

흑미 품종의 이앙기와 등숙기 온도 변화에 따른 품질 및 수량 변화 특성 구명

배현경^{1,†} · 서종호¹ · 황정동¹ · 김상열²

Variation in Grain Quality and Yield of Black-colored Rice Affected by the Transplanting Time and Temperature during Ripening Stage

Hyun Kyung Bae^{1,†}, Jong Ho Seo¹, Jung Dong Hwang¹, and Sang Yeol Kim²

ABSTRACT Black-colored rice contains anthocyanin, which has an antioxidant function on the seed coat. Anthocyanin content is greatly affected by the cultivation environment, especially the average temperature during the ripening stage. Generally, low temperatures during the ripening stage increase anthocyanin content. To control the average temperature during ripening stage in the field, transplanting time has to be regulated. In this study, anthocyanin content variation was examined in relation to the transplanting time and the average temperature during the ripening stage. For the study, fourteen black-colored rice cultivars with different maturity types (four of early-maturing, five of medium-maturing, and five of medium-late maturing) were selected. The transplanting times used were May 20, June 5, June 20, and June 30. The field experiment was conducted in the Miryang, Kyongsangnamdo province, Korea from 2014 to 2017. The anthocyanin content in all cultivars was higher when the transplanting time was delayed, and the highest anthocyanin content was observed in the transplanting on June 30. Variation in anthocyanin content according to the change in transplanting time is the greatest in the early maturing cultivars. The least change was observed in medium maturing cultivars. Regression analysis showed a significant correlation between temperature and anthocyanin content, but the degree of correlation was very low in the medium maturing cultivar. As a result, the optimal average temperature during the grain filling stage for increasing the anthocyanin content of black colored rice was 22~23°C. The rice yield increased in plants transplanted until June 20 and decreased thereafter owing to low temperature during the grain filling stage. The anthocyanin content increased with delaying the transplanting time up to June 30 but the rice yield decreased after June 20. Nevertheless, the rate of increase in anthocyanin content was higher than the rate of decrease in rice yield. As a result, the optimum transplanting time and an average temperature of grain filling stage for black-colored rice variety were June 30 and 23~24°C considering both anthocyanin content and rice yield.

Keywords : anthocyanin, black rice, rice quality, ripening stage, temperature

2018년 우리나라의 연간 쌀 생산량은 380만톤 정도 였으며 농경지 면적과 농업인이 동시에 감소함에 따라 해마다 생산량이 지속적으로 감소하고 있다. 하지만 쌀 소비량 또한 지속적으로 감소하여 쌀의 재고량이 2018년 현재 약 150만톤 정도로 상승하여 재고 소진에 어려움을 겪고 있다. 대한민국의 1인당 쌀 소비량은 쌀자급을 달성한 1970년대에

120 kg이 넘었으나 이후 지속적으로 감소하여 2018년 현재 61 kg까지 감소하였는데 이러한 감소 추세는 식생활 변화에 따른 밀가루, 육류 위주의 소비 추세 증가에 따라 지속적으로 이어질 것으로 보인다(Statistics Korea, 2018). 농림축산식품부는 쌀값 안정화를 위해 가공산업 활성화, 복지용-가공용쌀 공급확대 등의 다양한 쌀소비 촉진 정책을 통

¹농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 농업연구사 (Agriculture researcher, Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Miryang 50424, Korea)

²농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 농업연구관 (Agriculture Senior Researcher, Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Miryang 50424, Korea)

[†]Corresponding author: Bae Hyun Kyung; (Phone) +82-55-350-1183; (E-mail) dadaeboy@korea.kr

<Received 2 April, 2019; Revised 12 June, 2019; Accepted 14 June, 2019>

해 쌀 소비량 확대를 위한 노력이 이루어지고 있다.

