

## 2015년 쌀풍년 발생 조건에 대한 기상학적 분석

김준환\* · 상완규 · 신평 · 조현숙 · 서명철

농촌진흥청 국립식량과학원

(2017년 3월 24일 접수; 2017년 5월 17일 수정; 2017년 5월 18일 수락)

## A Meteorological Analysis on High Rice Yield in 2015 in South Korea

Junhwan Kim\*, Wangyu Sang, Pyeong Shin, Hyeounsuk Cho and Myungchul Seo

Crop physiology and production, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, 181,

Hyeoksin-ro, Iseo-myeon, Wanju-Gun, Jeollabuk-do 55365, Republic of Korea

(Received March 24, 2017; Revised May 17, 2017; Accepted May 18, 2017)

### ABSTRACT

Rice yield of South Korea in 2015 was the highest in last 30 years. The future direction of food policy in South Korea can be determined depending on whether the historically highest yield in 2015 can be continued or just one-off event. Therefore, it is necessary to understand whether such a high yield as 2015 can be reoccurred and how often it can occur. This study used the yield monitoring data from National Institute of Crop Science, Rural Development Administration and the meteorological data provided by Korea Meteorological Administration to identify the weather conditions, which could cause high yield, and how often these conditions occurred in the past. Our results showed that significantly high yield in 2015 could occur only when the mean sunshine hours of July and the mean sunshine hours from the end of August to early September are 5.1 hours and 6 hours, respectively. The probability of satisfying these weather conditions was 8/35 (23%) over the past 35 years. And the probability of successive high yield for two years was 1/35 (2.9%). The probability of recurrence of high yield within the next 5 years or 10 years after high yield was 4/35 (11.4%).

**Key words:** Rice, High yield, Meteorology, Probability

### I. 서 론

1980년대 쌀 자급을 완료한 이후 우리나라의 쌀의 단위면적당 수량은 지속적 증가하였다. 그러나 최근 일인당 쌀 수요의 감소와 연이은 풍년으로 쌀 재고가 급격히 증가하고 있다. 특히 통계청 발표에 따르면 2015년 수량은 542 kg/10a로 이는 60년대 이후 최대 수량이라고 할 수 있다(<http://kosis.kr/>). 앞으로도 수량이 이러한 수준을 유지할 수 있을지 아니면 하나의 사건에 그칠지는 쉽게 판단할 수가 없다. 지금까지 기후변화에 따른 장기적인 수량 변동에 대해서 많은 연구가 있어 왔으나 중단

기적 측면에서의 수량 예측은 이루어지지 않고 있다 (Shim *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2012). 중단기적인 수량 예측이 어려운 이유는 기상예측의 불확실성과 농업적으로 필요한 기상요소 특히 일사량과 강수의 예측의 부족, 마지막으로 공간 해상력 문제 때문이다(Fodor and Kovacs, 2005; Kim *et al.*, 2015). 그러나 수급예측의 측면에서 최소한 앞으로도 2015년 수준의 수량이 반복될 수 있는지에 대한 고찰은 필요할 것으로 보인다.

만일 과거의 기상자료를 이용하여 풍년이 발생한 년도의 기상학적 특징을 파악함과 동시에 그러한 기상



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

발생 빈도를 찾아 낼 수 있다면 이를 통해 2015년과 같은 대풍년이 발생 확률을 통계적으로 제시하여 일정수준의 중단기 예측에 활용할 수는 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서는 어떤 기상요소가 수량 형성에 관여하는지 찾아내고 이 요소를 통해 풍년이 발생할 수 있는 기상학적 조건과 그에 대한 발생 확률을 밝혀 보고자 한다.

## II. 재료 및 방법

본 연구에서는 국립식량과학원에서 각 농업기술원과 함께 조사중인 작황조사시험자료(RDA, 2016)를 활용하여 우리나라에서 벼가 대풍이었던 2015년의 수량구성요소를 확인하고 이 생육조건이 발생되었을 때의 기상학적 특징을 찾아내어 기후적인 측면에서 우리나라의 벼의 기상학적 풍년조건을 알아보고자 하였다.

국내 쌀수량 분석을 위해 통계청 자료를 사용하지 않은 이유는 쌀수량은 제공하지만 쌀 수량을 결정하는 수량구성요소에 대한 자료가 없기 때문이다. 이를 보완하기 위해 작황조사시험 자료를 사용하였다. 작황조사 지점은 17개 지역이며 각 지역은 4~5개의 품종을 시험하게 되는데 이들 품종은 해당지역에서 재배면적이 70% 이상이 되어야하기 때문에 실제 각 지역별 품종의 변동이 일정수준 반영이 될 수 있다(RDA, 2016).

