

국내 벼 지역별 주요 품종에 대한 장기 모니터링 자료의 구성형태

김준환*, 상완규, 신평, 백재경, 권동원, 이윤호, 조정일, 서명철
농촌진흥청 국립식량과학원 작물재배생리과, 전라북도 완주군 이서면 혁신로 181
(2020년 8월 24일 접수; 2020년 9월 27일 수정; 2020년 9월 28일 수락)

Long-term Monitoring Data for Growth and Yield of Local Rice Varieties in South Korea

Junhwan Kim*, Wangyu Sang, Pyeong Shin, Jaekyeong Baek, Dongwon Kwon, Yunho Lee,
Jung-II Cho, Myungchul Seo

Division of Crop Physiology and Production, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Hyoksin-ro 181, Iseo-myeon, Wanju-Gun, Jellabuk-do, Republic of Korea
(Received August 24, 2020; Revised September 27, 2020; Accepted September 28, 2020)

ABSTRACT

National Institute of crop Science of the Rural Development Administration (RDA) has conducted long-term monitoring studies to find out the relationship between crop yield and climatic factors for major food crops including rice. Rice growth and yield have been monitored in 17 regions where the branches of the National Institute of Crop science and the Provincial Agricultural Research and Extension Service locate. The data obtained from monitoring studies for rice growth and yield include the observation of vegetative growth status and yield components, which include leaf number, biomass and the weight of 1000 grains. These data have been collected from rice fields where standard management procedures have been applied. The observation data for crop growth and yield monitoring studies from 1999 to 2019 are open to public through agricultural science library operated by RDA.

Key words: Rice, Yield, Monitoring, Climate, Crop model

I. 배 경

작물의 생산성은 비생물학적 요소인 기후와 생물학적 요소인 병충해의 변화에 따라서 끊임없이 변화된다. 따라서, 작물의 생산성을 유지하여 안정적인 식량을 공급하기 위해서는 환경적 변화에 적응된 품종의 육성과 더불어 재배법의 개선이 지속적으로 이루어져야만 한다. 이러한 개선을 이루기 위해서는, 현재의 생산성 변화 양상을 장기적으로 모니터링하고 이를 활용

하는 것이 필수적이다.

농촌진흥청 국립식량과학원은 주요 식량작물인 벼, 맥류, 콩에 대해서 작물의 수량과 기상과의 관계를 구명하는 장기 모니터링 연구를 진행해 왔다. 이러한 연구로부터 생산된 자료들은 재배법의 개선점을 도출하기 위해 활용될 수 있다. 또한, 일반 농가와 연구 시험장에서 얻어지는 수량 차이를 분석하여 농가의 생산성을 높이기 위한 지도 방향을 설정하기 위해 사용될 수 있다.

주요 식량작물에 대한 작황 자료는 다양한 연구 분



* Corresponding Author : Junhwan Kim
(sfumato@korea.kr)

야에 적용될 수 있다. 예를 들면, 기후변화에 따른 작물 생산성 영향 평가를 수행할 때, 온도와 이산화탄소를 인위적으로 설정할 수 있는 시설이 활용될 수 있다. 그러나, 작황자료와 같이 실제 포장에서 장기간의 생산성 변동을 관찰하여 얻어진 자료 역시 현재까지의 영향을 파악하기 위해 활용될 수도 있다. 또한, 작물 생육 모형의 개발과 활용에도 작황 자료의 가치는 여러 연구에서 제기된 바 있다(Cho and Yun, 1999; Kim *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2012). 본 연구에서는 작황 자료의 활용성을 높이기 위해서 이들 자료의 메타데이터에 해당하는 자료를 수집하는 과정과 자료 형식 및 품질에 대해 분석하고자 하였다.

II. 자료의 조사방법

벼를 대상으로 하는 생육 및 수량에 대한 장기 모니

터링 연구는 벼 작황시험으로 일반적으로 알려져 있다. 1966년에 벼 작황시험이라는 연구명으로 시작되었으나, 이후 작황진단시험과 작황조사시험으로 분리되어 시행되었다. 본 연구에서는 작황조사시험에서 얻어지는 데이터에 대해 기술하였다. 작황조사시험 결과자료들은 농촌진흥청이 운영하고 있는 농업과학도서관에서 pdf 형식의 자료로 1976년 부터 검색이 가능하다. 다만, 본 연구에서는 현재 국립식량과학원에서 전산화되어 등록되어 있는 자료들 중 농업기술이 상당수준 발전하여 기술발전에 따른 재배기술이 안정화된 시기로 판단될 수 있는 1999년부터의 자료를 대상으로 분석하였다.

