

유색미 혼합 재배시 수량 및 현미 품질

신종희^{1,†} · 한채민¹ · 권중배² · 원종건²

Rice Yield and Quality in Mixed Cropping of Several Colored Rice Cultivars

Jong-Hee Shin^{1,†}, Chae-Min Han¹, Jung-Bae Kwon², and Jong-Gun Won²

ABSTRACT The mixed cropping system is a centuries-old cropping technique widely practiced in farmers' fields worldwide. Increased plant diversity enhances farmland biodiversity, which improves grain yield and quality. However, the effect of growing different rice cultivars simultaneously has rarely been investigated. In the present study, six glutinous rice cultivars were selected, and two mixture cultivation methods were determined according to plant height, grain yield, and color. Colored and glutinous rice are used for specific purposes by consumers because of their color and nutritive value. Six glutinous rice varieties, including aromatic and colored rice, were included in the combination interplanting trials. The results showed that, compared with the corresponding monocropping systems, almost all combinations of the mixed cropping systems had advantages in yield-related traits. Compared with monocropping systems, mixed cropping systems increased the number of panicles per plant and maturation rate by 20% and 10%, respectively. An increase of 18-20% grain yield was observed in mixed cropping plots compared with that in plots which grew only a single rice variety. Some rice varieties, such as green colored rice 'Nogwonchall' and black colored rice 'Chungpunghukhayangchall', exhibited 18-22% increased yield when they were planted in combinations. The high yields were primarily owing to improved light interception and reduced lodging, although other factors (for example, reduced severity of disease) may have also contributed.

Keywords : blending rice, colored glutinous rice variety, mixed cropping

최근 건강에 대한 관심이 늘어 영양소와 생리활성 물질을 보충할 수 있는 잡곡밥의 섭취가 증가하는 추세이다(Lim *et al.*, 2003). 유색현미는 항산화성분을 함유하고 있으며(Kim *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2010; Woo *et al.*, 2011) 비타민, 무기질 및 식이섬유도 쌀보다 2배 이상 함유하고 있다(Lim *et al.*, 2003). 또한 현미 혼합 밥은 백미 밥에 비해 당지수(Glycemic Index, GI)가 낮아 상대적으로 섭취 열량을 감소시킬 뿐 아니라 포만감을 증가시켜 과식을 예방하는 효과가 있다(Jung *et al.*, 2009). 유색미는 우선 그 색깔 때문에 다양한 가공품의 재료가 되는데 색깔 이외에도 단백질 함량, 비타민 함량, 미네랄 함량 등 영양적 가치가 보통의 흰 쌀 품종에 비해 월등히 높아 특수 용도로 이용가치가 크다

(Gu & Xu, 1992; Zhao *et al.*, 1995; Koh *et al.*, 1996). 유색미는 현미 색깔에 따라 흑미, 적미, 자색미, 갈색미 등이 있는데 이는 출수 후 등숙이 진행됨에 따라 호분층 내에 안토시아닌 및 탄닌 계통의 색소 축적 때문이다(Kang, 2002; Lee *et al.*, 2006). JBARES (2010)의 발표에 의하면 그 중 흑미는 면역강화, 노화방지에 효능이 있는 안토시아닌 함량이 170 mg/100g (블루베리 100~200 mg/100g) 가량 함유되어있으며, 적미는 노화방지 및 항산화성에 효능이 있는 칼륨의 함량이 342.5 mg/100g 가량 함유되어 있다고 보고한 바 있다. 특히 녹미는 당뇨, 동맥경화 예방에 효과가 있는 클로로필 및 카로티노이드 함량이 신선찰벼에 비해서는 각각 1.98배, 7.63배 높으며, 남평벼에 비해서는 1.69배,

¹경상북도농업기술원 작물연구과 농업연구사 (Agriculture Researcher, Division of Crop Research, Gyeongsangbuk-do Provincial Agricultural Research and Extension Services, Daegu 41404, Republic of Korea)

²경상북도농업기술원 작물연구과 농업연구관 (Agriculture Senior Researcher, Division of Crop Research, Gyeongsangbuk-do Provincial Agricultural Research and Extension Services, Daegu 41404, Republic of Korea)

[†]Corresponding author: Jong-Hee Shin; (Phone) +82-53-320-0271; (E-mail) szzong91@korea.kr

<Received 20 January, 2022; Revised 9 May, 2022; Accepted 11 May, 2022>

Table 1. Six rice cultivars investigated in the present study.

Cultivar	Glutinous characteristics	Brown rice color	Aroma characteristics
Hangangchall	Glutinous	White	-
Aranghyangchall	Glutinous	White	Scented rice
Noreunjachall	Glutinous	Yellowish	-
Cheongpunheukhyangchall	Glutinous	Black	Scented rice
Jeogjinjuchall	Glutinous	Red	-
Nogwonchall	Glutinous	Green	-

5.31배 높은 것으로 알려져 있다(Kang *et al.*, 2008). 90년대 이후 특수미 유색미 등 기능성이 부각된 벼 품종 개발로 유색현미와 혼합곡의 형태로 도정된 백미보다 고가로 판매되고 있어 유색미 개별 품종의 특성과 기능성을 고려한 블렌딩 쌀 생산을 위한 혼합재배 기술이 확립된다면 유색 혼합미 생산을 생력화 할 수 있어 재배농가의 소득에도 기여할 수 있을 것이다.

