

점봉산 참당귀 자생지의 생장 및 유용성분 특성

박윤미^{1,4*}, 정대희², 심수진², 김나현¹, 박홍우¹, 전권석³

¹국립산림과학원 산림약용자원연구소, 임업연구사, ²국립산림과학원 산림약용자원연구소, 석사연구원,
³국립산림과학원 산림약용자원연구소, 임업연구관, ⁴서울대학교 산림과학부, 박사연구원

The Characteristics of Growth and Active Compounds of *Angelica gigas* Nakai Population in Mt. Jeombong

Yunmi Park^{1,4*}, Daehee Jeong², Sujin Sim², Nahyeon Kim¹, Hongwoo Park¹ and Gwonseok Jeon³

¹Researcher, ²Master's Degree Researcher and ³Senior Researcher, Forest Medicinal Research Center, Kyungsangbuk-do, Yeongju-si 36040, Korea

⁴Ph.D. Researcher, Department of Forest Sciences, Seoul National University, Seoul 151-911, Korea

Abstract - This study was carried out to investigate characteristics of growth and active compounds of *Angelica gigas* population distributed in Mt. Jeombong. Quadrates were established in native area to harvest root part of *Angelica gigas* and analyze soil properties in September and October 2017. It was found that *Angelica gigas* populations were collected above the altitude 758 m near the valley covered with *Fraxinus mandshurica* and *Acer pictum*, and so on. In case of soil nutrient, soil organic matter, available phosphorous, and total nitrogen ranged 5.8-25.2%, 23.0-67.9 mg/kg and 0.3-1.3% respectively. Also, the Fresh weight of root ranged 28.8-65.3 g in September and 22.3-75.6 g in October. The content of active compounds ranged 2.7-4.7% in decursin and 2.9-4.5% decursinol angelate in October that was increased by 1% and 2.4% respectively compared with that in September. In the final analysis, there was positive correlation between fresh weight of root and exchangeable cation (sodium, calcium, magnesium). Also, there was positive correlation between active compounds and the content of water in root part of *Angelica gigas*.

Key words - Active compounds, *Angelica gigas*, Correlation, Growth, Soil characteristics

서 언

참당귀(*Angelica gigas* Nakai)는 산형과(Umbelliferae) 당귀속(*Angelica* L.)의 속근성 다년초로 어린 순은 나물로 먹으며 뿌리는 약용으로 이용한다. 북방계식물로서 주된 분포역이 북부지역으로 남방한계 분류군 식물이다(Choo *et al.*, 2009). 같은 당귀속에 속하는 근연분류군은 바디나물(*A. decursiva* (Miq.) Franch. & Sav.), 개구릿대(*A. anomala* Ave-Lall.), 갯강활(*A. japonica* A. Gray) 등이 있으며 동속 분류군 중 유일하게 참당귀만이 약용작물로 재배되고 있다. 현재 참당귀는 동의보감 처방 중에 500회 이상, 방약합편 처방 중에 150회 이상 언급되어 감초, 생강과 함께 최다 빈용 약물에 속하지만, 한국, 중국, 일본

3국에서 사용하는 한약재는 그 기원식물이 다르다. 한국에서는 참당귀(*A. gigas* Nakai), 중국에서는 중국당귀(*A. sinensis* (Oliv.) Diels), 일본에서는 일당귀(*A. acutiloba* (Siebold & Zucc.) Kitag.)를 이용하고 있다(Kim *et al.*, 2011; Yu *et al.*, 2004). 과거부터 약재로 이용하기 위해 야생 참당귀를 채취하는 약초꾼에 의해 국내 참당귀의 자생지는 현저하게 감소하는 경향이 있다. 특히 참당귀는 약용뿐만 아니라, 식용(쌈채소), 관상용, 약용(항산화, 당뇨 등) 등의(Park *et al.*, 2009; Nam and Baik, 2016; Choi *et al.*, 2017) 높은 상업적 이용가치로 인해 현재 고지대의 계곡으로 서식처가 제한되고 있는 실정이다. 현재까지의 참당귀 자생지 연구는 Choo *et al.* (2009)에 의한 결과가 유일하며, 참당귀는 내륙산간의 해발고가 높고 계곡과 인접한 지역에 분포하고 있다. 현재까지 자생지가 확인된 곳은 냉온대 산림식생지역으로 중북부 고산지역인 점봉산, 방태산, 오대산, 계방산, 지리

