

# 인공위성 영상자료를 이용한 남한지역 수분이용효율 지도 작성

## Mapping of Water Use Efficiency Using Satellite Imageries in South Korea

서찬양\*, 김현우\*\*, 최민하\*\*\*  
Chanyang Sur, Hyunwoo Kim, Minha Choi

### 요 지

단위면적당 증발산량 중 일부가 식생의 물질 생산에 이용될 수 있는지를 나타내는 지표인 수분 이용효율 (Water Use Efficiency, WUE)은 총 일차생산성(Gross Primary Productivity, GPP)과 단위면적당 증발산량(Evapotranspiration, ET)의 비로 산출된다. 이전 연구들에서의 수분 이용효율의 적용은 수분 스트레스에 대한 작물의 생산성 차이 분석과 같은 작물학과 농림학 분야의 연구들이 대부분이었지만. 기후 변화가 생태계 생산성 또는 에너지 수지에 영향을 미치는 등의 전 지구적 규모의 수문학적 연구에도 적용할 수 있다. 본 연구에서는, Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) 영상자료에서 1km 해상도로 8일 단위의 총 일차생산성과 증발산량을 산정함으로써 수분 이용효율을 구하였다. 향후에는 산정된 이 지표를 남한지역에 적용하여 수분 이용효율에 대한 지도를 작성하고, 실측된 총 일차생산량과 증발산 값을 이용하여 검증한 후 알고리즘을 개선해 나갈 계획이다.

핵심용어 : 수분 이용효율 (WUE), 총 일차생산성 (GPP), 증발산, MODIS

## 1. 서 론

최근 지구온난화로 인한 기후변화 문제가 전 지구적인 관심의 대상이 되고 있으며, 온실가스 배출 억제를 위해 기후변화 협약이나 교토 의정서와 같은 국제적 노력이 가속화 되고 있다. 우리나라는 이산화탄소 배출의 증가율이 15년 사이 100%나 증가해 OECD 국가 중 이산화탄소 배출 증가율이 제일 높기 때문에 이산화탄소로 인한 온실가스의 감축에 대한 체계마련이 시급한 실정이다 (Running et al., 2000).

전 지구적 생태시스템에서 탄소의 순환은 매우 큰 비중을 차지한다 (Matsushita and Tamura, 2002). 녹색식물의 광합성에 의해 대기로부터 획득되는 유기물의 생산량으로 정의할 수 있는 총 일차생산성은 물질의 탄소 순환에 있어 매우 중요한 요소이며 총 일차생산량에 증발산량을 나눠준 값이 수분 이용효율이다 (Tian et al., 2010). 수분 이용효율은 단위면적당 증발산량 중의 일부가 식생의 물질 생산에 이용될 수 있는지를 나타내는 지표이다 (Ponton et al., 2006). 이전 연구들에선, 수분 이용효율을 단지 작물학이나 농림학 분야에서 작물의 생산성 차이 분석방법 등에 응용했었고 플릭스 타워에서의 지점 관측으로 총 일차생산성을 측정했었다. 이러한 지점 관측은 정밀하지만, 그 지점에 대한 관측 값만을 얻을 수 있고 공간적인 분포의 파악이 부족하다는 단점이 있다. 본 연구에서는 공간적인 분포의 총 일차생산성을 파악하고, 오차를 줄이기 위해 Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) 위성영상 자료를 이용하여 총 일차생산성을 추출하였다. 증발산량도 마찬가지로 위성영상 자료에서 값을 추출하여 수분 이용효율을 산정할 수 있다. 이러한 수분 이용효율의 전국적인 분포를 파악함으로써, 시공간적인 분포 경향을 파악할 수 있다.

\* 한양대학교 공과대학 건설환경공학과 석사과정 · E-mail : [cysur@hanyang.ac.kr](mailto:cysur@hanyang.ac.kr)

\*\* 한양대학교 공과대학 건설환경공학과 연구교수 · E-mail : [k4ecohydro@hanyang.ac.kr](mailto:k4ecohydro@hanyang.ac.kr)

\*\*\* 정회원 · 교신저자 · 한양대학교 공과대학 건설환경공학과 조교수 · E-mail : [mchoi@hanyang.ac.kr](mailto:mchoi@hanyang.ac.kr)

## 2. 연구 방법

본 연구에서는 위도 32°~ 38°, 경도 124°~ 132°의 남한 전 지역을 대상으로 연구를 수행하였다. 남한 지역의 2008년 Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) 위성영상 자료에서 수분이용효율을 구하기 위한 요소인 총 일차생산량과 증발산 (Evapotranspiration, ET) 값을 얻었고, 이를 기반으로 수분이용효율 값을 산정해 낼 수 있었다.

