

芥菜型油菜和芥蓝种间杂种的获得及其性状表现

阴涛,韩甫,陈东亮,林呐,殷家明,李加纳,周清元

(西南大学农学与生物科技学院/南方山地农业教育部工程研究中心/重庆市油菜工程技术研究中心,重庆400715)

摘要:种间杂交是拓宽遗传种质资源,创制新物种、新材料的重要手段。利用芥菜型油菜和芥蓝种间杂交人工创制其种间杂种,并对其形态学、细胞学特点进行分析。结果表明:不同的杂交组合30 d后的子房残留数和获得胚数差异明显,杂交组合是影响种间杂交结子(幼胚)的重要因素;通过形态学鉴定出真杂种36份,均表现为较强的营养体杂种优势。真杂种减数分裂均为异常,在减数分裂后期具有不同程度的染色体丢失现象;无性系染色体数目部分为27条,部分为27~34条。真杂种花粉育性可染率在0~47.87%,自交结实率介于0~3.65%之间。

关键词:油菜;种间杂交;芥菜型油菜;芥蓝

Obtaining and Character of the Interspecific Hybrids between *B. juncea* and *B. capitata*

YIN Tao, HAN Fu, CHEN Dong-liang, LIN Na, YIN Jia-ming, LI Jia-na, ZHOU Qing-yuan

(College of Agronomy and Biotechnology, South West University/Engineering Research Center of South Upland Agriculture, Ministry of Education/Chongqing Engineering Research Center of Rapeseed, Chongqing 400715)

Abstract: Interspecific hybridization is an important approach to broaden genetic base and to obtain new species and germplasm. The objectives of this study are to obtain the interspecific hybrids from *B. juncea* and *B. capitata* and to study their morphological and cytological characteristics. Owing to the influence on the obtaining of embryos from the different crosses, the results showed that distinct differences between remained ovaries and obtained embryos after 30 d. Through morphology method, 36 true hybrids which showed strong vegetative heterocyst had been identified. In addition, the meiosis behavior of the true hybrids was abnormal. Some chromosomes were lost for different levels in meiosis anaphase. Some clones had 27 chromosomes and others were from 27 to 34. The pollen fertility of the true hybrids ranged from 0 to 47.87% and the self-fruitful rate was between 0 and 3.65%.

Key words: rapeseed; interspecific hybridization; *B. juncea*; *B. capitata*

芸薹属植物由白菜(*Brassica campestris* L., $2n = 2x = AA = 20$)、甘蓝(*B. oleracea* L., $2n = 2x = CC = 18$)、黑芥(*B. nigra* L., $2n = 2x = BB = 16$) 3个基本种和甘蓝型油菜(*B. napus* L., $2n = 4x = AACC = 38$)、埃塞俄比亚芥(*B. carinata* L., $2n = 4x = BBCC = 34$)、芥菜型油菜(*B. juncea*, $2n = 4x = AABB = 36$) 3个复合种组成,是一个遗传类型丰富、变异广泛的基因库,为通过种间杂交或与近缘属的

属间杂交,培育或创造作物新品种、新类型,创建油菜新种质提供了物质基础^[1]。近年来,人们对属内各个种进行了广泛的遗传、育种、栽培等方面的研究,为其综合利用奠定了坚实的基础。同时,也进行了大量的种间杂交、属间杂交,探讨种属间关系,并创造出大量的遗传育种新材料,推动了遗传育种的研究^[1-12]。

芸薹属种间杂交亲和性研究发现,芸薹属内基本

收稿日期:2013-12-16 修回日期:2014-01-08 网络出版日期:2014-08-07

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20140807.1022.020.html>

基金项目: 高等学科创新引智计划(B12006);国家“948”重点项目(2011-G23);国家农业现代产业技术体系建设专项(CARS-13);重庆市自然科学基金(CSTC2011jjA80005);西南大学博士启动基金(SWU113064)

第一作者研究方向为油菜分子与细胞遗传。E-mail: yintao_1990@163.com

通信作者:周清元,研究方向为油菜遗传育种。E-mail: qingyuan@swu.edu.cn

种之间的杂交亲和性小于基本种和复合种、复合种与复合种之间的杂交亲和性。因此,在芸薹属中合成具有 3 套染色体组(ABC)具有一定的可能性,且途径较多。Z. Li 等^[13]和栗茂腾等^[14]利用白菜型油菜(*B. campestris*)和埃塞俄比亚芥(*B. carinata*),周清元等^[1]利用羽衣甘蓝(*B. oleracea* var. *acephala*)和芥菜型油菜(*B. juncea*)进行种间杂交,分别获得了不同来源的芸薹属异源三倍体材料,这些新材料的形成主要用于 A、B、C 3 个基因组间染色体配对及亲缘关系的研究^[15-19],也有部分研究利用其创制出新的油菜种质资源^[18-19]。芥蓝是甘蓝的一个变种^[20],是我国重要的蔬菜作物,近年来芥蓝也被利用与芸薹属种间杂交,人工合成甘蓝型油菜或者其他远缘杂种,用于遗传育种研究^[21-23]。本研究拟利用芥蓝和芥菜型油菜杂交,获得芥蓝和芥菜型油菜种间杂种,并初步分析其杂种后代的生物学特性,为进一步研究和利用该类型种间杂种奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

