보리호위축병 저항성 고품질 다수성 겉보리 ‘혜양’

김양길^{1*} · 이미자¹ · 백성범¹ · 현종내¹ · 박형호¹ · 박종철¹ · 김경호¹

강천식¹ · 오영진¹ · 정영근¹ · 정재현² · 배정숙³ · 김보경¹

¹국립식량과학원, ²충청북도농업기술원, ³경상북도농업기술원

Covered Barley(*Hordeum vulgare* L.) Variety, ‘Hyeyang’ with BaYMV Resistance, High Yield and Good Malt Quality

Yang-Kil Kim^{1*}, Mi-Ja Lee¹, Seong-Bum Baek¹, Jong-Nae Hyun¹, Hyoung-Ho Park¹,
Jong-Chul Park¹, Kyong-ho Kim¹, Chon-Sik Kang¹, Young-Jin Oh¹, Young-Keun Cheong¹,
Jai-Hyun Jeung², Jeong-Suk Bae³, and Bo-Kyoung Kim¹

¹National Institute of Crop Science(NICS), RDA, Wanju 55365, Korea

²Chungbuk Agricultural Research and Extension Service, Cheongwon 28130, Korea

³Gyeongbuk Agricultural Research and Extension Service, Daegu 41404, Korea

Abstract : Improvement of winter hardiness, lodging resistance and good quality have been recently received more attention by covered barley(*Hordeum vulgare* L.) breeders than ever in Korea. ‘Hyeyang’, a new covered barley cultivar with early maturing and high yield was developed by the National Institute of Crop Science, RDA in 2010. It was derived from the cross between ‘Milyang87’ and ‘Wolsung8120’ with good quality. The initial cross was done in 1999 and the selected line, ‘Iksan432’ (YB4494-B-B-21-2), showed high yield and good quality characteristics under yield trial test from 2008 to 2010. The following is the characteristics of ‘Hyeyang’ that is characterized as the vernalization of 1, green leaf, compact spike and long rough awns. The heading date of ‘Hyeyang’ were similar to ‘Olbori’. The culm length was 82 cm which was 6 cm shorter than ‘Olbori’. It showed the spike length of 4.3 cm, 798 spikes / m², 56 grains / spike and 26.7 g for 1,000 grains weight. It showed similar winter hardiness and stronger resistance to barley yellow mosaic virus (BaYMV) compare to ‘Olbori’. It showed higher diastatic power 235DP than that of check cultivar, ‘Olbori’. Average yield of ‘Hyeyang’ was 4.44 MT/ha in the regional yield trials carried out in four location at double cropping system in Korea from 2008 to 2010, which was 8 percent higher than ‘Olbori’. ‘Hyeyang’ would be suitable for the area above -8°C of daily minimum temperature in January in Korean peninsula.

Keywords : Barley, Breeding, Cultivar, Hyeyang

서 언

보리는 세계 5대 곡물 중의 하나이며 예로부터 춘궁기에 주린 배를 부르게 했던 귀중한 식량으로 이용되어 왔었다. 그러나 쌀 등의 주곡 작물의 생산성 향상과 안정화로 보리의 소비가 줄고, 2012년 수매제 폐지로 인하여 재배면적은 21.2천ha로 급감하여 생산량의 부족에 따른 시장가격 상승 등 수급 불안정의

변화를 가져왔다. 이후 시장가격 안정화를 위한 농협의 수매(계약)단가 인상 및 계약재배를 통한 판로안정화 등으로 다시 회복하여 2014년에는 30.5천ha으로 재배면적이 다시 증가하였고, 수매제도 폐지 이전 수준으로 회복되었다. 또한 1인당 소비량도 1.3 kg으로 유지되고 있다(MAFRA 2014). 최근 건강한 삶을 즐기려는 소비자 층을 겨냥한 기능성 곡물을 이용한 식품 등이 인기를 얻고 있어 보리도 건강식으로 이용되는데 주로 혼식 및 주정용으로 대부분 이용되고, 특히 껍질이 있는 6조 겉보리는 높은 온도로 볶아 만든 보리음료, 싹을 틔워 만든 엿기름으로 식혜와 조청, 고추장과 된장 등 다양한 음식의 재료로 이용되고

*Corresponding author (E-mail: kim5yk@korea.kr, Tel.: + 82-10-9645-5589; Fax: + 82-63-238-5205)

(Received on September 23, 2015. Accepted on January 22, 2016.)

