

경남지방에서 도라지 재배지역별 토양이화학적 특성과 사포닌 함량

이병진*** · 전승호** · 이신우* · 전현식* · 조영손***†

*경남과학기술대학교 농학한약자원학부, **경남과학기술대학교 종자실용화 연구소

Soil Physico-Chemistry and Saponins Content of *Platycodon grandiflorum* Radix Cultured from Different Sites in Gyeongnam Province

Byung Jin Lee***, Seung Ho Jeon**, Shin Woo Lee*, Hyun Sik Chun* and Young Son Cho***†

*Department of Agronomy & Medicinal Plant Resources, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea.

**Research Center for Seed Utilization of Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea.

ABSTRACT : This study was carried out in order to survey the soil physico-chemical, morphology and content of saponins of 5 year-old *Platycodon grandiflorum* radix from different areas in Gyeongnam. Soil physical properties was showed 1.01-1.29 of bulk density of soil and soil hardness was increased with increasing soil depth, especially below the 30 cm, however it was maintained or small increased below the 40 cm. T-N and OM contents of top soil were highest at Geochang as 0.27% and 56.9 g/kg, respectively, compared to other areas. The root length was longer at Kimhea and Geochang as 33.8 and 33.7 cm, respectively, and fresh weight was heavy at Geochang as 208.5 g. The contents of saponin of *P. grandiflorum* radix was higher in fine root compare to main root. By region, content of saponins of *P. grandiflorum* radix were higher at Hapcheon than other area. Mg content was highly negatively correlated at $p < 0.01$ with platycodin D3, deapioplatycodin D, platycodin D, and deapioplatycodin D (-0.499**, -0.433**, -0.421**, -0.511** respectively). These results suggest that no-fertilized Mg effected on the improvement of saponin contents in *P. grandiflorum*.

Key Words : Fresh Weight, *Platycodon grandiflorum*, Soil Physio-Chemical, Saponins

서 언

도라지 (*Platycodon grandiflorum* A. D.C.)는 한국, 일본 및 중국의 산간지방에 널리 자생하는 다년생 식물이며 (Lim, 1971), 약용 또는 나물용으로 재배되고 있다. 도라지는 초세가 강하여 산간지나 평야지대에서도 재배가 가능하지만 유기물이 풍부하고 배수가 잘되는 식양토나 사질양토에서 생육이 양호하다 (Lee *et al.*, 2010; Seong *et al.*, 2004). 배수가 불량한 토양에서는 근부병 발생이 많아 (Jo *et al.*, 1985, 1987, 1997; Hallmark *et al.*, 1981; Kim and Cho, 2011) 장기간 도라지를 재배하여 약용으로 사용하고자 하면 주기적으로 옮겨심기를 해야 한다 (Kwon *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 1998, 1990). 이때 도라지의 뿌리 생육은 토양수분과 입경분포, 경도,

통기성 등의 토양물리성과 유기물, 양이온 등의 토양화학성에 영향을 받는다고 하였다 (Kwon *et al.*, 1998; Gupta, 1994). 그러나 다년간 동일조건에서 재배될 경우 토양의 화학성보다 토양공극과 토양경도 같은 물리성에 많은 영향을 받는다 (Jo *et al.*, 1987; Hallmark and Barber, 1981). Lee 등(2000)은 미사질 양토인 곳에서 재배된 도라지가 다른 토성에 비해 생육이 양호하다고 보고하였으며, Seung 등 (2004)은 화학성 중 에 질소성분이 도라지의 생육 및 수량과 조사포닌 함량에 영향을 준다고 보고하고 있다.

도라지의 약리성분인 사포닌은 감기, 기침, 냉병, 복통, 부스럼, 설사, 산후병, 부인병, 불면증 및 염증 등에 효과가 있어 예로부터 민간처방 약재로 사용되었을 뿐만 아니라 건강식품으로도 섭취되고 있다. 도라지의 뿌리 부분에 함유되어 있는

†Corresponding author: (Phone) +82-55-751-3221 (E-mail) choyoungson@daum.net

Received 2014 September 17 / 1st Revised 2014 October 27 / 2nd Revised 2014 November 15 / 3rd Revised 2014 November 24 / 4th Revised 2014 November 25 / Accepted 2014 November 26

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.

