

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2013.06.002

李景秀,管开云,孔繁才,等. 云南秋海棠属植物有性杂交特性[J]. 广西植物,2013,33(6):727-733

Li JX,Guan KY,Kong FC,et al. Property of sexual hybridization plants of *Begonia* in Yunnan[J]. Guihaia,2013,33(6):727-733

云南秋海棠属植物有性杂交特性

李景秀¹,管开云^{1*},孔繁才¹,神户敏成²

(1. 中国科学院昆明植物研究所,昆明 650204; 2. 富山中央植物园,富山 2713)

摘要: 通过云南秋海棠属植物属下 5 个系统分类组的种类及外来园艺品种共 109 个组合的有性杂交试验,以系统分类组合、园艺分类组合(不同茎的形态类型组合)分别进行方差分析。结果表明:云南秋海棠属植物属下等级的系统分类组内、组间的有性杂交,以及不同茎的形态类型的有性杂交均无显著差异,亲和力较强而可育性高,可在云南秋海棠属植物属内进行广泛地远缘杂交;云南产秋海棠属植物原种与外来园艺品种间的有性杂交亲和性弱而可育性低,需选择花粉粒和胚囊正常发育的外来园艺品种大量杂交,并采用切实可行的技术措施克服远缘杂交不育,以期培育新颖奇特的秋海棠属植物新品种。

关键词: 云南; 秋海棠属; 有性杂交; 亲合特性

中图分类号: Q944 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2013)06-0727-07

Property of sexual hybridization plants of *Begonia* in Yunnan

LI Jing-Xiu¹, GUAN Kai-Yun^{1*}, KONG Fan-Cai¹, GODO Toshi-Nari²

(1. Kunming Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204, China;

2. Botanic Gardens of Toyama, Toyama 2713)

Abstract: We conducted cross-breeding experiments of 109 combinations, five sections of phylogenetic classification species of *Begonia* in Yunnan and overseas cultivar *Begonia*. Variance analysis of sexual hybridization of all the combinations was conducted. The results showed that sexual hybridization of in section, among section and different morphotypes of Yunnan *Begonia* stems did not show significant deviation. However, avidity and fertility of these *Begonia*s were high and sexual hybridization between Yunnan *Begonia* and cultivars from overseas avidity and fertility was lower. This meant that when trying to create new hybrid species between Yunnan *Begonia* and overseas cultivars, it was suggested to choose cultivars whose pollen grain and embryonic sac were normally developed, to conduct hybrid work. The results also highlighted the necessity of introducing feasible technology on distant hybridization. Thus, it is well expected to create new cultivars for *Begonia*.

Key words: Yunnan; *Begonia*; sexual hybridization; compatibility

秋海棠属(*Begonia*)植物原产热带和亚热带地区,以赤道附近为中心,集中分布于北回归线以南和南回归线以北。自 1690 年加勒比海安的列斯诸岛的根状茎类秋海棠原种被发现,1785 年被正式发表至今,全球已知并发表的种类有 1 500~1 600 种

(De Wilde, 2011; Golding, 2003)。1847 年,通过人工有性杂交获得的园艺品种 *Begonia* ‘*Erythrophylla*’ (*B. hydrocotilifolia* × *B. manicata*) 和 *Begonia* ‘*Riciniifolia*’ (*B. heracleifolia* × *B. peponifolia*) 诞生之后的 160 多年间,欧洲各国、美国、日本等学者纷纷

收稿日期: 2013-02-23 修回日期: 2013-05-24

基金项目: 国家自然科学基金(30870243); 中国科学院生命科学领域基础前沿研究专项(KSCX2-YW-Z-032, 2010KIBA09)

作者简介: 李景秀(1963-), 女, 云南禄劝县人, 高级实验师, 从事秋海棠属植物引种驯化及育种利用研究, (E-mail) lijingxiu@mail.kib.ac.cn。

*通讯作者: 管开云, 研究员, 从事秋海棠属植物保护生物学及资源利用研究, (E-mail) guanky@mail.kib.ac.cn。

育种,迄今已育成 15 000 个秋海棠属植物新品种(日本ベゴニア協会,2003)。中国是秋海棠属植物种类自然分布较为丰富的国家之一,现已知并发表的种类 210 多种(Guan *et al.*, 2008; Wu *et al.*, 2007; 谷粹芝等,1999; Peng *et al.*, 2012; Ku *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2007)。云南地处中国的西南边陲,植物种类极为丰富,秋海棠属植物尤其突出,已知并发表的种类超过 107 种,约占中国自然分布种类的 51%,其中 74 种为云南特有的分布种类(管开云等,2005;中国科学院昆明植物研究所,2006;税玉民等,1999;Shui,2007; Wei *et al.*, 2007)。我国的育种起步较晚,20 世纪 90 年代初中国科学院昆明植物研究所成立秋海棠研究课题组,在广泛引种栽培秋海棠属植物 400 余种(或品种)的基础上展开相应的以有性杂交为主导的新品种培育,已注册登记 27 个新品种。然而,关于云南秋海棠属植物的属下各分类组(section)内、组间有性杂交亲和特性,以及云南秋海棠属植物与外来园艺品种的杂交可育性目前尚无系统的研究和报道。本研究结果对秋海棠属植物育种具有一定理论和实践指导意义,为进一步探讨秋海棠属植物系统分类组间、种间的亲缘关系,以及远缘杂交育种实践中亲本的选配提供参考和依据,以期提高新颖奇特品种育成率。