작황시험자료가 국내 쌀 수량의 대표성을 보이기 위해서는 통계청 수량과 일치하거나 또는 일정한 관계가 있어야 한다. 이를 위해 통계청 자료 국가통계포털(<http://kosis.kr/>)에서 전국쌀 수량 평균자료를 얻어 작황조사 수량과의 관계를 확인하였는데 그 결과는 Fig. 1 및 2와 같다. Fig. 1에서 알 수 있듯이 연차에 따른 수량 증감의 추세가 동일하며 Fig. 2에서 보는 바와 같이 작황조사의 평균수량은 우리나라 전체 평균 수량과 유의한 관계가 있었다.

따라서 벼 작황조사 시험 자료로 국내 수량을 대표하여 설명하는 것은 큰 무리가 없다고 할 수 있다. 2003년부터 2015년까지의 통계청과 작황시험 자료만을 이용하였는데 이렇게 기간을 한정한 이유는 충남농업기술원이 대전시 유성구에서 예산군 신암면으로 2003년 기술원을 이전 하였기 때문이다.

전국 기상자료는 기상청 기상자료개방포털(<https://data.kma.go.kr/cmmn/main.do>)에서 직접 57개 종관 기상자료를 받았으며 여기에서 57개 지역에 대한 각 기상요소의 평균을 이용하였다. 관측소의 위치를 57개로 선정한 근거는 벼의 생육을 추정하기에 필수적인 일조시

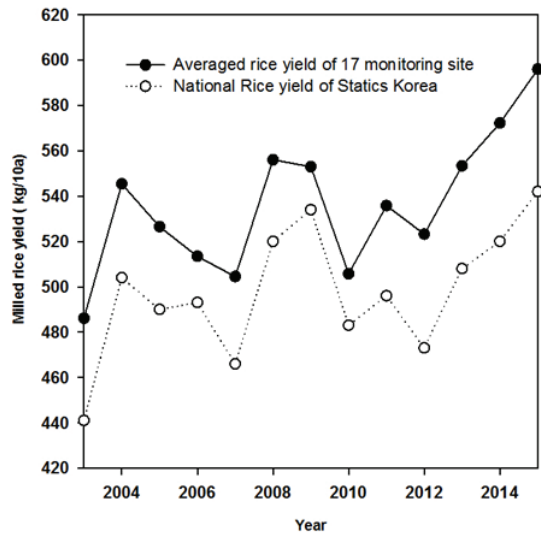


Fig. 1. Rice yield of Korea statics and of monitoring sites from 2003 to 2015.

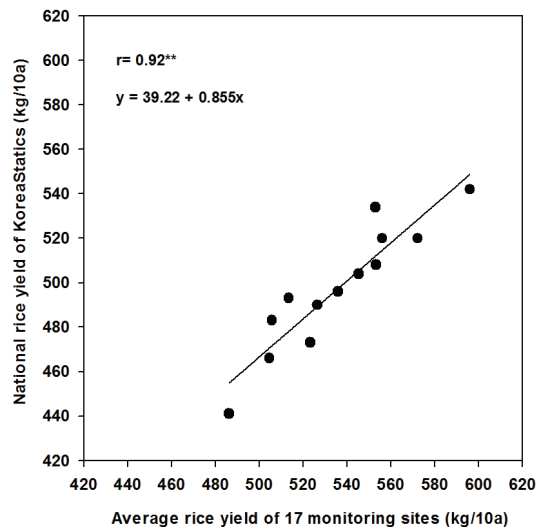


Fig. 2. Relationship between average rice yield of monitoring sites and rice yield of Korea statics.

간이 30년간 관측된 지역으로 제한하였기 때문이다(Lee et al., 2012). 분석에 사용된 기상요소는 평균온도, 일조 시간 이었다.

작황 조사 지점의 수량과 수량구성요소의 평균을 우리나라의 평균 수량과 수량구성요소로 사용하고 전국 기상자료는 관측된 지점들의 평균값을 전국 평균값으로 하여 이들의 관계를 분석하고 이를 바탕으로 풍년이 발생할 확률을 계산하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 3.1. 작황조사 지점의 연차별 평균수량과 풍년일 때의 수량구성요소

지난 13년간의 17개 지역 작황조사 지점의 수량구성요소와 수량은 Table 1과 같다.

