

## 쌀 수량이 평년수준인 2000년 대비 10% 증가한 2001년의 식미 및 이화학특성 비교

이점식<sup>†</sup> · 이정희 · 윤미라 · 곽지은 · 모영준 · 천아름 · 김정곤

농촌진흥청 국립식량과학원

### Palatability and Physicochemical Properties in 2001 Yield Increased by 10% than Normal Level in 2000

Jeom-Sig Lee<sup>†</sup>, Jeong-Heui Lee, Mi-Ra Yoon, Jieun Kwak, Young Jun Mo, Areum-Chun, and Chung-Kon Kim

Rice Research Division, NICS, RDA, Suwon 441-857, Korea

**ABSTRACT** In this study, we examine the palatability and physicochemical properties of rice in the year, when there was 10% increase in yield compared to normal year due to daily temperature range and sunshine hours. The results of the analysis of rice yield over the last 20 years (1993-2012) showed 10% difference between the yield in 2000, which was normal, and that in 2001.

With regard to the crop weather condition during the ripening period in 2001 compared to 2000, the daily range and sunshine hours were higher, but the mean temperature was similar. The rice yield in 2001 was 9.8% higher than that in 2000 due to the increased number of spikelets per panicles and ratio of ripened grain.

In terms of chemical traits, protein, Mg, and K contents decreased in 2001 compared to 2000, but amylose content increased. Trough and final viscosity assessed with a Rapid Visco Analyser were significantly higher in 2001 than 2000.

The quality of cooked rice was measured through the Toyo Mido Meter Glossiness Value (TGV) instead of a palatability score because a sensory test produces relative comparison values rather than absolute values. The correlation coefficients between the sensory evaluation parameters and the TGV in several rice materials harvested in two years showed a highly significant positive correlation ( $r=0.81^{**}$ - $0.89^{**}$ ,  $n=27-47$ ). TGV was also significantly higher in 2001 than in 2000. The results suggested that the palatability of cooked rice was good in 2001 with about 10% increase in rice yield compared to normal year in 2000 due to daily temperature range and sunshine hours.

**Keywords** : rice, palatability, sensory quality, temperature range, sunshine hours

쌀 수량이 많은 년도에는 밥맛도 좋아질 것이라고 예상된다. 쌀 수량과 품질은 품종, 재배방법, 토양, 기상에 의해 주로 영향을 받는다. 따라서 동일한 품종과 재배방법, 토양 조건에서 기상의 영향에 의해 쌀 수량 및 품질과 관련된 그 동안의 연구를 살펴보면, 주로 온도의 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다.

저온조건인 냉해 년도에는 수량 구성요소 중에서 등숙비율 저하로 쌀 수량이 감소하였으며, 품질은 현미의 완전미율이 낮았고, 단백질 함량은 높았다고 하였다(Kim *et al.*, 2009; Park *et al.*, 2003).

반면, 고온에서는 현미천립중과 등숙비율 감소로 수량이 떨어졌고, 품질은 심복백 및 단백질함량 증가에 의해 외관과 식미 또한 떨어졌다고 하였다(Choi *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 1996; Lee *et al.*, 2012a). 반면 최대 쌀 수량을 내는 등숙기간의 평균온도는 출수 후 40일간 22°C 이고(Yun and Lee, 2001), 식미가 최고에 이르는 등숙기간의 평균온도는 출수 후 30일간 21~23.3°C 라고 하였다(Choi *et al.*, 2011). 더불어 최근 지구온난화에 따른 미래대응 연구가 전 세계적으로 활발하게 추진되고 있다. 우리나라의 경우 기후 온난화 대응 생육예측 연구결과 기준년도(1981~2010, 30년) 대비 온도 1°C 상승함에 따라 쌀 수량은 6.7~10.6%까지 감소하고, 더불어 온도 상승에 따라 생육일수가 단축되어 품질 또한 저하 될 것으로 예측하였다(Lee *et al.*, 2012b; Lee *et al.*, 2011). 온대지역인 국내뿐만 아니라 열대지역인 필리핀에서도 벼 생육기간에 최저기온이 1°C 상승함에 따라 수량은 10% 감소하였고(Peng, 2004), 타이완에서는 출수 후 15일간 평균기온이 5월에서 6월 사이에서는 22°C 이상에서, 그

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6711 (E-mail) [leejsyr@korea.kr](mailto:leejsyr@korea.kr)

<Received 13 May, 2013; Revised 29 July, 2013; Accepted 5 August, 2013>

리고 10월에서 11월 사이에는 26°C 이상에서 불완전미인 분상질미가 증가하여 외관품질이 나빠졌다고 하였다(Lur *et al.*, 2009).

이상에서 살펴본 바와 같이 쌀 수량과 품질은 온도 중에서 특히, 벼의 등숙기 평균기온에 의해 크게 영향을 받는 것을 알 수 있었다.

반면, 기상조건 중에서 일교차와 일조시간에 의한 쌀 수량 및 품질과 관련된 선행연구 결과는, 일교차가 없는 항온 등숙 조건(낮과 밤의 온도 22°C/22°C)에서는 아밀로스 함량은 낮았고, 단백질함량은 높았으며, 일조시간이 부족하면 현미천립중이 낮아진다고 하였다. 따라서 일교차는 등숙초기에 동화산물 축적량을 증가시키고, 일조시간은 동화산물 생산량을 증가시킴으로 그 중요성을 언급하였다(Choi *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 1996).