*교신저자: E-mail pym5250@korea.kr
Tel. +82-54-630-5649

산, 치약산, 가리왕산 등이 있으며 지리적 위치에 따라 해발 700-1300 m에서 참당귀의 근락지가 발견되고 있다(Choo *et al.*, 2009). 참당귀의 유용성분은 지용성인 coumarin 계열의 물질과 수용성인 polysaccharide 계열의 물질이며, coumarin 계열에는 decursin, decursinol angelate, umbelliferone, nodakenin, peucedanone, armesin, demethylsuberosin, isoimperatorin 등이 포함되는데(Kim *et al.*, 2007), 그 중 주요 활성 성분은 decursin과 decursinol angelate로 이들은 측쇄인 $(CH_3)_2C=OCHCOO-$ 의 구조가 서로 다른 이성질체이다(Wan *et al.*, 2007; Yim *et al.*, 2005). 한약재로서 참당귀의 이용은 decursin물질에 의한 빈혈증, 복통, 신체동통, 월경불순, 월경관란, 월경통, 기타 부인의 갱년기 장애 등에 응용한다(Kim *et al.*, 1998). 농림식품부 통계자료에 의하면 국내 전체 약용작물 생산량은 2016년 기준 7만 8천여 톤이지만 전체 농업에서는 2% 미만으로 적은 비율을 차지한다. 현재 1,000톤을 상회하는 주요 약용작물은 13종 정도로 전체 생산량의 87.8%를 차지하는데, 그 중에서 참당귀는 국내 약용작물 중 2016년 기준 1,398톤으로 생산량 1,000톤을 상회하는 약초류로서 생산순위 11위에 든다. 특히 참당귀는 국내 생산되는 약용작물 중 70% 이상 식용으로 소비되는 생강, 오미자, 복분자딸기 등에 비해 대부분이 기능성 원료 소재로서 국내에서 활용된다. 한국식품안전관리인증원의 국내 건강기능식품 시장 동향 분석에 의하면 참당귀 혼합추출물을 활용한 건강기능성 식품은 2016년 기준 533억원으로 전체의 22.6%를 차지하여 개별 인정 품목으로서는 1위를 차지한다. 그러나 현재 재배되고 있는 참당귀는 재배지마다 해발고 및 토양 특성이 다양하며 적지가 아닌 곳에 주로 재배가 되고 있으며, 매년 바뀌는 기상환경에 의한 영향을 크게 받아 이차대사산물(지표성분)인 유용성분 함량의 변동 폭이 커 해마다 기능성 원료 소재로서의 공급이 원활하지 못한 실정이다. 또한 현재까지 참당귀 관련 연구는 성분 분석 및 효능에 대한 연구가 주를 이루었으며, 자생지의 생장 및 유용성분의 특성 규명에 대한 연구는 전무한 실정이다(Cho *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2011). 따라서 본 연구의 목적은 참당귀 자생지의 생태적인 특성 연구를 통해 자생지 개체군의 생장 및 유용성분 함량과 환경조건 인자간의 상관관계를 규명하여 약용작물의 고기능성 원료소재 생산에 영향을 주는 재배적지에 대한 정보를 제공하는데 있다.

재료 및 방법

생장특성

본 연구에서 생장특성을 관찰한 참당귀의 자생지는 점봉산(강원도 인제군 기린면)에 위치하고 있으며, 수확 시기에 따른 비교를 위해 2017년 9월 25일과 10월 25일 두 차례에 걸쳐 특성 조사를 수행하였다. 1차 시기에는 임분 특성을 비롯한 집단 내 전 개체를 전수 조사하였으며, 4주 후인 2차 시기에는 상층부 임분 특성조사를 제외한 참당귀 개체 수집 및 특성조사를 수행하였고, 수집된 참당귀의 증거표본과 화상자료는 국립산림과학원 산림약용자원연구소 약용소재은행에 보관하였다. 각 방형구의 경사와 방위는 콤팩스/클리노미터(Sunnto, tandem, Sweden)를 이용하여 측정하였으며 GPS 수신기(GPSMAP60CSX, Garmin, USA)를 사용하여 해발고도 및 경·위도 좌표를 측정하였다. 1차 조사에는 집단이 형성된 크기에 따라 방형구를 설정하고 전체 개체 수를 조사하였다. 또한 집단 별로 1년생을 제외한 2-3년생 10개체 이상의 시료를 수집하여 지상부의 생장특성 조사 및 뿌리의 유용성분 함량을 확인하였다. 또한 건중량을 확인하기 위해 40℃의 Drying machine (DY-420H, Lassele, Korea)에 10일간 건조시킨 후 건중량을 측정하였으며, 수분 함유량은 생중량과 건중량의 차이를 생중량으로 나누어 퍼센트로 환산하였다.

토양특성

토양 시료 채취는 각 자생지의 방형구를 대상으로 낙엽층을 제거한 후 표토로부터 참당귀 뿌리가 위치한 깊이까지 채취하였으며, 1차 시기에는 한 집단에서 3반복 이상 채취하였다. 2차 시기에는 site 4와 site 7을 제외한 나머지 집단에 대해 3반복 이상 채취한 시료를 하나의 시료로 합쳐 분석을 수행하였다. 토양 분석은 시료를 건조하여 2 mm로 체별하여 표준체를 통과한 시료를 사용하였으며, 토양 내 모래, 미사, 점토의 함량을 측정할 수 있는 입도 분석은 Stokes's Law를 기본으로 하여 측정하였다. 토양의 수분함량은 Drying machine에서 100℃로 48시간 이상 건조 후 감소한 무게의 차이로 측정하였고, 토양 내 유기물 함량은 건조 직후의 토양의 유기물을 600℃에서 6 시간 동안 태운 후, 그 감소한 무게 차이로 측정하였다. 토양 pH는 토양시료와 증류수 1 : 5의 비율로 섞어 pH meter를 이용하여 측정하였으며, 전질소는 Micro Kjeldahl법(Konen *et al.*, 2002), 유효인산은 Bray No.1법(Kuo, 1996), 양이온치환용량은 ammonium acetate 법(Summer and Miller, 1996)으로 측정하였다. Ca, K, Mg, Na

의 양이온 함량은 플라즈마 방출 광도법(Sumner and Miller, 1996)을 이용하여 측정하였다.

시료 추출 및 시약

참당귀 지표성분 분석을 위해 열풍 건조하여 분쇄한 시료 10 mg을 1 mL의 100% MeOH을 사용하여 1시간동안 초음파 추출을 실시하였다. 추출물은 원심분리기에서 10분간 원심분리한 다음 상등액을 0.2 μm 멤브레인 필터(Whatman PTFE Syringe Filter, UK)로 여과하여 분석 시료로 사용하였다. 대한약전에 명시된 참당귀의 지표성분인 decursin, decursinol angelate를 표준물질로 사용하여 함량분석을 실시하였으며, 순도 97% 이상으로 한국한방산업진흥원 천연물 물질은행에서 구입하였다. 추출 및 UPLC 분석에서 사용한 MeOH, Acetonitrile, Water은 J.T.Baker (USA) 제품을 구매하였고, formic acid은 Sigma-Aldrich (USA) 제품을 사용하였다.

