

유기질 비료시용에 따른 도라지의 생육 및 약용성분에 미치는 효과*

전승호** · 노일래*** · 김영국**** · 조영손*****

Effects of Organic fertilizer Application on Growth and Medicinal ingredients of *Platycodon grandiflorum* Radix

Jeon, Seung-Ho · No, Il-Rae · Kim, Young-Guk · Cho, Young-Son

This study was conducted to elucidate the effect of organic fertilizer on growth characteristics, saponin contents and antioxidant activity of *Platycodon grandiflorum* Radix roots for organic farming. As basal fertilizers, chemical fertilizer, mixed organic fertilizer, bacterial cultures and fermented oil cake and decomposed manure were treated based on 3 kg/10a level before transplanting *Platycodon grandiflorum* Radix. In root length, when chemical fertilizer plot and mixed organic fertilizer plot were treated, root length was recorded the highest scores (25.3 and 24.0 cm) Root width was recorded the highest score (26.6 cm) in chemical fertilizer plot. The number of fine-roots was the highest in mixed organic fertilizer plot and chemical fertilizer plot (20.0 and 17.0), respectively. Fresh weight, which affects directly yield, was the highest in organic fertilizer plot (55.7 g/plant). The content of Platycodin D was shown to 327.4~373.8 mg/100 g, the highest values were observed in organic fertilizer plot. The total polyphenol and flavonoid contents were recorded the highest scores (15.5 and 15.3 mg/g, respectively) in organic fertilizer plot. In this study we confirmed that application of organic fertilizer was effective to increase yield and pharmacological effect through increase of the number of fine-roots with high saponin contents.

Key words : *antioxidant activity, organic fertilizer, platycodon grandiflorum, saponin*

* 이 논문은 2014년도 경남과학기술대학교 대학회계 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

** 경남과학기술대학교 종자실용화연구소

*** 경상대학교 농학과(농업생명과학연구원)

**** 농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

***** Corresponding author, 경남과학기술대학교 농학·한약자원학부(choyoungson@daum.net)

I. 서 론

한국, 일본 및 중국의 산간지방에 널리 자생하는 초롱꽃과 도라지(*Platycodon grandiflorum* A. DC)는 한약재 명으로 길경(*Platycodi radix*)이라 불리며, 약리적 성분인 다량의 사포닌을 함유(Konishi *et al.*, 1976; Tada *et al.*, 1975)하고 있다. 도라지에 함유된 주요 사포닌 종류 중, 특히 Platycodin D는 동물실험에서 진해 거담작용, 중추신경 억제작용(Sung and Seo, 1998), 혈당강화작용 및 콜레스테롤 대사개선편작용(Zhao *et al.*, 2006), 항암활성 효과(Choi *et al.*, 2001), 항염증 효과(Ahn *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2004), 항비만 효과(Lee *et al.*, 2010) 등이 있는 것으로 알려지면서 식생활의 서구화, 운동부족과 누적된 스트레스로 인한 성인병, 현대사회에서 비만인구의 증가 등으로 저칼로리 기능성식품에 관심이 증가하면서 도라지가 건강식품으로 각광을 받고 있다.

도라지는 초세가 강하여 산간지나 평야지대에서도 재배가 가능하지만, 유기물이 풍부하고, 배수가 잘되는 식양토나 사질양토에서 생육이 양호하며(Lee *et al.*, 2010; Seong *et al.*, 2004), 토양수분과 입경분포, 경도, 통기성 등의 토양물리성(Jo *et al.*, 1987; Hallmark and Barber, 1981)과 더불어 유기물, 양이온 등의 토양화학성에 영향을 받는다(Kwon *et al.*, 1998; Gupta, 1994). 특히, 배수가 불량한 토양에서는 근부병 발생이 많아(Jo *et al.*, 1985; Jo *et al.*, 1987; Jo *et al.*, 1997; Hallmark *et al.*, 1981; Kim and Cho, 2011) 주기적으로 옮겨심기를 해야 한다(Kwon *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 1990; Lee and Lee, 1998). 도라지는 재배 지역과 재배방법에 따라 약리성이 달라지며(Lee *et al.*, 2014a), 질소비료의 분시방법에 따라 도라지 경태의 굵기, 분지수, 엽수뿐만 아니라 생약성분 중 조사포닌 함량에도 적지 않은 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Seong *et al.*, 2004). 또한 Lee 등(2010)의 보고에 따르면 질소, 인산, 칼리의 함량이 높은 토양에서는 비정상근보다 정상근이 많은 것으로 나타났다. 도라지는 현재 도라지의 재배 면적이 증가(Lee *et al.*, 2014a) 하고 있으며, 유기재배에 관한 관심도 증가하고 있으나, 이에 대한 연구는 미미한 수준이다.

