

하천 일부 구간에서의 수변림 조성에 따른 수질 개선 효과 모의를 위한 SWAT-REMM ArcView GIS 시스템의 개선 및 평가

Enhancement of the SWAT-REMM System for Simulation of Water Quality Improvement with Riparian Buffer System

임경재*, 조재필**, 김익재***, 김남원****, 최종대*****

Kyoung Jae Lim, Jae-pil Cho, Ik-Jae Kim, Namwon Kim, Joongdae Choi

*강원대학교*USDA-ARS **한국환경정책평가연구원*

요 지

유역내 비점오염 부하량의 증가로 인하여 그동안 많은 수질 개선 노력이 진행되어 왔다. 그 중 하나의 대안으로 수변림 조성이 거론되고 있으나, 현재 수변림 조성에 따른 수질 개선 효과 평가 방법의 부재로 유역내 어느 곳에 어떠한 식생을 조성해야 할지 정확한 판단을 하기 어려운 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 SWAT-REMM Prototype 버전이 개발되었으나, 다른 유역에 적용하기에는 여러 가지 문제점을 나타내고 있다. 또한 SWAT-REMM Prototype 버전은 소하천내 모든 유역내 수변림을 조성한다는 가정하에 수변림 조성에 따른 수질개선효과를 모의 분석하는데 활용될 수 있다. 그러나 국내 상당부분의 하천에서는 여름철 집중강우로 인한 수해 발생으로 많은 구간이 석축과 같은 정비사업이 진행되어 왔다. 이러한 구간에 대해서 수질 개선을 목적으로 수변림을 조성한다는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서 SWAT-REMM 시스템을 이용하여 유역 전체 모든 하천이 아닌, 하천 일부 구간에 대해서 수변구역을 조성에 따른 효과 분석을 수행할 수 있는 기능에 대한 많은 요구가 있어 왔다. 이에 본 연구에서는 SWAT-REMM Prototype 버전의 여러 가지 기능을 수정 보완하였으며, 도담댐 유역내 모든 하천에 대해서 수변림 조성에 따른 수질 개선 효과를 모의 분석하였다. 수변림 조성은 1차 하천(지천)에 대해서는 하천 양안 1m 정도의 초생대를 조성한다고 가정하였고, 최고 차수 하천인 도담댐 유입 송천에 대해서는 하천 양안 10m의 수변림을 조성한다고 가정하여 수질 개선효과를 분석한 결과 상당량의 유사하천으로 유입되기 전 유역내 설치된 수변림에 의해서 저감되는 것으로 모의 분석되었다. 본 연구에서는 분석한 수변림 조성 시나리오는 현실적으로 실행하기 어려운 점이 있기 때문에 수변림 조성 적지 분석후, 본 연구에서 개발된 하천 구간 수변림 조성 시나리오 모듈을 이용한다면, 보다 현실적인 수변림 조성에 따른 유사저감효과를 평가할 수 있을 것으로 기대된다.

(SWAT-REMM ArcView GIS: <http://www.EnvSys.co.kr/~swat-remm>)

