

## 뜻거름작물에 따른 도라지의 생육 및 약용성분 변화\*

전승호\*\* · 노일래\*\*\* · 김영국\*\*\*\* · 심두보\*\*\*\*\* · 조영손\*\*\*\*\*

### Effect of Green Manure Crop on Growth and Medicinal Ingredients of *Platycodon grandiflorum* Radix

Jeon, Seung-Ho · Rho, Il-Rae · Kim, Young-Guk · Shim, Doo-Bo · Cho, Young-Son

This study was conducted to elucidate the effects of green manure crop on growth characteristics and saponin contents of *Platycodon grandiflorum* Radix roots for organic farming. Rye, hairy vetch and rye+hairy vetch were cultivated as green manure crops with several different methods before transplanting *P. grandiflorum* Radix. In root width and number of fine-roots, when the highest scores (23.9 mm, 25.7) was recorded in rye pre-cultivated plot in 2<sup>nd</sup> year cultivation. Fresh weight of the *Platycodon grandiflorum* Radix root was no significant difference among the different green manure crop treatments, but fresh weights of the *Platycodon grandiflorum* Radix root of all green manure crop treatments were higher than that of control. The total content of saponin was highest detected in *Platycodon grandiflorum* Radix roots of the hairy vetch plot (1,106 mg/100 g) and rye plot (1,693 mg/100 g) in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> year cultivation, respectively. Therefore, we confirmed that pre-cultivation of the green manure crops showed significant differences in the growth characteristics and saponin contents of the *Platycodon grandiflorum* Radix root, and growth and saponin contents in the *Platycodon grandiflorum* Radix root of rye precultivated plot was much higher in 2<sup>nd</sup> year cultivation than 1<sup>st</sup> year cultivation.

Key words : green manure crop, *Platycodon grandiflorum*, rye, saponin

---

\* 이 논문은 2017년도 경남과학기술대학교 대학회계 연구비 지원에 의하여 연구되었음.  
\*\* 경남과학기술대학교 종자실용화연구소  
\*\*\* 경상대학교 농학과(농업생명과학연구원)  
\*\*\*\* 농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부  
\*\*\*\*\* (재)하동녹차연구소  
\*\*\*\*\* Corresponding author, 경남과학기술대학교 농학·한약자원학부(choyoungson@daum.net)

## I. 서 론

생활수준의 향상과 고령화 사회 진입, 식습관에 기인하는 만성질환의 증가로 식물체가 가지고 있는 생리활성성분(phytochemicals)에 의한 노화예방, 지연효과 및 질병 예방의 효과 등에 대한 관심이 고조되면서 한약재를 이용한 건강기능성 식품에 대한 소비자의 요구가 증가되고 있다(Park *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2008; Jeon *et al.*, 2017). 그 가운데 초롱꽃과에 속하는 다년생 초본성 식물로 한약재 명으로 桔梗(*Platycodi radix*)이라 불리며, 주요 약효성분으로는 triterpenoid saponin A, C, D 등이 알려져 있는(Tada *et al.*, 1975; Konishi *et al.*, 1978) 도라지(*Platycodon grandiflorum* A. DC.)는 식품 및 약리성 건강식품으로 소비량이 증가하면서 재배면적이 확대되고 있다(Kim, 2013). 그중 주요 사포닌 종류 중, platycodin D는 동물실험에서 진해 거담작용, 중추신경억제작용(Sung and Seo, 1998), 혈당강화작용 및 콜레스테롤 대사개선작용(Zhao *et al.*, 2006), 항암활성 효과(Choi *et al.*, 2001), 항염증 효과(Wang *et al.*, 2004; Ahn *et al.*, 2005), 항비만 효과(Lee *et al.*, 2010) 등이 있는 것으로 알려지고, 식생활의 서구화, 운동부족과 누적된 스트레스로 인한 성인병, 현대사회에서 비만인구의 증가 등으로 저칼로리 기능성식품에 관심이 증가하면서 도라지가 건강식품으로 각광을 받고 있다(Jeon *et al.*, 2017).

