

벼 품종별 입형분리기 최적 가동조건

이춘기*[†] · 송진** · 윤종탁*** · 서종호* · 이재은* · 김정태* · 정건호* · 김정곤**

*농촌진흥청 국립식량과학원, **농촌진흥청 국립농업과학원, ***농촌진흥청 기술지원국

The Optimum Operating Conditions of Indented-Cylinder Length Grader to Remove Broken Rice based on Varietal Characteristics

Choon-Ki Lee*[†], Jin Song**, Jong-Tag Yun***, Jong-Ho Seo*, Jae-Eun Lee*, Jung-Tae Kim*,
Gun-Ho Jeong*, and Chung-Kon Kim**

**National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea*

***National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea*

****Extension Service Bureau, RDA, Suwon 441-707, Korea*

ABSTRACT To determine the optimum operating conditions of the indented cylinder length grader based on varietal characteristics, broken rice removal capabilities were measured on the milled rice of 41 varieties at different conditions consisted of 3 types of indented cylinders with different indent-opening diameters and 3 different collecting-angles of broken rice. The broken rice removal capabilities were swayed by the indent's opening diameter and depth as well as the angle of the collecting trough of broken rice on the point of instrument, and by the kernel length and width as well as 1000 grain weight of milled rice on the point of rice variety. When the angle of broken rice collecting-trough reached to near the horizontal center line of the indented cylinder on the direction of upward turning side, which was referred 0° in this paper, the amount of rice collected in trough increased, whereas the loss of head rice also increased. Considering the removal rate of broken rice as well as loss of head rice, it was thought that the suitable angle of trough for broken rice collecting was located 5° to 15° depending on varietal characteristic and indent opening diameter. It was thought that 4.2 mm or more of indent opening diameter was recommendable for the rice varieties having heavier 1000 grain weight than 22.3g, as well as larger sizes than 2.9 and 5.2 mm in width and length of rice kernel, respectively; 3.8 mm for the small-sized thin kernels, and a proper diameter between 3.8 and 4.2 mm for short to middle kernels. The varieties with relatively shorter length compared to width of kernel were more difficult to separate the broken rice than the opposite ones. For effective separation of that, it

seems that some specific indent shapes such as wider opening and shallow depth etc. are required. When the broken rice content were excessively high, wider diameters of indent openings than specified sizes were thought to be the better.

Keywords : Rice, Broken rice, Length grader, Indent sieve, Head rice

입형분리기는 도정라인에서 보편적으로 사용되는 1.4~1.7 mm 싸라기 분리체로는 제거할 수 없는 큰 싸라기 제거를 위한 완전미생산용 장치로서 금속으로 된 긴 원통형의 입형분리체와 그 중심축을 따라 설치되어 있는 싸라기 수거함, 그리고 입형분리체를 회전시키는 구동장치로 구성되어 있다. 입형분리체의 내부 표면은 일정한 직경과 깊이로 U자처럼 오목하게 파인 포켓(동그란 홈)들이 빼곡히 들어차 있다. 쌀은 입형분리체의 한쪽 끝으로 주입되어서 회전할 때 가해지는 힘과 중력에 의해 원통을 따라 흘러서 다른 쪽 끝으로 배출되도록 출구가 입구보다 낮게 설치되어 있다. 쌀은 원통을 따라 흐르는 과정에서 싸라기의 분리가 일어난다. 회전하는 입형분리체 내에서 길이가 정상인 쌀은 오목한 홈에 쉽게 갇히지 않거나 갇히더라도 홈 밖으로 노출된 중량에 의해 각도가 조금만 기울어도 쉽게 빠져나와 원통 하단을 따라 흘러내려 반대쪽 배출구 쪽으로 이동된다. 반면에 길이가 작은 쌀이나 싸라기는 이동 중 홈에 완전히 갇혀 쉽게 빠져나오지 못하고 있다가 원통의 중심축을 따라 설치되어 있는 V 또는 U자형 싸라기 수거함으로 떨어지게 되어 별도 분리된다.

입형분리기는 색채선별기와 함께 완전미 생산을 위해 필

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6765

(E-mail) lee0ck@korea.kr

<Received July 8, 2009>

수적으로 요구되는 기기이나 국내 그 설치역사가 매우 짧아 2000년도 이전까지는 거의 찾아보기 힘들었고, 최근에 이르러 본격적으로 설치되고 있으며, 아직까지도 입형분리기를 갖추지 않은 RPC도 상당수 존재한다. 도정라인에서 싸라기와 심백미의 발생원이 되는 미숙립 제거를 위해 설치된 현미 립선별기에서는 장방형으로 된 체 눈의 폭과 현미의 두께가 분리율을 결정하는 주 요인으로 작용하나(이 등, 2007), 입형분리기는 원통 내부에 파여 있는 홈의 직경과 깊이, 싸라기 수거함의 각도, 체류시간 등이 기기적 측면에서 영향을 미치고, 원료적 측면에서는 쌀알의 길이와 폭, 입중 등이 영향을 준다. 하지만 이에 대한 연구결과는 세부적으로 이루어지지 못한 실정이다.

현재 국내 벼 품종중에서는 상주벼와 같이 소립종에서 신동진벼나 대립벼와 같이 대립종인 품종에 이르기까지 다양한 품종들이 재배되고 있고, 이들의 입형특성 역시 다양한 변이를 보인다. 입장과 입폭은 정량적으로 유전되며 (Kuo and Hsieh, 1982; Chen et al., 1998; Chen & Zhu, 1998; 손 등, 2005), 배유유전자, 세포질유전자 및 부계 유전자의 3배체에 의해 동시에 통제되고 (Shi & Zhu, 1996; Shi et al., 2000) 유전자×환경 상호작용 효과에 의해서도 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Chen & Zhu, 1998; Shi et al., 1999). 또한 품종간에 현미 길이는 10배 이상의 변이가 있으며, 장폭비는 5배 이상의 변이가 있음이 보고되었다(武田, 1988).

따라서 기기적 측면과 품종적 특성을 고려한 입형분리기 작동조건이 필요할 것 같다. 본 연구에서는 입형이 다양한 벼 품종을 대상으로 입형분리기의 최적조건을 구명하고자 시험이 수행되었다.

