

## 유채의 F<sub>1</sub> 종자 생산시 종자친과 화분친의 재식비 및 등숙시기별 종자의 지방산 분석

구양규\* · 양선영\*\* · 정용수\*\* · 김현성\*\*\* · 서미정\*\*\* · 안성주\*\*\*<sup>†</sup>

\*전남대학교 농업생명과학대학 원예생명공학과, \*\*전남 영광군 농업기술센터,  
\*\*\*전남대학교 농업생명과학대학 바이오에너지공학과

### Effect of Planting Ratio of Male Sterility (MS) and Restorer Line (RL) on Fatty Acid Content and Composition during Seed Filling Period in F<sub>1</sub> Seed of *Brassica napus* L.

Yang-Gyu Ku\*, Sun-Young Yang\*\*, Yong-Su Jung\*\*, Hyun-Sung Kim\*\*\*,  
Mi-Chung Suh\*\*\*, and Sung-Ju Ahn\*\*\*<sup>†</sup>

\*Department of Horticulture & Plant Biotechnology, College of Agriculture and Life Science,  
Chonnam National University, Gwangju 500-757, South Korea

\*\*Mangokri, Gunseomyun, Yeong-Gwang Agricultural Technology Center, Yeong-Gwang Gun, Jeollanamdo, South Korea

\*\*\*Department of Bioenergy Science and Technology, College of Agriculture and Life Science, Chonnam National  
University, Gwangju 500-757, South Korea

**ABSTRACT** The objective of this experiment was determined to investigate the effect of the planting ratio of Male Sterility (MS) to Restorer Line (RL) and harvesting time on fatty acid compositions under F<sub>1</sub> seed production of *Brassica napus* L. For rapeseed seed production, two experiments were conducted in the open fields. One experiment studied planting ratios of MS to RL (4:2, 10:2, or 10:1) were planted and investigated fatty acid composition at 40, 45, 50, 55, and 60 days after flowering, the other F<sub>2</sub> seeds were analyzed on fatty acid compositions of harvested seeds at five sequential stages. The results showed that fatty acid compositions of developing seeds were influenced by MS:RL planting ratios and F<sub>2</sub> hybrid treatments and contaminated level of fatty acid compositions, erucic acid, were unaffected by planting ratio of MS to RL. Fatty acid compositions such as palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0) and linoleic acid (C18:2) contents decreased during seed maturation period in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> experiments. In contrast, oleic acid (C18:1) content relatively increased up to 55days after flowering. At day 60 after flowering, oleic acid content was unaffected by MS:RL planting ratios and F<sub>2</sub> seeds treatments. Aspects of related gene expression of fatty acid synthesis such as SAD, FAD1 and FAD2 were followed exactly to changes of fatty acid composition during seed maturation. These results suggest that MS ratio

may be enlarged and RL may be reduced, indicating this ratio will be useful for rape seed production.

**Keywords** : oleic acid, F<sub>1</sub> hybrid seed, biodiesel, oil composition

**화석연료** 사용 증가에 따라 지구 온난화, 산성비와 대기오염이 심화되어 환경문제가 심각해지고 있다. 따라서 친환경적인 바이오 에너지와 같은 대체에너지 개발의 필요성이 커지고 있다. 특히, 유채기름, 콩기름 등의 식물성 기름을 이용한 차량 연료에 대한 관심이 최근에 급부상하고 있다(Eun *et al.*, 2007; Yuan *et al.*, 2008). 다양한 유류 작물 중, 유채기름은 포화지방산의 비율이 낮아 온도가 낮은 겨울철에도 비교적 안전하게 사용할 수 있고(Kim *et al.*, 2008), 바이오디젤에 사용되는 고 oleic acid 및 다수성 품종이 개발되어 있으므로 유리한 이점이 있다(Jang *et al.*, 2002a; Kim *et al.*, 2009).

