



資料

- 유황의 중요성 -

< AsiaFAB Autumn 2002 >

식물에 필요한 영양분의 일부로서의 유황의 중요성이 더욱 크게 인식되고 있다. 이것은 특히 유황 부족량이 증가하고 있는 아시아 지역에서 중요하다.

영양분을 기준으로 균형이 유지된 토지의 비옥화는 전세계의 농민들이 인정한 것이다. 식물에게는 질소는 물론이고 칼륨과 인도 필요하다는 것이 인식되고 있다. 하지만 유황도 식물의 필수 영양분이며, 표 1에서 알 수 있는 바와 같이 여러 종류의 식물에게 인산염과 비슷한 수준으로 필요한 영양분이다.

< 표, 각 작물별 성분 요구량 >

(단위 : kg/ha)

작 물	질소질	인산질	가리질	유황
쌀	150	25	150	20
밀	168	34	110	25
옥수수	360	52	230	50
콩	200	25	110	15
평지씨	90	16	110	35
면화	140	37	85	20
오일팜	193	36	249	75
차	290	130	65	45

유황은 특히 야자오일과 같은 기름을 함유하는 작물에게 중요한 영양분이다. 적절한 유황이 없으면, 작물은 산출량이나 품질, 단백질 함유량을 기준으로 가능한 수준까지 완전히 성장하지 못한다. 뿐만 아니라 사용된 질소를 효율적으로 이용할 수 없다. 연구를 통해서 최상의 성과 및 효율성을 위해서는 식물이 최소한 15~20 조각의 질소(N)마다 1 조각의 유황을 함유하고 있어야 한다. 그렇기 때문에 유황을 ‘제4의 영양분’이라고 부르는 사람들도 있다. 지금까지 유황 결핍은 여러 가지 이유로 사소한 문제로 생각되었다. 하지만 토양에 함유된 유황 결핍 수준이 상승하기 시작하면서 식물 영양분인 유황은 최근에 이르러 세계의 관심을 더욱 많이 끄는 분야가 되었다. 이렇게 토양에서 유황이 손실되는 이유는 크게 세 가지가 있다. 첫 번째는 ‘산성 비’와 싸우기 위해 여러 가지 조치를 취하는 것과 마찬가지로, 공기 속의 유황 수준이 산업 국가 및 산업화를 시작하는 국가에서 줄어들기 시작했다는 점이다. 배출 기준을 더욱 엄격하게 규제함으로써 공기 중의 이산화황 수치를 크게 줄였기 때문에, 유황의 수준이 황산염의 형태로 토양으로 옮겨갔다. 두 번째 이유는 경작 밀도의 증가 및 작물 생산량의 증가였으며, 이로 인해 토양에서 빠져나가는 유황의 양이 더욱 많아졌다. 하지만 세 번째이면서 가장 근본적인 이유는 황산암모늄(AS) 및 단과인산 석회(SSP)와 같은 비료를 함유하는 유황에서 각각 N과 P의 함유량은 더욱 높지만 유황을 함유하고 있지 않은 요소 및 일인안과 이인안(MAP/DAP), 중과석 같은 더 높은 분해 비료로 전환되는 것이었다. 한 때는 사실상 ‘무료’였던 유황은 이제 존재하지 않는다.

그로 인한 전반적인 영향은 유황 ‘간격’의 발생이었으며, 그럼으로써 식물을 자신에게 축적되는 것보다 더 많은 유황을 토양에서 추출하고 있다. 유황 연구소(TSI)는 이런 간격이 서유럽의 600,000 톤 S 정도에서 전세계의 최대 730만 톤 S로 추산된 토양 표본 추출에 기초한 수학적 모델을 만들었다. 더구나 이 차이는 2010년경에는 1,200만 톤 S에 이를 것으로 생각되는 방출량으로 인해 계속해서 증가하고 있다. 현재 전세계적으로 910만 톤 S 정도가 사용되고 있으며, 그 중에서 대략 30%는 황산암모늄의 형태로 방출되고 있다. 앞으로 10년 동안 들판에 거의 두 배에 달하는 유황이 사용될 가능성이 있다.

