

## 夏蜡梅和美国蜡梅属间杂种形态与光合生理特征

盛宁<sup>1</sup>, 姚青菊<sup>1</sup>, 任全进<sup>1</sup>, 熊豫宁<sup>1</sup>, 孙小芳<sup>2</sup>

(1. 江苏省-中国科学院植物研究所(南京中山植物园) 江苏省植物迁地保护重点实验室, 江苏 南京 210014;

2. 南京农业大学 农学院, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 从花形态、结实性、光合和水分利用效率等 3 个方面, 比较了属间杂种与母本夏蜡梅 *Sinocalycanthus chinensis*, 父本美国蜡梅 *Calycanthus floridus* 之间的差异; 另外, 对濒危园模拟生境条件下生长的夏蜡梅和苗圃自然光照条件下的夏蜡梅植株的光合作用和水分利用的生态差异进行了比较研究。结果表明: ①花外形、颜色和气味, 花被片形态, 外、内花被片(数量、大小、颜色、形状和质地), 雄蕊(可育雄蕊、不育雄蕊和食物体), 雌蕊(花柱和柱头)等方面, 属间杂种均表现出双亲的中间性状, 结合了双亲优异之处, 具有很高观赏价值; ②夏蜡梅在南京地区结实正常, 美国蜡梅在南京地区的结实能力差, 而属间杂种 7 年生植株开花的 2 a 中都表现为不结实; ③光合作用和水分利用特性上, 属间杂种与父本美国蜡梅相似, 较母本夏蜡梅有明显优势, 没有严重的光合午休现象和灼伤叶片、花苞片现象。另外, 濒危园中遮光条件下的夏蜡梅植株尽管净光合作用和蒸腾作用较小, 但没有午休现象, 而且表观量子效率和水分利用效率显著大于自然光照条件下的夏蜡梅植株, 乃至美国蜡梅及属间杂种, 显示出夏蜡梅的喜阴习性。图 1 表 3 参 17

**关键词:** 植物学; 夏蜡梅; 美国蜡梅; 属间杂种; 表观量子效率; 水分利用效率

中图分类号: Q948.1; S338

文献标志码: A

文章编号: 1000-5692(2008)06-0728-05

## Morphology and photosynthesis of an intergeneric hybrid between *Sinocalycanthus chinensis* and *Calycanthus floridus*

SHENG Ning<sup>1</sup>, YAO Qing-ju<sup>1</sup>, REN Quan-jin<sup>1</sup>, XIONG Yu-ning<sup>1</sup>, SUN Xiao-fang<sup>2</sup>

(1. The Provincial Key Laboratory for Plant Ex Situ Conservation of Jiangsu Province, Institute of Botany,

Jiangsu Province and Chinese Academy of Science, Nanjing 210014, Jiangsu, China; 2. Agricultural

College, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu, China)

**Abstract:** We obtained an intergeneric hybrid between female, *Sinocalycanthus chinensis*, and male, *Calycanthus floridus* in 2001, in Nanjing botanical Garden Mem. Sun Yat-sen. This hybrid initially flowered in 2006. Differences in (1) flower morphology, (2) fecundity, and (3) photosynthesis and water use efficiency (WUE) between this intergeneric hybrid and its parents were researched in Nanjing in 2006 and 2007. Ecological differences of photosynthesis and water use with *S. chinensis* between nursery plants and those in an endangered species garden (ESG) were also studied. Results showed that (1) the intergeneric hybrid combined favorable qualities of its parents and had a high ornamental value with intermediate morphological characteristics for flowers-size, color, odor, and perianth arrangement, outer and inner row tepals (amount, size, color, shape, and texture), for stamens (fertile, staminodia, “food body”), and for pistils (style, stigma). Also, (2) natural fecundity was found in *S. chinensis* and non-normal fructification in *C. floridus* with the intergeneric hybrid exhibiting florescence but unfruitful for the two years of this study. Additionally, (3) the intergeneric hybrid was similar to *C. floridus* in photosynthesis and water use, but without a severe photosynthetic midday-depression or burns on leaves and bracts; in the nursery with natu-

