한작지(Korean J. Crop Sci.), 63(3): 196~204(2018)
DOI : https://doi.org/10.7740/kjcs.2018.63.3.196

ISSN 0252-9777(Print)
ISSN 2287-8432(Online)

Original Research Article

전북지역 간척지에서 최고품질 벼 품종의 작물학적·이화학적 특성 비교 및 선발

최창학[1] · 김갑철[1] · 이덕렬[1] · 조승현[1] · 조대호[1] · 이송이[1] · 이인석[1,†]

Evaluation of Various Characteristics of High Quality Rice Varieties That Could Potentially be Grown on Reclaimed Land in Jellabuk Province, Korea

Chang-Hak Choi[1], Kab-Cheol Kim[1], Deok-Ryeol Lee[1], Seung-Hyun Cho[1], Dae-Ho Cho[1], Song-Yi Lee[1], and In-Sok Lee[1,†]

ABSTRACT The main objective of this study was to identify the best quality rice for cultivation on reclaimed land in Jeollabukdo-Province based on yield, head rice ratio, protein content, amylose content, and Toyo taste value evaluations. Seven varieties of rice were grown for two years on the reclaimed land. The Sukwang variety had the earliest heading date. The tiller number for the Younghojinmi variety was 19 on average, and its variation in tiller number was the lowest, which showed that the safety for cultivation of the variety was high on the reclaimed land with respect to that of the other varieties. The culm and panicle lengths of the Sukwang and Hyunpum varieties were the highest at 81.8 and 21.3 ㎝, respectively. Shindongjin produced the highest thousand grain weight at 27.7 g, whereas Haepum produced the lowest at 22.3 g. The number of grains per panicle for 7 all varieties was statistically equal for both years. The yield order for the varieties was Shindongjin (590) > Hopum (575) > Younghojinmi (552) > Sukwang (551) > Hopum (543) > Mipum (534) > Haepum (498 kg/10a), which showed that there was no significant difference in average yield between the varieties when both years are taken into consideration. However, the annual difference in Haepum yield between 2015 and 2016 was the highest at 108 kg/10a, indicating low cultivation safety. The head rice ratio of Younghojinmi was higher than for the other cultivars in both 2015 and 2016. However, there was no significant difference between the 2 years when the averages for all varieties were analyzed. There was was a considerable difference in protein and amylose content between the varieties in the two years, although this was not apparent in the results when the average over 2 years for each variety was calculated. There was no significant difference between the two years with respect to the average head rice ratio, and the protein and amylose contents of the seven varieties. The Toyo taste values for the Sukwang and Mipum varieties were higher than for the other varieties. Based on the principle characteristics, such as Toyo value, the Sukwang variety is a suitable substitute for Shindongjin, which has been previously used to produce high-quality rice on the reclaimed land.

Keywords : amylose, head rice ratio, protein, reclaimed land, Toyo value

우리나라의 간척지는 서해안과 남해안을 중심으로 조수에 의해 해안이 침식되어 풍화된 모래가 충적된 지역의 만입된 지형과 섬을 연결하여 제방을 쌓기 쉬운 곳에 조성되었다(KRCC, 1998). 간척사업은 국내 산업화와 도시화의 영향으로 필요한 토지 수요를 대체(Koo *et al*., 1998)하는 중요한 방법이며, 또한 농경지의 외연 확대로 식량의 자급을 높이는 역할을 하였다.

그러나 국내 쌀 산업은 국민 생활수준 향상과 서구형 식생활 문화로 패턴이 변화하면서 1인당 연간 쌀 소비량이 61.8 kg (Statistics Korea, 2017)으로 감소하는 추세이며, 또한 기상재해가 없어 쌀 생산량이 2015년에는 433만 톤, 2016년 420만 톤 및 2017년 397만 2000톤이었다(Statistics Korea, 2017). 그리고 MMA (Minimum Market Access) 물량이 지속적으로 매년 40만 톤 정도가 수입되면서 2017년 8월 기준으로 쌀 재고량은 약 206만 톤 수준으로(MAFRA, 2016), 이에 따른 관리비용 또한 급증하고 있는 실정이다. 그 대책으로 1990년대 이후부터 쌀 공급 과잉시대를 맞아 국제질서에 부합한 시장 지향적 정책으로 전환하는 등 시

[1]전라북도 농업기술원(Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Service, Iksan 54591, Korea.)

[†]Corresponding author: In-Sok Lee; (Phone) +82-63-290-6038; (E-mail) bioplant325@korea.kr
<Received 10 April, 2018; Revised 30 July, 2018; Accepted 12 August, 2018>

ⓒ 본 학회지의 저작권은 한국작물학회지에 있으며, 이의 무단전재나 복제를 금합니다.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

장을 통해 쌀을 자율적으로 수급 조절할 수 있는 정책으로 전환하였다. 따라서 쌀 증산에서 품질향상으로 전환하였으며, 유통부분에서는 RPC구조조정을 통한 민간중심, 시장중심의 자율적 유통체계를 구축하기 위해 노력하고 있다(Kim, 2010b). 농림축산식품부의 중장기 쌀 수급안정 대책의 기본방향은 벼 재배면적을 2016년 77만 8천 ha에서 2018년까지 71만 1천 ha로 줄이고, 정부양곡 재고량도 2018년 10월 기준, 80만 톤 규모, 1인당 쌀 소비량은 2019년 말 58.1 kg로 관리할 계획이다.

