

野鸢尾和射干属间杂交亲和性及杂种鉴定

毕晓颖^{1,2,*}, 李卉¹, 娄琦¹, 郑洋^{1,2}

(¹沈阳农业大学园艺学院, 沈阳 110866; ²辽宁省北方园林植物与地域景观高校重点实验室, 沈阳 110866)

摘要: 以鸢尾科鸢尾属的野鸢尾 (*Iris dichotoma*) 和射干属的射干 (*Belamcanda chinensis*) 为试材, 对其常规授粉后的结实性、花粉管行为及胚胎发育过程进行了观察, 并对其杂种进行了形态学和根尖细胞染色体鉴定。结果表明: 野鸢尾和射干属间杂交存在一定程度障碍, 但仍具有良好的亲和性, 且正、反交存在差异。以野鸢尾为母本与射干杂交时, 部分花粉不萌发, 或者花粉管在柱头或花粉粒上缠绕; 不亲和障碍主要发生在受精前, 结实率和有胚率分别为 48.1% 和 69.3%。以射干为母本与野鸢尾杂交时, 在珠孔端出现胚的解体现象, 不亲和障碍主要发生在受精后, 结实率和有胚率分别为 87.9% 和 54.3%。所得杂种 F₁ 的株高、花冠幅、分蘖能力都介于野鸢尾和射干之间; 杂种的花期和果期较亲本有所延长, 叶宽大于亲本; 根状茎、花形与野鸢尾相似; 花色、雄蕊、花柱、果实和种子与亲本迥异。杂种根尖细胞染色体数与亲本相同, $2n = 2x = 32$, 均为 1B 型, 杂交后代的染色体数相对保守, 变异较小, 且核型具有较高的对称性。

关键词: 野鸢尾; 射干; 远缘杂交; 亲和性; 杂种鉴定

中图分类号: S 682.1 + 9

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2012) 05-0931-08

Studies on Inter-generic Compatibility of *Iris dichotoma* and *Belamcanda chinensis* and Their Hybrids Identification

BI Xiao-ying^{1,2,*}, LI Hui¹, LOU Qi¹, and ZHENG Yang^{1,2}

(¹College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; ²Key Laboratory of Northern Landscape Plants and Regional Landscape, Shenyang 110866, China)

Abstract: The cross-compatibility between *Iris dichotoma* and *Belamcanda chinensis* was studied by capsule-setting, pollen tube behaviors and embryo development after common pollination, and their F₁ hybrids were identified by morphology and cytology. The results showed that the compatibility between *I. dichotoma* and *B. chinensis* was good, although there were barriers to a certain degree. The pre-fertilization barriers, when *I. dichotoma* acted as female parent, was due to the fact that some of the pollen tubes winded the stigma and pollen grains or the pollen grains didn't germinate, and the capsule setting rate and embryo rate were 48.1% and 69.3%, respectively. The post-fertilization barriers, when *B. chinensis* acted as female parent, was due to the fact that the embryo disintegrate from micropyle, and the capsule setting rate and embryo rate were 87.9% and 54.3%, respectively. The height, corolla and tiller of the F₁ hybrids were all between their parents. The flowering stage and fruit-setting stage were longer and the leaves were wider than their parents; The rootstalk and flower pattern were similar to *I. dichotoma*. The color of

收稿日期: 2012 - 02 - 09; 修回日期: 2012 - 04 - 28

基金项目: 辽宁省教育厅科学技术研究项目 (L2010491)

* E-mail: bixiaoying@yahoo.com.cn

flowers, the stamen, the style, the fructification and the seeds were quite different from their parents. The chromosome numbers of F_1 and their parents were all $2n = 2x = 32$, and the karyotype types were all 1B, the hybrids were conservative in chromosome number and karyotype type comparing with their parents.

Key words: *Iris dichotoma*; *Belamcanda chinensis*; intergeneric hybridization; compatibility; hybrid identification

植物种间或属间远缘杂交是育种的主要手段之一。迄今为止, 鸢尾属植物远缘杂种多为种间杂交获得 (Yabuya & Yamagata, 1980; Yabuya, 1985; 黄苏珍 等, 1998; 周永红 等, 2003)。Shimizu 等 (1999) 利用德国鸢尾 (*Iris germanica* L.) 和玉蝉花 (*Iris ensata* Thunb.) 体细胞杂交获得了杂种。Chimphamba (1973) 利用野鸢尾 (*Iris dichotoma* Pall.) 和射干 (*Belamcanda chinensis* L.) 进行常规杂交获得了属间杂种。但有关野鸢尾和射干属间杂交方面的研究未见后续报道。

