

병풀의 생육 특성, Asiaticoside 함량 및 항산화 활성 비교

최장남^{1†}, 오명원^{1†}, 이희정², 이정훈³, 정진태³, 이윤지³, 장재기⁴, 박춘근^{4*}

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과, 박사후연구원, ³농업연구사, ⁴농업연구관, ²충북대학교 식품공학과, 대학원생

Comparison of Growth Characteristics, Asiaticoside Content and Antioxidant Activities of *Centella asiatica* (L.) Urb.

Jang Nam Choi^{1†}, Myeong Won Oh^{1†}, Hee Jung Lee², Jeong Hoon Lee³, Jin Tae Jeong³, Yun Ji Lee³,
Jae Ki Chang⁴ and Chun Geon Park^{4*}

¹Post-doc, ³Researcher and ⁴Senior Researcher, Herbal Crop Research Division,
National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Eumseong 27709, Korea

²Postgraduate Student, Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University,
Cheongju 28644, Korea

Abstract - *Centella asiatica* (L.) Urban is a medicinal plant containing madecassic acid, triterpenoids and asiaticoside, and has a wound healing effect. However, since it grows only in some regions of Korea, it is necessary to breed stable varieties. In this study, it were analyzed for the growth characteristics, asiaticoside, antioxidant components and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity of *C. asiatica* collected from domestic natural habitat (Hapcheon, Gyeongnam). In the growth characteristics of each resource, CA9 and CA10 were superior in characteristics of aerial part and in dry weight. In asiaticoside content analysis, CA5 and CA3 were high with 53.96 mg/g and 52.40 mg/g, respectively. CA12 showed the possibility of development because the resource showed high in total flavonoid (7.3 mg/g), total polyphenol (10.64 mg/g) and DPPH activity (11.96 mg AAE/g) among other resources. However, it is necessary to select a resource suitable for each characteristic of *C. asiatica* and to study characteristics through additional resources collection since the excellent growth characteristics of the collected resources do not necessarily coincide with the content and antioxidant activities.

Key words – Asiaticoside, Antioxidant activity, *Centella asiatica*, Total flavonoid, Total polyphenol

서 언

병풀(*Centella asiatica* L. Urban)은 미나리아과(Apiaceae)에 속하는 55개 속 중 병풀속(*Centella*)의 유일한 식물(Korea Forest Service, 2003)이자 포복성 다년생 초본식물로, 적설초(積雪草), Gotu kola, 호랑이풀(Tiger grass)로도 불리는 무미 무취의 식물이다(Brinkhaus *et al.*, 2000; Chasseaud *et al.*, 1971; Gohil *et al.*, 2010). 병풀은 주로, 아프리카의 madagascar 섬, 인도양, 인도 남방 및 말레이시아 지역 등 고온 다습한 곳에

서 폭넓게 자생하며, 국내에서는 제주도 및 일부 남부 도서 지방의 저습지에서 군생하고 있다고 알려져 있다(Brinkhaus *et al.*, 2000; Gohil *et al.*, 2010; Hausen, 1993).

병풀은 오래전부터 인도 및 아시아 지역에서 전통요법에 의한 약용식물로서 널리 이용되어왔으며(Brinkhaus *et al.*, 2000), 주로 녹색잎과 줄기가 약용으로 이용된다. 한방에서는 피부병, 각혈, 해열, 이노제, 강장제, 음위, 관절염, 대하증 등의 약제에 병풀의 풀 전체 및 뿌리, 열매를 이용하고 있다(Cho *et al.*, 2014). 특히 병풀은 오랫동안 민간요법에서 상처치료에 이용해 왔으며, 국내에서도 유명 상처 치료 연고제로 알려진 '마데카솔'의 주요성분인 asiaticoside와 madecassic acid 등을 함유하고 있다(Kim *et al.*, 2013; Koo *et al.*, 2018). 또한 병풀의 asiaticoside

*교신저자: E-mail pcg@korea.kr

Tel. +82-43-871-5664

† These authors contributed equally to this work.

성분은 콜라겐의 생성을 유도하여 콜라겐 합성을 촉진시켜 피부 탄력성 개선에도 큰 효과가 있고(Kim, 2010) 치료적 사용 외에 섬유질, 단백질, 칼슘 및 β -카로틴과 같은 중요한 영양물질을 제공하므로 많은 곳에서 채소로서도 소비되고 있다(Sritongkul *et al.*, 2009).

병풀이 함유한 주요성분의 효능이 알려지면서, 식재료 및 의약품, 기능성 화장품 소재로서의 국내 수요가 증가하고 있지만 (Ha *et al.*, 2010), 국내의 경우, 제주도를 포함한 일부 지역에서만 자생하고 있어 전량 수입에 의존하고 있는 실정이기에(Baek, 1997) 이에 따른 안정적인 공급을 위한 국내 병풀의 자원 선별 및 품종 육성이 필요하다.

이에 본 연구는 국내 자생지(경남 합천)에서 수집한 병풀 수집 자원의 생육적 특성, 지표 성분 asiaticoside 함량, 그리고 항산화 물질 및 활성 분석을 통해 생산성이 높고 성분 함량이 뛰어난 병풀 자원 선별과 품종 육성을 위한 기초자료로 이를 이용하고자 한다.

