



## 홍화 수집자원의 작물학적 특성 및 교배 방법

오명원<sup>1</sup> · 이정훈<sup>2†</sup> · 정진태<sup>3</sup> · 한종원<sup>4</sup> · 이상훈<sup>5</sup> · 마경호<sup>6</sup> · 허목<sup>7</sup> · 장재기<sup>8</sup>

### Agronomic Characteristics and Artificial-cross Method of Collected Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Germplasm

Myeong Won Oh<sup>1</sup>, Jeong Hoon Lee<sup>2†</sup>, Jin Tae Jeong<sup>3</sup>, Jong Won Han<sup>4</sup>, Sang Hoon Lee<sup>5</sup>,  
Kyung Ho Ma<sup>6</sup>, Mok Hur<sup>7</sup> and Jae Ki Chang<sup>8</sup>

#### ABSTRACT

Received: 2020 February 14  
1st Revised: 2020 April 1  
2nd Revised: 2020 June 4  
3rd Revised: 2020 June 23  
Accepted: 2020 June 23

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:** Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is a useful medicinal and oil crop in Korea. However, when safflower is cultivated, the flowering period overlaps with the rainy season, and seed maturation is poor. Therefore, this study aimed to use basic research data to develop superior varieties using agronomic characteristics and crossing method.

**Methods and Results:** A total of 34 safflower germplasms were sown and their agronomic characteristics were investigated. Based on these investigations, the cultivar ‘ui-san-hong-hwa’ was selected as the mother plant, and ‘Myanmar safflower’ (Hsu Pan) was selected as the father plant. In addition, we developed a floret-protecting cap to cover florets after emasculation during the artificial crossing. When florets were protected by the cap, the seed setting rate increased in comparison to that in the non-covered florets.

**Conclusions:** Agronomic characteristics can contribute to developing suitable varieties. The results suggest that the protection cap will be helpful in breeding without the floral organ drying. This study contributes an efficient breeding method to develop new safflower varieties.

**Key Words:** *Carthamus tinctorius*, Artificial Cross, Floret Protection, Safflower

## 서 언

홍화 (Safflower, *Carthamus tinctorius* L.)는 국화과에 속하는 1년생 초본식물로 한국, 중국 및 일본 등에서 꽃을 약용으로 재배하거나, 미국, 인도 등 여러 나라에서 유지작물로 널리 재배되고 있는 식물이다 (Park, 1998).

국내에서는 약용 및 유료 작물로서의 홍화 재배 역사는 오래되었으나 재배면적이 그리 크지 않다. 주로 경북 의성, 칠곡 등에서 극히 소면적 (24 ha)으로 재배되다가, 홍화의 약용으로서 가치가 널리 알려지면서 재배면적이 2 배 (55 ha, 129 ton)

정도로 증가하였다 (MAFRA, 2018). 그러나 취약한 가격 경쟁력으로 인하여 대부분 수입에 의존하고 있으며, 수입 홍화는 납, 비소 등의 중금속이 검출되어 보다 안전성이 높은 국내 토종 홍화 생산이 필요하다. 또한, 대부분의 농가에서 탄저병 등에 취약하며 생산성이 낮은 재래종을 재배하고 있으므로 우량품종의 육성보급이 요구된다 (Choi *et al.*, 2003).

예로부터 홍화의 암술은 홍화 (紅花), 열매는 홍화자 (紅花子)라는 생약명으로 불리며, 천연염료, 식용유, 곡식, 한방 약제, 화장품 원료 등으로 다양하게 이용되고 있다 (Ahn and Chung, 2013). 한약재로서 홍화는 대한민국의약전 (12 개정,

†Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5670 (E-mail) artemisia@korea.kr

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 전문연구원 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.  
<sup>2</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 농업연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.  
<sup>3</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 농업연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.  
<sup>4</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 농업연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.  
<sup>5</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 전문연구원 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.  
<sup>6</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 농업연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.  
<sup>7</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 농업연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.  
<sup>8</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과 농업연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

2020, MFDS)에서 기원식물을 *C. tinctorius* L.의 관상화로 규정하고 있으며, 주로 종자를 약용으로, 꽃은 적색 염료로 활용하고 있다.

홍화자 기름은 혈액순환, 해독 등의 작용 및 항콜레스테롤 기능이 있다고 알려졌으며, 동맥경화 및 지방질 유도 인슐린 저항성 예방에 효과적인 데다가, 건강기능성 소재 및 화장품 원료로서의 항산화 효과에 대해서도 보고되었다 (Cox *et al.*, 1995; Zhang *et al.*, 1996; Espin *et al.*, 2000; Prescha *et al.*, 2014). 꽃은 한방에서는 여성들의 통경약이나 무월경, 어혈에 의한 동통을 푸는 약재로 널리 이용하며, 종기 및 타박상 치료에도 효과가 있는 것으로 보고되고 있다 (Seo *et al.*, 2000). 홍화 종자는 여러 가지 지방산을 함유하고 있는데 (Kim *et al.*, 1996), 특히 불포화지방산인 linoleic acid의 함량이 높아 동맥경화, 고지혈증, 고혈압 등의 예방과 치료에 이용되고 있다 (Noh and Park, 1992).

최근 들어 홍화는 다양한 산업용 소재로 활용될 가능성을 제시하고 있으며, 특히 피부 개선효과가 있어 여드름 세안용 식물성 생약 비누 혹은 기초 화장품 소재로 응용될 수 있다 (Park and Lee, 2011). 또한, 기존의 화학 색소를 대체할 수 있는 우수한 천연 색소로서의 가능성을 평가받고 있다 (Kim *et al.*, 2016).

국내 품종개발은 지자체의 약초 관련 연구소에서 청수

(1999), 의산 (2000), 진선 (2000) 및 화선 (2002) 등이 약용 및 식용 용도로 선발되었으나, 이들 선발된 홍화 품종은 주로 재래종이나 도입종 중에서 순계분리한 수준에 그쳤다. 한편, 홍화는 자식 (selfing)에 대한 유전적 잠재력이 90% 이상인 자가수분 작물로 (Dajue and Mundel, 1996), 인공교배 시장 마찰과 개화기의 중첩, 수발아, 그로 인한 결실률 저하 등의 문제점이 있다. 또한 자식하여 품종 개발 시 번이 창출에 한계가 있으며 유전자 교환이 어려운 단점이 있다.

따라서 본 연구는 홍화 수집자원의 작물학적 특성과 교배연구를 통해 다양한 번이를 창출함으로써 우량한 품종을 개발하는데 기초 연구 자료로 활용하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 연구에 사용된 홍화 (*Carthamus tinctorius* L.)의 수집은 2013년 국립농업유전자원센터 (RDA, 전북 전주)에 자원들을 분양 요청하여 이루어졌으며, 주산지 및 약용작물 관련 지자체 연구소에서 수집되었다 (Table 1).

수집된 자원은 국립원예특작과학원 인삼특작부 시험포장 (충북 음성)에서 증식되었고, 증식 조건은 재식거리 30 cm × 10 cm, 2 열 배열, 휴폭 90 cm - 100 cm로 4월 상순에 직파하였다.

**Table 1.** Safflower(*Carthamus tinctorius* L.) germplasms list used in this study.

Germplasm no.	IT no. <sup>2)</sup>	Origin <sup>3)</sup>	Type	Resource name
CT <sup>1)</sup> 01	252153	KOR	Local variety	Jeonbuk Namwon-2001-1
CT02	259205	KOR	Local variety	Gyeongnam Geochang-1999-5
CT03	252154	KOR	Breeding variety	Cheongsuhonghwa
CT04	252155	KOR	Local variety	Gangwon Cheorwon-2001-72
CT05	259331	KOR	Local variety	Chungnam Dangjin-2001-2
CT06	221709	KOR	Breeding variety	Uisanhonghwa
CT07	259270	CHN	Unknown	CHN-LJR-2000-36
CT08	202726	KAZ	Unknown	WIR198
CT09	259263	CAN	Unknown	S5160
CT10	209553	IRN	Unknown	Catalogue No.238
CT11	262778	MMR	Local variety	MMR-SJS-2011-11039
CT12	262777	PRY	Unknown	PRY-KOPIA-YSJ-10
CT13	252150	KOR	Local variety	Jeonnam Wando-2000-63
CT14	247693	AFG	Local variety	UzRIPI 248
CT15	224129	PAK	Unknown	PAK-NIS-2009-honghwa
CT16	247704	HUN	Local variety	UzRIPI 366
CT17	247692	IRN	Local variety	UzRIPI 241
CT18	247685	MAR	Local variety	UzRIPI 182

<sup>1)</sup>CT; *Carthamus tinctorius*, <sup>2)</sup>IT no.; granted by National Agrobiodiversity Center, <sup>3)</sup>AFG; Afghanistan, ARM; Armenia, AZE; the Azerbaijani Republic, CAN; Canada, CHN; China, ETH; Ethiopia, HUN; Hungary, IRN; Iran, KAZ; Kazakhstan, KOR; Korea, MAR; Morocco, MEX; Mexico, MMR; Myanmar, PAK; Pakistan, PRY; Paraguay, RUS; Russia, TJK; Tajikistan, TKM; Turkmenistan, USA; United State of America, UZB; Uzbekistan.

Table 1. continued.

