

## 优良山茶属植物杂交育种研究

韦晓娟, 杨卓颖, 张 幸, 武建云, 伍思宇, 梁晓静, 林 茂

广西壮族自治区林业科学研究院/广西特色经济林培育与利用重点实验室, 广西南宁 530002

**摘 要:** 为培育出观赏价值高的山茶新品种, 开展山茶属植物组内、组间的杂交育种研究, 以金花茶组 (Sect. *Chrysantha* Chang)、红山茶组 [Sect. *Camellia* (L.) Dyer]、古茶组 (Sect. *Archecamellia* Sealy)、油茶组 (Sect. *oleifera* Chang)、离生雄蕊组 (Sect. *Corallina* Sealy)、越南茶组 [Sect. *Piquatia* (Pierre) Sealy] 的部分种及品种共 14 个, 设计 42 个杂交组合, 其中组内杂交 8 个, 组间杂交 24 个, 正反交组合 10 个。结果表明: 42 个组合共授粉 2016 朵, 座果 274 个, 座果率为 13.6%, 收获杂交果 72 个, 结实率为 3.57%, 种子 199 粒, 获得杂交苗 104 株, 出苗率为 52.26%。宛田红花油茶♀×广宁红花油茶♂获得的杂交苗数量最多, 达 45 株, 其次是广宁红花油茶♀×宛田红花油茶♂, 得苗 14 株。多数杂交苗叶片大小、形状、光泽处于父母本的中间性状, 远缘杂交获得的杂交幼苗表现出一些可以作为早期鉴别杂交苗真实性的特征; 宛田红花油茶♀×广宁红花油茶♂、宛田红花油茶♀×越南抱茎茶♂、宛田红花油茶♀×普通金花茶♂组合的杂交亲和性较好, 授粉数量分别为 32、30、53, 结实率分别为 12.5%、10.0%、22.6%, 授粉数量越多, 结实率则越高, 代表性更强。组内杂交、组外远缘杂交均显示宛田红花油茶和广宁红花油茶不论作为父本或母本开展杂交育种, 可育性均较高, 是优良的杂交亲本。越南抱茎茶不论作为父本或母本, 与金花茶组植物杂交亲和性均较好。普通金花茶、香花油茶在作为父本可育性强, 表明普通金花茶和香花油茶则适合作为杂交父本。

**关键词:** 山茶属; 杂交育种; 座果率; 结实率; 可育性; 杂交苗

中图分类号: S685.14

文献标志码: A

## Hybrid Breeding of Excellent *Camellia* Plants

WEI Xiaojuan, YANG Zhuoying, ZHANG Xing, WU Jianyun, WU Siyu, LIANG Xiaojing, LIN Mao

Guangxi Forestry Research Institute / Guangxi Key Laboratory of Special Non-wood Forest Cultivation & Utilization, Nanning, Guangxi 530002, China

**Abstract:** Crossbreeding research for *Camellia* species groups and intragroups was carried out to breed new varieties of *Camellia* with high ornamental value. A total of 14 species and varieties from Sect. *Chrysantha* Chang, Sect. *Camellia* (L.) Dyer, Sect. *Archecamellia* Sealy and Sect. *oleifera* Chang, Sect. *Corallina* Sealy were used to design 42 hybridization combinations, including 8 hybridization of species groups, 24 intragroup hybridization and 10 reciprocal hybridization combinations. 274 setting fruits from 2016 flowers pollinated in 42 combinations were observed, and the percentage of fruit setting rate was 13.6%. 72 hybrid fruits were harvested, and the setting rate was 3.57%. 104 hybrid seedlings were obtained from the 199 seeds harvested, and the seedling emergence percentage was 52.26%. The combination of *C. polyodonta*♀×*C. semiserrata*♂ had the highest number of hybrid seedlings, reaching 45, followed by *C. semiserrata*♀×*C. polyodonta*♂ with 14 hybrid seedlings, *C. polyodonta*♀×*C. amplexicaulis*♂ with 13 hybrid seedlings. The size, shape and luster of the leaves of most hybrid seedlings were in the middle of the parents, and the hybrid seedlings obtained from distant hybridization often showed some characteristics that could be used as early identification of the authenticity of hybrid seedlings. The compatibility of *C. polyodonta*♀×*C. semiserrata*♂, *C. polyodonta*♀×*C. amplexicaulis*♂, and *C. polyodonta*♀×*Camellia chrysantha*♂ hybrid combinations was good, with pollination numbers of 32, 30, and 53, respectively, and seed setting rates of 12.5%, 10.0%, and 22.6%, respectively. More pollination numbers led higher seed setting rate and stronger representativeness. *C. polyodonta* and *C. semiserrata* could be used as paternal or

收稿日期 2024-07-29; 修回日期 2024-09-24

基金项目 广西重点研发计划项目 (桂科 AB23026090); 广西特色经济林培育与利用重点实验室课题资助项目 (No. JA-22-02-01)。

作者简介 韦晓娟 (1972—), 女, 学士, 正高级工程师, 研究方向: 山茶、金花茶等特色经济林栽培与育种; E-mail: weixjuan@126.com。

maternal to cross breeding, which showing a high reproduction in the inside group of hybridization and outside group of distant hybridization. *C. polyodonta* and *C. semiserrata* were good hybrid parents. whether *C. amplexicaulis* as paternal or maternal parent, there was good cross compatibility with Sect. *C. chrysantha* and *C. osmantha* were suitable as paternal parents.

**Keywords:** *Camellia*; crossbreeding; fruit setting rate; seed setting rate; fertility; hybrid seedlings

**DOI:** 10.3969/j.issn.1000-2561.2025.01.009

全球山茶属 (*Camellia* L.) 植物种类已达 280 个左右, 我国华中、华南和西南的亚热带地区是山茶属的现代分布中心, 物种资源非常丰富, 在 280 个已命名的山茶属植物种类中就有 238 个原产我国, 占总数的 85%<sup>[1]</sup>。山茶物种中含有大量珍稀基因, 是培育珍稀茶花品种必不可少的种质资源, 其属内很多物种具有极高观赏价值, 为培育茶花新品种提供了天然的基因库<sup>[2-4]</sup>。目前, 我国的山茶工作者和爱好者开展山茶杂交育种研究采用的育种材料大多以红山茶、金花茶的原种及品种<sup>[5-12]</sup>为亲本, 早在 20 世纪 70 年代初, 陈俊愉<sup>[9]</sup>和吴丽君等<sup>[10]</sup>开展了以金花茶为亲本的远缘杂交研究, 培育出了金背丹心、新黄、冬月、黄达、黄绣球等著名山茶杂交新品种, 丰富了我国的山茶品种, 但获得的杂交种花色仅为淡黄色或是其他颜色, 如新黄、冬月、黄达、黄绣球均为淡黄色, 而金背丹心花瓣带明显的红斑, 并未取得理想的“黄花色”的育种效果。金花茶杂交育种要实现培育出具有高观赏价值的黄色大花型、重瓣、带香气、适应性强的山茶花新品种, 非常有必要通过设计丰富的杂交组合, 改进杂交技术和优化杂交场所环境等措施, 提高杂交座果率、结实率, 并结合育苗措施, 最终获得优良杂交种。据文献资料报道, 当前开展的山茶杂交育种试验大部分局限在品种间或近缘种之间<sup>[6-7]</sup>, 属内组间甚至亚属间远缘杂交亲和性研究较少。山茶属植物是异花授粉植物, 具有自交不亲和特性, 不具有自交结实率, 因此开展远缘杂交育种无疑是利用本属优良原种获得新品种的重要手段<sup>[6]</sup>。大多数山茶属植物树形优美, 四季常青, 花朵艳丽, 是优良的庭院绿化观赏树种, 具有很高的观赏价值, 在城市绿化中被用作园林景观树、盆花、盆景、绿篱植物、地被植物、花墙、年宵花、插花及专类园。特别是一些具备优良性状的山茶, 如四季开花的山茶原种杜鹃红山茶 (*C. azalea*)<sup>[13]</sup>、越南抱茎茶 (*C. amplexicaulis*), 含有珍稀黄花色基因的金花茶组 (Sect. *Chrysantha*

