

해바라기 유전자원의 종실특성과 지방함량 및 지방산조성 변이

이윤호* · 송항림* · 박향민* · 박경호* · 남상영** · 김인재** · 최성열** · 장영석*** · 김홍식†

충북대학교 농업생명환경대학*, 충청북도 농업기술원**, 농촌진흥청 국립식량과학원***

Variation of Seed Characteristic, Oil Content and Fatty Acid Composition in Sunflower Germplasm

Yun-Ho Lee*, Hang-Lin Song*, Xiang-Min Piao*, Kyeong-Ho Park*, Sang-Young Nam**, In-Jae Kim**, Sung-Yeol Choi**, Young-Seok Jang***, and Hong-Sig Kim†

*Dept. of Crop Science, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea

**Chungbuk Agricultural Research and Extension Services, Cheongwon, Chungbuk 363-880, Korea

***Bioenergy Crop Research Center, NICS, RDA, Muan, Jeollanamdo 534-833, Korea

ABSTRACT The objective of this study was to obtain the basic informations on variability of germplasm and cultivation practice for the production of biodiesel in sunflower. A total of 275 accessions obtained from the National Agrobiodiversity Center (34 landraces from Korea, 219 and 22 introductions from America and other countries, respectively) were screened to evaluate variations of seed characteristics, oil content and fatty acid composition. Seed types were classified into 4 types (broad ovoid, narrow ovoid, rounded and elongated). The broad ovoid type was the highest proportion of 40.4%, while the elongated type was the lowest proportion of 5.0% among accessions. Also, the seed colors were classified into 4 colors (gray, brown, black and white). Gray and brown seed color showed the highest distribution and white seed color showed the lowest among accessions, respectively. Hundred and one liter seed weight ranged 2.9~15.5g and 178~439g with averages of 6.3g and 322.0g, respectively. Oil content ranged from 11.7% to 45.6% with an average of 25.5%. The frequency distribution of oil content showed the highest in range of 22~28% and the lowest in range of over 40%. Three promising accessions with higher oil content than 40.0% were IT031967, IT031970 and IT031965 introduced from America. Palmitic and stearic acid contents, saturated fatty acid, ranged 3.1~7.6% and 1.3~4.1% with averages of 4.7% and 2.2%, respectively, and a total content of saturated fatty acid ranged 5.4~9.4% with an average of 6.9%. Oleic and linoleic acid contents, unsaturated fatty acid, ranged 18.1~75.7% and 18.1~74.1% with averages of 55.2% and 38.0%, respectively. Five accessions, IT031831, IT031669, IT031895, IT031938 and IT031694, showed higher oleic acid

content than 70%. A total content of unsaturated fatty acid ranged 89.6~94.8% with an average of 93.0%.

Keywords : sunflower, seed characteristic, oil, fatty acid, biodiesel

해바라기 (*Helianthus annuus* L.)는 1년생 국화과 식물로서 *Helianthus*속은 51종 그리고 19아종과 1년생 14종, 다년생 37종으로 구성되며(Schilling, 2006), 원산지는 북아메리카 중·서부 지역이다(Heiser, 1951). 8,000년 전부터 인디언들에 의해 식용으로 이용되어지고 있으며(Sackston, 1992), 세계적인 경제작물로서 땅콩 및 콩, 유채 등과 더불어 4대 유작물 중의 하나이다(Skoric *et al.*, 2008, Putt, 1997). 해바라기의 종실은 25~45%의 기름을 함유하고 있으며, 식품산업이나 바이오디젤 산업 등에 매우 광범위하게 이용되고 있다(National Sunflower Association, 2009; Arkansas Biofuel Enterprises, 2007). 해바라기 기름의 지방산 조성은 포화지방산인 팔미트산과 스테아린산 그리고 불포화지방산인 올레산과 리놀레산으로 구성되어 있으며(Piva *et al.*, 2000), 일반적으로 양질 지방산인 리놀레산이 많고 포화지방산이 거의 없는 우수한 지방산 조성을 가지고 있다.

최근 서구화된 식생활로 인하여 포화지방산과 콜레스테롤 함량이 높은 식품의 섭취가 늘고 그에 따른 부작용이 알려지고 있으며 특히 포화지방산인 팔미트산은 인체 내에서 심장질환의 위험을 높이는 것으로 보고되고 있어, 포화지방산이 거의 없는 해바라기 기름이 식용면에서 가치가 높아지고 있다(Temme *et al.*, 1996). Kris-Etherton & Yu (1997)는 불포화지방산인 리놀레산은 필수지방산으로 인체에서 생성될 수 없기 때문에 음식을 통하여 공급 받아야 한다고 하였다. 리놀레

†Corresponding author: (Phone) +82-43-261-2513
(E-mail) hongsigk@chungbuk.ac.kr < Received Sep. 7, 2010 >

산 함량이 높은 식물성 기름은 저장기간에 산패 또는 변성이 쉽게 일어나며(National Sunflower Association, 2009), 불포화 지방산인 올레산이 풍부한 음식들이 인체 내에서 콜레스테롤의 주요 운반체로 알려진 저밀도 지질단백질의 혈중농도를 낮춘다(Grundy, 1986). 또한 식물성 기름의 지방산 중에서 올레산 함량이 높을수록 산화 안정성이 높기 때문에 맛이나 풍미가 매우 우수하다(Warner *et al.*, 2003; Cabrini *et al.*, 2001). 식물성기름을 바이오디젤로 이용할 경우에도 올레산 함량이 높을수록 엔진을 오작동 시키는 온도가 -18°C 이하로 떨어져도 기름이 굳지 않는다고 알려져있다(Encinar *et al.*, 2007).

