

PLANT & FOREST

## Effect of different transplanting and harvest times on yield and quality of pigmented rice cultivars in the Yeongnam plain area

Sang-Yeol Kim\*, Sang-Ik Han, Seong-Hwan Oh, Jong-Ho Seo, Hwi-Jong Yi, Jung-Dong Hwang, Won-Yeong Choi, Myung-Kyu Oh

Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Milyang 50424, Korea

\*Corresponding author: [kimsy3@korea.kr](mailto:kimsy3@korea.kr)

### Abstract

The effect of transplanting and harvest timing was evaluated for the production of high quality pigmented rice in the Yeongnam plain area. Rice was transplanted on June 2<sup>nd</sup> and 14<sup>th</sup> and harvested between 35 - 55 days after panicle heading at 5 - day intervals. Three black- and 3 red-pigmented rice cultivars (such as early cultivar : Josengheugchal, Jeogjinju; medium cultivar : Heugseol, Hongjinju; and mid-late cultivar : Sintoheugmi, Geongganghongmi) were studied. Yield components like spikelet number, ripened grain ratio, and 1,000 - grain weight of the black- and red-pigmented rice cultivars were similar for both the June 2 and June 14 transplantings but panicle number per m<sup>2</sup> was higher for the June 14 transplanting than for June 2. This contributed to a higher brown rice yield for the June 14 transplanting, by 6 - 19% for black-pigmented rice, and by 10 - 21% for red-pigmented rice than the yield for the June 2 transplanting. Total anthocyanin and polyphenol productions of the pigmented rice were also higher in the June 14 transplanting than that in the June 2 transplanting due to high brown rice yield. Based on the combined pigmented brown rice yield, we concluded that the optimal harvest timing would be 40 - 45 days after panicle heading (DAH) for the black-pigmented rice and 45 - 50 DAH for the red-pigmented rice. This study suggests that optimum transplanting and harvest timings play an important role for production of high quality pigmented rice in the Yeongnam plain area.

**Keywords:** anthocyanin, harvest time, pigmented rice, total polyphenol, transplanting time

### Introduction

최근 기능성 식품에 대한 소비자들의 관심이 높아짐에 따라 쌀에 있어서도 기능성 성분이 다량 함유되어 있는 유색미의 소비가 크게 증가하고 있다. 유색미는 현미 종피색이 흑색이나 흑자색인 흑미, 적색이나 적갈색인 적미, 녹색인 녹미 등 다양하며 흑미에는 안토시아닌, 적미에는 탄닌계 색소인 폴리페놀이 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(Choi and Oh, 1996). 흑미의 안토시아닌 성분은 cyanidin-3-glucoside (C3G), peonidin-3-glucoside (P3G), Petunidin-3-glucoside chloride (Pt3G) 등이 알려져 있는데 국내에서 재배되고 있는 흑미에는 C3G의 함량이 다른 색소에 비해



### OPEN ACCESS

**Citation:** Kim SY, Han SI, Oh SH, Seo JH, Yi HJ, Hwang JD, Choi WY, Oh MK. 2016. Effect of different transplanting and harvest times on yield and quality of pigmented rice cultivars in the Yeongnam plain area. *Korean Journal of Agricultural Science* 43:330-339.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.7744/kjoas.20160034>

**Editor:** Kee Woong Park, Chungnam National University, Korea

**Received:** May 31, 2016

**Revised:** August 1, 2016

**Accepted:** August 12, 2016

**Copyright:** ©2016 Korean Journal of Agricultural Science.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

특히 높은 것으로 보고되었다(Ryu et al., 1998; Ryu, 2000; Ryu et al., 2006). 유색미에는 항산화, 항암, 당뇨병 등에도 우수한 기능성이 있을 뿐만 아니라(Nam and Kang, 1997; Kim et al., 2010), 식이섬유를 다량 함유하고 있으면서 각종 미네랄과 비타민, 불포화지방산과 같은 미량원소가 많아 식품학적으로 이용가치가 높은 것으로 보고되고 있다(Koh et al., 1996; Ryu, 2000; Wang and Mazza, 2002).

유색미인 흑미와 적미는 색깔이 짙으며 균일한 것을 소비자가 선호하기 때문에 흑미 및 적미의 색도가 가격 결정의 주요한 판단 기준이 된다. 수량이 높고 색택이 우수한 고품질 유색미 생산은 재배지역, 이앙 및 수확시기 등 재배 환경에 따라 영향을 받는 것으로 보고되고 있는데 일반적으로 일반벼 보다 재배시기가 늦고 고위도 지역에서 색소 함량이 높아 품질이 우수하였다고 하였다(Kim et al., 1998; Chae et al., 2002; Lee et al., 2008). 조생흑찰의 C3G함량은 고도와 위도가 높아 등숙온도가 낮은 제천에서 청원보다 높았으며(Lee et al., 2008), 흑진주벼의 안토시아닌 색소도 중산간지인 상주에서 평야지인 익산, 밀양보다 높아 평야지가 중산간지보다 상대적으로 안토시아닌 색택이 떨어져 불리하였다(Chae et al., 2002).

