화학비료 와 유기비료 시비후 오염배출 농도 특성 비교

Comparison of Pollutant Load Discharge Characteristics with Chemical Fertilizer and Organic Compost Applications

류창원*, 신용철*, 허성구*, 최예환*, 임경재*, 최중대*
Lyou, Chang Woun · Shin, Yong Cheol · Heo, Sung Gu · Choi, Ye Hwan · Lim, Kyoung Jae · Choi, Joongdae

*강원대학교 지역기반공학과

Abstact

Organic compost has been widely applied to the cropland because it has been thought as Environmentally Sound Agriculture (ESA) in Korea. However, many field researches have been done to investigate water quality impacts of organic compost uses, compared to those from chemical fertilizer applications. It was found that pollutant loads from organic compost applied croplands were higher than those from chemical fertilizer applied areas. However, there might be other unknown factors affecting the results since the experiments were performed at the outside fields. In this study, indoor rainfall experiments using the Norton rainfall simulator systems were done to minimize and exclude errors from unknown sources by controlling soil characteristics, rainfall amount, rainfall intensity, and fertilizer treatments. The amounts of surface runoff and groundwater percolated from 10% and 20% slope plots were measured and water quality samples were collected and analyzed for BOD, COD, and T-P. Flow weighted mean concentration (FWMC) values were computed to assess effects of different fertilizer treatments. It was found that average concentration values of BOD were 5.57 mg/L from chemical fertilizer treated plot and 8.08 mg/L from organic compost treated plots. For 10% slope, FWMC BOD values from organic compost treated plots were higher by 29.9% than those from chemical fertilizer treated plots. For 20% slope, FWMC BOD values from organic plots were higher by 38.8% than those from chemical fertilizer plots. FWMC BOD values for 20% slope plots were higher than those from those for 10% slope plots. The similar trends were found for COD and T-P. In Korea, excessive use of organic compost has caused extremely high levels of organic matter contents at the cropland. Organic compost are usually applied to the cropland to improve soil quality, while chemical fertilizer is applied to help crop growth. Since organic compost is very slow in releasing its nutrients to the soil, farmers usually apply excessive organic compost for immediate effects and maximum crop yields, which has been causing soil and water quality degradations. Therefore, thorough investigations for better nutrient management plans are needed to develop the ESA strategy in Korea.

I. 서론

지난 40여년간 농약과 비료를 과다 투입하여 증산을 위주로 한 농업정책 지속되어 왔다. 이로 인해 농토는 작물을 생산하기 위한 조건에서 더욱 멀어져 갔고 더 많은 농약과 비료를 투입하지 않으면 농작물 수확을 원활히 진행시키기 어려운 실정으로 변화되어 토양오염과 수질오염의 심각한 악

2005년 한국농공학회 학술발표회 논문집(2005년 10월 28일)

순환을 가져왔다(한국환경·사회정책연구소, 2004). 우리나라에서는 1992년에 환경농업의 개념이 도입되기 시작되어 1996년에 농림부에서 「21세기를 향한 농림수산환경정책」을 수립하면서 본격적인 친환경농업 육성정책이 추진되었다(농림부, 1999 ; 한국농촌경제연구원, 2002).

친환경농업과 관행농업에 따른 오염부하 특정을 조사하기 위하여 이 등 (1999)은 만경강 인근 화학비료 처리시험포와 유기비료 처리 시험포 시설재배지에서의 지하수 수질변화를 비교분석 하였다. 화학비료와 유기비료의 시용량은 작물별 시비처방기준(NIAST,1999)에 따라 시비하였다. 화학비료 처리 시험포에서 BOD와 COD 의 농도는 각각 8.9 mg/L와 11.5 mg/L, 유기비료 처리 시험포에서 BOD와 COD 농도는 각각 20.4 mg/L와 44.5 mg/L로 나타나 유기비료 처리 시험포에서의 BOD와 COD 농도가 더 높은 것으로 나타났다. 유기농업실천농가 포장내 인산의 분포특성에 대한 연구에서는 친환경농업을 한 과수원에서 과량의 인산이 축적되어 이로 인한 토양환경 악화 초래 및 주변 수계의 부영양화 유발 가능성이 있을 것으로 예측하였다(김 등, 2000).

