

녹색쌀 생산을 위한 벼 품종들의 특성 비교

원준연* · 조진웅**†

*중부대학교, **충남대학교 농업생명과학대학

Comparison of Characteristics Among Rice Varieties for Whole Green Rice Grain Production

Jun-Yeon Won* and Jin-Woong Cho**†

*Joongbu Univ. Keumsan 32713, Korea

**College of Agricultural & Life Sciences, Chungnam National Univ. Daejeon 34135, Korea

ABSTRACT This research analyzed the characteristics of varieties of rice such as a harvest time and yield, and to select a proper variety to product green rice according to a conventional planting culture and a late planting culture. The most proper harvest time of rice, in general, was 15 to 25 days after heading to product the green rice. Sinsunchal among glutinous rice varieties and Chilbo among nonglutinous rice varieties showed the most amount harvest at 25 days after heading, which was a limit harvest time for the whole green rice production in overall rice varieties. The amount of green rice according to transplanting times, the May 30th transplanting was more than the June 20th. The yield of green rice harvested at 15~25 days after heading was varied according to varieties. Proper glutinous varieties for green rice production were Dongjinchal, Sangdongchal, Boseokchal, and Sinsunchal, in order of listed, which were transplanted at the May 30th. Meanwhile, Boseokchal, Backokchal, and Sinsunchal, in order of listed, were proper varieties for green rice production, which were transplanted at the June 20th. In nonglutinous rice, Samkwang, Nunbora, and Chilbo, which were transplanted at the May 30th, were proper varieties for green rice production. Hwanggeomnodeul, Hopum, and Chilbo, which were transplanted at the June 20th, were proper varieties for green rice production.

Keywords : whole green rice, harvest time

최근 웰빙(well-being)붐에 따라 기능성 유색미와 통곡물(Whole Grain)에 관한 관심이 높아지고 있으며 이들 가공제품 섭취는 성인병의 예방 등에 효과를 제공하는 이점으로 인하여 점차 소

비가 증가하고 있다. 우리나라는 1인당 연간 쌀 소비량이 2002년 87 kg에서 2013년에는 67.2 kg으로 급감하였으며 향후에도 매년 빠르게 감소하는 추세가 예상된다(MFAFF, 2014).

현미의 영양분 배아(쌀눈)에 66%, 겨층 호분층 내피에 29%, 배젓(배유)에 5%로 분포되어 있으며 단백질함량은 5~17%를 보이고 있고(Lambert *et al.*, 2007) 백미에 비하여 P와 K의 함량이 더 높을 뿐 아니라 비타민B나 tocochromanol 등의 함량이 높아 영양적 가치가 매우 높다고 한다(Ji *et al.*, 2013; FAO, 1993; Butsat and Siriamornpun, 2010). 또한 유색미는 그 색깔 때문에 품질의 다양화와 가공을 위한 재료가 되는데 색깔 이외에도 단백질, 비타민, 미네랄 등에서 영양적 가치가 일반미에 비하여 많이 높은 것으로 알려지고 있다(Oh *et al.*, 2015; Park *et al.*, 1998; Tsuda *et al.*, 1998).

한편, 미곡 뿐만 아니라 보리와 밀에 있어서 등숙과정 중에 매우 유용한 물질이 함유되었다는 보고도 있는데 출수 후 약 15~25일 사이에 수확한 보리와 밀은 성숙된 종실에 비하여 아미노산 중 methionine, lysine 및 threonine 의 함량이 많았고, 비타민C, β -carotene, α -와 β -tocopherol, 그리고 비타민C 등이 월등히 높은 함량을 보였으며, 특히 보리의 경우 β -glucan 의 함량도 높았다고 하였으며 벼에 있어서도 동일한 수확시기에 완전히 성숙된 종실에 비하여 비슷한 함량을 보였다고 한다(Ju *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2012; Ji *et al.*, 2013; Gan *et al.*, 2015).

따라서 본 연구는 이와 같이 고기능성 물질들이 다량 함유된 녹색 쌀을 이용하기 위하여 몇가지 우리나라에서 많이 재배되는 벼 품종을 대상으로 녹색 쌀 생산을 위한 품종들의 특성들을 알고자 본 연구를 수행하였다.

