

한국에서 유황비료의 평가

K. S. Ryu

Dept. of Agricultural Chemistry

College of Natural Resources, Taegu University

Taegu, 713-714

Republic of Korea

요 약

유황비료의 효과는 한국에서 널리 인정되고 있다. 유황은 토양 산도를 낮게 하고 과실의 당도를 증가 시켜 품질을 향상시킨다. 유황비료는 논과 밭토양에서 산도를 약간 변화시키며 특히 유황분말은 토양산도 교정에 유용하다. 한국농업은 질 높은 농산물을 점차 요구함에 따라 유황비료의 시용이 필요하게 될 것이다. 앞으로 유황비료에 대한 연구는 특별한 토양조건과 작물에서 적정 유황 수준을 밝혀내는 것이다.

서 론

작물이 필요로 하는 영양분중 천연공급량이 부족할 경우 비료로서 부족량을 토양 또는 작물에 공급하게 된다. 작물생육에 필요한 영양분중 어느 하나라도 부족하였을 경우 그 작물의 생육은 물론 수량이나 품질에도 크게 영향을 미치게 된다. 작물의 정상적인 생육을 위해 공급되는 부족한 양분의 양은 토양 및 기후조건, 작물의 종류 및 품종, 농작물의 수량과 요구하는 품질에 따라 차이가 있다. 일반적으로 질소, 인산, 및 칼리의 중요성은 인식되어 이들 성분의 시비는 보편화 되어 있으나 기타 원소에 대하여는 필요성 및 시비기준 등이 잘 알려져 있지 않다. 특히 유황은 식물의 흡수량이 인산과 비슷한 다량원소로서 외국에서는 많은 시험연구결과가 보고 되고 있으나, 국내에서는 이에 대한 연구결과가 그리 많지않다. 연구결과에 따르면, 유황은 식물생육에 있어서 3가지의 아미노산 즉 Cystin, Cysteine 과 Methionine의 구성 성분 뿐 아니라, 두과 작물의 뿌리혹 형성에 필수적이며, 마늘과 양파 등의 작물에서

는 지방과 결합되어 특수한 냄새를 내게하며, 이 성분이 부족할 경우 식물생육이 억제되고 농산물의 수량과 품질에도 크게 관여하는 것으로 되어 있다.

한편 한국에서는 유황비료가 토양을 산성화 시키는 비료로 인식하는 경우가 있었는데 '88년에 한국토양비료학회와 미국 유황연구소가 공동 개최한 유황비료의 중요성에 대한 국제유황심포지움을 계기로 유황에 대한 인식이 많이 긍정적으로 전환되었다. 그러나 아직도 일부에서는 유황비료가 토양을 산성화시키거나 추락담의 원인이라는 부정적 시각으로 보는 견해가 있다.

1960년대 이전의 한국농업은 유황을 함유한 비료를 꾸준히 생산·공급하였다. 그 이후에는 거의 모든 화학비료의 생산이 유황을 함유하지 않은 비료로 대체되어 토양에 유황공급이 줄어들었으나, 농업의 발달로 인하여 대기중에 유황성분이 증가하여 기체 또는 강우형태로 토양 및 식물에 공급되어 유황의 부족현상은 그다지 심각하게 받아들여 지지 않았었다. 그러나 1980년대 들어 환경오염 방지가 강도높게 요구되므로 대기중의 유황성분도 매우 낮은 수준이 되어 식물이 유황을 공급받기 어렵게 되었다. 따라서 작물의 균형적인 생육을 위해서도 비료로서의 유황공급은 필요한 것으로 생각된다. 여기에서는 한국에서 작물에 대한 유황비료의 시용 효과에 대한 시험연구결과를 검토하므로써 그 중요성을 알아보려고 하였다.

유황 비료의 이화학적 특성

국내에서 사용 중인 유황비료의 종류는 황산암모니아, 과린산석회, 황산칼리, 황산고토, 황산칼리고토 등으로 나눌 수 있다. 이러한 비료들은 단비로써 또는 복합비료의 원료로써 사용되고 있으며 이들의 비료로서의 보증성분은 표 1과 같다.

표 2는 토양용액에 들어있는 금속이온, 배위자 및 이들의 착화합물의 일반적인 분포를 나타낸 것으로 Ca, Mg, K 과 Na은 주로 금속이온으로 존재하고 Cl 과 NO₃(>98%)은 이온으로 존재한다. 한편 SO₄ 20% 와 PO₄ 10% 정도는 Ca와 착화합물을 형성하고 있다. 금속이온 Ca, Mg, K, Na 과 배위자인 Cl, NO₃ 이온들은 이들의 농도가 아주 높을 때를 제외하고는 착화합물을 형성하지 않는 것 같다.

