



육묘 조건이 당귀속 2 종 약용작물의 수량 및 묘 품질에 미치는 영향

이은송^{1†} · 김용일² · 김용구³ · 김민석⁴ · 한경숙⁵

Assessing the Impact of Seedling Conditions on Yield and Seedling Quality in Two Medicinal Crops of the Genus *Angelica*

Eun Song Lee^{1†}, Yong Il Kim², Yong Gu Kim³, Kim Min Suck and Kyung Sook Han⁴

ABSTRACT

Received: 2023 September 7
1st Revised: 2023 October 9
2nd Revised: 2023 October 24
3rd Revised: 2023 October 31
Accepted: 2023 October 31

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.



Background: This study aimed to evaluate the growth conditions for two medicinal plants, *Angelica gigas* Nakai and *A. acutiloba* (Siebold & Zucc.) Kitagawa, to enhance their production mass and quality.

Methods and Results: Various growth conditions were tested, revealing significant differences were found in seedling quality and production mass between *A. gigas* and *A. acutiloba* under diverse cultivation conditions. A strong correlation ($r = 0.82$) was observed between seedling length and seedling weight within *A. gigas* plug trays. Seedling length in the plug trays was linked to the ultimate production mass after transplantation in open fields, showing strong correlations with shoot length ($r = 0.77$), root length ($r = 0.74$) and root weight ($r = 0.81$). A robust correlation ($r = 0.83$) was demonstrated between the intensity of young seedling harvest and the extent of root turning during plug tray cultivation in *A. acutiloba*. Additionally, root weight, an indicator linked to production mass in open fields, showed strong correlations with shoot length ($r = 0.87$), shoot weight ($r = 0.89$) and root weight ($r = 0.73$).

Conclusions: This research emphasizes the significance adjusting seedling quality in medicinal plant cultivation to enhance productivity and quality, contributing to the sustainability and economic value of the medicinal plant industry.

Key Words: *Angelica* Species, Medicinal Plants, Seedling Conditions, Production Mass, Quality

서 언

약용작물 당귀는 참당귀 (*Angelica gigas* Nakai), 일당귀 [*A. acutiloba* (Siebold & Zucc.) Kitagawa], 중국당귀 [*A. sinensis* (Oliv.) Diels]로 구분되며, 그 중 참당귀와 일당귀가 대한민국에서 주로 재배되고 있다. 2021년을 기준으로, 참당귀는 전국 농가 677 호에서 457 ha에 이르는 면적에서 재배되었으며, 총 생산량은 1,225 톤으로 기록되었다. 이 중 강원도가 57%를 차지하며, 경북 지역이 32%, 충북 지역이 3%를 차지했다. 일당귀는 전국 농가 135 호에서 46 ha가 재배되었으며, 총 생산량은 250 톤으로 조사되었다 (MAFRA, 2022). 이 중 충남 지역에서 재배된 일당귀가 38%를 차지하고 있으며, 나머지는

충북, 경북 지역에서 재배되고 있다.

참당귀는 대한민국약전에 수록되어 뿌리를 주요 약재로 사용하며, 뿌리와 잎을 식용할 수 있다. 반면, 일당귀는 대한민국약전외한약(생약)규격집에 뿌리를 주요 약재로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 어린잎도 식품으로 등록되어 있다. 최근에는 일당귀 잎의 영양 가치가 높아, 칼슘, 인, 비타민 C 함량이 상추보다 높다는 연구 결과가 있으며 (Kim *et al.*, 2009), 보혈작용 (Kim *et al.*, 2011), 항균활성효과 (Yun and Choi, 2004), 돌연변이 억제효과 및 암세포 억제 효과 (Kim *et al.*, 2006) 등이 보고되어 약용작물로의 활용도가 높아지고 있다.

플러그 육묘는 노지에서 직접 종자를 파종하는 방식과 비교했을 때, 종자 소요량과 육묘 면적이 적으며, 공정육묘 시스템

[†]Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5660 (E-mail) eslee24@korea.kr

¹농촌진흥청 인삼특작부 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

²농촌진흥청 인삼특작부 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

³농촌진흥청 인삼특작부 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

⁴한국농업기술진흥원 선임연구원 / Researcher, Korea Agriculture Technology Promotion Agency, Iksan 54667, Korea

⁵농촌진흥청 인삼특작부 연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

구축이 가능하며, 작업이 간편하고 자동 이식이 가능한 장점이 있다 (Jeong, 2002; Yeoung *et al.*, 2004). 정식 적기의 규격묘란 묘가 노화되지 않고 근권부가 발달하여 정식 이후 묘 활착이 양호하고 생육 및 결실이 잘되는 묘이다 (Kim *et al.*, 2009).

플러그 이식재배는 재배 기간이 단축되어 토지 이용률이 증대되고 이식 전 집중적 관리로 수량 및 품질 향상을 기대할 수 있다 (Yeoung *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2019). 또한 플러그 육묘는 육묘 노력 절감과 균일묘의 대량 생산이 용이하고 작물생산을 분업화할 수 있는 이점이 있어 (Ito, 1992), 1990년대에 우리나라에 도입된 이래 국내 육묘 업체 수가 늘어나는 추세이다. 이에 따라 다양한 작물에서 규격묘를 생산하는 작업의 노동력 절감 및 수량 증가를 위한 연구가 지속적으로 수행되고 있다 (Suzuki and Takaura, 1994; Kim *et al.*, 2019).

정식 기계화에 적절한 육묘를 수행하기 위해서는 상토, 플러그 트레이, 육묘 소요일수, 환경 조건 구멍 등의 설정이 중요하다. 육묘 시 상토와 관련된 연구는 식량 작물, 채소 작물 등 다양한 작물에서 수행되었으며, 양파, 고추, 배추 등에서 혼합비율과 물리성을 제시한 연구가 있었다 (Lee *et al.*, 2006; Min *et al.*, 2016). 육묘 소요 기간과 플러그 트레이와 관련해서는 옥수수, 고추, 시금치 등에서 이루어졌다 (Shin *et al.*, 2000; Yeoung *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2009). 플러그 셀의 크기에 따라 묘 품질에 영향을 준다는 고추, 부추, 토마토 등의 연구 결과가 보고되어 있고 (Kim *et al.*, 2001; Shin *et al.*, 2000), 약용작물의 건전 종묘 생산을 위한 트레이 육묘 방법이 연구되었다 (Nam *et al.*, 2022).

규격묘의 생산은 플러그 이식재배의 기계 자동화를 가능하게 하며 노동력 절감과 동시에 생산성을 향상시켜 농가 소득 증대에 기여할 수 있으며, 최근 다양한 작물에서 이식 자동화 등 기계화 연구가 수행되고 있다 (Rasool *et al.*, 2020; Iqbal *et al.*, 2021; Habineza *et al.*, 2023).

약용작물은 주로 지하부를 이용하기 때문에 채소와는 다른 사용 부위를 가진다. 따라서 플러그 트레이 육묘를 수행할 때, 지상부가 주요 관심사가 아니라 지하부의 생산량이 최종적으로 중요하다. Styer와 Koranski (1997)는 28 cm × 56 cm (가로 × 세로) 크기의 플러그 트레이에 작은 단위의 셀을 만들어, 트레이 내의 셀 수가 많을수록 각 셀당 토양의 양이 감소하며, 이로 인해 식물 생장에 유리하다고 보고하였다. 더불어, 셀당 용적이 많은 셀 수가 적을 때, 토양의 완충력이 증가하여 식물 생장에 긍정적인 영향을 미치게 된다. 셀 내 토양의 구성 재료 비율이 모두 묘 품질에 영향을 미치므로, 피트모스 및 펄라이트 등을 일정 비율로 혼합한 토양을 사용하여 작물을 재배할 수 있다.

본 연구에서는 참당귀와 일당귀 등 당귀속 2종의 약용작물에 대하여 플러그 육묘 조건이 생산성과 묘 품질에 미치는 영향을 분석하고 최적 육묘 생산 조건을 탐색했다. 이를 통해

약용작물 당귀의 효과적인 생산과 경작 방법에 대한 중요한 정보를 제공하며, 플러그 육묘의 재배 방법에 대한 더 깊은 연구와 산업 적용 가능성을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

1. 상토 화학성 분석

상토 8 종의 화학성 분석을 위해 비료공정규격에 따라 염소, 치환성양이온, 수분함량, pH, 전기전도도 (EC), 유기물, 총질소 함량을 측정하였다. 이를 위해 염소는 Ion chromatography 법 (930 compact IC Flex, Metrohm, Herisau, Switzerland) 으로 측정했고 치환성 양이온 함량은 1 N의 NH₄OAc (pH 7.0)로 침출하여 초산암모늄 침출법 (24VE, Sampletek, Mavco Industries, Inc., Lawrenceburg, KY, USA / Optima 8300, PerkinElmer Inc., Waltham, MA, USA)으로 측정했다.

