



큰꽃삼주의 생육 특성 및 유효성분 함량 변이

정진태^{1,2} · 오선민³ · 이정훈⁴ · 위승환⁵ · 장재기⁶ · 마경호⁷ · 윤영호⁸ · 이이⁹ · 이대영¹⁰ · 한종원¹¹†

Growth Characteristics and Change of Major Components in *Atractylodes macrocephala*

Jin Tae Jeong^{1,2}, Seon Min Oh³, Jeong Hoon Lee⁴, Seung Hwan Wi⁵, Jae Ki Chang⁶, Kyung Ho Ma⁷, Young Ho Yoon⁸, Yi Lee⁹, Dae Young Lee¹⁰ and Jong Won Han¹¹†

ABSTRACT

Received: 2022 January 17
1st Revised: 2022 February 7
2nd Revised: 2022 March 9
3rd Revised: 2022 April 11
Accepted: 2022 April 11

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: The rhizome of *Atractylodes macrocephala* is used in traditional medicine. Atractylenolides I, II and III are the major components used in traditional medicine and possess gastroprotective properties. Although the domestic cultivation and production scale of *A. macrocephala* are currently expanding, research on cultivation physiology remains insufficient.

Methods and Results: *A. macrocephala* seeds were sown in a greenhouse in mid-March, and the seedlings were transplanted in mid-May to investigate growth characteristics and atractylenolide content on a monthly basis. While the shoot growth decreased after peaking in mid-October, the growth of the rhizome increased sharply from mid-June to mid-July and continued to increase until mid-November. The length of the rhizome increased until mid-October, and then stopped, but its diameter continued to increase steadily until mid-November. The total content of the three atractylenolides was the highest in mid-November followed by mid-August.

Conclusions: Growth of the rhizome continued until mid-November, when the shoot had dried, and the active content was highest at this time, followed by mid-August before flowering. These findings provide basic information regarding the physiology of *A. macrocephala* that can be useful to researchers and farmers.

Key Words: *Atractylodes macrocephala*, Growth Characteristics, Major Components, White Atractylodes Rhizome

서 언

큰꽃삼주 (*Atractylodes macrocephala* K.)는 국화과 (Asteraceae)에 속하는 삼주속 (*Atractylodes* sp.) 식물로 다년 생 초본이다 (Han *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2009). 동속 식물인 삼주 (*Atractylodes japonica* K.)와 함께 뿌리줄기 부분

을 백출이라는 생약재로 명명하고 있으며 예로부터 위장 보호 및 소화력 개선 용도로 널리 이용되어져 왔다. 한방에서는 십전대보탕 (十全大補湯), 사군자탕 (四君子湯) 등 다양한 처방에 이용되며 소화기, 수분대사, 근골격계 염증, 류마티즘, 미백, 및 유산 방지 등에 효능이 있다고 알려져 있다 (Jeong, 2015).

†Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5673 (E-mail) hanjw@korea.kr

‡Co-corresponding author: (Phone) +82-43-871-5781 (E-mail) dylee0809@korea.kr

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

²충북대학교 특용식물학과 박사과정생 / Ph. D. student, Department of Industrial Plant Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea.

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

⁴국립원예특작과학원 인삼특작부 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

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

⁶국립원예특작과학원 인삼특작부 연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

⁷국립원예특작과학원 인삼특작부 연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

⁸국립원예특작과학원 인삼특작부 연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

⁹충북대학교 특용식물학과 교수 / Professor, Department of Industrial Plant Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea.

¹⁰국립원예특작과학원 인삼특작부 연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

¹¹국립원예특작과학원 인삼특작부 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

대표적인 수입 의존 생약재이며, 2020년 농림축산검역본부 통계자료에 의하면 660 톤 가량이 중국에서 수입되고 있다 (QIA, 2020). 국내에서는 충북 제천, 충남 금산, 경북 안동, 영주, 상주 지역을 중심으로 2020년 기준 87 톤 가량이 생산되었다 (MAFRA, 2021). 농가에서는 종자번식이 용이하여 재배기간이 짧고 수량성이 좋은 큰꽃삼주 (*A. macrocephala*)를 1990년대에 중국에서 도입한 뒤부터 주로 재배하고 있다 (Cho *et al.*, 2001).

주요 성분으로는 atractylenolide I, atractylenolide II 그리고 atractylenolide III 등의 정유 성분이 알려져 있다 (Kim *et al.*, 2006; Yun *et al.*, 2013). Atractylenolide I은 암세포증식 저해 효과가 있었고 (Yun *et al.*, 2015), 항염증, 아토피 피부염 및 알레르기 등에 효과 등이 보고되었으며 (Li *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2009; Lim *et al.*, 2012), atractylenolide II와 atractylenolide III은 위장관 보호기능이 보고된 바 있다 (Wang *et al.*, 2011). 이 외에도 간 보호, 항바이러스, 항궤양 효과, 이노 작용 촉진, 백혈병세포 억제효과 등이 보고되었다 (Matsuda *et al.*, 1991; Hwang *et al.*, 1996; Satoh *et al.*, 1996; Wang *et al.*, 2002; Cheng *et al.*, 2016).