Chang) 植物, 具有株型矮化和香味的连蕊茶组 (Sect. *Brachyandra* Chang) 和短柱茶组植物, 以及具有芳香、抗炭疽病、抗旱性、抗寒性等特性的油茶组茶梅、攸县油茶等<sup>[2]</sup>, 它们既是园林绿化植物中的佼佼者, 又是培育观赏价值高的山茶花的珍贵原始材料。因此, 为创制出具有黄花色、四季开花、株形和花型特异、抗逆性强的山茶新优种质, 本研究以金花茶组、红山茶组、古茶组、油茶组、离生雄蕊组、越南茶组的部分性状优良种及品种开展组内、组间杂交育种试验, 探讨山茶属不同组别之间的杂交亲和性和杂交可育性<sup>[14]</sup>, 筛选优良亲本及杂交组合, 获得杂交苗, 培育出观赏价值高的山茶新品种群。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 实验地概况 本试验在广西壮族自治区林业科学研究院山茶资源繁殖圃进行, 地处南宁市北郊, 北纬 22°56', 东经 108°21', 海拔 95 m, 亚热带季风气候区, 干湿季明显。≥10℃的年积温为 7200℃, 年均气温为 21.8℃, 极端最低温为 -1.5℃, 极端最高温为 39.4℃, 1月均温为 11.8℃, 7月均温为 27.6℃。雨季一般在 5—9月, 全年降雨量为 1347.2 mm。土壤为砂页岩发育而成的赤红壤, pH 4.5~6.0, 土壤肥力中等<sup>[7]</sup>。

1.1.2 材料来源 杂交亲本材料均来源于广西国家林木种质资源库金花茶、山茶花子库。选用的亲本包括金花茶组植物 7 个、古茶组植物 1 个、红山茶组植物 3 个、油茶组植物 1 个、离生雄蕊组 1 个、越南茶组 1 个, 共 14 种不同山茶属植物的优良单株作为杂交亲本 (表 1), 树龄均超过 8 a, 植株健壮。图 1 为本次杂交试验的部分观赏性状优良的杂交亲本。

### 1.2 方法

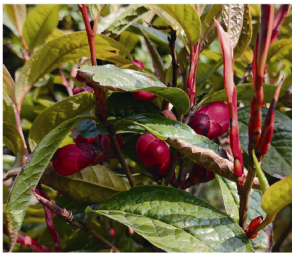
1.2.1 杂交试验设计 选择树势生长健壮、观赏价值高、抗病虫害能力强等性状优良的金花茶组、古茶组、红山茶组、油茶组、离生雄蕊组、越南

表 1 杂交亲本性状特征  
Tab. 1 Characteristic of cross parent

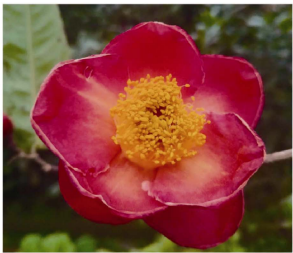
| 组别<br>Group | 杂交亲本<br>Hybrid parents                     | 开花时间<br>Flowering time | 花型<br>Flower shape | 花色<br>Flower colour | 亲本优良特性<br>Excellent characteristic of parents |
|-------------|--------------------------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------------------------|
| 金花茶组        | 普通金花茶<br><i>C. chrysantha</i>              | 12 月下旬至 3 月下旬          | 半重瓣形               | 金黄色                 | 花量大，适应性强                                      |
|             | 红顶金花茶<br><i>C. insularis Orel et Curry</i> | 1 月上旬至 2 月下旬           | 半重瓣形               | 金黄色                 | 花量大，适应性强                                      |
|             | 中东金花茶<br><i>C. achrysantha</i>             | 1 月上旬至 3 月中旬           | 半重瓣形               | 黄色                  | 花量大，适应性强                                      |
|             | 显脉金花茶<br><i>C. euphlebia</i>               | 12 月上旬至 2 月中旬          | 半重瓣形               | 黄色                  | 花期早，适应性强                                      |
|             | 小花金花茶<br><i>C. micrantha</i>               | 12 月上旬至 2 月中旬          | 单瓣形                | 淡黄色                 | 花期早，适应性强                                      |
|             | 柳叶金花<br><i>C. Liuye Jinhua</i>             | 12 月上旬至 2 月中旬          | 半重瓣形               | 淡黄色                 | 花期晚，花量大，适应性强                                  |
|             | 尖叶大金<br><i>C. Jianye Dajin</i>             | 12 月上旬至 2 月中旬          | 半重瓣形               | 淡黄色                 | 花期晚，花量大，适应性强                                  |
| 古茶组         | 越南抱茎茶<br><i>C. amplexicaulis</i>           | 四季开花                   | 半重瓣形               | 红色                  | 四季可取花粉杂交                                      |
| 红山茶组        | 广宁红花油茶<br><i>C. semiserrata</i>            | 1 月中旬至 2 月下旬           | 半重瓣形               | 红色                  | 座果率高，花大果大                                     |
|             | 宛田红花油茶<br><i>C. polyodonta</i>             | 12 月下旬至 2 月上旬          | 半重瓣形               | 深红色                 | 座果率高，花大果大                                     |
|             | 杜鹃红山茶<br><i>C. azealea</i>                 | 四季开花                   | 单瓣形                | 红色                  | 四季可取花粉杂交                                      |
| 油茶组         | 香花油茶<br><i>C. osmantha</i>                 | 12 月上旬至 2 月中旬          | 单瓣形                | 白色                  | 花量大，座果率高                                      |
| 离生雄蕊组       | 红花离蕊茶<br><i>C. rubriflora</i>              | 2 月下旬至 4 月上旬           | 半重瓣形               | 深红色                 | 花蕾、花色艳丽，观赏价值高                                 |
| 越南茶组        | 娟红 1 号<br><i>C. Junahong Yihao</i>         | 1 月下旬至 2 月中旬           | 半重瓣形               | 深红色                 | 叶形特异、花色艳丽，<br>观赏价值高                           |



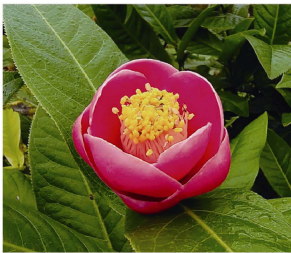
普通金花茶 *C. chrysantha*



红花离蕊茶 *C. rubriflora*



娟红1号 *C. 'Junahong Yihao'*



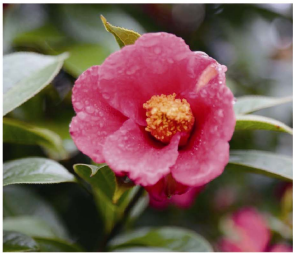
越南抱茎茶 *C. amplexicaulis*



柳叶金花 *C. 'Liuye Jinhua'*



红顶金花茶 *C. insularis*



宛田红花油茶 *C. polyodonta*



广宁红花油茶 *C. semiserrata*

图 1 部分观赏价值高的杂交亲本  
Fig. 1 Part of hybrid parents with high ornamental value

茶组植物作为杂交亲本。杂交试验在 2022 年 12 月上旬至 2023 年 3 月上旬进行,共设计杂交组合 42 个,其中组内杂交 8 个,组间杂交 24 个,正反交试验 5 组(10 个组合),每组合杂交 30~138 朵花。杂交所用花粉当天采集当天使用。在上午 9:00—12:00 选取母本树冠外围、无病虫害、发育健壮的花枝上处于蓬松期未散粉的花蕾作为授粉花朵。采用常规方法<sup>[7]</sup>进行授粉育种。

1.2.2 杂交效果比较、杂交亲和性分析 分别从组内杂交、组间杂交、正反交的座果率、结实率、收获种子数、出苗数等方面分析比较各组合的杂交效果、杂交亲和性,筛选优良杂交组合和优良亲本。杂交后,定期对各杂交组合的座果、果实发育情况进行观察记录,并于授粉后约 60~90 d (此时杂交果径大多约 1~2 cm,图 2)统计座果率(座果数/杂交花数×100%)。于 2023 年 11 月 3 日采收果实,统计收果数、收获籽粒数等数据,计算结实率(收果数/授粉数×100%)<sup>[14]</sup>。统计各组合播种的出苗率(出苗数/籽粒总数×100%)、出苗数/授粉数和测量苗木生长情况。数据采用 Excel 2007 软件进行统计处理。