UPLC 분석

표준물질과 참당귀 추출물의 분석은 Waters Acquity I-class UPLC system (Waters, USA)을 사용하여 분석하였고, 대한약전에 나와 있는 HPLC 조건을 변형하여 UPLC 조건으로 최적의 분석법을 설정하였다. 컬럼은 Waters Acquity BEH C18 column (1.7 μm, 2.1 x 100 mm)을 사용하였고, column 온도를 35℃를 유지하였다. 이동상은 0.1% formic acid (용매 A)와 0.1% formic acid가 함유된 Acetonitrile (용매 B)을 80 : 20의 비율로 시작하여 3분, 70 : 30 → 3.5분, 50 : 50 → 9분, 45 : 55 → 9.5분, 0 : 100, 1분 유지 → 10.5분 80 : 20, 1.5분 유지의 비율로 12분간 분석을 실시하였으며, 유속은 0.2 mL/min로 설정하였다. 시료 주입량은 2 μL였으며, PDA 검출기는 UV 330 nm에서 측정하였다. 설정된 분석조건을 토대로 decursin, decursinol angelate 2가지 성분을 6가지 농도(200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25 μg/mL)에 대하여 분석을 하여 각각의 calibration curve를 작성

하였다. 작성한 calibration curve의 correlation coefficient (R²)값으로 직선성을 판단하여 각 성분의 함량을 계산하였다. 위의 분석방법을 통해 얻은 각 chromatogram을 Empower software 2.0로 분석하여 각 성분들의 피크의 넓이를 측정하였다. 측정된 넓이는 calibration curve의 식을 이용하여 mg/mL의 단위로 계산하였다.

결과 및 고찰

입지 환경

9월 25일 1차 조사 대상지인 3개의 집단은 해발고 828-965 m의 북사면에 위치하고 있었으며, 계곡을 옆에 두고 노암이 많이 분포하는 움푹 들어간 지형이었다(Table 1). Site 1은 들메나무(*Fraxinus mandshurica* Rupr.), 난티나무(*Ulmus laciniata* (Trautv.) Mayr), 까치박달(*Carpinus cordata* Blume)등의 교목이 분포하고, 흉고직경 2.5 cm 이상의 교목밀도는 가장 낮았으나, 평균 흉고직경 및 흉고단면적은 25.7cm와 18.4 m²/ha로 3곳의 Site 중 중간 값으로 관찰되었다. 또한 Site 1의 참당귀 분포는 70 m²면적에 총 개체 수 29개체로 단위면적당 0.4개의 넓은 면적에 적은 밀도로 분포하고 있었다. Site 2는 까치박달(*Carpinus cordata* Blume), 들메나무(*Fraxinus mandshurica* Rupr)등의 교목이 분포하고, 교목밀도는 헥타르로 환산하였을 때 1,714본으로 가장 높았으나, 평균 흉고직경 및 흉고단면적은 12.5 cm와 8.6 m²/ha로 3곳의 Site 중 가장 낮은 값으로 관찰되었다. 또한 이러한 상층 교목의 낮은 울폐로 인해 참당귀는 35m²면적에 총 개체 수 64개체로 세 집단 중 가장 많은 개체가 분포하고 있었다. Site 3은 당단풍나무(*Acer pseudosieboldianum* (Pax) Kom.) 신갈나무(*Quercus mongolica* Fisch, ex Ledeb.), 고로쇠나무(*Acer pictum* subsp. *mono* (Maxim.) Ohashi)등의 교목이 분포하고, 평균 흉고직경이 32.3cm, 흉고단면적은 27.9 m²/ha로 세 집단 중에서 울폐도가 가장 높았다. Site 3의 참당귀는 25

Table 1. Topographic and stand structural descriptions of *Angelica gigas* Nakai populations in Mt. Jeombong, Gangwon-do, Korea. The sites 1-3 were surveyed in September 25

Site	Altitude (m)	Slope (°)	Density of tree (ha) ^z	Stand DBH (m) ^y	Basal area (m ² /ha)	Size of sites (m ²)	No. of individuals (m ²)
Site 1	828	0	428	25.7±11.0	18.4	70	0.4
Site 2	877	0	1,714	12.5±5.1	8.6	35	1.8
Site 3	965	5	1,200	32.3±11.8	27.9	25	1.0

^zDBH > 2.5 cm, ^ymean±S.E.

m²면적에 총 개체수 24개체로 단위면적당 1.0개 분포하고 있었다(Table 1). Choo *et al.* (2009)에 의하면 점봉산의 참당귀는 해발고 700 m 이상에서 확인되었으며, 오대산, 계방산, 지리산 개체군의 분포와 함께 분석하였을 때 냉온대산림식생지역으로, 위도 당 약 100 m의 차이를 보인다고 하였다. 또한 참당귀 개체군 교목층에는 층층나무, 신갈나무, 고로쇠나무, 들메나무가 우점하고 아교목층에는 다래, 당단풍, 까치박달나무가 높은 우점도로 출현한다고 하였다. Kim (2003)은 점봉산 들메나무 군락은 해발 800-900 m에 분포하고 90 % 이상이 계곡 지역에 분포한다고 보고하였다. 본 연구에서도 참당귀 집단은 해발고가 높고 상층 식생으로 들메나무, 까치박달나무, 당단풍, 고로쇠나무가 분포하는 계곡 주변에 분포하는 것으로 확인되었다. 10월 25일 2 차로 조사한 연구대상지의 site 4-site 8의 5개 집단의 특성은 Table 2와 같으며, site 4-7은 해발고가 911-916 m로 비교적 비슷한 고도에 위치하고 있으나 site 8은 해발고가 758 m로 등산로 초입 부분에 위치하였다. 지형으로는 Site 4는 계곡부에 위치하였으며, 나머지 집단은 1 차 조사지인 site 1-3과 유사

하였다.