1 材料和方法

1.1 有性杂交试验

采用中国科学院昆明植物研究所植物园秋海棠栽培温室内引种驯化多年的正常生长发育植株作为亲本,结合新品种培育,于 2008 年在各自的盛花期进行 109 个亲本组合的去雄、授粉杂交试验。每个组合选 10 个花朵授粉杂交,并进行 3 次重复,观测值取 3 次重复的平均值或综合评价数值,获得的 F_1 代种子以杂交组合为单位精选 50 粒,于 2009 年 3 月在设定温度 18~25 °C、额定光照 66%、光周期 12 h 的恒温培养箱内进行种子发芽试验,测定其 F_1 代种子的发芽率和发芽势。各杂交试验组合的亲本、授粉、果实饱满度,种子发芽率和发芽势等测定值详见表 1。列表中的亲本组合标记母本在前、父本在后,亲本种名后括号内为该种所属的系统分类组及其茎的形态类型,其中‘外来’表示外来园艺品种或原种,‘侧膜’表示侧膜组 sect. *Coelocentrum*, ‘东亚秋海棠’表示东亚秋海棠组 sect. *Diploclinium*, ‘单

座’表示单座组 sect. *Reichenheimia*, ‘扁果’表示扁果组 sect. *Platycentrum*, ‘无翅’表示无翅组 sect. *Sphenanthera*; ‘根’表示根状茎类型, ‘直’表示直立茎类型, ‘球’表示球状茎类型;观测指标列中‘—’为该组合授粉杂交后落果或果实欠成熟而未获观测数据。

1.2 分组分类方差分析

根据生物统计学多指标观测统计分析法,将各杂交组合观测指标果实饱满度、种子发芽率和发芽势的观测数值每 10% 赋予 1 的分值标记于各自数值后的括号内,三项观测数值的分值相加获得总分值,将多指标观测转化为单指标后以总分值进行生物统计的方差分析。首先,以秋海棠属植物的系统分类为基础,将有性杂交试验组合分为系统分类组内的杂交组合、系统分类组间的杂交组合及国内原种与外来品种间的杂交组合分别进行方差分析,比较不同组合之间的差异(表 2);其次,以秋海棠属植物育种栽培实践中最常用的园艺分类或茎的形态分类,将有性杂交试验组合分为根状茎与直立茎的杂交组合、根状茎与根状茎、直立茎与球状茎、根状茎与球状茎、直立茎与直立茎、球状茎与球状茎的杂交组合分别进行方差分析,比较各园艺分类组合间的差异(表 3)。

2 结果与分析

2.1 属下系统分类组等级、国产原种与外来品种之间的有性杂交

在秋海棠属植物的属下相同的系统分类组内的种间进行了 23 个有性杂交组合,分别为扁果组×扁果组 16 组、无翅组×无翅组 3 组、侧膜组×侧膜组 3 组、东亚秋海棠组×东亚秋海棠组 1 组,不同系统分类组的种间进行了 45 个组合的有性杂交,外来品种与国产原种间进行了 41 个有性杂交组合试验。F 测验结果为 $F = 25.98 > F_{0.01} = 4.82$, 差异极显著(表 4),进一步以 LSD 法进行两两组间多重比较的结果表明:属下系统分类组内种间的有性杂交和系统分类组间不同种的有性杂交的平均数差数 = 1.5 < $LSD_{0.05} = 4.02$, 无显著差异,而系统分类组内的杂交、系统分类组间的杂交和国产原种与外来品种间的杂交的平均数差数分别为 $10.2 > LSD_{0.01} = 5.40, 11.7 > LSD_{0.01} = 4.48$, 均差亦极显著(表 5)。从观测指标的平均值来看,系统分类组内杂交平均

表 1 杂交试验的亲本组合及各项标记观测值

Table 1 Observed value of parental combination and various targets of cross experiment

