

충북지역 쌀가루용 벼 품종의 이앙시기가 생육, 수량 및 수발아 발생에 미치는 영향

이채영^{1,†} · 최예슬¹ · 이희두² · 정택구² · 김익제² · 김정곤³ · 우선희⁴

Effect of Transplanting Date on the Growth, Yield, and Occurrence of Viviparity in Floury Endosperm Rice Cultivars in the Chungbuk Province

Chae-Young Lee^{1,†}, Ye-Seul Choi¹, Hee-Du Lee², Taek-Gu Jeong², Ik-Jei Kim², Chung-Kon Kim³, and Sun-Hee Woo⁴

ABSTRACT Rice consumption in Korea has been decreasing as the eating habits of the Korean people have diversified with rapid economic growth. Recently, floury endosperm rice cultivars were developed to boost rice consumption and replace wheat flour consumption with rice flour, which is vulnerable to viviparity under wet weather during the grain-filling stage because of its loosely packed starch granule structures. To overcome this limitation, it is necessary to find a suitable rice transplanting date to produce high-quality rice flour by altering the heading ecology type and changing the cultivation time by region. We examined four floury endosperm rice cultivars (FERC) in the Cheongju (central plain area) and Boeun (mid-mountainous area) regions of Korea from 2017 to 2019. Of the FERCs, the mid-late maturing types (MMT) Seolgaeng (SG), Hangaru (HGR), and Shingil (SGL) exhibited high yield and yield components after transplanting May 30 in both regions; the early maturing type (EMT) Garumi 2 (GRM2) also exhibited high yield after transplanting June 20 in Cheongju. In addition, MMTs showed the same tendency as the characteristics shown in Cheongju when grown in the Boeun region, and EMT displayed high yield and yield components after transplanting June 10. The FERCs could easily present pre-harvest sprouting in the rainy season during the grain-filling stage after 20 days post-heading because the mean temperature and frequency of more three-day rainfalls have increased over the last 5 years from the previous annual averages. Viviparity of HGR and GRM2 decreased as the transplanting date was delayed, with decreases of 2.3%-4.6% in HGR and 11.9%-23.1% in GRM2 according to the region. SGL was generally resistant to viviparity because of the Tongil type. To minimize pre-harvest sprouting and produce high yield of rice flour in the Chungbuk province, the most suitable transplanting time was the end of May in MMT and the middle and end of June in EMT.

Keywords : Chungbuk, floury endosperm rice cultivar, transplanting time, viviparity, yield

우리나라는 쌀을 오래 전부터 주식으로 삼아왔던 민족이다. 쌀은 예로부터 탄수화물의 에너지원으로 밥으로 주로 섭취하였으나, 최근 육류와 밀가루 등의 소비 증가, 서구화된 식습관과 쌀 대체식품 및 즉석 가공식품 등 먹거리의 다양화로 인하여, 1인당 연간 소비량은 61 kg으로 급감되었다(MAFRA, 2019). 대가족 가구에서는 쌀의 구입 빈도가 잦아 소비를 높이는 요인이지만 1인 가구의 증가는 쌀 소

비를 위축할 가능성이 높아 앞으로 쌀 소비는 지속적으로 감소될 것으로 전망된다(Jeon & Ahn, 2016). 현재 우리나라에서는 수입쌀, 묵은 쌀을 이용해서 가공용 제품을 만들고 있으나 묵은 쌀은 표면의 단백질 산화로 이화학적 변형을 일으킬 수 있고, 7% 정도 표면을 제거해야 일반미와 비슷해지기 때문에 가공용 쌀가루로 적합하지 않다(Ohno & Ohisa, 2005; Ohno *et al.*, 2007).

¹충청북도농업기술원 농업연수사 (Researcher, Chungbuk Agricultural and Extension Services, Cheongju 28130, Republic of Korea)

²충청북도농업기술원 농업연구관 (Senior Researcher, Chungbuk Agricultural and Extension Services, Cheongju 28130, Republic of Korea)

³충청북도농업기술원 전문경력인사 (Professional Career Officer, Chungbuk Agricultural and Extension Services, Cheongju 28130, Republic of Korea)

⁴충북대학교 식물자원학과 교수 (Professor, Department of Crop Science, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Republic of Korea)

[†]Corresponding author: Chae-Young Lee; (Phone) +82-43-220-5552; (E-mail) metmega@korea.kr

<Received 19 August, 2020; Revised 21 September, 2020; Accepted 23 September, 2020>

일본 니가타 현에서는 쌀의 소비를 촉진하기 위하여 밀가루 소비량의 10%를 쌀가루로 바꾸는 R10 프로젝트(Rice flour 10% project)를 진행하였고, 2020년에는 일본의 쌀가루 소비량을 39,000톤으로 전망하였다(Yoshii *et al.*, 2011; JRFA, 2020). 일본 정부는 2017년에 쌀가루 제품의 보급을 위해 용도별 가공적성에 관한 ‘쌀가루의 용도별 기준’을 마련하였고(MAFF, 2017), 2015년에는 학교급식에 쌀가루로 만든 빵을 도입하여 70%의 학교에 공급하여 10년 만에 51%가 성장하였다(Ichikawa, 2017). 우리나라가 매년 소비하는 밀가루는 230만 톤 정도로(MAFRA, 2019), 이 중 10% 이상을 쌀가루로 대체하면 쌀 재고량 해소와 수입 밀가루를 대체하는 효과가 있을 것으로 예상된다.

최근에는 돌연변이를 유기시켜 심백과 밀가루 같은 유백미 돌연변이는 배유의 전분 화합물을 느슨하게 채우는 것에 의해 발생되어 경도가 줄어들기 때문에 다양한 육종자원으로 활용되고 있다(Satoh & Omura, 1981). 유백미 돌연변이 계통은 낮은 전분손상과 입자크기로 가공적성에 알맞고, 낮은 호화온도와 높은 최종점도, 광범위한 치반점도로 쌀가루 가공에 적합하다(Ashida *et al.*, 2009; Ashida *et al.*, 2010). 최근 이러한 돌연변이 후대 계통들은 남일벼, 동진벼, 고시히카리, 니폰바레 등 품종에 MNU(N-methyl-N-nitrosourea), EMS(ethyl methane sulfonate), gamma-ray, SA(sodium azide) 등의 돌연변이원을 이용하여 유전적 분석을 통해 *flo-1*, *flo-2*, *flo6*, *flo16* 등 쌀가루에 적합한 다양한 돌연변이체를 만들고 있다(Kang *et al.*, 2005; She *et al.*, 2010; Jeung & Shin, 2011; Mo & Jeung, 2020). 이러한 품종 및 계통의 경도는 일반미보다 낮기 때문에 국내에서는 습식제분보다 가공 단계 및 비용을 절감할 수 있는 건식제분에 적합한 쌀가루용 품종으로 육성하고 있어 수입 밀가루를 대체하는 효과가 있을 것으로 예상된다(Mo *et al.*, 2013; Kwak *et al.*, 2017; Won *et al.*, 2019).