토양 환경

자생지 토양 환경을 분석하기 위해 site 1-3은 9월 25일, site 5, 6, 8은 10월 25일에 채취하여 분석을 실시하였다. 1차 조사 시 site 1은 모래 47.5-78.5%, 미사 17.6-47.8%, 점토 3.4-4.7%, site 2는 모래 64.2-77.7%, 미사 18.6-30.2%, 점토 3.7-5.8%의 사질양토(SL), 양질사토(LS)의 토성을 보였으며, site 3만 모래 46.0-49.7%, 미사 42.2-48.1%, 점토 5.9-8.2%로 통계적으로 유의하게 다른 집단보다 점토 함량이 평균 7.1%로 높은 양토(L)의 토성이 사질양토와 함께 관찰되었다. 화학적 특성으로는 통계적으로 유의하게 site 1이 pH 6.0으로 높게 관찰되었고, 유효인산과 양이온 중 Ca²⁺ (7.0-16.0 cmolckg⁻¹)과 Mg²⁺ (1.3-2.7 cmolckg⁻¹)의 농도가 다른 집단에 비해 높았다. 또한 site 3은 통계적으로 유의하게 유기물 함량은 25.2%, 전질소 함량이 1.3%로 다른 집단에 비해 2배 이상 높게 관찰되었다(Table 3, Table 4). 일반적으로 토성과 토양 양분 간의 관계에서 점토 함량이 많을수록 양분의 보존능력이 크고 모래함량이 많을수록 투수성 및 통기성은 양호하지만 건조에 약하고 양분이 결핍되기 쉬우며(Nam *et al.*, 1999), 참당귀 재배지의 경우 양토에서 뿌리 생장이 가장 양호하다는 연구가 보고된 바 있다(Yu *et al.*, 2000). 점봉산의 2차 조사 시에는 site 5, 6, 8 세 방형구 내 임의적으로 3반복 이상에서 토양을 채취하여 한 시료로 혼합하여 분석하였다. site 5는 모래 39.2%, 미사 59.5%, 점토 1.3%, site 6 또한 모래 30.9%, 미사 55.7%, 점토 13.5%의 미사질 양토로 미사함량이 높은 토성을 보였으며, site 8만 모래 67.1%, 미사 24.1%, 점토 8.8%로 사질양토의 모래 함량이 비교적 높은 토성을 보였다. 특히 site 5의 경우 유기물함량과 유효인산, 양이온

Table 2. Topographic and stand structural descriptions of *Angelica gigas* Nakai populations in Mt. Jeombong, Gangwon-do, Korea. The Sites 4-8 were surveyed in October 25 (Second investigation)

Site	Altitude (m)	Slope (°)	Topography
Site 4	916	0	Valley
Site 5	915	0	Low slope
Site 6	960	0	Low slope
Site 7	911	0	Low slope
Site 8	758	0	Low slope

Table 3. Edaphic characteristics of *Angelica gigas* Nakai populations in Mt. Jeombong, Gangwon-do, Korea

Site	Particle size analysis	pH (1:5, H ₂ O)	Organic matter (%)	Total N (%)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	CEC (cmolc kg ⁻¹)
Site 1	SL, LS	6.0±0.3c ²	12.0±1.8a	0.6±0.1a	67.9±19.9c	16.2±4.5a
Site 2	SL, LS	5.5±0.2b	10.5±4.3a	0.6±0.2a	41.4±4.9ab	12.7±3.3a
Site 3	SL, L	4.9±0.2a	25.2±1.8b	1.3±0.1b	31.2±12.6a	19.4±0.6a
Site 5	SIL	5.9	21.4	0.9	33.9	20.8
Site 6	SIL	5.3	17.8	0.9	23.0	21.0
Site 8	SL	5.6	5.8	0.3	25.1	12.6

²Values followed by different letters within a column indicate significant differences (P≤0.01) between sites for that parameter using ANOVA analysis (mean ± SD).

Table 4. The content of exchangeable cation of *Angelica gigas* Nakai populations in Mt. Jeombong, Gangwon-do, Korea

Site	K (cmolc kg ⁻¹)	Na (cmolc kg ⁻¹)	Ca (cmolc kg ⁻¹)	Mg (cmolc kg ⁻¹)
Site 1	0.2±0.04a ^z	0.2±0.03a	12.4±4.76c	2.1±0.76c
Site 2	0.1±0.04a	0.1±0.04a	4.4±1.05a	0.8±0.22a
Site 3	0.2±0.05a	0.1±0.08a	6.2±0.95a	1.3±0.22ab
Site 5	0.2	0.2	16.4	3.1
Site 6	0.4	0.1	8.7	1.5
Site 8	0.1	0.1	1.8	0.4

^zValues followed by different letters within a column indicate significant differences ($P \leq 0.01$) between sites for that parameter using ANOVA analysis (mean ± SD).

중Ca²⁺과 Mg²⁺의 농도가 다른 집단에 비해 높았다(Table 3, Table 4). 전체적으로 참당귀 자생지의 pH는 4.9–6.0으로 우리나라 산림토양의 평균인 pH 5.5와 매우 유사한 값을 보였으며 9월에 채취한 토양에서 집단 간 큰 편차를 보였다(Jeong *et al.*, 2002). 토양 양분의 경우 등산로 입구에 위치하는 site 8을 제외하고 유기물 함량은 평균 10.5–25.2%로 우리나라 강원도 산림 토양의 A층의 평균 유기물 함량인 4.9%보다 높은 값을 보였다. 또한 전질소는 평균 0.9–1.3%, CEC는 12.7–21.0 cmolckg⁻¹값으로, 강원도 내 분포하는 토양의 평균값은 전질소 0.21%, CEC 13.4 cmolckg⁻¹)보다 높은 값을 나타내어 비교적 양분이 풍부한 환경에서 참당귀가 자생하고 있는 것으로 판단된다(Jeong *et al.*, 2002). 치환성 양이온 함량에서도 site 8을 제외하고 강원도 평균값보다 높았는데 K⁺ 0.26, Ca²⁺ 3.88, Na⁺ 0.29, Mg²⁺ 1.16을 보였다(Jeong *et al.*, 2002). 이는 참당귀의 자생지가 계곡을 옆에 두고 요형 지형이면서 노암이 많이 분포하여 유기물이 축적되는데 매우 유리한 입지이기 때문인 것으로 판단된다(Choo *et al.*, 2009).