재료 및 방법

시험재료는 2006년 작물과학원 남양시험지에서 표준재 배법으로 재배한 상주벼, 만미벼, 주안벼, 새추청벼, 호진벼, 오대벼, 양조벼, 신동진벼, 한마음벼, 대립벼 1호 등 41 품종의 백미를 시험재료로 이용하였다(Table 1 참조). 입장, 입폭 및 입후는 품종별로 무작위로 백미 20립씩 측정하여 평균하였다. 천립중은 품종당 3반복으로 1,000립씩 무작위로 골라 무게를 단 후 평균한 값을 사용하였다. 품종별 입형분리는 Fig. 1에 나타난 것과 같이 시험용 입형분리기(쌍용기계(주), 한국)에 백미 50g을 주입한 후 싸라기 수거함의 각도, 원통 체눈 직경을 달리하면서 20rpm에서 1분간 실시하였다. 싸라기 수거함의 각도는 Fig. 1에 나타난 것과 같이 5, 15 및 30° 조건에서 각각 시험하였고, 입형분리 원통(indented cylinder)의 체눈 직경(내 표면에 파인 U자형 홈의 입구 직경)이 3.5, 3.8 및 4.2 mm인 체를 사용하여(Fig. 2 참조) 각각 수행되었다.

입형분리기의 싸라기 분리능은 식 1과 2의 방식으로 구

Table 1. Rice varieties grouped based on 1000 grain weight and their kernel size distributions.

| 1000 grain weight (g) | Variety | Kernel size (mm) | | |
|-----------------------|--|------------------|-----------|-----------|
| | | Length | Width | Thickness |
| < 18.0 | Sangjubyeo, Jungsanbyeo, Geumanbyeo, Saesangjubyeo | 4.64-4.78 | 2.58-2.71 | 1.85-1.91 |
| 18.0-18.9 | Manmibyeo, Taebongbyeo, Manhobyeo, Hwaseongbyeo, Taeseongbyeo, Gopumbyeo, Sangokbyeo, Samdeokbyeo | 4.44-4.71 | 2.65-2.84 | 1.88-2.01 |
| 19.0-19.9 | Juanbyeo, Joanbyeo, Samkwangbyeo, Daepyeongbyeo, Seokjeongbyeo, Jinpumbyeo, Hopyeongbyeo, Unkwangbyeo | 4.45-4.87 | 2.77-2.94 | 1.95-2.05 |
| 20.0-20.9 | Saechucheongbyeo, Yeounganbyeo, Chucheongbyeo, Saegyehwabyeo, Ilpumbyeom, Sampyeongbyeo, Manweolbyeo, Ilmibyeo, Seopyeongbyeo, Hwarangbyeo, Hanareumbyeo | 4.64-5.61 | 2.66-2.93 | 1.84-2.06 |
| 21.0-21.9 | Hojinbyeo, Junambyeo, Namilbyeo | 4.90-5.21 | 2.79-2.92 | 1.99-2.07 |
| 22.0-22.9 | Odaebyeo | 5.01 | 2.83 | 2.03 |
| 23.0-23.9 | Yangjobyeo, Sobibyeo, Pyeonganbyeo | 5.07-5.27 | 2.97-2.99 | 1.99-2.05 |
| 25.0-25.9 | Sindongjinbyeo | 5.39 | 3.01 | 2.02 |
| 26.0-26.9 | Hanmaeumbyeo | 5.39 | 3.02 | 2.08 |
| 32.0-32.9 | Daeribbyeo 1 | 5.91 | 3.42 | 2.16 |
| Total 41 varieties | | | | |

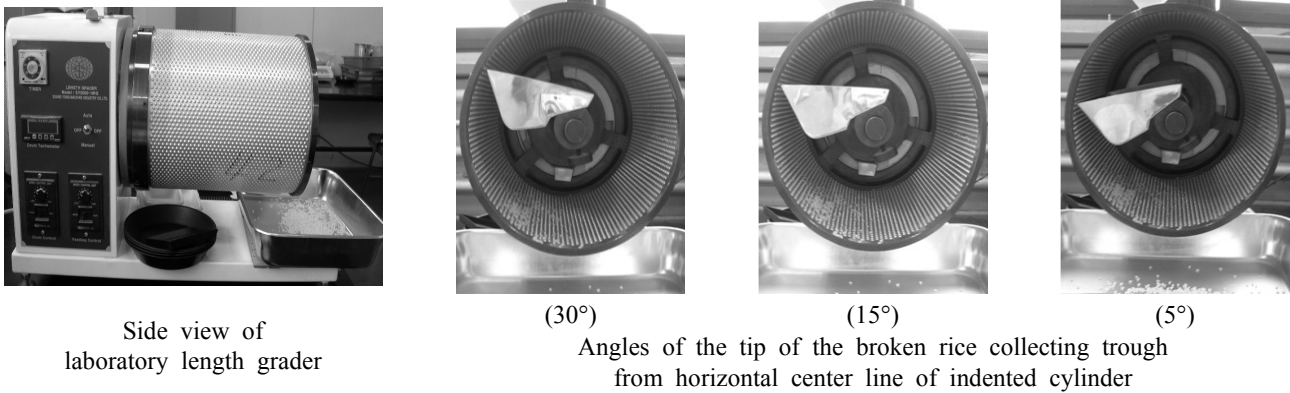


Fig. 1. Pictures of laboratory length grader and its indented cylinder.

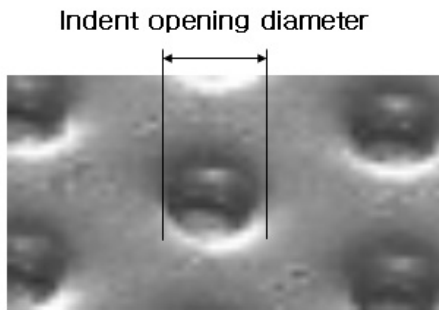


Fig. 2. Indent opening diameter.