그러나 벼의 등숙기에 평균기온이 수량과 품질에 크게 영향을 미친다는 많은 연구결과에 비하여 일교차와 일조시간은 등숙초기 동화산물의 생산과 축적에 관여한다는 중요성에 비하여 선행연구가 미흡한 편이다. 더불어 최근 기후온난화에 따른 고온에 의한 쌀 수량과 품질에 부정적인 측면뿐만 아니라, 벼의 등숙기간에 적합한 일교차와 일조시간 증가에 따른 긍정적인 측면에 대한 연구결과는 미래 기후변화 대응 기초자료로 활용하는 것 또한 필요할 것이다. 마지막으로 기상조건에 의한 쌀 수량이 많은 년도에는 밥맛도 좋아질 것이라고 예상을 하는데 이에 대한 기초자료로 활용도 가능 할 것이다.

따라서 본 연구는 1993년부터 2012년까지 지난 20년간 쌀 수량과 기상자료를 분석하여 평년대비 쌀 수량이 약 10% 증가한 년도의 식미 및 이화학특성을 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 지난 20년간 쌀 수량 분석

본 연구의 목적은 일교차와 일사량에 의해 평년대비 쌀 수량이 약 10% 증가한 년도의 식미 및 이화학특성 구명이다. 이를 위해서는 평년에 해당하는 연도와 쌀 수량이 약 10% 증가한 연도를 선정하기 위해 1993년부터 2012년까지 지난 20년간 통계청의 전국 및 경남지역의 쌀 수량 자료를 분석하였다.

### 기상자료 분석

본 시험이 이루어진 밀양지역의 기상자료를 이용하여 기온, 일교차, 일조시간 및 강수량을 분석하였다. 기상청의 밀양 기상관측소는 국립식량과학원 기능성작물부 소재의 인

접인 길 건너편에 위치하여 본 기상자료를 농업기상자료로 이용하고 있다.

### 시험재료 재배

벼 재배는 농촌진흥청 표준재배법에 따라 국립식량과학원 기능성작물부인 밀양에서 동진벼, 금오벼 등 8개 품종 및 계통을 공시하여 4월 30일에 파종하여 5월 30일에 이앙하여 표준시비(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O(kg/10a) : 11-4.5-5.7)하였다. 더불어 본 시험은 벼 생산력검정시험으로 매년 동일한 시험포장 및 재배방법으로 이루어졌다.

### 시료조제

도정은 마찰식 Toyo MC 90A를 이용하여 1회 도정 시 현미 200 g을 도정하였다. 도정된 백미는 짜라기 분리기(Satake Co., Model TRG 05A)에 3.6 mm 원통형 체를 이용하여 2분 동안 짜라기를 분리한 쌀을 이화학특성, 식미관능평가, 밥의 기계적인 식미측정에 이용하였다.

### 이화학특성 분석

아밀로스함량은 Juliano의 비색정량법(1971)에 따라 쌀가루 호화 액의 요드정색도에 따라 함량을 측정하였으며, 단백질함량은 습식 분해한 시료를 Micro-Kjeldahl(Foss Co., Model 2300 Kjeltac Analyzer)장치를 이용하여 분석한 질소함량에 5.95를 곱하여 계산하였다. Mg, K함량은 습식 분해한 다음 ICP(Perkin-Elmer Co., Model 3300DV)를 이용하여 분석 하였다.

쌀가루의 아밀로그래프 특성분석은 Rapid Visco Analyser (NEWPORT RVA-3D)를 이용하여 25 ml 증류수에 3 g(수분함량 14%기준)의 시료를 잘 섞은 후 50°C에서 95°C까지 온도를 상승시켰다가 일시 고온상태로 둔 다음 다시 50°C로 점차 냉각시키면서 쌀가루의 점도변화를 조사하였다.

### 식미 관능평가 및 기계적 식미측정

식미 관능평가는 Lee *et al.*(2012c) 등의 방법에 따라 동진벼를 대비시료로 이용하여 상대 비교인 7점 척도(+3 ~ -3)로 수행하였다. 식미 관능평가 패널은 국립식량과학원 벼 연구분야에서 장기간 관능평가를 수행한 잘 훈련된 15~20명이 참여 하여 밥모양, 밥냄새, 밥맛, 찰기, 질감 5가지 항목에 대하여 개별평가를 한 후 종합적인 식미 총평을 평가하도록 하였다.

기계적인 식미측정은 쌀을 10분간 반쯤 취반하여 밥의 표면에 생기는 윤기의 막 두께를 측정하여 수치로 표시하는 Toyo Mido Meter(model: MA-90B)를 이용하여 측정하였다.

**Table 1.** Annual rice yield per unit area in eight rice varieties over the past 20 years (1993~2012).

| Region         | Milled rice yield (kg/10a) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Average ('93 ~ '02) |
|----------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|
|                | 1993                       | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |                     |
| Nationwide (A) | 418                        | 459  | 445  | 507  | 518  | 482  | 495  | 497  | 516  | 471  | 481                 |
| Gyeongnam (B)  | 360                        | 434  | 444  | 495  | 485  | 455  | 447  | 456  | 501  | 432  | 451                 |
| CY-PY (A)      | -                          | 41   | -14  | 62   | 11   | -36  | 13   | 2    | 19   | -45  | -                   |
| CY-PY (B)      | -                          | 74   | 10   | 51   | -10  | -30  | -8   | 9    | 45   | -69  | -                   |

  

| Region                 | Milled rice yield (kg/10a) |      |      |      |      |      |      |      |      |        | Average ('03~'12) |
|------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|-------------------|
|                        | 2003                       | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012   |                   |
| Nationwide (A)         | 441                        | 504  | 490  | 493  | 466  | 520  | 534  | 483  | 496  | 473    | 490               |
| Gyeongnam (B)          | 402                        | 490  | 475  | 480  | 460  | 523  | 521  | 481  | 493  | 482    | 481               |
| CY-PY (A) <sup>1</sup> | -30                        | 63   | -14  | 3    | -27  | 54   | 14   | -51  | 13   | -23    | -                 |
| CY-PY (B) <sup>2</sup> | -30                        | 88   | -15  | 5    | -20  | 64   | -2   | -40  | 12   | 1. -11 | 2. -              |

<sup>1</sup> CY-PY (A) : difference between current year and previous year in nationwide rice yield.

