지표 피복의 유출율 감소 효과 - 실내 인공강우 시험

Effect of Surface cover on Runoff Residue - An Indoor Rainfall Simulation

최용훈* 신민환** 김기철*** 서지연**** 임경재***** 최중대******

Yong Hun Choi , Min Hwan Shin , Ki Chul Kim

Ji Yeon Seo, Kyoung Jae Lim, Jung Dae Choi

요 지

수질 개선을 위한 많은 노력과 투자를 하고 있다. 하지만 농경지의 부적절한 관리로 인한 토양유실로 발생하는 오염은 여전히 큰 비중을 차지하고 있다. 특히 강원도는 산이 많아 농경지의 대부분이 경사지에 위치하고 있다. 경사진 농경지는 그 특성상 토양유실이 일어나기 쉬운 조건에 있다. 경사지의 토양 유실은 지력을 저하시킨다. 또한 토양과 함께 유실되는 유기물 및 양분은 농경지의 손실이며 주변 수역으로 유입되어 수질 오염의 원인이 된다. 이런 토양 유실은 직접유출량과 큰 연관이 있다. 본 연구에서는 강우강도, 경사도, 피복도를 동일하게 조정할 수 있는 실내 인공강우 시험기를 사용하여 직접유출율을 산출하였다. 피복재료는 볏짚거적을 사용하였다. 강우강도는 30 mm/h와 60 mm/h 그리고 경사도는 10 %와 20 %를 사용하였다. 볏짚거적 피복처리는 0 kg/ha (나지), 3,000 kg/ha (볏짚 1겹), 6,000 kg/ha (볏짚 2겹), 10,000 kg/ha (볏짚 3겹) 이었다. 강우강도 30 mm/h, 경사도 10 % 인 시험포는 볏짚 1겹으로만 피복하여도 직접유출율이 0.77 %로 유출이 거의 발생하지 않았다. 강우강도 30 mm/h, 경사도 20 % 인 시험포의 직접유출율은 피복이 볏짚 1겹인 경우 16.9 %, 볏짚 2겹인 경우는 0 %로 매우 낮았다. 강우강도 60 mm/h, 경사도 10 % 인 시험포는 피복이 볏짚 2겹인 경우 3.4 % 로 매우 낮았다. 강우강도 60 mm/h, 경사도 20 % 인 시험포는 피복이 볏짚 3겹인 경우 16.58 % 로 나타났으며, 볏짚 피복을 4겹 이상으로 할 경우 더 큰 저감 효과를 가져 올 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구의 결과로 경사진 농경지의 직접유출량을 저감시켜 토양유실과 탁수를 줄이기 위한 방법으로 볏짚 피복을 선택하면 효과적인 것으로 사료된다.

핵심용어 : Rainfall Simulation, Runoff, Small Plot, Land Cover, Surface

1. 서론

수질 개선을 위한 많은 노력과 투자에도 불과하고 획기적인 수질개선이 이루어지지 않고 있다. 하천의 수질을 개선하기 위한 수질보전 정책은 도시하수종말처리장, 산업폐수처리장 등 점오염원 시설을 대상으로 추진하고, 수질측정망을 운영하여 지속적으로 수질을 관리하여 왔으나, 하천마다 수질환경 기준을 달성하지 못하고 있다. 오히려 해마다 강우와 함께 대량 배출된 비점오염물질로

* 정회원 • 강원대학교 지역기반공학과 석사과정 • E-mail : tlemjin@nate.com
** 정회원 • 강원대학교 지역기반공학과 석사과정 • E-mail : uv2000wind@nate.com
*** 정회원 • 강원대학교 지역기반공학과 석사과정 • E-mail : kchangnim@nate.com
**** 정회원 • 강원대학교 지역기반공학과 석사과정 • E-mail : tjwldus01@nate.com
***** 정회원 • 강원대학교 지역기반공학과 교수 • E-mail : kjlim@kangwon.ao.kr
****** 정회원 • 강원대학교 지역기반공학과 교수 • E-mail : jdchoi@kangwon.ac.kr

