

芸芥与白菜型油菜远缘杂交亲和性研究*

张涛, 孙万仓

(甘肃省农科院经济作物研究所, 兰州 730070)

摘要: 芸芥与白菜型油菜远缘杂交存在严重的生殖障碍, F₁ 种子的产生与杂交的组配方式有关。角果生长发育测量结果表明, 远缘杂交角果生长停止是在授粉后 8 d 左右。F₁ 植株形态偏向母本。

关键词: 芸芥; 白菜型油菜; 杂交亲和性

中图分类号: S565

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2004)02-0028-03

Studies on Crossing-compatibility between *Eruca sativa* Mill. and *B. campestris*

ZHANG Tao, SUN Wan-cang

(Gansu Academy of Agricultural Science, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract The studies showed that there was severe crossing obstacle between *Eruca sativa* Mill and *B. campestris* and the number of hybrid seeds was related to the crossing patterns. It was observed that the distant-crossing ovary nearly stopped growing at eight days after pollination. Morphological evaluation of F₁ seeds were matroclinous hybrid in almost all cases.

Key words *Eruca sativa* Mill; *B. campestris*; Crossing-compatibility

芸芥又名芝麻菜,是世界干旱半干旱地区的重要油料作物,由于它具有抗旱、耐瘠、抗(耐)病等优异的抗逆性能,已愈来愈引起人们的重视。因此,研究和开发利用芸芥的抗逆基因资源具有重要的科学和生产价值。为了探索将芸芥的优异性状转育到栽培油菜上的可能性,笔者开展了白菜

型油菜与芸芥的远缘杂交亲和性研究。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

试验材料的类型、染色体、品种名称见表 1

表 1 试验材料

Table 1 Plant materials

类型 Types	染色体 Chromosomes		品种(系)名称 Varieties		
	组型 Group	染色体数 Number			
白菜型 <i>Brassica campestris</i>	AA	n= 10	陇油 3号 Longyou 3 97CF 4#	陇油 4号 Longyou 4 97Q-6	武威小油菜 Wuwei 96m198
芸芥 <i>Eruca sativa</i> Mill	EE	n= 11	广河芸芥 Guanghe 永靖芸芥 Yunjing	靖远芸芥 Jingyuan 青城芸芥 Qiangcheng	榆中芸芥 Yuzhong

注: * 细胞质雄性不育材料。 Note * Male-sterile materials

收稿日期: 2003-05-07 修回日期: 2003-09-20

基金项目: 甘肃省自然科学基金项目(ZS021-A25-033-N)资助。

作者简介: 张涛(1971-),男,助理研究员,在职博士生,主要从事油菜遗传育种研究。

1.2 试验方法

1.2.1 开花期进行芸芥与白菜型油菜正、反属间杂交。每一杂交组合授粉花朵数为 400~450,授粉后 10 d,去掉纸袋,成熟时分组合收获,统计每一花序的结角数,每角的饱满粒数、半饱满粒数和瘪粒数,并计算结角率、结籽率。

$$\text{结角率} = \frac{\text{获得的角果数}}{\text{授粉花朵数}} \times 100\%$$

$$\text{结籽率} = \frac{\text{饱满种子数}}{\text{授粉花朵数}} \times 100\%$$

1.2.2 以白菜型油菜 97Q-6 和广河芸芥为亲本进行正反交。同时对亲本进行自交(单株间控制

授粉),定株、定柱头测量杂交角果的生长发育情况。从授粉当天直至第 12 天,每次测量 10 个子房。以下式计算杂交授粉子房的相对生长量。

$$\text{授粉子房相对生长量} = \frac{\text{授粉子房长} \times \text{宽测量值}}{\text{自交子房长} \times \text{宽测量值}} \times 100\%$$

