

도라지 유기재배시 피복재료에 따른 생육 및 약용성분 변화*

전승호** · 노일래*** · 김영국**** · 조영손*****

Effect of Mulching Materials on the Growth and Medicinal Ingredients in *Platycodon grandiflorum* Radix Organic Cultivation

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

This study was conducted to elucidate the effect of mulching materials on growth characteristics, saponin contents and antioxidant activity of *Platycodon grandiflorum* Radix roots for organic farming. Plastic film, sawdust and rice bran were treated by mulching with several different methods after transplanting *P. grandiflorum* Radix. In root length, when plastic film plot, sawdust plot and rice bran plot were treated, root length was recorded the highest scores (24.0~27.5 cm) in plastic film plot and sawdust plot. Root width was recorded the highest score (30.0 mm) in plastic film plot. Also, the number of fine-roots was the highest in plastic film plot (36.0). Fresh weight, which affects directly yield, was the highest in plastic film plot (130 g/plant). The contents of platycodin D3 and deapioplatycodin D were shown to 111.2 and 48.1 mg/100 g, the highest values were observed in sawdust plot. The total polyphenol and flavonoid contents were recorded the highest scores (11.0 and 8.6 mg/g, respectively) in plastic film plot. In this study we confirmed that there were differences among mulching materials in growth characteristics, saponin contents and antioxidant activity of *P. grandiflorum* roots.

Key words : *antioxidant activity, mulching material, platycodon grandiflorum, saponin*

* 이 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ010930) 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

** 경남과학기술대학교 종자실용화연구소

*** 경상대학교 농학과(농업생명과학연구원)

**** 농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

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

I. 서 론

생활수준의 향상과 고령화 사회 진입, 식습관에 기인하는 만성질환의 증가로 식물체가 가지고 있는 생리활성 성분(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). 그 가운데 초롱꽃과 도라지(*Platycodon grandiflorum* A. DC)는 한약재 명으로 길경(*Platycodi radix*)이라 불리며, 약리적 성분인 다량의 사포닌을 함유(Tada *et al.*, 1975; Konishi *et al.*, 1978)하고 있다. 도라지에 함유된 주요 사포닌 종류 중, 특히 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 알려지면서 식생활의 서구화, 운동부족과 누적된 스트레스로 인한 성인병, 현대사회에서 비만인구의 증가 등으로 저칼로리 기능성식품에 관심이 증가하면서 도라지가 건강식품으로 각광을 받고 있다.

뿌리를 약재 또는 식용으로 이용하는 도라지를 비롯한 인삼, 더덕, 잔대 등의 작물들은 장기간 토양 속에서 재배되기 때문에 병충해 방제를 위해 사용되는 농약으로 인한 토양잔류가 사회적으로 문제가 대두되면서 많은 소비자들이 약용작물에 대한 안전성에 대한 관심을 기울이게 되었다(Seo *et al.*, 2009). 도라지는 한약재뿐만 아니라 건강 기능성 식품으로도 이용되기 때문에 제조제 대신 피복물을 이용하는 등의 친환경 유기재배 기술 개발이 요구되고 있는 실정이다.

토양피복은 작물이 번무하기 전 토양침식 방지를 비롯하여 지온의 조절, 토양수분의 증발억제, 비료 양분의 용탈방지, 경엽이나 과실의 오염방지 및 잡초제어, 진딧물의 기피, 고온기의 지온상승 억제 등 다양한 목적으로 있다(Park, 2010).

도라지의 피복에 대한 연구로는 피복이 도라지 입묘율에 미치는 영향(Cho, 2011), 피복에 따른 도라지 생육 및 수량 특성(Kim, 2008; Park, 2013)에 관한 연구들이 보고되고 있으나, 3년생 도라지의 이식 후의 생육 특성 및 약리성 변화에 대한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 3년근 도라지 이식 후 재배기간 동안 피복재료에 따른 뿌리의 생육특성 및 약리성을 알아봄으로써 고품질 유기재배 도라지생산을 위한 기초자료로 활용하고자 실시되었다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

