

영남 평야지 조생종 벼 조기재배가 수량 및 품질에 미치는 영향

이종희[†] · 박동수 · 곽도연 · 여운상 · 송유천 · 김춘송 · 전명기 · 오병근 · 신문식 · 김제규

농촌진흥청 작물과학원 영남농업연구소

Yield and Grain Quality of Early Maturing Rice Cultivars as Affected by Early Transplanting in Yeongnam Plain Area

Jong-Hee Lee[†], Dong-Soo Park, Do-Yeon Kwak, Un-Sang Yeo, You-Chun Song, Choon-Song Kim, Myeong-Gi Jeon, Byeong-Geun Oh, Mun-Sik Shin, and Je-Kyu Kim

Rice Ecology and Breeding Division, Yeongnam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Milyang 627-803, Korea

ABSTRACT This study was conducted to evaluate an early-maturing rice cultivars adaptable to early transplanting cultivation in Yeongnam plain area. High temperature during the ripening stage of paddy rice under the early-transplanting cultivation in Yeongnam plain was to influence in several agronomic traits such as number of spikelet, ripening ratio, grain appearance of milled rice, and yield. ‘Gounbyeo’ and ‘Junghwabyeo’ were better than the others in grain appearance of milled rice and ripening ratio, but their yield potential were lower than that of the other varieties. Moreover, ‘Gounbyeo’ and ‘Junghwabyeo’ showed high ratio of broken rice. ‘Unkwangbyeo’ was the highest in yield and eating quality among the tested varieties, but also high percentage of white core and belly in milled rice. Therefore, in order to recommend those cultivars to farmers, it should be needed to establish an optimal cultivation method, such as transplanting density, fertilizer application, and harvesting time, etc. consequently, it should also be required to develop a new varieties with high ripening capability under high temperature condition.

Keywords : rice, early-transplanting cultivation, grain quality, high temperature

쌀 수입 개방과 더불어 정부 주도의 벼 수매제도가 공공비축제로 전환되면서 민간 RPC(미곡종합처리장)를 중심으로 쌀이 수매되고, 쌀 가격이 하락하는 등 농가 경쟁력 및 수익은 감소되고 있는 추세이다. 이에 대응하고자 우리 쌀의 고급화 전략중 하나로 수확 후 관리과정의 완전미 생산에 초

점이 맞추어지고 있다. 또한 밥맛이 좋은 쌀에 대한 소비자들의 수요가 지속적으로 증가되고 있으며, 특히 햅쌀의 선호도가 높아지고 있다. 이러한 요구에 부응하여 선도농가와 RPC를 중심으로 평야지에서 조생종 벼를 일찍 심어 수확하는 조기재배가 증가되고 있는 추세이다. 평야지 조기재배는 4월 하순 ~ 5월 상순에 이양하여 8월 중하순에서 9월 상순 사이에 수확하는 재배 작형이며, 햅쌀은 묵은쌀에 비해 소비자 선호도가 높다. 특히, 추석용 햅쌀은 기존 중만생종 쌀이 출하전 판매하는 틈새시장으로 재배면적이 점차 증가될 것으로 기대된다. 또한 국내에서는 중생 또는 중만생종 벼 품종이 재배면적의 대부분을 차지하고 있으며, 벼 수확은 10월에 집중된다. 이것은 수확기 노동력 및 기계의 부족으로 적기 수확을 어렵게 되는 원인이 될 뿐만 아니라, 수확기 집중에 따른 건조 및 저장시설의 부족으로 품질저하의 원인이 되고 있다. 따라서 수확시기 분산 측면에서도 평야지 조기재배가 필요한 실정이다. 그러나 조기재배는 7월 장마 직후 출수하여 수확기까지 고온 상태에서 등숙이 진행되므로 분상질립의 발생을 증가시켜 쌀의 외관품질을 나쁘게 할 뿐만 아니라 식미를 저하시키는 것으로 알려져 있다 (Choi *et al.*, 1994, Choung *et al.*, 2004). 국내의 조생종 품종은 산간지 및 중산간지를 중심으로 재배되고, 벼 품종육성 및 재배방법 개발도 이들 적응지역을 중심으로 연구가 집중되었다. 본 연구는 국내 육성된 고품질 조생종 품종들에 대한 영남 평야지 조기재배에 따른 수량과 품질에 미치는 영향을 검토하고, 그에 따라 발생하는 문제점과 개선 방안을 모색하고자 수행하였다.