수분 함량은 가열감량법 (VS-1202D4, Vision Bionex, Bucheon, Korea)으로 산출하였고, 상토 2는 풍건한 토양 시료를 증류수와 1 대 5 비율로 희석한 후 30 분 동안 진탕시켜 pH 미터 (Orion 8157BNUMD, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)로 측정했고, 전기전도도는 동일한 방법으로 처리한 후 EC 미터 (Orion 8157BNUMD, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)로 측정하였다. 유기물 함량은 회화법으로 측정하였고 (MF2-32G, JEIO TECH, Korea), 총질소함량은 황산법 (K-375/376 kjeldahl system, BUCHI, Flawil, Switzerland)으로 측정했다 (Bremner and Mulvaney, 1982).

유효 인산 및 황 함량은 농촌진흥청 토양화학분석법에 따라 측정하였다 (NAAS, 2010). 유효 인산 함량은 Lancaster 법 (Cox, 2001)에 따라 토양 시료와 1-amino-2-naphthol-4-sulfonic acid를 혼합하여 발색시킨 후 비색계 (UV/VIS spectrometer Lambda 35, PerkinElmer Inc. Waltham, MA, USA)를 사용하여 720 nm에서 흡광도를 측정하고 분석했고, 황 함량은 자동 기계 측정 방법 (S832DR-MLC, LECO corporation, St. Joseph, MI, USA)으로 측정했다.

2. 종자 재료

본 연구에서는 참당귀와 일당귀의 종자 재료로 2020년 충청북도 체천시 Good Agricultural Practices (GAP) 참당귀 재배 농가에서 채종한 참당귀 종자 및 충북 음성에 위치한 인삼특작부 약용작물과 시험포장에서 2021년 채종한 일당귀 종자를 사용했다. 이러한 종자는 4℃ 냉장 보관 후 시험에 사용되었다.

3. 육묘 조건

참당귀 및 일당귀의 최적 육묘 조건을 파악하기 위해 72-셀 (538 mm × 280 mm × 46 mm), 105-셀 (538 mm × 280 mm ×

48 mm), 128-셀 (538 mm × 280 mm × 49 mm), 162-셀 (538 mm × 280 mm × 45 mm) 및 200-셀 (538 mm × 278 mm × 43 mm) 트레이에 각각 4월 중순과 3월 초순에 파종했으며, 파종을 위해 바로커 원예범용 상토 (Seoulbio Co. Ltd., Eumseong, Korea)를 사용하였다. 파종 후 30 일 경과 후 트레이 당 3 개 - 4 개의 개체를 남기고 숙음 작업을 실시하였다.

상토 조건에 따른 수량과 품질을 평가하기 위해 참당귀 및 일당귀의 종자를 128 셀 (538 mm × 280 mm × 49 mm) 트레이에 상토 8 종을 사용하여 각각 4월 중순과 3월 초순에 파종했다. 상토 A는 원예범용 (Seoulbio Co. Ltd. Eumseong, Korea), B는 코코피트 15% - 20%, 피트모스 15% - 20%, 질석 45% -90%, 제올라이트 15% - 20%, 규조토 5% - 8%가 포함된 경량 수도용 (Seoulbio Co. Ltd. Eumseong, Korea), 상토 C는 서울 유기 상토 (Seoulbio Co. Ltd. Eumseong, Korea), 상토 D는 푸르미 딸기전용 (Seoulbio Co. Ltd. Eumseong, Korea), 상토 E는 중장기육묘용 그린상토 (Seoulbio Co. Ltd. Eumseong, Korea), 상토 F는 푸르미 화훼용 상토 (Seoulbio Co. Ltd. Eumseong, Korea), 상토 G는 육묘장 전용 상토 (Seoulbio Co. Ltd. Eumseong, Korea), 상토 H는 파, 양파 전용 아리랑 상토 (Seoulbio Co. Ltd. Eumseong, Korea)로 총 질소, 치환성 칼륨, 유효 인산 등 화학성 조성이 서로 다른 상토였다 (Table 1). 파종 후 30 일 경과 후 트레이 당 3 개 - 4 개의 개체를 남기고 숙음 작업을 실시하였다.

4. 묘소질 평가

참당귀의 경우, 파종 전에 종자를 3 일 동안 물에 침종 (Cho and Kim, 1993a). 파종 후 45 일과 55 일에 2 회의 생육 조사를 수행했으며, 어린 묘를 수확한 후 지하부 흙을 제거하고 즉시 생체중 (g), 지상부 초장 (cm), 지하부 근장 (cm), 지체부의 경경 (mm) 및 지하부의 가장 굵은 부분의 근경 (mm)을 측정했다. 또한, 묘를 수확할 때 드는 강도를 1 (매우 쉬움), 2 (쉬움), 3 (어려움), 그리고 4 (매우 어려움)의 4 가지 척도

로 분류했고, 뿌리 돌림의 정도를 1 (매우 잘됨), 2 (잘됨), 3 (안됨), 그리고 4 (매우 안됨)의 4 가지 척도로 분류했고, 6월 상순에 약용작물과 시험 포장에 정식한지 180일이 경과한 후에 수확했다.

일당귀 종자는 이전 연구를 기반으로 파종 전 24시간 침종한 후 파종하였다 (Moon *et al.*, 2003). 파종 후 45 일과 55 일이 경과한 후에 생육 조사를 실시했으며, 뿌리 돌림 정도와 묘를 수확할 때 드는 뿌리돌림 정도를 참당귀와 동일한 4 가지 척도로 분류했으며, 5월 상순에 시험 포장에 파종·정식한지 180 일이 경과한 후에 수확하였다.

5. 노지 수량성 평가

참당귀와 일당귀를 시험 포장에 정식한 후 2 주 동안 활착에 성공한 개체 수를 전체 개체 수로 나누어 활착률 (%)을 계산하였다. 이어서 10월 말에 시험 포장에서 정상적으로 성장한 참당귀와 일당귀를 수확했고, 지하부에 묻은 흙을 세척하고 물기를 제거한 후 즉시 지상부 무게와 지하부 무게를 측정했다.

또한, 지하부 수량 평가를 위하여 60°C에서 48 시간 동안 건조한 후 (VS-1202D4N, VISION Scientific Co. Ltd. Daejeon, Korea), 건조 무게를 측정했다.

6. 통계 분석

트레이 생육과 본밭 정식 시 노지 수량 간의 지표들에 대한 관계를 해석하기 위해 엑셀 프로그램 (Microsoft® Excel®, Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA)을 이용하여 상관 분석을 실시하였고 상관계수 (r)를 구하였다.

통계 분석은 SAS Enterprise 7.1 (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA) 프로그램을 사용하여 일원분산분석 (one-way analysis of variance)을 수행하였으며 5% 수준에서 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)를 이용하여 처리 간 평균값의 유의성을 검정하였다 ($p < 0.05$).

Table 1. Soil chemical properties of according to the medium types.

Mediums	Cl ¹⁾ (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol+/kg)				P ₂ O ₅ (mg/kg)	Moisture content (%)	pH (1 : 5)	EC ²⁾ (dS/m)	Organic matter (g/kg)	S (%)	T-N ³⁾	Salt content (%)
		K	Ca	Mg	Na								
A	522.7	10.8	9.7	7.0	4.4	684.0	40.5	5.8	0.5	21.4	0.68	0.28	0.08
B	321.8	9.0	13.9	5.9	4.6	477.2	21.4	5.1	0.6	6.6	0.35	0.13	0.07
C	1951.4	11.5	16.0	7.9	5.6	405.2	25.0	5.3	0.6	26.9	0.47	0.32	0.25
D	974.7	6.1	10.9	3.8	2.9	768.4	61.9	5.5	0.7	14.3	0.25	0.20	0.11
E	903.0	12.1	13.3	8.8	4.2	954.1	25.3	4.6	1.0	25.5	0.59	0.43	0.08
F	3596.2	13.7	20.1	7.1	5.0	789.4	26.8	5.8	0.6	41.0	0.54	0.49	0.30
G	462.0	5.5	16.2	9.7	2.1	726.9	27.8	5.3	0.3	44.0	0.66	0.59	0.04
H	1429.7	9.2	21.3	6.4	4.0	631.0	21.1	5.8	0.6	22.6	0.57	0.33	0.23

¹⁾Cl; Chloride ion content (Ion chromatography), ²⁾EC; Electric conductivity (EC meter method), ³⁾T-N; total nitrogen content (Bremner and Mulvaney, 1982).

