

재배환경에 따른 유색미의 기능성물질 및 항산화활성 변이

오성환* · 최경진**[†] · 김상열** · 서우덕* · 한상익* · 조준현* · 송유천* · 남민희* · 이충근** · 우선희*** · 이철원***

*국립식량과학원 남부작물부, **국립식량과학원, ***충북대학교 식물자원학과

Variation of Functional Materials and Antioxidant Activity as Affected by Cultivation Environment in Pigmented Rice Varieties

Sung Hwan Oh*, Kyung-Jin Choi**[†], Sang Yeol Kim**, Woo Duck Seo*, Sang Ik Han*, Jun Hyun Cho*, You Chun Song*, Min Hee Nam*, Chung Keun Lee**, Sunhee Woo***, and Chulwon Lee***

*Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Miryang 627-803, Korea

**National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 565-851, Korea

***Department of Crop Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

ABSTRACT Production of high quality pigmented rice contained with high content of anthocyanin, and polyphenol was significantly influenced by cultivation environments like transplanting date and cultivation location. This study was carried out to establish an optimum transplanting date and cultivation region to produce maximum content of anthocyanin, polyphenol and antioxidant activity of pigmented rice varieties (black, red colored). Three transplanting times (May 20, June 5, June 20) and four different sites (Miryang, Uiseong, Sangju, Bonghwa) were evaluated with five pigmented rice cultivars. Anthocyanin and total polyphenol index to average temperature during 30 days after heading (DAH) of black, red pigmented rice varieties showed that anthocyanin and total polyphenol contents were decreased by 10% and 9%, respectively, with increasing average temperature of 1°C. The optimum ripening temperature of the 30 DAH for the production of high anthocyanin and total polyphenol was 22 to 23°C for early maturity black rice, 21 to 22°C for mid-late maturity of black and red rices, respectively. On the other hand, an estimated heading date of pigmented rices in return according to the optimum ripening temperature of the 30 DAH was ranged Aug. 11 to 17 for early maturity black rice, Aug. 25 for mid-late maturity black, red rice variety in Jecheon, Aug. 27 to Sep. 2 for early maturity type, Sep. 3 to 6 for mid-late type in Daegu. It seemed that Jecheon, Boeun, Mungyeong, and Yeongju were optimum regions for cultivation of pigmented rices. The estimated sowing date of pigmented rices for high anthocyanin and total polyphenol production based on the optimum heading date was May 18 to 26 for early maturity

black rice variety, April 11 for mid-late black, red variety in Jecheon, May 23 to 28 for early type, April 9 to 26 for mid-late type in Boeun, respectively.

Keywords : pigmented rice, cultivation environment, functional materials

최근 건강에 대한 관심 및 기능성 식품에 대한 소비자의 요구가 증가추세에 있는 가운데 기능성 특수미에 대한 연구도 활발히 추진되고 있다. 특수미 중 유색미는 밤·떡·과자·술 등의 원료가 되고 특히 흑미의 안토시아닌은 식품첨가용 천연 색소 및 공업용 색소로 이용성이 높다. 최근 1인당 연간 쌀 소비량은 2005년 80.7 kg에서 2013년에는 67.2 kg까지 매년 빠르게 감소하였고(2014, 통계청), 이렇게 위축된 쌀의 위상에 부가가치를 부여하여 소비층대를 유도하기 위해서 유색미의 역할이 더욱 중요시 되고 있다. 현재 세계적으로 수집 보존하고 있는 유색미 품종들은 담적색~농적색, 농자갈색~흑색에 이르기까지 다양한 변이를 보이고 있다(Choi *et al.*, 1996). 유색미 색소는 현미의 종피색이 흑색이나 흑자색을 띠는 것은 주로 안토시아닌계 색소가 함유되어 있고, 적색이나 적갈색을 띠는 것은 탄닌계 색소가 함유되어 있다고 한다(Yoon *et al.*, 1995). 안토시아닌 등 유색미에 함유된 색소는 항산화, DNA 손상억제 및 발암억제 기능, 금속이온 등과 결합하여 중금속 등을 제거하는 등 다양한 기능이 발견되었다(Tsuda *et al.*, 1998). 유색미 중 흑미의 항

[†]Corresponding author: (Phone) +82-63-238-5262 (E-mail) choichoi@korea.kr

<Received 5 December, 2012; Accepted 15 May, 2015>

산화성을 나타내는 안토시아닌은 주로 cyanidin 3-O-β-D-glucoside(Choi *et al.*, 1996; Cho *et al.*, 1996), 흑진주버를 대상으로 분석한 결과 cyanidin 3-glucoside의 함유량이 종자 100 g 당 470 mg이었으며, 흑진주버가 함유하고 있는 총 안토시아닌 양의 함량대비 95.3%에 이른다고 하였다(Ryu *et al.*, 1998). 유색미 종실의 안토시아닌 조성은 cyanidin 3-glucoside, cyanidin 3-rhamnoside, malvidin 3-galactoside, peonidin 3-glucoside 등이 있는데, 이 중 우리나라 유색미 종자에 함유된 안토시아닌은 cyanidin 3-glucoside와 peonidin 3-glucoside가 주된 성분이라고 하였다(Park *et al.*, 1998). 안토시아닌은 다양한 환경조건에 따라 변이가 있는 것으로 보고 되고 있는데, 이는 온도에 대한 안토시아닌 함성량에 대한 차이로 여겨진다. 안토시아닌의 가장 중요한 유도원으로는 UV나 가시광선 등 광을 들 수 있는데, 암상태에서는 안토시아닌이 생성되지 않기 때문이다(Camme *et al.*, 1993; Kakegawa *et al.*, 1987; Dong *et al.*, 1998). 광 이외에 안토시아닌 생성에 가장 큰 영향을 주는 요인으로는 저온 스트레스가 있는데, 내동성과 안토시아닌 함성과는 밀접한 관계가 있다고 하였다(Mckown *et al.*, 1996). Kim *et al.* (1998)은 흑진주버를 5월 15일에서 6월 30일까지 15일 간격으로 4시기에 걸쳐 재배한 결과 6월 15~30일 이양이 5월 15~30일 이양보다 안토시아닌 함량이 높았다고 하였다. 또한 이양시기 및 재배지역에 따라 안토시아닌 생성량은 모두 유의적으로 차이가 있었는데 Chae *et al.* (2002)은 흑진주버 재배시 C-3-G 함량은 상주가 가장 많았고 연천, 익산, 밀양의 순이라고 하였고, Lee *et al.* (2008)도 조생흑찰의 C3G 함량은 청원보다 위도와 고도가 높아 등숙온도가 낮은 제천에서 높았으며 수량성과 품질을 고려한 이양적기는 청원은 6월 10일 이후, 제천은 5월 30일 이전이라고 하였다. 유색미 품종 육성은 1990년도에 이르러서 본격적으로 연구가 진행되어 연구개발 역사가 짧고, 각 품종의 특성에 맞는 재배관리 기술이 제대로 확립되어 있지 않다. 특히 유색미 색소 등 생리활성 물질은 품종이나 재배지역 등 환경에 따른 변이가 보고되고 있어 이들 변이정도의 분석을 통한 고품질 유색미 생산기술 확립이 매우 절실한 실정이다. 따라서 본 연구는 유색미 품종들의 적정 재배시기와 지역 등에 따른 기능성물질 발현 및 항산화 활성변이를 분석하여 고품질의 유색미를 생산할 수 있는 적정 재배관리기술 확립을 위한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 재배방법

시험재료는 흑미인 조생흑찰, 눈큰흑찰, 신토흑미, 적미

인 홍진주, 건강홍미 등 총 5품종을 밀양(N35°50'), 의성(N36°35'), 상주(N36°44'), 봉화(N36°90') 등 4지역에서 2011년 4월 25일, 5월 10일, 5월 25일에 상자당 170 g씩 파종하여 25일묘로 5월 20일, 6월 5일, 6월 20일 등 3시기에 걸쳐서 이양하였다. 기타 재배관리는 농촌진흥청 표준재배법에 준하였고, 시험성적의 분석은 지역을 주구, 이양시기를 세구, 품종을 세세구로 하는 세세구배치 3반복으로 처리하였다.