생장 특성

자생지에서 9월 25일 채취한 집단별 생장 특성을 조사한 결과 세 집단 모두 1년생에서 3년생까지 다양한 년생이 혼합되어 있어 상층부, 지하부 생중량 뿐만 아니라 엽수, 지상부 높이, 엽장 등에서 집단 내 개체 간의 차이가 많아 집단 간에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 단 뿌리의 수분 함유량은 개체 간의 큰 차이를 보이지 않아 site 2가 평균 81.0%로 통계적으로 유의하게 세 집단 중에서 가장 낮은 값을 보였다. 이는 site 2의 경우 상대적으로 1–2년생의 작은 개체가 좁은 공간에 많이 분포하게 됨에 따라 뿌리의 생중량이 평균 28.8 g으로 가장 낮은 값을 보여 수분 함유량 또한 일정하게 낮은 값을 보인 것으로 판단

된다. 또한 지상부 대비 지하부의 생중량 비는 site 2를 제외하고 모두 1.0을 상회하였으며, 개체 밀도가 가장 낮은 site 1의 경우 뿌리가 지상부에 비해 2배 가까이 생중량이 높은 값을 보였다. 세 집단의 전체 평균 생중량은 149.5 g, 지상부 생중량은 103.4 g, 뿌리 생중량은 47.9 g, 뿌리의 수분 함유량은 87.4%, 엽수는 16.9개, 지상부 길이는 57.1 cm, 뿌리 중량 대 상층부 중량 비율은 1.4를 보였다(Table 5, Fig. 1). 식물 개체군내 광량, 토양 양분, 토양 수분 등으로 이루어진 미세환경은 개체군의 밀도에 영향을 줄 수 있고 이러한 분포 특성은 개체군내 각 개체의 생장 특성에 큰 영향을 주게 된다(Kephart and Paladino, 1997; Munzbergova, 2005). 본 연구의 세 집단의 경우 참당귀 개체군 내 다양한 년생의 개체가 서로 다른 밀도로 분포함에 따라 집단 별 다양한 생장특성을 보인 것으로 판단된다(Fig. 1). 다년생 초본의 경우 토양 양분이 제한된 환경에서는 잎이나 줄기의 지상부 보다 지하부에 더 많은 바이오매스를 분배하는 경향이 있으며(Chapin, 1980) 빛이 제한된 환경에서는 오히려 식물의 높이를 증가시키는 등의 다른 개체와의 경쟁을 피하는 전략을 쓰는 경향이 있다(Abrahamson and Gadgil, 1973). 본 연구에서는 집단 간 이러한 확연한 경향성을 보이지 않았으나, 수관 율폐 차이로 인한 개체군내 실생묘 발아로 인해 어린 개체의 유입이 많은 site 2의 확연한 차이로 인해 집단 간의 생장 및 분포 특성이 구분되는 것으로 판단된다(Fig. 1). 10월 25일 점봉산의 2차 채취한 개체의 생장특성은 1차 조사와 비교하여 지상부 생중량은 17.5±21.8 g, 뿌리 생중량은 33.8±40.1 g, 수분 함유량은 70.4±3.7%, 뿌리 중량 대 상층부 중량 비율은 3.0±4.2로 1차 조사와 비교하여 전반적인 뿌리 생중량은 줄었으나, 수분 함유량이 감소하고 지상부에 비해 뿌리의 생중량이 증가한 경향을 보였다. 집단별로는 통계적으로 유의하게 토양 양분이 가장 높았던 site 5가 지상부와 뿌리의 생중량이 가장 높은 값을 보였고

Table 5. Morphological characteristics and dry weight (DW) of *Angelica gigas* Nakai populations in Mt. Jeombong, Gangwon-do, Korea in September 25

Site	Fresh weight (g)			Dry weight (g) Root	Moisture ratio in root (%)	No. of leaf per individual	Shoot length (cm)	Leaf (cm)		Root-shoot ratio (%)
	Plant	Shoot	Root					Height	Width	
Site 1	182.3±264.9	117.1±183.3	65.3±82.4	8.8±14.4	91.2±6.0b	11.8±7.7	54.8±36.5	16.9±12.0	15.8±10.9	2.0±1.9
Site 2	124.2±188.6	95.4±155.9	28.8±34.9	7.7±12.4	81.0±10.9a	10.9±10.9	55.3±45.8	13.6±9.1	15.2±10.6	0.8±0.5
Site 3	82.8±51.8	44.7±35.2	44.5±19.9	3.7±1.9	90.1±5.4b	29.0±35.1	61.7±28.3	13.2±6.9	13.0±8.2	1.2±1.1
Aver.	149.5±211.4	103.4±159.9	47.9±60.1	7.3±12.1	87.4±9.2	16.9±22.5	57.1±37.6	14.7±9.9	14.7±10.1	1.4±1.5

²Values followed by different letters within a column indicate significant differences ($P \leq 0.01$) between substrates for that parameter using ANOVA analysis ($n \geq 9$, mean \pm SD).

