

Status of Rice Paddy Field and Weather Anomaly in the Spring of 2015 in DPRK

Suk Young Hong*, Hye-Jin Park¹, Keunchang Jang², Sang-Il Na, Shin-Chul Baek, Kyung-Do Lee,
and Joong-Bae Ahn¹

Climate Change and Agroecology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

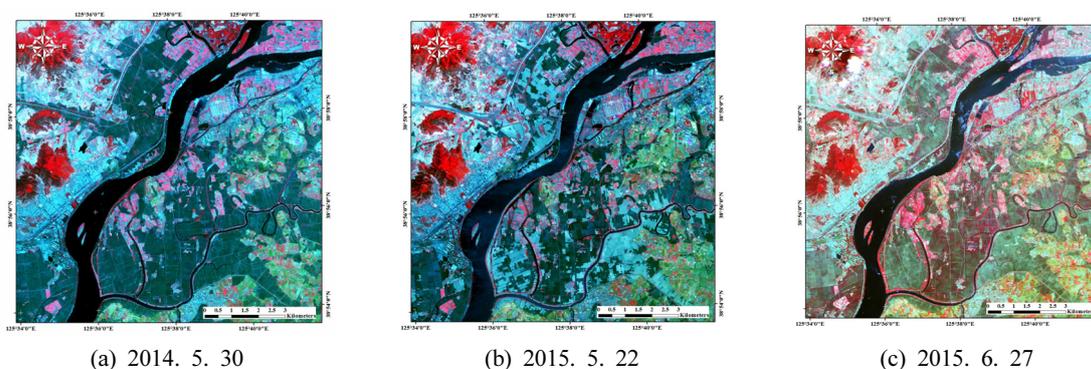
¹*Department of Earth Environment System, Pusan National University, Busan, Korea*

²*Center for Forest & Climate Change, Korea Forest Research Institute, Seoul, Korea*

(Received: September 21 2015, Revised: October 10 2015, Accepted: October 13 2015)

To understand the impact of 2015 spring drought on crop production of DPRK (Democratic People's Republic of Korea), we analyzed satellite and weather data to produce 2015 spring outlook of rice paddy field and rice growth in relation to weather anomaly. We defined anomaly of 2015 for weather and NDVI in comparison to past 5 year-average data. Weather anomaly layers for rainfall and mean temperature were calculated based on 27 weather station data. Rainfall in late April, early May, and late May in 2015 was much lower than those in average years. NDVI values as an indicator of rice growth in early June of 2015 was much lower than in 2014 and the average years. RapidEye and Radarsat-2 images were used to monitor status of rice paddy irrigation and transplanting. Due to rainfall shortage from late April to May, rice paddy irrigation was not favorable and rice planting was not progressed in large portion of paddy fields until early June near Pyongyang. Satellite images taken in late June showed rice paddy fields which were not irrigated until early June were flooded, assuming that rice was transplanted after rainfall in June. Weather and NDVI anomaly data in regular basis and timely acquired satellite data can be useful for grasping the crop and land status of DPRK, which is in high demand.

Key words: Remote Sensing, Rice paddy, NDVI, Anomaly, North Korea



RapidEye images taken on May 30, 2014 (a), May 22, 2015 (b), and June 27, 2015 (c) in Gangnam-gun, Pyongyang.

*Corresponding author : Phone: +82632382510, Fax: +82632383823, E-mail: syhong67@korea.kr

§Acknowledgement : This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ00997801)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

Introduction

최근 잦은 기상재해와 더불어 북한의 농업 현황과 식량 상황이 작간접적으로 발표되고 있으나 북한에 대한 실상이나 정보에 대한 객관적 판단 자료가 여전히 부족한 실정이다. 우리나라에서는 정부기관과 연구소를 중심으로 북한의 농업 현황과 농업기술, 생산 기반을 파악하려는 노력을 기울이고 있다. 유엔 식량농업기구 (FAO)와 같은 국제기관과 미국, 유럽연합 등 정부차원의 관련 기관도 인공위성 자료를 이용하여 취득한 정보를 활용하여 북한의 농업 현황 파악에 힘을 기울이고 있다. FAO는 작황 조기예보시스템 (GIEW, Global Information and Early Warning System)을 통하여 식량위기에 놓인 국가를 대상으로 작황정보를 제공하고 있다 (<http://www.fao.org/gIEWS/english/index.htm>). 미국 농무부의 외국농업청 (USDA FAS)은 곡물 등 농업 수요와 공급을 추정하여 매달 보고서 형태로 제공하고 있다.

올해 6월 17일 연합뉴스 “북한, 100년만의 가뭄으로 피해 극심”과 6월 19일 조선일보 “북, 100년 만의 최악 가뭄”의 기사에서 봄 가뭄이 작물 생산량에 영향을 미칠 것이라는 보도가 있었다. 그러나 북한을 대상으로 정책, 사업, 교류 등의 분야의 의사결정을 위해서는 사실을 확인하고 전망할 수 있는 보다 객관적인 판단 자료가 필요하다.

인공위성은 직접 방문이 힘든 곳을 대상으로 넓은 지역에 대해 주기적으로 자료를 수집할 수 있는 장점을 갖고 있어 북한과 같이 방문이 어렵고 자료가 부족한 지역에 대한 정보 획득 수단으로 유용하게 활용되고 있다.

우리나라에서는 Landsat TM 영상 등을 이용하여 북한의 토지피복도를 작성하였고 (Hong et al., 2008), 최근에는 RapidEye 영상을 이용하여 북한의 전역의 벼논 지역을 분류하고 면적을 산정한 바 있다 (Hong et al., 2012a). 또한, Hong et al. (2009)는 MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 위성영상의 식생지수 중 하나인 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)를 이용하여 북한의 쌀 수량 추정 가능성을 연구한 바 있다.

작황은 작물의 생육 상황을 일컫는 말이나 통상 단위면적당 수량성으로 이해되고 있다. 온도, 강수, 일사와 같은 기상요인이 작황을 결정하는 가장 중요한 요인이고, 토양 수분, 양분, 병충해, 재해 등의 영향을 받는다 (Penning de Vries et al., 1989). 따라서 기상요인의 주기적 모니터링과 평년 및 전년과의 비교는 작황 판단을 위한 기초 자료로서 매우 의미가 있다. 또한 위성영상의 형태로 제공되는 작물의 생육 정보와 농경지 관측 현황을 파악하는 것은 작황 전망을 위한 기본이라 할 수 있다. Hong et al. (2012b)는 MODIS NDVI와 기상자료를 이용하여 우리나라의 벼 수량을 추정한 결과를 보고하여 위성영상의 활용이 전망 있음을 시사하였다.

북한의 봄 가뭄 보도에 대해 판단할 수 있는 객관적인 자료를 생산하여 향후 미치는 영향에 대해 전망하기 위해 본 연구에서는 위성영상과 기상자료를 이용하여 작물의 생육 및 농경지 관측 정보를 주기적으로 처리하여 2015년 봄철 북한의 작황 정보를 생산하고 그 결과를 보고하고자 한다.

