

## 단삼의 재식밀도와 피복재료에 따른 생육 및 수량특성

김영국\*<sup>†</sup> · 여준환\*\* · 한신희\* · 허목\* · 이영섭\* · 박충범\*

\*농촌진흥청 국립원예특작과학원, \*\*전라남도 한방산업진흥원

## Characteristics of Growth and Yield by Planting Density and Mulching Materials in *Salvia miltiorrhiza* Bunge

Young Guk Kim\*<sup>†</sup>, Jun Hwan Yeo\*\*, Sin Hee Han\*, Mok Hur\*, Young Seob Lee\* and Chung Berm Park\*

\*Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 369-873, Korea.

\*\*Jeollanamdo Development Institute for Korean Traditional Medicine, Jangheung 529-851, Korea.

**ABSTRACT :** This study was carried out to investigate the variation of growth and yield using different planting densities and vinyl mulching in *S. miltiorrhiza* cultivation. Top plant growth was observed in the 30 × 30 cm planting density of *S. miltiorrhiza*., plant height, leaves and branches were larger than in the other treatments. Root length, root diameter, and supporting roots of underground part were increased as planting density was wide, and dry root weight was increased in 30 × 30 cm. However, yield was highest at 294 kg/10a in the planting density of 30 × 10 cm. The use of 30-31 cm white and black vinyl mulching had no significant effect on the plant height of *S. miltiorrhiza*, as compared to non-mulching. However, the highest volume of leaves and plant weight was observed in plants using 24.7 black vinyl mulching. Dry underground root weight was highest in black vinyl mulching at 21.7 g compared to 17.0 g for non-mulching. Yield per 10a increased by 28% using black vinyl mulching compared to non-mulching. Based on the results of this study, planting density of 30 × 10 cm and black vinyl mulching are the most suitable in the cultivation of *S. miltiorrhiza*.

**Key Words :** *Salvia miltiorrhiza*, Planting Density, Mulching Materials, Root Yield

### 서 언

단삼 (*Salvia miltiorrhiza*)은 꿀풀과에 속하는 다년생 초본 약용식물로 뿌리의 색이 붉은 특징을 가지고 있다. 단삼은 대한민국의약전 (Korea Food & Drug Administration, 2012)에 수재된 한약재중 하나로 생약명은 단삼 (丹蔘)이며, 뿌리는 특유의 냄새가 있고 맛은 약간 쓴맛이 있다 (Mok *et al.*, 1995). 단삼의 뿌리에 함유되어 있는 약효 성분으로는 tanshinone I, II A, II B 등을 포함한 diterpene 화합물과 danshensu, protocatechuic aldehyde, salvianolic acid B 등을 포함하는 phenolic 화합물, baicaline,  $\beta$ -sitosterol, ursolic acid, vitamin E 및 tannin 등이 보고되었다 (Fugh-Berman, 2000). 단삼은 어혈, 고혈압, 관상동맥, 경화성 심장병 등에 효능이 있으며 (Lee and Lee, 1992), 동맥경화 개선작용 (Fang *et al.*,

2008), 세포내 지방의 축적비율을 낮추는 작용 (Ji and Gong, 2008), 뇌세포보호 작용 (Zhang *et al.*, 2009), 항산화 작용 (Kim *et al.*, 2008), 간세포보호 작용 (Yin *et al.*, 2009), 항균 작용 (Choi and Han, 2003), 항혈전 효과 (Yang *et al.*, 2007) 등이 보고되어 있다. 단삼의 활성물질 중 przewquinone C가 항암활성이 있으며 (Yang *et al.*, 1984), 추출물에도 항암활성을 갖는 성분이 있고 (Cheng *et al.*, 2000), 항암효과가 높다고 하였다 (Kim *et al.*, 1999).

단삼은 이전에는 국내에서는 재배되지 않았으나 현재는 일부 지역에서 재배되기 시작하여 재배면적이 조금씩 증가되고 있다. 최근 유통 한약재의 중금속 잔류 (Jang *et al.*, 2012) 등 수입산 한약재의 안전성과 관련하여 단삼도 국내에서 재배할 수 있도록 재배법 시험이 수행되고 있다. 단삼은 종자로 번식을 하는데, 국내에서 단삼 재배에 적합한 재식밀도나 피

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5565 (E-mail) kimyguk@korea.kr

Received 2013 April 16 / 1st Revised 2013 April 23 / 2nd Revised 2013 May 2 / 3rd Revised 2013 May 7 / Accepted 2013 Revised May 15

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.

