자색 찰성 겉보리 신품종 ‘보안찰’

김양길^{1*} · 백성범¹ · 이미자¹ · 현종내¹ · 최재성¹ · 박종철¹ · 최인덕¹ · 정재현² · 최홍집³ ·
조상균¹ · 박기훈¹ · 김기종¹

¹국립식량과학원, ²충청북도농업기술원, ³경상북도농업기술원

Purple Covered Waxy Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivar, ‘Boanchal’

Yang-Kil Kim^{1*}, Seong-Bum Baek¹, Mi-Ja Lee¹, Jong-Nae Hyun¹, Jae-Seong Choi¹, Jong-Chul Park¹,
Induck Choi¹, Jai-Hyun Jeung², Hong-Jib Choi³, Sang-Kyun Cho¹, Ki-Hun Park¹, and Kee-Jong, Kim¹

¹National Institute of Crop Science(NICS), RDA, Suwon 441-100, Korea

²Chungbuk Agricultural Research and Extension Service, Cheongwon 363-880, Korea

³Gyeongbuk Agricultural Research and Extension Service, Daegu 702-320, Korea

Abstract : ‘Boanchal’, a new covered waxy barley cultivar derived from crossing the ‘Suwon232’ and ‘Masangwamaeg’ with early maturing and colored waxy endosperm cultivars, respectively was developed at the National Institute of Crop Science, RDA in 2009. ‘Boanchal’ is characterized as the growth habit of III, green leaf, medium spike and long rough awns. The heading date was April 24 in upland and April 17 in paddy field which was 2 and 1 day, respectively earlier than check cultivar, ‘Seodunchal’. The culm length of ‘Boanchal’ was 79 cm, which was 11 cm shorter than that of check cultivar. It showed spike length of 3.5 cm, 854 spikes per m², 43 grains per spike, and 28.0 g of 1,000-grain weight. Comparing to check cultivar, ‘Boanchal’ showed stronger winter hardiness, but a similar resistance to barley yellow mosaic virus (BaYMV). It had purple grain and showed higher expansion rate than that of check cultivar, ‘Seodunchal’. Average yield of ‘Boanchal’ in the regional adaptation yield trial (RYT) was 2.96 MT/ha in upland and 3.91 MT/ha in paddy field. ‘Boanchal’ would be suitable for the area above -8°C of daily minimum temperature in January in Korean peninsula.

Keywords : Barley, Boanchal, Cultivar, Breeding, Purple grain

서 언

보리는 수매 중단 이후 재배면적이 극감하였으나 최근 보리 가공산업 활성화와 1인당 소비량 1.3 kg(2012)을 유지로 재배면적이 30.5천ha로 회복되고 있다. 최근 웰빙시대에 부응한 다양한 기능성 칼라 식품이 개발되어 소비자들의 관심이 높아짐에 따라 채소는 물론 곡류에 있어서도 유색 미, 유색 콩, 유색 옥수수 등과 같은 기능성이 가미된 곡류 섭취 증가로 소비가 증가하고 있다(Song et al. 2005). Anthocyanin은 식물에 함유된 수용성 천연색소로 과채류와 곡류 등에 함유

되어 있고, pH에 따라 보라색, 적색, 주황색, 청색, 분홍색 등 다양한 색깔을 나타낸다(Henry 1996). 보리의 노랑, 청색 또는 검정색의 보리종자에 delphinidin과 cyanidin이, 보라색 종자에는 pelargonidin이 함유되어 있다고 하였다(Jende-Strid 1978). Song et al. (2005)에 의하면 유색보리 계통이 전자공여능, SOD-like 활성, lecithin 산화 저해활성능, hydrogen radical 소거능이 높았으며, 여러 가지 항산화 실험에서 항산화능이 높게 측정되었다고 하였다. 현재 우리나라에서 재배 보급되고 있는 유색보리로는 자색종인 자수정찰, 보석찰, 흑색종인 흑나래, 흑누리 그리고 청색종인 강호청 등 쌀보리가 개발되어 재배되고 있으며, 노란색 호분층을 가진 황금찰 겉보리도 보급되고 있다(Choi et al. 2007, Kim et al. 2007, Lee et al. 2011a and 2012b). 그러나 특히 유색 쌀보리는 한 해에 약한 편이어서 1월 최저평균기온이 -6°C 이상인 지역인

*Corresponding author (E-mail: kim5yk@korea.kr, Tel: +82-63-840-2242, Fax: +82-63-840-2116)

(Received on August 3, 2014. Revised on September 25, 2014.
Accepted on September 29, 2014.)