收稿日期: 2008-01-11; 修回日期: 2008-03-31

基金项目: 江苏省南京市科技发展计划项目(2003ZB0203)

作者简介: 盛宁, 副研究员, 从事植物资源和迁地保护研究。E-mail: qingjuyao@21cn.com

ral sunlight, the hybrid showed a strong superiority to *S. chinensis*. In addition, compared to *C. floridus*, the hybrid, and *S. chinensis* in a nursery with natural sunlight, *S. chinensis* with shading in an ESG expressed a higher apparent quanta efficiency(AQE) and water use efficiency(WUE) with lower rates of net photosynthesis and transpiration and with no photosynthetic midday-depression. [Ch, 1 fig. 3 tab. 17 ref.]

**Key words:** botany; *Sinocalycanthus chinensis*; *Calycanthus floridus*; intergeneric hybrid; apparent quanta efficiency(AQE); water use efficiency(WUE)

珍稀观赏植物夏蜡梅 *Sinocalycanthus chinensis* 为蜡梅科 Calycanthaceae 夏蜡梅属 *Sinocalycanthus* 的唯一物种, 仅零星分布于浙江临安市和天台县极狭小的范围内, 为第三纪孑遗物种, 被列入国家二级保护濒危物种<sup>[1-3]</sup>。国内学者在形态解剖、花粉、受精结实、核型、细胞地理学、起源、分类地位、群落分布、遗传多样性及植物化学等多方面, 对夏蜡梅进行了许多研究<sup>[3-12]</sup>。2001 年美国 Lasseigne 等<sup>[13]</sup>报道, 他们首次于 1991 年成功获得 1 株夏蜡梅和美国蜡梅 *Calycanthus floridus* 属间杂种, 1996 年杂种植株开花, 但未见他们的后续研究报道。笔者自 1997 年开始进行夏蜡梅和美国蜡梅属间杂交研究, 于 2001 年成功获得 1 株杂种。该杂种植株于 2006 年春初次开花数量少, 2007 年春开花数量多; 花的颜色、大小和形状等性状介于双亲之间, 叶和枝等性状也表现为杂种特点; 其花大色艳, 外花被红, 内花被金黄, 艳丽动人<sup>[14-15]</sup>。笔者从花形态和植株结实性、光合作用和水分利用等方面, 对该杂种和双亲进行了比较研究。

## 1 材料与方法

夏蜡梅于 1984 年自浙江临安大明山夏蜡梅原产地引种, 美国蜡梅于 1987 年自美国引进, 栽植于资源圃中。濒危园中的夏蜡梅为 23 年生(生长于高大乔木遮荫下的模拟自然群落中), 选取 3 株。资源圃中的夏蜡梅(母本)、美国蜡梅(父本)均为 1992 年栽植的 15 年生植株(人工栽植群体), 各选 5 株; 属间杂种夏蜡梅 1 株, 2001 年培育, 7 年生植株, 栽植于资源圃。

花形态观察比较日期为 2007 年 5 月 20 日, 各测定 10 个花朵, 取平均值。光合作用测定日期为 2007 年 7 月 17 日, 采用 LI-6400 光合作用测定仪, 时间为 8:00–16:00, 每隔 2 h 测定 1 次, 夏蜡梅、美国蜡梅和杂种植株各测定功能叶 10 片, 取平均值。计算公式: 表观量子效率 = 净光合速率 / 有效光辐射量; 水分利用效率 = 净光合速率/蒸腾速率。