있다. 기존 개발된 엿기름용 헤미(Kim et al. 2007) 품종은 통상 실시되어 영광지역에서 농가재배, 지역업체 가공 및 유통 등으로 지역 소득작물로 재배가 되고 있다. 또한 전통음료 시장은 초기에는 소규모 영세한 업체가 대부분으로 보리 원료곡에 대한 품질을 크게 생각하지 않았으나 최근에는 기업체의 등장으로 지역 특산화 등 고품질 균일화된 품종을 이용한 제품 고급화로 발전해 나가고 있어 이에 따른 다양한 고품질 기능성 품종개발이 요구되고 있는 실정이다. 이러한 시점에서 농촌진흥청 국립식량과학원에서는 엿기름용으로 가공적성이 우수할 뿐만 아니라 답리작 재배에 적합하고, 보리재배지(남부지역)의 39.6%가 발병포장으로 큰 피해를 준다(So et al. 1991)는 보리호위축병과 추위에 잘 견디는 특성을 지닌 ‘해양’을 육성하여 이 품종의 육성경위와 주요특성을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

‘해양’의 특성에 대한 연구는 2008년부터 2010년까지 3년간 지역적응시험지역인 경기도 수원, 충북 청원, 전북 익산, 경북 대구 등 4개 지역에서 표준품종인 올보리를 대비하여 검토하였으며(RDA 2008, 2009, 2010), 각 지역별 표준재배법으로 수행하였다. 각각의 생육특성, 내재해성, 내병성, 수량구성요소 및 수량 등은 지역적응시험지역에서 3개년간 시험한 결과를 조사분석하였다. 수량구성요소 중 천립중은 2.0mm 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 익산(strain III형), 나주(strain I형), 진주(strain IV형)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 경기도 연천 시험지에서 9월 하순에 파종하여 월동 후 고사주율(%)을 조사하였다. 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. β -glucan 분석은 McCleary 방법(McCleary & Glennie-Holmes 1985)을 이용한 Megazyme kit를 이용하여 510nm에서 흡광도로 분석하였다. 효소역가는 AACC 방법(2000)에 준하여 측정하였으며, 백도는 Kett(Kett Electric Laboratory C-300-3)으로 3회 측정하였다. 통계처리의 평균값의 비교는 5% 유의수준에서 Duncan's Multiple Range test(DMRT)로 분석하였다.

결과 및 고찰

육성경위

‘해양’은 1999년에 조숙, 다수성 계통인 ‘밀양87호’를 모본으로, 고품질 내재해성인 ‘월성8120’를 부본으로 인공교배 하였다. 답리작 적응성이 뛰어나고 보리호위축병과 내재해성, 품질특성이 우수한 겉보리를 육성하기 위해 2000년에 F₁을 양성한 후 이듬해 집단으로 F₂~F₃를 전개하였다. 2003~2004년에는 F₄~F₅ 계통선발 하였으며 2005년에는 OYT(Observational yield trial)를 시험하여 우량시 되는 YB4494-B-B-21-2계통을 선발하였다. 2006년부터 2개년간 생산력검정시험 결과, 보리호위축병 저항성으로 다수성인 우수 계통으로 판명되어 ‘익산432호’로 계통명을 부여하였다. 2008년부터 3개년간 전작재배 수원과 청원 2개 지역, 답리작재배 익산과 대구 2개 지역에서 지역적응시험을 실시하였다(RDA 2008, 2009, 2010). 그 결과 다수성이면서 보리호위축병 저항성에 재해에 강한 계통으로 입증되어 2010년 농작물 직무육성 신품종선정심의회에서 선정되어 ‘해양’으로 명명되었다. 그 후 국립종자원의 재배심사를 거쳐 2013년 종자산업법 제55조에 따라 품종보호 등록원부에 등록(품종보호 제 4689호) 되었다. 육성 경위를 도식화하면 Fig. 1과 같다.