<sup>2</sup> CY-PY (B) : difference between current year and previous year in Gyeongnam rice yield.

### 통계분석

통계분석은 SPSS(v13.0)을 이용하여 2개년 간 동일한 8개 품종 및 계통에 대해하여 쌍을 이룬(paired-samples) T-test로 유의성 검정은  $p < 0.05$ ,  $P < 0.01$  수준에서 실시하였다. T-검정을 위한 8개 품종 및 계통의 수량과 수량구성요소는 난괴법 3반복으로 수행한 포장시험 성적의 평균값을, 식미 및 이화학특성은 1반복 시료를 2번 분석하여 평균한 값을 이용하였다.

### 결과 및 고찰

#### 평년 및 쌀 수량 10% 증가한 년도 선정

지난 20년간 통계청의 전국 및 경남지역의 단위면적당 쌀 수량 분석결과는 Table 1과 같다. 전국의 쌀 수량은 1993년부터 2002년까지 10년간 평균은 481 kg/10a 이었으며, 2003년부터 2012년까지 10년간 평균은 490 kg/10a 이었다. 지난 20년간 연차 간에 쌀 수량이 약 10% 정도의 차이가 나는 년도는 1993년과 1994년, 1995년과 1996년, 2000년과 2001년, 2003년과 2004년, 2007년과 2008년, 2009년과 2010년으로 6번 이었다.

그 중에서 본 연구의 목적인 일교차와 일조시간에 의해 평년대비 쌀 수량이 약 10% 증가한 년도를 분석하기 위한 전제조건으로 첫째, 저온, 고온 등 이상기상에 의해 쌀 수량이 평년대비 감소나 증가한 연도나 둘째, 인위적인 품종교체나, 질소시비량의 감소 등 연차 간 처리에 차이가 있었던

연도 또한 분석대상에서 제외하였다. 1993년과 2003년도에는 냉해에 의해(Kim *et al.*, 2009; Park *et al.*, 2003), 2007년에는 등숙기 일조시간 감소와 저온경과에 따른 이상기상의 년도였다(Lee *et al.*, 2010). 또한 2009년과 2010년은 지난 20년간 일반품종의 평균 쌀 수량 481~490 kg/10a 수준임을 감안 할 때, 쌀 수량이 600 kg/10a로 수확량이 약 20% 많은 호품벼의 전국 재배면적 비율이 2009년도 9%에서 2010년도 17%로 약 2배의 재배면적 확대가 쌀 수량 증가에 기인된 것으로 간주하여 본 시험에서 제외하였다.

이러한 이상기상 등의 연도를 제외한 결과 1995년과 1996년 및 2000년과 2001년도가 분석이 가능한 년도였다. 그러나 1995년의 쌀 수량은 445 kg/10a로 전국 평균('93~'02) 대비 약 40 kg 낮았다. 반면 2000년의 쌀 수량은 497 kg/10a로 전국 및 경남지역의 평균('93~'02) 481 kg/10a와 비슷하였을 뿐만 아니라, 2000년 대비 2001년에 통계청 쌀 수량 조사결과 경남지역은 9.9% 증가하였다. 더불어 본 시험이 이루어진 국립식량과학원 기능성작물부의 밀양 시험포장에서도 8개 품종 및 계통의 수량 또한 9.8% 증가하였다(Table 2). 따라서 평년으로 2000년과 쌀 수량이 약 10% 증가한 년도는 2001년이 본 시험의 목적에 가장 적합한 년도였다.

#### 기상조건 비교

기상청 밀양지역의 기상자료를 이용하여 기온, 일교차, 일조시간 및 강수량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 평균 기온은 2000년 대비 2001년의 영양생장기는 0.4℃ 낮았으

**Table 2.** Comparison of regional differences in milled rice yield between 2000 and 2001.

| Region               | Milled rice yield (kg/10a) |             |                     |                                |
|----------------------|----------------------------|-------------|---------------------|--------------------------------|
|                      | 2000<br>(A)                | 2001<br>(B) | Difference<br>(B-A) | Percentage <sup>1</sup><br>(%) |
| Nationwide (A)       | 497                        | 516         | 19                  | 3.8                            |
| Gyeongnam (B)        | 456                        | 501         | 45                  | 9.9                            |
| Milyang <sup>2</sup> | 523                        | 574         | 51                  | 9.8                            |

<sup>1</sup> Percentage : (B-A)/A×100. <sup>2</sup> Milyang : Mean value of eight rice varieties.