Materials and Methods

기상 아노말리 작성을 위한 기상 관측자료 기반 공간내삽 2015년과 비교하기 위한 평년 자료로 사용하기 위해 기상청 국가기후데이터 센터 (<http://sts.kma.go.kr/jsp/home/contents/main/main.do>)에서 제공하고 있는 북한의 27개 관측소에서 수집되는 2010~2014년 기상자료와 2015년 1월부터 6월 하순까지의 3시간 간격 최저·최고 기온과 강수량 자료를 수집하였다. IDL (Interactive Data Language)을 이용하여 3시간 간격의 기상자료를 import하고 경위도 WGS 84 좌표계를 등록하여 일별 자료로 작성하였다. 관측 지점의 값을 전국 자료로 확장하기 위해 Barnes 기법 (Barnes, 1964)을 이용하여 일별 기상자료가 미계측 지점에 대해서도 값을 갖도록 10 km 격자 간격으로 객관 분석을 수행하였다 (Ahn et al., 2002; Ahn et al., 2010). 북한자료 생산을 위한 알고리즘은 Fortran과 NCL (NCAR Command Language)를 바탕으로 실행 프로그램을 작성하였다. 경위도 WGS 84 좌표로 투영된 10 km 격자 크기의 기상자료를 다시 IDL을 이용하여 import 하여 일별 평균온도와 강수량 격자지도를 제작하여 추후 적산온도 계산 및 아노말리¹⁾ (anomaly) 분석에 활용하였다.

위성자료를 이용한 벼 생육 정보 작성 국가단위 작황 모니터링에 많이 활용되고 있는 미국의 Aqua MODIS 위성영상의 육상 산출물 중 250 m의 공간해상도, 16일 간격으로 제공되는 NDVI (MYD13Q1) 값을 사용하여 북한의 벼논의 생육정보 해석에 활용하였다. MYD13Q1은 MYD09 반사도 (reflectance) 데이터를 입력 자료로 하여 식 1의 알고리즘을 적용하여 NDVI 값을 산출하고, 구름 보정 및 시공간 합성 과정을 거쳐 16일 합성 데이터를 제작한다.

근적외선과 가시광선의 비율에 기초한 가장 먼저 사용되기 시작한 식생지수는 RVI (Ratio vegetation index; Jordan, 1969)이고, 이를 정규화한 것이 NDVI (Rouse et al., 1973)이고 가장 널리 활용되고 있다. NDVI는 -1에서 1사이의 값을 가지며 식생은 대개 0.2 이상에서 1에 가까운 값을 갖게 된다 (Eq. 1). Eq. 1에서 NIR과 RED는 각각 근적외선과 적색광선에서의 반사율을 나타내고 있다.

1) 아노말리 (anomaly) : 불규칙성, 예외성 등의 의미 (Table 1의 식 참조)

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (-1 \leq NDVI \leq 1) \quad (\text{Eq. 1})$$

MODIS 영상은 미국 USGS Data Pool의 FTP 사이트 (<http://earthexplorer.usgs.gov>)에서 HDF 파일 형태의 MYD 13Q1 산출물을 내려받아 NDVI 레이어를 활용하였다. 영상 자료 배포 좌표계인 WGS-84 Sinusoildal을 WGS-84 경위도 좌표로 변환하고 환산계수 (scaling factor)를 적용하여 NDVI 영상을 제작하였다. 원시영상으로부터 NDVI 영상 제작에는, 대량의 데이터를 좌표변환 작업까지 일괄 적용하여 효과적으로 진행할 수 있도록 농촌진흥청이 자체적으로 MODIS 전처리 프로그램을 개발하여 활용하였다 (RDA, 2011).

기상 및 벼 생육 아노말리 정보 순별 기상과 식생에 대한 아노말리를 각각 정의하고 작물의 생육, 파종 및 정식, 이앙을 위해 중요한 시기인 3월 및 5월을 중심으로 사공간적인 분포를 나타내는 아노말리 지도를 작성하였다. 평년은 당해 연도를 기준으로 과거 5년인 2010~2014년으로 하였다.

2014년 9월 유럽연합 JRC (Joint Research Center)에서 발표한 "Seasonal Monitoring in DPRK 2014" (http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/content/download/3496/17312/file/JRC_report_DPRK_crop_season_assessment_September2014.pdf) 보고서에서 사용한 아노말리 정의에 기반하여 본 연구의 2015년 작황 전망에 활용한 기준은 각각 Table 1과 같다.

위성영상을 이용한 벼논 모내기 현황 파악 북한의 평양 인근 벼와 옥수수를 많이 재배하는 강남지역을 중심으로 광학영상을 제공하는 RapidEye 위성과 레이더 영상을 제공하는 Radarsat-2 위성에서 취득한 2014년과 2015년의 영상을 육안 판독하여 벼논의 모내기 현황과 농경지 인근 저수지의 수표면 변화를 비교해 보았다.

RapidEye 위성영상은 German Aerospace Center (DLR)에서 2008년 8월 29일 발사한 위성에서 획득한 영상으로 청색 (blue, 440~510 nm), 녹색 (green, 520~590 nm), 적색 (red, 630~685 nm), 적색경계 (red edge, 690~730 nm), 근적외선 (near infrared, 760~850 nm) 밴드로 구성되어 있으며, 특히 적색경계 밴드를 포함하고 있어 세밀하고 작은 식

Table 1. Anomaly equations[†] of weather and vegetation growth used.

| Variables | Anomaly Equations used |
|------------------|--|
| Mean temperature | $Year\ 2015 - Normal\ year$ |
| Rainfall | $\frac{Year\ 2015 - Normal\ year}{Normal\ year} * 100$ |
| NDVI | $Year\ 2015 - Normal\ year$ |

[†] http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/content/download/3496/17312/file/JRC_report_DPRK_crop_season_assessment_September2014.pdf

생의 변화 관측에 활용이 가능하다고 알려져 있다. RapidEye는 동일한 사양의 5개의 위성이 하루에 5.5번의 주기로 운행하여 연구지역에 대한 시계열 영상의 취득 확률이 높고 촬영 폭 (swath)이 77 km로 넓은 장점 때문에 활용도가 높다.

RADARSAT-2는 2007년에 캐나다에서 발사한 것으로 중심주파수 5.4 GHz, 파장 5.6 cm, 입사각은 20°~59° 범위의 레이더 영상을 제공한다. 밤낮, 구름의 여부에 관계없이 영상을 취득할 수 있어 촬영 일을 미리 계획할 수 있고 실패율이 낮은 장점이 있다. 다중편파 중 HH-편파를 본 연구에 사용하였고 GAMMA software 프로그램 (GAMMA Remote Sensing Inc.)을 이용하여 전처리 및 후방산란계수 영상을 산출하였다.

RapidEye 및 Radarsat-2 영상은 Hong et al. (2012a)이 북한의 벼논 면적 산정을 위해 사용했던 RapidEye 북한 전역 합성 영상을 기준 영상으로 하여 image-to-image 좌표 등록하였다.

Results and Discussion

2015 봄철 강수 및 평균온도 아노말리 2015년 순별 평균온도와 강수량과 평년 (‘10~‘14)값을 비교한 결과는 각각 Fig. 1, Fig. 2와 같다.

