

도정효율 증진을 위한 벼 품종특성별 현미선별체 적정크기

이춘기*[†] · 김정태* · 최윤희** · 이재은* · 서종호* · 김미정* · 정응기*** · 김정곤*

*농촌진흥청 국립식량과학원, **농촌진흥청 국립농업과학원, ***농촌진흥청 연구정책국

Optimum Sieve-slit width for Effective Removal of Immature Kernels based on Varietal Characteristics of Rice to Improve Milling Efficiency

Choon-Ki Lee*[†], Jung-Tae Kim*, Yoon-Hee Choi**, Jae-Eun Lee*, Jong-Ho Seo*, Mi-Jung Kim*, Eung-Gi 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

***Research Policy Bureau, RDA, Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT On the purpose to improve the milling efficiency as well as head-rice percentage after milling, an experiment to improve the removal ability of immature kernels in the immature brown rice separator (IBRS) was performed focused on varietal characteristics. The removal ability of immature grains by the IBRS was absolutely depending on kernel thickness of brown rice. The kernel thickness of the tested rice varieties distributed from 1.79 mm in Nonganbyeo to 2.16 mm in Daeribbyeo 1. Although there were some variation among rice varieties, it was roughly suggested that the suitable sieve-slit widths for good separation of the immature kernels were 1.9 mm for the varieties thicker than 2.08 mm in thickness, 1.8 mm for the varieties with 2.00-2.08 mm thickness, 1.7 mm for the varieties with 1.90-2.00 mm thickness, and 1.60-1.65 mm for the varieties thinner than 1.7 mm. It was found out that the higher the proportions of immature kernels in brown rice, the more conspicuous the improvement of milling efficiency as well as head rice rates by their removals. With increasing the sieve slit-widths beyond an optimum range, the losses of mature grains increased sharply. For effective separation of immature kernels, it was suggested that the optimum sieve-slit width should be set up depending on both of the kernel thickness and the critical loss limit of mature kernel.

Keywords : Rice, Milling, Brown rice, Immature rice, Head rice, Immature rice separator

벼는 개화 후 4일째 될 무렵 길이가 결정되고, 2주째에는 최대의 폭, 3주일째에는 최대의 두께에 달하며 4주째에는 최대의 중량을 갖는다(del Rosario et al., 1968; Hoshikawa, 1973). 하지만 이것은 이상적인 환경 하에서의 벼알 1립에 대한 발달과정이고, 실제 조건에서는 1개의 이삭 내에서도 개화일이 영화간에 3-5일간의 차이가 있고(Stansel, 1975), 1개의 식물체를 구성하는 전체 영화들이 모두 개화하는 데는 분얼 수에 따라 보통 1주에서 수주까지도 차이(Kunze & Calderwood, 1985)가 발생할 수 있다.

그 경우 늦게 개화하여 수정된 벼 종실의 경우 수확기에 따라 다양한 정도의 미성숙 상태로 거둬지게 되는데, 이들 미성숙 벼로부터 가공된 현미는 정상적으로 성숙된 현미에 비해 두께가 얇고 조직이 연해서 백미로 가공되는 단계인 도정과정에서 마찰이나 연삭작용에 의해 쉽게 부스러져 겨와 함께 빠져나가거나 잔 싸라기로 배제되거나 쌀에 잔류되더라도 분상질을 갖고 단백질함량이 높아 쌀의 외관 품질과 밥맛을 떨어뜨리는 요인으로 작용하게 된다(van Ruiten, 1985; Spadaro et al., 1980; Webb, 1985; Juliano, 1985).

따라서 도정업체에서는 제현기와 정미기 사이에 미숙립 제거를 위한 이른바 립선별기를 설치하여 백미 가공전에 현미로부터 미숙립 등 비정상 현미를 제거함으로써 도정효율과 백미품위의 향상을 꾀하고 있다. 이러한 립선별기로는 경사형의 세로선 립선별기와 원통식의 회전형 립선별기가 보급되고 있다.

미숙립의 분리율을 높이는 것이 도정을 감소(van Ruiten, 1985)와 직결되기 때문에 과거 식량이 부족하던 때에는 가식부위를 높이기 위하여 극히 등숙이 불량한 현미만을 제거

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

(E-mail) lee0ck@korea.kr

<Received July 8, 2009>

할 목적으로 보통 1.6 mm 체 눈을 갖는 현미선별체를 일률적으로 사용하였으나, 최근 쌀 품질의 중요성이 부각되고 완전미 가공이 보편화 되면서 미숙현미의 선별능을 높이기 위하여 1.6과 1.7 mm 선별체가 일부 사용되고 있다.

현미의 두께는 등숙환경의 영향을 받기도 하지만 품종적으로도 차이를 나타내는데 아직까지도 품종특성에 기초한 현미선별체의 적정 눈금 크기에 대한 연구는 이루어진 바 없고, 1개 또는 소수의 품종만을 가지고 1.7 또는 1.8 mm체를 사용하였을 때 미숙립의 분리율이 높았다는 단편적인 조사결과만이 보고된 상태이다.

따라서 본 연구는 품종적 특성을 고려한 현미선별체 적정 눈 크기를 설정하여 도정효율과 완전미수율을 높이는데 기초자료를 제공하고자 시험이 수행되었다.

재료 및 방법

예비시험으로 수행한 선별체 적정분리시간 설정을 위한 시험과 선별조건에 따른 도정시험용 시료는 2004년도에 남양시험지에서 표준재배하여 생산한 일품벼와 추청벼를 사용하였고, 본 시험에서는 품종의 다양성을 높이고자 최근 육성된 조생, 중생 및 중만생종 벼 중에서 천립중과 입형 등에서 대표되는 총 39품종을 시험재료로 선정하여 2005년도에 남양시험지에서 표준재배법에 준하여 생산하였다. 각 벼 품종의 수확은 적산온도를 기준으로 1,100°C 전후로 적기

±1일에 이루어졌고, 수확 탈곡한 벼는 수원 작물과학원으로 이송해 온 뒤 수분 15% 수준까지 천일건조 하였다. 건조가 완료된 벼는 정선한 후 지퍼 비닐백에 담아 상온에 보관하면서 시험에 사용하였다.

