

강원도 주요 농업지대별 중만생종 벼 품종의 쌀 수량 및 품질특성 비교

정정수*[†] · 고병대* · 함진관* · 최경진** · 양운호**

*강원도농업기술원 작물연구과, **농촌진흥청 국립식량과학원

Comparison of Yield and Quality Characteristics on Mid-Late Maturing Rice Cultivars in Major Cultivation Areas of Gangwon Province

Jeong-Su Jeong*[†], Byeong-Dae Goh*, Jin-Kwan Ham*, Kyung-Jin Choi**, and Un-Ho Yang**

*Research Crop Section, ARES, Chuncheon 24226, Republic of Korea

**National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

ABSTRACT Rural Development Administration has recently developed mid-late maturing rice cultivars with high quality. This study was conducted to select suitable mid-late maturing rice cultivar in major cultivation areas of Gangwon Province among domestic breeding cultivars for 2 years from 2013 to 2014. The average air temperature during the experiment in 2013 and 2014 was higher 0.6~1.1°C in Chuncheon, 1.0~1.3°C in Gangneung, and 0.1~0.7°C in Cheolwon than normal year. Precipitation in ripening period was higher 52.5 mm in 2013, but lower 176.4 mm in 2014 than normal year in Chuncheon, lower 103.1 mm in 2013 and higher 42.9 mm in 2014 in Gangneung, lower 225.9~322.7 mm in Cheolwon. Duration of sunshine in ripening period was higher 142 hours in Chuncheon, 108 hours in Gangneung, and 94 hours in Cheolwon than normal year in 2013, higher 20~21 hours in Chuncheon and Gangneung, and 82 hours in Cheolwon than normal year in 2014. Milled rice yield of ‘Samgwangbyeo’ and ‘Daebobyeo’ was 594 kg per 10a, and 578 kg for ‘Jinsumibyeo’ in Chuncheon in plain area. For Gangneung in east coastal area, the yield of ‘Daebobyeo’ was 555 kg per 10a, ‘Hopumbyeo’ was 554 kg, and ‘Chilbobyeo’ was 546 kg. For Cheolwon in mid-mountainous area, the yield was 504 kg per 10a for ‘Daebobyeo’ and 489 kg for ‘Haiamibyeo’. But there was no difference in milled rice yield among cultivars tested in the study at each area. Head rice ratio of ‘Haiamibyeo’, ‘Jinsumibyeo’, and ‘Mipumbyeo’ in Chuncheon was 94.2~95.6% higher than the other cultivars. In Gangneung head rice ratio of ‘Hopumbyeo’, ‘Haiamibyeo’, and ‘Samgwangbyeo’ were 85.2~88.3% but there was no difference among cultivars except ‘Gopumbyeo’ and broken rice ratio of ‘Haiamibyeo’, ‘Samgwangbyeo’,

and ‘Mipumbyeo’ were low as 7.5~8.5% and palatability of ‘Mipumbyeo’ was higher than the other cultivars. Head rice ratio of ‘Daebobyeo’ was the highest as 89.2% and there was no difference in broken and chalky rice ratio and palatability among cultivars in Cheolwon. Considering rice yield and quality in major cultivation areas of Gangwon Province, suitable mid-late maturing rice cultivars were ‘Samgwangbyeo’, ‘Haiamibyeo’, and ‘Jinsumibyeo’ in Chuncheon, ‘Daebobyeo’ and ‘Chilbobyeo’ in Gangneung, and ‘Daebobyeo’ and ‘Haiamibyeo’ in Cheolwon. The results obtained in the study imply that the selected cultivars with high yield and quality and suitability to Chuncheon, Gangneung, and Cheolwon, respectively could be recommended to rice cultivating farmers in the regions with high priority.

Keywords : yield and quality, mid-late maturing rice, major cultivation, palatability, gangwon province

최근 지구 온난화의 영향으로 벼 등숙기간의 일평균기온이 2°C 가량 상승하고 생육 및 등숙기간도 매우 짧아지고 있다 (Yun, 1998; Yun and Lee, 2001). 조생종 벼의 재배면적이 70%를 차지하고 있는 강원지역은 등숙기간의 기온 상승으로 인해 쌀의 품질저하가 우려되는 등 강원 쌀 경쟁력이 크게 위축되고 있다. 춘천, 강릉, 철원지역의 경우 최근 11년간(1999~2009년) 등숙기간의 일평균기온이 약 22°C 이상으로 상승하고 있고 출수기도 빨라지고 있는 상황이다. 따라서 이 같은 기후변화에 대응하기 위해서는 조생종에서 중생종이나 중만생종 위주로 품종을 전환하거나 이앙시기의

[†]Corresponding author: (Phone) +82-10-5378-6301 (E-mail) jungs928@korea.kr

<Received July 21, 2015; Revised October 20, 2015; Accepted October 27, 2015>

조절 및 직파재배 도입 등을 통해 평균기온 상승으로 인해 빨라지는 벼의 출수기를 늦추어 쌀의 품질을 높이면서 수량이 떨어지지 않도록 하는 재배방법의 개선이 필요하다. 자포니카 벼에 있어서 최고 수량에 달하는 등숙기간의 일평균기온이 22°C이며 안전수량 확보에 알맞은 일평균기온은 21~23°C의 범위라고 보고하였다(Seol *et al.*, 2010). 또한 Yun & Lee(2001)와 Lee *et al.*(2005)은 이앙시기가 빠르면 출수 후 고온 등숙으로 사미나 유백미 등 불완전립이 증가하여 품질이 크게 떨어진다고 보고하였다. 따라서 강원지역에서 조생종 재배시 평야지 5월 25일, 중간지 5월 20일에 이앙할 경우 7월 하순에서 8월 상순 사이에 대부분 출수되어 등숙기간 고온으로 인한 품질저하가 문제시 되고 있다. 특히 강원 지역에서 조생종 벼 재배시 환경요인이 복합적으로 작용할 것으로 예상되지만 등숙기간의 최적 등숙온도 보다 기온이 상승할 경우에는 쌀의 품질 뿐 만 아니라 수량도 감소할 것으로 예상된다.

현재 강원지역에서 재배되고 있는 벼 품종은 대부분 조기출수를 목적으로 조생종 품종이 주로 재배되고 있는 실정이나, 강원쌀의 품질과 경쟁력 제고를 위해서는 재배방법의 개선들과 함께 새로운 고품질 위주의 품종전환이 시급하다. 일반적으로 쌀의 수량과 품질은 품종, 재배방법, 재배지역, 토양, 기상요소 등에 의해 주로 영향을 받으며, 특히 동일한 지역에서 같은 재배방법과 같은 토양조건하에서는 주로 온도, 강수량, 일조시수 등 기상요인에 많은 영향을 받는다. 또한 쌀의 분상질립이나 심복백립 등 외관품질과 단백질 및 아밀로스 등 이화학적 성분은 품종, 재배지역 및 토양, 질소 시비량 등에 따라 다르게 나타난다는 다양한 선행 연구결과가 보고되었다(Ueda *et al.*, 1998).