野鸢尾和射干分别属于鸢尾科 (Iridaceae) 鸢尾属 (*Iris*) 和射干属 (*Belamcanda*), 均原产中国, 广泛分布于东北、华北、西北、华中、华东等地, 具有耐寒、耐旱、耐瘠薄、花期长等特点, 是优良的育种材料。作者对东北和西北地区的野鸢尾进行考察和资源收集, 发现野鸢尾在花色、花径、株高、花期等方面有丰富的变异, 但花朵开放时间均在下午 3:00 附近。射干与野鸢尾同科异属, 且形态近似 (傅国立, 1999), 花朵开放时间清晨。通过杂交, 有可能将射干的清晨开花性状转入野鸢尾中, 得到花朵清晨开放的杂种后代。目前国内对这两种花卉的研究多集中在引种栽培 (卢明艳 等, 2009), 生物学特性 (刘强, 2005), 孢粉学 (杨瑞林, 2002), 核型分析 (毛节锜和薛祥骥, 1986; 王冰 等, 1998; 王宏 等, 2007) 和分子生物学 (黄芸 等, 2002; 张敏和黄苏珍, 2008) 等方面, 二者杂交亲和性的研究尚未见相关报道。本试验中以野鸢尾和射干为试材进行正反交, 通过对花粉萌发和花粉管伸长以及胚胎发育进行观察, 研究其杂交亲和性, 并对所得属间杂种进行形态学和细胞学鉴定, 为充分利用我国特有的鸢尾属资源进行远缘杂交育种奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料及其杂交试验

野鸢尾采自内蒙古左后旗, 射干采自沈阳市植物园。试验在沈阳农业大学花卉基地进行。2009 年 7 月进行正交、反交及自交, 2009 年 9 月收获种子, 2009 年 10 月在温室内播种, 2010 年 5 月移入大田。

母本开花前 1 d 去雄套袋, 采集的父本花药于阴凉干燥处自然散粉。于开花当天上午 8:00—10:00 对射干进行授粉, 15:00—16:00 对野鸢尾进行授粉。采用常规授粉方法, 授粉后套袋。25 d 后对杂交所得蒴果进行调查, 记录结实率及有胚率, 作为判断杂交亲和性的指标。

结实率 (%) = 成熟的蒴果数/授粉数 $\times 100$; 有胚率 (%) = 有胚的种子/种子数 $\times 100$ 。

1.2 花粉萌发和花粉管行为的荧光显微观察

授粉后射干取样时间为 0、2、4、6、8、10 和 12 h, 野鸢尾为 0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5 和 4.0 h。FAA 固定液 (甲醛:冰醋酸:70%酒精 = 1:1:18 体积比) 固定 24 h 以上, 每处理 5 朵。之后用蒸馏水冲洗花柱和子房, 然后将样品放入 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液中, 60°C 下水浴软化至透明, 用蒸馏水清洗 3 次, 0.1% 水溶性苯胺蓝 ($0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ K_3PO_4) 溶液中染色 24 ~ 48 h, BH-2 型 Olympus 荧光显微镜下观测、记录、拍照。

1.3 胚及胚乳发育过程石蜡切片观察

分别取授粉后 3 d 和 6 d 的膨大子房，9、15、21 和 27 d 的种子用 FAA 固定、保存，采用常规石蜡切片法对胚胎发育过程进行观察。

1.4 野鸢尾 × 射干杂种后代形态学和细胞学鉴定

随机选取亲本及 F₁ 各 20 株，观察测量并记录生长高峰期的株高，叶宽，开花期，花特性（冠幅、花色、旗瓣、垂瓣、花柱分枝状态、花药颜色），果实和分蘖情况。

于上午 9: 00—12: 00 取试材生长旺盛的根尖 1 ~ 1.5 cm，水洗后放入 0.002 mol · L⁻¹ 的 8- 羟基喹啉溶液中黑暗预处理 2 ~ 2.5 h。将预处理之后的材料转入卡诺氏 I 固定液（冰乙酸：无水乙醇 = 1: 3）4 °C 下固定 2 ~ 24 h，若将其保存则转入 70% 的乙醇溶液中置于 4 °C 的冰箱内留备用。取出固定的根尖，水洗数分钟后用滤纸吸去多余水分，室温条件下 5 mol · L⁻¹ HCl 解离 8 ~ 10 min。充分水洗后切取根尖生长点部分，卡宝品红染色压片，Motic BA400 下观察、拍照、计数。