결과 및 고찰

1. 상토 화학성 분석

상토 8 종의 화학성분 분석 결과에 따르면, 원예범용 상토인 상토 A의 CI 함량은 522.7 mg/kg 이었으며, 치환성 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 이온은 각각 10.8, 9.7, 7.0, 4.4 cmol+/kg 의 함량을 나타내었다. 또한, P₂O₅ 함량은 684.0 mg/kg, 수분 함량은 40%이며, pH는 5.8로 확인되었다. EC는 0.5 dS/m, 유기물 함량은 21.4 g/kg, 황 (S) 함량은 0.68%, 총 질소 함량은 0.28%, 염분 함량은 0.08%이었다 (Table 1).

상토 B는 경량 수도용 상토이며, 다른 7 종의 상토에 비해 유기물 함량, P₂O₅ 함량이 각각 6.6 g/kg, 477.2 mg/kg, 그리고 총 질소 함량은 0.13%로 낮은 특성을 나타냈다. 상토 D는 다른 7 종의 상토에 비해 치환성 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등의 이온 함량이 각각 6.1, 10.9, 3.8, 그리고 2.9 cmol+/kg 으로 낮은 특성을 가졌다. 상토 E는 총 질소 함량, P₂O₅, 치환성 칼륨 이온 함량 등이 각각 0.43%, 954.1 mg/kg, 그리고 12.1 cmol+/kg 으로 나타나 전반적으로 높은 특성을 나타냈다.

2. 묘 품질 평가

2-1. 육묘 조건에 따른 참당귀 묘소질 평가

참당귀는 4월 상순에 파종했으며, 파종 후 8 일 만에 발아가 시작되었다. 참당귀 어린 묘의 생육 조사 결과를 살펴보면, 파종 후 45 일째의 1차 시기에 트레이에서 묘를 수확할 때 드는 강도가 어려운 수준 (3 - 4)이었으며, 뿌리 돌림에는 트레이 셀 수에 따른 유의적인 차이는 없었지만, 전반적으로 지상부 및 지하부 생육이 트레이 크기가 작을수록 우수한 경향을 보였다 (Table 2).

파종 후 55 일이 지나면, 수확 강도는 쉬운 수준 (1 - 2)으로 낮아졌으며, 뿌리 돌림은 플러그 트레이를 따라 잘 발달되어 생육이 더욱 진전되었다 (Table 2 and Fig. 1). 파종 후 55 일째의 2차 조사에서도 플러그 트레이 크기가 작을수록 전반적인 생육 지표인 지상부 생체중, 초장, 지하부 직경 등이 우수한 경향을 보였다.

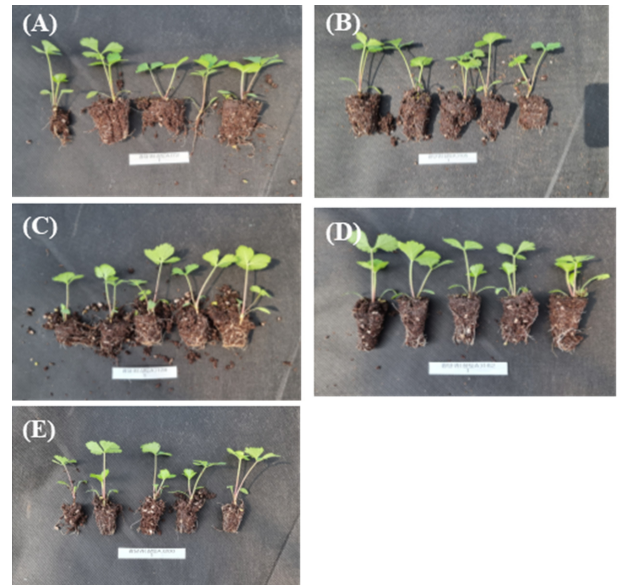


Fig. 1. Growth response of *Angelica gigas* seedlings to different plug tray specifications (2nd¹⁾). ¹⁾2nd; second evaluation of the quality of *A. gigas* seedlings is conducted 55 days after sowing (early March). (A); 72-cell trays, (B); 105-cell trays, (C); 128-cell trays, (D); 162-cell trays, (E); 200-cell trays. The topsoil filled in each cell tray is general-purpose horticultural media (media A).

Table 2. Evaluation of *Angelica gigas* seedling quality according to plug tray specifications on 45 days after sowing (1st¹⁾) and 55 days after sowing (2nd²⁾).

	Plug tray specifications	Harvest intensity	Root turning	Seedling weight (g)	Seedling length (cm)	Root length (cm)	Shoot diameter (mm)	Root diameter (mm)
1st	72-cell trays	3.3±0.5 ^{ab}	3.2±0.6 ^{ns}	0.6±0.1 ^a	7.0±0.6 ^b	8.3±2.0 ^a	2.4±0.3 ^a	1.8±0.3 ^{ns}
	105-cell trays	3.3±0.4 ^{ab}	3.1±0.4	0.4±0.1 ^{bc}	7.5±0.7 ^a	7.5±0.7 ^b	2.3±0.4 ^{ab}	1.9±0.6
	128-cell trays	3.1±0.5 ^b	2.8±0.9	0.4±0.1 ^{bc}	7.0±0.6 ^b	8.3±2.0 ^a	2.4±0.3 ^a	1.8±0.4
	162-cell trays	3.5±0.5 ^a	2.9±0.6	0.4±0.1 ^b	6.9±0.9 ^{bc}	6.6±1.5 ^{bc}	2.2±0.6 ^{ab}	1.9±0.4
	200-cell trays	3.5±0.5 ^a	3.2±0.6	0.3±0.1 ^c	6.6±1.3 ^c	5.7±1.4 ^c	1.9±0.3 ^b	1.8±0.4
2nd	72-cell trays	1.1±0.2 ^{ns}	1.2±0.4 ^{ns}	1.4±0.4 ^a	13.0±2.3 ^{ns}	11.4±2.3 ^a	3.5±0.7 ^{ns}	3.4±0.8 ^a
	105-cell trays	1.5±0.9	1.5±0.7	1.2±0.4 ^{ab}	12.1±1.3	9.0±2.1 ^b	3.5±0.7	2.9±0.4 ^{ab}
	128-cell trays	1.3±0.4	1.3±0.5	0.9±0.2 ^c	10.5±1.6	10.3±1.7 ^{ab}	2.3±0.5	2.1±1.2 ^{bc}
	162-cell trays	1.3±0.4	1.1±0.2	1.1±0.3 ^b	9.7±6.4	8.6±1.5 ^b	3.2±0.6	2.9±0.7 ^{abc}
	200-cell trays	1.3±0.6	1.4±0.5	0.6±0.1 ^d	11.6±1.1	6.3±1.0 ^c	2.5±0.3	1.8±0.8 ^c

¹⁾1st; first evaluation of the quality of *A. gigas* seedlings is conducted 45 days after sowing (early April). ²⁾2nd; second evaluation of the quality of *A. gigas* seedlings is conducted 55 days after sowing (early April). *Means with different letters in column are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$). ns; not significant.

Table 3. Evaluation of *Angelica gigas* seedling quality according to soil conditions on 45 days after sowing (1st¹⁾) and 55 days after sowing (2nd²⁾).