15 份芥菜型油菜自交系: D444、D454、D213、D215、D217、Y487、Y488、Y496、Y477、Y478、Y479、D427、Y484、D216(红叶芥)、DK26; 4 份芥蓝自交系: AY169、D229、D230、D231。芥蓝和芥菜型油菜均由重庆市油菜工程技术中心提供。

1.2 方法

1.2.1 种间有性杂交 2009 年 10 月将芥蓝和芥菜型油菜按常规方法播种,1 月初移栽于西南大学校本部歇马实验农场。2010 年 3 月选取生长健壮的芥菜型油菜的单株为母本,摘除已开花的花蕾和过小的花蕾,参照周清元等^[1]的方法对尚需 2~3 d 后才能开花的花蕾进行剥蕾,以 10% NaCl 溶液涂抹柱头后授以新鲜芥蓝花粉,第 2 天重复授粉,每次授粉完成后立即套袋。

1.2.2 杂种幼胚(胚珠)挽救及其快速繁殖和染色体加倍处理 授粉 30 d 后,统计各组合残留子房数和剥离未发育完全的幼嫩胚珠数,并调查其子房残留率(残留子房数/授粉花朵数 $\times 100$)和结子(胚珠)率(剥离幼嫩胚珠数/授粉花朵数 $\times 100$)。参考周清元等^[1]的方法,将未成熟种子(幼胚)消毒后接种到 MS 或者 1/2 MS 培养基上,45 d 后统计种子萌发率(%) (发芽幼胚数/接种幼胚数 $\times 100$)。然后切去萌发幼苗的茎尖转接到快繁培养基(MS + 1.0 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L

NAA)上快繁形成无性系。2010 年 9 月,将获得的无性系转接到 MS 上培养 20 d 左右生根后,炼苗 1~2 d,再移栽大田。移栽前参考周清元等^[12]的方法,用 500 mg/L 秋水仙素浸泡根 12 h 后,清水洗净移栽大田。

1.2.3 种间杂种鉴定 形态学鉴定:移栽大田成活后,对杂种后代无性系各生长时期不同的器官和部位进行观察比较。

染色体数目鉴定:取无性系试管苗或者田间幼苗茎尖生长点,用 2 mmol/L 8-羟基喹啉在 0~4℃ 环境中预处理 3~4 h 后,卡诺氏固定液固定 24 h;再用 1 mol/L 盐酸溶液在 60℃ 水浴中解离 8 min 后进行根尖压片,改良卡宝品红染色液染色。在显微镜下统计分裂相好、染色体形态清晰细胞的染色体数目,每个无性系统计 30 个细胞。

减数分裂观察:在蕾薹期,取杂种幼嫩花蕾用卡诺氏固定液(3 酒精: 1 冰醋酸)固定 24 h 后,75% 酒精冲洗干净,4℃ 冰箱保存。制片时,用蒸馏水洗净,取 1 枚花药进行花粉母细胞涂抹制片,改良卡宝品红染色液染色后镜检。

花粉育性检测:盛花期时,于 11:00 左右(天气晴好),每个材料取 3~5 朵即将开放尚未散粉的花各 2~3 枚花药,用 1% 的醋酸洋红染色后,于光学显微镜下观察计数。其中,大而圆且能着色的为可育花粉粒,小而瘪且不能着色的为不育花粉粒。每个材料统计 300 个花粉粒左右,计算花粉可染率(%) = [可育花粉数/(可育花粉数 + 不可育花粉数) $\times 100$]。

自交亲和性调查:对各无性系和芥菜型油菜(对照)套袋自交,每个无性系套袋自交 3~5 株,套袋时去除已开花蕾和过小的顶端花蕾。每株套袋 50~100 个花蕾不等。田间自然生长至成熟后调查其结实率,结实率(%) = (饱满种子数 + 半饱满种子数)/自交花蕾数 $\times 100$ 。

2 结果与分析

2.1 芥菜型油菜和甘蓝种间杂交的亲合性

以不同的芥菜型油菜和不同类型的芥蓝进行杂交,授粉 30 d 后,统计残留子房数和剥出幼嫩种子(幼嫩胚珠)数,计算其子房残留率和剥胚率(表 1)。结果表明:19 个杂交组合共授粉花蕾数为 9004 个,30 d 后残留子房 5458 个,平均子房残留率为 60.62%,其中以 D444 $\times$ D229 子房残留率最高,达到 86.67%,Y484 $\times$ D231 的子房残留率最低,仅 4.17%。共获得幼胚 1348