최근 도라지 재배 면적이 급속히 증가하고 있으며, 이에 따른 약리성이 우수한 4년 이상의 도라지 생산을 위하여 노력하고 있으나, 도라지의 뿌리썩음병 발생이 빈번하여 3년 이후부터는 이식하여 재배하는 것이 일반화 되어있다(Cho, 2011; Kim, 2013). 그러나 이식 시에 발생하는 굴취작업 비용과 노력 및 이식 시에 포장의 준비 등으로 경제성뿐만 아니라, 도라지 이식재배에 관한 다양한 재배방법 및 문제점에 대한 연구가 없는 실정이다(Cho, 2011). 또한, 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). 이에 약리성이 높으면서 가격이 수배에 달하는 중장생도라지의 재배법 개발을 위해서 도라지 이식재배 시 피복재료와 유기질 비료 시용뿐만 아니라 꽃거름작물을 활용한 친환경 유기재배 기술 및 연작 장애 경감을 위한 작부체계 등의 다양한 연구 등의 함께 이루어져 고품질 유기재배 도라지 생산이 시급하게 요청되고 있다(Jeon *et al.*, 2016, 2017).

따라서 본 연구는 도라지 이식 예정지 토양에 재배하는 꽃거름작물의 종류가 3년근 이식 도라지 뿌리의 생육특성 및 약리성에 어떠한 영향을 미치는지 알아봄으로써 고품질 유기재배 도라지생산을 위한 기초자료로 활용하고자 실시되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료

경남과학기술대학교 종합농장에서 10월에 꽃거름작물(헤어리베치, 호밀, 헤어리베치+호밀, 대조구)을 파종하여 이듬해 3월에 예취 후, 3년근 도라지(길이 15~20 cm, 무게 20~25 g)를 선별하여 이랑을 120 cm, 넓이 고랑을 30 cm로 하여 조간 거리는 40 cm, 주간 거리는 30 cm 간격으로 이식 후 재배하였다. 재배시험은 2년간 실시하였으며 2년 차에서는 1년 차에서부터 재배한 시험지인 기재배지와 새로운 재배지인 새재배지로 나누어 시험하였다. 시험구 면적은 70.2 m<sup>2</sup>로 3반복으로 수행하였으며, 손 제초는 2회(6월 중순, 8월 초순) 실시하였다. 도라지 뿌리의 생육특성을 조사는 10월에 수확하여 실시하였으며, 생육특성 조사 후 도라지 뿌리는 45°C에서 건조하였다. 건조된 시료는 분쇄기로 분쇄하여 0.5 mm체로 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

무기성분 함량은 건식법으로 측정하였다. 즉, 시료 1 g을 550°C에서 회화한 후 0.5 N HNO<sub>3</sub>을 넣고 GF/C (90 mm, Cat No. 1822 090, Whatman International Ltd., Maidstone, England) 여과지로 여과한 다음 0.5 N HNO<sub>3</sub> 50 ml로 정용하여 Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ICP, Thermo Jarrell Ash, Franklin, MA, USA)로 분석하였다.

### 4. 사포닌 함량

사포닌 추출방법은 Park 등(2000)이 제안한 방법으로 건조하여 분쇄한 시료 1 g을 70% 에탄올 50 ml에 혼합하여 45°C 항온수조에서 2시간 진탕 후 4,000 rpm에서 15분 원심분리하였다. 이후 상등액 추출을 2회 반복하고, 이것을 감압 농축하여 HPLC용 증류수 10 ml에 녹여 분석하였다.

사포닌 함량 분석에 사용된 High-Performance-Liquid-Chromatography (HPLC)는 Agilent 1260 Series HPLC system (Agilent Technologies, Delaware, OH, USA)을 이용하여 측정하였다.

HPLC 분석은 C<sub>18</sub> (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%)으로 순차적으로 조절하였다. Column 온도는 35°C로 유지하였고, injection volume은 10 μL, 유속은 1 ml/min으로 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 μg/ml로 조절하여 표준액을 만들었다. 각 사포닌 표준액 10 μL를 취하여 HPLC로 검량하고, 작성한 검량선으로부터 환산하였다.

## 5. 통계분석

모든 실험은 3회 반복으로 하여 실험결과는 평균으로 나타내고 SAS프로그램(V. 9.2, Cary, NC, USA)을 이용하여 분산 분석하였고, Duncan의 다중검정법(Duncan's multiple range test, DMRT)을 통해 5% 유의수준에서 처리구간 유의성을 검정하였다.

