

蝴蝶花花器结构和开花授粉生物学特性

关文灵*, 李叶芳, 陈 贤, 杨 德

(云南农业大学园林园艺学院, 昆明 650201)

摘 要: 通过田间观察, 运用杂交指数、花粉及柱头活力、花粉/胚珠比、坐果率等指标, 对蝴蝶花 (*Iris japonica* Thunb.) 人工种群的花部特征、开花动态及授粉特性等进行研究。在人工栽培条件下, 蝴蝶花 2—4 月份开花, 群体花期 62 d, 单株花期 9~28 d, 单花花期 36~48 h。雄蕊短于花柱, 花药与柱头相差 0.32 cm, 在花朵开放的整个过程中雌、雄蕊的相对位置始终不变。杂交指数 $OCI=4$, P/O 值为 275.68, 结合坐果率结果, 判断其繁育系统属于异交, 部分自交亲和, 需要传粉者。特殊的花部结构可能是蝴蝶花结实率较低的原因。

关键词: 蝴蝶花; 花部特征; 杂交指数; 花粉/胚珠比; 繁育系统

中图分类号: S 682.1⁺9 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2009) 10-1485-06

Flower Structure and Biological Characteristics of Flowering and Pollination in *Iris japonica* Thunb

GUAN Wen-ling*, LI Ye-fang, CHEN Xian, and YANG De

(College of Landscape and Horticulture, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: A field investigation was conducted on the floral syndrome and pollination characteristics of *Iris japonica* Thunb. in artificial populations by continuous observation, out-crossing index, pollen-ovule ratio and fruit-set rate. The main results are as follows: Under artificial culture conditions, the population came into bloom from February to April and the flowering span among populations is 62 days. The flowering span for a plant is 9 - 28 days. The life span of one single flower was approximately 36 - 48 hours. The stamen was close to the lateral side of the petaloid style and 0.32 cm shorter than the style, and the relative position between the stamen and style was always unchanged in the whole flowering process. The out-crossing index was 4, P/O was about 275.68, combined with the result of the bagging and artificial pollination experiment, the breeding system of those species was given priority to out-crossing, part self-compatibility, insects pollinator-dependent. The special floral structure may be the reasons that those species have a low setting percentage.

Key words: *Iris japonica* Thunb.; floral syndrome; out-crossing index; pollen-ovule ratio; breeding system

系统地了解植物花的结构特征和繁育特性, 是认识植物生活史的前提, 也是开展相关研究必备的知识背景 (肖宜安等, 2004)。蝴蝶花 (*Iris japonica* Thunb.) 是鸢尾属的多年生根茎型草本植物, 分布于我国广西、四川、贵州、云南等地 (Weddick & Zhao, 1992)。蝴蝶花耐阴、耐寒, 植株终年常绿, 其花有很高的观赏价值, 而且栽培管理简便, 养护成本较低, 目前我国南方地区十分普及的地被植物。作者观察发现, 栽培的蝴蝶花群体虽然开花多, 但自然结实率很低, 仅为 6.54%, 在自然状态下主要以无性系繁殖为主, 生产上常采用分株方法繁殖。迄今为止, 国内外对蝴蝶花的报道仅

收稿日期: 2009 - 05 - 31; 修回日期: 2009 - 08 - 31

基金项目: 教育部春晖计划项目 (KX140408)

* E-mail: gwenling2008@sina.com

限于其地理分布、分类特征、栽培等基础阶段,而对其繁育系统方面的研究少见报道(李青雨, 2006)。

作者采用连续实地观察、显微观察、套袋授粉等方法,揭示该物种的繁育系统类型和低结实率的原因,以期有效保育和利用蝴蝶花提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验地点为云南省昆明市北市区云南农业大学教工住宅小区,海拔 1 900 m,年均温度 14.7 °C,年降水量 1 007 mm。冬季与春季为干季,光照充足、气温温和、空气湿度低;夏季为湿季,降水集中,温度较高。生境为水边疏林下,光照较为充分,土壤为酸性红壤。

以栽培两年的蝴蝶花人工种群为试验材料,种群处于半自然状态,能够反映引种地自然状态下蝴蝶花的传粉规律。

1.2 开花动态及花部特征的观察

于 2008 年 2—4 月按照 Dafni (1992) 所述标准记录蝴蝶花群体花期和开花进程。于花蕾期选 10 株,每株标记 5 朵花,记录各植株开花情况。

从显蕾开始,每天观察 1 次,开花当天早上 7:00—9:00,每隔 30 min 观察 1 次,从 9:00—19:00 以及第 2 天 7:00 以后每隔 2~3 h 观察 1 次,直到花朵凋谢。记录其开花及散粉时间、同一植株内花朵开放的顺序、单株花期、单花花期及花朵的组成、形状、颜色及柱头与花药的位置、花朵直径(共测量 30 朵花)。