큰꽃삼주는 노동력 절감을 이유로 일반적으로 종자를 노지에 직파하나 생육기간 짧아 수량성이 떨어지며 종자 파종 시 소요되는 필요 종자량이 많다는 단점이 있고, 2 년을 재배할 경우 품질이 좋아지는 장점이 있는 반면 수확시기에 병 발생이 심해지므로 이러한 단점을 극복하기 위하여 포트 육묘 이식재배를 하기도 하며 안정생산이 가능하여 수량이 증가한다는 연구 결과가 보고된 바 있다 (RDA, 2005; RDA, 2016; RDA, 2018).

한편 큰꽃삼주의 작물생리 연구는 매우 부족한 실정이며 이는 인삼을 제외하고 소면적으로 재배하는 약용작물의 공통점이기도 하다. 국내에서 뿌리를 이용하는 약용작물 중 도라지, 작약, 지황, 단삼, 천속단, 마 등이 수확시기별 특성 조사와 함께 성분분석을 통해 수확 적기를 규명하였으나 대부분 1 개 - 2 개의 단편적인 성분만을 조사하였으며 큰꽃삼주에 대한 시기별 생장 및 성분 특성에 관한 연구 결과는 부족한 상황이다 (Kim *et al.*, 1996; Lee *et al.*, 1999; Cho *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2015; An *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2019).

지상부는 『증보산림경제 (1766)』와 『농정회요 (1830)』 등에 ‘연한 잎을 끊어 고기를 넣고 국을 끓이면 아주 맛있다.’라고 적혀져 있을 정도로 민간에서 오래전부터 나물, 찜채 등으로 식용해왔다 (KTKP, 2010a; KTKP, 2010b). 또한 최근 국립원예특작과학원 인삼특작부 약용작물과에서 2019년에 식약처 『식품 기준 및 규격』 [별표2]의 백출 (삼주, 큰꽃삼주) 이용 부위 항목에서 기존의 뿌리줄기 외에 어린 잎줄기의 추가를 제안하였으며 이것이 반영되어 개정된 바가 있다

(MFDS, 2020). 이에 따라 지상부의 활용 가치가 높아지고 있으나 이에 대한 생리 생장 연구결과 또한 전무하다.

따라서 본 연구에서는 육묘 이식 후 월별로 큰꽃삼주의 지상부와 지하부 생육특성을 조사하였으며 약리적 효과가 알려진 3 종의 유효성분 함량을 비교하여 생장 및 뿌리 비대 시기를 확인하고, 고품질 약재를 생산하기 위한 수확 적기를 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료 및 재배법

본 시험은 충북 음성군 소이면 비산리에 위치하는 농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 육묘하우스와 시험포장에서 수행하였다. 시험 재료로 큰꽃삼주 (*A. macrocephala* K.) ‘문경재래종’의 종자를 사용하였으며 2019년 3월 중순에 128 구 연결포트에 종자를 2 립에서 5 립을 파종하여 하우스에 육묘하였다. 파종 10 일 후 종자가 발아되어 본엽이 2 매 정도가 될 때 솟아준 뒤 파종 후 60 일 경인 5월 중순에 정식하였다.

시험 포장은 N:P₂O:K₂O 비율을 7:4:3 kg/10a로 하여 정식하기 2 주 전 시비하여 경운 및 정지하였으며 이랑 110 cm와 고랑 50 cm 시험구를 흑색비닐로 멀칭하였고 재식밀도는 30 cm × 15 cm 간격으로 이식하였다. 난괴법 3 반복으로 시험구 당 20 주씩 총 60 주의 시료를 채취하여 조사 및 성분 분석에 사용하였다.

2. 생육 및 수량 특성조사

이식 직전인 5월 15일부터 11월 15일까지 1 개월 간격으로 조사하였다. 농업기상정보 (<http://weather.rda.go.kr>)를 이용해 기상분석을 한 결과, 재배지 평균온도는 4월, 11.2°C, 5월, 18.1°C, 6월, 25.0°C, 7월, 26.7°C, 8월, 25.7°C, 9월, 20.9°C, 10월, 13.9°C로 나타났으며, 강수량은 4월에 58.0 mm, 5월은 15.5 mm, 6월은 64.5 mm, 7월은 171.0 mm, 8월에 67.5 mm, 9월에 148.0 mm, 10월 85.5 mm를 나타내었다 (RDA, 2019).

농촌진흥청 시험연구조사 기준에 준하여 초장, 경경, 경수, 분지수, 엽장 및 엽폭 등을 조사하였으며, 지하부는 굴취하여 근경 길이, 근경 너비, 생근중, 건근중 및 건근수량을 조사하였다 (RDA, 2012a).

