도의 H_2S 량이라면 성장할수도 없는 상태일 가능성이 많다. 근부장해에도 불구하고 $SO_4^{=}$ 흡수는 그리 저해받지 아니하는(25) 반면 타요인에 의한 단백질합성저해, 이에이은 생육량 감소로 $SO_4^{=}$ 의 축적으로 농도가 증가하고 따라서

Table 1. Contents of Sulfur and Other Elements in Rice Plant (Harvesting stage 1967)

(% dry weight)

Place	Treatment	Variety	S			S/E	N		P		K		SiO ₂	
			E	S	S/E		E	S	E	S	E	S	E	S
			Kang Won	C	Jinheun	0.229	0.431	1.88	0.97	0.40	0.35	0.07	0.53	1.89
Dongmyon Sungjung	F		0.260	0.420	1.62	0.97	0.67	0.19	0.12	0.19	2.22	2.19	3.19	
Kyonggi	C	Jinheung	0.186	0.397	2.13	0.99	0.70	0.23	0.22	0.34	0.86	2.83	9.03	
Banwol Dangsoo	F		0.239	0.420	1.76	1.18	0.89	0.26	0.22	0.54	1.24	2.33	8.49	
Chung Puk	C	Jaegun	0.177	0.301	1.70	1.18	0.57	0.29	0.24	0.30	1.34	3.84	11.70	
Buksan Hapmok	F		0.231	0.460	1.99	1.19	0.59	0.25	0.23	0.29	1.36	2.58	9.84	
Chung Nam	C	Kusapue	0.209	0.403	1.93	1.00	0.70	0.30	0.13	0.40	1.30	5.12	10.30	
Bibong Yongchun	F		0.211	0.397	1.88	1.29	1.20	0.43	0.16	0.51	1.12	4.00	9.75	
Jun Puk	C	Palkweng	0.234	0.396	1.69	1.15	0.63	0.36	0.18	0.46	1.08	7.70	13.60	
Hoihyon Wonwoo	F		0.286	0.449	1.57	1.33	0.56	0.44	0.14	0.66	1.44	4.85	9.54	
Jun Nam	C	Nolin 6	0.215	0.428	1.99	1.19	0.52	0.27	0.12	0.36	1.44	3.28	6.54	
Biya Sinchang	F		0.238	0.485	2.04	1.26	0.78	0.28	0.14	0.31	1.39	2.30	6.00	
Kyong Puk	C	Palkweng	0.256	0.464	1.81	1.19	0.69	0.29	0.27	0.39	1.44	3.94	7.33	
Pungsan Anhyo	F		0.230	0.493	2.14	1.20	0.62	0.24	0.20	0.43	1.62	2.22	5.78	
Kyong Nam	C	Nolin 6	0.207	0.376	1.82	1.19	0.56	0.30	0.17	0.37	1.68	4.74	9.54	
Daiju Dodo	F		0.199	0.518	2.60	1.42	0.76	0.26	0.18	0.37	1.46	3.66	5.90	
Kyong Nam*	C	Nolin 6	0.184	0.430	2.34	1.21	0.48	0.14	0.11	0.37	1.46	3.98	7.95	
Daiju Woolman	F		0.205	0.525	2.56	1.26	0.30	0.30	0.14	0.41	1.07	2.75	4.68	
MEAN	C		0.216	0.408	1.92	1.12	0.58	0.28	0.17	0.34	1.43	4.38	8.89	
	F		0.227	0.457	2.02	1.23	0.75	0.29	0.17	0.41	1.44	2.98	7.02	

* Acid Sulfate Soil E: Ear C: No fertilizer applied
S: Straw F: Fertilizer applied (12N-6P₂O₅-8K₂O kg/10a)

Table 2. Dry Matter Yield and Sulfur Yield of Rice Plant

(kg/10a 1967)