核型分析按李懋学和陈瑞阳（1985）的标准。根据染色体的长度给出染色体编号，最长的染色体编为 1 号染色体，依次排列，最短的染色体编为末号，等长的染色体把短臂长的染色体排在前面。排好后得到染色体核型图，然后绘制染色体核型模式图。

2 结果与分析

2.1 野鸢尾和射干杂交结实情况

野鸢尾和射干两个自交组合的结实率都达 100%，有胚率分别为 79.8% 和 96.5%，不存在自交不亲和的现象。与自交相比，正、反交两个组合的结实率和有胚率均较低，且正、反交存在差异。其中野鸢尾 × 射干结实率虽然低，为 48.1%，但有胚率较高，为 69.3%，表明不亲和障碍主要发生在受精前；而射干 × 野鸢尾结实率虽然较高，但有胚率低，分别 87.9% 和 54.3%。表明受精后杂种胚在发育过程中受到阻碍。

表 1 野鸢尾和射干正反交与自交的结实性的比较
Table 1 Comparison of fertility between intergeneric crossing and self-crossing of *I. dichotoma* and *B. chinensis*

组合 Cross combination	授粉数 Number of pollination	坐果数 Number of capsule	结实率/% Capsule setting	种子数 Number of seeds	含胚种子数 Number of seeds with embryo	有胚率/% Embryo rate	萌发率/% Germination rate
野鸢尾自交 <i>I. dichotoma</i> self-crossing	20	20	100.0	1561	1246	79.8	98.5
射干自交 <i>B. chinensis</i> self-crossing	20	20	100.0	451	435	96.5	13.2
野鸢尾 × 射干 <i>I. dichotoma</i> × <i>B. chinensis</i>	77	36	48.1	2427	1655	69.3	92.4
射干 × 野鸢尾 <i>B. chinensis</i> × <i>I. dichotoma</i>	58	51	87.9	466	253	54.3	-

2.2 野鸢尾和射干属间杂交及自交花粉管行为的荧光观察

野鸢尾自交 0.5 h 后花粉管在通道内分布均匀（图 1，A），有的已到达花柱的底端（图 1，B），但数量较少，3.5 h 后子房内的花粉管数量增多（图 1，C），观察胚珠内有受精现象出现（图 1，D）。野鸢尾 × 射干授粉后，部分花粉管在柱头或花粉粒上缠绕或不萌发（图 1，E）。

射干自交授粉 4 h 后受精，在胚珠中可以看到花粉管的出现（图 1，F）。射干 × 野鸢尾授粉后，野鸢尾花粉在射干柱头上可以萌发，但柱头出现前胼胝质现象（图 1，G），且花粉管生长较自交慢，8 h 后才看到花粉管进入胚珠（图 1，H）。

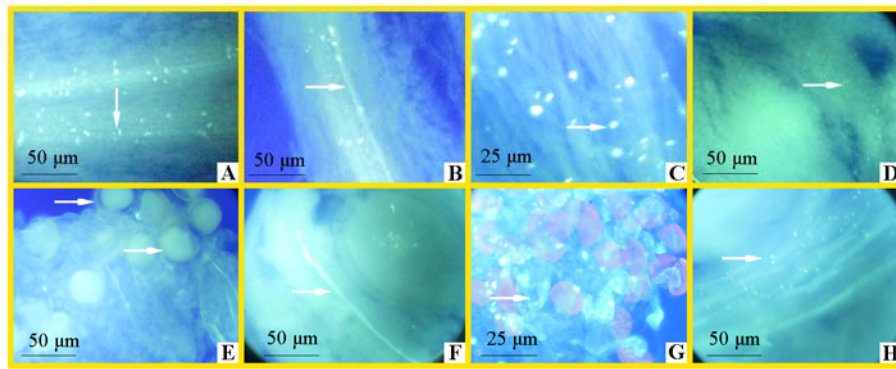


图 1 野鸢尾与射干正反交及自交授粉后花粉管生长情况

A~D: 野鸢尾自交 (A: 花粉均匀萌发; B: 子房内有少量花粉管; C: 花粉管进入子房; D: 完成受精); E: 野鸢尾 × 射干花粉管萌发后在花粉粒上缠绕; F: 射干自交花粉管进入胚珠; G、H: 射干 × 野鸢尾 (G: 柱头胼胝质反应; H: 花粉管进入胚珠)。

Fig. 1 Pollen tube behaviors of the reciprocal crosses and self of between *I. dichotoma* and *B. chinensis*

A~D: *I. dichotoma* selfing (A: Pollen germinated; B: Little pollen tube in ovaries; C: Pollen tubes arrived at ovaries; D: Self fertilization finished); E: Pollen tubes around the pollen grains in *I. dichotoma* × *B. chinensis*; F: Pollen tubes in ovules after *B. chinensis* selfed;

G, H: *B. chinensis* × *I. dichotoma* (G: Callose responses on the stigma; H: pollen tubes entered into ovules) .