일본에서는 글루텔린 함량, 입자크기와 전분손상도에 따라 활용도를 구분하여 1호 적합 유메후와리(ゆめふわり), 2호 적합 코나다몬(こなだもん), 3호 적합 다수확 품종 기타미즈호(きたみずほ), 후쿠노코(ふくのこ), 미즈호치카라(ミズホチカラ) 등을 품종별로 3~4 지역의 재배적지를 정하여 생산하고 있다(Ohta *et al.*, 2015; Sato *et al.*, 2017; MAFF, 2017).

특히 우리나라는 8~9월 늦장마가 오는 경우가 많은데, 쌀가루 품종들은 배유 전분이 치밀하게 축적되지 못하기 때문에 등숙기 강우가 지속되면 수발아가 많이 발생되어 가공적성이 현저하게 낮아진다(Mo *et al.*, 2013).

본 시험은 쌀가루용 품종 재배 시 수발아를 회피하고, 중

북지역의 품종별 재배적기를 구명하여 우수한 품질의 쌀가루 생산을 위한 농가 표준재배 방법을 확립하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

시험 재료 및 시험 장소

본 시험은 중부내륙 평야지인 충북 청주의 충북농업기술원 연구포장(36°43'N, 127°28'E, 해발 39 m)과 중부 중간지인 보은의 농가포장(36°26'N, 127°44'E, 해발 150 m)에서 시험하였다. 시험품종은 중만생종인 설갱, 한가루, 신길과 조생종인 가루미 2를 이용하였으며, 중만생종은 2017년부터 2019년까지 3년간, 조생종은 2018년부터 2019년까지 2년간 재배하였다.

재배방법

종자소독은 60°C에서 10분간 온탕침지 후 prochloraz 유제로 32°C에서, 48시간 동안 소독하였다. 이양하기 30일 전 파종하여 못자리 육묘를 하였으며, 재배지대별 이양시기는 중부평야지인 청주에서 중만생종은 5월 20일부터 6월 20일까지, 조생종은 5월 30일부터 6월 30일까지, 중부 중간지인 보은에서는 조생종과 중만생종 모두 5월 20일부터 6월 20일까지 10일 간격으로 4회 손이양하였다. 재식거리는 30 × 15 cm로 주당 3본씩 식재하였다.

생육, 수량구성요소 및 수량과 수발아 조사

출수기는 시험구 40~50%의 포기가 출수에 이른 날로 하였다. 출수 후 20일에 간장, 수장, 수수를 반복 당 20주, 수당립수는 3주를 선정 후 채취하여 조사하였다. 등숙비율은 비중이 1.06인 소금물에 수선하여 백분율로 구하였고, 정조수량은 100주를 예취하여 정조중을 측정하고 10 a로 환산하였다. 제현율은 1 kg의 시료를 시험용현미기(Mini rice huller, Otake FC2K, Japan)를 이용하여 측정하였고, 10 a 당 현미수량을 구하였다. 수발아율은 도정한 현미의 쌀눈에서 1 mm 이상 자라난 것을 수발아로 산정하여 100립씩 조사해 구하였다.

기상분석

기상청 날씨누리 누리집을 이용하여 1981년부터 39년간 청주와 보은의 평균기온과 3일 이상 강우 빈도를 8월 중순부터 10월 상순까지 순기별로 10년 간격으로 조사하여 평균값을 구하였고, 과거 데이터와 2015년부터 2019년까지 최근 5년간 자료를 비교하였다.

통계 분석

생육 및 수량 등은 농업과학기술 연구조사분석기준에 의하여 조사하였으며, 각 항목의 평균치간의 유의성은 One-way ANOVA를 이용하여 Duncan's multiple range test에 의하여 5% 유의수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

충북지역 벼 재배지대와 이앙시기별 생육, 수량구성요소 및 수량

충북지역에서 쌀가루 가공용 벼 품종의 이앙시기가 생육 및 수량구성요소에 미치는 영향은 Tables 1 및 2와 같다. 중부평야지 청주지역에서 조생종과 중만생종의 출수기는 이앙시기가 늦어도 8월 하순 이전에 모두 출수되었고, 3년간 출수 후 40일간 평균기온을 살펴보면 적산온도 880°C를 기준으로 8월 20일경이므로, 과거 평년('81~'10)보다 10일 정도 출수한계기가 늦춰질 수 있다는 것을 알 수 있었다

(Lee *et al.*, 2014). 중만생종의 생육은 이앙시기에 따라 큰 차이가 없었으나, 통일형 품종 신길은 6월 10일 이앙 이후는 지엽의 노화가 빠르게 진행되어 등숙률을 낮추는 요인으로 작용한 것으로 판단되었는데, 인디카형은 등숙온도(출수 후 40일간 평균기온)가 21°C보다 낮으면 완전등숙이 어려우므로 늦게 이앙하지 않아야 할 것으로 생각되었다(Ahn, 1973).

중만생종 이앙시기가 5월 30일부터 6월 10일까지는 수당립수, 등숙률, 제현율과 같은 수량구성요소가 가장 높았고, 출수 후 40일간 평균온도도 자포니카형 등숙적온인 21~23°C의 범위였으나, 6월 20일 이앙은 감소되는 경향이였다. 현미천립중은 설갱은 이앙시기가 늦을수록, 한가루는 5월 30일 이앙, 신길은 5월 30일 이후 이앙에서 가장 무거웠다. 이는 출수생태형별로 중생종과 중만생종은 적정 이앙시기에 수당립수, 등숙률과 현미천립중이 가장 높다고하여 비슷한 경향이였다(Choi *et al.*, 2005).

조생종은 6월 30일 이앙에서 등숙온도가 23°C였고, 다른

Table 1. Effect of different transplanting date on the growth characteristics and yield components of floury endosperm rice cultivars in the Cheongju region, a central plain area.

