

## 홍화의 종자 크기별 발아 및 성장특성 분석

임정대\* · 박해일\* · 안태진\*\* · 임주진\*\*\* · 김성협\*\*\* · 유보라\*\*\* · 김은혜\*\*\* · 정일민\*\*\*†

\*강원대학교 한방보건복지대학 생약자원개발학과, \*\*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부,  
\*\*\*건국대학교 생명환경과학대학 응용생물학과

### Effect of Seed Size on Seed Germination and Growth Characteristics in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

Jung Dae Lim\*, Hae Il Park\*, Tae Jin An\*\*, Ju Jin Lim\*\*\*, Sung Hyop Kim\*\*\*  
Bo Ra Yoo\*\*\*, Eun Hye Kim\*\*\* and Ill Min Chung\*\*\*†

\*Department of Herbal Medicine Resource, Kangwon National University, Samcheok 200-701, Korea.

\*\*Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 369-873, Korea.

\*\*\*Department of Applied Bioscience, College of Life and Environmental Science, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea.

**ABSTRACT :** In order to evaluate the effect of seed weight on different aspect of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed germination and growth characteristics. Quantity of sinapine leaked from seed was greater as the viability of seeds was dropped by the time elapsed of seed aging model and long storage condition in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). The cultivar of safflower was Jin-Sun and the seeds that are separated to three different weights of small, middle, and large were used in this experiment. Large seeds revealed the highest germination percent, coleoptiles fresh weight, coleoptiles dry weight, radicle fresh weight and 1000 seed weights than other seed weight. Seed weight had little effect on yield while seed number exerted a positive influence. Interestingly, yield per plant and its major components, number of capsules and capsule weights, revealed a negligible relationship with oil content.

**Key Words :** Safflower, *Carthamus tinctorius* L., Seed Weight, Sinapine Leakage Test, Germination Rate, Growth Characteristics

## 서 언

홍화 (*Carthamus tinctorius* L.)는 국화과의 일년생 초본으로 한국, 중국, 일본 등 동양에서는 꽃을 “잇꽃”이라 하여 관상화를 그대로 혹은 황색색소의 대부분을 제거하고 압착, 판상(板狀)으로 만들어 “홍화 (Carthami Flos)”라 하여 한약재로 사용하였다. 꽃은 천연색소로서 오래 전부터 사용되어 왔으며, safflower yellow, carthamin 등의 색소물질과 여러가지 지방산의 glyceride가 주성분으로 함유되어 있다 (Kim *et al.*, 1996). 홍화씨에는 32-40%의 식물유를 포함하고 있어 유지로서 식용과 염색의 목적으로 사용되고 있고 (Siddiqui *et al.*, 2007) linoleic acid가 75%나 함유되어 있어 혈중지질과 콜레스테롤 농도를 저하시켜 동맥경화, 고지혈증, 고혈압 등의 순환기질환의 치료에 탁월한 효과를 보이며, 골다공증, 관절염, 진경약, 콜레스테롤 저하제의 원료로 사용되기도 하였다 (Namba, 1986). 또 항산화작용 (Zhang *et al.*, 1997; Takii

*et al.*, 1999), 항염증작용 (Kawashima *et al.*, 1999), 그리고 대장암에 대한 항암제로의 작용 (Han *et al.*, 2011)도 보고되고 있다. 재배에 대한 연구로는 파종시기, PE 피복재배 효과 및 재식밀도 반응 (Kang *et al.*, 1995), 수확시기에 따른 종실수량 (Choi *et al.*, 1997), 황 시용방법에 따른 종실의 품질 (Kim *et al.*, 2004) 등이 연구되었으며, 청수, 의산, 화선, 진선 등의 품종이 육성된 바 있다.

같은 계통이나 품종 내에서 종자의 유전 특성이 유사하더라도 계통과 품종에 따른 종자크기는 다른 작물학적 특성에 많은 영향을 미치며, 종자의 무게의 차이는 생리학적 특성 발현에 영향을 미치는 하나의 요소가 되기도 한다 (Hoy and Gamble, 1987). 종자는 양적인 면과 질적인 면에서 작물의 수량에 영향을 미칠 수 있는 중요한 요소로 평가된다 (Agrawal, 1980). 그러므로 일반적으로 종자회사에서는 종자의 크기에 따라 종자의 가격을 등급화 하게 되고 종자를 파종하는 농민은 작은 종자에 대해 종자 활력과 발아력 및 생육상에 대한 의심

†Corresponding author: (Phone) +82-2-450-3730 (E-mail) imcim@konkuk.ac.kr

Received 2012 October 3 / 1st Revised 2012 October 10 / 2nd Revised 2012 October 19 / 3rd Revised November 1 / Accepted 2012 November

을 가지고 작은 종자의 파종을 기피하는 경향이 있다.