복 효과 등에 대한 연구결과는 없다. 약용작물 중에서 종자를 이용하여 번식하는 황금 (Lee and Ahn, 1988), 황기 (Seo *et al.*, 1995), 우슬 (Kim *et al.*, 1998), 식방풍 (Chung *et al.*, 1994) 등은 밀식재배가 유리하다고 보고되었다. 또한, 식방풍은 무피복 재배보다 흑색비닐 피복재배시 수량이 증가하였으며 (Chung *et al.*, 1994), 백출도 흑색비닐 피복재배가 다른 피복재배에 비해 수량이 높은 것으로 보고하였다 (Kim *et al.*, 2000). Kim 등 (2003)은 지황에 있어서도 밀식하여 흑색비닐 피복재배시 지황의 수량이 증가하는 것으로 보고하였다.

주로 수입해서 이용하던 단삼을 국내 재배기술을 확립하여 농가의 신소득작물로 보급하고자 단삼 재배시 재식밀도와 피복 재료가 수량에 미치는 영향을 구명하고자 본 시험을 수행하였다.

## 재료 및 방법

단삼의 재식밀도와 피복재료에 대한 시험을 수행하기 위해 국립원예특작과학원 약용작물과에서 보존하고 있는 종자를 3월 상순에 온실 내에서 가온을 하고 200공 트레이 육묘상자(㈜범농)에 파종하여 2개월간 육묘한 후 본포에 정식하였다. 단삼의 적정 재식밀도를 알아보기 위하여 이랑을 90 cm 넓이, 고랑을 60 cm로 하였다. 조간거리는 30 cm 간격으로 하고, 주간거리는 각각 10 cm (19,800주/10a), 20 cm (9,900주/10a) 및 30 cm (6,600주/10a) 간격으로 정식하였다. 피복 재료 시험은 0.02 mm 흑색비닐과 백색비닐을 정식 직전에 피복을 하였으며, 재식밀도는 이랑 넓이 90 cm 에 조간거리 30 cm, 주간거리 10 cm 로 정식하였고 무피복 처리구를 대비구로 하였다. 시비량은 유기질 퇴비를 10a당 2,000 kg 를 밑거름으로 전량 시용 후 경운 정지하였다. 각 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 배치하였다. 조사항목은 입모수, 초장, 엽수, 분지수 및 지상부중을 조사하였으며, 지하부는 근장, 근경, 지근수, 건근중 및 수량을 조사하였다. 통계처리는 SAS Program을 이용하여 기본적인 통계처리와 처리 간 유의성 분석을 위한 DMRT (Duncan's Multiple Range Test) 분석을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 재식밀도에 따른 단삼의 지상부 생육 특성

단삼 재식밀도별 시험을 수행한 결과 지상부 생육 특성은 Table 1과 같다. 입모수는 30×10 cm 처리구에서 20.0개/㎡로 가장 많았으며, 주간거리가 넓어질수록 입모수는 적어져서 30×30 cm 처리구에서 6.7개/㎡로 가장 적었다. 재식밀도가 높은 30×30 cm 에서 초장이 38.2 cm 로 가장 컸고, 엽수도 주당 35.0개로 가장 많았으며, 분지수도 주당 2.5개로 가장 많았으며

**Table 1.** Growth characteristics of top plant depending on planting density *Salvia miltiorrhiza* Bunge.

Plant density (cm)	No. of seedling establishment (no./m <sup>2</sup> )	Plant height (cm)	Number of leaves (no./plant)	No. of branching (no./plant)	Top plant weight (g/plant)
30 × 10	20.0a	33.3a	18.5c	0.9a	34.7b*
30 × 20	10.0b	34.1a	22.9b	0.9a	59.0b
30 × 30	6.7c	38.2a	35.0a	2.5a	89.3a

\*Means separation was conducted with by Duncan's multiple range test (DMRT) (P = 0.05). Means followed by same letters are not significantly different.