†Corresponding author: (Phone) +82-42-821-5725 (E-mail) jwcho@cnu.ac.kr

<Received October 27, 2015; Revised October 29, 2015; Accepted November 2, 2015>

재료 및 방법

본 연구에 이용된 벼 품종은 동진찰벼, 생동찰벼, 보석찰벼, 녹원찰벼, 백옥찰벼, 신선찰벼, 삼광벼, 눈보라, 추청벼, 황금노들, 호품벼, 칠보벼 등 12개 품종을 대상으로 실시하였다. 파종은 4월 30일과 5월 20일에 상자 당 200 g 씩 파종하여 약 30일간 육묘한 후 5월 30일과 6월 20일에 각각 본답에 이앙하였다. 주당 개체수는 3~4였으며 15 cm x 30 cm의 재식거리를 두고 이앙하였다. 시비량은 N : P : K를 9 kg : 4.5 kg : 5.7 kg을 사용하였으며 이 중 N은 기비로 50%, 분얼비 25%, 그리고 이삭비로 25%씩 각각 분시하였으며 K와 P는 기비와 수비로 70%와 30%로 나누어 분시하였다. 시험구는 난괴법 3반복으로 하여 실험을 수행하였으며 병충해방제 및 제초는 관행적으로 실시하였다.

조사는 녹색쌀의 수확적기를 알기 위해 출수 후 15일, 25일 및 40일째에 수확하여 겨를 제거한 후 현미 무게를 측정하였다. 수확된 녹색벼의 색도는 색차계(CR-400, Konica Minolta Sensing INC., Japan)를 사용하여 표준색판(D₆₅ Y=93.9, x=0.3152, y=0.3314)으로 보정한 후 L (Lightness), a (Redness:+, Greeness:-), b (Yellowness:+, Bluness:-)값으로 나타내었다. 각각의 시료는 3회 반복 이상 측정하여 그것의 평균값을 나타내었다.

결과 및 고찰

수량 및 녹색벼 품종선발

이앙시기에 따른 벼 품종들의 출수기를 살펴보면 5월 30일

이앙은 출수기가 8월 9일부터 8월 26일 사이에 출수하였다 (Table 1). 출수가 가장 벼 품종은 8월 9일에 출수한 신선찰벼가 가장 빨랐으며 생동찰벼가 8월 26일로 가장 늦게 출수하였다. 6월 20일 이앙했을 때의 출수기는 8월 20일부터 9월 6일 사이였는데 동진찰벼, 보석찰벼, 신선찰벼, 눈보라, 칠보벼 등이 8월 20일에 출수하였으며 생동찰벼가 9월 6일 출수로 가장 늦었다(Table 2). 이앙시기에 따른 출수기 차이는 6월 20일 만식으로 약 4일에서 11일 정도 출수기가 지연되었는데 칠보벼가 출수기 지연이 4일로 가장 적었으며 생동찰벼와 신선찰벼가 11일로 출수 지연이 가장 길었다.

이앙시기에 따른 벼 품종들의 성숙기 이후의 수량 및 수량구성요소를 살펴보면 이삭수는 m² 당 5월 30일 이앙은 414개의 칠보벼가 가장 많았으며 백옥찰벼가 224개로 가장 적었다 (Table 1). 또한 6월 20일 이앙은 칠보벼가 418개로 가장 많았으며 추청벼가 229개로 가장 적었다(Table 2). 이앙시기 차이에 의한 이삭수 변화는 녹원찰벼, 백옥찰벼, 신선찰벼, 삼광벼, 눈보라, 칠보벼 등은 이삭수가 이앙이 늦어져도 큰 변화를 보이지 않았지만 동진찰벼, 생동찰벼, 황금노들, 추청벼, 호품벼는 이삭수가 감소되었고 이 중 추청벼가 약 26%의 이삭수 감소를 보였다. 단위면적당 벼알수 역시 이앙시기에 따라 변화를 보인 품종은 동진찰벼, 신선찰벼, 황금노들, 칠보벼 등이 감소되었지만 나머지 품종들은 벼알수가 크게 변하지 않았다. 등숙율의 경우 품종간에 다소 차이가 보였지만 대체적으로 5월 30일 이앙했을 때 80~90%의 등숙율을 보였으며 6월 20일 만식했을 때에도 5월 30일 이앙과는 큰 차이를 보이지 않았다. 품종간에는 녹원찰