플라보노이드계 색소에 속하는 안토시아닌은 세포 내에 존재하는 활성산소나 과산화수소와 같은 반응성이 높은 이온을 제거시켜 세포가 산화작용을 통해 손상되는 것을 막아준다(Miguel, 2011). 이러한 안토시아닌을 다량 함유한 흑미는 항산화 작용으로 인한 건강 기능성 식품으로 각광받고 있으며, 혼반용, 기능성 식품 원료곡 등 다양한 용도로 활용되고 있다. 특히, 흑미는 검정콩과 더불어 안토시아닌을 다량 함유한 식품으로써 항암, 항염증, 항알러지 항당뇨 등의 다양한 건강 기능성을 가지고 있는 것으로 알려져 있어 기능성 성분을 고함유한 고품질 흑미 생산은 쌀소비 확대를 위해 중요한 역할을 할 것으로 기대된다(Chen *et al.*, 2006; Goffman & Bergman, 2004; Kim *et al.*, 2010; Nam *et al.*, 2005; Nam *et al.*, 2006). 흑미의 종피에 존재하는 안토시아닌은 주로 시아니딘, 말비딘, 시아니딘-3-글루코시드(C3G) 등의 형태로 존재하며 그중에 시아니딘-3-글루코시드가 가장 다량 존재하는 것으로 알려져 있다(Cho *et al.*, 1996; Ryu *et al.*, 2006). 흑미의 안토시아닌 함량은 재배환경에 따른 영향이 큰 것으로 알려져 있으며 대체적으로 이앙시기가 늦어 등숙기의 온도가 낮을수록 안토시아닌 함량이 높은 것으로 보고되었다(Kim *et al.*, 2013; Oh *et al.*, 2015). 또한 유색미 중 붉은색을 띠는 적미는 주로 프로안토시아닌 성분을 많이 함유하고 있고, 이 성분 또한 안토시아닌과 같이 이앙시기가 늦어질수록 높아지며 항산화 활성도 증가된다고 보고되었다(Bae *et al.*, 2017b). 흑미 품종은 질소비비량과 재식밀도와 같은 재배법 변화에 의해서도 안토시아닌 함량의 차이가 있음이 보고되었으며 기계 이앙 재배와 무논점파 재배에 있어서도 항산화물질의 함량의 차이가 있음이 보고 되었다(Choi *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2016; Bae *et al.*, 2017a)

흑미는 백미와는 달리 항산화 활성이 높아 기능성 특수미로 분류되고 있지만, 재배법은 일반 밥쌀용 품종에 준하여 재배되어 왔다. 지금까지 벼의 표준재배법은 주로 밥쌀용 품종의 수량 및 완전미율 향상에 초점을 맞추어 설정되었다. 하지만 흑미와 같이 기능성 성분이 높은 품종은 수량과 안토시아닌 함량을 동시에 최대화 하기 위한 특수미 맞춤형 재배법 개발이 요구된다. 이러한 요구에도 불구하고 유색미는 밥쌀용 쌀 대비 수효량이 적고, 재배면적이 넓지 않기 때문에 재배법에 대한 실용적인 연구가 미흡한 실정이다. 이에 본 연구는 밥쌀용 백미 품종의 표준 재배법과 차별화 하여 고품질 흑미의 안정적 생산을 위해 안토시아닌 함량과 현미수량을 동시에 높일 수 있는 최적이앙시기와 최적 등숙온도를 결정하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

시험 재료 및 재배방법

본 시험은 2014~2017년까지 4년간 밀양시에 위치한 국립식량과학원 남부작물부 시험포장에서 실시하였다. 시험에 사용된 품종은 흑진주, 눈큰흑찰1호, 조은흑미, 조생흑찰 등 조생종 4종, 흑광, 흑설, 흑남, 흑진미, 보석흑찰 등 중생종 5종, 신명흑찰, 신농흑찰, 신토흑미, 청풍흑찰, 흑향 등 중만생종 5종으로 흑미 총 14종을 이용하였다. 이앙기는 5월 20일, 6월 5일, 6월 20일 및 6월 30일이었으며 30일 중묘를 1주에 3본씩을 손이앙 하였다. 재식거리는 5월 20일과 6월 5일 이앙구는 30 x 15 cm, 6월 20일과 6월 30일 이앙구는 30 x 12 cm였다. 시비량은 N-P-K를 각각 9-4.5-5.7 kg/10a 를 처리하였고 분시비율은 N은 기비-분얼비-수비를 50-20-30 (%)로, P은 전량 기비로 K는 기비-수비를 70-30 (%)로 처리하였다. 시험구는 각 이앙시기별로 나누어 단구제로 배치하고 같은 이앙시기 시험구 내에 각 숙기별 품종을 묶어 배치하였다. 각 품종의 이앙면적은 20 m²이었다.