	Soil media	Harvest intensity	Root turning	Seedling weight (g)	Seedling length (cm)	Root length (cm)	Shoot diameter (mm)	Root diameter (mm)
1st	A	3.1±0.5 ^b	2.8±0.9 ^c	0.4±0.1 ^{bc}	7.0±0.6 ^b	8.3±2.0 ^a	2.4±0.3 ^a	1.8±0.4 ^a
	B	3.3±0.7 ^b	3.3±0.7 ^{abc}	0.3±0.1 ^d	6.2±1.2 ^{dc}	7.9±1.5 ^{ab}	1.4±0.8 ^{bc}	1.8±0.4 ^a
	C	3.4±0.5 ^b	3.7±0.5 ^{ab}	0.3±0.0 ^d	5.8±0.6 ^d	6.1±1.2 ^c	1.9±0.5 ^{ab}	1.9±0.5 ^a
	D	4.0±0.0 ^a	4.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^e	2.4±0.3 ^e	4.7±1.7 ^c	1.0±0.5 ^c	1.1±0.2 ^b
	E	3.0±0.6 ^b	2.7±0.7 ^c	0.5±0.1 ^a	8.1±0.7 ^a	8.3±1.9 ^a	2.4±0.4 ^a	2.2±0.5 ^a
	F	3.3±0.5 ^b	3.3±0.5 ^{bc}	0.4±0.1 ^{bc}	6.8±1.0 ^{bc}	7.6±1.7 ^{ab}	2.2±0.5 ^a	1.8±0.4 ^a
	G	3.2±±0.6 ^b	3.1±0.7 ^{bc}	0.5±0.1 ^a	8.4±1.0 ^a	8.7±1.8 ^a	2.4±0.3 ^a	2.1±0.3 ^a
	H	3.4±0.5 ^b	3.3±0.5 ^{bc}	0.3±0.1 ^c	6.5±0.8 ^{bd}	8.4±1.4 ^a	2.0±0.3 ^a	1.9±0.5 ^a
2nd	A	1.3±0.4 ^c	1.3±0.5 ^c	0.9±0.2 ^c	10.5±1.6 ^b	10.3±1.7 ^{ab}	2.3±0.5 ^{ns}	2.1±1.2 ^{bc}
	B	2.3±0.7 ^b	2.1±0.7 ^b	0.6±0.1 ^d	9.3±0.6 ^b	9.1±3.2 ^{bc}	2.3±0.5	2.1±0.5 ^b
	C	2.1±0.7 ^b	2.2±0.7 ^b	0.7±0.1 ^{cd}	9.0±0.8 ^b	7.4±1.2 ^c	2.3±0.3	1.1±0.9 ^c
	D	4.0±0.0 ^a	4.0±0.0 ^a	0.1±0.0 ^e	2.2±0.3 ^d	4.4±1.2 ^d	0.9±0.3	0.8±0.3 ^c
	E	1.3±0.4 ^c	1.0±0.2 ^c	1.5±0.3 ^a	15.0±1.9 ^a	10.0±1.6 ^b	3.5±0.4	3.3±0.5 ^a
	F	1.3±0.5 ^c	1.2±0.5 ^c	0.9±0.1 ^c	10.0±0.7 ^b	10.9±2.0 ^b	3.0±0.4	2.7±0.3 ^{ab}
	G	1.1±0.3 ^c	1.1±0.3 ^c	1.2±0.2 ^b	13.8±1.5 ^a	13.8±1.6 ^a	10.0±2.4	3.2±0.4 ^a
	H	2.3±1.0 ^b	2.3±0.9 ^b	0.5±0.1 ^d	7.4±1.1 ^c	8.5±1.8 ^{bc}	2.2±0.4	2.1±0.5 ^b

¹⁾1st; first evaluation of the quality of *A. gigas* seedlings is conducted 45 days after sowing (early April). ²⁾2nd; second evaluation of the quality of *A. gigas* seedlings is conducted 55 days after sowing (early April). *Means with different letters in column are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$). ns; not significant.

또한, 파종 후 45 일째에 상토 조건에 따른 어린 묘의 생육 조사 결과를 살펴보면, 묘를 수확할 때 드는 강도가 여전히 어려운 수준 (3 - 4)으로 확인되었다 (Table 3). 그러나 파종 후 55 일째의 2차 조사에서는 강도가 줄어들었으며, 상토 D의 경우에도 수확 강도가 여전히 매우 어려운 수준 (4)을 나타내었고, 뿌리 돌림도 제대로 발달하지 않아 상토가 묘에 밀착되지 않고 떨어져 나오는 현상을 보였다 (Fig. 2).

이러한 결과로 인해 상토 D에서는 지상부와 지하부 생육에 부정적인 영향을 미치며, 다른 상토 배지에 비해 생육이 현저히 낮았다. 상토 G의 경우는 1차 시기와 마찬가지로 지상부 생체중, 초장, 직경, 지하부 초장, 그리고 직경 등 전반적인 생육 지표에서 유의적으로 우수한 결과를 보였다.

참당귀는 직파재배 시 발아율과 입모율이 낮아 (Cho and Kim, 1993b), 노지 육묘에서 장시간 소요되며 (Nam *et al.*, 1999) 재배 기간 동안 기후변화 요인에도 민감하여 (Yu *et al.*, 2004), 실내 플러그묘 생산 연구가 필요한 대표적인 약용작물 중 하나라고 할 수 있다.

경북 북부지역에서의 참당귀 성장해석 결과에 따르면, 건물중은 파종 및 이식 후 120 일 이후부터 증가하기 시작하며, 이식재배의 경우 직파재배에 비해 지하부 생장이 상대적으로 활발했으며, 상대성장률 (relative growth rate, RGR)과 순동화율 (net assimilation rate, NAR)은 23°C에서 가장 높았다

(Nam *et al.*, 1999).

애호박 육묘 시, 관행적으로 사용되는 32 구 플러그 트레이보다 작은 셀 크기의 플러그 트레이를 사용한 육묘 처리에서 전반적인 생육이 향상되었으며, 과실의 상품성도 향상되었다고 보고되었다 (Kim *et al.*, 2019). 특히, 셀 크기가 작은 105 구와 142 구의 플러그 트레이에서 재배된 애호박은 생육이 우수했지만, 종자 크기에 비해 162 구는 상대적으로 너무 작아 파종 작업 시 비효율적이었다고 보고된 바 있다 (Kim *et al.*, 2019).

약용작물은 플러그 트레이 내에서 효과적인 뿌리 돌림이 필요하다. 이렇게 하면 본밭에 이식했을 때 주근 (主根)이 더 잘 자라 수량을 증가시킬 수 있다. 또한, 이러한 뿌리 돌림은 트레이에서 묘를 수확했을 때 상토의 응집성에도 영향을 미친다. 따라서 본밭에 이식할 때 상토가 더 잘 부착되어 노동력을 절감하고 묘의 활착률을 증가시킬 수 있다.

참당귀의 육묘에서 파종 후 1차에서 2차로 시기가 지남에 따라 수확 강도는 감소하고 뿌리 돌림 상태가 개선되는 것을 확인했다. 플러그 트레이 묘를 본밭에 이식할 때 노동력을 절감하기 위한 기계화 (자동화)가 필수적이다. 이때 플러그 트레이에서의 수확 과정을 자동화하는 전자동 방법은 현재 국내에서 매우 어려운 수준이다. 그러나 참당귀 우량 규격묘의 생산 이후에는 반자동 이식 기계화가 가능한 수준으로 발전한다면,

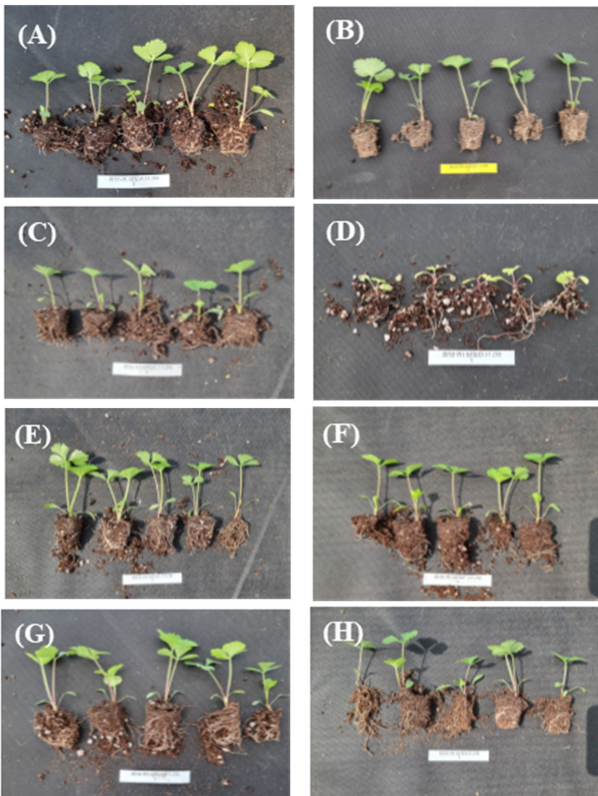


Fig. 2. Growth response of *Angelica gigas* seedlings to different soil media (2nd¹⁾). ¹⁾2nd; second evaluation of the quality of *A. gigas* seedlings is conducted 55 days after sowing (early April). (A); soil medium A, (B); soil medium B, (C); soil medium C, (D); soil medium D, (E); soil medium E, (F); soil medium F, (G); soil medium G, and (H); soil medium H. The specification of the cell tray filled with each media is 128-cell tray. Medium A is for general horticulture, B is for water crops, medium C is organic medium, medium D is for strawberries, medium E is for mid- to long-term seedlings, medium F is for flowers, medium G is for process seedlings, and medium H is for onions.

인건비를 절감하고 수량을 증가시키는데 기여할 것으로 보인다.

추후 온상 육묘 (플러그 트레이)에서 2 개월에서 6 개월까지 재배한 후 본밭에 이식한 참당귀의 지하부 수량과 노지 육묘로 1 년 이상 키운 후 본밭에 이식한 2 - 3년차 지하부 수량과의 경제성 비교 분석 연구가 필요할 것으로 생각된다.