벼의 주요 재배법인 단일품종 재배법은 식재, 수확, 판매에 이점이 있어 일반적으로 가장 많이 실행되고 있는 재배법이다. 하지만 유전적으로 획일화된 품종의 확대재배는 병의 발생과 확산에 취약하며 약재에 대한 내성이 생기기 쉽다(Finckh & Wolfe, 1998). 품종을 혼합하여 재배할 경우 몇 가지 재배적인 이점이 있는데(Finckh *et al.*, 2000; Wolfe, 2000), 대규모 병의 확산을 억제하는 효과가 있으며, 재배가 좀 더 간편하고, 농민에게 경제적인 이익까지 기대할 수 있어 품질이 비슷한 벼 품종을 혼합재배 함으로써 수출경쟁국사이에서의 경쟁력을 확보할 수 있을 것이라고 보고한 바 있다. 일반적으로 품종이 보증된 작물을 재배할 경우 좀 더 높은 비용이 소요 되는데 품종의 순도관리에 드는 노력과 농약·비료 사용량이 비교적 많아지기 때문에 농민에게 돌아오는 순수입을 낮추는 역할을 한다(Newton *et al.*, 1997). 벼를 비롯한 다양한 작물에서 혼합재배의 장점이 보고되고 있는데 보리와 밀에서의 병저항성 향상(Newton *et al.*, 1997; Finckh & Mundt, 1992), 봄밀과 겨울 밀을 혼합재배로 가을파종 할 경우 봄밀의 월동효과 향상(Finckh *et al.*, 2000), 커피 녹병 저항성 유도(Finckh & Wolfe, 1998), 잡초발생억제(Pridham *et al.*, 2007; Malezieux *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2019) 등의 재배적 장점을 비롯하여, 농약을 적게 살포해도 수량의 감소가 없어 무농약 농산물 생산으로 품질이 높아지고(Wolfe *et al.*, 1987), 맥아용 보리품종의 가공품질 상승(Baumer & Wybraniec, 1995; Newton *et al.*, 1998) 등이 보고되고 있다. 벼의 경우 혼합재배관련 품질 연구가 많지 않는데, Chin & Husin (1982)은 3품종의 벼를 혼합재배

하여 생산한 쌀과 단일 품종으로 재배하여 얻어진 쌀로 지은 밥에 대한 관능검사에서 식미, 식감, 밥의 냄새 등의 차이점을 인지하지 못했다고 하였다.

혼합재배에서 생산되는 현미의 품질이 단일재배에 비해 떨어지거나 불규칙 할 수 있다는 점과 콤바인 수확 시 종자 혼합 등의 단점이 있기 때문에 일반적인 재배기술로 확대 보급하기에는 무리가 있는 것으로 판단되지만 유색미 등 특수미 블렌딩 현미 생산 특화 단지를 중심으로 재배할 경우 경제적 이점이 클 것으로 판단된다.

재료 및 방법

본 시험에서 수행된 혼합재배 기술 중 1품종 1열 재배는 간작(intercropping)의 방법과 비슷하게 각 열마다 다른 벼 품종을 재배하는 방법이며, 혼합 파종의 경우는 여러 품종의 범씨를 품종 당 무게를 같이하여 혼합파종 후 육묘 하여 이양하는 방식을 택하였다. 출수와 생육 등 품종마다 특성이 각각 다른 품종을 대상으로 한 혼합재배는 품종의 선택이 중요한데, 경상북도 농업기술원 유전자원 관리포에서 145 품종에 대한 3년간의 생육, 수량, 품질, 성분 특성을 분석하여 5가지 색을 가진 찰벼와 향미를 포함한 6종의 품종을 실험품종으로 선정 하였다(Table 1).

혼합재배 품종 선정을 위한 유색미 자원별 기능성분 및 혼합밥의 색도차 분석

혼합 유색미 생산에 적합한 자원을 선발하기 위해 2013년에 수확한 적색, 황갈색, 흑색, 녹색 현미 자원에 대하여 페놀화합물 함량을 분석하고, 백미와 혼합했을 때 밥 색깔 변화에 대하여 조사하였다. 현미에 함유되어 있는 페놀 화합물의 정성 및 정량 분석은 high-performance liquid chromatography (HPLC)법을 이용하여 분석 하였다. 건조된 유색 현미 분말 2 g을 0.1N HCl 2 ml과 100% MeOH 20 ml에 침지하여 2시간 동안 교반하고 Whatman No. 42를 이용하

여 여과 후 농축 하였으며 농축된 시료를 80% MeOH (HPLC 용) 10 ml로 다시 용해시킨 후 0.2 μ m syringe filter를 이용하여 여과하여 분석 시료로 사용하였다. HPLC (Dionex, US) 분석에 이용한 column은 C₁₈ (250×4.6 mm) column, 280 nm, 이동상 A는 20% MeOH에 trifluoroacetic acid (TFA)를 희석하여 pH 3.0으로, 이동상 B는 80% MeOH로 하여 gradient 용출하였으며, 유속 0.8 ml/min으로 분석하였다. 화학구조가 확인된 10종의 페놀화합물 표준품을 이용하여 농도별 검량선을 작성하였다. 유색미를 백미와 섞어 밥을 지을 경우 현미 고유의 색깔 발현과 색소 번짐성 등을 조사하기 위하여 운광벼 백미에 각각 유색미 자원의 현미를 30% 혼합하여 준비한 시료를 취반하여 색차분석(Color Techno System, JS555, Japan) 하였다.

품종 혼합 재배시 생육 및 수량 및 현미품질 조사

포장 실험은 경도 128° 34'E, 위도 35° 58'N, 해발 50 m의 대구 북구에 위치한 경상북도농업기술원 논 포장에서 실시하였으며, 이 지역 년 평균기온은 14.1°C, 년 강수량은 1064 mm이다. 벼 재배기간인 5월에서 10월 중순까지의 평균기온은 22.9°C, 강수량은 823 mm를 기록하는 지역으로 시험기간인 2014년과 2015년의 벼 재배기간 중 평균기온은 각각 22.9°C, 22.3°C로 평년기온과 비슷하고 강수량은 각각 741, 615 mm로 평년보다 적었다. 시험품종으로 선발된 4가지 유색찰벼와 1종의 일반 찰벼, 1종의 향찰벼 종자를 파종하여 30일간 육묘한 중묘의 형태로 6월 상순에 단일 품종 재배구는 30×15 cm로 3반복으로 이앙 하였다. 혼합재배구의 경우는 개별 육묘된 모판을 1계통 1열이 되도록 30×14 cm 재식거리로 기계이앙 하였으며, 종자 혼합재배구는 각각 품종의 종자를 무게를 동일하게 혼합하여 파종, 육묘하고 30×14 cm 밀도로 기계이앙 하였다. 시비와 포장관리는 보통기 보비 재배에 준하였으며 재배방법별 생육양상, 현미의 수량 및 품질특성을 조사하였다. 본포의 경우 정기적인 제초관리로 잡초와의 경합을 최소화 하였다. 재배유형별 생산된 현미의 품질 특성은 녹원찰 현미의 녹색발현이 양호한 9월 하순경에 수확하여 품종별 완전미 비율을 조사하였으며, 혼합 재배시 생산된 현미내 품종별 비율을 조사하였다.

