

WEPP Watershed Version을 이용한 홍천군 자운리 농경지의 경사도에 따른 토양유실량 평가

Evaluation and Estimation of Sediment Yield under Various Slope Scenarios at Jawoon-ri using WEPP Watershed Model

최재완*, 이재운**, 이열재***, 현근우****, 임경재*****

Jaewan Choi·Jae Woon Lee·Yeoul Jae Lee·Geunwoo Hyun·Kyoung Jae Lim

Abstract

Physically-based WEPP watershed version was applied to a watershed, located at Jawoon-ri, Gangwon with very detailed rainfall data, rather than daily rainfall data. Then it was validated with measured sediment data collected at the sediment settling ponds and through overland flow. The R^2 and the EI for runoff comparisons were 0.88 and 0.91, respectively. For sediment comparisons, the R^2 and the EI values were 0.95 and 0.91. Since the WEPP provides higher accuracies in predicting runoff and sediment yield from the study watershed, various slope scenarios (2%, 3%, 5.5%, 8%, 10%, 13%, 15%, 18%, 20%, 23%, 25%, 28%, 30%) were made and simulated sediment yield values were analyzed to develop appropriate soil erosion management practices. It was found that soil erosion increase linearly with increase in slope of the field in the watershed. However, the soil erosion increases dramatically with the slope of 20% or higher. Therefore special care should be taken for the agricultural field with higher slope of 20% or higher. As shown in this study, the WEPP watershed version is suitable model to predict soil erosion where torrential rainfall events are causing significant amount of soil loss from the field and it can also be used to develop site-specific best management practices.

Keywords: Runoff, Sediment yield, Slope, Soil erosion, WEPP

1. 서론

북한강의 최대수역인 소양댐 유역에서 지난 몇 년간 계속된 고탁수 문제는 매년 연례행사처럼 되풀이되고 있다. 특히 소양댐 유역 내에는 홍천군 자운지구, 인제군 가아지구 및 서화지구, 양구군 해안지구 등의 고령지 농업지구가 분포되어 있다. 이러한 농업지구를 중심으로 발생한 토양 유실이 소양강댐 유역 탁수 문제의 가장 직접적인 원인으로 지적되고 있다(전만식, 2007). 역 내 토양유실 발생 현황을 파악하기 위해서 유역 내 토지이용별, 지형별, 작물별, 시간별 장기 모니터링을 수행하는 것이 가장 정확한 방법이지만, 큰 유역에서의 장기 모니터링은 수행하기 어려운 경우도 많으며, 인건비와 장비 등 많은 비용이 요구된다. 미국 농무성 농업연구센터 (USDA)

* 정회원 · 금강물환경연구소 · E-mail : chlwodhk@korea.kr

** 비회원 · 금강물환경연구소 · E-mail : leejaew@korea.kr

*** 비회원 · 금강물환경연구소 · E-mail : lj0918@korea.kr

**** 비회원 · 강원도 보건환경연구원 · E-mail : hsepoet@hanmail.net

***** 정회원 · 강원대학교 지역건설공학과 교수 · E-mail : kjlim@kangwon.ac.kr

Agricultural Research Service(ARS), Forest Service, NRCS 연구자들에 의해서 개발된 물리적 기반 모델인 WEPP (Water Erosion Prediction Project; Flanagan and Livingston, 1995) 모형은 USLE와 달리 연속적인 모의가 가능하며 분단위 강수, 단일 강우사상에 대해서도 유출 및 토양유실 모의가 가능하다. 하지만 국내는 물론이고 세계적으로도 분단위 강우량을 장기 모니터링하여 토양유실을 모의한 연구사례가 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구의 목표는 1) WEPP 모형을 이용하여 대상 지역의 토양유실량 및 유출량을 모의하여 실측 토양유실량 및 유출량과의 비교 평가를 통해서 WEPP 모형의 정확성을 평가하는데 있으며, 2) WEPP 모형을 이용하여 다양한 경사지 조건하에서 토양유실 발생량을 평가하여 농경지에서 발생하는 토양유실량을 줄일 수 있는 정책 수립과 지형조건에 따른 침사지 설계의 기초 자료를 제시하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구 대상 지역의 선정

본 연구에서는 홍천군 내면 자운 4리, 8,485 m²의 고랭지 밭을 연구지역으로 선정하였으며 현근우 등(2008)에 의해서 측정된 유출 및 토양유실량 자료를 활용하여 WEPP 모형의 정확성을 평가하였다. 현근우 등(2008)은 대상지에 깊이 60 cm, 폭 60 cm의 콘크리트 배수로를 설치하였고 (Fig. 1(a), (b)), 유출수와 함께 유실되는 토양유실량을 측정하기 위하여 11.3 m³용량의 침사지를 2기를 설치하였다(Fig. 2). 밭 경사도는 5.5%로서 자운 4리 일대를 대표할 수 있는 경사도이다.



