

재배지 환경에 따른 참당귀 생육 및 지표성분 함량 비교

김남수¹, 정대희¹, 정충렬², 김현준², 전권석³, 박홍우^{2*}

¹국립산림과학원 산림약용자원 연구소, 석사연구원, ²임업연구소, ³임업연구관

Comparison of Growth and Contents of Active Ingredients of *Angelica gigas* Nakai under Different Cultivation Areas

Nam Su Kim¹, Dae Hui Jung¹, Chung Ryul Jung², Hyun-Jun Kim²,
Kwon Seok Jeon³ and Hong Woo Park^{2*}

¹The Master's Degree Researcher, ²Researcher and ³Senior Researcher, Forest Medicinal Research Center, National Institute of Forest Science, Yeongju-si 36040, Korea

Abstract - *Angelica gigas* Nakai (Korean danggui), a member of the Umbelliferae family, is a Korean traditional medicinal plant whose roots have been used for treating gynecological diseases. In this study, the growth characteristics and decursin contents of *Angelica gigas* Nakai were compared according to the difference of cultivation area. As a result, the root diameter of *A. gigas* Nakai was the highest in the Duil-ri, and the number of the root of *A. gigas* was the highest in Topdong-ri. The fresh weight and dry weight of *Angelica gigas* Nakai was the highest in the Topdong-ri. The soil properties of cultivation area was Sandy Clay Loam and the content of organic matter was the highest in Topdong-ri. The total content of decursin was 5.31% the highest in Duil-ri. And 4.96% in Namhoeryong-ri, 4.41% in Kosun-ri, 4.25% in topdon-ri, 3.96% in Gugok-ri, and 3.64% in Gongjeon-ri was accumulated.

Key words - *Angelica gigas*, Decursin, Growth, Soil characteristics

서 언

참당귀(*Angelica gigas* Nakai)는 미나리아과(Apiaceae) 당귀속(*Angelica* L.)에 속하는 다년생 식물로, 뿌리를 보통 약용으로 이용하며, 어린잎이나 연한 줄기를 음식으로 이용하기도 한다. 농림축산식품부에서 발행된 2017년 특용작물 생산실적 조사 결과, 국내에서 생산된 참당귀는 2017년 기준 1,461톤으로 2016년 생산량인 1,398톤에 비하여 약 4.5% 증가하였으며, 국내에서 재배되는 약용작물 중 9번째로 많은 생산량을 보였다(MAFRA, 2018). 재배 면적 또한 503 ha으로, 2016년 재배면적인 497 ha에 비하여 약 1.2% 증가하였다. 참당귀는 강원도 평창, 충청북도 제천, 경상북도 봉화지역과 같은 중북부 해발 300 m 이상인 지역에서 주로 재배되고 있는데, 이는 참당귀가 서늘한 기후에서 생육이 우수한 특징을 갖고 있기 때문이다(Yu *et al.*,

2004). 국내에서는 주로 참당귀(*A. gigas*)를 재배하여 약재로 이용하고, 일당귀(*A. acutiloba* Kitag.)는 쌈채소용으로 재배되며, 중국당귀(*A. sinensis* Diels.)는 재배되지 않으나 약재로서 수입되고 있다(Kim *et al.*, 2018).

당귀는 현재 동의보감 처방 중 500회 이상, 방약합편 처방 중 150회 이상 언급되며 한약 처방에 생강, 감초 등과 더불어 가장 많이 이용되고 있다(Park *et al.*, 2019). 특히 본초강목에 따르면 당귀의 몸통인 당귀신(當歸身) 과 잔뿌리인 당귀미(當歸尾)로 나누어 처방하였는데, 당귀신은 보혈약(補血藥), 당귀미는 활혈거어약(活血祛瘀藥)으로 사용 하였으며, 대한약전 11개정 에 따르면 당귀는 '산형과 참당귀(*A. gigas*)의 뿌리'로 이 약을 건조한 것은 nodakenin 및 총 decursin(decursin과 decursinol angelate)의 합이 6%이상 함유해야한다는 기준이 있다(Lee *et al.*, 2019). Decursin과 decursinol angelates는 참당귀의 지표 성분으로 중국당귀와 일본당귀에는 없는 성분이며, 이 성분은 당뇨합병증 개선, 기억력 개선, 항산화, 항균 등의 효능이 있는

*교신저자: E-mail redrain39@korea.kr
Tel. +82-54-630-5649

것으로 보고되고 있다(Kang *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2003; Park *et al.*, 2011; Yoon *et al.*, 2011). 뿐만 아니라 폐암, 전립선암과 같은 항암에도 효능이 있으며(Yim *et al.*, 2005; Bae *et al.*, 2016; Kim *et al.*, 2016), 참당귀를 추출하여 미백효과, 자외선 차단효과와 같은 효과를 확인하기도 하여 화장품이나 건강기능식품 원료로 이용하려는 연구가 많이 진행되고 있다(Kim *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2019).