경남과학기술대학교 종합농장에서 3월에 3년근 도라지(길이 15~20 cm, 무게 20~25 g)를

선별하여 이랑을 120 cm 넓이 고랑을 30 cm로 하여 조간거리는 40 cm, 주간거리는 30 cm 간격으로 이식 후 피복재료는 톱밥(Sawdust, Nadongjj, Jinju, Korea)과 왕겨(Rice bran, Helpfarm, Yeongju, Korea)는 5cm 두께, 흑색 비닐(0.02 mm), 무피복구 등의 4가지로 처리하여 재배하였다. 시험구 면적은 60.2 m²로 3반복으로 수행하였으며, 이식 전의 혼합유기질 비료(Orgevit, Memon, Netherland)를 질소기준 3kg/10a 기준으로 전량 기비 사용하였다. 손 제초는 2회(6월 중순, 8월 초순) 실시하였으며, 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

무기성분 함량은 건식법으로 측정하였다. 즉, 시료 1 g을 550°C에서 회화한 후 0.5 N HNO₃을 넣고 GF/C (90 mm, Cat No. 1822 090, Whatman International Ltd., Maidstone, England) 여과지로 여과한 다음 0.5 N HNO₃ 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 도라지 1 g을 70% 에탄올 50 ml에 혼합하여 45°C 항온수조에서 2시간 진탕 후 4,000 rpm에서 15분 원심분리하여 상등액을 추출을 2회 반복하고, 이것을 감압 농축하여 HPLC-grade 증류수 10 ml에 녹여 분석하였다.

사포닌 함량 분석에 사용된 HPLC는 Agilent 1260 Series HPLC system (Agilent Technologies, Delaware, OH, USA)을 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. Column 온도는 35°C로 유지 하였고, injection volume은 10 μL, 유속은 1 ml/min로 하였다. 검출과장은 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 $\mu\text{m}/\text{ml}$ 로 조절하여 표준액을 만들었다. 각 사포닌 표준액 10 μL 를 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 μL 에 2% Na_2CO_3 용액 1 μL 를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 50 μL 를 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 μL 에 증류수 1 ml와 5% NaNO_2 75 μL 를 가한 다음, 5분 후 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 150 μL , 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 500 μL 를 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 메

탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 ml에 추출액 50 μ L를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 Trolox (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 동량 첨가하였고, mgTE (Trolox equivalent antioxidant capacity)/g으로 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/g으로 표현하였다.

7. 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 검정하였으며, 피복재료에 따른 사포닌 함량과 황산화성분량 및 활성과의 상관관계는 Pearson's correlation으로 5%와 1% 수준에서 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 도라지 뿌리특성

피복재료에 따른 도라지의 뿌리의 특성은 Table 1과 같다. 뿌리의 길이는 비닐과 톱밥 피복구에서 26.7~27.5 cm로 길었으며, 쌀겨 피복구에서는 짧은 22.0 cm로 나타났다. 직경에서는 비닐 피복구에서 가장 굵은 30.0 mm로 나타났으며, 다음으로 톱밥 피복구로 나타났다. 도라지의 주근에 비해 사포닌 함량이 높은 것으로 알려져 있는(Lee *et al.*, 2014b) 지근의 수에서도 비닐 피복구에서 가장 많은 36.0개로 조사되었으며, 다음으로 톱밥과 쌀겨 피복구에서 무피복구보다 많은 21.7~24.7개로 나타났다. 수량과 관련성이 있는 생체중은 지근의 수와 직경이 가장 굵었던 비닐 피복구에서 130 g으로 가장 높게 나타났으며, 무피복구에서 56 g으로 가장 낮게 나타났다.

이러한 결과는 생분해성 필름이나 부직포 피복 처리에서 무처리보다 뿌리직경이나 생체중이 높았다는 더덕의 결과(Yoon *et al.*, 2016)와 유사한 경향으로 나타났으며, 강활(Kim *et al.*, 2007) 뿐만 아니라, 갯기름나물(Chung, 1994), 백출(Kim *et al.*, 2000) 및 단삼(Kim *et al.*, 2013)의 재배에서도 지하부 생육이 좋았으며, 수량 또한 증가한다고 보고하였다. 이처럼 흑색 비닐 피복구가 다른 톱밥과 쌀겨 피복구에 비해 토양수분 유지 및 지온 상승의 효과로 인해 도라지 뿌리의 생육을 촉진하는 효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 1. Growth characteristics of *Platycodon grandiflorum* radix by different mulching materials

