

# 기후대별 산림환경에 따른 토천궁의 생육 및 유효성분 특성

김남수<sup>1</sup>, 전권석<sup>2</sup>, 이현석<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>국립산림과학원 산림약용자원연구소, 석사연구원, <sup>2</sup>임업연구관, <sup>3</sup>안동대학교 원예·생약융합학부, 조교수

## Effects of Forest Environments on Growth and Active Compound Contents of *Ligusticum chuanxiong* Hort. among Different Forest Sites

Nam Su Kim<sup>1</sup>, Kwon Seok Jeon<sup>2</sup> and Hyunseok Lee<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>The Master's Degree Researcher and <sup>2</sup>Senior Researcher, Forest Medicinal Research Center, National Institute of Forest Science, Yeongju 36040, Korea

<sup>3</sup>Assistant Professor, Division of Horticulture & Medicinal Plant, Andong National University, Andong 36729, Korea

**Abstract** - *Ligusticum chuanxiong* Hort. is included in Umbelliferae family, it is one of the Korean traditional medicinal plants as the roots have been used to treat diseases. In this study, the growth characteristics and active compound contents of *L. chuanxiong* were compared among the different forest sites. As a result, root diameter and root length of *L. chuanxiong* was the highest in Jeongseon. Also, the fresh weight and dry weight of *L. chuanxiong* were the highest in Jeongseon. The total content of active compound was 23.27 mg/g the highest in Bonghwa, and 21.59 mg/g in Jeongseon, 15.87 mg/g in Hamyang was accumulated. In this study compares three forest site for cultivating of *L. chuanxiong* in different climate zone that the best site to product yield were Jeongseon. In this sites were located in higher altitue and lower temperature than other sites, also there were shown that lower soil moisture contents and well-drained soil. It was shown yield and active compound contents of *L. chuanxiong* was influenced by micro-environment conditions like as altitude, temperature, soil conditions.

**Key words** – Growth, *Ligusticum chuanxiong* Hort., Ligustilide, Senkyunolide, Soil characteristics

## 서 언

대한민국약전에서 천궁의 기원식물은 천궁(*Cnidium officinale* Makino) 또는 중국천궁 (*Ligusticum chuanxiong* Hort.)으로 표기되어 있으며(KFDA, 2012), 농가에서는 *C. officinale* Makino를 일천궁, *L. chuanxiong* Hort.를 토천궁으로 구분하여 재배되고 있다. 형태학적으로 토천궁은 가는 수염뿌리모양으로 근경이 발달하며, 일천궁은 여러 개의 소근경이 결합된 둥근 형태로 차이를 보인다. 토천궁(*L. chuanxiong* Hort.)의 효능 및 약리작용은 항염(Cheng *et al.*, 2008; Huang *et al.*, 2013; Tran *et al.*, 2019), 항산화(Adil *et al.*, 2019; Jeong *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2015; Ramalingam and Park, 2010; Yuan *et al.*, 2008), 심혈관(Chan *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2009), 항암(Xie *et*

*al.*, 2013), 인지 능력 개선(Lin *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2010) 등이 보고되었으며, 주성분은 phthalide 종류인 senkyunolide, ligustilide, neoligustilide와 Alkaloids 종류인 tetramethylpyrazine, pelonyfine, anhydride, 그리고 phenolic acid 종류인 ferulic acid, sedanic acid, 4-hydroxybenzoic acid, caffeic acid, vanillic acid 성분을 확인한 연구가 보고되었다(Ran *et al.*, 2011; Wu *et al.*, 2011). 토천궁은 평창, 태백, 삼척을 중심으로 여름 기온이 다소 서늘한 산간 고랭지 지역에서 주로 재배되며 일천궁은 영양, 청송, 안동, 봉화에서 주로 재배되고 있다(Kim *et al.*, 2012). 사회·경제적으로 건강에 대한 관심과 기능성 제품 시장의 성장에 따라 2009년 3,426억원 이었던 약용작물 생산액이 2018년 6,148억원으로 크게 증가하였다(KFS, 2019). 따라서 고품질 약용자원 생산 측면에서 산림에 대한 활용 및 인식이 부각되고 있고 지역의 토질과 기후 등 입지환경에 따른 기능성 성분의 차이가 나타날 수 있으므로 이와 관련된 연구가 요구된다

\*교신저자: E-mail hyunseoklee@anu.ac.kr  
Tel. +82-54-820-6934

(Kang *et al.*, 2015).

최근 기후변화로 인하여 식물유전자원의 자생지 및 주산지 이동이 이루어지고 있고, 향후 자생종의 생육 적지 감소에 대한 우려가 증폭되고 있다. 특히 천궁은 고온에 취약한 식물로 알려져 있으며, 30℃ 이상의 고온이 지속되면 잎의 황화현상과 더불어 생육이 부진해지는 고온 피해를 입는다. 지난 20년간 국내에서 생산된 천궁은 2018년 1,014 M/T으로 1997년 2,294 M/T과 비교하여 55.8% 감소하였으며, 재배 면적 또한 1997년 798 ha에서 2018년 116 ha로 85.4% 감소하였다(MAFRA, 2019). 이는 기후변화로 평균기온이 상승하여 서늘한 기후에서 자라는 천궁의 생산량과 재배면적이 점차적으로 감소한다는 예측과 동일한 결과라고 할 수 있다.

현재까지 토천궁의 재배와 관련된 연구는 피복 및 차광효과(Choi *et al.*, 2000a), 재식밀도 및 종근중 생육 비교(Choi *et al.*, 2000b) 등이 있으나 기후 및 입지환경과 관련된 연구는 부족한 상황이고 최적 재배환경 구명이 절실한 실정이다.