종자 생산을 위한 재배에 있어 가장 중요한 요소 중 하나는 빠른 출현율과 양호한 초기 생육을 보이는 것이고 따라서 작물 생산에 있어 발아율과 출현율은 중요하며, 이들은 다음 세대의 식물 생장에 많은 영향을 미치게 된다. 종자의 크기는 품종과 환경요인과 재배관리에 의해 영향을 받기 때문에 종자의 품질특성을 결정하는 중요한 요소이며 (Robinson, 1978), 종자 파종 이후 빠르고 균일한 유효출현을 통하여 높은 수량과 양질의 품질을 확보할 수 있어 종자의 높은 발아율과 활력은 최적의 식재밀도와 작물생산 그리고 작부체계를 수립하는데 중요하다 (Castilo *et al.*, 1993). 그럼에도 불구하고 국내 산 약용작물의 경우 종자관리의 중요성에 대한 인식이 미흡하고 실생번식의 대상이 되는 종자의 체계적 관리체계가 확립되어 있지 못한 경우가 많다. 또한, 개별 농가가 직접 채종하고 차년도 재배시기까지 일반 창고에 저장되기 때문에 수확 후 관리방법이 체계화 되어 있지 못하다.

홍화의 경우 작물 생산의 목표는 다음세대의 우량한 종실을 생산하기 위한 것이며, 재배적 측면에서도 종자의 활력이 중요하다. 또한 포장에서의 발아 및 입모율을 안정시키기 위해 파종에서 출현까지 기간을 단축시켜 종자 발아 시 받을 수 있는 환경스트레스를 최소화 하여야 하고 유효의 초기 생육을 촉진시키는 것이 필요할 것으로 생각된다. 따라서 홍화 종자의 저장기간에 따른 종자 활력 정도를 검정하여 종자 활력 유지에 대한 제한요인을 도출하고 종자크기에 따른 작물 생장 패턴을 분석하여 종자 활력 유지 및 우량종자 선별을 위한 기준을 제시하고자 본 실험을 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험재료

홍화 종자는 경기도 농업기술원에서 2000년에 육성한 “진선”종을 사용하였으며 당해 연도 채종종자는 2010년 (2010. 9. 5)에 재배된 종자를, 저장기간별 홍화 종자는 저장기간 별 [1년 (2009. 8. 29), 2년 (2008. 9. 3), 3년 (2007. 9.16)]에 채종하여 일반 농가에서 1-3년간 저장하고 있는 것을 사용하였다.

### 2. 홍화 종자 노화 유발 및 활력저하 요인 분석

#### 1) Wire Mesh Tray에 의한 홍화종자의 노화유발 및 Sinapine 유출량 분석

당년채종 (2010. 9. 5)한 홍화 건전종자를 ‘Wire Mesh Tray법 (AOSA, 1983)’에 따라 plastic sandwich box (11.0 × 11.0 × 3.5 cm)내에 증류수 80 ml 넣고 copper wire mesh tray 상에 종자를 1층 깔고 뚜껑을 덮어 밀폐시킨 후 45°C의 항온기내에서 1~6일간 각각 처리하여 노화를 유발하였다. 노화시킨 종자를 1%의 NaOCl용액에 10분간 소독한 후 실온에서

종자수분함량이 약 13%정도 될 때까지 건조시킨 다음 25°C의 항온기내에서 반복 당 100립씩 치상, 3반복으로 하여 발아율을 조사하였다.

홍화의 건전종자 (당년채종 종자)와 노화를 유발한 종자 500 mg을 3차 증류수 15 ml에 침지하여 25°C의 항온기에 넣은 후 1, 3, 6, 12 시간 후에 분광광도계를 이용하여 322 nm의 흡광도로 측정하여 sinapine 유출량을 검정하였다. Sinapine (sinapic acid ester + sinapic acid) 유출량은 다음 식에서와 같이 Molar extinction coefficient [ $\epsilon$ , 물질 1몰(mol)에 대한 빛의 흡수 계수,  $2.14 \times 10^4$ ]을 이용하여 계산하였으며 종자 1립 당 sinapine 유출량을  $\mu\text{g}$ 으로, 또 종자 무게 당 백분율로 표시하였다.

$$C = A/EL$$

C: concentration in mol/l, A: absorbance at 330 nm, E: extinction coefficient (21390) at 330 nm and L: pathlength of the spectroscopic cell.

