

공간정보와 생육모의에 의한 남한 벼 품종의 북한 서부지대 적응성 예측

I. 최근 30년간 기후자료에 근거한 일 기상자료 복원

구자민¹ · 한상욱² · 김희동² · 김영호²

¹기상연구소 원격탐사연구실, ²경기도농업기술원 작물연구과

Using spatial data and crop growth modeling to predict performance of South Korean rice varieties grown in western coastal plains in North Korea

I. Generation of daily weather data for model input

J. M. Koo¹, S. W. Han², H. D. Kim² and Y. H. Kim²

¹Remote Sensing Lab., Meteorological Research Institute, KMA, Seoul

²Crop Research Division, Kyonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Hwasong

(Correspondence : koojm@metri.re.kr)

1. 서언

몇 개 농업관련 시험장에서 북한 벼 품종의 출수반응을 관찰한 결과 북한에서 조생종으로 분류된 품종들은 온도에 민감한 반응을 보여 기준품종인 남한의 오대벼에 비해 출수가 빨랐고, 중생종은 그보다 출수가 늦어 전체적으로 남한 품종의 조만성과 유사하였다 (양 등, 2000). 또한 유전자 분석을 통해 북한품종 및 계통 101개를 남한품종과 비교해 본 결과 40% 유사도 수준에서 남한 품종과 같이 통일형과 자포니카형으로 나눌 수 있었으며, 자포니카형 품종들간 유사도는 80%에 달했다 (정 등, 2001). 즉 품종 조만성이나 유전적 조성 측면에서 북한품종은 남한품종과 크게 다른 점이 없다. 오히려 북한에 비해 유전적으로 훨씬 다양한 기존의 남한 품종들 가운데 북한지역 재배조건에 잘 적응하는 것이 있을 가능성이 높다.

접근이 어려운 곳의 농업기후특성을 파악하거나 새로운 품종을 도입할 경우 포장실험에 앞서 생육모의를 통해 대략적인 품종별 적응도를 평가하는 일은 이제 보편적인 도구로 자리잡고 있다. 그러나 기후의 공간적 변이가 큰, 넓은 지역을 대상으로 생육을 모의하기 위해서는 동질적이거나 최소한 유사기후특성을 가진 작은 재배구역으로 잘게 나누는 일이 선행되어야 한다. 이렇게 구획된 각 단위 재배구역은 토양, 기후, 재배양식 등 생육모의에 필요한 모든 입력정보가 같다고 간주한다. 그러나 이러한 정보가 재배구역단위로 직접 얻어지는 경우는 극히 드물기 때문에 몇 개 지점에서 얻어진 자료를 토대로 공간내삽(spatial interpolation)에 의해 지역전체의 분포를 얻은 다음, 각 구역단위로 대표값을 할당하는 방식이 사용되어왔다.

이러한 기법을 북한지역에 최초로 적용한 Yun and Lee(2000)는 북한 벼 품종 선봉9호, 애국72호, 평양15호의 품종특성을 갖도록 모수조정된 CERES-rice를 북한 전역의 183개 시군에 적용하여 30년간 생육을 모의하고 그 결과를 토대로 각 시군의 벼 농사 기후특성을 규정지었다. 그러나 시군별 면적이 평균 662km², 최대 2,197km²로서 하나의 기후값이 대표하기에는 너무 넓고, 같은 시군 내에서도 벼논의 지리적 분포가 고르지 않은 점은 이 기법의 실용화를 위해 해결되어야 할 문제이다.

본 연구에서는 생육모의를 통해 북한의 주요 쌀 생산지역인 서부평야지대에 적응할 수 있는 남한 벼 품종을 선발하고자 하였으며, 그 첫 단계로서 생육모형에서 요구하는 일별 기상자료 (최

고기온, 최저기온, 일사량, 강수량)의 각 단위구역별 대표값을 생산하였다.