个,平均每 100 蕾剥离幼胚 14.97 个,其中以 D454 × AY169 获得幼胚效率最高,每 100 蕾获得幼胚 32.79 个。子房是幼嫩胚珠生长发育的环境,为幼嫩胚珠生长提供光合产物和其他生长调节物质,但从子房残留和最后获得的幼嫩胚珠效率来看,子房残留率和获得幼胚效率之间相关性极差($R^2=0.019$),可能是由于不

同杂交组合幼胚发育时间及衰败死亡的时期不同,在授粉后 30 d 时部分杂交组合幼胚因生殖障碍而死亡,造成统计数据上的偏差。因此,针对不同的杂交组合,幼胚挽救时间(授粉后时间)应该不同。从各杂交组合结子效率来看,适宜的杂交组合仍然是提高种间杂交效率的重要因素^[1]。

表 1 不同杂交组合对种间杂交亲和性的影响

Table 1 The effect of cross-compatibility of different interspecific hybridization combination

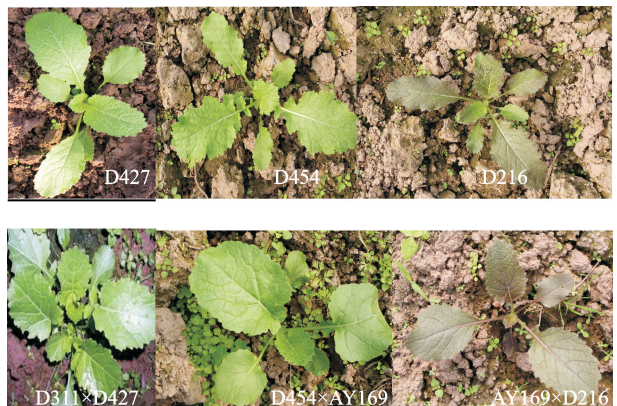
杂交组合	授粉花 蕾数	残留 子房数	子房残留 率(%)	残留胚 Stripped embryos	剥胚率 (胚/100 蕾)
Cross	No. of buds	Remained pods	Percent of remained pods	embryos	Percent of stripped embryos
D444 × AY169	546	289	52.93	21	3.85
D444 × D229	1553	1346	86.67	249	16.03
D454 × D229	1204	798	66.28	315	26.16
D454 × AY169	369	266	72.09	121	32.79
D215 × AY169	600	403	67.17	56	9.33
D213 × AY169	390	239	61.28	4	1.03
D217 × AY169	458	189	41.27	3	0.66
Y488 × D231	45	7	15.56	8	17.78
Y487 × D231	109	46	42.20	8	7.34
Y496 × D230	99	51	51.515	10	10.10

杂交组合	授粉花 蕾数	残留 子房数	子房残留 率(%)	残留胚 Stripped embryos	剥胚率 (胚/100 蕾)
Cross	No. of buds	Remained pods	Percent of remained pods	embryos	Percent of stripped embryos
D213 × D229	450	306	68.00	25	5.56
D213 × D230	699	370	52.93	39	5.58
D217 × D229	954	444	46.541	301	31.55
D217 × D230	350	194	55.429	73	20.86
Y478 × D229	172	87	50.58	16	9.30
Y477 × D229	121	92	76.03	3	2.48
Y479 × D229	137	98	71.53	34	24.82
Y484 × D231	48	2	4.17	2	4.17
AY169 × D216	700	231	33.00	60	8.57

2.2 芥菜型油菜与芥蓝种间杂种的表现

2.2.1 形态学特征表现 19 个杂交组合在 2 年中共获得无性系 173 个。2010 年 10 月,炼苗 1~2 d 后将获得的无性系移栽至大田,每个无性系 5~10 株苗不等。在不同的生育时期进行形态记载观察。

苗期无性系主要分为下面几种类型:以芥菜型油菜为母本的杂交组合,其后代一种表现趋向于芥菜型油菜,叶片有毛刺,叶片狭长,叶缘多缺刻(偏向母本),初步鉴定为假杂种;另外一种表现不同于母本(芥菜型油菜),而是具有芥蓝的部分特征,趋向于甘蓝型油菜,初步鉴定为真杂种。而以芥蓝为母本获得的无性系较少,2 年共获得 2 个无性系,远远低于以芥菜型油菜为母本获得的无性系比例,这可能是与以芥蓝为母本进行杂交 30 d 时获得的幼嫩胚珠多呈水样状有关。而且,这 2 个无性系苗期表现均不同于其母本和父本,苗期叶形表现出部分芥菜型油菜特点,但仍然趋向于甘蓝型油菜。如以芥蓝 AY169 为母本,以红叶芥 D216(图 1)为父本获得的一个无性系叶色为紫红色,为 D216 的叶色(图 1)。