현재 재배되고 있는 참당귀는 재배지마다 토양 특성 및 해발고도가 다양하며 매년 바뀌는 기상환경의 영향을 많이 받는다. 이에 따라 지표성분의 함량 또한 영향을 많이 받아 변동의 폭이 매우 커 약용 재료로의 공급이 원활하지 못한 실정이다. 또한 기후의 변화로 인해 평균기온의 상승과 참당귀의 재배 적지가 점점 북쪽으로 이동함에 따라 재배 면적과 생산량이 점차 줄어들 것으로 예상된다. 따라서 본 연구는 주로 생산되는 참당귀 재배지의 특성에 대한 연구와 이에 따른 참당귀의 생장 및 지표성분 함량과의 상관관계를 규명하여 참당귀의 안정적인 한약재 공급을 위한 생산량 및 유용성분 함량 증가에 적합한 재배 환경에 대한 정보를 제공하는데 있다.

재료 및 방법

재배지 선정 및 실험재료 수집

본 연구에서 재배지 차이에 따른 참당귀의 특성을 비교하기 위해 주산지인 강원도 평창군, 충청북도 제천시, 경상북도 봉화군에서 각 2개 소지의 재배 농가를 선정하고(Fig. 1), GPS를 이용하여 위치와 고도를 조사하였고, 기상청에서 제공하는 기후통계분석 데이터를 이용하여 지하부 생육시기인 8월부터 10월까지의 평균 기온과 누적 강수량을 확인하였다(Table 1). 그리고 2018년 10월 하순에 각 재배지별로 참당귀를 수확하여 지하부의 근직경, 근장, 지근수, 생중량과 같은 생장특성조사를 실시하였다(Fig. 2). 생육특성조사는 각 15개체씩 진행되었다. 그 후 50 °C의 건조기(DY-420H, Lassele, Korea)에 7일간 건조시켜 건조량을 측정하였다. 건조된 뿌리는 유용성분의 함량을 분석하기 위해 사용되었으며, 같은 시기에 토양 특성을 조사하기 위해 각 재배지 별 토양을 채취하였다.

토양특성 조사

토양 시료 채취는 각 재배지에서 무작위로 100 g씩 표토를 제거하고 채취하였다. 3반복으로 진행하였으며, 시료를 건조한 토양을 2 mm로 체별한 시료를 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 비율을 1:5 (v/v)가 되도록 혼합하여 1시간 후에 상등액의 전기전도도와 pH를 측정하였다. 유효인산은 Lancaster 침출법으로 분광광도계를 이용하여 분석하였으며, 치환성양이온인 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 pH가 7.0인 1N의 ammonium acetate를 가하여 원자방출분광광도계(ICP)를 이용하여 분석하였다.

시료 추출 및 지표성분 분석

참당귀의 nodakenin, decursin, decursinol angelate의 함량을 알아보기 위해 건조된 시료를 미세한 가루 형태로 분쇄하였다(Fig. 3). 그 후, 0.2 g을 정량하여 2 mL의 100% MeOH을 주입 후 항온수조에서 80 °C로 1시간 동안 추출을 진행하였다. 추출된 용액을 뷰흐너 깔때기를 이용해 여과한 후 회전증발농축기로 농축을 실시하였다. 농축된 시료에 100% MeOH을 2 mL로 정용하여 0.45 µm filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다.

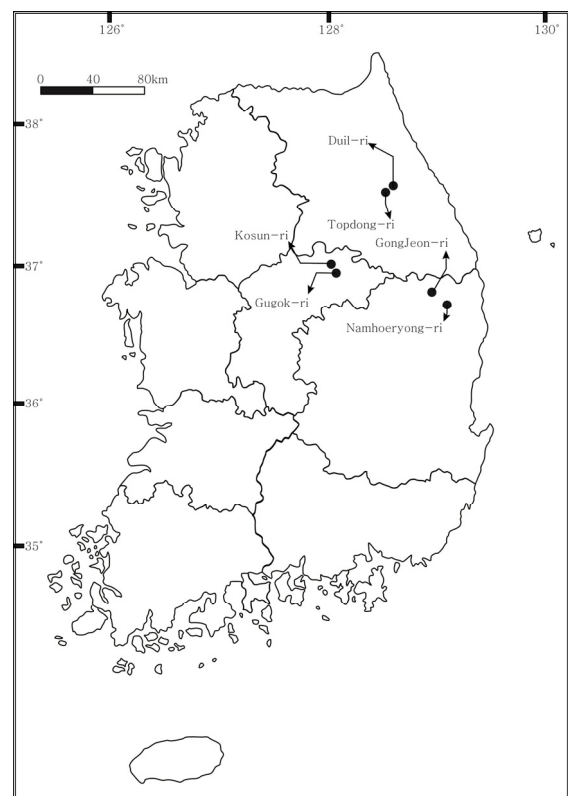


Fig. 1. The map of collected *A. gigas* cultivation area.

Table 1. The geographical and meteorological information of *A. gigas* cultivation area

Cultivation area		Coordinate		Altitude (m)	Temperature ^z (°C)	Precipitation ^y (mm)
		North Latitude	East Longitude			
Pyeong Chang	Duil-ri, Jinbu-myeon 746-4	N 37° 40' 08.78"	E 128° 31' 45.41"	711	17.7	183.0
	Tap-dong-ri, Jinbu-myeon 64-1	N 37° 43' 17.62"	E 128° 33' 29.58"	762	17.7	183.0
Je Cheon	Gongjeon-ri, Bongyang-eup 37-1	N 37° 06' 50.96"	E 128° 05' 19.57"	230	17.8	213.7
	Gugok-ri, Bongyang-eup 73	N 37° 04' 43.71"	E 128° 06' 22.88"	285	17.8	213.7
Bong Hwa	Goseon-ri, Socheon-myeon 36-7	N 36° 58' 49.58"	E 129° 00' 31.62"	435	17.3	173.2
	Namhoeryong-ri, Socheon-myeon 102	N 36° 53' 17.77"	E 129° 09' 09.76"	543	17.3	173.2

^zValues mean average temperature from August to October.

