

## 호주, 인도네시아와 중국에서의 유황연구 비교

G.J. Blair

Department of Agronomy and Soil Science

University of New England

Armidale, New South Wales 2351

Australia

### 요 약

식물 양분으로서 유황의 중요성에 관심이 증가되고 있으며 더욱이 대기에서 유래된 유황함량이 감소되고 집약적인 농업으로 유황의 수요가 늘어나고 있다. 호주에서 유황 부족 현상이 1915에 확인된 이래 이 문제를 해결하기 위한 장기적이고 지속적인 연구가 수행되었다. 1980년까지 과석 사용으로 유황의 결핍상황은 나타나지 않았으나 작물 재배가 집약화되고 과석이 고농도비료로 대체되어 사용되면서 유황 부족 현상이 증가되었다. 호주의 다우 지역에서 수행된 인광석 시험포장 30군데 중 43%가 2년 차에서 효과가 있었다. 토양 유황 검정사업을 통해 유황 분포상황을 파악하게 되었고 시기에 맞는 연구를 통하여 유황 비료 시용으로 유황 결핍을 극복할 수 있는 비료정책 발전에 기여하게 되었다.

인도네시아에서는 유황 부족 현상은 과석과 유기질 비료 시용에서 중과석과 요소로 대체되면서 진전되었다. 쌀 생산을 위한 국가 계획에 유안을 질소로서 25% 포함시킨 효과적인 지도 활동으로 좋은 결과를 얻고 있다. 시비관리로 유황 부족 지역에 유황을 시용하는 노력을 지속하고 있다. 쌀 생산을 위한 유황비료 종류, 시용 시기 및 위치 등에 관한 연구가 실용적으로 수행되고 있다. 인도네시아에서의 효과적인 종합 양분으로서의 유황 문제 해결은 연구, 지도, 행정 및 산업계의 상호 밀접한 관계를 요구하고 있다.

중국에서는 유황 부족 토양은 대기로의 유황 방출이 감소되고 고농도 비료, 저유황 비료의 시용으로 급격하게 증가되고 있다. 대부분의 중국 토양은 유황 흡수능이 낮아 생산성은 시용 유황 함량에 따라 결정된다. 유황 결핍과 양분으로서의 수지균형 관계를 이해 하므로서 농업에서의 유황 관리 체계 수립이 무엇보다 중요하다.

## 서론

세계 인구가 증가됨에 따라 농경지에 보다 많은 농산물의 생산을 요구하는 한편 환경 친화적으로 지속적인 방법을 요구하고 있다. 세계 식량 생산은 2030년까지 곡물로서 2배 이상을 요구하고 있다. 이는 현재의 농지에서 달성하여야 되는데 한국의 경우 2030년에 1인당 경지 면적은 0.049ha에서 0.033ha로 줄어드는 것으로 추정되었다.

호주에서는 1915년에 유황부족 현상이 관찰되었으나 1945년 때까지 유황연구가 착수되지 못했으며 최초의 연구 보고서가 1950년에 발표되었다. 인도네시아에서는 차밭에서 유황 결핍이 보고되었고 조직적인 연구는 1970년대부터 시작되었다. 중국에서는 유기질 비료의 다량 시용으로 1970년대 유황 결핍이 나타나지 않았으며 최초의 보고는 1980년이였다.

각국에서는 유황의 부족이 인식된 후 여러가지 유황 연구·발전계획이 추진되고 있다. 이런 실천 프로그램이 다른 국가에도 교훈으로 작용이 될 것이다.

## 호주

호주의 주요 농경지 토양은 심하게 풍화된 고 토양에 속한다. 처음 유기물이 높은 토양이 작물 재배로 그 함량이 낮아지고 따라서 유황 함량도 낮아지게 된다. 특히 남부와 서부 지역의 넓게 분포한 사질 토양에서는 유황 결핍이 두드러지게 나타난다. 이 같이 유황 결핍이 넓게 분포되고 있지만 강우량이 50mm 이하 지역에서는 거의 나타나지 않았다. 이는 이 지역에서 유황 함량이 증가되거나 작물 또는 목초의 유황 요구량이 낮기 때문이다. 강우량에 의한 유황 공급은 해안지방에서 연간 23kg/ha에 이르고 해안에서 13km 내륙 지방에서는 7kg/ha에 이르렀다. 최근 강우량에 의한 유황 첨가량은 다스마니아 해안 지방에서 연간 21.3kg/ha, 내륙의 0.8kg/ha에 수준에 있었으며 16지점에서 조사된 값은 5kg/ha 이하였다. 유황 부족 현상은 1915년에 관찰되었다. 그 당시에는 큰 문제가 되지 않은 것은 과석이 주로 사용되었기 때문이다.

