



농업형질 및 생리활성 평가를 통한 황기 단간 계통 선발

이상훈 · 구성철 · 한종원 · 이우문 · 허 목[†]

농촌진흥청 국립원예특작과학원

Selection of Short Stem *Astragalus membranaceus* Lines by Assessing Agronomic Characteristics and Biological Activity

Sang Hoon Lee, Sung Cheol Koo, Jong Won Han, Woo Moon Lee and Mok Hur[†]

Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

ABSTRACT

Background: *Astragalus membranaceus* belonging to the Leguminosae family is often utilized as a traditional medicine. The aim of this study was to elucidate the basic breeding information required to develop short stem *A. membranaceus* cultivars.

Methods and Results: Roots of *A. membranaceus* advanced yield trial (AYT) lines were harvested in late October 2017. Root yield of six AYT lines were increased in a range of 8.9 - 74.8% compared with 'Aseong' as control (check variety). The height of seven AYT lines were shorter than that of 'Aseong'. In addition, stem diameter of nine AYT lines was thicker than that of 'Aseong'. Consequently, 1502-56, 1503-90, and 1510-80 were selected as elite lines for the development of short stem cultivars. HPLC analysis was performed to identify lines with high level active components such as calycosin-7-O-β-D-glucoside and calycosin. The levels of both active components were higher in 1502-56, and 1503-90, but not in 1510-80 compared to 'Aseong'. In addition, 2,2-Diphenyl-1-picryl hydrazyl (DPPH) radical scavenging activity was higher in the 1502-56 compared to 'Aseong'. Considering these results, two AYT lines, 1502-56 and 1503-90 were selected as short stem lines with high calycosin-7-O-β-D-glucoside and calycosin content.

Conclusions: Taken together, Two short stem lines were identified in this study. In our future study, regional yield trial (RYT) will be conducted using these selected lines to develop new cultivars.

Key Words: *Astragalus Membranaceus*, Calycosin-7-O-β-D-glucoside, Calycosin, High Yield, Short Stem

서 언

황기 [*Astragalus membranaceus* (Fisch) Bunge]는 콩과 (Leguminosae)에 속하는 다년생 식물로서 한국, 중국, 몽고 등 동북아시아 지역이 원산지이다. 아시아, 유럽 및 아프리카 일부 지역에서 분포하며, 우리나라에서는 강원도, 충북, 경기도 지역에서 주로 재배하고 있다. 현재 국내 황기의 주산단지인 강원도 정선, 삼척 및 충북 제천이다.

2017년 기준으로 황기의 전국 재배면적은 약 207 ha, 수확면적은 178 ha이고, 국내 생산량은 491 톤으로 조사되었다

(MAFRA, 2018). 농림축산검역본부의 2017년 수입통계에 위하면 황기의 수입량은 898 톤으로 국내 생산량 대비 수입량이 높은 작물로 나타났다.

황기의 이용부위는 뿌리로 식품으로는 1년생을 사용하며, 약용으로는 주로 3년생과 6년생을 사용하고 있다. 대한민국약전에 따르면 황기는 '황기 또는 몽골황기 (*Astragalus membranaceus* Bunge var. *mongholicus* Hsiao)의 뿌리'이며, 이 뿌리를 그대로 또는 주피를 제거한 것이다.

황기는 신농본초경에서 상품 (上品)의 약으로 기록되어 있으며, 민간에서는 강장제로 쓰여 왔다 (Goh *et al.*, 2009). 한

[†]Corresponding author: (Phone) +82-043-871-5669 (E-mail) mok0822@korea.kr

Received 2018 October 25 / 1st Revised 2018 November 21 / 2nd Revised 2018 December 3 / 3rd Revised 2018 December 10 / Accepted 2018 December 17

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.

방에서는 가미대보탕 (加味大補湯), 보중익기탕 (補中益氣湯), 십전대보탕 (十全大補湯), 쌍화탕 (雙和湯), 청서익기탕 (淸暑益氣湯), 황기건중탕 (黃耆建中湯), 황기보위탕 (黃芪補胃湯) 등 수 백 개의 처방에 사용되어 왔다 (Kim *et al.*, 1996).

