

계절예측정보 활용 아태지역 쌀 수확량 예측성 평가

신용희*, 이은정

APEC 기후센터 연구본부

Evaluation of Crop Yields Predictability in Asia-Pacific Regions Using Seasonal Climate Prediction

Y. H. Shin*, and E. J. Lee

Climate Research Department, APEC Climate Center

I. 서 언

최근 기후변화의 영향으로 전 세계 곳곳에서 가뭄, 홍수와 같은 이상기후 현상이 빈번하게 발생되고 있으며 주요 곡물 생산지역에서의 이상기후 현상은 곡물 생산량 감소로 이어져 곡물 가격 폭등과 같이 곡물시장에 심각한 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다. 계절예측정보를 활용한 수확시기 작물 수확량 예측기법의 개발은 이상기후 발생으로 인한 글로벌 식량위기 상황에 선제적으로 대응하기 위한 수단으로 그 중요성이 점차 확대되고 있다. 하지만 아직까지 장기 예측정보에 대한 신뢰성이 높게 평가되고 있지 않은 상황이며 농업생산과 같은 응용분야에의 적용 연구 사례는 드문 실정이다(Lizumi *et al.*, 2013). 현재 APEC 기후센터(이하 APCC)에서는 APEC회원국의 연구기관을 중심으로 생산되고 있는 계절예측정보를 수집하여 다중모델앙상블(MME) 기법을 통해 3개월 및 6개월의 계절예측정보를 생산/제공하고 있으며 예측정보에는 기온 및 강수량 같은 작물의 생육과정에 직접적인 영향을 미치는 기후요소에 대한 정보가 포함되어 있다. 본 연구에서는 주요 곡물 생산국에 대한 장기 곡물 수확량 예측을 위해 글로벌 스케일의 작물모형에 APCC의 계절예측정보를 활용할 수 있도록 맞춤형 기후자료를 생산하고자 하며 다양한 계절예측정보 적용에 따른 지역별 곡물 수확량 예측의 불확실성을 평가하는 것을 목적으로 한다.

II. 재료 및 방법

2.1. 계절예측자료 및 상세화

APCC는 Table 1에서와 같이 5개 회원국 6개 연구기관으로부터 6개월 계절예측자료를 제공

* Correspondence to : shin.yonghee@apcc21.org

받고 있으며 기후예측 모형에 따라 다수의 앙상블 예측결과가 존재한다. 6개월 예측자료를 생산하는 기후예측 모형은 1983-2006년의 공통 Hindcast 기간을 갖으며 Forecast 자료는 2012년 6월부터 APCC 데이터 서버에 수집되고 있다.

Table 1. 6개월 계절예측자료 생산 모형 및 모형별 특성

Model name (Code name)	Institute / Country	Ensemble member	Hindcast period	Forecast period
MSC_CANCM3 (can3)	MSC / Canada	10	1981-2010	2012-present
MSC_CANCM4 (can4)	MSC / Canada	10	1981-2010	2012-present
NASA (nasa)	NASA GSFC / USA	11	1982-2012	2012-present
NCEP (ncep)	NCEP / USA	20	1983-2009	2008-present
PNU (pnu1)	PNU / Korea	5	1980-2012	2010-present
POAMA (poma)	BOM / Australia	33	1983-2006	2008-present

수집된 기후예측 모형의 수평 공간 해상도는 모형에 따라 서로 다르기 때문에 정량적인 정보 제공을 위해 1.0°×1.0°로 재생산되었으며 모형 간의 예측성을 평가하기 위해 모형별 앙상블을 평균하였다. 계절예측자료에는 각 기후예측 모형에 따른 Bias가 존재하기 때문에 Simple Bias Correction(SBC) 방법을 통해 NCEP 재분석 자료를 바탕으로 Bias 보정을 실시했다. 또한 작물모형을 구동하기 위해서는 일 단위의 기온(평균, 최대, 최소, 일교차), 강수, 일사량, 풍속 등의 기후자료가 입력 자료로 요구되고 있지만 계절예측자료는 월평균의 기온과 강수량 자료로 제공되고 있어 시간적 상세화 작업을 실시했다. 시간적 상세화 방법은 Bias 보정된 계절예측자료의 월평균 기온과 가장 근사한 과거 64년(1951-2014년) 동안의 NCEP 재분석 자료를 추출하여 해당 연월의 일 기후자료를 예측자료의 일 자료로 활용하였다.