조사방법 및 내용

수확은 구당 100주를 예취 후 예취면적을 조사하여 10a로 환산하였으며, 수확한 벼는 탈곡후 수분 15%로 건조시켜 현미무게를 측정하여 현미수량을 조사하였다. 각 지역과 이양시기별로 수확한 흑미와 적미품종에 대해 흑미는 안토시아닌, 적미는 총폴리페놀 함량을 분석하였고 각 품종별로 항산화활성을 검정하였다.

안토시아닌

안토시아닌 색소 추출 및 함량은 Hosseinian *et al.* (2008)의 방법을 이용하여 분석하였는데, 수확한 현미를 곱게 분쇄한 시료 1 g에 1% HCl을 함유한 80% methanol 20 ml를 첨가하여 초음파 추출기를 이용 25°C에서 10분간 추출한 후 실온에서 24시간 추출하였다. 추출후 여과지(Whatman #6)에 필터한 후 3200 rpm에서 3분 동안 원심분리한 후 상등액을 채취하여 0.20 μm의 syringe 필터에 필터링 후 UPLC autosampler vial에 담아 분석하였다. 분석기기는 Acquity UPLC (Waters)를 이용하였고, 컬럼은 reverse phase Bondapak TM C18을 사용하였다. 이동상으로는 0.1% TFA-H₂O(A)와 0.1% TFA-methanol(B)을 이용하여 B상의 투입량을 0.4 min에 15%, 8.1 min에 20%, 0.5 min에 30%로 gradient를 주었다. Detector는 PDA를 이용하여 530 nm에서 검량하였다. 안토시아닌 표준물질 정량곡선은 cyanidin-3-O-glucoside (C3G), petunidin-3-O-glucoside (Pt3G), peonidin-3-O-glucoside (Pn3G)를 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 μg/ml로 희석하여 검량선을 작성하였다.

총폴리페놀

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 μl에 2% Na₂CO₃ 200 μl를 가하고 3분간 방치한 후 50% folin-ciocalteu reagent 10 μl

를 첨가하였다. 30분 후 750 nm에서 spectrophotometer (Versa max, Molecular Devices Co., Sunnyvale, CA)로 흡광도를 측정하였다.

항산화활성

항산화활성은 Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) 분석법에 따라 수행하였다(Re *et al.*, 1999). 먼저 ABTS (Mwt. 548.68) 10 mg을 2.6 ml 증류수에 녹여 7 mM의 ABTS 용액을, 그리고 potassium persulfate (Mwt. 270.32) 66.2 mg을 100 ml 증류수에 녹여 2.45 mM의 potassium persulfate 용액을 각각 제조하였다. 두 시약을 1:1 비율로 섞고 4~8시간 호일로 포장하여 냉장 보관하였다. 분석 전에 control 흡광도 값이 0.7~0.8사이가 되도록 에탄올로 약 5배 정도 희석하였다. Blank는 녹인 용매 50 µl+에탄올 200 µl, control 1은 녹인 용매 50 µl +희석액 200 µl, control 2는 시료 50 µl+에탄올 200 µl, 처리시료 50 µl+ 희석액 200 µl 를 각각 첨가후 10초간 진탕하고 항온기에서 30°C에서 1분간 암반응 시킨 후 98 well plate에 농도별 시료와 희석액을 넣고 Microplate Reader (VERSAmax, Molecular devices, USA)로 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 억제율 계산은 다음과 같다.

※ 억제율(%)

$$= \{Control\ 1 - (처리-Control\ 2)\} / Control\ 1 \times 100$$

적정 출수기 및 파종기 추정

유색미의 안토시아닌 함량과 총폴리페놀 함량을 최대로 생산하기 위한 출수기 및 파종기 추정은 1981~2010년 까지 30년간 전국 기상자료를 이용하였으며, 분석은 국립식량원

에서 개발한 ‘Oryza 2000’ 변형 프로그램을 이용하였다.

통계처리

자료분석은 SAS 9.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) PC package를 이용하였다. 통계 package로 평균을 구한 후 분산분석(ANOVA) 및 Duncan의 다중검정(Duncan’s multiple range test)으로 α=0.05 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

재배지역과 이앙시기에 따른 유색미 품종의 기능성 물질 함량 및 항산화활성

조생흑찰, 눈큰흑찰, 신토흑미 등 흑미 3품종들에 대한 재배지역별 이앙시기에 따른 안토시아닌 함량, 항산화활성, 현미수량은 Table 1과 같으며 재배지역별 흑미품종들의 현미생산량은 의성지역이 상대적으로 많았고 밀양, 봉화 및 상주지역은 통계적인 유의성이 없는 것으로 나타났으나 현미에 함유된 안토시아닌의 함량은 지역적인 차이가 매우 큰 것으로 나타났다. 흑미 3품종 평균치로 나타낸 현미함유 안토시아닌 함량은 상주(142.3) > 봉화(124.1) > 의성(76.8) > 밀양(67.4 mg/100 g) 순이었다. 이를 다시 품종별 이앙시기에 따라 4개 재배지역들의 평균치로 나타낸 자료는 Table 2와 같다. 안토시아닌 함량과, 10a당 안토시아닌 생산량, 항산화활성, 현미수량은 모두 주요인인 품종에서 고도의 유의성이 인정되어 품종간에 차이가 큰 것으로 나타났다. 각 지역에서 이앙시기별로 재배된 흑미의 안토시아닌 함량은 조생흑찰이 평균 134.2 mg으로 가장 높았고, 신토흑미 111.1 mg, 눈큰흑찰 62.6 mg의 순이었다. 10a당 안토시아닌 생산

Table 1. Anthocyanin contents and antioxidant activity of black pigmented rice varieties as affected by regions and transplanting time in 2011.

Region (A)	Transplanting date (B)	Variety (C)	Anthocyanin content (mg/100 g seeds)	Anthocyanin production amount (g/10a)	ABTS IC ₅₀ (µg/ml)	Brown rice yield (kg/10a)
Miryang	May 20	Nunkeunheugchal	25.6	75.7	51.6	295
		Shintoheugmi	82.3	326.7	24.4	397
		Josaengheugchal	81.0	343.2	30.1	424
	June 5	Nunkeunheugchal	38.5	113.9	42.0	296
		Shintoheugmi	85.6	345.6	26.5	404
		Josaengheugchal	98.9	462.3	20.7	467
	June 20	Nunkeunheugchal	15.0	46.9	45.5	312
		Shintoheugmi	90.8	309.2	25.5	340
		Josaengheugchal	88.8	345.9	31.9	389
		Mean	67.4 ^d	263.3 ^d	33.1 ^a	369 ^b

Table 1. Anthocyanin contents and antioxidant activity of black pigmented rice varieties as affected by regions and transplanting time in 2011 (Continue).