#### 2) Tetrazolium Test 및 Sinapine 유출량 검정을 통한 저장기간별 종자 활력 저해 요인 분석

홍화 종자의 발아 불량요인을 도출하기 위하여 당년채종 종자 (2010. 9. 5)와 저장기간별 (1, 2, 3년) 저장된 종자를 대상으로 하여 종자발아율, tetrazolium 종자활력 및 sinapine 유출량을 검정하였다. 당년채종 종자와 저장종자를 대상으로 tetrazolium assay는 홍화의 종자에 있어 종피를 제거한 것과 제거하지 않은 상태로 검정하여 비교하였다. 즉, paper towel에 의하여 종자를 25°C에서 15~18시간 치상한 후 꺼내서 tetrazolium 용액 (pH 6.5~7.5로 조절된 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride) 1.0%에 3~4시간 침지시켜 착색된 정도를 확인하였다. 착색은 암상태의 35°C 항온기에서 실시하였으며, 착색이 완료되면 세척한 후 착색정도로 종자의 살아있는 조직과 죽은 조직을 판별하였다. Sinapine 유출량 검정은 상기 기술한 “홍화 종자의 노화 유발에 따른 Sinapine 유출물질 분석”과 동일한 방법을 수행하였으며 최종 12시간 후에 sinapine 유출량을 계산하였다.

#### 3. 홍화 종자 무게별 Sinapine 유출량 및 종자활력, 발아력, 유효생장율, 생장패턴 비교

종자 무게별 sinapine 유출량 시험에 있어 홍화의 경우 종자크기에 따른 종자 활력 검정하고자 하는 경우 종자의 건전성 및 활력에 상관없이 종자의 크기가 종피 크기에 의해 결정되어질 수 있는 소지가 있어 종자의 크기를 무게로 측정하여 검정하였다.

홍화 채종 종자를 무게별로 나누어 (Small: 39 mg 이하; Middle: 39-50 mg; Large: 50 mg 이상) 종자무게 별 종자 크기와 종피 무게, 낱알 무게(종피 제거 종자)를 확인하였고 홍

**Table 1.** Leakage of sinapine and rate of seed germination from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed aging model using wire mesh tray.

Time (hr)	Sinapine Leakage [SC, Sinapine Content (%); SPS, Sinapine per seed ( $\mu\text{g}$ )]									
			1 hr		3 hr		6 hr		12 hr	
	Seed wt (mg)	Germination rate (%)	SC	SPS	SC	SPS	SC	SPS	SC	SPS
Middle	44.6 $\pm$ 1.5	51.8 $\pm$ 2.5	1.20 $\pm$ 0.05	24.2 $\pm$ 1.2	1.24 $\pm$ 0.12	26.3 $\pm$ 1.1	2.86 $\pm$ 0.25	38.7 $\pm$ 2.9	3.54 $\pm$ 0.15	41.6 $\pm$ 3.1
Aging model	43.2 $\pm$ 1.1	5.2 $\pm$ 1.8	1.84 $\pm$ 0.04	29.6 $\pm$ 0.9	3.26 $\pm$ 0.18	39.2 $\pm$ 0.5	5.36 $\pm$ 0.74	59.6 $\pm$ 0.3	8.21 $\pm$ 1.26	89.1 $\pm$ 0.7

화종자에서 종자활력을 검정할 수 있는 방법으로 확인된 sinapine 유출 함량을 검정하였다. 시간의 경과에 따른 종자 무게별 sinapine 유출 정도는 함량에 대한 흡광도로 표시하였다. 또한 종자의 무게별 요인에 대한 종자발아특성을 확인하기 위한 실험에서 발아율과 발아속도를 검정하기 위한 표준발아율검정은 petridish에 paper를 깔고 15개의 종자를 파종하여 25°C에 발아시킨 후 발아율 (Germination rate)과 발아속도 (Gemination speed)를 조사하였다. 또한 종자무게에 따른 홍화 식물체의 생장패턴을 확인하기 위하여 생육상 시험구에 (1.35 × 4.5 m) 열별 재식거리 30 cm 간격으로 3열로 파종 (2011. 4. 24)하였다. 시비는 10a당 6 kg의 질소와 6 kg의 인산을 전량 기비로 시용하였고 6월 상순 도복 방지를 위하여 지주를 설치하였다. 시험구는 난괴법을 이용하여 4 × 3 요인 처리구로 배치하였고 3반복을 실시하였으며, 시험구 중앙에 위치한 열을 대상으로 5개의 식물체를 임의로 선정하여 조사하였다. 종자무게가 초기 생육에 미치는 효과를 검정하기 위한 조사항목은 초엽생체중 (Coleotiles fresh weight), 초엽건중 (Coleoptiles dry weight), 유근생체중 (Radicle fresh weight), 유근건중 (Radicle dry weight), 신초길이 (Seedling length), 초엽길이 (Coleptile length), 유근길이 (Radicle length) 이었으며, 2010년 5월 20일에 조사하였다. 또한 종자 생산요소에 대한 검증을 위하여 개화성숙기 (2010. 7. 2)에 꽃봉오리 무게 (Capsule weight, 한식물체의 총 꽃봉오리의 무게를 한 식물체에서 꽃대로 나누어 계산), 꽃대 당 종자의 수 (Number of seed per head)를 계산하였으며, 종자성숙기 (2010. 8. 14) 이후 천립중, 종피 비율 (Hull percent, 충분히 건조된 종자의 무게를 정량하고 24시간에서 30시간 동안 발아 시킨 이후 발아된 종자에서 종피를 분리하여 60°C에서 24시간 동안 건조한 무게를 정량하여 상대적 비율로 계산), 식물체 당 총 종자생산량 (Seed yield per plant), 유지함량 (oil content)을 검정하였다. 유지함량 분석은 oil content analyzer (OCMA-350, Horiba, Japan)을 이용하여 제작사 매뉴얼을 기초로 하여 분석하였다.