인하여 수용하천의 자정능력이 저하되고 이로 인해 하천과 호소의 수질이 악화되고 있는 실정이다. 또한 농경지, 산지, 도로 및 주차장 등 각종 개발 사업에 있어서 비점오염을 고려하지 않고 시행하기 때문에 비점오염의 영향이 지속적으로 증가 되고 있다(나은혜 등, 2001). 국내에서 진행된 비점오염에 대한 연구에 의하면 전체오염 중 비점오염이 차지하고 있는 비중은 약 20 ~ 50% 정도로 추정하고 있다. 하지만 농경지의 부적절한 관리에서 오는 토양 유실에 의한 비점오염원을 고려한다면 더 욱 큰 비중을 차지하고 있을 것으로 판단된다(권,1998; 최,1998).

강원도는 산이 많아 농경지의 대부분이 경사지에 위치하고 있다. 이런 경사진 농경지의 특성상 토양 유실이 일어나기 쉽다. 농경지의 토양의 유실은 지력을 저하시킨다. 또한 토양과 함께 유실되는 유기물 및 양분은 농경지에서의 손실일 뿐만 아니라 이들이 주변 수역으로 유입되어 수질오염의 한 원인이 된다. 따라서 경사지 토양의 보전은 지력을 유지하여 농민들의 소득 증가에 영향을 줄 수 있다. 또한 환경을 유지하는데 반드시 필요하다(정 등,1999). 또한 Morgen(1986)은 임의의 지역에서 발생하는 토양유실은 강우의 빈도와 크기에 관계가 있다고 하였다. 따라서 토양유실의 저감은 강우에 의해 발생된 직접유출수의 저감을 통해 얻어질 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 강원도 경사지 토양을 보전하고 토양유실과 탁수를 저감하기 위한 대책을 강구하기 위한 연구의 일환으로, 강우강도, 경사도 그리고 피복도를 동일하게 조정할 수 있는 실내 인공강우 시험을 통하여 지표피복이 유출율에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 토양상자

경사도에 따른 인공강우의 유출량 분석을 위해 강우강도에 따른 지표 유출량, 유사발생량을 모의하기 위한 실내 인공강우시험기와 함께 사용될 소형 토양상자를 이용하였다. 장기간에 걸친 실험기간동안 토양상자가 부식되는 것을 방지하기 위하여 아연도금 철판을 이용하여 1.00 m × 1.00 m × 0.65 m (L×W×H) 토양상자 8개를 사용하였다. 토양상자에 인공강우 시험시 발생되는 직접유출량과 유사량 그리고 부유물질(Suspended Solids, 이하 SS로 표기)을 측정하기 위하여 토양상자 상단에 거터를 붙였다.

토양상자에 사용된 흙은 한강수계의 대표적인 토양인 양질사토를 50 cm 깊이로 채워 실험에 사용하였다. 토양상자를 채운 토양의 물리적 특성은 KS F 2301(흙의 입도 시험 및 물리 시험용 시료 조제 방법)에 따라 시료를 준비하여, KS F 2302(흙의 입도 시험 방법) 방법에 따라 입도 시험을 실시하였다. 또한 KS F 2308에 의해 흙의 비중을 측정하였다. 50 cm의 흙 채움 깊이 중 하부 40 cm는 10 cm 간격으로 흙을 채우며 일정하게 다짐을 하여 채웠다. 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 다짐 없이 흙으로 채웠다.

2.2 볏짚거적

시중에서 일반적으로 구입 할 수 있는 볏짚거적을 사용하였다. 각 볏짚거적은 플라스틱 줄로 엉성하게 직조된 제품이었다. 볏짚거적은 토양상자의 규격에 맞도록 1 m × 1 m 의 크기로 재단하여 사용하였다. 각각의 재단된 볏짚거적은 약 300 g의 무게를 가지도록 조정하였다. 볏짚거적의

무게는 실험처리별로 균일한 값을 갖도록 1겹(300 g/m^2), 2겹(600 g/m^2), 3겹(1,000 g/m^2)의 무게로 전자식 저울을 이용하여 맞추었다.

