



## 삼주 역병저항성 품종 ‘위강’의 재배 및 품질특성

정진태<sup>1,2</sup> · 이정훈<sup>3</sup> · 신우철<sup>4</sup> · 한종원<sup>5</sup> · 장수연<sup>6</sup> · 모영문<sup>7</sup> · 안태진<sup>8</sup> · 박신영<sup>9</sup> · 마경호<sup>10</sup> · 허목<sup>11</sup> · 김동휘<sup>12</sup>  
이대영<sup>13‡</sup> · 한경숙<sup>14†</sup>

## Cultivation and Quality Characterization of New Variety *Atractylodes japonica* ‘Wigang’

Jin Tae Jeong<sup>1,2</sup>, Jeong-Hoon Lee<sup>3</sup>, Woo Cheol Shin<sup>4</sup>, Jong Won Han<sup>5</sup>, Su Yeon Jang<sup>6</sup>, Young Moon Mo<sup>7</sup>, Tae Jin An<sup>8</sup>,  
Sin Young Park<sup>9</sup>, Kyung Ho Ma<sup>10</sup>, Mok Huh<sup>11</sup>, Dong Whi Kim<sup>12</sup>, Dae Young Lee<sup>13‡</sup> and Kyung Sook Han<sup>14†</sup>

### ABSTRACT

Received: 2024 November 13  
1st Revised: 2024 December 10  
2nd Revised: 2024 December 20  
3rd Revised: 2024 December 27  
4th Revised: 2024 December 30  
Accepted: 2024 December 30  
Published: 2025 February 28

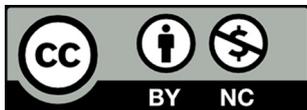
**Background:** *Atractylodes japonica* Koidzumi, known as ‘Atractylodes rhizome white’, is used for gastric treatment and is heavily dependent on imports, with 92% of its distribution imported in 2019. Cultivation is challenged by susceptibility to *Phytophthora* root rot, with no suitable breeding cultivars for its pharmacopoeia origin.

**Methods and Results:** In 2017, vigorous seedlings were selected from crossbred lines, and the most promising lines were chosen in 2019. These lines underwent replicate yield trials from 2020 to 2021 and local adaptability testing from 2022 to 2023. The result was the development of the ‘Wigang’ cultivar, offering high yields and strong resistance to *Phytophthora* root rot. In regional trials conducted from 2022 to 2023, ‘Wigang’ produced a dried root yield of 480 kg per acre, marking a 279% increase over Yeongdong Jaerae. Additionally, the new cultivar showed strong resistance to *Phytophthora* root rot in both the field and indoor inoculation tests. Although ‘Wigang’ had lower atractylenolide I and atractylon levels, its  $\beta$ -eudesmol level was similar to that of ‘Yeongdong jaerae.’

**Conclusion:** In this study, we developed ‘Wigang’, the first *A. japonica* cultivar in Korea. ‘Wigang’ showed a stable yield and strong resistance to *Phytophthora* root rot.

**Key Words:** *Atractylodes japonica*, Breeding, New Variety, Phytophthora Root Rot

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.



## 서 언

삼주 (*Atractylodes japonica* Koidzumi)는 국화과 (Asteraceae)

다년생 약용식물로 꽃이 희며 국내와 일본, 중국 동북 지방의 산이나 들에 분포한다 (Lee *et al.*, 2012). 국내에서는 예로부터 햇 뿌리를 백출로 사용하고 묵은 뿌리를 창출로 구분하여

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5672 (E-mail) powjtt@korea.kr

<sup>‡</sup>Co-corresponding author: (Phone) +82-53-950-5375 (E-mail) dylee80@knu.ac.kr

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

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

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

<sup>4</sup>경북대학교 자연과학대학 생명공학부 박사과정생 / Ph. D. student, BK21 FOUR KNU Creative BioResearch Group, School of Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea.

<sup>5</sup>농촌진흥청 연구정책국 연구사 / Researcher, Planning and Coordination Division, RDA, Jeonju, 55365, Korea.

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

<sup>7</sup>강원특별자치도농업기술원 작물연구과 / Researcher, Gangwon State Agricultural Research and Extension Services, Chuncheon 24203, Korea.

<sup>8</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

<sup>9</sup>전라남도농업기술원 식량작물연구소 연구사 / Researcher, Jeonnam Agriculture Research & Extension Services, Naju 58213, Korea.

<sup>10</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼과 연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

<sup>11</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

<sup>12</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

<sup>13</sup>경북대학교 자연과학대학 생명공학부 교수 / Professor, BK21 FOUR KNU Creative BioResearch Group, School of Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu 41566, Republic of Korea.

<sup>14</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 버섯과 연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

사용하였다. 1990년대에 큰꽃삼주 (*Atractylodes macrocephala* Koidzumi)가 중국으로부터 국내에 도입되었고, 이에 재배가 증가함에 따라 1997년에 발간된 '대한약전 7개정' 부터 삼주 (*A. japonica*)와 큰꽃삼주 (*A. macrocephala*)를 백출로 규정하여 사용되고 있다 (MFDS, 2000).