2015년은 역대 최고의 수량을 보였으며 2014년이 그 뒤였다. 2015년 596kg/10a으로 이때의 면적당 영화수는 36,262개 등숙율은 90.9%, 천립중은 23.3g 이었다. 2015년의 특징은 역대 최고의 등숙율 보였으며 이와 더불어 역대 2번째에 해당하는 천립중과 면적당 영화수를 보여준 것이었다. 면적당 영화수와 천립중이 최대가 되었던 연도는 2014년이었는데 이때는 2015년 보다 등숙율이 낮았었다. 2014년과 2015년을 비교하였을 때 등숙율이 수량에 결정적인 요인으로 생각되나 등숙율이 89%이상이었던 2008년과 2013년의 수량을 보면 면적당 영화수가 낮으면 2015년 수준의 수량을 기대할 수 없음을 알 수 있다. 즉 대풍이라고 할 수 있었던 2014년과 2015년은 면적당 영화수가 36,000개 이상에 천립중이 23g 이상 등숙율은 90%에 근접했었다는 것을 알 수 있

다. 따라서 일정수준 이상의 면적당 영화수와 높은 등숙율이라는 2개의 요인이 동시에 발생해야만 2015년 수준의 대풍년이 발생할 수 있음을 알 수 있다. 이러한 조건이 발생하기 위한 기상 조건을 찾아내기 위해 기상과 각 수량 구성요소와의 관계를 알아보았다.

#### 3.2. 벼의 수량구성요소와 기상과의 관계

수량구성요소와 기상요소인 일조시간과 온도와의 관계는 Table 2와 Table 3과 같다.

면적당 영화수는 7월 평균 일조시간과 상관성이 높았으며 7월 이전과 이후에는 상관성이 높지 않았다. 등숙율은 9월 평균 일조시간과 상관성이 높았고 특히 8월 하순부터 9월 중순까지의 일조시간과는 매우 높은 상관성을 보였는데 이 기간이 우리나라 중만생종의 등숙기간과 일치하기 때문인 것으로 생각된다. 벼의 등숙 지표인 천립중 역시 8월 하순부터 9월 중순에서 높은 상관성을 보였다. 그런데 천립중은 7월 평균일사와도 상관성이 높았는데 이 관계는 생리학적으로 명확하게 설명하기 어려웠다. 가능성이 높은 것은 출수전의 높은 일조로 식물체내의 비구조 탄수화물을 축적할 수 있었기 때문으로 볼 수도 있다.

**Table 1.** Yield ranking and average yield components, fertility and milled rice yield of 17 monitoring sites from 2003 to 2015

Year	Grain number (no./m <sup>2</sup> )	1000 brown rice weight (g)	Grain filling ratio (%)	Fertility (%)	Milled rice yield (kg/10a)	Ranking
2003	34,186	22.1	81.1	87.0	486	13
2004	35,012	22.7	85.5	91.4	545	6
2005	33,579	23.0	86.7	92.1	527	8
2006	33,055	22.4	86.9	91.5	513	10
2007	32,755	22.4	85.2	91.0	505	12
2008	33,726	23.2	89.4	92.7	556	3
2009	34,165	22.7	89.8	92.7	553	5
2010	33,201	22.8	82.6	90.7	506	11
2011	34,089	22.8	87.8	92.4	536	7
2012	34,915	22.7	84.9	91.1	523	9
2013	33,585	23.1	89.2	93.2	553	4
2014	36,393	23.6	89.8	93.1	572	2
2015	36,262	23.3	90.9	94.6	596	1
Average	34,225	23.0	87.0	92.0	536	
†S.D	1096	0.39	2.86	1.7	29.2	
‡C.V	3.2	1.7	3.3	1.9	5.4	

† : Standard Deviation, ‡ : Coefficient of Variation

**Table 2.** Correlation of average monthly sunshine hour with yield components

Yield components	Jun	July	Aug	Sep	Oct	21Aug - 20 Sep
Grain number (no /m <sup>2</sup> )	-0.02 <sup>ns</sup>	<b>0.72<sup>**</sup></b>	-0.12 <sup>ns</sup>	-	-	-
Grain filling ratio (%)	-0.19 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>ns</sup>	<b>0.57<sup>*</sup></b>	0.22 <sup>ns</sup>	<b>0.90<sup>***</sup></b>
1000 brown rice weight (g)	-0.17 <sup>ns</sup>	<b>0.63<sup>*</sup></b>	0.08 <sup>ns</sup>	0.48 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>	<b>0.70<sup>**</sup></b>