따라서 본 연구는 생육지 기온에 민감한 토천궁의 산림 내 생산 가능성 모색 및 기후변화 적응기술을 마련하고자 기후조건이 다른 산림환경 내에서 생육 특성과 유효성분 특성 간의 관계를 비교·분석하여 관련 정보를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 시험지 조성 및 토천궁 생육 특성 조사

기후대별 입지환경 차이에 따른 토천궁의 특성을 비교하기 위해 온대남부(경남 함양군 삼봉산, 온대중부(경북 봉화군 미림산), 온대북부(강원 정선군 가리왕산)에 시험지를 조성하였다(Table 1, Fig. 1). 시험지별 기상특성은 기상관측장비(H21 Data Logger, Onset HOBO, Massachusetts, USA)를 이용하여 미기후(기온, 상대습도, 토양온도 및 습도 등)를 측정하였다. 본 연구에 사용한 토천궁은 산형과(Umbelliferae) 속하는 식물로 식물학적 동정을 거쳤으며, 시료의 확증표본(FMCApYg 1810)은 국립산림과학원 산림약용자원연구소에 보관하고 있다. 중

근은 2018년 10월에 수집 후 저온저장 한 후, 2019년 3월에 각 시험지별로 10개체씩 3반복으로 난괴법을 적용하여 이식하였다. 생육 특성조사는 생육정지기인 10월 말에 지하부의 근장, 근직경, 지근 수 및 수확량을 조사하였다. 수확 후 50℃의 건조기(DY-420H, Lassele, Korea)에 7일간 건조시켜 항량에 도달하였을 때 건중량을 측정하였다.

### 토양 특성 조사

토양 시료 채취는 각 시험지의 방형구 내에서 무작위로 표토를 제거하고 100 g씩 3반복으로 채취하였고 토양을 건조하여 2 mm로 체별한 후 분석에 사용하였다. 토양 내 모래, 미사, 점토의 함량을 분석하기 위해 미국 농무성(USDA)에 의한 입도 분류를 실시하였으며, 토양 내 유기물 함량은 Walkley-Black법(Walkley and Black, 1934), 전질소는 Kjeldahl 황상분해증류법(Konen *et al.*, 2002), 전기전도도(EC)와 토양 pH는 토양과 증류수 비

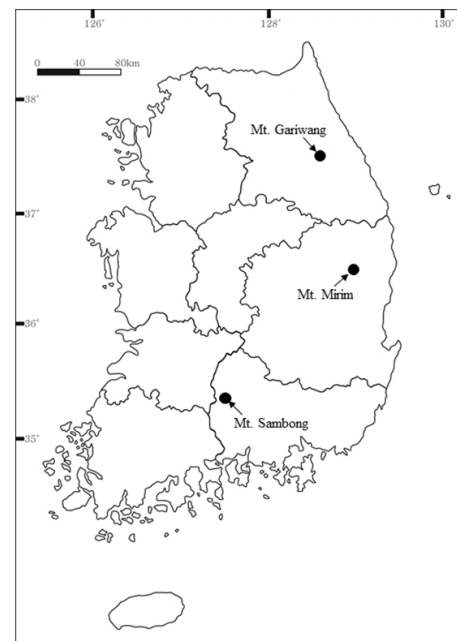


Fig. 1. The map of *L. chuanxiong* cultivation area.

Table 1. The geographical information of *L. chuanxiong* cultivation area

Cultivation area	Coordinate		Altitude (m)
	North Latitude	East Longitude	
Hamyang	N 35° 26' 57"	E 127° 41' 41"	672 m
Bonghwa	N 36° 50' 51"	E 128° 55' 47"	586 m
Jeongseon	N 37° 28' 10"	E 128° 36' 04"	712 m

율을 1:5 (w/v)가 되도록 혼합하여 1시간 후에 상등액의 전기전도도와 pH를 측정하였다. 유효인산은 Lancaster침출법으로 분광광도계를 이용하여 분석하였으며, 치환성양이온인 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 pH가 7.0인 1N의 ammonium acetate를 가하여 원자방출분광광도계(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry, PerkinElmer Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 분석하였다.

### 시료 추출 및 유효성분 분석

분석은 ethanol, acetic acid, phosphoric acid, acetonitrile (Samchun chemical Co., Ltd., Seoul, Korea), HPLC grade 재품을 이용하였고, 표준품은 chlorogenic acid (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA; Lot#:027K2019), senkyunolide A, z-ligustilide (Sichuan Weikeqi Biological Technology Co., Chengdu, Sichuan, China; Batch number: wka19042509, wkq19102304), trans-ferulic acid (Baynoe Chem Co., Minhang, Shanghai, China; Batch number: 20180701)를 이용하였다. 천궁 내 함유성분으로 알려진 chlorogenic acid, senkyunolide A, z-ligustilide와 trans-ferulic acid의 함량을 알아보기 위해 각 시험지별로 30개체씩 시료를 수집하여 건조 및 분쇄한 후 1g을 정량하여 50 mL의 70% ethanol을 주입 후 1시간 동안 초음파 추출(WUC-06H, DAIHAN scientific Co., Ltd., Wonju, Korea)하였다. 추출된 용액을 0.45  $\mu$ m PVDF membrane filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다. 분석은 High Performance Liquid Chromatography (HPLC) 기기인 Agilent Technologies 1200 series (Agilent Co., Ltd, Palo Alto, USA)을 사용하여 실시하였고, 컬럼은 YMC-Pack Pro C<sub>18</sub> reverse-phase column (Particle size 5  $\mu$ m, 4.6  $\times$  250 mm)을 이용하였다.

