

밭 비점오염부하저감 및 최적관리기법개발

김 상 민

(smkim@gnu.ac.kr)

경상대학교 지역환경기반공학과 조교수

박 태 양

(sunsal004@gnu.ac.kr)

경상대학교 지역환경기반공학과 연구원

■ 머리말

우리나라에서 비점오염은 전체 수질오염의 42%~69%(2003년)를 차지하는 것으로 산정되었다. 2015년에는 전체 수질오염의 65%~70%로 증가할 것으로 예상되고 있으며, 이중 농업비점오염원은 총수질오염량의 30% 이상에 이를 것으로 추정되고 있으나 이를 저감하기 위한 최적관리방법의 효과검증에 관한 연구는 수행되지 못하고 있다. 전국토의 25% 정도를 차지하는 농지의 비점오염원을 저감하지 않으면 농업용수의 수질개선은 물론 새만금 담수호의 수질을 확보할 수 없을 것으로 예측된다. 농경지 등에서의 비점오염물질 유출은 주로 강우와 재배형태에 따라 변동하고, 적용시기에 따라 오염부하 유출특성이 변화하므로 오염물질 정량화 및 대책 제시가 어려운 실정이며 특히 강우시 발생하는

토양유실과 탁수는 하천의 수생생태계와 상수원 수질관리에 가장 큰 영향을 미치는 영향인자로 관리의 필요성이 증대되고 있다. 밭은 논에 비하여 경사가 크고, 비료의 사용량이 많으며, 강우시 유출량이 많아 토양유실과 함께 비점오염부하가 상대적으로 매우 높게 배출되며 또한 밭의 경우 6~8월을 제외하고는 나지상태로 있어 강우시 다량의 토사와 함께 질소·인 등의 비점오염물질이 유출되고 있다. 특히 홍수기에는 하천과 호소의 탁수문제를 발생시키는 주요 원인으로 손꼽히고 있으며 관개를 실시하는 논지역과 달리 밭지역에서는 지표유출 발생이 강우시기에 일어나고 밭작물의 종류가 다양할 뿐만 아니라 재배기간, 시비량, 비료의 종류가 다르기 때문에 재배작물과 재배방식에 따라 비점오염유출 양상도 매우 다양하게 나타나고 있다. 농경지의 비점오염원 방지를 위한 방법에는 초생대, 초생수로,



그림 1. 실트펜스

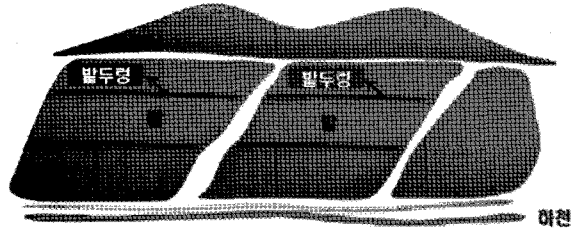


그림 2. 식생발두렁

등고선재배, 초생대, 피복작물, 실트펜스, 우회수로 및 승수로, 마구리 사면정비 등이 있으나, 우리나라에서는 이러한 농경지 대상 비점오염관리방법들에 대한 기술개발 및 체계적인 연구는 아직 미비한 실정이며, 관리기법들의 현장적용에 의한 비점오염유출 모니터링 자료도 미비하여 실제 관리기법들의 현장적용성과 효율성 검정이 제대로 되어 있지 않은 상황이다. 이렇듯 우리나라의 하천 및 호소에 유입되는 오염물질 중 약 30% 이상이 농업활동 등에 의한 비점오염원임에도 불구하고, 기존의 수질관리 대책은 대부분 하수처리장 건설 등의 점오염원 처리에 치중하고 있으며 수자원 관리를 위한 다양한 비점오염원 제어대책들이 제시되고 있으나 현장 적용사례가 부족하여 적용성 및 처리효율, 설계 및 운영관리 방안 등에 대한 세부 설계인자가 거의 없는 실정이다. 따라서 신뢰성 높은 비점오염부하 분석과 농업 및 비점오염원 특성에 적합한 최적관리기법

및 비점오염부하 제어대책이 필요하며 이를 위한 밭의 비점오염원 유출저감을 위한 최적관리방법을 실험적으로 검증하고, 농가에 보급할 수 있는 영농 기술을 개발하고 보급하여 새만금 담수호의 수질개선에 기여할 수 있는 밭 비점오염부하 저감을 위한 국가적인 연구개발이 필요하다.

