

# 남부지역 논에서 파종 시기별 들깨의 종실 생산량 및 품질 특성

오서영<sup>1†</sup> · 오성환<sup>2</sup> · 최지수<sup>3</sup>

## Influence of Sowing Date on Seed Yield and Quality of Perilla (*Perilla frutescens* (L.) Britton var. *frutescens* cv. Dayu) in the Southern Paddy Field

Seo Young Oh<sup>1†</sup>, Seong Hwan Oh<sup>2</sup>, and Jisu Choi<sup>3</sup>

### ABSTRACT

Received: 2024 August 30

1st Revised: 2024 September 26

2nd Revised: 2024 October 6

3rd Revised: 2024 October 11

Accepted: 2024 October 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 growth and seed yield of the perilla cultivar ‘Dayu,’ sown on four different dates, were investigated to explore its potential as an alternative crop to rice and to determine the optimal sowing period for double cropping in paddy fields in the southern region.

**Methods and Results:** Seeds were sown on four dates: May 24, June 9, June 22, and July 8, 2022. The period from sowing to flowering progressively shortened and sowing was delayed. However, the time from flowering to seed maturity slightly decreased by 3 days between the sowing dates for the later sowing dates. The seed yield exceeded 110 kg/10a, with the number and length of inflorescences being greater in the early and late June sowings. Functional polyphenol content increased with later sowing dates and was higher in the late June and early July sowings. Additionally, growing degree days (GDD), total precipitation, and total sunshine during the growth period correlated positively with agricultural traits related to both vegetative and reproductive growth.

**Conclusions:** Considering the seed yield, seed composition, lodging resistance, and crop connectivity in double cropping, mid-to-late June appears to be the most suitable time for sowing perilla seeds in paddy fields in the southern region.

**Key Words:** *Perilla frutescens* (L.) Britton var. *frutescens*, Paddy Field, Seed Yield, Sowing Date



## 서 언

국내 주요 유지작물중의 하나인 들깨 (*Perilla frutescens* (L.) Britton)는 꿀풀과의 1년생 작물로 인도와 중국이 원산지이며 국내에는 통일신라시대에 재배되었다는 기록이 있다 (Chang, 1989).

들깨는 용도에 따라 종자를 수확하는 종실용 들깨와 잎을 수확하는 엽채용 들깨로 구분하며, 향약집성방에는 백소, 수입자, 야임, 입자 등으로 불린다 (RDA, 2010; NICS, 2024).

국내에 육성된 들깨 품종은 종실용 28 품종, 엽채용 17 품종이 있으며 (NICS, 2024), 그 중 종실용으로 재배되고 있는 ‘다유’는 2004년도에 육성되었고 전국 재배가 가능할 뿐만 아니라, 유지 함량이 많고 다수성이어서 많은 농가에서 재배되고 있다 (Lee *et al.*, 2011).

들깨의 재배면적은 33천 ha (2010년)에서, 37천 ha (2019년), 41천 ha (2022년)로 해마다 꾸준히 증가하고 있고, 생산량도 33천 톤 (2010년)에서 47천 톤 (2022년)으로 늘었으며, 특용작물 총생산량의 약 60%를 차지하고 있는 중요한 작물이다 (KOSIS, 2023).

최근 논에서 벼 (*Oryza sativa* L.) 대신에 콩 (*Glycine max* (L.) Merrill), 옥수수 (*Zea mays* L.), 사료작물 등을 재배하는 농가들이 많아지고 있는데, 정부가 추진하고 있는 쌀 적정 생산 관리 및 전락 작물 직불금제, 지자체의 논 경작지에 대한 타 작물 재배 지원 정책 등으로 인해 꾸준히 증가할 것으로 예상되고 있다.

들깨는 타 작물들에 비하여 병이 적고 충해에 강하며 기상재해에 대한 영향도 적어, 논에서의 다양한 작부체계에 적용이 가능할 것으로 보인다. 더욱이 남부지역 논 토양에 벼 대체 작물로 콩, 들깨, 참깨 (*Sesamum indicum* L.) 등의 발작물을 재배한 후에 동계

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1166 (E-mail) osoonja@korea.kr

<sup>1</sup>국립식량과학원 남부작물부 논이용작물과 연구사 / Researcher, Paddy Crop Research Division, Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Miryang 50424, Korea

<sup>2</sup>농촌진흥청 연구정책국 연구정책과 연구사 / Researcher, Department of Research Policy, Research Policy Bureau, RDA, Jeonju 54875, Korea

<sup>3</sup>국립식량과학원 남부작물부 논이용작물과 연구사 / Researcher, Paddy Crop Research Division, Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Miryang 50424, Korea

밀 (*Triticum aestivum* L.)을 재배하면, 논 토양의 물리·화학적 특성이 개선되어 수확량이 증가하고 품질이 향상되는 것으로 보고된 바 있다 (Oh *et al.*, 2022).

또한 들깨 종실에는 페놀류, 플라보노이드류, 휘발성 오일, 불포화 지방산, 폴리코사놀, 토코페롤 등을 포함하여 100 개 이상의 화합물이 보고되었으며 (Yu *et al.*, 2017), 그 기능성이 알려지면서 국내 소비가 증가하고 있다. 이전 연구에서는 주로 종자에서 추출한 오일 함량과 지방산 조성에 중점을 두었으나 (Kim *et al.*, 2019; Zhao *et al.*, 2021; Bae *et al.*, 2022), 다양한 천연 항산화 화합물이 풍부하게 함유되고 있는 것으로 알려지면서 최근에는 기능성 성분에 대한 연구도 활발하게 이루어지고 있다 (Kim *et al.*, 2023; Seong *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2024). 특히, 들깨가 화장품과 의료용 약물 생산에 활용되면서, 로즈마린산, 루테올린, 아피제닌을 포함한 페놀 화합물이 주요 식별 마커로 인식되고 있다 (Guan *et al.*, 2014; Dhyani *et al.*, 2019).

들깨의 종실로부터 기름을 짜고 난 껍묵은 단백질이 풍부하여 가축 사료와 유기질 비료로 이용되고 있어 그 활용성이 높다고 할 수 있다. 이처럼 들깨의 높은 기능 식품적 특성과 농업부산물의 활용성을 고려하였을 때 상업적인 목적으로 들깨를 안정적으로 재배하는 것이 중요할 수 있다.

본 연구는 남부지역 논에서 들깨 재배 시 파종 시기별로 그 생육, 종실 생산성과 품질 등을 분석하여, 벼 대체 작물로서 들깨의 활용 가능성과 작기 연결성을 고려한 최적 파종 시기에 대한 정보를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 식물 재료 및 재배 조건

들깨 (*P. frutescens* (L.) Britton var. *frutescens*)는 전국 재배가 가능하면서 수량성과 유지 함량이 높은 품종인 ‘다유’ (cultivar ‘Dayu’, IT274277, Milyang30)를 사용하였다. 시험은 경상남도 밀양의 국립식량과학원 남부작물부 논 시험포장에서 2 년간 수행하였으며 (2021년 - 2022년), 2021년 (1년차)에 들깨의 논 재배 가능성을 확인한 후에 2022년 (2년차)에 본 실험을 수행하였다.