Table 1. The changing face of Australian agriculture.

Commodity	1975	Production	1995
		$\times 10^3$ t	
Wheat	11,980		16,620
Maize	133		259
Lupins	104		1,429
Canola	12		645
Sugarcane	22		33
Cotton Lint	33		335
		$\times 10^6$ head	
Cattle	33		26
Sheep	152		207
Pigs	2.2		2.6

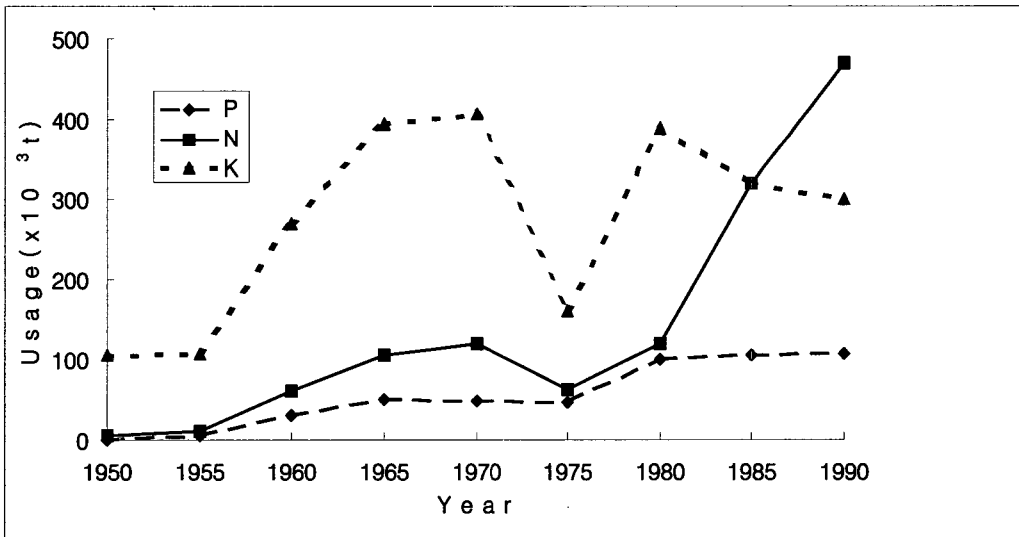


Figure 1. N, P and K usage in Australia 1950-1990.

호주에서는 초지 및 작물의 주종이 두과를 중심으로 한 윤작으로 이루어져 인산 질 비료가 주요 비중으로 되어왔다. 이런 상황은 1970년대 중반기부터 바뀌기 시작하였다. 1975년에서 1995년 사이 루핑, 사탕수수, 목화 및 캔놀라 재배 면적이 증가되었다. 이 기간에 비료 가격인상에 따른 인산 비료 사용이 급격하게 감소하는 등 결과적으로 비료성분 사용에 변화가 있었다. 이와 같은 불황에서 벗어나기에는 오랜 시간이 걸리게 되었다. 가장 극적인 변화는 집약적 재배에 따른 질소질 비료성분의 증가였으며 따라서 비중도 급격하게 변하게 되었다. 질소질 비중이 MAP,

DAP, 요소 및 암모니아수로 변하게 되었고 이에 따라 과석 시용량이 감소되고 유황의 토양 공급량이 줄어들게 되었다. 과석에서 비유황 비료로의 전환은 최근 완결된 전국적 인광석 시용 사업에 의해 뒤받침 되었다. 이 사업을 통하여 강우량이 높은 지역의 26%가 1992년에 유황 반응이 있었고, 43%가 1993년에, 48%가 1995년 각각 있었다. 유황 부족 현상은 캔놀라 작물에서 현저하여 유황시용 없이는 질소반응이 없었고 오일 생산은 유황 시용량이 40kg/ha 일 때 0.34에서 1.73ton/ha에 이르렀다.

