

경직조건별 농경지 비료성분의 기동특성에 관한 칼럼 연구

최태범, 이기철,* 장윤영

광운대학교 환경공학과 · *농업기반공사 농어촌연구원 (yychang@daisy.kw.ac.kr)

<요약문>

This study is intended to give information on agricultural nonpoint source pollution and transport related to fertilizer application and irrigation practice. Field-simulated soil columns were set up and leaching studies on fertilizer components such as nitrogen and phosphorus were performed. Nitrogen and phosphorus in the leachate showed different trends in each column and nonpoint source pollution in agricultural areas may be expected to depend on planted crops, soil conditions, and climate as well as irrigation and fertilizing management.

key word : nonpoint source, fertilizer, nitrogen, phosphorus, pollution.

1. 서론

비점오염원(Nonpoint source pollution)은 불특정 다수지점을 통하여 배출되는 오염으로서, 농경지의 경우에 농약·비료의 무분별한 시비, 농지 배수나 강우시 도시부의 유출수를 예로 들 수가 있다. 이것은 복잡한 수문 과정 등 자연현상과 밀접한 관련이 있고 일간, 계절간에 변화가 크며 예측과 정량화가 어렵다. 대표적인 농경지 비점오염원은 영농활동으로 인해 주로 발생하는 부유 토사와 비료 성분인 영양염류인데, 영양염류는 직접 유출되거나 혹은 토사에 흡착되었다가 강우시에 토사와 함께 하천으로 유출된다. 외국의 경우에 하류지역에서 검출되는 영양물질의 70%이상이 비점오염원으로부터 발생하는 것으로 보고한 바 있으며, 비점오염원 중 농업활동에 기인한 것은 호소의 경우는 57%, 하천의 경우는 64%로 가장 높게 차지한다고 보고 되었다. 우리나라의 경우도 토지가 고밀도로 이용되기 때문에 비점오염원이 COD 부하량의 50% 이상을 차지하고 있으며, 폐쇄성 수역의 경우 부영양화를 일으키는 영양물질의 80% 이상이 비점오염원에 의한 것으로 보고되고 있다. 특히 비료의 경우 토양 잔류성이 높고 이동거리가 길어 주변 환경에 미치는 영향이 클 것으로 예상되어 본 연구에서는 비료를 주 대상 비점오염원으로 정하였다. 현재 국내의 농경지에서 주로 사용되는 비료를 대상으로 국내 농경지에서 시비되고 있는 평균 시비량을 파악하여 시범지역의 현장을 모사한 칼럼실험을 통하여 토양에 시비된 비료 성분의 거동과 주요 영향 인자들의 상호 연관성을 도출하고자 하였다.

2. 본 론

농경지 현장에서 발생하는 침출수 중의 비료성분 이동과 관련된 연구를 수행하고자 길이 40cm, 직경 10 cm 크기의 아크릴 재질의 칼럼 반응기를 제작하였으며 반응기 하부에는 침출된 침출수를 포집하여 분석하기 위해 유연성 배출관을 설치하였다. 여기에 현장에서 깊이별로 채취한 토양을 현장 토양조건과 동일하게 다짐하여 채워 놓았다. 이때 토양의 bulk density는 1.54 g/cm³이었으며 pore volume은 850mL이었다. 총 12개의 칼럼 모형을 제작하여 논과 밭으로 각각 6개 씩 구분하여 2개조로 실험을 하였다. 준비된 각 칼럼을 현장조건과 유사한 조건을 유지하기 위하여 높이 1 m, 직경 1m의 대형 수조를 마련하여 그 안에 설치하고 침출수 배출관은 대형수조 하부에 구멍을 낸 공간으로 빼내어 침출수를 수집하도록 하였다. 칼럼이 설치된 대형수조에 토양을 충분히 채워 칼럼 반응기의 온도를 일반적인 토양온도로 유지하도록 하였다. 이때 수조의 외벽에는 바깥 토양의 통기성을 확보하여 온도의 상승을 방지하고자 통기망을 설치하였다.

각 조의 실험조건은 우선 논외의 경우에 3개의 식재조건 칼럼에는 모를 심었으며 3개의 control 조건에는 식재를 하지 않았다. 밭의 경우에는 3개의 식재조건에 고추 모종을 심었으며 역시 3개의 control에는 식재를 하지 않았다. 실험은 무주지역의 비료 시비량 (혼합비료 86g/평, 요소비료 50g/평) 조건으로 비료를 시비하였고 논외의 경우는 일정한 높이 (5cm)로 수위 층을 유지하도록 물을 공급하였으며 밭외의 경우에는 여름 최대 평균 강수량(211ml/day)에 해당되는 물을 주기적으로 주입하였다. 침출수 시료는 일정기간별로 채취하여 침출수를 통한 비료성분의 거동을 알아보았으며, 토양분석은 식재와 비식재 조건의 각 3개씩 동일하게 마련한 칼럼을 1개월 단위로 꺼내어 토양중 비료성분 및 토양특성 변화를 측정하고자 하였다.

