

## 참당귀 재배 방식에 따른 생육 및 지표성분 특성 분석

이은송<sup>1†</sup> · 김용일<sup>2</sup> · 김장훈<sup>3</sup> · 김용구<sup>4</sup> · 한경숙<sup>5</sup> · 김동휘<sup>6</sup>

# Comparative Analysis of Growth and indicator Compound Characteristics of *Angelica gigas* Roots Based on Cultivation Methods

Eun Song Lee<sup>1†</sup>, Yong Il Kim<sup>2</sup>, Jang Hoon Kim<sup>3</sup>, Yong Gu Kim<sup>4</sup>, Kyung Sook Han<sup>5</sup> and Dong Hwi Kim<sup>6</sup>

### ABSTRACT

**Received:** 2024 December 23  
**1st Revised:** 2025 January 14  
**2nd Revised:** 2025 February 03  
**3rd Revised:** 2025 February 11  
**Accepted:** 2025 February 11  
**Published:** 2025 February 28

**Background:** *Angelica gigas* is a valuable medicinal crop widely used in traditional medicine because of its pharmacological properties, particularly its bioactive compounds. The aim of this study was to evaluate the growth characteristics, yield, and indicator compound content of *A. gigas* roots grown using different cultivation methods and explore the potential utilization of discarded root segments.

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.

**Methods and Results:** Field experiments were conducted to compare the growth performance, yield, and compound composition between the two cultivation methods. Conventional field seedling cultivation (CFS) roots exhibited significantly greater length and weight than plug-seedling cultivation (PS) roots, leading to a higher yield per area (449.3 kg vs. 269.1 kg). However, the cultivation using CFS required a longer growth period of approximately 3 years, whereas the crop could be harvested within a year with PS. Root diameter classification showed that body and thick roots, i.e., the larger root segments, comprised a higher proportion of the total yield in CFS. In contrast, PS yielded a greater proportion of smaller segments (medium and thin roots). The indicator compound analysis revealed that medium and thin roots had significantly higher levels of decursin, decursinol angelate, and nodakenin under both cultivation methods, with thin roots meeting the Korean Pharmacopoeia standard despite being discarded as a by-product.



**Conclusions:** This study demonstrated that while CFS offers a higher yield per unit area, PS provides time efficiency and reduces cultivation periods, making it a practical alternative for modern agricultural systems. Additionally, the high indicator compound content in the discarded root segments highlighted their potential for repurposing in medicinal and functional product development.

**Key Words:** *Angelica gigas*, Agricultural Practices, Decursin, Growth Characteristics, Medicinal Plants, Pharmacological Compounds

## 서 언

당귀는 참당귀 (*Angelica gigas* Nakai)와 일당귀 (*A. acutiloba* (Siebold & Zucc.) Kitagawa), 그리고 중국 당귀 (*A. sinensis* (Oliv.) Diels)로 나뉘며, 이 중 참당귀와 일당귀는 국내에서 약용작물로 재배되고 있다. 2023년 기준 참당귀 재배 농가는 694 호였으며, 재배 면적은 472 ha, 생산량은

1,291 톤으로 집계되었다 (MAFRA, 2024). 이는 전년 대비 면적은 0.6% 증가하고 생산량은 1.5% 감소한 수치이며, 참당귀의 생산량은 강원도가 55.1%, 경북이 34.5%를 차지해 전체 생산량의 89.6%를 형성하고 있다.

참당귀는 산형과에 속하는 다년생 초본으로, 동아시아 지역에서 중요한 약용작물로 활용되고 있다 (Song *et al.*, 2021). 참당귀의 뿌리는 주로 한약재로 사용되며, 보혈약 (補血藥), 빈

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5660 (E-mail) eslee24@korea.kr

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

<sup>2</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

<sup>3</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

<sup>4</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

<sup>5</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 버섯과 연구관 / Researcher, Mushroom Research Division, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

<sup>6</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

혈 치료제, 강장제, 부인질환 치료제 등으로 전통적으로 널리 쓰여 왔다 (Kang, 2021; Song *et al.*, 2021).

특히, 최근 들어 약효를 나타내는 주성분인 decursin (decursin과 decursinol angelate)의 약리 효과에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 항종양, 항염증, 항산화, 인지 기능 개선 등의 다양한 효능이 보고되고 있다 (Son *et al.*, 2009). 이러한 약리 효과는 건강 기능성 식품 및 제약 산업에서 참당귀 뿌리의 활용 가치를 더욱 높이고 있다.

참당귀는 골관절염의 통증 완화, 미백 효과, 당뇨 합병증 개선에 효능이 있다고 알려졌으며 (Kim *et al.*, 2008; Park *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2014a; Jo *et al.*, 2024), 또한 항암 효과 (Sestito *et al.*, 2024), 난임 예방 (Bae *et al.*, 2016), 신경제포 보호 효과 (Tran *et al.*, 2023) 등의 효능이 보고되었다.

참당귀의 재배 방식은 크게 관행 노지 육묘 이식 방법과 플러그묘 (온상) 육묘 이식 방법으로 나뉜다 (Lee *et al.*, 2024). 관행 노지묘는 재배 기간이 길고 작업 소요가 많아 효율성이 낮다는 단점이 있지만, 생산된 뿌리는 지하부 크기와 수량 면에서 우수한 결과를 보인다. 반면, 플러그묘 방식은 육묘와 재배가 단기간에 이루어질 수 있어 노동력과 시간 측면에서 효율적이나, 수량 및 뿌리 직경에서 관행 육묘에 비해 상대적으로 낮은 성과를 보일 수 있다. 그러나 최근 기후 변화와 연작 장애 등의 문제로 인해 재배 지역이 제한되면서 (Lee *et al.*, 2020), 플러그묘 방식이 실용적인 대안으로 주목받고 있으며, 타 작목에서도 플러그묘는 묘 생산의 생력화가 용이하기 때문에 플러그묘에 대한 수요가 늘어나고 있다 (Kim and Lee, 1998).

참당귀 뿌리를 한약재로 이용하기 위해, 수확된 참당귀 뿌리는 건조 후 직경에 따라 분류되는 가공 과정을 거쳐 신 (身), 대미 (大尾), 중미 (中尾), 그리고 세미 (細尾) 네 부위로 나뉘며, 이 중 세미는 직경이 작아 사용되지 않고 버려지는 경우가 많다 (Lee *et al.*, 2019). 그러나 세미 추출물은 decursin (decursin과 decursinol angelate) 및 nodakenin의 함량이 높아, 폐기 부산물을 한약재 및 건강 기능성 제품 개발에 활용할 가능성이 제시되고 있다 (Lee *et al.*, 2019).

본 연구는 참당귀 관행 노지묘와 플러그묘의 재배 방식에 따른 생육 특성과 지표성분의 차이를 분석하고, 재배 양식별 세미 등 부산물의 활용 가능성을 평가함으로써 참당귀 재배의 효율성과 경제성을 향상시킬 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 종자 재료

본 연구에서는 참당귀 종자 재료로 2023년 강원도 평창군 소재 Good Agricultural Practices (GAP) 생산 농가에서 9월

에 채종한 참당귀 종자 (재래종)를 사용했다. 종자는 4°C 냉장 보관 후 꺼내어 파종 전 72 시간 침종 후 시험에 사용되었다.