D427、D454 和 D216 均为芥菜型油菜;D311 × D427、
D454 × AY169 和 AY169 × D216 为杂种
D427, D454 and D216 are *B. juncea*, and the others are hybrids

图 1 杂种幼苗形态

Fig. 1 Seedling morphology of hybrid

与亲本或者假杂种相比较,真杂种生长较快,呈现较强的杂种优势(图 2),开花晚于假杂种(芥菜型油菜)和芥蓝。开花后,真杂种根据花粉粒多少可以分为 4 类:第 1 种类型是高度不育,以芥蓝为母本

的基本上属于该种类型。该类型的花期主要表现为:花蕾大小介于芥菜型油菜与芥蓝之间,花蕾长度短于芥菜型油菜和芥蓝。花丝短于柱头,花药干瘪无粉,子房长度短于或略短于芥菜型油菜和芥蓝。第2种类型为微粉类型,该类型的花期表现为:花蕾大小和花蕾长度均介于芥菜型油菜和芥蓝或羽衣甘蓝之间,花药高度基本与柱头持平,子房长度与双亲相当,花药不饱满但也不干瘪,有少量微粉。第3种类型介于第1种和第2种之间,多数真杂种属于这种类型,该类型花蕾大小和花蕾长度介于芥菜型油菜与芥蓝之间,花丝短于柱头,几乎无粉,部分花蕾有微粉,初花期时花蕾不能正常开放,存在死蕾现象。第4类为染色体加倍植株,2年的加倍处理只获得一个单株,加倍成活率极低,与前面研究结果相近^[11],该类杂种表现为花蕾大,花粉较多,未受精子房较肥大且长(图2),自交结实明显优于未加倍植株,但结实率仍然偏低。

所有真杂种均表现出植株高大粗壮,营养体杂种优势明显(均优于最优亲本),但加倍后植株株高降低,介于2个亲本之间(图2)。种子颜色均为红褐色。



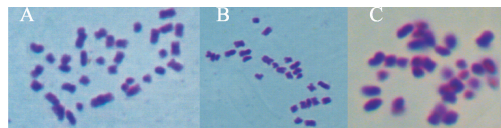
D216 和 D217 是芥菜型油菜;AY169 和 D229 是芥蓝;
AY169 × D216 为单倍体真杂种;D217 × D229 为染色体加倍后杂种
D216 and D217 are *B. juncea*, AY169 and D229 are *B. oleracea*,
AY169 × D216 is a haploid hybrid, D217 × D229 is a hexaploid hybrid

图2 芥菜型油菜和甘蓝种间杂种的植株形态表现

Fig. 2 Plant morphology of the interspecific hybrids between *B. juncea* × *B. oleracea*

2.2.2 染色体数目鉴定 对性状表现不同的无性系分别取5~10个进行染色体数目鉴定,共鉴定24个无性系,每个无性系选取分裂相好的30个细胞进行染色体数目观察和统计(图3)。结果显示,苗期初步断定为假杂种的部分无性系(4个)染色体数目为36条,与芥菜型油菜染色体数目相同;而在苗期和后期形态鉴定为真杂种的无性系中,有8个染色

体数目为27条(占总调查细胞的70%以上),9个无性系染色体数目介于27~34条之间(各个无性系染色体数目在27~34条之间),3个无性系染色体数目在不同细胞内变化较大(统计的染色体数目分布散,无法集中)。染色体数目多少与花粉育性表现无关。



A:假杂种($2n=36$);B:真杂种($2n=27$);C:真杂种($2n=30$)