따라서 본 연구는 농촌진흥청에서 최근 육성하여 추천된 최고품질 벼 8개 품종을 대상으로 강원 평야지 춘천, 동해안지 강릉 및 중간지 철원 등 3개 지역에서 재배시험을 통한 수량 및 품질특성을 면밀히 검토하여 강원도 주요 농업지대별 재배안전성과 환경적응성이 우수한 최고품질의 벼 품종을 선발하고, 온도, 강수량 및 일조량 등의 기상요소를 분석하여 강원지역 기후환경에 맞는 최고품질 벼 브랜드 육성을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

본 시험은 2013년부터 2014년까지 2년간 농촌진흥청에서 최고품질 벼로 선정된 8개의 품종을 대상으로 강원도내 주요 농업지대별 중부평야지(춘천), 북부중간지(철원), 동해안지(강릉) 등 3개 지역에서 재배시험을 수행하였다. 시험

품종은 춘천과 강릉은 고품벼, 하이아미벼, 대보벼, 호품벼 등 8개 품종을 철원지역은 고품벼, 대보벼, 하이아미벼 등 3개 품종을 이용하였다. 춘천과 철원은 4월 25일에 파종한 25일 묘를 5월 20일에 이앙하였고, 강릉은 4월 20일에 파종한 30일 묘를 5월 20일에 각각 이앙하였다. 재식거리는 춘천과 철원은 30×15 cm, 그리고 강릉은 30×12 cm로 1주 3본씩 손이앙하였다. 시비량은 성분량으로 하여 춘천은 N-P₂O₅-K₂O = 9-4.5-5.7 kg/10a으로 하였으며, 강릉과 철원은 10-6.4-7.8 kg/10a을 기준으로 하여 지대별 권장시비량을 적용하였다. 또한 질소는 50-20-30, 가리는 70-0-30, 인산은 100-0-0% 비율로 벼 생육시기에 맞추어 분시 하였으며, 그 밖의 재배관리는 농촌진흥청의 벼 표준재배법에 준하였다.

수량구성요소 및 품질조사는 농업과학기술 연구조사기준(농촌진흥청, 2003)에 준하여 출수기, 간장, 수장, 수당립수, 등숙율 및 천립중 등을 조사하였으며, 쌀수량은 출수 후 45~50일경에 품종당 100주를 3반복으로 수확하여 수분이 15%가 되도록 건조 후 도정하여 10a당 수량과 품질을 조사하였다. 쌀 품위는 Foss Cervietec 1625 (Sweden)를 이용하여 조사하였고, 단백질과 아밀로스 함량 분석은 Foss Infratec 1241 (Sweden)을 이용하여 분석하였다. 또한 윤기치는 취반한 쌀을 근적외선으로 측정하는 식미계(TOYO 미도메타, MA-30A, Japan)를 이용하여 측정하였다. 본 시험에서 얻어진 Data 통계분석은 SAS program (version 8.2)을 이용하여 분산 분석하고 Duncan test로 유의성을 검정하였다. 시험기간 기상은 최근 5년간(2008~2012년) 기상청의 지역별관측 자료를 활용하여 평년기상을 산출하였으며, 2013~2014년의 시험기간 중 벼 생육 및 등숙기간 동안의 기상요소를 평균 또는 계로 나타내었다.

결과 및 고찰

기상분석

연차별 기상요소가 강원지역 주요 농업지대별에 따른 벼 수량 및 품질에 미치는 영향을 분석하고자, 2013년에서 2014년까지 2년간 일평균기온, 강수량 및 일조량 변화와 지난 5년(2008~2012년)간의 평균 기상요소를 비교하였다(Fig. 1, Fig. 2, Table 1). 벼 생육기간 평균기온은 평년대비 춘천은 2013년에 1.1°C, 2014년에는 0.6°C 상승하였고, 강릉은 2013년에 1.0°C, 2014년에는 1.3°C 상승하였다. 철원 지역도 춘천, 강릉과 비슷한 경향으로 2013년에 0.7°C에서 2014년에는 0.1°C 높아져 수량과 품질에 직간접적으로 영향을 미칠 것으로 예상되었다 강원지역에서 중만생종 재배시 출수 후 등숙기 기간인 8월 중순~10월 상순 사이의 일평

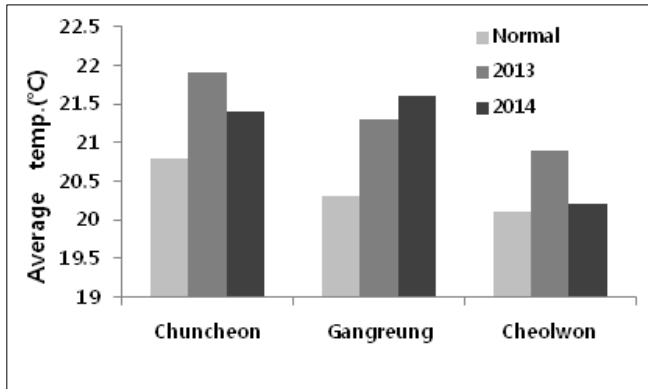


Fig. 1. Change of average temperature on growing period of rice in Chuncheon, Gangreung, and Cheolwon in 2013 and 2014 compared with the data for 2008~2012.

평균온도는 2013년 춘천에서 평년대비 1.5°C 높았고, 2014년에는 0.1°C 낮았다. 강릉은 2013년과 2014년에 각각 1.4°C와 0.5°C 높았으며, 철원은 2013년에 1.0°C 높았던 반면 2014년에는 오히려 0.4°C 낮았다. 이와같이 등숙기간의 일평균 온도는 평년 대비 지역별로 0.1~1.4°C 정도 높았다. 이상의 결과에서 평년 등숙기간의 일평균기온은 춘천과 강릉에서 20.5°C였으며, 철원지역은 이보다 낮은 19.8°C였다. 강원지역에서 조생종 재배 시 평야지는 5월 25일, 중간지는 5월 20일에 각각 이앙할 경우에 대부분 7월 하순에서 8월 상순 사이에 출수가 되며, 이때 등숙온도는 21.6~25.3°C의 범위로 평균 23.9°C이었다는 보고(Lee et al., 2011)와는 달리 다소 낮은 등숙온도를 보였다. 그러나 이 같은 등숙온도가 중만생종 위주로 적응시험을 수행한 본 시험에서는 지대별 품종간의 수량이나 품질에 미치는 영향이 크지 않았던 것으로 조사되었으며, 출수기가 조생종에 비해 10~15일 정도 늦어짐으로 인해 등숙기간이 더 길어지는 것을 확인할 수 있었다. Lee et al. (2011)은 중만생종 일품벼의 경우 20°C 이하의 등숙온도에서 수량이 낮아진다고 하였으나 본 시험에서는 지대별 품종간 수량차이가 크지 않았던 것으로 조사

되어 등숙온도는 숙기가 비슷한 중만생종 품종간 수량에는 많은 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. 특히 본 시험은 인공조절 환경조건이 아닌 자연환경 조건에서 수행되었기 때문에 그만큼 변이요인이 많아 품종간 차이가 뚜렷이 나타나지 않았을 것으로 보여지며, 또한 강수량과 일조량이라는 기상 변수간의 차이에 기인한 영향도 작용한 것으로 추정된다.