■ 비점오염저감 시설

▶ 실트펜스

일반적으로 실트펜스는 건설공사장에서 홍수유출이 발생할 때 인접한 하천, 호수 등의 수질을 보호하기 위해 임시적으로 유사를 제어하기 위한 시설로

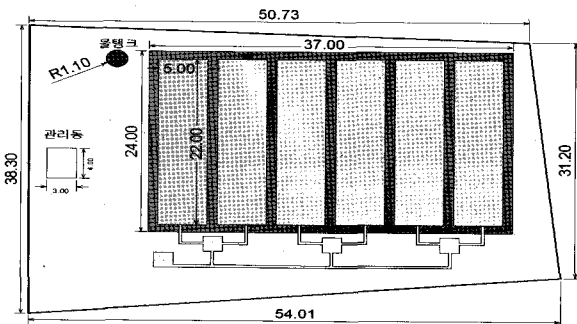


그림 3. 시험포장 조성도

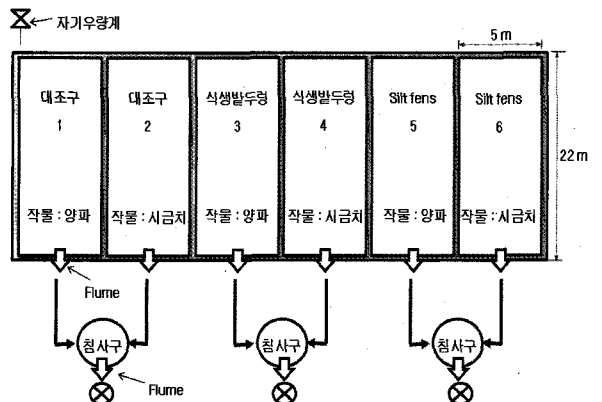


그림 4. 처리구별 오염저감시설 설치도



그림 5. 기존 발이용 현황(공재배)



그림 6. 1차 로타리 작업

합성 식물 필터를 나무나 금속 막대로 연결하여 등고선 방향으로 설치한다. 말뚝은 펜스의 비탈 아래 방향에 설치하고 합성 직물을 필터의 바다쪽으로 설치하여 홍수유출 발생시 유출수의 유속이 느려져서 펜스를 지나기 때문에 유사가 펜스에 퇴적된다. 이 실트펜스는 집중된 흐름이나 하천에서 적용될 목적으로 개발된 것은 아니며, 어떤 지역의 토양이 교란되기 전에 그 지역의 아래쪽에 설치하여 오염물질의 흐름을 제어하기 위해 설치된다.

등을 설치한 시험장에서는 상부와 하부의 침식 정도가 유사한 경향을 보인다. 일반적으로 임야와 접한 경작지와 절토 등으로 산림이 훼손된 경작지 상부에 산지에서 유입되는 빗물이 우회하여 배수될 수 있도록 수로를 설치하여 사용되어지고 있다.