농촌진흥청에서는 벼 품종을 생태특성, 재배양식, 가공이용성 및 품질 등의 기준에 따라 분류하여 제시하고 있으며, 우리 쌀의 국제 경쟁력 향상을 위해 외관, 밥맛, 도정수율, 주요 병해충 및 재배저항성 등 우량적 특성을 고루 갖춘 품종을 실용적 측면에서 최고품질 품종으로 분류하여 농가재배를 권하고 있다(Kim, 2010a). 쌀 품질 및 밥맛에 영향을 주는 요인은 품종, 기상, 토양, 재배, 수확시기, 건조, 도정, 저장 및 취반조건 등 여러 가지가 있는데, 이들 요인 중 벼 품종에 따라서 가장 크게 좌우 되고 재배조건 중에서는 산지(기상, 토양 및 지형), 논의 건습, 질소 시비량, 수확시기 등에 비교적 영향이 큰 것으로 알려져 있다(RDA, 2002). 최근 쌀 재고량이 늘어남에 따라 수량성이 높은 품종보다는 수량성이 다소 낮아도 품질이 우수한 벼 품종에 대한 농가의 요구가 있음에 따라 농촌진흥청에서는 최고품질 벼에 대한 기준을 설정하여 품종개발을 추진하고 있다. 2015년 현재까지 최고품질 벼 품종은 삼광, 운광, 고품, 호품, 칠보, 하이아미, 진수미, 영호진미, 미품, 수광, 대보, 현품, 해품, 해담쌀, 청품 등 15개 품종이 육성되었다. 현재 전북지역에서 가장 많이 재배되고 있는 품종은 신동진이며, 전국 재배면적의 약 80%이상의 특화 품종으로서 쌀알이 크고 밥맛이 우수해 소비자들과 RPC에서 선호하고, 전북지역 재배면적도 지속적으로 확대되고 있는 실정이다.

전북의 최고품질 벼 재배면적은 2013년에 14,591 ha에서 2016년 11,891 ha로 감소하였는데(JBARES, 2017), 주 재배 품종이 신동진으로 편중된 영향으로 볼 수 있다. 또한 전북지역 간척지는 대부분 40년 이상의 숙답으로 재배면적이 3만 6천 ha로 전국 15만 6천 ha의 23%를 차지하는데, 재배적인 면에서 신동진이 전북 벼 재배면적의 50%에 육박함에 따라 기상재해 및 병해충에 취약할 수 있어 안정적인 쌀 생산을 위해서는 재배되는 벼 품종을 다양화 할 필요가 있다.

따라서 국내 육성품종의 생육, 수량성, 품질 및 식미치를 평가하여 간척지에 적합한 최고품질 벼를 선발하고자 본 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 재배방법

본 시험은 전북지역 간척지에 적합한 최고품질 벼 품종을 선발하기 위해 2015년부터 2016년까지 김제 진봉에서 실시하였다. 시험품종은 최고품질벼 품종인 영호진미, 현품, 호품, 미품, 수광, 해품과 대비품종으로 신동진 등 7 품종으로 하였다. 이앙시기는 6월 5일이었으며, 육묘상자에 파종 후 30일 자란 묘를 재식거리 30×15 cm, 주당 묘수를 3~5개로 기계 이앙하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

시비방법 및 포장관리

간척답에서 질소 적정 시비량은 17 kg/10a이지만 이 경우 단백질함량이 7.5%까지 상승하므로(Kim *et al.,* 2012), 미질을 고려하여 일반 포장과 동일한 9 kg으로 하였다. 인산 및 가리는 성분량으로 10a당 각각 4.5 및 5.7 kg으로 하였다. 질소는 기비, 분얼비, 수비로 나누어 50:20:30%의 비율로 분시 하였으며 인산은 전량 기비로 가리는 기비:수비를 70:30%의 비율로 분시하였다. 본답 시비량은 질소(N)-인산(P_2O_5)-칼리(K_2O)를 10a당 성분량으로 9.0-4.5-5.7 kg을 시용하였으며, 질소의 경우 기비, 분얼비, 수비(50:20:30%), 인산은 전량기비, 칼리는 기비와 수비로 각각 분시(70:30%)하였다. 잡초 및 병해충 관리는 필요에 따라 해당 약제를 이용하였으며, 기타 물 관리 등은 농촌진흥청 표준재배법에 준하였다. 잡초 및 병해충 관리는 필요에 따라 해당 약제를 이용하여 관리하였다.

토양 분석

토양특성은 벼 이앙전과 수확기에 표토 0~20 cm 깊이의 토양을 채취하여 음지에서 자연 건조시킨 후 2 mm 체를 통과시켜 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법(NIAST, 2000)과 토양화학분석법(NAAS, 2010b)에 따라 분석을 실시하였다. 토양 pH는 토양과 증류수를 1:5 (w/v)로 혼합하여 30분간 진탕한 후 pH meter (Orion3 star, Thermo Scientific, Singapore)로 측정하였고, 유기물은 Tyurin법, 전질소는 Kjeldahl 증류법을 이용하였고, 유효인산은 Lancaster법으로 측정하였다. 치환성 K, Ca, Mg은 1 N ammonium acetate로 침출한 후 AAS (SpectrAA 220FS, Varian, USA)로 분석하였고, 유효규산은 1 M NaOAc로 추출하고, 700 nm에서 비색측정(Cary 60 UV-vis, Agilent Technologies) 하였다. 포장 담수 용액의 EC (D-74G, Horiba, Kyoto, Japan)는 6월부터 8월까지 3회에 걸쳐 조사하였다.

생육 및 수량 조사

벼의 출수기는 50%가 출수한 날을 기준으로 하였고, 분얼, 간장 및 수장의 생육조사는 수확 10일 전에 실시하였다. 포장도복, 깨씨무늬병 및 벼 잎짚무늬마름병은 농촌진흥청 조사기준에 따라 출수기부터 수확 시까지 조사하였다.