**Table 3.** Comparison of meteorological factors during rice growth period between 2000 and 2001 in Milyang.

| Growth stage  | Period (month. day) | Air temperature (°C) |             |                     |             |             |                     |             |             |                     |
|---------------|---------------------|----------------------|-------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------|
|               |                     | Mean                 |             |                     | Max.        |             |                     | Min.        |             |                     |
|               |                     | 2000<br>(A)          | 2001<br>(B) | Difference<br>(B-A) | 2000<br>(A) | 2001<br>(B) | Difference<br>(B-A) | 2000<br>(A) | 2001<br>(B) | Difference<br>(B-A) |
| Vegetative    | Jun. 1~Jul. 20      | 23.6                 | 23.2        | -0.4                | 29.3        | 28.7        | -0.6                | 18.8        | 18.3        | -0.5                |
| Reproductive  | Jul. 21~Aug. 20     | 25.8                 | 26.8        | 1.0                 | 30.7        | 32.2        | 1.5                 | 22.0        | 22.6        | 0.6                 |
| Grain filling | Aug. 21~Sep. 30     | 21.6                 | 21.6        | 0.0                 | 26.6        | 27.9        | 1.3                 | 17.4        | 16.3        | -1.1                |

  

| Growth stage  | Period (month. day) | Daily range (°C) |                |                     | Sunshine hours (hr) |             |                     | Rainfall amount (mm) |             |                     |
|---------------|---------------------|------------------|----------------|---------------------|---------------------|-------------|---------------------|----------------------|-------------|---------------------|
|               |                     | 2000<br>(A)      | 2001<br>(B)    | Difference<br>(B-A) | 2000<br>(A)         | 2001<br>(B) | Difference<br>(B-A) | 2000<br>(A)          | 2001<br>(B) | Difference<br>(B-A) |
|               |                     | Vegetative       | Jun. 1~Jul. 20 | 10.5                | 10.1                | -0.4        | 59.1                | 48.2                 | -10.9       | 50.3                |
| Reproductive  | Jul. 21~Aug. 20     | 8.9              | 9.2            | 0.3                 | 58.8                | 52.9        | -5.9                | 68.0                 | 27.7        | -40.3               |
| Grain filling | Aug. 21~Sep. 30     | 9.2              | 11.5           | 2.3                 | 49.4                | 65.7        | 16.3                | 76.4                 | 24.5        | -51.9               |

나, 생식생장기에는 1°C 높았으며, 반면 등숙기는 비슷하였다. 최고기온과 최저기온의 차이인 일교차는 2000년 대비 2001년은 생식생장기에 0.3°C, 및 등숙기에 2.3°C 각각 높은 년도였다. 일조시간은 2001년도가 등숙기에 16.3시간 많았으나, 반면 강수량은 51.9 mm 적었다. 기상조건은 쌀 수량이 평년 수준인 2000년 대비 약 10% 증가한 2001년은 등숙기 평균기온은 비슷한 반면, 일교차가 컸고, 일조시간이 많은 년도였다. 따라서 2000년과 2001년도의 기상에 의한 쌀 수량의 차이는 일교차와 일조시간에 의해 영향을 받은 것으로 사료 된다.

#### 쌀 수량 및 수량구성요소 비교

쌀 수량은 2000년 518 kg/10a 보다 2001년에 572 kg/10a 로 9.8% 증가하였는데 이때의 출수기 및 수량구성요소는 Table 4와 같다.

출수기는 쌀 수량이 많았던 2001년이 2000년 보다 평균 하루 빨랐다. 품종별 출수 반응은 2000년 대비 금오벼는 2001년이 2일 늦었고, 밀양185호는 동일하였으나, 반면 그

외 품종들은 하루에서 4일정도 빨랐다. 벼의 출수기는 일평균기온이 높을수록 출수가 빨라진다고 하였으나(Lee *et al.*, 2011), 본 시험의 경우 연차 간 일평균기온은 차이가 없었고, 등숙기간의 최고기온이 1.3°C 높았다(Table 3). 따라서 본 시험결과 출수가 빨라진 것은 최고기온에 의한 것으로 고려되며, 일평균기온 뿐만 아니라 최고기온에 의해서도 출수가 빨라짐을 알 수 있었다.

쌀 수량은 2000년 518 kg/10a 보다 2001년에 572 kg/10a 로 9.8% 증가의 원인으로 수량구성요소들 간의 차이를 본 결과, 주당 수수의 감소에도 불구하고 수당 립 수가 많았고, 등숙비율 또한 높아 수량이 증가하였다. 반면 현미천립중은 차이가 없었다. 이러한 원인은 2000년 보다 2001년에 영양생장기에 일평균기온이 낮아 분얼에 불리한 조건이었고, 생식생장기는 오히려 일평균기온이 높아 유수 형성에 유리한 기상조건에 기인된 결과로 사료 된다(Table 3).

#### 이화학특성 비교

품종별 2000년과 2001년의 쌀의 화학적 성분함량은

**Table 4.** Comparison of heading date, yield and yield components in eight rice varieties between 2000 and 2001.

| Varieties   | Heading date<br>(month. day) |         | No. of panicle<br>per hill |      | No. of spikelets<br>per panicles |      | Brown rice<br>1,000 grain<br>weight (g) |      | Ratio of ripened<br>grain (%) |      | Milled rice yield<br>(kg/10a) |      |
|-------------|------------------------------|---------|----------------------------|------|----------------------------------|------|---|------|-------------------------------|------|-------------------------------|------|
|             | 2000                         | 2001    | 2000                       | 2001 | 2000                             | 2001 | 2000                                    | 2001 | 2000                          | 2001 | 2000                          | 2001 |
| Dongjinbyeo | Aug. 20                      | Aug. 16 | 14                         | 13   | 98                               | 103  | 24.1                                    | 24.3 | 84.0                          | 96.3 | 511                           | 605  |
| Milyang182  | Aug. 14                      | Aug. 13 | 17                         | 15   | 98                               | 126  | 21.9                                    | 21.6 | 84.0                          | 91.8 | 534                           | 630  |
| Milyang183  | Aug. 13                      | Aug. 11 | 15                         | 13   | 98                               | 130  | 22.8                                    | 22.3 | 84.0                          | 83.9 | 566                           | 661  |
| Milyang184  | Aug. 19                      | Aug. 16 | 15                         | 13   | 102                              | 120  | 23.2                                    | 23.8 | 83.7                          | 91.7 | 544                           | 621  |
| Milyang185  | Aug. 18                      | Aug. 18 | 16                         | 14   | 92                               | 107  | 22.5                                    | 22.9 | 82.1                          | 88.0 | 543                           | 553  |
| Milyang186  | Aug. 21                      | Aug. 20 | 14                         | 13   | 92                               | 138  | 22.5                                    | 22.2 | 86.1                          | 92.0 | 530                           | 547  |
| Geumobyeyo  | Aug. 28                      | Aug. 30 | 13                         | 13   | 79                               | 113  | 22.7                                    | 22.1 | 79.0                          | 92.8 | 437                           | 435  |
| Milyang187  | Aug. 29                      | Aug. 28 | 12                         | 11   | 89                               | 87   | 23.0                                    | 22.7 | 79.0                          | 94.5 | 479                           | 525  |
| Average     | Aug. 20                      | Aug. 19 | 15                         | 13   | 94                               | 116  | 22.8                                    | 22.7 | 82.7                          | 91.4 | 518                           | 572  |
| Difference  | -1*                          |         | -2**                       |      | 22**                             |      | -0.1 <sup>ns</sup>                      |      | 8.7**                         |      | 54**                          |      |