[†]Corresponding author: (Phone) +82-53-350-1156

(E-mail) ccrljh@rda.go.kr

<Received May 26, 2008>

재료 및 방법

영남지역 평야지 조기재배시 국내 육성된 고품질 조생종 품종들의 주요 농업적 특성 및 품질에 미치는 영향을 조사하고자 영남농업연구소 벼 시험포장에서 난괴법 3반복으로 오대벼 등 6품종을 공시하여 2005~2006년 2년간 시험을 수행하였다. 4월 10일에 파종하여 30일간 육묘한 후 5월 10일에 30×15 cm의 재식거리로 품종당 8열씩 주당 3본으로 이앙하고, 시비량은 N-P₂O₅-K₂O = 9-4.5-5.7 kg/10a로 하였으며, 그 밖의 재배관리는 영남농업연구소 벼 표준재배법에 준하여 재배하였다.

농업적 특성은 농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청, 2003)에 따라 출수기, 간장, 수장, 수수, 수당립수 및 천립중을 조사하였다. 등숙율은 품종별 3주씩 3반복으로 수확한 다음 염수선으로 등숙립과 비등숙립을 선별하여 총립수에 대한 등숙립의 비율로 구하였다. 수량은 100주를 수확하여 10a당 수량으로 환산하였다. 현미 및 백미의 외관 품질은 품위판별기(RN-500, Kett Co.)를 이용하여 조사하였다. 현미는 정립(현미 중 미숙립, 피해립, 사미를 제외하고 큰 장해가 없는 품종 고유의 모양, 색깔을 가지고 있으며 등숙이 양호한 입자), 동할립(현미의 완전한 형태를 갖추면서 균열이 있는 것), 미숙립(사미를 제외한 성숙하지 않은 것), 피해립(손상된 현미로 발아립, 병충해립, 기형립, 싸라기 등) 및 사미(외관상으로 불투명하여 광택이 없으며 충실도가 불량하고 길이와 폭은 크지만 두께가 얇은 것)로 분류되었다. 백미는 완전미(쌀의 외관이 깨어지지 않고 깨끗한 쌀), 분상질립(심백미, 복백미 및 유백미 등 쌀의 외관의 1/2 이상이 분상질인 것), 싸라기(깨진 쌀), 구열립(금간쌀)으로 구분되었다. 수확시기별 현미 품질의 변화는 2006년 8월 18일부터 9월 8일까지 1주일 간격으로 시험구당 10주를 수

확하여 분석하였다. 아밀로스함량은 Juliano의 비색검정법에 따라 분석시료를 전처리 한 후 UV-spectrophotometer로 620nm에서 흡광도를 측정하여 분석하였다. 단백질함량은 자동질소분석기(Kjetec Analyzer 2300, Foss Co.)를 이용하여 측정된 총 질소함량에 보정상수 5.95를 곱하여 구하였다. 식미치는 백미 33 g을 정량하여 Toyo meter(Model MA98B, Toyo Co)를 이용하여 측정하였다. 식미관능검정은 농촌진흥청(2002)의 기준에 따라 외관, 향, 맛, 찌기, 질감 및 종합적 식미(총평)을 7점 척도로 분석하였다.

