종실이 크면서도 쓰러짐과 탈립에 강한 검정콩 ‘태청’

서정현^{1*} · 한원영¹ · 백인열¹ · 김홍식¹ · 김현태¹ · 강범규¹ · 고종민¹ · 윤홍태¹ · 이병원¹ · 오재현² · 신상욱¹ · 곽도연¹

¹농촌진흥청 국립식량과학원, ²농촌진흥청 국립농업과학원

Lodging and Pod Shattering Tolerance of Large-Seeded Black Soybean Cultivar ‘Taecheong’

Jeong Hyun Seo^{1*}, Won Young Han¹, In Youl Baek¹, Hong Sik Kim¹, Hyun Tae Kim¹, Beom Kyu Kang¹, Jong Min Ko¹, Hong Tai Yun¹, Byoung Won Lee¹, Jae Hyeon Oh², Sang Ouk Shin¹, and Do Yeon Kwak¹

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

²National Institute of Agricultural Sciences (NAAS), RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

Abstract ‘Taecheong’ is a black soybean cultivar developed from crossing ‘YS1593(Milyang136 × Tanbaguro)’ and ‘Cheongja2’ in 2005. F₁ and F₂ populations were grown for 2 years and promising lines were selected by pedigree method from F₃ to F₅. The preliminary yield trial (PYT) and advanced yield trial (AYT) were conducted from 2012 to 2013, and a regional yield trial (RYT) in seven regions was conducted from 2014 to 2016. ‘Taecheong’ is determinate, with purple flower, green cotyledon, and black spherical seed. Flowering date and maturing date were August 3 and October 20, respectively. Regarding quantitative characteristics, ‘Taecheong’ has a larger seed size (44.5 g/100-seed weight) than that of ‘Cheongja3’ (35.8 g/100-seed weight). ‘Taecheong’ was tolerant to pod shattering and lodging at the RYT field and indoor test. In addition, ‘Taecheong’ was resistant to bacterial pustule during the field test, and to soybean mosaic virus (G6H strain) during the inoculation test. Although its seed quality-related characteristics were similar to those of ‘Cheongja3’, it contained more anthocyanin in its seed-coat, which is a primary functional component of black soybean. The mean yield of ‘Taecheong’ in RYT was 240 kg/10a, which was 94% of the yield of ‘Cheongja3’. ‘Taecheong’ is expected to be used as raw material for soy products, such as for preparing soybean chocolates, because of its large seed size (Registration number: 7104).

Keywords Soybean, Black soybean, Green-cotyledon, Cultivar

Received on August 6, 2020. Revised on August 12, 2020. Accepted on August 20, 2020.

* Corresponding Author (E-mail: next0501@korea.kr, Tel: +82-55-350-1236, Fax: +82-55-353-3050)

서 언

콩[*Glycine max* (L.) Merr.]은 한반도 북부가 원산지인 작물로 서 양질의 단백질과 지방이 함유되어 있다. 이러한 성분적 특이성으로 인해 우리나라에서는 과거부터 주로 두부, 장류, 콩나물 등 전통 가공식품의 원료곡으로 소비되어 왔으며, 주식인 쌀의 부족한 영양분을 채워주는 역할을 해왔다(Kim et al. 2018).

콩의 재배면적은 2017년 기준 약 4만 6천ha로 2012년 이후 재배면적이 매년 감소하고, 이에 따라 생산량도 감소추세를 나타내고 있으며, 콩의 식량자급률 또한 2017년 기준 22%로 2000년대비 약 6% 감소하였다. 하지만 2018년산 콩 생산량은 논 타작물 재배지원사업 등의 영향으로 재배면적이 늘면서 다소 증가하였으며, 정책이 시행되는 기간에는 이러한 현상이 지속될 것으로

