4배체이면서 자가화합성으로 비가림하우스 재배에 적합한 구기자 신품종 ‘화수’

주정일¹ · 윤덕상^{1*} · 김수동² · 이보희¹ · 박영춘¹ · 김현호²

¹충남농업기술원 구기자연구소, ²충남농업기술원 인삼약초연구소

A Tetraploid, Self-compatible Goji Berry (*Lycium chinense* Miller) Cultivar, ‘Whasu’, Adaptable to Rain Shelter Greenhouse

Jung-Il Ju¹, Tug-Sang Yun^{1*}, Su-Dong Kim², Bo-Hee Lee¹, Young-Chun Park¹, and Hyun-Ho Kim²

¹Goji Berry Research Institute, Chungnam-Do ARES, Cheongyang, 33319, Republic of Korea

²Ginseng & Medicinal Plant Research Institute, Chungnam-Do ARES, Keumsan, 32723, Republic of Korea

Abstract The Goji berry line CBP06419-243 was selected from the hybrids (F₁) between CBP03310-250 (IT232705) and CBP05399-1. The line used for crossing was tetraploid induced by the colchicine treatment on bud. Preliminary yield tests using this line were performed from 2009 to 2011, and the final selected line was named ‘Cheongyang 18’, which was subsequently registered under the name ‘Whasu’ in 2015. The specific characteristics of this cultivar are summarized as follows: The flowers are distinctly larger, fruit is medium in size, long oblong, and red, and flowering commenced on June 21. Branching by pruning generated less than the reference variety Cheongmyeong. The leaf infection rates by *Eriophyes macrodonis* Keifer were as high as 7.7%. Anthracnose on fruits in open field was slightly more severe compared with the reference cultivar, but the infection rates in rain shelter greenhouses was similar. The content of betaine and free sugar in dry fruit was higher than that of the reference cultivar. The dry-fruit yield decreased about 13% in open field, but increased 18% in rain shelter greenhouses. The cultivar ‘Whasu’ is suitable for cultivation in rain shelter greenhouses because of self-compatibility and high yield. It is not necessary the companion cultivar (Registration No. 6345).

Keywords Goji berry, *Lycium chinense*, Self-compatibility, Tetraploid, Whasu

Received on March 6, 2020. Revised on March 19, 2020. Accepted on April 9, 2020.

* Corresponding Author (E-mail: yunts@korea.kr, Tel: +82-41-635-6041, Fax +82-41-635-7933)

서 언

구기자나무(*Lycium chinense* Mill.)는 가지과(Solanaceae)에 속하는 잎 지는 떨기나무이고, 구기자(열매), 지골피(뿌리 껍질), 구기엽(순 또는 잎) 등을 한약재 또는 식품용으로 이용할 수 있다. 이중 구기자는 간장과 신장을 좋게 하여 당뇨, 고혈압, 자양강장, 강정에 사용하는 한약재로 알려져 있다. 구기자 생산 통계를 보면(MAFRA 2019) 재배면적 95 ha, 764농가이고 충남이 전국 대비 67%를 차지하여 전국에서 특화계수가 높을 뿐만 아니라 일반작물에 비하여 소면적 재배에 적합한 고소득 작물 중 하나이다(RDA 2019).

구기자 수집종에 대하여 생육 특성과 수량(Lee et al. 1999), 수확시기에 따른 품종별 성분 변화(Lee et al. 2008), 유전적 유연관계 분석(Lee et al. 2007), 품종 판별(Chung et al. 2009), 항산화 활성 비교(An et al. 2012), 페놀화합물 함량(Cho et al.

2012) 등이 보고되었고, 품종으로 ‘유성 1호’와 ‘유성 2호’(Seo 1988), ‘청광’(Ju et al. 2015), ‘청홍’(Ju et al. 2016) 등이 보고되어 있다. 성분과 효능으로 암세포 증식 억제 효과(Park 2002), 급성 간 독성에 대한 보호 효과(Kang et al. 2007), 항산화 및 항고혈압 효과(Cho et al. 2005) 등 많은 연구가 이루어졌다.