안토시아닌 분석

안토시아닌 색소 추출 및 함량은 Hosseinian *et al.* (2008)의 방법을 이용하여 분석하였다. 흑미의 총 안토시아닌 함량을 분석하기 위해 시료 1 g에 1% 추출 용매(1% HCl, 80% MeOH (v/v)) 20 mL를 가하여 30°C에서 24시간 진탕 추출 후 0.2 µm 실린지 필터로 여과하여 그 용액을 초고압액체 크로마토그래피 분광기를 이용하여 525 nm의 파장으로 정량분석 하였다. 분석용매: A (물(0.1% TFA)), B (메탄올(0.1% TFA))를 사용하였고 표준용액은 표준물질인 시아니딘 3-O-글루코사이드와 페오니딘 3-O-글루코사이드를 사용하여 검량곡선을 작성 후 정량분석 하였다.

수량구성요소 조사방법

시험구의 수확은 각 품종별로 출수 후 50일에 실시하였다. 수량구성요소 중 등숙률, 천립중은 조사구 당 3주씩 4반복으로 이삭을 채취하여 조사하였다. 수량은 각 품종의 이앙구 당 100주씩 4반복으로 수확하여 얻은 시료를 10a 넓이로 환산하여 계산하였다. 수확한 벼는 탈곡 후 수분 15%로 건조하여 각 항목을 조사하였다.

통계분석 및 기상자료 분석

통계분석은 SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하였다. 통계 프로그램을 이용하여 평균 및 분산분석을 실시하고 Duncan의 다중 검정방법(DMRT)를

이용하여 $\alpha=0.05$ 유의성을 검정하였다. 기상자료는 기상청에서 제공하는 밀양지역 자료를 수집하여 이용하였다. 출수 후 30일간 평균기온은 각 품종별로 얻어진 출수 후 30일간의 일간 기온을 이용하여 산출하였다.

결과 및 고찰

이앙기 변화에 따른 흑미의 현미수량 변화

흑미 품종별 이앙시기에 따른 현미 수량 변화를 출수생태형별로 나누어 분석하였다. 조생종의 경우 흑진주를 제외한 3품종이 6월 20일에 이앙하였을 때 수량이 가장 높았고 6월 30일 이앙구에서는 수량이 감소하였다(Table 2). 6월 20일 이앙구의 등숙기 평균온도(출수 후 30일간 평균온도)는 품종별로 24.6~26.2°C였다(Table 1). 중생종과 중만생종의 경우에는 조생종보다 조금 빠른 6월 5일~6월 20일 사이 이앙하였을 때 최대수량을 보여주었고, 6월 30일 이앙구에서는 감소하였다(Table 2, 3). 이 때 등숙기 평균온도는 품종별로 23.5~26.6°C였다(Table 1). 이러한 수량의 변화 양상은 흑미의 출수기 및 그 이후 등숙기 동안의 평균온도와 밀접한 관계가 있었다. 조생종과 중생종의 경우 8월 13일~21일 사이에 출수하였을 때 최대수량을 보여주었고 중만생종의 경우 그 보다 조금 늦은 시기인 8월 중하순까지 출수하여도 최대수량을 유지하였다. 출수 생태형별로 약간의 차이는 있으나 남부지방에서 최대수량을 얻기 위한 흑미의 최적 출수기는 8월 15~20일 정도로 이 때 등숙기

평균온도는 24~26°C 정도였다.