z-ligustilide와 senkyunolide A는 이동상을 0.1% acetic acid가 함유된 증류수(용매 A)와 0.1% acetic acid가 함유된 acetonitrile(용매 B)을 80 : 20의 비율로 시작하여 5분 동안 유

지하였고, 45 : 55의 비율로 15분 동안 조정 후 15분 동안 유지하였다. 80 : 20의 비율로 0.1분 동안 조정 후, 15분간 유지하는 분석을 실시하였다. Column 온도는 35  $^{\circ}$ C, 유속은 1.0 mL/min, 시료 주입량은 5  $\mu$  L로 설정하였다. UV파장은 330 nm로 DAD 검출기를 사용하였다. trans-Ferulic acid는 이동상을 0.1% acetic acid가 함유된 증류수(용매 A)와 acetonitrile(용매 B)을 81 : 19의 비율로 시작하여 50분 동안 유지하였다. 유속과 시료 주입량, UV파장은 이전과 동일하였으며, column 온도는 30 $^{\circ}$ C로 설정하였다. Chlorogenic acid의 경우 이동상을 0.1% phosphoric acid가 함유된 증류수(용매 A)와 acetonitrile(용매 B)을 88 : 12의 비율로 35분간 유지하였다. 유속과 시료 주입량, column 온도는 trans-ferulic acid 분석과 같았으며 UV파장은 327 nm로 DAD 검출기를 사용하였다. 각 시료 농도는 희석배수(시료 희석배수/표준품 희석배수)  $\times$  표준품 농도(표준품 무게/용매)  $\times$  면적 값(시료 면적/표준품 면적)  $\times$  1/Sample 농도(시료 용매/시료 무게)  $\times$  단위환산을 이용하여 함량을 측정하였다.

### 통계분석

통계분석은 SAS (Statistical Analysis System ver. 7.1) software를 이용하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA)과 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 유의수준 5% ( $p < 0.01$ )에서 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 기후대별 시험지의 생육 및 미기후 특성

기후대별 시험지(온대남부(이하 함양), 온대중부(이하 봉화) 및 온대북부(이하 정선)) 토착균의 생육 특성을 조사한 결과, 근장, 근직경, 지근수, 생중량 및 건중량 모두 정선에서 각각 22.79 cm, 52.46 mm, 7.26 개, 49.08 g 및 20.89 g으로 봉화 및 함양보다 높았다(Table 2). 함양의 경우 근장, 근직경, 지근수 생중량 및

Table 2. Growth characteristics of *L. chuanxiang* root among different cultivation area

Cultivation area	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Number of supporting root	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Hamyang	7.93 $\pm$ 6.30b <sup>z</sup>	37.91 $\pm$ 7.32b	5.33 $\pm$ 2.30a	15.51 $\pm$ 4.02b	5.65 $\pm$ 2.02c
Bonghwa	22.13 $\pm$ 3.40a	50.83 $\pm$ 11.3a	5.95 $\pm$ 1.92a	36.51 $\pm$ 15.52a	13.68 $\pm$ 5.87b
Jeongseon	22.79 $\pm$ 5.08a	52.46 $\pm$ 10.23a	7.26 $\pm$ 1.87a	49.08 $\pm$ 16.02a	20.89 $\pm$ 7.20a

<sup>z</sup>Values followed by different letters within a column indicate significant difference ( $P < 0.05$ ) between substrates for that parameter using DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ( $n \geq 10$ , mean  $\pm$  SD).

