

잇꽃 재배지대에 따른 개화 소요일수 추정 및 파종시기별 생육 특성

최영민^{1*}, 문정섭¹, 정동춘², 유은애³, 송희경¹, 이승윤¹, 이진재⁴, 최소라⁴, 김흥기¹

¹전북특별자치도농업기술원 약용자원연구소, 농업연구사, ⁴농업연구관, ²전북특별자치도농업기술원 원예과, 농업연구관,
³농촌진흥청 국립농업과학원 농업유전자원센터, 농업연구사

Estimation of Days to Flowering according to Various Altitudes and the Effect of Sowing Dates on Growth Characteristics of Safflower

Young Min Choi^{1*}, Jeong Seop Moon¹, Dong Chun Cheong², Eunae Yoo³, Hee Kyung Song¹,
Seung Yoon Lee¹, Jin Jae Lee⁴, So Ra Choi⁴ and Hong Ki Kim¹

¹Researcher and ⁴Senior Researcher, Medicinal Resource Research Institute,
Jeonbuk-do Agricultural Research and Extension Services, Namwon 55720, Korea

²Senior Researcher, Horticulture Division, Jeonbuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 54591, Korea

³Researcher, National Agrobiodiversity Center, NIAS, RDA, Jeonju 54874, Korea

Abstract - This study was conducted to estimate the days to flowering based on the effective accumulated temperature at various altitudes in the Jiri mountain region and to compare growth and yield characteristics according to the sowing date of safflower (*Carthamus tinctorius*) four genetic resources (local variety, IT323225, IT333473, and IT333482). The safflower four resources were sown on March 29, May 3, May 13, May 24, and June 2. The days from sowing to flowering of the safflower four resources by sowing dates were in the order of the local variety (61.0 days), IT333482 (73.2 days), IT323225 (74.0 days), and IT333473 (74.2 days). The base temperature and effective accumulated temperature for the days to flowering of the safflower four resources calculated based on the daily mean temperature were local variety 6°C, 579°C, IT323225 11°C, 766°C, IT333473 11°C, 768°C, IT333482 10°C, 750°C, respectively. As a result of applying the calculated effective accumulated temperature and daily mean temperature of the past five years (2019 to 2023) by various altitudes and the different sowing dates (every 15 days from April 1 to August 15), the days to flowering of the safflower four resources decreased from April 1 to July 15 during the sowing date and then tended to increase from August 1. In addition, the days to flowering at various altitudes were investigated in the order of plains, mid-mountain, and mountain regions. Among the yield characteristics, plant height, number of branches, number of capitula, number of seeds, and seed weight decreased as the sowing dates were delayed for the safflower four resources.

Key words - Effective accumulated temperature, Flowering, Growth characteristics, Mean temperature, Various regions

서 언

잇꽃(*Carthamus tinctorius*)은 국화과의 한해살이 작물 (Torabi *et al.*, 2020)로 세계적으로 약 800,000 ha에서 650,000 ton이 생산되고 있고(Camas *et al.*, 2005; Rajvanshi, 2005), 농림수산물부 농업경영체 등록정보 현황에 따르면 국내 재배 면적은 전체 59.7 ha로 이 중 91.9%가 경북(55.5%), 경남

(18.8%), 전남(17.5%) 지역에 집중되어 있다(MAFRA, 2022).

잇꽃은 오랫동안 유지종자(oilseeds)와 적색염료의 공급원으로 재배되어 왔다(Kizil *et al.*, 2014). 불포화지방산의 일종인 리놀렌산은 잇꽃 종자의 품질 지표로 잘 알려져 있으며, 꽃잎의 carthamin은 고혈압, 심장질환 등의 순환계 관련, 류머티즘 및 성인 생식 등 만성 질환의 치료제로 사용되어 왔다(More *et al.*, 2005; Rajvanshi, 2005). 중국에서는 꽃잎을 차(tea)로 식용하고 있으며, 서유럽, 일본, 라틴아메리카에서는 절화 또는 경관용으로 사용하고 있어(Kizil *et al.*, 2014), 유럽과 미국 등 선진

*교신저자: E-mail cym9288@korea.kr

Tel. +82-63-290-6304

국을 중심으로 잇꽃의 식용, 약용 및 경관으로써 다양한 활용 가치가 주목받고 있다(Arslan and Kucuk, 2005).

우리나라의 경우 주로 종자 생산 목적으로 재배되어 왔는데, 잇꽃은 가뭄과 염분 등 열악한 환경조건에 강한 특성을 지니고 있다(Camas *et al.*, 2005; Yazdi-Samadi and Bagheri, 2005). 최근 전북특별자치도농업기술원에서 경관 목적의 연구가 추진된 바 있으며, 경관 조성, 꽃잎 및 종실의 병행 생산이 가능해져 활용도가 높은 작물로 이용 가능할 것으로 평가받고 있다. 반면 우리나라 잇꽃 연구는 일부 재배생리(Ahn and Chung, 2013; Lee *et al.*, 2021) 외에 대부분이 인체 효능(Ha *et al.*, 2022; Park and Lee, 2011)과 성분 조성(Assefa *et al.*, 2021; Jung *et al.*, 2019; Park *et al.*, 2018; Sung *et al.*, 2018)에 관한 보고가 주를 이루고 있으며, 국내 기상과 연관된 재배생리 연구가 미흡한 상황이다.