**Table 2. Correlation coefficients( $r^2$ ) between sulphur soil tests and pasture response.**

Extractant	$r^2$
H <sub>2</sub> O	0.45
CaH <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	0.47
KCl at 100°C	0.50
KCl at 80°C	0.54
KCl at 40°C	0.72

호주에서는 다행히도 유황 연구가 광범위하게 이루어져 유황에 관한 시비등 관리에 많은 경험이 축적되어 있다. 캔놀라 재배에서 석고의 표면 시비나 35 또는 60cm 깊이로 시용된 경우 식물에 거의 이용되지 못했고 5cm깊이로 시용하면 석고 중 유황 성분의 61.6%가 작물에 흡수되었다. 유황 순환 연구와 관련하여 현재 주요 토양에 대한 토양 분석에 KCl-40 추출법이 전국적으로 시행되고 있다. 이 방법은 3g의 시료를 0.25M KCl 침출액과 함께 밀폐용기에 넣고 40°C에서 3시간 Oven에 두고 추출하여 총 유황 함량을 측정한다. 이 방법에 의한 유황 함량 분석은 기타 방법에서 보다 목초지 토양에서 잘 맞는 것으로 되어있다. 4년간에 걸친 목초지에서의 포장 시험 결과는 KCl-40 방법이 우수한 것으로 나타났다.

**Table 3. Ability of soil tests to identify soil sulphur status.**

Year	% of Correct Predictions When Sulphur Response Was Non-Significant or < 20 %	
	KCl-40	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
1992	71	58
1993	71	-
1994	75	42
1995	82	53

## 인도네시아

인도네시아는 호주와는 달리 긴 열도에 분포되어 토양과 기후 조건의 폭이 매우 넓다. 인도네시아 토양은 100년이 넘지 않은 오래지 않은 토양의 분포 면적이 넓다. 인도네시아는 급격한 인구 증가와 이에 대한 대응 노력으로 식량 특히 쌀 생산 증가를 유도하여 왔다. 이와 같은 식량 증산은 개량된 종자와 시비량 증가를 통한 집약 생산으로 달성되었다. 1965~1966 기간 중 인도네시아 정부에 의해서 제시된 비료 보조와 농업 신용관리를 통해 촉진 되었다. 이 관리 제도에서 요소와 중과린산석회 비종이 보조를 크게 받게 되었다. 요소와 중과석의 보조로 인하여 이들 비종의 소비가 크게 증가되었다. 1967년 질소 소비량이 15천 톤에서 1979년 220천 톤으로 증가되었다. 인도네시아에서 유황 시용에 대한 반응이 최초로 기록된 것은 1955년으로 유황 원소의 시용은 1차적으로 작물의 황색화를 감소시킴을 알게 되었다. 이와 같은 현상은 유황 결핍의 교정에 의한 것인지 또는 pH변화에 따른 양분의 유효도가 개선되었는지는 정확히 밝혀내지 못했다. 1970년대 초기 일련의 Pot시험이 수행되고 결과가 정리되었다. 남부 슬라웨시 지방에서 수도에 대한 5~7년간 요소와 중과석 시용으로 현상을 관찰할 수 있었다. 이 결과에 따라 일련의 시험이 Maros 연구소에서 시작되었다.

**Table 4. Sulphur response in rice on a soil previously fertilized with TSP and urea (Indonesia).**

Sulphur rate (kg ha <sup>-1</sup> )	Grain yield(t ha <sup>-1</sup> )
0	0.63
10	2.12
20	2.43
40	3.04
80	3.19

표 4에서와 같이 석고 시용에 의한 유황의 특이한 반응이 최초로 밝혀졌다. 이 결과는 이 지역 28개 연구지도 시험을 통하여 전 지역으로 전파되었다. 유황에 대한 효과가 큰 곳은 28중 18곳이었는데 수도 수량은 20에서 278%까지 증수되었다. 토양 유형과 유황 반응과는 아무런 상관이 없었다. 이런 기초 위에서 이 지역의 60~70%가 유황 결핍지로 추정되었다. 남부 슬라웨시에서 시험 후 몇 년간 시험장소에서 유황반응을 다시 조사하게 되었는데 충분한 해석을 위하여 장소의 특성조사 관리가 중요한 것으로 나타났다.

남부 슬라웨시 연구로 유안이 보조 비종으로 등록되면서 급격하게 소비가 증가되

었다. 보조금액은 요소와 같이 소매가격으로 kg당 165루피 이었다. 유황 kg당 95루피 보조는 요소에 비하여 생산 kg당 보조에 비하여 크다. 이 같은 유황의 보조는 소비를 증가하게 하였고 (그림 2) 이 형태의 유황이 현재에도 주종으로 남게 되었다. 유황의 중요성을 인식함에 따라 연구 개발을 위한 세미나가 1983 자바의 시아위에서 동남아 및 태평양지역 농업에서의 유황의 중요성이라는 주제로 개최되었다.