한편, 조생흑찰의 수량성과 품질을 고려한 이앙적기는 청원은 6월 10일 이후, 제천은 5월 30일 이전이라고 보고하였고(Lee et al., 2008), 흑진주벼도 6월 15 - 30일 이앙이 5월 15 - 30일 이앙보다 안토시아닌 함량이 높았다(Kim et al., 1998). 이러한 원인은 온도가 색소합성에 영향을 미치기 때문인데 색소함량과 출수 후 30일간의 등숙온도와는 부의상관관계가 있었고, 색소를 최대로 생산하기 위해서는 출수 후 30일간 평균온도가 흑미는 22 - 23°C, 적미는 20 - 21°C 부근이었으며 적정온도보다 높을 경우 1°C 상승함에 따라 색소함량은 일정한 비율로 낮아졌다고 보고하였다(Oh et al., 2015).

유색미의 품질은 수확시기에도 영향을 받았는데 전남지역에서 고품질 신농흑찰과 신명흑찰을 생산하기 위해 수확시기를 조사한 결과, 완전착색현미 수량 기준 적정 수확시기는 출수 후 45 - 50일로(Song et al., 2012) 흑미 종자의 색소가 개화 후 25일에 95%이상 발현된다는 Lee et al. (2012)의 결과와 흑미의 안토시아닌 함량은 출수후 35일에 가장 높았다는 결과와는 다소 차이가 있었다(Park et al., 2015). 하지만 지금까지 영남평야지에서 고품질 유색미 생산기술을 위한 흑미와 적미의 생태형별 이앙시기 및 수확시기 등 재배환경 변이에 대한 연구가 미흡하여 이들에 대한 기초 자료를 얻고자 시험을 실시하였다.

## Materials and Methods

### 시험재료, 재배방법 및 조사방법

본 시험은 2012년부터 2013년까지 2년간 국립식량과학원 남부작물부 시험포장(덕평동)에서 실시하였다. 시험에 사용한 유색벼 6품종은 흑미 및 적미의 생태형별로 각각 3품종씩 흑미는 조생종인 조생흑찰, 중생종인 흑설, 중만생종인 신토흑미, 적미는 조생종인 적진주, 중생종인 흥진주, 중만생종인 건강홍미를 선정하여 시험을 수행하였다. 수확시기는 출수 후 35, 40, 45, 50, 55일의 5수준으로 수행하였다. 유색벼를 상자당 130 g씩 파종하여 출아 후 못자리에 30일간 육묘 후 6월 2일, 6월 14일에 30 × 14 cm로 3주씩 손이앙 하였다. 시비량은 질소, 인산, 칼리를 성분량으로 10 a당 9 kg을 질소는 요소로서 기비 50%, 분얼비 20%, 수비 30%로, 인산은 용성인비로서 전량 기비로, 칼리는 염화칼리를 기비 70%, 수비 30%로 시비하였다. 물관리, 잡초방제 등 기타재배관리는 남부작물부 기계이앙 표준재배법에 준하였다. 현미수량은 4.2 m<sup>2</sup> 면적을 수확하여 탈곡 후 수분 15%로 건조시켜 도정한 후 현미무게를 측정하여 10 a로 환산하여 나타내었다. 수량구성요소 등 주요 생육특성은 농촌진흥청 농사시험 조사기준에 준하였다. 이앙시기별로 수확한 흑미와 적미품종에 대해 흑미는 안토시아닌, 적미는 총폴리페놀 함량을 분석하였고, 수확시기별로 수확한 흑미와 적미품종에 대해서는 현미착색정도에 따라 완전착색비율을 조사하였다.

