

# 朱顶红 17 个品种杂交效率差异及其原因初探

石丰瑞, 薛璟祺, 穆 鼎, 王顺利, 张秀新\*

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

**摘 要:** 以从荷兰引进的 17 个朱顶红品种为试验材料, 根据优势互补和性状特异性原则, 设计了 44 个杂交组合和 8 个自交组合, 并对杂交结果进行了统计。结果表明: 44 个杂交组合中, 有 38 个可结实 (结实率 25.0%~100%), 且均获得了后代子苗 (出苗率 35.7%~89.1%); 8 个自交组合中, 有 6 个可结实 (结实率 62%~100%), 其中 5 个获得了后代子苗 (出苗率 39%~96%)。17 个品种的具体表现如下: ①杂交结实率方面, ‘红狮’、‘卡门’和‘至尊’表现较好, 除个别组合不结实外, 作为父本和母本平均结实率都达到了 60%以上; ②单果结籽数方面, ‘至尊’、‘奥拉夫’和‘红狮’表现较好, 作为母本单果结籽数分别为 44.6 粒、43.2 粒和 44.0 粒; ③子球生长量方面, 组合‘红狮’×‘蒙特布朗’、‘奥拉夫’×‘蒙特布朗’和‘至尊’×‘蒙特布朗’生长最快, 2 年生球周径分别为 23.1 cm、22.5 cm 和 20.5 cm; ④子球扩张方面, 2 年生球中共有 19 个组合获得了分生子球, 子球数最高的组合为‘当娜’×‘朋友’, 平均 4.2 个。利用以上组合, 共获得了 1.6 万株杂交苗, 并通过对已开花组合进行鉴定, 初筛出新材料 5 个。结合试验中不同组合优劣表现和后代鉴定结果, 对影响朱顶红杂交效率及后代选育的各种因素进行了初步分析, 并提出了相应对策。

**关键词:** 朱顶红; 杂交育种; 种质创新

**中图分类号:** S 682.2<sup>+</sup>5

**文献标志码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2014) 03-0553-11

## Studies on Differences of Hybridization Efficiency and Related Reasons of 17 *Hippeastrum* Cultivars

SHI Feng-rui, XUE Jing-qi, MU Ding, WANG Shun-li, and ZHANG Xiu-xin\*

(Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** To cultivate excellent new cultivars, we introduced 17 *Hippeastrum* cultivars from Netherlands in this study. We designed 44 hybrid and 8 self-fertilize combinations, and calculated the seed setting rate, emergence rate, growth speed and the number of cabbage. The results showed that in the 44 hybrid combinations, 38 ones get hybrid offspring (seed setting rate 25.0% - 100%) and obtain progeny seedlings (seedling emergence 35.7% - 89.1%); In the 8 self-fertilize combinations, 6 ones get fruits (seed setting rate 62% - 100%), and five of them harvest future generations (seedling emergence 39% - 96%). The concrete manifestation of the 17 cultivars are as following: (1) In terms of hybrid setting rate, ‘Red Lion’, ‘Carmen’, and ‘Sovereign’ had better performance. Except some combinations that didn’t seed, the average seed rating were more than 60% either as male or female parents. (2) In terms of seed number

收稿日期: 2013 - 11 - 21; 修回日期: 2014 - 01 - 17

基金项目: 北京市园林绿化局计划项目 (YLHH201100207); 农业部园艺作物遗传改良重点开放实验室项目

\* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: zhangxiuxin@caas.cn)

per fruit, ‘Sovereign’, ‘Olaf’, and ‘Red Lion’ had better performance. The average seed numbers per fruit of the three species as female parent were 44.6, 43.2 and 44.0, respectively. (3) In terms of cormel growth, the combinations of ‘Red Lion’ × ‘Mout Blanc’, ‘Olaf’ × ‘Mout Blanc’, and ‘Sovereign’ × ‘Mout Blanc’ had faster growth, the perimeters of 2-years-bulb were 23.1 cm, 22.5 cm, and 20.5 cm, respectively. (4) In terms of cormel propagation, 2-years-bulb of 19 combinations obtained gonidial balls, in which the ‘Donau’ × ‘Amigo’ combination had the most cormels, averaged at 4.2 per bulb. With above combinations this study obtained 16 thousands cross hybrid seedlings, from which 5 new cultivars were selected by identifying the blossom ones. The above results can serve as the reference for selecting breeding parents of *Hippeastrum*; Meanwhile, according to the performance of different combination and the results of offspring identification, this study analyzed the factors that affected the hybridization efficiency and offspring selection and brought up corresponding strategies.

