

芥菜型油菜(*Brassica Juncea*) 杂种优势利用的研究

史华清 龚瑞芳 庄丽莲 龙肖平

(云南省农科院油料所)

提 要

1973年,本院发现芥菜型油菜雄性不育株后,经连续几年研究,1975年育成了欧新A不育系,欧新B保持系和74243—6恢复系,实现了芥菜型“三系”配套。多年来连续测定表明,育成的芥菜型“三系”表现育性稳定,欧新A不育系的不育株率达100%,单株自交结实指数平均在0.000—0.103之间。恢复株率为99.54~100%, F_1 杂种有较强的苗期优势,也有种子产量和含油量优势。比芥菜型地方良种昆明高棵增产19.2~34.8%,含油量提高6.58~8.23%。芥菜型“三系”的育成,填补了我国芥菜型杂优利用的空白,势将推动芥菜型油菜杂优利用的研究。

关键词 芥菜型油菜, 三系, 杂种优势

从六十年代初期开始,我所先后在大田和试验田的芥菜型油菜品种(品系)中发现自然突变的雄性不育株。1973年在我所芥菜型杂交试验地中发现雄性不育株后,即连续几年进行研究,并育成了欧新A不育系和欧新B保持系及74243—6恢复系,实现了芥菜型“三系”配套^[1],并测得了杂种优势,为开展芥菜型油菜杂种优势利用的研究开辟了道路。

选育经过和试验结果

一、欧新A不育系选育经过及不育系稳定性鉴定

1. 原始不育株的来源和育性表现

1973年,在芥菜型油菜杂交试验地中发现,凡来原于“663069”品系及其杂交后代,都有雄性不育株出现,其植株形态与该品种(系)正常花株相似,只花器构造、开花特点、育性与正常花株不同,这种雄性不育株的主要特点是柱头突出蕾外,因突出柱头的花蕾需经2—3天才能开花,这样就在花序上形成一个“突柱段”,且开花后花瓣只半开,并微收缩,所以这种不育株开花时在田间容易鉴别。

关于不育株的不育性,从表1可看出自交结实力很低,株间自交结实指数由0—0.016,平均0.004,所以利用价值较高。

2. 欧新A不育系的选育及其稳定性

1973年利用来源于新平油菜的不育株作品种间杂交,第一年就获得了一个能保持不育的组合,即“663069”不育株×欧洲油菜(芥菜型),它的平均自交结实指数只有0.034(表2)。用欧洲油菜作父本,经四代回交,得到田间性状与父本相似,突柱不育株率达100%的

表 1 “663069” 原始不育株与正常花株结实力比较
 Table 1 Comparison of seed — set between original Sterile plants of “663069” and normal fertile plants

不育株 Sterile plants				常态花株 Normal plants					
株行号 Plant /Row order No.	自交花数 Number of Self pollinated Flowers	结实荚数 Number of seed -setting siliques	结实粒数 Number of seeds	自交结实指数 Self-pollinated seed-setting index	株行号 Plant /Row order No.	自交花数 Number of Self pollinated Flowers	结实荚数 Number of seed -setting siliques	结实粒数 Number of seeds	自交结实指数 Self-pollinated seed-setting index
6 / 1	343	0	0	0.000	1 / 1	140	115	584	4.171
2 / 1	123	1	2	0.016	3 / 1	257	220	1795	6.984
3 / 1	135	1	1	0.007	4 / 1	166	166	1592	9.621
3 / 2	90	0	0	0.000	6 / 2	299	232	1673	5.595
5 / 2	26	0	0	0.000	—	—	—	—	—
平均 Means	143.4	0.4	0.6	0.004	平均 Means	215.5	183.3	1412.3	6.554

$$\text{自交结实指数} = \frac{\text{自交结实粒数}}{\text{自交花数}} \text{ self-pollinated seed-setting index} = \frac{\text{number of self-pollinated seeds}}{\text{number of self-pollinated flowers}}$$

注：自交结实指数是借用自交亲和指数公式计算的，为避免与自交不亲和系混淆，所以改称自交结实指数。

Note: To avoid confusion with incompatibility of self-pollinated lines, the index in the formula is named as self-pollinated seed-setting index of self-pollinated compatibility index.