블랜딩 현미 혼반 비율에 따른 취반 특성

혼합현미의 첨가량에 따른 취반식미 분석을 위해서는 시험에서 생산된 혼합 유색미를 밥 전체 무게의 0, 10, 30, 50, 100% 비율로 운광벼 백미와 혼합, 취반하여 준비된 시료를 근적외선과 가시광선이 시료에 투과 또는 반사되는

광의 정보를 바탕으로 식미를 측정하는 취반식미계(Rice taste analyzer, SATAKE, Japan)를 이용하여 평가하였다. 식미 측정을 위한 시료(밥)는 스테인레스 캔 용기에 시료 30 g을 넣고 30분간 물을 흘리며 씻고 시료 중량의 1.35배의 물을 넣어 30분간 침지한 후 취반하였다. 10분간 뜸을 들인 시료를 20분간 냉각장치에서 냉각하고 취반식미계로 측정하였다. 동일한 방식으로 조리한 재료를 이용하여 식감 측정 재료로 활용하였으며 식감측정기(MyBoyII system, TAKETOMO, Japan)를 이용하여 시료의 경도, 탄력성, 부착성, 찰성을 측정하였다.

결과 및 고찰

혼합재배 품종 선정에 위한 유색벼 자원별 기능 성분 및 혼합 밥의 시각적 특성

혼합재배를 위한 유색미 품종의 선택을 위해 현미에 함유된 기능성 성분인 페놀화합물의 함량을 조사한 결과(Table 2), 갈색 및 황색계열의 품종 및 자원은 Ferulic acid와 Salicylic acid 함량이 높았으며, 적미 계열의 품종 및 자원은 Ferulic acid, Gentisic acid, Catechin 함량이 높았다. 흑미 계열의 경우 Ferulic acid, Caffeic acid, Cinnamic acid 함량이 높았고 적미, 녹미 등 다른 계열의 유색미에 비해 Quercetin 함량이 높은 경향이였다. 녹색계열의 녹원찰벼의 경우 Ferulic acid, Coumaric acid 함량이 높았으며 특히 Coumaric acid 함량이 다른 계열의 유색미에 비해 높았다.

백미에 유색현미를 혼합하여 밥을 지을 경우 품종에 따라 색이 우러나는 정도가 다른데(Table 3, Fig. 1) 갈색벼(유전자원), 홍진주, 흑설의 현미가 30% 혼합된 밥을 대조로 하여 각각의 유색미 자원이 혼합된 밥의 명도, 적색도, 황색도 차를 분석하였다. 황갈색을 띠는 자원의 경우 노른자찰 보다 갈색벼를 혼합한 밥의 명도와 황색도가 높았으며, 적미의 경우는 빨간찰이 혼합된 밥의 적색도가 높았고, 적진주찰의 경우 홍진주 혼합밥에 비해 명도가 낮고 적색도가 적은 경향이였다. 흑미의 경우 눈큰흑찰, 청풍흑향찰로 밥을 했을 때 검은 색소가 우러나오는 정도가 적어 취반시 명도 값이 흑설을 혼반한 경우에 비해 현저하게 높았다. 유색미 자원이 가지고 있는 기능성성분 조성 및 함유량, 백미와 혼합했을 때 고유의 현미색 발현 및 색소 번짐성, 혼반시 밥의 품질을 고려한 찰성, 현미 수량성, 수확기 등을 고려하여 황색 계열은 노른자찰, 적색 계열은 적진주찰, 흑미는 청풍흑향찰, 녹미는 녹원찰을 혼합재배 재료로 선발하였다.

Table 2. Content of functional components in colored brown rice.

(Unit: µg/100g)

Cultivar	Fer.	Caf.	Cin.	Gen.	Cho.	Syr.	Cou.	Cat.	Sal.	Que.
Brown color rice (resource)	309.6	3.2	25.1	0.4	13.9	143.4	75.1	T	276.8	4.8
Noreunjachall	299.0	7.4	30.6	2.8	-	100.7	65.8	T	278.5	1.6
Hongjinju	461.2	75.4	92.1	563.9	13.8	116.7	124.5	4,197.8	98.6	4.0
Red glutinous rice (resource)	339.4	20.9	-	191.1	14.0	197.5	78.5	1,433.7	188.7	2.1
Jeoginjuchall	410.8	45.7	100.1	605.5	14.3	176.7	45.8	4,520.8	94.8	-
Heugseol	329.2	198.4	209.8	-	15.8	170.9	95.6	58.3	93.4	122.6
Sinmyungheugchall	205.4	111.2	116.8	-	14.6	122.0	40.6	T	87.2	62.4
Josaengheugchall	258.7	63.1	126.8	-	-	142.3	33.3	T	100.5	61.4
Sintoheugmi	306.8	69.4	151.5	-	14.2	124.7	121.5	3.6	75.3	147.2
Heugkwang	230.4	8.3	85.9	-	13.8	125.3	103.4	T	83.2	32.8
Nunkeunchugchall	219.8	21.4	69.5	-	14.4	169.5	71.1	T	87.1	21.1
Heugjinju	235.8	98.6	250.0	-	14.3	123.9	84.2	1.2	113.3	107.6
Cheongpungheuk-hyangchall	318.3	83.4	112.0	T	14.3	79.3	84.8	2.4	132.9	31.9
Nogwonchall	335.7	24.9	54.3	T	-	79.8	151.5	T	75.4	-

※ **Fer**, Ferulic acid; **Caf**, Caffeic acid; **Cin**, Cinnamic acid; **Gen**, Gentisic acid; **Cho**, Chlorogenic acid; **Syr**, Syringic acid; **Cou**, Coumaric acid; **Cat**, Catechin; **Sal**, Salicylic acid; **Que**, Quercetin

Table 3. Color differences in rice when cooked with 30% added colored rice.