결 과

벼생육기간의 기후특성

본 연구의 조기재배 벼 생육기간 동안 평균기온과 일조시간을 Table 1에 나타내었다. '05년과 '06년의 월평균기온은 각각 23.0℃와 21.7℃로 평년에 비해 0.9℃와 0.6℃ 높았다. 누적 일조시간은 830.6시간 및 700.0시간으로 평년에 비해 176.3시간 및 306.9시간이 부족하였다. 본 연구에 공시된 품종들의 출수기~수확기까지 해당되는 7월과 8월의 평균기온은 23.3~26.5℃사이이고 등숙기인 8월의 최고온도는 30℃ 이상의 고온으로 지속되었으며, 누적 일조시간은 평년에 비해 59.4~19.8시간정도 부족하였다.

농업적 특성 및 수량

시험품종들의 평균 출수기는 7월 22일이었고 태봉벼와 고운벼가 오대벼보다 5일 정도 빨랐으며, 평균 수당립수는 91개이고, 운광벼는 113개로 다른 품종에 비해 많았다. 등숙율은 73.3~86.0%로 품종간에 유의한 차이를 나타내었고, 오대벼와 중화벼의 등숙율은 86.0%로 다른 품종보다 높았다. 반면 제현율은 품종간 차이가 없었다. 공시품종의 평균

Table 1. Climatic changes during rice growing period (May~September)

Season	Temperature (℃)									Sunshine (hr)		
	2005			2006			Normal			2005	2006	평년
	Avg.	Max	Min.	Avg.	Max	Min.	Avg.	Max	Min.			
May	18.2	26.4	10.8	17.4	24.3	11.5	17.5	24.5	10.7	245.9	163.2	245.2
Jun.	23.3	29.6	18.1	21.9	28.5	16.5	21.6	27.4	16.6	181.5	151.2	195.9
Jul.	25.3	30.5	21.1	23.3	27.7	20.1	25.2	29.8	21.4	142.0	66.2	178.1
Aug.	25.5	31.0	21.2	26.5	32.8	22.0	25.6	30.6	21.5	140.6	181.8	201.3
Sept.	22.5	27.7	18.3	19.5	25.9	14.3	20.8	26.8	15.8	120.6	137.6	186.4
Avg.	23.0	29.0	17.9	21.7	27.8	16.9	22.1	27.8	17.2	-	-	-
Sum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	830.6	700.0	1006.9

수량은 449 kg/10a로 낮은 수량성을 나타내었으나, 윤광벼는 529 kg/10a로 가장 높았다.

백미 품위

공시품종들의 백미 완전미율은 53.7~72.2%사이였으며, 중화벼와 고운벼가 72.2와 71.0%으로 타 품종에 비해 쌀의 외관특성이 양호한 편이었다. 분상질립 발생은 16.3% ~ 41.2%로 전반적으로 높은 경향이였으며, 특히 윤광벼와 오대벼가 41.2 및 39.8%로 가장 높았다. 찌라기 발생율은 3.4~10.0%사이로 발생하였으며, 고운벼 > 중화벼 > 태봉벼 > 새상주벼 > 윤광벼 > 오대벼 순으로 높았다.

쌀의 이화학적특성 및 식미

공시 품종들의 백미 단백질 함량은 6.4~6.9%정도였으며, 윤광벼와 오대벼의 단백질함량은 각각 6.3와 6.5%로 타 품종에 비해 낮은 경향이었고, 태봉벼와 새상주벼가 높은 경향이였다. 아밀로스 함량은 17.3~18.7%로 품종간에 큰 차이를 나타내지 않았다. Toyo meter는 취반시 보수막의 윤기를 측정하여 식미의 간접적인 지표로 사용되고 있으며(Son *et al.*, 2002), 이 기계로 밥의 윤기를 분석한 결과 47.5~59.3사이로 전반적으로 낮은 경향을 보였다. 새상주벼와 고운벼가 각각 59.3과 55.1로 다른 품종에 비해 높았으며, 오대벼와 윤광벼가 낮았다. 반면, 식미 관능검정에서 밥모양, 찰기 및 식미총평에서는 윤광벼와 오대벼가 양호하였으며,

