§§

- 작물과 토양화학(황) -

자료원 : 한국토양비료학회의 계간지인 토양과비료중에서
농업과학기술원의 김유학 님 자료 인용

시작하며

작물이 토양으로부터 흡수하는 양분을 알아보았다. 토양의 황은 토양에서 강산으로 작용하면서 황의 고유한 특성 때문에 토양관리 상태에 따라 다른 양분의 행동에 많은 영향을 준다. 특히 환원이나 시설재배지의 경우 황의 행동을 알아야 실농을 막을 수 있다.

토양에서 황과 같은 강산의 행동을 알게 되면 시설재배를 마음 놓고 할 수 있을 것이다. 이번 달에는 황과 관련된 내용을 조명하고 작물과 토양화학편을 마무리하고자 한다.

토양의 황은 ?

황의 해리상태는 산화상태에서는 황산이온(+6가)으로 환원상태에서는 황(-2가)이온이다.

황산은 H_2SO_4나 HSO_4^-보다 SO_4^{2-}로 존재하여 염류와 반응을 잘하는 특성이 있어 염류와 짝을 잘 이루는 원소이다.

그래서 염류가 많은 토양에서 아주 중요한 원소이다.

소농도는 0.02%~0.4% 정도(평균 0.14%)로 분포하고 있다고 알려져 있다.

또한 황은 산화수가 6가에서-2가로 바뀌는 특성이 있어 산화환원 반응이 심하게 일어나는 경우도 매우 중요하다.

§§§

토양의 황은 얼마나 있나?

황은 지각에 600ppm이 있고 토양에는 30에서 10,000ppm(평균 700ppm)까지 분포하고 있다.

우리나라는 강우에 세탈되는 조건이므로 황은 물에 잘 녹아 나오기 때문에 바닷가나 간척지 등에 많이 있다.

그래서 바닷가가 아닌 토양에서는 황이 많지 않으며 지역적으로는 옛날 바다에서 융기한 경상도 지역은 대체로 많은 편이고 나머지 지역은 매우 적다.

우리나라 토양의 유효유황은 약 100mg kg^{-1} 전후로 있다.

토양의 황은 밭에서는 용탈되므로 밭보다 논에서 약 3~4배 많이 있다.

일반적으로 수질이 오염되면 황의 함량이 많아지고 황공급량도 많아진다.

토양에서 황은 어떤 형태로 있나?

황은 산화상태에서는 황이 산소와 결합한 황산이온의 형태로 존재하며, 환원상태에서는 황이온의 형태로 존재한다.

황산이온이 많으면 짝이온인 수소이온이 많아지므로 에너지가 매우 낮은 상태가 된다. 그래서 물에서 고체상태로 있는 원소도 황산용액보다는 운동에너지가 높아 용액으로 녹아 나온다. 황산이 에너지가 높아 물질을 녹이는 줄 알았었는데 에너지 관점에서 보면 황산이 에너지가 낮아 여러 가지 물질이 잘 녹는 것을 알았다.

황산이온은 토양이 심하게 환원되면 황이온으로 된다. 황이온은 양이온과 강하게 결합하여 침전을 이루고 주로 흑색을 띠고 있으므로 환원이 심한 논의 흙색은 짙은 회색에서 검은색으로 된다.

황산이온이 황이온으로 변하는 중간에 아황산이온이 있다. 그래서 환원이 심한 논에서는 달걀이 썩을 때나는 냄새와 비슷한 아황산가스가 동시에 방출된다.

토양에서의 황의 행동

토양에서 황의 행동을 살펴보면, 밭토양은 산화상태이므로 황은 주로 황산의 형태로 있고

잘 녹아 나오며 논의 경우도 대부분 산화상태의 황산이온으로 토양의 화학반응에 참여를 한다.

그러나 환원이 심한 논에서는 황이온까지 변한다.

황이온은 양이온과 산소가 없는 상태로 결합을 하므로 매우 강한 결합을 한다.