Brown rice color	Cultivar	Color difference compared to the comparative cultivar		
		ΔL^\dagger	Δa	Δb
Yellow or brown	Brown rice resource (C)	-	-	-
	Noreunjachall	1.73	-1.19	-1.20
	Hongjinju (C)	-	-	-
Red	Red glutinous rice resource	-5.95	1.75	-1.14
	Jeoginjuchall	-1.13	-1.01	-0.96
	Heugseol (C)	-	-	-
Black	Sinmyungheugchall	6.59	-1.72	1.47
	Josaengheugchall	5.25	-1.59	0.61
	Sintoheugmi	2.59	-0.60	0.14
	Heugkwang	8.70	-2.34	2.44
	Nunkeunchugchall	16.15	-4.33	4.24
	Heugjinju	-1.26	0.20	0.57
	Cheongpungheukhyangchall	14.23	-2.06	4.73

$^\dagger\Delta L$: +White - -Black, difference in brightness compared with the comparative cultivar.

Δa : +Red - -Green, difference in redness compared with the comparative cultivar.

Δb : +Yellow - -Blue, difference in yellowness compared with the comparative cultivar.

품종 혼합 재배시 생육 및 수량 특성

재배유형별 생육은(Table 4, Fig. 2) 단일 품종으로 재배할 경우에 비해 혼합재배 했을 때 간장이 다소 길어지는 경향이였으며, 품종을 1열씩 재배한 경우에는 이삭수가 많아

지는 경향이였다. 품종간의 경합이 가장 큰 혼합 육묘 이양구에서 간장이 길어지고, 1열 1품종 재배에서 유효 분얼수가 m^2 당 409개로 많았다. 시험구의 병해충 관리는 관행 재배에 준하여 방제작업을 실시하였기 때문에 재배유형별 병



Fig. 1. Color of rice when cooked with 30% added colored rice.

Table 4. Differences in growth characteristics between monocropping and corresponding mixed cropping systems with several rice cultivars.

Cultivation method	Cultivar	Heading date (m.d)	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	Panicle number (ea/m ²)
Mono cropping	Hangangchall	8.23	92	25	244
	Aranghyangchall	8.16	96	21	400
	Noreunjachall	8.14	93	21	355
	Cheongpungheukhyangchall	8.26	99	21	333
	Jeogjinjuchall	8.08	82	24	311
	Nogwonchall	8.20	98	18	400
	Mean ± SD		8.18±6.5	93±6.2	22±2.5
Mixed cropping I [†]	Hangangchall	8.23	93	25	309
	Aranghyangchall	8.15	96	21	452
	Noreunjachall	8.13	97	20	428
	Cheongpungheukhyangchall	8.26	99	21	381
	Jeogjinjuchall	8.09	88	23	357
	Nogwonchall	8.21	98	19	524
	Mean ± SD		8.18±6.5	95±4.1	22±2.2
Mixed cropping II [‡]	Six cultivars included	8.14	104	-	357

[†]Transplantation of one variety per row.

[‡]Transplantation of mixed seedlings.

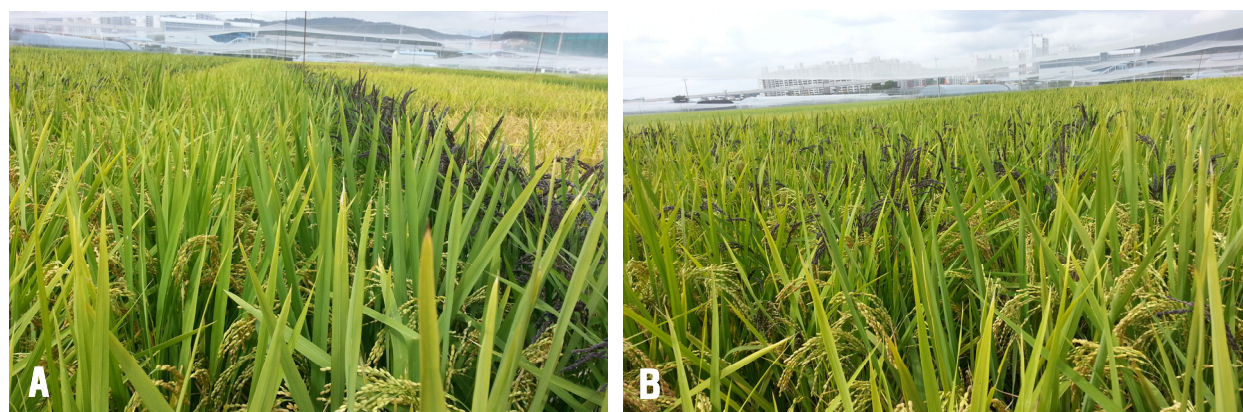


Fig. 2. Mixed cropping systems (A: transplantation of one variety per row, B: transplantation of mixed varieties).

Table 5. Differences in disease occurrence patterns between monocropping and corresponding mixed cropping systems with several rice cultivars.

Cultivation method	Cultivar	Rice blast (0~9)	Sheath blight (0~9)	Flase smut (0~9)	Brown spot (0~9)	Bacterial blight (0~9)	Lodging (1~9)
Mono cropping	Hangangchall	0	1	0	0	0	3
	Aranghyangchall	0	1	1	0	1	1
	Noreunjachall	0	0	0	0	0	1
	Cheongpungheukhyangchall	0	1	0	0	0	3
	Jeogjinjuchall	0	1	0	0	1	1
	Nogwonchall	0	1	0	0	0	1
Mixed cropping I [†]	Hangangchall	0	1	0	0	0	1
	Aranghyangchall	0	0	0	0	0	1
	Noreunjachall	0	0	0	0	0	1
	Cheongpungheukhyangchall	0	0	0	0	0	1
	Jeogjinjuchall	0	1	0	0	1	1
	Nogwonchall	0	1	0	0	0	1
Mixed cropping II [‡]	Six cultivars included	0	1	0	0	0	1

[†]Transplantation of one variety per row.