등숙기 평균온도 변화에 따른 흑미의 안토시아닌 함량과 생산량의 변화

유색미의 기능성 성분 함량은 이앙시기를 표준 이앙시기 보다 늦추었을 때 출수기가 늦어져 등숙기 평균기온이 낮아질수록 높아지는 것으로 보고 되었다(Bae *et al.*, 2017b; Kim *et al.*, 2013). 본 시험에서도 이앙시기가 늦어질수록 안토시아닌 함량이 높아지는 경향을 보여주어 기존의 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 숙기별로 조생종, 중만생종, 중생종 순서로 이앙시기에 따른 안토시아닌 함량 변화의 폭이 컸다(Fig. 1). 특히 조생종은 이앙시기 변화에 따른 안토시아닌 함량의 변화가 매우 커서 6월 30일 이앙구가 5월 20일 이앙구에 비해 안토시아닌 함량이 4배~10배 정도 높아졌다. 품종별로 살펴보면 눈큰흑찰1호의 5월 20일 이앙구의 안토시아닌 함량이 8.0 mg/100 g인데 반해 6월 30일 이앙구에서 80.7 mg/100 g로 높아져 10배 이상 안토시아닌 함량이 증가하였으며 가장 증가율이 낮았던 흑진주에서도 28.4 mg/100 g (5월 20일)에서 132.2 mg/100 g (6월 30일)로 4배 정도 높아졌다(Table 2). 중생종은 6월 30일 이앙구가 5월 20일 이앙구에 비해 2~6배 정도 높아진 결과를 나타냈다. 품종별로 흑진미의 경우 9.2 mg/100 g (5월 20일)에서 61.0 mg/100 g (6월 30일)로 6배 정도 높아졌으며 흑광의 경우 5월 20일 이앙구에서 11.3 mg/100 g 정도의 함량을 보였는데 6월 30일 이앙구에서 24.7 mg/100 g 정도로

Table 1. Average temperature for 30 days after heading of black-colored rice cultivars.

Cultivar	Transplanting time	Average temperature for 30 days after heading (°C)			
		May 20 th	June 5 th	June 20 th	June 30 th
Early maturing	Heuginju	28.5	28.6	26.2	24.6
	Nunkeunkeugchalilho	28.9	27.5	25.4	23.5
	Joeunheugmi	28.9	27.5	25.7	23.5
	Josaengheugchal	27.8	27.0	24.6	22.5
Medium maturing	Heuggwang	27.5	26.6	24.7	23.2
	Heugseol	26.8	25.1	23.5	22.5
	Heugnam	27.5	25.1	23.8	22.7
	Heuginmi	26.8	25.4	23.8	22.4
Medium-late maturing	Boseogheugchal	27.0	25.7	23.8	22.7
	Sinmyeongheugchal	26.6	25.1	23.5	22.5
	Sinnongheugchal	26.4	24.0	22.7	22.6
	Sintoheugmi	25.4	23.8	22.4	22.2
	Cheongpungheugchal	25.4	23.8	22.5	22.2
	Heughyang	25.1	23.8	22.5	22.2

Table 2. Heading date, yield, anthocyanin content, and anthocyanin production of early maturing black-colored rice cultivars with different transplanting times.

Cultivar	Transplanting time (m.dd)	Heading date (m.dd)	Yield (kg/10a)	Anthocyanin content (mg/100g)	Anthocyanin production (g/10a)
Heugjinju	5.20	7.19	259 ^c	28.4 ^b	75.5 ^b
	6.5	7.28	323 ^b	48.0 ^b	168.5 ^b
	6.20	8.11	397 ^a	116.2 ^a	459.0 ^a
	6.30	8.18	428 ^a	132.2 ^a	562.8 ^a
Nunkeunheugchalilho	5.20	7.25	396 ^b	8.0 ^b	29.7 ^b
	6.5	8.3	411 ^b	17.4 ^b	69.1 ^b
	6.20	8.14	480 ^a	67.8 ^a	327.4 ^a
	6.30	8.22	419 ^b	80.7 ^a	341.2 ^a
Joeunheugmi	5.20	7.24	452 ^a	19.6 ^c	87.8 ^c
	6.5	8.2	439 ^a	30.4 ^c	147.8 ^c
	6.20	8.13	471 ^a	76.3 ^b	385.4 ^b
	6.30	8.22	442 ^a	116.3 ^a	520.0 ^a
Josaengheugchal	5.20	7.31	471 ^{ab}	20.1 ^c	88.6 ^b
	6.5	8.6	457 ^b	28.7 ^c	134.5 ^b
	6.20	8.18	527 ^a	82.8 ^b	449.1 ^a
	6.30	8.27	453 ^b	107.7 ^a	482.7 ^a

*Values with the same letters in a column are not significantly different at the 5% level as determined using DMRT.