작황시험이 수행되는 지역은 시기에 따라 차이를 보였다. 시험지의 수는 최대 21개 이었으나, 2020년에는 도농업기술원과 국립식량과학원의 출장소와 시험지들이 포함되는 17 지역에서 수행되고 있다(Table 1). 일부 기관이 이전하면서 시험지가 변경된 경우도 있으

Table 1. Coordination of rice monitoring site and weather station for monitoring site

Organization	Site	Coordination		Elevation (m)	Weather Station	Coordination		Elevation (m)	Period
		Latitude	Longitude			Latitude	Longitude		
NICS, RDA*	Gyehwa	35.77	126.67	0	AWS***	-	-	-	~2019
	Unbong	35.44	127.53	450	AWS	-	-	-	~2019
	Sangju	36.44	127.94	285	AWS	-	-	-	~2019
	Cheorwon	38.21	127.24	192	Cheorwon (095)****	38.00	127.30	155.5	~2019
	Jinbu	37.67	128.59	576	AWS	-	-	-	~2019
	Yeongdeok	36.57	129.40	6	AWS	-	-	-	~2019
Gyeonggi-Do ARES**	Hwasung	37.22	127.04	30	AWS	-	-	-	~2019
Gangwon-Do ARES	Chuncheon	37.90	127.73	74	Chuncheon (101)	37.90	127.73	76.5	~2019
	Gangneung	37.82	128.84	50	Gangneung (105)	37.75	128.88	26.0	~2008
					Bukgangneung (104)	37.80	128.85	78.9	2009~
Chungchungbuk-Do ARES	Cheongwon	36.73	127.46	39	Cheongju (131)	36.63	127.43	58.7	~2019
	Jecheon	37.11	128.01	220	Jecheon (221)	37.17	128.20	259.8	~2019
Chungchungnam-Do ARES	Yesan	36.73	126.8	95	Cheonan (232)	36.77	127.30	81.5	2002~
	Daejeon	36.33	127.33	55	Daejeon (133)	36.37	127.37	68.9	~2001
Jeollabuk-Do ARES	Iksan	35.93	126.99	8	Jeonju (146)	35.83	127.00	61.4	~2019
Jeollanam-DO ARES	Naju	35.02	126.82	40	Gwangju (156)	35.17	126.88	72.4	~2019
Gyeongsangbuk-Do ARES	Daegu	35.97	128.57	50	Daegu (143)	35.83	128.65	53.5	~2019
	Andong	36.66	128.70	150	Andong (136)	36.57	128.70	140.1	~2019
Gyeongsangnam-Do ARES	Jinju	35.21	128.05	20	Jinju (192)	35.17	128.00	30.2	~2019

* NICS(National Institute of Crop Science), RDA(Rural Development Administration)

** ARES(Agricultural Research & Extension Service)

*** AWS (Automated Weather Station) operated by the given organization

**** The identification code of weather station operated by Korea meteorological administration

나, 이들 지역에서는 현재까지 지속적으로 작황시험이 진행되고 있다. 예를 들어, 충남농업기술원에서 관찰하는 지역은 2001년까지는 대전이었으나 기관이 이전하면서 2002년부터는 예산지역에서 시험이 계속되고 있다. 또한, 시기별로 표준재배법이 변경되어 시비량과, 이앙날짜가 변경된 지역도 있다(Table 2). 전체적으로 2004년에는 질소시비량이 감소되었고 2007년에

는 이앙기가 변동된 지역이 일부 있었다.