†Significant codes : ns(p<1), · (p < 0.1), \*(p < 0.05), \*\* (p < 0.01), \*\*\* (p < 0.001)

**Table 3.** Correlation of average monthly mean temperature with yield components

Yield components	Jun	July	Aug	Sep	Oct	21Aug - 10 Sep
Grain number (no /m <sup>2</sup> )	0.01 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	<b>-0.50<sup>·</sup></b>	-	-	-
Grain filling ratio (%)	0.06 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>ns</sup>	-0.13 <sup>ns</sup>	-0.14 <sup>ns</sup>	0.49 <sup>·</sup>	<b>-0.55<sup>*</sup></b>
1000 brown rice weight (g)	0.23 <sup>ns</sup>	<b>0.63<sup>**</sup></b>	-0.13 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	0.15 <sup>ns</sup>	-0.19 <sup>ns</sup>

†Significant codes : ns(p<1), · (p < 0.1), \*(p < 0.05), \*\* (p < 0.01), \*\*\* (p < 0.001)

Kobata and Nakano(2010)에 따르면 출수전 축적된 비구조 탄수화물의 함량은 출수후의 등숙에 영향을 줄 수 있다고 한다. 그러나 이 경우 등숙을 또한 높아져야 하기 때문에 7월 일사에 따른 비구조 탄수화물 축적으로 설명할 수만은 없고 우연히 발생한 위상관(偽相關)일 가능성도 배제할 수 없다. 따라서 현재 시점에서는 등숙율과 같이 8월 하순부터 9월 하순의 상관만을 유의하게 보는 것이 타당할 것으로 생각된다.

온도와 수량구성요소와의 관계는 대부분 부의 상관을 보였으며 일조시간과 비교하였을 때 높은 상관을 보이는 것은 없었다. 면적당 영화수는 7월에는 낮은 정의 상관을 8월에는 부의 상관을 보였다. 평균적으로 유수는 보통 7월 중하순부터 분화가 시작되어 8월 초중순 무렵에 출수한다. 보통 면적당 영화수는 출수전 생식생장기의 벼에 축적된 비구조 탄수화물 양과 관계가 깊다고 알려져 있는데 이시기에 온도가 높아지면 호흡소모가 증가하여 영화수가 감소되는 것으로 알려져 있다(Park *et al.*, 2002). 이 때문에 영화가 분화되어 출수하기 전의 기간인 7월과 8월에 부의 상관성이 있어야 하나 8월에만 부의 상관을 보였다. 등숙율은 일조시간과 같이 8월 하순에서 9월 중순까지의 온도와 관계가 있었으며 온도와는 부의 상관이었으나 일조시간만큼 강한 상관을 보이지는 않았다. 천립중은 7월 평균온도와 상관성이 높았는데 이는 일조와 같이 생물학적인 관계가 명확하지 않았다. 가능한 설명은 높은 온도로 영화수가 감소하여 천립중이 증가할 수 있는 기회를 얻을 수도 있다. 그렇다면 이는 영화수와 온도와의 부의 상관으로 이미 반영이 된 조

건이라고 할 수 있다. 현재 시점에서 명확한 것은 일조시간이 온도보다 영화수와 등숙율에 더 큰 영향을 줄 수 있다는 것이다.

### 3.3. 수량 구성요소를 통해 본 2015년 수준 대풍년이 발생할 수 있는 기상조건

일조시간이 온도보다 더 중요하고 어느 시기의 일조시간이 수량구성요소에 크게 영향을 줄 수 있는지 확인이 되었다. 이를 바탕으로 각 수량 구성요소와 일조시간과의 관계식을 확립하여 풍년이었던 2015년과 같은 수량 구성요소가 발생하기 위한 기상요소의 조건을 결정하여 보았다.

면적당 영화수와 7월 평균 일조시간과의 관계는 Fig. 3과 같다. 7월 평균 일조시간과 면적당 영화수는 완벽하게 선형회귀를 보이지는 않았다.

