안토시아닌 함량이 많은 검정 찰성 쌀보리 ‘흑보찰’

김양길^{1*} · 윤영미¹ · 이미자¹ · 김경호¹ · 강천식¹ · 박종호² · 박태일¹ · 김태현¹ · 박진천¹

¹국립식량과학원, ²농촌인적자원개발센터

Naked Waxy Barley (*Hordeum Vulgare* L.) Cultivar ‘Heukbochal’ with High Anthocyanin Content and Black Lemma

Yang-Kil Kim^{1*}, Young-Mi Yoon¹, Mi-Ja Lee¹, Kyong-Ho Kim¹, Chon-Sik Kang¹, Jong-Ho Park², Tae-il Park¹, Tae-Heon Kim¹, and Jin-Cheon Park¹

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

²Rural Human Resource Development Center (RHRDC), RDA, Jenju, 54874, Republic of Korea

Abstract *Hordeum vulgare* ‘Heukbochal’, a naked waxy barley cultivar with a high anthocyanin content and black lemma has been developed from a cross between ‘Ginssalbori/Changyongjaelae’ and ‘Ginssalbori’ by the National Institute of Crop Science, RDA. It is a winter-type barley with a vernalization degree of IV, lax panicle with loose-type spike density, and long awn type. The average heading date of ‘Heukbochal’ is April 19th, which is the same as that of the control cultivar ‘Saechalssalbori’. It has a long culm of 79 cm and a long spike length of 7.0 cm, with 54 grains per spike and a 1000-grain weight of 30.4 g. Although compared with ‘Saechalssalbori’, ‘Heukbochal’ shows weaker winter hardiness, it is characterized by better resistance to barley yellow mosaic virus. The grains of ‘Heukbochal’ showed a similar protein content (10.4%) to ‘Saechalssalbori’ but a lower beta-glucan content (5%) than that of ‘Saechalssalbori’. Furthermore, the grains of ‘Heukbochal’ have an anthocyanin content of 0.116±0.005 mg/bran g, which is 1.9 times higher than that of ‘Heuknuri’ (0.062±0.007 mg/bran g), another non-waxy naked barley cultivar with a black lemma. Additionally, its average grain yield is 4.02 ton/ha in paddy fields, which is 5% lower than that of ‘Saechalssalbori’. ‘Heukbochal’ is the first developed naked waxy barley cultivar with a high anthocyanin content and black lemma; therefore, we anticipate its cultivation in Korea (Registration No. 8194).

Keywords Barley, Naked barley, Breeding, Cultivar, Heukbochal

Received on July 23, 2021. Revised on July 23, 2021. Accepted on August 11, 2021.

* Corresponding Author (E-mail: kim5yk@korea.kr, Tel: +82-63-238-5224, Fax: +82-63-238-5205)

서 언

보리는 전 세계의 5대 곡류 중 하나로, 서늘하고 건조한 기후대에서 잘 자라기 때문에 주로 우리나라에서는 늦가을에 파종하여 이듬해 5월 말에서 6월 초에 수확하는 작물이다. 보리는 주로 쌀밥에 넣어 먹거나 음료, 맥주, 사료용 등으로 사용되고 있다. 이 중 쌀보리는 주로 혼반용으로 많이 이용되고 있어 찰기가 있고 식감이 부드러운 찰성 보리가 많이 재배 이용되고 있다 (RDA 2013). 2020년 현재 보리 재배면적이 34,978 ha로 맥종별 재배면적을 보면 쌀보리 19,498 ha, 맥주보리 8,170 ha, 겉보리 7,310 ha로 쌀보리가 절반이상의 재배면적을 차지하고 있다. 보리 전체의 식량자급률은 30.9%(2018) 정도이며, 1인당 소비량은 1.3~1.4 kg를 유지되고 있다(MAFRA 2020). 건강 기능성