육종가들은 1970년대부터 해바라기 기름의 포화지방산 함량을 낮추고 불포화지방산 중에서도 올레산이 높은 품종을 개발하고 있다(Seiler *et al.*, 2010; Skoric *et al.*, 2008; Vick *et al.*, 2007; Burton *et al.*, 2004; Kleingartner, 2002; Hardin, 1998). Soldatov (1976)은 유전공학적 기법을 이용하여 올레산 함량이 80%이상인 해바라기 식물체를 개발하는데 성공하였다. 최근에는 국외에서 해바라기를 이용한 바이오디젤 생산에 관련된 연구 결과가 많이 보고되고 있으며(Ramos *et al.*, 2009; Rakopoulos *et al.*, 2008; Shahid & Jamal, 2008; Demirbas, 2007), 특히 단위 생산량과 기름의 특성에 관련된 연구와 재배환경에 대한 시뮬레이션 연구가 수행되고 있다(Pereyra-Irujo, 2009). 국내에서는 해바라기가 경관작물 및 바이오디젤 작물로서의 가치가 높아짐에 따라서 해바라기 유전자원에 대한 작물학적 특성에 관련된 연구결과가 최근에 보고되고 있으나(Kim *et al.*, 2010), 아직까지 품종개발은 전무한 실정이고, 품종개발을 위한 유전자원의 수집 및 평가에 관련된 연구도 매우 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 국내외 해바라기 유전자원들의 종실특성과 지방함량 및 지방산조성 변이를 구명함과 동시에 지방함량과 올레산 함량이 높은 유망자원을 선별하여 해바라기 품종육성 및 생산기술의 기초 자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 재배방법

시험재료는 농촌진흥청 농업유전자원센터로부터 해바라기 유전자원 총 275종을 분양받았으며, 국내자원 34종, 미국자원 219종, 필리핀자원 2종, 캐나다자원 5종, 헝가리자원 2종, 중국자원 5종, 루마니아자원 1종, 불가리아자원 1종, 러시아자원 1종 및 그 외의 국가자원 5종이었다. 2008년 5월 6일 충북농업기술원 시험포장에 파종하였으며, 시비량은 N-P₂O₅-K₂O-퇴비 = 12-9-9-1,000 kg/10a을 전량기비로 사용하였다. 시험구는 수집종별 2열씩 5 m이며, 재식거

리는 휴폭 60 cm × 주간 30 cm로 하여 4립씩 직파한 후 본엽 3엽기에 1주 1본으로 본수를 조절하였다. 수확기는 생육특성에 따라 8월7일부터 하였으며, 수확된 종자들을 탈곡하여 온풍 건조기에 37°C 로 7일간 건조한 후 종실특성과 지방함량 및 지방산 조성을 조사하였다.

종실특성 조사

종실의 외형적 특성으로는 종실형태, 줄무늬의 유무, 점의 유무 및 과피색을 조사하였으며, 종실형태는 광란형, 협란형, 원형 및 장형으로 National Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability on sunflower (Government of India, 2006)에 근거하여 4종류로 분류하였다. 과피색은 색도감표(한국표준색표집, 2003)에 따라 회색, 갈색, 검정색 및 흰색의 4종류로 구분하였다. 그 밖에 종실특성 조사로는 100립중, 1ℓ중, 길이 및 넓이를 조사하였고, 100립중은 극소립(5 g이하), 소립(5~6 g), 중립(6~7 g), 대립(7~8 g) 및 극대립(8 g이상)의 5등급으로 분류하였다. 종실의 길이와 넓이는 Icamscope (MV335, Korea)으로 측정하였다.

지방 및 지방산 분석

지방

지질 함량 분석은 Soxhlet 장치를 이용하였으며, 먼저 수기의 함량을 구하기 위해 수기를 깨끗이 세척한 다음 건조기(105°C)에서 2~4시간 정도 가열한 뒤 데시케이터에서 방냉한 후 실온에 도달하면 무게를 칭량하였다. 다시 수기를 건조기(105°C)에 넣어 30분간 건조시킨 다음 다시 데시케이터에서 방냉한 후 무게를 칭량하였다. 수기의 무게가 항량이 될 때까지 반복 칭량하였다. 시료는 수확 후 37°C 건조기에서 7일간 건조된 종자들을 사용하였으며, 종자를 곱게 분쇄한 후 3g씩 원통여지(thimble filter)에 넣고 그 위에 탈지면을 가볍게 덮었다. 칭량된 수기에 에틸에테르 200 ml를 추출용매로 첨가하였고, 항온수조의 온도는 40°C 로 하여 8시간 동안 추출하였다. 추출이 끝난 후 Soxhlet 장치를 분리하여 수기에 있는 에틸에테르를 감압농축기를 이용하여 완전히 제거한 다음 수기를 건조기(105°C)에 1시간동안 건조시킨 후 데시케이터에 30분간 방냉한 다음 지방 무게를 칭량하였다. 조지방 분석은 3반복 처리하여 조사하였다.