황기의 주요 성분은 polysaccharide와 saponin, flavonoid이며, astragaloside I-IV, linolic acid, β -sitosterol, linolenic, choline, lupenone, friedelin, lupeol, cycloastragenol, calycosin-7-O- β -D-glucoside, calycosin, ononin 등의 성분이 알려져 있다 (Kim and Kim, 1997; Song *et al.*, 1998; Jung *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2012; Park *et al.*, 2013).

또한 간기능 보호효과, 간암세포의 전이 억제, 대장암세포의 증식억제, 면역기능 증진효과, 비인두암세포 성장억제, 유방암 세포의 침윤 억제, 신경보호, 항당뇨, 항바이러스, 항산화, 항신경염증, 항알러지 등의 효능이 있는 것으로 보고되었다 (Baek *et al.*, 1996; Rios and Waterman, 1997; Song *et al.*, 1998; Goh *et al.*, 2009; Yin *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2016; Jiang *et al.*, 2017; Qin *et al.*, 2017; Xia *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2018; Kong *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2018).

황기는 재배방법의 하나인 적심을 통해 도복을 방지하고, 수확량을 늘릴 수 있으며, 적심 횟수는 농가 및 지역마다 조금씩 다르지만 보통 3 회이다. 적심은 농가에서 시간과 비용이 많이 드는 작업이고, 다년생 황기를 재배하는 농가의 경우 해마다 작업을 진행해야 한다.

지금까지 육성된 황기 품종은 대부분 장간으로 적심이 필요한 품종이다. 농가에서는 적심이 필요 없는 단간 품종이 필요한 실정이나, 아직까지 그러한 품종은 육성되지 않았다. 따라서 본 연구는 현재까지 육성된 황기 계통들을 평가하여, 적심이 필요 없는 단간형태이며 고품질인 황기 품종을 육성하기 위한 기초자료를 만들기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용된 재료는 국립원예특작과학원 약용작물과 시험포장에서 2017년 4월 중순에 정식하고, 2017년 11월 상순에 수확한 황기 [*Astragalus membranaceus* (Fisch) Bunge] 계통을 사용하였다. 재배방법은 검은색 PE필름으로 멀칭한 시험구 (1 m × 5 m)를 설치하고, 재식거리는 조간거리 50 cm, 주간거리 20 cm으로 하였으며, 처리별 시험구 배치는 난괴법 3 반복으로 배치하였다. 생산량 검정은 농촌진흥청 시험연구 조사기준에 준하여 실시하였으며, 채취한 시료는 수세 후 동결건조 한 다음 반복 당 10 주씩 총 30 주를 균일하게 분쇄하여 혼합한 후 분석에 사용하였다.

2. Calycosin-7-O- β -D-glucoside, Calycosin 분석

Calycosin-7-O- β -D-glucoside, Calycosin 표준품은 Sigma-Aldrich 제품 (St. Louis, MO, USA)을 구입하여 사용하였으며, 검액은 20 mg의 분쇄된 건조 황기를 1 ml의 80% methanol에 현탁하여 15 분간 초음파 추출한 후, syringe filter (0.45 μ m)로 여과하여 사용하였다.

분석은 Agilent 1100 Series HPLC System (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)을 이용하였고, column은 YMC-Pack ODS-AM (4.6 × 250 mm, 5 μ m, YMC Co., Ltd., Kyoto, Japan)을 이용하였다. 분석 조건은 Table 1과 같고, calycosin-7-O- β -D-glucoside, calycosin의 chromatogram은 Fig. 1과 같다.

정량분석을 위해서 표준물질을 0.05, 0.025, 0.013, 0.006, 0.003 mg/ml의 농도별로 methanol에 녹인 후 LC 분석을 실시하여 검량선을 작성하여 방정식을 만들었고, 이 식을 이용해서 정량분석을 실시하였다. Calycosin-7-O- β -D-glucoside의 방정식은 Area = 45.8369129x - 4.0306207, calycosin의 방정식은 Area = 102.689245x - 2.609238 (x = mg/ml)이었다.