**Key words:** *Hippeastrum vittatum*; crossbreeding; germplasm enhancement

朱顶红 (*Hippeastrum vittatum*) 为多年生球根花卉, 是石蒜科朱顶红属植物的总称, 目前全球约有 75 个原生种 (陈俊愉和程绪珂, 1990)。朱顶红原产于南美洲的秘鲁和巴西, 早在 1799 年, 英国人开始利用杂交育种获得新品种, 至 1830 年, 英国人已经利用该方法育出了 100 多个杂交品种。1920 年, 美国人育出了纯白色的杂交品种, 这些品种后来又被引入南非, 与当地的原生种杂交后引入欧洲, 最终成为当今世界范围内朱顶红的主流品种 (August & Marcel, 1993; Hardman, 1997)。在这个过程中, 荷兰逐步成为了朱顶红的育种中心及主要球茎生产国 (Meerow, 1988)。

朱顶红因其花形优美、色彩艳丽, 于 20 世纪初被引入中国, 现分布于中国南北各省, 尤以云南、四川、贵州、山东和东北居多 (陈俊愉和程绪珂, 1990)。中国的朱顶红市场前景极为广阔, 但相关遗传育种工作尚处于起步阶段, 种球完全依赖国外进口, 在生产成本和种质创新等方面均处于不利的地位 (龚雪琴 等, 2012)。因此, 创制具有自主知识产权的品种或品系是当前国内朱顶红发展的主要问题。据报道, 田松青等 (2008) 连续进行了大量的朱顶红杂交育种工作, 得到了很多中间材料, 但迄今为止, 还未见相关品种投放市场的报道。而从播种到开花长达 28 个月的育种周期, 也增加了朱顶红的育种难度 (吕文涛 等, 2010), 因此, 如能通过筛选适宜的杂交组合缩短育种进程, 对朱顶红新品种选育也具有重要意义。

本试验中利用引进的 17 个朱顶红品种, 通过选择不同组合进行杂交或自交, 分别统计结实率、出苗率、杂交籽球生长速度、籽球分生小球的数量等, 并对杂交后代进行初步鉴定。同时, 还结合不同组合优劣和后代鉴定情况, 对影响朱顶红杂交效率的各种因素进行了初步分析, 并提出了相应对策, 以期在缩短新品种选育周期、加快扩繁效率等方面有所突破, 加速朱顶红产品的国产化进程。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料于 2010 年引自荷兰, 共计 17 个品种, 品种名及代码等详见表 1 和图 1。

供试材料于 2010 年 10 月种植于中国农业科学院蔬菜花卉研究所温室内 (平均温度 16.3 °C, 平均相对湿度 63.2%)。每品种选取种球大小一致、生长良好的种球 20 个, 去除鳞茎基部老根后用 800 倍多菌灵浸泡消毒 5 min, 再经清水冲洗干净后栽种于 24 cm 口径盆中。基质为泥炭 + 珍珠岩 (体积比 1:1), 加入少量有机肥, 基质用 500 ~ 1 000 倍福尔马林溶液消毒。种球于 2011 年 3 月至 5 月

开花，花后 50 d 收集杂交种备用（Debbie, 2003）。



图1 供试的 17 个朱顶红品种形态特征

A: 雅典娜; B: 蒙特布朗; C: 利罗纳; D: 苹果; E: 花孔雀; F: 序幕; G: 舞蹈皇后; H: 游戏; I: 当娜;  
J: 法拉利; K: 红狮; L: 火孔雀; M: 朋友; N: 至尊; O: 奥拉夫; P: 哈库; Q: 卡门。

Fig. 1 Morphological character of 17 *Hippeastrum* cultivars

A: Athene; B: Mout Blanc; C: Rilona; D: Apple Blossom; E: Blossom Peacock; F: Prelude; G: Dancing Queen; H: Faro; I: Donau;  
J: Ferrari; K: Red Lion; L: Flaming Peacock; M: Amigo; N: Sovereign; O: Olaf; P: Hercules; Q: Carmen.