식품을 선호하는 소비자들은 색이 다양한 컬러 푸드를 선호하기 때문에 색깔 보리의 기능성에 대한 관심이 높아지면서 컬러 보리를 이용한 음료, 빵, 혼반식 등 가공용 소비가 증가하고 있다. 보리 유색계통의 항산화효과는 anthocyanin 함량과 정의 상관관계가 있다고 하였으며, 유색보리종이 저해활성능 높은 lecithin oxidation과 hydrogen radical 소거능이 높았다고 보고 하였다(Song et al. 2005). 안토시아닌 함량이 높은 검정색 쌀보리 ‘흑누리’는 블랙보리와 보리커파용으로 전북 고창, 완도 등 재배 단지가 형성되어 재배되고 있다. 특히 취반용인 삼색보리로 이용되고 있는 자색인 ‘자수정찰’과 ‘보석찰’, 청색인 ‘강호청’, 검정색이면서 매성인 ‘흑누리’ 품종이 개발되어 이용되고 있다(Choi et al. 2007, Lee et al. 2012a, 2014b, 2018c). 혼반용으로 이용시 보리밥의 경도가 낮고 부드러운 식감은 아밀로스 함량이 낮은

찰성 보리가 유리하다. Bae 등(2009)은 찰성보리쌀이 가열 흡수성과 퍼짐성이 높아서 조리특성이 양호하고, 밥을 지을 때 메성보리쌀보다 식미가 좋았다고 보고하였다. 또한 검정 찰성 겉보리인 '흑수정찰'은 전남 해남지역 중심으로 생산지가 형성되어 혼반 및 보리차용으로 보리쌀 도정업체 및 보리차 가공업체에서 이용되고 있다(Kim et al. 2018). 따라서 본 연구에서는 수요자 원하는 식미가 좋은 검정 찰성 쌀보리로 안토시아닌 함량이 많은 '흑보찰'을 개발하여 그 육성 경위와 주요 특성을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

농업형질 및 수량성 조사

'흑보찰'의 농업적 특성에 대한 연구는 2015년부터 2017년까지 3년간 지역적응시험지역인 전북 전주, 전남 나주, 경남 진주와 경북 대구 등 4개 지역에서 '새찰쌀보리'를 대비품종으로 비교하여 검토하였으며(RDA 2015, 2016, 2017) 각 지역별 보리 표준재배법으로 수행하였다. 파종은 각 지역별 2014년 전주 10월 24일, 나주 10월 23일, 진주 10월 30일, 대구 10월 18일, 2015년 전주 10월 23일, 나주 10월 30일, 진주 11월 2일, 대구 10월 16일, 2016년 전주 10월 24일, 나주 11월 2일, 진주 11월 2일, 대구 11월 4일 파종하여 시험하였다. 파종량은 10a 당 16 kg(전주, 나주, 진주)~17 kg(대구)로 파종하였다. 각각의 품종 생육특성, 내재해성, 내병성, 수량구성요소 및 수량 등은 지역적응시험지역에서 3개년간 시험한 결과를 조사분석하여 이루어졌다. 수량구성요소 중 천립중은 1.8 mm 종목체를 통과한 종실, 즉 설립을 제거하고, 1,000립을 측정하였으며, 조곡수량은 수확 탈곡 건조 후 설립을 제거한 종실을 수분 14%로 보정하여 ha 당으로 환산하였다. 기타 조사는 농업과학기술 연구조사 분석기준(RDA 2012)에 준하였다. 병해검정 중 흰가루병 검정은 비닐하우스에서 자연 감염을 유도하여 성체시기에 조사하였으며, 발병심도를 0~9 및 괴사정도로 판정하였다. 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, 이병정도를 무 발생(0), 10% 미만(1), 11~30%(3), 31~50%(5), 51~70%(7), 71% 이상(9) 등으로 3월 상순에서 3월 하순 사이에 조사하였다(Park et al. 2009). 내한성 검정은 경기 연천 시험지에서 10월 상순에 파종하여 월동 후 고사주율(%)을 조사하였다. 파성 검정은 4℃, 3주 저온 처리와 무처리 두 처리 조건으로 파성별 대조품종과 함께 온실에 파종(이식)하여 수행되었다. 생육온도는 주간 20℃, 야간 15℃로 24시간 광처리하여 보리를

생육 시키면서 주경의 염수와 지엽 전개 일수를 조사하여 파성정도를 I~V 범위로 판정하였다.