수당립수, 등숙률, 현미천립중, 수량 조사는 출수 후 50일에 수확과 동시에 실시하였다. 벼는 수확하여 정조 수분함량을 15% 수준으로 건조하여 ST-50 (Yanmar) 현미기를 사용 도정하였으며, 쌀의 품위는 Cevitec-1625 (Foss, Sweden), 단백질함량은 Infratec-1241 (Foss, Sweden)을 이용하여 분석하였다. 기계적 식미치는 현미 시료를 쌀로 조제한 후 수분을 15%로 조절하고 Toyo Mido Meter (MA-90system, Toyo, Japan)를 이용하여 쌀 시료 33 g을 10분간 취반하고 Toyo glossiness value를 측정하였다.

기상환경 조사

온도, 강우 및 일조시간은 생육기간인 5월부터 10월까지 수집하여 2015, 2016년 및 5년(2010~2014) 평균을 비교 분석하였다. 2015년 평균 온도(20.6°C)는 2016년(22.2°C)보다 낮았고, 2016년 영양생장기 평균온도는 5년 평균온도보다 낮았지만 후반기는 비슷하거나 높았다. 2015년은 5년 평균온도보다 낮았다(Fig. 1). 2016년 강우량은 2015년보다 적었고 또한 5년 평균보다도 적었다. 2015년의 강우량은 생식생장기 이후에 많은 경향을 보였다. 2015년 일조시간은 5년 평균보다 14.8시간 많았고 2016년보다 6.7시간 많았다. 2016년의 일조시간도 5년 평균보다 8.1시간 많았다(Table 1). 2016년 기상은 온도가 높고, 생식생장기 강우량 적어 2015년보다 작물 재배에 매우 유리한 기상으로 경과되었음을 알 수 있었다.

통계분석

통계분석은 SAS (Satistical Analysis System) 프로그램의 PROC ANOVA procedure를 이용하여 Duncan의 다중검정방법을 통해 평균값을 5% 유의수준에서 비교하였다.

결과 및 고찰

시험 전·후 토양 화학성

2년간 본 시험 전·후 토양 화학성을 논토양의 기준치와 비교한 결과는 Table 2와 같다. 시험 전·후 pH는 기준치에 일치하였고 유기물, 유효인산, 규산 및 칼슘의 양은 기준치에 미달하였다. 칼리와 마그네슘은 기준치보다 매우 높아

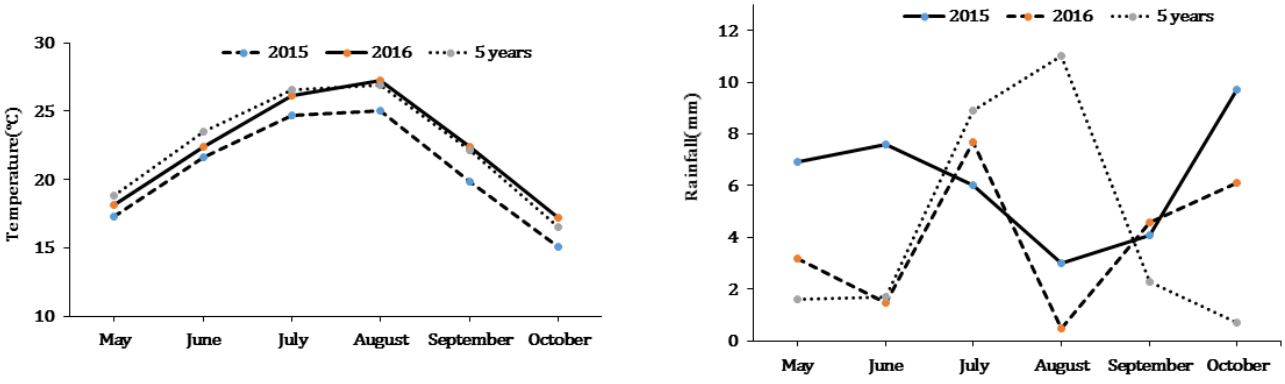

Fig. 1. Monthly mean temperature and rainfall data for the rice growing period in Kimje. The 5-year period was between 2010 and 2014.

Table 1. Monthly sunlight hours during the rice growing period in Kimje.

Years	May (h)			June (h)			July (h)			August (h)			September (h)			October (h)		Av.
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	
2016	66	105	82	84	55	43	35	53	99	89	96	64	64	41	36	53	43	65.2
2015	75	75	101	84	51	53	71	57	54	97	50	72	85	86	64	76	71	71.9
5 years	81	78	66	70	54	53	32	43	52	54	43	38	52	54	64	67	69	57.1

*Av. : average.
*A, B, and C: early, middle, and late periods of the month, respectively.

일반적으로 벼 재배 포장으로 적합하지 않는 것으로 판단되었다. Shim *et al.* (1998)의 간척지 시험 포장의 특성과 상당부분 일치하였다. Kim *et al*. (1983)은 토양중 규산함량이 약 190 mg/kg일 때 최고수량을 보인다고 하였고, 규산은 벼 수광 태세를 개선하는 등 생리적으로 중요한 역할을 하므로 시험 또는 영농 전에 매년 토양 분석을 실시하여 간척지 토양 규산 함량의 균형을 맞추는 노력을 해야 할 것으로 판단되었다. 또한 Chaum *et al.* (2012)도 칼슘 흡수가 벼의 내염성과 등숙률을 증진시킨다고 하였으므로 간척지 토양의 칼슘 균형 시비를 위해 노력해야 할 것으로 판단되었다.

