



고삼 수집종의 생육특성, 주요성분 및 항산화 활성

권아름^{1†} · 김선익² · 성봉재³ · 지무근⁴ · 이가순⁵ · 김현호⁶ · 도은수⁷

Growth Characteristics, Main Constituents and Antioxidant Activities in Local Accessions of *Sophora flavescens* AIT.

A Reum Kwon^{1†}, Sun Ick Kim², Bong Jae Seong³, Moo Geun Jee⁴,
Ka Soon Lee⁵, Hyun Ho Kim⁶ and Eun Soo Doh⁷

ABSTRACT

Received: 2020 August 10
1st Revised: 2020 September 7
2nd Revised: 2020 September 23
3rd Revised: 2020 September 29
Accepted: 2020 September 29

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Background: *Sophora flavescens* AIT root is used as a herbal medicine in Asian culture. This study was aimed at selecting the best cultivars, by comparing growth characteristics, active ingredients, and antioxidant activities.

Methods and Results: A total twenty nine accessions of *S. flavescens* were collected from five different regions in Korea. Plant height, leaf length, peduncle length, fresh root weight, and seed weight were the growth characteristics selected. Antioxidant activity was determined by measuring the total polyphenol (TPC) and total flavonoid contents (TFC) as well as the radical scavenging activity of DPPH, ABTS and FRAP. Oxymatrine and matrine, active ingredients in *S. flavescens* were analyzed by HPLC. Results indicated that accession YS-11 had the highest plant height (152.5 cm) and peduncle length (54.0 cm). The fresh root weight was highest in JA-01 at 4.9 kg, while the highest total seed weight was recorded in accession BH-04 at 77.7 g. The YS-03 accession contained the highest oxymatrine and matrine total contents (0.9616% and 0.9638%, respectively). Accessions BH-02, YS-11, YS-05, and MJ-03 had the highest levels of antioxidant activity ($p < 0.05$). Oxymatrine showed a high correlation with TPC and FRAP. TPC showed high correlations with TFC, DPPH, ABTS and FRAP. TFC showed a high correlation with DPPH.

Conclusions: The superior lines can be selected for use as standard variety breeding material by comparing the growth characteristics of the accessions.

Key Words: *Sophora flavescens* AIT., Accessions, Antioxidant, Matrine, Oxymatrine

서 언

고삼 (*Sophora flavescens* AIT.)은 뿌리의 주피를 벗긴 것을 한약재로 사용하고 맛은 쓰지만 인삼과 같은 효과가 있다는 뜻에서 고삼 (苦蔘)이라 하며 (Kim and Jung, 2014), 우리나라를 비롯하여 중국, 일본, 시베리아 등지에 분포하고 있다 (Park *et al.*, 2002). 다년생 초본으로 1 m - 1.5 m 정도 곧게 자라고 잎은 호생하며 깃꼴 겹잎이 어긋나고 작은 잎은

5 개 - 21 개로 타원형 또는 피침형이다. 꽃은 5월에서 7월에 줄기와 가지 끝에 총상화서로 피며 암술 1 개, 수술 10 개이다. 한 꼬투리에 종자는 3 개에서 8 개로 흑색이고 둥글며 결실기는 7월에서 9월까지 헝과로 성숙한다.

뿌리의 성상은 원주형을 이루고 길이 5 cm - 20 cm, 지름 2 cm - 3 cm, 표피는 어두운 갈색 혹은 황갈색이며 세로 주름이 뚜렷하고 짧은 피목이 있다. 주피를 벗긴 것은 황백색으로 섬유성이고, 특이한 냄새가 있으며 잔류성이다 (Perry and

[†]Corresponding author: (Phone) +82-41-635-6482 (E-mail) areum0214@korea.kr

¹충청남도농업기술원 인삼약초연구소 농업연구사 / Researcher, Ginseng Medicinal Plant Research Institute, CNARES, Geumsan 32723, Korea.

²충청남도농업기술원 인삼약초연구소 농업연구사 / Researcher, Ginseng Medicinal Plant Research Institute, CNARES, Geumsan 32723, Korea.

³충청남도농업기술원 인삼약초연구소 농업연구사 / Researcher, Ginseng Medicinal Plant Research Institute, CNARES, Geumsan 32723, Korea.

⁴충청남도농업기술원 인삼약초연구소 농업연구사 / Researcher, Ginseng Medicinal Plant Research Institute, CNARES, Geumsan 32723, Korea.

⁵충청남도농업기술원 인삼약초연구소 연구원 / Researcher, Ginseng Medicinal Plant Research Institute, CNARES, Geumsan 32723, Korea.

⁶충청남도농업기술원 인삼약초연구소 농업연구관 / Researcher, Ginseng Medicinal Plant Research Institute, CNARES, Geumsan 32723, Korea.

⁷중부대학교 한방보건제약학과 교수 / Professor, Department of Herbal Health Pharmaceutical Science, Joongbu University, Geumsan 32713, Korea.

Metzger, 1980; Huang, 1998).

고삼의 뿌리는 오래 전부터 중국, 일본 등지에서 전통 의약으로 사용되었고 (Kang *et al.*, 2004), 우리나라에서도 대한민국의약전 (MFDS, 2019) 및 대한민국의약전외한약 (생약)규격집 (MFDS, 2020)에 각각 고삼과 고삼가루로 등재가 되어 이용되고 있다. 유용성분으로는 3% - 4%의 quinolizidine alkaloids 화합물과 6% - 10%의 flavonoid 그리고 saponin 등이 함유되어 있으며 (Ding *et al.*, 1992; Kang and Kim, 2000; Chen *et al.*, 2004; Yang *et al.*, 2004; Ha *et al.*, 2006; Park *et al.*, 2010), alkaloid 주성분은 matrine, oxymatrine, sophoranol, hydroxymatrine, anagryne, methylcytisine, baprifoline, allomatrine 및 sophocarpin 등으로 대략 20%가 matrine과 oxymatrine으로 구성되어 있다 (Kumagai *et al.*, 1990). 그 외에도 phytoestrogen으로 알려진 daidzein, genistein, formononetin 등의 isoflavones 화합물을 포함하고 있다 (Wu *et al.*, 1985; Yagi *et al.*, 1989; Tang and Eisenbrand, 1992; Ryu *et al.*, 1997; Woo *et al.*, 1998; Shin, 2000; Kim and Lee, 2009; Lee *et al.*, 2010). 이러한 Phenol 및 flavonoid 성분은 식물에 풍부한 이차대사산물로서 phenolic hydroxyl기를 가지기 때문에 단백질 및 기타 거대 분자들과 쉽게 결합하며 구조에 따라 이화학적 성질 및 생리적 기능이 다르게 나타난다 (Chung and Kim, 2004; Kumar *et al.*, 2007; An *et al.*, 2012). Phenol 및 flavonoid 성분은 항산화 활성뿐만 아니라 항염증, 면역 증진, 항균, 항암, 심장보호 등 다양한 생리적 활성을 갖는 것으로 알려져 있다 (Cuvelier *et al.*, 1996; Ambriz-Pérez *et al.*, 2016; Tungmunnithum *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2020).

특히, 고삼에서의 약리적 특성으로는 진통, 구충제 내복용, 위장염, 장염, 피부의 화농증 등의 질환 등에 사용되는 생약재로 (Cho *et al.*, 1999; Ding *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2007), 성분 중 matrine은 이뇨, 이질, 해열, 습진, 위출혈 등에 쓰이고 oxymatrine은 크록켈 육종, 간세포사에 효과가 있는 것으로 알려져 있다 (Chen *et al.*, 2000; Ma *et al.*, 2008; Jin *et al.*, 2010). 또한 치아우식예방제로 개발 가능성이 있고, 치은섬유아세포의 세포주기 진행을 촉진시킨다고 보고되어 있다 (Kang and Hwang, 1992; Lee, 2001).

약용 외에도 국내 병해충 관리용 유기농업자재로 등록되어 활성물질인 matrine과 oxymatrine은 호흡 및 근육 운동신경 말초를 마비시키는 작용이 있어 병해충 방제에 효과적이며 (Zheng *et al.*, 2000; Sohn *et al.*, 2004; Yang and Zhao, 2006; Liu *et al.*, 2007; Mao and Henderson, 2007; Lee *et al.*, 2013), 최근 식물추출물을 이용한 연구에서 나방류인 담배 거세미나방, 파밤나방 방제에 고삼제가 효과가 연구되었다 (Kim *et al.*, 2008c).

고삼의 번식은 종자번식과 삽목을 이용한 영양번식이 가능

하며 주로 종자를 이용하여 번식한다. 그러나 현재 육성된 품종이 없고 국내 자생하는 식물을 일부 채취하여 이용하기도 하나 외국에서 수입하여 한약재 및 살충 재료 원료로 이용되고 있으며, 2018년 전체 수입량은 11,102 kg으로 대부분 수입에 의존하고 있어 (APQA, 2019) 우수한 품종의 확보 및 보급이 필요하다.