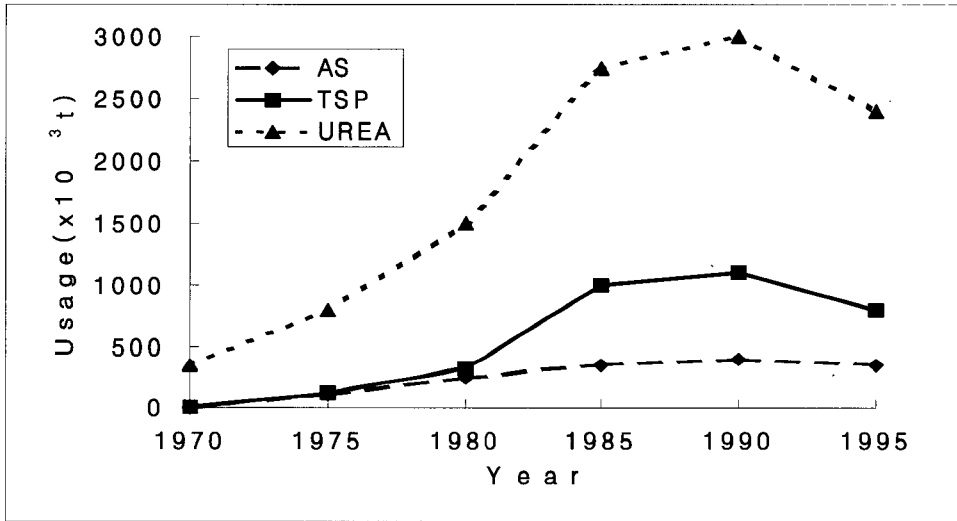


Figure 2. Ammonium sulphate, triple superphosphate and urea consumption in Indonesia 1970-1995.

미국의 유황 연구소와 호주의 개발 원조국이 후원한 이 세미나는 지역 농업에서 산재되어 있는 정보를 수집하고 더 나가 지역 연구개발을 촉진하는 기회를 제공하게 되었다. 이 세미나에 힘입어 동남아와 중국에서 유황 연구소가 지원한 8개의 세미나가 개최되었으며 이 중에는 1987년 태국, 1989년 인도네시아, 1988과 1996년 한국, 1986, 1992, 1993과 1995년에는 중국에서 열렸다. 동남아 및 중국에서의 연구 활동은 호주의 국제 농업 연구센터 지원에 의하여 활성화되었고 이를 통하여 유황과 인산에 대한 사업이 수행되었으며 특히 수도에서의 유황 순환의 많은 연구가 가능하게 되었다 (그림 3).

유황 순환에 대한 이해로 발생하는 문제의 농업적 해결 시도가 가능하게 되었다. 유황 급원에 대한 초기 연구에서 시용 시기에 대한 연구는 유황 원소나 석고 급원 모두 수도 이양시 표면 시용시 효과적이라는 것을 보여주고 있다 (표 5).

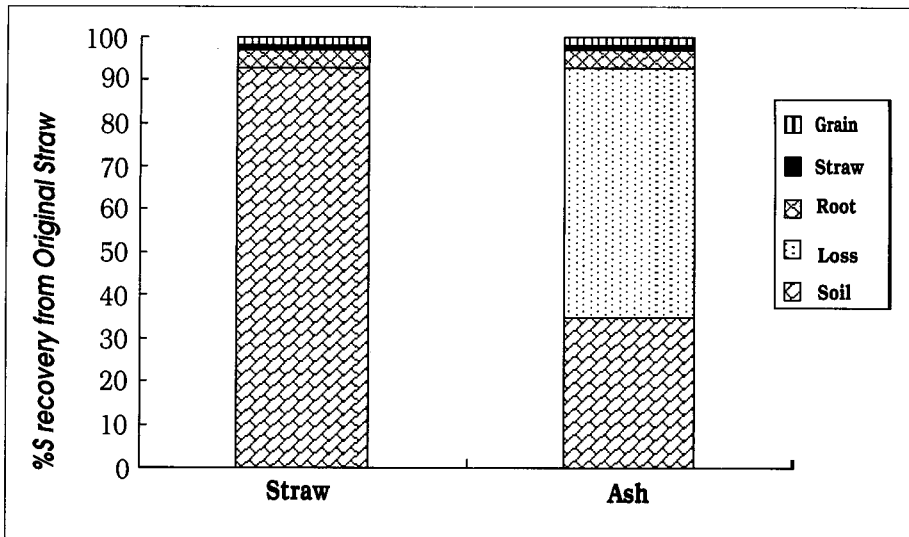


Figure 3. Fate of sulphur in straw or ash added as radioactive  $^{35}\text{S}$  in the subsequent rice crop.