따라서 본 연구는 경관용 잇꽃 유전자원을 대상으로 기상요인을 분석하여 재배지대에 따른 개화 소요일수를 추정하고, 파종시기에 따른 생육 특성을 구명함으로써 경관 및 생산단지 조성을 위한 기초자료를 확보하고자 수행하였다.

재료 및 방법

잇꽃 유전자원

실험재료는 국립농업과학원 농업유전자원센터로부터 총포에 가시가 없고, 경관용으로 활용이 가능한 3개 자원(IT323225, IT333473, IT333482)을 분양받아 사용하였고, 경상남도 산청군 소재 잇꽃 전문 생산 경영체로부터 분양받은 재래종(local variety)을 대조군으로 사용하였다. 농업유전자원센터에서 제공하는 자원정보에 따르면 IT323225 (자원명 CART 64/82)의 원산지는 구 체코슬로바키아의 Weiskarpaten 지역에서 수집한 육성품종, IT333473 (자원명 BJ2493)은 헝가리 Szeged 지역에서 수집한 재배형, IT333482 (자원명 BJ-1305)은 호주에서 수집한 재배형 자원이다.

실험포장 및 파종시기 처리

실험은 남원시 운봉읍에 소재한 전북특별자치도농업기술원 약용자원연구소 허브산채시험장(해발고도 508 m, 35°24'45"N, 127°31'40"E) 내 비가림하우스 포장에서 수행되었다. 잇꽃은 4×2 m의 시험구(3반복)에 파종간격 25×30 cm로, 파종시기를 2022년 3월 29일, 5월 3일, 5월 13일, 5월 24일, 6월 2일로 달리하여 각각 직파하였으며, 파종 전 종자는 24시간 증류수

에 침종하였다.

생육시기의 판정

개화기는 유전자원과 파종시기별로 화퇴의 50%가 개화한 시기, 개화종은 50%의 화기가 퇴색한 시기로 판정하였으며, 개화기에서 개화종까지의 기간을 개화 지속기간으로 산출하였다. 종자는 등숙기(포엽이 갈변된 시기) 이후 화경 부분이 갈색으로 변색된 시기에 수확하여 조사하였다.

생육기 기상 수집 및 유효적산온도 산출

2019~2023년까지의 5년 기상자료는 기상청(KMA, Korea Meteorological Administration) 자동기상측정시스템(AWS, automatic weather station)의 자료를 활용하였으며, 전북특별자치도 지리산권 지대별 기상특성을 반영할 수 있는 247지점(평야지, 해발고도 133 m), 244지점(중간지, 해발고도 247 m), 759지점(중산간지, 해발고도 479 m)으로부터 주요 기상자료를 수집하였다.

잇꽃 자원과 재배지대별 파종일부터 개화기까지의 유효적산온도(effective accumulated temperature)를 산출, 적용하기 위해 다음과 같이 3단계의 과정을 거쳤다. 1) 기준온도(base temperature) 설정: 각 자원별 파종일~개화기까지 5~30°C 범위 내에서 1°C 간격으로 누적한 적산온도(accumulated temperature)를 산출하였으며, 파종시기별 각 적산온도의 편차가 가장 낮은 온도 값을 기준온도로 정하였다. 2) 유효적산온도 산출: 각 자원별 산출한 기준온도를 파종시기별로 적용하여 파종일부터 개화기까지 적산한 후, 평균값을 유효적산온도로 산출하였다. 3) 유효적산온도를 이용한 개화 소요일수 추정: 산출한 유효적산온도를 2019~2023년까지 기상측정 고도가 다른 재배지대에 적용하였으며, 4월 1일부터 8월 15일까지 15일 간격으로 각 자원의 개화 소요일수를 추정하였다.

생육 및 수량 특성 조사

식물체의 초장과 분지수, 주당 화기수는 개화기에 조사하였다. 초장은 지체부에서 정단까지의 길이를 측정하였고, 주당 분지수와 모든 화기수를 계수하였다. 수확기 수량 특성 중 화기 당 종자 수를 종자 계수기(IC-VA, Mitsubishi Electric, Japan)로 계수한 후 백립중을 전자저울(PX4202KR, Ohaus Corporation, USA)로 측정하였으며, 주당 종자 무게는 주당 화기 수, 화기당 종자 수, 평균 1립중(백립중/100)의 곱으로 산출하였다.

통계 분석

조사된 데이터의 통계 분석과 그래프 작성은 Sigmaplot (Sigmaplot 14.0, Systat Inc., USA) software를 이용하였다.

결과 및 고찰

잇꽃 경관용 자원의 개화 특성

경관용 잇꽃, 4자원의 파종시기를 달리하여 개화 특성을 조사한 결과(Table 1), 재래종의 개화기는 6월 22일부터 7월 27일 사이로 자원 중 가장 빨랐으며, IT323225, IT333473, IT333482는 7월 2일부터 8월 12일 범위 내에서 개화하였다. 파종부터 개화기까지의 소요일수도 재래종이 파종시기가 빠른 순서별로 각각 85, 60, 56, 49, 55일, 평균 61.0일로 가장 짧았으며, 다음으로 IT333482 73.2일(각각 95, 73, 67, 64, 67일), IT323225 74.0일(각각 98, 70, 67, 64, 71일), IT333473 74.2일(각각 98, 73, 67, 66, 67일) 순으로 조사되었다. 이와 같은 결과는 잇꽃