따라서 본 연구는 국내에 자생되고 있는 다양한 고삼 재래종을 수집하여 생육 특성 및 고삼 주요성분인 matrine과 oxymatrine 함량이 우수한 자원을 선별하여 새로운 품종으로 육성하는데 중요한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시험 재료

생육 특성 평가에 사용된 고삼은 2017년도에 전국 5개 지역에서 자생하고 있는 29개 자원을 재래종으로 수집하였으며, 수집 당시의 개체는 종자로 번식된 초장 50 cm 크기의 2년생을 뿌리에 상처가 생기지 않도록 수집하여 충청남도농업기술원 인삼약초연구소 시험포장에 식재한 후 생육 적용하였다.

각각의 개체를 50 cm 간격으로 식재하여 2018, 2019년에 조사된 3년, 4년생의 성적을 사용하였고, 생육 특성조사는 산림청 국립산림품종관리센터에서 발간하는 ‘신품종 심사를 위한 식물별 특성조사 요령-고삼’ (NFSV, 2016) 방법에 따라 수행하였다.

2. 주요성분 분석

수집자원별 채취한 뿌리는 수차례 수세 후, 동결건조 한 다음 균일하게 분쇄하여 시험에 사용하였다. 대한민국의약전 (2018)의 고삼 지표물질 정량법에 따라 분쇄한 분말 0.5 g을 취한 다음 70% 메탄올로 20 배량 취하여 50°C의 온도에서 90 분씩 3 회 초음파 진탕 추출한 후 상등액을 membrane filter (0.22 μm pore size, Whatman Co., Kent, England)로 여과하여 사용하였다.

HPLC 분석에 사용한 acetonitrile, water, potassium phosphate (TEDIA Inc., Fairfield, OH, USA)는 HPLC 등급의 시약을 사용하였으며, matrine과 oxymatrine (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 함량 측정은 Table 1에 명시한 조건으로 Agilent 1200 Infinity HPLC (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 분석하였다.

정량분석을 위해 각 표준물질을 25, 50, 100 ppm의 농도에서 분석을 실시하여 matrine은 $y = 17817.660x - 16.624$, $R^2 = 0.9997$, oxymatrine은 $y = 18130.761x - 51.458$, $R^2 = 0.9981$ 의 검량선식을 확인하였고, 이 식을 이용하여 고삼 수집자원에 들어있는 matrine, oxymatrine을 정량분석을 실시하였다.

Table 1. HPLC conditions of matrine and oxymatrine analysis in root extracts of *Sophora flavescens* AIT.

Instruments	HPLC system (Model : Agilent 1200)
Column	ODS-inertsil (4.6 mm × 150 mm, 5 μm)
Mobile phase	5 mM potassiumphosphate buffer (pH 6.0) : acetonitrile = 90 : 10
Column temp.	30°C
Detector	UV 208 nm
Injection volume	10 μl
Flow rate	1.0 ml/min
Run time	20 min

3. 총 폴리페놀 함량 측정

고삼 수집자원별 총 폴리페놀 함량 측정은 Coseteng and Lee (1987)의 방법에 따라 실시하였다. 시료의 20 배 추출액 1 ml 에 Folin-ciocalteu's phenol reagent 0.2 ml 을 가하고 실온에서 10 분간 방치하였다. 1 M NaCO₃ 0.4 ml 을 가하여 혼합하고 증류수 8.8 ml 을 첨가하여 30 분간 실온에서 반응시킨 다음 3,000 rpm에 10 분간 원심 분리하였다.

상층액을 취해 분광광도계로 760 nm 에서 흡광도 측정하였고, 측정된 흡광도는 tannic acid (0 μg/ml - 500 μg/ml; Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 이용하여 표준곡선을 작성한 뒤 각 시료 추출물의 흡광도 수치를 대입하여 총 페놀성 화합물 함량을 구하였다.

4. 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량 측정은 Kim 등 (2005)의 방법에 따라 질산알루미늄염법으로 실시하였다. 추출액 시료 0.5 ml, 10% aluminium nitrate 0.1 ml 와 1 M potassium acetate 0.1 ml 을 순차적으로 넣은 후, 80% ethanol 4.3 ml 을 첨가하여 상온에서 40 분간 반응시킨 후 0.45 μm membrane filter로 여과하여 X-ma 1200 spectrophotometer (Human Co. Ltd., Seoul, Korea) 415 nm 에서 흡광도를 측정하였다.

시료의 총 플라보노이드 함량은 다양한 농도의 quercetin (0 μg/ml - 500 μg/ml; Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 측정된 표준 검량 곡선으로부터 플라보노이드 화합물을 정량하여 추출물 100 g 당 quercetin equivalence (mg·QE/100g)로 나타내었다.

5. DPPH free radical 소거활성 측정

2,2-diphenyl-1-picryl hydrazyl (DPPH) radical 소거활성은 항산화 효능 검정에 주로 이용되는 방법으로 DPPH 시약이 분자 내 함유된 radical이 환원될 때 자색이 탈색되는 정도를 흡광도를 이용하여 측정한다 (Cho et al., 2013).

고삼의 DPPH radical 소거능은 Brand-Williams 등 (1995)의 방법을 변형하여 평가하였고, positive control은 Vitamin C (0 - 1000 μg/ml, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. 고삼 추출액 1.0 ml 에 1.5×10⁻⁴ M DPPH 용액 3 ml 을 넣고 혼합한 뒤 실온에서 30 분간 반응시킨 다음 517 nm 에서 흡광도를 측정하여 초기 흡광도의 값에 대한 차이 값을 백분율로 환산하여 DPPH radical 소거능을 비교 검토하였다.

6. ABTS⁺ radical 소거활성 측정

ABTS radical cation decolorization 분석법 (Re et al., 1999)을 이용하여 2,2-azino-bis (3-ethylbenthiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) radical 소거능을 측정하였다.

7.4 mM ABTS 용액과 2.6 mM potassium persulfate (Daejung, Siheung, Korea)을 1:1 (v/v)로 혼합하여 상온, 암소에서 15 시간 방치하여 양이온 (ABTS⁺)을 형성하고, 흡광도가 732 nm 에서 1.0 이하가 되도록 phosphate saline buffer (PBS, pH 7.4)을 이용하여 희석한 것을 측정용 시약으로 이용하였다.

희석된 ABTS⁺ 용액 4 ml 에 20 배로 추출한 고삼추출물을 0.4 ml 를 혼합하여 실온에서 10 분간 반응시킨 후 732 nm 에서 흡광도를 측정하였다. ABTS⁺ radical 소거능 (%)은 1에서 시료첨가구의 흡광도를 시료 무첨가구의 흡광도로 나눈 수치를 뺀 후 100을 곱하여 ABTS 전자 radical 소거능을 비교하였다. Positive control로 Vitamin C (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

7. Ferric reducing antioxidant power (FRAP) 측정

산화 및 환원 반응을 측정하는 FRAP 활성은 Benzie와 Strain (1996)의 방법에 따라 측정하였다. 0.3 M acetate buffer (pH 3.6), 0.04 M HCl에 용해한 10 mM 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ) 용액 및 0.02 M Ferric chloride solution (FeCl₃·6H₂O)을 각각 10:1:1 (v/v/v)의 비율로 미리 혼합한 후 37°C의 수용액에서 5 분 동안 가온한 다음 FRAP 측정용 기질로 사용하였다.

FRAP 용액 2 ml 에 고삼 추출물 0.5 ml 및 증류수 2.5 ml 을 가하고 30°C의 항온기에서 10 분간 반응시킨 후 593 nm로 흡광도를 측정하였다. 추출액에 대한 환원력은 FeSO₄·7H₂O 시약을 이용하여 0 mM - 1.25 mM 범위의 표준액에 대한 흡광도를 측정하여 검량곡선을 만든 후 각 추출액의 흡광도를 FeSO₄·7H₂O mM로 환산한 값으로 환원력을 나타내었다.

8. 통계분석

생육 특성은 2년간 반복 실험으로 얻은 결과와 뿌리 추출물

의 활성 및 성분 분석 실험의 결과 ($n = 3$)를 SAS EG (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고, $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 유의성을 검정하였으며, 상관관계는 Pearson의 적률 상관계수 (Pearson's correlation coefficient)를 이용하여 유의성을 표기하였다.

결과 및 고찰

1. 고삼 수집자원의 생육특성

고삼 (*Sophora flavescens* AIT.) 우량자원 GS-01 - GS-05는 충청남도 금산, YS-01 - YS-11는 충청남도 예산, JA-01 및 MJ-01 - MJ-06은 전라북도 진안과 무주, BH-01 - BH-06은 경상북도 봉화에서 수집하였다. 수집된 자원은 시험포장에서 적응시킨 후 평가하였으며, 생육특성 결과는 Table 2와 같다.