### 2. 재배 방법

강원도 평창군 GAP 농가 실증 포장에서 이랑 110 cm와 고랑 50 cm 시험구에 재식밀도는 50 × 25 cm 간격으로 하였다. 시험 포장의 관행시비는 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 성분 (Pungnong Co. Ltd., Mapo, Seoul)을 16:24:12 kg/10a의 양으로 정식하기 2 주 전 포장에 시용 후 경운, 정지하였고, 흰색 멀칭 필름을 썼으며, 기타 재배법은 농촌진흥청 참당귀 표준재배법을 일부 수정하여 수행하였다 (Kim *et al.*, 2014).

### 3. 묘 생산 방법

관행 노지 묘는 강원도 평창군 농가 실증 포장 육묘포에 2022년 10월 종자 직파하였다가, 2024년 4월 하순 (4월 30일) 18개월 동안 자란 종묘를 수확하여 재배포에 이식하여 2024년 10월 하순 (10월 24일) 수확하였다.

플러그 묘는 충북 음성군 인삼특작부 비닐하우스에 2024년 1월 하순 (1월 22일) 128-공 (538 mm × 280 mm × 49 mm, W 8 × L 16 셀, 셀 용량 21 ml, Bumnong Co. Ltd., Jeongeup, Korea) 플러그 트레이에 바로키 원예 범용 상토 (Seoulbio Co. Ltd. Eumseong, Korea)를 충진한 후 파종하였다가 2024년 4월 하순 (4월 30일) 평창군 농가 실증 포장에 이식하여 2024년 10월 하순 (10월 24일) 수확하였다.

### 4. 수량 평가

4월 하순 (4월 30일) 포장에 정식 2주 후에 활착한 개체 수를 정식한 전체 개체 수로 나누어 활착률을 계산하였다. 이어서 10월 하순 (10월 24일)에 시험 포장에서 정상적으로 생육한 참당귀를 수확했고, 지하부에 묻은 흙을 물로 세척하고 표면에 묻은 물기를 제거한 후 즉시 무게를 측정했다.

또한, 지하부 수확량을 평가하기 위해 60°C에서 48시간 동안 건조하여 (VS-1202D4N, VISION Scientific Co. Ltd. Daejeon, Korea), 건조 무게를 측정했다.

### 5. 수확물 직경분류

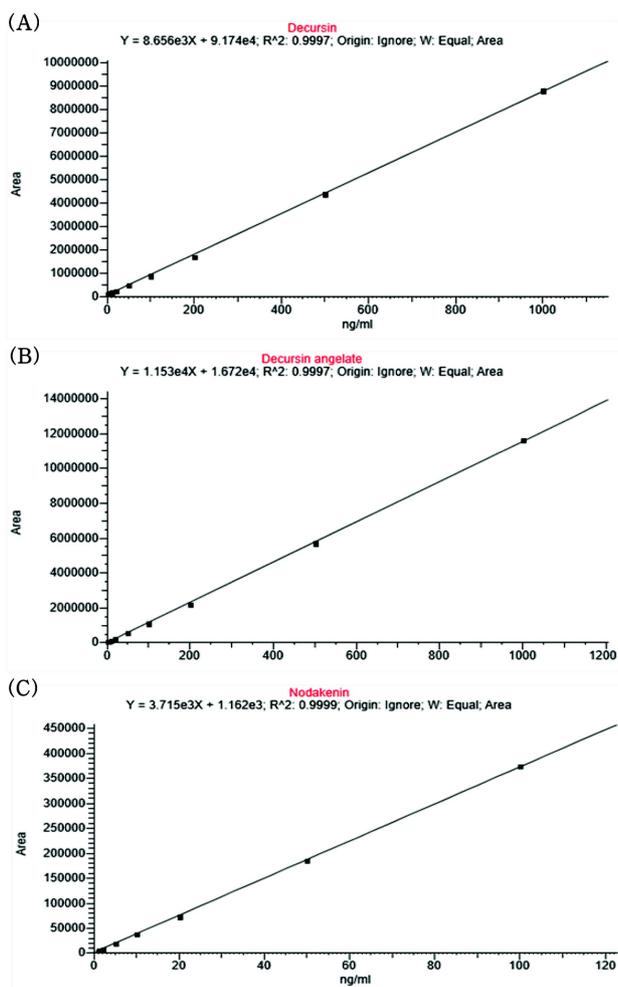
수확한 지하부 수확물은 직경에 따라 신, 대미, 중미, 세미로 구분하였다 (Lee *et al.*, 2019). 신 (body)은 직경이 47.4 mm 인 몸통 부위, 대미 (thick root)는 지하부 직경이 6.16 mm - 47.3 mm 인 부위, 중미 (medium root)는 지하부 직경이 2.39 mm - 6.15 mm 인 부위, 그리고 세미 (thin root)는 지하부 직경이 2.38 mm 이하인 부위로 나누었다.

### 6. 참당귀의 지표성분 분석

표준물질은 ㈜코아사이언스 (Coreosciences Co., Ltd., Seoul,

**Table 1.** HPLC analysis conditions for decursin, decursinol angelate and nodakenin in *A. gigas* Nakai.

HPLC analysis condition		
Column oven temperature	45°C	
Mobile phase	Solvent A : Water	
	Solvent B : acetonitrile	
UV wavelength	330 nm	
Flow rate	0.3 mL/min	
Gradient elution system		
Time (min)	%A	%B
Initial	95	5
1	80	20
10	5	95
10.5	5	95
10.6	95	5
Injection	1 $\mu$ l	

**Fig. 1.** Calibration of three indicator compounds of *A. gigas* Nakai. (A) decursin, (B) decursinol angelate, (C) nodakenin.

Korea)에서 구입해 이용하였으며, 20 mg의 분쇄된 당귀를 80% methanol 1 mL에 현탁하여 15 분간 초음파 추출한 후, 0.45  $\mu$ m의 syringe filter (Whatman, Maidstone, England)로 여과하여 지표성분 분석에 사용하였다.

분석은 Agilent 1100 Series HPLC 시스템 (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)을 이용하였고, 컬럼은 YMC-Pack ODS-AM (4.6 mm  $\times$  250 mm, 5  $\mu$ m, YMC Co., Ltd., Kyoto, Japan)을 이용하였으며 분석 조건은 Table 1과 같다.

검량선을 작성하기 위해 표준품을 methanol에 녹여 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25  $\mu$ g/mL의 농도로 제조하여 HPLC 분석을 수행했고, 면적에 대한 농도로 검량선을 작성하였다. Decursin ( $\geq 97\%$ ), decursinol angelate ( $\geq 98\%$ ) 및 nodakenin ( $\geq 98\%$ )의 방정식은 Fig. 1에 나타났다.

## 7. 통계 분석

통계 분석은 SAS Enterprise 7.2 (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA)를 이용하여 일원분산분석을 실시했으며 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)와 Student's *t*-test를 이용하여 처리 간 평균값의 유의성 5%, 1% 및 0.1% 수준에서 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 재배양식별 참당귀 생육 및 수량 특성

참당귀 관행 노지묘와 플러그묘를 포장에 정식한 후 초기 활착률을 조사한 결과, 두 처리 간 유의한 차이 없이 모두 99%를 초과하여 활착이 양호한 것으로 나타났다 (Table 2). 정식 후 수확한 지하부의 생육 특성에서 관행 노지묘의 지하부 길이와 무게는 각각 52.9 cm와 84.5 g으로, 플러그묘보다 유의적으로 높은 값을 보였다 (Fig. 2). 이러한 경향은 단위 면적당 수량에서도 나타나, 관행 노지묘는 449.3 kg, 플러그묘는 269.1 kg의 수량을 기록하였다.

