

## [Space Science] Article

**동북아시아 지역 벼 생산량 산출 지도 데이터: 천리안 정지궤도위성과 재 분석 기상자료 활용**정승택<sup>1</sup>, 고종한<sup>2</sup>, 염종민<sup>1\*</sup>한국항공우주연구원, 위성활용부, 대전 34133, 대한민국<sup>1</sup>전남대학교, 응용식물학과, 광주 61186, 대한민국<sup>2</sup>**The Spatial Maps of Paddy Rice Yield over Northeast Asia Using COMS Geostationary Satellite and Reanalysis Meteorological Data**Seungtaek Jeong<sup>1</sup> · Jonghan Ko<sup>2</sup> · Jong-Min Yeom<sup>1\*</sup>*Satellite Application Division, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 34133, Republic of Korea<sup>1</sup>**Applied Plant Science, Chonnam National University, Gwangju 61186, Republic of Korea<sup>2</sup>*

Received: 29 June 2021, Accepted: 30 June 2021

**요약문** 본 연구는 천리안 정지궤도위성(COMS: Communication, Ocean and Meteorological Satellite)과 NASA Terra 위성 영상, 수치모델 중 Regional Data Assimilation and Prediction System (RDAPS)를 이용하여 동북아시아 지역에 대한 벼 생산량 산출 지도를 산출하였다. 벼 생산량은 농업, 산업, 경제뿐만 아니라, 기후변화에 따른 농업작황 변화 및 특성에 관한 연구에도 활용도가 높다. 본 연구에서는 2011년부터 2017년까지 우리나라, 북한, 일본, 중국 동북 3성(헤이룽장성, 지린성, 랴오닝성)를 포함하는 동북아시아 지역에 대한 벼 생산량 지도를 산출 하였다. 산출된 벼 생산량 지도의 공간 해상도는 500 m이며 공간적인 관측 범위는 위도 25° N ~ 47° N와 경도 115° E ~ 145° E 범위이다. 벼 생산량 산출을 위해서, 본 연구에서는 Remote Sensing-integrated Crop Model을 적용하였다. 그리고 작물 모형의 입력자료로써 천리안 정지궤도 위성에 탑재된 해색센서(Geostationary Ocean Color Imager, GOCI)로부터 식생지수, 기상 센서(Meteorological Imager, MI)로부터 일사량, Terra 위성의 MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer로부터 지표 수분 지수, RDAPS 수치모델로부터 기온을 입력자료로 사용하여 작물 생산량을 모의하였다. 특히, 본 연구는 GOCI 시계열 영상에 양방향성 반사도 분포 함수 모델(BRDF: Bidirectional Reflectance Distribution Function) 적용하여, 위성 관측위치에서 발생하는 방향성 오차를 최소화하여 보다 정확한 식생지수를 산출하였다. 방향성 오차가 제거된 식생지수의 경우에는 벼 생산량 산출에 매우 효과적이었다.

**키워드:** 벼 생산량 지도, 천리안 정지궤도위성, 분광지수, 농업작황

**Abstract** This study estimated rice yield maps for Northeast Asia by using the Communication, Ocean and Meteorological satellite (COMS), Terra satellite, and Regional Data Assimilation and Prediction System (RDAPS) of the numerical model. The rice yield is highly useful in the study for crop information monitoring according to climate change as well as agriculture information, industry, and economy. This study produced rice yield maps for Northeast Asia including Korea, North Korea, Japan, and three northeastern

\*Corresponding author: yeomjm@kari.re.kr

provinces of China (Heilongjiang, Jilin, and Liaoning) from 2011 to 2017. The estimated spatial resolution of the rice yield maps in Northeast Asia is 500 m. The spatial observation range is 25 ° N ~ 47 ° N and 115 ° E ~ 145 ° E. In order to estimate rice yield, Remote Sensing-integrated Crop Model was employed in this study. The inputs of the RSCM are vegetation indices from Geostationary Ocean Color Imager (GOCI) of the COMS, solar radiation from Meteorological Imager of the COMS, Land Surface Water Index from the MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer, and the temperature from the RDAPS were considered as input data. In particular, this study applied the Bidirectional Reflectance Distribution Function to the GOCI time-series images to calculate more improved vegetation indices by minimizing the directional error generated in the satellite observation location. These indices were very effective in the simulation of the rice yield.