Region (A)	Transplanting date (B)	Variety (C)	Anthocyanin content (mg/100 g seeds)	Anthocyanin production amount (g/10a)	ABTS IC ₅₀ (μg/ml)	Brown rice yield (kg/10a)
Bonghwa	May 20	Nunkeunheugchal	75.1	285.8	22.9	380
		Shintoheugmi	146.5	603.6	15.1	412
		Josaengheugchal	141.1	692.2	12.6	491
	June 5	Nunkeunheugchal	47.7	115.7	34.8	243
		Shintoheugmi	169.0	667.5	14.6	395
		Josaengheugchal	134.3	532.5	17.3	397
	June 20	Nunkeunheugchal	101.0	346.2	23.6	343
		Shintoheugmi	161.5	484.8	17.0	300
		Josaengheugchal	140.3	489.2	13.7	349
		Mean	124.1 ^b	468.6 ^b	19.1 ^d	368 ^b
Sangju	May 20	Nunkeunheugchal	80.5	269.6	32.8	335
		Shintoheugmi	140.3	578.0	13.5	412
		Josaengheugchal	201.6	978.0	12.6	485
	June 5	Nunkeunheugchal	117.5	424.2	26.8	361
		Shintoheugmi	136.7	524.1	13.6	383
		Josaengheugchal	214.2	591.1	14.1	276
	June 20	Nunkeunheugchal	120.6	439.0	24.1	364
		Shintoheugmi	60.8	152.7	35.2	251
		Josaengheugchal	208.5	796.5	14.9	382
		Mean	142.3 ^a	528.1 ^a	21.0 ^c	361 ^b
Uiseong	May 20	Nunkeunheugchal	48.1	182.0	35.6	378
		Shintoheugmi	84.8	394.1	28.5	464
		Josaengheugchal	95.4	444.5	23.6	466
	June 5	Nunkeunheugchal	38.2	133.8	52.5	350
		Shintoheugmi	87.7	404.2	27.6	461
		Josaengheugchal	101.6	481.0	27.1	473
	June 20	Nunkeunheugchal	43.6	117.8	35.9	270
		Shintoheugmi	86.6	325.2	20.6	376
		Josaengheugchal	105.2	399.7	23.0	380
		Mean	76.8 ^c	320.3 ^c	30.5 ^b	402 ^a

량도 조생흑찰이 546.3 g으로 가장 많았고, 신토흑미 426.3 g, 눈큰흑찰 212.6 g의 순이었다. 항산화활성은 조생흑찰과 신토흑미는 눈큰흑찰에 비해 높게 나타났고, 조생흑찰과 신토흑미 간에는 유의성이 없었다. 현미수량은 품종과 이앙시기 모두 유의성이 인정되어 대체로 이앙시기가 늦어질수록 수량이 감소하는 것으로 나타났다. 안토시아닌 함량과 항산화활성 등이 이앙시기에 대해 유의성이 없었다는 것은 늦게

이앙한다고 하여 모두 안토시아닌 함량이 증가하는 것은 아니며 지역에 따라 늦심기 할 경우 지나친 저온은 현미의 등숙과 종피에 생성되는 안토시아닌의 함성도 함께 장애를 받은 것으로 생각된다. 또한 품종별 재배지역에 따라 3개 이앙시기의 평균치를 나타낸 자료는 Table 3과 같다. 안토시아닌 함량은 품종간 및 재배지역간 고도의 유의성을 보였을 뿐 아니라 상호작용도 인정되어 품종별로 적합한 재배지역

Table 2. Anthocyanin contents and antioxidative activity classified by black pigmented rice varieties and transplanting time.

Varieties (A)	Transplanting time (B)	Anthocyanin contents (mg/100 g seeds)	Anthocyanin production amount (g/10a)	ABTS IC ₅₀ [‡] (μg/ml)	Brown rice yield (kg/10a)
Josaengheugchal	May 20	129.8	614.5	19.7	466.5
	June 5	137.3	516.7	19.8	403.3
	June 20	135.7	507.8	20.9	375.0
	Avg.	134.2 ^a	546.3 ^a	20.1 ^b	414.9 ^a
Nunkeunheugchal	May 20	57.3	203.3	35.7	347.0
	June 5	60.5	196.9	39.0	312.5
	June 20	70.1	237.5	32.3	322.3
	Avg.	62.6 ^c	212.6 ^c	35.7 ^a	327.3 ^b
Shintoheugmi	May 20	113.5	475.6	20.4	421.3
	June 5	119.8	485.4	20.6	410.8
	June 20	99.9	318.0	24.6	316.8
	Avg.	111.1 ^b	426.3 ^b	21.8 ^b	382.9 ^a
F-value	A	***	***	***	**
	B	ns	ns	ns	**
	A*B	ns	ns	ns	ns

[‡]The half maximal inhibitory concentration

*The same letters are not significant at 0.05 level of DMRT.

Table 3. Anthocyanin contents and antioxidative activity classified by black pigmented rice varieties and cultivated regions.

Varieties (A)	Regions (B)	Anthocyanin contents (mg/100 g seeds)	Anthocyanin production amount (g/10a)	ABTS IC ₅₀ [‡] (μg/ml)	Brown rice yield (kg/10a)
Josaengheugchal	Bonghwa	138.6	571.3	14.5	412.3
	Miryang	89.6	383.8	27.6	426.7
	Sangju	208.1	788.5	13.9	381.0
	Uiseong	100.7	441.7	24.6	439.7
	Avg.	134.2 ^a	546.3 ^a	20.1 ^b	414.9 ^a
Nunkeunheugchal	Bonghwa	74.6	249.2	27.1	322.0
	Miryang	26.4	78.8	46.4	301.0
	Sangju	106.2	377.6	27.9	353.3
	Uiseong	43.3	144.5	41.3	332.7
	Avg.	62.6 ^c	212.6 ^c	35.7 ^a	327.3 ^b
Shintoheugmi	Bonghwa	159.0	585.3	15.6	369.0
	Miryang	86.2	327.2	25.5	380.3
	Sangju	112.6	418.3	20.8	348.7
	Uiseong	86.4	374.5	25.6	433.7
	Avg.	111.1 ^b	426.3 ^b	21.8 ^b	382.9 ^a
F-value	A	***	***	***	**
	B	***	***	***	ns
	A*B	**	ns	ns	ns

[‡]The half maximal inhibitory concentration

* The same letters are not significant at 0.05 level of DMRT.

이 다르다는 것을 알 수 있었다. 그러나 10a당 안토시아닌 생산량과 항산화활성은 품종과 재배지역에서 모두 유의성을 보여 이앙시기의 차이보다는 재배지역의 차이가 더 큰 것으로 판단된다. 이와는 반대로 현미수량은 재배지역간의 유의성이 인정되지 않아서 재배지역보다는 이앙시기의 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 따라서 흑미는 각 품종별로 적합한 재배지역을 선택하는 것이 이앙시기를 조절하는 것보다 안토시아닌 생산에 매우 유리할 것으로 판단되었다.

재배지역별로 5월 20일, 6월 5일, 6월 20일 3시기에 이앙된 홍진주, 건강홍미 등 적미 2품종의 총폴리페놀 함량과

항산화활성은 Table 4와 같으며 4개 지역을 평균하여 품종 및 이앙시기별로 구분한 자료는 Table 5와 같다. 적미의 경우도 흑미와 비슷하게 이앙시기의 차이보다는 주로 품종의 차이가 더 컸다. 총폴리페놀 함량은 두 품종 모두 이앙시기에 따른 차이는 없었지만 건강홍미의 경우 이앙시기가 늦을수록 다소 감소하였고 홍진주는 이앙시기가 늦을수록 증가하는 경향으로 상반된 결과를 보였는데, 건강홍미는 중만생종으로 이앙시기가 너무 늦을 경우 출수 또한 늦어져 흑미와 마찬가지로 지나친 저온에서 폴리페놀 생산량이 감소한 것으로 보인다. 이는 현미수량과 항산화활성의 결과에서

Table 4. Total polyphenol contents and antioxidative activity of red pigmented rice varieties as affected by transplanting time and regions in 2011.