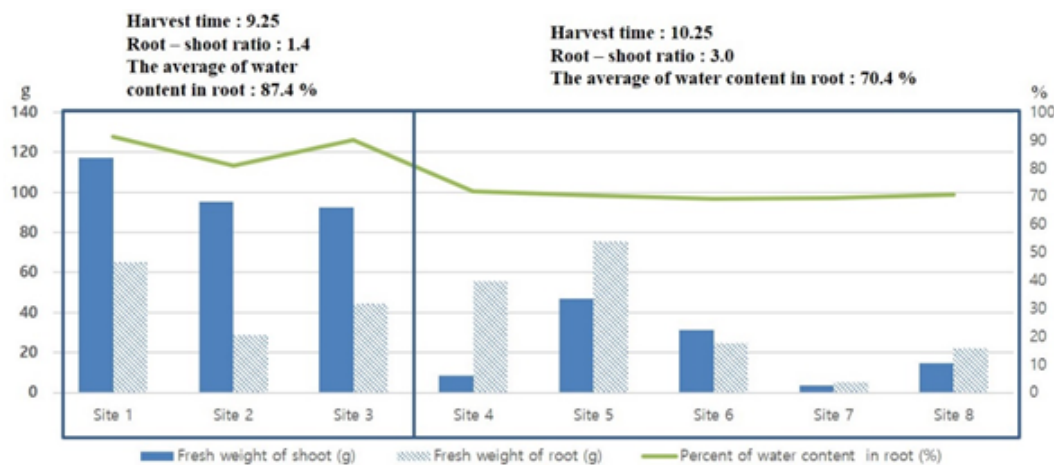


Fig. 1. The comparison of growth characteristics in *Angelica gigas* Nakai populations in Mt. Jeombong by harvest time.

Table 6. Morphological characteristics and dry weight (DW) of *Angelica gigas* Nakai populations in Mt. Jeombong, Gangwon-do, Korea in October 25

Site	Fresh weight (g)		Dry weight (g) Root	Moisture ratio in root (%)	Root-shoot ratio (%)
	Shoot	Root			
Site 4	8.4±4.4ab	55.6±49.9ab	12.3±10.9ab	71.7±4.0a	9.2±7.4b
Site 5	47.1±24.2c	75.6±40.9b	22.9±13.0b	70.3±1.6a	1.6±0.2a
Site 6	31.1±26.2bc	31.1±26.2bc	7.4±4.7a	69.1±4.5a	3.2±4.9a
Site 7	3.5±2.1a	3.5±2.1a	1.5±0.9a	69.4±2.9a	1.7±0.7a
Site 8	14.7±13.7ab	14.7±13.7ab	6.1±4.5a	70.7±3.6a	2.2±1.8a
Aver.	17.5±21.8	33.8±40.1	8.6±9.9	70.4±3.7	3.0±4.2

²Values followed by different letters within a column indicate significant differences ($P \leq 0.01$) between substrates for that parameter using ANOVA analysis ($n \geq 9$, mean \pm SD).

뿌리 중량 대 상층부 중량 비율은 site 4가 9.2로 가장 높은 값을 보였다(Table 6). 참당귀 재배지의 일반적인 수확 시기는 10월 중순에서 11월 상순경으로 뿌리 비대가 이 시기까지 계속 진행

되나 자생지의 경우 9월 하순이 지나면 오히려 뿌리 생중량이 감소한 것을 본 연구에서 확인할 수 있었다(Fig. 1, Ahn *et al.*, 1994).

Table 7. Active compounds in root extracts of *Angelica gigas* Nakai in Mt. Jeombong, Gangwon-do, Korea

Site	Harvest time	Decursin (%)	Decursinol angelate (%)
Site 1	9.25	2.7±0.5	1.1±0.2
Site 2	9.25	3.0±0.2	1.3±0.1
Site 3	9.25	2.9±0.1	1.2±0.1
Aver.	-	2.8±0.8	1.2±0.6
Site 4	10.25	4.7±2.1c	4.5±1.4a
Site 5	10.25	4.3±0.6b	3.3±0.5a
Site 6	10.25	3.4±0.6b	3.5±1.6a
Site 7	10.25	2.7±0.7a	2.9±0.8a
Site 8	10.25	4.1±1.1b	3.2±0.9a
Aver.	-	3.8±0.1	3.6±0.1

^aValues followed by different letters within a column indicate significant differences ($P \leq 0.01$) between substrates for that parameter using ANOVA analysis. ($n \geq 6$, mean \pm SD).

유용성분 특성

1차 조사 시기인 9월 25일 세 개의 집단에서 수집한 참당귀의 뿌리 추출물에 함유된 decursin과 decrusinol angelate의 함량은 집단 간에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, decursin은 평균 2.8%, decrusinol angelate는 1.2% 값을 보였다. 또한 재배지의 일반적인 수확시기와 비슷한 10월 25일 수확한 개체의 뿌리 추출물의 유용성분 분석 결과, decursin은 2.7-4.7%, decrusinol angelate는 2.9-4.5% 값을 보였으며, 전체 평균값은 1차시기보다 decursin은 1% 정도 높고 decrusinol angelate의 함량 차이는 2.4%로 큰 값을 보였다(Table 7). 참당귀는 9월 상중순경이 되면 대기 온도가 내려가기 시작하고 잎의 동화산물은 주로 뿌리부분으로 수송되며 주근과 측근이 신속하게 비대하여 육질화되고 기온이 더 내려가면 생육이 느려지지만 뿌리 내부 물질의 집적 속도는 빨라진다(Seong *et al.*, 1993). 참당귀 자생지의 유용성분 함량에 대한 연구는 현재까지 거의 진행되바 없으며 기존 연구에서는 지역 간, 해발고가 다른 재배지 간과 주근과 세근에서의 decursin과 decrusinol angelate 함량 비교를 분석하였다. 지대별 참당귀 뿌리에 함유되어 있는 decursin과 decrusinol angelate 함량은 주근보다 세근에서 함량이 높았고, 지대별 성분 함량에 있어서도 지대가 높을수록 decursin과 decrusinol angelate 함량이 증가되었다(Seong *et al.*, 1993). 국내 재배되는 참당귀의 뿌리는 한약재료

수재 될 때 대한민국 약전에는 Nodakenin, decursin, decrusinol angelate의 총합이 6.0%이상을 함유해야 함을 기준으로 하고 있다. 본 연구에서는 1차 시기에는 decursin과 decrusinol angelate의 합이 6% 미만이지만 2차 시기에는 대부분의 집단의 평균값이 6%를 초과하는 결과를 보였다.