그리고 황의 행동을 pH에 따라 살펴보면 pH가 낮아 아주 강한 산성이 되면 황산은 계속 $SO4^{2-}$의 형태로 행동을 하지만 아황산은 아황산가스로 바뀌고 황이온은 황화수소가스로 바뀐다.

이처럼 황은 산화환원반응에 따라 이온의 형태가 달라지고 산염기 반응에 따라 상태가 달라진다.

황산은 에너지가 낮아 여러 양이온과 결합을 잘하는 특성이 있어 토양용액에서 양이온은 황산과 결합한 이온쌍으로 된 형태가 가장 많이 있다.

토양용액의 pH가 높아지면 용액의 에너지상태가 높아져 많은 황산염은 침전된다.

특히 칼슘과 결합한 석고는 pH가 낮을 때는 녹지만 pH 7부근에서는 침전이 된다.

비료를 시용할 때 부성분으로 같이 들어가는 황산이 비교적 많이 시용된 시설재배지에서 pH가 높아지면 칼슘의 흡수가 저해되는 것은 이 때문이다.

그래서 시설재배지 농가에서 칼슘제제를 많이 사용하고 있는 것이다.

또한 황은 알루미늄과 철이 잘 녹지 않는 염을 형성한다.

강산으로서의 황산, 질산, 염산

작물이 죽고 사는 것은 삼투압과 관계가 있고 강산은 모두 해리되므로 삼투압에 크게 영향을 준다.

토양의 강산은 황산과 질산 그리고 염산이 있는데 이를 잘 살펴보는 것도 농사에 매우 중요하다. 작물을 재배할 때 강산의 행동은 제각각이다.

염산의 행동은 초지일관 같다.

염산에 의하여 염농도가 높으면 갯벌에 작물이 없는 것과 같이 처음부터 작물이 아예 자라지 않는다.

질산에 의하여 염농도가 높으면 토양에서 질산은 질소가스로 환원이 되기 때문에 염소보

다 작물에 미치는 정도가 약하다.

황산은 토양에서 일부는 환원된 상태로 일부는 염의 상태로 있어서 초기에는 작물에 영향을 주지 않지만 토양이 산화되면서 황산근이 생길때 영향이 크게 나타난다.

토양에 강산이 많으면 탄산이나 유기산과 같은 약산의 행동에 크게 영향을 준다.

대표적으로 토양에서 탄산이 철과 결합하여 철의 행동을 제어하는데 강산이 많으면 탄산을 밀어내고 철과 결합하면서 철의 용해도를 급격하게 증가하게 하여 문제가 생간다.

그래서 강산이 많으면 좋지 않은 현상이 나타난다.

작물이 이용하는 토양의 황

작물은 대체로 황을 SO_4^{2-}의 형태로 흡수를 한다.

작물은 삼투압에 의하여 흡수를 하므로 이온으로 된 황산염이 작물에 가장 잘 이용된다.

황은 물에 잘 녹기 때문에 작물이 이용하는 토양의 황은 무기황이 대부분인데 총 황함량의 14~23%의 범위이다.

작물은 유황을 필요로 하는데 매년 300평에서 2kg을 흡수하고 많을 때는 3~7kg까지 흡수하는 것으로 알려져 있다.

토양의 유황함량은 토양의 특성보다는 작물재배관리에 따라 크게 영향을 받기 때문에 비료로 들어가는 황의 양이 얼마나 되는지를 잘 따져 보아야 한다.

비료의 시용과 황

황은 비료를 줄 때 알게 모르게 토양으로 많이 공급되고 있다. 황을 함유하고 있는 비료는 많이 있는데, 질소비료로는 유안(황산암모늄)이 있고 인산비료로는 부성분으로 석고($CaSO_4$)가 있는 과석이 있고 이를 사용한 용과린을 들 수 있다.

그리고 농가에서 가장 많이 사용하고 있는 복합비료를 들 수 있다. 복합비료의 경우 증량제로 석고 등이 사용되므로 황이 들어있다.

황은 토양의 에너지 상태를 크게 낮추기 때문에 황이 많이 집적되면 작물이 광합성한 에너지를 일부 사용해야 하므로 작물이 잘 자라지 못하게 된다.

