



- 작품과 토양화학(질소) -

자료원 : 한국토양비료학회의 계간지인 토양과비료중에서

농업과학기술원의 김유학 님 자료 인용

시작하며

작물이 토양으로부터 많은 양분을 흡수하는데 이중에서 가장 많이 흡수하는 것이 질소이다. 토양구성 성분중에서 토양질소가 차지하는 비율은 대체로 1%를 넘지 않는다.

또한 토양질소는 대부분 유기태로 존재하고 있어서 작물에게 공급되는 토양질소의 양을 알아내려면 유기물의 분해를 반드시 고려해야 한다.

유기물이 분해될 때 질소는 무기화되어 작물에 공급된다. 그래서 작물이 토양으로부터 흡수하는 질소의 양은 유기물의 분해반응과 분해산물과 토양과의 화학반응을 고려하여야 알아낼 수 있다.

토양의 질소는 얼마나 있나?

토양의 질소는 대기권에 약 280조톤이 있고, 암석권에는 이보다 적은 14조~57조 톤이 있으며, 수권에는 71억~240억 톤이 있으며, 육상식물에는 5.7억 톤이 있다.

토양중에는 115억~125억톤 정도 존재하는데 토양의 질소농도는 0.02%~0.4% 정도(평균 0.14%)로 분포하고 있다고 알려져 있다.

토양의 질소는 어떤 형태로 있나?

토양의 질소는 95% 이상이 유기태로 존재하고 있으며 작물이 쉽게 이용할 수 있는 무기태 질소는 5% 정도이다.

토양교질에 흡착된 무기태 질소는 작물에게 일부만 흡수된다. 질소비료를 주지 않아 벼가 질소부족인 경우에도 점토가 많은 토양에서 무기태질소가 측정되는 것은 이를 뒷받침하고 있다. 그래서 점토가 많은 식질토양은 지속적으로 무기태 질소를 공급할 수 있는 것이다.

벼농사는 토질로 짓고 밭농사는 퇴비로 짓는다라는 옛말이 생각난다.

토양의 유기태 질소는 토양유기물에 있는 질소이다. 토양에 있는 유기물은 대체로 식물잔재와 이를 분해한 미생물로 이루어져 있고, 식물과 미생물 중의 질소는 대부분 단백질이다. 그래서 토양의 유기태 질소의 많은 부분이 단백질이 차지하고 있다.

작물이 이용하는 토양의 질소

작물은 주로 무기태 질소로 흡수하며 무기태 질소는 암모니아태 질소($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)와 질산태 질소($\text{NO}_3^- - \text{N}$)가 있다.

벼는 암모니아태 질소를 밭작물은 질산태 질소를 잘 흡수한다고 한다. 여기서 한가지 짚고 넘어갈 것이 있다. 왜 이 말이 나왔을까? 그렇다면 벼가 질산태질소를 싫어할까? 아니다. 모든 작물을 무기태 질소를 잘 흡수한다.

벼가 암모니아태 질소를 잘 흡수한다는 것은 질산태 질소를 흡수하지 못하는 것이 아니라 논에서는 질산태 질소가 대부분 탈질되기 때문에 질산태질소 비료의 효과가 없기 때문이다.

그렇다면 밭작물은 왜 질산태 질소인가? 밭 토양에서 질산태 질소는 용액으로 모두 녹아 나오므로 작물을 질산태 질소를 잘 흡수할 수 있는 것이다.

암모니아태 질소는 토양에 흡착된 후 토양용액(밭에서는 아주 적은 양)으로 조금씩 녹아 나오기 때문에 작물이 흡수할 수 있는 양이 적기 때문이다.

밭작물도 비료를 주면 암모니아태 질소로 녹아나온 만큼 많이 흡수한다. 즉 암모니아태 질소도 용액으로 녹아나오면 흡수한다는 점을 알 수 있다.

첨가되고 있는 것이 현실이다

For more information about the study, please contact Dr. Michael J. Hwang at (310) 206-6500 or via email at mhwang@ucla.edu.