29 개 수집자원의 초장 전체 평균은 111.9 ± 19.8 cm로 그 분포는 74.8 cm - 152.5 cm로 고르게 분포하였으며, 자원간 77.7 cm의 차이가 있었다. 지역별 평균값은 예산이 132.8 ± 8.7 cm로 가장 높았으며, 진안 114.9 ± 5.3 cm, 무주 106.3 ± 12.7 cm, 금산 94.3 ± 11.3 cm, 봉화 93.6 ± 8.4 cm의 순으로 나타났다. 그중 예산에서 수집한 YS-11 자원이 초장 152.5 ± 6.5 cm로 유의하게 가장 컸으며 엽장도 25.3 ± 1.3 cm로 지상부의 생육이 우수하였다 (Table 2).

엽장의 전체 평균은 22.1 ± 2.2 cm로 20.0 cm - 26.2 cm가 86.2%로 가장 많이 분포하였고, 지역별 평균값은 진안이 24.1 ± 1.6 cm로 가장 높게 나타났다. 특히 YS-02 자원이 26.2 ± 0.2 cm로 높게 조사되었다 (Table 2).

수집종의 화경장은 평균 34.5 ± 8.0 cm로 그 분포의 범위는 20.4 cm - 54.0 cm로 넓게 분포하였고, 지역별 평균은 예산이 39.8 ± 8.4 cm로 가장 높았으며 특히 YS-11 자원이 54.0 ± 14.0 cm로 유의하게 가장 높은 경향을 보였다 (Table 2).

생근중은 전체 평균 1.7 ± 1.0 kg이었으며 진안에서 수집한 JA-01 유전자원이 4.9 ± 0.1 kg으로 가장 많은 생근 수량 특성을 나타냈다 (Table 2).

주당 채종량 평균은 23.0 ± 20.0 g으로 3.0 g - 77.7 g까지 넓은 분포를 나타내었는데 최소 3.0 ± 0.8 g과 최대 77.7 ± 6.4 g의 수량을 보인 유전자원은 BH-02와 BH-04 수집종으로 같은 지역에서 수집되었더라도 각기 다른 생육특성을 보였다 (Table 2).

선발된 자원 중 YS-11은 초장과 화경장에서 우위를 나타냈고 YS-02는 엽장에서 우위를 나타냈다. 초장이 긴 개체들이 엽장도 큰 경향을 보였다. 생근중은 JA-01이 우위를 나타냈고 YS-11 자원은 화경장에서 우위를 나타냈지만 채종량에서는 평균보다 낮은 생육특성을 보였으며, BH-04 자원이 주당 채종량에서 우위를 나타냈다 (Table 2).

변이계수로 볼 때 생근중 (62.63%)과 주당 채종량 (86.86%)의 변이가 컸으며 엽장 (10.04%), 초장 (17.69) 및 화경장 (23.06%)의 변이는 낮은 경향이었다. 이와 같이 생육 특성에 많은 차이를 보이고 분포가 넓은 것은 본 연구에 이용된 수집종들이 유전적 다양성이 높은 것으로 해석된다.

다른 작물에서도 지역 수집종들 간에 형태 및 생육특성에서 다양한 변이를 보였는데 오미자 수집종간에는 화기와 과실 특성이 다르고 수량성 차이는 최대 86%이었으며 (Chang *et al.*, 1995), 구기자 수집종 간에도 줄기 길이, 분지수, 잎의 형태, 착과수, 과중 등이 차이를 보였다 (Lee *et al.*, 1999). 그 외에도 쑥 (Rho *et al.*, 1994), 시호 (Park *et al.*, 1994) 및 돌나물 (Kim *et al.*, 2008b)의 수집종 간에도 유의한 수량차이를 보였다.

고삼에서도 지역간, 수집 개체간에 생육 특성 차이를 보여 이를 새로운 품종으로 육성하는데 유용 유전자원으로서 활용될 것으로 생각된다.

2. 주요 성분 분석

수집된 유전자원에 대하여 고삼 유효성분인 oxymatrine과 matrine 함량을 비교하여 분석한 결과 (Table 3) 유전자원간 유의적 차이를 보였다. 고삼 우량자원에 들어있는 oxymatrine 평균 함량은 $0.7439 \pm 0.1370\%$ 이고, 함량이 가장 높은 것은 예산에서 수집한 YS-03으로 $0.9616 \pm 0.0045\%$ 이었다. 반면 가장 낮은 함량을 나타낸 것은 봉화에서 수집한 BH-03 자원으로 $0.3614 \pm 0.0011\%$ 이었으며 가장 높은 YS-03와 비교하였을 때 약 3 배의 함량 차이가 났다.

지역별 함량은 진안과 무주에서 수집한 자원들의 함량이 각각 0.8264%, 0.8262%로 높게 나타나는 경향을 보였고 그 다음으로는 예산 0.8037%, 금산 0.6353%, 봉화 0.6286% 순이었으며, 함량이 높은 상위 10 개 자원 중에서는 예산에서 수집한 YS-03, YS-04, YS-08, YS-06, YS-09가 높은 함량 우위를 나타냈다 (Table 3).

고삼 내 matrine 함량은 oxymatrine과 상보적으로 낮게 함유되어 있었다. 수집자원의 평균 함량은 $0.0262 \pm 0.0556\%$ 로 가장 높은 함량을 나타낸 것은 무주에서 수집한 MJ-02와 MJ-01 자원으로 $0.1921 \pm 0.0052\%$, $0.1824 \pm 0.0015\%$ 이었으며 수집 자원 중 그 함량이 0.01% 이상은 9 계통뿐이었다. 지역별 함량은 무주에서 수집한 자원들이 0.0652%로 유의하게 가장 높은 함량을 나타냈고 그 다음으로 봉화에서 수집한 자원들이 0.0434%이었으며, 금산이 0.0156%의 함량을 보였다. 변이의 분포는 0.0013% - 0.1921%로 넓게 분포되어 있는 것으로 보아 수집자원 간에 함량 변이가 심한 것을 확인하였다 (Table 3).

이와 같은 함량의 변이는 같은 종류의 고삼이라도 식물체에 생성된 생리활성 물질들이나 항산화력과 항산화성분 함량 등

Table 2. Growth characteristics of *Sophora flavescens* AIT. accessions.