1.3 花粉活力和柱头可授性的测定

选择 3~4 cm 长的花蕾进行套袋、标记。分别于刚开放时和开放后 6、12、24、30 h 采集花药,取出花粉用 0.1% 的 TTC 染色,每个时期的花粉制 3 个玻片,每片取 3 个视野,分别统计被染上色的花粉的百分率,取平均值作为花粉的活力指标。

在盛花期上午 9:00,取不同发育时期(即将开放期、初开期、盛开期、开花末期、凋谢期)的花,用过氧化氢—联苯胺溶液检测柱头的可授性(刘林德等, 2001)。

1.4 杂交指数 (Out crossing index, OCI) 的估算

按照 Dafni 等 (2000) 的标准进行花朵直径、花朵大小及开花行为的测定,由 OCI 值评判繁育系统类型。

1.5 花粉/胚珠比 (Pollen-ovule ratio, P/O) 的测定

随机选取 10 个花蕾(花药尚未开裂),取单花的全部花药,用 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 溶液在 60 °C 下水解去除药壁,制成 2 mL 花粉粒悬浮液,用进样器吸取 5 μL 于显微镜下观察统计花粉数量,重复取样观察 5 次,取其平均值记为 x ,则单花花粉数量等于 $400x$ 。统计 5 个花蕾的单花花粉量。取子房在解剖镜下用解剖针划开心皮,观测并记录其胚珠数,重复 10 次。用平均单花花粉量除以平均单花胚珠数,得到 P/O 值。依据 Cruden (1976) 的标准评判繁育系统类型。

1.6 坐果率的测定

对蝴蝶花分别进行如下处理:不去雄不套袋自然授粉;不去雄套袋自然自花授粉;去雄套袋不授粉;去雄套袋同株异花授粉;去雄套袋异株授粉;不去雄套袋人工自花授粉。在花蕾开放前去除雄蕊并进行套袋,在花朵开放的当天早晨 8:00—8:30 进行人工授粉,每个处理标记 40 朵花,套袋时用小木棍支撑纸袋,防止纸袋因风吹或重力原因下坠对花序产生机械损伤。

2 结果与分析

2.1 花朵形态特征和开花动态

2.1.1 花部特征

蝴蝶花花茎生于植株顶部的叶丛中央, 长 20~30 cm, 总状分枝, 5~12个, 每个分枝顶端着生 3~5枚膜质的苞片, 宽披针形或卵形, 长 (1.20 ± 0.08) cm, 钝头, 其中包含有 2~4朵花。单株着花 6~40朵; 花蓝紫色或淡蓝色, 开放花朵直径 (4.62 ± 0.19) cm。花梗伸出苞片之外, 花被管明显。花被裂片 6枚, 内外花被裂片各 3枚, 交互辐射着生。外花被裂片倒卵形或椭圆形, 长 (2.77 ± 0.15) cm, 宽 (1.57 ± 0.09) cm, 基部楔形, 边缘波状, 有细齿裂, 中脉上有隆起的黄色鸡冠状附属物。内花被裂片椭圆形或狭倒卵形, 长 (2.91 ± 0.12) cm, 宽 (1.75 ± 0.74) cm, 爪部楔形, 顶端微凹, 边缘有细齿裂, 花盛开时向外展开。雄蕊长 (1.16 ± 0.07) cm, 花药长椭圆形, 白色, 腹部纵向开裂; 雌蕊花柱长 (1.66 ± 0.09) cm, 上部 3分枝, 分枝扁平, 较内花被裂片略短, 中脉处淡蓝色, 顶端裂片缝状丝裂; 子房纺锤形, 长 (0.82 ± 0.04) cm, 绿色 (图版, C、G、H、D)。

2.1.2 开花动态

在人工栽培条件下, 蝴蝶花种群在 2—4月开花, 2月 18日—3月 4日为初花期 (开花植株比例低于 25%); 3月 5日—4月 2日为盛花期 (开花植株比例达 25%以上), 持续时间 28 d; 4月 2日以后为末花期 (开花植株比例低于 25%); 群体花期共持续 62 d, 开花高峰出现在 3月中旬 (开花植株比例达 50%以上); 单花花期为 36~48 h; 每个花序上花朵的开放无特定顺序 (图版, G)。单株花期的持续时间较长, 一般因植株生长状况或单花花朵数目的多少而异, 从第 1朵花开放到最后 1朵花凋谢, 持续 9~30 d不等, 每个分枝上的数朵花不同时开放, 而是依次开放 (图版, H); 每个植株开花高峰时最多同时开放 6朵。