编号 No.	亲本组合及其系统分类组和茎的形态类型 Parental combination and section of phylogentic classification and morphotype of stem	饱满度(分值) Plumpness (Mark value)	发芽率(分值) Germination rate (Mark value)	发芽势(分值) Germination capacity (%) (Mark value)(%)	总分值 Fractional total
1	<i>B. acetosella</i> var. <i>hirtifolia</i> (无翅. 直)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	100(10)	92(9.2)	30(3)	22.2
2	<i>B. algaia</i> (扁果. 根)× <i>B. villifolia</i> (扁果. 直)	80(8)	84(8.4)	32(3.2)	19.6
3	<i>Begonia</i> ‘Aries’ (外来. 根)× <i>B. handelii</i> var. <i>prostrata</i> (无翅. 根)	30(3)	0(0)	0(0)	3
4	<i>Begonia</i> ‘Aries’ (外来. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	欠成熟	—	—	0
5	<i>Begonia</i> ‘Art’ (外来. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	—	—	—	0
6	<i>B. handelii</i> (无翅. 根)× <i>B. dryadis</i> (扁果. 根)	—	—	—	0
7	<i>B. handelii</i> (无翅. 根)× <i>B. obsolescens</i> (东亚秋海棠. 根)	90(9)	75(7.5)	34(3.4)	19.9
8	<i>B. handelii</i> (无翅. 根)× <i>B. ruboides</i> (东亚秋海棠. 根)	—	—	—	0
9	<i>B. handelii</i> (无翅. 根)× <i>B. cucullata</i> (外来. 直)	—	—	—	0
10	<i>B. handelii</i> (无翅. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	90(9)	98(9.8)	30(3)	21.8
11	<i>Begonia</i> ‘Bokit’ (外来. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	—	—	—	0
12	<i>B. bowerae</i> (外来. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	—	—	—	0
13	<i>Begonia</i> ‘Bowtique’ (外来. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	40(4)	0(0)	0(0)	4
14	<i>B. cavaleriei</i> (东亚秋海棠. 根)× <i>B. handelii</i> (无翅. 根)	80(8)	87(8.7)	31(3.1)	19.8
15	<i>B. cavaleriei</i> (东亚秋海棠. 根)× <i>B. limprichtii</i> (扁果. 根)	85(8.5)	91(9.1)	34(3.4)	21
16	<i>B. cavaleriei</i> (东亚秋海棠. 根)× <i>B. villifolia</i> (扁果. 直)	90(9)	93(9.3)	32(3.2)	21.5
17	<i>B. cavaleriei</i> (东亚秋海棠. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	70(7)	61(6.1)	20(2)	15.1
18	<i>B. cavaleriei</i> (东亚秋海棠. 根)× <i>B. hemsleyana</i> (扁果. 直)	60(6)	59(5.9)	16(1.6)	13.5
19	<i>Begonia</i> ‘Chestnut Capers’ (外来. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	欠成熟	—	—	0
20	<i>Begonia</i> ‘Chestnut Capers’ (外来. 根)× <i>B. villifolia</i> (扁果. 直)	欠成熟	—	—	0
21	<i>B. cirrosa</i> (侧膜. 根)× <i>B. fangii</i> (侧膜. 根)	100(10)	86(8.6)	23(2.3)	20.9
22	<i>B. cirrosa</i> (侧膜. 根)× <i>B. guangxiensis</i> (侧膜. 根)	30(3)	0(0)	0(0)	3
23	<i>B. cirrosa</i> (侧膜. 根)× <i>B. villifolia</i> (扁果. 直)	80(8)	78(7.8)	25(2.5)	18.3
24	<i>B. crassicaulis</i> (外来. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	50(5)	0(0)	0(0)	5
25	<i>B. crassicaulis</i> (外来. 根)× <i>B. villifolia</i> (扁果. 直)	70(7)	51(5.1)	14(1.4)	13.5
26	<i>B. cucurbitii</i> (扁果. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	100(10)	98(9.8)	30(3)	22.8
27	<i>Begonia</i> ‘Curly Sue’ (外来. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	—	—	—	0