미숙립 분리시험용 현미시료 조제는 미리 정선된 벼를 시험용 현미기에 2회 통과시켜 제조하였으며, 현미 분리시험은 Fig. 1과 같이 원통형 현미선별체를 탈부착 가능하도록 제작된 시험용 립선별기(쌍용기계, 한국)에 현미 200g을 넣고 60rpm으로 일정시간 분리하여 체 눈을 통과한 현미와 그렇지 않은 현미로 분리하였고, 체 눈을 통과한 현미는 다시 육안검사로 미숙립과 완숙립의 비율을 조사하였다. 립선별체의 체눈 크기는 1.7, 1.8, 1.9 및 2.0 mm의 4가지 조건에서 분리시험이 이루어졌다.

현미의 천립중은 미숙립을 제거하지 않은 현미를 대상으로 무작위로 1,000립을 세어 무게를 측정하였고, 두께도 미숙립을 제거하지 않은 현미를 무작위로 148립 선별하여 디지털 캘리퍼스로 측정한 후 평균한 값을 그 시료의 두께로 나타내었다.

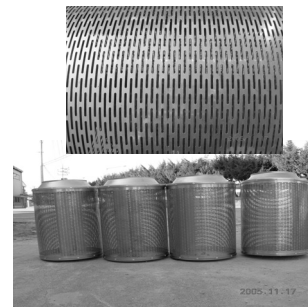
제현율은 정선된 벼 1.0 kg을 시험용 현미기(THU35A, Satake)에 통과시켜 왕겨를 완전히 제거한 다음 1.6 mm 간격으로 조정된 45° 각도의 줄 체를 통과시켜 설미를 분리하고 얻은 현미중량을 원료 벼 중량에 대한 백분율로 나타냈고, 설미율은 제현율 측정과정에서 분리된 설미중량을 원료 벼 중량에 대한 백분율로 표시하였으며, 현백율은 현미

Table 1. List of rice varieties tested.

Rice variety name	No. of varieties
Chucheongbyeo, Saechucheongbyeo, Sampyeongbyeo, Seokjeongbyeo, Shindongjinbyeo, Ilmibyeo, Saegyechwabyeo, Juanbyeo, Junambyeo, Ilpumbyeo, Samkwangbyeo, Hwa-seongbyeo, Odaebyeo, Taebongbyeo, Sangjubyeo, Saesangjubyeo, Jungsanbyeo, Hojin-byeo, Daeripbyeo 1, Yangjobyeo, Samdeokbyeo, Daepyeongbyeo, Yeonganbyeo, Pyeong-anbyeo, Seopyeongbyeo, Sangokbyeo, Taeseongbyeo, Hwarangbyeo, Manmibyeo, Man-weolbyeo, Hopyeongbyeo, Manhobyeo, Jinpumbyeo, Nonganbyeo, Geumanbyeo, Nam -ilbyeo, Joanbyeo, Naepungbyeo, Sobibyeo	39



Immature grain separator



Separation sieve

Fig. 1. Pictures of immature grain separator and separation sieve.

500g을 원료로 사용하여 달관으로 미강층이 완전히 제거될 때 까지 시험용정미기에 5~6회 반복 도정한 후 얻어진 백미를 1.7 mm 체로 쳐서 설패를 분리하고 남은 백미중량을 현미의 중량에 대한 백분율로 나타냈고, 설패율은 현백을 측정과정에서 분리된 설패중량을 현미중량에 대한 백분율로 표시하였으며, 도정율은 제현율과 현백율을 곱한 다음 100으로 나눠 얻어진 수치로 표시하였다.

백미의 품위검정은 3반복으로 이루어졌는데, 도정 후 얻어진 백미중 50g씩 취하여 숙련된 사람이 육안으로 완전립, 분상질립, 싸라기, 피해립, 사미별로 완전히 분리한 후 각각의 무게를 재어 원료 쌀의 중량에 대한 백분율로 표시하였다.

각 특성별 그래프 작성과 회귀식 및 결정계수의 산출은 Microsoft Excel에서 지원하는 기능을 사용하였다.

결과 및 고찰

주요 벼 품종의 현미립 두께 분포

Fig. 2는 본 시험에 사용된 39 품종에서 각각 무작위로 148립씩 취하여 두께별 립수 분포율을 조사한 성적의 일부(Fig. 2의 좌)와 본 시험에 공시된 39품종에 대하여 평균 립 두께를 기준으로 품종수의 분포율(Fig. 2의 우)을 나타낸 것이다. 한 품종내에서의 립 두께에 따른 종실 분포 곡선을 보면 오대벼, 상주벼, 중산벼, 화성벼, 삼평벼, 삼광벼와 같이 최빈수의 립 두께를 기준으로 낮은 쪽과 높은 쪽에 립 수가 대등한 좌우 대칭적 분포의 그룹, 새상주벼, 주안벼, 석정벼, 신동진벼, 새추청벼, 주남벼 등과 같이 최빈수의 립 두께를 기준으로 볼 때 립 두께가 얇은 쪽에 더 많은 립수가 분포하는 그룹, 태봉벼, 추청벼, 일품벼, 일미벼 등과 같이 최빈수의 립 두께를 기준으로 두꺼운 쪽에 더 많은 립수가 분포하는 그룹의 3가지 종류로 대별되었다.

조사된 품종에서 현미 립 두께는 평균 립 두께를 중심으로

로 0.08-0.14 mm 범위의 표준편차를 보였고, 평균 립 두께를 기준으로 품종을 분류하였을 때 2.00-2.05 mm 범위에 가장 많은 품종 수가 분포하였다.