2.3 野鸢尾与射干属间杂交及自交胚胎发育过程石蜡切片观察

野鸢尾自交授粉后 3 d, 大部分胚囊完成了双受精, 但在极少量胚囊中未见到卵细胞与极核。授粉后 6 d, 合子继续发育, 初生胚乳核已经进行了有丝分裂形成游离胚乳核 (图 2, A)。授粉后 9 d,

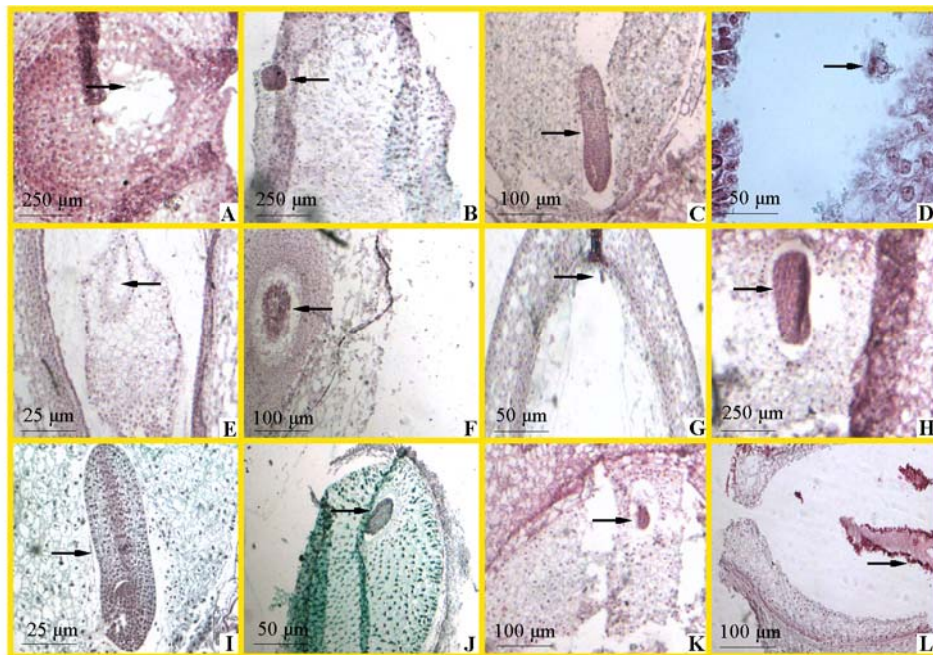


图 2 野鸢尾与射干正反交及自交授粉后胚生长情况

A~C: 野鸢尾自交授粉 (A: 6 d, 形成游离胚乳核; B: 9 d, 形成球形胚; C: 21 d, 胚发育成熟); D~F: 野鸢尾 × 射干 (D: 3 d, 形成受精极核; E: 9 d, 形成胚乳细胞壁; F: 27 d, 形成盾形胚); G~I: 射干自交 (G: 3 d, 双受精完成; H: 15 d, 早期成熟胚; I: 21 d, 胚完全成熟); J~L: 射干 × 野鸢尾 (J: 15 d, 形成盾形胚; K: 21 d, 珠孔端胚解体; L: 27 d, 胚完全解体)。

Fig. 2 Embryos development of the reciprocal crosses and self of between *I. dichotoma* and *B. chinensis*

A~C: *I. dichotoma* selfing (A: Free endosperm nucleus after 6 d; B: Embryo development after 9 d; C: 21 d, mature embryo); D~F: *I. dichotoma* × *B. chinensis* (D: 3 d, fertilizaion of paler nucleus; E: Cell wall of endosperm after 9 d; F: 27 d, scutellum-shaped embryo);

G~I: *B. chinensis* selfing (G: 3 d, double fertilization; H: 15 d, early mature embryo; I: 21 d, mature embryo); J~L: *B. chinensis* × *I. dichotoma* (J: 15 d, scutellum-shaped embryo; K: Embryo disintegrated after 21 d; L: Embryo broken up totally after 27 d) .