(a) Study area (b) Drainage Ditch
Fig. 1. Study area and sediment settling pond (Hyun et al., 2008)

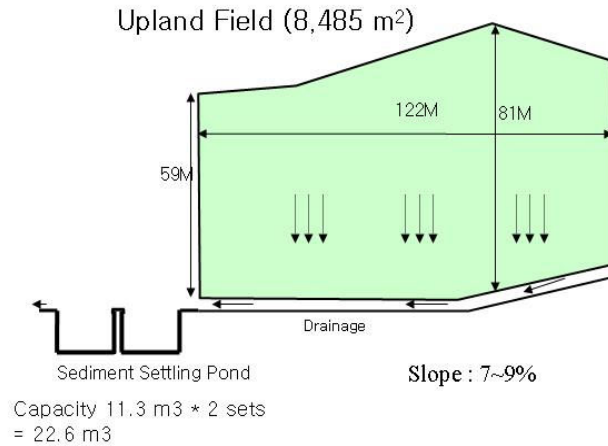


Fig. 2. Sediment settling pond (Hyun et al., 2008)

2.2. 실측 유출량 및 유사량

2007년 침사지에 퇴적된 총 유사량은 31.09 ton이며, 부유유사형태로 유실된 토양은 총 9.02 ton으로 분석되었다. 2008년 침사지에 퇴적된 총 유사량은 21.80 ton이며, 부유유사형태로 유실된 토양은 총 5.37 ton으로 분석되었다. 현근우 등(2008)은 강우량이 약 100 mm/day 이상이 될 경우 유사 침전량이 급격히 증가한다고 보고하였다.

2.3. WEPP 기상 DB 구축

현근우 등(2008)에 의해 측정된 분단위 강우량 자료와 결측된 자료는 물 관리 정보 시스템 (Water Management Information System) 자료를 이용하여 2007년 1월 1일부터 2008년 9월 30일까지 WEPP 모형의 기상자료 DB를 구축하였다.

2.4. WEPP 토양, 작물, 그리고 유역관련 DB 구축

본 연구에서는 대상 지역에 “ANRYONG” 토양을 이용하였으며, 2008년 객토된 토양의 토성을 반영하기 위하여 기존 토양DB 표층에 30 cm의 사질토 속성 객토 레이어를 추가하였다. 본 연구에서는 WEPP 모형의 자동 산정 옵션을 이용하여 세류간 침식능, 세류 침식능, 유효수리 전도도, 한계 전단응력을 산정하였다. WEPP 모형을 이용하여 토양유실량을 평가할 때 가장 중요한 입력 자료 중의 하나가 작물인자이다. 따라서 본 연구에서는 다음에 보이는 바와 같이 감자(2007) 및 무(2008) 작물 DB를 구축하여 WEPP 모형의 입력 DB를 구축하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 WEPP 모형 유출량 및 유사량 예측 정확성 평가

본 연구에서 앞서 기술된 WEPP 모형의 입력 DB를 구축한 후 실측 유출량 및 유사량을 측정 한 기간에 대해 WEPP 모형을 이용하여 유출량 및 유사량을 평가하였다. 유출량의 경우 2007년 7월 19일부터 2008년 8월 22일까지의 예측 유출량을 실측 유출량과 비교하였다. 유사량의 경우 침 사지에 퇴적된 양과 부유되어 유실된 양을 합산하여 WEPP 모형에 의한 예측치와 비교 평가하였 다.