**Table 2.** Growth characteristics of underground part depending on planting density in *Salvia miltiorrhiza* Bunge.

Plant density (cm)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	No. of supporting root (no./plant)	Dry root weight (g/plant)
30 × 10	27.8a	15.6b	5.9b	16.5c*
30 × 20	33.5a	18.5b	7.4b	24.5b
30 × 30	32.4a	22.1a	10.5a	32.3a

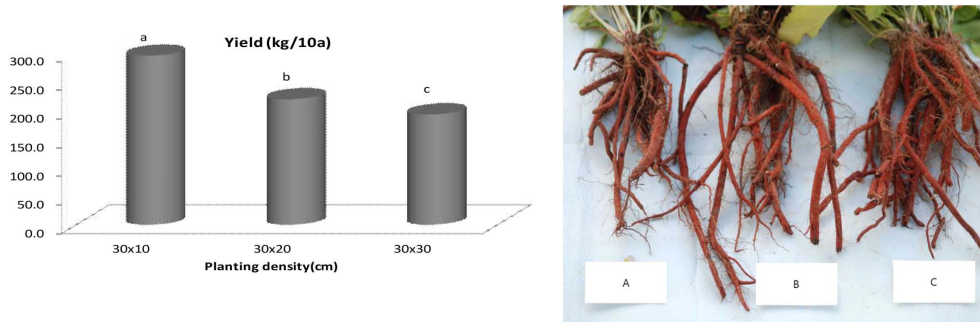
\*Means separation was conducted with by Duncan's multiple range test (DMRT) (P = 0.05). Means followed by same letters are not significantly different.

나 30×20 cm, 30×10 cm 처리구와 통계적으로 유의성이 없었다. 그러나 지상부중은 재식밀도가 낮은 30×30 cm 에서 주당 89.3 g으로 가장 무거웠으며, 다른 처리구와 유의성이 인정되었고 재식밀도가 높은 30×10 cm에서 주당 34.7 g으로 가장 적은 것으로 나타났다. 그러나 30×10 cm 와 30×20 cm 처리구 간에는 유의성은 없었다.

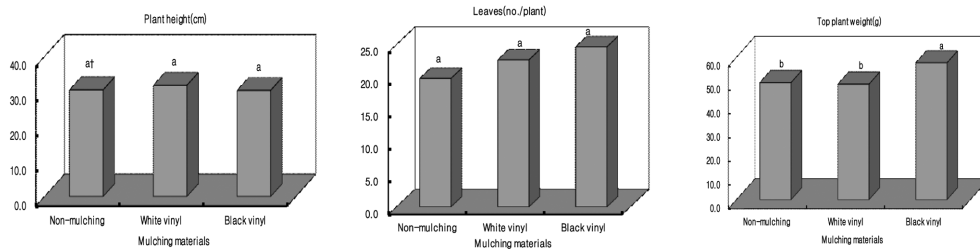
위의 결과는 야콘 (Song *et al.*, 1997), 맥문동 (Seong *et al.*, 1994), 마 (Cho *et al.*, 1995) 등과 같이 재식거리가 넓을수록 지상부중이 증가한다는 결과와 같은 경향을 보였다. 이는 재식거리가 넓을수록 주당 생육환경의 확보가 가능하여 개체 간의 경쟁이 적음에 따라 생육이 양호하여 분지수 및 생지상부중이 증가하고, 밀식재배하면 양분, 수분, 광 등 환경요인에 대한 개체 간 경쟁이 심하여 소식재배보다 생육이 낮은 것으로 판단되었다. 그러나 천문동 (kim *et al.*, 2010), 쇠무릅 (Kim *et al.*, 1998) 등은 밀식하면 개체간 경쟁이 심하고 수광량이 감소하여 초장은 길어진다고 하였다. 따라서 재식밀도에 따른 지상부 생육은 식물종 고유의 초형 등과 관련이 있다고 판단되었다.

### 2. 재식밀도에 따른 단삼의 지하부 생육 및 수량

단삼의 지하부 생육특성은 Table 2에서와 같이 근장은 주간거리가 30×20 cm 처리구에서 33.5 cm, 30×30 cm 처리구에서 32.4 cm, 30×10 cm 처리구는 27.8 cm로 처리간 통계적인 유의



**Fig. 1. Variation on yield and seeding characteristics on root according to planting density of *Salvia miltiorrhiza* Bunge.** A; 30 × 10 cm, B; 30 × 20 cm, C; 30 × 30 cm. \*Means separation was conducted with by Duncan' multiple range test (DMRT) (P = 0.05). Means followed by same letters are not significantly different.



**Fig. 2. Growth characteristics of top plant according to mulching culture in *Salvia miltiorrhiza* Bunge.** \*Means separation was conducted with by Duncan' multiple range test (DMRT) (P = 0.05). Means followed by same letters are not significantly different.