포장은 파종 10 일전에 로터리 정지 작업을 실시하고, 비료 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O)는 표준시비 (4.0-3.0-2.0 kg/10a)에 맞춰서 기비로 전량 사용한 후에 이랑을 만들었다.

파종 시기는 4 차례 (2022년 5월 24일, 6월 9일, 6월 22일, 7월 8일)로 구분하였으며, 각 시기별로 20 m<sup>2</sup> (10 m × 2 m)을 4 반복으로 구획하여 배치하였다. 종자는 높은 이랑 1 휴 2 열로, 조건 거리 70 cm, 주간거리 25 cm로 하여 5립씩 파종하였다. 솟음 작업은 2 회에 걸쳐서 이루어졌으며, 1 본엽기에 3 주를 남기고, 3 본엽기에 1 주만 남도록 하였다. 재배기간 동안 관수는 별도로 하지 않았고, 잡초는 손으로 제거하였다. 기타 재배관리는 남부작물부 들깨 표준재배법에 준하여 실시하였다.

### 2. 기상환경 분석

대기 온도, 강수량, 일조시간은 시험지 인근에 위치한 밀양지역 기상대 (N35°49'147" E128°74'412", 8 m above sea level)에서 측정된 자료를 사용하였다. 들깨 재배 시기인 5월 - 10월까지의 일 평균 기온, 일 강수량, 일조시간은 최근 30 년간 (1991년 - 2020년)의 평균값과 비교하였다.

그리고 들깨 생육 특성에 대한 기온의 영향을 분석하기 위하여 각 생장 단계별로 생육도일 (growing degree days, GDD, °C), 누적 강수량, 누적 일조시간을 제시하였다. GDD는 10°C (기본 온도, T<sub>base</sub>)와 30°C (상한 온도, T<sub>ceiling</sub>) 사이의 온도에서 들깨가 정상적으로 생육한다고 보고 아래와 같이 계산하였다 (Baginsky *et al.*, 2016). T<sub>max</sub>와 T<sub>min</sub>은 일 최고온도와 최저온도이다. GDD는 파종에서부터 개화기까지, 그리고 개화기에서부터 종자 성숙기까지로 구분하여 나타내었다.

$$GDD = (T_{max} + T_{min})/2 - T_{base}$$

### 3. 생육 및 종실 수확량 조사

들깨의 생육은 파종 시기별로 발아일수, 개화일수, 성숙일수 등을 확인하였으며, 열매가 갈색으로 변하는 시기인 성숙기에 각 파종 시기별로 20 개체 (구획당 5 개체씩 4 반복)를 선정하여 경장, 경경, 분지수, 주경절수, 화방군수, 화방군장 등을 측정하였다. 종자 수확은 줄기와 잎이 황변되고 열매가 반 이상 거무스레해졌을 때를 기준으로 하였으며, 구획당 2 m<sup>2</sup> (1 m × 2 m) 내의 지상부를 절단하고 그늘에서 3 일 - 4 일간 건조한 후 종실을 탈곡하였으며, 4 반복으로 수행하였다. 천립중은 완전립을 대상으로 수분 함량 10% 이하로 풍건한 후 측정하였고, 수량은 10 a 당 종실 중량으로 나타내었다.

### 4. 들깨 종실의 이화학적 성분 분석

탈곡한 종실은 성분 분석을 위해 소형파쇄기 (HR2860, Philips, Amsterdam, Netherlands)로 분쇄하여 균일한 상태의 분말로 만들고, 4°C 냉장실에 보관하면서 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 등의 일반 성분 분석을 위하여 사용하였다.

수분 함량은 건조기 (DS-80S, Dasol Scientific, Hwaseong, Korea)를 이용하여 105°C에서 24 시간 건조하여 감소된 중량값을 측정하였으며, 조단백질은 질소/단백질 분석기 (Kjeltec 8400, Foss, Hillerod, Denmark)를, 조회분은 700°C 직접회화법을 이용하여 각각의 함량을 측정하였다 (AOAC, 1988). 조지방 함량은 자동유지추출장치 (Soxhlet System, BÜCHI Labortechnik AG, Flawil, Switzerland)를 이용하여 n-hexane으로 3 시간 열수 추출한 후 지방 함량을 구하였다. 탄수화물 함량은 100 중량부에서 수분, 조단백질, 조지방, 조회분의 중량을 뺀 나머지로 나타내었다.

기능성 성분으로는 폴리페놀류 중에 caffeic acid, rosmarinic acid, luteolin, apigenin을 분석하였으며, 이들 표준품은 Sigma사

(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 사용하였다.

시료 1.0 g에 80% 메탄올 30 mL를 첨가하여 24 시간 상온에서 교반하여 여과지로 여과한 후, HPLC 분석을 위해 0.2 µm 필터로 제차 여과하여 액체크로마토그래피 (Dionex Ultimate 3000 series, Thermo Fisher Scientific Inc., Erlangen, Germany)로 분석하였다 (Lee *et al.*, 2009).

5. 들깨 종실의 무기성분 함량의 분석

무기성분은 농촌진흥청 농업과학기술원 표준분석법에 준하여 분석하였으며 (NIAST, 2000), 4 반복으로 수행하였다. 다량 원소 (K, Ca, Mg와 Na)와 미량 원소 (Fe, Mn, Zn와 Cu)는 분해 용액 (HNO<sub>3</sub> : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : HClO<sub>4</sub> = 10 : 1 : 4)을 첨가하여 전처리 및 여과 과정을 거친 후 유도결합플라즈마 분광광도계 (Inductively Coupled Plasma Spectrophotometry-Mass, ICP-Integra XL, GBC Scientific Equipment Pty Ltd., Victoria, Australia)를 이용하여 분석하였고, 건물중 1 g 당 함량으로 제시하였다.

6. 통계 분석

모든 통계 분석은 SPSS 통계 패키지 18.0 (Statistical Package for the Social Sciences, Chicago, IL, USA)를 이용하였다. 파종 시기별 차이를 알아보기 위해서는 일원 분산분석을 실시하였으며, 평균치 간의 차이에 대한 유의성은 5% 수준에서 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)를 이용하여 검정하였다 ( $p < 0.05$ ). 또한 파종 시기와 작물 생육, 수확량, 유용 성분 등과의 상관관계는 Pearson 상관분석을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 재배 지역 내 대기 환경요인

들깨 재배 기간 (2022년 5월 - 2022년 10월) 동안의 일평균 기온, 강수량, 일조시간 등의 변화를 살펴보았다 (Fig. 1).

