

細胞質 遺傳자의 雄性不稔系統을 利用한 油菜 Heterosis育種 開發에 관한 研究

第2報 雄性不稔系統에 Non-Isogenic Maintainer를 活用한
油菜 3元交雜F₁의 形質發現과 F₁種子生産

李正日·權炳善
作物試驗場

Studies on Heterosis Breeding in Rapeseed Using Cytoplasmic Male Sterility

2. Agronomic Characteristics of F₁ Seed Production Procedure
in the Three-way Crossing of Cytoplasmic-genetic Male Sterile,
Non-Isogenic Maintainer and Restorer on Rape (*Brassica napus* L.)

Lee, J. I. and B. S. Kwon
Crop Experiment Station, Suweon, Korea

ABSTRACT

A F₁ hybrid out of 143 crosses of rape (*Brassica napus*) using cytoplasmic-genetic male sterility yielded 5.18 tons per hectare. European and native varieties used, were found out to have 78% and 58% of genes restoring fertility, respectively. The F₁ hybrids of three way cross using non-isogenic maintainer showed higher heteroses than those of double cross. To produce F₁ hybrids of three way cross, three stages of crossing operations are needed and seeds produced from about 60 hectares can be covered to 60,000 hectares.

緒 言

急増하는 國內需要 食用油 (198千t)의 82%에 該當되는 大部分의 기름은 導入動物性 油脂와 大豆 油에 依存하고 있는 實情에서 競爭力이 弱한 國內産 食用油生産은 相對的으로 점점 줄어들고 있다. 사라 다油의 主宗인 油菜도 栽培農家の 經營上의 問題와 政府收買物量의 不確實性때문에 面積이 減少되고 있다. 現在의 單位面積當 收量으로서는 導入大豆 또는 油菜의 國際競爭力에 60%程度 밖에 미치지 못한다. 結局 國家가 價格保障을 해주거나, 아니면 單位面積 當 收量을 높여서 生産費를 낮추는 方法밖에 없을 것

이다. 本 研究는 後者の 境遇에 接近하고자 試圖된 研究의 一部이다. 國內 油菜生産이 國際價格에 競争 할 수 있는 收量範圍는 370~400kg/10a 水準이다. 그러나 이같은 油菜 10a 當 生産態力은 現在의 系統育種 方法으로는 絶對 不可能^{3, 4, 10)}하다는 것은 FAO統計¹⁷⁾에서 油菜 生産國의 收量을 보아도 自明하다. 그러므로 筆者 등은 油菜의 割期的인 收量增 收를 F₁의 雜種強勢利用에서 摸索하기로 하였다. 그 結果 F₁의 組合能力에서 10a當 400kg以上 500kg 을 넘는 多收性 F₁組合이 數多히 있음을 알아냈다. 또한 F₁의 大量 種子増殖을 爲한 細胞質 遺傳子 雄性不稔 系統을 確保하고 있는 同時에 稔性回復因子를 가진 品種이 많다는 것도 알아냈다^{4, 10)}. 그런데 問題는 雄性不稔의 維持能力이 있는 品種이 極히 드물다는 것이다^{4, 5, 10)}. 現在까지 찾아낸 維持品種은 Isuzu¹⁰⁾와 Bronowski¹²⁾ 뿐이다. 원래 雄性不稔을 利用한 雜種強勢 育種에서 Maintainer는 雄性不稔 系統과 實用的인 形質이 꼭 같아야 한다. 그래서 이 같은 Maintainer를 Isogenic line 이라고도 한다. 그러나 油菜의 境遇는 組合能力이 500kg 以上을 넘도록 優秀한 F₁組合을 選拔하고서도 이 Isogenic maintainer 育成確保가 어려워서 實用的으로 利用하지 못하고 있을 뿐만 아니라 이 Isogenic maintainer 를 앞으로 育成하는 데도 상당한 時間과 努力이 뒤 따를 것이 豫想되므로 기존 確保하고 있는 Maintainer 를 活用하여 3元交雜한 F₁을 利用하는 새로운 方法을 檢討하였다.

그 결과 2元交雜의 Single cross F₁ 雜種強勢보다 收量을 비롯한 모든 實用形質들이 대체로 더 크게 有利한 方向으로 發現되었으므로 特定MS의 Isogenic maintainer 없이도 기존 Maintainer로 MS의 維持 增殖 問題가 解決될 수 있어서 雜種強勢利用 範圍가 더욱 넓어졌음으로 그 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

本試驗은 1977~1979 3年間 實施되었다. 1977 年에는 기존 導入된 細胞質 遺傳子 雄性不稔系統(以下 雄性不稔系統이라 略稱함)과 그동안 筆者 등이 育成한 雄性不稔系統들을 供試하여 各 雄性不稔系統들의 特性과 一般組合能力 檢定을 實施하였다. 이들 雄性不稔 系統들의 一般組合 能力을 檢討하기 위