따라서 본 연구는 도라지 재배기간 동안 비배관리가 뿌리의 생육특성 및 사포닌, 항산화 성분에 영향을 미치는 영향을 구명하고자 유기질 비료 시용에 따른 도라지 뿌리의 생육특성 및 사포닌, 항산화 성분을 분석함으로써 고품질 유기재배 도라지생산을 위한 기초자료로 활용하고자 실시되었다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

경남과학기술대학교 종합농장에서 3월에 3년근 도라지를 이식하기 전 기비로 화학비료(슈퍼21, N-P₂O₅-K₂: 21-17-17, 남해화학), 유기질비료(오계비트 유기질비료, 유기물 65% (N: 4%), 메몬사), 균배양체(흙살림균배양체, 유기물 40% (N: >16%), 흙살림), 유박(참조아유박, 유기물 70% (N: 4.6%) 동부팜한농), 퇴비(부산물퇴비, 유기물 30% (N: >13%) 계분 65%, 유진퇴비)를 각각 질소기준 3 kg/10a 기준으로 사용하여 재배하였다. 시험구 면적은 60.2 m²로 3반복으로 수행하였으며, 10월에 수확하여 도라지 뿌리의 생육특성을 조사하고, 45°C에서 건조하였다. 건조된 시료는 냉동고에 보관하였으며, 분쇄기로 분쇄하여 0.5 mm 체로 선별하여 사용하였다.

2. 도라지 뿌리의 생육특성

도라지 뿌리의 생육특성 조사는 생체중, 뿌리직경(원 뿌리의 길이와 너두에서 1 cm 아래를 기준으로 두께), 잔뿌리의 개수, 각 잔뿌리의 굵기를 조사하였다.

3. 무기물 함량

무기물 함량은 식품공전 미량성분시험법(KFDA, 2011)을 토대로 한 습식분해법(NIAST, 2000)으로 분석하였다. 시료 0.5 g에 65%의 HNO₃ 3 ml과 30% H₂O₂ 1 ml을 teflon bottle에 담은 후, 이를 전처리 시험용액으로 하였으며, microwave digestion system (Ethos-1600, Milestone, Sorisole, Italy)를 이용하여 최고 산 분해를 실시하였다.

4. 사포닌 함량

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 감압 농축하여 HPLC-grade 증류수 10 ml에 녹였다.

사포닌 함량 분석에 사용된 HPLC는 Agilent 1260 Series HPLC system (Agilent Techologies, Delaware, OH, 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 조절하

였다. Column 온도는 35°C로 유지 하였고, injection volume은 10 μ L, 유속은 1 ml/min로 하였다. 검출파장은 203 nm에서 측정하였다.

사포닌 표준시료는 한국한방진흥원 천연물 물질은행(Natural Substance Bank, Korean Promotion Institute for Traditional Medicine Industry, Gyeongsan, Korea)으로부터 분양받은 platycodin D, platycodin D3, deapioplatycodin D, polygalacin D를 각각 1 mg씩 취하여 증류수 10 ml에 녹여 HPLC용 표준 사포닌 용액을 조제하였다. 표준품을 각각 100, 50, 25 μ m/ml로 조절하여 표준액을 만들었다. 각 사포닌 표준액 10 μ L를 취하여 HPLC로 검량하고, 작성한 검량선으로부터 환산하였다.

5. 항산화성분 함량

시료를 80% 메탄올로 2시간 동안 3회 진탕추출(SK-71 Shaker, JEIO Tech, Kimpo, Korea)한 다음 여과하여 감압농축(Eyela N-1000, Tokyo, Japan)하여 얻은 추출물에 대한 총 polyphenol 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 원리로 분석하였다(Dewanto *et al.*, 2002). 각 추출물 50 μ L에 2% Na_2CO_3 용액 1 μ L를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 50 μ L를 가하였다. 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고 표준물질인 gallic acid (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하여 검량선을 작성하였고 회귀식은 $y=0.003X$ ($R^2=0.989$)로 나타났으며, g 중의 mg gallic acid (dry basis)로 나타내었다. 총 flavonoid 함량은 Dewanto 등(2002)의 방법에 따라 추출물 250 μ L에 증류수 1 ml와 5% NaNO_2 75 μ L를 가한 다음, 5분 후 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 150 μ L, 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 500 μ L를 가하였다. 11분 후, 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 회귀식은 $y=0.005x$ ($R^2=0.998$)로 나타났으며, 시료 g 중의 mg catechin (dry basis)으로 나타내었다. 총 tannin 함량은 Duval과 Shetty (2001)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료 용액 1 ml에 95% ethanol 1 ml와 증류수 1 ml를 가하여 잘 흔들어 주고 5% Na_2CO_3 용액 1 ml와 1 N Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 0.5 ml를 가한 후 실온에서 60분간 발색시킨 다음 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, tannic acid (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)로 표준물질로 검량선($y=0.0097x$, $R^2=0.9769$)을 작성하여 시료 g 중의 ml tannic acid (dry basis)로 나타내었다.