Treatment	Root			Fresh weight (g/root)
	Length (cm)	Diameter (mm)	Fine (no.)	
Plastic film	27.5 ^{a*}	30.9 ^a	36.0 ^a	130 ^a
Sawdust	26.7 ^a	27.8 ^{ab}	21.7 ^b	104 ^b
Rice bran	22.0 ^b	25.7 ^b	24.7 ^b	67 ^c
No mulching	24.0 ^a	23.0 ^b	20.0 ^c	56 ^d

* 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. 인산 함량은 비닐 피복구에서 176 mg/100 g으로 가장 높게 나타났으며, 칼슘은 무피복구에서 124 mg/100 g으로 높았고, 톱밥 피복구에서 낮은 75 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 쌀겨 피복구에서 591 mg/100 g으로 높게 나타났고, 무피복구에서는 418 mg/100 g으로 낮게 조사되었다. 나트륨은 톱밥 피복구에서 12.9 mg/100 g으로 높았고, 마그네슘은 무피복구에서 높게 나타났다. 피복재료에 따른 도라지 뿌리의 무기성분 함량에서는 무기성분별 유의성은 나타났으나, 피복재료에 따른 뚜렷한 경향은 나타나지 않는 것으로 나타났다.

Table 2. Mineral contents of *P. grandiflorum* radix by different mulching materials

Treatment	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Na
 mg/100g				
Plastic film	176 ^{a*}	532 ^c	119 ^b	66 ^c	10.0 ^c
Sawdust	106 ^d	554 ^b	75 ^c	55 ^d	12.9 ^a
Rice bran	160 ^b	591 ^a	118 ^b	69 ^b	12.2 ^b
No mulching	145 ^c	418 ^d	124 ^a	77 ^a	9.9 ^c

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

3. 사포닌 함량

3년근 도라지를 이식 후, 피복재료에 따라 재배하여 수확한 도라지 뿌리를 45°C에서 건조시켜 사포닌 함량을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 먼저 platycodin D3 함량에서는 평균 68.5 mg/100 g으로 Jeon 등(2016)이 보고한 유기질 비료 시용구의 평균 함량인 40.6 mg/100 g 보다 높게 나타났으며, 톱밥 피복구에서 111.2 mg/100 g으로 가장 높은 값이 나타났다. Deapioplatycodin D에서도 톱밥 피복구에서 가장 높은 48.1 mg/100 g으로 나타났으며, 나머지 피복구에서는 11.9~32.2 mg/100 g으로 Lee 등(2014b)이 보고한 경남지역의 도라지 주근 함량인 15~88.2 mg/100 g보다 낮은 것으로 조사되었다.

Platycodin D의 함량은 246.2~373.8 mg/100 g의 범위로 무피복구에서 가장 높게 나타났으며, 피복구처리별에서는 비닐 피복구와 톱밥 피복구에선 차이가 없었으나, 짚겨 피복구가 246.2 mg/100 g으로 낮게 나타났다. Polygalacin D 함량에서도 무피복구에서 가장 높은 156.0 mg/100 g으로 나타났으며, 피복구 처리별에서는 비닐 피복구에서 62.1 mg/100 g으로 높게 나타나고, 톱밥과 짚겨 피복구에서는 32.2~30.1 mg/100 g으로 나타났다.

총 사포닌 함량은 다른 사포닌 함량에 비해 비교적 높은 함량이 나타난 Platycodin D와 Polygalacin D 함량에서 가장 높았던 무피복구에서 600.6 mg/100 g으로 가장 높게 나타났고 (Fig. 2), 피복처리별에서는 톱밥 피복구에서 높은 459.8 mg/100 g으로 나타났다. 다음으로는 비닐 피복구가 418.4 mg/100 g이고, 짚겨 피복구는 359.6 mg/100 g으로 나타났다.