Table 1. Sulphur content and guaranteed analysis for S-containing fertilizers.

| Fertilizer | Guaranteed Analysis | S Content |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----------|
| | (%) | (%) |
| Ammonium sulphate | 21 N | 24 |
| SSP | 17 P ₂ O ₅ | 16 |
| K ₂ SO ₄ | 50 K ₂ O | 18 |
| MgSO ₄ · 7H ₂ O | 14 MgO | 13 |
| MgSO ₄ · H ₂ O | 27 MgO | 23 |
| Potassium magnesium sulphate | 21.5 K ₂ O; 17.5 MgO | 22 |

Table 2. Primary distribution of free metals and ligands and metal-ligand complexes for a soil solution (Sparks, 1995).

| | | Metal-Ligand Complexes (%) | | | | | |
|-----------------|-------------|----------------------------|-----------------|------|-----------------|-----------------|------|
| Metal | Free Metal | CO ₃ | SO ₄ | Cl | PO ₄ | NO ₃ | OH |
| Ca | 91.36 | 2.26 | 5.03 | 0.43 | 0.23 | 0.68 | --- |
| Mg | 91.95 | 1.64 | 4.02 | 0.35 | 0.33 | 1.72 | 0.02 |
| K | 99.29 | 0.14 | 0.36 | 0.08 | --- | 0.12 | --- |
| Na | 98.27 | 0.27 | 0.58 | 0.12 | 0.01 | 0.05 | --- |
| Ligand | Free Ligand | Ca | Mg | K | Na | H | |
| CO ₃ | 0.50 | 3.26 | 0.38 | 0.06 | 0.44 | 95.05 | |
| SO ₄ | 76.07 | 18.71 | 2.43 | 0.36 | 2.40 | --- | |
| Cl | 98.80 | 0.80 | 0.10 | 0.04 | 0.25 | --- | |
| PO ₄ | 38.22 | 9.19 | 0.38 | 0.38 | 1.98 | 49.59 | |
| NO ₃ | 98.45 | 1.01 | 0.41 | 0.05 | 0.08 | --- | |

표 3은 토양중에 흔하게 존재하는 양이온 과 음이온의 결합형태에 따른 염류들의 용해도를 나타낸 것으로 질산염이나 염산염은 토양용액의 염류농도를 높여주게 되는데, 이들의 염류가 식물이 흡수하는 속도보다 지나치게 많이 토양용액중에 있게될 때 토양수분의 이동과 함께 토양표면으로 이동하거나 근권아래로 이동되면 양분의 유실이 일어난다고 생각되며, 황산염은 황산암모니아를 제외하고는 다른 염류에 비

하여 용해도가 낮은 것으로 나타나 토양 내에서의 이동이 적을 것으로 생각된다.

**Table 3. Solubility of various salts at 0°C H₂O (g per 100g H₂O)
(National Agricultural Materials Inspection Office, 1994).**

| Acid(anion) | Base(cation) | | | | |
|-------------------------------|-----------------|------------------------------|----------------|------------------|------------------|
| | Na ⁺ | NH ₄ ⁺ | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ |
| CO ₃ ⁻² | 7.0 | 100.0 * | 51.3 | 0.001 | 0.01 |
| SO ₄ ⁻² | 4.9 | 70.6 | 7.4 | 0.300 | 29.00 |
| Cl ⁻ | 35.7 | 29.4 | 28.0 | 59.500 | 52.80 |
| NO ₃ ⁻ | 73.0 | 124.0 | 13.3 | 121.200 | 66.60 |

* solubility at 15°C

유황비료의 시비 효과

수도에서 황산근비료의 시비 효과를 규명하기 위한 시험결과는 표 4에서 보는바와 같이 황산암모니아의 시용량이 증가 할 수록 벼 품종에 관계없이 생육상황이 좋아졌으며 수량도 함께 증수되었다. 수원 264의 경우 황산암모니아 대 요소의 시용비율은 75 : 25에서 가장 좋은 결과를 나타냈으며, 진흥의 경우는 질소원으로 황산암모니아만을 시용했을 때 가장좋은 생육과 수량을 나타내어 벼 품종에 따라 유황의 요구량에는 약간의 차이가 있는 것으로 생각된다.

