韓藥作誌(Korean J. Medicinal Crop Sci.) 32(5) : 272 – 278 (2024)
ISSN(Print) 1225-9306
ISSN(Online) 2288-0186
http://www.medicinalcrop.org
http://dx.doi.org/10.7783/KJMCS.2024.32.5.272

참당귀 관행재배와 노지플러그 육묘재배의 수량 및 품질 비교

이은송[1†] · 김용일[2] · 김장훈[3] · 김용구[4] · 한경숙[5] · 김동휘[6]

Evaluation of Yield and Quality in Open-field Plug Tray Cultivation of *Angelica gigas* Nakai Compared to Conventional Seedling Transplanting

Eun Song Lee[1†], Yong Il Kim[2], Jang Hoon Kim[3], Yong Gu Kim[4], Kyung Sook Han[5], and Dong Hwi Kim[6]

Received: 2024 July 31
1st Revised: 2024 August 20
2nd Revised: 2024 September 7
3rd Revised: 2024 September 18
Accepted: 2024 September 18

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.

ABSTRACT

Background: In this study, we investigated the sowing of *Angelica gigas* Nakai in plug trays under open-field conditions at various times. We aimed to compare and evaluate the yield and quality of *Angelica gigas* grown in open-field plug trays with those grown using the conventional field seedling transplantation method employed by Good Agricultural Practices (GAP)-certified farms.
Methods and Results: *A. gigas* seeds from a GAP-certified farm were stored at 4℃ before use. The seeds were sown in 128-cell plug trays from October 2022 to February 2023 and cultivated under open-field conditions until spring. The seedlings were assessed for various growth parameters in late April. Transplantation was performed in plots with standard spacing and fertilization. The establishment rate was evaluated two weeks post-transplantation, and the plants were harvested in late October for yield measurements. The indicator compounds were analyzed using HPLC. The late February sowing treatment resulted in a significantly higher yield. All open-field plug tray sowing treatments, including the late February treatment, met the pharmacopoeial standard, with total indicator compound contents of decursin, decursinol angelate, and nodakenin exceeding 6%.
Conclusions: Open-field plug seedlings treatment resulted in a slightly lower yield and compound content than that observed with conventional cultivation. However, it reduced the cultivation period by over a year while still meeting the compound standards, making it a valuable method.

Key Words: Decursin, Field Transplanting, Growth Evaluation, Pharmacopoeial Standards, Plug Tray Cultivation

서 언

당귀는 참당귀 (*Angelica gigas* Nakai), 일당귀 (*A. acutiloba* (Siebold & Zucc.) Kitagawa), 중국당귀 (*A. sinensis* (Oliv.) Diels)로 구분되며, 참당귀와 일당귀가 국내에서 약용작물로 재배되고 있다. 그 중에서 2022년 기준으로 참당귀 재배농가는 692호, 재배면적은 469 ha, 생산량은 1,311 톤으로 기록되었다 (MAFRA, 2023). 참당귀 생산량은 강원도 62.2%, 경북 32.9%로 총 생산량의 95.1%를 차지하고 있다.

당귀는 한방에서 사물탕, 십전대보탕, 당귀작약탕 등의 원료로 사용되며, 주로 보혈약 (補血藥)으로 월경통, 월경불순 등 부인과 치료에 활용되었다 (Sung *et al*., 2004). 참당귀는 멜라닌 생성 억제로 피부 미백 효과, 당뇨 합병증 개선 등에 효능이 있다고 알려졌으며(Kim *et al*., 2008; Park *et al*., 2011; Kim *et al*., 2014a), 특히 참당귀의 주요 성분인 decursin과 decursinol angelate는 유방암 예방 (Jiang *et al*., 2007), 난임 예방 (Bae *et al*., 2016)에 효과가 있고, 남성의 전립선암 (Yim *et al*., 2005), 멜라닌 생성 억제 효과 (Kim *et al*.

†Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5660 (E-mail) eslee24@korea.kr
[1]농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.
[2]농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.
[3]농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.
[4]농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.
[5]농촌진흥청 국립원예특작과학원 버섯과 연구관 / Research director, Mushroom Research Division, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.
[6]농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 연구관 / Research director, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

2016), 그 외에 기억 상실 완화 (Kang *et al*., 2003;), 신경세포 보호 효과 (Tran *et al*., 2023), 항균 및 항산화 (Lee *et al*., 2003) 등의 효능이 보고되었다.

