

실외인공강우에 의한 경사밭의 토양 유실량 모의

Simulation of Alpine Field Soil Loss by Outdoor Rainfall Simulator

신현준*, 원철희**, 김태유***, 최으뜸****, 최종대*****

Hyun Jun Shin, Chul Hee Won,
Tae Yoo Kim, Eu Tteum Choi, Joong Dae Choi

요 지

호우기간 동안 내리는 빗방울의 타격에 의해 흙 입자는 침출수와 함께 이동하여 지표 아래 공극을 막는다. 다져진 지표면은 유출과 토양 유실의 원인이 된다. 발생원으로부터 유실되는 토양을 Polyacrylamide(PAM)과 지표피복재를 이용하여 저감하는 연구를 하였다. PAM은 토양 입자의 결합력을 강화시키고 이탈을 방지하여 토양 유실을 감소시키는데 효과적이다. 이 연구의 목적은 PAM을 덧붙인 벧짚거적, 벧짚거적+툽밥, 벧짚거적+왕겨 등을 이용하여 인공강우 동안 토양 유실을 저감하는 효과를 조사하는 것이다. 실험은 1시간 동안 강우를 모의했으며, 실험 도중에 6~7회 수질 샘플을 채취하였다. 초기유출시간은 총 4차 실험 중에 2차를 제외한 나머지에서 벧짚거적+왕겨+PAM이 가장 느리게 유출되었다. SS와 탁도 항목에서 1차 실험을 제외한 나머지 실험에서 벧짚거적+툽밥+PAM이 효과적이었다. 단순히 PAM을 사용하는 것보다 잔여물(residue)을 같이 혼합한 피복재료가 토양 유실과 유출을 저감하는데 더욱 효과적인 것으로 나타났다. 본 연구 결과는 향후 농촌지역에 토양 유실저감에 필요한 자료로 활용할 수 있을 것이라 판단된다.

핵심용어: 토양 유실, PAM, 지표피복재, 유출

1. 서론

한강을 비롯한 우리나라 대부분의 하천은 오염물질의 유입으로 인한 수질악화를 겪고 있다. 특히, 02년도 태풍 '루사'로 인한 임하호 탁수문제, 06년도 태풍 '에위니아'로 인한 소양호 유역의 고탁수 장기화문제로 하천오염의 심각성이 크게 부각되었다. 오염물질이 하천 및 호수로 흘러들어 수생태계 및 수질환경을 악화시키는 근본원인으로는 비점오염원의 하천 유입이 가장 큰 부분을 차지한다. 비점오염원은 농가가축 폐기물, 농촌의 생활하수, 영농활동 및 도로, 주거지 등에서 발생하는 오염을 말한다. 그 중에서 농경지의 유기질 및 화학 비료의 직접유출이나 토사에 흡착되었다가 강우시 토사의 유실로 하천 및 지하수로 유입되는 오염물질이 농촌에서 발생하는 비점오염의 대표적인 예이다(최중대, 1998). 유출수와 함께 받

* 정회원 · 강원대학교 · E-mail : hj--yh@hanmail.net

** 정회원 · 강원대학교 환경연구소 · E-mail : mildbeau@nate.com

*** 정회원 · 강원대학교 · E-mail : kisskty1004@nate.com

**** 비회원 · 강원대학교 · E-mail : cwd-3433@hanmail.net

***** 정회원 · 강원대학교 · E-mail : jdchoi@kangwon.ac.kr

생한 토사는 결국 탁수가 되고 그대로 하천으로 흘러들어 오염문제를 일으킨다. 탁수의 발생은 경사지 밭에서 느슨한 토양이 장마철 집중호우로 인해 타격을 받아 유실되면서 일어난다(최중대, 1997). 이때 강우에 의해 타격을 받은 흙 입자는 이탈되어 토양의 공극을 막는다. 공극이 막힌 지표면(sealing)은 물을 고이게 하고 토양의 침투 능력을 저하시켜 유출을 증가시킨다(수생태복원사업단, 2009). 탁수의 근본적인 방지를 위해서는 발생원에서의 저감대책이 중요시 된다. 그 중에서 지표피복은 뛰어난 저감효율과 재료의 확보가 용이한 방법으로 국내외에서 관련 연구가 이루어지고 있다. 또한, Polyacrylamide(PAM)은 고분자 응집제로써 토양입자와 흡착하여 토양유실방지에 유용한 물질이고 이에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다(Entry, J. A., 2002). 토양유실에 효과적인 두 가지 방법을 혼용한 실험은 아직 연구가 미비한 실정이다. 이에 본 연구는 더욱 효과적인 최적관리방법(BMP)을 제안하기 위해 지표피복재인 벚짚거적과 잔여물(residue) 그리고 PAM을 이용하여 토양유실 및 유출수 저감 효과를 알아보았다.