재료 및 방법

공시재료 및 재배

2019년 5월 경상남도 합천군에서 병풀 12 자원을 수집하여 국립원예특작과학원 인삼특작부 시험포장(충북 음성)에 증식 재배하였다. 이후, 비닐하우스(6 m × 13 m)에 1 m² 면적으로 각 자원을 이식하였으며 처리구는 난괴법 3반복으로 배치하여 각 자원의 수량 및 생육특성을 조사하였다. 지상부의 생육조사항목으로는 엽장, 엽폭, 엽수, 엽병장, 경수, 생체중, 건물중을 중심으로 조사하였다.

지표성분 asiaticoside 함량 분석

병풀 추출물의 지표성분인 asiaticoside는 HPLC 1260 series (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 분석하였다. HPLC 분석 조건은 Table 1에 명시하였다. 정량 분석은 표준물질인 asiaticoside (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 13, 25, 50, 100, 200 ppm 농도로 분석하여 표준곡선 $y = 3.6134x - 16.938$ ($R^2 = 0.9957$)을 통해 mg/g으로 나타내었다.

병풀 수집자원 추출물의 항산화성분 분석

수집한 병풀 자원의 항산화성분 차이를 알아보기 위하여, 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량을 측정하였다.

Table 1. HPLC analysis conditions for asiaticoside

HPLC	Agilent Technologies 1260 series		
Column	INNO Column C18 (4.6 mm × 250 mm, 5 μ m)		
Wavelength	254 nm		
Column temperature	25°C		
Mobile phase	Solvent A - Water (+ 0.3% Acetic Acid)		
	Solvent B - Acetonitrile		
Flow rate	0.8 ml/min		
	Time (min.)	Solvent	Ratio (%)
Gradient conditions	0.0	solvent B	15%
	10.0	solvent B	30%
	20.0	solvent B	50%

우선 총폴리페놀 함량은 Folin and Denis (1912) 방법을 변형시켜 실시하였다. 0.1 mL의 시료에 증류수를 가하여 0.4 mL로 만들고 여기에 0.05 mL의 Folin-ciocalteu's phenol reagent를 가해주어 혼합한 뒤, 3분간 실온에서 방치하였다. Na₂CO₃ 포화 용액 0.1 mL를 넣어 혼합한 뒤, 증류수를 첨가하여 총 0.35 mL의 샘플을 실온에서 1시간 방치하였다. 3,000 rpm에 10분간 원심분리한 뒤, 상등액을 취해 725 nm에서 UV spectrophotometer (MultiskanGO, Thermo scientific, Vantaa, Finland)를 이용하여 흡광도를 측정 후, catechin (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 이용하여 작성한 표준곡선 $y = 0.0051x + 0.0154$ ($R^2 = 0.9988$)로부터 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

총플라보노이드 함량은 Davis (1947) 방법을 변형시켜 0.1 mL의 에탄올 추출물에 90% diethylene glycol 1 mL를 첨가하고, 다시 1N NaOH을 0.1 mL을 넣고 37°C 항온수조(WCB30106, DAEHAN Scientific, Wonju, Korea)에서 1시간 반응시킨 후 420 nm에서 UV spectrophotometer (MultiskanGO, Thermo scientific, Vantaa, Finland)를 이용하여 흡광도를 측정 후, 표준물질 naringin (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 이용하여 작성한 표준곡선 $y = 0.0031x + 0.0225$ ($R^2 = 0.994$)로부터 총플라보노이드 함량을 구하였다.

병풀 수집자원의 DPPH radical scavening activity 측정

병풀 수집자원의 2,2-diphenyl-1picryl hydrazyl (DPPH) radical scavening activity 측정은 Abe *et al.* (1998)의 방법을

변형하여 실시하였다. 0.2 mM DPPH 메탄올 용액을 제조하여 조제한 액을 여과지(Watman, No. 4, Whatman Ltd., Kent, UK)에 여과하여 준비하였다. 추출물 40 μ L에 DPPH solution 160 μ L을 넣고 23°C의 암실에서 30분 간 반응시킨 후 UV spectrophotometer (MultiskanGO, Thermo scientific, Vantaa, Finland)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하고, 다음과 같은 식으로 구하였다.

$$\text{DPPH에 의한 전자공여능(\%)} = (\text{대조구흡광도} - \text{시료구흡광도}) / \text{대조구흡광도} \times 100$$

항산화 효능의 대조구는 일반적으로 많이 알려져 있는 Ascorbic acid (JUNSEI chemical Inc., Tokyo, Japan)와 비교실험하였다.

통계분석

본 실험결과는 SAS program (ver. 9.2; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 5% 유의수준에서 처리구 간 차이가 있을 때 Duncan's multiple range test (DMRT)로 분석하였다. 또한, pearson's correlation을 통해 병풀 수집 자원의 생육적 특성, asiaticoside 성분, 항산화 물질 및 활성 간의 상관관계를 확인하였다.