일평균 온도는 들깨 1차 (5월 24일), 3차 (6월 22일), 4차 (7월 8일) 파종 시에는 최근 30 년간 (1991년 - 2020년)의 평균값보다 높았으며, 2차 (6월 9일) 파종 시에는 다소 낮았다 (Fig. 1A). 그리고, 파종 이후 들깨 생육 기간 동안의 일평균 온도는 평년 대비 다소 높게 유지되었다. 강수량은 1차, 2차와 4차 파종 시에는 평년과 유사하였으나 3차 파종 시에 많았다. 그러나 강우가 6월 하순부터 9월 상순에 집중되어 많았으며, 9월 하순 이후에는 거의 없거나 적었다 (Fig. 1B). 일조시간은 최근 30 년간 (1991년 - 2020년)의 강우가 집중되는 7월 - 8월의 평균값보다 크게 짧아졌다 (Fig. 1C). 기후변화가 진행됨에 따라 남부지역의 온도는 점차적으로 증가하고 있고, 강수량은 감소하나 7월 - 8월에 강우의 빈도가 많아져 들깨를 일찍 파종하게 되면 온도, 강수, 일조 등의 복합적인 요인으로 인해 영양생장기간이 길어져 도장할 우려가 있고, 이

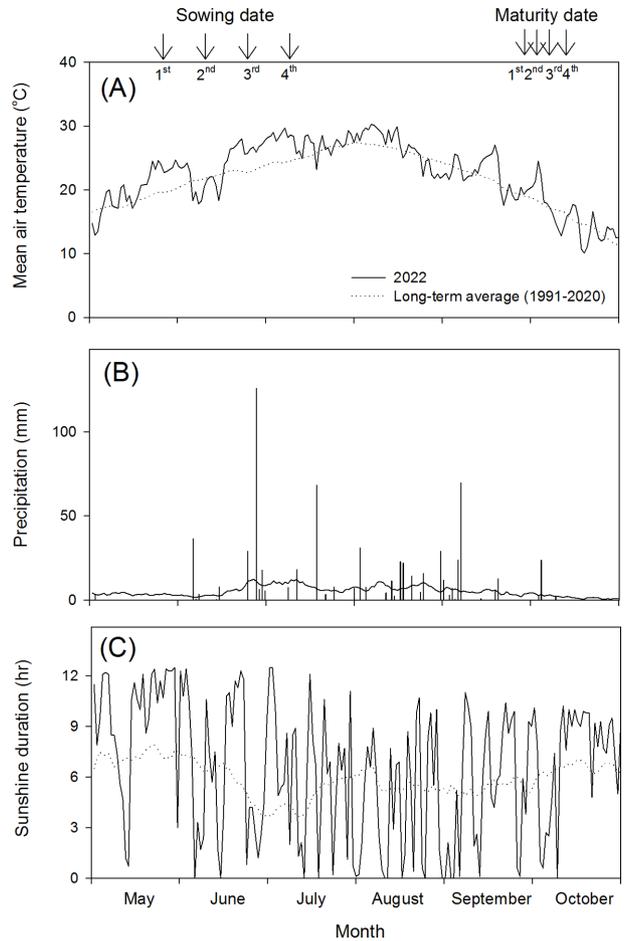


Fig. 1. Daily air temperature (A), precipitation (B), and sunshine duration (C) during experimental period (solid line) and their long-term average (LTA) (1991–2020; dotted line).

는 종실 수확량에도 영향을 미칠 것으로 보인다.

2. 파종 시기별 들깨 생육 일수의 변화

종자 발아 일수, 파종 후 개화기까지, 그리고 개화 후 종실 성숙 기까지의 생육 일수, 생육도일 (GDD), 누적 강수량과 누적 일조시간을 들깨 파종 시기를 달리하여 살펴보았다 (Table 1).

종자 발아까지의 소요 일수는 1차 파종에서는 13 일이 소요되었으며 2차 - 4차 파종 시에는 7 일로 짧아졌다. 파종 후 개화까지의 소요 일수는 1차 파종 시에는 97 일로 긴데 반하여 파종이 늦어짐에 따라 점차 짧아져서 4차 파종 시에는 67 일로 30 일이나 단축되었다.

GDD는 1차 파종 시에 가장 높았고 파종일이 늦어지면서 점차 낮아지는 양상을 보였다. 들깨 재배 시 개화는 일조시간이 크게 작용하며, 파종 시기가 1차 - 4차까지 45 일로 차이가 있음에도 불구하고 개화 시기가 8월 하순부터 9월 상순까지 15 일 이내로 차이가 크지가 않아 단일에 의해 개화가 촉진됨을 확인할 수 있다.

**Table 1.** Growing degree days (GDD), total precipitation, and total sunshine during growth of perilla (*P. frutescens* (L.) Britton var. *frutescens* cv. Dayu) sown on different sowing dates in the paddy fields.

Sowing dates	Days to germination (Germination date)	Sowing to flowering				Flowering to seed maturity			
		Days (Flowering date)	GDD <sup>1)</sup> (°C)	Total precipitation (mm)	Total sunshine (hr)	Days (Maturity date)	GDD (°C)	Total precipitation (mm)	Total sunshine (hr)
1 <sup>st</sup> 24, May	13 (06, June)	97 (29, August)	1,599.9	481.5	600.9	31 (29, September)	405.2	164.3	162.4
2 <sup>nd</sup> 09, June	7 (16, June)	84 (01, September)	1,435.2	481.9	467.5	30 (01, October)	392.0	123.6	179.9
3 <sup>rd</sup> 22, June	7 (29, June)	73 (04, September)	1,297.3	484.3	369.7	30 (04, October)	392.6	139.6	187.3
4 <sup>th</sup> 08, July	7 (15, July)	67 (13, September)	1,157.9	394.8	335.1	28 (11, October)	286.3	46.9	162.3

<sup>1)</sup>GDD; growing degree days.

누적 강수량은 1차 - 3차 파종에서 개화기 이전에 480 mm를 상회하는데 반해 4차 파종에서 394 mm이다. 누적 일조시간은 파종일이 늦어지면서 점차 짧아졌다. 개화기에서 종자 성숙기까지의 기간인 등숙기간은 파종일이 늦어짐에 따라 다소 감소하나 파종 시기에 따라 3 일밖에 차이를 보이지 않았다. GDD는 1차 파종 시에 가장 높았고 파종일이 늦어지면서 점차 낮아지는 양상을 보였다. 누적 강수량은 1차 - 3차 파종에서 120 mm를 상회하는데 반해 4차 파종에서 50 mm 이하로 낮았다. 등숙기간의 누적 일조시간은 2차 - 3차 파종에서 상대적으로 길었다.

이러한 결과는 파종일이 늦어질수록 GDD가 짧아지는 결과는 중부지역에서 들깨를 늦게 파종하였을 때 발아 일수가 단축되고, 개화 후 성숙기까지의 소요일수 차이가 미미하다는 보고와 같다 (Kim *et al.*, 2002).