해 花粉親으로 쓰인 品種들은 稔性回復能力(F₁I) 80 以上으로 Restorer gene을 가진 品種들이며 本 研究 第1報⁴⁾에서 比較的 F₁ 能力이 컸던 代表的인 品種 6 品種을 選拔, 供試하였다. 儒達MS의 特殊 組合能力과 稔性回復能力을 調査하기 위해 1978 年度에 國內外 花粉親品種 143 品種을 儒達MS에 人工 交配하여 1979 年度에 143 組合의 F₁에 대하여 特殊 組合能力과 稔性回復力 程度를 調査하였다. 이들 組合能力 檢定 結果 筆者가 育成한 儒達MS가 가장 組合能力이 優秀했음으로 이 儒達MS를 Maintainer 인 Isuzu로 一年次 維持시켜(2元) 다시 1978 年 Restorer에 人工交配하여 3元交配한 F₁과 蕾授粉에 依해 自殖 維持한 儒達MS에 上記 Restorer들과 各 各 人工交配한 2元交配 F₁ 및 Isuzu MS에 Isuzu로 維持시켜 같은 Restorer들과 人工交配한 Isuzu MS의

Table 1. Experimental Materials

MS	Restorer			Maintainer
	General combining ability	Specific combining ability	3 way cross	
Shiga-MS (Chisaza MS)	Malchoaier	Rapora	Yongdang	Isuzu
		Linora	Mokpo 10	
Thompson-MS (Bronowski MS)	Diamant	Cresus	Mokpo 17	Isuzu
		Mokpo 10	Mokpo 19	
Yudal-MS	Hokuriku 9	Mokpo 10	Mokpo 19	Isuzu
Yongdang-MS	Colza	⋮	Cresus	
Isuzu-MS	France 8	⋮	Linora	
Murasaki-MS	Oro	⋮	Hokuriku 9	
Miyuki-MS		⋮	Tower	
		⋮	Rapora	
7 MS	6 Var.	143 Var.	10 Var.	

F₁들을 供試, 儒達MS의 3元交雜 F₁ 組合能力을 比較하였다. 이같이 作成된 各 F₁과 兩親 및 比較 品種은 '78年 9月 20日 播種하여 11月 1日에 本 圃 定植하였으며 基他 肥培管理는 作試 油菜 標準耕 種法에 따랐다.

試驗 結果

1. 育成 細胞質遺傳子의 雄性不稔系統들의 一般 組合能力

油菜에서 細胞質遺傳子의 雄性不稔 系統을 利用한 F₁의 Heterosis 育種으로 劃期的인 油菜 收量을 增加

시키려는 努力을 積極的으로 試圖한 것이 1975 年 으로서 志賀가 開發한 MS를 筆者가 導入하면서부터였다. 그 후 筆者 등은 日本에서 志賀가 開發한 Chisaya MS나 Thompson이 育成한 Bronowski MS가 耐寒性이 弱하고 草型과 實用形質에서 우리나라 油菜栽培 地域에 適應되기에는 不足한 點이 많다는 것을 알고(表 2 參照) 耐寒性이 強하면서 實用形質들이 더욱 優秀한 MS를 育成하는데 힘을 기울였다. 其 結果 儒達MS를 비롯한 여러 개의 새로운 MS를 育成하는데 이르렀으므로 이들 MS의 一般組合能力을 檢討하여 가장 組合能力이 높은 MS를 選拔하고자 하였다. 1977 年度에 實施한 一般組合能力 試驗

Table 2. Major agronomic characters of original varieties developed cytoplasmic genetic male sterile from Korea, Japan and England.

Origin of MS	Flowering date	Plant height (cm)	Ear length (cm)	No. of pods per ear	Total branches	Density of pod setting (cm)	Pod length (cm)	Weight of 1000 seeds (g)	Oil content (%)	Yield of per 10a (kg)	Cold resistance (1-5)	Disease resistance (1-5)
Chisaya	3.29	92	34	38	23	9.2	6.2	3.2	43.2	208	4	4
Bronowski	4.15	142	36	15	19	8.4	7.4	2.4	42.3	53	2	3
Yudal	4.10	127	36	55	39	6.1	5.6	3.4	45.1	286	1	2

*Chisaya MS : Japan
Bronowski : England
Yudal MS : Korea

Table 3. General combining ability of breeding cytoplasmic genetic male sterile lines (78)

MS	Flowering (Date)	Maturity (Date)	Plant height (cm)	Ear length (cm)	Total branches	No. of pods per ear	pod length (cm)	Rate of fruiting (%)	Weight of 1000 seeds (g)	Fertility index	Yielding (10a) (kg)
Murasaki MS-F ₁	4.7	5.29	121	31	28	34	5.1	93	3.2	85.3	309.3
Yondang MS-F ₁	4.6	5.28	121	31	30	36	5.0	88	3.1	83.6	352.4
Isuzu MS-F ₁	4.7	5.30	118	31	25	32	5.0	91	3.1	83.7	357.0
Miyuki MS-F ₁	4.6	5.28	111	29	29	33	5.6	88	3.0	84.3	370.2
Bronowski MS-F ₁	4.13	6.1	126	33	26	33	5.6	87	3.0	86.8	356.6
Yudal MS-F ₁	4.8	5.31	123	32	34	35	5.3	94	3.0	86.9	392.2
Chisaya MS-F ₁	4.6	5.31	118	24	26	36	5.1	91	3.1	81.5	372.7
Yudal	4.13	6.3	112	28	29	33	4.4	92	2.8	81.9	278.7

Note: 1. No. of restorer are 6 varieties (Malchow, Diamant, Hokuriku 9, Colza, France 8, oro)
2. Underlined figures indicate lower than check variety (Yudal).