Table 3. Heading date, yield, anthocyanin content, and anthocyanin production of medium maturing black-colored rice cultivars with different transplanting times.

Cultivar	Transplanting time (m.dd)	Heading date (m.dd)	Yield (kg/10a)	Anthocyanin content (mg/100g)	Anthocyanin production (g/10a)
Heuggwang	5.20	8.3	454 ^a	11.3 ^b	52.0 ^b
	6.5	8.9	443 ^a	11.4 ^b	52.2 ^b
	6.20	8.17	470 ^a	23.0 ^a	111.7 ^a
	6.30	8.23	392 ^b	24.7 ^a	100.5 ^a
Heugseol	5.20	8.7	319 ^b	37.6 ^c	133.1 ^b
	6.5	8.15	431 ^a	69.4 ^b	305.1 ^a
	6.20	8.22	410 ^a	70.8 ^a	300.5 ^a
	6.30	8.27	340 ^b	88.1 ^a	302.5 ^a
Heugnam	5.20	8.2	468 ^b	7.8 ^c	39.8 ^b
	6.5	8.15	526 ^{ab}	11.4 ^c	61.3 ^b
	6.20	8.21	554 ^a	21.3 ^b	124.1 ^a
	6.30	8.25	513 ^{ab}	29.0 ^a	146.2 ^a
Heuginmi	5.20	8.7	468 ^{ab}	9.2 ^d	41.3 ^d
	6.5	8.14	511 ^a	28.6 ^c	148.1 ^c
	6.20	8.21	472 ^{ab}	46.2 ^b	218.0 ^b
	6.30	8.28	437 ^b	61.0 ^a	261.5 ^a
Boseogheugchal	5.20	8.6	410 ^a	11.7 ^b	49.1 ^b
	6.5	8.13	444 ^a	31.8 ^{ab}	150.7 ^a
	6.20	8.21	411 ^a	22.0 ^b	91.0 ^{ab}
	6.30	8.25	408 ^a	44.0 ^a	171.9 ^a

*Values with the same letters in a column are not significantly different at the 5% level as determined using DMRT.

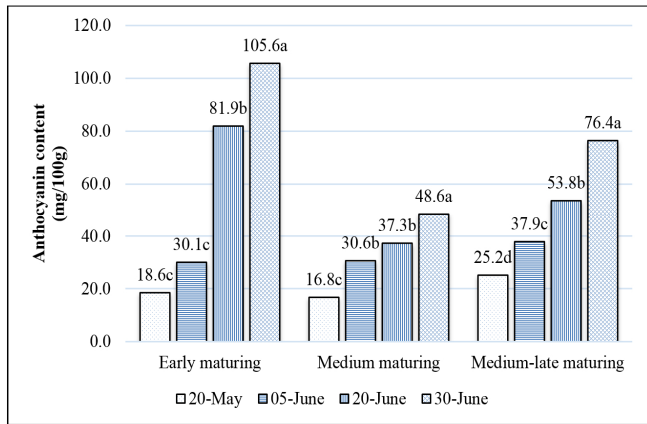


Fig. 1. Variation in anthocyanin content with change in transplanting time in black-colored rice cultivars. Values with the same letters in a column are not significantly different at the 5% level as determined using DMRT.

