

大白菜—花椰菜异源多倍体的形态、细胞及分子鉴定

郭晓芹, 仪泽会, 惠麦侠*, 张鲁刚, 张明科, 卢有飞

(西北农林科技大学园艺学院, 农业部西北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 陕西杨凌 712100)

摘 要: 应用形态学、解剖学、细胞学及分子标记的方法对大白菜与花椰菜的异源四倍体和异源三倍体进行倍性鉴定。结果表明, 异源多倍体在植株叶片、花器官和气孔等性状上较其二倍体双亲均表现出巨大性, 而气孔密度和结实率则降低, 其中异源四倍体比异源三倍体表现更明显。SRAP 分子标记分析表明, 异源多倍体中包含了双亲的遗传信息, 是双亲间真杂种。细胞学观察显示, 异源四倍体的染色体数为 $2n = 4x = 38$, 异源三倍体的染色体数为 $2n = 3x = 29$ 。异源多倍体的获得及鉴定为进一步创制大白菜新种质提供了材料。

关键词: 大白菜; 花椰菜; 异源多倍体; 倍性鉴定

中图分类号: S 634.1; S635.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2012) 07-1365-08

The Morphological, Cytological and Molecular Identifications of Allopolyploids of Chinese Cabbage – Cauliflower

GUO Xiao-qin, YI Ze-hui, HUI Mai-xia*, ZHANG Lu-gang, ZHANG Ming-ke, and LU You-fei

(College of Horticulture, Northwest Agriculture and Forestry University, Key Laboratory of Horticultural Plant Biology and Germplasm Innovation in Northwest China, Ministry of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The chromosome identifications of allotriploid and allotetraploid of Chinese cabbage – cauliflower were carried out by morphological, anatomical and cytological observation and molecular marker technique. The results showed that, compared with diploids, the polyploid plants possessed gigantism in the leaves, stomata, flowering organs and reduction in the density of stomata and fecundity, allotetraploid was more obvious than allotriploid generally. According to SRAP molecular marker analysis, the polyploids contained all genetic information of both parents, which showed that polyploids were real hybrids. Cytological identification revealed that chromosome number of allotetraploid was $2n = 4x = 38$ and chromosome number of allotriploid was $2n = 3x = 29$. The obtaining and identification of allopolyploids provide materials for creating new Chinese cabbage germplasm.

Key words: Chinese cabbage; cauliflower; allopolyploid; chromosome identification

远缘杂交是推动植物进化的重要动力之一, 但由于物种间存在远缘杂交障碍, 较难获得杂种,

收稿日期: 2012-03-07; 修回日期: 2012-05-30

基金项目: 高校基本科研业务费科技创新专项重点项目 (QN2011057); 陕西省科技攻关项目 (2010K01-09)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: maixiahui@163.com)

通过染色体加倍技术(刘炜 等, 2008)可以有效克服远缘杂交障碍, 进而利用多倍体作为桥梁材料创制异附加系、易位系、异代换系等, 是实现品种改良的一种重要途径。自 Inomata (1977) 通过子房培养的方法获得了白菜与甘蓝的种间杂种以来, 已有较多研究通过子房培养等方式获得了不同物种的种间杂种及异源多倍体。如顾爱侠等(2006)通过子房培养直接获得了大白菜与结球甘蓝的种间三倍体杂种, 并进行了 SSR 鉴定与 GISH 分析。闻晓英等(2011)利用大白菜—甘蓝异附加系开展了一系列带有耐抽薹、抗病、富含硫代葡萄糖苷等优异性状的大白菜新种质创制工作。迄今尚未见有大白菜与花椰菜异源多倍体的相关报道。

大白菜 [*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* (Lour.) Olsson] 的染色体数为 $2n = 2x = 20$, 染色体基数 $x = 10$, 染色体组为 A。花椰菜 (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) 染色体数为 $2n = 2x = 18$, 染色体基数 $x = 9$, 染色体组为 C。

本研究中对已获得的大白菜—花椰菜异源四倍体和异源三倍体进行形态学、解剖学、分子学以及细胞学等多方面的鉴定, 以便为十字花科植物远缘杂交, 利用异源多倍体获得异附加系、易位系或异代换系等基因重组和品种改良以及细胞遗传学研究提供新材料。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为: 二倍体亲本大白菜自交纯系 ‘Bre’ ($2n = AA = 20$), 花椰菜自交纯系 ‘Hoo14’ ($2n = CC = 18$), 及其异源四倍体 ‘10-BH-1’ ($2n = AACC = 38$)、异源三倍体 ‘10-BH-2’ ($2n = AAC = 29$)。