## 안토시아닌 함량

흑미의 안토시아닌 색소 추출 및 함량은 Hosseinian et al. (2008)의 방법을 이용하여 분석하였는데, 수확한 현미를 곱게 분쇄한 시료 1 g에 1% HCl을 함유한 8% methanol 20 mL를 첨가하여 초음파 추출기를 이용 25°C에서 10분간 추출한 후 실온에서 24시간 추출하였다. 추출후 여과지(Whatman #6)에 필터한 후 3,200 rpm에서 3분 동안 원심분리한 후 상등액을 채취하여 0.20  $\mu$ m의 syringe 필터에 필터링 후 UPLC autosampler vial에 담아 분석하였다. 분석기기는 Acquity UPLC (Waters)를 이용하였고, 컬럼은 reverse phase Bonda pak TM C<sub>18</sub>을 사용하였다. 이동상으로는 0.1% TFA-H<sub>2</sub>O (A)와 0.1% TFA-methanol (B)을 이용하여 B상의 투입량을 0.4 min에 15%, 8.1 min에 20%, 0.5 min에 30% gradient를 주었다. Detector는 PDA를 이용하여 530 nm에서 검량하였다. 안토시아닌 표준물질 정량곡선은 C3G, Pt3G, Pn3G를 각각 1 mg을 칭량하여 1.0% HCl을 함유한 40% 메탄올에 녹여 표준물질 1.0 mg/mL를 조제하였다. 그리고 각각 1, 2.5, 5, 10, 25, 50  $\mu$ g/mL로 희석하여 검량선을 작성하였다.

## 총폴리페놀 함량

적미의 총폴리페놀함량 분석은 Folin-Ciocalteu colorimetric method (Choi et al., 2006)을 사용하여 분석하였다. 분쇄된 시료 1 g에 80% 메탄올 20 mL를 가하여 30°C에서 24시간 진탕 추출한 다음 여과하여 추출물 10  $\mu$ L에 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 200  $\mu$ L를 가하고 3분간 방치한 후 50% Folin-ciocalteu reagent 10  $\mu$ L를 첨가하였다. 30분 후 750 nm에서 spectrophotometer (Versa max, Molecular Devices Co., Sunnyvale, CA)로 흡광도를 측정하였다.

## 완전착색립 분리

수확시기에 따른 흑미와 적미의 착색정도와 품질과의 관계를 구명하기 위해 유색벼를 도정한 후 완전히 착색된 검은색과 붉은색 현미를 육안으로 분리한 후 무게를 측정하여 완전착색립비율로 나타내었다. 완전착색립비율은 완전착색립비율과 현미수량을 곱하여 나타내었다.

## 통계분석

시험성적 분석은 SAS Enterprise Guide 4.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) PC package를 이용하였다. 통계 package로 평균을 구한 후 분산분석(ANOVA) 및 Duncan의 다중검정으로  $\alpha = 0.05$  수준에서 유의성을 검정하였다.

## Results and Discussion

### 이앙시기에 따른 벼 생육특성 및 수량

이앙시기에 따른 유색미 생태형별 출수기, 생육특성 및 현미수량은 Table 1, Table 2와 같다. 출수기는 6월 2일 이앙에서 흑미는 8월 6 - 20일, 적미는 8월 2 - 18일이었고 6월 14일 이앙에서 출수기는 6월 2일 이앙보다 흑미는 6 - 9일, 적미는 6 - 11일 늦었다. 현미수량은 흑미와 적미 모두 이앙시기에 유의차가 있었는데 6월 14일 이앙에서 m<sup>2</sup>당 수수는 흑미는 386 - 426 개, 적미는 342 - 460 개로 6월 2일 이앙에 비해 각각 흑미는 22 - 69 개, 적미는 33 - 71 개가 많았다. 그러나 수당립수, 등숙비율, 현미천립중은 이앙시기에 비슷하였다. 그 결과 10 a당 흑미와 적미의 현미수량 모두 6월 14일 이앙에서 각각 447 - 513 kg, 526 - 536 kg로 6월 2일 이앙보다 흑미는 7.1 - 20.0%, 적미는 3.7 - 26.9%가 높았다. 품종간에는 흑미는 신토흑미와 조생흑찰이 수량이 높았고, 흑설이 낮았으며, 적미는 적진주, 흥진주, 건강흑미 모두 비슷하였다. 6월 14일이앙에서 흑미와 적미 생태형에 관계없이 m<sup>2</sup>당 수수가 6월 2일이앙에서보다 많았던 것은 유색미는 일반벼와 낮은 온도에서 생육이 촉진된다는 것을 나타내는데 이런 결과는 추후 분얼특성에 대한 보다 정밀한 시험이 필요할 것으로 판단된다.

**Table 1.** Growth characteristics of pigmented rice cultivars at the mature stage based on the different transplanting times.