結果는 表 3에서 보는 바와 같이 7개의 MS 중에서 開花期와 成熟期가 標準品種인 儒達品種보다 3日, 5日 各各 빨라졌으며 有效分枝數에서도 다른 MS의 儒達MS가 가장 優秀하여 儒達MS와 6개의 花粉親의 F₁들은 平均收量에서 392 kg/10a로 제일 높고 其他 다른 實用形質들에서도 優秀하여 多收性의 F₁들은 儒達보다 平均 5本이나 더 많았다. F₁全體의인 傾向은 標準獎勵品種인 儒達과 比較 方向으로 發現되었다. 특히 儒達MS에 의한 F₁들의 F₁全體의인 傾向은 標準獎勵品種인 儒達과 比較

Table 4. High-yielding F₁ varieties producing above 450 kg per 10a

F ₁ (MS x var.)	Yielding (kg/10a)	Index
Yudal-MS x Mokpo 18	454	172
" x Rapora	460	174
" x Mokpo 26	469	178
" x Mokpo 55	489	185
" x Norin 25	460	174
" x Crusus	450	170
" x Mokpo 8	478	181
" x Mokpo 7	464	176
" x Mokpo 10	518	196
" x 7007 - B - 14 - 55 - 2	489	185
" x E 7007 - B - 11 - 26	469	178
" x Linora	458	173
Yudal (Check var.)	264	100

*F₁ Test : No. of 143 F₁

할 때 開花期, 成熟期는 儒達보다 모든 MS의 F₁들이 빨랐으며 莢長과 1,000粒重, 收量 등도 越等히 길고 많았다. 草長, 穗長, 1穗莢數, 稔性回復力에서는 特定 MS의 一部 F₁에서는 儒達보다 적었으나 나머지 大部分의 MS의 F₁은 儒達보다도 草長, 穗長이 길고 1穗莢數와 稔性回復力이 높았다. 그러므로 一般組合能力에서는 儒達MS가 現在 保有中인 國內外 MS中에서는 가장 組合能力이 높은 優秀한 MS였었다.

2. 儒達MS의 特殊組合能力과 稔性回復能力
앞에서 모든 MS들에 대한 一般組合能力을 檢討

한 結果 儒達MS가 가장 一般組合能力이 優秀하다는 것이 밝혀졌으므로 이 儒達MS를 利用한 特殊組合能力 檢討와 F₁ 組合들의 稔性回復力을 調查하여 優秀한 F₁ 組合를 選拔할 目的으로 143個 組合의 F₁을 供試 檢討하였다. 其 結果 10a當 450 kg 以上の 收量을 記錄하여 特殊組合能力이 높았던 F₁ 組合은 表 4와 같이 12 組合이나 있었으며 특히 儒達MS × 木浦 10號 F₁ 組合은 10a當 518 kg의 收量性을 보여¹⁶⁾ 油菜 育種史上 最高記錄이 될 것으로 推定되었다.

表 5는 이같은 最高 收量을 보인 F₁의 實用形質들을 標準獎勵品種인 儒達 및 中間親과 比較한 것으로 모든 實用形質에서 F₁이 越等히 優秀하게 發現

Table 5. Main agronomic characteristics of the highest seed yield of F₁ hybrid, Yudal MS x Mokpo 10.

F ₁	Flower- ing (Date)	Matur- ity (Date)	Plant height (cm)	Ear length (cm)	Total branch	No. of pods per ear (cm)	Density of pod setting (cm)	Pod length (cm)	Weight of 1000 grains (g)	Percent- Fructing (%)	Yielding (kg/10 a)
F ₁ (Yudal-MS x Mokpo 10)	4.8	6.7	131	36	67	46	5.5	5.2	3.4	90	518
MP (Yudal and Mokpo 10)	4.9	6.6	129	33	27	31	5.6	4.2	2.9	92	201
Yudal	4.7	6.10	135	34	28	32	5.5	4.2	3.0	92	264

되었다. 특히 種實收量에 가장 影響을 주는 分枝數와 1穗莢數에서 分枝數는 儒達 28個에 대해 무려 培 以上되는 67個였었고 穗當莢數도 14個나 더 많아서 10a當 518 kg의 높은 收量을 올릴 수 있게 했던 收量解釋이 可能했다.