## 1.2 自交组合设计

选择‘奥拉夫’、‘朋友’、‘当那’、‘红狮’、‘卡门’、‘苹果’、‘序幕’、‘游戏’这 8 个性状优良的品种进行严格自交试验。

1.3 杂交组合设计

杂交组合设计原则主要根据所选朱顶红重要性状，如花色、花形、株形、抗性等（表 1），优先选取性状表现差异较大的组合进行杂交，共设计杂交组合 44 个。

表 1 供试朱顶红品种基本情况  
Table 1 Basic information of cultivars of *Hippeastrum*

品种 Species	花色 Flower color	花形 Flower tape	花期类型 Florescence	周径/cm Cross section diameter	用途 Application	特色 Characteristic
雅典娜 Athene	白 White	单瓣大花 Queen lagerstroemia	晚 Late	27	盆栽 Pot flower	花大色艳，叶片鲜绿 Flower color bright, leaf fresh green
蒙特布朗 Mout Blanc	白 White	单瓣大花 Queen lagerstroemia	中 Middle	30	切花 Cut flower	花枝挺拔，花大 Stems tall and straight, large flowers
利罗纳 Rilona	橙 Orange	单瓣大花 Queen lagerstroemia	中 Middle	30	切花 Cut flower	花茎长，花大 Stems tall and straight, large flowers
苹果 Apple Blossom	粉红 Pink	单瓣大花 Queen lagerstroemia	中 Middle	30	盆栽 Pot flower	颜色淡雅，株形适中 Elegant color, good plant type
花孔雀 Blossom Peacock	粉红 Pink	重瓣大花 Double lagerstroemia	早 Early	30	盆栽 Pot flower	颜色淡雅，株形适中 Elegant color, good plant type
序幕 Prelude	红白相间 Red and white	单瓣大花 Queen lagerstroemia	早 Early	30	盆栽 Pot flower	株形矮小 Plant dwarf
舞蹈皇后 Dancing Queen	红白相间 Red and white	重瓣大花 Double flower	早 Early	30	盆栽 Pot flower	花形奇特，株形适中 Strange flower type, good plant type
游戏 Faro	红白相间 Red and white	单瓣大花 Queen lagerstroemia	早 Early	30	盆栽 Pot flower	株形矮小 Plant dwarf
当娜 Donau	红 Red	单瓣小花 A single flower	早 Early	27	盆栽 Pot flower	株形矮小 Plant dwarf
法拉利 Ferrari	红 Red	重瓣大花 Double flower	早 Early	28	盆栽 Pot flower	花色艳丽，株形适中 Flower color bright, good plant type
红狮 Red Lion	红 Red	单瓣大花 Queen lagerstroemia	晚 Late	27	盆栽 Pot flower	抗性强 Strong resistance
火孔雀 Flaming Peacock	红 Red	重瓣大花 Double flower	中 Middle	30	盆栽 Pot flower	花色艳丽 Flower color bright
朋友 Amigo	红 Red	单瓣大花 Queen lagerstroemia	早 Early	30	盆栽 Pot flower	花形优美 The flower tape is beautiful
至尊 Sovereign	红 Red	单瓣大花 Queen lagerstroemia	晚 Late	30	盆栽 Pot flower	花大，色艳 Flower color bright
奥拉夫 Olaf	深红 Deep red	单瓣大花 Queen lagerstroemia	早 Early	30	盆栽 Pot flower	花朵紧凑，株形适中 Flowers in compact
哈库 Hercules	浅紫 Violet	单瓣大花 Queen lagerstroemia	晚 Late	30	盆栽 Pot flower	花色靓丽，株形适中 Flower color bright, good plant type
卡门 Carmen	紫红 Magenta	单瓣大花 Queen lagerstroemia	晚 Late	30	盆栽 Pot flower	花色靓丽，株形适中 Flower color bright, good plant type

1.4 授粉与播种

授粉时间选择上午 9：00—11：00 进行，选择柱头裂片完全展开（图 2，A）的花朵，用干净毛笔蘸取少量花粉轻轻涂抹于柱头，同时摘去雄蕊，以防止花粉污染。为解决不同品种花期不遇的问题，收集部分花粉贮藏在 - 18℃，适时使用。授粉后 30 ~ 45 d 果荚成熟开裂后（图 2，B），取出种子随采随播（图 2，C、D）。苗期保持基质湿润，温度白天 25 ~ 28℃，夜间 15℃。



图2 授粉与播种状况

A: 柱头三裂; B: 果实成熟; C: 杂交种子 D: 播种; E: 杂交幼苗。

Fig. 2 The situation of pollen and seeding

A: Trifid stigma; B: Fruit ripening; C: Hybrid seeds; D: Seeding; E: Hybrid seedlings.

### 1.5 杂交后代初步鉴定

选取长势好、种球周径大的 2 年生杂交组合‘奥拉夫’×‘利罗娜’、‘奥拉夫’×‘蒙特布朗’、‘至尊’×‘蒙特布朗’，每个组合随机选取 60 个种球进行栽种。并于盛花期每个杂交组合随机选取 10 株长势较好的植株，测定叶长、叶宽、株高、开花率、开花颜色和花径大小等。

### 1.6 数据统计

果实成熟后统计结实率，各组合得到的果实数与授粉数比值为结实率。待出现两片真叶（图 2，E）时统计出苗率，各组合所得幼苗数与播种数的比值为出苗率；随机选取各组合 10 个果实结籽的平均数作为平均单果结籽数；随机选取各组合 10 株 2 年生植株的结球数；随机选取 10 个 2 年生球测量周径。杂交后代花径测量采用游标卡尺，同时选取典型的植株拍摄照片。

## 2 结果与分析

### 2.1 杂交组合结果分析

#### 2.1.1 结实统计分析

本试验利用不同的杂交组合，共获得了杂交苗 16 000 余株。由表 3 可知，供试的 44 个杂交组合中，有 38 个组合获得了后代，其中有 5 个组合的结实率达到了 100%（‘红狮’×‘舞蹈皇后’、‘红狮’×‘花孔雀’、‘至尊’×‘利罗纳’、‘游戏’×‘至尊’、‘当那’×‘奥拉夫’）。作为母本，‘红狮’、‘奥拉夫’和‘至尊’的结实率最高，分别为 82%、76%、72%，其中‘红狮’与‘舞蹈皇后’和‘花孔雀’的组合结实率均达到了 100%；而‘苹果’结实率最低，所涉及的 5 个组合中，仅与‘花孔雀’有 10%的结实率，其余 4 个组合均未结实。