Table 1. Sampling location, soil type and texture of farmer's field.

Sites	Latitude /longitued	Soil type	Texture
Hapcheon	35° 48' 48"N /127°99' 77"E	DbF2 Deogsan	Loam
Jinju	35° 27' 65"N/128°13' 73"E	BIC Banho	Loam
Sacheon	35° 10' 32"N/128°04' 46"E	YuC Yooga	Sand Loam
Miryang	35° 44' 48"N/128°69' 23"E	JwD Jangwon	Loam
Gimhae	35° 27' 74"N/128°73' 32"E	BxE2 Bongsan	Loam
Geochang	35° 68' 19"N/127°82' 78"E	SbC Seogto	Loam

사포닌의 종류에는 platycodin A, C, D와 polygalacin D 등 21종이 있는 것으로 알려져 있다 (Konishi *et al.*, 1976; Tada *et al.*, 1975). 이들 중에 platycodin D는 동물실험에서 진해 거담작용, 중추신경억제작용 (Sung and Seo, 1998), 혈당강화 작용 및 콜레스테롤 대사개선작용 (Zhao *et al.*, 2006), 항암 활성 효과 (Choi *et al.*, 2001) 항염증 효과 (Ahn *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2004), 항비만 효과 (Lee *et al.*, 2010) 등이 있는 것으로 밝혀졌다.

본 연구는 경남의 도라지 재배지역별 토양의 이화학적 특성과 약리성분을 분석하여 고품질 도라지생산을 위한 기초자료로 활용하고자 실시되었다.

재료 및 방법

1. 실험재료

경남지역 도라지재배 농가 6개소에서 토양과 5년근 도라지를 채취하였다. 도라지 재배 지역의 지리적 위치와 토성은 Table 1과 같다. 도라지는 근경, 근장, 지근수, 생체중을 조사한 후 65°C에서 건조한 다음 냉동고에 보관하였으며, 분쇄기 (Hibell, Super grinder JL-1000, Hwaseong, Korea)로 분쇄하고 0.59 mm 체로 선별하여 사용하였다.

2. 토양 이화학적 특성

토양 경도는 토양을 지표면에서 60 cm 깊이로 파서 토양단면을 토양경도계 (Takemura Electric Works, LDT, Tokyo, Japan)를 사용하여 10 cm 간격으로 토양 경도를 측정하였다. 토양 가밀도는 core를 이용하여 토양 깊이별로 토양 용적밀도를 농촌진흥청 표준조사법에 따라 조사하였다.

토양의 화학적 특성은 토양시료를 표토 (0 ~ 20 cm)와 심토 (20 ~ 40 cm)로 나누어 채취하여 음건하였으며, 건조한 토양은 2 mm 체로 쳐서 분석하였다. 토양 화학성중 pH는 초자전극법, OM (organic matter)은 Tyrin법, 유효인산은 Lancaster법으로 분광광도계 (X-ma 1200V, Seoul, Korea)를 이용하였으며, 치환성양이온은 원자흡광분광기 (Perkinelmer 2380, Boston, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

3. 사포닌함량

도라지의 사포닌 함량은 뿌리의 몸통과 잔뿌리로 나누어 조사하였다. 사포닌 추출방법은 Park 등(2000)이 제안한 방법으로 도라지 1 g을 70% 에탄올 50 ml에 혼합하여 45°C 항온수조에서 2시간 진탕 후, 4,000 rpm에서 15분 원심분리하여 상등액 추출을 2회 반복하고 이것을 50°C에서 감압 농축하여 HPLC-grade 증류수 10 ml에 녹였다.

사포닌 함량 분석에 사용된 HPLC는 Agilent 1260 Series HPLC system (Agilent Technologies, Del, USA)를 이용하여 측정하였다. HPLC 분석은 C₁₈ (4.6 × 250 mm, 5 μm, Shiseido, Tokyo, Japan) column을 사용하였다. 이동상은 Water, Acetonitrile를 사용하였으며, Acetonitrile 비율을 0 min (18%) -22 min (18%) -32 min (30%) -60 min (50%)로 순차적으로 조절하였다. 컬럼온도는 35°C로 유지 하였고, injection volume은 10 μl, 유속은 1 ml/min로 하였다. 검출파장은 203 nm에서 측정하였다.