타식성 작물인 유채는 4~5회 계속 증식할 때 자식약세 현상으로 수량이 현저하게 감소한다. 이를 해결하기 위하여 세 포질 유전자적 응성불임을 통한 1대 품종 개발과 종자친(Male Sterility-MS)과 화분친(Restorer Line-RL) 간의 재식비에 따른 재배방법이 있다. 국립식량과학원 바이오에너지 작물센터에서 육성한 다수성 1대잡종(400~450kg/10a)인 ‘선망’, ‘청풍’ 등이 농가에게 보급 되고 있다(Jang *et al.*, 2002a). 또한 상업적인 유채 종자 생산을 위한 종자친과 화

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-62-530-2052  
(E-mail) asjsuse@chonnam.ac.kr <Received July 9, 2010 >

분친 재식비가 유채 종자 생산에 큰 영향을 미친다는 보고도 있다. 종자친과 화분친의 1:1, 2:1 및 3:1 비로 재식하여 수확한 결과, 다른 비보다 2:1에서 F<sub>1</sub> 종자 생산량이 가장 높았고 (Kwon, 1984), 다른 연구에서도 종자친과 화분친의 1:1, 2:1, 3:1, 4:1 비 중에 2:1 재식비에서 종자 생산량이 더 많았다고 보고하였다(Hogland and Mendham, 1995). 이와 반대로 종자친과 화분친 재식비를 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1 및 6:1 재식비 중에서 4:1 비에서 다른 재식비보다 더 종자 생산량이 많았다는 보고도 있었다(Jang *et al.*, 2002b). 종자친과 화분친의 재식비와 관련된 종자 생산량의 연구 결과가 상반된 이유는 연구간에 사용된 화분친의 화분제공 능력이나 종자친이나 화분친의 개화기의 차이에서 온 화분의 제공기간의 차이로 볼 수 있을 것이다.

바이오디젤의 주성분인 oleic acid 함량 증진 방법은 응성 불임을 통한 1대 잡종 개발로 oleic acid 이 60% 함유된 품종 개발(Jang *et al.*, 2002b), 방사선을 이용한 돌연변이 육종을 통해 oleic acid 함량 증가(Lee *et al.*, 1984) 및 환경적인 요인들(Lee *et al.*, 1975a, 1975b)이 있다. 유채 재배시에는 재배단지 주위에 다른 십자화과의 작물이 서식할 때 화분이 오염이 되기 쉽고 이로 인해 바이오디젤 주성분인 oleic acid 함량에 영향을 미칠 것으로 사료가 된다. 그러므로 종자친과 화분친의 다양한 재식비에 따른 유채 종자 지방산의 조성 함량과 종자친과 화분친 비로 생산된 유채 종자를 이듬해 다시 재배하여 지방산의 조성 함량의 변화 유무와 등숙 시기별 지방산 분석을 통해 화분의 오염 정도를 파악할 필요성이 대두된다. 따라서 본 연구는 종자친과 화분친의 비에 따른 유채 등숙시기별 지방산 분석과 F<sub>1</sub> 종자 후대 검정과 종자의 안정적 생산을 목적으로 본 실험을 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 1. 종자친과 화분친 비별 유채의 생육

본 연구는 2007년 10월 중순에 전남 영광에서 벼를 수확 후 유채 종자친과 화분친간의 지방산 조성구성과 수량구성 요인 등을 구명하는 실험의 재료로 종자친은 ‘선망’과 화분친은 ‘목포 111호’를 사용하였고 유채 전용파종기를 이용하여 산파로 3 m를 기준으로 하여 종자친과 화분친을 파종하였다. 종자친과 화분친간 재식비는 4:2, 10:2 및 10:1로 재식하였다. 10a당 파종량은 종자친 300g, 화분친 500 g이며 시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-퇴비를 15-8-8-1000 kg에 붓사 2 kg을 기비와 함께 시용하였으며, 인산과 칼리는 전량 밀거름으로 질소는 60%를 기비로 사용하였다. 실험장소 주위에 십자화과 재배작물이 없고 산으로 주변이 경계가 되는 지역을 선

정하여 실험을 수행하였다(Jang *et al.*, 2002b).

월동 후 유채의 생장과 발육은 정상적으로 진행되었고 개화기 개시일의 경우, 화분친은 2008년 4월 10일과 종자친은 2008년 4월 14일이었다. 종자친의 개화 후 4:2, 10:2 및 10:1 비로 식재된 포장에서 40, 45, 50, 55, 60일째에 종자친인 ‘선망’의 종자를 수확하였다. 등숙시기별로 수확한 종자는 즉시 액체 질소를 넣고 -80°C 냉장고에 보관하였다. ‘선망’ 종자를 냉동건조 처리 후 지방산 성분을 분석하였다.