3. DPPH (2,2-Diphenyl-1-picryl hydrazyl) radical 소거능 측정

DPPH radical 소거능 측정은 Lee 등 (2015)의 방법을 이용하였다. 100 mM의 DPPH 메탄올 용액을 제조한 후, 여과하여 사용하였다.

시료는 농도별로 제조한 후 (0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1 mg/ml), 시료 40 μ l에 DPPH solution 160 μ l을 첨가한 후 23°C 암실

Table 1. LC analysis condition of calycosin, calycosin-7-O- β -D-glucoside, in *A. membranaceus*.

LC condition		
Column oven Temperature	38°C	
UV wavelength	254 nm	
Solvent A	Water	
Solvent B	Acetonitrile	
Flow rate	0.8 ml/min	
Gradient elution system		
Time (min)	%A	%B
Initial	85	15
1	50	50
13	25	75
25	20	80
25	10	90
31	0	100
35	0	100
Injection	10 μ l	

에서 30 분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 L-ascorbic acid를 사용하였고, 대조구와 비교실험하여 아래의 식으로 계산하였다. DPPH radical 소거능은 DPPH radical을 50% 감소시키는 농도인 IC₅₀ (μg/ml)값으로 표현하였다.

$$\text{Inhibition\%} = \frac{\text{Control}_{\text{Abs}} - (\text{Sample}_{\text{Abs}} - \text{Sample blank}_{\text{Abs}})}{\text{Control}_{\text{Abs}}} \times 100$$

Sample_{Abs}: 추출물을 넣었을 때의 흡광도 값

Sample blank_{Abs}: 추출물대신 동량의 증류수를 첨가했을 때의 흡광도 값

4. 통계분석

실험결과는 SAS Enterprise Guide 4.2 (Statistical analysis system, 2009, Cray, NC, USA)로 분석하였고, 3 반복한 결과 값을 평균치 ± 표준편차 (means ± SD)로 나타내었다. 시료 간의 유의적인 차이는 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 유의수준 5% (p < 0.05)에서 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 황기 계통의 농업형질 조사 및 생산력 검증

초장은 황기 [*Astragalus membranaceus* (Fisch) Bunge]의 근과 경의 시작점부터 지상부의 끝 부분까지의 길이를 측정하였고, 경의 굵기는 경의 시작점에서 측정하였다. 황기의

생산력 검증 계통의 초장은 86.7 - 126.7 cm 범위로 나타났고, 대비 품종인 아성에 비해 초장이 작은 계통은 8 개였으며, 특히 100 cm 미만인 계통은 1502 - 56, 1503 - 90, 1505 - 67, 1507 - 77, 1510 - 80의 5 개 계통이었다 (Table 2).

경의 굵기는 10.02 - 19.20 mm 범위로 나타났고, 대비 품종인 아성에 비해 통계상 비슷하거나 굵은 계통은 1501 - 61, 1502 - 23, 1502 - 37, 1502 - 56, 1503 - 90, 1508 - 03, 1510 - 80, 1513 - 80, 1513 - 97의 9 개 계통이었다.

황기 계통의 생산력 검증 결과 생산량은 616 - 1,768 kg/10a 범위로 나타났고, 대비 품종인 아성에 비해 생산량이 높은 계통은 1501 - 61, 1502 - 37, 1502 - 56, 1503 - 90, 1507 - 77, 1510 - 80, 1513 - 83, 1513 - 97의 6 개 계통이었다. 특히 1501-61은 생산량이 아성 대비 74%나 증수되는 우량 계통으로 생각되어지나, 초장은 아성보다 큰 장간 형태로 선발 기준에는 부합하지 못하였다.

도복은 초장이 길고, 경의 굵기가 이를 뒷받침할 정도로 굵지 못하였을 때 잘 일어난다. 즉, 초장이 작고, 경의 굵기가 굵을수록 도복은 잘 일어나지 않는다. 수수의 경우 초장과 경이 내도복의 기준 중 하나이며, 초장이 작고, 경이 굵은 내도복성 품종도 육성된 바 있다 (Choe *et al.*, 2016).