자원의 출현부터 개화까지의 소요일수가 약 50~90일 소요된다는 Torabi *et al.* (2020)과 Kamle *et al.* (2023)의 보고와 유사하였다. 특히 잇꽃 4자원의 개화 소요일수는 3월 29일 파종부터 5월 24일 파종까지 감소한 후 6월 2일 파종 시 다시 증가하는 유사한 경향을 나타내었다. 잇꽃의 개화는 온도와 광주기에 영향을 받으며, 품종에 따라 다른 반응을 나타내는데(Daba *et al.*, 2016; Ellis *et al.*, 1994; Soltani *et al.*, 2006), 잇꽃 개화의 최적온도는 약 29°C이며(Torabi *et al.*, 2020), 고온과 단일조건에서 *C. tinctorius*와 *C. flavescens*가 더욱 긴 로제트 단계를 갖는다는 보고(Zimmerman, 1973)와 같이 6월 2일 파종의 개화기는 온도가 높은 시기를 거치며 개화 유도 또는 개화가 지연된 것으로 추정되었다.

반면 개화기부터 개화종까지의 개화기간은 파종시기에 따른 뚜렷한 경향을 보이지 않았으며, 재래종이 평균 8.8일로 IT323225 (9.6일), IT333473 (10.0일), IT333482 (10.0일)보다 약 1일 짧은 특성이 보였다.

Table 1. Changes in flowering stage at the different sowing dates of four safflower genetic resources in 2022.

Genetic resource	Sowing date	Flowering period	Late bloom stage	Flower duration days	Days to flowering (days)
Local variety	Mar. 29	Jun. 22	Jun. 30	8	85
	May 3	Jul. 2	Jul. 12	10	60
	May 13	Jul. 8	Jul. 18	10	56
	May 24	Jul. 12	Jul. 20	8	49
	Jun. 2	Jul. 27	Aug. 4	8	55
IT323225	Mar. 29	Jul. 5	Jul. 17	12	98
	May 3	Jul. 12	Jul. 22	10	70
	May 13	Jul. 19	Jul. 27	8	67
	May 24	Jul. 27	Aug. 6	10	64
	Jun. 2	Aug. 12	Aug. 20	8	71
IT333473	Mar. 29	Jul. 5	Jul. 15	10	98
	May 3	Jul. 15	Jul. 27	12	73
	May 13	Jul. 19	Jul. 27	8	67
	May 24	Jul. 29	Aug. 8	10	66
	Jun. 2	Aug. 8	Aug. 18	10	67
IT333482	Mar. 29	Jul. 2	Jul. 14	12	95
	May 3	Jul. 15	Jul. 25	10	73
	May 13	Jul. 19	Jul. 29	10	67
	May 24	Jul. 27	Aug. 4	8	64
	Jun. 2	Aug. 8	Aug. 18	10	67

잇꽃 경관용 자원의 유효적산온도 산출

잇꽃 4자원의 유효적산온도 산출을 위해 파종시기별로 파종부터 개화까지의 실측치를 적용하여 기준온도 5~30℃까지 적산온도를 표현한 결과는 Fig. 1과 같다. 잇꽃 4자원의 적산온도는 기준온도 약 6~11℃ 범위를 기준으로 감소하기 시작하였으며, 각 자원의 파종시기별 편차가 가장 적은 적산온도는 재래종 6℃ (적산온도는 각각 376, 481, 557, 568, 692℃, 평균 534±117℃), IT323225 11℃ (각각 1,470, 1,390, 1,412, 1,433, 1,669℃, 평균 1,475±123℃), IT333473 11℃ (각각 1,470, 1,461, 1,412, 1,483, 1,569℃, 평균 1,479±57℃), IT333482 10℃ (각각 1,489, 1,472, 1,412, 1,433, 1,569℃, 평균 1,475±60℃)로 조사되었으며, 해당 온도를 각 자원의 기준온도로 적용하였다. 기준온도를 근거로 평균기온에서 기준온도를 뺀 값을 유효적산온도로 하였으며, 각 자원의 평균 유효적산온도는 파종시기

별로 재래종 579±79℃, IT323225 766±111℃, IT333473 768±84℃, IT333482 750±100℃로 산출되었다.

추가적으로 각 자원의 주요 온도(평균, 최고, 최저온도)는 3월 29일 파종부터 6월 2일 파종까지 점차 증가하는 경향을 보였으며, 유효적산온도가 가장 낮은 재래종의 파종부터 개화기까지의 평균온도는 19.7±2.8℃로 IT323225 (20.5±2.5℃), IT333473 (20.5±2.5℃), IT333482 (20.4±2.6℃) 대비 0.8~0.9℃ 낮은 수준이었다.