들깨의 작물 요구수량은 388.7 mm로 보고된 바 있으며 (Yoo *et al.*, 2014), 지나치게 습한 경우에는 도장하기 쉽고, 결실이 불량하게 되어 품질이 떨어지는 것으로 보고된 바 있다 (RDA, 2010). 이에 따라 1차 파종인 5월에는 수확기까지 누적 강수량과 강우 횟수도 많아 풍수해 및 도복 피해를 받을 우려가 있다고 하겠다. 1차 - 3차 파종에서는 개화기 이전에 이미 대략 100 mm를 초과하고 있어 습해 피해가 발생하지 않도록 하여야 한다.

따라서 논에서 들깨 재배 시 배수로 정비와 이랑을 높게 하여 우기의 과습 피해를 최소화할 수 있으며, 또한 건기에는 저수지, 양

수장 등 수리시설을 이용하여 들깨의 관수 수준을 조절할 수 있을 것으로 생각된다.

우리나라는 아열대 몬순기후대로 7월 - 8월에 태풍과 강우가 집중되어 있어 농작물이 풍수해 및 도복 피해가 많이 발생한다. 풍수해 및 도복 피해를 줄이기 위해서는 경장이 짧고 경경은 굽고 분지 수가 적으면서도 수확량은 영향을 미치지 않도록 적정 파종 시기를 선택하여 들깨를 파종할 필요가 있다. 들깨는 온도보다는 빛에 민감하게 반응하여 일장이 짧아지는 8월 하순에 영양생장이 멈추고 생식생장으로 전환하기 때문에 파종 시기가 너무 늦어지면 생육기간이 짧아져 수량이 감소할 수 있다.

### 3. 파종 시기별 생육 특성

파종 시기별 들깨의 생육 특성으로 경장, 경경, 분지수, 주경절수, 화방군수, 화방군장 등을 비교하였다 (Table 2 and Fig. 2a,b).

경장은 1차 - 2차 파종인 6월 상순까지는 145 cm 이상으로 웃자랐으며 파종일이 늦어질수록 점차 짧아져 3차 파종인 6월 하순에 103 cm, 4차 파종인 7월 상중순에 79 cm로 나타났다. 경경은 3차 파종 시까지는 10 mm 이상이나 그 이후에는 가늘어졌다.

분지수는 1차 - 2차 파종에서 13개 이상으로 많으나 파종일이 늦어질수록 점차 감소하여 4차 파종에서 5개 이하로 적어 종실의 수량 확보에 불리할 것으로 나타났다. 주경절수도 파종 시기가 늦어질수록 감소하였다. 지상부의 생체량과 건체량도 1차 - 3차 파종에

**Table 2.** Growth characteristics of perilla (*P. frutescens* (L.) Britton var. *frutescens* cv. Dayu) sown on different sowing dates in the paddy fields.

Sowing dates	Plant length (cm)	Stem diameter (mm)	Branch (ea/plant)	Node (ea/plant)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
1 <sup>st</sup> 24, May	151.4±2.8 <sup>a</sup>	11.7±0.3 <sup>b</sup>	15.3±0.7 <sup>a</sup>	15.0±0.4 <sup>a</sup>	215.8±9.6 <sup>ab</sup>	74.1±3.4 <sup>a</sup>
2 <sup>nd</sup> 09, June	146.6±3.4 <sup>a</sup>	13.4±0.5 <sup>a</sup>	13.1±0.8 <sup>a</sup>	14.8±0.3 <sup>a</sup>	270.0±24.7 <sup>a</sup>	87.2±8.3 <sup>a</sup>
3 <sup>rd</sup> 22, June	103.9±2.2 <sup>b</sup>	12.4±0.6 <sup>ab</sup>	10.0±0.6 <sup>b</sup>	11.5±0.3 <sup>b</sup>	203.2±26.6 <sup>b</sup>	68.4±9.4 <sup>a</sup>
4 <sup>th</sup> 08, July	79.7±2.4 <sup>c</sup>	8.8±0.4 <sup>c</sup>	4.6±0.8 <sup>c</sup>	9.5±0.2 <sup>c</sup>	76.4±8.6 <sup>c</sup>	24.4±3.0 <sup>b</sup>

Values are expressed as means ± standard error of 20 replicates. \* Different letters within each column indicate significant differences among treatments by Duncan's Multiple Range Test ( $p < 0.05$ ).

남부지역 논에서 파종 시기별 들깨 특성

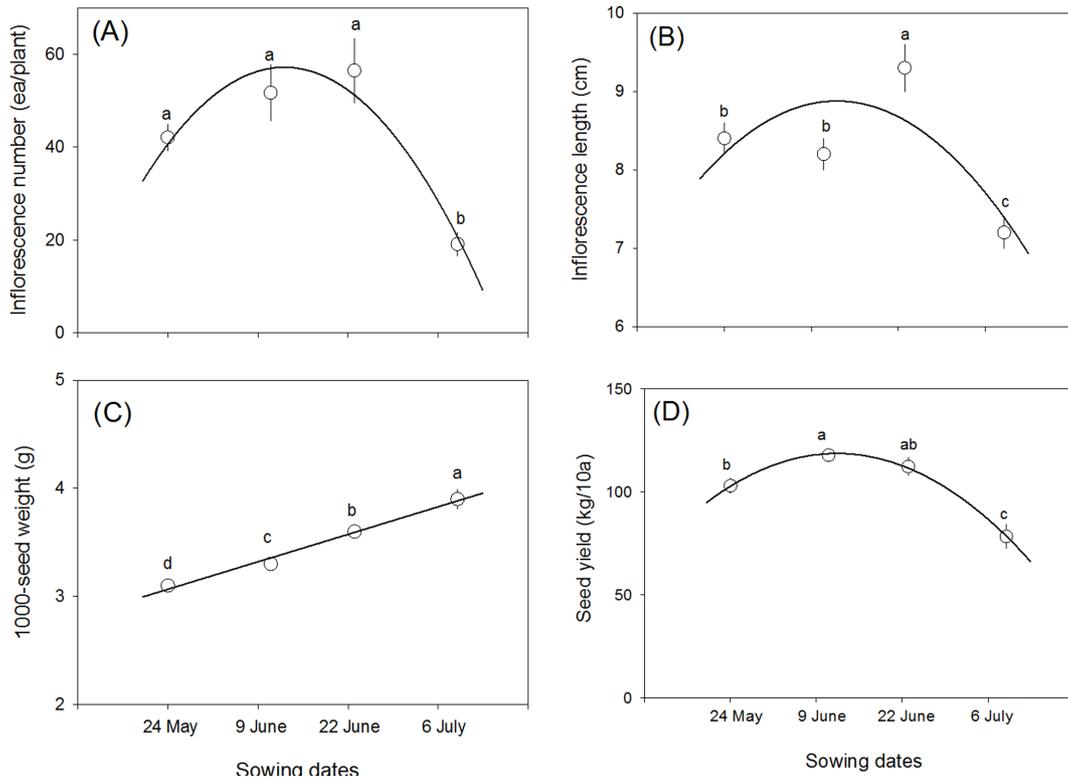


Fig. 2. Seed yield of perilla sown on different sowing dates in the paddy fields. (A) inflorescence number, (B) inflorescence length, (C) 1000-seed weight, (D) seed yield. Each symbol and error bar represents the means  $\pm$  standard error of five replicates. Different letters above error bars indicate significant differences sowing dates by Duncan's Multiple Range Test ( $p < 0.05$ ).