**4. 통계처리**

종자 크기별 종자활력, 발아력, 유묘생장율, 생장패턴 비교에서 얻어진 각 자료를 SAS (Statistical software, SAS

institute)를 이용하여 ANOVA에 의한 Duncan (DMRT, Duncan Mutiple Range Test) 검정을 이용하여 통계처리 하였고 상관 계수 (Correlation coefficient)를 산출하였다.

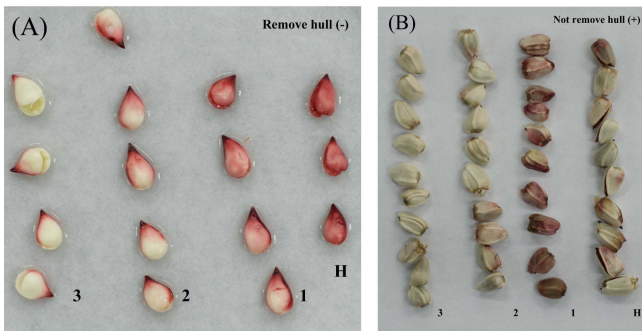
**결과 및 고찰**

**1. Wire Mesh Tray에 의한 홍화종자의 노화유발 및 노화유발에 따른 Sinapine 유출 정도**

홍화 종자를 이용하여 건전종자 및 노화를 유발한 종자를 대상으로 sinapine 유출량을 검정한 결과 건전종자와 노화유발 종자 모두에서 sinapine 유출량이 시간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 건전 종자의 경우 종자의 무게당 1.20%, 유출량은 24.2  $\mu\text{g}$ 를 나타내었고 시간이 경과함에 따라 유출량이 증가하여 12시간 경과 후에는 종자무게 당 3.54%, 유출량은 41.6  $\mu\text{g}$ 를 나타내어 sinapine 유출량이 다소 완만한 증가를 나타냈다. 노화를 유발한 종자의 경우는 1시간 경과한 경우 종자 무게당 1.84%, 유출량은 29.6  $\mu\text{g}$ 으로 건전종자보다 약간 높게 나타난 반면 12시간 경과 후 sinapine 유출비율이 종자 당 약 8.21%, 유출량은 89.1  $\mu\text{g}$ 으로 3배 이상 높게 나타났다 (Table 1). 이러한 결과는 건전종자의 경우 sinapine 유출량이 적거나 없는 반면 노화를 유발한 종자의 경우에는 종자의 노화나 종자수화손상, 기계적 손상에 의해 sinapine 유출량이 증가된 결과로 생각된다. 몇 종류의 콩과 사료작물에서 색깔이 다른 물질이 유출되고 이 유출물은 발아하는 종자나 발아하지 않는 종자 모두에서 유출되어 이를 이용하여 종자를 분리하는 방법으로 응용할 수 없다는 연구 결과 (Min, 1994)와는 반대로 홍화 종자의 경우 sinapine 유출량의 증가를 통하여 우량종자에 대한 구분이 가능할 것으로 보인다.