사포닌 표준시료는 천연물 물질은행 (Institute for Korea Traditional Industry, Gyeongsan, Korea)으로부터 분양받은 platycodin D (PCD), platycodin D3 (PCD3), deapioplatycodin D (DPCD), polygalacin D (PGD)를 각각 1 mg 씩 취하여 증류수 10 ml에 녹여 HPLC용 표준 사포닌 용액을 조제하여, 표준품을 각각 100, 50, 25 μg/ml로 조절하여 표준액을 만들었다. 각 사포닌 표준액 10 μl를 취하여 HPLC로 검량하고 작성한 검량선을 이용하여 환산하였다.

4. 통계분석

모든 실험은 3회 반복으로 하여 실험결과는 평균으로 나타내고 SAS Enterprise guide 4.0 (version 4.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 계산하였고, One-way ANOVA test를 실시한 후 평균간의 유의차를 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 도라지 재배지역별 토양 물리성

토양 이화학적 특성과 도라지 사포닌 함량

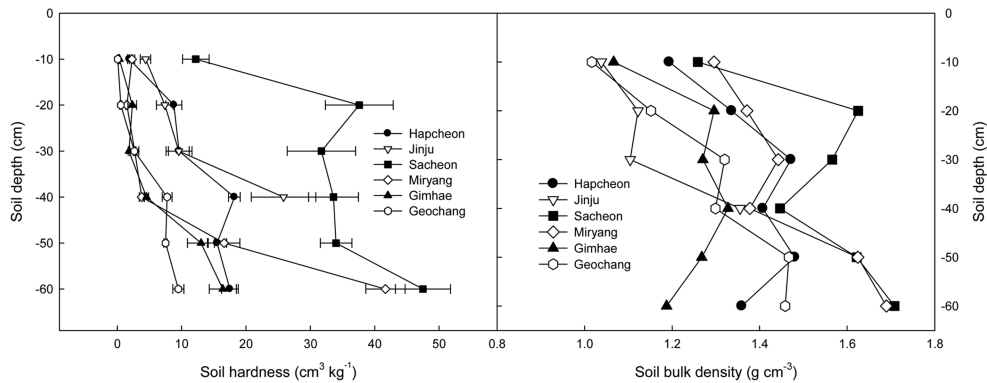


Fig. 1. Changes in soil bulk density and soil hardness at *Platycodon grandiflorum* Radix field from different sites in Gyeongnam province.

Table 2. Chemical properties of soil at several field of *Platycodon grandiflorum* Radix cultured from different sites in Gyeongnam province.

Sites		PH (1 : 5)	T-N (%)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K	Ca	Mg	Na
						(cmolc/kg)			
Hapcheon	Top soil	5.23	0.03	9.0	7.4	0.18	1.77	0.66	0.09
	Sub soil	5.25	0.03	5.5	7.7	0.19	1.15	0.80	0.09
Jinju	Top soil	4.74	0.13	28.9	215.9	0.20	3.25	1.71	0.08
	Sub soil	4.84	0.10	22.2	63.7	0.23	3.15	1.55	0.07
Sacheon	Top soil	6.08	0.09	16.5	72.4	0.21	7.55	1.14	0.09
	Sub soil	6.09	0.08	12.7	21.3	0.13	4.82	1.17	0.11
Miryang	Top soil	5.57	0.09	9.9	17.1	0.19	4.56	1.79	0.08
	Sub soil	5.71	0.08	6.0	7.4	0.17	4.93	1.86	0.12
Gimhae	Top soil	5.76	0.17	15.4	394.2	0.97	5.95	1.96	0.08
	Sub soil	6.19	0.03	1.6	9.0	0.65	4.67	1.52	0.18
Geochang	Top soil	5.83	0.27	56.9	497.5	0.20	7.16	0.83	0.09
	Sub soil	6.11	0.11	28.4	127.5	0.18	5.35	0.78	0.08