관행 노지묘의 육묘 기간은 전전년도 가을 (2022년 10월)에 파종하여 당년 봄 (2024년 4월)에 묘를 재배포장으로 이식하고 같은 해 10월에 수확하는 방식으로, 총 재배 기간은 약 2년, 햇수로는 3년이 소요된다.

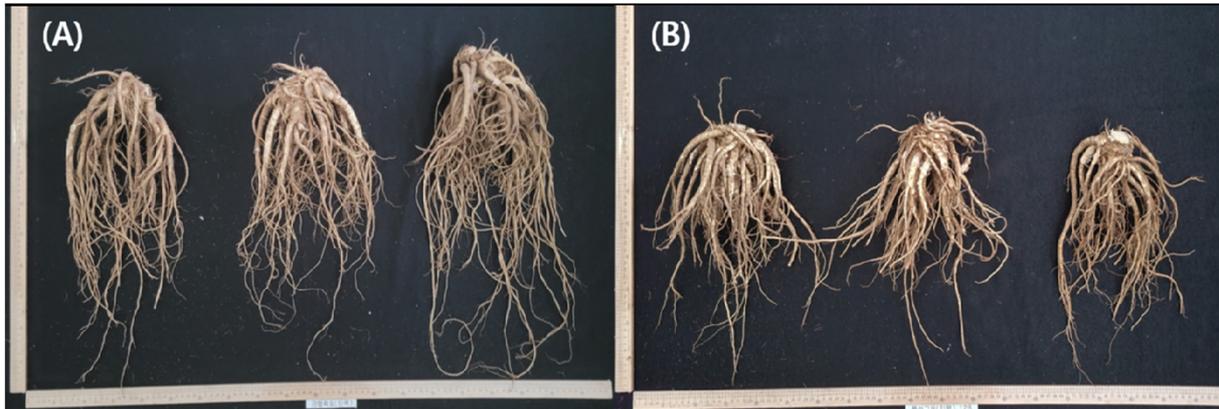
면적당 수량은 육묘 기간이 긴 관행 노지묘 재배에서 449.3 kg으로 플러그묘보다 유의적으로 높았다. 그러나 관행 노지묘 방식은 육묘에만 1년 6개월이 소요되며 (Kim *et al.*, 2014b). 재배포장 이식 후 재배 기간을 포함하면 총 3년의 기간이 필요하다. 반면, 플러그묘 재배는 당해 연도에 육묘와 재배를 완료할 수 있어 (Nam *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 2024), 재배 기간을 고려했을 때 기간 대비 플러그묘의 수량이 더 높은 것으로 판단된다.

일반적으로 플러그묘 이식재배는 초기 하우스 제작에 초기

**Table 2.** Growth and production characteristics of *A. gigas* Nakai based on the cultivation type.

Cultivation type <sup>1)</sup>	Survival rate (%)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Root weight (g:DW <sup>2)</sup> /ea)	Yield (kg/10a)
CFS	99.7±0.0 <sup>ns</sup>	52.9±8.3 <sup>**</sup>	51.7±4.4 <sup>ns</sup>	84.5±20.3 <sup>*</sup>	449.3±108.0 <sup>*</sup>
PS	99.7±0.1	38.6±4.3	43.5±3.6	50.6±9.4	269.1±50.0

<sup>1)</sup>CFS; conventional field seedlings cultivation, PS; plug seedlings cultivation, <sup>2)</sup>DW; dry weight basis. Values represent means ± SD (standard deviation) and measurements were conducted in triplicate to ensure reproducibility. Statistically significant value compared with control group by unpaired student's *t*-test (\**p* < 0.05, \*\**p* < 0.01). ns; not significant.



**Fig. 2.** Shape of the underground part of *A. gigas* Nakai after harvest: Comparison between conventional field seedling cultivation and plug seedling cultivation. (A) conventional field seedlings cultivation, (B) plug seedlings cultivation.

투자비가 필요하며 매해 감가상각비가 발생하기 때문에 GAP 참당귀 재배 농가들은 관행적으로 노지에 종자를 파종한 후 1년 이상 육묘 과정을 거쳐, 본밭에 이식하는 방법을 선택한다 (Yu *et al.*, 2000).

최근 기후 변화로 인해 참당귀의 재배 지역이 북상하고 있으며 (Lee *et al.*, 2024), 연작 장애로 인해 재배 이력이 없는 토양을 임차해야 하는 농가의 현실을 고려할 때 (Lee *et al.*, 2020), 기간이 긴 관행 노지묘 재배법보다 플러그묘 재배법이 기후 변화와 연작 장애로 인한 재배 애로사항을 회피할 수 있는 대체 전략으로 이용될 수 있다.

또한, 농업 현장의 인력 부족과 고령화 문제를 해결하기 위해 작업 효율을 높일 수 있는 기계화 및 자동화가 필요하며, 플러그묘를 활용한 기계화 작업 적용에 대한 추가 연구가 요구되므로 플러그묘 재배가 장기적으로 유용한 재배 방식이라고 할 수 있다 (Lee *et al.*, 2024).

## 2. 재배양식별 참당귀 품질평가

Decursin (≥97%), decursinol angelate (≥98%) 및 nodakenin (≥98%)의 회귀 방정식은 Fig. 1에 나타내었으며 decursin, decursinol angelate와 nodakenin의 retention time은 각각 9.1, 9.1, 그리고 4.2 분으로 확인되었다 (Fig. 2).