Table 2. Varietal difference of major agronomic traits, yield components, and yield

Variety	Heading date	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicle	No. of grain per panicle	Grain filling ratio (%)	Brown rice ratio (%)	Yield (kg/10a)
Goun	7.18	75 a	19.3 c	14.6 ab	83 b	83.2 a	84 a	402 c
Taebong	7.18	69 b	20.5 ab	14.3 ab	95 ab	79.2 ab	84 a	434 b
Junghwa	7.23	73 ab	19.3 c	13.6 ab	92 ab	86.0 a	83 ab	428 b
Odae	7.23	72 ab	20.0 bc	14.6 a	85 b	86.0 a	83 ab	451 b
Saesangju	7.25	69 b	19.6 c	15.2 a	84 b	85.5 a	82 b	448 b
Unkwang	7.26	68 b	21.6 a	12.9 b	113 a	73.3 b	83 ab	529 a
Average	7.22	71.0	20.1	12.2	78.9	82.2	83	449

Table 3. Varietal difference of grain appearance

Varieties	Grain appearance of milled rice (%)			
	Head rice	Broken rice	Opaque rice	Damaged rice
Goun	71.0 a	10.0 a	17.6 c	1.3 b
Taebong	63.9 ab	5.7 b	26.2 bc	4.3 ab
Junghwa	72.2 a	9.6 a	16.3 c	2.0 ab
Odae	56.4 b	3.4 b	39.8 ab	0.4 b
Saesangju	57.6 b	5.5 b	30.7 abc	6.1 a
Unkwang	53.7 b	4.7 b	41.2 a	0.6 b

Table 4. Varietal difference of physicochemical properties

Variety	Protein content (%)	Amylose content (%)	Toyo taste value
Goun	6.5 a	17.3 ns	55.1 ab
Taebong	6.9 b	17.3	47.5 c
Junghwa	6.8 b	18.0	52.0 bc
Odae	6.4 a	18.7	48.5 c
Saesangju	6.9 b	18.0	59.3 a
Unkwang	6.4 a	17.7	49.7 c

Table 5. Sensory evaluation of cooked rice by panel test

Variety	Appearance	Favor	Taste	Stickiness	Texture	Overall evaluation
Goun	0.00	-0.20	0.20	0.20	0.00	0.10
Taebong	-0.10	-0.10	-0.10	-0.30	-0.10	-0.20
Junghwa	-0.56	0.33	-0.67	-0.67	-1.00	-1.11
Odae	0.40	0.00	0.40	0.60	0.40	0.60
Saesangju	-1.60	-0.10	-0.10	0.00	0.00	-0.20
Unkwang	0.60	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50

태봉벼, 중화벼 및 새상주벼는 밥모양과 식미총평이 상대적으로 낮게 평가되었다.