가을에 파종한 맥류의 생육이 진행되는 재생기인 3월은 중순과 하순에 강수량이 평년에 비해 적게 나타났다. 평균온도는 3월 하순에 함경도를 중심으로 다소 높게 나타났다. 4월 상중순의 강수량은 평년에 비해 다소 많고 평균온도는 다소 낮게 나타났다. 4월 하순은 강수량이 전국적으로 부족하고 평균온도가 높게 나타났다.

5월 상순과 하순은 평년에 비해 강수량이 매우 적게 나타났고 평균온도는 하순에 특히 높게 나타났다. 6월 초중순에는 평년에 비해 강수량이 많았고 평균온도가 다소 낮아졌다. 6월 하순에는 평년에 비해 강수량이 다소 적었고 평균온도도 낮게 나타났다.

맥류의 생육(분얼)이 진행되고 감자 파종 및 생육, 옥수수의 파종이식이 시작되는 시기는 4월 상중순경이고, 맥류의 수잉기, 개화출수기에 해당하고, 본격적인 옥수수 파종이식, 감자의 생육, 콩 파종기는 5월이다. 5월의 강수량이 특히 평년에 비해 적고 평균온도가 높게 나타나 맥류의 등숙에 불리했을 것으로 생각된다.

Fig. 3은 맥류 생육기간 (3.1~5.31)의 누적 강수량 (mm)과 적산온도 분포를 나타내고 있다. 이 시기는 맥류의 재생기~등숙기에 해당하는데 평년에 비해 특히 평안북도, 강원도, 함경북도의 강수량이 적었다. 평균온도는 전반적으로 높았는데 특히 황해남북도와 평안도가 높았던 것으로 나타났다.

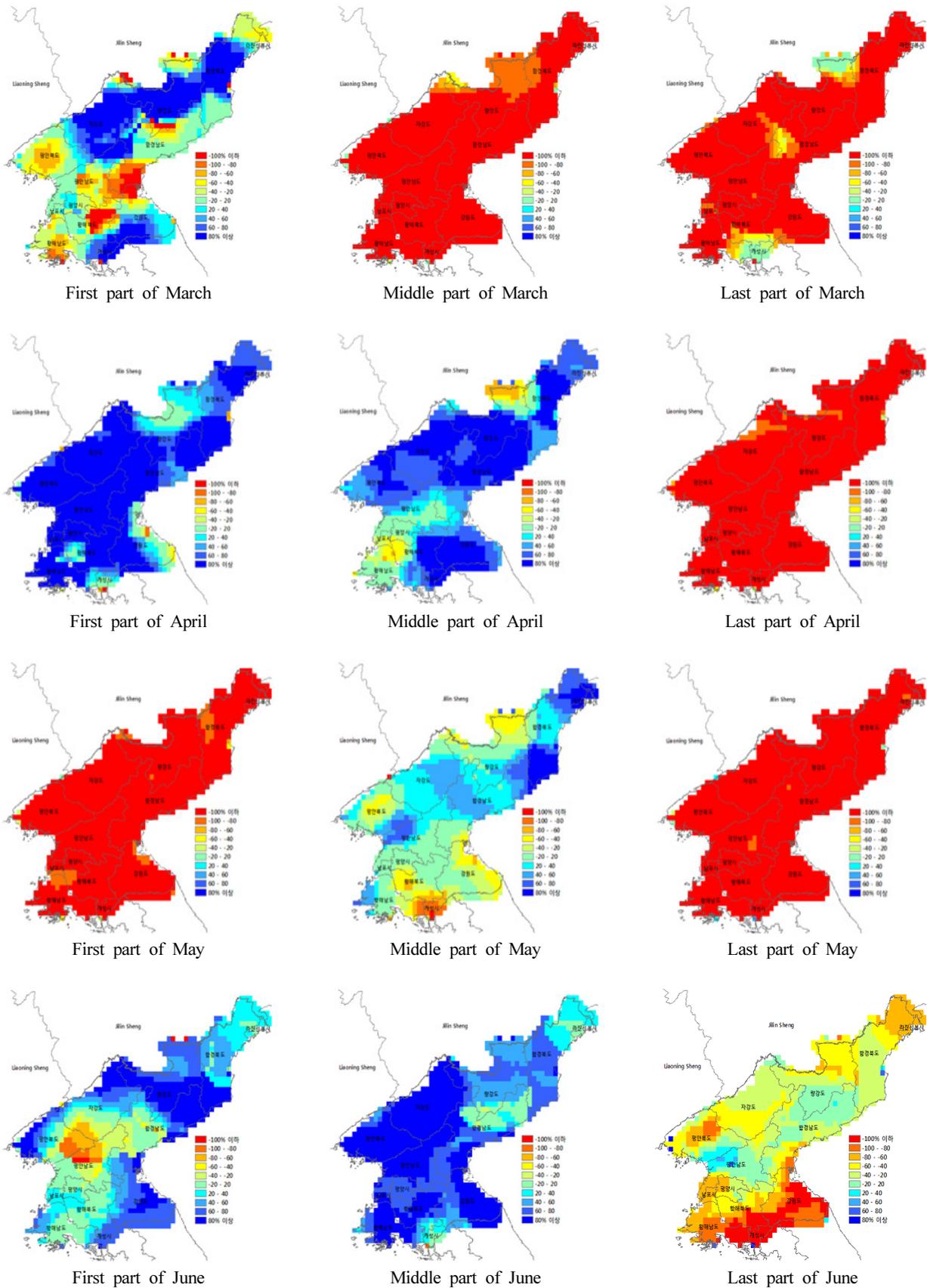


Fig. 1. Anomaly maps of rainfall in March and June of 2015 in North Korea.