2.2. M-GAEZ 작물모형

본 연구에서는 아태지역 주요 곡물 생산국에 대한 수확량 예측을 위해 글로벌 스케일 작물 생육 모형인 M-GAEZ을 이용하였다. M-GAEZ 모형은 FAO와 IIASA의 농지생태학적 토지분류 프로젝트 기반의 GAEZ (Global Agro-Ecological Zones) 모형을 기후변화 연구에 적합하도록 개선되었다(Masutomi *et al.*, 2009). M-GAEZ 모형에서는 작물성장을 이론적으로 추정하기 위해 기후, 토양, 지형, 관개 등과 같은 환경요소와 전 지구 경작지에서 얻어진 경험적 작물 파라메타를 이용하며 밀, 옥수수, 쌀 등의 다양한 작물에 대한 연간 잠재 수확량 산정이 가능하다. 잠재 수확량 산정은 3 단계에 걸쳐 이루어지며 기후모듈과 작물성장모듈 그리고 토양제약모듈을 통해 수행된다. 먼저 기후모듈에서는 주요 작물 성장파라메타인 잠재 증발산량이 계산되고 작물성장모듈에서는 기후조건만을 고려한 잠재 작물 수확량이 산출된다. 마지막으로 토양제약모듈에서는

글로벌 토양정보를 통해 자갈 지역과 같은 작물 생육이 불가능한 지역 및 생산 능력이 낮은 토양에 대한 제약이 고려된다.

2.3. 글로벌 쌀 수확량 예측

쌀은 아시아태평양 지역의 주요 식량작물로 쌀에 대한 장기 수확량 예측을 위해 APCC의 6개월 예측자료를 이용하였으며 예측 모형 결과 적용에 따른 수확량 예측의 신뢰성을 평가하였다. 대상작물인 쌀은 크게 건조지대와 습윤지대 품종으로 나뉘는데 본 연구에서는 아시아태평양 지역의 습윤지대 품종(Japonica 4종, Indica 4종)에 대해서만 고려하였다. 대상국가로는 FAOSTAT의 자료를 통해 전 세계 쌀 생산량의 90% 이상을 차지하고 있는 아시아태평양 지역의 14개 주요 쌀 생산국을 선정하였다. 특히 전 세계 쌀 생산량의 절반 정도를 차지하는 중국과 인도를 중심으로 1991년부터 2000년까지 10년 기간에 대해 수확량 예측을 실시하고 예측 모형별 쌀 수확량 예측의 신뢰성 평가를 위해 6개 예측모형의 예측자료를 이용한 수확량 예측 결과와 NCEP 재분석 자료를 이용한 수확량 예측결과 그리고 FAOSTAT의 수확량 통계자료를 바탕으로 평균 제곱근 오차(Root Mean Square Error; RMSE)와 시간상관계수(Temporal Correlation Coefficient; TCC) 분석을 수행하였다. 대상국가들에 대한 예측모형별 쌀 수확량 예측결과는 최종적으로 5'x5' 스케일의 쌀 수확면적 자료(Monfreda *et al.*, 2008)를 이용한 마스킹 처리를 통해 격자별 면적가중된 쌀 수확량으로 계산되고 GRASS GIS 틀에서 국가 경계 자료를 이용해 국가별 수확량이 산출된다.

III. 결 과

6개월 Hindcast자료에 대한 기후예측모형 별 예측의 신뢰성을 정량적으로 평가하기 위해 우선 각 예측모형의 Bias 보정을 실시하였다. 중국에서 쌀 재배가 이루어지고 있는 지역에 대해서만 예측모형과 NCEP 재분석 자료의 7월 평균기온 자료를 추출하여 면적 평균한 결과 예측모형에 따라 예측의 불확실성이 나타나고 있다(Fig. 1). NCEP 재분석 자료를 바탕으로 각 예측모형 별 기온 예측의 신뢰성을 평가한 결과 nasa와 ncep 예측모형의 신뢰성이 높게 나타났다(Fig. 2).

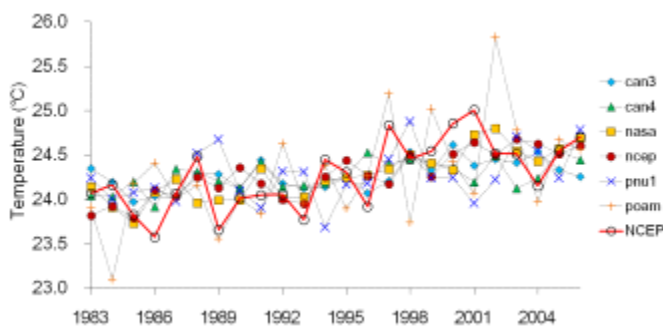


Fig. 1. Bias 보정 된 예측모형의 중국 쌀 재배지역 7월 기온 예측 결과와 NCEP 재분석 기온 자료 비교.

