아밀로스 함량이 낮은 흑색 다수성 찰보리 ‘흑수정찰’

김양길 · 이미자 · 김경호 · 박종호 · 박태일 · 윤영미 · 최창현 · 손재한 · 강천식*

농촌진흥청 국립식량과학원

Waxy Black Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivar, ‘Heuksoojeongchal’, with High Yield and Low Amylose Content

Yang-Kil Kim, Mi-Ja Lee, Kyong-Ho Kim, Jong-Ho Park, Tae-Il Park, Young-Mi Yoon, Chang-Hyun Choi, Jae-Han Son, and Chon-Sik Kang*

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

Abstract A new black barley variety, “Heuksoojeongchal,” was developed as a cross between “Keunalbori 1” and “Masankwamaek/Mortoni” at the National Institute of Crop Science, RDA in 2014. Heuksoojeongchal had a longer culm length (89 cm) and a later average heading date and maturity than Seodunchalbori. It also had a spike length of 5.0 cm, 543 spikes/m², and 54 grains/spike. The 1000-grain weight of Heuksoojeongchal (36.0 g) was heavier than that of Seodunchalbori. Heuksoojeongchal showed resistance to barley yellow mosaic virus (BaYMV). The yield potential of Heuksoojeongchal was approximately 7% higher than that of Seodunchalbori upland, but the average yield potential was similar in upland and paddy fields. Among the quality characteristics, the β -glucan content (6.7%) was higher and the amylose content (5.5%) was lower than those of Seodunchalbori. The whiteness of the black barley was low, and its absorption rate and spreadability were similar to those of Seodunchalbori.

Keywords Barley, Breeding, Cultivar, Heuksoojeongchal

Received on August 22, 2018. Revised on August 27, 2018. Accepted on October 23, 2018.

* Corresponding Author (E-mail: kcs1209@korea.kr, Tel: +82-63-238-5225, Fax: +82-63-238-5205)

서 언

보리는 전 세계적으로 쌀, 밀, 옥수수 등과 함께 5대 곡류 중 하나이며, 인류의 역사를 함께 해 온 식량으로서 조선시대 이전부터 부족하던 쌀을 대신하여 춘궁기에 서민의 주린 배를 채워주었다. 그 후 1980년대에 쌀의 자급이 달성되면서 보리쌀의 소비가 줄어 이를 극복하기 위해 보리의 식미개선을 위해 노력하였다. 그 중 하나가 메성 보리밥의 거칠고 부드럽지 못한 특성이 있어 이를 개선하기 위해 찰성인자의 도입이 시도되었다. 이에 따른 노력의 결과로 찰성보리 품종인 흰찰보리, 새찰보리, 재안찰보리, 누리찰보리와 자색보리인 자수정찰보리, 보석찰보리, 황금찰보리와 2조 찰성보리인 풍산찰보리 등이 개발되었다(Park et al. 1995, Kim et al. 2003, Kim et al. 2007, Lee et al. 2012). 육성된 보리 품종 중 아밀로스 함량이 높은 메성 보리에 비해 아밀로스 함량이 낮은 찰성 보리는 흡수성과 퍼짐성이 좋아 한번 미리 삶은 후 쌀과 섞어 밥을 해야 하는 불편함이

있었으나 찰성 보리가 개발되면서 쌀과 함께 밥을 해야 하는 불편함이 해소되었을 뿐만 아니라 식미가 개선되었다. 또한 Bae et al. (2009)은 가열흡수성과 퍼짐성은 찰보리쌀이 높아서 조리특성이 양호하고, 쌀과 함께 혼용하여 밥을 지을 때 식미가 메성보리보다 좋다고 하였다. 특히 보리에 많이 함유된 베타글루칸의 함량이 일반 메성 보리의 경우 3~5% 정도인데 찰성 보리는 1%이상 더 높아 성인병 예방에도 더욱 효과적인 것으로 나타났다. 보리의 주요 식이섬유 성분인 베타글루칸은 혈중 콜레스테롤 저하효과가 있음을 보고 하였다(Newman et al. 1989, Lee 2001, Seog et al. 2002). 현재에 보급되고 있는 품종 중 흑색 보리로는 메성 품종인 흑누리과 흑광 등이며 이 품종들은 대부분 혼반용 보리쌀 및 보리커피와 보리차 등으로 고창, 해남 지역에서 재배되고 있다. 그러나, 쌀과 함께 혼용하여 밥을 지을 때 취반특성 및 식미가 떨어지는 단점이 있어 아밀로스 함량이 낮은 찰성 흑색보리 품종 개발을 요구하고 있는 실정이다. 따라서 도복에 강하며 수량성과 재배 안정성이 높을 뿐만 아니라 흑색이면서 취반특성이 좋은