形成球形胚，胚乳分裂过程基本完成（图 2，B）。授粉后 21 d 胚发育成熟，形成成熟胚及完整的胚乳（图 2，C）。

野鸢尾 × 射干的胚胎发育进程和野鸢尾自交基本一致，授粉后 3 d 形成受精极核，但未观察到卵子的受精过程（图 2，D）。胚的发育时间较晚，9 d 后胚乳已形成细胞壁（图 2，E），胚才开始发育。27 d 后，仅观察到胚发育至盾形胚阶段（图 2，F），此时野鸢尾自交胚已发育完全。

射干自交授粉后 3 d，部分胚囊发生双受精。胚发育成四胞原胚（图 2，G）。此后胚及胚乳生长迅速，15 d 时观察到早期成熟胚（图 2，H），21 d 后胚完全成熟（图 2，I）。

射干 × 野鸢尾的花粉管授粉后进入子房完成双受精，15 d 时发育成盾形胚（图 2，J），但随后 21 d 时在珠孔端出现胚的解体现象（图 2，K），27 d 后胚完全解体（图 2，L），这与射干 × 野鸢尾杂交结实情况一致，表明不亲和障碍主要存在于受精后。

2.4 野鸢尾 × 射干属间杂交 F₁ 代形态鉴定

野鸢尾 × 射干属间杂种 F₁ 代植株间形态上差异不大。由表 2 可知，F₁ 的株高、开花时间、分蘖能力、花冠幅（图 3，A）都介于野鸢尾和射干之间，但由于野鸢尾和射干均为 2 年生植株，所以 F₁ 在分蘖上的优势不能完全表现出来，有待进一步观察。F₁ 开花时间比较统一，均在 8：00—9：00 开花，18：00 附近闭合，不同于亲本观赏时间。

表 2 杂种 F₁ 与其父母本的部分形态性状比较
Table 2 Morphological differences between F₁ hybrid and their parents

材料 Materials	株高/cm Plant height	叶宽/cm Leaf width	分蘖/个 Tiller/bud	花冠幅/cm Crown diameter	开花期/M Flowering stage	开花闭花时间 Flowering time	结果期/M Fruit-setting stage
野鸢尾 <i>I. dichotoma</i>	55.9 ± 0.42	2.80 ± 0.76	4.55 ± 0.54	3.62 ± 0.45	6—8	14：00—20：00	7—9
射干 <i>B. chinensis</i>	75.9 ± 0.20	2.83 ± 0.79	9.40 ± 1.17	5.55 ± 0.76	7—9	6：00—17：00	8—10
野鸢尾 × 射干 <i>I. dichotoma</i> × <i>B. chinensis</i>	69.9 ± 1.58	3.62 ± 0.39	6.35 ± 0.98	4.22 ± 0.18	6—9	8：00—18：00	7—10

杂种的花期和果期较亲本有所延长，叶宽（图 3，B）则大于亲本。F₁ 的根状茎更偏向于野鸢尾，呈匍匐茎。花形与野鸢尾相似，外花被向外反折，内花被顶端微凹，花色为蓝紫色（图 3，A、C、D）。F₁ 垂瓣上面的斑点与底纹因植株不同而不同，这与野鸢尾相似。

F₁ 花柱分枝较野鸢尾小，并且为中部分裂（图 3，E）。野鸢尾的雄蕊颜色为淡黄色，射干的雄蕊为橙色，F₁ 为黄色，部分雄蕊还带有黑边（图 3，F）。

野鸢尾果实呈长柱形，种子为褐色不规则椭圆形，表面有褶皱无光泽，并带有小翅；射干果实呈椭圆形，种子为黑色，近球形，表面有光泽，种子无小翅；F₁ 的果实呈椭圆形，所得种子为褐色或者全黑色，不规则椭圆形，表面有褶皱有光泽但无小翅（图 3，G、H）。

2.5 野鸢尾 × 射干杂交 F₁ 代细胞学鉴定

F₁（*I. dichotoma* × *B. chinensis*）及亲本各选取 30 个清晰的有丝分裂中期图（图 4），其中 F₁ 有 84% 的染色体数为 2n = 2x = 32，与父母本相同。

F₁ 染色体相对长度变化范围在 9.12 ~ 3.96 之间，也是介于父本 9.02 ~ 4.39 和母本 9.24 ~ 4.00 之间；最长与最短染色体的比值为 2.30，平均臂比为 1.53，臂比值大于 2 的染色体占全部染色体的比例为 0；核型类型同父母本，均属于 1B 型。

野鸢尾的核型公式为 2n = 2x = 32 = 20m + 12sm，射干核型公式为 2n = 2x = 32 = 26m + 6sm，F₁（*I. dichotoma* × *B. chinensis*）核型公式为 2n = 2x = 32 = 28m + 4sm。



图 3 F_1 ($I. dichotoma \times B. chinensis$) 和亲本的花、果实及种子

A: 花型; B: 叶片; C: 外花被; D: 内花被; E: 雌蕊; F: 雄蕊; G: 果实; H: 种子; I: F_1 植株。

Fig. 3 Comparison of floral organs, fructification and seeds among F_1 ($I. Dichotoma \times B. chinensis$) and their parents

A: Flower patterns; B: Leaves; C: Exoperigon; D: Perianth segments; E: Style; F: Stamen; G: Fructification; H: Seed; I: F_1 ($I. dichotoma \times B. chinensis$) plant.