지방산

지방산 조성 분석은 추출된 지방 50 μl 와 준비된 반응시약(methanol : heptane : 2,2-dimethoxypropane : H₂SO₄ = 37 ml : 36 ml : 20 ml : 5 ml : 2 ml) 2 ml를 vial에 넣은 다음 격렬하

게 흔들어 준 뒤 80°C로 유지되는 heating block에서 20분간 반응시킨 후 냉장 보관하였다. 분석하기 바로 전에 두 개의 층 중 상층액 100 μ l을 취하여 GC용 vial에 옮겨 넣고 gas chromatography (Agilent 6850)에 주입하여 지방산 조성을 분석하였다. 분석 조건은 불꽃 이온화 검출기(flame ionization detector : FID)와 HP-INNOWAX 19091N-133 (30 m \times 0.25 mm, 0.25 μ m) column을 사용하였다. gas chromatography 오븐의 초기온도는 150°C에서 5분간 유지한 후 분당 5°C씩 상승시키고 230°C에서 유지하였다. 시료 주입구와 검출기의 온도는 각각 250°C에서 300°C를 유지시켰다. 이동상에 이용된 질소 가스는 분당 1.3 ml의 유속으로 유지하였으며, 주입량의 분할 비율은 50:1로 조절하고 시료 1 μ l를 주입하여 분석하였으며, 3반복 처리하여 조사하였다.

결과 및 고찰

종실 특성

해바라기 유전자원 총 275종의 종실형태, 종실과피의 줄무늬

유무 및 점의 유무에 따라 분류한 결과는 Table 1과 같다. 유전자원의 종실형태는 전체적으로 광란형이 40.4% (111종)로 가장 많았고, 그 다음으로 협란형이 35.3% (97종), 원형이 19.3% (53종)으로 많았으며, 장형이 5% (14종)로 가장 적었다. 국내자원은 광란형이 많았으며, 미국에서 도입된 자원은 광란형과 협란형이 많았다. 종실과피의 줄무늬의 유무는 줄무늬가 있는 것은 전체적으로 70.5% (194종)이었고, 없는 것은 29.5% (81종)이었다. 국내자원과 미국도입자원은 줄무늬가 있는 것이 많았고, 반면 그외의 국가에서 도입된 자원은 있는 것과 없는 것이 각각 동일하였다. 종실 과피에 점이 있는 것은 2.2% (6종)이었는데 모두 미국으로부터 도입된 자원이었고, 점이 없는 것은 97.8% (269종)로 대부분이 종실과피에 점이 없었다.

해바라기 유전자원의 과피색의 분류와 분포는 Photo. 1 및 Fig. 1과 같다. 회색종이 33.8% (93종), 갈색종이 33.1% (91종), 흑색종이 26.2% (72종) 및 백색종이 6.9% (19종)이었다. 회색종과 갈색종이 많았고, 백색종이 가장 적게 분포하였다.

해바라기 유전자원 총 275종의 100립중 및 1l중의 평균,

Table 1. Proportion of sunflower accessions classified by seed type, strips, and mottling in sunflower germplasm.

Characteristics	Origin			Total	
	Korea	America	Other Countries [†]		
	----- % -----				
Type	Broad ovoid	8.7(24) [‡]	28.8(79)	2.9(8)	40.4(111)
	Narrow ovoid	1.8(5)	30.2(83)	3.3(9)	35.3(97)
	Rounded	1.5(4)	16.7(46)	1.1(3)	19.3(53)
	Elongated	0.4(1)	3.8(11)	0.7(2)	5.0(14)
	Total	12.4(34)	79.6(219)	8.0(22)	100(275)
Strips	Present	11.6(32)	54.9(151)	4.0(11)	70.5(194)
	Absent	0.7(2)	24.8(68)	4.0(11)	29.5(81)
	Total	12.4(34)	79.6(219)	8.0(22)	100(275)
Mottling	Present	0	2.2(6)	0	2.2(6)
	Absent	12.4(34)	77.5(213)	8.0(22)	97.8(269)
	Total	12.4(34)	79.7(219)	8.0(22)	100(275)

[†]Canada, Hungary, Rumania, Bulgaria, Russia, Philippines, China.

[‡]() : Number of accessions

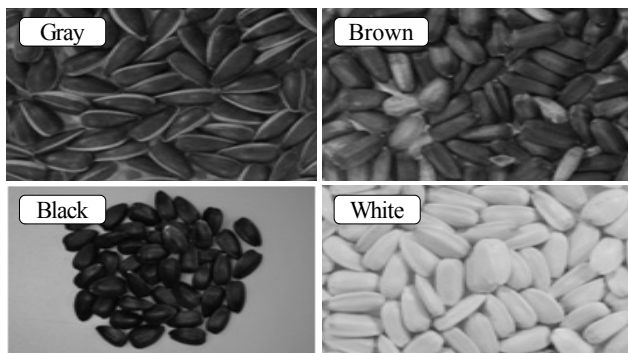


Photo. 1. Seed appearance of sunflower germplasm.

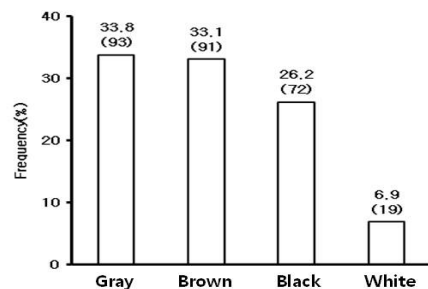


Fig. 1. Frequency distribution and number of accessions classified by hull seed color in sunflower germplasm. () : Number of accessions.