선별체 눈 크기 및 분리시간에 따른 조 분리율과 조 분리 현미의 조성

Table 2는 일품벼와 추청벼의 현미를 대상으로 선별체 체 눈 크기와 선별시간을 달리하여 분리하였을 때 현미 원료무게에 대한 체 눈 통과 현미무게의 비율을 지칭한 조 분리율과 분리된 현미의 조성을 나타낸 것이다. 일품벼와 추청벼 모두에서 선별체의 체 눈 크기가 커지고, 분리시간이 길어질수록 조 분리율이 증가하였다. 하지만 체 눈 크기가 적정 이상 커지게 되면 분리된 현미의 조성이 분리시간에 따라 품종간 반응이 달리 나타났다.

1.7 mm 체를 사용했을 때 일품벼의 경우 분리시간 20초에서 분리율이 1.8%였으나 3분으로 했을 경우 3.8%로서 2배 이상 증가된 반면에 분리된 현미 중 성숙립의 비율은 큰 변화가 없었으며, 추청벼의 경우도 일품벼에 비해 양은 적었으나 조 분리율이 20초에 비해 3분 분리했을 경우 약 2배 정도 증가한 반면에 분리 현미내 성숙립의 함유율은 뚜렷한 변화가 없었다.

1.8 mm 현미 선별체에서는 일품벼의 조 분리율이 20초간 분리의 2.6%에서 3분 분간 분리의 5.8%로 약 2배 이상 증가 함으로써 1.7 mm 체에서의 분리시간에 따른 조 분리율 증가율과 비슷하였으나 분리 현미중의 성숙립 비율이 분리시간 120초 이상부터 급격히 증가되었으며, 추청벼의 경우는 분리시간에 따른 조 분리율의 증가율이 1.7 mm 체에서의 증가율보다 둔화되었고 성숙된 현미의 비율은 분리시간 20초부터 높게 나타났다.

1.9 mm 현미 선별체에서는 일품벼의 경우 20초간의 분리에서 조 분리율이 8.3%로서 1.7과 1.8 mm에서 동일 분리

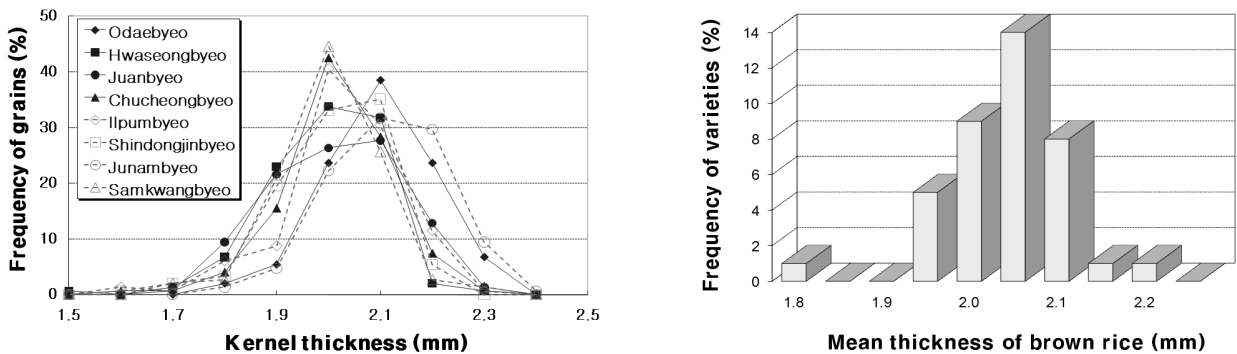


Fig. 2. Frequencies of rice grains and varieties based on the thickness of brown rice.

Table 2. Gross separation rates of brown rice with the sieve-slit widths and separation times in Ilpumbyeo and Chucheongbyeo[†], and compositions of the separated-grains.

Sieve slit width (mm)	Separation time (sec)	Ilpumbyeo			Chucheongbyeo		
		Gross separation rate (%)	Composition of separated-grain (%)		Gross separation rate (%)	Composition of separated-grain (%)	
			Immature	Mature		Immature	Mature
1.7	20	1.8	99.7	0.3	0.5	99.3	0.7
	60	2.4	99.6	0.4	0.6	99.3	0.7
	120	3.1	99.2	0.8	0.8	98.8	1.2
	180	3.8	99.6	0.4	0.9	99.2	0.8
1.8	20	2.6	99.2	0.8	0.9	96.7	3.3
	60	4.0	99.1	0.9	1.1	97.2	2.8
	120	5.0	97.6	2.4	1.3	92.1	7.9
	180	5.8	97.1	2.9	1.4	93.3	6.7
1.9	20	8.3	86.1	13.9	2.7	71.7	28.3
	60	10.9	84.7	15.3	3.1	64.0	36.0
	120	12.1	85.6	14.4	3.9	65.8	34.2
	180	14.1	82.1	17.9	4.5	55.8	44.2

[†] Brown rice yields : 83.6% in Ilpumbyeo and 82.5% in Chucheongbyeo, which were harvested in 2004

Table 3. Milling properties of the brown rice after separation of immature grains at different separation conditions and their milled rice composition.