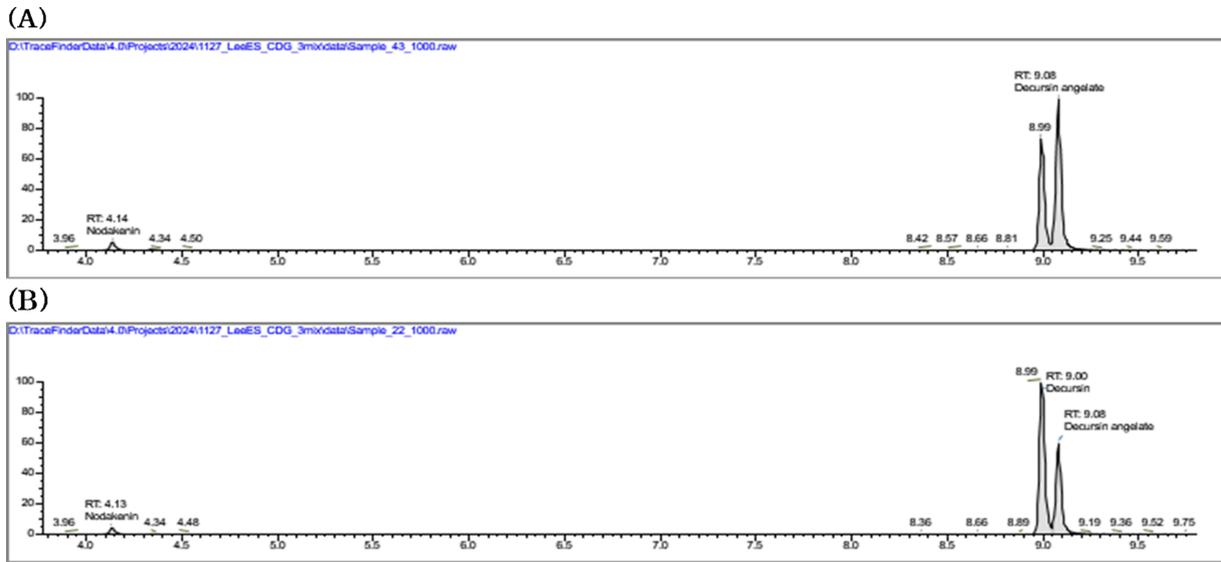
참당귀 관행 노지묘 재배와 플러그묘 재배의 양식에 따른 성분을 분석하였다 (Table 3 and Fig. 3). 관행 노지묘에서 decursin 함량은 48,287.3 mg/kg (4.8%), decursinol angelate는 28,619.6 mg/kg (2.9%), nodakenin은 5,785.9 mg/kg (0.6%)로, 세 가지 성분의 합은 82,692.8 mg/kg (8.3%)였다. 플러그묘에서는 decursin 함량이 42,954.8 mg/kg (4.3%), decursinol angelate가 24,919.7 mg/kg (2.5%), nodakenin이 5,766.3 mg/kg (0.6%)로, 성분의 합은 73,640.8 mg/kg (7.4%)로 나타났다.

대한약전 제 11개정판에 따르면, 당귀는 ‘산형과 (미나리과) 참당귀 (*A. gigas*)의 뿌리’로 정의되며, 이 약재를 건조한 후 nodakenin과 총 decursin (decursin 및 decursinol angelate)의

**Table 3.** Contents of indicator components of *A. gigas* Nakai based on the cultivation type.

Cultivation type <sup>1)</sup>	Decursin (mg/kg)	Decursinol angelate (mg/kg)	Nodakenin (mg/kg)	Total contents (mg/kg)
CFS	48,287.3±1856.4 <sup>*</sup>	28,619.6±1224.4 <sup>ns</sup>	5,785.9±273.8 <sup>ns</sup>	82,692.8±5070.8 <sup>ns</sup>
PS	42,954.8±1796.7	24,919.7±1227.4	5,766.3±351.1	73,640.8±5363.2

<sup>1)</sup>CFS; conventional field seedlings cultivation, PS; plug seedlings cultivation. Values represent means ± SD (standard deviation) and measurements were conducted in triplicate to ensure reproducibility. \*Statistically significant value compared with control group by unpaired student's *t*-test (\**p* < 0.05).



**Fig. 3.** HPLC chromatogram of decursin, decursinol angelate, and nodakenin of *A. gigas* Nakai. (A) conventional field seedlings cultivation, (B) plug seedlings cultivation.

합이 6% 이상이어야 한다 (MFDS, 2019). 관행 노지묘와 플러그묘의 두 재배 방식에서 수확한 참당귀 모두 약전 기준을 충족하는 것으로 확인되어 약재를 건조 후 뿌리를 약용할 수 있는 것으로 확인되었다.

관행 노지묘 재배와 플러그묘 재배는 묘를 기르는 방법과 기간에서 차이가 있다. 방법으로는 관행 노지묘는 1년 6개월 간 육묘포에 씨를 뿌려 불볕 정도 크기의 묘를 키우는 것이고, 플러그묘는 하우스 등 갖추어진 시설 안에서 플러그 트레이를 이용하여 집약적으로 2개월 - 6개월 간 어린 묘를 키워 재배하는 것이다.

관행 노지묘 재배와 플러그묘 재배는 재배 기간이 상이한 반면 유효성분 간 차이가 큰 차이가 없는 것으로 나타나 재배 기간이 짧은 플러그묘의 이점이 확실한 것으로 나타났다. 이처럼 플러그묘 재배를 통해 유효성분 함량을 축적시키는 사례는 다양한 약용작물에서 연구되었다. 황기에서는 변온 조건과 광질 처리를 통해 플러그묘에서 자란 황기의 페놀 성분 및 플라보노이드 함량이 달라지는 결과를 확인했고 (Ren *et al.*, 2019), 지황의 경우 수량과 품질을 고려했을 때 플러그 육묘 재배를 통해 수량을 높일 수 있는 연구를 수행했다 (Lee *et al.*, 2019).

### 3. 재배양식에 따른 직경별 수량특성 평가

재배양식에 따라 관행 노지묘 재배와 플러그묘 재배 두 가지로 나누었고, 각각의 양식에 따라 재배된 수확물을 직경에 따라 신, 대미, 중미, 그리고 세미의 4가지로 분류를 하여 수량 특성을 평가하였다 (Table 4, Table 5, Table 6, and Table 7).

관행 노지묘 재배에서 수확된 참당귀 뿌리를 직경별로 분류

**Table 4.** Yield, weight ratio and moisture content of *A. gigas* Nakai body part based on the cultivation type.

Diameter <sup>1)</sup>	Yield (kg/10a)	Weight ratio (%)	Moisture content (%)
CFS	169.8±40.8**	37.8±9.6**	49.7±2.6 <sup>ns</sup>
PS	19.9±3.7	7.4±1.7	42.7±10.5

<sup>1)</sup>CFS; conventional field seedlings cultivation, PS; plug seedlings cultivation. Values represent means ± SD (standard deviation) and measurements were conducted in triplicate to ensure reproducibility. \*Statistically significant value compared with control group by unpaired student's t-test ( $p < 0.05$ , and \*\* $p < 0.01$ ). ns; not significant.

**Table 5.** Yield, weight ratio and moisture content of *A. gigas* Nakai thick root part based on the cultivation type.

Diameter <sup>1)</sup>	Yield (kg/10a)	Weight ratio (%)	Moisture content (%)
CFS	151.0±36.3 <sup>ns</sup>	33.6±7.6 <sup>ns</sup>	50.3±3.5 <sup>ns</sup>
PS	132.1±24.6	49.1±3.2	53.7±13.3

<sup>1)</sup>CFS; conventional field seedlings cultivation, PS; plug seedlings cultivation. Values represent means ± SD (standard deviation) and measurements were conducted in triplicate to ensure reproducibility. \*Statistically significant value compared with control group by unpaired student's t-test ( $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ ). ns; not significant.

**Table 6.** Yield, weight ratio and moisture content of *A. gigas* Nakai medium root part based on the cultivation type.

Diameter <sup>1)</sup>	Yield (kg/10a)	Weight ratio (%)	Moisture content (%)
CFS	88.5±21.3 <sup>ns</sup>	19.7±4.0 <sup>ns</sup>	47.3±2.2 <sup>ns</sup>
PS	84.8±15.8	31.5±16.4	35.3±9.4

<sup>1)</sup>CFS; conventional field seedlings cultivation, PS; plug seedlings cultivation. Values represent means ± SD (standard deviation) and measurements were conducted in triplicate to ensure reproducibility. Statistically significant value compared with control group by unpaired student's t-test ( $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ ). ns; not significant.