포장 담수 용액 EC 변화

본 시험 포장의 염분 정도를 파악하기 위해 2년간 포장 관수의 전기전도도를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 벼의 유모기(Maas *et al*., 1990)와 수잉기(Khatun & Flowers, 1995)는 염에 가장 취약한 시기로 확인되어 이 시기인 6~8월 사이에 담수 용액의 EC를 조사하였다. 3회에 걸쳐 조사한 결과 2015년은 평균 0.73, 2016년에는 평균 1.25로 조사되었고, 2년간 평균은 0.99로 어느 정도 벼 생육에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 2년간 조사에서 7월의 EC 값이 6 및 8월의 값보다 유의성 있는 증가를 보였다($p < 0.05$). Shim *et al.* (1998)은 담수 용액의 염분 EC 농도보다 토양내 염분 EC 농도가 높다고 하여, 본 시험 포장의 EC 값은 1 dS/m보다 높다고 판단된다. Kim *et al.* (2011)은 EC가 1 dS/m 이상에서 장기간 재배하면 벼 수량감소를 초래한다고 하였다. 또한, Steven *et al.* (2002)는 염분 토양의 EC변화는 강수량과 증발량에 따라 좌우된다고 하였다. 본 결과에서 조사 시기별 EC 차이는 이와 같은 원인에 의한 것으로 판단된다.

출수기 및 생육 특징

최고 품질 벼와 대조구(신동진)의 2년 동안 출수기 및 생육 특성을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 7 품종 모두에서 출수기는 2015년보다 2016년이 최저 7일에서 최대 10일까지 빨랐다. Fig. 1에서 2016년의 6월부터 8월 중순까지 적산온도는 202°C이었고 2015년의 동일 시간의 적산온도는 191°C로 2016년이 11°C 높았다. 이와 같이 영양생장기의 높은 적산온도가 출수기에 영향을 미친 것으로 판단된다. Shim *et al*. (2010)도 온도 상승으로 인해 출수기가 단축된다고 보고하였다. 또한 Back *et al*. (2014)도 신간척지에서 벼 품종별 출수기의 차이를 확인하였다. 분얼은 품종간 및 연차간 차이를 보였다. 분얼수 기준으로 수광벼 및 신동진벼는 수중형 품종이고 미품벼 및 영호진미벼는 수수형 품종으로 판단된다. 2015년에 대조구 품종보다 영호진미벼의 분얼수가 19개로 가장 많았고($p < 0.05$), 2016년에는 미품벼가 20개($p < 0.05$)로 가장 많았다. 2년간 평균 분얼수가 가장 많은 품종은 영호진미벼로 조사되었지만 유의성은 없었다. 영호진미벼의 분얼수는 연차간 차이가 없었고, 연 차간 차이가 가장 큰 품종은 현품벼(4개, $p < 0.05$)로 조사되

Table 2. Comparison of the soil chemical properties before and after the experiment.

Years		pH (1:5)	OM (%)	Av. P_2O_5 (mg/kg)	Av. SiO_2 (mg/kg)	Ex. ($cmol^+/kg$)		
						K	Ca	Mg
2015	Before	6.7	0.8	13	92	236	0.3	7.1
	After	6.6	0.6	13	96	76	0.2	4.9
2016	Before	6.1	0.6	29	89	152	0.19	2.7
	After	6.1	0.3	24	75	171	0.15	4.0
Standard		5.5~6.5	2.5~3.0	80~120	157~180	0.25~0.3	5~6	1.5~2.0

Table 3. Electrical conductivities (EC) of reclaimed land converted to rice paddy after rice had been cultivated for two years.

Years	EC (dS/m)			Av.
	30 June	30 July	30 Aug.	
2016	0.92^b	2.15^a	0.68^b	1.25
2015	0.72^b	0.83^a	0.65^b	0.73
Av.	0.82	1.49	0.67	0.99

*Means with the same letter in a row are not significantly different according to Duncan's multiple range test (5%).

었다. 이런 결과 현품벼의 분얼은 염분과 같은 환경 스트레스에 예민하게 반응 하는 것으로 판단된다. 각 해에 간장이 가장 긴 품종은 수광벼로 조사되었다($p < 0.05$). 수광벼는 연차간 차이도 0.5 cm로 가장 작았고 2년간 평균도 가장 높았다($p < 0.05$). 초장에서 연차간 차이가 가장 큰 것은 대조구인 신동진벼(13.5 cm)로 조사되었고 뒤이어 현품벼(12.4 cm)의 감소폭이 상대적으로 높았다. 현품벼의 간장도 분얼처럼 환경변화에 민감하게 반응하는 것으로 판단된다. 2015년에 수장이 가장 큰 품종은 현품벼였고 2016년에는 대조구인 신동진벼로 조사되었으며($p < 0.05$), 2년 평균값이 가장 큰 품종은 수광벼(19.5 cm)로 조사되었다. 현품의 2년간 평균값이 20.2 cm로 가장 높았다($p < 0.05$). 연차간 변이 폭이 큰 것은 신동진벼(1.7 cm), 호품벼(1.4 cm) 및 현품벼(1.3 cm)로 조사되었다. 현품벼의 수장도 앞 두 형질(분얼 및 간장)처럼 연차간 변이 폭이 큰 경향을 보였다. 간척지에서 품종간에 앞 조사 형질에 대해 차이가 나는 것은 유전자형의 차이에 의한 것으로 당연하다고 하겠으나, 품종들간의 연차간 차이는 이들 형질의 표현이 환경의 영향을 받는다고 것을 의미한다. Cho & Ko (2007)도 질소흡수 차이에 있어 유사한 결과를 보고하였다. 수광벼의 간장과 수장은 2년간 평균값이 다른 품종들보다 높은 경향을 보였다. 그러나 Cha *et al*. (2014)은 다양한 품종을 대상으로 화학비료를 사용하지 않는 유기재배 스트레스 시험에서 동진1호 품종의 초장이 길며 수장이 짧은 현상을 보고하였다. 본 결과와 차이는 품종간 유전적 요인에 의한 것으로 판단된다.