Accessions ¹⁾	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Peduncle length (cm)	Fresh root weight (kg)	Total seeds weight (g)
GS-01	74.8±33.3 ^k	17.6±4.6 ^h	23.9±10.9 ^{hij}	0.8±0.1 ^{no}	9.5±0.6 ^{kl}
GS-02	100.5±2.5 ^{ghijk}	22.8±3.5 ^{abcdefg}	35.9±3.1 ^{cdefghi}	1.6±0.1 ^{ghi}	21.2±1.0 ^{ghi}
GS-03	102.5±11.5 ^{efghij}	22.8±0.2 ^{abcdefg}	34.6±1.1 ^{cdefghi}	1.7±0.1 ^{fgh}	24.8±1.6 ^{fgh}
GS-04	94.0±12.0 ^{hijk}	18.8±2.1 ^{gh}	31.2±5.2 ^{cdefghij}	0.7±0.1 ^{op}	9.4±0.9 ^{kl}
GS-05	99.5±0.5 ^{ghijk}	21.2±1.1 ^{cdefgh}	27.5±4.5 ^{efghij}	3.8±0.3 ^b	45.5±2.9 ^{de}
YS-01	133.0±34.0 ^{abc}	20.8±0.3 ^{efgh}	52.1±6.1 ^{ab}	0.7±0.1 ^{op}	9.2±1.0 ^{kl}
YS-02	139.0±15.0 ^{ab}	26.2±0.2 ^a	43.6±6.6 ^{abcd}	1.3±0.0 ^{kl}	8.6±1.9 ^{kl}
YS-03	121.8±9.3 ^{bcd}	20.9±0.7 ^{defgh}	26.5±6.0 ^{fghij}	1.0±0.1 ^{mn}	28.5±0.5 ^f
YS-04	128.3±17.8 ^{abcde}	20.0±1.3 ^{efgh}	31.9±0.9 ^{cdefghij}	1.3±0.1 ^{ijk}	14.9±0.6 ^j
YS-05	124.0±19.0 ^{bcd}	25.4±3.1 ^{abc}	40.7±14.9 ^{bcd}	2.0±0.2 ^e	64.6±8.1 ^b
YS-06	133.0±4.0 ^{abc}	20.8±0.8 ^{defgh}	32.9±3.7 ^{cdefghij}	1.6±0.1 ^{gh}	47.1±3.5 ^d
YS-07	130.5±7.5 ^{abcd}	22.4±4.6 ^{abc}	38.3±9.9 ^{cdefg}	1.5±0.1 ^{hij}	21.6±1.2 ^{ghi}
YS-08	126.5±18.5 ^{abc}	18.6±1.6 ^{gh}	35.6±2.5 ^{cdefghi}	1.1±0.1 ^{lm}	9.4±1.2 ^{kl}
YS-09	131.3±10.8 ^{abcd}	22.2±0.7 ^{abc}	38.3±0.3 ^{cdefg}	3.2±0.4 ^c	56.9±1.7 ^c
YS-10	140.5±4.5 ^{ab}	26.0±2.1 ^{ab}	44.3±9.8 ^{abc}	0.5±0.1 ^p	7.4±2.4 ^{kl}
YS-11	152.5±6.5 ^a	25.3±1.3 ^{abcd}	54.0±14.0 ^a	2.3±0.2 ^d	8.7±0.5 ^{kl}
JA-01	114.9±13.9 ^{bcd}	24.1±0.1 ^{abc}	32.7±9.6 ^{cdefghij}	4.9±0.1 ^a	7.3±1.2 ^k
MJ-01	123.3±16.3 ^{bcd}	24.4±0.7 ^{abc}	35.7±15.0 ^{cdefghi}	0.6±0.2 ^{op}	16.9±1.7 ^{ij}
MJ-02	114.8±8.3 ^{bcd}	24.2±3.6 ^{abc}	36.9±4.6 ^{cdefgh}	0.6±0.1 ^{op}	6.1±0.9 ^{kl}
MJ-03	106.0±20.0 ^{defghij}	22.9±0.2 ^{abc}	25.2±7.2 ^{ghij}	1.2±0.1 ^{klm}	21.6±1.5 ^{ghi}
MJ-04	110.3±0.3 ^{cdefghi}	21.4±1.9 ^{cdefgh}	33.0±2.5 ^{cdefghij}	1.2±0.0 ^{klm}	4.3±0.6 ^{kl}
MJ-05	94.0±2.0 ^{hijk}	21.7±4.1 ^{bcd}	30.0±2.0 ^{defghij}	1.8±0.1 ^g	41.3±2.1 ^e
MJ-06	89.5±9.5 ^{hijk}	19.2±1.5 ^{fgh}	28.6±4.6 ^{efghij}	1.6±0.1 ^{gh}	43.9±3.7 ^{de}
BH-01	103.0±7.0 ^{efghij}	21.0±0.1 ^{cdefgh}	39.0±1.0 ^{cdefg}	1.9±0.0 ^{ef}	25.8±1.0 ^f
BH-02	84.5±7.5 ^{ijk}	21.0±1.5 ^{cdefgh}	28.5±2.5 ^{efghij}	0.3±0.1 ^q	3.0±0.8 ^l
BH-03	99.0±3.0 ^{ghijk}	22.3±0.2 ^{abc}	39.4±6.1 ^{cdef}	1.5±0.1 ^{hij}	3.8±0.2 ^{kl}
BH-04	99.5±3.5 ^{ghijk}	23.5±1.2 ^{abc}	37.3±2.3 ^{cdefgh}	2.3±0.2 ^d	77.7±6.4 ^a
BH-05	83.0±4.0 ^{jk}	21.3±4.7 ^{cdefgh}	20.4±1.2 ^j	2.1±0.1 ^e	7.6±1.6 ^k
BH-06	92.5±13.5 ^{hijk}	23.7±1.4 ^{abc}	22.5±4.8 ^{ij}	3.1±0.1 ^c	20.1±1.6 ^{hij}
Mean	111.9±19.8	22.1±2.2	34.5±8.0	1.7±1.0	23.0±20.0
Min.	74.8	17.6	20.4	0.3	3.0
Max.	152.5	26.2	54.0	4.9	77.7
C.V.(%)	17.69	10.04	23.06	62.63	86.86

¹⁾GS-01 - GS-05; collected from Geumsan of Chungcheongnam-do, YS-01 - YS-11; collected from Yesan of Chungcheongnam-do, JA-01; collected from Jinan of Jeollabuk-do, MJ-01 - MJ-06; collected from Muju of Jeollabuk-do, BH-01 - BH-06; collected from Bonghwa of Gyeongsangbuk-do. *Values were expressed as the means and standard deviation of two years results.

에 변이가 크을 나타내는 것으로 수집하는 지역 또는 수집시기, 보존기간 등에 따라 함량에 차이가 있다는 보고 (Ota and Mino, 1979; Jin *et al.*, 1993; Song *et al.*, 1999; Kang and Kim, 2004)들과 일치하였고, 쑥 (Kim and Chae, 2001)의 청색색소 카마줄렌 함량 변이와 오미자 (Kim *et al.*, 2003)의 리그난 함량이 수집종간 차이가 있었다는 결과와 유사하게 나타났다.

각 유효성분을 합한 총량의 평균값은 0.7701 ± 0.1343%를 나타냈으며, YS-03 자원이 0.9638 ± 0.0041%로 유의하게 가장 높은 총 함량을 나타냈다. 그 다음으로 MJ-06 (0.9275 ± 0.0012%), MJ-05 (0.9230 ± 0.0001%), MJ-02 (0.9203 ± 0.0117%), YS-04 (0.9175 ± 0.0668%) 등의 순으로 높게 나타났다.

본 실험에서 고삼의 유효성분으로 사용한 *matrine*과

Table 3. Contents of oxymatrine and matrine in root of *Sophora flavescens* AIT. accessions.

Accessions ¹⁾	Oxymatrine (%)	Matrine (%)	Total (%)
GS-01	0.5131±0.0004 ^{o*}	0.0612±0.0008 ^d	0.5743±0.0011 ^l
GS-02	0.8240±0.0022 ^f	0.0041±0.0002 ^{hij}	0.8281±0.0020 ^e
GS-03	0.6477±0.0036 ^{mn}	0.0049±0.0003 ^{hi}	0.6526±0.0033 ^{jk}
GS-04	0.6617±0.0077 ^{lmn}	0.0039±0.0001 ^{hij}	0.6656±0.0076 ^{jk}
GS-05	0.5298±0.0067 ^o	0.0040±0.0001 ^{hij}	0.5338±0.0067 ^m
YS-01	0.7195±0.0041 ^{hij}	0.0029±0.0000 ^{ijkl}	0.7224±0.0041 ^{gh}
YS-02	0.6614±0.0067 ^{lmn}	0.0016±0.0001 ^{kl}	0.6630±0.0068 ^{jk}
YS-03	0.9616±0.0045 ^a	0.0022±0.0004 ^{kl}	0.9638±0.0041 ^a
YS-04	0.9139±0.0655 ^b	0.0036±0.0013 ^{hijk}	0.9175±0.0668 ^b
YS-05	0.7484±0.0099 ^{gh}	0.0049±0.0003 ^{hi}	0.7533±0.0101 ^{fg}
YS-06	0.8706±0.0022 ^{cd}	0.0026±0.0001 ^{kl}	0.8786±0.0021 ^{cd}
YS-07	0.7640±0.0038 ^g	0.0033±0.0001 ^{hijkl}	0.7674±0.0039 ^f
YS-08	0.8908±0.0752 ^{bc}	0.0027±0.0004 ^{ijkl}	0.8935±0.0756 ^{bc}
YS-09	0.8469±0.0024 ^{def}	0.0015±0.0002 ^{kl}	0.8484±0.0022 ^{de}
YS-10	0.7046±0.0012 ^{ijk}	0.0015±0.0000 ^{kl}	0.7061±0.0012 ^{hi}
YS-11	0.7541±0.0105 ^{gh}	0.0013±0.0001 ^l	0.7553±0.0106 ^{fg}
JA-01	0.8264±0.0012 ^f	0.0025±0.0000 ^{kl}	0.8289±0.0012 ^e
MJ-01	0.6864±0.0030 ^{ijkl}	0.1824±0.0015 ^b	0.8688±0.0015 ^{cd}
MJ-02	0.7282±0.0065 ^{hi}	0.1921±0.0052 ^a	0.9203±0.0117 ^b
MJ-03	0.8386±0.0000 ^{ef}	0.0043±0.0002 ^{hij}	0.8429±0.0002 ^{de}
MJ-04	0.8619±0.0046 ^{cde}	0.0037±0.0002 ^{hijk}	0.8656±0.0048 ^{cd}
MJ-05	0.9176±0.0000 ^b	0.0054±0.0001 ^h	0.9230±0.0001 ^b
MJ-06	0.9242±0.0010 ^b	0.0033±0.0001 ^{hijkl}	0.9275±0.0012 ^b
BH-01	0.6498±0.0169 ^{mn}	0.0297±0.0007 ^f	0.6795±0.0162 ^{ij}
BH-02	0.6320±0.0127 ⁿ	0.0082±0.0001 ^g	0.6402±0.0126 ^k
BH-03	0.3614±0.0011 ^p	0.0370±0.0005 ^e	0.3984±0.0015 ⁿ
BH-04	0.7278±0.0148 ^{hi}	0.0089±0.0005 ^g	0.7367±0.0153 ^{gh}
BH-05	0.6804±0.0159 ^{klm}	0.1729±0.0020 ^c	0.8533±0.0139 ^{de}
BH-06	0.7199±0.0095 ^{hij}	0.0036±0.0002 ^{hijk}	0.7235±0.0097 ^{gh}
Mean	0.7439±0.1370	0.0262±0.0556	0.7701±0.1343
Min.	0.3614	0.0013	0.3984
Max.	0.9616	0.1921	0.9638
C.V.(%)	18.40	212.10	17.40