성은 없었다. 근경에 있어서 30 × 30 cm, 30 × 20 cm 및 30 × 10 cm 처리구 각각 22.1 mm, 18.5 mm 및 15.6 mm로 재식 밀도가 넓은 30 × 30 cm 처리구에서 가장 굵었으며, 재식밀도가 높은 30 × 10 cm 처리구에서 15.6 mm로 가장 적은 경향을 나타내었다. 지근수에 있어서도 소식재배구인 30 × 30 cm 처리구에서 주당 10.5개로 가장 많았으며, 밀식재배구인 30 × 10 cm 처리구에서 주당 5.9개로 가장 작았다. 근근중에 있어서 재식밀도간 주당 근근중도 재식밀도가 낮은 30 × 30 cm 처리구에서 주당 32.3 g으로 가장 무거웠으며, 밀식재배구인 30 × 10 cm 서 16.5 g으로 가장 낮은 것으로 나타났다.

Kwon 등 (2002)은 황금 재배시 재식밀도가 넓을수록 주근장과 주당 근근중이 높은 것으로 보고하였으며, 식방풍은 재식밀도가 넓을수록 지하부의 생육상태가 양호하였고 (Chung *et al.*, 1994), 도라지는 입모을 확보를 위해서 이랑 넓이를 120 cm로 하는 것이 유리하다고 하였다 (Cho, 2011). 본 시험에서도 재식밀도가 넓은 시험구에서 근장, 근경, 지근수 및 주당 근근중 등이 높은 것으로 나타났다.

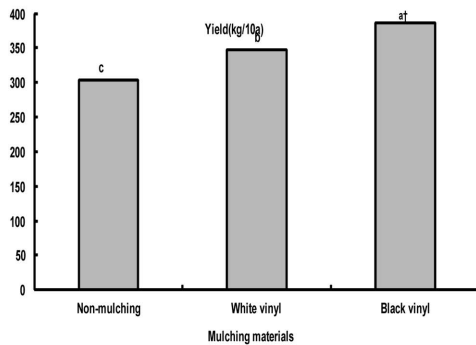
재식밀도에 따른 수량변이는 Fig. 1에서와 같이 재식밀도가 높아 입모수가 가장 많은 30 × 10 cm 시험구에서 10a당 294 kg으로 가장 많았으며, 30 × 20 cm의 시험구는 218 kg, 재식밀도가 낮은 30 × 30 cm 192 kg로 가장 적었다. 각 처리간 유의성 검정에 있어서도 DMRT 5% 수준에서 유의성이 인정

되었다. 쇠무릎은 25 × 5 cm의 밀식재배에서 수량이 증수되었고 (Kim *et al.*, 1998)와, 갯기름나물은 20 × 15 cm의 밀식재배에서 수량이 증수되었다는 보고 (Chung *et al.*, 1994)와 일치하였다. 이는 밀식재배에서 주당 근근중은 적지만 입모수가 높아 수량이 증가되는 것으로 생각되며, 따라서 단삼을 재배할 때 식재 환경은 조간거리 30 cm에 주간거리 10 cm로 정식하는 것이 가장 적합하다고 판단되었다.

### 3. 피복 재료별 단삼 지상부 생육 특성

단삼 재배시 피복재료별 지상부 생육특성은 Fig. 2와 같다. 초장은 무피복 30.5 cm, 흑색비닐피복 30.4 cm로 차이가 없었고, 백색비닐도 31.8 cm로 무피복과 흑색비닐피복처리구와 유의성이 나타나지 않았다. 엽수도 흑색비닐 피복구에서 주당 24.7개로 무피복의 19.8, 백색비닐 피복구의 22.7개 보다 많았지만 통계적 유의성은 없었다. 지상부중은 57.7 g으로 무피복구의 49.3 g과 백색비닐 피복구의 48.7 g 보다 많았으며 통계적으로 유의성이 인정되었다.

이와 같은 결과는 무피복과 백색비닐 피복구보다 흑색비닐 피복구에서 전 생육기간 동안 온도를 적정하게 유지하며, 한 발기에 수분 증발을 억제하여 수분유지가 유리하고 (Kwon *et al.*, 1988), 잡초발생 억제 등의 효과로 지상부 생육이 양호한



**Fig. 3.** Variation on yield and seeming characteristics root according to mulching culture of *Salvia miltiorrhiza* Bunge.

NM; Non-Mulching, WV; White Vinyl, BV; Black Vinyl. Means separation was conducted with by Duncan's multiple range test (DMRT) ( $P = 0.05$ ). Means followed by same letters are not significantly different.