^yValues mean accumulated precipitation from August to October.

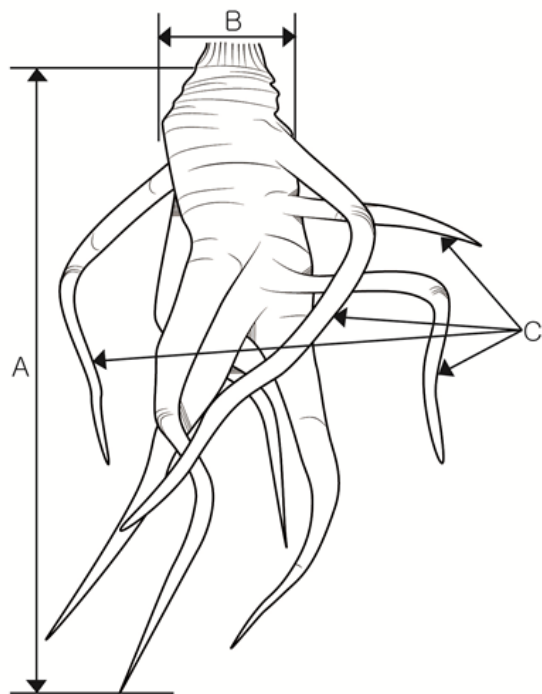


Fig. 2. The structure of *A. gigas* and investigate of growth characteristics. (A) Length of root, (B) Diameter of root, (C) Supporting root.

분석은 Shiseido nanospace SI-2 HPLC system (Shiseido Co., Ltd, Tokyo, Japan)을 사용하여 실시하였고, 컬럼은 Shiseido

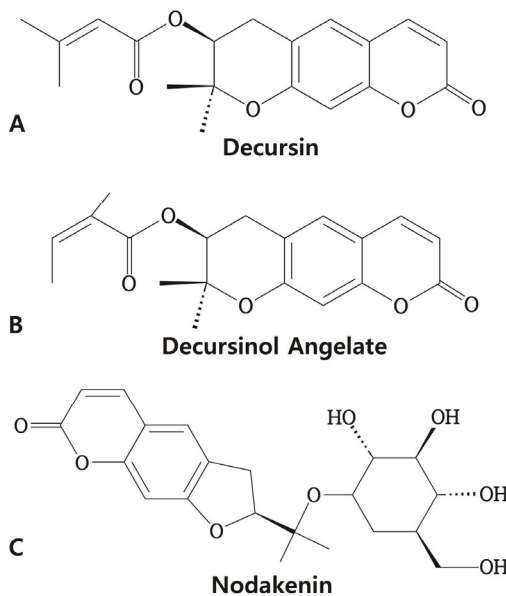


Fig. 3. Structures of the three coumarins. (A) decursin, (B) decursinol angelate, (C) nodakenin.

Capcell Pak C18 MG II column (Particle size 5 μm 4.6 x 250 mm, Shiseido Co., Ltd, Tokyo, Japan)을 사용하였다. 이동상은 1% formic acid가 함유된 증류수 (용매 A)와 1% formic acid의 Acetonitrile (용매 B)을 80 : 20의 비율로 시작하여 5분 동안 유지 후, 40 : 60의 비율로 13분 동안 조정 후 같은 비율로 9분 동안

유지하였다. 다시 80 : 20의 비율로 0.1분 동안 조정 후, 7분간 유지하는 분석을 실시하였다. 분석은 3반복으로 진행되었으며, Colum 온도는 40 °C, 유속은 1.0 mL/min, 시료 주입량은 5 µL로 설정하였다. UV파장은 330 nm로 PDA 검출기를 사용하였다. Methanol에 nodakenin, decursin, decursinol angelate 표준품을 각 농도(200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25 µg/mL)별로 녹여 분석을 진행 한 후, 면적에 대한 농도로 calibration curve를 작성하였다. 각각의 calibration curve을 토대로 시료에 함유된 3가지 성분의 함량을 정량하였다.

통계분석

통계분석은 SAS(Statistical Analysis System ver. 7.1) software을 이용하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA)과 Duncun's Multiple Range Test (DMRT)로 유의수준 5% ($p < 0.01$)으로 검증하였으며, 분석한 데이터 값은 평균치 ± 표준편차(means ± SD)로 나타내었다.

결과 및 고찰

재배지 차이에 따른 참당귀 생장 특성

수확한 참당귀의 생육 특성을 조사한 결과, 근직경은 봉화군 남회룡리와 평창군 두일리에서 각각 72.1 mm, 71.8 mm로 다른 재배지의 참당귀 보다 더 높은 값을 보였다(Table 2). 지근 개수는 평창군 탑동리에서 31.6개로 가장 높았으며, 두일리에서 26.4개로 제천시나 봉화군보다 높았다. 각 재배지의 생중량과 건중량은 탑동리에서 각각 598.4 g, 60.6 g으로 가장 높았다. 광량, 해발고도, 토양수분과 같은 기상환경은 식물체 개체의 생장 특성에 큰 영향을 준다는 다양한 연구가 진행되어 왔다(Hautier

et al., 2009; Kami et al., 2010; Li et al., 2010). Kim et al. (2009)은 해발에 따른 참당귀의 묘의 생육 특성을 조사하였는데, 지대가 높아질수록 활착률, 초장이 높았으며 지하부에서도 지대가 높아질수록 근장과 근직경의 생육과 수량이 우수하였다. 이번 실험에 이용된 재배지의 해발고도는 평창 두일리와 탑동리의 경우 해발 700 m 이상, 봉화 고선리와 남회룡리는 해발 400-500 m, 제천 공전리와 구곡리의 해발은 약 250 m이며, 선행연구와의 결과와 같이 평창에서 재배된 참당귀의 지근수, 생중량 건중량이 봉화, 제천보다 높음을 보였다.