강수량은 2013년에 춘천과 철원에서 평년대비 182~282 mm 많았던 반면, 강릉에서는 128 mm가 적었다. 2014년에는 춘천, 강릉 및 철원에서 평년대비 각각 766 mm, 53 mm 및 759 mm 적었으며, 출수기 이후 등숙기간의 지대별 강수량은 2013년에 춘천은 평년대비 52.5 mm가 많았으며, 2014년에는 176.4 mm가 적었다. 반면 강릉지역은 2013년에 평년대비 103.1 mm가 적었고 2014년에는 42.9 mm가 많았다. 철원지역은 2013년과 2014년 모두 225.9~322.7 mm 가량 적었다(Fig. 3). 벼 출수기부터 40일간의 일평균기온, 일교차, 강수량, 일조시수에 대하여 오대벼와 일품벼가 수량과 등숙율에 큰 영향을 받았다는 Lee et al.(2011)의 보고와 같은 경향으로 지대별 품종간의 수량구성요소의 차이는 등숙기간 중의 강수량이 크게 영향하였기 때문으로 추정된다. 또한 시험기간인 2013~2014년의 경우 생육초기 가뭄 등 여러 가지 기상악화에도 불구하고 도내 쌀 생산량이 평년수준을 상회하는 수량을 나타낸 것이 상기와 유사한 기상조건에 기인한 것으로 보여진다.

벼 등숙기간의 누적 일조시간은 2013년에 춘천과 강릉, 철원지역에서 각각 평년대비 142, 108 및 94시간이 많았고, 2014년에는 2013년보다 감소하였음에도 불구하고 춘천과 강릉에서 20~21시간, 철원에서는 82시간이 많았다(Table 2). 품질이 우수한 양질미 생산지역의 기상조건은 벼 생육기간 중, 특히 등숙기간에 일평균기온이 낮고 기온차가 크며, 일조시수가 길고, 상대습도와 증기압이 낮다고 하였는데(Kim et al., 2000; Lee et al. 2009), 이는 최종 종실중이 연차 및 품종에 관계없이 등숙기간의 일사량이 많을수록 높

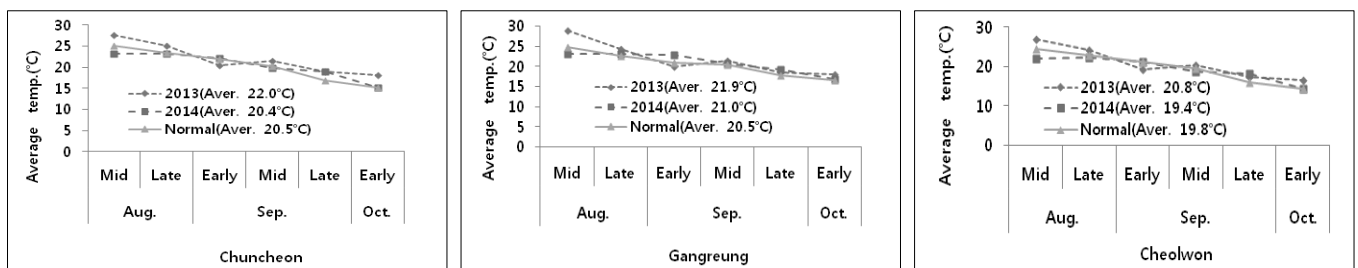


Fig. 2. Change of average temperature from mid-august to early october(as ripening period of mid-late maturing rice) in Chuncheon, Gangreung, and Cheolwon in 2013 and 2014 compared with the data for 2008~2012.

Table 1. Average temperature on growing period of rice in Chuncheon, Gangreung, and Cheolwon 2013 and 2014 compared with the data for 2008~2012.

Mon	Period	Chuncheon			Gangreung			Cheolwon		
		2013	2014	Normal [Ⓛ]	2013	2014	Normal [Ⓛ]	2013	2014	Normal [Ⓛ]
May	Early	15.3	14.5	17.2	15.1	17.0	16.9	14.2	13.1	16.2
	Mid	18.4	19.2	16.3	15.8	19.8	17.0	17.5	17.8	15.6
	Late	19.8	22.5	18.8	19.4	23.1	15.9	18.8	20.9	18.3
June	Early	23.2	22.9	20.5	17.9	19.6	19.4	22.4	21.4	19.9
	Mid	23.4	22.9	22.4	21.0	21.1	19.7	22.0	21.2	21.7
	Late	24.6	23.3	22.9	21.5	22.0	22.2	23.9	21.9	22.1
July	Early	25.5	25.1	24.5	26.9	23.6	22.5	24.5	24.0	23.6
	Mid	24.4	26.5	24.5	24.7	28.4	23.0	24.1	25.0	23.5
	Late	25.9	25.5	25.2	26.3	26.4	24.6	25.2	24.5	24.4
Aug.	Early	27.3	26.0	26.6	28.5	25.1	24.7	26.5	25.0	25.9
	Mid	27.7	23.2	25.2	28.9	23.1	24.7	26.9	22.0	24.6
	Late	25.2	23.2	23.5	24.4	23.0	22.7	24.2	22.2	22.8
Sep.	Early	20.5	22.1	21.9	20.0	22.8	21.0	19.2	21.1	21.2
	Mid	21.6	19.8	20.3	21.4	20.6	20.4	20.5	18.6	19.6
	Late	19.0	19.0	16.9	18.4	19.3	17.7	17.5	18.3	16.0
Oct.	Early	18.1	15.2	15.1	18.1	16.9	16.7	16.6	14.3	14.4
	Mid	13.2	13.1	12.6	14.6	15.7	15.5	11.9	12.6	12.0
Average		21.9	21.4	20.8	21.3	21.6	20.3	20.9	20.2	20.1
Ave. ripening stage ^{Ⓛ Ⓛ}		22.0	20.4	20.5	21.9	21.0	20.5	20.8	19.4	19.8

[Ⓛ] Average temperature for 5years(2008~2012), ^{Ⓛ Ⓛ} Mid august ~ early October.