참당귀는 여러 가지 방법으로 재배가 가능하다. 먼저 노지에서 육묘한 후 이식하여 재배하는 방법, 온상 (하우스)에서 육묘한 후 이식하여 재배하는 방법과 마지막으로 직파재배 방법이 있다. 노지육묘 이식재배는 전전년도 가을에 노지 육묘포에 종자를 산파하여 기른 묘를 캐내어 당년 봄에 이식하여 가을에 지하부를 수확하는 방법이다. 육묘포에서 묘를 기르는 기간이 1 년 이상 소요되기 때문에 재배 기간이 가장 길다. 온상 육묘 이식재배는 당년 초 하우스에서 트레이 육묘하여 기른 플러그묘를 봄에 이식하여 가을에 지하부를 수확하는 방법으로 묘를 기르는 기간이 60 일 - 90 일 가량 소요된다. 마지막으로 직파재배는 땅이 녹는 봄에 종자로 파종하여 당년 가을에 수확하는 방법으로 재배 기간이 가장 짧다 (Nam *et al*., 1999).

참당귀가 속한 산형과 작물의 종자는 휴면을 하는 것으로 보고되었으며 (Lee *et al*., 2014), 채종 직후 저온 처리한 종자에서 발아율이 상승했다고 보고되었다 (Lee *et al*., 2019). 본 실험을 수행한 이유는 관행적으로 재배되는 노지 육묘 이식재배와 하우스 시설이 필요한 온상 육묘 이식 재배를 절충한 노지 플러그 육묘 재배의 실효성을 평가하기 위함이었다. 육묘를 위한 별도의 하우스 시설 없이도 노지에서 플러그 육묘하며 동계 저온과 자연 강우를 통해 휴면을 타파한 종자를 이용하여 초기 생육을 앞당겨 건실한 묘를 생산하고자 함이었다.

이를 위해 참당귀의 생산과 공정육묘 재배 방법에 대한 효과적인 정보 제공 및 산업 적용 가능성을 제시하고자 수행하였으며, 노지 플러그 육묘 조건이 수량과 품질에 주는 영향과 최적 노지 플러그 육묘 파종 시기를 구명하였다.

재료 및 방법

1. 노지 플러그 육묘

본 연구에서는 참당귀 종자 재료로 2022년 강원특별자치도 평창군 Good Agricultural Practices (GAP) 생산 농가에서 9월에 채종한 참당귀 종자 (재래종)를 사용하였다. 종자는 4℃ 냉장 보관 후 꺼내어 시험에 사용하였다.

참당귀의 노지 플러그 육묘 조건을 파악하기 위해 128 공 (538 ㎜ × 280 ㎜ × 49 ㎜, W 8 × L 16 셀, 셀 용량 21 ㎖, Bumnong Co. Ltd., Jeongeup, Korea) 플러그 트레이에 바로커 원예범용 상토 (Seoulbio Co. Ltd. Eumseong, Korea)를 충진한 후 종자 1 립씩 넣어 묘를 생산하였다.

파종 시기는 각각 ’22년 10월 하순 (10월 31일), 11월 하순 (11월 30일), 12월 하순 (12월 30일), ’23년 1월 하순 (1월 30일) 그리고 2월 하순 (2월 28일) 등 5 처리로 하였다. 플러그 트레이는 파종 후 ’23년도 봄에 시험 포장에 정식하기 전까지 노지 조건에서 트레이 위에 70% 차광막을 덮은 상태로 생육하였다.

2. 재배방법

농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 시험 포장에서 이랑 110 ㎝와 고랑 50 ㎝ 시험구에 재식밀도는 50 × 25 ㎝ 간격으로 하였다. 시험 포장의 관행시비는 N : P_2O : K_2O 성분 (Pungnong Co. Ltd., Mapo, Seoul)을 16 : 24 : 12 ㎏/10a의 양으로 정식하기 2주 전 시험 포장에 시용 후 경운, 정지하였고, 기타 재배법은 농촌진흥청 참당귀 표준재배법을 일부 수정하여 수행하였다 (Kim *et al*., 2014b).