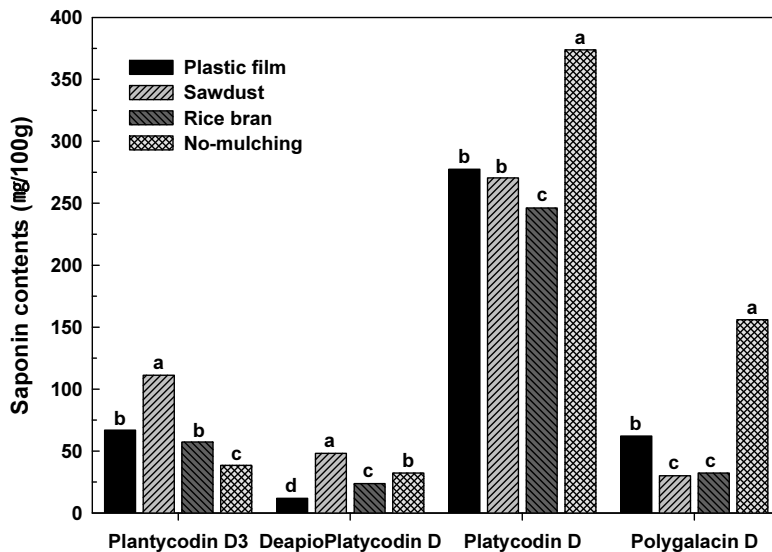


Fig. 1. Saponin contents of *P. grandiflorum* radix by different mulching materials. Means with same letters are not significantly different in DMRT ($p < 0.05$).

이러한 결과는 사포닌 종류에 따라 피복 유·무간 또는, 피복재료 간의 차이가 나타났으며, 도라지의 지하부 환경에서의 토양수분 및 지온 변화에 따라 뿌리의 생육뿐만 아니라 약리성 변화에서도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 세균의 발생 수가 가장 많았던 비닐 피복구에서의 사포닌 함량이 높을 것으로 추측 되었으나(Lee *et al.*, 2014b), 이번 시험에서는 지하부 환경에 의해 더 큰 영향이 미치는 것으로 생각된다. 따라서 이에 대한 추가 연구가 보다 더 이루어진다면, 고품질 도라지의 유기재재 안정생산을 위한 기초자료뿐만 아니라, 고기능성 고약리성 도라지 생산기술 개발 확립이 이루어질 것으로 사료된다.

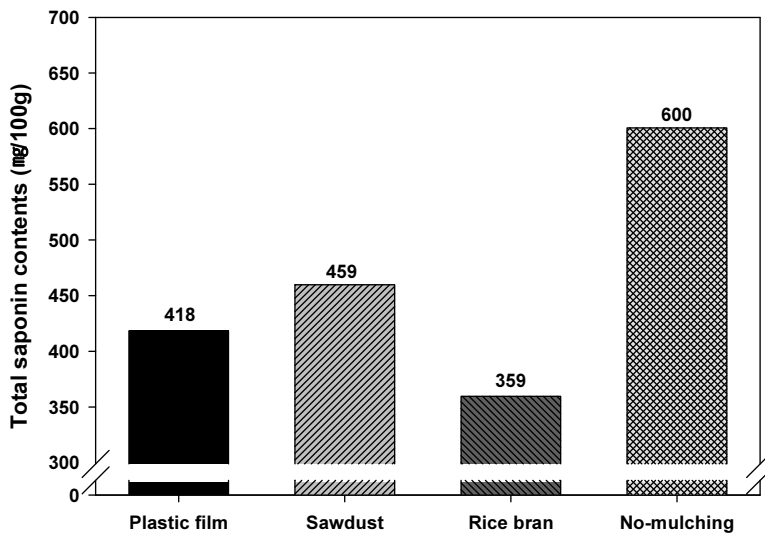


Fig. 2. Total saponin contents of *P. grandiflorum* radix by different mulching materials.

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). 피복재료에 따른 총 polyphenol 함량은 비닐 피복구와 짚 피복구에서 11.0과 10.6 mg/g으로 높게 나타났으며, 다음으로 무피복구와 톱밥 피복구 순으로 나타났다(Fig. 3). Flavonoid는 주로 anthocyanidins, flavonols, 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 비닐 피복구에서 가장 높은 8.63 mg/g으로 나타났으며, 톱밥 피복구에서 가장 낮은 0.93 mg/g으로 조사되었다.