유효적산온도를 적용한 재배지대별 개화 소요일수 추정

전북특별자치도 지리산권의 재배지대를 평야지, 중산간지, 산간지로 구분한 후, 각 지대별 최근 5년간(2019~2023) 평균기온을 기반으로 Table 2에서 산출한 각 자원의 유효적산온도를 파종시기 4~8월까지 15일 간격으로 적용한 결과(Fig. 2),

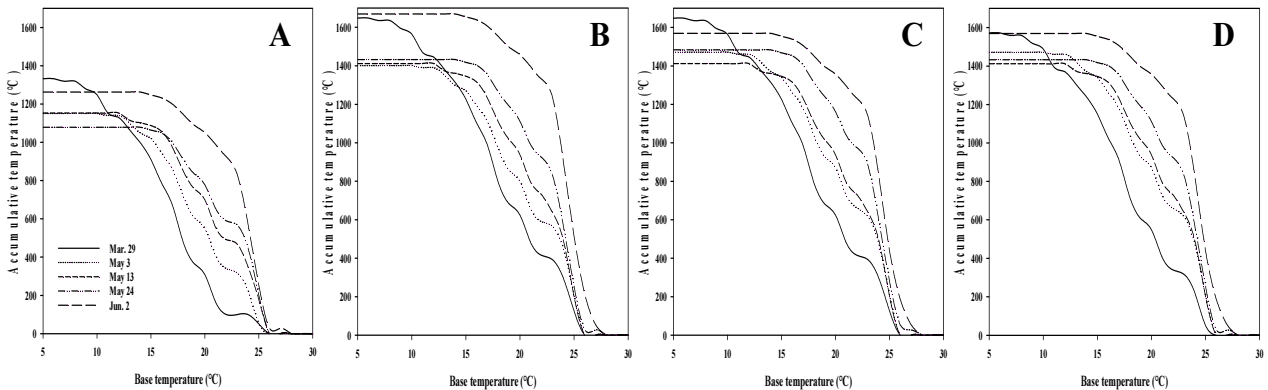


Fig. 1. Changes in accumulated temperature according to base temperature (5 - 30℃) from sowing to flowering at the different sowing dates of four safflower genetic resources in 2022. A: local variety; B: IT323225; C: IT333473; D: IT333482.

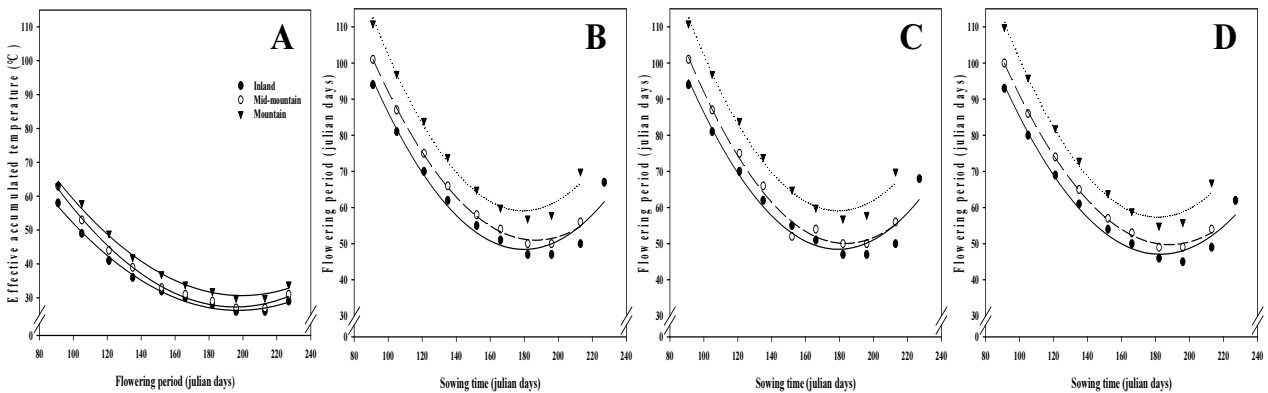


Fig. 2. Estimated value of days to flowering at the different sowing dates based of effective accumulated temperature of four safflower genetic resources using mean temperature from the past 5 years (2019 - 2023) of the three regions at Jeonbuk-do. The X-axis assumed the sowing dates to be April 1, April 15, May 1, May 15, June 1, June 15, July 1, July 15, August 1, and August 15 respectively. A: local variety; B: IT323225; C: IT333473; D: IT333482.

Table 2. Changes in major temperature, accumulated temperature from sowing to flowering at the different sowing dates of four safflower genetic resources in 2022.

Genetic resource	Sowing date	Mean temperature (°C)	Minimum temperature (°C)	Maximum temperature (°C)	AT ^z by reference temperature (°C)			Effective AT ^y (°C)
					6	10	11	
Local variety	Mar. 29	15.5	6.4	25.9	376	1,249	1,154	489
	May 3	18.9	10.8	25.9	481	1,151	1,140	541
	May 13	20.2	12.2	26.0	557	1,153	1,153	583
	May 24	21.6	15.0	26.0	568	1,079	1,079	579
	Jun. 2	22.5	15.0	27.0	692	1,263	1,263	703
	Mean	19.7±2.8 ^x	11.8±3.6	26.1±0.5	534±117	1,179±76	1,158±66	579±79
	IT323225	Mar. 29	16.6	6.4	25.9	1,648	1,564	1,470
	May 3	19.7	10.8	26.0	1,401	1,401	1,390	691
	May 13	20.8	12.2	26.0	1,412	1,412	1,412	732
	May 24	22.0	15.0	27.0	1,433	1,433	1,433	783
	Jun. 2	23.2	15.0	27.3	1,669	1,669	1,669	949
Mean	20.5±2.5	11.8±3.6	26.4±0.7	1,513±134	1,496±117	1,475±113	766±111	
IT333473	Mar. 29	16.6	6.4	25.9	1,648	1,564	1,470	674
	May 3	19.9	10.8	26.0	1,472	1,472	1,461	732
	May 13	20.8	12.2	26.0	1,412	1,412	1,412	732
	May 24	22.1	15.0	27.0	1,483	1,483	1,483	813
	Jun. 2	23.1	15.0	27.3	1,569	1,569	1,569	889
	Mean	20.5±2.5	11.8±3.6	26.4±0.7	1,517±92	1,500±66	1,479±57	768±84
	IT333482	Mar. 29	16.4	6.4	25.9	1,572	1,489	1,394
	May 3	19.9	10.8	26.0	1,472	1,472	1,461	732
	May 13	20.8	12.2	26.0	1,412	1,412	1,412	732
	May 24	22.0	15.0	27.0	1,433	1,433	1,433	783
	Jun. 2	23.1	15.0	27.3	1,569	1,569	1,569	889
Mean	20.4±2.6	11.8±3.6	26.4±0.7	1,492±75	1,475±60	1,454±69	750±100	