Table 5. Source and timing of sulphur application on rice.

Fertilizer	Timing	Rice grain yield (t ha <sup>-1</sup> )
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Transplanting	4.72
CaSO <sub>4</sub>	Transplanting	4.61
Elemental	Transplanting	4.53
Elemental	20 d before Transplanting	4.11

원소 유허은 이양 20일전에 시용할 경우 수량이 낮았는데 이는 유허이 급속히 산화되면서 SO<sub>4</sub>의 용탈로 인해 유실된 것으로 해석된다. 포장 연구는 세밀한 Pot나 실험실 연구결과를 보완해 주고 있다. 시비 유허 흡수에 대한 유허 원과 시비위치에 대한 효과는 표 6과 같다. 표지된 유허원소 시험에서 유허 순환에 관하여 명백한 결과를 얻었다. 심층 시용은 발 상태에서 타 처리보다 유허의 회수율이 낮았다. 담수 상태에서 유허의 회수율은 발 상태에서 보다 낮았으며 심층 처리에서는 석고나 원소 유허 모두 표층 시비에 비하여 낮았다. 석고로 부터의 유허의 회수율은 원소 유허에 비하여 모두 높았는데 이는 표층에서 유허 필요성을 말하는 것으로 다른 연구에서도 같은 결과로 요약되었다 (표 5).

**Table 6. Effect of sulphur source and placement on fertilizer sulphur recovery (%) by rice.**

Source	Placement	Sulphur Recovery (%)	
		Non-flooded	Flooded
CaSO <sub>4</sub>	Surface	61.0	52.0
Elemental	Surface	67.8	48.1
CaSO <sub>4</sub>	Deep	60.8	29.2
Elemental	Deep	51.8	22.9

유리온실과 포장에서 벧짚중 유황과 유황 순환시험에 의하면 벧짚중 유황의 40~60%는 연소에 의해 소실되고 재를 사용하여 작물생육이 벧짚을 그대로 사용 했을 때 보다 유황 함량이 많다고 해도 이 체계에서 전체적인 유황 유실은 너무 많다. 이 체계에서 유황이 얼마나 빠르게 감소하는 가를 제시하고 있다. 포장, Pot와 실험실에 의한 조정연구 결과는 현지 조사와 경제적 분석에 의하여 완성된다. 비료 보조사업의 효과 분석을 위하여 자바 지역 토양의 인산, 칼리, 유황 함량 조사를 수행하였다. 토양의 85%가 인산 함량이 높아 인산에 대한 시비반응이 없었는데 이는 중과석의 사용에 기인되었다. 반대로 칼리와 유황에 대해서는 24%와 5%가 각각 높게 나타났으며 40%와 52%가 낮게 나타났다. 수도에서 양분 균형이 중요하다는 사실은 남부 술라웨시 6개 지점 성적에서 확인되었다 (표 7).

**Table 7. Profit from balanced fertilization in S. Sulawesi, Indonesia(Mamaril).**

Fertilizer	Yield (t ha <sup>-1</sup> )	Profit (US\$ ha <sup>-1</sup> )
Zero	1.90	-
N	2.70	180
P	3.00	225
S	3.25	225
NP	2.80	113
NS	3.90	360
PS	3.30	217
NPS	4.10	340