株系, 现已将不育株系定名为欧新 A, 相应的保持系欧洲油菜定名为欧新 B。

欧新 A 不育系, 从 1973 年原始不育株开始, 通过品种间杂交、回交和一些年份冬、夏季节的交替播种, 到 1985 年经历 14 代后, 测定自交结实指数仍很低, 为 0.005, 保持了原有不育水平(表 3)。另外, 测定了不同部位的分枝, 结果(表 4)上、中、下各部分枝上的花荚, 都表现高度的不育。所以, 从上述各方面看, 欧新 A 的不育性是相当稳定的。

欧新 A 不育系自交结实能力很低, 但在天然敞开放粉条件下, 每角平均能结 5.9 粒种子(表 4), 这就有利于不育系的种子繁殖和制种工作。

表 2 欧新 A 原始不育系的自交不实状况

Table 2 Seed set of self pollinated plants of the original sterile line european-xinping A

株行号 Plant / Row order No.	自交花数 Number of Self pollinated flowers	结实荚数 Number of seeded siliques	结实粒数 Number of seeds	自交结实指数 Self-pollinated seed-setting index
2 / 1	143	2	2	0.014
1 / 2	264	1	1	0.004
6 / 5	121	10	21	0.174
4 / 2	402	3	14	0.033
4 / 4	174	0	0	0.000
平均 Means	224.4	3.2	7.6	0.034

表3 欧新A不育系保持5至14代的不育性表现

Table 3 Expression of sterility of progeny sterile lines of Europeanxingping H. maintained for 5 to 14 generations

试验年度 Experiment in	播种季节 Sowing season	自交花数 Number of Self pollinated flowers	结实荚数 Number of seeded siliques	结实粒数 Number of seeds	自交结实指数 Self-pollinated seed-setting index
1975	冬播 Winter	244	11	17	0.070
1975	夏播 Summer	366	0	0	0.000
1980	冬播 Winter	3279	79	336	0.103
1980	夏播 Summer	570	0	0	0.000
1985	冬播 Winter	618	3	3	0.005

表4 欧新A不育系不同分枝部位的自交结实力
Table 4 Self-Pollinated Seed-Setting Ability of siliques on Branches at Different Positions of the Sterile Line, European Xiping A

株号 Plant / Row order No.	分枝部位 Branch Position												天然授粉每角 平均粒数 Average no. of Seeds Per Naturally Pollinated Silique				
	上部 Upper			中部 Middle			下部 Lower										
	自交花数 No. of Selfed flowers	结实荚数 No. of Seeded siliques	结实粒数 No. of Seeds	自交结实指数 self Pollinated Seed-Setting Index	自交花数 No. of Selfed flowers	结实荚数 No. of Seeded siliques	结实粒数 No. of Seeds	自交结实指数 Self-Pollinated Seed-Setting Index	自交花数 No. of Selfed flowers	结实荚数 No. of Seeded siliques	结实粒数 No. of Seeds	自交结实指数 self Pollinated Seed-Setting Index					
1	70	2	2	0.029	54	0	0	0.000	54	0	0	0.000	0	0	0	0.000	/
2	115	0	0	0.000	141	0	0	0.000	50	0	0	0.000	0	0	0	0.000	/
3	32	0	0	0.000	63	0	0	0.000	49	0	0	0.000	0	0	0	0.000	4.2
4	116	0	0	0.000	85	1	1	0.012	57	0	0	0.000	0	0	0	0.000	3.0
5	45	1	1	0.022	108	1	1	0.009	129	0	0	0.000	0	0	0	0.000	5.7
6	61	0	0	0.000	82	0	0	0.000	68	0	0	0.000	0	0	0	0.000	6.0
7	22	0	0	0.000	/	/	/	/	11	0	0	0.000	0	0	0	0.000	9.5
8	81	0	0	0.000	62	0	0	0.000	108	1	1	0.009	1	1	1	0.009	5.8
9	76	0	0	0.000	93	3	4	0.043	74	0	0	0.000	0	0	0	0.000	7.2
平均 Means	68.67	0.33	0.33	0.005	86.00	0.63	0.75	0.009	66.67	0.111	0.111	0.002	0.111	0.111	0.111	0.002	5.9

表 5 欧新A不育系的开花进程(月/日) 观察年份(1980年) 欧新A不育系开花进程(月/日) 观察年份(1980年)