1965년 이후 부터 1982년까지 18년간 황산암모니아 와 요소를 각각 시용해온 논 토양의 화학적 특성은 표 5와 같다. 황산암모니아를 처리했을 때 pH 5.50 이었으나 요소를 처리했을 때는 pH 5.52로 황산암모니아 와 요소처리간에 토양의 pH 차이는 거의 없었으며 황산암모니아를 처리하였을 때 SO₄ 와 유효인산의 함량이 많았다. 또한, 염류의 집적이 많은 간척지토양을 pot에 담아 비료의 종류와 석회물질의 종류별로 토양에 시용하였을때 벼의 생육에 미치는 영향을 본 시험결과는 표 6 에서 보는바와 같이 석회물질에 의한 작물의 생육은 요소나 황산암모니아의 시용에 관계없이 전체적으로 석고를 시용한 토양에 있어서 현미수량이 가장 높았으며, 다음으로는 탄산석회, 석회무시용, 소석회 순으로 나타났다. 질소질 비료로 황산암모니아를 시

Table 4. Effects of the ammonium sulphate: urea application ratio and plant growth and rice yield in pot experiment (Lee, 1983).

| Cultivar Variety | Application Ratio of Ammonium Sulphate: Urea | Stem Length (cm) | Panicle Length (cm) | Number of Panicles | Yield (g pot ⁻¹) |
|------------------|--|------------------|---------------------|--------------------|------------------------------|
| Suweon 264 | 0 : 100 | 48.4 | 20.7 | 27.5 | 33.37 |
| | 25 : 75 | 51.0 | 19.5 | 27.5 | 35.09 |
| | 50 : 50 | 50.5 | 20.7 | 38.5 | 43.94 |
| | 75 : 25 | 51.2 | 20.7 | 38.5 | 52.26 |
| | 100 : 0 | 51.5 | 21.9 | 40.5 | 50.09 |
| Jinheung | 0 : 100 | 70.2 | 16.9 | 28.0 | 36.48 |
| | 25 : 75 | 67.5 | 16.7 | 31.5 | 47.18 |
| | 50 : 50 | 71.5 | 16.9 | 36.0 | 46.37 |
| | 75 : 25 | 73.0 | 16.5 | 36.0 | 49.21 |
| | 100 : 0 | 74.5 | 16.2 | 42.0 | 49.62 |

용하였을 때는 요소를 사용하였을 때 보다, 그리고 황산칼리를 사용하였을 때는 염화칼리를 사용하였을 때 보다도 현미의 수량이 높은 것으로 나타났다. 따라서 염류가 집적되어 있는 토양에서도 유허의 사용효과가 인정되었다.

Table 5. Long-term chemical properties of the soil.

| Experimental Plot | pH | N | P ₂ O ₅ | K | Ca | Mg | SO ₄ |
|-------------------|-------|------------------------------------|-------------------------------|------|------|------|-----------------|
| | (1:5) | -----mg kg ⁻¹ soil----- | | | | | |
| Ammonium sulphate | 5.50 | 0.18 | 202 | 0.07 | 1.94 | 0.33 | 105 |
| Urea | 5.52 | 0.12 | 154 | 0.12 | 2.20 | 0.37 | 102 |

Table 6. Effects of the application of S-containing materials on brown rice yield in saline soil (pot) (Ryu and Han, 1988).

| Lime | K-Sources | Brown Rice(g/3 hill) | | Panicles(Number/hill) | |
|-------------------|--------------------------------|----------------------|-------|-----------------------|------|
| | | Urea | A.S. | Urea | A.S. |
| Non-lime | KCl | 46.9 | 82.8 | 12.8 | 20.3 |
| | K ₂ SO ₄ | 70.1 | 93.2 | 16.5 | 20.5 |
| Slaked Lime | KCl | 23.5 | 72.2 | 8.5 | 14.6 |
| | K ₂ SO ₄ | 29.4 | 57.7 | 8.8 | 14.5 |
| Carbonate Lime | KCl | 65.4 | 70.5 | 13.4 | 17.0 |
| | K ₂ SO ₄ | 72.7 | 104.0 | 24.5 | 27.1 |
| CaSO ₄ | KCl | 77.6 | 154.1 | 19.1 | 23.7 |
| | K ₂ SO ₄ | 109.0 | 131.9 | 25.7 | 26.8 |

논 토양에서 동일비료의 연용에 의한 토양반응의 결과는 표 7과 같다. 1953년부터 1986년까지 33년간 토양의 평균 pH 변화는 황산암모니아 단용구에서 pH 5.2로 토양의 산도변화가 없었으며 무비구 와 요소구에서는 약간 높았다. 표토의 유황함량은 각각 무 비료구 122, 요소처리구 158, 황산암모니아 처리구 237 ppm 으로 황산암모니아 처리구에서 가장 많았다.