### 실험 2. F<sub>2</sub> 종자의 지방산 분석을 위한 유채 생육

본 실험은 2007년에 10월 중순에 종자친:화분친(4:2, 10:1, 10:2) 비로 재배하여 2008년 6월 중순경에 F<sub>2</sub> 종자를 수확하였다. 종자친과 화분친 비로 수확한 F<sub>2</sub> 유채 종자를 2008년 10월 14일 60공 tray에 파종 육묘하여 11월 12일 전남 영광군 염산면 포장에 정식 하였다. 이식재배의 식재 방법은 28일 육묘한 후 농촌진흥청에서 개발한 1조식 채소 이식기를 이용하여 60 × 20 cm로 정식하였다. 월동 후에 유채의 생장과 발육이 잘 진행되었고 이듬해 2009년 4월 13일부터 개화하였다. 선망 F<sub>2</sub> 유채종자들이 개화 후 40, 45, 50, 55, 및 60일째 종자를 수확하여 지방산 성분을 분석하였다. 기타재배 방법은 실험 1에서 사용된 방법과 동일하다.

### 지방산 분석

유채 종자의 지방산분석은 Fatty acid methyl esters (FAMES) 방법을 이용하여 지방산 성분과 함량을 측정하였다(Ku *et al.*, 2009). 유채 종자를 2-3일간 Freeze drying 한 후 0.02 g 종자 무게를 쟈 후 유리 test tube(13 × 100 mm)에 넣고 5% (v/v) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (in methanol)을 1 ml 첨가하고, 200 µg의 C17:0 TAG를 internal standard (C17-TAG stock 농도: 10mg/ml in toluene)로 넣었다. 30초 정도 섞어주고, 90°C에서 1시간 30분 동안 열처리한 다음, 각 샘플에 1.5 ml의 0.9% NaCl (wt/vol.aq)을 첨가했다. 그 다음, Hexane (2 ml)을 첨가해서 충분히 섞어주고, 1,000 rpm에서 10분 동안 원심분리하여 추출하고자 하는 지방산인, 상정액을 새로운 test tube로 옮겼다. 이를 3번 반복한 다음, 추출물을 질소가스를 이용하여 완전히 증발시키고, 다시 20µl의 hexane에 녹였다. 그리고 GC (DB -23, 30 m × 0.25 m × 0.25 µm)를 이용하여 지방산을 분석 하였다. GC 분석 조건은 160°C에서 5분, 2.5°C씩(Mitutoyo, Japan) 증가시키면서 220°C에서 8분, 10 °C씩 감소시키면서 160°C를 유지하는 조건에서 수행하였다.

### 종자의 total RNA 분리 및 Real Time RT-PCR

유채 개화 후 종자 등숙시기별(2주 간격) 종자를 수집하여 바

로 액체질소에 넣고 분석하기 전까지  $-80^{\circ}\text{C}$ 에 보관하였다. 등숙시기별로 유채 종자의 total RNA를 RNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, USA)을 이용하여 추출하였다. cDNA의 합성은 RT-PCT kit (Invitrogen)을 이용하여 제작하였다. X74782, 5'-CAACCCTTACCTTGGCTTCA-3'와 5'-TTGAGGTCTCCGTGCTCTTT-3'; AF181726, 5'-ACGAAGTGTGTTGCCCAAG-3'와 5'-GTTGTAGGGAGCGTTGG-3'; AY599884, 5'-CCTTGGTACAGAGGCAAGGA-3'와 5'-TGAGGGATTTGTGGAAAAG-3'; tubulin, AF 258790, 5'-GTCGACGAGCAGATGATGAA-3'와 5'-CTTTGGTGCAATGT CACAG-3' 프라이머를 사용하여 Real Time RT-PCR (Applied biosystems, 7900HT)를 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 종자친과 화분친 비에 따른 등숙시기별 지방산 분석

종자친과 화분친의 재식 비에 따른 지방산 조성의 결과를 살펴보면 유채가 개화 후 등숙시기(40, 45, 50, 55, 60일)가 진행됨에 따라 palmitic acid (C16:0)과 linoleic acid (C18:2) 함량은 대체적으로 감소하는 반면에 바이오디젤에 사용이 되는 oleic acid (C18:1)의 함량은 증가한 결과를 나타냈다

(Table 1). 종자친:화분친(10:1)의 비에서 다른 처리 비보다 개화 후 40일째 palmitic acid과 stearic acid (C18:0)의 함량이 현저하게 높은 반면에 oleic acid 함량은 가장 낮았다. 유채 종자의 등숙 초기 단계에서 다양한 종자친: 화분친의 비 중 가장 가까운 4:2비에서 oleic acid 함량은 가장 높은 경향을 보였다(Table 1).