\*, \*\* Significant at 5% and 1% levels, respectively, ns : not significant by paired-samples T-test.

**Table 5.** Comparison of chemical properties in eight rice varieties between 2000 and 2001.

| Varieties   | Amylose (%) |      | Protein (%) |      | Mg (mg/100g) |       | K (mg/100g) |      | Mg/K <sup>↓</sup>   |      |
|-------------|-------------|------|-------------|------|--------------|-------|-------------|------|---------------------|------|
|             | 2000        | 2001 | 2000        | 2001 | 2000         | 2001  | 2000        | 2001 | 2000                | 2001 |
| Dongjinbyeo | 18.9        | 19.8 | 7.3         | 6.5  | 33.29        | 18.11 | 130.7       | 78.8 | 0.82                | 0.74 |
| Milyang182  | 18.5        | 19.4 | 7.7         | 7.0  | 31.20        | 20.56 | 130.4       | 90.1 | 0.77                | 0.73 |
| Milyang183  | 18.2        | 20.8 | 7.4         | 6.8  | 32.84        | 22.40 | 141.1       | 89.4 | 0.75                | 0.81 |
| Milyang184  | 19.2        | 19.5 | 7.2         | 6.8  | 30.86        | 21.35 | 130.1       | 94.5 | 0.76                | 0.73 |
| Milyang185  | 17.7        | 19.9 | 8.3         | 6.7  | 33.35        | 20.30 | 123.7       | 87.7 | 0.87                | 0.75 |
| Milyang186  | 19.0        | 20.0 | 7.0         | 6.1  | 29.58        | 19.34 | 126.9       | 90.9 | 0.75                | 0.68 |
| Geumobyeyo  | 19.5        | 19.6 | 7.4         | 7.4  | 30.40        | 22.71 | 131.1       | 96.3 | 0.75                | 0.76 |
| Milyang187  | 19.3        | 19.9 | 6.6         | 6.4  | 29.68        | 25.19 | 135.9       | 95.6 | 0.70                | 0.85 |
| Average     | 18.8        | 19.9 | 7.4         | 6.7  | 31.40        | 21.24 | 131.2       | 90.4 | 0.77                | 0.76 |
| Difference  | 1.1**       |      | -0.7**      |      | -10.16**     |       | -40.8**     |      | -0.01 <sup>ns</sup> |      |

\*, \*\* Significant at 5% and 1% levels, respectively, ns : not significant by paired-samples T-test.

<sup>↓</sup>Mg/K : equivalence ratio.

Table 5와 같다. 쌀 수량이 평년수준인 2000년 보다 9.8% 증가한 2001년에는 아밀로스함량은 증가하였으나, 단백질, Mg 및 K 함량은 감소하였다. 반면 Mg/K 당량비는 유의한 차이가 없었다. 벼의 등숙기에 저온이나, 고온 경과 시에 등숙비율 저하로 쌀의 외관품질은 분상질립, 심복백립이 증가하여 완전미율은 감소하였고, 화학적 성분변화로는 아밀로스 함량은 감소한 반면, 단백질 함량은 증가하였다는 보고가 있다(Jeong *et al.*, 2006). 본 연구에서 2000년 대비 2001년에 아밀로스함량이 높았고, 단백질 함량이 낮았던 점을

고려 할 때 2001년 기상조건이 동화산물의 축적에 유리하여 등숙비율이 높았음을 알 수 있었다(Table 5).

쌀의 미량원소 중에서 Mg은 밥의 찰기를 좋게 하고, 반면 K는 밥을 딱딱하게 하는 것으로 알려져 있다(Okamoto, 1994). 더불어 Mg함량이 증가하면 K함량 또한 증가하는 상호작용으로 인해 Mg/K의 당량비가 높은 것이 밥맛이 좋을 것으로 고찰하였다(Horino and Okamoto, 1992). 본 연구결과 Mg 및 K 함량은 2000년 보다 2001년이 낮았으나, Mg/K 당량비는 연차 간 차이가 없었다. 이는 기상조건의