## Ⅲ. 결과 및 고찰

### 1. 도라지 뿌리특성

꽃거름작물 재배에서 따른 도라지의 뿌리의 특성은 Table 1과 같다. 1년 차 생육특성에서는 처리구간 뿌리의 직경, 길이 및 결뿌리 수는 유의성이 없었으나, 뿌리 생체중은 꽃거름작물 처리구 평균 55.3 g/root인데 비해 대조구에서는 42.0 g/root로 낮게 나타났다. 2년 차에서는 꽃거름작물의 재배를 기재배지(2<sup>nd</sup> year cultivation)와 새재배지(1<sup>st</sup> year cultivation)로 나누어 도라지 뿌리의 생육특성을 조사하였다. 기재배지에서의 뿌리의 직경은 호밀 재배구에서 23.9 mm로 가장 굵게 나타났으며, 결뿌리 수도 호밀 재배구에서 25.7개로 가장 많았다. 뿌리 생체중은 꽃거름작물 재배구간 차이는 없었으나, 대조구에 비해 10.6% 차이가 나타났다. 새재배지에서는 뿌리의 생육특성은 뿌리의 길이에서만 꽃거름작물 재배지와 대조구간 차이가 나타났다.

이러한 결과는 Seong 등(2014)이 보고한 인삼재배에서의 꽃거름작물에 대한 생육특성과 유사한 경향으로 꽃거름작물 재배구에서 지상부뿐만 아니라 근중과 근직경 등이 증가한다고 보고하였다. 이처럼 꽃거름작물 재배에 따른 3년근 도라지 뿌리의 생육이 촉진되는 것

으로 나타났으며 특히, 호밀 재배구에서 연차가 지속될수록 더욱 우수한 것으로 나타났다.

Table 1. Effect of different green manure pre-cultivation on the growth characteristics of *Platycodon grandiflorum radix*

Year	Greenure	Root			Fresh weight (g/root)
		Diameter (mm)	Length (cm)	Fine roots (ea)	
1 <sup>st</sup>	Rye	22.9 <sup>a*</sup>	22.2 <sup>a</sup>	19.0 <sup>a</sup>	55.3 <sup>a</sup>
	Hairy vetch	23.7 <sup>a</sup>	22.0 <sup>a</sup>	21.7 <sup>a</sup>	57.0 <sup>a</sup>
	Rye+Hairy vetch	22.8 <sup>a</sup>	23.7 <sup>a</sup>	20.7 <sup>a</sup>	54.9 <sup>a</sup>
	Control	21.0 <sup>a</sup>	22.0 <sup>a</sup>	16.0 <sup>a</sup>	42.0 <sup>b</sup>
2 <sup>nd</sup>	2 <sup>nd</sup> year cultivation				
	Rye	23.9 <sup>a</sup>	23.2 <sup>ab</sup>	25.7 <sup>a</sup>	37.6 <sup>a</sup>
	Hairy vetch	21.3 <sup>c</sup>	23.9 <sup>ab</sup>	23.0 <sup>ab</sup>	37.8 <sup>a</sup>
	Rye+Hairy vetch	22.6 <sup>b</sup>	24.9 <sup>a</sup>	25.3 <sup>a</sup>	36.6 <sup>a</sup>
	Control	20.1 <sup>c</sup>	19.8 <sup>b</sup>	19.0 <sup>b</sup>	34.0 <sup>b</sup>
	1 <sup>st</sup> year cultivation				
	Rye	23.7 <sup>a</sup>	23.6 <sup>a</sup>	23.0 <sup>a</sup>	38.4 <sup>a</sup>
	Hairy vetch	22.2 <sup>a</sup>	23.4 <sup>a</sup>	22.7 <sup>a</sup>	36.9 <sup>a</sup>
	Rye+Hairy vetch	22.8 <sup>a</sup>	23.8 <sup>a</sup>	23.0 <sup>a</sup>	37.1 <sup>a</sup>
	Control	22.1 <sup>a</sup>	20.2 <sup>b</sup>	19.7 <sup>a</sup>	35.4 <sup>a</sup>