## 2 结果与分析

### 2.1 属间杂种夏蜡梅和双亲花形态结构特征的比较

在自然光照条件下, 杂种夏蜡梅开花旺盛, 单株总开花数量多于母本夏蜡梅, 少于父本美国蜡梅; 花较大, 直径小于夏蜡梅, 大于美国蜡梅; 与夏蜡梅一样无香气(表 1); 杂种夏蜡梅花被片形态与夏蜡梅相同, 为二型; 外花被片长倒卵圆形, 质地薄而软, 紫红至粉红, 数目多于夏蜡梅; 内花被片长卵形, 肉质, 厚, 内弯, 上黄下红(腹中部带白色), 数目少于夏蜡梅。杂种夏蜡梅外、内花被片长度略小于夏蜡梅, 宽度小于夏蜡梅(表 2)。夏蜡梅外花被片倒卵圆形, 白色(边缘带紫红; 在自然光照条件下, 边缘紫色显著, 而在濒危园遮光条件下, 边缘紫红很淡), 内花被片卵形, 肉质, 厚, 内弯, 上黄下白, 腹基部带紫色斑点。美国蜡梅的花被片为一型, 内外花被片仅大小有差异, 颜色和形状相似, 为褐紫至紫红色的先端尖的披针形或长匙形; 花被片总数目多于杂种夏蜡梅和夏蜡梅。

从外、内花被片的数量、颜色、大小(长:宽)、形状和质地等形态特征上, 杂种夏蜡梅的花均表现出母本和父本的中间性状。杂种夏蜡梅和夏蜡梅一样, 外花被片与内花被片在颜色、大小和质地等形态特征上有明显差异, 而美国蜡梅的外、内花被片则没有明显差异。在自然光照条件下, 夏蜡梅花苞片容易发生和其叶片一样的灼伤现象而影响其观赏性, 而杂种夏蜡梅和美国蜡梅没有灼伤现象。从花朵外形比较来看, 杂种夏蜡梅花朵娇艳美丽, 观赏价值最大。

表 1 杂种夏蜡梅和双亲花的性状和结实性比较(自然光照条件)

Table 1 Characters of flower and fecundity between intergeneric hybrid and its parents (under natural sunshine condition)

种	花直径/cm	香味	花颜色	花被片形态	苞片	开花期	结实性
夏蜡梅(母本)	5.8	无	白色	二型	脱落(有痕迹)	04-22 – 06-02(42 d)	结实
杂种夏蜡梅(F1)	5.2	无	红色	二型	宿存, 红色	04-20 – 06-03(45 d)	未结实
美国蜡梅(父本)	4.3	芳香	褐紫色	一型	宿存, 绿色	04-13 – 06-19(68 d)	未结实

表 2 杂种夏蜡梅和双亲花被片的特征比较(自然光照条件)

Table 2 Characters of outer and inner tepals between intergeneric hybrid and its parents(under natural sunshine condition)

项目	夏蜡梅(母本)	杂种夏蜡梅(F1)	美国蜡梅(父本)
外花被片	数量/片	10.2	14.8
	颜色	白色, 边缘粉红	紫红至粉红色
	长×宽/(cm×cm)	2.72×1.95	2.07×0.98
	形状(长:宽)	倒卵圆形(3:2)	长倒卵圆形(2:1)
	质地	薄, 软	较厚略为肉质
内花被片	数量/片	10.3	8.2
	颜色	上端黄色, 下端白色	上端黄色, 下端紫红
	长×宽/(cm×cm)	1.17×0.86	1.01×0.64
	形状(长:宽)	卵形(6:5)	长卵形(3:2)
	质地	厚, 肉质	较厚略为肉质

2.2 属间杂种夏蜡梅和亲本雌雄蕊特征、结实特性的比较

杂种夏蜡梅植株 2 a 开花均未结实。观察其雄蕊和柱头等(表 3), 发现杂种夏蜡梅的雄蕊均为白色的不育雄蕊(单花雄蕊数约 20 个), 外形上较双亲的不育雄蕊柔弱细小, 明显发育不良, 其顶端为一黄色食物体结构(美国蜡梅为白色食物体), 花丝淡紫红。杂种夏蜡梅的花柱和柱头特征接近母本夏蜡梅, 长度大于美国蜡梅, 但柱头顶端白色, 而非夏蜡梅的黄色明显; 单雌蕊数与双亲相近。

表 3 杂种夏蜡梅和双亲的雄蕊、雌蕊特征比较(自然光照条件)

Table 3 Characters of stamen and stigma between intergeneric hybrid and its parents(under natural sunshine condition)