핵심용어 : 수변림, 초생대, 유사, RBS, SWAT

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

** 비회원 · USDA ARS, Tifton, GA, USA · E-mail : jpcho89@nate.com

*** 비회원 · 한국환경정책·평가연구원 · E-mail : jjkim71@hotmail.com

**** 정회원 · 한국건설기술연구원 책임연구원 · E-mail : nwkim@kict.re.kr

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

1. 서론

정부에서는 수질개선을 위한 많은 노력을 기하고 있으며, 유역으로 유입되는 오염원 중 비점오염원의 비중이 점차적으로 커짐에 따라 정확하고 효과적인 비점오염원 관리를 위하여 비점오염원 발생원 및 특성조사에 관한 많은 연구가 수행되고 있다. 그동안 비점오염 저감 최적관리 기법에 관한 많은 연구들이 수행되어 왔으며, 이러한 비점오염 문제를 해결하기 위한 방안중의 하나로 수변림 조성이 대안으로 떠오르고 있다. 그러나 수변림 조성에 따른 과학적인 수질 개선 효과 및 검증 연구는 매우 제한적으로 수행되어 왔다. 수변림 조성에 따른 효과를 검증하기에는 장기간의 모니터링을 통한 과학적인 효과분석이 수행되어야 한다. 이러한 점을 보완하기 위하여 REMM 모형 (Lowrance et al., 2000)이 개발되어 수변림 조성에 따른 효과를 모의하는데 활용되어 왔으며, 이 REMM 모형의 입력자료 구축을 위해서 수백여가지 입력 DB를 구축해야 하는 어려움이 있다. 따라서 여러 가지 모델링 기법에 의해 REMM 입력 자료를 구축하는 방법이 제시되어 왔으나, 이 또한 큰 유역에 적용하여 수변림 조성에 따른 효과를 다양하게 분석하는데 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 Liu et al. (2007)은 SWAT 모형과 REMM 모형을 연계한 Prototype 버전의 SWAT-REMM ArcView GIS를 개발하여 유역내 수변림 조성에 따른 효과를 분석하였다. 그러나 이 Prototype 버전의 SWAT-REMM 시스템은 연구 대상 유역에 대해서 개발되었기 때문에 다른 지역에 적용하는데 있어서 여러 가지 문제가 있다.

따라서 본 연구의 목적은 1) Prototype SWAT-REMM 시스템을 다른 유역에 적용하는데 있어서 발생하는 문제를 개선하고, 도암댐 유역내 하천의 임의 구간에 대한 수변림 조성 시나리오를 분석·평가할 수 있는 개선된 SWAT-REMM 시스템을 개선하는데 있으며, 2) 강원도 도암댐 유역에 적용하여 하천 차수에 따른 각기 다른 수변림 조성에 따른 유사량 저감효과를 평가하는데 있다. 본 연구의 결과는 비점오염 중점관리 지역으로 선정된 도암댐 유역에서 실질적인 수변림 효과를 평가하는데 활용될 수 있으며, 수변림 조성 지역 적지 선정에도 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

2. 재료 및 방법

2.1 기존 SWAT-REMM 시스템

SWAT-REMM 시스템은 USDA-ARS에서 개발된 준분포형 모형이 SWAT 에 수변림 설치 효과를 분석할 수 있는 REMM 모형을 연동시킨 시스템으로 캐나다와 미국에서 하천변 오염부하 저감효과 분석에 이용되고 있다. 이 SWAT-REMM 시스템은 Fig 1에서 보이는 바와 같이 전체 유역내 소유역을 Buffer Drainage 와 Concentrated Drainage 로 구분하여 수변림 설치 효과를 모의 분석한다.

2.2 SWAT-REMM 시스템의 개선

본 연구에서는 기존의 SWAT-REMM을 적용하는데 있어서 SWAT 의 Stream Burning 기능 사용 여부에 따른 버그를 수정하기 위하여 SWAT-REMM 인터페이스에 Stream Burning 모듈을 추가하였으며, 수변림 설치 구간 자료의 Vectorization 과정에서 발생하는 수계 출구 불일치 문제를 해결하도록 SWAT-REMM 을 수정·보완하였다. 또한 도암댐 유역과 같이 소하천 정비사업에 따른 석축 조성 구간을 제외한 지역에 대한 수변림 조성 효과를 모의 분석하기 위하여 ArcView GIS Avenue 프로그래밍을 통해서 소유역내 소하천 일부 구간에 대한 자료를 활용하여 자동으로 Buffer/Concentrated 배수유역을 추출할 수 있는 모듈을 개발하였다.