§§

우리나라 토양의 경우 간척지나 해성토를 제외하면 황의 함량이 많지 않으므로 노지 토양의 경우 황의 효과가 있고 시설재배지의 경우 황의 효과가 초기에는 잘 나타난다. 그렇지만 시설재배지의 경우 황이 집적되어 작물이 광합성한 에너지를 사용해야 하는 상황이 되면 작물에게 피해가 나타난다.

이 상황을 연작장해라 부르는데 특수양분의 결핍도 있지만 작물에서 토양으로 에너지가 흘러 나가기 때문에 작물이 장해를 나타내게 되는 것이다.

시설재배지에서 비료가 좋다고 함부로 많이 사용하면 곧 실농할 것이란 것을 의미하는데 실제로 비료를 많이 주는 시설재배지 농가에서 이런 문제가 많이 생기는 것을 많이 보아왔다.

황이 없으면 작물이 잘 자라지 못하는데 황이 많아도 작물에게 피해가 오는 것을 알 수 있다.

토양의 황과 작물생육

작물생육에서의 황의 역할은 주로 전자와 관련된 기능이 많고 함황 아미노산으로서 단백질의 구조적 안정에도 기여를 한다.

황은 또 acetyl CoA의 성분으로 지방과 지방산 대사에 매우 중요한 역할을 한다.

황이 작물에게 필요한 양이 공급되지 않으면 황화되는 것이 어린잎에서 질소결핍 증상과 비슷하게 나타나는데 노엽에서 나타나는 질소결핍과 차이가 있다.

작물의 황의 농도는 질소의 농도와의 비(N/S)로 정하는데 맥류의 경우 N/S비는 70~80이 황 공급의 기준이다.

토양의 황이 아주 많을 경우 피해가 나타난다.

또한 황은 아황산가스로 대기중에 120g/m^3 이상 있을 때 일년생 작물에게 피해를 주는데 나무종류는 50g/m^3 이상에서도 유해하다.

토양의 황과 특이산성

논토양이 환원되면서 생기는 철이 유기물의 분해로 생기는 탄산에 의하여 탄산철이 되기

때문에 철의 농도가 높지 않아 벼가 자라게 된다.

토양에 강산이 많다고 하면 어떻게 될까?

강산중의 염산은 처음부터 벼를 자라지 못하게 하였을 것이고, 질산은 환원되면서 탈질되어 퇴장하고, 황산은 환원상태의 황이온이 황산이온으로 바뀌면서 강산으로서의 제힘을 발휘한다.

그래서 강산들 중에 유독 황산만이 철과 탄산의 결합을 깨뜨려 벼거 자랄 수 없는 특이산성토로 되게 한다.

이런 특이산성토는 강산의 힘을 줄일 수 있는 석회를 시용하여 문제를 해결하여 왔다.

우리나라 토양의 유효 유황은 약 100mg kg^{-1} 전후로 있는데 반해 특이산성토양의 경우 표토는 800mg kg^{-1} 정도이나 심토로 갈수록 높아져 30cm 하부에는 3,000mg kg^{-1}을 넘는 것으로 보고되어 있다.

따라서 특이산성토는 토양을 개량하고 작물재배 중에는 물관리가 매우 중요하다.

마치면서

황은 양이온이 잘 공급되도록 도와주고 있네.

황이 없으면 작물의 생육은 말짱 황이 된다. 그렇다고 황을 너무 많이 주어도 말짱 황이 되니 황의 제어가 참으로 어렵구나

그래서 한가지 양분을 많이 주면 다른 양분이 부족하게 되니 양분을 과용하지 않아야 하는 것이 마지막 결론이다.

작물은 모든 양분을 적재적소에 배치하여 골고루 역할을 다하게 하는 것을 보면 참으로 군자를 많이 닮았다고 생각된다.

한가지 양분이 모든 기능을 다해주기를 바라는 소인된 마음을 버리는 것이 바로 토작이리라!

(끝)