¹⁾GS-01 - GS-05; collected from Geumsan of Chungcheongnam-do, YS-01 - YS-11; collected from Yesan of Chungcheongnam-do, JA-01; collected from Jinan of Jeollabuk-do, MJ-01 - MJ-06; collected from Muju of Jeollabuk-do, BH-01 - BH-06; collected from Bonghwa of Gyeongsangbuk-do. Values were expressed as the means and standard deviation of three replicates. *Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

oxymatrine은 이노, 이질, 해열, 습진, 위출혈, 크록켈 육종, 간 세포사 등의 효과가 있다는 것이 알려져 있어 (Chen *et al.*, 2000; Ma *et al.*, 2008; Jin *et al.*, 2010) 생리적 활성이나 유효 성분 함량이 높은 개체 선발로 고삼 우수자원의 확보 및 국내 생산 확대를 통해 위와 관련된 기능성에 대해 치료 효과가 클 것으로 기대된다.

3. 총 폴리페놀, 플라보노이드 함량 및 항산화 활성 측정

고삼 수집자원 시료간 차이를 비교하기 위하여 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH radical 소거능, ABTS radical 소거능 및 FRAP 등의 항산화 활성을 측정된 결과 Table 4와 같았다.

고삼 수집자원의 총 폴리페놀 함량의 전체 평균은 284.7 ± 14.8 mg·TAE/100g 이었다. 가장 높은 함량을 나타낸 것은

봉화에서 수집한 BH-02 자원으로 312.1 ± 2.6 mg·TAE/100g 이었으나, 가장 낮은 함량을 나타낸 것은 무주에서 수집한 MJ-06이 249.0 ± 0.9 mg·TAE/100g 이었다. 홍화 (Kim *et al.*, 2008a; Jung *et al.*, 2019) 및 콩 (Mujić *et al.*, 2011)에서 지역 간 총 폴리페놀의 유의한 함량 차이를 보였는데 본 실험에서도 유사한 결과를 보였으며 이러한 결과는 유전자원이 지

닌 유전자형에서 영향을 받은 것이라 사료된다 (Table 4).

총 플라보노이드 함량의 전체 평균은 32.8 ± 19.8 mg·QE/100g 이었으며, 가장 높은 함량을 나타낸 것은 BH-02 자원으로 88.5 ± 4.0 mg·QE/100g 이었다. 함량이 가장 적은 자원은 예산에서 수집한 YS-05로 4.0 ± 0.2 mg·QE/100g 이었으며, 변이계수가 60.4%로 크게 나타났다 (Table 4).

Table 4. Antioxidant activity, total phenolic contents, and total flavonoid contents of *Sophora flavescens* AIT. accessions.

Accessions ¹⁾	TPC ²⁾	TFC ³⁾	DPPH ⁴⁾	ABTS ⁵⁾	FRAP ⁶⁾
GS-01	291.7±4.3 ^{ef}	20.3±6.5 ^{lmn}	63.6±0.2 ^g	41.3±0.1 ⁱ	12.6±1.0 ^m
GS-02	280.1±7.0 ^{ghij}	16.3±0.6 ^{no}	65.6±0.4 ^{ef}	51.0±2.0 ^h	16.9±0.2 ^c
GS-03	297.9±3.0 ^{bcd}	13.6±0.2 ^o	58.9±0.2 ^h	52.1±12.1 ^h	13.7±0.3 ^{ij}
GS-04	300.8±3.1 ^b	24.9±6.1 ^{kl}	61.4±2.1 ^g	59.2±1.5 ^g	13.4±0.3 ^{kl}
GS-05	295.6±1.8 ^{cde}	30.0±2.5 ^{hij}	62.1±1.4 ^g	58.4±0.9 ^g	12.6±0.5 ^m
YS-01	300.6±1.6 ^b	40.5±4.6 ^{ef}	98.5±0.2 ^a	59.9±0.3 ^g	16.3±0.3 ^c
YS-02	300.9±2.4 ^b	45.7±2.5 ^e	93.3±1.0 ^b	58.4±0.8 ^g	16.1±0.1 ^c
YS-03	281.9±1.2 ^{ghi}	17.6±0.4 ^{mno}	55.0±0.2 ^{jk}	65.6±0.3 ^{cde}	13.3±0.1 ^{kl}
YS-04	278.7±1.2 ^{hij}	22.6±2.7 ^{klm}	54.6±1.8 ^{jk}	64.4±0.7 ^{de}	13.2±0.2 ^{kl}
YS-05	258.7±0.9 ^o	4.0±0.2 ^p	46.9±1.2 ^m	70.7±0.0 ^b	15.0±0.2 ^g
YS-06	276.2±1.8 ^{jk}	12.8±1.3 ^o	54.8±1.1 ^{jk}	66.8±0.4 ^{bcd}	14.1±0.3 ^h
YS-07	271.7±1.2 ^{lm}	13.2±0.2 ^o	49.1±1.8 ^m	68.6±0.1 ^{bcd}	14.0±0.0 ^{hi}
YS-08	300.1±0.9 ^b	65.0±3.4 ^c	94.4±1.5 ^b	58.4±0.0 ^g	13.1±0.1 ⁱ
YS-09	274.4±1.8 ^{kl}	25.8±3.3 ^k	53.5±1.8 ^{kl}	66.8±0.5 ^{bcd}	13.6±0.3 ^{jk}
YS-10	294.4±1.1 ^{def}	56.8±3.3 ^d	90.8±1.0 ^c	57.9±0.1 ^g	15.2±0.1 ^{ef}
YS-11	299.1±0.1 ^{bc}	74.7±6.3 ^b	98.9±0.6 ^a	59.0±0.0 ^g	15.5±0.3 ^{de}
JA-01	268.6±1.9 ^m	19.5±3.1 ^{lmn}	56.8±1.6 ^{hij}	68.7±0.1 ^{bcd}	14.8±0.1 ^g
MJ-01	268.7±2.8 ^m	26.8±3.1 ^k	55.8±2.0 ^{ijk}	68.9±0.3 ^{bcd}	15.7±0.0 ^d
MJ-02	282.8±0.0 ^{gh}	32.7±0.6 ^{hi}	62.6±1.4 ^g	65.3±0.0 ^{cde}	15.5±0.1 ^{de}
MJ-03	283.4±0.3 ^g	38.4±0.2 ^g	70.6±1.1 ^d	67.7±0.5 ^{bcd}	17.4±0.3 ^a
MJ-04	263.6±0.4 ⁿ	27.5±0.4 ^{ijk}	55.9±2.4 ^{ijk}	69.8±0.0 ^{bc}	16.7±0.1 ^b
MJ-05	281.8±2.7 ^{ghi}	34.8±1.2 ^{gh}	69.4±1.1 ^d	65.5±0.5 ^{cde}	17.0±0.0 ^b
MJ-06	249.0±0.9 ^p	27.9±0.8 ^{ijk}	52.2±0.8 ^l	70.7±0.1 ^b	17.4±0.2 ^a
BH-01	295.9±0.1 ^{cd}	27.3±0.6 ^{ijk}	71.3±0.7 ^d	62.5±0.3 ^{ef}	13.2±0.4 ^{kl}
BH-02	312.1±2.6 ^a	88.5±4.0 ^a	100.0±0.0 ^a	76.3±0.5 ^a	11.3±0.2 ^o
BH-03	297.0±0.9 ^{bcd}	60.6±1.7 ^{cd}	89.7±0.0 ^c	58.5±0.4 ^g	11.9±0.2 ⁿ
BH-04	278.4±1.2 ^{ij}	42.2±4.8 ^{ef}	66.2±2.2 ^e	68.0±0.4 ^{bcd}	14.1±0.0 ^h
BH-05	290.9±3.2 ^f	19.5±2.3 ^{lmn}	58.6±1.7 ^h	64.6±0.8 ^{de}	14.7±0.2 ^g
BH-06	279.7±1.5 ^{ghij}	23.0±1.5 ^{klm}	57.8±2.3 ^{hi}	68.9±0.2 ^{bcd}	14.1±0.5 ^h
Mean	284.7±14.8	32.8±19.8	67.9±16.8	63.2±7.2	14.5±1.6
Min.	249.0	4.0	46.9	41.3	11.3
Max.	312.1	88.5	100.0	76.3	17.4
C.V.(%)	5.2	60.4	24.7	11.4	11.2

¹⁾GS-01 - GS-05; collected from Geumsan of Chungcheongnam-do, YS-01 - YS-11; collected from Yesan of Chungcheongnam-do, JA-01; collected from Jinan of Jeollabuk-do, MJ-01 - MJ-06; collected from Muju of Jeollabuk-do, BH-01 - BH-06; collected from Bonghwa of Gyeongsangbuk-do. ²⁾TPC; total polyphenol content (mg/100g), ³⁾TFC; total flavonoid content, (mg/100g), ⁴⁾DPPH; 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging activity (%), ⁵⁾ABTS; 2,2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical scavenging activity, %, ⁶⁾FRAP; ferric reducing antioxidant power (mM·FE/g). *Values were expressed as the means and standard deviation of three replicates.