Germplasm no.	IT no. <sup>2)</sup>	Origin <sup>3)</sup>	Type	Resource name
CT <sup>1)</sup> 19	209535	TJK	Unknown	Catalogue No.89
CT20	247711	CHN	Local variety	UzRIPI 426
CT21	209532	TKM	Unknown	Catalogue No.76
CT22	212780	KOR	Local variety	Jeonnam Yeonggwang-2000-42
CT23	209524	UZB	Unknown	Catalogue No.40
CT24	247679	ARM	Local variety	Genessee
CT25	209559	AZE	Unknown	Catalogue No.249
CT26	247681	RUS	Local variety	Krasnoyarsk-4
CT27	247703	HUN	Local variety	UzRIPI 362
CT28	247700	USA	Local variety	UzRIPI 335
CT29	247696	MEX	Local variety	UzRIPI 319
CT30	247683	CHN	Local variety	UzRIPI 154
CT31	247680	ETH	Local variety	UzRIPI 57
CT32	247699	MEX	Local variety	UzRIPI 332
CT33	209879	KOR	Local variety	Gyeongnam Sancheong-1998-67
CT34	252149	KOR	Local variety	Incheon Ganghwa-1998-983505

<sup>1)</sup>CT; *Carthamus tinctorius*, <sup>2)</sup>IT no.; granted by National Agrobiodiversity Center, <sup>3)</sup>AFG; Afghanistan, ARM; Armenia, AZE; the Azerbaijani Republic, CAN; Canada, CHN; China, ETH; Ethiopia, HUN; Hungary, IRN; Iran, KAZ; Kazakhstan, KOR; Korea, MAR; Morocco, MEX; Mexico, MMR; Myanmar, PAK; Pakistan, PRY; Paraguay, RUS; Russia, TJK; Tajikistan, TKM; Turkmenistan, USA; United State of America, UZB; Uzbekistan.

Table 2. Investigation standard of agronomic traits in safflower.

Traits	Investigation standard
Plant height (cm)	The longest leaf tip from ground
Number of branch	Total number of branches extending from main stem
Stem diameter (mm)	Degree of hypertrophy in the bottom of stem
Number of leaves	Number of developed normal leaf
Leaf length (cm)	Maximum leaf length of the longest shoot
Leaf width (cm)	Width of the largest leaf
Petiole length (cm)	Length between stem and leaf blade
Flowering date	When flowering has progressed over 40% after peduncle appearance
F.W. <sup>1)</sup> of aerial part (g)	Weight of aerial part per one plant
D.W. <sup>2)</sup> of aerial part (g)	Weight of dried aerial part per one plant
Root length (cm)	The longest root length
Root diameter (cm)	Thickness of root attached stem
F.W. <sup>1)</sup> of root (g)	Weight of root per one plant
D.W. <sup>2)</sup> of root (g)	Weight of dried root per one plant
Seed length (mm)	Seed length of long axis
Seed width (mm)	Seed length of short axis
1,000-seeds weight (mg)	-
Yield (kg/10a)	Convert fresh weight to yield per 10 are for each test area

<sup>1)</sup>F.W.; fresh weight, <sup>2)</sup>D.W.; dry weight

## 2. 작물학적 특성 평가

국내·외 홍화 수집자원 34 점을 지상부, 지하부 및 화기 구조 등의 특성평가를 실시하였다 (Table 2). 초장, 경경, 줄기

색, 엽수, 엽장, 엽폭, 엽병장, 지상부 무게, 근장, 근경, 근중 등을 조사하였으며, 이를 바탕으로 교배에 필요한 모본과 부본으로 적합한 자원을 각각 선발하였다.

3. 교배 방법

교배 전 사전에 약의 열개 및 주두의 상황을 조사하였다. 개화 전 꽃봉오리의 화관을 열어 열개하지 않은 약을 핀셋으로 절개하여 제웅한 후 봉투를 씌어 소화를 보호하였다. 제웅 후 교배는 부분의 화분을 채취한 즉시 모본에 묻혀주었다.

4. 통계분석

실험 결과는 One-way ANOVA를 SAS Enterprise Guide 4.2 (Statistical Analysis System, 2009, Cray, NC, USA)로

분석하였고, 평균치 ± 표준오차로 나타내었다. 통계적 유의성은 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 유의수준 5%에서 검증하였다 ( $p < 0.05$ ).

결과 및 고찰

1. 홍화 수집자원의 작물학적 특성

홍화 (*Carthamus tinctorius* L.)의 교배대상 모본과 부본을 선정하기 위해, 분양받은 유전자원 34 점의 생육특성과 화기

Table 3. Growth characteristics on aerial part of safflower germplasms.