비교적 따뜻한 남부지역에서 많이 재배되고 있는 실정이다. 따라서 한해에 강한 특성을 지닌 겉보리 품종을 중북부지역 보급하고자 겉보리 유색보리를 개발하게 되었다. ‘보안찰’은 자색보리로 한해에 강하고 출수가 빠르면서 쓰러짐에 대한 저항성이 강한 특성 등을 지닌 유색 겉보리 품종으로 그 육성 경위와 주요특성을 보고하는 바이다.

재료 및 방법

본 실험종의 생육 특성 및 수량검정 연구는 2007년부터 2009년까지 3년간 지역적응시험지역인 경기도 수원, 전북 익산, 충북 청원, 경북 대구 등 4개 지역에서 표준품종인 서둔찰보리와 비교 검토하였으며(RDA 2007, 2008, 2009), 지역별 표준재배로 수행하였다. 각각의 생육특성, 내재해성, 내병성, 수량구성요소 및 수량 등은 지역적응시험지역에서 3개년간 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 2003)에 준하였다. 병해검정 중 흰가루병은 수원, 익산지역에서 포장(비닐하우스)에서 *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei* 병원균을 접종 2주 후 조사하였으며, 발병심도를 0~9 및 과사정도로 판정하였다. 보리호위축병(*Barley yellow mosaic virus*, BaYMV) 검정은 지역별 상습발병포장인 익산(strain III형), 나주(strain I형), 진주(strain IV형)지역에서 자연 발생을 유도하였고 백동품종을 체크품종으로 하여 이병정도(0~9)를 3월 상순에서 4월 상순 사이에 조사하였다(Park et al. 2009). 내한성 검정은 경기도 연천 시험지에서 9월 하순에 파종하여 월동 후 고사주율(%)을 조사하였다. 품질 분석은 조곡에서 단백질을, 정곡에서 베타글루칸 등을 분석하였다. 시료는 Satake 시험도정기로 정맥수율 67%로 정맥하였다. 조곡과 정곡을 0.5 mm체가 장착된 Retsch centrifugal mill (Model Dm/Zm 100)로 분쇄한 분말 시료를 사용하였다. 단백질분석은 Elementar Analyzer System (US/Vario)를 이용하여 분석한 총 질소함량에 켈달장치를 이용하여 분석한 값과 비교하여 얻어진 conversion factor 5.17를 곱하여서 구하였다. β -glucan 분석은 Mcclary 방법(Mccleary & Glennie-Holmes 1985)을 이용한 Megazyme kit를 이용하여 510 nm에서 흡광도로 분석하였다. 백도는 Kett (Kett Electric Laboratory C-300-3)으로 3회 측정하였다. 취반에 따

른 정맥의 수분 흡수율, 퍼짐성은 Shinjiro et al. (1965)의 방법을 사용하여 분석하였다. 보리쌀 5 g을 20 ml D.W (distilled water)가 들어있는 50 ml 메스실린더에 넣은 후 부피(a)를 읽고, 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°C 건조기에서 40분간 취반하였다. 취반된 시료를 꺼내어 10회 정도 물기를 떨어준 다음 비이커 60°C 정도 기울여 놓는다. 10분 후 무게(b)를 측정하고 이 시료를 20 ml 증류수가 들어 있는 50 ml 메스실린더에 옮기고 부피(c)를 잰다. 100 ml 비이커에 남아 있는 물을 건조기에 넣고 75°C~80°C에서 16시간 정도 건조시킨 후 꺼내어 데시게이터에 넣고 30분 후 무게를 측정하고 다음 식으로 흡수율(%)=흡수 후 무게(b)-(시료+망무게)/시료무게 $\times$ 100, 퍼짐성(%)=취반 후 부피(c)/취반 전 시료부피(a) $\times$ 100으로 흡수율과 퍼짐성을 계산하였다. 안토시아닌 분석시료는 완전히 성숙된 이삭을 탈곡한 종실을 이용하였다. 안토시아닌은 5 ml 갈색병에 시료 0.2 g을 넣은 후 0.1N HCl-80% MeOH 용액 2 ml를 가하여 4°C에서 24시간 추출하였다. 추출액을 2.0 ml microtube에 옮긴 후 10,000 rpm에서 10분간 centrifuging 하였다. 원심분리한 상등액은 0.45 μ m syring filter를 이용하여 여과한 후 HPLC분석 시험용액으로 사용하였다. 분석조건은 column (YMC-Pack, ODS-AM), detector (UV, 520 nm, Flow rate (0.9 ml/min), solvent (A: 5% formic acid, B: Acetonitrile + formic acid), absorbance (520 nm), injection volume (20 μ l) 하였다(Kim et al. 2007). 통계처리의 평균값의 비교는 $\alpha=5\%$ 유의수준에서 Duncan's Multiple Range test (DMRT)로 분석하였다.