기후변화에 대응하고, 미래 수요에 부응하기 위하여 구기자 신품종은 지속적으로 육성되어야 하는데 4배체, 자가화합성으로 비가림하우스 재배에 적합하면서 혹응에 저항성, 다수성인 신품종 ‘화수’(품종보호 제6345호, 2016. 11. 09~2036. 11. 08) 품종을 육성하였기에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

재배방법

본 시험에 사용된 계통은 2006년에 CBP03310-250 (IT232705)

와 CBP05399-1 (IT 미등록)를 인공교배하여 선발한 ‘청양 18호’이고, 대비 품종은 생산력검정시험과 지역적응시험에서 ‘청명’으로 하였다. 생산력검정시험은 청양군에 소재한 구기자연구소에서 수행하였고, 지역적응시험은 충남 청양, 예산, 그리고 전남 진도에서 2012, 2014, 2015년 3개년간 실시하였다. 정식은 3월 중순에 120 cm 간격으로 높은 이랑을 만들고 배색비닐을 멀칭한 후 40 cm 간격으로 약 15 cm 길이의 삼수를 1개씩 삼목하였다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O를 40-30-30 kg/10a로 하였고, 이중 멀거름으로 질소 60%, 인산 전량, 칼리 70% 사용하였으며, 웃거름은 질소 40%, 칼리 30%를 8월 하순에 사용하였다. 기타 재배법은 구기자 표준재배법에 준하였고, 생산력검정시험과 지역적응시험은 난괴법 3반복으로 실시하였다. 그리고 생육 및 수량조사는 농촌진흥청 시험연구조사 기준(RDA 2012)에 준하였다.

성분분석

지표성분인 베타인(IUPAC name: 2-trimethylammonacetate) 함량 분석은 건조 시료 10 g에 증류수 100 ml를 가하여 95°C water bath에서 추출한 후 여과하여 HPLC (Thermo separation products / Spetra system P2000)로 분석하였다. 분석조건은 Carbohydrate ES Column (250 mm × 4.6 min, 5 μm)을 이용하여 이동상은 HPLC grade water: acetonitrile = 30 : 70, 검출기는 굴절률 검출기(ELSD, Alltech 3300), 유속은 0.5 ml/min이며, 함량 계산은 외부표준법에 의하여 정량 하였다. 이외에 구기자 잎의 엽록소 함량은 Minolta SPAD-502 (-9.9~199), 색도는 Minolta spectrophotometer (CM-3500d), 당도는 Refractometer (GMK-701AC) 를 이용하여 조사하였다.

통계분석

통계분석은 Statistic analysis system (SAS, version 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 ANOVA를 실시한 후, Duncan’s multiple range test로 각 군의 평균 차이에 대한 사후 검정을 하였으며, 통계적 유의성은 5% 수준에서 분석하였다.

결과 및 고찰

육성경위

2006년에 4배체인 CBP03310-250 (IT232705)을 모본으로 하고 역시 4배체인 CBP05399-1 (IT 미등록)을 부본으로 하여 인공교배를 실시하였다. 교배 부모본으로 사용된 CBP03310-250 와 CBP05399-1은 구기자 육성품종인 ‘명안’, ‘불로’, ‘청대’ 그리고 중국 도입종인 ‘영하’의 삼수에 Cholchicine을 처리하여 유기된 돌연변이 계통간 교배를 통하여 육성된 4배체 계통들이다 (Kim 2012). 인공교배하여 얻은 F₁ 389개체 중 CBP06419-243 개체를 선발하였고, 2009~2011년까지 생산력검정시험을 실시한 결과 주요 특성이 우수하여 ‘청양 18호’로 계통명을 부여하였다. ‘청양 18호’는 충남 청양군, 예산군과 전남 진도군 등 3지역에서 2012, 2014, 2015년까지 3개년간 지역적응성을 검정하였고, 2013, 2014, 2015년에는 청양군에서 비가림하우스 조건에서 생산성을 검토한 결과 자가화합성이면서 혹우에 저항성, 지표성분 고함유, 다수성으로 2015년 농촌진흥청 직무육성 신품종 선정위원회에서 신품종으로 인정되어 ‘화수(和秀, Whasu)’로 명명하였다. 구기자 신품종을 육성하기 위한 일련의 선발 과정은 Fig. 1, 육성 계보도는 Fig. 2와 같다.

^zPYT: Preliminary yield test, AYT: Advanced yield test, RYT: Regional yield trial.

Fig. 1. Pedigree diagram of goji berry cultivar ‘Whasu’.

Fig. 2. Genealogical diagram of ‘Whasu’.

