

《 화학토론자료 가이드 》

대치마스터

주제	하버의 질소비료 제조과정, 장단점, 질소비료가 환경에 미치는 영향
요약	각각 다음 자료를 참고해주세요. 자료 1. 하버의 질소비료 제조과정 자료 2. 질소비료가 환경에 미치는 영향 추가 자료가 필요하시다면 언제든지 문의주세요. 감사합니다 :)

자료 1. 하버의 질소비료 제조과정

요약

- 비료의 주성분인 질소는 공기 중의 질소 삼중결합을 끊어 만들어야 했다.
- 수소와 질소를 결합해 암모니아를 얻는 화학식은 다음과 같다: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$
- 그러나, 질소의 삼중결합을 끊으려면 높은 온도가 필요했고, 온도가 높아지면 발열 반응이 잘 가지 않아 암모니아의 생산이 어려웠다.
- 프리츠 하버는 높은 온도와 압력을 가하고, 촉매인 오스뮴을 사용해 반응이 잘 이루어지도록 만들었다.

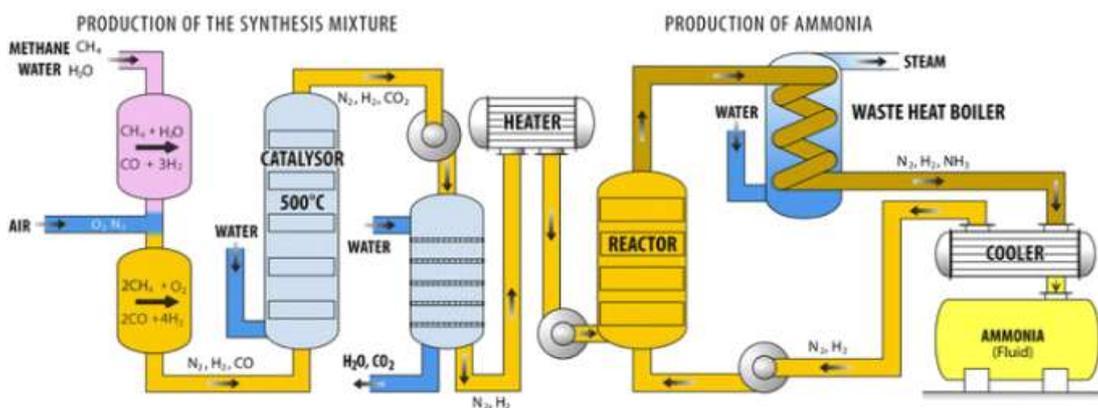
비료를 만들기 위해서는 질소가 필수적이었다. 대기 중에 질소가 그리 많은데 무슨 걱정이냐, 하고 생각할 수도 있다. 문제는 대기 중의 질소가 N₂ 형태의 이원자분자로 존재하는데, **두 개의 질소원자가 삼중결합으로 단단히 묶여 있다는 사실이다.** (중략) 3중 결합은 결합력이 강하기 때문에 질소 분자에서 질소 하나를 떼어내는 이 쉽지 않다. 그 결과 질소 기체는 매우 안정적인 불활성의 기체이다. 이 때문에 생명체나 농작물에 질소를 원활하게 공급하는 것이 어렵다. 이를 위해서는 불활성의 질소 분자를 반응성이 높은 다른 질소 화합물로 바꾸는 과정이 필요하다. 이 과정을 질소고정이라 한다.

바로 이 문제를 해결한 사람이 독일의 화학자 프리츠 하버이다. 하버는 1868년 프러시아 제국의 브레슬라우(지금의 폴란드 브로츠와프)에서 태어났다. 핏줄은 유대인이었으나 하버 자신은 독일인으로서의 정체성이 훨씬 더 강했다. 20세기가 시작된 직후 하버를 포함해 독일의 화학자들은 **수소(H₂)와 질소(N₂)를 결합해 암모니아(NH₃)를 얻는 방법 ($N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$)**을 연구했다. 암모니아는 합성비료의 원료로 즉시 사용할 수 있다. 세 분자의 수소와 한 분자의 질소를 반응시키면 두 분자의 암모니아를 얻는다. 이를 화학반응식으로 쓰면 아주 간단하지만 실험실에서 이 과정대로 암모니아를 얻기는 쉽지 않았다. 이 반응의 난점은 발열반응이라는데 있었다.

우선 공기 중 질소 분자의 3중 결합을 쉽게 깨려면 높은 온도가 필요하다. 그러나 이 반응은 발열반응이어서 르샤틀리에의 법칙에 따라 온도가 높을수록 역반응이 우세해 암모니아의 공급율이 떨어진다. 르샤틀리에의 법칙이란 화학평형상태의 어떤 화학계에서 외부요인을 변화시켰을 때 그 화학계는 외부의 변화를 상쇄시키는 방향으로 새로운 평형점을 찾아간다는 법칙이다. 발열반응에서 온도를 높여주면 온도가 낮아지는 방향, 즉 역반응이 우세해진다.

