

공간정보와 생육모의에 의한 남한 벼 품종의 북한 서부지대 적응성 예측

II. 남한 벼 품종의 모수 추정

김재영¹ · 한상욱² · 김희동² · 김영호²

¹경희대학교 생명과학부, 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

II. Genetic coefficients of South Korean cultivars for CERES-Rice

J. Y. Kim¹, S. W. Han², H. D. Kim², and Y. H. Kim²

¹College of Life Science and Natural Resources, Kyung Hee University, Suwon

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

(Correspondence : chritemoin@hotmail.com)

1. 서언

작물생육모형은 작물의 광합성과정 등 주요 생리과정을 정량적으로 연구하기 위해 30여 년 전부터 소개되기 시작하였다. 다양한 환경조건 하에서 생장 및 발육의 종합적인 모의가 가능한 정도로 발전한 최근에는 주요 식량작물에 대해 실용수준의 모형들이 개발되어 다양한 용도로 쓰이고 있다.

벼 생육모형 가운데 CERES(Crop-Environment Resource Synthesis)-rice는 미국에서 개발되어 IBSNAT(International Benchmark Site Network for Agrotechnology Transfer) 사업에 의해 국제적으로 널리 보급된 것이다. 이 모형은 벼의 생장(growth)과 발육(development)에 영향을 미치는 기상, 토양, 수분, 질소 등 농생태계 구성요소간 상호작용을 종합적으로 고려한 것으로서, 실험실 수준을 벗어나 실용화 단계에 있는 것으로 평가된다. 우리 나라에서도 지구온난화에 따른 쌀 생산량 추정, 북한 183개 시군의 농업기후자원 평가 (Yun and Lee, 2000), 읍면별 작황 예측 (Yun and Cho, 2001) 등에 활용되었다.

CERES-rice를 어떤 지역에 적용하기 위해서는 그 지역에 실제 재배되고있는 품종의 생장 및 발육 관련 유전적 특성을 모형에 반영시켜야 한다. 즉 벼의 발육 및 생장의 주요특성을 몇 개의 모수(parameters 혹은 coefficients)로 표현하고 각 품종별로 서로 다른 값을 부여하는 것이다. 따라서 생육모의의 성공을 위해서는 각 품종의 모수값을 정확하게 추정하는 일이 전제되어야 한다. 본 연구에서는 북한 서부 평야지 생육모의에 적용할 남한 주요 벼 품종의 모수를 추정하기 위해 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 CERES-rice의 품종모수 소개

CERES-rice에서는 출현 이후 벼의 일생을 일장감응개시기(End of Juvenile), 유수분화기(Panicle Initiation), 엽생장정지기(출수기), 이삭생장정지기 및 양분저장완료기(생리적 성숙기) 등 5개의 주요 발육단계로 특징짓고, 각각의 단계에 도달하는데 필요한 Thermal time (누적

GDD9)을 P1부터 P5까지의 모수로 나타낸다.

P1은 발아(출현)후 일장에 무관하게 일정기간을 경과해야만 다음 단계로 생육이 진행되는 것을 나타낸 기본영양성장기간이다. 우리 나라 품종의 경우 주로 못자리기간을 포함, 100 ~ 200 도일정도이나, 열대품종은 500이상으로 훨씬 길다.

P2는 유수분화기까지의 기간을 나타내는데, 전 생육기간을 통해 일장(photoperiod 혹은 daylength)의 영향을 받는 유일한 시기이다. 모형에서는 유수분화를 촉진하는 최적일장 조건에서 이 기간이 136도일이라고 가정하며, 최적일장과 실제일장간 편차에 지연율을 곱한 값을 여기에 더해줌으로써 감광성을 표현하고 있다. 이를 위해 사용자로 하여금 최적일장(P2O)과 지연율(P2R)을 조정할 수 있도록 한다. 우리 나라의 재배조건에서 이 시기의 일장은 박명을 포함하여 14시간이상이므로 최적일장을 10시간 내지 12시간으로 설정하고 지연율을 적절히 조절해 주면 조만성을 표현할 수 있다.

P3는 유수분화 이후 출수까지의 기간으로서 온도환경의 직접적인 영향보다는 분얼, 출엽 등 식물의 내재적인 요인과 여기에 미치는 양분공급 등에 영향을 받는 것으로 간주하여 사용자가 임의로 조절할 수 없도록 되어있다. 모형 내부에서는 480도일을 상한값으로 갖고 있다.