系列 Line	蕾期至突柱期 Budding to stigma-emerging			突柱期至开花期 Stigma-emerging to flowering initial Stage			开花期至终花期 Flowering initial stage to Flowering final stage				蕾期至终花期 Duration from budding to flowering final Stage (days)
	蕾期 Budding	突柱期 Stigma-emerging	经历天数 Duration (days)	突柱期 Stigma-emerging	开花期 Flowering initial	经历天数 Duration (days)	开花期 Flowering initial	终花期 Flowering final	经历天数 Duration (days)	开花期至终花期 Flowering initial stage to Flowering final stage	
欧新 A European- Xinping A	3 / 21 March 21st	3 / 22 March 22th	1	3 / 22 March 22nd	3 / 24 — 3 / 25 March 24th — 25th	2 — 3	2 / 24 — 3 / 25 March 24th — 25th	3 / 25 — 3 / 27 March 25th — 27th	1 — 3	开花期至终花期 Flowering initial stage to Flowering final stage	4 — 7
欧新 B European- Xinping B	3 / 21 March 21st			3 / 22 March 22th		1	3 / 22 March 22th	3 / 23 — 3 / 25 March 23th — 25th	1 — 3	开花期至终花期 Flowering initial stage to Flowering final stage	2 — 4

表 6 不同授粉方法对欧新A原始不育株结实指数的影响

Table 6 Effect of different pollination methods on the seed-setting indexes of the original sterile Line. European-Xinping A

授粉方法 Pollination method	授粉或自交花朵数 No. of pollinated or self-pollinated flowers		结角数 No. of seeded siliques	结种子粒数 No. of Seeds	结实指数 Seed-Setting Index
	授粉 No. of pollinated	自交 or self-pollinated			
突柱期授正常花粉 Pollinated with normal pollen at the stigma-emerging stage		325	244	1714	5.274
开花期授正常花粉 Pollinated with normal pollen at the flowering stage		197	44	154	0.782
剥蕾白花辅助授粉 Self-pollination supplemented by opening the bud artificially		305	18	34	0.112
套袋自交 Self-pollination with bagging		582	1	2	0.003

3. 欧新 A 不育系的开花习性和花粉生活力

欧新 A 不育系之所以高度不育, 并能保持稳定, 虽然主要受遗传控制, 但在田间表现上, 除了花器构造异常外, 开花习性也有异常表现(表 5)。正常开花的品种, 由蕾期经一天便直接开花, 而欧新 A 不育系经一天后, 只有柱头突出蕾外, 花萼和花瓣不张开, 直至充分成熟的柱头暴露在蕾外 2—3 天后, 花瓣才半开, 花药破裂散粉。所以在开花进程上, 欧新 A 不育系在蕾期和花期之间插入一个“突柱期”, 这就可能促使柱头老化和花粉败育。因而欧新 A 不育系的开花习性, 对于自花授粉显然不利。根据隔离条件下对不育株结实力的测验结果证明(表 6), 在“突柱期”授以正常花粉却能较好地结实, 如果到了开花期才授粉, 即使辅以人工授粉, 其结实力也很低。采取剥蕾自花辅助授粉, 其结实力虽较套袋自交高, 但结实指数仍在 1 以下。

欧新 A 不育系的花粉, 用醋酸洋红染色压片镜检看出, 有 95.4% 的花粉, 无着色反应, 为无生活力的败育花粉(表 7)。这种有一定花粉量的不育雄蕊类型称为“园败型”^[3]。由于上述开花习性异常, 加上花粉粒的高度败育, 所以欧新 A 的不育性比较稳定。

表 7 欧新 A 不育系花粉粒败育状况

Table 7 Pollen Grain Abortions of the Sterile Line, European-Xinping A

系号 Line	镜 检 视 野 Within Microscopic Field of Vision								无生活 力花粉 (%) Non- Viable Pollen Grains (%)	有生活 力花粉 (%) Viable Pollen Grains (%)
	1		2		3		合计 Total			
	无生活力 花粉数 Non- Viable Pollen Grains	有生活力 花粉数 Viable Pollen Grains	无生活力 花粉数 Non- Viable Pollen Grains	有生活力 花粉数 Viable Pollen Grains	无生活力 花粉数 Non- Viable Pollen Grains	有生活力 花粉数 Viable Pollen Grains	无生活力 花粉数 Non- Viable Pollen Grains	有生活力 花粉数 Viable Pollen Grains		
欧新 A European- Xinping A	20.2	0.6	19.2	1.0	30.8	1.8	70.2	3.4	95.4	4.6
欧新 B European- Xinping B	0.175	32.2	1.75	35.5	2.75	36.3	5.25	104.0	4.8	95.2