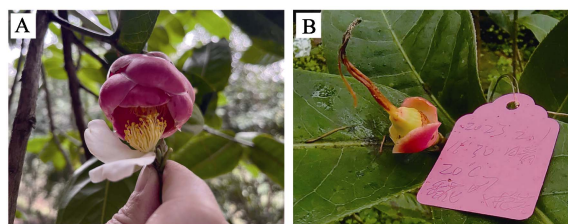


图 2 越南抱茎茶♀与香花油茶♂授粉过程 (A) 及杂交果 (B)

Fig. 2 Pollination process (A) and hybrid fruit (B) of *C. amplexicaulis* and *C. osmantha*

1.2.3 杂交苗培育及杂交苗早期鉴别 杂交种子采用常规沙藏催芽,萌芽后移栽到育苗袋,进行常规的水、肥管理和养护,观察种子的萌发情况。移栽 1 个月后,统计各杂交组合种子的发芽率,定期测量苗高,对苗期形态与父母本进行观察对比,开展早期鉴别,参照《植物新品种特异性、一致性、稳定性测试指导山茶属》(GB/T 26911—2011)<sup>[15]</sup>,通过对杂交 F<sub>1</sub> 代分别与杂交亲本从株形、花、叶等观赏性状进行形态评价对比,分析 F<sub>1</sub> 代与父母本的性状差异,分析 F<sub>1</sub> 代各项性状是介于父母本之间,或是趋向于亲本某一方,并识别 F<sub>1</sub> 代独具的新的特异性状。

## 2 结果与分析

### 2.1 杂交效果比较及杂交亲和性分析

2.1.1 杂交试验总体效果 本杂交试验亲本涉及山茶属 6 个不同组别的 14 个不同物种或品种,设计杂交组合 42 个,共授粉 2016 朵,授粉后约 60~70 d 观察到有 41 个组合在杂交早期均出现了座果情况,座果数量达 274 个,座果率为 13.60%。但由于杂交亲和性影响出现早期落果现象,最后仅收获杂交果 72 个,结实率为 3.57%,种子 199 粒,培育出苗木 104 株,出苗率为 52.26%。其中,红山茶 2 个组内杂交(组合 1、2)、红山茶组为母本的 5 个远缘杂交(组合 9、11、12、13、14)、金花茶组为母本的 2 个远缘杂交(组合 19、23)、油茶组为母本的 3 个远缘杂交(组合 25、29、30)、正反交试验中 2 个远缘正交组合(组合 35、37)、1 个反交组合(组合 40)成功获得了杂交苗。

2.1.2 组内杂交效果及杂交亲和性分析 由表 2 可知,组内杂交共 8 个组合,红山茶组之间的组内杂交 2 个,金花茶组内杂交 6 个,8 个组合在授粉初期均有座果,座果率在 4.2%~25.0%之间,表明 8 个组内杂交组合均有一定的亲和性,但仅有宛田红花油茶♀×广宁红花油茶♂(组合 1)获得杂交苗 45 株,广宁红花油茶♀×宛田红花油茶♂(组合 2)获得杂交苗 14 株,2 组出苗率分别达 88.2%和 77.8%,组合 1 的出苗数与授粉花数之比为 1.4,显著高于组合 2(为 0.4),表明组合 1 的育种效率高于组合 2。中东金花茶♀×普通金花茶♂、中东金花茶♀×尖叶大金♂共收获了 3 个杂交果,2 粒种子未能发芽,但也表明有一定的亲和性。普通金花茶♀×红顶金花茶♂、普通金花茶♀×显脉金花茶♂、普通金花茶♀×尖叶大金♂、中东金花茶♀×柳叶金花♂4 个组合未能获得杂交果,表明亲和性差。本次金花茶组内杂交试验显示亲和性较差。

#### 2.1.3 组间远缘杂交效果及杂交亲和性分析

(1) 红山茶组为母本的远缘杂交。由表 3 可知,以宛田红花油茶为母本的组合 4 个(编号 9~12),宛田红花油茶分别与普通金花茶、中东金花茶、香花油茶、越南抱茎茶的组合杂交亲和性总体上均较好,但宛田红花油茶♀×中东金花茶♂出现空籽或种子发育不良,未能获得苗木。宛田红花油茶♀×越南抱茎茶♂获得 13 株杂交苗,宛田红花油茶♀×普通金花茶♂获得 8 株杂交苗、宛田红花油

表 2 组内杂交效果及杂交亲和性分析

Tab. 2 Effect of hybridization of species groups and analysis of hybridization affinity

| 编号<br>No. | 杂交组合<br>Hybrid combination |                      | 授粉数<br>Number<br>of pol-<br>linated | 座果数<br>Fruit<br>setting<br>number | 座果率<br>Fruit<br>setting<br>rate/% | 收果数<br>Number<br>of fruits<br>harvested | 结实率<br>Fruit<br>rate/% | 籽粒总<br>数 Total<br>number<br>of seeds | 出苗数<br>Number<br>of seed-<br>lings | 出苗率<br>Seedlings<br>rate/% | 出苗数/授粉花数<br>Ratio of emer-<br>gence number to<br>pollination flower<br>number |
|-----------|----------------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|           | 母本<br>Maternal<br>parent   | 父本<br>Male<br>parent |                                     |                                   |                                   |                                         |                        |                                      |                                    |                            |                                                                               |
| 1         | 宛田红花油茶                     | 广宁红花油茶               | 32                                  | 8                                 | 25.0                              | 4                                       | 12.5                   | 51                                   | 45                                 | 88.2                       | 1.4                                                                           |
| 2         | 广宁红花油茶                     | 宛田红花油茶               | 39                                  | 4                                 | 10.3                              | 1                                       | 2.6                    | 18                                   | 14                                 | 77.8                       | 0.4                                                                           |
| 3         | 普通金花茶                      | 红顶金花茶                | 32                                  | 5                                 | 15.6                              | 0                                       | 0                      | 0                                    | 0                                  | 0                          | 0                                                                             |
| 4         |                            | 显脉金花茶                | 38                                  | 3                                 | 7.9                               | 0                                       | 0                      | 0                                    | 0                                  | 0                          | 0                                                                             |
| 5         |                            | 尖叶大金                 | 48                                  | 2                                 | 4.2                               | 0                                       | 0                      | 0                                    | 0                                  | 0                          | 0                                                                             |
| 6         | 中东金花茶                      | 普通金花茶                | 45                                  | 3                                 | 6.7                               | 1                                       | 2.2                    | 2                                    | 0                                  | 0                          | 0                                                                             |
| 7         |                            | 柳叶金花                 | 53                                  | 3                                 | 5.7                               | 0                                       | 0                      | 0                                    | 0                                  | 0                          | 0                                                                             |
| 8         |                            | 尖叶大金                 | 63                                  | 6                                 | 9.5                               | 2                                       | 3.2                    | 0                                    | 0                                  | 0                          | 0                                                                             |