Region (A)	Transplanting date (B)	Variety (C)	Total polyphenol content (mg/100 g seeds)	Total polyphenol production amount (g/10a)	ABTS IC ₅₀ (μg/ml)	Brown rice yield (kg/10a)	
Miryang	May 20	Geonganghongmi	146.7	674.0	36.7	459	
		Hongjinju	162.1	812.2	46.5	501	
	June 5	Geonganghongmi	229.6	1012.9	21.7	441	
		Hongjinju	225.5	1026.4	30.7	455	
	June 20	Geonganghongmi	93.8	359.3	52.4	383	
		Hongjinju	272.9	1224.2	29.5	449	
		Mean	188 ^d	851.5 ^d	36.3 ^a	448 ^a	
	Bonghwa	May 20	Geonganghongmi	329.6	1234.2	16.6	374
			Hongjinju	483.7	2159.7	14.5	446
		June 5	Geonganghongmi	281.9	1100.9	22.4	391
Hongjinju			400.4	2009.9	16.8	502	
June 20		Geonganghongmi	277.1	1017.9	16.3	367	
		Hongjinju	415.5	1821.2	19.2	438	
		Mean	365 ^b	1,557.3 ^b	17.6 ^b	420 ^b	
Sangju		May 20	Geonganghongmi	434.2	1802.7	14.9	415
			Hongjinju	370.7	1636.5	20.4	441
		June 5	Geonganghongmi	435.1	1745.2	16.8	401
	Hongjinju		520.9	2607.8	14.6	501	
	June 20	Geonganghongmi	356.6	1056.6	17.0	296	
		Hongjinju	477.6	2029.5	12.6	425	
		Mean	433 ^a	1,813.1 ^a	16.1 ^c	413 ^b	
	Uiseong	May 20	Geonganghongmi	293.5	1473.6	30.3	502
			Hongjinju	351.7	1713.1	25.7	487
		June 5	Geonganghongmi	139.4	640.1	44.8	459
Hongjinju			291.0	1157.7	33.3	398	
June 20		Geonganghongmi	148.4	649.6	46.7	438	
		Hongjinju	246.1	1093.2	35.7	444	
		Mean	245 ^c	1121.2 ^c	36.1 ^a	455 ^a	

Table 5. Total polyphenol contents and antioxidative activity classified by red pigmented rice varieties and transplanting time in 2011.

Varieties (A)	Transplanting date (B)	Total polyphenol contents (mg/100 g seeds)	Total polyphenol production amount (g/10a)	ABTS IC ₅₀ ^b (μg/ml)	Brown rice yield (kg/10a)
Geonganghongmi	May 20	301.0	1296.1	24.6	437.5
	June 5	271.5	1124.8	26.4	423.0
	June 20	219.0	770.9	33.1	371.0
	Avg.	263.8 ^b	1063.9 ^b	28.1 ^a	410.5 ^b
Hongjinju	May 20	342.1	1580.4	26.8	468.8
	June 5	359.5	1700.5	23.9	464.0
	June 20	353.0	1542.0	24.3	439.0
	Avg.	351.5 ^a	1607.6 ^a	25.0 ^a	457.3 ^a
F-value	A	**	**	ns	*
	B	ns	ns	ns	ns
	A*B	ns	ns	ns	ns

^b The half maximal inhibitory concentration

* The same letters are not significant at 0.05 level of DMRT.

Table 6. Total polyphenol contents and antioxidative activity classified by red pigmented rice varieties and cultivated regions in 2011.

Varieties (A)	Regions (B)	Total polyphenol contents (mg/100 g)	Total polyphenol production amount (g/10a)	ABTS IC ₅₀ ^b (μg/ml)	Brown rice yield (kg/10a)
Geonganghongmi	Bonghwa	296.2	1117.7	18.4	377.3
	Miryang	156.7	682.1	36.9	427.7
	Sangju	408.6	1534.8	16.2	370.7
	Uiseong	193.8	921.1	40.6	466.3
	Avg.	263.8 ^b	1063.9 ^b	28.1 ^a	410.5 ^b
Hongjinju	Bonghwa	433.2	1996.9	16.8	462.0
	Miryang	220.2	1020.9	35.6	468.3
	Sangju	456.4	2091.3	15.9	455.7
	Uiseong	296.3	1321.3	31.6	443.0
	Avg.	351.5 ^a	1607.6 ^a	25.0 ^a	457.3 ^a
F-value	A	**	**	ns	**
	B	***	**	***	ns
	A*B	ns	ns	ns	*

^b The half maximal inhibitory concentration

* The same letters are not significant at 0.05 level of DMRT.

도 같은 경향이었다. Table 6은 3개의 이앙시기를 평균한 적미의 총폴리페놀 함량과 항산화활성을 품종과 지역으로 구분한 자료이다. 적미의 총폴리페놀 함량, 10a당 폴리페놀 생산량, 현미수량 등은 품종간의 유의성이 인정되었고 건강홍미보다 홍진주가 수량이나 폴리페놀 함량 모두 높았다. 적미도 흑미와 마찬가지로 이앙시기보다 재배지역간의 차

이가 더 크게 나타났으며 현미수량은 지역 간의 차이를 보이지 않았다. 총폴리페놀 함량과 항산화활성은 품종간의 차이도 있었지만 재배지역간의 차이가 더욱 컸고 상주, 봉화 지역이 밀양, 의성지역에 비해 총폴리페놀 함량과 항산화활성이 높게 나타났다.

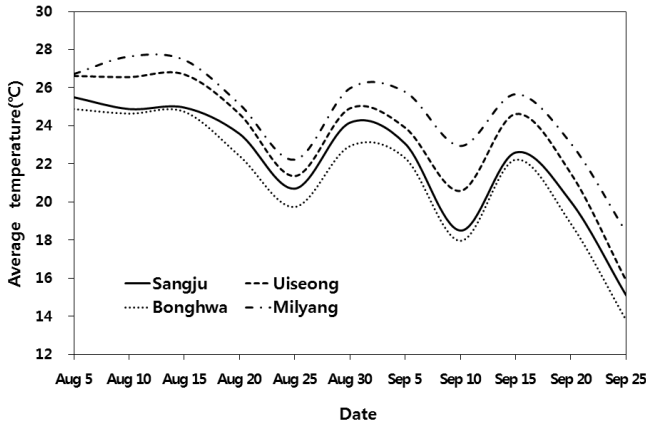


Fig. 1. Variation of average temperature from August to September after heading of pigmented rice varieties grown at 4 distinct regions in 2011.

등숙기 기상환경과 유색미의 안토시아닌, 폴리페놀 함량과의 상관관계

재배지역의 등숙기 평균기온 변화

봉화, 상주, 의성, 밀양지역의 유색미 등숙기간인 2011년 8~9월 반순별 평균기온 변화는 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 평균기온은 밀양, 의성, 상주, 봉화의 순으로 높았으며, 지역별 8월 평균기온은 밀양지역이 25.9°C, 의성지역 25.1°C, 상주지역이 24.0°C, 봉화지역이 23.2°C로 상주와 봉화지역이 밀양, 의성지역보다 약 1~3°C 정도 낮은 경향이였다.