**Table 6.** Comparison of pasting properties by Rapid Visco Analyser in eight rice varieties between 2000 and 2001.

| Varieties   | Pasting property (RVU <sup>↓</sup> ) |      |                  |      |                  |      |                   |      |                  |      |
|-------------|--------------------------------------|------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|------------------|------|
|             | Peak                                 |      | Trough           |      | Final            |      | Breakdown         |      | Setback          |      |
|             | 2000                                 | 2001 | 2000             | 2001 | 2000             | 2001 | 2000              | 2001 | 2000             | 2001 |
| Dongjinbyeo | 209                                  | 229  | 93               | 100  | 155              | 174  | 116               | 129  | -54              | -55  |
| Milyang182  | 233                                  | 217  | 84               | 100  | 157              | 171  | 149               | 117  | -76              | -46  |
| Milyang183  | (218) <sup>↓</sup>                   | -    | (97)             | -    | (186)            | -    | (121)             | -    | (-32)            | -    |
| Milyang184  | 198                                  | 201  | 72               | 92   | 144              | 170  | 126               | 109  | -54              | -31  |
| Milyang185  | 186                                  | 201  | 75               | 103  | 148              | 185  | 111               | 98   | -38              | -16  |
| Milyang186  | 190                                  | 191  | 67               | 92   | 139              | 167  | 123               | 99   | -51              | -24  |
| Geumobyeo   | 189                                  | 192  | 78               | 104  | 155              | 186  | 111               | 88   | -34              | -6   |
| Milyang187  | 174                                  | 181  | 61               | 92   | 139              | 175  | 113               | 89   | -35              | -6   |
| Average     | 197                                  | 202  | 76               | 98   | 148              | 175  | 121               | 104  | -49              | -26  |
| Difference  | 5 <sup>ns</sup>                      |      | 22 <sup>**</sup> |      | 27 <sup>**</sup> |      | -17 <sup>**</sup> |      | 23 <sup>**</sup> |      |

\*, \*\* Significant at 5% and 1% levels, respectively, ns : not significant by paired-samples T-test.

<sup>↓</sup>( ) : Excluded values from average and difference. <sup>↓</sup>RVU : Rapid Visco Units.

**Table 7.** Comparison of sensory evaluation and Toyo Mido Meter Glossiness Value (TGV) in eight rice varieties between 2000 and 2001.

| Varieties   | Sensory evaluation (-3 ~ +3) |      | TGV (0 ~ 100)    |      |
|-------------|------------------------------|------|------------------|------|
|             | 2000                         | 2001 | 2000             | 2001 |
| Dongjinbyeo | 0.00                         | 0.28 | 56               | 77   |
| Milyang182  | (0.13) <sup>↓</sup>          | -    | 61               | 74   |
| Milyang183  | (0.06)                       | -    | 63               | 73   |
| Milyang184  | (0.00)                       | -    | 56               | 71   |
| Milyang185  | -                            | -    | -                | (77) |
| Milyang186  | -                            | -    | -                | (79) |
| Geumobyeo   | 0.50                         | 0.60 | 73               | 72   |
| Milyang187  | (0.20)                       | -    | 61               | 77   |
| Average     | 0.25                         | 0.44 | 62               | 74   |
| Difference  | 0.19 <sup>ns</sup>           |      | 12 <sup>**</sup> |      |

\*, \*\* Significant at 5% and 1% levels, respectively, ns : not significant by paired-samples T-test.

<sup>↓</sup>( ) : Excluded values from average and difference.

영향보다는 토양과 시비량에 의해 더 큰 영향을 받음을 고려 할 때 본 시험이 동일한 시험포장에서 동일한 시비량으로 재배된 결과에 기인된 것으로 고찰 된다.

쌀가루를 물과 잘 교반하여 열과 냉각을 통하여 점도변화를 측정하여 호화와 노화 특성을 평가하는 아밀로그래프 특성은 Table 6과 같다. 2000년 대비 2001년에 통계적으로 최고 점도는 차이가 없었으나, 최저점도, 최종점도 및 취반점도는 높았으며, 강하점도는 낮았다. 아밀로그래프 특성에 대한

처리조건에 따라 다양한 선행 연구결과가 보고되었다. Lee *et al.*, (2012c)은 도정을 많이 할수록 최고점도, 최저점도, 최종점도가 증가하는 것은 전분의 호화를 억제하는 것으로 알려진 단백질, Mg 등 무기물과 지방함량이 감소하고, 반면 전분 함량의 증가에 따른 것으로 고찰하였다. Choi (2002)는 품종 간 비교에서 밥맛이 양호한 품종들이 최고점도와 강하점도가 높고, 취반점도가 낮은 것으로 보고하였다. 동일한 품종에서 완전미와 불완전미간 비교 및 저온처

리에 따른 아밀로그램 특성은 최고점도, 최저점도, 최종점도가 증가하였다는 보고가 있다(Jeong *et al.*, 2006; Chung *et al.*, 2005) 본 연구결과, 2000년 대비 2001년의 쌀 전분 특성은 호화와 관련된 최고점도는 차이가 없었으나, 노화와 관련된 최저점도와 최종점도가 높았다. 따라서 2001년산 쌀 전분특성은 2000년 대비 호화특성은 비슷한 반면, 노화를 지연시키는 전분특성 측면에서 식미를 좋게 하는 것으로 분석되었다.

**식미 관능평가 및 기계적 식미측정값 비교**

연차 간 식미 관능평가 결과와 기계적 식미측정값은 Table 7과 같다. 식미 관능평가 방법은 대비 시료보다 상대적으로 좋고 나쁨을 평가하는 비교척도 방법으로 밥맛을 평가하는 기준이다. 반면 절대 값이 아닌 상대적인 비교척도 값으로 연차 간 차이를 평가 할 수 없는 단점이 있다. 따라서 절대 값으로 활용하기 위해서 기계적인 식미측정은 쌀을 10분간 반쯤 취반하여 밥의 표면에 생기는 윤기의 막 두께

를 측정하여 수치로 표시하는 Toyo Mido Meter(model: MA-90B) 측정값을 이용하였다. 본 식미기계는 일본에서 개발된 것으로 국내 쌀에 대해 이용 가능성 여부에 대하여 그 동안 선행연구 결과, 식미 관능평가와 상관의 유의성이 없었다는 보고도 있고, 유의성이 있다는 보고가 있다(Kim *et al.*, 1998; Lee, 2003). 따라서 식미 관능평가와 기계적 측정값과 상관을 구명하기 위하여 2000년도 27개 시료를, 2001년도 30개 시료를 이용하여 분석한 결과 단순상관계수가 0.82\*\*~0.89\*\*로 통계적인 유의성이 있었다. 본 연구결과 기계적 측정값은 식미 관능평가를 약 70%(68~79%) 설명하였다(Table 8). 기계적 측정값은 2000년 보다 2001년도에 12점이 높았다. 이러한 결과로 볼 때 2000년 보다 쌀 수량이 약 10% 증가한 2001년에 식미도 좋았음을 간접적으로 알 수 있었다.