대조품종과 비교되는 특성

신품종 ‘화수’의 고유특성을 보면(Table 1) 식물체는 반개장형이고, 줄기가 지표면을 향해 늘어지며, 분지 발생이 다소 적은 편이다. 잎은 피침형이고 두꺼운 편이며, 꽃은 자색이고 대비 품종에 비하여 크다. 열매는 장타원형이고, 중간 크기이며, 적색을 띠고 있다. 식물체의 고유특성을 관찰해 보면 외관적인 특성은 기존 2배체와 큰 차이를 관찰할 수 없으나 꽃 크기는 확실히 차이가 있었다(Fig. 3). DNA 함량을 flow cytometry 검정에 의해 측정한 결과(Fig. 4) DNA 함량이 2배체의 두배인 4배체로 판정되었다.

개화기 및 농업적 특성

‘화수’ 품종의 개화 개시일은 6월 21일로 대비 품종 ‘청명’에 비하여 약 2일 늦었다. 잎 크기는 대비 품종과 비슷하고, 줄기 길이는 다소 짧고 굵으며, 결과지는 상대적으로 적게 발생되었다(Table 2). 자가화합성을 검정하기 위하여 인공교배를 실시하였는데(Table 3) ‘화수’ × ‘화수’는 자가수정율이 65.7%이었고, 2배체인 ‘청명’ × ‘청명’은 자가수정율이 11.4% 이었다. 따라서 ‘화수’는 자가화합성인 것으로 판정되었다. 기존 이배체인 구기자 품종은 각 품종에 맞는 수분수 품종(예를 들면 청명 : 청홍 = 1 : 1)과 혼식하여 재배하여야만 두 품종에서 모두 열매를 수확할 수 있는데, ‘화수’ 품종은 단일 품종만 재배해도 자가수분에 의하여 열매가 달리고, 꿀벌의 유입이 적은 비가림하우스에서 재배하면 적합할 것으로 판단되었다. 그리고 ‘화수’의 수술대 길이와 꽃 직경은 대비 품종에 비하여 상대적으로 크고, 수술대와 암술대의 길이 차이가 ‘청명’보다 작았다.

Table 1. Morphological characteristics of goji berry cultivar ‘Whasu’ and the reference ‘Cheongmyeong’.

Cultivar	Plant shape	Leaf			Branching habit	Flower		Fruit shape	Chromosome number
		Color	Shape	Size		Color	Size		
Whasu	Semi-spreading	Green	Lanceolate	Medium	Low	Purple	Large	Long ellipsoidal	2n=4x=48
Cheongmyeong	Semi-spreading	Green	Lanceolate	Medium	Medium	Purple	Medium	Long ellipsoidal	2n=2x=24

Table 2. Flowering dates and agronomic characteristics of goji berry cultivar ‘Whasu’ and the reference ‘Cheongmyeong’.

Cultivar	Start day of flowering	Leaf			Stem		No. of branch (ea/Plant)
		Length (cm, A)	Width (cm, B)	Shape (B/A)	Length (cm)	Diameter (mm)	
Whasu	June 21	6.3 a ^z	2.4 a	0.38	113 b	9.4 a	64 b
Cheongmyeong	June 19	6.4 a	2.2 a	0.34	125 a	8.4 b	80 a

^zIn a column, same letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Fig. 3. Flower, leaf and fruit of goji berry cultivar 'Whasu (Middle)' and the reference 'Cheongmyeong (right)', 'Cheongun (left)'.

Fig. 4. Flow cytometry analysis of DNA content of goji berry cultivar 'Whasu' and the reference 'Cheongmyeong'.

Table 3. Rate of self-fertilization and flower characteristics of goji berry cultivar 'Whasu' and the reference 'Cheongmyeong'.

Cultivar	Rate of self-fertilization (%)	Pistil Style (mm)	Stamen filament (mm)	Length of anther (mm)	Diameter of flower (mm)	Flower stalk (mm)
Whasu	65.7 a ^z	7.8 a	8.3 a	2.5 a	21.1 a	14.3 a
Cheongmyeong	11.4 b	7.3 a	5.7 b	1.8 b	18.1 b	14.1 a

^zIn a column, same letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 4. Comparison of fruit characteristics of new goji berry cultivar 'Whasu' and the reference 'Cheongmyeong'.

Cultivar	No. of fruit per plant (ea)	100-fruit wt. (g)		Fruit (mm)		
		Fresh	Dried	Length (A)	Width (B)	B/A
Whasu	715 b ^z	118.4 a	21.8 a	20.4 a	9.3 a	0.45
Cheongmyeong	1,022 a	105.7 b	18.0 b	20.7 a	8.6 b	0.42

^zIn a column, same letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.