고 찰

햅쌀은 묵은쌀에 비해 밥맛 측면에서 경쟁력이 높기 때문에 조기재배면적이 점차 증가 추세이다. 그러나 중산간지 및 산간지 재배를 목적으로 육성된 고품질 조생품종들을 평야지에서 재배하면 수량 감소와 더불어 외관품질 저하 및 식미 감소 등의 문제점이 있는 것으로 생각된다. 영남 지역 평야지 조기재배에서 출수기, 간장, 수장 및 수수의 확보에서는 큰 문제점이 발견되지 않았으나, 수당립수, 등숙율 및 수량이 전반적으로 낮은 경향을 나타내었다. Kim 등은(2007) 일평균기온과 일평균 일조시간을 이용하여 계산한 소모도장효과의 경시적 변화를 분석한 결과, 영남지역에서 소모도장효과는 6월부터 증가하기 시작하여 7월과 8월이 가장 높았으며, 9월과 10월에 급격히 감소한다고 하였다. 일반적으로 벼의 등숙적온은 주간온도 26°C, 야간온도 16°C가 최적의 온도범위라고 알려져 있으며(Lee, 2001), 우리나라에서 자포니카 벼에 알맞은 등숙기간(출수후 40일)의 일평균기온은 21.5°C로 알려져 있고, 수량적인 측면에서 적정 등숙온도는 21~23°C라고 보고되었다(Yun & Lee, 2001). 한편 경북지역에서 고품질 쌀을 생산할 수 있는 최적 등숙 평균기온은 20.8~21.0°C라고 보고하였다(Lee, 2005). 또한 Peng *et al.*(2004)은 지구온난화로 인해 벼 재배기간 중 야간온도가 1°C 증가할 때마다 벼 수확량이 10% 감소된다고 보고하였다. 따라서 조기재배에서 수량이 낮은 원인은 출수기부터 등숙기까지 평균기온이 등숙기 최적온도 21.5°C보다 약 3~4°C정도, 밤의 등숙 최적온도 15°C보다 약 5~6°C정도 높고, 조기재배의 출수기에 해당되는 7월 중순의 장마로 인한 일조가 부족으로 인한 소모도장효과가 커서 건물생산측면에서 불리하게 작용하였기 때문인 것으로 판단된다.

조기재배에서는 완전미율이 낮고 분상질미 발생이 5.2~

41.2%까지 높게 발생하는 경향을 보였다(Table 2). 출수기 전후 30일간의 평균기온이 증가하면 배유로 전이되는 동화산물 공급의 부족으로 분상질립의 발생이 많은 것으로 보고되었다(Kobata *et al.*, 2004). 유백미와 심복백미가 완전미에 1%만 함유되어도 식미치가 약 5%정도 감소되며, 5% 이상 함유되었을 경우에는 12~20%까지 감소한다고 하였다. 또한 동할미가 5%이상 함유되면 식미치에 크게 영향을 미친다고 알려져 있다(Chung *et al.*, 2005). 따라서 본 연구에서 식미치가 낮은 수치를 나타낸 것은 동할미나 심복백미의 발생증가가 다소 영향을 미친 것으로 판단된다. 동할립은 현미의 배유부에 균열이 생기는 현상으로 도정시 찌라기 발생을 조장하고, 외관품질이나 식미에도 영향을 미치기 때문에 쌀의 상품성에 많은 영향을 미칠 것으로 생각된다. 미립의 동할미 발생은 등숙초기 고온과 일조량이 많은 조건에서 높아지는 경향으로 출수 후 1~10일의 일평균 최고기온과 동할미 발생을 사이에 유의한 정의 상관을 보인다고 알려져 있다(Nagata *et al.*, 2004). 본 시험에서 출수기는 7월 22일 전후로 등숙기까지 고온의 지속이 현미의 동할미 발생을 증가시킨 원인으로 판단되며, 백미의 찌라기의 발생에도 영향을 미친 것으로 생각된다. 찌라기는 가공과정에서 선별되어 상품화되지는 않기 때문에 상품성에는 영향을 미치지 않을 수 있다. 그러나 Fig. 1에서 보는 바와 같이 현미의 동할립 발생은 완전미중의 균열립과 $r = 0.5141$ 로 고도의 유의한 정의상관을 가지고 있다.