28	<i>Begonia</i> ‘Daisy’ (外来. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	70(7)	53(5.3)	16(1.6)	13.9
29	<i>B. daweshanensis</i> (扁果. 根)× <i>Begonia</i> ‘White King’ (扁果. 根)	95(9.5)	98(9.8)	35(3.5)	22.8
30	<i>B. dietrichiana</i> (外来. 直)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	欠成熟	—	—	0
31	<i>B. dryadis</i> (扁果. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	100(10)	98(9.8)	27(2.7)	22.5
32	<i>B. dryadis</i> (扁果. 根)× <i>B. handelii</i> var. <i>prostrata</i> (无翅. 根)	95(9.5)	97(9.7)	27(9.7)	28.9
33	<i>B. dryadis</i> (扁果. 根)× <i>B. handelii</i> (无翅. 根)	100(10)	98(9.8)	30(3)	22.8
34	<i>B. ‘Encinitas’</i> (外来. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	—	—	—	0
35	<i>Begonia</i> ‘Fireflash’ (外来. 根)× <i>B. handelii</i> (无翅. 根)	90(9)	86(8.6)	25(2.5)	20.1
36	<i>Begonia</i> ‘Fireflash’ (外来. 根)× <i>B. handelii</i> var. <i>prostrata</i> (无翅. 根)	90(9)	95(9.5)	28(2.8)	21.3
37	<i>Begonia</i> ‘Fireflash’ (外来. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	100(10)	98(9.8)	34(3.4)	23.2
38	<i>Begonia</i> ‘Fireflash’ (外来. 根)× <i>B. villifolia</i> (扁果. 直)	—	—	—	0
39	<i>B. foliosa</i> (外来. 直)× <i>B. handelii</i> (无翅. 根)	欠成熟	—	—	0
40	<i>B. foliosa</i> (外来. 直)× <i>B. handelii</i> var. <i>prostrata</i> (无翅. 根)	—	—	—	0
41	<i>B. foliosa</i> (外来. 直)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	欠成熟	—	—	0
42	<i>B. foliosa</i> (外来. 直)× <i>B. villifolia</i> (扁果. 直)	欠成熟	—	—	0
43	<i>B. forrestii</i> (扁果. 根)× <i>B. handelii</i> (无翅. 根)	95(9.5)	86(8.6)	28(2.8)	20.9
44	<i>B. forrestii</i> (扁果. 根)× <i>B. handelii</i> var. <i>prostrata</i> (无翅. 根)	90(9)	88(8.8)	30(3)	20.8
45	<i>B. forrestii</i> (扁果. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	90(9)	90(9)	27(2.7)	20.7
46	<i>B. gagnepainiana</i> (扁果. 根)× <i>B. limprichtii</i> (扁果. 根)	30(3)	0(0)	0(0)	3
47	<i>B. gagnepainiana</i> (扁果. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	—	—	—	0
48	<i>B. gagnepainiana</i> (扁果. 根)× <i>B. versicolor</i> (扁果. 根)	欠成熟	—	—	0
49	<i>Begonia</i> ‘Geometry’ (外来. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	—	—	—	0
50	<i>B. grandis</i> var. <i>sinensis</i> (东亚秋海棠. 球)× <i>B. versicolor</i> (扁果. 根)	70(7)	56(5.6)	13(1.3)	13.9
51	<i>B. guangxiensis</i> (侧膜. 根)× <i>B. handelii</i> (无翅. 根)	50(5)	62(6.2)	20(2)	13.2
52	<i>Begonia</i> ‘Hazel Isobel’ (外来. 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅. 根)	60(6)	46(4.6)	18(1.8)	12.4
53	<i>B. hemsleyana</i> (扁果. 直)× <i>B. augustinei</i> (扁果. 根)	50(5)	61(6.1)	21(2.1)	13.2
54	<i>B. hemsleyana</i> (扁果. 直)× <i>B. longialata</i> (扁果. 根)	80(8)	92(9.2)	41(4.1)	21.3
55	<i>B. hemsleyana</i> (扁果. 直)× <i>B. tuberhybrida</i> var. (外来. 球)	20(2)	0(0)	0(0)	2
56	<i>B. hemsleyana</i> (扁果. 直)× <i>Begonia</i> ‘White King’ (扁果. 根)	80(8)	92(9.2)	34(3.4)	20.6

