

경기도 지역 기상 분석 및 예측시스템

천지민^{1*}, 김규량¹, 이선용¹, 이채연¹, 최영진¹, 강위수², 박종선², 박은우², 홍순성³

¹국립기상연구소 응용기상연구과, ²국가농림기상센터, ³경기도농업기술센터

High Resolution Grid Agricultural Meteorology Analysis and Prediction System in Gyeonggi-do.

J. M. Chun^{1*}, K. R. Kim¹, S. Y. Lee¹, C. Y. Lee¹, Y. J. Choi¹, W. S. Kang², J. S. Park²,
E. W. Park², and S. S. Hong³

¹Meteorological Application Research Laboratory, ²National Center for Agro Meteorology,

³Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services

(Correspondence: fairycell@korea.kr)

1. 서 언

세계기상기구(WMO)는 21세기 지속농업 구현을 위한 농업기상의 역할 중 우선 순위가 높은 분야로 농업기상정보망의 개선 및 강화, 현장활용 농업기상정보의 자료원 개발, 조기경보 및 감시시스템의 확립과 강화, 지리정보시스템 등을 들고 있다. 앞으로 농업분야는 지속가능하고 경제성 높은 농업시스템의 개발을 지원하기 위한 생산성과 품질향상 등에 필요한 정보의 가치가 중요해지므로 농업기상정보도 이러한 새로운 경향에 대처할 수 있어야 할 것이다. 따라서 이러한 농업 정보의 효용성을 극대화시키기 위해서는 지역별 농업 기후 요소의 특성을 파악하여 국지적인 성격이 고려된 고해상도, 단기 농업 기상 정보가 제공되어야 한다. 본 연구에서는 수치모델과 기상청 및 경기도 농업 기상 자동 관측 자료를 이용하여 농업인, 정책결정자, 연구원 등에게 필요한 형태로 농업기상정보를 제공 할 수 있는 기상분석 및 예측 시스템을 구축하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 농업기상분석시스템

NOAA 산하 GSD에서 개발한 Local Analysis and Prediction System (LAPS : McGinley *et. al.*, 1991)을 사용하였다. LAPS의 알고리즘은 미국 NOAA/FSL에서 1987년 이래로 개발되어 오고 있으며, 자료수집 모듈, 지상분석, 그리고 3차원 바람, 온도, 습도, 구름 분석과정과 그로부터 유도되는 각종 분석자료로 구성되어 진다. 초기 추정장으로는 기상청 수치예보과의 6시간 간격 10km 해상도 예보장이 LAPS 격자점으로 내삽되고, 여기에 GTS, 위성, AWS 관측 자료들이 첨가되어 분석된다. AWS는 기상청자료에 농업현장 AWS자료(33개)를 추가하여 사용하였다. 분석영역은 서울 주변지역을 포함하여 100m 격자 간격의 1400 x 1550개의 수평 격자수의 영역으로 잡았다. 분석된 자료의 기온값은 실제 AWS의 위치 주위의 3개 격자점의 값을 평균 하여 얻었다.

2.2 농업기상예측시스템

미국의 NCAR (National Center for Atmospheric Research)에서 개발한 중규모 모델인 WRF (Weather Research and Forecasting, Skamarock *et al.*, 2008)이며, 비정역학 모형으로, 미규모, 중규모 기상현상을 모의한다. 모델의 초기 입력자료로 5 km 간격의 KLAPS 예보자료를 이용하였고, 매일 18시에 12시간 예측을 수행한다. 응용기상 서버에서 전처리 후 슈퍼컴에서 계산하였다. 모의 영역은 경기도 양평군 연수리에 위치한 용문산을 중심으로 1 km, 333 m, 111 m 해상도를 갖는 3개 도메인의 양방향 등지 격자(two way nested grid)로 구성하였다. 연직 층은 27개의 층으로 구성하였으며, 지표온도를 분석하기 위한 111 m 간격의 수평격자는 223(동서) × 223(남북) 으로 설정하였다.

2.3 관측자료

농업 분야는 여타 산업 분야들 가운데 기상 정보의 활용도가 비교적 높다. 기상청의 관측망과는 독립적으로 다수의 무인기상관측장비(AWS, automated weather station)를 농작물의 재배지에 설치하고 작물 군락 내 미기상을 관측하여 활용해 오고 있다 (Park *et al.*, 1998). 농업용 AWS 관측자료는 경기도 농업기술원에서 경기도 내의 논, 밭, 잔디밭에 설치하여 운영 중인 35개 AWS들의 관측자료를 AWS 관측자료 품질관리시스템의 검증을 거친 후 “오류”로 판정되지 않은 자료들만을 이용하였다.

개발된 예측 모형의 검증을 위하여 경기도 배 재배지 중 저온 피해의 발생이 잦은 지역의 과수원에서 기온 및 바람의 변화를 2011년 4월 초부터 5월 말까지 관측하였다. 경기도 양평군 연수리 계곡의 용문산 남사면에서부터 평지의 과수원까지 4개 지점 (Fig.2.(a))을 선택하여 무인기상관측기를 설치하고 운영하였다. 2012년에는 계곡 하류 지역 냉기 형성 과정과 계곡 중류 지역 온난대 형성 과정 모니터를 위해 종방향 및 횡방향으로 관측지점을 선정하였으며 2월부터 4월까지 관측 하고 있다. 본 연구에서는 각 모델의 국지모의 능력을 알아보기 위해, 위의 관측자료를 이용하여 분석결과를 관측값과 비교분석하였다.