수소와 질소를 반응시켜 암모니아를 얻는 과정은 이런 난점 때문에 공급율이 좋지 않아 상업화에 적합하지 않다고 여기는 과학자들이 많았다. 그러나 하버는 높은 온도와 함께 무려 200기압 안팎의 높은 압력을 가하고 오스뮴을 촉매로 사용해 암모니아 공급율을 극적으로 높일 수 있었다. 이때가 1909년으로 하버는 독일 카를스루에 대학에 재직 중이었다. 하버는 이미 한 해 전 세계적인 화학기업인 바스프(BASF)와 계약해 후원을 받고 있었다.

The Haber Bosch Ammonia Process



자료 2. 질소비료가 환경에 미치는 영향

요약

비료로 토양에 유입되는 질소 성분은 암모니아(NH3), 아산화질소(N2O), 질소산화물(NOx) 등의 온실 기체를 만들어낸다.

가끔 흠먼지를 날려보내는 것 외에는 대기오염과 무관할 것으로 보이는 농경지도 그런 배출원 가운데 하나다. 미국 데이비스 캘리포니아대 연구팀은 지난달 31일 학술지 <사이언스 어드밴시스>에 **캘리포니아 농경지의 질소산화물(NOx) 순배출량이 캘리포니아주 전체 질소산화물 배출량의 20%에 이른다**는 연구 결과를 보고했다. 이들이 계산해낸 농경지 기원 질소산화물 배출 비중은 자동차 기원 배출 비중(36%)의 절반이 넘는 것이다.

일산화질소(NO)와 이산화질소(NO2)로 대표되는 질소산화물은 대기 중에서 2차 미세먼지와

오존을 형성하는 대기오염물질로, 자동차나 산업시설·발전소 등의 연료 연소 과정에서 주로 배출된다고 알려져 왔다. 연구팀은 캘리포니아의 농경지를 거대한 질소산화물 배출원으로 만드는 주범으로 농경지에 뿌려지는 비료를 지목했다.

농경지에 비료로 과도하게 투입된 질소 성분이 토양 미생물에 분해되는 과정에 강력한 온실가스인 아산화질소(N_2O)가 만들어진다는 사실은 널리 알려져 있다. 하지만 그 과정에 질소산화물도 배출된다는 사실은 대기관리 정책 담당자들로부터 그다지 주목받지 못했다. 국립환경과학원은 대기오염물질 배출량 통계에 농업 부문 대기오염 물질로 비료 사용과 축산 분뇨에 의해 발생하는 암모니아(NH_3)만 포함시키고 있다.

김득수 군산대 환경공학과 교수는 “비료로 토양에 많이 유입되는 질소 성분이 암모니아나 일산화질소, 이산화질소 등의 대기오염물질로 바뀌어 오존이나 2차 미세먼지 농도를 높이는 부분은 미국이나 유럽 등에서 이미 20~30년 전 연구가 됐지만, 더 우선적으로 해결해야 될 오염물질에 밀려나 있었다”며 “이제는 이처럼 조금 도외시하거나 간과했던 부분들도 찾아 메울 필요가 있다”고 말했다.

요약

질소비료의 과잉 사용은 토양의 산성화, 병해충을 일으킬 수 있으며, 유실된 질소비료가 바다나 강으로 흘러가면 부영양화 현상을 일으켜 녹조/적조가 일어날 수 있다.

사실상 질소비료를 농지에 살포할 경우 유실되는 양은 평균적으로 70%나 되고 있다. 인산·가리성분도 거의 90%가 불용해성으로 흡수되지 못하고 하천이나 강, 바다로 흘러들어가고 있다. 화학비료의 유실이 해가 갈수록 많아지니 유실되는 양만큼의 화학비료를 더 뿌려야 된다, 그러다 보니 토양은 더욱 산성화가 심해지면서 화학비료의 유실이 더욱 촉진되고 있다. 이와 같이 흙이 굳어감으로써 작물의 뿌리내림이 건전치 못하고, 유기물 부족에 의한 양분흡수 불량으로 생육이 부진해진다. 더욱이 지속적인 산성화로 병균이나 해충이 많이 번식되게 되어 차차 병해충이 만연해지자 한손으로는 화학비료를 뿌리면서 다른 한손으로는 병해충을 잡기 위한 농약을 뿌리게 되는 것이다.

유실된 70%이상의 화학비료성분이나 농약성분은 강으로, 댐으로, 바다로 흘러들어 물속에 양분이 많아지는 부영양화현상을 초래하였다. 이로 인하여 이끼류나 프랑크톤의 무한한 증식으로 강이나 댐 바닥이 썩고 바다에 적조현상이 나타나 어패류가 떼죽음을 당하고 있는 것이다. 그래서 화학비료의 유실을 철저히 막아 현재 사용량의 30%만 사용하되 전량 흡수시킬 수 있는 유기농법을 조속히 적용시켜야 죽음의 바다로 변화하는 것을 막을 수 있다.

[참고 문헌 및 관련 자료]

[1] [사이언스N사피엔스] 공기로 빵을 만든 사람

<https://m.dongascience.com/news.php?idx=53357>

[2] 비료의 또다른 얼굴...질소산화물 뿜어내는 오염배출원

<https://www.hani.co.kr/arti/society/environment/833657.html>

[3] 죽음의 바다로 만들어 가고 있는 화학비료

<https://www.idjnews.kr/news/articleView.html?idxno=18856>