Variety	Separation condition		Small broken rice (%)	Milling rate based on BR [‡] (%)	Milling rate based on RR [‡] (%)	Composition of milled rice (%)			
	Slit-width (mm)	Seper. time (sec)				Head rice	Chalky rice	Broken rice	Damaged rice
Ilpumbyeo	1.7	20	0.15	90.4	74.3	66.6	30.4	2.1	0.9
		60	0.12	90.6	73.9	69.5	26.9	2.5	1.1
		120	0.09	90.8	73.6	74.5	22.5	2.1	0.9
		180	0.08	90.9	73.2	76.4	20.3	2.3	1.0
	1.8	20	0.07	90.7	73.9	63.3	34.2	1.8	0.7
		60	0.07	90.6	72.8	70.3	27.5	1.6	0.6
		120	0.04	90.9	72.3	77.5	20.2	1.5	0.7
		180	0.04	91.0	71.7	79.6	18.0	1.6	0.8
	1.9	20	0.04	91.2	70.0	79.7	17.7	1.7	0.9
		60	0.03	91.4	68.1	84.0	13.7	1.4	0.9
		120	0.02	91.4	67.2	84.1	13.3	1.6	1.0
		180	0.02	91.5	65.7	81.6	16.0	1.6	0.8
Chucheongbyeo	1.7	20	0.06	91.1	74.8	87.7	10.0	1.4	1.0
		60	0.06	91.3	75.0	90.0	7.4	1.2	1.4
		120	0.05	91.6	75.0	90.8	6.5	1.2	1.5
		180	0.05	91.4	74.8	91.3	6.3	1.1	1.3
	1.8	20	0.06	91.2	74.6	88.7	8.4	1.6	1.4
		60	0.04	91.3	74.6	89.6	7.6	1.5	1.4
		120	0.05	91.4	74.5	89.2	8.4	1.3	1.1
		180	0.04	91.5	74.4	87.2	10.5	1.3	0.9
	1.9	20	0.05	91.5	73.2	88.1	9.5	1.4	1.1
		60	0.04	91.4	73.1	89.0	8.8	1.3	0.9
		120	0.03	91.4	72.5	89.8	7.9	1.4	0.9
		180	0.03	91.4	72.1	91.2	6.6	1.3	0.9

[†] Brown rice yields : 83.6% in Ilpumbyeo and 82.5% in Chucheongbyeo, which were harvested in 2004

[‡] BR: Brown rice, RR: Rough rice

시간 조건으로 얻어진 각각의 조 분리율 1.8과 2.6%에 비해 현저히 증가되었고, 분리된 현미중에 포함된 성숙립의 비율도 함께 증가되었다. 하지만 분리시간에 따른 증가율은 둔화되었다. 1.9 mm 체에서 추청벼의 경우도 비록 양은 적었지만 분리시간에 따른 조 분리율의 변화는 일품벼와 비슷한 경향을 보인 반면에 분리현미 조성에서 성숙립 비율이 일품벼에서 보다 2배이상 증가되었다.

이상에서 볼 때 일품벼와 추청벼의 경우는 1.7 mm체를 사용하여 시료량을 줄이고 충분한 시간 분리하게 되면 성숙립의 손실 없이 미숙현미를 거의 완벽하게 제거할 수 있을 것으로 판단할 수 있었다. 하지만 실제 도정라인에서 분리시간(또는 단위시간당 원료 투입량)은 곧 바로 시간당 가공할 수 있는 양과도 직결되기 때문에 너무 장시간 분리하게 되면 미숙현미의 분리단계에서 병목현상을 초래할 수 있다. 따라서 미숙립을 효과적으로 분리하기 위해서는 품종에 따라 체 눈의 크기와 분리시간(또는 시료 투입량)을 적정히 안배하여야 함을 암시하고 있다.

선별조건을 달리하여 미숙립을 제거한 현미의 도정특성

Table 3은 앞에서와 같이 선별체 종류와 선별시간을 달리하여 미숙립을 제거한 현미를 시료로 사용하여 시험용도정기에서 도정하였을 때 쉐미율, 현백율, 도정율 및 백미의 조성을 나타낸 것이다. 일품벼의 경우 현미선별체의 눈금이 커지고 미숙현미 분리시간이 길수록 쉐미율이 감소하고 현백율은 증가하였고, 백미의 품위에서도 분상질립과 싸라기의 감소로 완전미율이 체눈 크기와 분리시간이 증가할수록 향상되는 것으로 나타났다. 하지만 적정 체 눈금과 적정 분리시간 이상으로 적용할 경우 성숙 현미의 소실증가로 정조증량을 기준으로 한 도정율이 급격히 감소되었다.

추청벼의 경우는 현미선별체의 눈금이 커지고 분리시간이 길어질수록 쉐미율과 현백율에서의 약간의 변화와 도정수율에서의 미미한 감소가 있기는 하였으나 일품벼와 같이 미숙립 제거에 따른 효과가 뚜렷하지는 않았으며, 완전미율에서도 경향이 뚜렷하지 않았다. 이는 본 시험에 사용된 2004년산 추청벼의 경우 등숙이 잘 되어 풍만도가 높고 미숙립율도 2.5%내외로 적게 포함되어 있는 반면에 일품벼는 후기분얼 등으로 미숙립이 높게 포함되어 있어서 미숙립의 분리효과가 상대적으로 더 뚜렷하게 나타난 것으로 생각된다.

주요 벼에서 현미선별체 조건에 따른 조분리율과 조분리 현미조성

Table 4는 '05년도에 생산된 39 벼 품종의 현미를 1.7, 1.8, 1.9 및 2.0 mm 현미선별체에서 1분간 분리하였을 때

미숙현미 조분리율과 조분리 현미의 조성을 나타낸 것이다.

품종별 현미 평균 두께는 농안벼 1.79 mm에서 대립벼 2.16 mm까지 다양하였으며, 천립중은 19.5에서 35.2g의 범위를 보였다. Fig. 3은 선별체 눈 크기를 달리하여 1분간 분리하였을 때 현미 200g으로부터 분리된 조분리물 전량을 사진으로 나타낸 것이다. 체 눈 크기에 따른 조분리율과 분리현미의 조성은 일차적으로 현미 두께에 의존하기는 하였으나 같은 두께라고 하더라도 분리율과 분리현미 조성에서 적지 않은 차이를 보임으로써 품종적 특성도 상당히 관여되는 것으로 나타났다. 이러한 품종적인 특성은 Fig. 2에 나타난 품종 내에서의 현미 두께 분포차이가 크게 작용하였을 것으로 판단된다.