[‡]Transplantation of mixed seedlings.

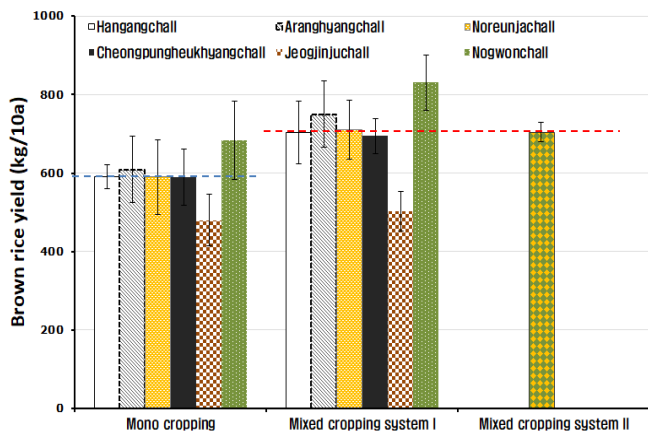


Fig. 3. Difference in brown rice yield between monocropping and corresponding mixed cropping systems with several rice cultivars. Bars mean ± SD.

발생 차이는 적었지만 혼합 재배구에서 다소 적었고, 품종을 섞어서 심을 경우 도복도 적어지는 경향(Table 5)이었다. ISIS report (2012)에서 두 품종 이상의 찰벼를 혼합 재배할 경우 단일 품종으로 재배한 경우와 비교했을 때 도열병의 발생이 20%에서 1%로 감소하였고, 비교적 도열병 발생이 적은 1대 잡종 품종 재배에도 감수성 품종을 단일 재배할 경우 발병률이 2.3% 인대 비해 품종을 혼합하여 재배한 경우 1%로 낮아졌다고 하였다. Zhu *et al.* (2000)은 미

국, 중국, 필리핀의 각 지역에서 감수성인 벼가 혼합 재배된 대단지 포장에서 도열병 발생이 단일 품종 재배구에 비해 94% 감소하고 수량은 89% 증가한다고 발표한 바 있다. 벼의 혼합재배는 도열병(Koizumi, 2001; Zhu *et al.*, 2000), 세균성 알마름병(Ahmed *et al.*, 1997), 깨씨무늬병(Grummer & Roy, 1966), 흑명나방(Li *et al.*, 2019) 등이 감소하는 효과가 있다.

현미 수량(Fig. 3)은 품종별 단일재배에 비해 혼합 재배할 경우 높아지는 경향이였다. 1열씩 다른 품종을 재배할 경우 주당 유효분얼수가 많아지고, 혼파 육묘하여 이양한 시험구에서는 등숙율이 높아졌기 때문(Table 6)으로 판단되었다. 찰벼 혼합재배에 대한 선행 보고에서(ISIS report, 2012) 단품종 재배에 비해 수량이 평균 18.2% 증가하는 것으로 보고하였는데 이는 수평저항성으로 인한 병발생의 감소와 빛에 대한 경쟁부분에서 유리한 성장조건이 주어진데 기인한 것이라고 하였다.

혼합재배 유형별 현미의 품질 특성

혼합재배에서 수확된 현미의 품종별 비율을 조사한 결과(Fig. 4, Table 7), 청풍흑향찰의 경우 단일품종으로 재배했을 때보다 혼합재배 하였을 때 수량이 높았다. 1품종 1열재배 보다 중자를 혼합 육묘하여 이양한 시험구에서 수량이 더 높았는데, 초장이 비교적 큰 청풍흑향찰의 경우 혼합재

Table 6. Difference in yield components between monocropping and corresponding mixed cropping systems with several rice cultivars.

Cultivation method	Cultivar	Spikelet number (ea/panicle)	Grain ripening (%)	Husking recovery (%)	1,000 grain weight of brown rice (g)	Head rice (brown rice, %)
Mono cropping	Hangangchall	183	85.0	71.5	20.7	95.0
	Aranghyangchall	113	86.0	82.0	21.3	92.7
	Noreunjachall	83	94.8	81.7	21.3	96.9
	Cheongpungheukhyangchall	86	83.2	80.2	27.1	98.8
	Jeogjinjuchall	109	85.7	74.8	19.3	93.1
	Nogwonchall	94	87.7	81.6	19.5	96.2
	Mean ± SD		111±37.1	87.1±4.1	78.6±4.4	21.5±2.9
Mixed cropping I [†]	Hangangchall	170	87.9	77.4	21.1	92.9
	Aranghyangchall	109	80.4	80.6	21.6	93.3
	Noreunjachall	80	92.6	81.4	21.6	97.0
	Cheongpungheukhyangchall	86	85.7	80.9	27.1	98.4
	Jeogjinjuchall	102	83.3	77.3	18.9	93.3
	Nogwonchall	96	89.8	80.1	19.0	97.3
	Mean ± SD		107±32.5	86.6±4.4	79.6±1.8	21.6±3.0
Mixed cropping II [‡]	Six cultivars included	107	95.8	77.7	20.9	97.3

[†]Transplantation of one variety per row.

[‡]Transplantation of mixed seedlings.