재배지역과 이앙시기에 따른 유색미 품종들의 등숙기 기상환경과 안토시아닌, 폴리페놀 함량과의 상관관계

재배지역별로 5월 20일, 6월 5일, 6월 20일 3시기에 이앙된 조생흑찰, 눈큰흑찰, 신토흑미 등 흑미 3품종과 건강홍미, 흥진주 등 적미 2품종의 출수기와 출수후 기상환경은 각각 Table 7, Table 8과 같다. 평균 출수기는 눈큰흑찰이 8월 11일, 조생흑찰이 8월 13일, 신토흑미는 8월 28일이였다. 특히 신토흑미를 6월 20일에 이앙할 경우 출수기는 봉화지역에서 9월 4일, 상주지역은 9월 7일, 밀양지역은 9월 1일, 의성지역은 8월 27일로 특히 위도가 높고 중산간지인 경우 등숙이 완료되기 전에 지속적인 저온에 의한 등숙불량 위험이 매우 컸으며, 지역에 따라 이앙시기를 앞당겨야 할 것으로 생각된다. 적미인 건강홍미의 출수기는 지역 및 이앙시기에 따라 차이가 많아 상주나 봉화에서 재배시 6월 20일 이앙은 출수가 너무 늦어져서 등숙이 매우 불량하였다. 유전적으로 기능성 물질 함량이 다른 흑미 3품종과 적미 2품종의 기능성 물질 함량을 표준화하기 위해 각 품종별 기능성 물질 함량이 가장 높았던 재배지역과 이앙시기의 함량을 100으로 하고 각 지역 및 이앙시기별 함량을 100에 대한 지수로 표시한 자료를 이용하여 각 기능성물질 함량지수와 이에 대한 출수 후 30일간의 평균기온과의 상관관계를 나타낸 내용은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 고도로 유의한 부의 상관관계가 성립하였다. 이 결과에 따라 각 유색미의 기능성물질 함량은 출수 후 30일간의 평균기온이 19°C 이상인

Table 7. Weather conditions at 30day after heading of black pigmented rice varieties as affected by regions and transplanting time.

Variety	Region	Transplanting date (m.d)	Heading date (m.d)	Average temperature (°C)	Sunshine duration (hr)	Precipitation (mm)
Josaengheugchal	Miryang	5.20	8.1	25.8	90.3	258.2
		6.5	8.7	25.6	98.8	191.7
		6.20	8.22	24.4	132.5	32.2
		6.30	8.30	23.0	175.9	25.0
	Bonghwa	5.20	8.4	23.1	105.3	208.1
		6.5	8.8	22.5	94.9	210.1
		6.20	8.26	20.0	126.8	115.5
	Sangju	5.20	8.6	23.7	92.5	316.5
		6.5	8.10	22.9	104.5	195.5
		6.20	8.27	20.7	141.2	84.0
	Uiseong	5.20	8.5	24.9	108.8	165.1
		6.5	8.11	23.9	107.7	132.9
6.20		8.21	23.1	110.7	47.8	
Mean			8.13	23.4	114.6	152.5

Table 7. Weather conditions at 30day after heading of black pigmented rice varieties as affected by regions and transplanting time (Continue).

Variety	Region	Transplanting date (m.d)	Heading date (m.d)	Average temperature (°C)	Sunshine duration (hr)	Precipitation (mm)
Nunkeunheugchal	Miryang	5.20	7.30	25.8	80.8	326.7
		6.5	8.4	25.9	108.4	186.7
		6.20	8.14	24.7	104.6	74.2
		6.30	8.25	24.0	159.2	25.6
	Bonghwa	5.20	8.3	23.2	104.1	208.6
		6.5	8.8	22.5	94.9	210.1
		6.20	8.22	20.7	103.7	115.5
	Sangju	5.20	8.6	23.7	92.5	316.5
		6.5	8.8	23.3	102.4	295.5
		6.20	8.22	21.6	99.8	85.5
	Uiseong	5.20	8.6	24.8	101.4	165.1
		6.5	8.10	24.1	107.9	135.4
6.20		8.18	23.2	111.8	84.9	
	Mean		8.11	23.7	105.5	171.6
Shintoheugmi	Miryang	5.20	8.19	24.5	132.2	74.2
		6.5	8.26	24.0	168.6	25.1
		6.20	9.1	22.4	164.0	31.0
		6.30	9.4	21.2	174.1	31.0
	Bonghwa	5.20	8.25	20.2	121.1	115.5
		6.5	8.29	19.2	143.1	115.0
		6.20	9.4	16.8	137.1	102.5
	Sangju	5.20	8.28	20.4	150.5	84.0
		6.5	8.30	19.9	149.1	84.0
		6.20	9.7	16.9	146.8	94.0
	Uiseong	5.20	8.21	23.1	110.7	47.8
		6.5	8.25	22.3	136.8	44.4
6.20		8.27	22.0	154.5	44.1	
	Mean		8.28	21.0	145.3	68.7

경우 평균기온이 1°C 증가할 때마다 흑미의 안토시아닌 함량은 약 9.9%, 적미의 총폴리페놀 함량은 약 9.0%씩 감소하는 것으로 나타났다.

흑미의 출수 후 30일간 평균기온과 안토시아닌 함량과의 관계를 품종별로 나타낸 결과는 Fig. 3과 같다. 안토시아닌 함량은 조생종인 조생흑찰과 눈큰흑찰의 경우 함량의 차이는 있었으나 두 품종 모두 평균온도 22~23°C까지는 계속 증가하다가 그 이후에는 증가폭이 크지 않거나 혹은 낮아지는 양상을 보였다. 중만생종인 신토흑미는 평균기온이 22°C 이상에서는 안토시아닌 함량 차이가 없었으나 평균기온이 22°C 이하에서는 19°C 까지 평균기온이 낮아질수록 안토시

아닌 함량은 계속 증가하는 양상을 보였다. Chae *et al.* (2003)은 국립식량과학원 인공기상실을 이용하여 매일 동일한 온도조건에서 흑진주벼와 흑남벼의 C-3-G 함량은 등숙온도 24, 21, 27, 18°C 순이라고 하였으며 너무 낮은 저온은 등숙이 불량해져서 색소형성이 억제된다고 보고하였는데 본 시험에서도 등숙온도가 너무 낮은 경우 색소함량이 감소하여 유사한 경향을 보였다.

적미 2품종의 총폴리페놀 함량과 출수 후 30일간 평균기온과의 관계는 Fig. 4와 같다. 홍진주와 건강홍미 모두 20~21°C 까지 평균기온이 감소할수록 총폴리페놀 함량은 증가하는 경향이었고, 20°C 이하에서는 총폴리페놀 함량의

Tbale 8. Weather conditions at 30day after heading of red pigmented rice varieties as affected by regions and transplanting time.