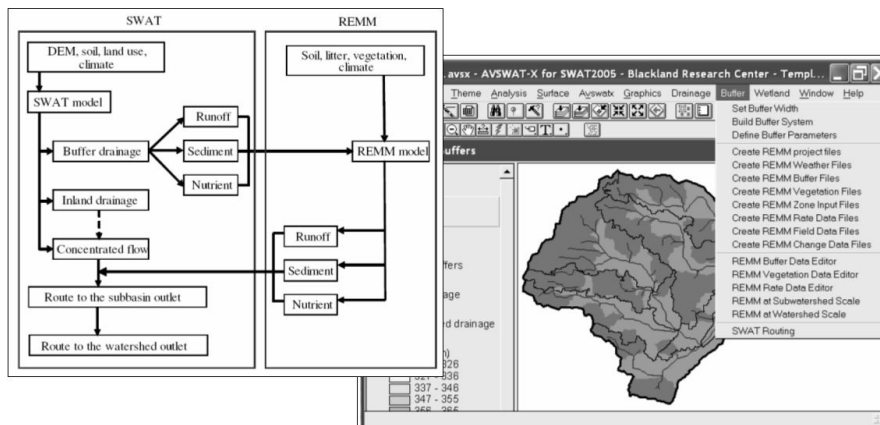
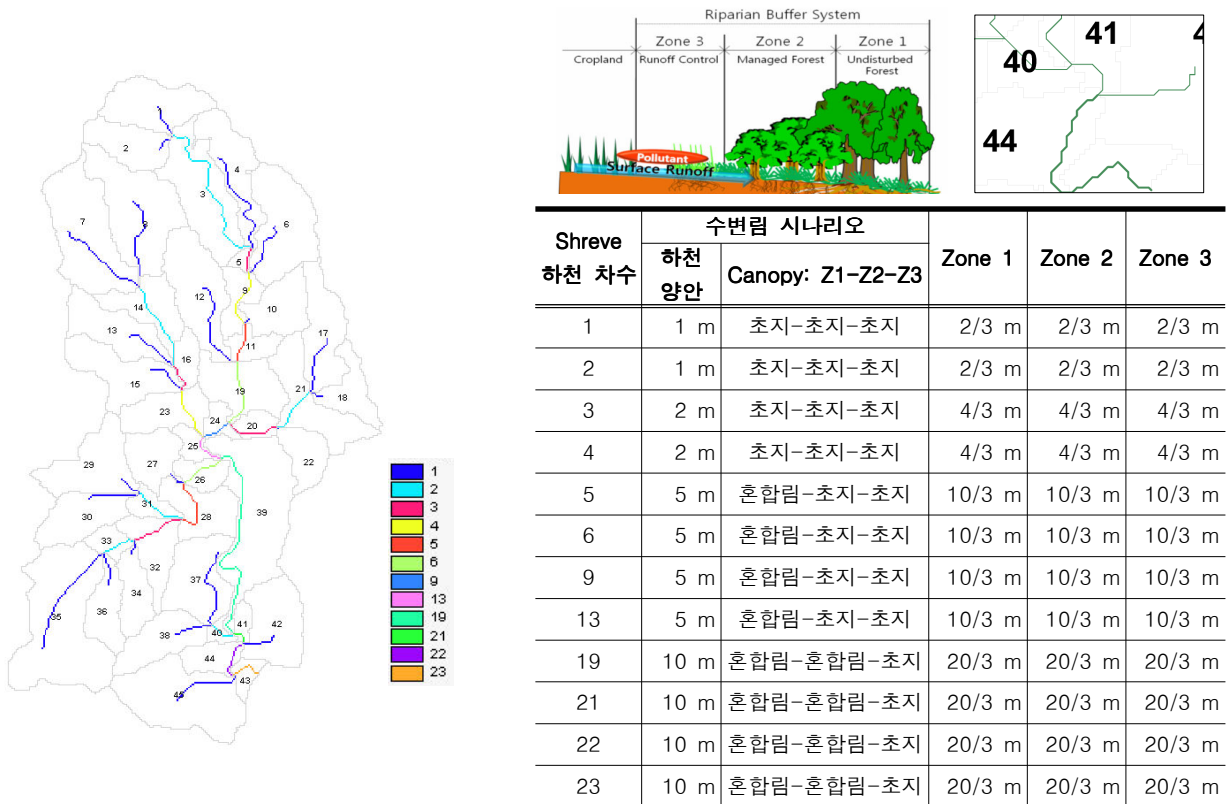


Fig. 1. Overview of the Prototype SWAT-REMM ArcView GIS System

2.3 수변림 조성 시나리오에 따른 SWAT-REMM 수질 개선효과

본 연구에서는 비점오염 특별 관리 지역으로 선정된 강원도 평창군 도암댐 유역의 하천에서의 하천 차수에 따른 수변림 폭/Canopy 시나리오를 Fig. 2와 같이 작성하여 수변림 조성에 따른 수질 개선 효과를 모의 분석하였다.



(a) Shreve Stream Order

(b) RBS Scenario for Stream Order

Fig. 2. Riparian Buffer System Definition and Canopy Scenario

3. 결과

3.1 SWAT-REMM 시스템의 개선

본 연구에서는 소유역내 하천 전체 구간이 아닌 일부 하천에 대해 수변림을 조성했을 때 효과를 모의할 수 있도록 Buffer Drainage/Concentrated Drainage 모듈을 Avenue 프로그래밍을 통해 개선 (Fig. 3) 하였다. 이를 통해 수변림 설치 적지분석 결과와 경제성 분석을 통해 가장 효과적인 수변림 설치 효과 분석을 수행할 수 있을 것이라 판단된다.