비하여 4차 파종에서 크게 감소하였다.

반면, 종실의 생산성과 관련이 있는 화방균수와 화방균장은 2차 - 3차 파종인 6월에 각각 50개 이상으로 가장 많고 8 mm 이상으로 길었으며, 4차 파종에서 급격히 감소하였다. 천립중은 파종 시기가 늦을수록 무거웠으며, 종실 수량은 2차와 3차 파종인 6월에 110 kg/10a 이상으로 많았으며, 4차 파종인 7월 상순에는 78 kg/10a로 감소하였다 (Fig. 2c,d).

남부지역에서 들깨는 5월 하순에서 6월 상순경 파종하였을 때 영양생장 기간이 길어져 지상부가 웃자라게 되고 빛이 들지 않는 현상이 나타났다. 또한 들깨 1차 (5월 하순)와 2차 (6월 상순) 파종에서 여름철 집중 폭우로 인해 50% 이상 도복되었으며, 3차 (6월 하순)와 4차 (7월 상순) 파종에서는 도복율이 매우 낮거나 피해가 발생하지 않았다 (데이터 미제시). 이러한 결과는 종자를 너무 일찍 파종함에 따라 작물은 긴 영양생장기간의 과정을 거치게 되어 이에 따라 경장은 길어지고 경경은 가늘어졌다. 경장의 길이는 작물의 도복과 정의 상관을 나타낸다는 보고를 고려하여 볼 때 (Torres *et al.*, 2023), 9월 상순 / 중순의 강한 바람을 동반한 폭우가 내리는 경우 (Fig. 1), 도복의 피해를 볼 수 있을 것으로 생각된다.

이로부터 남부지역에서 들깨 파종 적기는 6월 중순으로 보이며

이보다 일찍 파종하면 과번무하여 도복되기 쉽고 늦게 파종하면 영양생장기간의 단축으로 종실 수량과 관련이 있는 화방균수와 화방균장 발달이 저조하여 수확량이 크게 저하될 것으로 생각된다.

#### 4. 파종 시기별 종실 성분 변화

들깨의 종실은 45% 이상의 기름, 18% 이상의 단백질, 20% 이상의 탄수화물을 포함하고 있는 양질의 영양공급원이다 (RDA, 2010). 종실 내 수분 함량은 4.7%로 파종 시기에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으며, 조단백질 함량은 파종 시기가 늦어질수록 다소 증가하였고 조지방 함량은 감소하였다. 그리고 탄수화물 함량은 1차 파종에서보다 2차 - 4차 파종에서 증가하였고, 조회분 함량은 1차 - 3차 파종에서는 유의한 차이를 보이지 않았으나 4차 파종에서는 다소 증가하였다 (Table 3).

들깨 종실의 폴리페놀류 중에 rosmarinic acid은 luteolin과 apigenin에 비해 매우 높은 함량을 보였으며 caffeic acid는 모두 검출되지 않았다. Rosmarinic acid은 파종 시기가 늦어질수록 다소 증가하였으며, luteolin과 apigenin은 3차 파종 시 각각 152  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 과 109  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 으로 높았으며 4차 파종에서는 크게 감소하였다 (Table 4).

들깨 종실의 조단백질과 조회분 함량은 파종 시기가 늦어질수록

**Table 3.** The proximate compositions of seeds of perilla (*P. frutescens* (L.) Britton var. *frutescens* cv. Dayu) sown on different sowing dates in the paddy fields.

Sowing dates		Seed composition (%)				
		Moisture	CP <sup>1)</sup>	CF <sup>2)</sup>	C <sup>3)</sup>	CA <sup>4)</sup>
1 <sup>st</sup>	24, May	4.7±0.2 <sup>ns</sup>	18.3±0.2 <sup>b</sup>	53.2±1.3 <sup>a</sup>	20.5±1.2 <sup>b</sup>	3.3±0.0 <sup>b</sup>
2 <sup>nd</sup>	09, June	4.7±0.1	19.3±0.6 <sup>ab</sup>	48.5±0.8 <sup>b</sup>	24.3±0.3 <sup>a</sup>	3.3±0.0 <sup>b</sup>
3 <sup>rd</sup>	22, June	4.7±0.1	20.4±0.2 <sup>a</sup>	48.6±0.3 <sup>b</sup>	23.0±0.1 <sup>a</sup>	3.4±0.0 <sup>b</sup>
4 <sup>th</sup>	08, July	4.7±0.1	20.6±1.0 <sup>a</sup>	47.7±0.3 <sup>b</sup>	23.4±0.8 <sup>a</sup>	3.6±0.1 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>CP; crude protein. <sup>2)</sup>CF; crude fat. <sup>3)</sup>CP; carbohydrate. <sup>4)</sup>CA; crude ash. Values are expressed as means ± standard error of four replicates. \*Different letters within each column indicate significant differences among treatments by Duncan's Multiple Range Test ( $p < 0.05$ ). ns; not significant.

**Table 4.** The proximate functional polyphenol compositions of seeds of perilla (*P. frutescens* (L.) Britton var. *frutescens* cv. Dayu) sown on different sowing dates in the paddy fields.

Sowing dates		Amount of seed functional polyphenol components [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ DW (dry weight)]				
		CA <sup>1)</sup>	RA <sup>2)</sup>	Lu <sup>3)</sup>	Api <sup>4)</sup>	Total
1 <sup>st</sup>	24, May	nd	2,960±208 <sup>b</sup>	103±8 <sup>b</sup>	63±3 <sup>b</sup>	3,127±217 <sup>b</sup>
2 <sup>nd</sup>	09, June	nd	2,964±110 <sup>b</sup>	125±11 <sup>b</sup>	104±9 <sup>a</sup>	3,194±90 <sup>ab</sup>
3 <sup>rd</sup>	22, June	nd	2,961±52 <sup>b</sup>	152±8 <sup>a</sup>	109±4 <sup>a</sup>	3,224±64 <sup>ab</sup>
4 <sup>th</sup>	08, July	nd	3,472±120 <sup>a</sup>	62±1 <sup>c</sup>	47±2 <sup>b</sup>	3,582±120 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>CA; caffeic acid. <sup>2)</sup>RA; rosmarinic acid. <sup>3)</sup>Lu; luteolin. <sup>4)</sup>Api; apigenin. Values are expressed as means ± standard error of four replicates. \*Different letters within each column indicate significant differences among treatments by Duncan's Multiple Range Test ( $p < 0.05$ ). nd; not detected.