Fig. 4는 Table 4에서의 선별체 눈금 크기에 따른 공시품종의 평균적인 현미립 두께를 x 값으로 하고, 조분리율(좌측 그림)과 분리현미 속에 포함된 정상현미 소실율(우측 그림)을 y 값으로 하여 각각 상관을 나타낸 것이다. 조분리율과 정상현미 소실율 모두 현미두께와 지수함수적으로 높은 상관을 가짐으로써 특정품종에서 선별체 눈금 크기가 적정 크기보다 적을 경우에는 정상립 손실은 없으나 분리가 매우 적게 일어나고, 적정 크기보다 커질 경우 분리율과 그에 따른 정립손실도 급격히 증가할 수 있기 때문에 품종에 맞는 눈 크기의 선별체 선정이 필요하다는 것을 암시하고 있다. 한편 품종별 평균립 두께와 조 분리율간의 회귀식은 유의적 상관은 있었으나, 품종 간에 존재하는 현미의 두께 분포 다양성으로 인해 적정 체 눈금의 설정을 위하여 이들 회귀식을 모든 품종에게 획일적으로 적용하기에는 무리가 있었다.

현미 천립중과 관계에서는 조분리율과 정상현미 소실율 모두 현미 천립중과 지수함수적인 상관을 갖는다는 점은 현미 두께에서와 비슷하였으나, 회귀식의 결정계수가 현저히 낮아 천립중만으로 선별체 크기를 선택하기에는 미흡함을 알 수 있다(Fig. 5). 하지만 천립중은 립 두께 보다 측정이 쉽고 품종적 특성에 강하게 의존(Yoshida, 1981; Juliano & Bechtel, 1985)하기 때문에 특정 품종에서 평년에 나타나는 천립중과 비교해서 그해 등숙 정도와 립 두께를 추정하는데 유용하게 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

벼 품종별 현미선별체 적정크기

립선별기가 최대 효과를 내기 위해서는 성숙한 현미의 손실 없이 미숙립만을 완전히 제거할 수 있도록 미숙립 선별체의 체눈 크기, 현미 낱알과 선별체간의 직접적인 접촉횟수, 미숙립이 체눈을 통하여 빠져나가도록 가하는 압력(중력 또는 원심력) 등 선별과 관련된 요인들에 대한 최적화가 필요하다. 미숙립이 통과할 수 있을 만큼 체 눈이 크다 할지

Table 4. Gross separation rates and mature kernel losses according to sieve-slit width at different rice varieties (Separation time : 1 min).

Variety	Kernel thick-ness (mm)	1000 grain weight (g)	Gross separation rate with the sieve-slit width (%)				Loss of mature kernels with the sieve-slit width (%)			
			1.7mm	1.8mm	1.9mm	2.0mm	1.7mm	1.8mm	1.9mm	2.0mm
Daripbyeo 1	2.16	35.2	0.6	1.0	2.2	4.0	0.0	0.1	0.2	0.5
Odaebyeo	2.11	25.9	0.7	1.4	3.1	5.6	0.0	0.1	0.4	1.3
Daepyeongbyeo	2.09	23.0	0.3	0.4	1.1	3.6	0.0	0.1	0.4	2.0
Taeseongbyeo	2.08	23.8	0.4	0.7	1.1	2.4	0.0	0.1	0.4	1.0
Manweolbyeo	2.08	24.9	0.4	0.8	1.2	2.7	0.0	0.0	0.2	1.2
Manmibyeo	2.07	22.2	0.9	1.6	4.3	10.3	0.0	0.3	1.1	6.3
Seopyeongbyeo	2.07	25.3	0.5	0.9	2.3	4.6	0.0	0.1	0.8	2.3
Yangjobyeo	2.06	26.5	0.3	0.5	1.1	2.4	0.0	0.0	0.3	0.8
Taebongbyeo	2.06	22.0	0.8	1.7	3.3	6.0	0.0	0.2	0.7	2.2
Joanbyeo	2.05	22.8	0.4	0.7	1.4	3.1	0.0	0.1	0.3	0.9
Namilbyeo	2.05	26.8	0.8	1.8	4.2	9.7	0.0	0.2	1.3	3.8
Junambyeo	2.04	24.1	0.2	0.4	1.4	4.0	0.0	0.0	0.6	3.1
Sobibyeo	2.04	29.1	1.0	2.0	4.7	9.0	0.1	0.2	0.8	2.8
Hwaseongbyeo	2.03	23.5	0.4	1.0	2.9	6.6	0.1	0.2	1.8	4.0
Yeonganbyeo	2.03	23.6	0.3	0.5	1.9	6.0	0.1	0.1	1.4	4.3
Juanbyeo	2.03	23.2	0.8	1.9	5.4	10.6	0.0	0.4	2.8	8.0
Sampyeongbyeo	2.02	25.5	0.3	0.6	1.9	5.5	0.0	0.1	0.9	3.6
Shindongjinbyeo	2.02	28.8	0.4	0.8	2.5	6.0	0.0	0.1	0.7	3.3
Jinpumbyeo	2.02	23.7	0.3	0.5	1.3	4.6	0.0	0.1	0.5	3.3
Seokjeongbyeo	2.02	24.0	0.3	0.6	1.9	4.8	0.0	0.1	0.6	2.5
Saegyechwabyeo	2.02	22.8	0.8	1.2	2.6	6.4	0.0	0.0	0.3	3.1
Samdeokbyeo	2.01	23.0	0.4	0.8	2.5	7.0	0.0	0.1	1.1	5.1
Ilmibyeo	2.01	22.9	0.3	0.4	1.8	6.6	0.0	0.1	1.1	5.7
Saechucheongbyeo	2.00	22.2	0.3	0.6	2.4	7.3	0.0	0.1	1.4	5.4
Sangjubyeo	2.00	21.3	1.5	3.2	8.9	18.9	0.0	1.0	5.0	12.7
Hwarangbyeo	2.00	24.1	0.5	0.7	2.2	5.8	0.0	0.0	0.7	3.9
Manhobyeo	1.99	23.1	0.9	1.9	5.3	12.8	0.0	0.4	1.4	8.5
Ipumbyeo	1.98	23.1	1.0	2.1	5.3	12.6	0.0	0.3	1.4	6.4
Jungsanbyeo	1.98	22.3	1.1	2.9	8.6	18.0	0.2	1.1	4.5	12.7
Samkwangbyeo	1.97	23.1	0.9	2.0	5.6	13.6	0.0	0.1	1.9	8.6
Pyeonganbyeo	1.97	28.0	0.6	1.5	5.0	11.6	0.1	0.1	1.8	7.0
Naepungbyeo	1.96	21.2	1.0	2.0	7.2	25.9	0.0	0.2	4.0	22.5
Saesangjubyeo	1.95	22.4	3.1	6.5	15.7	28.7	0.1	1.7	4.0	11.3
Sangokbyeo	1.95	22.3	0.8	1.7	4.5	29.1	0.0	0.2	1.2	18.4
Hojinbyeo	1.93	22.2	1.0	2.3	7.7	22.6	0.2	0.5	5.7	19.0
Hopyeongbyeo	1.92	22.3	1.2	2.5	8.8	21.6	0.3	1.1	4.5	17.8
Chucheongbyeo	1.91	21.5	0.6	1.3	4.9	14.4	0.0	0.2	3.2	12.4
Geumanbyeo	1.90	22.0	1.5	3.9	16.1	47.8	0.3	2.2	9.8	45.1
Nonganbyeo	1.79	19.5	12.0	34.3	73.5	94.3	7.9	23.5	58.9	73.1