2-2. 육묘 조건에 따른 일당귀 묘소질 평가

일당귀는 3월 상순에 파종했으며, 파종 후 14 일 만에 발아가 시작되었다. 일당귀 어린 묘의 생육 조사 결과를 통해 파종 후 45 일째의 1차 시기에 트레이에서 묘를 수확할 때 드는 강도가 어려운 수준 (2.5 - 3.6)이었으며, 뿌리돌림 발달도 부족한 상태였다. 또한, 플러그 트레이 셀 당 용적이 클수록 전반적인 지상부 및 지하부 생육이 유리한 경향을 보였다 (Table 4).

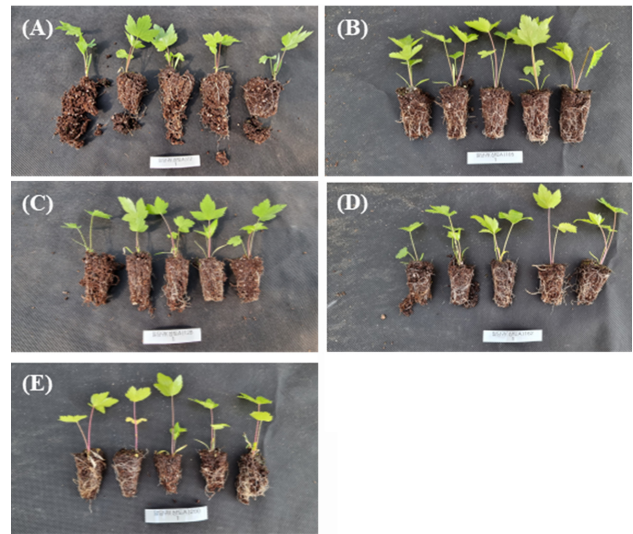


Fig. 3. Growth response of *Angelica acutiloba* seedlings to different plug tray specifications (2nd¹⁾). ¹⁾2nd; second evaluation of the quality of *A. acutiloba* seedlings is conducted 55 days after sowing (early March). (A); 72-cell trays, (B); 105-cell trays, (C); 128-cell trays, (D); 162-cell trays, (E); 200-cell trays. The topsoil filled in each cell tray is general-purpose horticultural media (media A).

파종 후 55 일이 지난 시점에서 수확 강도는 쉬운 수준 (1 - 2)으로 낮아졌으며, 뿌리 돌림도 플러그 트레이를 따라 잘 발달하여 생육이 더욱 진전되었다 (Table 4 and Fig. 3). 파종 후 55 일째의 2차 조사에서도 플러그 트레이 셀 당 용적이 클수록 지상부 생체중, 초장, 지하부 직경 등 전반적인 생육 지표가 우수한 경향을 보였다.

또한, 파종 후 45 일째에 상토 조건에 따른 일당귀 어린 묘의 생육 조사 결과를 살펴보면, 묘를 수확할 때 드는 강도가 어려운 수준 (2.6 - 3.7)이었다 (Table 5). 이러한 강도는 파종 후 55 일째의 2차 조사로 시기가 진전되면서 강도가 감소하는 경향을 보였지만, 상토 D의 경우에는 여전히 수확 강도가 매우 어려운 수준 (4)이었으며, 뿌리 돌림도 제대로 발달하지 않아 상토가 묘에서 분리되어 나오는 양상을 보였다 (Fig. 4). 이로 인해 상토 D는 지상부와 지하부 생육에 부정적인 영향을 미치어 다른 상토 배지에 비해 생육이 현저히 낮은 반면 원예범용 상토 A와 상토 G에서 지상부 생체중, 초장, 직경, 지하부 초장 및 직경 등 전반적인 생육 지표에서 유의적으로 우수한 결과를 나타내었다.

산형과 같은 작물은 종자에 배 (胚)가 없거나 배 발달이 미숙한 상태로 탈립이 발생하며, 배유가 먼저 발달하고 이후에 배가 발달하는 특성을 가지며 (Dean *et al.*, 1989), 이로 인해 같은 화서 내에 있는 종자들이 발달 단계가 서로 다른 특성을 나타내게 되며 종자의 등숙 단계에 따라 서로 다른 생육 특성으로 나타난다 (Lee *et al.*, 2019), 따라서 일당귀에서의 종자

Table 4. Evaluation of *Angelica acutiloba* seedling quality according to plug tray specifications on 45 days after sowing (1st¹⁾) and 55 days after sowing (2nd²⁾).

	Plug tray specifications	Harvest intensity	Root turning	Seedling weight (g)	Seedling length (cm)	Root length (cm)	Shoot diameter (mm)	Root diameter (mm)
1st	72-cell trays	3.5±0.6 ^a	3.5±0.7 ^b	0.1±0.0 ^{bc}	5.2±0.7 ^{ab}	5.0±1.7 ^b	1.0±0.3 ^{ab}	0.8±0.2 ^a
	105-cell trays	3.6±0.5 ^a	3.9±0.3 ^a	0.1±0.0 ^c	5.1±0.6 ^{ab}	8.4±3.0 ^a	0.5±0.2 ^c	0.5±0.2 ^b
	128-cell trays	3.5±0.6 ^a	3.8±0.4 ^{ab}	0.2±0.0 ^{ab}	5.1±0.8 ^{ab}	6.8±2.1 ^{ab}	1.1±0.3 ^a	0.9±0.3 ^a
	162-cell trays	2.6±0.7 ^b	2.5±0.5 ^c	0.2±0.0 ^a	5.4±0.6 ^a	6.8±1.9 ^{ab}	0.8±0.1 ^{abc}	0.6±0.3 ^{ab}
	200-cell trays	2.5±0.7 ^b	2.3±0.4 ^c	0.1±0.0 ^{bc}	4.7±0.4 ^b	5.8±1.2 ^b	0.7±0.2 ^b	0.7±0.1 ^{ab}
2nd	72-cell trays	1.9±0.7 ^a	1.9±0.7 ^a	0.5±0.1 ^a	8.5±0.6 ^a	7.1±2.9 ^b	1.4±0.7 ^a	1.8±0.7 ^{ns}
	105-cell trays	1.0±0.0 ^c	1.0±0.0 ^c	0.6±0.1 ^a	9.1±1.7 ^a	12.0±3.0 ^a	1.8±0.5 ^a	1.9±0.7
	128-cell trays	1.7±0.8 ^{ab}	1.5±0.7 ^{ab}	0.5±0.1 ^a	8.7±0.8 ^a	10.8±2.1 ^a	1.7±0.2 ^a	1.7±0.3
	162-cell trays	1.4±0.7 ^{bc}	1.4±0.7 ^{bc}	0.5±0.1 ^a	8.7±0.9 ^a	12.1±2.3 ^a	1.8±0.4 ^a	2.0±0.5
	200-cell trays	1.1±0.3 ^c	1.1±0.2 ^{bc}	0.2±0.1 ^b	6.2±1.5 ^b	9.5±2.1 ^{ab}	0.7±0.5 ^b	1.5±0.2

¹⁾1st; first evaluation of the quality of *A. gigas* seedlings is conducted 45 days after sowing (early March). ²⁾2nd; second evaluation of the quality of *A. gigas* seedlings is conducted 55 days after sowing (early March). *Means with different letters in column are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

Table 5. Evaluation of *Angelica acutiloba* seedling quality according to soil conditions on 45 days after sowing (1st¹⁾) and 55 days after sowing (2nd²⁾).