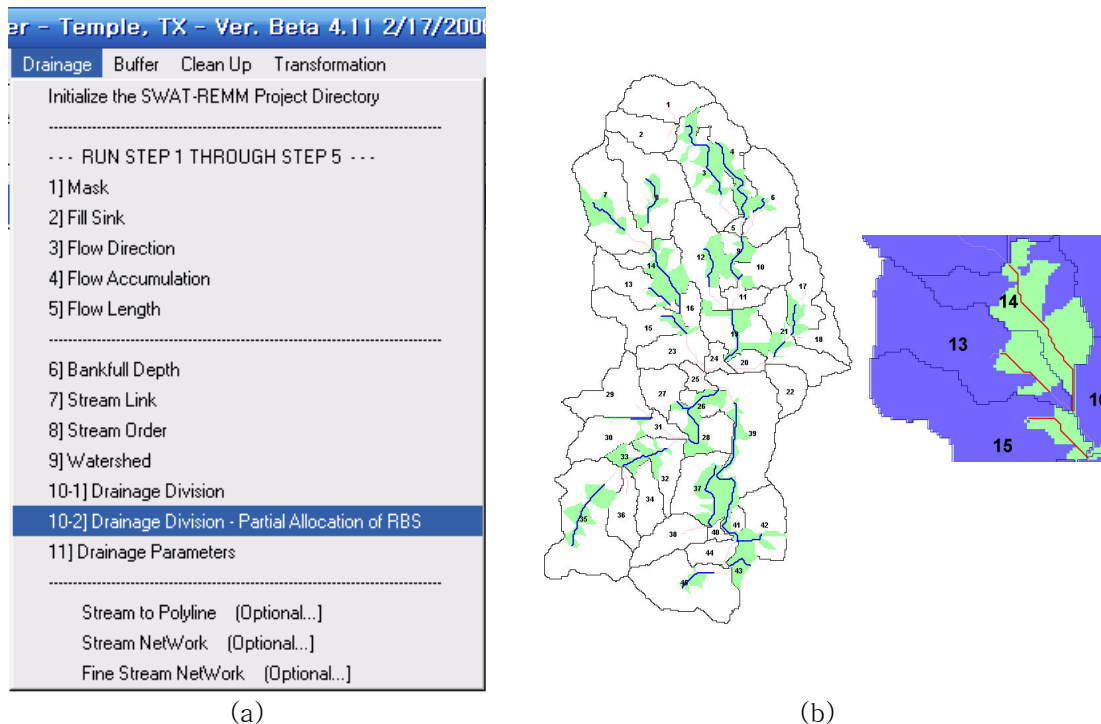


Fig. 3. Enhanced SWAT-REMM ArcView GIS System (a) and

Riparian Buffer System at Stream Reach Segment in Enhanced SWAT-REMM (b)

3.2 수변림 조성 시나리오에 따른 SWAT-REMM 수질 개선효과

본 연구에서는 도암댐 유역 전체 하천에 대해서 차등적으로 수변림을 조성한다는 시나리오를 작성하여 수변림 조성에 따른 수질 개선효과를 모의 분석하였다. Fig. 2에서 보이는 바와 같이 지천을 포함한 유역 전체에 걸쳐 수변림을 조성한다고 가정하여 분석하였기 때문에 상당량의 유사가 하천으로 유입되기 전에 수변림에 의해서 저감된다는 것으로 평가되었다. 특히 강수량 및 유출량에 따라서 그 저감효과에 있어서 많은 차이가 있는 것을 알 수 있었다. 수변림 조성에 의한 보다 정확한 탁수 저감효과를 모의 분석하기 위해서는 도암댐 유역내 하천 수변지역의 하천 정비사업 현황, 초지 현황 조사를 통한 정확한 입력 DB 구축, 이를 이용한 모형의 보정 및 검증작업을 수행해야 한다.