결과 및 고찰

병풀 수집 자원의 생육 및 수량특성

경남 합천 지역에서 수집한 12개 병풀 수집 자원의 생육 특성을 조사한 결과는 Table 2, 3과 같다. 엽장(葉長)은 1.8 ~ 2.7 cm로 수집 자원별로 유의한 차이가 나타났다. 이 중 CA10의 엽장은 2.7 cm로 가장 길었고 CA12의 엽장은 가장 짧았다. 엽폭(葉幅)은 3.2~6.7 cm로 CA8은 다른 계통들에 비해 엽폭이 넓고 통계적인 유의성을 보였다. 엽병장(葉柄長)은 CA10과 CA9가 다른 계통들에 비해 상대적으로 길었다. 총건물중량은 CA10 (46.4 g) > CA9 (44.3 g) > CA1 (44.1 g) > CA4 (42.0 g) > CA12 (37.1 g) 순으로 평균(36.8 g)보다 상대적으로 무게가 많이 나갔으며, 유의한 차이를 보였다. 경수(莖數)와 엽수(葉數)를 살펴보면, CA12가 통계적으로 유의한 차이를 보였고 가장 많았으나, 건물중은 37.1 g으로 오히려 낮았다. 이는 경수와 엽수는 건물중에 별다른 영향을 주지 못하는 것으로 판단된다. 엽장과 엽병장은 CA10이 가장 길었으며 CA10의 건물중이 높게 나타난 것으로 보아, 엽장과 엽병장은 수량성과 높은 상관관계가 있음을 알 수 있었다. 반면 CA8은 가장 넓은 엽폭을 가지고 있으나, 총건물중량은 오히려 낮았으며 총건물중량이 높았던 CA10, CA9의 엽폭은 5.1 cm, 4.8 cm로 엽장, 엽병장, 엽폭이 전부 높은 값을 나타내어 건물중이 높은 것으로 보여진다. 현재 병풀은 대체적으로 지상

Table 2. Growth characteristics of aerial-part in 12 *C. asiatica* resources

Resource	Leaf (cm/m ²)			Number (ea/m ²)		Stem color	Location
	Length	Width	Petiole length	Stem	Leaf		
CA1	2.3 ± 0.4d ^z	4.1 ± 0.2b	8.7 ± 2.3bc	49.1 ± 7.2b	58.8 ± 2.1g	G ^y	Hapcheon, Gyeongnam
CA2	2.0 ± 0.3ef	3.3 ± 0.4b	3.1 ± 1.2h	45.3 ± 5.4d	53.5 ± 4.8i	G	
CA3	1.9 ± 0.3fg	3.2 ± 0.4b	4.4 ± 1.4g	44.6 ± 8.1d	85.7 ± 5.3b	P	
CA4	2.3 ± 0.5d	3.6 ± 0.3b	8.3 ± 1.9c	36.5 ± 4.5f	75.2 ± 3.8d	P	
CA5	2.0 ± 0.4e	3.3 ± 0.3b	5.5 ± 1.4f	48.4 ± 4.8b	76.4 ± 2.7c	G	
CA6	2.5 ± 0.3bc	5.0 ± 0.4ab	7.6 ± 1.5d	23.0 ± 7.3h	47.9 ± 3.4j	P	
CA7	2.3 ± 0.6d	4.1 ± 0.4b	7.8 ± 0.9d	34.1 ± 6.7g	63.4 ± 3.2f	P	
CA8	2.5 ± 0.3c	6.7 ± 0.5a	8.9 ± 1.4b	37.1 ± 8.2f	45.5 ± 2.9k	P	
CA9	2.6 ± 0.5b	4.8 ± 0.2ab	9.6 ± 1.0a	44.1 ± 5.9d	55.3 ± 5.8h	G	
CA10	2.7 ± 0.1a	5.1 ± 0.2ab	9.7 ± 0.9a	46.9 ± 4.3c	58.2 ± 2.5g	P	
CA11	1.9 ± 0.5g	3.4 ± 0.3b	5.4 ± 1.5f	41.7 ± 8.0e	68.3 ± 2.5e	P	
CA12	1.8 ± 0.4h	3.2 ± 0.4b	6.5 ± 1.7e	59.5 ± 3.2a	92.9 ± 3.0a	P	

^zSignificance differences were analyzed with Duncan's Multiple Range Test (DMRT) as means ± SD at *p* < 0.05.

^yG: Green, P: Purple.