Germ-plasm no.	Plant height (cm)	Fresh weight (g/plant)	Number		Stem diameter (cm)	Leaf			
			Branch (ea/plant)	Node (ea/branch)		Length (cm)	Width (cm)	Number (ea/plant)	Margin (mm)
CT <sup>1)</sup> 01	69.6±2.0 <sup>k-o</sup>	129.0±8.0 <sup>d-i</sup>	14.3±0.3 <sup>a-1</sup>	24.0±1.0 <sup>d-h</sup>	7.9±0.2 <sup>k-m</sup>	11.5±0.2 <sup>i-1</sup>	5.1±0.2 <sup>b-e</sup>	155.0±15.3 <sup>c-j</sup>	9.1±0.5 <sup>a</sup>
CT02	66.7±0.4 <sup>l-o</sup>	120.3±8.3 <sup>f-i</sup>	10.7±0.9 <sup>e-j</sup>	20.3±1.7 <sup>i-k</sup>	8.9±0.2 <sup>h-l</sup>	9.6±0.2 <sup>k-m</sup>	4.8±0.2 <sup>b-g</sup>	111.0±2.9 <sup>h-m</sup>	2.0±0.2 <sup>i-n</sup>
CT03	69.2±2.2 <sup>k-o</sup>	114.3±10.8 <sup>f-i</sup>	8.0±0.6 <sup>i-k</sup>	20.0±1.0 <sup>j-k</sup>	8.0±0.4 <sup>k-m</sup>	9.0±0.5 <sup>l-m</sup>	5.0±0.3 <sup>b-e</sup>	86.3±3.0 <sup>i-m</sup>	4.8±0.4 <sup>b</sup>
CT04	66.0±0.8 <sup>m-o</sup>	108.0±5.5 <sup>f-i</sup>	7.7±0.7 <sup>i-k</sup>	21.3±1.5 <sup>g-k</sup>	7.9±0.2 <sup>k-m</sup>	8.8±0.2 <sup>m</sup>	4.7±0.1 <sup>c-h</sup>	84.3±2.4 <sup>k-m</sup>	2.3±0.5 <sup>f-l</sup>
CT05	60.2±0.6 <sup>p</sup>	77.3±12.4 <sup>i</sup>	5.7±0.9 <sup>k</sup>	20.3±0.3 <sup>i-k</sup>	6.6±0.3 <sup>m</sup>	6.9±0.5 <sup>n</sup>	3.6±0.2 <sup>i</sup>	51.3±6.8 <sup>m</sup>	1.5±0.1 <sup>l-p</sup>
CT06	72.0±1.5 <sup>i-n</sup>	123.0±15.0 <sup>e-i</sup>	8.3±0.3 <sup>i-k</sup>	19.7±0.7 <sup>k</sup>	8.4±0.6 <sup>j-l</sup>	11.0±0.6 <sup>h-k</sup>	5.6±0.3 <sup>a-c</sup>	89.3±5.5 <sup>j-m</sup>	2.8±0.1 <sup>e-h</sup>
CT07	67.7±0.9 <sup>l-o</sup>	101.7±3.8 <sup>g-i</sup>	7.0±1.0 <sup>k</sup>	20.7±0.3 <sup>h-k</sup>	9.0±0.2 <sup>h-k</sup>	11.1±0.1 <sup>h-k</sup>	3.9±0.2 <sup>g-i</sup>	74.0±7.6 <sup>l-m</sup>	4.1±0.3 <sup>b-c</sup>
CT08	73.0±0.6 <sup>h-n</sup>	120.3±0.9 <sup>f-i</sup>	9.0±0.6 <sup>h-k</sup>	25.3±1.5 <sup>c-f</sup>	9.0±0.3 <sup>h-k</sup>	10.7±0.4 <sup>h-l</sup>	4.7±0.2 <sup>c-h</sup>	118.7±5.0 <sup>g-m</sup>	4.9±0.5 <sup>b</sup>
CT09	75.2±2.3 <sup>f-m</sup>	93.3±4.7 <sup>h-i</sup>	8.0±0.6 <sup>i-k</sup>	26.7±0.3 <sup>b-d</sup>	8.9±0.5 <sup>i-l</sup>	9.7±0.9 <sup>j-m</sup>	3.9±0.3 <sup>f-i</sup>	103.0±2.9 <sup>j-m</sup>	2.5±0.3 <sup>f-k</sup>
CT10	74.0±1.0 <sup>g-n</sup>	220.7±26.4 <sup>a-d</sup>	9.3±0.9 <sup>g-k</sup>	20.7±1.5 <sup>h-k</sup>	9.4±0.5 <sup>g-k</sup>	13.1±0.4 <sup>a-g</sup>	5.4±0.1 <sup>a-d</sup>	152.0±25.1 <sup>c-k</sup>	1.0±0.1 <sup>o-p</sup>
CT11	50.3±2.3 <sup>p</sup>	102.3±9.2 <sup>g-i</sup>	13.7±1.5 <sup>b-h</sup>	20.0±1.0 <sup>j-k</sup>	7.3±0.3 <sup>l-m</sup>	9.0±0.3 <sup>l-m</sup>	3.8±0.4 <sup>h-i</sup>	183.0±17.9 <sup>b-g</sup>	3.3±0.1 <sup>d-e</sup>
CT12	76.7±1.5 <sup>e-l</sup>	181.3±9.1 <sup>b-h</sup>	13.0±1.2 <sup>c-h</sup>	24.0±1.0 <sup>d-h</sup>	9.4±0.2 <sup>g-k</sup>	11.8±0.4 <sup>e-i</sup>	4.9±0.2 <sup>f-i</sup>	184.3±9.8 <sup>b-g</sup>	3.9±0.1 <sup>cd</sup>
CT13	70.3±3.7 <sup>i-n</sup>	107.7±12.8 <sup>f-i</sup>	9.3±1.2 <sup>g-k</sup>	29.3±0.7 <sup>b</sup>	13.1±0.7 <sup>b</sup>	12.0±0.5 <sup>c-i</sup>	5.1±0.2 <sup>b-e</sup>	103.0±7.6 <sup>i-m</sup>	4.2±0.1 <sup>b-c</sup>
CT14	94.0±1.5 <sup>ab</sup>	196.0±33.5 <sup>b-g</sup>	13.3±2.4 <sup>b-h</sup>	28.0±1.2 <sup>bc</sup>	11.2±0.1 <sup>c-g</sup>	13.0±0.8 <sup>a-g</sup>	5.7±0.3 <sup>ab</sup>	156.3±29.3 <sup>c-j</sup>	1.0±0.1 <sup>op</sup>
CT15	64.3±3.5 <sup>n-o</sup>	138.0±8.1 <sup>c-i</sup>	18.0±0.6 <sup>ab</sup>	23.7±0.9 <sup>d-i</sup>	10.4±0.7 <sup>d-i</sup>	13.0±0.3 <sup>a-g</sup>	4.1±0.2 <sup>e-i</sup>	126.7±12.5 <sup>f-l</sup>	2.8±0.3 <sup>e-i</sup>
CT16	90.0±4.6 <sup>a-c</sup>	229.0±34.8 <sup>a-c</sup>	15.3±1.3 <sup>a-e</sup>	26.7±0.9 <sup>b-e</sup>	11.9±0.3 <sup>b-e</sup>	13.5±0.3 <sup>a-e</sup>	5.3±0.2 <sup>b-d</sup>	199.3±17.3 <sup>a-e</sup>	1.4±0.2 <sup>m-p</sup>
CT <sup>1)</sup> 17	88.0±4.9 <sup>b-d</sup>	174.0±30.7 <sup>b-h</sup>	13.3±0.9 <sup>b-h</sup>	23.3±1.3 <sup>e-j</sup>	10.6±0.3 <sup>d-i</sup>	10.4±0.5 <sup>i-m</sup>	5.1±0.3 <sup>b-e</sup>	149.7±11.2 <sup>c-k</sup>	1.7±0.1 <sup>k-p</sup>
CT18	84.0±3.1 <sup>c-g</sup>	183.7±32.4 <sup>b-h</sup>	14.0±1.5 <sup>a-g</sup>	23.7±0.7 <sup>d-i</sup>	11.8±0.3 <sup>b-e</sup>	14.1±0.2 <sup>ab</sup>	5.0±0.1 <sup>b-e</sup>	164.7±16.8 <sup>b-i</sup>	3.3±0.3 <sup>d-e</sup>
CT19	74.0±1.5 <sup>g-n</sup>	190.7±17.1 <sup>b-h</sup>	17.0±1.7 <sup>a-d</sup>	22.3±0.3 <sup>f-k</sup>	10.9±0.5 <sup>d-g</sup>	13.9±1.6 <sup>ab</sup>	4.8±0.4 <sup>b-g</sup>	163.0±17.8 <sup>c-i</sup>	3.1±0.6 <sup>ef</sup>
CT20	74.0±1.7 <sup>g-n</sup>	128.0±12.7 <sup>d-i</sup>	15.7±2.8 <sup>a-d</sup>	23.7±0.9 <sup>d-i</sup>	10.2±0.9 <sup>e-i</sup>	11.0±0.5 <sup>h-k</sup>	5.1±0.2 <sup>b-e</sup>	124.3±23.0 <sup>g-l</sup>	1.6±0.3 <sup>k-p</sup>
CT21	83.0±0.6 <sup>c-h</sup>	196.0±4.6 <sup>b-g</sup>	9.3±0.7 <sup>g-k</sup>	24.0±1.0 <sup>d-h</sup>	10.7±0.2 <sup>d-h</sup>	12.3±0.6 <sup>b-i</sup>	4.8±0.3 <sup>b-g</sup>	147.7±5.5 <sup>c-i</sup>	1.1±0.1 <sup>n-p</sup>
CT22	80.7±2.3 <sup>c-i</sup>	178.7±39.2 <sup>b-h</sup>	12.3±2.0 <sup>d-i</sup>	26.3±0.9 <sup>b-e</sup>	12.7±0.1 <sup>bc</sup>	14.2±0.5 <sup>a</sup>	5.2±0.7 <sup>b-d</sup>	142.0±21.0 <sup>d-l</sup>	2.6±0.2 <sup>e-j</sup>
CT23	80.0±2.0 <sup>c-j</sup>	202.0±42.2 <sup>b-f</sup>	18.0±2.1 <sup>ab</sup>	23.3±1.8 <sup>e-j</sup>	12.1±0.5 <sup>b-d</sup>	13.8±0.4 <sup>a-c</sup>	5.2±0.5 <sup>b-d</sup>	195.3±32.2 <sup>a-f</sup>	2.2±0.2 <sup>g-m</sup>
CT24	84.7±6.7 <sup>b-f</sup>	152.3±9.2 <sup>b-i</sup>	18.7±1.5 <sup>a</sup>	27.0±1.0 <sup>b-d</sup>	9.9±0.4 <sup>f-j</sup>	11.4±0.6 <sup>h-k</sup>	5.2±0.1 <sup>b-d</sup>	179.7±11.9 <sup>b-h</sup>	1.1±0.1 <sup>n-p</sup>
CT25	86.7±5.8 <sup>b-e</sup>	149.0±4.9 <sup>b-i</sup>	10.0±1.5 <sup>f-k</sup>	24.3±0.9 <sup>d-g</sup>	11.1±0.7 <sup>c-g</sup>	12.6±0.7 <sup>a-g</sup>	4.8±0.2 <sup>b-g</sup>	125.7±30.6 <sup>f-l</sup>	1.8±0.2 <sup>i-o</sup>
CT26	94.3±4.2 <sup>ab</sup>	203.7±16.8 <sup>b-f</sup>	17.3±1.2 <sup>a-c</sup>	25.0±0.0 <sup>c-f</sup>	10.9±0.8 <sup>d-g</sup>	14.1±0.5 <sup>ab</sup>	4.6±0.1 <sup>d-h</sup>	214.7±13.0 <sup>a-c</sup>	3.0±0.1 <sup>e-g</sup>
CT27	89.3±3.7 <sup>a-c</sup>	147.7±32.3 <sup>b-i</sup>	9.7±1.5 <sup>h-k</sup>	26.0±1.0 <sup>b-e</sup>	9.6±0.9 <sup>f-k</sup>	11.6±0.7 <sup>f-i</sup>	5.2±0.1 <sup>b-d</sup>	130.0±14.6 <sup>e-l</sup>	1.3±0.2 <sup>m-p</sup>
CT28	86.0±1.5 <sup>b-e</sup>	174.7±37.0 <sup>b-h</sup>	13.3±2.7 <sup>b-h</sup>	27.0±1.5 <sup>b-d</sup>	11.4±0.4 <sup>c-f</sup>	11.4±0.3 <sup>g-j</sup>	5.4±0.6 <sup>a-d</sup>	203.0±42.1 <sup>a-d</sup>	1.7±0.1 <sup>k-p</sup>
CT29	83.0±3.2 <sup>c-h</sup>	295.7±89.6 <sup>a</sup>	14.0±1.2 <sup>a-g</sup>	25.0±1.2 <sup>c-f</sup>	10.9±0.6 <sup>d-g</sup>	11.7±0.4 <sup>e-j</sup>	5.4±0.2 <sup>a-d</sup>	261.3±55.2 <sup>a</sup>	1.6±0.1 <sup>k-p</sup>
CT30	79.0±4.4 <sup>d-k</sup>	237.3±41.0 <sup>ab</sup>	13.7±0.9 <sup>b-h</sup>	22.0±1.5 <sup>f-k</sup>	9.8±0.3 <sup>f-j</sup>	11.8±0.2 <sup>d-i</sup>	4.8±0.1 <sup>b-g</sup>	167.7±22.5 <sup>b-i</sup>	2.3±0.1 <sup>f-l</sup>
CT31	97.7±2.2 <sup>a</sup>	183.0±45.4 <sup>b-h</sup>	16.0±1.5 <sup>a-c</sup>	28.3±1.2 <sup>bc</sup>	12.7±0.4 <sup>bc</sup>	12.3±0.9 <sup>b-h</sup>	5.4±0.5 <sup>a-d</sup>	232.7±19.7 <sup>ab</sup>	0.8±0.1 <sup>p</sup>
CT32	80.0±3.5 <sup>c-j</sup>	218.7±27.1 <sup>a-e</sup>	15.3±1.7 <sup>a-e</sup>	25.3±0.3 <sup>c-f</sup>	9.5±0.2 <sup>g-k</sup>	11.5±0.3 <sup>f-i</sup>	5.4±0.0 <sup>a-d</sup>	205.7±29.7 <sup>a-d</sup>	1.7±0.1 <sup>k-p</sup>
CT33	69.3±2.0 <sup>k-o</sup>	176.3±14.1 <sup>b-h</sup>	15.0±0.6 <sup>a-e</sup>	27.0±1.2 <sup>b-d</sup>	10.6±0.0 <sup>d-i</sup>	13.3±0.6 <sup>a-f</sup>	6.3±0.4 <sup>a</sup>	162.3±9.9 <sup>c-i</sup>	1.9±0.4 <sup>i-n</sup>
CT34	81.0±4.4 <sup>c-i</sup>	163.0±32.5 <sup>b-i</sup>	10.7±1.2 <sup>e-j</sup>	38.7±0.9 <sup>a</sup>	17.9±1.5 <sup>a</sup>	13.7±0.4 <sup>a-d</sup>	3.9±0.1 <sup>f-i</sup>	164.3±20.6 <sup>b-i</sup>	2.1±0.1 <sup>i-n</sup>

<sup>1)</sup>CT; *Carthamus tinctorius*. \*Means with the same letter are not significantly different according to DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at 5% level ( $p < 0.05$ ).