상대성장률 (relative growth rate, RGR)은 일정한 기간 식물체가 건물을 생산 능력을 뜻하며 생장해석 등 많은 연구에서 활용되고 있다 (Lee *et al.*, 2004; Shipley, 2006; Rees *et al.*, 2010; Seo *et al.*, 2018). 시기별 건지상부중과 건근중 측정치의 평균값을 이용하여 지상부와 지하부의 RGR을 조사하였고 아래와 같이 계산하였다 (RDA, 2012b).

$$RGR = 1/w \cdot dw/dt = (\text{Log}_e W_2 - \text{Log}_e W_1) / (t_2 - t_1)$$

dw/dt: 그 시점의 건물 중 증가 속도

w: 어느 시점의 건물 중 당 건물 생산 능력

W₂: t₂ 시기에서의 작물의 건물량 (g), W₁: t₁ 시기에서의 작물의 건물량 (g)

3. 성분 분석

큰꽃삽주의 주요성분인 atractylenolide I, atractylenolide II, 및 atractylenolide III를 분석하기 위하여 ChemFaces사 (Wuhan, China)의 표준품을 사용하였다. 수확하여 조사하고 남은 시료를 20주씩 반복 별로 동결건조하고 분말화한 후 시험용 표준제 (50 호, 50 mesh, 279 μm) 체를 이용하여 균질화하였다. 균질화한 분말은 100 mg씩 정밀하게 취하여 추출 용매로 70% EtOH 1 ml 을 1 시간 동안 상온에서 초음파 추출하였다.

Yun 등 (2013)의 방법을 응용하여 atractylenolide I, atractylenolide II, 및 atractylenolide III를 분석하였다. 분석 시 사용된 column Type은 YMC Pack ODS-AM (250 mm × 4.6 mm, 5 μm)이고 column oven 온도는 35°C로 하였다. Injection volume은 10 μl로 주입하였고, 검출에 사용된 UV 파장은 236 nm에서 분석하였으며, 유속은 분당 1 ml로 용출시켰고, 이동상의 조건은 Table 1과 같다.

정량분석을 하기 위해서 표준물질을 70% 에탄올을 이용하여 6.0, 12.5, 25.0, 50.0, 및 100.0 μg/ml의 농도로 제조하였다. 분석 시 사용된 장비는 Agilent technologies 1200 series HPLC (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)를 이용해 성분 분석을 하였다. HPLC 분석 조건을 통해 3종의 물질에서 상관계수 (R²)가 각각 0.9999, 0.9999 및

Table 1. Mobile phase condition of chromatographic separation.

Time (min)	Flow (ml/min)	Mobile phase (%)	
		0.1% Formic acid/Water	Acetonitrile
0	1.0	90	10
30	1.0	10	90
35	1.0	0	100
45	1.0	90	10
60	1.0	90	10

Table 2. Calibration curve equations of Atractylenolide I, Atractylenolide II and Atractylenolide III.

Sample	Equation ¹⁾	R ²
Atractylenolide I	y = 18.43977x + 0.329546	0.9999
Atractylenolide II	y = 23.45135x + 2.22300	0.9999
Atractylenolide III	y = 1.16496x - 0.153867	0.9988

¹⁾Equation; linear regression equation of each standard chemicals.

0.9988로 모두 직선성이 양호하였고 (Table 2), 이 식으로 atractylenolide I, atractylenolide II 그리고 atractylenolide III 3종에 대하여 정량분석을 실시하였다.

4. 통계 분석

통계분석은 SAS Enterprise Guide 7.1 (Statistical analysis system, 2009, SAS Institute Inc., Cray, NC, USA)를 이용하여 분석하였으며, 3 반복 시료 간 유의적 차이는 Duncan's Multiple Range Test (DMRT) 방법으로 유의수준 5% 로 검정하였다 (p < 0.05).

결과 및 고찰

1. 지상부 생육 특성

생육 시기 별 큰꽃삽주 (*Atractylodes macrocephala* K.)의 지상부 생육 특성을 조사한 결과는 Table 3에 나타내었다. 초장과 경경은 이식 직전 10.3 cm, 3.9 mm에서 이후 급격히 증가하여, 이식 후 60 일경 30 cm, 6.8 mm에 달하였고 이후 유의적인 증가는 없었다. 엽수는 이식 후 30 일경 주당 9.6 개에서 30 일에서 60 일경에 39.8 개로 급속히 증가하였고 이후 유의적인 차이가 없다가 120 일경 최대치에 도달한 뒤 감소하였는데 이 시기부터 낙엽율이 증가한 것으로 보인다.

생지상부중과 건지상부중은 이식 후 30 일경에 각각 6.4 g, 0.6 g에서 60 일경에 516.0 g, 136.7 g으로 크게 증가한 뒤 150 일경에 1,299.0 g, 377.8 g으로 정점에 달하다가 이후에는 지상부 고사가 시작되면서 점차적으로 감소하였다 (Table 3 and Fig. 1).

상대성장률 (relative growth rate, RGR)이란 특정 시점에서의 건물중 당 건물생산능률을 나타내는 것으로 이 지표를 통해 건물중의 증가 속도를 평가할 수 있는데, 지상부의 1 개월 간 RGR은 이식 후 30 일 - 60 일경, 0 일 - 30 일경, 90 일 - 120 일경, 120 일 - 150 일경, 60 일 - 90 일경, 150 일 - 165 일경, 165 일 - 180 일경 순으로 높았다 (Table 3 and Fig. 2).