‘Bre’ 来源于大白菜早熟品种 ‘早熟 5 号’, ‘Hoo14’ 来源于花椰菜极早熟品种 ‘早花 60’, 异源四倍体是通过两个二倍体亲本杂交后进行胚挽救, 并用秋水仙素处理染色体加倍后获得, 异源三倍体是由异源四倍体与大白菜回交后获得。

材料均由西北农林科技大学园艺学院白菜课题组保存。

1.2 方法

1.2.1 形态学比较

试验材料于 2010 年 7 月育苗, 8 月定植于西北农林科技大学园艺学院试验田中, 12 月移栽到塑料大棚中假植越冬, 2011 年 3 月移植到大田纱网棚中, 常规栽培管理。

在莲座期, 对两亲本及其异源四倍体、异源三倍体的叶色、叶数、株幅、株高等性状进行观察和测量, 其中叶片性状取最大叶片进行测量。在盛花期, 观测各材料的花色、花器大小等性状。结实后, 统计角果大小。以上性状均在各种材料不同植株相同部位取 10 个器官进行测量、统计, 求其平均值。

1.2.2 气孔观察

撕取成熟叶片的下表皮, 加水压片, 在显微镜目镜 5×、物镜 40× 下进行观察统计。不同材料各取 5 个植株的叶片, 每个叶片选取 3 个视野进行气孔数、气孔大小等的统计, 取其平均值。

1.2.3 花粉活力测定

在盛花期, 取当天开放花朵的新鲜花粉, 用 1% 醋酸洋红进行染色, 置于 5× 目镜、10× 物镜显微镜下进行观察并拍照, 计算花粉活力。花粉活力 (%) = 着色花粉数 / 花粉粒总数 × 100。不同材料各取 3 个植株上的花粉, 每个植株花粉观察 10 个视野, 取其平均值。

1.2.4 杂交结实率调查

采用蕾期人工去雄授粉的方法进行二倍体与三倍体，二倍体与四倍体的正交和反交，以及不同倍性材料自交，对各种杂交组合的坐果率、结籽率进行统计，其中坐果率用坐果（结种子的角果）数/授粉花蕾数计算，结籽率用每角果平均种子数/每角果平均胚珠数计算。

1.2.5 SRAP 鉴定

采用 CTAB 法提取基因组 DNA。首先利用不同的 SRAP 引物组合对大白菜和花椰菜双亲基因组之间的多态性进行鉴定，然后利用多态性引物对异源多倍体进行 SRAP 分析。PCR 反应体系 20 μL ，含 50 $\text{ng} \cdot \mu\text{L}^{-1}$ 模板 DNA 1 μL ，10 \times PCR buffer 2 μL ，10 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ dNTPs 0.32 μL ，10 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 正、反向引物各 0.8 μL ，5 U *Taq* 酶 0.2 μL 。扩增程序为 94 $^{\circ}\text{C}$ 4 min; 94 $^{\circ}\text{C}$ 30 s, 35 $^{\circ}\text{C}$ 30 s, 72 $^{\circ}\text{C}$ 1 min, 5 个循环; 94 $^{\circ}\text{C}$ 30 s, 50 $^{\circ}\text{C}$ 30 s, 72 $^{\circ}\text{C}$ 1 min, 35 个循环; 72 $^{\circ}\text{C}$ 10 min; 4 $^{\circ}\text{C}$ 保存。扩增产物在 6% 非变性聚丙烯酰胺凝胶中电泳分离，采用银染法检测，并照相。

1.2.6 染色体数鉴定

于 9:00—10:00 采取纵径 1~5 mm 的花蕾，置于改良卡诺固定液（无水乙醇：丙酸 = 3:1，0.5% 氯化铁）中，抽真空使材料沉于底部，在黑暗中固定 24 h，然后转入 70% 乙醇中，4 $^{\circ}\text{C}$ 保存。

由于幼嫩子房中处于分裂中期的细胞较多（张红梅 等，2009），因此本试验中采用子房作为材料，用常规压片法制片，1% 醋酸洋红染色，Olympus 显微镜 100 \times 镜检，并拍照。

2 结果与分析

2.1 杂种植株与亲本的形态学比较

田间观察发现，大白菜和花椰菜异源四倍体和三倍体生长势较强，形态与双亲有较大差异，且大多表现出超亲优势，四倍体比三倍体长势更强（图 1，1~4；表 1）。

表 1 杂种植株和亲本形态学比较
Table 1 Morphological comparison between the hybrids and their parents /cm