이앙기 변화에 따른 안토시아닌 함량의 증가량이 낮은 편이었다(Table 3). 중만생종의 경우에도 중생종과 비슷하게 6월 30일 이앙구에서 5월 20일 이앙구에 비해 3~4배 정도 안토시아닌 함량이 높았으며 신토흑미가 6월 30일 이앙구에서 138.8 mg/100 g으로 시험에 사용된 품종 중 가장 높은 안토시아닌 함량을 보여주었다(Table 4). 안토시아닌 함량이 가장 높았던 6월 30일 이앙구의 등숙기 평균온도를 살펴보면 조생종은 22.5~24.6°C, 중생종은 22.4~23.2°C, 중만생종 22.4~23.2°C로 등숙기 평균온도가 23°C를 전후일 때 안토시아닌 함량이 가장 높았다. 흑미 품종의 등숙기 평균온도와 안토시아닌 함량과의 관계를 회귀 분석 한 결과 평균온도와 안토시아닌 함량간에는 $R^2=0.173^{**}$ 으로 상관관계는 존재하였으나 설명력이 높지 않았다(Fig. 2). 흑미의 안토시아닌 함량은 등숙기 평균온도가 낮을수록 높아져, 흑미의 최대안토시아닌 함량을 위한 최적 등숙기 평균 온도는 22~23°C 정도이었다. 이는 Oh *et al.* (2015)이 제시한 유색

Table 4. Heading date, yield, anthocyanin content, and anthocyanin production of medium-late maturing black-colored rice cultivars with different transplanting times.

Cultivar	Transplanting time (m. dd)	Heading date (m. dd)	Yield (kg/10a)	Anthocyanin content (mg/100g)	Anthocyanin production (g/10a)
Sinmyeongheugchal	5.20	8.9	440 ^b	9.9 ^b	46.8 ^b
	6.5	8.15	502 ^a	20.7 ^a	105.1 ^a
	6.20	8.22	504 ^a	29.0 ^a	147.9 ^a
	6.30	8.26	454 ^{ab}	28.6 ^a	130.7 ^a
Sinnongheugchal	5.20	8.10	451 ^b	29.6 ^c	144.1 ^b
	6.5	8.20	521 ^a	39.9 ^c	211.8 ^b
	6.20	8.25	514 ^a	65.6 ^b	343.5 ^a
	6.30	8.30	484 ^{ab}	88.2 ^a	431.2 ^a
Sintoheugmi	5.20	8.14	466 ^b	54.4 ^c	266.0 ^c
	6.5	8.21	530 ^a	74.0 ^{bc}	398.4 ^{bc}
	6.20	8.28	525 ^a	91.3 ^b	482.6 ^b
	6.30	9.3	515 ^a	138.8 ^a	708.1 ^a
Cheongpunheugchal	5.20	8.14	553 ^a	21.5 ^c	120.8 ^b
	6.5	8.21	584 ^a	38.9 ^{bc}	223.2 ^b
	6.20	8.27	591 ^a	60.7 ^{ab}	369.2 ^a
	6.30	9.5	562 ^a	84.0 ^a	457.7 ^a
Heughyang	5.20	8.15	513 ^a	10.7 ^c	57.4 ^b
	6.5	8.21	535 ^a	16.1 ^{bc}	85.7 ^b
	6.20	8.27	547 ^a	21.9 ^b	121.4 ^b
	6.30	9.3	521 ^a	42.6 ^a	228.2 ^a

*Values with the same letters in a column are not significantly different at the 5% level as determined using DMRT.

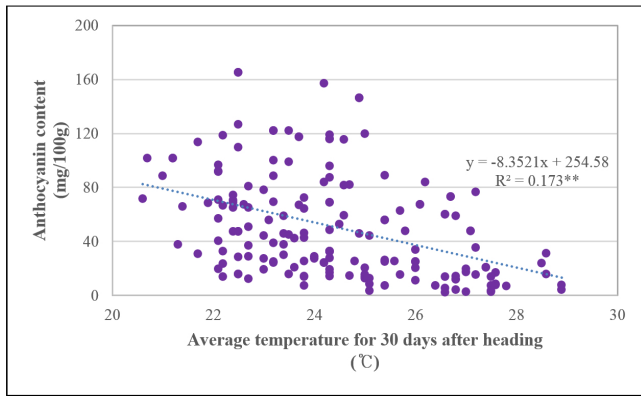


Fig. 2. Correlation analysis between anthocyanin content and average temperature for 30 days after heading in black-colored rice.