개화 후 45일과 50일째까지는 다양한 종자친: 화분친 비간의 oleic acid 함량에 통계적인 차이를 보이지 않았지만 다중불포화지방산인 linolenic acid (C18:3) 함량에서는 종자친: 화분친의 10:2 비에서 현저하게 다른 비보다 높은 함량을 보였다. 개화 후 55일째의 종자친: 화분친의 4:2와 10:1 비에서 oleic acid 함량 차이를 보이지 않았고, 10:2 비에서는 oleic acid 함량이 가장 낮았다. 그러나 개화 후 60일째는 종자친: 화분친 비간의 palmitic acid, stearic acid, oleic acid, erucic acid (C22:1), linoleic acid 함량등에 차이를 나타내지 않았다.

바이오디젤의 주 연료인 oleic acid의 함량의 변화를 살펴보면 유채가 개화한 후 초기에는 종자친: 화분친이 가까운 비에서 oleic acid 함량이 높았는데 종자의 등숙이 진전됨에 따라서는 oleic acid 함량에 영향을 주지 않았다. 그러나 개

**Table 1.** Effect of male sterility (MS) to restorer line (RL) ratio of seed of rapeseed on fatty acid composition at five sequential stages (40, 45, 50, 55, and 60 days after flowering).

Harvest date	MS: RL ratio	Saturated fatty acid			Monounsaturated fatty acid			Polyunsaturated fatty acid	
		C16:0	C18:0	C20:0	C18:1	C20:1	C22:1	C18:2	C18:3
40	4:2	6.1c	1.9b	0.6b	55.7a	0.8a	0.2a	25.0c	9.6b
	10:2	8.0b	3.6ab	0.8a	48.4b	0.3b	0.3a	27.0b	11.4a
	10:1	13.5a	4.1a	0.7b	37.2c	0.3b	0.2a	32.7a	11.1a
	Mean	9.2	3.2	0.7	47.1	0.5	0.2	28.2	10.7
45	4:2	5.9a	2.4a	0.7a	57.3a	1.35a	0.3a	24.1a	8.0b
	10:2	6.7a	2.9a	0.8a	53.7a	0.3b	0.3a	25.4a	10.0a
	10:1	6.5a	2.8ab	0.7a	55.7a	0.9ab	0.3a	25.3a	7.8b
	Mean	6.4	2.7	0.7	55.5	0.8	0.3	24.9	8.6
50	4:2	5.3a	2.4a	0.6a	57.2a	1.62a	0.3a	24.5a	8.1b
	10:2	6.1a	2.6a	0.6a	54.8a	0.2a	0.2b	25.4a	10.1a
	10:1	5.9a	2.7a	0.6a	55.8a	0.9a	0.3a	25.1a	8.8ab
	Mean	5.8	2.5	0.6	55.9	0.9	0.2	25.0	9.0
55	4:2	5.1a	2.1b	0.5b	59.1a	0.9a	0.2a	24.0ab	8.0a
	10:2	5.6a	2.8a	0.7a	54.6b	0.3b	0.2a	26.2a	9.5a
	10:1	5.3a	0.3b	0.5b	60.0a	0.8a	0.2a	22.7b	8.1a
	Mean	5.3	2.4	0.6	57.9	0.7	0.2	24.3	8.5
60	4:2	5.1a	2.1a	0.5b	62.3a	0.8a	0.2a	22.1a	6.7b
	10:2	5.7a	2.4a	0.7a	56.9a	0.4b	0.2a	23.9a	9.8a
	10:1	5.5a	2.4a	0.6ab	59.3a	0.9a	0.2a	23.1a	7.9b
	Mean	5.4	2.3	0.6	59.5	0.7	0.2	23.0	8.2

Mean sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at  $P \leq 0.05$ .

량된 품종과 미 개량 품종의 oleic acid과 linoleic acid 함량 들을 조사한 결과 개량된 품종에서 각각 43%와 7% 현저하 게 증가와 개량 육종 과정을 통해 지방산 조성 증가하는 원 인으로 보고하였다(Bang *et al.*, 1991).

F<sub>1</sub> 종자의 형질 발현을 살펴보면 m<sup>2</sup> 당 식물의 개수와 가 지 개수는 처리간에 영향을 미치지 않았다. 유채 꼬투리 수 는 10:1 재식 비에서 높은 반면에 꼬투리 길이와 꼬투리 당 종자의 개수는 10:2 재식 비에서 다른 비에 비해 더 높았다 (Table 2). 반면에 천립중의 무게를 측정한 결과 종자친과 화 분친이 4:2, 10:2와 10:1 비에서 4.32g, 4.12g 와 3.67g으로 종자친과 화분친 비가 가까울수록 천립중 수량이 높았다. 기 존의 보고에서 종자친과 화분친 비 중에서 2:1과 4:1 비에서 종자 수확량이 높은 결과와 비슷한 결과를 나타냈다(Kwon,

1984; Horgarth and Mendham, 1995; Jang *et al.*, 2002).