참당귀 주산지의 토양 특성

각 재배지 토양의 특성을 비교하기 위하여 10월 하순에 참당귀를 수확할 때 같이 채취하여 분석을 실시하였다(Table 3). 분석한 결과, 재배지 모두 모래 45%이상, 미사 28%이하, 점토 20-35%인 사질식양토(Sandy Clay Loam)의 토성을 보였다. 토양의 pH는 모두 약 산성을 보이는데, 남회룡리에서 6.41로 가장 높게 나타났으며, 탑동리에서 4.17로 가장 낮았다. 유기물 함량은 탑동리에서 3.63%로 가장 높은 함량을 보였으며, 유기물 함량이 높은 재배지에서 참당귀의 근직경, 근장, 생육이 우수한 경향을 보였다. 또한 decursin과 decursinol angelate 함량도 같은 경향을 보였다. 토양 유기물과 N, P, K을 처리한 옥수수과 대조군 옥수수의 생산량과 토양환경의 차이를 비교하였는데, 그 결과 유기물과 N, P, K을 처리하였을 때 생산량과 토양환경 모두 높아지는 것을 확인하며 유기물 및 N, P, K가 식물의 생육을 촉진하며 생산량에 영향을 준다는 연구가 보고 된 바 있다(Zhong et al., 2010). 전 질소 함량은 봉화 남회룡리에서 0.19%로 가장 높은 함량을 보였으며, 유효인산 함량은 고선리 > 남회룡리 > 탑동리 > 공전리 > 두일리 > 구곡리 순으로 높았다. 전기

Table 2. Growth characteristics of *A. gigas* root among different cultivation area

Cultivation area		Root diameter (mm)	Root length (cm)	Number of supporting root	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Pyeongchang	Duil-ri	71.8 ± 8.9b ^z	41.2 ± 5.7a	26.4 ± 8.5b	564.4 ± 171.2b	54.7 ± 17.2ab
	Topdong-ri	58.8 ± 10.9a	37.9 ± 3.9a	31.6 ± 5.6c	598.4 ± 249.5b	60.6 ± 25.3c
Jecheon	Gongjeon-ri	56.4 ± 13.3a	37.0 ± 10.4a	14.0 ± 2.8a	343.7 ± 146.3a	27.0 ± 11.5a
	Gugok-ri	55.4 ± 9.0a	37.3 ± 3.4a	16.7 ± 4.1a	362.9 ± 152.2a	37.0 ± 15.5ab
Bonghwa	Kosun-ri	55.6 ± 12.2a	37.0 ± 7.2a	17.0 ± 3.8a	350.5 ± 117.9a	28.5 ± 9.6a
	Namhoeryong-ri	72.1 ± 14.9b	41.3 ± 5.1a	16.9 ± 3.8a	585.0 ± 173.6b	48.0 ± 14.2b

^zValues 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 ± SD).

Table 3. Edaphic characteristics of *A. gigas* among different cultivation area

Cultivation area		soil type	pH (1:5, H ₂ O)	OM ^z (%)	Total N (%)	Avai.P ^y (mg/kg)	EC ^x (dS/m)
Pyeongchang	Duil-ri	SCL ^w	5.45 ± 0.22c ^v	1.59 ± 1.31ab	0.12 ± 0.08ab	866.37 ± 349.56a	0.11 ± 0.06a
	Topdong-ri	SCL	4.17 ± 0.17a	3.63 ± 0.66c	0.15 ± 0.01ab	1681.03 ± 411.73b	0.19 ± 0.06b
Jecheon	Gongjeon-ri	SCL	4.85 ± 0.28b	0.85 ± 0.02a	0.09 ± 0.01a	1069.82 ± 82.91a	0.05 ± 0.01a
	Gugok-ri	SCL	5.59 ± 0.14cd	1.55 ± 0.25ab	0.18 ± 0.05b	518.31 ± 62.04a	0.09 ± 0.03a
Bonghwa	Kosun-ri	SCL	5.97 ± 0.32d	1.59 ± 0.27ab	0.17 ± 0.03ab	2678.36 ± 342.97c	0.09 ± 0.06a
	Namhoeryong-ri	SCL	6.41 ± 0.14e	2.30 ± 0.98b	0.19 ± 0.04b	1870.85 ± 383.69b	0.08 ± 0.02a

^zOM: Organic matter, ^yAvai. P: Available phosphate, EC: Electric Conductivity.

^wSCL: Sandy Clay Loam.