최대 및 최소는 Table 2와 같다. 100립중의 평균은 6.3g이었고, 범위는 최소 2.9g부터 최대 15.5g이었다. 1ℓ 중의 평균은 322.5g이었고, 178~439g의 범위이었다. 100립중 및 1ℓ 중의 분포는 Fig. 2와 같다. 100립중의 분포는 소립종이 29.5% (81종)로 가장 많이 분포하였고, 다음으로 극소립종이 19.6% (54종), 중립종이 18.5% (51종), 극대립종이 16.4% (45종) 및 대립종이 16.0% (44종) 순으로 분포하였다. 이와 같은 결과는 해바라기의 100립중은 유전적으로 변이가 크고 매우 다양한 것으로 생각된다. 1ℓ 중의 분포는 300~350g의 범위에

36.0% (99종)로 가장 많이 분포하였고, 400g이상의 범위는 5.5% (15종)로 가장 적게 분포하였다.

해바라기 유전자원의 종실길이 및 넓이의 평균, 최대 및 최소는 Table 3과 같다. 종실길이의 평균은 11.7mm이었고, 최소 9mm부터 최대 21.5mm의 범위이었으며, 종실넓이의 평균은 6.4mm이었고, 최소 4.3mm에서 최대 9.5mm의 범위이었다. 종실길이 및 넓이의 분포는 Fig. 3과 같다. 종실길이의 분포는 11~12mm의 범위에서 35.6% (98종)로 가장 많았고, 10mm의 이하에서 5.8% (16종)로 가장 적게 분포하였

Table 2. Mean, maximum, minimum value and CV of 100 seed and 1ℓ seed weight in sunflower germplasm.

Characteristics	Mean ± SD	Max.	Min.	CV (%)
100 seed weight (g)	6.3 ± 1.9	15.5	2.9	29.6
1ℓ seed weight (g)	322.5 ± 52.6	439	178	16.3

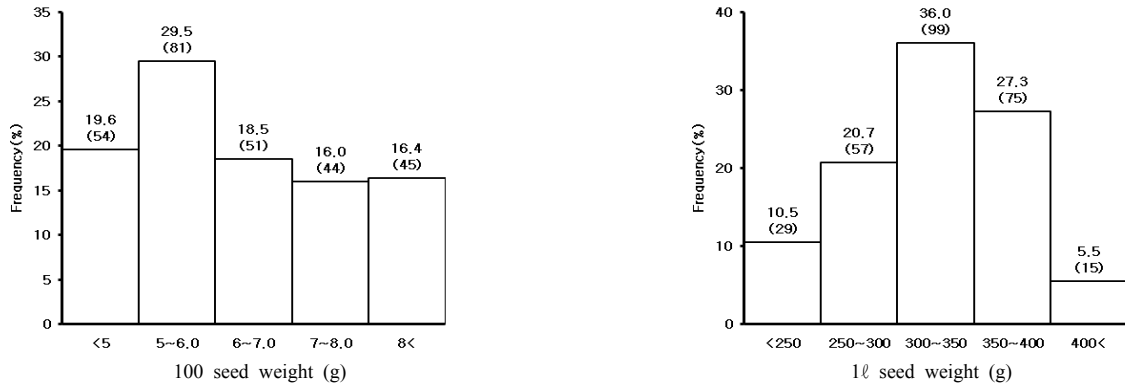


Fig. 2. Frequency distribution and number of accessions classified by 100 seed and 1ℓ seed weight in sunflower germplasm. () : Number of accessions

Table 3. Mean, maximum, minimum value and CV of seed length and width in sunflower germplasm.

Characteristics	Mean ± SD	Max.	Min.	CV (%)
Seed length (mm)	11.7 ± 1.6	21.5	9	13.4
Seed width (mm)	6.4 ± 0.9	4.3	9.5	13.7

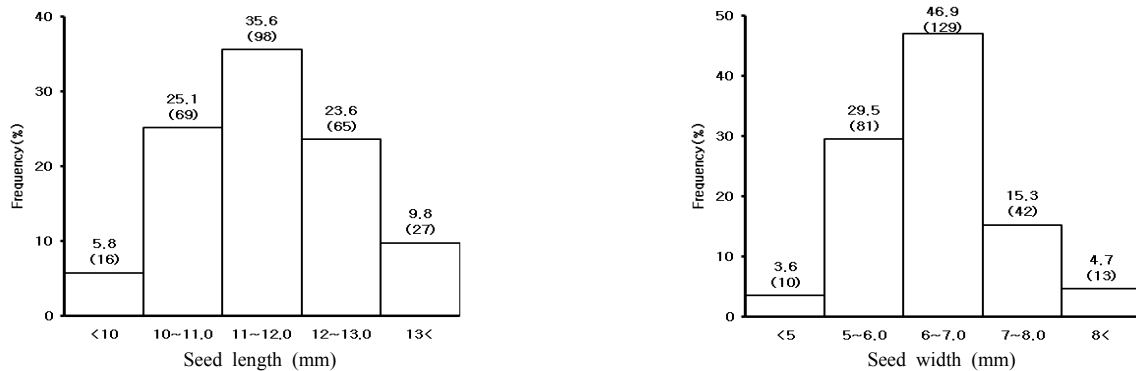


Fig. 3. Frequency distribution and number of accessions classified by seed length and width in sunflower germplasm. () : Number of accessions.

다. 종실넓이의 분포는 6~7mm 범위에서 46.9% (129종)로 가장 많이 분포하였으며, 5mm이하에서 3.6% (10종)로 가장 적게 분포하였다.

지방함량 및 지방산 조성

해바라기 유전자원의 지방함량의 평균은 25.5%이었으며, 그 분포는 최소 11.7%부터 최대 45.6%의 범위이었다 (Table 4). 지방함량의 분포는 Fig. 4와 같이 22~28% 범위에서 42.5% (117종)로 가장 많았고, 40%이상이 1.1% (3종)로 가장 적었다. 지방함량이 40%이상의 높은 유망자원은 IT031967, IT031970 및 IT031965의 3종이었고, 모두 미국으로부터 도입된 자원이었다(Table 5).

