

5种国兰 (Cymbidium) 的光合特性

李鹏民¹ 高辉远^{1*} 邹琦¹ 王滔² 刘永³

(¹ 山东农业大学植物科学系, 泰安 271018; ² 山东省农业科学院作物研究所, 济南 250100; ³ 山东省泰安市园林局, 泰安 271018)

摘要: 通过气体交换和叶绿素荧光分析等方法研究了 5 种国兰 (*Cymbidium*) 的光合特性。其光饱和点、光补偿点、CO₂ 补偿点和 CO₂ 饱和点表明它们具有 C₃ 植物特征; 光合速率在 3.0 ~ 5.9 μmol · m⁻² · s⁻¹ 之间, 在低于 2000 μmol · mol⁻¹ CO₂ 浓度下, 光合速率受 CO₂ 浓度影响较大; 5 种国兰的光合能力、表观量子效率、羧化效率等都有一定差异; 光饱和点在 350 ~ 650 μmol · m⁻² · s⁻¹ 之间, 属于喜阴植物, 其中春兰、建兰耐阴性相对较低, 墨兰、春剑耐阴性相对较高, 蕙兰居中。从暗处暴露到强光下, 5 种国兰的光化学反应启动差异较大, 启动后的光化学效率差异也较大, 这可能与国兰不同种起源地的生态环境、适应性及进化有关。

关键词: 国兰; 光合特性; 光化学效率

中图分类号: S 682.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2005) 01-0151-04

The Photosynthetic Characteristics of Five Species of Cymbidium

Li Pengmin¹, Gao Huiyuan^{1*}, Zou Qi¹, Wang Tao², and Liu Yong³

(¹ Plant Science Department of Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China; ² Crop Research Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China; ³ Tai'an Landscape Administration Bureau, Tai'an 271018, China)

Abstract: The photosynthetic characteristics of five species of *Cymbidium* were studied by gas exchange and analysis of chlorophyll fluorescence. According to the light saturation points, the light compensation points, the CO₂ saturation points and the CO₂ compensation points, the five species of *cymbidium* have the characteristics of C₃ plants. The photosynthetic rates were between 3.0 - 5.9 μmol · m⁻² · s⁻¹. The results also demonstrated that the photosynthetic rates were largely affected by the concentrations of the CO₂ while the CO₂ concentrations were below 2000 μmol · mol⁻¹. And there were also some differences among the photosynthetic capacities, the apparent quantum yields and the carboxylation efficiencies in leaves of the five species. The light saturation points were between 350 - 650 μmol · m⁻² · s⁻¹ indicating that all five species of *Cymbidium* were shade-acclimated plants, among which *C. goeringii* and *C. ensifolium* have relatively lower shade-endured capacities; while *C. sinense* and *C. longibracteatum* have relatively higher shade-endured capacities; and *C. faberi* has relatively moderate shade-endured capacity. The light activation of photochemical reaction and photochemical efficiencies after the activations in the five species exhibited obvious differences, which maybe correlate with the originally ecological conditions, the acclimations and the evolutions of different species of *cybidium*.

Key words: *Cymbidium*; Photosynthetic characteristics; The efficiency of photochemistry

1 目的、材料与方法

对洋兰光合作用的研究已有大量报道^[1,2], 对不同种国兰 (*Cymbidium*) 的光合途径也有一定研究^[3,4], 但是现有的大多数栽培方式都是根据经验而来, 缺少理论依据。不同种国兰的需光特点, 如光补偿点、光饱和点以及光能利用效率等很少见报道, 对不同种国兰的光合特性也缺少系统的研究,

收稿日期: 2004 - 07 - 01; 修回日期: 2004 - 11 - 08

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: gaohy@sdaa.edu.cn)

而这些研究有助于为国兰的种植提供更具体的理论指导。为此，本文选取了有代表性的 5 种国兰：建兰 ‘小桃红’ (*C. ensifolium*)、春兰 ‘西神梅’ (*C. goeringii*)、春剑 ‘巴山春剑’ (*C. longibracteatum*)、蕙兰 ‘下山草’ (*C. faberi*)、墨兰 ‘阳明锦’ (*C. sinense*)，对它们的需光特点和光合特性进行研究。5 种国兰分别引自福建、浙江、四川、河南及台湾省，均为成株后第 2 年的植株，种植在济南市郊。冬进温室，白天 24 左右，夜间 0~10 。夏进阴棚，湿度控制在 70% 以上。选取完全展开的基部第 2 片叶进行测定，25 重复 3 次。