그런데 본 연구의 목적은 3.1절에서 결정한 면적당 36,000개의 영화수를 확보하기 위한 일조시간의 최소조건을 확인하는 것이기 때문에 최대 경계선에 해당하는 점들만 이용하여 회귀식을 결정하였다. 최대 경계선 이하의 영화수는 생육기간의 온도 등과 관계가 있을 것으로 생각된다. 즉 최대영화수의 결정은 일사에 의해 결정되고 그 외의 생물학적 비 생물학적 요인들에 의해 영화수가 감소한 것으로 가정하였고 이는 Kim *et al.* (2001)의 최대경계선 분석에 근거한 것이다. Fig. 3의 최대경계선에 따른 회귀식에 따르면 면적당 3,600개 이상의 영화수를 확보하기 위해서는 우선 7월 평균 일조시간이 5.1시간 이상이어야 한다.

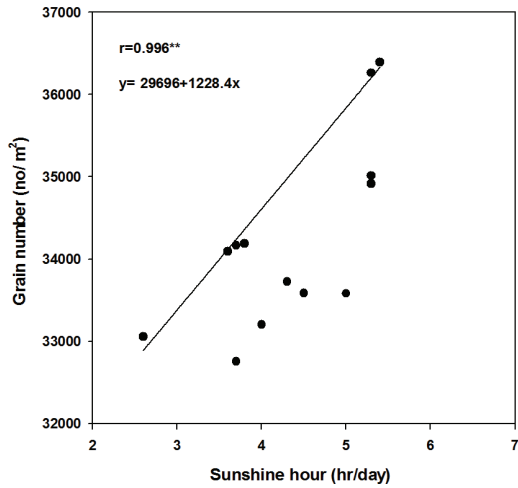


Fig 3. Relationship between grain number and monthly mean sunshine hour of July.

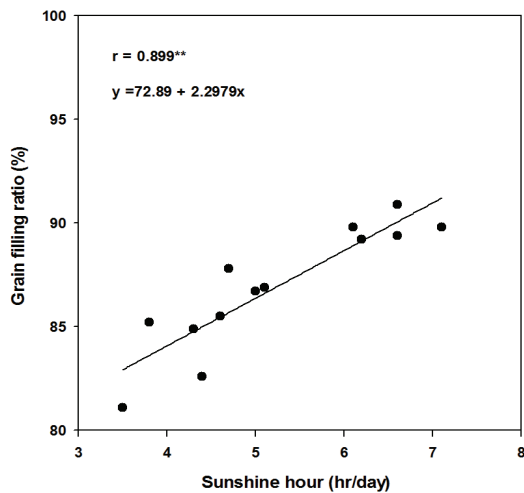


Fig. 4. Relationship between grain filling ratio and mean sunshine hour from late Aug to early Sep.

등숙율과 8월 하순부터 9월 중순까지의 평균 일조시간과의 관계는 선형회귀로 충분히 설명할 수 있는 관계를 보였다(Fig. 4).

89% 이상의 등숙율을 확보하기 위해서는 8월 하순부터 9월 중순까지의 평균 일조시간은 6시간 이상이 필요하였다. 천립중은 등숙율과 동일한 기간에 영향을 받기 때문에 등숙율만으로 설명이 가능할 것으로 생각된다. 결과적으로 7월 평균일조 5.1시간 이상 8월 하순 9월 중순까지의 평균일조 6시간 이상이 동시에 발생해야만 2015년 수준의 풍년이 가능할 것으로 판단된다.