Table 3. Fresh weight and dry weight in 12 *C. asiatica*. resources

Resource	Fresh weight (g/m ²)		Dry weight (g/m ²)			Location
	Stem	Leaf	Stem	Leaf	Total	
CA1	33.7 ± 3.0e ^z	109.0 ± 1.9e	9.9 ± 0.2bc	34.2 ± 0.7bc	44.1 ± 0.5b	Hapcheon, Gyeongnam
CA2	26.1 ± 5.5f	56.9 ± 2.5j	6.3 ± 1.5f	16.4 ± 0.1h	22.7 ± 0.8h	
CA3	43.7 ± 3.2c	94.1 ± 2.8g	9.5 ± 0.3cd	25.3 ± 0.4f	34.8 ± 0.4f	
CA4	52.7 ± 2.1a	129.9 ± .1.3a	9.7 ± 0.4bcd	32.4 ± 1.2d	42.0 ± 0.8c	
CA5	36.9 ± 1.7de	83.0 ± 2.4h	9.3 ± 0.2d	25.9 ± 0.3f	35.2 ± 0.3ef	
CA6	36.7 ± 1.9de	116.5 ± 3.2d	7.5 ± 2.1e	27.1 ± 3.5e	34.5 ± 2.8f	
CA7	39.6 ± 2.5d	105.1 ± 2.9f	10.5 ± 0.2a	25.6 ± 0.3f	36.1 ± 0.3e	
CA8	26.5 ± 4.6f	75.2 ± 2.1i	7.4 ± 2.0e	21.2 ± 2.8g	28.7 ± 2.4g	
CA9	54.3 ± 2.0a	117.5 ± 0.8k	9.7 ± 0.4bcd	34.6 ± 0.8b	44.3 ± 0.6b	
CA10	36.5 ± 1.4de	116.3 ± 2.2d	10.2 ± 0.3ab	36.3 ± 1.3a	46.4 ± 0.8a	
CA11	47.3 ± 3.6b	124.9 ± 3.5b	7.4 ± 1.9cd	25.8 ± 0.4f	35.3 ± 1.2ef	
CA12	52.7 ± 0.9a	119.4 ± 1.8c	3.5 ± 1.9g	33.7 ± 0.9c	37.1 ± 1.4d	

^zSignificance differences were analyzed with Duncan's Multiple Range Test (DMRT) as means ± SD at *p* < 0.05.

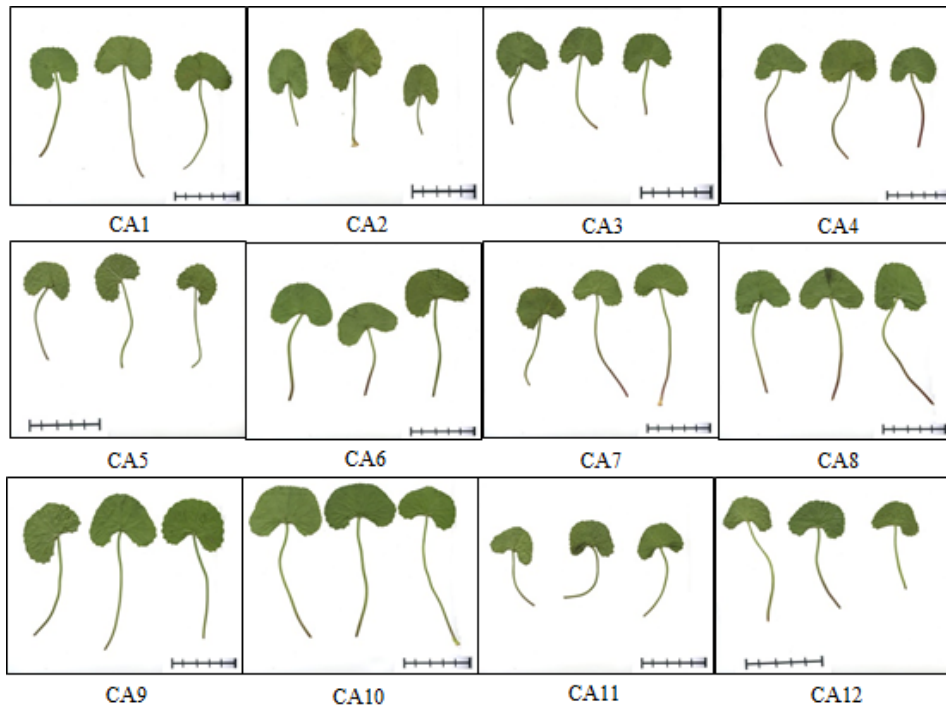


Fig. 1. Comparison of leaf shape, leaf width and petiole of 12 *Centella asiatica* resources. CA1~CA12; collected from Hapcheon, Gyeongnam (Size bar: 5 cm).

부, 특히 전초를 이용하므로 병풀의 수량성 면을 고려한다면 CA10과 CA9 자원이 다른 수집 자원에 비해, 높은 생육특성을 가진 것으로 확인되었다(Fig. 1).