토양의 물리적 특성은 도라지 뿌리가 신장하는데 중요한 요인으로 작용하며, 토성, 토양구조 유기물 함량, 수분상태 및 용적밀도에 영향을 받는다고 하였다 (Lee *et al.*, 2000). 도라지 재배지역의 물리적 특성으로 토양 경도와 용적밀도를 조사한 결과를 Fig. 1로 나타내었다. 토양 경도는 사천지역의 경우 다른 지역에 비해 높게 나타났으며, 깊이 20 cm에서 가장 높게 나타났고 깊이 들어 갈수록 줄어드는 경향을 보였는데, 사천 지역은 논 지역으로 경반층이 형성된 것으로 사료된다. 거창, 김해, 밀양지역은 표토에서 40 cm 깊이 까지 토양 경도의 변화는 없었으며, 40 cm 이하에서 밀양지역의 토양 경도가 급격하게 증가하는 경향을 보였다. 진주지역은 산에 도라지를 재배한 관계로 40 cm 이하에서는 암반층이 나와 토양 물리성 조사가 이루어지지 않았다. 일반적으로 토양경도가 15 ~ 20 kg/cm³ 이상이 되면 뿌리신장의 장애가 일어나는데 (Jo *et al.*, 2000) 사천을 제외한 나머지 지역에서 토양깊이 30 cm 까지 15 cm³ kg⁻¹ 이하로 도라지 뿌리 신장에는 문제가 없을 것으로 사료

된다. 표토의 용적밀도는 1.011.29 g/cm³의 범위를 보였는데, 토양깊이 30 cm 까지 증가하다가 40 cm에서 감소하였고 다시 깊이 내려갈수록 증가하는 경향을 보였다.

2. 도라지 재배지역별 토양 화학성

도라지 재배지역의 화학적 특성을 조사한 결과 (Table 2) pH는 4.76.2로 나타났으며, 표토보다 심토에서 pH가 증가하는 경향을 보였다. 토양의 전질소함량은 거창의 경우 표토에서 0.27% 심토에서 0.11%로 다른 지역에 비해 가장 높게 나타났으며, 심토보다 표토가 높은 전질소 함량을 보였다. 표토의 유기물 함량은 거창, 진주, 사천, 김해 순으로 각각 56.9, 28.9, 16.5, 15.4 g/kg로 나타났다. 유기물 함량은 표토가 심토에 비해 높게 나타났으며, 이러한 경향은 전질소 함량과 유사한 경향을 보였다. 인산함량은 거창, 김해, 진주 순으로 각각 497.5, 394.2, 215.9 mg/kg으로 나타났다. Seung 등 (2004)은 도라지 재배지 표토가 심토보다 유기물함량과 유효인산이 높다고 보

고 하였는데, 본 연구에서는 유사한 경향을 보였다. Seung 등 (2004)은 기비와 추비를 시용하였으며, 도라지 재배 농가에서도 월동 후 추비 시용하는 시비방법에 기인한 것으로 사료된다.

3. 재배지역별 도라지 뿌리의 생육특성

도라지 뿌리의 특성은 Table 3에 나타냈다. 뿌리 길이는 김해와 거창 지역이 33.8과 33.7 cm로 가장 길었으며, 직경은 거창이 41.2 cm로 가장 크게 나타났다. 지근의 수는 거창, 함천,

진주, 밀양, 김해 순으로 나타났으며, 생체중은 거창이 가장 높게 나타났다. 뿌리길이는 거창과 김해에서 유의성이 인정되지 않았지만, 지근의 수와 생체중에서 유의성이 인정되었는데, 거창은 다른 지역에 비해 토양 전질소, 유기물 그리고 인산함량이 높았고 (Lee *et al.*, 1999, 2011) 토양 경도와 밀도 (Fig. 1)가 다른 지역에 비해 낮아 도라지 뿌리의 생육이 좋았을 것으로 사료된다. 함천과 진주는 뿌리의 길이가 김해보다 짧지만 지근의 수와 생체중이 많은 것이 확인되었다. 이는 거

Table 3. Length, diameter and fresh weight of *Platycodon grandiflorum* Radix cultured from different sites in Gyeongnam province.