전망된다(KREI 2019). 농업관측본부 소비자패널조사에 따르면 소비자들은 수입산 콩의 안전성에 대한 우려 때문에 국산콩에 대한 선호도는 높은 한편, 국산콩의 비싼 가격으로 인해 구매를 기피하는 것으로 조사되었다(KREI 2019). 따라서 콩 품종 개발에 있어서는 다양한 용도에 대비한 품종 개발을 통한 신수요 창출, 가공적성 및 품질이 우수한 품종 개발 등 국산콩의 가격경쟁력을 확보하는 것이 중요하다. 이러한 측면에서 콩의 한 종류인 검정콩은 일반콩에 비해 높은 가격대를 형성하고 있으며, 종피와 자엽에 함유된 안토시아닌, 루테인 등 색소 성분의 효능이 밝혀지면서(Park et al. 2018, Teng et al. 2017, Yoon et al. 2018) 건강식품으로서도 인기를 끌고 있어 앞으로의 콩 산업에 다양한 원료곡으로서 각광받을 것으로 예상된다.

검정콩은 우리나라에서 주로 밥에 넣어 먹는 음식으로서 소비

지역적응시험

지역적응시험(RYT, Regional Yield Trial)은 수원, 춘천, 연천, 나주, 달성, 예산, 칠곡 등 7개 지역에서 2014년부터 2016년까지 3년간 수행되었다. 재배방법은 시험구 면적 11.2 m², 재식거리 70 × 15 cm, 1주2본으로 재배되고 달성과 수원 지역은 난괴법 4반복으로 배치하였으며 이외 지역은 난괴법 3반복으로 배치하였다. 파종기는 6월 중순이며 농업과학기술 연구조사분석기준에 따라 생육특성 및 수량성을 조사하고, 대비품종인 ‘청자3호’와 비교하였다.

내병성 검정

병해 검정을 위해 5월 상순에 검정포장에 파종하여 콩모자이크바이러스와 불마름병의 자연 이병률을 조사하였다. 콩모자이크바이러스병 저항성 검정을 위해 각 시험 전년도에 접종 및 증식한 후 저온 보관해둔 콩모자이크바이러스 G5 (Lim et al. 2003), G6H (Seo et al. 2009), G7H (Kim et al. 2003) 균계를 지닌 잎을 마쇄하여 2 mole 농도의 인산 나트륨 버퍼에 녹인 후 즙액을 만들고, 온실에서 초생엽 전개시 carborandom을 이용하여 잎 표면에 상처를 낸 후 접종하였다. 접종 2주 경과 후 접종한 하위엽을, 10일 뒤 접종한 상위 엽을 병반 없음(-), 갈색 병반(L), 엽맥 병반(V), 모자이크 증상(M), 고사(N) 등 5 가지 병징으로 구분하고 조사하였다. 불마름병 저항성 검정을 위해 8 ra를 증식하여 증류수에 희석하여 OD값 0.2-0.3으로 농도를 맞추어 제2본엽기에 충분히 분무 접종하고 습식처리 하였다. 균주 접종 후 10일이 경과하고 2회에 걸쳐 잎에 나타난 병징 발현 정도를 조사하였다(Seo et al. 2009).

내도복성 및 내탈립성 검정

내도복성 검정을 위해 2 수준의 70 × 15 cm(표준)와 70 × 7.5 cm(2배 밀식)를 설정하고 난괴법 2반복으로 배치하여 도복 정도를 조사하였다. 도복 정도는 성숙기에 45° 이상 기울어진 개체의 비율로 등급화(1: 5% 이하, 3: 6~10%, 5: 11~50%, 7: 51~75%, 9: 76% 이상)하였다. 반복 및 연차간 도복 정도 등급을 평균하여 반올림 후 1~9로 최종등급을 표시하였다. 협개열성 정도는 내도복성 검정 시험구에서 각 계통별 꼬투리 20개를 성숙기에 채취하여 40℃ 건조기에 48시간 건조한 후 꼬투리의 개열 정도를 조사하였다(Kang et al. 2005).

품질 분석

단백질 함량은 질소 분석기(Elementar Analysen system,

US/RapidN111, Germany)를 이용하여 분석하였으며 지방 함량은 자동유지추출장치(Soxxhlet System: BUCHI Labortechnik, B-811, AG, Switzerland)에 넣고 n-hexane으로 3시간 열수 추출한 후 지방 함량을 구하였다(Choung 2006).