^vValues 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 *A. gigas* among different cultivation area

Cultivation area		K (cmolc ⁺ /kg)	Na (cmolc ⁺ /kg)	Ca (cmolc ⁺ /kg)	Mg (cmolc ⁺ /kg)	CEC (cmolc ⁺ /kg)
Pyeongchang	Duil-ri	0.68 ± 0.70a ^z	0.07 ± 0.03a	5.38 ± 0.85b	0.78 ± 0.19a	10.29 ± 5.38a
	Topdong-ri	0.66 ± 0.36a	0.08 ± 0.05a	1.70 ± 1.04a	0.38 ± 0.13a	12.70 ± 2.23a
Jecheon	Gongjeon-ri	0.33 ± 0.11a	0.04 ± 0.01a	1.90 ± 1.09a	0.36 ± 0.20a	7.25 ± 0.26a
	Gugok-ri	0.47 ± 0.13a	0.08 ± 0.04a	5.68 ± 0.59b	0.89 ± 0.09a	9.72 ± 0.62a
Bonghwa	Kosun-ri	1.05 ± 1.07a	0.10 ± 0.09a	5.04 ± 1.83b	1.99 ± 1.02b	12.19 ± 3.51a
	Namhoeryong-ri	0.38 ± 0.14a	0.06 ± 0.01a	6.82 ± 0.95b	1.16 ± 0.25a	9.97 ± 1.02a

^zValues 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).

전도도는 탑동리에서 가장 높았으며 나머지 재배지에서는 약간의 차이가 있었지만 통계적으로 유의하지 않았다.

토양의 양이온치환 용량은 탑동리에서 12.7 cmolc⁺/kg 로 가장 높은 결과를 보였으나, 토양의 양이온치환 용량은 탑동리에서 12.7 cmolc⁺/kg 로 가장 높은 결과를 보였으나, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 4). 또한 고선리에서 K⁺은 1.05 cmolc⁺/kg로, Na⁺은 0.1 cmolc⁺/kg로, Mg²⁺은 1.99 cmolc⁺/kg로 다른 재배지들보다 높았다. Ca²⁺의 함량은 남회룡리에서 6.82 cmolc⁺/kg로 가장 높았다. 약용작물의 생육을 위해 산성화된 토양에 석회처리를 통해 Ca²⁺ 이온 흡수를 촉진시킨다는 연구가 보고 된 바 있으며(Co⁺te' *et al.*, 1995; Ouimet and Camire', 1995), Ca²⁺가 뿌리 생육에 도움을 줄 수 있다는 연구가 보고 된 바 있다(Nadeau and Olivier, 2003; Van der, 1998). 또한 Mg²⁺의 경우는 병충해 저항에 도움을 주며, 식물체내에서 세포의 팽압 유지와 수분조절을 하는 연구가 보고 된 바 있다

(Ouimet and Camire', 1995). 토양의 환경은 재배농가별 비료 처리를 어떻게 하느냐에 따라 크게 변하기 때문에, 뚜렷한 변화를 찾기 힘들다고 사료된다. 이를 구명하기 위해서는 토양의 환경을 독립적으로 설정하여 추가 연구가 필요하다고 생각된다.

재배지 차이에 따른 참당귀의 지표성분 함량 비교

재배지 차이에 따른 지표성분의 함량을 비교하기 위하여 nodakenin, decursin, decursinol angelate의 함량을 분석하였다(Table 5). 그 결과, 총 함량은 두일리에서 5.31%로 가장 높았으며, decursin 함량이 nodakenin, decursinol angelate 보다 많았다. Lee *et al.* (2019)는 뿌리 부위에 따라 신, 대미, 중미, 세미 4부위로 분류 하여 decursin과 decursinol angelate 함량을 분석한 결과, decursinol angelate 함량이 뿌리 직경이 가장 큰 신 부위에서 2.84%로 가장 낮았고 뿌리 직경이 가장 작은 세미에서 4.46%로 가장 높았으며, decursin도 같은 경향을 나타냈다고 하

Table 5. Root development of *A. gigas* among different cultivation area

Cultivation area		Nodakenin (%)	Decursin (%)	Decursinol Angelate (%)	Total (%)
Pyeongchang	Duil-ri	0.29 ± 0.01bcd ²	3.09 ± 0.09c	1.93 ± 0.06b	5.31 ± 0.15c
	Topdong-ri	0.23 ± 0.05a	2.39 ± 0.49ab	1.63 ± 0.36ab	4.25 ± 0.9ab
Jecheon	Gongjeon-ri	0.26 ± 0.01ab	1.96 ± 0.03a	1.40 ± 0.03a	3.62 ± 0.06a
	Gugok-ri	0.32 ± 0.03cd	2.13 ± 0.19ab	1.49 ± 0.13a	3.93 ± 0.35a
Bonghwa	Kosun-ri	0.34 ± 0.01d	2.63 ± 0.09bc	1.45 ± 0.05a	4.41 ± 0.15ab
	Namhoeryong-ri	0.28 ± 0.03abc	2.98 ± 0.38c	1.70 ± 0.22ab	4.96 ± 0.63bc

²Values 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) ($n \geq 3$, mean ± SD).