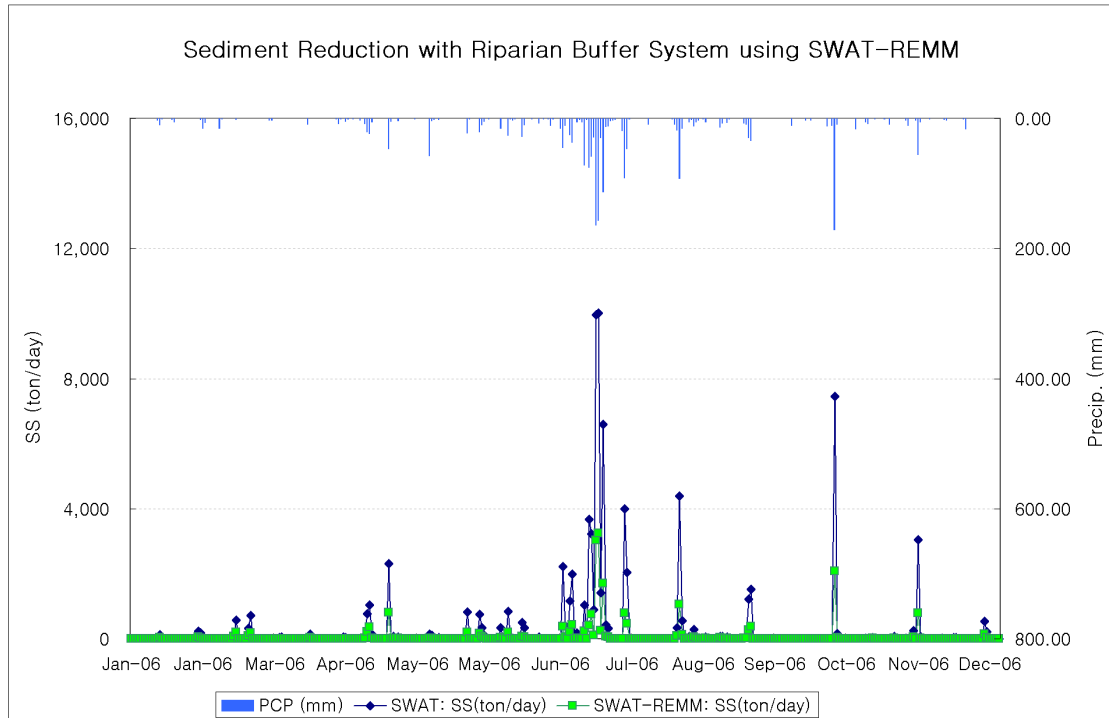


Fig. 4. Sediment Reduction with Riparian Buffer System using SWAT-REMM

4. 결론

1. 본 연구에서 개선된 SWAT-REMM 모듈은 유역내 유출 특성, 비점오염 발생 및 유입 특성, 하천의 형상 등을 고려하여 하천 수변림 설치 적지 구간을 결정한 후 수변림 설치에 따른 수질 개선효과를 분석하는데 활용될 수 있다.
2. 본 연구에서는 도암댐 유역내 모든 소하천 주변에도 양안 1m 정도의 초생대를 조성한다고 가정하고, 주요 하천에 대해서는 양안 최대 10m 의 수변림을 조성한다고 가정하여 탁수저감효과를 모의 분석하였기 때문에 상당량의 탁수가 저감될 것으로 분석되었다.
3. 본 연구에서 분석한 수변림 조성 시나리오는 현실적으로 실행하기 어려운 점이 있기 때문에, 수변림 조성 적지 분석 후, 본 연구에서 개발한 소유역내 하천 구간별 수변림 평가 모듈을 이용한다면, 보다 현실성 있는 유사 저감효과를 분석할 수 있을 것으로 판단된다.

- SWAT-REMM ArcView GIS Homepage: <http://www.EnvSys.co.kr/~swat-remm>

참고문헌

1. Lowrance, R., Altier, L. S., Williams, R. G., Inamdar, S. P., Sheridan, J. M., Bosch, D.D., Hubbard, R.K., and Thomas, D.L., 2000. REMM: The Riparian Ecosystem Management Model. *Journal of Soil and Water Conservation*, 55(1):27-34.
2. Liu, Y., Yang, W., and Wang, X., 2007. GIS-based integration of SWAT and REMM for estimating water quality benefits of riparian buffers in agricultural watersheds. *Transactions of the ASABE* 50(5): 1549-1563.