Place	Treatment	Dry matter yield			SO ₃ yield (kg/10a)			F-C	% distribution	
		Grain	Straw	Total	Grain	Straw	Total		*SO ₃	E
								Kang Won		
	F	381	715	1096	2.48	7.51	9.99		24.8	75.2
Kyonggi	C	303	399	702	1.41	3.96	5.37	3.84	26.2	73.8
	F	517	583	1100	3.09	6.12	9.21		33.6	66.4
Chung Puk	C	331	365	696	1.47	2.75	4.21	4.10	34.8	65.2
	F	380	532	912	2.20	6.12	8.31		26.4	73.6
Chung Nam	C	409	543	952	2.14	5.47	7.61	3.08	28.1	71.9
	F	507	807	1314	2.68	8.01	10.69		25.0	75.0
Jun Puk	C	385	483	868	2.25	4.78	7.03	3.81	32.0	68.0
	F	466	669	1135	3.33	7.51	10.84		30.7	69.3
Jun Nam	C	380	645	1025	2.044	6.90	8.95	4.00	22.8	77.2
	F	517	814	1331	3.08	9.87	12.95		23.8	76.2
Kyong Puk	C	263	327	590	1.68	3.79	5.48	3.32	30.7	69.3
	F	403	525	928	2.32	6.47	8.79		26.4	73.6
Kyong Nam	C	309	350	659	1.60	3.29	4.89	4.75	32.7	67.3
	F	515	546	1061	2.57	7.07	9.64		26.6	73.4
Kyong Nam	C	304	363	703	1.40	3.90	5.30	5.92	26.4	73.6
	F	457	676	1133	2.34	8.88	11.22		20.9	79.1
MEAN	C	329	430	763	1.73	4.34	6.08	4.10	29.0	70.9
	F	460	651	1111	2.67	7.50	10.18		26.4	73.5

* Fertilizer applied plot—Control plot

SO₄⁼의 ATP합성저해⁽²⁶⁾를 유발 다시 생육을저해하는 유황과잉장해의 단계적진전이 추론되지만 vivo 조건에서의 유독성이나 유독수준이 알려져 있지 아니하다.

저수담의 함량이 고수담보다 높지만 67년도의 전국 평균치에 미달인것으로 저수의 원인이기보다는 결과일가능성이 크다. 저수지역이라 하더라도 유황영양은 포장에 따라 상당히 차이가 있는것으로 생각되는데 위에서말한 성환저수포장의 인근 포장에서 이양후25일 시료를 분석해본결과(Table 6) 상당히 낮았다. 저수원인이 H₂S독작용으로 추정하여 유안과 요소시비를한결과 기대와는 반대로 유안구의 생육이 월등하였다. 유안의 효과는 유황의 공급원으로서의 직접적 효과도 있겠으나 S⁺에서 S⁻²로 되는 전자수용체로 토양환원 방지의 효과가 있고 O₂의 급원동 간접적인 효과도 크기 때문에 어느것이 주효과였는지를 검토해야 할것이다. 그러나 요소구에서 0.188% 유안구에서 0.204%로서 이양후40일 부친의 0.29%⁽¹¹⁾나 북방형수도에서의 활착완료기의 0.4% 최고분얼기 0.26%에⁽⁶⁾ 비교하면 상당히 낮아서 유황의 결핍으로 보인다. 전국 30개 토양의 전유황함량을 보면 거의 200ppm이상으로 100 ppm 이하가 세곳인데 그중에서도 가장 낮은 곳이 이 성환토양으로 50 ppm 이었는데⁽⁶⁾ 유황함량이 심히 낮은것은 근권 유효 유황의 부족에 기인한것으로 유황결핍이 요소구의 생육저해 주요인이라 볼수 있다. 전유황이 50ppm 이면 유효태 유황은 이보다 훨씬 적을것이 예상되며 토양환원에 의하여 Fe⁺⁺가 증가하고 따라서 많은유황이 환원되어 FeS로 고정되면 유효태인 SO₄⁼는 더욱 감소하게 될것이다. 실제로 근상시험에서 토양 환원에 의하여 고수담의 수도체내 S 함량이 현저히 감소하였으며⁽¹¹⁾ 토양중 활성철 함량이 낮은 수원 추락담에서는 유안구일의 S 함량이 상당히 높은반면, 활성철 함량이 10 배가 넘는 대조토양에서는 일의 S 함량이 1/5 에 불과하였으며, 요소구에서 이양 6 주후에도 0.34%로⁽⁶⁾ 성환보다도 훨씬 높은 사실들은 성환의 S 결핍을 뒷바침하는 것이다. 근권 유황의 농도가 결핍한것으로 보이는 성환에서 요소구와 유안구의 유황함량차이가 크지 않은데도 유안구의 수도생육이 좋은것은 유안구의 유황함량이 아직도 체내농도는 변화하지 않지만 생육량이 증가하는 최소함량(minimum percentage)⁽¹¹⁾범위내라고 생각되며 식물생장에 제한을 주지 아니하는 충분한함량인 임계함량(critical percentage)에는