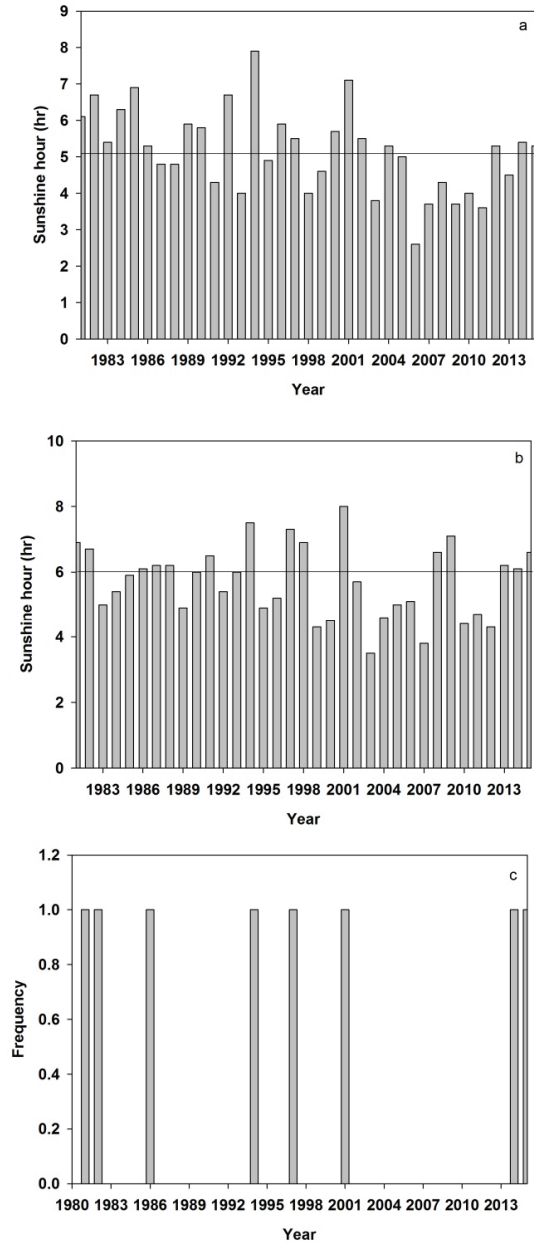


Fig. 5. Monthly mean sunshine hour of July (a) and from late August to early September (b) and a year when July mean sunshine hour was over 5.1 and mean sunshine hour from late August to early September was over 6 hour occurred at same time (c).

### 3.4. 2015년 수준의 대풍년이 발생할 가능성에 대한 빈도 분석

풍년이 발생할 수 있는 최소한의 조건인 7월 일조와 8월 하순 9월 중순의 일조가 동시에 발생하는 시점과 그

빈도는 Fig. 5와 같다.

1981년부터 2015년까지 7월 평균일조가 5.1시간 이상이었던 년도 총 19번이었다 (Fig. 5a). 8월 하순부터 9월 중순까지 일조가 6시간 이상이었던 해는 총 15번이었다 (Fig. 5b). 그러나 이 두 일조 조건을 만족시키는 해는 8번뿐이었다 (Fig. 5c). 대체로 12~15년의 큰 주기가 있는 것으로 생각되지만 연구를 위해 사용된 전체 기간이 약 35년 정도이기 때문에 명확하지는 않다. 다만 35년간 8번의 발생이 있었기 때문에 발생확률은 23% 정도라고 할 수 있다. 이는 생각보다 2015년 수준의 풍년 조건이 자주 발생할 있는 사건임을 의미한다. 지난 35년간 연속적으로 대풍년 조건을 만족했던 경우는 1981, 1982년 2014, 2015년 2번이었다. 또한 대풍년 가능 기상이 발생 후 그 다음 5년 이내에 다시 대풍년 가능 기상이 발생한 경우는 앞의 두 가지 경우를 포함하여 1994, 1997년과 1997, 2001년으로 총 4번이었다. 풍년 가능 기상이 발생한 후 그 다음 10년 이내에 다시 대풍년이 발생했던 경우를 살펴보면 다음과 같다. 1981년 이후에 1982년, 1986년이 다시 대풍년이 발생 가능 해었던 경우였으며 1982년 발생 후 1986년이 다시 대풍년 가능 기상이었다. 1986년 풍년 가능 기상이 발생한 후에는 1994년에 대풍년이 발생하였고 1994년에 풍년 가능 기상이 발생한 후에는 1997년, 2001년에 대풍년 발생 가능 기상이 발생하였다. 따라서 대풍년 발생 가능 기상이 나타난 후 10년 이내에 다시 이러한 기상이 발생할 수 있는 경우는 총 4번이었다. 확률적으로 이들을 표현하면 연속적인 대풍년 가능성은 1/35 (2.9%), 발생 후 그 다음 5년 또는 10년 이내에는 4/35 (11.4%)라고 할 수 있다.

### 3.5. 실제 수량자료를 통한 기상학적 대풍 발생가능성 분석법 검증 및 결론

기상학적으로 예측된 2015년 수준의 대풍년 조건을 실제로 적용할 수 있는지 과거 수량 통계자료를 활용하여 검증하여 보았다 (Fig. 6).