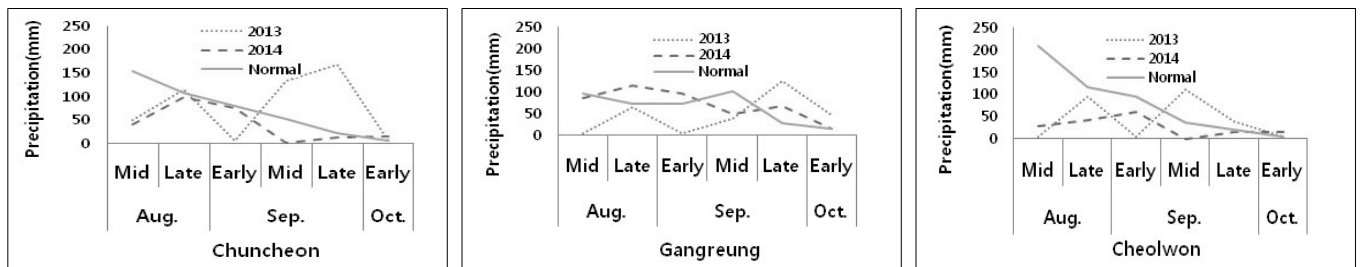


Fig. 3. Change of precipitation from mid-August to early October(as ripening period of mid-late maturing rice) in Chuncheon, Gangreung, and Cheolwon in 2013 and 2014 compared with the data for 2008~2012.

아지기 때문으로 추정된다. 또한 출수기 이후 40일간의 일조시수 증가는 유백미와 사미를 줄일 뿐 아니라 품질에도 크게 영향을 미치며, 특히 등숙기간의 일사량이 수량과 품질에 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 본 시험에서도 일조시간 등 증가가 쌀의 품질과 안전수량 확보에 유리하게 작용한 것으로 판단되며, 향후 일사량 증가 등의 기상요소 변화로 인해 출수기가 빨라지고 등숙기간의 일평균기온이 높아질 것으로 예상되어 강원도내 일부 고지대를 제외

한 지역에서는 중생종이나 중만생종 벼의 재배가능 지역이 더욱 확대될 것으로 전망되며, 조생종 재배 시 문제가 되고 있는 수량과 품질의 저하 부분도 어느 정도 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

수량 및 품질특성

벼 수량은 수수, 수당립수, 등숙율, 천립중에 의해 결정되고 이들 4요소는 서로 밀접하게 상보적인 경합관계를 가지

Table 2. Duration of sunshine hours from mid-august to early october(as ripening period of mid-late maturing rice) in Chuncheon, Gangreung, and Cheolwon in 2013 and 2014 compared with the data for 2008~2012.

mon	Period	Chuncheon			Gangreung			Cheolwon		
		2013	2014	Normal [Ⓛ]	2013	2014	Normal [Ⓛ]	2013	2014	Normal [Ⓛ]
Aug.	Mid	76.1	36.9	35.7	102.6	28.8	35.9	79.5	39.6	34.6
	Late	90.3	34.2	56.7	73.2	63.3	45.1	101.4	71.4	59.6
Sep.	Early	64.8	66.3	55.2	57.2	69.0	51.3	74.4	80.8	60.5
	Mid	58.0	82.2	48.2	59.2	74.6	55.5	62.7	90.4	55.0
	Late	107.7	47.1	56.6	85.5	46.3	64.8	49.9	58.8	64.9
Oct.	Early	60.6	69.5	63.1	54.5	63.5	71.4	72.9	87.4	72.0
Total		457.5	336.2	315.5	432.2	345.5	324.0	440.8	428.4	346.6

[Ⓛ] Average duration of sunshine for 5years (2008~2012).

Table 3. Component and yield of rice among cultivars in Chuncheon from 2013 to 2014.

Cultivars	No. of spikelets per panicles	No. of panicle per hill	Ripened grain ratio (%)	1,000 grain weight (g)	Milled rice Yield (kg/10a)
Gopumbyeo	103 ^{bc}	12.3 ^{de}	94.9 ^a	22.2 ^{cd}	491 ^c
Haiamibyeo	96 ^c	13.7 ^c	91.3 ^c	22.4 ^c	542 ^b
Daebobyeo	111 ^b	12.3 ^{de}	92.4 ^{bc}	22.9 ^b	594 ^a
Samgwangbyeo	110 ^b	13.3 ^{de}	93.9 ^{ab}	22.1 ^d	596 ^a
Hopumbyeo	126 ^a	11.7 ^e	92.0 ^{bc}	24.5 ^a	575 ^a
Chilbobyeeo	75 ^d	19.0 ^a	95.0 ^a	22.4 ^c	574 ^a
Jinsumibyeo	100 ^c	14.3 ^c	92.1 ^{bc}	22.4 ^c	578 ^a
Mipumbyeo	102 ^{bc}	16.0 ^b	92.4 ^{bc}	21.5 ^e	545 ^b
CV(%)	5.4	5.0	1.4	0.7	2.7
LSD	9.61	1.22	2.22	0.26	26.08

^{a,b,c,d,e} Means followed by same letters are not significantly at 5% level by DMRT.

고 있다(Park *et al.*, 2006). 강원도 평야지인 춘천에서 품종별 수량구성요소의 변화를 Table 3에 나타내었다. 수당립수는 칠보벼에서 가장 적었던 반면 주당수수는 가장 많았으며, 등숙율은 고평벼와 칠보벼에서 다른 품종에 비하여 다소 높았고, 현미 천립중은 호포벼에서 유의적으로 높은 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 단위면적당 수수가 많아지면 상대적으로 수당립수와 등숙율이 떨어진다는 연구결과(Song *et al.*, 1990; Yamamoto *et al.*, 1991)와 일치하였으나, 칠보벼의 경우는 주당수수가 많고 수당립수가 현저하게 적은 반면에 오히려 등숙율이 높아 앞에서 보고한 내용과 다소 상반된 결과를 보였는데, 이는 품종 고유의 특성에서 기인한 것으로 추정된다. 일반적으로 벼 수량구성요소 간에는 부의 상관관계가 있어 4요소를 모두 증가시킬 수는 없으며, 대부분 단위면적당 수수가 많으면 수당립수가 적어지고

수당립수가 증가하면 등숙율이 감소한다(Park and Lee, 2013). 특히 단위면적당 수수는 최고분얼기까지의 질소와 일조량에 영향을 크게 받고 수당립수는 분화된 립수와 퇴화된 립수의 차이에 의해 결정되는데 립수의 분화는 질소의 영향을 받기 쉽고 립수의 퇴화는 일조량과 감수분열기 시 저온의 영향을 크게 받는다. 따라서 같은 지역에서 동일 재배조건으로 재배시 품종간의 수량구성요소의 차이는 품종고유의 특성뿐만 아니라, 시비량, 일조량에 대한 광반응, 생육단계별 일평균기온 등 외부환경요인에 영향을 크게 받기 때문에 이에 대한 품종간 수량구성요소에 대한 차이 구명은 각 환경요인에 따른 보다 세밀한 검토가 추가적으로 이어져야 할 것으로 판단된다.