A: False hybrid, B: Hybrid with 27 chromosomes,

C: Hybrid with 30 chromosomes

图3 染色体数目

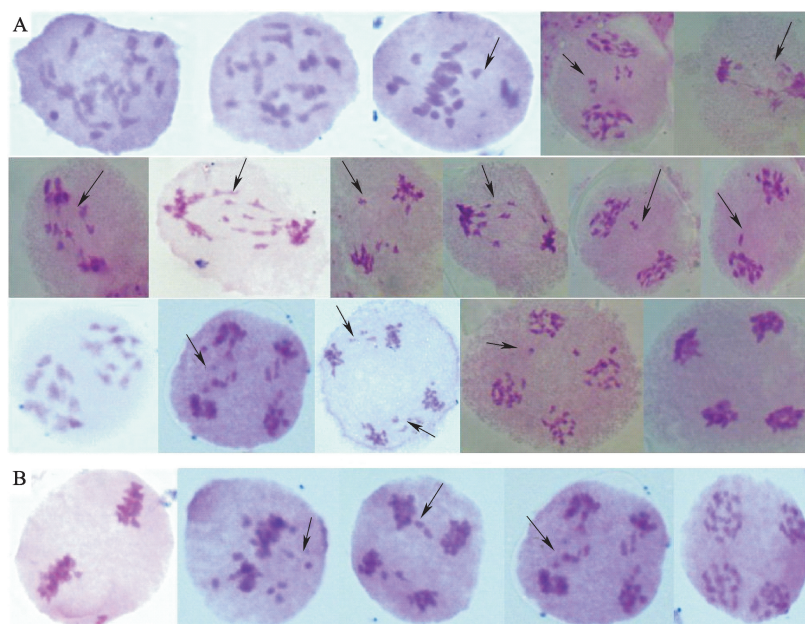
Fig. 3 Numbers of chromosome

共移栽至田间173份无性系材料,结合形态学观察和染色体数目鉴定,共有137份无性系表现为假杂种,36份材料为种间真杂种,真杂种率仅26.28%。共有18个组合材料移栽大田,其中10个组合获得杂种,部分组合真杂种率较高,最高达到72.73%,如D454 × AY169;其余8个组合(有无性系移栽的组合)未获得杂种。

2.2.3 芥菜型油菜与芥蓝种间杂种的减数分裂特性 选取3种不同育性表现类型的真杂种为试材,观察各种类型真杂种的细胞减数分裂特性(联会和后期I、后期II染色体落后情况),结果表明(图4-A):3种类型的真杂种花粉母细胞减数分裂行为均异常,后期I有染色体落后、染色体桥的形成,并可看到有染色体停留在赤道板上或溢出;四分体时期也有染色体丢失等,这种具有异常行为的细胞占调查细胞的95%以上,与育性表现没有直接关系。大多数花粉母细胞前期联会异常,多形成单价体和部分二价体,同一材料不同细胞联会形成二价体数目变化大,具有随机性;在细胞分裂后期I染色体落后现象严重,同一材料不同细胞染色体落后数目也存在较大差异,有的细胞染色体落后数目少,有1~2条,而有的细胞染色体落后非常严重,多的达到8~9条不等。部分细胞在后期I表现出偏分离现象,大多数染色体聚集在一极,另一极仅有少数染色体存在。仅有极少花粉母细胞在后期I无染色体落后和染色体桥的形成;在后期II,部分细胞也存在着染色体落后现象。对染色体加倍后的植株进行细胞学特性观察(图4-B),结果表明:其在花粉母细胞减数分裂过

程中,从前期染色体联会到后期Ⅱ,部分细胞仍然异常,占调查细胞的80%以上。在后期Ⅰ、后期Ⅱ

也发现有染色体落后现象,但落后染色体较没有加倍的三倍体少。



箭头表示染色体落后或染色体桥;A和B分别表示单倍体杂种及六倍体杂种细胞减数分裂

“→” showed that chromosome backward or chromosome bridge

A and B means meiosis process of haploid and hexaploid, respectively

图4 *B. juncea* 和 *B. oleracea* 杂种 F_1 减数分裂

Fig. 4 Meiosis of F_1 hybrid between *B. Juncea* and *B. oleracea*

2.2.4 种间杂种的花粉育性及结实性 盛花期,选取3种未加倍的芥菜型油菜和芥蓝种间杂种,分别于当天取开放但尚未散粉的花朵进行花粉育性检测。检测结果表明,完全不育的杂种花粉可染率为0,微粉植株花粉可染率为25.30%~47.87%,具有少量花粉的植株花粉可染率为5.35%~12.00%。

收获时统计不同种间杂种材料自交结实情况,结果表明,不同材料最终角果残留率(残留角果/授粉花蕾 $\times 100$)变化很大,有的材料角果完全脱落,而有的材料角果仍然保留在植株上,平均角果残留率为41.35%。统计真杂种的收获种子数,发现种子多表现为半饱满或者干瘪,结实率(收获种子数/授粉花蕾数 $\times 100$)介于0~3.65%,平均结实率为0.31%,不同材料间差异极大。角果残留情况和结实率之间相关性差,部分材料角果保留多但无子。染色体加倍后可以恢复其部分杂交结实性,对试验中获得的加倍植株进行结实率调查后发现,其角果残留率为69.77%,每角果结种子数2~4粒。

3 讨论

远缘杂交可以打破隔离,促进基因在不同物种间交流,也可以将不同物种所携带的独特性状(基因)结合,从而创造出新材料或者新种质,或者导入异源染色体和染色体片段。此外,远缘杂交是新物种形成的重要途径。利用芸薹属种间关系人工合成复合种,尤其是人工合成甘蓝型油菜对改良现有的栽培种起到了重要作用。但是,在整个自然界,芸薹属天然的复合种只有甘蓝型油菜、芥菜型油菜和埃塞俄比亚芥3种四倍体,并没有发现六倍体存在。栗茂腾等^[14]利用白菜型油菜和埃塞俄比亚芥种间杂交,人工合成了异源三倍体物种($2n=3x=ABC=27$),并通过染色体加倍获得了异源六倍体。文雁成等^[6]利用芥菜型油菜和羽衣甘蓝人工合成了异源三倍体物种($2n=3x=ABC=27$),并进行染色体加倍获得了异源六倍体,但是后续观察结果表明,这种六倍体不稳定,染色体数目变化较大。本研究从获得的异源三倍体加倍植株的减数分裂过程来看,在细胞分裂的后期Ⅰ和后期Ⅱ存在着染色体落后现