아밀로스 함량이 낮은 찰성 보리 ‘흑수정찰’을 개발하여 그 육성경위와 주요특성을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

농업형질 및 수량성 조사

‘흑수정찰’의 특성에 대한 연구는 2013년부터 2014년까지 2개년간 지역적응시험지역인 경기도 수원, 강원 춘천, 충북 청원, 전북 익산, 경북 대구 등 5개 지역에서 찰성 표준품종인 서둔찰보리 품종을 대비하여 검토하였으며(RDA 2013, 2014) 각 지역별 보리 표준재배법으로 수행하였다. 각각의 품종 생육특성, 내재해성, 내병성, 수량구성요소 및 수량 등은 지역적응시험지역에서 2개년간 시험한 결과를 조사분석 하였다. 수량구성요소 중 천립중은 2.0 mm 종목체를 통과한 종실, 즉 설립을 제거한 종실에서 1,000립을 측정하였으며, 수량은 설립을 제외한 ha 당 조곡수량에 67%의 비율을 적용 수분 14%로 보정하여 환산하였다. 기타 조사는 농업과학기술 연구조사 분석기준(RDA 2012)에 준하였다. 병해검정 중 흰가루병의 유묘검정은 온실에서 본엽 1~2엽기에 *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* 병원균 이병 개체로부터 접촉 접종하여 접종 1~2주 후 발병 조사하였다. 보리호위축병(*Barley yellow mosaic virus*, BaYMV) 검정은 지역별 상습발병포장인 나주(strain I 형), 익산(strain III 형), 진주(strain IV 형)지역에서 자연 발생을 유도하였고 백동품종을 비교품종으로 하여 이병정도를 무 발생(0), 10% 미만(1), 11~30%(3), 31~50%(5), 51~70%(7), 71% 이상(9) 등으로 2월 하순에서 3월 하순 사이에 조사하였다(Park et al. 2009). 내한성 검정은 경기 연천 시험지에서 10월 상순에 파종하여 월동 후 고사주율(%)을 조사하였다. 파성 검정은 4°C 3주 저온 처리와 무처리 두 처리 조건으로 파성별 대조품종과 함께 온실에 파종(이식)하였다. 생육온도는 주간 20°C 야간 15°C로 24시간 광처리하여 보리 생육을 시키면서 주경의 엽수와 지엽 전개 일수를 조사하여 파성 정도를 I-V 범위로 판정하였다.

품질 분석

단백질과 베타글루칸 함량은 각각 조곡과 정곡에서 분석하였으며, 시료는 Satake 시험도정기로 정맥수율 67%로 정맥하였다. 조곡과 정곡을 0.5 mm체가 장착된 Retsch centrifugal mill (Model Dm/Zm 100)로 분쇄한 분말시료를 사용하였다. 단백질분석은 Elementar Analyzer System (US/Vario)를 이용하여 분석한 총 질소함량에 켈달장치를 이용하여 분석한 값과 비교하여 얻어진 conversion factor 5.17 를 곱하여서 구하였다. 베타글루칸 분석