주요특성

‘해양’은 Table 1과 Fig. 2에서 보는 바와 같이 이삭이 6조 밀수형인 보리로서 파성이 I 인 춘파형으로 봄 파종시 파성을 소거하지 않아도 출수가 가능하다(Hwang et al. 1986, Qualset & Peterson 1978). 줄기의 굵기는 중정도이고 엽색은 녹색, 폭은 중간형이다. 까락은 길며 탈곡시 탈망성이 양호하다. 출수기는 4월 25일로 조숙종인 올보리와 비슷하였으며, 성숙기는 5월 31일로 올보리보다 1일 빨랐다. 간장은 82 cm로 올보리보다

Year	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Generation	Cross	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
Milyang87												
	x	YB4494 -	B -	B -	21 -	2 -	OYT ^z -	PYT ^y -	AYT ^x -	RYT -	RYT -	RYT
Wolsung8120										<div>Hyeyang (Iksan432)</div>		
Process	Artificial cross	Bulk and Pedigree selection					Yield trial			Regional yield trial		
^z OYT : Observational yield trial, ^y PYT : Preliminary yield trial, ^x AYT : Advanced yield trial.												

Fig. 1. Pedigree diagram of a new barley variety, 'Hyeyang'.

Fig. 2. Comparison of some traits in 'Hyeyang' (Left) and 'Olbori' (Right).

A: heading, B: malt

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

Cultivar	Vernalization	Grain husk	Leaf		Culm		Spike		Awn length
			Color	Width size	Color	Diameter	Type	Density	
Hyeyang	I	Covered	Green	Medium	Light yellow	Medium	6-rowed	Compact	Long type
Olbori	IV	Covered	Green	Medium	Light yellow	Medium	6-rowed	Compact	Long type

Table 2. Agronomic characteristics of cultivar 'Hyeyang' cultivated in Suwon, Cheongwon, Iksan and Daegu regions from 2008 to 2010.

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)
Hyeyang	Apr 25	May 31	82b [†]	4.3a	798a	56a	651b	26.7b
Olbori	Apr 25	June 1	88a	4.1a	729a	48b	691a	31.0a

[†]The same letters are not significantly different among varieties at the 5% probability level by DMRT.

Table 3. Winter hardiness, lodging resistance and BaYMV of cultivar 'Hyeyang' tested in Yeoncheon, Suwon, Cheongwon, Iksan, Daegu, Naju and Jinju regions from 2008 to 2010.

Cultivar	Winter withering rate ^z (%)		Lodging (0~9)	Powdery mildew ^y Infection type	BaYMV ^x (0~9)		
	Normal	High ridge			Naju (I)	Iksan (III)	Jinju (IV)
Hyeyang	0.2a [†]	21.2a	2a	Susceptible	0a	4a	0a
Olbori	0.8a	20.5a	3a	Susceptible	2a	5a	1a

^zData tested at Yeoncheon. ^yMeans of Suwon, Iksan during RYT.

^xBarley Yellow Mosaic Virus. 0: Resistance, 9: Susceptible.

[†]The same letters are not significantly different among varieties at the 5% probability level by DMRT.