한방에서는 건위 (健胃), 조습 (燥濕), 이뇨 (利尿), 발한 (發汗) 등에 처방된다고 알려져 있으며 (Jeong *et al.*, 2022), 주요 약리 성분인 atractylon과 atractylenolide I는 위장관 보호 효과가 탁월한 것으로 알려져 있다 (Wang *et al.*, 2010). Atractylon은 항종양, 폐섬유화 억제, 간보호 (Hwang *et al.*, 1996), 항염증 및 통증 완화 (Chen *et al.*, 2016)에 효과가 있으며, Atractylenolide I는 암세포 증식 억제 효과 (Lee *et al.*, 2005), 항염증으로 인한 비정상적인 혈관 생성을 억제하는 효과도 보고되었다 (Wang *et al.*, 2009).  $\beta$ -Eudesmol의 경우 위 배출과 소장 운동성 자극을 통한 소화 기능 개선 (Kimura and Sumiyoshi, 2012), 혈관신생 억제를 통한 종양 성장 억제 등의 다양한 효능이 보고된 바 있다 (Acharya *et al.*, 2021).

감초와 함께 대표적인 수입 의존 약용작물로서 2022년 농림축산검역본부 통계자료에 따르면, 약 617 톤이 중국에서 수입되고 있다 (APQA, 2022). 반면 국내에서는 2022년 기준 48 ha에서 약 88 톤 생산되고 있으며 (MAFRA, 2021), 충북 제천, 경북 상주와 영주 등에서 주로 재배되고 있다.

삼주는 약용작물 중 가장 역병에 취약하며 초기에는 시들다가 뿌리와 근경이 썩고 말라 죽기 때문에 장마기 이후에 발병이 급속히 진행되면 전체 50% 이상이 고사하기도 한다 (Jee *et al.*, 2000). 재배상 문제를 극복하기 위해 중간 교잡 (*A. japonica* × *A. macrocephala*)을 통해 병에 강하고 수량이 높은 품종을 육성하였으나 중간잡종은 대한민국약전의 기원 식물인 삼주 (*A. japonica*)와 큰꽃삼주 (*A. macrocephala*)에 해당되지 않아, 현재까지 보급되지 않고 있는 실정이다 (Jeong *et al.*, 2018; Park *et al.*, 2021).

이에 본 연구진은 백출 기원 식물에 적합한 삼주 품종을 최초로 육성하였고, 생육 특성, 수량성 그리고 병저항성 등의 작물학적 특성과 성분특성에 대한 조사 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험재료

본 연구는 삼주 (*A. japonica*) 육성품종 '위강'과 대조품종 '영동재래'를 이용하여 수행하였다.

### 2. 재배 방법 및 생육조사

실험은 충북 음성군 소이면 비산리에 위치한 농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 시험포장에서 수행되었으며, 시비량은 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O를 7:4:3 kg/10a로 하였고 퇴비는

2,000 kg/10a를 모두 기비로 사용하였다. 3월경에 채취한 2년 생 뿌리를 20 g으로 분근하여 4월 하순에 검은색 비닐 피복한 두둑에 포기 간격 30 cm, 줄 간격 15 cm 간격으로 눈을 위로 향하게 식재 후 흙을 덮었으며, 시험구는 난괴법 3 반복으로 배치하였고 반복 당 100 주씩 식재 하였다.

예정지의 토양을 분석하기 위해 농촌진흥청 토양화학 분석법 (RDA, 2010)을 참고하여 재배지 (Eumseong, Korea) 토양을 12 반복으로 채취하여 분석하였다.

생육과 수량 특성은 시험구 별로 20 개체 이상 조사하였으며, 약용작물 농업과학기술 연구조사 분석기준 (RDA, 2012)에 준하여 실시하였다. 주요 병해인 역병 (*Phytophthora root rot*)과 탄저병 (*Anthraco*)은 처리구 당 20주 이상에서 발병 주를 조사하였으며, 발생 정도를 육안으로 평가하여, 질병 없음(0), 10% 미만(1), 10% 이상 - 30% 미만(3), 30% 이상 - 40% 미만(5), 40% 이상 - 60% 이하(7), 60% 이상(9)의 등급으로 나누어 평가하였다.

### 3. 역병 저항성 검정

역병 저항성을 검정하기 위해 An 등 (2019) 이 개발한 방법으로 수행하였다. 수확한 종근을 유리 온실 (25°C) 내 화분에 무처리를 포함하여 총 6개체씩 3반복으로 정식하였으며 3주간 재배하였다.

접종원 준비는 역병균 (*Phytophthora sansomeana*, HCRD 17065, An *et al.*, 2019)에서 생장한 균사를 1 cm × 1 cm 로 잘라 (페트리디쉬 2개 분량) 20 ml 멸균수를 담은 페트리디쉬에 침지시키고, 20°C, 1일간 명배양 하여 유주자낭을 다량 생성하였다.

1 × 10<sup>4</sup> zoospores/ml 포자 농도로 조정된 현탁액을 3 주차가 된 식물의 지체부 줄기에 마이크로피펫으로 5 ml 씩 관주 접종하였다. 접종 후에는 접종한 화분을 상대습도가 95% 이상 유지되는 25°C의 접종상에 옮기고 3 일 후 온실에 두면서 병징을 관찰하였으며, 각각 계통들의 역병 저항성 정도를 확인하였다. 총 10 일 동안 2 일에서 3 일 간격으로 0 - 5의 발병도 기준을 두고 조사하였다 (Kwon *et al.*, 1990).

저항성 구분은 Pontes 등 (2014)이 평가한 방식으로 고사율 0% (HR; Highly resistant), 0.1% - 12.5% (R; resistant), 12.6% - 25.0% (MR; moderately Resistant), 25.1% - 50.0% (MS; moderately susceptible), 50.1% - 75.0% (S; Susceptible), 75.1% - 100% (HS; highly susceptible)로 등급을 나눠 저항성을 구분하였다 (Jee *et al.*, 2000).