병풀의 지표성분 asiaticoside 함량 비교

병풀은 asiaticoside를 함유하고 있는데, 이는 병풀의 수량성과 함께 병풀 자원을 판단하는 지표성분이다. Asiaticoside 표준

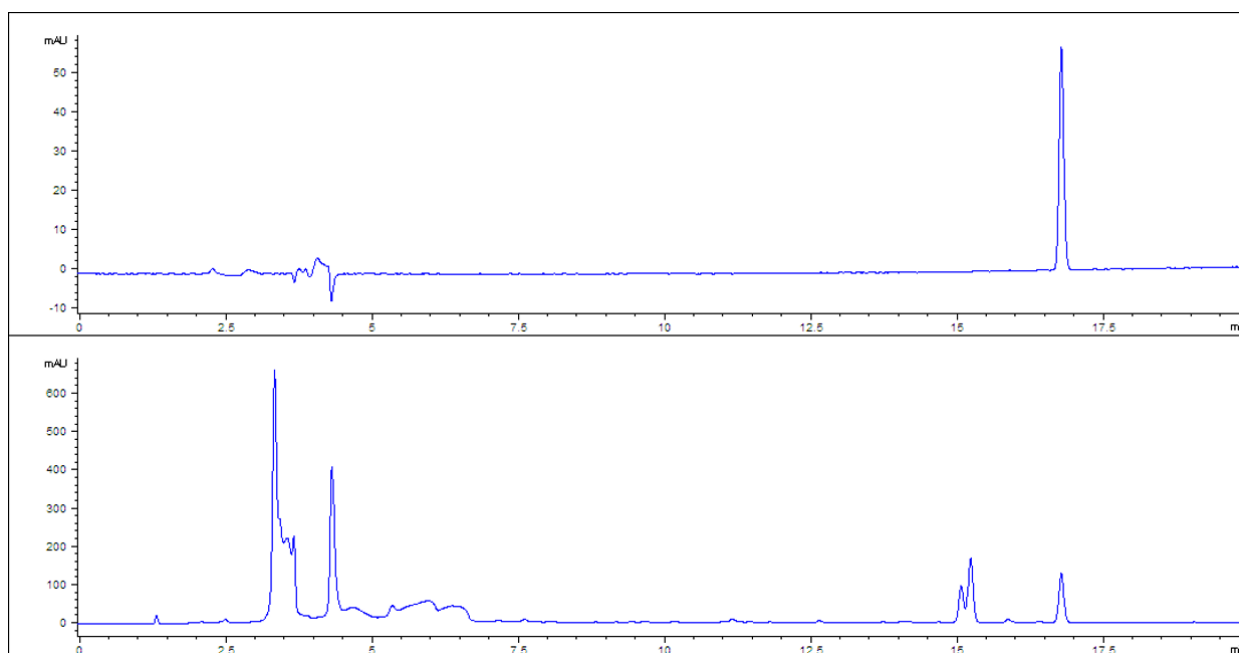


Fig. 2. HPLC chromatogram of standard (A) and CA1(B) among 12 *C. asiatica* resources.

물질을 기준으로 HPLC chromatogram을 확인하고(Fig. 2) 수집된 병풀 12 자원의 asiaticoside 함량을 비교해 본 결과, CA5 (53.96 mg/g)와 CA3 (52.40 mg/g)이 가장 많은 양의 asiaticoside를 함유하고 있는 것으로 나타났다(Fig. 2). 총건물중량이 높았던 5개 자원의 asiaticoside 함량은 각각 CA10 (34.91 mg/g), CA9 (36.60 mg/g), CA1 (44.00 mg/g), CA4 (48.59 mg/g), CA12 (44.22 mg/g)로 중간 정도의 함량을 가지고 있는 것으로 나타나, 건물중이 높은 자원이 반드시 높은 지표성분을 수반하지는 않았다.

한편, asiaticoside는 항박테리아성 및 항곰팡이성을 가지며, 상처, 위궤양, 피부병 등에 대해 치료 효과가 있고(Kim *et al.*, 2002), asiaticoside에서 유도된 유도체들이 β -amyloid에서 유도되는 세포사로부터 세포 보호 효과가 있다고 보고되었다(Mook-Jung *et al.*, 1999). 또한, 세계보건기구에서는 초본 Centellae는 triterpene ester 배당체인 asiaticoside의 함량이 2% 미만이어서는 안된다고 보고했다(WHO, 1999). 이에 본 연구에서 조사된 병풀 12 자원들의 asiaticoside 함량은 2%를 충족하였으며, 그중에서도 특히 CA5와 CA3은 5%를 초과하였기에 지표성분 asiaticoside가 우수한 수집 자원으로 사료된다.

병풀 추출물의 항산화 성분 및 활성

병풀 계통의 항산화 성분 및 활성의 차이를 비교하기 위하여, 병풀 추출물의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량, DPPH

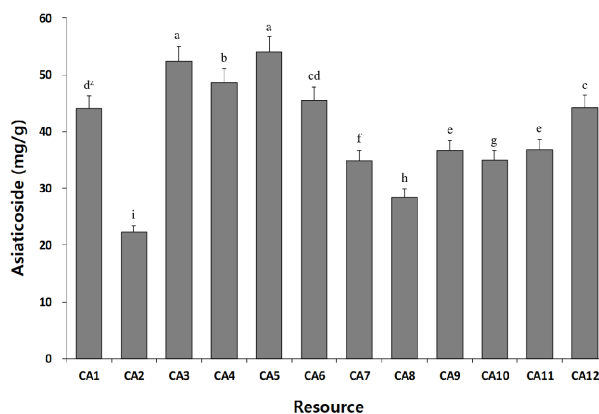


Fig. 3. Comparison of asiaticoside content from CA1 to CA12. *Significance differences were analyzed with Duncan's Multiple Range Test (DMRT) as means \pm SD at $p < 0.05$.

scavenging activity를 비교하였다. 12개 수집자원의 총 플라보노이드 함량은 3.75 ~ 10.64 mg/g 범위로 나타났으며 그 중 CA12의 총 플라보노이드 함량이 10.64 mg/g로 가장 높은 것으로 나타났다(Fig. 3). 병풀 수집 자원의 총 폴리페놀 함량은 2.08 ~ 7.30 mg/g으로 총 플라보노이드 분석 결과와 마찬가지로 CA12가 7.30 mg/g으로 가장 높았으며 통계적으로도 유의한 차이를 나타냈다 (Fig. 4). DPPH scavenging activity에서도 역시 CA12가 11.96 mg AAE/g 으로 다른 자원 중 가장 높은 활성을 보였다