橋本武(1981)에 따르면, 중성토양에서는 황산칼리와 질산칼리가 같은 pH의 변화를 보였으나, 황산칼리가 토양산성화를 덜 일으키는 것으로 나타났다. 또한, 산성토양에서의 경우도 황산칼리, 질산칼리, 염화칼리 순으로 pH가 낮아져 무유황비료인 염화칼리나 질산칼리 보다는 유황비료인 황산칼리의 시용이 토양 pH의 변화에서 가장 안정된 비료로 나타났다.

Table 7. Change in soil pH and SO₄ content in the surface soil under rice cultivation after application of single fertilizer for 33 years from 1953.

| Fertilizer | pH (1 : 5) | | | SO ₄ (mg kg ⁻¹) |
|-------------------|------------|--------------|-----------------|---|
| | 1953 | 1986 | | |
| | | With Compost | Without Compost | |
| Control | 5.2 | 5.4 | --- | 122 |
| Ammonium sulphate | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 234 |
| Urea | 5.2 | 5.5 | 5.4 | 158 |

지방과 단백질의 주요 공급원이 되는 콩에 있어 유황성분의 효과를 알아보기 위하여 N, P, K 3요소(요소+용성인비+염화칼리) 시용구와 여기에 유황을 추가한 시용구, 그리고 유황을 보충하고 있는 복비 시용구를 서로 대비하여 시험하였다 (표 8). 그 결과 유황을 추가한 시용구와 유황보충 복비구가 단위 3요소만을 시비한 시험구에 비해 종실 수량이 각각 약 2~6% 증수되어 유황이 작물 수량에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Table 8. Effect of the sulphur application on soybean yield.

| Treatments | Stem Length (cm) | No. of 100 Seed Branch | Seed Weight (g) | Yield (kg ha ⁻¹) | Index (%) |
|--|---------------------|------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------|
| N+P+K | 62 | 2.8 | 22.8 | 2670 | 100 |
| N+P+K+Sulphur | 64 | 3.0 | 24.6 | 2720 | 102 |
| N+P+K+Sulphate (complex fertilizer) | 62 | 2.9 | 24.4 | 2820 | 106 |

Table 9. The Effect of S-containing fertilizers on soybean yield (National Institute of Agricultural Science and Technology, 1987).

| Treatments | | pH (1:5) | P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹) | SO ₄ (mg kg ⁻¹) | Grain Yield (kg ha ⁻¹) | Index (%) | |
|---------------------------|-------------|--|---|---|--|--------------|-----|
| Before experiment | | 4.9 | 12.5 | 32.5 | | | |
| After experi- -ment | Lime | Urea + Fused phosphate | 6.1 | 27.0 | 49.6 | 3040 | 100 |
| | | Ammonium sulphate +Fused phosphate | 5.9 | 22.3 | 71.6 | 3360 | 110 |
| | | Urea+Superphosphate | 6.0 | 44.3 | 65.1 | 3970 | 131 |
| | | Urea + Fused phosphate+S | 6.0 | 18.0 | 52.1 | 2940 | 97 |
| | | Urea + Fused phosphate+CaSO ₄ | 6.3 | 18.0 | 66.0 | 3140 | 103 |
| | Non Lime | Urea + Fused phosphate | 5.4 | 14.0 | 52.9 | 2230 | 100 |
| | | Ammonium sulphate +Fused phosphate | 5.2 | 13.5 | 68.2 | 2010 | 90 |
| | | Urea+Superphosphate | 5.5 | 29.3 | 63.5 | 2730 | 122 |
| | | Urea + Fused phosphate+S | 5.1 | 17.3 | 55.2 | 1660 | 74 |
| | | Urea + Fused phosphate+CaSO ₄ | 5.5 | 15.8 | 60.4 | 2560 | 115 |

또한 표 9는 토양의 pH가 4.9인 신개간지에서 토양산도를 교정한 후 황산근 비료를 사용하여 콩을 재배한 결과 모두 수량이 높게 나타났으며, 토양산도를 교정하지 않은 경우 과린산석회와 석고를 사용하였을 때 수량이 높아 황산근비료의 사용효과가 뚜렷이 나타났다. 그러나 유황분말을 사용하였을 때는 석회사용구와 석회무사용구 모두에서 수량이 감소하였다.