项目	夏蜡梅(母本)	杂种夏蜡梅(F1)	美国蜡梅(父本)
可育雄蕊	数量/个	14.2	0
	颜色	黄色(基白)	黄(腹基红)
	形状	肥大, 香蕉形	短香蕉形
	长×宽/(mm×mm)	7.8×2.2	4.1×1.3
	花丝	黄色, 粗短(1.0~1.5 mm)	紫红, 粗短(1.0~1.5 mm)
不育雄蕊	数量/个	8.1	20.1
	颜色	白色	白(顶黄基略红)
	形状	肥大, 香蕉形	有头瓶形
	花丝	极短	短(淡紫红)
	食物体	无	有(黄色)
雌蕊	花柱	白色, 丝状, 细长(5 mm)	白色, 丝状, 细长(6 mm)
	柱头	黄色	白色, 细小

美国蜡梅在南京的自然条件下也不能结实或者结实数量极少, 且种子不饱满, 出苗率低, 但通过一定的光照处理, 也可以得到饱满的果实和种子(试验研究中)。初步判断可能是光照条件不适宜造成的。栽植于同样光照条件下的夏蜡梅, 结实率虽然不高, 但结实种子均较饱满, 出苗率高。

从表 1 还可以看出, 杂种夏蜡梅的花期和夏蜡梅差异不大, 均明显短于美国蜡梅的花期。由于目前杂种夏蜡梅仅 1 株, 尚无法对其生育期与双亲进行比较。

### 2.3 属间杂种夏蜡梅和双亲光合特性和水分利用效率的比较

于夏季高温强光照生长季节, 分别测定了种植于资源圃中自然光照条件下的双亲(15 年生)、杂种夏蜡梅(7 年生), 以及濒危园中夏蜡梅(23 年生)植株的光合作用和蒸腾作用等。从图 1 可以看出, 自然光照条件下, 杂种夏蜡梅的净光合速率、表观量子效率、蒸腾速率和水分利用效率等指标都显著大于资源圃中的母本; 净光合速率、表观量子效率除中午前后低于父本, 其他时间也大于父本, 从而表现出明显的生理优势; 水分利用效率和父本相当。双亲间相比, 父本美国蜡梅具有显著大于母本夏蜡梅的光合、水分利用的生理优势。气孔导度和叶面饱和水汽压亏缺也表现出各自相应的趋势。

分析夏蜡梅对强光照的反应, 可以看出, 在苗圃的自然光照条件下, 夏蜡梅表现出极为严重的光合午休现象, 中午时分的净光合速率比上午 8:00 的还低, 而且中午及以后具有较小的气孔导度值和较高的叶面饱和水汽压亏缺值, 表现出表观量子效率和水分利用效率等指标均不高, 如下午 14:00, 尽管蒸腾作用较大, 但叶面饱和水汽压亏缺值却很高, 导致水分利用效率不高。究其原因, 可能是夏蜡梅叶片对高温高光照的忍耐性差, 叶片因降低体温的需要而增大蒸腾作用, 消耗较多水分; 但在中午由于光合午休, 蒸腾作用受到抑制, 因此导致了植株部分叶片、花苞片出现严重的灼伤现象。

相反, 在濒危园遮光条件下的夏蜡梅植株, 尽管净光合速率、气孔导度和蒸腾速率等指标都处于劣势, 但表观量子效率、水分利用效率均高于资源圃中的夏蜡梅、美国蜡梅和杂种植株, 而且没有出现明显的午休现象。这表明, 夏蜡梅在遮光条件下, 不但更有利于躲避强光照, 维持较低的叶面温度, 而且能更有效地利用光能, 而较低的叶面饱和水汽压亏缺值和蒸腾速率有利于其提高水分利用效率, 因此在高温强光照季节, 表现出较自然光照条件下更好的生长状态, 体现了夏蜡梅喜阴特性。