특히 이식 후 30 일 - 60 일경은 RGR이 211.03 g/g/day에 달하여 지상부 성장이 급속히 이루어졌음을 알 수 있었는데 이 시기에 영양분을 지속적으로 공급 할 수 있게 이식 후 30 일경이 되기 전, 6월 상순 까지는 추비를 미리 해두어 토양 양분을 확보하는 것이 필요하다 (Cho *et al.*, 2000)

작물에 따라 RGR 양상은 차이가 있지만 일반적으로 생육이 진행될수록 낮아지는 경향을 보이는데 (Hoffman and Pooter, 2002; Rees *et al.*, 2010; Seo *et al.*, 2018), 큰꽃삽주 지상부 RGR도 초기에 급속도로 증가하였으나 이식 후 60 일 - 90 일경에 상대적으로 낮았다. 이 시기는 고온기로 지상부 성장 정체되는 시점이며 이후 90 일경 부터 개화기인 150 일경 까지 다시 증가한 것은 영양생장에서 생식생장으로 전환

Table 3. Changes in growth of aerial part of *Atractylodes macrocephala* seedling in different growth stage.

Day after transplanting	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of stem	No. of branch	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	Fresh weight of Shoot (g)	Dry weight of shoot (g)	RGR ¹⁾
0	10.3±2.0 ^c	3.9±1.1 ^c	-	-	5.7±0.9 ^b	3.6±0.6 ^a	4.6±0.9 ^c	1.2±0.0 ^d	0.2±0.0 ^d	-
30	16.2±6.3 ^b	4.9±1.8 ^b	-	-	7.7±1.9 ^a	3.1±0.7 ^b	9.6±5.3 ^c	6.4±1.0 ^d	0.6±0.1 ^d	3.69
60	30.2±8.0 ^a	6.8±2.3 ^a	1.5±1.0 ^a	6.9±2.4 ^a	8.3±1.5 ^a	3.2±0.7 ^{ab}	39.8±24.8 ^a	516.0±110.3 ^c	136.7±34.1 ^c	211.03
90	30.4±7.7 ^a	7.0±2.2 ^a	1.7±0.9 ^a	6.1±2.2 ^a	7.8±1.7 ^a	3.1±0.8 ^b	45.8±22.8 ^a	572.2±153.9 ^c	165.7±49.5 ^c	1.08
120	32.1±7.6 ^a	6.0±1.6 ^a	1.9±1.2 ^a	6.7±2.5 ^a	7.3±1.8 ^a	3.0±0.7 ^b	47.1±22.9 ^a	944.8±112.9 ^b	276.2±37.6 ^b	1.62
150	32.4±8.2 ^a	6.4±1.7 ^a	2.1±1.3 ^a	6.3±2.3 ^a	7.5±1.3 ^a	3.1±0.7 ^b	23.1±12.5 ^b	1299.0±292.5 ^a	377.8±94.8 ^a	1.34
165	33.7±7.0 ^a	6.2±1.6 ^a	1.9±1.0 ^a	6.4±2.2 ^a	7.2±1.5 ^a	2.9±0.7 ^b	22.1±15.3 ^b	1147.7±311.1 ^{ab}	382.7±97.2 ^{ab}	0.82
180	-	-	-	-	-	-	-	1007.8±23.1 ^b	347.7±7.1 ^{ab}	0.81

Values are means ± SD (n = 60). ¹⁾RGR; relative growth rate for 1 month. *Mean values were separated using the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at the 5% probability level ($p < 0.05$).



Fig. 1. Changes in growth of *Atractylodes macrocephala* seedling according to the number of days after transplanting. (A); 60 Day after transplanting, (B); 90, (C); 120, (D); 150, (E); 180. Scale bar; 10 cm.

등으로 꽃봉오리 형성이 원인으로 생각된다 (Fig. 3).

큰꽃삼주 재배 농가에서는 뿌리를 수확할 때 많은 양의 쓸모없는 지상부가 아직 살아있는 채로 버려지고 있는 형편이다. Han (2007) 등은 큰꽃삼주 지상부에서 항산화 성분이 존재하며 천연항산화제로 개발 가능성이 높다고 보고한 바 있다. 따라서 추후에는 본 연구를 바탕으로 지상부를 대상으로 하는 많은 연구도 필요할 것으로 생각된다.

2. 지하부 생육 특성

생육 시기 별 큰꽃삼주 (*A. macrocephala*)의 지하부 생육 특성을 조사한 결과는 Table 4에 나타내었다. 지하부 생육에 있어서 근경의 길이는 이식 직전 1.40 cm에 불과 하였으나 이식 후 150 일경까지 증가하여 3.91 cm에 달하였으나 이후 큰변화를 나타내지 않았다. 반면 근경의 직경은 5.4 mm에서 180 일경 31.6 mm 까지 꾸준히 증가하는 경향을 나타내었다 이는 같은 뿌리작물인 지황이 1 차적으로 근경의 길이 생장이 이루어지며 이후 굵기 생장을 하는 것과 비슷한 결과이다 (Lee et al., 2019).