2. 연구방법

2.1 연구 장소

본 연구를 수행한 시험포는 강원도 춘천시 신북읍 천전리에 소재한 강원대학교 농장에 있는 경사지 밭으로 선정하였다. 시험포는 폭 5 m, 길이 30 m로 면적은 약 150 m²의 크기로 4개를 조성하였다. Fig. 1은 실외인공강우를 적용할 시험포의 전경이다. 시험포의 토성은 양질사토로 실제 고랭지 밭의 흙과 같은 성질을 가졌다.



Fig. 1 Scene of outdoor rainfall simulation

2.2 실외인공강우기

실외인공강우기는 미국 버지니아 주 버지니아텍 대학교에서 개발한 VT rainfall simulator

를 사용하였다. VT rainfall simulator는 물을 시험포 주변에 설치된 알루미늄 관으로 압송하여 대형 스프링클러를 통해 분사시키는 장치이다. 실외인공강우기의 강우강도는 30~75 mm/hr 까지 모의할 수 있으며, 알루미늄 관에 설치된 압력계이치를 통해 조절할 수 있다.

2.3 연구방법

연구는 벧짚+PAM, 벧짚+톱밥+PAM, 벧짚+왕겨+PAM, 나지의 4개 시험포를 대상으로 인공강우를 통해 유출수 및 유사량의 저감을 비교하기 위해 실행하였다. 강우량의 측정을 위해 간이 강우량계를 시험포 상단부터 하단까지 균등하게 좌, 우로 한 시험포 당 6개씩 설치하였다. 실험은 1시간 동안 진행하였고 1~2주 간격으로 총 4차례 실시하였다. 유출량은 최초 유출이 시작할 때부터 2분 간격으로 실험 종료시 까지 일정 시간 유출수를 받아 측정하였다. 수질시료는 최초 유출이 발생한 시간부터 임의 채수하였다. 실외인공강우를 1시간 실행한 후 유출종료시간과 유출된 토사량을 측정하였다. SS농도는 환경부 제정 수질공정시험법에 의해 분석하였고, 탁도는 2100P Turbidimeter(HACH, USA)를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 유출량

4회 실외인공강우실험에서 측정된 평균 강우량은 각각 31.1 mm/hr, 36.9 mm/hr, 40.6 mm/hr, 44.4 mm/hr로 측정되었다. Fig. 2는 1~4차까지 유출량곡선을 나타낸 그래프이다. 유출이 시작되면서 나지와 벧짚+PAM의 시험포는 유출량이 급격한 증가를 보였고, 벧짚+톱밥+PAM, 벧짚+왕겨+PAM의 시험포는 서서히 증가하는 경향을 보였다. 특히, 초기유출시간은 2차 실험을 제외하고 모든 실험에서 벧짚+왕겨+PAM의 시험포가 가장 늦었다. 단순한 벧짚 피복과 벧짚에 잔여물을 결합시킨 피복의 차이는 유출을 지연시키는 것은 물론 유출량에서도 큰 차이를 보였다. 잔여물과 피복재의 혼합이 유속을 감소시켜 유출을 늦춰주는 효과를 보이는 것으로 판단된다.

3.2 SS 농도와 탁도

1시간의 실험시간 동안 6~7 차례에 걸쳐 채취한 수질시료의 SS 농도와 탁도는 유출이 시작된 중기에 높은 값을 보이다가 실험 중기에는 낮은 값으로 나타났다. 나지의 SS 농도는 1~4차 실험에서 가장 낮은 값을 보인 벧짚+톱밥+PAM의 수치에 비해 10~173 배의 높은 값을 보였다. 탁도의 경우, 약 14~274 배의 값으로 나지가 가장 높게 나타났다. 자연강우가 발생한 후에 진행한 실험에서는 나지와 벧짚+톱밥+PAM 시험포 간의 수치 격차가 낮게 나타났다.