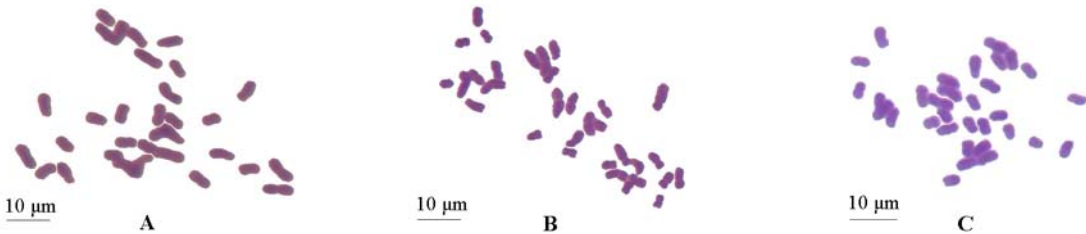


图 4 野鸢尾和射干及其 F_1 ($I. dichotoma \times B. chinensis$) 有丝分裂中期染色体图

A: 野鸢尾; B: F_1 ($I. dichotoma \times B. chinensis$); C: 射干。

Fig. 4 The mitotic phase of F_1 ($I. dichotoma \times B. chinensis$) and their parents

A: $I. dichotoma$; B: F_1 ($I. dichotoma \times B. chinensis$); C: $B. chinensis$.

3 讨论

本试验中发现野鸢尾和射干属间正、反交的结实率及有胚率明显低于自交，且正、反交的亲性和性存在较大差异。在以野鸢尾为母本的组合中，射干的花粉粒较大，野鸢尾的柱头和乳突细胞较小，花粉不萌发或花粉萌发后花粉管缠绕柱头，所以父、母本形态上的差异使得父本花粉无法有效地在柱头上附着和萌发，影响花粉管的正常生长，造成结实率较低。但是以射干为母本的组合中，射干柱头和乳突细胞较大，野鸢尾的花粉管生长正常，结实率较高。这与蔡明等（2010）研究的花粉和柱头形态对紫薇与散沫花杂交亲和性的影响结果相同。

杂交亲和性的强弱一定程度上能反映种间亲缘关系的远近。有研究表明, 鸢尾远缘杂交普遍存在着不亲和性。这些不亲和性主要表现为受精前障碍和受精后杂种胚的败育, 一些组合即使通过胚抢救获得杂交种, 杂种后代的育性也很差 (Yabuya, 1980、1985; 周永红 等, 2003; 毕晓颖 等, 2011)。但野鸢尾和射干属间正、反交组合均可结实并得到杂交种子, 彼此亲和性较好, 而且 F_1 结实性良好, 这与 Chimphamba (1973) 得到的结果相同, 表明野鸢尾和射干之间相比其他鸢尾属有着更为亲密的亲缘关系。核型分析也表明两亲本与杂种 F_1 代之间有许多相似之处: 染色体数均为 32, 核型类型均为 1B 型, 染色体相对长度变化范围相似, 这从细胞学进一步证明二者亲缘关系较近, 可能具有共同的起源, 这可能也是二者杂交亲和性良好的一个主要原因 (Watanabe, 1977; Buitendijk et al., 1995; 李辛雷和陈发棣, 2004)。但要得到更加可靠的证据, 尚需对杂交 F_1 进一步研究其花粉母细胞减数分裂, 并利用 FISH 等更多其他手段来验证二者染色体的同源性。

目前, 野鸢尾和射干的分类地位及归属问题仍然存在一定的争议。我国一直依据传统形态学将射干归入射干属, 野鸢尾归入鸢尾属野鸢尾亚属 (赵毓棠, 1985)。Dykes-Diels 系统把它收入 Sect. *Pardanthopsis* 组中; Lawrence 则把它放在 Subsect. *Pardanthopsis*; Rodionenko 则将其列入 Subgen. *Pardanthopsis* 中 (谢航, 1996)。Chimphamba (1973) 认为应该新建一个包含野鸢尾和射干的媒介单型属来连接射干属和鸢尾属, 而 Mathew (1981) 则认为新成立一个属 Genus *Pardanthopsis*, Goldblatt 和 Mabberley (2005) 将射干归入鸢尾属。本研究结果也证实了二者有着较近的亲缘关系, 所以借鉴国际上对二者的分类, 建议将射干划分到鸢尾属内。