Table 10. Effect of sulphate application on peanut yield (Rural Development Association, 1989).

| Treatments | Number of Pods per Plant | Seed-Bearing Pod (%) | 100 Seed Weight (g) | Yield (kg ha ⁻¹) | Index (%) | Oil Content (%) |
|--|--------------------------|----------------------|---------------------|------------------------------|-----------|-----------------|
| Non SO ₄ | 22.8 | 68.9 | 68.5 | 197 | 100 | 47.8 |
| 200mg SO ₄ kg ⁻¹ | 24.1 | 69.9 | 70.0 | 209 | 106 | 49.1 |
| 350mg SO ₄ kg ⁻¹ | 23.7 | 69.4 | 69.4 | 210 | 107 | 49.5 |

사질토에서 함유황물질(석고와 석회)을 시용하고 땅콩을 재배한 결과는 표 10과 같다. 유황을 200~350ppm으로 조절 시용한 결과 종실수량이 약 6~7% 증수되었으며, 종실중 지방함량도 높게 나타났다.

Table 11. Effect of fertilizer application on potato (Goryeongjee Agricultural Research Experimental Station, 1983).

| Treatments | Total Tuber | | Index (%) | Marketable Tuber | | Index (%) |
|---|------------------|--------------------|-----------|------------------|--------------------|-----------|
| | Number per Plant | t ha ⁻¹ | | Number per Plant | t ha ⁻¹ | |
| Urea+Fused phosphate+KCl | 4.4 | 22.04 | 100 | 2.9 | 19.46 | 100 |
| Urea+Fused phosphate+K ₂ SO ₄ | 5.1 | 24.43 | 111 | 3.4 | 21.83 | 112 |

감자의 경우 표 11에서 보는 바와 같이 칼리질 비료로서 황산칼리를 처리했을 때 높은 수량과 고품질의 감자를 생산하는 것으로 나타났다. 또한 감자의 전분 생산량은 황산칼리의 시비량에 따라 표 12에서 보는바와 같이 수량이 증가하여 많이 생산되었으며, 칼리질 비료를 시용하지 않은 처리에 비하여 감자의 수량이 126~143 kg/ha나 증가되었으며 품질면에서도 구중이 큰 상서의 생산량이 많은 것으로 나타났다.

Table 12. Yields and starch content of potato to different fertilizer application (Korean Society of Soil Science and Fertilizer, 1985).

| Treatments | Total Tuber (t ha ⁻¹) | Large Tuber Yield (≥250 g per tuber) (t ha ⁻¹) | Starch (Hydrometer method) (%) | Index (%) |
|---|-----------------------------------|--|--------------------------------|-----------|
| Non K | 12.40 | 11.20 | 11.75 | 100 |
| 120kg K ₂ SO ₄ ha ⁻¹ | 13.66 | 11.98 | 11.65 | 109 |
| 240kg K ₂ SO ₄ ha ⁻¹ | 13.83 | 12.08 | 11.78 | 112 |
| 120kg KCl ha ⁻¹ | 12.92 | 11.16 | 11.25 | 100 |

Table 13. Effects of sulphur on the yield and quality of Chinese cabbage (Lee et al., 1993).

| S Application (kg ha ⁻¹) | Yield (t ha ⁻¹) | Index (%) | Reduced Sugar (mg ha ⁻¹ Dry Weight) | Index (%) | Vitamin C (mg per 100g Fresh Weight) | |
|--------------------------------------|-----------------------------|-----------|--|-----------|--------------------------------------|---------|
| | | | | | Sep. 30 | Nov. 12 |
| 0 | 110.5 | 100 | 545 | 100 | 84 | 56 |
| 100 | 124.5 | 113 | 592 | 109 | 93 | 69 |
| 300 | 123.0 | 111 | 638 | 117 | 86 | 75 |
| 500 | 114.9 | 104 | 441 | 81 | 77 | 70 |

배추의 생육과 유황성분의 효과를 규명하고자 배수가 양호한 사양토에 2년간 (1991,1992) 유황의 시용량을 각기 달리하여 수량 및 품질의 차이를 알아보았다. 그 결과는 표 13에서 보는 바와 같이 수량에 있어서 유황을 100kg/ha 시용하였을 때 무 시용구에 비하여 13% 증수하였으며, 당함량과 비타민C 함량 등 품질면에서도 좋은 경향을 보였고 유황 500kg/ha를 시용하였을 때는 수량이 감소되어 배추에 대한 유황의 적정시비량은 100~300kg/ha인 것으로 나타나 3요소 표준시비량(질소 320kg/ha, 인산 78kg/ha, 칼리 198kg/ha)에 비추어 볼 때, 유황 요구량이 매우 높은 것으로 사료된다.