해바라기의 지방산 조성은 Fig. 5와 같이 팔미트산, 스테아린산, 올레산 및 리놀레산으로 구성되어 있음이 확인되었다.

지방산의 분석결과는 Table 6과 같다. 포화지방산인 팔미트산의 평균 함량은 4.7%이었으며, 스테아린산의 평균 함

량은 2.2%이었다. 불포화지방산인 올레산 및 리놀레산 함량의 평균은 각각 55.2% 및 38.0%이었으며, 올레산 함량의 범위는 18.1~75.5%이었고, 리놀레산 함량의 범위는 18.1~74.1%이었다. 포화지방산(팔미트산+스테아린산) 함량의 평균은 6.9%, 범위는 5.4~9.4%이었고, 불포화지방산(올레산+리놀레산) 함량의 평균은 93%, 범위는 89.6~94.8%이었다. 변이계수로 볼때 리놀레산 함량의 변이가 가장 컸고, 팔미트산의 변이가 작았다. Steer and Seiler (1990)는 해바라기의 지방산 조성은 약 90%이상이 불포화지방산이었고, 약 10%가 포화지방산으로 구성되어 있다고 보고한 바 있으며, Seiler (1986)는 일반적으로 해바라기 기름에는 리놀레산 함량이 높고, 올레산 함량이 낮은 특징을 가지고 있다고 보고하였다.

해바라기 유전자원의 지방산 조성분포는 Fig. 6과 같다. 팔미트산은 4~5% 범위에 64.4% (177종)로 가장 많았으며, 7% 이상이 0.7% (2종)로 가장 적었다. 스테아린산은 2~3% 범위에 66.9% (184종)로 가장 많이 분포하였고, 4%이상이 0.4% (1종)로 가장 적게 분포하였다. 올레산은 58~68%의 범위에 36.7% (101종)로 가장 많이 분포하였고, 68%이상이 15.3% (42종)로 가장 적게 분포하였는데, 올레산 함량이 68% 이상인 높은 자원들은 대부분이 미국으로부터 도입된 자원이었는데 이중에서 올레산 함량이 높은 품종개발을 위한 유망자원으로는 IT031831, IT031699, IT031895, IT031938 및 IT031694의 5종이었다(Table 7). 리놀레산은 28~38%의 범위가 33.8% (93종)로 가장 많이 분포하였고, 68%이상이 3.6% (10종)로 가

Table 4. Mean, maximum, minimum value and CV of oil in sunflower germplasm.

Characteristic	Mean ± SD	Max.	Min.	CV (%)
Oil (%)	25.5 ± 5.5	45.6	11.7	21.6

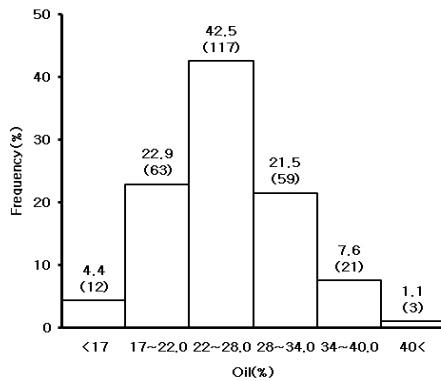


Fig. 4. Frequency distribution and number of accessions classified by oil contents in sunflower germplasm. () : Number of accessions

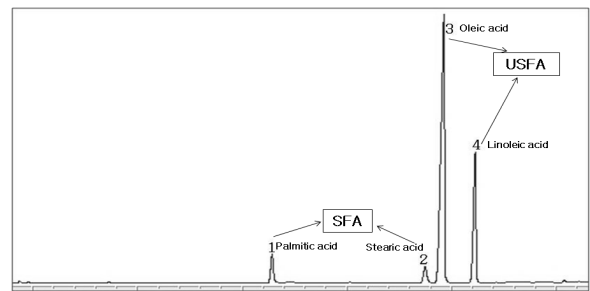


Fig. 5. GC chromatogram of sunflower fatty acid.

Table 5. Selection of genetic resources with high oil content in sunflower germplasm.

IT No.	PI No.	Fatty acid composition					SFA [†]	USFA [‡]
		Oil	Palmitic	Stearic	Oleic	Linoleic		
----- % -----								
IT031967	PI340782	45.6	4.7	1.8	48.3	45.1	6.5	93.4
IT031970	PI340785	42.6	4.4	1.9	61.0	32.7	6.3	93.7
IT031965	PI340780	41.9	4.8	1.8	54.1	39.2	6.6	93.3

[†]SFA : Palmitic + Stearic, [‡] USFA : Oleic + Linoleic

Table 6. Mean, maximum, minimum value and CV of fatty acid in sunflower germplasm.