완전미율은 하이아미벼, 진수미벼, 미포벼에서 다소 높게 나타나고 쌀라기율은 하이아미벼와 진수미벼에서 적었으

며, 심복백미는 대보벼, 호품벼 및 칠보벼에서 다소 많은 경향을 보였다(Table 4). Matsue and Ogata (1999)가 보고한 심복백미 비율은 동일재배 조건하에서 품종간 변이가 0.6~13.3%의 범위이며, 동일 품종내에서는 산지간 변이가 7.9~13.6%의 범위로서 산지간 변이가 품종간 변이보다 컸다는 보고와는 달리 본 시험의 결과에서는 품종간 변이가 오히려 큰 것으로 나타났는데, 이는 각 품종들이 지니고 있는 고유 유전적 특성 때문인 것으로 추정되었다. 한편 TOYO 윤기치는 칠보벼에서 고품벼 및 하이아미벼에 비하여 유의적으로 낮았고, 나머지 품종간에는 76~80의 범위로 뚜렷한 차이는 없었다.

강릉에서의 품종별 수량구성요소에 대한 분석결과는 Table 5에서 보는 바와 같이, 수당립수는 호품벼가 96개로 가장 많았으며, 주당수수는 칠보벼가 18.7개로 다른 품종에 비하여 유의적으로 많았다. 등숙율은 하이아미벼가 81.9%로 가장 낮았고 다른 품종들에서는 85.4~91.0%의 범위로 품종간 유의한 차이가 인정되지 않았다. 10a당 백미수량은 대보벼, 호품벼, 칠보벼, 미품벼에서 다소 증가하는 경향이었으나 이들 품종간 유의한 차이는 없었으며 삼광벼와 하이아미벼에서 가장 낮은 백미수량을 보였다. Kim *et al.* (2010)의 보고에 의하면 벼 생육기간 동안 동해안 지역에서 북태평양 고기압이 발달하면 여름철 저온현상이 나타나며, 이로 인해

Table 4. Physicochemical properties of rice grain and palatability among cultivars in Chuncheon from 2013 to 2014.

Cultivars	Physicochemical properties of rice grain(%)						Palatability*
	Head	Broken	Chalky	Damaged	Protein	Amylose	
Gopumbyeo	89.9 ^{cd}	4.0 ^{bcd}	0.8 ^c	0.1	4.9	17.4 ^{bc}	82 ^a
Haiamibyeo	95.6 ^a	2.6 ^d	1.1 ^{bc}	0.1	4.9	17.8 ^{abc}	80 ^{ab}
Daebobyeo	90.9 ^{bc}	5.0 ^{bc}	2.1 ^a	0.7	4.9	17.7 ^{abc}	78 ^{abc}
Samgwangbyeo	87.0 ^d	3.7 ^{cd}	1.0 ^{bc}	0.1	4.6	16.9 ^{cd}	78 ^{abc}
Hopumbyeo	89.9 ^{cd}	5.5 ^b	2.6 ^a	0.2	4.7	18.7 ^a	77 ^{abc}
Chilbobyeo	83.3 ^e	8.4 ^a	1.8 ^{ab}	0.1	4.8	16.2 ^d	74 ^c
Jinsumibyeo	94.7 ^a	2.3 ^d	0.7 ^c	0.1	4.8	18.2 ^{ab}	78 ^{abc}
Mipumbyeo	94.2 ^{ab}	5.1 ^{bc}	0.6 ^c	0.1	5.0	18.6 ^{ab}	76 ^{bc}
CV(%)	2.3	22.2	41.2	231.3	5.5	3.9	4.2
LSD	3.59	1.75	0.95	0.72	0.46	1.18	5.66

*Total value.

^{a,b,c,d,e} Means followed by same letters are not significantly at 5% level by DMRT.

Table 5. Component and yield of rice among cultivars in Gangreung from 2013 to 2014.

Cultivars	No. of spikelets per panicles	No. of panicle per hill	Ripened grain ratio (%)	1,000 grain weight (g)	Milled rice Yield (kg/10a)
Gopumbyeo	75 ^c	14.0 ^c	91.0 ^a	22.7 ^{bc}	523 ^{bcd}
Haiamibyeo	86 ^b	14.3 ^c	81.9 ^c	23.3 ^{bc}	511 ^d
Daebobyeo	86 ^b	13.7 ^{cd}	88.7 ^{ab}	23.8 ^b	555 ^a
Samgwangbyeo	75 ^c	14.0 ^c	88.8 ^{ab}	23.3 ^{bc}	506 ^d
Hopumbyeo	96 ^a	13.0 ^d	85.4 ^{bc}	24.8 ^a	554 ^a
Chilbobyeo	56 ^d	18.7 ^a	90.5 ^a	23.4 ^{bc}	546 ^{ab}
Jinsumibyeo	68 ^c	15.3 ^b	91.0 ^a	23.1 ^{bc}	514 ^{cd}
Mipumbyeo	74 ^c	15.3 ^b	87.0 ^{ab}	22.6 ^c	541 ^{abc}
CV(%)	6.1	3.1	3.0	2.6	3.1
LSD	8.15	0.79	4.63	1.05	28.80

^{a,b,c,d} Means followed by same letters are not significantly at 5% level by DMRT.

벼 유수형성기 및 수잉기부터 출수기에 이르기까지 지연형 냉해를 초래하여 쌀 수량과 품질을 크게 떨어뜨린다고 보고 하였다. 따라서 동해안 지역에서 출수기 전후의 기상이 쌀 수량에 직·간접적으로 영향을 미칠 것으로 예측하였으나 본 시험의 결과에서는 유수형성기 및 수잉기부터 출수기까지의 일평균기온이 평년대비 다소 높게 경과되는 것으로 분석되어 동해안지역 특유의 이상기온 등에 의한 큰 영향을 받지 않았던 것으로 추정된다. Yang *et al.* (2001)은 오대벼 등 조생종 벼 11개 품종들에 대한 품종과 환경과의 상호작용에 관한 연구결과에서 동해안지 강릉지역은 환경적으로 기온이 타 지역에 비해 높고 해양성 기후의 영향을 받고 있으며, 품종간 수량 및 품질의 차이는 품종간 적응성 정도의 차이가 크기 때문으로 보고하였다. 본 시험의 결과에서도 동일지역에서 품종간 수량 차이는 상기 보고와 같이 품종고유의 유전적 특성이 가장 큰 원인으로 추정되었으며, 그 외 동일시험지 내의 미세기상이나 포장조건에서도 상당한 차이가 있었던 것으로 보여진다. 따라서 품종이 가지고 있는 유전적 특성은 환경요인과의 상호작용을 거쳐 발현되므로 각 지역이나 지대별에 알맞은 품종선정을 위해서는 연차간 다지역 검정과 함께 이들 유전자와 환경간의 상호작용을 평가하는 것이 재배안전성과 지역적응성을 객관적으로 파악하는데 매우 중요할 것으로 판단되었다.