Color of brown rice	Transplanting time	Cultivar	Heading date	Rice culm (cm)	Panicle length (cm)	Panicle (no./m <sup>2</sup> )
Black	June 2	Josaengheugchal	Aug.6	68.0	20.0	384
		Heugseol	Aug.14	82.4	23.6	329
		Shintoheugmi	Aug.20	79.4	21.1	357
		Mean	Aug.14	76.6a <sup>z</sup>	21.6a	357b
	June 14	Josaengheugchal	Aug.15	70.1	21.5	406
		Heugseol	Aug.20	85.3	23.8	386
		Shintoheugmi	Aug.26	79.1	21.0	426
		Mean	Aug.21	78.2a	22.1a	406a
Red	June 2	Jeogjinju	Aug.2	76.9	21.1	309
		Hongjinju	Aug.11	74.0	22.1	323
		Geonganghongmi	Aug.18	87.1	21.7	401
		Mean	Aug.11	79.4b	21.6a	344b
	June 14	Jeogjinju	Aug.13	80.7	22.6	342
		Hongjinju	Aug.18	78.4	21.8	394
		Geonganghongmi	Aug.24	91.3	22.2	460
		Mean	Aug.19	83.5a	22.2a	399a

<sup>z</sup>Means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by T-test.

**Table 2.** Agronomic characteristics and brown rice yield of pigmented rice cultivars based on the different transplanting times.

Color of brown rice	Transplanting time	Cultivar	Spikelet (no./panicle)	Ripened grain (%)	1,000-brown rice weight (g)	Brown rice yield (kg/10 a)
Black	June 2	Josaengheugchal	83	17.2	19.1	424
		Heugseol	99	27.9	17.5	380
		Shintoheugmi	98	45.5	20.9	479
		Mean	91a <sup>z</sup>	22.6a	19.2a	402b
	June 14	Josaengheugchal	88	15.6	20.9	509
		Heugseol	115	42.7	20.2	447
		Shintoheugmi	110	50.6	20.8	513
		Mean	98a	36.3a	20.6a	490a
Red	June 2	Jeogjinju	106	86.2	18.8	478
		Hongjinju	108	78.1	18.1	416
		Geonganghongmi	90	76.2	20.2	507
		Mean	101a	80.2a	19.0a	467b
	June 14	Jeogjinju	106	85.4	20.3	536
		Hongjinju	103	81.8	21.0	528
		Geonganghongmi	93	77.9	20.2	526
		Mean	101a	81.7a	20.5a	530a

<sup>z</sup>Means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by T-test.

### 이앙시기에 따른 색소 함량 및 색소수량

고품질 흑미와 적미생산을 위한 이앙시기별 흑미와 적미의 색소인 안토시아닌과 폴리페놀함량은 Table 3, Table 4

에서와 같이 6월 14일 이앙에서 흑미는 91.7 - 122.4 mg/100g, 적미는 333.6 - 366.9 mg/100g으로 6월 2일 이앙에 비해 흑미는 8.8 - 283.7%, 적미는 2.9 - 23.9% 높았다. 흑미의 주요 색소성분은 C3G와 P3G로 구성되어 있었는데 C3G함량은 93 - 95%로 대부분을 차지하였고 P3G 함량은 5 - 7%로 낮았다. 이러한 결과는 흑미의 경우 현재까지 국내에서 재배되고 있는 흑미에는 C3G와 P3G가 주요 성분으로 C3G의 함량이 다른 색소에 비해 특히 높았다는 보고와 같은 경향이였다(Ryu et al., 1998; Ryu, 2000; Ryu et al., 2006). 흑미의 품종별 안토시아닌 함량은 흑설과 신토흑미는 비슷하였고 조생흑찰은 다른 품종보다 낮았다. 적미의 경우 홍진주 > 건강홍미 > 적진주 순으로 폴리페놀함량이 높았다. 색소함량에 현미수량을 곱한 색소생산성도 흑미와 적미 모두 6월 14일 이앙에서 6월 2일 이앙보다 흑미는 15.1 - 334.7%, 적미는 9.5 - 46.4%가 높았다.

**Table 3.** Anthocyanin content and average temperature for 30 days after panicle heading of the black pigmented rice cultivars based on the different transplanting times.

Transplanting time	Cultivar	C3G <sup>x</sup> content (mg/100 g seed)	P3G <sup>y</sup> content (mg/100 g seed)	Total anthocyanin content (mg/100 g seed)	Average temperature for 30 days after panicle heading (°C)
June 2	Josaengheugchal	22.2	1.7	23.9	27.1
	Heugseol	96.8	5.4	102.1	25.3
	Shintoheugmi	101.4	7.8	109.2	24.0
	Mean	73.5b <sup>z</sup>	5.0a	78.4b	25.5
June 14	Josaengheugchal	85.8	6.0	91.7	25.2
	Heugseol	114.7	7.7	122.4	24.0
	Shintoheugmi	111.5	7.2	118.8	23.1
	Mean	104.0a	7.0a	111.0a	24.1

<sup>x</sup>C3G: cyanidin-3-glucoside.

<sup>y</sup>P3G: peonidin-3-glucoside.

<sup>z</sup>Means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by T-test.