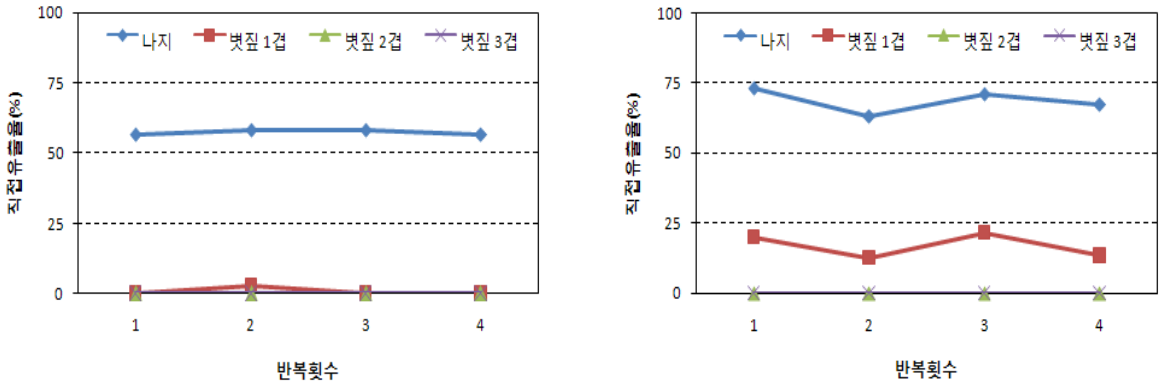
2.3 실험방법

실험처리는 강우강도, 경사도 그리고 피복도의 3처리 하여 4회 반복 시험하였다. 강우강도는 30 mm/h와 60 mm/h의 2가지 처리로 실행하였다. 경사도는 10 % 와 20 %의 2가지 처리로 실행하였다. 피복 상태는 각각의 시험포에 볏짚거적을 깔아 그 상태를 0 kg/ha (무피복, 나지), 볏짚거적 3,000 kg/ha (1겹 피복)과 6,000 kg/ha (2겹 피복), 그리고 10,000 kg/ha (3겹 피복)의 4처리를 사용하여 실험하였다. 본 논문에서는 편의를 위해 무피복을 나지로 볏짚거적 3,000 kg/ha를 볏짚1겹으로 볏짚 거적 6,000 kg/ha를 볏짚2겹으로 볏짚거적 10,000 kg/ha를 볏짚3겹으로 기술하였다. 본 실험에 사용된 인공강우실험 시설은 미국 인디애나 주 소재 퍼듀 대학교에 속해 있는 미국 농무성 산하 토양유실실험실에서 개발된 Norton Rainfall Simulator이다. Norton Rainfall Simulator는 연구목적에 따라 강우강도를 20 mm/h에서 100 mm/h까지 인공강우를 모의할 수 있다. 본 시험은 강우강도는 압력계를 조정하여 경사도별 시험포 4개의 평균이 30 mm/h 와 60 mm/h 시험하였다. 본 연구에서는 2세트의 실내 인공강우시험기를 사용하였다. 실내인공강우 시험기는 1마력 펌프로 물탱크의 물을 인공강우시험기로 압송하여 인공강우기 컨트롤러에 의해 조절되는 모터와 노즐을 통해서 인공강우를 발생시킨다. 각 강우기별 4개의 노즐로 유입되는 물의 압력을 일정하게 조절하기 위하여 중간밸브와 압력게이지가 설치되어 있다.

1개의 실내 인공강우시험기에는 총 4개의 노즐이 설치되어 있어서 각 강우시험기별로 4개의 토양상자를 위치시켜 인공강우 시험을 실시하였다. 이때 한 노즐에서 분사되나 강우가 옆 토양상자의 전체강우에 영향을 미치지 않도록 토양상자간 거리를 유지시켰다. 또한 시험 전 지표를 교란하여 전 시험에 대한 영향을 최소하였다. 각 실험별 인공강우 모의는 60분 동안 수행하였다. 인공강우시 발생되는 직접유출량은 토양상자 상단의 거터를 이용하여 수집하고 측정하였다.