Table 14. Effect of sulphur powder application on soil pH and SO_4 content of the soil after harvest of Chinese cabbage (1993).

| S Application (kg ha^{-1}) | pH(1:1) | | | $\text{SO}_4\text{-S}$ (mg kg^{-1}) | | |
|---|---------|-----|------|--|-----|------|
| | '91 | '92 | mean | '91 | '92 | mean |
| Sulphur 0 | 6.6 | 7.0 | 6.8 | 32 | 16 | 24 |
| Sulphur 100 | 6.4 | 6.8 | 6.6 | 73 | 58 | 66 |
| Sulphur 300 | 6.1 | 6.7 | 6.4 | 133 | 122 | 128 |
| Sulphur 500 | 5.7 | 6.2 | 6.0 | 291 | 299 | 295 |

유황분말을 토양에 시용하였을 때 토양의 pH 변화는 표 14에서 보는 바와 같이 유황분말의 시용량이 증가함에 따라 토양의 산도가 현저하게 낮아지고, 토양중의 SO_4 함량도 증가하여 유황분말을 토양에 직접 시용하는 것은 토양의 산도조절을 위한 것 외에는 사용에 주의가 필요하다.

Table 15. Effects of S-containing fertilizer on the yields of red pepper (Kyungbuk Provisional Office of Rural Development, 1987).

| Treatments | Anthracene Occurrence Rate (%) | Yields (kg ha^{-1}) | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| | | Fresh Fruit | Dry Fruit | Index (%) |
| Urea + Fused phosphate + KCl | 33.8 | 1,459 | 3,060 | 100 |
| Ammonium sulphate + Fused phosphate + KCl | 33.7 | 1,482 | 3,110 | 102 |
| Urea + Fused phosphate + K_2SO_4 | 25.9 | 1,626 | 3,410 | 111 |

고추 재배시 유황비료의 시비 효과를 규명하기 위한 시험 결과는 표 15에서 보는 바와 같이 무유황비료를 시용하였을 때 보다 황산암모니아를 시용하였을 경우 2%, 황산칼리를 시용하였을 경우 11%가 증수되는 뚜렷한 차이를 나타냈다. 그러나, 탄저병 발생율에 있어서 황산암모니아를 시용하였을 경우 무유황비료만을 시용한 시험구에 비해 탄저병 발생율은 줄어드는 경향이었고, 황산칼리를 시용하였을 경우 무유황비료만을 시용한 시험구에 비해 탄저병 발생율이 현저히 줄어드는 효과를 나타냈다.

유황비료인 황산칼리와 황산칼리고토 비료의 시용효과는 표 16에서 보는바와 같이 무유황비료인 염화칼리를 시용했을 때 보다 풋고추와 붉은 고추가 모두 증수되었으며, 전체증량은 8%씩 증수되었다.

Table 16. Effects of the application of fertilizers on pepper yields (National Agricultural Materials Inspection Office, 1991).

| Treatments | Red Pepper | | Green Pepper | | Total Weight | |
|--------------------------------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|
| | Weight | | Weight | | | |
| | t ha ⁻¹ | Index(%) | t ha ⁻¹ | Index(%) | t ha ⁻¹ | Index(%) |
| Potassium magnesium sulphate | 14.83 | 108 | 7.84 | 109 | 22.67 | 108 |
| K ₂ SO ₄ | 14.50 | 105 | 8.06 | 112 | 22.56 | 108 |
| KCl | 13.78 | 100 | 7.20 | 100 | 20.98 | 100 |

Table 17. Effects of S-containing fertilizers on garlic yield and quality (Kyongbuk Provincial Office of Rural Development, 1988).

| Treatments | Bulb Height (cm) | Bulb Diameter (cm) | Yield (t ha ⁻¹) | Index (%) |
|-------------------------------------|------------------|--------------------|-----------------------------|-----------|
| Urea | 3.6 | 3.5 | 840 | 100 |
| Ammonium sulphate | 3.8 | 3.9 | 884 | 105 |
| K ₂ SO ₄ | 3.9 | 3.9 | 910 | 108 |
| Top dressing with Urea | 3.8 | 3.7 | 870 | 102 |
| Top dressing with Ammonium sulphate | 3.9 | 3.8 | 882 | 104 |

유황비료와 무유황비료를 시용했을 때 마늘의 생육상황, 품질 및 수량을 비교한 결과를 표 17에 나타낸 것이다. 요소와 황산암모니아를 기비와 추비로 구분하여 시용한 결과 유황비료인 황산암모니아를 시용했을 때 구경이 높고 크게 자랐으며 수량도 많았다.

유기물과 함유황 석회물질이 마늘의 품질에 미치는 영향을 비교하기 위하여 볏짚, 퇴비 및 유황함량이 많은 계분에 소석회와 황산칼리를 사용하여 얻은 결과는 표 18과 같다. 마늘 특유의 매운맛 주성분인 Alliin은 품질의 기준이 될 뿐만 아니라 저장성에도 관여 한다고 하였다. 이러한 Alliin의 분해산물인 Pyruvic acid 함량은 마늘의 성분 자체에 보유하는 유황함량에 관계하며, 마늘 중구중의 Pyruvic acid 함량이 많을 경우 부패율이 감소하는 경향이 있다고 하였다. 유황비료의 사용은 마늘내의 Pyruvic acid의 함량을 증가시켰다.