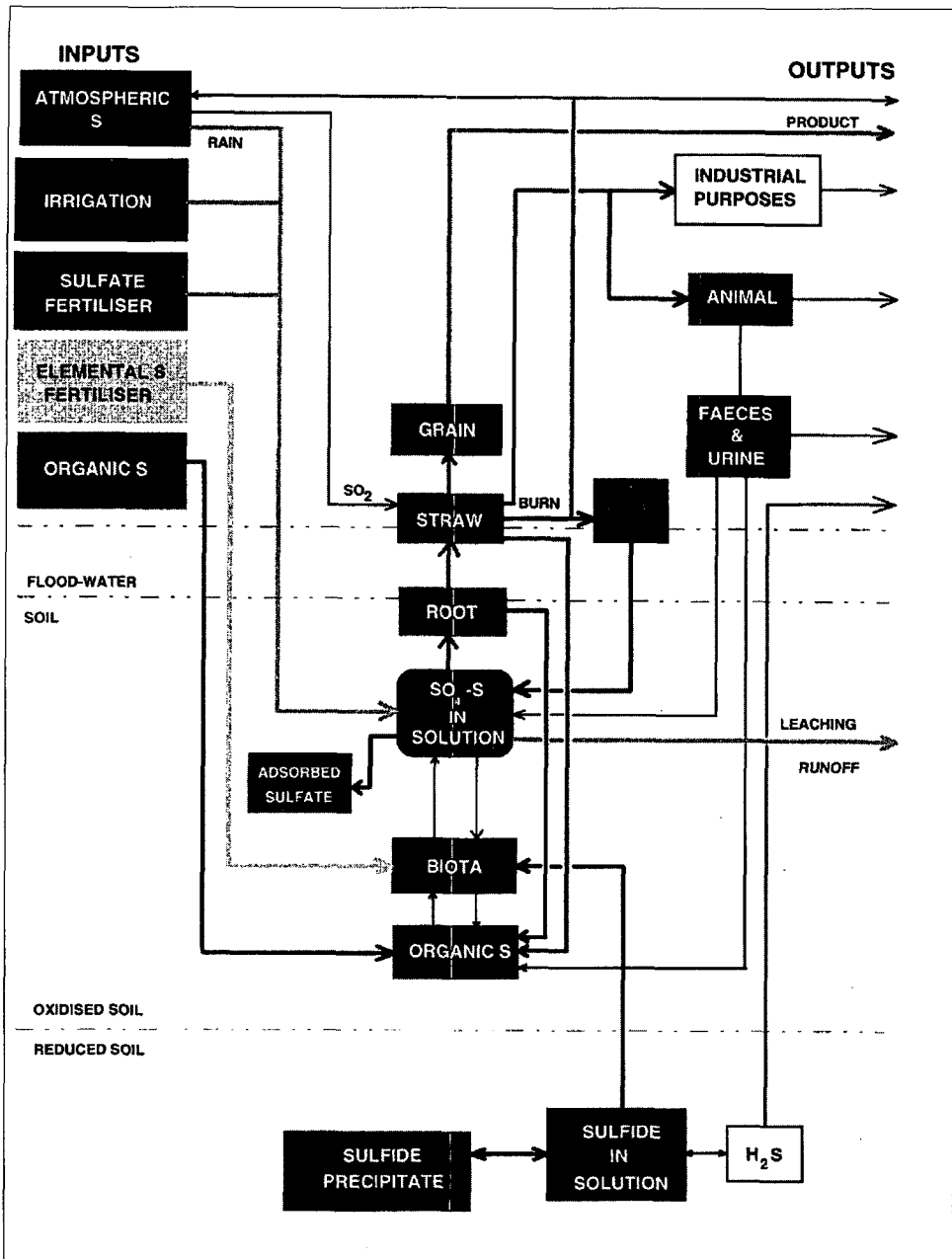


Figure 4. The sulphur cycle in rice—shaded boxes indicate areas investigated in collaborative research projects.

균형시비는 수량 증수를 가져와 큰 이익을 얻게된다. 질소, 인산, 유허을 시용 하면 최고 수량을 얻었으나 최고 수익은 질소와 유허 시비에서 얻었다. 질소, 인산, 칼리와 유허의 균형시비는 지속성을 위해 필요하다.

## 중 국

중국은 오랜 수도작 국가이다. 1960년대까지 비료 양분을 유기질 퇴비에 주로 의존해 왔다. 전체적으로 양분 소모는 급진적으로 증가되었으나 무기 형태로 공급되는 양분 비율은 실제로 감소되었다 (표 8).