작물의 생육 양상 및 수량 특성을 파악하기 위한 조사 항목은 일부 변경된 것들이 있었으나 주요 항목들은 꾸준히 조사되고 있다. 파종일 및 이앙날짜 모의 소질과 관련된 생육특징을 시작으로 매월 초와 중순에 초장과 분얼수, 출수기의 생육, 수량과 수량구성요소에 대해서는 지속적으로 농촌진흥청 시험연구 조사기

Table 2. Seedling management and transplanting date and density of rice monitoring site

Organization	Site	Seeding date (Month.Day)	Seedling density (g/tray)	Transplanting date (Month.Day)	Transplanting density (cm)	Nitrogen Fertilizer (kg/10a)	Period
NICS, RDA	Gyehwa	4.30	130	5.30	30×14	15	2007~2019
		4.25	130	5.25	30×14	15	1999~2006
	Unbong	4.20	130	5.20	30×12	10	1999~2019
	Sangju	4.25	130	5.25	30×12	9 11	2005~2019 1999-2004
		Cheorwon	4.20	130	5.20	30×12	10
	Jinbu	4.20	100	5.20	30×12	10	2005~2019
						12	1999~2004
Yeongdeok	4.20	130	5.25	30×14.3	9 11	2005~2019 1999~2004	
Gyeonggi-Do ARES	Hwasung	4.20	120	5.20	30×14	9 11	2005~2019 1999~2004
Gangwon-Do ARES	Chuncheon	4.25	130	5.25	30×13.2	9 11	2005~2019 1999~2004
		4.20	130	5.20	30×13	10	2001~2019
	Gangneung	4.25	130	5.25	30×12.5	10	1999~2000
Chungchungbuk-Do ARES	Cheongwon	4.25	130	5.25	30×14	9	2007~2019
		4.15	130	5.20	30×14	9	2005~2006
		4.15	130	5.20	30×14	11	1999~2004
	Jecheon	4.20	130	5.20	30×12	10	1999~2019
Chungchungnam-Do ARES	Yesan	4.25	120	5.25	30×14	9 11	2005~2019 2002~2004
		Daejeo	4.25	120	5.25	30×14	11
Jeollabuk-Do ARES	Iksan	4.30	130	5.30	30×14	9	2007~2019
		4.25	130	5.25	30×14	11	2005~2006
		4.25	130	5.25	30×14	11	1999~2004
Jeollanam-DO ARES	Naju	5.10	130	6.05	30×14	9	2007~2019
		4.25	130	5.25	30×14	11	2004~2006
		4.25	130	5.25	30×14	11	1999~2004
Gyeongsangbuk-Do ARES	Daegu	4.30	130	5.30	30×14	9 11	2005~2019 1999~2004
	Andong	4.20	120	5.20	30×14	9 11	2005~2019 1999~2004
Gyeongsangnam-Do ARES	Jinju	5.10	130	6.05	30×14	9	2007~2019
		4.25	130	5.25	30×14	11	2005~2006
		4.25	130	5.25	30×14	11	1999~2004

준(<http://lib.rda.go.kr/newlib/upload/prbook/연구조사분석기준.pdf>)에 따라 데이터들이 수집되었다. 그러나, 지역별 조사 품종 구성은 해당 지역에서 사용되고 있는 품종을 대표하기 위해 재배면적의 70% 수준을 구성하는 4~6개 품종을 중심으로 조사되었기 때문에, 개별 조사 품종은 시기에 따라 변화되었다.

작물의 생육 특성 조사와 함께, 생육상황 변화를 설명하기 위한 기상관측자료가 수집되었다(Table 1). 지역에 따라 포장내에 무인 기상관측장치를 설치하여 직접 수집한 곳과 인접한 기상청의 기상대 자료를 사용하는 곳이 있었다. 국립식량과학원(NICS, National Institute of Crop Science) 관할지역의 경우, 철원만이 기상청의 기상관측소를 이용하고 있었으며, 다른 지역들은 자체 무인 기상관측장치를 설치하여 기상자료를 얻고 있었다. 반면, 농업기술원에 위치한 시험지에서는 인접 기상대의 자료들이 수집되었다. 이들 시험지에 대해 2003~2020년까지 기상자료 저장되어 있는 것으로 확인되었다.

III. 자료 구조 및 내용

작황조사시험은 크게 지역, 년도, 품종, 생태형, 육묘관련 자료, 정기 생육조사, 출수기 생육조사, 수량 및 수량 구성요소로 이루어져 있다(Table 3). 품종은 시대별로 변경되기 때문에 지속적으로 조사된 품종의 수는 많지 않았다. 예를 들어, 작물 모형 개발이나 기후변화 영향평가를 위해 대체로 10년 이상의 장기적 재배가 필요하나, 이를 만족시킬 수 있는 품종들은 10종 정도에 불과하였다(Table 4).