품질 분석

단백질과 회분은 도정하지 않은 조곡으로 분석하였으며, 정곡에서 아밀로스, 베타글루칸, 백도 등을 분석하였다. 정곡 시료는 Satake 시험도정기(TM05C, SATAKE Co., Japan)로 정맥수율 77%로 정맥하여 얻었다. 조곡과 정곡은 0.5 mm체가 장착된 Centrifugal mill (Zm 100, F.Kurt Retsch GmbH & Co. KG, Germany)로 분쇄하여 사용하였다. 단백질분석은 원소분석기(US/Vario max, USA)를 이용하여 분석한 총 질소함량에 켈달장치를 이용하여 분석한 값과 비교하여 얻어진 conversion factor 5.71을 곱하여 구하였다. β -glucan 분석은 McCleary 방법(McCleary & Glennie-Holmes 1985)을 이용한 Megazyme kit를 이용하여 510 nm에서 흡광도로 분석하였다. 폴리페놀 함량은 80% 메탄올로 추출하고 Folin reagent를 가한 후 반응액의 흡광도를 720 nm에서 측정하고 표준물질로 0.1% gallic acid를 사용 검량선을 작성한 후 정량분석하였다. 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 읽었다. 이 시료를 평량한 알루미늄망(자체제작)에 넣어서 증류수를 제거한 후 이 망을 100 mL 비이커에 넣고 충분히 끓는 물 80 mL를 부어 알루미늄 호일로 덮어 150℃ 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℃-80℃에서 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. 보리쌀 백도는 Kett (Kett Electric Laboratory C-300-3)으로 3회 측정하였다. 안토시아닌은 Tüker와 Erdoğan의 방법에 따라 측정하였다. 통계분석은 R을 이용하였으며, 처리간의 차이는 t-test로 유의수준 5%($p < 0.05$)에서 검정하였다.

결과 및 고찰

육성경위

기능성분이 많은 검정 찰성 품종을 육성하기 위해, 1998년에 이삭이 길고 유색 특성을 가진 ‘긴쌀보리/창녕재래’ F₁을 모본으로, 이삭이 길고 다수형인 ‘긴쌀보리(IT188895)’ 품종을 부본으로 하여 인공교배 하였다. 1998년에 F₁을 양성한 후 1999년에 집단으로 F₂를 전개하였다. 2000~2007년에는 F₃-F₇ 계통에서 출수가 다소 빠르고 안토시아닌이 함유된 유색 계통을 선발하였다. 선발된 우량계통을 2009년에는 OYT (Observational yield trial)로 시험 후 우량시 되는 ‘CN98013-B-36-2-1-3-2-1-2’ 계통을 선발하였다. 선발된 이 계통을 5년간 생산력검정시험(2010~2014) 후 출수가 빠르고 바이러스저항성이며 유색 찰성 쌀보리 계통으로 우수성이 인정되어 ‘전주126호’로 계통명을 부여 받았다. 본 계통을 2015~2017년까지 3년간 답리작포장 재배시험으로 전주, 나주, 진주, 대구 등 4개 지역에서 지역적응시험을 수행하였다(RDA 2015, 2016, 2017). 그 결과, 보리호위축병 저항성이며 안토시아닌이 함량 많은 검정 찰성 우수계통으로 입증되어 2017년 농작물 직무육성 신품종선정심의회에서 ‘흑보찰’로 명명하였다. 그 후 국립종자원의 재배심사를 거쳐 2020년 식물신품종보호법 제54조에 따라 품종보호등록원부에 등록(품종보호 제8194

호) 되었다. 육성 경위를 도식화하면 Fig. 1과 같다.

고유특성

‘흑보찰’은 Table 1과 Fig. 2에서 보는 바와 같이 이삭의 밀도가 느슨한 소수형으로 까락이 긴 6조 보리이며, 파성이 IV인 추파형으로 ‘새찰쌀보리’(IV)와 같았다. ‘흑보찰’은 줄기 굵기는 중정도이고 엽색은 녹색, 폭은 중간형이었다. 종실은 찰성 대비품종인 ‘새찰쌀보리’와 다른 검정색이다.