일반적으로 총 폴리페놀 함량이 높은 경우 총 플라보노이드 함량도 높게 나타나는 경향이 있는데 (Lee *et al.*, 2012) 본 연구에서도 총 폴리페놀 함량이 높은 BH-02 자원이 총 플라보노이드 함량도 높게 나타나 선행 연구 결과와 유사하였다. 전반적으로 고삼 수집자원별 항산화 물질 중 총 폴리페놀 함량은 총 플라보노이드 함량 보다 4 배에서 많게는 64 배 정도 높았다. 수집자원의 총 플라보노이드 함량의 변이가 4.04 - 88.46 mg·QE/100g 으로 넓게 분포되었는데, 고삼을 수집하여 같은 환경에서 생육 적응한 후 함량을 분석하였음에도 수집종간 함량 차이가 나타났으며 이러한 차이는 고삼 유전자원 수집 환경의 차이에 기인한 것으로 생각된다. 인삼 (Shi *et al.*, 2007; Szakiel *et al.*, 2011), 오미자 (Han *et al.*, 2019) 등의 재배환경과 수집 지역에 따라 2차 대사산물에 차이가 발생한다는 보고에서 보는 바와 같이 서로 다른 품종이나 재배환경의 차이가 축적되는 2차 대사산물의 종류와 양에 차이를 가져올 수 있을 것으로 생각된다.

뿌리 추출물의 DPPH radical 소거능 활성을 측정한 결과 전체 평균은 $67.86 \pm 16.77\%$ 이었다. DPPH radical 소거능이 가장 높은 것은 봉화에서 수집한 BH-02 자원으로 $100.00 \pm 0.00\%$ 의 활성을 보였으며, YS-11 ($98.92 \pm 0.60\%$), YS-01 ($98.48 \pm 0.20\%$), YS-08 ($94.37 \pm 1.46\%$), YS-02 ($93.31 \pm 1.02\%$)의 순으로 활성을 나타냈다. 이는 참당귀 $47.1 \pm 5.7\%$ (Kang *et al.*, 2004), 황기 $47.8 \pm 5.0\%$ (Mou *et al.*, 2011) 및 3년생 인삼 $46.49 \pm 0.79\%$ (Moon *et al.*, 2019) 등과 비교하여 높은 수준의 DPPH radical 소거 활성을 가진 것으로 확인된다. DPPH는 항산화활성 물질의 환원력에 의해 항산화 활성이 측정되므로 식물추출물의 페놀성 화합물 함량에 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Kil *et al.*, 2018). 본 연구 결과에서 항산화 성분인 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량이 많은 자원에서 DPPH radical 소거능 활성도 높게 나타나 항산화 활성에 영향을 줄 수 있다는 보고와도 일치하는 결과를 보였다 (Han *et al.*, 2019; Lee *et al.*, 2019; Choi *et al.*, 2020).

ABTS radical 소거능 또한 BH-02 자원이 $76.32 \pm 0.50\%$ 로 가장 강했으며 DPPH radical 소거능과 동일한 결과를 나타내었다. 이는 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 항산화 활성에 많은 영향을 준 것으로 판단되며 오미자 (Han *et al.*, 2019), 새싹울무 (Lee *et al.*, 2019)를 대상으로 항산화 물질 (폴리페놀, 플라보노이드)과 항산화 활성을 실험한 결과와 같은 양상을 보였다.

FRAP 활성은 pH 3.6의 조건에서 시료의 항산화제로부터 ferric tripyridyltriazine 복합체가 ferrous tripyridyltriazine으로 환원되는 것을 측정하는 것으로 (Benzie and Strain, 1996) 수집 자원의 측정된 FRAP 값은 11.28 mM/g - 17.40 mM/g의 범위를 보였다. 각 자원별 평균값은 무주에서 수집한 MJ-

03이 17.40 ± 0.25 mM/g으로 가장 높았고 MJ-06 (17.36 ± 0.21 mM/g), MJ-05 (16.95 ± 0.04 mM/g), MJ-04 (16.73 ± 0.07 mM/g), YS-01 (16.25 ± 0.33 mM/g)의 순으로 측정되었으며 지역 간에는 무주에서 수집한 자원들의 값이 높게 나타났다.

이와 같은 결과를 종합해 볼 때, 고삼 수집자원의 높은 생육적 특성이 oxymatrine, matrine, 항산화 성분 및 활성을 반드시 수반하지 않는다고 볼 수 있다. 따라서 생근 수량, 채종량, 지표성분, 항산화 성분 및 활성 등 품종 육성을 위한 선발에 있어 각각의 목적에 맞도록 충분히 고려되어야 할 것으로 판단된다.

4. 항산화 활성 및 기능성 성분과의 상관관계

고삼 수집자원의 항산화 활성과 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, oxymatrine 및 matrine의 상관관계를 알아보기 위하여 Pearson's correlation coefficient 분석을 시행하였으며 그 결과는 Table 5와 같다.

DPPH radical 소거능은 oxymatrine ($r = -0.306$, $p < 0.01$) 및 ABTS radical 소거능 ($r = -0.233$, $p < 0.05$)과 음의 상관관계를 나타내었고 총 폴리페놀 함량 ($r = 0.746$, $p < 0.001$) 및 총 플라보노이드 함량 ($r = 0.880$, $p < 0.001$)과는 양의 상관관계를 나타내었다. ABTS radical 소거능의 상관관계는 oxymatrine ($r = 0.391$, $p < 0.01$)과 양의 상관관계를 보였고, 총 폴리페놀 함량 ($r = -0.441$, $p < 0.001$) 및 DPPH radical 소거능 ($r = -0.233$, $p < 0.05$)과 음의 상관관계를 보였다. 총 폴리페놀 함량은 matrine을 제외하고 총 플라보노이드 함량 ($r = 0.585$, $p < 0.001$), DPPH radical 소거능 ($r = 0.746$, $p < 0.001$)과는 양의 상관관계를, oxymatrine ($r = -0.516$, $p < 0.001$), ABTS ($r = -0.441$, $p < 0.001$) 및 FRAP ($r = -0.455$, $p < 0.001$)과는 음의 상관관계가 있는 것으로 확인되었다 (Table 5).

항산화 활성은 주로 폴리페놀 및 플라보노이드 등의 기능성 물질 함량과 밀접하게 연관되어 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구 결과 고삼 뿌리의 항산화 활성은 oxymatrine과 폴리페놀 함량과 매우 밀접하게 연관되어 있음을 알 수 있었으며 이는 폴리페놀 화합물의 종류 및 성분에 따라 항산화 활성의 차이가 있다는 Kim 등 (2012)과 Lee 등 (2019)의 연구 결과와 일치하였다.

본 연구는 충남 금산 등 5개 지역에서 수집한 고삼 재래종을 대상으로 하여 생육특성과 항산화 활성을 평가하고, 유효 성분 oxymatrine과 matrine 함량, 총 폴리페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량을 측정하여 항산화 활성과의 상관관계를 조사하였다. 생육 특성 조사 결과 YS-11은 초장, 화경장에서 우수한 생육 특성을 나타냈고, JA-01은 생근 무게에서 주당 4.9 kg으로 우수한 생육 특성을 나타냈다. 채종량은 BH-04 자원

Table 5. Pearson's correlation coefficients among oxymatrine, matrine, total polyphenolic compound content, total flavonoid content, and antioxidant activity from *Sophora flavescens* AIT. accessions.