▶ 식생발두렁

보통 밭의 이랑 길이는 20~30m이나 고랭지밭은 평균 100m 이상으로 경작지 상단의 빗물이 하단에 이르면 늘어난 유량과 빠른 유속으로 토양침식을 가중시킨다. 관행지구의 토양유실량은 상부에서 하부로 갈수록 늘어나는 반면 30~35m 간격으로 발두렁

■ 시험포장의 설치

▶ 시험포장 선정

실트펜스 및 식생발두렁의 비점오염원 저감효과에 대한 연구를 수행하기 위하여 시험포장을 설치할 대상지구에 대한 후보지역을 선정하였고 경사도, 토양, 작물, 접근성, 포장면적 및 주변환경 등을 고려하여 면적이 약 1,822m²(551평)으로 기존에 콩을 재배하던 부지를 실트펜스 및 식생발두렁의



그림 7. 시험포장 조성을 위한 토목공사



그림 8. 2차 로타리 작업

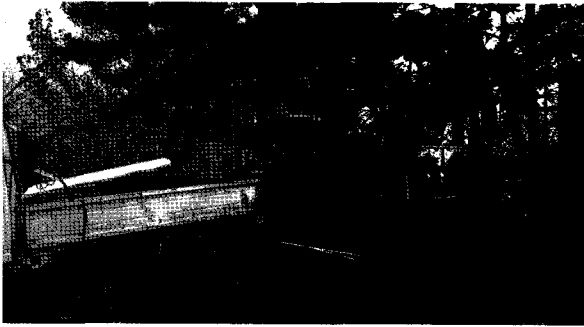


그림 9. 지하수 시설 설치



그림 10. 관개시설 설치

비점오염원 저감효과에 대한 연구를 수행하기 위한 시험포장을 선정하였다.

▶ 시험포장 배치

선정된 시험포장에 대해 대조구 2개, 처리구 4개 (실트펜스 2개, 식생발두렁 2개), 총 6개의 시험구를 각각 22×5m 크기의 3% 경사를 주어 조성하였고, 각각의 시험구 사이에는 폭 1m의 발둑을 조성하여 면적을 구분하였다. 또한 각 시험구 2개별 침사구를 1개소씩 총 3개의 침사구를 설치하였고, 각 침사구의 하부에 배수로를 설치하여 배수로 말단에 최종 침사구를 설치하여 각 침사구에서 유출되는 유량을 집수 할 수 있도록 조성하였다.

▶ 시험포장 조성

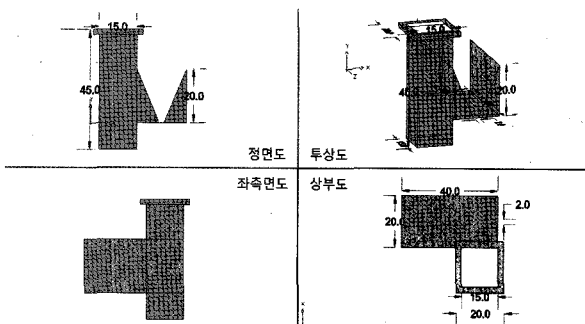


그림 11. CAD를 이용하여 작성한 플롯 설계도

토양, 작물, 접근성 등을 고려하여 선정된 시험포장 조성공사 계획 수립을 위해 기존에 콩재배를 위한 밭으로 이용되고 있는 시험포장에 1차 로타리 작업을 진행하여 부지를 평탄화를 하였다.

토목공사는 시험포장의 배치계획에 따라 구역을 나누었으며 3%의 경사도를 맞추기 위해 절토 및 성토 작업을 실시하였고, 기초적인 부지정리 후 강우시 시험포장에서 외부 도로로 토사가 유실되는 것을 방지하기 위하여 시험포장의 경사면을 완만하게 다지는 작업을 하였다.

연구 진행시 필요한 실험장비 및 연구 기자재를 보관하고, 작물재배 등 영농활동에 필요한 농기구 및 기타 시설물 보관에 필요한 장비를 보관하기 위해 3×4m 크기의 컨테이너를 설치하였다. 또한 작물재배를 위한 관개시설과 지하수시설도 설치하였으며 각종 모니터링 장비 및 지하수시설의 용이한 사용을 위하여 전기설비를 설치하였다.