상관 분석

자생지내 참당귀 뿌리의 생장, 건중량, 수분함량과 토양 특성 간의 상관분석을 수행한 결과 토양 양이온 중 Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 이온과 뿌리 생중량 간의 높은 양의 상관계수를 보였다(Table 8). 2009년 참당귀 자생지가 분포하는 점봉산, 방태산, 오대산, 계방산의 참당귀 집단의 환경을 분석한 결과를 보면 유기물함량과 치환성 양이온인 Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 의 함량이 높은 값을 보였다(Choo *et al.*, 2009). 특히 치환성 양이온 Na^+ 이 뿌리의 생장과 높은 상관성을 보이는 것은 이례적인 결과로 염분에 민감한 식물에게 Na^+ 의 경우는 12 ppm 이상이 생장을 제한하는 농도로 알려져 있다(Sparks, 1995). 캐나다 남부퀘벡 지방의 American ginseng (*Panax quinquefolius* L.)의 경우 치환성 Ca^{2+} 의 농도가 뿌리 생장을 증가시킬 수 있는 중요 인자로 알려져 있다(Nadeau and Olivier, 2003; Van der Voort, 1998). 이러한 지역에서는 약용식물의 생장을 위해 산성화된 토양에 석회처리를 통해 치환성 Ca^{2+} 이온 흡수를 촉진시키고 있다(Co^{te} *et al.*, 1995; Ouimet and Camire, 1995). Mg^{2+} 의 경우는 식물체내에서 세포의 팽압유지에 의한 수분조절과 병충해 저항성의 증대에 역할을 수행하고 있다(Ouimet and Camire, 1995). 유용성분의 경우 9월 25일로 재배지 수확시기 보다 30일가량 빠른 시기에 채취하였는데 decursin과 decrusinol angelate의 값이 각각 2.8%, 1.2%로 낮은 값을 보였다. 재배지의 참당귀 생장 특성은 9월 상중순경이 되면 잎의 동화산물이 주로 뿌리 부분으로 수송되며 주근과 측근이 신속하게 비대하여 육질화되며, 기온이 더 내려가면 생육이 느려지지만 뿌리 내부 지표성분의 집적 속도는 빨라지고 수량 증대는 11월 상중순까지 지속된다고 한다. 자생지의 경우는 재배지와 기상환경의 차이로 인해 생육이 느려지는 속도가 더 빠를 것으로 예상이 되었는데 같은 자생지내 30일 후인 10월 25일에 채취한 시료의 경우 뿌리 생중량 값이 더 낮은 값을 보였다. 유용성분 함량의 경우는 decursin과 decrusinol angelate의 값이 각각 3.8%, 3.6%로 한달 전 1차 채취 시료와 비교하여 1.0%, 2.4%로 높은 값을 보였다. 유용성분과 토양 특성 간 상관분석을 수행하였을 때 decursin과 decrusinol angelate함량은 뿌리 내 수분함량과 높은 음의 상관성을 보였다

Table 8. Correlation coefficient between the root growth characteristics and edaphic characteristics in *Angelica gigas* Nakai habitat

Characteristics of physicochemical properties	Fresh weight of root	Dry weight of root	Moisture ratio in root
pH	0.57	0.63	-0.13
Organic matter	0.44	0.25	0.17
Total N	0.26	0.04	0.23
Available P ₂ O ₅	0.55	0.06	0.70
CEC	0.43	0.39	-0.14
The content of sand	-0.25	-0.37	0.35
The content of silt	0.49	0.56	-0.28
The content of clay	-0.80	-0.63	-0.32
K ⁺	-0.17	-0.10	-0.27
Na ⁺	0.88*	0.85*	0.02
Ca ²⁺	0.89*	0.80	-0.01
Mg ²⁺	0.90*	0.81*	-0.01
EC (dS.m ⁻¹)	0.65	0.03	0.72
NaCl	-0.03	0.20	-0.42

*Significant at $p = 0.05$.

Table 9. Correlation coefficient between the edaphic characteristics and active compounds in *Angelica gigas* Nakai habitat

Characteristics of physicochemical properties	Moisture ratio in root	Decursin (%)	Decursinol angelate (%)
Mg ²⁺	-0.01	0.18	0.14
EC	0.72	-0.62	-0.55
NaCl	-0.42	0.08	0.50
Fresh weight of root	0.29	0.06	-0.17
Dry weight of root	-0.41	0.61	0.42
Moisture ratio in root	1.00	-0.84*	-0.95**
Decursin (%)	-0.84*	1.00	0.85
Decursinol angelate (%)	-0.95*	0.85	1.00

*Significant at $p = 0.05$, **Significant.

(Table 9). 따라서 자생지 참당귀의 유용성분인 decursin과 decursin의 이성질체인 decursinol angelate는 지용성인 쿠마린계 화합물의 특성을 보이며 뿌리 내 수분함량이 적을수록 높은 함량을 보임을 알 수 있었다(Yoon *et al.*, 2011).

