대립 내탈립 녹색종피 유색콩 ‘청미인’

서정현* · 한원영 · 고종민 · 백인열 · 이병원 · 윤홍태 · 이영훈 · 신상욱 · 오기원 · 하태정 · 최만수 · 강범규 · 김현영 · 박지희 · 김준희 · 성정숙 · 정찬식

농촌진흥청 국립식량과학원

Large-Seeded Green Seed-Coated Soybean Cultivar ‘Cheongmiin’ with Pod Shattering Tolerance

Jeong Hyun Seo*, Won Young Han, Jong Min Ko, In Youl Baek, Byong Won Lee, Hong Tai Yun, Young Hoon Lee, Sang Ouk Shin, Ki Won Oh, Tae Joung Ha, Man Soo Choi, Beom Kyu Kang, Hyun Yeong Kim, Jee Hee Park, Jun Hoi Kim, Jung Sook Sung, and Chan Sik Jung

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

Abstract ‘Cheongmiin’ is a green seed-coated soybean cultivar developed from a cross between ‘Cheongjakong’ and ‘Daemang’ in 2002. The F₁ and F₂ populations were grown for 2 years, and promising lines were selected based on the pedigree method from generations F₃ to F₅. Preliminary and advanced yield trials were conducted from 2009 to 2010, and regional yield trials (RYTs) were conducted in eight regions from 2011 to 2013. ‘Cheongmiin’ is a determinate soybean with white flowers, green cotyledons, and spherical green seeds. The average flowering and maturing dates of ‘Cheongmiin’ were August 1st and October 22nd, respectively. In terms of quantitative characteristics, ‘Cheongmiin’ has a larger seed size (34.3 g/100-seed weight) than that of ‘Cheongdulho’ (24.5 g/100-seed weight), and has also been shown to be tolerant to lodging and pod shattering in the field in RYT and oven drying tests, respectively. Furthermore, ‘Cheongmiin’ has been found to be resistant to bacterial pustules in the field and soybean mosaic viruses (G5H and G6H strains) in inoculation tests. The mean yield of ‘Cheongmiin’ in the RYT was 272 kg/10 a, which was 4% higher than that of ‘Cheongdulho’. Given its large seed size and seed coat color, ‘Cheongmiin’ is expected to be highly useful for cooking with rice and for the preparation of rice cakes (Registration No. 7688).

Keywords Soybean, Green seed-coat, Green-cotyledon, Cultivar

Received on June 10, 2021. Revised on June 11, 2021. Accepted on July 26, 2021.

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

서 언

콩(*Glycine max* (L.) Merr.)은 한반도 북부가 원산지인 작물로 고품질의 식물성 단백질과 지방이 함유되어 있어 두부, 장류, 콩나물 등 다양한 가공식품의 원료로서 사용되고 있다. 이 중에서도 검정콩을 포함한 유색콩은 주로 밥이나 떡에 넣어 먹는 용도로서 소비되어 왔다. 따라서 두부, 장류, 콩나물 등 가공식품의 원료 형태로 소비되고 있는 일반콩과는 달리 종실 자체를 사용하기 때문에 종실 외관 특성이 중요한 구매 요인으로 작용한다(Kim et al. 2018, Seo et al. 2020). 우리나라의 소비자들은 유색콩의 크기가 크고, 껍질 안의 색이 녹색인 것을 선호하기 때문에 국내에서 육성된 유색콩 품종들은 종실 크기가 크고, 껍질 안의 색이

녹색인 형태로 발전되어 왔다(Kim et al. 2006, Seo et al. 2020).

국내 콩 재배면적은 2019년 기준 약 5만9천ha로 2012년 8만ha 대비 약 2만ha 감소하였으며, 국산콩 식량자급률 또한 2019년 기준 28.4%에 불과하다(MAFRA 2020). 국내 소비자들은 국산콩에 대한 선호도가 높은 반면 가격이 비싸기 때문에 구매를 기피하는 것으로 조사되었다(KREI 2019). 2019년까지 콩 생산량은 논 타작물재배지원사업 등 정부정책에 따라 논콩 면적이 확대되었고(KREI 2019), 2021년부터는 콩 식량자급률 45% 달성 목표에 따라 논콩 재배의 집단지화, 규모화를 위해 2021년 기준 79개소 논콩 재배 단지를 선정하고, 2025년까지 200개소로 확대하는 정책을 추진 중에 있다.