특성을 조사하였다. 지상부 생육특성의 경우, CT14, CT16, CT26 및 CT31 자원은 평균 초장이 90 cm 이상이었고, 그에 반해 CT11 자원은 평균 초장이 50.33 cm 로 가장 짧았다 (Table 3). CT29 등 7 자원은 지상부중이 200 g 이상으로 높았으며, CT05 자원은 평균 77.33 g으로 무게가 가장 적게 나

갔다 (Table 3). 또한 이들 자원 중 CT34 자원의 경경 평균 17.93 mm로 가장 높게 나타났다 (Table 3). 지하부의 생육특성을 살펴본 바, CT10, CT34 등의 자원은 지하부중이 20 g 이상이였으며, 건물중은 CT16, CT29, CT30 등이 60 g 이상으로 높은 값으로 조사되었다 (Table 4).

**Table 4.** Growth characteristics on underground part of safflower germplasms.

Germplasm no.	Underground- part weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Root		
			Length (cm)	Diameter (mm)	Dry weight (g/plant)
CT <sup>1)</sup> 01	5.3±0.7 <sup>j-l</sup>	35.7±1.8 <sup>c-g</sup>	9.8±0.6 <sup>b</sup>	8.3±0.1 <sup>m-o</sup>	2.0±0.0 <sup>g-i</sup>
CT02	9.0±0.6 <sup>f-l</sup>	36.7±1.8 <sup>c-g</sup>	12.4±0.3 <sup>b</sup>	9.0±0.5 <sup>lm-o</sup>	2.7±0.3 <sup>e-i</sup>
CT03	10.3±0.9 <sup>e-k</sup>	28.0±2.5 <sup>g</sup>	12.7±0.7 <sup>b</sup>	9.0±0.2 <sup>k-n</sup>	2.7±0.3 <sup>e-i</sup>
CT04	7.0±0.0 <sup>h-l</sup>	28.3±1.9 <sup>e-g</sup>	10.4±0.7 <sup>b</sup>	8.3±0.0 <sup>m-o</sup>	2.0±0.0 <sup>g-i</sup>
CT05	6.3±0.3 <sup>h-l</sup>	17.7±2.6 <sup>g</sup>	11.2±0.5 <sup>b</sup>	7.0±0.2 <sup>o</sup>	2.0±0.0 <sup>g-i</sup>
CT06	5.3±1.2 <sup>j-l</sup>	32.7±3.5 <sup>d-g</sup>	10.8±0.6 <sup>b</sup>	9.0±0.5 <sup>k-n</sup>	1.7±0.3 <sup>hi</sup>
CT07	6.0±0.6 <sup>h-l</sup>	30.3±1.2 <sup>d-g</sup>	13.8±2.1 <sup>b</sup>	8.5±0.2 <sup>m-o</sup>	2.0±0.0 <sup>g-i</sup>
CT08	8.3±0.7 <sup>g-l</sup>	38.0±0.0 <sup>c-g</sup>	14.5±1.7 <sup>b</sup>	9.4±0.2 <sup>k-n</sup>	2.7±0.3 <sup>e-i</sup>
CT09	4.7±0.3 <sup>kl</sup>	28.0±2.0 <sup>g</sup>	12.4±0.7 <sup>b</sup>	9.7±0.4 <sup>i-n</sup>	1.7±0.3 <sup>hi</sup>
CT10	21.7±1.9 <sup>a</sup>	56.7±5.6 <sup>a-e</sup>	20.3±0.2 <sup>b</sup>	12.2±0.6 <sup>c-g</sup>	6.0±0.0 <sup>a</sup>
CT11	4.3±0.9 <sup>j</sup>	28.7±2.9 <sup>e-g</sup>	13.3±1.4 <sup>b</sup>	7.9±0.5 <sup>no</sup>	1.3±0.3 <sup>i</sup>
CT12	10.3±1.7 <sup>e-k</sup>	50.3±4.1 <sup>b-f</sup>	15.7±1.3 <sup>b</sup>	11.0±0.2 <sup>e-i</sup>	3.3±0.3 <sup>c-h</sup>
CT13	5.3±0.7 <sup>j-l</sup>	39.3±5.0 <sup>b-g</sup>	8.3±0.4 <sup>b</sup>	10.0±0.4 <sup>h-n</sup>	1.7±0.3 <sup>hi</sup>
CT14	11.7±1.9 <sup>c-h</sup>	61.3±12.1 <sup>a-c</sup>	12.3±0.9 <sup>b</sup>	12.9±0.5 <sup>c-e</sup>	3.7±0.3 <sup>b-g</sup>
CT15	5.7±0.3 <sup>i-l</sup>	37.3±4.7 <sup>c-g</sup>	9.7±0.7 <sup>b</sup>	8.8±0.4 <sup>m-o</sup>	1.7±0.3 <sup>hi</sup>
CT16	17.3±2.6 <sup>a-c</sup>	67.3±6.6 <sup>ab</sup>	12.3±1.0 <sup>b</sup>	14.8±0.4 <sup>b</sup>	5.0±0.6 <sup>a-c</sup>
CT17	13.7±1.5 <sup>b-g</sup>	46.3±11.1 <sup>b-f</sup>	15.0±0.3 <sup>b</sup>	12.9±0.5 <sup>c-e</sup>	4.7±0.3 <sup>a-d</sup>
CT18	10.7±2.2 <sup>e-j</sup>	55.0±10.0 <sup>a-f</sup>	11.7±0.3 <sup>b</sup>	12.5±0.5 <sup>c-f</sup>	3.7±0.7 <sup>b-g</sup>
CT19	13.7±2.9 <sup>b-f</sup>	54.7±8.6 <sup>a-f</sup>	15.8±1.5 <sup>b</sup>	11.8±0.4 <sup>d-h</sup>	4.0±1.0 <sup>b-f</sup>
CT20	10.0±1.2 <sup>e-l</sup>	42.3±6.2 <sup>b-g</sup>	9.7±0.4 <sup>b</sup>	10.9±1.0 <sup>f-k</sup>	3.0±0.6 <sup>e-i</sup>
CT21	14.7±1.2 <sup>b-f</sup>	50.7±4.1 <sup>b-f</sup>	13.0±0.8 <sup>b</sup>	12.9±0.3 <sup>c-e</sup>	4.3±0.7 <sup>b-e</sup>
CT22	10.3±1.9 <sup>e-k</sup>	50.3±10.4 <sup>b-f</sup>	10.7±1.7 <sup>b</sup>	12.4±0.3 <sup>c-g</sup>	2.7±0.7 <sup>e-i</sup>
CT23	15.7±1.3 <sup>b-e</sup>	55.7±14.2 <sup>a-f</sup>	11.8±0.8 <sup>b</sup>	11.9±0.2 <sup>c-h</sup>	4.0±0.6 <sup>b-f</sup>
CT24	15.3±3.7 <sup>b-e</sup>	37.3±4.7 <sup>c-g</sup>	11.5±1.3 <sup>b</sup>	11.5±0.8 <sup>d-i</sup>	4.0±1.0 <sup>b-f</sup>
CT25	11.7±2.0 <sup>c-h</sup>	35.0±2.0 <sup>c-g</sup>	14.2±2.7 <sup>b</sup>	11.5±0.7 <sup>d-i</sup>	3.3±0.7 <sup>c-h</sup>
CT26	15.3±0.9 <sup>b-e</sup>	58.3±6.4 <sup>a-d</sup>	13.1±0.9 <sup>b</sup>	11.9±0.9 <sup>c-g</sup>	4.0±0.6 <sup>b-f</sup>
CT27	11.0±3.5 <sup>e-j</sup>	32.3±13.1 <sup>d-g</sup>	11.8±2.1 <sup>b</sup>	10.6±1.0 <sup>g-l</sup>	2.7±0.7 <sup>e-i</sup>
CT28	14.7±2.2 <sup>b-f</sup>	47.0±6.7 <sup>b-f</sup>	14.3±1.3 <sup>b</sup>	12.4±0.6 <sup>c-g</sup>	4.0±0.6 <sup>b-f</sup>
CT29	19.0±2.9 <sup>ab</sup>	79.0±24.4 <sup>a</sup>	13.5±0.9 <sup>b</sup>	13.8±1.6 <sup>bc</sup>	5.3±0.9 <sup>ab</sup>
CT30	9.0±2.1 <sup>f-l</sup>	62.0±9.0 <sup>a-c</sup>	51.2±40.4 <sup>a</sup>	10.5±0.5 <sup>g-l</sup>	2.3±0.3 <sup>f-i</sup>
CT31	17.0±1.2 <sup>a-d</sup>	52.0±7.9 <sup>a-f</sup>	11.7±0.7 <sup>b</sup>	13.2±0.3 <sup>b-d</sup>	4.0±0.6 <sup>b-f</sup>
CT32	11.3±1.2 <sup>d-i</sup>	46.0±11.4 <sup>b-f</sup>	15.8±1.8 <sup>b</sup>	9.8±0.5 <sup>i-n</sup>	2.7±0.3 <sup>e-i</sup>
CT33	7.3±0.3 <sup>h-l</sup>	55.7±5.2 <sup>a-f</sup>	12.8±2.1 <sup>b</sup>	9.8±0.1 <sup>i-m</sup>	2.3±0.3 <sup>f-i</sup>
CT34	22.0±1.0 <sup>a</sup>	28.7±0.0 <sup>e-g</sup>	17.0±1.5 <sup>b</sup>	18.1±1.0 <sup>a</sup>	1.3±0.3 <sup>i</sup>

<sup>1)</sup>CT; *Carthamus tinctorius*. \* Means with the same letter are not significantly different according to DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at 5% level ( $p < 0.05$ ).