Cultivar [†]	Transplanting date	Heading date	MTDAH [‡] (°C)	Culm length (cm)	No. of panicles/hill	No. of spikelets/panicle	Percent ripened grain (%)	Brown rice recovery (%)	1,000 grain weight (g)
SG	May 20	Aug. 17	23.3	70a [¶]	13a	118a	94.5ab	78.4b	21.7b
	May 30	Aug. 21	22.9	68a	14a	112ab	94.4ab	81.6a	21.5b
	June 10	Aug. 24	22.3	66b	13a	106b	95.7a	81.6a	21.7b
	June 20	Aug. 30	21.2	67a	14a	102b	93.4b	78.4b	22.4a
HGR	May 20	Aug. 8	24.9	65a	12a	79b	90.5b	78.9a	33.9b
	May 30	Aug. 16	24.4	64a	11b	87a	94.4a	80.7a	35.2a
	June 10	Aug. 21	22.9	67a	11b	79b	94.6a	81.1a	34.5ab
	June 20	Aug. 26	21.8	68a	12a	78b	91.1b	79.4a	34.7ab
SGL	May 20	Aug. 11	24.5	69a	14a	160a	83.9a	75.3a	20.1b
	May 30	Aug. 15	23.9	69a	13a	153ab	83.1a	77.1a	21.0a
	June 10	Aug. 22	22.5	68a	13a	150ab	82.0ab	76.5a	21.4a
	June 20	Aug. 30	20.9	66b	13a	140b	77.6b	76.2a	21.4a
GRM2 [*]	May 30	Jul. 29	27.8	71b	11a	125a	91.0b	69.2b	19.7c
	June 10	Aug. 7	26.2	72ab	12a	120a	88.7c	73.2ab	20.7b
	June 20	Aug. 14	24.5	75a	13a	119a	92.9a	75.2ab	21.4ab
	June 30	Aug. 21	23.0	76a	12a	124a	92.1ab	77.5a	22.0a

[†]SG : Seolgaeng, HGR : Hangaru, SGL : Shingil, GRM2 : Garumi 2

[‡]MTDAH : Mean temperature 40 days after heading

[¶]Different letters in the same column are significantly different by ANOVA and Duncan's test, $p < 0.05$

^{*}early maturing type, examined in 2018 and 2019

Table 2. Effect of different transplanting dates on the growth characteristics and yield components of flourey endosperm rice cultivars in the Boeun region, a mid-mountainous area.

Cultivar [†]	Trans-planting date	Heading date	MTDAH [‡] (°C)	Culm length (cm)	No. of panicles /hill	No. of spikelets/ panicle	Percent ripened grain (%)	Brown rice recovery (%)	1,000 grain weight (g)
SG	May 20	Aug. 13	22.4	76a [¶]	16a	97b	93.8a	81.1a	21.6bc
	May 30	Aug. 18	21.3	78a	15ab	106a	92.6a	81.4a	21.4c
	June 10	Aug. 24	20.0	80a	14b	103ab	91.5ab	81.9a	22.3ab
	June 20	Aug. 30	19.5	70b	15ab	109a	89.3b	81.3a	22.8a
HGR	May 20	Aug. 5	23.8	76a	12a	88a	91.5a	82.6a	35.3a
	May 30	Aug. 12	22.7	75a	13a	84a	89.3a	82.3a	34.4ab
	June 10	Aug. 19	20.9	75a	11b	78a	90.1a	82.4a	33.8b
	June 20	Aug. 25	20.0	71a	12a	83a	90.0a	82.1a	34.2ab
SGL	May 20	Aug. 7	23.4	78a	15a	135a	90.9a	78.8a	22.8a
	May 30	Aug. 13	22.4	79a	15a	134a	89.4a	79.2a	21.7bc
	June 10	Aug. 22	20.5	75a	15a	122b	82.8b	78.9a	22.2b
	June 20	Sep. 2	18.9	64b	14b	130ab	71.9c	78.6a	22.0c
GRM2*	May 20	Jul. 25	26.3	71c	11c	113b	90.8b	69.2c	19.2c
	May 30	Jul. 29	25.9	73bc	13a	123ab	93.0a	70.6bc	20.3b
	June 10	Aug. 8	24.0	80a	12b	130a	91.3a	73.6ab	21.7a
	June 20	Aug. 16	22.0	75ab	11c	128a	92.6a	75.8a	22.0a

[†]SG : Seolgaeng, HGR : Hangaru, SGL : Shingil, GRM2 : Garumi 2

[‡]MTDAH : Mean temperature 40 days after heading

[¶]Different letters in the same column represent significant differences by analysis of variance and Duncan's test, $p < 0.05$

*early maturing type, examined in 2018 and 2019

이앙시기보다 수량구성요소가 가장 높았는데, 등숙률, 제현율과 현미천립중은 이앙시기가 늦을수록 증가되는 경향이 있었다. 벼는 출수기와 초기 등숙기에 고온에 직면하면 쌀수량과 단위면적당 바이오매스가 줄어드는데, 자포니카형은 온도가 증가될수록 완전미는 줄어들고, 미숙립이 많아지므로 이러한 재배환경 조건을 고려해야 할 것으로 판단되었다(Peng *et al.*, 2004; Ali *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 1996).

중부중간지인 보은지역은 청주와 같은 이앙시기에도 등숙온도가 낮았으며, 이앙시기가 늦어질수록 그 차이가 더욱 커졌다. 이앙시기별 수량구성요소는 중만생종은 5월 20일부터 5월 30일까지, 조생종은 6월 10일과 6월 20일에 이앙한 것이 가장 양호하였다. 경북지역에서 중만생종인 설갱, 한가루 및 신길 재배 시 이앙시기가 6월 20일로 늦어질수록 등숙률과 제현율이 가장 높았다고 하였는데, 그 차이는 벼 재배지대의 영향으로 생각되었으며(Han *et al.*, 2018), 충북지역 내에서도 벼 재배지대에 따라 같은 재배방법에도 차이가 발생하여 청주와 보은에서 중만생종은 10일 정도

차이를 두고 재배하는 것이 알맞을 것으로 판단되었다.

이앙시기에 따른 지역별 쌀가루 품종의 10 a 당 현미 생산량은 Fig. 1과 같다. 청주지역에서 설갱은 이앙시기별 468~503 kg으로 유의하지는 않았으나 중만생종 한가루와 신길은 5월 30일 이앙에서 각각 496 kg과 602 kg으로 가장 많았다. 통일형 품종인 새미면의 최적 등숙기 평균기온은 출수 후 40일 평균기온이 24°C로 신길의 5월 30일 이앙한 신길의 23.9°C와 비슷한 결과였다(Bae *et al.*, 2018). 조생종 가루미 2는 6월 20일 이앙에서 474 kg으로 가장 높았으나, 6월 30일 이앙과는 통계적 유의성이 없었다. 조생종 가루미 2는 이앙시기가 이를 경우 자포니카형의 적정 등숙온도보다 높아 수량구성요소 및 수량이 낮았다는 보고와 같았다(Lee *et al.*, 2015a). 보은지역에서도 청주와 10 a 당 현미 수량은 다소 차이가 있었으나, 중만생종은 5월 30일 이앙, 조생종은 6월 10일 이앙에서 가장 높아 비슷한 경향을 보였다. 등숙온도의 상승은 수량구성요소 중에서도 출수생태형에 관계없이 등숙률에 가장 큰 영향을 미쳤고, 이에 따라