경작지에서의 비료처리에 대한 오염부하 특성에 관한 연구는 많이 진행되었으나 경작지에서의 실험은 토성, 강우강도, 강우량, 경사도, 그리고 일정하지 않은 자연현상 등 많은 변수가 있어 정확한 실험이 이루어지기 어려운 실정이다.

본 연구에서는 토성, 강우량, 강우강도, 경사도, 그리고 시비방법 등을 동일하게 조절할 수 있는 실내 인공강우 시험기를 이용하여, 화학비료와 유기비료를 사용한 소규모 시험포에서 주변 수계에 부영양화 유발 가능성이 있는 항목인 BOD, COD, 그리고 T-P의 농도를 비교·분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 유출시험포의 제작과 실험처리

화학비료와 퇴비 실험처리에 의해 수질에 미치는 영향을 모의하기 위하여 실내 인공강우시험기와 함께 사용될 크기 1.00 m × 1.00 m × 0.65 m (L×W×H), 경사도 10%와 20%의 소형 유출시험포(토양상자)를 제작하였다.

토양상자의 토양은 한강수계의 대표적인 토양인 양질사토로 흙의 균일성을 유지하기 위하여 체가름 하여 입경이 2 mm 이상의 토립자를 제외시켰다. 토양상자 중 하부 40 cm는 10 cm 간격으로 흙을 채우며 일정하게 다짐을 했다. 채움이 끝난 후에는 표면에 부직포를 깔고 충분한 양의 물을 공급하여 자연적으로 물다짐이 이루어지고 또한 토양이 원래의 성질을 갖도록 유도(thixotropy)하였다. 물이 충분히 배수된 후 토양상자의 표토 10 cm는 경작지의 표토상태와 유사하게 하기 위해 다짐 없이 흙으로 채웠다. 1차년도 실험에서 비료처리는 강원도 고랭지 지역의 주 생산 작물인 배추의 농촌진흥청 권장량을 사용하였으나 대부분의 농가가 권장량보다 많은 비료를 시용하는 것으로 나타나(이, 2004) 2차년도 실험에서는 농촌진흥청 배추재배 권장량의 3배를 시용하였다. 비료는 한강 상류에서 많이 소비되고 있는 요소비료, 용과린, 염화칼륨, 유기비료를 시용하였다. 실내인공강우 유출시험포(토양상자)는 작물재배없이 나지상태에서 실험하였으므로 작물에 의한 영양물질의 섭취는 고려되지 않았다. 각 토양상자에 필요한 화학비료와 유기비료는 정확하게 계량하여 실험처리에 따라 표토층 10 cm에 골고루 혼합하였다.

2. 실내 인공강우실험기의 실험

본 연구에서는 한강 유역에서 5년에 1회 1시간동안 내릴 수 있는 확률우량과 비슷한 60 mm/hr 강우강도를 모의하여 실험하였다(건설교통부, 2003). 1차년도에는 2004년 9월 9일 유기비료와 화학비료 실험처리 후 5일 (2004년 9월 14일), 25일 (2004년 10월 4일), 42일 (2004년 10월 21일), 그리고 67일 (2004년 11월 15일) 후에 인공강우 실험을 실시하였다. 2차년도에는 2005년 4월 4일 퇴비와 화학비료 실험처리 후 5일 (2005년 4월 9일), 10일 (2005년 4월 19일), 20일 (2005년 5월 10일), 30일

(2004년 6월 10일), 그리고 60일 (2005년 7월 10일) 후 인공강우 실험을 실시하였다. 실내 인공강우 실험은 토양내 함수비가 유출 및 오염부하특성에 미치는 영향을 평가하고자 전반 30분, 30분 휴지시간, 그리고 후반 30분으로 나누어 실시하였다.