^zAT: accumulated temperature by reference temperature.

^yEffective AT: effective accumulated temperature, cumulative value above the base temperature.

^xMean±standard deviation (*n* = 5).

Table 3. Effects of the different sowing dates on growth and seed yield characteristics of four safflower genetic resources.

Genetic resource	Sowing date	Plant length (cm)	Number of branches	Number of capitula (per plant)	Number of seeds (per capitulum)	100 seeds weight (g)	Seed weight (g per plant)
Local variety	Mar. 29	82.0 a ^z	13.7 a	23.3 a	34.0 a	4.17 ab	34.0 a
	May 3	63.0 b	9.0 ab	12.0 ab	30.0 ab	4.17 ab	14.6 ab
	May 13	53.4 bc	6.7 b	8.0 b	31.7 ab	4.37 a	11.1 ab
	May 24	42.9 c	4.0 b	5.3 b	19.0 b	3.67 b	3.5 b
	Jun. 2	43.5 c	4.3 b	5.3 b	23.3 ab	3.00 c	3.7 b
	Mean	57.0±16.2 ^y	7.5±4.0	10.8±7.5	27.6±6.2	3.88±0.55	13.4±12.5
IT323225	Mar. 29	128.1 a	16.3 a	61.0 a	21.3 a	5.43 a	65.6 a
	May 3	79.5 b	15.0 ab	25.3 b	25.7 a	5.37 a	34.4 ab
	May 13	69.3 b	9.7 ab	21.0 b	31.3 a	4.10 b	27.2 ab
	May 24	74.7 b	8.3 ab	17.7 b	22.7 a	4.20 b	22.7 ab
	Jun. 2	62.9 b	5.3 b	10.7 b	20.3 a	2.93 c	6.1 b
	Mean	82.9±26.0	10.9±4.6	27.1±19.7	24.3±4.4	4.41±1.04	31.2±21.9
IT333473	Mar. 29	126.1 a	13.7 a	49.0 a	16.3 a	5.57 b	44.5 a
	May 3	99.2 b	10.3 a	25.0 b	16.3 a	6.83 a	27.3 a
	May 13	87.1 c	13.0 a	22.7 b	22.3 a	6.90 a	36.3 a
	May 24	71.1 d	8.0 a	15.3 b	11.3 a	6.47 ab	10.3 a
	Jun. 2	70.8 d	9.7 a	15.0 b	20.0 a	4.33 c	13.1 a
	Mean	90.9±23.0	10.9±2.4	25.4±13.9	17.2±4.2	6.02±1.08	26.3±14.7
IT333482	Mar. 29	127.6 a	16.0 a	37.0 a	19.7 a	4.23 b	29.2 a
	May 3	106.9 b	10.0 a	27.7 ab	14.0 a	4.77 a	18.8 ab
	May 13	94.7 c	14.7 a	19.7 b	20.7 a	4.80 a	19.1 ab
	May 24	83.6 d	11.3 a	22.7 ab	13.3 a	4.43 ab	14.1 ab
	Jun. 2	73.4 d	9.7 a	13.7 b	12.0 a	2.73 c	4.4 b
	Mean	97.2±21.1	12.3±2.9	24.2±8.8	15.9±4.0	4.19±0.85	17.1±9.0
Significance							
Genetic resource (A)		**	*	**	**	**	**
Sowing date (B)		**	**	**	*	**	**
A × B		*	NS	NS	NS	**	NS

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

^yMean±standard deviation ($n = 5$).

NS, *, and ** indicate not significant or significant at the $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

유효적산온도가 낮은 재래종은 IT323225, IT333473, IT333482 보다 개화기가 빠르게 도래하는 것으로 확인되었다. 각 자원과 재배지대에 따른 개화 소요일수 회귀분석 결과, 평야지, 중산간지, 산간지 각각의 회귀식과 기울기는 재래종 $y=0.0027x^2-1.0751+132.2361$ ($R^2=0.9937^{**}$), $y=0.0032x^2-1.2482+149.3312$ ($R^2=0.9954^{**}$), $y=0.0029x^2-1.1457+144.9468$ ($R^2=0.9927^{**}$), IT323225 $y=0.0059x^2-2.1360+240.5122$ ($R^2=0.9660^{**}$), $y=0.0055x^2-2.0430+241.7073$ ($R^2=0.9976^{**}$), $y=0.0059x^2-2.1360+240.5122$ ($R^2=0.9660^{**}$), IT333473 $y=0.0060x^2-2.1635+242.3251$ ($R^2=0.9612^{**}$), $y=0.0060x^2-2.2129+253.0748$ ($R^2=0.9897^{**}$), $y=0.0069x^2-2.4598+279.5522$ ($R^2=0.9890^{**}$), IT333482 $y=0.0056x^2-2.0342+232.9195$ ($R^2=0.9801^{**}$), $y=0.0053x^2-2.0067+238.3894$ ($R^2=0.9985^{**}$), $y=0.0066x^2-2.4052+275.1152$ ($R^2=0.9906^{**}$)로 분석되어 파종시기에 따른 개화 소요일수 실측 데이터와 유의한 설명력이 있는 것으로 나타났다.