2000년 대비 벼의 등숙기 일교차가 컸고, 일조시간이 길어 등숙비용 증가로 인해 쌀 수량이 약 10% 증가한 2001년도의 식미 및 이화학특성은 Table 9와 같다. 쌀 품질은 아

**Table 8.** Correlation coefficients between sensory evaluation parameters and Toyo Mido Meter Glossiness Value (TGV).

| Year                    | Appearance | Fragrance | Taste  | Stickiness | Texture | Palatability score |
|-------------------------|------------|-----------|--------|------------|---------|--------------------|
| '00 (n=27) <sup>↓</sup> | 0.79**     | 0.72**    | 0.77** | 0.74**     | 0.70**  | 0.82**             |
| '01 (n=30)              | 0.89**     | 0.70**    | 0.88** | 0.83**     | 0.85**  | 0.89**             |

\*\* Significant at 1% levels. <sup>↓</sup>( ) : Number of sample.

**Table 9.** Comparison of air temperature, growth characteristics, physicochemical properties and palatability in eight rice varieties between 2000 and 2001 in Milyang.

| Characteristics                           |                            | 2000 (A) | 2001 (B) | Difference (B-A) | T-test |
|---|----------------------------|----------|----------|------------------|--------|
| Air temperature during grain filling      | Mean temperature (°C)      | 21.6     | 21.6     | 0                | -      |
|   | Daily range (°C)           | 9.2      | 11.5     | 2.3              | -      |
|   | Sunshine hours (hr)        | 49.4     | 65.7     | 16.3             | -      |
| Rice growth characteristics               | Heading date (month. day)  | Aug. 20  | Aug. 19  | -1               | **     |
|   | Ripened grain ratio (%)    | 82.7     | 91.4     | 8.7              | **     |
|   | Milled rice yield (kg/10a) | 518      | 572      | 54               | **     |
| Physicochemical properties in milled rice | Amylose (%)                | 18.8     | 19.9     | 1.1              | **     |
|   | Protein (%)                | 7.4      | 6.7      | -0.7             | **     |
|   | Mg/K                       | 0.77     | 0.76     | -0.01            | ns     |
|   | Peak (RVU)                 | 197      | 202      | 5                | ns     |
|   | Trough (RVU)               | 76       | 98       | 22               | **     |
|   | Final (RVU)                | 148      | 175      | 27               | **     |
| Palatability                              | TGV                        | 62       | 74       | 12               | **     |

\*, \*\* : Significant at 5% and 1% levels, respectively, no : not significant by paired-samples T-test. Mg/K : equivalence ratio. RVU : Rapid Visco Unit. TGV : Toyo Mido Meter Glossiness Value.

밀로스 함량은 증가한 반면, 단백질 함량은 감소하였으며, 쌀 전분특성은 호화와 관련된 최고점도는 차이가 없었으나, 노화를 지연시키는 최저점도와 최종점도가 높았고, 식미 관능평가와 상관의 유의성이 인정된 기계적인 식미측정값 또한 높았다. 이상의 결과를 종합 해 볼 때, 일교차와 일사량에 의해 평년수준인 2000년 대비 쌀 수량이 약 10% 증가한 2001년도에는 밥맛도 좋았을 것으로 추론된다.

## 적 요

쌀 수량이 많은 연도에는 밥맛도 좋아 질 것이라고 예상한다. 본 연구는 일교차와 일조시간에 의해 평년 대비 쌀 수량이 약 10% 증가한 년도의 식미 및 이화학특성을 구명하기 위해 수행하였다.

지난 20년간(1993~2012) 쌀 수량을 분석한 결과, 연차 간에 쌀 수량이 약 10% 차이가 나는 년도는 1993년과 1994년, 2009년과 2010년 등 총 6번 이었다. 그 중에서 일교차와 일조시간에 의해 평년수준의 쌀 수량은 2000년과 쌀 수량이 9.8% 증가한 2001년이 본 연구의 목적에 적합한 년도 이었다.

기상조건은 2000년 대비 2001년은 등숙기 평균기온은 비슷하였으나, 일교차가 컸고, 일조시간이 많았다. 수량구성 요소는 2000년 대비 2001년이 주당 수수의 감소에도 불구하고 수당 립 수가 많았고, 등숙비율 또한 높아 수량이 증가하였다.

쌀의 화학적 성분 함량은 2000년 대비 2001년에는 아밀로스함량은 증가하였으나, 단백질, Mg 및 K 함량은 감소하였다. 반면 Mg/K 당량비는 유의한 차이가 없었다. 쌀 전분의 물리적 특성은 2000년 대비 2001년에 최고점도는 차이가 없었으나, 최저점도 및 최종점도는 높았다.

관능평가와 기계적 식미측정값과 단순상관계수가  $0.82^{**} \sim 0.89^{**}$  ( $n=27\sim30$ ), 로 통계적인 유의성이 있었다. 따라서 연차 간 밥맛의 차이를 기계적인 측정값으로 간접 평가한 결과 2000년 보다 2001년도가 통계적으로 유의하게 높았다.