미달인것으로 보인다.

전국 생리병 상습지대의 식물체및 토양분석 성적 (Table 3)을 보면 성환 요소구의 함량이 0.14%로 가장낮은데 질소와 철함량이 낮으나 토양중함량이 충분하고 인산은 별로 문제되지 않을것으로 질소결핍은 유황결핍의 오진이나인가 생각된다.엽의 황변과 위축된 생육은 유황결핍이 주원인이 되어 이차적으로 기타양분의 결핍을 유발할 수 있다.

이시기는 이양후 약 6주에 해당되며 수원추락담의 6 주후 요소구에서의 0.34%⁽⁶⁾에 비하여 절반도 되지못한다. 기타지역의 유황농도를 보면 보은의 0.21%와 주안의 0.22%인데 보은은 성환과 같이 유안구의 생육이 양호한 곳이었다. 성환유안구의 0.204%가 임계함량 이하이리라는 추정은 보은의 농도에서 뒷바침할수있고 유안구생육이 좋은것으로 보아 임계함량이 0.2%에서 그리높지는 않을것으로 추정된다. 따라서 주안과 같은곳에서도 유황이 결핍될가능성이크다. S 함량이 가장높은곳은 역시 근권유황농도가 높을것으로 예상되는 김해의 특이산성도의 0.55%이지만 철함량이 적은수원추락담토양의 0.87%보다⁽⁶⁾ 낮다. Table 3 에서보면 생리병 상습지대이지만 H₂S 발생한계로 보고⁽⁶⁾한 활성철함량 0.25%에 미달하며 pH 6 이하를 만족시키는 토양은 없으므로 H₂S 피해는 없을것으로 생각된다. 위에서 인용한 수원추락담의 경우⁽⁶⁾는 두조건을 만족시켰던곳으로 H₂S 독작용이 있다고 보고된곳이다. H₂S 독작용이 있다고한 수원 추락담의 예에서는 수도체내 S 함량이 생육이 양호한 요소구에서 이양후 점감한반면 유안구에서는 증가하여 일반적인 점감형을 따르지 않고있다. 이러한 S 함량의 점증형이 H₂S 피해지역의 특성인지의 여부는 앞으로 구명되어야 할것이고 점증원인도 밝혀져야 할것이다. H₂S의 발생조건으로서의 pH와 활성철은 이상의 사실들로서 잘 맞는것같이 보이지만 pH가 상당히 낮은 근권또는 근표면에서도 타당할것인지 그리고 유황환원균과 같은 특수 미생물이 관여하는계에서도 타당할것인지는 재검토가 되어야 할것같다.

유황함량과 기타 양분함량관계를 보면 (Table 6) S 함량이 낮은 요소구에서 모두높으나 규산이외는 유안구와 큰차이가 없다. P/S 값은 (Table 3) 인산이 최고 분얼임계함량인 0.2%⁽²⁸⁾ 이하인 3 개시료에서 0.6 이하로서 근상시험의 결과와 일치한다. 다만 유황결핍이라고 생각되는 성환에서도 0.2%

Table 3. Sulfur and Other Elements in Rice Plant with Physiological Diseases¹ (1967)