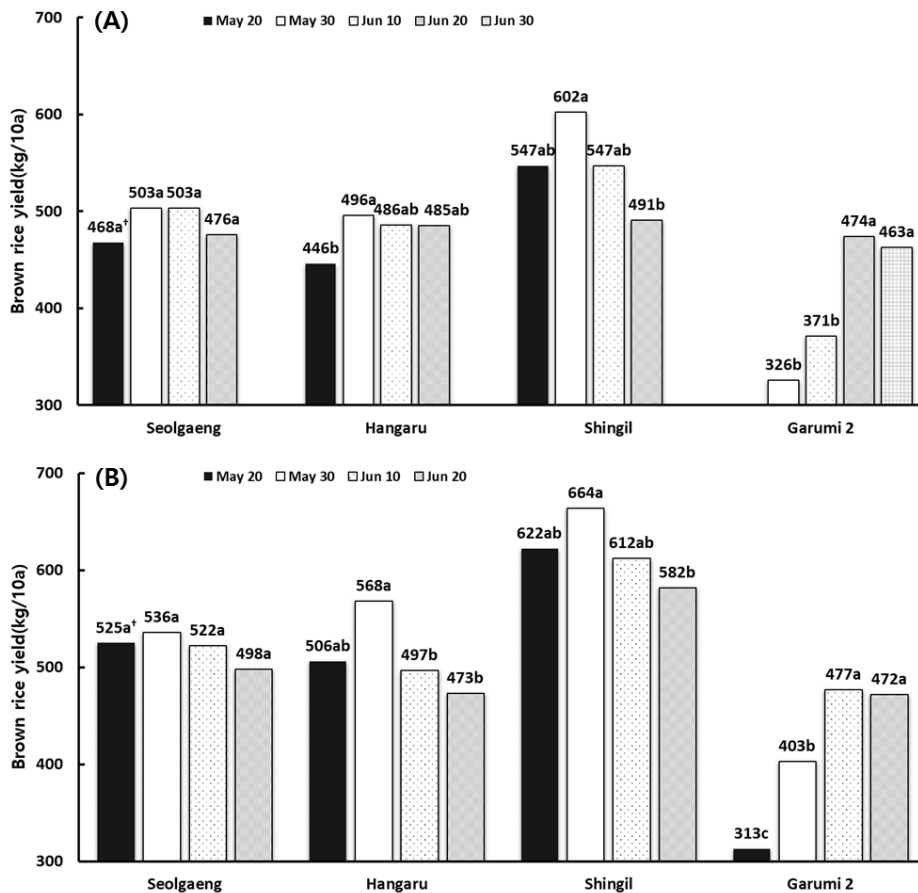


Fig. 1. Comparison of brown rice yield of flourey endosperm rice cultivars as affected by different transplanting dates in the Cheongju (A) and Boeun (B) regions.

†Different letters in the same column represent significant differences by analysis of variance and Duncan’s test, $p < 0.05$

고온 조건일수록 수량이 적었다고 하였는데, 이는 본 시험과 비슷한 경향이였다(Lee *et al.*, 2015b).

충북지역 기상변화에 따른 쌀가루 품종의 수발아 발생 특성 및 최적 이앙시기

충북지역 청주와 보은의 8월 중순부터 10월 상순까지 최근 5년과 지난 30년과의 10일간 평균온도와 3일 이상 강우 빈도의 비교는 Fig. 2와 같다. 벼에 수발아가 발생하면 수량과 품질이 급격하게 저하된다. 품종과 출수생태형에 따라 차이가 있으나, 수발아는 수정 후 18~20일에 시작되고 27일 후에는 급격하게 증가되는데, 이때의 환경조건은 평균기온이 15~25°C, 강우가 3일 이상 지속될 경우라고 하였다(Takahashi, 1980; Suh & Kim, 1994; Kim *et al.*, 2008; Park & Kim, 2009; Kang *et al.*, 2018). 청주와 보은지역은 최근 5년간 8월 중순부터 10월 상순까지 평균기온이 평년('81-'10)보다 높아졌다. 청주와 보은 모두 8월 하순에는 증

가폭이 적었으나, 8월 중순과 9월 상순부터 10월 상순까지는 최소 0.6°C, 최대 2.4°C가 높아졌다. 출수 20일 후인 8월 하순부터 9월 상순까지 3일 연속 강우 빈도도 평년보다 8월 하순 청주와 보은 각각 1.6회와 1.8회 및 9월 상순 1.0회가 증가되어 최근 들어 수발아가 발생이 많아질 수 있는 환경 조건이 되고 있음을 알 수 있었다.

청주와 보은지역의 이앙시기에 따른 수발아 발생률은 Fig. 3과 같다. 청주지역의 수발아 발생률은 설갱은 이앙시기가 늦어질수록 증가되었는데, 이는 출수 후 적산온도가 증가될수록 수발아성이 높다는 결과와 같았다(Kang *et al.*, 2018). 한가루는 이와 대조적으로 7.3%에서 2.7%로 낮아지는 경향이였다. 신길은 통일형 품종으로 다른 품종보다 수발아에 강하였고, 이앙시기에 따른 영향은 없었다. 가루미 2는 이앙시기가 늦어질수록 13.2%에서 1.3%로 감소되었다. 한가루와 가루미 2는 이앙시기가 늦을수록 수발아 발생률이 감소되었고, 통계적으로도 고도로 유의하였다. 보은