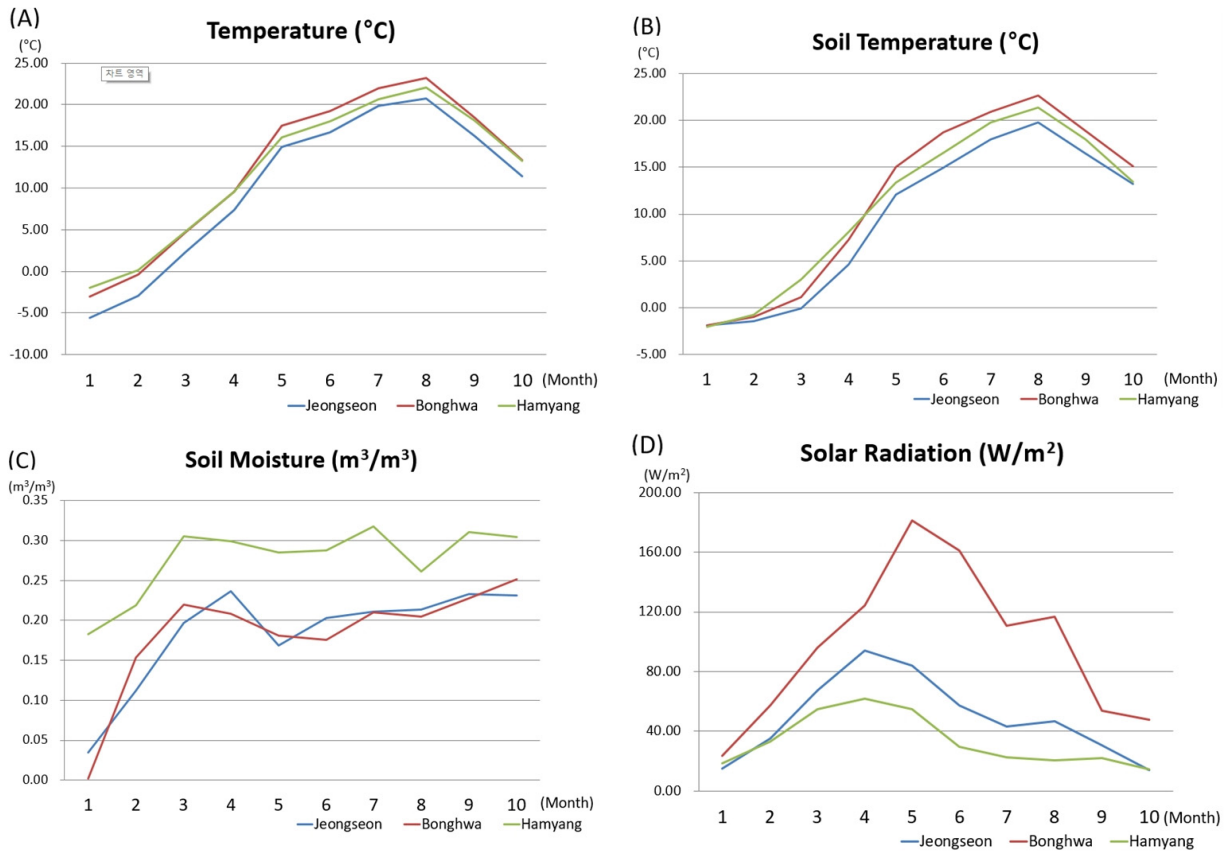


Fig. 2. The meteorological information of *L. chuanxiong* cultivation area. (A); temperature, (B); soil temperature, (C); soil moisture, (D); solar radiation.

건중량이 각각 7.93 cm, 37.91 mm, 5.33 개, 15.51 g 및 5.65 g으로 낮았다. 기온, 토양온도, 토양수분함량 및 일조량 등 미기후를 비교한 결과(Fig. 2), 평균 월별 기온 및 토양온도는 봉화 > 함양 > 정선 순으로 높았다. 보통 남부 지역일수록 토양온도 및 기온이 높은 경향을 보이나 봉화가 다른 기후대의 시험지와 비교하여 높은 일조량이 작용한 것으로 사료된다. 일조량, 해발고 및 토양수분과 같은 미기후 조건은 식물체의 생육 특성에 영향을 준다는 다양한 연구결과가 보고된 바 있다(Hautier *et al.*, 2009; Kami *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2010). 각 시험지의 해발고는 함양 672 m, 봉화 586 m, 정선 712 m로, 고도가 높을수록 생장이 높은 경향을 보였다. 이는 해발고가 올라갈수록 일교차가 크고 기온이 낮아지기 때문에 서늘한 기후에 자생하는 토착종의 생육 특성이 반영된 결과라고 할 수 있으며 각 시험지의 토양수분함량, 일조량 등 다른 환경요인이 복합적으로 존재하기 때문에, 환경을 인위적으로 통제하여 생육 특성에 관여하는 주요인을 검증하는 후속 연구가 필요하다고 사료된다.

### 기후대별 시험지 토양 특성

각 기후대별 시험지의 토양 특성을 비교하기 위하여 토성과 토양 이화학성 분석을 실시하였다(Table 3). 봉화와 정선은 모래 45% 이상, 미사 28% 이하, 점토 20~35%로 구성된 사질식양토(Sandy Clay Loam)였으며, 함양은 모래 65~85%, 점토 0~15%인 사양토(Sandy Loam)로 나타났다. 토양 pH는 함양, 정선 및 봉화에서 4.14, 5.06 및 5.04로 나타나 각 시험지 모두 약산성을 보였다. 유기물 함량은 함양에서 12.51%로 가장 높은 함량을 보였으며, 질소, 유효인산, 전기전도도 등 함양이 봉화 및 정선보다 높은 함량을 보였다. 토양 환경에 따른 식물의 생육과 관련하여 유기물과 N, P, K를 처리하여 재배한 옥수수과 대조군 옥수수의 생산량의 차이가 보고된 바 있다. 그 결과 유기물 및 N, P, K가 식물의 생육을 촉진하여 생산량에 영향을 미친다는 결과를 제시하였다(Zhong *et al.*, 2010). 또한 유기물 함량이 높은 재배지에서 참당귀의 근직경, 근장 등 성장량이 우수한 경향을 보이며, decursin과 decursinol angelate 함량도 같은 경향을 보인다.

Table 3. Edaphic characteristics of *L. chuanxiong* among different cultivation area

Cultivation area	soil type	pH (1:5, H <sub>2</sub> O)	OM <sup>z</sup> (%)	Total N (%)	Avai.P <sup>y</sup> (mg/kg)	EC <sup>x</sup> (dS/m)
Hamyang	SL <sup>w</sup>	4.14 ± 0.09b <sup>U</sup>	12.51 ± 1.36a	0.48 ± 0.09a	137.53 ± 38.53a	0.13 ± 0.04a
Bonghwa	SCL <sup>v</sup>	5.04 ± 0.07a	5.37 ± 1.19b	0.25 ± 0.03b	12.62 ± 3.07c	0.05 ± 0.01b
Jeongseon	SCL	5.06 ± 0.19a	6.37 ± 1.37b	0.26 ± 0.06b	71.99 ± 16.42b	0.05 ± 0.02b

<sup>z</sup>OM: Organic matter, <sup>y</sup>Avai. P: Available phosphate, <sup>x</sup>EC: Electric Conductivity.

<sup>w</sup>SL: Sandy Loam, <sup>v</sup>SCL: Sandy Clay Loam.