육묘관련 자료는 파종일, 이앙일이 명기되어 있어 육묘일수를 계산할 수 있으며 이들은 대략 30일 정도 이었다. 육묘상자당 파종량과 성묘율, 엽수(불완전엽을 포함함), 건물중이 조사되어 모의 건전성을 파악할 수 있었다. 이후, 6월 15일부터 15일 간격으로 조사가 진행되어 7월 1일, 7월 15일, 8월 1일까지 초장과 분얼수가 조사되었다. 분얼수는 주당 분얼수와 면적당 분얼수로 표시되어 있었다. 8월 15일에는 조생종과 일부 중생종은 주당 이삭수와 면적당 이삭수가 조사되었으며, 만생종은 초장과 분얼수가 조사되었다. 이후에는 낱자 중심이 아닌 생육단계에 따른 조사가 수행되어, 출수기, 수당 영화수, 입실율이 조사되었고 수확기에는 등숙율, 정조 천립중, 정조수량, 제현율, 현미 천립중, 현미수량이 조사되었다. 백미수량도 최근 기록되

고 있었으나, 이들은 현미수량에 현백률 92%를 적용하여 일괄 계산된 것이었다.

IV. 자료의 품질

자료의 품질은 국립식량과학원과 각 도농업기술원의 연구자들이 농업과학기술 연구조사분석 기준에 따라 표준적인 절차를 준수하여 작성하기 때문에 자료 품질은 비교적 일정할 것으로 판단된다. 또한, 병해충 및 잡초 등 비생물학적인 저해 요소들에 대한 방제가 체계적으로 이루어지기 때문에 기상에 의한 생육 및 수량 반응을 파악하기에 유리하다(Kim et al., 2017). 포장의 수량을 잠재적 수량(potential yield), 획득가능 수량(attainable yield), 실제수량(actual yield)으로 분류할 수 있다(Lövenstein et al., 1992). 이 분류에 따르면 작황시험지의 수량은 병해충 등에 대한 방제가 잘 이루어져 획득가능 수량에 가깝다고 할 수 있다. 이 때문에 17개 지역의 수량 평균은 통계청에서 발표하는 농가 전체 평균보다 대략 7%정도 높게 유지된다(Fig. 1). 또한, 작황시험에서 얻어지는 수량은 통계청 발표 수량의 변이를 85% 이상으로 설명하였다(Fig. 2). 이는 각 시험지 위치와 해당 지역의 품종 선정이 적절하다는 것을 보여준다.

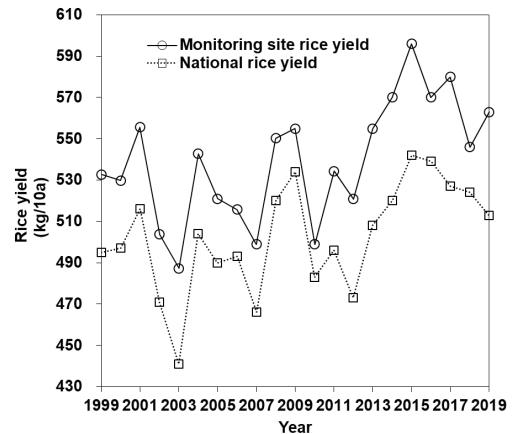


Fig. 1. The time series of the national average rice yield (square) and the monitoring site average rice yield (circle) for the period from 1999 to 2019.

Table 3. Data sheet structure of rice monitoring

Site	Variety	Ecotype	Year	Seeding date (month.day)	Seeding density (g/seedling tray)	Transplanting date (month.day)
Inter row distance (cm)	Intra row distance (cm)	Seedling success rate (%)	Height of seedling (cm)	leaf number of seedling (number)	Dry weight of seedling (g/100 seedlings)	
Plant height at 15 th Jun (cm)	Tiller number per hill at 15 th Jun (no./hill)	Tiller number per m ² at 15 th Jun (no./m ²)	Planting density (hill/m ²)	Plant height at 1 st July (cm)	Tiller number per hill at 1 st July (no./hill)	Tiller number per m ² at 1 st July (no./m ²)
Plant height at 15 th July (cm)	Tiller number per hill at 15 th July (no./hill)	Tiller number per m ² at 15 th July (no./m ²)	Plant height at 1 st August (cm)	Tiller number per hill at 1 st August (no./hill)	Tiller number per m ² at 1 st August (no./m ²)	
Plant height at 15 th August (cm)	Tiller number per hill at 15 th August (no./hill)	Tiller number per m ² at 15 th August (no./m ²)	Panicle number per hill at 15 th August (no./hill)	Panicle number per m ² at 15 th August (no./m ²)	Spikelet number per panicle at 15 th August (no./panicle)	Spikelet number per m ² at 15 th August (no./m ²)
Panicle number per hill (no./hill)	Panicle number per m ² (no./m ²)	Spikelet number per panicle (no./panicle)	Heading date (month.day)	Height of Culm (cm)	Panicle length (cm)	
Fertility ratio (%)	Fertile spikelet number per m ² (no/m ²)	Grain filling ratio (%)	1000grain weight of paddy rice (g)	Hulling (%)	Brown rice yield (kg/10a)	1000grain weight of brown rice (g)