1.2.3 播种杂交所得种子及其亲本。统计每一组合的总植株数、育性、偏母植株数及其百分数。

2 结果与分析

2.1 芸芥与白菜型油菜杂交的结角率和结籽率

表 2 芸芥与白菜型油菜杂交亲和性

Table 2 Crossing-compatibility between *B. campestris* and *E. sativa*

组合名称 Cross	处理花蕾数 No of pollinated flowers	结角数 No. of pods	结角率% Ratio of setting pods	饱满粒数 Full seeds	瘪粒数 Hollow seeds	结籽率% Ratio of setting seeds	角粒数 Seeds per pod
武威小油菜×广河芸芥 Wuwe×Guanghe	450	34	7.56	36	4	8.0	1.06
96m189×广河芸芥 96m189×Guanghe	450	25	5.56	30	9	6.67	1.50
97Q-6×广河芸芥 97Q-6×Guanghe	400	20	5.00	2	2	0.50	0.10
97Q-6×靖远芸芥 97Q-6×Jingyuan	400	60	16.50	21	35	5.2	0.32
陇油 4号×靖远芸芥 Longyou 4×Jingyuan	450	45	10.00	54	2	12.0	1.20
陇油 3号×榆中芸芥 Longyou 3×Yuzhong	450	84	18.67	44	12	9.78	0.52
总计 Total	2600	274		187	64		
平均 Average			10.54			7.19	0.68
榆中芸芥×陇油 3号 Yuzhong×Longyou 3	450	0	0	0	0	0.00	0
广河芸芥×武威小油菜 Guanghe×Wuwe	450	0	0	0	0	0.00	0
广河芸芥×97Q-6 Guanghe×97Q-6	450	0	0	0	0	0.00	0
靖远芸芥×97Q-6 Jingyuan×97Q-6	400	1	0.25	0	2	0.00	0
靖远芸芥×陇油 4号 Jingyuan×Longyou 4	450	2	0.44	5	0	1.11	2.5
总计 Total	2200	3		5	2		
平均 Average			0.14			0.23	1.67

白菜型油菜×芸芥共杂交 2 600 朵花,得到 274 个角果,平均结角率 10.54%。收获后播种,其中肉眼可见败育残迹 3 593 个,饱满子粒 187 粒,瘪粒 64 粒。每角粒数 0.68 个,结籽率 7.19% (表 2)。在 6 个白菜型油菜×芸芥杂交组合中,均获得了杂交角果,结角率 5.00%~18.67%,角粒数 0.10~1.50,其中以陇油 4 号×靖远芸芥结角率最高,陇油 3 号×广河芸芥结角率最低。5 个反交杂交组合中,共杂交 2 200 朵花,只有以靖远芸芥

为母本的 2 个组事得到了角果和种子,其余 3 个杂交组合均未得到杂交角果。由此可见,芸芥与白菜型油菜杂交,以白菜型油菜做母本,芸芥做父本杂交的结籽率要高于反交。

2.2 芸芥与雄性不育材料杂交

以白菜型油菜细胞质雄性不育材料做母本与芸芥杂交,共组配 4 个杂交组合,授粉 4 410 个柱头,获得 592 个角果,216 粒饱满种子,平均结角率 13.42%,结籽率 4.9%,与以普通白菜型油菜做母

本的杂交相比较,结角率较高,但结籽率降低(表 3)。

表 3 芸芥与白菜型油菜雄性不育材料杂交亲和性

Table 3 Crossing-compatibility between Male-sterility materials and *E. sativa*

组合名称 Cross	处理花 蕾数 No of pollinate	结角数 No of pods	结角率% Ratio of setting pods	饱满粒数 Full seeds	瘪粒数 Hollow seeds	结籽率% Ratio of setting seeds	角粒数 Seeds per pod
C F4K 青城芸芥 C F4K Qingcheng	1020	94	9.22	77	0	2.3	
C F4K 靖远芸芥 C F4K Jingyuan	1050	187	17.80	2	3	1.0	0.82
C F4K 广河芸芥 C F4K Guanghe	1340	96	7.16	51	0	8.9	0.01
C F4K 榆中芸芥 C F4K Yuzhong	1000	2.5	21.850	6	6	8.6	0.53
总计 Total	4410	592		216	9		0.4
平均 Average			13.42			4.9	0.37

2.3 子房发育测定

以自交(单株间控制授粉)的母本子房生长量为 100%,计算杂交授粉子房的相对生长量。由表 4 可以看出,授粉后 1~7 d,杂交授粉子房的生长与自由授粉子房的生长并无差异,都在迅速生长;授粉 9 d 或 10 d,杂交授粉子房停止生长或接近停止生长,而它们亲本的子房仍在正常生长。授粉 9 d 时,广河芸芥与广河芸芥×97Q-6 子房相对生长量分别为 192 179,后者为前者的 93%;97Q-6 与 97Q-6×广河芸芥的子房相对生长量分别为

747 525,后者为前者的 70.28%;12 d 时,广河芸芥与广河芸芥×97Q-6 子房相对生长量分别为 250 179,后者为前者的 72%;97Q-6 与 97Q-6×广河芸芥的子房相对生长量分别为 845 553,后者为前者的 65.4%。表明远缘杂交子房生长发育在授粉后 8 d 左右时基本停止,而子房停止生长发育可能与卵细胞未受精或受精后胚乳不发育等原因有关,杂交胚的败育也可能在授粉后 7 d 左右开始。因此,在授粉后 7 d 左右进行胚拯救可能是获得远缘杂交杂种的一处可取方法。