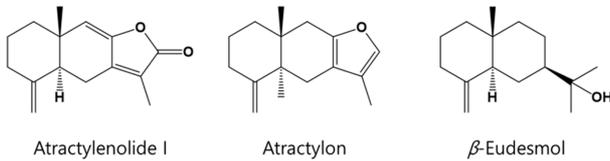
### 4. 성분 분석

Atractylenolide I, atractylon과  $\beta$ -eudesmol을 분석하기 위하여 Yun 등 (2013)와 Jeong 등 (2022) 방법을 참고하여 수행하였으며, 표준품은 ChemFaces (Wuhan, Hubei, China)에서

**Table 1.** Soil chemical properties of experimental field for new variety development.

Soil Chemical Properties	pH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex cation (cmol <sup>+</sup> /kg) <sup>1)</sup>			OM <sup>2)</sup> (%)
			K	Mg	Ca	
Field	7.65±0.03	191.1±26.3	0.31±0.05	1.21±0.05	5.53±0.30	1.66±0.12
Optimal Condition	6.0 - 6.5	150 - 250	0.45 - 0.55	1.5 - 2.0	5.0 - 6.0	2.5 - 3.5
Remarks	Moderately high	Within optimal range	Slightly low	Slightly low	Within optimal range	Slightly low

<sup>1)</sup>Ex cation; exchangeable cations (cmol<sup>+</sup>/kg of Ca, Mg, K) in the soil. <sup>2)</sup>OM; organic matter; decomposed plant and animal material. Values for the field are presented as means ± standard deviation (SD).



**Fig. 1.** Structure of sesquiterpenoids form *Atractylodes japonica*.

구매하여 사용하였다 (Fig. 1).

수확 및 생육 조사 후 남은 60개체의 시료를 동결 건조한 뒤 분말로 만들어 시험용 표준체 (50호, 50 mesh, 279 μm, Sievetech, Gunpo, Korea)를 통해 균질화하였다. 이후, 균질화된 분말을 100 mg 씩 정밀하게 취해 50% 에탄올 및 70% 메탄올을 상온에서 vortexing 진행한 후 30분 동안 ultrasonication 추출 (Bandelin SONOREX™ SUPER, BANDELIN electronic GmbH & Co. KG, berlin Deutschland)을 진행하였다. 추출이 끝난 후, 13,500 rpm으로 4°C에서 5 분간의 원심분리 후 상등액을 취하여 PTFE filter (0.22 μm, GVS Life Sciences, Bologna, Italy)로 필터 한 후, 10% acetonitrile 용매로 희석하여 분석에 사용하였다.

Atractylenolide I 분석에 사용된 컬럼은 YMC Pack ODS-AM (250 mm × 4.6 mm, 5 μm; YMC Co., Ltd., Kyoto, Japan) 이었으며, 컬럼 온도는 40°C로 유지하였다. 시료 주입량은 10 μl, 유속은 1 ml/min로 설정하였다. 이동상으로는 water + 0.1% formic acid (v/v)와 acetonitrile + 0.1% formic acid (v/v)를 사용하였고, 기울기 조건은 Table 2에 제시하였다. 주입량은 10 μl로 설정하고, 검출은 240 nm의 UV 파장에서 분

**Table 2.** Chromatographic mobile phase conditions for the analysis of atractylenolide I, atractylon and β-eudesmol.

Time (min)	Flow (ml/min)	Mobile phase (%)	
		Water	Acetonitrile
0	1.0	50	50
30	1.0	35	65
50	1.0	0	100
53	1.0	50	50
60	1.0	50	50

석하였다.

Atractylon과 β-eudesmol (Fig. 1)의 분석을 위해 컬럼은 Phenomenex Synergi™ Fusion-RP (250 mm × 4.6 mm, 4 μm, Phenomenex Inc., Torrance, CA, USA)였으며, 컬럼 온도, 시료 주입량, 유속, 이동상의 기울기 조건 (Table 2)은 atractylenolide I과 동일한 조건으로 수행하였다. UV 검출 파장은 210 nm로, 최적의 파장을 설정하고 측정하였다.

## 5. 통계 분석

통계 처리를 위해 SAS Enterprise Guide 7.1 (Statistical Analysis System, 2009, Cray, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하였으며, 3회 반복 측정된 결과를 평균 ± 표준편차 (means ± SD)로 나타냈다. 시료 간 유의한 차이를 평가하기 위해 Duncan의 다중 범위 검정 (DMRT)을 사용하여 유의수준 5%에서 검정을 실시하였다 (\*p < 0.05).

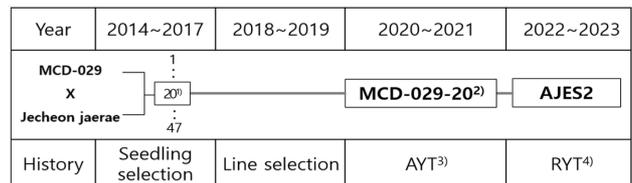
## 결과 및 고찰

### 1. 재배 특성

#### 1.1. 육성 경위

삼주 신품종 ‘위강’은 2017년 MCD-029과 체천재래종의 교배 실생 중 생육이 우수한 것을 2017년 개체 선발하였으며 2018년에 다수성 삼주 개체 증식 후 2019년에 계통 선발하였으며 2020년에서 2021년까지 생산력 검정 시험을 하였다 (Fig. 2).