	Soil media	Harvest intensity	Root turning	Seedling weight (g)	Seedling length (cm)	Root length (cm)	Shoot diameter (mm)	Root diameter (mm)
1st	A	3.5±0.6 ^a	3.8±0.4 ^{ab}	0.2±0.0 ^{ab}	5.1±0.8 ^{ab}	6.8±2.1 ^{ab}	1.1±0.3 ^a	0.9±0.3 ^a
	B	3.7±0.4 ^a	4.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^c	3.3±0.3 ^b	3.6±1.0 ^c	0.7±0.3 ^{bc}	0.8±0.5 ^{ab}
	C	3.6±0.5 ^a	3.5±0.7 ^{abc}	0.2±0.0 ^b	4.8±0.6 ^a	6.1±2.1 ^{ab}	1.0±0.3 ^{ab}	0.8±0.3 ^{ab}
	D	3.7±0.4 ^a	3.7±0.4 ^{abc}	0.0±0.0 ^c	2.9±3.1 ^b	4.5±1.2 ^{bc}	0.4±0.1 ^c	0.4±0.1 ^c
	E	3.5±0.8 ^{ab}	3.3±0.9 ^{bcd}	0.2±0.1 ^b	4.7±0.6 ^a	5.6±1.6 ^{ab}	0.9±0.3 ^{ab}	0.7±0.2 ^{bc}
	F	3.1±0.7 ^b	3.1±0.8 ^{cd}	0.1±0.0 ^b	4.7±1.4 ^a	6.0±1.70 ^{ab}	0.8±0.1 ^{ab}	0.7±0.2 ^{bc}
	G	2.6±0.6 ^c	2.8±0.7 ^d	0.2±0.1 ^a	5.4±0.7 ^a	5.8±1.1 ^{ab}	0.9±0.4 ^{ab}	1.1±0.4 ^a
	H	3.3±0.7 ^{ab}	3.2±0.8 ^{bcd}	0.2±0.0 ^{ab}	5.4±0.7 ^a	6.9±2.4 ^a	0.9±0.4 ^{ab}	0.9±.3 ^{ab}
2nd	A	1.7±0.8 ^d	1.5±0.7 ^c	0.5±0.1 ^a	8.7±0.8 ^a	10.8±2.1 ^a	1.7±0.2 ^a	1.7±0.3 ^a
	B	3.8±0.4 ^a	3.8±0.4 ^a	0.2±0.0 ^c	5.3±0.8 ^d	5.7±1.5 ^c	1.0±0.4 ^b	0.9±0.5 ^b
	C	2.3±0.7 ^c	2.3±0.8 ^b	0.3±0.1 ^b	7.0±0.8 ^c	7.2±2.0 ^b	1.5±0.3 ^a	1.7±0.3 ^a
	D	4.0±0.0 ^a	4.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^d	2.6±0.3 ^e	3.8±0.6 ^d	0.4±0.2 ^c	0.5±0.2 ^c
	E	1.7±0.7 ^d	1.8±0.7 ^c	0.4±0.1 ^a	8.0±1.0 ^{ab}	7.5±2.2 ^b	1.7±0.5 ^a	1.8±0.3 ^a
	F	3.1±0.6 ^b	2.5±0.8 ^b	0.3±0.0 ^b	7.2±0.7 ^c	7.0±2.0 ^{bc}	1.7±0.2 ^a	1.6±0.2 ^a
	G	3.2±0.7 ^b	2.5±0.6 ^b	0.3±0.1 ^b	7.6±0.6 ^{bc}	6.4±2.0 ^{bc}	1.6±0.1 ^a	1.9±0.2 ^a
	H	2.5±0.9 ^c	2.3±1.0 ^b	0.4±0.1 ^b	8.3±0.7 ^{ab}	7.5±2.6 ^b	1.7±0.2 ^a	1.8±0.3 ^a

¹⁾1st; first evaluation of the quality of *A. gigas* seedlings is conducted 45 days after sowing (early March). ²⁾2nd; second evaluation of the quality of *A. gigas* seedlings is conducted 55 days after sowing (early March). *Means with different letters in column are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

의 등숙 정도는 종자 발아율에 영향을 미칠 수가 있으며, 트레이 육묘 시 균일한 묘 생육을 촉진시키는 데 일조할 수 있다. 일당귀는 본포에 종자를 파종한 후 1년 이상 재배해야 하며, 주로 지하부를 수확하여 활용된다. 최근에는 쌈채소 등 일당귀의 활용도가 증가하며, 지상부 쌈채소 플러그묘의 공급에 필요한 실내 육묘 생산 연구가 지속적으로 필요할 것으로 전망된다.

3. 노지 수량 평가

육묘의 기간과 방식은 작물의 품질과 생산량에 미치는 영향이 크다. 참당귀는 번식을 위해 직파하거나 온상 (시설 내 플러그) 육묘 이식 재배를 하면 1년생 또는 2년생에서 추대되고, 노지육묘이식재배를 하면 2년 또는 3년생에서 추대하여 개화 결실하여 근의 목질화가 진전되면서 상품성을 상실하게 되는 특징이 있다 (Yu et al., 2003). 일반적으로 온상 육묘 이식재

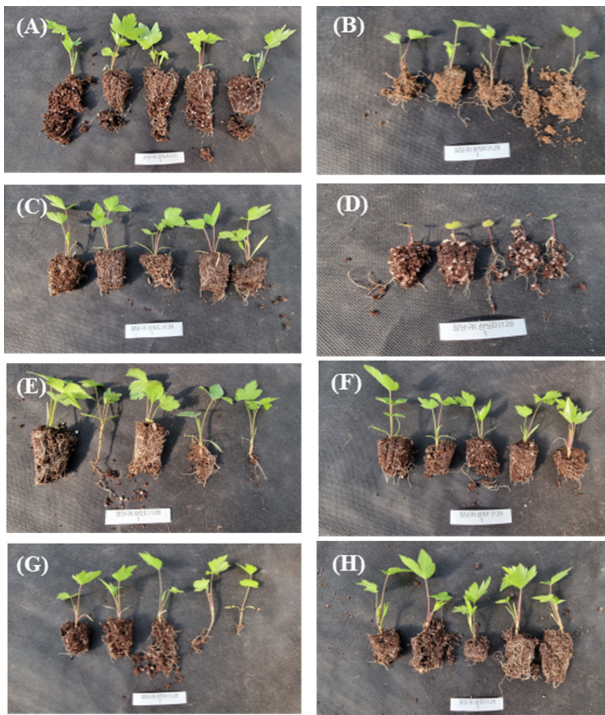


Fig. 4. Growth response of *Angelica acutiloba* seedlings to different soil medium (2nd¹⁾). ^{1)2nd}; second evaluation of the quality of *A. acutiloba* seedlings is conducted 55 days after sowing (early March). (A); soil medium A, (B); soil medium B, (C); soil medium C, (D); soil medium D, (E); soil medium E, (F); soil medium F, (G); soil medium G, and (H); soil medium H. The specification of the cell tray filled with each medium is 128-cell tray. Medium A is for general horticulture, B is for water crops, medium C is organic medium, medium D is for strawberries, medium E is for mid- to long-term seedlings, medium F is for flowers, medium G is for process seedlings, and medium H is for onions.

배는 하우스 등 초기 시설비가 필요하기 때문에 관행적으로 종자를 본포에 파종한 후 1년 이상 노지에서 육묘를 시키고, 그 후 본밭에 이식하는 방법을 선택한다.

약용작물 중에서도 참당귀는 육묘 기간이 상대적으로 긴 작물 중 하나로, 노지에서 1년 이상 동안 육묘를 시키는 특징이 있다 (Park *et al.*, 2020). 참당귀의 노지 육묘 이식 시, 묘두

직경이 생육에 미치는 영향이 큰데, 출현율, 지상부 및 지하부 생육은 묘두 직경이 클수록 양호한 결과를 보이는 것으로 나타났다 (Yu *et al.*, 2000). 특히, 적절한 묘두 직경 범위는 0.31 cm - 0.7 cm로 확인되었다.

트레이 육묘 작업을 본밭에 이식하는 과정은 많은 시간과 노동력을 요구하기 때문에, 기계화 작업을 도입하면 큰 이점을 얻을 수 있다. 기계화를 통해 정식률을 향상시키고, 수직 식부 자세를 유지하기 위해 뿌리 생육을 촉진하고, 뿌리가 상토를 휘어 감아 상토 파손을 방지하는 방법 등을 사용해야 한다 (Min *et al.*, 2016).

본 연구에서는 4월 상순에 참당귀 종자를 트레이에 파종하고, 6월 상순에 본밭에 이식한 후 10월 하순에 수확하여 수량을 평가했다. 트레이 크기에 따라서 건근중이 증가하는 경향을 확인했다 (Table 6). 또한, 상토 종류에 따라 파종 후 45 일차 및 55 일차의 1차 및 2차 트레이 생육 조사 결과가 노지 수량과 관련이 있는 것으로 확인했다 (Table 7).

상토 E에서는 다른 상토에 비해 트레이 생체중 (g), 트레이 초장 (cm), 그리고 수량과 연관된 지표인 건근중 (g)을 포함한 전반적인 생육 지표가 유의미하게 높았다. 건근중은 상토 D의 8.8 g 대비 52.5 g로, 상토 A보다도 1.6 배 높았다. 상토 E의 건근중은 원예용 상토인 상토 A보다도 1.6 배 높았다.

상토 화학성 분석 결과, 상토 E는 전 질소 함량, P₂O₅, 치환성 칼륨 등이 다른 상토에 비해 전반적으로 높았으며, 상토 D는 치환성 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 이온 함량 등이 현저히 낮아 트레이 육묘를 본밭에 이식했을 때 활착률이 50.0%로 매우 낮게 나타남으로써 상토 내 양분과 트레이 생육, 수량 간의 연관성이 확인되었다.