은 McCleary 방법(McCleary & Glennie-Holmes 1985)을 이용한 Megazyme kit를 이용하여 510nm에서 흡광도로 분석하였다. 취반에 따른 정맥의 수분흡수율, 퍼짐성은 Shinjiro (1965) 등의 방법을 사용하여 분석하였다. 보리쌀 5 g을 20 mL D.W (distilled water)가 들어있는 메스실린더에 넣은 후 부피 (a)를 읽고, 이 시료를 평량한 알루미늄망(자채제작)에 넣어서 증류수를 제거한 후 이 망을 100 mL 비이커에 넣고 충분히 끓는 물 80 mL를 부어 알루미늄 호일로 덮어 150°C 건조기에서 40분간 취반하였다. 취반된 시료를 꺼내어 10회 정도 물기를 털어준 다음 비이커에 60° 정도 기울여 놓고, 10분 후 무게(b)를 측정하고 이 시료를 20 mL D.W가 들어 있는 메스실린더에 옮기고 부피(c)를 측정하였다. 100 mL 비이커에 남아 있는 고형물을 건조기에 넣고 75°C-80°C에서 16시간 정도 건조시킨 후 꺼내어 데시케이터에 넣고 30분 후 무게를 재고 다음 식으로 흡수율과 퍼짐성 및 용출고형물을 계산하였다. 흡수율(%) = 흡수 후 무게(b) - (시료 + 망무게) ÷ 시료무게 × 100, 퍼짐성(%) = 취반 후 부피 (c) ÷ 취반 전 시료부피(a) × 100로 측정하였다. 통계분석은 R을 이용하였으며, 처리간의 차이는 t-test로 유의수준 5%($p < 0.05$)에서 검정하였다.

결과 및 고찰

육성경위

‘흑수정찰’품종은 2005년에 유색(흑색), 찰성인 다수성 품종을 육성하기 위해 조숙이면서 다수성의 특성을 지닌 품종인 “큰알보리1호”를 모본으로, 유색(흑색), 찰성 특성을 가진 “마산과맥/Mortoni” 계통을 부분으로 하여 인공교배 하였다. 2006년에 F₁을 양성한 후 2007~2008년에 집단으로 F₂-F₃를 전개하였다. 2009년에는 F₄ 계통에서 보리호위축병 저항성이면서 흑색 찰성 특성을 보이는 계통을 선발하였다. 선발된 우량계통을 2010년에는 OYT (Observational yield trial)로 시험 후 우량계통 IC05018-B-B-47을 선발하였다. 선발된 이 계통을 2년간 생산력검정시험(2011~2012) 후 흑색 찰성이면서 보리호위축병 저항성인 계통으로 우수성이 인정되어 “익산476호”로 계통명을 부여 받아, 2013~2014년까지 2개년간 전작(밭) 재배 수원, 청원, 춘천 등 3개 지역, 답리작(논) 재배 익산, 대구 등 2개 지역에서 지역적응 시험을 수행하였다(RDA 2013, 2014). 그 결과, 보리호위축병 저항성이면서 흑색 찰성으로 품질이 우수한 계통으로 입증되어 2014년 농작물 직무육성 신품종선정심의회에서 “흑수정찰”로 명명되었다. 그 후 국립종자원의 재배심사를 거쳐 2016년 식물신

품종보호법 제54조에 따라 품종보호등록원부에 등록(품종보호 제5846호) 되었다. 육성 경위를 도식화하면 Fig. 1과 같다.

고유특성

‘흑수정찰’은 Table 1과 Fig. 2에서 보는 바와 같이 이삭이 흑색이며, 까락이 긴 6조 밀수형인 보리로서 파성이 III인 추파형

으로 서둔찰보리(III)과 같은 형에 속한다. 줄기의 굵기는 중정도 이고 엽색은 녹색, 폭은 중간형이다. 서둔찰보리와 다른 종실 겹질 색깔은 흑색이다.

농업적 형질 및 재해 저항성

출수기와 성숙기는 Table 2에서 보는 바와 같이 출수기는

^zOYT: Observational yield trial, ^yPYT: Preliminary yield trial, ^xAYT: Advanced yield trial.

Fig. 1. Pedigree diagram of barley variety, ‘Heuksoojeongchal’.

Fig. 2. Comparison of some traits in ‘Seodunchal’ (Left) and ‘Heuksoojeongchal’ (Right). A: Maturity, B: Grain (color of husk)

4월 29일로 조숙종인 서둔찰보리보다 3일, 성숙기는 6월 3일로 3일 정도 늦게 출수하고 늦게 성숙되었다. 간장은 89 cm로 서둔찰보리(82 cm)보다 7 cm 긴 장간종이나 표준품종인 서둔찰보리보다 도복에 대한 저항성을 보였다. 수장은 5.0 cm로 서둔찰보리(4.4 cm)보다 크고, m²당 수수는 543개로 서둔찰보리(666개)보다 123 개 적은 소얼성이면서 1수립수는 54립으로 4립 많은 다립성 품종이다. 천립중은 36.0 g으로 서둔찰보리(34.0 g) 비해 2.0 g 무겁고, 1 l 중은 622 g으로 다소 가벼웠다.