如同时考虑母本和父本因素，则‘红狮’、‘卡门’、‘至尊’这 3 个品种表现较好，可作为育种的重要亲本加以利用。其中：①‘红狮’作为母本结实率很高，与 3 个品种杂交的结实率都达到了 100%，其作为父本除与‘苹果’的组合外，其他组合平均结实率也达到了 62.5%；②‘卡门’作为母本，除两个杂交组合未结实外，其他组合平均结实率为 72.5%，作为父本除与‘苹果’组合外，其余平均结实率为 60.4%；③‘至尊’作为母本与其他品种杂交，结实率较高，其作为父本结实率也高达 100%。另外，‘奥拉夫’作为母本结实率虽高，但其作为父本结实率仅为 32%，在今后设计杂交组合时应注意取舍。

表 2 朱顶红杂交和自交结果分析  
Table 2 The results of *Hippeastrum* cross and selfing breeding

组合♀ × ♂ Combination	授粉花朵数 Number of pollinated flowers	结实率/% Setting percentage	平均单果结 籽数 Seed number per fruit	出苗率/% Rate of emergence	出苗数 Seedling emergence	平均周径/cm Cross section diameter	平均结球数 The number of cabbage
‘当那’ × ‘奥拉夫’ Donau × Olaf	21	100	61	85.5	1 109	20.7	0.5
‘红狮’ × ‘舞蹈皇后’ Red Lion × Dancing Queen	8	100	16	69.6	92	19.0	0.8
‘红狮’ × ‘花孔雀’ Red Lion × Blossom Peacock	16	100	69	58.3	650	18.7	1.7
‘游戏’ × ‘至尊’ Faro × Sovereign	30	100	48	57.5	818	17.9	0
‘至尊’ × ‘利罗纳’ Sovereign × Rilona	8	100	18	68.0	100	20.8	0.8
‘奥拉夫’ × ‘蒙特布朗’ Olaf × Mout Blanc	21	90.4	37	82.3	593	22.5	0.3
‘至尊’ × ‘蒙特布朗’ Sovereign × Mout Blanc	10	90.0	64	80.3	464	20.5	0.5
‘奥拉夫’ × ‘当那’ Olaf × Donau	30	89.6	47	81.3	1 002	15.5	0
‘奥拉夫’ × ‘利罗纳’ Olaf × Rilona	8	87.5	50	80.6	287	17.1	0
‘卡门’ × ‘花孔雀’ Carmen × Blossom Peacock	16	87.5	43	87.0	523	20.4	0.6
‘卡门’ × ‘苹果’ Carmen × Apple Blossom	32	87.5	59	89.1	1 489	18.0	0
‘序幕’ × ‘红狮’ Prelude × Red Lion	16	87.5	20	77.7	222	16.9	0
‘红狮’ × ‘苹果’ Red Lion × Apple Blossom	32	84.3	62	88.1	1 475	20.2	1.3
‘卡门’ × ‘法拉利’ Carmen × Ferrari	31	83.3	27	68.3	480	17.9	0
‘至尊’ × ‘雅典娜’ Sovereign × Athene	22	83.3	48	53.5	462	20.6	0
‘朋友’ × ‘雅典娜’ Amigo × Athene	33	78.1	29	84.8	630	15.8	1.6
‘奥拉夫’ × ‘雅典娜’ Olaf × Athene	16	75.0	40	82.4	392	17.5	0
‘当那’ × ‘舞蹈皇后’ Donau × Dancing Queen	11	75.0	53	89.0	385	20.4	1
‘卡门’ × ‘舞蹈皇后’ Carmen × Dancing Queen	20	75.0	28	61.7	265	18.2	0
‘游戏’ × ‘舞蹈皇后’ Faro × Dancing Queen	8	75.0	13	84.6	66	18.5	0.6
‘红狮’ × ‘卡门’ Red Lion × Carmen	33	70.8	53	60.7	752	16.9	1.5
‘卡门’ × ‘红狮’ Carmen × Red Lion	30	62.5	43	68.7	547	20.3	0
‘卡门’ × ‘游戏’ Carmen × Faro	16	62.0	35	73.6	262	18.9	0
‘朋友’ × ‘当那’ Amigo × Donau	15	60.0	32	57.9	167	18.7	2.6
‘序幕’ × ‘卡门’ Prelude × Carmen	19	58.3	31	78.2	269	17.9	0
‘游戏’ × ‘红狮’ Faro × Red Lion	16	56.2	12	49.0	53	18.3	0
‘游戏’ × ‘雅典娜’ Faro × Athene	24	54.1	14	48.9	89	15.9	0
‘当那’ × ‘朋友’ Donau × Amigo	15	53.3	90	80.0	576	19.1	4.2