6. ABTS 및 DPPH 라디칼 소거활성 측정

추출물에 대한 항산화활성은 ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazolin-6-sulfonic acid,

Sigma-Aldrich) 및 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) radical의 소거활성을 측정하였다(Lee and Lee, 2006). ABTS radical의 소거활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 몰흡광계수($\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$)를 이용하여 메탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 ml에 추출액 50 μL 를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 Trolox (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 동량 첨가하였고, mgTE (Trolox equivalent antioxidant capacity)/g 로 표현하였다. DPPH radical의 소거활성은 0.2 mM DPPH용액(99.9% methanol에 용해) 0.8 ml에 시료 0.2 ml를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정하였으며, 표준물질로서 Trolox (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 동량 첨가하였고 mgTE/g로 표현하였다.

7. 통계분석

모든 실험은 3회 반복으로 하여 실험결과는 평균으로 나타내고 SAS Enterprise guide 4.0을 이용하여 계산하였고, One-way ANOVA test를 실시한 후 최소 유의차 검정(LSD)에 의해 평균간의 유의차를 $p < 0.05$ 수준에서 유의적인 차이를 검증하였으며, 절단 길이에 따른 사포닌 함량과 황산화성분량 및 활성과의 상관관계는 Pearson's correlation으로 5%와 1% 수준에서 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 도라지 뿌리특성

유기질 비료 사용에 따른 도라지 재배지역의 토양 화학적 특성을 조사한 결과는 Table 1과 같다. pH의 평균은 6.62로 나타났으며, 무처리구에서 가장 낮은 6.16으로 나타났고, 유기질비료 시용구에서 가장 높은 6.98로 나타났다. 총질소 함량에서는 화학비료, 유기질비료와 퇴비 시용구에서 0.17~0.15%로 높게 나타났으며, 유기물 함량은 퇴비 시용구에서 높았다. 무처리구에서는 총질소, 유기물 및 유효인산 함량이 가장 낮게 나타났다. 경남지방 도라지 재배지의 평균 총질소, 유기물 및 유효인산 함량 등은 Lee 등(2014b)이 보고한 것과 유사한 결과를 보였으나, pH 평균값은 본 연구에서 더 높은 것을 나타냈다.

Table 1. Chemical properties of soil samples for *Platycodon grandiflorum* radix by different fertilizers applications

Treatment	pH	EC	T-N	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex. cations		
						K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	(1:5)	(dS/m)	(%)	(g/kg)	(mg/kg)	(cmol(+)/kg)		
Chemical F.*	6.85	0.15	0.17	19.5	268.1	0.17	4.65	1.40
Bacterial culture F.	6.39	0.10	0.05	17.4	183.1	0.11	3.87	0.81
Mixed organic F.	6.98	0.13	0.16	22.7	230.5	0.22	4.75	0.98
Fermentation cake F.	6.53	0.10	0.09	23.3	222.1	0.17	4.36	1.12
Decomposed manure F.	6.80	0.15	0.15	27.8	171.8	0.36	4.86	1.20
No F.	6.16	0.26	0.03	16.8	130.4	0.20	4.70	1.64

* F.: Fertilizer

유기질 비료 처리에 따른 도라지의 뿌리의 특성은 Table 2와 같다. 뿌리의 길이는 화학비료와 유기질 비료 시용구에서 25.3 cm와 24.0 cm로 가장 길었으며, 유박 시용구에서 가장 짧은 15.3 cm로 나타났다. 직경에서도 화학비료 시용구에서 가장 굵은 26.6 mm로 나타났으며, 다음으로 균배양체와 유기질퇴비 시용구로 나타났다. 지근의 수는 유기질비료와 화학비료 시용구에서 가장 많은 20.0개와 17.0개로 조사되었으며, 수량과 관련성이 있는 생체중은 지근의 수와 뿌리 길이가 가장 길었던 유기질비료 시용구에서 55.7 g으로 가장 높게 나타났다.