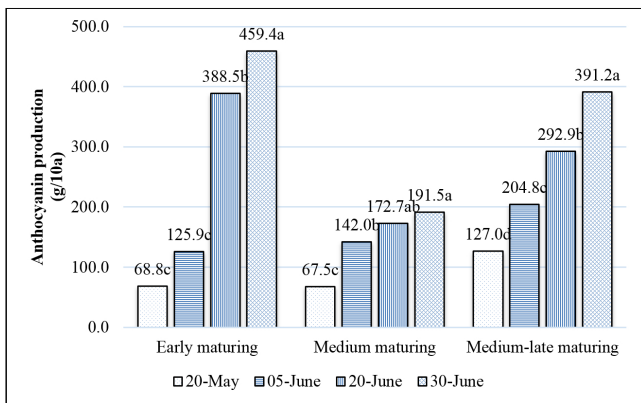


Fig. 3. Variation in anthocyanin production with changes in transplanting time in black-colored rice cultivars. Values with the same letters in a column are not significantly different at the 5% level as determined using DMRT.

미의 기능성 물질 함량을 증대시키기 위한 적정 등숙온도 21~23°C와 비슷한 결과였다. 일반적으로 자포니카 품종의 최적 등숙온도로 알려진 20~22°C와 비슷한 수준이지만 본 시험에서 흑미의 최대 현미수량을 위한 최적 등숙온도 보다 1~3°C 정도 낮은 수준이었다(Korean rice research society, 2010). 본시험에서 6월 30일 이앙구의 경우 모든 흑미 품종에서 현미수량이 감소하였는데 이는 등숙기 평균온도가 23°C 보다 낮았기 때문인 것으로 판단된다. 따라서, 안토시아닌 함량과 현미수량을 동시에 고려한 최적 이앙시기와 등숙기 평균온도를 결정할 필요가 있었다. 안토시아닌 함량과 현미수량을 동시에 고려한 안토시아닌의 면적당 생산량(안토시아닌 함량 x 현미수량)을 살펴본 결과, 6월 30일 이앙하였을 때, 단위면적당 안토시아닌 생산량이 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 이앙시기 지연에 따른 현미수량

의 감소폭보다 안토시아닌 함량 증가량이 상대적으로 높았기 때문인 것으로 판단된다(Fig. 3). 이러한 결과를 통해 남부지방에서 단위면적당 안토시아닌 최대 생산량 중심의 고품질 흑미 생산을 위한 적정 이앙시기는 6월 30일이며, 이 시기의 최적 등숙온도는 22~23°C인 것으로 판단된다. 이러한 결과는 Bae *et al.* (2017b)이 보고한 적미의 최적 등숙온도 22~23°C와 농촌진흥청에서 제시한 특수미 최적 등숙온도 22.5°C 비해 1°C 정도 높아 흑미 품종은 다른 특수미 품종과 차별화된 재배조건을 요구함을 알 수 있었다(RDA, 2014). 본 연구에서는 영남지역의 흑미의 단위면적당 안토시아닌 생산량을 중심으로 등숙기 최적온도와 이앙시기를 구명하였다. 또한 이 결과를 바탕으로 타지역의 고품질 흑미 생산을 위한 등숙기 최적 온도와 최적 이앙시기 설정에 참고자료로 활용 될 것으로 기대된다.

적 요

본 실험은 흑미 품종 14종을 이용하여 남부지방에서 현미 수량과 안토시아닌 함량을 동시에 고려한 적정 이앙시기 및 등숙온도(출수 후 30일간 평균온도)를 구명하기 위해 2014년~2017년 까지 4년간 밀양에서 실시하였다.

1. 최대 현미수량을 얻기 위한 흑미의 적정 이앙시기는 조생종의 경우 6월 20일, 중생종과 중만생종의 경우 6월 5일~6월 20일 사이였으며 적정 등숙온도는 24~26°C였다.
2. 흑미의 기능성 성분인 안토시아닌은 이앙시기가 늦어짐에 따라 그 함량이 증가하여 모든 흑미 품종에서 6월 30일에 이앙하였을 때 가장 높았으며 안토시아닌 함량이 높은 고품질 흑미 생산을 위한 적정 등숙온도는 22~23°C였다.
3. 현미수량과 안토시아닌 함량을 동시에 고려한 안토시아닌 생산량은 이앙기 6월 30일, 등숙온도 22~23°C에서 가장 높았다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 벼-IRG 2-3 모작 작부체계에서 미질 특성 연구, 세부과제번호: PJ0138 0802)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

Bae, H.K, S. H. Oh, J. D. Hwang, J. H. Seo, S. Y. Kim, and M.