중화벼와 새상주벼의 백미 완전미중 균열립의 발생이 각각 55.6%와 40.9%로 다른 품종에 비해 높았다. 미립내 균열이 발생한 쌀을 취반하면 전분 호화과정에서 내부 전분질이 쌀 표면으로 분출되기 때문에 밥이 풀처럼 될 뿐 아니라 밥의 모양이 일그러지고 식미를 저하시킨다고 알려져 있고, 균열립 혼입율이 20%이상일 경우 밥맛이 현저히 저하한다고 하였다(김, 2007). Table 3의 관능검정 결과에서 중화벼와 새상주는 밥모양에서 불량한 한 것으로 나타난 것은 완전미중 균열립이 많았기 때문인 것으로 판단되며, 밥모양이

식미충평에도 영향을 미치는 것으로 판단된다.
조기재배에서 동할미 발생경감을 위한 적정 수확시기를

구명하고자 수확시기별로 현미의 품위를 조사하였다(Fig. 2).
전반적으로 수확시기가 늦을수록 미숙립의 발생은 낮아지

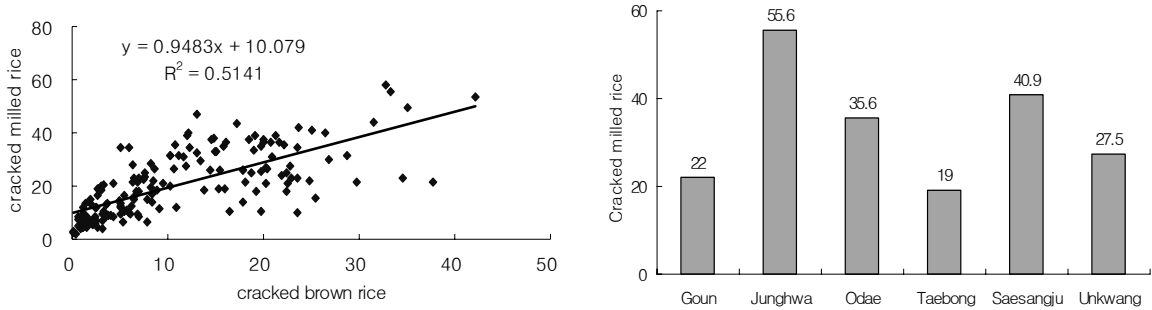


Fig. 1. Correlation of cracking percentage between milled rice and brown rice (left) and difference percentage of cracked milled rice derived from head rice (right).