**종자친과 화분친 F<sub>2</sub> 종자 비에 따른 지방산 분석**

2007년에 종자친과 화분친 비로 재배된 유채 종자를 수 확한 후 이듬해 다시 파종 및 재배하여 개화 후 등숙시기별 로 지방산 조성을 조사하였다. 유채의 종자 등숙시기별 지 방산 조성을 살펴보면 palmitic acid과 stearic acid은 대체적 으로 감소하는 반면에 oleic acid의 함량은 증가한 결과를 나타냈다(Table 3).

개화 후 40일째 10:1 비에서 생산된 F<sub>2</sub> 종자가 다른 비에 서 얻어진 종자보다 palmitic acid과 stearic acid의 함량은 높지만 반면에 oleic acid의 함량은 가장 낮았다. 지방산 함 량에 있어서 4:2과 10:2 비에서 얻어진 F<sub>2</sub> 종자들 간에는 유

**Table 2.** Effect of MS line to pollen parent ratio on yield performances of rapeseed at day 60 after flowering.

MS: RL ratio	Plant no. per m <sup>2</sup>	Branching (no.)	Pod (no.)	Pod length (cm)	Seed no. per pod	1000 seed wt (g)
4:2	10.3 ± 4.4	37.8 ± 5.0	32.9 ± 2.7	6.1 ± 0.1	15.0 ± 0.4	4.32
10:2	6.6 ± 1.0	41.9 ± 7.6	32.4 ± 2.7	6.4 ± 0.1	17.8 ± 0.5	4.12
10:1	9.6 ± 2.1	34.7 ± 3.9	42.2 ± 3.3	6.1 ± 0.1	15.0 ± 0.5	3.67

± indicates the standard error of the mean (n = 3).

**Table 3.** Effect of F<sub>2</sub> hybrid seed of rapeseed on fatty acid composition at five sequential stages (40, 45, 50, 55, and 60 days after flowering).

Harvest date	MS: RL ratio	Saturated fatty acid			Monounsaturated fatty acid			Polyunsaturated fatty acid	
		C16:0	C18:0	C20:0	C18:1	C20:1	C22:1	C18:2	C18:3
40	4:2	7.6b	2.7b	0.7b	52.4a	0.8a	0.3a	25.4a	10.1a
	10:2	7.9b	2.6b	0.6b	51.6a	0.7b	0.3a	25.1a	10.9a
	10:1	12.5	3.4a	0.8a	44.5b	0.5c	0.3a	27.0a	10.9a
	Mean	9.0	2.8	0.7	50.2	0.7	0.3	25.7	10.6
45	4:2	8.1a	3.2a	0.9a	55.6a	0.9a	0.4a	23.6c	7.3c
	10:2	5.4b	2.4b	0.7b	56.5a	1.0a	0.3a	24.6b	9.0b
	10:1	7.3a	2.5b	0.6c	50.5b	0.9a	0.3a	27.7a	10.2a
	Mean	7.0	2.7	0.7	54.2	0.9	0.3	25.3	8.8
50	4:2	6.1a	2.1a	0.5b	54.8a	0.8a	0.8a	24.7a	10.0a
	10:2	6.8a	2.4a	0.6a	54.7a	0.9a	0.3a	25.1a	9.0a
	10:1	6.2a	2.5a	0.6a	57.2a	0.8a	0.2a	23.5a	8.9a
	Mean	6.4	2.4	0.6	55.5	0.8	0.4	24.5	9.3
55	4:2	4.8a	2.1ab	0.4b	63.7a	0.8a	0.1b	20.0b	8.0b
	10:2	5.5a	1.7b	0.5a	58.8b	0.9a	0.2a	23.2a	9.2a
	10:1	5.1a	2.4a	0.5a	57.8b	0.9a	0.2a	23.4a	9.6a
	Mean	5.1	2.1	0.5	60.1	0.9	0.2	22.2	8.9
60	4:2	5.5a	1.8a	0.5a	57.6a	1.0a	0.2a	24.6a	8.8a
	10:2	5.0a	1.2a	0.5a	62.0a	1.0a	0.2a	21.4a	8.6a
	10:1	4.9a	1.9a	0.5a	59.9a	0.9a	0.2a	23.1a	8.5a
	Mean	5.1	1.6	0.5	59.8	1.0	0.2	23.0	8.7

Mean sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at P ≤ 0.05.