한 찌라기 제거율과 완전미 손실율로 판정하였다. 입형분리기의 ‘찌라기 제거율’을 계산하는 식 1에서 ‘원료 쌀 중에 들어있는 찌라기 비율(A)’은 원료 백미에서 50g씩 3반복을 취해 육안으로 분리한 찌라기 비율을 평균한 것이다. 즉, 쌀 원형의 3/4 미만의 길이를 갖는 쌀알은 찌라기로 간주하여 일일이 손으로 골라내어 무게를 달아 50g 시료량에 대한 백분율로 구하였다. ‘입형분리로 분리된 찌라기 비율(B)’은 찌라기 수거함으로 분리된 내용물중 찌라기만을 육안으로 골라 무게를 달아 입형분리에 사용된 시료중량에 대한 비율로 구하였다.

입형분리기의 ‘완전미 손실율’은 계산식 2에서와 같이 ‘찌라기 수거함으로 분리된 완전립 중량(C)’를 입형분리에 사용된 시료중량(D, 50g)에 대한 백분율로 구하였다.

$$\begin{aligned} & \text{찌라기 제거율(\%)} \\ &= \frac{\text{입형분리로 분리된 찌라기의 비율 (B)}}{\text{원료쌀중에 들어 있는 찌라기 비율 (A)}} \times 100 \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{완전미 손실율(\%)} \\ &= \frac{\text{찌라기 수거함으로 분리된 완전립 중량 (C)}}{\text{입형분리 시료중량 (D)}} \times 100 \quad (2) \end{aligned}$$

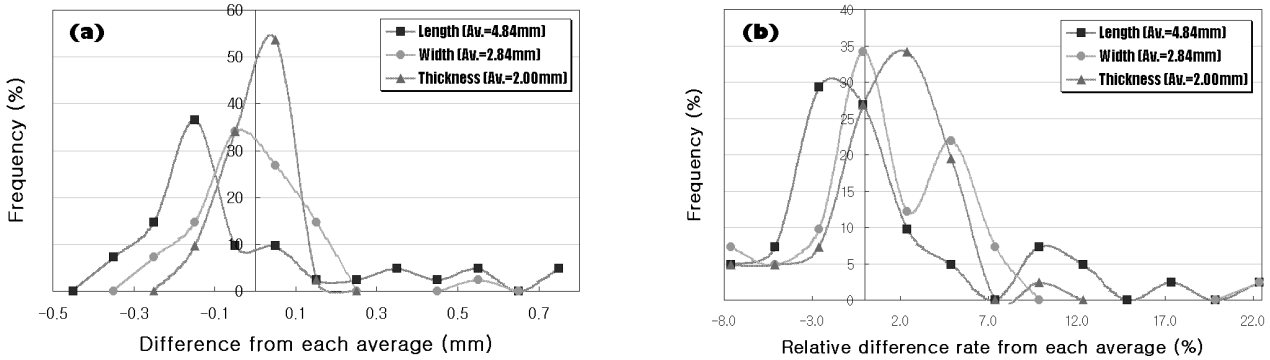
결과 및 고찰

시험재료의 입형 특성

Table 1은 시험에 사용된 품종들을 백미 천립중을 기준으로 분류한 것이다. 천립중은 17.4g인 상주벼에서부터 32.3g을 보인 대립벼 1호까지 분포범위가 넓었으나, 대부분 18~21g 사이에 분포하였다.

입형에서는 쌀알의 길이가 4.44~5.91 mm, 폭이 2.58~3.42 mm, 두께가 1.85~2.16 mm 분포로서 천립중을 기준하여 분류한 품종군 간에 입장, 입폭 및 입후 모두 불규칙적인 증첩현상을 보임으로써 천립중의 기여도에 대한 이들 입형 특성들의 교호작용이 있음을 암시해주었다.

Fig. 3(a)는 입장, 입폭 및 입후 각각에 대하여 품종 전체를 평균한 값을 기준으로 하였을 때 평균값과 매 0.1 mm 차이 구간별로 분포한 품종수의 빈도율을 나타낸 것이다. Fig. 2(b)는 입장, 입폭, 입후의 절대값 크기에 따른 영향을 줄이기 위하여 전체 평균한 값과 각 품종 값의 차이를 전체 평균값의 백분율로 하여 2.5% 차이 구간별 분포한 품종수 비율을 나타낸 것이다. 따라서 Fig. 3(a)는 입장, 입폭 및 입후의 실제 전체 평균길이와의 각 품종별 실제 길이 차이에 따른 품종수의 분포라 한다면 Fig. 3(b)는 이들 3성분의 각각의 평균길이를 모두 100으로 하여 각 품종별 평균길이로부터의 상대적 길이 차이로 본 품종수의 분포라 할 수 있다. 조사된 벼 품종이 국내 전 품종을 대변할 수는 없겠지만, 공시된 품종 내에서 볼 때 실제 길이에서는 입장 > 입폭 > 입후의 순으로 변이 폭이 컸고, 곡선의 꼭지 점이 입장에서는 5개, 입폭에서는 2개, 입후에서는 1개가 나타났다. 상대적 길이 차이에 따른 품종 분포에서는 입장과 입폭의 변이 폭이 비슷하였으며, 입폭도 약간 넓어졌다. 곡선의 꼭지점 수에서도 입장의 경우 4개, 입폭의 경우 3개, 입후의 경우 2개가



(a) Frequency of varieties with the distances in mm from the averaged values. (b) Frequency of varieties with the relative distance rates in % from the averaged values when each averaged value was considered to be 100.

Fig. 3. Frequencies of varieties distributed with the relative differences from the averaged values of kernel length, width and thickness.

나타났다. 이들 꼭지 점의 수는 본 시험에 사용된 시험재료의 입형 특성에서 유사 품종의 그룹 수를 대변할 것으로 여겨진다.

벼 품종별 입형분리 특성

입형분리기 수평원통의 원을 기준으로 지면과 수평을 이루도록 중심을 지나는 직선(직경)을 그어서 하단에서 상단으로 회전하는 쪽의 원통 내측 면과 만나는 지점을 싸라기 수거함 각도 0°라 할 때 예비 입형분리시험에서 수거함각도에 따른 싸라기 분리능에서 5° 근처가 싸라기 제거율과 완전미 손실율 측면에서 비교적 양호한 것으로 나타났다. 5° 이하로 할 경우 싸라기 제거율이 약간 증가하나 완전미 손실율도 크게 증가하였고, 5° 이상으로 할 경우에는 완전미 손실율이 크게 줄었으나, 싸라기의 제거율도 함께 감소되었다. 또한 입형분리 체는 직경에 따라서도 싸라기 제거율이 차이를 보여 3.5 mm의 경우 공시된 모든 품종에서 싸라기 제거율이 20%이하로 저조한 반면에 3.8과 4.2 mm의 경우에는 품종에 따라 다양한 변이를 보였다.