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

## 2. 도라지 무기성분 함량

도라지 뿌리의 무기성분을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 도라지 뿌리의 무기성분은 기재배지와 새재배지로 구분하여 2년 차에서만 분석이 이루어졌다. 먼저 새재배지에서는 T-N과 P를 제외한 K, Ca, Mg 및 Na에서 헤어리베치 재배구에서(1.82, 0.448, 0.362, 0.042%) 높게 나타났으며(통계처리 필요), 기재배지에서는 호밀 재배구에서 T-N을 제외한 P, K, Ca, Mg 및 Na 함량이(1.015, 2.13, 0.660, 0.398, 0.046%) 가장 높게 나타났다. 세포내액의 주된 양이온으로 Na과 함께 체액의 삼투압과 수분 균형을 조절하며, 고혈압 예방과 치료에 효과적인 것으로 알려져 있는(Lee *et al.*, 2013) K은 새재배지에서 헤어리베치 재배구, 기재배지에서는 호밀 재배구에서 높게 나타났고, 무처리구는 낮게 조사되었다. 꽃거름작물 재배에서 따른 도라지 뿌리의 무기성분 함량에서는 무기성분별 유의성은 나타났으며 특히, 기재배지에서의 호밀 재배구에서 높은 함량이 나타났다.

Table 2. Effect of different green manure pre-cultivation on mineral contents of *P. grandiflorum* radix

Green manure	T-N	P	K	Ca	Mg	Na
	----- % -----					
2 <sup>nd</sup> year cultivation						
Rye	1.73 <sup>a*</sup>	1.015 <sup>a</sup>	2.13 <sup>a</sup>	0.660 <sup>a</sup>	0.398 <sup>a</sup>	0.046 <sup>a</sup>
Hairy vetch	1.81 <sup>a</sup>	0.885 <sup>b</sup>	1.84 <sup>b</sup>	0.595 <sup>ab</sup>	0.317 <sup>b</sup>	0.024 <sup>c</sup>
Rye+Hairy vetch	1.87 <sup>a</sup>	0.867 <sup>b</sup>	1.81 <sup>b</sup>	0.566 <sup>ab</sup>	0.337 <sup>ab</sup>	0.033 <sup>b</sup>
Control	1.39 <sup>b</sup>	0.701 <sup>c</sup>	1.57 <sup>c</sup>	0.395 <sup>b</sup>	0.264 <sup>c</sup>	0.023 <sup>c</sup>
1 <sup>st</sup> year cultivation						
Rye	1.32 <sup>b</sup>	0.730 <sup>a</sup>	1.73 <sup>ab</sup>	0.437 <sup>ab</sup>	0.261 <sup>b</sup>	0.031 <sup>ab</sup>
Hairy vetch	1.44 <sup>ab</sup>	0.627 <sup>b</sup>	1.82 <sup>a</sup>	0.448 <sup>a</sup>	0.362 <sup>a</sup>	0.042 <sup>a</sup>
Rye+Hairy vetch	1.49 <sup>a</sup>	0.719 <sup>ab</sup>	1.48 <sup>b</sup>	0.420 <sup>ab</sup>	0.348 <sup>ab</sup>	0.024 <sup>b</sup>
Control	1.40 <sup>ab</sup>	0.702 <sup>ab</sup>	1.56 <sup>b</sup>	0.394 <sup>b</sup>	0.263 <sup>b</sup>	0.024 <sup>b</sup>

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

### 3. 사포닌 함량

3년근 도라지를 이식 후, 풋거름작물에 따라 재배하여 수확한 도라지 뿌리를 45°C 에서 건조시켜 사포닌 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 풋거름작물 재배에 따른 사포닌 함량의 변화에서는 기재배지에서의 호밀 재배구에서 모든 사포닌 함량이 가장 높은 함량으로 나타났으며 특히, Polygalacin D 함량이 636.5 mg/100 g으로 높게 나타났다. 새재배지에서는 헤어리베치 재배구에서 Platycodin D3와 Platycodin D 함량이 309.0, 521.2 mg/100 g으로 높게 나타났으며, Polygalacin D 함량은 헤어리베치+호밀 재배구에서 325.1 mg/100 g으로 높은 함량이 나타났다. 대조구에 비해 풋거름작물 재배구의 기재배지와 새재배지 모든 재배구가 높은 함량이 나타났다.