포장 도복 및 병발생

최고 품질 벼의 2년간 포장 도복 및 병 발생 정도를 조사

Table 4. Average heading date, culm length, number of tillers, and panicle length at harvest time in 2015 and 2016 for different rice varieties grown on reclaimed land converted to rice paddy.

Cultivars	Heading date			No. of tillers (tillers/hill)			Culm length (cm)			Panicle length (cm)		
	2015	2016	Av.	2015	2016	Av.	2015	2016	Av.	2015	2016	Av.
Sukwang	8. 16	8. 09	8. 12	16.2d	15.0e	15.6a	81.5a	82.0a	81.8a	19.9b	19.0b	19.5ab
Mipum	8. 24	8. 17	8. 20	17.5bc	20.0a	18.8a	63.6c	72.0bc	67.8ab	17.0d	18.0c	17.5bcd
Younghojinmi	8. 24	8. 18	8. 21	19.0a	19.0b	19.0a	63.2c	72.0bc	67.6ab	17.1d	17.0d	17.1cd
Haepum	8. 18	8. 09	8. 13	17.1cd	17.0c	17.1a	63.9c	68.0c	66.0b	16.6d	16.0e	16.3d
Hyunpum	8. 23	8. 16	8. 19	14.9e	19.0b	17.0a	77.4b	65.0cd	71.2ab	21.3a	19.0b	20.2a
Hopum	8. 19	8. 11	8. 15	18.3ab	16.0d	17.2a	60.3d	64.0cd	62.2b	18.4c	19.0b	18.7abc
Shindongjin	8. 18	8. 10	8. 14	16.7cd	15.0e	15.9a	61.5d	75.0b	68.3ab	18.3c	20.0a	19.2abc

*Means with the same letter in a column are not significantly different according to Duncan's multiple range test (5%).

Table 5. Lodging index, brown spot of rice, and rice sheath blight in 2015 and 2016 for different rice varieties grown on reclaimed land converted to rice paddy.

Characters	Lodging		Brown spot of rice		Rice sheath blight	
	2016	2015	2016	2015	2016	2015
Sukwang	1	1	0	0	0	0
Mipum	1	1	0	0	0	0
Younghojinmi	1	1	0	0	0	0
Haepum	1	1	0	0	0	0
Hyunpum	1	1	0	0	0	0
Hopum	1	1	0	0	0	0
Shindongjin	1	1	0	0	0	0

-Investigation period for lodging, brown spot of rice, and rice sheath blight was from heading date to harvest time.
-Lodging degree: 1 (No field lodging) to 9 (all plants have lodged).
-Brown spot of rice : 0 (No symptoms of disease) to 9 (Over 51% of plant infected).
-Rice sheath blight : 0 (No symptoms of disease) to 9 (Over 61% of plant infected).

한 결과는 Table 5와 같다. 포장 도복은 2년간 시험에서 발생하지 않았다. 간척지와 같은 염분 포장에서는 생육 후반기에 양분이 부족하여 깨씨무늬병이 쉽게 발생하는데 본 시험에서는 발생하지 않았다. 또한 벼잎집무늬마름병도 2년간 모든 품종에서 발생하지 않았다. 이와 같이 벼잎집무늬마름병이 발생하지 않은 것은 시비기준을 준수하였기 때문인 것으로 판단된다. 수량과 미질에 영향을 미치는 포장 도복과 주요 병이 발생하지 않아 생력화가 가능하므로 본 시험에 사용한 9 kg/10a 질소량은 7개 품종의 적정 시비량에 가까운 것으로 판단된다.

수량 구성 요소

최고 품질 벼의 2년간 등숙률, 천립중, 수당립수 및 수량을 조사한 결과는 Table 6과 같다. 등숙률은 2015년에 수광벼가 다른 품종보다 유의성 있는 증가를 보였다($p < 0.05$). 2016년에는 품종간 유의적인 차이가 없었고, 2년 평균도 수광벼가 가장 높았지만 유의성은 없었다. 천립중은 2015년에 22.8 g (현품벼)에서 28.7 g (신동진벼)까지 조사되었다 ($p < 0.05$). 2016년에는 최저는 미품벼(21.5 g) 최고는 신동진벼(26.6 g)로 확인되었다. 신동진벼는 2년간 조사에서 천립중이 가장 높았고($p < 0.05$), 다른 품종간에는 유의성 차이가 없었다. 연차변이가 가장 큰 것은 호품벼(2.5 g)로 조사되었고 해품벼의 연차 변이(0.9 g)가 가장 적었다. 이로서 7개 품종중 호품벼의 천립중이 환경의 영향을 가장 크게 받는 것으로 판단된다. 2015년에 수당립수가 가장 많은 품종은 대조구인 신동진벼(88개)로 조사되었고, 2016년에는 호품벼(97개)로 확인되었다. 2년간 평균 수당립수가 가장 많은 품종은 수광벼(88개)로 조사되었으나 유의성 차이는 없었다. 수당립수의 연차간 변이 폭이 가장 큰 품종은 호품벼(25개)로 확인되었다. 천립중의 결과처럼 7개 품종 중 호품벼의 수당립수도 환경의 영향을 가장 크게 받는 것으로 판단된다. Cho & Ko (2007) 및 Lee *et al*. (2016)도 품종간 및 재배 환경 차이에 의해 천립중 및 수당립수의 변이 폭이 크게 나타난다고 하여 본 결과와 일치하였다. 수량도 품종간 차이가 확연히 발생하였다. 2015년에 수량이 가장 많은 품종은 대조구인 신동진이었고 2016년에는 호품벼로 조사되었다($p < 0.05$). 2년간의 평균은 신동진벼(590) > 호품벼(575) > 영호진미벼(552) > 수광벼(551) > 호품벼(543) > 미품벼(534) > 호품(498 kg/10a)순으로 조사되었지만 유의성은 없었다. 이런 원인은 일부 품종들의 연차간 차이가 커서 발생한 것으로 판단된다. 호품벼의 연 차간 수량 차이가 108 kg/10a로 가장 컸고 영호진미벼(12 kg/10a), 미품벼(20 kg/10a) 및 수광벼(24 kg/10a)의 연 차간 수량차이가 상대적으로 적어 재배 안정성을 보였다. Table 7에서처럼 2년간

Table 6. Yield components and total yields in 2015 and 2016 for various rice varieties grown on reclaimed land converted to rice paddy.