착과수와 열매 특성을 보면(Table 4) '화수' 품종은 대비 품종에 비하여 착과수가 적었고, 100개 건과의 무게는 약 21.8 g로 대비품종보다 크고 3.8 g 무거웠다. 열매의 색차값을 보면(Table 5) '화수' 품종은 대비 품종 '청명'과 비교하여 명도(L)와 적색도는 낮았다. 따라서 구기자차의 외관 품질은 차이가 없는 것으로

판단되었다. 생과에 대하여 과신허성을 검정한 결과(Table 6) '화수' 품종은 대비 품종에 비하여 경도가 강하고, 과피가 두꺼워 생과 유통에 유리한 것으로 판단되었다. 그리고 대비 품종에 비하여 종자수는 적었지만 100립중은 무거운 편이었다.

Table 5. Color value (D65) of fresh and dried fruit of goji berry cultivar ‘Whasu’ and the reference ‘Cheongmyeong’.

Cultivar	Fresh fruit ^y			Dried Fruit ^y		
	L	a	b	L	a	b
Whasu	30.8 b ^z	16.9 b	14.5 a	31.9 a	20.4 b	16.6 b
Cheongmyeong	33.1 a	17.8 a	14.8 a	31.4 a	21.4 a	17.6 a

^zIn a column, same letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.^yL (Lightness): 0 (Black) ↔ 100 (White), a (Redness): + (Red) ↔ - (Green), b (Yellowness): + (Yellow) ↔ - (Blue)**Table 6.** Characteristics of fresh fruit of new goji berry cultivar ‘Whasu’ and the reference ‘Cheongmyeong’ grown at rain shelter greenhouses.

Cultivar	Hardness of fruit (g/cm ²)	Diameter of pericarp (mm)	No. of seed per fruit (ea)	100-seed wt. (g)
Whasu	2.80 a ^z	0.244 a	18.7 b	9.0 a
Cheongmyeong	2.44 b	0.147 b	28.7 a	5.9 b

^zIn a column, same letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.**Table 7.** Resistance of ‘Whasu’ to *Eriophyes macrodonis* and the Anthracnose.

Cultivar	<i>Eriophyes macrodonis</i>		Infected rates of anthracnose (%)	
	Rates of damaged leaf (%)	No. of insect galls per damaged leaf (ea)	Open field	Rain shelter
Whasu	7.7 b ^z	0.9 a	39.7 a	10.4 a
Cheongmyeong	36.3 a	1.7 a	16.2 b	9.6 a

^zIn a column, same letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.**Table 8.** Yield of goji berry cultivar ‘Whasu’ at preliminary yield trial (PYT, 2008) and advanced yield trial (AYT, 2009~2011).

Cultivar	PYT (kg/10a)	AYT ^z (kg/10a)	Mean (kg/10a)	Index (%)
Whasu	424 a ^y	131 a	205 a	163
Cheongmyeong	224 b	93 a	126 b	100

^zIn august 2012, typhoons occurred and the yield was low.^yIn a column, same letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.

병해충 이병 정도

병해충 저항성은 무방제 상태인 노지포장에서 자연발생 정도를 조사하였는데(Table 7), 흑응애 발생량은 7.7%로서 흑응애에 강한 편이었다. 탄저병 이병과율은 대비 품종과 비교하여 노지에서 23.5% 높았으나 비가림하우스에서는 비슷하였다. 따라서 구기자 신품종 ‘화수’는 탄저병에 약한 편이므로 노지재배보다 비가림하우스에서 재배하는 것이 안전할 것으로 판단되었다.

수량성

2009년부터 2011년까지 3개년간 생산력검정시험 결과(Table 8) ‘화수’ 품종의 건과수량은 평균 205 kg/10a로서 대비 품종인

‘청명’에 비하여 약 63% 증수되었다. 충남 청양, 예산과 전남 진도 등 3개 지역에서 2012, 2014, 2015년 3년간 지역적응성을 검정한 결과(Table 9) ‘화수’ 품종은 평균 건과수량 190 kg/10a로서 대비 품종인 ‘청명’보다 약 13% 감소되었다. 이는 Table 2에서 보는 바와 같이 ‘화수’ 품종이 대비 품종에 비하여 결과지 발생량이 적고 착과수도 적었던데 기인하는 것으로 판단되었다. 2013~2015년 3년간 비가림하우스에서 재배한 결과(Table 10) ‘화수’의 건과수량은 대비 품종에 비하여 18% 증수되었다. 이는 자가화합성으로서 꿀벌 등 매개 곤충의 유입이 적은 비가림하우스에서 자가수분에 의하여 수정율이 높아 착과수가 많았을 뿐만 아니라 탄저병 등의 발생이 없었던데 기인하는 것으로 판단되었다. 따라

Table 9. Yield of cultivar ‘Whasu’ in the open field at regional yield trial.