<sup>U</sup>Values followed by different letters within a column indicate significant difference ( $P < 0.05$ ) between areas for that parameter using DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ( $n \geq 3$ , mean ± SD).

Table 4. The content of exchangeable cation and cation exchange capacity of *L. chuanxiong* among different cultivation area

Cultivation area	K (cmolc <sup>+</sup> /kg)	Na (cmolc <sup>+</sup> /kg)	Ca (cmolc <sup>+</sup> /kg)	Mg (cmolc <sup>+</sup> /kg)	CEC (cmolc <sup>+</sup> /kg)
Hamyang	0.11 ± 0.03a <sup>z</sup>	0.03 ± 0.02a	0.54 ± 0.17c	0.1 ± 0.02c	29.53 ± 3.65a
Bonghwa	0.13 ± 0.02a	0.05 ± 0.02a	2.7 ± 0.28a	0.56 ± 0.09a	15.83 ± 2.45b
Jeongseon	0.16 ± 0.05a	0.04 ± 0.01a	1.33 ± 0.56b	0.26 ± 0.08b	18.38 ± 3.5b

<sup>z</sup>Values followed by different letters within a column indicate significant difference ( $P < 0.05$ ) between areas for that parameter using DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ( $n \geq 3$ , mean ± SD).

연구 결과가 있다(Kim *et al.*, 2019). 일반적으로 토양 이화학적 이 높으면 작물의 생육에 유리할 수 있다고 알려져 있으나 본 연구는 기존의 연구와 상반되는 경향을 보였다. 이는 시험지별 입지환경의 미기후 특성 결과에서 언급했듯이 토착균의 생육 특성상 정선의 해발고가 높고 기온이 낮으므로 함양과 비교하여 성장량이 높은 결과가 도출되었다고 사료된다.

토양의 양이온치환 용량은 함양에서 29.53 cmolc<sup>+</sup>/kg으로 높은 결과를 보였으며, 정선과 봉화는 각각 18.53 cmolc<sup>+</sup>/kg, 15.83 cmolc<sup>+</sup>/kg으로 비슷하였다(Table 4). Ca<sup>2+</sup>과 Mg<sup>2+</sup> 경우 봉화에서 가장 높았으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 약용작물은 생육을 위해 산성화된 토양의 Ca<sup>2+</sup> 흡수를 촉진 시킨다는 연구가 보고된 바 있으며(Co<sup>^</sup>te' *et al.*, 1995; Ouimet and Camire', 1995), Ca<sup>2+</sup>이 뿌리 생육에 도움을 줄 수 있다는 연구가 보고된 바 있다(Nadeau and Olivier, 2003). Mg<sup>2+</sup>의 경우 병충해 저항에 도움을 주며, 식물체내에서 세포의 수분조절 및 팽압 유지의 연구가 보고된 바 있다(Ouimet and Camire', 1995). 이와 비교하여 본 연구는 기존의 선행연구와 결과적으로 다른 경향을 보였다고 할 수 있는데 이는 기온, 일조량 및 해발고 등 미기후 요인이 작용한 결과라고 사료된다.

### 토착균의 지표성분 함량 비교

토착균의 지표성분의 함량을 비교하기 위하여 senkynolid

A, *z*-ligustilide, chlorogenic acid, *trans*-ferulic acid의 함량을 분석하였다(Fig. 3). 그 결과, 총 함량은 봉화에서 23.27 mg/g으로 가장 높았으며 *z*-ligustilide, chlorogenic, senkynolid A, *trans*-ferulic acid의 순서로 축적되었고 이와 비교하여 함양은 15.87 mg/g으로 가장 적게 축적되었다(Table 5). 정선은 senkynolid A(9.74 mg/g)가 *z*-ligustilide, chlorogenic acid 및 *trans*-ferulic acid와 비교하여 높게 나타나 함양 및 봉화와 다른 경향을 보였다. Baek *et al.* (2016)은 천궁의 품질 평가를 위한 유효성분의 함량을 분석한 결과 chlorogenic acid는 1.0 ~ 2.7 mg/g, ferulic acid는 0.9 ~ 2.7 mg/g, senkynolid A는 0.9 ~ 3.4 mg/g, *z*-ligustilide는 4.7 ~ 11.4 mg/g 범위로 조사되었으며, 천궁의 4가지 성분 함량은 *z*-ligustilide > senkynolid A > ferulic acid > chlorogenic acid 순으로 보고 한 바 있다. 본 연구는 천궁의 유효성분의 함량은 기존의 연구와 비교하여 지표성분별 및 총 함량이 높은 수치를 보였다. 이는 일반적인 노지재배 환경이 아닌 산림 내 다양한 환경요인의 영향을 받은 것으로 사료된다.

Kim *et al.* (2019)은 참당귀 주산지인 평창, 제천, 봉화지역 참당귀의 지표성분을 비교한 결과, 해발고가 높고 강수량이 낮은 평창 지역에서 지표성분이 5.31%로 가장 높았으며, 해발고와 유기물함량, 전기전도도는 양의 상관관계에 있고, 강수량은 음의 상관관계라는 결과를 도출하였다.