Sample No.	Place	Symptoms ²	Plant (%)							Soil		Note
			S	Fe	N	N/S	P	P/S	K	pH Wet Soil	Active-iron %	
1	Juan, Buchun, Kyonggi	H, BR	0.22	0.180	1.89	8.6	0.41	1.9	0.37	—	0.39	—
2	Kangae, Chungwon, Chung-Puk	BR	0.25	0.197	1.96	7.8	0.34	1.4	0.94	6.40	0.37	K treatment
3	Bowun, Bowun, Chung-Puk	BR	0.21	0.218	1.89	9.0	0.12	0.6	1.06	6.35	0.25	—
4	Oae Suk, Bowun, Chung-Puk	H	0.35	0.129	1.54	4.4	0.29	0.8	0.75	6.15	0.19	Akiochi
5	Daeya, Okchun, Jun-Puk	H, RR	0.36	0.228	2.17	6.0	0.37	1.0	1.38	6.60	0.45	—
6	Hwangyun, Yun Dong, Chung-Puk	H, HR	0.27	0.132	2.03	7.5	0.38	1.4	1.69	6.10	0.15	—
7	Nongso, Kumnung, Kyong-Puk	AI, RR	0.35	0.144	3.43	9.8	0.56	1.6	0.35	6.60	0.43	Ground water comes out
8	Nongso, Kumnung, Kyong-Puk	A, BS, RR	0.31	0.144	3.05	9.8	0.47	1.5	0.63	6.10	0.50	—
9	Nongso, Ulsan, Kyong-Puk	WLTD, D	0.34	0.117	2.31	6.8	0.35	1.0	1.75	6.40	0.16	—
10	Woongchon, Ulzoo, Kaung-Puk	H	0.34	0.108	2.10	6.2	0.16	0.5	1.42	6.20	0.25	—
11	Daeje, Kimhae, Kyung-Nam	BS	0.28	0.170	2.00	7.1	0.41	1.5	1.68	6.50	0.43	Akiochi
12	Juchun, Kimhae, Kyung-Nam	BS, MB, PD	0.55	0.264	2.66	4.8	0.17	0.3	1.42	5.20	0.79	Acid sulfate soil
13	Samsan, Ulsan, Kyong-Nam	AI, RR	0.45	0.120	3.36	7.5	0.37	0.8	1.40	—	—	Akiochi
14	Sunghwan, Chunwon, Chung-Nam	ND	0.14	0.088	1.00	7.1	0.19	1.4	0.74	—	0.43	Urea treatment

1) Reorganized from Tanaka (27)

2) H: Helminthosporium. BR: Black root

RR: Root rotted

A: Akagare

AI: Akagare Type I

A II: Akagare Type II

BS: Brown spot

WLTD: White leaf tips and died,

MB: Marginal brown

PD: Phosphorus deficiency

ND: Nitrogen deficiency

Table 4. Uptake of Nutrient from Paddy Soil by Rice Plant (kg/10a)

	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		SO ₃		SiO ₂	
	Total	Crain	Total	Crain	Total	Crain	Total	Crain	Total	Crain
Control (C)	6.17	3.68	3.77	2.14	8.73	1.55	6.08	1.73	52.63	14.41
Fertilized (F)	10.55	5.67	5.55	3.08	13.51	2.25	10.18	2.67	58.63	13.71
F—C	4.38	1.99	1.78	0.94	4.78	0.70	4.10	0.94	6.00	-0.70

Table 5. Sulfur in Rice Plant (% dry weight 1966)

Place	Variety	Soil Productivity	Heading (whole top)	Harvesting stage		
				Stem	LB+LS	Ear
Suwon	Jinhung	High	—	—	0.123	0.119
Sosa	Suwon 82	Low	—	0.137	0.135	0.129
Sunghwan	Suwon 82	Low	0.172	0.187	0.228	0.134
Kwangju	Jinhung	High	0.127	0.140	0.117	—

Table 6. Sulfur and Other Elements in Rice Shoot* with and without Sulfur Fertilizer (% dry weight)

	S	N	P	K	SiO ₂	N/S	P/S	u / u	SiO ₂ /S
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.204	1.98	0.179	1.96	4.31	9.71	0.89	9.60	21.1
Urea	0.188	1.83	0.183	1.88	6.07	9.73	1.00	10.02	32.3

* 25 days after transplanting in early season cultivation, Sunghwan 1967.