**Table 3.** Growth characteristics of underground part according to mulching culture in *Salvia miltiorrhiza* Bunge.

Cover culture	Root length (cm)	Root diameter (mm)	No. of supporting root (no./plant)	Dry root weight (no./plant)
Non mulching	30.9a	18.1a	7.8a	17.0c*
White vinyle	29.4a	18.5a	7.4a	19.5b
Black vinyle	31.5a	20.3a	8.7a	21.7a

\*Means separation was conducted with by Duncan's multiple range test (DMRT) ( $P = 0.05$ ). Means followed by same letters are not significantly different.

것으로 판단되었다. Chung (1994) 등은 갯기름나물 재배시, Kim 등 (2000)은 백출 재배시 다른 피복 재료보다 흑색비닐 피복 재배에서 지상부 생육이 양호하다고 하였다. 특히, Kim 등 (2000)은 피복재료별 오전 10시의 지온은 전 재배기간에 걸쳐 무피복에 비하여 흑색과 투명 비닐 피복구에서 각각 1.0°C, 1.6°C 정도 높았고, 오후 2시의 지온은 투명 비닐 피복구에서 5.5°C 정도 높았다고 하였다.

#### 4. 피복 재료별 단삼 지하부 생육 및 수량 특성

단삼 재배시 피복재료별 지하부 생육특성은 Table 3에서와 같이 근장은 무피복구 30.9 cm, 백색비닐 피복구 29.4 cm, 흑색 비닐 피복구 31.5 cm로 처리 간 유의성은 없었으나 흑색비닐 피복구가 백색비닐 피복구와 무피복구 보다는 양호한 경향을 나타내었다. 근경은 무피복구 18.1 mm, 백색비닐 피복구 18.5 mm 보다 흑색비닐 피복구의 20.3 mm가 가장 굵었고, 지근 수에 있어서도 8.7개로 무피복구와 백색비닐 피복구 보다 많은 것으로 나타났으나 통계적으로 유의성은 인정되지 않았다.

건근중은 흑색비닐 피복구에서 주당 21.7.3 g로 무피복구 17.0 g 및 백색비닐 피복구 19.5 g보다 양호한 것으로 나타났고 통계적인 유의성도 인정되었다.

단삼 재배시 비닐피복에 따른 10a당 수량 (Fig. 3)은 무피복구의 303 kg에 비해 백색비닐 피복구 347.5 kg, 흑색비닐 피복구 386.5 kg으로 흑색비닐피복구가 백색 비닐피복구보다 수량이 11% 증가하였으며, 유의성 검정결과 DMRT 5% 수준에서 유의성이 인정되었다. 이는 Kwon 등 (1994), Kim 등 (2000)의 보고 결과와 같이 흑색비닐 피복시 뿌리의 생육이 다른 처리구보다 양호하며, 10a당 수량에 있어서도 타 처리구보다 증수된다는 결과와 같은 경향을 보였다.

#### LITERATURE CITED

- Cheng GC, Lee JY, Kim DC, Suh SO and Hwang WI. (2000). Inhibitory effect of *Salvia miltiorrhiza* extract on growth of some cancer cells. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 29:726-731.
- Choi HY and Han YS. (2003). Isolation and identification of antimicrobial compound from Dansam(*Salvia miltiorrhiza* Bunge). Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 32:22-28.
- Cho JH, Kwon TR, Min GG, Lee SP and Choi BS. (1995). Effects of plant organ, planting space, and fertilizer level on growth and yield of Chinese yam(*Dioscorea opposita* Thunb.). Korean Journal of Medicinal Crop Science. 4:9-15.
- Cho YS. (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.
- Chung SH, Kim KJ, Suh DH, Lee KS and Choi BS. (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.
- Fang ZY, Lin R, Yuan BX, Yang GD, Liu Y and Zhang H. (2008). Tanshinone II A downregulates the CD40 expression and decreases MMP-2activity on atherosclerosis induced by high