내한성 및 내병성은 Table 3에서 보는 바와 같이 경기도 연천 시험포장에서 검정한 결과(RDA 2013, 2014), 고사주율은 표준 재배에서 3.8%, 고풍 재배에서 21.0%로 서둔찰보리(4.2%, 16.5%)보다 추위에 약하였다. 도복 정도는 시험재배포장에서 1로 서둔찰보리(6)보다 강하였다. 유묘 접종 검정에서 흰가루병(Woo & Kim 1983)은 서둔찰보리 품종과 같은 감수성이었다. 보리 연작재배지에서 발생이 많은 보리호위축병(BaYMV)은 토양 전염 바이러스병으로 피해가 큰 병이며(So et al. 1991), 보리 재배 지역별 다른 4종류의 바이러스 계통의 병원성이 보고되어 있다(Park et al. 2004, Park et al. 2007), 중남부 주재배지역인

나주(strain I 형)와 진주(strain IV 형)지역에서 보리호위축병에 대한 저항성을 보였으며, strain III형인 익산지역에서는 2 정도로 서둔찰보리보다 저항성을 보였다. '흑수정찰'은 토양 전염 바이러스병인 보리호위축병에 강해 상습발병지의 대체 품종으로 보급이 기대된다.

품질특성

보리의 성분은 64%가 전분으로 구성되어 있으며, 그 외 단백질이 11%, 베타글루칸이 5%, 나머지 20%는 수분, 섬유소, 지방, 회분, 소량의 비타민 등 미량성분을 포함하는 것으로 알려져다 (Cheigh et al. 1976). '흑수정찰'의 품질 분석결과, 단백질 함량은 조곡(원맥)에서 12.5%로 서둔찰보리와 비슷하였으며, 베타글루칸 함량은 6.7%로 서둔찰보리보다 높았다. 아밀로스 함량은 5.5%로 서둔찰보리보다 낮은 찰성 보리로 취반특성 중 흡수율과 퍼짐성은 247%와 396%로 서둔찰보리와 비슷하였다(Table 4).

수량성

'흑수정찰'의 수량성은 2013년부터 2014년까지 2개년간 실시

Table 1. Vernalization and morphological characteristics of 'Heuksoojeongchal'.

Cultivar	Vernalization	Grain husk	Leaf		Culm		Spike		Awn Length	Color of husk
			Color	Width size	Length	Diameter	Type	Density		
Heuksoojeongchal	III	Covered	Green	Medium	Long	Medium	6-rowed	Compact	Long	Black
Seodunchal	III	Covered	Green	Medium	Long	Medium	6-rowed	Compact	Long	Light yellow

Table 2. Agronomic Characteristics of cultivar 'Heuksoojeongchal' cultivated in Suwon, Chuncheon, Cheongwon, Iksan and Daegu regions from 2013 to 2014.

Cultivar	Heading date (Mon. Day)	Maturity date (Mon. Day)	Culm length (cm)	Spike length (cm)	No. of spike per m ²	No. of grains per spike	Test weight (g)	1,000 grain weight (g)
Heuksoojeongchal	Apr.29	June 3	89a ²	5.0a	543b	54a	622b	36.0a
Seodunchal	Apr.26	May 31	82b	4.4b	666a	50b	642a	34.0b

²Different letters within a column indicate significant difference between cultivars (t-test, $p < 0.05$)

Table 3. Winter hardiness, lodging resistance and BaYMV of cultivar 'Heuksoojeongchal' tested in Yeoncheon, Suwon, Chuncheon, Cheongwon, Iksan, Daegu, Naju and Jinju regions from 2013 to 2014.