o 아시아의 문제

oo

유황 결핍이 가장 높은 지역은 아시아다. TSI에서는 2010 경에는 650만 톤이 될 것으로 예측하고 있다. 아시아 농민들이 겪고 있는 문제는 식물들이 토양에 존재하는 유기 합성물에서 추출하는 유황의 양이 극히 적고 거름과 동물 이장(泥漿)을 만든다는 점이다. 거름과 동물의 이장은 아시아에서 가장 광범위하게 사용되는 것이며, 유황 결핍을 보충하는 데 가장 비효율적인 방법이다. TSI는 1997년에서 1999년 사이에 인도에서 조사를 실시했으며, 이 조사를 통해 6개 주에서 채집한 9,380개의 토양 표본 중에서 45%는 유황이 부족했으며, 35% 이상의 표본에서 유황이 결핍될 가능성이 있었다. 가장 나쁜 지역은 Andhra Pradesh, Bihar, Maharashtra, Uttar Pradesh 등이었다. 2000에서 2002년 사이에 실시한 연구에서는 Gujarat, Madhya Pradesh, Orissa, West Bengal 등의 네 곳의 주에서 새로 유황 결핍 현상이 나타났으며, 이들 지역에서는 토양의 50%에서 유황 결핍 현상이 나타났다. 중국에서 실시된 이와 비슷한 연구에서는 토양의 35%에서 유황 결핍 현상이 나타났다. TSI는 농민들에게 최근에 심하게 경작한 적이 있거나 유황 함유 비료를 거의 뿌리지 않거나 전혀 뿌리지 않은 토양은 유황 결핍 현상이 발생할 가능성이 있다고 충고했다.

o 유황 결핍

전통적으로 구성이 거칠고/거나 유기 물질이 적은 토양이 유황 결핍 현상의 발생 가능성 이 가장 많다. 유황 결핍 작물은 일반적으로 작고 가늘며, 키가 작고 줄기가 약하다. 새로 난 잎은 노란색을 띤 초록색으로 변하며, 잎맥이 더 밝은 색을 띠기도 한다. 유황 결핍이 작물에 유일하게 나타난 문제일 경우에는 이런 증후를 인식하기 쉽다. 불행스럽게도 유황 결핍은 대개 다른 영양분의 결핍에 동반해서 나타나기 때문에, 이런 “교과서적인” 징후들을 인식하지 못할 수 있다.

유황 결핍은 단백질 형성에 영향을 줄 수 있으며, 이것은 유황 결핍 작물을 동물이 섭취 할 경우 가축에 단백질 부족이 발생하는 원인이 될 수 있다는 것을 의미한다. 질소와 마찬 가지로, 유황은 폭우에 의해 표토에서 걸러진다. 관개도 유황을 농작물 뿌리가 미치지 않는 곳까지 옮겨 놓는 방법이다.

실험을 통해 유황을 사용함으로써 작물의 생산량을 크게 늘릴 수 있다는 것이 밝혀졌다.

oo

1994년에서 1998년까지 중국에서 실시된 실험에서는 가장 많은 영향을 받는 작물인 평지 씨앗과 콩의 평균 생산량이 11%가 증가한 것으로 나타났다.

o 제품의 품질

유황을 사용할 경우에는 제품의 품질도 향상된다. TSI에서 실시한 조사중에는 차 생산에 사용되는 유황에 대한 것도 있었다. 차는 유황 필요량이 아주 높으며, 새로 나온 잎에는 생산량을 극대화하고 최고 품질의 차제품을 얻기 위해서는 유황 함유량을 유지해야 한다. 인도 Jorhat의 Tocklai Experimental Station에서 실시한 조사에서는 북동부 인도의 차 재배 지역에 있는 토양은 적절한 비료 관리 체제가 실시되지 않을 경우 계속적인 수확을 통해 유황 성분이 심각하게 고갈될 수 있다는 점과 국내 차 재배지의 유황 필요량은 최소 한 연간 20kg/ha라는 사실이 밝혀졌다.