解剖蝴蝶花不同发育时期的花蕾, 观察花药的开裂情况。结果显示, 当花蕾颜色为白绿色时 (花蕾长 3.0~3.5 cm), 花药并没有开裂, 而当花蕾发育到淡紫色时 (花蕾长 3.5~4.2 cm), 花药的开裂率可达 66.5%。

晴天花朵的开放高峰在 7:30—9:00, 开放时有香味。花朵开放时外花被裂片先张开, 内花被裂片仍然包被着雌、雄蕊 (图版, A、B), 之后在内花被裂片张开的过程中, 雌、雄蕊慢慢显现出来, 花开放后 15~30 min花药开裂, 开始散粉 (图版, D)。在开花的整个过程中, 雄蕊始终紧贴于瓣化的花柱外侧, 上部距离柱头 0.32 cm (图版, D), 并且雌、雄蕊的相对位置始终不变, 因此不利于自花传粉。

已授粉的花在关闭的时候, 内花被片首先向花冠中心紧缩, 连带着花柱、花丝及花药也向中央靠拢, 不久外花被片也随之收缩 (图版, E)。花冠完全关闭时, 内外花被片位置平行, 后来内外花被片逐渐扭曲缠绕在一起 (图版, F)。

花关闭 2 d后, 内轮花被片和花柱萎蔫成液体; 外层花被片渐渐褪色失水, 萎蔫干燥, 最后多数凋落。

未授粉的花的关闭过程与授粉的花相似, 只不过花被片是随子房一起凋落的。

气温较高的晴天花朵开放时间较短, 阴天开放时间较长。

2.2 花粉活力和柱头可授性

蝴蝶花的花粉在花药开裂前 (此时花朵未开放) 已有萌芽活力, 在花朵开放后 3 h, 花粉活力最高, 着色率达 93.27% (图版, J), 开花后 6、12、24和 30 h花粉的着色率分别降为 82.35%、77.87%、55.82%和 29.98%。在花药刚开裂时, 柱头尚未成熟; 花朵完全开放后 (盛花期) 柱头才具有可授性, 直至开花末期和凋谢期, 柱头都具有较高的可授性。由此可见, 雌蕊的成熟滞后于雄

蕊，这更利于异花授粉。

2.3 杂交指数的估算

蝴蝶花花朵直径为 46.2 mm，大于 6.0 mm，OC 值记为 3；该物种属两性花，开花时柱头与花药在空间位置上是分离的，柱头位置比花药高，OC 值记为 1；花药散粉初期雌蕊尚未成熟，因此认为其雌、雄器官在成熟时间上是分离的，其 OC 值记为 1，所以蝴蝶花的杂交指数 $OCI=5$ ，根据 Dafni 等（2000）的标准，其繁育系统为异交，部分自交亲和，需要传粉者。

2.4 花粉 胚珠比 (Pollen-ovule ratio, P/O)

蝴蝶花单花花粉数为 15 600 ~ 24 000 粒，平均为 20 400 粒；胚珠数为 65 ~ 80，平均为 74 个，P/O 比为 275.68。根据 Cruden（1976）提出的标准，蝴蝶花属于兼性自交或兼性异交类型。



图版说明：A. 即将开放的花蕾；B. 初放的花朵；C. 盛开的花朵；D. 花被片开始萎缩；E. 花被片进一步萎缩并向中心靠拢；F. 花被片逐渐扭曲缠绕在一起；G. 花序上花朵的开放无特定顺序；H. 同一分枝上的几朵花不会同时开放；I. 特殊的柱头及花药与柱头的相对位置；J. 花粉活力（染成红色的为有活力的花粉；未染色的为无活力的花粉）；K. 授粉后膨大的子房；L. 未授粉的子房。

Explanation of plates: A. Flower bud; B. Flower at the beginning of bloom; C. Flower in full bloom; D. Perianth lobes begin to shrink; E. Perianth lobes are shrinking more and closing to the center; F. Perianth lobes twist together; G. The flowers don't bloom in specific sequence; H. Several flowers in the same divarication bloom one by one; I. Especial stigma, comparative location for anther and stigma; J. pollen viability (The dyed red pollens are dynamic; The not dyed red pollens are not dynamic); K. Intumescing ovary after pollination; L. Unpollinated ovary.