### 2.1 총 일차생산량 (Gross Primary Productivity, GPP)

총 일차생산량은 MODIS 17 육상 자료로써 제공되는 8일 단위의 누적 총 일차생산량이며, 연간 46개의 산출물을 얻을 수 있고 단위는  $kgC/m^2$ 이다 (Running et al., 2000). MODIS에서 제공하는 일차생산량의 산출물은 8일 단위의 누적 총 일차생산량과 8일 단위의 누적 순 광합성생산성, 1년 단위의 순 일차생산성 등이 나오고, 수분 이용효율을 계산하기 위해 이번 연구에서는 총 일차생산량의 산출물만 사용하였다. 우리나라의 공간적인 총 일차생산량의 분포는 그림 1과 같다.

### 2.2 증발산 (Evapotranspiration, ET)

증발산의 산정은 MODIS 16 Global ET Product를 주관연구기관인 미국 몬타나 대학의 Numerical Terradynamic Simulation Group (NTSG)로부터 제공받았고, 이 산출물은 8일 단위의 누적증발산이며, 총 일차생산량과 마찬가지로 연간 46개의 값을 얻을 수 있고 단위는  $kg/m^2$ 이다. 우리나라의 증발산의 공간적인 분포는 그림 2와 같다.

### 2.3 수분 이용효율 (Water Use Efficiency, WUE)의 산정

수분 이용효율을 산정하는 방법에는 크게 세 가지가 있다. 첫 번째로는 총 일차 생산량 (Gross Primary Productivity, GPP)이 기반이 되는 수분 이용효율 (GPP/ET), 두 번째는 순 일차 생산량 (Net Primary Productivity, NPP)을 이용한 수분 이용효율 산정방법이 있으며 (NPP/ET), 마지막으로 순 생태 탄소 생산량 (Net Ecosystem carbon Productivity, NEP)을 사용하는 방법이다 (NEP/ET). 이번 연구에서는 첫 번째 방법인 총 일차생산량 (GPP)을 적용하여 수분 이용효율을 산정하고, 전국적으로 수분 이용효율이 어떤 분포를 띄는지에 대한 경향을 살펴보았다.

## 3. 연구 결과

총 일차생산량과 증발산의 분포 양상을 보면, 겨울에는 상대적으로 낮고 여름에는 상대적으로 높음을 알 수 있다. 총 일차생산량과 증발산 값의 변동 폭을 살펴보면, 총 일차생산량이 더 큼을 알 수 있다. 수분 이용효율에 대한 분포를 산정해보면, 총 일차생산성과 증발산의 변화 분포와 마찬가지로 겨울에는 낮은 효율을 보이며, 여름에는 높은 효율을 보였다.