토양에서 공급되는 질소는

토양에서 공급되는 질소는 무기태 질소중 토양용액으로 녹아나오는 양이다. 토양용액으로 녹아 나오는 질소는 흡착된 질소가 탈착되기도 하지만 대부분 유기물이 분해되면서 무기화되어 나오게 된다.

또한 토양유기물이 분해되면서 토양유기물의 구성 성분인 질소가 무기화되어 나오게 된다. 토양유기물이 분해되는 과정을 잘 파악하면 질소가 무기화되는 양을 더욱 정확하게 알 아낼 수 있다. 유기물이 분해되는 과정은 토양의 화학반응과 밀접한 관계가 있으므로 토양의 질소 공급은 토양 화학반응의 체계 하에서 설명하여야 가능하다. 필자는 토양유기물이 분해되어 질소가 공급되는 것을 토양화학반응의 관점에서 제시한 적이 있다. 이를 소개하고자 한다.

질소무기화에 대한 토양유기물의 분해 요인

- 토양유기물 함량

토양에 사용되는 유기물의 종류와 토양 환경조건에 따라 토양유기물의 분해 양상이 다르다. 그러나 우리나라에서는 주로 벗짚과 가축분에 의한 퇴비를 사용하였기 때문에 토양유기물의 상태가 일정하여 토양유기물에서 분해되어 무기화되는 질소의 양은 토양유기물의 함량에 따라 비례적으로 일정하였다.

그래서 작물에 대한 질소비료 추천량은 토양유기물 함량으로 계산하고 있는 것이다. 현재는 풀밥과 기타 다른 물질이 많이 사용되어 앞으로 이를 감안하여야 할 시점이 다가온 것 같다.

- 사용 유기물의 종류

토양에 시용되는 유기물의 종류에 따라 토양유기물의 분해와 양분공급에 대한 특성이 달라진다.

예를 들면, 톱밥이나 파쇄목 등으로 만든 일부 퇴비는 유기물함량은 아주 높으면서 토양에서 분해가 더디게 일어난다. 우리가 표준으로 삼고 있는 벗짚이나 가축분으로 만든 퇴비와 분해양상이 다르다. 그래서 유기물의 종류에 따라 분해되는 질소의 양을 알아내어 사용하는 유기물에 따른 시비추천을 달리 해야 한다.

For more information about the study, please contact Dr. John Smith at (555) 123-4567 or via email at john.smith@researchinstitute.org.

세계적으로 토양으로 분해되는 질소의 양을 측정하여 유기물 종류별로 분해되는 양과 분해속도를 수학적인 모델을 이용하여 구하여 이용하고 있다. 여러 종류의 유기물에서 분해되는 양을 각각 알아낼 수 있다면 시용하는 유기물에 따라 비료추천이 가능하다.

그러나 유기물의 종류가 많고 유기물의 기능이 복잡하여 많은 어려움이 있다.

그래서 유기물을 달리 주었을 때 시비추천 방안이 제시되지 못하고 있다. 앞으로 이 분야는 많은 연구가 진행되어야 할 분야인데 유기물 화학으로 풀어 나가야 가능할 것이다.

(우리나라의 토양화학분야가 너무도 취약하여 유기물 화학은 엄두도 못 내고 있는 실정이라! 지금 늘어나고 있는 유기농업을 위한 방안을 경험적인 방법에 의존하고 있는 현실이다 복잡한 유기물의 행동을 한가지 조건에서 나온 결과를 여러 조건에 적용하는 것이 어려우므로 유기물에 대한 시험결과가 많아야 한다. 필자의 생각으로는 유기물 화학이 유일한 방안인데 이에 대한 기술이 어려워 유기농업을 하는 사람들의 욕구를 충족하지 못하는 것이 아쉽다.)

- 유기물의 부숙상태

토양유기물의 분해는 유기물의 부숙상태에 따라 달라진다. 미숙유기물을 예를 들어 설명해보자. 미숙유기물이 분해되면 미생물이 필요로 하는 질소보다 적은 양이 무기화된다. 토양미생물이 토양으로 무기화되어 나온 질소뿐 아니라 오히려 토양의 무기태 질소를 이용한다. 그래서 작물이 이용할 수 있는 질소가 부족하여 질소기아현상이 일어난다.