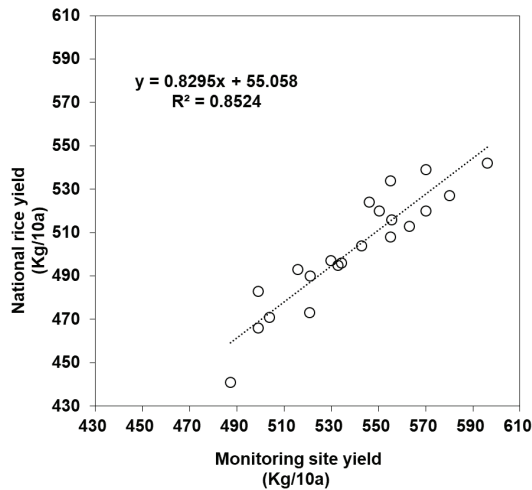


Fig. 2. Comparison between the national average rice yield and the monitoring site average yield for the period from 1999 to 2019.

V. 사용방법

작황시험자료는 농업과학도서관의 물리적 자료와 국립식량과학원 자체 데이터베이스 시스템에서 수록되어 있다. 장기적으로는, 웹을 통해 자료를 공유할 수 있도록 공개될 예정이다. 아직까지는, 농업과학도서관에서 과거 작황시험자료를 직접 조사하거나, 벼작황담당 총괄 책임자를 통해 작황시험자료를 확보할 수 있다.

적 요

작황조사시험은 우리나라주요 재배지점에 대해 해당 지역에서 주로 재배되는 품종들을 선정하여 장기적으로 벼의 생육과 수량을 관찰하는 연구이다. 이 연구의 목적은 기상 및 병해충의 변화에 따라 재배방법을 능동적으로 수정하여 대응하기 위한 것이다. 장기적인

자료 축적으로 이를 다양한 분야에서도 활용할 수 있도록 이 시험의 이루어지는 장소와 재배관리, 각 장소에 대응하는 기상관측소, 관찰되는 항목들에 대해 소개하였다. 각 관찰항목은 표준적인 절차에 따라 조사되어 일정한 품질이 유지되고 있으며 이 정보들은 현재 문헌으로 모두 공개되어 있으며 전산자료의 형식으로 획득할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동시험연구(PJ014498012019)의 지원아래 이루어졌음.

REFERENCES

- Cho, K. S., and J. Yun, 1999: Regional crop evaluation and yield forecast of paddy rice based on daily weather observation. *Korean Journal of Agriculture and forest Meteorology* **1**(1), 12-19.
- Kim, J., W. Sang, H. Shin, H. Cho, M. Seo, B. Yoo, and K. Kim, 2015: Evaluation of regional climate scenario data for impact assessment of climate change on rice productivity in Korea. *Journal of Crop Science and Biotechnology* **18**, 257-264.
- Kim, J., W. Sang, H. Shin, H. Cho, and M. Seo, 2017: A Meteorological Analysis on High Rice Yield in 2015 in South Korea. *Korean Journal of Agriculture and forest Meteorology* **19**, 54-61.
- Lee, C. K., J. Kim, J. Shon, W. Yang, Y. Yoon, K. Choi, and K. Kim, 2012: Impacts of climate change on rice production and adaptation method in Korea as evaluated by simulation study. *Korean Journal of Agriculture and forest Meteorology* **14**, 207-221.
- LÖvenstein, H. M., R. Rabbinge, and H. van Keulen, 1992: *World food production, Textbook2: Biophysical factors in agricultural production.*