그 결과 수량성이 높고 역병에 강한 삼주-MCD-029-20을



**Fig. 2.** Pedigree diagram of *A. japonica* ‘Wigang’. <sup>1)</sup>Selected from 47 individuals. <sup>2)</sup>The selected resources are assigned MCD-029-20 (temporary line name). <sup>3)</sup>AYT; advanced yield trial. <sup>4)</sup>RYT; regional yield trial. <sup>5)</sup>AJES2; line name are assigned to selected resources.

**Table 3.** Morphological characteristics of *A. japonica* 'Wigang' and 'Yeongdong jaerae'.

Variety	Plant type	Color of leaves	Number of Bracts	Color of flowers	Color of roots	
					Epidermis	Cortex
Wigang	Semi-spreading	Deep Green	Abundant	White	Brown	Pale Yellow
Yeongdong jaerae	Intermediate	Green	Moderate	White	Brown	Pale Yellow

AJES2호로 계통명을 부여하였다. 2015년 철원 등 3개 지역에서 지역 적응 시험을 실시한 결과 다수성 등 우수한 특성이 인정되어 2023년 12월 직무육성 품종심의회를 거쳐 위(胃) 보호 효능이 알려진 삼주의 병에 강(強)한 품종이라는 뜻의 '위강'으로 명명하였고 '식물 신품종 보호법'에 의거 2024년 3월 15일에 품종보호출원을 완료하였다 (품종보호출원번호 : 2024-05).

**1.2. 형태적 특성**

삼주 신품종 '위강' 품종의 형태적 특성은 Table 3와 같다. 초형이 '영동재래'에 비해 약개장형이며, 엽색은 '영동재래'는 녹색인 데 반해 '위강'은 진녹색이며 포수는 '영동재래'에 비해 상대적으로 적은 편이다. 뿌리 색깔은 표피가 적갈색이며 심부는 황백색을 띤다 (Fig. 3 and Table 3).

**1.3. 기변 특성**

삼주 신품종 '위강' 품종의 생육 특성을 조사한 결과는 Table 4와 같다.



**Fig. 3.** Rhizome of *A. japonica* 'Wigang' (A) and 'Yeongdong jaerae' (B). The white bar indicates 10 cm.

'위강'의 초장은 49.8 cm로 '영동재래'의 52.7 cm에 비해 다소 짧았으나, 두 품종 간 유의적인 차이는 없었으며 줄기 직경은 두 품종 모두 2.8 mm로 동일하였다. 그러나 줄기 수는 '위강'이 9.0개로 '영동재래'의 7.1개보다 유의적으로 많았다. 근경의 길이는 '위강'이 9.6 cm로 '영동재래'의 8.1 cm보다 길었다. 다음 생육기에 유리한 조건을 제공할 수 있는 근경의 눈수는 '위강'이 8.7개로 '영동재래'의 5.1개보다 유의적으로 많았다. 생근중은 '위강'이 118.3 g으로 '영동재래'의 98.6 g보다 높았으나, 두 품종 간 유의적인 차이는 아니었다. 그러나 건근중은 '위강'이 49.1 g으로 '영동재래'의 36.1 g보다 유의적으로 높았다.

종합하면 '위강'은 '영동재래'와 비교하여 줄기 수, 근경의 눈 수, 건근중 등에서 유의적인 우수성을 보였다. 특히 약용작물에 있어 중요하다고 볼 수 있는 건근중이 '영동재래' 대비 무거워 경제성 측면에서도 유리한 것으로 보인다.

지상부와 지하부의 상호작용 관점에서, 줄기 수의 증가는 광합성 효율을 통해 지하부 생육에 필요한 에너지를 더욱 원활하게 공급하며, 근경의 눈 수와 건근중의 증가로 이어졌을 것으로 생각된다. 이와 관련해 인삼, 작약, 황기 등 다른 약용작물 연구에서도 지상부 생육이 우수하면 지하부 근경 발달에 긍정적인 영향을 미쳐 수확량 증가로 이어진다고 보고한 바 있다 (Kim *et al.*, 1998; Liu *et al.*, 2018).

시험포장에서 주요 발생 병해인 역병을 관능으로 평가한 결과, '위강'은 역병이 10% 미만으로 발생하여 역병 발생이 극히 드문 반면, '영동재래'는 10% - 30% 발생하였다. 탄저병의 경우, '위강'은 10% 이상 - 30% 미만 발생하였으나 30% 이상 - 40% 미만으로 '영동재래'보다 병 발생이 적었다. 고사율 역시 '위강'이 3.5%로 '영동재래'의 12.0%보다 낮았는데 (Fig. 4 and Table 4) 이는 '위강'의 역병과 탄저병에 대한