미달이나 P/S 값은 1 보다 크다. 따라서 P/S 값은 일반적으로 인산결핍의 지표가 될수있으며 P/S 값의 영양생리적의의가 어느요인에 의하여 이값이 결정된것이냐에 관계없이 일정할수는 없을 것 같다.

서 10 kg 이었다.

5. 부위별 유량함량은 엽신+엽초>간>이삭의 순서이며 어느부위서나 저수담벼에서 높았다.

요 약

기후 토양 시비조건이 다른 수개포장에서 자란 벼의 유황영양상태를 조사한 결과 아래와 같다.

1. 이앙후 30 일경 유황결핍포장의 수도체내 유황의 임계함량(critical percentage)은 0.2%이상인 것 같다.

2. 수확기 S 함량평균치는 이삭과 질에서 각각 0.22% 및 0.43%이고 유안시비는 질에서의 농도를 더욱 높였다.

3. 벼질과 이삭의 S 함량비는 유안시비구에서만 위도가 낮을수록 증가하는 경향이나 이삭에의 전이율은 이와관계없고 시비구에서 평균 26% 무비구에서 29%였다.

4. 유황흡수량은 무비구에서 6kg/10a 시비구에

引用文獻

1. Ensminger L.E. and Freney J.R. Soil Sci. 101:283 (1966)
2. Beaton J.D. Soil Sci. 101:267 (1966)
3. Freney J.R. Barrow, N.J. and Spencer, K. Plant and Soil. 17:295 (1962)
4. Allaway, W.H. and Thompson, J.F. Soil Sci. 101:240 (1966)
5. Ann. Rep. IRRI. p.153 (1969) Los Banos, Laguna, Philippines.
6. Ishizuka Y. in "The mineral nutrition of the rice plant" Proc. Sym. IRRI. p.199 (1964)
7. Nosa, H. Korea Agric. Exp. Sta. Bull. 7:219 (1934)

8. Park, N.J. Park, C.S. et. al. Res. Rep. Off. Rural Dev. Korea. 10:9 (1967) and also M. S. thesis.
9. Park, Y.D. and Tanaka, A. Soil Sci. Plant Nutr. 14:27 (1968)
10. Cho, B.H. Yoo, S.H. and Park, H. Potash Symposium Korean Agr. Chem. Soc. 1:9 (1966)
11. Park, J.K. Oh, W.K. et. al. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 2:53 (1969)
12. Shioiri, S. and Harada, T. J. Sci. Soil Manure, Japan. 17:375 (1943)
13. Otsuka, K.J. Sci. Soil Manure, Japan. 33:465 (1962)
14. 戸苧義次, 松尾孝嶺編 稻作講座 3 p. 134. 朝倉書店(1956)
15. Cho, C.M.J. Korean Agr. Chem. Soc. 2:9 (1961)
16. Coleman R. Soil Sci. 101:230 (1966)
17. Chapman, H.D. and Pratt, P.F. Methods of analysis for soils, plant, and water. University of California. p.195 (1961)
18. Park, N.J. and Park, Y.S.J. Korean. Soc. Soil Sci. Fert. 2:15 (1969)
19. 小西千賀三, 高橋治助編 土壤肥料講座 1 p.2 朝倉書店(1960)
20. 稻田勝美 農業技術研究報告 D.16 p.19 (1967)
21. McKell, C.M. and Wilson A.M. Agron, J. 55:134 (1963)
22. 戸苧義次, 山田登 林武編 作物生理講座 3 p. 175 朝倉書店(1961)
23. 山崎傳 農技研報 B1:92 (1952)
24. 岡島秀夫 高橋成一, 東北大農研彙報 5:140 (1953)
25. Mitsui, S. in "The mineral nutrition of the rice plant" p.53 (1964)
26. 淺田浩二, 日土肥誌 37:277 (1966)
27. Tanaka A. Report of trip to Republic of Korea.(observations of physiological diseases) July 24 (1967)