Choi *et al.* (2010)은 토양 유기물함량이 높으면 미생물이 이

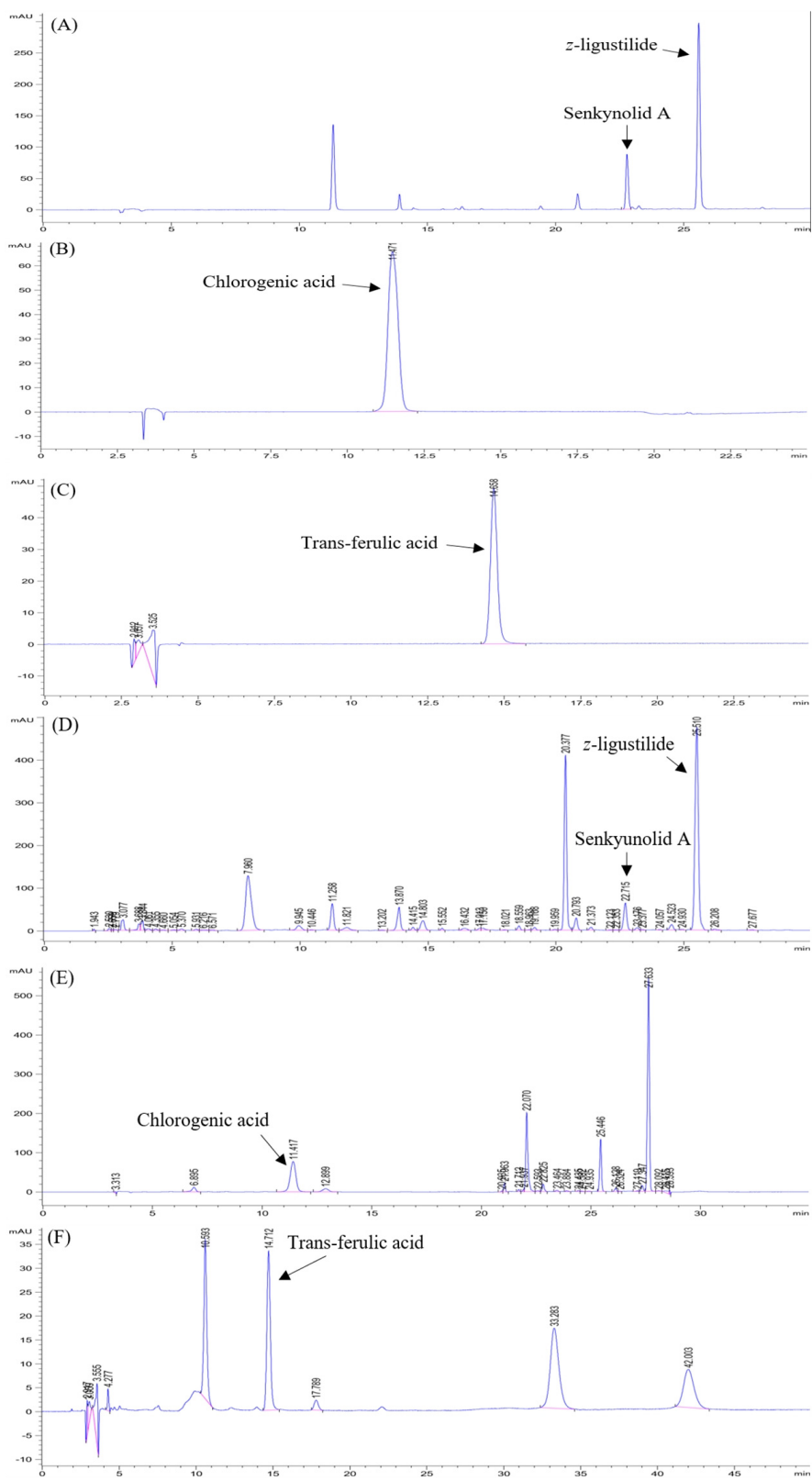


Fig. 3. The chromatogram of active compounds. (A); senkynolid A and z-ligustilide, (B); chlorogenic acid, (C); trans-ferulic acid in standard. (D); senkynolid A and z-ligustilide, (E); chlorogenic acid, (F); trans-ferulic acid in *L. chuanxiiong*.

Table 5. The content of active compound in *L. chuanxiong* among different cultivation area

Cultivation area	Senkynolid A (mg/g dry wt.)	z-ligustilide (mg/g dry wt.)	Chlorogenic acid (mg/g dry wt.)	trans-Ferulic acid (mg/g dry wt.)	Total (mg/g dry wt.)
Hamyang	1.52 ± 1.02b <sup>z</sup>	12.21 ± 3.93ab	1.67 ± 0.32b	0.47 ± 0.07ab	15.87 ± 3.23b
Bonghwa	3.32 ± 0.88b	14.63 ± 1.86a	4.89 ± 0.91a	0.43 ± 0.11b	23.27 ± 2.41a
Jeongseon	9.74 ± 5.72a	9.33 ± 3.74b	1.94 ± 0.59b	0.58 ± 0.14a	21.59 ± 7.38a

<sup>z</sup>Values followed by differet letters within a column indicate significant difference ( $P < 0.05$ ) between substrates for that parameter using DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ( $n \geq 3$ , mean ± SD).