表1(续)

编号 No.	亲本组合及其系统分类组和茎的形态类型 Parental combination and section of phylogenetic classification and morphotype of stem	饱满度 (分值)	发芽率 (分值)	发芽势 (分值)	总分值
		Plumpness (Mark value)	Germination rate (Mark value) (%)	Germination capacity (Mark value)(%)	Fractional total
57	<i>Begonia</i> ‘Heracleiocyte’(外来, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	40(4)	0(0)	0(0)	4
58	<i>Begonia</i> ‘Kathleen Mayer’(外来, 直)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	—	—	—	0
59	<i>Begonia</i> ‘Kifujin’(外来, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	50(5)	35(3.5)	12(1.2)	9.7
60	<i>Begonia</i> ‘Kosmatka’(外来, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	30(3)	0(0)	0(0)	3
61	<i>Blacerata</i> (扁果, 直)× <i>B. parvula</i> (单座, 球)	90(9)	97(9.7)	34(3.4)	22.1
62	<i>B. limprichtii</i> (扁果, 根)× <i>B. gagnepainiana</i> (扁果, 根)	50(5)	20(2)	11(1.1)	8.1
63	<i>B. limprichtii</i> (扁果, 根)× <i>B. handelii</i> (无翅, 根)	—	—	—	0
64	<i>B. limprichtii</i> (扁果, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	—	—	—	0
65	<i>B. limprichtii</i> (扁果, 根)× <i>B. versicolor</i> (扁果, 根)	—	—	—	0
66	<i>B. limprichtii</i> (扁果, 根)× <i>B. villifolia</i> (扁果, 直)	60(6)	54(5.4)	15(1.5)	12.9
67	<i>B. lithophila</i> (单座, 球)× <i>B. guianiana</i> (东亚秋海棠, 球)	90(9)	98(9.8)	36(3.6)	22.4
68	<i>B. longifolia</i> (无翅, 直)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	欠成熟	—	—	0
69	<i>Begonia</i> ‘Lospe-tu’(外来, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	—	—	—	0
70	<i>Begonia</i> ‘Love Letter’(外来, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	40(4)	0(0)	0(0)	4
71	<i>B. morsei</i> (侧膜, 根)× <i>B. lanternaria</i> (侧膜, 根)	60(6)	50(5)	14(1.4)	12.4
72	<i>B. morsei</i> (侧膜, 根)× <i>B. psilophylla</i> (扁果, 根)	欠成熟	—	—	0
73	<i>B. muliensis</i> (东亚秋海棠, 球)× <i>B. lithophila</i> (单座, 球)	90(9)	95(9.5)	37(3.7)	22.2
74	<i>B. multinervia</i> (外来, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	40(4)	0(0)	0(0)	4
75	<i>B. obsolescens</i> (东亚秋海棠, 根)× <i>B. handelii</i> (无翅, 根)	80(8)	94(9.4)	37(3.7)	21.1
76	<i>B. obsolescens</i> (东亚秋海棠, 根)× <i>B. pedati fida</i> (扁果, 根)	80(8)	93(9.3)	34(3.4)	20.7
77	<i>B. obsolescens</i> (东亚秋海棠, 根)× <i>B. handelii</i> var. <i>prostrata</i> (无翅, 根)	70(7)	90(9)	32(3.2)	19.2
78	<i>B. obsolescens</i> (东亚秋海棠, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	85(8.5)	97(9.7)	40(4)	22.2
79	<i>Begonia</i> ‘Orange rubrua’(外来, 直)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	60(6)	53(5.3)	18(1.8)	13.1
80	<i>Begonia</i> ‘Orange rubrua’(外来, 直)× <i>B. villifolia</i> (扁果, 直)	50(5)	46(4.6)	15(1.5)	11.1
81	<i>B. ornithophylla</i> (侧膜, 根)× <i>Begonia</i> ‘Tropical Girl’(无翅, 根)	95(9.5)	89(8.9)	28(2.8)	21.2
82	<i>B. parvula</i> (单座, 球)× <i>B. guianiana</i> (东亚秋海棠, 球)	欠成熟	—	—	0
83	<i>B. pedati fida</i> (扁果, 根)× <i>B. obsolescens</i> (东亚秋海棠, 根)	100(10)	82(8.2)	28(2.8)	21
84	<i>B. pedati fida</i> (扁果, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	100(10)	98(9.8)	40(4)	23.8
85	<i>B. pedati fida</i> (扁果, 根)× <i>B. villifolia</i> (扁果, 直)	95(9.5)	80(8)	24(2.4)	19.9
86	<i>B. pseudodryadis</i> (侧膜, 根)× <i>B. foliosa</i> (外来, 直)	—	—	—	0
87	<i>B. pseudodryadis</i> (侧膜, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	70(7)	68(6.8)	26(2.6)	16.4
88	<i>B. pseudodryadis</i> (侧膜, 根)× <i>B. villifolia</i> (扁果, 直)	80(8)	70(7)	28(2.8)	17.8
89	<i>B. psilophylla</i> (扁果, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	80(8)	83(8.3)	32(3.2)	19.5
90	<i>Begonia</i> ‘Reichenheimi’(外来, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	60(6)	42(4.2)	17(1.7)	11.9
91	<i>B. ruboides</i> (东亚秋海棠, 根)× <i>B. cavaleriei</i> (东亚秋海棠, 根)	—	—	—	0
92	<i>B. ruboides</i> (东亚秋海棠, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅根)	—	—	—	0
93	<i>B. ruboides</i> (东亚秋海棠, 根)× <i>B. villifolia</i> (扁果, 直)	70(7)	38(3.8)	16(1.6)	12.4
94	<i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)× <i>B. handelii</i> var. <i>rubropilosa</i> (无翅, 根)	90(9)	98(9.8)	41(4.1)	22.9
95	<i>B. sizemoreae</i> (扁果, 根)× <i>B. hemsleyana</i> (扁果, 直)	90(9)	98(9.8)	42(4.2)	23
96	<i>B. sizemoreae</i> (扁果, 根)× <i>B. manhaoensis</i> (扁果, 根)	95(9.5)	96(9.6)	40(4)	23.1
97	<i>Begonia</i> ‘Sootie’(外来, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	—	—	—	0
98	<i>B. subvillosa</i> (外来, 直)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	—	—	—	0
99	<i>B. egonia</i> ‘Tom Ment’(外来, 直)× <i>B. handelii</i> (无翅, 根)	—	—	—	0
100	<i>B. tsaii</i> (扁果, 根)× <i>B. handelii</i> (无翅, 根)	60(6)	68(6.8)	26(2.6)	15.4
101	<i>B. tsaii</i> (扁果, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	60(6)	65(6.5)	23(2.3)	14.8
102	<i>B. verschaffeltii</i> (外来, 直)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	—	—	—	0
103	<i>B. versicolor</i> (扁果, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	100(10)	100(10)	42(4.2)	24.2
104	<i>B. versicolor</i> (扁果, 根)× <i>B. villifolia</i> (扁果, 直)	95(9.5)	97(9.7)	40(4)	23.2
105	<i>B. villifolia</i> (扁果, 直)× <i>B. cavaleriei</i> (东亚秋海棠, 根)	90(9)	92(9.2)	34(3.4)	21.6
106	<i>B. villifolia</i> (扁果, 直)× <i>B. handelii</i> (无翅, 根)	85(8.5)	89(8.9)	27(2.7)	20.1
107	<i>B. villifolia</i> (扁果, 直)× <i>B. pedati fida</i> (扁果, 根)	90(9)	90(9)	30(3)	21
108	<i>B. wangii</i> (东亚秋海棠, 根)× <i>B. silletensis</i> subsp. <i>mengyangensis</i> (无翅, 根)	60(6)	54(5.4)	12(1.2)	12.6
109	<i>Begonia</i> ‘White King’(扁果, 根)× <i>B. henryi</i> (单座, 球)	85(8.5)	87(8.7)	24(2.4)	19.6