다소 증가하였고, 조지방 함량은 감소하였으며, 기능성 성분의 총 함량은 수확시기가 늦어짐에 따라 증가하였다. 그리고 들깨 종피색은 점차적으로 진한 갈색으로 변하였다 (데이터 미제시). 들깨 종피 색상과 관련하여 갈색 종자는 백색 종자보다 단백질, 무기질,  $\beta$ -carotene, flavonoid, flavonol 함량이 상당히 높은 것으로 보고되었으며 (Kongkeaw *et al.*, 2015; Dossou *et al.*, 2023), 본 연구에서도 늦은 파종으로 인해 수확시기가 늦어졌을 때 종피색이 더 진해졌을 뿐만 아니라 단백질, 무기질, 기능성 성분인 폴리페놀류 함량도 점차적으로 증가하였다. 특히, 폴리페놀류는 수확시기의 환경 요인에 의해 영향을 받으며, 낮은 강수량과 저온 등이 관여한 것으로 보인다 (Ramos *et al.*, 2024). 이러한 결과는 검정콩의 표면 색상도 파종 시기가 늦어질수록 진한 검정색을 띄고, 주요한 기능성 성분인 이소플라본 함량도 높은 것으로 보고된 바가 있다 (Oh *et al.*, 2023).

본 연구에서도 3차 파종 시에는 기능성 성분의 총 함량과 더불어 각 성분도 고르게 높은 특성을 보였다. 그러나 4차 파종에서 수확한 종실에서는 luteolin과 apigenin 함량은 감소하였지만 rosmarinic acid 함량이 증가하여 총 함량이 높게 나타났다. 또한 luteolin과 apigenin은 양의 상관을, rosmarinic acid와 apigenin은 음의 상관을 보이는 것으로 보고된 바 있어 (Lee *et al.*, 2009), 4차 종실에서 luteolin과 apigenin 함량의 감소는 rosmarinic acid의 증가와 관련이 있는 것으로 보인다.

들깨 종실 내 조단백질, 조지방과 같은 일반성분과 rosmarinic

acid, luteolin, apigenin과 같은 기능성 물질의 변화는 파종 시기에 따른 영양생장 기간의 변화뿐만 아니라 개화 및 착합 이후 성숙기 동안의 기온에 의해 기인하는 것으로 보인다.

### 5. 무기성분 함량

종실 내 무기질 함량은 파종 시기가 늦어질수록 증가하여 4차 파종에서 수확한 종실에서 40.4  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  DW으로 높았다 (Table 5). 다량 원소중에 P과 Na는 파종 시기에 따라 유의미한 차이를 보이지 않았으나, K, Ca, Mg은 모두 4차 파종에서 높았다. 그리고 미량 원소 중에 Fe과 Zn은 각각 3차와 2차에서 높았고, Mn은 3차 - 4차, Cu는 4차에서 다소 높았다. 무기질은 인간의 건강을 유지하고 대사 과정을 촉진하는 데 필수적이며, 체내에서 다양한 생화학적 및 생리적 기능을 수행한다 (Kaur *et al.*, 2024).

들깨 종자는 상업용으로 활용되고 있는 유지작물인 겨자, 아마, 땅콩, 해바라기 종자보다도 더 높은 Fe, Mg, Mn, Cu 등의 필수 미네랄 성분들을 함유하고 있어 다량과 미량 원소의 공급원으로 이 점이 높을 것으로 보인다 (Longvah and Deosthale, 1991).

본 연구에서도 들깨 종실 내 무기질 함량은 높은 편이며 특히, 파종 시기가 늦어질수록 다소 증가하였는데, 영양적 가치 측면에서도 3차와 4차 파종이 유리한 것으로 보인다.

### 6. 파종 시기별 환경요인과 농업형질과의 상관성 분석

들깨 파종 후 생육기 동안의 환경요인 변화는 영양생장, 종실의

남부지역 논에서 파종 시기별 들깨 특성

**Table 5.** Mineral nutrient content of seeds of perilla (*P. frutescens* (L.) Britton var. *frutescens* cv. Dayu) sown on different sowing dates in the paddy fields.

Sowing dates	Macro-nutrients [(mg.g <sup>-1</sup> DW (dry weight)]					Micro-nutrients [µg.g <sup>-1</sup> DW (dry weight)]				Total nutrients (mg.g <sup>-1</sup> DW)
	P <sup>1)</sup>	K <sup>2)</sup>	Ca <sup>3)</sup>	Mg <sup>4)</sup>	Na <sup>5)</sup>	Fe <sup>6)</sup>	Mn <sup>7)</sup>	Zn <sup>8)</sup>	Cu <sup>9)</sup>	
1 <sup>st</sup> 24, May	12.7±0.1 <sup>ns</sup>	11.2±0.1 <sup>b</sup>	8.1±0.1 <sup>b</sup>	5.6±0.0 <sup>b</sup>	0.1±0.0 <sup>ns</sup>	84.8±3.2 <sup>b</sup>	44.0±0.6 <sup>b</sup>	87.4±0.5 <sup>b</sup>	35.9±0.7 <sup>b</sup>	38.0±0.3 <sup>c</sup>
2 <sup>nd</sup> 09, June	12.8±0.1	11.5±0.1 <sup>b</sup>	7.9±0.1 <sup>b</sup>	5.6±0.0 <sup>ab</sup>	0.1±0.0	103.9±5.7 <sup>ab</sup>	45.9±0.4 <sup>b</sup>	93.9±2.5 <sup>a</sup>	38.4±0.8 <sup>ab</sup>	38.1±0.1 <sup>c</sup>
3 <sup>rd</sup> 22, June	12.9±0.1	12.0±0.2 <sup>a</sup>	8.1±0.1 <sup>b</sup>	5.7±0.1 <sup>ab</sup>	0.1±0.0	113.3±13.2 <sup>a</sup>	52.7±1.7 <sup>a</sup>	86.9±2.0 <sup>b</sup>	39.3±0.6 <sup>ab</sup>	39.1±0.3 <sup>b</sup>
4 <sup>th</sup> 08, July	13.1±0.2	12.3±0.2 <sup>a</sup>	8.9±0.3 <sup>a</sup>	5.7±0.0 <sup>a</sup>	0.1±0.0	99.9±4.1 <sup>ab</sup>	52.9±1.3 <sup>a</sup>	88.4±2.0 <sup>ab</sup>	41.6±2.5 <sup>a</sup>	40.4±0.3 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>P; phosphorus. <sup>2)</sup>K; potassium. <sup>3)</sup>Ca; calcium. <sup>4)</sup>Mg; magnesium. <sup>5)</sup>Na; natrium. <sup>6)</sup>Fe; ferrous. <sup>7)</sup>Mn; manganese. <sup>8)</sup>Zn; zinc. <sup>9)</sup>Cu; copper. Values are expressed as means ± standard error of four replicates. Different letters within each column indicate significant differences among treatments by Duncan's Multiple Range Test (DMRT,  $p < 0.05$ ). ns; not significant.

**Table 6.** Correlation between environmental factors and agronomic traits of perilla (*P. frutescens* (L.) Britton var. *frutescens* cv. Dayu) sown on different sowing dates in the paddy fields.