	Bioactive components				Antioxidant activities		
	Oxymatrine	Matrine	Total polyphenols	Total flavonoids	DPPH	ABTS	FRAP
Oxymatrine	1.000	-	-	-	-	-	-
Matrine	-0.249*	1.000	-	-	-	-	-
Total polyphenols	-0.516***	-0.043	1.000	-	-	-	-
Total flavonoids	-0.230*	-0.103	0.585***	1.000	-	-	-
DPPH	-0.306**	-0.159	0.746***	0.880***	1.000	-	-
ABTS	0.391**	0.023	-0.441***	0.032	-0.233*	1.000	-
FRAP	0.474***	0.064	-0.455***	-0.163	-0.077	0.160	1.000

Correlation are significant at *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$ and * $p < 0.05$, respectively. Pearson's correlation analysis was done using average values of each variable (n = 87).

이 주당 77.7 g으로 가장 우수하였다. 기능성 물질의 함량은 YS-03 자원이 oxymatrine 함량우위를 나타냈고, MJ-02 자원이 matrine 함량우위를 나타냈다. 항산화 활성은 BH-02, YS-11, YS-05, MJ-03 자원 등이 매우 우수한 항산화 활성을 보였다.

최근 다양한 약용식물의 폴리페놀, 플라보노이드 함량 및 기능성 물질 탐색에 대한 연구가 진행되고 있으나 고삼 유효성분 및 항산화 활성에 관한 연구는 미진하다. 본 연구 결과 고삼 수집자원의 생육특성이 다양함을 볼 수 있었고 기능성 물질의 함량이 높고 항산화 활성이 우수한 수집종을 선별할 수 있었기에 이를 기반으로 품종을 육성함에 있어 우수한 자원으로 활용될 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ012559062020)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Ambriz-Pérez DL, Leyva-López N, Cutierrez-Grijava EP and Heredia JB. (2016). Phenolic compounds: Natural alternative in inflammation treatment. A Review. Cogent Food and Agriculture. 2:1131412. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1131412> (cited by 2020 Aug 1).

An TH, Lee SY and Cho JW. (2012). Comparison on antioxidant activity of ethanolic extracts of Chinese matrimony vine (*Lycium chinensis* M.). Korean Journal of Crop Science. 57:22-29.

Animal and Plant Quarantine Agency(APQA). (2019). Year book of plant quarantine statistics. Animal and Plant Quarantine Agency. Gimcheon, Korea. p.233.

Benzie IFF and Strain JJ. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant powder": The FRAP assay. Analytical Biochemistry. 239:70-76.

Brand-Williams W, Cuvelier ME and Berset C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food

Science and Technology. 28:25-30.

Chang YH, Park CG and Kim DH. (1995). Characteristics of flower and fruit in collected *Schizandra chinensis* BAILLON. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 3:35-39.

Chen C, Guo SM and Liu B. (2000). A randomized controlled trial of kurorinone versus interferon- α 2a treatment in patients with chronic hepatitis B. Journal of Viral Hepatitis. 7:225-229.

Chen X, Yi C, Yang X and Wang X. (2004). Liquid chromatography of active principles in *Sophora flavescens* root. Journal of Chromatography B. 812:149-163.

Cho H, Weon SR, Yang EY, Kim JS, You IS, Ru DG, Lee JH, Kang KU and Baek SH. (1999). Antimicrobial effect of the extract of *Sophora flavescens* Ait(I). Yakhak Hoeji. 43:419-422.

Cho JH, Lee JY, Lee MJ, Oh HN, Kang DH and Jhune CS. (2013). Comparative analysis of useful β -glucan and polyphenol in the fruiting bodies of *Ganoderma* spp. Journal of Mushroom Science and Production. 11:164-170.

Choi JN, Lee HJ, Lee YJ, Jeong JT, Lee JH, Chang JK and Park CG. (2020). Growth characteristics and asiaticoside content, and antioxidant activities in *Centella asiatica* by cultivation and irrigation methods. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 28:254-259.

Chung IM and Kim SH. (2004). Analysis methods of phenol compounds. Korean Journal of Crop Science. 49:43-50.

Coseteng MY and Lee CY. (1987). Changes in apple polyphenol-oxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. Journal of Food Science. 52:985-989.

Cuvelier ME, Richard H and Berset C. (1996). Antioxidative activity and phenolic composition of pilot plant and commercial extracts of sage and rosemary. Journal of the American Oil Chemists' Society. 73:645-652.

Ding PL, Liao ZX, Huang H, Zhou P and Chen DF. (2006). (+)-12 α -Hydroxysophocarpine, a new quinolizidine alkaloid and related anti-HBV alkaloids from *Sophora flavescens*. Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters. 16:1231-1235.

Ding Y, Tian RH, Kinjo J, Nohara T and Kitagawa I. (1992). Three new oleanene glycosides from *Sophora flavescens*. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 40:2990-2994.

Ha H, Lee YS, Lee JH, Choi HS and Kim CS. (2006). High performance liquid chromatographic analysis of isoflavones in

- medicinal herbs. Archives of Pharmacal Research. 29:96-101.
- Han SH, Jang JK, Ma KH, Kim YJ, Kim SM, Lee HJ and Hong CO.** (2019). Selection of superior resources through analysis of growth characteristics and physiological activity of *Schisandra chinensis* collection. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 27:9-16.
- Huang KC.** (1998). The pharmacology of Chinese herbs. CRC Press. Boca Raton. FL, USA. p.63-66.
- Jin JH, Kim JS, Kang SS, Son KH, Chang HW and Kim HP.** (2010). Anti-inflammatory and anti-arthritic activity of total flavonoids of the roots of *Sophora flavescens*. Journal of Ethnopharmacology. 127:589-595.
- Jin L, Cui Y and Zhang G.** (1993). HPLC analysis of alkaloids in *Sophora Flavescens* Ait. Acta Pharmaceutica Sinica. 28:136-139.
- Jung YJ, Assefa DA, Lee JE, Lee HS, Rhee JH and Sung JS.** (2019). Analysis of antioxidant activity and serotonin derivatives in Safflower(*Carthamus tinctorius* L.) germplasm collected from five countries. Korean Journal of Plant Resources. 32:423-432.
- Kang SA, Han JA, Choue RW and Jang KH.** (2004). DPPH radical scavenger activity and antioxidant effects of Cham-Dang-Gui(*Angelica gigas*). Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 33:1112-1118.
- Kang SS and Kim JS.** (2004). Isolation and quantitative determination of matrine from Sophorae Radix. Korean Journal of Crop Science. 49:155-161.
- Kang TL and Hwang GS.** (1992). Studies on bioresponses of Sophorae Radix(1). Journal of Haehwa Medicine. 1:47-55.
- Kil YS, Sin SM, Lee DY, Min JW, Yang KJ, Lee SW, Kim YH and Goo YM.** (2018). Analysis of triterpene glycoside levels and antioxidant activity in the different shoot tissues of *Centella asiatica*(L.) Urban. Journal of Life Science. 28:917-922.
- Kim EJ, Choi JY, Yu MR, Kim MY, Lee SH and Lee BH.** (2012). Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. Korean Journal of Food Science and Technology. 44:337-342.
- Kim EJ, Lee HJ, Kim HJ, Nam HS, Lee MK, Kim HY, Lee JH, Kang YS, Lee JO and Kim HY.** (2005). Comparison of colorimetric methods for the determination of flavonoid in propolis extract products. Korean Journal of Food Science and Technology. 37:918-921.
- Kim EO, Lee KT and Choi SW.** (2008a). Chemical comparison of germinated- and ungerminated-safflower(*Carthamus tinctorius*) seeds. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 37:1162-1167.
- Kim HJ and Chae YA.** (2001). Variation of chamazulene contents in local collections of Mugwort(*Artemisia* spp.). Korean Journal of Medicinal Crop Science. 9:181-185.
- Kim HJ, Jung SH, Bae JH and Lee SY.** (2008b). Growth characteristics, vitamin C content and antioxidative activity among local strains of *Sedum sarmentosum*. Journal of Bio-Environment Control. 17:110-115.
- Kim KH and Jung HA.** (2014). Clinical study for the efficacy of external preparation containing *Sophorae Radix*, *Aurantii Immaturus Fructus*, *Schizonepetae Spica*, *Forsythia fructus* and *Portulacae Herba* extract on atopic dermatitis. The Journal of Korean Medical Ophthalmology and Otolaryngology and Dermatology. 27:17-36.
- Kim KS, Park CG and Bang JK.** (2003). Varietal and yearly differences of lignan contents in fruits of collected lines of *Schizandra Chinensis* Baillon. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 11:71-75.
- Kim YK, Lee JJ and Choi MY.** (2008c). Insecticidal activities and repellent effects of plant extracts against the Brown Planthopper(*Nilaparvata lugens* Stål). Korean Journal of Applied Entomology. 47:65-74.
- Kim YS and Lee KJ.** (2009). Extraction of genistein and formononetin from *Sophoraflavescens Aiton* using ultrasonic wave. Korean Chemical Engineering Research. 47:258-261.
- Kumagai H, Masuda T, Ohsono M, Hattori S, Naganawa H, Sawa T, Hamada M, Ishizuka M and Takeuchi T.** (1990). Cytogenin, a novel antitumor substance. The Journal of Antibiotics. 43:1505-1507.
- Kumar A, Pant P, Basu S, Rao GRK and Khanna HD.** (2007). Oxidative stress in neonatal hyperbilirubinemia. Journal of Tropical Pediatrics. 53:69-71.
- Lee BC, Paik SW, Kim SD, Yun TS, Park JS and Kwak TS.** (1999). Growth characteristics and yield of collected boxthorn (*Lycium chinense* Mill.) varieties. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 7:147-154.
- Lee GS, Kim ES, Cho SI, Kim JH, Choi GY, Ju YS, Park SH, Jeong SI and Kim HJ.** (2010). Antibacterial and synergistic activity of prenylated chalcone isolated from the roots of *Sophora flavescens*. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry. 53:290-296.
- Lee HJ, Lee JH, Jung JT, Lee YJ, Oh MW, Chang JK, Jeong HS and Park CG.** (2019). Changes in free sugar, coixol contents and antioxidant activities of Adlay sprout(*Coix lacryma-jobi* L. var. ma-yuen Stapf.) according to different growth stage. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 27:339-347.
- Lee HO.** (2001). Anticaries effect and cytotoxicity of extract of *Sophora flavescens* Ait. Journal of Korean Academy of Oral Health. 25:333-345.
- Lee MH, Kim SE, Kim YS, Lee HK, Lee HG, Jee HJ, Kim YK, Shim CK, Kim MJ, Hong SJ and Lee YS.** (2013). Studies on the eco-friendly management of Whiteflies on organic tomatoes with oleic acid. Korean Journal of Organic Agriculture. 21:95-104.
- Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH and Pyo YH.** (2012). Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. Korean Journal of Food Science and Technology. 44:540-544.
- Lee SE, Kim JU, Jeong HS, Choi JH, Ji YJ, Kim HD, Jang GY, Hyun DY and Kim DH.** (2020). N-methyl-D-aspartate (NMDA) receptor antagonistic effect and ginsenoside content of *Panax ginseng* C. A. Meyer cultivar root extract. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 28:9-20.
- Liu ZL, Goh SH and Ho SH.** (2007). Screening of Chinese medicinal herbs for bioactivity against *Sitophilus zeamais* motschulsky and *Tribolium castaneum*(Herbst). Journal of Stored Products Research. 43:290-296.
- Ma L, Wen S, Zhan Y, He Y, Liu X and Jiang J.** (2008). Anticancer effects of the Chinese medicine matrine on murine