**Keywords:** Rice yield map, COMS, Spectral indices, Agriculture crop

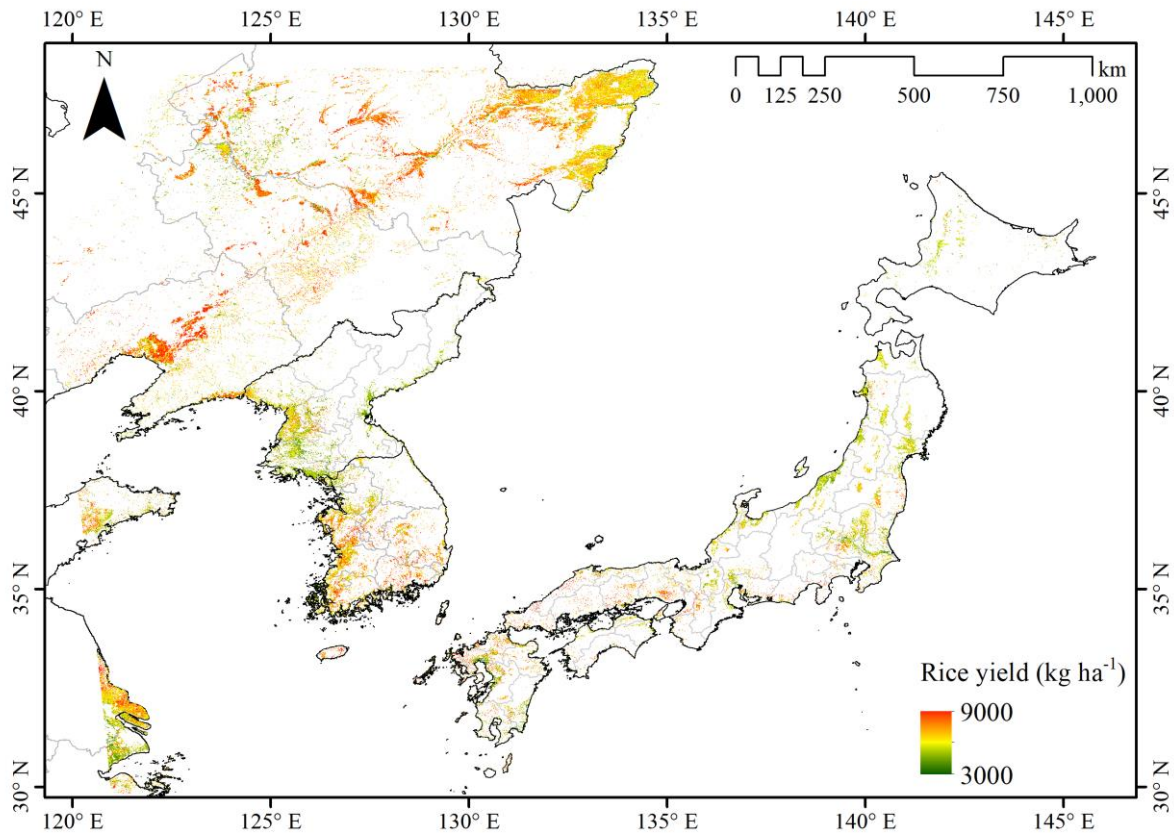
## 1. 서론

작물의 공간적 분포와 그에 따른 수확량에 대해서, 정확하고 시기적절한 정보를 획득하는 것은 지역적 그리고 세계적 식량안보 요구를 충족시키기 위한 중요한 첫걸음이다(Xiao et al., 2005; Peng et al., 2017). 그뿐만 아니라 최근 기후변화로 인한 식량 작물 피해가 계속해서 증가하고 있기 때문에 작황의 시공간적 특성에 대한 연구가 필요하다(Yeom et al., 2021). 본 연구에서는 동북아시아 지역을 대상으로 세계 주요 작물 중 하나인 벼에 대한 생산량 지도를 시공간적으로 제작하기 위해 정지궤도 위성으로부터 높은 시간 해상도를 갖는 식생지수 시계열 자료를 주요 변수로 활용하였다. 이를 위해 선행연구에서는 먼저 동북아시아지역에 대한 논 재배 지역 분류를 우선적으로 수행하였다(Jeong et al., 2021). 그리고 본 연구에서는 앞서 분류된 논 지도를 기반으로, 원격탐사 자료와 작물모형을 통합한 RSCM (Remote Sensing-integrated Crop Model)을 적용하여 2011년부터 2017년까지 동북아시아(남한, 북한, 일본, 중국 동북 3성)의 벼 생산량에 대한 시공간 정보를 획득할 수 있는 시계열 지도를 제작하였다.

## 2. 벼 생산량 지도

벼 생산량 지도를 제작하기 위해 천리안 정지궤도 위성(COMS: Communication, Ocean and Meteorological Satellite)의 GOCI (Geostationary Ocean Color Imager) 센서로부터 식생지수(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index, RDVI: Renormalized Difference Vegetation Index, OSAVI: Optimized Soil Adjusted Index, MTVI: modified Triangular Vegetation Index), MI (Meteorological Imager) 센서로부터 일사량을 각각 사용하였다. 또한 기온 자료로는 수치모델 중 RDAPS (Regional Data Assimilation and Prediction System)를 사용하였다. 