2.5 坐果率

授粉 5 d 后观察，坐果的果实呈暗绿色，子房开始膨大（图版，K），未坐果的果实呈现出浅黄绿色，逐渐萎蔫脱落（图版，L）；根据子房膨大情况统计各处理的坐果率（表 1）。试验结果表明，蝴蝶花不存在无融合生殖现象，自然授粉的坐果率只有 6.54%，而其人工自花授粉坐果率为 27.50%，人工异株异花授粉坐果率则可达 90.00%，人工同株异花授粉坐果率介于后两者之间。上述结果验证了该物种的繁育系统以异交为主，但有一定自交亲和性。

表 1 人工控制授粉试验结果

Table 1 Results of artificial pollination *Iris japonica* Thunb

处 理 Treatment	授粉花数 Pollination flower	坐果花数 Fruiting flower	坐果率 / % Fruiting rate
不去雄不套袋自然授粉 Unemasculation, unbagged, free pollination	107	7	6.54
不去雄套袋自然自花授粉 Free Self-pollination	40	0	0
去雄套袋不授粉 Emasculation, bagged, no pollination	40	0	0
不去雄套袋人工自花授粉 Unemasculation, bagged, hand self-pollination	40	11	27.50
去雄套袋异株授粉 Emasculation, bagged, cross pollination	40	36	90.00
去雄套袋同株异花授粉 Emasculation, bagged, geitonogamy pollination	40	16	40.00

3 讨论

3.1 蝴蝶花繁育系统的判断

蝴蝶花具有保证异交的许多特征：花朵大而且数量较多，花色鲜艳，有香味，柱头分枝呈花瓣状等。按照 Dafni 等（2000）建议的标准进行杂交指数（OCI）测定，表明蝴蝶花的繁育系统为异交、部分自交亲和、需要传粉者；依据 Cruden（1976）以花粉/胚珠比（P/O）评判繁育系统的标准，蝴蝶花的繁育系统属于兼性异交类型；套袋试验结果显示蝴蝶花以异花传粉为主，而且观察到有传粉昆虫。可见，由 OCI、P/O、套袋试验 3 种方法检测到的蝴蝶花繁育系统结果基本一致，因此认为蝴蝶花的繁育系统属于混合交配系统。

3.2 蝴蝶花的传粉系统

传粉系统由 3 个部分组成，即花粉、柱头和传粉媒介（黄双全和郭友好，2000）。在有性生殖中，植物花的生物学特征与其传粉机制相适应，有效的传粉以大量的花粉、有效的传媒和处于可授期的柱头为前提。蝴蝶花的花粉活力和柱头的可授性均不存在问题。对于传粉媒介来说，由于在开花的整个过程中雄蕊始终紧贴花柱外侧，且被盖于瓣化的柱头裂片之下，这种特殊的花部结构不利于花粉的传播与扩散。另据笔者观察，蝴蝶花开花期间有部分昆虫（中华蜜蜂 *Apis cerana*、苍蝇类、象甲类 Curculionidae、蚁类 Formicidae 和蓟马类 Thripidae）在花上停留，这些昆虫是否是蝴蝶花的传粉者，其传粉行为及传粉效率如何，还有待于深入研究。

自然界中两性花植物通常产生比果实或种子更多的花，结实率低的原因有几种：花粉限制、资源限制、缺少传粉昆虫，或者几种原因兼而有之（黄双全和郭友好，2000）。本次试验研究的对象是居住区里的人工种群，土壤条件、水分条件均较好，花粉量也较为充足，因此认为：花粉限制和资源限制不是蝴蝶花结实率低的原因，这与李青雨（2006）的研究结果一致。

综上所述，蝴蝶花坐果率低的原因可能是花朵的特殊构造不利于花粉的传播与扩散。

3.3 蝴蝶花的生殖补偿机制

为了保证后代的生存，生物往往发展出一整套必要的生殖补偿机制，保证物种繁衍的顺利进行（张丙林等，2006）。蝴蝶花是有性繁殖和无性繁殖并存的植物，作为一种生殖补偿机制，在其有性

繁殖受阻的情况下,以根茎进行旺盛的无性繁殖,保持了其种群繁衍的能力。

另外,蝴蝶花花柱在花谢后逐渐化成液体,这是否会对授精的胚起到营养作用,是否也是一种生殖补偿机制,作者将针对这些现象开展更深层次的生殖生物学研究,以期揭示此种现象所能获得的适应意义。