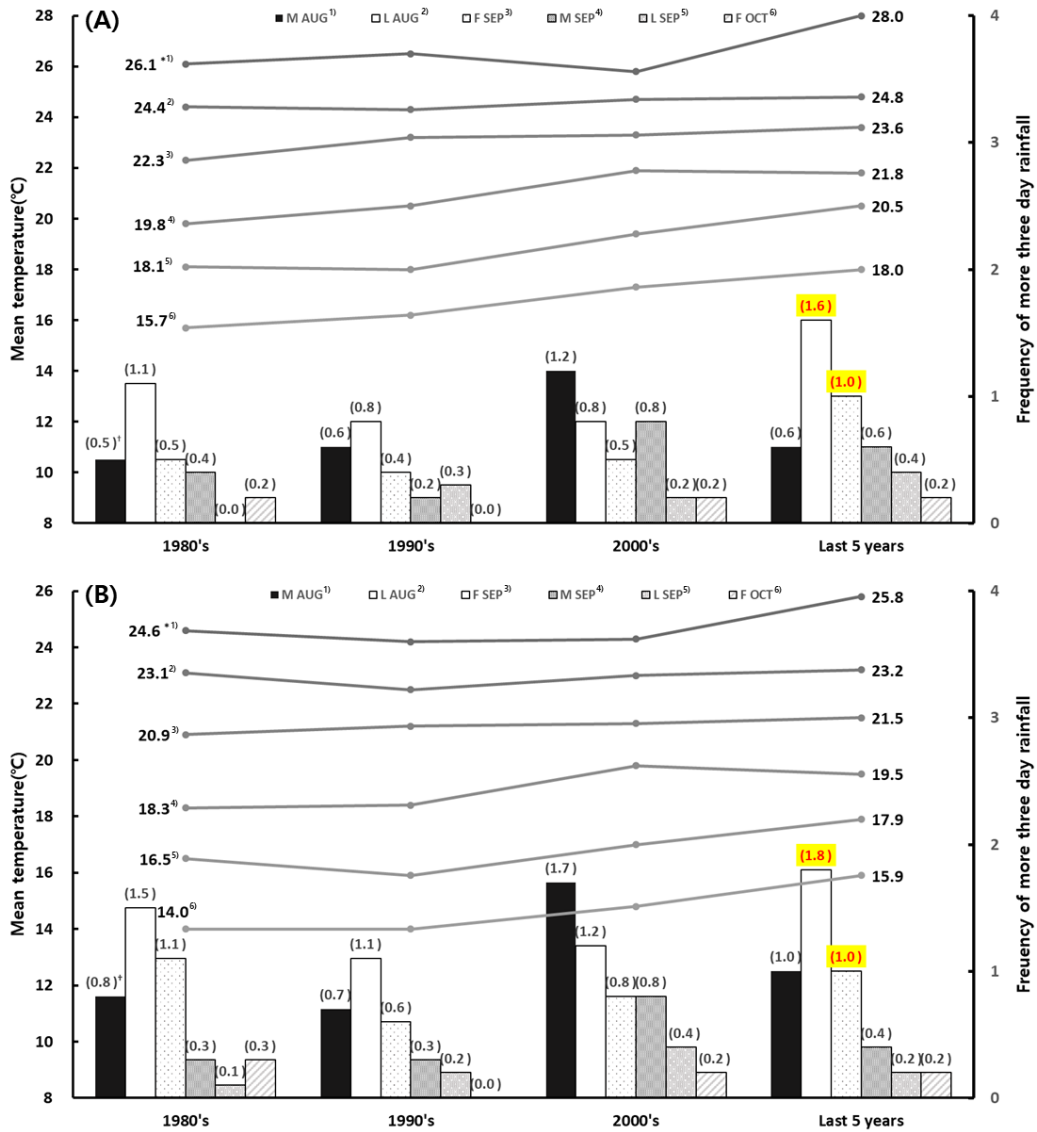


Fig. 2. Changes in mean temperature over 10 days and frequency of more three-day rainfalls over the last three decades and the last five years in the Cheongju (A) and Boeun (B) regions.

¹⁾M AUG : Middle 10 days of August, ²⁾L AUG : Last 10 days of August, ³⁾F SEP : First 10 days of September, ⁴⁾M SEP : Middle 10 days of September, ⁵⁾L SEP : Last 10 days of September, ⁶⁾F OCT : First 10 days of October

*Mean temperature

†Parentheses indicate the frequency of more than three days of rainfall

지역에서도 수발아 발생률의 차이가 있었으며, 청주와 같은 경향이였다. 쌀가루 전용 품종은 수발아에 취약한 특성이 있고, 수발아는 등숙기 기상 조건에 따라 발생 양상이 다르므로, 유전적 특성과 환경 조건의 상호작용에 많은 영향을 받는다(Mo *et al.*, 2013; Ishii, 2017; Sato *et al.*, 2017; Kang *et al.*, 2018). 수발아 발생이 가능한 출수 20일 후 등숙환경에서 15~25°C의 평균온도와 재배시기가 늦어질수록 3일 이상 강우 빈도가 줄어드는 조건을 고려했을 때, 한가

루와 가루미 2 품종은 이앙시기를 늦추면 수발아 발생률을 최소한으로 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.

품종과 이앙시기에 따른 수량구성요소 및 수량과 수발아 발생과의 상관관계는 Table 3과 같다. 설겅은 청주에서는 수발아 발생, 보은에서는 주당수수와 등숙률에 유의하였고, 한가루는 청주에서 수발아 발생, 보은에서 주당수수와 수발아 발생, 신길은 청주에서는 등숙률과 현미수량, 보은에서는 주당수수와 등숙률과 밀접한 관계가 있었으며, 가루

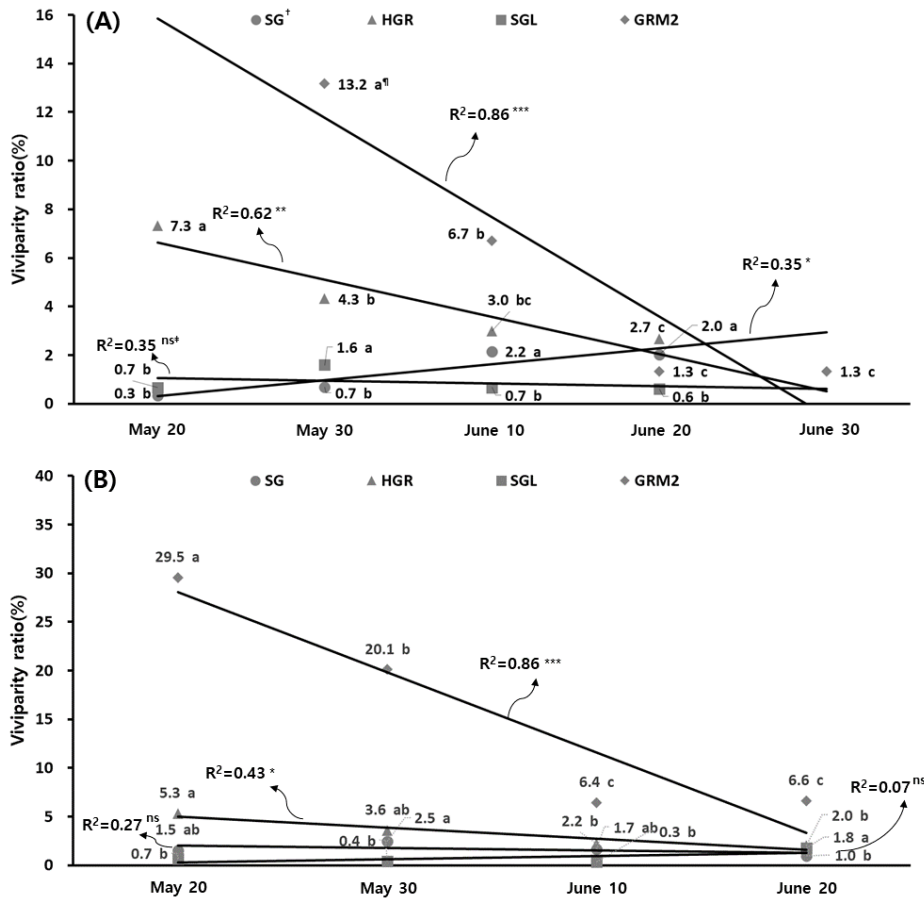


Fig. 3. Regression analysis between viviparity ratio and different transplanting dates of floury endosperm rice cultivars in the Cheongju (A) and Boeun (B) regions.