表 3 红山茶组为母本的远缘杂交效果及杂交亲和性分析

Tab. 3 Effect of distant hybridization of Sect. *Camellia* (L.) Dyer as maternal and analysis of hybridization affinity

| 编号<br>No. | 杂交组合<br>Hybrid combination |                   | 授粉数<br>Number<br>of pol-<br>linated | 座果数<br>Fruit<br>setting<br>number | 座果率<br>Fruit<br>setting<br>rate/% | 收果数<br>Number<br>of fruits<br>har-<br>vested | 结实率<br>Fruit<br>rate/% | 籽粒总<br>数 Total<br>number<br>of seeds | 出苗数<br>Number<br>of seed-<br>lings | 出苗率<br>Seed-<br>lings<br>rate/% | 出苗数/授粉花数<br>Ratio<br>of emergence number to<br>pollination flower<br>number |
|-----------|----------------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|           | 母本<br>Maternal<br>parent   | 父本<br>Male parent |                                     |                                   |                                   |                                              |                        |                                      |                                    |                                 |                                                                             |
| 9         | 宛田红花                       | 普通金花茶             | 53                                  | 30                                | 56.6                              | 12                                           | 22.6                   | 18                                   | 8                                  | 44.4                            | 0.20                                                                        |
| 10        | 油茶                         | 中东金花茶             | 30                                  | 9                                 | 30.0                              | 3                                            | 10.0                   | 0                                    | 0                                  | 0                               | 0                                                                           |
| 11        |                            | 香花油茶              | 38                                  | 4                                 | 10.5                              | 4                                            | 10.5                   | 6                                    | 1                                  | 16.7                            | 0.03                                                                        |
| 12        |                            | 越南抱茎茶             | 30                                  | 6                                 | 20.0                              | 3                                            | 10.0                   | 30                                   | 13                                 | 43.3                            | 0.40                                                                        |
| 13        | 广宁红花                       | 香花油茶              | 35                                  | 3                                 | 8.6                               | 3                                            | 8.6                    | 13                                   | 2                                  | 15.4                            | 0.10                                                                        |
| 14        | 油茶                         | 普通金花茶             | 72                                  | 18                                | 25.0                              | 5                                            | 6.9                    | 13                                   | 4                                  | 30.8                            | 0.10                                                                        |
| 15        |                            | 红顶金花茶             | 30                                  | 1                                 | 3.3                               | 0                                            | 0                      | 0                                    | 0                                  | 0                               | 0                                                                           |
| 16        |                            | 娟红 1 号            | 36                                  | 2                                 | 2.4                               | 0                                            | 0                      | 0                                    | 0                                  | 0                               | 0                                                                           |

茶♀×香花油茶♂获得 1 株杂交苗，宛田红花油茶♀×越南抱茎茶♂出苗数与授粉花数之比为 0.40，宛田红花油茶♀×普通金花茶♂为 0.20，宛田红花油茶♀×香花油茶♂0.03，表明宛田红花油茶♀×越南抱茎茶♂的育种效率较高，是宛田红花油茶♀×普通金花茶♂的 2 倍，宛田红花油茶♀×香花油茶♂育苗效率较低。广宁红花油茶为母本的组合 4 个（13~16），广宁红花油茶♀×香花油茶♂、广宁红花油茶♀×普通金花茶♂组合都有座果率和结实率，分别获得 2 株和 4 株杂交苗，杂交亲和性较好，两组的出苗数与授粉花数之比均为 0.1，表明 2 个组合的育种效率基本一致。广宁红花油茶♀×红顶金花茶♂、广宁红花油茶♀×娟红 1 号♂未能收到果实，杂交亲和性较差。红山茶组为母本开展的远缘杂交试验显示普通金花茶、越南抱茎茶

和香花油茶是较好的父本。

（2）金花茶组为母本的远缘杂交。由表 4 可知，以普通金花茶、中东金花茶为母本，分别与红山茶组、油茶组、古茶组组成 8 个杂交组合（编号 17~24），其中普通金花茶♀×宛田红花油茶♂、中东金花茶♀×宛田红花油茶♂组合成功培育出杂交苗，表明此 2 个组合杂交亲和性较好。普通金花茶♀×香花油茶♂、普通金花茶♀×越南抱茎茶♂、中东金花茶♀×越南抱茎茶♂虽然收获到果实和种子，但均未能发芽，表明此 3 个组合有较低的杂交亲和性。普通金花茶♀×广宁红花油茶♂、中东金花茶♀×香花油茶、中东金花茶♀×广宁红花油茶均未显现出明显的杂交亲和性。

（3）油茶组为母本的远缘杂交。由表 5 可知，香花油茶分别与红山茶组、金花茶组及古茶组组

表 4 金花茶组为母本的远缘杂交效果及杂交亲和性分析

Tab. 4 Effect of distant hybridization of Sect. *Chrysantha* Chang as maternal and analysis of hybridization affinity

| 编号<br>No. | 杂交组合<br>Hybrid combination |                      | 授粉数<br>Number<br>of polli-<br>nated | 座果数<br>Fruit<br>setting<br>number | 座果率<br>Fruit<br>setting<br>rate/% | 收果数<br>Number of<br>fruits har-<br>vested | 结实率<br>Fruit<br>rate/% | 收获籽粒<br>数 Total<br>number of<br>seeds | 出苗数<br>Number of<br>seed-<br>lings/plant | 出苗率<br>Seedlings<br>rate/% | 出苗数/授粉花数<br>Ratio of emergence<br>number to pollina-<br>tion flower number |
|-----------|----------------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|           | 母本<br>Maternal<br>parent   | 父本<br>Male<br>parent |                                     |                                   |                                   |                                           |                        |                                       |                                          |                            |                                                                            |
| 17        | 普通                         | 香花油茶                 | 72                                  | 16                                | 22.2                              | 3                                         | 4.2                    | 6                                     | 0                                        | 0                          | 0                                                                          |
| 18        | 金花茶                        | 越南抱茎茶                | 67                                  | 3                                 | 4.5                               | 1                                         | 1.5                    | 2                                     | 0                                        | 0                          | 0                                                                          |
| 19        |                            | 宛田红花油茶               | 35                                  | 31                                | 88.6                              | 4                                         | 11.4                   | 3                                     | 2                                        | 66.7                       | 0.06                                                                       |
| 20        |                            | 广宁红花油茶               | 82                                  | 25                                | 30.5                              | 0                                         | 0                      | 0                                     | 0                                        | 0                          | 0                                                                          |
| 21        | 中东                         | 香花油茶                 | 33                                  | 0                                 | 0                                 | 0                                         | 0                      | 0                                     | 0                                        | 0                          | 0                                                                          |
| 22        | 金花茶                        | 越南抱茎茶                | 36                                  | 8                                 | 22.2                              | 5                                         | 13.9                   | 2                                     | 0                                        | 0                          | 0                                                                          |
| 23        |                            | 宛田红花油茶               | 30                                  | 5                                 | 16.7                              | 3                                         | 10.0                   | 6                                     | 3                                        | 50.0                       | 0.10                                                                       |
| 24        |                            | 广宁红花油茶               | 35                                  | 2                                 | 5.7                               | 0                                         | 0                      | 0                                     | 0                                        | 0                          | 0                                                                          |

表 5 油茶组为母本的远缘杂交效果及杂交亲和性分析

Tab. 5 Effect of distant hybridization of Sect. *oleifera* Chang as maternal and analysis of hybridization affinity

| 编号<br>No. | 杂交组合<br>Hybrid combination |                   | 授粉数<br>Number<br>of polli-<br>nated | 座果数<br>Fruit<br>setting<br>number | 座果率<br>Fruit<br>setting<br>rate/% | 收果数<br>Number of<br>fruits har-<br>vested/Ge | 结实率<br>Fruit<br>rate/% | 收获籽粒<br>数 Total<br>number of<br>seeds | 出苗数<br>Number<br>of seed-<br>lings | 出苗率<br>Seedlings<br>rate/% | 出苗数/授粉花数<br>Ratio of emer-<br>gence number to<br>pollination flower<br>number |
|-----------|----------------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|           | 母本<br>Maternal parent      | 父本<br>Male parent |                                     |                                   |                                   |                                              |                        |                                       |                                    |                            |                                                                               |
| 25        | 香花油茶                       | 杜鹃红山茶             | 56                                  | 5                                 | 8.9                               | 1                                            | 1.8                    | 3                                     | 1                                  | 33.3                       | 0.02                                                                          |
| 26        |                            | 宛田红花油茶            | 42                                  | 7                                 | 16.7                              | 0                                            | 0                      | 0                                     | 0                                  | 0                          | 0                                                                             |
| 27        |                            | 广宁红花油茶            | 30                                  | 9                                 | 3.3                               | 0                                            | 0                      | 0                                     | 0                                  | 0                          | 0                                                                             |
| 28        |                            | 普通金花茶             | 138                                 | 6                                 | 4.3                               | 1                                            | 0.7                    | 1                                     | 0                                  | 0                          | 0                                                                             |
| 29        |                            | 显脉金花茶             | 38                                  | 3                                 | 7.9                               | 2                                            | 5.3                    | 5                                     | 2                                  | 40.0                       | 0.05                                                                          |
| 30        |                            | 小花金花茶             | 41                                  | 6                                 | 14.6                              | 3                                            | 7.3                    | 6                                     | 4                                  | 66.7                       | 0.10                                                                          |
| 31        |                            | 尖叶大金              | 35                                  | 3                                 | 8.6                               | 0                                            | 0                      | 0                                     | 0                                  | 0                          | 0                                                                             |
| 32        |                            | 越南抱茎茶             | 35                                  | 6                                 | 17.1                              | 0                                            | 0                      | 0                                     | 0                                  | 0                          | 0                                                                             |