**Table 4.** Agronomic characteristics of *A. japonica* 'Wigang' and 'Yeongdong jaerae'.

Variety	Aerial parts				Underground Parts			Disease injury <sup>1)</sup>		
	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Number of stems	Number of buds	Rhizome length (cm)	Fresh rhizome weight (g)	Dried rhizome weight (g)	Phytophthora root rot (0 - 9)	Anthraco-nose (0 - 9)	Withering rate (%)
Wigang	49.8±6.2 <sup>a</sup>	2.8±0.5 <sup>a</sup>	9.0±2.3 <sup>a</sup>	8.7±3.3 <sup>a</sup>	9.6±1.8 <sup>a</sup>	118.3±35.5 <sup>a</sup>	49.1±14.0 <sup>a</sup>	1	3	3.5±1.5 <sup>b</sup>
Yeongdong jaerae	52.7±9.4 <sup>a</sup>	2.8±0.7 <sup>a</sup>	7.1±2.5 <sup>b</sup>	5.1±2.9 <sup>b</sup>	8.1±2.4 <sup>b</sup>	98.6±41.1 <sup>a</sup>	36.1±15.8 <sup>b</sup>	3	5	12.0±4.0 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Disease injury: root rot symptoms are assessed visually and graded based on the severity of the disease. (0); resistance - (9); susceptible. Columns labeled with distinct letters indicate statistically significant differences based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT, \**p* < 0.05).

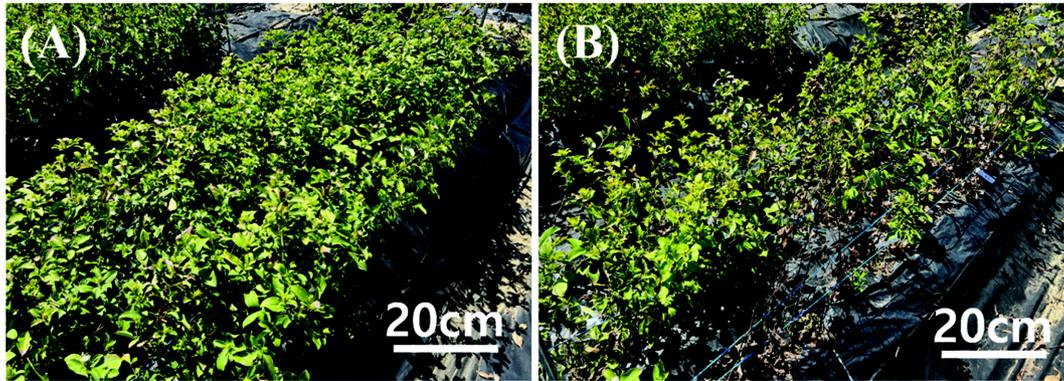


Fig. 4. Aerial part of *A. japonica* 'Wigang' (A) and 'Yeongdong jaerae' (B). The white bar indicates 20 cm.

강한 저항성이 고사율을 낮춘 것으로 생각된다.

병해 저항성이 높은 품종은 농업 생산성 향상과 수확량 증대에 기여할 수 있으며 (Zhang *et al.*, 2015), '위강'은 이러한 측면에서 우수한 특성을 보였다.

#### 1.4. 지역 적응성 및 수량 특성

삼주는 소면적 작물이며 지금까지 기원 식물에 맞는 국내 육성 품종은 없었으므로 최초 품종을 조기에 육성하기 위해 2023년, 1년간 음성을 포함하여 3개 지역에서 지역적응시험을 실시하였다. 그 결과, 대조 품종인 '영동재래'의 평균 건근 수량은 268 kg/10a인 반면 '위강'은 480 kg/10a로 '영동재래' 대비 79% 증수하였다 (Table 5).

Table 5. Regional yield trial of root yields (kg/10a) for *A. japonica* 'Wigang' and 'Yeongdong jaerae' across three regions.

Regions	Root yield of cultivar (kg/10a)		Index <sup>1)</sup>
	Wigang	Yeongdong jaerae	
Chulwon	549±101 <sup>a*</sup>	228±34 <sup>b</sup>	107
Eumseong	588±120 <sup>a</sup>	485±69 <sup>a</sup>	213
Naju	367±92 <sup>a</sup>	28±7 <sup>b</sup>	1310
Average	480.0	268.3	179

<sup>1)</sup>Index; calculated as (root yield of 'Wigang' / root yield of 'Yeongdong jaerae') × 100. Values with different letters within columns indicate a significant difference based on Duncan's Multiple Range Test (DMRT, *p* < 0.05).

증수 요인으로는 경수 등 지상부 생육이 왕성하며 뿌리가 크고 특히 '영동재래'의 경우 위도가 낮아질수록 수량성이 감소하는 경향을 보였으나 '위강'은 수량성 편차가 비교적 적었는데 '영동재래' 대비 상대적으로 역병에 강한 저항성으로 인해 재배 안정성이 높기 때문으로 생각된다.

농촌진흥청 농업기상 정보서비스 (<http://weather.rda.go.kr>)를 통하여 각 지역 적응성 시험포장과 가장 인접한 음성군 소이면, 철원군 동송읍 그리고 나주시 산포면 등 3 재배지에서 2022년, 2023년, 평년 (2014 - 2023년)에 대하여 생육기간 (4월 - 10월) 및 여름철 고온기간 (6월 - 9월)동안의 기상 데이터 분석 비교한 결과는 Table 6와 Table 7에 나타내었다.

2023년의 강수량과 기온은 10년 평균보다 높았으며 특히 나주에서 두드러지게 높았는데 여름 평균 강수량 (ASP)이 438.5 mm로 10년 평균인 245.0 mm보다 193.5 mm 높았으며 여름 평균 기온 (AST)도 25.8°C로 10년 평균인 25.3°C를 상회하였다.