气体交换参数用英国 PP Systems 公司的 CRAS-2 型便携式光合系统进行测定。测定时的叶温、光强及 CO₂ 浓度等均用该仪器自控系统控制。光合速率 (Pn)、光 - 光合响应曲线及 CO₂ - 光合响应曲线测定时的条件为：光强 600 μmol · m⁻² · s⁻¹，CO₂ 浓度 350 μmol · mol⁻¹，温度 25 ，相对湿度 75%；从 10~800 μmol · mol⁻¹ 分 14 个梯度进行光 - 光合响应曲线测定，每一光强下适应 10 min 后测定，用直线回归求得光 - 光合响应曲线的初始斜率为表观量子效率；从 CO₂ 50~2000 μmol · mol⁻¹ 分 12 个浓度梯度进行 CO₂ - 光合响应曲线的测定，用直线回归求得细胞间隙 CO₂ 浓度 (Ci) - 光合响应曲线的初始斜率为羧化效率；以没有气孔限制时的同化速率 (即 Ci 为 350 μmol · mol⁻¹ 的光合速率) 代表光合能力。荧光参数采用英国 Hansatech 公司的 FMS-2 型便携脉冲调制式荧光仪测定。叶片先暗适应 30 min 测暗适应下的荧光参数，然后将叶片暴露在 1000 μmol · m⁻² · s⁻¹ 的光强下，每隔 15 s 测 1 次光下荧光参数 Fv'/Fm'、qp、_{ps}、NPQ。荧光参数的测定和计算参考 Demmig-Adams 等的方法^[5]；统计分析采用 LSD 法。

2 结果分析与讨论

2.1 5 种国兰的光合参数的差异

由图 1 和表 1 可以看出，本文研究的 5 种国兰的光合速率显著低于常见的 C₃ 植物 (10~25 μmol · m⁻² · s⁻¹)，如小麦、甘薯和大豆等^[6~8]；表观量子效率除春兰外，其它 4 种都高于常见的 C₃ 植物，如小麦的表观量子效率在 0.01~0.03 μmol CO₂ · μmol⁻¹ photon^[9]；光补偿点和光饱和点低是阴生植物所具有的特征，建兰的光补偿点较高，但是其光饱和点较低，由 5 种国兰的光饱和点和光补偿点可以看出，国兰不喜强光，其中建兰、春兰属于耐阴性相对较低的种，春剑、墨兰属于耐阴性相对较高的种，蕙兰介于二者之间。

表 1 5 种国兰的光合参数的差异

Table 1 Differences in photosynthetic parameters of five cymbidium species

材料 Material	光合速率 Photosyn- thetic rate (μmol · m ⁻² · s ⁻¹)	光合能力 Photosynthetic capacity (μmol · m ⁻² · s ⁻¹)	羧化效率 Carboxylation efficiency (μmol · m ⁻² · s ⁻¹)	CO ₂ 饱和点 CO ₂ saturat- ion point (μmol · mol ⁻¹)	CO ₂ 补偿点 CO ₂ compens- ation point (μmol · mol ⁻¹)	表观量子效率 Apparent quant- um yield (μmol CO ₂ · μmol ⁻¹ photon)	光饱和点 Light saturat- ion point (μmol · m ⁻² · s ⁻¹)	光补偿点 Light compen- sation point (μmol · m ⁻² · s ⁻¹)
建兰 <i>C. ensifolium</i>	5.9 ±0.4a	12.5 ±2.1a	0.044 ±0.012a	—	58 ±12d	0.032 ±0.007b	600 ±30a	275 ±23a
春兰 <i>C. goeringii</i>	3.8 ±0.3b	9.7 ±1.3b	0.027 ±0.008b	—	32 ±11e	0.015 ±0.004c	600 ±34a	50 ±11b
春剑 <i>C. longibracteatum</i>	3.0 ±0.2b	5.3 ±0.7d	0.017 ±0.004c	—	133 ±10a	0.030 ±0.005b	400 ±42c	10 ±5c
蕙兰 <i>C. faberi</i>	3.9 ±0.2b	7.0 ±0.5c	0.022 ±0.003bc	1865 ±50	98 ±13c	0.045 ±0.009a	500 ±32b	10 ±4c
墨兰 <i>C. sinense</i>	3.3 ±0.2c	7.0 ±1.0c	0.022 ±0.006bc	—	111 ±10b	0.045 ±0.007a	400 ±21c	10 ±4c