당 성분 분석은 분쇄한 시료 1 g을 정밀히 칭량하여 튜브에 넣고 70% 에탄올 10 ml를 첨가하여 실온에서 shaking 하여 전처리물을 추출하였다. 추출된 시료를 24시간 후 여과하여 증류수와 여과된 시료 각 0.7 ml를 마이크로튜브에 혼합하여 이중 0.7 ml를 액체크로마토그래피(Dionex, Ultimate 3000, USA)에 넣고 분석하였다(Kim et al. 2005).

안토시아닌 분석을 위하여 콩 겉질 0.1 g을 정밀히 칭량하여 튜브에 넣고 40% 메탄올 용매 30 ml를 첨가하여 4℃ 200 rpm에서 48시간 shaking 하여 추출하였다. 추출된 시료용액을 No2 여과지로 여과한 후 여액 1.0 ml를 취하여 0.45 µm 필터로 여과하였고 안토시아닌은 액체크로마토그래피(Dionex, Ultimate 3000, USA)로 분석하였다(Ha et al. 2009).

수분흡수율은 건조 종자 50립의 무게를 잰 후 상온의 물에 침종하여 2, 6, 12시간 후 무게를 각각 측정하여 구하였으며((침종후 종자무게-침종전 종자무게)/침종전 종자무게 × 100%), 12시간 후 부풀지 않은 종자 수를 세어 경질종자 비율을 구하였다.

결과 및 고찰

고유특성 및 생육특성

‘태창’은 유한신육형 초형으로 꽃색은 자색, 엽형은 난형, 모용색은 갈색, 협색은 갈색, 종실은 구형이며 종피색은 검은색으로, 표준품종인 ‘청자3호’와 비슷한 고유특성을 나타낸다. 자엽색은 녹색으로 소비자의 기호에 알맞은 특징을 가지고 있고, ‘청자3호’에 비해 자엽의 색이 더 짙은 특성이 있다. 개화기는 8월 3일, 성숙기는 10월 20일로 ‘청자3호’에 비해 숙기가 늦다. 경장, 마디수, 협수, 협고는 각각 69 cm, 15개, 38개, 15 cm로 표준 품종인 ‘청자3호’와 비슷한 생육특성을 갖고 있으나, 100립중이 44.5 g으로 ‘청자3호’에 비해 약 9 g 큰 극대립종이다(Table 1, Fig. 2).

내도복 · 내탈립 및 내병성

‘태창’은 시험 포장과 밀식 검정 포장에서 각각 2, 2로 평가되어 ‘청자3호’(2,3)와 같이 도복에 강한 것으로 나타났다. 협개열성 정도는 포장에서 2로 평가되고 실내검정에서 47.0%로 측정되어 ‘청자3호’(78.0%)보다 탈립에 강하였다(Table 1). ‘태창’의 불마름병 저항성은 시험포장에서는 ‘청자3호’와 대등하였으나,

Table 1. Mean values of quantitative characteristics of ‘Taecheong’ in the regional yield trial from 2014 to 2016.

Cultivar	Flowering Date (Month. Day)	Maturity Date (Month. Day)	Height (cm)	No. of nodes	No. of branches	No. of pods	First pod height (cm)	100-seed weight (g)	Lodging at field (1-9) ^z		Shattering	
									Normal culture	Dense culture	Field (1-9) ^z	Ratio by Oven test (%) ^y
Taecheong	8.3	10.20	69a ^x	15a	3.4a	38a	15a	44.5a	2	2	2	47.0
Cheongja3	8.1	10.17	72a	15a	3.8a	40a	14a	35.8b	2	3	4	78.0

^z(1) Tolerant ~ (9) Susceptible.^ythe ratio of shattered pod by dry oven test at 40°C for 48hr.^xsame letters were not significantly different between ‘Taecheong’ and ‘Cheongja3’ by student t-test at 0.05. **Fig. 2.** Picture of ‘Taecheong’ and ‘Cheongja3’ in the comparison of seed size. a) ‘Taecheong’, b) ‘Cheongja3’.**Table 2.** The resistance of ‘Taecheong’ to the diseases of soybean evaluated from 2014 to 2016.