**Table 4.** Polyphenol content of the red pigmented rice cultivars based on the different transplanting times.

Transplanting time	Cultivar	Polyphenol content (mg/100 g seed)	Average temperature for 30 days after panicle heading (°C)
June 2	Jeogjinju	324.3	27.8
	Hongjinju	357.0	25.9
	Geonganghongmi	333.8	24.5
	Mean	333.8a <sup>z</sup>	26.1
June 14	Jeogjinju	333.6	25.5
	Hongjinju	442.4	24.5
	Geonganghongmi	366.9	23.3
	Mean	382.5a	24.4

<sup>z</sup>Means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by T-test.

또한, 이앙시기별 완전착색률비율도 색소함량과 같이 흑미 및 적미 품종 모두 6월 14일 이앙이 6월 2일 이앙보다 높았다(Table 5, Table 6). 그 결과 완전착색률비율에 현미수량을 곱한 완전착색률수량과 안토시아닌 및 폴리페놀함량에 현미수량을 곱한 총안토시아닌색소 및 총폴리페놀생산량도 6월 14일 이앙이 6월 2일 이앙보다 흑미는 5.4 - 69.1%, 적미는 3.1 - 16.9%가 높았다.

**Table 5.** Ratio and yield, and total anthocyanin production of the black pigmented rice cultivars based on the different transplanting times.

Transplanting time	Cultivar	Ratio of complete black pigmented rice (%)	Yield of complete black pigmented brown rice (kg/10 a)	Total <sup>y</sup> anthocyanin production (g/10 a)
June 2	Josaengheugchal	65	275	101
	Heugseol	94	359	389
	Shintoheugmi	97	464	523
	Mean	85a <sup>z</sup>	366b	338b
June 14	Josaengheugchal	98	465	439
	Heugseol	98	408	510
	Shintoheugmi	97	489	602
	Mean	98a	454a	517a

<sup>y</sup>Cyanidin-3-glucoside chloride + Peonidin-3-glucoside chloride.<sup>z</sup>Means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by T-test.**Table 6.** Ratio and yield, and total polyphenol production of the red pigmented rice cultivars based on the different transplanting times.

Transplanting time	Cultivar	Ratio of complete red pigmented rice (%)	Yield of complete red pigmented brown rice (kg/10 a)	Total polyphenol production (g/10 a)
June 2	Jeogjinju	94	495	1,649
	Hongjinju	95	426	1,596
	Geonganghongmi	94	485	1,712
	Mean	94a <sup>z</sup>	469a	1,652a
June 14	Jeogjinju	95	515	1,806
	Hongjinju	95	498	2,336
	Geonganghongmi	95	500	1,930
	Mean	95a	504a	1,653a

<sup>z</sup>Means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by T-test.

6월 14일 이앙이 6월 2일 이앙보다 안토시아닌 및 폴리페놀 색소함량이 높았던 것은 6월 14일 이앙에서 밀양지역의 2012 - 2013년까지 2년간 출수 후 30일간의 평균온도는 Table 3에서와 같이 흑미인 조생흑찰, 흑설 및 신토흑미는 23.1 - 25.2, 적미인 적진주, 홍진주 및 건강홍미는 23.3 - 25.5°C로 6월 2일 이앙보다 흑미는 평균온도가 0.9 - 1.9°C, 적미는 1.2 - 2.3°C가 낮아 색소형성에 유리한 기상으로 경과하였기 때문이다. 이러한 결과는 Oh et al. (2015)이 보고한 유색미의 색소함량은 출수 후 30일간의 평균기온과 부의 상관성이 있었고, 평균온도가 19°C 이상인 경우 평균기온이 1°C 증가할 때마다 흑미의 안토시아닌 함량은 약 9.9%, 적미의 총폴리페놀 함량은 약 9.0%씩 감소한다는 결과와 같은 경향이였다. 따라서 영남평야지에서 수량이 높고 색택이 우수한 고품질 유색미를 생산하기 위한 재배시기는 일반벼 재배시기 6월 5일보다 다소 이앙기를 늦춰 6월 12 - 14일에 재배하는 것이 m<sup>2</sup> 당 분얼수가 많아 수량이 높고 등숙기온도가 6월 5일보다 상대적으로 낮아 색소형성에 유리하다는 것을 나타낸다. 이러한 결과는 Kim et al. (1998)과 Oh et al.(2015)이 보고한 평야지에서 유색벼의 이앙적기는 6월 11 - 30일 사이라는 결과와 같은 경향이였다.