Cultivar	Year	Site				Index (%)
		Dried-fruit yield (kg/10a)				
		Cheongyang	Yesan	Jindo	Mean	
Whasu	2012	152	117	65 ^z	111	87
	2014	218	216	248	227	
	2015	282	196	219	232	
	Mean	217	176	177	190	
Cheongmyeong	2012	195	127	84 ^z	135	100
	2014	263	284	247	265	
	2015	271	243	256	257	
	Mean	243	218	196	219	

^zIn august 2012, typhoons occurred and the yield was low.

Table 10. Yield of goji berry cultivar ‘Whasu’ at rain shelter greenhouse.

Cultivar	Rain shelter greenhouse (kg/10a)				Index (%)
	2013	2014	2015	Mean	
Whasu	226	250	486	321 a ^z	118
Cheongmyeong	157	277	381	272 b	100

^zIn a column, same letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 11. Chemical component of goji berry cultivar ‘Whasu’.

Cultivar	Betaine (%)	Soluble solids (°Brix)	Free sugar (%)	
			Fructose	Glucose
Whasu	1.00 a ^z	13.8 a	32.2 a	16.7 a
Cheongmyeong	0.86 b	13.3 a	30.1 a	13.3 b

^zIn a column, same letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.

서 ‘화수’ 품종은 자가화합성으로서 기존 품종과 달리 수분수 품종이 필요하지 않아 비가림하우스 조건에서 ‘화수’ 단일품종 만으로도 재배할 수 있어 건구기자의 품질과 크기를 균일하게 할 수 있을 것으로 판단되었다.

성분분석

구기자의 주요 성분으로 베타인, Fructose와 Glucose는 건구 기자로 분석하였고, 당도는 생구기자로 분석하였다(Table 11). ‘화수’ 품종의 베타인 함량은 1.0%로서 대비 품종인 ‘청명’에 비하여 다소 높았고, 유리당인 Fructose와 Glucose 함량도 높았다. 한편 구기자의 지표성분인 베타인은 Glycine의 Trimethyl derivative로서 사람의 신장에서 삼투 보호제, 간에서 methionine cycle에 관여하는데, 내부 장기를 보호하고 혈관 위험요소를 개선 하는 것으로 알려져 있다(Craig 2004, Day & kempson 2016).

재배시 유의사항

4배체인 구기자 신품종 ‘화수’는 자가화합성이므로 수분수 품종과 혼식하여 식재하지 않아도 된다. 탄저병에 약한 편이므로 노지보다는 비가림하우스에서 재배할 것을 권장한다. 과피가 두껍고 당도가 높아 두껍게 널면 건조시간이 오래 걸리고 서로 들러붙으므로 얇게 펴서 건조해야 하고, 세균의 발생이 적은 편이어서 가뭄에 약하므로 수분 관리를 적절하게 할 필요가 있다.

적 요

콜히친 돌연변이에 의하여 유기된 4배체 육성계통인 CBP03310-250 (IT232705)을 모본으로 하고, 역시 4배체인 CBP05399-1 (IT 미등록)을 부본으로 교배를 실시하여 CBP06419-243를 선발하

였고, 생산력 검정시험을 통하여 '청양 18호'로 계통명을 부여하였으며, 비가림 하우스 재배에 적합하면서 생육 및 수량성이 우수하여 신품종 '화수'(품종보호 제6345호, 2016. 11. 09~2036. 11. 08)' 로 품종보호등록 하였다. 꽃은 크고, 열매는 장타원형, 중간 크기였다. 개화 개시일은 6월 21일로 대비 품종에 비하여 2일 늦고, 적심에 의하여 분지 발생이 다소 적어 착과수가 적었다. 흑응에 저항성은 강하였고, 탄저병 저항성은 중간 정도 였으나 비가림하우스에 재배하면 대비 품종과 비슷한 이병율을 보였다. 지표성분인 베타인 함량은 대비 품종에 비하여 다소 높았고, 유리당인 Fructose와 Glucose 함량도 높은 편이었다. 건구기자 수량은 대비 품종에 비하여 지역적응시험에서는 13% 감소되었으나 비가림하우스에서 18% 증수되었다. 따라서 '화수' 품종은 비가림하우스 조건에서 재배하면 수분수 품종이 필요하지 않아 단일품종 재배로 품질을 균일하게 할 수 있을 것으로 판단되었다.