생근중은 이식 직전과 이식 후 30 일경 각각 0.3 g, 3.3 g 을 나타내었으나 60 일경 74.3 g으로 급격히 증가하였고 이후로도 꾸준히 증가하였다. 건근중은 150 일 경 70.3 g에 불과 하였으나 지상부가 고사하는 이식 후 180 일경, 즉 11월 중순까지 지하부 생장은 지속되었으며 이 시기의 건근중이 가장 높은 수준을 나타내었는데 이는 같은 뿌리작물인 인삼, 참당귀에서 지상부 고사가 지하부 성장 증가에 영향을 끼친다는 선행연구 결과와 일치하며 겨울철 월동을 위해 지하부로 저장양분의 전류가 이동한 결과로 생각된다 (Park et al., 1986; Lee et al., 2018a; Lee et al., 2019).

한편, 지하부의 RGR은 이식 후 30 일 - 60 일경, 0 일 - 30 일경, 60 일 - 90 일경, 120 일 - 150 일경, 90 일 - 120 일경, 150 일 - 180 일경 순으로 높았으며 지상부 성장률과 달리 90 일 - 120 일경에 상대적으로 성장률이 낮았다 (Table 4).

식물체는 다양한 기관이 Sink가 될 수 있으나 큰꽃삼주처럼 근경을 생약재로 이용하는 식물에 있어서 꽃은 채종이 목적이 아닌 이상 불필요한 Sink가 될 수 있다고 알려져 있는데 (Park et al., 2004), 큰꽃삼주에서 이 시기는 꽃봉오리가 크게

Table 4. Growth characteristics of rhizome of *Atractylodes macrocephala* seedling in different growth stage.

Day after transplanting	Rhizome length (cm)	Rhizome diameter (mm)	Rhizome fresh weight (g)	Rhizome dry weight (g)	RGR ¹⁾
0	1.4±0.3 ^d	5.4±0.9 ^f	0.3±0.0 ^d	0.1±0.0 ^e	-
30	2.1±0.5 ^c	10.1±2.1 ^e	3.3±0.4 ^d	0.2±0.0 ^e	3.69
60	2.9±0.8 ^b	18.5±3.6 ^d	74.3±7.5 ^c	16.3±0.8 ^{de}	74.66
90	3.1±0.7 ^b	22.2±4.4 ^c	112.0±18.1 ^{bc}	32.2±2.5 ^{cd}	1.94
120	3.3±1.1 ^b	25.0±5.1 ^b	156.8±10.9 ^b	46.8±4.1 ^{bc}	1.42
150	3.9±0.7 ^a	27.7±9.4 ^b	260.5±53.0 ^a	70.3±17.2 ^b	1.47
180	4.0±1.3 ^a	31.6±7.6 ^a	298.3±81.3 ^a	89.7±32.8 ^a	1.13

Values are means ± SD (n = 60). ¹⁾RGR; relative growth rate for 1 month. *Mean values were separated using the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at the 5% probability level ($p < 0.05$).

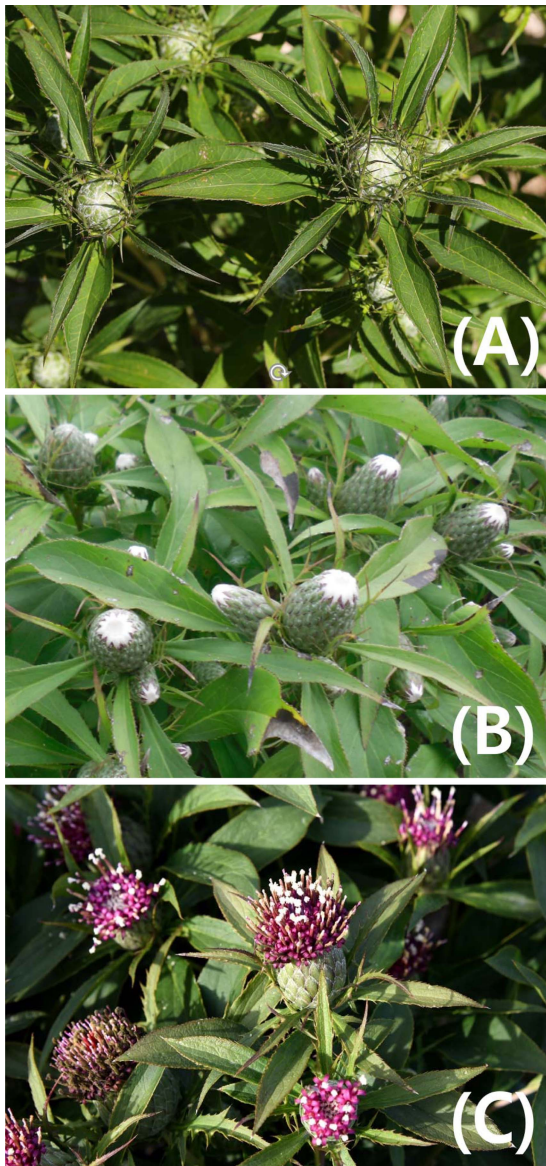


Fig. 2. Flower development of *Atractylodes macrocephala*. (A); mid-August (B); early-September (C); late-September.