Table 2. Characteristics of *Platycodon grandiflorum* radix by different fertilizers applications

Treatment	Root			Fresh weight (g/root)
	Length (cm)	Diameter (mm)	Fine (no.)	
Chemical F.*	25.3 ^{a**}	26.6 ^a	17.0 ^a	42.1 ^b
Bacterial culture F.	19.8 ^{ab}	23.6 ^{ab}	13.0 ^b	41.5 ^b
Mixed organic F.	24.0 ^a	23.0 ^{ab}	20.0 ^a	55.7 ^a
Fermentation cake F.	5.3 ^b	20.8 ^b	7.7 ^c	39.8 ^b
Decomposed manure F.	20.5 ^{ab}	22.0 ^b	11.3 ^b	41.6 ^b
No F.	19.3 ^{ab}	20.6 ^b	6.0 ^c	35.5 ^b

* F.: Fertilizer, ** Mean with same letters are not significantly different in DMRT (p<0.05).

이러한 결과를 토대로 토양의 전질소, 유기물 및 인산 함량이 도라지 뿌리 생육 및 수량에 미치는 영향이 크다는 기존의 연구결과와 유사한 것으로 볼 수 있다(Lee *et al.*, 2011,

2014b). 도라지의 유기재배시 수량성은 물론, 약리성 증대를 위한 사포닌 함량이 많은 지근의 수(Lee *et al.*, 2014)를 증대시키기 위해 유기질비료를 이용하는 것이 효과적일 것으로 사료된다.

2. 도라지 무기성분 함량

도라지 뿌리의 무기성분을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 인산 함량은 퇴비와 화학비료 처리구에서 211, 206 mg/100 g으로 가장 높게 나타났으며, 칼슘은 화학비료 처리구에서 83 mg/100 g 높았고, 무처리구에서 낮은 73 mg/100 g으로 나타났다. 세포내액의 주된 양이온으로 나트륨과 함께 체액의 삼투압과 수분 균형을 조절하며, 고혈압 예방과 치료에 효과적인 것으로 알려져 있는(Lee *et al.*, 2013) 칼륨은 화학비료 처리구에서 580 mg/100 g으로 높게 나타났고, 균배양체와 유기질비료 시용구에서는 420~421 mg/100 g으로 낮게 조사되었다. 나트륨은 균배양체 시용구에서 높았고, 마그네슘은 퇴비 시용구에서 높게 나타났다. 이러한 결과는 강화약쑥, 더덕 및 당귀와 같이 재배 중 처리된 유기질 비료에 따라 성분함량에 영향을 미치는 것으로 사료된다(Kim *et al.*, 2010; Lee and Lee, 1998; Kim *et al.*, 2014).

Table 3. Mineral contents of *Platycodon grandiflorum* radix by different fertilizers applications

Treatment	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Na
 mg/100 g				
Chemical F.*	206 ^{a**}	580 ^a	83 ^a	156 ^b	12.5 ^b
Bacterial culture F.	177 ^b	420 ^c	78 ^b	120 ^c	15.5 ^a
Mixed organic F.	145 ^c	421 ^c	77 ^b	124 ^c	10.1 ^c
Fermentation cake F.	113 ^d	520 ^b	63 ^d	94 ^e	10.9 ^c
Decomposed manure F.	211 ^a	516 ^b	77 ^b	164 ^a	9.7 ^{cd}
No F.	175 ^b	470 ^{bc}	73 ^c	102 ^d	7.9 ^d

* F.: Fertilizer, ** Mean with same letters are not significantly different in DMRT (p<0.05).

3. 사포닌 함량

3년근 도라지를 이식하기 전 기비로 유기질 비료 처리하여 45°C에서 건조하여 사포닌 함량을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. Plantycodin D3 함량에서는 평균 40.6 mg/100 g으로 균배양체 시용구에서 가장 높은 48.1 mg/100 g으로 나타났다. Deapioplatycodin D은 무비구에서 높은 70.9 mg/100 g 나타났으며, 나머지 시용구에서는 28.1~54 mg/100 g으로 Lee 등(2014b)이 보고한 경남지역의 도라지 주근 함량인 15~88.2 mg/100 g과 유사한 것으로 조사되었다.

Platycodin D의 함량은 327.4~373.8 mg/100 g의 범위로 유기질비료 시용구에서 높은 값이 나타났으며, 무비구에서 가장 낮게 나타났다. Polygalacin D의 함량은 처리구간 가장 차이가 컸는데 퇴비 시용구에서 336.7 mg/100 g인 반면에 균배양체와 무비구에서 54.5 mg/100 g과 74.2 mg/100 g으로 낮게 나타났다.