**Table 4.** Effect of F<sub>2</sub> (MS: Pollen ratio) on plant growth characteristics and yield components at day 60 after rapeseed flowering.

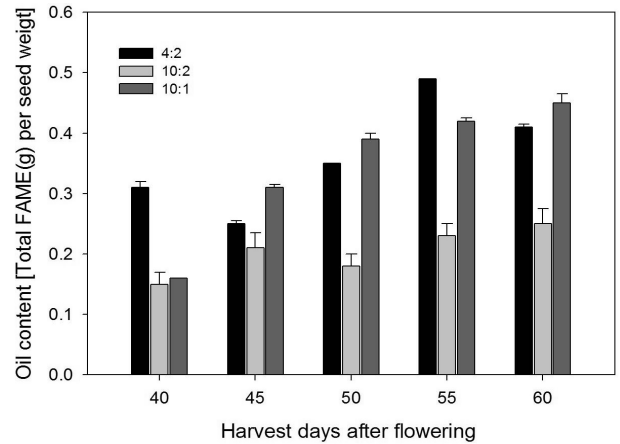
MS: Pollen ratio	Height (cm)	Branching (no.)	Pod (no.)	Pod length (cm)	1000 seed wt (g)	Total seed wt/plant (g)
4:2	130 ± 8.4	50.3 ± 20.1	1104.6 ± 337.5	4.3 ± 0.1	5.01 ± 0.61	62.78 ± 12.65
10:2	126 ± 2.6	51.3 ± 5.9	856.7 ± 102.1	4.6 ± 0.1	4.45 ± 0.17	41.42 ± 5.45
10:1	112 ± 4.1	37.7 ± 10.2	748.7 ± 89.1	4.3 ± 0.1	4.26 ± 0.10	41.59 ± 8.85

± indicates the standard error of the mean (n =3).

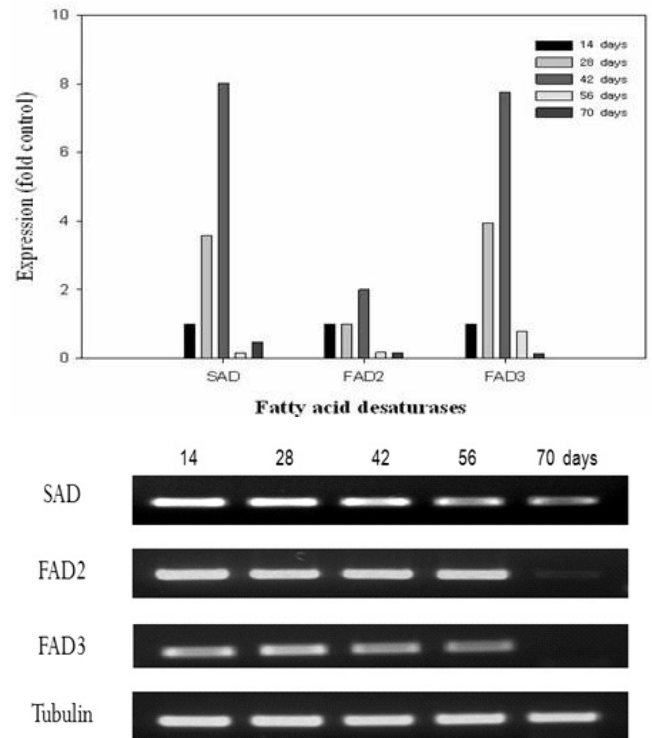
의성이 있는 차이를 보이지 않았다. 개화 후 45일째는 10:1 비에서 나온 F<sub>2</sub> 종자가 다른 처리구와 비교하였을 때 oleic acid 함량이 가장 낮은 반면에 linoleic acid 과 linolenic acid의 함량이 가장 높았다. 그러나 개화 후 50일에 지방산 조성 및 함량에 각 처리간에 유의성이 있는 차이를 보이지 않았다. 또 개화 후 55일째에는 4:2 비에서 생산된 F<sub>2</sub> 종자에서 oleic acid 함량이 가장 높았지만 linoleic acid 과 linolenic acid의 함량은 다른 처리구보다 가장 낮았다. 개화 후 60일째에는 여러 지방산 조성이 F<sub>2</sub> 종자들간에 유의성이 있는 차이를 보이지 않았다.