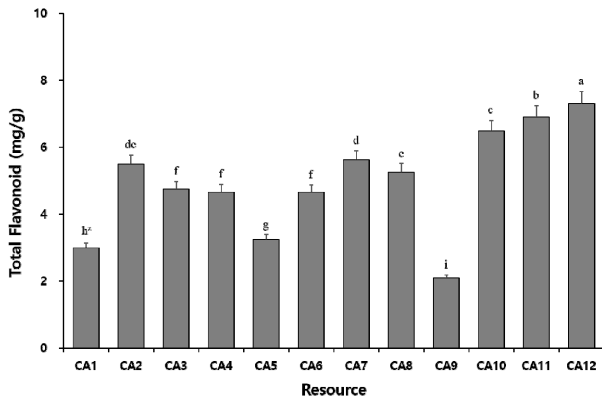


Fig. 4. Comparison of total flavonoid content from CA1 to CA12. ^zSignificance differences were analyzed with Duncan's Multiple Range Test (DMRT) as means ± SD at $p < 0.05$.

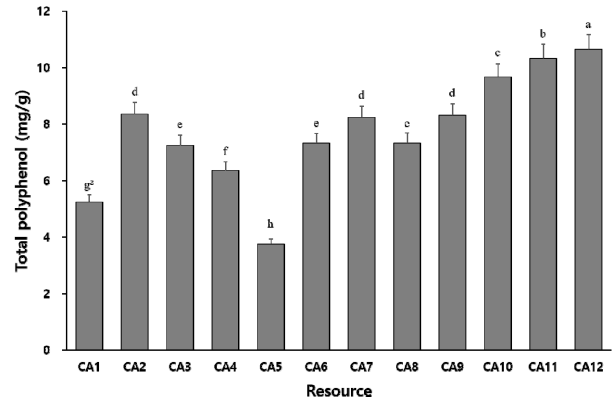


Fig. 5. Comparison of total polyphenol content from CA1 to CA12. ^zSignificance differences were analyzed with Duncan's Multiple Range Test (DMRT) as means ± SD at $p < 0.05$.

Table 4. Correlation coefficient between growth characteristics, asiaticoside and antioxidant activities in 12 *C. asiatica*. resources

	Asiaticoside	Total Polyphenol	Total Flavonoid	DPPH	Leaf			Number		FW		DW
					Length	width	PL ^z	stem	leaf	stem	leaf	
Asiaticoside	-											
Total Polyphenol	-0.484 ^y	-										
Total Flavonoid	-0.296	0.743 ^{**x}	-									
DPPH	-0.419	0.984 [*]	0.775 ^{**}	-								
Length	-0.272	-0.076	-0.331	-0.095	-							
Leaf Width	-0.413	0.011	-0.116	0.029	0.810	-						
PL	-0.039	-0.016	-0.252 ^{**}	-0.033	0.838	0.695 ^{***}	-					
Number Stem	0.080	0.159	0.119	0.137	-0.467	-0.433	-0.194	-				
Number Leaf	0.635	0.074	0.257	0.143	-0.728	-0.744	-0.386	0.571 ^{***}	-			
FW Stem	0.459	0.299	0.000	0.316	-0.174	-0.388	0.158	0.195	0.599	-		
FW Leaf	0.403	0.302	0.104	0.280	0.188	-0.076	0.505	-0.079	0.264	0.768	-	
DW	0.409	-0.020	-0.266	-0.049	0.435	0.053	0.703	0.174	0.156	0.547	0.773	-

^zPL: Petiole length; FW: Fresh weight; DW: Dry weight.

^yCorrelation coefficient (r) was determined by Pearson's correlation analysis.

^xSignificance at the 5% ($p < 0.05$), 1% ($p < 0.01$) and 0.1% ($p < 0.001$) level, respectively.

(Fig. 5).

병풀은 높은 항산화 활성을 가지며, superoxide dismutase, catalase 및 glutathione peroxidase와 같은 항산화 효소가 현저히 증가함이 보고되었고(Jayashree *et al.*, 2003), 플라보노이드 화합물은 병풀 추출물 중에서 가장 높은 항산화 특성을 나타낸 것으로 알려져 있다(Pittella *et al.*, 2009). 또한, 병풀은 페놀화합물의 총 농도가 다른 28 종의 과일, 곡물 및 야채보다 훨씬 높은 것으로 드러났으며, 병풀 잎 추출물 역시 건물중 기준으로 총페놀함량이 높은 것으로 밝혀져, 종합 페놀화합물의 총

은 자원임을 알 수 있었다(Zhang *et al.*, 2011). 따라서 병풀의 이러한 항산화 특성은 병풀이 약용 및 식용 자원으로써 이용될 수 있는 무한한 가능성을 제시해준다고 볼 수 있다.