Sites	Length (cm)	Diameter (mm)	Fine root (no.)	Fresh weight (g)	
				Main root	Fine root
Hapcheon	29.2b	25.7b	88b	29.7b	52.7c*
Jinju	28.2b	23.9b	74b	23.7b	83.7b
Sacheon	22.7c	24.2b	15d	23.2b	15.9d
Miryang	26.5bc	15.1c	32c	13.3c	20.9d
Gimhae	33.8a	23.2b	31c	13.3c	23.5d
Geochang	33.7a	41.2a	100a	68.5a	140.0a

*Mean with same letters are not significantly different in DMRT ($p < 0.05$).

Table 4. Saponins Content of main root of *Platycodon grandiflorum* radix cultured from different sites in Gyeongnam province.

Sites	PCD3	DPCD	PCD	PGD	SUM
	mg/100 g				
Hapcheon	214.0a	88.2a	657.1ab	859.8a*	1,819.1
Jinju	142.6b	22.9bc	571.8bc	416.1c	1,153.4
Sacheon	143.1b	15.1c	599.7b	405.1c	1,163.0
Miryang	58.7cd	28.9bc	483.3c	319.1c	890.0
Gimhae	47.9d	15.8c	659.3ab	565.0b	1,288.0
Geochang	103.1bc	40.3b	730.9a	370.1c	1,244.4
Average	118.2	35.2	617.0	489.2	1,259.6
CV (%)	48.3	78.4	13.9	40.7	24.4

PCD3; Platycodin D3, DPCD; Deapioplatycodin D, PCD; Platycodin D, PGD; Polygalacin D. *Mean with same letters are not significantly different in DMRT ($p < 0.05$).

Table 5. Saponins Content of fine root of *Platycodon grandiflorum* radix cultured from different sites in Gyeongnam province.

Sites	PCD3	DPCD	PCD	PGD	SUM
	mg/100 g				
Hapcheon	169.0b	119.2a	1196.9a	1241.0a*	2,726.1
Jinju	230.1a	24.0c	868.2bc	373.1c	1,495.4
Sacheon	186.8b	31.6c	703.3d	551.8bc	1,473.5
Miryang	126.8c	102.1ab	784.7c	592.0b	1,605.6
Gimhae	50.7d	84.5b	897.2b	726.2b	1,758.6
Geochang	201.2b	106.5ab	1185.6a	1103.7a	2,597.0
Average	160.8	78.0	939.3	764.6	1,942.7
CV (%)	39.8	51.9	22.0	44.2	29.2

PCD3; Platycodin D3, DPCD; Deapioplatycodin D, PCD; Platycodin D, PGD; Polygalacin D. *Mean with same letters are not significantly different in DMRT ($p < 0.05$).

Table 6. Correlation coefficient between soil chemical and contents of saponin of *Platycodon grandiflorum* radix at drying temperature.

	PCD3	DPCD	PCD	PGD	Totla
Total Nitrogen	-0.247 ^{ns}	-0.440*	-0.236 ^{ns}	-0.480**	-0.415*
Organic Matter	0.059 ^{ns}	-0.300 ^{ns}	-0.056 ^{ns}	-0.323 ^{ns}	-0.212 ^{ns}
P ₂ O ₅	-0.305 ^{ns}	-0.378*	-0.159 ^{ns}	-0.288 ^{ns}	-0.283 ^{ns}
K	-0.587**	-0.195	-0.059 ^{ns}	-0.031 ^{ns}	-0.123 ^{ns}
Ca	-0.407*	-0.444*	-0.293 ^{ns}	-0.467**	-0.449**
Mg	-0.499**	-0.433**	-0.421**	-0.511**	-0.535**

PCD3; Platycodin D3, DPCD; Deapioplatycodin D, PCD; Platycodin D, PGD; Polygalacin D. ^{ns}, *, **, No significance or significance at 0.05 and 0.01 probabilities, respectively.

창, 합천, 진주는 수평심기로 인해 지근의 개수가 증가한 반면 김해는 수직 심기로 지근의 발생이 적었기 때문에 사료 된다. 따라서 도라지를 이식할 때 수직으로 심는 것 보다 수평으로 심는 것이 도라지 생체중 증가에 도움이 될 것으로 사료된다.