Table 1. Yield and yield components of 12 rice varieties according to harvest times with transplanting time at May 30th.

varieties	Heading date (M. d)	No. of panicle (m ²)	No. of spikelet (1,000 x m ²)	Percent ripened grain	1000 grain weight (g)	Yield of rice (g m ²)		
						15 DAH [†]	25 DAH	40 DAH
Chilbo	8.16	414±47	43.2±5.9	92.4±2.4	26.0±1.6	359	510	503
Hwangumnodeul	8.15	282±22	35.2±2.5	93.6±2.6	28.8±4.2	220	370	475
Hopum	8.15	321±11	36.7±2.9	90.7±0.8	30.0±1.1	299	433	483
Chuchung	8.16	308±20	31.4±2.3	90.5±2.3	25.4±1.6	298	412	437
Nunbora	8.14	282±40	30.1±4.5	89.1±2.6	31.1±0.8	303	405	424
Samkwang	8.13	334±32	40.5±5.5	91.9±1.7	29.2±2.7	355	437	453
Sinsunchal	8.9	326±16	40.7±2.7	92.3±0.7	26.6±4.8	364	467	469
Dongjinchal	8.15	361±26	39.2±1.6	92.0±2.7	32.5±1.3	286	395	420
Bosukchal	8.14	233±30	25.1±2.0	89.8±3.8	30.1±1.2	303	400	410
Seangdongchlal	8.26	334±49	30.0±8.0	86.3±3.9	22.8±3.7	216	369	376
Nogwonchal	8.19	277±11	34.8±1.1	78.5±5.7	22.7±4.3	283	361	379
Baegokchal	8.21	224±37	23.6±4.6	93.0±1.9	33.4±1.3	232	396	438

[†]DAH; Days after heading

Table 2. Yield and yield components of 12 rice varieties according to harvest times with transplanting time at June 20th.

varieties	Heading date (M. d)	No. of panicle (m ²)	No. of spikelet (1,000 x m ²)	Percent ripened grain	1000 grain weight (g)	Yield of rice (g m ²)		
						15 DAH	25 DAH	40 DAH
Chilbo	8.20	418±50	36.8±3.7	95.4±2.4	27.7±3.3	375	512	537
Hwangumnodeul	8.23	277±10	27.7±2.7	90.6±2.9	32.0±1.6	289	398	439
Hopum	8.23	286±46	34.7±3.3	94.6±1.4	28.9±2.3	275	428	435
Chuchung	8.21	229±22	29.8±2.4	93.7±1.9	26.3±0.9	206	331	356
Nunbora	8.20	312±32	34.1±4.0	95.5±1.7	33.8±0.8	300	461	457
Samkwang	8.22	339±18	38.7±2.5	96.8±1.7	28.3±1.6	287	447	454
Sinsunchal	8.20	304±16	30.5±5.2	92.6±3.4	27.0±1.1	414	415	420
Dongjinchal	8.20	321±26	38.8±3.4	96.5±1.2	31.5±2.0	303	348	380
Bosukchal	8.20	233±45	24.7±3.1	93.3±4.2	27.7±4.6	284	389	396
Seangdongchlal	9.6	317±11	27.0±2.0	83.2±4.3	28.0±2.6	219	280	371
Nogwonchal	8.30	282±16	33.6±2.1	76.2±5.7	26.4±1.2	239	317	403
Baegokchal	8.26	233±30	28.6±4.5	96.5±0.8	32.8±1.0	270	419	434

벼가 등숙율이 76~78%로 가장 낮았으며 천립중은 등숙율과 비슷한 경향을 보였지만 생동찰벼의 경우 만식인 6월 20일에 28 g으로 22 g의 5월 30일의 이양보다 다소 증가하는 경향을 보였다.