한편, 병풀 수집 자원 별 생육적 특성 및 주요성분 차이의 발생은 수집지의 생태환경이나 종자번식에 의해 표현형 변이가 나타난 것으로, 특히 종자번식은 변이의 폭이 크게 나타나는 것으로 알려져 있다(Griesbach *et al.*, 1988). 병풀은 종자번식과 포복경을 이용한 영양번식이 모두 가능하므로(Baek, 1997) 본 연구에서 조사된 우수한 형질을 가진 병풀 수집자원의 특성 결

과와 보존을 통해 추후 병풀의 표준품종 선발과 다수성 병풀 생산을 위하여 기초 자료로써 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

병풀 생육 특성, asiaticoside 성분, 항산화 성분 및 활성 간 상관관계

수집된 병풀 자원의 생육적 특성, asiaticoside 성분, 항산화 성분 및 활성 항목 간 상관관계를 확인한 결과는 Table 4와 같다. 생육적 특성 간 상관관계에서는 엽장, 엽폭, 엽병장이 상호간에 높은 상관관계를 나타냈으며, 특히, 엽병장, 잎과 줄기의 생체중은 다른 생육적 특성에 비해 비교적 건물중과의 높은 양적 상관관계를 보이는 것으로 나타났다.

Asiaticoside은 경수, 생체중, 건물중과 다소간의 상관성이 있는 것으로 확인되어 다수성 및 중량이 높은 자원 선발의 필요성을 시사한다고 볼 수 있다. 항산화 성분 및 활성은 asiaticoside와 음의 상관관계를 보여 직접적으로 기인하지 않는 것으로 나타났으며 수집자원의 생육적 특성과도 뚜렷한 상관관계를 확인할 수 없었다. 재배 방법 및 관수 방법에 따른 병풀의 특성 연구 (Choi *et al.*, 2020)에서는 시설 재배에서의 높은 수량성에도 불구하고 노지 재배에서의 asiaticoside함량과 항산화 물질 및 활성이 더 높은 것으로 나타나 수집 자원의 생육적 특성이 우수하더라도 높은 항산화 성분 및 활성을 반드시 수반하지 않는다고 볼 수 있었다. 한편, 항산화 성분인 총 폴리페놀과 총 플라보노이드는 DPPH 라디칼 소거능과 높은 상관관계를 나타냈는데 이는 DPPH 라디칼 소거능이 항산화 활성 물질의 환원력에 의해 측정되기 때문에(Kim *et al.*, 2019) 식물추출물의 페놀성 화합물 함량에도 영향을 받을 수 있는 것으로 알려져 있어(Kil *et al.*, 2018), 본 연구에서도 마찬가지로 항산화 물질 및 활성 간의 높은 관계성을 나타낸 것으로 판단된다.

적 요

본 연구에서는 경남 합천에서 수집한 병풀 12 자원을 대상으로 생육적 특성, 주요성분 함량, 항산화성분 및 활성 분석을 통해 우수한 특성을 지닌 병풀 자원의 확보 및 특성 분석을 위한 기초 연구로써 진행되었다. 수집 자원 중 생육적 특성이 우수한 품종은 CA10, CA9, CA1, CA4 및 CA12 였고, 그중에서도 특히 CA10이 건물중이 높았으며 지표성분인 asiaticoside 함량이 높은 자원은 CA5와 CA3 이었다. 또한, 항산화 성분인 총 폴리페놀과 총 플라보노이드를 가장 많이 함유하고 DPPH의 활성이 가장 높은 자원은 CA12으로 지표성분 함량은 적지만, 건물중도 높고

항산화 성분이 풍부한 자원으로 확인되었다. 그러나 수집 자원의 우수한 생육적 특성이 지표성분, 항산화 성분 및 활성이 반드시 일치하지 않는 것으로 확인되어 향후 수량성, asiaticoside, 항산화물질 및 활성 등 각 특성을 목적으로 하는 자원 선발이 필요할 것으로 보여진다. 또한 병풀이 제한적인 자생 범위를 갖고 있는 만큼 추가적인 재래 자원 수집을 통한 다양한 특성 연구가 보완되어야 할 것이다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ0136382020)의 지원으로 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

Abe, N., T. Murata and A. Hirota. 1998. Novel DPPH radical scavengers, bisorbicillinol and demethyltrichodimerol, from a fungus. *Biosic. Biotech. and Bioch.* 62(4):661-666.

Baek, Y.W. 1997. Micropropagation of *Centella asiatica* (L) Urban by *in vitro* cultures and production of triterpene glycosides. Department of Biology, Ph.D. Thesis, Chonnam National University, Korea. p. 13 (in Korean).

Brinkhaus, B., M. Linder, D. Schuppan and E.G. Hahn. 2000. Chemical, pharmacological and clinical profile of the east Asian medical plant *Centella asiatica*. *Phytomedicine* 7(5): 427-448.

Chasseaud, L.P., B.J. Fry, D.R. Hswkins, J.D. Lewis, I.P. Sword, T. Taylor and D.E. Hathway. 1971. The metabolism of asiatic acid, madecassic acid and asiaticoside in the rat. *Arzneimittel-Forsch.* 21(9):1379-1384.

Cho, C.H., S.Y. Kim and I.S. An. 2014. The improving effect of *Centella asiatica* extracts on erythema on scalp of aged 20-50's women. *Kor. J. Aesthet. Cosmetol.* 12(6):921-927 (in Korean).