인공강우시 발생되는 지표유출량과 수질은 토양상자 상단부 거터를 이용하여 수집하고 분석하였다. 지하 유출수는 상당히 오랜 시간동안에 걸쳐 이동되기 때문에 인공강우 실험 종료 시간부터 24시간 경과 후 지하수 유출량을 측정하고 수질 샘플을 채취하여 분석하였다. 지표 및 지하 유출수 수질의 분석은 BOD, COD, 그리고 T-P를 환경부 제정 수질공정시험법의 제반규정에 따라 분석하였다(환경부, 2000). 화학비료 처리 시험포 유출수와 유기비료 처리 시험포에서의 BOD, COD, 그리고 T-P의 유량가중 평균농도를 경사도별로 비교·분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 화학비료와 유기비료 시비후 BOD 농도 비교

1차년도 실험과 2차년도 실험에서 화학비료를 처리한 시험포보다 유기비료를 처리한 시험포에서의 BOD 농도가 높게 나타났다(Fig. 1, Fig. 2). 1차년도 화학비료를 처리한 시험포에서의 평균 BOD 농도는 3.69 mg/L로 나타났고 유기비료를 처리한 시험포에서의 BOD 농도는 5.58 mg/L로 나타났다. 2차년도 화학비료를 처리한 시험포에서의 평균 BOD 농도는 5.27 mg/L로 나타났고 유기비료를 처리한 시험포에서의 BOD 농도는 8.08 mg/L로 나타났다. 2차년도 화학비료를 처리한 시험포에서의 평균 BOD 농도는 1차년도에 비해 30% 증가했고 2차년도 유기비료를 처리한 시험포에서의 BOD 농도는 1차년도에 비해 30.1% 증가했다. 이는 2차년도에 농업진흥청 배추재배 권장시비량의 300%를 사용하였기 때문이다. 경사도별 차이는 경사도 20% 일때 경사도 10% 보다 화학비료 처리 시험포의 경우 1차년도, 2차년도 각각 33.63%, 5.22% 증가했고 유기비료 처리 시험포의 경우 1차년도, 2차년도 각각 30.7%, 17.2% 증가했다. 따라서 경사도가 높아질수록 유출수의 농도가 높아지는 경향을 보였다. 1차년도 경사도 10%에서 유기비료 처리 시험포의 BOD 농도는 화학비료 처리 시험포의 BOD 농도 보다 35.6% 높았고 2차년도 유기비료 처리 시험포의 BOD 농도는 화학비료 처리 시험포의 BOD 농도보다 29.9% 높았다. 1차년도 경사도 20%에서 유기비료 처리 시험포의 BOD 농도는 화학비료 처리 시험포의 BOD 농도보다 32.8% 높았고 2차년도 유기비료 처리 시험포의 BOD 농도는 화학비료 처리 시험포의 BOD 농도보다 38.8% 높았다.

유기비료 시험포에서 BOD 농도가 높은 이유는 퇴비의 유기물 함량이 80.0%로 화학비료(요소)의 유기물 함량 21%보다 높기 때문으로 판단되었다.(이, 2005).

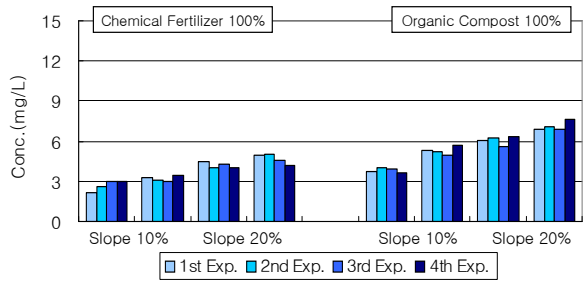

Fig. 1. Comparison of BOD concentration from chemical fertilizer and organic compost (1st year)

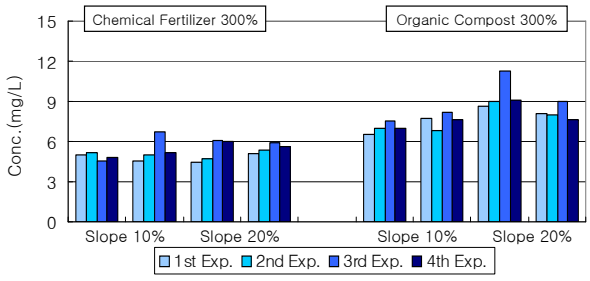

Fig. 2. Comparison of BOD concentration from chemical fertilizer and organic compost (2nd year)