유황은 특히 제품의 품질에 중요한 영향을 주는 것으로 밝혀졌다. 차를 재배하는 동안, 세 개의 잎을 제외한 썩을 속아 주면 품질이 좋은 새싹의 생산량을 가장 많이 올릴 수 있다. 즉 최대의 생산량을 낼 수 있다(두 개의 잎을 제외하고 25% 이상의 새싹을 속아 주는 것). 이 세 번째 잎에 집중된 차는 'pekoe-souchong'이라고 하는 프리미엄차이며, 두 개의 중요 화학성분인 폴리페놀(18%)과 차 카페인의 농도가 상대적으로 높다. 폴리페놀은 처리를 하는 동안 차 향의 품질을 결정하는 테아플라빈과 테아루비진으로 화학적 성질이 변화된다. 헥타 당 20kg의 유황을 사용한 토지에서 거둔 차의 경우는 테아플라빈과 테아루비진의 농도가 다른 것보다 높다는 것이 밝혀졌는데, 이두 가지의 주요 화학성분은 줄기의 강도와 맛, 향에 영향을 주고 고급 차 원액이 밝은 호박색/붉은색을 띠게 하는 역할을 한다.

o 유황 함유 비료

아시아, 특히 중국에서는 유황이 과석(SSP)에 가장 많이 사용된다. 다른 주요 유황 공급 원은 황산암모늄(AS)이다. 그 외에도 칼륨이나 황산마그네슘, 다양한 대량 화합물 같이 그에 못지 않게 주의를 끄는 유황 함유 비료들이 많이 있으며, 기초 유황도 직접 또는 유황의 방출을 억제하는 점토인 벤토나이트의 형태로 사용되어 왔다. 일부 회사에서도 유황을 입힌 요소를 공급한다.

표 2에는 상업적으로 이용 가능한 주요 유황 함유 합성물이 나타나 있다.

(단위 : % w/w)

비 종	질소질	인산질	가리질	유황
Ammonium sulphate	21	-	-	24
Ammonium phosphate sulphate	16-20	20	-	15
Gypsum/Phosphogypsum	-	-	-	13-18
Elemental sulphur	-	-	-	85-100
Single superphosphate(SSP)	-	16	-	12
Potassium sulphate	-	-	50	18
Zinc sulphate	-	-	-	15
Iron pyrites	-	-	-	18-20

이 외에도 여러 가지 영양 물질이 있는 다양한 합성 비료를 사용할 수 있다.

화학원소 S와 황철광을 제외한 모든 원소는 서서히 용해되어 황산염의 형태로 이용할 수 있으며, 식물을 이 황산염을 유황의 형태로 흡수한다. 화학원소 S와 황철광은 황산염으로 산화된 후에 식물에 흡수된다. 이런 현상은 자연적으로 일어나지만, 3~4주가 소요되기 때문에 황산을 사용하려면 시기적으로 신중해야 한다. 등급은 이제 보다 빠르게 산화되는 더 작은 입자 크기로 이용이 가능해지고 있다.

하지만 지금 아시아의 유황의 주요 출처는 여전히 황산암모늄과 과석이며, 이 두 가지 출처에서 나오는 것이 아시아에서 소비되는 유황의 75%에 해당한다.

황산암모늄(AS)는 아시아의 아주 광범위한 지역에서 사용되고 있는 반면에, SSP는 중국에 집중되어 있으며 인도와 베트남에서는 그보다 적은 양이 사용된다.

o 황산암모늄

황산암모늄(AS)은 가장 오래된 비료 중의 하나이다.

처음에는 19세기에 산업국가에서 코크스로(爐)와 가스 작업을 하는 과정에서 발생하는 부산물의 형태로 산업용으로 생산되었다. 황산암모늄을 이용할 수 있게 되었다는 것은 비료로 각광을 받게 되었다는 것을 의미한다. 황산암모늄은 한때 선진국에서 질소 비료의 주요한 공급원이었다.

oo

20세기 초에 암모니아 합성물질을 발견함으로써 암모니아와 황산에서 합성 황산암모늄을 생산할 수 있었으며, 이러한 경로는 점차로 황산암모늄 산업을 지배하게 되었다. 1960년대에는 전체 황산암모늄의 ¾는 그러한 ‘자발적인’ 합성을 통해 생산되었다. 하지만 합성 섬유, 특히 나일론-6이 생산되면서 제3의 황산암모늄 생산 방법이 개발되었으며, 합성 섬유의 생산 과정에서 발생하는 평생품으로서 특히 카프로락탐 및 메틸 메타크릴레이트의 매개 물질의 역할을 한다.

