

最大境界線을 이용한 벼 收量の 氣象反應分析과 收量 豫測

II. 수량예측모형 검증

김창국¹, 이변우², 한원식¹

¹농촌진흥청, ²서울대학교

Boundary Line Analysis of Rice Yield Responses to Meteorological Conditions for Yield Prediction

II. Verification of Yield Prediction Model

ChangKug Kim¹, ByunWoo Lee², and WeonSik Hahn¹

¹Farm Management Bureau, RDA, Suwon 441-707, Korea; Collge of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

1. 서론

90년대 이후 다양한 첨단전산기술들이 作物模型분야에도 이용되기 시작하였는데 農業생태계 평가를 위한 국지단위 模擬模型의 활용, 인공위성 등을 이용한 遠隔計測情報의 활용, GIS기술 등은 農業分野에서 널리 활용되고 있는 첨단 신기술의 대표적인 사례가 되고 있다. 이러한 신기술들은 農業氣象情報를 생산하는 데에 이용될 뿐만 아니라 가장 중요한 環境要素로서 農業氣象情報를 필요로 한다(Munakata, 1976). 현재 널리 사용되고 있는 대표적인 벼 生長 및 收量豫測模型에는 국제미작연구소에서 개발한 ORYZA1(Kropff 등, 1994)과 RICAM(Yin 등, 1994), maNage Rice(Williams, 1996), CERES-rice(Singh 등, 1995), SIMRIW(堀江, 1987) 등이 있다.

農業氣象情報와 收量과의 관계에 대하여 많은 연구자들이 作物模型을 설정하였으나 地域과 品種이 다를 경우에는 효율적으로 비교할 수 있는 방법이 없어 대부분 한정된 品種과 일부 地域에서만 추정되어 왔다. 그러나 地域과 品種이 다르더라도 分析이 가능한 最大境界線(boundary line) 分析方法을 사용하면 農業分野와 같이 예측하거나 통제할 수 없는 변수가 많은 경우 효율적이라 할 수 있는데 실제 최대경계선 方法에 의하여 구축된 모형의 정확도를 검증할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 1985년부터 1999년까지 15년간 전국에서 수행한 水稻地域適應試驗 결과를 最大境界線 分析方法을 이용하여 벼의 收量構成要素와 收量の 기상반응을 종합적으로 검토하였으며, 이를 토대로 하여 수량기상지수에 의한 收量豫測模型을 작성하였고, 모형의 지역, 품종, 연차간 수량변이의 예측 정확도를 검증하였다.

2. 결과 및 고찰

地域 平均收量の 豫測

模型構築에 이용된 전국 20개 地域과 이용되지 않은 12개 地域의 地域別 15년간의 平均收量を 收量豫測模型(Model II)으로 豫測한 것과 실제 조사된 것을 일대일로 대응시켜 비교한 결과는 그림 1과 같다. 模型구축에 이용된 地域에서 실측치와 豫測치간의 상관은 $r=0.9296^{**}$ 으로 고도로 유의한 상관을 나타내고 있으나 模型에 의해 추정된 收量は 收量が 낮을 경우에는 실제 收量보다 다소 높게 추정하고 收량이 높은 경우에는 다소 낮게 추정하는 경향이였다.

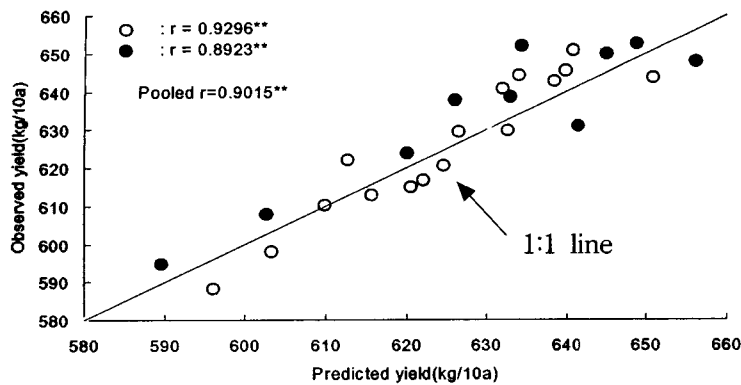


Fig 1. Comparison between observed and predicted mean yields for 20 places(○) and 12 places(●) where data were used and not used for the model formulation, respectively. Mean yield for each place was calculated by averaging across 15 years and varieties employed in each place.

모델작성에서 제외시켰던 12개 지역의 경우는 상관계수가 $r=0.8923^{**}$ 으로 모델작성에 이용된 지역보다 收量 豫測의 정확도가 다소 낮게 나타났으나 통계적으로 고도로 유의하였으며 실제 收量보다 다소 낮게 추정하는 경향이 있었다. 또한 모델구축에 이용된 20개 지역과 모델작성에서 제외시켰던 12개 지역을 모두 고려한 상관계수는 $r=0.9015^{**}$ 으로 통계적으로 고도로 유의하였다. 따라서 이 모델은 우리나라 지역별 벼의 기후생산력 추정에 이용될 수 있을 것으로 판단되었다.