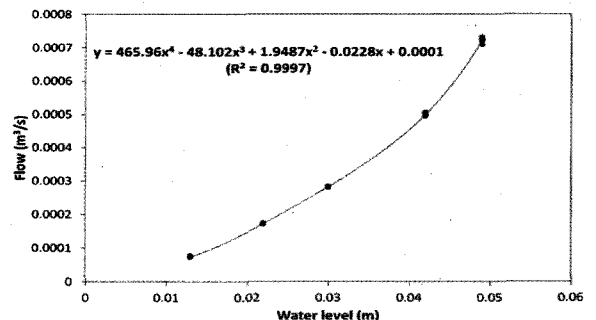


그림 12. 플롯의 수위-유량관계 곡선식

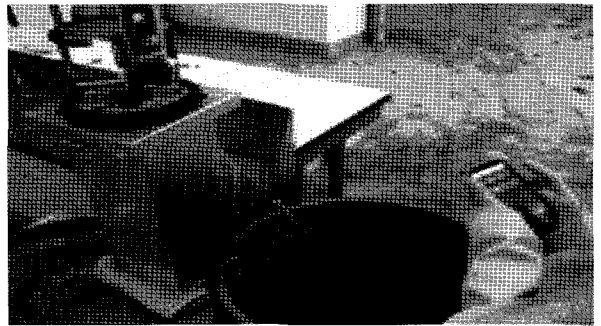
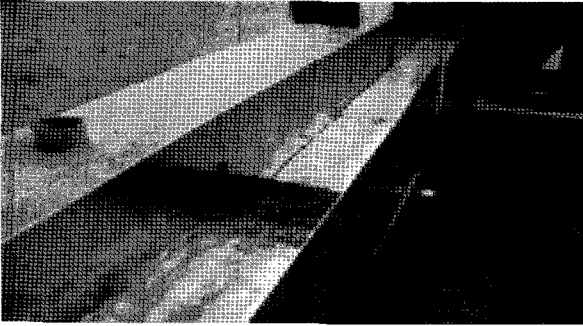


그림 13. Flume calibration을 위한 실내실험

■ 시험포장 모니터링 시설

▶ 플룸

유량을 측정하기 위하여 협착부를 가지는 수로를 하도의 액면의 높이를 측정하여 유량을 측정하는 플룸을 설치하였다. 본 실험에서는 플룸 내에 부자식 수위계를 이용하여 수위를 측정 하였으며 플룸은 받크기에 따른 유출량을 고려하여 설계, 제작하여 사용하였으며 플룸 제작을 위해 같이 설계도를 작성하였다.

수위-유량관계 곡선식은 침투 등의 유량에 영향을 주는 인자를 최소화하기 위해 실내 실험을 실시하였으며 실험 결과 플룸의 유량을 증가 시키면 수위는 일정량 증가 하였다. 실험에서의 오차를 줄이기 위하여 일정 수위에 따른 유량 측정을 5회 반복하여 실시하였으며 플룸의 실내 실험을 통해서 측정된

수위와 유량 측정값을 이용하여 수위-유량관계 곡선 및 관계식을 산정 하였다.

▶ 토양함수측정기

토양함수비에 따른 정확한 유출특성과 강우전과 강우후의 토양함수율을 분석하기 위하여 토양함수 측정기를 설치하였다. 토양함수측정기는 총 6개의 시험포에 각각 2개의 센서를 이랑과 고랑에 설치하여 시험포장별 토양함수비에 따른 유출특성을 분석하였다.