综上所述, 本研究中经过形态学和细胞学鉴定杂种为野鸢尾和射干属间真杂种, 成功实现了射干清晨开花以及花色等性状的转移, 创造了新型植物材料。但杂种后代花色单一, 可进一步进行自交以及不同花色野鸢尾回交来提高观赏价值。野鸢尾和射干的属间杂交的成功也为鸢尾种质创新和遗传改良开辟了新材料。

References

- Chimphamba B B. 1973. Intergeneric hybridization between *Iris dichotoma* Pall. and *Belamcanda chinensis* Leman. *Cytologia*, 38: 539 - 547.
- Buitendijk J H, Pinsonneaux N, van Donk A C, Ramanna M S, van Lammeren A A M. 1995. Embryo rescue by half-ovule culture for production of interspecific hybrids in *Alstroemeria*. *Scientia Horticulturae*, 64: 65 - 75.
- Bi Xiao-ying, Lou Qi, Zheng Yang. 2011. Studies on compatibility of interspecific hybridization between *Iris lacteal* Pall. var. *chinensis* Koidz. and *I. sanguinea* Hornem. *Acta Horticulturae Sinica*, 38 (5): 977 - 984. (in Chinese)
- 毕晓颖, 娄 琦, 郑 洋. 2011. 马蔺与溪荪种间杂交亲和性研究. *园艺学报*, 38 (5): 977 - 984.
- Cai Ming, Meng Rui, Pan Hui-tang, Zhang Qi-xiang, Gao Yi-ke, Sun Ming, Wang Xue-feng, Wang Xiao-yu. 2010. Intergeneric cross- compatibility between *Lagerstroemia* and *Lawsonia*. *Acta Horticulturae Sinica*, 37 (4): 637 - 642. (in Chinese)
- 蔡 明, 孟 锐, 潘会堂, 张启翔, 高亦珂, 孙 明, 王学风, 王晓玉. 2010. 紫薇属与散沫花属远缘杂交亲和性的研究. *园艺学报*, 37 (4): 637 - 642.
- Fu Li-guo. 1999. *Flora of China* (13). Qingdao: Qingdao Publishing House. (in Chinese)
- 傅立国. 1999. 中国高等植物 (第十三卷). 青岛: 青岛出版社.
- Goldblatt P, Mabberley D J. 2005. *Belamcanda* included in *Iris*, and the new combination *I. domestica* (Iridaceae: Irideae). *Novon*, 15 (1): 128 - 132.
- Huang Yun, Qin Min-jian, Yang Guang, Xu Luo-shan, Zhou Kai-ya. 2002. Identification of *Belamcanda chinensis* and related Chinese materia medica of *Iris* L. by RAPD analysis. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 33 (10): 935 - 936. (in Chinese)
- 黄 芸, 秦民坚, 杨 光, 徐璐珊, 周开亚. 2002. RAPD 法鉴定射干类中药. *中草药*, 33 (10): 935 - 936.
- Huang Su-zhen, Gu Yin, Han Yu-lin. 1998. The hybridization of *Iris* spp. *Journal of Plant Resources and Environment*, 7 (1): 35 - 39. (in Chinese)
- 黄苏珍, 顾 姻, 韩玉林. 1998. 鸢尾属 (*Iris* L.) 植物的杂交育种. *植物资源与环境*, 7 (1): 35 - 39.