한편, 5월 20일에 이양하여 재배하였을 경우 출수 후 15일은 일반계 벼는 칠보벼와 삼광벼가 각각 단위면적당 359 g과 355 g로 가장 많았으며 황금노들은 220 g로 가장 적은 종실무게를 보였다. 찰벼의 경우 신선찰벼가 단위면적당 464 g로 가장 많았으며 유색찰벼인 생동찰벼가 216 g로 가장 적었다 (Table 1). 출수 25일경에 수확한 벼 종실의 수량은 칠보벼가 503 g로 가장 많았으며 녹원찰벼와 황금노들이 각각 361 g과 370 g로 상대적으로 적은 수량을 나타내었다. 출수 후 40일 기준 15일과 25일에 수확한 벼 종실의 수량비율을 보면 15일은 삼광벼, 신선찰벼 및 녹원찰벼가 상대적으로 감소정도가 적었으나 황금노들, 생동찰벼 및 백옥찰벼는 상대적 수량비율이 낮은 품종으로 분류되었다. 한편, 6월 20일에 이양하여 재배하였을 경우 출수 후 15일경에 수확한 벼 종실 수량은 칠보벼가 단위면적당 375 g을 보여 일반계 중 가장 많은 수량을 보였으며 찰벼는 신선찰벼가 414 g로 가장 많았다 (Table 2). 출수 25일경에 수확하였을 경우 벼 수량은 칠보벼가 가장 많았으며 유색미인 생동찰벼와 녹원찰벼가 각각 280 g과 317 g로 가장 적은 수량을 보였다. 출수 후 40일 기준으로 15일과 25일경에 수확한 벼 수량비율은 추청벼가 상대적으로 가장 적었으며 신선찰벼가 가장 높은 수량비율을 보였다.

녹색쌀의 품종별 색도 차이

녹색쌀에 적합한 품종을 선별하기 위하여 품종별 파종 및 수

Table 3. Chromaticity of rice grain at two harvest time among 12 rice varieties of transplanting time at May 30th.

Cultivar	Harvest time	Hunter value		
		L	a	b
Chilbo	15 DAH	50.30	-8.11	33.46
	25 DAH	49.80	-6.91	31.57
Hwangumnodeul	15 DAH	49.00	-9.29	32.94
	25 DAH	55.33	-2.45	26.84
Hopum	15 DAH	49.22	-9.27	32.17
	25 DAH	53.38	-4.90	28.12
Chuchung	15 DAH	48.13	-9.27	33.31
	25 DAH	53.37	-4.01	25.16
Nunbora	15 DAH	51.93	-6.78	32.08
	25 DAH	56.80	-3.12	26.16
Samkwang	15 DAH	49.54	-8.76	33.74
	25 DAH	54.63	-4.17	28.33
Sinsunchal	15 DAH	56.00	-6.13	29.96
	25 DAH	60.23	2.84	24.98
Dongjinchal	15 DAH	52.24	-8.32	31.98
	25 DAH	54.27	-4.45	27.90
Bosukchal	15 DAH	53.66	-7.73	31.26
	25 DAH	56.95	-2.72	28.38
Seangdongchla	15 DAH	29.11	3.16	11.29
	25 DAH	49.42	-5.05	25.68
Nogwonchal	15 DAH	36.36	-0.64	18.89
	25 DAH	47.93	-0.04	19.63
Baegokchal	15 DAH	48.02	-10.23	32.80
	25 DAH	58.84	-3.13	25.35

Table 4. Chromaticity of rice grain at two harvest time among 12 rice varieties of transplanting time at June 20th.

Cultivar	Harvest time	Hunter value		
		L	a	b
Chilbo	15 DAH	50.77	-8.27	31.92
	25 DAH	54.57	-1.39	26.75
Hwangumnodeul	15 DAH	50.15	-10.91	33.77
	25 DAH	53.90	-7.71	30.12
Hopum	15 DAH	47.63	-10.40	33.80
	25 DAH	48.60	-4.68	28.18
Chuchung	15 DAH	56.54	-3.52	28.73
	25 DAH	55.55	-2.16	28.20
Nunbora	15 DAH	54.41	-7.71	31.07
	25 DAH	57.33	-1.25	26.32
Samkwang	15 DAH	52.84	-9.58	31.86
	25 DAH	59.44	0.51	28.27
Sinsunchal	15 DAH	50.93	-6.08	29.36
	25 DAH	59.97	0.82	26.85
Dongjinchal	15 DAH	52.37	-8.39	32.76
	25 DAH	59.21	-1.60	27.60
Bosukchal	15 DAH	54.14	-8.83	33.05
	25 DAH	60.02	-4.20	29.77
Seangdongchla	15 DAH	41.52	-4.97	24.54
	25 DAH	37.65	-1.86	21.04
Nogwonchal	15 DAH	30.73	-1.26	14.55
	25 DAH	45.76	-5.59	24.43
Baegokchal	15 DAH	52.92	-9.73	35.79
	25 DAH	61.85	-7.00	31.50