본 시험에 공시된 품종들은 분리각 5°에서의 체 눈의 직경과 싸라기 제거율에 따라 4개의 품종군으로 구분할 수 있었다. 즉, 3.8 mm 체 눈 직경에서 최대 싸라기 제거율을 보이는 것 중에서 싸라기 제거율이 50%이상인 품종(Table 2)과 50%미만인 품종(Table 3), 4.2 mm 체 눈 직경에서 최대 싸라기 제거율을 보이는 것 중에서 싸라기 제거율이 50% 이상인 품종(Table 4)과 50% 미만인 품종(Table 5)의 4 부류이다.

첫 번째 부류인 3.8 mm 체는 직경에서 최대 싸라기 제거율을 보이고 싸라기 제거율이 50%이상인 품종으로서는

Table 2에 수록된 품종 외에도 남일벼가 포함되었다. 만호벼의 경우 3.8 mm 체는 직경을 사용하였을 경우 분리각 5°에서 싸라기 제거율이 71.75%로서 우수하였으나 완전미 손실율이 5.13%로 비교적 높았고, 분리각 15°에서는 완전미 손실율이 0.36%로 줄었으나 싸라기 제거율도 29.90%로 감소하였다. 4.2 mm 직경의 체 눈으로 분리했을 경우에는 분리각 5°에서 완전미 손실율이 3.50%로 3.8 mm 체에 비해 1.63% 감소되기는 하였으나, 싸라기 제거율이 42.06%로서 현저히 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 만호벼의 경우 3.8 mm 체 눈 조건에서 싸라기 수거함의 각도를 5~15° 범위에서 적절히 조절하는 것이 더 유리할 것으로 판단되었다. 금안벼나 고품벼의 경우는 만호벼처럼 분리각 5°에서 3.8과 4.2 mm체간의 싸라기 제거율 차이는 크지는 않았으나, 3.8 mm 체 눈과 분리각 15°에서의 싸라기 제거율이 동일분리조건의 만호벼에서보다 양호하였다. 한편 오대벼의 경우는 체는 직경 3.8 mm, 분리각 5°에서 싸라기 제거율이 51.45%로 비교적 높았으나 완전미손실율도 1.27%로 높은 편이었다. 반면에 동일 분리각 4.2 mm 체 눈 직경에서 싸라기 제거율이 48.16%로 약간 낮아졌으나 완전미 손실율이 절반이하로 줄어 더 유리한 것으로 생각되었다. 중산벼나 삼광벼는 오대벼와 금안벼의 중간정도의 입형특성을 보였다.

두 번째 부류인 3.8 mm 체는 직경에서 최대 싸라기 분리율을 보이거나 싸라기 제거율이 50%미만인 품종군은 4개의 부류중 가장 많은 품종이 포함되었는데, Table 3에 수록된 품종 외에도 석정벼, 새계화벼, 새상주벼, 삼덕벼, 만월벼, 서평벼, 만미벼, 화랑벼, 조안벼, 태봉벼 등이 포함되었다. 이 그룹에는 입형특성상 분류가 잘 안되는 품종(주로 길이

Table 2. Varieties showing the highest removal ability of broken rice (BR) at the 5° of collecting angle and 3.8mm diameter of indent opening (DIO) of BR collecting trough with more BR removal rates than 50%.

| Variety | DIO (mm) | Total BR (%) | BR removal rates with angles of collecting trough (%) | | | Head rice loss with angles of collecting trough (%) | | |
|-------------------|----------|--------------|---|-------|-------|---|------|------|
| | | | 30° | 15° | 5° | 30° | 15° | 5° |
| Manhobyeo | 3.5 | 6.60 | 2.30 | 5.14 | 13.22 | 0.02 | 0.03 | 0.06 |
| | 3.8 | 6.60 | 8.59 | 29.90 | 71.75 | 0.02 | 0.36 | 5.13 |
| | 4.2 | 6.60 | 2.52 | 12.52 | 42.06 | 0.04 | 0.15 | 3.50 |
| Keumanbyeo | 3.5 | 8.40 | 3.07 | 4.81 | 13.31 | 0.03 | 0.02 | 0.01 |
| | 3.8 | 8.40 | 16.16 | 37.78 | 70.71 | 0.08 | 0.28 | 3.47 |
| | 4.2 | 8.40 | 6.05 | 14.96 | 60.51 | 0.04 | 0.08 | 1.18 |
| Gopumbyeo | 3.5 | 5.85 | 3.55 | 5.62 | 12.03 | 0.05 | 0.03 | 0.08 |
| | 3.8 | 5.85 | 13.96 | 33.62 | 62.34 | 0.11 | 0.44 | 4.26 |
| | 4.2 | 5.85 | 6.71 | 14.79 | 59.13 | 0.02 | 0.12 | 2.00 |
| Samkwang -byeo | 3.5 | 5.43 | 1.49 | 3.35 | 6.52 | 0.02 | 0.05 | 0.04 |
| | 3.8 | 5.43 | 11.74 | 25.66 | 60.35 | 0.05 | 0.32 | 2.81 |
| | 4.2 | 5.43 | 6.80 | 13.44 | 47.55 | 0.02 | 0.06 | 1.65 |
| Jungsanbyeo | 3.5 | 8.33 | 3.77 | 8.14 | 19.12 | 0.01 | 0.03 | 0.06 |
| | 3.8 | 8.33 | 18.51 | 39.22 | 55.97 | 0.01 | 0.21 | 3.90 |
| | 4.2 | 8.33 | 5.51 | 14.45 | 49.84 | 0.02 | 0.09 | 2.29 |
| Odaebyeo | 3.5 | 5.75 | 1.50 | 5.01 | 12.95 | 0.01 | 0.03 | 0.05 |
| | 3.8 | 5.75 | 6.81 | 26.40 | 51.45 | 0.01 | 0.05 | 1.27 |
| | 4.2 | 5.75 | 2.19 | 9.35 | 48.16 | 0.02 | 0.06 | 0.59 |