우리나라에서는 종자가 크고 껍질 안의 색이 녹색인 검정콩을

‘서리태’라고 부르며, 녹색종피를 가지고 있는 콩을 ‘청서리태’ 또는 ‘청태’라고 부른다. 밥밑용 또는 떡소용으로 사용되는 유색콩의 경우 종실이 커서 무름성이 좋고, 당 함량이 높은 것이 맛이 좋다고 하였으며(Back et al. 2013, Han et al. 2017), 최근에는 두유 등 가공식품의 원료곡으로 활용되면서 이에 대한 가공적성 평가 또한 필요하다. 검정콩 등 유색콩은 일반콩에 비해 종피의 안토시아닌, 자엽의 루테인 등 기능성 성분을 가지고 있어 건강기능성 식품으로서도 소비가 확대되고 있다(Teng et al. 2017, Yoon et al. 2018, Seo et al. 2020).

국내에서 유색콩 품종은 ‘검정콩1호’(Kim et al. 1995)를 시작으로 자엽색이 황색인 검정콩 품종이 개발되었고, 자엽색이 녹색인 ‘청자콩’(Back et al. 2001)을 처음으로 녹자엽인 유색콩 품종이 개발되고 있다(Han et al. 2017). 일반적으로 유색콩은 일반콩에 비해 쓰러짐과 탈립 등에 약하여 재배가 어렵고, 수량성이 낮은 단점이 있다. 특히 콩 재배 시 성숙기 탈립 문제는 수확기 심각한 수량손실의 주요한 원인이 되며, 입모관리와 함께 가장 중요한 콩 재배 기피 원인이 되고 있다(Seo et al. 2019).

‘대망’(Yun et al. 2005a)은 2003년 국립식량과학원에서 개발한 장류용 콩 품종으로 100립중이 31.4 g으로 크고 키가 작아 쓰러짐에 강한 장점이 있다. 또한, 종자가 크면서도 탈립에 매우 강한 특성을 나타내어 현재까지도 대립인 콩 품종 개발에 모본으로 자주 활용되고 있다. 종자크기와 내탈립성은 비교적 유전력이 높은 형질로서(Cicek et al. 2006, Seo et al. 2019) 종자 크기가 크고 내탈립인 모본을 활용한 집단의 초기세대에 선발이 용이하다.

농촌진흥청 국립식량과학원에서는 종자 크기가 크면서도 내

탈립인 녹자엽 유색콩을 육성하기 위하여 종자가 크고 탈립에 강한 ‘대망’과 숙기가 빠른 녹자엽 검정콩인 ‘청자콩’을 교배하였다. 이후 초기세대에서 종자 크기가 크고 녹자엽인 유색콩 계통을 선발하였고, 후기세대에 건조기를 활용한 실내 내탈립성 검정을 통하여 종자의 크기가 대조품종인 ‘청두1호’(Yun et al. 2005b)에 비해 크면서도 탈립에 강하여 재배안정성이 높은 녹자엽 녹색종피 콩 품종 ‘청미인’을 개발하였다.

재료 및 방법

육성과정

‘청미인’은 대립 녹자엽 유색콩 육성을 목표로 하여 녹자엽 검정콩인 ‘청자콩’을 모본으로, 대립인 ‘대망’을 부분으로 인공 교배하고 계통육종법에 의해 개발된 품종이다. 2002년 인공교배 이후 2003년 F₁, 2004년도에 F₂ 세대를 양성하고, F₃ 부터는 계통육종법으로 우수한 계통을 선발하였다. 2009년부터 2010년도에 실시한 생산력검정시험에서는 극대립, 녹자엽인 검정콩 계통으로 유망시되어 ‘밀양237호’의 계통명을 부여한 후 2011년부터 2013년 3년간 지역적응시험을 실시한 결과, 종실이 대립이고 쓰러짐과 탈립에 강한 특성을 나타내어 2013년 12월 농작물작무육성신품종선정위원회에서 품종으로서 가치가 인정되어 ‘청미인’으로 명명하였다(Fig. 1). ‘청미인’은 국립종자원에서 재배 시험 후 2019년 4월 품종보호 등록되었다(등록번호: 제7688호).