농업적 형질 및 재해 저항성

출수기와 성숙기는 Table 2에서 보는 바와 같이 출수기는 4월 19일로 대비품종인 ‘새찰쌀보리’와 같았으나 성숙기는 5월 25일로 비슷한 시기에 성숙되었다. 간장은 79 cm로 ‘새찰쌀보리’(77 cm)보다 2 cm정도 컸으나 도복에 대한 저항성을 보였다. 이삭의 길이는 7.0 cm로 ‘새찰쌀보리’(4.8 cm)보다 2.2 cm 더 긴 이삭 밀도가 느슨한 소수형이며, m²당 수수는 546개정도였으며, 1수립수는 54립정도인 품종이었다. 천립중은 30.4 g으로 ‘새찰쌀보리’(28.5 g)에 비해 1.9 g 무겁고, 리터중은 790 g이었다.

내한성은 Table 3에서 보는 바와 같이 경기도 연천 시험포장에서 월동기간 추위(한해) 견디는 정도를 검정한 결과(RDA 2015, 2016, 2017) 고사주율은 66.7% 정도로 ‘새찰쌀보리’(33.3%)보

Year	1998		1999	2000	2001	2002	2003 ~ 2005	2006 ~ 2008	2009	2010	2011 ~ 2014	2015	2016	2017
Generation	Cross	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀₋₁₃	F ₁₄	F ₁₅	F ₁₆

Process	Artificial cross	Bulk and Pedigree selection	Yield trial	Regional yield trial
---------	------------------	-----------------------------	-------------	----------------------

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

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

Table 1. Vernalization and morphological characteristics of ‘Heukbochal’.

Cultivar	Vernalization degree	Grain color	Leaf		Culm		Spike		Awn Length
			Color	Width size	Color	Diameter	Type	Density	
Heukbochal	IV	Black	Green	Medium	Green	Medium	6-rowed	Lax	Long type
Saechalssalbori	IV	Light yellow	Green	Medium	Green	Medium	6-rowed	Compact	Long type

A

B

Fig. 2. Comparison of some traits in ‘Heukbochal’ (Left) and ‘Saechalssalbori’ (Right). A: Plant of maturing, B: Grain.

Table 2. Agronomic characteristics of ‘Heukbochal’ cultivated in Jeonju, Naju, Jinju and Daegu regions from 2015 to 2017.

Cultivar	Heading date (Mon. Day)	Maturing date (Mon. Day)	Culm length (cm)	Spike length (cm)	No. of spike per m ²	No. of grains per spike	Test weight (g/L)	1,000 grain weight (g)
Heukbochal	Apr.19	May 25	79a ^z	7.0a	546a	54a	790a	30.4a
Saechalssalbori	Apr.19	May 24	77b	4.8b	559a	57a	799a	28.5b

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

Table 3. Winter hardiness, lodging tolerance and BaYMV resistance of cultivar ‘Heukbochal’ tested in Jeonju, Naju, Jinju and Daegu regions from 2015 to 2017.

Cultivar	Winter withering rate ^z (%)	Lodging (0~9)	Powdery mildew ^y		BaYMV ^x (0~9)		
			Infection type		Naju (I)	Iksan (III)	Jinju (IV)
Heukbochal	66.7a ^w	1	Susceptible		0	1	0
Saechalssalbori	33.3b	1	Susceptible		0	3	0

^zData tested in Yeoncheon.

^yDisease incidence induced natural infection at plastic house at Jeonju for three years.

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

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

다 고사된 개체가 많아 추위에 약하였다. 도복 정도는 시험재배포장에서 1로 ‘새찰쌀보리’와 비슷하였다. 흰가루병(Woo & Kim 1983)은 ‘새찰쌀보리’ 품종과 같은 감수성이었다. 토양 전염 바이러스 병인 보리호위축병(BaYMV)은 연작피해가 큰 바이러스병(So et al. 1991)으로 ‘흑보찰’은 상습적으로 발생하는 보리호위축병 검정시험포장인 익산(strain III형)지역에서 ‘새찰쌀보리’(3)보다 강한 저항성을 보였으며, 기타 나주(strain I형), 진주(strain IV형) 검정포장에서 비슷한 결과를 나타냈다.