참당귀의 플러그 트레이 생육과 본밭 정식 시 최종 생산량과의 상관성을 분석했다 (Table 8). 플러그 트레이 생육 과정에서 묘의 수확 강도와 뿌리들림 정도는 강한 상관성 (r = 0.72)을 보였으며, 또한 플러그 트레이의 지상부 초장과 생체중 간에도 높은 상관성 (r = 0.82)이 관찰되었다. 플러그 트레이의 지상부 길이는 본밭 정식 이후 최종 생산성과 관련이 있었으며, 식물체 초장 (r = 0.77), 지하부 길이 (r = 0.74), 그리고 지하부 무게 (r = 0.81)와 높은 상관성을 나타내었으며

Table 6. Evaluation of *Angelica gigas* production mass according to plug tray specifications.

Plug tray specifications	Survival rate (%)	Shoot length (cm)	Shoot diameter (mm)	Shoot weight (g-fw)	Root length (cm)	Root diameter (cm)	Root weight (g-fw)
72-cell trays	100.0	43.9±14.3 ^{ns}	23.9±4.7 ^{ns}	107.4±35.4 ^{ns}	43.9±6.9 ^b	23.9±4.9 ^a	107.4±54.6 ^a
105-cell trays	98.3	49.5±6.3	21.8±3.8	87.7±33.7	50.6±5.7 ^a	21.8±4.1 ^b	100.5±47.9 ^{ab}
128-cell trays	96.7	49.5±1.2	21.8±0.4	87.7±6.1	34.2±0.7 ^c	28.7±1.0 ^a	123.0±2.9 ^a
162-cell trays	93.3	49.9±5.8	22.3±4.7	87.9±31.6	49.9±5.1 ^{ab}	22.3±5.1 ^{ab}	87.9±41.9 ^{bc}
200-cell trays	96.7	52.4±6.5	21.3±4.1	86.5±26.0	52.4±5.2 ^a	21.3±3.9 ^b	86.5±39.0 ^c

Evaluation of production mass was conducted on late October. *Means with different letters in column are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, p < 0.05). ns; not significant.

Table 7. Evaluation of *Angelica gigas* production mass according to soil media conditions.

Soil media	Survival rate (%)	Shoot length (cm)	Shoot diameter (mm)	Shoot weight (g-fw)	Root length (cm)	Root diameter (cm)	Root weight (g-fw)
A	96.7	49.5±1.2 ^a	21.8±0.4 ^a	87.7±6.1 ^b	34.2±0.7 ^a	28.7±1.0 ^a	123.0±2.9 ^c
B	96.7	50.6±3.1 ^a	24.9±0.8 ^a	99.3±8.3 ^{ab}	38.1±3.2 ^a	32.2±1.6 ^a	161.3±10.8 ^{ab}
C	98.3	50.8±5.1 ^a	23.4±4.7 ^a	96.5±34.4 ^{ab}	36.0±6.0 ^a	30.6±5.4 ^a	154.4±41.4 ^b
D	50.0	31.0±9.4 ^b	13.7±4.9 ^b	25.4±20.9 ^c	23.7±6.3 ^b	17.0±5.0 ^b	30.3±24.1 ^d
E	98.3	56.6±6.5 ^a	23.7±4.6 ^a	125.7±36.4 ^a	38.1±4.9 ^a	30.7±5.3 ^a	191.1±47.3 ^a
F	100.0	53.3±7.1 ^a	24.8±4.5 ^a	110.4±41.3 ^{ab}	37.3±7.1 ^a	30.5±3.9 ^a	149.0±42.7 ^{bc}
G	100.0	54.0±4.6 ^a	24.3±5.0 ^a	112.1±29.3 ^{ab}	37.2±6.0 ^a	32.3±5.3 ^a	168.8±10.0 ^{ab}
H	96.7	53.4±8.1 ^a	22.9±4.3 ^a	105.9±47.9 ^{ab}	35.4±6.1 ^a	28.9±3.8 ^a	137.4±39.9 ^{bc}

Evaluation of production mass was conducted on late October. *Means with different letters in column are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$). ns; not significant.

Table 8. Correlation coefficient (r) analysis among the indicators of *Angelica gigas* plug tray growth and ultimate production mass.

Indicators	Harvest intensity	Root turning	Seedling weight (g)	Seedling length (cm)	Shoot length (cm)	Shoot weight (g-fw)	Root length (cm)
Root turning	0.72						
Seedling weight (g)	-0.68	-0.64					
Seedling length (cm)	-0.77	-0.69	0.82				
Shoot length (cm)	-0.44	-0.49	0.41	0.67			
Shoot weight (g-fw)	-0.70	-0.59	0.56	0.77	0.71		
Root length (cm)	-0.57	-0.46	0.55	0.74	0.54	0.74	
Root weight (g-fw)	-0.69	-0.57	0.65	0.81	0.63	0.89	0.84

Correlation analysis, an analysis method to determine the cause and effect relationship between two observed variables through regression equations, was conducted. Excel program (Microsoft®Excel®) was used to interpret the relationship between tray growth and field yield when planting the main field. Correlation analysis was performed and the correlation coefficient (r) was calculated.

이로부터 플러그 트레이에서 어린 묘의 생육이 최종 수량과 밀접한 관련이 있다는 것을 확인하였다.

육묘 이식재배는 초기 시설 투자비 등의 비용이 들지만, 재배 기간을 단축하고, 기간 대비 수량을 확보할 수 있는 장점이 있다고 판단되며, 양질의 우량묘가 최종 생육에 큰 영향을 미칠 수 있는 것으로 생각된다.

일당귀는 3월 상순에 종자를 트레이에 파종한 후, 5월 상순에 본밭에 이식한 후 10월 하순에 수확하여 수량을 평가했다.

트레이 규격에 따라서는 건근중이 노지 수량과 관련된 지표인 것으로 알려졌는데, 트레이 규격별로 유의미한 차이를 보이지 않았으나, 상토 조건에 따라 참당귀와 동일한 결과가 나타났다 (Table 9 and Table 10).

일당귀의 플러그 트레이 생육과 본밭 정식시 최종 생산량과의 상관성을 분석했다 (Table 11). 플러그 트레이 생육 과정에서 묘의 수확 강도와 뿌리돌림 정도는 강한 상관성 ($r = 0.83$)을 나타내며, 또한 플러그 트레이의 지상부 초장과 생체

Table 9. Evaluation of *Angelica acutiloba* production mass according to plug tray specifications.

Plug tray specifications	Survival rate (%)	Shoot length (cm)	Shoot diameter (mm)	Shoot weight (g-fw)	Root length (cm)	Root diameter (cm)	Root weight (g-fw)
72-cell trays	100.0	45.9±3.3 ^{ns}	40.7±2.9 ^{ns}	254.1±49.7 ^{ns}	26.1±3.1 ^{ns}	44.5±31.7 ^{ns}	140.5±88.5 ^{ns}
105-cell trays	98.3	47.9±6.0	40.8±1.2	263.0±32.0	26.0±1.1	42.9±0.9	153.4±10.4
128-cell trays	96.7	45.7±5.8	41.6±8.0	262.6±81.3	23.6±4.8	45.9±8.0	146.3±82.5
162-cell trays	98.3	43.5±2.5	36.6±3.5	211.7±9.7	25.9±0.7	39.3±2.4	126.8±10.8
200-cell trays	98.3	45.8±7.9	36.5±9.9	241.7±116.4	24.2±1.5	39.3±8.2	120.3±44.8

Evaluation of production mass was conducted on late October. *Means with different letters in column are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$). ns; not significant.

Table 10. Evaluation of *Angelica acutiloba* production mass according to soil media conditions.