Table 18. Changes in pyruvic acid content in garlic bulb by applying organic material and lime materials after harvest (1994).

| Treatment | Pyruvic Acid | Index |
|---|-----------------------------------|-------|
| | $\mu\text{M g}^{-1}$ Fresh Weight | |
| Compost (control) | 21.86 | 100 |
| Rice straw + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ | 23.98 | 110 |
| Rice straw + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ + CaSO_4 | 24.28 | 111 |
| Compost + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ | 23.98 | 110 |
| Compost + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ + CaSO_4 | 26.96 | 123 |
| Chicken manure + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ | 24.04 | 110 |
| Chicken manure + CaSO_4 | 26.80 | 123 |
| Chicken manure + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ + CaSO_4 | 28.06 | 128 |

딸기의 경우 칼리질 비료의 시비에 따른 당함량 및 시험후의 토양 pH 및 염농도를 비교 분석한 결과 환원당과 전당은 일반적으로 황산칼리 시용구에서 가장 높았고, 염화칼리 시용구에서 가장 낮았다. 특이한 점은 염화칼리 시용구가 관행구 보다 당함량이 낮았다는 것이다. 또한, 시험 후 토양 pH를 측정된 결과 염화칼리 시용구에서는 pH가 가장 낮아졌으나, 황산칼리 시용구에서는 pH가 낮아지지 않아 가장 안정됨을 보였다(표 19).

Table 19. Sugar content of strawberry and soil pH after experiment.

| | Reduced Sugar (mg ml ⁻¹) | Total Sugar (mg ml ⁻¹) | Index (%) | pH (1 : 1) |
|--------------------------------|---|---------------------------------------|--------------|---------------|
| Non K | 56.9 | 65.7 | 100 | 6.62 |
| KCl | 53.4 | 64.6 | 98 | 6.50 |
| K ₂ SO ₄ | 58.9 | 71.8 | 109 | 6.77 |

제주도에서 감귤의 수량 및 품질에 대한 인산질 비료의 시비효과를 시험한 결과는 표 20과 같다. 주당 수량은 용과린 시용구에서 재배된 감귤이 용성인비, 중과석 시용구에 비해 약간 증수하였으나, 평균 과중에 있어서는 낮았고, 당도 및 향미도는 유향함유 인산질 비료인 용과린 시용구에서 재배한 감귤이 무유향 인산질 비료인 중과린산석회와 용성인비 시용구에 비하여 좋았다.

Table 20. Effects of S-containing phosphate fertilizers on the yield and quality of tangerine on Cheju Island (Cheju Experimental Station, 1976).

| Treatments | Yield per Plants (kg) | | Average Weight (kg) | | Sugar Content (BX ⁰) | | Flavor Rate | |
|-----------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| | Imonju | Gungcheon Chosaeng | Imonju | Gungcheon Chosaeng | Imonju | Gungcheon Chosaeng | Imonju | Gungcheon Chosaeng |
| F u s e d superphosphate | 18.8 | 10.0 | 103.8 | 107.6 | 9.7 | 10.11 | 6.41 | 5.72 |
| F u s e d phosphate | 16.0 | 8.5 | 106.0 | 119.0 | 9.6 | 9.91 | 6.25 | 5.65 |
| TSP | 16.6 | 6.4 | 102.9 | 127.5 | 9.8 | 9.61 | 6.49 | 5.58 |

과수류의 경우는 점차적으로 수량보다는 상품의 가치(과실의 크기, 과실의 성분 함량, 색깔, 향기, 저장성 등)를 중시하게 되었는데, 포도의 경우 다른 과수류에 비해 칼리성분이 매우 중요하다. 칼리는 수량만을 증대시켜 줄 뿐만 아니라 광합성 작용을 포함한 대사과정에 관여함으로써 포도 품질의 기본이 되는 당도를 높여주게 된다. 황산칼리의 엽면시비를 통한 포도의 수량 및 품질에 미치는 영향은 표 21에서 보는 바와 같이 처리 횟수에 따라 당도는 0.8% 증가를 보였으며, 산도는 0.10% 감소하는 경향을 나타내 포도의 품질을 향상시켰다. 그러나, 수량에 있어서는 차이가

없게 나타났다.