홍화 자원의 작물 특성과 교배 방법

수집자원의 화기특성을 비교하였을 때, 미얀마에서 수집된 CT11이 두화수가 가장 많았고, CT05의 두화수가 가장 적은 것으로 나타났다 (Table 5). 홍화자수는 CT02, CT03, CT08 과 CT31 자원이 한 꽃 당 50 개 이상으로 다른 자원들에 비해 많은 것으로 나타났고, 또한 CT02, CT06 및 CT33은 한 주 당 종자 수량이 400 g 이상으로 다른 자원에 비해 상

대적으로 높은 값을 보였다 (Table 5). 수집된 자원들은 평균 94.59%의 높은 발아율을 보였으며, 종자 발아적온은 15°C에서 20°C로 나타났다. 개화 시기는 CT06 자원이 6월 11일로 가장 이른 것으로 조사 되었다 (Table 5).

Park (2003)에 의하면 홍화의 초장은 조생종인 재래종에서 가장 짧고, 만생종인 수원 1호에서 가장 길었으나, 분지장은

Table 5. Floral-organ characteristics of safflower germplasms.

Germ-plasm no.	No. of flower	Capitular			Fruit		Seed		Germination rate (%)	Flowering date (M.D) <sup>2)</sup>
		Number (ea/plant)	Length (mm)	Width (mm)	Number (ea/flower)	Total number (ea/plant)	Yield (g/plant)	Weight (g/1,000)		
CT <sup>1)</sup> 01	17.7±2.2 <sup>f-k</sup>	15.0±2.0 <sup>e-i</sup>	27.0±0.8 <sup>b-g</sup>	25.3±0.5 <sup>e-i</sup>	9.3±0.3 <sup>j</sup>	388.3±13.2 <sup>b-e</sup>	279.0±11.7 <sup>b-f</sup>	45.6±0.2 <sup>h-j</sup>	96	6.15
CT02	10.7±0.9 <sup>i-k</sup>	12.3±0.3 <sup>e-i</sup>	26.9±0.8 <sup>b-g</sup>	28.5±0.2 <sup>b-f</sup>	50.7±6.3 <sup>a-c</sup>	410.3±56.4 <sup>b-e</sup>	556.0±70.1 <sup>a-c</sup>	48.3±0.1 <sup>d-i</sup>	92	6.13
CT03	8.3±0.7 <sup>i-k</sup>	9.0±0.6 <sup>h-i</sup>	28.3±1.2 <sup>a-f</sup>	26.5±0.6 <sup>d-h</sup>	56.0±5.0 <sup>ab</sup>	366.0±26.0 <sup>b-f</sup>	300.0±25.4 <sup>b-f</sup>	38.2±0.0 <sup>m</sup>	92	6.13
CT04	11.0±0.6 <sup>h-k</sup>	8.7±0.7 <sup>h-i</sup>	26.6±0.6 <sup>b-g</sup>	28.3±0.5 <sup>b-f</sup>	44.7±7.3 <sup>b-e</sup>	357.7±18.0 <sup>b-f</sup>	358.0±167.8 <sup>b-f</sup>	46.3±0.2 <sup>g-j</sup>	96	6.14
CT05	8.0±0.0 <sup>k</sup>	6.7±0.9 <sup>j</sup>	25.5±1.0 <sup>c-h</sup>	27.5±1.0 <sup>b-h</sup>	27.0±5.9 <sup>e-j</sup>	260.3±11.7 <sup>b-f</sup>	261.0±15.7 <sup>b-f</sup>	53.3±0.3 <sup>b-d</sup>	100	6.14
CT06	13.0±1.5 <sup>h-k</sup>	9.7±0.3 <sup>h-i</sup>	28.8±1.6 <sup>a-d</sup>	27.0±1.0 <sup>c-h</sup>	35.7±2.6 <sup>c-i</sup>	532.0±88.1 <sup>ab</sup>	428.0±60.4 <sup>b-e</sup>	44.6±0.7 <sup>i-k</sup>	96	6.11
CT07	10.7±0.7 <sup>i-k</sup>	8.3±0.9 <sup>h-i</sup>	26.8±0.4 <sup>b-g</sup>	29.5±1.5 <sup>b-e</sup>	48.0±4.0 <sup>b-d</sup>	302.0±25.4 <sup>b-f</sup>	403.0±56.4 <sup>b-e</sup>	43.2±0.2 <sup>i-m</sup>	100	6.19
CT08	22.7±0.3 <sup>b-h</sup>	11.0±0.0 <sup>g-i</sup>	28.7±0.6 <sup>a-d</sup>	27.1±0.5 <sup>c-h</sup>	51.0±5.0 <sup>a-c</sup>	369.0±177.8 <sup>b-f</sup>	237.0±20.6 <sup>c-f</sup>	44.2±0.1 <sup>i-k</sup>	92	6.21
CT09	20.7±1.8 <sup>d-i</sup>	9.0±0.6 <sup>h-i</sup>	26.6±1.1 <sup>b-g</sup>	30.5±0.9 <sup>b-d</sup>	23.3±4.7 <sup>f-i</sup>	340.0±15.9 <sup>b-f</sup>	70.0±10.0 <sup>h-i</sup>	50.4±1.1 <sup>c-h</sup>	92	6.23
CT10	16.0±3.6 <sup>g-k</sup>	19.3±3.3 <sup>a-i</sup>	28.9±0.7 <sup>a-d</sup>	35.1±0.4 <sup>a</sup>	38.0±4.0 <sup>b-h</sup>	246.0±48.1 <sup>c-f</sup>	68.0±8.0 <sup>h-i</sup>	52.3±5.2 <sup>c-f</sup>	92	6.28
CT11	37.7±6.0 <sup>a</sup>	26.7±2.9 <sup>a-d</sup>	22.5±0.4 <sup>h</sup>	22.8±0.1 <sup>h-i</sup>	26.0±6.2 <sup>e-j</sup>	230.3±20.6 <sup>c-f</sup>	69.0±5.0 <sup>h-i</sup>	38.5±0.6 <sup>l-m</sup>	98	6.26
CT12	25.3±3.8 <sup>b-g</sup>	18.7±1.2 <sup>a-i</sup>	26.5±1.3 <sup>b-g</sup>	29.2±0.7 <sup>b-e</sup>	32.7±6.4 <sup>c-i</sup>	381.7±68.3 <sup>b-e</sup>	188.0±25.6 <sup>d-f</sup>	42.4±1.1 <sup>i-m</sup>	90	6.24
CT13	19.7±3.5 <sup>d-j</sup>	11.7±2.0 <sup>f-i</sup>	24.5±0.5 <sup>e-h</sup>	24.2±0.5 <sup>f-i</sup>	24.7±4.9 <sup>f-j</sup>	418.3±72.5 <sup>b-d</sup>	321.0±25.4 <sup>b-f</sup>	44.7±0.3 <sup>i-k</sup>	92	7.10
CT14	29.3±4.1 <sup>a-f</sup>	21.3±10.3 <sup>a-h</sup>	28.1±1.5 <sup>a-f</sup>	30.1±3.1 <sup>b-e</sup>	28.3±9.9 <sup>e-j</sup>	191.7±25.6 <sup>d-f</sup>	36.0±2.0 <sup>d-i</sup>	45.0±2.2 <sup>i-k</sup>	98	6.30
CT15	31.0±2.3 <sup>a-d</sup>	28.7±5.9 <sup>a-c</sup>	28.0±0.8 <sup>a-f</sup>	21.1±0.4 <sup>i</sup>	18.7±2.6 <sup>h-j</sup>	456.0±57.5 <sup>a-d</sup>	51.0±6.3 <sup>b-c</sup>	51.2±0.9 <sup>c-g</sup>	100	6.22
CT16	19.7±1.2 <sup>d-j</sup>	26.3±4.4 <sup>a-e</sup>	29.6±0.7 <sup>a-c</sup>	28.8±0.7 <sup>b-f</sup>	31.3±5.2 <sup>d-i</sup>	193.7±50.3 <sup>d-f</sup>	37.0±4.0 <sup>h</sup>	52.8±0.2 <sup>b-e</sup>	96	6.25
CT17	33.3±6.8 <sup>ab</sup>	18.7±4.2 <sup>a-i</sup>	23.0±1.1 <sup>g-h</sup>	27.3±1.9 <sup>c-h</sup>	21.3±1.3 <sup>g-j</sup>	270.7±90.3 <sup>b-f</sup>	56.0±1.1 <sup>g</sup>	59.4±0.4 <sup>a</sup>	96	6.24
CT18	16.3±0.9 <sup>g-k</sup>	15.7±2.7 <sup>a-i</sup>	30.2±0.9 <sup>ab</sup>	27.2±1.5 <sup>c-h</sup>	32.3±7.2 <sup>d-i</sup>	266.3±43.1 <sup>b-f</sup>	76.0±30.4 <sup>a</sup>	43.6±4.1 <sup>i-l</sup>	86	6.26
CT19	22.3±3.0 <sup>b-i</sup>	21.7±0.9 <sup>a-h</sup>	31.2±0.4 <sup>a</sup>	27.8±0.7 <sup>b-g</sup>	29.3±9.3 <sup>d-i</sup>	98.3±47.4 <sup>f</sup>	145.0±16.9 <sup>ef</sup>	55.8±1.3 <sup>a-c</sup>	90	6.24
CT20	25.0±0.6 <sup>b-g</sup>	14.7±1.8 <sup>a-i</sup>	26.3±0.5 <sup>b-h</sup>	29.2±3.0 <sup>b-f</sup>	26.0±2.5 <sup>e-j</sup>	241.0±24.6 <sup>c-f</sup>	25.0±2.5 <sup>e</sup>	39.9±1.3 <sup>k-m</sup>	100	6.24
CT21	12.7±1.2 <sup>h-k</sup>	16.3±1.5 <sup>b-i</sup>	29.9±0.6 <sup>ab</sup>	30.5±1.5 <sup>b-d</sup>	38.7±1.8 <sup>b-g</sup>	457.0±14.7 <sup>a-d</sup>	42.0±4.1 <sup>i-l</sup>	55.5±1.1 <sup>a-c</sup>	90	6.24
CT22	22.0±2.3 <sup>b-i</sup>	25.0±5.3 <sup>a-g</sup>	25.0±0.9 <sup>d-h</sup>	23.4±0.8 <sup>g-i</sup>	28.7±0.9 <sup>e-i</sup>	511.0±70.1 <sup>a-c</sup>	436.0±14.7 <sup>a-d</sup>	50.4±0.3 <sup>c-h</sup>	90	6.24
CT23	20.7±2.3 <sup>d-i</sup>	30.0±6.8 <sup>ab</sup>	27.4±1.2 <sup>a-f</sup>	27.6±0.9 <sup>b-g</sup>	29.7±4.9 <sup>d-i</sup>	366.7±65.4 <sup>b-f</sup>	75.0±24.4 <sup>a</sup>	47.5±4.8 <sup>e-j</sup>	80	6.26
CT24	19.0±1.5 <sup>e-k</sup>	17.3±2.2 <sup>a-i</sup>	24.4±1.1 <sup>f-h</sup>	28.9±1.8 <sup>b-f</sup>	26.7±5.9 <sup>e-i</sup>	268.0±42.4 <sup>b-f</sup>	110.0±55.4 <sup>f</sup>	28.8±0.4 <sup>n</sup>	96	6.25
CT25	18.3±3.9 <sup>e-k</sup>	15.3±3.4 <sup>a-i</sup>	27.5±3.0 <sup>a-f</sup>	28.7±2.1 <sup>b-f</sup>	23.0±5.0 <sup>f-j</sup>	327.0±133.3 <sup>b-f</sup>	77.0±15.4 <sup>a</sup>	57.9±0.7 <sup>ab</sup>	88	6.25
CT26	20.7±3.5 <sup>d-i</sup>	24.0±1.5 <sup>a-g</sup>	28.0±1.0 <sup>a-f</sup>	28.5±1.3 <sup>b-f</sup>	16.3±4.3 <sup>ij</sup>	266.0±56.3 <sup>b-f</sup>	83.0±24.9 <sup>a</sup>	53.7±0.1 <sup>b-d</sup>	94	6.28
CT27	21.7±2.7 <sup>c-i</sup>	12.7±2.7 <sup>d-i</sup>	28.8±1.0 <sup>a-d</sup>	31.1±0.8 <sup>a-c</sup>	25.7±1.5 <sup>e-j</sup>	236.7±8.8 <sup>c-f</sup>	52.0±0.9 <sup>c-g</sup>	38.2±2.6 <sup>m</sup>	94	6.26
CT28	22.3±1.5 <sup>b-i</sup>	25.0±8.5 <sup>a-g</sup>	26.7±1.9 <sup>b-g</sup>	27.1±3.0 <sup>c-h</sup>	41.7±13.7 <sup>b-f</sup>	237.3±38.3 <sup>c-f</sup>	42.0±0.2 <sup>i-m</sup>	52.6±0.3 <sup>b-f</sup>	100	6.27
CT29	33.0±5.2 <sup>a-c</sup>	30.3±10.7 <sup>a</sup>	27.4±1.3 <sup>a-f</sup>	29.8±1.6 <sup>b-e</sup>	33.3±5.5 <sup>c-i</sup>	467.3±121.5 <sup>a-d</sup>	44.0±0.4 <sup>f-j</sup>	55.3±1.2 <sup>a-c</sup>	100	6.28
CT30	21.3±0.9 <sup>d-i</sup>	24.0±2.5 <sup>a-g</sup>	27.1±3.2 <sup>a-f</sup>	32.2±1.6 <sup>ab</sup>	34.7±2.0 <sup>d-i</sup>	286.0±38.7 <sup>b-f</sup>	70.0±0.7 <sup>ab</sup>	52.6±0.5 <sup>b-f</sup>	100	6.28
CT31	25.7±9.2 <sup>b-g</sup>	20.0±1.5 <sup>a-i</sup>	28.6±0.6 <sup>a-e</sup>	27.1±2.3 <sup>c-h</sup>	65.7±8.0 <sup>a</sup>	452.0±191.5 <sup>a-d</sup>	30.0±1.2 <sup>a-c</sup>	38.0±0.0 <sup>m</sup>	100	6.25
CT32	30.0±4.2 <sup>a-e</sup>	25.3±4.8 <sup>a-f</sup>	27.5±0.2 <sup>a-f</sup>	30.6±0.6 <sup>bc</sup>	26.3±5.6 <sup>e-j</sup>	349.3±101.3 <sup>b-f</sup>	100.0±47.4 <sup>f</sup>	47.3±0.4 <sup>f-j</sup>	100	6.26
CT33	29.0±1.0 <sup>a-f</sup>	24.3±2.8 <sup>a-g</sup>	25.1±0.3 <sup>d-h</sup>	25.7±0.7 <sup>d-h</sup>	27.7±4.4 <sup>e-j</sup>	684.3±219.5 <sup>a</sup>	527.0±121.5 <sup>a-d</sup>	40.1±0.1 <sup>k-m</sup>	94	6.28
CT34	20.3±2.7 <sup>d-i</sup>	13.3±1.5 <sup>d-i</sup>	22.9±0.9 <sup>gh</sup>	21.0±1.6 <sup>i</sup>	33.7±3.0 <sup>c-i</sup>	131.3±16.9 <sup>ef</sup>	98.0±41.2 <sup>a-c</sup>	43.0±0.2 <sup>i-m</sup>	96	6.26