性状 Characters	Bre (2x)	10-BH-1 (4x)	10-BH-2 (3x)	Hoo14 (2x)
株幅 (长 \times 宽) Plant expansion (Length \times Width)	38.00 b \times 34.60 ab	63.80 a \times 61.00 a	55.00 a \times 53.20 ab	23.20 b \times 20.80 b
株高 Plant height	18.00 bc	28.00 a	22.20 ab	15.40 c
叶色 Leaf color	浅绿色 Light green	偏灰绿色 Few grey green	绿色 Green	灰绿色 Grey green
叶面蜡粉 Leaf wax powder	无 No	有 Yes	有 Yes	有 Yes
叶数 Leaf number	16.6	17.8	20.2	13.2
叶片长 Leaf length	16.48 bc	23.50 a	22.12 ab	10.94 c
叶片宽 Leaf width	16.14 b	22.60 a	20.64 a	8.76 b
叶柄宽 Leaf midrib width	2.29 a	2.03 b	2.16 b	1.09 b
叶翅(对) Leaf wing (Pair)	连续 Continuous	4.2	3.8	0
花色 Flower color	黄色 Yellow	黄色 Yellow	黄色 Yellow	浅黄色 Light yellow
花冠直径 Anadem diameter	1.86 c	2.58 a	2.22 b	1.92 c
花瓣 (长 \times 宽) Petal (Length \times Width)	1.05 d \times 0.58 d	1.71 a \times 1.06 a	1.42 c \times 0.84 b	1.58 b \times 0.78 c
雌蕊长 Pistil length	0.79 c	1.15 a	0.93 b	0.97 b
萼片长 Sepal length	0.61 d	0.80 b	0.68 c	0.87 a
花蕾 (长 \times 宽) Bud (Length \times Width)	0.62 c \times 0.28 d	0.94 a \times 0.43 a	0.83 b \times 0.35 c	0.79 b \times 0.38 b
角果长 Silique length	3.60 c	8.10 a	4.20 c	5.60 b
角果宽 Silique width	0.61 b	0.75 a	0.62 b	0.42 c
角果厚 Silique thickness	0.37 c	0.57 a	0.45 b	0.30 d
角果喙长 Silique beak length	1.02 c	2.12 a	1.57 b	0.39 d

注：小写字母表示差异达显著水平 ($P < 0.05$)。

Note: Small letters mean significant difference at 0.05 level.

异源四倍体和三倍体植株在株幅、株高、叶数、叶长、叶宽、花冠直径、花蕾长、角果宽厚、角果喙长等表型性状大于双亲,表现出超亲型,并且四倍体大于三倍体。四倍体和三倍体植株叶面偏灰色并附有微量蜡粉,表现出偏父本性状。四倍体和三倍体植株花色为黄色,与母本大白菜接近,表现为偏母型。多倍体的叶柄宽度介于双亲之间,较偏向母本大白菜,三倍体的叶柄宽度比四倍体的大。在花瓣长、雌蕊长、花蕾宽、角果长等性状上,四倍体植株比双亲大,而三倍体介于双亲之间。在萼片长度上,多倍体介于双亲之间,未表现出超亲优势。四倍体和三倍体在叶柄部叶翅裂刻数量和深度上与双亲差异很大,双亲叶翅连续,无明显裂刻,四倍体和三倍体叶翅裂刻明显,裂刻深,数量多,可作为区分杂种和双亲的形态标记指标(图1, 5~11;表1)。