- Li Mao-xue, Chen Rui-yang. 1985. A suggestion on the standardization of karyotype analysis in plants. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 3 (4): 297 – 302. (in Chinese)
- 李懋学, 陈瑞阳. 1985. 关于植物核型的标准化问题. *武汉植物研究*, 3 (4): 297 – 302.
- Li Xin-lei, Chen Fa-di. 2004. RAPD analysis of wild species, cultivars and interspecific hybrids in *Dendranthema*. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 27 (3): 29 – 33. (in Chinese)
- 李辛雷, 陈发棣. 2004. 栽培小菊、野生菊及菊属种间杂种的 RAPD 分析. *南京农业大学学报*, 27 (3): 29 – 33.
- Liu Qiang. 2005. Studies on biological characters of *Iris dichotoma* [M. D. Dissertation]. Harbin Northeast Forestry University. (in Chinese)
- 刘 强. 2005. 野鸢尾生物学特性的研究[硕士论文]. 哈尔滨: 东北林业大学.
- Lu Ming-yan, Bi Xiao-ying, Zheng Yang, Guan Jing-yang. 2009. Studies on seeds germination characteristics of *Iris dichotoma* Pallas. *Seed*, 28 (7): 90 – 93. (in Chinese)
- 卢明艳, 毕晓颖, 郑 洋, 关景洋. 2009. 野鸢尾种子萌发特性的研究. *种子*, 28 (7): 90 – 93.
- Mao Jie-qi, Xue Xiang-ji. 1986. Chromosome numbers of thirteen *Iridaceous* species from Zhejiang Province. *Journal of Zhejiang Agricultural University*, 12 (1): 97 – 101. (in Chinese)
- 毛节琦, 薛祥骥. 1986. 浙江几种鸢尾科植物的染色体. *浙江农业大学学报*, 12 (1): 97 – 101.
- Mathew B. 1981. *The Iris*. London: B T Batsford Ltd.
- Shimizu K, Miyabe Y, Nagaike H. 1999. Production of somatic hybrid plants between *Iris ensata* Thunb. and *I. germanica* L. *Euphytica*, 107 (2): 105 – 113.
- Wang Bing, Xu Yan, Zheng Tai-kun, Xu Xing-jia, Yi Hai-bo. 1988. Karyotype analysis on *Iris dichotoma*. *Chinese Pharmaceutical Journal*, 33 (12): 716 – 719. (in Chinese)
- 王 冰, 徐 岩, 郑太坤, 徐兴家, 尹海波. 1988. 射干鸢尾的核型分析. *中国药学杂志*, 33 (12): 716 – 719.
- Wang Hong, Shen Xiao-hui, Guo Ying. 2007. Karyotype analysis and taxonomic status of *Iris dichotoma*. *Journal of Shanghai Jiao Tong University: Agricultural Science*, 25 (3): 289 – 292. (in Chinese)
- 王 宏, 申晓辉, 郭 瑛. 2007. 野鸢尾染色体核型分析及其分类地位探讨. *上海交通大学学报: 农业科学版*, 25 (3): 289 – 292.
- Watanabe K. 1977. Successful ovary culture and production of F₁ hybrids and androgenic haploids in Japanese *Chrysanthemum* species. *The Journal of Heredity*, 68 : 317 – 320.
- Xie Hang. 1996. Discussion of some taxa and revision of the classification system of Chinese iris [Ph. D. Dissertation]. Jilin: Northeast Normal University. (in Chinese)
- 谢 航. 1996. 中国鸢尾属有关分类群的讨论及属下分类系统的修订[博士论文]. 吉林: 东北师范大学.
- Yabuya T, Yamagata H. 1980. Elucidation of seed failure and breeding of F₁ hybrid in reciprocal crosses between *Iris ensata* Thunb. and *I. laevigata* Fisch. *Japan J Breed*, 30 (2): 139 – 150.
- Yabuya T. 1985. Amphidiploids between *Iris laevigata* Fisch. and *I. ensata* Thunb. induced through *in vitro* culture of embryos treated with colchicine. *Japan J Breed*, 35: 136 – 144.
- Zhao Yu-tang. 1985. *Flora of China*. Beijing: Science Press. (in Chinese)
- 赵毓堂. 1985. 中国植物志. 北京: 科学出版社.
- Yang Rui-lin. 2002. Examination on pollen morphology of *Belamcanda chinensis* (L.) DC. and *Iris lactea varchinensis* Koidz. *Guihaia*, 22 (3): 237 – 238. (in Chinese)
- 杨瑞林. 2002. 射干和马蔺的花粉形态. *广西植物*, 22 (3): 237 – 238.
- Zhang Min, Huang Shu-zhen. 2008. RAPD analysis on some germplasm of *Iris* L. plants. *Acta Bot Boreal Occident Sin*, 28 (5): 933 – 939. (in Chinese)
- 张 敏, 黄苏珍. 2008. 鸢尾属部分植物种质资源的 RAPD 分析. *西北植物学报*, 28 (5): 933 – 939.
- Zhou Yong-hong, Wu Bi-hua, Yan Ji. 2003. Cytogenetic study on the interspecific hybrid between *Iris japonica* and *Iris confusa* (Irisaceae). *Acta Botanica Yunnanica*, 25 (4): 497 – 502. (in Chinese)
- 周永红, 伍碧华, 颜 济. 2003. *Iris japonica* × *Iris confusa* 种间杂种的细胞遗传学研究. *云南植物研究*, 25 (4): 497 – 502.