- fatty diet in rabbit. *Journal of Ethnopharmacology*. 115:217-222.
- Fugh-Berman A.** (2000). Herbs and dietary supplements in the prevention and treatment of cardiovascular diseases. *Preventive Cardiology* 3:24-32.
- Jang W, Kim TH, Lee AR, Lee AY, Choi G and Kim HK.** (2012). Monitoring of heavy metal contents in commercial herbal medicines. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 20:434-439.
- Ji W and Gong BQ.** (2008). Hypolipidemic activity and mechanism of purified herbal extract of *Salvia miltiorrhiza* in hyperlipidemic rats. *Journal of Ethnopharmacology*. 119:291-298.
- Kim DH, Park CB and Kim JY.** (2010). Effect of propagation method, planting density, amount of nitrogen fertilizer and cropping years on growth and yield of *Asparagus cochinchinensis*(Lour.) Merr. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 18:93-97.
- Kim IJ, Kim MJ, Nam SY, Lee CH, Son SY and Park SI.** (2003). Effects of black polyethylene film mulching and planting density on growth and yield of *Rehmannia glutinosa* Libosch. *Korean Journal of Plant Resources*. 16:118-122.
- Kim JY, Kang HS, Choi JS, Yokozawa T and Chung HY.** (2008). Antioxidant potential of dimethyl lithospermate isolated from *Salvia miltiorrhiza*(red sage) against peroxy-nitrite. *Journal of Medicinal Food*. 11:21-28.
- Kim MS, Chung BJ, Park GC, Park TD, Kim SC and Shim JH.** (1998). Effect of planting density on the growth characteristics and root yield of *Achyranthes japonica* N. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 6:137-141.
- Kim OH, Chung SY, Park MK, Rhee HM and Yang JS.** (1999). Anticancer activity of natural products including *Salvia miltiorrhiza*. *Journal of Applied Pharmacology*. 7:29-34.
- Kim SY, Kwon OH, Pyu TS and O SM.** (2000). Effect of mulching materials on growth and yield of *Atractylodes macrocephala* Koidz. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 8:216-224.
- Kwon BS, Shin JS, Hyan KH and Shin JS.** (2002). Effects of row width and plant spacing within row on yield in *Scutellaria baicalensis* George. *Korean Journal of Plant Research*. 15:77-80.
- Kwon YS, Lee YB, Park SK and Ko KD.** (1988). Effects of different mulch material on the soil environment and growth and yield of red pepper(*Capsicum Annuum* L.). *Research Report of Rural Development Administration*. 30:9-17.
- Lee JI and Ahn SD.** (1988). Variation of yield and major agronomic characters under the different planting densities of *Scutellaria baicalensis*. *Korean Journal of Crop Science*. 33:1-4.
- Lee YJ and Lee SY.** (1992). *Pharmacognosy*. DongMyeungSa. Seoul, Korea. p.131-137.
- Korea Food & Drug Administration(KFDA).** (2012). *The Korean pharmacopoeia*(10th Ed.). Korea Food & Drug Administration. Chungwon, Korea. p.25-26.
- Mok JS, Kim YM, Kim SH and Chang DS.** (1995). Antimicrobial property of the ethanol extract from *Salvia miltiorrhiza*. *Journal of Food Hygiene and Safety*. 10:23-28.
- Seo JS, Kim KS, Soh HS, P SU and Son SG.** (1995). Effects of plant density on growth and root yield at different harvesting year in *Astragalus membranaceus*. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 3:140-145.
- Seong JD, Park YJ, Kim HT, Suh HS and Han KS.** (1994). Growth and tuber yield of *Liriope platyphylla* Wang Tang in different planting density. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 2:110-113.
- Song IG, Ho QS, Hwang SG, Yun JS, Choi IS, Lee CH and Lee JK.** (1997). Effects of planting date and planting density on growth and tuber yield of Yacon in the middle region. *Korean Journal of Plant Research*. 10:17-23.
- Yang BJ, Huang XL and Zhou QR.** (1984). The structures of four minor diterpenequinones przewaquinones C, D, E and F from the root of *Salvia przewalskii* Maxim var. *mandarinorum*(Diels) Stib. *Acta Pharmaceutica Sinica*. 19:294-298.
- Yang SA, Im NK and Lee IS.** (2007). Effect of methanolic extract from *Salvia miltiorrhiza* Bunge on *in vitro* antithrombotic and antioxidative activities. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 39:83-87.
- Yin HQ, Choi YJ, Kim YC, Sohn DH, Ryu SY and Lee BH.** (2009). *Salvia miltiorrhiza* Bunge and its active component cryptotanshinone protects primary cultured rat hepatocytes from acute ethanol-induced cytotoxicity and fatty infiltration. *Food and Chemical Toxicology*. 47:98-103.
- Zhang F, Zheng W, Pi R, Mei Z, Bao Y, Gao J, Tang W, Chen S and Liu P.** (2009). Cryptotanshinone protects primary rat cortical neurons from glutamate-induced neurotoxicity via the activation of the phosphatidylinositol 3-kinase/Akt signaling pathway. *Experimental Brain Research*. 193:109-118.