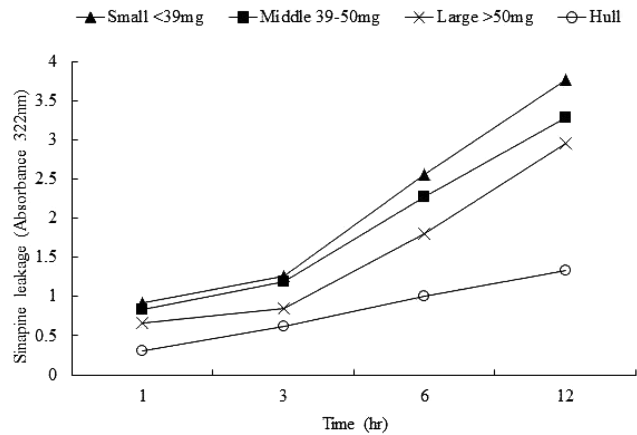
**2. Sinapine 유출 분석에 의한 홍화종자의 발아불량요인 확인**

홍화종자의 발아 불량요인 및 종자활력 검정이 sinapine 유출 분석법으로 확인 가능한지의 여부를 확인하기 위하여 당년 채종 홍화종자와 저장 홍화종자에 대하여 종자활력을 측정하기 위해 발아율과 sinapine 유출량을 검정하였다. 당년채종 홍화종자와 저장 홍화종자의 발아율을 검정한 결과 수확 후 저장기간이 증가함에 따라 종자활력이 급속하게 감소함을 확인



**Fig. 1. Seed viability test of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed using tetrazolium assay.** (A) Tetrazolium staining after removed of hull on Safflower; (B) Tetrazolium staining after not removed of hull on Safflower. H, Harvest year; 1, Storage of one year after harvesting; 2, Storage of two years after harvesting; 3, Storage of three years after harvesting.

할 수 있었다. 당년채종 종자의 경우 발아율이 약 51.8%를 나타낸 반면 1년 저장 종자의 경우 11.3%로 나타났고 2년 저장 종자의 경우 8.3%, 3년 저장 종자의 경우는 약 5% 정도의 발아율을 나타내어 홍화 종자의 경우 종자의 저장 기간이 길어질수록 종자활력이 감소하고 3년 이상이 되면 종자의 노화상태 (종자 노화모델)와 같은 수준의 종자 활력을 나타내는 것으로 확인되었다. Tetrazolium에 의한 종자 활력 검정에서는 종피를 제거하지 않았을 경우 부분적으로 착색이 이루어져 종자활력에 대한 검정이 적합하지 않았고 종피를 제거한 경우에는 종자의 착색을 통한 종자활력에 대한 검정은 가능하였으나 종피를 제거하여야 착색이 가능한 번거로움이 발생하였으며, 배유의 손상이 심하게 이루어지는 것이 관찰되어 tetrazolium에 의한 종자 활력 검정은 적합하지 않은 것으로 판단되었다 (Fig. 1). Sinapine 유출량을 통한 당해 연도 종자 및 저장종자의 종자활력을 검정하기 위해 50% 이상의 발아율을 나타내었던 당해 연도 종자의 경우 sinapine 유출 비율은 종자당 약 0.86%, 유출량은 24.8  $\mu\text{g}$ 을 나타낸 반면 1년 저장된 종자의 경우에는 11.3%의 낮은 발아율을 보이고 sinapine 유출 비율이 3.24%, 유출량은 51.2  $\mu\text{g}$ 으로 급증하였으며, 저장기간이 증가할수록 발아율의 감소와 함께 sinapine 유출비율과 유출량이 증가하였다 (Table 2). 이러한 결과를 통해 홍화는 발아 불



**Fig. 2. Time course of sinapine leakage from three different size (weights) in safflower (*Carthamus tinctorius* L.).**

량요인 중 저장기간에 대한 영향이 매우 크며, 저장기간에 따른 종자의 발아율이 감소할수록 sinapine 유출량이 증가하는 것을 볼 때 발아력이 우수한 홍화 종자의 활력 검정은 sinapine 유출량을 검정함으로써 확인할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 홍화 종자 무게별 종피와 종자 무게 및 Sinapine 유출량 비교

종자의 무게에 따른 종자 활력 및 건전성을 확인하기 위해 홍화 채종 종자를 무게별로 나누어 (Small: 39 mg 이하; Middle: 39-50 mg; Large: 50 mg 이상) sinapine 유출량을 검정한 결과 (Table 3) 유출이 개시된 지 1시간이 경과한 후에 sinapine 함량은 종자의 무게별로 큰 차이를 나타내지 않았으나 3시간 이후부터는 종자의 무게별 sinapine 함량의 차이가 관찰되었다 (Fig. 2). 각 종자 무게별 종피에서 유출되어지는 sinapine의 함량은 거의 차이가 없었으나 종자의 무게가 적은 Small (39 mg 이하) 에서는 sinapine 유출이 급속하게 증가하나 종자의 무게가 무거운 Large (50 mg 이상)의 종자에서는 시간의 경과에 따른 sinapine 유출량이 증가비율이 현저하게 낮아지는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 홍화종자의 경우 종자의 무게가 종자 활력과 큰 상관성을 나타낸다고 할 수 있다. 홍화 채종 종자를 무게별로 나누어 종자무게별 종자 size

**Table 2.** Effect of seed storage period in germination rate and sinapine linkage from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed.