二、恢复系的选育及其杂种优势表现

1. 恢复系的选育

欧新 A 不育系稳定之后, 于 1974 年夏, 开始了恢复系的选育。即用欧新 A 不育系与 74243-6 等 10 个优良品种(系)测交。1975 年观察结果: 仍保持不育的有 3 个组合, 半恢复的 6 个组合, 育性能完全恢复的 1 个组合 (欧新 A × 74243-6)。完全恢复的组合表现为: 不突柱, 花器和开花正常, 花药充实, 花粉量大, 结实性好, 恢复株率达 100%, 经室内考种(表 8), 杂种有明显的产量优势, 表现为分枝多, 结角多, 千粒重比对照和恢复系都高, 角粒数达正常结实水平, 单株种子生产优势强, 优势率为 96.54%, 超亲优势率为 87.6%。

表8 欧新A不育系与恢复系组配后 F₁ 的杂种优势
 Table 8 Heterosis of F₁'s after crossing the sterile line, European-Xinping A, with a restoring line

材料名称 Material	株高 (cm) Plant height (cm)	有效分枝数 No. of productive branches	有效角果数 No. of productive siliques	每角粒数 No. of seeds per siliques	千粒重 (g) 1000-grain weight (g)	单株生产力 (g) Productivity per plant (g)	杂种优势度 Heterosis Level		
							杂种优势 (%) Heterosis %	超亲优势 (%) Heterosis above Parent%	对照增产 (%) Yield Increase, based on the Control %
欧新 A × 74243 - 6 F ₁ (European-Xinping A × 74243 - 6)	170.8	62.2	1355.2	11.0	1.79	22.7	96.54	87.60	29.00
欧新 A European-Xinping A 74243 - 6	219.6	31.8	1019.2	4.4	3.58	11.0			
CK	125.0	61.2	772.0	11.8	1.66	12.1			
Control	170.6	39.0	987.6	12.2	1.59	17.6			

表9 欧新A不育系与恢复系组配后 F₁ 的苗期优势
 Table 9 Heterosis at seedling stage of F₁ after crossing the sterile line, European-Xinping A, with a restoring line

材料 Material	幼苗株高 (cm) Seedling height (cm)	幼苗叶数 No. of seedling leaves	最大叶长 (cm) Maximum length of leaf (cm)	最大叶宽 (cm) Maximum width of leaf (cm)	幼苗鲜重 (g) Fresh weight of the seedling (g)	幼苗干重 (g) Dry weight of the seedling (g)
欧新 A - 3 × 74243 - 6 European - Xinping A - 3 × 74243 - 6	10.4	6.7	10.4	4.1	3.5	0.42
CK Control	7.8	6.6	7.4	3.0	1.7	0.21

表10 欧新A不育系与恢复系组配后F₁的经济性状和产量优势
 Table 10 Heterosis in Economic Characters and Yield of F₁ after crossing of the Sterile Line. European-Xinping A. with a Restoring Line

材料 Material	株高(cm) Plant height (cm)	主花序长(cm) Length of the main inflorescence (cm)	有效分枝数 Number of productive branches	有效角果数 Number of productive siliques	每角粒数 Number of seeds Per siliques	千粒重 (g) 1000-grain weight (g)	单株生产力 (g) Productivity per plant (g)	小区产量 (Kg) Yield per plot (Kg)	折Kg/亩 Yield converted into Kg/mu	较对照增产% Yield increase based on the control %	含油率(%) Oil content (%)	全生育期(天) The entire growing period (days)
欧新 A-1 × 74243-6 European-Xinping A-1 × 74243-6	157.2	42.0	37.6	945.0	11.5	1.70	11.1	1.09	123.4	34.8	39.68	148
欧新 A-3 × 74243-6 European-Xinping A-3 × 74243-6	160.1	40.3	38.7	958.3	11.0	1.88	11.4	0.96	109.2	19.2	40.31	148
CK control	163.6	37.6	29.8	628.3	13.5	1.75	9.5	0.81	91.6		37.23	155

注: 1. 幼苗株高、叶片大小和地上部干、鲜重, 为六叶期取样 10 株的平均值。

2. 对照为芥菜型地方良种。

Note: 1. The seedling height, size of the leaf and dry and fresh weights of the aerial part were measured and averaged from 10 plants sampled at 6-leaf stage.