F<sub>2</sub> 종자의 천립중은 4:2 비에서 얻어진 종실이 5.01g으로 가장 높고 10:2 처리구에서 4.45g 그리고 다음은 10:1 처리구에서 4.26g으로 가장 낮았다(Table 4). 종자친과 화분친 재식 비의 천립중 결과와 유사하게 F<sub>2</sub> 종자에서도 4:2 비의 천립중이 가장 높아 기존의 연구 결과와 일치하는 결과를 도출하였다(Kwon, 1984; Horgarth and Mendham, 1995; Jang *et al.*, 2002). F<sub>2</sub> 종자의 특정 지방산 오염 정도의 지표가 되는 erucic acid 성분의 차이는 등숙시기별이나 F<sub>2</sub> 비처리간의 통계적으로 유의성을 나타내지 않았다(Table 3). 그러므로 F<sub>2</sub> 종자의 후대 검정의 결과는 지방산 erucic acid의 함량에는 영향을 미치지 않는 것으로 보아 지방산 조성의 오염은 없는 것으로 보인다. 개화 후 종자의 오일 함량은 등숙단계가 진전됨에 따라 증가하는 경향을 보였고, 개화 후 55일째 가장 높은 반면에 60일째는 비에 따라 다소 감소하거나 약간 증가하였다(Fig. 1). 개화 후 55일째 종자의 오일 함량은 F<sub>2</sub> 종자의 4:2 처리구에서 가장 높았고 반면에 10:2 처리구에서 가장 낮은 함량을 보였다(Fig. 1).

지방산 조성 및 함량에 관여한 대사를 규명하기 위해서 등숙시기별 종자를 채취하여 지방산 생합성에 핵심적 역할을 하는 Stearoyl-ACP Desaturase (SAD), w-6 Fatty Acid Desaturase (FAD2)와 w-3 Fatty Acid Desaturase (FAD3) 유전자의 발현 양상을 연구한 결과를 보면 Figure 2과 같다. Oleic acid 합성에 관여하는 SAD 유전자는 등숙시기 전반에 걸쳐 발현이 되었으나 linoleic acid 합성에 관여하는 FAD2와 FAD3는 종자의 등숙 56일 이후에는 거의 발현이 되지 않았다. 이는 등숙시기별 지방산의 조성 및 함량의 결



**Fig 1.** F<sub>1</sub> rapeseed grown ratios of MS to RL (4:2, 10:2, 10:1) on oil content in 2009. Vertical bars denote the standard error of the mean (n =4).



**Fig 2.** SAD, FAD2 and FAD3 gene expression through real time RT-PCR (top) and RT-PCR (bottom) during seed filling of rapeseed.

과와 같은 경향이였다(Table 1).

결론적으로 종자 천립중의 무게는 종자친과 화분친의 비 처리간에 약간의 차이를 보였지만 F<sub>2</sub> 종자 후대 검정에서는 개화후 60일째까지 바이오디젤에 사용되는 oleic acid 함량 뿐 아니라 다른 지방산 함량에도 영향을 미치지 않았다. F<sub>2</sub> 종자의 오염 정도의 척도인 erucic acid 함량도 영향을 미치지 않았으므로 F<sub>1</sub> 종자의 안정적인 생산을 위해서 종자친의 파종비는 늘리고, 화분친비를 줄인다면 종자의 생산량을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제 번호 : 200803 A01082025, PJ007441201006) 의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 적 요

이 실험의 목적은 유채 F<sub>1</sub> 종자 생산시 종자친과 화분친의 재식비 및 수확시기별 종자의 지방산 함량에 영향을 미치는지 알아보고자 실험을 수행하였다. 안정적인 종자 생산을 위해, 두 가지의 실험을 노지에서 수행하였다. 실험 1은 F<sub>1</sub> 종자 생산을 위한 종자친과 화분친의 재식 비별(4:2, 10:2, 10:1)로 정식하였고 유채 개화 후 40, 45, 50, 55, 60 에 지방산 함량을 조사하였다. 실험 2는 F<sub>2</sub> 종자의 개화 후 등숙시기별로 종자를 수확하여 지방산을 분석하였다. 실험의 결과, 종자친과 화분친 재식비에 따른 등숙시기별 유채 종자의 지방산 조성 및 함량은 차이를 보여 주었으나 지방산의 오염 정도 척도인 erucic acid는 재식비에 따라 영향을 미치지 않았다. 종자친과 화분친의 비에서 얻어진 F<sub>1</sub> 과 F<sub>2</sub> 종자 비에서 palmitic acid, stearic acid과 linoleic acid은 등숙 시기에 따라 감소하였다. 그러나 oleic acid는 두 실험 모두에서 개화 후 55일까지 상대적으로 증가하였지만, 개화 후 60일째 영향을 미치지 않았다. 지방산 생합성 관련 유전자인 SAD, FAD1 및 FAD2의 발현양상도 등숙 시기별 지방산 조성 및 함량과 일치하였다. 이런 결과는 종자친과 화분친의 비에 따른 재식비와 F<sub>2</sub>종자의 비에 따른 지방산 조성이 큰 문제가 되지 않음을 보여주므로 F<sub>1</sub> 종자의 안정적인 생산을 위해 종자친의 파종비는 늘리고 화분친비를 줄이면 유채 종자 생산량이 높아질 것으로 사료가 된다.