REFERENCES

1. An TH, Lee SY, Cho JW. 2012. Comparison on antioxidant activity of ethanolic extracts of chinese matrimony vine (*Lycium chinensis* M.). Korean J Crop Sci 57: 22-28.
2. Cho JH, Sin JS, Lee KJ, Kim YB, Kang JK, Hwang SY. 2004. Therapeutic effect of *Lycii fructus* extract in hepatotoxicity Induced by carbon tetrachloride. Korean J Clinical Laboratory Sci 36: 55-63.
3. Cho JW, An TH, Lee SY, Park KW. 2012. Determination of total content of phenolic compounds in chinese matrimony vine's accessions. Korean J Crop Sci 57: 409-417.
4. Cho YJ, Chun SS, Cha WS, Park JH, Lee KH, Kim JH, Kwon HJ, Yoon SJ. 2005. Antioxidative and antihypertensive effects of *Lycii fructus* extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr 34: 1308-1313.
5. Chung JW, Lee GA, Lee SS, Bang KH, Park CB, Park YJ. 2009. Cultivar discrimination of korean and chinese boxthorn (*Lycium chinense* Mill. and *Lycium barbarum* L.) using SSR markers. Korean J Medicinal Crop Sci 17: 445-451.
6. Craig SAS. 2004. Betaine in human nutrition. The American J Clinical Nutrition 80: 539-549.
7. Day CR, Kempson SA. 2016. Betaine chemistry, roles, and potential use in liver disease. Biochemica et Biophysica Acta, General Subjects 1860: 1098-1106.
8. Ju JI, Kim SD, Park YC, Lee BH, Seo JS, Nam YG, Baek SW, Kim HH. 2015. A chinese matrimony vine (*Lycium chinense* Miller) cultivar with many branches and high ingredients 'Cheongkwang'. Korean J Breed Sci 47: 318-323.
9. Ju JI, Yun DS, Park YC, Lee BH, Kim SD, In MS, Kim HH. 2016. A chinese matrimony vine (*Lycium chinense* Miller) cultivar 'Cheonghong' with early flowering, spreading-plant shape and high yielding. Korean J Breed Sci 48: 367-372.
10. Kang KS, Kwon RH, Kim ID, Lee DG, Lee JH, Lee SH, Ha JM Ha BJ. 2007. The preventive effects of *Lycii frutis* extract against LPS-induced acute hepatotoxicity. Yakhak Hoeji 50: 296-300.
11. Kim SD. 2012. Growth characteristics, chemical compositions and biological activities of boxthorn tetraploid (*Lycium chinense* Mill.). Ph. D. Thesis. Chungnam National University.
12. Lee BC, Paik SW, Kim SD, Yun TS, Park JS, Kwak TS. 1999. Growth characteristics and yield of collected boxthorn (*Lycium chinense* Mill.) varieties. Korea. J Medicinal Crop Sci 7: 147-154.
13. Lee HC, Lee BC, Kim SD, Paik SW, Lee SS, Lee KS, Kim SM. 2008. Changes in composition of Gugija (*Lycii fructus*) species according to harvest time. Korean J Medicinal Crop Sci 16: 306-3012.
14. Lee WS, Choi SY, In SI, Cho IH, Lee SY, Kwon YS. 2007. Assessment of genetic relationship among boxthorn (*Lycium chinensis* Mill.) accessions by ISSR markers. Korean J Breed Sci 39: 9-14.
15. Ministry of agriculture, food and rural affairs (MAFRA). 2019. 2018 Production statistics of industrial crops. p. 35.
16. Park YJ, Kim MY, Bae SJ. 2002. Enhancement of anticarcinogenic effect by combination of *Lycii fructus* with vitamin C. J Korean Soc Food Sci Nutr 31: 143-148.
17. Rural Development Administration (RDA). 2012. Manual for agricultural investigation. Suwon. Korea. pp. 773-775.
18. Rural Development Administration (RDA). 2019. 2018 Regional Agricultural income analysis. p. 162
19. Seo GS. 1988. New boxthorn (*Lycium chinense* Miller) varieties 'Yu seong 1' and 'Yu seong 2'. J oriental Bot Res 191: 72-79.