도라지의 항산화 성분에서 polyphenol과 flavonoid 함량 모두 비닐 피복구에서 높게 나타

났으며, 이는 도라지 생육과정 중의 비닐 피복에 의한 지온 상승 및 수분 등(Yoon *et al.*, 2016)의 스트레스를 받아 항산화 물질이 증가한 것으로 사료된다. 외부 스트레스에 의한 항산화물질 증가와 관련된 스트레스의 방어기작으로 항산화물질을 증가시키거나(Dixon and Palva, 1995; Choi *et al.*, 2013) 산화스트레스에 대응하기 위해 대사과정을 변화시킴으로써, 항산화물질이 증가한다는 보고가 일반화되고 있다(Kim and Hyun, 2011). 따라서 도라지의 생육환경에 대한 스트레스와 항산화 물질과의 관계에 대한 체계적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

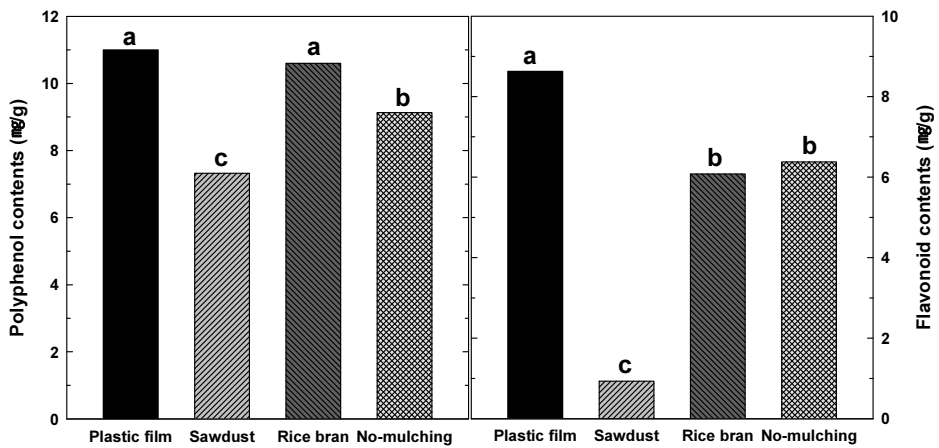


Fig. 3. Effect of mulching materials on antioxidant production of *Platycodon grandiflorum* radix of *P. grandiflorum* radix (A: polyphenol content; B: flavonoid content). *Values with different superscripts on the same kind of bars are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple ranged test.

5. 항산화 활성변화

ABTS는 비교적 안정한 free radical로서 DPPH 방법과 함께 항산화활성을 스크리닝 하는데 주로 이용되는 것으로 피복재료에 따른 ABTS radical 소거활성은 비닐 피복구에서 20.4 mg TE/g으로 가장 높게 나타났으며, 무피복구에서 13.0 mg TE/g으로 가장 낮게 나타났다(Fig. 4).

전자공여능은 활성 radical에서 전자를 공여하여 인체의 노화 억제작용과 식품중의 지방질 산화를 억제시키는 척도로 사용되어지며, 항산화물질의 항산화능 측정 시 주로 사용되는데(Shon *et al.*, 2001) DPPH radical 소거활성에서도 비닐 피복구에서 가장 높은 76.2 mg TE/g으로 나타났으며, 다음으로 짚겨 피복구와 무피복구에서는 73.5~73.8 mg TE/g으로 나타났다. Yoon 등(2016)이 보고한 생육과정 중의 비닐 피복에 의한 지온 상승 및 수분 등의 스트레스를 받아 페놀화합물과 ABTS, DPPH radical 소거활성이 변화하는 것으로 사료된다.