형성되는 시기로 Sink의 분산이 지하부 생장에 영향을 끼친 것으로 보인다 (Fig. 2). 따라서 화뢰가 커지기 전인 이식 후 90 일 전에 꽃봉오리를 제거하는 것은 지하부 생장에 긍정적인 효과를 끼칠 것으로 생각된다.

이것은 7월 15일에 꽃봉오리를 제거하는 것이 8월 20일, 9월 20일에 제거하는 것보다 뿌리 수량의 증수 효과가 크다고 한 선행 연구 결과와도 일치하였다 (Kim *et al.*, 2001). 추후에 보다 정밀하게 시기별로 꽃봉오리 제거 및 수확하여 조사할 필요가 있을 것으로 생각된다.

3. 유효성분 함량

이식 후 경과 일수에 따른 유효성분 함량의 변화는 다음과 같다 (Table 5).

Atractlyenolide I 함량을 살펴보면 이식 직전 0.021 mg/g에서 지속적으로 증가하여 60 일경에는 0.154 mg/g를 나타내었으며 이후 다시 감소하였다가 90 일경 0.116 mg/g를 나타내었고 120 일경 다시 0.124 mg/g로 소폭 증가한 후 정체되다가 다시 큰 폭으로 증가하여 180 일경 0.164 mg/g를 나타내었다.

Atractlyenolide II는 이식 직전 0.038 mg/g를 나타내었는데 이후 급격히 증가하여 60 일경에는 0.227 mg/g의 함량을 나타내었으며 이후 미세하게 증가하여 90 일경에 0.266 mg/g에 달하였고 120 일경에 감소하다가 다시 증가하여 180 일경 0.401 mg/g로 최대치에 도달하였다.

Atractlyenolide III는 30 일경에 가장 낮았고 이후 90 일경까지 증가하다가 이후 150 일경까지 미세하게 감소한 뒤 180 일경 0.766 mg/g로 최대치에 도달하였다. 3 가지 성분 모두 11 월 중순인 이식 후 180 일경에 가장 높았으며 이는 앞의 시드는 10 월 하순 또는 이후에 유효성분이 가장 높다고 알려진 도라지, 작약, 천속단, 지황 등과 유사한 결과이다 (Kim *et al.*, 1996; Lee *et al.*, 1999; An *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2019).

한편 큰꽃삽주는 역병 (*Phytophthora drechsleri*) 피해를 가장 많이 보는 약용작물로서 여름철 재배지에서 역병 발생주율이 50% 이상 되기도 하여 심하면 수확을 포기하는 경우도 있

Table 5. Changes of major compounds of rhizome of *Atractylodes macrocephala* seedling in different growth stage.

Day after transplanting	Atractylenolide I (mg/g)	Atractylenolide II (mg/g)	Atractylenolide III (mg/g)	Total atractylenolide content ¹⁾ (mg/g)	Total atractylenolide content/ Individual plant (mg/plant)
0	0.021±0.000 ^f	0.038±0.001 ^g	0.336±0.000 ^f	0.395	0.02
30	0.037±0.001 ^e	0.054±0.001 ^f	0.166±0.002 ^g	0.257	0.06
60	0.154±0.002 ^b	0.227±0.004 ^d	0.424±0.006 ^e	0.805	13.15
90	0.116±0.000 ^d	0.266±0.001 ^b	0.597±0.003 ^b	0.979	31.49
120	0.124±0.000 ^c	0.175±0.001 ^e	0.496±0.004 ^c	0.795	37.23
150	0.125±0.000 ^c	0.245±0.000 ^c	0.454±0.001 ^d	0.824	57.95
180	0.164±0.000 ^a	0.401±0.000 ^a	0.766±0.001 ^a	1.331	119.35

Values are means ± SD (n = 3). ¹⁾Total atractylenolide content; sum of Atractylenolide I, II, III. *Mean values were separated using the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at the 5% probability level ($p < 0.05$).

다. 본 연구에 따르면 180 일경을 제외하면 atractylenolide I 는 60 일경에 가장 높았고 atractylenolide II 과 atractylenolide III 는 90 일경이 최대치였다. 따라서 개화 전에 수확하면 관행 수확시기인 10 월 중순에 수확하는 것보다 약효성분이 높은 뿌리를 수확할 수 있으며 경지 이용률을 높이는 장점이 있어 과도한 병 피해 시 조기 수확이 대안으로도 생각할 수 있을 것이다. 이러한 결과는 개화기 전후로 활성이 다양하게 변화하기 때문이며 (Hwang 2009), 같은 국화과 식물인 황해쑥, 개똥쑥, 사철쑥 등에서 개화 전까지 유효성분이 높아지다가 개화 후 감소하는 연구 결과와 일치하였다 (Choi *et al.*, 2007; Baraldi *et al.*, 2008, Lee *et al.*, 2018b).