재래종의 지대별 평균 개화 소요일수는 평야지, 중산간지, 산간지가 각각 35.5, 37.7, 40.9일, IT323225 62.4, 66.3, 75.1일, IT333473 62.5, 65.7, 75.1일, IT333482 60.9, 65.2, 73.6일로 나타나 재배지대가 높아질수록 개화 소요일수가 증가하는 것으로 조사되었으며, IT323225, IT333473, IT333482 3자원의 중산간지, 산간지에서의 8월 15일 파종은 유효적산온도 미충족으로 개화하지 못할 것으로 추정되었다.

이와 같은 결과는 잇꽃을 활용한 지리산권 경관 조성 시, 재래종의 경우 4월 1일부터 8월 15일까지 파종시기를 달리하여 평야지, 중산간지, 산간지 모두 개화가 가능하였고, IT323225, IT333473, IT333482 3자원은 개화 목적의 경우 8월 1일 이전까지 파종이 완료되어야 할 것으로 생각되었다. 또한 종자 채종의 경우 등숙까지의 소요일수(일반적으로 30일 전후)를 고려하여 중산간지와 산간지는 7월 15일 또는 8월 1일 파종을 완료해야 할 것으로 판단되었다.

개화시기를 예측하는 것은 작물 성장과 수확량을 이해

(Torabi *et al.*, 2020)함은 물론, 관광, 치유농업 등 농산업 적용을 위한 기본 정보이다. 유효적산온도가 식물의 성장과 발달에 특정 온도의 축적과 관계된다고 보고(Neild and Seeley, 1977)된 이후, 작물의 출수, 개화, 수확 등의 생육단계를 추정하기 위한 지표로 활용되어 왔으며, 평균온도를 기반으로 유효적산온도를 추정하게 되므로 평균온도와 출수, 개화 등은 유의한 부의 관계가 성립될 수 있다(Choi *et al.*, 2019; Coleman and Belcher, 1952). 본 연구에서도 산출한 유효적산온도를 재배지대별로 적용하여 개화까지의 소요일수를 추정할 결과, 파종시기가 늦어질수록 개화기가 빨라지는 부의 관계가 성립되었으며(Kim *et al.*, 2008), 본 결과를 토대로 경관과 종자 채종을 목적으로 한 지리산권 잇꽃 경관 단지 조성 시 적용이 가능할 것으로 판단되었다.

자원별 생육특성 비교

잇꽃 4자원의 파종시기별 생육량을 조사한 결과(Table 3), 초장, 분지수, 주당 화기수, 화기당 종자수, 백립중, 주당 종자량 모든 항목에서 파종시기가 늦어질수록 감소(Nikabadi *et al.*, 2008)하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 파종시기가 늦어질수록 개화 소요일수가 짧아져 기본 영양생장 기간이 상대적으로 짧은 것에 기인한 것으로 추정되었으며, 개화 유도 시기 또는 개화기 고온의 영향이 일부 있었을 것으로 생각되었다. 자원간 차이에서 재래종은 경관용 자원으로써 초장이 낮고 개화 소요일수가 짧은 장점을 가지나 다른 자원과 비교했을 때 총포의 가시(Fig. 3A), 분지수와 개화량, 종자 수량이 적었다. 반면 3자원의 개화 소요일수는 유사한 수준이며, 이중 IT323225 (Fig. 3B)는 IT333473 (Fig. 3C), IT333482 (Fig. 3D)에 비해 평균 초장(자원 순서대로 82.9, 90.9, 97.2 cm)이 짧고, 주당 화기수(27.1, 25.4, 24.2개)와 종자 생산량(31.2, 26.3, 17.1 g)이 많으면서 총포에 가시가 없어 4자원 중 경관용 조성 자원으로 가장 적합한 것으로 판단되었다.



Fig. 3. Photos of four safflower genetic resources at flowering stage. A: local variety; B: IT323225; C: IT333473; D: IT333482.

잇꽃의 개화 전 충분한 영양생장 기간 확보는 꽃과 종자 발달에 유리한 기후 조건을 제공하는데(Franchini *et al.*, 2021), 생장 기간이 짧은 경우에 비해 T/R률, 상대생장률(relative growth rate) 등이 증가하며, 이는 생식생장으로 이어져 생산물에도 영향을 미치게 된다(Kim *et al.*, 2008), 또한 파종시기 지연은 영양생장과 생식생장의 불균형(Akhter *et al.*, 2015; Beech and Norman, 1963)은 물론 개화기 가뭄과 열에 의한 스트레스를 유발하여 종자의 오일 함량과 수확량을 떨어뜨리는 원인이 될 수 있다(Yau, 2006).