확시기 등을 달리하여 색차계를 이용하여 녹색통쌀 생산에 적합한 품종을 비교하였다. 녹색통쌀의 색도는 색차계(CR-400, Konica Minolta Sensing INC., Japan)를 사용하여 표준색판(D₆₅ Y=93.9, x=0.3152, y=0.3314)으로 보정한 뒤 사용하였다. 명도(Lightness, L), 적색도(Redness, a), 황색도(Yellowness, b)를 측정하였다. L, a, b 값은 모든 품종에서 파종 및 수확시기가 같아도 차이가 있었으며 출수 후 수확 일수에 따라 색도의 변화가 크게 나타나는 것으로 알 수 있었다(Table 3, 4). 5월 30일에 이양하여 재배한 벼 품종들에 있어 출수 후 15일에 수확할 경우 명도는 29.11~56.00으로 품종간에 차이를 볼 수 있는데 특히 눈보라가 일반벼의 경우 51.93으로 가장 높았으며 찰벼로는 신선찰이 56.00으로 가장 명도가 높았다. 적색도의 경우 일반벼는 눈보라, 찰벼는 생동찰벼가 높았다. 그러나 종실의 녹색정도는 일반벼는 호품벼, 추청벼, 삼광벼 등이 높았

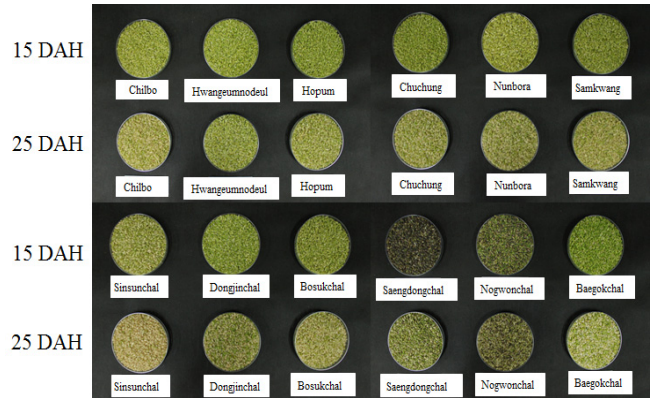


Fig. 1. Comparison on chromaticity of grain at harvest time (15 and 25 DAH) among 12 rice varieties at transplanting time at May 30th.

고 찰벼로는 동진찰벼와 백옥찰벼가 높았다. 유색미로 분류되는 생동찰벼와 녹원찰벼는 이 기간에 수확된 종실의 녹색도가 낮아졌는데 비록 실험적인 차이는 있지만 일반미의 녹색도가 유색계열의 벼 종실보다 더 높은 결과는 Kang *et al.*(2014)의 PHT를 처리한 밀의 경우 유색계열의 밀 품종에 비하여 일반계 밀 품종의 녹색도가 높았다는 결과와 유사하다고 할 수 있겠다 (Fig. 1, Table 3). 출수 후 25일에 수확된 종실의 경우 15일에 수확된 종실에 비하여 녹색도는 감소되었지만 일반벼는 황금노들, 찰벼는 백옥찰벼가 비교적 녹색도가 높은 것을 알 수 있었다(Fig. 1). 한편, 6월 20일 만식재배에서의 출수 후 15일과 25일 경에 수확된 벼 종실의 명도를 살펴보면 29.11~56.00과 47.93~60.23을 각각 보였다. 품종별로 살펴보면 일반벼는 출수 후 15일에 수확한 벼 종실은 눈보라가 51.93으로 가장 높았으며 추청벼가 48.13으로 가장 낮았다. 찰벼의 경우 생동찰벼가 29.11으로 가장 낮았으며 신선찰벼가 56.00으로 가장 높은 명도를 보였다. 출수 후 25일경에 수확한 종실의 명도도 출수 후 15일에 수확된 종실과 비슷한 품종 특성을 보였다. 적색도는 일반벼는 출수 후 15일에 수확된 벼 종실은 품종간에 큰 차이를 보이지 않았지만 25일에 수확된 벼 종실은 황금노들이 가장 높았고 칠보벼가 가장 낮았으며 2찰벼는 유색벼인 생동찰벼와 녹원찰벼가 상대적으로 높은 적색도를 보였다. 황색도는 일반벼는 황금노들이 30.12로 다소 높은 경향을 보였고 찰벼인 생동찰벼와 녹원찰벼가 각각 2.104와 24.43을 다른 찰벼보다 상대적으로 낮았다(Table 4). 따라서 6월 20일의 만식재배일 경우 녹색쌀 생산에 적합한 품종은 일반벼는 황금노들이 찰벼는 백옥찰이 적합한 품종으로 판단되었다(Fig. 2).