### 수확시기에 따른 벼 생육특성, 수량 및 품질

이앙시기의 시험결과 6월 14일 이앙에서 6월 2일 이앙보다 현미수량, 색소함량 및 색소생산성이 높아 6월 14일 이

양시기를 기준으로 적정 수확시기를 구명하였다. 6월 14일 이앙에서 출수 후 수확시기에 따른 흑미와 적미의 생태형별 현미 천립중, 현미수량, 완전착색비율 및 완전착색현미비율은 Table 7, Table 8과 같다. 수확시기별 현미천립중은 흑미와 적미 품종에 관계없이 출수 후 35일 수확에서 가장 가벼웠고, 그 이후로는 수확시기에 관계없이 비슷하였다. 생태형별 10 a 당 현미수량은 출수 후 35일에 각각 흑미는 404 - 466 kg, 적미는 500 - 523 kg으로 가장 낮았고, 수확시기가 늦어짐에 따라 증가하다가 다시 감소하는 경향이였다. 흑미의 경우 조생종인 조생흑찰은 수확시기 35 - 55일 사이의 현미수량차이가 유의하지 않았으나 중생종인 흑설과 중만생종인 신토흑미는 출수 후 40 - 45일 사이에 현미수량이 출수 후 35일 보다 각각 5 - 8%, 7 - 13% 높았다(Table 7). 현미에 안토시아닌색소의 착색정도를 나타내는 완전착색비율은 품종간에 차이가 없었으나 출수 후 35일이 출수 후 40 - 55일보다 1 - 2%정도 낮았다. 흑미의 현미수량에 완전착색비율은 곱한 완전착색현미수량도 현미수량과 같이 조생흑찰, 흑설, 신토흑미 모두 출수 후 40 - 45일 사이에 가장 높았다.

**Table 7.** Ratio and yield of black pigmented brown rice cultivars based on the different harvesting times for June 14 transplanting.

Cultivar	Harvest time (DAH) <sup>y</sup>	1000-brown rice weight (g)	Brown rice yield (kg/10 a)	Yield index of brown rice	Ratio of complete black pigmented brown rice (%)	Yield of complete black pigmented brown rice (kg/10 a)	Yield index of complete black pigmented brown rice	
Josaeng	35	18.4a <sup>z</sup>	466a	96	97a	452a	93	
	40	18.7a	478a	99	99a	473a	98	
	(Early)	45	18.8a	484a	100	99a	479a	100
	50	19.1a	471a	97	99a	466a	96	
	55	18.9a	461a	95	99a	456a	94	
Heugseol (Medium)	35	17.8b	404b	95	98a	396b	94	
	40	18.2b	438a	103	98a	429a	101	
	45	17.9b	427a	100	99a	423a	100	
	50	18.1b	404b	95	98a	396b	94	
	55	18.6a	405b	95	98a	397b	94	
Shintoheugmi (Mid-late)	35	19.2b	462b	87	96a	443b	85	
	40	20.4a	497a	94	97a	482a	93	
	45	20.4a	530a	100	98a	519a	100	
	50	20.4a	527a	99	97a	511a	98	
	55	20.5a	505a	95	97a	490a	94	

<sup>y</sup>DAH: days after panicle heading.

<sup>z</sup>Means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) Duncan's multiple range test.

적미의 현미수량도 흑미와 같이 조생종인 적진주, 중생종인 흥진주, 중만생종인 건강홍미 모두 출수 후 35일에 가장 낮았으나 흑미와 달리 출수 후 45 - 50일 수확에서 품종에 관계없이 가장 높았다(Table 8). 완전착색립 비율 및 완전착색현미 수량도 흑미와 달리 출수 후 45 - 50일에 가장 높았다. 이러한 경향은 적미의 색소착색은 흑미보다 5일 정도 늦은 45일 이후까지 진행된다는 것을 나타낸다. 따라서 고품질 유색미 생산을 위한 수확시기는 현미수량과 유색미 품질을 나타내는 현미의 완전착색미수량을 기준으로한 수확적기는 흑미는 조생종인 조생흑찰, 중생종인 흑설 및 중만생종인 신토흑미 모두 출수 후 40 - 45일이었고, 적미는 적진주, 흥진주 및 건강홍미 모두 흑미보다 5일 정도 늦은 45 - 50일이 적당할 것으로 판단된다. 전남지역에서 고품질 신농흑찰과 신명흑찰 생산을 위한 완전착색미 수량 기준 적정 수확시기는 45 - 50일이었던 결과와 비슷한 경향이였다(Song et al., 2012). 이러한 결과는 흑미 종자의 색소는 개화 후 25일에 9%이상 발현된다는 Lee et al.(2012) 결과보다 20 - 25일정도 늦었고, 흑미의 안토시아닌 함량은

출수 후 35일에 가장 높았다는 결과보다 10 - 15일이 늦었다(Park et al., 2015). 이러한 색소함량이 높은 시기와 수확 시기가 일치하지 않은 것은 출수 후 35일에 아직 유색벼 종자가 완전히 성숙하지 않았기 때문으로 판단된다. 그 결과 출수 후 35일에 단위 100 g당 색소함량은 높았으나 출수 후 일수가 경과함에 따라 종자의 현미천립중이 증가하여 단위 100 g당 색소함량은 초기보다 낮았다고 판단된다(자료 미제시).