Sowing to flowering	Growth parameters				Flowering to seed maturity	Yield and seed component parameters						
	Plant length	Stem diameter	Branch	Node		Seed yield	IN <sup>4)</sup>	IL <sup>5)</sup>	TSW <sup>6)</sup>	CP <sup>7)</sup>	CF <sup>8)</sup>	FPP <sup>9)</sup>
GDD <sup>1)</sup>	0.884**	0.392**	0.742**	0.823**	GDD	0.796**	0.492**	0.491**	-0.774**	-0.432	0.477	-0.597*
TP <sup>2)</sup>	0.713**	0.612**	0.668**	0.678**	TP	0.683**	0.438**	0.476**	-0.771**	-0.463	0.603*	-0.585*
TS <sup>3)</sup>	0.838**	0.278*	0.688**	0.775**	TS	0.671**	0.455**	0.472**	-0.050	-0.204	-0.356	-0.234

<sup>1)</sup>GDD; growing degree days. <sup>2)</sup>TP; total precipitation. <sup>3)</sup>TS; total sunshine. <sup>4)</sup>IN; inflorescence number. <sup>5)</sup>IL; inflorescence length. <sup>6)</sup>TSW; thousand seed weight. <sup>7)</sup>CF; crude fat. <sup>8)</sup>FPP; functional polyphenols. Significant differences at 5% level and 1% level ( $p < 0.05$  and  $**p < 0.01$ ).

수확량과 품질 등에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 작물의 파종 시기는 식물 발달에 있어서 매우 중요한데, 재배 지역에서의 GDD, 강수량, 일조시간, 생육기간에 영향을 미치기 때문이다 (Grimes *et al.*, 2018).

최적의 파종 시기를 선택하는 것은 들깨의 잠재 수확량을 높이는 효과적인 방법이며, 2모작 시 후작물을 선택하는데 있어서도 중요하다 (Kim *et al.*, 2021; Oh *et al.*, 2023). 남부지역 논에서 들깨 파종 시기에 따른 각 성장 단계별 GDD, 누적 강수량, 누적 일조시간 등이 작물 생육, 수확량, 유용 성분 등과 상관을 분석하였다 (Table 6).

파종에서부터 개화기까지의 GDD, 누적 강수량, 누적 일조시간 등의 환경요인들은 경장, 경정, 분지수, 주경절수와 모두 정의 상관을 보였다. 개화 후 종실 성숙기까지의 GDD, 누적 강수량, 누적 일조시간 등은 종실 수확량, 화방군수, 화방군장과 정의 상관을 보였다. 그러나 천립중과 기능성 폴리페놀류는 GDD, 누적 강수량과의 상관을 보였다.

성장단계 별 GDD, 누적 강수량, 누적 일조시간 등의 환경요인들은 작물의 생산량을 예측하는데 중요한 지표로 사용되고 있다 (Yin *et al.*, 2016).

본 연구에서도 들깨의 영양생장과 생식생장 단계 모두에서 이들 기상 변수들이 관여하고 있음을 확인할 수 있었다. 특히 GDD는 중요하게 작용하여 들깨의 생육이나 수량 예측에 유용하게 사용될 것으로 보이며, 옥수수 생육과 수량 예측에도 GDD가 이용되는 것

으로 보고된 바 있다 (Zhou and Wang, 2018).

이상의 결과를 토대로 남부지역 내 들깨 파종은 수확량만을 염두에 두었을 때에는 6월 상순부터 하순까지가 적합하나, 종실 성분, 도복, 2모작 작부 체계 시 들깨 수확과 동계작물의 파종 및 수확 시기와 겹치는 것을 피하기 위해서는 6월 중하순에 파종하는 것이 적절한 것으로 보인다. 이 시기에 들깨를 파종할 경우에는 도복에 의한 피해도 거의 없으며 경장과, 분지수, 주경절수, 화방군수 등의 감소 폭은 적고 종실 수확량은 많아 농가 소득에 기여하는 바가 높을 것으로 보인다.

또한 들깨 종실 내 조단백질, 조지방과 같은 일반성분과 로즈마린산, 루테올린, 아피제닌과 같은 기능성 폴리페놀류의 함량도 높아 6월 중하순이 최적의 파종 시기이면서 후작물 재배를 위한 파종 한계기로 보인다. 현재 농가에서는 벼 대신에 콩이나 옥수수를 재배하는 농가들이 많으나 여름철 가뭄, 폭염이나 폭우 등의 이상 기후로 인한 피해가 빈번하게 발생하고 있다.

들깨는 콩이나 옥수수에 비하여 작물 요소량은 낮지만 단위 생산량 당 가장 많은 물을 소비할 수 있는 작물이므로 여름철 가뭄이나 폭우 등의 기상재해 시에도 적응력이 높을 것으로 보인다 (Yoo *et al.*, 2014). 또한 들깨는 벼와는 달리 고소득 유지작물이면서 기능성 성분들도 많아 남부지역 논에서 적정 파종 시기에 맞춰서 안정적으로 재배한다면 벼 대체 작물로서의 가치가 높을 것으로 보인다.