한편 이들 供試 F₁들의 稔性回復力에서는 表 6에서와 같이 111 花粉親이 韓國品種 또는 育成系統들이었는데 이 가운데 58%에 해당하는 65 品種들이 稔性回復 遺傳子를 가지고 있었으며 部分稔性回復 花粉親品種이 45 品種(41%)이었고 非回復品種이 1 品種이었었다. 한편 유럽 花粉親品種은 總 32 品種을 供試했는데 그 中 完全 稔性回復 F₁이 25 品種이어서 78%를 點하고 있으며 部分回復이 不過 6 品種(19%)이었고 非回復이 1 品種이였다. 따라서 유럽

品種들은 大部分 稔性回復 遺傳子를 가지고 있음이 再確認되었으며¹⁵⁾ 韓國의 育成系統들 중에서도 稔性回復 能力이 높은 花粉親 系統들이 많이 들어있어서 油菜 F₁ 利用育種 展望이 매우 밝다고 생각되었다.

3. 儒達MS에 Non-isogenic maintainer를 利用한 3元交雜 F₁의 形質發現

儒達MS가 一般組合能力에서 가장 組合能力이 높다는 것이 確認되었고 特殊組合能力에서도 10a當 500 kg을 上廻하는 收量性을 보이는 F₁ 組合도 檢討되었다.

그러나 이같은 試驗結果는 儒達MS의 雄性이 落花終 무렵에 一部 花粉이 發生하는 極小量의 花粉을 人工적으로 自殖해 증으로서 儒達MS 個體를 維持

Table 6. F₁ fertility restoration using Yudal-MS based upon fertility index (F. I.) from relative position of anther to stigma and width petal.

Source	Restoring F ₁ (Above F. I. 70)		Partial restoring F ₁ (F. I. 40-69)		No-restoring F ₁ (Below F. I. 39)		No. of observed F ₁
	No. of F ₁	Rate	No. of F ₁	Rate	No. of F ₁	Rate	
Korea	65	58%	45	41%	1	1%	111
Europe	25	78%	6	19%	1	3%	32
Total	90	63%	51	36%	2	1%	143

시키면서 試驗材料를 만들어 逐行한 結果이다. 그러나 이 F_1 을 農家에 普及하는 段階에서 F_1 栽培用 種子를 大量 採種할 때는 이 儒達MS를 維持하는 Isogenic maintainer가 있어야 實用化될 수 있는데 이 Isogenic maintainer를 育成하는 데는 相當한 時間과 努力을 必要로 하게 된다. 그러므로 筆者는 이 Isogenic maintainer가 없이도 現在 確保하고 있는 Isuzu의 maintainer로 儒達MS를 維持시키고 여기

에 花粉親 品種을 交雜시켜서 (隔離圃에서 放任授粉) 3元交雜 F_1 의 Heterosis를 利用하는 問題를 檢討하였다.

가. 3元交雜 F_1 의 收量構成 形質發現

儒達MS를 利用한 Single cross F_1 (2元交雜 F_1)과 儒達MS의 實用形質과는 全然 다른 Isuzu에 의해 維持시킨 3元交雜 F_1 의 主要 實用形質들을 比較한 結果는 表 7 과 같다. 10 品種의 花粉親과 交雜

Table 7. Comparison between F_1 hybrid of single cross and 3 way cross.

Division of F_1	Flower-Plant ing height (Date)	Ear height (cm)	Ear length (cm)	No. of pods per ear	Total branch	Density of pod setting (cm)	Pod length (cm)	Weight of 1000 grains (gr)	Yield of per 10a (kg)	Yield index
Singl cross F_1 (Yudal MS x Restorer (10 Var.))	4.8	120	35	39	31	5.4	5.1	2.8	406	150
3 way cross F_1 [(Yudal MS x Isuzu) x Restorer (10 Var.)]	4.4	125	38	40	34	5.5	5.4	3.2	423	160
Yudal	4.7	135	34	32	28	5.5	4.2	3.0	264	100

*Isuzu is non-isogenic maintainer for Yudal MS

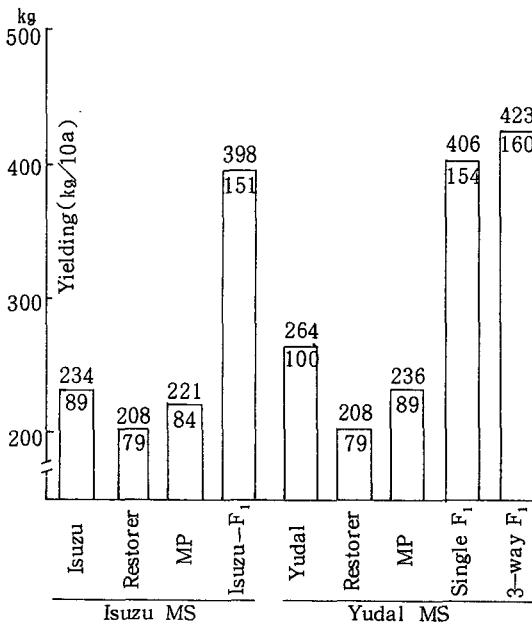


Fig. 1. Comparison of 3 way crossing F_1 yield facilitated Yudal MS and Non-isogenic maintainer (Isuzu)