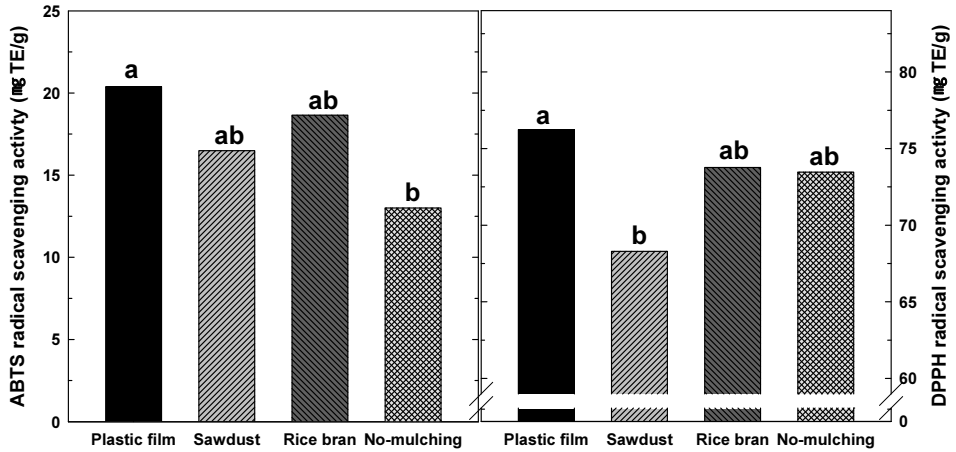


Fig. 4. Effect of mulching materials on antioxidant activity of *P. grandiflorum radix* (A: ABTS radical scavenging activity; B: DPPH radical scavenging activity)

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

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

도라지의 피복재료에 따른 사포닌함량과 항산화성분 및 활성과의 상관관계를 SAS program으로 분석한 결과는 Table 3에서와 같이 대부분의 상관관계에서 유의성이 없는 것으로 나타났다. Polygalacin D와 ABTS와의 상관관계는 -0.591*로 부의 상관관계를 보였으나, 나머지 성분에서는 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

Table 3. Correlation coefficient between antioxidant contents and saponin contents *P. grandiflorum radix* by different mulching materials

	Polyphenol	Flavonoid	ABTS	DPPH
Platycodin D3	0.457 ^{NS}	0.553 ^{NS}	0.535 ^{NS}	0.182 ^{NS}
Deapioplatycodin D	0.463 ^{NS}	0.276 ^{NS}	-0.313 ^{NS}	0.073 ^{NS}
Platycodin D	0.429 ^{NS}	0.091 ^{NS}	-0.396 ^{NS}	0.317 ^{NS}
Polygalacin D	0.011 ^{NS}	-0.095 ^{NS}	-0.591*	0.260 ^{NS}

^{NS}, *, **; No significance or significance at 0.05 and 0.01 probabilities, respectively.

도라지 유기 재배시 피복재료에 따른 사포닌함량과 항산화성분 및 활성과의 상관관계는

인정되지 않았으나, 수량성이나 사포닌 함량 등의 변화에서는 피복재료에 뚜렷한 차이가 나타났으며, 특히 피복재료에 따라 사포닌함량 및 항산화성분에 대해 연차 간의 추가 연구가 이루어진다면, 고품질 유기재배 도라지생산을 위한 기초자료로 활용도 높을 것으로 사료된다.

IV. 적 요

이 연구는 도라지의 유기재배를 위하여 피복물 처리에 따른 도라지 뿌리의 생육특성 및 사포닌, 항산화 활성에 미치는 영향을 구명하고자 실시되었다. 3년근 도라지를 이식 후, 흑색 비닐, 톱밥, 짚겨 및 무피복구의 뿌리의 길이는 비닐, 톱밥, 무피복구에서 24.0~27.5 cm로 길었으며, 직경에서는 비닐 피복구에서 가장 굵은 30.0 mm로 나타났다. 지근의 수도 비닐 피복구에서 가장 많은 36.0개로 조사되었으며, 수량과 관련성이 있는 생체중은 지근의 수와 직경이 가장 굵었던 비닐 피복구에서 130 g으로 가장 높게 나타났으며 무피복구에서 56 g으로 가장 낮게 나타났다. plantycodin D3와 deapioplatycodin D 함량은 톱밥 피복구에서 가장 높게 나타났으며, 도라지의 총 polyphenol 및 flavonoid 함량은 비닐 피복구에서 각각 11.0, 8.6 mg/g으로 가장 높게 나타났다. Polygalacin D와 ABTS와의 상관관계는 -0.591^* 로 부의 상관관계를 보였으나, 나머지 성분에서는 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 따라서 도라지 유기 재배 시 피복재료에 따른 뿌리의 특성, 사포닌함량과 항산화성분 등의 유의적인 차이가 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