황산암모늄 생산 방법에는 다음과 같은 다섯 가지의 주요한 방법이 있다
한 세기 이상 이용된 것과 같이 코크스로(爐)에서 생산하는 방법, 카프로락탐 생산의 부산물의 형태로 생산하는 방법, 암모니아와 황산을 직접 합성하는 방법, 암모니아로 처리한 황산화물이 풍부한 후단 가스에서 생산하는 방법. 1980년대에는 합성 섬유 생산량이 급격하게 증가하면서 ‘자발적인’ 황산암모늄 합성이 전체 생산량의 47%까지 떨어졌지만, 평산은 33%까지 성장했고 가스 부산물은 20%로 상대적으로 안정적이었다. 20세기 말에는 AS의 ‘자발적인’ 생산이 시장의 10%만 떨어졌다. 세계의 황산암모늄 생산은 지난 20년 동안 실질적으로 정체 상태였으며, 이 시기에 요소의 생산은 세 배 이상 증가했다.

AS에는 단위당 상대적으로 높은 유황 함유량이 있을 뿐만 아니라, 비료로서 몇 가지 유익한 특성이 있다. AS는 질산암모늄 및 요소와 다르게 흡습성이 아니다. 그렇기 때문에 특히 열대지역에서 사용할 수 있는 것으로 생각되고 있다. AS의 높은 유황 함유량은 차와 쌀, 감귤류의 과일, 덩굴식물 같은 작물에 사용하는 데 적합하다.

o 과석

그 외에 단일 과인산석회도 오랜 역사가 있는 비료이다.

SSP의 경우, 영국이 특허권을 보유한 것은 1842년으로 거슬러 올라가며, 공장에서는 다음해에 런던 동쪽의 Deptford에서 그 비료를 생산하고 있었다. SSP 생산은 비교적 간단하며, 황산이 있는 인광석과 물을 반응시켜 잔류 시간과 온도를 통제하는 상태에서 고체 형태의 제품을 생산한다. 제품은 대부분 황산 칼슘(석고)이 있는 제1인산 칼슘 및 제2인산 칼슘, 제3인산 칼슘이다.

AS와 마찬가지로, 아주 높은 분해 비료는 점차로 SSP를 대체하는 수년 동안 개발되었으며, 중파인산석회와 삼중파인산석회(TSP)부터 생산하기 시작해서 마찬가지로 인산을 필요로 하는 암모늄과 이인산암모늄을 생산했다. SSP는 보다 높은 분해 비료를 생산할 수 있는 기술을 입수하기 힘든 몇 개 국가에서만 널리 사용되고 있다. 하지만 다시 말해서 유황결핍이 점점 크게 인식되는 문제가 되고 있기 때문에, 사람들은 다시 SSP를 주목하기 시작했다. 예를 들어 오스트레일리아에서는 바로 올해에 SSP의 르네상스라고 할 수 있는 호황을 누렸다.

SSP가 토양(약산성)에 함유되어 있는 토양 습기와 화학물질과 접촉하게 되면 인산염 이온이 방출되어 뿌리에서 직접 흡수하거나 토양 광물 및 유기 물질의 표면에 고착된다. 인산염은 토양 입자 속으로 흡수되지만, 특히 이질 성분은 뿌리에 의한 영양분 제거에 대한 저항력이 강하며 천천히 방출되기 때문에 사용하는 해의 과인산에 대한 일반적인 뚜렷한 반응과 다음 해의 반복 사용의 필요성이 있다.

♣ 일요일은 우리의 영혼을 세탁하는 날입니다. 일요일은 우리로 하여금 멀 거리에서 삶을 바라보게 해주지요. 삶을 살아가는 일이 예술 작업이기도 하다는 것을 보여주는 기회입니다. 일곱 날 중에 하루를 우리는 한 걸음을 끌어어서 자신이 놓아가는 속에 품을 뒤집어 놓고 바라보는 것입니다.

< 노아별사의 빙장 속 야곱의 영혼의 양식 중에서 >