강릉에서의 쌀 품질분석 결과는 Table 6에 나타난 바와 같다. 완전미율은 하이아미벼와 삼광벼에서 88.3% 및 88.1%로 다소 높게 나타났고, 호품벼와 진수미벼에서는 85.2%, 82.7%로 다소 낮은 경향이었으나, 이들 품종간 뚜렷한 차이는 없었다. 쌀 품질에 있어서 싸라기율은 7.5~18.3%의 범위로 품

종간 수치상 차이를 보였으나 통계적으로 유의적인 차이가 없었으며 그 중 하이아미벼와 삼광벼에서 7~8%의 범위로 다른 품종들에 비하여 다소 낮은 경향을 보였다. 심복백미율은 미품벼에서 6.4%로 가장 높았고, 그 외 다른 품종들은 1.9~3.8%의 범위로 뚜렷한 경향 없이 비슷한 수준을 보였다. 피해립 정도에서는 미품벼가 0.4%로 다소 높은 수치를 보였으나, 품종간 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 특히 쌀 품질에 대한 지대별 비교에서 강릉지역이 강원 평야지 춘천에 비하여 쌀 품질이 다소 낮은 것으로 나타났는데, 이는 강릉지역의 경우 2013년도에 등숙기간 동안의 강수량이 평년대비 100 mm 이상 많았던 것이 쌀 품질과 완전미율 저하에 크게 영향을 미쳤던 것으로 추정된다. 단백질 함량은 5.1~5.8%의 범위로 품종간 차이가 없었는데, 이는 쌀의 여러 성분들은 일반적으로 재배조건에 따라 변화가 크다는 보고(Park *et al.*, 2006)와는 달리 본 시험의 경우는 동일지역에서 같은 재배조건으로 시험이 수행되었기 때문에 품종간 큰 차이가 없었던 것으로 보여진다. 특히 벼에 있어서 조생종이 만생종에 비하여 단백질 함량이 높다는 Kido and Yanatori (1965)와 Honjo (1971)의 보고와는 달리 본 시험에서 공시한 대부분의 중만생종 품종들에서 기존 조생종 품종들과 비슷한 수준의 단백질 함량을 보였다. 이 결과로부터 쌀의 단백질 함량은 품종간 숙기에 따른 영향보다 재배 지역이나 시비량 등 재배방법과 포장조건 등에 영향을 더 받는 것으로 추정되었으나, 이에 대해서는 보다 추가적인 검토가 필요할 것으로 판단된다. 아밀로스 함량은 다른 품종들에 비하여 칠보벼에서 15.7%로 가장 낮았고, 그 외 품종간에서는 일정한 경향이 없었다. TOYO 윤기치는 미품벼

Table 6. Physicochemical properties of rice grain and palatability among cultivars in Gangreung from 2013 to 2014.

Cultivars	Physicochemical properties of rice grain (%)						Palatability*
	Head	Broken	Chalky	Damaged	Protein	Amylose	
Gopumbyeo	69.3 ^c	18.2 ^a	2.6 ^{bc}	0.1 ^b	5.4 ^{ab}	17.6 ^a	73 ^b
Haiamibyeo	88.3 ^a	7.5 ^d	2.8 ^{bc}	0.3 ^{ab}	5.7 ^{ab}	17.3 ^{ab}	69 ^{bc}
Daebobyeo	77.3 ^b	13.9 ^b	2.6 ^{bc}	0.1 ^b	5.7 ^{ab}	17.1 ^{ab}	73 ^b
Samgwangbyeo	88.1 ^a	8.5 ^d	2.0 ^c	0.2 ^b	5.1 ^b	16.5 ^{bc}	72 ^{bc}
Hopumbyeo	85.2 ^{ab}	11.9 ^{bc}	2.4 ^{bc}	0.1 ^b	5.8 ^{ab}	17.1 ^{ab}	69 ^c
Chilbobyeo	77.5 ^b	18.3 ^a	3.8 ^b	0.1 ^b	5.3 ^{ab}	15.7 ^c	71 ^{bc}
Jinsumibyeo	82.7 ^{ab}	11.4 ^c	1.9 ^c	0.1 ^b	5.4 ^{ab}	16.8 ^{ab}	71 ^{bc}
Mipumbyeo	82.1 ^{ab}	8.3 ^d	6.4 ^a	0.4 ^a	5.8 ^a	17.7 ^a	78 ^a
CV(%)	5.6	11.3	32.1	73.7	7.4	3.7	3.1
LSD	7.93	2.39	1.70	0.22	0.70	0.19	3.80

*Total value.

^{a,b,c,d}Means followed by same letters are not significantly at 5% level by DMRT.

에서 78로 가장 높은 수치를 보였으나, 이들 품종간의 유의적인 차이는 없었다.

강원 중간지 철원지역에서 중만생종 벼 재배에 따른 쌀 수량구성요소 분석결과를 Table 7에 나타내었다. Table 7에서 보는 바와 같이, 수당립수, 주당수수 및 등숙율 모두 고품벼에서 다른 품종에 비하여 적거나 낮았으며, 천립중은 대보벼에서 19.6 g으로 유의적으로 낮았다. 그 결과 10a당 백미수량은 품종간 수치상의 차이를 볼 수 있었으나, 통계적으로 현저한 차이는 없었다.

철원지역에서 품종간 품질분석 결과는 Table 8에서 보는 바와 같이, 완전미율은 대보벼에서 89.2%로 다른 품종에 비하여 현저하게 높았고 찌라기율은 하이아미벼에서 1.8%로 가장 낮았다. 심복백미율과 피해립은 수치상 차이가 있었으나 품종간에 뚜렷한 차이 없이 비슷한 수준을 보였으며, TOYO 윤기치도 품종간에 큰 차이가 없는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 동일지역에서 같은 재배조건으로 중만생종 벼를 재배할 경우에는 쌀의 외관이나 식미 등 품질에 미치는 영향은 다소 미미한 것으로 판단되었다. 이상의 결과에서 철원지역의 경우 본 시험에서 공시한 고품벼, 하이아미벼 및 대보벼 3품종 모두 환경안전성과 지역적응성이 있는 품종으로 추정되었으나, 수량구성요소와 품질특성 결과를 종합해 볼 때 고품벼나 하이아미벼 보다는 대보벼가 재

배적응성이 가장 우수한 것으로 판단되었다.