Cultivar	Winter withering rate ² (%)		Lodging (0~9)	Powdery mildew ³ Infection type	BaYMV ^x (0~9)		
	Normal	High ridge			Naju (I)	Iksan (III)	Jinju (IV)
Heuksoojeongchal	3.8	21.0	1	Susceptible	0	2	0
Seodunchal	4.2	16.5	6	Susceptible	0	5	0

²Data tested at Yeoncheon.

³Disease incidence induced natural infection at plastic house at Iksan for three years.

^xInvestigation at viral infested field for three years (0: Resistance, 9: Susceptible). BaYMV means viral disease by Barley Yellow Mosaic Virus.

Table 4. Grain quality of ‘Heuksoojeongchal’.

Cultivar	Protein content (%)	β -glucan content (%)	Amylose content (%)	Cooking quality	
				Water absorption rate (%)	Expansion rate (%)
Heuksoojeongchal	12.5a ^z	6.7a	5.5b	247a	396a
Seodunchal	12.0a	5.7b	6.6a	261a	411a

^zDifferent letters within a column indicate significant difference between cultivars (t-test, $p < 0.05$)

Table 5. Yield potential of ‘Heuksoojeongchal’ in the regional yield trials (RYT) tested in Suwon, Chuncheon, Cheongwon, Iksan and Daegu regions from 2013 to 2014.

Field	Region	Heuksoojeongchal (MT/ha)			Seodunchal (MT/ha)			Index (A÷B)×100
		2013	2014	Mean (A)	2013	2014	Mean (B)	
Upland	Suwon	4.75	5.32	5.04	3.94	4.79	4.37	
	Chuncheon	5.52	5.58	5.55	5.93	5.09	5.51	
	Cheongwon	3.17	3.94	3.56	3.36	3.38	3.37	
	Mean	4.48	4.95	4.72a ^z	4.41	4.42	4.42b	107
Paddy	Iksan	5.03	3.41	4.22	5.45	3.68	4.57	
	Daegu	3.33	3.21	3.27	3.10	2.84	2.97	
	Mean	4.18	3.31	3.75a	4.28	3.26	3.77a	100
Total mean		4.36	4.29	4.33a	4.36	3.96	4.16a	104

^zDifferent letters within a row indicate significant difference between cultivars (t-test, $p < 0.05$)

한 지역적응시험(RDA 2013, 2014) 결과, 전작에서 재배한 수원, 춘천, 청원지역에서 4.72 MT/ha으로 서둔찰보리보다 수량성이 높았으나, 답리작에서 재배한 익산, 대구지역에서 3.75 MT/ha으로 비슷하였다. 전체 평균의 수량성은 ha 당 4.33 MT으로 연차간 변이가 있어 통계적인 차이가 인정되지 않았다(Table 5).

적 요

‘흑수정찰’은 도복에 강한 흑색 찰성 보리로 육성된 품종으로 파성은 III이며 이삭의 밀도는 밀수형이고, 까락이 긴 장망형으로 출수기는 4월 29일로 조숙종인 서둔찰보리보다 3일, 성숙기는 6월 3일로 3일 정도 늦었다. 간장은 89 cm로 서둔찰보리(82 cm) 대비 7 cm 크고, 수장은 5.0 cm로 서둔찰보리(4.4 cm)보다 컸다. m² 당 수수는 543개로 서둔찰보리보다 적었다. 1수립수 54립, 천립중(36.0 g)은 무거웠다. 리터중(622 g)은 서둔찰보리보다 가벼웠다. 토양 전염 바이러스병인 보리호위축병은 저항성이었으며, 한해는 서둔찰보리보다 약하였으나 도복은 강하였다. 품질 특성 중 베타글루칸 함량(6.7%)은 서둔찰보리에 비해 높았으며 아밀로스 함량(5.5%)은 낮았다. 흑색 찰성 보리로서 백도는 낮았으나 흡수율과 퍼짐성은 비슷하였다. 수량성은 전작 재배지역에

서 높았으나 전체지역 평균의 수량성은 4.33 MT/ha으로 서둔찰보리와 비슷하였다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제명: 용도별 고품질 내재해 다수성 쌀보리 신품종 개발, 과제번호: PJ011169022018)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