**Table 7.** Yield, weight ratio and moisture content of *A. gigas* Nakai thin root part based on the cultivation type.

Diameter <sup>1)</sup>	Yield (kg/10a)	Weight ratio (%)	Moisture content (%)
CFS	40.0±9.6 <sup>ns</sup>	8.9±1.1 <sup>ns</sup>	53.4±8.6*
PS	32.0±6.0	11.9±7.6	32.0±13.9

<sup>1)</sup>CFS; conventional field seedlings cultivation, PS; plug seedlings cultivation. Values represent means ± SD (standard deviation) and measurements were conducted in triplicate to ensure reproducibility. Statistically significant value compared with control group by unpaired student's t-test (*p* < 0.05, \*\**p* < 0.01). ns; not significant.

한 결과 뿌리 직경이 가장 큰 신의 수량은 169.8 kg로 전체 무게의 37.8%이며, 수분 함량은 49.7%였고, 플러그묘 재배에서 수확한 지하부에서 뿌리 직경이 가장 큰 신의 수량은 19.9 kg로 전체 무게의 7.4%이며, 수분 함량은 42.7%로 나타났다 (Table 4). 플러그묘의 지하부 중심 몸통에 해당하는 신 부위의 수량과 무게 비율에는 유의한 차이가 나타났고, 관행 노지묘의 37.8%인 것과 비교할 때 약 1 / 5 수준에 해당하였다 (Fig. 4).

직경이 두 번째로 큰 대미의 수량은 관행 노지묘에서 151.0 kg로 전체 무게의 33.6%이고, 수분 함량은 50.3±3.5%로 나타났다 (Table 5). 신과 대미의 무게는 관행 노지묘에서 전체의 71.4%를 차지하였다. 플러그묘에서 대미의 수량은 132.1 kg로 전체 무게의 49.12%, 수분 함량은 53.7%였으며, 신과 대미의 합계는 전체 무게의 56.5%로, 관행 육묘의 71.4%와 비교하여 상대적으로 낮았다.

세 번째 직경인 중미는 수량이 관행 노지묘에서 88.5 kg로 전체 무게의 19.7%에 해당하며, 수분 함량은 47.3%였다 (Table 6). 플러그묘에서는 수량이 84.8 kg으로, 전체 무게의 31.5%를 차지했으며, 수분 함량은 35.3%로 나타났다.

가장 작은 직경인 세미는 관행 노지묘에서 전체 무게의

8.9%인 40.0 kg의 수량을 보였고, 수분 함량은 53.4%로 나타났다 (Table 7), 플러그묘에서 세미의 수량은 32.0 kg로 전체 무게의 11.9%이었고, 수분 함량은 32.0%로 나타났다.

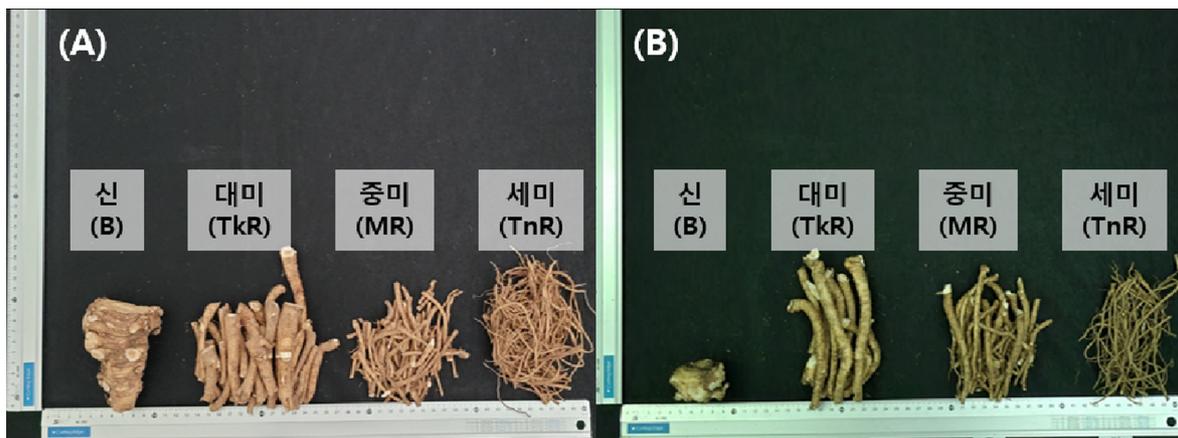
#### 4. 재배양식에 따른 직경별 품질 평가

재배양식에 따라 관행 노지묘 재배와 플러그묘 재배 두 가지로 나누었고, 각각의 양식에 따라 재배된 수확물을 직경에 따라 신, 대미, 중미, 그리고 세미의 4가지로 분류를 하여 지표성분을 분석하였다 (Fig. 5 and Fig. 6).

관행 노지묘에서 직경별 분류했을 때 가장 많은 무게 비율을 차지한 신에서 decursin 함량은 22,093.1 mg/kg (2.2%), decursinol angelate는 10,871.2 mg/kg (1.1%), nodakenin은 3,608.5 mg/kg (0.4%)로, 세 가지 성분의 합이 36,572.8 mg/kg (3.7%)로 나타났다 (Table 8). 플러그묘에서 신은 무게 비율은 가장 높았으나 지표성분 함량은 가장 낮았는데, 신의 지표 성분 분석 결과, decursin 함량은 23,762.9 mg/kg (2.4%), decursinol angelate는 14,878.5 mg/kg (1.5%), nodakenin은 4,744.9 mg/kg (0.5%)로, 세 가지 성분의 합이 43,386.3 mg/kg (4.3%)로 나타났다. 이는 직경 처리구 중 가장 낮은 함량이었다.

관행 노지묘의 직경이 작은 대미, 중미, 세미에서는 지표 성분 함량이 각각 69,327.7 mg/kg (6.9%), 81,544.6 mg/kg (8.2%), 80,307.9 mg/kg (8.0%)로, 중미와 세미에서 유의적으로 높은 함량을 보였다 (Table 9, Table 10, and Table 11). 플러그묘에서 직경 순서에 따라 대미, 중미, 세미의 총 함량은 각각 58,651.6 mg/kg (5.9%), 72,884.6 mg/kg (7.3%), 73,934.7 mg/kg (7.4%)로 나타났으며, 관행 육묘와 마찬가지로 중미와 세미에서 지표 성분 함량이 유의적으로 높았다.

현재 자동 분류기에서 직경이 약 2 mm 미만인 세미는 사용되지 않고 버려져 부산물로 취급되지만, 본 연구 결과 세미에



**Fig. 4.** Classification of underground size by diameter. B, TkR, MR, TnR indicates body (diameter ≥ 47.4 mm), thick root (6.16 mm - 47.3 mm), medium root (2.39 mm - 6.15 mm), thin root (≤ 2.38 mm), respectively. (A) conventional seedling transplanting *A. gigas* Nakai, (B) plug tray cultivation *A. gigas* Nakai.