**Table 8. Changing nutrient usage in China.**

Year	Total N + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O	% Inorganic	% Organic
1949	4.3	1	99
1975	16.0	34	66
1990	41.6	63	37

1990년까지 양분 공급형태는 2/3가 화학비료이었는데 이는 1949년 1%에 지나지 않았다. 이는 유황 균형에 큰 영향을 주었는데 최근 공업으로부터 대기로 유입되는 유황 함량을 감소시키게 됨에 따라 전국적으로 유황의 결핍이 증가 될 것으로 예상된다. 어떤 면에서는 광범위한 유황 특성 연구 수행이 다행한 것으로 이를 통하여 유황 결핍지를 확인 할 수 있었다. 균형 식물 양분으로서 유황, 마그네슘, 미량원소의 역할 등이 심포지엄을 통해 밝혀졌다. 강우에서부터 첨가되는 유황량은 3.7내지 38.4kg/ha로서 도시근교에서는 높고 산지로 갈수록 낮아졌다. 강우에서 유황과 비료 중 유황의 첨가량은 토양중 유황 함량을 높였다. 0~10cm토층에서 토양 유황 함량은 10~140mg/kg이었다. 이 같이 높은 값에도 불구하고 유황 흡착연구에서 극히 낮게 나타났다. 여러 연구 결과 대기로부터 유황 공급이 감소되고 중과석, 인산 및 요소비료의 대량 사용으로 유황 결핍은 급격히 증가되고 있다.

## 결 론

양분의 균형은 지속농업과 환경보전에 기본이다. 오직 이익을 남길 수 있는 농민만이 보전 대책을 실시할 수 있고 균형 양분관리를 지키는 사람이 이 부류에 속한다. 북미나 유럽에서의 경험과 같이 대기중 유황의 급속한 변화는 중국과 한국에서 나타나고 있다. 유황문제를 다루는 포장 시험의 중요성을 이미 다른 곳에서 강조되었다. 이 같은 포장 시험은 농민의 시범 및 토양검정을 표정 하는 수단으로 이용될 수 있다. 이런 시험이 성공하고 농민이 그 결과를 채용하기 위해서는 긴밀한 관

계가 연구, 지도, 검사 및 산업계 사이에 이루어져야 할 것이다. 사업에서 이런 관계가 조기에 조성될수록 성공의 기회는 크게된다. 유향도 질소, 인산, 칼리와 같은 방식으로 취급되는 것이 필수적이다. 이 네 양분은 다른 필수양분과 함께 농업이 지속성을 유지하는 한 합리적으로 관리되어야 할 것이다.

## References

- Adiningish, J., J. Santoso, and M. Sujadi. 1990. The status of N, P, K and S of lowland rice soils in Java. p. 68-76. In G.J. Blair and R.D.B. Lefroy (ed.) Proc. on Sem. on Sulfur Fertilizer Policy for Lowland and Upland Rice Cropping Systems in Indonesia, Jakarta, Indonesia. 18-20 July 1989. ACIAR Proc. Series No. 29. ACIAR, Canberra, Australia.
- Anderson, A.J. and D. Spencer. 1950. Sulphur in nitrogen metabolism of legumes and nonlegumes. Australian J. of Sci. Res. Series B 3:431-49.
- Anderson G.C., R.D.B. Lefroy, N. Chinoim, and G.J. Blair. 1994. The development of a soil test for sulphur. Norwegian J. of Agric. Sic. Supplement No. 15:83-95.
- Ange, A.L. 1993. Evolution of cropping systems and land use in Asia-consequences for the monitoring of agricultural intensification. Proc. of the IFA-FADINAP Regional Fertilizer Conference for Asia and the Pacific, Manilla, The Philippines. 30 Nov. -3 Dec. 1993.
- Blair, G., G. Anderson, M. Crestani, and D. Lewis. In press. The sulfur status of soils and the S accessions in rainfall at the National Reactive Phosphate trial sites. Proc. on the Role of Reactive Phosphate Rock (RPR) Fertilizers in Australia, Latrobe University, Melbourne, Australia. 1-2 Oct. 1996.
- Blair, G.J., N. Chinoim, R.D.B. Lefroy, G.C. Anderson, and G.J. Crocker. 1991. A sulfur soil test for pastures and crops. Australian J. of Soil Res. 29:619-26.
- Blair, G.J., M. Dana, and R.D.B. Lefroy. 1994a. A glasshouse evaluation of sulfur fertilizer sources for crops and pastures. II. A comparison of sulfur coated triple superphosphates and gypsum. Australian J. of Agric. Res. 45:1517-23.
- Blair, G.J., C.P. Mamaril, A. Pangerang Umar, E.O. Momuat, and C. Momuat. 1979a. Sulfur nutrition of rice. I. A survey of soils of South Sulawesi, Indonesia. Agronomy J. 71:473-7.
- Blair, G.J., E.O. Momuat, and C.P. Mamaril. 1979b. Sulfur nutrition of Rice. II. Effect of source and rate of S on growth and yield under flood conditions. Agronomy J. 71:477-80.
- Blair, G.J. and A.J. Nicolson. 1975. The occurrence of sulphur deficiency in temperate Australia. p. 137-144. In K.D. McLachlan (ed.) Sulphur in Australasian Agriculture. Sydney University Press, Sydney, Australia.
- Blair, G.J., A.R. Till, and C.D. Shedley. 1994b. Transformations of sulfur in soil

and subsequent uptake by subterranean clover. *Australian J. of Soil Res.* 32:1207-1214.