象,这说明 A、B、C 染色体组间存在着一定亲缘关系,在细胞染色体联会过程中存在着异源联会,利用芥菜型油菜和芥蓝合成的异源六倍体植株不稳定,后代倍性难以保持,但是它仍然可以作为改良现有甘蓝型油菜较好的中间材料。

徐利远等^[7]在人工合成甘蓝型油菜中发现了自然加倍的现象,说明人工合成甘蓝型油菜杂种在有丝分裂过程中出现异常。H. F. Chen 等^[24]观察白菜型油菜和芥菜种间杂种染色体数目时发现一个杂种植株的体细胞染色体为 27~29 条,表现为混倍体,而其减数分裂过程中染色体数目为 28~36 条。因此,染色体的加倍和消失在远缘杂交过程中相伴而行。本研究通过芥菜型油菜和芥蓝种间杂交,人工获得了 36 份真杂种,对其 20 个真杂种染色体数目进行观察后发现,部分杂种染色体数目在 27~34 条之间,甚至有的杂种不同细胞染色体数目变化较大,这说明杂种细胞在有丝分裂过程中可能存在染色体不均等分离情形,部分染色体加倍,但不是整体加倍。

芥菜型油菜($2n=4x=AABB=36$)与芥蓝($2n=2x=CC=18$)种间杂种($2n=3x=ABC$),综合了 A、B 和 C 3 个基因组染色体基因,是研究芸薹属 3 个基因组种间关系的优良材料。C. Busso 等^[15]和 B. Choudhary 等^[16]对埃塞俄比亚芥 × 白菜型油菜种间杂种($2n=3x=ABC$)分析发现 40% 左右的细胞在减数分裂过程中存在着多价体,这说明 B 基因组染色体参与了 AA 和 CC 联会复合体的配对。异源三倍体($2n=ABC=27$)部分杂种细胞减数分裂过程出现“染色体桥”和(或)“染色体落后”现象,这也说明 3 个基因组间染色体发生了互换,其中也包括 B 组染色体和 A 组染色体、B 组染色体与 C 组染色体之间的互换。J. Meng 等^[18]和 M. Rahman^[19]在五倍体植株(AAB-CC)自交后代中获得新型甘蓝型油菜($2n=38$),表明五倍体植株(AABCC)减数分裂中存在“选择性丢失行为”,导致 B 组染色体被选择性丢失,这也说明 B 基因组染色体很难参与 AA 联会复合体、CC 联会复合体的配对。M. Li 等^[17]通过原位杂交技术分析证明了五倍体杂种减数分裂中落后染色体主要为 B 基因组染色体,也得出相类似的结论。尽管如此,3 个基因组间还是存在极大的同源性。本研究在芥菜型油菜和芥蓝种间杂交异源三倍体的减数分裂过程中观察到与 C. Busso 等^[15]和 B. Choudhary 等^[16]研究类似的结果,在中期前后有联会配对情况出现,在后期出现染色体落后和桥,这证明 A、B、C 3 个基因组染色

体存在着一定的亲缘关系。

远缘杂交所产生的第一代(F_1)远缘杂种在减数分裂过程中存在着染色体不能正常配对和分离的情况,这导致了杂种育性降低,甚至高度不育。本研究获得的芥菜型油菜和芥蓝种间杂种($2n=3x=ABC$),从花粉粒表现来看,分为 3 种类型:无粉、少粉和微粉。从花粉育性上来看,微粉植株花粉可染率为 25.3%~47.87%,这说明利用该类杂种进行资源创新是可能的。牛永超^[25]、韩甫^[26]对芥菜型油菜种间杂种进行小孢子培养,均获得了一定的小孢子培养植株,周清元等^[1]和韩甫^[26]分别用不同类型的近缘种和种间杂种杂交,也获得了一定的子粒或者杂种后代,并创制出不同类型的甘蓝型油菜遗传育种中间材料。本课题组在羽衣甘蓝和芥菜型油菜种间杂种微粉植株中进行自交和幼胚挽救,然后再通过系统选育,获得了甘蓝型油菜新种质^[27],这证明芥菜型油菜和羽衣甘蓝种间杂种花粉存在着一定育性,在系统选育过程中可能有 B 染色体组染色体的“选择性丢失”,也可能存在着遗传物质的交换、重排和丢失。因此,利用芥菜型油菜和芥蓝种间杂交,一方面可以创造出用于分析芸薹属 A、B、C 基因染色体亲缘关系的异源三倍体和六倍体植株,另外一方面也为人工创制出甘蓝型油菜新种质提供可能。