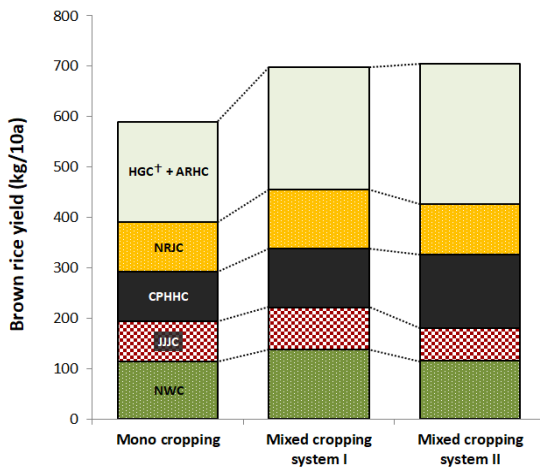


Fig. 4. Brown rice yield of each rice variety between monocropping and corresponding mixed cropping systems with several rice cultivars. [†]HGC: Hngangchall, ARHC: Aranghyangchall, NRJC: Noreunjachall, CPHHC: Cheongpungheukhyangchall, JJC: Jeogjinjichall, NWC: Nogwonchall.

배하면 유리한 수광 조건과 도복감소에 대한 효과로 판단되었다. 녹원찰의 경우 1열 1품종 재배시 분얼이 많아져 수

Table 7. Proportion of brown rice produced in monocropping and mixed cropping by rice cultivars.

Cultivar	Proportion of brown rice (% w/w)		
	Mono cropping	Mixed cropping I (one variety - one row)	Mixed cropping II (Mixed seedlings)
HGC [†] + ARHC	39.7	38.9	39.5
NRJC	13.6	13.8	14.2
CPHHC	17.2	16.8	20.6
JJC	13.7	12.8	9.3
NWC	15.6	17.7	16.4

[†]HGC, Hngangchall; ARHC, Aranghyangchall; NRJC, Noreunjachall; CPHHC, Cheongpungheukhyangchall; JJC, Jeogjinjichall; NWC, Nogwonchall.

량이 증가하여, 품종 별로 재배양식에 따라 생육이 우세한 품종이 달라짐을 알 수 있었다. 적진주찰의 경우 혼합 파종 육묘 이양한 시험구에서 수량성이 현저히 낮아졌는데, 혼합 재배된 품종 중 키가 작은 적진주찰의 경우 수광 조건이 비교적 불리하였기 때문으로 판단되었다. Zhu *et al.* (2005)



Fig. 5. Mix-cultivated rice field (A) and polished brown rice (B) in harvest season.

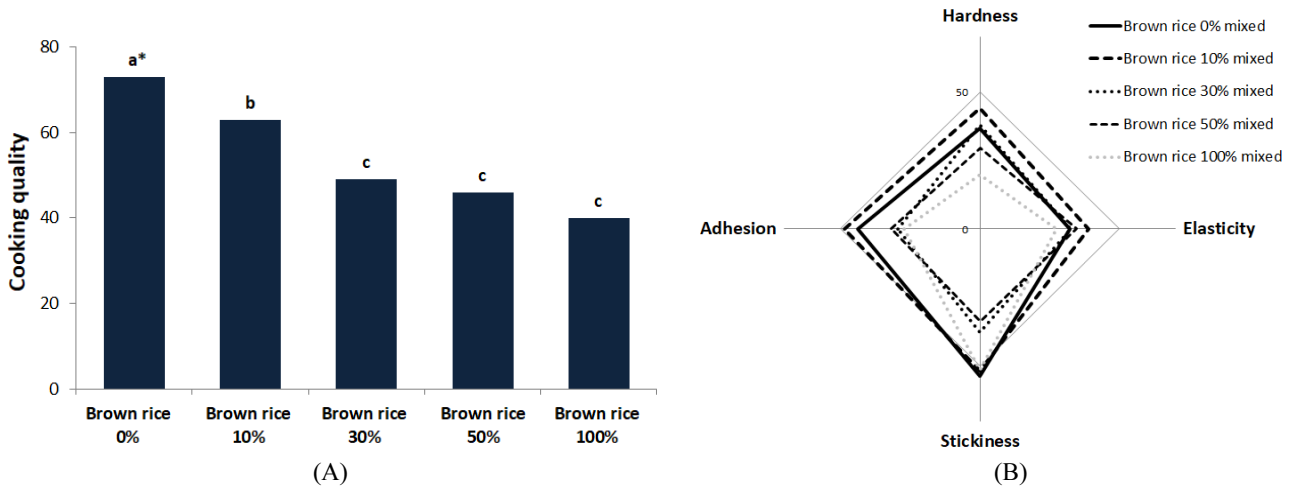


Fig. 6. Cooking quality[†] (A) and texture[‡] (Bt) according to the blended brown rice mixing ratio.

[†]Cooking quality is the value of the texture, external characteristics, and balance of boiled rice evaluated using a rice taste analyzer (SATAKE, Japan).

[‡]Boiled rice texture is the hardness, stickiness, elasticity, and adhesion of boiled rice evaluated using a texture measuring device (MyBoyII system, TAKETOMO, Japan).

*The same letters in the graph indicate no difference at the 5% probability level.

은 찰벼와 메벼 혼합재배에서 두 품종 중 키가 큰 찰벼의 경우 80~90% 증수되고 메벼의 경우 수량변화가 없었다고 보고한 바 있다. 품종의 혼합재배는 병해충 방제를 위한 농약살포를 줄일 수 있어 품질에 긍정적인 영향을 줄 수 있으며(Wolfe *et al.*, 1987), 수량성은 높지만 품질이 떨어지는 품종과 품질은 좋지만 수량성이 낮은 품종을 혼합 재배하였을 때 각각의 단점이 개선된다는 보고(Sarandon & Sarandon, 1995)도 있다.

유색미의 품질은 색소 함량에 따라 좌우되고 이에 따른 가격 차이가 발생한다. 품질 좋은 유색미를 생산하기 위하여 색택과 수량면에서 적정 수확시기의 설정이 중요한데 Lee *et al.* (2012)이 녹원찰벼의 색소와 수량성을 고려한 적

정 수확시기는 출수 후 35~37일 이라고 보고한바 있다. Kim *et al.* (2016)은 영남 남부평야지에서 고품질 흑미 및 적미를 생산하기 위한 적정 수확시기는 흑미는 출수후 40~50일, 적미는 출수후 45~50일 범위라고 하였다. 본 실험에서 혼합재배 재료로 선택한 유색미의 경우 녹원찰은 적진 주찰에 비해 출수기가 10일 이상 늦어 녹원찰을 기준으로 출수 후 35일경에 수확 하면 녹색을 비롯한 적색, 흑색의 현미 색택이 우수한 특성을 보일 것으로 판단되었다(Fig. 5).