큰꽃삽주의 육묘 이식재배 시 이식 후 150 일경 (10월 중순)까지의 지상부 생육은 증가하다가 이후 고사하여 생장이 감소하였으나, 지하부는 150 일경 (10월 중순) - 180 일경 (11월 중순)에 근경 직경의 증가하여 비대생장이 지속됨을 확인하였으며 건근중도 증가하는 것을 확인하였다. Atractylenolide I, atractylenolide II, atractylenolide III 등 유효성분 함량도 이식 후 150 일경 (10월 중순) 보다 180 일경 (11월 중순)에 모두 유의적으로 높았고 다음으로 개화 전 90일 경 (8월 중순)에 대체로 높았다.

따라서 관행 10월 중순보다 그 이후에 고품질 다수확 할 수 있을 것으로 판단되지만 지역별로 땅이 어는 시기, 정식방법 등 재배법, 역병 발생 정도, 후작 등을 고려하여 종합적으로 수확시기를 결정해야 할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ014371032022)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

An CH, Kim YG, An TJ, Hur M, Lee JH, Lee YJ, Cha SW and Song BH. (2016). Variation of yield and loganin content

according to harvesting stage of *Dipsacus asperoides* wall. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 24:110-114.

Animal and Plant Quarantine Agency(APQA). (2020). quarantine statistics. <https://www.pqis.go.kr/minwon/information/statistics.html> (cite by 2022 Jan 2).

Baraldi R, Isacchi B, Predieri S, Marconi G, Vincieri FF and Bilia AR. (2008). Distribution of artemisinin and bioactive flavonoids from *Artemisia annua* L. during plant growth. Biochemical Systematics and Ecology. 36:340-348.

Cheng Y, Mai JY, Hou TL, Ping J and Chen JJ. (2016). Antiviral activities of atractylon from *Atractylodes* rhizoma. Molecular Medicine Reports. 14:3704-3710.

Cho JH, Kim YW, Park CG, Bang KH and Seong NS. (2001b). Occurrence of phytophthora root rot of *atractylodes macrocephala* in field conditions. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 9:211-219.

Cho JH, Lee SP and Oh SM. (2000). Study on quantitative growth analysis in yam(*Dioscorea* sp.). Korean Journal of Medicinal Crop Science. 8:362-372.

Han JH, Kim JH, Kim SG, Jung SH, Kim DH, Kim GE and Whang WK. (2007). Anti-oxidative compounds from the aerial parts of *Atractylodes macrocephala* Koidzumi. Yakhak Hoeji. 51:88-95.

Hoffmann WA and Poorter H. (2002). Avoiding bias in calculations of relative growth rate. Annals of Botany. 90:37-42.

Hwang JM, Tseng TH, Hsieh YS, Chou FP, Wang CJ and Chu CY. (1996). Inhibitory effect of atractylon on tert-butyl hydroperoxide induced DNA damage and hepatic toxicity in rat hepatocytes. Archives of Toxicology. 70:640-644.

Jeong YM. (2015). Comparative study on efficacy of *Atractylodes* rhizome recorded in traditional medical literature and in recent pharmacological article. Korean Herbal Medicine Informatics. 3:1-16.

Kim JH, Lee GS, Choi G, Hwang SY, Kim HJ, Jeong SI, and Ju YS. (2009). A study on external-internal morphology and pattern analysis of *Atractylodes* rhizomes. Korea Journal of Herbology. 24:77-85.

Kim KJ, You OJ, Jeong YS, Park SD, Shin JH, Hwang HB and Choi BS. (1996). Changes of root yield and paeoniflorin content by cultivated years in *Paeonia lactiflora* Palls. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 4:68-73.

Kim KS, Park CG, Kim DH, Park SH and Choung MG.