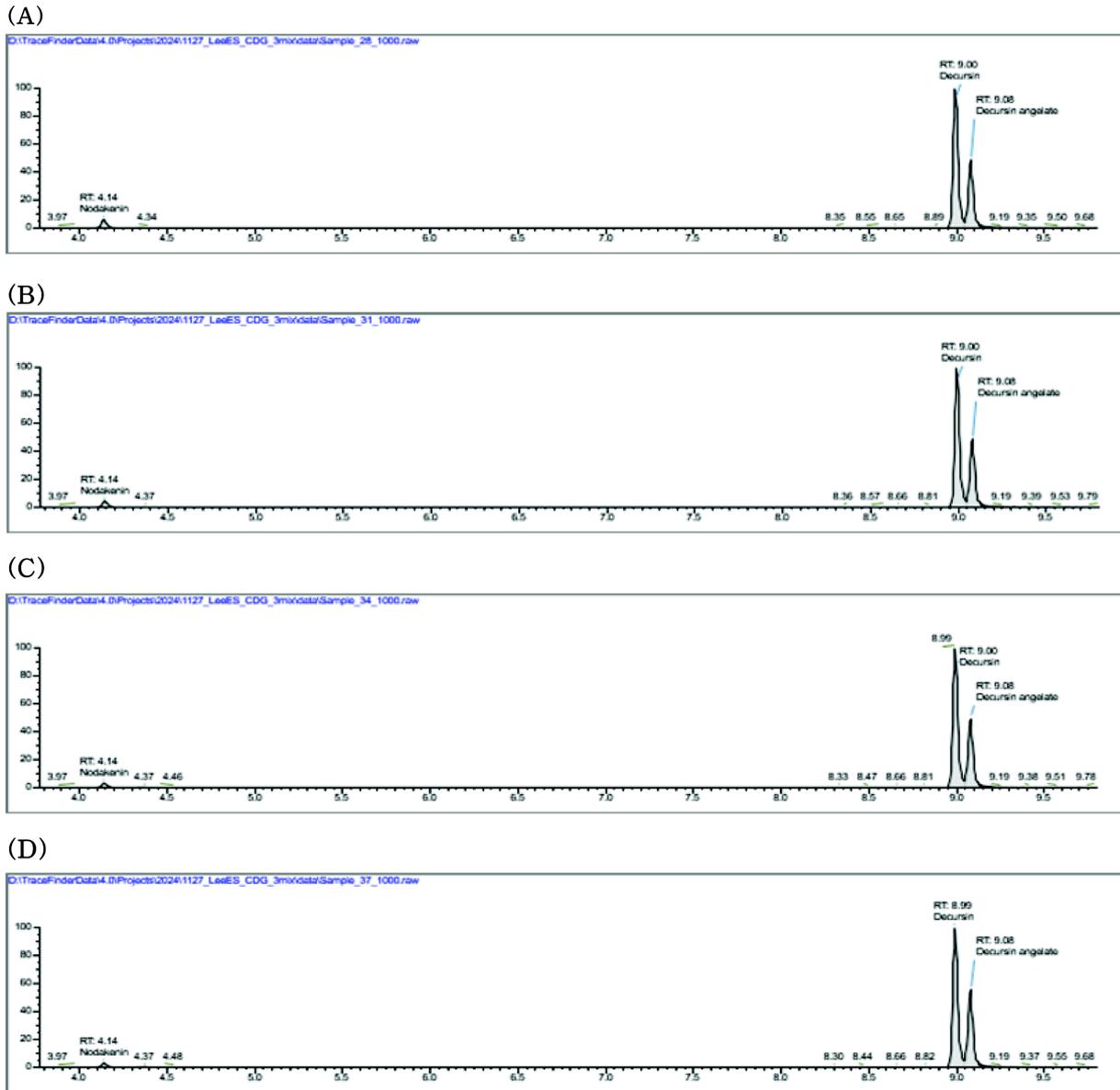


Fig. 5. HPLC chromatogram of decursin, decursinol angelate, and nodakenin of conventional field seedlings cultivation *A. gigas* Nakai. (A) body, (B) thick root, (C) medium root, (D) thin root.

서 decursin, decursinol angelate, nodakenin 함량이 한약재 사용 기준을 충족하는 것으로 확인되었다. 플러그묘 재배에서도 한약재로 사용되지 않고 폐기되는 부산물 부위인 세미에서 decursin, decursinol angelate, nodakenin 함량이 한약재 사용 기준을 충족하는 것으로 확인되었다.

참당귀의 직경에 관한 연구로, 모두 직경이 클수록 출현율이 높고, 뿌리 생육이 양호하고 추대 시기가 빨라졌고 (Yu *et al.*, 2000), 인삼에서는 연생별 주뿌리, 측뿌리 및 미세뿌리의 성분 함량을 분석한 결과 직경과 성분의 상관관계가 있음을 구명하였고 (Han *et al.*, 2013), 본 연구 결과와 유사하게 지

하부의 직경이 생장 반응과 성분 함량에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

참당귀는 고대로부터 보혈제, 빈혈 치료제, 강장제, 진정제 및 부인병 치료제로 사용되어 왔으며, 최근 약효 성분인 decursin과 decursinol angelate에 대한 관심이 증가하고 있다 (Son *et al.*, 2009). Decursin과 decursinol angelate는 항종양, 항박테리아, 순환계 질환 개선, 대사 효소 억제, 항염증, 항산화, 인지 기능 개선 등의 약리 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