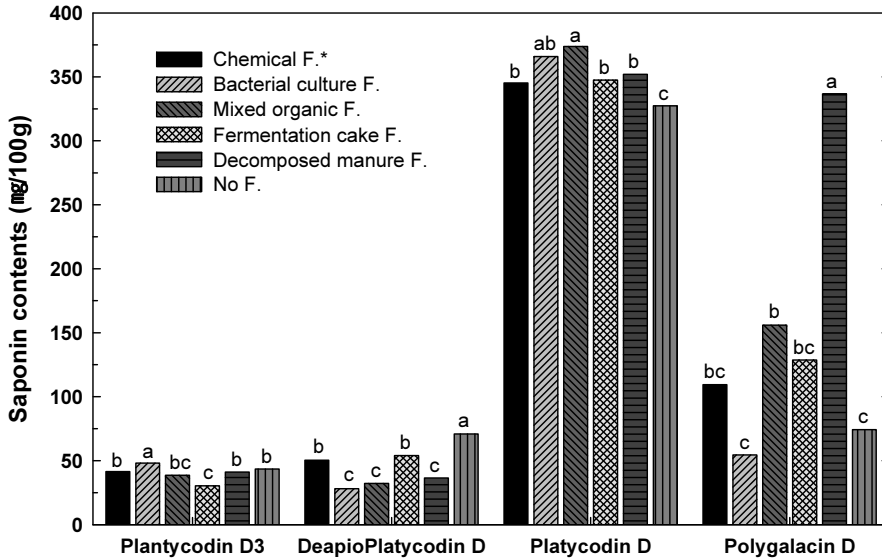


Fig. 1. Saponin contents of *Platycodon grandiflorum* radix by organic fertilizers.

* F. : Fertilizer, ** Mean with same letters are not significantly different in DMRT (p<0.05).

이러한 결과는 시용구간 큰 차이는 보이지 않았으나, 전반적인 도라지의 사포닌 함량은 유기질 비료 시용구들에 비해 무비구에서 낮은 값이 나타나, 토양의 화학성과 부의 상관성이 나타났다는 보고와 상반되는 결과로 나타났다(Lee *et al.*, 2014b). 또한, 도라지의 유기재배 시 수량성을 물론, 약리성 증대를 위한 사포닌 함량이 많은 지근의 수(Lee *et al.*, 2014)를 증대시키기 위해 유기질비료를 이용하는 것이 효과적일 것으로 사료된다.

4. 항산화성분 함량

Polyphenolic 화합물들은 우수한 항산화력을 가지고 있는 것으로 알려져 있으며, 이는 free radical을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring의 존재 때문인 것으로 보고되어져 있다(Middleton and Kandaswami, 1994). 유기질 비료시용에 따른 총 polyphenol 함량은 유기질비료 시용구에서 15.5 mg/g 가장 높게 나타났으며, 퇴비와 무처리구에서 9.1 mg/g으로 낮게 나타났다(Fig. 2).

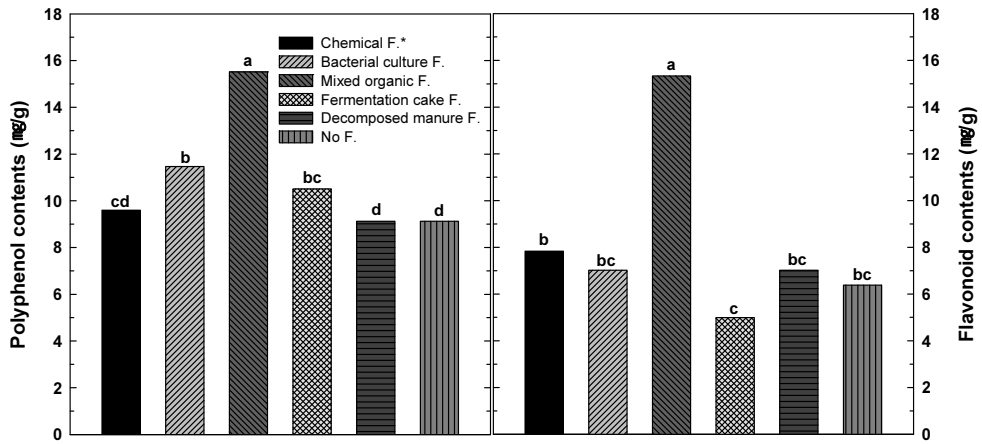


Fig. 2. Antioxidants for different fertilizers applications of *Platycodon grandiflorum* radix (A: polyphenol content; B: flavonoid content; C: tannin content).

* Value with different superscripts on the same kind of bars are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple ranged test.