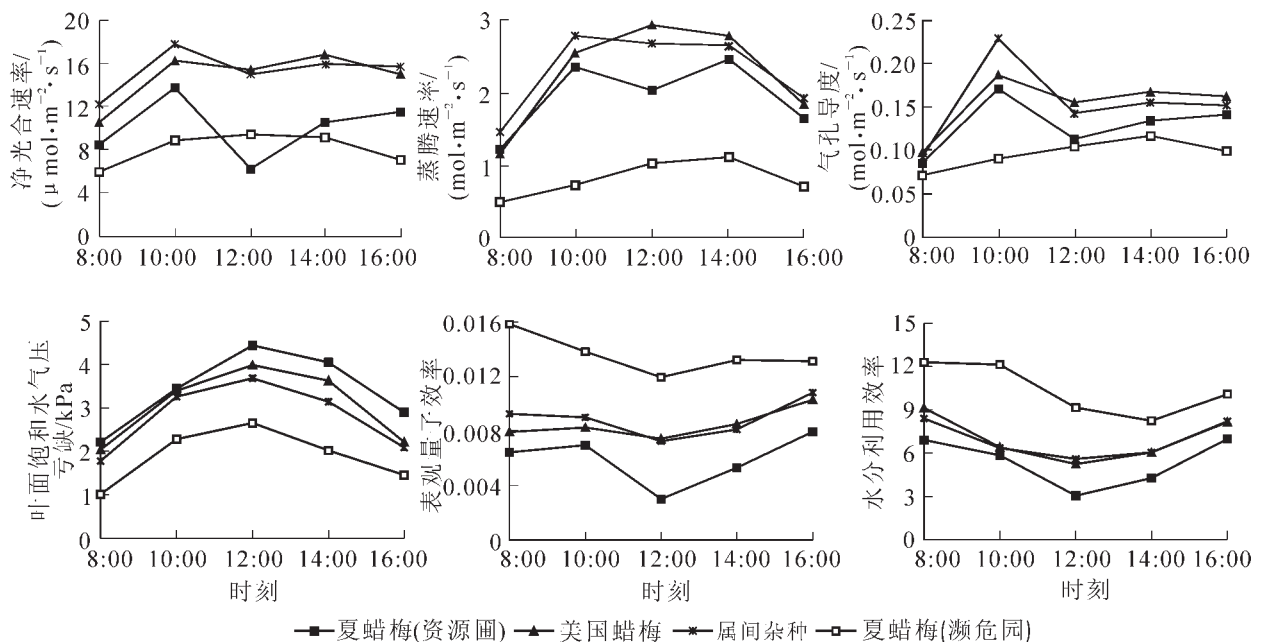


图 1 杂种夏蜡梅和双亲的光合作用、水分利用特性比较

Figure 1 Characters of photosynthesis and water use among intergeneric hybrid and its parents

### 3 结论与讨论

杂种夏蜡梅花的形态介于双亲之间, 光合、水分利用等生理特性也介于双亲之间。从本研究中可



以初步看出, 作为夏蜡梅和美国蜡梅的属间远缘杂交后代, 杂种夏蜡梅较母本夏蜡梅的优异性在于花红色, 适应性较强, 耐高温, 耐阳光直射, 有一定的生长优势; 较父本美国蜡梅的优异性是花大、内黄、色艳, 观赏价值高。当然, 由于目前杂种夏蜡梅仅有 1 株, 而且树龄较小, 仅开花 2 a, 因此, 只是初步的结果, 还无法完全反映它与双亲之间的差异。双亲夏蜡梅和美国蜡梅虽为同时栽植的植株, 但由于 2 个树种来源地相差很大, 对试验地温、光、水和土壤等地理生态条件的适应性存在差异, 对试验结果有一定的影响。

杂种夏蜡梅的不育性是由于其花器官发育不良引起的。这一现象究竟是因为属间远缘杂种后代的缘故, 还是因植株树龄小而导致的, 尚待研究。在植物远缘杂交中, 常出现杂交 F<sub>1</sub> 种子发育不良, 不能出苗, 或幼苗生活力差, 存活率低, 容易夭亡, 成年植株不能开花或不能结实等现象。杂种夏蜡梅为属间远缘杂种, 尽管杂交种子发育良好, 饱满且出苗率较高, 但由于来自父、母本的遗传物质差异大, 幼苗在 2~3 叶期间就不能正常生长, 开始出现较多的死亡现象<sup>[8]</sup>。因此杂种夏蜡梅的不育性可能是属间远缘杂交后代的正常表现, 也不排除是植株尚未完全成长而引起的花器官发育不良。