Soil media	Survival rate (%)	Shoot length (cm)	Shoot diameter (mm)	Shoot weight (g-fw)	Root length (cm)	Root diameter (cm)	Root weight (g-fw)
A	96.7	45.7±5.8 ^a	41.6±8.0 ^{ab}	262.6±81.3 ^{ab}	23.6±4.8 ^{ns}	45.9±8.0 ^a	146.3±82.5 ^{ab}
B	93.3	52.3±6.1 ^a	45.4±9.9 ^a	332.7±158.5 ^a	28.1±5.1	45.6±8.5 ^a	177.5±53.5 ^a
C	86.7	47.7±10.1 ^a	38.7±10.5 ^{ab}	262.6±114.4 ^{ab}	26.6±6.4	43.6±9.5 ^a	142.4±68.2 ^{ab}
D	66.7	34.7±8.9 ^b	27.0±8.8 ^c	138.4±93.4 ^b	21.3±6.1	28.2±7.4 ^c	54.5±35.5 ^c
E	98.3	52.5±6.9 ^a	45.9±7.6 ^a	339.4±91.9 ^a	27.5±5.1	47.8±6.7 ^a	192.4±51.9 ^a
F	98.3	50.9±6.1 ^a	43.0±6.6 ^{ab}	332.6±101.5 ^a	27.5±5.6	44.3±4.9 ^a	154.3±44.0 ^{ab}
G	95.0	48.4±6.7 ^a	39.2±8.3 ^{ab}	273.9±102.2 ^{ab}	25.3±5.8	42.7±6.7 ^a	139.5±58.3 ^{ab}
H	96.7	41.9±10.2 ^{ab}	34.6±8.7 ^{bc}	186.3±113.3 ^b	25.2±6.4	35.1±7.7 ^b	98.0±52.8 ^{bc}

Evaluation of production mass was conducted on late October. *Means with different letters in column are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$). ns; not significant.

Table 11. Correlation coefficient (r) analysis among the indicators of *Angelica acutiloba* plug tray growth and ultimate production mass.

Indicators	Harvest intensity	Root turning	Seedling weight (g)	Seedling length (cm)	Shoot length (cm)	Shoot weight (g-fw)	Root length (cm)
Root turning	0.83						
Seedling weight (g)	-0.42	-0.37					
Seedling length (cm)	-0.34	-0.31	0.78				
Shoot length (cm)	-0.08	-0.03	0.12	0.04			
Shoot weight (g-fw)	0.01	0.05	0.06	-0.00	0.91		
Root length (cm)	-0.06	-0.09	0.00	0.06	0.77	0.67	
Root weight (g-fw)	-0.02	0.11	0.13	0.08	0.87	0.89	0.73

Correlation analysis, an analysis method to determine the cause and effect relationship between two observed variables through regression equations, was conducted. Excel program (Microsoft®Excel®) was used to interpret the relationship between tray growth and field yield when planting the main field. Correlation analysis was performed and the correlation coefficient (r) was calculated.

중 간에도 높은 상관성 ($r = 0.78$)이 관찰되었다.

일당귀를 본밭에 정식한 후 수량과 연관된 지표인 지하부 무게는 식물체 초장 ($r = 0.87$), 지상부 무게 ($r = 0.89$), 그리고 지하부 길이 ($r = 0.73$)와 높은 상관성을 나타냈다. 약용작물은 주로 지하부를 이용하므로 수확 전에 비파괴 분석을 사용하지 않고는 지하부 생산성을 예측하기 어려운데, 일당귀의 지상부 초장과 무게를 통해 지하부 생산성을 예측할 수 있는 것으로 판단된다.

감사의 글

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

REFERENCES

Bremner JM and Mulvaney CS. (1982) Nitrogen-total. In Page AL. *et al.* (eds.). Methods of soil analysis, part 2: Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA. p.595-624

Cho SH and Kim KJ. (1993a). Studies on the increase of germination percent of *Angelica gigas* Nakai I. Germination characteristics and cause of lower germination percent. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 1:3-9.

Cho SH and Kim KJ. (1993b). 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.

Cox M. (2001). The Lancaster soil test method as an alternative to the Mehlich 3 soil test method. Soil Science. 166:484-489.

Dean BB, Nonald T and Maguire JD. (1989). Correlation of low seed quality with growing environment of carrot. HortScience. 24:247-249.

Habineza E, Ali M, Reza MN, Woo JK, Chung SO and Hou Y. (2023). Vegetable transplanters and kinematic analysis of major mechanisms: A review. Korean Journal of Agricultural Science. 50:113-129.

Iqbal MZ, Islam MN, Ali M, Kabir MSN, Park T, Kang TG, Park KS and Chung SO. (2021). Kinematic analysis of a hopper-type dibbling mechanism for a 2.6 kW two-row pepper transplanter. Journal of Mechanical Science and Technology. 35:2605-2614.

Ito T. (1992). Present state of transplant production practices in Japanese horticultural industry. In Kurata K and Kozai T. (eds.). Transplant production system. Kluwer Academic Publishers.

- Alphen aan Den Rijn, Netherlands. p.65-82.
- Jeong BR.** (2002). Current status and problems in the transplant production of floral crops. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*. 20:197-204.
- Kim CK, Oh JY and Kang SJ.** (2001). Effect of plug cell size and seedling age on growth and yield of Chinese chives(*Allium tuberosum* R.). *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*. 42:167-170.
- Kim MR, Abd El-Aty AM, Kim IS and Shim JH.** (2006). Determination of volatile flavor components in danggui cultivar by solvent free injection and hydrodistillation followed by gas chromatographic-mass spectrometric analysis. *Journal of Chromatography A*. 1116:259-264.
- Kim SA, Oh HK, Kim JY, Hong JW and Cho SI.** (2011). A review of pharmacological effects of *Angelica gigas*, *Angelica sinensis*, *Angelica acutiloba* and their bioactive compounds. *Journal of Korean Oriental Medicine*. 32:1-24.
- Kim SK, Jung TW, Lee YY, Song DY, Yu HS, Lee CW, Kim YG, Kwak CG and Jong SK.** (2009). Effect of nursery stage and plug cell size on seedling growth of waxy corn. *Korean Journal of Crop Science*. 54:407-415.
- Kim YS, Park YG and Jeong BR.** (2019). Seedling quality, and early growth and fruit productivity after transplanting of squash as affected by plug cell size and seedling raising period. *Journal of Bio-Environment Control*. 28:185-196.
- 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 HH, Ha SK, Kim BH, Seol YJ Kim KH.** (2006). Optimum physical condition of peatmoss-based substrate for growth of chinese cabbage(*Brassica campestris* L. ssp.) plug seedlings. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*. 24: 332-329.
- Min BG, Ha IJ, Lee JT, Choi SL and Lee SD.** (2016). The selection proper materials to develop specialized root substrate for working with bulb onion transplanter. *Journal of Bio-Environment Control*. 25:100-105.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affair(MAFRA).** (2022). Production record of cash crops. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affair. Sejong, Korea. p.3-35.
- Moon JO, Park KW and Kang HM.** (2003). Effects of treatment of light, temperature and priming on germination of *Angelica acutiloba* Kitagawa seeds. *Horticultural Science and Technology*. 21:434-439.
- 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.
- Nam HH, Kim KS and Kim BS.** (2022). Seed harvesting and seedling raising methods for seedling production in *Angelica dahurica*. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 30:181-183.
- National Academy of Agricultural Science(NAAS).** (2010). Method of soil chemical analysis. Rural Development Administration. Korea. p.121.
- Park Y, Park PS, Jeong DH, Sim S, Kim N, Park H, Jeon KS, Um Y and Kim MJ.** (2020). The characteristics of the growth and the active compounds of *Angelica gigas* Nakai in cultivation sites. *Plants*. 9:823-838.
- Rasool K, Islam N, Ali M, Jang BE, Khan NA, Chowdhury M, Chung SO and Kwon HJ.** (2020). Onion transplanting mechanisms: A review. *Precision Agriculture Science Technology*. 2:196. https://www.researchgate.net/profile/Mohammad-Ali/publication/347994239_Onion_transplanting_mechanisms_A_review/links/5fec28ef45851553a0050ef1/Onion-transplanting-mechanisms-A-review.pdf (cited by 2023 September 15).
- Shin YA, Kim KY, Kim YC, Seo TC, Chung JH and Park HY.** (2000). Effect of plug cell size and seedling age on seedling quality and early growth after transplanting of red pepper. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*. 41:49-52.
- Styer RC and Koranski DS.** (1997). Plug and transplant production: A grower's guide. Ball Publishing. Batavia. IL, USA. p.201-400.
- Suzuki T and Takaura Y.** (1994). Studies on transplanting cultivation of spinach by easy transplanter. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science*. 63:368-369.
- Yeoung YR, Jung MK, Kim BS, Hong SJ, Chun CC and Park SW.** (2004). Effect of plug cell size on seedling growth of summer spinach. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*. 22:422-425.
- 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.
- Yu HS, Jo JS, Park CH, Park CG, Sung JS, Park HW, Seong NS and Jin DC.** (2003). Plant growth and bolting affected by transplanting time in *Angelica gigas*. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 11:392-396.
- Yu HS, Park CH, Park CG, Kim YG, Park HW and Seong NS.** (2004). Growth characteristics and yield of the three species of genus *Angelica*. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 12:43-46.
- Yun KW and Choi SK.** (2004). Antimicrobial activity in 2 *Angelica* species extracts. *Korean Journal of Plant Resources*. 17:278-282.