Table 21. Effects of K_2SO_4 foliar application on the yield and quality of Campbell Early.

| Number of Application | Cluster Weight (g) | Berry Weight (g) | Sugar Index (%) | Total Acidity (%) | Yield (kg per tree) |
|-----------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|---------------------|
| 0 | 311.3 | 6.12 | 12.1 | 0.96 | 17.5 |
| 1 | 311.7 | 6.91 | 12.0 | 0.99 | 16.4 |
| 2 | 325.7 | 6.11 | 12.0 | 0.95 | 16.6 |
| 3 | 338.3 | 6.29 | 12.1 | 0.87 | 16.8 |
| 4 | 319.0 | 6.16 | 12.9 | 0.86 | 17.4 |

Table 22. Effects of foliar application of K fertilizers on the nutrient content (Shin, 1991).

| Treatments | Nutrients Content in Leaf (Dry Weight) | | | | |
|------------|--|------|------|------|------|
| | N | P | K | Ca | Mg |
| Non K | 1.19 | 0.49 | 3.61 | 1.26 | 0.38 |
| KCl | 1.18 | 0.50 | 3.78 | 1.23 | 0.34 |
| K_2SO_4 | 1.21 | 0.50 | 3.93 | 1.39 | 0.32 |

이러한 엽면시비 효과의 원인을 규명하기 위하여 엽화칼리와 황산칼리의 농도를 각각 1,500ppm으로 하여 포도 잎에 처리한 결과 포도잎의 양분함량을 보면 KCl, K_2SO_4 모두 흡수 효과가 인정되었다. 황산칼리는 N, P, K, Ca에서는 양분함량이 가장 높게 나타났고, Mg는 측정치가 가장 낮았다. 그러나, 전체적으로 황산칼리의 엽면시비효과가 높게 나타났다(표 22).

Table 23. Effects of K fertilizers on the yield and quality of peach and apple.

| Treatments | | Yield (kg ha ⁻¹) | Index (%) | Acidity (%) | Sugar index (BX ⁰) |
|------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------|----------------|-----------------------------------|
| Peach | KCl | 10,980 | 100 | 0.12 | 11.6 |
| | K ₂ SO ₄ | 11,770 | 107 | 0.12 | 11.8 |
| Apple | KCl | 12,390 | 100 | 0.44 | 15.4 |
| | K ₂ SO ₄ | 12,680 | 102 | 0.41 | 15.8 |

과수류중 연질과수 즉, 사과나 복숭아, 배 등에서도 유허의 시비효과는 잘 나타난다 (표 23). 사과의 경우 황산칼리를 시용한 경우 2% 증수되었고, 산도는 낮아진 반면 당도는 높아져 품질도 향상되었다. 복숭아에서도 사과와 유사한 시험 결과가 나타났는데, 수량에 있어서는 7% 증수되었다. 따라서, 과수류의 경우 유허 함유비료인 황산칼리는 수량 및 품질을 모두 향상시켜 주는 것으로 나타났다.

References

Chae, J.S., Y.D. Kim, T.I. Park, Y.S. Chang, and K.Y. Park. 1993. Effect of Sulphur-containing fertilizer on grain yield and chemical composition of soybean. *Korean J. of Crop Sci.* 38(2):183-188.

Lee, C.W. 1983. Growth and nutrient uptake as affected by ammonium sulphate and urea in paddy rice. Ph.D.diss. Seoul National University.

Lee, S.H., C.B. Kim, N.K. Park, S.D. Park, and C.B. Choi. 1993. Effect of sulphur on the yield and some quality of Chinese cabbage. *Korean Soc. of Soil Sci. and Fert.* 26(4):283-258.

Park, C.S. 1994. Preservation of agroecosystem for sustainable agriculture and trends in new fertilizer development for soil management. National Agricultural Material Inspection Office. p. 55.

Rural Development Administration. 1989. 10 year plan research report of soil fertility management practice for high yield of crops. p. 263.

Ryu, K.S. and B.S. Han. 1988. Misconceptions concerning sulphur containing fertilizer. p. 139-145. *Proc. Int. Symp. on Sulphur for Korean Agric*, Seoul, Republic of Korea. 5-7 May 1988. Korean Society of Soil Science and Fertilizer, Suweon, Republic of Korea, and TSI, Washington, DC, U.S.A.

Shin, K.C. 1991. Effect of foliar K_2SO_4 spray in the leaf and cluster stalk mineral contents and fruit qualities 'Campbell Early' grape. M.S. diss. Korea University.

Sparks, D.L. 1995. Environmental soil chemistry. p. 89.

Zeher, E., H. Kreipe, and P.A. Gething. 1981. Potassium and potassium chloride: their influence on the yield and quality of cultivated plants. In IPI Research Topics No. 9. IPI.