Variety	Region	Transplanting date (m.d)	Heading date (m.d)	Average temperature (°C)	Sunshine duration (hr)	Precipitation (mm)
Geonganghongmi	Miryang	5.20	8.19	24.5	132.2	74.2
		6.5	8.22	24.4	132.5	32.2
		6.20	8.29	23.2	184.8	25.0
		6.30	8.31	22.7	169.0	30.0
	Bonghwa	5.20	8.25	20.2	121.1	115.5
		6.5	8.29	19.2	143.1	115.0
		6.20	9.4	16.8	137.1	102.5
	Sangju	5.20	8.29	20.2	156.3	84.0
		6.5	9.1	19.2	145.1	95.5
		6.20	9.4	17.7	146.5	95.5
	Uiseong	5.20	8.17	23.3	103.0	85.0
		6.1	8.20	23.2	110.4	54.9
6.20		8.27	22.0	154.5	44.1	
Mean			8.26	21.3	141.2	73.3
Hongjinju	Miryang	5.20	8.8	25.4	104.6	192.2
		6.5	8.15	24.7	109.8	74.2
		6.20	8.25	24.0	159.2	25.6
		6.30	8.30	23.0	175.9	25.0
	Bonghwa	5.20	8.12	21.6	90.2	180.6
		6.5	8.18	21.2	101.2	159.0
		6.20	8.29	19.2	143.1	115.0
	Sangju	5.20	8.16	22.1	93.4	131.0
		6.5	8.20	21.9	103.7	97.0
		6.20	8.31	19.5	145.9	95.5
	Uiseong	5.20	8.12	23.6	102.0	152.8
		6.5	8.16	23.4	98.5	105.0
6.20		8.25	22.3	136.8	44.4	
Mean			8.19	22.5	120.3	107.5

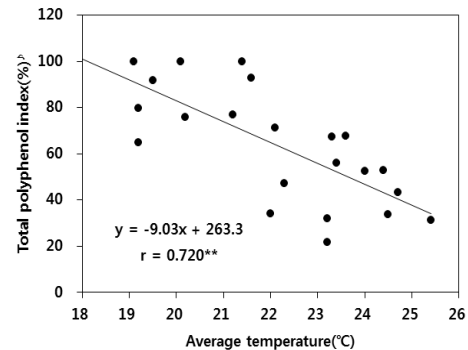
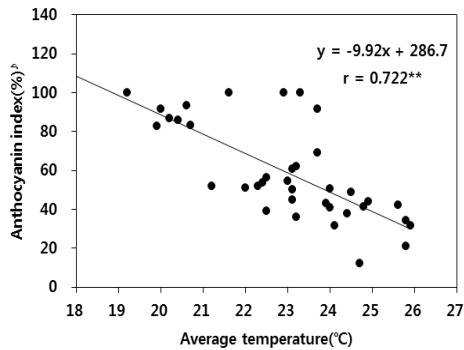


Fig. 2. Correlations between anthocyanin index, total polyphenol index and average temperature during 30 days after heading of black, red pigmented rice varieties as affected by cultivation regions and transplanting time in 2011 (Anthocyanin index : anthocyanin ratio per max. anthocyanin in each variety, Total polyphenol index : total polyphenol ratio per max. total polyphenol in each variety).

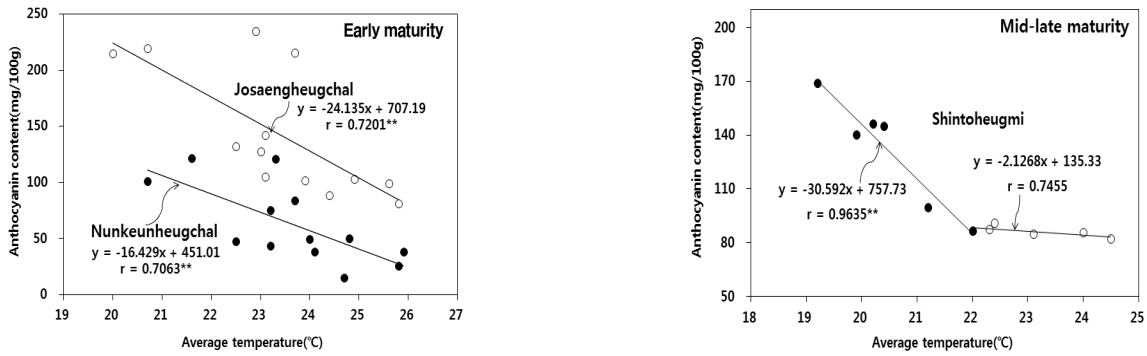


Fig. 3. Correlations between average temperature for 30 days after heading and anthocyanin contents in black pigmented rices of maturity types as affected by cultivation regions and transplanting times.

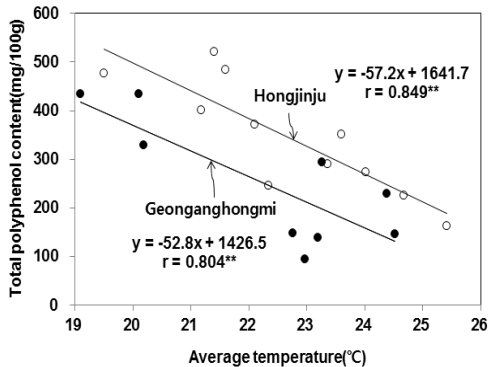


Fig. 4. Correlations between average temperature for 30 days after heading and total polyphenol contents in red pigmented rice variety of mid-late maturity types as affected by cultivation regions and transplanting times.

증가 경향이 없는 것으로 나타났는데 이는 앞의 흑미 안토시아닌의 경우와 마찬가지로 너무 낮은 저온의 경우 폴리페놀 생성에 장애를 받은 결과로 판단된다.

등숙기 평균기온을 이용한 유색미 품종의 적정 출수기 및 파종기 추정
적정 출수기

흑미의 경우 안토시아닌 함량을 증진시키기 위한 출수 후 30일간의 평균기온은 조생종의 경우 21~22℃, 중만생종의 경우 20~21℃로 나타났지만 안토시아닌 함량을 최대화하기 위한 한계온도는 등숙불량의 위험성을 크게 내포하고 있기 때문에 적정온도는 1℃를 더해서 조생종 22~23℃, 중만생종은 21~22℃ 범위로 설정하였다. 적미도 흑미의 중만생종과 마찬가지로 총폴리페놀 함량을 증진시키기 위한 등숙온도를 21~22℃로 동일하게 적용하였다. 기상자료는 전국 지역별로 1981~2010년까지 30년간의 기상자료를 이용하였

으며 각 출수기별 출수 후 30일간의 평균온도를 이용하여 안토시아닌 및 총폴리페놀을 최대로 생산할 수 있는 출수기를 추정한 결과는 Table 9와 같다. 지역별 출수기를 살펴보면 제천지역은 조생종이 8월 11일에서 8월 17일, 중만생종은 8월 25일경이며 보은지역은 조생종이 8월 15일에서 8월 19일, 중만생종은 8월 20일에서 8월 27일에 해당되었다. 영주지역은 조생종이 8월 15일에서 8월 21일, 중만생종은 8월 24일 경이었고, 충주지역은 조생종이 8월 17일에서 8월 23일, 중만생종은 8월 22일에서 8월 29일에 해당되었다. 온도가 높은 대구지역은 조생종이 8월 27일에서 9월 2일, 중만생종은 9월 3일에서 9월 6일경이며, 목포지역은 조생종의 경우 8월 31일에서 9월 5일, 중만생종은 9월 6일에서 9월 11일경에 출수하여야 안토시아닌이나 폴리페놀 생산량이 다른 지역과 비슷한 수준에 이를 것이라고 판단되는데 이 시기에 출수하는 것은 현재까지 개발된 품종적 특성으로 보아 실효성이 매우 떨어지기 때문에 이 지역들은 유색미의 재배지로 적합하지 않다고 판단된다.

전국 지역의 출수기를 출수 후 평균기온으로 추정된 결과 조생종 또는 중만생종 모두 주로 위도가 높아 여름이 빨리 끝나는 중북부 평야지나 중부지역 중간지 또는 중산간지에 해당되는 제천, 보은, 문경, 영주 등지가 재배적지로 판단된다.