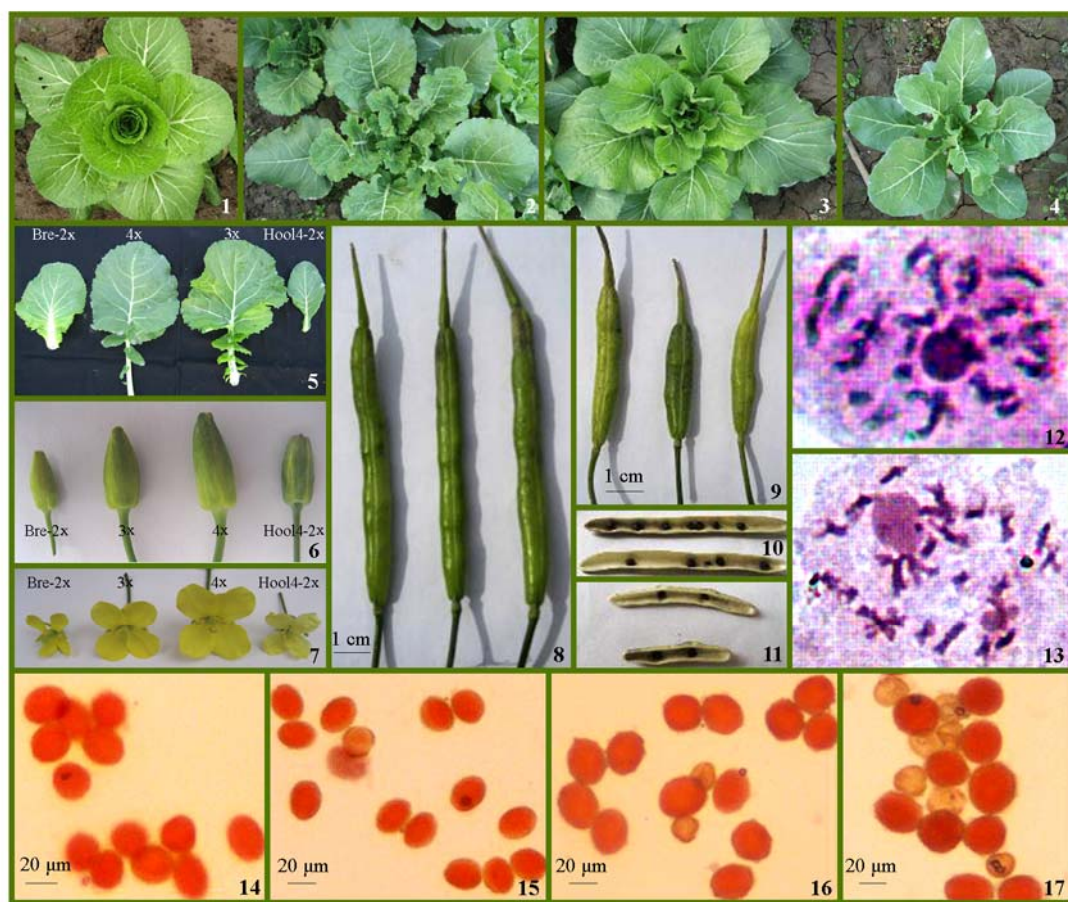


图1 杂种植株和亲本的形态学、细胞学特征

- 1: 大白菜 'Bre' (2x); 2: 10-BH-1 (4x); 3: 10-BH-2 (3x); 4: 花椰菜 'Hoo14' (2x); 5: 成苗期叶片;
6: 花蕾; 7: 花朵; 8、10: 10-BH-1 (4x) 角果; 9、11: 10-BH-2 (3x) 角果;
12: 10-BH-1 (4x) 染色体; 13: 10-BH-2 (3x) 染色体; 14: 'Bre' (2x) 花粉;
15: 'Hoo14' (2x) 花粉; 16: 10-BH-1 (4x) 花粉;
17: 10-BH-2 (3x) 花粉。

Fig. 1 Characteristics of morphology and cytology between the hybrids and their parents

- 1: 'Bre' (2x); 2: 10-BH-1 (4x); 3: 10-BH-2 (3x); 4: 'Hoo14' (2x); 5: Leaves; 6: Buds; 7: Flowers;
8, 10: 10-BH-1 (4x) silique; 9, 11: 10-BH-2 (3x) silique; 12: 10-BH-1 (4x) chromosomes;
13: 10-BH-2 (3x) chromosomes; 14: 'Bre' (2x) pollens; 15: 'Hoo14' (2x) pollens;
16: 10-BH-1 (4x) pollens; 17: 10-BH-2 (3x) pollens.

2.2 杂种植株与亲本的气孔和花粉活力比较

异源四倍体和异源三倍体较双亲叶片下表皮的氣孔大小、氣孔密度都有十分明显的变化。由表 2 可见，多倍体植株的气孔密度比双亲明显减小，四倍体氣孔变大，三倍体氣孔大小偏向于父本，密度变小。植株叶背面的保卫细胞大小表现出和氣孔大小相似的趋势，四倍体的保卫细胞比双亲大，三倍体略小于四倍体，介于双亲之间，偏向于父本。

由花粉活力比较结果可知，亲本及异源四倍体的花粉生活力均较高，分别为 95.22%、87.98%和 92.46%（图 1，14 ~ 16；表 2）；而异源三倍体的花粉生活力相对较低，为 78.34%（表 2），在异源三倍体花粉染色中可观察到一部分干瘪、畸形、未染色的花粉（图 1，17）。

表 2 杂种植株和亲本氣孔和花粉活力比较
Table 2 Comparisons of stoma and pollen viability between the hybrids and their parents