총 사포닌 함량은 먼저 새재배지에서 다른 사포닌 함량에 비해 비교적 높은 함량이 나타난 Platycodin D3과 Platycodin D 함량에서 가장 높았던 헤어리베치 재배구에서 1,106 mg/100 g으로 가장 높은 함량으로 나타났고, 풋거름작물별에서는 헤어리베치+호밀 재배구, 호밀 처리구 순으로 나타났다(Fig. 1). 기재배지에서는 호밀 재배구에서 1,693 mg/100 g으로 가장 높은 함량이 나타났고, 다음으로 헤어리베치+호밀 재배구 순으로 나타났으며, 새재배지와 기재배지 모두 대조구에서 가장 낮은 총 사포닌 함량이 나타났다.

이러한 결과는 인삼에서의 풋거름 작물 재배로 호밀 재배구에서 진세노이드 함량이 다른 보리, 헤어리베치 및 헤어리베치+보리 재배구 보다 높은 함량이 나타났다는 것과 유사

한 결과가 나타났다(Seong *et al.*, 2014). 뜻겨름 작물에서의 두과작물은 생물학적 과정을 통해 고정된 다량의 질소가 후작물에 이용될 수 있다는 점이고, 화분과 뜻겨름작물에서는 작물에 질소를 공급하는 능력은 적으나, 토양 유기탄소를 증가시키는 것(Shipley *et al.*, 1992; Lee *et al.*, 2008; Sung *et al.*, 2008) 뿐만 아니라, 또한 토양의 물리적 특성인 용적밀도, 토양 입단, 투수성 등이 향상되어 토양환경을 개선시키는 역할이 크다고 보고되고 있다(Fred and Harold, 2000; Bronick and Lai, 2005).

따라서 화분과 작물인 호밀을 연차 간 재배함으로써 지하부 환경에 의해 더 큰 영향이 미치는 것으로 생각된다. 따라서 이에 대한 토양환경의 변화와 도라지 뿌리에 미치는 연구 등의 추가 연구가 보다 더 이루어진다면, 고품질 도라지의 유기제재 안정생산을 위한 기초 자료뿐만 아니라, 고기능성 고약리성 도라지 생산기술 개발 확립이 이루어질 것으로 사료된다. 또한, 사포닌 중 기관지점액의 과다분비를 조절하여 기관지염증을 억제하는 것으로 알려져 있는(Rye *et al.*, 2014) Deapioplatygodin D 함량은 새재배지에서는 조사되는 않았으나, 기재배지의 호밀 재배구에서 높은 함량이 나타나 이에 대한 보다 세부적인 추가연구도 함께 이루어져야 할 것으로 생각된다.

Table 3. Effect of different green manure pre-cultivation on saponin contents of *P. grandiflorum* radix

Green manure	Platygodin D3	Deapioplatygodin D	Platygodin D	Polygalacin D
	----- mg/100g -----			
2 <sup>nd</sup> year cultivation				
Rye	489.5 <sup>a*</sup>	27.6 <sup>a</sup>	540.3 <sup>a</sup>	636.5 <sup>a</sup>
Hairy vetch	309.8 <sup>c</sup>	9.3 <sup>b</sup>	345.3 <sup>cd</sup>	289.5 <sup>b</sup>
Rye+Hairy vetch	358.0 <sup>b</sup>	2.4 <sup>c</sup>	399.5 <sup>b</sup>	275.9 <sup>b</sup>
Control	183.4 <sup>d</sup>	9.7 <sup>b</sup>	308.3 <sup>d</sup>	232.1 <sup>c</sup>
1 <sup>st</sup> year cultivation				
Rye	234.7 <sup>b</sup>	-	348.4 <sup>c</sup>	215.0 <sup>c</sup>
Hairy vetch	309.0 <sup>a</sup>	-	521.2 <sup>a</sup>	276.0 <sup>b</sup>
Rye+Hairy vetch	263.1 <sup>b</sup>	-	382.7 <sup>b</sup>	325.1 <sup>a</sup>
Control	143.0 <sup>c</sup>	2.9	313.4 <sup>d</sup>	191.6 <sup>d</sup>