적정 파종기

지역별로 적정 출수기를 추정한 후 그 시기에 출수시키기 위해서는 적정시기에 파종을 하고 이앙을 해야만 가능하다. 일반적으로 벼는 발아가 시작되는 시점부터 출수까지 온도와 일장에 반응하므로 이앙기가 아닌 파종기를 추정하는 것이 더 합당하다고 할 수 있다. 적정 출수기에 따른 파종기 추정은 벼 생육모델 프로그램 ‘Oryza2000’을 기본으로 하고 우리나라의 기상과 벼의 생육 및 생태형에 맞추어 수정·변형한 수정모델을 이용하였다. 1981~2010년까지 30년간

Table 9. Estimated optimum heading date for maximum contents of anthocyanin and total polyphenol of black and red pigmented rice varieties at several regions.

Regions	Maturity type		Regions	Maturity type	
	Early [♯]	Mid-late [♯]		Early [♯]	Mid-late [♯]
Chuncheon	Aug.17~22	Aug.21~28	Hongcheon	Aug.16~21	Aug.23~26
Gangneung	Aug.23~29	Aug.23~30	Jecheon	Aug.11~17	Aug.25
Seoul	Aug.23~29	Aug.28~Sep.3	Boeun	Aug.15~19	Aug.20~27
Incheon	Aug.22~28	Aug.27~Sep.2	Cheonan	Aug.19~24	Aug.25~31
Wonju	Aug.19~23	Aug.25~27	Boryeong	Aug.21~27	Aug.27~Sep.1
Suwon	Aug.23~27	Aug.28~Sep.1	Buyeo	Aug.22~27	Aug.29~31
Yeongwol	Aug.16~20	Aug.19~26	Geumsan	Aug.17~23	Aug.23~29
Chungju	Aug.17~23	Aug.22~29	Buan	Aug.22~28	Aug.28~Sep.2
Seosan	Aug.19~25	Aug.27~30	Imsil	Aug.16~22	Aug.24~29
Uljin	Aug.13~18	Aug.25	Jeongeup	Aug.25~30	Aug.30~Sep.4
Cheongju	Aug.22~28	Aug.28~Sep.2	Namwon	Aug.22~28	Aug.27~Sep.2
Daejeon	Aug.18~24	Aug.31~Sep.4	Jangheung	Aug.25~30	Sep.1~5
Andong	Aug.18~24	Aug.23~29	Haenam	Aug.25~30	Aug.30~Sep.4
Pohang	Aug.25~31	Aug.30~Sep.7	Goheung	Aug.27~31	Sep.1~5
Gunsan	Aug.24~30	Sep.1~3	Yeongju	Aug.15~21	Aug.24
Daegu	Aug.27~Sep.2	Sep.3~6	Mungyeong	Aug.14~20	Aug.20~25
Jeonju	Aug.27~Sep.1	Sep.2~6	Yeongdeok	Aug.15~22	Aug.24~30
Ulsan	Aug.26~31	Aug.31~Sep.6	Uiseong	Aug.18~23	Aug.23~25
Masan	Sep.2~12	Sep.8~14	Gumi	Aug.21~26	Aug.26~31
Gwangju	Aug.28~Sep.3	Sep.2~7	Yeongcheon	Aug.19~24	Aug.26~29
Busan	Sep.1~6	Sep.8~14	Geochang	Aug.16~22	Aug.19~30
Mokpo	Aug.31~Sep.5	Sep.6~11	Hapcheon	Aug.24~29	Aug.29~Sep.4
Yeosu	Aug.30~Sep.5	Sep.5~12	Miryang	Aug.25~30	Aug.29~Sep.4
Jinju	Aug.24~29	Aug.28~Sep.2	Sancheong	Aug.22~27	Aug.26~Sep.1
Yangpyeong	Aug.19~25	Aug.25~Sep.1	Geoje	Aug.27~Sep.2	Sep.3~8
Icheon	Aug.17~23	Aug.24~28	Namhae	Aug.28~Sep.3	Sep.3~8

※ Average temperature : 1981~2010 years

※ Data analysis : Oryza 2000 program(NICS, RDA)

[♯]black rice, [♯]black rice, red rice.

의 기상자료를 이용하여 분석한 적정파종기는 Table 10과 같다. 주요 지역별 파종기를 보면 제천지역은 조생종이 5월 18일에서 5월 26일, 중만생종이 4월 11일 경이었으며, 보은 지역은 조생종이 5월 23일에서 5월 28일, 중만생종이 4월 9일에서 4월 26일, 문경지역은 조생종이 5월 24일에서 6월 1일, 중만생종이 4월 21일에서 5월 4일, 영주지역은 조생종이 5월 22일에서 5월 30일, 중만생종이 4월 13일에서 4월 27일, 충주지역은 조생종이 5월 31일에서 6월 7일, 중만생종은 5월 4일에서 5월 14일 경으로 추정되었다. 온도가 높

아서 재배적지로 분류되기 어려운 대구지역은 조생종이 6월 14일에서 6월 20일, 중만생종은 5월 30일에서 6월 7일 이었고, 목포지역은 조생종이 6월 21일에서 6월 25일, 중만생종은 6월 6일에서 6월 13일로 여름철 온도가 높은 대부분의 남부지역은 적정파종기가 6월 중순에서 하순경으로 만파에 따른 극만식 재배로 수량이 크게 떨어지게 되므로 안토시아닌이나 폴리페놀 함량을 최대로 증진시키기 위한 유색미 재배는 어려울 것으로 생각된다. 이렇게 도출된 유색미의 안토시아닌과 폴리페놀 함량을 증진시키기 위한 적

Table 10. Estimated optimum sowing date for maximum contents of anthocyanin and total polyphenol of black and red pigmented rice varieties at several regions.

Regions	Maturity type		Regions	Maturity type	
	Early [♯]	Mid-late [♯]		Early [♯]	Mid-late [♯]
Chuncheon	May29~Jun.4	Apr.27~May7	Hongcheon	May27~Jun.2	Apr.17~May4
Gangneung	May26~Jun.6	Apr.22~May7	Jecheon	May18~26	Apr.11
Seoul	Jun.8~16	May18~27	Boeun	May23~28	Apr.19~26
Incheon	Jun.7~14	May10~24	Cheonan	Jun.3~8	May7~16
Wonju	Jun.1~7	May2~11	Boryeong	Jun.6~13	May12~25
Suwon	Jun.7~14	May14~25	Buyeo	Jun.7~13	May16~24
Yeongwol	May24~31	Apr.13~29	Geumsan	May30~Jun.7	May5~14
Chungju	May31~Jun.7	May4~14	Buan	Jun.8~15	May20~27
Seosan	Jun.2~9	May8~18	Imsil	May27~Jun.3	Apr.25~May9
Uljin	May9~25	Apr.7	Jeongeup	Jun.10~16	May26~Jun.2
Cheongju	Jun.8~14	May20~27	Namwon	Jun.7~13	May18~28
Daejeon	Jun.11~17	May22~Jun.1	Jangheung	Jun.12~18	May24~31
Andong	Jun.1~8	May4~13	Haenam	Jun.12~18	May26~Jun.3
Pohang	Jun.11~19	May25~Jun.5	Goheung	Jun.14~19	May28~Jun.3
Gunsan	Jun.11~18	May24~Jun.1	Yeongju	May22~30	Apr.13~27
Daegu	Jun.14~20	May30~Jun.7	Mungyeong	May24~Jun.1	Apr.21~May4
Jeonju	Jun.13~19	May30~Jun.5	Yeongdeok	May26~Jun.3	Apr.18~May2
Ulsan	Jun.13~19	May27~Jun.4	Uiseong	May29~Jun.4	Apr.29~May8
Masan	Jun.23~Jul.2	Jun.11~19	Gumi	Jun.5~10	May13~21
Gwangju	Jun.17~22	Jun.1~9	Yeongcheon	Jun.2~8	May8~18
Busan	Jun.20~26	Jun.6~17	Geochang	May27~Jun.4	Apr.25~May11
Mokpo	Jun.21~25	Jun.6~13	Hapcheon	Jun.7~13	May13~23
Yeosu	Jun.18~24	Jun.6~13	Miryang	Jun.10~16	May24~Jun.2
Jinju	Jun.10~16	May23~31	Sancheong	Jun.6~12	May17~26
Yangpyeong	Jun.2~8	May06~16	Geoje	Jun.13~21	May28~Jun.7
Icheon	May30~Jun.7	Apr.30~May12	Namhae	Jun.16~22	Jun.3~9