Statistics	Fatty acid composition				SFA [†]	USFA [‡]
	Palmitic	Stearic	Oleic	Linoleic		
Mean ± SD	4.7 ± 0.7	2.2 ± 0.5	55.2 ± 13.4	38.0 ± 13.1	6.9 ± 0.8	93.0 ± 0.8
Max.	7.6	4.1	75.5	74.1	9.4	94.8
Min.	3.1	1.3	18.1	18.1	5.4	89.6
CV (%)	15.1	20.0	24.3	34.5	11.8	0.9

[†]SFA : Palmitic + Stearic, [‡]USFA : Oleic + Linoleic

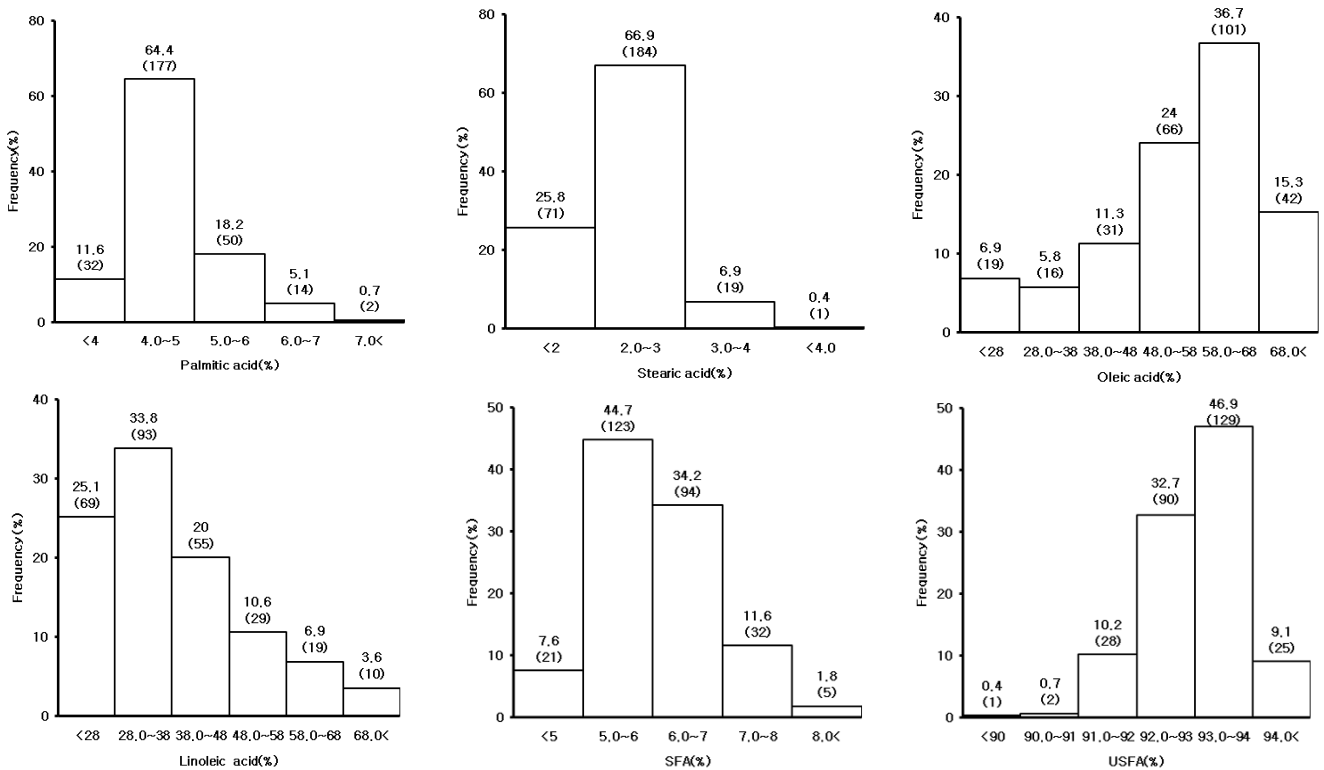


Fig. 6. Frequency distribution and number of accessions classified by fatty acid composition in sunflower germplasm.

() : Number of accessions

SFA : Palmitic + Stearic, USFA : Oleic + Linoleic

장 적게 분포하였다. 포화지방산은 5~6% 범위에서 44.7% (123종)로 가장 많이 분포하였고, 8% 이상에서 1.8% (5종)로 가장 적게 분포하였다. 불포화지방산은 93~94%의 범위에서 46.9% (129종)로 가장 많이 분포하였으며, 94% 이상의 높은 자원은 9.1% (25종)로 분포하였다.

수집국가별로 국내자원 34종과 미국도입자원 219종 및 그 외의 국가도입자원 22종(중국, 캐나다, 헝가리, 러시아, 루마니아, 필리핀 및 불가리아)으로 분류하여 지방 및 지방산 조성을 조사한 결과는 Table 8과 같다. 수집국가별로 지방함량의 평균은 국내자원이 24.4%, 미국도입자원이 25.5%이었으

며, 두 그룹 간에는 유의차가 없었으나, 그 외의 국가로부터 도입된 자원은 평균은 27.5%로 국내자원과 미국도입자원에 비해 지방 함량이 높았다. 수집국가별로 팔미트산의 평균함량은 국내자원이 5.6%, 미국도입자원이 4.5%, 그 외의 국가로부터 도입된 자원은 5.0%이었으며, 국내자원이 미국도입자원과 그 외의 국가도입자원에 비해 높았다. 스테아린산의 평균함량은 국내자원이 2.1%, 미국자원이 2.2%, 그 외의 국가로부터 도입된 자원이 2.3%이었으며, 그 외의 국가로부터 도입된 자원들은 국내자원과 미국도입자원에 비해 높았다. 올레산 및 리놀레산의 평균함량은 국내자원이 각각 39.1%

Table 7. Selection of genetic resources with high oleic content in sunflower germplasm.