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

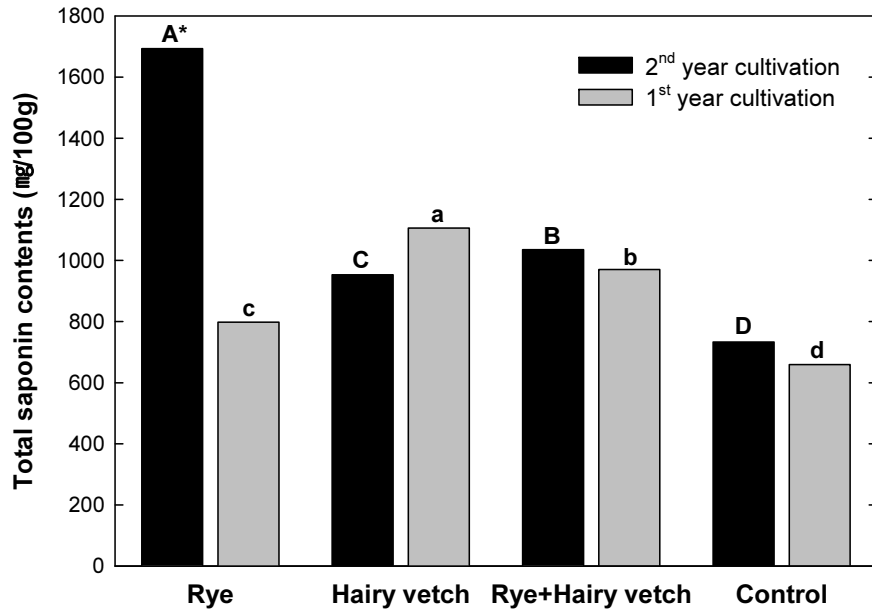


Fig. 1. Effect of different green manure pre-cultivation on total saponin contents of *P. grandiflorum* radix in the 1<sup>st</sup> year cultivation and 2<sup>nd</sup> year cultivation.

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

#### IV. 적 요

이 연구는 도라지의 유기재배를 위하여 3년근 이식 예정지에 풋거름 작물 재배에 따른 도라지 뿌리의 생육특성 및 사포닌 함량에 미치는 영향을 구명하고자 실시되었다. 생육특성에서는 기재배지에서의 뿌리의 직경 및 곁뿌리 수는 호밀 재배구에서 가장 굵거나 많았으며, 뿌리 생체중은 풋거름작물 재배구간 차이는 없었으나, 대조구에 비해 높게 나타났다. 도라지 뿌리의 무기성분 함량에서는 무기성분별 유의성이 있는 것으로 나타났으며 특히, 기재배지에서의 호밀 처리구에서 높은 함량이 나타났다. 사포닌 함량의 변화에서는 기재배지에서는 호밀 재배구에서 모든 사포닌 함량이 가장 높은 함량으로 나타났으며, 새재배지에서는 헤어리베치 재배구에서 높은 함량을 나타냈다. 대조구에 비해 풋거름작물 재배구의 기재배지와 새재배지 모든 재배구에서 사포닌의 함량이 높게 나타났다. 따라서 도라지 유기재배 시 풋거름작물에 따른 뿌리의 생육 특성 및 약리성의 변화 등의 유의적인 차이가 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 연차 간 재배 시 호밀 재배구에 생육 및 약리성이 우수한 것으로 나타났다.