†SG : Seolgaeng, HGR : Hangaru, SGL : Shingil, GRM2 : Garumi 2

‡ns : not significant, *, **, and ***, significant at P = 0.05, P = 0.01, and P = 0.001, respectively.

§Different letters in the same column represent significant differences by analysis of variance and Duncan’s test, $p < 0.05$

Table 3. Significance of correlations between transplanting date and the yield, yield components, and viviparity of floury endosperm rice cultivars in the Cheongju and Boeun regions of the Chungbuk province.

Division	Seolgaeng					Hangaru					Shingil					Garumi 2				
	NPH‡	PRG	BRR	BRY	V	NPH	PRG	BRR	BRY	V	NPH	PRG	BRR	BRY	V	NPH	PRG	BRR	BRY	V
TD†	CJ	ns‡	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	**	ns	*	ns	*	ns	ns	*	*	***	***
	BE	*	**	ns	ns	*	ns	ns	ns	**	**	***	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	**

†TD : Transplanting date; CJ : Cheongju; BE : Boeun

‡NPH, number of panicles per hill; PRG, percent ripened grain; BRR, brown rice recovery; BRY, brown rice yield; V, viviparity
 §ns : not significant, *, **, and ***, significant at P = 0.05, P = 0.01, and P = 0.001, respectively.

미 2는 수량구성요소 및 수량과 수발아 발생과 통계적으로 고도로 유의한 관계가 있는 것으로 분석되었다. 중부평야지에서 조생종과 중생종은 6월 중·하순에 이앙할 때 완전 미 수량과 수량구성요소가 가장 높았는데, 이는 본 시험과 비슷한 경향이였다(Yang *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2019). 현미수량과 수발아 발생을 회귀추정하여 산정한 품종과

지역별 적정 이앙시기는 Fig. 4와 같다. 청주지역에서는 설갱은 6월 4일, 한가루는 6월 8일, 신길은 5월 31일, 가루미 2는 6월 19일이었으며, 보은지역에서는 설갱은 5월 29일, 한가루는 5월 28일, 신길은 5월 30일, 가루미 2는 6월 7일로 분석되었다. 일본에서는 쌀가루와 면용 쌀가루의 가공 용도에 따라 홋카이도지역은 기타미즈호(きたみずほ), 호

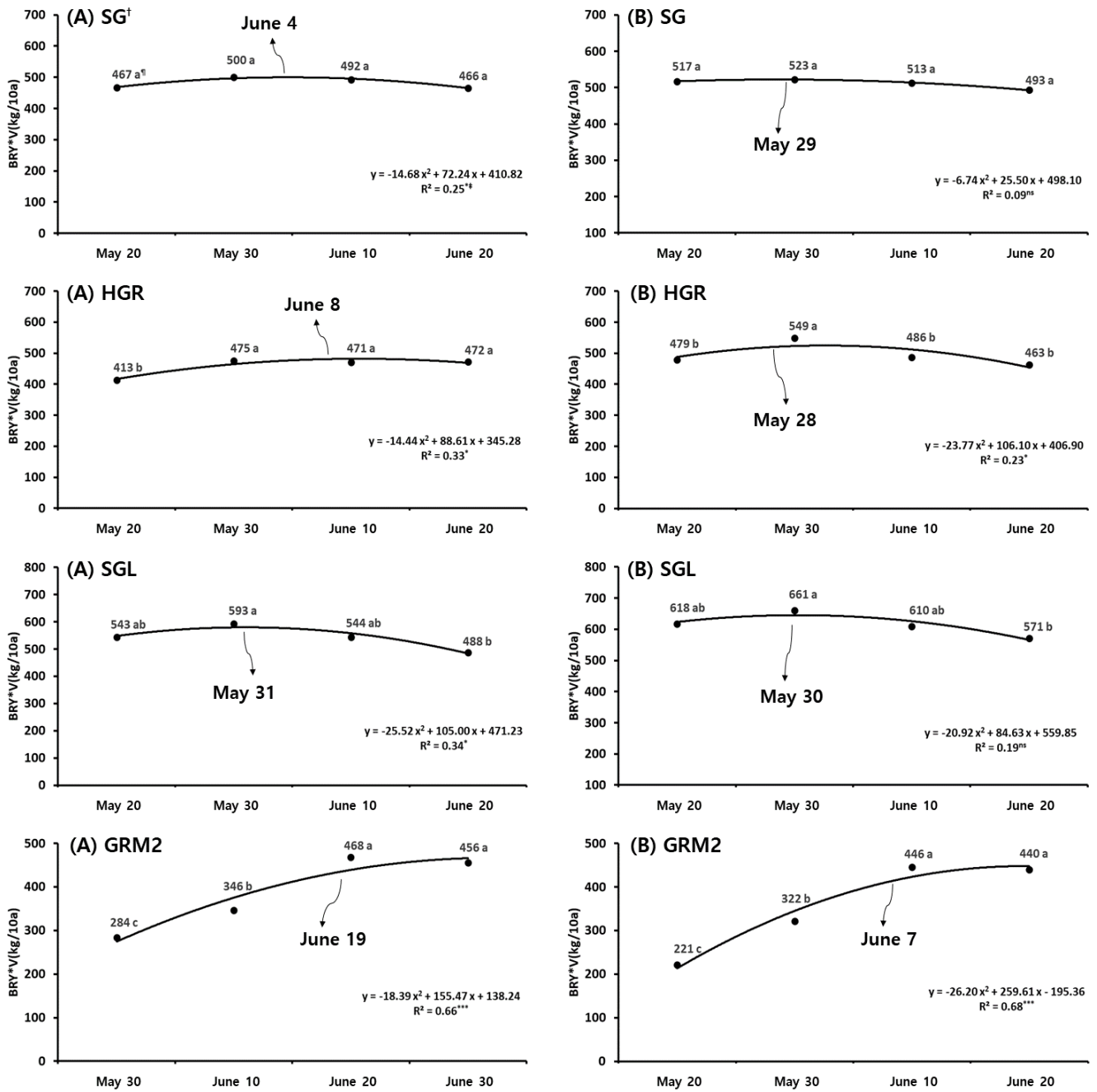


Fig. 4. Regression estimate of optimum transplanting dates to produce high yield and minimize viviparity of floury endosperm rice cultivars in the Cheongju (A) and Boeun (B) regions.