▶ 강우 및 유량측정장치

시험포장의 강우량을 측정하기 위하여 강우시 주위시설물에 영향을 받지 않는 곳에 자기우량계를 설치하고 실내실험을 통해 얻어진 수위-수량관계

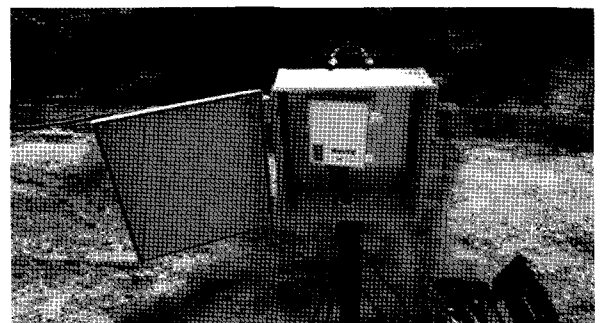


그림 14. 토양함수측정기 설치

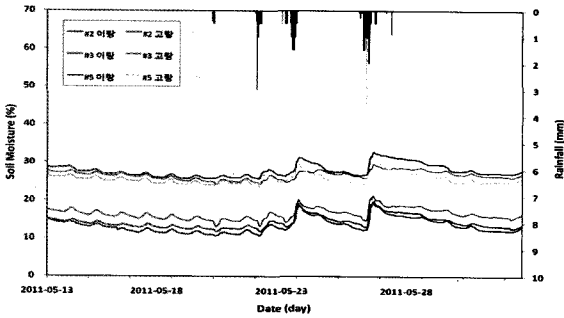


그림 15. 토양함수측정결과

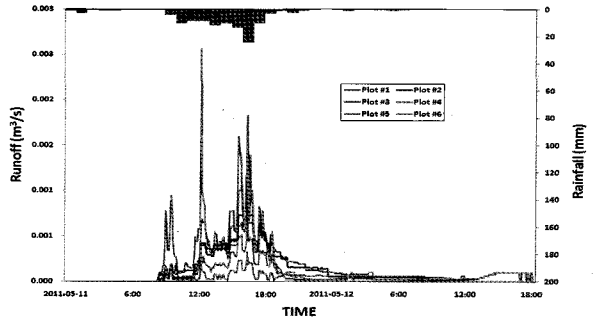


그림 18. 강우시 시험포장에서의 유출량 변화

곡선식에 필요한 플룸의 수위를 측정하기 위하여 부자식 수위측정기를 플룸의 상부에 설치하였다. 자기우량계와 수위측정기를 이용하여 측정된 시험포장에서의 강우량 및 유출량을 이용하여 강우에 따른 유출특성을 분석하였다.

■ 맺음말

본 연구에서는 다양한 규모와 형태 등의 실트펜스/식생발두렁/침사구를 설치하여 밭 비점오염에 대한 저감효과를 평가하고 이를 이용한 제어대책을 개발하여 밭 비점오염원의 저감을 위한 실트펜스/식생발두렁/침사구의 최적관리기법과 이에 대한 매뉴얼을 개발하게 된다. 본 연구를 통해 얻어진 매뉴얼은 농업비점오염원을 관리하기 위한 교육, 홍보, 정책과 제도의 개발뿐만 아니라, 물환경 보전정책의

기초자료로 활용이 가능하고 농업수자원 확보를 위한 관리방안 선정 및 정책수립에 활용할 수 있으며 새만금 유역의 비점오염원 저감 및 호소의 수질을 개선할 수 있는 효과적인 기술 제공할 수 있을 것이다. 그리고 또한 농업수자원 대책, 수리시설물 설계기준, 농업수자원 계획 등의 정책수립에 활용 및 연구에서 조사되고 개발된 BMPs를 유역에 적용하여 담수호로 배출되는 오염배출을 최소화시켜 수질의 개선에 기여할 수 있을 것이다.

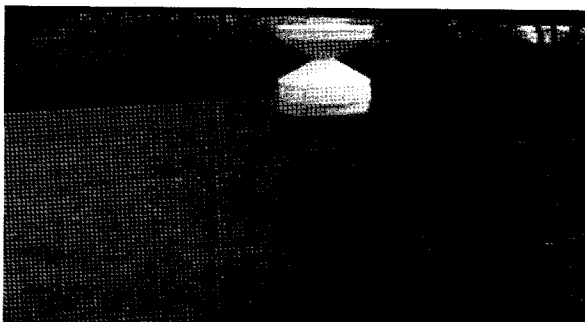


그림 16. 자기우량계 설치



그림 17. 부자식 수위측정기 설치