<sup>1)</sup>CT; *Carthamus tinctorius*, <sup>2)</sup>M.D.; Month. Day. \*Means with the same letter are not significantly different according to DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at 5% level ( $p < 0.05$ ).

만생종의 경우 조생종인 재래종보다 짧은 것으로 나타났다. Bang 등 (2001)은 홍화 수집종들의 생육특성을 비교하였는데, 홍화 자원들의 경장(莖長)을 조사한 결과, 12 개의 자원들이 단간종인 것으로 나타나 이들 자원들은 내도복성 품종 육성의 육종 소재로써 이용될 가능성이 있다 보고했다. 본 연구에서 CT11의 초장이 가장 짧았고 CT34의 경경이 가장 굵었는데, 이들 자원은 추후 내도복 자원으로 이용할 수 있음을 시사한다.

Park 등 (2004)은 홍화 수집종의 개화 소요 일수 조사에서, 국내종의 개화 소요 일수는 87 일에서 88 일인데 반해 중앙아시아인 타지키스탄과 카자흐스탄에서 수집된 계통은 국내 자원보다 2 주 정도 개화기가 늦은 만생계통임이 밝혀졌다 (Park *et al.*, 2004). 홍화의 개화기는 국내 수집 10 계통과 도입 6 계통 간 18 일의 차이를 보였으며 (Kim, 2000), Bang 등 (2001)도 홍화의 개화 소요 일수가 최저 74 일에서 최고 88 일까지 14 일의 변이를 나타낸다고 보고하였다. 이들 선행 연구는 34 점의 홍화 수집자원 간 개화일이 18 일 정도의 차이가 있다고 나타난 본 연구 결과와 비슷하였는데, 그 중 특히 중앙아시아 수집자원인 CT08, CT10, CT19 및 CT23은 개화가 늦은 특성을 보였다.

## 2. 홍화 육성집단 모본 선발

생육특성 평가를 바탕으로, 수집된 홍화 유전자원에서 모본을 선발하였다. 먼저 모본 선정 시 개화시기를 중요하게 고려하였다. 이는 홍화의 개화기는 6월 중하순으로 국내의 장마시기와 겹쳐 탄저병의 발생이 많고 수정 장애에 의한 결실을 저하로 수량이 감소되며, 계통의 분지성이 낮아 수량 증대에 한계가 있기 때문이다 (Park *et al.*, 2004). 또한 수확기의 강우로 인해 수발아 피해가 발생하기도 한다 (Kim *et al.*, 2005).