References

- Cruden R W. 1976. Intraspecific variation in pollen-ovule ratios, nectar secretion-preliminary evidence of ecotypic variation. *Annals of Missouri Botanic Garden*, 63 (2): 277 - 289.
- Dafni A. 1992. *Pollination ecology: A practical approach*. New York: Oxford University Press. 1 - 57.
- Dafni A, Hesse M, Pacini E. 2000. *Polen and pollination*. New York: Springer-Verlag.
- Huang Shuang-quan, Guo You-hao. 2000. Progresses on pollination biology. *Chinese Science Bulletin*, 45 (3): 225 - 237. (in Chinese)
- 黄双全, 郭友好. 2000. 传粉生物学的研究进展. *科学通报*, 45 (3): 225 - 237.
- Li Qing-yu. 2006. Effects of different soil nutrients on clonal growth and sexual reproduction in *Iris japonica* Thunb. [M. D. Dissertation]. Chongqing: Southwest University. (in Chinese)
- 李青雨. 2006. 不同土壤养分对蝴蝶花 (*Iris japonica*) 的克隆生长和有性繁殖的影响 [硕士论文]. 重庆: 西南大学.
- Liu Lin-de, Zhang Hong-jun, Zhu Ning, Shen Jia-heng. 2001. Pollen viability and stigma receptivity of *Eleutherococcus senticosus* (Araliaceae). *Bulletin of Botanical Research*, 21 (3): 376 - 380. (in Chinese)
- 刘林德, 张洪军, 祝宁, 申家恒. 2001. 刺五加花粉活力和柱头可授性研究. *植物研究*, 21 (3): 376 - 380.
- Weddick J W, Zhao Yu-tang. 1992. *Iris of China*. Oregon: Timber Press. 14 - 73.
- Xiao Yi-an, He Ping, Li Xiao-hong. 2004. Floral syndrome and breeding system of the endangered plant *Dianthus ceridifolius* Maxim var. *longipes*. *Acta Phytocologica Sinica*, 28 (3): 333 - 340. (in Chinese)
- 肖宜安, 何平, 李晓红. 2004. 濒危植物长柄双花木的花部综合特征与繁育系统. *植物生态学报*, 28 (3): 333 - 340.
- Zhang Bing-lin, Mu Chun-sheng, Wang Ying, Wang Yan-jing. 2006. Study on floral dynamic and breeding system of *Lathyrus quinquenervius*. *Acta Prataculturae Sinica*, 15 (2): 68 - 73. (in Chinese)
- 张丙林, 穆春生, 王颖, 王彦静. 2006. 五脉山黧豆开花动态及有性繁育系统的研究. *草业学报*, 15 (2): 68 - 73.

期刊征订

欢迎订阅 《中国农业科学》中、英文版

《中国农业科学》中、英文版由农业部主管、中国农业科学院主办。主要刊登农牧业基础科学和应用基础科学研究论文、综述、简报等。设有作物遗传育种; 耕作栽培·生理生化; 植物保护; 土壤肥料·节水灌溉·农业生态环境; 园艺; 园林; 贮藏·保鲜·加工; 畜牧·兽医等栏目。读者对象是国内外农业科研(所)、农业大专院校的科研、教学人员。

《中国农业科学》中文版 2010年起改为半月刊, 每月1日、16日出版, 国内外公开发行。大16开, 每期224页, 定价49.50元, 全年定价1188.00元。国内统一刊号: CN11-1328/S; 国际标准刊号: ISSN0578-1752; 邮发代号: 2-138; 国外代号: BM43。

《中国农业科学》英文版 (*Agricultural Sciences in China*) 2002年创刊, 2006年1月起正式与国际著名出版集团Elsevier合作, 海外发行由Elsevier全面代理, 全文数据在ScienceDirect平台面向世界发行, 2010年起页码增至160页。每月20日出版, 国内外公开发行。大16开, 每期160页, 国内订价36.00元, 全年432.00元, 国内统一刊号: CN11-4720/S, 国际标准刊号: ISSN1671-2927, 邮发代号: 2-851, 国外代号: 159IM。

邮编: 100081; 地址: 北京中关村南大街12号《中国农业科学》编辑部

电话: 010-82109808, 82106279, 82106283, 82106282; 传真: 010-82106247

网址: www.ChinaAgriSci.com; E-mail: zgnykx@mail.caas.net.cn