용할 수 있는 에너지원(C)과 영양원(N)을 많이 얻을 수 있으므로 미생물의 증식이 빨라지고, 토양 미생물 바이오매스가 증가한다고 하였다. 또한 토양 미생물 바이오매스는 유기물의 분해에 관여하여 토양에서 양분의 순환을 도울 뿐만 아니라 농업생태계에서 토양관리 또는 환경 스트레스로부터 토양의 이화학적 특성 변화의 지표로 사용된다고 보고하였다. Park *et al.* (2019)은 점봉산 자생지 8개 집단에서 참당귀를 수집하여 자생지 토양 특성이 생육 및 지표성분 함량과의 상관분석을 통해, 토양의  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ 이 뿌리 생장과 높은 양의 상관관계가 나타난다고 보고하였다. 천궁 같은 경우는 재배환경에 대한 자료는 있으나, 연구가 많이 수행되지 못한 측면이 있다. 따라서 기후변화에 대응하기 위한 천궁의 생육 및 미기후 특성과 관련된 보다 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

## 적 요

토천궁(*L. chuanxiong* Hort.)은 산형과(Umbelliferae) 기름당귀속(*Ligusticum*)에 속하는 다년생 식물로, 뿌리를 이용하는 효능 및 약리작용으로 인하여 약용 목적으로 재배된다. 입지환경과 생육 특성 및 지표성분과의 상관관계를 파악한다면 보다 명확한 토천궁의 입지 재배환경 조건을 확립할 수 있을 것이며, 사회·경제적으로 관심이 증가하고 있는 고품질의 단기소득임산물 생산을 위한 기초자료를 확보할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구의 목적은 기후변화에 대응하여 토천궁의 기후대별 입지환경과 생육 특성 및 성분 함량과의 상관관계를 구명하여 최적의 재배환경에 대한 정보를 제공하는데 있다. 기후대별 입지환경 차이에 따른 토천궁의 특성을 비교하기 위해 온대남부의 경상남도 함양군 삼봉산, 온대중부의 경상북도 봉화군 미림산, 온대북부의 강원도 정선군 가리왕산에 각 시험지를 선정하였고, 토천궁을 이식해 생육 특성, 토양 이화학적 분석, 기후 측정, 지표성분 분석을 실시하였다. 그 결과, 정선의 토천궁

생중량 및 건중량이 49.08 g 및 20.89 g으로 가장 높았으며, 근장 및 근직경도 각각 22.79 cm 및 52.46 mm로 함양과 봉화보다 높았다. 유효성분 함량은 정선에서 senkynolid A, z-ligustilide, chlorogenic acid, trans-ferulic acid 총 함량이 21.59 mg/g으로 높게 나타났다. 토천궁의 수량과 성분특성은 생육 환경에 영향을 받으며, 해발고가 높고 기온이 낮으며 토양 수분함량이 적은 지역에서 재배하는 것이 유효성분 함량과 생산량 증가에 유리하다고 사료된다. 본 연구는 환경조건과 생육 특성 및 지표성분 함량과의 상관관계에 대한 자료로써 산림 내 재배환경의 확립 및 연구의 기초가 될 것으로 판단된다.

## Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

## References

- Adil, M., X. Ren and B.R. Jeong. 2019. Light elicited growth, antioxidant enzymes activities and production of medicinal compounds in callus culture of *Cnidium officinale* Makino. *J. Photochem. and Photobiology B: Biology* 196:111509.
- Baek, M.E., G.U. Seong, Y.J. Lee and J.H. Won. 2016. Quantitative analysis for the quality evaluation of active ingredients in *Cnidium* Rhizome. *Yakhak Hoeji* 60(5):227-234 (in Korean).
- Chan, S.S., T.Y. Cheng and G. Lin. 2007. Relaxation effects of ligustilide and senkyunolide A, two main constituents of *Ligusticum chuanxiong*, in rat isolated aorta. *J. Ethnopharmacol.* 111:677-680.
- Cheng, C.Y., T.Y. Ho, E.J. Lee, S.Y. Su, N.Y. Tang and C.L. Hsieh. 2008. Ferulic acid reduces cerebral infarct through its antioxidative and anti-inflammatory effects following transient focal cerebral ischemia in rats. *Am. J. Chin. Med.* 36:1105.
- Choi, B.S., J.A. Jung, M.K. Oh, S.H. Jeon, H.G. Goh, Y.S. Ok