품질특성

‘흑보찰’의 품질은 Tables 4와 5에서 보는 바와 같이 단백질과 베타글루칸 함량은 조곡(원맥)과 정곡에서 10.4%, 5.0%로 ‘새찰쌀보리’(10.8%, 6.8%)보다 단백질은 비슷하였고 베타글루칸 함량은 적었다. 아밀로스 함량은 6.9%로 ‘새찰쌀보리’(6.8%)와 비

슷한 함량을 보였다. 취반 특성은 취반 후 수분 흡수율 245%, 퍼짐성 410%나타내 찰성 대비품종인 ‘새찰쌀보리’와 비슷한 취반 특성을 나타냈다. 안토시아닌 함량은 0.116 ± 0.005 mg/bran g으로 기존 농가에 보급되고 있는 메성 검정보리인 ‘흑누리’보다 약 1.9배 높았다. ‘흑보찰’은 출수 후 25일 전·후에서 자색으로 발현이 시작되고, 30일 전·후에서 검정색이 발현이 진행되어 성숙이 끝난 이삭은 검정색을 나타냈다. 자색보리의 안토시아닌 성분은 출수 후 25일부터 검출되기 시작한다는 보고(Song et al. 2011)와 유사하였다.

수량성

‘흑보찰’의 지역별 파종량은 10a 당 16 kg(전주, 나주, 진주)~17 kg(대구)로 2015년부터 2017년까지 지역적응시험(RDA 2015, 2016, 2017)을 실시한 결과, 연차간 지역별 수량차이를 확인할 수 있었다. 이 중 수량성이 가장 낮았던 해인 2016년도는 생육재생기 이후 기온에 평년대비 기온 0.6°C 높고, 강수량이 많아 출수와 성숙이 빨랐으나 수수/㎡ 등이 감소로 인해 낮은 수량성을 보였다. 3년간 실시한 수량성은 답리작 포장 재배에서 전주, 나주, 진주, 대구 4개 지역 평균 4.02톤/ha으로 대비품종인 ‘새찰쌀보리’ 95% 수준의 수량성을 나타내었으나, 이중 쌀보리 주 재배지역인 전남 나주지역에서 4.43톤/ha으로 가장 높은 수량성을 보였다(Table 6).

적 요

기능성분이 많이 함유된 검정 찰성 품종을 육성하기 위해 개발된 품종인 ‘흑보찰’은 안토시아닌 함량이 높은 검정 찰성 쌀보리이다. ‘흑보찰’은 6조이며 파성이 IV인 추파형 쌀보리로 이삭의 밀도가 느슨한 형태인 소수형이고, 까락이 긴 장망형이다. 출수기는 4월 19일로 대비품종인 ‘새찰쌀보리’(4월 19일)와 같았다.

Table 4. Grain qualities of ‘Heukbochal’.

Cultivar	Protein content (%)	β -glucan content (%)	Amylose content (%)	Anthocyanin cont (mg/bran g)
Heukbochal	10.4a ^z	5.0b	6.9a	0.116 ± 0.005
Saechalssalbori	10.8a	6.8a	6.8a	$(0.062 \pm 0.007)^y$

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

^yContent of a non-waxy naked barley cultivar ‘Heuknuri’ with black lemma

Table 5. Cooking characteristics of ‘Heukbochal’.

Cultivar	Water absorption rate (%)	Expansion rate (%)
Heukbochal	245a ^z	410a
Saechalssalbori	251a	425a

* 85% of normal color barley pearling rate was used

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

Table 6. Yield potential of ‘Heukbochal’ in the regional yield trials (RYT) tested in Jeonju, Naju, Jinju and Daegu regions from 2015 to 2017.