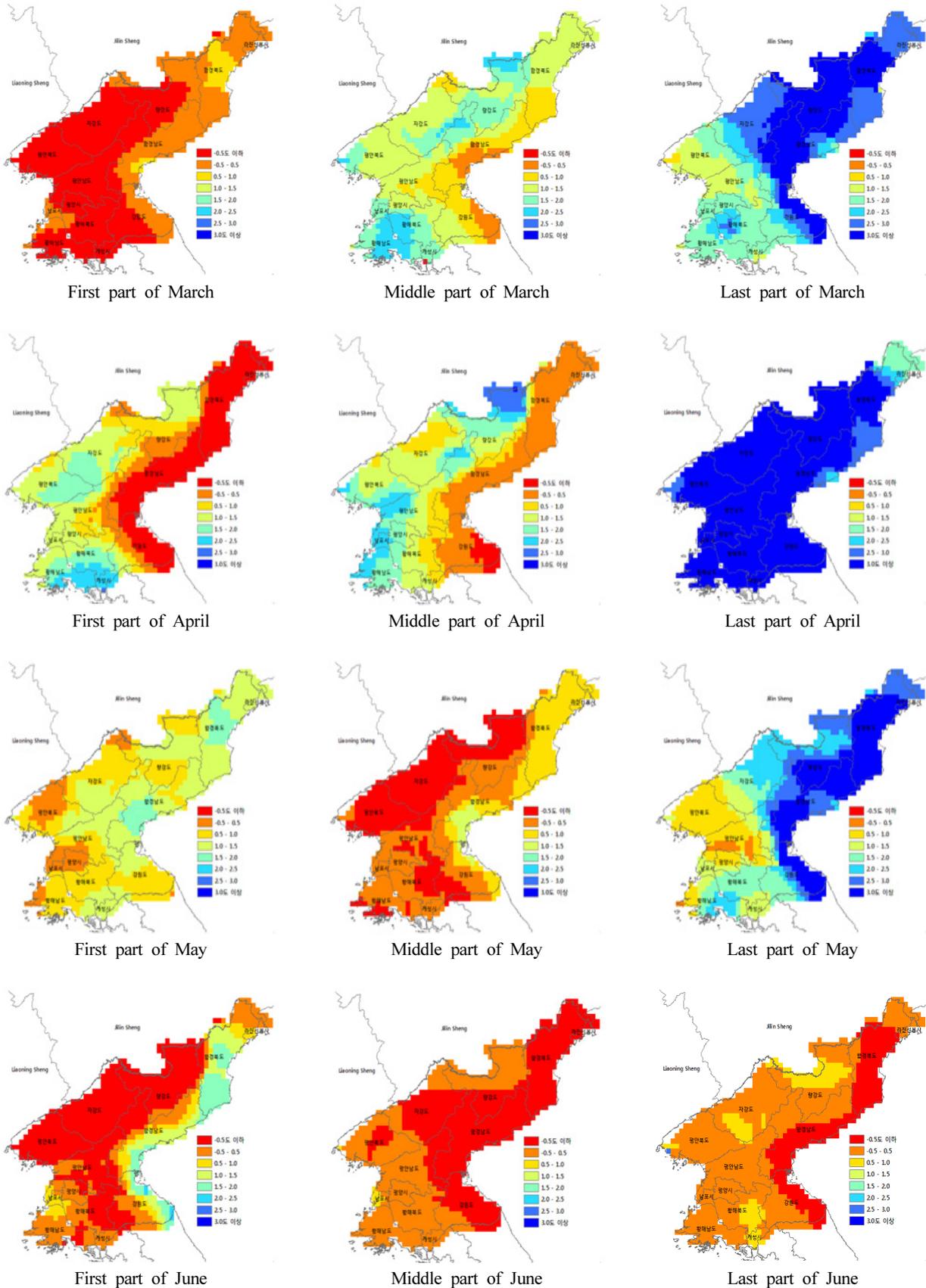


Fig. 2. Anomaly maps of mean temperature in March and June of 2015 in North Korea.

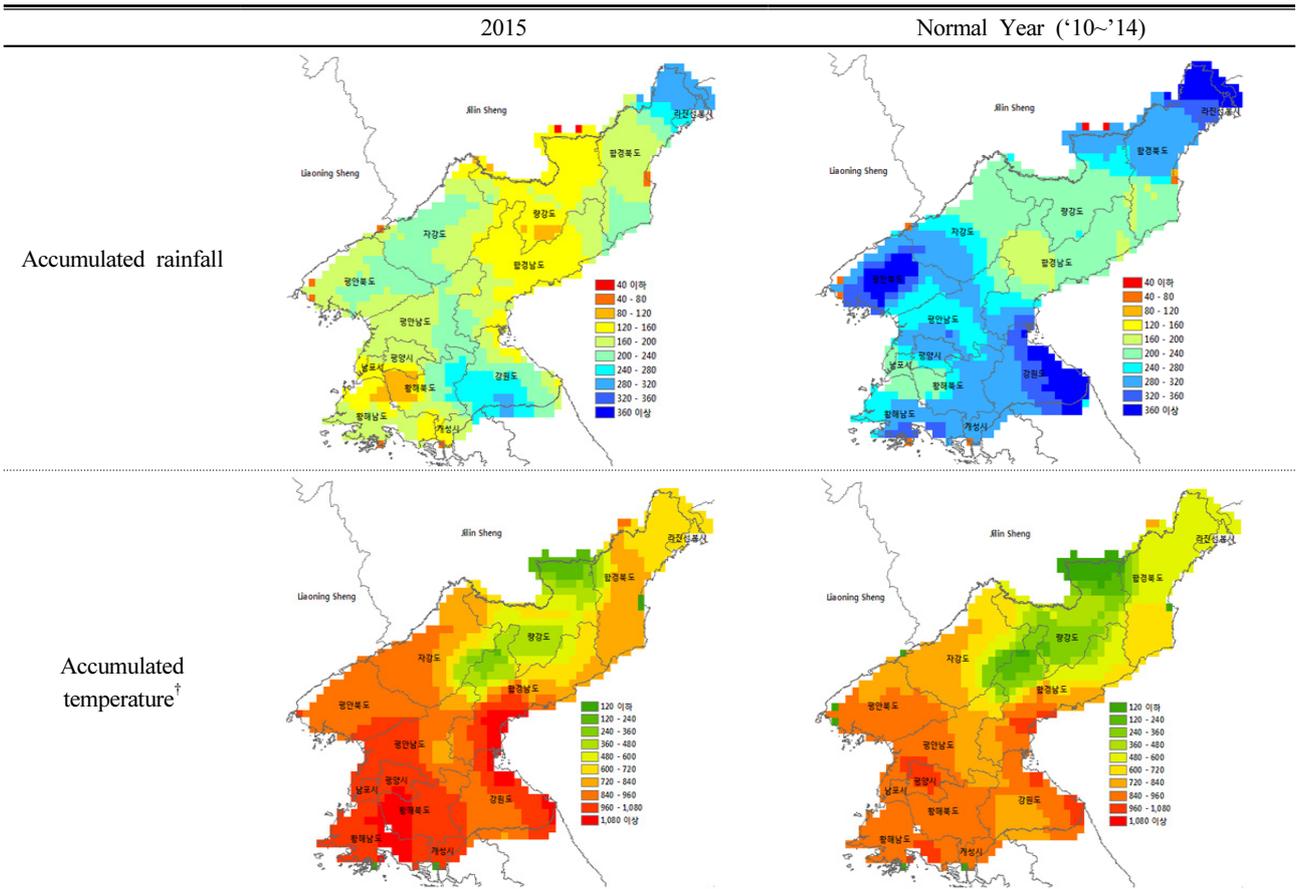


Fig. 3. Accumulated rainfall and temperature from March to May of 2015 in North Korea.

북한 벼논의 NDVI 값의 변화와 아노말리 Aqua MODIS의 MYD13Q1 산출물의 자료 처리를 통해 작성한 NDVI 값을 중심으로 북한의 벼논의 생육변화를 살펴보았다. Hong et al. (2012a)의 연구 결과 작성된 북한 전역의 논 분포 지도를 이용하여, 북한의 3월 30일, 4월 15일, 5월 1일, 5월 17일, 6월 1일의 NDVI 영상을 마스킹하여 논 지역의 NDVI 값에 대한 아노말리 분포도를 작성하였다 (Fig. 4). 아노말리 영상은 2015년 NDVI 값에서 평년 NDVI 값을 뺀 후, 그 값이 -0.125보다 작으면 매우 불량 (large decrease), -0.125와 -0.05 사이에 있으면 불량 (small decrease), -0.05와 0.05 사이에 있으면 변화 없음 (no change), 0.05와 0.125 사이에 있으면 양호 (small increase), 0.125 이상이면 매우 양호 (large increase)로 정하였다.