Flavonoid는 주로 anthocyanidins, falvonols, flavones, catechins 및 flavanones 등으로 구성되어 있으며, 그 구조에 따라 특정 flavonoid는 항산화 및 항균성 등 다양한 생리활성을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다(Middleton and Kandaswami, 1994; Choi *et al.*, 2013). 도라지의 flavonoid 함량에서도 유기질비료 시용구에서 가장 높은 15.3 mg/g으로 나타났으며, 유박 시용구에서 가장 낮은 5.0 mg/g으로 조사되었다. 도라지의 항산화 성분에서 polyphenol과 flavonoid 함량 모두 유기질비료 시용구에서 높게 나타났으며, 추후 유기질비료 사용에 따른 항산화 성분연구 등 다양한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 또한, 자연계에 존재하는 Polyphenolic 화합물의 종류에 따라 항산화 능의 차이가 있으며(Hang *et al.*, 2013) 건조도라지 중 총 페놀계 화합물에 관한 선행연구에서 암세포 증식 억제효과가 있는 것으로 나타나(Hang *et al.*, 2013) 도라지 약리성에 사포닌 뿐 만아니라 페놀성화합물에도 심도있는 검토가 필요할 것으로 사료된다.

5. 항산화 활성변화

ABTS는 비교적 안정한 free radical로서 DPPH 방법과 함께 항산화활성을 스크리닝하는데 주로 이용되는 것으로 유기질 비료에 따른 ABTS radical 소거활성은 화학비료 시용구에서 65.7 mg TE/g으로 가장 높게 나타났으며, 무비구에서 13.0 mg TE/g으로 가장 낮게 나타났다(Fig. 3).

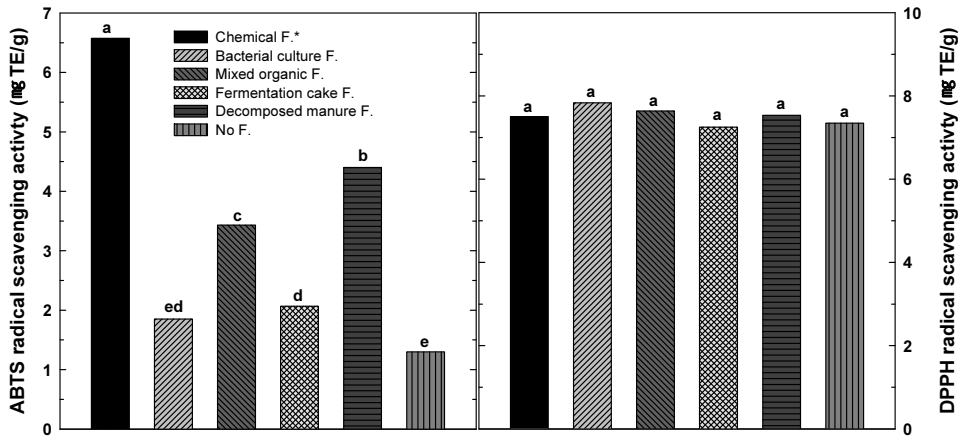


Fig. 3. Antioxidant activity for different fertilizers applications of *Platycodon grandiflorum* radix (A: ABTS radical scavenging activity; B: DPPH radical scavenging activity)

* Value with different superscripts on the same kind of bars are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple ranged test.

전자공여능은 활성 radical에서 전자를 공여하여 인체의 노화 억제작용과 식품중의 지방질 산화를 억제시키는 척도로 사용되어지며, 항산화물질의 항산화능 측정 시 주로 사용되는(Shon *et al.*, 2001) DPPH radical 소거활성에서는 시용구간 유의성이 나타나지 않았다. Park (2013)이 보고한 친환경 농자재 처리에 따른 전자공여능의 변화에 있어서 유의성이 없는 것과 일치하는 것으로 나타났다.

6. 도라지 절단 길이에 따른 사포닌 함량, 항산화 성분들이 함량과 항산화 활성과의 상관관계

도라지의 유기질 비료 기비 시용에 따른 사포닌함량과 항산화성분 및 활성과의 상관관계를 SAS program으로 분석한 결과는 Table 4에서와 같이 유의성이 없는 것으로 나타났다. Platycodin D3와 DPPH와의 상관관계는 0.745로 고도 상관관계를 보였으나, 나머지 성분에서는 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

도라지 재배시 유기질 비료를 기비 시용에 따른 사포닌함량과 항산화성분 및 활성과의 상관관계는 인정되지 않았으나, 수량성이나 사포닌 함량 등의 변화에서는 무비구와 뚜렷한 차이가 나타났으며, 특히 화학비료와 유기질 비료간의 사포닌함량 및 항산화성분에 대해 연차간 추가 연구가 이루어진다면, 고품질 유기재배 도라지생산을 위한 기초자료로 활용도 높을 것으로 사료된다.