P4는 출수 이후 광합성산물, 즉 저장양분을 이삭 낱알들이 받아들일 수 있을 만큼 영화의 수, 곡립의 폭과 길이 등이 결정되는 시기까지를 말한다. 이 기간 역시 온도의 직접 영향보다는 내재적인 요인(최대 영화수, 양분상태 등)에 의해 결정된다고 보아 사용자가 임의로 조절할 수 없도록 되어있다. 온도는 다만 광합성 속도나 양분 흡수 등에 미치는 간접적인 요인으로 작용한다. 모형 내부에서는 150도일을 상한값으로 갖고 있다.

P5는 전 단계에 미리 준비된 비어있는 영화(곡립) 속으로 광합성산물이 들어와 저장양분으로 채워주는 소위 등숙기간으로서 400에서 600도일 정도의 비교적 균일한 값을 갖는다.

열대 Indica 품종은 일장에 둔감하며 주로 온도에 의해 출수나 성숙이 결정되는데, 우리나라의 조생종들도 이와 비슷한 반응을 보여 긴 일장조건인 6월말에서 7월초에도 온도에 반응하여 출수가 촉진된다. 반면, 중만생종들은 고온조건에서도 긴 일장조건 덕분에 유수분화가 지연되어 출수가 늦어진다. 그러나 일단 유수가 형성되면 그 다음부터는 모두 온도의 영향만을 받게된다.

벼의 수량생산잠재력(yield potential)을 표현하기 위해 모형에서는 주간(主稈, main culm) 건물중당 최대립수 (g 당 최대영화수)를 G1, 한 개의 영화가 저장할 수 있는 최대의 양분, 즉 최대립중 (g / grain)을 G2, 최고분얼기의 결가지 수를 대조품종 IR64와 비교한 상대분얼능력을 G3로 나타내고 있다. 또한 벼 재배지역이 열대부터 냉대에 이르기까지 지리적으로 다양한 것을 수용하기 위해 G4는 온도반응성을 나타내는데, Indica를 추운 곳에서 재배하면 1보다 작고, Japonica를 더운 곳에서 재배하면 1보다 큰 값을 갖는다.

2.2 자료 수집 및 모수 추정

작물시험장, 호남작물시험장, 영남작물시험장 및 각 도 농업기술원에서 발간한 작황시험 및 조사보고서로부터 적어도 7년 이상 자료가 축적된 벼 품종 20개를 선발하였다. 이들 품종의 처리별 출수기, 성숙기, 정조수량, 립중, 고중, 단위면적당 립수, 주당립수, 지상부 건물중 등 주요 생육특성자료를 수집하였다. 시험장의 기상자료 및 토양자료를 수집하여 CERES-rice 입력형태로 준비하였고, 재배관리방법은 보고서에 기록된 처리내용을 참조하여

역시 모형에서 요구하는 양식으로 준비하였다.

모수 추정방법은 Hunt et al. (1993)의 방법을 따랐는데, 조, 중, 만생종별 모수의 초기값은 Yun and Cho (2001)의 자료를 이용하였다. 기상자료 가운데 수평면일사량이 없는 지점은 인근 기상관서의 관측자료를 이용하였다. 토양자료는 각 시험장으로부터 수집한 해당 시험 포장의 토성, 토심, 양이온치환용량 등의 토양정보를 수정 없이 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 주요 벼 품종의 모수

20개 공시품종의 추정모수는 Table 1과 같다. 신뢰성 있는 모수 추정을 위해서는 장기간에 걸쳐 성실한 조사자료가 축적되어야 하지만, 국내 작황시험 및 조사기술수준이 미흡한 점을 감안하면 이들 모수값은 앞으로 새로운 자료의 축적에 따라 바뀔 것이 거의 확실하다. 특히 생리적 성숙기에 대한 조사자료에 문제가 많은 것으로 드러났으며, 이에 따라 발육 뿐 아니라 건물수량에도 영향을 미친 것으로 판단된다.

Table 1. Genotype coefficients of Korean rice cultivars for CERES-rice.