지금까지의 결과를 종합하면, 실측한 개화 소요일수와 평균 온도를 근거로 산출한 유효적산온도는 재래종 579°C(기준온도 6°C), IT323225 766°C(기준온도 11°C), IT333473 768°C(기준온도 11°C), IT333482 750°C(기준온도 10°C)였으며, 파종시기가 지연됨에 따라 개화 소요일수가 감소하는 부의 관계가 있음을 확인하였다. 또한 산출한 유효적산온도를 재배지대별 최근 5년(2019~2023) 평균기온에 적용한 개화 소요일수 추정은 지대별 잇꽃 생산단지 조성에 활용될 수 있을 것으로 생각되었다. 추가적으로 파종시기에 따른 생육요인 중 초장, 분지 수, 백립중 등이 재래종에서 가장 낮았으며, 파종시기가 지연됨에 따라 생육 관련 요인의 감소를 확인할 수 있었다. 따라서 재래종의 경우 초장이 작고 개화 소요일수가 짧은 특성을 보이나 종자의 수량성이 낮고 총포에 가시가 있어 경관용으로 적합하지 않았다. IT323225, IT333473, IT333482 3자원은 평균 개화 소요일수가 평야지 60.9~62.5일, 중산간지 65.2~66.3일, 산간지 73.6~75.1일의 범위로 큰 차이를 보이지 않았다. 이중 IT323225는 다른 자원들에 비해 초장이 짧고 개화량과 종자 수량이 많아 경관 조성용 자원으로써 가장 적합한 것으로 생각되었으며, 본 연구에서 산출된 유효적산온도와 연구 결과를 기반으로 지리산권 경관용 잇꽃 생산단지 조성 시 기초적인 재배 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단되었다.

적 요

본 연구는 잇꽃(*Carthamus tinctorius*) 4자원(재래종, IT323225, IT333473, IT333482)의 유효적산온도를 기반으로 개화 소요일수 추정과 파종시기에 따른 생육 및 수량 특성을 비교하고자 수행되었다. 잇꽃 4자원은 3월 29일, 5월 3일, 5월 13일, 5월 24일, 6월 2일에 각기 파종하였으며, 생육기간 동안 기상정보 수집과 생육단계 및 수량 특성을 조사하였다. 파종시기별 잇꽃 4자원의 평균 개화 소요일수는 재래종(61.0일)이 가장 짧았고,

IT333482 (73.2일), IT323225 (74.0일), IT333473 (74.2일) 순이었다. 평균온도를 근거로 산출한 잇꽃 4자원의 기준온도와 유효적산온도는 각각 재래종 6°C, 579°C, IT323225 11°C, 766°C, IT333473 11°C, 768°C, IT333482 10°C, 750°C이었다. 산출한 유효적산온도와 최근 5년간(2019~2023년)의 일평균기온을 이용하여 재배지대(평야지, 중산간지, 산간지)와 파종시기(4월 1일부터 8월 15일까지 15일 간격, 10수준)별로 적용한 결과, 잇꽃 4자원은 모두 7월 15일 파종까지 개화 소요일수가 감소한 후 증가하는 경향을 보였고, 지대별 소요일수는 평야지 < 중산간지 < 산간지의 순으로 조사되었다. 수량 특성 중 초장, 분지 수, 주당 화기 수, 화기당 종자 수, 백립중, 주당 종자량은 4자원 모두 파종시기가 늦어질수록 감소하였다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구개발사업(과제번호: RS-2019-RD008643)과 전북특별자치도 지원에 의해 이루어졌음

Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- Ahn, S.H. and N.J. Chung. 2013. Morphological characteristics and function of hilum in safflower seed germination. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 31(1):117-122.
- Akhter, M.T., M.A. Mannan, P.B. Kundu and N.K. Paul. 2015. Effects of different sowing dates on the phenology and accumulated heat units in three rapeseed (*Brassica campestris* L.) varieties. *Bangladesh J. Bot.* 44(1):97-101.
- Arslan, B. and M. Kucuk. 2005. *In VIth International Safflower Conference*, Esendal, E. (ed.), Istanbul, Turkey. 6-10 June 2005, pp. 167-174.
- Assefa, A.D., J.S. Sung, M.C. Lee, B.S. Hahn, H.J. Noh, O.S. Hur, N.Y. Ro, A.J. Hwang, B.S. Kim and J.E. Lee. 2021. Agro-morphological characters, total phenolic content, and fatty acid compositions of safflower genetic resources. *Korean J. Med. Crop Sci.* 29(1):17-27.
- Beech, D.F. and M.J.T. Norman. 1963. The effect of time of planting on yield attributes of varieties of safflower. *Australia. J. Exp. Agric.* 3(9):140-148.