노지 플러그 육묘에 따른 참당귀의 수량과 품질을 평가하기 위하여 관행 방법으로 노지에서 키운 관행 묘를 4월 하순 동일 날짜에 정식하였다.

3. 수량성 평가

참당귀를 4월 하순 시험 포장에 정식한 2 주 후에 활착한 개체 수를 정식한 전체 개체 수로 나누어 활착률을 계산하였다. 이어서 10월 하순에 시험 포장에서 정상적으로 생육한 참당귀를 수확한 후 지하부에 묻은 흙을 물로 세척하고 표면에 묻은 물기를 제거한 후 즉시 무게를 측정했다.

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

4. 지표성분 측정

표준물질은 ㈜코아사이언스 (Coresciences Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 구입해 이용하였으며, 20 ㎎의 분쇄된 당귀를 80% methanol 1 ㎖에 현탁하여 15 분간 초음파 추출한 후, 0.45 ㎛의 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 ㎜ × 250 ㎜, 5 ㎛, YMC Co., Ltd., Kyoto, Japan)을 이용하였으며 분석 조건은 Table 1과 같다.

검량선 작성을 위해 표준품을 methanol에 녹여 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25 ㎍/㎖의 농도로 제조하여 HPLC 분석을 수행했고, 면적에 대한 농도로 검량선을 작성하였다. Decursin의 검량선 방정식은 Area = 41.8440938x + 0.0518985 (x = ㎍/㎖, r^2 = 0.999), decursinol angelate의 방정식은 Area = 41.8692916x + 0.487749 (x = ㎍/㎖, r^2 = 0.999)였다.

5. 통계 분석

통계 분석은 SAS Enterprise 7.2 (SAS Institute Inc. Cary,

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

HPLC analysis condition		
Column oven temperature	25℃	
Mobile phase	Solvent A : Water Solvent B : acetonitrile	
UV wavelength	330 ㎚	
Flow rate	0.3 ㎖/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	10 ㎕	

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

결과 및 고찰

1. 육묘 특성 평가

참당귀를 파종 시기별로 노지 플러그 트레이에 파종했을 때 발아는 10월 하순 처리구 (10월 31일 파종)는 3월 상순, 11월 하순 (11월 30일 파종) 및 12월 하순 (12월 30일 파종) 처리구는 3월 중순, 1월 하순(1월 30일 파종) 및 2월 하순 (2월 28일 파종) 처리구는 3월 하순에 시작되었다.

4월 하순 시험 포장에 정식하기 직전에 실시한 어린 묘의 생육 결과 (Table 2), 가장 먼저 파종한 10월 하순 (10월 31일 파종) 처리구에서 수량과 연관되는 지표인 지하부 무게가 0.4 g으로 유의적으로 높았다.

노지 플러그 파종 시기별 처리구들은 하반기 추계 파종 처리구 (10월 하순 - 12월 하순)와 상반기 동계 파종 처리구 (1월 하순 - 2월 하순) 모두 3월 이후에 발아를 시작한 것이 특징적이었다.

저온에서 휴면하는 산형과 작물의 특성으로 인하여 기온이 낮은 추계와 동계 기간동안 발아하지 않고 있다가 온도가 올라가는 시점에 발아를 시작한 것으로 추정된다 (Lee *et al*., 2014; Lee *et al*., 2019).

2. 수량 및 품질 평가

노지 플러그 육묘의 파종 시기에 따른 생육과 수량 특성을 확인하였다 (Table 3 and Fig. 1). 플러그 묘의 활착률과 지하부 근장에는 처리 간 유의한 차이가 발견되지 않았으나, 지하부의 근경, 지하부 건조 무게는 2월 하순 (2월 28일) 파종 처리구에서 53.4 ㎜, 83.6 g으로 다른 처리에 비해 유의적으로 높은 값을 나타냈고 최종 10a 당 수량에서도 418.2 ㎏으로 유의적으로 높았다.

처리구들 중에서 파종 시기가 가장 빠른 10월 하순 (10월 31일) 처리구에서 초기 생육이 전반적으로 높은 경향을 나타냈으나, 수량은 파종 시기가 가장 늦은 2월 하순 (2월 28일) 처리구에서 수량이 가장 높아 서로 상반된 결과를 보였다 (Table 2 and Table 3).