한 예로 안성군 일죽에서 월드컵때 우리선수들에게 햅쌀을 제공하기 위하여 하우스에서 벼를 키우는 데 벼가 크지 않는다는 관내 농업기술센터의 담장자의 연락을 받고 현장을 방문해보니 미숙유기물을 넣고 벼를 재배하여 질소기아현상이 눈앞에 펼쳐져 있었다. 그래서 적절한 양의 질소비료를 추천하여 무사히 수확할 수 있었다.

좀 더 빨리 알았더라면 벼가 더 잘 영글어 꿈★은 이루어 졌을텐데.....

그리고 미숙유기물이 분해되면서 생긴 전자와 수소에 의한 반응이 진행되는데 pH가 높으면 암모니아 이온에서 암모니아 가스가 생기고 전자에 의하여 토양 양분이 환원되면 양분 불균형이 초래된다. 토양에서 미숙유기물이 분해되면서 생기는 생육이상 증상은 우리 주변에 너무 많이 일어나고 있는 현상이다. 만약 시용할 유기물이 미숙유기물인지 의심이 가면 아무리 돈 주고 구입한 것이라 하더라도 이를 다시 부숙시켜 사용하여야 한다.

[View Details](#) | [Edit](#) | [Delete](#)

코로 냄새를 맡으면 미숙유기물은 대개 악취가 난다. 암모니아가 악취니까!!!! 코는 두었다
이런데 한번씩 써면 폐농은 막을 수 있는데 ^.^

- 녹과 밭에서의 유기물분해

벼농사는 토질로 짓고 밭농사는 퇴비로 짓는다. 왜 이런 말이 나왔을까?

일반적으로 논에 사용한 유기물은 담수의 영향으로 빨리 분해되어 1년을 넘기지 못하는 반면에 밭에 사용한 유기물은 더디게 분해되어 심할 경우 3년 이상도 지속된다고 한다.

그래서 밭에 시용한 유기물은 양분공급을 지속적으로 공급할 수 있는 것이다. 그렇다면 유기물을 논에 넣을 때와 밭에 넣었을 때 어떤 차이가 날까? 이런 물음이 오랫동안 나의 머리를 떠나지 않았었다. 이 물음에 대한 해답은 알루미늄편에서 이미 제시한 바 있지만 한번 더 간단히 설명하여 보자.

토양에 유기물을 사용하면 유기물중의 음이온은 토양에 많이 있는 알루미늄과 키페이트 반응을 한다. 알루미늄은 토양에서 양이 많지만 해리되어 나오는 비율은 매우 적다. 그래서 밭 토양은 토양용액으로 포화되어 있지 않아 아주 천천히 알루미늄과 결합을 하는 반면 논의 경우 토양용액이 포화되어 있어 알루미늄과 결합이 매우 빠르다.

토양유기물이 알루미늄과 칼레이트를 하면 분해가 매우 더디게 일어난다. 왜냐하면 알루미늄과 결합한 유기물이 분해되면 알루미늄이 토양용액으로 많은 수소이온을 방출하여 미생물 활동을 억제하기 때문이다.

우리나라와 같은 논토양에서 알루미늄과 결합하고 있는 유기물의 비율은 전체 토양유기물 중 절반이상을 차지하고 있다. 많은 양이다. 왜 논에 유기물을 연용하면 일정 수준이상 올라가지 않게 되지만 밭토앗은 지속적으로 올라가게 될까?

논에 유기물을 사용하면 알루미늄으로 결합한 부분을 제외하고는 일정한 양만 제외하고는 모두 분해된다고 생각된다. 그렇지 않으면 밭토양과 같이 계속 올라가야 하는데!!!

- 토양의 종류와 유기물분해

유기물을 토양에 시용하면 토양의 종류에 따라 유기물분해 특성이 다르다. 그래서 같은 유기물을 토양의 종류가 서로 다른 토양에 넣으면 그 양상이 달라진다.