[Submitted, January. 11, 2018 ; Revised, March. 28, 2018 ; Accepted, April. 5, 2018]

## 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- $\kappa$ B activation in RAW 264.7 cells, *Life Sci.* 76: 2315-2328.
2. Bronick, C. J., and R. Lai. 2005. Soil structure and management: A review, *Geoderma.* 124: 3-22.
3. Cho, Y. S. 2011. Characteristics of seedling establishment and yield of *Platycodon grandiflorus* by ridge width and mulching materials. *Korean J. Med. Crop Sci.* 19: 233-237.
4. 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. *Inter. Immunopharm.* 1: 1141-1151.
5. Fred, M. and E. Harold. 2000. Building soils for better crops. Part 2. Ecological soil & crop management. Chapter 10. Cover crops, pp. 87-98, Sustainable Agriculture Network.
6. Jeon, S. H., I. R. No, Y. G. Kim, and Y. S. Cho. 2016. Effects of organic fertilizer application on growth and medicinal ingredients of *Platycodon grandiflorum* Radix. *Korean J. Organic Agri.* 24: 511-524.
7. Jeon, S. H., I. R. No, Y. G. Kim, and Y. S. Cho. 2017. Effects of mulching on the growth and medicinal ingredients of *Platycodon grandiflorum* Radix. *Korean J. Organic Agri.* 25: 187-201.
8. Kim, A. K., M. R. Han, K. H. Joung, J. C. Cho, W. J. Park, C. W. Han, and K. H. Chang. 2008. Physiological evaluation of Korean *Ginseung*, *Deoduk* and *Doragi* pickles. *Korean J. Food & Nutr.* 21: 443-447.
9. Kim, S. J. 2013. Changes of the growth and platycodin D contents of *Platycodon grandiflorum* by treatment of environment-friendly materials. School of Applied Biosciences, Major Agronomy Graduate School, Kyungpook National University, Daegu, Korea.
10. 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.
11. Lee, B. J., S. H. Jeon, S. W. Lee, H. S. Chun, and Y. S. Cho. 2014. Effects of drying

- methods on the saponin and mineral contents of *Platycodon grandiflorum* radix. Korean J. Food & Nutr. 46: 636-640.
12. 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. Phytother. Res. 24: 161-167.
  13. Lee, I. B., S. B. Kang, J. M. Park, and J. H. Lim. 2008. Effect of soil incorporation of Gramineous and Leguminous manures on Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) growth and soil nutrient balances, Korean J. Environ. Agric. 27(4): 343-348.
  14. Lee, S. J., S. R. Shin, and K. Y. Yoon. 2013. Physicochemical properties of black doraji (*Platycodon grandiflorum*). Korean J. Food Sci. Technol. 45: 422-427.
  15. Park, I. S., E. M. Kang, and N. S. Kim. 2000. High-performance liquid chromatographic analysis of saponin compounds in *Bupleurum falcatum*. J. Chromatographic Sci. 38: 229-233.
  16. Park, S. H., H. S. Hwang, and J. H. Han. 2004. Development of drink from composition with medical plant and evaluation of its physiological function. The Korean Nutrition Society. 37: 364-372.
  17. Ryu J, H. J. Lee, S. H. Park, J. Kim, D. Lee, S. K. Lee, Y. S. Kim, J. H. Hong, J. H. Seok, and C. J. Lee. 2014. Effects of the root of *Platycodon grandiflorum* on airway mucin hypersecretion *in vivo* and platycodin D(3) and deapi-platycodin on production and secretion of airway mucin *in vitro*. Phytomedicine. 21(4): 529-33.
  18. Seong, B. J., S. H. Han, S. I. Kim, G. H. Kim, K. S. Lee, H. H. Kim, J. Y. Won, J. D. So, and J. W. Cho. 2014. Growth characteristics and ginsenoside contents of Korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) by green manure crops. Korean J. Crop Sci. 59(3): 364-368.
  19. 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 J. Med. Crop Sci. 12: 437-441.
  20. Shipley, P. R., J. J. Meisinger, and A. M. Cecker. 1992. Conserving residual corn fertilizer nitrogen with winter cover crops, Agronomy Journal. 84: 869-876.
  21. Sung, J. K., S. M. Lee, J. A. Jung, J. M. Kim, Y. H. Lee, D. H. Choi, T. W. Kim, and B. H. Song. 2008. Effects of green manure crops, hairy vetch and rye, on N supply, red pepper growth and yields, Korean J. Soil Sci. and Fertil. 41(4): 247-253.
  22. 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. Gyeong-sang National University. Jinju. Korea. p.35-47.
  23. 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.
24. 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- $\alpha$  in activated RAW 264.7 cells. *Inter. Immunopharm.* 4: 1039-1049.
25. 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 J. Pharm.* 537: 166-173.