Storage period (years)	Germination rate (%)	Sinapine Leakage	
		Sinapine Content (%) <sup>†</sup>	Sinapine per seed ( $\mu\text{g}$ ) <sup>‡</sup>
Harvest year (H)	51.8±1.4 <sup>a</sup>	0.86±0.04 <sup>d</sup>	24.8±0.8 <sup>d**</sup>
1	11.3±1.2 <sup>b</sup>	3.24±0.86 <sup>c</sup>	51.2±1.3 <sup>c</sup>
2	8.3±0.9 <sup>bc</sup>	5.12±0.45 <sup>b</sup>	63.2±2.1 <sup>b</sup>
3	5.0±0.5 <sup>c</sup>	9.11±1.18 <sup>a</sup>	94.6±1.5 <sup>a</sup>

<sup>†</sup> Ratio of sinapine per phenolic acids. <sup>‡</sup> Amount of sinapine per one seeds, ND. Not detected. \*Data are Mean ± SD, n = 3. \*\*Value marked by different letters in each row are significantly different (p < 0.05).

홍화 종자 크기별 발아 및 생장특성 분석

와 종피무게, 종자무게를 확인한 결과 39 mg 이하의 소립 종자 (Small)의 길이 및 넓이는 대립 종자 (Large)나 중간립 (Middle)의 종자에 비하여 다소 짧았으나 통계적으로 유의하지 않은 결과를 나타내었다. 반면 종자의 무게별 종피 무게 및 낱알 무게의 경우 종자의 무게가 클수록 종피 무게와 낱알 무게가 증가하는 경향을 나타내었다. 특히 39 mg 이하의 작은 종자의 경우 낱알 무게가 5.5 mg 이하에 지나지 않는 반면 50 mg 이상의 무게를 가진 큰 종자는 낱알 무게가 14-15 mg으로 3배의 차이를 나타내어 홍화 종자의 경우 육안으로 확인할 수 있는 종자의 크기로 우량종자를 선발하기 어려운 점이 있다는 것을 확인하였다.

4. 홍화 종자 무게별 종자활력, 발아력, 유묘생장율, 생장특성 비교

종자의 무게별 발아율과 발아일수, 초엽생체중, 초엽건중, 유근생체중, 유근건중, 신초길이, 초엽길이, 유근길이, 천립중을

Table 3. Correlation of between seed weight to seed diameter in different size of seed from safflower (*Carthamus tinctorius* L.).

Seed weight (mg)	Length (mm)	Width (mm)	Weight of Hull (mg)	Weight of Grain <sup>†</sup> (mg)
Small	6.5±0.3 <sup>a</sup>	4.9±0.3 <sup>a</sup>	25.1±1.3 <sup>c</sup>	5.5±0.9 <sup>c*</sup>
Middle	6.9±0.4 <sup>a</sup>	5.2±0.3 <sup>a</sup>	31.6±1.5 <sup>b</sup>	9.0±2.1 <sup>b</sup>
Large	7.2±0.4 <sup>a</sup>	5.6±0.4 <sup>a</sup>	40.9±1.2 <sup>a</sup>	15.5±1.8 <sup>a</sup>

<sup>†</sup> Weight of grain (removed hull with seed). \*Mean of with same letter(s) are not significantly different at P<0.05 level.

조사한 결과 (Table 4) 발아율에서는 대립종 종자 (Large, > 50 mg)의 경우 소립종 (small, < 39 mg) 종자의 비교하여 10% 이상 발아율이 높았다. 이러한 것은 종자의 크기별 진주조 발아율 및 출현율 실험에서 종자의 크기가 큰 종자일수록 작은 종자에 비하여 발아율과 출현율이 증가하였다는 보고 (Kawade *et al.*, 1997)와 유사하였고 Willenborg 등 (2005) 등에 의하면 6개의 oat 품종의 수분스트레스 하에서 종자크기별 발아 특성을 조사한 결과 대립종을 가진 oat 품종 종자가 서로 다른 삼투포텐셜에 의해 발아율이 촉진되어진다고 보고한 결과와도 유사한 결과를 나타내었다. 홍화 종자의 크기별 발아속도는 종자의 크기가 작은 종자 경우 (Small) 17.58로 나타나 무거운 종자의 경우 (15.24)보다 더 빠른 발아상태를 나타내었는데 이러한 결과는 종자가 가벼운 경우 발아를 위해 물을 흡수하는데 소요되는 시간이 무거운 종자의 경우보다 덜 요구되어지기 때문이라고 생각된다. 다시 말해 큰 크기의 홍화 종자의 경우 작은 크기의 종자 보다 발아하는데 있어 더 많은 수분의 흡수가 필요하고 그에 따라 발아속도가 작은 종자의 크기보다 오래 소요되나 발아의 균일도는 증가될 수 있을 것으로 생각된다.