Table 3. Varieties showing the highest removal ability of broken rice (BR) at the 5° of collecting angle and 3.8mm diameter of indent opening (DIO) of BR collecting trough with less BR removal rates than 50%.

| Variety | DIO (mm) | Total BR (%) | BR removal rates with angles of collecting trough (%) | | | Head rice loss with angles of collecting trough (%) | | |
|--------------------|----------|--------------|---|-------|-------|---|------|------|
| | | | 30° | 15° | 5° | 30° | 15° | 5° |
| Sampyeong -byeo | 3.5 | 5.05 | 0.20 | 2.10 | 3.91 | 0.02 | 0.02 | 0.05 |
| | 3.8 | 5.05 | 7.15 | 15.77 | 36.62 | 0.01 | 0.16 | 0.91 |
| | 4.2 | 5.05 | 5.09 | 10.45 | 36.55 | 0.03 | 0.02 | 0.37 |
| Jinpumbyeo | 3.5 | 3.35 | 3.01 | 6.63 | 12.07 | 0.02 | 0.06 | 0.06 |
| | 3.8 | 3.35 | 11.98 | 26.33 | 43.17 | 0.04 | 0.21 | 1.43 |
| | 4.2 | 3.35 | 3.46 | 12.16 | 40.94 | 0.03 | 0.07 | 0.51 |
| Ipumbyeo | 3.5 | 5.18 | 0.78 | 3.12 | 9.28 | 0.00 | 0.03 | 0.02 |
| | 3.8 | 5.18 | 9.30 | 23.03 | 39.19 | 0.11 | 0.36 | 2.32 |
| | 4.2 | 5.18 | 2.53 | 9.81 | 32.46 | 0.01 | 0.06 | 1.25 |
| Chucheong -byeo | 3.5 | 5.15 | 1.08 | 2.64 | 8.33 | 0.02 | 0.00 | 0.04 |
| | 3.8 | 5.15 | 11.29 | 22.57 | 41.00 | 0.08 | 0.24 | 2.47 |
| | 4.2 | 5.15 | 4.59 | 11.80 | 37.54 | 0.01 | 0.06 | 0.88 |
| Unkwang -byeo | 3.5 | 3.98 | 1.14 | 3.94 | 10.57 | 0.03 | 0.05 | 0.05 |
| | 3.8 | 3.98 | 8.33 | 23.32 | 37.90 | 0.13 | 0.31 | 3.38 |
| | 4.2 | 3.98 | 1.78 | 8.36 | 36.96 | 0.03 | 0.15 | 1.70 |
| Taeseong -byeo | 3.5 | 4.35 | 1.97 | 3.83 | 11.16 | 0.02 | 0.05 | 0.05 |
| | 3.8 | 4.35 | 12.79 | 27.42 | 43.03 | 0.13 | 0.40 | 4.85 |
| | 4.2 | 4.35 | 3.36 | 7.28 | 39.64 | 0.01 | 0.07 | 2.98 |

Table 4. Varieties showing the highest removal ability of broken rice (BR) at the 5° of collecting angle and 4.2mm diameter of indent opening (DIO) of BR collecting trough with more BR removal rates than 50%.

| Variety | DIO (mm) | Total BR (%) | BR removal rates with angles of collecting trough (%) | | | Head rice loss with angles of collecting trough (%) | | |
|------------------|----------|--------------|---|-------|-------|---|------|------|
| | | | 30° | 15° | 5° | 30° | 15° | 5° |
| Hanareum -byeo | 3.5 | 24.46 | 1.43 | 3.14 | 8.68 | 0.02 | 0.06 | 0.00 |
| | 3.8 | 24.46 | 18.16 | 33.86 | 58.83 | 0.04 | 0.07 | 0.28 |
| | 4.2 | 24.46 | 8.41 | 20.55 | 69.22 | 0.01 | 0.00 | 0.04 |
| Hanmaeum -byeo | 3.5 | 6.17 | 2.20 | 4.65 | 9.81 | 0.01 | 0.02 | 0.11 |
| | 3.8 | 6.17 | 12.59 | 27.68 | 53.15 | 0.03 | 0.14 | 0.46 |
| | 4.2 | 6.17 | 4.28 | 11.71 | 56.58 | 0.01 | 0.04 | 0.16 |
| Sobibyeo | 3.5 | 3.22 | 1.72 | 4.22 | 7.98 | 0.00 | 0.02 | 0.04 |
| | 3.8 | 3.22 | 11.50 | 23.45 | 43.23 | 0.06 | 0.16 | 0.34 |
| | 4.2 | 3.22 | 3.59 | 10.89 | 53.69 | 0.03 | 0.03 | 0.25 |
| Sindongjin -byeo | 3.5 | 12.66 | 0.96 | 2.64 | 6.41 | 0.02 | 0.04 | 0.05 |
| | 3.8 | 12.66 | 9.04 | 20.21 | 41.72 | 0.03 | 0.16 | 0.36 |
| | 4.2 | 12.66 | 3.82 | 12.41 | 50.93 | 0.04 | 0.04 | 0.23 |
| Hopyeong -byeo | 3.5 | 5.28 | 2.11 | 5.74 | 13.51 | 0.03 | 0.06 | 0.07 |
| | 3.8 | 5.28 | 17.76 | 33.60 | 49.35 | 0.09 | 0.30 | 2.39 |
| | 4.2 | 5.28 | 9.06 | 15.05 | 52.06 | 0.01 | 0.12 | 0.96 |

Table 5. Varieties showing the highest removal ability of broken rice (BR) at the 5° of collecting angle and 4.2mm diameter of indent opening (DIO) of BR collecting trough with less BR removal rates than 50%.