3월 말에서 5월까지 NDVI는 변화가 없는 곳이 대부분으로 나타났다. 벼논이기 때문에 모내기 이후의 생육 상황이 중요한데 6월 2일은 평년에 비해 불량하거나 매우 불량한 곳이 다른 시기에 비해 확대된 것을 알 수 있었다 (Fig. 4).

Fig. 5는 평년 및 2014년 벼논의 전국 평균 NDVI 값을 각각 점선 및 실선으로 나타낸 후, 2015년의 NDVI 값을 빨간색으로 표시하여 서로 비교할 수 있도록 하였다. 농경지의 식생이 관측되는 2015년 3월부터 벼논의 전국 평균 NDVI 값은 평년과는 비슷하고 2014년 보다는 다소 낮게 나타났

다. 북한에서 벼의 이앙이 시작되는 5월 하순부터 6월 초까지 2015년 전국 평균 NDVI 값은 평년과 2014년에 비해 낮은 값을 나타내었다. 시도별 비교에서도 지역별 차이가 있었지만 큰 경향은 유사하게 나타났다 (Fig. 6). 5월 하순부터 6월 초 이앙 후 벼논의 NDVI 값이 평년이나 2014년에 비해 낮게 나타날 수 있는 경우는 세가지 정도로 추정해 볼 수 있다. 첫째, 논에 밀 등 동계작물이 자라고 있는 경우에는 그 생육의 차이로 볼 수 있고 둘째, 벼를 이앙한 경우에는 벼의 생육의 차이로 볼 수 있으며 셋째, 물부족으로 모내기를 하지 못한 경우로 인한 NDVI 값의 차이라고 생각할 수 있다. 북한 전역에 대한 동계작물 재배지나 모내기 하지 못한 논은 분류되어 있지 않아 정확한 평가는 힘든 실정이다. 그러나 5월 말과 6월 초에 각각 촬영된 평양 인근의 광학 및 레이더 영상을 입수할 수 있어서 벼와 옥수수 재배지인 강남 지역에 대해 육안 판독을 통해 현황을 파악할 수 있었다.

북한 사례지역 벼논의 모내기 현황 공간해상도가 낮은 MODIS NDVI (250 m) 영상을 통해서서는 필지단위 벼논의 영농 현황을 파악하기 힘들기 때문에 공간해상도가 비교적 높은 RapidEye (7 m) 및 Radarsat-2 (5 m)를 이용하여 평양 인근 강남 지역 벼논의 모내기 현황을 살펴보았다.

광학센서를 탑재한 RapidEye 위성에서 2014년 5월 30일

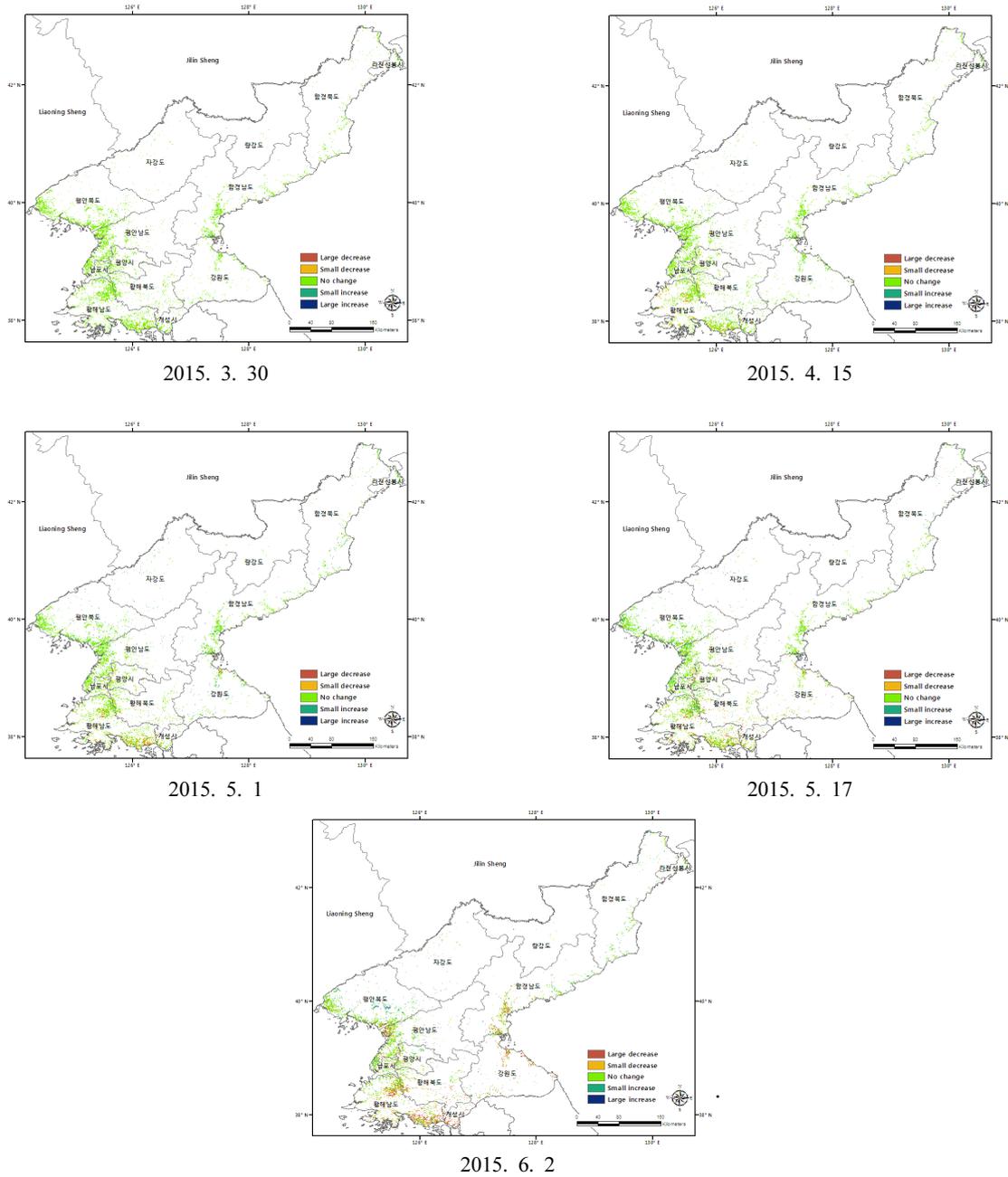


Fig. 4. Absolute difference between 16-day NDVI and the corresponding average (2010~2014). Large decrease: < -0.125 , small decrease: -0.125 to -0.05 , no change: 0.05 to 0.05 , small increase: 0.05 to 0.125 , large increase: > 0.125 .