Cultivars	Ripened grain (%)			1,000 grain weight (g)			No. of spikelets per panicle			Yield (kg/10a)		
	2015	2016	Av.	2015	2016	Av.	2015	2016	Av.	2015	2016	Av.
Sukwang	97.0a	93.7a	95.4a	23.3d	21.7d	22.5b	81b	95a	88.0a	539b	563ab	551a
Mipum	96.5ab	90.3a	93.4a	23.3d	21.5d	22.4b	75bc	73cd	74.0a	524b	544b	534a
Younghojinmi	95.0bc	91.0a	93.0a	24.2c	21.9d	23.1b	75bc	80b	77.5a	546b	558b	552a
Haepum	95.9abc	93.5a	94.7a	22.8e	21.7d	22.3b	68d	85b	76.5a	476c	519b	498a
Hyunpum	95.1bc	92.2a	92.2a	24.3c	23.4b	23.9b	68d	76c	72.0a	594a	556b	575a
Hopum	94.5c	89.7a	92.1a	25.1b	22.6c	23.9b	72cd	97a	85.0a	489c	597a	543a
Shindongjin	94.7c	94.0a	94.4a	28.7a	26.6a	27.7a	88a	83b	86.0a	616a	563ab	590a

*Means with the same letter in a column are not significantly different according to Duncan's multiple range test (5%).

Table 7. Correlation analysis of the average 1,000 grain weights, spikelet numbers, and yields for 2015 and 2016.

	1,000 grain weight	No. of spikelets per panicle	Yield
1,000 grain weight	1		
No. of spikelets per panicle	0.387	1	
Yield	0.759*	0.253	1

*: Significant difference at the 5% level according to Duncan's multiple range test.

Table 8. Physicochemical properties of various rice varieties in 2015 and 2016 after cultivation on reclaimed land converted to rice paddy.

Cultivars	Head rice ratio (%)			Protein (%)			Amylose (%)			Toyo taste value		
	2015	2016	Av.	2015	2016	Av.	2015	2016	Av.	2015	2016	Av.
Sukwang	93.4b	94.3bc	93.4a	5.5a	5.1c	5.5a	18.0d	16.8d	17.4a	82.2b	82.0b	82.1b
Mipum	97.4a	94.1bc	95.8a	5.5a	6.0a	5.8a	19.7a	18.1a	18.9a	90.7a	89.3a	90.0a
Younghojinmi	98.0a	97.1a	97.6a	4.9c	5.5b	5.2a	19.2b	18.1a	18.7a	81.1bc	80.9bc	81.0b
Haepum	96.3a	90.5d	93.4a	5.3b	5.0c	5.2a	18.9bc	17.4b	18.2a	77.1cd	76.6c	76.9d
Hyunpum	97.4a	96.4ab	96.9a	5.5a	5.9a	5.7a	18.8bc	18.3a	18.6a	76.0d	75.8cd	75.9d
Hopum	93.9b	90.1d	92.0a	5.3b	5.5b	5.4a	18.2d	17.1c	17.7a	71.4e	71.1e	71.3d
Shindongjin	97.4a	93.2c	95.3a	5.5a	5.2c	5.4a	18.8c	17.3b	18.1a	79.6bcd	78.7c	79.2e

*Means with the same letter in a column are not significantly different according to Duncan's multiple range test (5%).

천립중, 수당립수 및 수량의 평균값에 대해 상관관계를 분석한 결과 천립중 차이가 수량 차이의 직접적인 원인인 것으로 확인되었다($p < 0.05$). 그러나 Seong *et al*. (2014)은 수수와 수당립수의 확보가 수량증수에 주요 요인이라고 하였다. 본 결과와 차이는 재배지(평야지 및 간척지) 및 유전적(품종) 차이에 의한 것으로 판단된다.

쌀 이화학적 특성

수량의 연차간 변이(재배 안정성 기준), 완전미율 연차간 변이, 단백질 및 아밀로스 함량, 토요식미치(품질 평가) 기준으로 간척지 적합 품종은 수광벼로 판단된다.