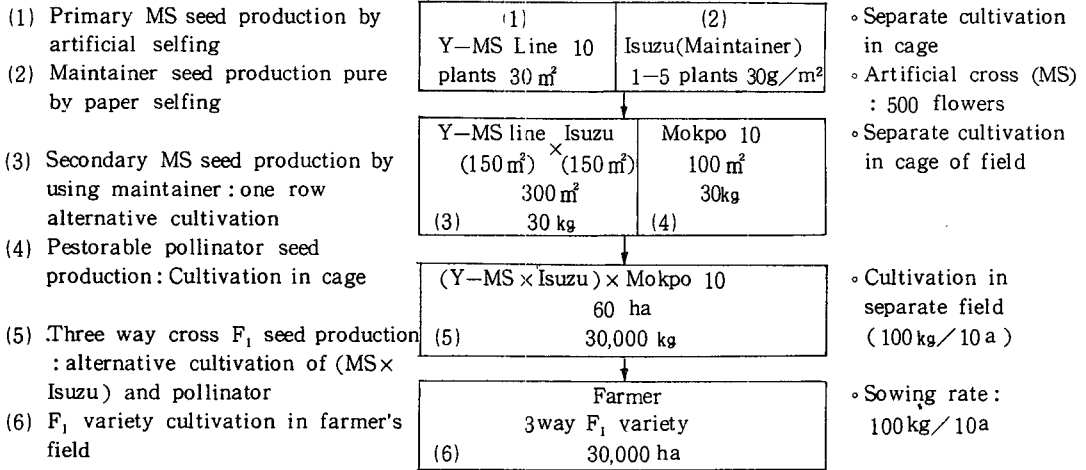
한 10 組合의 F_1 平均에서 3元交雜 F_1 의 開花期는 儒達品種이나 2元交雜 F_1 의 開花期보다 3~4 日이 빨라졌으며 3元交雜 F_1 의 平均穗長, 1穗莢數, 有效分枝數, 莢長 등의 모든 收量形質들이 2元交雜 F_1 보다 有利한 方向으로 雜種強勢를 나타내고 있었다. 따라서 3元交雜 F_1 은 모든 收量構成 形質에서 2元交雜 F_1 보다 多收性인 方向으로 Heterosis 發現을 나타내고 있었다.¹⁶⁾

나. 3元交雜 F_1 의 收量性

그림 1에서 보는 바와 같이 Yudal MS와의 2元交雜 F_1 과 3元交雜 F_1 의 平均收量を 比較하여 보면 2元交雜 F_1 이 10a當 406 kg인데 비해서 3元交雜 F_1 의 平均 收量性은 423 kg로서¹⁶⁾ 17 kg 더 增收되었으며 Isuzu MS에 Isuzu(Isuzu MS의 Isogenic line)로 계속 維持시킨 F_1 의 平均收량은 398 kg으로 儒達MS의 3元交雜 F_1 은 25 kg 더 增收되었다. 따라서 3元交雜 F_1 은 收量性에서도 2元交雜 F_1 보다 더 增收된다는 것이 確實해졌다.

4. MS를 利用한 3元交雜 F_1 의 大量種子 生産 Non-isogenic maintainer를 利用한 3元交雜 F_1 의 大量 種子生産을 위해서는 表 8 과 같은 過程을 거

Table 8. Non-isogenic maintainer facilitated three way cross-F₁ seed production



친다면 쉽게 農家栽培用 種子를 大量 生産할 수 있을 것이다.

農家に 普及되기 까지는 3 段階의 増殖 過程을 거쳐야 하는데 各段階別 採種規模는 農家普及 對象 面積에 따라 달라지겠으나 여기서는 現 油菜 栽培面積 範圍인 3 万 ha를 F₁ 普及對象으로 한 F₁ 採種 案을 設定하였으며 3 元交雜 F₁으로 普及코자 할 때의 特定 組合能力이 높은 MS를 Yudal MS로 指定하여 以下 說明코자 한다. 一次年度에는 Yudal MS를 増殖키 위해 網室이나 溫室에서 Yudal MS를 10 株만 栽植하여 開花되면 約 500 花 程度만 Yudal MS의 雄蕊에서 極히 一部 發生하는 花粉으로 自殖하여 採種한다.

1 莢當 平均 20 粒이 結實될 것으로 計算하면 500 莢(500 花)에서 最少 30 gr의 種子가 採種될 수 있다. 이와 함께 Isogenic maintainer인 Isuzu를 2~3 株 栽植하여 Paper selfing하면 30 gr 程度 採種한다. 2 次年度에는 1 次年度에 採種한 Yudal MS와 Maintainer인 Isuzu를 苗床播種하여 各 100 株씩 養成하여 約 300 m²의 網室에서 MS와 Maintainer를 交互畦로 栽植한다. 開花하여 結實이 되면 Yudal MS만을 採種하는데 1,000 株의 Yudal MS에서 採種된 約 30 kg의 種子는 다음해의 3 元交雜 F₁用 種子生産에 供試하게 된다.