- and J.K. Sung. 2010. Effect of Green Manure Crops on Improvement of Chem. and Biological Properties in Soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 43(5):28-536 (in Korean).
- Choi, S.Y., K.J. Chang, K.C. Lee and C.H. Park. 2000a. Effects of mulching and shading on growth and yield of *Ligusticum chuanguixion* Hort. and *Cnidium officinale* Makino. Korean J. of Medicinal Crop Sci. 8:209-215 (in Korean).
- Choi, S.Y., K.J. Chang, K.C. Lee and C.H. Park. 2000b. Effects of planting density and rhizome weight on growth and yield of *Ligusticum chuanguixion* Hort. and *Cnidium officinale* Makino. Korean J. of Medicinal Crop Sci. 8:201-208 (in Korean).
- Co'te', B., I. O'Halloran, W.H. Hendershot and H. Spankie. 1995. Possible interference of fertilization in the natural recovery of a declining sugar maple stand in southern Quebec. Plant Soil 168(1):471-480.
- Hautier, Y., C.F. Randin, J. Stöcklin and A. Guisan. 2009. Changes in reproductive investment with altitude in an alpine plant. J. Plant Ecology 2(3):25-134.
- Huang, J., X.Q. Lu, C. Zhang, J. Lu, G.Y. Li, R.C. Lin and J.H. Wang. 2013. Anti-inflammatory ligustilides from *Ligusticum chuanxiong* Hort. Fitoterapia 91:1-27.
- Jeong, J.B., S.Y. Ju, J.H. Park, J.R. Lee, K.W. Yun, S.T. Kwon, J.H. Lim, G.Y. Chung and H.J. Jeong. 2009. Antioxidant activity in essential oils of *Cnidium officinale* makino and *Ligusticum chuanxing* Hort and their inhibitory effects on DNA damage and apoptosis induced by ultraviolet B in mammalian cell. Cancer Epidemiology 33(1):41-46.
- Kami, C., S. Lorrain, P. Hornitschek and C. Fankhauser. 2010. Light-regulated plant growth and development. In Current Topics in Developmental Biology 91(1):29-66.
- Kang, H.M., C.S. Chang, H. Kim and S.I. Choi. 2015. Income analysis on the cultivation of major medicinal herbs. J. Korean Soc. of Forest Sci. 104(3):495-502 (in Korean).
- Kim, J.C., W.C. Jang, S.H. Kim and J.H. Park. 2012. Easy *Cnidium officinale* Makino. Cultivation. Bonghwa Medicinal Plant Experiment Station. Bonghwa, Korea. pp. 8-30 (in Korean).
- Kim, N.S., D.H. Jung, C.R. Jung, H.J. Kim, K.S. Jeon and H.W. Park. 2019. Comparison of growth and contents of active ingredients of *Angelica gigas* Nakai under different cultivation areas. Korean J. Plant Res. 32(5):448-456 (in Korean).
- Korea Food and Drug Administration (KFDA). 2012. The Korean pharmacopoeia. Korea Food and Drug Administration. Cheongju, Korea. pp. 10 (in Korean).
- Korea Forest Service (KFS). 2019. Statistical yearbook of forestry. Korean Forest Service. Daejeon, Korea. pp. 288-300 (in Korean).
- Li, S.Y., Y.H. Jia, W.G. Sun, Y. Tang, G.S. An, J.H. Ni and H.T. Jia. 2010. Stabilization of mitochondrial function by tetramethylpyrazine protects against kainate-induced oxidative lesions in the rat hippocampus. Free Radic Biol Med. 48:597-608.
- Li, Q., B. Dong, Y. Qiao, M. Liu and J. Zhang. 2010. Root growth, available soil water, and water-use efficiency of winter wheat under different irrigation regimes applied at different growth stages in North China. Agricultural Water Management 97(10):1676-1682.
- Lin, Y.L., G.J. Wang, C.L. Huang, Y.C. Lee, W.C. Liao, W.L. Lai, Y.J. Lin and N.K. Huang. 2009. Ligusticum chuanxiong as a potential neuroprotectant for preventing serum deprivation-induced apoptosis in rat pheochromocytoma cells: Functional roles of mitogen-activated protein kinases. J. Ethnopharmacol. 122(1):417-423.
- Liu, J.L., S.L. Zheng, Q.J. Fan, J.C. Yuan, S.M. Yang and F.L. Kong. 2015. Optimisation of high-pressure ultrasonic-assisted extraction and antioxidant capacity of polysaccharides from the rhizome of *Ligusticum chuanxiong*. International J. biological macromolecules 76(1):80-85.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2019. 2018 an actual output of crop for a special purpose. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. pp. 21 (in Korean).
- Nadeau, I. and A. Olivier. 2003. The biology and forest cultivation of American ginseng (*Panax quinquefolius* L.) in Canada. Can J. Plant Sci. 83:877-891.
- Ouimet, R. and C. Camire'. 1995. Foliar deficiencies of sugar maple stands associated with soil cation imbalances in the Quebec Appalachians. Can J. Soil Sci. 75:169-175.
- Park, Y.M., D.H. Jeong, S.J. Sim, N.H. Kim, H.W. Park and G.S. Jeon. 2019. The characteristics of growth and active compounds of *Angelica gigas* Nakai population in Mt. Jeombong. Korean J. Plant Res. 32:9-18 (in Korean).
- Ramalingam, M. and Y.K. Park. 2010. Free radical scavenging activities of *Cnidium officinale* Makino and *Ligusticum chuanxiong* Hort. methanolic extracts. Pharmacognosy Magazine 6(24):323.
- Ran, X., L. Ma, C. Peng, H. Zhang and L.P. Qin 2011. *Ligusticum chuanxiong* Hort: A review of chem. and pharmacology. Pharmaceutical Biology 49(11):1180-1189.



- Tran, H.N.K., T.Q. Cao, J.A. Kim, U.J. Youn, S.H. Kim, M.H. Woo and B.S. Min. 2019. Correction to: Anti-inflammatory activity of compounds from the rhizome of *Cnidium officinale*. Archives of Pharmacal Research 42(4):381.
- Wu, J.G., L. Ma, S.Y. Zhang, Z.Z. Zhu, H. Zhang, L.P. Qin and Y.J. Wei. 2011. Essential oil from rhizomes of *Ligusticum chuanxiong* induces apoptosis in hypertrophic scar fibroblasts. Pharmaceutical Biology 49(1):86-93.
- Xie, X., Y. Tian, S. Yin, Y. Lin and G. Tan. 2013. Anticancer effects of *Ligusticum chuanxiong* Hort alcohol extracts on HS766T cell. African J. Traditional, Complementary and Alternative Medicines 10(6):542-546.
- Yuan, J.F., Z.Q. Zhang, Z.C. Fan and J.X. Yang. 2008. Anti-oxidant effects and cytotoxicity of three purified polysaccharides from *Ligusticum chuanxiong* Hort. Carbohydrate Polymers 74(4):822-827.
- Zhang, L., M. Xue and X.J. Ma. 2009. Effect of the active components of red paeonia and rhizoma chuanxiong on matrix metalloproteinases in rabbits with atherosclerosis. Chinese J. Integrated Traditional and Western Medicine 29:514-518.
- Zhong, W., T. Gu, W. Wang, B. Zhang, X. Lin, Q. Huang and W. Shen. 2010. The effects of mineral fertilizer and organic manure on soil microbial community and diversity. Plant and Soil 326(1):511-522.

(Received 14 May 2020 ; Revised 14 July 2020 ; Accepted 16 July 2020)