블렌딩 현미 혼반 비율에 따른 취반 특성

혼합재배로 생산된 유색 현미를 넣어 밥을 할 경우(Fig. 6) 기계적으로 측정되는 취반식미는 혼합비율이 높아질수

록 낮았으며, 식감의 경우 10% 혼합한 경우를 제외하고 혼합비율이 높아질수록 탄력성과 부착성이 떨어지는 경향이었는데 이는 혼반된 유색미의 품종이 찰벼임에도 불구하고 현미상태로 혼합하기 때문인 것으로 판단되었다. 벼의 경우 혼합재배에서 생산된 쌀의 품질 비교에 관한 연구는 많지 않지만, Chin & Husin (1982)은 3품종 혼합재배에서 얻어진 쌀 제품과 단일품종으로 재배하여 얻어진 쌀로 지은 밥에 대한 패널 테스트에서 식미, 식감, 밥의 냄새 등에서 차이점을 인지하지 못했다고 하였다. 곡류의 적절한 혼합 비율에 대한 선행연구로는 백미에 흑미를 5%, 10%를 첨가하여 밥의 식감 및 색도변화(Kim *et al.*, 1998), 백미에 찰흑미와 찰벼를 각각 5%, 7%, 9%, 11% 첨가하여 식감과 관능검사 특성을 분석한 연구(Oh *et al.*, 2002) 등이 있다.

적 요

혼반용 유색 찰 현미 생산을 위해 품종의 혼합 재배 기술을 이용하면 노동력 절감과 더불어 수량증대로 인한 농가 소득 향상에 도움이 될 것으로 기대 된다. 유색미의 경우 현미 색이나 품종별로 항산화 및 혈중 콜레스테롤 저하 등의 다양한 기능성 성분을 함유하고 있으며 본 연구에서는 혼반용으로 적합한 유색미 품종의 선발과 재배기술의 생력화를 위하여 유색미 혼합재배기술에 대한 연구를 수행 하였다. 유색미에 함유되어 있는 페놀화합물의 정성 및 정량 분석 결과 황갈색 계열의 품종 및 자원은 Ferulic acid와 Salicylic acid 함량이 높았으며, 적미 계열의 품종 및 자원은 Ferulic acid, Gentisic acid, Catechin 함량이 높았다. 흑미 계열의 경우 Ferulic acid, Caffeic acid, Cinnamic acid 함량이 높았고 적미, 녹미 등 다른 계열의 유색미에 비해 Quercetin 함량이 높은 경향이였다. 녹색계열의 녹원찰벼의 경우 Ferulic acid, Coumaric acid 함량이 높았으며 특히 Coumaric acid 함량이 다른 계열의 유색미에 비해 높았다. 블렌딩 유색미 생산을 위해 품종을 혼합하여 재배할 경우 주당수수, 등숙율 증가로 단일품종으로 재배하는 것보다 수량이 18~20% 증수 되었으며, 혼합재배 유형 중 1품종 1열 재배에서는 녹원찰, 종자혼합 재배에서는 청풍흑향찰, 한강찰과 아랑향찰은 혼합재배 유형 모두에서 생산성이 높아지는 경향이였다.

인용문헌(REFERENCES)

- Ahmed, H. U., M. R. Finckh, R. F. Alfonso, and C. C. Mundt. 1997. Epidemiological effect of gene deployment strategies on bacterial blight of rice. *Phytopathology*. 87 : 66-70.
- Baumer, M. and J. Wybraniec. 1995. Einfluss von sortenmischungen auf die malzqualitaet der sommergerste, in: Talk presented at the meeting of the working group in Saatgutwesen in Hannover, Germany. p. 17-18.
- Chin, K. M. and A. N. Husin. 1982. Rice variety mixtures. in: Proceedings of the Paddy Workshop. Bumbong Lima. Province Wellesley. Malaysia. 1982. p. 203-216.
- Finckh, M. R. and C. C. Mundt. 1992. Plant competition and disease in genetically diverse wheat populations. *Oecologia*. 91 : 82-92.
- Finckh, M. R. and M. S. Wolfe. 1998. Diversification strategies, in: Jones D. G. (Ed.) *The Epidemiology of plant disease*. Chapman and Hall. London. p. 231-259.
- Finckh, M. R., E. S. Gacek, H. Goyeau, C. Lannou, U. Merz, C. C. Mundt, L. Munk, J. Nadziak, A. C. Newton, C. Vallavieille-Pope, and M. S. Wolfe. 2000. Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. *Agronomic*. 20 : 813-837.
- Grummer, G. and S. K. Roy. 1966. Inter-varietal mixture of rice and incidence of brown spot disease (*Helminthosporium oryzae* Breda de Haan). *Nature*. 209 : 1265-1267.
- Gu, D. and M. Xu. 1992. A study on special nutrient of purple black glutinous rice. *Scientia Agric. Sinica*. 25(2) : 36-41.
- ISIS Report. 2012, Two Rice Better than One.
- JBARES. 2010. Research Report. p. 26-45.
- Jung, E. Y., H. J. Suh, Y. H. Hong, I. Y. Lee, D. G. Kim, M. O. Kim, and U. J. Chang. 2009. Effects glycemic index for boiled white rice and boiled white rice mixed with grains on food consumption and satiety rate. *J. Korean Diet Assoc.* 15(2) : 179-187.
- Kang, M. Y. 2002. Effect of functional component in rice. Korean Society for Food Engineering Since. 2002 spring symposium. p. 33-50.
- Kang, S. Y., I. C. Shin, D. S. Kim, K. J. Lee, J. P. Kim, D. Y. Lee, S. Y. Lee, and D. J. Lee. 2008. A new green-kerneled glutinous rice mutant variety, "Nogwonchallbyeo" developed by gamma ray irradiation. *Kor. J. Breed. Sci.* 40 : 303-307.
- Kim, D. W., J. B. Eun, and C. O. Rhee. 1998. Cooking conditions and texture changes of cooked rice added with black rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30(3) : 562-568.
- Kim, S. Y., S. I. Han, S. H. Oh, J. H. Seo, H. J. Yi, J. D. Hwang, W. Y. Choi, and M. K. Oh. 2016. Effect of different transplanting and harvest times on yield and quality of pigmented rice cultivars in the Yeongnam plain area. *Korean. J. Agri. Sic.* 43(3) : 330-339.
- Kim, Y., S. Park, Y. S. Lee, H. Jung, K. Koh, and H. S. Kim. 2005. Determination of tocopherol and tocotrienol contents in rice cooked with various cereals. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34(8) : 1289-1292.
- Koh, H. J., Y. J. Won, G. W. Cha, and M. H. Heu. 1996. Varietal variation of pigmentation and some nutritive characteristics in