라도 체 눈과 접하지 못하면 분리될 수 없고, 또한 체 눈과 직접 접하더라도 대부분 미숙립에서 립폭과 립장이 정상립의 립 두께보다는 크기 때문에 각도가 적절히 일치하지 않으면 분리될 수 없을 것이다. 동일한 체 눈 크기와 압력 하에서 체로 곡립 등을 크기별로 분리하고자 할 경우 각각의 낱알이 체와 직접 접할 수 있는 횟수가 많을수록 분리율이 최대값에 근접하게 될 것이다. 적은 양의 현미에서 batch식

으로 미숙립을 분리하고자 할 경우에는 여러 수준의 체 눈 크기를 갖는 선별체를 사용하여 각 체 조건별로 충분한 시간 체질 한 후 미숙립 분리와 성숙립 손실 정도를 점검함으로써 큰 어려움이 없이 최적의 체 조건을 설정할 수 있을 것이다. 그러나, 도정공정에서는 전체 라인의 흐름과 보조를 맞춰야 하기 때문에 연속적으로 미숙립 선별이 이루어져야 하고 립 선별기로 유입되는 원료량과 선별시간도 제한을

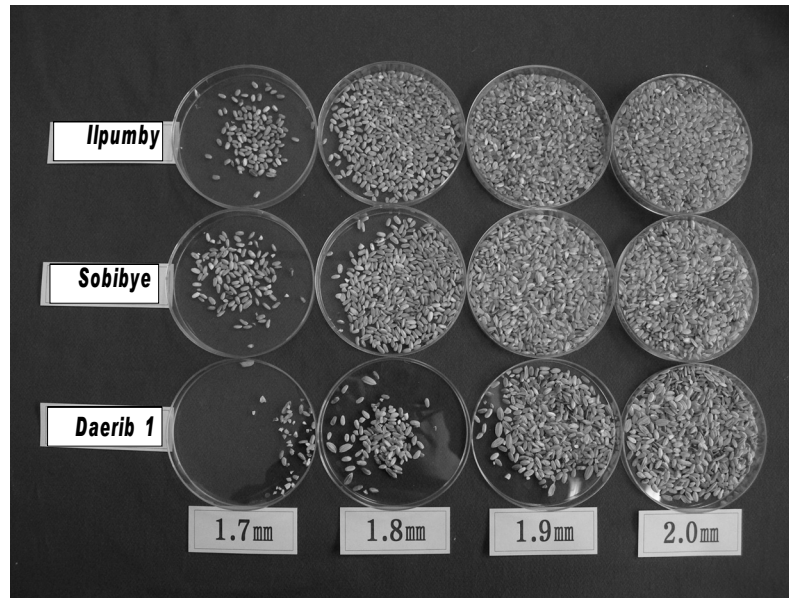


Fig 3. A photograph of the brown rice kernels passed through the different slit-sized sieves.