成的 8 个杂交组合（编号 25~32），其中香花油茶♀×普通金花茶♂、香花油茶♀×显脉金花茶♂、香花油茶♀×小花金花茶♂共收获果实 6 个，并培育出杂交苗 6 株，表明香花油茶与金花茶组植物有较好的杂交亲和性，香花油茶♀×杜鹃红山茶♂有一定亲和性，但从出苗数与授粉花数比值看出，4 组育苗效率均不高。香花油茶♀×宛田红花油茶♂、香花油茶♀×广宁红花油茶♂、香花油茶♀×尖叶大金♂、香花油茶♀×越南抱茎茶♂均未能收获果实，表明香花油茶与宛田红花油茶、广宁红花油茶、尖叶大金、越南抱茎茶未显现出明显的杂交亲和性。

2.1.4 组间远缘正反交 由表 6 可知，以性状表现优良的 6 个山茶植物为杂交亲本，设计正反交 5 组，共 10 个组合（编号 33~42），5 组正反交杂

交试验，其中有普通金花茶♀×杜鹃红山茶♂、红顶金花茶♀×越南抱茎茶♂、越南抱茎茶♀×尖叶大金♂3 个正交组合共收获 10 粒种子，其中 2 个组合培育出苗木（普通金花茶♀×杜鹃红山茶♂种子未发芽），3 个反交组合尖叶大金♀×越南抱茎茶♂、越南抱茎茶♀×柳叶金花♂、柳叶金花♀×红花离蕊茶♂收获了种子，但仅有越南抱茎茶♀×柳叶金花♂种子发芽，获得 1 株苗，表明这 6 个组合均有亲和性，但红顶金花茶♀×越南抱茎茶♂、越南抱茎茶♀×尖叶大金♂、越南抱茎茶♀×柳叶金花♂的亲合性高于普通金花茶♀×杜鹃红山茶♂、尖叶大金♀×越南抱茎茶♂、柳叶金花♀×红花离蕊茶♂。2 个正交组合柳叶金花♀×越南抱茎茶、红花离蕊茶♀×柳叶金花♂和 2 个反交组合杜鹃红山茶♀×普通金花茶♂、越南抱茎茶♀×红顶金花茶♂均

表 6 组间远缘正反交效果比较及杂交亲和性分析

Tab. 6 Effect comparison of distant reciprocal hybridization between species groups and analysis of hybridization affinity

| 编号<br>No. | 正反交组号<br>Reciprocal<br>hybridization<br>combinations<br>number | 杂交组合<br>Hybrid combination |                   | 授粉数<br>Number<br>of pol-<br>linated | 座果数<br>Fruit<br>setting<br>number | 座果率<br>Fruit<br>setting<br>rate/% | 收果数<br>Number<br>of fruits<br>har-<br>vested | 结实率<br>Fruit<br>rate/% | 收获籽粒<br>数 Total<br>number of<br>seeds | 出苗数<br>Rumber<br>of seed-<br>lings | 出苗率<br>Seed-<br>lings<br>rate/% | 出苗数/授粉花数<br>Ratio of emer-<br>gence number to<br>pollination flower<br>number |
|-----------|----------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|           |                                                                | 母本<br>Maternal<br>parent   | 父本<br>Male parent |                                     |                                   |                                   |                                              |                        |                                       |                                    |                                 |                                                                               |
| 33        | 1                                                              | 普通金花茶                      | 杜鹃红山茶             | 53                                  | 3                                 | 5.7                               | 1                                            | 1.9                    | 2                                     | 0                                  | 0                               | 0                                                                             |
| 34        |                                                                | 杜鹃红山茶                      | 普通金花茶             | 61                                  | 2                                 | 3.3                               | 0                                            | 0                      | 0                                     | 0                                  | 0                               | 0                                                                             |
| 35        | 2                                                              | 红顶金花茶                      | 越南抱茎茶             | 55                                  | 5                                 | 9.1                               | 3                                            | 5.5                    | 5                                     | 2                                  | 40.0                            | 0.04                                                                          |
| 36        |                                                                | 越南抱茎茶                      | 红顶金花茶             | 81                                  | 5                                 | 6.2                               | 0                                            | 0                      | 0                                     | 0                                  | 0                               | 0                                                                             |
| 37        | 3                                                              | 越南抱茎茶                      | 尖叶大金              | 62                                  | 5                                 | 8.1                               | 3                                            | 4.8                    | 3                                     | 1                                  | 33.3                            | 0.02                                                                          |
| 38        |                                                                | 尖叶大金                       | 越南抱茎茶             | 35                                  | 2                                 | 5.7                               | 1                                            | 2.9                    | 1                                     | 0                                  | 0                               | 0                                                                             |
| 39        | 4                                                              | 柳叶金花                       | 越南抱茎茶             | 63                                  | 2                                 | 3.2                               | 0                                            | 0                      | 0                                     | 0                                  | 0                               | 0                                                                             |
| 40        |                                                                | 越南抱茎茶                      | 柳叶金花              | 42                                  | 3                                 | 7.1                               | 1                                            | 2.4                    | 2                                     | 1                                  | 50.0                            | 0.02                                                                          |
| 41        | 5                                                              | 红花离蕊茶                      | 柳叶金花              | 38                                  | 2                                 | 5.3                               | 0                                            | 0                      | 0                                     | 0                                  | 0                               | 0                                                                             |
| 42        |                                                                | 柳叶金花                       | 红花离蕊茶             | 47                                  | 3                                 | 6.4                               | 2                                            | 4.3                    | 3                                     | 0                                  | 0                               | 0                                                                             |

注：每组正反交里排前的组合定为正交。  
Note: The combination of the front row of each group reciprocal cross is orthogonal.

未能收获果实，表明亲和性较差。越南抱茎茶与尖叶大金正反交均能收获到杂交果，表明二者杂交亲和性较好。红顶金花茶♀×越南抱茎茶♂出苗数与授粉花数比值（为 0.04）高于越南抱茎茶♀×尖叶大金♂、越南抱茎茶♀×柳叶金花♂（均为 0.02），表明红顶金花茶♀×越南抱茎茶♂育苗效率高于后面 2 组。正反交试验中 2 个远缘正交组合（组合 35、37）、1 个反交组合 40 杂交成功，获得了杂交苗。