Field	Regions	Heukbochal (MT/ha)				Saechalssalbori (MT/ha)				Index (a/b × 100)
		2015	2016	2017	Mean (a)	2015	2016	2017	Mean (b)	
Paddy	Jeonju	2.34	2.60	5.70	3.55	2.53	3.10	6.01	3.88	91
	Naju	4.56	3.96	4.77	4.43	4.00	3.32	4.99	4.10	108
	Jinju	4.47	3.97	3.39	3.94	4.52	4.25	4.28	4.35	91
	Daegu	4.42	3.60	4.49	4.17	4.70	3.57	5.35	4.54	92
	Mean	3.95	3.53	4.59	4.02a ^z	3.94	3.56	5.16	4.22a	95

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

간장은 79 cm로 '새찰쌀보리'보다 큰 장간형이며, 수장(7.0 cm)은 길고 1수립수는 54개 정도이며, 천립중은 30.4 g으로 대립종이다. 토양 바이러스병인 보리호위축병은 '새찰쌀보리'보다 저항성이며, 추위 저항성 정도는 '새찰쌀보리'보다 약하였다. 단백질(10.4%)은 '새찰쌀보리'와 비슷하였고 베타글루칸(5.0%) 함량은 낮았다. 기능성 성분인 안토시아닌 함량은 0.116 ± 0.005 mg/bran g으로 기존 농가에 보급되고 있는 검정색 메성 쌀보리인 '흑누리'(0.062 ± 0.007 mg/bran g)보다 약 1.9배 높았다. 전체 평균 수량성(조곡)은 4.02톤/ha이었다. 이 품종은 안토시아닌 함량이 많은 검정 찰성 쌀보리로 국내 최초로 개발된 품종으로서 보급이 기대된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제명: 보리용도별 신품종 개발 및 품질향상연구(3단계), 과제번호: PJ01500402021)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. Choi JS, Suh JH, Min KS, Lee MJ, Park JC, Kim YK, Park TI, Hwang JJ, Kim HS, Baek SB, Ryu IM, Ju JJ, Kang SJ, Kim DH, Kim JG, Jung KY, Lee SH. 2007. A new colored naked barley cultivar 'Zasoojeongchal' with waxy endosperm. *Korean J Breed Sci* 39: 244-245.
3. Kim YK, Lee MJ, Kim KH, Park JH, Park TI, Yoon YM, Choi CH, Son JH, Kang CS. 2018. Waxy black barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivar, 'Heuksoojeongchal', with high yield and low amylose content. *Korean J Breed Sci* 50: 504-509.
4. Lee MJ, Seo JH, Kim YK, Park JC, Cho SK, Choi JS, Kim TS, Lee KW, Kim KJ. 2012a. Six-rowed naked non-waxy barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivar 'Ganghocheong' with high anthocyanin content and green aleurone. *Korean J Breed Sci* 44: 89.
5. Lee MJ, Kim YK, Park JC, Kim MJ, Hyun JN, Choi JS, Park KH. 2014b. Hull-less waxy barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivar 'Boseokchal' with high anthocyanin content and purple lemma. *Korean J Breed Sci* 46: 456-462.
6. Lee MJ, Kim YK, Kim KH, Park HH, Kim SM. 2018c. Development of naked non-waxy black barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivar 'Huknuri' with high anthocyanin content. *Korean J Breed Sci* 50: 274-279.
7. MAFRA. 2020. Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Statistical Yearbook. pp. 309-313.
8. 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.
9. 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.
10. Rural Development Administration (RDA). 2013. Barley-agriculture technology guide 118. pp. 62-73.
11. Rural Development Administration (RDA). 2012. Agriculture experiment investigation standard.
12. Rural Development Administration (RDA). 2015, 2016, 2017. Report of development new variety of winter crops.
13. Shinjiro C, Endo I, Tani T. 1965. Qualities of rices by barley 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.
14. 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.
15. Song ES, Park SJ, Woo NRA, Won MH, Choi JS, Kim JG, Kang MH. 2005. Antioxidant capacity of colored barley extracts by varieties. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1491-1497.
16. Song TH, Han OK, Kim YK, Park TI, Park KH, Kim KJ. 2011. Effect of top dressing and harvest time on growth, feed value, and anthocyanin content of colored barley. *Korean J Crop Sci* 56: 159-166.
17. Tüker N, Erdoğan F. 2006. Effect of pH and temperature of extraction medium on effective diffusion coefficient of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* var. L.). *J Food Eng* 76: 579-583.
18. Woo HD, Kim KC. 1983. Physiologic races of *Erysiphe graminis* f. sp. *Hordei* in Korea. *Korean J Plant Prot* 22: 283-286.