| Variety | DIO (mm) | Total BR (%) | BR removal rates with angles of collecting trough (%) | | | Head rice loss with angles of collecting trough (%) | | |
|-----------------|----------|--------------|---|-------|-------|---|------|------|
| | | | 30° | 15° | 5° | 30° | 15° | 5° |
| Daepyeong -byeo | 3.5 | 3.55 | 1.42 | 4.43 | 6.40 | 0.02 | 0.02 | 0.06 |
| | 3.8 | 3.55 | 8.05 | 12.13 | 28.72 | 0.10 | 0.45 | 4.97 |
| | 4.2 | 3.55 | 1.84 | 7.79 | 47.77 | 0.04 | 0.11 | 2.57 |
| Juanbyeo | 3.5 | 4.05 | 0.75 | 2.24 | 7.49 | 0.05 | 0.05 | 0.07 |
| | 3.8 | 4.05 | 7.06 | 16.08 | 27.67 | 0.11 | 0.48 | 3.38 |
| | 4.2 | 4.05 | 2.74 | 6.83 | 28.89 | 0.04 | 0.04 | 1.99 |
| Ilmibyeo | 3.5 | 13.05 | 1.48 | 2.29 | 6.77 | 0.02 | 0.02 | 0.05 |
| | 3.8 | 13.05 | 10.66 | 26.32 | 42.61 | 0.07 | 0.20 | 1.82 |
| | 4.2 | 13.05 | 4.80 | 10.19 | 44.46 | 0.03 | 0.07 | 1.02 |
| Yeonganbyeo | 3.5 | 7.10 | 0.93 | 2.14 | 5.98 | 0.02 | 0.03 | 0.07 |
| | 3.8 | 7.10 | 8.76 | 23.70 | 36.69 | 0.11 | 0.28 | 1.70 |
| | 4.2 | 7.10 | 4.47 | 12.27 | 42.66 | 0.03 | 0.03 | 0.93 |
| Hojinbyeo | 3.5 | 4.50 | 0.45 | 2.69 | 7.19 | 0.01 | 0.08 | 0.10 |
| | 3.8 | 4.50 | 10.47 | 20.70 | 37.60 | 0.09 | 0.28 | 1.16 |
| | 4.2 | 4.50 | 5.71 | 10.28 | 40.81 | 0.01 | 0.04 | 0.29 |
| Daeripbyeo 1 | 3.5 | 30.62 | 0.31 | 0.76 | 2.21 | 0.02 | 0.06 | 0.07 |
| | 3.8 | 30.62 | 2.01 | 6.02 | 17.56 | 0.03 | 0.06 | 0.04 |
| | 4.2 | 30.62 | 0.67 | 2.65 | 19.32 | 0.01 | 0.03 | 0.06 |

가 짧고 폭이 넓은 품종)과 싸라기 분리를 위한 입형분리기 체눈의 최적 직경이 3.8~4.2 mm 사이에 있는 품종이 주로 포함되는 것으로 여겨졌다. 특히 분리각 5°로 분리하였을 때 3.8과 4.2 mm 체눈 모두에서 완전미 손실율이 높게 나

타나는 품종의 경우는 본 시험에 사용된 입형분리체의 체는 형태보다는 품종특성에 맞는 다른 모양(예. 입구 직경에 비해 깊이가 낮게 파인 U자형이나 V자형 포켓 등)의 개발이 필요한 것으로 판단되었다.

세 번째 부류인 4.2 mm 체는 직경에서 최대 싸라기 분리를 보이고, 싸라기 제거율이 50% 이상인 품종(Table 4)으로는 한아름벼, 한마음벼, 소비벼, 신동진벼, 호평벼 등이 포함되었는데, 4개의 부류중 가장 싸라기 분리가 잘 되는 품종군에 해당되었다. 즉, 입형분리 자체가 쌀알의 길이와 폭에 기준하여 이루어지기 때문에 어느 정도의 길이가 되어야 쉽게 분리 되는데, 이 그룹이 여기에 해당되었다. 이 부류중 한아름벼나 한마음벼는 분리각 5°, 체 눈 직경 3.8 mm 에서도 50%이상의 싸라기 제거율을 보이기는 하였으나 완전미 손실을 측면에서 오히려 불리하게 나타났다. 특히 호평벼의 경우는 완전미 손실율이 분리각 5°에서 3.8 mm 체 눈 직경의 경우 2.39%까지 증가함으로써 적정 체 눈 크기 이하가 품종에 따라 오히려 불리할 수 있음을 보여주었다. 이는 아마도 체 눈의 직경이 입폭과 너무 같아질 경우 한번 흡으로 갇힌 완전립이 쉽게 빠져나오지 못하고 있다가 뒤늦게 싸라기와 함께 빠져나옴으로써 손실율을 증가시키는 작용을 한 것으로 여겨진다. 즉, 쌀알의 폭에 비해 포켓의 직경이 아주 작으면 완전립 자체가 들어가기 어렵기 때문에 문제가 되지 않지만 완전립이 가까스로 들어갈 정도의 직경일 경우에는 들어가기도 어렵겠지만 일단 들어간 완전립은 빠져나오기도 어렵게 되어 싸라기 쪽으로 떨어질 확률이 높아질 것이다.

Table 5는 마지막 부류로서 두 번째 품종군 다음으로 많은 품종이 포함되었는데, 표에 수록된 품종 외에 주남벼, 상옥벼, 양조벼 및 평안벼도 이 그룹에 포함되었다. 전 품종이 4.2 mm 체 눈 직경에서 가장 높은 싸라기 비율을 보이면서 완전미 수율도 3.6 mm 체 눈 직경에서 보다 손실이 적은 특징을 보이기는 하였으나, 대평벼나 주안벼 등은 4.2 mm 체에서도 완전립 손실율이 다소 높게 나타났다. 대부분 4.2 mm 체 눈 직경이 적합할 것으로 여겨졌으나, 대립벼 등은 싸라기 분리율도 낮고, 완전립 손실율도 낮게 나타나 보다 큰 체 눈 직경이 필요할 것으로 판단되었다.