2.2 播种育苗及杂交苗早期鉴别

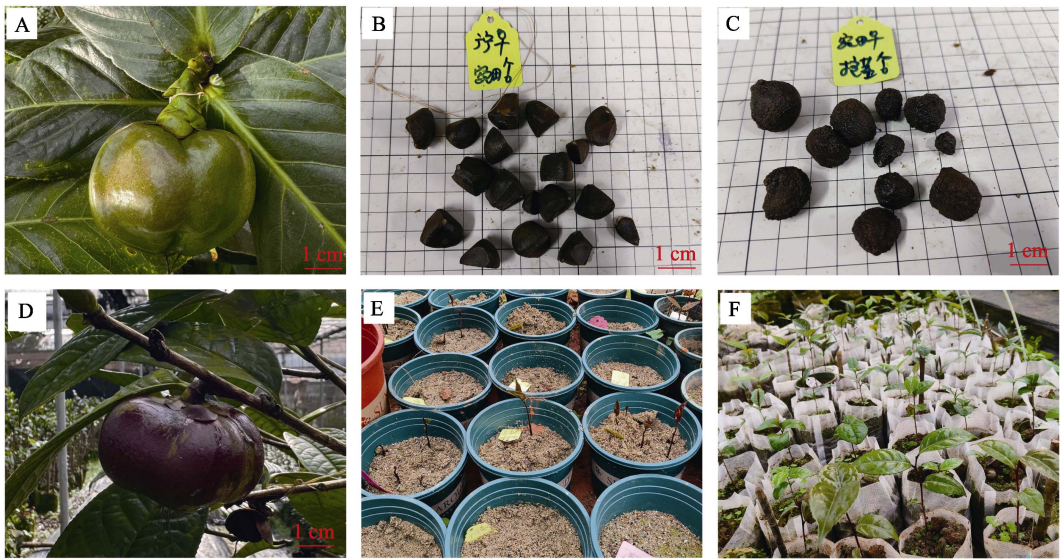
2.2.1 播种育苗及发芽情况 杂交种出苗率和苗木生长情况一定程度上也可反映杂交组合亲和性的高低和亲本可育性，亲和性高的组合其杂交种子饱满，出苗率高，苗木生长健壮，表明亲本可育性强。本研究设计了 42 个杂交组合，有 23 个组合获得了种子，于 2023 年 11 月初将获得的 199 粒种子分别进行沙藏催芽，约 3 个月后，有 15 个组合（表 7）的种子破土发芽（图 3），出苗 104 株，出苗率为 52.26%。宛田红花油茶♀×广宁红花油茶♂（组合 1）获得的杂交苗数量最多，达 45 株，其次是广宁红花油茶♀×宛田红花油茶♂（组合 2）获得的杂交苗 14 株，宛田红花油茶♀×越南抱茎茶♂（组合 12）获得的杂交苗 13 株，排名第三，宛田红花油茶♀×普通金花茶♂（组合 9）获得杂交苗 8 株，排名第四。宛田红花油茶♀×香花油茶♂、宛田红花油茶♀×越南抱茎茶

♂2 个组合的苗木长势较弱，其他 13 个组合的苗木长势较好，但宛田红花油茶♀×香花油茶♂、香花油茶♀×杜鹃红山茶♂、越南抱茎茶♀×尖叶大金♂、越南抱茎茶♀×柳叶金花♂4 个组合均分别仅获得 1 株苗木。

2.2.2 苗期观察及早期鉴别 各组合杂交苗移栽到育苗袋后在苗高、地径、叶型等性状方面表现出区别于父母本的特异性，观察比较发现，多数杂交苗叶片大小、形状、光泽处于父母本的中间性状，但远缘杂交获得的杂交幼苗往往会表现出一些可以作为早期鉴别杂交苗真实性的特征。图 4A 和图 4B 是宛田红花油茶♀×普通金花茶♂（组合 9）的杂交苗的 2 个阶段，嫩叶期和叶片成熟期，其叶片有畸形，是杂交亲和性的一种表现，同时也是杂交成功的一个佐证。图 4C 是香花油茶♀与杜鹃红山茶♂（组合 25）的杂交苗（左，红色箭头）与母本香花油茶（右，黄色箭头）对比，可以明显看出杂交苗叶片大小、形状、光泽居于父本杜鹃红山茶和母本香花油茶的中间性状，且杂交苗叶型更倾向于母本香花油茶，但叶片相较母本香花油茶明显变宽变厚，叶尖变短。图 4D 黄色箭头所示是宛田红花油茶♀×越南抱茎茶♂（组合 12）的杂交苗，播种获得的 13 株杂交苗明显生长弱小，可佐证该组合杂交成功，杂交苗木弱小，红山茶组与古茶组远缘杂交亲和性影响了杂交苗生长，二者亲和性稍差。图 4D 中的

表 7 杂交苗的苗期性状  
Tab.7 Seedling traits of hybrid seedlings

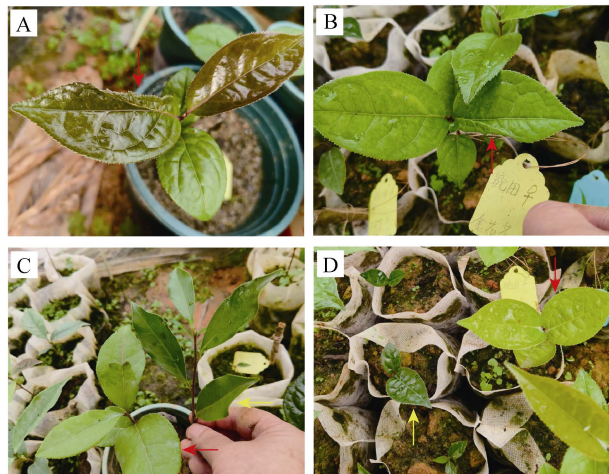
| 编号<br>No. | 杂交组合<br>Hybrid combination |                   | 杂交苗数量<br>Number of<br>hybrid seed-<br>lings | 6 个月生长情况<br>6 months of growth |                               | 成熟叶片<br>Mature leaf  |                     |
|-----------|----------------------------|-------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|
|           | 母本<br>Maternal parent      | 父本<br>Male parent |                                             | 苗高<br>Seedlings<br>height/cm   | 地径<br>Ground diame-<br>ter/mm | 叶长<br>Leaf length/cm | 叶宽<br>Leaf width/cm |
| 1         | 宛田红花油茶                     | 广宁红花油茶            | 45                                          | 18.8                           | 4.29                          | 8.10                 | 4.0                 |
| 2         | 广宁红花油茶                     | 宛田红花油茶            | 14                                          | 21.3                           | 4.68                          | 9.00                 | 4.3                 |
| 9         | 宛田红花油茶                     | 普通金花茶             | 8                                           | 22.4                           | 4.67                          | 9.00                 | 4.3                 |
| 11        | 宛田红花油茶                     | 香花油茶              | 1                                           | 12.2                           | 2.59                          | 7.20                 | 3.5                 |
| 12        | 宛田红花油茶                     | 越南抱茎茶             | 13                                          | 15.7                           | 3.08                          | 7.50                 | 3.6                 |
| 13        | 广宁红花油茶                     | 香花油茶              | 2                                           | 17.3                           | 3.35                          | 8.35                 | 4.0                 |
| 14        | 广宁红花油茶                     | 普通金花茶             | 4                                           | 19.6                           | 3.71                          | 7.80                 | 3.8                 |
| 19        | 普通金花茶                      | 宛田红花油茶            | 2                                           | 18.2                           | 3.50                          | 7.30                 | 3.6                 |
| 23        | 中东金花茶                      | 宛田红花油茶            | 3                                           | 17.6                           | 3.49                          | 8.20                 | 4.2                 |
| 25        | 香花油茶                       | 杜鹃红山茶             | 1                                           | 19.2                           | 3.56                          | 6.68                 | 4.1                 |
| 29        | 香花油茶                       | 显脉金花茶             | 2                                           | 18.6                           | 3.35                          | 7.13                 | 3.8                 |
| 30        | 香花油茶                       | 小花金花茶             | 5                                           | 19.1                           | 3.31                          | 8.41                 | 3.9                 |
| 35        | 红顶金花茶                      | 越南抱茎茶             | 2                                           | 20.3                           | 4.25                          | 8.58                 | 4.3                 |
| 37        | 越南抱茎茶                      | 尖叶大金              | 1                                           | 19.1                           | 4.35                          | 8.41                 | 3.9                 |
| 40        | 越南抱茎茶                      | 柳叶金花              | 1                                           | 18.2                           | 3.46                          | 7.81                 | 3.3                 |



A: 越南抱茎茶♀与尖叶大金♂的杂交果（组合 37）；B: 广宁红花油茶♀与宛田红花油茶♂的杂交果（组合 2）；  
C: 宛田红花油茶♀与越南抱茎茶♂的杂交果（组合 12）；D: 红顶金花茶♀与越南抱茎茶♂的杂交果（组合 35）；  
E: 杂交种沙藏催芽及萌芽；F: 移栽上袋的 3 个月苗龄的杂交苗。  
A: Allocarpy of *C. amplexicaulis* and *C. amplexicaulis* (combination of 37); B: Allocarpy of *C. semiserrata* and *C. polyodonta* (combination of 2); C: Allocarpy of *C. semiserrata* and *C. polyodonta* (combination of 12); D: Allocarpy of *C. insularis* Orel et Curry and *C. Amplexicaulis* (combination of 35); E: Hybrid seeds were germinated in sand and spouted; F: 3 months cross seedlings were transplanted in bags.