홍화는 두상화로 개화기부터 성숙기까지 강우가 적으면 수정이 잘 안되고 결실 및 등숙이 불량해진다 (Bang *et al.*, 2001). 농촌진흥청은 우량한 종실 생산을 위해 개화기를 장마기 이전으로 당기면 꽃봉우리 부패를 4% 이상 낮출 수 있으며 수량 감소율이 적었다고 보고하였다 (RDA, 1999). 따라서 교배를 통한 다수성 고품질 홍화 품종 육성 시, 이를 고려하여 조기 개화 특성 자원을 선발하는데 고려하였다.

화기특성 조사 결과, CT06 자원은 6월 상순에 개화가 시작하여 20 일 내에 90% 이상이 개화하였는데, 이는 수집 자원 중 가장 빠른 시기였다 (Table 5). 또한 개화 후 자방의 성숙이 20 일 내에 이루어져 장마기 전 많은 종자를 수확할 수 있는 우수 자원으로 평가되었다. 따라서 이를 바탕으로 개화 및 성숙이 빠르고 생육이 우수한 CT06 자원이 교배 모본으로 적합하다고 판단하였다. 선발된 모본은 경남 함양에서 수집·선발하여 육성한 의산홍화 (IT221709)로, 잎은 난상피침형 (anceolate)이고, 꽃은 황색이며 길고 가시가 많다. 또한 의산홍화는 줄기가 다소 가늘며 분지수가 많아 다수성이다.

곡실 수량 (grain yield)이 결정되는데 두화수 (capitula per plant)는 가장 중요한 형질로, 양의 상관관계이다 (Bagawan and Ravikumar, 2001). 홍화에서도 두화수는 가장 중요한 수량 구성 요소이며 (Ashri, 1971), 30 개국에서 수집된 홍화 자원의 13 가지 형태적 특성을 조사해본 바, 두상화수와 종실수가 다수성 홍화 계통 육성을 위한 가장 중요한 요인이 밝혀졌다 (Ashri, 1973). 또한 Parameshwarappa (1981), Malleshappa (2000) 그리고 Bidgoli 등 (2001)의 선행연구에서도 두상화수와 종실 수량이 높은 상관관계를 가진다고 보고되었다. 이러한 점을 고려할 때, CT11의 두화수는 평균 37.7 개로 다른 수집 자원보다 상대적으로 많았으며, 이는 화분을 충분히 확보할 수 있다고 여겨지므로 부분으로 선발하기에 적합하다고 판단된다 (Table 5).

게다가 모본으로 선정된 CT06의 개화일수가 77.0 일인 것에 비하여 CT11의 개화일수는 82.5 일로 모본보다 5.5 일 지속되며, 이러한 점은 모본의 암술이 수정될 상태로 성숙하였을 때, 부분이 개화하여 화분을 암술머리에 묻혀주어 교배 성공률을 높일 수 있다. 위에서 언급했듯이, CT11의 초장은 50.33 cm로 가장 짧았고 줄기는 단간의 형태로서 수집자원들 중 가장 도복에 아주 강했다. 선발된 부분은 미안마에서 수집된 미안마홍화 (Hsu Pan, IT262778, 자원명: MMR-SJS-2011-11039)이며, 부분의 잎은 모본과 마찬가지로 난상피침형이나 잎과 화탁 등에 아주 강한 가시가 많이 있는 것이 특징이다.

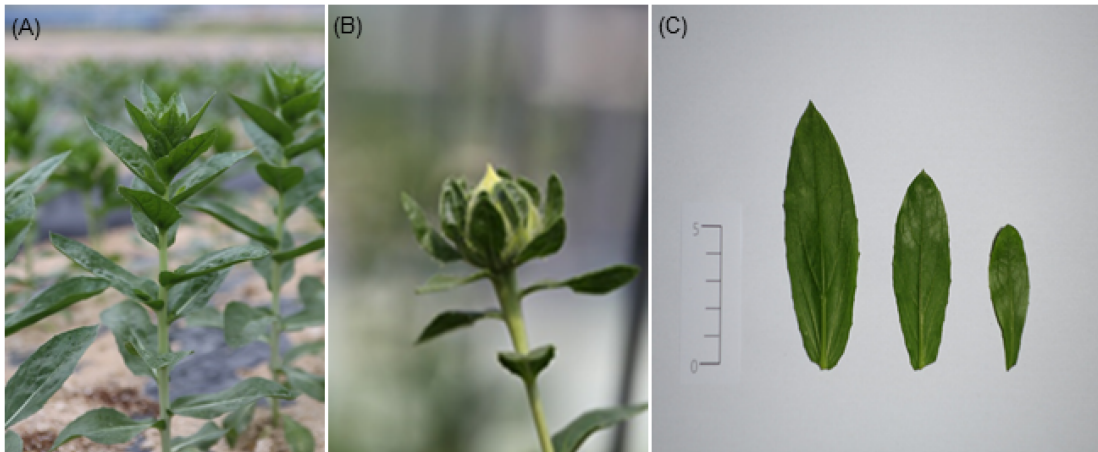
이러한 결과를 바탕으로 개화시기가 빠른 CT06 (의산홍화)과 두화수가 많고 단간인 CT11 (미안마홍화)을 각각 모본과 부분으로 최종 선발하였다 (Fig. 1, Table 6).

**Table 6.** Floral-organ characteristics of safflower mother and father germplasm.

No.	Capitular			Receptacle				Flowering date	Days to flowering <sup>1)</sup>
	Number (ea/plant)	Length (mm)	Width (mm)	Number (ea/flower)	Length (mm)	Width (mm)	Margin (mm)		
CT06(♀)	9.7	28.8*	27.0*	16.3	4.2	2.0	2.2	June 11	77.0
CT11(♂)	26.7*	22.5	22.8	17.3	3.5	1.2	5.1	June 26	82.5

<sup>1)</sup>Average days from sowing to flowering

Mother plant, CT06



Father plant, CT11

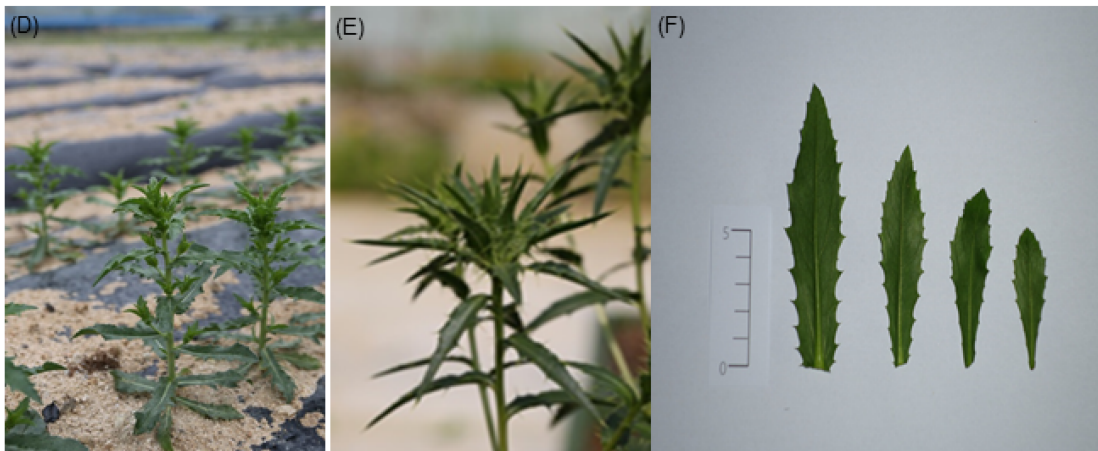


Fig. 1. The overall safflower shape of mother (upper) and father (bottom) plant for selected cross. (A), (D); whole plant, (B), (E); flower appearance, and (C), (F); leaf shape.

### 3. 홍화의 화기 구조 특성 및 교배시기 규명

적정 교배시기를 규명하기 위해 앞서 현미경과 육안으로 홍화의 화기 구조를 관찰하고 임성이 있는 소화 (小花, floret)를 확인하였다 (Fig. 2).

국화과인 홍화는 설상화 (舌狀花)가 없는 관상화 (管狀花)의 구조로 되어 있으며 (Fig. 2A), 파종 후 75-83 일 이후에 폐쇄화 (閉鎖花)의 형태인 소화가 형성되면서 자가수분을 유도한다고 알려져 있다 (Fig. 2B). 소화는 양성화로 끝이 5개로 갈라지며 5장이 합쳐진 합판화관 (合瓣花冠, sympetalous corolla)의 구조로 되어있다 (Fig. 2C). 수술은 약이 모여 통상을 이루는 취약용예 (syngenesious)로 5개의 수술이 화주를 둘러싸는 관상을 이루고 있다 (Fig. 2D, E).

모본인 CT06은 5월 하순에 두화가 형성되어 7일 내에 90% 이상이 약이 발생하여 파종 후 82일에서 90일 이후 꽃가루를 형성하는데, 약 발생 후 암술이 성숙하면서 이미 발생한 수술의 약이 암술머리에 묻어 성숙되어 폐쇄화일 때 수

정이 유도된다. 소화의 꽃잎은 초기엔 노란색을 띠다가 시간이 지날수록 붉은색으로 변하며, 꽃잎이 터지기 전 끝부분이 붉게 변할 때는 이미 약이 발생한 시기이므로 교배를 위해선 그 전에 제웅이 필요하다. 따라서 폐쇄화 상태에서 적정 시기에 꽃잎을 제거하고 수술을 제거함으로써 모본을 인공수분이 가능한 상태로 준비해야 한다.