결과 및 고찰

육성경위

‘보안찰’은 1998년에 조숙계통인 ‘수원232호’모본으로, 찰성, 자색, 쌀보리인 ‘마산과맥’를 부분으로 인공교배 하였다. 답리작 적응성이 뛰어나고 한해에 강한 특성과 단간이면서도 도복에 강한 유색 겉보리를 육성하기 위해 1999년에 F₁을 양성한 후 이듬해 집단으로 F₂를 전개하였고, 2001~2002년에는 각각 F₃, F₄를 집단선발 하다. 2003년에는 F₅ 계통선발 하였으며 2004년에는 OYT (Observational yield trial)를 실시하여 우량시 되는 SB982014-B-B-B-109-B계통을 선발하였다. 2005년부터 2개년간 생산력검정시험을 실시한 결과, 자

색이면서 키가 작은 단간으로 내도복성이 강한 우수 계통으로 판명되어 ‘익산426호’로 계통명을 부여, 2007년부터 3년간 전작포장 재배시험을 수원, 청원 등 2개 지역, 답리작 재배시험을 익산, 대구 등 2개 지역에서 지역적응시험을 실시하였다(RDA 2007, 2008, 2009). 그 결과, 자색이면서 내도복성이 강한 계통으로 입증되어 2009년 농작물 직무육성 신품종 선정심의회에서 선정됨과 동시에 ‘보안찰’로 명명하였다. 육성 계통도를 도식화하면 Fig. 1과 같다.

주요특성

‘보안찰’은 Table 1에서 보는 바와 같이 이삭이 6조 밀수형이 겉보리로서 파성이 III이며, 줄기의 굵기는 가늘고 엷색

은 녹색, 폭은 중간형이다. 이삭의 색깔은 자색으로 출수 후 25일 전·후에서 색깔 발현이 시작되어 이삭이 성숙하면 끝이 난다. Song et al. (2011)에 의하면 보리에서 안토시아닌이 출수 후 25일부터 검출되기 시작, 자색보리의 색깔 발현 시기가 육안으로 판단한 것과 유사하였다. 까락은 길며 탈망성이 양호하다. 출수기는 4월 20일로 조숙종인 서둔찰보리보다 2일 빠르다. 성숙기는 5월 28일로 서둔찰보리보다 2일 정도 빠른 성숙을 보여 서둔찰보리와 같은 등숙일수를 보였다. 간장은 79 cm로 서둔찰보리보다 11 cm 작은 중간형으로 도복에 잘 견딘다. 수장은 3.5 cm로 서둔찰보리보다 작다. m²당 수수는 854개로 서둔찰보리보다 95개 많으나 1수립수는 43개로 9개 적은 품종으로립수가 적은 단점이 보완되어야 할 부분이다.

Year	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Generation	Cross	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
Suwon232 x Masangwamaeg		SB982014	- B	- B	- B	- [109 - OYT ^z - PYT ^y - AYT ^x]						
						1 . 150 .						
											Boanchal (Iksan426)	
Process	Artificial cross	Bulk and Pedigree selection					Yield trial			Regional yield trial		
^z OYT : Observational yield trial												
^y PYT : Preliminary yield trial												
^x A YT : Advanced yield trial												

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

Fig. 2. The photo of Boanchal (left) and Seodunchal (right) with its grain taken from the research field in Iksan.

천립중은 28.0 g으로 서둔찰보리보다 적은 중소립종이며, 1L 중은 671 g으로 다소 가벼웠다(Table 2). 내한성은 경기도 연천에서 검정한 결과(RDA 2007, 2008, 2009), 저휴(골) 재배에서 6.1%, 고휴(두둑) 재배에서 14.7%로 서둔찰보리 25.0%보다 10.3% 고사주율이 낮아 고휴재배에서 다소 강하였다. 도복(도복 발생지역 평균)정도는 1로 서둔찰보리 5보다 강하였다. 흰가루병은 유묘 접종 검정된 결과 감수성으로 서둔찰보리와 같았다. 토양 전염병인 보리호위축병으로 상습발병지