Cultivar	Bacterial Pustule (0-9) ^z		Soybean Mosaic Virus ^y			Field(0-9) ^z	Root rot (%) ^x
	Field	Inoculation	G5	G6H	G7H		
Taecheong	1	7	L / M	L / -	V / M	5	1.5
Cheongja3	1	5	N / M	L / M	L / M	3	1.7

^z(0) Tolerant~(9) Susceptible.^yReaction of inoculated leaf/upper leaves, (-) No symptom, (L) Local reaction, (M) Mosaic, (V) Vein necrosis, (N) Necrosis^xRoot rot and damaged seed that were naturally infected in the field were estimated.

인공접종시에 ‘청자3호’ 보다 다소 약하였다. 콩모자이크바이러스 접종시에 G5, G7H strain에서 모자이크 증상이 나타났으나 G6H strain에서는 발견되지 않았으며, 검정포장에서는 5로 평가되어 청자3호(3)에 비해 다소 약한것으로 평가되었고, 검은뿌리썩음병에는 ‘청자3호’와 대등한 특성을 나타내었다(Table 2).

종신품질 및 가공적성

‘태청’의 조단백질 함량은 44.6%로 ‘청자3호’ 보다 2.5% 높았고, 조지방 함량은 17.8%로 0.9% 높았지만 이에 대한 통계적 유의성은 없었다. 수분흡수율은 12시간 233%로 ‘청자3호’(227%)와 비슷하였고, 경실종자는 없었다. 종실의 총 당함량은 113 mg/g sucrose 함량은 58 mg/g으로 ‘청자3호’와 비슷하였고, 종피의

Table 3. Seed quality-related characteristics of ‘Taecheong’ evaluated from 2014 to 2016.

Cultivar	Crude Protein (%)	Crude Oil (%)	Hard seed ratio (%)	Ratio of water absorption (%)			Sugar content (mg/g)		Anthocyanin content (μg / g)
				2hr	6hr	12hr	Sucrose	Total	
Taecheong	44.6a ^z	17.8a	0.0a	163a	210a	233a	58a	113a	29,874a
Cheongja3	42.1a	16.9a	0.0a	164a	207a	227a	59a	119a	25,458a

^zsame letters were not significantly different between ‘Taecheong’ and ‘Cheongja3’ by student t-test at 0.05.

Table 4. Yield of ‘Taecheong’ in the preliminary and advanced yield trials in Daegu.

Cultivar	Yield (Ton/ha)			Index ^x
	PYT('12) ^z	AYT('13) ^y	Mean	
Taecheong	207	373	290	119
Cheongja3	204	282	243	100
t-value ^w	-0.14 ^{ns}	-2.18 ^{ns}	-1.1 ^{ns}	-

^z(PYT) preliminary yield trial.

^y(AYT) advanced yield trial.

^x(Index) mean yield of ‘Taecheong’/mean yield of ‘Cheongja3’ × 100.

^wns denotes there was no significantly different between ‘Taecheong’ and ‘Cheongja3’ by student t-test.

Table 5. Yield of ‘Taecheong’ in the regional yield trials at 7 locations.

Location	Taecheong					Cheongja3			
	2014	2015	2016	Mean	Index ^z	2014	2015	2016	Mean
Suwon	272	201	254	242	100	243	212	274	243
Chuncheon	255	192	306	251	106	239	156	316	237
Yeoncheon	109	206	303	206	73	281	228	339	283
Dalseong	191	244	272	236	87	208	290	317	272
Yesan	173	179	306	219	99	182	189	294	222
Naju	241	400	296	312	106	245	369	272	295
Chilgok	243	211	178	211	94	281	240	155	225
Mean	212	233	274	240	94	240	241	281	254
t-value ^y				0.75^{ns}					

^z(Index) mean yield of ‘Taecheong’ / mean yield of ‘Cheongja3’ × 100.

^yns denotes there was no significantly different between ‘Taecheong’ and ‘Cheongja3’ by student t-test.