또한 황기는 도복을 방지하기 위해 초장이 대략 100 cm 전후가 되도록 적심을 한다. 이러한 상황을 종합해 볼 때, 적심이 필요 없는 계통은 초장 100 cm 미만에 경의 굵기가 대비 품종보다 비슷하거나 굵어야 될 것으로 판단된다. 또한 기존의 품종인 아성보다 비슷하거나 높은 생산력을 가져야 될 것

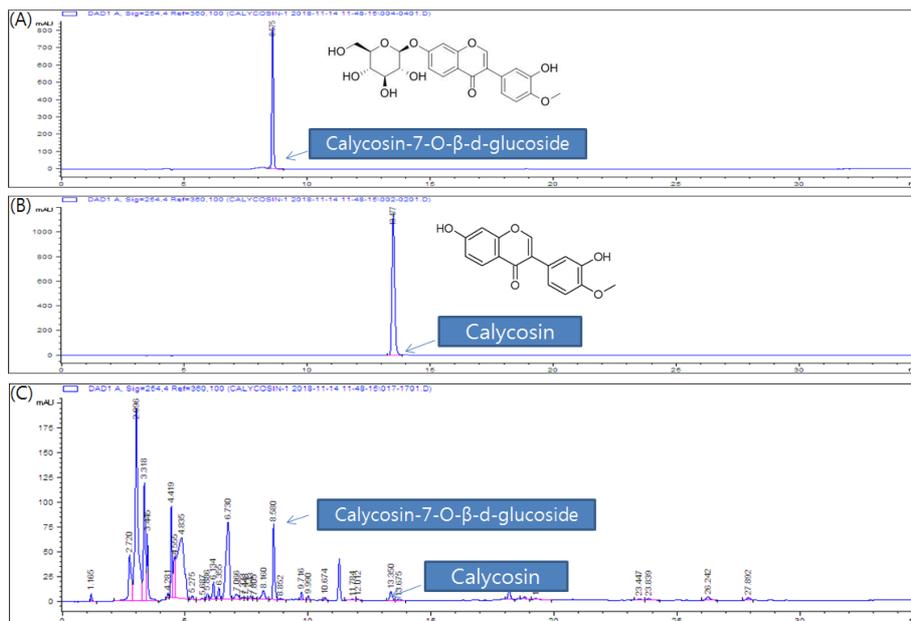


Fig. 1. Selected chromatogram of calycosin-7-O-β-D-glucoside (A) calycosin (B) and sample (C) from *A. membranaceus*.

Table 2. Agronomic characteristics of *A. membranaceus* lines.

Line No.	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Yield (kg/10a)
1501-61	113.3±6.8 ^{ab}	15.88±2.52 ^b	1,759.5±338.5 ^a
1502-23	108.3±9.3 ^{abc}	14.12±3.82 ^{bc}	921.4±89.6 ^{bcde}
1502-37	105.8±11.1 ^{bcd}	13.57±2.20 ^{bcd}	906.1±171.3 ^{cde}
1502-56	95.1±4.5 ^{bcd}	13.37±2.74 ^{bcd}	1,101.1±162.8 ^{bcd}
1503-90	95.3±7.7 ^{bcd}	15.55±2.98 ^b	1,768.4±236.1 ^a
1505-67	86.7±9.3 ^d	10.02±1.32 ^d	852.1±278.9 ^{cde}
1507-77	95.4±8.9 ^{bcd}	13.03±4.66 ^{bcd}	616.0±172.2 ^e
1508-03	100.3±22.4 ^{bcd}	13.93±1.68 ^{bc}	690.4±31.1 ^{de}
1510-80	91.7±2.6 ^{cd}	14.01±2.38 ^{bc}	1,276.5±444.3 ^{bc}
1513-80	108.3±15.7 ^{abc}	14.73±1.58 ^{bc}	969.7±179.5 ^{bcd}
1513-83	102.7±2.3 ^{bcd}	11.40±1.36 ^{cd}	1,350.1±51.7 ^b
1513-97	126.7±9.3 ^a	19.20±2.36 ^a	1,199.6±100.8 ^{bc}
Aseong	108.3±12.9 ^{abc}	13.07±2.22 ^{bcd}	1,011.3±321.6 ^{bcd}

Means values ± SD from triplicate separated experiments are shown. *Means with difference letters of the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Table 3. Calycosin-7-O-β-D-glucoside and calycosin contents of *A. membranaceus* lines.