지상부 생육은 본밭 정식 시 최종 수량과 높은 상관이 있어 초기 생육이 수량과 유사한 결과도 있었으나 (Lee *et al*., 2023), 본 실험에서는 다른 결과를 나타내어 년차 간 재배 환경 변화에 따른 지하부의 건물생산에 대한 검토가 필요한 것으로 사료된다. 본 실험에서 10월 하순 (10월 31일) 파종 처리구는 종자의 발아율이 21.0%에 불과했고, 2월 하순 (2월 28일) 처리구는 74.3%였으며 (data not shown), 이러한 수량적 차이는 종자 소질에서 기인한 것으로 추정된다.

참당귀는 종자의 발아율이 낮아 (Cho and Kim, 1993) 플러그 트레이 파종 시 3 립 – 4 립을 파종한 후 가장 생육이 왕성한 개체를 남기고 솎음 작업을 주로 실시하나 본 실험에서는 128 공 트레이 한 구당 1 립씩 파종하여 솎음 작업을 별도로 실시할 필요는 없었다.

10월 하순 (10월 31일) 처리구는 9월에 채종한 종자를 즉시 별도의 처리 없이 바로 상토에 파종하여 동계 기간을 보내는 동안 휴면이 완전히 타파되지 않았을 가능성이 있으며, 2월 하

Table 2. Growth and production characteristics of *A. gigas* Nakai seedlings based on the open-field plug sowing time.

Sowing time (Day / Month)		Shoot length (㎝)	Fresh shoot weight (g)	Root length (㎝)	Fresh root weight (g)
31st	October	5.7±0.3^{ab}	0.3±0.0^{a}	7.5±0.5^{ab}	0.4±0.0^{a}
30th	November	5.3±0.8^{b}	0.2±0.0^{bc}	10.2±2.8^{a}	0.2±0.0^{b}
30th	December	6.3±0.6^{a}	0.3±0.1^{bc}	7.2±2.3^{ab}	0.2±0.0^{bc}
30th	January	5.0±0.2^{bc}	0.3±0.1^{abc}	5.8±0.8^{b}	0.2±0.0^{c}
28th	February	4.3±0.3^{c}	0.2±0.0^{c}	6.2±1.3^{b}	0.1±0.0^{c}

Values represent means ± SD (standard deviation) and measurements were conducted in triplicate to ensure reproducibility. *Means with significant difference measured by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

Table 3. Growth and production characteristics of *A. gigas* Nakai based on the open-field plug sowing time.

Sowing time (Day / Month)		Survival rate (%)	Root length (㎝)	Root diameter (㎜)	Root weight (g·DW[1)] /ea)	Yield (㎏/10a)
31st	October	98.1±0.2^{ns}	41.2±2.9^{ns}	44.1±4.8^{c}	67.2±7.0^{b}	336.0±30.6^{b}
30th	November	98.5±0.0^{ns}	43.4±4.8^{ns}	46.0±5.1^{bc}	65.1±11.5^{b}	325.5±56.6^{b}
30th	December	100.0±0.0^{ns}	40.7±7.2^{ns}	45.7±8.2^{bc}	68.2±10.3^{b}	341.3±51.4^{b}
30th	January	97.0±0.0^{ns}	43.6±8.0^{ns}	52.5±9.0^{ab}	78.0±21.6^{ab}	390.0±54.6^{ab}
28th	February	99.9±0.2^{ns}	47.0±6.9^{ns}	53.4±1.6^{a}	83.6±9.5^{a}	418.2±37.8^{a}

[1)]DW; dry weight basis. Values represent means ± SD (standard deviation) and measurements were conducted in triplicate to ensure reproducibility. *Means with significant difference measured by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$). ns; not significant.

Table 4. Analysis of decursin, decursinol angelate, and nodakenin contents in *Angelica gigas* Nakai based on the open-field plug sowing period.