参考文献

- [1] 周清元,李加纳,崔翠,等. 芥菜型油菜 × 羽衣甘蓝种间杂种的获得及其性状表现[J]. 作物学报, 2005, 31(8): 1058-1063
- [2] Chen B, Heneen W, Jánsson R, et al. Resynthesis of *Brassica napus* L. through Interspecific Hybridization between *B. alboglabra* Bailey and *B. campestris* L. with Special Emphasis on Seed Colour[J]. Plant breeding, 1988, 101: 52-59
- [3] Poulsen G, Kahl G, Weising K, et al. Differential abundance of simple repetitive sequences in species of *Brassica* and related *Brassicaceae*[J]. Plant System Evol, 1994, 190: 21-30
- [4] 李再云,刘后利. 甘蓝型油菜与诸葛菜的属间新杂种[J]. 华中农业大学学报, 1995, 14(1): 33-37
- [5] 牛妍,赵志刚,余青兰,等. 芥菜型油菜和白菜型油菜种间杂种遗传分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(4): 715-722
- [6] 文雁成,张书芬,王建平,等. 对甘蓝与大白菜种间杂交合成的甘蓝型油菜的研究[J]. 中国油料作物学报, 1999, 21(4): 8-11
- [7] 徐利远,罗鹏,兰泽蓬,等. 甘蓝型油菜与蓝花子远缘杂交及双二倍体的合成研究[J]. 遗传学报, 1996, 23(2): 124-130
- [8] 杨续蕊,李勤菲,葛贤宏,等. 芥菜型油菜与埃塞俄比亚芥杂种基因组原位杂交分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(2): 329-333
- [9] 殷家明,陈树忠,唐章林,等. 黄籽羽衣甘蓝和白菜型油菜杂交再合成甘蓝型油菜研究[J]. 西南农业学报, 2004, 17(2): 149-151
- [10] 周清元,李加纳,殷家明,等. 白菜型油菜和羽衣甘蓝种间杂交的初步研究[J]. 西南大学学报:自然科学版, 2003, 25(6): 495-497, 509

- [11] 周清元,李加纳,殷家明,等. 羽衣甘蓝 × 芥菜型油菜种间杂种再生和染色体加倍[J]. 西南大学学报:自然科学版,2009,31(4):105-110
- [12] 周清元,殷家明,崔翠,等. 白菜型油菜 × 羽衣甘蓝种间杂种的性状表现[J]. 西南大学学报,2006,28(1):1-3,7
- [13] Li Z, Wu J, Liu Y, et al. Production and cytogenetics of the intergeneric hybrids *Brassica juncea* × *Orychophragmus violaceus* and *B. carinata* × *O. violaceus* [J]. Theor Appl Genet, 1998, 96: 251-265
- [14] 栗茂腾,张椿雨,李宗芸,等. 埃塞俄比亚芥与白菜型油菜间六倍体杂种的获得及其生物学特性研究[J]. 作物学报,2005,12(31):1579-1585
- [15] Busso C, Attia T, Röbbelen G, et al. Trigenomic combinations for the analysis of meiotic control in the cultivated *Brassica* species [J]. Genome, 1987, 29: 331-333
- [16] Choudhary B, Joshi P, Ramarao S, et al. Interspecific hybridization between *Brassica carinata* and *Brassica rapa* [J]. Plant Breeding, 2000, 119: 417-420
- [17] Li M, Qian W, Meng J, et al. Construction of novel *Brassica napus* genotypes through chromosomal substitution and elimination using interploid species hybridization [J]. Chromosome Research, 2004, 12: 417-426
- [18] Meng J, Shi S, Gan L, et al. The production of yellow-seeded *Brassica napus* (AACC) through crossing interspecific hybrids of *B. campestris* (AA) and *B. carinata* (BBCC) with *B. napus* [J]. Euphytica, 1998, 103: 329-333
- [19] Rahman M. Production of yellow-seeded *Brassica napus* through interspecific crosses [J]. Plant Breeding, 2001, 120: 463-472
- [20] 周禹,李燕,孙勃,等. 芥蓝与甘蓝其他变种分类关系的研究[J]. 园艺学报,2010,37(7):1161-1168
- [21] 富贵,赵志刚,杜德志. 利用青海大黄油菜和芥蓝合成大粒甘蓝型油菜[J]. 中国油料作物学报,2012,34(2):136-141
- [22] 黄团,孙洁,徐峰,等. (芥蓝 × 羽衣甘蓝) × 白菜型油菜人工合成甘蓝型油菜研究初报[J]. 中国农学通报,2008,24(2):134-138
- [23] 罗双霞,张成合,陈雪平,等. 埃塞俄比亚芥与芥蓝杂交获得异源三倍体及其细胞学研究[J]. 植物遗传资源学报,2013,14(2):361-366
- [24] Chen H F, Wang H, Li Z Y, et al. Production and genetic analysis of partial hybrids in intertribal crosses between *Brassica species* (*B. rapa*, *B. napus*) and *Capsella bursa-pastoris* [J]. Plant Cell Rep, 2007, 26: 1791-1800
- [25] 牛永超. 芥菜型油菜与羽衣甘蓝杂种后代的遗传分析及芥菜型油菜小孢子培养[D]. 重庆:西南大学,2010
- [26] 韩甫. 芥菜型油菜与芥蓝种间杂交初步研究[D]. 重庆:西南大学,2011
- [27] 周清元,李加纳,殷家明. 一种人工创制新型甘蓝型油菜的方法:重庆,ZL 200910103551[P]. 2011-10-05