2. 화학비료와 유기비료 시비후 COD 농도 비교

1차년도와 2차년도 실험에서 화학비료를 처리한 시험포보다 유기비료를 처리한 시험포에서의 COD 농도가 높게 나타났다(Fig. 3, Fig. 4). 1차년도 화학비료를 처리한 시험포에서의 COD 농도는 5.3 mg/L 이고 유기비료를 처리한 시험포에서의 COD 농도는 6.61 mg/L로 나타났다. 2차년도 화학비료를 처리한 시험포에서의 COD 농도는 7.46 mg/L이고 유기비료를 처리한 시험포에서의 COD 농도는 13.11 mg/L로 나타났다. 2차년도 화학비료를 처리한 시험포에서의 COD 농도는 1차년도에 비해 28.9% 증가했고 유기비료를 처리한 시험포에서의 COD 농도는 1차년도에 비해 49.6% 증가했다. 이는 2차년도에 농업진흥청 배추재배 권장시비량의 300%를 사용하였기 때문이다. 1차년도 유기비료를 처리한 시험포에서의 COD 농도는 화학비료를 처리한 시험포보다 19.7% 증가했고 2차년도 유기비료를 처리한 시험포에서의 COD 농도는 화학비료를 처리한 시험포보다 43.1% 증가했다. 1차년도 화학비료를 처리한 시험포에서의 경사도별 차이는 경사도 20% 일때 경사도 10% 보다 21.9% 높았고 유기비료를 처리한 시험포에서는 경사도 20% 일때 경사도 10% 보다 24.6% 높게 나왔다. 2차년도 화학비료를 처리한 시험포에서의 경사도별 차이는 경사도 20% 일때 경사도 10%보다 20% 높았고 유기비료를 처리한 시험포에서는 24.5% 높게 나왔다. 따라서 경사도가 높아질수록 농도가 높아지는 경향을 보였다. 1차년도 경사도 10%에서 유기비료 처리 시험포의 COD 농도는 화학비료 처리 시험포의 COD 농도 보다 18.2% 높았고 2차년도 유기비료 처리 시험포의 COD 농도는 화학비료 처리 시험포의 COD 농도보다 41.2% 높았다. 1차년도 경사도 20%에서 유기비료 처리 시험포의 COD 농도는 화학비료 처리 시험포의 COD 농도보다 20.9% 높았고 2차년도 유기비료 처리 시험포의 COD 농도는 화학비료 처리 시험포의 COD 농도보다 44.6% 높았다.

COD는 수중의 전 산화성 물질의 양을 측정하는 것으로서 퇴비에 함유되어 있는 많은 유기물들이 COD 농도를 높이는 것으로 판단되었다(Williams, 1980).

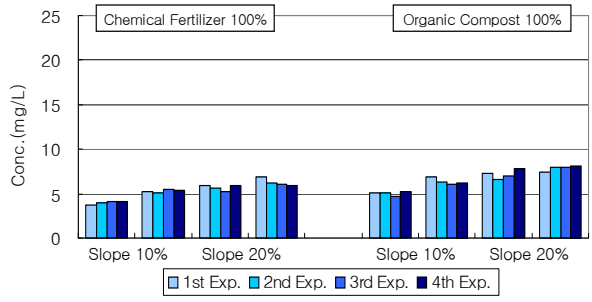

Fig. 3. Comparison of COD concentration from chemical fertilizer and organic compost (1st year)

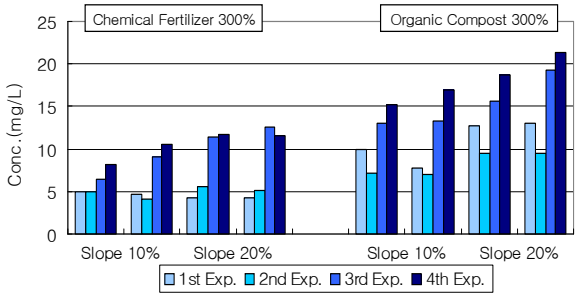

Fig. 4. Comparison of COD concentration from chemical fertilizer and organic compost (2nd year)