- colored rices. Korean. J. Crop Sci. 41(5) : 600-607.
- Koizumi, S. 2001. Rice blast control with multilines in Japan. Page 143-158 in Exploiting Biodiversity for Sustainable Pest Management. T. W. Mew, E. Borromeo, and B. Hardy. eds. International Rice Research Institute. Manila. Philippines.
- Lee, H. H., S. H. Chu, S. N. Liu, M. C. Shin, and H. J. Ko. 2006. Grain characteristics of green-kerneled rices under different planting time and N-fertilizer levels. Kor. J. Breed. Sci. 38 : 358-365.
- Lee, H. K., I. G. Hwang, H. Y. Kim, K. S. Woo, S. H. Lee, S. H. Woo, J. S. Lee, and H. S. Jeong. 2010. Physicochemical characteristic and antioxidant activities of cereals and legumes in Korea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39(9) : 1399-1404.
- Lee, K. K., S. H. Cho, D. R. Lee, T. E. Song, Y. J. Song, J. H. Lee, and I. Y. Choi. 2012. Change of yield and greenness of "Nogwonchallbyeon" under different date of transplanting and harvesting. Korean. J. Crop Sci. 57(2) : 137-143.
- Li, M., R. Li, J. Zhang, S. Liu, Z. Hei, and S. Qiu. 2019. A combination of rice cultivar mixed-cropping and duck co-culture suppressed weeds and pests in paddy fields. Basic and Applied Ecology. 10 : 67-77.
- Lim, S., M. S. Kang, M. K. Jwa, D. J. Song, and Y. J. Oh. 2003. Characteristics of cooked rice by adding grains and legumes. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32(1) : 52-57.
- Malezieux, E., Y. Crozat, C. Dupraz, M. Laurans, D. Makowski, H. Ozier-Lafontaine, B. Rapidel, S. de Tourdonnet, and M. Valantin-Morison. 2009. Mixing plant species in cropping systems: Concepts, tools and models, A review. Agronomy for Sustainable Development. 29 : 43-62.
- Newton, A. C., J. S. Swanston, D. C. Guy, and R. P. Ellis. 1998. The effect of cultivar mixtures on malting quality in winter and spring barley. J. Inst. Brew. 104 : 41-45.
- Newton, A. C., R. P. Ellis, C. A. Hackett, and D. C. Guy. 1997. The effect of component number on *Rhynchosporium secalis* infection and yield in mixtures of winter barley cultivars. Plant Pathol. 45 : 930-938.
- Oh, K. S., H. S. Na, Y. S. Lee, K. Kim, and S. K. Kim. 2002. Texture of cooked milled added waxy black rice and glutinous rice. Korean J. Food Sci. Technol. 34(2) : 213-219.
- Pridham, J. C., M. H. Entz, R. C. Martin, and P. J. Hucl. 2007. Weed, disease and grain yield effects of cultivar mixtures in organically managed spring wheat. Canadian Journal of Plant Science. 87 : 855-859.
- Sarandon, S. J. and R. Sarandon. 1995. Mixture of cultivars : pilot field trial of an ecological alternative to improve production or quality of wheat (*Triticum aestivum*), J. Appl. Ecol. 32 : 288-294.
- Wolfe, M. S. 2000. Crop strength through diversity. Nature. 406 : 681-682.
- Wolfe, M. S., P. N. Minchin, and S. E. Slater. 1987. Control of barley mildew by integrating the use of varietal resistance and seed-applied fungicides, in: Cavalloro R. (Ed.), Integrated Crop Protection in Cereals. Commission of the European Community. Brussels. p. 229-236.
- Woo, K. S., M. C. Seo, J. Y. Ko, S. B. Song, J. S. Lee, J. R. Kang, D. Y. Kwak, B. K. Oh, M. H. Nam, H. S. Jeong, and J. S. Lee. 2011. Physicochemical characteristics of commercially available cereal crops in Korea. J. Agr. Sci. Chungbuk Nat'1 Univ. 27(1) : 40-47.
- Zhao, Z. S., L. Z. Lai, and J. G. Zheng. 1995. Special rice in China. Shanghai Science & Technol. Publ. Co. China. p. 534.
- Zhu, Y. Y., H. Fang, Y. Y. Wang, J. X. Fan, S. S. Yang, T. W. Mew, and C. C. Mundt. 2005. Panicle blast and canopy moisture in rice cultivar mixtures. Ecology and Epidemiology. 95(4) : 422-438.
- Zhu, Y. Y., H. R. Chen, H. J. Fan, Y. Y. Wang, Y. Li, J. B. Chen, J. X. Fan, S. Yang, L. Hu, H. Leung, T. W. Mew, P. S. Teng, Z. Wang, and C. C. Mundt. 2000. Genetic diversity and disease control in rice. Nature. 406 : 718-722.