注：表中不同小写字母之间表示 5% 水平上显著差异；CO₂ 饱和点高于 2000 μmol · mol⁻¹ 没有具体数值的用 “—” 表示。

Note: Different letters indicate significant difference at 5% level; “—” indicate values of CO₂ saturation point beyond 2000 μmol · mol⁻¹.

5 种国兰的羧化效率都低于常见的 C₃ 植物的羧化效率 (0.06~0.12 μmol · m⁻² · s⁻¹)，如小麦、甘薯等^[6~8]；在低于 2000 μmol · mol⁻¹ CO₂ 浓度下，随 CO₂ 浓度的升高，5 种国兰的光合速率升高很快 (图 1, A)，特别是在 0~1000 μmol · mol⁻¹ 范围内，其光合速率与 CO₂ 浓度几乎成直线关系，可能是气孔限制比较严重，说明国兰的光合速率低可能与其羧化效率较低有关，另一方面与受大气中 CO₂ 浓度的限制有关。5 种国兰的 CO₂ 饱和点和补偿点都很高，表明其属于 C₃ 植物，这也与叶庆生等的研究一

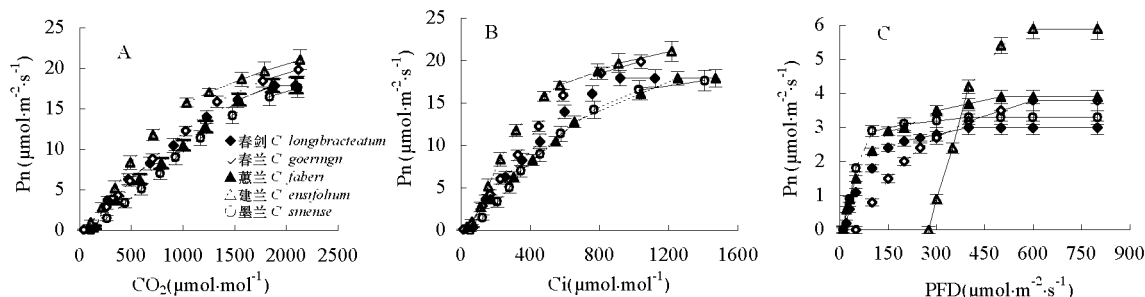


图 1 5种国兰的 CO₂ - 光合响应曲线 (A), 胞间 CO₂ 浓度 (Ci) - 光合响应曲线 (B), 光 - 光合响应曲线 (C)

测定在 600 μmol·m⁻²·s⁻¹ 光强 (A、B)、350 μmol·m⁻²·s⁻¹ CO₂ (C)、25 及 75% 的相对湿度下进行

Fig. 1 Responses of photosynthesis to different CO₂ concentrations (A), different intercellular CO₂ concentrations (B) and different photon flux densities (PFD) (C)

The leaves in five species of *Cymbidium* under 600 μmol·m⁻²·s⁻¹ PFD (A, B) at 350 μmol·m⁻²·s⁻¹ CO₂ (C), 25 and 75% relative humidity

致^[3]。

2.2 5种国兰光化学效率的变化

用 qP 和 PS 变化的初始斜率表示光化学反应的启动速率, 由图 2 及表 2 可以看出, 墨兰的光化学反应的启动最快, 春剑和蕙兰次之, 其次为建兰, 春兰最慢。这说明当从暗处暴露到光下时, 墨兰的光化学反应能够快速地启动, 在最短的时间内提高对光能的利用; 而春兰的光化学反应启动较慢。但是当光化学反应启动后, 建兰和春兰的 PS 较高, 墨兰、蕙兰的较小, 春剑介于二者之间 (图 2, B), 说明春兰和建兰的光化学反应启动后对光能的利用率高, 春剑次之, 而墨兰和蕙兰的光化学反应启动后对光能的利用率低。