- K. Oh. 2017a. Effects of different nitrogen levels and planting densities on the quality and quantity of ‘Nunkeunheugchal’ rice. *Korean J. Crop Sci.* 62(2) : 118-123.
- Bae, H.K., S. H. Oh, J. D. Hwang, J. H. Seo, S. Y. Kim, and M. K. Oh. 2017b. Polyphenol content and yield variation of red-colored cultivars depends on transplanting date in southern plain region of Korea. *Korean J. Crop Sci.* 62(3) : 166-171.
- Chen, P.N., W.H. Kuo, C.L. Chiang, H.L. Chiou, Y.S. Hsieh, and S.C. Chu. 2006. Black rice anthocyanins inhibit cancer cells invasion via repressions of MMPs and u-PA expression. *Chemico-Biological Interactions.* 163(3) : 218-229.
- Cho, M. H., Y. S. Paik, H. H. Yoon, and T. R. Hahn. 1996. Chemical structure of the major color component from a Korean pigmented rice variety. *Agri. Chem. Biotech.* 39(4) : 304-308.
- Choi, Y.H., H.M. Han, Y.J. Won, J.Y. Park, Y.Y. Lee, B.W. Lee, S.L. Kim, and K.S. Lee. 2016. Variation of Cyanidin-3-Glucoside in the Pigmented Rice as Affected by the Rice Cultivation Types. *J. Korean Soc. Int. Agric.* 28(4) : 490-495.
- Goffman, F. D. and C. J. Bergman. 2004. Rice kernel phenolic content and its relationship with antiradical efficiency. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 84 : 1235-1240.
- Hosseinian, F. S., W. Li, and T. Beta. 2008. Measurement of anthocyanins and other phytochemicals in purple wheat. *Food Chem.* 109 : 916-924.
- Kim, H.Y., J.H. Kim, S.A. Lee, S.N. Ryu, S.J. Han, and S.G. Hong. 2010. Antioxidative and anti-diabetic activity of C3GHi, novel black rice breed. *Korean J. Crop. Sci.* 55(1) : 38-46.
- Kim, S.K., J. H. Shin, D. K. Kang, S. Y. Kim, and S. Y. Park. 2013. Changes of Anthocyanidin content and brown rice yield in three pigmented rice varieties among different transplanting and harvesting times. *Korean J. Crop Sci.* 58(1) : 28-35.
- Korean rice research society. 2010. *Rice.* Seoul: Episteme.
- Lee, I. S., D. R. Lee, S. H. Cho, S. Y. Lee, K. C. Kim, K. W. Lee, and Y. J. Song. 2016. Effects of different nitrogen levels and planting densities on the quality and yield of the black rice cultivar ‘Shinnongheugchal’. *Korean J. Crop Sci.* 61(2) : 79-86.
- Miguel, M. G. 2011. Anthocyanins: antioxidant and/or anti-inflammatory activities. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 01(06) : 07-15
- Nam, S. H., S. P. Choi, M. Y. Kang, H. J. Koh, N. Kozukue and F. Mendel. 2005. Bran extracts from pigmented rice seeds inhibits tumor promotion in lymphoblastoid B cells by phorbol ester. *Food and Chemical Toxicology* 43 : 741-745.
- Nam, S. H., S. P. Choi, M. Y. Kang, H. J. Koh, N. Kozukue, and M. Friedman. 2006. Antioxidative activities of bran extracts from twenty one pigmented rice cultivars. *Food Chem.* 94 : 613-620.
- 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 activity as affected by cultivation environment in pigmented rice varieties. *Korean J. Crop Sci.* 60(2) : 153-166.
- Rural Development Administration. 2014. *Cultivation technique for processing rice.* pp. 115-118.
- Ryu, S. N., S. J. Han, S. Z. Park, and H. R. Kim. 2006. Antioxidant activity of blackish purple rice. *Korean J. Crop Sci* 51 : 173-178.
- Statistics Korea. 2018. <http://kosis.kr>.