총 안토시아닌 함량은 29,874 μg/g으로 ‘청자3호’(25,458 μg/g)에 비해 높았다(Table 3).

수량성

‘태청’은 2012년부터 2013년 2년간 생산력검정시험에서 290 kg/10a의 수량성을 나타내어 표준품종인 ‘청자3호’에 비해 19% 증수하였으나 통계적으로 유의하지 않았고(Table 4), 2013년부터 2015년 3년 간 지역적응시험 결과 전국 7개소 평균 240 kg/10a로 ‘청자3호’(254 kg/10a) 대비 94%의 수량성을 나타내었으나, 통계적으로 유의하지는 않았다(Table 5).

재배상의 유의점

‘태청’은 극대립인 만숙종의 품종으로 파종이 늦을 시 종실 무게가 감소하고, 서리피해를 입을 수 있으므로 극만파를 지양하여야 한다. 또한 종실 크기가 커서 수확이 늦을 시 종자 탈립이 우려되므로 적기에 수확하여 탈립에 의한 손실을 예방하여야 한다.

적 요

‘태청’은 대립인 녹자엽 검정콩 품종육성을 목표로 2005년에 ‘YS1593(밀양136호x단파흑대두)’를 모본으로 ‘청자2호’를 부

본으로 교배하여 계통육종법에 의해 선발되었다. 2012년부터 2013년도에 실시한 생산력검정시험에서는 대립인 녹자엽 검정콩 계통으로 유망하여 '밀양278호'의 계통명을 부여하였고, 2014년부터 2016년까지 3년간 7개소에서 수행한 지역적응시험 결과 종실이 '청자3호' 보다 종실이 굵으면서도 도복과 탈립에 강하여 '태청'으로 명명되었다.

'태청'은 유한신육형, 화색이 자색, 종피는 검은색, 자엽색은 녹색이면서 구형인 검정콩 품종이다. 개화기는 8월3일, 성숙기는 10월 20일로 숙기가 늦으며, '청자3호'와 생육특성이 유사하지만, 100립중이 '청자3호' 대비 약 9 g 무거운 극대립 품종이다. 도복 정도는 시험포장과 밀식 검정포장에서 '청자3호'와 비슷하여 강하였고, 협개열성 정도는 실내 검정에서 '청자3호'에 비해 낮아 탈립에 강하였다. 불마름병, 콩모자이크바이러스 등 병해에 '청자3호'와 대등하였고, 검은뿌리썩음병에 강한 특성을 나타내었다. '태청'은 12시간 침종 후 경실종자가 없었으며, 당함량은 '청자3호'와 비슷하였으나, 검정콩의 기능성 성분인 안토시아닌 함량이 '청자3호' 보다 높았다. 수량성은 전국 7개 지역 평균 240 kg/10a로 '청자3호'의 94% 수준으로 다소 낮았지만 통계적으로 유의하지는 않았다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제명: 기능성 유색콩 품종 육성, 과제번호: PJ01122503)의 지원에 의해 수행되었다.