였다. 이 결과는 뿌리의 직경이 작을수록 더 높아지는 경향성을 보여주고 있으며, 인삼에서도 뿌리의 굵기가 작을수록 진세노사이드의 함량은 증가한 연구결과와 유사하였다(Yang and Yang, 2000). Cho (1992)도 당귀 뿌리별 decursin과 decursinol angelate 함량은 세근이 가장 높았고, 지근, 주근 순으로 낮아졌으며, 피층부가 중심주보다 높았다고 보고한바 있다. 탑동리의 경우 함량은 4.25%로 두일리에 비하여 약간 낮았는데, 이는 다른 재배지의 참당귀와 비교하여 지근수와 중량이 통계적으로 유의하게

높았으며, 부피도 큰 경향을 보였다. 이로 인해 뿌리 직경이 작고 함량이 많은 세근보다 뿌리 직경과 부피가 큰 지근이 다른 재배지의 참당귀보다 상대적으로 높은 비율을 차지하고 있기 때문에 다음과 같은 결과를 보였다고 생각된다.

유효성분 생산량과 입지환경과의 상관관계

참당귀의 건중량과 유효성분의 함량(%)를 이용하여 참당귀 개체당 유효성분의 생산량을 계산한 후, 고도, 기온, 강수량 및

Table 6. Correlation coefficient between the meteorological and edaphic characteristics and active compounds in *A. gigas*

	Nodakenin (%)	Decursin (%)	Decursinol Angelate (%)
Altitude (m)	0.78**	0.88**	0.88**
temperature (°C)	-0.03	-0.13*	-0.06
precipitation (mm)	-0.44	-0.58	-0.44
pH (1:5, H ₂ O)	0.02	-0.01	-0.19
OM (%)	0.30	0.30	0.34
EC (dS/m)	0.55*	0.51	0.58*
Total N (%)	0.13	0.06	0.00
Avai.P (mg/kg)	-0.15	-0.04	-0.16
K (cmolc ⁺ /kg)	0.08	0.03	-0.01
Na (cmolc ⁺ /kg)	0.21	0.10	0.10
Ca (cmolc ⁺ /kg)	0.33	0.24	0.09
Mg (cmolc ⁺ /kg)	-0.11	-0.16	-0.32
CEC (cmolc ⁺ /kg)	0.34	0.30	0.30
Sand (%)	-0.28	-0.24	-0.30
Silt (%)	0.29	0.25	0.33
Clay (%)	-0.04	-0.04	-0.08

*Significant at $p < 0.05$, **Significant at $p < 0.01$.

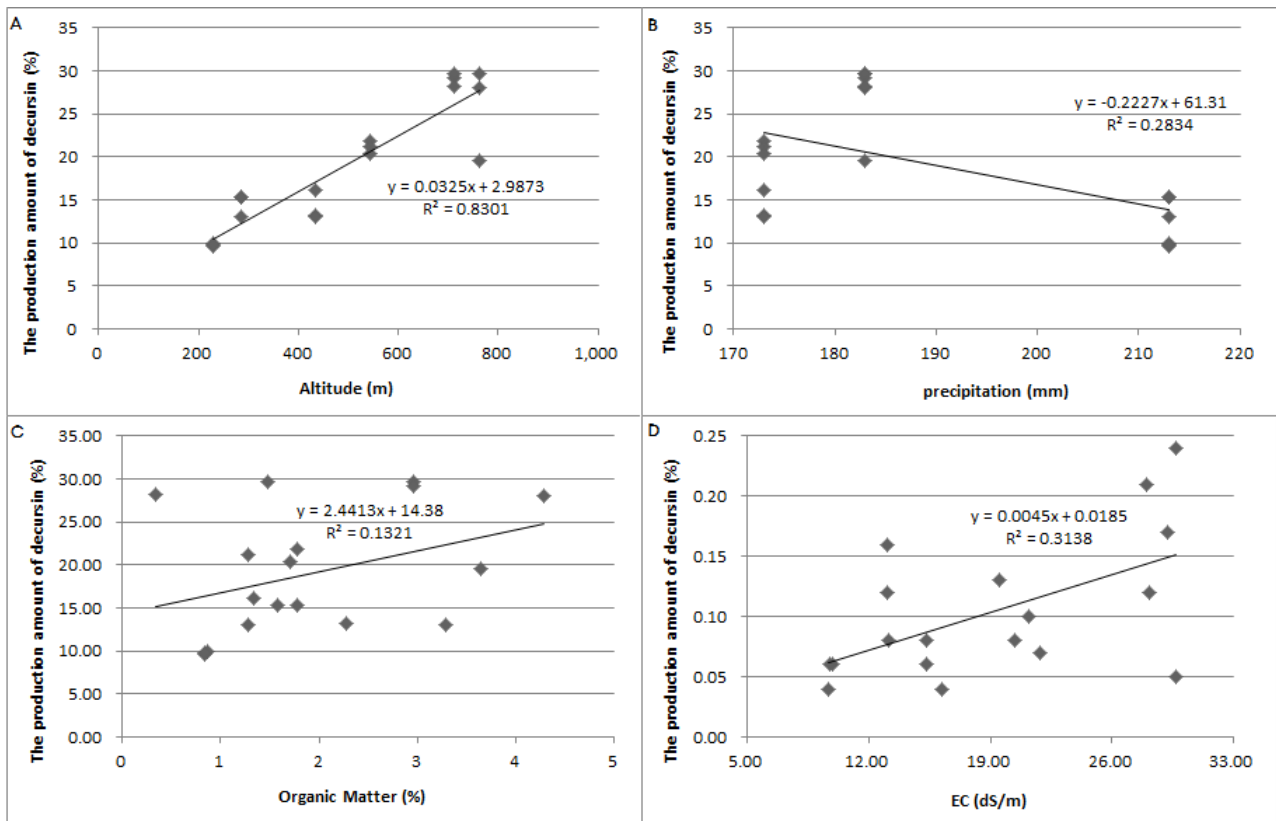


Fig. 4. Graph of regression analysis of the production of decursin and meteorological and edaphic characteristics. A; decursin and altitude (m), B; decursin and precipitation (mm), C; decursin and organic matter (%), D; decursin and electric conductivity (ds/m).