우선 토양의 종류에 대한 설명부터 해보자

[View Details](#) | [Edit](#) | [Delete](#)

미숙토양은 아직 숙답(전)화 되지 않은 토양으로 대체로 점토함량이 많으면서 유기물이 적어 붉은 색을 띠는 토양이다. 미숙토양의 에너지 상태가 철이 산화되는 정도로 낮은 상태이다. 미숙토양에 유기물을 넣고 여러해 경작하면 토양의 색이 점차 환원되면서 회색으로 변하면서 보통답(전)으로 변한다. 이때 색이 변하는 것은 유기물의 에너지가 토양의 화학 성분중 철을 환원시키기 때문이며 토양의 에너지 상태가 올라간다.(토양의 생산력이 토양의 에너지 상태와 관련이 있는 부분이다.) 사질토양의 경우 유기물에 의한 환원이 빨리 일어나는데 반해 식질토양은 산화된 철이 많아 더디게 일어난다. 그래서 점토함량이 적은 사질토양은 붉은 색을 띠는 경우가 드물다. 유기물이 적은 미숙토양은 생산력이 낮기 때문에 생산력을 높이기 위하여 유기물 사용을 권장하는 것이다.

토양의 특성에 따라 유기물함량도 차이가 있는데 대체로 식질토양이 사질토양보다 유기물 함량이 높다고 알려져 있다. 또한 토양의 점토는 토양용액의 질소를 흡착하기 때문에 점토는 토양유기물 분해 뿐만 아니라 분해산물의 반응(흡탈착 등)에도 영향을 준다. 그래서 토양의 종류는 유기물분해와 밀접한 관계를 가지고 있다.

토양의 종류와 인산

인산은 토양과 같은 음이온이기 때문에 토양의 종류에 큰 관계가 없을 것 같지만 차이가 크다.

토양으로부터 해리되어 나오는 알루미늄과 철의 함량이 점토가 많을수록 많기 때문에 인산을 수용할 수 있는 양이 달라진다.

그래서 점토가 적은 모래땅에 인삼을 많이 시용하면 문제가 더 많이 생긴다.

이산은 토양의 종류에 따라 달리 주어야 할까? 필자는 그렇다고 생각한다.

앞으로 해결해야 할 과제이다.

토양유기물 분해산물의 화학반응에 따른 질소무기화

- 수소이온과 전자

토양유기물이 분해될 때 생기는 수소이온과 전자는 밭토양에서는 산소에 의하여 물로 바뀐다.

Journal of Clinical Anesthesia, Vol. 12, No. 6, December 2000, pp. 555-556
© 2000 by the Society of Clinical Anesthesiologists. 0898-2603/00/1206-555\$15.00/0

산소의 유통이 좋으면 분해속도가 빨라지는 것을 알 수 있다.

토양유기물의 분해는 미생물에 의하여 이루어지므로 미생물에 적절한 수분과 공기가 필요함을 알 수 있는 대목이다.

논 토양에서는 담수로 인하여 공기의 유통이 차단되어 토양의 화학성분이 수소와 전자를 소비하여 환원되고 용해도가 증가하게 된다. 그래서 수소와 전자의 소모 속도가 유기물의 분해속도와 관계가 깊다. 대체로 논의 유기물은 초기에는 물의 온도가 차기 때문에 미생물의 분해속도가 느리지만 여름을 지나면서 대부분의 유기물이 분해되는 것을 볼 수 있다. 이때 벼가 필요로 하는 많은 양의 질소가 공급되는 것은 자연의 설리일까? 진화의 결과일까!!

- 이산화탄소

토양유기물이 분해될 때 생기는 이산화탄소는 밭토양에서는 대기로 확산되는데 이때의 확산속도가 빠르면 분해가 잘 일어나게 된다. 그러나 논토양에서는 환원시 용해도가 증가한 원소와 결합을 하여 이를 원소의 해리도를 매우 낮아지게 하는 특성이 있다. 그래서 벼가 자랄 수 있다. 가끔 논 써례질을 심하게 하여 토양이 모두 분산되어 미생물활동이 더디게 되면 환원에 의한 유해성분이 필수 원소의 흡수를 방해하여 벼가 잘 자라지 못하게 된다.(여러학자는 이 현상을 과교반에 의한 환원장애로 본다.)