Sowing time (Day / Month)		Decursin (%)	Decursinol angelate (%)	Nodakenin (%)	Tatal contents (%)
31st	October	3.0±0.5^{ns}	2.8±0.6^{ns}	0.4±0.1^{ns}	6.2±1.1^{ns}
30th	November	3.4±0.7^{ns}	3.1±0.3^{ns}	0.5±0.1^{ns}	6.9±0.4^{ns}
30th	December	2.9±1.8^{ns}	3.1±1.6^{ns}	0.4±0.0^{ns}	6.4±3.4^{ns}
30th	January	3.6±1.1^{ns}	3.9±0.4^{ns}	0.5±0.1^{ns}	8.0±1.6^{ns}
28th	February	3.5±1.2^{ns}	3.3±0.5^{ns}	0.4±0.1^{ns}	7.2±1.7^{ns}

Values represent means ± SD (standard deviation) and measurements were conducted in triplicate to ensure reproducibility. *Means with significant difference measured by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$). ns; not significant.

순 (2월 28일) 처리구는 상대적으로 파종 전까지 4℃ 냉장 보관하면서 충분한 저온기를 보낸 이후에 파종되어 휴면이 타파되어 발아율이 상대적으로 높게 나온 것으로 생각된다.

노지 플러그 육묘의 파종 시기에 따른 지표성분의 함량을 분석하였다 (Table 4). 지표성분 decursin의 함량은 파종 시기에 따른 유의한 차이는 없었으나 대략 3.0% - 3.5% 수준이

Fig. 1. Shape of the underground part of *A. gigas* Nakai after harvest by the open-field plug tray sowing time and conventional cultivation. (A) sowing on late October, (B) sowing on late November, (C) sowing on late December, (D) sowing on late January, (E) sowing on late February and (F) conventional cultivation.

었고, decursinol angelate의 함량은 3.0% - 3.9% 수준이었으며, nodakenin의 함량은 0.4% - 0.5% 수준이었다. 3 가지 성분의 총합은 6.2% - 8.0% 수준이었으며 유의한 차이는 발견되지 않았다.

대한민국약전 12 개정에 의하면 당귀는 산형과 작물인 참당귀의 뿌리이며, 이 약을 건조한 것은 총 decursin (decursin과 decursinol angelate) 및 nodakenin의 합이 6% 이상 함유돼야 한다는 기준이 있으며 (MFDS, 2019), 노지 플러그 육묘의 파종 시기별 처리구에서는 모두 기준을 충족하는 것으로 나타났다.

3. 관행재배와 노지 플러그 육묘 재배의 수량 및 품질 비교

관행재배와 노지 플러그 육묘재배한 참당귀의 지하부의 생육과 수량 특성을 비교하였다 (Table 5).

참당귀는 지하부를 말려서 건조하여 약재로 사용하기 때문에 수량과 연관되는 지표인 지하부의 건조무게를 비교했을 때 관행재배 119.0 g, 노지 플러그 육묘 재배 83.6 g으로 유의한 차이를 나타냈으며, 수량도 각각 586.1 kg/10 a, 418.2 kg/10 a으로 유의한 차이를 나타내었다.

참당귀의 지표성분인 decursin, decursinol angelate, 그리고 nodakenin를 HPLC 분석했을 때, 3 가지 성분의 총합은 관행재배에서 8.9 %, 노지플러그 육묘재배에서 7.2 %로 두 재배 방법 간 유의한 차이를 나타내었으나, 둘 다 대한약전 12 개정에 따른 참당귀의 지표성분 기준 'decursin (decursin과 decursinol angelate) 및 nodakenin의 합이 6% 이상'에 충족하는 함량이었다 (Table 6).

묘의 재배 기간과 방식은 작물의 품질과 생산량에 미치는 영향이 큰 편이다. 일반적으로 온상육묘 이식재배는 하우스 제작에 초기 시설비가 필요하며 해마다 감가상각비가 발생하기 때문에 GAP 참당귀 재배 농가들은 관행적으로 노지에 종자를 파종한 후 1 년 이상 육묘 과정을 거쳐, 본밭에 이식하는 방법을 선택한다 (Yu *et al*., 2000).