토양환경과 같은 입지환경과의 상관관계에 대한 통계적 유의성을 검정하기 위해 Spearman's rank 상관관계분석을 진행하였다(Table 6). Kim *et al.* (2009)는 해발고도와 참당귀 묘의 decursin 함량과의 관계를 연구하였는데, 고도가 높아질수록 함량이 증가하는 경향을 보였고, decursinol angelate도 같은 경향을 보였으며 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다고 하였다. 상관분석 결과, 이와 일치하게 해발고도와는 강한 양의 상관관계를 가지며 통계적으로 유의하였다(Fig. 4A). 이는 고도가 생육간의 관계 뿐 아니라, 유효성분의 생산량에도 상관이 있음을 확인 할 수 있었다. Seong *et al.* (1993)은 생육초기인 4월부터 7월까지의 일교차가 크고 일사량과 일조시수가 많은 환경이 당귀의 지상부 생육에 유리하고 생육후기인 8월부터 10월까지의 기온이 서늘하고 강수량이 적은 조건이 지하부 비대 및 양분축적에 유리하다고 하였다. 선행결과와 같이 강수량과는 음의 상관관계를 보였으며(Fig. 4B), 기온과는 뚜렷한 상관관계를 나타내지 못하였다. 전기전도도와 유기물 함량과도 약한 양의 상관관계를 보였는데(Fig. 4C, D), Choi *et al.* (2010)은 토양

유기물로부터 미생물이 이용할 수 있는 에너지원(C)과 영양원(N)을 동시에 얻을 수 있기 때문에 토양 미생물 바이오매스가 증가하며 식물에 영향을 준다고 한다. 또한 유효성분 생산량이 모래와는 음의 상관관계, 미사와는 양의 상관관계를 나타냈다. Park *et al.* (2019)은 점봉산 자생지 8개 집단에서 참당귀를 수집하여 토양특성과 생장 특성 및 지표성분 함량 간의 상관분석을 수행한 결과, 토양의 K^+ , Mg^{2+} , Na^+ 이 뿌리 생장과 높은 양의 상관관계를 보였다고 한다. 이번 연구에서는 뚜렷한 상관관계를 파악하지 못하였는데, 토양의 환경은 재배농가에서의 시비에 따라 크게 변하기 때문에 토양의 환경을 독립적으로 설정하고 연구할 필요가 있다고 사료된다.

적 요

참당귀(*Angelica gigas* Nakai)는 미나리과(Apiaceae) 당귀속(*Angelica* L.)에 속하는 다년생 식물로, 뿌리에 효능이 많아 약용 목적으로 재배된다. 본 연구에서는 주로 생산되는 참당귀

재배지의 특성에 대한 연구와 이에 따른 참당귀의 생장 및 지표 성분 함량과의 상관관계를 구명하여 참당귀의 안정적인 한약재 수급을 위한 생산량 및 유용성분 함량 증가에 적합한 재배 환경에 대한 정보를 제공하는데 있다. 참당귀의 근직경은 평창 두일리가, 지근 개수는 평창 탑동리가 가장 많았다. 생중량은 평창 탑동리가 가장 높았으며, 건중량도 이와 같은 경향을 보였다. 재배지의 토성은 사질식양토(Sandy Clay Loam)였으며, 유기물 함량은 탑동리에서 3.63%로 가장 높은 함량을 보였다. 전 질소 함량은 봉화 남회룡리에서 0.19%로 가장 높았으며, 유효인산 함량은 고선리에서 높았다. 총 decursin 함량은 두일리에서 5.31%로 가장 높았다. 결과적으로 평창 두일리에서 참당귀의 생육이 가장 우수하였으며, decursin 함량 또한 높았다. 당귀의 수량이나 성분은 재배지역의 환경조건에 크게 영향을 받는데, 해발이 높은 지역에서 재배하는 것이 지표성분 함량과 생산량 증가에 유리하다고 사료되며, 환경조건과 생육 및 지표성분 함량과의 상관관계에 대한 기초자료가 될 것이라고 판단된다. 또한, 최적의 재배환경의 확립과 식물의 생리작용에 대한 연구의 기초가 될 수 있을 것이라고 판단된다.