분리 체 눈 직경별 쌀알 입형특성과 싸라기 제거율

Fig. 4는 입형분리 체 눈 직경 3.8과 4.2 mm에서 얻어진 품종별 싸라기 제거율을 각 품종에서의 쌀알의 길이(a)와 폭(b)에 기준해서 나타낸 것이다. 품종마다 쌀알의 길이와 폭이 제각각인 탓에 결정계수 값이 높지는 않았으나, 두 체 눈 직경 모두에서 길이보다는 폭이 더 높은 수치를 보였다. 이는 싸라기 분리를 위해서는 우선 오목한 포켓 안으로 싸라기가 들어가야 하는데, 이때 길이보다는 폭이 우선적으로 작용하게 되기 때문인 것으로 생각된다. Fig. 4a에서 보면 3.8 mm 체 눈 직경에서는 쌀알길이 4.97 mm 근처에서 최대

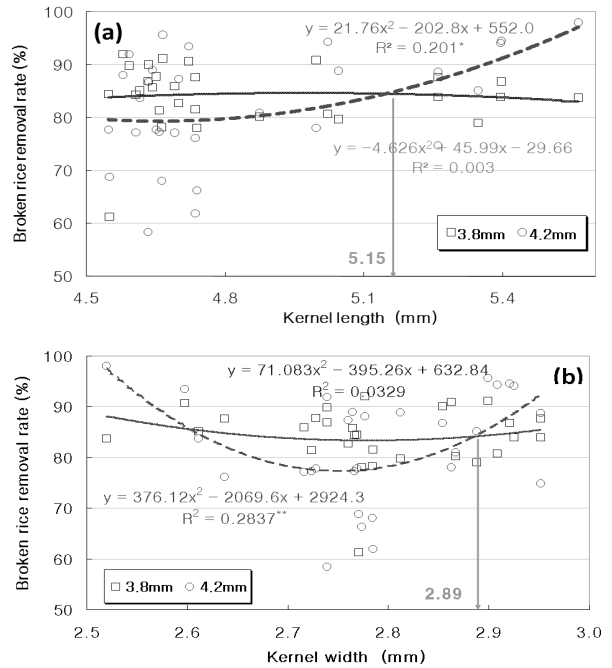


Fig. 4. Broken rice removal rates according to kernel length and width of tested varieties at different indent opening diameters.

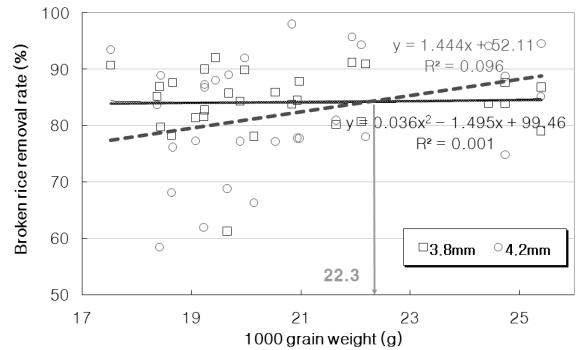


Fig. 5. Broken rice removal rates according to 1000 kernel weight of tested varieties at different indent opening diameters.

싸라기 제거율을 보였고, 4.2 mm 체 눈 직경에서는 쌀알길이 4.66 mm 근처에서 최소 싸라기 제거율을 보임으로써 두 곡선의 교차점의 쌀알길이를 기준으로 5.15 mm 보다 크면 4.2 mm 또는 그 이상의 체 눈 직경이 유리하고, 적으면 3.8 mm 에서 4.2 mm 사이의 체 눈 직경이 유리할 것으로 판단되었다. 같은 방식으로 입폭(Fig. 4b)에서도 2.89 mm보다 크면 4.2 mm 또는 그 이상의 체 눈 직경이 유리하고, 적으면 3.8 mm 에서 4.2 mm 사이의 체 눈 직경이 유리할 것으로 판단되었다.

Fig. 5는 입형분리 체 눈 직경 3.8과 4.2 mm에서 얻어진 품종별 싸라기 제거율을 각 품종에서의 천립중을 기준으로

나타낸 것이다. 3.2와 4.2 mm 체는 직경 모두에서는 품종 고유의 천립중과 유의적인 상관관계를 보이지는 않았으나, 3.2 보다는 4.2 mm 체 눈이 천립중에 대한 반응이 큰 것으로 생각되었다. 입장이나 입폭에 비해 결정계수가 낮았으나 천립중 기준으로 볼 때 대략 22.3 g을 기준으로 이보다 낮을 경우는 4.2 mm 체 눈 이하크기, 높을 경우에는 4.2 mm 체 눈 이상의 크기가 적당할 것으로 여겨진다.

싸라기 분리효율 증진을 위한 벼 품종별 입형분리기 권장 체 눈 크기

입형분리기는 쌀알의 입형차이를 이용하여 싸라기를 분리하는 원리를 사용하고 있기 때문에 쌀알의 길이와 폭이 무엇보다도 중요하다. 하지만 입장, 입폭 및 천립중은 품종 고유의 특성으로서 품종에 따라 그 크기가 제각각이기 때문에 입장이나 입폭 심지어 천립중 모두 단독으로 체 눈 직경을 결정할 만큼 상관관계수가 높지 못했다.

Table 6은 3.8과 4.2 mm 체 눈 크기에서 측정된 싸라기 제거율과 완전립 손실율, 입형특성 및 천립중을 고려하여 입형분리 체 눈 직경별로 권장할 수 있는 품종들을 수록한 것이다.

종실모양은 배유유전자, 세포질유전자 및 부계 유전자의 3배체에 의해 동시에 통제되고 (Shi & Zhu, 1996; Shi et al., 2000) 유전자×환경 상호작용 효과에 의해서도 통제되기 때문에(Chen & Zhu, 1998; Shi et al., 1999), 상이한 환경조건이나 해에 따라 다소의 변이가 발생할 수 있겠지만 쌀알이 딱딱한 왕겨에 의해 종실크기의 성장이 제한되어 있고, 이용가능한 동화물질의 보급정도에 따라 이삭의 임실율을 적절히 조절함으로써 환경과는 무관하게 비교적 일정한 천립중이 유지할 수 있다(Yoshida, 1981)는 보고와 재식밀도와 질소시비량에 의해 경합(Dingkuhn et al., 1995)과 염 스

트레스와 같은 abiotic stress가 쌀 수량구성요소와 품질에는 영향을 크게 주더라도, 천립중은 유전적으로 결정되는 왕겨 크기에 따라 비교적 일정하게 유지된다(Fabre et al., 2005)는 보고 등을 고려할 때 Table 6에 제시된 내용은 새로이 재배품종에 적합한 입형분리기를 설치하고자 할 때 유용한 지표가 될 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