同時에 特殊 組合能力이 優秀했던 花粉親 品種의 採種을 約 30 kg(500 株 程度 栽植) 生産한다. 3 年次에는 2 次年度에 採種한 Isogenic maintainer인 Isuzu로 維持된 Yudal MS와 特殊 組合能力이 가장

優秀하였던 花粉親인 木浦 10 號를 60 ha의 隔離採種圃(油菜를 심지 않는 島 나 隔離된 山中圃場)에서 交互畦 栽植으로 移植栽培하여 採種한다. 역시 收穫할때는 Yudal MS × Isuzu의 畦만을 收穫 採種하는데 이 種子는 서로 다른 세가지 品種으로 構成된 Yudal MS × Isuzu × 木浦 10 號의 交雜種子로서 이 種자가 農家に 普及할 3 元交雜 F₁用 種子인 것이다. 60 ha中 收穫面積은 30 ha 이므로 10a當 平均 100 kg씩 採種된다면 30,000 kg의 3 元交雜 F₁用 種자가 生産되어 10a當 移植用種子 100 gr으로 換算하는 경우 3 万 ha의 農家圃場에 栽培할 수 있을 것이다.

考 察

作物栽培에서 F₁의 雜種強勢를 利用하여 目的하는 收量을 増産하려는 努力은 주로 他殖性 作物에서 其 效果를 크게 보고 있으며 특히 細胞質雄性不稔을 利用하여 F₁을 實用化하고 있는 것으로는 양파, Beet 등의 榮養體 對象作物과 옥수수, 수수같은 穀實生産 對象作物 등이 크게 活用되고 있다.^{4, 11, 14} 油菜에서도 他殖率이 25~36 %나 되어^{1, 7, 8, 11, 13} F₁의 Heterosis 發現이 매우 높게 나타날 뿐만 아니라 지금까지 系統育種法에 의해 育成된 品種들의 自殖劣勢^{1, 2, 6, 9}에 따른 收量減收 現象을 F₁의 Heterosis 利用으로 克服하려는 研究가 進行되기에 이르렀다. ^{4, 5, 6, 7, 11, 12} 筆者 등은 이같은 目的으로 1975 年 부터 Shiga가 開發한 細胞質雄性不稔 系統을 導入하여 實用的인 油菜 F₁을 育成하는데 努力해 왔다.

一般的으로 F_1 의 能力은 細胞質雄性不稔系統의 一般組合能力과 稔性回復Gene을 가진 花粉親品種들과의 特殊組合能力에 따라 左右된다는 點에서 耐寒性과 齒核病이 弱하고 國內栽培에 適應성이 낮은 Shia MS를 改良, 보다 實用形質이 優秀한 細胞質雄性不稔 系統을 育成할 必要가 切實했다. 따라서 Shia MS에 國內 適應력이 높은 品種들을 Back cross하여 새로운 MS를 育成하는데 注力, 儒達MS를 비롯한 數個의 MS가 育成되었으므로 이들 MS에 對한 一般組合能力을 檢討하였다. 其 結果 儒達MS의 F_1 이 모든 收量形質과 耐寒性에서 다른 MS의 F_1 能力보다 特別히 優秀하게 發表되었다.¹⁵⁾ 이같은 事實은 앞으로 F_1 利用育種을 進行함에 있어 油菜栽培地域의 北上에 따른 耐寒性이나 溫暖地帶에서 많이 發生하는 耐菌核性 등을 갖춘 多收性 F_1 을 育成하기 위해서는 더욱 多樣하고도 組合能力이 높은 MS를 繼續적으로 育成 對備함이 바람직하다고 하겠다. 이를 뒷받침하는 좋은 事例로는 옥수수 F_1 에서 美國을 비롯한 世界各國이 Texas型 細胞質雄性不稔 系統을 利用하였으나 1968~1970년에 걸쳐 大發生한 胡麻葉枯病 侵害가 致命的인 打撃이었다는 事實로 미루어 보아도 잘 알 수 있다.^{11, 14)} 한편 一般組合能力이 높은 儒達MS를 利用한 特殊組合能力에서는 F_1 143組合中 10a當 450kg以上 增收되는 F_1 組合이 12組合이나 되었으며 가장 增收된 F_1 組合에서는 518kg의 劃期的인 增收을¹⁵⁾ 보여서 獎勵品種인 儒達에 2倍의 收量을 生産하였다.

多收性 花粉親 品種을 選拔함에 있어 考慮해야 할 것은 花粉親이 稔性回復 Gene을 가지고 있는지의 如否와 Heterosis發現에 어느 程度로 寄與하느냐가 重要한 目標가 된다고 하겠다. 稔性回復能力에 대해서는 143花粉親中 유럽品種들은 供試品種의 78%가 完全稔性回復Gene을 가지고 있어서 筆者가 本씨리즈 1報에서 유럽品種들의 74%가^{4, 5)} 稔性回復力을 가지고 있음을 報告했던 結果와 같은 傾向을 보여주어 如前히 유럽品種들의 稔性回復力이 높다는 것이 再確認되었다. 그러나 前報⁴⁾에서는 韓國品種들이 25%의 稔性回復力만을 가진데 대해 今番에는 58%의 매우 높은 稔性回復力을 가지고 있어서 再試驗 間에 큰 差異를 보였다. 其 理由는 前報의 調査에서는 供試品種數가 적었고(8品種) 이때의 大部分 供試品種은 韓國 在來品種이거나 稔性回復力이 極히 낮은 日本品種들을 交配親으로한 育成系統들이었기 때문이나⁴⁾ 本 試驗에 供試한 花粉親들은 大部

分 稔性回復力이 높은 유럽品種들을 交配親으로한 育成系統들이었기 때문에 回復力이 높은 유럽 交配親 品種에서 由來된 때문이라고 考察된다. 한편 花粉親의 Heterosis發現 寄與度에 對해서는 各 MS의 由來와 特性을 基本으로한 組合能力으로 檢討되어야 할 것으로 생각된다.