†SG : Seolgaeng, HGR : Hangaru, SGL : Shingil, GRM2 : Garumi 2, BRY : brown rice yield, V : viviparity

^{ns} : not significant, * and ***, significant at P = 0.05 and P = 0.001, respectively.

[†]Different letters in the same column represent significant differences by analysis of variance and Duncan's test, $p < 0.05$

시노코(ほしのこ), 혼슈지역은 유메후와리(ゆめふわり), 아미찬마이(あみちゃんまい), 코시노카오리(越のかおり), 규슈지역은 후쿠노코(ふくのこ), 코나다몬(こなだもん) 등을 재배 적지로 선정하였으며(MAFF, 2017), 경북지역에서는

아밀로스과 단백질 함량을 고려한 설갱, 한가루와 신길의 5월 하순 이앙을 추천하였는데, 이는 본 시험과 비슷한 경향이였다(Han *et al.*, 2018).

적 요

최근 쌀 소비 감소에 따라 밀가루 소비를 쌀가루로 바꾸기 위해 쌀가루 전용 품종을 개발하였으나, 지역과 품종별 재배방법 구명 및 취약한 수발아 발생을 회피하기 위한 재배방법을 구명하기 위해서 중만생종인 설갱, 한가루, 신길과 조생종인 가루미 2를 충청지역 청주와 보은의 시험연구포장에서 3년간 시험한 연구결과는 다음과 같다.

1. 청주지역에서는 중만생종인 설갱, 한가루와 신길은 5월 30일 이앙에서 수량구성요소 및 수량이 가장 높았으며, 조생종 가루미 2는 6월 20일 이앙에서 가장 높았다. 출수 후 40일간 평균온도는 22~24°C로, 자포니카 및 통일형 품종 등숙조건에 적정하였다. 보은지역에서도 청주와 비슷한 경향이었고, 가루미 2는 6월 10일 이앙에서 가장 높았다.
2. 출수 20일 후에 직면하는 8월 중순부터 10월 상순까지 최근 5년간 평균기온은 평년보다 증가되었고, 지역별로 조생종 등숙시기인 8월 중순에는 1.2~1.9°C, 중만생종 등숙시기인 9월 상·중순에 0.6~2.0°C가 증가되었다. 3일 이상 강우 빈도도 8월 하순은 1.6~1.8회, 9월 상순은 1.0회가 각각 많아져, 기존 이앙시기에서 쌀가루용 품종의 수발아 발생은 점차 늘어날 것으로 판단되었다.
3. 한가루와 가루미 2의 수발아 발생률은 청주와 보은지역에서 이앙시기가 늦어질수록 감소되었으며, 통일형 신길은 이앙시기에 따른 영향이 없었다.
4. 품종별 현미수량과 수발아 발생을 고려한 충청지역 적정 이앙시기는 청주에서는 설갱은 6월 4일, 한가루 6월 8일, 신길 5월 31일, 가루미 2는 6월 19일이며, 보은에서 설갱은 5월 29일, 한가루 5월 28일, 신길 5월 30일, 가루미 2는 6월 7일로 분석되었다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명 : 충청북도 지역 쌀가루 가공용 품종의 적합 이앙재배 기술 구명, 세부과제번호 : PJ01296004)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

Ahn, S. B. 1973. Studies on the varietal difference in the physiology of ripening in rice with special reference to raising the percentage of ripened grains. J. Korean Soc. Crop Sci. 14 :

- 1-40.
- Ali, F., D. L. E. Waters, B. Ovenden, P. Bundock, C. A. Raymond, and T. J. Rose. 2019. Australian rice varieties vary in grain yield response to heat stress during reproductive and grain filling stages. J. Agro Crop Sci. 205 : 179-187.
- Ashida, K., E. Araki, S. Iida, and T. Yasui. 2010. Flour properties of milky-white rice mutants in relation to specific loaf volume of rice bread. Food Sci. Technol. Res. 16(4) : 305-312.
- Ashida, K., S. Iida, and T. Yasui. 2009. Morphological, physical, and chemical properties of grain and flour from chalky rice mutants. Cereal Chem. 86(2) : 225-231.
- Bae, H. K., J. D. Hwang, J. H. Seo, and S. Y. Kim. 2018. Optimal transplanting time for 'Saemimyeon' production in Youngnam province. Korean J. Crop Sci. 63(3) : 205-209.
- Choi, W. Y., J. K. Nam, S. S. Kim, J. H. Lee, J. H. Lee, J. H. Kim, H. K. Park, N. H. Back, M. G. Choi, C. K. Kim, and K. Y. Jung. 2005. Optimum transplanting date for production quality rice in Honam plain area. Korean J. Crop Sci. 50(6) : 435-441.
- Han, C. M., J. H. Shin, S. K. Kim, T. Y. Kwon, and J. S. Kim. 2018. Influence of different transplanting dates on amylopectin branch-chain-length and pasting properties of rice flour varieties. Korean J. Crop Sci. 63(3) : 210-218.
- Ichikawa, T. 2017. Cooking properties of rice flour. Japan. J. Cookery Sci. 50(6) : 280-282.
- Ishii, T. 2017. Perspectives on feed rice breeding in Japan. Grassland Sci. 63(1) : 29-33.
- Japan Rice Flour Association (JRFA). 2020. The outlook of rice flour consumption in Japan. <http://www.komeko.org> (Accessed Feb. 20, 2020).
- Jeon, Y. H. and B. I. Ahn. 2016. Influence of family structure on the food consumption pattern. Rural Economic. 39(4) : 73-95.
- Jeung, J. U. and Y. S. Shin. 2011. Evaluations on the Namil(SA)-flo1, a floury japonica rice line, for dry milling process to produce rice flour. Korean J. Crop Sci. 56(1) : 57-63.
- Kang, H. G., S. H. Park, M. Matsuoka, and G. H. An. 2005. White-core endosperm *floury endosperm-4* in rice is generated by knockout mutations in the C4-type pyruvate orthophosphate dikinase gene (*OsPPDKB*). The Plant J. 42 : 901-911.
- Kang, S. G., J. Y. Shon, H. S. Kim, S. J. Kim, J. S. Choi, J. H. Park, Y. H. Yoon, J. M. Sim, and W. H. Yang. 2018. Analysis of genetic variation in pre-harvest sprouting at different cumulative temperature after heading of rice. Korean J. Crop Sci. 63(1) : 8-17.
- Kim, H. Y., T. Horie, H. Nakagawa, and K. Wada. 1996. Effects of elevated CO₂ concentration and high temperature on growth and yield of rice. Jpn. J. Crop Sci. 65(4) : 644-651.
- Kim, S. J., J. G. Won, D. J. Ahn, S. D. Park, and C. D. Choi. 2008. Influence of viviparous germination on quality and yield in rice. Korean J. Crop Sci. 53(S) : 15-18.
- Kwak, J. E., M. R. Yoon, J. S. Lee, J. H. Lee, S. H. Ko, T. H. Tai, and Y. J. Won. 2017. Morphological and starch characteristics of the Japonica rice mutant variety Seolgaeng for dry-milled