최고 품질 벼의 2년간 이화학적 특성 분석 결과는 Table 8과 같다. 완전립비율은 영호진미벼가 2년간 가장 높았다. 영호진미벼의 2년 평균값이 97.6%로 가장 높았고 가장 낮은 것은 호품벼(92%)로 확인되었으나 품종간 유의성은 없었다. 7개 품종 2년 평균 완전립비율은 평균 92~97.6%로 전체적으로 우수하였다. 이는 Kim *et al*. (2012)이 평야지에서 생산된 쌀을 대상으로 조사한 평균 90%보다 높게 나타났다. 본 결과에서처럼 평야지보다 간척지 쌀의 완전미율이 높게 조사되었기 때문에 간척지는 최고품질 쌀 생산 적합 지역으로 판단되므로 이들 지역에 적합한 품종과 재배기술을 지속적으로 개발해야 할 것이다. 품종(Hwang, 1994), 재배환경 및 재배기술(Kim & Joo, 1990)이 쌀의 외관상 품위 특성에 영향을 미치는 주요 요인이라 하여 본 결과의 의견과 일치하였다. Chung *et al*. (2005)의 근적외분광분석기를 이용하여 식미치를 분석한 연구에 의하면 불완전미의 함유율이 증가할수록 식미치가 현저히 낮아지는 것으로 나타났다. 완전미의 생산은 쌀의 외관상의 품질 향상 뿐 아니라 식미 향상에도 영향이 있으므로 완전미의 비율을 높이는 것이 벼 품질 향상 및 쌀농사의 경쟁력을 강화하는 방법이 될 수 있다. 2015년에 단백질 함량은 영호진미벼에서 가장 낮았고 2016년에는 수광벼, 해품벼 및 신동진벼에서 낮았다. 2년 평균값은 영호진미벼와 해품벼에서 가장 낮았으나 다른 품종들과 유의성이 없었다. 아밀로스 함량은 2015년에 호품벼와 수광벼에서 낮았고 2016년에는 수광벼에서 16.8%로 유의성 있는 낮은 값을 보였다. 2년 평균값도 수광벼가 가장 낮았으나 품종간 유의성은 발견할 수 없었다. 단백질과 아밀로스의 함량이 많은 쌀을 취반했을 때 밥의 경도가 증가하여 식미가 낮아진다 고하였다(Lee *et al*., 1996). 그러므로 이 두 성분이 상대적으로 적은 수광벼가 간척지 재배에 적합한 품종이라고 판단한다. 쌀 식미를 평가하는 방법은 쌀의 물리적 및 이화학적 특성을 사용한 식미 검정기기에 의한 평가와 관능평가가 있다(Hong *et al*., 2004). 토요 식미계의 값은 미품벼가 2년 동안 가장 높았고($p < 0.05$), 2년 평균값도 90으로 가장 높았다($p < 0.05$). 그 다음으로는 수광벼(82.1, 2년 평균)로 대조구인 신동진벼(79.2)보다 높았다($p < 0.05$). 일반적으로 토요 식미계의 값이 높은 것은 실제 관능검사에서도 좋은 결과를 보인다. 그러나 식미계에서 식미치가 낮게 평가되었던 쌀이 관능검사에서 더 좋게 평가되는 경우가 있었다(Kim *et al*., 2012). 이는 쌀의 강도, 수분 흡수 속도 및 호화특성의 차이가 쌀의 호화도와 윤기성분 침출 정도에 영향을 미치기 때문이다(Kim *et al*., 2012). 또한 토요 식미계는 쌀의 향기 및 도정도의 차이를 판별하지 못하기 때문이라고 하였다(Hong *et al.,* 2004). 본 연구에서는 식미 평가를 위해 토요 식미치의 결과만을 제시하였으나, 이후에 정확한 식미 평가를 위해 취반물성측정 및 관능검사에 의한 선호도 평가를 추진할 계획이다.

적 요

현재까지 최고품질 벼 품종은 수광벼를 포함하여 15개 품종이 육성되었다. 본 연구는 이 중 전북지역 적응 품종(7개)을 대상으로 간척지에 적합한 품종을 선발하기 위해 생육특성, 수량, 품질 및 식미치를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 출수기는 2년 평균 수광벼가 가장 8월 12일로 가장 빨랐고, 영호진미의 분얼수는 2년 동안 평균 19개로 편차가 없어 재배 안전성이 우수하였다. 간장은 2년 평균 수광벼가 81.8 cm로 가장 컸고 수장은 현품벼가 가장 컸다.
2. 포장도복, 깨시무늬병, 잎짚무늬마름병 및 기타 병해충도 모든 품종에서 2년간 관찰되지 않았다.
3. 등숙률은 2015년에 수광벼가 가장 높았지만 2016년 및 2년 평균은 품종간 차이가 없었다. 천립중은 신동진벼가 2년 평균 27.7 g으로 가장 높았고, 6개 품종은 유의적인 차이가 없었다. 수당립수는 2015년에 신동진벼가 가장 많았고 2016년에는 호품벼 및 수광벼가 많았다. 그러나 2년 평균값은 품종별 차이가 없었다. 수량은 2년 평균은 신동진벼(590) > 호품벼(575) > 영호진미벼(552) > 수광벼(551) > 호품벼(543) > 미품벼(534) > 해품(498 kg/10a)순으로 높게 조사되었으나 유의성은 없었다. 호품벼의 연 차간 수량 차이가 108 kg/10a로 가장 컸고 영호진미벼(12 kg/10a), 미품벼(20 kg/10a) 및 수광벼(24 kg/10a)의 연차간 수량차이가 상대적으로 적어 재배 안정성을 보였다. 2년간 천립중, 수당립수 및 수량의 평균값에 대해 상관관계를 분석한 결과 천립중 차이가 수량 차이의 직접적인 원인인 것으로 확인되었다($p < 0.05$).
4. 2015년에 완전립 비율은 미품벼, 영호진미벼, 해품벼, 현품벼 및 신동진벼가 유의성 있는 증가를 보였고, 2016년에는 영호진미벼의 완전립 비율이 가장 높았다. 그러나 2년 평균값은 품종들간 유의성이 없었다. 단백질 함량은 2015년에는 영호진미벼, 2016년에는 해품벼에서 유의성 있는 차이를 보였으나 2년 평균값은 차이가 없었다. 아밀로스 함량은 수광벼의 2년 평균값이 가장 낮았으나 다른 품종들과 유의성은 없었다. 토요식미계의 값은 미품벼 및 수광벼 순으로 높았다.
5. 따라서 수량 및 완전미율 연차간 변이, 단백질 및 아밀로스 함량, 토요식미치를 기준으로 평가했을 때 전북지역 간척지 적합 품종은 수광벼로 판단된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명:간척지 최고품질 벼 품종 시범단지 조성 및 브랜드 개발:PJ011684042017)의 지원을 받아 연구되었음.