数 14.6、系统分类组间杂交平均数 16.1、国产原种与外来品种间的杂交平均数 4.4(表 2)。说明在秋海棠属植物属下系统分类组内的有性杂交与组间的有

性杂交亲和力和差异不显著、有性杂交可育性较高,国内野生种与外来品种(或原种)之间的有性杂交亲和性弱而可育性低。

表 2 系统分类组合

Table 2 Combination of phylogenetic classification

杂交组合 Hybridized combination	各单元观测值 Observed value of each unit	组总和 Sum of section	主个体数 m	平均数 Mean
I（系统分类组内） I（Within section）	22.2,19.6,21.8,20.9,3.0,0,22.8,3.0,13.2,21.3,20.6,12.9,8.1,0,12.4,19.9,23,23.1,0,22.9,23.2,21	334.9	23	14.6
II（系统分类组间） II（Between sections）	0,19.9,0,19.8,21,21.5,15.1,13.5,18.3,22.8,22.5,28.9,22.8,20.9,20.8,20.7,0,13.9,13.2,22.1,0,0,22.4,0,22.2,21.1,20.7,19.2,22.2,21.2,0,21,23.8,16.4,17.8,19.5,0,12.4,15.4,14.8,24.2,21.6,20.1,12.6,19.6	725.9	45	16.1
III（国产原种与外来品种间） III（Between origins and overseas cultivars）	3,0,0,0,0,0,4,0,0,5,13.5,0,13.9,0,20.1,21.3,23.2,0,0,0,0,0,0,0,12.4,2,4,0,9.7,3,4,0,4,13.1,11.1,0,11.9,0,0,0,0	179.2	41	4.4
总计 Total		1 240	109	11.7

表 3 园艺分类组合

Table 3 Combination of horticulture classification

杂交组合 Hybridized combination	各单元观测值 Observed value of each unit	组总和 Sum of section	主个体数 m	平均数 Mean
I（根状茎×直立茎） I（Rhizome×Erect stem）	22.2,19.6,0,21.5,13.5,0,18.3,13.5,0,0,0,0,0,0,13.2,21.3,20.6,0,12.9,13.1,19.9,0,17.8,23,12.4,0,0,0,23.2,21.6,20.1,21	348.7	32	10.9
II（根状茎×根状茎） II（Rhizome×Rhizome）	3,0,0,0,19.9,0,21.8,0,0,4,19.8,21,15.1,0,20.9,3,5,22.8,0,13.9,22.8,20.1,21.3,23.2,22.5,28.9,22.8,0,20.9,20.8,20.7,3,0,0,13.2,0,12.4,4,9.7,3,8.1,0,0,0,4,0,12.4,0,4,21.1,20.7,19.2,22.2,21.2,21,23.8,16.4,19.5,11.9,23.1,0,0,22.9,0,15.4,14.8,24.2,12.6	778	68	11.4
III（直立茎×球状茎） III（Erect stem×Tuberhybrida）	2,22.1	24.1	2	12.1
IV（根状茎×球状茎） IV（Rhizome×Tuberhybrida）	13.9,19.6	33.5	2	16.8
V（直立茎×直立茎） V（Erect stem×Erect stem）	0,11.1	11.1	2	5.6
VI（球状茎×球状茎） VI（Tuberhybrida×Tuberhybrida）	22.4,22.2,0	44.6	3	14.9
总计 Total		1 240	109	11.95

表 4 系统分类杂交组合方差分析表

Table 4 Variance analysis of hybridized combinations of phylogenetic classification

方差来源 Source	自由度 DF Degree of freedom	离差平方和 SS Sum of squares	方差 MS Mean square	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$	结论 Significance level
组间（处理间） Between groups	2	3262.80	1631.40	25.98	3.09	4.82	差异极显著 * *
组内（误差） Within group	106	6657.90	62.80				Utmost significant difference * *
总变异 Total	108	9920.70					

表 5 系统分类组合多重比较

Table 5 Multiple comparisons of hybridized combinations of phylogenetic classification(LSD)

杂交组合 Hybridized combination	$\bar{X}$	$\bar{X} - 4.4$	$\bar{X} - 14.6$
II（系统分类组间） II（Between sections）	16.1	11.7 * *	1.5
I（系统分类组内） I（Within section）	14.6	10.2 * *	
III（国产原种与外来品种间） III（Between origins and overseas cultivars）	4.4		

注：杂交组合 I 与 III、II 与 III 之间有极显著差异；组合 I 与 II 间无显著差异。
Note: Conclusion: There are significant differences between hybridized combination I and III, II and III; no significant difference between I and II.

表 6 园艺分类杂交组合方差分析表

Table 6 Variance analysis of hybridized combinations of horticulture taxonomy

方差来源 Source of variance	自由度 DF Degree of freedom	离差平方和 SS Sum of squares	方差 MS Mean square	F	F _{0.05}	F _{0.01}	结论 Significance level
组间 (处理间) Between groups	5	170.78	34.16	0.36	2.30	3.20	无显著差异 No significant deviation
组内 (误差) Within group	103	9749.92	94.66				
总变异 Total variation	108	9920.70					

2.2 园艺分类不同茎的形态类型间亲和性强易于有性杂交

以秋海棠属植物的园艺分类,按不同茎的形态类型组合进行有性杂交的方差分析结果为 $F=0.36 < F_{0.05}=2.30$,无显著差异(表 6)。即根状茎×根状茎、直立茎×直立茎、球状茎×球状茎、根状茎×直立茎、直立茎×球状茎、根状茎×球状茎的组合有性杂交,并没有因为茎形态特征的不同而产生差异,且各形态类型间亲合性强易于有性杂交。