특히, Bidirectional Reflectance Distribution Function (BRDF) 모델을 이용하여 지표 GOCI 분광반사도 보정을 통해 식생지수의 오차를 최소화하였고, MI 영상을 통해 1 km의 고해상도 일사량 산출함으로써 고품질 입력자료를 생산할 수 있었다. 2011년부터 2017년까지 공식적인 벼 생산량 통계정보를 기반으로 연구 지역 중 일부 지역을 선정하여 RSCM 모형의 보정(calibration) 및 최적화를 수행하였으며, 이후 연구 지역 전체에 적용하여 벼 생산량 모의를 수행했다. 2011년에서 2017년 기간의 모의된 벼 생산량 모의 결과에 대해 오차 통계분석을 수행한 결과, Root Mean Square Error (RMSE)는 674 kg ha<sup>-1</sup>의, 결정계수(R<sup>2</sup>)는 0.823, Nash-Sutcliffe 효율성 계수(NSE: Nash-Sutcliffe Efficiency)는 0.524로 전체 평균 값이 관측 자료와 높은 정확도를 보였으며, 또한 t-test ( $\alpha = 0.05$ ) 결과에서 p-value가 0.235로 모의된 결과가 관측 값과 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다(Yeom et al., 2021). 결론적으로 정지궤도위성인 COMS의 BRDF가 적용된 GOCI 영상과 높은 공간해상도의 일사량을

입력자료로 사용한 RSCM 모형 기반의 작물 생산량 모의 방법은 국가 및 지역의 농작물 수급 및 관리를 위한 새로운 접근법으로 고려될 수 있다.



**Figure 1.** Spatial distribution of the rice yields over classified paddy fields using COMS geostationary satellite and meteorological data from the numerical model for Northeast Asia in 2017.

### 3. 공간적 범위

벼 생산량 지도는 위도 25 ° N ~ 47 ° N와 경도 115 ° E ~ 145 ° E 범위(Fig. 1) 로 남한, 북한, 일본, 중국 동북 3성(헤이룽장성, 지린성, 랴오닝성)을 포함하는 동북아시아 영역이다. 공간해상도는 500 m 해상도 식생지수를 적용한 GOCI 위성 공간 해상도와 동일하다.

### 4. 시간적 범위

동북아시아 벼 생산량 지도는 2011년부터 2017년월까지 연도별로 총 7개 년도 지도가 제작됐다.

### 5. 사사

본 과제는 한국항공우주연구원 위성활용사업(FR21J00)에서 수행되었다.