사 사

본 연구는 국립산림과학원 일반연구사업 “임업·산림분야 기후변화 영향·취약성 평가 및 적응 연구(Projct No. FE0100-2018-05)”의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

References

- Bae, W.J., U. Ha, J.B. Choi, K.S. Kim, S.J. Kim, H.J. Cho and S.W. Kim. 2016. Protective effect of decursin extracted from *Angelica gigas* in male infertility via Nrf2/HO-1 signaling pathway. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. pp. 9-17.
- Cho, S.H. 1992. Studies on the relationships between inhibition of floral induction and content of active principles and increase of germination percent of *Angelica gigas* Nakai. Department of Agronomy, Ph.D. Thesis, Kon-Kuk University, Korea. p. 69 (in Korean).
- 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 chemical and biological properties in soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(5):528-536.
- 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* 168-169:471-480.
- Hautier, Y., C.F. Randin, J. Stöcklin and A. Guisan. 2009. Changes in reproductive investment with altitude in an alpine plant. *Journal of Plant Ecology* 2(3):125-134.
- Kami, C., S. Lorrain, P. Hornitschek and C. Fankhauser. 2010. Light-regulated plant growth and development: *In* Chitose Kami, *Current Topics in Developmental Biology* (Vol. 91), Academic Press, Lausanne, Switzerland. pp. 29-66.
- Kang, S.Y., K.Y. Lee, M.J. Park, Y.C. Kim, G.J. Markelonis and T.H. Oh. 2003. Decursin from *Angelica gigas* mitigates amnesia induced by scopolamine in mice. *Neurobiol. Learn. Mem.* 79:11-18.
- Kim, C.H., M.C. Kwon, J.C. Han, C.S. Na, H.G. Kwak, G.P. Choi, U.Y. Park and H.Y. Lee. 2008. Skin-whitening and UV protective effects of *Angelica gigas* Nakai extracts on ultra high pressure extraction process. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 16:255-260 (in Korean).
- Kim, J., M. Yun, E.O. Kim, D.B. Jung, G. Won, B. Kim, J.H. Jung and S.H. Kim. 2016. Decursin enhances TRAIL-induced apoptosis through oxidative stress mediated-endoplasmic reticulum stress signalling in non-small cell lung cancers. *Br. J. Pharmacol.* 173:1033-1044.
- Kim, Y.G., Y.S. Ahn, T.H. An, J.H. Yeo, C.B. Park and H.K. Park. 2009. Effect of yield and decursin content according to the accumulative temperature and seedling size cultivation areas of *Angelica gigas* Nakai. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 17(6):458-463 (in Korean).
- Kim, Y.S., H.J. Park, D.H. Lee and H.K. Kim. 2018. Development of multiples polymerase chain reaction assay for identification of *Angelica* species. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 26:26-31 (in Korean).
- Konen, M.E., P.M. Jacobs, C.L. Burras, B.J. Talaga and J.A. Mason. 2002. Equations for predicting soil organic carbon using loss-on-ignition for north central U.S. *Soil Science SCI. SOC. AM. J.* 66:1878-1881.
- Lee, S., Y.S. Lee, S.H. Jung, K.H. Shin, B.K. Kim and S.S. Kang. 2003. Antioxidant activities of decursinol angelate and decursin from *Angelica gigas* roots. *Natural Product Sciences* 9:170-173.
- Lee, S.H., S.H. Lee, M.L. Jin, C.O. Hong, M. Hur, J.W. Han, W.M. Lee, H.M. Yun, Y.B. Kim, Y. Lee and S.C. Koo. 2019. Analysis of index component content and antioxidant activity according to the root diameter of *Angelica gigas*

- Nakai. Korean J. Plant Res. 32(2):116-123 (in Korean).
- Li, Q., Dong, B., Qiao, Y., Liu, M., & Zhang, J. 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.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2018. 2017 an actual output of crop for a special purpose. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. p. 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, H.Y., S.B. Kwon, N.K. Heo, W.J. Chun, M.J. Kim and Y.S. Kwon. 2011. Constituents of the stem of *Angelica gigas* with rat lens aldose reductase inhibitory activity. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 54:194-199.
- 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).
- Seong, N.S., S.W. Lee, K.S. Kim and S.T. Kim. 1993. Environmental variation of decursin content in *Angelica gigas*. *Korean J. Crop Sci.* 38(1):60-65 (in Korean).
- Van der, V.M. 1998. An inventory of wild-harvested plants in the Otter Creek wilderness area of the Monongahela National Forest, West Virginia. M.Sc. Thesis, The College of Agriculture and Forestry, West Virginia University, Morgantown, West Virginia (USA).
- Walkley, A. and Black, I.A., 1934. An examination of Degtjar-eff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-37
- Yang, D.K. and K.J. Yang. 2000. Patterns and contents of ginsenoside in normal root parts and hairy root lines of *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Korean J. Plant Tissue Culture* 27(6):485-489 (in Korean).
- Yim, D., R.P. Singh, C. Agarwal, S. Lee, H. Chi and R. Agarwal. 2005. A novel anticancer agent, decursin, induces G1 arrest and apoptosis in human prostate carcinoma cells. *Cancer Res.* 65:1035-1044.
- Yoon, M.Y., Y.S. Kim, G.J. Choi, K.S. Jang, Y.H. Choi, B. Cha and J.C. Kim. 2011. Antifungal activity of decursinol angelate isolated from *Angelica gigas* roots against *Puccinia recondita*. *Res. Plant Dis.* 17:25-31 (in Korean).
- Yu, H.S., C.H. Park, C.G. Park, Y.G. Kim, H.W. Park and N.S. Seong. 2004. Growth characteristics and yield of the three species of genus *Angelica*. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 12:43-46 (in Korean).
- Zhong, W., Gu. T, Wang. W, Zhang. B, Lin. X, Huang. Q and Shen. W. 2010. The effects of mineral fertilizer and organic manure on soil microbial community and diversity. *Plant and Soil* 326(1-2):511-522.

(Received 7 August 2019 ; Revised 13 September 2019 ; Accepted 30 September 2019)