表 2 由暗适应转到强光下 5 种国兰的 qP 和 PS 变化的初始斜率

Table 2 Initial slopes of the time courses of qP and PS upon exposure to 1000 μmol·m⁻²·s⁻¹ light in five species of *Cymbidium*

材料 Material	初始斜率 Initial slope	
	qP	PSII
建兰 <i>C. ensifolium</i>	0.0032 ±0.0003 d	0.0020 ±0.0002 c
春兰 <i>C. goeringii</i>	0.0029 ±0.0002 e	0.0017 ±0.0001 d
春剑 <i>C. longibracteatum</i>	0.0042 ±0.0003 b	0.0021 ±0.0001 c
蕙兰 <i>C. faberi</i>	0.0035 ±0.0003 c	0.0027 ±0.0002 b
墨兰 <i>C. sinense</i>	0.0057 ±0.0004 a	0.0032 ±0.0002 a

注: 表中不同小写字母之间表示 5% 水平上显著差异。

Note: Different letters indicate significant difference at 5% level

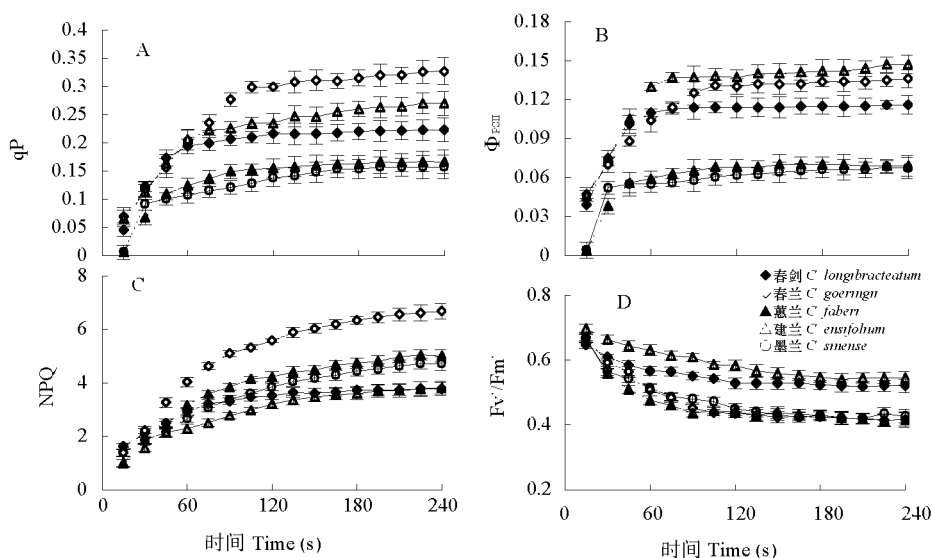


图 2 由暗适应转到强光下 (1000 μmol·m⁻²·s⁻¹) 5 种国兰的 qP (A), PS (B), NPQ (C) 及 Fv'/Fm' (D) 的变化
测定在 350 μmol·m⁻²·s⁻¹ CO₂ 及 25 °C 条件下进行

Fig. 2 Time courses of qP (A), PS (B), NPQ (C) and Fv'/Fm' (D) in five species of *Cymbidium*

Exposure to 1000 μmol·m⁻²·s⁻¹ light from dark-adapted conditions in 350 μmol·m⁻²·s⁻¹ CO₂ at 25 °C

5种国兰光化学反应启动速率之间的差异和最终光化学效率之间的差异可能和品种的起源生长环境、生态适应性和进化有关,耐阴性相对较高的墨兰和春剑可能起源生长环境只能接受较少的光能,所以在有光时能很快启动对光能的利用,进行光合作用以维持生长,由于进化的影响二者最终对光能的利用率不同;而耐阴性相对较低的春兰和建兰可能起源生长环境能够接受相对较多的光能,所以其对光能利用的启动较慢,但是最终对光能的利用率较高;耐阴性相对居中的蕙兰其起源生长环境可能介于二者之间,光化学反应的启动速率相对居中,但是由于其生态适应性和进化的影响,最终光化学效率较低,当然,它们的光合机构对光响应的详细机制还需要进一步的研究。5种国兰的非光化猝灭(NPQ)有所差异(图2, C),这是热耗散不同的反映,植物吸收光能后一方面进行光化学反应,一方面将剩余的激发能大部分以热的形式耗散掉,二者是相互竞争的关系^[5],所以热耗散不同也是对光化学反应不同的反映。