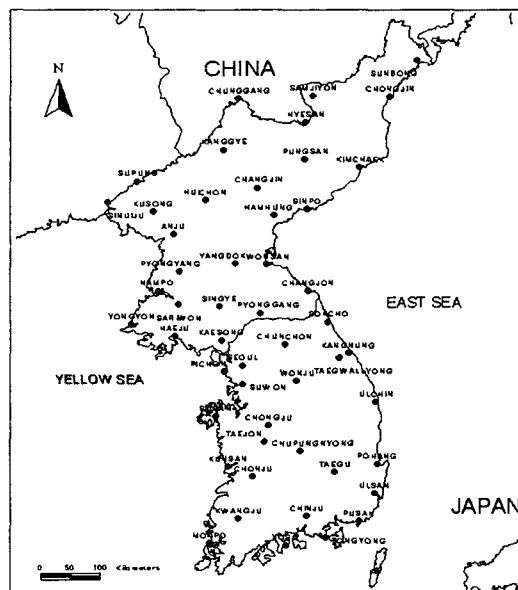
2. 재료 및 방법

2.1 공간해상도 1km의 월별 기온표면 생성

2.1.1 기온 자료

기상청으로부터 1981년부터 2000년까지 20년간 북한의 기상대급 27개 지점 관측자료로부터 계산된 월별 평균값을 수집하였다. 이들 북한 27개 관측소에 대응하는 남한의 24개 표준기상관측소에 대해서는 1981년부터 2000년까지 20년 평균값을 준비하였다.

Fig. 1 Geographical location of the 51 standard weather stations in North and South Korea.



2.1.2 지형자료

지형효과 분석을 위해 미국 지질청(USGS)의 30초 (arc second) 해상도 수치고도모형 GTOPO30 (Digital Elevation Model: DEM)을 수집하여 한반도 부분을 발췌하였다. 원래 경위도좌표계 상태인 이 DEM 파일을 TM좌표계(원점 북위 38도, 동경 127도)로 투영시켜 사방 1km 해상도의 ARC/INFO(ESRI, USA) GRID로 저장하였다. 평균고도, 지세고도 등 기후결정인자들의 계산은 Yun and Lee (2000)의 방법에 따랐다.

2.1.3 지형-기온 관계 회귀모형

51개 남북한 관측소가 위치한 셀의 지형변수를 앞에서 작성한 각종 GRID로부터 추출하였다. 이들과 관측소별 20년간 (1981~2000) 일 최고 및 최저기온의 월별 평균값 사이의 단순상관을 구하여 상관계수 크기 순으로 10개씩의 후보변수를 선정하였다. 선정된 지형변수를 독립변수로, 월별 기온값을 종속변수로 두고 SAS/REG (SAS Institute, USA) 기능을 이용하여 월별 기온추정 최적모형을 선별하였다. 이 때 변수 선택은 stay level = 0.15의 STEPWISE 방법을 적용하였다.

2.2 월별 적산 일사량, 강수량, 강수일수, 기온 연교차 추정

Yun and Lee(2000)가 사용한 방법을 따라서 북한 전역의 사방 1km 해상도 월별 일사량 분포, 강수일수 분포, 기온 연교차 분포도를 작성하였다. 월별 강수량의 평균값은 남한지방의 조밀한 강수관측망에서 얻어진 경사방향별 회귀식을 북한에 적용시킨 Yun(2000)의 방법에 따라 작성하였다.

2.3 재배구역 설정 및 공간평균 기후자료 준비

상기 방법에 의해 만들어진 각 요소별 월별 기후값의 분포는 공간해상도가 1km×1km로서 북한전역의 기후를 약 12만개의 격자점 혹은 픽셀로 나타낼 수 있다. 위성원격탐사자료를 이용하면

이들 중 실제 벼논에 해당되는 픽셀만 골라낼 수도 있을 것이다. 하지만 이렇게 많은 픽셀에 대하여 각각 생육모의를 수행하기는 현실적으로 어려운 점이 많으므로 이들 25개씩을 결합한 5×5km 격자점을 단위 재배구역으로 삼았다. 남으로 개성시에서 북으로 정주군에 이르는 북한 서부 평야 지대 전역은 모두 1,044개의 이 같은 재배구역으로 구성된다. 이들 가운데 실제 벼논이 존재하는 것들만 선별하기 위해 위성자료를 분석하였다.