*Atractylodes*속 식물에 주로 발생하는 역병은 고온 다습한 환경에서 흔히 발병하며, 주요 병원균으로는 *P. sansomeana*와 *P. drechleri* 등이 있다 (Kim *et al.*, 1997; Ahn *et al.*, 2019). 고온 다습한 기후 조건은 역병 발생이 심해지는 것으로 알려져 있으며 (Erwin and Ribeiro, 1996), 역병에 저항성이 낮은 품종의 경우 병해 발생으로 인한 수량 감소가 발생할 수 있다.

이러한 맥락에서, 나주 지역에서 '영동재래'의 경우 2년차 여름철 고온기에 대부분 지상부가 고사하여 수량이 저조하였

Table 6. Comparative analysis of average growing season precipitation (AGSP) and temperature (AGST) for 2022 and 2023, along with the 10-year average, in three agricultural regions.

Location	AGSP 2022 (mm)	AGSP 2023 (mm)	AGSP 10-Years (mm)	AGST 2022 (°C)	AGST 2023 (°C)	AGST 10-Years (°C)
Chulwon	238.6	178.9	162.2	18.0	19.6	18.4
Eumseong	161.2	202.6	137.8	19.7	20.1	19.3
Naju	90.5	253.1	167.0	20.7	21.1	20.6
Mean	163.4	211.5	155.7	19.5	20.3	19.4

The data represents AGSP and AGST for the growing season, defined as April to October.

**Table 7.** Comparative analysis of average summer precipitation (ASP) and temperature (AST) for 2022 and 2023, along with the 10-year average, in three agricultural regions.

Location	ASP 2022 (mm)	ASP 2023 (mm)	ASP 10-Years (mm)	AST 2022 (°C)	AST 2023 (°C)	AST 10-Years (°C)
Chulwon	411.2	290.5	255.1	22.7	23.6	22.9
Eumseong	271.2	344.8	209.1	24.8	25.0	24.2
Naju	139.2	438.5	245.0	25.8	25.8	25.3
Mean	273.9	357.9	236.4	24.4	24.8	24.1

The data represents ASP and AST for the summer season, defined as June to August.

는데 2023년의 높은 강수량과 기온이 병원균 발생을 촉진하여 수량 감소로 이어졌을 가능성이 있다. 반면, '위강'은 고온 다습한 환경에서 병징이 나타나지 않았으며, 이로 인해 안정적인 수량을 유지할 수 있었던 것으로 보인다.

이는 Lamour와 Kamoun (2009)의 연구에서도 확인된 바와 같이, 역병 저항성을 지닌 품종이 병원균 발생 조건에서도 안정적인 수량을 확보할 수 있다는 기존 연구와 일치한다. 그러나 삼주 신품종 '위강'이 역병에 저항성을 지녔다고 단정짓기 전에, 역병 접종 실험을 통해 저항성 여부를 확인하는 과정이 필요하다.

## 2. 역병 저항성 검증

삼주 신품종 '위강'의 역병 저항성을 평가하기 위해 '대비품종' 외에도 역병에 감수성이 약한 큰꽃삼주 (*A. macrocephala*) 3종을 포함하여 병저항성 검정한 결과는 Table 8과 같다. '위강'에서는 역병 증상이 관찰되지 않아 매우 강한 저항성 (HR; highly resistant)을 보인 반면 대조 품종은 발병

후 11일 만에 증상이 나타나 저항성 (R; resistant)으로 분류되었다. 한편 큰꽃삼주는 3일 후 발병이 시작되었으며, 모든 처리구에서 높은 발병도를 보여 감수성 (S, susceptible)으로 분류되었다 (Fig. 5 and Table 8). 이 결과는 앞선 시험포장에서의 관찰 결과와 일치하였으며 (Fig. 4 and Table 4), 이는 역병균에 대한 강한 저항성을 갖추고 있음을 나타낸다고 하겠다.

큰꽃삼주 (*A. macrocephala*)의 발병 경과는 An 등 (2019)의 기존 연구와 일치하였는데 이를 통해 역병 저항성 검정 체계의 유효성을 확인 할 수 있었다. 또한 삼주 신품종 '위강'의 강한 저항성은 향후 품종 개발 시 중요한 기준이 될 수 있을 것으로 생각된다.

## 3. 성분 특성

삼주 신품종 '위강'에서 atractylenolide I, atractylon과  $\beta$ -eudesmol의 3종 물질에 대한 함량을 측정하기 위하여 표준물질에 대한 검량선을 산출한 결과 atractylenolide I는  $y = 55.78x + 8.15$ , atractylon는  $y = 1611.5x + 830.64$ ,  $\beta$ -eudesmol

**Table 8.** Days to symptom onset, severity of disease, and corresponding resistance level of *A. japonica* 'Wigang', 'Yeongdong jaerae' and *A. macrocephala* after two weeks.

Cultivar names	Days to symptom onset	Distribution of individuals by disease severity					Disease severity	Level of resistance
		0	1	2	3	4		
Wigang	-	5					0	HR <sup>1)</sup>
Yeongdong jaerae (control cultivar)	11	4		1			10	R <sup>2)</sup>
<i>A. macrocephala</i> (reference species)	3		1			4	85	S <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>HR; highly resistant. <sup>2)</sup>R; resistant. <sup>3)</sup>S; susceptible.



**Fig. 5.** Disease incidence after 2 weeks of inoculation of *Phytophthora sansomeana*, *A. japonica* 'Wigang' (A), 'Yeongdong jaerae' (B) and *A. macrocephala* (C). The object in the bottom right is a control. The white bar indicates 10 cm.