3 结论与讨论

3.1 在属下各分类等级间进行大量有性杂交,提高优良品种育成率

通常把不同种、属的植物相互杂交称为远缘杂交,而远缘杂交的成功率或杂种子代的可育性主要取决于父本和母本的亲缘关系。由此看来,在秋海棠属植物属下系统分类组等级的有性杂交中,组内种间的有性杂交可育性应高于组间不同种的杂交可育性。而有性杂交试验的结果明确属下系统分类组内、组间的杂交可育性无显著差异。总的来说,云南秋海棠属植物属易于有性杂交的群体,属下系统分类组间无生殖隔离。Nakata *et al.* (2003, 2007)对云南秋海棠属植物的细胞学进行了深入研究,染色体观察结果绝大多数种类为 2 倍体, $2n=18, 20, 22, 24, 28, 30$,极少数种类为 4 倍体和 6 倍体,目前已观察试验种类为 *B. cucurbitifolia*、*B. purpureofolia* $2n=44(4x)$ 和 *B. handelii* $2n=66(6x)$,其属内倍性和数目差异不大,有性杂交组合间亲和性较高。在植株生长健壮、盛花期相遇等适宜的条件下,在有性杂交亲本的选择过程中,系统分类组等级的亲缘关系可忽略不计,结合秋海棠属植物的抗性育种和一些类群特殊观赏性状的遗传特性(李景秀等,2001),在属内进行广泛、大量的远缘杂交,提高新颖、奇特的优良品种育成率。

3.2 克服国产原种与外来品种的杂交不育,育成新穎奇特目标新品种

秋海棠属植物的属下系统分类组全球共 66 组,其中亚洲 20 组、中国 9 组、云南 8 组(Doorenbos *et al.*, 1998; Shui *et al.*, 2002; De Wilde & Plana, 2003)。云南秋海棠属植物中,小花组 sect. *Alicida* 和小海棠组 sect. *Parvibegonia* 云南记载分布各 1 种,分别是 *B. peii* (小花秋海棠)和 *B. discreta* (景洪秋海棠),但因多次野外寻找未采收繁殖材料。中科院昆明植物研究所秋海棠引种栽培基地收集保存 6 组,其中棒果组 sect. *Leprosae* 仅 *B. longicarpa* (长果秋海棠)1 种分布云南,栽培基地的引种驯化极为困难,且栽培适应性差,现基本能够完成种子到种子的生活史,但栽培保存数量仅 3 株,目前无法用于大量的有性杂交试验,常用于有性杂交的为 5 个系统分类组。

以大量用于有性杂交的云南秋海棠属植物 5 个系统分类组的不同种与外来园艺品种间的杂交试验结果可育性低、外来园艺品种之间的有性杂交几乎未获 F_1 代果实,而且外来园艺品种的自花授粉结实率也极低。从花粉粒的数量看,外来园艺品种成熟雄蕊的花粉量远远少于云南(或国产)野生种,就花粉活力而言,FAA 固定、1%醋酸地衣红染色后光学显微镜下观察的结果,外来园艺品种或外来原种深色饱满的花粉粒少而浅色空瘪的花粉粒较多,花粉活力 50%~77%,云南(或国产)原种的花粉活力 84%~91%。外来园艺品种花粉粒的发育、萌发,以及雌蕊胚囊的发育有待进一步实验研究。筛选性状优良、花粉粒饱满、正常发育比率略高的外来园艺品种与云南野生种进行大量的杂交,同时,以远缘花粉蒙导、奈乙酰胺处理花柄、杂种胚培养等克服杂交过程中存在的不亲和、落果、杂种胚发育不良等,有望培育秋海棠属植物新颖奇特的目标新品种。

3.3 力争探索科下属等级和广泛的组等级的杂交亲和性

从云南秋海棠属植物属下系统分类组内和组间

的有性杂交可育性无显著差异的结果启示我们发现,秋海棠科下属等级间,以及全球范围的组等级间的有性杂交从亲和性来看有试验的可能性。最初的传统分类将秋海棠科植物分为 5 个属,近年被纷纷合并到秋海棠属或降为其中的系统分类组,目前秋海棠科被分为 2 个属,即秋海棠属和希尔布朗属(*Hillebrandia*),后者仅 1 种、分布于夏威夷群岛(Golding, 2003; Clement *et al.*, 2004),我国分布 1 属(秋海棠属)。2008 年有幸从日本富山中央植物园引到 sect. *Symbegonia* 1 种,无论从过去的属等级还是现在的组等级意义都有杂交试验的材料基础。基于引种保存的物种多样性和秋海棠新品种培育的远缘杂交都拟加强国际合作与交流,力争引入希尔布朗属 1 种及秋海棠属其它系统分类组的种类,借鉴兰科(Knobloch, 1972)、菊科(Carr & Kyhos, 1986)等属间远缘杂交的成功经验进行属等级间的探索性杂交试验,以及广泛的系统分类组等级间的有性杂交试验。鉴于哈钦松(J. Hutchinson)分类系统秋海棠科(Begoniaceae)和葫芦科(Cucurbitaceae)同属葫芦目(Cucurbitales),而且,单性花、子房下位、雄蕊联合、种子无胚乳、具掌状脉等许多性状特征相似。葫芦科南瓜属植物黄花种类较多而云南秋海棠属植物黄花基因稀缺,为获得黄花新品种,我们曾于 2008 年在观赏的瓜属(*Cucurbita*)植物与秋海棠属植物之间进行了十几个组合的科间有性杂交尝试,但所有组合都在人工授粉 3~4 d 内子房脱落,有待进一步大量授粉并采用一些可行的克服远缘杂交的技术措施,探讨其科间有性杂交的可能性。