夏蜡梅的喜阴特性。在高温强光照的生长季节, 美国蜡梅和杂种夏蜡梅也有明显的光合午休现象, 但夏蜡梅的午休程度非常严重。有研究表明, 强光下光抑制的发生是引起夏蜡梅光合午休的重要原因<sup>[16]</sup>, 也有报道研究分析了水分胁迫下夏蜡梅光合效率的变化, 认为轻度和中度水分胁迫下光合能力的下降主要由气孔限制引起, 在重度水分胁迫下则由非气孔限制起主要作用<sup>[17]</sup>。本研究发现, 在中午时, 植株净光合速率下降严重, 蒸腾速率也有下降, 可能也因此导致了叶面温度高而出现灼伤现象。濒危园中遮光条件下生长的夏蜡梅植株不但没有出现午休现象, 还表现出很高的表观量子效率和水利用效率, 这说明夏蜡梅确实有喜阴特性。夏蜡梅这一特性究竟是对强光, 高温还是干旱的敏感性, 有待进一步研究。在园林绿化上利用夏蜡梅时, 也应该注意利用这一特性, 尽量种植于阴凉环境下, 或者在高温季节应进行适当的遮光处理。

#### 参考文献:

- [1] 郑万钧, 章绍尧. 蜡梅科的新属——夏蜡梅属[J]. 植物分类学报, 1964, 9 (2): 135 - 138.
- [2] 傅立国, 金鉴明. 中国保护植物红皮书[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 196 - 197.
- [3] 张若蕙, 刘洪涛. 世界蜡梅[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1999.
- [4] 李林初. 夏蜡梅属花粉形态的研究[J]. 植物研究, 1990, 10: 93 - 98.
- [5] 黄坚钦, 何小春, 金水虎, 等. 夏蜡梅的双受精和种子形成[J]. 浙江林学院学报, 1999, 16 (3): 219 - 223.
- [6] 李林初. 夏蜡梅核型的研究[J]. 广西植物, 1986, 6 (3): 221 - 224.
- [7] 李林初. 夏蜡梅属的细胞地理学研究[J]. 广西植物, 1989, 9 (4): 311 - 316.
- [8] 李林初. 夏蜡梅属起源的探讨[J]. 西北植物学报, 1988, 8 (2): 67 - 72.
- [9] 徐耀良, 张若蕙, 周骋. 夏蜡梅的群落学研究[J]. 浙江林学院学报, 1997, 14 (4): 355 - 362.
- [10] 金则新, 李钧敏. 珍稀濒危植物夏蜡梅遗传多样性的 ISSR 分析[J]. 应用生态学报, 2007, 18 (2): 247 - 253.
- [11] 周世良, 叶文国. 夏蜡梅的遗传多样性及其保护[J]. 生物多样性, 2002, 10 (1): 1 - 6.
- [12] 李钧敏, 金则新, 朱小燕. 濒危植物夏蜡梅总皂甙含量及其环境因子相关性研究[J]. 西北林学院学报, 2006, 21 (5): 147 - 150.
- [13] LASSEIGNE F T, FANTZ P R, RAULSTON J C.  $\times$  *Sinocalycanthus raulstonii* (Calycanthaceae): A new intergeneric hybrid between *Sinocalycanthus chinensis* and *Calycanthus floridus* [J]. *Hortic Sci*, 2001, 36 (4): 765 - 767.
- [14] 姚青菊, 夏冰, 蔡小龙, 等. 夏蜡梅和美国蜡梅属间杂种培育成功[J]. 江苏农业科学, 2007 (3): 222.
- [15] 姚青菊, 夏冰, 任全进, 等. 夏蜡梅和美国蜡梅属间杂种的优势表现[J]. 江苏林业科技, 2007, 34 (4): 24 - 26, 35.
- [16] 柯世省, 廖俊云, 张阿英. 夏蜡梅光合午休原因初探[J]. 台州学院学报, 2005, 27 (6): 60 - 63, 72.
- [17] 柯世省. 水分胁迫下夏蜡梅光合作用的气孔和非气孔限制[J]. 浙江林业科技, 2006, 26 (6): 1 - 5.