또한 성장단계별 GDD, 누적 강수량, 누적 일조시간 등의 환경

요인들이 경장, 경경, 분지수, 주경절수 등의 영양생장과 종실 수량, 화방군수, 화방군장 등의 생식 생장과 관련된 농업 형질들과 정의 상관관을 보여 이들 환경요인들이 들깨 생산량을 예측하는데 활용될 수 있을 것으로 보인다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 어젠다사업(과제명: 논이용 사료작물 생산 최적 작부체계 개발, 과제번호: PJ014381032022)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Association of Official Analytical Chemists(AOAC).** (1998). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA. p.620-632.
- Bae SH, Zoelancounon YAB, Kumar TS, Oh JH, Lee J, Kim TH and Park KY.** (2022). Advances in understanding the genetic basis of fatty acids biosynthesis in Perilla. *Plants*. 11:1207. <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/9/1207> (cited by 2024 July 28).
- Baginsky C, Arenas J, Escobar H, Garrido M, Valero N, Tello D, Pizarro L, Valenzuela A, Morale L and Silva H.** (2016). Growth and yield of chia(*Salvia hispanica* L.) in the Mediterranean and desert climates of Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 76:255-264.
- Chang KY.** (1989). Old references related to agriculture in Korea IV. Kinds and varieties of industrial crops(1429-1886). *Korean Journal of Breeding Science*. 21:149-156.
- Dhyani A, Chopra R and Garg M.** (2019). A review on nutritional value, functional properties and pharmacological application of perilla(*Perilla frutescens* L.). *Biomedical and Pharmacology Journal*. 12:649-660.
- Dossou SSK, Deng Q, Li F, Jiang N, Zhou R, Wang L, Li D, Tan M, You J and Wang L.** (2023). Comparative metabolomics analysis of different perilla varieties provides insights into variation in seed metabolite profiles and antioxidant activities. *Foods*. 12:4370. <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/23/4370> (cited by 2024 July 28).
- Grimes SJ, Phillips TD, Hahn V, Capezzone F and Graeff-Hönniger S.** (2018). Growth, yield performance and quality parameters of three early flowering chia(*Salvia Hispanica* L.) genotypes cultivated in southwestern Germany. *Agriculture*. 8:154. <https://www.mdpi.com/2077-0472/8/10/154> (cited by 2024 July 05).
- Guan Z, Li S, Lin Z, Yang R, Zhao Y, Liu J, Yang S and Chen A.** (2014). Identification and quantitation of phenolic compounds from the seed and pomace of perilla frutescens using HPLC/PDA and HPLC-ESI/QTOF/MS/MS. *Phytochemical Analysis*. 25:508-513.
- Kaur S, Godara S, Singh N, Kumar A, Pandey R, Adhikari S, Jaiswal S, Singh SK, Rana JC, Bhardwaj R, Singh BK and Riar A.** (2024). Multivariate data analysis assisted mining of nutri-rich genotypes from North Eastern Himalayan germplasm collection of perilla(*Perilla frutescens* L.). *Plant Foods for Human Nutrition*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11130-024-01220-8#citeas> (cited by 2024 August 21).
- Kim DJ, Assefa AD, Jeong YJ, Jeon YA, Lee JE, Lee MC, Lee HS, Rhee JH and Sung JS.** (2019). Variation in fatty acid composition, caffeic and rosmarinic acid content, and antioxidant activity of Perilla accessions. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 27:96-107.
- Kim IJ, Kim MJ, Nam SY, Lee CH and Kim HS.** (2002). Effect of seeding date on growth and grain yield of perilla in middle area of Korea. *Korean Journal of Plant Resources*. 15: 62-66.
- Kim JI, Lee MH, Kim S, Oh E, Ha TJ, Oh KW, Cho KS and Jung CS.** (2021). Quality characteristics of perilla frutescens cultivars according to different sowing dates. *Korean Journal of Crop Science*. 66:403-410.
- Kim JI, Lee MH, Kim SW, Oh KW, Park JE, Kim MY, Kom SU, Oh EY, Lee JE, Lee EU, Cho KS and Jung CS.** (2023). Comparison of growth characteristics and quality of soil-based and hydroponic cultured leaf Perilla leaves of different cultivars. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 31:159-168.
- Kongkeaw S, Riebroy S and Chaijan M.** (2015). Comparative studies on chemical composition, phenolic compounds and antioxidant activities of brown and white perilla(*Perilla Frutescens*) seeds. *Chiang Mai Journal of Science*. 42:896-906.
- Korean Statistical Information Service(KOSIS).** (2023). Perilla cultivation area by farm size and area. Statistic Korea. Daejeon, Korea. [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT\\_1AG204039&vw\\_cd=MT\\_ZTITLE&list\\_id=MT\\_CTITLE\\_m\\_01\\_004&seqNo=&lang\\_mode=ko&language=kor&obj\\_var\\_id=&itm\\_id=&conn\\_path=MT\\_ZTITLE](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1AG204039&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=MT_CTITLE_m_01_004&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE) (cited by 2024 August 11).
- Lee MH, Jung CS, Oh KW, Park CB, Kim DG, Choi JK and Nam SY.** (2011). A new perilla cultivar for edible seed 'Dayu' with high oil content. *Korean Journal of Breeding Science*. 43:616-619.
- Lee MH, Jung CS, Pae SB, Hwang CD, Park JH, Shim KB, Park KY, Kim HK, Park SK, and Ha TJ.** (2009). Variation of caffeic acid, rosmarinic acid, luteolin and apigenin contents in perilla germplasm. *Korean Journal of Breed Science*. 41:391-396.
- Lee SH, Lee JH, Lee SK, Lee KR, Park JS and Cho WS.** (2024). Scaling up rosmarinic acid from perilla frutescens leaves through stem cell culture for mass production. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 32:22-31.
- Longvah T and Deosthale YG.** (1991). Chemical and nutritional studies on Hanshi(*Perilla frutescens*), a traditional oilseed from northeast India. *Journal of American Oil Chemists' Society*. 68:781-784.
- National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST).** (2000). Analytical methods of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.132-147.
- National Institute of Crop Science(NICS).** (2024). Guide to major food field crops varieties of 2024. National Institute of Crop Science. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.506-509.
- Oh SY, Choi JS, Kim TH and Oh SH.** (2023). Influence of sowing date on seed yield and quality of black soybean(*Glycine max* (L.) Merrill cv. Cheongja-3ho) in the southern paddy field.

- Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology. 25:326-336.
- Oh SY, Seo JH, Choi J and Oh SH.** (2022). Effects of pre-cropping with rice(*Oryza sativa* L.) alternative crops on grain yield and flour quality of winter wheat(*Triticum aestivum* L. 'Jokyoung') on the paddy fields. Korean Journal of Plant Resources. 35:686-695.
- Ramos MC, Jara MÁI, Rosillo L and Salinas MR.** (2024). Effect of temperature and water availability on grape phenolic compounds and their extractability in Merlot grown in a warm area. Scientia Horticulturae. 337:113475. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423824006320> (cited by 2024 October 7).
- Rural Development Administration(RDA).** (2010). Oil crops(sesame, perilla, peanuts). Agricultural Technical Guide Textbook-18. Sammi Publishing Company. Suwon, Korea. p.105-155.
- Seong ES, Seo EW, Chung IM, Kim MJ, Kim HY, Yoo JH., Choi JH, Kim NJ and Yu CY.** (2015). Growth characteristics and phenol compounds analysis of collected *Perilla frutescens* resources from China and Japan. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 23:132-137.
- Torres P, Oronia S, Sheriff O and Kesoju SR.** (2023). Effect of terminal bud clipping on growth and yield of soybean cultivars in the Pacific Northwest. Agrosystems, Geosciences and Environment. 6:e20342. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/agg2.20342> (cited by 2024 August 11).
- Yin XG, Olesen JE, Wang M, Öztürk I and Chen F.** (2016). Climate effects on crop yields in the Northeast Farming Region of China during 1961-2010. The Journal of Agricultural Science. 154:1190-1208.
- Yoo SH, Lee SH and Choi JY.** (2014). Estimation of water footprint for upland crop production in Korea. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers. 56:65-74.
- Yu H, Qiu JF, Ma LJ, Hu YJ, Li P and Wan JB.** (2017). Phytochemical and phytopharmacological review of *Perilla frutescens* L.(Labiatae), a traditional edible-medicinal herb in China. Food and Chemical Toxicology. 108:375-391.
- Zhao B, Fu S, Li H and Chen Z.** (2021). Chemical characterization of Chinese perilla seed oil. Journal of Oleo Science. 70:1575-1583.
- Zhou G and Wang Q.** (2018). A new nonlinear method for calculating growing degree days. Scientific Reports. 8:10149. <https://www.nature.com/articles/s41598-018-28392-z> (cited by 2024 September 23).