收量 年次變異의 豫測

收量豫測模型이 각 지역 收量의 年次變異를 잘 설명하는지를 검토하기 위하여 모델설정에서 사용된 20개 지역과 사용되지 않는 12개 지역의 연차별 실제 收量과 추정收量을 비교한 것이 그림 2와 3이다. 그림 2에서 모델設定에 이용된 모든 지역의 實際收量과 豫測收量간의 상관관계가 고도로 유의하여 연차간 변이를 잘 설명하였다. 다만 고위도 지방인 珍富, 春川 지역 등에서는 냉해년인 '93년의 경우 實際收量보다 높게 추정되어 平野地 보다 모델의 추정 정확도가 다소 떨어졌는데 이는 모델이 冷害가 심할 경우 이를 충분히 반영하지 못하기 때문인 것으로 생각되며 이에 대하여는 상세한 검토가 더 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

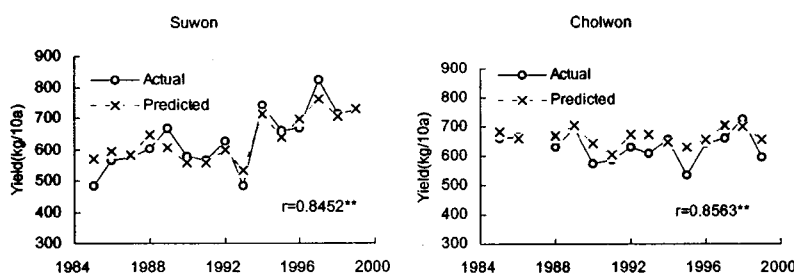


Fig. 2. Comparison between yearly variations of observed and predicted yield by locations where data were used for the model formulation.

한편 그림 3에서 보는바와 같이 모델設定 外 지역의 경우도 당진을 제외하면 모든 지역의 豫測 年次別 收量과 실측收量간에 유의한 상관관계를 보였다. 그러나 상관정도는 모델設定 지역의 경우보다 다소 저하되었다. 당진의 경우는 조사년수가 6년으로 매우 작아 연차간 收量의 변이가 작기때문에 실측치와 예측치간에 상관관계가 낮았으나 절대수량의 정확도는 크게 떨어지지 않았다.

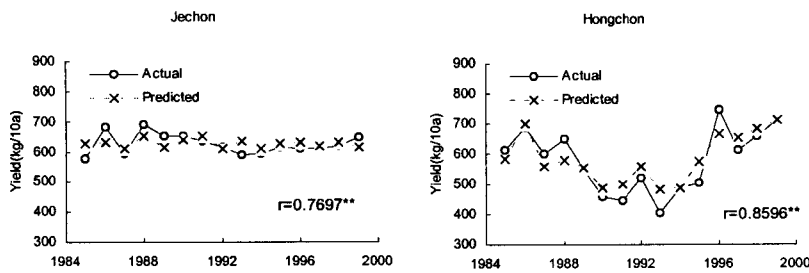


Fig 3. Comparison between yearly variations of observed yield and predicted yield by locations where data were not used for the model formulation.

品種別 收量の 豫測

동진벼, 화성벼, 추청벼 등의 8개品種별로 실제收量和 豫測收量の 1:1 대응관계를 模型構築에 이용한 地域자료와 이용하지 않은 地域자료에 대하여 나타낸 것이 각각 그림 4와 5이다.

模型設定 地域資料를 이용한 경우 모든品種의 실측치와 예측치간에는 고도로 유의한 상관이 있었다. 模型구축에 이용되지 않았던 地域의 자료를 이용하는 경우도 모든品種에서 실측치와 예측치간에는 고도로 유의한 상관이 인정되었으나 模型設定 자료를 이용한 경우보다는 다소 상관이 낮아져 모형 추정력이 다소 낮아졌다. 한편 조생종인 오대벼와 소백벼의 경우가 다른品種의 정확도에 비하여 추정의 정확도가 다소 떨어졌는데 이는 이들品種이 주로 山間 內陸地方에 재배되는品種으로 앞에서 언급하였듯이 이들 地域의 냉해에 대한 模型의 추정력이 낮았기 때문인 것으로 판단된다.

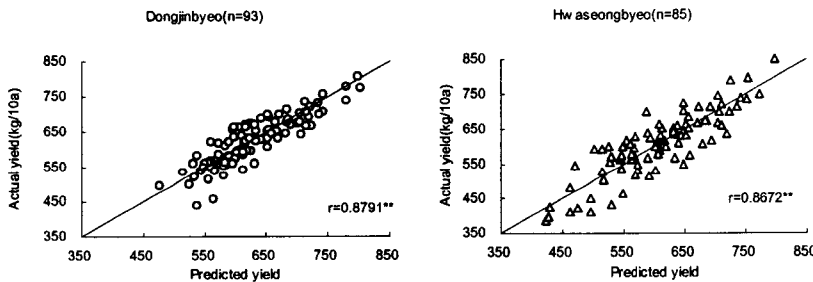


Fig 4. Comparison between observed and predicted yield by varieties with data which were used for the model formulation.