강원지역 주요 농업지대별 적응성이 우수한 중만생종 품종은 평야지 춘천의 경우 삼광벼, 하이아미벼, 진수미벼, 동해안지 강릉은 대보벼와 칠보벼, 그리고 중간지 철원지역에서는 대보벼와 하이아미벼가 재배안전성과 환경적응성이 우수한 것으로 나타났다. 수량과 품질이 양호하고 재배안전성과 환경적응성을 종합적으로 고려하여 선정된 지대별 중만생종 품종들은 쌀 산업 이해당사자들의 선호도에 부합할 수 있을 뿐만 아니라, 재배농가에 장려품종으로 적극 권장해도 손색이 없을 것으로 판단된다. Chae *et al.* (1992)은 우리나라에서도 기후변화로 인해 점차 서리가 내리는 시기가 늦어지고 있어 벼 수확을 일찍 서두를 필요가 없다고 하였으며, Lee *et al.* (2014)은 기후변화에 따른 일평균기온 상승으로 인해 과거 평년보다 현재 평년에서 출수한계기가 길어지고 있기 때문에, 이 같은 기후변화를 고려한다면 파종 및 이앙한계기도 현재보다 더 늦추어질 것으로 추정하였다. 특히 출수 후 등숙기까지 40일간의 일평균기온의 누적온도로 계산하여 안전등숙 한계기온을 설정한 결과에서 강릉 840°C, 춘천 880°C를 기준으로 하였을 때 각각 출수한계기가 7일씩 지연되었다고 보고하였고, Lee *et al.* (2011)은 현재 재배되고 있는 조생종 벼를 파종 및 이앙시기 조절 등의 변화 없이 기존 관행대로 재배할 경우에는 등숙기간 동안의

Table 7. Component and yield of rice among cultivars in Cheolwon from 2013 to 2014.

Cultivars	No. of spikelets per panicles	No. of panicle per hill	Ripened grain ratio (%)	1,000 grain weight (g)	Milled rice Yield (kg/10a)
Gopumbyeo	61.0 ^b	15.0 ^b	78.6 ^b	22.1 ^b	481
Haiamibyeo	79.7 ^a	16.0 ^a	80.9 ^a	22.6 ^a	489
Daebobyeo	82.5 ^a	16.3 ^a	81.2 ^a	19.6 ^c	504
CV(%)	4.6	2.1	1.0	1.2	7.1
LSD	6.90	0.67	1.61	0.50	69.32

^{a,b,c}Means followed by same letters are not significantly at 5% level by DMRT.

Table 8. Physicochemical properties of rice grain and palatability among cultivars in Cheolwon from 2013 to 2014.

Cultivars	Physicochemical properties of rice grain(%)						Palatability*
	Head	Broken	Chalky	Damaged	Protein	Amylose	
Gopumbyeo	85.1 ^b	4.5	0.6	0.3	5.2	17.8	71
Haiamibyeo	86.5 ^b	1.8	1.0	0.5	5.1	18.4	73
Daebobyeo	89.2 ^a	4.9	1.3	0.3	5.1	18.4	72
CV(%)	1.4	44.7	76.1	81.3	7.7	7.8	2.1
LSD	2.38	3.35	1.49	0.61	0.79	2.84	3.05

*Total value.

^{a,b}Means followed by same letters are not significantly at 5% level by DMRT.

생육온도가 최적 등숙온도 보다 높아질 것으로 예측하였다. 따라서 이 같은 결과들을 반영해볼 때 조생종 품종을 기존의 재배방식대로 계속해서 재배할 경우 쌀의 품질과 수량이 더욱 저하될 것으로 보여지기 때문에 가급적 출수기가 다소 늦은 품종을 선정하여 재배하는 것이 안전수량 확보와 고품질 쌀 생산에 유리할 것으로 추정되었다. 하지만 재배품종 선정 시 품종과 재배환경 간의 상호작용 변이 등과 연계하여 지역적응성을 명확히 검정하는 것이 무엇보다 중요하다 (Yang *et al.*, 2001). 또한 쌀 품질 가운데 아밀로스 함량은 연차 및 산지별 차이가 작지만, 설페나 심복백미율, 단백질 함량 등은 연차 및 지역간 차이가 다소 크게 나타나기 때문에 쌀의 품질은 품종별 고유특성과 더불어 품종과 환경간의 상호작용에 관여하는 일평균기온, 일조량, 강수량 등 주요 기상요인에 따른 면밀한 검토가 필요하다(Choi *et al.*, 1990; Jeong, 1984; Choi *et al.*, 2011). 본 시험의 결과에서도 동일지역에서 품종간 수량이나 품질특성이 다양한 형태로 나타나는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 향후 각 지역이나 지대에 따라 적응성이 높은 품종을 선정하기 위해서는 지대별 기상요인과 품종간의 재배적, 유전적 특성과의 상호작용 등에 대한 명확한 검토와 함께 연차별 적응시험을 병행하여 그 결과를 토대로 선발 목적에 맞는 지대별 최고품질의 품종선발 과정이 지속적으로 이루어져야할 것으로 판단된다.

적 요

강원지역 주요 농업지대별 알맞은 최고품질의 중만생종 벼 품종을 선발하고자, 농촌진흥청에서 최근 육성한 중만생종 8개 품종을 대상으로 2013년부터 2014까지 2년간 춘천, 강릉, 철원 등 3개 지역에서 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 벼 생육기간 동안 평균기온은 2013년과 2014년 모두 춘천에서 평년대비 0.6~1.1°C, 강릉 1.0~1.3°C, 철원 0.1~0.7°C 높았다. 등숙기 강수량은 2013년에 춘천에서 평년대비 52.5 mm 많았고 2014년에는 176.4 mm 적었으며, 강릉은 2013년에 103.1 mm 적었고 2014년에는 42.9 mm 많았다. 반면 철원은 2013년과 2014년 모두 225.9~322.7 mm 가량 적었다.
2. 등숙기 일조시간은 2013년에 춘천, 강릉 및 철원에서 각각 평년대비 142, 108 및 94시간 많았고, 2014년에는 춘천, 강릉에서 20~21시간, 철원에서는 82시간 많았다.

3. 2년간 평균 10a당 백미수량은 춘천에서 삼광벼와 대보벼 594 kg, 진수미벼 578 kg을 보였고, 강릉에서는 대보벼 555 kg, 호품벼 554 kg, 칠보벼 546 kg, 그리고 철원에서는 대보벼 504 kg, 하이아미벼 489 kg로 다른 품종들에 비하여 다소 높은 수량을 보였으나 품종간 유의적인 차이는 없었다.
4. 완전미율은 춘천에서 하이아미벼 95.6%, 진수미벼 94.7%, 미품벼 94.2%로 다른 품종에 비하여 뚜렷하게 높았고, 찌라기율과 심복백미율도 다소 낮았다. 강릉에서는 호품벼, 하이아미벼, 삼광벼의 완전미율이 85.2~88.3%의 범위로 다른 품종에 비하여 다소 높았으나, 고품벼를 제외한 나머지 품종간에 유의적인 차이는 없었다. 찌라기율은 하이아미벼, 삼광벼, 미품벼에서 7.5~8.5%의 범위로 다소 낮았고 윤기치는 미품벼에서 78로 다른 품종에 비하여 유의적으로 높았다. 철원에서 완전미율은 대보벼가 89.2%로 고품벼와 하이아미벼에 비하여 유의적으로 높았으며, 찌라기율, 심복백미 및 식미치 등은 품종간 뚜렷한 차이가 없었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 강원지역 주요 농업지대별 적응성이 우수한 최고품질의 중만생종 품종에 있어서 평야지 춘천은 삼광벼, 하이아미벼 및 진수미벼, 동해안지 강릉은 대보벼와 칠보벼, 그리고 중간지 철원에서는 대보벼가 재배안전성과 환경적응성이 가장 우수하였다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제명: 지역별 최고품질 벼 브랜드 육성을 위한 품질특성 및 수량성 구명, 세부 과제번호: PJ00921703)의 지원에 의해 이루어진 결과의 일부이며, 본 연구사업 수행에 협조해 주신 모든 분들에게 감사드립니다.