관행 노지묘의 449.3 kg과 플러그묘의 269.1 kg의 최종 수량은 육묘하는 방법과 기간에 따라 차이가 발생됐다. 수량의

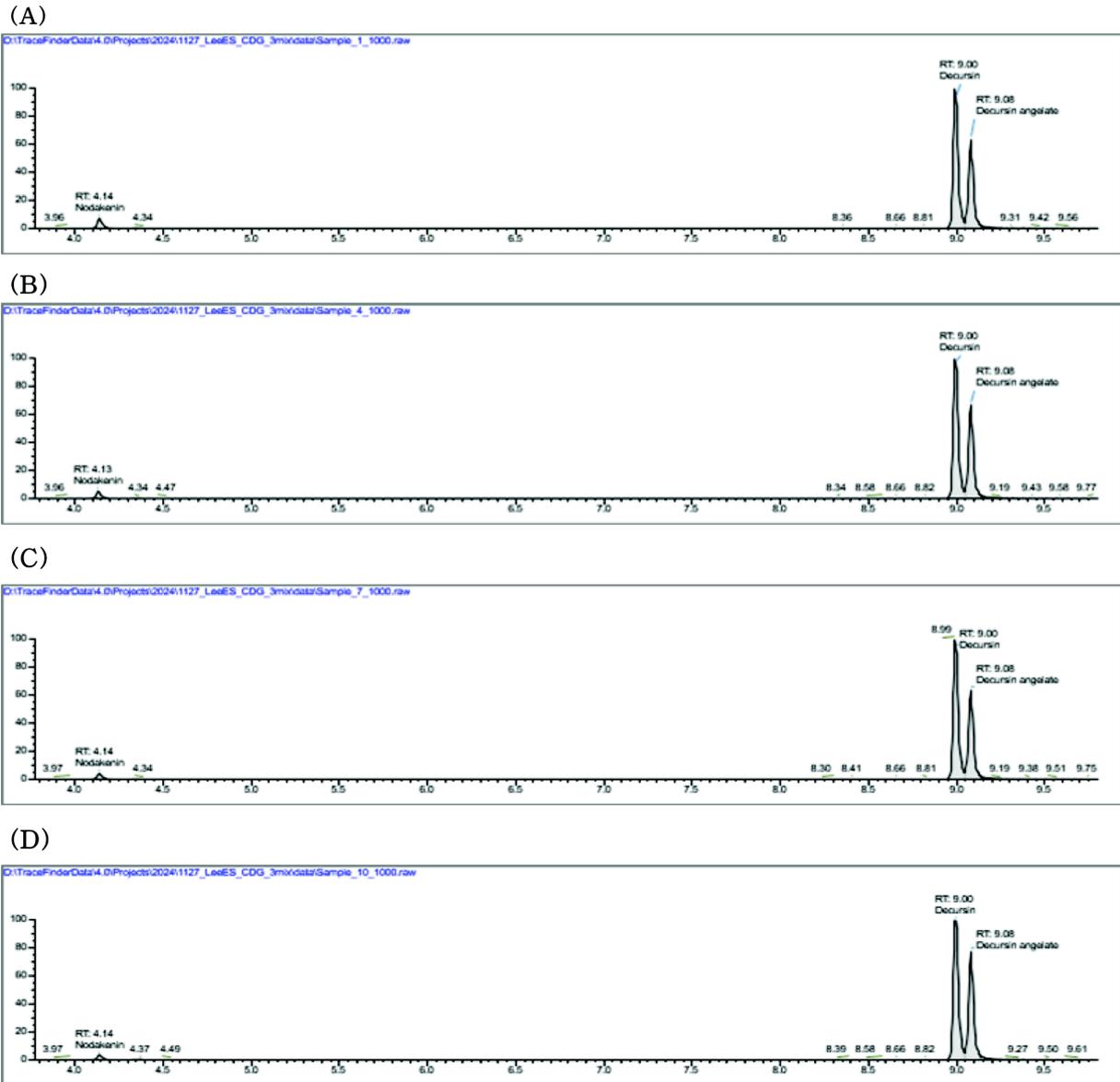


Fig. 6. HPLC chromatogram of decursin, decursinol angelate, and nodakenin of plug seedlings cultivation *A. gigas* Nakai. (A) body, (B) thick root, (C) medium root, (D) thin root.

차이는 직경이 큰 몸통 (신) 부위 비율에 기인한 것으로 생각 된다. 4가지 직경별 지표성분 분석 결과 신 부위보다 직경이 작은 대미, 중미, 세미에서 높아 한약재 도매시장 판매 이외에도 기능성에 대하여 사용 가능성이 충분히 높은 것을 확인하였다.

최근 특용작물의 부산물에 대한 성분 분석과 활용 가능성에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 예를 들어, 지황의 지상부(꽃, 꽃대, 잎)에서 aucubin, catalpol, GABA와 같은 생리활성 물질의 함량이 분석되었으며, 인삼의 경우 지상부와 뿌리에서 ginsenosides의 함량과 항산화 활성을 조사하여 부산물의

잠재적 이용 가능성을 제시한 바 있다. (Kim *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2017).

특용작물 황기의 부산물에 해당하는 줄기의 바이오차를 활용하여 중금속 카드뮴과 망간 이온을 제거하는 효과와 연구되었고 (Choi *et al.*, 2020), 황기 지상부 부산물에서 장관면역 활성 다당체를 분리한 연구 결과도 있었다 (Choi *et al.*, 2014).

본 연구와 유사한 연구 결과로 참당귀 뿌리 추출물에는 천연물 중 decursin과 decursinol angelate가 90%로 매우 고농도로 존재했으며, 지하부의 몸통 부위에 해당하지 않아 한약재로 사용되지 않고 자동 분류기에서 버려지는 직경 2 mm 이

**Table 8.** Contents of indicator components of *A. gigas* Nakai body part based on the cultivation type.

Diameter <sup>1)</sup>	Decursin (mg/kg)	Decursinol angelate (mg/kg)	Nodakenin (mg/kg)	Total contents (mg/kg)
CFS	22,093.1±5614.1	10,871.2±2571.3 <sup>ns</sup>	3,608.5±1001.4 <sup>ns</sup>	36,572.8±9186.8 <sup>ns</sup>
PS	23,762.9±859.2*	14,878.5±458.8	4,744.9±216.4	43,386.3±1534.4

<sup>1)</sup>CFS; conventional field seedlings cultivation, PS; plug seedlings cultivation. Values represent means ± SD (standard deviation) and measurements were conducted in triplicate to ensure reproducibility. Statistically significant value compared with control group by unpaired student's t-test (\**p* < 0.05, \*\**p* < 0.01). ns; not significant.

**Table 9.** Contents of indicator components of *A. gigas* Nakai thick root part based on the cultivation type.

Diameter <sup>1)</sup>	Decursin (mg/kg)	Decursinol angelate (mg/kg)	Nodakenin (mg/kg)	Total contents (mg/kg)
CFS	42,658.5±3038.3 <sup>ns</sup>	21,665.1±1485.2 <sup>ns</sup>	5,004.1±305.6 <sup>ns</sup>	69,327.7±4829.1 <sup>ns</sup>
PS	33,176.8±1115.9	21,261.1±747.1	4,213.7±364.0	58,651.6±2227.0

<sup>1)</sup>CFS; conventional field seedlings cultivation, PS; plug seedlings cultivation. Values represent means ± SD (standard deviation) and measurements were conducted in triplicate to ensure reproducibility. Statistically significant value compared with control group by unpaired student's t-test (\**p* < 0.05, \*\**p* < 0.01). ns; not significant.

**Table 10.** Contents of indicator components of *A. gigas* Nakai medium root part based on the cultivation type.

Diameter <sup>1)</sup>	Decursin (mg/kg)	Decursinol angelate (mg/kg)	Nodakenin (mg/kg)	Total contents (mg/kg)
CFS	50,917.7±409.5 <sup>ns</sup>	26,029.7±507.8 <sup>ns</sup>	4,597.2±322.3 <sup>ns</sup>	81,544.6±1239.6 <sup>ns</sup>
PS	41,835.4±1269.2	26,358.0±662.3	4,691.2±486.0	72,884.6±2417.5

<sup>1)</sup>CFS; conventional field seedlings cultivation, PS; plug seedlings cultivation. Values represent means ± SD (standard deviation) and measurements were conducted in triplicate to ensure reproducibility. Statistically significant value compared with control group by unpaired student's t-test (\**p* < 0.05, \*\**p* < 0.01). ns; not significant.

**Table 11.** Contents of indicator components of *A. gigas* Nakai thin root part based on the cultivation type.

Diameter <sup>1)</sup>	Decursin (mg/kg)	Decursinol angelate (mg/kg)	Nodakenin (mg/kg)	Total contents (mg/kg)
CFS	47818.5±2328.5 <sup>ns</sup>	27911.9±1102.0 <sup>ns</sup>	4577.5±295.8 <sup>ns</sup>	80307.9±3726.3 <sup>ns</sup>
PS	40673.0±1480.7	28916.3±942.9	4345.4±312.6	73934.7±2736.2

<sup>1)</sup>CFS; conventional field seedlings cultivation, PS; plug seedlings cultivation. Values represent means ± SD (standard deviation) and measurements were conducted in triplicate to ensure reproducibility. Statistically significant value compared with control group by unpaired student's t-test (\**p* < 0.05, \*\**p* < 0.01). ns; not significant.