관행 재배 (노지 육묘 이식 재배)는 수확하고자 하는 해보다 전전년도 가을에 노지 육묘포에 종자를 산파하여 기른 묘를 캐내어 당년 봄에 재배포에 묘를 이식하여 가을에 지하부를 수확하여 이용한다 (Kim *et al*., 2014b). 육묘포에서 묘를 기르는 기간이 1 년 이상 소요되기 때문에 재배기간이 가장 길다. 온상 육묘 이식 재배는 당년 초 하우스에서 트레이 육묘하여 기른 플러그묘를 봄에 재배포에 이식하여 가을에 지하부를 수확하는 방법으로 묘를 기르는 기간이 60일 - 90 일 정도 소요된다 (Nam *et al*., 1999; Lee *et al*., 2023).

노지 육묘 이식 재배는 묘 생육이 튼튼하지만 재배 기간이 가장 길어 육묘 기간 중 병해충과 기후변화 요인에 민감할 수 있다. 온상 육묘 이식 재배는 발아율이 낮은 참당귀 종자를 온·습도가 비교적 균일한 하우스에서 집약적으로 관리하여 초기 묘 생육이 튼튼하나, 하우스라는 별도의 시설 환경이 필요하여 초기 경제비용이 발생한다.

따라서 노지 플러그 트레이 육묘 재배는 별도의 시설 없이 통상적으로 온상 육묘 이식재배를 시작하는 춘계파종보다 일찍이 플러그 트레이에 파종하여 자연적으로 강하하는 온도에 따른 휴면을 타파시켜 발아 시기를 앞당기며 초기 생육을 높이는 효과를 확인하기 위해 수행되었다.

결과적으로 노지 플러그 육묘 재배는 관행재배보다 수량은 약 70% 낮으나 지표성분 함량이 약전 기준에는 충족하는 수준이었으며, 육묘 기간을 1 년 정도 줄였기 때문에 육묘 기간을 단축하기 위한 효과적인 재배법이라 볼 수 있으며, 플러그 육묘 재배의 파종 시기로는 수량 면에서 2월 하순이 적절했다.

실제 참당귀와 같은 약용작물 재배 농가에서는 노지에서 1년 이상 육묘할 때 연작을 회피하기 위해 재배 이력이 없는 토지를 임차하여 사용한다 (Lee *et al*., 2020). 최근 여름철 폭염과 같은 기후 변화로 참당귀가 지대가 높은 곳으로 이동하여 경작되고 있어, 기후변화가 농업에 미치는 심각성을 보여주고 있다. 이처럼 노지 육묘 재배의 긴 기간을 플러그 트레이로 단축하여 재배하는 것이 기후변화에 대응하는 유리한 전략이라고 할 수 있다.

Table 5. Growth and production characteristics of conventional cultivation and open-field plug sowing in *A. gigas* Nakai.

Cultivation type	Survival rate (%)	Root length (㎝)	Root diameter (㎜)	Root weight (g·DW[1])/ea)	Yield (kg/10a)
Conventional cultivation	98.5±0.0	53.6±2.2	61.5±3.8*	119.0±6.2***	586.1±35.4***
Open-field plug sowing	99.9±0.2	47.0±6.9	53.4±1.6	83.6±9.5	418.2±37.8

[1]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 ($^{*}p < 0.05$, $^{**}p < 0.01$, and $^{***}p < 0.001$)

Table 6. Analysis of indicator compounds in conventional cultivation and open-field plug sowing of *A. gigas* Nakai.

Cultivation type	Decursin (%)	Decursinol angelate (%)	Nodakenin (%)	Tatal contents (%)
Conventional cultivation	5.1±0.5**	3.0±0.6	0.7±0.2**	8.9±0.5*
Open-field plug sowing	3.5±1.2	3.3±0.5	0.4±0.1	7.2±1.7

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 ($^{*}p < 0.05$, $^{**}p < 0.01$, $^{***}p < 0.001$)

참당귀의 지하부를 약재로 사용하기 위해 수확된 참당귀 뿌리는 건조 후 굵은 뿌리와 가는 뿌리로 분류되는 가공 과정을 거치며, 자동 분류기를 통해 굵기에 따라 신, 대미, 중미, 세미의 4가지 부위로 분류된다. 직경이 2 ㎜ 미만인 세미는 한약재로 이용되지 않는다 (Lee *et al*., 2019). 참당귀 뿌리의 부위별 성분 함량 분석 결과, 지표 성분인 decursin과 decursinol angelate의 함량은 뿌리의 굵기가 작을수록 더 높은 경향을 보였다 (Lee *et al*., 2019).