북한의 작부체계는 2모작형으로 2월 하순~3월 중순에 춘파소맥 혹은 대맥을 파종하여 재배하고 후작으로 논에서는 벼, 밭에서는 옥수수 혹은 콩을 재배하는 형태이다. 그런데 6월 초순 ~ 중순이 되어야 전작물을 수확할 수 있으므로 벼의 이앙시기가 늦어져 어려움을 겪고 있다. 이 문제를 해결하기 위해 못자리기간이 60일 정도로 긴 큰모 (대성모) 재배방법을 도입하고 있는 것으로 알려졌다. 1999년 농업일지에 의하면 6월 4일 현재 전국적인 모내기 실적은 계획의 45%이며 평남 및 평북지역은 60%를 넘어섰다고 하였다. 이를 참고하면 북한의 벼논 분류는 5월보다는 6월의 영상자료가 중요하다.

1999년 6월의 한반도 NOAA-AVHRR자료에 대하여 지상 기준점의 위치를 위성화상에서 동정하고 2차 함수 변환에 의해 화상등록을 실시하였으며, 평방근오차(RMSE)가 0.5 화소 이내에 들도록 bilinear interpolation에 의해 재배열하였고, 최종화소의 크기를 1km×1km 해상도로 조정하였다. AVHRR의 다섯 개 채널 중 1번과 2번 자료를 이용하여 NDVI를 계산하였다.

계산된 자료에서 북한지역만을 추출한 다음, ISODATA 기법에 의해 60개 class로 나누었다. 각각의 class를 정의하기 위해서 환경부 제작 1990년 한반도 피복분류 자료를 참고하였다. 북한의 대표적인 벼 재배지역으로 간주한 지점 (30m해상도로 농로 구분 가능: 재령평야 지역)을 60개 class와 비교하여 유사한 지점을 벼논 지역으로 간주하였다.

북한 서부지역을 구성하는 총 1,044개 격자점 가운데 위성자료 분석을 통해 벼논이 존재하는 것으로 판단되는 496개를 선별하여 생육모의 최소재배단위 (CZU, cultivation zone unit)로 삼았다. 각 CZU에 포함된 벼논 픽셀 (1km×1km)에 이미 만들어 둔 평년기후값 표면을 중첩시켜 픽셀에 해당하는 기후값만 발췌하고 그들의 평균값을 구하여 각 CZU의 대표값으로 삼았다 (Fig. 2).

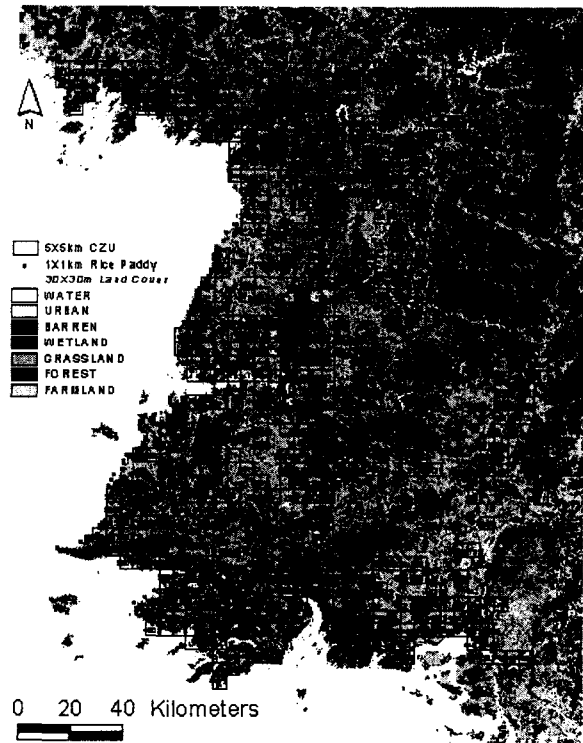


Fig. 2 Cultivation zone units identified by analyzing satellite images of rice paddy (red pixels).