Year	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13
Generation	Crossing	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
Cheongjakong				1	1	1	1					
				.	.	.	.					
x	YS1495	→ bulk	→ bulk	→ ⑤	→ ⑤	→ ⑨	→ ③	→ ①	→ ①	→		
												Milyang237
Daemang				.	6	10	.	.	.			
				29			5	4	4			
												YS1495-2B-5-5-9-3
Breeding stage	Crossing	Pedigree method						Yield Trial		Regional Yield Trial		

Fig. 1. Pedigree diagram of ‘Cheongmiin’.

생산력검정시험

2009년 생산력검정예비시험(PYT, Preliminary Yield Trial), 2010년 생산력검정본시험(AYT, Advanced Yield Trial)을 수행하였다. 생산력검정예비시험은 시험구 면적 8.4 m², 재식거리 70 × 15 cm, 1주2본으로 재배되고 난괴법 2반복으로 배치하였다. 생산력검정본시험은 시험구 면적 11.2 m², 재식거리 70 × 15 cm, 1주2본으로 재배되고 난괴법 3반복으로 배치하였다. 생육특성과 수량성은 농업과학기술 연구조사분석기준에 따라 조사하였다(RDA 2012).

지역적응시험

지역적응시험(RYT, Regional Yield Trial)은 수원, 춘천, 연천, 나주, 달성, 예산, 칠곡, 밀양 등 8개 지역에서 2011년부터 2013년까지 3년간 수행되었다. 재배방법은 시험구 면적 11.2 m², 재식거리 70 × 15 cm, 1주2본으로 재배되고 난괴법 3반복으로 배치하였다. 파종기는 6월 중순이며 농업과학기술 연구조사분석기준에 따라 생육특성 및 수량성을 조사하고, 대비품종인 ‘청두1호’와 비교하였다.

내병성 검정

병해 검정을 위해 5월 상순에 검정포장에 파종하여 콩모자이크바이러스와 불마름병의 자연 이병률을 조사하였다. 콩모자이크바이러스 저항성 검정을 위해 각 시험 전년도에 접종 및 증식한 후 저온 보관해둔 콩모자이크바이러스 G5 (Lim et al. 2003), G6H (Seo et al. 2009a), G7H (Kim et al. 2003) 균계를 지닌 잎을 마쇄하여 2mole 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 8ra를 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. 2009b). 검은뿌리썩음병은 과습포장에 재배하여 자연이병 개체수를 조사하여 전 개체수에 대한 백분율로 나타내었다(Kang et al. 2021).

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 연차 간 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 넣은 후 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).

이소플라본 성분 함량 분석을 위해 분쇄한 시료 1.0 g을 50% methanol 용액 20 mL에 12시간 실온에서 교반한 뒤 추출액을 여과지(Whatman NO. 2)를 이용하여 여과하였다. 여과된 시료는 다시 HPLC 분석을 위해 0.2 µm 필터를 하였다. 이소플라본 분석은 액체크로마토그래피(Agilent, 1100, USA)로 분석하였다.

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 경실종자 비율을 구하였다.

결과 및 고찰

고유특성 및 생육특성

‘청미인’은 유한신육형 초형으로 꽃색은 흰색, 엽형은 난형, 모용색은 갈색, 협색은 갈색, 종실은 구형이며 종피색은 녹색, 제색은 검은색으로, 표준품종인 ‘청두1호’와 비슷한 고유특성을 나타낸다(Fig. 2). 자엽색은 녹색으로 소비자의 기호에 알맞은 특징을 가지고 있다(Table 1). 개화기는 8월 1일, 성숙기는 10월 22일로 ‘청두1호’에 비해 개화기와 성숙기가 각각 6일,

13일 늦다. 경장, 마디수, 협수, 협고는 각각 67 cm, 15개, 37개, 12 cm로 대조품종인 ‘청두1호’와 비슷한 생육특성을 갖고 있으나, 100립중이 34.3 g으로 ‘청두1호’에 비해 약 10 g 큰 극대립종이다(Table 2).