Line No.	Calycosin-7-O-β-D-glucoside	Calycosin
1502-56	0.311±0.002 ^a	0.073±0.002 ^a
1503-90	0.214±0.002 ^{ab}	0.077±0.002 ^a
1510-80	0.095±0.003 ^c	0.028±0.001 ^b
Aseong	0.165±0.003 ^b	0.028±0.002 ^b

Means values ± SD from triplicate separated experiments are shown. *Means with difference letters of the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

으로 판단된다. 이 세 가지 선발 조건을 만족하는 단간·다수성인 계통은 1502-56, 1503-90, 1510-80의 3 개 계통으로 나타났다.

2. 황기 유효성분 함량 및 항산화 활성 분석

단간·다수성인 3 개 계통의 품질평가를 통한 2 차 선발을 위하여 유효성분과 항산화활성 분석을 수행하였다. 황기의 유효성분인 calycosin-7-O-β-D-glucoside은 1510-80 계통을 제외한 2 개의 계통에서 함량이 아성보다 많았고, 특히 1502-56 계통은 아성 대비 1.9 배나 많은 함량을 보였다 (Table 3). Calycosin도 calycosin-7-O-β-D-glucoside와 유사하게 1510-80 계통을 제외한 2 개의 계통에서 함량이 아성보다 많았으며, 아성 대비 2 배 넘게 많은 함량을 보였다.

DPPH radical 소거능은 1502-56 > 아성 > 1510-80 > 1503-90 순으로 높게 나타났다 (Table 4).

그러나 약용작물인 홍화자, 향부자, 형개, 작약의 IC₅₀ 값은

Table 4. DPPH free radical scavenging activity of *A. membranaceus* lines.

Sample name	IC ₅₀ (μg/ml)
	DPPH scavenging activities
1502-56	2,701.46±2.70 ^a
1503-90	4,258.37±4.26 ^d
1510-80	3,942.01±3.94 ^c
Aseong	3,611.13±3.61 ^b
Ascorbic acid	36.26±0.06

Means values ± SD from triplicate separated experiments are shown. *Means with difference letters of the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

4.4 - 148.2 μg/ml 으로 보고된 바 있는데 (Hwang *et al.*, 2011; Sung *et al.*, 2018), 본 연구 결과의 황기 계통 IC₅₀ 값은 2,701.5 - 4,258.4 μg/ml로 나타나 항산화 활성이 매우 낮은 것으로 판단된다.

또한 Park (2002)이 보고한 황기, 국화, 구기자, 감초, 당귀, 대추, 작약, 천궁 추출물의 항산화 활성 비교 연구결과에서도 황기는 같은 콩과인 감초와 마찬가지로 낮은 항산화 활성이 있는 것으로 나타났다.

품질평가를 진행한 3 개의 단간·다수성 계통 중에 아성보다 유효성분이 높아 선발이 가능한 계통은 1502-56, 1503-90의 2 개 계통으로 나타났다. 그러나 황기의 항산화 활성은 너무 낮은 것으로 판단되어 선발 기준에는 부합하지 않는 것으로 사료된다.

현재 약용작물 품종 개발의 기준은 과거의 내병성, 다수성에서 유효성분 함량, 항산화 활성 등 다양한 품질 기준도 추가되고 있는 추세이다. 베타인 함량이 높은 구기자 품종, catalpol 함량이 높은 지황 품종, 항산화 활성이 높은 수수 우량계통 등이 보고된 바 있다 (Kim *et al.*, 2008; Ju *et al.*, 2015; Jeon *et al.*, 2016).