**Table 8.** Ratio and yield of red pigmented brown rice cultivars based on the different harvesting times for June 14 transplanting.

Cultivar	Harvest time (DAH) <sup>y</sup>	1,000-brown rice weight (g)	Brown rice yield (kg/10 a)	Yield index of brown rice	Ratio of complete red pigmented brown rice (%)	Yield of complete red pigmented brown rice (kg/10 a)	Yield index of complete red pigmented brown rice
Jeogjinju (Early)	35	20.4a <sup>z</sup>	523b	92	93b	487c	90
	40	20.1a	535b	94	95a	508b	94
	45	20.2a	569a	100	95a	540a	100
	50	20.5a	551ab	97	96a	529ab	98
	55	20.3a	526b	92	97a	510b	94
Hongjinju (Medium)	35	20.9a	502b	94	90c	452b	89
	40	21.0a	517a	96	93b	481ab	94
	45	21.2a	536a	100	95ab	509a	100
	50	20.7a	549a	102	97a	532a	105
	55	21.2a	526a	98	98a	515a	101
Geongang hongmi (Mid-late)	35	19.7a	500b	93	87c	435b	83
	40	20.0a	502b	93	94b	472b	91
	45	20.2a	537ab	100	97a	521a	100
	50	20.4a	555a	103	98a	544a	104
	55	20.9a	537ab	100	99a	532a	102

<sup>y</sup>DAH: days after panicle heading.

<sup>z</sup>Means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) Duncan's multiple range test.

흑미와 적미의 적정수확시기를 출수 후 30일간의 등숙적산온도로 계산하면 흑미는 조생종인 조생흑찰와 중생종인 흑찰은 1,100°C 이하, 중만생종인 신토흑미는 1,000°C 이하일 것으로 고찰되었고, 적미는 조생종인 적진주와 중생종인 홍진주는 1,200°C 이하, 중만생종인 건강홍미는 1,100°C 이하로 고찰되었다(Table 9 and Table 10). 그러므로 유색벼는 가급적 등숙온도가 지나치게 높지 않은 조건에서 수확하는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

## Conclusion

영남평야지에서 색택이 우수한 고품질 유색미 생산을 위한 기초자료를 얻고자 2012년부터 2013년까지 2년간 흑미와 적미의 생태형별 각각 3품종을 6월 2일과 6월 14일 이앙시기와 출수 후 35 - 55일까지 5 수확시기를 조사하여 시험한 결과는 다음과 같다. 흑미와 적미의 10 a 당 현미수량은 생태형별 품종에 관계없이 모두 6월 14일 이앙에서 6월 2일 이앙보다 흑미는 7.1 - 20.0%, 적미는 3.7 - 26.9%가 높았는데 이는 m<sup>2</sup>당 수수가 흑미는 22 - 69 개, 적미는 33 - 71 개가 많았다. 또한 안토시아닌 및 폴리페놀 색소생산성 및 완전착색률수량도 6월 14일 이앙이 6월 2일 이앙보다 높아 영남평야지에서 6월 14일 이앙이 고품질 유색미 생산에 유리하였다. 또한 6월 14일 이앙에서 완전착색현미수량



**Table 9.** Ripening temperature of the black pigmented rice cultivars based on the different harvesting times for June 14 transplanting.

Cultivar	Harvest time (DAH) <sup>z</sup>	Ripening temperature (°C)	
		Accumulative	Mean
Josaeng heugchal (Early)	35	866	23.7
	40	972	23.2
	45	1,074	22.8
	50	1,169	22.3
	55	1,265	21.8
Heugseol (Medium)	35	825	22.8
	40	925	22.4
	45	1,018	21.9
	50	1,116	21.4
	55	1,200	20.9
Shintoheugmi (Mid-late)	35	791	21.8
	40	885	21.3
	45	982	20.8
	50	1,065	20.3
	55	1,135	19.8

<sup>z</sup>DAH: days after panicle heading.

과 현미수량이 높은 시기를 기준한 수확시기는 생태형에 관계없이 흑미는 조생종, 중생종 및 중만생종 모두 출수 후 40 - 45일 경이었고, 적미는 조생종, 중생종 및 중만생종 모두 흑미보다 5일 정도 늦은 45 - 50일 경이었다.

**Table 10.** Ripening temperature of the red pigmented rice cultivars based on the different harvesting times for June 14 transplanting.