인공교배 시 부분에서는 성숙한 화분의 충분한 채취가 요구되며, 모본은 약 (葯)이 열개하기 전에 화분 (花粉)을 제거한 후, 주두 (柱頭)의 성숙이 진행되어야 한다. 모본과 부분의 개화기가 일치할 경우 부분에서 성숙한 화분을 충분히 얻을 수 없으며, 모본은 약이 열개하여 자가수정이 이루어지게 된다. 따라서 모본보다 부분의 개화시기를 이르게 조절해 줌으로써 부분의 성숙한 화분을 채취하여 제웅이 된 모본의 주두에 인공수분을 실시할 수 있다. 이를 위해 파종시기를 달리하여 파종 후 개화시기를 조절하였다.

홍화에서 소화의 바깥 1열에서 3열은 수정이 매우 낮으



**Fig. 2. Floral-organ structure of safflower.** (A); inflorescence, (B); cleistogamous flower, (C); floret, (D); floret eliminated involucre, (E); stageman (anther generation).



**Fig. 3. Procedure of artificial cross in safflower mother parent.** (A); emasculating, (B); floret protecting cap, (C); fertilization, (D); fruiting.

므로 최대 3 열까지 제거 한 뒤 4 열부터 제웅 후에 교배하는 것이 유리하다. 다만, 제웅을 실시하기 위해선 총포 (總苞, involucre) 제거 후 꽃잎을 잘라 수술을 제거하는데, 이때 총포를 제거하게 되면 꽃잎의 수분 증발로 인한 건조로 자방의 성숙이 어렵게 된다. 그러므로 모본의 제웅 작업 후 총포를 대신해 외부로부터 소화를 보호하기 위한 캡 등이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 소화 보호용 캡 (protecting cap)을 자체적으로 개발하였으며, 제웅 후에 캡을 씌워 암술의 성숙 과정에서 건조 및 피해를 방지하였다 (Fig. 3). 파종 후 64-71 일 사이가 인공교배의 최적기로 나타났으며, 제웅 후 소화 보

호용 캡을 씌웠을 때 수정 및 결실률이 높아지는 것을 확인하였다 (Table 7).

#### 4. 홍화 교배 매뉴얼 개발

홍화는 자기수분작물로서 폐쇄화일 때 수분수정이 일어나므로 홍화집단을 교배하기 위해선 우선 총포를 제거해야 하여 제웅해야 한다. 홍화 교배율은 80%로 높았으나 보호캡을 씌우지 않을 경우 종자가 결실되지 않았다. 이러한 결과는 보호캡이 소화제웅 후 암술의 성숙과정에서 건조 및 피해를 방지하는 것으로 보인다. 이상의 결과를 Fig. 4와 같이 홍화 교배에 맞는 매뉴얼을 제시하였다.

한편 홍화는 성공적인 교배를 위해 화분관을 제거하여 꽃을 제웅해 주어야 하며, 주두가 신장한 때에 제웅된 소화를 문혀 주어야 하는데 이 과정은 일반적으로 꽤 시간이 걸린다. 인도의 Nimbkar Agricultural Reserch Institute에서 개발된 집단 제웅 기술은 개개의 소화의 제웅에 시간이 덜 걸리며, 좀 더 효율적인 교배 종자를 생산할 수 있게 하지만, 이 집단 제웅

**Table 7.** Pollination and sterile rate (%) of none cap and floret-protecting cap in safflower after emasculation.

	No. of mating	Pollination rate (%)	Sterile rate (%)
Control (none cap)	30	80.0	0.0
Floret-protecting cap	36	88.3	52.2



**Fig. 4. Crossing manual of safflower.** (A); Select the mother parent with immature pistil of cephalization, (B); Eliminate the 2 lines of floret after being carefully opened cover around mother parent flower with tweezers, (C); After removing 2 lines of cephalization and separating floret leaves, eliminate stamen, (D); Select the father parent matured stamen, (E); Coat the pollen uniformly on the mother parent to be crossed. Put pollen-embedded pistil into floret well, (F); Eliminate the non-crossed floret, (G); Cover the protection cap for pistil protection, (H); Put the mating envelopment made of parchment paper written cross combination and date of cross, and put it on the pin.



Fig. 4. Continued.

방법은 높은 온도에서는 효과가 떨어지며, 봉투 안에서 화분의 불임을 유발시키는 단점이 있다 (Deshmuk and Rao, 1989). Deshmuk와 Rao (1989)는 폴리에틸렌 백을 소화에 덮어준 반면, 본 연구에선 제웅을 끝낸 소화에 보호 캡을 씌워 주었으며, 이로써 홍화 인공교배 시 결실률이 높아지는 효과를 얻을 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ014406032019)의 지원으로 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

### REFERENCES

Ahn SH and Chung NJ. (2013). Morphological characteristics and function of hilum in safflower seed germination. Korean Journal of Horticultural Science and Technology. 31:117-122.  
 Ashri A. (1971). Evaluation of the world collection of safflower, *Carthamus tinctorius* L. I. Reaction to several diseases and associations with morphological characters in Israel. Crop Science. 11:253-257.  
 Ashri A. (1973). Divergence and evolution in the safflower genus, *Carthamus* L.: Final Research Report. Hebrew University of

Jerusalem. Rehovot. Israel. p.180.  
 Bagawan I and Ravikumar RL. (2001). Strong undesirable linkages between seed yield and oil components-A problem in safflower improvement. Proceeding of the Vth International Safflower Conference. Fargo. ND, USA. p.103-107.  
 Bang KH, Kim YG, Park HW, Seong NS, Cho JH, Park SI and Kim HS. (2001). Classification of safflower(*Carthamus tinctorius* L.) collections by agronomic characteristics. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 9:301-309.  
 Bidgoli AM, Akbari GA, Mirhadi MJ, Zand E and Soufizadeh S. (2001). Path analysis of the relationships between seed yield and some morphological and phenological traits in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Euphytica. 148:261-268.  
 Choi BR, Cho EJ, Park KY, Lee HB, Lee ES and Kim YH. (2003). Disease resistant and high yielding new safflower variety "Jinsun". Korean Journal of Medicinal Crop Science. 11:167-170.  
 Cox C, Mann J, Sutherland W, Chisholm A and Skeaff M. (1995). Effects of coconut oil, butter, and safflower oil on lipids and lipoproteins in persons with moderately elevated cholesterol levels. Journal of Lipid Research. 36:1787-1795.  
 Dajue L and Mundel HH. (1996). Safflower. *Carthamus tinctorius* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. p.83.

- Deshmuk AK and Rao VR.** (1989). A new and efficient method to achieve mass hybridization in safflower without emasculation: A re-appraisal of currently followed emasculation techniques. In Rao VR and Ramachandran M. (ed.), In Proceeding second international safflower conference Indian society of oilseeds research. Hyderabad, India. p.157-161.
- Espín JC, Soler-Rivas C and Wichers HJ.** (2000). Characterization of the total free radical scavenger capacity of vegetable oils and oil fractions using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48:648-656.
- Kim JB, Cho MH, Hahn TR and Paik YS.** (1996). Efficient purification and chemical structure identification of carthamin from *Carthamus tinctorius*. Agricultural Chemistry and Biotechnology. 39:501-505.
- Kim JC, Kim KJ and Choi SY.** (2005). Effect of cultivation methods and harvesting time on yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seeds. Korean Journal of Crop Science. 50:187-190.
- Kim JC.** (2000). Major morphological characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) accessions. Korean Journal of Plant Resources. 13:213-218.
- Kim JG, Choi OJ, Yun YH and Kim DW.** (2016). Literature review of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). The Journal of Applied Oriental Medicine. 16:63-68.
- Malleshappa SM.** (2000). Evaluation of selected early generation progenies of safflower for yield and yield component characters. Master Thesis. University of Agricultural Sciences. Dharwad, India. p.55.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA).** (2018). Industrial crop production statistics. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. p.8.
- Ministry of Food and Drug Safety(MFDS).** (2020). The Korean Pharmacopoeia 12th. Ministry of Food and Drug Safety. Cheongju, Korea. p.129.
- Noh WS and Park JS.** (1992). Lipid composition of Korean safflower seed. Journal of Korean Agricultural Chemical Society. 35:110-114.
- Parameshwarappa KG.** (1981). Genetic analysis of oil, yield and other quantitative characters in safflower (*Carthamus tinctorius*). Ph. D. Thesis. University of Agricultural Sciences. Bangalore, India. p.108.
- Park GH, Jung DC, Kim JC, Jeon CH and Kim KM.** (2004). Agronomic characteristics and path-coefficients of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) collections. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 12:17-23.
- Park JS.** (1998). Extraction and analysis of carthamin contained in the safflower. Korean Journal of Plant Resources. 11:60-63.
- Park JS.** (2003). Flowering habit and seed ripening patterns of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). The Journal of The Korean Society of International Agriculture. 15:111-118.
- Park YH and Lee CS.** (2011). Efficacy of safflower on the Acne skin and its application for facial cleansing biomedical material. Journal of the Korean Chemical Society. 55:400-404.
- Prescha A, Grajzer M, Dehyk M and Grajeta H.** (2014). The antioxidant activity and oxidative stability of cold-pressed oils. Journal of the American Oil Chemists' Society. 91:1291-1301.
- Rural Development Administration(RDA).** (1999). Oil crop standard cultivation textbook. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.270-280.
- Seo HJ, Kim JH, Kwak DY, Jeon SM, Ku SK, Lee JH, Moon KD and Choi MS.** (2000). The effects of safflower seed powder and its fraction on bone tissue in rib-fractured rats during the recovery. Korean Journal of Nutrition. 33:411-420.
- Zhang H, Nagatsu A and Sakakibara J.** (1996). Novel antioxidants from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) oil cake. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 44:874-876.