Table 4. Correlation coefficient between antioxidant content and saponin content *Platycodon grandiflorum* radix by different fertilizers applications

	Polyphenol	Flavonoid	ABTS	DPPH
Platycodin D	0.333 ^{ns}	0.396 ^{ns}	-0.133 ^{ns}	-0.258 ^{ns}
Platycodin D3	-0.260 ^{ns}	-0.021 ^{ns}	0.073 ^{ns}	0.745 ^{**}
Polygalacin D	-0.118 ^{ns}	0.058 ^{ns}	0.106 ^{ns}	0.312 ^{ns}
Deapioplatycodin D	-0.209 ^{ns}	-0.198 ^{ns}	0.146 ^{ns}	0.169 ^{ns}

^{ns}, *, ** : No significance or significance at 0.05 and 0.01 probabilities, respectively.

IV. 적 요

이 연구는 도라지의 유기재배를 위하여 유기질 비료 사용이 도라지 뿌리의 생육특성 및 사포닌, 항산화 활성에 미치는 영향을 구명하고자 실시되었다. 3년근 도라지를 이식하기 전 기비로 화학비료, 유기질비료, 균배양체, 유박 및 퇴비를 사용한 결과, 뿌리의 길이는 화학비료와 유기질 비료 시용구에서 25.3 cm와 24.0 cm로 가장 길었으며, 직경에서도 화학비료 시용구에서 가장 굵은 26.6 mm 나타났다. 지근의 수는 유기질퇴비와 화학비료 시용구에서 가장 많은 20.0개와 17.0개로 조사되었으며, 수량과 관련성이 있는 생체중은 유기질비료 시용구에서 55.7 g으로 가장 높게 나타났다. Platycodin D의 함량은 327.4~373.8 mg/100 g의 범위로 유기질퇴비 시용구에서 높은 값이 나타났으며, 도라지의 총 polyphenol 및 flavonoid 함량은 유기질비료 시용구에서 각각 15.5, 15.3 mg/g 가장 높게 나타났다. 따라서 도라지의 유기재배시 유기질비료 시용구에서 수량성을 물론, 약리성 증대를 위한 사포닌 함량이 많은 지근의 수와 항산화 성분이 높은 것으로 나타났다.

[Submitted, May. 3, 2016 ; Revised, July. 25, 2016 ; Accepted, July. 26, 2016]

References

1. Ahn, K. S., E. J. Noh, H. L. Zhao, S. H. Jung, S. S. Kang, and Y. S. Kim. 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 Science.

- 76: 2315-2328.
2. Choi, C. Y., J. Y. Kim, Y. S. Kim, Y. C. Chung, J. K. Seo, and H. G. Jeong. 2001. Aqueous extract isolated from *Platycodon grandiflorum* elicits the release of nitric oxide and tumor necrosis factor alpha from murine macrophages. *International Immunopharmacology*. 1: 1141-1151.
 3. Choi, K. H., H. H. Nam, and B. K. Choo. 2013. Effect of five Korean native *Taraxacum* on antioxidant activity and nitric oxide production inhibitory activity. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 21: 191-196.
 4. Dewanto, V., X. Wu, and R. H. Liu. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 4959-4964.
 5. Duval, B. and K. Shetty. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. *Journal of Food Biochemistry*. 25: 361-377.
 6. Hallmark, W. and S. Barber. 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.
 7. Hwang, S. Y., H. M. Choi, and S. Y. Lim. 2013. Total phenolics of dried *Platycodon grandiflorum* and its effect on growth of human cancer cell lines. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 45: 84-89.
 8. Jo, I. S., B. K. Hur, L. Y. Kim, and S. L. Cho. 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.
 9. Jo, I. S., B. K. Hyun, H. J. Cho, Y. S. Jang, and J. S. Shin. 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.
 10. Jo, I. S., B. K. Hyun, L. Y. Kim, Y. K. Cho, and K. T. Um. 1978. Soil physico-chemical properties of red pepper fields and plant growth. *Korean Journal of Korean Society of Soil Science and Fertilizer*. 20: 205-208.
 11. Kim, H. J., and Y. S. Cho. 2011. Characteristics of rhizome rot of *Platycodon grandiflorum* by ridge width and depth and cultivation period in the seeding place. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 19: 246-250.
 12. Kim, Y. G., T. J. An, J. H. Yeo, M. Hur, Y. S. Park, S. W. Cha, B. H. Song, and K. A. Lee. 2014. Effects of eco-friendly organic fertilizer on growth and yield of *Angelica gigas* Nakai. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 22: 127-133.