封一植物介绍

1. 青岛百合

中文名称:青岛百合,拉丁学名:*Lilium tsingtauense* Gilg

简要介绍:青岛百合又名崂山百合,百合科百合属轮叶组多年生球根草本植物,为中国百合科植物的特有种。花色橙红色或橙黄色,带淡紫色斑点,由5~7朵单花形成总状花序,花朵星状,花被不反卷。该种集中分布于崂山山区,其他区域偶有发现。一般生长于阴坡或半阴坡林下或沟谷溪畔。被列入国家第二批稀有濒危植物名录。

2. 烟台翠雀花

中文名称:烟台翠雀花,拉丁学名:*Delphinium chefoense* Franch

简要介绍:烟台翠雀为毛茛科翠雀属多年生宿根草本植物,为中国的特有分布植物。常见于山东等地,一般生于山坡上;6月开花。顶生总状花序有5~7花,下部常有2分枝,分枝有2~4花;萼片蓝色或蓝紫色,倒卵形,长1.5~1.8cm,萼距筒状钻形,长1.5~1.8cm,末端稍向下弯曲;花瓣干时黄色;烟台翠雀花耐干旱瘠薄,常生于山坡地堰,蓝色小花随风摇曳极具观赏价值。

3. 美丽胡枝子

中文名称:美丽胡枝子,拉丁学名:*Lespedeza Formosa* (Vog.) Koehne

简要介绍:美丽胡枝子为豆科胡枝子属落叶灌木,高可达2m以上,国内分布较广。该种耐干旱、耐瘠薄、耐热、耐刈割,适应性强,为荒山绿化、水土保持和改良土壤的先锋树种,而且生长快,用途广泛。青岛农业大学野生花卉资源利用与创新团队培育的‘美少女’美丽胡枝子品种,紫红色花序长达60cm,8月下旬以后进入始花期,9月中下旬至10月中上旬为开花盛期,花期长达60~90d。

4. 野茉莉

中文名称:野茉莉,拉丁学名:*Styrax japonicus* Sieb. et Zucc.

简要介绍:野茉莉属于野茉莉科(安息香科)安息香属落叶小乔木,高约4~8m。野茉莉树形优美,初夏开白花,盛开时繁花似雪,花朵下垂,芳香,可作庭园观赏,可植于水滨湖畔或阴坡谷地,溪流两旁,极具观赏价值。青岛农业大学野生花卉资源利用与创新团队培育出‘玉玲珑’和‘粉玲珑’两个品种。

5. 单叶蔓荆

中文名称:单叶蔓荆,拉丁学名:*Vitex trifolia* var. *simplicifolia*

简要介绍:单叶蔓荆为马鞭草科牡荆属落叶小灌木。其绿期长,花紫色,花量大,花期长,观赏价值高,群体效果好,是山东沿海沙地的主要植被之一。自然群落覆盖能力很强,具有很强的抗风、抗旱、抗盐碱能力。单叶蔓荆在园林绿化上,可孤植观赏,也可群植形成庞大的群落,覆盖丘陵薄地,亦非常适应于城市贫瘠土地以及高速公路边坡绿化。

6. 青岛老鹳草

中文名称:青岛老鹳草,拉丁学名:*Geranium tsingtauense* Yabe.

简要介绍:青岛老鹳草又名朝鲜老鹳草,为牻牛儿苗科老鹳草属多年生宿根草本植物。青岛老鹳草作为珍稀濒危野生花卉具有优良的观赏价值,叶、花、果兼美。其叶色翠绿,花朵繁茂,植株低矮,株型优美,果实奇特,花期长,盛花期在夏季7~9月份,正是园林应用上观花植物较少的季节,可露地栽培,或做盆栽及吊栽,具有极高的园林应用潜力。