REFERENCES

- Baek IY, Kang ST, Shin DC, Choung MG, Han WY, Kwack YH, Moon HP. 2001. A new black soybean variety with green cotyledon, early maturity and large seed size 'Cheongjakong'. Korean J Breed Sci 33: 250-241.
- Baek IY, Han WY, Kang ST, Shin DC, Choung MG, Oh SK, Shin SO, Suh DY, Kim SC. 2004. A new black soybean cultivar, 'Cheongja2' with green cotyledon, early maturity and high anthocyanin. Korean J Breed Sci 36: 385-386.
- Choung MG. 2006. Variation of oil contents and fatty acid compositions in Korean soybean germplasm. Korean J Crop Sci 51: 139-149.
- Cicek MS, Chen MA, Shagia M, Buss GR. 2006. Interrelationships among agronomic and seed quality traits in an interspecific soybean recombinant inbred population. Crop Sci 46: 1253-1259.
- Ha TJ, Lee JH, Shin SO, Shin SH, Han SI, Kim HT, Ko JM, Lee MH, Park KY. 2009. Changes in anthocyanin and isoflavone concentrations in black seed-coated soybean at different planting locations. J Crop Sci Biotech 12: 79-86.
- Homma K. 2011. Evaluation of soil moisture status in the field to improve the production of Tanbaguro soybeans. Soybean Applications and Technology. 127-150.
- Hytén DL, Pantalone VR, Sams CE, Saxton AM, Landau ED, Stefaniak TR, Schmidt ME. 2004. Seed quality QTL in a prominent soybean population. Theor Appl Genet 109: 552-561.
- Kang ST, Kim HK, Baek IY, Chung MG, Han WY, Shin DC, Lee SH. 2005. Genetic analysis of pod dehiscence in soybean. Korean J Crop Sci 50: 281-285.
- Kim HK, Kang ST, Cho JH, Choung MG, Suh DY. 2005. Quantitative trait loci associated with oligosaccharide and sucrose contents in soybean (*Glycine max* L.). J Plant Biology. 48: 106-112.
- Kim HT, Han WY, Seo JH, Kang BK, Shin SO, Kim HS, Lee YH, Lee BW, Yun HT, Park CH, Kwak DY. 2018. Pod shattering tolerant black soybean cultivar 'Cheongja4' with green cotyledon and without seed coat cracking. Korean J Breed Sci 50: 89-295.
- Kim YH, Kim OS, Lee BC, Moon JK, Lee SC, Lee JY. 2003. G7H, a new soybean mosaic virus strain: its virulence and nucleotide sequence of ci gene. Plant Dis 87: 1372-1375.
- Kim YH, Lee JH, Lee YS, Yun HT. 2006. Antioxidant activity and extraction efficiency of anthocyanin pigments in black soybean. Korean Soybean Digest 23: 1-9.
- KREI (Korea Rural Economic Institute). 2019. Agricultural Outlook 2019 Korea; 402-404.
- Lim WS, Kim YH, Kim KH. 2003. Complete genome sequences of the genomic RNA of soybean mosaic virus strains G7H and G5. Plant Pathol J 19: 171-176.
- Park SW, Choi JH, Kim JH, Jeong WH, Kim JS, Jeong BK, Shin SC. 2018. Anthocyanins from black soybean seed coat prevent radiation-induced skin fibrosis by downregulating TGF- β and Smad3 expression. Arch Dermatol Res 310: 401.
- RDA (Rural Development Administration). 2012. Agricultural science technology standards for investigation of research. RDA Jeonju Korea.

17. Seo JK, Ohshima K, Lee HG, Son M, Choi HS, Lee SH, Sohn SH, Kim KH. 2009. Molecular variability and genetic structure of the population of soybean mosaic virus based on the analysis of complete genome sequence. *Virology* 393: 91-103.
18. Seo MJ, Kang ST, Moon JK, Lee SK, Kim YH, Jeong KH, Yun HT. 2009. Identification of Quantitative Trait Loci Associated with Resistance to Bacterial Pustle (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*) in Soybean. *Korean J Breed Sci* 41: 456-462.
19. Teng WL, Feng WJ, Zhang JY, Xia N, Guo J, Li W, Wu DO, Zhao X, Han YP, Li WB. 2017. Identification of quantitative trait loci underlying lutein content in soybean seeds across multiple environments. *Journal of Agricultural Science* 155: 1263-1271.
20. Yoon Y, Lee YM, Song S, Lee YY, Yeum KJ. 2018. Black soybeans protect human keratinocytes from oxidative stress-induced cell death. *Food Sci Nutr* 6: 2423-2430.
21. Yun HT, Park KY, Moon JK, Kim YH, Kim SL, Ku JH, Lee YH, Ryu YH, Baek IY, Han WY, Kim HT, Cho JH, Ko JM, Shin DC, Suh DY, Kim HY, Kim SK, Ha KS, Lee SS, Son CK, Kim YD. 2005. A new black soybean cultivar, 'Cheongja3' with green cotyledon, medium-late maturity and high anthocyanin. *Korean J Breed Sci* 37: 261-262.