**Table 9.** Calibration curve equations of atractylenolide I, atractylon and  $\beta$ -eudesmol.

Sample	Equation	$R^2$
Atractylenolide I	$y=55.78x + 8.15$	0.999
Atractylon	$y=1611.5x + 830.64$	0.999
$\beta$ -Eudesmol	$y=40863x + 7962.9$	0.999

**Table 10.** Active ingredients contents of *A. japonica* 'Wigang', 'Yeongdong jaerae' and *A. macrocephala*.

Variety	Contents (mg/g)		
	Atractylenolide I	Atractylon	$\beta$ -Eudesmol
Wigang	$3.78 \pm 0.13^b$	$11.59 \pm 0.50^b$	$0.12 \pm 0.03^a$
Yeongdong	$6.10 \pm 0.12^a$	$13.65 \pm 1.45^a$	$0.13 \pm 0.02^a$
<i>A. macrocephala</i>	$3.97 \pm 0.43^b$	$1.12 \pm 0.09^c$	$0.02 \pm 0.01^b$

Values in columns with different letters indicate significant differences based on Duncan's Multiple Range Test (DMRT,  $p < 0.05$ ).

는  $y = 40863x + 7962.9$ 을 나타내었으며, 모든 물질에 대하여 상관계수 ( $R^2$ )가 각각 0.999, 높은 직선성을 나타내어 이를 기반으로 정량분석을 수행하였다 (Table 9).

삼주 신품종 '위강', 대비품종 '영동재래'의 sesquiterpenoid 계 유효성분 3 종의 함량을 분석한 결과는 Table 10에 제시하였다. Atractylenolide I은 구조 내에 공액 이중결합과 카보닐기 (C=O)를 포함하고 있어서, atractylon과  $\beta$ -eudesmol 보다 상대적으로 높은 파장의 흡광도에서 검출이 되었다.

삼주 신품종 '위강'의 atractylenolide I 함량이  $3.78 \pm 0.13$  mg/g으로, '영동재래'의  $6.10 \pm 0.12$  mg/g에 비해 유의하게 낮았으며 atractylon 함량 또한  $11.59 \pm 0.50$  mg/g으로, '영동재래'의  $13.65 \pm 1.45$  mg/g에 비해 유의하게 낮았다. 반면  $\beta$ -eudesmol 함량은 '위강'이  $0.12 \pm 0.03$  mg/g으로, '영동재래'의  $0.13 \pm 0.02$  mg/g와 유의차가 없는 비슷한 수준이었다.

성분 함량은 단순히 품종의 유전적 특성에 뿐만 아니라 온도, 광, 수분, 토양과 같은 환경적 요인이 영향을 미치므로 삼주의 성분 함량을 증진시키기 위한 최적 환경 조건에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다 (Bach *et al.*, 1981; Pant *et al.*, 2021).

한편 삼주와 함께 생약재 '백출'로 쓰이는 큰꽃삼주 (*A. macrocephala*)와 비교하였을 때는 '위강'의 atractylenolide I 함량은  $3.78 \pm 0.13$  mg/g로 큰꽃삼주 (*A. macrocephala*)의  $3.97 \pm 0.43$  mg/g와 유의차가 없는 비슷한 수준이었으며 '위강'의 atractylon과  $\beta$ -eudesmol의 함량은 각각  $11.59 \pm 0.50$  mg/g,  $0.12 \pm 0.03$  mg/g로 큰꽃삼주의  $1.12 \pm 0.09$  mg/g,  $0.02 \pm 0.01$  mg/g 보다 유의적으로 높았다.

Chen 등 (2016)은 삼주가 큰꽃삼주 등 근연종에 비해 높은 atractylon 함량을 보이며 이 성분이 nitrogen oxide 및

prostaglandin E2의 생성 억제, inducible nitric oxide synthase (iNOS)와 cyclooxygenase-2 (COX-2) 발현 억제 등의 항염 매커니즘을 통해 진통 및 항염 효과를 나타낸다고 하였는데 본 결과에서도 삼주 '영동재래'와 비교적 성분이 낮았던 품종 '위강' 모두 대비종인 큰꽃삼주보다 각각 12.2배, 10.3배 높은 결과를 확인하였다. 이는 '위강'이 항염증 및 진통 효과에서 우수하여 한약재 및 기능성식품으로서 잠재력을 가질 수 있음을 의미한다.