홍화 종자 무게별 유묘 생장률을 비교하여 보면 전체적으로 큰 종자의 경우 초엽생체중, 초엽건중, 유근생체중이 높았으나 유근 건중 및 신초길이, 초엽길이, 유근 길이에 큰 영향을 미치지 않았다. 이러한 결과는 밀에 있어 엽분과 종자의 무게가 유근의 생체중, 초엽 생체중에 큰 영향을 미치는 요소라는 결과 (Khayatnezhad and Gholamin, 2010)와 유사하였으며

Table 4. Means comparisons of germination behavior of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under different seed weight.

Seed size	Germination rate (%)	Germination speed	Coleoptiles fresh weight (g)	Coleoptiles dry weight (g)	Radicle fresh weight (g)	Radicle dry weight (g)	Seedling length (cm)	Coleoptile length (cm)	Radicle length (cm)	1000 grain weight (g)
Small seeds < 39 mg	69.54 <sup>b</sup>	17.58 <sup>a</sup>	2.17 <sup>b</sup>	0.101 <sup>c</sup>	0.29 <sup>b</sup>	0.052 <sup>a</sup>	16.24 <sup>a</sup>	5.24 <sup>a</sup>	11.46 <sup>a</sup>	32.15 <sup>c*</sup>
Middle seeds 39-50 mg	70.58 <sup>b</sup>	15.24 <sup>b</sup>	2.41 <sup>ab</sup>	0.131 <sup>b</sup>	0.35 <sup>ab</sup>	0.032 <sup>a</sup>	15.98 <sup>a</sup>	5.43 <sup>a</sup>	11.49 <sup>a</sup>	37.68 <sup>b</sup>
Large seeds > 50 mg	79.86 <sup>a</sup>	15.31 <sup>b</sup>	2.79 <sup>a</sup>	0.164 <sup>a</sup>	0.45 <sup>a</sup>	0.050 <sup>a</sup>	16.78 <sup>a</sup>	5.16 <sup>a</sup>	11.16 <sup>a</sup>	48.65 <sup>a</sup>

\*Mean of with same letter(s) are not significantly different at P<0.05 level by Duncan Multiple Range Test (DMRT).

Table 5. Phenotypic correlation coefficients among component characters in safflower (*Carthamus tinctorius* L.).

Component character	Number of seeds per head	Hull percent	Oil content	Seed yield per plant (g)	Seed weight (3 grade)
Capsule weight (g)	0.63**	0.24*	-0.11*	0.47**	0.38*
Number of seeds per head		-0.14*	0.31*	0.41**	-0.28*
Hull percent			-0.92**	0.21*	0.58**
Oil content				-0.02 <sup>ns</sup>	-0.53**
Seed yield per plant (g)					-0.03 <sup>ns</sup>

\* and \*\* are significant at the 5 and 1% levels of probability, respectively.

초엽생체중, 초엽건중, 유근생체중이 높은 것은 종자 중 배유에 다음 세대의 종자 발아에 사용될 더 많은 영양분이 함유되어 있기 때문으로 생각되어진다. 종자 무게별 파종된 식물체로부터 획득된 종자의 천립중의 경우 큰 종자가 가벼운 종자보다 16 g 이상 더 많은 천립중을 나타내었다. 이러한 결과를 통하여 홍화 작물의 발아 및 생육에 있어 파종 종자의 무게에 따른 종자크기가 매우 중요한 요소이며, 파종 시 종자 무게의 측량과 sinapine 검정을 통하여 우량종자를 선별할 수 있고 이를 통하여 더 양질의 후대 종자를 생산할 수 있을 것으로 생각된다.