IT No.	PI No.	Oil	Fatty acid composition				SFA [†]	USFA [‡]
			Palmitic	Stearic	Oleic	Linoleic		
----- % -----								
IT031831	PI124307	21.4	3.9	2.4	75.5	18.1	6.3	93.6
IT031699	PI170388	18.1	4.1	2.3	74.6	19.0	6.3	93.6
IT031895	PI287182	27.3	4.0	3.0	74.4	18.6	6.9	93.0
IT031938	PI301060	20.8	4.2	2.7	73.4	19.7	6.8	93.2
IT031694	PI165087	20.2	5.2	2.7	72.6	19.6	8.0	92.2

[†]SFA : Palmitic + Stearic, [‡]USFA : Oleic + Linoleic

Table 8. Mean value of oil content and fatty acid compositions classified by collected countries in sunflower germplasm.

Country	Statistics	Oil	Fatty acid composition				SFA [†]	USFA [‡]
			Palmitic	Stearic	Oleic	Linoleic		
----- % -----								
Korea n = 34	Mean ± SD	24.4 ± 4.4 ^b	5.6 ± 0.7^a	2.1 ± 0.4 ^c	39.1 ± 17.3 ^c	53.2 ± 17.0 ^a	7.7 ± 0.7 ^a	92.3 ± 0.7 ^c
America n = 219	Mean ± SD	25.5 ± 5.6 ^b	4.5 ± 0.5^c	2.2 ± 0.4 ^{ab}	58.5 ± 1.0 ^a	34.6 ± 9.8 ^c	6.9 ± 0.7 ^c	93.1 ± 0.7 ^a
Other Countries [§] n = 22	Mean ± SD	27.5 ± 6.0 ^a	5.0 ± 0.8^b	2.3 ± 10.6 ^a	50.4 ± 14.2 ^b	42.3 ± 13.7 ^b	7.3 ± 1.0 ^b	92.7 ± 1.0 ^b

[†]SFA : Palmitic + Stearic, [‡]USFA : Oleic + Linoleic

[§]Canada, Hungary, Rumania, Bulgaria, Russia, Philippine, China.

및 53.2%이었고, 미국도입자원이 각각 58.5% 및 34.6%이였으며, 그 외의 국가로부터 도입된 자원은 각각 50.4% 및 42.3%이었다. 지방산 조성은 수집국가 간에 유의성이 인정되었다. 올레산 함량은 미국도입자원이 가장 높았고, 다음으로는 그 외의 국가로부터 도입된 자원이 높았으며, 국내자원이 가장 낮았다. 이러한 결과는 미국으로부터 도입된 자원 대부분이 올레산 함량이 높은 품종으로 육성되었기 때문인 것으로 생각된다. 포화지방산 및 불포화지방산의 평균함량은 수집국가 간에 있어서 유의성 있는 차이를 보였다.

적 요

해바라기의 바이오디젤 생산을 위한 품종 육성과 생산기술의 기초자료를 얻기 위하여 한국자원 34종, 미국자원 219종 및 그 외의 다른 국가로부터 도입된 자원 22종을 포함한 총 275종의 유전자원을 농촌진흥청 농업유전자원센터로부터 분양받아 종실특성과 지방함량 및 지방산 변이 조성을 구명한 결과는 다음과 같다.

1. 종실의 형태는 광난형, 협난형, 원형 및 장형으로 구분되었

으며, 광란형이 40.4%로 가장 많았으며, 장형이 5.0%로 가장 적었다. 종실의 과피색은 회색종, 갈색종, 흑색종 및 백색종으로 구분되었고, 회색종과 갈색종이 많았고 백색종이 적었다. 100립중과 1ℓ 중의 평균은 각각 6.3 g 및 322.5 g이었고, 분포범위도 각각 2.9~15.5 g 및 178~439 g이었다.

2. 해바라기 유전자원의 지방함량의 평균은 25.5%이었고, 그 범위는 11.7~45.6%이었다. 지방함량의 분포는 22~28%의 범위가 가장 많았고, 40%이상이 가장 적었으며, 지방함량이 40%이상으로 높은 유망자원은 미국 도입자원인 IT031967, IT031970 및 IT031965의 3종이었다.

3. 포화지방산인 팔미트산 함량의 평균은 4.7%이였으며, 범위는 3.1~7.6%, 스테아린산 함량의 평균은 2.2%, 범위는 1.3~4.1%이었고, 포화지방산(팔미트산 + 스테아린산) 함량의 평균은 6.9%, 범위는 5.4~9.4%이었다.

4. 불포화지방산인 올레산의 평균함량은 55.2%이었고 18.1~75.5%의 범위이였으며, 올레산이 70% 이상인 자원은 IT031831, IT031699, IT031895, IT031938 및 IT031694의 5종이었다. 리놀레산의 평균함량은 38.0%이였으며 범위는 18.1~74.1%이었다. 불포화지방산(올레산+리놀레산)의 평균 함량은 93%, 범위는 89.6%~94.8%이었다.