材料 Materials	氣孔(长×宽)/μm Stomata (Length×Width)	氣孔密度/ (个·mm ⁻²) Stomata density	保卫细胞宽/μm Guard cell width	花粉数 Pollen number	有活力花粉 Pollens with viability	无活力花粉 Pollens without viability	花粉活力/% Pollen viability
Bre (2x)	51.00 × 31.87	16.58 a	11.52	920	876	44	95.22
10-BH-1(4x)	66.03 × 38.33	8.96 b	15.58	690	638	52	92.46
10-BH-2(3x)	61.53 × 36.07	10.01 b	13.27	614	481	133	78.34
Hoo14 (2x)	63.50 × 39.50	13.16 ab	15.00	1339	1178	161	87.98

注：小写字母表示差异达显著水平（*P* < 0.05）。
Note: Small letters mean significant difference at 0.05 level.

2.3 杂种植株的结实性

与亲本大白菜‘Bre’和花椰菜‘Hoo14’自交相比，异源四倍体和三倍体的自交单角果种子数都较低，而异源四倍体比三倍体高（表 3）。异源四倍体和三倍体自交单角果种子数分别为 3.89、0.25，二者不需要胚挽救均可获得后代种子。

不同倍性材料与大白菜间正、反交存在一定差异，以多倍体种间杂种为母本，大白菜‘Bre’为父本时结实性比其反交高，如异源四倍体与大白菜‘Bre’正交每个角果可获得 7.62 粒种子，其反交仅获得 1.15 粒种子，异源三倍体与大白菜‘Bre’正交每个角果可获得 2.37 粒种子，其反交每个角果 1.04 粒种子。

表 3 杂种植株与亲本间杂交和自交的结籽情况
Table 3 The seed setting of interspecific hybridization and selfing between parent and hybrids

组合 Combination	授粉花蕾数 Pollinated buds number	坐果数 Silique setting number	坐果率/% Silique setting rate	单角果胚珠数 Ovules/silique	单角果种子数 Seeds/silique	结籽率/% Seed setting rate
Bre ⊗	23	22	95.65	21.4	12.09	56.48
Hoo14 ⊗	10	9	90.00	35.3	10.00	28.33
10-BH-1 ⊗	62	47	75.81	28.4	3.89	13.69
10-BH-2 ⊗	83	11	13.25	27.0	0.25	0.94
10-BH-1 × Bre	53	33	62.26	27.6	7.62	27.62
Bre × 10-BH-1	27	10	37.04	22.2	1.15	5.17
10-BH-2 × Bre	89	41	46.07	27.3	2.37	8.68
Bre × 10-BH-2	25	6	24.00	17.8	1.04	5.84

2.4 杂种植株与亲本的 SRAP 分子标记鉴定

利用 34 对 SRAP 引物组合对两亲本进行扩增, 其中 12 对引物在两亲本间表现出多态性。用这 12 对引物对亲本及多倍体进行鉴定, 其中有 8 对引物扩增条带清晰且能很好地反映亲本和杂种之间的遗传关系。以引物组合 em1-bg43、pm88-bg27、fc1-bg2 为例 (图 2), 在异源多倍体中可同时扩增出母本和父本的特异条带 (箭头所示), 这说明多倍体中既包含了母本的遗传信息, 又包含了父本的遗传信息, 是 ‘Bre’ 和 ‘Hoo14’ 的杂交种。

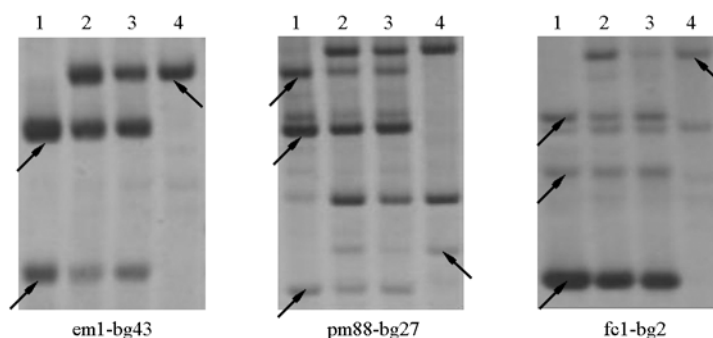


图 2 亲本和杂交种 SRAP 分析

Fig. 2 SRAP analysis of gDNA from parents and hybrids

1: P₁, ‘Bre’ (2x); 2: 10-BH-1 (4x); 3: 10-BH-2 (3x); 4: P₂, ‘Hoo14’ (2x).