儒達MS와 유럽品種들 間의 F_1 의 Heterosis가 높은 것은 志賀¹¹⁾와 馬場¹¹⁾의 試驗에서도 朝鮮種×유럽種 F_1 에서 報告된 바 있으나 儒達MS×韓國育成系統間의 F_1 들이 Heterosis發現이 높은 것에 대해서는 其理由를 考察해 보면 앞에서 稔性回復力이 높았던 理由에서와 같이 供試育成系統이 유럽品種들을 片親으로하여 育成된 系統들이고 儒達은 全南 在來種에서 系統分離한 純粹한 韓國品種(日本品種들과 같은 朝鮮種)이기 때문에 儒達과 유럽 由來 育成系統들 間의 F_1 Heterosis가 높았던 것으로 推定된다. 따라서 앞으로 組合能力이 優秀한 F_1 을 育成하는 데는 日本品種 보다는 유럽品種이거나 유럽品種에서 由來된 育成系統들에서 花粉親을 찾아야 할 것이며 MS의 育成材料는 日本品種의 非回復品種 中에서 찾아야 할 것이라고 생각된다. 한편 一般組合能力이 높은 儒達MS는 花粉親 木浦 10號와의 特殊組合能力에서는 무려 518 kg/10a의 多收性을 發揮했으나 儒達MS의 Isogenic maintainer가 없으므로 正石의 인 F_1 實用化가 어렵다. 그래서 Non-Isogenic maintainer인 Isuzu品種으로 一次 維持增殖하는 便法을 利用, 3元交雜 F_1 을 實用化하는 問題를 檢討하였다. 其 結果 通常의인 2元交雜 F_1 의 收量과, 收量形質보다 더 높게 雜種強勢를 나타냈다.¹⁶⁾ 雜種強勢 利用育種이 始作된 以來 細胞質의 遺傳子 雄性不稔系統에 의한 3元交雜 F_1 의 實用化나 Heterosis에 對한 研究報文은 없는 것으로 推定된다. 筆者 등은 3元交雜 F_1 의 높은 雜種強勢發現 理由를 優性遺傳子 連鎖說의 理論的 背景에서 充分히 說明이 可能하다고 考察된다. 雜種強勢의 原因이 優性遺傳子가 各各의 對立劣惡性 遺傳子의 作用을 抑制하면서 F_1 에 集積된 優性遺傳子의 累積效果라고 할진대 이같은 累積效果는 各兩親보다는 兩親의 F_1 (2元)에서, 2元交雜 F_1 보다는 3元交雜 F_1 에서 더 많은 優性遺傳子가 集積될 수 있는 可能性이 높기 때문에 雜種強勢는 2元交雜 F_1 에서 보다 3元交雜 F_1 에서 더 크게 發現될 수 있을 것으로 推定되며 이것은 實用形質에서 優秀한 여러 개의 서로 다른 Non-Isogenic maintainer를 活用하여 4元 以上の 多元交雜 F_1 인

境遇 더욱 큰 Heterosis 發現을 期待할 수도 있지 않을까 생각되는 바 이같은 多元交雜 F_1 의 Heterosis 發現程度에 의한 具體的인 檢討가 있어야 할 것으로 思料된다. 따라서 油菜 F_1 의 雜種強勢를 利用하는데 있어서 特定MS에는 반드시 그 特定MS와 實用形質이 똑같은 Isogenic maintainer가 있어야 비로소 F_1 育種이 可能하다고 여겼던 通念을 넘어서서 Non-Isogenic maintainer에 의한 F_1 育種의 可能性이 提示되어 그 MS의 利用範圍가 더욱 넓어질수 있을 것으로 推定된다.

摘 要

油菜 收量을 劃期的으로 增收하는데 F_1 의 雜種強勢를 利用하기 위한 研究의 一環으로 組合能力이 높은 MS와 F_1 을 選拔하기 위하여 組合能力을 檢定하고 Non-Isogenic maintainer를 活用한 優秀MS의 3元交雜 F_1 形質發現에 대해 檢討했다. 其 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 細胞質-遺傳자의 雄性不稔 系統들의 一般組合能力에서는 儒達MS가 收量과 收量構成形質들이 特別히 優秀하였으며 耐寒性도 強하였다.

2. 儒達MS의 特殊組合 能力에서는 143花粉親과의 F_1 중 10a當 收량이 450 kg以上되는 F_1 이 12組合이나 있었으며 그중에서 특히 收량이 높은 組合은 儒達MS×木浦 10號- F_1 으로서 10a當 518 kg의 種實을 生産하여 標準品種 儒達보다 96% 以上 增收되었다.