## 인용문헌

Bang, J. K., J. I. Lee., K. J. Kim, and R. K. Park. 1991. Oil

- Content and Fatty Acid Composition of Rapeseed. Korean J. Crop Sci. 12 : 62-78.
- Eun, J. S., J. S. Kim., H. S. Lim., S. K. Han., S. R. Choi, and Y. S. Jang. 2007. Effect of proton ion and gamma-ray irradiation on radiosensitivity of M<sub>1</sub> seedlings in *Brassica napus*. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 25(1) : 17-23.
- Hogarth, C. R and N. J. Mendham. 1995. The effect of distance from pollen source on seed set and yield in apetalous hybrid canola seed production. 9th International Rapeseed Congress. Cambridge. UK. 4-5 July 1995. Pp. 107-109.
- Jang, Y. S., C. W. Kim, I. H. Choi, B. C. Jeong, Y. B. Oh, and S. T. Kim. 2002a. New variety developed : A new rapeseed hybrid (*Brassica napus* L.) with early maturity and high oil-yield, "Sunmang". Korean J. Breed. 34(4) : 365-366.
- Jang, Y. S., C. W. Kim, I. H. Choi, Y. B. Oh, B. C. Jeong, and J. H. Park. 2002b. Method of seed production of F<sub>1</sub> hybrids in *Brassica napus* L. Korean J. Breed. 34(3) : 158-162.
- Kim, K. S., M. Y. Li, Y.S. Jang, Y. J. Park, and J. K. Bang. 2008. Production of haploids from proton ion and gamma-ray irradiation treated M<sub>2</sub> generation of isolated microspores in *Brassica napus* L. ssp. Oleifera. Korean J. Crop Sci. 53(2) : 150-155.
- Kim, K. S., Y. S. Jang, Y. H. Lee, J. K. Bang, and S. J. Suh. 2009. A new early maturing, high yielding and high oleic acid rapeseed. Korean J. Breed. 41(4) : 664-668.
- Kwon, B. S. 1984. Studies on the development of F<sub>1</sub> hybrids and Mokpo-MS with cytoplasmic genetic male sterility in rape (*Brassica napus* L.). Chosun University Agricultural Research 85. pp. 31-112.
- Ku, Y. G., W. Park, J.K. Bang, Y. S. Jang, Y. B. Kim, H. J. Bae, M. C. Suh, and S. J. Ahn. 2009. Physiological response, fatty acid composition and yield component of *Brassica napus* L. under short-term waterlogging. Journal of Bio-environment Control. 18(2) : 142-147.
- Lee, J. I., B. S. Kwon, J. K. Bang, and S. K. Kim. 1984. Breeding for improvement fatty acid composition in rapeseed, *Brassica napus* L. Korean J. Breed. 16(3) : 294-300.
- Lee, J. L., T. Shiga, and K. Takayanagi. 1975a. Breeding for improvement of fatty acid composition in Rapeseed, *Brassica napus* L. IV. Changes of the fatty acid composition of the Rapeseed oil by the different places. Korean J. Crop. Sci. 9 : 69-77.
- Lee, J. L., T. Shiga, and K. Takayanagi. 1975b. Breeding for improvement of fatty acid composition in Rapeseed, *Brassica napus* L. V. Chages of the Fatty Acid Composition of the Rapeseed Oil by the Different Seasonal Planting. Korean J. Crop. Sci. 9 : 78-82.
- Yuan, J. S., K. H. Tiller., H. Al-Ahmad., N. R. Stewart, and C. N. Stewart. 2008. Plants to power: bioenergy to fuel the future. Trends in Plant Science. 13(8) : 421-429.