Ji *et al.*(2013)은 삼광벼와 추청벼를 대상으로 출수 후 15일과 25일에 수확한 벼 종실에 있어 일반성분과 무기이온 및 기능성물질을 분석한 결과 환원당 함량, K, Ca, 비타민 B와 C,

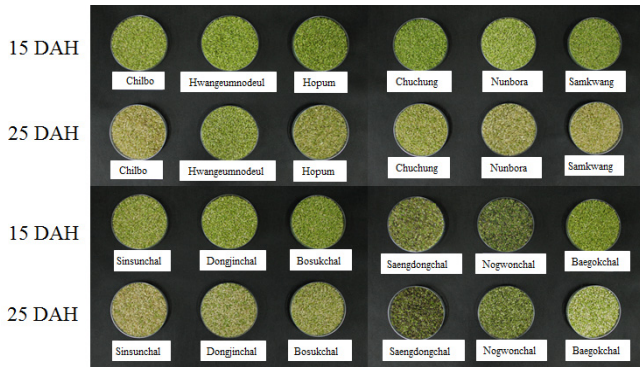


Fig. 2. Comparison on chromaticity of rice grain at two harvest time (15 and 25 DAH) among 12 rice varieties of transplanting time at June 20th.

β -carotene 등이 성숙된 벼 종실에 비하여 월등하게 높은 특성을 보고 하였는바 녹색쌀로 이용할 수 있는 수확시기는 일반적으로 출수 후 15~25일 사이에 적합하다고 할 수 있다. 달라서 이상의 결과를 종합해 보면 녹색쌀에 적합한 수확시기는 동진찰벼는 이앙시기에 관계없이 출수 후 15~25일 사이가 가장 적합하며 생동찰벼는 5월 30일 이앙할 경우 출수 후 20~25일이 적합하지만 6월 20일 이앙일 경우 수량확보가 문제가 될 것으로 보인다. 보석찰벼는 5월 30일 이앙일 경우 출수 후 15~25일경이 적합하며 6월 20일 이앙재배는 출수 후 20~25일이 적합하게 보였다. 녹원찰벼는 5월 30일 이앙일 경우 출수 후 15~25일경이 적합하지만 6월 20일 이앙은 색상의 변색이 심하여 적합하지 않았으며 백옥찰벼는 5월 30일 이앙할 경우 출수 후 15~20일경이 적합하며 6월 20일 이앙은 출수 후 15~25일이 적합하였다. 또한 신선찰벼는 5월 30일 및 6월 20일 이앙 모두 출수 후 15~20일경 수확이 적합하였으며 삼광벼는 5월 30일 및 6월 20일 이앙할 경우 모두 출수 후 15~20일경이 수확시기로 적합하였다. 눈보라, 황금노들 및 추청벼는 이앙시기에 관계없이 출수 후 15~20일경이 수확적기로 보였으며 호품벼는 5월 30일과 6월 20일 모두 출수 후 15~20일경이 수확적기이며, 칠보벼는 5월 30일 이앙일 경우 출수 후 15~25일경이, 6월 20일 이앙은 출수 후 15~20일경이 수확적기로 판단되었다.

이상의 결과를 종합할 때 녹색쌀 생산을 위한 수확적기는 찰벼는 5월30일 이앙재배일 경우 동진찰벼, 생동찰벼, 보석찰벼, 신선찰벼가 적합하고 6월 20일 이앙재배는 보석찰벼, 백옥찰벼, 신선찰벼가 적합하였으며 메벼일 경우 5월 30일 이앙재배는 삼광벼, 눈보라, 칠보벼가 적합하고 6월 20일 이앙재배일 경우 황금노들, 호품벼, 칠보벼가 적합하였다.