Cheongmiin

Cheongdu1ho

Fig. 2. Pictures of ‘Cheongmiin’ in the comparison of seed size.

Table 1. Qualitative characteristics of ‘Cheongmiin’.

Cultivar	Growth habit	Leaflet shape	Flower color	Pubescence color	Seed coat color	Hilum color	Cotyledon color	Seed shape
Cheongmiin	Determinate	Oval	White	Brown	Green	Black	Green	Spherical
Cheongdulho	Determinate	Oval	White	Brown	Green	Black	Green	Spherical

Table 2. Mean values of quantitative characteristics of ‘Cheongmiin’ in the regional yield trial from 2011 to 2013.

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
Cheongmiin	8.1	10.22	67a ^x	15a	3.2a	37a	12a	34.3a	2a	4a	2b	3.3b
Cheongdulho	7.26	10.9	69a	14a	2.5a	42a	10a	24.5b	2a	6a	4a	52.6a

^z(1) Tolerant ~ (9) Susceptible.

^ythe ratio of shattered pod by dry oven test at 40°C for 48 hr.

^xsame letters were not significantly different between ‘Cheongmiin’ and ‘Cheongdulho’ by student t-test at 0.05.

Table 3. The resistance of ‘Cheongmiin’ to the diseases of soybean evaluated from 2011 to 2013.

Cultivar	Bacterial Pustule (0-9) ^z		Soybean Mosaic Virus ^y			Field (0-9) ^z	Root rot (%) ^x
	Field	Inoculation	Inoculation				
			G5	G6H	G7H		
Cheongmiin	0	2	- / M	- / -	- / -	0	1.3
Cheongdulho	0	0	L / -	- / N	- / -	0	0.6

^z(0) Tolerant~(9) Susceptible.

^yReaction of inoculated leaf/upper leaves, (-) No symptom, (L) Local reaction, (M) Mosaic, (N) Necrosis.

^xRoot rot that was observed in the field.

내도복 · 내탈립 및 내병성

‘청미인’은 시험 포장과 밀식 검정 포장에서 내도복성이 각각 ‘2, 4’로 평가되어 ‘청두1호’(2,6)보다 밀식 검정 포장에서 다소 도복에 강한 것으로 나타났으나, 통계적으로 유의하지는 않았다 (Table 2). 협개열성 정도는 포장에서 ‘2’로 평가되고 실내검정에서 3.3%로 측정되어 ‘청두1호’(52.6%)보다 탈립에 강한 것으로 나타났다(Table 2). ‘청미인’의 불마름병 저항성은 시험포장에서 ‘0’으로 평가되어 ‘청두1호’와 같이 강하였으나, 인공접종시에 ‘청두1호’보다 다소 약하였다. 콩모자이크바이러스 접종시에 G5 strain에서 모자이크 증상이 나타났으나, G6H, G7H strain에서는 발견되지 않아 ‘청두1호’보다 강하였으며, 검정포장에서는 ‘0’으로 평가되었다. 검은뿌리썩음병에는 ‘청두1호’와 대등한 특성을 나타내었다(Table 3).

종신품질 및 가공적성

‘청미인’의 조단백질 함량은 41.3%, 조지방 함량은 16.5%로 ‘청두1호’ 대비 각각 0.8%, 0.5% 낮았으나 이에 대한 통계적 유의성은 없었다. 수분흡수율은 12시간 175%로 ‘청두1호’(177%)와 비슷하였고, 경실종자는 없었다. 종실의 총 당함량은 113 mg/g, sucrose 함량은 58 mg/g으로 ‘청두1호’와 비슷하였고, 총 이소플라본 함량은 1,557 µg/g으로 ‘청두1호’(2,169 µg/g)에 비해 낮았다(Table 4).

수량성

‘청미인’은 2009년부터 2010년 2년간 생산력검정시험에서 264 kg/10a의 수량성을 나타내어 대조품종인 청두1호에 비해 13% 증수하였고(Table 5), 2011년부터 2013년 3년 간 지역적응 시험 결과 전국 8개소 평균 272 kg/10a로 ‘청두1호’(262 kg/10a) 대비 4% 증수하였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다(Table 6).