Fig. 6의 화살표는 기상학적으로 예측된 대풍 발생 년도이다. 1996년 이후에는 기상학적으로 대풍으로 예측된 년도에 실제 최고 수량을 보여 기상학적 예측이 의미가 있었다. 그러나 1996년대 이전에는 기상학적으로 예측된 대풍 년도가 실제로는 대풍이 아니었다. 이러한 차이는 품종과 재배기술의 발달에 기인한 것으로 생각된다. 본 연구의 기상과 작황 수량의 분석을 위해 선택된 연도는 2003년부터 2015년까지이다. 따라서 이 시기의 재배 품종과 이앙시기, 질소 시비량, 병해충 방제 등이 적용되었기 때문에 1980년대부터 1990년대 중반의 품종과 재배기술과는 차이가 있었고 이로 인해 차이가 발생한 것으로 생각된다.

다른 한편 연구기간으로 채택된 2003년에서 2015년 사이에 대풍으로 예측되지 않았음에도 불구하고 비교적 높은 수량을 보인 년도가 있었다. 2008년, 2009년과 2013년이 기상학적으로 대풍이 예측되지 않았으나 수량 순위가 각각 3, 5, 4위에 오를 만큼 높았었다. 이렇게 높은 수량은 비록 면적당 영화수가 33,500~34,000 여개로 2015년 또는 2014년 보다 낮았으나 등숙율이 모두 89% 이상으로 높았기 때문이다. 이러한 높은 등숙율은 8월 하순 9월 초순의 일조시간이 역시 6시간으로 대풍의 조건 중 한가지를 만족시켰기 때문이다 (Fig. 5b). 즉 면적당 영화수가 이번 연구에서 기준으로 결정한 수

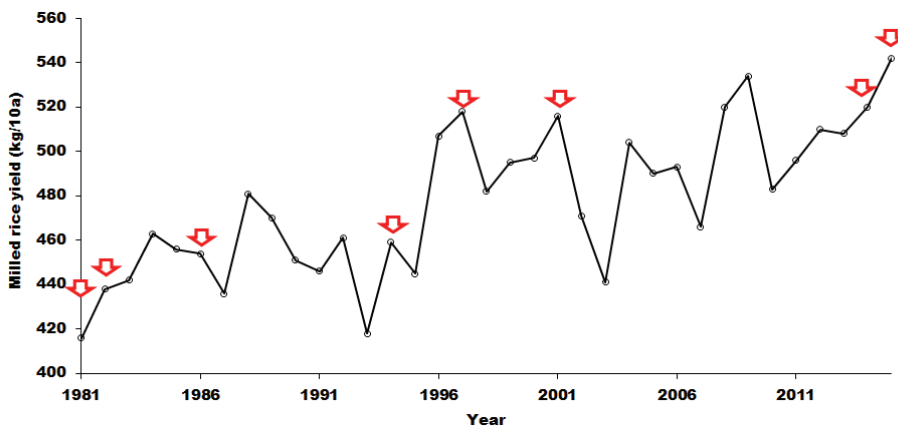


Fig. 6. National rice yield of Korea statistics from 1981 to 2015. Arrows indicate the years that meet the meteorological high yield condition.

준에 미치지 못하더라도 일조가 충분히 높아 등숙율이 높아질 수 있다면 풍년이 발생할 수도 있음을 의미한다. 그러나 이 경우는 대풍의 조건으로 이번 연구를 통해 결정된 높은 면적당 영화수와 높은 등숙율을 모두 만족시킨 것은 아니기 때문에 단순히 수량이 높아졌다고 해서 대풍의 조건으로 인정할 수는 없다. 만일 등숙율이 높더라도 면적당 영화수가 그리 높지 않다면 실제 높은 수량을 나타내지 못할 수도 있기 때문이다.

따라서, 2015년 수준의 대풍이 발생할 수 있는 기상 조건은 7월 평균일조 5시간 이상, 8월 말 9월 초 평균일조 6시간 이상으로 한정하는 것이 타당할 것으로 생각된다. 물론 지금까지 결정된 기상학적 요인이 발생되더라도 품종이나 재배기술의 변화에 따라 실제 풍년이 아닌 경우도 앞으로 발생할 수는 있다. 하지만 품종이나 재배 기술은 급격히 변동되는 것은 아니기 때문에 5년 내외의 단기적 기간에서는 현재의 품종적, 재배적 조건이 유지될 것으로 볼 수 있기 때문에 본 연구에서 결정한 기상학적 대풍년 조건을 적용할 수 있을 것으로 보인다. 이를 이용하여 수확전에 최소한 당해년도 수량이 2015년 수준의 대풍이 될 수 있는지도 판단할 수 있을 것으로 생각되며 또한 확률적으로 대풍이 발생한 후 연속적인 대풍이 발생할 가능성을 예측하여 식량정책 수립 등의 의사 결정에도 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 농업공동연구(Project No. PJ01011501)의 지원아래 이루어졌음.