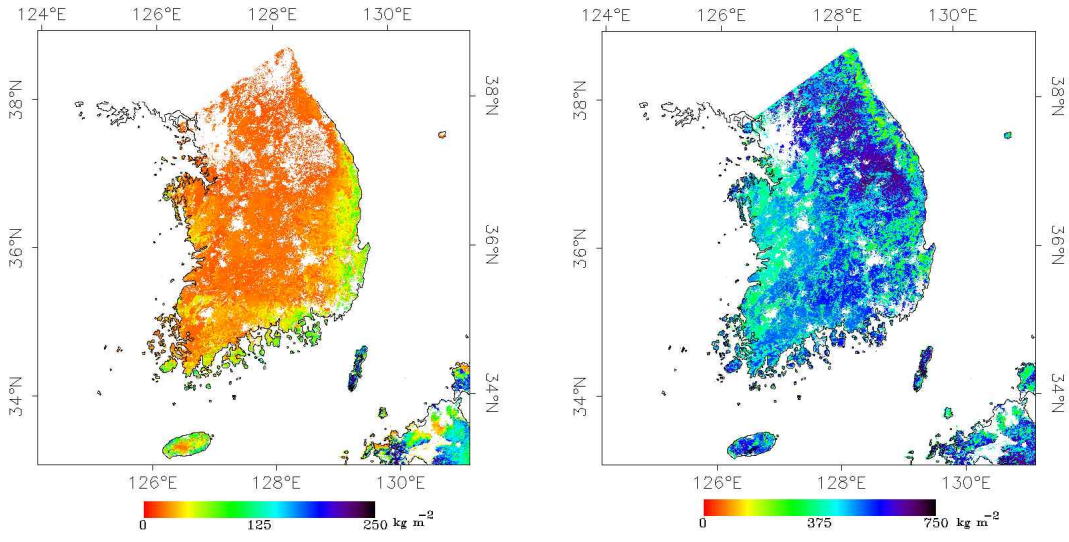


그림 1. GPP의 공간적인 분포

(a) 2008. 01. 17

(b) 2008. 08. 24

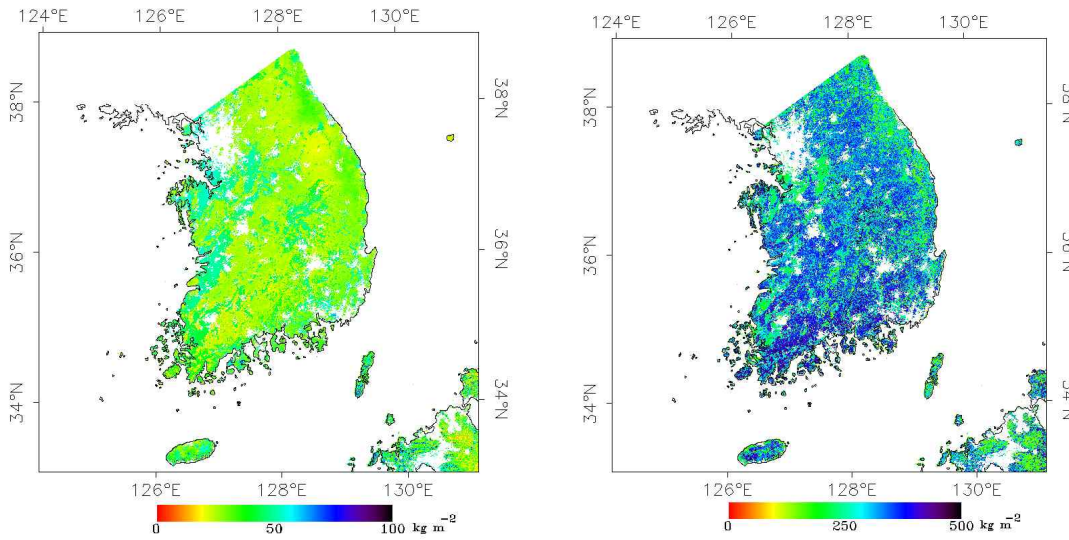


그림 2. ET의 공간적인 분포

(a) 2008. 01. 17

(b) 2008. 08. 24

#### 4. 결론

수분 이용효율은 작물학과 농림학 등의 분야에서 적용할 수 있지만, 이번 연구에서는 기후 변화가 생태계 생산성 또는 에너지 수지에 영향을 미치는 등의 전 지구적 규모의 수문학적 관점을 적용해 볼 것이다. 남한 전 지역의 수분 이용효율을 파악해 봄으로써, 많은 사람들이 관심을 갖는 재난에 대한 방재에 많은 도움을 줄 수 있을 것이다. 가뭄이나 홍수에 대한 예경보도 할 수 있으며, 산사태 예방 등 우리 주변에서 일어날 수 있는 많은 재난들을 위성으로 관측하여 대책을 세울 수 있을 것이다. 향후에는 실측한 총 일차생산량과 증발산 값을 가지고 위성에서 얻은 자료를 검증하여 얼마만큼의 정확성을 갖는지에 대해서도 연구할 계획이다.

## 감사어휘

본 연구는 국토해양부의 국제수문개발계획 (IHP) 7단계 연구사업의 지원을 받았습니다.

## 참고문헌

1. Matsushita, B., and Tamura, M. (2002). Integrating remotely sensed data with an ecosystem model to estimate net primary productivity in East Asia, *Remote sensing of Environment*, VOL. 81. pp. 58-66.
2. Ponton, S., Flanagan, L.B., Alstad, K.P., Johnson, B.G., Morgenstern, K., Kljun, N., Black, T.A., and Barr, A.G. (2006). Comparison of ecosystem water-use efficiency among Douglas-fir forest, aspen forest and grassland using eddy covariance and carbon isotope techniques, *Global Change Biology*, VOL. 12. pp. 294-310.
3. Running, S.W., Thornton, P.E., Nemani, R.R., and Glassy, J.M. (2000). Global terrestrial gross and net primary productivity from the earth observing system. *Methods in Ecosystem Science*, Springer-Verlag. New York.
4. Tian, H., Chen, G., Liu, M., Zhang, C., Sun, G., Lu, C., Xu, X., Ren, W., Pan, S and Chappelka, A. (2010). Model estimates of net primary productivity, evapotranspiration, and water use efficiency in the terrestrial ecosystem of the southern United States during 1895-2007, *Forest Ecology and Management*, VOL. 259. pp. 1311-1327.