- Camas, N., A.K. Ayan and C. Cırak. 2005. Relationships between seed yield and some characters of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars grown in the Middle Black Sea Conditions. In Proceedings of the VIth International Safflower Conference, Esendal, E. (ed.), Istanbul, Turkey. 6-10 June 2005, pp. 193-198.
- Choi, Y.M., K.H. Choi, S.H. Shin, H.A. Han, B.S. Heo and S.J. Kown. 2019. Estimation of heading date using mean temperature and the effect of sowing date on the yield of sweet sorghum in Jellabuk province. Korean J. Crop Sci. 64(2): 127-136.
- Coleman, O.H. and B.A. Belcher. 1952. Some responses of sorgo to short photoperiods and variations in temperature. Agronomy J. 44(1):35-39.
- Daba, K., T.D. Warkentin, R. Bueckert, C.D. Todd and B. Tar'an. 2016. Determination of photoperiod-sensitive phase in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Frontiers in Plant Sci. 7:180737.
- Ellis, R.H., R.J. Lawn, R.J. Summerfield, A. Qi, E.H. Roberts, P.M. Chay, J.B. Brouwer, J.L. Rose, S.J. Yeates and S. Sandover. 1994. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. V. Chickpea. Exp. Agric. 30(3):271-282.
- Franchini, M.C., A.C. Flemmer, L.I. Lindstrom, M.E. Carrin, D. Constenla and R.C. Johnson. 2021. How sowing date affects development and performance of safflower through climate variables. Crop Sci. 61(4):2775-2786.
- Ha, C.W., S.H. Kim, S.H. Jang, S.S. Hong, S. Namkoong, H.S. Choi, Y.K. Kim, J.D. Lim and E.H. Sohn. 2022. Comparison of anti-wrinkle effect of ethanol and hot water extract from safflower flower based on anti-aging potential. Korean J. Med. Crop Sci. 30(3):169-179.
- Jung, Y.J., A.D. Assefa, J.E. Lee, H.S. Lee, J.H. Rhee and J.S. Sung. 2019. Analysis of antioxidant activity and serotonin derivatives in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm collected from five countries. Korean J. Plant Res. 32(5):423-432.
- Kamle, R., Y. Gehlot, Aakash, V. Singh and S. Kamle. 2023. Effect of date of sowing and cultivars on growth and yield attributes of safflower. Int. J. Environ. Climate Change. 13(11):974-988.
- Kim, J.C., J.G. Ryu, S.Y. Kim and K.S. Park. 2008. The growth analysis of sowing times in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Korean J. Plant Res. 21(1):47-51.
- Kizil, S., O. Cakmak, S. Kirici and M. Inan. 2014. A comprehensive study on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in semi-arid conditions. Biotech. Biotechnol. Equip. 22(4): 947-953.
- Lee, E.S., T.J. An, Y.I. Kim, J.H. Lee, E.J. Choi, Y.G. Kim and J.K. Chang. 2021. Growth characteristics and dry matter productivity of safflower by sowing time. Korean J. Med. Crop Sci. 29(2):124-134.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2002. <https://uni.agrix.go.kr/>. Accessed 3 March 2023.
- More, S.D., C.V. Raghavaiah, D.S. Hangarge, B.M. Joshi and A.S. Dhawan. 2005. Tolerant genotypes and management for alleviation of salinity stress in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in India. VI International Safflower Conference, Istanbul, Turkey, 6-10 June 2005, pp. 180-183.
- Neild, R.E. and M.W. Seeley. 1977. Growing degree days predictions for corn and sorghum development and some applications to crop production in Nebraska. Historical Research Bulletins of the Nebraska Agricultural Experiment Station 41.
- Nikabadi, S., A. Soleimani, S.M. Dehdashti and M. Yazdani bakhsh. 2008. Effect of sowing dates on yield and yield components of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Isfahan region. Pakistan J. Biol. Sci. 11(15):1953-1956.
- Park, S.B., J.H. Lee, H.D. Kim, K.H. Soe, H.S. Jeong, D.H. Kim and S.E. Lee. 2018. Screening of plant extracts with cholinesterase inhibition activity. Korean J. Plant Res. 31(5):433-452.
- Park, Y.H. and C.S. Lee. 2011. Efficacy of safflower on the acne skin and its application for facial cleansing biomedical material. Korean J. Chem. Soc. 55(3):400-404.
- Rajvanshi, A.K. 2005. Development of safflower petal collector. VI International Safflower Conference, Istanbul, Turkey, 6-10 June 2005, pp. 80-85.
- Soltani, A., G.L. Hammer, B. Torabi, M.J. Robertson and E. Zeinali. 2006. Modeling chickpea growth and development: phenological development. Field Crops Res. 99:1-13.
- Sung, J.S., Y.J. Jeong, D.J. Kim, A.D. Assefa, Y.A. Jeon, O.S. Hur, N.Y. Ro, H.C. Ko, H.C. Ok, J.H. Rhee, M.C. Lee and H.J. Baek. 2018. Oil compositions and antioxidant properties of safflower germplasm collected from east asia. Korean J. Med. Crop Sci. 26(1):32-41.
- Torabi, B., M. Adibnya, A. Rahimi and A. Azari. 2020. Modeling flowering response to temperature and photoperiod in safflower. Ind. Crops Prod. 151:112474.
- Yau, S.K. 2006. Winter versus spring sowing of rain-fed

- safflower in a semi-arid, high-elevation mediterranean environment. *European J. Agron.* 26(3):249-256.
- Yazdi-Samadi, B. and A. Bagheri. 2005. Genetic diversity in Iranian and foreign safflower genotypes. VI International Safflower Conference, Istanbul, Turkey, 6-10 June 2005, pp. 21-23.
- Zimmerman, L.H. 1973. Effect of photoperiod and temperature on rosette habit in safflower. *Crop Sci.* 13(1):80-81.

(Received 9 December 2023 ; Revised 17 March 2024 ; Accepted 20 March 2024)