※ Average temperature : 1981~2010 years

※ Data analysis : Oryza 2000 program(NICS, RDA)

[♯] black rice, [♯] black rice, red rice.

정 출수기와 파종기 추정자료는 고품질의 유색미 생산단지 조성을 위한 기초자료로 활용이 가능할 것이다.

적 요

본 연구는 유색미 품종들의 적정 재배시기와 지역에 따른 색소발현 및 항산화 활성 변이를 분석하여 고품질의 유색미를 생산할 수 있는 적정 재배관리기술의 기초자료를 얻고자 수행하였고 그 결과는 다음과 같다.

1. 밀양, 봉화, 상주, 의성 4지역에서 이앙시기를 5월 20일, 6월 5일, 6월 20일 3시기에 걸쳐서 흑미 3품종과 적미 2품종을 재배한 결과 출수 후 30일간의 평균기온 19.0℃ 이상에서 평균기온이 1℃ 증가할 때마다 흑미의 안토시아닌 함량은 약 9.9%, 적미의 총폴리페놀 함량은 약 9%씩 감소하였다.
2. 유색미의 기능성물질 함량을 증대시키기 위한 출수 후 30일간 적정등숙온도는 흑미의 경우 조생종은 22~23℃, 중만생종은 21~22℃의 범위였으며, 적미도 21~22℃

범위였다.

3. 전국 지역별 30년간의 기상자료를 토대로 적정출수기를 추정된 결과 제천지역은 조생종이 8월 11일에서 8월 17일, 중만생종은 8월 25일경이며 보은지역은 조생종이 8월 15일에서 8월 19일, 중만생종은 8월 20일에서 8월 27일에 해당되었다. 영주지역은 조생종이 8월 15일에서 8월 21일, 중만생종은 8월 24일 경이었고, 충주지역은 조생종이 8월 17일에서 8월 23일, 중만생종은 8월 22일에서 8월 29일에 해당되었다. 대구지역은 조생종이 8월 27일에서 9월 2일, 중만생종은 9월 3일에서 9월 6일경으로 주요 재배적지는 제천, 보은, 문경, 영주 등이었다.
4. 적정파종기 추정결과 제천지역은 조생종이 5월 18일에서 5월 26일, 중만생종이 4월 11일 경이었으며, 보은지역은 조생종이 5월 23일에서 5월 28일, 중만생종이 4월 9일에서 4월 26일, 문경지역은 조생종이 5월 24일에서 6월 1일, 중만생종이 4월 21일에서 5월 4일, 영주지역은 조생종이 5월 22일에서 5월 30일, 중만생종이 4월 13일에서 4월 27일, 충주지역은 조생종이 5월 31일에서 6월 7일, 중만생종은 5월 4일에서 5월 14일 경으로 추정되었다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 특수미 기능성 성분 최대생산을 위한 환경변이 연구, 세부과제번호: PJ00925704)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

- Camme, L., J. McCallum, E. Leaf, and M. R. Koupai-Abyazani. 1993. Cold-induced purpling of *Pinus contorta* seedlings depends on previous daylength treatment. *Plant, Cell & Environment* 16(6) : 761-764.
- Chae, J. C., D. J. Lee, D. K. Jun, and S. N. Ryu. 2002. Effect of transplanting time and cultivation location on anthocyanin cyanidin-3-glucoside contents of pigmented rice variety Heugjinjubyeo. *Korean J. Crop Sci.* 47(s1) : 230.
- Chae, J. C., D. J. Lee, D. K. Jun, S. N. Ryu, and J. C. Shin. 2003. Effect of ripening temperature on content of anthocyanin pigment cyanidin-3-glucoside and oryzanol in rice varieties. *Korean J. Crop Sci.* 48(s2) : 226-227.
- Cho, M. H., H. H. Yoon, and T. R. Hahn. 1996. Chemical structure of the major color component from a Korean pigmented rice variety. *Agricultural chemistry and biotechnology* 39(4) : 304-308.
- Choi, H. C. and S. K. Oh. 1996. Diversity and function of pigments in colored rice. *Korean J. Crop Sci.* 41(s) : 1-9.
- Choi, Y. M., S. M. Lee, J. Chun, H. B. Lee, and J. S. Lee. 2006. Influence of heat treatment of the antioxidant activities and polyphenolic compound of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99 : 381-397.
- Dong, Y. H., Lesley Beuning, Kevin Davies, Deepali Mitra, Bret Morris, and Arend Kootstra. 1998. Expression of pigmentation genes and photo-regulation of anthocyanin biosynthesis in developing Royal Gala apple flowers. *Australian Journal of Plant Physiology* 25(2) : 245-252.
- Hosseinian, F. S., W. Li, and T. Beta. 2008. Measurement of anthocyanins and other phytochemicals in purple wheat. *Food Chem.* 109 : 916-924.
- Kakegawa Koichi, Yatsushi Kaneko, Emiko Hattori, Kinu Koike, and Kosaku Takeda. 1987. Cell cultures of *Centaurea cyanus* produce malonated anthocyanin in UV light. *Phytochemistry* 26(8) : 2261-2263.
- Kim, C. K., C. Y. Kim, J. I. Lee, J. C. Shin, and M. H. Lee. 1998. Effect of transplanting dates and nitrogen fertilizer levels on the dry matter production and yields of a pigmented rice "Heugjinjubyeo". *RDA. J. Agro-Envir. Sci.* 40(2) : 48-55.
- Lee, Y. S., J. K. Lee, S. Y. Lee, T. Yun, and S. H. Woo. 2008. Effects of different transplanting dates and agroclimatic zones on quality of brown rice and yield of a pigmented rice variety 'Josaengheugchal'. *Korean J. Crop Sci.* 53(S) : 9-14.
- McKown Robert, Gary Kuroki, and Gareth Warren. 1996. Cold responses of *Arabidopsis* mutants impaired in freezing tolerance. *J. of Experimental Botany* 47(12) : 1919-1925.
- 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. of Crop Science* 43(3) : 179-183.
- Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, and C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Bio Med.* 26 : 1231-1237.
- Ryu, S. N., S. Z. Park, and C. T. Ho. 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. *J. food and Drug analysis.* 6 : 729-736.
- Tsuda, 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(6) : 583-588.
- Yoon, H. H., Y. S. Paik, J. B. Kim, and T. R. Hahn. 1995. Identification of anthocyanins from Korean pigmented rice. *Agri. Chem. and Biotech.* 38(6) : 581-583.
- Statistics Korea. Investigation of cereal consumption in 2013 and 2014.