3. 결 과

3.1 농업기상분석시스템 결과

LAPS 분석값을 관측값과 비교한 결과, 오차는 평균 0.53도로 LAPS가 실제 온도를 잘 분석해내고 있음을 알 수 있다. 그리고 2월, 8월 두 기간 모두 기존의 기상청 자료에 농업현장 AWS자료를 추가하여 분석하였을 때 관측값과의 오차가 작게 나타났다. 그리고 겨울철 보다 여름철의 온도 편차가 더 작았고, 지역적 오차율은 유사하게 나타났다. 관측지점에 따라 LAPS가 온도를 과대 또는 과소 추정하는 경향이 있어 이를 중관기상 상태와 도시화율과 비교해 보았다. 그 결과, 오차는 풍속과 반비례했고, 운량과는 비례하는 특징을 나타냈다. 그러나 도시화율과 지역적 온도차는 뚜렷한 상관관계가 없는 것으로 나타났다. LAPS가 관측 자료가 없는 지점의 값을 얼마나 잘 추정해 내는지 알아보기 위하여 농업현장 AWS 중 예찰답에 위치한 10개 지점을 선정하여 추정대

상 지점의 AWS관측 자료를 제외하고 분석하여 보았다. 그 결과, LAPS의 분석시 온도 변화의 경향은 잘 계산해내고 있었으나, 특히 온도가 떨어지는 밤시간의 온도를 과대 추정하고 있었다. 그 온도의 오차는 지역별로 다르지만 크게 2도 이상 차이나는 지역도 있었다. 온도차가 크게 나는 지역의 온도 변화를 주변의 관측 값과 비교하여 보면, 그 지점 가까이에 존재하는 AWS 지점의 영향을 크게 받고 있음을 알 수 있었다.

3.2 농업기상예측시스템 결과

KLAPS 시스템을 기반으로 WRF 모형을 이용하여 동해 및 상해의 발생 위험도를 예측하는 시스템을 개발하였다. 매일 18시에 분석을 시작하여 111m의 해상도로 용문산 계곡의 과수원 지역을 3시간 안에 12시간 예측이 가능하게 되었다. 이 시스템을 통해 동해 및 상해의 원인 중 하나인 계곡 내 야간 냉기류를 확인 할 수 있었다. 이 결과를 2012년 2월 경기도 관측지점에서 기온 변화를 관측한 결과와 비교하여 보면, 모델 수행결과 모든 지점에서 WRF가 관측값보다 온도를 낮게 계산하고 있었다(RMSE=2.47°C). 가장 관측값을 잘 분석해 내는 지점은 VL6 지점이었고, 용문산 AWS 지점은 가장 관측값과의 오차가 큰 지점으로 나타났다. 그리고 고도가 높아질수록 오차가 커지는 경향이 나타났고, RMSE는 예측 수행시간이 길어질수록 커지는 특성을 나타내었다. 그리고 대기경계층모수화 scheme 중 MYJ를 이용하였을 때, 예측 정확도가 높게 나타났고, 특히 야간시간에 비교적 낮은 RMSE를 보이고 있어, 앞으로 용문산 지역의 온도를 예측할 때 적합한 모수화 방안으로 선택할 수 있다. 수치모델은 물리과정에 따라 민감하게 기상변화에 다른 영향을 줄 수 있기 때문에 각각 다른 대기경계층 모수화 방안과 지면모델의 조건을 조합하여 여러 가지의 기상요소를 나타내는 최적의 조건을 찾고, 모델에 반영하고자 하는 연구가 앞으로 진행 되어야 할 것이다.

인용문헌

- Albers, S., J. McGinley, D. Birkenheuer, and J. Smart, 1996: The local analysis and prediction system (LAPS): *Analyses of clouds, precipitation, and temperature. Weather Analysis and Forecasting*, **11**, 273-287.
- Chung, U., H. H. Seo, K. H. Hwang, B. S. Hwang, and J. I. Yun., 2002: Minimum temperature mapping in complex terrain considering cold air drainage. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, **4**(3), 133-140.
- Jung, J. E., Seo, H. C., Chung, U., and J. I. Yun., 2006: Spring phenology of a grapevine cultivar under the changing climate in Korea during 1921-2000. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*. **8**(2):116-124.

McGinley, J. A., 1989: The local analysis and prediction system. Preprints, *24th Conference on Weather Analysis and Forecasting*, Monterey, CA, American Meteorological Society, 211-215.

Park, E. W., K. R. Kim, S. K. Kim, S. S. Hong, and J. S. Yang, 1998: An information delivery system for implementation of a forecasting system for rice blast development based on real-time weather data. *In Proceedings of the 1st Asian Federation for Information Technology in Agriculture*, Wakayama, Japan.