하의 세미에서도 고농도로 존재하여 부산물이 다양한 소재로 이용 가능성이 높을 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 시험연구사업(RS-2022-RD010298)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Bae WJ, Ha US, Choi JB, Kim KS, Kim SJ, Cho HJ, Hong SH, Lee JY, Wang Z, Hwang SY and Kim SW. (2016). Protective effect of decursin extracted from *Angelica gigas* in male infertility via Nrg2/HO-1 signaling pathway. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2016:5901098-591107.
- Choi RN, Park YC, Lee JS, Kim JW, Kim JB, Choi YS, Kim KK, Lee JG, Yu CY, Kim SH, Chung IM, Kim JK and Lim JD. (2014). Isolation of polysaccharides modulating intestinal immune system and single oral dose toxicity test in *Astragalus membranaceus* Aboveground parts. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 22:276-288.
- Choi SS, Ha JH and Kim SS. (2020). Removal of cadmium and manganese ions utilizing *Astragalus uliginosus* L. stem biochar. *Applied Chemistry for Engineering*. 31:7-12.
- Han JS, Tak HS, Lee GS, Kim JS, and Choi JE. (2013). Comparison of ginsenoside content according to age and diameter in *Panax ginseng* C. A. Meyer cultivated by direct seeding. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 21:184-190.
- Jo HG, Baek CY, Hwang Y, Baek E, Song HS, Lee D. (2024). Pain relief, functional recovery, and chondroprotective effects of *Angelica gigas* Nakai in osteoarthritis due to its anti-inflammatory property: an *in vitro* and *in vivo* study. *Nutrients*. 16:2435-2451. <https://www.mdpi.com/2072-6643/16/15/2435> (cited by 2024 Oct. 30).
- Kim CH, Kwon MC, Han JC, Na CS, Kwak HG, Choi GP, Park UY and Lee HY. (2008). Skin-whitening and UV-protective effects of *Angelica gigas* Nakai extracts on ultra high

- pressure extraction process. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 16:255-260.
- Kang JS.** (2021). Pharmacological Effect of decursin, decursinol angelate, and decursinol derived from *Angelica gigas* Nakai. Journal of Life Science. 31:1128-1141.
- Kim YA, Park SH, Kim BY, Kim AH, Park BJ and Kim JJ.** (2014a). Inhibitory effects on melanin production of demethyl-suberosin isolated from *Angelica gigas* Nakai. Korean Journal of Pharmacognosy. 45:209-213.
- Kim YG, An TJ, Yeo JH, Hur M, Park YS, Cha SW, Song BH and Lee KA.** (2014b). Effects of eco-friendly organic fertilizer on growth and yield of *Angelica gigas* Nakai. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:127-133.
- Kim YH and Lee CH.** (1998). Light intensity and spectral characteristics of fluorescent lamps as artificial light source for close illumination in transplant production factory. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery. 23:591-598.
- Kim GH, Seong BJ, Kim SI, Han SH, Kim HH and Lee KS.** (2011). Yield and quality characteristics of ginseng's first byproducts. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:313-318.
- Lee SH, Yoon JS, Kim JK, Park CG, Kim SC, Jung CH, Chang JK and Kim YB.** (2017). Aucubin, catalpol, and GABA contents in different plant parts of *Rehmannia glutinosa* cultivars. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 25:16-21.
- Lee SH, Lee YJ, Oh MW, Lee SH, Koo SC, Hur M, Lee WM, Chang JK, Kim EH and Han JW.** (2019). Appropriateness evaluation of plug seedling cultivation of *Rehmannia glutinosa*. Korean Journal of Plant Resources. 33:73-79.
- Lee ES, An TJ, Park WT, Jeong JT, Lee YJ, Hur M, Han JW, Han SH, Kim YG, Park CG, Chang JK and Kim YI.** (2020). A trend analysis of the cultivation status of medicinal crop farmers in Korea. Korean Journal of Agricultural Science. 47:139-161.
- Lee ES, Kim YI, Kim JH, Kim YG, Han SK and Kim DH.** (2024). Evaluation of yield and quality in open-field plug tray cultivation of *Angelica gigas* Nakai compared to conventional seedling transplanting. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 32:1-7.
- Lee SH, Lee SH, Jin M, Hong CO, Hur M, Han JW, Lee WM, Yun HM, Kim YB, Lee Y and Koo SC.** (2019). Analysis of index component content and antioxidant activity according to the root diameter of *Angelica gigas* nakai. Korean Journal of Plant Resources. 32:116-123.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA).** (2024). Production record of cash crops. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. p.3-37.
- Ministry of Food and Drug Safety(MFDS).** (2019). The Korean Pharmacopoeia (12th eds.). The MFDS notification. No. 2019-194. Ministry of Food and Drug Safety. Seoul, Korea. p.1-328.
- Nam HH, Choi DW, Kim KU, Kwon OH and Choi BS.** (1999). Growth analysis of *Angelica gigas* Nakai affected by cultivation methods. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 7:218-228.
- Park HY, Kwon SB, Heo NK, Chun WJ, Kim MJ and Kwon YS.** (2011). Constituents of the stem of *Angelica gigas* with rat lens aldose reductase inhibitory activity. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry. 54:194-199.
- Ren X, Liu Y, Jeong HK, Soundararajan P, and Jeong BR.** (2019). Temperature affects morphology, physiology, and biochemistry of plug seedlings of *Astragalus membranaceus*. Acta Physiologiae Plantarum. 41:1-10.
- Sestito S, Ibba R, Riu F, Carpi S, Carta A, Manera C, Habtemariam S, Yeskaliyeva B, Almarhoon ZM, Sharifi-Rad J and Rapposelli S.** (2024). Anticancer potential of decursin, decursinol angelate, and decursinol from *Angelica gigas* Nakai: A comprehensive review and future therapeutic prospects. Food Science and Nutrition. 16:2435-2451.
- Song JH, Yang S, Kim HB and Choi G.** (2021). A comparative study about the origins of Apiaceae (Umbelliferae) taxa in the Pharmacopoeias of five Northeast-Asian countries based on the taxonomic concepts. Korea Journal of Herbology. 36:25-37.
- Son CY, Baek IH, Song GY, Kang JS and Kwon KI.** (2009). Pharmacological effect of decursin and decursinol angelate from *Angelica gigas* Nakai. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 53:303-313.
- Tran NKS, Trinh TA, Pyo J, Kim CG, Park JG and Kang KS.** (2023). Neuroprotective potential of pyranocoumarins from *Angelica gigas* Nakai on glutamate-induced hippocampal cell death. Antioxidants. 12:1651-1663. <https://www.mdpi.com/2076-3921/12/8/1651> (cited by 2024 Oct. 18).
- Wang Y, Liao D, Qin M and Li X.** (2016). Simultaneous determination of catalpol, aucubin, and geniposidic acid in different developmental stages of *Rehmannia glutinosa* leaves by high performance liquid chromatography. Journal of Analytical Methods in Chemistry. 1:4956589-4956595.
- Yu HS, Bang JK, Kim YG, Seong NS, Lee BH and Jo JS.** (2000). Effect of root head diameter of seedling on growth and bolting response in *Angelica gigas* Nakai. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 8:283-289.