[Submitted, December. 28, 2016 ; Revised, January. 30, 2017 ; Accepted, February. 2, 2017]

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. Cho, Y. S. 2011. Characteristics of seedling establishment and Yield of *Platycodon grandiflorus* by ridge width and mulching materials. Korean Journal of Medicinal Crop

- Science. 19: 233-237.
3. 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.
 4. 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.
 5. Chung, S. H., K. J. Kim, D. H. Suh, K. S. Lee, and B. S. Choi. 1994. Changes in growth and yield of *Peucedanum japonicum* Thunberg by planting time, mulching, and planting density. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 2: 121-126.
 6. 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.
 7. Dixon, R. A. and N. L. Palva. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *The Plant Cell*. 7: 1085-1097.
 8. 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.
 9. Gupta, R. P. 1994. Physical rating of coarse textured soils on quantify production potential for dorghum. In 15th World Congress of soil Science (Vol 5a). Symposia Transactions. July 10-16. 1994. Acapulco. Mexico. p. 306-311.
 10. 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.
 11. 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 Journal Organic Agriculture*. 24: 511-524.
 12. 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.
 13. 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.
 14. 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.
15. Kim, J. H. 2008. Effect different mulching materials on growth of bell flower (*Platycodon grandiflorum* A. DC). Journal Agriculture Science Chungbuk National University. 24: 35-40.
 16. 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 korea *Ginseung*, *Deoduk* and *Doragi* pickles. Korean Journal of Food and Nutrition. 21: 443-447.
 17. 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.
 18. Kim, J. S. and T. K. Hyun. 2011. Effect of NaCl stress on the growth, antioxidant materials, and inorganic ion content in head lettuce seedlings. Korean Journal of Horticultural Science and Technology. 29: 433-440.
 19. Kim, S. Y., O. H. Kwon, T. S. Pyu, and S. M. O. 2000. Effects of mulching materials on growth and yield of *Altractylodes macrocephala* Koidz, Korean Journal of Medicinal Crop Science. 8: 216-224.
 20. Kim, Y. G., J. H. Yeo, S. H. Han, M. Hur, Y. S. Lee, and C. B. Park. 2013. Characteristics of growth and yield by planting density and mulching materials in *Salvia miltiorrhiza* Bunge. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21: 179-183.
 21. 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.
 22. Kwon T. Y, K.. C. Jung, J. S. Kim, C. K. Kim, S. D. Park, and B. S. Choi. 1998. Factors influencing on continuous cropping injury of *Cnidium officinale* Makino in Ulleung island. Journal of Agro-Environment Science. 40: 39-43.
 23. 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.
 24. 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.
 25. 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.

26. 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.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. Middleton, E. and C. Kandaswami. 1994. Potential health promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technology*. 48: 115-119.
31. National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST). 2000. Methods of soil and plant analysis. Rural Development Administration. Suwon, Korea. 9. 103-146.
32. 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. pp. 1-32.
33. Park, N. S. 2007. Effects of mulching materials on carrot (*Daucus carota*) growth and weed control. Department of Horticulture Graduate School, Chungbuk National University Cheongju, Korea.
34. 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.
35. 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.
36. RDA (Rural Development Administration), 2009. *Platycodon standard cultivation textbook*, Rural Development Administration. pp. 97-109
37. Seo, C. S., D. S. Hwang, J. K. Lee, H. K. Ha, J. M. Chun, Y. R. Um, S. Jang, and H. K. Shim. 2009. Concentration of heavy metals, residual pesticides and sulfur dioxide of before/after a decoction: In prescription of digestive system. *The Korean Journal of Herbology*. 24: 111-119.
38. 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.

39. 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.
40. 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.
41. 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.
42. 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.
43. Yoon, K. K., K. G. Moon, S. U. Kim, I. S. Um, Y. S. Cho, Y. G. Kim, and I. R. Rho. 2016. Analysis of growth and antioxidant compounds in deodeok in response to mulching materials. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 24(3): 183-190.
44. 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.