参考文献:

- 中国科学院昆明植物研究所. 2006. 云南植物志(第 12 卷)[M]. 北京: 科学出版社: 143—144
- 谷粹芝, 李振宇(中国科学院植物研究所). 1999. 中国植物志(第 52 卷)[M]. 北京: 科学出版社: 126—127
- 日本ベゴニア協会. 2003. ベゴニア百科 [M]. 東京: 誠文堂新光社: 178—179
- Carr GD, Kyhos Dw. 1986. Adaptive radiation in the Hawaiian silversword alliance(Compositae: Madiinae). II. Cytogenetics of artificial and natural hybrids[J]. *Evolution*, **40**: 959—976
- Clement WL, Tebbitt MC, Forrest LL, *et al.* 2004. Phylogenetic position and biogeography of *Hillebrandia sandwicensis*(Begoniaceae): A rare Hawaiian relict[J]. *Am J Bot*, **91** (6): 905—917

- De Wilde JJFE. 2011. Begoniaceae[M]//Kubitzki K. ed. The families and genera of vascular plants, Vol. X. Berlin: Springer: 56—71
- De Wilde JJFE, V Plana. 2003. A new section of *Begonia* (Begoniaceae) from west central Africa[J]. *Edinb J Bot*, **60**(2): 122
- Doorenbos J, Sosef MSM de Wilde JJFE. 1998. The section of *Begonia* (Studies in Begoniaceae VI)[J]. *Wageningen Agric Univ Pap*, **98**(2): 1—266
- Golding J. 2003. *Begonia* sections[J]. *Begonia*, **70**: 47—50
- Guan KY(管开云), Li JX(李景秀), Li HZ(李宏哲). 2005. Summarization of *Begonia* resources from Yunnan province(云南秋海棠属植物资源调查研究)[J]. *Acta Horti Sin*(园艺学报), **32**(1): 74—80
- Guan KY, Yamaguchi H, Li JX, *et al.* 2008. *Begonia* germplasm resources of China[J]. *Acta Horti*, **766** (ISHS): 337—348
- Knobloch IW. 1972. Intergeneric hybridization in flowering plants [J]. *Taxon*, **21**: 97—103
- Ku SM, Kono Y, Liu Y. 2008. *Begonia pengii* (sect. *Coelocentrum*, Begoniaceae), a new species from limestone areas in Guangxi, China[J]. *Bot Stud*, **49**(2): 167—175
- Li JX(李景秀), Guan KY(管开云), Tian DK(田代科), *et al.* 2001. The genetic property of hybridization on *Begonia rex* (毛叶秋海棠的杂交遗传特性)[J]. *Acta Horti Sin*(园艺学报), **28**(5): 440—444
- Liu Y, Ku SM, Peng CI. 2007. *Begonia bamaensis* (sect. *Coelocentrum*, Begoniaceae), a new species from limestone areas in Guangxi China[J]. *Bot Stud*, **48**(4): 465—473
- Nakata M, Guan KY, Li JX, *et al.* 2007. Cytotaxonomy of *Begonia rubropunctata* and *B. purpureofolia* (Begoniaceae) [J]. *Bot J Lim Soc*, **155**: 513—517
- Nakata M, Guan KY, Godo T, *et al.* 2003. Cytological studies on Chinese *Begonia* (Begoniaceae) I. Chromosome numbers of 17 taxa of *Begonia* collected in 2001 field studies in Yunnan[J]. *Bull Bot Gard Toyama*, **8**: 1—16
- Peng CI, Ku SM, Kono Y, *et al.* 2012. *Begonia chongzuensis* (sect. *Coelocentrum*, Begoniaceae), a new calciphile from Guangxi, China[J]. *Bot Stud*, **53**(2): 283—290
- Shui YM. 2007. *Begonia tetralobata* (Begoniaceae), a new species from China[J]. *Ann Bot Fenn*, **44**(1): 76—79
- Shui YM(税玉民), Huang SH(黄素华). 1999. Notes on the Genus *Begonia* from Yunnan(云南秋海棠属植物小志)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), **21**(1): 11—23
- Shui YM, Peng CI, Wu CY. 2002. Synopsis of the Chinese species of *Begonia* (Begoniaceae), with a reappraisal of sectional delimitation[J]. *Bot Bull Acad Sin*, **43**(4): 313—327
- Wei ZD, Shui YM, Zhang MD, *et al.* 2007. *Begonia coelocentroides* a new species of Begoniaceae from Yunnan, China [J]. *Acta Phytotax Sin*, **45**(1): 86—89
- Wu ZY, Gu CZ, Peng CI, *et al.* 2007. Begoniaceae[M]//Wu ZY and Raven PH (eds). Flora of China. Beijing: Science Press: 153—207