인용문헌(REFERENCES)

Back, N. H., K. M. Cho, C. H. Yang, P. Shin, T. H. Noh, G. H. Lee, and K. H. Park. 2014. Research on adaptability of major varieties for whole crop silage rice to wet seeding in newly reclaimed tidal land. Korean J. Int. Agric. 26(3) : 258-261.

Cha, K. H., H. J. Oh, H. G. Park, K. N. An, and W. J. Jung. 2014. Comparison of growth, yield and quality disease occurrence with different rice (O*ryza sativa* L.) cultivars in organic cultivation. Agricultural Science & Technology Research. 49 : 27-32.

Chaum, S., H. P. Singh, T. Samphumphuang, and C. Kirdmanee. 2012. Calcium-alleviated salt tolerance in indica rice (*Oryza sativa* L. spp. indica): physiological and morphological changes. AJCS. 6(1) : 176-182.

Cho, Y. I. and H. J. Koh. 2007. Physiological nitrogen use efficiency and agronomic characters of breeding lines in rice. Korean J. Breed. Sci. 39(1) : 33-38.

Chung, N. J., J. H. Park, K. J. Kim, and J. K. Kim. 2005. Effect of head rice ratio on rice palatability. Korean J. Crop Sci. 50(S) : 29-32.

Hong, H. C., C. Y. Chung, and K. J. Kim. 2004. Palatability assessment. Korean J. Crop Sci. 9(S1) : 284-294.

Hwang, H. G. 1994. Classification of rice varieties based on the physicochemical properties related with grain quality of rice. J. Agri. Sci. 36(1) : 52-64.

Jeonbuk Agricultural Research and Extension Services. 2016. A survey result of cultivation area according to rice variety in 2017. pp. 1-2.

Khatun, S. and T. J. Flowers. 1995. Effects of salinity on seed set in rice. Plant Cell Environ. 18 : 7.

Kim, C. E., M. Y. Kang, and M. H. Kim. 2012. Comparison of properties affecting the palatability of 33 commercial brands of rice. Korean J. Crop Sci. 57(3): 301-309.

Kim, H, J., G. R. Kim, H. N. Woo, S. H. Park, J. H. Shin, Y. C. Choi, and D. Y. Chung. 2011. Properties and fate of nitrogen in a reclaimed tidal soil. CNU Journal of Agricultural Science. 38(2) : 301-307.

Kim, J. H. 2010b. A direction of policy on rice in Korea. The Korean Society of Food Preservation. 9(2) : 3-8.

Kim, K. H. and H. K. Joo. 1990. Variation of grain quality of rice varieties grown at different locations(I). Locational variation of quality-related characteristics of rice grain.

Korean J. Crop Sci. 35(1) : 34-43.
Kim, D. K., M. K. Choi, K. D. Lee, M. G. Baek, B. I. Ku, S. G. Kang, H. K. Park, and B. K. Kim. 2012. Growth and yield of rice in levels of nitrogen and water management of reclaimed saline soil in southwestern area. Korean J. Crop Sci. 57(3) : 203-208.
Kim, Y. K. 2010a. A prospect and real condition of rice variety development in Korea. The Korean Society of Food Preservation. 9(2) : 75-85.
Koo, J. W., J. K. Choi, and J. K. Son. 1998. Soil properties of reclaimed tidel lands and tidelands of western sea coast in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 31(2) : 120-127.
Korea Rural Community Corporation. 1998, Study on the development of cultivation technique for upland crop through the improvement of salt exclusion method in the reclaimed land. pp. 26-27.
Lee, I. S., D. R. Lee, S. H. Cho1, S. Y. Lee, K. C. Kim, K. K. Lee1, and Y. J. Song. 2016. Effects of different nitrogen levels and planting densities on the quality and yield of the black rice cultivar 'Shinnongheugchal'. Korean J. Crop Sci. 61(2) : 79-86.
Lee, J. I., K. Kim, J. C. Shin, E. H. Kim, M. H. Lee, and Y. J. Oh. 1996. Effects of ripening temperature on quality appearance and chemical quality characteristics of rice grain. J. Agri. Sci. 38(1) : 1-9.
Maas, E. V. and K. K. Tanji. 1990. Crop salt tolerance. Agricultural Salinity Assessment and Management Manual. ASCE Manuals & Reports on Engineering Practices. No 71. New York : 262p. 304.
Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2016. A press release on special control plan for rice inventory control. pp. 1-2.
Rural Development Administration, National Crop Experiment Station. 2002. Strategy on brand and technique for safety production of high quality rice. pp. 7-8.
Scardaci, S. C., M. C. Shannon, S. R. Grattan, A. U. Eke, S. R. Roberts, S. Goldman-Smith, and J. E. Hill. 2002. Water management practices can affect salinity in rice fields. California Agriculture 56(6) : 184-188.
Seong, D. G., Y. G. Kim, Y. C. Cho, H. Y. Shin, M. C. Kim, S. I. Shim, J. I. Chung, S. H. Kim, C. S. Kim, and J. S. Chung. 2014. Selection of the proper rice varieties to early transplanting cultivation in southern plain of Korea. Journal of Agriculture & Life Science 48(6) : 1-9.
Shim, K. M., K. A. Roh, K. H. So, G. Y. Kim, H. C. Jeong, and D. B. Lee. 2010. Assessing impacts of global warming on rice growth and production in Korea. Climate Change Research. 1(2) : 121-131.
Shim, S. I., S. G. Lee, and B. H. Kang. 1998. Screening of saline tolerant plants and development of biological monitoring technique for saline stress. Ⅱ. Responses of emergence and early growth of several crop species to saline stress. Korean Journal of Environmental Agriculture. 17(2) : 122-126.
Statistics Korea. 2017. Rice consumption survey.