적 요

점봉산 참당귀는 해발 750~965 m의 교목층은 들메나무, 고쇠나무, 신갈나무가 분포하고, 아교목층에는 당단풍, 까치박

달나무가 분포하는 계곡지로 유기물이 집적되기 쉬운 다습한 지형에 자생하였다. 참당귀 군락의 토양 분석 결과 토양pH는 4.9~6.0으로 우리나라 산림토양의 평균과 매우 유사한 값을 보였으며, 토양 양분의 지표인 유기물함량, 전질소 양이온치환용량, 치환성 Ca, K, Mg, Na의 함량은 산림토양의 평균보다 비교적 높은 값을 보였다. 성장 특성으로는 9월 말에는 뿌리 생장이 평균 47.9 g이나 10월 말에는 33.8 g으로 29% 감소하였으며, 유용 성분은 반대로 10월말에 decursin 3.8%, decursinol angelate 3.6%로 각각 26%, 67% 증가하였다. 참당귀 자생지 8개 집단의

생장 특성 및 유용성분 함량과 토양특성 간의 상관분석을 수행한 결과 뿌리 생장은 치환성 양이온인 K, Mg, Na과 높은 양의 상관관계를 보였고, 유용성분은 뿌리의 수분함량과 높은 음의 상관관계를 보였다.

References

- Abrahamson, W.G. and M.D. Gadgil. 1973. Growth form and reproductive effort in goldenrods (*Solidago*, Compositae). *American Naturalist* 107:651-661.
- Ahn, S.D., C.Y. Yu and J.S. Seo. 1994. Effect of temperature and day length on growth and bolting of *Angelica gigas* Nakai. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 2(1):20-25 (in Korean).
- Chapin, F.S. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11:233-260.
- Choo, B.K., Y.M. Ji, B.C. Moon, A.Y. Lee, J.M. Chun, T.S. Yoon and H.K. Kim. 2009. A study on environment characteristics of the *Angelica gigas* Nakai population. *J. Korean Env. Res. Tech.* 12(1):92-100 (in Korean).
- Cho, N.J., W.H. Lee, K.K. Kim and S.H. Han. 2017. Investigation of the antioxidant effect of *Angelicae* Radix from Korea, China and Japan. *The Society of Pathology in Korean Medicine* 6:182-187 (in Korean).
- Choi, J.W., J.H. Lee, W.B. Kim, C.K. Kim, H.K. Jung, Y.P. Hong and J.G. Kim. 2017. Changes in the quality and physiological activity of *Angelica acutiloba* leaves in various packaging materials during storage. *Korea J. Plant Res.* 30(1):29-37 (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* 168-169:471-480.
- Jeong, J.H., K.S. Koo, C.H. Lee and C.S. Kim. 2002. Physico-chemical properties of Korean forest soils by regions. *Jour. Korean For. Soc.* 91(6): 694-700 (in Korean).
- Kephart, S.R. and C. Paladino. 1997. Demographic change and microhabitat variability in grassland endemic, *Silene douglasii* var. *oraria* (Caryophyllaceae). *American Journal of Botany* 84:179-189.
- Kim, C.M., M.G. Shin, G.S. Lee and D.K. Ahn. 1998. Wanyeok Jungyakdaesajeon. Jungdam publishing Co., Seoul, Korea. 3:1159-1168.
- Kim, J.H. 2003. The analysis of forest successional trend by species replacement model in the natural forest. *Forest Bioenergy* 22(3):1-10.
- Kim, J.Y., Y.D. Yoon, J.M. Ahn, J.S. Kang, S.K. Park and K. Lee. 2007. Angelan isolated from *Angelica gigas* Nakai induces dendritic cell maturation through toll-like receptor 4. *Int. Immunopharmacology* 7:78-87.
- Kim, S.A., H.K. Oh, J.Y. Kim, J.W. Hong and S.I. Cho. 2011. A review of pharmacological effects of *Angelica gigas*, *Angelica sinensis*, *Angelica acutiloba* and their bioactive compounds. *J. Korean Oriental Med.* 32(4):1-24 (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.
- Kuo, S. 1996. Phosphorus: *In* Sparks, D.L. (ed), *Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods*. Soil Science Society of America Book Series Number 5. American Society of Agronomy, Madison, WI (USA). p. 1390.
- Munzbergova, Z. 2005. Determinants of species rarity: population growth rates of species sharing the same habitat. *American Journal of Botany* 92:1987-1994.
- 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.
- Nam, H.I. and T.H. Baik. 2016. Inhibitory Effects of *Angelica gigas* Nakai on Ulcerative Colitis in DSS-induced ICR Mice. *J. Physiol & Pathol Korean Med.* 30(6):439-446 (in Korean).
- Nam, H.H., D.W. Choi, K.U. Kim, O.H. Kwon and B.S. Choi. 1999. Growth analysis of *Angelica gigas* Nakai affected by cultivation methods. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 7(3): 218-228 (in Korean).
- 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, M.J., S.J. Kang and A.J. Kim. 2009. Hypoglycemic effect of *Angelica gigas* Nakai extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J. Food & Nutr.* 22(2):246-251 (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).
- Sparks, D.L. 1995. *Environmental soil chemistry*. Academic Press, San Diego, USA.
- Sumner, M.E. and W.P. Miller. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients: *In* D.L. Sparks (ed). *Methods of Soil Analysis. Part 3: chemical methods*. Soil Science

- Society of America Book Series No. 5, 3rd edn., Soil Science Society of America, Madison, WI (USA). pp. 1201-1229.
- 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).
- Wan, Y.Q., Y.X. Liu, L. Guo and X.F. Wan. 2007. Determination of trace elements in danggui blood supplementing decoction by ICP-AES. *Mol. Cancer Ther.* 27:160-164.
- 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.* 65:1035-44.
- Yoon, M.Y., Y.S. Kim, G.J. Choi, K.S. Jang, Y.H. Choi, B.J. Cha and J.C. Kim. 2011. Antifungal activity of decursinol angelate isolated from *Angelica gigas* roots against *Puccinia recondite*. *Res. Plant Dis.* 17(1):21-31 (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).
- Yu, H.S., J.K. Bang, Y.G. Kim, N.S. Seong, B.H. Lee and J.S. Jo. 2000. Effect of root head diameter of seedling on growth and bolting response in *Angelica gigas* Nakai. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 8(3):283-289 (in Korean).

(Received 2 October 2018 ; Revised 30 December 2018 ; Accepted 2 January 2019)