SWAT 모형을 이용한 고랭지 지역에서의 토양유실 저감 모델링 기법 개발

Development of the Modeling Technique for Soil Loss Reduction in Highland Area using the SWAT Model

장원석*, 최중대**, 박윤식***, 임경재****

Won Seok Jang, Joong Dae Choi, Youn Shik Park, Kyoung Jae Lim

요 지

최근 기후변화로 인해 태풍 등과 같은 집중성 강우가 많이 발생하고 있고, 강우시 유출 등으로 인한 유역내 발생하는 토양침식으로 인해 유역의 하천을 비롯하여 유출구에서의 탁수 및 유사 발생 문제는 우리나라 뿐만 아니라 전 세계적으로 심각한 환경문제로 대두되고 있다. 강우시 유역에서 발생하는 이러한 탁수문제를 효과적으로 해결하기 위하여 여러 최적관리기법 (Best Management Practices, BMPs) 들이 제안되어왔다. 본 연구의 목적은 볏짚매트 사용으로 인한 토양유실 저감 실측자료를 바탕으로 볏짚매트를 다양한 경사지 밭에 적용하였을 경우 유역에서의 토양유실 저감효과를 평가하기 위한 모델링 기법을 개발하는데 있다. 볏짚매트의 효과를 Soil and Water Assessment Tool (SWAT) 모형으로 모의하기 위해서는 볏짚매트의 효과를 모형에서 반영할 수 있는 인자를 선택하여 최적의 인자값을 산정해야 한다. 본 연구에서는 유사 저감 효과 실험 결과를 VFSMOD-W 모형을 이용하여 USLE P 인자값을 도출하였으며, 경사도에 따른 USLE-P 값을 산정하여, SWAT 모형에 입력자료로 사용하였다. 분포형 모형과는 달리 준분포형 모형인 SWAT 모형은 소유역내 수문학적 반응단위별로 유출, 유사, 그리고 비점오염 발생을 평가하는데 이때 Hydrologic Response Unit (HRU)의 지형정보가 활용된다. 이 지형정보는 SWAT 유사 평가시 매우 민감한 변수중의 하나이기 때문에 유역 단위 유사 평가시 정확한 지형자료의 입력이 요구된다. 그러나 SWAT 모형은 소유역내 HRU의 경사도 및 경사장을 직접 산정하지 않고, 소유역의 평균경사도를 기준으로 하여 산정된 경사도를 소유역내 모든 HRU에 동일하게 적용하는 단점이 있다. 본 연구에서는 준분포 모형인 SWAT 모형의 단점을 개선하기 위하여 SWAT Spatially Distributed (SD)-HRU를 적용하였다. 이를 통해 다양한 경사지 밭에서의 볏짚매트의 효과를 분석할 수 있게 되었다. 볏짚매트 미적용시 모의 기간내 유사량 총합은 74,954.42 ton 이고, 월평균 유사량은 814.72 ton 으로 산정되었고, 볏짚매트를 적용하였을 경우 모의 기간내 (2000년 1월 - 2007년 8월) 유사량 총합은 48,460.55 ton 이고, 월평균 유사량은 526.75 ton 으로 볏짚매트를 적용하지 않았을 때보다 약 35.35 % 저감된 값을 보였다. SD-HRU를 적용하고 각 농경지의 경사도에 따라 USLE P 값을 수정하여 볏짚매트에 의한 효과를 분석하였을 때, 볏짚매트를 적용하지 않았을 때 보다 볏짚매트를 적용하였을 때 모의 기간내 약 35% 정도의 유사량이 감소된 것을 알 수 있었다. 본 연구결과에서 보여주는 바와 같이 고랭지 지역에서의 영농활동 시 볏짚매트를 설치한다면 강우시 발생하는 토양유실을 효과적으로 저감시킬 수 있을 것이라 판단된다.

핵심용어 : 볏짚매트, 토양유실, Spatially Distributed-HRU, Soil and Water Assessment Tool

* 정회원 · 강원대학교 · E-mail : won.cousin@gmail.com

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

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

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

1. 서론

최근 기후변화로 인해 태풍 등과 같은 집중성 강우가 많이 발생하고 있고, 강우시 유출 등으로 인한 유역내 발생하는 토양침식으로 인해 유역의 하천을 비롯하여 유출구에서의 탁수 및 유사 발생 문제는 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 심각한 환경문제로 대두되고 있다. 또한 기후변화에 의한 유역의 강우강도와 유출량 증가는 유기물이 풍부한 표층 토양의 유실을 초래하여 유역의 농업생산능력을 저하시킬 수 있다 (Ye et al., 2009). 유역의 토양유실량 증가는 최근 중요한 환경문제로 대두되고 있는 저수지 탁수 장기화를 가중시키며 비점오염 부하량 증가에 따른 수질문제를 야기할 수 있다.