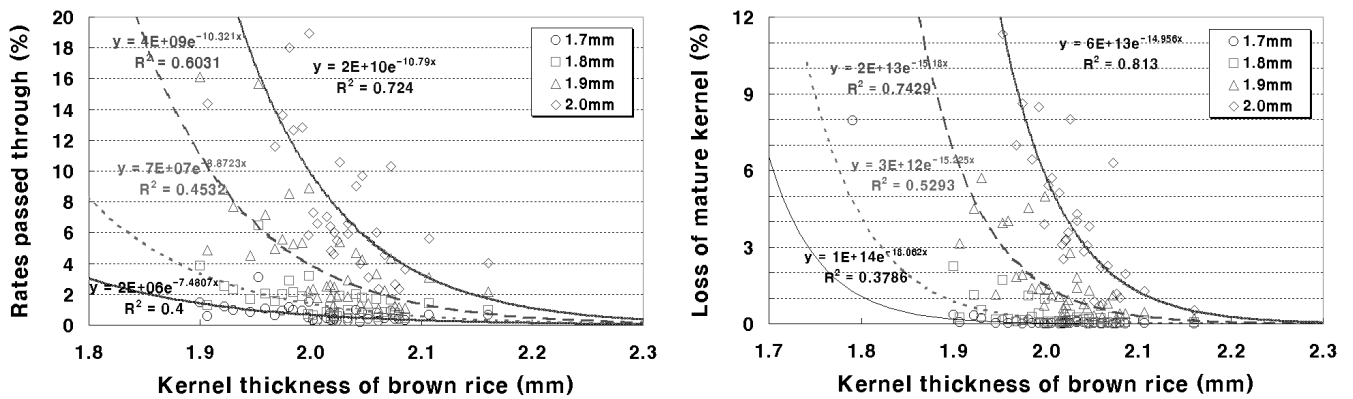


Fig. 4. Gross separation rates and mature kernel losses with the average kernel thicknesses of rice varieties at different sieve slit width.

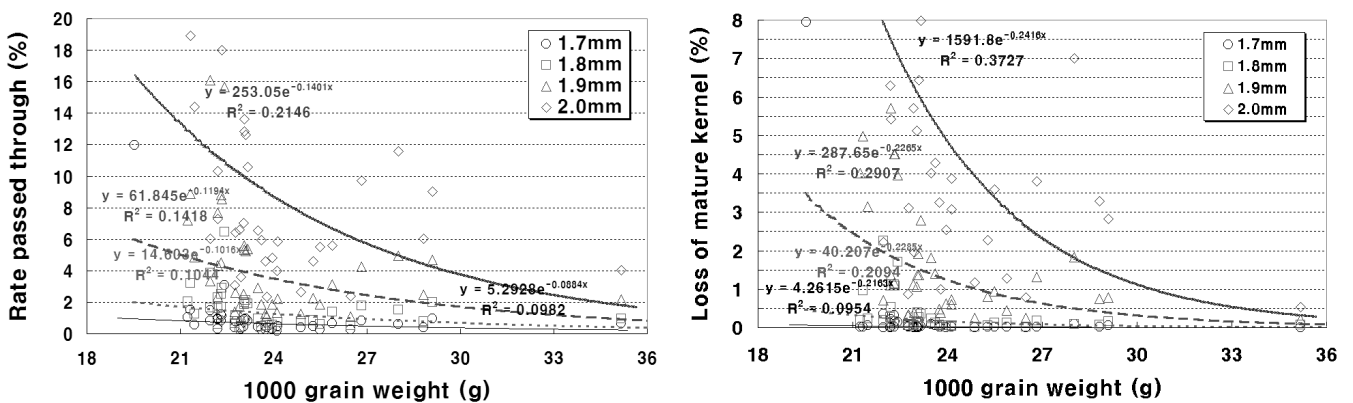


Fig. 5. Gross separation rates and mature kernel losses with the 1000 grain weights of rice varieties at different sieve slit width.

받을 수밖에 없다.

Table 4와 Fig. 4에서 보면 립 선별기 체 눈 크기 어느 한 도 내에서 약간의 성숙립 손실을 감수할 경우 미숙립의 분 리율을 크게 향상시킬 수 있음을 보이고 있다. 즉, 원료처리 량, 선별체 내에서의 원료의 체류시간 등 기타 조건이 고정 되었다고 할 때 각각의 현미립이 직접 체와 접촉하는 횟수 가 충분히 많을 경우에는 현미 선별체의 체 눈 크기는 미숙 립만 통과될 수 있는 정도로 설정해도 되나 접촉하는 횟수 가 충분하지 않을 경우에는 체 눈의 크기를 적절히 조절함 으로서 성숙한 현미의 손실이 최소로 유지되는 범위내에서 미숙립을 최대한 분리해낼 수 있을 것이다.

Table 5는 국내 육성벼 39 품종에 대하여 성숙현미 0.1% 손실을 감수할 경우 미숙립 분리를 최대로 할 수 있는 선별 체 눈 크기를 나타낸 것이다. 즉, 농안벼와 같은 소립 품종 의 경우는 1.60 mm, 중산벼, 호진벼 등 4품종은 1.65 mm, 만호벼, 태봉벼 등 13품종은 1.70 mm, 대립벼, 오대벼 등 21품종은 1.80 mm 선별체가 각각 적당한 것으로 나타났는

데, 품종별 평균 립 두께와 연계해서 볼 때는 두께 1.90 mm 미만의 품종은 1.60 mm 선별체, 두께 1.90-2.00 mm 범위의 품종은 1.65 mm 선별체, 두께 2.00-2.08 mm 범위의 품종 은 1.70 mm 선별체, 두께 2.08 mm 초과 품종은 1.80 mm 선별체가 적당한 것으로 판단된다.

Table 6은 Table 5에서와 동일한 방식으로 성숙현미 0.5% 손실을 감수할 경우 미숙립 분리를 최대로 할 수 있는 선별 체 눈 크기를 나타낸 것이다.

농안벼와 같은 소립 품종의 경우는 1.6 mm, 상주벼, 중산 벼 등 6품종은 1.7 mm, 만미벼, 서평벼 등 24품종은 1.8 mm, 대립벼, 오대벼 등 8품종은 1.9 mm 선별체가 각각 적당한 것으로 나타났고, 품종별 평균 립 두께와 연계해서 볼 때는 두께 1.90 mm 미만 품종은 1.6 mm 선별체, 두께 1.90-1.96 mm 범위의 품종은 1.7 mm 선별체, 두께 1.96-2.08 mm 범 위의 품종은 1.8 mm 선별체, 두께 2.08 mm 초과 품종은 1.9 mm 선별체가 적당한 것으로 판단되었다.