재배상의 유의점

‘청미인’은 대립인 품종으로 파종이 늦을 시 종실무게가 감소하고, 서리피해를 입을 수 있으므로 극만파를 지양해야 한다.

Table 4. Seed quality-related characteristics of ‘Cheongmiin’ evaluated from 2011 to 2013.

Cultivar	Crude Protein (%)	Crude Oil (%)	Hard seed ratio (%)	Ratio of water absorption (%)			Sugar content (mg/g)		Isoflavone content (µg/g)
				2 hr	6 hr	12 hr	Sucrose	Total	
Cheongmiin	41.3a ^z	16.5a	0a	112a	154a	175a	58a	113a	1,557b
Cheongdulho	42.1a	17.0a	0a	110a	158a	177a	59a	119a	2,169a

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

Table 5. Yield of ‘Cheongmiin’ in the preliminary and advanced yield trials.

Cultivar	Yield (Ton/ha)			Index ^x
	PYT ('09) ^z	AYT ('10) ^y	Mean	
Cheongmiin	224	304	264	113
Cheongdulho	202	266	234	100

^z(PYT) preliminary yield trial.

^y(AYT) advanced yield trial.

^x(Index) mean yield of ‘Cheongmiin’/mean yield of ‘Cheongdulho’ × 100.

Table 6. Yield of ‘Cheongmiin’ in the regional yield trials at 8 locations.

Location	Cheongmiin					Cheongdulho			
	2011	2012	2013	Mean	Index ^z	2011	2012	2013	Mean
Suwon	156	216	244	205	103	169	232	199	200
Yeoncheon	232	222	289	248	98	285	215	256	252
Chuncheon	266	273	324	288	109	230	275	284	263
Naju	-	171	434	303	101	-	194	408	301
Dalseong	-	-	357	357	113	-	-	317	317
Milyang	243	264	-	254	96	226	302	-	264
Yesan	273	154	251	226	116	255	201	128	195
Chilgok	360	272	444	359	102	294	298	465	352
Mean	255	225	335	272	104	243	245	294	262
t-value ^y	0.43^{ns}								

^z(Index) mean yield of ‘Cheongmiin’ / mean yield of ‘Cheongdulho’ × 100.

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

또한 조기 파종 및 밀식 재배는 도복이 우려되므로 적정 파종시기 및 재식밀도를 준수하여야 한다.

적 요

‘청미인’은 대립인 녹자엽 유색콩 품종육성을 목표로 2002년에 ‘청자콩’을 모본으로 ‘대망’을 부본으로 교배하여 계통육종법에 의해 선발되었다. 2009년부터 2010년도에 실시한 생산력검정 시험에서는 대립인 녹자엽 녹색콩 계통으로 유망하여 ‘밀양237호’의 계통명을 부여하였고, 2011년부터 2013년까지 3년간 8개소에서 수행한 지역적응시험 결과 종실이 ‘청두1호’보다 종실이 크고 도복과 탈립, 병해에 강하여 ‘청미인’으로 명명되었다.

‘청미인’은 유한신육형, 화색이 흰색, 종피는 녹색, 자엽색은 녹색이면서 구형인 녹색콩 품종이다. 개화기는 8월1일, 성숙기는 10월 22일로 숙기가 늦으며, ‘청두1호’와 생육특성이 유사하지만, 100립중이 ‘청두1호’ 대비 약 10 g 무거운 대립종 품종이다. 도복 정도는 시험포장에서 ‘청두1호’와 비슷하여 강하였고, 협개 열성 정도는 살내 검정에서 ‘청두1호’에 비해 낮아 탈립에 강하였다. 불마름병, 콩모자이크바이러스 등 병해에 ‘청두1호’와 대등하여 강하였다. ‘청미인’은 12시간 침종 후 경실종자가 없었으며, 당 함량은 ‘청두1호’와 비슷하였으나, 콩의 기능성 성분인 이소플라본 함량이 ‘청두1호’보다 다소 낮았다. 수량은 전국 8개 지역 평균 272 kg/10a로 ‘청두1호’보다 4% 증수되었다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제명: 기능성 유색콩 품종육성, 과제번호: PJ01483902)의 지원에 의해 수행되었다.