续表 1

组合♀ × ♂ Combination	授粉花朵数 Number of pollinated flowers	结实率/% Setting percentage	平均单果结 籽数 Seed number per fruit	出苗率/% Rate of emergence	出苗数 Seedling emergence	平均周径/cm Cross section diameter	平均结球数 The number of cabbage
‘苹果’ × ‘花孔雀’ Apple Blossom × Blossom Peacock	8	50.0	7	85.0	24	18.7	0
‘游戏’ × ‘卡门’ Faro × Carmen	24	50.0	10	57.0	68	16.7	0
‘游戏’ × ‘利罗纳’ Faro × Rilona	12	50.0	19	45.6	52	16.8	0
‘至尊’ × ‘舞蹈皇后’ Sovereign × Dancing Queen	12	50.0	55	94.0	322	15.8	0
‘红狮’ × ‘蒙特布朗’ Red Lion × Mout Blanc	14	42.8	21	67.4	85	23.1	1.2
‘奥拉夫’ × ‘舞蹈皇后’ Olaf × Dancing Queen	8	37.5	40	79.1	95	16.0	0
‘至尊’ × ‘游戏’ Sovereign × Faro	8	37.5	38	86.9	100	17.8	0
‘朋友’ × ‘奥拉夫’ Amigo × Olaf	25	32.0	22	49.4	89	15.5	1
‘朋友’ × ‘游戏’ Amigo × Faro	8	25.0	29	51.7	30	16.9	1.0
‘序幕’ × ‘游戏’ Prelude × Faro	8	25.0	28	35.7	20	18.2	0
‘卡门’ × ‘序幕’ Carmen × Prelude	8	0	0	0	0	0	0
‘卡门’ × ‘雅典娜’ Carmen × Athene	8	0	0	0	0	0	0
‘苹果’ × ‘蒙特布朗’ Apple Blossom × Mout Blanc	8	0	0	0	0	0	0
‘蒙特布朗’ × ‘火孔雀’ Mout Blanc × Flaming Peacock	8	0	0	0	0	0	0
‘苹果’ × ‘红狮’ Apple Blossom × Red Lion	8	0	0	0	0	0	0
‘苹果’ × ‘卡门’ Apple Blossom × Carmen	8	0	0	0	0	0	0
‘奥拉夫’ × ‘奥拉夫’ Olaf × Olaf	10	100	55	92	508	15.5	0
‘当那’ × ‘当那’ Donau × Donau	4	75	44	96	127	18.2	1.3
‘红狮’ × ‘红狮’ Red Lion × Red Lion	24	70	44	72	547	18.0	1
‘卡门’ × ‘卡门’ Carmen × Carmen	32	65	39	75	624	17.2	0
‘序幕’ × ‘序幕’ Prelude × Prelude	8	62	24	39	49	16.1	0
‘游戏’ × ‘游戏’ Faro × Faro	8	62	0	0	0	0	0
‘朋友’ × ‘朋友’ Amigo × Amigo	8	0	0	0	0	0	0
‘苹果’ × ‘苹果’ Apple Blossom × Apple Blossom	8	0	0	0	0	0	0
合计 Total	834				16 910		

2.1.2 单果结籽数和出苗统计分析

由表 2 可知，本试验中共授粉花朵 834 朵，其中有 30 个组合获得了杂交种子，不同组合的单果结籽数存在差异。作为母本，平均单果结籽数较高的分别是‘至尊’：44.6 粒、‘红狮’：44.0 粒、



‘奥拉夫’: 43.2 粒, 最低的为 ‘苹果’, 仅 1.4 粒; 以组合统计, 单果结籽数最多的是 ‘红狮’ × ‘苹果’ 和 ‘至尊’ × ‘蒙特布朗’ 这两个组合, 其单果结籽数均达到了 60 粒以上。因此, 从单果结籽率考虑, ‘奥拉夫’、‘红狮’、‘至尊’ 3 个品种较适宜作为杂交育种的优选品种。

出苗率是衡量种子活力的重要指标。在本试验中, 所有收到种子的杂交组合均可以出苗, 但组合之间出苗率差异较大, ‘至尊’ × ‘舞蹈皇后’ 出苗率最高, 为 94.0%, 而 ‘序幕’ × ‘游戏’ 最低, 仅有 35.7%。如以母本为单位统计, 出苗率最高的为 ‘苹果’, 达到了 85.0%, ‘奥拉夫’ 次之, 为 81.1%。这些结果说明不同组合种子活力差异较大, 在确定杂交组合时应充分考虑这些因素。另外, ‘苹果’ 和其他品种组合的出苗率和结实率等差异较大, 表明出苗率、结实率和单果结籽数等性状关联性不强, 需分别考虑。

‘奥拉夫’ 和 ‘至尊’ 的出苗率与其他品种相比较, 并且这两个品种的结实率和单果结籽数也较高, 因此这两个品种比较适合作为杂交育种的亲本。

### 2.1.3 生长量和结球分析

2 年生杂交组合种球周径达 20 cm 以上的有 9 个, 其中 ‘红狮’ × ‘蒙特布朗’、‘奥拉夫’ × ‘蒙特布朗’、‘至尊’ × ‘蒙特布朗’ 这 3 个组合的周径分别为 23.1 cm、22.5 cm、20.5 cm, 这 3 个组合中都含有亲本 ‘蒙特布朗’, 由此推断 ‘蒙特布朗’ 的杂交后代球径生长较快。所有组合中 ‘当那’ × ‘朋友’ 结球最多, 平均为 4.2 个, ‘朋友’ × ‘当那’ 结球数为 2.6 个。亲本 ‘朋友’ 和 ‘当那’ 这两个品种后代的繁殖率较高, 可以很快地繁殖后代。‘奥拉夫’ × ‘利罗纳’、‘奥拉夫’ × ‘当那’ 这 2 个组合不结球, 由此推断品种 ‘奥拉夫’ 作为亲本后代结球率较低。