表 4 子房生长量比较

Table 4 Comparison of ovary after pollination

子房 Ovary	组合 Cross	授粉后时间 /d Days after pollination							
		0	1	3	5	7	9	10	12
长 Length	广河芸芥⊕ Guanghe⊕	100	108	111	112	163	192	205	250
	广河芸芥×97Q-6 Guanghe×97Q-6	100	108	110	112	162	179	179	179
	97Q-6×广河芸芥 97Q-6×Guanghe	100	124	141	204	343	525	553	541
	97Q-6⊕ 97Q-6⊕	100	124	142	238	459	747	819	845
宽 Width	广河芸芥⊕ Guanghe⊕	100	113	127	175	295	398	457	625
	广河芸芥×97Q-6 Guanghe×97Q-6	100	120	124	178	296	376	376	376
	97Q-6×广河芸芥 97Q-6×Guanghe	100	117	134	143	224	284	298	298
	97Q-6⊕ 97Q-6⊕	100	135	153	151	241	416	484	559

2.4 F₁ 植株的形态鉴定

本研究共杂交授粉 9210 个柱头,获得 869 个角果,483 粒种子。将 F₁ 种子及其亲本种植于温室,经观察,F₁ 植株的幼苗、叶片、花器都倾向于母本,没有表现出中间性状或带有父本性状的植株。它们的育性与其母本完全一致,即母本为可育

株时,F₁ 全部为可育株。母本植株为雄性不育株时,F₁ 全部为雄性不育株,初步判断这些植株至少在形态上属于偏母植株。

5 数据模拟

应用 Matlab 软件, 表 3 和表 4 给出了在遗传同型交配下, A 的频率从 0.1 到 0.5, 以 0.1 为步长, 各世代的基因型信息熵和两性配子间平均互信息的数据模拟结果。由数据可见: 在遗传同型交配下, 随世代交替, 基因型信息熵逐代减小, 两性配子间的平均互信息逐代增加, 但基因型信息熵逐代减小的速度和两性配子间的平均互信息逐代增加的速度越来越慢; 固定世代数 t , 随 P 从 0 到 0.5 增加, 基因型信息熵逐代增大, $P=0.5$ 时最大。模拟结果和理论推导完全一致。

以上研究, 可以相应地推广到复等位基因情形下。

参考文献:

- [1] 袁志发, 郭满才, 宋世德, 等. 相对 Shannon 信息量与基因变异的测量 [J]. 西北农业大学学报, 1998, 26(4): 30~34.
- [2] 郭满才, 宋世德, 周静芋, 等. 非平衡群体基因变异测量的 Shannon 信息量方法 [J]. 生物数学学报, 2001, 16(3): 341~347.
- [3] 汪小龙, 袁志发, 郭满才, 等. 最大信息熵原理与群体遗传平衡 [J]. 遗传学报, 2002, 29(6): 562~564.
- [4] 郭满才, 解小莉, 刘建军, 等. 复等位基因平衡群体熵的性质 [J]. 西北农林科技大学学报, 2002, 30(4): 119~122.
- [5] [美] C. C. L 著, 吴仲贤译. 群体遗传学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1981.
- [6] 张宏礼, 郭满才, 解小莉, 等. 近亲繁殖下一对等位基因群体的熵性质 [J]. 西北农林科技大学学报, 2003, 31(1): 148~150.

(上接第 30 页)

3 讨论

芸芥与油菜及其它芸薹属植物的远缘杂交, 前人已做了大量工作, 特别是近几年, 时有芸芥与芸薹属远缘杂交的报道。这些研究均表明芸芥与芸薹属的远缘杂交属于高度不亲和。据报道, 自交不亲和的芸芥与自交亲和的 *Erucastrum gallicium* 杂交时, 也存在单向不亲和性, 而且这种单向不亲和性在开花期较蕾期强烈^[1]。吴江生^[2]、孟金陵^[2]在甘蓝型油菜与芥菜型油菜的远缘杂交中发现, 母本基因型分别控制受精指数高低和结实性强弱, 但其遗传机制尚不清楚。本研究采用我国芸芥与白菜型油菜进行杂交, 共授粉杂交 9210 个柱头, 获得 869 个角果, 483 粒种子, 经形态学鉴定, 所获

F₁ 植株在形态上基本属于偏母植株, 可能是由于父本花粉诱导的孤雌生殖所致, 试验结果基本与前人的研究一致。

芸芥与油菜杂交十分困难, 要获得真杂种, 除了筛选杂交亲和基因型、组配适宜的杂交组合外, 胚拯救可能是一条有效途径。

参考文献:

- [1] Sampson D R. Intergenic pollen-stigma incompatibility in the cruciferae [J]. Can J Genet Cytol, 1963, 4: 38~49.
- [2] 孟金陵, 吴江生, 韩继祥. 母本基因型对油菜间可交配性的影响 [J]. 作物研究, 1992, 6(2): 28~32.
- [3] 吴江生, 孟金陵. 甘蓝型油菜 × 芥菜型油菜的种间可交配性及亲和性基因型的筛选 [J]. 中国农业科学, 1992, 25(4): 36~40.