인용문헌(REFERENCES)

- Chae, J. C., S. G. Kim, Y. G. Min, P. J. Han, I. H. Yun, Y. B. Kim, B. Y. Lee, J. R. Son, E. M. Ahn, and G. B. Jeong. 1992. Research Report on Status and Improvement of Quality Management after Raw Rice Production. Rural Development Administration.
- Choi, H. C., S. Y. Cho, and K. H. Kim. 1990. Varietal difference and environmental variation in protein content and or amino acid composition of rice seed. *Korean J. Crop Sci.* 35(5) : 379-386.
- Choi, K. J., T. S. Park, C. K. Lee, J. T. Kim, J. H. Kim, K. Y. Ha,

- W. H. Yang, C. K. Lee, K. S. Kwak, H. K. Park, J. K. Nam, J. I. Kim, G. J. Han, Y. S. Cho, Y. H. Park, S. W. Han, J. R. Kim, S. Y. Lee, H. G. Choi, S. H. Cho, H. G. Park, D. J. Ahn, W. K. Joung, S. I. Han, S. Y. Kim, K. C. Jang, S. H. Oh, W. D. Seo, J. E. Ra, J. Y. Kim, and H. W. Kang. 2011. Effect of temperature during grain filling stage on grain quality and taste of cooked rice in mid-late maturing rice varieties. *Korean J. Crop Sci.* 56(4) : 404-412.
- Honjo, K. 1971. Studies on protein content in rice grains. 2. Effects of fertilization on protein content and protein production in paddy grains. *Proc Crop Sci. Soc. Japan* 40 : 183-189.
- Jeong, H. O. 1984. A Study on a physiochemical characteristics of rice will alter the quality and the local and singmie. Sookmyung Women's Uni. Master's thesis. pp. 1-37.
- Kido, M. and S. Yanatori. 1965. Histochemical studies of protein accumulation process in rice grains. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* 34 : 204-209.
- Kim, G. H., J. C. Chae, H. C. Choi, and H. U. Jeong. 2000. A Study on Enhancing the Superiority and Reputation of 'Icheon rice'. Icheon city.
- Kim, J. I., J. Y. Lee, D. S. Park, N. B. Park, O. D. Kwon, J. K. Chang, J. H. Lee, S. Y. Kim, and H. W. Kang. 2010. Study on rice growing environment against cold sea wind in eastern coastal area of Korean peninsula. *Korean J. Crop Sci.* 55(2) : 133-138.
- Lee, C. K., K. S. Kwak, J. H. Kim, J. Y. Son, and W. H. Yang. 2011. Impacts of climate change and follow-up cropping season shift on growing period and temperature in different rice maturity types. *Korean J. Crop Sci.* 56(3) : 233-243.
- 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. Agricultural and Forest Meteorology.* 16(4) : 316-326.
- Lee, A. S., J. R. Kim, Y. S. Cho, Y. B. Kim, J. K. Ham, J. S. Jeong, J. G. Sa, and J. C. Shin. 2011. Analyzing the effect of climatic variables on growth and yield of rice in chuncheon region. *Korean J. Crop Sci.*, 56(2) : 99-106.
- Lee, C. K., D. S. Kim, Y. U. Kwon, J. E. Lee, J. H. Seo, and B. W. Lee. 2009. The Effect of temperature and radiation on grain weight and grain nitrogen content in rice. *Korean J. Crop Sci.*, 54(1) : 36-44.
- Lee, J. H., W. Y. Choi, J. K. Nam, S. S. Kim, H. K. Park, N. H. Back, and M. G. Choi. 2005. Proper transplanting time for improving the rice quality in the southern alpine area. *Korean J. Crop Sci.* 50(S) : 51-55.
- Matsue, Y. and T. Ogata. 1999. Influences of environmental conditions on the protein content of grain at different positions within a rice panicle. *Japan Jour. Crop Sci.*, 68(3) : 370-374.
- Park, H. K., Migging Xu, K. B. Lee, W. Y. Choi, M. G. Choi, S. S. Kim, and C. K. Kim. 2006. Comparison of rice growth under subtropical and temperate environments. *Korean J. Agricultural and Forest Meteorology.* 8(2) : 45-53.
- Park, S. J. and J. H. Lee. 2013. *Edible Crop1*(1). Korea National Open University.
- Song, X. F., W. Agata, and Y. Kawamitus. 1990. Studies on dry matter and grain production of F1 hybrid rice [*Oryzasativa*] in China, 2: Characteristic of grain production. *Japan Journal of Crop Science* 59(1) : 9-33.
- Seol, Y. H., A. S. Lee, B. O. Chol, A. S. Kang, B. C. Jeong, and Y. S. Jung. 2010. Adaptation study of rice cultivation in Gangwon Province to climate change Korean J. Agricultural and Forest Meteorology. 12(2) : 143-151.
- Ueda, K., A. Kusutani, K. Asanuma, and M. Ichii. 1998. Effect of transplanting time on growth of rice cultivar "Kinuhikari" in Kagawa prefecture - meteorological factors effecting grain yield and palatability of rice. *Japan Jour. Crop Sci.*, 67(3) : 289-296.
- Yamamoto, Y., T. Yoshida, T. Enomoto, and G. Yoshikawa. 1991. Characteristics forefficiency of spikelet production and the ripening in high yielding japonica-indica hybrid and semidwarf indica rice varieties. *Japan Journal of Crop Science* 60 : 365-372.
- Yang, C. I., S. J. Yang, Y. P. Jeoung, H. C. Choi, and Y. B. Shin. 2001. Genotype × Environment interaction of rice yield in multi-location trials. *Korean J. Crop Sci.*, 46(6) : 453-458.
- Yun, S. H. and J. T. Lee. 2001. Climate change impacts on optimum ripening periods of rice plant and its countermeasure in rice cultivation. *Korean J. Agricultural and Forest Meteorology.* 3(1) : 55-70.
- Yun, S. H. 1998. Measures of Agricultural technology in Response to Global warming and Meteorological disasters. Symposium on Korean Breeding Society. *Agricultural Prospects and Measures of Korean Peninsula in the 21st Century.* pp. 313-335.