参考文献:

- 1 Arditti J. Aspects of the physiology of orchid. In: Woolhouse H W ed. Advances in botanical research, Vol 7. New York: Academic Press, 1979. 442 ~ 665
- 2 Hew C S. CO₂ fixation in orchids (minireview). Acta Phytophysiologica Sinica, 1989, 15: 217 ~ 222
- 3 叶庆生,潘瑞炽,丘才新. 兰属植物光合途径的研究. 热带亚热带植物学报, 1998, 6 (1): 25 ~ 29
Ye Q S, Pan R C, Hew C S. Study on the photosynthetic pathway of *Cymbidium*. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 1998, 6 (1): 25 ~ 29 (in Chinese)
- 4 叶庆生,潘瑞炽,丘才新. 墨兰光合途径的研究. 植物学报, 1993, 35 (6): 441 ~ 446
Ye Q S, Pan R C, Hew C S. Study on the photosynthetic pathway of *Cymbidium sinense*. Acta Botanica Sinica, 1993, 35 (6): 441 ~ 446 (in Chinese)
- 5 Demmig-Adams B, Adams WW. Using chlorophyll fluorescence to assess the fraction of absorbed light allocated to thermal dissipation of excess excitation. Physiologia Plantarum, 1996, 98: 253 ~ 264
- 6 杨巧凤,江 华,许大全. 小麦旗叶发育过程中光合效率的变化. 植物生理学报, 1999, 25 (4): 408 ~ 412
Yang Q F Jiang H Xu D Q. Changes in photosynthetic efficiency of flag leaves of wheat during development. Acta Phytophysiologica Sinica, 1999, 25 (4): 408 ~ 412 (in Chinese)
- 7 高辉远,邹 琦,程炳嵩. 甘薯光合能力、羧化效率日变化与光合午休的关系. 作物学报, 1997, 23 (1): 62 ~ 65
Gao H Y, Zou Q, Cheng B S. Relationship between diurnal variation of photosynthetic capacity, carboxylation efficiency and midday depression of photosynthesis in sweet potato leaves. Acta Agronomica Sinica, 1997, 23 (1): 62 ~ 65 (in Chinese)
- 8 高辉远,邹 琦,程炳嵩. 大豆光合日变化过程气孔限制和非气孔限制的研究. 西北植物学报, 1993, 13 (2): 96 ~ 102
Gao H Y, Zou Q, Cheng B S. Study on the stomatal and nonstomatal limitation during the diurnal course of photosynthesis in soybean leaves. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 1993, 13 (2): 96 ~ 102 (in Chinese)
- 9 孟庆伟,赵世杰,许长城,邹 琦. 田间小麦叶片光合作用的光抑制和光呼吸的防御作用. 作物学报, 1996, 22 (4): 470 ~ 475
Meng Q W, Zhao S J, Xu C C, Zou Q. Photoinhibition of photosynthesis and protective effect of photorespiration in winter wheat leaves under field conditions. Acta Agronomica Sinica, 1996, 22 (4): 470 ~ 475 (in Chinese)

新书推荐

《柑橘学》 何天富 主编

中华农业科教基金资助图书。全书分为 17 章。分别介绍了柑橘的发展史略、柑橘遗传资源、中国柑橘生态区划、柑橘的生物学、柑橘的代谢生理、柑橘的矿物质营养、柑橘育种、柑橘生物技术、柑橘育苗、果园建立、柑橘园的土壤管理、柑橘对不良环境的适应性及防护技术、柑橘病虫害、柑橘的采后处理及贮藏加工等重要内容。可作为高校师生和研究工作者的参考教材和资料,供从事于柑橘生产者阅读参考。

定价: 207.00 元 (含邮费)。

购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街 12 号中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部,邮编 100081。