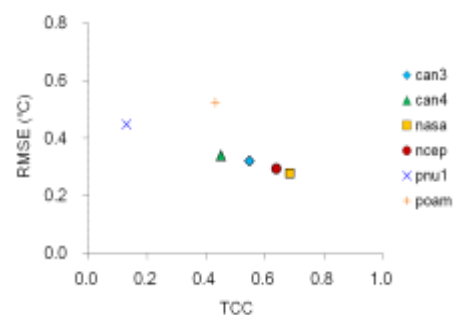


Fig. 2. 예측모형별 중국 7월 기온 예측 결과에 대한 RMSE와 TCC 분석.

FAOSTAT의 1991-2000년에 대한 중국 쌀 수확량 자료와 계절예측자료 및 NCEP 재분석 자료를 이용해 산출된 쌀 수확량 자료를 비교했다(Fig. 3). 기후예측모형에 따른 수확량 예측 결과는 연도별로 차이를 보이고 있으나 10년 평균의 불확실성 폭은 약 440kg/ha로 나타났다. 예측모형들의 수확량은 1992년과 1997년에 대체로 FAO 통계치보다 크게 예측되었으나 나머지 해에서는 전체적으로 통계치보다 작게 예측되었다. NCEP 재분석 자료를 이용한 수확량 산출 결과는 대체적으로 FAO 통계 자료와 변동성이 유사하게 나타났다. 계절예측자료 및 NCEP 재분석 자료를 이용해 산출된 쌀 수확량 결과에 대한 신뢰성을 평가해 본 결과 예측모형에 따른 RMSE와 TCC는 각각 280-288 kg/ha와 0.62-0.74로 나타나 NCEP 재분석 자료에 의한 수확량 예측보다는 낮은 신뢰성을 보이지만 can3나 ncep모형의 경우 중국에 대해서는 어느 정도 신뢰할 수 있을 것으로 판단된다(Fig. 4).

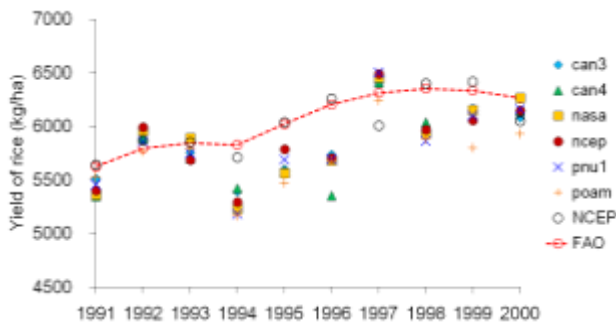


Fig. 3. FAO 통계자료와 예측모형의 결과 적용을 통해 산출된 중국 쌀 수확량 예측 비교 및 불확실성.

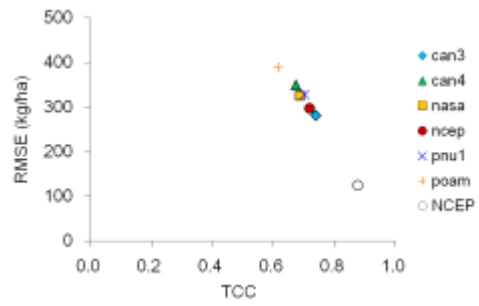


Fig. 4. 예측모형별 중국 쌀 수확량 예측에 대한 RMSE와 TCC 분석.

인용문헌

- Iizumi, T. H., Sakuma, M., Yokozawa, M., Luo, J. I., Challinor, A. J., Brown, M., Sakurai, G., Yamagata, T. 2013: Prediction of seasonal climate-induced variations in global food production, *Nature Climate Change*, doi:10.1038/nclimate1945.
- Masutomi, Y., Takahashi, K., Harasawa, H. and Matsuoka, Y., 2009: Impact assessment of climate change on rice production in Asia in comprehensive consideration of process/parameter uncertainty in general circulation models. *Agric. Ecos. Environ.* **131**, 281-291.
- Monfreda, C., N. Ramankutty and J. A. Foley, 2008: Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles*. **22**, 1-19.