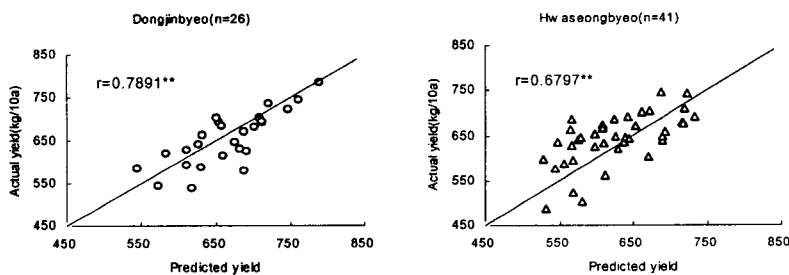


Fig 5. Comparison between observed and predicted yield by varieties with data independent of the model formulation.

3. 摘要

우리나라 벼 수량의 기상반응을 종합적으로 검토하여 벼 수량예측모형을 구축하여 수량의 지역간 변이 및 연차간 변이와 각 지역의 기상자료를 이용하여 추정된 예측모형의 수량과 실제 수량간의 검증을 실시하였다.

1. 모형 작성에 사용되었던 20개 地域을 山間地帶, 中部平野地帶, 南部地帶로 구별하고 각 地帶別로 앞의 모형Ⅱ와 같은 방법으로 수량 모형식을 구하였다. 珍富, 原州 등의 고위도 地域의 山間地帶는 收量豫測模型의 결정계수가 $R^2=0.5229$ 로 전국 統合模型보다 낮았으며 中部 平野地帶와 南部地帶는 더 높게 나타났다.
2. 모형구축에 이용된 전국 20개 地域의 地域別 15년간의 平均收量을 收量豫測模型(Model Ⅱ)으로 예측한 것과 실제 조사된 것을 일대일로 대응시켜 보면 실측치와 예측치간의 $r=0.9296^{**}$ 으로 고도로 유의한 상관을 나타내고 있으며 모형작성에서 제외시켰던 12개 地域의 평균수량의 예측치와 실측치의 상관계수도 $r=0.8923^*$ 으로 模型작성에 이용된 地域보다 收量 豫測의 정확도가 다소 낮게 나타났으나 통계적으로 고도로 유의하였다.
3. 모형설정에 사용된 20개 地域과 사용되지 않는 12개 地域의 年次別 실제수량과 추정수량을 비교하여 보면 모형설정에 이용된 모든 地域의 實際收量과 豫測收量간의 고도로 유의한 상관이 존재하였다.
4. 品種別 收量의 豫測 가능성을 위하여 동진벼, 화성벼, 추정벼 등의 8개 品種별로 실제수량과 예측수량의 1:1 대응관계를 보면 模型設定 地域資料를 이용한 경우 모든 品種의 실측치와 예측치간에는 고도로 유의한 상관이 있었다. 그러나 모형구축에 이용되지 않았던 地域의 자료를 이용하는 경우도 모든 品種에서 실측치와 예측치간에는 고도로 유의한 상관이 인정 되었으나 模型設定 자료를 이용한 경우보다는 다소 상관이 낮아져 모형 추정력이 다소 낮아졌다.

결론적으로 收量氣象反應의 最大境界線(boundary line)분석은 收量 豫測 模型의 구축에 효율적으로 적용될 수 있을 것으로 판단되었으며, 본 연구에서 고려하지 않은 土壤條件, 施肥條件 등에 대한 最大境界線 분석을 포함시키는 경우 보다 정확도가 높은 收量豫測模型을 작성할 수 있으며 이를 통한 地域, 年度, 品種에 따른 收量의 變異를 실용적으로 예측할 수 있을 것으로 기대된다.

引用文獻

- Kropff, M.J., H.H. van Laar and R.B. Matthews. 1994. ORYZA1: an ecophysiological model for irrigated rice production. SARP Research proceedings AB-DLO. Wageningen and IRRI p. 110
- Munakata, K. 1976. Effects of temperature and light on the reproductive growth and ripening of rice. IRRI Climate and Rice : 187~210.
- 堀江 武. 1987. 水稻生育の氣象的豫測研究. 近畿作育研究 32 : 83~90
- Singh, U., J.T. Ritchie and D.G. Godwin. 1995. User's guide to CERES-Rice V2.1. IFDC.
- Williams. 1996. User's Guide for maNage Rice. NSW Agriculture Yanco Agricultural Institute, Australia
- Yin, X. and Qi, C. 1994. Studies on the Rice Growth Calendar Model (RICAM) and its application. Act Agron, Sinica 20 : 339-346.