3. 화학비료와 유기비료 시비후 T-P 농도 비교

1차년도 실험과 2차년도 실험에서 화학비료를 처리한 시험포보다 퇴비를 처리한 시험포에서 평균 T-P 농도가 크게 나타나는 경향을 보였다(Fig. 5, Fig. 6). 1차년도 화학비료를 처리한 시험포에서의 평균 T-P 농도는 0.12 mg/L로 나타났고 유기비료를 처리한 시험포에서의 평균 T-P 농도는 0.15 mg/L로 나타났다. 2차년도 화학비료를 처리한 시험포에서의 평균 T-P 농도는 1.53 mg/L로 나타났고 유기비료를 처리한 시험포에서의 평균 T-P 농도는 2.42 mg/L로 나타났다. 2차년도 화학

비료를 처리한 시험포에서의 T-P 농도는 1차년도에 비해 92.4% 증가했고 2차년도 유기비료를 처리한 시험포에서의 T-P 농도는 1차년도에 비해 93.9% 증가했다. 또한 1차년도 유기비료를 처리한 시험포에서의 T-P 농도는 화학비료를 처리한 시험포보다 20.8% 증가했고 2차년도 유기비료를 처리한 시험포에서의 T-P 농도는 화학비료를 처리한 시험포보다 36.62% 증가하였다. 1차년도 실험에서 경사도별 차이는 경사도 20% 일때 경사도 10% 보다 화학비료 처리 시험포의 경우 33.4% 높았고 유기비료 처리 시험포의 경우 23.2% 높았다. 2차년도 실험에서는 화학비료 처리 시험포의 경우 28.2% 높았고 유기비료 처리 시험포의 경우 12% 높았다. 1차년도 경사도 10%에서 유기비료 처리 시험포의 T-P 농도는 화학비료 처리 시험포의 T-P 농도 보다 27.1% 높았고 2차년도 유기비료 처리 시험포의 T-P 농도는 화학비료 처리 시험포의 T-P 농도보다 43.4% 높았다. 1차년도 경사도 20%에서 유기비료 처리 시험포의 T-P 농도는 화학비료 처리 시험포의 T-P 농도보다 16% 높았고 2차년도 유기비료 처리 시험포의 T-P 농도는 화학비료 처리 시험포의 T-P 농도보다 30.7% 높았다.

농촌진흥청 배추기준 P_2O_5의 권장 시비량은 39.0 g/m^{2,} 이다. 유기비료의 경우 권장시비량이 P_2O_5의 양이 아닌 퇴비량으로 3000 g/m^2 으로 제시되어 있다.(한강수계관리위원회, 2003). 이(2005)가 유기비료의 성분을 분석한 결과 P_2O_5 는 2.9%로 나타났다. 이는 87 g/m^2 에 해당하는 양으로서 농촌진흥청 P_2O_5 권장시비량, 39.0 g/m^2 의 양보다 많다. 따라서 유기비료에 포함되어 있는 P_2O_5의 양이 많기 때문에 T-P의 농도가 유기비료를 처리한 시험포에서 높은 것으로 판단된다.

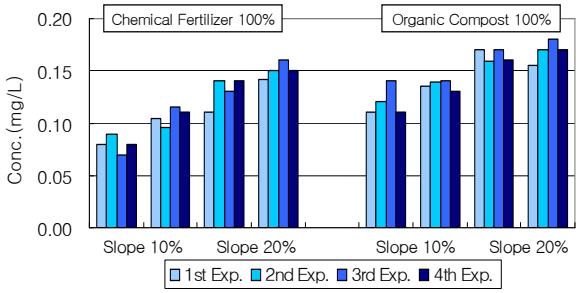

Fig. 5. Comparison of T-P concentration from chemical fertilizer and organic compost (1st year)