Table 5. The optimum sieve slit-widths for separation of the immature brown rice to different thickness of rice varieties with the loss of mature grains less than 0.1%.

Sieve slit-width (mm)	Thickness of BR (mm)	Recommendable rice varieties
1.60	< 1.90	Nonganbyeo
1.65	1.90~2.00	Jungsanbyeo, Hojinbyeo, Hopyeongbyeo, Geumanbyeo
1.70	2.00~2.08	Manmibyeo, Taebongbyeo, Namilbyeo, Sobibyeo, Hwaseongbyeo, Juanbyeo, Naepungbyeo, Saesangjubyeo, Sangokbyeo, Chucheong -byeo, Sangjubyeo, Manhobyeo, Ilpumbyeo
1.80	2.08 <	Daeripbyeo 1, Odaebyeo, Daepyeongbyeo, Taeseongbyeo, Manweol -byeo, Seopyeongbyeo, Yangjobyeo, Joanbyeo, Junambyeo, Yeong -anbyeo, Sampyeongbyeo, Shindongjinbyeo, Jinpumbyeo, Seokjeong -byeo, Saegyechwabyeo, Samdeokbyeo, Ilmibyeo, Saechucheong -byeo, Hwarangbyeo, Samkwangbyeo, Pyeonganbyeo

Table 6. The optimum sieve slit-widths for separation of the immature brown rice to different thickness of rice varieties with the loss of mature grains less than 0.5%.

Sieve slit width (mm)	Thickness of BR (mm)	Recommendable rice varieties
1.60	< 1.90	Nonganbyeo
1.70	1.90~1.96	Sangjubyeo, Jungsanbyeo, Saesangjubyoe, Hojinbyeo, Hopyeong-byoe, Geumanbyeo
1.80	1.96~2.08	Manmibyeo, Seopyeongbyeo, Taebongbyeo, Namilbyeo, Junambyeo, Sobibyeo, Hwaseongbyeo, Yeonganbyeo, Juanbyeo, Sampyeong -byeo, Shindongjinbyeo, Jinpumbyeo, Seokjeongbyeo, Samdeokbyeo, Ilmibyeo, Saechucheongbyeo, Hwarangbyeo, Manhobyeo, Ilpum -byeo, Samkwangbyeo, Pyeonganbyeo, Naepungbyoe, Sangokbyoe, Chucheongbyeo
1.90	2.08 <	Daeripbyoe 1, Odaebyeo, Daepyeongbyeo, Taeseongbyeo, Manweol -byeo, Yangjobyeo, Joanbyeo, Saegyechwabyeo,

적 요

인용문헌

본 연구는 립선별기에서 미숙립 선별능력을 높임으로써 도정효율 증진과 완전미율 향상을 피하고자 품종특성을 고려한 립선별기 선별체 최적 조건 구명 시험이 수행되었고, 다음과 같은 결과가 얻어졌다

1. 립선별기의 선별능력은 현미립 두께에 절대적으로 의존되었는데, 조사된 시험재료의 현미 평균 두께는 1.79(농안)-2.16 mm(대립벼1호)의 분포를 보였다.

2. 품종별 차이는 있었으나, 대체적으로 현미의 평균 립 두께가 2.08 mm 이상일 경우 1.9 mm 선별체, 2.00-2.08 mm 범위일 경우 1.8 mm 선별체, 1.90-2.00 mm 범위일 경우 1.7 mm 선별체, 그 이하일 경우 1.7 mm 이하의 선별체가 정립 손실을 최소화하면서(0.1% 이내) 완전미율을 향상시킬 수 있는 조건인 것으로 판단되었다.

3. 백미 품위에 미치는 선별체 분리효과는 미숙립 비율이 높은 품종일수록 크게 발휘되었다.

4. 현미선별 체 눈 크기를 0.1 mm 씩 증가시킬 경우 품종별로 현미선별체 통과물중에 정상립이 포함되어 발생하는 정상립 손실율이 0.5% 수준까지는 현미선별체 눈금크기 증가에 따라 미미하게 증가하였으나, 이 눈금 수준이상에서는 선별체 눈금 0.1 mm 증가에 따라 정상립의 손실율이 급격히 증가하는 것으로 보아 정상립 손실율 0.5% 수준의 눈금이나 그 보다 0.05~0.10 mm 아래 눈금의 선별체가 적당할 것으로 생각되었다.

del Rosario, A.R., Briones, V.P., Vidal, A.J., and Juliano, B.O., 1968. Composition and endosperm structure of developing and mature rice kernel. *Cereal Chem.* 42: 225-235

Hoshikawa, K., 1973. Morphogenesis of endosperm tissue in rice. *JARQ* 7: 153-159

Juliano, B.O., and Bechtel, D.B., The rice grain and its gross composition. 17-50 In: 'Rice chemistry and technology' (B.O. Juliano, ed.) 2nd edn American Association of Cereal Chemists, Inc. MN, U.S.A. (1985).

Kunze, O.R., and Calderwood, D.L., The rough rice drying. pp 234-235 In: 'Rice chemistry and technology' (B.O. Juliano, ed.) 2nd ed. American Association of Cereal Chemists, Inc. MN, U.S.A. (1985).

Spadaro, J.J., Matthews, J., and Wadsworth, J.T., 1980. Milling. pp 360-420 in: *Rice: Production and Utilization* B.S. Luh, ed. Avi Publ. Co., Inc., Westport, CT

Stansel, J.W., 1975. The rice plant - Its development and yield. pp 9-21 In: *Six decades of rice research in Texas*. Tex. Agric. Exp. Stn. College Station, Res. Monogr. 4, 136 pp

Webb, B.D., 1985. Criteria of rice quality in the United State. pp 423-424 In: 'Rice chemistry and technology' (B.O. Juliano, ed.) 2nd edn American Association of Cereal Chemists, Inc. MN, U.S.A.

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