본 실험이 수행된 시험 포장은 해발 200 m 부근의 충북 음성으로, 해발 700 m의 산간 고랭지 주산지에 비해 수량이 적었다. 플러그 육묘 이식의 경우, 초기 트레이에서 생육한 뿌리가 포장에 이식될 때 노지 종묘를 이식하는 경우보다 몸체(신) 부위가 적고 직경 2 ㎜ 미만의 세미가 많이 발생하는 경향이 있었으며, 이로 인해 실제 수량에서 차이가 발생한 것으로 판단된다. 육묘 기간을 단축하고 지표 성분을 확보하는 성과를 얻었지만, 플러그 육묘를 통해 한약재의 주요 이용 부위인 몸체가 비대하고 잔뿌리가 적게 형성될 수 있는 재배 기술 및 환경에 대한 추가 연구가 필요하다.

이로써 노지에서 플러그 트레이 파종 시기를 앞당겨서 관행 재배의 수량과 지표성분에 버금가는 재배법의 효과성을 확인하였으며, 추가적으로는 트레이 육묘 이식 과정은 노동력과 시간이 필요하기 때문에, 기계화 작업을 도입하여 작업속도와 정식률을 향상시키고 노동력을 절감할 수 있는 연구가 필요할 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.

Cho SH and Kim KJ. (1993). Studies on the increase of germination of *Angelica gigas* Nakai II. Effects of stratification, soaking and gibberellin treatment on germination. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 1:104-108.

Jiang C, Guo J, Wang Z, Xiao B, Lee HJ, Lee EO, Kim SH and Lu J. (2007). Decursin and decursinol angelate inhibit estrogen-stimulated and estrogen-independent growth and survival of breast cancer cells. Breast Cancer Research. 9:1-2.

Kang SY, Lee KY, Park MJ, Kim YC, Markelonis GJ, Oh TH and Kim YC. (2003). Decursin form *Angelica gigas* mitigates amnesia induced by scopolamine in mice. Neurobiology of Learning and Memory. 79:11-18.

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.

Kim JK, Yun M, Kim EO, Jung DB, Won G, Kim B, Jung JH and Kim SH. (2016). Decursin enhances TRAIL-induced apoptosis through oxidative stress mediated-endoplasmic reticulum stress signalling in non-small cell lung cancers. British Journal of Pharmacology. 173:1033-1044.

Kim YA, Park SH, Kim BY, Kim AH, Park BJ and Kim JJ. (2014a). Inhibitory effects on melanin production of demethylsuberosin 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.

Lee ES, An TJ, Kim YI, Park WT, Lee JH, Kim YG, Chang JK and Oh MM. (2019). Seed germination rate and growth characteristics according to ripening stages in *Angelica acutiloba* Kitagawa. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 27:167-172.

Lee ES, An TJ, Park WT, Jeong JT, Lee YJ, Hur M, Han JW, Han SH, Kim YG, Park CG and Chang JK. (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 YG, Kim MS and Han KS. (2023). Assessing the impact of seedling conditions on yield and seedling quality in two medicinal crops of the genus *Angelica*. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 31:396-406.

Lee HS, Lee JW, Kim SJ, Lee JH, Sung JS, Kang MJ and Ma KH. (2014). Effects of temperature, light and chemical reagent on dormancy breaking and seed germination of three species in Apiaceae. Journal of the Korean Society of International Agriculture. 26:519-525.

Lee SH, Lee YS, Jung SH, Shin KH, Kim BK and Kang SS. (2003). Antioxidant activities of decursinol angelate and decursin from *Angelica gigas* roots. Natural Product Sciences. 9:170-173.

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 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.

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affair(MAFRA). (2023). Production record of cash crops. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affair. Sejong, Korea. p.3-37.

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.

Sung JS, Bang KH, Park CH, Park CG, Yu HS, Park HW and Seong NS. (2004). Discrimination of Angelicae radix based on anatomical characters. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 12:67-72.

Tran NK, 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.

Yim D, Singh RP, Agarwal C, Lee S, Chi H and Agarwal R. (2005). A novel anticancer agent, decursin, induces G1 arrest and apoptosis in human prostate carcinoma cells. Cancer Research. 65:1035-1044.

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.