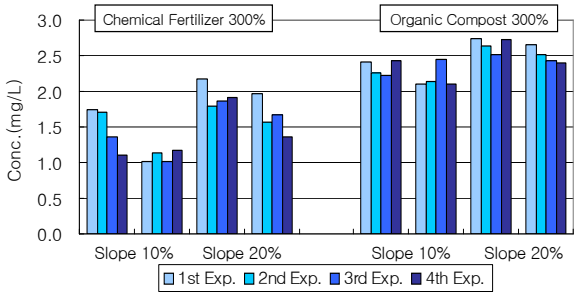

Fig. 6. Comparison of T-P concentration from chemical fertilizer and organic compost(2nd year)

Ⅳ. 결 론

본 연구에서는 1차년도와 2차년도 실내 일공강우 실험을 통해 화학비료 처리 시험포와 유기비료 처리 시험포에서 경사도별 농도 특성을 분석하였다.

유기비료 처리 시험포에서의 BOD 농도는 화학비료 처리 시험포의 BOD 농도보다 높았고 COD 농도와 T-P 농도 또한 유기비료 처리 시험포에서의 농도가 높았다. 경사도별 농도 특성은 경사도 10%일때 보다 20%일때의 농도가 높았다.

현재 우리나라의 경작지 토양상태는 무분별한 유기비료의 시용으로 인해 유기물 함량이 매우 높게 나타나고 있다(이 등, 2003). 유기비료의 특성은 작물에 의한 흡수가 빠르고 많은 양이 섭취되는 화학비료와는 달리 작물의 생육보다는 지력증진의 목적으로 쓰이는 비료이다. 또한 유기비료는 분해가 느리기 때문에 천천히 유출이 되어 과다한 시비로 인해 토양오염의 악순환이 되고 있다. 과도한 시비가 된 농경지에서 강우에 의한 유출 발생시 유출수와 유실된 토양 속에 함유되어 있는 유기물들이 하천으로 유입되어 하천의 수질오염을 초래하고 있다. 그동안 친환경 농법으로

인식되고 있는 유기비료의 시용이 과도한 시비로 인한 토양환경 악화 초래 및 주변 수계의 부영양화 유발 가능성이 있을 것으로 평가되었다.

Ⅴ. 사 사

본 연구는 2005년도 한강수계관리위원회(한강유역환경청)에서 시행한 환경기초조사사업 연구결과의 일부로 연구지원에 감사한다.

Ⅵ. 참고문헌

1. 김필주, 이상민, 박양호, 이주영, 김석철, 윤홍배, 최두희, 2000, 유기농업실천 농가 포장내 인산의 분포특성, 한국토양비료학회지, 33(4), pp.234-241.
2. 건설교통부, 2003, 통계연보.
3. 농림부, 1999, 친환경농업 시범마을 조성사업지침.
4. 이광식, 윤경섭, 김형중, 김호일, 2003, 농업용 저수지의 부영양화와 수질관리 방안, 한국환경농학회지, 22(2), pp.166-171.
5. 이경보, 이덕배, 강종국, 김재덕, 1999, 만경강과 그 인근 시설재배지 지하수의 시기별 수질변화, 한국토양비료학회, 32(3), pp.223-231.
6. 이원정, 2005, 강원도 고령지 농경지에 시용되는 부산물 퇴비의 특성 및 평가, 강원대학교 석사학위 논문
7. 이춘수, 2004, 고랭지 여름배추 재배농가의 시비실태, 토양과비료, 18, pp.9-15.
8. 한국농촌경제연구원, 2002, 지속가능한 농업발전 전략.
9. 한국환경·사회정책연구소, 2004, 친환경농업시민모니터링.
10. 환경부, 2000, 수질오염공정시험방법.
11. 황동진, 양희정, 정인영, 김종민, 정동일, 2004, 호소형 및 하천형 호수의 오염물질 거동 특성, 대한상하수도학회·한국물환경학회 2004 공동 추계학술발표회 논문집, pp.26-37.
12. NIAST, 2000, methods of soil and crop plant analysis, National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
13. Williams Horwitz, 1980, Methods of analysis of the association of official analytical chemists, A.O.A.C, pp.550-552.

2005년 한국농공학회 학술발표회 논문집(2005년 10월 28일)