황기도 이러한 추세에 맞추어 생산력 검정 계통에서 단간, 경경, 생산량, 유효성분 함량, 항산화 활성의 5 가지 기준에 맞추어 선발하려 했으나, 항산화 활성이 매우 낮은 것으로 판단되어 4 가지 기준으로 선발한 결과 1502-56, 1503-90 계통을 선발하게 되었다.

본 연구결과를 종합해보면, 단간종이면서 경이 굵고, 유효성분이 높은 계통은 1502-56, 1503-90의 2 개 계통으로 나타났으며, 선발된 계통들은 추후 지역적응성시험을 거치면 고품질의 단간 품종으로 개발될 것으로 사료된다. 또한 이 계통들에서 품종이 개발된다면, 농가 보급을 통해 적심비용 절감 및 생산량 확대를 통한 농가 소득 및 자급률 향상에 도움이 될 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 황기 고품질 품종육성 및 재배기술 개선 연구사업(과제번호: PJ01028802)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Baek NI, Kim YS, Kyung JS and Park KH.** (1996). Isolation of anti-hepatotoxic agent from the root of *Astragalus membranaceus*. Korean Journal of Pharmacognosy. 27:111-116.
- Choe ME, Kim JI, Jung TW, Kwak DY, Kim KY, Ko JY, Woo KS, Song SB, Jung KY and Oh IS.** (2016). Waxy sorghum(*Sorghum bicolor* L.) variety ‘Nampungchal’ with lodging resistant and high yield. Korean Journal of Breeding Science. 48:192-197.
- Goh EJ, Seong ES, Lee JG, Na JK, Lim JD, Kim MJ, Kim NY, Lee GH, Seo JS, Cheoi DS, Chung IM and Yu CY.** (2009). Antioxidant activities according to peeling and cultivated years of *Astragalus membranaceus* roots. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 17:233-237.
- Hwang EY, Kim DH, Kim HJ, Hwang JY, Park TS, Lee IS and Son JH.** (2011). Antioxidant activities and nitric oxide production of medicine plants in Gyeongsangbukdo(*Carthamus tinctorius* seed, *Cyperus rotundus*, *Schizonepeta tenuifolia*, *Polygonatum odoratum* var. pluriflorum, *Paeonia lactiflora*). Journal of Applied Biological Chemistry. 54:171-177.
- Jeon MR, Yoo JH, Kim CH, Choi JH, Kang BJ, Seong ES and Yu CY.** (2016). Selection of superior sorghum accession by assessing agronomic characters and biological activity. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 24:386-392.
- Jiang K, Lu Q, Li Q, Ji Y, Chen W and Xue X.** (2017). Astragaloside IV inhibits breast cancer cell invasion by suppressing Vav3 mediated Rac1/MAPK signaling. International Immunopharmacology. 42:195-202.
- Ju JI, Kim SD, Park YC, Lee BH, Seo JS, Nam YG, Paik SW and Kim HH.** (2015). A chinese matrimony vine(*Lycium chinense* Miller) cultivar with many branches and high ingredients ‘Cheongkwang’. Korean Journal of Breeding Science. 47:318-323.
- Jung HS, Lee EJ, Lee JH, Kim JS and Kang SS.** (2008). Phytochemical studies on root *Astragalus* root(3)-triterpenoids and sterols. Korean Journal of Pharmacognosy. 39:186-193.
- Kim DH, Park CH, Park HW, Park CG, Sung JS, Yu HS, Kim GS, Seong NS, Kim JC, Kim MS, Bae SG and Chung BJ.** (2008). A new high-quality, disease resistance and high-yielding *Rehmannia glutinosa* cultivar, “Kokang”. Korean Journal of Breeding Science. 40:84-87.
- Kim JS and Kim C.** (1997). A study on the constituents from the roots of *Astragalus membranaceus*(II). Korean Journal of Pharmacognosy. 28:75-79.
- Kim JS, Kim YT and Kim CS.** (1996). A study on the constituents from the roots of *Astragalus membranaceus*(I). Korean Journal of Pharmacognosy. 27:336-341.
- Kim NS, Choi DJ, Choi EJ, Lee JH, Park S, Lee YS, Lee JW, Lee DY, Kim GS and Lee SE.** (2018). Screening and evaluation of the anti-allergic effect of Korean medicinal plant extracts. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 26:42-54.