2.5 多倍体染色体数鉴定

异源四倍体 ‘10-BH-1’ 来源于母本大白菜 ‘Bre’ ($2n = 2x = 20$) 与父本花椰菜 ‘Hoo14’ ($2n = 2x = 18$) 的杂交后诱导加倍; 异源三倍体 ‘10-BH-2’ 来源于四倍体与母本的回交。

染色体的观察结果: ‘10-BH-1’ 植株中的细胞染色体数为 $2n = 4x = 38$ (图 1, 12), 而 ‘10-BH-2’ 植株中的细胞染色体数为 $2n = 3x = 29$ (图 1, 13), 说明 ‘10-BH-1’ 为四倍体, ‘10-BH-2’ 为三倍体。

3 讨论

大白菜与花椰菜为十字花科芸薹属的两个不同种, 分属 A 染色体组和 C 染色体组, A 染色体组的染色体基数为 $x = 10$, C 染色体组的染色体基数为 $x = 9$ 。已有研究表明, 芸薹属作物 A 与 C 两个基因组的染色体具有较近的亲缘关系 (李宗芸 等, 2002), 但二者杂交仍存在生殖障碍。研究表明, 通过胚挽救和染色体加倍技术可获得异源多倍体, 并以此为桥梁材料可以部分克服远缘杂交障碍。目前已经获得了白菜—甘蓝 (Inomata, 1977; 冯午和陈耀华, 1981)、白菜—芥蓝 (Chen & Heneen, 1988)、白菜—萝卜 (孙成振 等, 2011)、菜薹—芥蓝 (满红 等, 2007) 等异源四倍体或异源三倍体, 并进一步利用白菜—甘蓝 (赵玉靖 等, 2007; 刘炜 等, 2008)、白菜—芥蓝 (Chen et al., 1992; 1997) 等异源三倍体, 相继创制了一系列的单体或双体异附加系。本研究中通过大白菜与花椰菜种间异源多倍体自交及其与大白菜杂交均获得了后代种子, 说明染色体加倍的途径可以克服大白菜与花椰菜的种间杂交障碍, 为今后创制大白菜新种质和全套大白菜—花椰菜异附加系奠定了基础。

异源多倍体在表型上多表现出巨大性, 多因其染色体数增加, 基因组 DNA 含量增多, 细胞体积增大导致其各器官表现出巨大性; 同时多倍体结实率相对于双亲较低, 原因在于其花粉生活力相

对较低, 且新合成的异源多倍体在遗传生理上尚未达到协调一致, 致使授粉时柱头上的花粉不能正常萌发, 花粉管不能正常生长, 受精受阻, 胚胎死亡, 导致大白菜和花椰菜的自然杂交和人工杂交均难以获得杂种。伴随着两组染色体间及其与细胞之间的逐步协调一致, 结籽率会逐渐提高(满红等, 2007)。

异源三倍体的花粉生活力比四倍体更低, 是由于三倍体植株在减数分裂过程中染色体不能正常联会, 染色体分离不均衡, 以致形成不具有活力的花粉。本研究结果发现多倍体作为母本比二倍体作为母本结籽率更高, 这与柳霖坡等(2003)、张成合等(2003)的研究结果相一致。芸薹属物种间杂交亲和性的强弱推测与染色体组型有关, 染色体组型相同或相似的种间杂交亲和性强, 具有部分同源染色体组的两个亲本的杂交亲和性较强(姚行成等, 2006)。另外, 正、反交结实的差异表明, 结实性可能受细胞质基因组的影响。