3. 花粉親으로 供試한 143品種 중에서 90品種이 稔性回復遺傳자를 가지고 있었으며 유럽品種들은 供試品種中 78%, 韓國品種에서는 58%의 品種들이 完全 稔性回復 品種들이었다.

4. Non-Isogenic maintainer를 活用한 3元交雜 F_1 의 形質發現에서는 熟期는 2元交雜 F_1 보다 3~4일이 빨랐으며 收量形質인 穗長, 1穗莢數, 有效分枝數, 莢長, 1,000粒重 등에서 2元交雜 F_1 보다 길고 많아서 多收性인 方向으로 Heterosis가 發現을 하였다.

5. 3元交雜 F_1 의 雜種強勢에 의한 收量性을 같은 儒達MS의 2元交雜 F_1 의 收量性和 比較한 結果 3元交雜 F_1 의 平均 10a當 收量은 423 kg으로서 平均 60%나 더 增收되어 優性遺傳자의 集積에 基因한 Heterosis發現이 더 컸다.

6. 3元交雜 F_1 의 大量種子生産은 MS와 Main-

tainer의 增殖段階와 MS의 Maintainer의 交互栽植과 花粉親의 增殖段階 그리고 Yudal MS×Non-Isogenic maintainer (Isuzu)와 花粉親(木浦 10號)과의 交互栽植 段階의 3段階가 必要하다. 所要面積은 60.1ha이며 여기서 採種된 3元交雜 F_1 으로 6万ha를 栽培할 수 있었다.

引用 文 獻

1. 馬場知, 志賀敏夫, 杉山信太郎. 1970. 日記 東北支會報. 12: 51-52.
2. 桂鳳明, 權炳善. 1976. Res. Rep. O. R. D. 18 (C): 203-208.
3. 李正日. 1975. Korean J. Breeding 7(2): 109-119.
4. _____. 志賀敏夫, 權炳善. 1976. Korean J. Breeding 8(2): 63-70.
5. _____. 咸泳秀. 1980. 雨田孫膺龍教授 回甲紀念論文集: 21-38.
6. Manner, R. 1957. Medd. Gullakers Vaxtforadlingsanstalt. 14: 45-56.
7. 村上寬一, 高柳謙治. 1966. Japan J. Breed 16 Supple 2: 92-93.
8. Olsson, G. 1960. Hereditas 46: 241-252.
9. Schuster, W. 1969. Z. Pflanzenzuchtg. 82: 47-62.
10. 志賀敏夫, 馬場知. 1973. 育種學雜誌 23: 187-197.
11. _____. 1976. 農業技術研究所報告 D. 27: 1-101.
12. Thompson, K. F. 1972. Heredity 29: 253-257.
13. 禹長春, 永松士己. 1932. 農事試彙報. 2(1): 113-128.
14. 山田 實. 1973. 育種學雜誌 23(1): 48-52.
15. 作物試驗場. 1978. 試驗研究報告書(特作編): 521: 564.
16. _____. 1979. 試驗研究報告書(特作編): 457-474.
17. FAO. 1977. FAO Year Book 31: 129.

SUMMARY

To increase yield potentials of rape greatly, male sterile(MS) lines and F_1 hybrids which have

high combining ability, as a means of studies for utilization of F_1 hybrids, were selected and their combining abilities were tested. At the same time, the characteristics of F_1 hybrids of three way cross using non-isogenic maintainer were studied. The result are summerized as follows;

1. The test of general combining ability for cytoplasmic-genetic male sterile lines indicated that "Yudal MS" was especially high for yield and yield components and also for cold tolerance.
2. The test of specific combing ability between Yudal MS and 143 testers(pollen parents) was resulted that F_1 hybrids of 12 combinations yielded more than 4.5 tons per hectare. The best F_1 hybrid was from the cross between Yudal MS and Mogpo 10 and yielded 5.18 tons per hectare, which was 96% yield increase compared to Yudal.
3. Among the 143 varieties used as testers(pollen parents), 90 varieties were found out to have genes restoring fertility. The percentage of varieties having genes restoring fertility was 78 and 58 in European and Korean varieties, respectively.
4. F_1 hybrids of three way cross using non-isogenic maintainer were 3 to 4 days earlier in maturity and produced longer ear and pod length and more number of pods per ear, number of productive branches, and seed weight than those of double cross, which were considered heteroses were made toward high yield potentials.
5. The yield of F_1 hybrids, made by three way cross using Yudal MS, was 4.23 tons per hectare which was 6% yield increase compared to those of double cross and this heterosis was considered to be caused by the accumulations of dominant genes.
6. For the mass seed multiplication of F_1 hybrids from the three way cross, three stages are needed; seed multiplication of MS lines and maintainer, alternate planting of ms lines and maintainers and multiplication of pollen parents, and alternate planting of F_1 hybrids (Yudal MS x non-isogenic maintainer (ISUZU)) and pollen parents. To cover 60,000 hectare planting ares, about 60 hectares for seed production are needed.