실험결과

먼저 식재유무에 따른 논외 밭토양 칼럼에서의 시간경과에 따른 침출수 중의 질소성분과 인 성분의 농도변화를 Figure 1에 나타내었다. 암모니아성 질소의 농도는 모든 칼럼에 대하여 1mg/L이하의 매우 낮은 값을 나타내었다. 이에 반해 토양중에서 암모니아성 질소의 생물학적 산화에 의해 생성된 질산성 질소 성분은 상대적으로 높게 측정되었다. 특히 물을 채운 논외에 비하여 미생물 활동에 중요한 통기성이 양호한 밭외의 경우에서 질산화 반응이 높게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 식물 식재의 영향을 보면 식재칼럼에서 질산화 반응이 높게 나타남을 알 수 있는데 일반적으로 유기물이 풍부한 식물 뿌리 부근의 근권 미생물 활동이 더 왕성한 사실을 고려할 때 실험결과가 이와 부합하여 나타났음을 알 수 있었다. 본 연구에서는 영양분의 식물 흡수에 대한 정량적 효과는 얻지 못하였다. 인 성분의 경우에는 특히 모를 심은 논외의 경우에 식재에 의한 인 성분의 침출 저감효과가 크게 나타나고 있다. 이러한 효과는 식물뿌리 및 분비물의 영향에 의한 토양 조건의 변화와 식물 흡수에 의한 인 성분의 감소 때문으로 사료된다. 반면에 식물의 영향이 없는 논외토양의 경우에는 일정 높이의 수위를 유지하고 있어 밭외에 비하여 상대적으로 침출수의 이동이 크며 이때 인의 침출정도도 높은 것으로 사료된다.

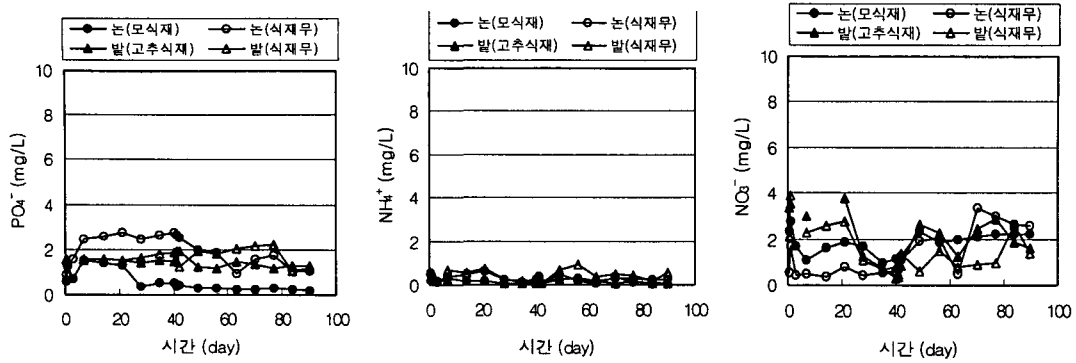


Fig. 1 시간경과에 따른 토양칼럼 침출수의 질소와 인성분의 농도변화

시간경과에 따른 식재조건별 침출수의 특성 변화를 보면 (Figure 2), 먼저 알칼리도의 경우에 초기에 점차 감소하다가 일정시간 경과 후 대체적으로 일정한 값을 나타내고 있음을 알 수 있었으며, 침출수의 pH도 알칼리도와 마찬가지로 초기에 점차 감소하다가 일정기간 경과 후 중성범위에서 큰 변화를 나타내지 않았다. 침출수중의 pH는 모든 조건에서 큰 차이가 없었으나 알칼리도의 경우는 식재의 경우가 보다 낮게 나타남을 알 수 있다. 식재토양에서의 알칼리도 감소는 뿌리를 통한 주로 저분자의 유기산인 유기물의 분비와 뿌리의 부분적 부식에 의한 것으로 사료된다. 토양내에서의 ORP의 변화를 보면 시간에 따라 모든 조건에서 점차 감소하다가 약 50일 이후부터 안정한 값을 유지하는 것으로 나타났다. 모든 토양칼럼에서의 ORP는 환원상태가 우세한 0이하의 값을 나타내었으며 이는 충분한 산소공급이 원활하지 않은 토양의 낮은 공기 투과도와 토양내에서의 토양 미생물의 활동과 직접적인 관련이 있는 것으로 사료된다.

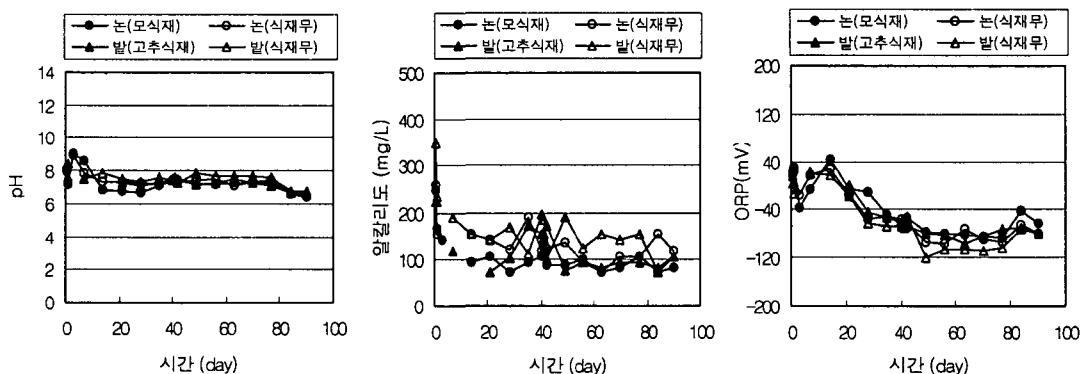


Fig. 2 시간경과에 따른 토양칼럼 침출수의 pH, 알칼리도, ORP 변화

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 연구과제로 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

3. 참고문헌

1. 환경부, "비점오염원조사 연구사업보고서", (1995)
2. 방기웅, 이준호, 유명진, "도시소유역에서의 비점오염원 유출특성에 관한 연구", 한국수질보존학회지, 13(1), pp. 79~99, (1997)
3. Ritter, W. F. and Shirmonammadi A., Agricultural Nonpoint Source Pollution, Lewis Publishers, New York, 2001.
4. 경기도보건환경연구원, 비점오염원 관리방안, 2001.