본 연구를 통해 국내 최초로 백출 기원에 적합한 삼주 신품종 '위강'을 육성하였으며 '영동재래' 대비 수량성 측면에서 안정적으로 재배할 수 있고 강한 역병 저항성을 확인하였다. 이를 통해 수입 의존 약재인 백출의 자급화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 '위강'의 우수한 내병성 및 안정적인 수량성은 기후 변화로 인한 병발생 위험이 증가하는 상황에서 농가에 큰 도움이 될 수 있을 것이다 (Gautam *et al.*, 2013). 향후, '위강'의 재배 확대와 더불어 다양한 환경 조건에서의 실증 연구를 통해 품종의 특성을 더욱 정교하게 검증하고, 농가의 요구에 맞춘 후속 품종 개발로 이어질 수 있기를 기대한다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: RS-2020-RD009261)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Acharya B, Chaijaroenkul W, Na-Bangchang K. (2021). Therapeutic potential and pharmacological activities of  $\beta$ -eudesmol. *Chemical Biology and Drug Design*. 97:984-996.
- An TJ, Park MS, Jeong JT, Kim YG, Kim YI, Lee ES and Chang JK. (2019). Occurrence of the phytophthora blight caused by *phytophthora sansomeana* in *Atractylodes macrocephala* Koidz. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 27:404-411.
- Animal and Plant Quarantine Agency(APQA). (2020). Quarantine statistics. <https://www.pqis.go.kr/minwon/information/statistics.html> (cited by 2024 Oct. 25).
- Bach A and Evans WC. (1981). Stress-induced enhancement of secondary metabolite production in plants. *Annual Review of Plant Physiology*. 32:441-446.
- Chen LG, Jan YS, Tsai PW, Norimoto H, Michihara S, Murayama C, and Wang CC. (2016). Anti-inflammatory and antinociceptive constituents of *Atractylodes japonica* Koidzumi. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 64:2254-2262.
- Erwin DC and Ribeiro OK. (1996). *Phytophthora diseases worldwide*. American Phytopathological Society Press. St. Paul, MN, USA. p.1-562.
- Gautam HR, Bhardwaj ML and Kumar R. (2013). Climate change and its impact on plant diseases. *Current Science*. 105:1685-1691.

- 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.
- Lee YN.** (2006). *New flora of Korea* (Vol. 2). Seoul, Korea. p.342.
- Jee HJ, Cho WD and Kim CH.** (2000). Phytophthora diseases in Korea. National Institute of Agricultural Science and Technology. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.41-45, p.161.
- Jeong JT, Lee HJ, Lee JH, Hong CO, Lee YJ, Jeong YS, Lee DY, Lee SE, Chang JK, Ha BK, Park CG.** (2018). Comparison of growth characteristics and active ingredients in *Atractylodes* inter-specific hybrid cultivars. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 26:220-226.
- Jeong JT, Oh SM, Lee JH, Wi SH, Chang JK, Ma KH and Han JW.** (2022). Growth characteristics and change of major components in *Atractylodes macrocephala*. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 30:117-123.
- Kim HK, Jee HJ and Kim HK.** (1997). Occurrence of rhizome rot of *Atractylodes* spp. caused by *Phytophthora drechsleri*. *Korean Journal of Plant Pathology*. 13:433-437.
- Kim JC, Kim JH, Kim KJ, Ryu JK, Park SD, and You OJ.** (1998). Correlation between growth characteristics and root yield in collected peony lines. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 6:188-192.
- Kimura Y and Sumiyoshi M.** (2012). Effects of an *Atractylodes lancea* rhizome extract and a volatile component  $\beta$ -eudesmol on gastrointestinal motility in mice. *Journal of Ethnopharmacology*. 141:530-536.
- Kwon YJ, Jang CS, Kim SJ, and Hong SK.** (1990). Evaluation and inheritance of resistance to Phytophthora blight in pepper. *Korean Journal of Plant Pathology*. 6:447-451.
- Lamour K and Kamoun S.** (2009). Oomycete genetics and genomics: Diversity, interactions, and research tools. John Wiley and Sons. Hoboken. NJ, USA. p.139-212.
- Lee, DB, Sung JK, Lee YJ, Lee SB, Song YS and Kim YM.** (2017). Fertilizer recommendation for crop production, Rural Development Administration. Jeonju, Korea. p.60-163.
- Lee SO, Seo JH, Lee JW, Yoo MY, Kwon JW, Choi SJ, Kang JS, Kwon DY, Kim YK, Kim YS, 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.
- Liu Y, Wang J, Chen Z, and Li X.** (2018). Enhancing root yield in *Panax ginseng* by selecting cultivars with optimal shoot characteristics. *Journal of Medicinal Agriculture*. 12:45-52.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA).** (2022). Final results of the 2021 census of agriculture, forestry and fisheries. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. p.97.
- Pant P, Pandey S and Dall'Acqua S.** (2021). The influence of environmental conditions on secondary metabolites in medicinal plants: A literature review. *Chemistry and Biodiversity*. 18: e2100345 <https://doi.org/10.1002/cbdv.202100345> (Cite by 2024 December 20).
- Park BH.** (2021). Korea 2030 future agricultural technology outlook : Part 2 by agricultural and agricultural products. Rural Development Administration. Jeonju, Korea. p.405
- Pontes NC, Aguiar FM, Boiteux LS, Lima ML, Oliveira VR, Café Filho AC and Reis A.** (2014). Identification of sources of seedling resistance to *Phytophthora capsici* in *Cucumis melo*. *Tropical Plant Pathology*. 39:74-81.
- Rural Development Administration(RDA).** (2010). Method of soil chemical analysis. Rural Development Administration. Jeonju, Korea. p.1-320.
- Rural Development Administration(RDA).** (2012). Standard method of investigation and analysis for research on the agricultural science and technology. Rural Development Administration. Jeonju, Korea. p.11, 242.
- Rural Development Administration(RDA).** (2012). Standard method of investigation and analysis for research on the agricultural science and technology. Rural Development Administration. Jeonju, Korea. pp.771-772.
- Ministry of Food and Drug Safety(MFDS).** (2000). The Korea Pharmacopoeia 7th edition. Ministry of Food and Drug Safety. Seoul, Korea. p.773-774.
- 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 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.
- Zhang H, Feng J, Zhang S, Zhang S, Li F.** (2015). Resistance to plasmodiophora brassicae in *Brassica rapa* and *Brassica juncea* genotypes from China. *Plant Disease*. 99:776-779.