- (2006). Evaluation of sesquiterpenoids content and growth characters in clonal lines from a cross between *Atractylodes japonica* Koidz. ex Kitam. and *A. macrocephala* Koidz. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 14:107-112.
- Kim SY, Kwon OH, Cho JH and Lim JH.** (2001). Effects of flower removal on growth and content of essential oil in *Atractylodes macrocephala* Koidz. Korean Journal of Plant Resources. 14:152-156.
- Kim YG, An TJ, Hur M, Lee JH, Lee YJ, and Cha SW.** (2015). Changes of major components and growth characteristics according to harvesting times of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 23:395-399.
- Korean Traditional Knowledge Portal(KTKP).** (2010a). Nong-jeonghoeyo. <https://doi.org/10.20928/KTKP.LIF.0000208381> (cite by 2022 Jan 2).
- Korean Traditional Knowledge Portal(KTKP).** (2010b). Jeungbosallimgyeongje. <https://doi.org/10.20928/KTKP.LIF.0000205215> (cite by 2022 Jan 2).
- Lee JH, Kim YJ, Lee YJ, Jeong JT, Park CG and Chang JK.** (2018b). Crop characteristics and flavonoid contents of mugwort(*Artemisia argyi* H. Lév. & Vaniot). Horticultural Science and Technology. 36:647-657.
- Lee SH, Hong CO, Lee SH, Koo SC, Hur M, Lee WM, Chang JK and Han JW.** (2019). Investigation of rhizome enlargement stage and harvest time in *Rehmannia glutinosa*(Gaertn.) Libosch. ex Steud. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 27:315-321.
- Lee SH, Yun HM, Koo SC, Lee WM, Chang JK, Koo HJ, Chang KJ and Kim YB.** (2018a). Changes in the growth characteristics and the content of decursin and decursinol angelate in *Angelica gigas* Nakai by mineral and hormonal agent treatment. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 26:227-232.
- Lee SO, Seo JH, Lee JW, Yoo MY, Kwon JW, Choi SU, Kang JS, Kwon DY, Kim YK, Kim YS and Ryu SY.** (2005). Inhibitory effects of the rhizome extract of *Atractylodes japonica* on the proliferation of human tumor cell lines. Korean Journal of Pharmacognosy. 36:201-204.
- Lee ST, Ryu JS, Kim MB, Kim DK, Lee HJ and Heo JS.** (1999). Crude saponin contents of *Platycodon grandiflorum* (Jacq.) A. DC. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 7:172-176.
- Li C, He L and Jin J.** (2009). Atractylenolide I and Atractylenolide III inhibit lipopolysaccharide-induced TNF- α and NO production in macrophages. Phytotherapy Research. 22:557-559.
- Lim H, Lee JH, Kim JW, Kim YS and Kim HP.** (2012). Effects of the rhizomes of *Atractylodes japonica* and Atractylenolide I on allergic response and experimental atopic dermatitis. Archives of Pharmacal Research. 35:2007-2012.
- Matsuda H, Li YH, Taniguchi K, Yamahara J and Tamai Y.** (1991). Imaging analysis of antiulcer action and the active constituent of atractylodis rhizoma. Journal of the Pharmaceutical Society of Japan 111:36-39.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA).** (2021). Final results of the 2020 census of agriculture, forestry and fisheries. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. p.6-41.
- Ministry Of Food And Drug Safety(MFDS).** (2020). Food standards and specifications. Ministry Of Food And Drug Safety. Cheongju, Korea. <https://impfood.mfds.go.kr/CFBDD02F02?active=00035&cntntsSn=356538&cntntsMngId1=00035> (cited by 2022 Jan 2).
- Park JM, Kang JH and Kim MB.** (2014). Growth and yield of *Atractylodes japonica* Koidz. affected by shading and flower bud pinching. Korean Journal Medicinal Crop Science. 12:231-236.
- Rees M, Osborne CP, Woodward FI, Hulme SP, Turnbull LA and Taylor SH.** (2010). Partitioning the components of relative growth rate: How important is plant size variation? The American Naturalist. 176:152-161.
- Rural Development Administration(RDA).** (2005). A collection of agricultural technology in the field of medicinal crops. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.458.
- Rural Development Administration(RDA).** (2012a). Manual for agriculture investigation. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.771-835.
- Rural Development Administration(RDA).** (2012b). Manual for agriculture investigation. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.503.
- Rural Development Administration(RDA).** (2016). GAP standard cultivation techniques in medicinal crops. Rural Development Administration. Jeonju, Korea. p.131-133.
- Rural Development Administration(RDA).** (2018). Atractylodes rhizome white. Agriculture technology guide 218. Rural Development Administration. Jeonju, Korea. p.30-31.
- Rural Development Administration(RDA).** (2019). Data by period of agricultural meteorology. Rural Development Administration. Jeonju, Korea. <http://wea.ther.rda.go.kr/w/analysis/inquiry.do> (cited by 2022 Jan 2).
- Satoh K, Fumiko N, Keiko U and Itsu K.** (1996). Specific inhibition of Na⁺,K⁺-ATPase activity by atractylon, a major component of Byaku-Jutsu, by interaction with enzyme in the E2 state. Biochemical Pharmacology. 51:339-343.
- Seo TK, An SW, Jang HW, Nam CW, Chun H, Kim YC, Kang TK and Lee SH.** (2018). An approach to determine the good seedling quality of grafted tomatoes(*Solanum Lycopersicum*) grown in cylindrical paper pot through the relation analysis between DQI and short-term relative growth rate. Protected Horticulture and Plant Factory. 27:302-311.
- Wang C, Duan H and He L.** (2009). Inhibitory effect of atractylenolide I on angiogenesis in chronic inflammation *in vivo* and *in vitro*. European Journal of Pharmacology. 612:143-152.
- Wang CC, Chen LG and Yang LL.** (2002). Cytotoxic activity of sesquiterpenoids from *Atractylodes Ovata* on leukemia cell lines. Planta Medica. 68:204-208.
- Wang KT, Chen LG, Wu CH, Chang CC and Wang CC.** (2010). Gastroprotective activity of atractylenolide III from *Atractylodes ovata* on ethanol-induced gastric ulcer *in vitro* and *in vivo*. Journal of Pharmacy and Pharmacology. 62:381-388.
- Yun BR, Weon JB, Lee BH, Lee JW, Eom MR and Ma CJ.** (2013). Quantitative analysis of atractylenolides I and III in *Atractylodes japonica*. Korean Journal of Pharmacognosy. 44:53-59.