## 2.2 自交组合结果分析

### 2.2.1 结实统计分析

在 8 个自交组合中, 有 3 个没有获得种子, 其中 ‘朋友’ 和 ‘苹果’ 存在自交不结实, 没有收获种子; ‘游戏’ 自交, 授粉后子房也会略有膨大, 但发育至一半即萎缩, 也未收到种子。另外 5 个组合均可结实, 其中 ‘奥拉夫’ 自交结实率高达 100%, 并且单果的结籽数也较其他品种多, 表明该品种自交结实性强, 适合用种子繁殖。与之相反的是, ‘卡门’ 和 ‘序幕’ 自交结实率和单果结籽数都不高, 表明这两个品种不适合种子繁殖 (表 2)。

### 2.2.2 单果结籽数和出苗统计分析

5 个自交组合获得后代, 出苗率有所差异。‘朋友’、‘苹果’ 和 ‘游戏’ 品种自交都未获得种子, 出苗率为 0。‘当那’ 自交组合出苗率最高, 其次是 ‘奥拉夫’, 表明这两个品种自交结实的种子活力高, 容易出苗, 比较适宜种子繁殖后代。‘序幕’ 出苗率仅有 39%, 其种子活力较低, 而且结实率和单果结籽数都偏低, 所以不适合种子繁殖后代。‘红狮’ 和 ‘卡门’ 自交结实的种子出苗率相对较高, 表明种子活力较好, 适宜种子繁殖。

### 2.2.3 生长量和结球分析

8 个自交组合中有两个组合结球, 其中 ‘红狮’ × ‘红狮’ 平均结球数为 1 个, ‘当那’ × ‘当那’ 平均结球为 1.3 个, 据此推测这两个品种的无性繁殖增值率比另外 6 个品种高。这两个自交组合生长速度较快, ‘当那’ × ‘当那’ 2 年生种球周径达 18.2 cm, ‘红狮’ × ‘红狮’ 的周径也达到了 18 cm。

## 2.3 杂交组合后代鉴定

连续种植 22 个月 (2011 年 5 月至 2013 年 3 月), 有 3 个组合 ‘奥拉夫’ × ‘蒙特布朗’、‘奥拉夫’ × ‘利罗纳’、‘至尊’ × ‘蒙特布朗’ 已经开花 (图 3 ~ 图 5)。其中 ‘奥拉夫’ × ‘利罗纳’ 种球周径没有达到 20 cm 便已经开花, 表明该杂交组合形成花芽较早。在成花率方面, 不同组合各



有差别（表 3），‘奥拉夫’×‘蒙特布朗’成花率最高，达 75%。‘奥拉夫’×‘利罗纳’成花率较低，为 55%，这种差异可能与杂交苗的种球大小有关。3 个组合的花色和花形多与母本相似，‘奥拉夫’×‘蒙特布朗’有 3 株（占开花的 7%）的花色介于父本和母本之间，且花形也与亲本不同（图 3）；‘奥拉夫’×‘利罗纳’有 6 株（占开花的 18.2%）花色与父本相近（结果未列出），2 株（占开花的 6%）花色介于亲本之间（图 4）；‘至尊’×‘蒙特布朗’的杂交后代花色和花形均与母本相似（图 5）。



图 3 杂交组合‘奥拉夫’×‘蒙特布朗’及其杂交后代  
Fig. 3 The hybrid of Olaf × Mout Blanc and their generations

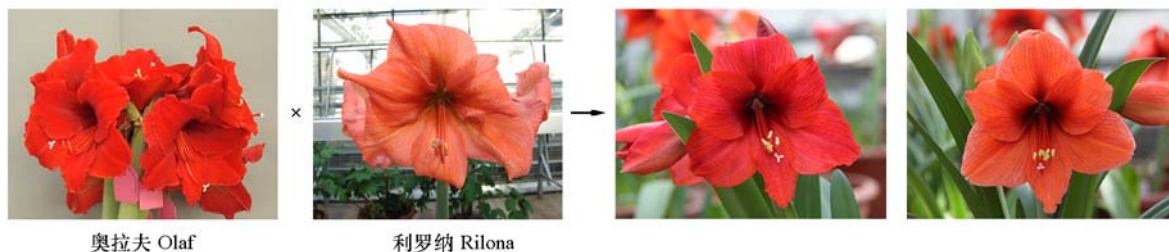


图 4 杂交组合‘奥拉夫’×‘利罗纳’及其杂交后代  
Fig. 4 The hybrid of Olaf × Rilona and their generations