4. 재배지역별 도라지 사포닌 함량

지역별 주근과 지근의 사포닌 함량을 각각 Table 4, 5에 나타내었다. Platycodin D3 (PCD3) 함량의 범위는 주근의 경우 47.9~214.0 mg/100 g인데, 합천이 214.0 mg/100 g로 가장 높은 값을 나타내고 김해가 47.9 mg/100 g로 가장 낮은 값을 나타냈다. 지근의 함량 범위는 50.7~230.1 mg/100 g인데, 진주가 230.1 mg/100g로 가장 높은 값을 나타내고 김해가 50.7 mg/100 g로 가장 낮은 값을 나타냈다. Deapioplatycodin D (DPCD) 함량은 주근에서 지역별로 15.1~88.2 mg/100 g의 범위를 나타냈고 지근에서는 24.0~119.2 mg/100 g의 범위를 나타내었으며, 지역별로는 합천이 다른 지역에 비해 높은 값을 나타내었다. Platycodin (PCD)의 함량은 주근에서 483.3~730.9 mg/100 g의 범위를 나타냈으며, 거창이 다른 지역에 비해 높은 값을 나타냈다. 지근에서는 703.3~1196.9 mg/100 g의 범위를 나타냈으며, 산청과 거창이 다른 지역에 비해 높은 값을 나타냈다. Polygalacin D (PGD)의 함량은 주근에서 370.1~859.8 mg/100 g의 범위를 지근에서는 373.1~1241.0 mg/100 g의 범위를 나타내었다. 본 시험에서 분석된 도라지 주근과 지근의 총사포닌 함량은 합천이 가장 높게 나타났다. 주근의 사포닌 함량은 밀양이 가장 낮았으며, 지근에서는 진주와 사천이 가장 낮게 나타났다. 도라지 사포닌 함량은 주근보다 지근에서 높게 나타났다. 도라지 뿌리의 사포닌 함량이 안쪽보다 겉쪽에 많이 함유되어 있다고 Seaki 등 (1999)이 보고하였고 인삼에서도 사포닌함량이 세근, 지근, 주근 순으로 많았다는 Han 등 (2013)의 보고와 일치하는 결과를 보였다. 도라지의 약리성을 위해 지근이 많이 발생할 수 있도록 재배하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

5. 토양 화학성과 도라지 사포닌 함량과의 상관관계

토양 화학성과 사포닌 함량과 상관관계에서 조사된 화학성에서 부의 상관을 나타내었다 (Table 5). 사포닌 함량과 T-N의 관계에서 DPCD (-0.440*)와 PGD (-0.480**)가 고도의 부의상관을 나타내었으며, 토양 유기물과는 부의상관을 보였지만 유의성이 인정되지 않았다. 사포닌 함량과 Ca의 관계에서는 PCD를 제외한 나머지 사포닌과 고도의 부의상관을 보였으며, Mg와의 관계에서는 시험에 조사된 모든 사포닌 함량과 고도의 부의상관을 보였다. 도라지 사포닌 함량은 토양의 비옥도가 낮을수록 증가하는 경향을 보였으며, 특히 토양의 Mg의 함량과 깊은 관계를 보였다. 따라서 도라지의 사포닌 함량을 증가시키기 위해서는 질소와 마그네슘 비료의 시비량을 줄이는 것이 좋을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청지원 경남도라지산학협력단 연구비지원(과제번호: PJ008801)에 의해 수행된 결과로 이에 감사를 드립니다.

REFERENCES

- Ahn KS, Noh EJ, Zhao HL, Jung SH, Kang SS and Kim YS. (2005). Inhibition of inducible nitric oxide synthase and cyclooxygenase II by *Platycodon grandiflorum* saponins via suppression of nuclear factor-kB activation in RAW 264.7 cells. Life Sciences. 76:2315-2328.
- Choi CY, Kim JY, Kim YS, Chung YC, Seo JK and Jeong HG. (2001). Aqueous extract isolated from *Platycodon grandiflorum* elicits the release of nitric oxide and tumor necrosis factor-α from murine macrophages. International Immunopharmacology. 1:1141-1151.
- Gupta RP. (1994) Physical rating of coarse textured soils ot quantify production potential for sorghum. In 15th World Congress of soil Science(Vol 5a). Symposia Transactions. July 10-16. 1994. Acapulco. Mexico. p.306-311.
- Hallmark W and Barber S. (1981). Root growth and