6 cm 적어 바람피해에 비교적 안정적이다. 수장은 4.3 cm로 올보리(4.1 cm)와 비슷하며, m² 당 수수는 798개로 올보리(729개)보다 69개 많았고, 1수립수도 56립으로 8립 많은 품종이다. 천립중은 26.7 g으로 올보리 비해 4.3 g, 1 L 중은 651 g으로 다소 가벼웠다(Table 2). 내한성은 경기도 연천 시험포장에서 검정한 결과(RDA 2008, 2009, 2010), 저후 재배에서 0.2%로 올보리(0.8%)보다 보리의 고사주율이 적었으나, 고후 재배에서 21.2%로 올보리(20.5%) 보다 0.7% 정도 고사주율이 높아 고후 재배에서는 다소 약하였다. 도복 발생지역 평균은 2로 올보리(3)보다 약간 강하였다. 흰가루병(Woo & Kim 1983)은 유묘 접종 검정에서 감수성으로 올보리와 같았다. 보리에 발생하는 바이러스병 중 보리 주 재배지역에서 상습발병지에서 많이 발생하는 토양 전염 바이러스병인 보리호위축병은 큰 피해를 주는 병으로(So et al. 1991) 병원성이 다른 지역별 4종류의 계통이 보고되어 있다(Park et al. 2004, Park et al. 2007), 남부 주재배지역인 나주(strain I형)와 진주(strain IV형)지역에서 저항성을 보였으며, strain III형인 익산지역에서는 4 정도로 중도 저항성을 나타냈다(Table 3). 혜양의 품질비교 분석결과, 단백질 함량은 조곡(원맥)에서 10.9%, β -glucan 함량 4.5%, 백도는 36.6으로 올보리와 비슷하였으며, 정맥률은 60.3%로 올보리 보다 낮았다. 특히 엿기름 품질특성에서 혜양은 효소역가가 235DP로 올보리

(193DP)보다 42DP 높아 품질이 우수하였다(Table 4). 국내산 보리품종들로부터 제조한 맥아는 품종 간 차이를 보였다고 보고(Lee et al. 1999)하였다. 엿기름용 품종으로서 원맥의 효소역가가 높은 엿기름의 가공적성에 적합한 보리품종을 선택하는 것이 고품질의 엿기름을 생산할 수 있어(Kim et al. 2012) 혜양은 표준품종 올보리보다 아밀라제 효소활성이 좋아 엿기름용으로 적합하다고 판단된다. 엿기름 수율은 85.6%로 올보리와 비슷하였다.

수량성

'혜양'의 수량성은 2008년부터 2010년까지 3개년간 실시한 지역적응시험(RDA 2008, 2009, 2010) 결과, 전작재배 수원과 청원지역에서 4.34 MT/ha, 답리작재배 익산과 대구지역에서 4.55 MT/ha으로 연차간 수량변이가 있어 통계적인 차이가 인정되지 않았으나, 전체 평균의 수량성은 ha 당 4.44 MT으로 올보리 대비 8% 증수하였다(Table 5).

적 요

'혜양'은 답리작 적응성이 높은 보리호위축병 저항성 고품질 다수성 겉보리로 육성된 품종으로 파형은 I이며 이삭의 밀도는 밀수형이고, 까락이 긴 장망형으로 출수기는 올보리와 비슷하였

Table 4. Pearling and malt quality of ‘Hyeyang’.

Cultivar	Protein content (%)	β -glucan content (%)	Grain pearling		Diastatic power	Malt yield (%)
			Rate (%)	Whiteness		
Hyeyang	10.9a [†]	4.5a	60.3b	36.6a	235a	85.6a
Olbori	11.2a	4.8a	65.0a	36.0a	193b	88.5a

[†]The same letters are not significantly different among varieties at the 5% probability level by DMRT.

Table 5. Yield potential of ‘Hyeyang’ in the regional yield trials (RYT) tested in Suwon, Cheongwon, Iksan, and Daegu regions from 2008 to 2010.