- Kim SH, Jun YM, Lim JJ, Kim SH, Chung IM and Kim EH.** (2012). Variation of astragalosides contents in cultivated *Astragalus membranaceus*. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 20:372-380.
- Kong L, Li X, Wang H, He G and Tang A.** (2018). Calycosin inhibits nasopharyngeal carcinoma cells by influencing EWSAT1 expression to regulate the TRAF6-related pathways. Biomedicine and Pharmacotherapy. 106:342-348.
- Lee HJ, Lee SW, Park CG, Ahn YS, Kim JS, Bang MS, Oh CH and Kim CT.** (2015). Effects of white *Hibiscus syriacus* L. flowe extracts on antioxidant activity and bone resorption inhibition. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 23:190-197.
- Li C, Yang F, Liu F, Li D and Yang T.** (2018). NRF2/HO-1 activation via ERK pathway involved in the anti-neuroinflammatory effect of astragaloside IV in LPS induced microglial cells. Neuroscience Letters. 666:104-110.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA).** (2018). 2017 an actual output of crop for a special purpose. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. p.7.
- Park YC, Lee JS, Kim DY, Son HY, Lee JW, Cheoi YS, Kim KK, Yu CY, Chung IM, Im MH, Lee KJ, Choi RN, Shim HS and Lim JD.** (2013). A 90 day repeated dose-oral toxicity study of extracts from *Astragalus membranaceus*-aboveground parts in rats. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:474-485.
- Park YS.** (2002). Antioxidative activities and contents of polyphenolic compound of medicinal herb extracts. Journal of the East Asian Society of Dietary Life. 12:23-31.
- Qin CD, Ma DN, Ren ZG, Zhu XD, Wang CH, Wang YC, Ye BG, Cao MQ, Gao DM and Tang ZY.** (2017). Astragaloside IV inhibits metastasis in hepatoma cells through the suppression of epithelial-mesenchymal transition via the Akt/GSK-3 β /catenin pathway. Oncology Reports. 37:1725-1735.
- Rios JL and Waterman PG.** (1997). A review of the pharmacology and toxicology of *Astragalus*. Phytotherapy Research. 11:411-418.
- Song BK, Lee EJ, Kim HK, Jin SD, Kim SJ and Kim DH.** (1998). Effect of *Astragali* radix on the function of murine immunocytes *in vivo* and *in vitro*. Korea Journal of Herbology. 13:115-128.
- Sung JS, Jeong YJ, Kim DJ, Assefa AD, Jeon YA, Hur OS, Ro NY, Ko HC, Ok HC, Rhee JH, Lee MC and Baek HJ.** (2018). Oil compositions and antioxidant properties of safflower germplasm collected from East Asia. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 26:32-41.
- Wang S, Mou J, Cui L, Wang X and Zhang Z.** (2018). Astragaloside IV inhibits cell proliferation of colorectal cancer cell lines through down-regulation of B7-H3. Biomedicine and Pharmacotherapy. 102:1037-1044.
- Xia L, Guo D and Chen B.** (2017). Neuroprotective effects of astragaloside IV on parkinson disease models of mice and primary astrocytes. Experimental and Therapeutic Medicine.

14:5569-5575.

Yang SJ, Lee SY, Lee H, Park YC, Choi SK, Yu CY, Chung IM and Lim JD. (2016). Adjuvant effect of polysaccharides from aboveground parts of *Astragalus membranaceus*. Korean

Journal of Medicinal Crop Science. 24:408-419.

Yin Y, Heo SI, Jung MJ and Wang MH. (2009). Antioxidant and antidiabetic effects of various sections of *Astragalus membranaceus*. Korean Journal of Pharmacognosy. 40:1-5.