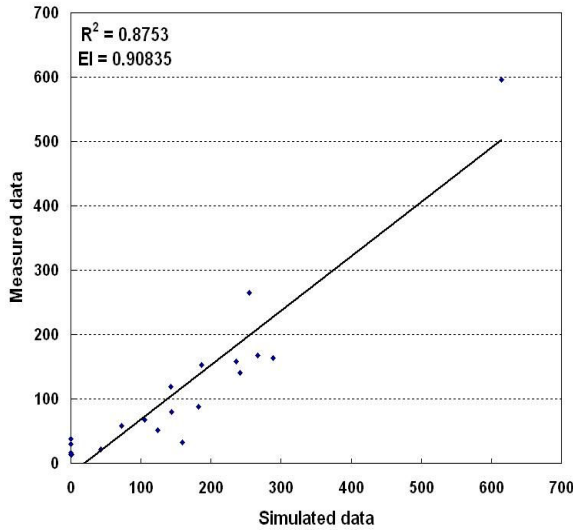


Fig. 3. R^2 and Nash-Sutcliffe of runoff estimation

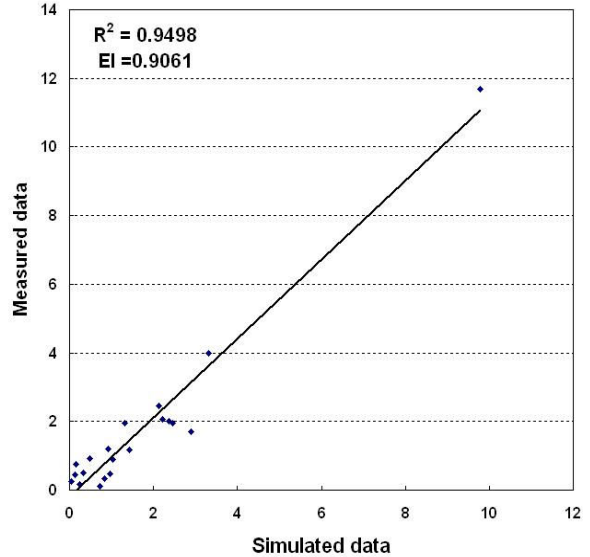


Fig. 4. R^2 and Nash-Sutcliffe of sediment estimation

3.2 다양한 경사 조건하에서의 토양유실량 예측

보정된 자료를 활용하여 대상 지역에 대하여 다양한 경사도에 따른 토양유실량 비교, 분석이 가능 할 것으로 판단되어 본 연구에서는 연구대상지역의 경사도를 각각 2%, 3%, 5.5%, 8%, 10%, 13%, 15%, 18%, 20%, 23%, 25%, 28%, 30%로 변화시켜 대상 지역에서의 발생 토양유실량을 평가하였다.

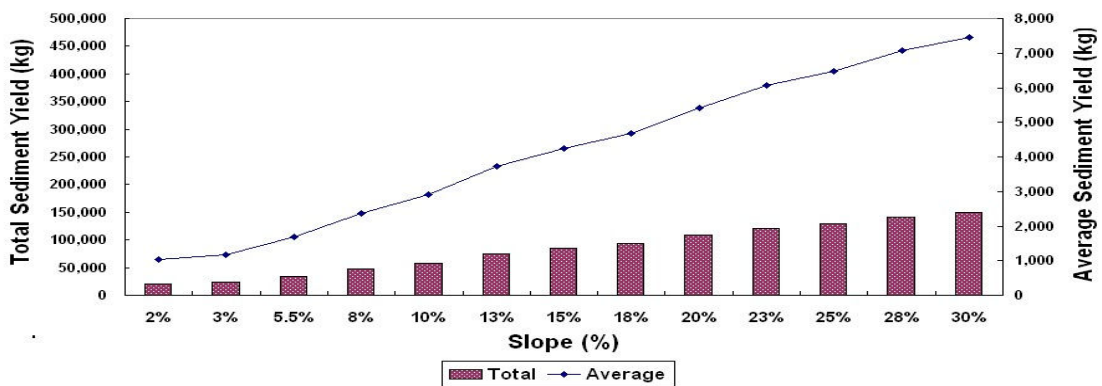


Fig. 5. Total and average sediment yield from study watershed under various slope scenarios

4. 결 론

본 연구의 목적은 물리적 기반 모델인 WEPP 모형을 이용하여 연구 대상 지역에서의 유출량과 토양유실량 예측 정확성을 평가하는 것이며, 모형의 예측 정확성이 확보될 경우 다양한 경사도(2%, 3%, 5.5%, 8%, 10%, 13%, 15%, 18%, 20%, 23%, 25%, 28%, 30%)에 따른 토양유실량 변화를 비교·분석하는데 있다.

본 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 도출할 수 있다.

1. 연구 대상 지역에 대한 유출 정확성을 평가해 본 결과 결정계수는 0.95, 유효지수는 0.91이고, 토양유실량 예측 결정계수와 유효지수는 각각 0.95과 0.91으로 상당히 높게 나와 WEPP 모형이 유출량 및 토양유실량을 매우 정확하게 예측할 수 있다고 판단된다.
2. 경사도(2%, 3%, 5.5%, 8%, 10%, 13%, 15%, 18%, 20%, 23%, 25%, 28%, 30%)별 토양유실량을 평가해 본 결과, 경사도가 가장 낮은 2%에서 총 20.6 ton이고, 경사도가 가장 큰 30%에서는 149.3 ton의 유사량이 발생하여 7배 정도의 차이가 발생하였다. WEPP 모형의 이용으로 침사지 또는 초생대 설계 시 지형 변화에 따라서 크기와 처리효율 등을 고려하여 설계하는 것이 가능 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 전만식(2007). 소양강댐 흙탕물저감대책. 강원도발전연구원 연구보고서.
2. 현근우, 허범녕, 허인량, 정원구, 고상열, 이석중, 이태욱, 박성빈, 김영진, 김성석(2008). 이중원통형침사지를 이용한 고랭지밭 흙탕물 농도 저감에 관한 연구. 강원도보건환경연구원 보고서.
3. Flanagan, D. C. and Livingston, S. J. (1995). WEPP User Summary. NSERL Report 11, USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, Indiana.