사 사

본 연구는 2009년도 충북대학교 학술연구지원사업에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Arkansas Biofuel Enterprises. 2007. Crop yields in gallons. Available at <http://home.earthlink/~arkansabiofuels/id33.html>. Arkansas Bio-Fuels Enterprises, AR.
- Burton, J. W., J. F. Miler, B. A. Vick, R. Scarth, and C. C. Holbrook. 2004. Altering fatty acid composition in oil seed crops. *Adv. Agron.* 84 : 273-306.
- Cabrini, L., V. Barzanti, M. Cipollone, D. Fiorentini, G. Grossi, B. Tolomelli, and L. Zambonin. 2001. Antioxidants and total peroxy radical-trapping ability of olive and seed oils. *J. Agric. Food Chem.* 49 : 6026-6032.
- Demirbas, A. 2007. Bio diesel from sunflower oil in supercritical methanol with calcium oxide. *Energy Conservation and Management.* 48 : 937-941.
- Encinar, J. M., J. F. González, and A. Rodríguez-Reinares. 2007. Ethanolysis of used frying oil. *Biodiesel preparation and characterization.* *Fuel Processing Technology.* 88 : 513-522.
- National Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability on sunflower. 2006. Government of India. pp. 20.
- Grundy, S. M. 1986. Comparison of monounsaturated fatty acids and carbohydrates for lowering plasma cholesterol. *N. Engl. J. Med.* 314 : 745-748.
- Hardin, B. 1998. Mid-oleic acid sunflower hybrids debut. *Agric. Res.* 46(6) : 14-15.
- Heiser, C. B. 1951. The sunflower among the North America Indians. *Proceedings of the America Philosophical Society.* 95 : 432-448.
- Kim, I. J. S. Y. Nam, Y. H. Lee, S. J. Kim, S. Y. Choi, C. W. Rho, J. G. Lee, I. G. Song, and H. S. Kim. 2010. Agronomic characteristics of Sunflower (*Helianthus annuus L.*) collections. *Korean J. Plant Res.* 23(1) : 1-6.
- Kleingartner, L. W. 2002. NuSun sunflower oil : Redirection of an industry. p. 135-138. In J. Janick and A. Whipkey(ed.) *Trends in new crops and new uses.* ASHS Press, Alexandria, VA.
- Kris-Etherton, P. M. and S. Yu. 1997. Individual fatty acid effects on plasma lipids and lipoproteins : human studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 65 : 1628S-1644S.
- National sunflower association. 2009. National Sunflower Association : Sunflower seed kernel. Available at <http://www.sunflowernsa.com/seed/>. NSA, Bismarck, ND.
- Pereyra-Irujo, G. A, N. G. Izquierdo, M. Covi, S. M. Nolasco, F. Quiroz, and L.A.N. Aguirreábal. 2009. Variability in sunflower oil quality for biodiesel production: A simulation study. *Biomass and bioenergy.* 33 : 459-468.
- Piva, G., A. Bouniols and G. Mondières. 2000. Effect of cultural condition on yield, oil content and fatty acid composition of sunflower kernel. p. 61-66. In *proc. Int. Sunflower Conf.*, 15th, Toulouse, France. 12-15 June, 2000.
- Putt, E. D. 1997. Sunflower early history. In 'sunflower technology and production. *Agronomy 35*'. (Ed. AA Schneiter) pp. 1-19 (American Society of Agronomy, Crop Society of America, Soil Science Society of America : Madison, WI).
- Rakopoulos, C. D., D. T. Hountalas, E. G. Giakoumis, and E. C. Andritsakis. 2008. Performance and emissions of bus engine using blends of diesel fuel with bio-diesel of sunflower or cottonseed oils derived from Greek feedstock. *Fuel.* 87 : 147-157.
- Ramos, M. J., C. M. Fernández, A. Casas, L. Rodríguez, and A. Pérez. 2009. Influence of fatty acid composition of raw material on biodiesel properties. *Bioresour. Technol.* 100 : 261-268.
- Sackston, W. E. 1992. On a treadmill; breeding sunflower for resistance to disease. *Annual Review of phytopathology* 30 : 529-551.
- Schilling, E. E. 2006. *Helianthus*. In: *Flora of North America Editorial Committee (Eds.), Flora of North America North of Mexico*, Oxford University Press, New York and Oxford 21 : 141-169.
- Seiler, G. J. 1986. Analysis of the relationships of environmental factors with seed oil and fatty acid concentrations of wild sunflower. *Field Crops Res.* 15 : 57-72.
- Seiler, G. J., T. J. Gulya, and G. Kong. 2010. Oil concentration and fatty acid profile of wild *Helianthus* species from the southeastern United States. *J. Ind Crop* 31 : 527-533.
- Shahid, E. M. and Y. Jamal. 2008. A review of biodiesel as vehicular fuel. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 12 : 2484-2494.
- Skoric, D., S. Jovic, Z. Sakac, and N. Lecic. 2008. Genetic possibilities for altering sunflower oil quality to obtain novel oils. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 86 : 1-7.
- Soldatov, K. I. 1976. Chemical mutagenesis in sunflower breeding. 352-357. in *proc. int. conf.*, 7th, Krasnodar, USSR. 27 June-3 July 1976. *Int. sunflower assoc. prees*, Vlaardingen, the Netherlands.
- Steer, B.T. and G.J. Seiler. 1990. Changes in fatty acid composition on sunflower (*Helianthus annuus*) seeds in response to time of nitrogen application, supply rates and defoliation. *J. Sci. Food Agric.* 51 : 11-26.
- Temme, E H., R. P. Mensink, and G. Hornstra. 1996. Comparison of the effects of diets enriched in lauric, palmitic, or oleic acids serum lipids and lipoproteins in healthy women and. *Am. J. Clin. Nutr.* 63 : 897-903.
- Vick, B. A., C. C. Jan, and J. F. Miller. 2007. Registration of sunflower genetic stock RS3 with reduced saturated palmitic and stearic acid. *J. Plant Reg.* 1 : 80.
- Warner, K., B. A. Vick, L. Kleingartner, R. Isaak, and K. Doroff. 2003. Compositions of sunflower, NuSun(mid-oleic sunflower) and high-oleic sunflower oils. *Proc. Sunflower Res. Workshop*, Fargo, ND. 16-17 Jan. National Sunflower Association, Bismarck, ND.
- 한국표준색표집. 2003. 이화여대색채디자인연구소. pp. 100.