图 3 杂交果及种苗培育  
Fig. 3 Hybrid fruit and seedling cultivation

红色箭头所示是宛田红花油茶♀×广宁红花油茶♂（组合 1）的杂交苗，杂交苗明显生长整齐健壮，表明二者红山茶组内杂交亲和性高。图 5 为 4 个杂交组合的 F<sub>1</sub> 代幼苗，图 6 为其杂交亲本，可

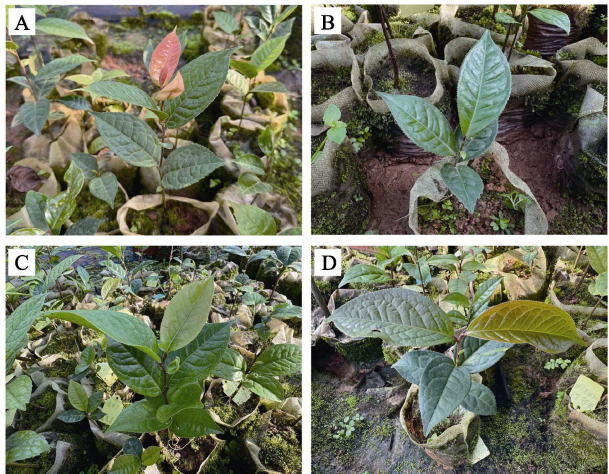


A: 宛田红花油茶♀与普通金花茶♂杂交苗嫩芽期 (组合 9); B: 宛田红花油茶♀与普通金花茶♂杂交苗成熟叶片 (组合 9); C: 香花油茶♀与杜鹃红山茶♂杂交苗 (左, 红色箭头, 组合 25) 与香花母本油茶 (右, 黄色箭头) 对比; D: 宛田红花油茶♀与越南抱茎茶♂杂交苗 (黄色箭头, 组合 12), 宛田红花油茶♀与广宁红花油茶♂杂交苗 (红色箭头所示, 组合 1)。

A: Hybrid seedling budding stage of *C. polyodonta* ♀ and *C. chrysanth* ♂ (combination of 9); B: Mature leaves of hybrid seedlings of *C. polyodonta* ♀ and *C. chrysanth* ♂ (combination of 9); C: Cross-seedlings of *C. osmantha* ♀ *C. azealea* ♂ (left, red arrow, combination of 25) and maternal-plant of *C. osmantha* (right, yellow arrow) comparison; D: Cross-seedlings of *C. polyodonta* and *C. amplexicaulis* (yellow arrow, combination of 12), cross-seedlings of *C. polyodonta* and *C. semiserrata* (red arrow combination of 1).

图 4 杂交苗早期鉴别图片

Fig. 4 Early identification picture of hybrid seedling



A: 宛田红花油茶♀与广宁红花油茶♂杂交苗 (组合 1); B: 宛田红花油茶♀与越南抱茎茶♂杂交苗 (组合 12); C: 宛田红花油茶♀与普通金花茶♂杂交苗 (组合 9); D: 宛田红花油茶♀与香花油茶♂杂交苗 (组合 11)。

A: Hybrid seedling of *C. polyodonta* ♀ and *C. semiserrata* ♂ (combination of 1); B: Hybrid seedling of *C. polyodonta* ♀ and *C. amplexicaulis* ♂ (combination of 12); C: Hybrid seedling of *C. polyodonta* ♀ and *C. chrysanth* ♂ (Combination of 9); D: Hybrid seedling of *C. polyodonta* ♀ and *C. osmantha* ♂ (combination of 11).

图 5 部分杂交组合的杂交苗

Fig. 5 Hybrid seedlings of partial hybrid combinations

以看出  $F_1$  代与杂交亲本在叶片形态方面有显著差异,  $F_1$  代在叶片性状 (叶形、叶片大小、锯齿、叶尖等) 表现出区别于父母本新的性状。



图 6 部分杂交父母本叶片

Fig. 6 Leaf of some hybrid parents

3 讨论

本杂交试验设计了 42 个组合, 有 23 个组合

获得了种子, 但仅有 15 个组合获得了杂交苗。红山茶组的宛田红花油茶与广宁红花油茶正反交试

验均能收获果实和种子, 有较高的发芽率, 且作为父本或者母本与金花茶组、油茶组、古茶组均获得了杂交果和杂交种子, 并培育出杂交苗, 表明宛田红花油茶与广宁红花油茶是优良的杂交亲本。金花茶组内杂交仅中东金花茶♀与普通金花茶♂收到 1 个杂交果, 但种子未能发芽, 而金花茶组参与的组间远缘杂交反而获得了较好的成功率, 与红山茶组的组合 9、14、19、23、油茶组的组合 29、30、古茶组的组合 35、37、以及与越南茶组的组合 40 等组合均获得杂交果和杂交苗, 这与陈俊愉<sup>[9]</sup>、吴丽君等<sup>[10]</sup>的研究结果“金花茶组内种间杂交效果高于组外种间杂交”不太一致。以中东金花茶为母本的组内杂交, 与之杂交的父本尖叶大金和柳叶金花均为选育发现的金花茶自然杂交新品种, 可能由于父本经过自然杂交, 包含了其他与中东金花茶极度不亲和性的隐性基因导致了杂交的失败。以普通金花茶为母本的组内杂交除以上原因外, 还可能是由于与父本红顶金花茶、显脉金花茶父本的花期不遇, 花粉活力或者是天气原因导致了杂交的失败, 均未能获得杂交果。杂交红顶金花茶♀×越南抱茎茶♂(组合 35)、越南抱茎茶♀×尖叶大金♂(组合 37)、越南抱茎茶♀×柳叶金花♂(组合 40) 均获得杂交果和杂交苗, 符合吴丽君等<sup>[10]</sup>“防城金花茶♀×越南抱茎茶♂获得了理想的结实率和培育出了杂交苗”的研究结论, 表明古茶组的越南抱茎茶与金花茶组杂交亲和性较好。但是, 越南抱茎茶♀×尖叶大金♂、越南抱茎茶♀×柳叶金花♂均能收获到果实和培育出杂交苗, 这与吴丽君等<sup>[10]</sup>越南抱茎茶不适宜做观赏山茶杂交母本”的结论不太一致, 可能是越南抱茎茶属古茶组与其他山茶的杂交亲和性目前还不容易被充分掌握, 但本试验均成功获得了杂交果并培育出了杂交苗, 至少表明越南抱茎茶作为母本与金花茶组植物有较好的亲和性。杂交试验开展的组内杂交、组外远缘杂交, 均表明宛田红花油茶和广宁红花油茶不论作为父本或母本开展杂交育种, 可育性都较高, 是较好的杂交亲本优选, 这与杨志玲等<sup>[6]</sup>的研究结论相一致, 而普通金花茶、香花油茶作为父本可育性强, 适合作为山茶杂交育种的父本。宛田红花油茶♀×广宁红花油茶♂、宛田红花油茶♀×越南抱茎茶♂、宛田红花油茶♀×普通金花茶♂杂交亲和性较好, 其次是广宁红花油茶♀×宛田红花油茶♂、广宁红花油茶♀×普通金花茶♂、香花油茶♀×小花金花茶