REFERENCES

1. 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.
2. Baek IY, Han YW, Ko JM, Kim HT, Jeon MG, Park KY, Lee BW, Lee YG, Ha TJ, Shim HS, Moon JK, Oh KW, Kang ST, Cho SK, Yun HT, Lee SS, Son CK. 2013. A new black seed coat soybean cultivar, ‘Socheong 2’ with green cotyledon and small seed size. Korean J Crop Sci 45: 55-60.
3. Choung MG. 2006. Variation of oil contents and fatty acid compositions in Korean soybean germplasm. Korean J Crop Sci 51(S): 139-149.
4. 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.
5. Han WY, Seo JH, Kang BK, Kim HT, Shin SO, Kim HS, Lee YH, Lee BW, Ha TJ, Seo MJ, Baek IY, Ko JM, Kwak DY. 2017. Green seed-coat colored soybean variety ‘Jungmo3005’ with tolerance to lodging and shattering. Korean J Breed Sci 49: 273-279.
6. Kang BK, Seo JH, Kim HS, Kim HT, Lee YH, Lee BW, Choi MS, Ha TJ, Ko JM, Yun HT, Baek IY, Sung JS, Shin SO, Park JH, Seo MJ, Choi JS, Yang WS, Jung CS. 2021. Lodging tolerance and high sprout yield with small seed soybean cultivar ‘Haewon’ for soy-sprout. Korean J Breed Sci 53: 53-59.
7. 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.
8. 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.
9. 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: 289-295.
10. 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.
11. 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.
12. Kim YS, Kim SD, Hong EH, Lee SH, Seung YK, Kim YH, Park KY, Ryu YH, Choi KJ. 1995. A black seed coat, large seed size and high yielding soybean variety for cooking with rice ‘Geomjeongkong 1’. RDA J Agri Sci 37: 135-138.
13. KREI (Korea Rural Economic Institute). 2019. Agricultural Outlook 2019 Korea, pp. 402-404.
14. 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.
15. MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs). 2020. Agriculture, Food and Rural Affairs Yearbook. MAFRA, Sejong, Korea. p. 73.
 16. RDA (Rural Development Administration). 2012. Agricultural science technology standards for investigation of research. RDA, Jeonju, Korea.
 17. Seo JH, Kang BK, Kim HT, Kim HS, Choi MS, Oh JH, Shin SO, Baek IY, Kwak DY. 2019. Variation in pod shattering in a RIL population and selection for pod shattering tolerance in soybean [*Glycine max* (L.) Merr]. *Korean J Crop Sci* 64: 414-421.
 18. Seo JH, Han WY, Baek IY, Kim HS, Kim HT, Kang BK, Ko JM, Yun HT, Lee BY, Oh JH, Shin SO, Kwak DY. 2020. Lodging and pod shattering tolerance of large-seeded black soybean cultivar ‘Taecheong’. *Korean J Breed Sci* 52: 426-432.
 19. Seo JK, Ohshima K, Lee HG, Son M, Choi HS, Lee SH, Sohn SH, Kim KH. 2009a. Molecular variability and genetic structure of the population of soybean mosaic virus based on the analysis of complete genome sequence. *Virology* 393: 91-103.
 20. Seo MJ, Kang ST, Moon JK, Lee SK, Kim YH, Jeong KH, Yun HT. 2009b. Identification of quantitative trait loci associated with resistance to bacterial pustule (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*) in soybean. *Korean J Breed Sci* 41: 456-462.
 21. 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.
 22. 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.
 23. Yun HT, Park KY, Moon JK, Seo MJ, Lee YH, Kkm SL, Ryu YH, Kim YH, Lee ES, Ha KS, Son CK, Kim ES, Kim SD, Lee MH. 2005a. A new soybean cultivar, for fermented soyfood and tofu ‘Daemang’ with large seed and high yield. *Korean J Breed Sci* 37: 61-62.
 24. Yun HT, Park KY, Kim YH, Moon JK, Lee YH, Ryu YH, Ku JH, Seo MJ, Kim YH, Ha KS, Lee SS, Kwon JB, Kim YD, Kim SD, Lee MH. 2005b. A new soybean cultivar, “Cheongdul” with green cotyledon and testa. *Korean J Breed Sci* 37: 63-64.