Variety	P1	P2R	P5	P20	G1	G2	G3	G4
ODAE	200	31	577	10.0	84	0.0281	0.9	1.00
KWANAK	200	45	491	10.0	100	0.0240	0.7	0.98
SOBAEK	200	30	565	11.5	122	0.0254	1.2	1.13
UNBONG	200	51	600	12.3	60	0.0230	1.0	1.00
SAMGANG	200	47	594	11.0	114	0.0242	1.3	1.10
SANGPUNG	200	77	479	11.0	63	0.0255	0.8	1.16
SEOMJIN	150	114	561	11.0	62	0.0270	0.6	1.08
ILPOOM	200	102	597	11.0	89	0.0249	0.9	1.00
NAKDONG	200	94	526	10.5	54	0.0244	0.5	0.99
YOUNGSAN	200	91	528	11.0	55	0.0247	0.6	0.72
DAESUNG	150	48	570	11.0	115	0.0265	1.0	1.00
SANGJU	150	53	573	11.5	110	0.0265	1.0	0.99
YEOMYOUNG	150	59	570	11.5	115	0.0280	0.9	1.00
YONGMUN	150	81	511	11.5	115	0.0275	1.0	1.00
PALGONG	200	53	540	11.0	83	0.0250	0.8	1.00
HWAYOUNG	110	95	529	11.0	89	0.0260	0.9	1.00
DAEAN	200	103	505	11.0	66	0.0256	0.7	0.96
MANGUEM	200	93	595	11.5	65	0.0258	0.6	1.00
CHUCHEONG	200	105	465	11.5	65	0.0260	0.6	1.00

3.2 품종모수의 신뢰도

이들 중 10개 품종에 대하여 도출된 모수로 조정된 CERES-rice를 구동시켜 연도별 출수기 및 수량을 계산하였다. 시험포장에서 실제 관측된 자료와 비교한 것이 Fig. 1이다.

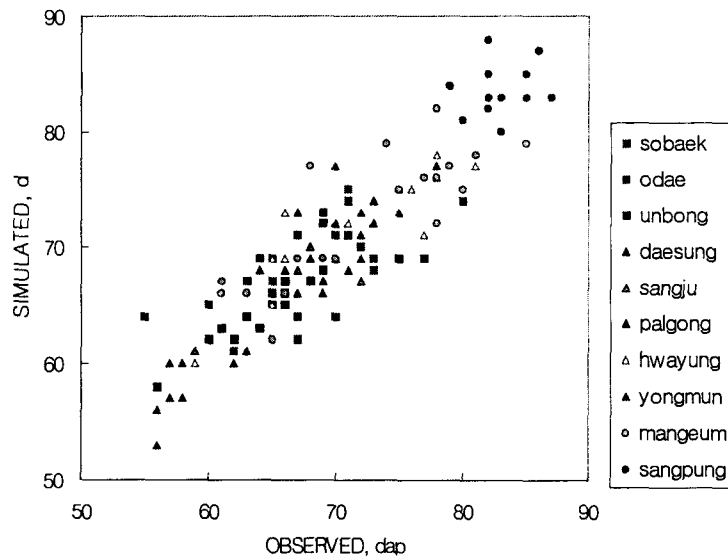
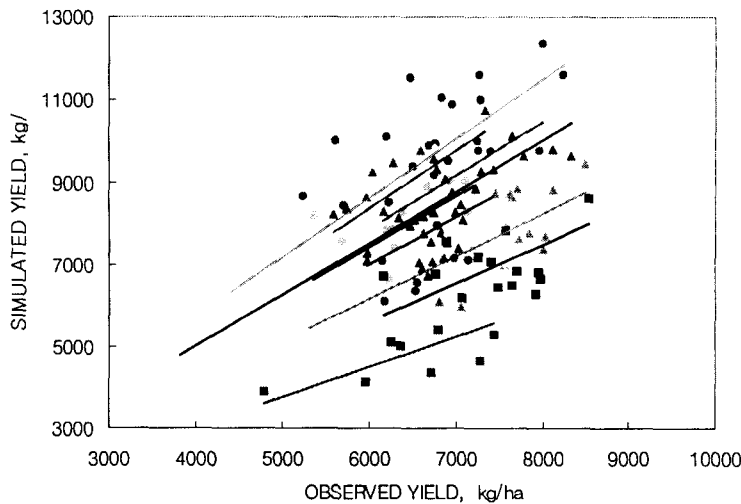


Fig. 1 Simulated heading dates (top panel) and grain yields (bottom panel) of 10 Korean rice cultivars.



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

인용문헌

Hunt, L. A., S. Pararajasingham, J. W. Jones, G. Hoogenboom, D. T. Imamura and R. M. Ogoshi. 1993. GENCALC: Software to facilitate the use of crop models for analyzing field experiments. *Agronomy Journal* 85, 1090-1094.

Yun, J. I., and K. S. Cho, 2001: Yield and production forecasting of paddy rice at a sub-county scale resolution by using crop simulation and weather interpolation techniques. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 3(1), 37-43.

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.