또한 냉수가 용출되는 토양과 같이 온도가 특이하게 낮은 토양의 경우 이와 유사한 현상을 볼 수 있다. 이는 온도가 낮으면 환원은 일어나지만 미생물활동은 미미해진다. 그래서 이산화탄소의 공급이 미미하여 환원으로 해리도가 증가한 유해성분이 필수성분의 흡수를 방해하여 생육부진 현상이 일어난다.

토양유기물의 부하에 대한 속도론적 해석

- 토양의 질소포기화 솔도는 ?

토양유기물이 분해되는 속도가 작물에게 질소를 공급하는 속도이므로 토양유기물 분해 속도를 구하는 연구가 많이 수행되었다. 토양유기물의 분해속도는 유기물의 분해과정과 유기물분해산물이 소모되는 과정이 함께 고려되어져야 한다.

For more information about the study, please contact Dr. John Smith at (555) 123-4567 or via email at john.smith@researchinstitute.org.

그러나 지금까지 세계적으로 유기물의 분해과정만 고려하고 있다.

밭토양의 경우에는 분해된 질소가 작물에 많이 이용되기 때문에 잘 맞는다.

그러나 논과 같은 경우에는 반드시 유기물 분해산물이 소모되는 과정이 같이 고려되어야 한다.

필자는 논토양에서 유기물 분해산물의 소모를 동시에 고려한 모델을 제시한 적이 있다.
논 토양에서 분해산물의 소모에는 유기물 함량 뿐만 아니라 점토함량과 유효 규산함량 등
이 관련되어 있었다.

- 토양의 질소무기화 가능량(Potential)은?

토양에서 무기화되는 총량을 안다면 토양을 관리하기 얼마나 좋을까?

현재 질소가 무기화 될 수 있는 가능량을 속도론적 해석으로 수학적인 모델을 이용하여 계산하고 있다.

이 모델을 이용하기 위하여 초기 항온하면서 수개월동안 여러차례 무기태 질소를 분석한다. 질소가 무기화될 수 있는 가능량은 이 모델에서 무기화 속도상수와 같이 계산되는데 대체로 분석된 무기태 질소의 총누적과 거의 비슷한 값을 가진다.

토양의 질소 무기화 가능량을 알아내는 간단한 방법이 있으면 그것이 가장 좋은 분석방법이다. 질소의 무기화 과정은 토양화학반응과 관계가 있을 뿐만 아니라 미생물과도 관련이 있기 때문에 화학적 침출액에 의한 무기태 질소의 함량과 많은 차이가 있다.

그래서 여러 가지 방법이 제시되어 있지만 이렇다 할 방법은 찾기 힘들다. 필자는 토양중에 질소의 가장 많은 부분이 단백질이고 미생물에 의하여 분해되는 질소가 중요하기 때문에 단백질 분해효소를 이용하여 분해되는 질소가 토양의 질소 무기화 가능량과 관계가 있다는 실험결과를 얻었었다

앞으로 몇가지 보완하여 실용화 하도록 노력하고 있다. 또한 앞으로는 토양화학반응단계별로 질소의 무기화되는 양을 알아내어야 최적의 토양의 질소관리 방안을 찾을 수 있을 것이다.

토양중 무기티질소의 혼동

- 무기티질소의 흡탈착

토양의 무기태 질소는 작물의 생육에 매우 중요한 지표이다. 토양으로부터 분해되거나 비료로 공급되어 토양용액에 무기태 질소가 많으면 일주일 후의 벼의 색깔이 달라진다.

토양으로 분해되어 나온 무기태 질소는 토양에서 여러 가지 반응을 한다. 이중 한가지 반응이 토양교질과의 흡탈착반응이다.

토양용액으로 무기화된 질소는 많은 부분이 흡착을 한다.

그런데 질소를 시비하지 않은 논에서도 일정량의 무기태 질소가 측정되는 것으로 미루어 보면 흡착된 무기태 질소는 작물에 서서히 이용되는 것으로 보인다.