홍화 종자의 무게별 후대 종자 생산요소에 미치는 영향을 검토하기 위하여 종자의 무게에 의한 종자크기별 꽃봉오리 무게와 꽃대 당 종자의 수, head당 종자 수, 종피비율, 유지함량, 식물체당 종자 생산량 간 유의성을 검정한 결과 (Table 5) 유지함량과 종피비율은 고도의 유의한 부의 상관관계를 나타내었으며, 종자 무게가 클수록 종피비율과 꽃봉오리의 무게가 증가하는 경향을 나타내었다. 반면 종자의 크기가 큰 종자는 유지함량 및 꽃대 당 종자의 수는 감소하는 것으로 나타났다. 또한 유지함량이 이론적인 종자 수율에 관계되는 요소인 꽃봉오리 무게와 꽃대당 종자의 수의 경우 꽃봉오리 무게는 유지함량과 부의 상관관계를 나타내는 반면 꽃대당 종자의 수는 정적 상관관계를 나타낸다는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과를 통하여 홍화의 경우 무거운 종자의 사용은 작물의 발아 및 생육과 밀접한 연관을 맺고 있고 무거운 종자를 파종하여 작물을 재배하는 것이 유리할 것이나 이것이 반드시 홍화로부터 유지를 추출하는데 있어 유리한 것은 아니라는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 홍화와 같이 유지를 생산하고자 하는 약용작물의 경우 종자의 무게에 대한 유지생산요인을 판단하여 파종할 종자를 선정하는 것이 중요하다고 하겠다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 (사업번호: PJ00856705)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

## LITERATURE CITED

- Agrawal RL.** (1980). Seed technology. Oxford and IBH Publishing Co. New Dehli, India. p.12.
- Castillo AG, Hampton JG and Coolbear P.** (1993). Influence of seed quality characters on field emergence of garden peas (*Pisum sativum* L.) under various sowing conditions. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science.* 21:197-205.
- Choi BR, Park KY and Kang CS.** (1997). Effect of harvesting time on yield of carthami flos and grain in *Carthamus tinctoris* L. *Korean Journal of Medicinal Crop Science.* 5:232-236.
- Han SE, Kim JA, Song HJ, Chae H, Kwon YK and Kim BJ.** (2011). Effects of carthami flos on human colorectal adenocarcinoma cells. *Korean Journal of Oriental Medicine.* 17:129-134.
- Hoy DJ and Gamble EE.** (1987). Field performance in soybean with seeds of differing size and density. *Crop Science.* 27:121-126.
- Kang SW, Lee JW and Park KY.** (1995). Effect of sowing date and planting density on growth and yield in safflower. *Korean Journal of Medicinal Crop Science.* 3:200-206.
- Kawade RM, Ugale SD and Patil RB.** (1987). Effect of seed size on germination, seedling vigor and test weight of pearl millet. *Seed Research.* 15:210-213.
- Kawashima S, Hayashi M, Takii T, Kimura H, Zhang HL, Nagatsu A, Sakakibara J, Murata K, Oomoto Y and Onozaki K.** (1998). Serotonin derivative, N-(p-coumaroyl) serotonin, inhibits the production of TNF-alpha, IL-1alpha, IL-1beta, and IL-6 by endotoxin-stimulated human blood monocytes. *Journal of Interferon Cytokine Research.* 18:423-428.
- Khayatnezhad M and Gholamin R.** (2010). Study of NaCl salinity effect on wheat(*Triticum aestivum* L.) cultivars at germination stage. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science.* 9:128-132.
- 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 MJ, Kim IJ, Nam SY, Lee CH and Song BH.** (2004). Effect of sulfur fertilization method on quality of safflower seed. *Korean Journal of Medicinal Crop Science.* 12:454-458.
- Min TG** (1994). Studies on the development of technical methods to upgrade crop seed quality by exploiting chemical leakage. *KOSEF Final Report(921-1500-053-2).* p.23-25
- Namba T.** (1986). Coloured illustrations of wakan-yaku(1st ed, Vol. 2). Hoikusha Publishing Co., Ltd. Osaka, Japan. p.215
- Robinson RG.** (1978). Production and culture. In Carter JF. (Ed.). *Sunflower science and technology.* American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. p.89-132.
- Siddiqi EH, Asraf M and Akram NA.** (2007). Variation in seed germination and seedling growth in some diverse lines of safflower(*Carthamus tinctorius* L.) under salt stress. *Pakistan Journal of Botany.* 39:1937-1944.
- Takii T, Hayashi M, Hiroma H, Chiba T, Kawashima S, Zhang HL, Nagatsu A, Sakakibara J and Onozaki K.** (1999). Serotonin derivative, N-(p-Coumaroyl) serotonin, isolated from safflower(*Carthamus tinctorius* L.) oil cake augments the proliferation of normal human and mouse fibroblasts in synergy with basic fibroblast growth factor(bFGF) or epidermal growth factor(EGF). *Journal of Biochemistry.* 125:910-915.
- Willenborg CJ, Wildeman JC, Miller AK, Rosnagel G and Shirliffe SJ.** (2005). Oat germination characteristics differ among genotypes, seed sizes, and osmotic potentials. *Crop Science.* 45:2023-2029.
- Zhang HL, Nagatsu A, Watanabe T, Sakakibara J and Okuyama H.** (1997). Antioxidative compounds isolated from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) oil cake. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin.* 45:1910-1914.