벼 품종특성을 고려한 입형분리 최적조건을 설정하기 위하여 다양한 입형 특성을 갖는 41품종의 쌀을 입형분리체 체 눈 직경 3.5, 3.8 및 4.2 mm, 싸라기 수거함의 각도 5, 15, 30° 조건에서 싸라기 분리능을 비교시험 하였고 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 싸라기 제거율은 기기적 측면에서 체눈의 직경과 깊이 및 싸라기 수거함의 각도, 품종적 측면에서 쌀알의 폭, 길이 및 천립중에 의해 주 영향을 받았다.
2. 싸라기 수거함의 각도는 지면과의 수평한 입형분리체 원통직경을 0도로 할 때 +5도와 +15사이에서 분리능이 좋았으며, +5도 이하에서는 완전미손실율 증가하고 각도가 높아질수록 완전미 손실율은 감소하나 분리된 싸라기 량도 감소되었다.
3. 기존 벼 품종에서 쌀알 기준으로 폭과 길이가 각각 2.9와 5.2 mm이상이고, 천립중이 22g 이상일 경우 4.2 mm 이상, 폭이 작고 소립인 경우 3.8 mm, 그 밖의 중소립종은 3.8~4.2 mm의 체 눈 직경이 적당할 것으로 판단되었다.
4. 립장이 작고, 립폭은 상대적으로 크면서 두께가 얇은 품종은 그렇지 않은 품종보다 싸라기 분리능이 떨어지는 경향이었으며, 품종에 따라 입형분리기 체눈의 직경은 크고 깊이는 얇은 체 눈 규격이 필요한 것으로 생각되었다.

Table 6. Recommendable indent opening diameters for length-grading of the rice varieties tested.

| Diameter of indent openings | Recommendable rice varieties | Remark |
|-----------------------------|--|----------------------------|
| 3.8mm | Gopumbyeo, Geumanbyeo, Namilbyeo, Manhobyeo, Sanjubyeo, Saegyechwabyeo, Saesangjubyeo, Taeseongbyeo | Small-sized, thin kernel |
| 3.8~4.2mm | Manmibyeo, Manweolbyeo, Samkwangbyeo, Samdeokbyeo, Saechucheongbyeo, Seopyeongbyeo, Seokjungbyeo, Unkwangbyeo, Ilpumbyeo, Joanbyeo, Jungsanbyeo, Jinpumbyeo, Chucheongbyeo, Taebongbyeo, Hwarangbyeo, Hwaseongbyeo | Short to middle length |
| 4.2mm | Daepyeongbyeo, Sampyeongbyeo, Sangokbyeo, Yeonganbyeo, Odaebyeo, Ilmibyeo, Junambyeo, Juanbyeo, Hanareumbyeo, Hojinbyeo, Hopyeongbyeo | Middle to near long kernel |
| 4.2~4.5mm | Daeripbyeo 1, Sobibyeo, Sindongjinbyeo, Yangjobyeo, Pyeonganbyeo, Hanmaeumbyeo | Near long and heavy weight |

5. 찌라기 비율이 상대적으로 지나치게 높을 경우에는 다소 완전미율의 소실이 있더라도 권장 체눈 크기보다 큰 쪽을 택하는 것이 찌라기 제거량을 높일 수 있었다.

인용문헌

- Chen, J.G. and Zhu, J., 1998. Genetic effects and genotype \times environment interactions for appearance quality traits in Indica-Japonica crosses for rice (*Oryza sativa* L.). *Sci. Agric. Sinica* 31 : 1-7.
- Chen, J.G., Song, G.Q., Qu, S.H., and Zhou, Y., 1998. Direct and maternal genetic effects on grain quality characters in early hybrid rice. *Chin. J. Rice Sci.* 12 : 79-84.
- Dingkuhn, M., Sow, A., Samb, A., Diack, S., Asch, F., 1995. Climatic determinants of irrigated rice performance in the Sahel: I. Photothermal and microclimatic responses of flowering. *Agric. Syst.* 48 : 385-410.
- Fabre, D., Siband, P., and Dingkuhn, M., 2005. Characterizing stress effects on rice grain development and filling using grain weight and size distribution. *Field Crops Research* 92 : 11-16.
- Kuo, Y.C. and Hsieh, S.C., 1982. Genetical studies on grain characters in rice. *J. Agric. Res. China* 31 : 177-186.
- Shi, C., Zhu, J., Wu, J., and Fan, L., 2000. Genetic and genotype \times environment interaction effects from embryo, endosperm, cytoplasm and maternal plant for rice grain shape traits of Indica rice. *Field Crops Res.* 68 : 191-198.
- Shi, C.H. and Zhu, J., 1996. Genetic analysis of endosperm cytoplasmic and maternal effects for exterior quality traits in Indica rice. *Chin. J. Biomath.* 11 : 73-81.
- Shi, C.H., He, C.X., Zhu, J., and Chen, J.G., 1999. Genetic effects and genotype \times environment interaction effects analysis for apparent quality traits of Indica rice. *Chin. J. Rice Sci.* 13 : 179-181.
- Yoshida, S., 1981. Fundamentals of rice crop science. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. Zaibunnisa, A., Khan, M.A., Flowers, T.J., Ahmad, R., Malik, K.A., 2002. Causes of sterility in rice under salinity stress. In: Ahmad, R. (Ed.), *Prospects for Saline Agriculture*. Kluwer, The Netherlands, pp. 177-187.
- 武田和義. 1988. 稻と米(農研センセンター, 生研機構編), p 1, 農林水産技術情報協會.
- 손종록, 김기중, 김명기, 황홍구, 김재철. 2005. 쌀의 품질과학. 문영당. pp 214 - 원저) 石谷孝佑, 大坪研一. 1995. 米の科學. 朝倉書店.
- 이춘기, 정응기, 송진, 김정태, 최윤희, 김덕수, 김기중, 이점식, 손종록. 2007. 완전미 도정수율 향상을 위한 벼 품종 및 도정관련요인 분석. 제 2보: 완전미 도정수율 향상을 위한 품종특성별 현미선별체 적정크기. *작물과학연구논총* 8 : 849-860.