1. Bae SH, Kim HS, Jong SK. 2009. Evaluation of external quality of polished barley. Korean J Crop Sci 54: 124-133.
2. Cheigh HS, Lee NS, Kwon TW. 1976. Some nutritional composition of barley flours. Korean J Food Sci Technol 8: 260-262.
3. Kim JG, Baek SB, Kang MS, Suh SJ, Park GY, Park MW, Nam JH, Lee JH, Son YK, Lee CW, Kim HS, Yun CY, Lee YS, Kim DH, Kim SK, Ju JI. 2003. A new two-rowed, naked and waxy barley cultivar, ‘Pungsanchal’ suitable for split polished grains. Korean J Breed Sci 35: 112-113.
4. Kim YK, Baek SB, Kim JG, Lee MJ, Kim MJ, Kang MS,

- Kim HS, Seo JH, Hwang JJ, Suh SJ, Hyun JN, Kim SJ, Ryu IM, Kim JC, Jung Ky, Lee SH. 2007. A new six-rowed barley cultivar, 'Hwanggeumchal' with waxy cover and yellow aleurone. *Korean J Breed Sci* 39: 335-336.
5. Lee YT. 2001. Dietary fiber composition and viscosity of extracts from domestic barley, wheat, oat, and rye. *Korean J Food & Nutr* 14: 233-238.
 6. Lee MJ, Seo JH, Kim YK, Park JC, Cho SK, Choi JS, Hyun HN, Choi ID, Kim TS, Lee KW, Kim KJ. 2012. Six-rowed naked waxy barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivar 'Nurichal' with good cooking quality and BaYMV resistant. *Korean J Breed Sci* 44(suppl. 1): 90.
 7. McCleary BV, Glennie-Holmes M. 1985. Enzymic quantification of (1-3) (1-4)- β -D-glucan in barley and malt. *J of the institute of brewing* 91: 285-295.
 8. Newman RK, Newman CW, Graham H. 1989. The hypcholesterolemic function of barley beta-glucans. *Cereal Foods World* 34: 883.
 9. Park SL, Seo JH, Kim YG, Choi JS, Park MH, Chang YS, Kim JH, Oh YH, Park KY, Min GS. 1995. A new good quality, disease resistant and high-yielding waxy naked barley cultivar 'Hinchalssalbori' RDA. *J Agri Sci* 37: 116-120.
 10. Park JC, Seo JH, Choi MK, Lee KJ, Kim HM. 2004. The Incidence and distribution of viral diseases in barley fields in Korea. *Res Plant Dis* 10: 188-193.
 11. Park JC, Rho TW, Kim JG, Kim HM, So IY, Lee KJ. 2007. Strain distinction and their distribution of *Barley Yellow Mosaic Virus* base on RAPD analysis in Korea. *Korean J Plant Res* 20: 511-517.
 12. Park JC, Noh TH, Park CS, Kang CS, Kang MH, Lee ES, Lee JH, Lee JJ, Kim TS. 2009. Responses of resistant genes to *barley yellow mosaic virus* (BaYMV) strains in Korea. *Res Plant Dis* 15: 72-76.
 13. Rural Development Administration (RDA). 2012. Agriculture experiment investigation standard.
 14. Rural Development Administration (RDA). 2013, 2014. Report of development new variety of winter crops.
 15. Shinjiro C, Endo I, Tani T. 1965. Qualities of rices by early seasonal cultivation or early sowing depend upon rice varieties and growing regions. II. Cooking qualities of rice grains. Report of the Food Research Institute, Tokyo, Japan, 20: 13.
 16. So IY, Cheong SS, Lee KJ, Oho YH. 1991. Vector of barley yellow mosaic virus (BaYMV) and consideration on its control. *Res Rept RDA (Agri Institutional Cooperation)* 34: 75-83.
 17. Seog HM, Kim SR, Choi HD, Kim HM. 2002. Effects of β -glucan-enriched barley fraction on the lipid and cholesterol contents of plasma and feces in rat. *Korean J Food Sci Technol* 34: 678-683.
 18. Woo HD, Kim KC. 1983. Physiologic races of *Erysiphe graminis* f.sp. *Hordei* in Korea. *Korean J Plant Prot* 22: 283-286.