3. 결과

3.1 강우강도 30 mm/h 시험포의 유출율



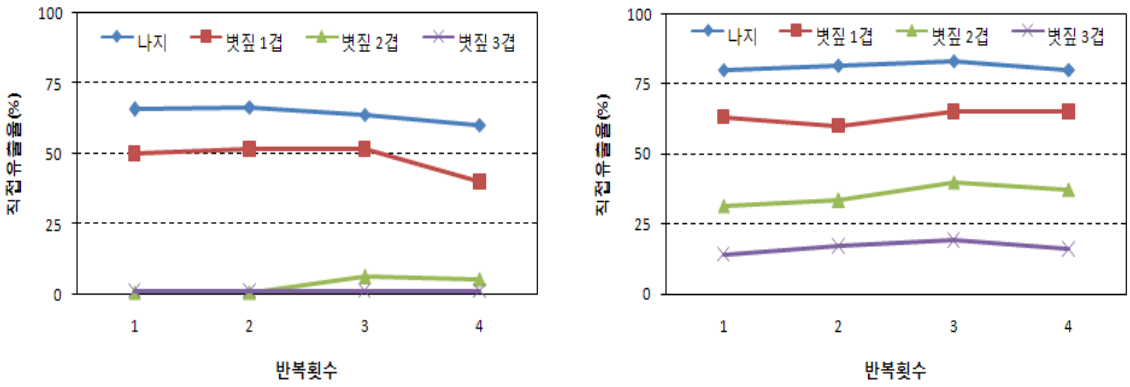
(a) 경사도 10%　　(b) 경사도 20%

그림 1. 피복에 따른 강우강도 30 mm/h 시험포의 유출율

피복처리에 따른 강우강도 30 mm/h 와 경사도 10 % 시험포의 유출율은 그림 1의 (a)과 같다. 그림 1의 (a)에서 보여지는 것과 같이 볏짚 피복 1겹만으로도 직접유출율을 크게 줄일 수 있었다. 4회 반복 시험한 시험포의 평균유출율은 나지의 경우 57.5 %, 볏짚 1겹인 경우 0.77 %, 그리고 볏짚 2겹과 3겹은 유출이 발생하지 않아 0 %로 나타났다. 강우강도 30 mm/h 와 경사도 10 % 인 시험포는 볏짚 1겹만으로 유출율 감소에 크게 기여하는 것으로 나타났다.

피복처리에 따른 강우강도 30 mm/h 와 경사도 20 % 시험포의 유출율은 그림 1의 (b)과 같다. 그림 1의 (b)에서 보여지는 것과 같이 볏짚 피복 2겹만으로도 직접유출율을 크게 줄일 수 있었다. 4회 반복 시험한 시험포의 평균유출율은 나지의 경우 68.8 %, 볏짚 1겹인 경우 16.9 %, 그리고 볏짚 2겹과 3겹은 유출이 발생하지 않아 0 %로 나타났다. 강우강도 30 mm/h 와 경사도 20 % 인 시험포는 볏짚 2겹만으로 유출율 감소에 크게 기여하는 것으로 나타났다.

3.2 강우강도 60 mm/h 시험포의 유출율



(a) 경사도 10%　　(b) 경사도 20%

그림 2. 피복에 따른 강우강도 60 mm/h 시험포의 유출율

피복처리에 따른 강우강도 60 mm/h 와 경사도 10 % 시험포의 유출율은 그림 2의 (a)과 같다. 그림 2의 (a)에서 보여지는 것과 같이 볏짚 피복 2겹만으로도 직접유출율을 크게 줄일 수 있었다. 4회 반복 시험한 시험포의 평균유출율은 나지의 경우 64.3 %, 볏짚 1겹인 경우 48.3 %, 볏짚 2겹인 경우 3.4 % 그리고 3겹인 경우는 1.3 %로 나타났다. 강우강도 60 mm/h 와 경사도 10 % 인 시험포는 볏짚 2겹만으로 유출율 감소에 크게 기여하는 것으로 나타났다.