References

- Chen B Y, Heneen W K. 1988. Resynthesized *Brassica napus* L. through interspecific hybridization between *B. alboglabra* Bailey and *B. campestris* L. with special emphasis on seed colour. *Plant Breed*, 101: 52 - 59.
- Chen B Y, Simonsen V, Lanner-Herrera C. 1992. A *Brassica campestris*-*alboglabra* addition line and its use for gene mapping, intergenomic gene transfer and generation of trisomics. *Theor Appl Genet*, 84: 592 - 599.
- Chen B Y, Cheng B F, Jorgensen R B. 1997. Production and cytogenetics of *Brassica campestris*-*alboglabra* addition chromosome addition lines. *Theor Appl Genet*, 84: 592 - 599.
- Feng Wu, Chen Yao-hua. 1981. Diploid hybrid from cabbage \times Chinese cabbage. *Acta Horticulturae Sinica*, 8 (1): 37 - 40. (in Chinese)
- 冯 午, 陈耀华. 1981. 甘蓝与白菜种间杂交的双倍体后代. *园艺学报*, 8 (1): 37 - 40.
- Gu Ai-xia, Shen Shu-xing, Chen Xue-ping. 2006. Allotriploid hybrids obtained from interspecific hybridization between Chinese cabbage and cabbage and the preliminary research on reproductive characters. *Acta Horticulturae Sinica*, 33 (1): 73 - 77. (in Chinese)
- 顾爱侠, 申书兴, 陈学平. 2006. 大白菜与结球甘蓝异源三倍体的获得及细胞学观察. *园艺学报*, 33 (1): 73 - 77.
- Inomata N. 1977. Production of interspecific hybrids between *Brassica campestris* and *Brassica oleracea* by culture *in vitro* of excised ovaries. *Jap J Breed*, (4): 295 - 304.
- Li Zong-yun, Li Mao-teng, Huang Rong-gui, Wu Xiao-ming, Song Yun-chun. 2002. Genomic in situ hybridization (GISH) discriminates the A, B and C genomes in *Brassica* allotetraploid species. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 24 (1): 10 - 14. (in Chinese)
- 李宗芸, 栗茂腾, 黄荣桂, 伍晓明, 宋运淳. 2002. 基因组原位杂交辨别芸薹属异源四倍体 AA、BB、CC 基因组研究. *中国油料作物学报*, 24 (1): 10 - 14.
- Liu Lin-po, Zhang Cheng-he, Zhang Li, Xuan Shu-xin. 2003. Studies on obtaining triploid and aneuploid cabbages by crossing among heteroploid cabbages. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 26 (3): 69 - 72. (in Chinese)
- 柳霖坡, 张成合, 张 丽, 轩淑欣. 2003. 甘蓝异倍体间杂交获得三倍体和非整倍体的研究. *河北农业大学学报*, 26 (3): 69 - 72.
- Liu Wei, Shen Shu-xing, Wang Yan-hua, Zhang Cheng-he, Xuan Shu-xin, Chen Xue-ping, Li Xiao-feng, Luo Shuang-xia. 2008. A study on obtainment and identification of Chinese cabbage - cabbage addition lines. *Acta Horticulturae Sinica*, 35 (2): 207 - 212. (in Chinese)
- 刘 伟, 申书兴, 王彦华, 张成合, 轩淑欣, 陈雪平, 李晓峰, 罗双霞. 2008. 大白菜—甘蓝异附加系的获得与鉴定. *园艺学报*, 35 (2): 207 - 212.
- Man Hong, Zhang Cheng-he, Wang Xin-e, Zhang Guang-hua. 2007. Obtaining and identification of the allotetraploid from 4x flowering Chinese cabbage \times 4x Kailan. *Acta Horticulturae Sinica*, 34 (5): 1163 - 1168. (in Chinese)
- 满 红, 张成合, 王新娥, 张广华. 2007. 4x 菜薹与 4x 芥蓝种间杂交获得异源四倍体及其鉴定. *园艺学报*, 34 (5): 1163 - 1168.
- Sun Cheng-zhen, Li Ying, Zhang Shu-ning, Zheng Jin-shuang, Hou Xi-lin. 2011. Study on distant hybridization of autotetraploid cabbage and autotetraploid radish. *Acta Horticulturae Sinica*, 38 (Supplement): 2535. (in Chinese)
- 孙成振, 李 英, 张蜀宁, 郑金双, 侯喜林. 2011. 同源四倍体白菜与同源四倍体萝卜远缘杂交研究. *园艺学报*, 38 (增刊): 2535.
- Wen Xiao-ying, Liu Li-ping, Gu Ai-xia, Wang Yan-hua, He Hong-ju, Shen Shu-xing. 2011. Obtaining of Chinese cabbage excellently new germplasm