2.4 월별 기후값으로부터 일별 기상자료 생성

이들 CZU 대표 기후값은 월별평균값으로서, 작물모형 입력을 위해서는 일별 자료로 변환시켜야 한다. 이 때 주의해야 할 점은 반드시 기후의 연차변이를 고려해야 한다는 점이다. 기후란 평

균 뿐 아니라 그 변이를 함축한 의미로서 농업적으로는 특히 연차변이가 중요하다. 앞서 작성된 재배구역별 기후 평균값은 1981년부터 2000년까지 20년의 기후를 대표하지만, 매년 기후값 20개를 산술적으로 평균한 대표값에 불과하므로 실제 20년 동안 겪었던 기후의 연차변이에 대해서는 어떤 정보도 제공하지 않는다.

이러한 결점을 보완하고 현실감 있는 일 기상자료를 도출하기 위해 여러 가지 통계학적 기법이 이용되어 왔다. 본 연구에서는 Pickering et al.(1994)에 의해 제시된 일 기상자료 생성방법에 따라 각 재배구역별로 30년씩의 일 기상자료를 무작위로 생성하였다. 이 방법에서는 우선 월별 기후값으로부터 일별 기상자료 생성에 필요한 각종 매개변수를 추정한다. 이 매개변수들은 임의 날짜의 강수출현 여부를 결정짓는 Markov Chain 과정에 이용되고, 강수량은 Gamma 분포에 의해 추정된다. 기온과 일사량은 “weakly stationary generating process”를 토대로 생성된다. 앞서 만들어 둔 일 최고기온, 최저기온, 일사량, 강수량, 강수일수의 월별 평균값과 기온의 연교차는 이들 매개변수 도출을 위해 필요한 기후자료들이다. 이들 과정은 모두 DSSAT 패키지에 포함된 유틸리티 프로그램 가운데 하나인 WeatherMan에 의해 쉽게 수행될 수 있다.

3. 결과 및 고찰

선발된 일 최고/최저기온의 월별 평균값 추정 회귀모형은 위도와 해안거리를 중심으로 해발고도, 경사도, 개방도 관련 지형변수들로 구성된다. 4월부터 8월까지 일 최고기온을 제외한 모든 모형에서 결정계수가 0.9 이상인 이들 모형을 이용하여 북한 전역 12만여 개 격자점의 월별 최고/최저기온값을 계산하였다. 기상관측소가 존재하는 27개 격자점에 대해 cross-validation에 의해 추정오차를 분석한 결과, RMSE는 0.4 ~ 1.6°C 범위에 들었다.

Acknowledgements: 본 연구는 한국과학재단의 목적기초연구(981-0601-003-2) 지원으로 수행되었음.

인용문헌

양원하, 김덕수, 전용희, 조영찬, 강양순, 2000: 북한 벼 품종의 출수반응. 한국작물학회, 한국농림기상학회, 한국농업정보과학회 공동학술발표논문초록 p171-172.

양원하, 김덕수, 최경진, 강양순, 2000: 북한 벼 품종의 감온성 및 감광성. 한국작물학회, 한국농림기상학회, 한국농업정보과학회 공동학술발표논문초록 p173-174

정응기, 조윤상, 정영평, 정오영, 강경호, 유해영, 최해춘, 2001: 북한 벼 품종의 유전적 다양성. 한국작물학회 추계학술발표논문집 p138-139.

Pickering, N. B., J. W. Hansen, J. W. Jones, H. Chan, and D. Godwin, 1994: WeatherMan: a utility for managing and generating daily weather data. *Agronomy Journal* 86,332-337.

Yun, J. I., and K. H. Lee, 2000: Agroclimatology of North Korea for paddy rice cultivation: Preliminary results from a simulation experiment. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 2(2), 47-61

Yun, J. I., 2000: Estimation of climatological precipitation of North Korea by using a spatial interpolation scheme. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 2(1), 16-23