## 적 요

2015년 한국의 쌀 수량은 지난 30년 중 최고치를 보였다. 이러한 수량이 계속 될 수 있는지 아니면 일회성 사건 일지에 따라서 앞으로의 식량정책의 방향이 변화될 수 있다. 따라서 본 연구는 2003년부터 2015년까지의 농촌진흥청 국립식량과학원 작황시험 자료와 기상청에서 제공하는 기상 자료를 이용하여 어떤 기상 조건에서 이러한 높은 수량이 유발될 수 있는지를 결정하고 과거에 얼마나 자주 이러한 조건이 발생했는지를 확인하여 보았다. 본 연구 결과에 따르면 2015년 수준의 높은 수량은 최소한 7월 평균 일조 시간과 8월 말에서 9월 초 평균 일조 시간이 각각 5.1시간과 6시간 이상인 경우에 발생 가능하였다. 이를 바탕으로 과거 35년간(1981-2015) 이

러한 기상 조건을 만족했던 해의 빈도를 계산한 결과 8/35 (23%)로 비교적 자주 발생하는 사건임을 알 수 있었다. 그리고 2년간 연속적으로 높은 수량이 발생할 수 있는 기상조건 빈도는 1/35 (2.9%)이었으며 비교적 희박하게 발생하였다. 2015년 수준의 대풍 가능 기상이 발생한 후 향후 5년 이내에 다시 그러한 기상이 발생할 가능성은 4/35 (11.4%)였다. 이러한 대풍가능 기상 조건과 빈도에 대한 접근법을 이용하여 사전에 풍년 가능성에 대한 합리적 접근이 가능할 것으로 생각된다.

## REFERENCES

- Fodor, N, and G.J. Kovács, 2005: Sensitivity of crop models to the inaccuracy of meteorological observations. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* **30**(1-3), 53-57. doi: 10.1016/j.pce.2004.08.020
- Kim, C.K, B.W. Lee, and W.S. Han, 2001: Upper boundary line analysis of rice yield response to meteorological condition for yield prediction I. Boundary Line Analysis and Construction of Yield Prediction Model. *Korean Journal of Crop Science* **46**(3), 241-247.
- Kim, D., S. Kim, K. Moon, and J. I. Yun, 2012: An outlook on cereal grains production in South Korea based on crop growth simulation under the RCP8.5 climate change scenarios. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **14**(3), 132-141.
- Kim, J., W. Shin, P. 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**(4), 257-264.
- KMA, 2016: <https://data.kma.go.kr/cmnm/main.do>(2016.10.5)
- KOSIS, 2016: <http://kosis.kr/> (2016.10.5)
- Lee, C., K. Kwak, J. H. Kim, J. Son, and W. Yang, 2011: Impacts of climate change and follow-up cropping season shift on growing period and temperature in different rice maturity types. *Korean Journal of Crop Science* **56**(3), 233-243.
- Lee, C. K., J. H. Kim, J. Y. Shon, W. H. Yang, Y. H. Yoon, K. J. Choi, and K. S. Kim, 2012: Impacts of climate change on rice production and adaptation method in Korea as evaluated by simulation study. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **14**(4), 207-221.
- Morita, S., and H. Nakano, 2011: Nonstructural carbohydrate content in the stem at full heading contributes to high performance of ripening in

- heat-tolerant rice cultivar Nikomaru. *Crop Science* **51**(2), 818-828.
- Park D., I. Choi, and B. Lee, 2002: Relationship of spikelet number with nitrogen content, biomass, and nonstructural carbohydrate accumulation during reproductive stage of rice. *Korean Journal of Crop Science* **47**(6), 486-491.
- RDA, 2016: Rice yield monitoring report in 2015. (In Korean)
- Shim, K., K. Roh, K. So, G. Kim, H. Jeong, and D. Lee, 2010: Assessing impacts of global warming on rice growth and production in Korea. *Climate change Research* **1**(2), 121-131.
- Yun, Y., C.K. Lee, J. Shon, J. Kim, K. Choi, and J.G. Kim, 2013: Analysis of rice yield and climatic factor in South Korea cultivation period. *Spring meeting and symposium of Korean Society of Crop Science*, 68pp.