이상의 결과를 종합 해 볼 때, 일교차와 일사량에 의해 평년수준인 2000년 대비 쌀 수량이 약 10% 증가한 2001년도에는 밥맛도 좋았을 것으로 추론된다.

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ00842 22013)의 지원으로 수행된 것이며 이에 감사드립니다.

## 인용문헌

- Choi H. C. 2002. Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value-added products. *Korean J. Crop Sci.* 47(S) : 15-32.
- Choi K. J., T. S. Park, C. K. Lee, J. T. Kim, J. H. Kim, K. Y. Ha, W. H. Yang, C. K. Lee, K. S. Kwak, H. K. Park, J. K. Nam, J. I. Kim, G. J. Han, Y. S. Cho, Y. H. Park, S. W. Han, J. R. Kim, S. Y. Lee, H. G. Choi, S. H. Cho, H. G. Park, D. J. Ahn, W. K. Joung, S. I. Han, S. Y. Kim, K. C. Jang, S. H. Oh, W. D. Seo, J. E. Ra, J. Y. Kim, and H. W. Kang. 2011. Effect of temperature during grain filling stage on grain quality and taste of cooked rice in mid-late maturing rice varieties. *Korean J. Crop Sci.* 56(4) : 404-412.
- Chung N. J., J. H. Park, K. J. Kim, and J. K. Kim. 2005. Effect of head rice ratio on rice palatability. *Korean J. Crop Sci.* 50(S) : 29-32.
- Horino T. and M. Okamoto. 1992. Relationship between nitrogen and mineral contents in rice grain and its palatability after cooking. *Chugoku Agri. Report.* 10 : 1-15.
- Jeong E. G., D. S. Kim, J. I. Lee, S. L. Kim, K. J. Kim, J. D. Yea, and J. R. Son. 2006. Effects of cold water irrigation on quality properties of rice. *Korean J. Crop Sci.* 51(1) : 119-124.
- Juliano B. O. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Sci. Today.* 16 : 334-336, 338, 360.
- Kim D. S., J. Song, J. I. Lee, A. Chun, E. G. Jeong, J. T. Kim, O. S. Hur, S. L. Kim, and S. J. Suh. 2009. Rice quality characterization according to damaged low temperature in rice plant. *Korean J. Crop Sci.* 54(4) : 452-457.
- Kim S. S., B. K. Min, and D. C. kim. 1998. Accuracy of imported rice taster in Korea. *Agricultural Chemistry and Biotechnology.* 41(7) : 560-562.
- Lee A. S., Y. S. Cho, I. J. Kim, J. K. Ham, and J. S. Jang. 2012a. The quality and yield of early maturing rice varieties affected by cultural practices in Gangwon plain region. *Korean J. Crop Sci.* 57(3) : 233-237.
- Lee C. K., J. Kim, J. Shon, W. H. Yang, Y. H. Yoon, K. J. Choi, and K. S. Kim. 2012b. 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.
- Lee C. K., K. S. Kwak, J. H. Kim, J. Y. Son, and W. H. Yang. 2011. Impacts of climate change and follow-up cropping season shift on growing period and temperature in different rice maturity types. *Korean J. Crop Sci.* 56(3) : 233-243.
- Lee J. I., J. K. Kim, J. C. Shin, E. H. Kim, M. H. Lee, and Y. J. Oh. 1996. Effects of ripening temperature on quality appearance and chemical quality characteristics of rice grain. *RDA. J. Agri. Sci.* 38(1) : 1-9.

- Lee J. S., N. B. Park, J. H. Lee, J. H. Cho, Y. J. Won, H. M. Park, A. Chun, J. K. Jang, W. G. Hwa, G. H. Yi, and U. S. Yeo. 2012c. Optimum milling degree for improving sensory quality of cooked rice. *Korean J. Crop Sci.* 57(4) : 359-364.
- Lee J. S. 2003. QTL analysis for grain quality properties in a *Japonica* rice combination. Ph. D. thesis. Yeungnam Univ. Korea.
- Lee Y. H., D. S. Ra, W. H. Yeh, H. W. Choi, I. S. Myung, S. W. Lee, Y. H. Lee, S. S. Han, and H. S. Shim. 2010. Survey of major disease incidence of rice in Korea during 1999-2008. *Res. Plant Dis.* 16(2) : 183-190.
- Lur H. S., C. L. Hsu, C. W. Wu, C. Y. Lee, C. L. Lao, Y. C. Wu, S. J. Chang, C. Y. Wang, and M. Kondo. 2009. Changes in temperature, cultivation timing and grain quality of rice in Taiwan in recent years. *Crop Environment & Bioinformatics.* 6 : 175-182.
- Okamoto M. 1994. Studies on effect of chemical components on stickiness of cooked rice and their selection methods for breeding. *Chugoku Agri. Report.* 14 : 1-68.
- Park H. K., W. Y. Choi, N. H. Back, J. K. Nam, K. Y. Kim, S. S. Kim, and C. K. Kim. A survey on low temperature injury of rice at south-western alpine area of Korea in 2003. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology.* 8(3) : 125-131.
- Peng S. B., J. L. Huang, J. E. Sheehy, R. C. Laza, R. M. Visperas, X. H. Zhong, G. S. Centeno, G. S. Khush, and K. G. Cassman. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 101 : 9971-9975.
- Yun S. H. and Lee J. T. 2001. Climate change impacts on optimum ripening periods of rice plant and its countermeasure in rice cultivation. *Korean J. Agricultural and Forest Meteorology.* 3(1) : 55-70.