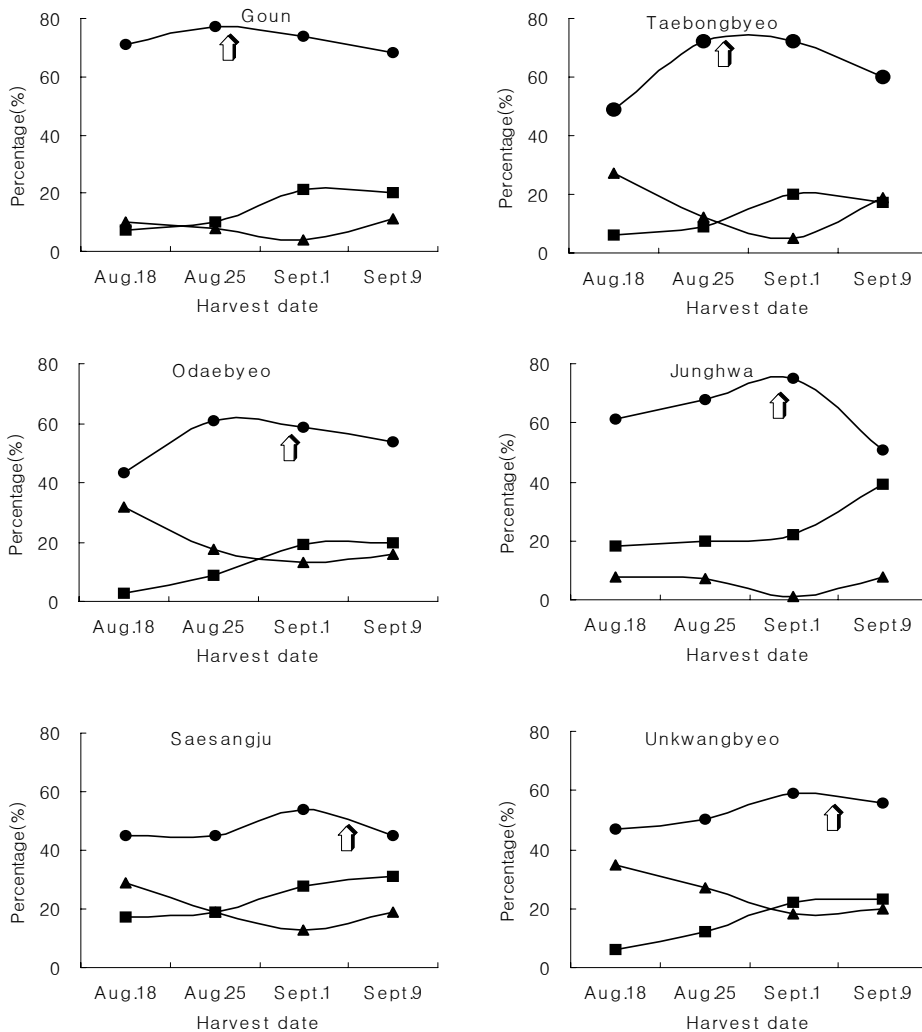


Fig. 2. Change of brown rice appearance according to the harvesting dates (●; Perfect, ▲; Immatured, ■; Cracked rice, ⤴; 40 Days after Heading)

고, 동할립의 발생은 증가 경향을 보였다. 고운벼, 태봉벼 및 오대벼는 8월 25일에 수확할 경우 현미 정립 비율이 가장 높았고, 중화벼, 새상주벼 및 운광벼는 9월 1일 수확에서 현미의 정립율이 가장 높았다. 화살표(↑)는 출수 후 40일째를 나타낸 것으로 출수 후 40일까지는 현미의 정립율이 높아지고, 미숙립율의 비율이 감소하는 경향이였다. 반면, 출수 40일 이후부터 동할미의 발생은 점차적으로 증가하였으며, 상대적으로 정립 비율도 감소하였다. 따라서 조기재배에서 동할미 발생을 줄이고, 정립 비율을 높이기 위해서는 출수 후 40일경에 수확하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 동할미 발생은 배유내 중심부의 아밀로플라스트 증식의 불량으로 세포사이의 간격이 커지는 구조가 되어 수분의 흡수 건조과정에서 배유 내부 균열이 생기며, 이 원인으로는 등숙초기 고온에 의해 배유중심부의 축적이 빨리 진행되어 세포밀도가 낮아지는 환경적인 요인(Nagata *et al.*, 2004)과 품종에 따라서 등숙초기에 저장물질이 광범위하게 축적되어 성숙후기 배유 중심부의 균열이 생기기 쉬운 구조를 가지는 유전적인 요인에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다 (Yamata *et al.*, 2008).

본 연구의 결과를 종합해 보면 영남평야지 조생종 벼 조기재배에서 수량 및 품질은 품종간에 유의한 차이를 나타내었으며, 고운벼와 중화벼는 외관품질면에서는 다른 품종에 비해 양호하였지만, 동할미 발생이 많고 수량이 적은 단점이 있었다. 운광벼는 수량이 높고 관능검정에서 밥맛이 양호하였지만, 분상질립 발생이 많아 상품성이 떨어지는 단점이 발견되었다. 따라서 수량감소, 동할미와 유백미의 발생을 줄일 수 있는 적절한 재배방법의 개선과 조기재배에 적응하는 품종개발에 관한 지속적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

적 요

영남평야지 조기재배시 국내 육성된 고품질 조생종 품종들의 품질에 미치는 영향을 살펴본 결과를 요약하면 아래와 같다.