- morphology, nutrient uptake and nutrient status of early growth of soybean as affected by soil K and bulk density. *Agronomy Journal*. 76:209-212.
- Han JS, Tak HS, Lee GS, Kim JS and Choi JE.** (2013). Comparison of ginsenoside content according to age and diameter in *Panax ginseng* C. A. Meyer cultivated by direct seeding. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 21:184-190.
- Jo IS, Hur BK, Kim LY and Cho SL.** (1985). A study on the correlations among the physical and chemical properties of soils in Korean. *Journal of Korean Society of Soil Science and Fertilizer*. 18:134-139.
- Jo IS, Hyun BK, Cho HJ, Jang YS and Shin JS.** (1997). Effects of soil texture and bulk density on the least-limiting water range. *Korean Journal of Korean Society of Soil Science and Fertilizer*. 30:51-55.
- Jo IS, Hyun BK, Kim LY, Cho YK and Um KT.** (1987). Soil physico-chemical properties of red pepper fields and plant growth. *Korean Journal of Korean Society of Soil Science and Fertilizer*. 20:205-208.
- Kim HJ and Cho YS.** (2011) Characteristics of rhizome rot of *Platycodon grandiflorus* by ridge width and depth and cultivation period in the seeding place. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 19:246-250.
- Konishi T, Tada A, Shoji J and Tanaka O.** (1976). The structures of platycodin A and C, mono acetylated saponins of the roots of *Platycodon grandiflorum*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin(ToKyo)*. 26:668-670.
- Kwon TY, Jung KC, Kim JS, Kim CK, Park SD and Choi BS.** (1998). Factors influencing on continuous cropping injury of *Cnidium officinale* Makino in Ulleung island. *Journal of Agro-Environment Science*. 40:39-43.
- Lee CH, Lee SW, Ahn MJ, Cho KB and Lee H.** (2011). Influence on *Platycodon grandiflorum*. of nitrogen and phosphorous acid and growth during seedling stage by liquid fertilizers treatment. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 19:227-232.
- Lee HR, Kang YS, Kim SI, Chung SI and Yoon Y.** (2010). Platycodin D inhibits adipogenesis of 3T3 L1 cells by modulating kruppel like factor 2 and peroxisome proliferator activated receptor gamma. *Phytotherapy Research*. 24:161-167.
- Lee WH and Lee DK.** (1998). Ecology of rhizome rot incidence of ginger and relation of soil texture, chemistry and biology. *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 17:1-4
- Lee WH, Cheong SS and So IY.** (1990). Properties of suppressive and conducive soils to ginger rhizome rot. *Korean Journal of Plant Pathology*. 6:338-342.
- Lee YH, Cho SK, Choi YJ, Song KW, Kim MT and Yun HD.** (2000). Characteristics of continuous culture and soil texture and their effect on growth and yield of *Platycodon grandiflorum*. *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 19:67-71.
- Lim KH.** (1971). A medicinal phytochemistry(The details). Dong Myoung Sa. Seoul, Korea. p.281.
- Park IS, Kang EM and Kim NS.** (2000). High-performance liquid chromatographic analysis of saponin compounds in *Bupleurum falcatum*. *Journal of Chromatographic Science*. 38: 229-233.
- Saeki T, Koike K and Nikaid T.** (1999). A comparative study on commercial, botanical gardens and wild samples of the roots of *Platycodon grandiflorum* by HPLC analysis. *Plant Medica*. 65:42-431.
- Seong JD, Kim GS, Kim HT, Park CB and Kim SM.** (2004). Effect of split application of nitrogen fertilizer on growth and yield *Platycodon grandiflorum* A. D.C. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 12:437-441.
- Sung NJ and Seo JK.** (1998) Medical action of perennial *Platycodon radix*. In proceeding Institute Agriculture Research Utility Symposium for 50th Anniversary. Gyeongsang National University. Jinju, Korea. 35-47.
- Tada T, Kaneiwa Y, Shoji J and Shibata S.** (1975). Saponins of the root of *P. grandiflorum* isolation and the structure of platycodin D. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 23:2965-2969.
- Zhao HL, Cho KH, Ha YW, Jeong TS, Lee WS and Kim YS.** (2006). Cholesterol-lowering effect of platycodin D in hyper cholesterol emic ICR mice. *European Journal of Pharmacology*. 537:166-173.