- flour. *Food Sci. Biotechnol.* 26(1) : 43-48.
- Lee, D. J., J. H. Kim, and K. S. Kim. 2014. Spatiotemporal assessment of the late marginal heading date of rice using climate normal data in Korea. *Korean J. Agric. Forest Meteorol.* 16(4) : 316-326.
- Lee, K. J., D. N. Nguyen, D. H. Choi, H. Y. Ban, and B. W. Lee. 2015a. Effects of elevated air temperature on yield and yield components of rice. *Korean J. Agric. Forest Meteorol.* 17(2) : 156-164.
- Lee, K. J., D. J. Kim, H. Y. Ban, and B. W. Lee. 2015b. Genotype differences in yield and yield-related elements of rice under elevated air temperature conditions. *Korean J. Agric. Forest Meteorol.* 17(4) : 306-316.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2019. Agriculture, food, and rural affairs statistics yearbook. Sejong, Korea. p. 375.
- Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF). 2017. The rice flour application-specific standards of Japan. Tokyo, Japan.
- Mo, Y. J. and J. U. Jeung. 2020. The use of floury endosperm mutants to develop rice cultivars suitable for dry milling. *Plant Biotechnol. Rep.* (published online).
- Mo, Y. J., J. U. Jeung, Y. S. Shin, C. S. Park, K. H. Kang, and B. K. Kim. 2013. Agronomic and genetic analysis of Suweon 542, a rice floury mutant line suitable for dry milling. *Rice* 6 : 37.
- Ohno, T., M. Tomatsu, K. Toeda, and N. Ohisa. 2007. Gelatinization properties of aged rice and improvement of rice texture by external layer removal. *Food Sci. Technol. Res.* 13(4) : 301-304.
- Ohno, T. and N. Ohisa. 2005. Studies on textural and chemical changes in aged rice grains. *Food Sci. Technol. Res.* 11(4) : 385-389.
- Ohta, H., M. Yamaguchi A. Fukushima, R. Kaji, N. Tsuda, K. Nakagomi, T. Kataoka, T. Endo, N. Yokogami, and Y. Tamura. 2015. “Yumefuwari”, a new rice cultivar for rice flour bread. *Bull. Tohoku Agric. Res. Cent.* 117 : 15-27.
- Park, J. S. and H. D. Kim. 2009. Viviparous germination characteristics of rice varieties adaptable to central region of Korea. *Korean J. Crop Sci.* 54(3) : 241-248.
- Peng, S., J. Huang, J. E. Sheedy, R. C. Laza, R. M. Visperas, X. Zhong, G. S. Centeno, G. S. Khush, and K. G. Cassman. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Nat'l Acad. of Sci. of the USA* 101(27) : 9971-9975.
- Sato, H., T. Kataoka, Y. Tamura, K. Tamura, M. Sakai, R. Kaji, M. Okamoto, M. Nishimura, T. Yagi, R. Mizobuchi, H. Hirabayashi, H. Yamashita, S. Fukaura, H. Nishiyama, H. Motomura, T. Takita, and K. Saito. 2017. “Mizhochikara” a multipurpose high-yielding rice variety adopted in warm regions of Japan that is suitable for rice bread, forage grain and Shochu brewing material. *Kyushu Okinawa Agric. Res. Cent. Rep.* 66 : 47-63.
- Satoh, H. and T. Omura. 1981. New endosperm mutations induced by chemical mutagens in rice. *Japan J. Breed.* 31(3) : 316-326.
- She, K. C., H. Kusano, K. Koizumi, H. Yamakawa, M. Hakata, T. Imamura, M. Fukuda, N. Naito, Y. Tsurumaki, M. Yaeshima, T. Tsuge, K. Matsumoto, M. Kudoh, E. Itoh, S. Kikuchi, N. Kishimoto, J. Yazaki, T. Ando, M. Yano, T. Aoyama, T. Sasaki, H. Satoh, and H. Shimada. 2010. A novel factor FLOURY ENDOSPERM2 is involved in regulation of rice grain size and starch quality. *The Plant Cell.* 22 : 3280-3294.
- Suh, K. H. and Y. W. Kim. 1994. Varietal difference in viviparous germination at different days after heading and temperature conditions in rice. *Korean J. Crop Sci.* 39(2) : 187-192.
- Takahashi, N. 1980. Effect of environmental factors during seed formation on pre-harvest sprouting. *Cereal Res. Communications.* 8(1) : 175-183.
- Won, Y. J., E. K. Ahn, E. G. Jeong, J. K. Chang, J. H. Lee, K. H. Jung, U. J. Hyun, Y. C. Cho, S. K. Oh, M. R. Yoon, B. K. Kim, and B. J. Kim. 2019. An opaque endosperm rice cultivar, ‘Hangaru’, suitable for exclusive dry-milling rice flour production. *Korean J. Breed. Sci.* 51(2) : 134-139.
- Yang, W. H. J. W. Park, J. S. Choi, S. G. Kang, and S. J. Kim. 2019. Yield characteristics and related agronomic traits affected by the transplanting date in early maturing varieties of rice in the central plain area of Korea. *Korean J. Crop Sci.* 64(3) : 165-175.
- Yang, W. H., S. G. Kang, S. J. Kim, J. S. Choi, J. W. Park, and Y. H. Yoon. 2018. Changes of heading date and yielding characteristics as affected by transplanting date in the mid-maturing rice cultivar ‘Haiami’ in central plain area of Korea. *J. Korean Soc. Int. Agric.* 30(1) : 51-57.
- Yoshii, Y., N. Homma, and R. Akaishi. 2011. Development of rice processing technology in Niigata Prefecture. *Japanese Soc. Food Sci. and Tech.* 58(5) : 187-195.