강우시 유역에서 발생하는 이러한 탁수문제를 효과적으로 해결하기 위하여 여러 최적관리기법 (Best Management Practices, BMPs) 들이 제안되어왔다. 본 연구의 목적은 SWAT 모형과 VFSMOD-W 모형을 이용하여 토양유실이 심각한 경사지 밭지역에서 토양유실 저감시설인 볏짚매트를 적용함으로써 토양유실 저감정도를 모의하고 분석하여 볏짚매트를 경사지 밭지역에서의 효율적인 토양유실 저감 BMP로 제시하는 것이다. 볏짚매트의 효과를 Soil and Water Assessment Tool (SWAT) 모형으로 모의하기 위해서는 볏짚매트을 모의할 수 있는 변수의 선정 및 변수값 산정이 선행되어야 한다. 신민환 등 (2009)의 인공강우 실험과정을 VFSMOD-W 모형으로 경사도에 따른 USLE P 값의 회귀식을 산정하였고, 산정된 USLE P 값을 SWAT 모형에 입력자료로 사용하여 볏짚매트의 효과를 모의하였다.

2. 연구방법

본 연구에서는 실측 지형자료 (경사도, 경사장)를 바탕으로 농경지 경사도에 따른 볏짚매트 유사량 저감 효과를 보다 효과적으로 모의하기 위해서, 강원발전연구원에 의해 지형자료 (경사도, 경사장)가 조사된 소양강댐 유역 내 고랭지 농업이 성행하고 있는 강원도 양구군 해안면 유역 (61.52 km^2)을 연구대상지역으로 선정하였다 (Jun, 2007).

신민환 등 (2009)의 연구에서도 언급되었듯이 경사도별로 볏짚매트 효과가 다르다. SWAT 모형을 이용해서 경사도별 볏짚매트의 효과를 모의하기 위해서 VFSMOD-W를 이용하여 경사도별 USLE P 값의 회귀식을 산정하여 SWAT 모형의 입력자료를 구축하였다. 분포형 모형과는 달리 준분포형 모형인 SWAT 모형은 소유역내 수문학적 반응단위별로 유출, 유사, 그리고 비점오염 발생을 평가하는데 이때 Hydrologic Response Unit (HRU)의 지형정보가 활용된다. 이 지형정보는 SWAT 유사 평가시 매우 민감한 변수중의 하나이기 때문에 유역 단위 유사 평가시 정확한 지형자료의 입력이 요구된다. 그러나 SWAT 모형은 소유역내 HRU의 경사도 및 경사장을 직접 산정하지 않고, 소유역의 평균경사도를 기준으로 하여 산정된 경사도를 소유역내 모든 HRU에 동일하게 적용하는 단점이 있다 (Arnold, 1992). 본 연구에서는 준분포 모형인 SWAT 모형의 단점을 개선하기 위하여 장원석 등 (2009)에 의해서 개발된 SWAT Spatially Distributed (SD)-HRU를 적용하였다 (Fig. 1). 따라서 본 연구에서는 SD-HRU를 적용하여 볏짚매트를 경사도별 고려하였고 이에 따른 i) 볏짚매트 미적용, ii) 볏짚매트 적용 시의 모의 유사량을 비교 분석하였다.

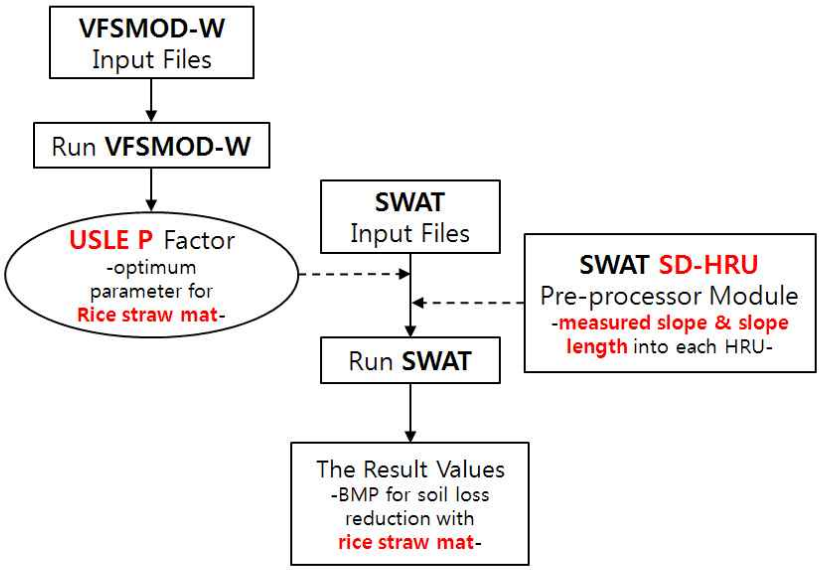

Fig. 1 Modeling process for the effect of soil loss reduction with rice straw mat using the VFSMOD-W and SWAT model