1. 공시품종들의 평균 출수기는 7월 22일로 8월 하순에서 9월 상순사이에 수확이 가능한 것으로 판단되었고, 공시품종들의 평균 수당립수, 등숙율 및 수량에서 품종간 유의한 차이가 있었으며, 운광벼가 수량이 529 kg/10a로 가장 많았다.
2. 수확시기별 현미 품위를 조사한 결과 동할미 발생을 줄이고 현미 정립율을 높이기 위해서는 출수 후 40일경에 수확하는 것이 정립은 8월 25일 ~ 9월 1일 사이 수확하는

것이 가장 높았으며, 수확시기가 늦어질수록 미숙립의 발생은 감소하고 동할립의 발생은 증가하였다. 백미 완전미는 중화벼와 고운벼가 72.2%와 71.0%로 높았으나 싸라기 발생이 높았으며, 운광벼와 오대벼는 분상질의 발생이 많았다.

3. 운광벼와 오대벼는 백미 단백질 함량은 6.4%로 낮았으며, 식미관능검정의 총평이 각 0.6 및 0.5로 밥맛이 양호하였다.

인용문헌

김동철. 2007. 영동지역 쌀 산업화 특화 전략. 한살희총서 23 : 41-78.

농촌진흥청. 2002. 쌀 품질 및 식미평가.

농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사분석기준.

이종훈. 2001. 최신 도작과학. 선진문화사. pp. 183-202.

Choi, H. C., J. H. Choi, C. S. Lee, Y. B. Kim, and S. Y. Cho. 1994. Varietal and locational variation of grain quality components of rice produced in hilly and high altitude areas in Korea. Korean J. Crop Sci. 39(1) : 27-37.

Choung, J. I., K. Y. Kim, Y. H. Choi, Y. D. Kim, M. K. Ou, H. C. Hong, J. K. Kim, and H. G. Hwang. 2004. Analysis of chemical and eating quality character of the early rice variety at cultured in the southern plain area. Korean J. Breed. Sci. 36(1s) : 274-275.

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.

Kim, C. S., J. S. Lee, J. Y. Ko, E. S. Yun, U. S. Yeo, J. H. Lee, D. Y. Kwak, M. S. Shin, and B. G. Oh. 2007. Evaluation of optimum rice heading period under recent climatic change in yeongnam area. Korean J. Agricultural and Forest Meteorology 9(1) : 17-28.

Kobata, T., N. Uemuki, T. Inamura, and H. Kagata. 2004. Shortage of assimilate supply to grain increases the proportion of milky white rice kernels under high temperature. Jpn. J. Crop Sci. 73(3) : 315-322.

Lee, S. H. 2005. Analysis of rice quality and environmental factors based on different agricultural regions in Gyeongbuk province. Ph. D. Thesis Kyungpook National University. 55pp.

Nagata, K., T. Takita, S. Yoshinaga, K. Terashima, and A. Fukuda. 2004. Effect of air temperature during the early grain-filling stage on grain filling in rice. Jpn. J. Crop Sci. 73(3) : 336-342.

Peng, S., J. Huang, J. E. Sheehy, R. C. Laza, R. M. Visperas, X. Zhong, G. S. Centeno, G. S. Khush, and K. G. Cassman. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. Proceedings of the National Academy of Science of the United states of America 101(27) : 9971-

- 9975.
- Yun, S. H. and J. T. Lee. 2001. Climate change impacts on optimum ripening periods of rice and its countermeasure in rice cultivation. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 3(1) : 55-70.
- Son, J. R., J. H. Kim, J. I. Lee, Y. H. Youn, J. K. Kim, H. G. Hwang, and H. P. Moon. 2002. Trend and future research of rice quality evaluation. *Korean J. Crop Sci.* 47(S) : 33-54.
- Yamada, K., N. Iwasawa, T. Matsuda, and Y. Nitta. 2008. Effects of high temperature stress during the early stages of ripening on endosperm structures in rice varieties differed from the appearance rate of cracked grains. *Jpn. J. Crop Sci.* 77(sup. 1) : 220-221.