에서 큰 피해를 주는 병으로(So et al. 1991) 남부 주재배지역인 나주(strain I형)와 진주(strain IV형)지역에서 저항성을 보였으며, III형인 익산지역에서는 7정도로 약한 저항성을 나타냈다(Table 3). 단백질 함량은 조곡(원맥)에서 11.7%, β -glucan 함량 6.7%, 정맥률은 67.3로 서둔찰보리와 비슷하였으며, 보리쌀 색의 입백도는 35.6로 서둔찰보리 41.0보다 낮았다 이는 자색보리 특성상 도정 후에도 약간의 자색이 묻어 있어 백도가 낮아진 것으로 보인다(Table 4). 보안찰은 자색

Table 1. Growth habit and morphological characteristics of 'Boanchal'.

Cultivar	Growth habit	Grain color	Leaf		Culm		Spike		Awn length
			Color	Width size	Color	Diameter	Type	Density	
Boanchal	III	Purple	Green	Medium	Purple	Thin	6-rowed	Compact	Long type
Seodunchal	III	Light yellow	Green	Medium	Light yellow	Medium	6-rowed	Compact	Long type

Table 2. Agronomic Characteristics of cultivar 'Boanchal' cultivated in Suwon, Cheongwon, Iksan and Daegu regions from 2007 to 2009.

Cultivar	Heading date	Maturing date	Culm length (cm)	Spike length (cm)	No. of spike per m ²	No. of grains per spike	Test weight (g)	1000 grain weight (g)
Boanchal	Apr.20	May 28	79b ^z	3.5b	854a	43b	671a	28.0b
Seodunchal	Apr.22	May 30	90a	4.4a	759b	52a	678a	31.8a

^zThe 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 'Boanchal' tested in Yeoncheon, Suwon, Cheongwon, Iksan, Daegu, Naju and Jinju regions from 2007 to 2009.

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)
Boanchal	6.1a ^w	14.7a	1b	Susceptible	1a	7a	1a
Seodunchal	0.0a	25.0a	5a	Susceptible	2a	4a	2a

^zData tested at Yeoncheon

^yMeans of Suwon, Iksan during RYT

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

^wThe same letters are not significantly different among varieties at the 5% probability level by DMRT

Table 4. Pearling and cooking characteristics of 'Boanchal'.

Cultivar	Protein content (%)	β -glucan content (%)	Grain pearling		Cooking quality	
			Rate (%)	Whiteness	Water absorption Rate (%)	Expansion rate (%)
Boanchal	11.7a ^z	6.7a	67.3a	35.6b	274.5a	444.5a
Seodunchal	10.5a	6.4a	70.4a	41.0a	270.0a	432.0a

^zThe same letters are not significantly different among varieties at the 5% probability level by DMRT

Table 5. Anthocyanin contents of ‘Boanchal’.

Cultivar	Anthocyanin cont. ($\mu\text{g/g}$) ^z				
	Total	Cya3g	Del3g	Pel3g	Others
Boanchal	181.1 a ^y	30.1 a	1.4 a	3.9 a	145.8 a
Seodunchal	5.9 b	ND b	1.3 a	2.6 b	1.9 b

^zCya3g : Cyanidin-3-glucoside, Del3g : Delphinidin-3-glucoside, Pel3g : Pelargonidin-3-glucoside, ND : Not detected

^yThe same letters are not significantly different among varieties at the 5% probability level by DMRT

Table 6. Yield potential of ‘Boanchal’ in the regional yield trials (RYT) tested in Suwon, Cheongwon, Iksan, and Daegu regions from 2007 to 2009.

Field	Region	Boanchal (MT/ha)				Seodunchal (MT/ha)				Index (A/B×100)
		2007	2008	2009	Mean (A)	2007	2008	2009	Mean (B)	
Upland	Suwon	3.17	3.76	3.28	3.40	3.18	3.72	4.06	3.65	93
	Cheongwon	2.65	2.02	2.89	2.52	3.87	2.59	4.37	3.61	70
	Mean	2.91	2.89	3.09	2.96	3.53	3.16	4.22	3.63	82
Paddy	Iksan	2.84	3.42	4.25	3.50	3.57	4.78	4.45	4.27	82
	Daegu	4.18	3.98	4.79	4.32	4.41	4.86	4.06	4.44	97
	Mean	3.51	3.70	4.52	3.91	3.99	4.82	4.26	4.36	90
Total mean		3.21	3.30	3.80	3.44b ^z	3.76	3.99	4.24	3.99a	86

^zThe same letters are not significantly different among varieties at the 5% probability level by DMRT

의 영을 가진 겉보리로 안토시아닌 함량이 181.1 $\mu\text{g/g}$ 서둔찰보리 5.9 $\mu\text{g/g}$ 보다 175.2 $\mu\text{g/g}$ 높았다(Table 5). 자색보리 품종이 일반보리 품종보다 안토시아닌 함량이 높다는 결과(Choi et al. 2007)와 일치하였다.