3. 결과

Fig. 2 에서 보이는 바와 같이 SD-HRU를 통해 실측 경사도를 반영하고 USLE P 값 수정을 통해 볏짚매트의 효과의 상대적인 평가에서 각각의 모의 경향은 비슷하나 최대값 최소값 등에서 다소 차이가 보이는 것을 알 수 있었다. 또한 볏짚매트 미적용시 모의 기간내 유사량 총합은 74,954.42 ton 이고, 월평균 유사량은 814.72 ton 으로 산정되었고, 볏짚매트를 적용하였을 경우 모의 기간내 (2000년 1월 - 2007년 8월) 유사량 총합은 48,460.55 ton 이고, 월평균 유사량은 526.75 ton 으로 볏짚매트를 적용하지 않았을 때보다 약 35.35 % 저감된 값을 보였다.

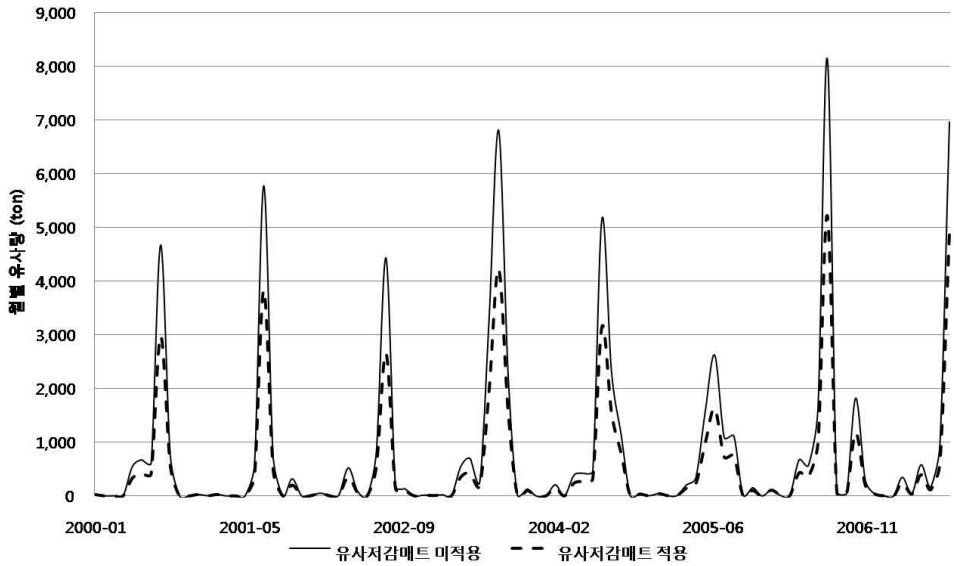

Fig. 2 Sediment yield calculated by the SWAT model w/ or w/o rice straw mat during Mar. 2000 - Aug. 2007

4. 결론

1) SD-HRU를 적용하고 각 농경지의 경사도에 따라 USLE P 값을 수정하여 볏짚매트에 의한 효과를 분석하였을 때, 볏짚매트를 적용하지 않았을 때 보다 볏짚매트를 적용하였을 때 모의기간내 약 35% 정도의 유사량이 감소된 것을 알 수 있었다.

2) 본 연구결과에서 보여주는 바와 같이 고랭지 지역에서의 영농활동 시 볏짚매트를 설치한다면 강우시 발생하는 토양유실을 효과적으로 저감시킬 수 있을 것이라 판단된다.

참고문헌

1. 신민환, 원철희, 최용훈, 서지연, 이재운, 임경재, 최중대(2009). 인공강우기에 의한 시험포장 토양유실량 의 - 강우강도, 비표면 및 경사조건 변화 -, *수질보전 한국물환경학회지*, **25**(5), pp. 785-791.
2. 예령, 정세웅, 이흥수, 윤성완, 정희영(2009). SWAT 모형을 이용한 대청댐 유역의 기후인자에 따른 유출 및 유사량 민감도 평가. 수질보전 한국물환경학회지, **25**(1), pp. 7-17.
3. 장원석, 유동선, 정일문, 김남원, 전만식, 박윤식, 김종건, 임경재(2009). SWAT HRU 단위의 경사도/경사장 산정을 위한 SWAT SD-HRU 전처리 프로세서 모듈 개발. *수질보전 한국물환경학회지*, **25**(3), pp. 351-362.
4. 전만식(2007). 소양강댐 흙탕물 저감대책. *강원발전연구원*, pp. 131-140.
5. Arnold, J. G. (1992). Spatial scale variability in model developmentand parameterization. *Ph.D. Dissertation*, Purdue University, West Lafayette, IN.