Cultivar	Harvest time (DAH) <sup>z</sup>	Ripening temperature (°C)	
		Accumulative	Mean
Jeogjinju (Early)	35	877	24.0
	40	985	23.6
	45	1,091	23.1
	50	1,188	22.6
	55	1,283	22.2
Hongjinju (Medium)	35	840	23.2
	40	944	22.7
	45	1,042	21.9
	50	1,138	21.4
	55	1,227	20.9
Geongang hongmi (Mid-late)	35	802	22.1
	40	900	21.6
	45	995	21.1
	50	1,083	20.7
	55	1,158	20.2

<sup>z</sup>DAH: days after panicle heading.

## Acknowledgements

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(과제번호: PJ01175902)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## References

- Chae JC, Lee DJ, Jun DK, Ryu SN. 2002. Effect of transplanting time and cultivation location on anthocyanin cyanidin-3-glucoside contents of pigmented rice variety Heugjinjubyeo. *Korean Journal of Crop Science* 47:230. [in Korean]
- Choi HC, Oh SK. 1996. Diversity and function of pigments in colored rice. *Korean Journal of Crop Science* 4:1-9. [in Korean]
- Choi YM, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee JS. 2006. Influence of heat treatment of the antioxidant activities and polyphenolic compound of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chemistry* 99:381-397.
- Hosseinian FS, Li W, Beta T. 2008. Measurement of anthocyanins and other phytochemicals in purple wheat. *Food Chemistry* 109:916-924.
- Kim CK, Kim CY, Lee JI, Shin JC, Lee MH. 1998. Effect of transplanting dates and nitrogen fertilizer levels on the dry matter production and yields of a pigmented rice "Heugjinjubyeo". *RDA Journal of Agro-Environmental Science* 40:48-55. [in Korean]
- Kim HY, Kim JH, Lee SA, Ryu SN, Han SJ, Hong SG. 2010. Antioxidative and anti-diabetic activity of C3GHi, novel black rice breed. *Korean Journal of Crop Science* 55:38-46. [in Korean]
- Koh HJ, Won YJ, Cha GW, Heu MH. 1996. Varietal variation of pigmentation and some nutritive characteristics in colored rices. *Korean Journal of Crop Science* 414:600-607. [in Korean]
- Lee JS, Jang JK, Chun AR, Choung MG, Kim HW, Oh SK, Lee JH, Yoon MR, Kim DJ, Song YC. 2012. Expression of pigments in black rice during kernel development. *Korean Journal of Crop Science* 57:127-131. [in Korean]
- Lee YS, Lee JK, Lee SY, Yun T, Woo SH. 2008. Effects of different transplanting dates and agroclimatic zones on quality of brown rice and yield of a pigmented rice variety 'Josaengheugchal'. *Korean Journal of Crop Science* 53:9-14. [in Korean]
- Nam SH, Kang MY. 1997. In vitro inhibitory effect of colored rice bran extracts carcinogenicity. *Agricultural Chemistry and Biotechnology* 40:307-312.
- Oh SH, Choi KJ, Kim SY, Seo WD, Han SI, Cho JH, Song YC, Nam MH, Lee CK, Woo SH, Lee CW. 2015. Variation of functional materials and antioxidant activity as affected by cultivation environment in pigmented rice varieties. *Korean Journal of Crop Science* 60:153-166. [in Korean]
- Park JY, Han SI, Hur YJ, Lee YY, Lee BY, Sim EY, Ham H, Kim BJ, Kim CW, Lee SJ, Oh SH. 2015. Changes in physicochemical properties and antioxidant activities according to different harvest times in black rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition* 44:1653-1659. [in Korean]
- Ryu SN. 2000. Recent process and future of research on anthocyanin in crop. I. Rice, barley, wheat, maize and legumes. *The Korean Society of International Agriculture* 12:41-53.
- Ryu SN, Han SJ, Park SZ, Kim HY. 2006. Antioxidant activity of blackish purple rice. *Korean Journal of Crop Science* 51:173-178.
- Ryu SN, Park SZ, Ho CT. 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. *Journal of Food Drug Analysis* 6:729-736.
- Song YE, Lee DR, Cho SH, Lee KK, Lee JH, Song YJ, Jeung JS. 2012. Effect of different cultivation region, transplanting and harvesting date on yield and quality of "Shinongheugchal", "Shinmyeongheugchal". *Korean Journal of Crop Science* 57:248-253. [in Korean]
- Wang J, Mazza J. 2002. Effects of anthocyanins and other phenolic compounds on the production of tumor necrosis factor alpha in LPS/IFN gamma-activated RAW 264.7 macrophages. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 50:4183-4189.