图 5 杂交组合‘至尊’×‘蒙特布朗’及其杂交后代  
Fig. 5 The hybrid of Sovereign × Mout Blanc and their generations

花径方面，组合‘奥拉夫’×‘蒙特布朗’的后代的花径处于亲本之间。而组合‘奥拉夫’×‘利罗纳’、‘至尊’×‘蒙特布朗’的后代的花径均小于亲本，这可能与种球大小存在一定关系。花期方面，‘奥拉夫’×‘蒙特布朗’的花期介于两亲本之间，而组合‘奥拉夫’×‘利罗纳’、‘至尊’×‘蒙特布朗’两个组合的花期均短于亲本。其他方面，杂交后代的花葶长度、叶长和叶宽等均短于亲本（表 3）。

表 3 杂交组合后代性状  
Table 3 Hybrid progenies

组合♀×♂ Combination	花横径/cm Crosscut size	花纵径/cm Longitudinal diameter	花色 Flower colour	花期/d Florescence	花葶高/cm The hight of scape	叶长/cm The length of leaf blade	叶宽/cm The length of leaf blade	成花率/% Flowering rate
‘奥拉夫’×‘蒙特布朗’ Olaf×Mout Blanc	18.3	17.5	红、粉红 Red, Pink	23	45	40	4.6	75
‘奥拉夫’×‘利罗纳’ Olaf×Rilona	16.8	15.4	红、浅橙色 Red, Orange	18	50	46	4.4	55
‘至尊’×‘蒙特布朗’ Sovereign×Mout Blanc	19.0	17.5	红 Red	22	53	45	5.5	65
亲本‘奥拉夫’ Parent Olaf	16.0	15.6	红 Red	20	48	46	5.1	
亲本‘蒙特布朗’ Parent Mout Blanc	22.0	20.5	白 White	30	75	57	6.3	
亲本‘利罗纳’ Parent Rilona	20.0	18.8	橙色 Orange	13	85	75	5.8	
亲本‘至尊’ Parent Sovereign	21.0	20.0	红 Red	25	79	56	6.1	

3 讨论

本试验的目的是为培育优异的自创朱顶红新品种，筛选结实率、出苗率高，优良性状多的亲本和杂交组合。试验结果显示，与前人报道的结果（吕文涛 等，2010）相比，本试验所涉及的杂交组合结实率和出苗率均有一定程度的提高，这可能与不同的播种和管理方式有关。17 个亲本中，‘奥拉夫’，‘红狮’，‘至尊’这 3 个品种不论是作为父本还是母本，结实率和出苗率都较高，并且这 3 个品种均为花色艳丽的红色系，观赏性状优良，且部分品种适应性和抗逆性较强，因此适合作为杂交亲本。与之相反的是‘苹果’的杂交结果，其作为母本与其他 5 个品种进行杂交，结果仅有‘花孔雀’作为父本时获得果实，根据所选杂交亲本的品种性状来看，‘苹果’与‘花孔雀’不论是在花色，还是在香味上二者都存在着相似性（图 1），由此推断这两个品种的亲缘关系较近，从而获得了部分果实。因此，‘苹果’不太适宜作为母本进行杂交。

为观察各品种自交结实情况，试验中还设计了自交组合。结果表明朱顶红自交可以结实，但存在品种特异性。本试验中除‘朋友’、‘苹果’自交不结实外，其他几个品种自交均可结实，尤以‘奥拉夫’自交结实率最高。结合其杂交组合的结实率，该品种结实性极好，非常适合作为杂交或自交亲本。‘游戏’自交授粉后子房虽然会膨大，但发育一半后即萎缩，也未收到种子，因此该品种自交也不能获得后代。研究表明，在百合育种过程中，采取去掉柱头，可有效解决授粉后子房不膨大的问题（黄济明，1982；Jaap et al., 1996）；另外，NaCl 溶液、花粉培养液、BA 处理等可提高油菜、百合等的杂交授粉效率（胡代泽 等，1983；罗凤霞 等，2005）。以上这些方法都可以应用于今后的朱顶红育种中。自交试验中，‘奥拉夫’、‘红狮’、‘当那’的结实率和单果结籽数都较高，因为 3 个花色都是红色，而其他结实性差的品种不是红色，由此可以推断，红色系的单瓣品种结实性好，可以在今后的亲本选择中加以利用。

朱顶红主要靠种球扩繁, 而关于 2 年生杂交苗分生仔球的研究, 到目前为止还未见报道。本试验筛选出的 19 个杂交组合, 其 2 年生杂交苗均可分生出仔球, 其中结球率最高的组合是‘当那’×‘朋友’, 该组合同时还具有结球时间短、繁殖速度快的特点, 这一结果可为今后朱顶红快速繁殖提供一定的数据基础。