- adding cabbage genes. *Acta Horticulturae Sinica*, 38 (Supplement): 2533. (in Chinese)
- 闻晓英, 刘立平, 顾爱侠, 王彦华, 何洪巨, 申书兴. 2011. 添加甘蓝基因的大白菜优良新种质的获得. *园艺学报*, 38 (增刊): 2533.
- Yao Xing-cheng, Du Xue-zhu, Li Zai-yun. 2006. Advances in wide hybridizations between the cultivated *Brassica* species and their relatives. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 25 (6): 693 – 705. (in Chinese)
- 姚行成, 杜雪竹, 李再云. 2006. 芸薹属栽培种与近缘种的远缘杂交及进展. *华中农业大学学报*, 25 (6): 693 – 705.
- Zhang Cheng-he, Wang Dong-ping, Shen Shu-xing, Chen Xue-ping, Xuan Shu-xin. 2003. Production and cytological identification of some primary trisomics of flowering Chinese cabbage. *Scientia Agricultura Sinica*, 36 (6): 681 – 684. (in Chinese)
- 张成合, 王东平, 申书兴, 陈雪平, 轩淑欣. 2003. 菜薹部分初级三体的选育与细胞学鉴定. *中国农业科学*, 36 (6): 681 – 684.
- Zhang Hong-mei, Zhang Shu-ning, Kong Yan-e, Zhang Li-li. 2009. Broccoli karyotype analysis by using immature pistil. *Acta Horticulturae Sinica*, 36 (5): 727 – 730. (in Chinese)
- 张红梅, 张蜀宁, 孔艳娥, 张丽丽. 2009. 利用青花菜幼嫩雌蕊进行染色体核型分析. *园艺学报*, 36 (5): 727 – 730.
- Zhao Yu-jing, Shen Shu-xing, Wang Yan-hua, Chen Xue-ping, Zhang Cheng-he, Li Xiao-feng. 2007. Plant regeneration and identification of the allotriploid hybrids between Chinese cabbage and cabbage. *Journal of Plant Genetic Resources*, 8 (3): 294 – 297. (in Chinese)
- 赵玉靖, 申书兴, 王彦华, 陈雪平, 张成合, 李晓峰. 2007. 大白菜与结球甘蓝异源三倍体小孢子植株的获得与鉴定. *植物遗传资源学报*, 8 (3): 294 – 297.

征 订

《中国蔬菜作物图鉴》出版发行

中国拥有的栽培蔬菜作物（含食用菌和西瓜、甜瓜），按照植物学分类法，至少有 298 种（包括亚种、变种），分属于 50 个科。然而面对众多形态各异的蔬菜作物，社会公众对其大部分种类的认知却很有限，甚至一些专业研究人员在鉴别蔬菜作物时，有时也会感到困惑。因此，编辑出版一本能够直观地表达各种蔬菜作物的形态特征及生态多样性的彩色图册，成为广大读者的迫切企望。

鉴于此，由中国农业科学院蔬菜花卉研究所方智远院士和台湾中兴大学园艺学系张武男教授担任主任委员，联合编著了《中国蔬菜作物图鉴》，于 2012 年由凤凰出版集团江苏科学技术出版社出版。

按照农业生物学科分类法，本书收录的蔬菜作物包括：根菜类、白菜类、甘蓝类、芥菜类、茄果类、豆类、瓜类、葱蒜类、叶菜类、薯芋类、水生类、多年生及杂类、食用菌类、香草类、芽苗菜共 15 类 237 种（亚种、变种）蔬菜作物，1 900 余幅彩色照片，表现每一种蔬菜作物的幼苗、植株、花、果实、种子、栽培生长情况、生态和产品类型，同时配以简短的文字，介绍各种蔬菜作物的名称、别名、学名、英文名、染色体数、起源或分布、生育周期与授粉习性、类型、植株性状、栽培分布、栽培环境与方法、收获及采后处理、病虫害、营养及用途。依据传统中医学的观点，分别介绍各种蔬菜的气（寒、凉、温、热）、味（酸、辛、咸、甘、淡、苦）及其医疗保健作用。

本书所列蔬菜作物，大部分为生产和消费中常见的种类，也包括栽培地域性较强的名特蔬菜，从国外新引进并已少量栽培的蔬菜，近年驯化栽培成功的野生蔬菜以及少数虽主要作中药材、花卉或地被植物栽培，但民间常采作蔬菜食用，并具有一定菜用开发价值的植物。个别尚未人工栽培的常见野生蔬菜，则收录于附录之中。

编者力图用精美的彩色图片直观、多角度、科学地表达各种蔬菜作物的形态特征和生态多样性，尤其是通过各种蔬菜作物的种子（果实）、花器放大图像，试图为有效鉴别蔬菜种类提供方便。考虑到一些蔬菜作物具有某些特殊的生长发育特征，如大蒜的二次生长和面包蒜，受黑粉菌侵染的茭白变态肉质茎，搅瓜的丝状果肉，佛手瓜的发芽过程，区分南瓜、笋瓜和西葫芦的重要标志之一不同形状的果梗梗座，青花菜与花椰菜花枝分枝习性等，也尽可能予以表达。可供广大蔬菜科技工作者、生产者、经营者以及其他读者对各种蔬菜鉴别和认知之用，也是农业院校不可或缺的实用专业辅助教材。

定价：400 元（含邮费）。

购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街 12 号中国农科院蔬菜花卉研究所《园艺学报》编辑部，邮编 100081。