## 6. 참고문헌

Jeong ST, Ko JH, Yeom JM (2021) The spatial data of paddy rice classification over Northeast Asia using COMS geostationary satellite. *Geo Data* 3(1):18-22

Jeong ST, Kang S, Jang K, Lee H, Hong S, Ko D (2012) Development of Variable Threshold Models for detection of irrigated paddy rice fields and irrigation timing in heterogeneous land cover. *Agricultural Water Management* 115:83-91

Peng D, Huete AR, Huang J, Wang F, Sun H (2011) Detection and estimation of mixed paddy rice cropping patterns with MODIS data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 13(1):13-23

Xiao X, Boles S, Liu J, Zhuang D, Frohling S, Li C, Salas W, Moore III B (2005) Mapping paddy rice agriculture in southern China using multi-temporal MODIS images. *Remote Sensing of Environment* 95(4):480-492

Yeom JM, Jeong ST, Deo RC, Ko JH (2021) Mapping rice area and yield in northeastern asia by incorporating a crop model with dense vegetation index profiles from a geostationary satellite. *GIScience & Remote Sensing* 58(1):1-27

## 7. 데이터셋에 대한 메타데이터

Sort	Field	Subcategory#1	Subcategory#2	
Essential	Title	Spatiotemporal maps of rice yield		
	*DOI name	10.22761/DATA2021.3.2.002		
	*Category	Farming		
	Abstract			
	*Temporal Coverage	2011 ~ 2017 (yearly)		
	*Spatial Coverage	(Latitude) 25 ° N ~ 47 ° N (Longitude) 115 ° E ~ 145 ° E		
	*Personnel	Jong-Min Yeom Korea Aerospace Research Institute yeomjm@kari.re.kr		
	*CC License	CC BY-NC		
Optional	*Project	Project of satellite application from Korea Aerospace Research Institute	FR21J00	
	*Instrument	COMS GOCI	B1: 0.402-0.422 μm (0.412 μm)	Geo-synchronous (36,000 km) 500 m at nadir
			B2: 0.433-0.453 μm (0.443 μm)	
			B3: 0.480-0.500 μm (0.490)	

		B4: 0.545-0.565 $\mu\text{m}$ (0.555 $\mu\text{m}$ )		
		B5: 0.650-0.670 $\mu\text{m}$ (0.660 $\mu\text{m}$ )		
		B6: 0.675-0.685 $\mu\text{m}$ (0.670 $\mu\text{m}$ )		
		B7: 0.735-0.755 $\mu\text{m}$ (0.745 $\mu\text{m}$ )		
		B8: 0.845-0.885 $\mu\text{m}$ (0.865 $\mu\text{m}$ )		
	COMS MI	B1: 0.55-0.80 $\mu\text{m}$ (0.675 $\mu\text{m}$ )		(36,000 km) 1Km at nadir
		B2: 3.5-4.0 $\mu\text{m}$ (3.75 $\mu\text{m}$ )		
		B3: 6.5-7.0 $\mu\text{m}$ (6.75 $\mu\text{m}$ )		
		B4: 10.3-11.3 $\mu\text{m}$ (10.8 $\mu\text{m}$ )		
		B5: 11.5-12.5 $\mu\text{m}$ (12.0 $\mu\text{m}$ )		
	MODIS	B1: 0.620-0.670 $\mu\text{m}$ (0.645 $\mu\text{m}$ )		Sun-synchronous (705 km) 500 m at nadir
		B2: 0.841-0.876 $\mu\text{m}$ (0.858 $\mu\text{m}$ )		
		B3: 0.459-0.479 $\mu\text{m}$ (0.469 $\mu\text{m}$ )		
		B4: 0.545-0.565 $\mu\text{m}$ (0.555 $\mu\text{m}$ )		
		B5: 1.230-1.250 $\mu\text{m}$ (1.240 $\mu\text{m}$ )		
B6: 1.628-1.652 (1.640 $\mu\text{m}$ )				
B7: 2.105-2.155 $\mu\text{m}$ (2.130 $\mu\text{m}$ )				