Choi, J.N., H.J. Lee, Y.J. Lee, J.T. Jeong, J.H. Lee, J.K. Chang and C.G. Park. 2020. Growth characteristics and asiaticoside content, and antioxidant activities in *Centella asiatica* by cultivation and irrigation methods. *Korean J. Med. Crop Sci.* 28(4):254-259 (in Korean).

- Davis, W.B. 1947. Determination of flavanones in citrus fruits. *Anal. Chem.* 19(7):476-478.
- Folin, O. and W. Denis. 1912. Tyrosine in proteins as determined by a new colorimetric method. *J. Biol. Chem.* 12(2):245-251.
- Gohil, K.J., J.A. Patel and A.K. Gajjar. 2010. Pharmacological review on *Centella asiatica*: A potential herbal cure-all. *Indian J. Pharm. Sci.* 72(5):546.
- Griesbach, R.J., P. Semeniuk, S.M. Roh and R.H. Lawson. 1988. Tissue culture in the improvement of *Eustoma*. *Hortic. Sci.* 23:790-791.
- Ha, J.H., M.C. Kwon, S.S. Kim, M.H. Jeong, B. Hwang and H.Y. Lee. 2010. Enhancement of skin-whitening and UV-protective effects of *Centella asiatica* L. Urban by Ultrasound process. *Korean J. Med. Crop Sci.* 18(2):79-85 (in Korean).
- Hausen, B.M. 1993. *Centella asiatica* (Indian pennywort), an effective therapeutic but a weak sensitizer. *Contact Derm.* 29(4):175-179.
- Jayashree, G., G.K. Muraleedhara, S. Sudaralal and V. Jacob. 2003. Anti-oxidant activity of *Centella asiatica* on lymphoma-bearing mice. *Fitoterapia* 74(5):431-434.
- Kil, Y.S., S.M. Sin, D.Y. Lee, W.M. Jeong, K.J. Yang, S.W. Lee, Y.H. Kim and Y.M. Goo. 2018. Analysis of triterpene glycoside levels and antioxidant activity in the different shoot tissues of *Centella asiatica* (L.) Urban. *J. Life Sci.* 28(8):917-922 (in Korean).
- Kim, J., M.J. Kim and K.Y. Lee. 2013. Wound healing effect of curcumin gel for transdermal delivery. *Polymer (Korea)* 37(3):387-392 (in Korean).
- Kim, O.T., M.Y. Kim, Y.J. Park, M.H. Hong, J.C. Ahn, M.H. Oh and B. Hwang. 2002. Production of triterpene glycosides from whole plant cultures of *Centella asiatica* (L.) Urban. *Korean J. Plant Biotechnol.* 29(4):281-285 (in Korean).
- Kim, S.J., H.I. Kim, Y.Y. Hur, D.J. Im, D.H. Lee, S.J. Park, S.M. Jung and K.H. Chng. 2019. Anthocyanin and polyphenol analysis and antioxidant activity of small fruit and berries in Korea. *Korean J. Plant Res.* 32(5):407-414 (in Korean).
- Kim, Y.J. 2010. Effects of *Centella asiatica* extracts on anti-oxidant and collagen synthesis according to extraction conditions. *J. Kor. Soc. Cosm.* 16(3):834-839 (in Korean).
- Koo, Y.M., Y.S. Kil, S.M. Sin, D.Y. Lee, W.M. Jeong, K.H. Ko, K.J. Yang, Y.H. Kim and S.W. Lee. 2018. Analysis of antibacterial, anti-inflammatory, and skin-whitening effect of *Centella asiatica* (L.) Urban. *J. Plant Biotechnol.* 45(2): 117-124 (in Korean).
- Korea Forest Service. 2003. Korean Plant Names Index (accessed 2003. 11. 30). <http://www.nature.go.kr>.
- Mook-Jung, I.H., J.E. Shin, S.H. Yun, K. Huh, J.Y. Koh, H.K. Park, S.S. Jew and M.W. Jung. 1999. Protective effects of asiaticoside derivatives against beta-amyloid neurotoxicity. *J. Neurosci. Res.* 58(3):417-425.
- Pittella, F., R.C. Dutra, D.D. Junior, M.T. Lopes and N.R. Barbosa. 2009. Antioxidant and cytotoxic activities of *Centella asiatica* (L.) Urb. *Int. J. Mol. Sci.* 10(9):3713-3721.
- Sritongkul, J., V. Srilaong, A. Uthairatanakij, S. Kanlayanarat and P. Chalermglin. 2009. Effect of light intensity on chemical composition of asiatic pennywort (*Centella asiatica* L. Urban). *Acta Hort.* 837:87-93.
- World Health Organization (WHO) 1999. WHO Monographs on Selected Medicinal Plants (Vol. 1). Geneva, Switzerland. pp. 77-85.
- Zhang, M., N.S. Hettiarachchy, R. Horax, A. Kannan, P. Apputhury, A. Muhundan and C.R. Mallangi. 2011. Phytochemicals, antioxidant and antimicrobial activity of *Hibiscus sabdariffa*, *Centella asiatica*, *Moringa oleifera* and *Murraya koenigii* leaves. *J. Med. Plant Res.* 5(30):6672-6680.

(Received 19 August 2020 ; Revised 19 October 2020 ; Accepted 22 October 2020)