또한 유효규산의 함량이 많으면 무기태질소와의 결합이 많아지므로 질소비효과 더 필요하다. 이 사실에서 규산과 질소가 결합된 형태는 작물에게 질소를 서서히 공급할 수 있을 것으로 짐작해 볼 수 있다.

필자는 완효성비료는 단백질이나 규산-암모늄으로 만들면 좋겠다라고 생각해 본 적이 많다.

- 암모니아테질소의 질산화 작용

질산화작용은 암모니아태 질소가 질산태 질소로 산화되는 과정이다.

밭토양에서는 이 과정이 작물에게 질소를 공급하고 토양의 상태를 유지하는데 매우 유리한 반응이다. 토양에 질산태질소가 존재하는 조건이면 밭작물도 무럭무럭 자라는 조건이다.

많은 시설농가에서 질산칼륨을 살포하는데 이것은 토양의 상태를 작물이 건전하게 자라는 조건을 유지하게 해주는 역할을 하는 기능이 있다. 물론 질소의 공급도 결들여서 알고 뿐 리고 있었을까? 아니면 좋으니까 뿌릴까? 밭토양에 질소비료로 암모니아태 질소를 주로 공급하고 있다.

그런데 배수가 불량하여 산소의 공급이 원활하지 않아 질산화작용이 잘 일어나지 않는 토양에 질산테 질소를 시용하는 것도 한가지 방법일 것이다. 이때 질소비료의 효율은 매우 떨어지는 단점도 있으나 토양의 상태가 유지되는 장점이 있다.

- 질산태질소의 탈질 작용

질산태 질소가 질소가스로 바뀌는 과정이 탈질이다.

질산태 질소는 에너지 상태가 낮은 화합물이다. 밭의 조건에서 존재할 수 있는 정도이다.

그러나 논은 에너지 상태가 높은 상태이고 질산태 질소는 논과 같은 에너지 상태로 진행하는 것이 자연적인 반응이다.

그래서 질산태 질소는 탈질된다. 그러나 논에서는 담수로 인하여 질산태질소가 잘 생기지 않지만 생성된 질산태 질소는 대부분 탈질된다. 이런 이유로 논으로 재배하는 곳의 지하수는 대체로 질산태질소가 적다.

물을 담수하기 전의 논은 호기성 미생물과 혐기성 미생물이 많이 있다. 이때 물을 담수하면 미생물 수가 급격히 감소하여 혐기적 조건에서 살 수 있는 미생물만 관찰된다.

이 두 가지 현상을 연결하여 탈질 미생물이 질산태 질소를 탈질한다고 한다. 그러나 화학적으로 보면(필자의 생각) 논에서 담수시 질산태 질소가 탈질되는 반응은 자연스런 반응이고 이 반응에서 발생하는 산소를 이용하면서 살 수 있는 미생물만 남게 된다. 이들 미생물이 협기미생물이고 이중에 탈질균이 있다.

- 무기태질소의 휘산

암모니아태 질소가 pH가 높을 때 암모니아가스로 변하여 대기로 날아가는 과정이 휘산이다. 그래서 무기태 질소중 휘산되는 질소는 암모니아태 질소이다.

예로부터 비료주고 3일 안에 논물이 흘러 나가면 비료기가 나간다는 말이 있다. 이 말에 숨어 있는 뜻은 3일 동안은 논물에 암모니아태 질소가 녹아 나온다는 뜻이 된다.

실제로 비료를 주고 담수하면 토양중의 암모니아태 질소 농도가 높아지나 몇일 지나면 농도가 낮아진다. 여기서 한가지 중요한 것은 논물의 pH를 살펴보자.

논물의 pH를 측정하면 온도다 높은 날에는 pH가 올라간다. 심지어 10이상까지 도달한다. 이때 논물에 있는 암모니아테 질소는 암모니아 가스로 날라갈 수 있는 조건이 된다. 이때 휘산되는 암모니아 가스는 바람의 속도가 빠르면 당연히 휘산되는 양이 많아진다.