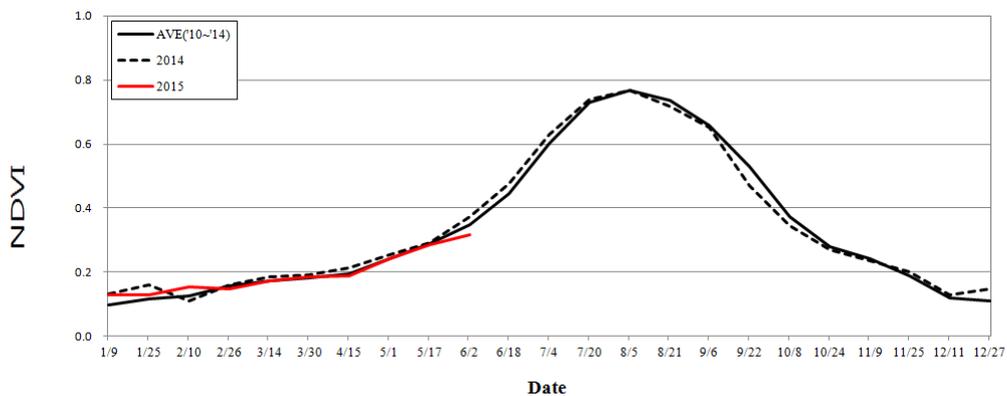


Fig. 5. Annual changes in NDVI of 2014, 2015, and average years of North Korea.

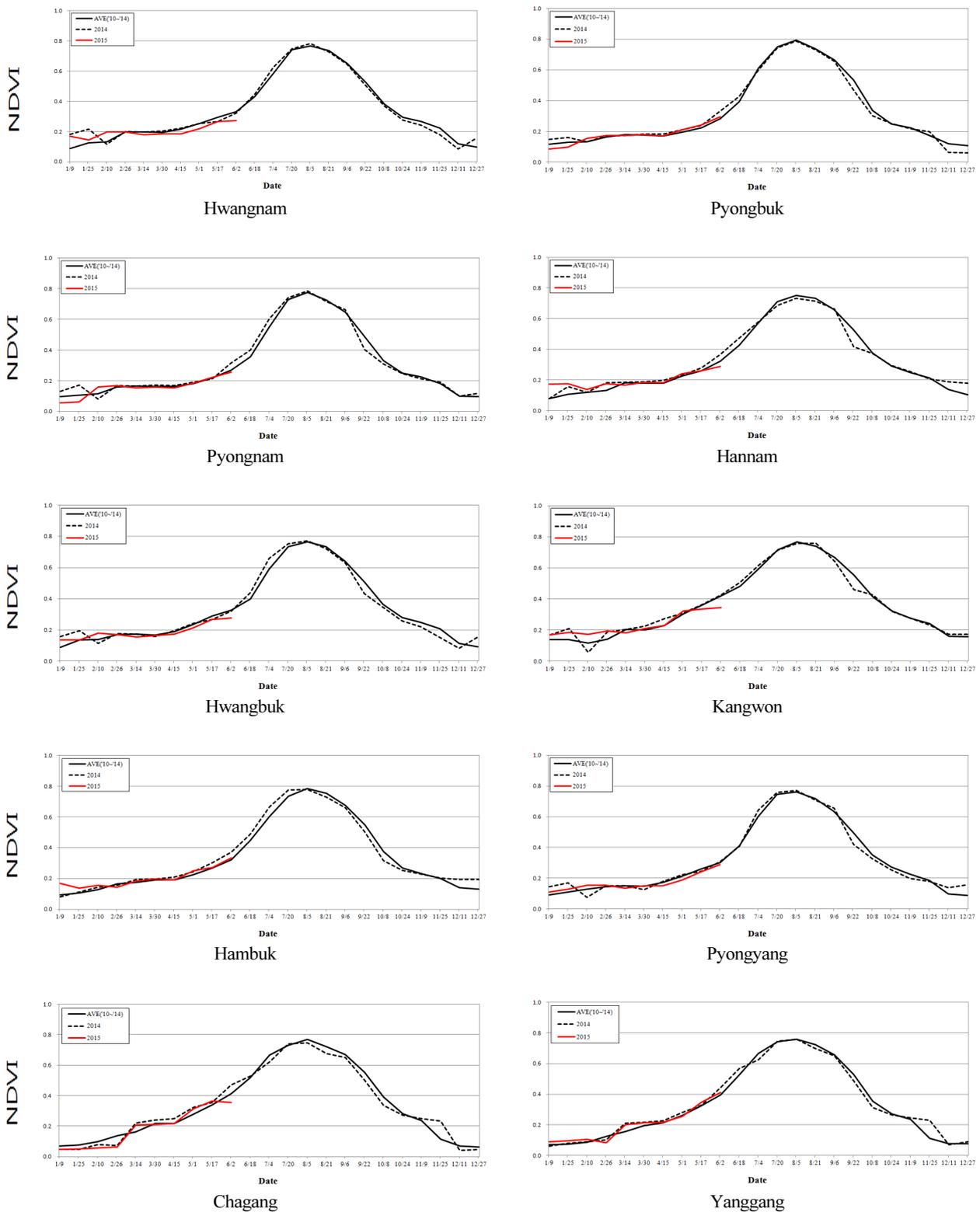


Fig. 6. Changes in annual NDVI of 2014, 2015, and average years of provinces and major cities in North Korea.

과 2015년 5월 22일에 촬영된 영상에서 평양의 대동강 수변 지역의 물을 댄 벼는 짙은 녹색으로 보인다. 2014년에 비해 2015년에는 수변지역 양쪽으로 논지역에 열린 청록색으로 보이는 물대지 못한 논이 많은 것으로 나타났다 (Fig. 7). 미국 농무성의 외국농업청 (FAS, Foreign

Agricultural Service)은 2015년 6월 8일 현재 북한의 평양 지역은 가뭄으로 인해 원래 계획했던 15,045 ha에 못 미치는 12,497 ha에 대해서만 이양을 한 것으로 보고하고 있다 (<http://www.pecad.fas.usda.gov/highlights/2015/07/northkorea/index.htm>).

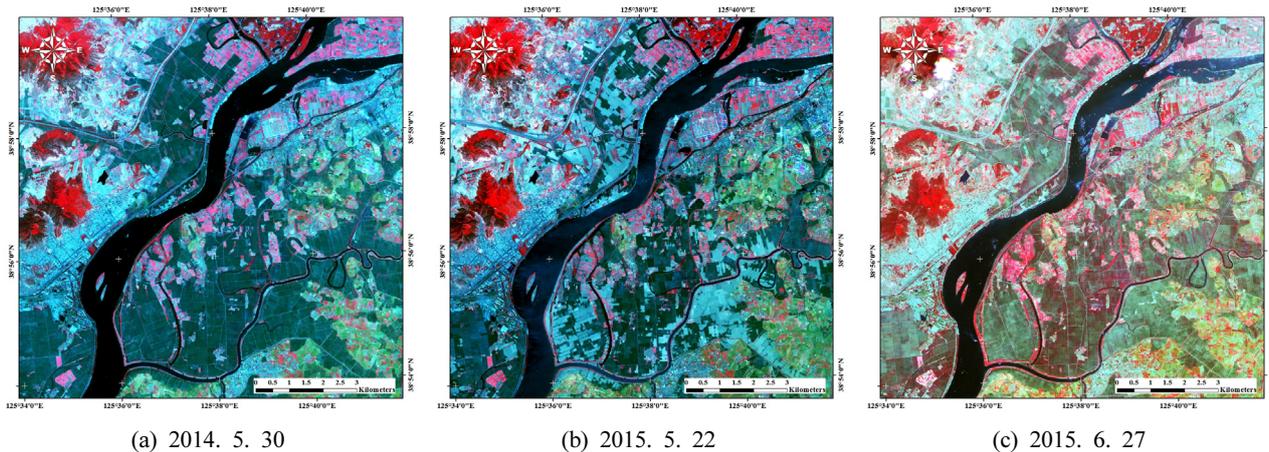


Fig. 7. RapidEye images taken on May 30, 2014 (a), May 22, 2015 (b), and June 27, 2015 (c) in Gangnam-gun, Pyongyang.