在所有组合中, ‘奥拉夫’×‘蒙特布朗’、‘奥拉夫’×‘利罗纳’、‘至尊’×‘蒙特布朗’这 3 个组合播种 22 个月后即可开花, 这比以前的报道(叶露, 2008)提前了 6 个月, 在一定程度上缩短了育种周期。通过对杂交后代的初步鉴定, 发现多数组合的开花性状与母本相似, 但是组合‘奥拉夫’×‘蒙特布朗’在花色、花形两个性状上均出现了亲本不具有的性状, 可以作为新品种的优选材料。组合‘奥拉夫’×‘利罗纳’在花色方面出现偏父本性状, 但不完全相同, 因此也是新品种的优选材料, 此外该组合种球周径没有达到 20 cm 便已经开花, 表明‘奥拉夫’×‘利罗纳’形成花芽较早, 这在将来新品种的推广上拥有很大的优势。‘奥拉夫’×‘蒙特布朗’的成花率比其他两个组合高, 可能是该组合种球较大, 花芽发育好造成的。对于组合‘至尊’×‘蒙特布朗’的杂交后代, 单从花色、花形方面并不能确定其是否为新品种材料, 需进行系统的品种鉴定。3 个杂交组合后代的花期比亲本的花期短, 这可能与杂交后代种球大小有关。另外, 此次开花为杂交苗首次开花, 种球内的养分限制也可能是导致其花期较短的原因之一。

## References

- August D H, Marcel L N. 1993. The physiology of flower bulbs. ELSEVIER: 321 - 334.
- Chen Jun-yu, Cheng Xu-ke. 1990. Scripture of flowers. Shanghai: Shanghai Culture Publishing House: 604 - 605. (in Chinese)
- 陈俊愉, 程绪珂. 1990. 花经. 上海: 上海文化出版社: 604 - 605.
- Debbie H. 2003. Ball redbook. 17<sup>th</sup> Edition. Batavia, USA: Ball Publishing.
- Gong Xue-qin, You Cui-Rong, Qu Fu-ning, Xie Xiao-xu. 2012. Somatic embryogenesis and plant regeneration in *Hippeastrum hybridum*. Acta Horticulturae Sinica, 39 (2): 381 - 386. (in Chinese)
- 龚雪琴, 由翠荣, 曲复宁, 解晓旭. 2012. 朱顶红体细胞胚胎发生及植株再生研究. 园艺学报, 39 (2): 381 - 386.
- Hardman C. 1997. Trends in modern *Hippeastrum* hybridizing. Herbertia: American Plant Life Society, 52: 168.
- Hu Dai-ze, An Cai-tai, Dong Hui-zhen. 1983. Using chemical method to overcome the rape selfing incompatibility. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, (2): 1 - 5. (in Chinese)
- 胡代泽, 安彩泰, 董惠珍. 1983. 用化学方法克服油菜自交不亲和性研究. 中国油料作物学报, (2): 1 - 5.
- Huang Ji-ming. 1982. Cultivation of interspecific hybrids between *Lilium regale* and *L. davidii*. Acta Horticulturae Sinica, 9 (3): 51 - 56. (in Chinese)
- 黄济明. 1982. 王百合 × 大卫百合种间远缘杂种的育成. 园艺学报, 9 (3): 51 - 56.
- Jaap M, van Tuyt, Hein C M, Van Holsteijn. 1996. Lily breeding research in the Netherlands. Acta Hort, 414: 35 - 45.
- Luo Feng-xia, Nian Yu-xin, Sun Xiao-mei, Li Zhi-hui, Wang Xian. 2005. Influences on seed formation of different hybrid combinations in cut flower lilies by four pollination techniques. Acta Horticulturae Sinica, 32 (4): 729 - 731. (in Chinese)
- 罗凤霞, 年玉欣, 孙晓梅, 李智辉, 王 贤. 2005. 4 种授粉方法对切花百合不同杂交组合结籽量的影响. 园艺学报, 32 (4): 729 - 731.
- Lü Wen-tao, Cheng Hai-zhong, Zhou Yu-zhen, Lou Xiao-ming, Jin Li-min. 2010. The beginning of the research report of seed setting rate and emergence rate in *Hippeastrum hybridum*. Jiangsu Agricultural Science, (1): 185 - 187. (in Chinese)
- 吕文涛, 成海钟, 周玉珍, 娄晓明, 金立敏. 2010. 朱顶红人工授粉的结实率与出苗率研究初报. 江苏农业科学, (1): 185 - 187.
- Meerow Alen W. 1988. New trends in amyrilys (*Hippeastrum*) breeding. Proc Fla State Hort Soc, 285 - 288.
- Tian Song-qing, Zhu Xu-dong, Cheng Hai-zhong, Guo Wei-ming. 2008. Introduced varieties for cultivation techniques research in *Hippeastrum hybridum*. Jiangsu Agricultural Science, (4): 151 - 153. (in Chinese)
- 田松青, 朱旭东, 成海钟, 郭维明. 2008. 杂种朱顶红引进品种的促成栽培技术研究. 江苏农业科学, (4): 151 - 153.
- Ye Lu. 2008. A study on *Hippeastrum* hybridization [M. D. Dissertation]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University. (in Chinese)
- 叶 露. 2008. 朱顶红杂交育种研究[硕士论文]. 上海: 上海交通大学.