우리나라의 논에서 측정한 휘산은 시비한 질소의 약 16%정도가 날라간다는 보고도 있다. 밭에 시비한 질소질 비료는 물에 녹지 않아 알갱이체로 있다 비가 오면 녹아 토양으로 들어가게 된다. 그런데 비닐위에 비료를 뿌려 비료가 낭비되고 오히려 환경을 오염시키는 경우를 본다. 참 안타까운 일이다.

어떤 나라는 비료값이 비싸 사용하고 싶어도 못쓰는 판에 이렇게 낭비를 하다니!!!!

나라에서 비료값에 국고를 지원하지 않으면 어떻게 될까? 전체 농민을 보면 지원해야 하지
만 비료를 막 뿌리는 사람을 보면 환경오염이되니 이제 그만 두어야 하지 않을까?

- 무기태질소의 용탈

토양에서 무기태질소가 용탈되는 경우는 대부분 질산태 질소이다. 암모니아태 질소는 거의 용탈이 되지 않는다.

논에 비료를 쏟아 놓고 물을 대면 그 비료가 논 전체로 고루 퍼질까? 아니다. 몇 m 못간다. 왜냐하면 토양은 음이온으로 하전되어 있어 양이온인 암모니아태 질소를 그냥 보내주지 않는다.

이 말은 암모니아테 질소는 용탈이 잘 되지 않은다는 것을 뜻한다.

그러나 몇 m 간 것은 암모니아태 질소가 포화되면 용탈이 일어날 가능성이 있다는 말이다.

질산태 질소는 음이온이라 물따라 그냥 통과한다고 보는 것이 옳다. 그래서 밭에 질소질 비료를 주면 토양에서 질산화작용으로 질산태질소가 생성되는데 작물이 필요로 하는 양보다 많이 주면 무조건 물따라 용탈이 된다.

즉 밭에 비료를 많이 주면 지하수가 오염된다. 지금 우리나라에서 지하수를 파면 십중 팔구는 질산태 질소가 검출된다. 우리세대들도 벌써 오염이 된 지하수를 먹게되니 우리 후손은 어떻게 될까? 무리태 질소의 용탈은 우리가 비료를 적절하게 사용하여야 한다는 것을 알려 주고 있다.

토양의 화학반응 단계와 질소무기화

자! 이제부터는 토양화학 반응단계에서 질소 무기화를 한번 알아보자.

먼저 유기물 분해단계에서의 질소 무기화는 앞에서 살펴본 바와 같이 유기태 질소의 분해량이고 이에 관여하는 요인에 대한 설명이 이 단계에서의 기술이다.

다음으로 양분의 용해와 해리단계에서의 질소무기화는 흡착과 질소가 결합된 광물에서의 해리이다. 토양에 흡착된 암모니아는 작물에게 지속적으로 공급되기 때문에 매우 중요하다.

또한 ammonio leucite 등과 같이 암모니아를 포함하는 광물이 존재하는 것은 암모니아가 점토광물의 규산과 결합을 잘하는 것으로 보인다. 이 단계에서의 질소무기화는 토양의 광물이나 규산에 의한 질소공급의 완충력에 달려있다. 이 단계의 질소무기화를 알게 되면 작물에 대한 질소 공급뿐만 아니라 환경에 대한 부하를 해결해 줄 수 있을 것으로 생각된다.

화학반응이 산화상태로 유지되는 단계의 질소 무기화는 주로 밭작물과 시설작물에 해당된다. 이 단계에서 가장 중요한 것은 질산태 질소의 행동이다. 질산태 질소는 화학반응이 환원단계로 전전되는 것을 막아준다.

따라서 토양의 질산태 질소가 없을 경우 작물에게 심한 생육이상 증상이 나타난다.

이 단계를 잘 유지하고 있는가를 알아야 성공적인 작물재배를 할 수 있다. 그래서 필자가 사용하고 있는 방법을 한가지 소개하고자 한다.

필자는 시설재배지에서 생육이상 증상이 생기면 먼저 산화환원 전위를 츠다. 동시에 간이 키트(MERCK)를 이용하여 질산태 질소의 함량을 측정한다.