그러나 6월 27일에 촬영된 영상을 살펴보면 적기에 이양하지 못한 논에 물대기를 하여 늦었지만 모내기를 한 것으로 나타났다. Fig. 1의 강수 아노말리에 자료에 따르면 6월 상순과 중순에는 평년보다 강수량이 많아 논에 물대기를 하여 늦었지만 벼를 심었을 것으로 생각된다. 6월 17일 연합뉴스 “북한, 100년만의 가뭄으로 피해 극심”과 6월 19일 조선일보 “북, 100년 만의 최악 가뭄”의 기사에서 논에 벼 대신 다른 작물들을 심어 가뭄을 극복하려고 한다는 보도와는 다르게 벼를 심은 것으로 나타났다.

2014년과 2015년 이양기 및 분얼기에 해당하는 시기에 촬영된 Radarsat-2 영상을 통해서 같은 지역의 모내기 현황을 살펴보았다. 레이더 영상에서 물의 후방산란계수는 다른 지표면 물체보다 값이 낮아 검게 나타난다. RapidEye 영상에서 관찰된 것과 같이 Radarsat-2 영상에서도 2014년 6월 5일 촬영 영상에 비해 2015년 5월 27일 촬영 영상의 물대기 한 논 면적이 육안으로 보기에 50% 정도밖에 되지 않게 훨씬 적게 나타났다 (Fig. 8). 2014년의 경우 모내기 직후로 생각되는 6월 5일 벼논의 후방산란계수 값이 낮아 짙은 회색을 보였다가 비가 자라 분얼기에 이른 6월 29일이 되었을 때는 후방산란계수 값이 높아져 주위의 밭, 산림과 육안으로 잘 구분되지 않았다. 올해의 경우엔 6월 20일에도 물 특성이 그대로 나타나는 것으로 보아 벼 이양 시기가 늦었고 아직 군락이 형성되지 않았을 것으로 생각되었다. 따라서, 2015년 봄철 강수량 부족으로 이양이 늦어진 논에 벼 초기 생육은 작년보다 매우 늦어 영양생장 기간이 전반적으로 짧아질 것으로 예상되었다.

가뭄에 의한 이양 지연이 벼의 수량에 미치는 영향에 대한 우리나라의 사례를 살펴보면 조생종인 오대벼의 경우 이양기가 약 3주 늦어졌을 때 약 14%의 벼 수량이 감소하였다는 보고가 있었다 (Ham et al., 2001). 우리나라의 주남벼와 호품벼는 백미수량을 기준으로 하였을 때 모내기가 약 20일 지연되었을 때 각각 약 9%와 5% 정도 수량의 감소를 나타

내었다 (RDA, 2010). 신동진 벼의 경우 중묘 기준으로 5월 20일, 6월 5일, 6월 20일 이양한 후 이양시기에 따른 품종별 완전미 수량을 조사한 실험에서 최대 수량을 나타낸 시기에 비해 6월 20일의 벼 수량이 약 5% 감소하였다고 보고하였다 (Cho et al., 2013).

지역과 벼 품종에 따라 이양시기가 달라지겠지만 FAO는 작황보고서를 통하여 북한의 주요 벼 생산지대의 대표 모내기 시기를 5월 중순~6월 상순으로 발표하고 있다. 북한도 벼의 이양이 2주~3주 늦어진 경우이므로 우리나라의 사례를 적용한다면 모내기 이후 환경요인의 제한이 없다는 전제하에 5~15% 범위의 수량 감소를 예상해 볼 수 있을 것으로 생각된다.

Conclusion

접근이 힘든 지역에 대한 주기적·광역적 정보 획득 수단으로 유용하게 활용되고 있는 위성 원격탐사 기술과 기상 관측 자료를 이용하여 북한에 대한 봄철 기상 현황과 벼논 모내기 현황 및 생육 상황을 분석하였다. 맥류의 수잉기, 개화·출수기에 해당하고, 본격적인 옥수수 파종이식, 감자의 생육, 콩 파종기인 5월은 상순과 하순에 평년에 비해 강수량이 평년의 100% 이하로 매우 적게 나타났고 평균온도는 하순에 특히 지역별로 0.5~3°C 높게 나타났다. 맥류의 재생기~등숙기에 해당하는 3월~5월은 평년에 비해 특히 평안북도, 강원도, 함경북도의 강수량이 적게 나타났다.

농경지의 식생이 관측되는 2015년 3월부터 벼논의 전국 평균 NDVI 값은 평년과는 비슷하고 2014년 보다는 다소 낮게 나타났다. 북한에서 벼의 이양이 시작되는 5월 하순부터 6월 초까지 2015년 전국 평균 NDVI 값은 평년과 2014년에 비해 낮은 값을 나타내었다. 이는 첫째, 논에 밀 등 동계작물이 자라고 있는 경우에는 그 생육의 차이로 볼 수 있고 둘째, 벼를 이양한 경우에는 벼의 생육의 차이로 볼 수 있으며