Field	Region	Hyeyang(MT/ha)				Olbori(MT/ha)				Index (A÷B)×100
		2008	2009	2010	Mean(A)	2008	2009	2010	Mean(B)	
Upland	Suwon	4.93	5.36	4.51	4.93	4.27	4.09	3.93	4.10	120
	Cheongwon	2.42	4.59	4.22	3.74	2.73	4.11	4.15	3.66	102
	Mean	3.68	4.98	4.37	4.34	3.50	4.10	4.04	3.88	112
Paddy	Iksan	4.60	4.94	4.35	4.63	4.80	5.01	3.87	4.56	102
	Daegu	4.82	4.54	4.01	4.46	4.57	3.87	3.92	4.12	108
	Mean	4.71	4.74	4.18	4.55	4.69	4.44	3.90	4.34	105
Total mean		4.19	4.86	4.27	4.44a [†]	4.09	4.27	3.97	4.11b	108

[†]The same letters are not significantly different among varieties at the 5% probability level by DMRT.

다. 간장은 82 cm로 올보리(88 cm) 대비 6 cm 작고, 수장은 4.3 cm로 올보리(4.1 cm)와 비슷하였으며, m² 당 수수는 798개로 올보리보다 약간 많았다. 1수립수(56립)는 많고, 천립중(26.7 g)과 1L중(651 g)은 올보리보다 가벼웠다. 보리호위축병은 저항성이었으며, 내한성과 내도복성은 올보리와 비슷하였다. 단백질 함량, β -glucan 함량과 입백도는 올보리와 비슷하였으나, 정맥률은 낮았다. 엽기름특성 중 효소역가가 235DP로 올보리 비해 높았다. 수량성은 4.44 MT/ha으로 올보리 대비 8% 증수하였다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제명: 가공 용도별 고품질 다수성 겉보리 신품종 개발, 과제번호: PJ011169012016)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

1. American Association of Cereal Chemists (AACC). 2000. Approved Methods of the AACC. 10th ed. The Association: St. Paul, MN.
2. Hwang JJ, Youn KB, Lee HS. 1986. Classification of growth habit (vernalization requirement) of rye, oats and triticale. Korean J. Breed. 18(2): 154-161.
3. Kim YK, Baek SB, Kim JG, Lee MJ, Kang MS, Kim MJ, 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 and covered barley cultivar, “Hyemi” with lodging tolerance and high-yield. Korean J. Breed. Sci. 39(2): 248-249.
4. Kim JG, Lee JH, Sung BR, Ko BR, Lee YT, Kwon TO. 2012. Current state of barley industry and counter plan against the abolition of procurement system of barley. 1. Actual condition of the production of barley processed products and investigation on quality and price. Korean J.

- Intl. Agri. 24(4): 392-396.
5. Lee YT, Seo SJ, Chang HG. 1999. Quality characteristics of barley varieties related to enzymatic activity in malt. Korean J. Food Sci. Technol. 31(6): 1421-1426.
 6. 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.
 7. MAFRA. 2014. Ministry of agriculture, food and rural affairs statistical yearbook. pp. 250-293.
 8. Park JC, Seo JH, Choi MK, Lee KJ, Kim HM. 2004. The Incidence and distribution of viral diseases in barley fields in Korea. Research in Plant Disease 10(3): 188-193.
 9. 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. Kor. J. Plant Res. 20(6): 511-517.
 10. 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(2): 72-76.
 11. Qualset CO, Peterson ML. 1978. Polymorphism for vernalization requirement in a winter oats cultivar. Crop Sci. 18: 311-315.
 12. Rural Development Administration (RDA). 2008. Report of Development New Variety of Winter Crops.
 13. Rural Development Administration (RDA). 2009. Report of Development New Variety of Winter Crops.
 14. Rural Development Administration (RDA). 2010. Report of Development New Variety of Winter Crops.
 15. Rural Development Administration (RDA). 2012. Agriculture Experiment Investigation Standard.
 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. Woo HD, Kim KC. 1983. Physiologic races of *Erysiphe graminis* f. sp. *Hordei* in Korea. Korean J. Plant Prot. 22(4): 283-286.