산화환원전위는 작물 재배력이 달라지면 바뀌게 되지만 질산태 질소는 변함이 거의 없다. 그래서 산화환원 전위는 현재의 토양상태를 파악할 수 있는데 질산태질소로는 몇일 전에 환원상태로 전환되었음을 알 수 있다.

이렇게 하면 작물의 생육이상 증상이 환원단계로의 진전과 관계가 있는 것인지를 판단할 수 있는 것이다. 환원상태로 진전된 경우 대부분 실농으로 이어지는데 필자는 질산칼륨의 사용이 좋은 방아이라고 생각한다.

그러나 질산태 질소가 많은 경우에는 토양이 산화상태로 유지 된 경우이다. 이때 현장에서 pH를 조사한다. pH가 낮으면 질산태 질소의 농도가 높아 생긴 것이다. 이 경우에는 토양의 pH를 올려주는 것이 해결책이다

따라서 소석회 포화액을 100배 이상 희석하여 살포하는 것이 좋은 방법이라고 생각한다. 그런데 pH가 높은 경우에는 미량원소의 결핍과 암모니아 가스장해 등과 관련이 되어 있어 잡목의 증상을 포함하여 저밀지나을 해야하므로 주의 복작해진다.

토양이 화웨이상태로 치해되어 단계의 질소 무기화는 농예서의 질소 공급과 관련이 있다.

논에서는 물로 담수되어서 질소 무기화는 곧바로 벼의 흡수로 이어진다. 따라서 질소가 부족한 경우에는 황화현상이 나타나고 많은 경우에는 짙은 초록색이 되므로 금방 알아차릴 수 있다. 질소가 과급이 많으면 벼는 자 자란다.

그러나 병균을 포함한 미생물의 활동도 많아지므로 적절하게 공급해야 한다. 논토양이 환원이 심하면 유해양분의 흡수가 많아 질소와 인산과 같은 필수원소의 흡수가 방해되어 말라죽는 경우가 생기는데 염해지에서 관찰한 적이 있다. 따라서 논토양도 환원이 심하면 물을 대고 배수를 해야한다.

밭토양이 환원상태로 진행된 단계에서는 많은 문제가 발생한다. 대부분의 경우 질산태 질소가 없어 자라지를 못하다 더욱 환원되면 철의 흡수가 조장되어 고사하게 된다. 일전에 고향 농업기술센터의 담당자가 국화가 자라지 않아 식물체를 분석하였더니 망간이 많고 죽은 것은 철이 많다기에 그 이유로 위의 내용을 설명해 준 적이 있다.

토양에 탄산화합물이 생성된 단계의 질소 무기화는 농토양과 관련이 있다.

토양의 환원이 많이 진행되면 몇몇 양이온들은 중탄산과 결합하여 중탄산화합물을 생성하고 이들의 농도는 수 m 정도로 비교적 높은 편이다. 이때에는 질소 무기화도 더디게 일어나게 된다. 질소무기화를 잘 일어나게 하기 위하여 물을 빼주는 간단관계를 하게 되는데 이때 이산화탄소 분압이 낮아져 중탄산에서 탄산으로 변하면서 탄산화합물로 침전하게 된다. 이렇게 되면 유기물에서 분해되는 이산화탄소를 다시 받을 수 있어 질소 무기화가 촉진된다. 그냥 작물에 좋아서 하고 있는 방법이 다 이유가 있었다.

환원된 토양양분이 산화하는 단계의 질소무기화는 미생물의 활동이 왕성해지면서 질소가 무기화가 촉진된다. 이 때 무기화된 질소는 양분의 재분배에 관여하여 질소의 공급력이 증대되어 다음 작기의 작물에게 잘 공급될 수 있게 된다.

마치면서

작물의 생육은 질소에 달려있다 해도 과언이 아니다.

질소가 작물에게 필요한 양분뿐만 아니라 작물의 생육에 적절한 토양의 상태를 유지하는 것을 알았네.

토양의 화학반응 단계에 따라 질소가 무기화되는 양상을 접하니 더욱 더 질소가 친근해. 무기화되는 양이 많아도 안되고 적어도 안되는 것이 바로 질소였네. 빙산의 일각처럼!!

(晉)