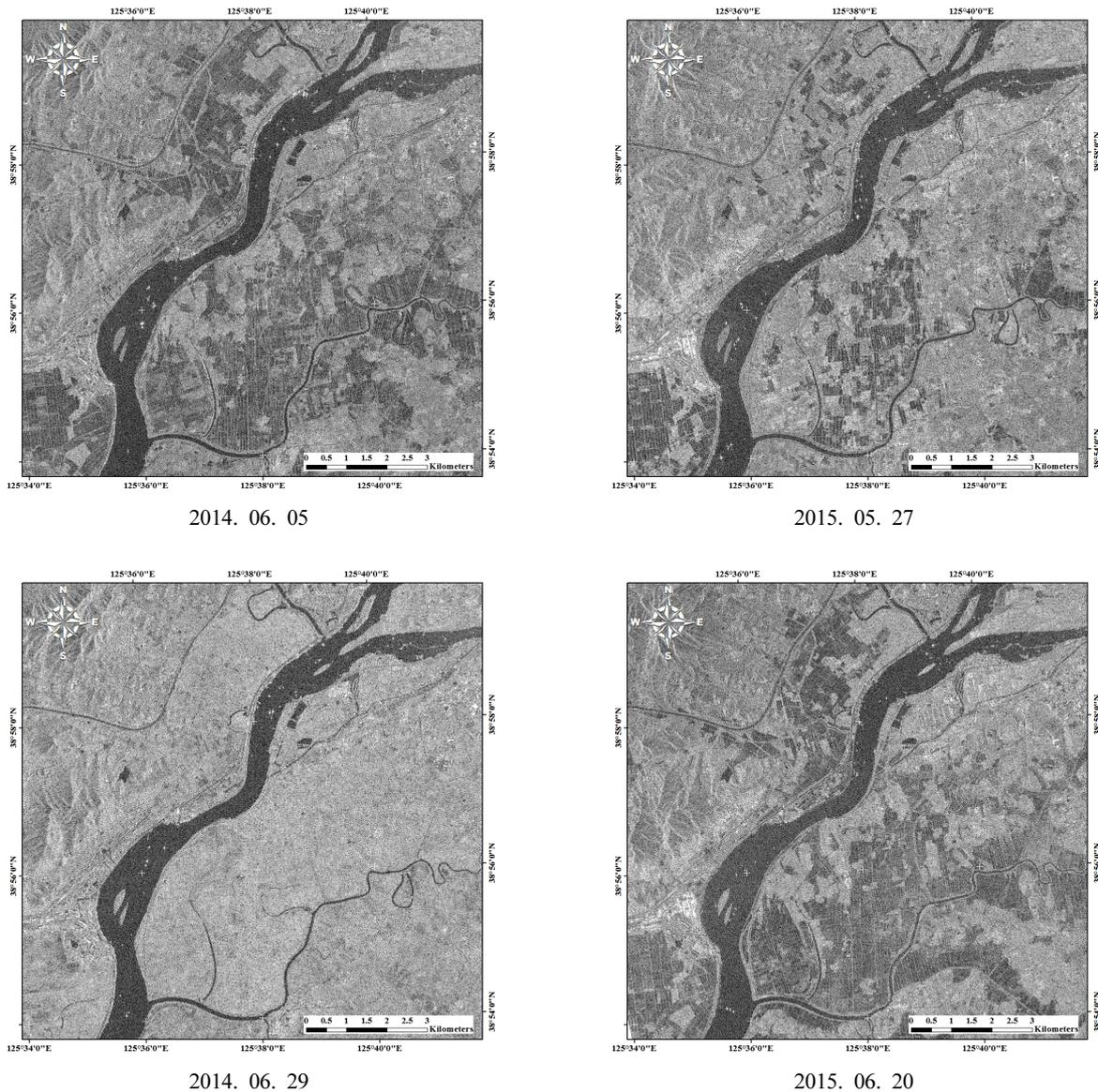


Fig. 8. Radarsat-2 images taken on June 5, 2014 and May 27, 2015 (upper), and June 29, 2014 and June 20, 2015 (bottom) in Gangnam-gun, Pyongyang.

셋째, 물 부족으로 모내기를 하지 못한 경우로 인한 NDVI 값의 차이라고 생각할 수 있다.

2014년과 2015년 5월 말과 6월 초에 각각 촬영된 평양 인근의 RapidEye 및 Radarsat-2 영상을 육안 판독하여 벼와 옥수수 재배지인 강남 지역에 대해 모내기 현황을 살펴보았다. 두 영상의 판독 결과를 종합하면 4월 하순~5월의 강수 부족으로 5월 하순~6월 초순 벼 이앙기에는 정상적으로 물 대기를 하지 못해 벼를 심을 수 없었고, 6월 초순과 중순의 강수에 힘입어 늦게 물대기를 하여 벼를 심은 것으로 나타났다.

북한의 작물 생산량 추산을 위해서는 넓은 지역에 대해 주기적으로 얻을 수 있는 위성영상과 기상정보에 대한 해석으로 작물의 생육단계별로 생육상황과 기상정보를 제공한다면 작황 전망에 많은 도움이 될 것으로 생각된다. 위성에

서 얻어지는 기상자료를 함께 이용한다면 27개 기상관측지점 이외의 미세측 지점에 대한 정보도 보완할 수 있을 것으로 생각된다.

References

Ahn, J.B., C.K. Park, and E.S. Im, 2002. Reproduction of regional scale surface air temperature by estimating systematic bias of mesoscale numerical model, *J. Kor. Meteo. Soc.* 38(1): 69-80.

Ahn, J.B., J.N. Hur, K.M. Shim, 2010. A simulation of agrolimate index over the Korean peninsula using dynamical downscaling with a numerical weather prediction. *Kor. J. Agr. Forest Meteo.* 12(1): 1-10

Barnes, S., 1964. A technique for maximizing details in

- numerical weather map analysis, *J. Appl. Meteor.* 9(3); 396-409.
- Cho, S.H., S.J. Kwon, Y.E. Song, D.R. Lee, and Y.J. Song, 2013. Optimum transplanting time for improving the rice quality in Jeonbuk Plain Area. Research report of Jeollabukdo Agricultural Research and Extension Services. Iksan, Jeollabukdo.
- FAO Global Information and Early Warning System on Food and Agriculture (GIEWS), <http://www.fao.org/giews/english/index.htm>.
- Ham, J.K., Y.B. Kim, J.K. Choi, B.S. Kim, and M.W. Kim, 2001. Impact of drought which causes delay of transplanting on rice growth and yield, Research report of Gangwondo Agricultural Research and Extension Services. Chuncheon, Gangwondo.
- Hong, S.Y., S.K. Rim, S.H. Lee, J.C. Lee, and Y.H. Kim. 2008. Spatial analysis of agro-environment of North Korea using remote sensing I. landcover classification from Landsat TM imagery and topography analysis in North Korea. *Korean J. Environ. Agric.* 27(2):120-132. (In Korean)
- Hong, S.Y., E.Y. Choe, G.Y. Kim, S.K. Kang, Y.H. Kim, and Y.S. Zhang. 2009. A study on estimating rice yield of North Korea using MODIS NDVI. *Proc. of the KSRS Conf.* pp.116-120. (In Korean)
- Hong, S.Y., B.K. Min, J.M. Lee, Y.H. Kim, and K.D. Lee. 2012a. Estimation of paddy field area in North Korea Using RapidEye Images. *Korea. J. Soil Sci. Fert.* 45(6): 1194-1202. (In Korean)
- Hong, S.Y., J.N. Hur, J.B. Ahn, J.M. Lee, B.K. Min, C.K. Lee, Y.H. Kim, K.D. Lee, S.H. Kim, G.Y. Kim, and K.M. Shim. 2012b. Estimating rice yield using MODIS NDVI and meteorological data in Korea. *Kor. J. Remote Sens.* 28(5):509-520. (In Korean)
- Joint Research Center "Seasonal Monitoring in DPRK 2014". http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/content/download/3496/17312/file/JRC_report_DPRK_crop_season_assessment_September2014.pdf
- Jordan, C.F.. 1969. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. *Ecology.* 50: 663-666.
- National Climate Data Service System, <http://sts.kma.go.kr/jsp/home/contents/main/main.do>
- Penning de Vries, F.W.T., D.M. Jansen, H.F.M. ten Berge and A. Bakema, 1989. Simulation of ecophysical processes of growth in several annual crops. Pudoc Wageningen, Wageningen, The Netherlands. pp.6-8
- RDA, 2010. Crop management countermeasure coping with unusual weather conditions. <http://www.rda.go.kr>
- RDA, 2011. Preprocess Program for MODIS satellite images. Program Registration No. 2011-01-189-012198 (2011.12.28.)
- Rouse, J.W, R.H. Haas, J.A. Schell. and D.W. Deering. 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ETRA. In third ETRS Symposium, NASA SP-353. U.S. Govt. Printing Office, Washington D.C. Vol. 1: 309-317.
- USDA FAS, <http://www.pecad.fas.usda.gov/highlights/2015/07/northkorea/index.htm>
- USGS Data Pool. http://lpdaac.usgs.gov/data_access/data_pool