Chinoim, N. 1993. Soil sulfur Pools Utilised by Plants and Measured by Chemical Extractants. Ph.D. diss. The University of New England, Armidale, New South Wales, Australia.

Freney, J.R., G.E. Melville, and C.H. Williams. 1971. Organic sulphur fractions labelled by addition of <sup>35</sup>S-sulphate to soil. *Soil Biol. and Biochem.* 3:133-141.

Gianello, G. and J.M. Bremner. 1986. A simple chemical method of assessing potentially available organic nitrogen in soil. *Comm. in Soil Sci. and plant Anal.* 17:195-214.

Ismunadji, M., G.J. Blair, E. Moumat, and M. Sudaji. 1983. Sulfur in the agriculture of Indonesia. p. 165-179. In G.J. Blair and A.R. Till (ed). *Proc. of the Sem. on Sulfur in South-East Asian and South Pacific Agriculture*, Ciawi, Indonesia. 23-27 May 1983. The University of New England, Armidale, New South Wales, Australia

Lefroy, R.D.B., W Chaitep, and G.J. Blair. 1994a Release of sulfur from rice residues under flooded and non-flooded soil conditions. *Australian J. of Agric. Res.* 45:657-667.

Lefroy, R.D.B., M. Dana, and G.J. Blair. 1994b. A glasshouse evaluation of sulfur fertilizer sources for crops and pastures. III. Soluble and non-soluble sulfur and phosphorus sources for pastures. *Australian J. of Agric. Res.* 45:1525-1537.

Lefroy, R.D.B., D. Santoso, and Ismunadji. 1990. Incidental S inputs in rainfall and irrigation water. p. 101-104. In G.J. Blair and R.D.B. Lefroy (ed.) *Proc. of the Sem. on Sulfur Fertilizer Policy for Lowland and Upland Rice Cropping Systems in Indonesia*, Jakarta, Indonesia. 18-20 July 1989. ACIAR Proc. No. 29. ACIAR, Canberra, Australia.

Lisle, L., R.D.B. Lefroy, G Anderson, and G.J. Blair. 1994. Methods for the Measurement of Sulphur in Plants and Soil. *Sulphur in Agric.* 18:45-54.

Liu Chonq-qun, Chen Guo-an, Cao Su-qing. 1980. The content and distribution of sulphur in paddy soils of Southern China. p. 628-634. *Abstracts of the Proc. of Symp. on Paddy Soils.*

Lu Ru-qun. 1980. The fertilizer use of important paddy soils in China. p. 11. *Abstracts of Proc. of the Symp. on Paddy Soils.*

McRae, D. I. 1994. The Effect of Applying Sulfur at Various Depths and

Delayed Times on the Yield of Canola. B.Rur.Sc. diss. The University of New England, Armidale, New South Wales, Australia.

Pinkerton, A., G.J. Hocking, A. Good, J. Sykes, R.D.B. Lefroy, and G.J. Blair. 1993. p. 21-28. A preliminary assessment of plant analysis for diagnosing sulfur deficiency in canola. Proc. of the 9th Australian Research Assembly on Brassicas, Wagga Wagga, New South Wales, Australia.

Portch, S. 1992. Proc. of the Int. Symp. on the Role of Sulphur, Magnesium and Micronutrients in Balanced Plant Nutrition, Chengdu, China. Mar. 1991.

Pronk, F. 1955. Nitrogen fertilizer experiments on tea in Sumatra. Arch. Theecult. 19:115-150.

Rasahan, C.A. and F. Kasryno, F. 1990. Fertilizer S consumption in Indonesia: where sulfur is used and why. p. 26-31. In G.J. Blair and R.D.B. Lefroy(ed.) Proc. of the Sem. on Sulfur Fertilizer Policy for Lowland and Upland Rice Cropping Systems in Indonesia, Jakarta, Indonesia. 18-20 July 1989. ACIAR Proc. No. 29. ACIAR, Canberra, Australia