2. A local-elite variety of Brassica Juncea was used as control.

与对照比较竞争优势率为29.0%。

2. 杂种优势表现

1980年,在完成恢复系选育的基础上,作了杂交组合产量鉴定,再一次调查统计了欧新A-1×74243-6组合。调查株数244株,恢复株率100%,欧新A-3×74243-6组合,调查株数220株中仅有1株不育,其恢复株率为99.54%。杂种有苗期生长优势和种子产量优势(表9.10),从表9.10看出,幼苗六叶期的生长量,包括株高、叶片大小、地上部干、鲜重,均超过对照。经济性状表现为枝多、角多、千粒重与对照不相上下,角粒数较对照低,但达到芥菜型油菜正常结实水平,单株生产力超过对照,小区产量较对照增产19.3—34.8%,含油量提高6.58—8.23%。

三、欧新A、B和恢复系74243-6的特征特性

“三系”种皮都为黄色。不育系和保持系植株高大、花期较迟、成熟较晚、叶片较狭长、绿色。恢复系植株较矮,株型紧凑,分枝多,开花和成熟都较早。所以恢复系和不育系之间,开花期虽有交叉,但花期相遇不甚理想。恢复系叶片顶裂较圆,叶脉紫色,为标志性状。恢复系与不育系杂交制种, F_1 叶片叶脉有微紫色显现,利用这一性状,在苗期即能识别真假杂种或种子有无机械混杂,以便保留优势组合的植株。

试验结果的分析与讨论

关于欧新A属哪一种不育类型问题,根据初步掌握的一些观察资料和田间试验结果来分析,欧新A不育系与其后来转育成的一些不育系,无论用保持系回交多少代,回交世代均无育性分离。不育系只能获得少量自交种子,种植后到植株开花结实仍表现为雄性不育。在连续试验和测交过程中,欧新A不育系不但保持系来源广泛,包括欧洲芥菜型油菜和澳大利亚zem系芥菜及云南的许多芥菜型品种(系)均可作为保持系,且不同品种来源的恢复系如遵恢、嵩恢、昆恢及转育的低芥恢复系亦易陆续找到。根据以上遗传表现,暂将欧新A定为核质互作的细胞质不育类型^[5,6]。根据与欧新A相配杂种 F_2 的田间观察统计,不育与可育株呈1:3.1分离,所以估计欧新A的不育性除胞质不育外,可能在核内为一对纯合隐性基因(ss)控制。

由于作物的雄性不育性是一个复杂的遗传现象^[2,3,4],所以上面提到的“三系”遗传问题,只是初步推论,今后尚待进一步探讨。

参 考 文 献

- [1] 刘后利, 1984, 伊犁农业科技, (1), 16.
- [2] 秦泰辰, 1983, 作物雄性不育性育种原理和方法, 上海科学技术出版社, 30—44.
- [3] 钱德杞等, 1982, 遗传学基础和育种原理, 农业出版社, 361—375.
- [4] 刘祖洞等, 1980, 遗传学(下), 人民教育出版社, 197—199.
- [5] 刘后利, 1985, 油菜的遗传和育种, 上海科学技术出版社, 381—388.
- [6] Banga S. S. 1986, 国外农学—油料作物, 中国农业科学院油料作物研究所编辑出版, (2), 14—16.

Studies on the Utilization of Heterosis in Mustard (*Brassica Juncea*)

Shi Huaqing Gong Ruifan Zhuan Lilian Long Xiaoping

(Oilseed Crop Institute of Yunnan Academy of Agricultural Sciences)

Abstract

A male sterile plant of mustard was found in 1973. After several years of study, a ms line, European-Xinping A, a maintenance line, European-Xinping B, and a restoring line, 74243-6, were successfully developed and a set of "three lines" was accomplished in 1975. The set manifested high stability of sterility through successive years of study. The ms line European-Xinping A showed 100% sterility. The selfed seed-setting indexes averaged 0.000 to 0.103. The restored plant rate amounted to 99.54 to 100%. There was fairly strong heterosis at the seedling stage with the F_1 hybrid, and heterosis also occurred in grain yield and oil content. The F_1 hybrid yielded 19.2-34.8% more than the currently released elite variety Kunming-Gaoke, and was 6.58-8.23% higher in oil content. Thus the gap that used to exist in the utilization of mustard heterosis in our country has now been filled. In by the success of further research work in the utilization of heterosis of mustard.

Key Words *Brassica juncea*, Three lines, Heterosis