수량성

‘보안찰’의 수량성은 2007년부터 2009년까지 3개년간 실시한 지역적응시험(RDA 2007, 2008, 2009) 결과, 수량은 ha당 3.44 MT으로 서둔찰보리에 비해 수량이 낮았다. 전작재배 수원, 청원지역에서 답리작재배는 익산, 대구지역에서 연차간 수량변이가 있어 통계적인 차이가 인정되지 않았다. 전작재배에서 2.96 MT/ha, 답리작재배에서 3.91 MT/ha 이었다(Table 6).

적 요

‘보안찰’은 답리작 적응성이 높은 조숙 내한 내도복 유색 찰성 겉보리로 육성된 품종으로 파형은 III이며, 이삭의 밀도는 밀수형으로 까락 긴 장망형이다. 출수기와 성숙기는 각각 2일 빠른 조숙종이다. 흰가루병과 보리호위충병은 서둔찰보리와 비슷하였다. 내한성과 내도복성은 서둔찰보리보다 다소

강하였다. 간장(79 cm)은 작고, 수장은 서둔찰보리보다 약간 작다. m²당 수수는 854개로 서둔찰보리보다 많고, 1수립수는 43개로 적다. 천립중은 서둔찰보리보다 작은 중소립종이며, 1 L 중은 다소 가벼웠다. 단백질 함량, β -glucan 함량과 정맥률은 비슷하였고, 입백도는 낮았다. 취반특성 중 흡수율과 퍼짐성은 비슷하였고, 안토시아닌 함량은 181.1 $\mu\text{g/g}$ 으로 높았다. 수량은 전작에서 2.96 MT/ha, 답리작에서 3.91 MT/ha 있었다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 시험연구사업(과제번호: PJ0064970 62014)의 지원에 의해 이루어졌으며, 품종 육성함에 있어 협력하여 주신 농촌진흥청 국립식량과학원 및 농촌진흥청 연구관리국, 각도 농업기술원 관계관계 깊은 감사를 드립니다.

REFERENCES

1. Choi JS, Suh JH, Min KS, Lee MJ, Park JC, Kim YK, Park TI, Hwang JJ, Kim HS, Baek SB, Ryu IM, Ju JI, 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.
2. Henry BS. 1996. Natural food colors. In Natural food colorants (2nd ed). Hendry GAF, Houghton JD (eds). Blackie and Son Ltd. Glasgo. Great Britain. pp.39-78.
 3. Jende-Strid B. 1978. Mutation affecting flavonoid synthesis in Barley. Carsberg Res. Commun. 43: 265-273.
 4. Kim MJ, Hyun JN, Kim JA, Park JC, Kim MY, Kim JG, Lee SJ, Chun SC, Chung IM. 2007. Relationship between phenolic compounds, anthocyanins content and antioxidant activity in colored barley germplasm. J. Agric. Food Chem. 55: 4802-4809.
 5. 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, "Hwangggeumchal" with waxy cover and yellow aleurone. Korean J. Breed. Sci. 39: 335-336.
 6. Lee MJ, Seo JH, kim YK, Kim MJ, Park JC, Choi JS, Hyun JN, Kim JG, Kim TS, Lee KW, Kim KJ. 2011a. Naked waxy barley cultivar "Boseokchal" with high anthocyanin content and purple lemma. Korean J. Breed. Sci. 43: 83.
 7. Lee MJ, Seo JH, kim YK, Park JC, Cho SK, Choi JS, Kim TS, Lee KW, Kim KJ. 2012b. Six-rowed naked non-waxy barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivar "Ganghocheong" with high anthocyanin content and green aleurone. Korean J. Breed. Sci. 44: 89.
 8. McCleary BV, Glennie-Holmes M. 1985. Enzymic quantification of (1-3) (1-4)- β -D-glucan in barley and malt. J. Institute Brew. 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). 2003. Agriculture experiment investigation standard.
 11. Rural Development Administration (RDA). 2007. Report of development new variety of winter crops.
 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. 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.
 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. 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. 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.