- hepatocellular carcinoma cells. *Planta Medica*. 74:245-251.
- Mao L and Henderson G.** (2007). Antifeedant activity and acute and residual toxicity of alkaloids from *Sophora flavescens* (Leguminosae) against formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology*. 100:866-870.
- Ministry of Food and Drug Safety(MFDS).** (2019). The Korean pharmacopoeia IV. Ministry of Food and Drug Safety. Cheongju, Korea. p.14-15.
- Ministry of Food and Drug Safety(MFDS).** (2020). The Korean herbal pharmacopoeia III. Ministry of Food and Drug Safety. Cheongju, Korea. p.28-29.
- Moon JW, Jang IB, Yu J, Jang IB, Seo SJ and Lee SW.** (2019). Changes in growth characteristics, biological activity and active compound contents in ginseng of different ages. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 27:383-389.
- Mou JC, Lee SN, Kim MG, Kim MH, Kim HJ, Jo HJ and Leem KH.** (2011). Effects of astragali radix extracts on the elastase activity and DPPH and NO scavenging activities. *Korean Journal of Herbology*. 26:59-63.
- Mujić I, Šertović E, Jokić S, Sarić Z, Alibabić V, Vidović S and Živković J.** (2011). Isoflavone content and antioxidant properties of soybean seeds. *Croatian Journal of Food Science and Technology*. 3:16-20.
- National Forest Seed and Variety Center(NFSV).** (2016). Investigation of characteristics of crop for screening new varieties-Shrubby sophora. National Forest Seed and Variety Center. Chungju, Korea.
- Ota N and Mino Y.** (1979). Pharmacognostical studies on the Chinese crude drug “*Sophorae radix*”. I. High-speed liquid chromatographic studies on the alkaloid constituents of *Sophorae radix*. *Shoyakugaku Zasshi*. 33:140-145.
- Park SJ, Kim SC and Lee JR.** (2010). Antimicrobial effects of *Sophorae Radix* extracts against oral microorganisms. *The Korea Journal of Herbology*. 25:81-88.
- Park SY, Nam YJ and Kim DH.** (2002). The dyeability and antimicrobial activity of *Sophora Radix* ethanol extracts: Characteristics of dyed Silk. *Textile Coloration and Finishing*. 14:1-10.
- Park YJ, Seong JD, Kim HY, Suh HS and Lee SK.** (1994). Root yield and saikosaponin content in local strains of *Bupleurum falcatum* L. *Korean Journal Crop Science*. 39:453-457.
- Perry LM and Metzger J.** (1980). Medicinal plants of east and southeast Asia: Attributed properties and uses. The MIT Press. Cambridge, MA, USA. p.226.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M and Rice-Evans C.** (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*. 26:1231-1237.
- Rho TH, Seo KS and Shim JS.** (1994). Growth characteristics and content of chemical components in shade-cultured *Artemisia* spp. collected from different areas. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 2:205-210.
- Ryu SY, Lee HS, Kim YK and Kim SH.** (1997). Determination of isoprenyl and lavandulyl positions of flavonoids from *Sophora flavescens* by NMR experiment. *Archives of Pharmacal Research*. 20:491-495.
- Shi W, Wang Y, Li J, Zhang H and Ding L.** (2007). Investigation of ginsenosides in different parts and ages of *Panax ginseng*. *Food Chemistry*. 102:664-668.
- Shin MK.** (2000). Extract of *Sophorae Radix* for the prevention and treatment of osteoporosis. Korea. Patent. 1020000073825.
- Sohn HY, Son KH, Kwon CS, Kwon GS and Kang SS.** (2004). Antimicrobial and cytotoxic activity of 18 prenylated flavonoids isolated from medicinal plants: *Morus alba* L., *Morus mongolica* Schneider, *Broussonetia papyrifera*(L.) Vent, *Sophora flavescens* Ait and *Echinosophora koreensis* Nakai. *Phytomedicine*. 11: 666-672.
- Song J, Xu H, Tian S and But PPH.** (1999). Determination of quinolizidine alkaloids in traditional Chinese herbal drugs by nonaqueous capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography A*. 857:303-311.
- Szakiel A, Paczkowski C and Henry M.** (2011). Influence of environmental abiotic factors on the content of saponins in plants. *Phytochemistry Review*. 10:471-491.
- Tang W and Eisenbrand.** (1992). Chinese drugs of plant origin. Chemistry, pharmacology, and use in traditional modern medicine. *Chinese Drugs of Plant Origin*. Springer. Berlin, Germany. p.931-943.
- Tungmunnithum D, Thongboonyou A, Pholboon A and Yangsabai A.** (2018). Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: An overview. *Medicines*. 5:93. <https://www.mdpi.com/2305-6320/5/3/93> (cited by 2020 April 25).
- Woo ER, Kwak JH, Kim HJ and Park HK.** (1998). A new prenylated flavonol from the roots of *Sophora flavescens*. *Journal of Natural Products*. 61:1552-1554.
- Wu LI, Miyase T, Ueno A, Kuroyanagi M, Noro T and Fukushima S.** (1985). Studies on the Constituents of *Sophora flavescens* AITON. II. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 33:3231-3236.
- Yagi A, Fukunaga M, Okuzako N, Mifuchi I and Kawamoto F.** (1989). Antifungal substances from *Sophora flavescens*. *Shoyakugaku Zasshi*. 43:343-347.
- Yang SK, Yun YJ and Namgung MO.** (2004). Determination of oxymatrine in *Sophora Radix* by high performance liquid chromatography. *Analytical Science and Technology*. 17:289-294.
- Yang X and Zhao B.** (2006). Antifungal activities of matrine and oxymatrine and their synergetic effects with chlorthalonil. *Journal of Forestry Research*. 17:323-325.
- Zhang L, Xu L, Xiao S, Liao Q, Li Q, Liang J, Chen X and Bi KS.** (2007). Characterization of flavonoids in the extract of *Sophora flavescens* Ait. by high-performance liquid chromatography coupled with diode-array detector and electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 44:1019-1028.
- Zheng Y, Yao J and Shao X.** (2000). Review on the constituents and agricultural application of *Sophora flavescens* Ait. *Pesticide Science Administration*. 21:24-26.