피복처리에 따른 강우강도 60 mm/h 와 경사도 20 % 시험포의 유출율은 그림 2의 (b)와 같다. 그림 2의 (b)에서 보여지는 것과 같이 볏짚 피복 3겹 이상으로 하면 직접유출율을 크게 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 4회 반복 시험한 시험포의 평균유출율은 나지의 경우 81.3 %, 볏짚 1겹인 경우 63.3 %, 볏짚 2겹인 경우 35.63 % 그리고 3겹인 경우는 16.58 %로 나타났다. 강우강도 60 mm/h 와 경사도 10 % 인 시험포는 볏짚 3겹 이상으로 피복한다면 유출율 감소에 크게 기여할 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 강우강도와 경사도를 동일하게 조절할 수 있는 시험포에서의 피복에 따른 직접

유출율의 변화를 분석하기 위해 실내 인공강우시험을 수행하였다. 피복처리에 따른 4회 반복 실험하였으며, 직접유출율을 강우강도와 경사도 별로 분석하였으며 본 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 강우강도 30 mm/h, 경사도 10 % 의 시험포의 나지와 비교한 볏짚 1겹의 유출율 감소효과는 98.7 %이다. 강우강도 30 mm/h, 경사도 20 % 의 시험포의 나지와 비교한 볏짚 2겹의 유출율 감소효과는 100 %이다. 강우강도 60 mm/h, 경사도 10 % 의 시험포의 나지와 비교한 볏짚 2겹의 유출율 감소효과는 94.7 %이다. 강우강도 60 mm/h, 경사도 20 % 의 시험포의 나지와 비교한 볏짚 3겹의 유출율 감소효과는 79.6 %이다.

2. 각각의 조건에 대한 직접유출율 감소의 최적 조건을 생각하면, 강우강도 30 mm/h, 경사도 10 % 의 경우 볏짚 1겹으로, 강우강도 30 mm/h, 경사도 20 % 의 경우 볏짚 2겹으로, 강우강도 60 mm/h, 경사도 10 % 의 경우 볏짚 2겹으로 그리고 강우강도 60 mm/h, 경사도 20 % 의 경우 볏짚 3겹 이상으로 피복하면 된다고 판단된다.

3. 강우강도 60 mm/h, 경사도 20 % 시험포의 경우 볏짚 4겹 이상의 시험을 통하여 더 큰 폭의 감소율을 주는 볏짚거적의 개수를 찾기 위한 시험이 필요하나 실제의 농경지에 적용하기에는 경제적으로 불리할 수 있기 때문에 볏짚의 개수를 늘리는 것보다 볏짚의 기능성 향상을 위한 노력이 필요 할 것으로 사료된다.

4. 경사진 농경지에 대하여 작물 생육기간뿐만 아니라 비영농기에도 볏짚을 피복하면 강우시 유출율을 감소시키고 농경지에서 강우유출수와 함께 나오는 토사의 유실과 각종 오염물질의 감소에 효과적일 것으로 판단된다. 아울러 하류 하천의 생태계 보호와 농민의 소득 증대에 영향을 줄 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 나은혜, 박석순, (2001), “유역 및 하천모델의 결합적용을 통한 시기별 오염부하량 산정,” 대한환경공학회지, 23(9), pp.1561-1573
2. 권순국(1998). 우리나라 비점원 수질오염 관리의 문제점과 개선방안, 대한환경공학회지, 20(11), pp. 1497-1510.
3. 최지용(1998). 도시지역 비점오염원 관리방안 연구, KEI 기본과제 연구보고서.
4. 정영상, 권영기, 임형식, 하상건, 양재의(1999). 강원도 경사지 토양 유실 예측용 신 USLE의 적용을 위한 강수 인자와 토양 침식성 인자의 검토, 한국토양비료학회지, Vol.32(1), pp. 31-38.
5. Morgan, R.R.C.(1986). Soil erosion and conservation, Longman, London.