♂等的杂交亲和性较好。

目前, 从播种育苗可以初步观察到少数组合的杂交苗已具有区别于亲本的一些新的性状特征, 但它们表现出来的新性状是否稳定、是否是优质性状, 还需要后续对杂交种苗后期生长、开花结实习性以及对所扩繁后代的进一步跟踪观察, 以获得观赏价值高的超亲本优质新种。我国山茶属植物种质资源丰富, 许多特异资源如具有四季开花特性的杜鹃红山茶、越南抱茎茶, 黄色基因的金花茶组, 有香味的连蕊茶组, 叶形特异的娟红 1 号, 花叶特异的金妃 1 号等是培育优质山茶新品种优良亲本材料, 今后应该开展更丰富的远缘杂交组合, 从而提高获得优良杂交新品种的机率。杂交亲和性影响出现早期落果现象, 关于杂种胚败育及发育停滞的原因主要是由于杂种胚乳早期败育导致了胚的败育, 常发生在合子至球形胚的较早时期, 此外杂种胚与胚乳之间生理不协调也常常使胚不能正常分化而夭亡<sup>[16]</sup>, 因此适时地进行杂种幼胚的离体培养, 对育种工作十分必要。杂交亲和性受诸多因素综合影响, 亲本间的组合亲缘关系的远近<sup>[12, 17]</sup>、亲本花粉的发育状况<sup>[10, 16]</sup>、花粉在柱头及子房中的行为、花粉与柱头的识别<sup>[18]</sup>、染色体的配对行为<sup>[19]</sup>及天气因素对杂交都可能产生一定程度的影响, 都有可能影响杂交的亲合性。本次杂交试验均在野外开展, 座果、保果、跟踪观察均可能由于恶劣天气影响, 以及受鼠类、鸟类啃食破坏从而一定程度上影响了杂交效果。因此, 今后应大力推广在条件适宜的大棚内开展杂交育种, 并提倡采用盆栽植物进行杂交, 方便操作, 优化现有的杂交技术并结合分子辅助育种等现代先进育种技术开展定向育种, 从而提高杂交育种效率, 快速获得数量丰富的、观赏价值高的优良山茶杂交新品种, 并把它们推广运用到在城市绿化中作为园林景观树、盆花、盆景、绿篱植物、地被植物、花墙、年宵花、插花材料以及创建山茶专类园等。

## 参考文献

- [1] 刘福平. 茶花育种研究现状与趋势[J]. 广西农业科学, 2008, 39(6): 815-819.  
LIU F P. Advance in research of *Camellia* breeding[J]. Guangxi Agricultural Sciences, 2008, 39(6): 815-819. (in Chinese)
- [2] 高继银, 帕克斯, 杜跃强. 山茶属植物主要原种彩色图

- 集[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2005: 23-24.
- GAO J Y, PARKS R C, DU Y Q. Collected species of the genus *Camellia* an illustrated outline[M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Publishing House, 2005: 23-24. (in Chinese)
- [3] 张国彬, 冯玲玲, 周吉源. 山茶属植物的研究现状与展望[J]. 湖北林业科技, 2004(2): 45-49.
- ZHANG G B, FENG L L, ZHOU J Y. Present situation and outlook in research on *Camellia* Linn[J]. Hubei Forestry Science and Technology, 2004(2): 45-49. (in Chinese)
- [4] 肖调江, 夏丽芳. 山茶属植物资源的开发和利用[J]. 中国野生植物, 1991(1): 44-45.
- XIAO T J, XIA L F. The development and utilization of *Camellia* plant resources[J]. Chinese Wild Plant Resources, 1991(1): 44-45. (in Chinese)
- [5] 陶源, 邓朝佐. 毛瓣金花茶与苑田红花油茶杂交育种成果初报[J]. 北京林业大学学报, 1994, 16(3): 112-114.
- TAO Y, DENG C Z. Preliminary report on the results of Hybrid breeding of *Camellia pubipetala* and *Camellia polyodonta*[J]. Journal of Beijing Forestry University, 1994, 16(3): 112-114. (in Chinese)
- [6] 杨志玲, 李纪元, 范正琪, 高继根. 山茶属红茶组内杂交亲和性及影响因子[J]. 中南林学院学报, 2004, 24(4): 32-36. (in Chinese)
- YANG Z L, LI J Y, FAN Z Q, GAO J G. Studies of the cross-compatibility within Sect. *Camellia* and its influencing factors[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2004, 24(4): 32-36. (in Chinese)
- [7] 韦晓娟, 廖健明, 马锦林, 李开祥, 梁海英, 王坤. 金花茶与部分山茶属植物杂交育种初报[J]. 广西林业科学, 2016, 45(4): 431-436.
- WEI X J, LIAO L M, MA J L, LI K X, LIANG H Y, WANG K. Primary study on hybridization of *Camellia chrysantha* and Some plants of *Camellia*[J]. Guangxi Forestry Science, 2016, 45(4): 431-436. (in Chinese)
- [8] 赵松子, 王玉娟, 敖婉初. 油茶人工高效杂交技术[J]. 江西林业科技, 2013, 16(3): 18-20.
- ZHAO S Z, WANG Y J, AO W C. An efficient manual hybridization method *Camellia oleifera*[J]. Jiangxi Forestry Science, 2013, 16(3): 18-20. (in Chinese)
- [9] 陈俊愉. 金花茶杂交育种十四年[J]. 北京林业大学学报, 1987, 9(3): 315-320.
- CHEN J Y. *Camellia chrysantha* cross hybridization for 14 years[J]. Journal of Beijing Forestry University, 1987, 9(3): 315-320. (in Chinese)
- [10] 吴丽君, 陈达, 陈文荣, 李吉云. 几种金花茶组植物的远缘杂交育种[J]. 福建农林大学学报, 2018, 47(1): 32-37.
- WU L J, CHEN D, CHEN W R, LI J Y. Distant hybridization breeding with several plants of *Camellia nitidissima*[J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry, 2018, 47(1): 32-37. (in Chinese)
- [11] 汤忠皓, 黄连冬. 金花茶杂交育种初报[J]. 北京林业大学学报, 1987, 9(4): 374-379.
- TANG Z H, HUANG L D. Preliminary report on *Camellia chrysantha* cross-breeding[J]. Journal of Beijing Forestry University, 1987, 9(4): 374-379. (in Chinese)
- [12] 张文涛, 李嘉铭, 王桃铃, 崔永. 蝴蝶兰种质资源倍性鉴定及育性相关性研究[J]. 核农学报, 2024, 38(6): 1012-1023.
- ZHANG W T, LI J M, WANG Y L, CUI Y. Study on ploidy identification and fertility correlation of *Phalaenopsis* germplasm resources[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2024, 38(6): 1012-1023. (in Chinese)
- [13] 卫兆芬. 中国山茶属一新种[J]. 植物研究, 1986, 6(4): 141-143.
- WEI Z F. A new species of *Camellia* from China[J]. Bulletin of Botanical Research, 1986, 6(4): 141-143. (in Chinese)
- [14] 肖调江, 顾志建, 夏丽芳. 九种山茶属植物的减数分裂研究[J]. 云南植物研究, 1993, 15(2): 167-172.
- XIAO D J, GU Z J, XIA L F. A study of meiosis of 9 species in genus *Camellia*[J]. Yunnan Plant Research, 1993, 15(2): 167-172. (in Chinese)
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 植物新品种特异性、一致性、稳定性测试指南 山茶属: GB/T 26911—2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, National Standardization Administration. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability—*Camellia* (*Camellia* L.): GB/T 26911—2011[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012. (in Chinese)
- [16] 程金水. 园林植物遗传育种学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000: 412-423.
- CHENG J S. Genetics and breeding of ornamental plants[M]. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 2000: 412-423. (in Chinese)
- [17] 庄端林. 中国山茶[M]. 海口: 海南人民出版社, 1989: 95-111.
- ZHUANG R L. Chinese camellia[M]. Haikou: Hainan People's Publishing House, 1989: 95-111. (in Chinese)
- [18] 黄少甫, 徐炳声. 山茶属油用物种染色体及其应用的研究[J]. 亚热带林业科技, 1987, 15(1): 33-39.
- HUANG S P, XU B S. Studies on chromosomes of *Camellia* oil species and their applications[J]. Subtropical Forestry Science and Technology, 1987, 15(1): 33-39. (in Chinese)
- [19] 梁汉兴, 张赞英, 张香兰. 云南野山茶与金花茶杂交有性过程的观察[J]. 云南植物研究, 1986, 8(2): 147-152.
- LIANG H X, ZHANG Z Y, ZHANG X L. Investigation of the sexual process in interspecific crosses between *Camellia pitardii* var. *yunnanensis* and *C. chrysantha*[J]. Acta Botanica Yunnanica, 1986, 8(2): 147-152. (in Chinese)