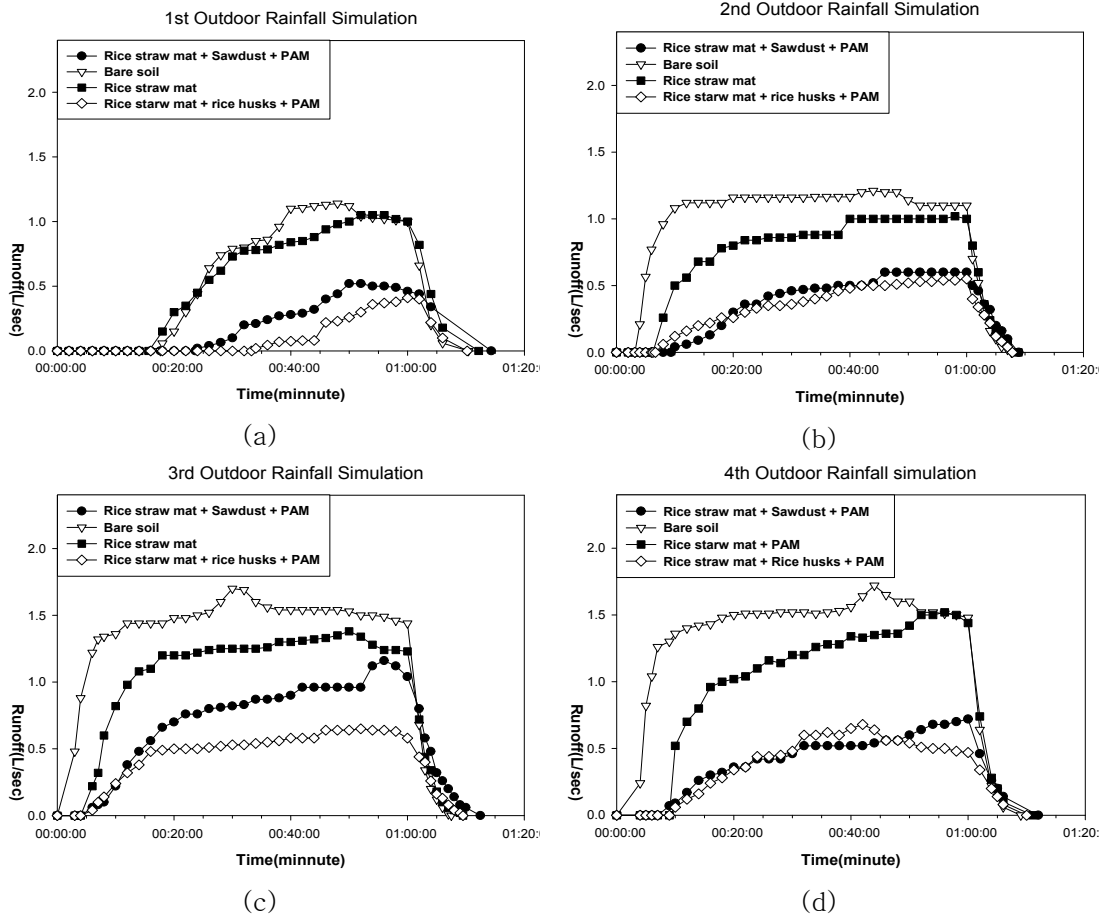


Fig. 2 Runoff curves of each rainfall simulation ((a) 1st ,(b) 2nd, (c) 3rd, (d) 4th)

3.3 유사량

실외인공강우실험이 진행되는 동안 유실된 토양은 무피복 상태의 나지에서 최소값의 약 600배의 값을 보였다. 나지를 제외한 시험포에서는 볏짚+PAM의 시험포가 최소량을 보인 볏짚+톱밥+PAM에 비해 50 배 정도 많은 토사를 유출했다. 표 1.은 지표피복 종류별 유사량을 나타낸 것이다.

Table 1. Amount of soil loss by experimental condition

구분	볏짚+톱밥+PAM	나지	볏짚+PAM	볏짚+왕겨+PAM
1차	-	237.1kg	-	-
2차	0.6kg	317.2kg	14.0kg	2.2kg
3차	0.7kg	400.5kg	36.4kg	2.5kg
4차	0.8kg	249.2kg	35.2kg	3.8kg

4. 결론

본 연구는 경사지 밭에서 지표피복 유무와 소재에 따라 강우 시 발생하는 유출량, 유사량을 비교 분석하였다. 연구 결과 지표를 피복할 경우 빗물의 토양 침투가 증가 하였으며, 유출수 발생시 유속을 줄여 토양 유실을 방지하는 효과를 보였다. 또한, 톱밥, 왕겨와 같은 잔여물을 혼합한 벚짚피복의 경우 일반 벚짚과 비교하였을 때 50배의 유사량 저감과 약 2~3배의 유출량 감소가 나타났다. 따라서 잔여물을 혼합한 벚짚피복은 단순히 벚짚만을 피복한 경우에 비해 비용 대비 유사량 저감과 유출량 감소에 큰 효과를 보였고, 나아가 탁수 발생을 줄이는데 도움이 될 것으로 판단된다. 본 연구는 작은 시험포에서 이루어졌기 때문에 실제 영농과는 차이를 보일 수 있으며, 차후 현장에 적용하여 실험할 계획이다. 연구 결과에 기초할 때 경사지 밭 및 고랭지 지역에서 지표를 피복하여 영농할 경우 강우시 토양유실과 유출을 저감할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 환경부 Eco-Star project(과제번호 07-11-6)의 연구비 지원을 수행되었으며, 이에 깊이 감사드립니다.

참고문헌

1. 최중대, 이찬만, 김도환(1998). 강원도 농업유역의 지하수 및 지표수 수질의 계절적 변화에 관한 연구, 한국농공학회 학술발표회 논문집, 한국농공학회, pp 558-564
2. 최중대(1997). 농촌유역의 관리가 비점원 오염물질의 하천 유입에 미치는 영향. 농촌개발연구, 1(1), pp. 91-107.
3. 수생태복원사업단(2009). 효율적 비점오염원 관리기술 개발(연차보고서 2단계).
4. Entry, J. A., Sojka, R. E., Watwood, M. and Ross, C. (2002) Polyacrylamide preparations for protection of water quality threatened by agricultural runoff contaminants, *Environ. Poll.* 120, 191-200.