13. Kim, Y. N., E. J. Han, J. H. Park, H. J. Kang, S. S. Kim, H. Y. Jeong, S. A. Chung, E. K. Kang, and H. G. Chung. 2010. Comparison of Ganghayakssuk *Artemisia princeps* growth characteristics and effective components by organic material treatment. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 18: 191-192.
14. Konishi, T., A. Tada, J. Shoji, R. Kasai, and O. Tanaka. 1978. The structures of platycodin A and C, monoacetylated saponins of the roots of *Platycodon grandiflorum* A. DC. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 26: 668-670.
15. 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.
16. Lee, B. J., S. H. Jeon, S. W. Lee, H. S. Chun, and Y. S. Cho. 2014a Effects of drying methods on the saponin and mineral contents of *Platycodon grandiflorum* radix. Korean Journal of Food Science and Technology. 46: 636-640.
17. Lee, B. J., S. H. Jeon, S. W. Lee, H. S. Chun, and Y. S. Cho. 2014b Soil physico-chemistry and saponins content of *Platycodon grandiflorum* radix cultured from different sites in Gyeongnam province. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22: 463-468.
18. Lee, C. H., S. W. Lee, M. J. Ahn, K. B. Cho, and H. Lee. 2011. Influence on *Platycodon grandiflorum* of nitrogen and phosphorous acid and growth during seeding stage by liquid fertilizers treatment. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19: 227-232.
19. Lee, H. Y., R. H. Kang, Y. S. Kim, S. I. Chung, and Y. S. Yoon. 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.
20. Lee, S. M. and J. S. Lee. 2006. Tocopherol and tocotrienol contents of vegetable oils, margarines, butters, and peanut butters consumed in Korean diet. Food Science and Biotechnology. 15: 183-188.
21. Lee, S. J., S. R. Shin, and K. Y. Yoon. 2013. Physicochemical properties of black doraji (*Platycodon grandiflorum*). Korean Journal of Food Science and Technology. 45: 422-427.
22. Lee, W. H., S. S. Cheong, and I. Y. So. 1990. Properties of suppressive and conducive soils to ginger rhizome rot. Korean Journal of Plant Pathology. 6: 338-342.
23. Lee, W. H. and D. K. Lee. 1998. Ecology of rhizome rot incidence of ginger and relation of soil texture, chemistry and biology. Korean Journal of Environmental Agriculture. 17: 1-4.
24. Middleton, E. and C. Kandaswami. 1994. Potential health promoting properties of citrus flavonoids. Food Technology. 48: 115-119.
25. Park, J. S. 2013. Effect of different planting density on growths and functional components

- of *Platycodon grandiflorum* using environment-friendly materials. Master thesis. Kyungpook National University Daegu. Korea. p.1-32.
26. Park, I. S., E. M. Kang, and N. S. Kim. 2000. High-performance liquid chromatographic analysis of saponin compounds in *Bupleurum falcatum*. *Journal of Chromatographic Science*. 38: 229-233.
 27. Seong, J. D, G. S. Kim, H. T. Kim, C. B. Park, and S. M. Kim. 2004. Effects of split application of nitrogen fertilizer on growth and yield in *Platycodon grandiflorum* A. DC. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 12: 437-441.
 28. Shon, M. Y., J. K. Seo, H. J. Kim, and N. J. Sung. 2011. Chemical composition and physiological activities of doragi (*Platycodon grandiflorum*). *Journal of Korean Society Food Science Nutrient*. 30: 717-720.
 29. Sung, N. J. and J. K. Seo. 1998. Medical action of perennial *Platycodon grandiflorum* radix. In proceeding Institute Agriculture Reserch Utility Symposium for 50th Anniversary. Gyeongsang National University. Jinju. Korea. p.35-47.
 30. Tada, T., Y. Kaneiwa, J. Shoji, and S. Shibata. 1975. Saponins of the root of *Platycodon grandiflorum*: Isolation and the structure of platycodin D. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 23: 2965-2972.
 31. Wang, C., G. B. Schuller-Levis, E. B. Lee, W. R. Levis, D. W. Lee, B. S. Kim, S. Y. Park, and E. Park. 2004. Platycodin D and D3 isolated from the root of *Platycodon grandiflorum* modulate the production of nitric oxide and secretion of TNF- α in activated RAW 264.7 cells. *International Immunopharmacology*. 4: 1039-1049.
 32. Zhao, H. L., K. H. Cho, Y. W. Ha, T. S. Jeong, W. S. Lee, and Y. S. Kim. 2006. Cholesterol-lowering effect of platycodin D in hypercholesterolemic ICR mice. *European Journal of Pharmacology*. 537:166-173.