적 요

녹색쌀 생산을 위한 벼 품종들의 적합 품종선발과 수확시기 및 수량 등을 알기 위하여 적기 및 만식재배에 의한 특성을 살펴본 결과 녹색쌀을 생산하기 위한 벼 품종들의 적정 수확시기는 일반적으로 출수 후 15~25일 경이 가장 적당하였으며 벼 품종별 녹색통쌀의 한계 수확시기인 출수 후 25일경 수량은 찰벼 품종으로는 신선찰벼가 가장 많았으며 메벼 품종은 칠보벼가 가장 많았다. 이앙시기별 녹색쌀 수량은 일반적으로 5월30일 이앙이 6월 20일 이앙보다 많았으며 수확시기인 출수 후 15~25일 수량은 품종에 따라 다양하였다. 녹색쌀에 적합한 벼 품종은 5월30일 이앙재배는 찰벼로는 동진찰벼, 생동찰벼, 보석찰벼, 신선찰벼 순으로 적합하였고 6월 20일 이앙재배는 보석찰벼, 백옥찰벼, 신선찰벼 순으로 적합하였다. 메벼는 5월 30일 이앙재배는 삼광벼, 눈보라, 칠보벼가 적합하고 6월 20일 이앙재배일 경우 황금노들, 호품벼, 칠보벼가 적합하였다.

사 사

위 연구는 2015년 중부대학교 학술연구비 지원에 의해 연구되었기에 이에 감사합니다.

인용문헌(REFERENCES)

- Butsat, S. and S. Siriamornpun. 2010. Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran, and endosperm of Thai rice. *Food Chem.* 119 : 606-613.
- FAO. 1993. Grain structure, composition, and consumers criteria for quality. pp. 38-47. In: *Rice in human nutrition*. Jtliano BO (ed). IRRI and FAO, Rome, Italy.
- Gan, L. J., X. Y. Wang, D. Yang, J. A. Shin, K. T. Lee, J. H. Lee, T. Yamakawa, and J. W. Cho. 2015. Comparison of nutritional composition of premature, mature and de-hulled barley in Korea. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.* 60 : 57-63.
- Ji, C. M., J. A. Shin, J. W. Cho, and K. T. Lee. 2013. Nutritional evaluation of immature grains in two Korean rice cultivars during maturation. *Food Sci. Biotechnol.* 22 : 903-908.
- Ju, J. L., K. S. Lee, H. L. M., B. J. Lee, B. G. Kwon, J. H. Gu, and M. J. Oh. 2007. Changes in physicochemical characteristics of green barley according to days after heading. *Korean J. Crop Sci.* 53 : 36-44.
- Lamberts, L., E. de Bio, G. E. Vandeputte, W. S. Veraverbek, V. Derycke, W. de Man, and J. A. Delcour. 2007. Effect of milling on color and nutritional properties of rice. *Food Chem.* 100 : 1496-1503.

- MFAFF. 2014. Food, agriculture, forestry and fisheries statistical yearbook.
- Oh, S. H., K. J. Choi, S. Y. Kim, W. D. Seo, S. I. Han, J. H. Cho, Y. C. Song, M. H. Nam, C. K. Lee, S. H. Woo, and C. W. Lee. 2015. Variation of functional materials and antioxidant as affected by cultivation environment in pigmented rice varieties. Korean J. Crop Sci. 60 : 153-166.
- Park, S. Z., J. H. Lee, S. J. Han, H. Y. Kim, and S. N. Ryu. 1998. Quantitative analysis and varietal difference of cyanidin 3-glucoside in pigmented rice. Korean J. Crop Sci. 43 : 179-183.
- Tasuda, T., F. Horio, and T. Osawa. 1998. Dietary cyanidin-3-*O*- β -D-glucoside increase *ex vivo* oxidation resistance of serum in rats. Lipids. 33 : 583-588.
- Yang, D., J. A. Shin, L. J. Gan, X. M. Zhu, S. T. Hong, C. K. Sung, J. W. Cho, J. H. Ku, and K. T. Lee. 2012. Comparison of nutritional compounds in premature green and mature yellow whole grain wheat in Korea. Cereal Chem. 89 : 284-288.